

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Profiles –
Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on
ISO/IEC 8802-3**

**Réseaux de communication industriels – Profils –
Partie 2: Profils supplémentaires des bus de terrain pour les réseaux temps
réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Profiles –
Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on
ISO/IEC 8802-3**

**Réseaux de communication industriels – Profils –
Partie 2: Profils supplémentaires des bus de terrain pour les réseaux temps
réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XH

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-1917-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	11
INTRODUCTION.....	13
1 Scope.....	14
2 Normative references	14
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions.....	17
3.1 Terms and definitions	17
3.2 Abbreviated terms and acronyms	20
3.3 Symbols	22
3.3.1 CPF 2 symbols	22
3.3.2 CPF 3 symbols	23
3.3.3 CPF 4 symbols	24
3.3.4 CPF 6 symbols	24
3.3.5 CPF 10 symbols	25
3.3.6 CPF 11 symbols	26
3.3.7 CPF 12 symbols	27
3.3.8 CPF 13 symbols	27
3.3.9 CPF 14 symbols	28
3.3.10 CPF 15 symbols	29
3.3.11 CPF 16 symbols	29
3.4 Conventions	30
3.4.1 Conventions common to all layers	30
3.4.2 Physical Layer	31
3.4.3 Data Link Layer	31
3.4.4 Application Layer	32
4 Conformance to communication profiles	32
5 RTE performance indicators	33
5.1 Basic principles of performance indicators	33
5.2 Application requirements	34
5.3 Performance indicators.....	34
5.3.1 Delivery time	34
5.3.2 Number of RTE end-stations.....	35
5.3.3 Basic network topology.....	35
5.3.4 Number of switches between RTE end-stations	35
5.3.5 Throughput RTE	35
5.3.6 Non-RTE bandwidth	35
5.3.7 Time synchronization accuracy.....	35
5.3.8 Non-time-based synchronization accuracy.....	36
5.3.9 Redundancy recovery time	36
6 Conformance tests	36
6.1 Concept	36
6.2 Methodology.....	37
6.3 Test conditions and test cases	37
6.4 Test procedure and measuring	38
6.5 Test report	38
7 Communication Profile Family 2 (CIP™) – RTE communication profiles.....	39

7.1	General overview	39
7.2	Profile 2/2	39
7.2.1	Physical Layer	39
7.2.2	Data Link Layer	39
7.2.3	Application Layer	39
7.2.4	Performance indicator selection	39
7.3	Profile 2/2.1	43
7.3.1	Physical Layer	43
7.3.2	Data Link Layer	44
7.3.3	Application Layer	45
7.3.4	Performance indicator selection	46
8	Communication Profile Family 3 (PROFIBUS & PROFINET) – RTE communication profiles	49
8.1	General overview	49
8.1.1	CPF 3 overview	49
8.1.2	Node Classes	49
8.1.3	Application classes	51
8.1.4	Communication classes	51
8.1.5	Redundancy classes	51
8.1.6	Media classes	52
8.1.7	Conformance class behaviors	52
8.2	Profile 3/4	55
8.2.1	Physical layer	55
8.2.2	Data link layer	55
8.2.3	Application layer	56
8.2.4	Performance indicator selection	61
8.3	Profile 3/5	68
8.3.1	Physical layer	68
8.3.2	Data link layer	68
8.3.3	Application layer	69
8.3.4	Performance indicator selection	73
8.4	Profile 3/6	75
8.4.1	Physical layer	75
8.4.2	Data link layer	75
8.4.3	Application layer	76
8.4.4	Performance indicator selection	81
9	Communication Profile Family 4 (P-NET) – RTE communication profiles	83
9.1	General overview	83
9.2	Profile 4/3, P-NET on IP	83
9.2.1	Physical Layer	83
9.2.2	Data Link Layer	83
9.2.3	Application Layer	84
9.2.4	Performance indicator selection	85
10	Communication Profile Family 6 (INTERBUS®) – RTE communication profiles	89
10.1	General overview	89
10.2	Profile 6/4	90
10.2.1	Mapping	90
10.2.2	Type 10 service and protocol selection	91
10.2.3	Type 8 service and protocol selection	92

10.2.4	Performance indicator selection	92
10.3	Profile 6/5	93
10.3.1	Mapping	93
10.3.2	Type 10 service and protocol selection	93
10.3.3	Type 8 service and protocol selection	93
10.3.4	Performance indicator selection	94
10.4	Profile 6/6	94
10.4.1	Mapping	94
10.4.2	Type 10 service and protocol selection	94
10.4.3	Type 8 service and protocol selection	95
10.4.4	Performance indicator selection	95
11	Communication Profile Family 10 (Vnet/IP) – RTE communication profiles	96
11.1	General overview	96
11.2	Profile 10/1	97
11.2.1	Physical Layer	97
11.2.2	Data Link Layer	97
11.2.3	Application Layer	99
11.2.4	Performance indicator selection	100
12	Communication Profile Family 11 (TCnet) – RTE communication profiles	106
12.1	General overview	106
12.2	Profile 11/1	106
12.2.1	Physical Layer	106
12.2.2	Data Link Layer	106
12.2.3	Application Layer	107
12.2.4	Performance indicator selection	108
13	Communication Profile Family 12 (EtherCAT) – RTE communication profiles	114
13.1	General overview	114
13.2	Profile CP 12/1	114
13.2.1	Physical Layer	114
13.2.2	Data Link Layer	115
13.2.3	Application Layer	119
13.2.4	Performance indicator selection	121
13.3	Profile CP 12/2	124
13.3.1	Physical Layer	124
13.3.2	Data Link Layer	124
13.3.3	Application Layer	128
13.3.4	Performance indicator selection	130
14	Communication Profile Family 13 (ETHERNET Powerlink) – RTE communication profiles	133
14.1	General overview	133
14.2	Profile 13/1	133
14.2.1	Physical Layer	133
14.2.2	Data Link Layer	133
14.2.3	Application Layer	134
14.2.4	Performance indicator selection	134
15	Communication Profile Family 14 (EPA)- RTE communication profiles	140
15.1	General overview	140
15.2	CPF 14 (EPA) communication concept	140

15.2.1	General	140
15.2.2	Network Topology	140
15.2.3	EPA devices	141
15.3	Profile 14/1	142
15.3.1	Physical Layer	142
15.3.2	Data Link Layer	142
15.3.3	Network Layer	142
15.3.4	Transport Layer	142
15.3.5	Application Layer	142
15.3.6	Performance indicator selection	144
15.4	Profile 14/2	147
15.4.1	Physical Layer	147
15.4.2	Data Link Layer	147
15.4.3	Network Layer	147
15.4.4	Transport Layer	148
15.4.5	Application Layer	148
15.4.6	Performance indicator selection	149
16	Communication Profile Family 15 (MODBUS-RTPS)- RTE communication profiles	153
16.1	General overview	153
16.2	Profile 15/1	153
16.2.1	Physical layer	153
16.2.2	Data link layer	153
16.2.3	Application layer	153
16.2.4	Performance indicator selection	154
16.3	Profile 15/2	158
16.3.1	Physical layer	158
16.3.2	Data link layer	158
16.3.3	Application layer	158
16.3.4	Performance indicator selection	159
17	Communication Profile Family 16 (SERCOS)- RTE communication profiles	164
17.1	General overview	164
17.2	Profile 16/3 (SERCOS III)	164
17.2.1	Physical Layer	164
17.2.2	Data Link Layer	164
17.2.3	Application Layer	165
17.2.4	Performance indicator selection	165
Annex A	(informative) Performance Indicator calculation	172
A.1	CPF 2 (CIP) – Performance indicator calculation	172
A.1.1	Profile 2/2 EtherNet/IP	172
A.1.2	Profile 2/2.1 EtherNet/IP with Time Synchronization	173
A.2	Communication Profile Family 3 – Performance indicator calculation	174
A.2.1	Application Scenario	174
A.2.2	Structural examples used for calculation	174
A.2.3	Principles used for calculation	179
A.3	CPF 4/3 P-NET on IP – Performance indicator calculation	182
A.3.1	Application scenario	182
A.3.2	Delivery time calculation	182
A.3.3	Non-RTE throughput calculation	183

A.3.4	Non time-base synchronization accuracy	185
A.3.5	RTE throughput calculation.....	186
A.3.6	CPF 4/3, Derivation of delivery time formula	186
A.3.7	CPF 4/3, Ethernet characteristics	188
Bibliography.....		189
Figure 1	– Example of graphical representation of consistent indicators	34
Figure 2	– Conformance test overview	36
Figure 3	– Example of network topology using CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 components	55
Figure 4	– Example of network topology with wireless segment	58
Figure 5	– Calculation basis for delivery time and throughput RTE.....	64
Figure 6	– Linking-device communication profiles RTE-network context.....	89
Figure 7	– Linking-device mapping principle	90
Figure 8	– Data Mapping.....	91
Figure 9	– Throughput RTE and non-RTE bandwidth	111
Figure 10	– EPA system network topology example.....	141
Figure A.1	– CP 3/4: Example of line structure.....	174
Figure A.2	– CP 3/4: Example of ring structure	174
Figure A.3	– CP 3/4: Example of a wireless segment.....	175
Figure A.4	– CP 3/4: Example of an integrated wireless client.....	175
Figure A.5	– CP 3/5: Example of line structure.....	176
Figure A.6	– CP 3/5: Example of ring structure	176
Figure A.7	– CP 3/6: Example of line structure.....	177
Figure A.8	– CP 3/6: Example of ring structure	178
Figure A.9	– CP 3/6: Example of tree structure	179
Figure A.10	– Definition of bridge delay	180
Figure A.11	– Example of a switch structure	181
Figure A.12	– Application Configuration	182
Figure A.13	– Non-RTE throughput calculation	184
Figure A.14	– Non time-base synchronization accuracy	185
Table 1	– Layout of profile (sub)clause selection tables	30
Table 2	– Contents of (sub)clause selection tables	30
Table 3	– Layout of service selection tables.....	30
Table 4	– Contents of service selection tables	31
Table 5	– Layout of parameter selection tables	31
Table 6	– Contents of parameter selection tables	31
Table 7	– Layout of class attribute selection tables	32
Table 8	– Contents of class attribute selection tables.....	32
Table 9	– Basic network topology types	35
Table 10	– CP 2/2: performance indicator overview	40
Table 11	– CP 2/2: Performance indicator dependency matrix	40
Table 12	– CP 2/2: consistent set of performance indicators for factory automation	43

Table 13 – CP 2/2.1: DLL protocol selection	44
Table 14 – CP 2/2.1: DLL protocol selection of management objects	44
Table 15 – CP 2/2.1: AL service selection.....	45
Table 16 – CP 2/2.1: AL protocol selection	46
Table 17 – CP 2/2.1: performance indicator overview	47
Table 18 – CP 2/2.1: performance indicator dependency matrix	47
Table 19 – CP 2/2.1: Consistent set of performance indicators for motion control	48
Table 20 – Timeout values for name resolution	50
Table 21 – Reaction time for an IO device	50
Table 22 – Redundancy class applicable in conformance classes	52
Table 23 – Conformance class behaviors.....	52
Table 24 – Conformance class behaviors for network components.....	54
Table 25 – CP 3/4: AL service selection for an IO device	56
Table 26 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO device and Network component	59
Table 27 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO controller	60
Table 28 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: performance indicator overview	61
Table 29 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: performance indicator dependency matrix	62
Table 30 – Manager parameters	65
Table 31 – Client parameters	66
Table 32 – Client parameters	66
Table 33 – CP 3/4: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=128ms	67
Table 34 – CP 3/4: Assumed values for consistent set of PI calculation	68
Table 35 – CP 3/5: AL service selection for an IO device	69
Table 36 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO device and Network component	71
Table 37 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO controller	72
Table 38 – CP 3/5: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=128ms	74
Table 39 – CP 3/5: Assumed values for consistent set of PI calculation	75
Table 40 – CP 3/6: AL service selection for an IO device	76
Table 41 – Buffering capacity.....	77
Table 42 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO device and network component.....	78
Table 43 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO controller	80
Table 44 – CP 3/6: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=1ms	81
Table 45 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation	82
Table 46 – CP 4/3: DLL service selection.....	84
Table 47 – CP 4/3: DLL protocol selection	84
Table 48 – CP 4/3: AL service selection.....	84
Table 49 – CP 4/3: AL protocol selection	85
Table 50 – CP 4/3: Performance indicator overview	85
Table 51 – CP 4/3: Performance indicator dependency matrix	85
Table 52 – CP 4/3: Consistent set of performance indicators	88
Table 53 – Parameters for Calculation of Consistent set of performance indicators.....	88
Table 54 – CPF 6: device CP identifier assignment.....	90
Table 55 – Linking-device Type 10 network performance indicator overview	92

Table 56 – OSI layers and CPF 10 layers	96
Table 57 – Overview of CPF 10 profile	97
Table 58 – CP 10/1: DLL service selection	98
Table 59 – CP 10/1: DLL protocol selection	98
Table 60 – Transport Layer Parameter selection	99
Table 61 – CP 10/1: AL service selection	100
Table 62 – CP 10/1: AL protocol selection	100
Table 63 – CP 10/1: Performance indicator overview	100
Table 64 – CP 10/1: Performance indicator dependency matrix	101
Table 65 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to the same domain	104
Table 66 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to different domains	104
Table 67 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to the same domain with one lost frame	105
Table 68 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to different domains with one lost frame	105
Table 69 – CPF 11: Overview of profile sets	106
Table 70 – CP 11/1: DLL service selection	107
Table 71 – CP 11/1: DLL protocol selection	107
Table 72 – CP 11/1: AL service selection	108
Table 73 – CP 11/1: AL protocol selection	108
Table 74 – CP 11/1: Performance indicator overview	108
Table 75 – CP 11/1: Performance indicator dependency matrix	109
Table 76 – CP 11/1: TCC data service selection	110
Table 77 – CP 11/1: Consistent set of PIs preferential for RTE communications	113
Table 78 – CP 11/1: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications	113
Table 79 – CP 12/1: PHL selection of preferred physical layer	115
Table 80 – CP 12/1: PHL selection of an optimized physical layer	115
Table 81 – CP 12/1: DLL service selection	116
Table 82 – CP 12/1: DLL protocol selection	117
Table 83 – CP 12/1: DLL service selection	118
Table 84 – CP 12/1: DLL protocol selection	119
Table 85 – CP 12/1: AL service selection	120
Table 86 – CP 12/1: AL protocol selection	120
Table 87 – CP 12/1: AL service selection	121
Table 88 – CP 12/1: AL protocol selection	121
Table 89 – CP 12/1: Performance indicator overview	122
Table 90 – CP 12/1: Performance indicator dependency matrix	122
Table 91 – CP 12/1: Performance indicator ranges	123
Table 92 – CP 12/1: Consistent set of performance indicators for mid size automation systems	124
Table 93 – CP 12/2: DLL service selection	125
Table 94 – CP 12/2: DLL protocol selection	126
Table 95 – CP 12/2: DLL service selection	127

Table 96 – CP 12/2: DLL protocol selection	128
Table 97 – CP 12/2: AL service selection	129
Table 98 – CP 12/2: AL protocol selection	129
Table 99 – CP 12/2: AL service selection	130
Table 100 – CP 12/2: AL protocol selection	130
Table 101 – CP 12/2: Performance indicator overview	131
Table 102 – CP 12/2: Performance indicator dependency matrix	131
Table 103 – CP 12/2: Consistent set of performance indicators	132
Table 104 – CPF 13: Overview of profile sets	133
Table 105 – CP 13/1: DLL service selection	133
Table 106 – CP 13/1: DLL protocol selection	134
Table 107 – CP 13/1: AL service selection	134
Table 108 – CP 13/1: AL protocol selection	134
Table 109 – CP 13/1: Performance indicator overview	135
Table 110 – CP 13/1: Performance indicator dependency matrix	135
Table 111 – CP 13/1: Consistent set of PIs small size automation system	138
Table 112 – CP 13/1: Consistent set of PIs medium size automation system	138
Table 113 – CP 13/1: Consistent set of PIs large size automation system	139
Table 114 – CP 14/1: AL service selection	143
Table 115 – CP 14/1: AL protocol selection	143
Table 116 – CP 14/1: Performance indicator overview	144
Table 117 – CP 14/1: Performance indicator dependency matrix	144
Table 118 – CP 14/1: Consistent set of performance indicators	146
Table 119 – CP 14/2: DLL service selection	147
Table 120 – CP 14/2: DLL protocol selection	147
Table 121 – CP 14/2: AL service selection	148
Table 122 – CP 14/2: AL protocol selection	149
Table 123 – CP 14/2: Performance indicator overview	149
Table 124 – CP 14/2: Performance indicator dependency matrix	150
Table 125 – CP 14/2: Consistent set of performance indicators	152
Table 126 – CP 15/1: AL service selection	153
Table 127 – CP 15/1: AL protocol selection	154
Table 128 – CP 15/1: Performance indicator overview	154
Table 129 – CP 15/1: Performance indicator dependency matrix	155
Table 130 – CP 15/2: AL service selection	159
Table 131 – CP 15/2: AL protocol selection	159
Table 132 – CP 15/2: Performance indicator overview	159
Table 133 – CP 15/2: Performance indicator dependency matrix	160
Table 134 – CP 16/3: DLL service selection	164
Table 135 – CP 16/3: DLL protocol selection	165
Table 136 – CP 16/3: AL service selection	165
Table 137 – CP 16/3: AL protocol selection	165
Table 138 – CP 16/3: Performance indicator overview	166

Table 139 – CP 16/3: Performance indicator dependency matrix.....	166
Table 140 – CP 16/3: scenario with a minimum cycle time of 31,25 µs.....	170
Table 141 – CP 16/3: scenario with a cycle time of 500 µs (real-time only)	170
Table 142 – CP 16/3: Scenario with a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)....	171
Table 143 – CP 16/3: scenario with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 µs (real-time and non-real-time)	171

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2007

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – PROFILES –**Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks
based on ISO/IEC 8802-3**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

NOTE Use of some of the associated protocol Types in the IEC 61158 family are restricted by their intellectual-property-right holders. In all cases, the commitment to limited release of intellectual property rights made by the holders of those rights permits a particular data-link layer protocol Type to be used with physical layer and application layer protocols in Type combinations as specified explicitly in the IEC 61784 series. Use of the various protocol Types in other combinations may require permission from their respective intellectual property right holders.

IEC draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this standard may involve the use of patents. IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of these patent rights.

International Standard IEC 61784-2 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation.

This bilingual version (2014-11) corresponds to the English version, published in 2007-12.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
65C/469/FDIS	65C/480/RVD

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under <http://webstore.iec.ch> in the data related to the specific publication. At that date this publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The list of all the parts of the IEC 61784 series, under the general title *Industrial communication networks – Profiles* –, can be found on the IEC web site.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This part of IEC 61784 provides additional communication profiles (CP) to the existing Communication Profile Families (CPF) of IEC 61784-1 and additional CPFs with one or more CPs. These profiles meet the industrial automation market objective of identifying Real-Time Ethernet (RTE) communication networks coexisting with ISO/IEC 8802-3 – commonly known as Ethernet. These RTE communication networks use provision from ISO/IEC 8802-3 for the lower communication stack layers and additionally provide more predictable and reliable real-time data transfer and means for support of precise synchronization of automation equipment.

More specifically, these profiles help to correctly state the compliance of RTE communication networks with ISO/IEC 8802-3, and to avoid the spreading of divergent implementations.

Adoption of Ethernet technology for industrial communication between controllers and even for communication with field devices promotes use of Internet technologies in the field area. This availability would be unacceptable if it causes the loss of features required in the field area for industrial communication automation networks, such as:

- real-time,
- synchronized actions between field devices like drives,
- efficient, frequent exchange of very small data records.

These new RTE profiles may take advantage of the improvements of Ethernet networks in terms of transmission bandwidth and network span.

Another implicit but essential requirement is that the typical Ethernet communication capabilities, as used in the office world, are fully retained, so that the software involved remains applicable.

The market is in need of several network solutions, each with different performance characteristics and functional capabilities, matching the diverse application requirements. RTE performance indicators (see Clause 5), which values will be provided with RTE devices based on communication profiles specified in this part of IEC 61784, enable the user to match network devices with application dependant performance requirements of an RTE network.

Subclause 5.1 specifies basic principles of performance indicators required to express RTE performance of a CP. Subclause 5.2 describes the view of application requirements. An application-dependant class could be used to find out a suitable CP. Clause 4 specifies how conformance of a device to the CPF or CP should be stated.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – PROFILES –

Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3

1 Scope

This part of IEC 61784 specifies

- performance indicators supporting classification schemes for Real-Time Ethernet (RTE) requirements;
- profiles and related network components based on ISO/IEC 8802-3, IEC 61158 series, and IEC 61784-1;
- RTE solutions that are able to run in parallel with ISO/IEC 8802-3-based applications.

These communication profiles are called Real-Time Ethernet communication profiles.

NOTE The RTE communication profiles use ISO/IEC 8802-3 communication networks and its related network components or IEC 61588 and may in some cases amend those standards to obtain RTE features.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 61158 (all parts), *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*

IEC 61588:2004, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems*

NOTE Compliance with future editions of this standard will need checking.

IEC 61784-1, *Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-5-2, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-2: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 2*

IEC 61784-5-3, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-3: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 3*

IEC 61784-5-6, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-6: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 6*

IEC 61918, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises*

ISO/IEC 8802-2, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control*

ISO/IEC 8802-2/Cor. 1

ISO/IEC 8802-3:2000, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements –*

Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications

ISO/IEC 8802-11, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications*

ISO 15745-3, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 3: Reference description for IEC 61158 based control systems*

ISO 15745-4:2003, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 4: Reference description for Ethernet-based control systems Amendment 1 (2006): PROFINET profiles*

IEEE 802.1AB, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE 802.1D, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for local and metropolitan area networks – Common specifications – Media access control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for Local and metropolitan area networks – Virtual bridged local area networks*

IEEE 802.3-2002: *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*

NOTE 1 Compliance with future editions of this standard will need checking.

NOTE 2 IEEE 802.3-2002 includes extensions to ISO/IEC 8802-3:2000. When a next edition of ISO/IEC 8802-3 is available the references to IEEE 802.3-2002 will be replaced if appropriate.

IEEE Std 802.3ab, *Information technology – telecommunications and information exchange between systems – local and metropolitan area networks – Specific requirements. Supplement to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications – Physical layer parameters and specifications for 1000 Mb/s operation over 4-pair of category 5 balanced copper cabling, type 1000BASE-T*

IEEE Std 802.11g, *IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems— Local and metropolitan area networks— Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 4: Further higher data rate extension in the 2,4 GHz band*

IEEE Std 802.11h, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 5: Spectrum and transmit power management extensions in the 5 GHz band in Europe*

IEEE Std 802.11e, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 8: Medium Access Control (MAC) quality of service enhancements*

IEEE Std 802.11i, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks— Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 6: Medium Access Control (MAC) security enhancements*

IEEE Std 802.15.1, *IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15: Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for wireless personal area networks (WPANs)*

Internet Engineering Task Force (IETF), Request for Comments (RFC):

RFC 768, *User Datagram Protocol*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0768.txt>>)

RFC 791, *Internet Protocol*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0791.txt>>)

RFC 792, *Internet Control Message Protocol*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0792.txt>>)

RFC 793, *Transmission Control Protocol*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0793.txt>>)

RFC 826, *Ethernet Address Resolution Protocol*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0826.txt>>)

RFC 894, *A standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet Networks*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0894.txt>>)

RFC 1112, *Host Extensions for IP Multicasting*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1112.txt>>)

RFC 1122, *Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1122.txt>>)

RFC 1123, *Requirements for Internet Hosts – Application and Support*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1123.txt>>)

RFC 1127, *A Perspective on the Host Requirements RFCs*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1127.txt>>)

RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1213.txt>>)

RFC 1305, *Network Time Protocol (Version 3)*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>>)

RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt>>)

RFC 2236, *Internet Group Management Protocol, Version 2*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2236.txt>>)

RFC 2328, *OSPF Version 2*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt>>)

RFC 2544, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>>)

RFC 2988, *Computing TCP's Retransmission Timer*

(available at <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2988.txt>>)

Open Software Foundation (OSF): C706, *CAE Specification DCE1.1: Remote Procedure Call*

(available at <<http://www.opengroup.org/onlinepubs/9629399/toc.htm>>)

3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.1D, as well as the following, apply.

3.1.1

active network

network in which data transmission between non-immediately-connected devices is dependent on active elements within those intervening devices that form the connection path [IEC 61918]

3.1.2

communication cycle

<CPF 16>

fixed time period between two master synchronization telegrams

3.1.3

cyclic

repetitive in a regular manner

3.1.4

domain

<CPF 10>

part of the network consisting of one or two subnetwork(s)

NOTE Two subnetworks are required to compose a dual-redundant network, and each end-station in the domain is connected to both of the subnetworks.

3.1.5

end-station

a system attached to a network that is an initial source or a final destination of MAC frames transmitted across that network

NOTE A network layer router is, from the perspective of the network, an end-station. A switch, in its role of forwarding MAC frames from one link to another, is not an end-station.

3.1.6

field area

place in a manufacturing or process site where field devices are located

3.1.7

frame

a unit of data transmission on an ISO/IEC 8802-3 MAC (Media Access Control) that conveys a protocol data unit (PDU) between MAC service users [IEEE Std. 802.1Q]

3.1.8

identification number (IDN)

<CPF 16>

designation of operating data under which a data block is preserved with its attribute, name, unit, minimum and maximum input values, and the data

3.1.9

IP channel

<CPF 16>

defined time slot within the communication cycle, which passes ISO/IEC 8802-3 Ethernet protocol frames (non-real-time communication)

3.1.10

jitter

temporal change in clock signal or temporal change in otherwise regular event

3.1.11

linear topology

topology where the nodes are connected in series, with two nodes each connected to only one other node and all others each connected to two other nodes (that is, connected in the shape of a line)

[IEC 61918]

3.1.12

link

transmission path between two adjacent nodes

[derived from ISO/IEC 11801]

3.1.13

master

<CPF 16>

node which assigns the other nodes the right to transmit

3.1.14

message

ordered series of octets intended to convey information

[derived from ISO 2382-16.02.01]

NOTE Normally used to convey information between peers at the application layer.

3.1.15

MDT0 telegram

<CPF 16>

telegram, in which the master transmits its synchronization data, as well as parts or all of its real-time data, to the slaves

3.1.16

node

network entity connected to one or more links

NOTE A node may be either a switch, an end-station or an RTE end-station.

3.1.17

packet

logical grouping of information used to describe a unit of data at any layer to convey the upper layer user data to its peer layer

NOTE A packet is identical to the PDU at each layer in terms of the OSI reference model. A data link layer packet is a frame.

3.1.18

real-time

the ability of a system to provide a required result in a bounded time

3.1.19

real-time communication

transfer of data in real time

3.1.20

Real-Time Ethernet (RTE)

ISO/IEC 8802-3-based network that includes real-time communication

NOTE 1 Other communication can be supported, providing the real-time communication is not compromised.

NOTE 2 This definition is dedicated but not limited to ISO/IEC 8802-3. It could be applicable to other IEEE 802 specifications, for example IEEE 802.11.

3.1.21

ring

active network where each node is connected in series to two other nodes
[IEC 61918]

NOTE Ring may also be referred to as loop.

3.1.22

router

<CPF 10>

intermediate equipment that connects two or more subnetworks using a network layer relay function

3.1.23

RTE end device

device with at least one RTE end-station

3.1.24

RTE end-station

end-station with RTE capability

3.1.25

schedule

temporal arrangement of a number of related operations

3.1.26

star

network of three or more devices where all devices are connected to a central point
[derived from IEC 61918]

3.1.27

subnetwork

<CPF 10>

part of a network that does not contain any routers

NOTE 1 A subnetwork consists of end stations, bridges and segments.

NOTE 2 Every end-station included in a subnetwork has the same IP network address.

3.1.28

switch

MAC bridge as defined in IEEE 802.1D

3.1.29

telegram

<CPF 16>

frame

3.2 Abbreviated terms and acronyms

AL	Application Layer
APDU	Application Protocol Data Unit
API	Application Process Identifier
AR	Application Relationship
ARP	Address Resolution Protocol
ASE	Application Service Elements
CP	Communication Profile [according to IEC 61784-1]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1]
CRC	Cyclic Redundancy Check
CSMA-CD	Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection
DA	Destination MAC Address
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol (see RFC 2131)
DL	Data Link layer (as a prefix)
DLL	DL-Layer
DNS	Domain Name Service
DUT	device under test
ECSME	EPA Communication Scheduling Management Entity
FA	Factory Automation
FCS	frame check sequence
FrameID	Frame Identifier (see IEC 61158-6-10)
HW	Hardware
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
ICMP	Internet Control Message Protocol (see RFC 792)
ID	Identifier
IDN	IDentification Number
IETF	Internet Engineering Task Force
IO	Input Output
IP	Internet Protocol (see RFC 791)
IPv4	Internet Protocol version 4 (see RFC 791)
IRT	Isochronous RT
LAN	Local Area Network
LAN	Local Area Network
LLC	Logical Link Control
LLDP	Link Layer Discovery Protocol (see IEEE 802.1-AB)

MAC	Media Access Control
MAC	Media Access Control (see ISO/IEC 8802.3)
Mbit/s	Million bits per second
Moctets/s	Million octets per second
MCR	Multicast communication relation
MIB	Management Information base
MRP	Medium redundancy protocol
MRRT	Media redundancy for real-time
MRPD	Media redundancy for planned duplication
ms	milli seconds
NoS	Number of Switches
NRT	Non-real-time
OSPF	Open Shortest Path First (see RFC 2328)
PDU	Protocol Data Unit
PhL	Physical layer
Phy	PHY Physical layer entity sublayer (see ISO/IEC 8802.3)
PI	Performance indicator
pps	Packets per second
PTCP	Precision Transparent Clock Protocol
PTP	Precision Time Protocol [IEC 61588]
RPC	Remote Procedure Call
RSTP	Rapid Spanning Tree Algorithm and protocol (see IEEE 802.1D)
RT	Real-time
RTA	Real-time protocol acyclic
RTE	Real-time Ethernet
RT-Ethernet	Real-time Ethernet
RTO	Retransmission Time Out [according to RFC 2988 – Computing TCP's Retransmission Timer]
RTPS	Real-Time Publish-Subscribe
SERCOS	SErial Real time COmmunication System
SNMP	Simple Network Management Protocol (see RFC 1213)
TCC	Time-Critical Cyclic
TCP	Transmission Control Protocol (see RFC 793)
TOS	Type of Service
UDP	User Datagram Protocol (see RFC 768)
VLAN	Virtual LAN

3.3 Symbols

3.3.1 CPF 2 symbols

Symbol	Definition	Unit
APDUsize	Size of the application protocol data unit per CP 2/2 connection	octets
CD	Cable segment delay	µs
CL	Cable segment length	m
DT	Delivery time	µs
EN_NRTE_PR	End-station non-RTE packet rate per CP 2/2 connection	pps
EN_RTE_PR	End-station RTE packet rate per CP 2/2 connection	pps
EN_PR	End-station packet rate	pps
EN_PR_MAX	End-station maximum packet rate	pps
EN_TNRTE_PR	End-station total non-RTE packet rate in pps	pps
EN_TRTE_PR	End-station total RTE packet rate	pps
k	Number of CP 2/2 connections supported by the end-station	—
m	Number of CR 2/2 non-RTE connections	—
n	Number of switches between sending and receiving end-stations	—
p	Number of CR 2/2 RTE connections	—
NRTE_BW	Non-RTE bandwidth	%
PD	Cable propagation delay	n/m
SD _r	Receiver stack delay	µs
SD _s	Sender stack delay	µs
SL	Switch latency	µs
SPD	Switch processing delay	µs
T _{x_packet}	Packet transmit time	µs

3.3.2 CPF 3 symbols

Symbol	Definition	Unit
cd	Cable delay (see attribute cable_delay in IEC 61158-5-10)	s
clt	Total cable length	m
cta_R	Application cycle time of the Receiver	s
cta_S	Application cycle time of the Sender	s
ctc	Communication cycle time	s
ctc	Communication cycle time	s
data	Complete Ethernet frame	octets
data_request	Requested RTE throughput	octets/s
data_RTE	Actual RTE throughput	octets/s
DT	Delivery time	s
endStations	Number of end-stations	—
EthernetDataRate	Ethernet data rate of the network	Mbit/s
MAC_delay	Delay on MAC layer	s
NonRTE	Percentage of non-RTE bandwidth	%
NoS	Number of switches	—
od	Other delays, e. g. signal forwarding in a ring	s
pd	Propagation delay	s
Phy_R_delay	Phy delay on receiver side	s
Phy_S_delay	Phy delay on sender side	s
protocolRTE	Percentage of protocol time	s
Queue_delay	Queue delay in a switch	s
RM	Time needed for management functions to support redundancy	s
RR	Attribute Reduction Ratio (see IEC 61158-5-10)	—
SCF	Attribute Send Clock Factor (see IEC 61158-5-10)	—
STTr	Receiver stack traversal time including Phy and MAC	s
STTs	Sender stack traversal time including Phy and MAC	s
Throughput_RTE	Throughput RTE	octets/s
Time_synchron_accuracy	Time synchronization accuracy	s
tt	Transfer time	s

3.3.3 CPF 4 symbols

Symbol	Definition	Unit
cd	Cable delay (Maximum on 100m)	µs
DT	Delivery time	µs
DTb	Delivery time, calculated by best-case values	µs
DTw	Delivery time, calculated by worst-case values	µs
FS	Number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station	—
NoAS	Number of accesses allowed per device per second	—
NoCEN	Number of RTE end-stations which can produce frames on the critical switch-to-switch link	—
NoNs[x]	Number of RTE end-stations connected to switch number x	—
NoNt	Number of RTE end-stations, in total	—
NoS	Number of switches in path from sender to receiver	—
pd	Propagation delay within a switch. Required minimum value	µs
QTES	Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link	µs
QTSS	Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link	µs
STTr	Receiver stack transversal time including Phy and MAC	µs
STTs	Sender stack transversal time including Phy and MAC	µs
ttES	P-NET transfer time RTE end-station to switch (at maximum APDU size)	µs
ttESmin	P-NET transfer time RTE end-station to switch (at min APDU size)	µs
ttSS	P-NET transfer time switch-to-switch (at maximum APDU size)	µs

3.3.4 CPF 6 symbols

Symbol	Definition	Unit
DTLD	Total delivery time between a Type 8 slave and a Type 10 entity	µs
DT10	Delivery time of the Type 10 network	µs
Cta_M	Application cycle time of the mapping application in the linking-device	—
M	Type 8 Master implementation factor	—
n	Number of data octets (user data; payload)	octets
sl8	Number of Type 8 slaves connected to the linking-device	—
T _{bit}	Nominal bit duration (see 27.2 in IEC 61158-2)	µs
t _s	Software processing time of the Type 8 master (application specific)	µs

3.3.5 CPF 10 symbols

Symbol	Definition	Unit
Cdly	Cable delay	µs
Clen	Cable length	m
Dlen	Length of the complete Ethernet frame	bit
DT	Delivery time	µs
DTlost1	maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to the same domain	µs
DTlost2	maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to different domains	µs
DTmax1	maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain	µs
DTmax2	maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains	µs
NoS	Number of switches in path from sender to receiver	—
Spd	Switch delay under not congested condition	µs
STTr	Receiver stack transversal time including PhL, DLL and AP	µs
STTs	Sender stack transversal time including PhL, DLL and AP	µs
Trate	Transfer bit rate	Mbit/s

3.3.6 CPF 11 symbols

Symbol	Definition	Unit
BW _{CNT}	Bandwidth used both for the communication scheduling and the protocol overhead	%
BW _{NRT}	Bandwidth used for the non-RTE communications	%
BW _{RTE}	Bandwidth used for the RTE communications	%
cd	Cable delay	µs
cdl	Cable length total	km
ct	Cycle time	ms
data	Complete Ethernet frame	—
DT _H	Delivery time of the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC	ms
DT _L	Delivery time of the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC	ms
DT _M	Delivery time of the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC	ms
DV _{HS}	Total volume of the high-speed cyclic data	octets
DV _{LS}	Total volume of the low-speed cyclic data	octets
DV _{MS}	Total volume of the medium-speed cyclic data	octets
NoS	Number of switches	—
od	Other delays	µs
pd	Propagation delay	µs
STTs	Sender stack traversal time including Phy and MAC	µs
STTr	Receiver stack traversal time including Phy and MAC	µs
T _h	The high-speed transmission time period – the basic cycle_time (ct) of the TCC data service	ms
T _{HS}	Total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the high-speed cyclic data	µs
T _l	The Low-speed transmission time period	ms
T _{LS}	Total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the Low-speed Cyclic data	µs
T _m	The Medium-speed transmission time period	ms
T _{MAC}	Time for the maintenance and control, in which a new end-station is solicited to join and the periodic time operation is controlled	µs
T _{MS}	Total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data	µs
T _{NRT}	Total sum of the frame transmit time, in which the frame, with the non-RTE data as a payload, is sent out of the end-station within the time period of T _h and is used for the standard Ethernet application on sporadic basis	µs
TR _{HS}	Throughput RTE of the high-speed cyclic data	Moctets/s
TR _{LS}	Throughput RTE of the low-speed cyclic data	Moctets/s
TR _{MS}	Throughput RTE of the medium-speed cyclic data	Moctets/s
TR _{RTE}	Throughput RTE, and the sum of TR _{HS} , TR _{LS} and TR _{MS}	Moctets/s
T _{RTE}	Total sum of the frame transmit time, in which the frame, with the RTE data as a payload of a fixed length, is sent out of the end-station within the time period of T _h	µs
T _{SCH}	Total sum of the frame transmit time for the transmission scheduling	µs
tt	Transfer time	µs

3.3.7 CPF 12 symbols

Symbol	Definition	Unit
l_{tc}	Total cable length	m
NoS	Number of slaves	
Pd	Propagation delay	μs
t_{cd}	Cable delay	$\mu s/m$
t_{cpdl}	Data copy delay within a slave	μs
t_{cycle}	Cycle time	μs
t_D	Delivery time	μs
t_{data}	Time to transmit the longest real-time Ethernet frame	μs

3.3.8 CPF 13 symbols

Symbol	Definition	Unit
B_{NRTE}	Non-RTE bandwidth	%
M	Network MTU (maximum transmission unit)	octets
N	Number of RTE end-stations processed in one communication cycle	—
T_A	Time reserved for non-RTE data within one communication cycle	μs
T_C	Communication cycle time	μs
T_D	Delivery time	μs
$T_{FT,i}$	RTE frames transmission time for RTE end-station i	μs
T_P	Processing time in the receiving end-station	μs
$T_{RD,i}$	Response delay of the RTE end-station i	μs
T_S	Communication cycle start delay	μs
$T_{SD,i}$	Sum of all delays of infrastructure components (switches, hubs, cabling) for the RTE end-station i	μs

3.3.9 CPF 14 symbols

Symbol	Definition	Unit
DT	Delivery time	µs
D_size	Data size	octets
LCable	Cable length	m
Ndata	Length of complete Ethernet frame	octets
NRTE_BW	Non-RTE bandwidth	%
NSwitch	Number of switches between end-stations	
RateofEthernet	Ethernet data rate	Mbit/s
RMDData	Redundancy management data	octets
RTData	Real-time data	octets
TApp_R	Receiver stack processing time including Phy and MAC	µs
TCable	Cable delay	µs
TD_Sw	Time delay in switch	µs
TEthernet_S	Sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3	µs
ThroughputRTE	RTE throughput	octets/s
TQueue_S	Sender queuing delay	µs
TSDData	Time synchronization data	octets
TStack_S	Sender stack processing time	µs
TSwitch	Switch delay	µs
TTTrf_S	Transfer time for one octet	µs
T_wire	Time per octet on a wire segment	µs
STT_s	Stack traversal time of the sender	µs
STT_r	Stack traversal time of the receiver	µs

3.3.10 CPF 15 symbols

Symbol	Definition	Unit
D_size	Data size	octets
DT	Delivery time	µs
DT_lf	Delivery time when a frame is lost	µs
DT_lfh	Delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable with heartbeat	µs
DT_lfp	Delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable periodic	µs
DT_n	Delivery time for the NACK message	µs
H	Period of the heartbeat, which is a configured parameter	µs
N_Sw	Number of switches between end-stations	
RTO	TCP retransmission time out parameter	µs
STT_r	Stack traversal time of the receiver	µs
STT_r1	Part of the stack traversal time of the receiver that is independent of D_size	µs
STT_r2	Part of the stack traversal time of the receiver that depends linearly on D_size	µs
STT_s	Stack traversal time of the sender	µs
STT_s1	Part of the stack traversal time of the sender that is independent of D_size	µs
STT_s2	Part of the stack traversal time of the sender that depends linearly on D_size	µs
T	Period, which is a configured parameter	µs
T_wire	Time per octet on a wire segment	µs
TD_Sw	Time delay in switch	µs

3.3.11 CPF 16 symbols

Symbol	Definition	Unit
ac	Non-time based synchronization accuracy	ns
cd	Cable delay	µs/m
clt	Total cable length	m
ct	Cycle_time configured for the network segment	µs
data	Data to be transmitted in one cycle (including the complete Ethernet frame)	bit
DT	Delivery time	µs
fr	Frame runtime	µs
ma	Synchronization accuracy of the master device	µs
mct	Minimum cycle time	ms
N	Integer value	—
nf	Number of frames	—
nn	Number of nodes	—
pd	Propagation delay (signal delay) of a forwarding node	µs
sa	Synchronization accuracy of one slave device	µs
st	Separation time per frame	µs
tt	Transfer time	µs

3.4 Conventions

3.4.1 Conventions common to all layers

3.4.1.1 (Sub)clause selection tables

(Sub)clause selection for all layers is defined in tables, as shown in Table 1 and Table 2. The selected base specifications are indicated just before the selection table(s). Selection is done at the highest (sub)clause level possible to define the profile selection unambiguously.

Table 1 – Layout of profile (sub)clause selection tables

Clause	Header	Presence	Constraints

Table 2 – Contents of (sub)clause selection tables

Column	Text	Meaning
Clause	<#>	(Sub)clause number of the base specifications
Header	<text>	(Sub)clause title of the base specifications
Presence	NO	This (sub)clause is not included in the profile
	YES	This (sub)clause is fully (100 %) included in the profile in this case no further detail is given
	—	Presence is defined in the following subclauses
	Partial	Parts of this (sub)clause are included in the profile
	Optional	This (sub)clause may be additionally included in the profile
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	—	No constraints other than given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

If sequences of (sub)clauses do not match the profile, then the numbers are concatenated.

EXAMPLE concatenated subclauses

3.4 – 3.7	—	NO	—

3.4.1.2 Service selection tables

If the selection of services is defined in a table, the format of Table 3 is used. The table identifies the selected services and includes service constraints, as explained in Table 4.

Table 3 – Layout of service selection tables

Service ref.	Service name	Usage	Constraint

Table 4 – Contents of service selection tables

Column	Text	Meaning
Service ref.	<#>	(Sub)clause number of the base specifications where the service is defined
	—	Not applicable
Service name	<text>	The name of the service
Usage	M	Mandatory
	O	Optional
	—	Service is never used
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	—	No constraints other than those given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

If selection of service parameters is defined in a table the format of Table 5 is used. Each table identifies the selected parameters and includes parameter constraints, as explained in Table 6.

Table 5 – Layout of parameter selection tables

Parameter ref.	Parameter name	Usage	Constraint

Table 6 – Contents of parameter selection tables

Column	Text	Meaning
Parameter ref.	<#>	(sub)clause number of the base specifications where the service is defined
	—	Not applicable
Parameter name	<text>	The name of the service parameter
Usage	M	Mandatory
	O	Optional
	—	Attribute is never present
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	—	No constraints other than those given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

3.4.2 Physical Layer

No additional conventions are defined.

3.4.3 Data Link Layer

3.4.3.1 Service profile conventions

No additional conventions are defined.

3.4.3.2 Service and parameter selections

These are described using the common conventions, see 3.4.1.2.

3.4.4 Application Layer

3.4.4.1 Service profile conventions

ASE and class selection is described using (sub)clause selection tables, see 3.4.1.1. If the use of selected ASE and classes is further constrained this is specified in the profile (e.g. an optional item of the base standard is mandatory in the profile).

If the selection of class attributes is defined in a table the format of Table 7 is used. The table identifies the selected class attributes and includes their constraints, as explained in Table 8.

Table 7 – Layout of class attribute selection tables

Attribute	Attribute Name	Usage	Constraint

Table 8 – Contents of class attribute selection tables

Column	Text	Meaning
Attribute	<#>	Attribute number of the base specification class
	—	Not applicable
Attribute Name	<text>	The name of the attribute
Usage	M	Mandatory
	O	Optional
	—	Attribute is never present
Constraints	See <#>	Constraints/remarks are defined in the given subclause, table or figure of this profile document
	—	No constraints other than those given in the reference document (sub)clause, or not applicable
	<text>	The text defines the constraint directly; for longer text table footnotes or table notes may be used

3.4.4.2 Service and parameter selections

These are described using the common conventions, see 3.4.1.2.

4 Conformance to communication profiles

A statement of compliance with an RTE Communication Profile Family (CPF) Profile of this part of IEC 61784 shall be stated¹ as either

- Compliance to IEC 61784-2:2007 CPF n <Type>, or
- Compliance to IEC 61784-2 (Ed.1.0) CPF n <Type>.

and a statement of compliance with a communication profile (CP) of this part of IEC 61784 shall be stated as either

- Compliance to IEC 61784-2:2007 CP n/n <Type>, or
- Compliance to IEC 61784-2 (Ed.1.0) CP n/n <Type>.

where the Type within the angle brackets < > is optional and the angle brackets are not to be included. Type could be any character string.

A conformance statement should be supported with appropriate documentation as defined in Clause 6.

¹ In accordance with ISO/IEC Directives.

5 RTE performance indicators

5.1 Basic principles of performance indicators

A network that includes real-time communication and is based on the ISO/IEC 8802-3 standard is called a Real-time Ethernet (RTE) network. Users of RTE networks have different requirements for different applications. In order to satisfy these requirements in an optimal way RTE communication networks complying with CPs described in this standard will exhibit different performance.

Performance indicators (specified in 5.3) shall be used to specify capabilities of an RTE end device and an RTE communication network as well as to specify requirements of an application. Performance indicators will be used as a set of interaction means between the user of the RTE CP and the manufacturer of RTE CP compliant RTE end devices and network components. Subclause 5.2 specifies the application requirements view.

Performance indicators represent

- a) capabilities of an RTE end device,
- b) capabilities of an RTE communication network,
- c) as well as requirements of an application.

A consistent set of performance indicators (specified in 5.3) is used to represent the RTE capabilities. Some of the performance indicators are interdependent; in this case some indicator values depend on the value of others to provide a consistent set.

NOTE The interdependence is due to physical or logical constraints which cannot be violated. For example the indicator "Throughput RTE (which would use 90 % of the total bandwidth)" and "Throughput non-RTE (90 %)" cannot happen at the same time because that would describe a transmission load of 180 %.

No general boundary values to specify RTE performance are specified for the indicators in this standard, but device suppliers need to specify boundary values for a CP-based product if they claim to be compliant to this standard.

Technology specific CPF subclauses specify

- a) selection of performance indicators out of possible performance indicators defined in 5.3 relevant to a given CP, optionally with their individual limits or ranges,
- b) interdependence between performance indicators,
- c) optionally, lists with consistent performance indicators values.
Each of the lists has one or more leading performance indicators. The leading performance indicators are preset to a fixed value (typically optimized to have the best overall performance). The other performance indicators in the list are shown with their related consistency limits,
- d) optionally, a more comprehensive representation of the relation between performance indicators (Figure 1 shows an example of a graphical representation).

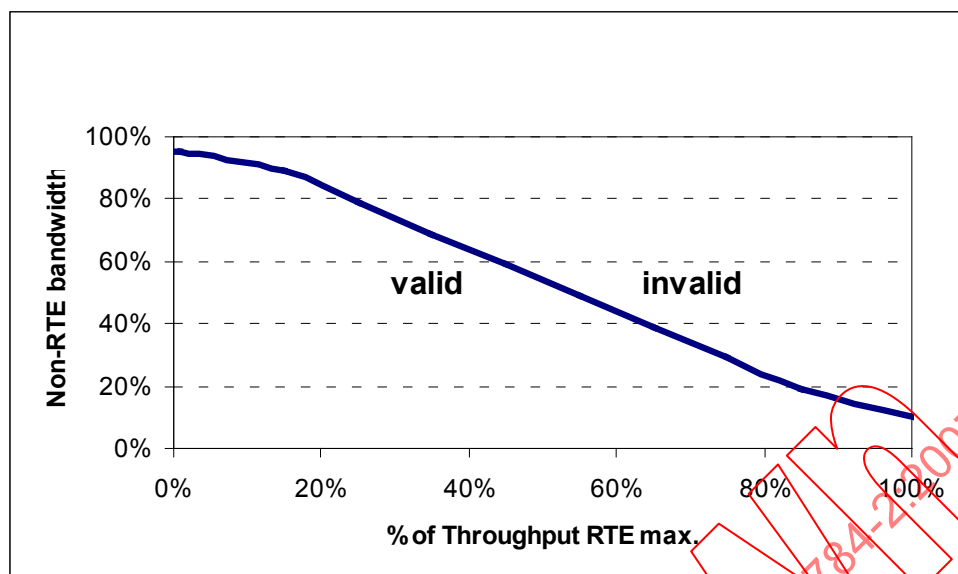


Figure 1 – Example of graphical representation of consistent indicators

The supplier of RTE end devices and RTE communication networks shall provide at least one consistent set of performance indicators. The boundary values given by the supplier should be based on conformance test principles specified in Clause 6.

NOTE 1 A set of lists with consistent performance indicators is only given when interdependence between performance indicators exists.

NOTE 2 Applications may have requirements where one particular indicator has higher importance than all the others. Such applications will find useful the opportunity to select the consistent indicator list with the relevant leading indicator. Other applications may have requirements where several indicators are of equally high importance. For such applications, a graphical or otherwise more comprehensive representation of the relation between consistent indicators is more appropriate. Figure 1 is an example of a graphical representation of consistent indicators given by a CP.

NOTE 3 RTE end devices are designed under the discretion of manufactures of such a device. Therefore no assumption could be made how many RTE end-stations (network interfaces) are build in one device. In order to achieve comparable performance indicators from the application perspective the performance indicators are build on RTE end-stations not on RTE devices.

5.2 Application requirements

The capabilities of an RTE communication network are specified in 5.3 as indicators. The indicators are used to match application requirements to the capabilities of components compliant to one or more CP(s) of this part of IEC 61784.

A profile is suitable if its indicator values at least meet the required indicator values.

NOTE 1 Sophisticated requirements are likely to find a smaller number of matching profiles.

NOTE 2 A principle for selecting the matching CP is described in ISO 15745-1.

NOTE 3 The application-dependent class should be a subset of a CP x/y to be suitable for this application.

5.3 Performance indicators

5.3.1 Delivery time

Delivery time shall indicate the time needed to convey an APDU containing data (message payload) that has to be delivered in real-time from one node (source) to another node (destination). The delivery time is measured at the interface between the application process and the (Fieldbus) application entity.

NOTE 1 A description of the Application Layer concept with a description of the Application Process and the Application Entity is given in the respective type-specific part of IEC 61158-5.

The maximum delivery time shall be stated for the following two cases:

- no transmission errors, and
- one lost frame with recovery.

NOTE 2 The permanent failure condition is described in 5.3.9.

Calculation of the maximum delivery time shall include the transmission time as well as any waiting time.

NOTE 3 Waiting time depends on the RTE network concept, the RTE network topology and the application load which is generated by the other nodes in the RTE network and the non-RTE traffic at that time.

5.3.2 Number of RTE end-stations

The number of RTE end-stations shall state the maximum number of RTE end-stations supported by a CP.

NOTE The network devices like a switch are not counted in the number of RTE end-stations.

5.3.3 Basic network topology

The basic network topology supported by a CP shall be stated out of the topologies listed in Table 9 or as a combination.

Table 9 – Basic network topology types

Basic network topology	CP
Hierarchical star	CP m/1
Ring (loop)	CP m/2
Linear topology	CP m/3
NOTE A real topology could be any combination of the three basic topologies.	

5.3.4 Number of switches between RTE end-stations

Number of switches between any two RTE end-stations that have an application relation.

5.3.5 Throughput RTE

Throughput RTE shall indicate the total amount of APDU data (by octet length) on one link per second.

5.3.6 Non-RTE bandwidth

The non-RTE bandwidth shall indicate the percentage of bandwidth, which can be used for non-RTE communication on one link. Additionally the total link bandwidth shall be specified.

NOTE The indicators throughput RTE and non-RTE bandwidth are related to each other.

5.3.7 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy shall indicate the maximum deviation between any two node clocks.

5.3.8 Non-time-based synchronization accuracy

The non-time-based synchronization accuracy shall indicate the maximum jitter of the cyclic behavior of any two nodes, using triggering by periodical events over the network for establishing cyclic behavior.

NOTE 1 This factor accounts for coherency of data or actions triggered by the event, and it is a measure of the coherency spread.

NOTE 2 The event can be unicast, multicast or broadcast, or made of a set of simpler events.

5.3.9 Redundancy recovery time

Redundancy recovery time shall indicate the maximum time from failure to become fully operational again in case of a single permanent failure.

NOTE If a permanent failure occurs, the delivery time of a message is the redundancy recovery time.

6 Conformance tests

6.1 Concept

This part of IEC 61784 specifies the methodology of a conformance test for an RTE end device for one or more CPs. The concept of this conformance test is to verify the capabilities of a device under test (DUT) against a consistent set of indicators of a CP. The conformance test shall assure the interoperability of devices which claim compliance with the same CP. Figure 2 gives an overview of the conformance test related to this part of IEC 61784.

NOTE Conformance test implementation and conformance test execution are not defined in this standard.

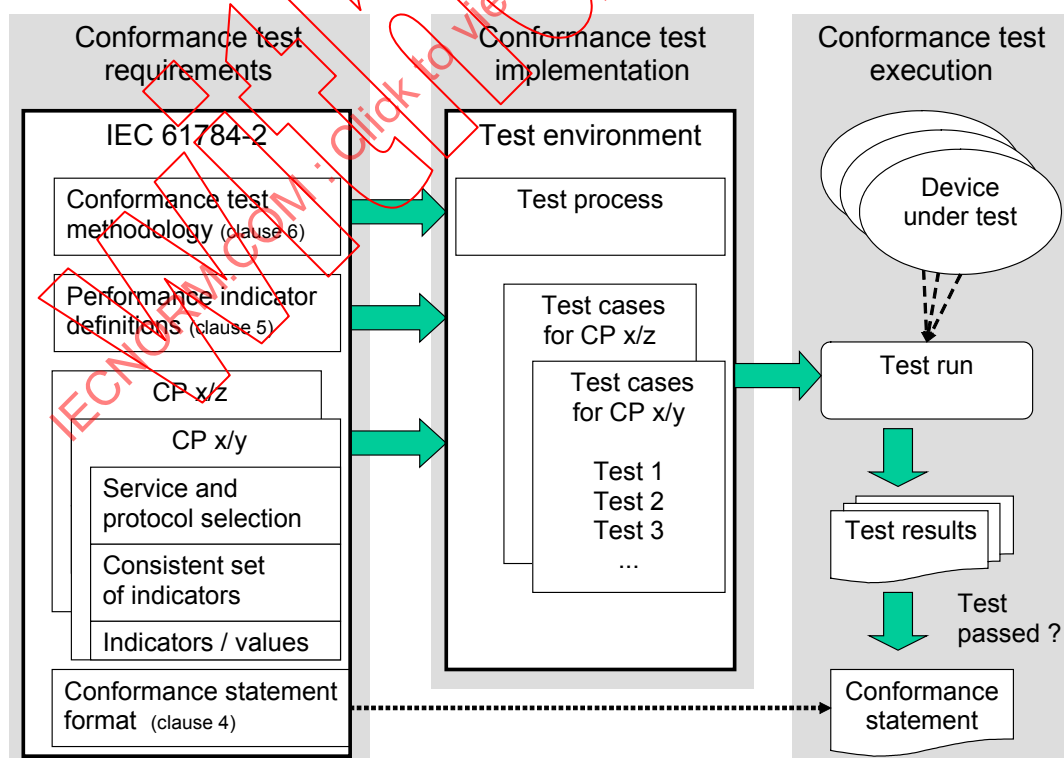


Figure 2 – Conformance test overview

6.2 Methodology

Test cases shall be developed in a way that tests are repeatable and the results can be verified. Test results shall be documented and shall be used as the basis for the conformance statement.

Conformance tests of a device shall include, as appropriate, the verification of

- the availability and correctness of the specified CP functionality,
- network related indicator values,
- device related indicator values.

The performance indicator values of the CP and of the device under test shall be used.

NOTE 1 It is assumed that the quality of the test cases guarantees the interoperability of a tested device. If any irregularities are reported the test cases will be adapted accordingly.

NOTE 2 A description of a conformance testing process is given in ISO/IEC 9546 series.

6.3 Test conditions and test cases

Test conditions and test cases shall be defined and documented based on a specific CP. This shall include the following indicators, when applicable:

- number of nodes;
- network topology;
- number of switches between nodes;
- RTE throughput,
- non-RTE bandwidth.

For each measured indicator (see 6.4), test condition and test case documents shall be prepared and shall describe:

- test purpose;
- test setup;
- test procedure;
- criteria for compliance.

Test set-up describes the equipment set-up necessary to perform the test including measurement equipment, device under test, auxiliary equipment, interconnection diagram, and test environmental conditions.

Parts of the test environment may be emulated or simulated. The effects of the emulation or simulation shall be documented.

The test procedure describes how the test should be performed, which also includes a description of specific set of indicators required to perform this test. The criteria for compliance define test results accepted as compliance with this test.

6.4 Test procedure and measuring

The measured indicators shall include, when applicable:

- delivery time;
- RTE throughput;
- non-RTE bandwidth;
- time synchronization accuracy;
- non-time based accuracy;
- redundancy recovery time.

The test procedure shall be based on the principles of 6.3.

The sequence of measuring actions to complete a test run shall be provided.

The number of independent runs of the test shall be provided.

The method to compute the result of the test from the independent runs shall be provided if applicable.

6.5 Test report

The test report shall contain sufficient information so that the test can be repeated and the results verified.

The test report shall contain at least

- the reference to the conformance test methodology according to 6.2,
- the reference to the performance indicator definitions according to Clause 5,
- the reference to the used CP according to this part of IEC 61784,
- a description of the conformance test environment including network emulators, measurement equipment and the person or organization responsible for the test execution, and the date of testing,
- the device under test, its manufacturer, and hardware and software revision,
- the number and type of devices connected to the network together with the topology,
- a reference to the test case specifications,
- the measured values,
- a statement according compliance with the CP.

7 Communication Profile Family 2 (CIP™²) – RTE communication profiles

7.1 General overview

Communication Profile Family 2 defines several communication profiles based on IEC 61158-2 through IEC 61158-6, protocol type 2, and on other standards. These profiles all share for their upper layers the same communication system commonly known as the Common Industrial Protocol (CIP).

This part of IEC 61784 defines two RTE communication profiles.

- Profile 2/2 EtherNet/IP™³

This profile contains a selection of AL, DLL and PhL services and protocol definitions from IEC 61158-4 through IEC 61158-6, protocol type 2, and the TCP/UDP/IP/Ethernet protocol suite. This profile uses the CIP protocol and services in conjunction with the standard internet and Ethernet standards. This profile provides ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.3-2002 based real time communication, through the use of frame prioritization.

- Profile 2/2.1 EtherNet/IP™ with time synchronization

This profile is an extension of CP 2/2 that defines additional mechanisms to provide accurate time synchronization between nodes using EtherNet/IP. The addition of time synchronization services and protocols based on IEC 61588:2004 allows using it also for the most demanding applications.

NOTE 1 See IEC 61784-1, A.2, for an overview of CIP and related networks communications concepts.

NOTE 2 Additional CPs are defined in the other parts of IEC 61784 series.

7.2 Profile 2/2

7.2.1 Physical Layer

See IEC 61784-1, 6.3.1.

7.2.2 Data Link Layer

See IEC 61784-1, 6.3.2.

7.2.3 Application Layer

See IEC 61784-1, 6.3.3.

7.2.4 Performance indicator selection

7.2.4.1 Performance indicator overview

Table 10 provides an overview of CP 2/2 performance indicators.

² CIP™ is a trade name of Open DeviceNet Vendor Association, Inc. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name CIP™. Use of the trade name CIP™ requires permission from Open DeviceNet Vendor Association, Inc.

³ EtherNet/IP™ is a trade name of ControlNet International, Ltd. and Open DeviceNet Vendor Association, Inc. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name EtherNet/IP™. Use of the trade name EtherNet/IP™ requires permission from either ControlNet International, Ltd. or Open DeviceNet Vendor Association, Inc.

Table 10 – CP 2/2: performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	Yes	None
Number of end-stations	Yes	None
Basic network topology	Yes	Only star topology is supported
Number of switches between end-stations	Yes	None
Throughput RTE	Yes	None
Non-RTE bandwidth	Yes	None
Time synchronization accuracy	No	—
Non-time-based synchronization accuracy	No	—
Redundancy recovery time	No	—

7.2.4.2 Performance indicator dependencies

7.2.4.2.1 Dependency matrix

Table 11 shows the dependencies between performance indicators for CP 2/2.

Table 11 – CP 2/2: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI					
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth
Delivery time		No	No	Yes	No	No
Number of end-stations	No		Yes	Yes	No	No
Basic network topology	No	No		No	No	No
Number of switches between end-stations	Yes	Yes	Yes		No	No
Throughput RTE	No	No	No	No		Yes
Non-RTE bandwidth	No	No	No	No	Yes	

7.2.4.2.2 Delivery time

Payload delivery time between any two end-stations depends on many factors as shown below. For one direction of a CP 2/2 network operating in full-duplex mode it can be calculated for each type of application message using formulae (1), (2) and (3).

$$DT = SD_s + T_{x\_packet} + \sum_{i=1}^{n-1} CD_i + \sum_{k=1}^n SL_k + SD_r \quad (1)$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i \quad (2)$$

$$SL_k = SPD_k + \sum_{j=1}^q T_{x\_packet\_j} + T_{x\_packet} \quad (3)$$

where

DT	is the delivery time in microseconds;
SD_s	is the sender stack delay in microseconds (depending on the selected hardware platform and the embedded software implementation);
T_{x_packet}	is the packet transmit time in microseconds;
N	is the number of switches between sending and receiving end-stations;
CD	is the cable segment delay in microseconds;
PD	is the cable propagation delay in nanoseconds per meter (depending on the characteristics of the selected cable);
CL	is the cable segment length in meters;
SL	is the switch latency in microseconds (measured based on RFC 2544, usually provided by the switch vendor);
SPD	is the switch processing delay in microseconds (provided by the switch vendor instead of SL);
Q	is the number packets in the port transmit queue in front of this packet;
$T_{x\_packet\_j}$	is the transmit time of packet j ;
SD_r	is the receiver stack delay in microseconds (depending on the selected hardware platform and the embedded software implementation).

NOTE If a packet is lost, e.g. due to a transmission error, but the following one is received without errors then the delivery time will double. The CP 2/2 system performance will not be affected unless four consecutive packets are lost.

7.2.4.2.3 Number of end-stations

With regard to star topology, this standard considers network infrastructures containing only Data Link layer (Ethernet) switches. This assumes that all end-stations are connected to the same subnet. Based on the CP 2/2 specification, a subnet can contain a maximum of 1 024 end-stations. The minimum number of end-stations is two, one producer and one consumer of the RTE data.

7.2.4.2.4 Basic network topology

The basic topology of the CP 2/2 network is a hierarchical star. Since basic network topology is given, it is not dependent on, or influenced by, any of the performance indicators.

7.2.4.2.5 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations, which is the number of layers in a hierarchical star, is determined on the basis of:

- delivery time;
- number of end-stations, their physical location and the distance between them;
- network traffic profile (types of traffic, rates, traffic mix);
- performance of selected switches, in particular their throughput, their physical location, distance between them and number of ports per switch;
- network management requirements.

The minimum number is 1. The maximum number is 1 024 where each end-station has an individual switch, which is similar to the linear topology.

7.2.4.2.6 Throughput RTE

In switched Ethernet networks based on the star topology a link is a link between an end-station and a switch port. Based on the definition provided in 5.3.5, throughput RTE depends on the link data rate, link mode of operation (half or full-duplex) and protocol overhead. Throughput RTE for one direction of a CP 2/2 link operating in a full-duplex mode can be calculated on the basis of formula (4).

$$\text{Throughput\_RTE} = \sum_{i=1}^k (\text{APDUsize}_i \times \text{EN\_RTE\_PR}_i) \leq \text{EN\_PR\_MAX} \quad (4)$$

where

- APDUsize* is the size of the application protocol data unit per CP 2/2 connection in octets;
EN_RTE_PR is the end-station RTE packet rate per CP 2/2 connection in packets per second (pps);
k is the number of CP 2/2 connections supported by the end-station;
EN_PR_MAX is the end-station maximum packet rate in pps.

7.2.4.2.7 Non-RTE bandwidth

CP 2/2 does not specify a percentage of bandwidth which can be used for non-RTE communication but it can be calculated as shown below.

7.2.4.2.8 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

A link in the CP 2/2 is a link between an end-station and a switch port. The total link bandwidth is limited by the end-station throughput, which is the same as the end-station maximum packet rate. The total link bandwidth is therefore a sum of end-station RTE and non-RTE packet rates and can be calculated using formulae (5), (6), (7), (8) and (9).

$$\text{Total\_Link\_Bandwidth} = \text{EN\_PR\_MAX} \quad (5)$$

$$\text{EN\_PR} = \text{EN\_TRTE\_PR} + \text{EN\_TNRTE\_PR} \leq \text{EN\_PR\_MAX} \quad (6)$$

$$\text{EN\_TRTE\_PR} = \sum_{i=1}^p \text{EN\_RTE\_PR}_i \quad (7)$$

$$\text{EN\_TNRTE\_PR} = \sum_{j=1}^m \text{EN\_NRTE\_PR}_j \quad (8)$$

$$\text{NRTE\_BW} = \frac{\text{EN\_PR\_MAX} - \text{EN\_TRTE\_PR}}{\text{EN\_PR\_MAX}} \times 100\% \quad (9)$$

where

EN_PR	is the end-station packet rate in packets per second (pps);
EN_PR_MAX	is the end-station maximum packet rate in pps;
EN_TRTE_PR	is the end-station total RTE packet rate in pps;
EN_RTE_PR	is the end-station RTE packet rate per CP 2/2 connection in pps;
p	is the number of CR 2/2 RTE connections;
EN_TNRTE_PR	is the end-station total non-RTE packet rate in pps;
EN_NRTE_PR	is the end-station non-RTE packet rate per CP 2/2 connection in pps;
m	is the number of CR 2/2 non-RTE connections;
$NRTE\_BW$	is the non-RTE bandwidth, in %.

EXAMPLE

End device maximum packet rate is 2 000 pps. It has 5 RTE connections, 2 with $EN\_RTE\_PR = 200$ pps and 3 with $EN\_RTE\_PR = 100$ pps. It also has 4 non-RTE connections, all with $EN\_NRTE\_PR = 10$ pps.

$$EN\_TRTE\_PR = 2 \times 200 \text{ pps} + 3 \times 100 \text{ pps} = 700 \text{ pps}$$

$$EN\_PR = 700 \text{ pps} + 40 \text{ pps} = 740 \text{ pps}$$

$$NRTE\_BW = \frac{40 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 2\%$$

$$NRTE\_BW_{\max} = \frac{2000 \text{ pps} - 700 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 65\%$$

In this example 65 % of link bandwidth can be used for non-RTE traffic but only 2 % has actually been used.

7.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 12 defines a consistent set of performance indicators for CP 2/2. Minimum and maximum values of delivery time are calculated in A.1.1.1. The maximum value of the throughput RTE is calculated in A.1.1.2.

Table 12 – CP 2/2: consistent set of performance indicators for factory automation

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	130 μ s to 20,4 ms	—
Number of end-stations	2 to 1 024	—
Number of switches between end-stations	1 to 1 024	—
Throughput RTE	0 octets/s to $3,44 \times 10^6$ octets/s	—
Non-RTE bandwidth	0 % to 100 %	—

7.3 Profile 2/2.1

7.3.1 Physical Layer

The Physical Layer of the Ethernet/IP profile is according to ISO/IEC 8802-3 and IEEE 802.3-2002.

Recommended connectors and cables are specified in IEC 61918 and IEC 61784-5-2.

NOTE Additional information is provided in ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: EtherNet/IP™ Adaptation of CIP, Chapter 8: Physical Layer.

7.3.2 Data Link Layer

7.3.2.1 DLL service selection

The Data Link Layer of the CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802.3-2002 and IEC 61588:2004.

7.3.2.2 DLL protocol selection

The Data Link Layer of the CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802.3-2002 and IEC 61588:2004.

Table 13 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-2.

Table 13 – CP 2/2.1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	YES	—
4 – 5	—	NO	—
6	Specific DLPDU structure, encoding and procedures	—	—
6.1	Modeling language	YES	—
6.2 – 6.13	—	NO	—
7	Objects for station management	—	See Table 14
8 – 9	—	NO	—
Annex A	(normative) – Indicators and switches	—	—
A.1	Purpose	YES	—
A.2	Indicators	—	—
A.2.1	General indicator requirements	YES	—
A.2.2	Common indicator requirements	YES	—
A.2.3	Fieldbus specific indicator requirements (1)	NO	—
A.2.4	Fieldbus specific indicator requirements (2)	YES	—
A.2.5	Fieldbus specific indicator requirements (3)	NO	—
A.3	Switches	—	—
A.3.1	Common switch requirements	YES	—
A.3.2	Fieldbus specific switch requirements (1)	NO	—
A.3.3	Fieldbus specific switch requirements (2)	YES	—
A.3.4	Fieldbus specific switch requirements (3)	NO	—

Table 14 specifies the management objects selection.

Table 14 – CP 2/2.1: DLL protocol selection of management objects

Clause	Header	Presence	Constraints
7	Objects for station management	—	—
7.1	General	Partial	Relevant objects and features only
7.2	ControlNet object	NO	—
7.3	Keeper object	NO	—
7.4	Scheduling object	NO	—
7.5	TCP/IP interface object	YES	—
7.6	Ethernet link object	YES	—
7.7	DeviceNet object	NO	—
7.8	Connection configuration object	YES	—

7.3.3 Application Layer

7.3.3.1 AL service selection

Table 15 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-2.

Table 15 – CP 2/2.1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	YES	—
4	Common concepts	Partial	Differences are indicated in IEC 61158-5-2
5	Data type ASE	Partial	Selection and restrictions are specified in IEC 61158-5-2
6	Communication model specification	—	—
6.1	Type 2 specific concepts	YES	—
6.2	ASEs	—	—
6.2.1	Object management ASE	—	—
6.2.1.1	Overview	YES	—
6.2.1.2	FAL management model class specification	—	—
6.2.1.2.1	General formal model	YES	—
6.2.1.2.2	Identity formal model	YES	—
6.2.1.2.3	Assembly formal model	YES	—
6.2.1.2.4	Message router formal model	YES	—
6.2.1.2.5	Acknowledge handler formal model	YES	—
6.2.1.2.6	Time Sync formal model	YES	—
6.2.1.3	FAL management model ASE service specification	YES	—
6.2.2	Connection manager ASE	YES	Single class in this ASE
6.2.3	Connection ASE	NO	—
6.3	AR's	—	—
6.3.1	Overview	YES	—
6.3.2	UCMM AR formal model	YES	—
6.3.3	Transport AR formal model	Partial	Transport ARs 0, 1, 2 and 3 only
6.3.4	AR ASE services	YES	—
6.4	Summary of FAL classes	YES	—
6.5	Permitted FAL services by AR type	YES	—

In addition AL services are mapped onto the TCP/UDP/IP protocol suite.

The corresponding minimum requirements for EtherNet/IP devices are as specified in RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 and subsequent documents that may supersede them. All EtherNet/IP devices shall as a minimum support requirements specified in RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 and RFC 2236.

If a feature or internet protocol is implemented by an EtherNet/IP device, this feature shall be implemented in accordance with the appropriate RFC documents, whether the feature or protocol is considered required or optional by this RFC document.

7.3.3.2 AL protocol selection

Table 16 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-2.

Table 16 – CP 2/2.1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	YES	—
4	Abstract syntax	—	—
4.1	FAL PDU abstract syntax	YES	—
4.2	Data abstract syntax specification	YES	—
4.3	Encapsulation abstract syntax	YES	—
5	Transfer syntax	YES	—
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	—
7	Context state machine	YES	—
8	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
9	Application relationship protocol machines (ARPMs)	—	—
9.1	General	YES	—
9.2	Connection-less ARPM (UCMM)	YES	—
9.3	Connection-oriented ARPMs (transports)	Partial	Transport classes 0, 1, 2 and 3 only
10	DLL mapping protocol machine 1 (DMPM 1)	NO	—
11	DLL mapping protocol machine 2 (DMPM 2)	YES	—
12	DLL mapping protocol machine 3 (DMPM 3)	NO	—

In addition, the AL protocol is mapped onto the TCP/UDP/IP protocol suite.

The corresponding minimum requirements for EtherNet/IP devices are as specified in RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 and subsequent documents that may supersede them. All EtherNet/IP devices shall as a minimum support requirements specified in RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 and RFC 2236.

If a feature or internet protocol is implemented by an EtherNet/IP device, this feature shall be implemented in accordance with the appropriate RFC documents, whether the feature or protocol is considered required or optional by this RFC document.

7.3.4 Performance indicator selection

7.3.4.1 Performance indicator overview

Table 17 provides an overview of CP 2/2.1 performance indicators.

Table 17 – CP 2/2.1: performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	Yes	None
Number of end-stations	Yes	None
Basic network topology	Yes	Only star topology is supported
Number of switches between end-stations	Yes	None
Throughput RTE	Yes	None
Non-RTE bandwidth	Yes	None
Time synchronization accuracy	Yes	Requires switches capable to function as IEC 61588:2004 boundary clocks.
Non-time-based synchronization accuracy	No	—
Redundancy recovery time	No	—

7.3.4.2 Performance indicator dependencies

7.3.4.2.1 Dependency matrix

Table 18 shows the dependencies between performance indicators for CP 2/2.1.

Table 18 – CP 2/2.1: performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time sync accuracy
Delivery time		No	No	Yes	No	No	No
Number of end-stations	No		Yes	Yes	No	No	Yes
Basic network topology	No	No		No	No	No	No
Number of switches between end-stations	Yes	Yes	Yes		No	No	Yes
Throughput RTE	No	No	No	No		Yes	No
Non-RTE bandwidth	No	No	No	No	Yes		No
Time synchronization accuracy	No	No	Yes	Yes	No	No	

7.3.4.2.2 Time synchronization accuracy

Accuracy of time synchronization is the maximum jitter between master and slave clocks. In order to achieve 1 μ s accuracy in a star network, it is necessary to use switches containing IEC 61588:2004 boundary clocks. It has been proven that in this case the number of cascaded switches shall not exceed four (4), assuming that the accuracy of the switch boundary clock is within the range of ± 100 ns.

7.3.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 19 defines a consistent set of performance indicators for CP 2/2.1. Minimum and maximum values of delivery time are calculated in A.1.2.1. The maximum of nodes is calculated in A.1.2.2. The maximum value of the throughput RTE is calculated in A.1.1.2.

Table 19 – CP 2/2.1: Consistent set of performance indicators for motion control

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	130 μ s to 190 μ s	—
Number of end-stations	2 to 90	Maximum number of ports in switches with boundary clocks
Number of switches between end-stations	1 to 4	Maximum number of cascaded boundary clocks
Throughput RTE	0 octets/s to $3,44 \times 10^6$ octets/s	—
Non-RTE bandwidth	0 % to 100 %	—
Time synchronization accuracy	≤ 1 μ s	—

8 Communication Profile Family 3 (PROFIBUS & PROFINET⁴) – RTE communication profiles

8.1 General overview

8.1.1 CPF 3 overview

Communication Profile Family 3 (CPF 3) defines communication profiles using Type 3 and Type 10 of IEC 61158 series, which corresponds to parts of the communication systems commonly known as PROFIBUS and PROFINET. CP 3/1, CP 3/2, and CP 3/3 are specified in IEC 61784-1.

RTE specific PROFINET profiles are specified for three conformance classes named A, B, and C. Compliance to a CP out of the CPF 3 is a prerequisite to conform to a conformance class (see Table 23). Those conformance classes require features out of the general classifications given in 8.1.2, 8.1.3, 8.1.4, 8.1.5, and 8.1.7.

8.1.2 Node Classes

Node classes are the following:

- IO device, with or without an integrated network component;
- IO controller, with or without an integrated network component;
- IO supervisor; and
- network components (e.g. switch, wireless access point, wireless client).

NOTE A node can have several node classes implemented at the same time, e.g. IO controller and IO device, IO device and integrated network component.

An IO device shall support at least two ARs, where each AR includes two IO CRs and one multicast provider CR, one Alarm CR, and one Record Data CR with the following features:

- IO CR: up to 1 440 octets data length with FrameID range from RT_CLASS_1 and RT_CLASS_2
- Multicast Provider CR (optional for CP 3/4 and mandatory for CP 3/5 and CP 3/6): up to 1 440 octets data length with FrameID range from RT_CLASS_1 and RT_CLASS_2
- Alarm CR: up to 1 432 octet data length, minimal 200 octets data length
- Record data CR: up to $2^{32} - 65$ octet data length, minimal 4 176 octets data length.

An IO controller shall support at least one AR for each related IO device including two IO CRs and one Multicast Provider CR, one Alarm CR, and one Record Data CR with the following features:

- IO CR and Multicast Provider CR: up to 1 440 octets data length, min. 240 octets consistency, support of all defined data types (with FrameID range from RT_CLASS_1 and RT_CLASS_2)
- Alarm CR: up to 1 432 octets data length, minimal 200 octets data length, capability to queue at least one high prior and one low prior alarm for each related IO device
- Record data CR: up to $2^{32} - 65$ octets data length, minimal 4 176 octets data length, capability to store for each related IO device 16 Koctets startup parameter, no parallel access to a record data object
- Multi-API: at least two supported (API = 0 and API = x).

⁴ PROFIBUS and PROFINET are the trade names of the non-profit organization PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO). This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trade names holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the registered trade name. Use of the trade names requires permission of the trade name holder.

The allowed values for name resolution defined in IEC 61158-6-10, 4.12 are shown in Table 20.

Table 20 – Timeout values for name resolution

Parameter	Value	Comment
ARP-ResponseTimeout	2 s	see RFC 826
DCP-IdentifyTimeout	1 s	IEC 61158-6-10, 4.3.2.1.1
DCP-Set/GetTimeout	1 s	IEC 61158-6-10, 4.3.2.1.1
DNS-RequestTimeout	16 s	see RFC 1034 and RFC 1035

Table 21 contains limitations for AL timing parameters of an IO device.

Table 21 – Reaction time for an IO device

Parameter	Meaning	Value
MinDeviceInterval ^a	This performance parameter is an IO device property and part of the device description.	≤ 128 ms for CP 3/4 and CP 3/5 ≤ 1 ms for CP 3/6 $\leq 4\,000$ ms for RT_CLASS_UDP
Remote_Application_Timeout ^b	The parameter Remote_Application_Timeout represents the deadline of a RPC call. Each IO device implementation has to ensure that the actual time for the response reaches the smallest value that is possible.	≤ 300 s
Set_Storage_Time ^c	Maximum time between the DCP_Set.res and the completion of persistent storage.	≤ 30 s mandatory
IP_Startup_Time ^c	Time between the DCP_Set.res and the accessibility of the IP layer with ARP ^d or the PROFINETIOServiceReqPDU.	≤ 30 s recommended ≤ 300 s mandatory
Reset_to_Factory_Time ^c	Time between the DCP_Set.res and the deletion of the name of station and the IP parameter.	≤ 30 s recommended ≤ 300 s mandatory
MaxBridgeDelay for MRP ^c	Every bridge supporting MRP shall forward a MRP-PDU in this time.	≤ 4 ms
MaxBridgeDelay for MRRT ^c	Every bridge supporting MRRT shall forward a MRRT-PDU in this time.	≤ 4 ms
MaxBridgeDelay for PTCP ^c	Every bridge supporting PTCP shall forward a PTCP-PDU in this time.	≤ 4 ms recommended ≤ 40 ms mandatory
MaxResponseDelay for line delay measurement ^c	Time between PTCP-DelayReqPDU and PTCP-DelayResPDU Every device supporting PTCP shall respond to a PTCP-DelayReqPDU in this time.	≤ 40 ms recommended ≤ 100 ms mandatory
^a See ISO 15745-4/Amd. 1. ^b See OSF C706. ^c See IEC 61158-6-10. ^d See IETF RFC 826.		

An IO device shall support ReductionRatio SendClockFactor combinations, which fulfill the formula (10).

$$\text{MinDeviceInterval} \leq SCF \times RR \times 31,25 \mu\text{s} \quad (10)$$

where

SCF is the attribute SendClockFactor (see IEC 61158-5-10, Send Clock Factor);
RR is the attribute ReductionRatio (see IEC 61158-5-10, Reduction Ratio).

NOTE Each IO device implementation has to ensure that the MinDeviceInterval and Remote_Application_Timeout reach the smallest possible value.

8.1.3 Application classes

Application classes are:

- Isochronous application (e.g. motion control), and
- Non-isochronous application (e.g. factory automation, process automation, building automation).

NOTE Isochronous clock synchronization is a communication class feature and not an application class feature.

8.1.4 Communication classes

All communication classes allow IEEE 802 series and IETF communications combined with the RTE specific additions. Communication classes are the following:

- RT Class 1 (content specified in attributes RT_CLASS_1, see IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2);
- RT Class 2 (content specified in attributes RT_CLASS_2, see IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2); and
- RT Class 3 (content specified in attributes RT_CLASS_3, see IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2);
- RT Class UDP (content specified in attribute RT_CLASS_UDP, see IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2).

RT_CLASS_UDP is an optional communication class. It can be used without and in combination with RT Class 1, 2 and 3.

8.1.5 Redundancy classes

Media redundancy classes are the following:

- RED_CLASS_1:
 Ring redundancy for IEEE 802 and IETF communications combined with the RTE specific additions RT_CLASS_1 and RT_CLASS_UDP (see 8.1.4).
 Class behavior distinguishes between manager and client as specified in IEC 61158-5-10, 6.3.3.
- RED_CLASS_2: Bumpless ring redundancy for RT_CLASS_1 and RT_CLASS_2.
- RED_CLASS_3: Bumpless ring redundancy for RT_CLASS_3.

NOTE RED_CLASS_1 is called media redundancy protocol (MRP). RED_CLASS_2 is called media redundancy for real-time (MRRT). RED_CLASS_3 is called media redundancy for planned duplication (MRPD).

Support of media redundancy requires devices with at least 2 ports; usage is shown in Table 22.

Table 22 – Redundancy class applicable in conformance classes

Redundancy classes	Conformance classes		
	A	B	C
RED_CLASS_1	Manager ^a : Optional Client: Optional	Manager ^a : Optional Client: Mandatory	Manager ^a : Optional Client: Mandatory
RED_CLASS_2	Not applicable	Optional	Mandatory
RED_CLASS_3	Not applicable	Not applicable	Mandatory
^a One node in a ring shall support the manager role if one of the redundancy classes is used.			

8.1.6 Media classes

Media classes are

- wired
- fiber optic
- wireless.

8.1.7 Conformance class behaviors

CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 specify the different node classes in the CPF 3 subclauses. The application classes are selected in conformance class. A CP is associated to a conformance class. Redundancy is selected in a conformance class. Table 23 specifies the required conformance class behaviors.

In this document the following communication profiles are specified for CPF 3:

- CP 3/4, see Table 23 and Table 24 conformance class **A**;
- CP 3/5, see Table 23 conformance class **B**;
- CP 3/6, see Table 23 conformance class **C**.

Table 23 – Conformance class behaviors

General classes	Conformance classes			
	A wireless	A wired	B	C
CP	CP 3/4	CP 3/4	CP 3/5	CP 3/6
Node classes ^a (see 8.1.2)	IO device, IO controller	IO device, IO controller	IO device, IO controller	IO device, IO controller
Media classes (see 8.1.6)	Wireless	Selection of wired or fiber optic	Selection of wired or fiber optic	Selection of wired or fiber optic
Application classes (see 8.1.3)	Non-isochronous	Non- isochronous	Non-isochronous	Non-isochronous and/or isochronous
Communication classes ^b (see 8.1.4)	RT_CLASS_UDP (optional), RT_CLASS_1	RT_CLASS_U DP (optional), RT_CLASS_1	RT_CLASS_UDP (optional), RT_CLASS_1	RT_CLASS_UDP (optional), RT_CLASS_1, RT_CLASS_2 ^c , and RT_CLASS_3 ^d
Redundancy classes	—	See 8.1.5	See 8.1.5	See 8.1.5
Installation IEC 61784-5-3	—	Optional	YES	YES
Provider for multicast communication	Optional	Optional	YES	YES

General classes	Conformance classes			
	A wireless	A wired	B	C
Relation (MCR)				
IEEE 802.3	—	YES ^k	YES ^k	YES ^k
IEEE 802.1D	—	YES ^e	YES ^e	YES ⁱ
IEEE 802.1Q	—	YES ^f	YES ^f	YES ^f
IEEE 802.1AB	Optional	YES ^h	YES	YES
Wireless technologies selection	1. ISO/IEC802.11 ^g 2. IEEE 802.15.1	—	—	—
SNMP	Optional	Optional	YES	YES
MIB-II	Optional	Optional	YES ^j	YES ^j
PNIO MIB	Optional	Optional	Optional	Optional
^a IO supervisor are out of scope of conformance class. ^b All conformance classes allow IETF communication combined with the RTE specific additions. The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158-5-10. ^c Isochronous real-time (IRT), RT_CLASS_2. ^d Isochronous real-time (IRT), RT_CLASS_3. ^e 1) RSTP optional or replaced by MRP. . 2) CutThroughMode is recommended. 3) "Discard on received frame in error" is optional when using the CutThroughMode. 4) At least two priorities required (4 recommended). ^f Priority tagging VLAN configuration, removal and modification of tag headers is optional. ^g 1) IEEE 802.11e (At least EDCA part with four priorities supported). 2) IEEE 802.11i . 3) Optional IEEE 802.11g or IEEE 802.11h. ^h Only LLDP is mandatory. The LLDP-MIB and LLDP EXT MIB are optional. ⁱ 1) RSTP optional or replaced by MRP. 2) CutThroughMode is mandatory. 3) "Discard on received frame in error" optional (CutThroughMode). 4) At least four priorities required ^j Only the following object identifiers „iso(1).org (3).dod(6).internet(1).mgmt(2).mib-2(1).system(1).“ sysDescr(1), or sysObjectID(2), or sysUpTime(3), or sysContact(4), or sysName(5), or sysLocation(6), or sysServices(7) are mandatory ^k The support of 100 Mbit/s full-duplex is mandatory and of 1 Gbit/s full-duplex or 10 Gbit/s full-duplex is optional.				

A lower conformance class is a subset of the higher class, so that the higher class devices are interoperable with devices of a lower class with the capabilities of the lower class.

Table 24 – Conformance class behaviors for network components

General classes	Conformance Classes			
	A	A	A	—
CP	CP 3/4	CP 3/4	CP 3/4	—
Node classes (see 8.1.2)	Switch	Wireless access point	Wireless client	—
Media classes (see 8.1.6)	Selection of wired or fiber optic	Wireless	Wireless	—
Application classes (see 8.1.3)	—	—	—	—
Communication classes ^a (see 8.1.4)	—	—	—	—
Redundancy classes	See 8.1.5	—	—	—
Installation IEC 61784-5-3	Optional	—	—	—
MCR	—	—	—	—
IEEE 802.3	YES ^e	—	—	—
IEEE 802.1D	YES ^b	—	—	—
IEEE 802.1Q	YES ^c	—	—	—
IEEE 802.1AB	Optional	Optional	Optional	—
Wireless technologies selection		1. ISO/IEC802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	1. ISO/IEC802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	—
IEEE 802.11e	—	YES ^f	YES ^f	—
IEEE 802.11i	—	YES ^f	YES ^f	—
SNMP	Optional	Optional	Optional	—
MIB-II	Optional	Optional	Optional	—
^a All conformance classes allow IETF communication combined with the RTE specific additions. The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158-5-10. ^b 1) RSTP optional or replaced by MRP. 2) CutThroughMode is recommended. 3) "Discard on received frame in error" is optional when using the CutThroughMode. 4) At least two priorities required (4 priorities recommended). ^c Priority tagging VLAN configuration, removal and modification of tag headers is optional. ^d 1) IEEE 802.11e. 2) IEEE 802.11i. 3) Optional IEEE 802.11g or IEEE 802.11h. ^e The support of 100 Mbit/s full-duplex is mandatory and of 1 Gbit/s full-duplex or 10 Gbit/s full-duplex is optional. ^f Only relevant for wireless technology ISO/IEC 802.11. Then at least EDCA part with four priorities supported.				

Network components can be used as leaves of a CP 3/6 network to connect CP 3/4 or CP 3/5 devices without losing the **C** conformance class capabilities. An example of connecting CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 together is shown in Figure 3.

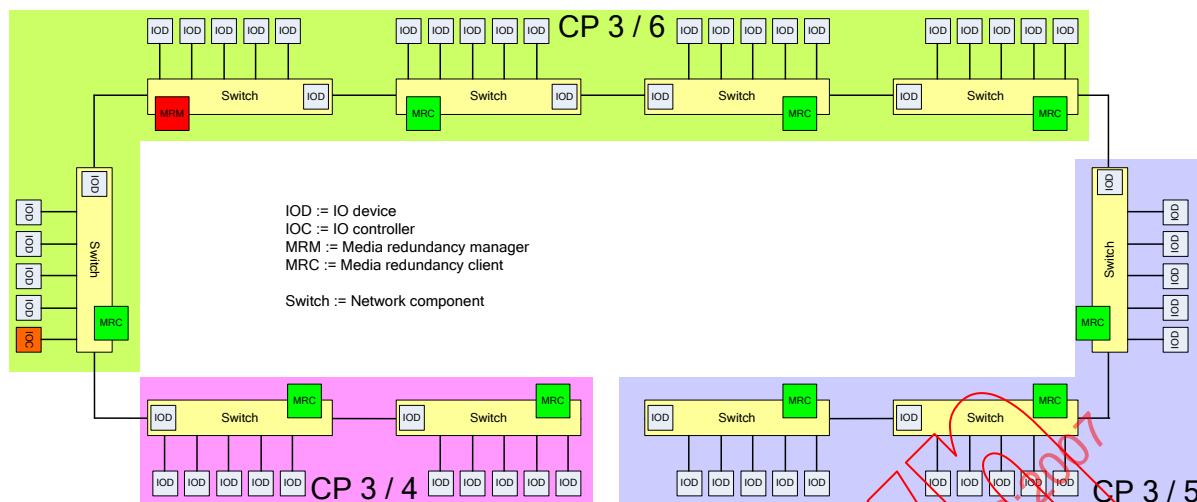


Figure 3 – Example of network topology using CP 3/4, CP 3/5, and CP 3/6 components

8.2 Profile 3/4

8.2.1 Physical layer

8.2.1.1 Media class wired and fiber optic

The physical layer shall be according to IEEE 802.3.

The data rate shall be at least 100 Mbit/s and full-duplex mode shall be used at least for one port.

The auto negotiation and crossover function (see IEEE 802.3) shall be used.

Devices shall comply with the legal requirements of that country where they are deployed (for example, as indicated by the CE mark). The measures for protection against electrical shocks (i.e. electrical safety) within industrial applications shall be based on the IEC 61010 series or IEC 61131-2 depending on device type specified therein.

8.2.1.2 Media class wireless

The physical layer shall be a selection of ISO/IEC 8802-11 and IEEE 802.15.1.

If ISO/IEC 8802-11 is selected then the data rate shall be according to ISO/IEC 8802-11 and optional according to IEEE 802.11g or IEEE 802.11h, else the data rate shall be according IEEE 802.15.1.

8.2.2 Data link layer

8.2.2.1 Media class wired and fiber optic

The data link layer shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

All management information bases (MIB) are optional.

8.2.2.2 Media class wireless

The data link layer shall be a selection of ISO/IEC 8802-11 or IEEE 802.15.1. If ISO/IEC 8802-11 is selected then IEEE 802.11e and IEEE 802.11i shall be used.

Devices of the media class wireless using the IEEE 802.15.1 physical layer shall support adaptive frequency hopping (AFH). Furthermore these devices shall provide means to exclude frequencies used by ISO/IEC 8802-11 systems permanently from their hopping sequence.

All management information bases (MIB) are optional.

8.2.3 Application layer

8.2.3.1 AL service selection

8.2.3.1.1 IO device

Application layer services for an IO device are defined in IEC 61158-5-10 Table 25 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile.

Table 25 – CP 3/4: AL service selection for an IO device

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	—	—
3.1	Summary	YES	—
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
4	Concepts	YES	—
5	Data type ASE	YES	—
6	Communication model for common services	—	—
6.1	Concepts	YES	—
6.2	ASE data types	YES	—
6.3	ASEs	—	—
6.3.1	Discovery and basic configuration ASE	YES	—
6.3.2	Precision time control ASE	YES	Optional
6.3.3	Media redundancy ASE	YES	See 8.1.5, n.a. for wireless media
6.3.4	Real-time cyclic ASE	YES	RT_CLASS_UDP is optional
6.3.5	Real-time acyclic ASE	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	—
6.3.7	Link layer discovery ASE	YES	At least LLDP transmission
6.3.8	MAC bridges ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated
6.3.9	Virtual bridged LAN ASE	YES	n.a. for wireless media
6.3.10	IP suite ASE	YES	ICMP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
6.3.11	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.12	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.13	Simple network management ASE	YES	Optional
6.3.14	Common DL Mapping ASE	—	—
6.3.14.1	Overview	YES	—
6.3.14.2	DL Mapping class specification	YES	—
6.3.14.3	DL Mapping service specification	—	—
6.3.14.3.1	MAU Type Change	YES	—
6.3.14.3.2	IRT Schedule Add	NO	—
6.3.14.3.3	IRT Schedule Remove	NO	—
6.3.14.3.4	Schedule	YES	—
6.3.14.3.5	N Data	YES	—
6.3.14.3.6	A Data	YES	—
6.3.14.3.7	C Data	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
7	Communication model for distributed automation	NO	—
8	Communication model for decentralized periphery	—	—
8.1	Concepts	YES	—
8.2	ASE data types	YES	—
8.3	ASEs	—	—
8.3.1	Record Data ASE	YES	—
8.3.2	IO Data ASE	YES	—
8.3.3	Logbook Data ASE	YES	—
8.3.4	Diagnosis ASE	YES	—
8.3.5	Alarm ASE	YES	—
8.3.6	Context ASE	YES	—
8.3.7	Isochronous Mode Application ASE	NO	—
8.3.8	Physical Device Management ASE	YES	—
8.3.9	Network Continuous Time ASE	YES	Optional
8.3.10	AR ASE	YES	—
8.4	Behavior of an IO device	—	—
8.4.1	Overview	YES	—
8.4.2	Startup of an IO device	YES	—
8.4.3	Startup of an IO device (RT_CLASS_3)	NO	—
8.4.4	Synchronization mechanism with RT_CLASS_3 communication	NO	—
8.4.5	Physical device parameter check	—	—
8.4.5.1	Remote system data	YES	—
8.4.5.2	Local system data	YES	—
8.4.5.3	Optical system data	YES	Only if fiber optic is used
8.4.6	Diagnosis and problem indicator	YES	—
8.4.7	User alarms	YES	—
8.4.8	Behavior in case of configuration change	YES	—
8.4.9	Behavior for PTCIP within IO devices	YES	Optional; if optional precision time control ASE (see 6.3.2) used then mandatory
8.5	Behavior of an IO controller	NO	—
8.6	Application characteristics	YES	—
Annex A	Device instances	YES	—
Annex B	Components of an Ethernet interface	Partial	Used when applicable

8.2.3.1.2 Network component

8.2.3.1.2.1 General

A network component can be integrated in an IO device or an IO controller. If so, then the requirements of an IO device and IO controller are applicable.

Alternatively the network component can be build as a non-integrated network component as a stand alone node.

NOTE A 100 Mbit/s switch should support a buffering of all data of at least 1ms. This should be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

A switch shall provide at least 10 Koctet buffering for data per port for 100 Mbit/s switches with less than eight ports. A switch shall provide at least 80 Koctet buffering for data for 100 Mbit/s switches with 8 ports and more for all ports together.

8.2.3.1.2.2 Non-integrated network component

A non-integrated network component does not require Type 10 AL. Table 24 specifies the general network component behaviors.

The wireless bridge (2 access points or 1 access point and 1 client) shall support less then 128 ms propagation delay. An example of a wireless topology is shown in Figure 4.

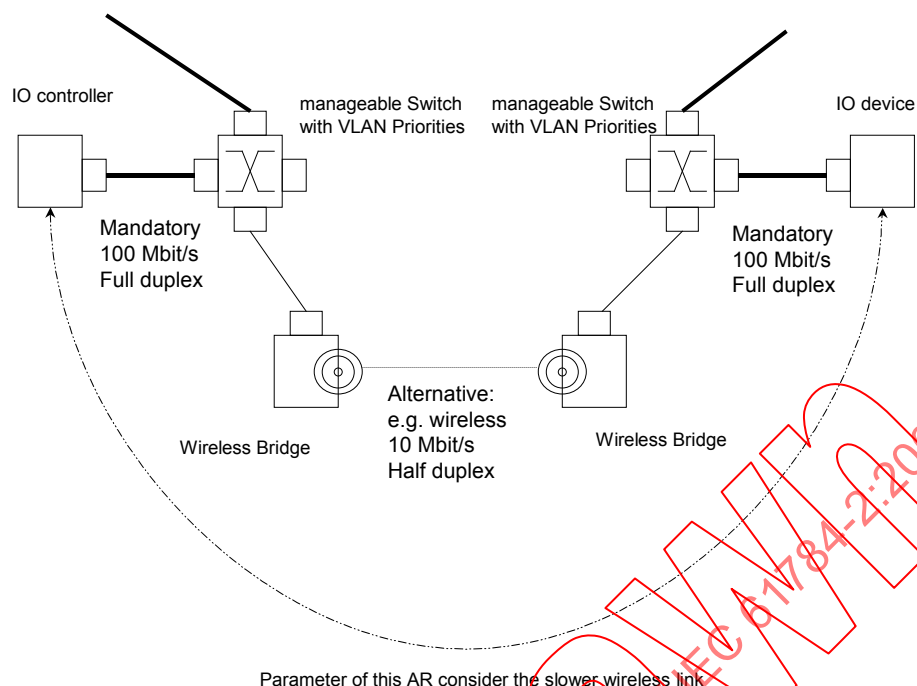


Figure 4 – Example of network topology with wireless segment

8.2.3.1.2.3 Integrated network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158-5-10. Table 25 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile.

8.2.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158-5-10. Table 25 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile except 8.4 is NO and 8.5 is YES.

8.2.3.1.4 IO supervisor

See 8.2.3.1.3.

8.2.3.1.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional service.

DNS is an optional service for an IO controller and IO supervisor.

Media redundancy (see 8.1.5).

PTCP is an optional service.

8.2.3.2 AL protocol selection

8.2.3.2.1 IO device

Application layer protocols for an IO device are defined in IEC 61158-6-10. Table 26 holds the application layer protocol selections from IEC 61158-6-10 for this profile.

Table 26 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO device and Network component

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	—	—
3.1	Summary	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Conventions	YES	—
3.7	Conventions used in state machines	YES	—
4	Application layer protocol specification for common protocols	—	—
4.1	FAL syntax description	YES	—
4.2	Transfer syntax	—	—
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	—
4.4	Precision time control	YES	Optional
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.5, n.a. for wireless media
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	At least LLDP transmission
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated
4.11	Virtual bridges	YES	N.a. for wireless media
4.12	IP suite	YES	ICMP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory.
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	Optional
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	—
5	Application layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	YES	—
6.5.3	FSPMCTL	NO	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	YES	—
6.6.6	NRMC	YES	—
6.6.7	CMCTL	NO	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—

8.2.3.2.2 Network component

8.2.3.2.2.1 General

See 8.2.3.1.2.1.

8.2.3.2.2.2 Non-integrated network component

A non-integrated network component does not require Type 10 AL. Table 24 specifies the general network component behaviors.

8.2.3.2.2.3 Integrated network component

Application layer protocols for an integrated network component are defined in IEC 61158-6-10. Table 26 specifies the clauses included in this profile.

8.2.3.2.3 IO controller

Application layer protocols for an IO controller are defined in IEC 61158-6-10. Table 27 specifies the clauses included in this profile.

Table 27 – CP 3/4: AL protocol selection for an IO controller

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions		
3.1	Summary	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Conventions	YES	—
3.7	Conventions used in state machines	YES	—
4	Application Layer protocol specification for common protocols	—	—
4.1	FAL syntax description	YES	—
4.2	Transfer syntax	—	—
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	—
4.4	Precision time control	YES	Optional
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.5
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	At least LLDP transmission
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated
4.11	Virtual bridged	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	—	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	NO	—
6.5.3	FSPMCTL	YES	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	NO	—
6.6.6	NRMC	YES	—
6.6.7	CMCTL	YES	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—

8.2.3.2.4 IO supervisor

See 8.2.3.1.4.

8.2.3.2.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional protocol.

DNS is an optional protocol for an IO controller and IO supervisor.

Media redundancy (see 8.1.5).

PTCP is an optional service.

RT_Class_UDP is optional.

8.2.4 Performance indicator selection

8.2.4.1 Performance indicator overview

Table 28 specifies the relevant performance indicators.

Table 28 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	Yes	—
Number of end-stations	Yes	—
Basic network topology	Yes	—
Number of switches between end-stations	Yes	—
Throughput RTE	Yes	—
Non-RTE bandwidth	Yes	—
Time synchronization accuracy	Yes	—
Non-time-based synchronization accuracy	—	—
Redundancy recovery time	Yes	—

8.2.4.2 Performance indicator dependencies

8.2.4.2.1 Performance indicator dependency matrix

Table 29 specifies the dependencies of the performance indicators.

Table 29 – CP 3/4, CP 3/5 and CP 3/6: performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		Yes 8.2.4.2.4	NO	Yes 8.2.4.2.2	Yes 8.2.4.2.3	NO	NO	YES 8.2.4.2.5
Number of end-stations	YES 8.2.4.2.4		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES 8.2.4.2.6	NO		NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.7	YES 8.2.4.2.8
Number of switches between end-stations	YES 8.2.4.2.6	NO	NO		NO	NO	YES 8.2.4.2.7	YES 8.2.4.2.9
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 8.2.4.2.10	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.10		NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	YES 8.2.4.2.11	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 8.2.4.2.8	YES 8.2.4.2.12	NO	NO	NO	

8.2.4.2.2 Delivery time

The performance indicator Delivery time can be calculated by formula (11).

$$DT = cta\_S + ctc + cta\_R + STTs + tt \times data + cd \times clt + \sum_{pd=1}^{NoS} f(pd) \times NoS + od \quad (11)$$

where

- DT is the Delivery time;
- cta_R is the application cycle time of the Receiver;
- cta_S is the application cycle time of the Sender;
- ctc is the communication cycle time (see formula (12)) and shall be equal or shorter than MinDeviceInterval;
- $STTs$ is the sender stack traversal time;
- $STTr$ is the receiver stack traversal time;
- tt is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s);
- $data$ is the complete Ethernet frame;

<i>cd</i>	is the cable delay (see attribute CableDelayLocal in IEC 61158-5-10);
<i>clt</i>	is the total cable length;
<i>pd</i>	is the propagation delay (see formula (13));
<i>NoS</i>	is the number of switches;
<i>od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring.

The communication cycle time can be calculated by formula (12).

$$ctc = SCF \times RR \times 31,25 \mu s \quad (12)$$

where

<i>SCF</i>	is the attribute SendClockFactor (see IEC 61158-5-10, Send Clock Factor);
<i>RR</i>	is the attribute ReductionRatio (see IEC 61158-5-10, Reduction Ratio);

The propagation delay *pd* can be calculated by formula (13).

$$pd = Queue\_delay + Phy\_R\_delay + Phy\_S\_delay + MAC\_delay \quad (13)$$

where

<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch;
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side;
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side;
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer.

Figure 5 represents the calculation basis for delivery time and throughput RTE and shows the logical position where some of the parameter occur.

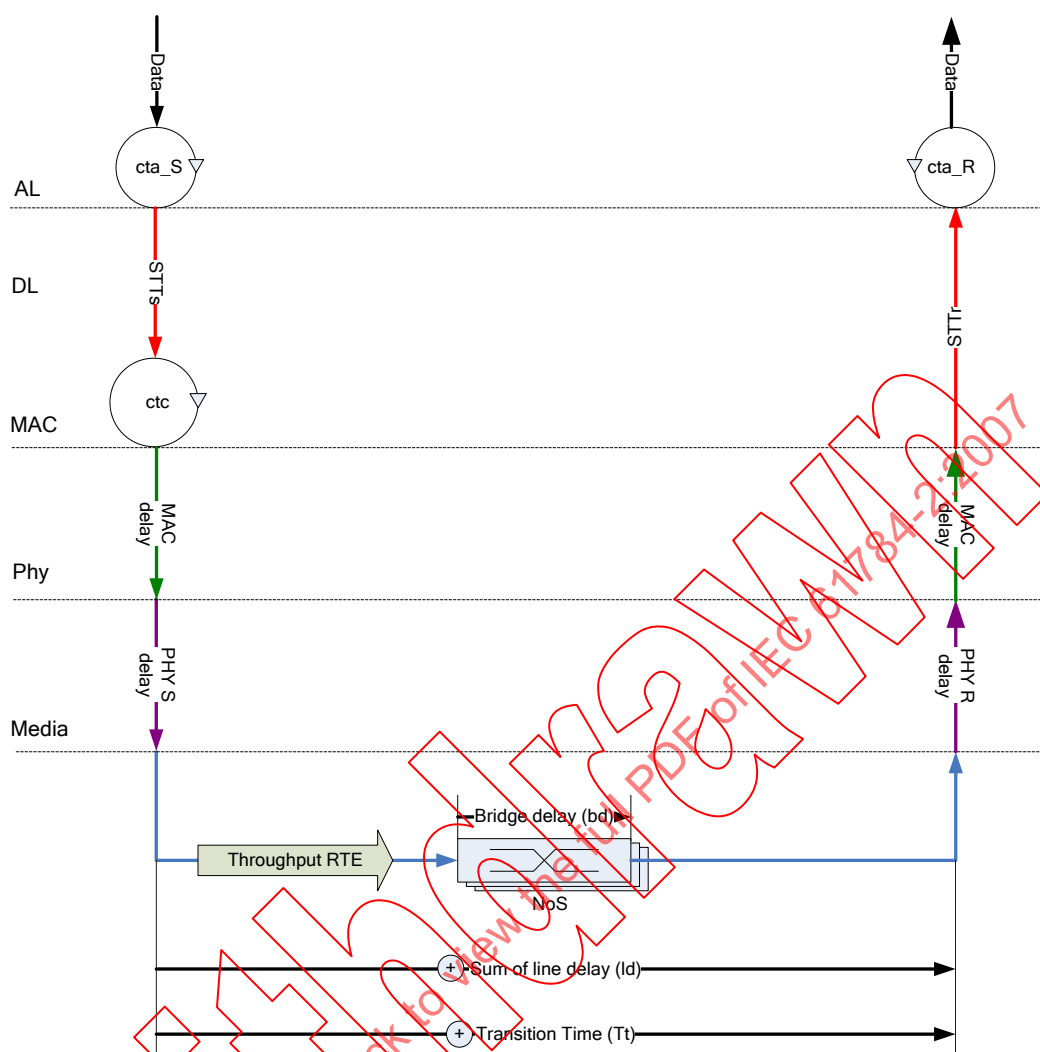


Figure 5 – Calculation basis for delivery time and throughput RTE

8.2.4.2.3 Delivery time dependency on RTE throughput

RTE throughput defines the amount of data within one ctc. Formula (14) specifies the dependencies to various parameters.

If $\text{data\_request} > \text{data\_RTE}$ then (14)

- to enlarge RTE
 - ctc constant as long as max RTE could be enlarged to transmit data_request
 - enlarge ctc additionally as much as needed so that max RTE could be enlarged to transmit data_request
- use of multiple ctc

where

data_request is the requested RTE throughput;
 data_RTE is the actual RTE throughput,
 ctc is the communication cycle time (see formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or shorter than MinDeviceInterval .

The parameter ctc and data are used in 8.2.4.2.2 to calculate delivery time.

8.2.4.2.4 Delivery time dependency on Number of end-stations

Number of end-stations influences the length of data within one ctc.

The parameter data is used in 8.2.4.2.2 to calculate Delivery time.

8.2.4.2.5 Delivery time dependency on Redundancy recovery time

NoS shall be set to the worst case value of all switches on the configured paths in a redundant topology.

The parameter NoS is used in 8.2.4.2.2 to calculate Delivery time.

8.2.4.2.6 Basic network topology dependency on Delivery time

If the delivery time in a daisy-chain or ring topology exceeds the bounded delivery time then the Basic network topology is to set to a hierarchical star.

8.2.4.2.7 Basic network topology dependency on Time synchron. accuracy

If the Time synchron. accuracy in a daisy-chain or ring topology exceeds the bounded Time synchron. accuracy then the Basic network topology is to set to a hierarchical star.

8.2.4.2.8 Basic network topology dependency on Redundancy recovery time

If redundancy recovery time allows use of rapid spanning tree algorithm and protocol (RSTP according to IEEE 802.1D) then no dependencies exist;

Redundancy recovery time of Media redundancy requires ring topology.

For RED_CLASS_1, RED_CLASS_2 and RED_CLASS_3, ring ports shall comply to Media Class wired and fiber optic according to 8.2.1.1. The data rate of both ring ports shall be at least 100 Mbit/s and full duplex mode shall be used for both ring ports.

For RED_CLASS_1 and RED_CLASS_2, the redundancy manager defines with its parameter set the recovery time of a ring. Table 30 specifies the consistent set of parameter for a ring recovery time of 200 ms.

The traffic load in the ring shall be less than 90%.

Table 30 – Manager parameters

Parameter	Value	Comment
MRP_TOPchgT	10 ms	IEC 61158-6-10
MRP_TOPNRmax	3	IEC 61158-6-10
MRP_TSTshortT	10 ms	IEC 61158-6-10
MRP_TSTdefaultT	20 ms	IEC 61158-6-10
MRP_TSTNRmax	3	IEC 61158-6-10

For RED_CLASS_1 and RED_CLASS_2, Table 31 specifies the parameter set for media redundancy clients.

Table 31 – Client parameters

Parameter	Value	Comment
MRP_LNKdownT	20 ms	IEC 61158-6-10
MRP_LNKupT	20 ms	IEC 61158-6-10
MRP_LNKNRmax	4	IEC 61158-6-10

For RED_CLASS_2, Table 32 specifies the parameter set for the redundancy manager.

Table 32 – Client parameters

Parameter	Value	Comment
MRRT_TSTdefaultT	100 ms	IEC 61158-6-10
MRRT_TSTNRmax	3	IEC 61158-6-10

8.2.4.2.9 NoS dependency on Redundancy recovery time

The time to detect the failure is dependant from the NoS

8.2.4.2.10 Throughput RTE dependency on non-RTE bandwidth

The throughput RTE can be calculated by formula (15).

$$Throughput\_RTE = (100\% - NonRTE - protocolRTE) * EthernetDataRate / 8 \quad (15)$$

where

Throughput_RTE is the throughput RTE in octets/s;

protocolRTE is the percentage of protocol time, see formula (16);

NonRTE is the percentage of non-RTE bandwidth;

EthernetDataRate is the Ethernet data rate of the network.

The protocolRTE can be calculated by formula (16).

$$protocolRTE = f_{complex}(endStations, data, Time\_synchron\_accuracy, RM, ...) \quad (16)$$

where

endStations is the number of end-stations;

data is the complete Ethernet frame in octets,

Time_synchron_accuracy is the time synchronization accuracy;

RM is the time needed for management functions to support redundancy.

8.2.4.2.11 Time synchron. accuracy dependency on NoS

Time synchron. accuracy using up to 20 NoS.

8.2.4.2.12 Redundancy recovery time dependency on NoS

The time to detect the failure is dependant from the NoS.

8.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 33 specifies the consistent set of performance indicators using a network bandwidth of 100 Mbit/s, wired or fiber optic. The values are based of the values given in Table 34 and the methods or algorithm given in 8.2.4.2. This consistent set of performance indicators shall be tested for devices (not wireless) that claim compliance with CP 3/4.

Table 33 – CP 3/4: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=128ms

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	128 ms watch dog factor × 128 ms	without failure frames lost (see 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)
Number of end-stations	60	data is assumed to be a 68 octets Ethernet frame to receive from and send to all end-stations
Number of switches between end-stations	10	
Throughput RTE	2 324 706 octet/s	
Non-RTE bandwidth	23,5 %	100 Mbit/s and related to 1 ms. Any IEEE 802.3 frames supported
Time synchronization accuracy ^c	< 1 ms	synchronization of local time
	< 1 µs	synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time ^c	0 ms	RT_CLASS_1 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 128 ms
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA ^b timeout factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158-5-10. ^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158-5-10. ^c Optional.		

Table 34 – CP 3/4: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
<i>cd</i>	is the cable delay (see parameter <i>cable_delay</i> in IEC 62411)	5 ns
<i>clt</i>	is the total cable length	100 m
<i>cta_R</i>	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
<i>cta_S</i>	is the application cycle time of the Sender	1 µs
<i>ctc</i>	is the communication cycle time (see formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or shorter than <i>MinDeviceInterval</i> = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	is the complete Ethernet frame	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer	1 µs
<i>NonRTE</i>	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
<i>od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
<i>pd</i>	is the propagation delay (see formula (13) in 8.2.4.2.2)	—
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side	300 ns
<i>protocolRTE</i>	is the percentage of protocol time (see formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time	0 s
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	is the time synchronization accuracy	0 s
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	see IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	see IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2	128

8.3 Profile 3/5

8.3.1 Physical layer

The physical layer shall be according to IEEE 802.3.

The data rate shall be at least 100 Mbit/s and full-duplex mode shall be used at least for one port.

The auto negotiation and crossover function (see IEEE 802.3) shall be used.

Devices shall comply with the legal requirements of that country where they are deployed (for example, as indicated by the CE mark). The measures for protection against electrical shocks (i.e. electrical safety) within industrial applications shall be based on the IEC 61010 series or IEC 61131-2 depending on device type specified therein.

8.3.2 Data link layer

The data link layer shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

8.3.3 Application layer

8.3.3.1 AL service selection

8.3.3.1.1 IO device

Application layer services for an IO device are defined in IEC 61158-5-10. Table 35 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile.

Table 35 – CP 3/5: AL service selection for an IO device

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	—	—
3.1	Summary	YES	—
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
4	Concepts	YES	—
5	Data type ASE	YES	—
6	Communication model for common services	—	—
6.1	Concepts	YES	—
6.2	ASE data types	YES	—
6.3	ASEs	—	—
6.3.1	Discovery and basic configuration ASE	YES	—
6.3.2	Precision time control ASE	YES	Optional
6.3.3	Media redundancy ASE	YES	See 8.1.5
6.3.4	Real-time cyclic ASE	YES	RT_CLASS_UDP is optional
6.3.5	Real-time acyclic ASE	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	—
6.3.7	Link layer discovery ASE	YES	—
6.3.8	MAC bridges ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated
6.3.9	Virtual bridged LAN ASE	YES	—
6.3.10	IP suite ASE	YES	ICMP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
6.3.11	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.12	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.13	Simple network management ASE	YES	—
6.3.14	Common DL Mapping ASE	—	—
6.3.14.1	Overview	YES	—
6.3.14.2	DL Mapping class specification	YES	—
6.3.14.3	DL Mapping service specification	—	—
6.3.14.3.1	MAU Type Change	YES	—
6.3.14.3.2	IRT Schedule Add	NO	—
6.3.14.3.3	IRT Schedule Remove	NO	—
6.3.14.3.4	Schedule	YES	—
6.3.14.3.5	N Data	YES	—
6.3.14.3.6	A Data	YES	—
6.3.14.3.7	C Data	YES	—
7	Communication model for distributed automation	NO	—
8	Communication model for decentralized periphery	—	—
8.1	Concepts	YES	—
8.2	ASE data types	YES	—
8.3	ASEs	—	—
8.3.1	Record Data ASE	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
8.3.2	IO data ASE	YES	—
8.3.3	Logbook Data ASE	YES	—
8.3.4	Diagnosis ASE	YES	—
8.3.5	Alarm ASE	YES	—
8.3.6	Context ASE	YES	—
8.3.7	Isochronous Mode Application ASE	NO	—
8.3.8	Physical Device Management ASE	YES	—
8.3.9	Network Continuous Time ASE	YES	Optional
8.3.10	AR ASE	YES	—
8.4	Behavior of an IO device	—	—
8.4.1	Overview	YES	—
8.4.2	Startup of an IO device	YES	—
8.4.3	Startup of an IO device (RT_CLASS_3)	NO	—
8.4.4	Synchronization mechanism with RT_CLASS_3 communication	NO	—
8.4.5	Physical device parameter check	—	—
8.4.5.1	Remote system data	YES	—
8.4.5.2	Local system data	YES	—
8.4.5.3	Optical system data	YES	only if fiber optic is used
8.4.6	Diagnosis and problem indicator	YES	—
8.4.7	User alarms	YES	—
8.4.8	Behavior in case of configuration change	YES	—
8.4.9	Behavior for PTCP within IO devices	YES	Optional; if optional precision time control ASE (see 6.3.2) used then mandatory
8.5	Behavior of an IO controller	NO	—
8.6	Application characteristics	YES	—
Annex A	Device instances	YES	—
Annex B	Components of an Ethernet interface	Partial	Used when applicable

8.3.3.1.2 Network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158-5-10. Table 35 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile.

NOTE A 100 Mbit/s switch should support a buffering of all data of at least 1ms. This should be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

A switch shall provide at least 10 Koctet buffering for data per port for 100 Mbit/s switches with less than eight ports. A switch shall provide at least 80 Koctet buffering for data for 100 Mbit/s switches with 8 ports and more for all ports together.

8.3.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158-5-10. Table 35 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile except 8.4 is NO and 8.5 is YES.

8.3.3.1.4 IO supervisor

See 8.3.3.1.3.

8.3.3.1.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional service.

DNS is an optional service for an IO controller and IO supervisor.

MRP is an optional service.

PTCP is an optional service.

8.3.3.2 AL protocol selection

8.3.3.2.1 IO device

Application layer protocols for an IO device are defined in IEC 61158-6-10. Table 36 holds the application layer protocol selections from IEC 61158-6-10 for this profile.

Table 36 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO device and Network component

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	—	—
3.1	Summary	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Conventions	YES	—
3.7	Conventions used in state machines	YES	—
4	Application Layer protocol specification for common protocols	—	—
4.1	FAL syntax description	YES	—
4.2	Transfer syntax	—	—
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	—
4.4	Precision time control	YES	Optional
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.5
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	—
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	YES	—
6.5.3	FSPMCTL	NO	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	YES	—
6.6.6	NRMC	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6.6.7	CMCTL	NO	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—

8.3.3.2.2 Network component

Application layer protocols for a network component are defined in IEC 61158-6-10. Table 36 specifies the clauses included in this profile.

NOTE A 100 Mbit/s switch should support a buffering of all data of at least 1ms. This should be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

A switch shall provide at least 10 Koctet buffering for data per port for 100 Mbit/s switches with less than eight ports. A switch shall provide at least 80 Koctet buffering for data for 100 Mbit/s switches with 8 ports and more for all ports together.

8.3.3.2.3 IO controller

Application layer protocols for an IO controller are defined in IEC 61158-6-10. Table 37 specifies the clauses included in this profile.

Table 37 – CP 3/5: AL protocol selection for an IO controller

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions		
3.1	Summary	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Conventions	YES	—
3.7	Conventions used in state machines	YES	—
4	Application Layer protocol specification for common protocols	—	—
4.1	FAT syntax description	YES	—
4.2	Transfer syntax	—	—
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	—
4.4	Precision time control	YES	Optional
4.5	Media redundancy	YES	See 8.1.5
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	—
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—

Clause	Header	Presence	Constraints
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	NO	—
6.5.3	FSPMCTL	YES	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	NO	—
6.6.6	NRMC	YES	—
6.6.7	CMCTL	YES	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—

8.3.3.2.4 IO supervisor

See 8.2.3.1.3.

8.3.3.2.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional protocol.

DNS is an optional protocol for an IO controller and IO supervisor.

Media redundancy (see 8.1.5).

PTCP is an optional service.

8.3.4 Performance indicator selection

8.3.4.1 Performance indicator overview

8.2.4.1 applies.

8.3.4.2 Performance indicator dependencies

8.2.4.2 applies.

8.3.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 38 specifies the consistent set of performance indicators using a network bandwidth of 100 Mbit/s, wired or fiber optic. The values are based of the values given in Table 39 and the methods or algorithm given in 8.2.4.2. This consistent set of performance indicators shall be tested for devices (not for wireless) that claim compliance with CP 3/5.

Table 38 – CP 3/5: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=128ms

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	128 ms watch dog factor × 128 ms	without failure frames lost (see 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)
Number of end-stations	60	data is assumed to be a 68 octets Ethernet frame to receive from and send to all end-stations
Number of switches between end-stations	10	
Throughput RTE	2 324 706 octet/s	
Non-RTE bandwidth	23,5 %	100 Mbit/s and related to 1 ms. Any IEEE 802.3 frames supported
Time synchronization accuracy ^c	< 1 ms	synchronization of local time
	< 1 µs	synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time ^c	0 ms	RT_CLASS_1 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 128 ms
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA ^b timeout factor = 100 ms
^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158-5-10.		
^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158-5-10.		
^c Optional		

Table 39 – CP 3/5: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
<i>cd</i>	is the cable delay (see parameter <i>cable_delay</i> in IEC 62411)	5 ns
<i>clt</i>	is the total cable length	100 m
<i>cta_R</i>	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
<i>cta_S</i>	is the application cycle time of the Sender	1 µs
<i>ctc</i>	is the communication cycle time (see formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or shorter than <i>MinDeviceInterval</i> = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	is the complete Ethernet frame	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	is the delay on MAC layer	1 µs
<i>NonRTE</i>	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
<i>od</i>	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
<i>pd</i>	is the propagation delay (see formula (13) in 8.2.4.2.2)	—
<i>Phy_R_delay</i>	is the Phy delay on receiver side	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	is the Phy delay on sender side	300 ns
<i>protocolRTE</i>	is the percentage of protocol time (see formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	is the Queue delay in a switch	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time	0 s
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	is the time synchronization accuracy	0 s
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	See IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	See IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2	128

8.4 Profile 3/6

8.4.1 Physical layer

The physical layer shall be according to IEEE 802.3.

The data rate shall be at least 100 Mbit/s and full-duplex mode shall be used at least for one port.

The auto negotiation and crossover function (see IEEE 802.3) shall be used.

Devices shall comply with the legal requirements of that country where they are deployed (for example, as indicated by the CE mark). The measures for protection against electrical shocks (i.e. electrical safety) within industrial applications shall be based on the IEC 61010 series or IEC 61131-2 depending on device type specified therein.

8.4.2 Data link layer

The data link layer shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

8.4.3 Application layer

8.4.3.1 AL service selection

8.4.3.1.1 IO device

Application layer services for an IO device are defined in IEC 61158-5-10. Table 40 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile.

Table 40 – CP 3/6: AL service selection for an IO device

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	—	—
3.1	Summary	YES	—
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
4	Concepts	YES	—
5	Data type ASE	YES	—
6	Communication model for common services	—	—
6.1	Concepts	YES	—
6.2	ASE data types	YES	—
6.3	ASEs	—	—
6.3.1	Discovery and basic configuration ASE	YES	—
6.3.2	Precision time control ASE	YES	—
6.3.3	Media redundancy ASE	YES	2 ports
6.3.4	Real-time cyclic ASE	YES	RT_CLASS_UDP is optional
6.3.5	Real-time acyclic ASE	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
6.3.6	Remote procedure call ASE	YES	—
6.3.7	Link layer discovery ASE	YES	—
6.3.8	MAC bridges ASE	YES	Only applicable if a network component is integrated
6.3.9	Virtual bridged LAN ASE	YES	—
6.3.10	IP suite ASE	YES	—
6.3.11	Domain name system ASE	YES	Optional
6.3.12	Dynamic host configuration ASE	YES	Optional
6.3.13	Simple network management ASE	YES	—
6.3.14	Common DL Mapping ASE	—	—
6.3.14.1	Overview	YES	—
6.3.14.2	DL Mapping class specification	YES	—
6.3.14.3	DL Mapping service specification	YES	—
7	Communication model for distributed automation	NO	—
8	Communication model for decentralized periphery	—	—
8.1	Concepts	YES	—
8.2	ASE data types	YES	—
8.3	ASEs	—	—
8.3.1	Record Data ASE	YES	—
8.3.2	IO data ASE	YES	—
8.3.3	Logbook Data ASE	YES	—
8.3.4	Diagnosis ASE	YES	—
8.3.5	Alarm ASE	YES	—
8.3.6	Context ASE	YES	—
8.3.7	Isochronous Mode Application ASE	YES	Optional
8.3.8	Physical Device Management ASE	YES	—
8.3.9	Network Continuous Time ASE	YES	Optional
8.3.10	AR ASE	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
8.4	Behavior of an IO device	—	—
8.4.1	Overview	YES	—
8.4.2	Startup of an IO device	YES	—
8.4.3	Startup of an IO device (RT_CLASS_3)	YES	—
8.4.4	Synchronization mechanism with RT_CLASS_3 communication	YES	—
8.4.5	Physical device parameter check	—	—
8.4.5.1	Remote system data	YES	—
8.4.5.2	Local system data	YES	—
8.4.5.3	Optical system data	YES	Only if fiber optic is used
8.4.6	Diagnosis and problem indicator	YES	—
8.4.7	User alarms	YES	—
8.4.8	Behavior in case of configuration change	YES	—
8.4.9	Behavior for PTCP within IO devices	YES	—
8.5	Behavior of an IO controller	NO	—
8.6	Application characteristics	YES	—
Annex A	Device instances	YES	—
Annex B	Components of an Ethernet interface	Partial	Used when applicable

8.4.3.1.2 Network component

Application layer services for a network component are defined in IEC 61158-5-10. Table 40 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile.

A 100 Mbit/s switch shall support buffering of all data according to Table 41. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

Table 41 – Buffering capacity

Meaning	Value
Buffering capacity	Recommended: 1 ms
	Mandatory: 500 µs

8.4.3.1.3 IO controller

Application layer services for an IO controller are defined in IEC 61158-5-10. Table 40 holds the application layer service selections from IEC 61158-5-10 for this profile except 8.4 is NO and 8.5 is YES.

8.4.3.1.4 IO supervisor

Not applicable.

8.4.3.1.5 Options

DHCP according to RFC 2131 is an optional service.

DNS is an optional service for an IO controller and IO supervisor.

8.4.3.2 AL protocol selection

8.4.3.2.1 IO device

Application layer protocols for an IO device are defined in IEC 61158-6-10. Table 42 holds the application layer protocol selections from IEC 61158-6-10 for this profile.

Table 42 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO device and network component

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	—	—
3.1	Summary	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Conventions	YES	—
3.7	Conventions used in state machines	YES	—
4	Application Layer protocol specification for common protocols	—	—
4.1	FAL syntax description	YES	—
4.2	Transfer syntax	—	—
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	—
4.4	Precision time control	YES	—
4.5	Media redundancy	YES	Manager is optional
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	—
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	YES	—
6.5.3	FSPMCTL	NO	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	YES	—
6.6.6	NRMC	YES	—
6.6.7	CMCTL	NO	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—

8.4.3.2.2 Network component

Application layer protocols for a network component are defined in IEC 61158-6-10. Table 42 specifies the clauses included in this profile.

A 100 Mbit/s switch shall support buffering of all data according to Table 41. This shall be applicable with 100 % bandwidth concurrent at all ports for frames with the smallest frame size.

8.4.3.2.3 IO controller

Application layer protocols for an IO controller are defined in IEC 61158-6-10. Table 43 specifies the clauses included in this profile.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2007

Table 43 – CP 3/6: AL protocol selection for an IO controller

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions		
3.1	Summary	Partial	Used when applicable
3.2	Additional terms and definitions for distributed automation	NO	—
3.3	Additional terms and definitions for decentralized periphery	YES	—
3.4	Additional abbreviations and symbols for distributed automation	NO	—
3.5	Additional abbreviations and symbols for decentralized periphery	YES	—
3.6	Conventions	YES	—
3.7	Conventions used in state machines	YES	—
4	Application layer protocol specification for common protocols	—	—
4.1	FAL syntax description	YES	—
4.2	Transfer syntax	—	—
4.2.1	Coding of basic data types	Partial	Used as needed
4.2.2	Coding section related to common basic fields	Partial	Used as needed
4.3	Discovery and basic configuration	YES	—
4.4	Precision time control	YES	—
4.5	Media redundancy	YES	—
4.6	Real-time cyclic	YES	RT_CLASS_UDP is optional
4.7	Real-time acyclic	YES	RTA_CLASS_UDP is optional, if optional RT_CLASS_UDP is used, then mandatory
4.8	Remote procedure call	YES	—
4.9	Link layer discovery	YES	—
4.10	MAC bridges	YES	Only applicable if a network component is integrated
4.11	Virtual bridges	YES	—
4.12	IP suite	YES	—
4.13	Domain name system	YES	Optional
4.14	Dynamic host configuration	YES	Optional
4.15	Simple network management	YES	—
4.16	Common DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	—
5	Application Layer protocol specification for distributed automation	NO	—
6	Application Layer protocol specification for decentralized periphery	—	—
6.1	FAL syntax description	YES	—
6.2	Transfer syntax	YES	When applicable
6.3	FAL protocol state machines	YES	When applicable
6.4	AP-Context state machine	YES	—
6.5	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	—	—
6.5.1	Overview	YES	—
6.5.2	FSPMDEV	NO	—
6.5.3	FSPMCTL	YES	—
6.6	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.6.1	ALPMI	YES	—
6.6.2	ALPMR	YES	—
6.6.3	NRPM	YES	—
6.6.4	RMPPM	YES	—
6.6.5	CMDEV	NO	—
6.6.6	NRMC	YES	—
6.6.7	CMCTL	YES	—
6.7	DLL Mapping Protocol Machines (DMPMs)	YES	—

8.4.3.2.4 IO supervisor

Not applicable.

8.4.3.2.5 Options

8.4.3.1.5 applies.

8.4.4 Performance indicator selection

8.4.4.1 Performance indicator overview

8.2.4.1 applies.

8.4.4.2 Performance indicator dependencies

8.2.4.2 applies.

8.4.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 44 specifies the consistent set of performance indicators using a network bandwidth of 100 Mbit/s, wired or fiber optic. The values are based of the values given in Table 45 and the methods or algorithm given in 8.2.4.2. This consistent set of performance indicators shall be tested for devices (not wireless) that claim compliance with CP 3/6.

Table 44 – CP 3/6: Consistent set of PI for MinDeviceInterval=1ms

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	1 ms watch dog factor × 1 ms	without failure frames lost (see 8.1, MinDeviceInterval = 1ms)
Number of end-stations	60	using 4 port switches and line topology; a switch is also an end-station
Number of switches between end-stations	20	
Throughput RTE	3 324 706 octets/s	
Non-RTE bandwidth	23,5 %	100 Mbit/s and related to 1ms. Any IEEE 802.3 frames supported
Time synchronization accuracy ^c	< 1 ms	synchronization of local time
	> 1 μs	synchronization of synchronous application
Redundancy recovery time	< 0 ms	RT_CLASS_3 or RT_CLASS_2 ^a : single failure
	< 200 ms	RTA ^b retries = 3; RTA timeout factor = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 or RT_CLASS_2 ^a : double failure (line break and surge) watch dog factor = 3; delivery time = 1ms
	< 200 ms	RTA ^b retry = 3; RTA time out factor = 100 ms

^a The attributes RT_CLASS_x are specified in 8.3.10.4.2 of IEC 61158-5-10.

^b The attributes RTA Retries and RTA Timeout Factor are specified in 8.3.10.4 of IEC 61158-5-10.

^c Optional.

Table 45 – CP 3/6: Assumed values for consistent set of PI calculation

Symbol	Definition	Value
cd	is the cable delay (see parameter cable_delay in IEC 62411)	5 ns
clt	is the total cable length	100 m
cta_R	is the application cycle time of the Receiver	1 µs
cta_S	is the application cycle time of the Sender	1 µs
ctc	is the communication cycle time see (see formula (12) in 8.2.4.2.2) and shall be equal or shorter than MinDeviceInterval	1 ms
data	is the complete Ethernet frame	68 octets
EthernetDataRate	is the Ethernet data rate of the network	Mbit/s
MAC_delay	is the delay on MAC layer	1 µs
NonRTE	is the percentage of non-RTE bandwidth	%
od	is any other delays, e. g. signal forwarding in a ring	0 s
pd	is the propagation delay (see formula (13) in 8.2.4.2.2)	—
Phy_R_delay	is the Phy delay on receiver side	300 ns
Phy_S_delay	is the Phy delay on sender side	300 ns
protocolRTE	is the percentage of protocol time (see formula (16) in 8.2.4.2.10)	50 %
Queue_delay	is the Queue delay in a switch	0 s
RedundancyManagement	is the time needed for management functions to support redundancy	0 s
STTr	is the receiver stack traversal time	0 s
STTs	is the sender stack traversal time	0 s
Time_synchron_accuracy	is the time synchronization accuracy	1 µs
tt	is the transfer time (80 ns/octet for 100 Mbit/s, 8 ns/octet for 1 Gbit/s)	80 ns
SCF	See IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2	32
RR	See IEC 61158-5-10, 8.3.10.4.2	1

9 Communication Profile Family 4 (P-NET) – RTE communication profiles

9.1 General overview

Communication Profile Family 4 defines profiles based on IEC 61158-2 through IEC 61158-6, Type 4 corresponds to parts of a communication system commonly known as P-NET®⁵.

- Profile 4/1 P-NET RS 485

This profile contains AL, DLL and PhL services and protocol references with an IEC 61158 compliant application access. Profile 4/1 is based on ANSI TIA/EIA-485-A, and allows up to 125 devices of normal or simple class to communicate on the same physical link, in half duplex mode.

- Profile 4/2 P-NET RS 232

This profile contains AL, DLL and PhL services and protocol references with an IEC 61158 compliant application access. Profile 4/2 is based on ANSI TIA/EIA 232F, and allows two devices of normal class to communicate on the same physical link, in full-duplex mode.

- Profile 4/3 P-NET on IP

This profile contains AL and DLL services and protocol references with an IEC 61158 compliant application access. Profile 4/3 is based to ISO/IEC 8802-3, and allows up to 125 devices of normal class to communicate on the same logical link, in full-duplex mode.

Profile 4/1 and profile 4/2 are described in IEC 61784-1, whereas profile 4/3 is described in this standard.

9.2 Profile 4/3, P-NET on IP

9.2.1 Physical Layer

The Physical Layer of the P-NET on IP profile is implemented according to ISO/IEC 8802-3 or ISO/IEC 8802-11. P-NET devices for this profile shall use a data rate of at least 10 Mbit/s and full-duplex mode.

9.2.2 Data Link Layer

9.2.2.1 DLL service selection

Table 46 holds the Data Link Layer service selections from IEC 61158-3-4 for this profile.

⁵ P-NET is the trade name of International P-NET User Organisation ApS (IPUO). This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name P-NET. Use of the trade name P-NET requires permission from the trade name holder.

Table 46 – CP 4/3: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope and object	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Data Link Service and concepts	YES	—
5	DL-management Service	—	—
5.1	Scope and inheritance	NO	—
5.2	Facilities of the DL-management service	Partial	Bullets a) and b)
5.3	Model of the DL_management service	YES	—
5.4	Constraints on sequence of primitives	Partial	Only the parts referring to DLM-Set and DLM-Get
5.5	DL-Set	YES	—
5.6	DL-Get	YES	—
5.7 – 5.8	—	NO	—

9.2.2.2 DLL protocol selection

Table 47 holds the Data Link Layer protocol selections from IEC 61158-4-4 for this profile.

Table 47 – CP 4/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope and object	YES	—
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	Partial	Used when applicable
4	Symbols and abbreviations	Partial	Used when applicable
5	Data Link Protocol definition	YES	^a

^a A device shall provide at least the necessary protocol options to fulfil the supported services.

9.2.3 Application Layer

9.2.3.1 AL service selection

Table 48 holds the Application Layer service selections from IEC 61158-5-4 for this profile.

Table 48 – CP 4/3: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer service definition – Type 4 elements	YES	—

Normal class devices shall support the Real Variable Objects needed for the variable types, which are actually present in the device, and Proxy Variable Objects for all of the variable types listed in 5.2 of IEC 61158-5-4.

9.2.3.2 AL protocol selection

Table 49 holds the Application Layer protocol selections from IEC 61158-6-4 for this profile.

Table 49 – CP 4/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification – Type 4 elements	YES	^a
^a A device shall provide at least the necessary protocol options to fulfil the supported services.			

9.2.4 Performance indicator selection

9.2.4.1 Performance indicator overview

Table 50 – CP 4/3: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	Application dependant
Number of end-stations	YES	Up to 125
Basic network topology	YES	
Number of switches between end-stations	YES	Communication between switches must be at least 100 Mbit/s
Throughput RTE	YES	
Non-RTE bandwidth	YES	
Time synchronization accuracy	NO	
Non-time-based synchronization accuracy	YES	
Redundancy recovery time	YES	

9.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 51 – CP 4/3: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Non-time-based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.3	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	NO	NO	YES 9.2.4.2.2
Number of end-stations	YES 9.2.4.2.1		NO	NO	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	NO	NO
Basic network topology	YES 9.2.4.2.3	NO		NO	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	YES 9.2.4.2.1	NO	NO		YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.2
Throughput RTE	YES 9.2.4.2.1	YES 9.2.4.2.1	NO	YES 9.2.4.2.1		NO	NO	YES 9.2.4.2.2
Non-RTE bandwidth	NO	YES 9.2.4.2.1	NO	YES 9.2.4.2.1	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	YES 9.2.4.2.4	NO	NO	YES 9.2.4.2.4	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	NO	YES 9.2.4.2.2	NO	NO	NO	

9.2.4.2.1 Calculation of Delivery time

Delivery time is calculated according to formula (17). Derivation of this formula is given in A.3.6. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection.

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS)) \quad (17)$$

where

<i>cd</i>	is the cable delay time;
<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>NoNs[x]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No x. This includes number of RTE end-stations connected to the switch by other switches, which are not included in the path from sender to receiver. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection;
<i>NoNt</i>	is the number of RTE end-stations, in total;
<i>NoS</i>	is the number of switches in path from sender to receiver;
<i>pd</i>	is the propagation delay within a Switch;
<i>QTES</i>	is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC;
<i>STTs</i>	is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction;
<i>ttES</i>	is the P-NET transfer time RTE end-station to switch at maximum APDU size;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size.

The delivery time is increased with a timeout value in the event of a lost frame. The timeout value is application dependent, and can be configured for each network in an application. The typical timeout value is 100 ms.

9.2.4.2.2 Redundancy recovery time

The redundancy recovery time depends on the switches that are used for the specific application. It is recommended to use switches that support the rapid spanning tree protocol (RSTP), or similar, to minimize the redundancy recovery time.

9.2.4.2.3 Basic network topology

When using WLAN, the total delay caused by wireless transmissions may change depending on the signal/noise ratio. To obtain a required delivery time in a system using WLAN, the worst case delay time for the WLAN equipment shall be included in the cable delay time, *cd*.

9.2.4.2.4 Non time-base synchronization accuracy

The non time-base synchronization accuracy is calculated according to formula (18).

$$\text{Non time-base synchronization accuracy} = DT - DTb \quad (18)$$

where

DTb is the delivery time, calculated by best-case values;
 DT is the delivery time, calculated by worst-case values.

9.2.4.2.5 Throughput RTE

The throughput RTE is calculated according to formula (19) and (20).

$$\text{Minimum RTE Throughput} = FS \times \text{minAPDUs} \quad (19)$$

$$\text{Maximum RTE Throughput} = FS \times \text{maxAPDUs} \quad (20)$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station;
 minAPDUs is the size of the minimum APDU;
 maxAPDUs is the size of the maximum APDU.

9.2.4.2.6 Non-RTE bandwidth

The time not occupied by RTE communication can be used for non-RTE communication. Each RTE end-station has a network access restriction that limits the number of frames produced onto the RTE network.

The RTE load is determined by the critical switch-to-switch link between two devices engaged in a non-RTE communication. The critical switch-to-switch link is where the most RTE frames can occur.

The non-RTE bandwidth (%) can be calculated by using formula (21).

$$\text{Non-RTE Throughput} = (1 - (\text{NoCEN} \times \text{NoAS}) / (\text{ttSS} + \text{QTSS})) \times 100 \quad (21)$$

where

NoCEN is the number of RTE end-stations which can produce frames on the critical switch-to-switch link;
 NoAS is the number of accesses allowed per device per second;
 ttSS is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size;
 QTSS is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link.

See example of non-RTE bandwidth calculation in A.3.3.

9.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 52 shows a consistent set of performance indicators for a typical configuration for factory automation.

Details for calculating the performance indicators are given in A.2.

Parameters used for the calculation of Table 52 are shown in Table 53. All these parameters are the result of the described scenario and the related calculations of performance indicators.

Table 52 – CP 4/3: Consistent set of performance indicators

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	6,3 ms	
Minimum delivery time	0,564 ms	
Throughput RTE minimum	5 Koctets/s	
Throughput RTE maximum	64 Koctets/s	
Non-RTE bandwidth	75 %	Non-RTE device to non-RTE device
Non-time-based synchronization accuracy	5,7 ms	
Redundancy recovery time	1 s	Example value. See 9.2.4.2.2.
Number of RTE end-stations, in total	30	
Number of switches in path from sender to receiver	4	

Table 53 – Parameters for calculation of consistent set of performance indicators

Symbol	Description	Value
STTs	Sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction	1 250 μ s
STTR	Receiver stack transversal time including Phy and MAC	250 μ s
ttESmin	P-NET transfer time at 10 Mbps (at min APDU size)	57 μ s
ttES	P-NET transfer time at 10 Mbps (at maximum APDU size)	114,4 μ s
ttSS	P-NET transfer time at 100 Mbps (at maximum APDU size)	11,44 μ s
QTES	Ethernet enforced quiet time at 10 Mbps	9,4 μ s
QTSS	Ethernet enforced quiet time at 100 Mbps	0,94 μ s
cd	Cable delay. Sum of cable from sender to receiver is 200 m	1 μ s
pd	Propagation delay within a switch. Required minimum value	7 μ s
NoS	Number of switches in path from sender to receiver	4
NoNt	Number of RTE end-stations, in total	30
NoNs[1]	Number of RTE end-stations connected to switch number 1	10
NoNs[2]	Number of RTE end-stations connected to switch number 2	5
NoNs[3]	Number of RTE end-stations connected to switch number 3	5
NoNs[4]	Number of RTE end-stations connected to switch number 4	10

10 Communication Profile Family 6 (INTERBUS®⁶) – RTE communication profiles

10.1 General overview

Communication Profile Family 6 (CPF 6) defines communication profiles based on IEC 61158-2 through IEC 61158-6, using Type 8 and Type 10, which corresponds to parts of the communication systems commonly known as INTERBUS and PROFINET.

In this part of IEC 61784, the following communication profiles are specified for CPF 6:

— Profile 6/4

This profile defines service and protocol selections together with a mapping for a linking-device connecting Type 8 and Type 10 communication systems. It comprises CP 6/1 master and CP 3/4 device together with a mapping.

— Profile 6/5

This profile defines service and protocol selections together with a mapping for a linking-device connecting Type 8 and Type 10 communication systems. It comprises CP 6/1 master and CP 3/5 device together with a mapping.

— Profile 6/6

This profile defines service and protocol selections together with a mapping for a linking-device connecting Type 8 and Type 10 communication systems. It comprises CP 6/1 master and CP 3/6 device together with a mapping.

Figure 6 shows the linking-device CPs and the relation to other Type 8 and Type 10 CPs.

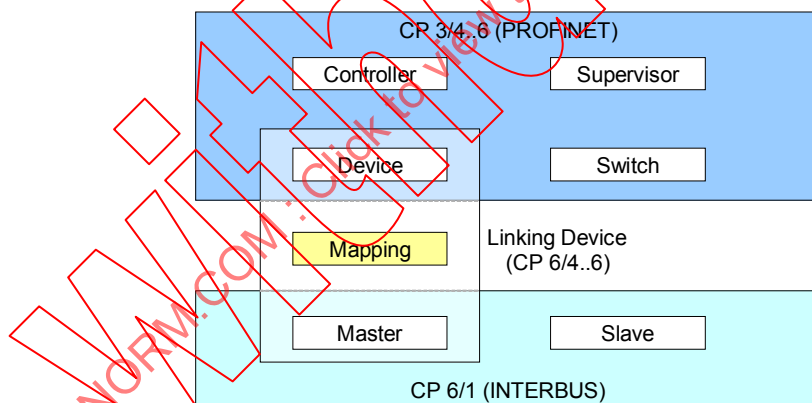


Figure 6 – Linking-device communication profiles RTE-network context

Linking-devices, which comply with a communication profile can be further classified by a CP identifier. The CP identifier assignment is shown in Table 54.

⁶ INTERBUS is the trade name of Phoenix Contact GmbH & Co. KG., control of trade name use is given to the non-profit organisation INTERBUS Club. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name INTERBUS. Use of the trade name INTERBUS requires permission from the INTERBUS Club.

Table 54 – CPF 6: device CP identifier assignment

Profile	Linking device
Profile 6/4	649
Profile 6/5	659
Profile 6/6	669

Each communication profile provides a well-defined set of provisions. For a distinct device further selections of services, parameters and parameter values shall be made. These selections should be described according to ISO 15745-3 as INTERBUS device profiles in the form of an INTERBUS device profile exchange description. An INTERBUS device profile based on a CP shall specify the CP identifier in the following format:

<communicationEntity ... communicationProfile="[CP identifier]" ...>

10.2 Profile 6/4

10.2.1 Mapping

Type 8 devices shall be assigned to Type 10 slots or Type 10 subslots.

NOTE 1 The mapping concept itself is not part of the communication profile. The mapping concept used could be described in the device description of the linking-device according to ISO 15745-1.

NOTE 2 Type 10 slots or subslots could have 1 or more Type 8 devices assigned to it.

Figure 7 depicts the mapping principle. The data mapping is shown in Figure 8.

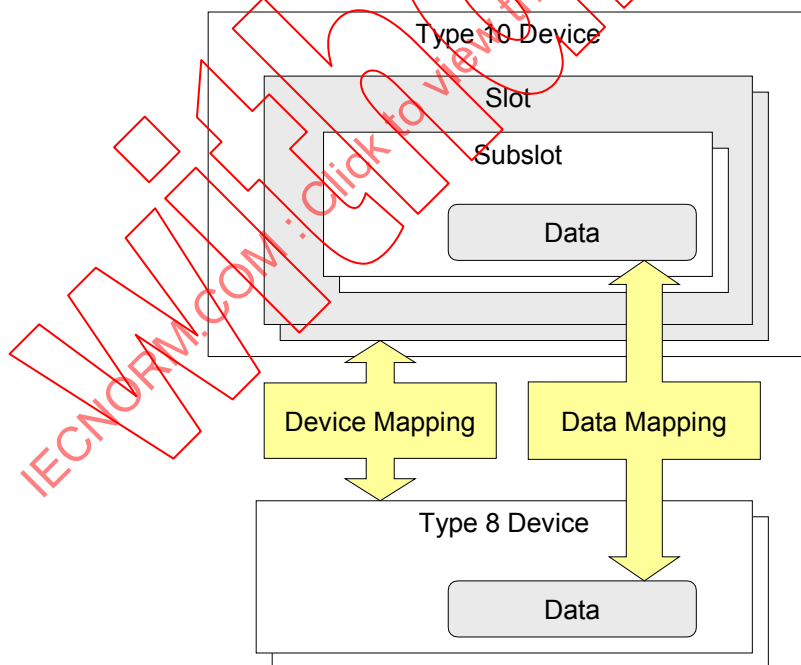


Figure 7 – Linking-device mapping principle

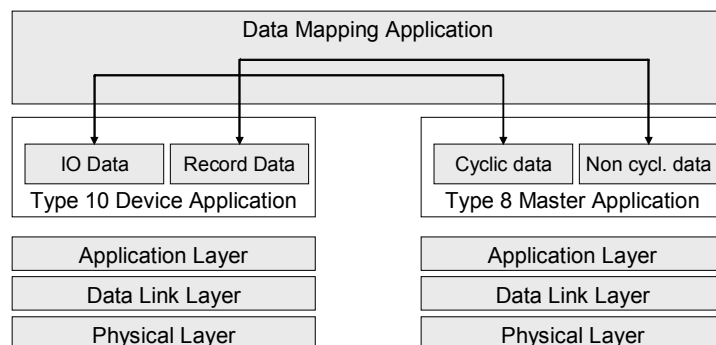


Figure 8 – Data Mapping

The specific applications realize the services of types 8 and 10 according to the defined communication profiles. The data objects of the network applications are interconnected with a mapping application which shall implement the following behavior:

- the Input/Output data of the subslot shall be mapped to the cyclic data of the corresponding Type 8 slaves;
- the process data status information (IOPS/IOCS) of the subslot shall be locally generated because there is no corresponding process data status in Type 8 Systems;
- the record data objects of the subslot shall be mapped to the non cyclic data of the corresponding Type 8 slaves.

NOTE 3 The Input/Output data and the record data of a subslot could be described in the device description of the linking-device according to ISO 15745-1.

10.2.2 Type 10 service and protocol selection

10.2.2.1 Physical Layer

The Type 10 physical layer of this profile shall be according to IEEE 802.3. Linking-devices shall use a data rate of at least 100 Mbit/s and full-duplex mode at least for one port. The auto negotiation and crossover function specified in IEEE 802-3 shall be used.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-3.

10.2.2.2 Data Link Layer

The Type 10 Data Link Layer of a linking-device shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

10.2.2.3 Application Layer

10.2.2.4 AL service selection

The linking-device shall provide the CP 3/4 service selection as specified in 8.2.3.1.1.

10.2.2.5 AL protocol selection

The linking-device shall provide the CP 3/4 protocol selection as specified in 8.2.3.2.1.

10.2.3 Type 8 service and protocol selection

10.2.3.1 Physical Layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master PhL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-6.

10.2.3.2 Data Link Layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master DLL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.2.3.3 Application Layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master AL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.2.4 Performance indicator selection

10.2.4.1 Performance indicator overview

Table 55 specifies the relevant performance indicators for the Type 10 network node of a linking-device.

Table 55 – Linking-device Type 10 network performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	See 10.2.4.2.2 for the delivery time of data from the Type 8 network
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	YES	—
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	—
Non-time-based synchronization accuracy	—	—
Redundancy recovery time	YES	For the Type 10 network only

10.2.4.2 Performance indicator dependencies

10.2.4.2.1 Performance indicator dependency matrix

Table 29 specifies the dependencies of the performance indicators of the Type 10 network of a linking-device.

10.2.4.2.2 Delivery time for Type 8 slave data

The performance indicator delivery time for the Type 10 network (DT10) is defined in 8.2.4.2.2.

The delivery time for data from a Type 8 slave can be calculated by formula (22).

$$DTLD = DT10 + cta\_M + [M \times 13 \times (8 + s/8) + 3 \times a] \times T_{bit} + t_s \quad (22)$$

where

<i>DTLD</i>	is the total delivery time between a Type 8 slave and a Type 10 entity;
<i>DT10</i>	is the delivery time of the Type 10 network;
<i>Cta_M</i>	is the application cycle time of the mapping application in the linking-device;
<i>M</i>	is the Type 8 Master implementation factor;
<i>n</i>	is the number of data octets (user data; payload);
<i>s/8</i>	is the number of Type 8 slaves connected to the linking-device;
<i>T_{bit}</i>	is the nominal bit duration (see 27.2 in IEC 61158-2);
<i>t_s</i>	is the software processing time of the Type 8 master (application specific)

10.2.4.3 Consistent set of performance indicators

The consistent set of performance indicators for the Type 10 network is described in 8.2.4.3.

10.3 Profile 6/5

10.3.1 Mapping

The mapping is specified in 10.2.1.

10.3.2 Type 10 service and protocol selection

10.3.2.1 Physical Layer

The Type 10 physical layer of this profile shall be according to IEEE 802.3. Linking-devices shall use a data rate of at least 100 Mbit/s and full-duplex mode at least for one port. The auto negotiation and crossover function specified in IEEE 802.3 shall be used.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-3.

10.3.2.2 Data Link Layer

The Type 10 Data Link Layer of a linking-device shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802.1AB, IEEE 802-1D, and IEEE 802-1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

10.3.2.3 Application Layer

10.3.2.4 AL service selection

The linking-device shall provide the CP 3/5 service selection as specified in 8.3.3.1.1.

10.3.2.5 AL protocol selection

The linking-device shall provide the CP 3/5 protocol selection as specified in 8.3.3.2.1.

10.3.3 Type 8 service and protocol selection

10.3.3.1 Physical Layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master PhL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-6.

10.3.3.2 Data Link Layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master DLL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.3.3.3 Application Layer

The linking-device shall provide the CP 6/1 master AL service and protocol selection as specified for CP identifier 619 in IEC 61784-1, Clause 10.

10.3.4 Performance indicator selection

10.3.4.1 Performance indicator overview

See 10.2.4.1.

10.3.4.2 Performance indicator dependencies

See 10.2.4.2.

10.3.4.3 Consistent set of performance indicators

The consistent set of performance indicators for the Type 10 network is described in 8.3.4.3.

10.4 Profile 6/6

10.4.1 Mapping

The mapping is specified in 10.2.1.

10.4.2 Type 10 service and protocol selection

10.4.2.1 Physical Layer

The Type 10 physical layer of this profile shall be according to IEEE 802.3. Linking-devices shall use a data rate of at least 100 Mbit/s and full-duplex mode at least for one port. The auto negotiation and crossover function specified in IEEE 802.3 shall be used.

Recommended connectors, cables and installation guidelines are specified in IEC 61784-5-3.

10.4.2.2 Data Link Layer

The Type 10 DLL of a linking-device shall be according to IEEE 802.3, IEEE 802.1AB, IEEE 802.1D, and IEEE 802.1Q.

From the various optional Management Information Bases (MIB) at least the LLDP MIB (see IEEE 802.1AB) and SNMP MIB-II (see RFC 1213) are required.

10.4.2.3 Application Layer

10.4.2.4 AL service selection

The linking-device shall provide the CP 3/6 service selection as specified in 8.4.3.1.1.

10.4.2.5 AL protocol selection

The linking-device shall provide the CP 3/6 service selection as specified in 8.4.3.2.1.

10.4.3 Type 8 service and protocol selection

The Type 8 service and protocol selection is specified in 10.3.3.

10.4.4 Performance indicator selection

10.4.4.1 Performance indicator overview

See 10.2.4.1

10.4.4.2 Performance indicator dependencies

See 10.2.4.2

10.4.4.3 Consistent set of performance indicators

The consistent sets of performance indicators for the Type 10 network is described in 8.4.4.3.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2007

11 Communication Profile Family 10 (Vnet/IP⁷) – RTE communication profiles

11.1 General overview

Communication Profile Family 10 (CPF 10) defines communication profiles using the principles, methodology and model of ISO/IEC 7498. In addition, it also follows the three-layer basic fieldbus reference model described in IEC/TR 61158-1.

The OSI model provides a layered approach to communication standards, whereby the layers can be developed and modified independently. CPF 10 is based on the three-layer structure, and each layer of OSI seven layers is mapped onto these three layers as follows.

Functions of the intermediate OSI layers, layers 5, 6 and 7, are consolidated into the Application Layer.

Functions of the intermediate OSI layers, layers 2, 3 and 4, are consolidated into the Data Link Layer.

Likewise, some features common to users of the Fieldbus Application Layer are provided to simplify user operation.

Table 56 shows the OSI layers, their functions and the equivalent layers in the CPF10 layer model.

Table 56 – OSI layers and CPF 10 layers

OSI layer	Function	CPF 10 layer
7 Application	Translates demands placed on the communication stack into a form understood by the lower layers and vice versa	Application
6 Presentation	Converts data to/from standardized network formats	
5 Session	Synchronizes and manages data	
4 Transport	Provides transparent reliable data transfer	Data link
3 Network	Performs message routing	
2 Data link	Controls access to the communication medium. Performs error detection	
1 Physical	Encodes/decodes signals for transmission/reception in a form appropriate to the communication medium. Specifies communication media characteristics	Physical

Table 57 shows an overview of the communication profile for CPF 10.

⁷ Vnet/IP is a trade name of Yokogawa Electric Corporation. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

Table 57 – Overview of CPF 10 profile

Layer	Protocol
Application	IEC 61158-6-17
Transport	RFC 768 and IEC 61158-4-17
Network	RFC 791
Data Link	ISO/IEC 8802-2 and 8802-3
Physical	Either ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3ab

11.2 Profile 10/1

11.2.1 Physical Layer

ISO/IEC 8802-3 or IEEE 802.3ab shall be used.

11.2.2 Data Link Layer

11.2.2.1 MAC sublayer

ISO/IEC 8802-3 shall be used.

11.2.2.2 LLC sublayer

ISO/IEC 8802-3 shall be used.

11.2.2.3 Network sublayer

11.2.2.3.1 General

Internet standard RFC 791 and its amendments and successors shall be used.

Internet standard RFC 2236 shall be used to perform multicasting.

11.2.2.3.2 Unicast address

IPv4 class C private address scope shall be used. Each subnetwork of a domain has the respective IP network address as follows.

IP address for the interface connected to the primary network :

192.168.(Domain number).(Host address)

IP address for the interface connected to the secondary network :

192.168.128+(Domain number).(Host address)

Each node of a redundant station has a respective IP host address as follows.

Host address: (Station number) X 2 or (Station number) X 2 + 1

11.2.2.3.3 Group address

IPv4 class D Organization-Local Scope shall be used as group addresses for multicasting. Both the primary network and the secondary network require two group addresses: one for multicasting to all stations in the domain, and another for multicasting to all stations in the multi-domain network.

To assign these group addresses to the stations, AD-HOC Block group address 224.0.23.33 may be used.

NOTE This group address is registered with the Internet Assigned Numbers Authority (IANA).

11.2.2.3.4 TOS

The following four TOS parameter values shall be used for the Data Link service:

- time synchronization;
- high priority;
- low priority;
- general purpose.

11.2.2.4 Transport sublayer

11.2.2.4.1 Transport service selection

Internet standard RFC 768 (UDP) and its amendments and successors, and the Data Link Layer specified in IEC 61158-3-17 and IEC 61158-4-17 shall be used.

UDP port number 5313 shall be used.

NOTE This UDP port number is registered with the Internet Assigned Numbers Authority (IANA).

Table 58 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-17.

Table 58 – CP 10/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative reference	YES	—
3	Definitions	YES	—
4	Overview of the data-link layer service	YES	—
5	DLSAP management service	YES	—
6	Connectionless-mode Data Link Service	YES	—
7	DL-management Service	YES	—

11.2.2.4.2 Transport protocol selection

Table 59 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-17.

Table 59 – CP 10/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative reference	YES	—
3	Definitions	YES	—
4	Overview of the DL-protocol	YES	—
5	DLPDU-parameter structure and encoding	YES	—
6	Local parameters and resources	YES	—
7	DL-service elements of procedure	YES	—
8	DL-support protocol	YES	—

11.2.2.4.3 Parameter selection

Table 60 shows the parameter selection.

Table 60 – Transport Layer Parameter selection

Parameter Symbol	Parameter name	Usage	Value
P(ND)	max-domains	M	31
P(HC)	max-hop-count	M	7
P(NS)	max-stations	M	64
P(GA _{1A})	IP-group-address-1A	M	239.192.24.0
P(GA _{1B})	IP-group-address-1B	M	239.192.24.1
P(GA _{2A})	IP-group-address-2A	M	239.192.24.4
P(GA _{2B})	IP-group-address-2B	M	239.192.24.5
P(AB _{DA})	IP-base-address-domain-A	M	192.168.0.0
P(AB _{DB})	IP-base-address-domain-B	M	192.268.128.0
P(MRC _{AUS})	max-retry-count-AUS	M	5
P(MRC _{ASS})	max-retry-count-ASS	M	5
P(MOS)	max-outstanding-number	M	10
P(TNR _{AUS})	max-response-time-AUS	M	50 ms
P(TNR _{ASS})	max-response-time-ASS	M	500 ms
P(TWT _{AUS})	wait-time-AUS	M	100 ms
P(TWT _{ASS})	wait-time-ASS	M	100 ms
P(TID _{ASS})	inter-DTPDU-time	M	500 ms
P(MC)	macro-cycle-period	M	100 ms
P(SD _{UUS})	starting-delay-UUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{AUS})	starting-delay-AUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{ASS})	starting-delay-ASS	M	{6,16,26,36,51,61,71,81,91} ms
P(SD _{MUS})	starting-delay-MUS	M	{8,28,48,68,88} ms
P(SD _{MSS})	starting-delay-MSS	M	{46} ms
P(TD _{UUS})	time-duration-UUS	M	1 ms
P(TD _{AUS})	time-duration-AUS	M	1 ms
P(TD _{ASS})	time-duration-ASS	M	1 ms
P(TD _{MUS})	time-duration-MUS	M	1 ms
P(TD _{MSS})	time-duration-MSS	M	1 ms
P(TO _{UUS})	offset-time-UUS	M	1 ms
P(TO _{AUS})	offset-time-AUS	M	1 ms
P(TO _{ASS})	offset-time-ASS	M	1 ms
P(TO _{MUS})	offset-time-MUS	M	1 ms
P(TO _{MSS})	offset-time-MSS	M	1 ms
P(DV _{UUS})	divisor-for-grouping-UUS	M	5
P(DV _{AUS})	divisor-for-grouping-AUS	M	5
P(DV _{ASS})	divisor-for-grouping-ASS	M	5
P(DV _{MUS})	divisor-for-grouping-MUS	M	5
P(DV _{MSS})	divisor-for-grouping-MSS	M	5
P(KS)	key size	M	4 octet
P(AS)	authentication field size	M	2 octet
P(PN)	prime-number	M	0b01011001
P(BS)	base-number	M	251
P(UD)	key-update-time	M	3 600 s

11.2.3 Application Layer

11.2.3.1 General

The Application Layer specified in IEC 61158-5-17 and IEC 61158-6-17 shall be used.

11.2.3.2 AL service selection

Table 61 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-17.

Table 61 – CP 10/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope and objective	YES	—
2	Normative reference	YES	—
3	Definitions	YES	—
4	Concepts	YES	—
5	ASEs	YES	—
6	ARs	YES	—
7	Summary of FAL classes	YES	—
8	Permitted FAL services by AREP role	YES	—

11.2.3.3 AL protocol selection

Table 62 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-17.

Table 62 – CP 10/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative reference	YES	—
3	Definitions	YES	—
4	Abstract syntax description	YES	—
5	Transfer syntax	YES	—
6	FAL protocol state machines structure	YES	—
7	AP-Context state machine	YES	—
8	FAL Service Protocol Machines (FSPMs)	YES	—
9	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	YES	—
10	DLL Mapping Protocol Machine (DMPM)	YES	—

11.2.4 Performance indicator selection

11.2.4.1 Performance indicator overview

Table 63 shows the overview of performance indicators applicable to CP 10/1.

Table 63 – CP 10/1: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	None
Number of end-stations	YES	None
Basic network topology	YES	None
Number of switches between end-stations	YES	None
Throughput RTE	YES	None
Non-RTE bandwidth	YES	None
Time synchronization accuracy	YES	None
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	YES	None

11.2.4.2 Performance indicator dependencies

11.2.4.2.1 General

Table 64 shows the dependencies between performance indicators for CP 10/1.

Table 64 – CP 10/1: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 11.2.4.2.2	YES 11.2.4.2.2	NO	NO	NO	NO
Number of end-stations	NO		YES 11.2.4.2.3	YES 11.2.4.2.3	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES 11.2.4.2.2	YES 11.2.4.2.3		YES 11.2.4.2.3	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	NO	YES 11.2.4.2.3		NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	YES 11.2.4.2.4	NO		NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	YES 11.2.4.2.5	NO	NO		NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	YES 11.2.4.2.6	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 11.2.4.2.7	NO	NO	NO	NO	

11.2.4.2.2 Calculation of delivery time

The actual delivery time can be calculated by formula (23).

$$DT = STTs + STTr + Trate \times Dlen + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (23)$$

where

- DT* is the delivery time;
- STTs* is the sender stack traversal time including PhL, DLL and AP;
- STTr* is the receiver stack traversal time including PhL, DLL and AP;
- Trate* is the transfer bit rate;
- Dlen* is the bit length of the complete Ethernet frame;
- Cdly* is the cable delay;
- Clen* is the cable length;
- Spd* is the switch delay under not congested condition;
- NoS* is the number of switches.

The maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain can be calculated by formula (24).

$$DT_{max1} = 20 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (24)$$

where

DT_{max1}	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain;
$Cdly$	is the cable delay;
$Clen$	is the cable length;
Spd	is the switch delay under not congested condition;
NoS	is the number of switches.

The maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains can be calculated by formula (25).

$$DT_{max2} = 50 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (25)$$

where

DT_{max2}	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains;
$Cdly$	is the cable delay;
$Clen$	is the cable length;
Spd	is the switch delay under not congested condition;
NoS	is the number of switches.

The maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to the same domain can be calculated by formula (26).

$$DT_{lost1} = 10 \text{ ms} + DT_{max1} \quad (26)$$

where

DT_{lost1}	is the maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to the same domain;
DT_{max1}	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to the same domain.

The maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to different domains can be calculated by formula (27).

$$DT_{lost2} = 150 \text{ ms} + DT_{max2} \quad (27)$$

where

DT_{lost2}	is the maximum delivery time with one lost frame for communication between two end-stations belonging to different domains;
DT_{max2}	is the maximum delivery time for communication between two end-stations belonging to different domains.

11.2.4.2.3 Network structure restriction

If the network consists of only one domain, the number of the RTE end-stations is restricted to 64.

If the network consists of more than two domains, the number of RTE end-stations in the domain is restricted to 64. The maximum number of the domain shall be 64.

The topology of interconnection among domains shall be a tree topology.

The topology of interconnection among bridges in a domain shall be a tree topology or a ring topology.

The number of switches between any two end-stations in a same domain shall be less than 7, and the number of routers (layer-3-switches) between any two domains shall be less than 4.

11.2.4.2.4 Throughput RTE restriction

The throughput RTE which is generated by communication among end-stations which belong to the same domain shall be limited to less than 10 Moctets per second.

The throughput RTE which is generated by communication going out from any domain shall be limited to less than 10 Moctets per second. And the throughput RTE which is generated by communication coming into any domain shall be limited to less than 10 Moctets per second.

11.2.4.2.5 Non-RTE bandwidth restriction

The non-RTE bandwidth shall be less than 500 Mbit/s. If the network consists of more than two domains, routers shall control the non-RTE traffic in order to make the non-RTE bandwidth of any domain less than 500 Mbit/s, otherwise total non-RTE bandwidth generated in the network shall be less than 500 Mbit/s.

11.2.4.2.6 Time synchronization accuracy

The time synchronization accuracy between any two end nodes which belong to the same domain is ± 1 ms or less, and the time synchronization accuracy between any two end nodes in the different domain is ± 5 ms or less.

11.2.4.2.7 Redundancy recovery time

The redundancy recovery time for communication between any two end-stations which belong to the same domain is less than 200 ms, and the redundancy recovery time for communication between any two end-stations which belong to the different domains is less than 600 ms.

11.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 65 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to the same domain.

Table 65 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to the same domain

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	20 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	64	None
Number of switches between end-stations	7	None
Throughput RTE	10 M octet/s	None
Non-RTE bandwidth	0-50 % (500 Mbit/s)	None
Time synchronization accuracy	<1ms	None
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	—
Redundancy recovery time	<200 ms	None

Table 66 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to different domains

Table 66 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to different domains

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	50 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	4 096	—
Number of switches between end-stations	39	Including 4 layer-3-switches
Throughput RTE	10 M octet/s	—
Non-RTE bandwidth	0-50 % (500 Mbit/s)	—
Time synchronization accuracy	<5 ms	—
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	—
Redundancy recovery time	<600 ms	—

Table 67 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to the same domain with one lost frame.

Table 67 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to the same domain with one lost frame

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	60 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	64	—
Number of switches between end-stations	7	—
Throughput RTE	10 M octet/s	—
Non-RTE bandwidth	0-50 % (500 Mbit/s)	—
Time synchronization accuracy	<1 ms	—
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	—
Redundancy recovery time	<200 ms	—

Table 68 shows a consistent set of performance indicators which is applicable to communication between two end-stations belonging to different domains with one lost frame.

Table 68 – CP 10/1: Consistent set of performance indicators for the communication between two end-stations belonging to different domains with one lost frame

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	200 ms	Excluding cable_delay and nominal switch_delay
Number of end-stations	4 096	—
Number of switches between end-stations	39	Including 4 layer-3-switches
Throughput RTE	10 M octet/s	—
Non-RTE bandwidth	0-50 % (500 Mbit/s)	—
Time synchronization accuracy	<5 ms	—
Non-time-based synchronization accuracy	Not applicable	—
Redundancy recovery time	<600 ms	—

12 Communication Profile Family 11 (TCnet⁸) – RTE communication profiles

12.1 General overview

Communication Profile Family 11 defines two types of communication profile based on IEC 61158-2 through IEC 61158-6, protocol type 11 (TCnet), which corresponds to the communication systems commonly known as TCnet.

— Profile 11/1 (TCnet)

This profile contains a selection of AL, and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-2 through IEC 61158-6, protocol type 11 (TCnet).

Table 69 shows the overview of TCnet profile set.

Table 69 – CPF 11: Overview of profile sets

Layer	Profile 11/1
Application	IEC 61158-5-11, IEC 61158-6-11
Data Link	IEC 61158-3-11, IEC 61158-4-11
Physical	ISO/IEC 8802-3

12.2 Profile 11/1

12.2.1 Physical Layer

The Physical Layer of 100 Mbits/s shall be according to ISO/IEC 8802-3.

12.2.2 Data Link Layer

12.2.2.1 DLL services selection

Table 70 specifies the DLL service selection within IEC 61158-3-11.

⁸ In Japan, TCnet is a trade name of TOSHIBA Corporation. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

Table 70 – CP 11/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	—
4	Data Link services and concept	YES	—
4.1	Overview	YES	—
4.2	General description of services	YES	—
4.3	TCC data service	YES	—
4.4	Detail description of sporadic message data service	YES	—
5	DL-management services	YES	—
5.1	General	YES	—
5.2	Facilities of the DL-Management service	YES	—
5.3	Service of the DL-management	YES	—
5.4	Overview of interactions	YES	—
5.5	Detail specification of service and interactions	YES	—

12.2.2.2 DLL protocol selection

Table 71 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-11.

Table 71 – CP 11/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	—
4	Overview of the DL-protocol	YES	—
5	General structure and encoding of PhIDEs and DLPDU and related element of procedure	YES	—
6	DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure	YES	—
7	DLE element of procedure	YES	—

12.2.3 Application Layer**12.2.3.1 AL service selection**

Table 72 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-11.

In addition AL services are mapped onto the TCP/UDP/IP protocol suite, as defined in RFC 793, RFC 768 and RFC 791 respectively.

Table 72 – CP 11/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	Relevant reference only
3	Terms and definitions, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Concepts	YES	—
5	Data type ASE	Partial	Used when applicable
6	Communication model specification	YES	—

12.2.3.2 AL protocol selection

Table 73 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-11.

Table 73 – CP 11/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative reference	Partial	Relevant reference only
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	FAL Syntax description	YES	—
5	Transfer syntax	YES	—
6	FAL protocol state machine structures	YES	—
7	FAL Service Protocol Machine (FSPM)	YES	—
8	Application Relationship Protocol Machines (ARPM)	YES	—
9	DLL Mapping Protocol Machines (DMPM)	YES	—

12.2.4 Performance indicator selection

12.2.4.1 Performance indicator overview

Table 74 shows the performance indicators overview of CP 11/1.

Table 74 – CP 11/1: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	Star topology
Number of switches between end-stations	NO	Hubs fit, and switches should not be applicable for highest performance
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	IEC 61588 shall be installed
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	YES	Null time switching without interruption

12.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 75 shows the dependencies between performance indicators for CP 11/1.

Table 75 – CP 11/1: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	non time-based synchron.	Redundancy recovery time
Delivery time		NO 12.2.4.2.1 12.2.4.2.3	NO 12.2.4.2.4	NO 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NO 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NO	NO	NO 12.2.4.2.5
Number of end-stations	NO		NO	YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NO		YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NO	YES 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	

12.2.4.2.1 Calculation of Delivery time

Delivery time is definitely specified by the application users using the TCC data service, and the delivery time specified meets both cases of no transmission error and one lost frame with recovery.

The TCC data service provides 3 kinds of the data transmission service at the same time, that are according to the data preference and the delivery time of an APDU to be transferred using the data transmission service.

Table 76 specifies the TCC data service selection supported by this profile.

Table 76 – CP 11/1: TCC data service selection

Service ref.	Service name	Applicable	Constraint
IEC 61158-3-11 Clause 4	High-speed cyclic data transmission	YES	The range of the high-speed transmission period (T_h) is 1 to 160 ms, of which unit is in 0,1 ms
IEC 61158-3-11 Clause 4	Medium-speed cyclic data transmission	YES	The range of the medium-speed transmission period (T_m) is 10 to 1 000 ms, of which unit is in 1 ms and in multiples of the T_h
IEC 61158-3-11 Clause 4	Low-speed cyclic data transmission	YES	The range of low-speed transmission period (T_l) is 100 to 10 000 ms, of which unit is in 1 ms and in multiples of the T_h

The performance indicator Delivery time is related to the amount of both RTE data and non-RTE data which are exchanged between the end-stations, the number of the Ethernet frame that is used for the deterministic transmission scheduling, the signal propagation delay to the end-station, the number of the end-stations and the number of the Hubs between the end-stations.

The performance indicator Delivery time can be calculated as follows

$$DT_H = T_h \quad (28)$$

$$DT_M = T_m \quad (29)$$

$$DT_L = T_l \quad (30)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (31)$$

$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h + \frac{T_{LS}}{T_l} \times T_h \quad (32)$$

where

- DT_H is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
- DT_M is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
- DT_L is the delivery time for the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
- T_h is the high-speed transmission time period, and is the basic cycle_time (ct) for the TCC data service;
- T_m is the medium-speed transmission time period;
- T_l is the low-speed transmission time period;
- T_{RTE} is the total sum of the frame transmit time, in which the frame of the Ethernet with the RTE data as a payload of a fixed length is sent out of the end-station within the time period of T_h . The total volume of the RTE data and the bandwidth for the non-RTE data is specified by the application user;
- T_{NRT} is the total sum of the frame transmit time, in which the frame with the non-RTE data as a payload is sent out of the end-station within the time period of T_h and is used for the standard Ethernet application on sporadic basis;
- T_{SCH} is the total sum of the frame transmit time, in which the frame is exchanged for the deterministic transmission scheduling between the end-stations. The T_{SCH} includes both the time for the synchronization DLPDU and the multiple Transmission complete DLPDUs which are specified in the IEC 61158-4-11, Clause 6;

T_{PD}	is the sum total of the signal propagation delay (pd) between the end-stations. The T_{PD} depends on the number of Hubs between the end-stations, the cable propagation delay (cd) and the number of the end-stations;
T_{MAC}	is the time for the maintenance and control, in which a new end-station is solicited to join and the periodic time operation is controlled;
T_{HS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the high-speed cyclic data;
T_{MS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the medium-speed cyclic data;
T_{LS}	is the total sum of the frame transmit time, in which the TCC data frame conveys the low-speed cyclic data.

12.2.4.2.2 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

Figure 9 shows an example of the relation between the throughput RTE and the non-RTE bandwidth in the case of 100 Mbit/s physical layer. This profile supports the specification of a percentage of the bandwidth and/or the throughput which are used for the non-RTE and the RTE communications.

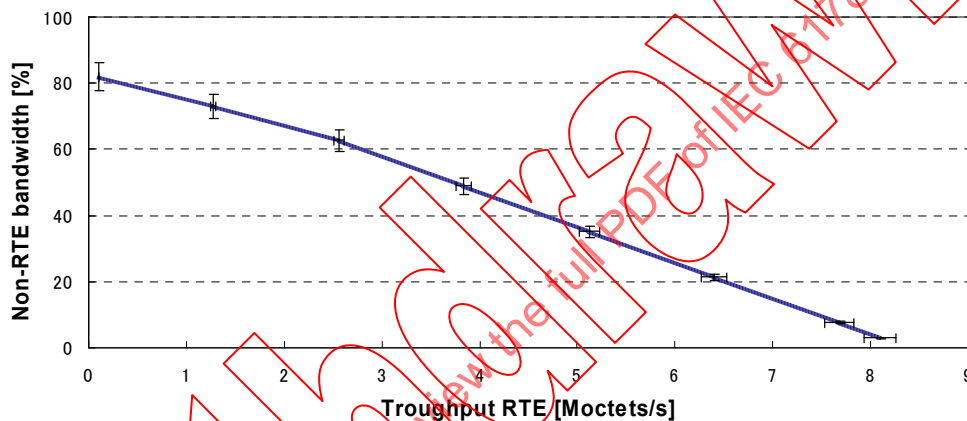


Figure 9 – Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The throughput RTE indicates the total amount of the APDU data by octet length per second, and the APDU data is sent out by the node using the TCC data service specified in the IEC 61158-3-11, 4.3. The non-RTE bandwidth indicates the total percentage of the bandwidth, which is used for the non-RTE communications by the nodes using the sporadic message data service specified in the IEC 61158-3-11, 4.4.

The total bandwidth is calculated as follows:

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (33)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{100} \quad (34)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} + TR_{LS} \quad (35)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (36)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (37)$$

$$TR_{LS} = \frac{DV_{LS}}{DT_L} \quad (38)$$

where

BW	is the total bandwidth in %, and the 100 % is 100 Mbits/s;
BW _{RTE}	is the bandwidth used for the RTE communications in %;
BW _{NRT}	is the bandwidth used for the non-RTE communications in %;
BW _{CNT}	is the bandwidth used for the scheduling communications and for the protocol overhead in %;
TR _{RTE}	is the throughput RTE in Moctets/s;
TR _{HS}	is the throughput RTE for the high-speed cyclic data in Moctets/s;
TR _{MS}	is the throughput RTE for the medium-speed cyclic data in Moctets/s;
TR _{LS}	is the throughput RTE for the low-speed cyclic data in Moctets/s;
DV _{HS}	is the total volume of the high-speed cyclic data sent by all end-stations;
DV _{MS}	is the total volume of the medium-speed cyclic data sent by all end-stations;
DV _{LS}	is the total volume of the low-speed cyclic data sent by all end-stations;
DT _H	is the delivery time for the high-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT _M	is the delivery time for the medium-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC;
DT _L	is the delivery time for the low-speed cyclic data, which includes both the sender stack traversal time (STTs) and the receiver stack traversal time (STTr) including Phy and MAC.

The throughput RTE or the non-RTE bandwidth depends on the BW_{CNT} for scheduling the communications and for the protocol overhead. The scheduling communications and the protocol overhead, based on the formulas provided in 12.2.4.2.1, depend on the number of the hubs between the end-stations, the cable propagation delay and the total number of the end-stations, and is related to the time for the maintenance and control in order to solicit a new end-stations and to keep the periodic time operation.

12.2.4.2.3 Number of end-stations

The maximum number of the end-stations shall be up to 254.

12.2.4.2.4 Basic network topology

The network topology supported by this profile is of a hierarchical star. The number of layers in a hierarchy is an application specific and is determined on the basis of the number of end-stations, their physical location, and the distance between the end-stations. The maximum number of hubs between any 2 end-stations shall be up to 7.

12.2.4.2.5 Redundancy recovery time

The maximum time from a failure to become fully operational again in case of a single permanent failure, is almost 0 time period. This profile supports fully operational without the interruption of the higher-level data transfer services.

12.2.4.3 Consistent set of performance indicators

12.2.4.3.1 Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Table 77 shows one of a consistent set of the performance indicators for CP 11/1. The values in Table 77 are representing one of the practical example, but not of the theoretical maximum, and the example is preferential for the RTE communications, which means that the total available bandwidth both for the RTE communications and the non-RTE communications is allocated alone to the RTE communications.

Table 77 – CP 11/1: Consistent set of PIs preferential for RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	
Number of end-stations	24	Maximum distance between nodes is 4 km
Number of switches between end-stations	0	3 hubs
Throughput RTE	Total = 7,3 Moctets/s $TR_{HS} = 6,4 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,9 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 19\,200 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	0 %	
Non-time-based synchronization accuracy	$< 10 \mu\text{s}$	
Redundancy recovery time	0 s	

12.2.4.3.2 Consistent set of PIs for RTE and non-RTE communications

Table 78 shows one consistent set of performance indicators for CP 11/1. The values given in Table 78 are representing one practical example, but they are not the theoretical maximum. The total available bandwidth is partitioned between the RTE communications and the non-RTE communications.

Table 78 – CP 11/1: Consistent set of PIs both for RTE and non-RTE communications

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	—
Number of end-stations	13	Maximum distance between nodes is 4 km
Number of switches between end-stations	0	5 hubs
Throughput RTE	Total = 5,7 Moctets/s $TR_{HS} = 5,1 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,6 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 10\,240 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octets}$
Non-RTE bandwidth	$< 20 \%$	—
Non-time-based synchronization accuracy	$< 10 \mu\text{s}$	—
Redundancy recovery time	0 s	—

13 Communication Profile Family 12 (EtherCAT) – RTE communication profiles

13.1 General overview

EtherCAT⁹ is a Real-Time Ethernet technology specified in ISO/IEC 8802-3, IEC 61158-2, 61158-3-12, 61158-4-12, 61158-5-12 and 61158-6-12 especially suitable for communication between control systems and peripheral devices like I/O systems, drives, sensors and actuators.

In this part of IEC 61784, the following communication profiles are specified for CPF 12:

— Profile 12/1

This profile defines protocol and service selections for simple I/O devices which may communicate process data cyclically.

— Profile 12/2

This profile defines protocol and service selections for two types of devices:

- smart or modular devices with mailbox communication capabilities;
- such devices that additionally support time based synchronization for performing tightly coordinated actions.

All three types of devices can be mixed arbitrarily.

13.2 Profile CP 12/1

13.2.1 Physical Layer

The physical layer is described in IEC 61158-2 and ISO/IEC 8802-3.

Table 79 specifies the use of the preferred physical layer, specified in ISO/IEC 8802-3, included in this profile. Table 80 specifies the use of an optimized physical layer for backplane applications, specified in IEC 61158-2, included in this profile.

⁹ EtherCAT™ is the trade name of Beckhoff, Verl. This information is given for the convenience of users of this profile and does not constitute an endorsement by the IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name EtherCAT. Use of the trade name EtherCAT requires permission from the trade name holder.

Table 79 – CP 12/1: PhL selection of preferred physical layer

Clause	Header	Presence	Constraints
21	Introduction to 100 Mb/s baseband networks, type 100BASE-T	YES	—
22	Reconciliation Sublayer (RS) and Media Independent Interface (MII)	YES	—
23	Physical Coding Sublayer (PCS), Physical Medium Attachment (PMA) sublayer and baseband medium, type 100BASE-T4	—	—
24	Physical Coding Sublayer (PCS) and Physical Medium Attachment (PMA) sublayer, type 100BASE-X	YES	—
25	Physical Medium Dependent (PMD) sublayer and baseband medium, type 100BASE-TX	Optional	Preferred technology
26	Physical Medium Dependent (PMD) sublayer and baseband medium, type 100BASE-FX	Optional	Use for specific environmental conditions
27	Repeater for 100 Mb/s baseband networks	—	—
28	Physical Layer link signaling for 10 Mb/s, 100 Mb/s, and 1 000 Mb/s Auto-Negotiation on twisted pair	Optional	Auto-negotiation and auto-crossover are highly recommended
29	System considerations for multisegment 100BASE-T networks	Optional	Link aggregation can be used but not recommended
Annex 22	MI	YES	—
Annex 23A	6T code words	YES	—
34 ff	1 000 Mb/s baseband network	Optional	For future use

Table 80 – CP 12/1: PhL selection of an optimized physical layer

Clause	Header	Presence	Constraints
5	DLL – PhL interface	—	—
5.8	Type 12: Required services	YES	—
6	Systems management – PhL interface	—	—
6.7	Type 12: Systems management – PhL interface	YES	—
7	DCE independent sublayer (DIS)	—	—
7.6	Type 12: DIS	YES	—
8	DTE – DCE interface and MIS-specific functions	—	—
8.5	Type 12: DTE – DCE interface	YES	Interface not exposed
9	Medium dependent sublayer (MDS)	—	—
9.9	Type 12: Wire media	YES	—
10	MDS – MAU interface	—	—
10.7	Type 12: MDS – MAU interface: Wire media	YES	—
29	Type 12: Medium attachment unit: electrical medium	YES	—

13.2.2 Data Link Layer

13.2.2.1 EtherCAT Slave

Data Link Layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 81 specifies the use of the services included in this profile. Table 82 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 81 – CP 12/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	Partial	Some examples are not describing mandatory functions
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	Partial	Basic slave mandatory
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.2	Write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.3	Combined read/write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read Local	YES	—
6.2	Write Local	YES	—

Table 82 – CP 12/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	NO	—
6.8	Distributed Clock	Partial	Timestamping of messages if more than 2 ports
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	Optional	If mailbox supported
7.2	Mailbox access type	Optional	If mailbox supported
7.3	Buffered access type	Optional	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	Partial	Machines mandatory
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	YES	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	YES	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	YES	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	Optional	If mailbox supported
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	YES	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	YES	—
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	Partial	Timestamping of messages if more than 2 ports

13.2.2.2 EtherCAT Master

Data Link Layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 83 specifies the use of the services included in this profile.

Table 84 specifies the use of the protocol included in this profile. The selection of services used is up to the master. The Auto Increment Read and Write services are mandatory.

Table 83 – CP 12/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	Partial	Some example are not describing mandatory functions
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	NO	—
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.2	Write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.3	Combined read/write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 84 – CP 12/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	YES	—
6.8	Distributed Clock	Partial	Timestamping of messages if more than 2 ports
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	YES	—
7.2	Mailbox access type	YES	—
7.3	Buffered access type	YES	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	NO	—
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	NO	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	NO	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	NO	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	NO	—
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	NO	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	NO	—
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	NO	—

13.2.3 Application Layer

13.2.3.1 EtherCAT Slave

Application Layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 85 specifies the use of the services included in this profile. Table 86 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 85 – CP 12/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	YES	—
4.2.5	Master reference model	NO	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	Partial	Mandatory objects, no categories required
6.1.3	Isochronous ASE	NO	—
6.1.4	CoE ASE	NO	—
6.1.5	EoE ASE	NO	—
6.1.6	FoE ASE	NO	—
6.1.7	MBX ASE	NO	—
6.2	AR	YES	—

Table 86 – CP 12/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	No Bootstrap
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	NO	—
5.6	CoE coding	NO	—
5.7	EoE coding	NO	—
5.8	FoE coding	NO	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—
6.2	AR-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	YES	No Bootstrap and start mailbox required
6.4.2	Mailbox handler state machine	Optional	—
6.4.3	CoE state machine	NO	—
6.4.4	EoE state machine	NO	—
6.4.5	FoE state machine	NO	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

13.2.3.2 EtherCAT master

The Application Layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 87 specifies the use of the services included in this profile. Table 88 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 87 – CP 12/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	NO	—
4.2.5	Master reference model	YES	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	Partial	Mandatory objects, no categories required
6.1.3	Isochronous ASE	NO	—
6.1.4	CoE ASE	NO	—
6.1.5	EoE ASE	NO	—
6.1.6	FoE ASE	NO	—
6.1.7	MBX ASE	NO	—
6.2	AR	YES	—

Table 88 – CP 12/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference Model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	No Bootstrap
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	NO	—
5.6	CoE coding	NO	—
5.7	EoE coding	NO	—
5.8	FoE coding	NO	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—
6.2	AR-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	NO	—
6.4.2	Mailbox handler state machine	NO	—
6.4.3	CoE state machine	NO	—
6.4.4	EoE state machine	NO	—
6.4.5	FoE state machine	NO	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

13.2.4 Performance indicator selection

13.2.4.1 Performance indicator overview

Table 89 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 89 – CP 12/1: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	NO	Slave device includes switch functionality
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	NO	—
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	Optional	—

13.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 90 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 90 – CP 12/1: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Non time-based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time	YES	YES 13.2.4.4	NO	YES 13.2.4.5	NO	NO	YES 13.2.4.6
Number of end-stations	NO	YES	NO	NO	NO	YES 13.2.4.7	NO
Basic network topology	NO	NO	YES	NO	NO	NO	YES 13.2.4.8
Throughput RTE	NO	NO	NO	YES	YES 13.2.4.9	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 13.2.4.9	YES	NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 13.2.4.7	NO	NO	NO	YES	NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 13.2.4.8	NO	NO	NO	YES

Table 91 gives an outline of the range of performance indicators.

Table 91 – CP 12/1: Performance indicator ranges

Performance indicator	Value	Explanation
Delivery time	20 µs – 1 s	—
Number of end-stations	Up to 65 535	—
Number of switches between end-stations	Not practically limited by the protocol	EtherCAT slaves are 2-port switches
Throughput RTE	1 – 100 %	—
Non-RTE bandwidth	99 – 0 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	1- 10 µs	Depends upon topology
Redundancy recovery time	1 cycle	—

13.2.4.3 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by formula (39).

$$t_D = t_{cycle} + t_{data} + t_{cd} \times l_{tc} + \sum_{i=1}^{NoS} t_{pd}(i) + t_{cpdl} \quad (39)$$

where

t_D	is the delivery time;
t_{cycle}	is the cycle time ($t_{cycle} \geq t_{data}$);
t_{data}	is the time to transmit the longest Real-time Ethernet frame (80 ns/octet);
t_{cd}	is the cable delay (4,5 – 5 ns/m);
l_{tc}	is the total cable length in m;
Pd	is the propagation delay of a slave (implementation dependent);
NoS	is the number of slaves;
t_{cpdl}	is the data copy delay within a slave (typical value: < 100 ns).

NOTE The cycle time is independent from the propagation delay of the connected slaves and from the cable delays, since the full-duplex capabilities of the system allow to send the next frame before the initial frame has returned to the master device. The minimum cycle time thus is only limited by the transmission time of the longest RTE frame in the given application scenario. The master implementation may further restrict this minimum cycle time.

13.2.4.4 Delivery time dependency on number of end-stations

The number of end-stations typically influences the amount of data, thus the time to transmit the data frame as well as the sum of propagation delays and hence the delivery time as described in (39).

13.2.4.5 Delivery time dependency on throughput RTE

The delivery time depends on throughput RTE via data and cycle time, since throughput RTE can be adapted primarily by changing these two parameters. If throughput RTE is increased by increasing the amount of data without changing the cycle time, the delivery time is increased, too. If throughput RTE is increased by reducing the cycle time, the delivery time is reduced. If throughput RTE is increased by changing both parameters accordingly, the delivery time is not influenced as described in (39).

13.2.4.6 Delivery time dependency on redundancy recovery time

Redundancy recovery time influences the cycle time and hence the delivery time as described in (39).

13.2.4.7 Relation between number of end-stations and non-time-based synchronization accuracy

Number of end-stations influences the non-time-based synchronization accuracy and vice versa.

13.2.4.8 Relation between basic network topology and redundancy recovery time

Since cable redundancy determines the topology as such, the requirement for a finite redundancy recovery time influences the basic network topology and vice versa.

13.2.4.9 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

The non-RTE bandwidth is the difference between overall bandwidth and the RTE throughput (RTE overhead included) hence both values influence each other.

13.2.4.10 Consistent set of performance indicators for mid size automation system

Table 92 gives an outline of a consistent set of performance indicators for CP 12/1 for mid size automation systems with a cycle time of 60 μ s.

Table 92 – CP 12/1: Consistent set of performance indicators for mid size automation systems

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	$\leq 150 \mu$ s	Without failure
Number of end-stations	180	—
Number of switches between end-stations	NA	—
Throughput RTE	10 750 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	50,6 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	10 μ s	—
Redundancy recovery time	60 μ s	—

13.3 Profile CP 12/2

13.3.1 Physical Layer

The physical layer is the same as described in 13.2.1.

13.3.2 Data Link Layer

13.3.2.1 EtherCAT Slave

Data Link Layer is described in 61158-3-12 and 61158-4-12. Table 93 specifies the use of the services included in this profile. Table 94 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 93 – CP 12/2: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	Partial	Some example are not describing mandatory functions
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	Partial	Basic slave mandatory
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.2	Write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.3	Combined read/write services	Partial	Responder Services (.ind/.rsp)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6.	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 94 – CP 12/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	YES	—
6.8	Distributed Clock	Optional	If time based synchronization is supported
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	YES	—
7.2	Mailbox access type	YES	—
7.3	Buffered access type	YES	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	YES	—
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	YES	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	YES	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	YES	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	YES	—
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	YES	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	YES	—
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	YES	—

13.3.2.2 EtherCAT Master

Data Link Layer is described in IEC 61158-3-12 and IEC 61158-4-12. Table 95 specifies the use of the services included in this profile. Table 96 specifies the use of the protocol included in this profile. The selection of services used is up to the master. The Auto Increment Read and Write Services are mandatory.

Table 95 – CP 12/2: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Data-link layer services and concepts	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Data-link layer overview	YES	—
4.4	Error detection overview	YES	—
4.5	Parameter and process data handling introduction	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
4.8	Addressing	YES	—
4.9	Slave classification	NO	—
5	Communication services	—	—
5.1	Read services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.2	Write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.3	Combined read/write services	Partial	Requestor Services (.req/.cnf)
5.4	Network services	NO	—
5.5	Mailbox	NO	—
6	Local interactions	—	—
6.1	Read local	YES	—
6.2	Write local	YES	—

Table 96 – CP 12/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Overview of the DL-protocol	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Topology	YES	—
4.3	Frame processing principles	YES	—
4.4	Data-link layer overview	YES	—
4.5	Error detection overview	YES	—
4.6	Node reference model	YES	—
4.7	Operation overview	Partial	Direct mode mandatory
5	Frame Structure	—	—
5.1	Frame coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	Partial	Types needed for application and unsigned integer types
5.3	DL PDU structure	YES	—
5.4	Type 12 DLPDU structure	YES	—
5.5	Network variable structure	NO	—
5.6	Type 12 mailbox structure	NO	—
6	Attributes	—	—
6.1	Management	YES	—
6.2	Statistics	YES	—
6.3	Watchdogs	YES	—
6.4	Slave information interface	YES	—
6.5	Media independent interface (MII)	YES	—
6.6	Fieldbus memory management unit (FMMU)	YES	—
6.7	Sync manager	YES	—
6.8	Distributed Clock	Optional	If time based synchronization is supported
7	DL-user memory	—	—
7.1	Overview	YES	—
7.2	Mailbox access type	YES	—
7.3	Buffered access type	YES	—
8	Type 12:FDL Protocol state machines	—	—
8.1	Overview of slave DL state machines	NO	—
8.2	State machine description	—	—
8.2.1	Port state machine (PSM)	NO	—
8.2.2	PDU handler state machine (DHSM)	NO	—
8.2.3	Synch manager state machine (SYMSM)	NO	—
8.2.4	Resilient Mailbox State Machine (RMSM)	NO	—
8.2.5	SII State Machine (SIISM)	NO	—
8.2.6	MII State Machine (MIISM)	NO	—
8.2.7	DC State Machine (DCSM)	NO	—

13.3.3 Application Layer

13.3.3.1 EtherCAT Slave

Application Layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 97 specifies the use of the services included in this profile. Table 98 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 97 – CP 12/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	YES	—
4.2.5	Master reference model	NO	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	YES	—
6.1.3	Isochronous ASE	Optional	—
6.1.4	CoE ASE	Optional	—
6.1.5	EoE ASE	Optional	—
6.1.6	FoE ASE	Optional	—
6.1.7	MBX ASE	Optional	—
6.2	AR	YES	—

Table 98 – CP 12/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	Bootstrap optional
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	Optional	—
5.6	CoE coding	Optional	—
5.7	EoE coding	Optional	—
5.8	FoE coding	Optional	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—
6.2	AR-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	YES	Bootstrap optional
6.4.2	Mailbox handler state machine	YES	—
6.4.3	CoE state machine	Optional	—
6.4.4	EoE state machine	Optional	—
6.4.5	FoE state machine	Optional	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

13.3.3.2 EtherCAT Master

Application Layer is described in IEC 61158-5-12 and IEC 61158-6-12. Table 99 specifies the use of the services included in this profile. Table 100 specifies the use of the protocol included in this profile.

Table 99 – CP 12/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Concepts	—	—
4.1	Common concepts	YES	—
4.2	Type specific concepts	—	—
4.2.1	Operating principle	YES	—
4.2.2	Communication model overview	YES	—
4.2.3	Application layer elements	YES	—
4.2.4	Slave reference model	NO	—
4.2.5	Master reference model	YES	—
5	Data Type ASE	YES	—
6	Type 12 communication model specification	—	—
6.1	ASEs	—	—
6.1.1	Process Data ASE	YES	—
6.1.2	SII ASE	YES	—
6.1.3	Isochronous ASE	Optional	—
6.1.4	CoE ASE	YES	—
6.1.5	EoE ASE	Optional	—
6.1.6	FoE ASE	Optional	—
6.1.7	MBX ASE	Optional	—
6.2	AR	YES	—

Table 100 – CP 12/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
4	Application Layer protocol specification	—	—
4.1	Operating principle	YES	—
4.2	Node reference Model	YES	—
5	FAL syntax description	—	—
5.1	Coding principles	YES	—
5.2	Data types and encoding rules	YES	—
5.3	AR coding	YES	Bootstrap optional
5.4	SII coding	YES	—
5.5	Isochronous PDI coding	Optional	—
5.6	CoE coding	YES	—
5.7	EoE coding	Optional	—
5.8	FoE coding	Optional	—
6	FAL protocol state machine	—	—
6.1	Overall structure	YES	—
6.2	AR-Context state machine	YES	—
6.3	FAL service protocol machine (FSPM)	YES	—
6.4	Application Relationship Protocol Machines (ARPMs)	—	—
6.4.1	AL state machine	NO	—
6.4.2	Mailbox handler state machine	NO	—
6.4.3	CoE state machine	YES	—
6.4.4	EoE state machine	Optional	—
6.4.5	FoE state machine	Optional	—
6.5	DLL mapping protocol machine (DMPM)	YES	—

13.3.4 Performance indicator selection

13.3.4.1 Performance indicator overview

The performance indicator overview of 13.2.4.1 applies.

Table 101 gives an overview of the performance indicator usage.

Table 101 – CP 12/2: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	NO	Slave Device includes switch functionality
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	—
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	Optional	—

13.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 102 specifies the dependencies of the performance indicators (row) from the performance indicators (column).

Table 102 – CP 12/2: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Non time- based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 13.2.4.4	NO	YES 13.2.4.5	NO	NO	NO	YES 13.2.4.6
Number of end-stations	NO		NO	NO	NO	YES 13.3.4.4	YES 13.2.4.7	NO
Basic network topology	NO	NO		NO	NO	NO	NO	YES 13.2.4.8
Throughput RTE	NO	NO	NO		YES 13.2.4.9	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES 13.2.4.9		NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES 13.3.4.4	NO	NO	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES 13.2.4.7	NO	NO	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 13.2.4.8	NO	NO	NO	NO	

13.3.4.3 Calculation of delivery time

The delivery time is calculated according to (39).

13.3.4.4 Relation between number of end-stations and time synchronization accuracy

Number of end-stations influences the time synchronization accuracy and vice versa.

13.3.4.5 Consistent set of performance indicators for large automation systems

Table 103 gives an outline of a consistent set of performance indicators for a large automation system with a cycle time of 200 μ s and 500 m network extension.

Table 103 – CP 12/2: Consistent set of performance indicators

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 519 μ s	No failure
Number of end-stations	650	—
Number of switches between end-stations	NA	—
Throughput RTE	10 500 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	55,9 %	—
Time synchronization accuracy	<< 1 μ s	Depends on slave device hardware implementation, typically less than 200 ns
Non-time-based synchronization accuracy	10 μ s	—
Redundancy recovery time	200 μ s	—

14 Communication Profile Family 13 (ETHERNET Powerlink¹⁰) – RTE communication profiles

14.1 General overview

Communication Profile Family 13 (CPF 13) defines a profile using Type 13 of IEC 61158 series, which correspond to the communication system commonly known as ETHERNET Powerlink (EPL).

— Profile 13/1

This profile contains AL, and DLL services and protocol definitions from IEC 61158-2 through IEC 61158-6, protocol type 13.

Table 104 shows the overview of EPL profile set.

Table 104 – CPF 13: Overview of profile sets

Layer	Profile 13/1
Application	IEC 61158-5-13, IEC 61158-6-13
Data Link	IEC 61158-3-13, IEC 61158-4-13
Physical	ISO/IEC 8802-3

14.2 Profile 13/1

14.2.1 Physical Layer

The physical layer shall be according to ISO/IEC 8802-3.

14.2.2 Data Link Layer

14.2.2.1 DLL services selection

Data Link Layer services are defined in IEC 61158-3-13. Table 105 shows the subclauses included in this profile.

Table 105 – CP 13/1: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link service specification (Type 13)	YES	—

14.2.2.2 DLL protocol selection

Data Link Layer protocols are defined in IEC 61158-4-13. Table 106 shows the subclauses included in this profile.

¹⁰ ETHERNET Powerlink is a trade name of Bernecker&Rainer Industrielektronik Ges.m.b.H., control of trade name use is given to the non profit organization EPSG. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

Table 106 – CP 13/1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 13)	YES	—

14.2.3 Application Layer

14.2.3.1 AL service selection

Application Layer services are defined in IEC 61158-5-13. Table 107 shows the subclauses included in this profile.

Table 107 – CP 13/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer service specification (Type 13)	YES	—

14.2.3.2 AL protocol selection

Application Layer protocols are defined in IEC 61158-6-13. Table 108 shows the subclauses included in this profile.

Table 108 – CP 13/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 13)	YES	—

14.2.4 Performance indicator selection

14.2.4.1 Performance indicator overview

Table 109 shows the performance indicators overview of CP 13/1.

Table 109 – CP 13/1: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	Star and linear topology
Number of switches between end-stations	YES	For highest performance use repeaters instead of switches
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	—
Non time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	YES	—

14.2.4.2 Performance indicator dependencies**14.2.4.2.1 Performance indicator dependency matrix**

Table 110 shows the dependencies between performance indicators for CP 13/1.

Table 110 – CP 13/1: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Non time- based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time	YES 14.2.4.2.1	YES 14.2.4.2.5	YES 14.2.4.2.6	YES 14.2.4.2.8	NO	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES 14.2.4.2.3	YES 14.2.4.2.5	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES 14.2.4.2.4	NO	YES 14.2.4.2.6	NO	NO	YES 14.2.4.2.11	YES 14.2.4.2.12	YES 14.2.4.2.13
Throughput RTE	NO	NO	NO	YES 14.2.4.2.8	YES 14.2.4.2.10	NO	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	YES 14.2.4.2.7	YES 14.2.4.2.9	YES 14.2.4.2.10	NO	NO	NO
Time synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO	YES 14.2.4.2.11	NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES 14.2.4.2.12	NO
Redundancy recovery time	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	YES 14.2.4.2.13

14.2.4.2.2 Delivery time

The delivery time is dependent on the communication cycle time and properties of the specific end-station. Data which is produced in one communication cycle is transmitted in the following communication cycle and processed by the receiving node at the beginning of the third communication cycle.

The delivery time for communication between two RTE end-stations can be calculated by formula (40).

$$T_D = 2 \times T_C + T_P \quad (40)$$

where

- T_D is the delivery time;
- T_C is the communication cycle time, see formula (41);
- T_P is the processing time in the receiving end-station.

The communication cycle time T_C can be calculated by formula (41).

$$T_C = T_S + T_A + \sum_{i=1}^N (T_{FT,i} + T_{RD,i} + T_{SD,i}) \quad (41)$$

where

- T_C is the communication cycle time;
- T_S is the communication cycle start delay;
- N is the number of RTE end-stations processed in one communication cycle;
- $T_{FT,i}$ is the RTE frames transmission time for RTE end-station i (depends on the amount of APDU data for this node);
- $T_{RD,i}$ is the response delay of the RTE end station i ;
- $T_{SD,i}$ is the sum of all delays of infrastructure components (switches, repeaters, cabling) for the RTE end-station i ;
- T_A is the time reserved for non-RTE data within one communication cycle

The delivery time with one lost frame for communication between two RTE end-stations can be calculated by formula (42).

$$T_D = 3 \times T_C + T_P \quad (42)$$

where

- T_D is the delivery time;
- T_C is the communication cycle time, see formula (41);
- T_P is the processing time in the receiving end-station.

14.2.4.2.3 Delivery time dependency on number of end-stations

Typically the amount of APDU data increases with the number of end-stations. Moreover additional delays are introduced with every extra node (by the node itself and additional network infrastructure components if necessary). Both parameters are considered in formula (41) and therefore influence the delivery time as calculated by formula (40).

14.2.4.2.4 Delivery time dependency on basic network topology

Basic network topology influences signal propagation delay between two RTE end-stations which limits the communication cycle time and consequently the delivery time.

14.2.4.2.5 Number of end-stations dependency on delivery time

As shown in formula (40) the delivery time is given by the communication cycle time. As every node occupies a certain amount of time within the communication cycle there is a limit on the number of nodes if a certain delivery time is to be accomplished.

14.2.4.2.6 Basic network topology dependency on delivery time

A given delivery time limits the amount of tolerable signal propagation delays which are introduced by a given network topology.

14.2.4.2.7 Basic network topology dependency on non-RTE bandwidth

Non-RTE bandwidth is provided by a fixed time slice of the communication cycle and therefore dependent on delivery time. From this it follows that basic network topology is also dependent on non-RTE bandwidth.

14.2.4.2.8 Throughput RTE dependency on delivery time

A certain delivery time limits the amount of APDU which can be transmitted within one communication cycle. Throughput RTE is a function of APDU size and communication cycle time and therefore dependent on delivery time.

14.2.4.2.9 Throughput RTE dependency on non-RTE bandwidth

Non-RTE bandwidth is provided by a fixed time slice of one communication cycle. This time slice can not be used for real-time data and therefore limits throughput RTE.

14.2.4.2.10 Non-RTE bandwidth dependency on Throughput RTE

Non-RTE bandwidth is provided by a fixed time slice of one communication cycle. More RTE data sent within one communication cycle reduces the time available for non-RTE communication.

Non-RTE bandwidth is derived from the communication cycle time and network maximum transmission unit (MTU) size as calculated by formula (43). Total link bandwidth corresponds to full link rate according ISO/IEC 8802-3 (e.g. 100 Mbps).

$$B_{NRTE} = \frac{M}{125\,000 \times T_C} \quad (43)$$

where

B_{NRTE} is the non-RTE bandwidth;
 M is the network MTU in octets;
 T_C is the communication cycle time.

14.2.4.2.11 Time synchronization accuracy dependency on basic network topology

On the transmission path between two communicating RTE end-stations several switches (or other network infrastructure components) can be traversed, each causing jitter of the receive time, thus influencing the time synchronization accuracy.

14.2.4.2.12 Non-time-based synchronization accuracy dependency on basic network topology

Subclause 14.2.4.2.8 applies.

14.2.4.2.13 Redundancy recovery time dependency on basic network topology

Basic network topology determines duration and method of failure detection and recovery.

14.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 111 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 111 represent a practical example of a small sized system for machine automation. This system operates at a communication cycle time of 150 µs and is connected by a realistic network infrastructure using star topology. The numerical calculations are based on worst case performance values of devices widely installed in the field for this type of automation system.

Table 111 – CP 13/1: Consistent set of PIs small size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	400 µs	Processing time is 100 µs, no failure
Number of end-stations	4	
Number of switches between end-stations	0	1 Repeater used instead of switches
Throughput RTE	1,9 Moctets/s	
Non-RTE bandwidth	19,6 %	Network MTU is 369 octets
Time synchronization accuracy	< 1 s	Implementation dependent
Non time-based synchronization accuracy	< 200 ns	Depends on location of node within network topology
Redundancy recovery time	150 µs	

Table 112 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 112 represent a practical example of a medium sized system for machine automation. This system operates at a communication cycle time of 500 µs and is connected by a realistic network infrastructure using combined star and linear topology. The numerical calculations are based on worst case performance values of devices widely installed in the field for this type of automation system.

Table 112 – CP 13/1: Consistent set of PIs medium size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	1 100 µs	Processing time is 100 µs, no failure
Number of end-stations	20	
Number of switches between end-stations	0	7 Repeaters used instead of switches
Throughput RTE	2,5 Moctets/s	
Non-RTE bandwidth	11,5 %	Network MTU is 720 octets
Time synchronization accuracy	< 1 s	Implementation dependent
Non time-based synchronization accuracy	< 440 ns	Depends on location of node within network topology
Redundancy recovery time	500 µs	

Table 113 shows one consistent set of performance indicators for CP 13/1 using a network bandwidth of 100 Mbit/s. The values in Table 113 represent a practical example of a large sized system for machine or process automation. This system operates at a communication cycle time of 2700 µs and is connected by network infrastructure using star topology. The numerical calculations are based on worst case performance values of devices widely installed in the field for this type of automation system.

Table 113 – CP 13/1: Consistent set of PIs large size automation system

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	5 500 µs	Processing time is 100 µs, no failure
Number of end-stations	150	
Number of switches between end-stations	0	3 Repeaters used instead of switches
Throughput RTE	4 Moctets/s	
Non-RTE bandwidth	4,4 %	Network MTU is 1 500 octets
Time synchronization accuracy	< 1 s	Implementation dependent
Non time-based synchronization accuracy	< 280 ns	Depends on location of node within network topology
Redundancy recovery time	2 700 µs	

15 Communication Profile Family 14 (EPA¹¹)- RTE communication profiles

15.1 General overview

Communication Profile Family 14 (CPF 14) defines communication profiles based on IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14, which correspond to parts of the communication systems commonly known as real-time EPA (Ethernet for Plant Automation).

— Profile 14/1

This profile contains a selection of AL, DLL and PHL services and protocol definitions from IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14. This profile provides real time communication using IEEE 802 series and IETF communication protocols with accurate time synchronization based on IEC 61588.

This profile support communications between master devices and bridges.

— Profile 14/2

This profile provides ISO/IEC 8802-3-based real time communication with deterministic communications defined in IEC 61158-3-14 and IEC 61158-4-14.

This profile supports communication between field devices and bridges.

15.2 CPF 14 (EPA) communication concept

15.2.1 General

The EPA system is a distributed system which uses the Ethernet network defined by ISO/IEC 8802-3, IEEE 802 series and IETF protocols to connect field devices and small systems, and to control/monitor equipment in the industrial field. EPA devices work together to provide I/O and control for automated processes and operations.

The EPA system architecture provides a framework for describing these systems as the collection of physical devices interconnected by an EPA network. The objective of this clause is to identify the components of the system, describe their relationships and interactions, and define how they are configured.

15.2.2 Network Topology

Figure 10 shows an example of the EPA network topology with two subnets, process monitor layer subnet (L2-subnet) and field device layer subnet (L1-subnet).

The following describes the characteristics of EPA topology:

- a L1-subnet is used to connect field devices (such as transmitters, actuators and analytical instruments, etc.) mounted in field environment;
- a L1-subnet can be separated into more than one micro-segments, where the time-sharing controlling mechanism is used to meet the demands of deterministic communication;
- a L2-subnet is used to connect the devices of control center and HMI devices and one or more micro-segments. In L2-subnet, regular communication schedule based on

¹¹ EPA™ is a trade name of SUPCON Group Co. Ltd. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

CSMA/CD defined in ISO/IEC 8802-3 is applied when deterministic communication is not necessary;

- devices on both L1-subnets and L2-subnets may be interconnected with standard switches or hubs;
- an EPA device may function as a bridge, which interconnects a L1-subnet micro-segment to a L2-subnet. This EPA bridge performs message filtering and forwarding between L1-subnet and L2-subnet.

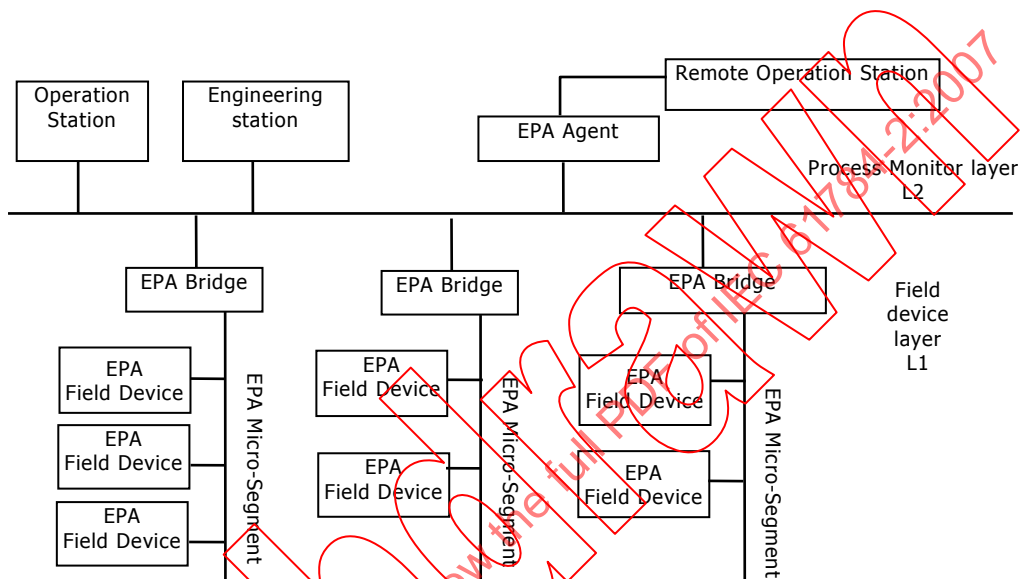


Figure 10 – EPA system network topology example

A micro-segment is a control area, where EPA devices communicate with each other to implement specific measuring and control functions. That is, the devices which need to communicate with each other shall be interconnected in the same L1 micro-segment.

NOTE Those devices consisting of a control loop or function block application process, such as transmitters, actuators and controllers which need to communicate with each other, must be interconnected in the same micro-segment.

15.2.3 EPA devices

15.2.3.1 EPA master device

An EPA master device is connected to a L2-subnet directly. An EPA master device has an EPA communication interface but may have no control function block or function block application. An EPA master device may commonly be a configuration device, a monitoring device or a HMI station.

An EPA master device has a unique IP address in a system.

15.2.3.2 EPA field device

An EPA field device is installed in the industrial field environment. EPA field devices must have EPA a communication entity and at least include one function block instance.

An EPA field Device has a unique IP address in a system.

15.2.3.3 EPA bridge

An EPA bridge is an optional device that interconnects one L1-subnet micro-segment to a L2-subnet. An EPA bridge has at least two communication interfaces, connecting one L1-subnet micro-segment and one L2-subnet respectively.

An EPA bridge can be configured to provide the following functions:

- communication isolation;

When the traffic occurs between two devices connected in one micro-segment, the EPA bridge shall provide limit it within the segment. Here, the traffic includes broadcast, multicast and peer to peer communication flows.

- message forwarding and filtering

An EPA bridge transmit shall forward and filter the messages between one L1-subnet micro-segment and another L1-segment or L2-subnet. That is, when forwarding a message, the EPA bridge shall examine whether it should be forwarded according to configured criteria.

NOTE As an optional device, an EPA bridge is not necessary if the number of nodes in a system is not too large.

15.2.3.4 EPA agent

An EPA agent is an optional device used to interconnect an EPA network and other different networks. It shall provide the function of security control for the remote access.

15.3 Profile 14/1

15.3.1 Physical Layer

The physical layer of the EPA profile is according to ISO/IEC 8802-3. for wired connection, ISO/IEC 8802-11 and IEEE 802.15.1 for wireless connection

15.3.2 Data Link Layer

The Data Link Layer shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802-1D, ISO/IEC 8802-11 and IEEE 802.15.1.

15.3.3 Network Layer

Internet standard RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors shall be used.

15.3.4 Transport Layer

Internet standard RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

15.3.5 Application Layer

15.3.5.1 AL service selection

Application Layer services for profile 14/1 are defined in IEC 61158-5-14. Table 114 specifies the clauses included in this profile.

Table 114 – CP 14/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope.	YES	
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
4.1	Overview	YES	—
4.2	Architectural relationships	YES	—
4.3	Fieldbus Application Layer Structure	YES	—
4.4	Fieldbus Application Layer naming and addressing	YES	—
4.5	Architecture summary	YES	—
4.6	FAL service procedures	YES	—
4.7	Common FAL attributes	YES	—
4.8	Common FAL service parameters	NO	—
5	Data type ASE	—	—
5.1	General	—	—
5.2	Formal definition of data type objects	YES	—
5.3	FAL defined data type	YES	—
5.4	Data type ASE service specification	YES	—
6	Communication model specification	YES	—
6.1	ASE	YES	—
6.2	FAL management ASE	YES	—
6.3	FAL management object base	YES	—
6.4	FAL application object	YES	—
7	Application layer communication service	YES	—
7.1	FAL Management service specification	YES	—
7.2	FAL Application ASE	YES	—
7.3	Application relationship ASE	YES	—
7.4	EPA Socket Mapping ASE	YES	—
7.5	Summary of Services in EPA application layer	YES	—

15.3.5.2 AL protocol selection

Application Layer protocols for profile 14/1 are defined IEC 61158-6-14. Table 115 specifies the clauses included in this profile.

Table 115 – CP 14/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Syntax description	Partial	Used when applicable
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Transfer syntax	YES	—
5	Structure of object definitions	YES	—
5.1	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
5.2	Definition of objects used in EPA application access entity	YES	—
6	Encodings of APDU object and services	YES	—
6.1.1	Encoding of EPA APDU Header	YES	—
6.1.2	Encoding of FAL Management Entity service parameters	NO	—
6.1.3	Encoding of AAE Services	—	—
7	Protocol State Machine	—	—
7.1	FAL management state machines	YES	—
7.2	Application Access Entity Protocol Machine	YES	—
7.3	ESME Protocol State Machine	YES	—

15.3.6 Performance indicator selection

15.3.6.1 Performance indicator overview

Table 116 provides an overview of CP 14/1 performance indicators.

Table 116 – CP 14/1: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	YES	—
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	—
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

15.3.6.2 Performance indicator dependencies

Table 117 specifies PI dependencies included in this profile.

Table 117 – CP 14/1: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

15.3.6.2.1 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by formula (44).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (44)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>T_{Stack_S}</i>	is the sender stack processing time;
<i>T_{Queue_S}</i>	is the sender queuing delay;
<i>T_{Ethernet_S}</i>	is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3;
<i>T_{Trf_S}</i>	is the transfer time for an octet;
<i>N_{data}</i>	is the length in octets of complete Ethernet frame;
<i>T_{Cable}</i>	is the cable delay;
<i>L_{Cable}</i>	is the cable length;
<i>T_{Switch}</i>	is the Switch delay;
<i>N_{Switch}</i>	is the Number of switches between end-stations;
<i>T_{App_R}</i>	is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in formula (44):

- the number of end-stations influence DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be longer when the number of switches between end-stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be longer due to queue delay when Throughput RTE increases.

15.3.6.2.2 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

15.3.6.2.3 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE 802.1D, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

15.3.6.2.4 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application demands.

15.3.6.2.5 Relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

The relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth is specified in formula (45).

$$NRTE\_BW = (RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / 100 \quad (45)$$

where

NRTE_BW is the non-RTE bandwidth, in %;
RateofEthernet is the Ethernet data rate in Mbit/s;
ThroughputRTE is the RTE throughput in octets/s.

Throughput RTE can be calculated by formula (46).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMDData)) / s \quad (46)$$

where

ThroughputRTE is the RTE throughput in octets/s;
RTData is the real-time data in octets;
TSData is the time synchronization data in octets;
RMDData is the redundancy management data in octets.

15.3.6.2.6 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

15.3.6.2.7 Redundancy recovery time

The time to detect the failure is dependant from the number of switches between end-stations.

15.3.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 118 specifies consistent set of PI included in this profile.

Table 118 – CP 14/1: Consistent set of performance indicators

performance indicator	value	constraints
Delivery time	5 ms 10 ms	Without failure 1 frame lost
Number of end-stations	32	Star topology with switches
Number of switches between end-stations	4	
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	
Non-RTE bandwidth	85 %	100 Mbit/s Ethernet
Time synchronization accuracy	< 10 µs	
Redundancy recovery time	< 300 ms	

15.4 Profile 14/2

15.4.1 Physical Layer

The Physical Layer of the EPA profile is according to ISO/IEC 8802-3. EPA devices may use a data rate of 10 Mbit/s, 100 Mbit/s and higher. The topology shall be linear, star, ring or the combination of the above.

15.4.2 Data Link Layer

The Data Link Layer shall be according to ISO/IEC 8802-3, IEEE 802-1D.

In addition, EPA Communication Scheduling Management Entity (ECSME) is defined on ISO/IEC 8802-3 data link services are defined in IEC 61158-3-14, and data link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14.

Table 119 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14 for profile 14/2.

Table 119 – CP 14/2: DLL service selection

Clause #	Header	Presence	constraints
1	Scope.	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	DL Service and concept	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	—
5	DL-management services	YES	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	Non-Periodic Data Annunciation	YES	—
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation service	YES	—

Table 120 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14 for CP14/2.

Table 120 – CP 14/2: DLL protocol selection

Clause #	Header	Presence	constraints
1	Scope.	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Overview of DL-protocol	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	—
4.3	Structure of deterministic communication scheduling	YES	—
5	Procedure of deterministic communication scheduling	YES	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	State transitions	YES	—
5.3	State table	YES	—
5.4	Function descriptions	—	—
6	The structure and encoding of ECSME PDU	YES	—
6.1	ECSME PDU structure	YES	—
6.2	Encoding of ECSME packet	YES	—

15.4.3 Network Layer

Internet standard RFC 791 (IP), RFC 826 (ARP), RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors shall be used.

15.4.4 Transport Layer

Internet standard RFC 768 (UDP), RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

15.4.5 Application Layer

15.4.5.1 AL service selection

The Application Layer services for profile 14/2 are defined in IEC 61158-5-14. Table 121 specifies the clauses included in this profile.

Table 121 – CP 14/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope.	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Concepts	Partial	Used when applicable
4.1	Overview	YES	—
4.2	Architectural relationships	YES	—
4.3	Fieldbus Application Layer Structure	YES	—
4.4	Fieldbus Application Layer naming and addressing	YES	—
4.5	Architecture summary	YES	—
4.6	FAL service procedures	YES	—
4.7	Common FAL attributes	YES	—
4.8	Common FAL service parameters	NO	—
5	Data type ASE	—	—
5.1	General	—	—
5.2	Formal definition of data type objects	YES	—
5.3	FAL defined data type	YES	—
5.4	Data type ASE service specification	YES	—
6	Communication model specification	YES	—
6.1	ASE	YES	—
6.2	FAL management ASE	YES	—
6.3	FAL management object base	YES	—
6.4	FAL application object	YES	—
7	Application layer communication service	YES	—
7.1	FAL Management service specification	YES	—
7.2	FAL Application ASE	YES	—
7.3	Application relationship ASE	YES	—
7.4	EPA Socket Mapping ASE	YES	—
7.5	Summary of Services in EPA application layer	YES	—

15.4.5.2 AL protocol selection

The Application Layer protocol for profile 14/2 is defined in IEC 61158-6-14. Table 122 specifies the clauses included in this profile.

Table 122 – CP 14/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope.	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Syntax description	Partial	Used when applicable
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Transfer syntax	YES	—
5	Structure of object definitions	YES	—
5.1	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
5.2	Definition of objects used in EPA application access entity	YES	—
6	Encodings of APDU object and services	YES	—
6.1.1	Encoding of EPA APDU Header	YES	—
6.1.2	Encoding of FAL Management Entity service parameters	NO	—
6.1.3	Encoding of AAE Services	—	—
7	Protocol State Machine	—	—
7.1	FAL management state machines	YES	—
7.2	Application Access Entity Protocol Machine	YES	—
7.3	ESME Protocol State Machine	YES	—

15.4.6 Performance indicator selection

15.4.6.1 Performance indicator overview

Table 123 provides an overview of CP 14/2 performance indicators.

Table 123 – CP 14/2: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery Time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	YES	—
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	—
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

15.4.6.2 Performance indicator dependencies

Table 124 specifies the performance indicator dependencies for CP 14/2.

Table 124 – CP 14/2: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI							
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

15.4.6.2.1 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by formula (47).

$$DT = T_{Stack\_S} + T_{Queue\_S} + T_{Ethernet\_S} + T_{Trf\_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times LCable + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack\_R} \quad (47)$$

where

DT is the delivery time;

T_{Stack_S} is the sender stack processing time;

T_{Queue_S} is the sender queuing delay, the max queue delay is equal to cycle time, the minimum queue delay is 0;

$T_{Ethernet\_S}$ is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC 8802-3;

T_{Trf_S} is the transfer time for an octet;

N_{data} is the length in octets of complete Ethernet frame;

T_{Cable} is the cable delay;

$LCable$ is the cable length;

T_{Switch} is the Switch delay;

N_{Switch} is the Number of switches between end-stations;

T_{App_R} is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in formula (47),

- the number of end-stations influence DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be enlarged when the number of switches between end-stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be enlarged due to queue delay when Throughput RTE increases. The max queue delay is equal to cycle time, and the minimum queue delay is 0.

15.4.6.2.2 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

15.4.6.2.3 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE 802.1D, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

15.4.6.2.4 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application requirements.

15.4.6.2.5 Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

See 15.3.6.2.5.

15.4.6.2.6 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

15.4.6.2.7 Redundancy recovery time

The time to detect a failure depends on the number of switches between end-stations.

15.4.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 125 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 125 – CP 14/2: Consistent set of performance indicators

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	100 µs	Without failure
	500 µs	One frame lost
Number of end-stations	64	Star topology with switches connected
Number of switches between end-stations	4	—
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	85 %	10 Mbit/s Ethernet
Time synchronization accuracy	< 1 µs	—
Redundancy recovery time	< 300 ms	Using IEEE 802.1D

16 Communication Profile Family 15 (MODBUS-RTPS)- RTE communication profiles

16.1 General overview

Communication Profile Family 15 defines profiles based on ISO/IEC 8802-3, RFC 791 (IP), RFC 793 (TCP), RFC 768 (UDP), IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15, which specify the communication system protocols commonly known as Modbus®¹² and Modbus TCP, and RTPS (Real-Time Publish-Subscribe).

In this part of IEC 61784 the following communication profiles are specified for CPF 15:

- Profile 15/1
Is a profile using Modbus TCP
- Profile 15/2
Is a profile using RTPS.

For both profiles the communication is assumed to be full-duplex, with network topologies built via switches.

These communication profiles can be active at the same time on the same device and network, and as such they do not constitute alternative profiles, but can provide complementary and concurrent functionality.

16.2 Profile 15/1

16.2.1 Physical layer

The physical layer of CP 15/1 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.2.2 Data link layer

The data link layer of CP 15/1 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.2.3 Application layer

16.2.3.1 General

The application layer of CP 15/1 is mapped on TCP (RFC 793), using TCP Port Number 502, registered with IANA, over IP (RFC 791), as described in IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15.

16.2.3.2 AL service selection

Application Layer services are defined in IEC 61158-5-15. Table 126 shows the subclauses included in this profile.

Table 126 – CP 15/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer services definition (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Client/Server

¹² Modbus is a trademark of Schneider Automation Inc registered in the United States of America and other countries. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trademark Modbus. Use of the trademark Modbus requires permission from Schneider Automation Inc.

16.2.3.3 AL protocol selection

Application Layer protocols are defined in IEC 61158-6-15. Table 127 shows the subclauses included in this profile.

Table 127 – CP 15/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Client/Server

16.2.4 Performance indicator selection

16.2.4.1 Performance indicator overview

Table 128 provides an overview of the CP 15/1 performance indicators.

Table 128 – CP 15/1: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	YES	—
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	Provided with NTP (RFC 1305)
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	YES	—

16.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 129 provides the CP 15/1 performance indicator dependency matrix.

Table 129 – CP 15/1: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI								
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchron. accuracy	non time-based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 16.2.4.2.1 16.2.4.2.23	YES 16.2.4.2.23	NO	NO	NO	NO 16.2.4.2.2	YES 16.2.4.2.3
Number of end-stations	NO		NO 16.2.4.2.4	YES 16.2.4.2.5	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	YES 16.2.4.2.6		YES 16.2.4.2.7	NO	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	YES 16.2.4.2.8	YES 16.2.4.2.9		NO	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 16.2.4.2.10	NO	NO 16.2.4.2.11	YES 16.2.4.2.12
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 16.2.4.2.13		NO	NO	YES 16.2.4.2.14
Time synchronization accuracy	NO	NO	YES 16.2.4.2.15	YES 16.2.4.2.16	NO	NO		NO	YES 16.2.4.2.17
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	YES 16.2.4.2.18	YES 16.2.4.2.19	NO	NO	NO		YES 16.2.4.2.20
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 16.2.4.2.21	YES 16.2.4.2.22	NO	NO	NO	NO	

16.2.4.2.1 Delivery time and basic network topology

The following network topologies are supported:

- Star
- Linear (embedded or bus)
- Ring
- Redundant ring
- Mesh

The network topology influences the delivery time indirectly by influencing the number of switches to be traversed and the queuing and directly when supporting redundancy, by reacting differently in case of failures.

CP 15/1 has no switch technology dependencies.

16.2.4.2.2 Delivery time and non-time-based synchronization accuracy

In a scan situation it may affect the delivery time of the response/confirmation, due to queues on switches. It does not affect non-scan situations.

16.2.4.2.3 Delivery time and redundancy recovery time

This dependency is applicable only when the network topology supports redundancy.

16.2.4.2.4 Number of end-stations and basic network topology

Indirect dependency bounded in practice by the number of switches that have to be traversed, given the same number of connected end-stations, for different topologies.

16.2.4.2.5 Number of end-stations and number of switches between end-stations

The number of end-stations, for a given topology, depends on the number and kind of switches: there must be enough switches with enough ports.

16.2.4.2.6 Basic network topology and number of end-stations

Some topologies, e.g. linear, have limits on the number of nodes.

16.2.4.2.7 Basic network topology and number of switches between end-stations

The realization of some topologies requires a minimum number of switches, with a minimum number of ports, given a number of end-stations.

16.2.4.2.8 Number of switches between end-stations and number of end-stations

For certain topologies, like linear, the number of switches between end-stations depends on the number of end-stations. Considering the limit on the number of ports per switch this dependency is generally present.

16.2.4.2.9 Number of switches between end-stations and basic network topology

Some topologies allow for fewer switches given a number of nodes, e.g. the star topology.

16.2.4.2.10 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The application is responsible for limiting non-RTE traffic, which can otherwise impact the throughput RTE.

16.2.4.2.11 Throughput RTE and non-time-based synchronization accuracy

In a scan situation the throughput may be affected, due to queues on switches. It is not affected in non-scan situations.

16.2.4.2.12 Throughput RTE and redundancy recovery time

There is throughput RTE disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.13 Non-RTE bandwidth and throughput RTE

The application is responsible for limiting RTE traffic if Non-RTE bandwidth has to be made available.

16.2.4.2.14 Non-RTE bandwidth and redundancy recovery time

There is non-RTE bandwidth disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.15 Time synchronization accuracy and basic network topology

Some topologies, e.g. linear, affect the NTP accuracy due to the presence of variable delays.

16.2.4.2.16 Time synchronization accuracy and number of switches between end-stations

Switches cause variable delays, affecting the NTP accuracy.

16.2.4.2.17 Time synchronization accuracy and redundancy recovery time

There is disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.18 Non-time-based synchronization accuracy and basic network topology

Some topologies, e.g. the star topology, allow for a better non-time-based synchronization accuracy.

16.2.4.2.19 Non-time-based synchronization accuracy and number of switches between end-stations

Switches cause variable delays, affecting the accuracy.

16.2.4.2.20 Non-time-based synchronization accuracy and redundancy recovery time

There is disruption when recovery takes place.

16.2.4.2.21 Redundancy recovery time and basic network topology

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is topology dependent.

16.2.4.2.22 Redundancy recovery time and number of switches between end-stations

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is dependent on the number of switches.

16.2.4.2.23 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by formula (48)

$$DT = STT_s + N_{Sw} \times TD_{Sw} + (N_{Sw} + 1) \times T_{wire} \times D_{size} + STT_r \quad (48)$$

where

DT	is the delivery time;
STT_s	is the stack traversal time of the sender;
N_{Sw}	is the number of switches between end-stations;
TD_{Sw}	is the time delay in switch;
T_{wire}	is the time per octet on a wire segment;
D_{size}	is the data size in octets;
STT_r	is the stack traversal time of the receiver.

The performance indicator delivery time, in case of one lost frame, can be calculated by formula (49)

$$DT_{lf} = 2 \times DT + RTO \quad (49)$$

where

DT_{lf} is the delivery time when a frame is lost;
DT is as computed in formula (48);
RTO is the TCP retransmission time out parameter.

NOTE RTO is a dynamic parameter, computed with an algorithm configured using an initial value and a minimum value, see RFC 2988 (Computing TCP's Retransmission Timer). The configuration values of RTO differ between TCP implementations.

16.3 Profile 15/2

16.3.1 Physical layer

The physical layer of CP 15/2 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.3.2 Data link layer

The data link layer of CP 15/2 is as specified in ISO/IEC 8802-3.

16.3.3 Application layer

16.3.3.1 General

The application layer of CP 15/2 is mapped on UDP (RFC 768), over IP (RFC 791), as described in IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15.

CP 15/2 uses three UDP ports. The actual values can be configured in the field by setting the parameters 'portBaseNumber' and 'portGroupNumber' as from formulae (50), (51) and (52). Implementations of CP 15/2 must support configuring these two parameters.

$$port1 = portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (50)$$

$$port2 = 1 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (51)$$

$$port3 = 2 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (52)$$

The default configuration is to set the values portBaseNumber = 7400 and portGroupNumber = 0, which results in the use of ports 7400, 7401, and 7402. These ports are registered with IANA as:

- 7400 RTPS Discovery
- 7401 RTPS Data-Distribution User-Traffic
- 7402 RTPS Data-Distribution Meta-Traffic

16.3.3.2 AL service selection

Application Layer services are defined in IEC 61158-5-15. Table 130 shows the subclauses included in this profile.

Table 130 – CP 15/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer services definition (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Publish/Subscribe

16.3.3.3 AL protocol selection

Application Layer protocols are defined in IEC 61158-6-15. Table 131 shows the subclauses included in this profile.

Table 131 – CP 15/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Publish/Subscribe

16.3.4 Performance indicator selection**16.3.4.1 Performance indicator overview**

Table 132 provides an overview of the CP 15/2 performance indicators.

Table 132 – CP 15/2: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	YES	—
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Redundancy recovery time	YES	—

16.3.4.2 Performance indicator dependencies

Table 133 provides the CP 15/2 performance indicator dependency matrix.

Table 133 – CP 15/2: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 16.3.4.2.1 16.3.4.2.15	YES 16.3.4.2.15	NO	NO	YES 16.3.4.2.2
Number of end-stations	NO		NO 16.3.4.2.3	YES 16.3.4.2.4	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	YES 16.3.4.2.5		YES 16.3.4.2.6	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	YES 16.3.4.2.7	YES 16.3.4.2.8		NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 16.3.4.2.9	YES 16.3.4.2.10
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 16.3.4.2.11		YES 16.3.4.2.12
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 16.3.4.2.13	YES 16.3.4.2.14	NO	NO	

16.3.4.2.1 Delivery time and basic network topology

The following network topologies are supported:

- Star
- Linear (embedded or bus)
- Ring
- Redundant ring
- Mesh

The network topology influences the delivery time indirectly by influencing the number of switches to be traversed and the queuing and directly when supporting redundancy, by reacting differently in case of failures.

CP 15/2 has no switch technology dependencies.

16.3.4.2.2 Delivery time and redundancy recovery time

This dependency is applicable only when the network topology supports redundancy.

16.3.4.2.3 Number of end-stations and basic network topology

Indirect dependency bounded in practice by the number of switches that have to be traversed, given the same number of connected end-stations, for different topologies.

16.3.4.2.4 Number of end-stations and number of switches between end-stations

The number of end-stations, for a given topology, depends on the number and kind of switches: there must be enough switches with enough ports.

16.3.4.2.5 Basic network topology and number of end-stations

Some topologies, e.g. linear, have limits on the number of nodes.

16.3.4.2.6 Basic network topology and number of switches between end-stations

The realization of some topologies requires a minimum number of switches, with a minimum number of ports, given a number of end-stations.

16.3.4.2.7 Number of switches between end-stations and number of end-stations

For certain topologies, like linear, the number of switches between end-stations depends on the number of end-stations. Considering the limit on the number of ports per switch this dependency is generally present.

16.3.4.2.8 Number of switches between end-stations and basic network topology

Some topologies allow for fewer switches given a number of nodes, e.g. the star topology.

16.3.4.2.9 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The application is responsible for limiting non-RTE traffic, which can otherwise impact the throughput RTE.

16.3.4.2.10 Throughput RTE and redundancy recovery time

There is throughput RTE disruption when recovery takes place.

16.3.4.2.11 non-RTE bandwidth and throughput RTE

The application is responsible for limiting RTE traffic if non-RTE bandwidth has to be made available.

16.3.4.2.12 non-RTE bandwidth and redundancy recovery time

There is non-RTE bandwidth disruption when recovery takes place.

16.3.4.2.13 Redundancy recovery time and basic network topology

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is topology dependent.

16.3.4.2.14 Redundancy recovery time and number of switches between end-stations

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is dependent on the number of switches.

16.3.4.2.15 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated using the formulae (53), (54) and (55).

$$STT_s = STT_{s1} + SST_{s2} \times D\_size \quad (53)$$

where

STT_s is the stack traversal time of the sender;
 STT_{s1} is the part of the stack traversal time of the sender that is independent of the data size;
 STT_{s2} is the part of the stack traversal time of the sender that depends linearly on the size of the data D_size ; this is because the stack performs a memory copy so it is affected by the speed of the memory system;
 D_size is the data size in octets.

$$STT_r = STT_{r1} + SST_{r2} \times D\_size \quad (54)$$

where

STT_r is the stack traversal time of the receiver;
 STT_{r1} is the part of the stack traversal time of the receiver that is independent of the data size;
 STT_{r2} is the part of the stack traversal time of the receiver that depends linearly on the size of the data D_size ; this is because the stack performs a memory copy so it is affected by the speed of the memory system;
 D_size is the data size in octets.

$$DT = STT_s + N\_Sw \times TD\_Sw + (N\_Sw + 1) \times T\_wire \times D\_size + STT_r \quad (55)$$

where

DT is the delivery time;
 STT_s is the stack traversal time of the sender;
 N_Sw is the number of switches between end-stations;
 TD_Sw is the time delay in switch;
 T_wire is the time per octet on a wire segment;
 D_size is the data size in octets;
 STT_r is the stack traversal time of the receiver.

The performance indicator delivery time, in case of one lost frame, depends on how the communication between end-stations under consideration is configured:

- a) best effort;
- b) reliable periodic;
- c) reliable with heartbeat.

If best effort, then the delivery time in case of a lost frame does not apply, since that frame is not retransmitted.

If reliable periodic then, in case of one lost frame, the performance indicator delivery time can be calculated by the formula (56).

$$DT_{lfp} = 2 \times DT + DT_n + T \quad (56)$$

where

DT_{lfp}	is the delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable periodic;
DT	is as computed in formula (55);
DT_n	is the delivery time for the NACK message, computed again using formula (55), but with a D_size of 16 octets;
T	is the period, which is a configured parameter.

NOTE 1 A typical value for the period T is 10 ms.

If reliable with heartbeat then, in case of one lost frame, the performance indicator delivery time can be calculated by the formula (57)

$$DT_{lfh} = 2 \times DT + DT_n + H \quad (57)$$

where

DT_{lfh}	is the delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable with heartbeat;
DT	is as computed in formula (55);
DT_n	is the delivery time for the NACK message, computed again using formula (55), but with a D_size of 16 octets;
H	is the period of the heartbeat, which is a configured parameter.

NOTE 2 A typical value for the period heartbeat is between 100 ms and 1 s (it has a system monitoring role and does not carry any data).

17 Communication Profile Family 16 (SERCOS¹³)- RTE communication profiles

17.1 General overview

Communication Profile Family 16 defines profiles based on IEC 61158-2 through IEC 61158-6, protocol Type 16 and Type 19.

The CPF 16 consists of three communication profiles (CP).

- Profile 16/1 (SERCOS I)
This profile is based on fibre-media physical layers and operates at 2 Mbit/s and 4 Mbit/s. Refer to IEC 61784-1.
- Profile 16/2 (SERCOS II)
This profile is similar to 16/1, but operates also at 8 Mbit/s and 16 Mbit/s, and provides for additional features. Refer to IEC 61784-1.
- Profile 16/3 (SERCOS III)
This profile is based on ISO/IEC 8802-3 (Ethernet) MAC and physical layers; it provides again for additional features.

17.2 Profile 16/3 (SERCOS III)

17.2.1 Physical Layer

The physical layer is based on standard Ethernet hardware according to ISO/IEC 8802-3. CP 16/3 (SERCOS III) devices shall use a data rate of 100 Mbit/s, and shall be connected in a ring or a line topology. Any combination of full-duplex, 100Base-TX with auto crossover function (wire, 2 twisted pairs), as well as 100Base-FX (optical fibre) may be used.

When using cables, they shall be rated Cat5e or better, and shielded in an appropriate way (FTP, STP or SFTP) depending upon EMC constraints.

17.2.2 Data Link Layer

17.2.2.1 General

CP 16/3 profile shall use standard Ethernet ISO/IEC 8802-3 frames tagged with the Ethertype 0x88CD.

17.2.2.2 DLL service selection

Data Link Layer services are defined in IEC 61158-3-19. Table 134 shows the subclauses included in this profile.

Table 134 – CP 16/3: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

¹³ SERCOS and SERCOS interface are trade names of SERCOS International e.V. This information is given for the convenience of users of this International Standard and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance to this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

17.2.2.3 DLL protocol selection

Data Link Layer protocols are defined in IEC 61158-4-19. Table 135 shows the subclauses included in this profile.

Table 135 – CP 16/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

17.2.3 Application Layer

17.2.3.1 AL service selection

Application Layer services are defined in IEC 61158-5-19. Table 136 shows the subclauses included in this profile.

Table 136 – CP 16/3: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

17.2.3.2 AL protocol selection

The Application Layer protocol is defined in IEC 61158-6-19. Table 137 shows the subclauses included in this profile.

Table 137 – CP 16/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Data link protocol specification (Type 19)	YES	—

17.2.4 Performance indicator selection

17.2.4.1 Performance indicator overview

Table 138 gives an overview on the applicable performance indicators for CP 16/3.

Table 138 – CP 16/3: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	NO	Switches shall not be used
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	NO	—
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	YES	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

17.2.4.2 Performance indicator dependencies

Table 139 gives an overview on the dependencies of the performance indicators.

Table 139 – CP 16/3: Performance indicator dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	non time- based synchron. accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time	YES	YES	NO	YES	YES	NO	NO
Number of end-stations	YES	YES	NO	YES	YES	NO	NO
Basic network topology	NO	NO	YES	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO	YES	YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	YES	YES	NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	NO	YES	NO	NO	NO	YES	NO
Redundancy recovery time	NO	NO	YES	NO	NO	NO	YES

17.2.4.2.1 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by formula (58).

$$DT = ct + STTs + STTr + fr \quad (58)$$

where

<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>ct</i>	is the cycle_time (according to 17.2.4.2.2);
<i>STTs</i>	is the sender stack traversal time including Phy and MAC (according to 17.2.4.2.4);
<i>STTr</i>	is the receiver stack traversal time including Phy and MAC (according to 17.2.4.2.4);
<i>fr</i>	is the frame runtime (according to 17.2.4.2.3);
<i>STT</i>	is the stack traversal time including Phy and MAC .

Example:

Cycle_Time = 31,25 µs; Frame Runtime = 9 µs; STTs << 1 µs; STTr << 1 µs

Delivery time = 31,25 µs + 9 µs = 40,25 µs

17.2.4.2.2 Calculation of cycle time

CP 16/3 is a communication technology with fixed, discrete communication cycles. The cycle time is defined as multiples and submultiples of 250 µs according to formula (59).

$$ct = \begin{cases} N \times 250 \text{ } \mu\text{s where } N \geq 1 \text{ and } N \leq 260\,000 \\ \frac{250 \text{ } \mu\text{s}}{N} \text{ where } N = 2, 4 \text{ or } 8 \end{cases} \quad (59)$$

where

<i>ct</i>	is the cycle_time configured for the network segment;
<i>N</i>	is an integer value.

This means that the cycle time may be selected between 31,25 µs and 65 ms. It may be shorter, but shall not be longer. In any case, the selected cycle time shall be greater than the minimum cycle time, as shown in formula (60).

$$ct > mct \quad (60)$$

where

<i>ct</i>	is the cycle_time configured for the network segment;
<i>mct</i>	is the minimum cycle time (according to formula (61)).

The minimum cycle time of an application depends on the number of CP 16/3 nodes, the amount of real-time data exchanged between these nodes and the number of Ethernet frames that are used to transport the amount of real-time data between these nodes.

The minimum cycle time can be calculated by formula (61).

$$mct = tt \times data + st \times nf \quad (61)$$

where

<i>mct</i>	is the minimum_cycle_time;
<i>tt</i>	is the transfer time (80 ns/octet);
<i>data</i>	Is the data to be transmitted in one cycle (including the complete Ethernet frame);
<i>st</i>	is the separation time per frame;
<i>nf</i>	is the number of frames.

The number of frames is in a range between 2 and 8 depending on the amount of data to be transmitted and the number of nodes.

Example

Transfer time = 80 ns/octet (100 Mbit/s); data = 336 octets; separation time per frame = 1 µs; number of frames = 2

Minimum cycle time: $mct = 80 \text{ ns} \times 336 \text{ octets} + 1 \text{ µs} \times 2 = 26,88 \text{ µs} + 2 \text{ µs} = 28,88 \text{ µs}$

Selected cycle time: $ct = 31,25 \text{ µs} > 28,88 \text{ µs}$

17.2.4.2.3 Calculation of the frame runtime

The frame runtime depends on the cable delay and the propagation delay (signal delay) in the forwarding nodes. Forwarding nodes are intermediate nodes between the sending and receiving node in a ring or line topology.

The frame runtime can be calculated by formula (62).

$$fr = cd \times clt + \sum_{i=1}^{nn} pd_i \quad (62)$$

where

<i>fr</i>	is the frame runtime;
<i>cd</i>	is the cable delay;
<i>clt</i>	is the total cable length;
<i>nn</i>	is the number of nodes;
<i>pd</i>	is the propagation delay (signal delay) of a forwarding node.

Example

Cable delay = 5 ns/m; cable length = 900 m; propagation delay = 0,5 µs; number of nodes = 9

Frame runtime = $5 \text{ ns/m} \times 900 \text{ m} + 9 \times 0,5 \text{ µs} = 9,0 \text{ µs}$

17.2.4.2.4 Calculation of Sender and Receiver Stack Traversal Time

The sender and receiver stack traversal time are implementation specific and cannot be calculated by a formula. Real-time data is not moved through a sender and receiver stack. Instead the data is exchanged between the application and the communication controller by means of a shared memory which allows a fast and efficient access to the data.

17.2.4.2.5 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The throughput RTE and the non-RTE bandwidth are directly dependent on each other. When cycle times below 250 µs are configured (125 µs, 62,5 µs, 31,25 µs) only real-time data can be transmitted (non-RTE bandwidth = 0). For cycle times of 250 µs and higher, the share of non-RTE bandwidth in relation to the available bandwidth of 100 Mbit/s can be freely configured.

Example 1

Cycle time = 250 µs, time slot for real-time data: 125 µs, time slot IP channel: 125 µs

Non-RTE bandwidth = 50 %, throughput RTE < 50 Mbit/s

Example 2

Cycle time = 500 µs, time slot for real-time data: 125 µs, time slot IP channel: 375 µs

Non-RTE bandwidth = 75 %, throughput RTE < 25 Mbit/s

17.2.4.2.6 Non-time based synchronization accuracy

The synchronization accuracy depends on the accuracy of the Ethernet hardware which influences the exact point of time when the synchronization pattern is received by the node. The synchronization pattern is part of the MDT0 telegram which is sent once per communication cycle.

The accuracy can be calculated by formula (63):

$$ac = ma + \sum_{i=1}^{nn-1} sa_i \quad (63)$$

where

ac is the non-time based synchronization accuracy;
ma is the synchronization accuracy of the master device;
sa is the synchronization accuracy of one slave device;
nn the number of nodes; (nn-1) is the number of slaves, in a line topology.

Example 1 Master device with hardware-based synchronization

ma = 50 ns, 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns

nslave = 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns (equivalent to 20 slaves in a ring configuration)

ac = 50 ns + 10 × 50 ns = 550 ns

Example 2 Master device with Standard Ethernet hardware and software-based synchronization

ma = 40 µs, 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns

nslave = 10 slave devices each with a synchronization accuracy of 50 ns (equivalent to 20 slaves in a ring configuration)

ac = 40 µs + 10 × 50 ns = 40,5 µs

17.2.4.2.7 Redundancy recovery time

In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. The ring is immediately split into two lines. In this case, the recovery time is zero.

17.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 140 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the minimal cycle time of 31,25 µs is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 9 end-stations (1 master end-station and 8 slave end-stations) are set up in such a way

that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status words (4 octets each), that is 20 real-time octets per node.

Table 140 – CP 16/3: scenario with a minimum cycle time of 31,25 µs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 39,8 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 31,25 µs Frame runtime: 9 µs
Number of end-stations	≤ 9	1 master end-station, 8 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 11 520 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	0	For cycle times below 250 µs, non-RTE traffic is not supported
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization) < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 141 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 µs is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 185 end-stations (1 master end-station and 184 slave end-stations) are set up in such a way that each node produces and consumes up to 10 octets each including control and status words (4 octets each), that is 20 real-time octets per node. non-RTE traffic is not used.

Table 141 – CP 16/3: scenario with a cycle time of 500 µs (real-time only)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 677 µs	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 µs Frame runtime: 185 µs
Number of end-stations	≤ 185	1 master end station, 184 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	≤ 12 192 000 octets/s	≤ 10/10 real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	0	In this scenario, non-RTE traffic is not configured although possible
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 µs or < 50 µs	< 1 µs (high performance synchronization), < 50 µs (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 142 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 µs is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 139 end-stations (1 master end-station and 138 slave end-stations) are set up in such a way that each

node produces and consumes up to 10 octets each including control and status word (4 octets each), that is 20 real-time octets per node. The non-RTE traffic is used and uses 25 % of the available bandwidth (slot for non-real-time data: 125 μ s = 25 % of 500 μ s).

Table 142 – CP 16/3: Scenario with a cycle time of 500 μ s (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 513 μ s	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 μ s Frame runtime: 139 μ s
Number of end-stations	≤ 139	1 master end-station, 138 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	$\leq 9\,248\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	$\leq 3\,125\,000$ octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 μ s wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 μ s or < 50 μ s	< 1 μ s (high performance synchronization), < 50 μ s (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Table 143 shows the consistent set of performance indicators for a scenario where the cycle time of 500 μ s is configured in a ring topology. In this scenario it is assumed that 101 end-stations (1 master end-station and 100 slave end-stations) are set up in such a way that each end slave node produces 24 octets and consumes 8 octets, including control and status words respectively (4 octets each). Such a scenario fits particularly well to power drive system applications as described in the IEC 61800 family. The non-RTE traffic is used and uses 25 % of the available bandwidth (slot for non-real-time data: 125 μ s = 25 % of 500 μ s).

Table 143 – CP 16/3: scenario with non symmetrical data throughput and a cycle time of 500 μ s (real-time and non-real-time)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	< 474 μ s	Cable length between all end-stations 100 m (worst case) Cycle time set to 500 μ s Frame runtime: 101 μ s
Number of end-stations	≤ 101	1 master end-station, 100 slave end-stations
Number of switches between end-stations	0	Switches shall not be used
Throughput RTE	$\leq 9\,248\,000$ octets/s	$\leq 10/10$ real-time octets per slave end-station
Non-RTE bandwidth	$\leq 3\,125\,000$ octets/s	25 % of the bandwidth is used for non-RTE traffic (IP channel is 125 μ s wide)
Non-time-based synchronization accuracy	< 1 μ s or < 50 μ s	< 1 μ s (high performance synchronization), < 50 μ s (low performance synchronization)
Redundancy recovery time	0	In the ring topology, a single permanent fault does not produce any failure. In this case, the recovery time is zero

Annex A (informative)

Performance Indicator calculation

A.1 CPF 2 (CIP) – Performance indicator calculation

A.1.1 Profile 2/2 EtherNet/IP

A.1.1.1 Delivery time

Using the formulae specified in 7.2.4.2.2, minimum and maximum values of delivery time can be calculated based on the following assumptions:

- $SD_s = SD_r = 50 \mu s$;
- APDU size = 32 octets ;
- CP 2/2 protocol overhead (PO) = 84 octets ;
- Link data rate (LDR) = 100 Mbps ;
- All cable segments are of the same length and of the same cable type;
- Cable propagation delay (PD) = 5 ns/m ;
- Cable length (CL) = 100 m ;
- Switch processing delay (SPD) = 10 μs ;
- Minimum number of switches (n_{min}) = 1 ;
- Maximum number of switches (n_{max}) = 1 024 ;
- No RTE packets in the transmit queue in front of this packet;
- No transmission errors.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 ns = 0,5 \mu s$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \mu s$$

$$DT_{min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \mu s \approx 130 \mu s$$

$$DT_{max} = 50 + 9,3 + 1024 \times 0,5 + 1024 \times 19,3 + 50 = 20\,384,5 \mu s \approx 20,4 ms$$

A.1.1.2 Throughput RTE

The maximum theoretical throughput RTE is calculated based on the following assumptions:

- all APDUs are of the same size;
- APDU size = 32 octets ;
- CP 2/2 protocol overhead (PO) = 84 octets ;
- Link data rate (LDR) = 100 Mbps.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$EN\_PR\_MAX = \frac{1}{T_{x\_packet}} = \frac{1}{9,3 \times 10^{-6}} \approx 107\,500 \text{ pps}$$

$$Throughput\_RTE_{max\_theoretical} = 32 \times 107\,500 = 3,44 \times 10^6 \text{ octets/s}$$

A.1.2 Profile 2/2.1 EtherNet/IP with Time Synchronization

A.1.2.1 Delivery time

Using the formulae specified in 7.2.4.2.2, minimum and maximum values of delivery time can be calculated based on the following assumptions:

- $SD_s = SD_r = 50 \mu s$;
- APDU size = 32 octets ;
- CP 2/2 protocol overhead (PO) = 84 octets ;
- Link data rate (LDR) = 100 Mbps ;
- All cable segments of the same length and of the same cable type;
- Cable propagation delay (PD) = 5 ns/m ;
- Cable length (CL) = 100 m ;
- Switch processing delay (SPD) = 10 μs ;
- Minimum number of switches (n_{min}) = 1 ;
- Maximum number of switches (n_{max}) = 4 ;
- No RTE packets in the transmit queue in front of this packet;
- No transmission errors.

$$T_{x\_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i = 500 \text{ ns} = 0,5 \mu s$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x\_packet} = 19,3 \mu s$$

$$DT_{min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \mu s \approx 130 \mu s$$

$$DT_{max} = 50 + 9,3 + 4 \times 0,5 + 4 \times 19,3 + 50 = 188,5 \mu s \approx 190 \mu s$$

A.1.2.2 Maximum number of end-stations

Presently, the maximum number of ports in a switch with boundary clock is 24. The maximum number of nodes in a 2-layer star network with 4 switches, N_{max} , is:

$$N_{max} = (24 - 3) + [3 \times (24 - 1)] = 90$$

A.2 Communication Profile Family 3 – Performance indicator calculation

A.2.1 Application Scenario

The application scenario for the consistent set of performance indicators has been selected for a typical configuration for factory automation. In general, the number of nodes is only limited by the delivery time.

A.2.2 Structural examples used for calculation

A.2.2.1 CP 3/4

A.2.2.1.1 Line structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. In Figure A.1 the structure is shown for 60 nodes.

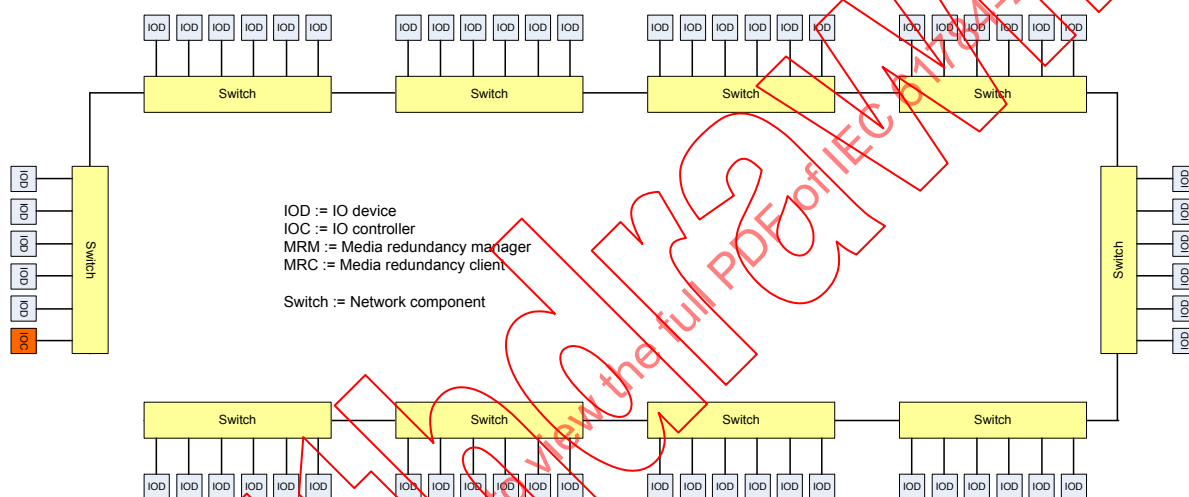


Figure A.1 – CP 3/4: Example of line structure

A.2.2.1.2 Ring structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. To increase the availability, a ring structure for media redundancy is shown in Figure A.2 for 60 nodes. The media redundancy is in this case a feature of the used switches.

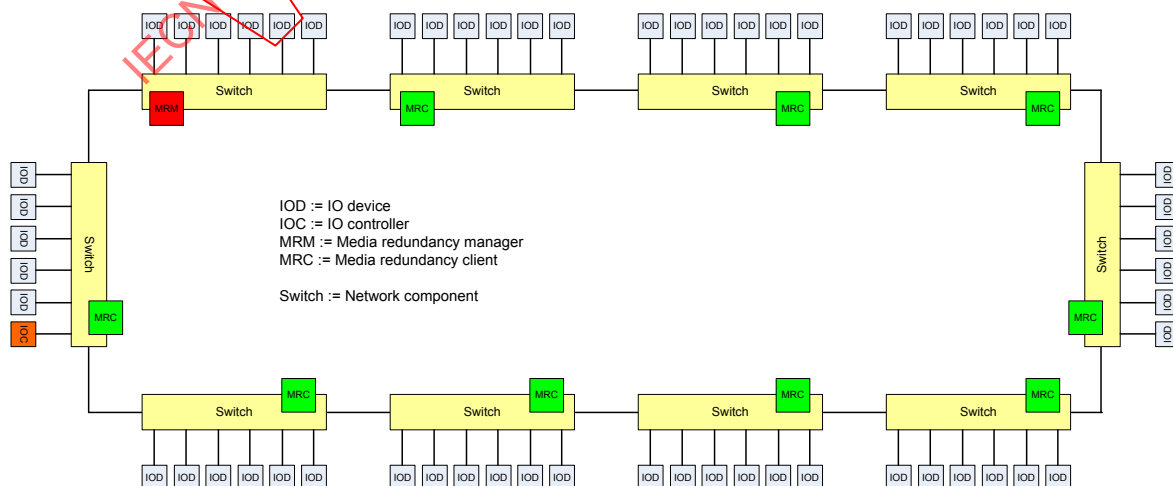


Figure A.2 – CP 3/4: Example of ring structure

A.2.2.1.3 Tree or star structure

Tree or star structure offers the possibility to switch off bigger parts of a machine. They need more cabling.

A.2.2.1.4 Wireless structure

A.2.2.1.4.1 Wireless bridge

An example of a wireless topology is shown in Figure A.3. The wireless bridge (2 access points or 1 access point and 1 client) are used to connect two wired network segments.

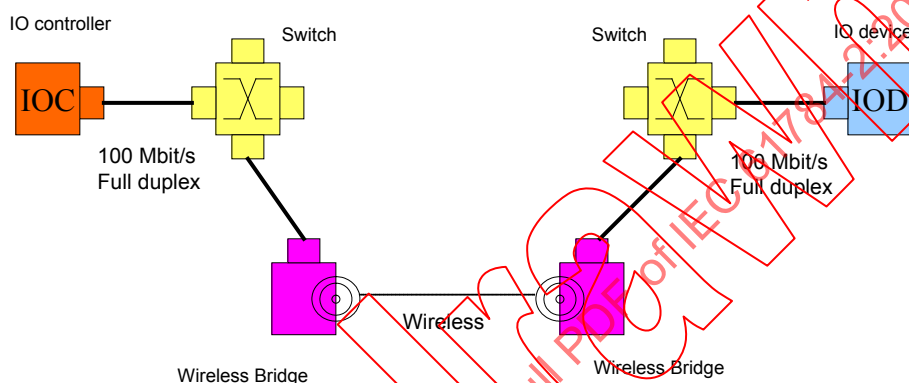


Figure A.3 – CP 3/4: Example of a wireless segment

A.2.2.1.4.2 Wireless Client

An example of a wireless topology is shown in Figure A.4. The IO device uses its integrated wireless client to connect via the wireless access points to the IO controller.

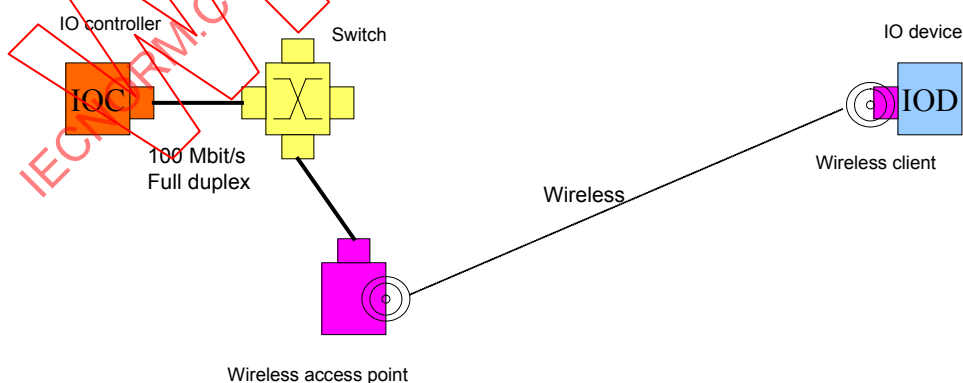


Figure A.4 – CP 3/4: Example of an integrated wireless client

A.2.2.2 CP 3/5

A.2.2.2.1 Line structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. In Figure A.5 the structure is shown for 60 nodes.

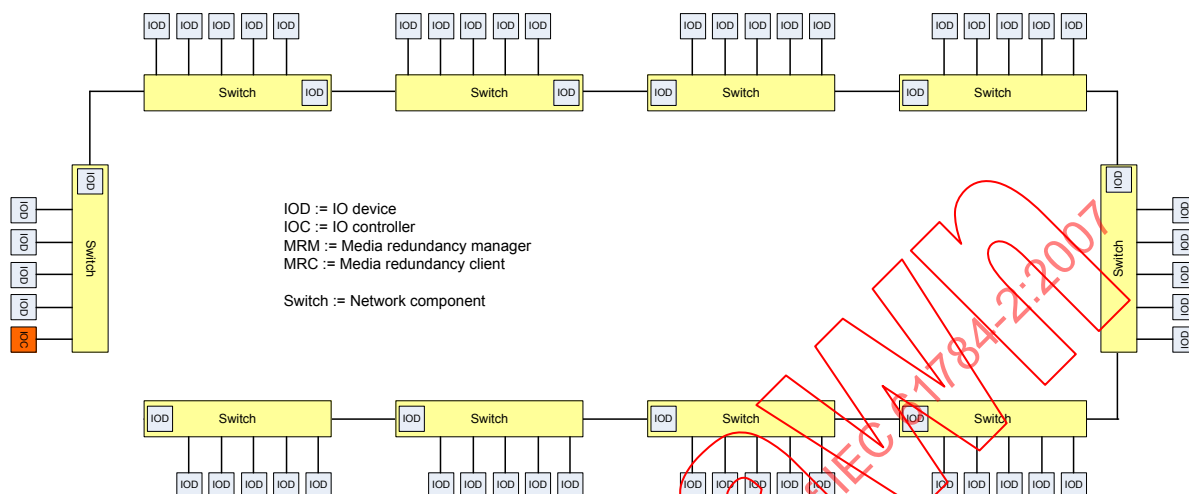


Figure A.5 – CP 3/5: Example of line structure

A.2.2.2.2 Ring structure

To reduce the amount of cabling a ring structure is selected. To increase the availability, a ring structure for media redundancy is shown in Figure A.6 for 60 nodes. This figure offers the ability to use bump less media redundancy.

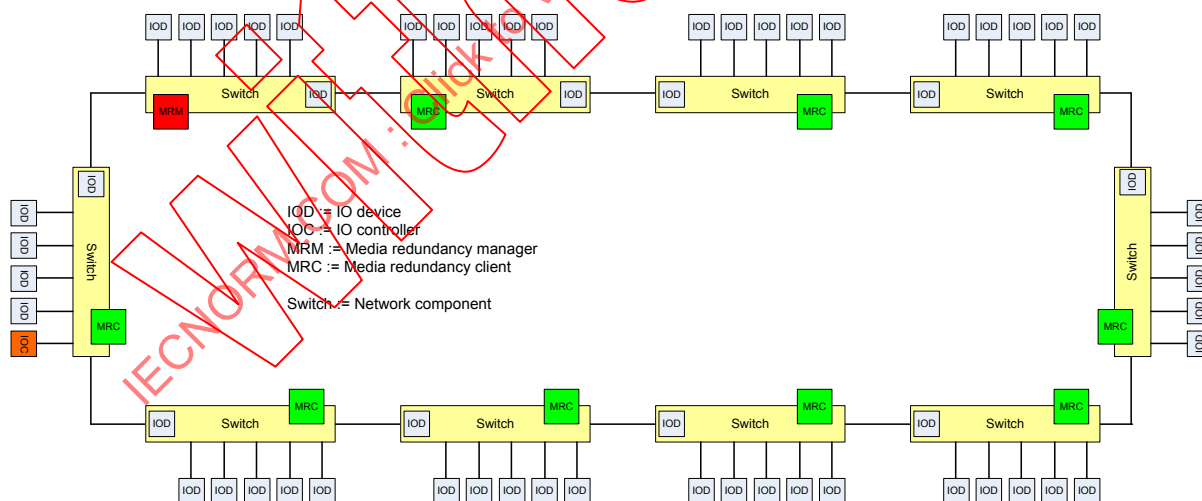


Figure A.6 – CP 3/5: Example of ring structure

A.2.2.2.3 Tree or star structure

See A.2.2.1.3.

A.2.2.3 CP 3/6

A.2.2.3.1 Line structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. In Figure A.7 the structure is shown for 60 nodes.

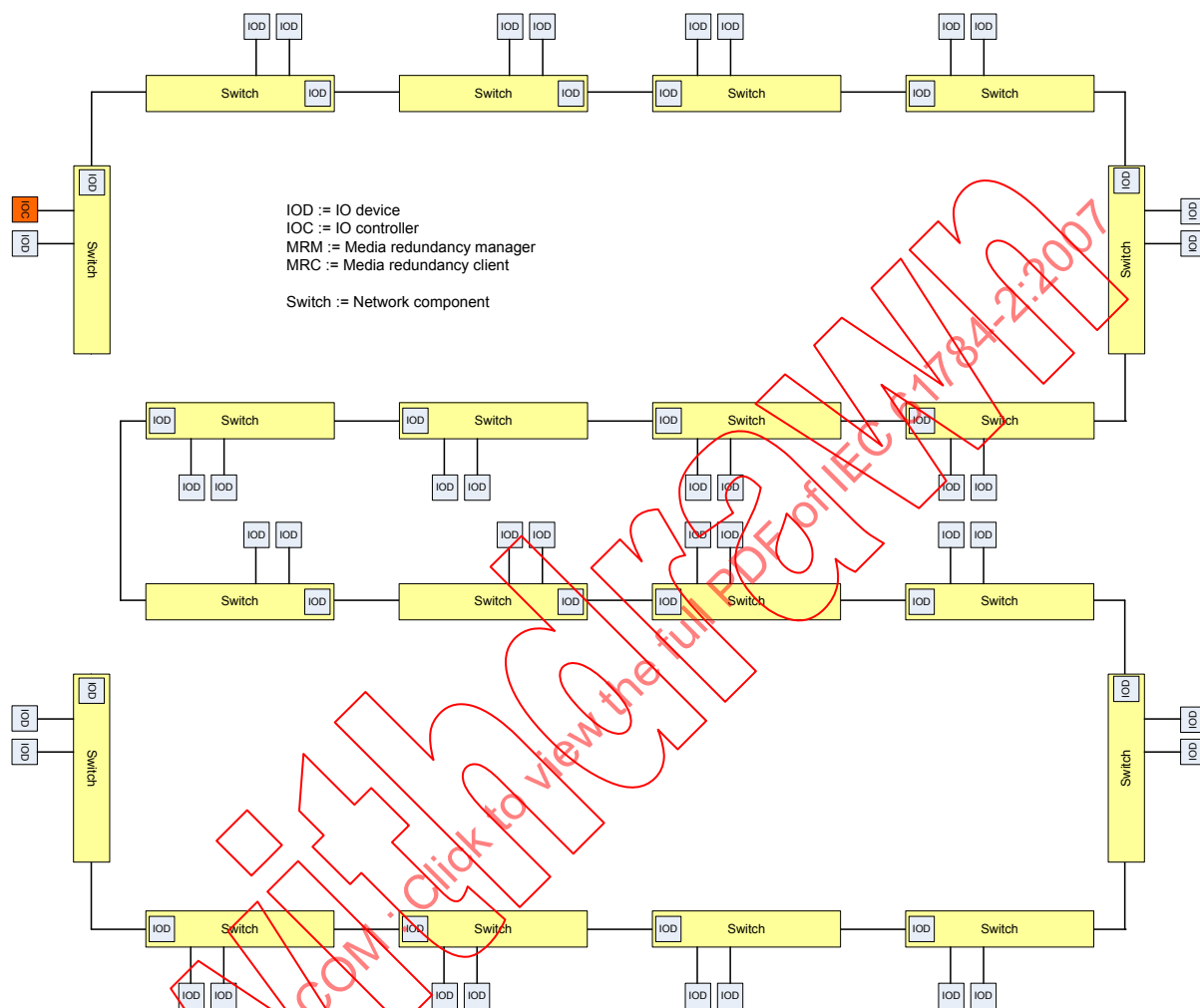


Figure A.7 – CP 3/6: Example of line structure

A.2.2.3.2 Ring structure

To reduce the amount of cabling a line structure is selected. To increase the availability, a ring structure for media redundancy is shown in Figure A.8 for 60 nodes. The structure depicted in Figure A.8 shows the ability to use bumpless media redundancy.

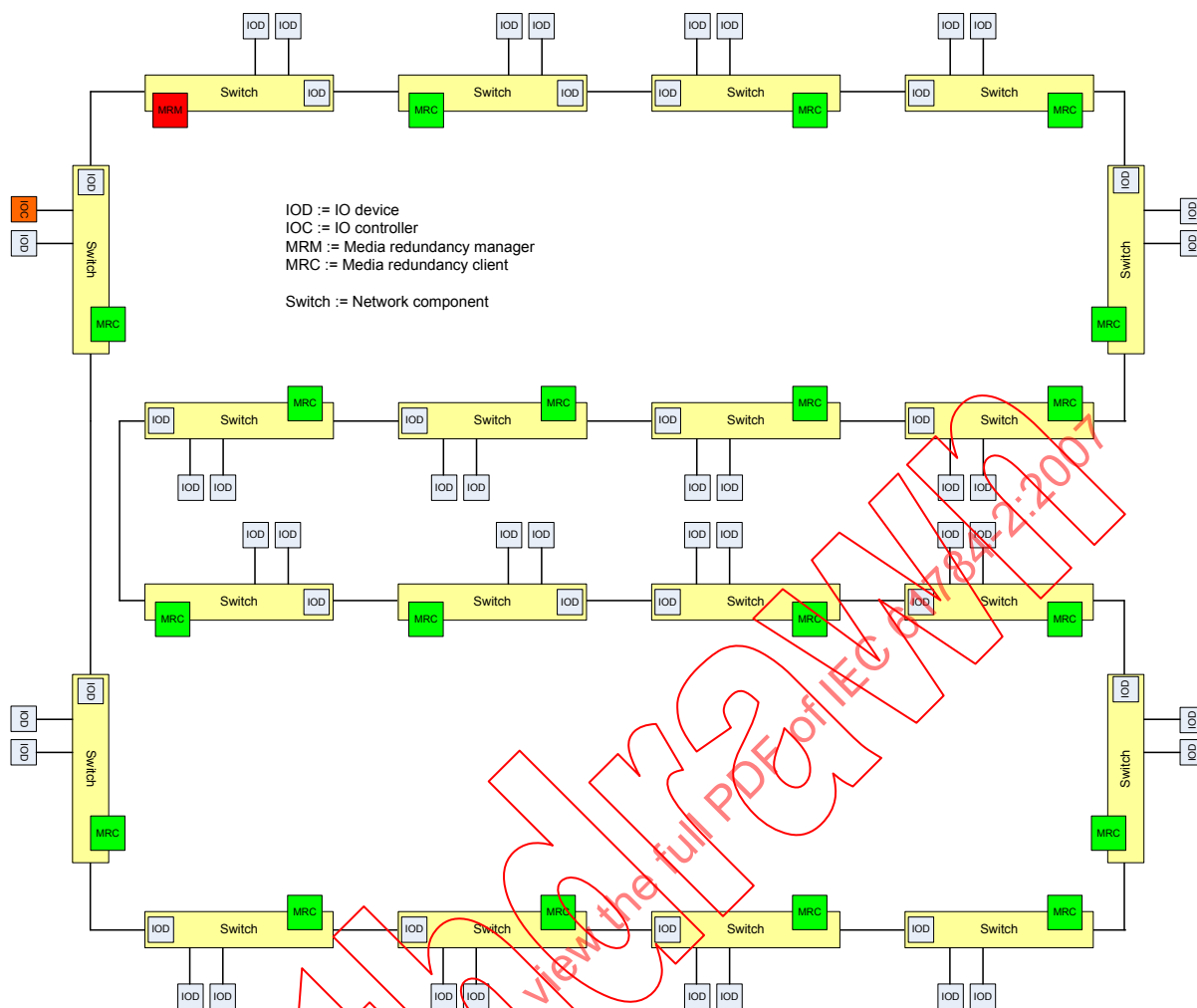


Figure A.8 – CP 3/6: Example of ring structure

A.2.2.3.3 Tree or star structure

Tree or star structure offers the possibility to switch off bigger parts of a machine. They need more cabling. Figure A.9 shows this structure with integrated network components for 60 nodes. This structure offers the possibility to use higher bandwidth to communicate between IO controller and IO device. Each branch (shown as GREEN areas in Figure A.9) may use the full bandwidth of the connected port of the IO controller. It may also be disabled without bothering the other branches.

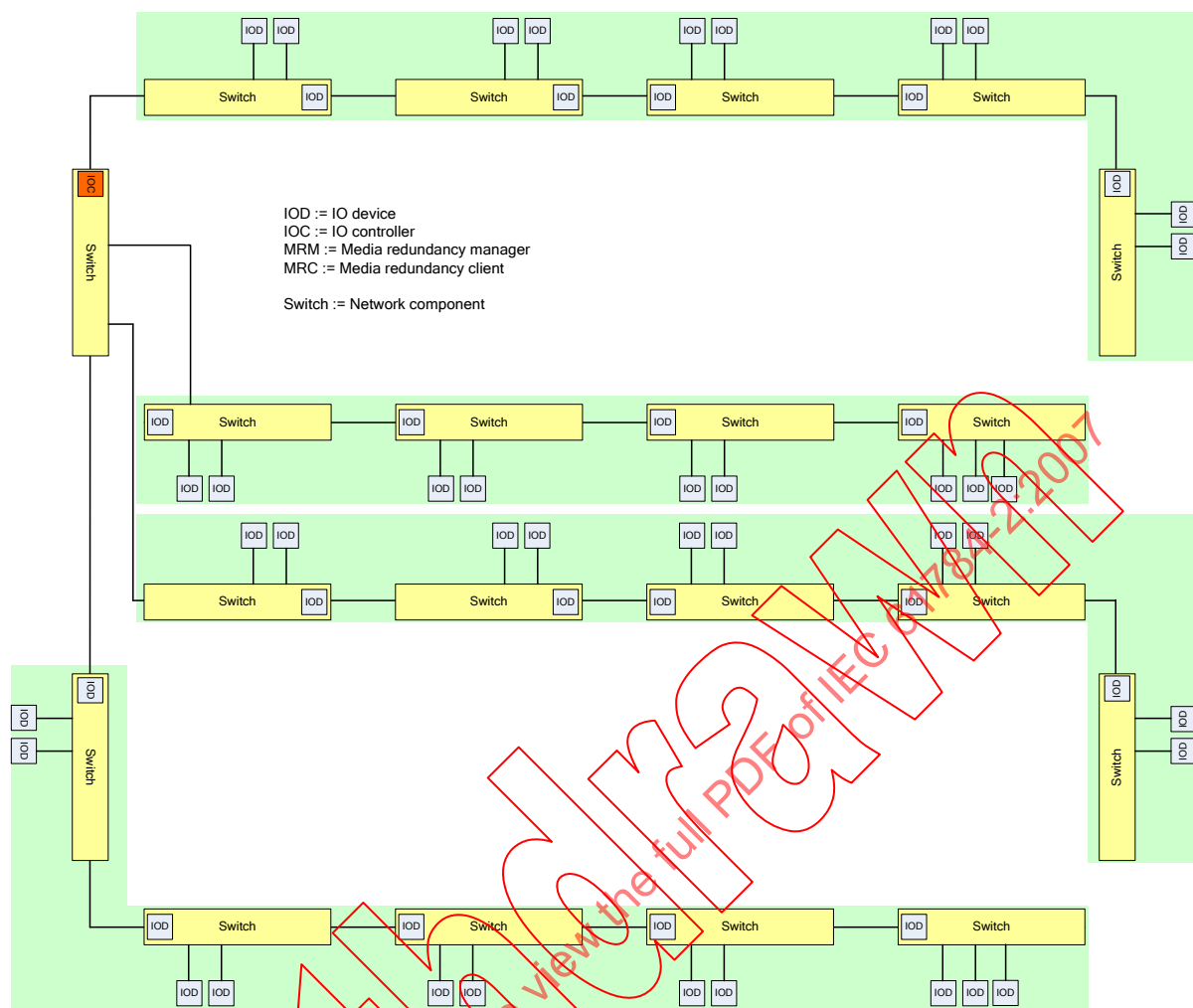


Figure A.9 – CP 3/6: Example of tree structure

A.2.3 Principles used for calculation

A.2.3.1 General

For Ethernet a switch is the backbone of the communication infrastructure. Its abilities and the stack traversal time are the key figures for the calculation of delivery time.

A.2.3.2 Stack traversal time

The stack traversal time (STT) may be reduced by means of hardware to a memory access.

A.2.3.3 Switch structure

A.2.3.3.1 General

The abilities of a switch, especial the bridging delay (bd) and the amount of frame buffer memory, may be considered further.

A.2.3.3.2 Bridging delay

The bridging delay is specified as the amount of time to transmit a frame from one port to another according to Figure A.10.

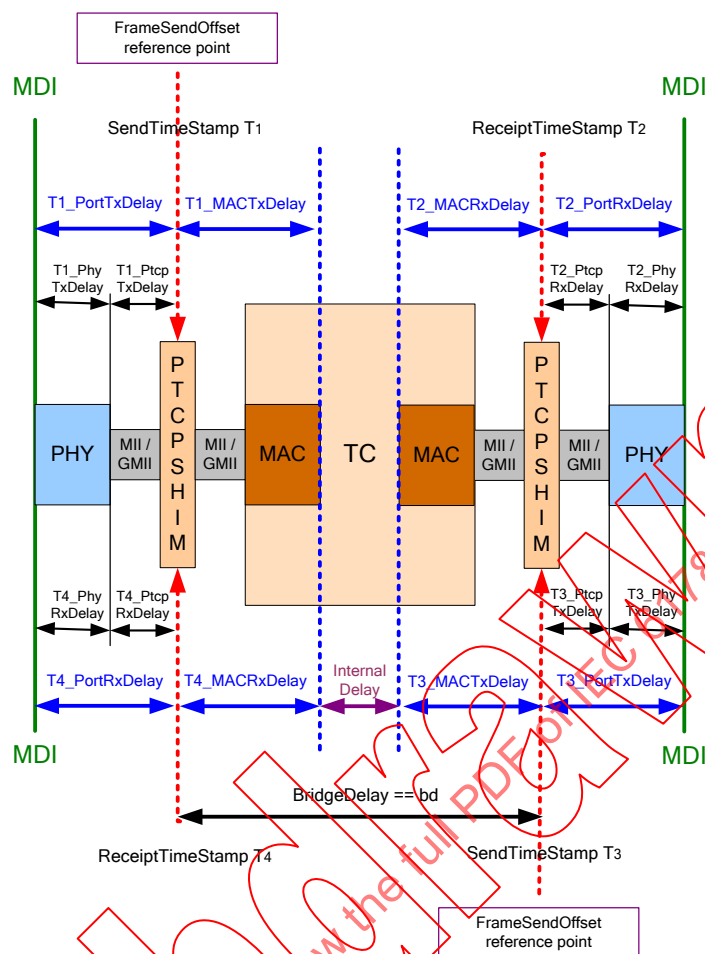


Figure A.10 - Definition of bridge delay

There are at least two different ways to switch a frame. Store and forward (S&F) offers a limited speed, because the whole frame is received over one port, before it can be transmitted over another. Cut through offers the best available speed, because only a small portion of the frame is received, before it be transmitted over another.

S&F

For 100 Mbit/s a maximum frame takes approx. 125µs to transmit. This means, the propagation delay of a line is depending to the count of switches multiplied with the frame size.

CT

After receiving up to 64 octets, the transmission over another port is started. This means, the propagation delay of a line is depending to the count of switches, but not multiplied with the frame size.

Internal delay

The calculation of the destination port within the filtering data base and the forwarding of the data stream take time.

A.2.3.3.3 PHY delay

The PHY receive and transmit delay is specified as the amount of time to transmit data according to Figure A.10.

NOTE These delays seem to be marginal. But the value is multiplied by the 'Number of switches between RTE end stations'.

A.2.3.3.4 Frame queues

The switching fabric is designed to handle data streams. These streams are steered by the filtering data base. In a theoretical approach, there are always enough resources to buffer frames in case of traffic jam. In real networks the traffic depends on the structure and the connected end nodes. Figure A.11 shows in principle the structure of a switch integrated into an IO device or an IO controller.

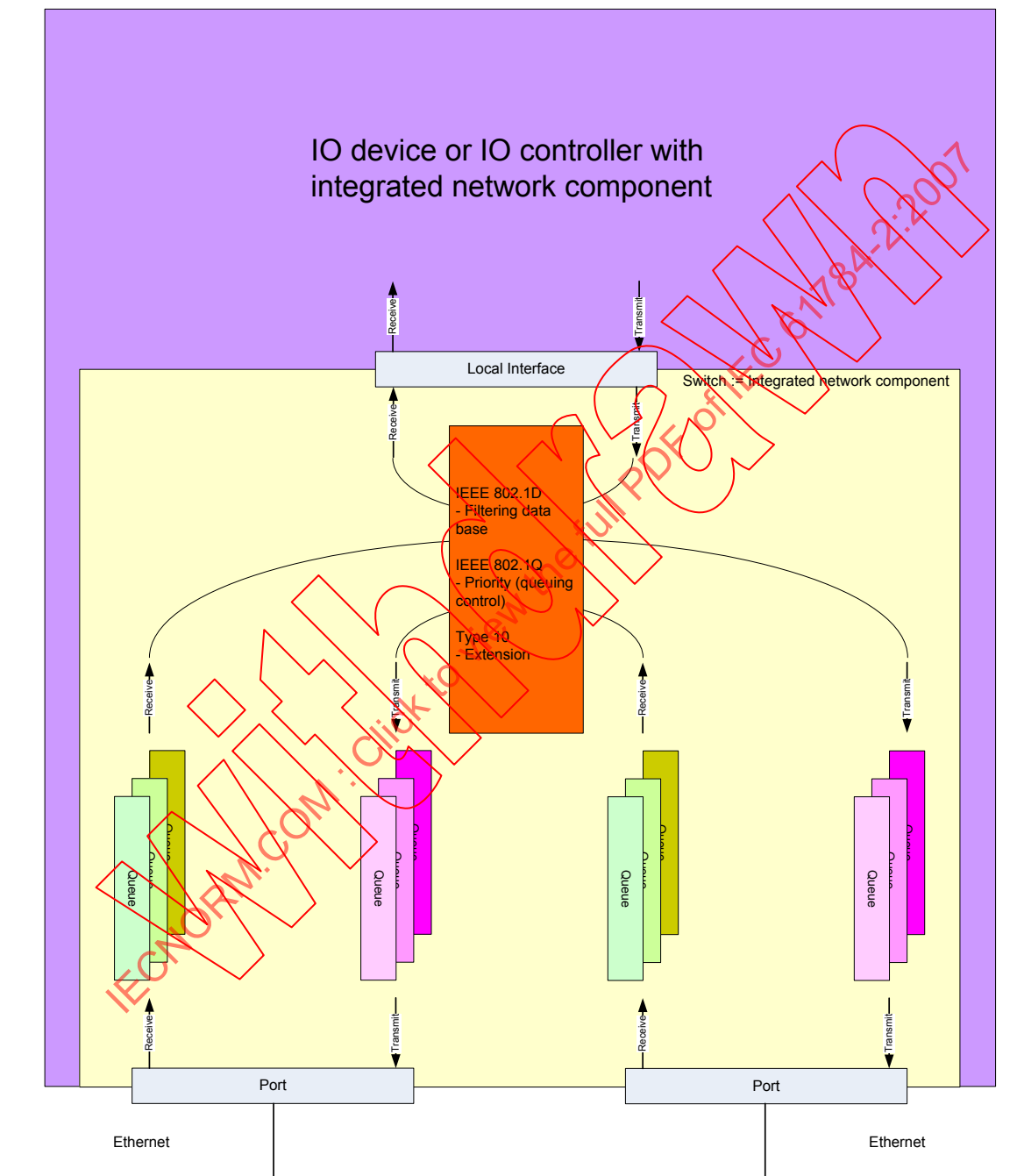


Figure A.11 – Example of a switch structure

All calculation is done in assumption,

- that the buffer capability of the used switches is always sufficient, and
- the priority queue control is available.

A.3 CPF 4/3 P-NET on IP – Performance indicator calculation

A.3.1 Application scenario

The application scenario for the consistent set of performance indicators has been selected for a typical configuration for factory automation. The complete application would typically have more nodes than shown in Figure A.12, both for control and IO handling. These nodes are either connected directly to the RTE nodes or via a P-NET network. Only the RTE nodes are shown in Figure A.12.

Thirty RTE end-stations (numbered from N1 to N30) are connected by means of 4 switches, as shown in Figure A.12, in an RTE network containing switches. All RTE nodes can communicate to any of the RTE nodes.

A.3.2 Delivery time calculation

The worst-case situation for calculating the Delivery time occurs when all 29 RTE end-stations (N1 to N29) are sending to the same receiver (N30) using the maximum packet size. The example for calculating the worst-case is given for Sender N1.

End-station-to-switch link is 10Mbps.

Switch-to-switch link is 100Mbps

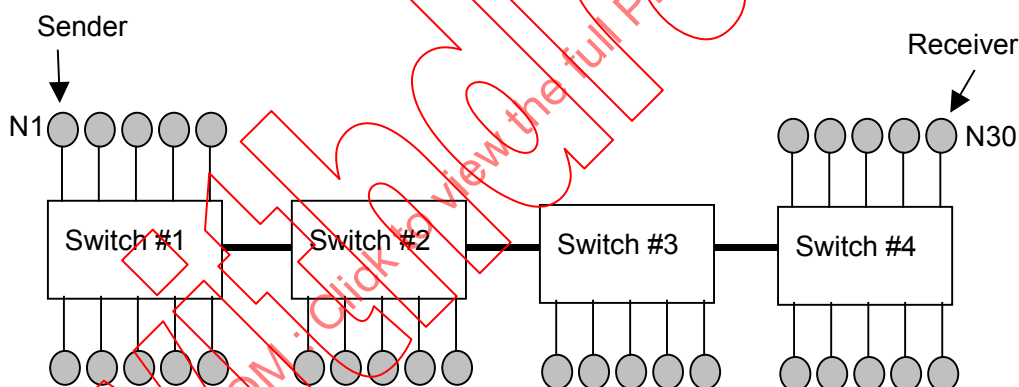


Figure A.12 – Application Configuration

Delivery time can now be calculated by inserting the application-dependent constants for the selected scenario into the formula (A.1).

$$DT = STTs + SStr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd + \sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS)) \quad (A.1)$$

$$DT = 1\,250 + 250 + 30(114,4 + 7 + 9,4) + 1$$

$$10 \times 3 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 2 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 1 \times (11,44 + 7 + 0,944)$$

$$DT = 6,3 \mu s$$

where

<i>cd</i>	is the cable delay time (200m) = 1 μs;
<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>NoNs[1]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 10;
<i>NoNs[2]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 5;
<i>NoNs[3]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 5;
<i>NoNs[4]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 10;
<i>NoNt</i>	is the number of RTE end-stations, in total = 30;
<i>NoS</i>	is the number of switches in the path from sender to receiver = 4;
<i>pd</i>	is the propagation delay within a switch = 7 μs;
<i>QTES</i>	is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link (10Mbps) = 9,4 μs;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link (100Mbps) = 0,94 μs;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC = 250 μs;
<i>STTs</i>	is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction = 1 250 μs;
<i>ttES</i>	is the P-NET transfer time RTE end station to switch at maximum APDU size (10Mbps) = 114,4 μs;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size (100Mbps) = 11,44 μs.

The delivery time is increased with a timeout value in the event of a lost frame. The timeout value is application dependent, and can be configured for each network in an application. The typical timeout value is 100 ms.

A.3.3 Non-RTE throughput calculation

Maximum RTE traffic on the switch-to-switch line, appears when all 20 external RTE end-stations (N1 to N20) are sending to the same receiver (N30) using maximum packet size. The remaining bandwidth is available for non-RTE traffic.

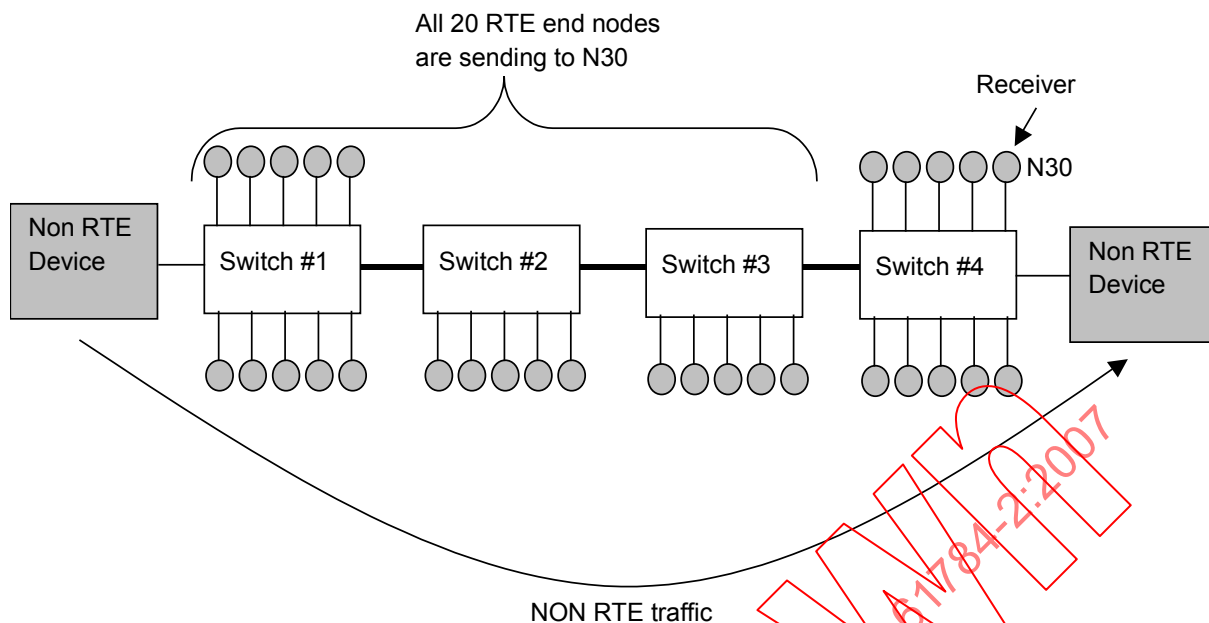


Figure A.13 – Non-RTE throughput calculation

The RTE load calculation is performed, using formula (A.2).

$$\text{Max RTE load} = \text{NoEN} (ttSS + QTss) \quad (\text{A.2})$$

$$\text{Max RTE load} = 20(11,44 + 0,94) = 250 \mu\text{s}$$

where

- NoEN* is the number of RTE end-stations on the external switches = 20;
- ttSS* is the transmission time for a maximum APDU on a switch-to-switch link = 11,44 μs ;
- QTss* is the enforced Ethernet quiet time on a switch-to-switch link = 0,94 μs .

The maximum RTE load is 250 μs and due to the access restriction for a sender, this load can only be established once for every single ms.

This leaves 750 μs to the non-RTE bandwidth for every 1 000 μs , equivalent to 75 %.

A.3.4 Non time-base synchronization accuracy

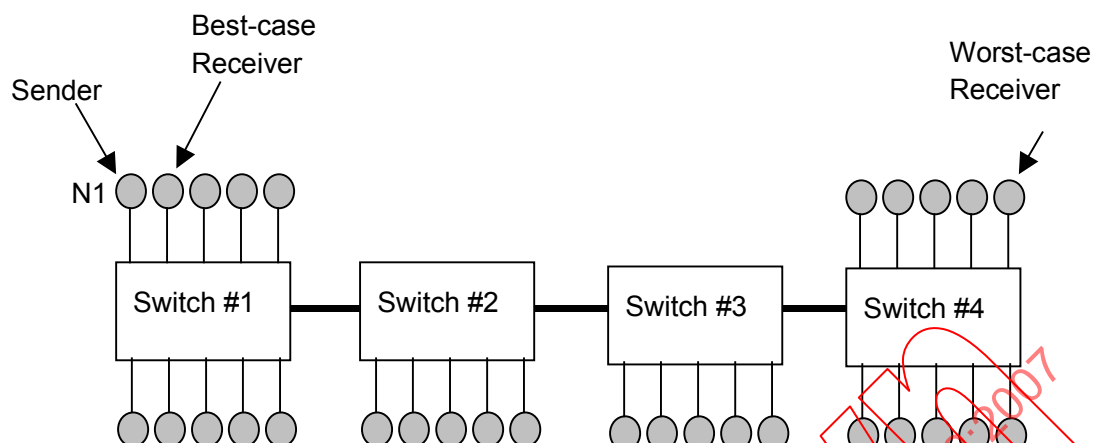


Figure A.14 – Non time-base synchronization accuracy

The non-time-base synchronization accuracy is calculated as the time difference between the best-case delivery time and the worst-case delivery time of a broadcasted "Super-Global-Variable". Calculation of non-time-base synchronization accuracy is shown in formula (A.4).

Sender N1 is broadcasting a "Super-Global-Variable" message. A node on Switch #1 will obtain the best-case delivery time, whereas nodes on Switch #4 will have a worst-case delivery time, as shown in Figure A.14.

Delivery time to worst-case receiver will be 6 300 μ s. See delivery time calculation in formula (A.1).

$$\text{Best case delivery time} = SOT + ttESmin + pd + ttESmin + STTr \quad (A.3)$$

$$\text{Best case delivery time} = 250 + 57 + 7 + 57 + 250 = 621 \mu s$$

where

SOT is the sender stack transversal time. Best case without access restriction = 250 μ s;

ttES is the transmission time for a minimum APDU on 10 Mbps = 57 μ s;

pd is the propagation delay within a switch = 7 μ s;

STTr is the receiver stack transversal time including Phy and MAC = 250 μ s.

$$\text{Non-time-base synchronization accuracy} = DT - DT_{best} \quad (A.4)$$

$$\text{Non-time-base synchronization accuracy} = 6\,300 - 621 = 5\,679 \text{ ms}$$

where

DT is the delivery time = 6,3 ms;

DT_{best} is the best-case delivery time = 621 μ s.

A.3.5 RTE throughput calculation

RTE throughput is calculated as a device's maximum transmission rate of 1 000 frames/s.

Each frame can contain an APDU of variable size. The minimum RTE throughput is calculated by using formula (A.5).

$$\text{Minimum RTE throughput} = FS \times APDU_{min} \quad (A.5)$$

$$\text{Minimum RTE throughput} = 1\,000 \times 5 = 5\,000 \text{ octet/s}$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station:
1 frame / ms = 1 000 frames / second;
APDU_{min} is the minimum APDU size = 5 octets.

The maximum RTE throughput is calculated by using formula (A.6).

$$\text{Maximum RTE throughput} = FS \times APDU_{max} \quad (A.6)$$

$$\text{Maximum RTE throughput} = 1\,000 \times 64 = 64\,000 \text{ octets/s}$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station:
1 frame / ms = 1 000 frames / second;
APDU_{max} is the maximum APDU size = 64 octets.

A.3.6 CPF 4/3. Derivation of delivery time formula

The derivation of delivery time formula is composed of 6 elements:

(N1 frame to Switch1) + (N1..N10 frames to Switch 2) + (N1..15 frames to Switch 3) + (N1..N20 frames to Switch 4) + (N1..N29 frames from Switch 4 to N30) + (cable delay from N1 to N30), as shown in formula (A.7).

$$STTs + ttES + pd + QTES + \quad (A.7)$$

$$NoNs(1) \times (ttSS + pd + QTSS) +$$

$$(NoNs(1)+NoNs(2))(ttSS + pd + QTSS) +$$

$$(NoNs(1)+NoNs(2) + NoNs(3))(ttSS + pd + QTSS) +$$

$$STTr + (NoNt-1)(ttES + pd + QTES) +$$

$$cd$$

$$=$$

Element 1, 5 and 6 are combined into:

$$STTs + STTr + NoNt(ttES + pd + QTES) + cd$$

Elements 2,3 and 4 are combined into:

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

This gives the formula for Delivery time:

$$DT = STTs + STTr + NoNt(ttES + pd + QTES) + cd$$

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

where

cd is the cable delay time;

DT is the delivery time;

$NoNs[x]$ is the number of RTE end-stations connected to switch No x. This includes number of RTE end-stations connected to the switch by other switches, which are not included in the path from sender to receiver. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection;

$NoNt$ is the number of RTE end-stations, in total;

NoS is the number of switches in the path from sender to receiver;

pd is the propagation delay within a switch;

$QTES$ is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link;

$QTSS$ is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link;

$STTr$ is the receiver stack transversal time including Phy and MAC;

$STTs$ is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction;

$ttES$ is the P-NET transfer time RTE end-station to switch at maximum APDU size;

$ttSS$ is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size.

A.3.7 CPF 4/3, Ethernet characteristics

The size of an Ethernet frame for P-NET on IP is calculated by using formula (A.8).

$$\text{Ethernet frame size} = Pa + Sadr + Dadr + Type + CRC + IPoh + UDPoh + Pnet \quad (A.8)$$

where

<i>Pa</i>	is the Ethernet preamble of 8 octets;
<i>Sadr</i>	is the Ethernet source address of 6 octets;
<i>Dadr</i>	is the Ethernet destination address of 6 octets;
<i>Type</i>	is the Ethernet type of 2 octets;
<i>CRC</i>	is the Ethernet sum check of 4 octets;
<i>IPoh</i>	is the IP overhead of 20 octets;
<i>UDPoh</i>	is the UDP overhead of 8 octets;
<i>Pnet</i>	is the P-NET frame of variable size.

The Ethernet frame size is defined to be at least 72 octets. Since only the P-NET part of the Ethernet frame is variable, this means that a P-NET frame must occupy at least 18 octets, whether needed or not.

$$\text{Transmission time} = (NoO \times BpO) / Bps \quad (A.9)$$

where

<i>NoO</i>	is the number of octets in a frame;
<i>BpO</i>	is the number of bits per octet to send = 8;
<i>Bps</i>	is the number bits send per second (transmission speed).

Using formula (A.9) for calculating transmission time, the P-NET transmission times can be calculated for 10 Mbps:

The P-NET transmission time for the smallest frame up to 18 octets is 57,6 µs.

The P-NET transmission time for the largest RTE frame (*Pnet* = 70 octets) is 99,2 µs.

The P-NET transmission time for the largest Ethernet P-NET frame with routing information (*Pnet* = 89 octets) is 114,4 µs.

Enforced quiet time between Ethernet frames for 10 Mbps is 9,4 µs.

Cable delay: max allowed length of each cable connection is 100 m. A typical propagation speed is 2x10⁸ m/s. This gives a max cable delay of 0,5 µs for each cable connection.

Bibliography

IEC/TR 60847:1989, *Characteristics of local area networks (LAN)*

IEC/PAS 62030:2004, *Digital data communications for measurement and control – Fieldbus for use in industrial control systems – Section 1: MODBUS® Application Protocol Specification V1.1a – Section 2: Real-Time Publish-Subscribe (RTPS) Wire Protocol Specification Version 1.0*¹⁴

IEC/PAS 62405:2004, *Real-time Ethernet Vnet/IP TM specification*¹⁴

IEC/PAS 62406:2005, *Real-Time Ethernet TCnet (Time-critical Control Network)*¹⁴

IEC/PAS 62407:2005, *Real-time Ethernet control automation technology (EtherCAT™)*¹⁴

IEC/PAS 62409:2005, *Real-time Ethernet for Plant Automation (EPA)(R)*¹⁴

IEC/PAS 62410:2005, *Real time ethernet SERCOS III*¹⁴

IEC/PAS 62411:2005, *Real-time Ethernet PROFINET IO*¹⁴

IEC/PAS 62412:2005, *Real time Ethernet: P-NET on IP*¹⁴

IEC/PAS 62413:2004, *Real Time Ethernet: EtherNet/IP with time synchronization*¹⁴

ISO/IEC 10000-1:1998, *Information technology – Framework and taxonomy of International Standardized Profiles – Part 1: General principles and documentation framework*

ISO/IEC 10731:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Conventions for the definition of OSI services*

ISO/IEC 1177:1985, *Information processing – Character structure for start/stop and synchronous character oriented transmission*

ISO/IEC 2022:1994, *Information technology – Character code structure and extension techniques*

ISO/IEC 3309:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control (HDLC) procedures – Frame structure.*

ISO/IEC TR 8802-1:2001, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 1: Overview of local area network standards*

ISO/IEC 9646 (all parts), *Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework*

ISO/IEC 9506-1:2003, *Industrial automation systems – Manufacturing message specification – Part 1: Service definition*

ISO/IEC 9506-2:2003, *Industrial automation systems – Manufacturing message specification – Part 2: Protocol specification*

¹⁴ Publication withdrawn.

ISO 8509:1987, *Information processing systems – Open System Interconnection – Service conventions*

ISO 15745-1:2003, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 1: Generic reference description*

EN 50325-4, *ISO 11898-based networks for industrial control applications – Part 4: CANopen*

ITU-T Recommendation V.11:1996, *Electrical Characteristics for balanced double-current interchange circuits operating at data signaling rates up to 10 Mb*

CAE Specification, *X/Open DCE: Remote Procedure Call*, X/Open Company Limited, Reading, Berkshire, UK (xopen.co.uk), 1994. X/Open Document Number C309. ISBN 1-85912-041-5.

(available online from the OSF at <<http://www.opengroup.org/tech/dce/download>>)

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 1: Common Industrial Protocol (CIP™) – Edition 3.1, November 2006

(available at <<http://www.odva.org>>)

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: EtherNet/IP™ Adaptation of CIP™ – Edition 1.3, November 2006

(available at <<http://www.odva.org>>)

Withd
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2007

IECNORM.COM :: Click to view the full PDF of IEC 61784-2:2007

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	201
INTRODUCTION.....	203
1 Domaine d'application	204
2 Références normatives.....	204
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	207
3.1 Termes et définitions	207
3.2 Abréviations et acronymes	210
3.3 Symboles	213
3.3.1 Symboles CPF 2.....	213
3.3.2 Symboles CPF 3.....	214
3.3.3 Symboles CPF 4.....	215
3.3.4 Symboles CPF 6.....	215
3.3.5 Symboles CPF 10.....	216
3.3.6 Symboles CPF 11.....	217
3.3.7 Symboles CPF 12.....	218
3.3.8 Symboles CPF 13.....	218
3.3.9 Symboles CPF 14.....	219
3.3.10 Symboles CPF 15.....	220
3.3.11 Symboles CPF 16.....	220
3.4 Conventions	221
3.4.1 Conventions communes à toutes les couches.....	221
3.4.2 Couche physique.....	222
3.4.3 Couche de liaison de données.....	222
3.4.4 Couche d'application.....	223
4 Conformité aux profils de communication	223
5 Indicateurs de performance RTE	224
5.1 Principes de base des indicateurs de performance	224
5.2 Exigences d'application	225
5.3 Indicateurs de performance	226
5.3.1 Temps de remise	226
5.3.2 Nombre de stations d'extrémité RTE	226
5.3.3 Topologie de réseau de base.....	226
5.3.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE	226
5.3.5 Débit RTE.....	227
5.3.6 Largeur de bande non-RTE	227
5.3.7 Exactitude de la synchronisation temporelle	227
5.3.8 Exactitude de synchronisation non périodique	227
5.3.9 Temps de reprise de redondance	227
6 Essais de conformité	227
6.1 Concept	227
6.2 Méthodologie.....	228
6.3 Conditions d'essai et cas d'essai.....	229
6.4 Procédure d'essai et mesures	229
6.5 Rapport d'essai	230
7 Famille de profils de communication 2 (CIP™) – Profils de communication RTE.....	230

7.1	Présentation générale	230
7.2	Profil 2/2	231
7.2.1	Couche physique	231
7.2.2	Couche de liaison de données	231
7.2.3	Couche d'application	231
7.2.4	Sélection d'indicateur de performance	231
7.3	Profil 2/2.1	235
7.3.1	Couche physique	235
7.3.2	Couche de liaison de données	235
7.3.3	Couche d'application	236
7.3.4	Sélection d'indicateur de performance	238
8	Famille de profils de communication 3 (PROFIBUS & PROFINET) – Profils de communication RTE	240
8.1	Présentation générale	240
8.1.1	Présentation de CPF 3	240
8.1.2	Classes de nœud	241
8.1.3	Classes d'application	243
8.1.4	Classes de communication	243
8.1.5	Classes de redondance de support	243
8.1.6	Classes de support	244
8.1.7	Comportements de la classe de conformité	244
8.2	Profil 3/4	247
8.2.1	Couche physique	247
8.2.2	Couche de liaison de données	247
8.2.3	Couche d'application	248
8.2.4	Sélection d'indicateur de performance	254
8.3	Profil 3/5	261
8.3.1	Couche physique	261
8.3.2	Couche de liaison de données	261
8.3.3	Couche d'application	261
8.3.4	Sélection d'indicateur de performance	266
8.4	Profil 3/6	268
8.4.1	Couche physique	268
8.4.2	Couche de liaison de données	268
8.4.3	Couche d'application	269
8.4.4	Sélection d'indicateur de performance	273
9	Famille de profils de communication 4 (P-NET) – Profils de communication RTE	275
9.1	Présentation générale	275
9.2	Profil 4/3, P-NET on IP	275
9.2.1	Couche physique	275
9.2.2	Couche de liaison de données	276
9.2.3	Couche d'application	276
9.2.4	Sélection d'indicateur de performance	277
10	Famille de profils de communication 6 (INTERBUS®) – Profils de communication RTE	281
10.1	Présentation générale	281
10.2	Profil 6/4	283
10.2.1	Mapping	283
10.2.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole	284

10.2.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole	285
10.2.4	Sélection d'indicateur de performance	285
10.3	Profil 6/5	287
10.3.1	Mapping	287
10.3.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole	287
10.3.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole	287
10.3.4	Sélection d'indicateur de performance	288
10.4	Profil 6/6	288
10.4.1	Mapping	288
10.4.2	Sélection du service de Type 10 et du protocole	288
10.4.3	Sélection du service de Type 8 et du protocole	288
10.4.4	Sélection d'indicateur de performance	289
11	Famille de profils de communication 10 (Vnet/IP) – Profils de communication RTE	289
11.1	Présentation générale	289
11.2	Profil 10/1	290
11.2.1	Couche physique	290
11.2.2	Couche de liaison de données	290
11.2.3	Couche d'application	293
11.2.4	Sélection d'indicateur de performance	293
12	Famille de profils de communication 11 (TCnet) – Profils de communication RTE	299
12.1	Présentation générale	299
12.2	Profil 11/1	299
12.2.1	Couche physique	299
12.2.2	Couche de liaison de données	299
12.2.3	Couche d'application	300
12.2.4	Sélection d'indicateur de performance	301
13	Famille de profils de communication 12 (EtherCAT) – Profils de communication RTE	306
13.1	Présentation générale	306
13.2	Profil CP 12/1	307
13.2.1	Couche physique	307
13.2.2	Couche de liaison de données	308
13.2.3	Couche d'application	311
13.2.4	Sélection d'indicateur de performance	313
13.3	Profil CP 12/2	316
13.3.1	Couche physique	316
13.3.2	Couche de liaison de données	316
13.3.3	Couche d'application	319
13.3.4	Sélection d'indicateur de performance	321
14	Famille de profils de communication 13 (Ethernet POWERLINK) – Profils de communication RTE	323
14.1	Présentation générale	323
14.2	Profil 13/1	323
14.2.1	Couche physique	323
14.2.2	Couche de liaison de données	324
14.2.3	Couche d'application	324
14.2.4	Sélection d'indicateur de performance	324
15	Famille de profils de communication 14 (EPA)- Profils de communication RTE	329
15.1	Présentation générale	329

15.2	Concept de communication CPF 14 (EPA).....	330
15.2.1	Généralités.....	330
15.2.2	Topologie de réseau.....	330
15.2.3	Appareils EPA.....	331
15.3	Profil 14/1.....	332
15.3.1	Couche physique.....	332
15.3.2	Couche de liaison de données.....	332
15.3.3	Couche de réseau.....	332
15.3.4	Couche de transport.....	332
15.3.5	Couche d'application.....	333
15.3.6	Sélection d'indicateur de performance.....	334
15.4	Profil 14/2.....	337
15.4.1	Couche physique.....	337
15.4.2	Couche de liaison de données.....	337
15.4.3	Couche de réseau.....	338
15.4.4	Couche de transport.....	338
15.4.5	Couche d'application.....	338
15.4.6	Sélection d'indicateur de performance.....	340
16	Famille de profils de communication 15 (MODBUS-RTPS) – Profils de communication RTE.....	343
16.1	Présentation générale.....	343
16.2	Profil 15/1.....	343
16.2.1	Couche physique.....	343
16.2.2	Couche de liaison de données.....	343
16.2.3	Couche d'application.....	344
16.2.4	Sélection d'indicateur de performance.....	344
16.3	Profil 15/2.....	348
16.3.1	Couche physique.....	348
16.3.2	Couche de liaison de données.....	348
16.3.3	Couche d'application.....	348
16.3.4	Sélection d'indicateur de performance.....	349
17	Famille de profils de communication 16 (SERCOS)- Profils de communication RTE.....	353
17.1	Présentation générale.....	353
17.2	Profil 16/3 (SERCOS III).....	354
17.2.1	Couche physique.....	354
17.2.2	Couche de liaison de données.....	354
17.2.3	Couche d'application.....	354
17.2.4	Sélection d'indicateur de performance.....	355
Annexe A	(informative) Calcul de l'indicateur de performance.....	363
A.1	CPF 2 (CIP) – Calcul de l'indicateur de performance.....	363
A.1.1	Profil 2/2 EtherNet/IP.....	363
A.1.2	Profil 2/2.1 EtherNet/IP avec synchronisation temporelle.....	364
A.2	Famille de profils de communication 3 – Calcul de l'indicateur de performance.....	365
A.2.1	Scénario d'application.....	365
A.2.2	Exemples structuraux utilisés pour le calcul.....	365
A.2.3	Principes de calcul.....	372
A.3	CPF 4/3 P-NET on IP – Calcul de l'indicateur de performance.....	376
A.3.1	Scénario d'application.....	376

A.3.2	Calcul du temps de remise	376
A.3.3	Calcul du débit non-RTE.....	377
A.3.4	Exactitude de synchronisation non périodique	379
A.3.5	Calcul du débit RTE.....	380
A.3.6	CPF 4/3, Dérivation de la formule de temps de remise	380
A.3.7	CPF 4/3, Caractéristiques Ethernet	382
Bibliographie.....		383
Figure 1	– Exemple de représentation graphique des indicateurs cohérents	225
Figure 2	– Présentation de l'essai de conformité.....	228
Figure 3	– Exemple de topologie de réseau utilisant les composants CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6	247
Figure 4	– Exemple de topologie de réseau avec segment sans fil.....	250
Figure 5	– Base de calcul du temps de remise et du débit RTE.....	257
Figure 6	– Contexte de réseau RTE des profils de communication d'appareil de liaison.....	282
Figure 7	– Principe de mapping de l'appareil de liaison.....	283
Figure 8	– Mapping des données	284
Figure 9	– CP 11/1: Débit RTE et largeur de bande non-RTE.....	304
Figure 10	– Exemple de topologie de réseau d'un système EPA.....	331
Figure A.1	– CP 3/4: Exemple de structure linéaire.....	365
Figure A.2	– CP 3/4: Exemple de structure en anneau.....	366
Figure A.3	– CP 3/4: Exemple de segment sans fil.....	367
Figure A.4	– CP 3/4: Exemple de client sans fil intégré.....	368
Figure A.5	– CP 3/5: Exemple de structure linéaire.....	368
Figure A.6	– CP 3/5: Exemple de structure en anneau.....	369
Figure A.7	– CP 3/6: Exemple de structure linéaire.....	370
Figure A.8	– CP 3/6: Exemple de structure en anneau.....	371
Figure A.9	– CP 3/6: Exemple de structure en arborescence	372
Figure A.10	– Définition du délai de pontage.....	373
Figure A.11	– Exemple de structure de commutation	375
Figure A.12	– Configuration de l'application.....	376
Figure A.13	– Calcul du débit non-RTE.....	378
Figure A.14	– Exactitude de synchronisation non périodique.....	379
Tableau 1	– Présentation des tableaux de sélection des articles/paragraphes de profil.....	221
Tableau 2	– Contenu des tableaux de sélection des articles/paragraphes.....	221
Tableau 3	– Présentation des tableaux de sélection de service.....	221
Tableau 4	– Contenu des tableaux de sélection de service	222
Tableau 5	– Présentation des tableaux de sélection de paramètre	222
Tableau 6	– Contenu des tableaux de sélection de paramètre	222
Tableau 7	– Présentation des tableaux de sélection d'attribut de classe	223
Tableau 8	– Contenu des tableaux de sélection d'attribut de classe.....	223
Tableau 9	– Types de topologie de réseau de base	226

Tableau 10 – CP 2/2: Présentation des indicateurs de performance (PI).....	231
Tableau 11 – CP 2/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance.....	232
Tableau 12 – CP 2/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour l'automatisation des usines.....	235
Tableau 13 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL.....	236
Tableau 14 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL des objets de gestion.....	236
Tableau 15 – CP 2/2.1: Sélection de service AL.....	236
Tableau 16 – CP 2/2.1: Sélection de protocole AL.....	238
Tableau 17 – CP 2/2.1: Présentation des indicateurs de performance.....	239
Tableau 18 – CP 2/2.1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance.....	239
Tableau 19 – CP 2/2.1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la commande de mouvement.....	240
Tableau 20 – Valeurs de temporisation pour la résolution de nom.....	241
Tableau 21 – Temps de réaction pour un appareil d'entrée-sortie.....	242
Tableau 22 – Classe de redondance applicable dans les classes de conformité.....	243
Tableau 23 – Comportements de la classe de conformité.....	244
Tableau 24 – Comportements de la classe de conformité pour les composants de réseau.....	245
Tableau 25 – CP 3/4: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie.....	248
Tableau 26 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau.....	251
Tableau 27 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie.....	252
Tableau 28 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Présentation des indicateurs de performance.....	254
Tableau 29 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance.....	254
Tableau 30 – Paramètres du gestionnaire.....	258
Tableau 31 – Paramètres du client.....	258
Tableau 32 – Paramètres du client.....	258
Tableau 33 – CP 3/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=128 ms.....	259
Tableau 34 – CP 3/4: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	260
Tableau 35 – CP 3/5: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie.....	261
Tableau 36 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau.....	264
Tableau 37 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie.....	265
Tableau 38 – CP 3/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=128 ms.....	267
Tableau 39 – CP 3/5: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	267
Tableau 40 – CP 3/6: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie.....	269
Tableau 41 – Capacité de mise en mémoire tampon.....	270
Tableau 42 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau.....	271
Tableau 43 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie.....	272
Tableau 44 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=1 ms.....	273

Tableau 45 – CP 3/6: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	274
Tableau 46 – CP 4/3: Sélection de service DLL	276
Tableau 47 – CP 4/3: Sélection de protocole DLL	276
Tableau 48 – CP 4/3: Sélection de service AL	276
Tableau 49 – CP 4/3: Sélection de protocole AL	277
Tableau 50 – CP 4/3: Présentation des indicateurs de performance	277
Tableau 51 – CP 4/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	278
Tableau 52 – CP 4/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	280
Tableau 53 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	281
Tableau 54 – CPF 6: Attribution d'un identifiant CP à l'appareil	282
Tableau 55 – Présentation des indicateurs de performance de réseau de Type 10 de l'appareil de liaison	286
Tableau 56 – Couches OSI et CPF 10	289
Tableau 57 – Présentation du profil CPF 10	290
Tableau 58 – CP 10/1: Sélection de service DLL	291
Tableau 59 – CP 10/1: Sélection de protocole DLL	292
Tableau 60 – Sélection de paramètre de couche transport	292
Tableau 61 – CP 10/1: Sélection de service AL	293
Tableau 62 – CP 10/1: Sélection de protocole AL	293
Tableau 63 – CP 10/1: Présentation des indicateurs de performance	294
Tableau 64 – CP 10/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	294
Tableau 65 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine	297
Tableau 66 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents	297
Tableau 67 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine avec une trame perdue	298
Tableau 68 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents avec une trame perdue	298
Tableau 69 – CPF 11: Présentation d'ensembles de profils	299
Tableau 70 – CP 11/1: Sélection de service DLL	299
Tableau 71 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL	300
Tableau 72 – CP 11/1: Sélection de service AL	300
Tableau 73 – CP 11/1: Sélection de protocole AL	300
Tableau 74 – CP 11/1: Présentation des indicateurs de performance	301
Tableau 75 – CP 11/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	302
Tableau 76 – CP 11/1: Sélection de service de données TCC	302
Tableau 77 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE	306
Tableau 78 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non-RTE	306
Tableau 79 – CP 12/1: Sélection PhL de la couche physique préférentielle	307

Tableau 80 – CP 12/1: Sélection PhL d'une couche physique optimisée	308
Tableau 81 – CP 12/1: Sélection de service DLL	308
Tableau 82 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL	309
Tableau 83 – CP 12/1: Sélection de service DLL	310
Tableau 84 – CP 12/1: Sélection de protocole DLL	310
Tableau 85 – CP 12/1: Sélection de service AL.....	311
Tableau 86 – CP 12/1: Sélection de protocole AL	311
Tableau 87 – CP 12/1: Sélection de service AL.....	312
Tableau 88 – CP 12/1: Sélection de protocole AL	312
Tableau 89 – CP 12/1: Présentation des indicateurs de performance.....	313
Tableau 90 – CP 12/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance.....	314
Tableau 91 – CP 12/1: Plages d'indicateurs de performance	314
Tableau 92 – CP 12/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les systèmes d'automatisation de taille moyenne	316
Tableau 93 – CP 12/2: Sélection de service DLL	316
Tableau 94 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL	316
Tableau 95 – CP 12/2: Sélection de service DLL	318
Tableau 96 – CP 12/2: Sélection de protocole DLL	318
Tableau 97 – CP 12/2: Sélection de service AL.....	319
Tableau 98 – CP 12/2: Sélection de protocole AL	320
Tableau 99 – CP 12/2: Sélection de service AL.....	320
Tableau 100 – CP 12/2: Sélection de protocole AL	321
Tableau 101 – CP 12/2: Présentation des indicateurs de performance.....	321
Tableau 102 – CP 12/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance.....	322
Tableau 103 – CP 12/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	323
Tableau 104 – CPF 13: Présentation des ensembles de profils.....	323
Tableau 105 – CP 13/1: Sélection de service DLL.....	324
Tableau 106 – CP 13/1: Sélection de protocole DLL	324
Tableau 107 – CP 13/1: Sélection de service AL.....	324
Tableau 108 – CP 13/1: Sélection de protocole AL	324
Tableau 109 – CP 13/1: Présentation des indicateurs de performance.....	325
Tableau 110 – CP 13/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance.....	325
Tableau 111 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de petite taille.....	328
Tableau 112 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de taille moyenne	329
Tableau 113 – CP 13/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance d'un système d'automatisation de grande taille.....	329
Tableau 114 – CP 14/1: Sélection de service AL.....	333
Tableau 115 – CP 14/1: Sélection de protocole AL	334
Tableau 116 – CP 14/1: Présentation des indicateurs de performance.....	334
Tableau 117 – CP 14/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance.....	335
Tableau 118 – CP 14/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	337
Tableau 119 – CP 14/2: Sélection de service DLL.....	338

Tableau 120 – CP 14/2: Sélection de protocole DLL	338
Tableau 121 – CP 14/2: Sélection de service AL.....	339
Tableau 122 – CP 14/2: Sélection de protocole AL	340
Tableau 123 – CP 14/2: Présentation des indicateurs de performance.....	340
Tableau 124 – CP 14/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	341
Tableau 125 – CP 14/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance	343
Tableau 126 – CP 15/1: Sélection de service AL.....	344
Tableau 127 – CP 15/1: Sélection de protocole AL	344
Tableau 128 – CP 15/1: Présentation des indicateurs de performance.....	344
Tableau 129 – CP 15/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	345
Tableau 130 – CP 15/2: Sélection de service AL.....	349
Tableau 131 – CP 15/2: Sélection de protocole AL	349
Tableau 132 – CP 15/2: Présentation des indicateurs de performance.....	349
Tableau 133 – CP 15/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	350
Tableau 134 – CP 16/3: Sélection de service DLL.....	354
Tableau 135 – CP 16/3: Sélection de protocole DLL	354
Tableau 136 – CP 16/3: Sélection de service AL.....	355
Tableau 137 – CP 16/3: Sélection de protocole AL	355
Tableau 138 – CP 16/3: Présentation des indicateurs de performance.....	355
Tableau 139 – CP 16/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance	356
Tableau 140 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée minimale du cycle de 31,25 µs	360
Tableau 141 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée de cycle de 500 µs (temps réel uniquement)	360
Tableau 142 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec une durée de cycle de 500 µs (temps réel et non réel).....	361
Tableau 143 – CP 16/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec un débit de données asymétriques et une durée de cycle de 500 µs (temps réel et non réel).....	362

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS –
PROFILS –****Partie 2: Profils supplémentaires des bus de terrain
pour les réseaux temps réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications, la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

NOTE L'utilisation de certains des types de protocoles associés dans la CEI 61158 est restreinte par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle correspondants. Quoi qu'il en soit, l'engagement pris par les détenteurs, quant à une diffusion limitée desdits droits de propriété intellectuelle, permet d'utiliser un type particulier de protocole de Couche Liaison de données avec des protocoles de Couche Physique et de Couche Application dans les combinaisons de types explicitement spécifiées dans la série de normes CEI 61784. L'utilisation des divers types de protocoles dans d'autres combinaisons peut nécessiter l'autorisation des détenteurs de droits de propriété intellectuelle respectifs.

La CEI attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec les dispositions de la présente norme peut impliquer l'utilisation de brevets. La CEI ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

La Norme Internationale CEI 61784-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

La présente version bilingue (2014-11) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2007-12.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 65C/469/FDIS et 65C/480/RVD.

Le rapport de vote 65C/480/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

La liste de toutes les parties de la série CEI 61784, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Profils*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 61784 fournit des profils de communication (CP) supplémentaires aux familles de profils de communication (CPF) de la CEI 61784-1 et des CPF supplémentaires à un ou plusieurs profils de communication. Ces profils répondent aux objectifs du marché d'automatisation industrielle visant à identifier les réseaux de communication RTE (Real-Time Ethernet – Ethernet en temps réel) coexistant avec l'ISO/CEI 8802-3 – communément appelé Ethernet. Ces réseaux de communication RTE s'appuient sur les dispositions de l'ISO/CEI 8802-3 relatives aux couches inférieures de pile de communication et, de plus, assurent un transfert de données en temps réel plus prévisible et fiable, et une prise en charge d'une synchronisation précise de l'équipement d'automatisation.

De manière plus spécifique, ces profils permettent d'assurer la conformité des réseaux de communication RTE à l'ISO/CEI 8802-3 et d'éviter la propagation de mises en œuvre divergentes.

L'adoption de la technologie Ethernet pour la communication industrielle entre les contrôleurs, et même pour la communication avec les appareils de terrain, favorise l'utilisation des technologies Internet dans la zone de terrain. Cette disponibilité pourrait s'avérer inacceptable si elle était à l'origine de la perte de certaines fonctions requises dans la zone de terrain des réseaux d'automatisation des communications industrielles, comme par exemple:

- le temps réel,
- les actions synchronisées entre les appareils de terrain (les unités, par exemple),
- l'échange efficace et fréquent d'enregistrements de données peu volumineuses.

Ces nouveaux profils RTE peuvent présenter l'avantage d'améliorer les réseaux Ethernet en termes de largeur de bande de transmission et de portée de réseau.

Une autre exigence implicite, mais néanmoins essentielle, porte sur le fait que la totalité des fonctions de communication Ethernet classiques (telles qu'elles sont utilisées dans le monde professionnel) est conservée, ce qui permet de continuer à utiliser le logiciel concerné.

Le marché a besoin de plusieurs solutions réseau, présentant chacune des caractéristiques de performance et des capacités fonctionnelles différentes correspondant aux diverses exigences d'application. Les indicateurs de performance RTE (voir l'Article 5), dont les valeurs sont fournies avec les appareils RTE en fonction des profils de communication spécifiés dans la présente partie de la CEI 61784, permettent à l'utilisateur de mettre en correspondance les éléments du réseau avec les exigences de performance d'application d'un réseau RTE.

Le paragraphe 5.1 précise les principes de base des indicateurs de performance requis pour exprimer les performances RTE d'un profil de communication. Le paragraphe 5.2 présente les exigences d'application. Une classe dépendante de l'application peut être utilisée pour rechercher un profil de communication adapté. L'Article 4 précise comment il convient d'établir la conformité d'un appareil à la famille de profils de communication ou au profil de communication.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – PROFILS –

Partie 2: Profils supplémentaires des bus de terrain pour les réseaux temps réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61784 spécifie:

- les indicateurs de performance prenant en charge les schémas de classement pour les exigences RTE (Real-Time Ethernet);
- les profils et les composants de réseau connexes reposant sur l'ISO/CEI 8802-3, la série CEI 61158 et la CEI 61784-1;
- les solutions RTE capables de fonctionner en parallèle avec les applications ISO/CEI 8802-3.

Ces profils de communication sont appelés Ethernet en temps réel (RTE).

NOTE Les profils de communication RTE utilisent les réseaux de communication ISO/CEI 8802-3 et ses composants de réseau connexes ou la CEI 61588 et peuvent, dans certains cas, amender ces normes pour obtenir les fonctions RTE.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements)

CEI 61158 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*

IEC 61588:2004, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems* (disponible en anglais seulement)

NOTE La conformité aux futures éditions de la présente norme devra être vérifiée.

CEI 61784-1, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 1 : Profils de bus de terrain*

CEI 61784-5-2, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-2: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 2*

CEI 61784-5-3, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-3: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 3*

CEI 61784-5-6, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-6: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 6*

IEC 61918, *Industrial communication networks – Installation of communication networks in industrial premises* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 8802-2, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 2: Logical link control* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 8802-2/Cor. 1

ISO/IEC 8802-3:2000, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications* (disponible en anglais seulement)

ISO/IEC 8802-11, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Sans fil LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications* (disponible en anglais seulement)

ISO 15745-3, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 3: Reference description for IEC 61158-based control systems* (disponible en anglais seulement)

ISO 15745-4:2003, *Industrial automation systems and integration – Open systems application integration framework – Part 4: Reference description for Ethernet-based control systems* (disponible en anglais seulement)

Amendement 1:2006, profils PROFINET

IEEE 802.1AB, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE 802.1D, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for local and metropolitan area networks – Common specifications – Media access control (MAC) Bridges*

IEEE 802.1Q, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – IEEE standard for Local and metropolitan area networks – Virtual bridged local area networks*

IEEE 802.3-2002, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications*

NOTE 1 La conformité aux futures éditions de la présente norme devra être vérifiée.

NOTE 2 L'IEEE 802.3-2002 comprend des extensions vers l'ISO/CEI 8802-3:2000. Lorsque l'édition suivante de l'ISO/CEI 8802-3 sera disponible, les références à l'IEEE 802.3-2002 seront remplacées, le cas échéant.

IEEE Std 802.3ab, *Information technology – telecommunications and information exchange between systems – local and metropolitan area networks – Specific requirements. Supplement to Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications – Physical layer parameters and specifications for 1000 Mb/s operation over 4-pair of category 5 balanced copper cabling, type 1000BASE-T*

IEEE Std 802.11g, *IEEE Standard for Information technology— Telecommunications and information exchange between systems— Local and metropolitan area networks— Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 4: Further higher data rate extension in the 2,4 GHz band*

IEEE Std 802.11h, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 5: Spectrum and transmit power management extensions in the 5 GHz band in Europe*

IEEE Std 802.11e, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 8: Medium Access Control (MAC) quality of service enhancements*

IEEE Std 802.11i, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications – Amendment 6: Medium Access Control (MAC) security enhancements*

IEEE Std 802.15.1, *IEEE Standard for Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15: Sans fil medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications for wireless personal area networks (WPANs)*

Internet Engineering Task Force (IETF), Request for Comments (RFC):

RFC 768, *Protocole de datagramme d'utilisateur*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0768.txt>>)

RFC 791, *Protocole Internet*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0791.txt>>)

RFC 792, *Internet Control Message Protocol*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0792.txt>>)

RFC 793, *Transmission Control Protocol*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0793.txt>>)

RFC 826, *Ethernet Address Resolution Protocol*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0826.txt>>)

RFC 894, *A standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet Networks*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc0894.txt>>)

RFC 1112, *Host Extensions for IP Multicasting*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1112.txt>>)

RFC 1122, *Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1122.txt>>)

RFC 1123, *Requirements for Internet Hosts – Application and Support*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1123.txt>>)

RFC 1127, *A Perspective on the Host Requirements RFCs*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1127.txt>>)

RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1213.txt>>)

RFC 1305, *Network Time Protocol (Version 3)*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc1305.txt>>)

RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2131.txt>>)

RFC 2236, *Internet Group Management Protocol, Version 2*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2236.txt>>)

RFC 2328, *OSPF Version 2*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt>>)

RFC 2544, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2544.txt>>)

RFC 2988, *Computing TCP's Retransmission Timer*
(disponible à l'adresse <<http://www.ietf.org/rfc/rfc2988.txt>>)

Open Software Foundation (OSF): C706, *CAE Specification DCE1.1: Remote Procedure Call*,
(disponible à l'adresse <http://www.opengroup.org/onlinepubs/9629399/toc.htm>>)

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO/CEI 8802-3 et l'IEEE 802.1D, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1.1

réseau actif

réseau dans lequel la transmission de données entre des appareils qui ne sont pas immédiatement connectés dépend d'éléments actifs présents dans les appareils intermédiaires formant le chemin de connexions
[CEI 61918]

3.1.2

cycle de communication

<CPF 16>

période de temps fixe entre deux messages de synchronisation principaux

3.1.3

cyclique

répétitif de manière régulière

3.1.4

domaine

<CPF 10>

partie du réseau composée d'un ou de deux sous-réseau(x)

NOTE Deux sous-réseaux sont nécessaires à la composition d'un réseau à double redondance, chaque station d'extrémité du domaine étant connectée à l'un ou l'autre des sous-réseaux.

3.1.5

station d'extrémité

système associé à un réseau, qui est la source ou la destination des trames MAC transmises sur ledit réseau

NOTE Du point de vue du réseau, un routeur de couche réseau est une station d'extrémité. Un commutateur, dont le rôle consiste à transférer des trames MAC d'une liaison à une autre, n'est pas une station d'extrémité.

3.1.6

zone de terrain

endroit d'un site de fabrication ou de traitement dans lequel se trouvent les appareils de terrain

3.1.7

trame

unité de transmission de données d'un contrôle d'accès au support (MAC) ISO/CEI 8802-3 qui achemine une unité de données de protocole (PDU) entre les utilisateurs de service MAC [IEEE Std. 802.1Q]

3.1.8

numéro d'identification

(IDN)

<CPF 16>

appellation d'une donnée de fonctionnement sous laquelle un bloc de données est préservé avec ses attributs, noms, unités, valeurs d'entrée minimales et maximales, ainsi que les données

3.1.9

canal IP

<CPF 16>

intervalle de temps défini dans le cycle de communication, permettant de transmettre les trames de protocole Ethernet ISO/CEI 8802-3 (communication en temps différé)

3.1.10

gigue

modification temporelle du signal d'horloge ou d'un événement régulier

3.1.11

topologie linéaire

topologie dans laquelle les nœuds sont connectés en série, deux nœuds étant connectés à un seul autre nœud et tous les autres étant connectés à deux autres nœuds (en d'autres termes, la connexion forme une ligne)

[CEI 61918]

3.1.12

liaison

chemin de transmission entre deux nœuds adjacents

[dérivée de l'ISO/CEI 11801]

3.1.13

maître

<CPF 16>

nœud qui autorise les autres nœuds à transmettre

3.1.14

message

série ordonnée d'octets destinée à communiquer des informations

[dérivée de l'ISO 2382-16.02.01]

NOTE En principe utilisé pour acheminer des informations entre des homologues au niveau de la couche d'application.

3.1.15

message MDT0

<CPF 16>

message dans lequel le maître transmet aux esclaves ses données de synchronisation et tout ou partie de ses données en temps réel

3.1.16

nœud

entité de réseau connectée à une ou plusieurs liaisons

NOTE Un nœud peut être un commutateur, une station d'extrémité ou une station d'extrémité RTE.

3.1.17

paquet

groupement logique d'informations permettant de décrire une unité de données d'une couche afin d'acheminer les données utilisateur de la couche supérieure vers sa couche homologue

NOTE Un paquet est identique au PDU de chaque couche en termes de modèle de référence OSI. Un paquet de couche de liaison de données est une trame.

3.1.18

temps réel

aptitude d'un système à fournir un résultat requis dans un temps limité

3.1.19

communication en temps réel

transfert de données en temps réel

3.1.20

Ethernet en temps réel (RTE)

réseau ISO/CEI 8802-3 comprenant une communication en temps réel

NOTE 1 Une autre communication peut être prise en charge, à condition de ne pas compromettre la communication en temps réel.

NOTE 2 Cette définition est spécialisée mais n'est pas limitée à l'ISO/CEI 8802-3. Elle pourrait s'appliquer à d'autres spécifications (l'IEEE 802.11, par exemple).

3.1.21

anneau

réseau actif dans lequel chaque nœud est connecté en série à deux autres nœuds [CEI 61918]

NOTE Un anneau peut également être appelé boucle.

3.1.22

router

<CPF 10>

équipement intermédiaire permettant de connecter au moins deux sous-réseaux à l'aide d'une fonction de relais de couche réseau

3.1.23

élément final RTE

appareil comportant au moins une station d'extrémité RTE

3.1.24

station d'extrémité RTE

station d'extrémité offrant une fonction RTE

3.1.25

planification

disposition temporelle d'un certain nombre d'opérations liées

3.1.26

étoile

réseau composé d'au moins trois appareils, chacun étant connecté à un point central [dérivé de la CEI 61918]

3.1.27

sous-réseau

<CPF 10>

partie d'un réseau ne contenant pas de routeur

NOTE 1 Un sous-réseau est composé de stations d'extrémité, de ponts et de segments.

NOTE 2 Les adresses de réseau IP de chaque station d'extrémité incluse dans un sous-réseau sont identiques.

3.1.28

commutateur

pont MAC tel que défini dans l'IEEE 802.1D

3.1.29

message

<CPF 16>

trame

3.2 Abréviations et acronymes

AL	Couche d'application (<i>Application Layer</i>)
APDU	Ensemble (Unité) de données de protocole d'application (<i>Application Protocol Data Unit</i>)
API	Identificateur de processus d'application (<i>Application Process Identifier</i>)
AR	Relation d'application (<i>Application Relationship</i>)
ARP	Protocole de résolution d'adresse (<i>Address Resolution Protocol</i>)
ASE	Éléments de service d'application (<i>Application Service Elements</i>)
CP	Profil de communication (<i>Communication Profile</i>) [conformément à la CEI 61784-1]
CPF	Famille de profils de communication (<i>Communication Profile Family</i>) [conformément à la CEI 61784-1]
CRC	Contrôle de redondance cyclique (<i>Cyclic Redundancy Check</i>)
CSMA-CD	Accès multiple par surveillance du signal et détection de collision (<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection</i>)
DA	Adresse MAC de destination (<i>Destination MAC Address</i>)
DHCP	Protocole de configuration d'hôte dynamique (<i>Dynamic Host Configuration Protocol</i>) (voir RFC 2131)
DL	Couche de liaison de données (<i>Data Link</i>) (préfixe)
DLL	Couche DL (<i>DL Layer</i>)
DNS	Service de nom de domaine (<i>Domain Name Service</i>)
DUT	Appareil en essai (<i>Device under test</i>)
ECSME	Entité de gestion de planification des communications EPA (<i>EPA Communication Scheduling Management Entity</i>)
FA	Automatisation des usines (<i>Factory Automation</i>)
FCS	Séquence de contrôle de trame (<i>Frame Check Sequence</i>)
FrameID	Identificateur de trame (<i>Frame Identifier</i>) (voir CEI 61158-6-10)
HW	Matériel (<i>HardWare</i>)

IANA	Internet Assigned Numbers Authority
ICMP	Protocole de message de contrôle Internet (<i>Internet Control Message Protocol</i>) (voir RFC 792)
ID	Identificateur
IDN	Numéro d'identification (<i>IDentification Number</i>)
IETF	Internet Engineering Task Force
ES	Entrée-Sortie
IP	Protocole Internet (<i>Internet Protocol</i>) (voir RFC 791)
IPv4	Protocole Internet version 4 (<i>Internet Protocol version 4</i>) (voir RFC 791)
IRT	RT isochrone (<i>Isochronous RT</i>)
LAN	Réseau local (<i>Local Area Network</i>)
LLC	Contrôle de liaison logique (<i>Logical Link Control</i>)
LLDP	Protocole de reconnaissance de couche de liaison (<i>Link Layer Discovery Protocol</i>) (voir l'IEEE 802.1AB)
MAC	Contrôle d'accès au support (<i>Media Access Control</i>)
MAC	Contrôle d'accès au support (<i>Media Access Control</i>) (voir l'ISO/CEI 8802.3)
Mbit/s	Million de bits par seconde
Moctets/s	Million d'octets par seconde
MCR	Relation de communication à multidestination (<i>Multicast Communication Relation</i>)
MIB	Base d'informations de gestion (<i>Management Information Base</i>)
MRP	Protocole de redondance du support (<i>Medium Redundancy Protocol</i>)
MRRT	Redondance du support pour le temps réel (<i>Media redundancy for real-time</i>)
MRPD	Redondance du support pour la duplication planifiée (<i>Media redundancy for planned duplication</i>)
ms	millisecondes
NoS	Nombre de commutateurs (<i>Number of Switches</i>)
NRT	Temps différé (<i>Non-Real-Time</i>)
OSPF	Open Shortest Path First (voir RFC 2328)
PDU	Ensemble (Unité) de données de protocole (<i>Protocol Data Unit</i>)
PhL	Couche physique (<i>Physical Layer</i>)
Phy	Sous-couche de l'entité de couche physique PHY (voir l'ISO/CEI 8802.3)
PI	Indicateur de performance (<i>Performance indicator</i>)
pps	Paquets par seconde
PTCP	Precision Transparent Clock Protocol
PTP	Precision Time Protocol [CEI 61588]
RPC	Appel de procédure à distance (<i>Remote Procedure Call</i>)

RSTP	Algorithme d'arbre maximal rapide et protocole (<i>Rapid Spanning Tree Algorithm and protocol</i>) (voir l'IEEE 802.1D)
RT	Temps réel (<i>Real-time</i>)
RTA	Protocole acyclique en temps réel (<i>Real-time protocol acyclic</i>)
RTE	Ethernet en temps réel (<i>Real-Time Ethernet</i>)
RT-Ethernet	Ethernet en temps réel (<i>RT-Ethernet</i>)
RTO	Délai d'attente de retransmission (<i>Retransmission Time Out</i>) [conformément à RFC 2988 – Calcul des temporisateurs de retransmission de TCP]
RTPS	Publication-abonnement en temps réel (<i>Real-Time Publish-Subscribe</i>)
SERCOS	SERial Real time COmmunication System
SNMP	Protocole de gestion de réseau simple (<i>Simple Network Management Protocol</i>) (voir RFC 1213)
TCC	Cyclique à contrainte de temps (<i>Time-Critical Cyclic</i>)
TCP	Protocole de contrôle de transmission (<i>Transmission Control Protocol</i>) (voir RFC 793)
TOS	Type de service (<i>Type Of Service</i>)
UDP	Protocole de datagramme utilisateur (<i>User Datagram Protocol</i>) (voir RFC 768)
VLAN	LAN virtuel (<i>Virtual LAN</i>)

3.3 Symboles

3.3.1 Symboles CPF 2

Symbole	Définition	Unité
APDUsize	Taille de l'ensemble de données de protocole d'application par connexion CP 2/2	octets
CD	Délai de segment du câble	µs
CL	Longueur du segment de câble	m
DT	Temps de remise	µs
EN_N RTE_PR	Vitesse de transmission des paquets non-RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2	pps
EN_RTE_PR	Vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2	pps
EN_PR	Vitesse de transmission des paquets de la station d'extrémité	pps
EN_PR_MAX	Vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité	pps
EN_TN RTE_PR	Vitesse totale de transmission des paquets non-RTE de la station d'extrémité en pps	pps
EN_TRTE_PR	Vitesse totale de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité	pps
k	Nombre de connexions CP 2/2 prises en charge par la station d'extrémité	—
m	Nombre de connexions non RTE CR 2/2	—
n	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité d'origine et destinataire	—
p	Nombre de connexions RTE CR 2/2	—
NRTE_BW	Largeur de bande non-RTE	%
PD	Délai de propagation du câble	n/m
SD _r	Délai de pile du récepteur	µs
SD _s	Délai de pile de l'émetteur	µs
SL	Latence du commutateur	µs
SPD	Délai de traitement du commutateur	µs
T _{x_paquet}	Durée d'émission du paquet	µs

3.3.2 Symboles CPF 3

Symbole	Définition	Unité
Cd	Délai du câble (voir l'attribut cable_delay dans la CEI 61158-5-10)	s
Cl _t	Longueur totale du câble	m
cta _R	Durée de cycle d'application du récepteur	s
cta _S	Durée de cycle d'application de l'émetteur	s
ctc	Durée de cycle de communication	s
Data	Trame Ethernet complète	octets
data_request	Débit RTE demandé	octets/s
data_RTE	Débit RTE réel	octets/s
DT	Temps de remise	s
endStations	Nombre de stations d'extrémité	—
EthernetDataRate	Vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
MAC_delay	Délai sur la couche MAC	s
NonRTE	Pourcentage de largeur de bande non-RTE	%
NoS	Nombre de commutateurs	—
od	Autres délais, par exemple, transfert de signal dans un anneau	s
pd	Délai de propagation	s
Phy_R_delay	Délai Phy côté récepteur	s
Phy_S_delay	Délai Phy côté émetteur	s
protocolRTE	Pourcentage de temps de protocole	s
Queue_delay	Délai de file d'attente dans un commutateur	s
RM	Durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	s
RR	Rapport de réduction d'attribut (voir CEI 61158-5-10)	—
SCF	Attribut SendClockFactor (voir CEI 61158-5-10)	—
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	s
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	s
Throughput_RTE	Débit RTE	octets/s
Time_synchron_accuracy	Exactitude de la synchronisation temporelle	s
tt	Temps de transfert	s

3.3.3 Symboles CPF 4

Symbole	Définition	Unité
cd	Délai du câble (Maximum 100 m)	µs
DT	Temps de remise	µs
DTb	Temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus favorable	µs
DTw	Temps de remise, calculé par les valeurs du cas le moins favorable	µs
FS	Nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE	—
NoAS	Nombre d'accès autorisés par appareil toutes les secondes	—
NoCEN	Nombre de stations d'extrémité RTE qui peuvent générer des trames sur la liaison commutateur-commutateur critique	—
NoNs[x]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur x	—
NoNt	Nombre total de stations d'extrémité RTE	—
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	—
pd	Délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur. Valeur minimale requise	µs
QTES	Période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation	µs
QTSS	Période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur	µs
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	µs
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	µs
ttES	Temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU maximale)	µs
ttESmin	Temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU minimale)	µs
ttSS	Temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale)	µs

3.3.4 Symboles CPF 6

Symbole	Définition	Unité
DTLD	Temps de remise total entre un esclave de Type 8 et une entité de Type 10	µs
DT10	Temps de remise du réseau de Type 10	µs
Cta_M	Durée du cycle d'application de l'application de mapping dans l'appareil de liaison	
M	Facteur de mise en œuvre du maître de Type 8	—
n	Nombre d'octets des données (données utilisateur; données utiles)	octets
sl8	Nombre d'esclaves de Type 8 connectés à l'appareil de liaison	—
T _{bit}	Durée nominale en bit (voir 27.2 de la CEI 61158-2)	µs
t _s	Temps de traitement logiciel du maître de Type 8 (spécifique à l'application)	µs

3.3.5 Symboles CPF 10

Symbole	Définition	Unité
Cdly	Délai du câble	µs
Clen	Longueur du câble	m
Dlen	Longueur de la trame Ethernet complète	bit
DT	Temps de remise	µs
DTlost1	temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine	µs
DTlost2	temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents	µs
DTmax1	temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine	µs
DTmax2	temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents	µs
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	—
Spd	Délai de commutation dans des conditions non saturées	µs
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris PhL, DLL et AP	µs
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris PhL, DLL et AP	µs
Trate	Débit binaire du transfert	Mbit/s

3.3.6 Symboles CPF 11

Symbole	Définition	Unité
BW_{CNT}	Largeur de bande utilisée pour la planification de la communication et le traitement des protocoles	%
BW_{NRT}	Largeur de bande utilisée pour les communications non RTE	%
BW_{RTE}	Largeur de bande utilisée pour les communications RTE	%
cd	Délai du câble	μs
cdl	Longueur totale du câble	km
ct	Durée de cycle	ms
data	Trame Ethernet complète	—
DT_H	Temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC	ms
DT_L	Temps de remise des données cycliques à faible vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC	ms
DT_M	Temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC	ms
DV_{HS}	Volume total de données cycliques à grande vitesse	octets
DV_{LS}	Volume total de données cycliques à faible vitesse	octets
DV_{MS}	Volume total de données cycliques à moyenne vitesse	octets
NoS	Nombre de commutateurs	—
od	Autres délais	μs
pd	Délai de propagation	μs
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	μs
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	μs
T_h	Temps de transmission à grande vitesse – cycle_time (ct) de base du service de données TCC	ms
T_{HS}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à grande vitesse	μs
T_l	Temps de transmission à basse vitesse	ms
T_{LS}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à basse vitesse	μs
T_m	Temps de transmission à moyenne vitesse	ms
T_{MAC}	Temps de maintenance et de contrôle, au cours duquel une nouvelle station d'extrémité est sollicitée et l'opération de temps périodique est contrôlée	μs
T_{MS}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à moyenne vitesse	μs
T_{NRT}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données non-RTE (données utiles), quittent la station d'extrémité dans le temps T_h et sont utilisées pour l'application Ethernet standard de manière sporadique	μs
TR_{HS}	Débit RTE de données cycliques à grande vitesse	Moctets/s
TR_{LS}	Débit RTE de données cycliques à faible vitesse	Moctets/s
TR_{MS}	Débit RTE de données cycliques à moyenne vitesse	Moctets/s
TR_{RTE}	Débit RTE et somme de TR_{HS} , TR_{LS} et TR_{MS}	Moctets/s
T_{RTE}	Somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données RTE (données utiles) de longueur fixe, quittent la station d'extrémité dans le temps T_h	μs
T_{SCH}	Somme des durées d'émission de trame pour la planification de transmission	μs
tt	Temps de transfert	μs

3.3.7 Symboles CPF 12

Symbole	Définition	Unité
l_{tc}	Longueur totale du câble	m
NoS	Nombre d'esclaves	
Pd	Délai de propagation	μs
t_{cd}	Délai du câble	$\mu s/m$
t_{cpdl}	Délai de copie des données dans un esclave	μs
t_{cycle}	Durée de cycle	μs
t_D	Temps de remise	μs
t_{data}	Durée d'émission de la trame Ethernet en temps réel la plus longue	μs

3.3.8 Symboles CPF 13

Symbole	Définition	Unité
B_{NRTE}	Largeur de bande non-RTE	%
M	MTU (unité de transmission maximale) du réseau	octets
N	Nombre de stations d'extrémité RTE traitées dans un cycle de communication	—
T_A	Temps réservé aux données non-RTE dans un cycle de communication	μs
T_C	Durée de cycle de communication	μs
T_D	Temps de remise	μs
$T_{FT,i}$	Temps de transmission des trames RTE d'une station d'extrémité RTE i	μs
T_p	Temps de traitement dans la station d'extrémité destinataire	μs
$T_{RD,i}$	Délai de réponse de la station d'extrémité RTE i	μs
T_S	Délai de démarrage du cycle de communication	μs
$T_{SD,i}$	Somme de tous les délais des composants d'infrastructure (commutateurs, concentrateurs, câblage) de la station d'extrémité RTE i	μs

3.3.9 Symboles CPF 14

Symbole	Définition	Unité
DT	Temps de remise	µs
D_size	Taille des données	octets
LCable	Longueur du câble	m
Ndata	Longueur de la trame Ethernet complète	octets
NRTE_BW	Largeur de bande non-RTE	%
NSwitch	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	
RateofEthernet	Vitesse de transmission Ethernet	Mbit/s
RMDData	Données de gestion de redondance	octets
RTData	Données en temps réel	octets
TApp_R	Temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	µs
TCable	Délai du câble	µs
TD_Sw	Retard dans le commutateur	µs
TEthernet_S	Temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/CEI 8802-3	µs
ThroughputRTE	Débit RTE	octets/s
TQueue_S	Délai de mise en file d'attente de l'émetteur	µs
TSDData	Données de synchronisation temporelle	octets
TStack_S	Temps de traitement de la pile de l'émetteur	µs
TSwitch	Délai de commutation	µs
TTrf_S	Temps de transfert d'un octet	µs
T_wire	Temps par octet sur un segment de fil	µs
STT_s	Temps transversal de la pile de l'émetteur	µs
STT_r	Temps transversal de la pile du récepteur	µs

3.3.10 Symboles CPF 15

Symbole	Définition	Unité
D_size	Taille des données	octets
DT	Temps de remise	µs
DT_if	Temps de remise lors de la perte d'une trame	µs
DT_ifh	Temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable selon la cadence (impulsions)	µs
DT_ifp	Temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable périodiquement	µs
DT_n	Temps de remise du message NACK	µs
H	Période de la cadence (impulsions), qui est un paramètre configuré	µs
N_Sw	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	
RTO	Paramètre de délai d'attente de retransmission TCP	µs
STT_r	Temps transversal de la pile du récepteur	µs
STT_r1	Partie du temps transversal de la pile du récepteur indépendante de D_size	µs
STT_r2	Partie du temps transversal de la pile du récepteur qui dépend linéairement de D_size	µs
STT_s	Temps transversal de la pile de l'émetteur	µs
STT_s1	Partie du temps transversal de la pile de l'émetteur indépendante de D_size	µs
STT_s2	Partie du temps transversal de la pile de l'émetteur qui dépend linéairement de D_size	µs
T	Période, qui est un paramètre configuré	µs
T_wire	Temps par octet sur un segment de fil	µs
TD_Sw	Retard dans le commutateur	µs

3.3.11 Symboles CPF 16

Symbole	Définition	Unité
ac	Exactitude de synchronisation non périodique	ns
cd	Délai du câble	µs/m
clt	Longueur totale du câble	m
ct	Cycle time configuré pour le segment de réseau	µs
data	Données à transmettre dans un cycle (y compris la trame Ethernet complète)	bit
DT	Temps de remise	µs
fr	Temps d'exécution de trame	µs
ma	Exactitude de synchronisation de l'appareil maître	µs
mct	Durée minimale du cycle	ms
N	Valeur entière	—
nf	Nombre de trames	—
nn	Nombre de nœuds	—
pd	Délai de propagation (retard du signal) d'un nœud de renvoi	µs
sa	Exactitude de synchronisation d'un appareil esclave	µs
st	Temps de séparation par trame	µs
tt	Temps de transfert	µs

3.4 Conventions

3.4.1 Conventions communes à toutes les couches

3.4.1.1 Tableaux de sélection des articles/paragraphes

La sélection des articles/paragraphes pour toutes les couches est définie dans le Tableau 1 et le Tableau 2. Les spécifications de base sélectionnées sont indiquées juste avant le/les tableau(x) de sélection. La sélection est réalisée au plus haut niveau de paragraphe/article possible afin de définir sans équivoque la sélection du profil.

Tableau 1 – Présentation des tableaux de sélection des articles/paragraphes de profil

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes

Tableau 2 – Contenu des tableaux de sélection des articles/paragraphes

Colonne	Texte	Signification
Article / paragraphe	<#>	numéro d'article/paragraphe des spécifications de base
En-tête	<texte>	titre d'article/paragraphe des spécifications de base
Présence	NON	Cet article/paragraphe n'est pas inclus dans le profil
	OUI	Cet article/paragraphe est intégralement (100 %) inclus dans le profil dans ce cas, aucun détail supplémentaire n'est donné
	—	La présence est définie dans les paragraphes suivants
	Partiel	Des parties de cet article/paragraphe sont incluses dans le profil
	Facultatif	Cet article/paragraphe peut éventuellement être inclus dans le profil
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	—	Aucune contrainte autre que celle donnée dans l'article/paragraphe du document de référence. Ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

Si des séquences d'articles/paragraphes ne correspondent pas au profil, les numéros sont concaténés.

EXEMPLE paragraphes concaténés

3.4 – 3.7	—	NON	—

3.4.1.2 Tableaux de sélection de service

Si la sélection des services est définie dans un tableau, le format du Tableau 3 est utilisé. Le tableau identifie les services sélectionnés et comprend les contraintes liées au service (voir le Tableau 4).

Tableau 3 – Présentation des tableaux de sélection de service

Réf. du service	Nom du service	Utilisation	Contrainte

Tableau 4 – Contenu des tableaux de sélection de service

Colonne	Texte	Signification
Réf. du service	<#>	numéro d'article/paragraphe des spécifications de base dans lesquelles le service est défini
	—	Non applicable
Nom du service	<texte>	Nom du service
Utilisation	M	Obligatoire
	O	Facultatif
	—	Le service n'est jamais utilisé
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	—	Aucune contrainte autre que celle qui est donnée dans l'article/paragraphe du document de référence, ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

Si la sélection des paramètres de service est définie dans un tableau, le format du Tableau 5 est utilisé. Chaque tableau identifie les paramètres sélectionnés et comprend les contraintes liées au paramètre (voir le Tableau 6).

Tableau 5 – Présentation des tableaux de sélection de paramètre

Réf. de paramètre	Nom du paramètre	Utilisation	Contrainte

Tableau 6 – Contenu des tableaux de sélection de paramètre

Colonne	Texte	Signification
Réf. de paramètre	<#>	numéro d'article/paragraphe des spécifications de base dans lesquelles le service est défini
	—	Non applicable
Nom du paramètre	<texte>	Nom du paramètre de service
Utilisation	M	Obligatoire
	O	Facultatif
	—	L'attribut n'est jamais présent
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	—	Aucune contrainte autre que celle qui est donnée dans l'article/paragraphe du document de référence ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

3.4.2 Couche physique

Aucune convention supplémentaire n'est définie.

3.4.3 Couche de liaison de données

3.4.3.1 Conventions de profil de service

Aucune convention supplémentaire n'est définie.

3.4.3.2 Sélections de service et de paramètre

Elles sont décrites par les conventions communes, voir 3.4.1.2.

3.4.4 Couche d'application

3.4.4.1 Conventions de profil de service

La sélection de l'ASE et de la classe est décrite dans les tableaux de sélection des articles/paragraphes, voir 3.4.1.1 Si l'utilisation de l'ASE et des classes sélectionnés est contrainte dans une plus large mesure, cela est spécifié dans le profil (un élément facultatif de la norme de base est obligatoire dans le profil, par exemple).

Si la sélection des attributs de classe est définie dans un tableau, le format du Tableau 7 est utilisé. Le tableau identifie les attributs de classe sélectionnés et comprend leurs contraintes (voir le Tableau 8).

Tableau 7 – Présentation des tableaux de sélection d'attribut de classe

Attribut	Nom de l'attribut	Utilisation	Contrainte

Tableau 8 – Contenu des tableaux de sélection d'attribut de classe

Colonne	Texte	Signification
Attribut	<#>	Numéro d'attribut de la classe de spécification de base
	—	Non applicable
Nom de l'attribut	<texte>	Nom de l'attribut
Utilisation	M	Obligatoire
	O	Facultatif
	—	L'attribut n'est jamais présent
Contraintes	Voir <#>	Les contraintes/remarques sont définies dans le paragraphe, le tableau ou la figure donné du document de ce profil
	—	Aucune contrainte autre que celle qui est donnée dans l'article/paragraphe du document de référence ou non applicable
	<texte>	Le texte définit directement la contrainte. Pour les textes plus longs, des notes de bas de page ou des notes placées dans le tableau peuvent être utilisées

3.4.4.2 Sélections de service et de paramètre

Elles sont décrites par les conventions communes, voir 3.4.1.2.

4 Conformité aux profils de communication

Une déclaration de conformité au profil CPF (famille de profils de communication) RTE de la présente partie de la CEI 61784 doit être établie ¹ sous la forme d'une:

- conformité à la CPF de la CEI 61784-2:2007 n <Type>, ou
- conformité à la CPF de la CEI 61784-2 (Ed. 1.0) n <Type>.

et une déclaration de conformité à un profil de communication (CP) de la présente partie de la CEI 61784 doit être établie sous la forme d'une:

- conformité au CP de la CEI 61784-2:2007 n/n <Type>, ou
- conformité au CP de la CEI 61784-2 (Ed. 1.0) n/n <Type>.

où le Type entre chevrons (< >) est facultatif, les chevrons ne devant pas être inclus. Le Type peut être une chaîne de caractères quelconque.

¹ Conformément aux Directives ISO/CEI.

Il convient que la déclaration de conformité soit accompagnée de la documentation appropriée (voir l'Article 6).

5 Indicateurs de performance RTE

5.1 Principes de base des indicateurs de performance

Un réseau comprenant une communication en temps réel et reposant sur l'ISO/CEI 8802-3 est appelé réseau Ethernet en temps réel (RTE). Les exigences des utilisateurs de réseaux RTE sont différentes selon les applications utilisées. Pour satisfaire à ces exigences de manière optimale, les réseaux de communication RTE conformes aux profils de communication décrits dans la présente norme offrent des performances différentes.

Les indicateurs de performance (spécifiés en 5.3) doivent être utilisés pour préciser les capacités d'un élément final RTE et d'un réseau de communication RTE, et pour spécifier les exigences d'une application. Les indicateurs de performance sont utilisés comme un ensemble de moyens d'interaction entre l'utilisateur du profil de communication RTE et le fabricant des éléments finaux RTE et des composants de réseau conformes à ce profil. Le paragraphe 5.2 spécifie les exigences de l'application.

Les indicateurs de performance représentent:

- a) les capacités d'un élément final RTE,
- b) les capacités d'un réseau de communication RTE,
- c) les exigences d'une application.

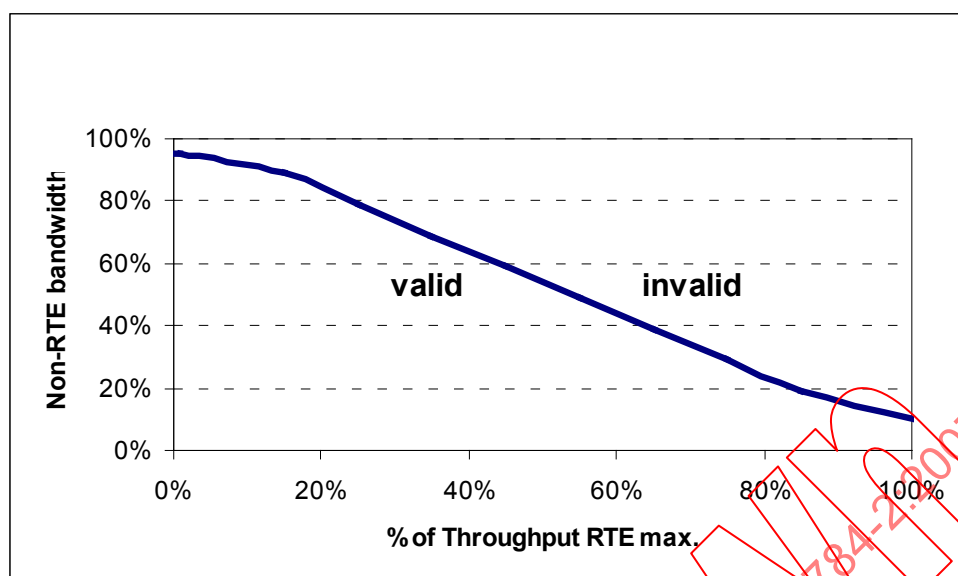
Un ensemble cohérent d'indicateurs de performance (spécifié en 5.3) est utilisé pour représenter les capacités RTE. Certains indicateurs de performance sont interdépendants, auquel cas, certaines valeurs dépendent de celles des autres pour assurer la cohérence de l'ensemble.

NOTE L'interdépendance est due aux contraintes physiques et logiques, qui ne sont pas modifiables. Par exemple, l'indicateur « Débit RTE (qui utilise 90 % de la largeur de bande totale) » et « Débit non-RTE (90 %) » ne peuvent pas être simultanés, car la charge de transmission décrite serait alors de 180 %.

Aucune valeur limite générale de spécification des performances RTE n'est précisée pour les indicateurs de la présente norme, mais les fournisseurs demandant la conformité à la présente norme sont tenus de préciser les valeurs limites d'un produit reposant sur un profil de communication.

Les paragraphes CPF spécifiques à la technologie précisent:

- a) la sélection des indicateurs de performance parmi les indicateurs de performance possibles définis en 5.3 adaptés à un profil de communication donné, éventuellement accompagnés de leurs limites ou plages individuelles,
- b) l'interdépendance entre les indicateurs de performance,
- c) éventuellement, les listes contenant des valeurs cohérentes d'indicateur de performance. Chaque liste contient un ou plusieurs indicateurs de performance principaux. Une valeur fixe est préalablement attribuée aux indicateurs de performance principaux (elle est en général optimisée pour présenter les meilleures performances globales). Les autres indicateurs de performance figurant dans la liste sont accompagnés de leurs limites de cohérence correspondantes,
- d) éventuellement, une représentation plus exhaustive de la relation entre les indicateurs de performance (la Figure 1 illustre un exemple de représentation graphique).



Légende

Anglais	Français
Non-RTE bandwidth	Largeur de bande non-RTE
Valid	Valide
Invalid	Non valide
% of throughput RTE max	% de débit RTE max.

Figure 1 – Exemple de représentation graphique des indicateurs cohérents

Le fournisseur d'éléments finaux RTE et de réseaux de communication RTE doit proposer au moins un ensemble cohérent d'indicateurs de performance. Il convient que les valeurs limites données par le fournisseur reposent sur les principes d'essai de conformité spécifiés dans l'Article 6.

NOTE 1 Un ensemble de listes d'indicateurs de performance cohérents est uniquement donné s'il existe une interdépendance entre les indicateurs de performance.

NOTE 2 Des applications peuvent faire l'objet d'exigences lorsqu'un indicateur particulier présente une importance plus grande que tous les autres. Ce type d'application peut trouver très utile de sélectionner la liste d'indicateurs cohérents avec l'indicateur principal correspondant. D'autres applications peuvent faire l'objet d'exigences selon lesquelles plusieurs indicateurs présentent une importance égale. Pour ce type d'applications, une représentation graphique ou une représentation plus exhaustive de la relation qu'entretiennent des indicateurs cohérents est plus appropriée. La Figure 1 est un exemple de représentation graphique d'indicateurs cohérents donnés par un profil de communication.

NOTE 3 Les éléments finaux RTE sont conçus à la discrétion de leurs fabricants. Par conséquent, aucune hypothèse ne peut être établie quant au nombre de stations d'extrémité RTE (interfaces réseau) générées dans un appareil. Pour obtenir des indicateurs de performance comparables du point de vue de l'application, ces indicateurs sont générés sur des stations d'extrémité RTE, et pas sur des appareils RTE.

5.2 Exigences d'application

Les capacités d'un réseau de communication RTE sont spécifiées en 5.3 sous la forme d'indicateurs. Les indicateurs permettent de mettre en correspondance les exigences d'application et les capacités des composants conformes à un ou plusieurs profils de communication de la présente partie de la CEI 61784.

Un profil est adapté si ses valeurs d'indicateur satisfont au moins aux valeurs d'indicateur requises.

NOTE 1 Des exigences sophistiquées sont susceptibles de donner un nombre plus petit de profils correspondants.

NOTE 2 Un principe de sélection du profil de communication correspondant est présenté dans l'ISO 15745-1.

NOTE 3 Il convient que la classe dépendante de l'application soit un sous-ensemble d'un profil de communication x/y de manière à être adaptée à cette application.

5.3 Indicateurs de performance

5.3.1 Temps de remise

Le temps de remise doit indiquer le temps nécessaire à l'acheminement d'un APDU contenant des données (données utiles du message) devant être remis en temps réel à partir d'un nœud (source) vers un autre (destination). Le temps de remise est mesuré au niveau de l'interface entre le processus d'application et l'entité d'application (bus de terrain).

NOTE 1 Une description du concept de couche d'application, accompagnée d'une description du processus d'application et de l'entité d'application, est donnée dans la partie spécifique au type respective de la CEI 61158-5.

Le temps de remise maximal doit être établi dans les deux cas suivants:

- erreurs de non-transmission, et
- une trame perdue avec reprise.

NOTE 2 La condition de défaillance permanente est décrite en 5.3.9.

Le calcul du temps de remise maximal doit inclure le temps de transmission et le temps d'attente.

NOTE 3 Le temps d'attente dépend du concept de réseau RTE, de la topologie du réseau RTE, de la charge d'application générée par les autres nœuds dans le réseau RTE et du trafic non-RTE à cet instant.

5.3.2 Nombre de stations d'extrémité RTE

Le nombre de stations d'extrémité RTE doit représenter le nombre maximal de stations d'extrémité RTE prises en charge par un profil de communication.

NOTE Les éléments du réseau (un commutateur, par exemple) ne sont pas pris en compte dans le nombre de stations d'extrémité RTE.

5.3.3 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base prise en charge par un profil de communication doit être établie en fonction de toutes les topologies figurant dans le Tableau 9 ou sous la forme d'une combinaison.

Tableau 9 – Types de topologie de réseau de base

Topologie de réseau de base	CP
Étoile hiérarchique	CP m/1
Anneau (boucle)	CP m/2
Topologie linéaire	CP m/3
NOTE Une topologie réelle peut être une combinaison de ces trois topologies de base.	

5.3.4 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité RTE

Nombre de commutateurs entre deux stations d'extrémité RTE faisant l'objet d'une relation d'application.

5.3.5 Débit RTE

Le débit RTE doit indiquer la quantité totale de données APDU (par longueur d'octet) sur une liaison par seconde.

5.3.6 Largeur de bande non-RTE

La largeur de bande non-RTE doit indiquer le pourcentage de largeur de bande, qui peut être utilisé pour la communication non-RTE sur une liaison. De plus, la largeur de bande totale de la liaison doit être spécifiée.

NOTE Le débit RTE et la largeur de bande non-RTE des indicateurs sont liés les uns aux autres.

5.3.7 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle doit indiquer l'écart maximal entre deux horloges de nœud.

5.3.8 Exactitude de synchronisation non périodique

L'exactitude de synchronisation non périodique doit indiquer la gigue maximale du comportement cyclique des deux nœuds, ce comportement étant déclenché par des événements périodiques sur le réseau.

NOTE 1 Ce facteur tient compte de la cohérence des données ou des actions déclenchées par l'événement. Il s'agit d'une mesure de la propagation de la cohérence.

NOTE 2 Il peut s'agir d'un événement à diffusion individuelle, à diffusion multiple ou à diffusion générale. Il peut également être composé d'un ensemble d'événements simples.

5.3.9 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance doit indiquer la durée maximale après défaillance avant le retour au fonctionnement total en cas de défaillance permanente.

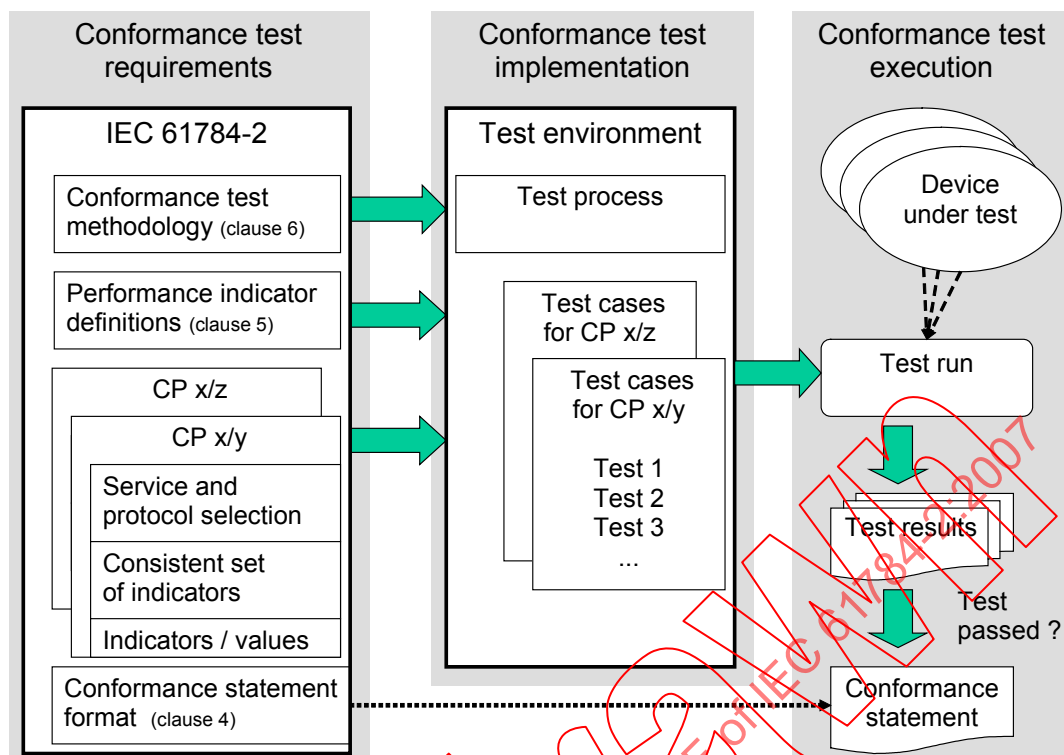
NOTE En cas de défaillance permanente, le temps de remise d'un message est le temps de reprise de redondance.

6 Essais de conformité

6.1 Concept

La présente partie de la CEI 61784 spécifie la méthodologie d'un essai de conformité d'un élément final RTE pour un ou plusieurs profils de communication. Cet essai de conformité consiste à vérifier les capacités d'un appareil en essai (DUT) par rapport à un ensemble cohérent d'indicateurs d'un profil de communication. L'essai de conformité doit assurer l'interopérabilité des appareils se déclarant conformes au même profil de communication. La Figure 2 présente l'essai de conformité lié à la présente partie de la CEI 61784.

NOTE La mise en œuvre et l'exécution de l'essai de conformité ne sont pas définies dans la présente norme.



Légende

Anglais	Français
Conformance test requirements	Exigences de l'essai de conformité
Conformance test implementation	Mise en œuvre de l'essai de conformité
Conformance test execution	Exécution de l'essai de conformité
Test environment	Environnement d'essai
Conformance test methodology (clause 6)	Méthodologie de l'essai de conformité (Article 6)
Test process	Processus d'essai
Device under test	Appareil en essai
performance indicator definitions (clause 5)	Définitions d'indicateur de performance (Article 5)
Test cases for CP x/y	Cas d'essai pour CP x/y
Test run	Exécution de l'essai
Service and protocol selection	Sélection de service et de protocole
Test 1 – Test 2 – Test 3	Essai 1 – Essai 2 – Essai 3
Consistent set of indicators	Ensemble cohérent d'indicateurs
Test results	Résultats d'essai
Indicators / values	Indicateurs / valeurs
Test passed ?	Essai satisfaisant ?
Conformance statement format (clause 4)	Format de déclaration de conformité (Article 4)
Conformance statement	Déclaration de conformité
IEC 61784-2	CEI 61784-2

Figure 2 – Présentation de l'essai de conformité

6.2 Méthodologie

Les cas d'essai doivent être développés de manière à pouvoir répéter les essais et vérifier les résultats. Les résultats d'essai doivent être documentés et utilisés comme base pour la déclaration de conformité.

Les essais de conformité d'un appareil doivent inclure, selon le cas, la vérification de:

- la disponibilité et la justesse de la fonctionnalité CP spécifiée,
- les valeurs d'indicateur correspondant au réseau,
- les valeurs d'indicateur correspondant à l'appareil,

Les valeurs d'indicateur de performance du profil de communication et de l'appareil en essai doivent être utilisées.

NOTE 1 La qualité des cas d'essai est supposée garantir l'interopérabilité d'un appareil soumis à essai. Si des irrégularités sont signalées, les cas d'essai sont adaptés en conséquence.

NOTE 2 Un processus d'essai de conformité est décrit dans la série ISO/CEI 9646.

6.3 Conditions d'essai et cas d'essai

Les conditions d'essai et cas d'essai doivent être définis et documentés sur la base d'un profil de communication spécifique. Cela doit inclure les indicateurs suivants, le cas échéant:

- nombre de nœuds;
- topologie de réseau;
- nombre de commutateurs entre les nœuds;
- débit RTE,
- largeur de bande non-RTE.

Pour chaque indicateur mesuré (voir 6.4), des documents de condition d'essai et de cas d'essai doivent être préparés, et doivent décrire:

- l'objectif de l'essai;
- le montage d'essai;
- la procédure d'essai;
- les critères de conformité.

Le montage d'essai présente la configuration de l'équipement nécessaire à la réalisation de l'essai, y compris l'équipement de mesurage, l'appareil en essai, l'équipement auxiliaire, le plan de raccordement et les conditions environnementales de l'essai.

Des parties de l'environnement d'essai peuvent être émulées ou simulées. Les effets de l'émulation ou de la simulation doivent être documentés.

La procédure d'essai explique comment il convient de réaliser l'essai. Elle décrit également l'ensemble spécifique d'indicateurs nécessaire à la réalisation de cet essai. Les critères de conformité définissent les résultats d'essai acceptés comme étant conformes à cet essai.

6.4 Procédure d'essai et mesures

Les indicateurs mesurés doivent inclure, le cas échéant:

- Le temps de remise;
- Le débit RTE;
- La largeur de bande non-RTE;
- L'exactitude de la synchronisation temporelle;
- L'exactitude de synchronisation non périodique;
- Le temps de reprise de redondance.

La procédure d'essai doit reposer sur les principes définis en 6.3 .

La séquence des actions de mesure permettant de réaliser une session d'essai doit être précisée.

Le nombre de sessions indépendantes composant l'essai doit être précisé.

La méthode de calcul du résultat de l'essai suite aux sessions indépendantes doit être précisée, le cas échéant.

6.5 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir des informations suffisantes permettant de répéter l'essai et de vérifier les résultats.

Le rapport d'essai doit au moins contenir:

- la référence à la méthodologie d'essai de conformité (voir 6.2),
- la référence aux définitions d'indicateur de performance (voir l'Article 5),
- la référence au profil de communication utilisé conformément à la présente partie de la CEI 61784,
- une description de l'environnement d'essai de conformité, comprenant les émulateurs de réseau, l'équipement de mesure, la personne ou l'organisme chargé de l'exécution de l'essai et la date de l'essai,
- l'appareil en essai, son fabricant et la révision matérielle et logicielle,
- le nombre et le type d'appareils connectés au réseau, avec la topologie,
- une référence aux spécifications de cas d'essai,
- les valeurs mesurées,
- une déclaration de conformité au profil de communication.

7 Famille de profils de communication 2 (CIP™ 2) – Profils de communication RTE

7.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 2 définit plusieurs profils de communication reposant sur le protocole de type 2 de la CEI 61158-2 jusqu'à la CEI 61158-6 et sur d'autres normes. Pour leurs couches supérieures, tous ces profils partagent le même système de communication, communément appelé Protocole industriel commun (CIP – Common Industrial Protocol).

La présente partie de la CEI 61784 définit deux profils de communication RTE.

- Profil 2/2 EtherNet/IP™ 3

² CIP™ est une appellation commerciale de Open DeviceNet Vendor Association, Inc. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque CIP™. L'utilisation de l'appellation commerciale CIP™ nécessite l'autorisation de Open DeviceNet Vendor Association, Inc.

³ EtherNet/IP™ est une appellation commerciale de ControlNet International, Ltd. et Open DeviceNet Vendor Association, Inc. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque EtherNet/IP™. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherNet/IP™ nécessite l'autorisation de ControlNet International, Ltd. ou Open DeviceNet Vendor Association, Inc.

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus du protocole de type 2 de la CEI 61158-4 jusqu'à la CEI 61158-6, et la suite de protocoles TCP/UDP/IP/Ethernet. Il s'appuie sur le protocole CIP et sur des services conjointement avec les normes Internet et Ethernet standard. Ce profil assure une communication en temps réel ISO/CEI 8802-3 et IEEE 802.3-2002 grâce à la priorisation de trame.

- Profil 2/2.1 EtherNet/IP™ avec synchronisation temporelle

Ce profil est une extension de CP 2/2. Il définit des mécanismes supplémentaires assurant une synchronisation temporelle précise entre les nœuds grâce à EtherNet/IP. L'ajout de services de synchronisation temporelle et de protocoles reposant sur la CEI 61588:2004 permet également d'utiliser ce profil pour la plupart des applications.

NOTE 1 Voir A.2 de la CEI 61784-1 pour obtenir une présentation de CIP et des concepts de communication réseau connexes.

NOTE 2 D'autres profils de communication sont définis dans les autres parties de la série CEI 61784.

7.2 Profil 2/2

7.2.1 Couche physique

Voir CEI 61784-1, 6.3.1.

7.2.2 Couche de liaison de données

Voir CEI 61784-1, 6.3.2.

7.2.3 Couche d'application

Voir CEI 61784-1, 6.3.3.

7.2.4 Sélection d'indicateur de performance

7.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 10 présente les indicateurs de performance CP 2/2.

Tableau 10 – CP 2/2: Présentation des indicateurs de performance (PI)

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	Oui	Aucune
Nombre de stations d'extrémité	Oui	Aucune
Topologie de réseau de base	Oui	Seule la topologie en étoile est prise en charge
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Aucune
Débit RTE	Oui	Aucune
Largeur de bande non-RTE	Oui	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	Non	—
Exactitude de synchronisation non périodique	Non	—
Temps de reprise de redondance	Non	—

7.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

7.2.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 11 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 2/2.

Tableau 11 – CP 2/2: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence					
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE
Temps de remise		Non	Non	Oui	Non	Non
Nombre de stations d'extrémité	Non		Oui	Oui	Non	Non
Topologie de réseau de base	Non	Non		Non	Non	Non
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Oui	Oui		Non	Non
Débit RTE	Non	Non	Non	Non		Oui
Largeur de bande non-RTE	Non	Non	Non	Non	Oui	

7.2.4.2.2 Temps de remise

Le temps de remise de données utiles entre deux stations d'extrémité dépend de nombreux facteurs (voir ci-dessous). Pour une direction d'un réseau CP 2/2 fonctionnant en mode bidirectionnel simultané, il peut être calculé pour chaque type de message d'application à l'aide des formules (1), (2) et (3).

$$DT = SD_s + T_{x\_paquet} + \sum_{i=1}^{n-1} CD_i + \sum_{k=1}^n SL_k + SD_r \quad (1)$$

$$CD_i = PD_i \times CL_i \quad (2)$$

$$SL_k = SPD_k + \sum_{j=1}^q T_{x\_paquet\_j} + T_{x\_paquet} \quad (3)$$

où

- DT est le temps de remise, en microsecondes;
- SD_s est le délai de pile de l'émetteur, en microsecondes (en fonction de la plate-forme matérielle sélectionnée et de la mise en oeuvre logicielle intégrée);
- T_{x_paquet} est la durée d'émission du paquet, en microsecondes;
- N est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité d'origine et destinataire;
- CD est le délai de segment du câble, en microsecondes;
- PD est le délai de propagation du câble, en nanosecondes par mètre (selon les caractéristiques du câble sélectionné);
- CL est la longueur du segment de câble, en mètres;
- SL est la latence du commutateur, en microsecondes (mesurée selon le RFC 2544, en général donné par le fournisseur du commutateur);

<i>SPD</i>	est le délai de traitement du commutateur, en microsecondes (indiqué par le fournisseur du commutateur, à la place de la latence du commutateur);
<i>Q</i>	est le nombre de paquets dans la file d'attente de transmission du port en face de ce paquet;
<i>T_{x_paquet_j}</i>	est la durée d'émission du paquet j;
<i>SD_r</i>	est le délai de pile du récepteur, en microsecondes (en fonction de la plate-forme matérielle sélectionnée et de la mise en œuvre logicielle intégrée).

NOTE Si un paquet est perdu (suite à une erreur de transmission, par exemple) mais que le suivant est reçu sans erreur, le temps de remise double. Les performances du système CP 2/2 ne sont pas affectées, sauf si quatre paquets consécutifs sont perdus.

7.2.4.2.3 Nombre de stations d'extrémité

Eu égard à la topologie en étoile, la présente norme porte sur les infrastructures réseau ne contenant que des commutateurs (Ethernet) de couche de liaison de données. Cela signifie que toutes les stations d'extrémité sont connectées au même sous-réseau. Selon la spécification CP 2/2, un sous-réseau peut contenir au maximum 1 024 stations d'extrémité. Le nombre minimal de stations d'extrémité est de deux, un producteur et un consommateur de données RTE.

7.2.4.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de base du réseau CP 2/2 est une étoile hiérarchique. Étant donné que la topologie de réseau de base est donnée, elle ne dépend pas des indicateurs de performance ni n'est influencée par eux.

7.2.4.2.5 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité, qui est le nombre de couches d'une étoile hiérarchique, est déterminé sur la base:

- du temps de remise;
- du nombre de stations d'extrémité, de leur emplacement physique et de la distance qui les sépare;
- du profil du trafic de réseau (types de trafic, débits, trafic mixte);
- des performances des commutateurs sélectionnés, en particulier leur débit, leur emplacement physique, la distance qui les sépare et le nombre d'accès par commutateur;
- des exigences de gestion du réseau.

Le nombre minimal est 1. Le nombre maximal est 1 024 lorsque chaque station d'extrémité comporte un commutateur individuel, s'apparentant ainsi à la topologie linéaire.

7.2.4.2.6 Débit RTE

Dans les réseaux Ethernet commutés reposant sur la topologie en étoile, une liaison associe une station d'extrémité et un accès du commutateur. Selon la définition fournie en 5.3.5, le débit RTE dépend de la vitesse de transmission des données de liaison, du mode de fonctionnement de la liaison (bidirectionnel non simultané ou bidirectionnel simultané) et du traitement de protocoles. Le débit RTE (Throughput_RTE) d'une direction d'une liaison CP 2/2 fonctionnant en mode bidirectionnel simultané peut être calculé par la Formule (4).

$$Throughput\_RTE = \sum_{i=1}^k (APDSize_i \times EN\_RTE\_PR_i) \leq EN\_PR\_MAX \quad (4)$$

où

<i>APDUsize</i>	est la taille de l'ensemble de données de protocole d'application par connexion CP 2/2, en octets;
<i>EN_RTE_PR</i>	est la vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2 en paquets par seconde (pps);
<i>k</i>	est le nombre de connexions CP 2/2 prises en charge par la station d'extrémité;
<i>EN_PR_MAX</i>	est la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité, en pps.

7.2.4.2.7 Largeur de bande non-RTE

Le profil CP 2/2 ne précise pas le pourcentage de largeur de bande qui peut être utilisée pour les communications non RTE, mais ce pourcentage peut être calculé comme indiqué ci-après.

7.2.4.2.8 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non-RTE

Une liaison dans le profil CP 2/2 est un lien entre la station d'extrémité et un accès du commutateur. La largeur de bande totale de liaison est limitée par le débit de la station d'extrémité, qui correspond à la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité. La largeur de bande totale de liaison est donc la somme des vitesses de transmission des paquets RTE et non-RTE de la station d'extrémité et peut être calculée par les Formules (5), (6), (7), (8) et (9).

$$Total\_Link\_Bandwidth = EN\_PR\_MAX \quad (5)$$

$$EN\_PR = EN\_TRTE\_PR + EN\_TNRTE\_PR \leq EN\_PR\_MAX \quad (6)$$

$$EN\_TRTE\_PR = \sum_{i=1}^p EN\_RTE\_PR_i \quad (7)$$

$$EN\_TNRTE\_PR = \sum_{j=1}^m EN\_NRTE\_PR_j \quad (8)$$

$$NRTE\_BW = \frac{EN\_PR\_MAX - EN\_TRTE\_PR}{EN\_PR\_MAX} \times 100\% \quad (9)$$

où

<i>EN_PR</i>	est la vitesse de transmission des paquets de la station d'extrémité, en paquets par seconde (pps);
<i>EN_PR_MAX</i>	est la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité, en pps;
<i>EN_TRTE_PR</i>	est la vitesse totale de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité, en pps;
<i>EN_RTE_PR</i>	est la vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2, en pps;
<i>p</i>	est le nombre de connexions RTE CR 2/2;
<i>EN_TNRTE_PR</i>	est la vitesse totale de transmission des paquets non-RTE de la station d'extrémité, en pps;
<i>EN_NRTE_PR</i>	est la vitesse de transmission des paquets non-RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2, en pps;
<i>m</i>	est le nombre de connexions non RTE CR 2/2;
<i>NRTE_BW</i>	est la largeur de bande non-RTE, en %.

EXEMPLE

La vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité est de 2 000 pps. Il existe 5 connexions RTE: 2 avec EN_RTE_PR = 200 pps et 3 avec EN_RTE_PR = 100 pps. Il existe également 4 connexions non-RTE, toutes avec EN_NRTE_PR = 10 pps.

$$EN\_TRTE\_PR = 2 \times 200 \text{ pps} + 3 \times 100 \text{ pps} = 700 \text{ pps}$$

$$EN\_PR = 700 \text{ pps} + 40 \text{ pps} = 740 \text{ pps}$$

$$NRTE\_BW = \frac{40 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 2\%$$

$$NRTE\_BW_{\max} = \frac{2000 \text{ pps} - 700 \text{ pps}}{2000 \text{ pps}} \times 100\% = 65\%$$

Dans cet exemple, 65 % de la largeur de bande de liaison peuvent être utilisés pour le trafic non-RTE, mais uniquement 2 % sont réellement utilisés.

7.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 12 définit un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 2/2. Les valeurs minimale et maximale de temps de remise sont calculées en A.1.1.1. La valeur maximale du débit RTE est calculée en A.1.1.2.

Tableau 12 – CP 2/2: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour l'automatisation des usines

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	130 µs à 20,4 ms	—
Nombre de stations d'extrémité	2 à 1 024	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1 à 1 024	—
Débit RTE	0 octets/s à 3,44 x 10 ⁶ octets/s	—
Largeur de bande non-RTE	0 % à 100 %	—

7.3 Profil 2/2.1

7.3.1 Couche physique

La couche physique du profil Ethernet/IP est conforme à l'ISO/CEI 8802-3 et à l'IEEE 802.3-2002.

Les connecteurs et câbles recommandés sont spécifiés dans la CEI 61918 et la CEI 61784-5-2.

NOTE Des informations supplémentaires sont fournies dans l'ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: EtherNet/IP™ Adaptation of CIP, Chapter 8: Physical Layer.

7.3.2 Couche de liaison de données

7.3.2.1 Sélection de service DLL

La couche de liaison de données du profil CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/CEI 8802-3, à l'IEEE 802.3-2002 et à la CEI 61588:2004.

7.3.2.2 Sélection de protocole DLL

La couche de liaison de données du profil CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/CEI 8802-3, à l'IEEE 802.3-2002 et à la CEI 61588:2004.

Le Tableau 13 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-2.

Tableau 13 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	—
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	OUI	—
4 – 5	—	NON	—
6	Structure DLPDU spécifique, codage et procédures	—	—
6.1	Langage de modélisation	OUI	—
6.2 – 6.13	—	NON	—
7	Objets de gestion de la station	—	Voir Tableau 14
8 – 9	—	NON	—
Annexe A	(normative) – Indicateurs et commutateurs	—	—
A.1	Objectif	OUI	—
A.2	Indicateurs	—	—
A.2.1	Exigences générales de l'indicateur	OUI	—
A.2.2	Exigences communes de l'indicateur	OUI	—
A.2.3	Exigences de l'indicateur spécifique au bus de terrain (1)	NON	—
A.2.4	Exigences de l'indicateur spécifique au bus de terrain (2)	OUI	—
A.2.5	Exigences de l'indicateur spécifique au bus de terrain (3)	NON	—
A.3	Commutateurs	—	—
A.3.1	Exigences communes du commutateur	OUI	—
A.3.2	Exigences du commutateur spécifique au bus de terrain (1)	NON	—
A.3.3	Exigences du commutateur spécifique au bus de terrain (2)	OUI	—
A.3.4	Exigences du commutateur spécifique au bus de terrain (3)	NON	—

Le Tableau 14 spécifie la sélection des objets de gestion.

Tableau 14 – CP 2/2.1: Sélection de protocole DLL des objets de gestion

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7	Objets de gestion de la station	—	—
7.1	Généralités	Partielle	Objets et fonctions pertinents uniquement
7.2	Objet ControlNet	NON	—
7.3	Objet Keeper	NON	—
7.4	Objet de planification	NON	—
7.5	Objet d'interface TCP/IP	OUI	—
7.6	Objet de liaison Ethernet	OUI	—
7.7	Objet DeviceNet	NON	—
7.8	Objet de configuration de connexion	OUI	—

7.3.3 Couche d'application

7.3.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 15 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-2.

Tableau 15 – CP 2/2.1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	—
3	Termes, définitions, symboles,	OUI	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
	abréviations et conventions		
4	Concepts communs	Partielle	Les différences sont indiquées dans la CEI 61158-5-2
5	ASE de type de données	Partielle	La sélection et les restrictions sont spécifiées dans la CEI 61158-5-2
6	Spécification du modèle de communication	—	—
6.1	Concepts spécifiques au type 2	OUI	—
6.2	ASE	—	—
6.2.1	ASE de gestion d'objet	—	—
6.2.1.1	Présentation	OUI	—
6.2.1.2	Spécification de la classe de modèle de gestion FAL	—	—
6.2.1.2.1	Modèle formel général	OUI	—
6.2.1.2.2	Modèle formel d'identité	OUI	—
6.2.1.2.3	Modèle formel d'assemblage	OUI	—
6.2.1.2.4	Modèle formel de routeur de message	OUI	—
6.2.1.2.5	Modèle formel de gestionnaire d'acquiescement	OUI	—
6.2.1.2.6	Modèle formel de synchronisation temporelle	OUI	—
6.2.1.3	Spécification de service ASE du modèle de gestion FAL	OUI	—
6.2.2	ASE du gestionnaire de connexion	OUI	Classe unique dans cet ASE
6.2.3	ASE de connexion	OUI	Facultatif (interne ou externe)
6.3	AR	—	—
6.3.1	Présentation	OUI	—
6.3.2	Modèle formel d'AR d'UCMM	NON	—
6.3.3	Modèle formel d'AR de transport	Partielle	Les AR de transport 0, 1, 2 et 3 uniquement
6.3.4	Services ASE de l'AR	OUI	—
6.4	Récapitulatif des classes FAL	OUI	—
6.5	Services FAL autorisés par le type d'AR	OUI	—

De plus, les services AL sont mis en correspondance avec la suite de protocoles TCP/UDP/IP.

Les exigences minimales correspondantes des appareils EtherNet/IP sont spécifiées dans les RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 et les documents suivants susceptibles de les remplacer. Tous les appareils EtherNet/IP doivent au moins prendre en charge les exigences spécifiées dans les RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 et RFC 2236.

Si une fonction ou un protocole Internet est mis(e) en œuvre par un Appareil EtherNet/IP, il/elle doit l'être conformément aux documents RFC appropriés, qu'il/elle soit considéré(e) comme étant obligatoire ou facultatif(ve) par ledit document RFC.

7.3.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 16 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-2.

Tableau 16 – CP 2/2.1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	—
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	—
4	Syntaxe abstraite	—	—
4.1	Syntaxe abstraite FAL PDU	—	—
4.2	Spécification de la syntaxe abstraite des données	OUI	—
4.3	Syntaxe abstraite d'encapsulation	OUI	—
5	Syntaxe de transfert	OUI	—
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	—
7	Diagramme d'états de contexte	OUI	—
8	Machine protocolaire de service FAL (FSPM)	OUI	—
9	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	—	—
9.1	Généralités	OUI	—
9.2	ARPM sans connexion (UCMM)	—	—
9.3	ARPM orientés connexion (transports)	Partielle	Classes de transport 0, 1, 2 et 3 uniquement
10	Machine protocolaire de mapping DLL 1 (DMPM 1)	NON	—
11	Machine protocolaire de mapping DLL 2 (DMPM 2)	OUI	—
12	Machine protocolaire de mapping DLL 3 (DMPM 3)	NON	—

De plus, le protocole AL est mis en correspondance dans la suite de protocoles TCP/UDP/IP.

Les exigences minimales correspondantes des appareils EtherNet/IP sont spécifiées dans les RFC 1122, RFC 1123, RFC 1127 et les documents suivants susceptibles de les remplacer. Tous les appareils EtherNet/IP doivent au moins prendre en charge les exigences spécifiées dans les RFC 768, RFC 791, RFC 792, RFC 793, RFC 826, RFC 894, RFC 1112 et RFC 2236.

Si une fonction ou un protocole Internet est mis(e) en œuvre par un appareil EtherNet/IP, il/elle doit l'être conformément aux documents RFC appropriés, qu'il/elle soit considéré(e) comme étant obligatoire ou facultatif(ve) par ledit document RFC.

7.3.4 Sélection d'indicateur de performance

7.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 17 présente les indicateurs de performance CP 2/2.1.

Tableau 17 – CP 2/2.1: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	Oui	Aucune
Nombre de stations d'extrémité	Oui	Aucune
Topologie de réseau de base	Oui	Seule la topologie en étoile est prise en charge
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Aucune
Débit RTE	Oui	Aucune
Largeur de bande non-RTE	Oui	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	Oui	Requiert des commutateurs capables de fonctionner comme des horloges transparentes ou des «boundary clock» conformes à la CEI 61588:2004
Exactitude de synchronisation non périodique	Non	—
Temps de reprise de redondance	Non	—

7.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

7.3.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 18 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 2/2.1.

Tableau 18 – CP 2/2.1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence						
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle
Temps de remise		Non	Non	Oui	Non	Non	Non
Nombre de stations d'extrémité	Non		Oui	Oui	Non	Non	Oui
Topologie de réseau de base	Non	Non		Non	Non	Non	Non
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	Oui	Oui		Non	Non	Oui
Débit RTE	Non	Non	Non	Non		Oui	Non
Largeur de bande non-RTE	Non	Non	Non	Non	Oui		Non
Exactitude de la synchronisation temporelle	Non	Non	Oui	Oui	Non	Non	

7.3.4.2.2 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle est la gigue maximale entre les horloges maître et esclave. Pour obtenir une exactitude au 1 μ s près dans un réseau en étoile, il est nécessaire d'utiliser des commutateurs contenant des horloges «boundary clock» conformes à la CEI 61588:2004. Il a été démontré que, dans ce cas, le nombre de commutateurs en cascade ne doit pas dépasser quatre (4), en admettant que l'exactitude de l'horloge «boundary clock» du commutateur se situe dans la plage de ± 100 ns.

7.3.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 19 définit un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 2/2.1. Les valeurs minimale et maximale de temps de remise sont calculées en A.1.2.1. Le nombre maximal de nœuds est calculé en A.1.2.2. La valeur maximale du débit RTE est calculée en A.1.1.2.

Tableau 19 – CP 2/2.1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la commande de mouvement

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	130 μ s à 190 μ s	—
Nombre de stations d'extrémité	2 à 90	Nombre maximal d'accès dans les commutateurs à horloges « boundary clock »
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	1 à 4	Nombre maximal de commutateurs en cascade à horloges « boundary clock »
Débit RTE	0 octets/s à $3,44 \times 10^6$ octets/s	—
Largeur de bande non-RTE	0 % à 100 %	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	$\leq 1 \mu$ s	—

8 Famille de profils de communication 3 (PROFIBUS & PROFINET⁴) – Profils de communication RTE

8.1 Présentation générale

8.1.1 Présentation de CPF 3

La famille de profils de communication 3 (CPF 3) définit les profils de communication utilisant le Type 3 et le Type 10 de la série CEI 61158, ce qui correspond aux parties des systèmes de communication communément appelées PROFIBUS et PROFINET. Les CP 3/1, CP 3/2 et CP 3/3 sont spécifiés dans la CEI 61784-1.

Les profils PROFINET spécifiques à RTE sont spécifiés pour les trois classes de conformité appelées A, B et C. La conformité à un profil de communication présent dans la CPF 3 est une condition préalable au respect de la classe de conformité (voir Tableau 23). Ces classes de conformité requièrent des fonctions choisies parmi les classifications générales données en 8.1.2, 8.1.3, 8.1.4, 8.1.5 et 8.1.7.

⁴ PROFIBUS et PROFINET sont des appellations commerciales de l'organisation à but non lucratif PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. (PNO). Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque déposée. L'utilisation des appellations commerciales implique l'autorisation de son détenteur.

8.1.2 Classes de nœud

Les classes de nœud sont les suivantes:

- Appareil d'entrée-sortie, avec ou sans composant de réseau intégré;
- Contrôleur d'entrée-sortie, avec ou sans composant de réseau intégré;
- Superviseur d'entrée-sortie, et
- Composants de réseau (par exemple, commutateur, point d'accès sans fil, client sans fil).

NOTE Un nœud peut comporter plusieurs classes de nœud mises en œuvre simultanément, par exemple, contrôleur d'entrée-sortie et appareil d'entrée-sortie, appareil d'entrée-sortie et composant de réseau intégré.

Un appareil d'entrée-sortie doit prendre en charge au moins deux AR, chaque AR comprenant deux CR d'E-S et une CR de fournisseur multidestination, une CR d'alarme et une CR de données d'enregistrement avec les fonctions suivantes:

- CR d'E-S: longueur de données jusqu'à 1 440 octets avec plage de FrameID de RT_CLASS_1 et RT_CLASS_2
- CR de fournisseur multidestination (facultatif pour CP 3/4 et obligatoire pour CP 3/5 et CP 3/6): longueur de données jusqu'à 1 440 octets avec plage de FrameID de RT_CLASS_1 et RT_CLASS_2
- CR d'alarme: longueur de données jusqu'à 1 432 octets, longueur de données minimale de 200 octets
- CR de données d'enregistrement: longueur de données jusqu'à $2^{32} - 65$ octets, longueur de données minimale de 4 176 octets.

Un Contrôleur d'entrée-sortie doit prendre en charge au moins une AR pour chaque appareil d'entrée-sortie associé, comprenant deux CR d'E-S et une CR de fournisseur multidestination, une CR d'alarme et une CR de données d'enregistrement avec les fonctions suivantes:

- CR d'E-S et CR de fournisseur multidestination: longueur de données jusqu'à 1 440 octets, cohérence min. de 240 octets, prise en charge de tous les types de données définis (avec plage de FrameID de RT_CLASS_1 et RT_CLASS_2)
- CR d'alarme: longueur de données jusqu'à 1 432 octets, longueur minimale de données de 200 octets, capacité de mise en file d'attente d'au moins une alarme à priorité élevée et à priorité basse pour chaque appareil d'entrée-sortie associé
- CR de données d'enregistrement: longueur de données jusqu'à $2^{32}-65$ octets, longueur minimale de données de 4 176 octets, capacité de stockage de paramètre de démarrage de 16 Ko pour chaque appareil d'entrée-sortie associé, pas d'accès parallèle à un objet de données d'enregistrement
- Multi-API: au moins deux API prises en charge (API = 0 et API = x).

Les valeurs admises pour la résolution de nom définie dans la CEI 61158-6-10, 4.12 sont indiquées dans le Tableau 20.

Tableau 20 – Valeurs de temporisation pour la résolution de nom

Paramètre	Valeur	Commentaire
ARP-ResponseTimeout	2 s	Voir RFC 826
DCP-IdentifyTimeout	1 s	CEI 61158-6-10, 4.3.2.1.1
DCP-Set/GetTimeout	1 s	CEI 61158-6-10, 4.3.2.1.1
DNS-RequestTimeout	16 s	Voir RFC 1034 et RFC 1035

Le Tableau 21 contient les limitations pour les paramètres de temporisation AL d'un appareil d'entrée-sortie.

Tableau 21 – Temps de réaction pour un appareil d'entrée-sortie

Paramètre	Signification	Valeur
MinDeviceInterval ^a	Ce paramètre de performance est une Propriété de l'appareil d'entrée-sortie et fait partie intégrante de la description de l'appareil.	≤ 128 ms pour CP 3/4 et CP 3/5 ≤ 1 ms pour CP 3/6 $\leq 4\,000$ ms pour RT_CLASS_UDP
Remote_Application_Timeout ^b	Le paramètre Remote_Application_Timeout représente le délai d'un appel RPC. Chaque mise en œuvre d'appareil d'entrée-sortie est tenue d'assurer que le délai actuel pour que la réponse atteigne la plus petite valeur est possible	≤ 300 s
Set_Storage_Time ^c	Durée maximale entre DCP_Set.res et la fin du stockage permanent.	≤ 30 s obligatoires
IP_Startup_Time ^c	Durée entre DCP_Set.res et l'accessibilité de la couche IP avec ARP ^d ou PROFINETIOServiceReqPDU.	≤ 30 s recommandées ≤ 300 s obligatoires
Reset_to_Factory_Time ^c	Durée entre DCP_Set.res et la suppression du nom de station et du paramètre IP.	≤ 30 s recommandées ≤ 300 s obligatoires
MaxBridgeDelay pour MRP ^c	Chaque pont prenant en charge le protocole MRP doit transférer un MRP-PDU dans ce délai.	≤ 4 ms
MaxBridgeDelay pour MRRT ^c	Chaque pont prenant en charge le protocole MRRT doit transférer un MRRT-PDU dans ce délai.	≤ 4 ms
MaxBridgeDelay pour PTCP ^c	Chaque pont prenant en charge le protocole PTCP doit transférer un PTCP-PDU dans ce délai.	≤ 4 ms recommandées ≤ 40 ms obligatoires
MaxResponseDelay pour line delay measurement ^c	Durée entre PTCP-DelayReqPDU et PTCP-DelayResPDU Chaque appareil prenant en charge le protocole PTCP doit répondre à un PTCP-DelayReqPDU dans ce délai.	≤ 40 ms recommandées ≤ 100 ms obligatoires
^a Voir ISO 15745-4/Amendement 1. ^b Voir OSF C706. ^c Voir CEI 61158-6-10. ^d Voir IETF RFC 826.		

Un appareil d'entrée-sortie doit prendre en charge les combinaisons ReductionRatio SendClockFactor, qui satisfont à la Formule (10)

$$\text{MinDeviceInterval} \leq \text{SCF} \times \text{RR} \times 31,25 \mu\text{s} \quad (10)$$

où

SCF est l'attribut SendClockFactor (voir CEI 61158-5-10, SendClockFactor);

RR est l'attribut ReductionRatio (voir CEI 61158-5-10, ReductionRatio).

NOTE Chaque mise en œuvre d'un appareil d'entrée-sortie doit faire en sorte que MinDeviceInterval et Remote_Application_Timeout atteignent la plus petite valeur possible.

8.1.3 Classes d'application

Les classes d'application sont les suivantes :

- Application isochrone (commande de mouvement, par exemple), et
- Application non isochrone (automatisation des usines, automatisation des processus, automatisation des bâtiments, par exemple).

NOTE La synchronisation d'horloge isochrone est une fonction de classe de communication et pas de classe d'application.

8.1.4 Classes de communication

Toutes les classes de communication permettent de combiner les communications IEEE 802 et de IETF à des ajouts spécifiques à RTE. Les classes de communication sont les suivantes:

- RT Class 1 (contenu spécifié dans les attributs RT_CLASS_1, voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2),
- RT Class 2 (contenu spécifié dans les attributs RT_CLASS_2, voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2), et
- RT Class 3 (contenu spécifié dans les attributs RT_CLASS_3, voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2), et
- RT Class UDP (contenu spécifié dans l'attribut RT_CLASS_UDP, voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2).

RT CLASS UDP est une classe de communication facultative. Elle peut être utilisée sans et conjointement avec RT Class 1, 2 et 3.

8.1.5 Classes de redondance de support

Les classes de redondance de support sont les suivantes:

- RED_CLASS_1:
Redondance en anneau pour les communications IEEE 802 et IETF combinées à des ajouts RT_CLASS_1 et RT_CLASS_UDP spécifiques à RTE (voir 8.1.4).
Le comportement de classe permet de distinguer le gestionnaire et le client (voir la CEI 61158-5-10, 6.3.3).
- RED_CLASS_2: Redondance en anneau sans mémoire annexe pour RT_CLASS_1 et RT_CLASS_2.
- RED_CLASS_3: Redondance en anneau sans mémoire annexe pour RT_CLASS_3.

NOTE RED_CLASS_1 est appelé protocole de redondance de support (MRP). RED_CLASS_2 est appelé redondance du support pour temps réel (MRRT) RED_CLASS_3 est appelé redondance du support pour la duplication planifiée (MRPD).

La prise en charge de la redondance du support implique l'utilisation d'appareils dotés d'au moins 2 accès (voir le Tableau 22).

Tableau 22 – Classe de redondance applicable dans les classes de conformité

Classes de redondance	Classes de conformité		
	A	B	C
RED_CLASS_1	Gestionnaire ^a : Facultatif Client: Facultatif	Gestionnaire ^a : Facultatif Client: Facultatif	Gestionnaire ^a : Facultatif Client: Obligatoire
RED_CLASS_2	Non applicable	Facultatif	Obligatoire

RED_CLASS_3	Non applicable	Non applicable	Obligatoire
^a Un nœud d'un anneau doit prendre en charge le rôle de gestionnaire si l'une des classes de redondance est utilisée.			

8.1.6 Classes de support

Les classes de support sont les suivantes:

- filaire
- fibre optique
- sans fil

8.1.7 Comportements de la classe de conformité

CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6 spécifient les différentes classes de nœud dans les paragraphes CPF 3. Les classes d'application sont sélectionnées dans la classe de conformité. Un profil de communication est associé à une classe de conformité. La redondance est sélectionnée dans une classe de conformité. Le Tableau 23 spécifie les comportements requis de la classe de conformité.

Dans le présent document, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 3:

- CP 3/4, voir Tableau 23 et Tableau 24 – classe de conformité A;
- CP 3/5, voir Tableau 23 – classe de conformité B;
- CP 3/6, voir Tableau 23 – classe de conformité C.

Tableau 23 – Comportements de la classe de conformité

Classes générales	Classes de conformité			
	A Sans fil	A Filaire	B	C
CP	CP 3/4	CP 3/4	CP 3/5	CP 3/6
Classes de nœud ^a (voir 8.1.2)	Appareil d'entrée-sortie, contrôleur d'entrée-sortie	Appareil d'entrée-sortie, contrôleur d'entrée-sortie	Appareil d'entrée-sortie, contrôleur d'entrée-sortie	Appareil d'entrée-sortie, contrôleur d'entrée-sortie
Classes de support (voir 8.1.6)	Sans fil	Filaire ou fibre optique	Filaire ou fibre optique	Filaire ou fibre optique
Classes d'application (voir 8.1.3)	Non isochrone	Non isochrone	Non isochrone	Non isochrone et/ou isochrone
Classes de communication ^b (voir 8.1.4)	RT_CLASS_UDP (facultatif), RT_CLASS_1	RT_CLASS_UDP (facultatif), RT_CLASS_1	RT_CLASS_UDP (facultatif), RT_CLASS_1	RT_CLASS_UDP (facultatif), RT_CLASS_1, RT_CLASS_2 ^c et RT_CLASS_3 ^d
Classes de redondance	—	voir 8.1.5	voir 8.1.5	voir 8.1.5
Installation CEI 61784-5-3	—	Facultatif	OUI	OUI
Fournisseur de relation de communication à multidestination (MCR)	Facultatif	Facultatif	OUI	OUI
IEEE 802.3	—	OUI ^k	OUI ^k	OUI ^k
IEEE 802.1D	—	OUI ^e	OUI ^e	OUI ⁱ
IEEE 802.1Q	—	OUI ^f	OUI ^f	OUI ^f

Classes générales	Classes de conformité			
	A Sans fil	A Filaire	B	C
IEEE 802.1AB	Facultatif	OUI ^h	OUI	OUI
Sélection de technologies sans fil	1. ISO/CEI 802.11 ^g 2. IEEE 802.15.1	—	—	—
SNMP	Facultatif	Facultatif	OUI	OUI
MIB-II	Facultatif	Facultatif	OUI ^j	OUI ^j
PNIO MIB	Facultatif	Facultatif	Facultatif	Facultatif
^a Le superviseur d'entrée-sortie n'entre pas dans le domaine d'application de la classe de conformité. ^b Toutes les classes de conformité permettent de combiner une communication IETF avec les ajouts spécifiques au RTE. Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10. ^c Temps réel isochrone (IRT), RT_CLASS_2. ^d Temps réel isochrone (IRT), RT_CLASS_3. ^e 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP. 2) CutThroughMode est recommandé. 3) "Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée" est facultatif lors de l'utilisation de CutThroughMode. 4) Au moins deux priorités requises (4 recommandées). ^f La configuration VLAN de balisage de priorité, le retrait et la modification des en-têtes de balise sont facultatifs. ^g 1) IEEE 802.11 (Partie EDCA au moins avec quatre priorités prises en charge) 2) IEEE 802.11i 3) IEEE 802.11g ou IEEE 802.11h facultative ^h Seul LLDP est obligatoire. LLDP-MIB et LLDP EXT MIB sont facultatifs. ⁱ 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP. 2) CutThroughMode est obligatoire. 3) "Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée" facultatif (CutThroughMode). 4) Au moins deux priorités requises. ^j Seuls les identificateurs d'objet iso(1).org(3).dod(6).internet(1).mgmt(2).mib-2(1).system(1).sysDescr(1), sysObjectID(2), sysUpTime(3), sysContact(4), sysName(5), sysLocation(6) ou sysServices(7) sont obligatoires. ^k La prise en charge du mode bidirectionnel simultané 100 Mbit/s est obligatoire, les modes bidirectionnels simultanés 1 Gbit/s et 10 Gbit/s étant facultatifs.				

Une classe de conformité inférieure est un sous-ensemble de la classe supérieure, ainsi les appareils de la classe supérieure sont interopérables avec les appareils de classe inférieure en utilisant les capacités de la classe inférieure.

Tableau 24 – Comportements de la classe de conformité pour les composants de réseau

Classes générales	Classes de conformité			
	A	A	A	
CP	CP 3/4	CP 3/4	CP 3/4	
Classes de nœud (voir 8.1.2)	Commutateur	Point d'accès sans fil	Client sans fil	
Classes de support (voir 8.1.6)	Filaire ou fibre optique	Sans fil	Sans fil	
Classes d'application (voir 8.1.3)	-	-	-	
Classes de communication ^a (voir 8.1.4)	—	—	—	
Classes de redondance	voir 8.1.5	—	—	
Installation CEI 61784-5-3	Facultatif	—	—	

Classes générales	Classes de conformité			
	A	A	A	
MCR	—	—	—	
IEEE 802.3	OUI ^e	—	—	
IEEE 802.1D	OUI ^b	—	—	
IEEE 802.1Q	OUI ^c	—	—	
IEEE 802.1AB	Facultatif	Facultatif	Facultatif	
Sélection des technologies sans fil	—	1. ISO/CEI 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	1. ISO/CEI 802.11 ^d 2. IEEE 802.15.1	
IEEE 802.11e	—	OUI ^f	OUI ^f	
IEEE 802.11i	—	OUI ^f	OUI ^f	
SNMP	Facultatif	Facultatif	Facultatif	
MIB-II	Facultatif	Facultatif	Facultatif	

^a Toutes les classes de conformité permettent de combiner une communication IETF avec les ajouts spécifiques au RTE. Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10.

^b 1) RSTP facultatif ou remplacé par MRP.
2) CutThroughMode est recommandé.
3) "Éliminer sur réception d'une trame reçue erronée" est facultatif lors de l'utilisation de CutThroughMode.
4) Au moins deux priorités requises (4 priorités recommandées).

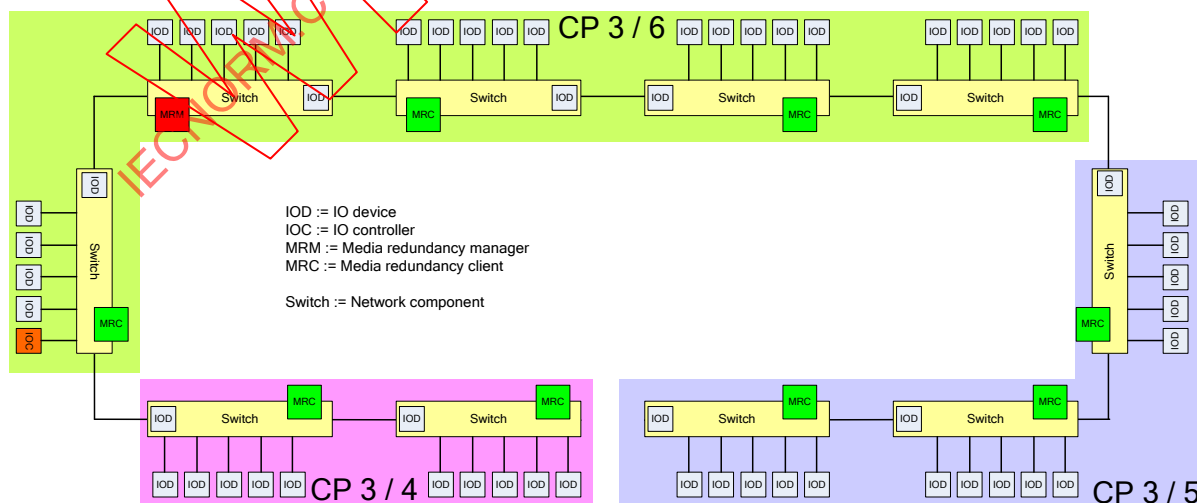
^c La configuration VLAN de balisage de priorité, le retrait et la modification des en-têtes de balise sont facultatifs.

^d 1) IEEE 802.11e ;
2) IEEE 802.11i ;
3) IEEE 802.11g ou IEEE 802.11h facultatif.

^e La prise en charge du mode bidirectionnel simultané 100 Mbit/s est obligatoire, les modes bidirectionnels simultanés 1 Gbit/s et 10 Gbit/s étant facultatifs.

^f Uniquement pertinent pour la technologie sans fil ISO/CEI 802.11. Par conséquent, la partie EDCA avec quatre priorités est au moins prise en charge.

Les composants de réseau peuvent faire office de nœuds terminaux d'un réseau CP 3/6 pour connecter des appareils CP 3/4 ou CP 3/5 sans perdre les capacités de la classe de conformité C. Un exemple de connexion de CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6 est illustré à la Figure 3.



Légende

Anglais	Français
Switch	Commutateur

Anglais	Français
IO device	Appareil E/S
IO controller	Contrôleur E/S
Media redundancy manager	Gestionnaire de redondance de support
Media redundancy client	Client de redondance de support
Network component	Composant de réseau

Figure 3 – Exemple de topologie de réseau utilisant les composants CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6

8.2 Profil 3/4

8.2.1 Couche physique

8.2.1.1 Classe de support filaire et fibre optique

La couche physique doit être conforme à l'IEEE 802.3.

La vitesse de transmission des données doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour au moins un accès.

La fonction d'autonégociation et de recouvrement (voir l'IEEE 802.3) doit être utilisée.

Les appareils doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (par exemple, comme indiqué dans la marque CE). Les mesures de protection contre les chocs électriques (c'est-à-dire la sécurité électrique) dans les applications industrielles doivent reposer sur la série CEI 61010 ou sur la CEI 61131-2 selon le type d'appareil ici spécifié.

8.2.1.2 Classe de support sans fil

La couche physique doit être une sélection de l'ISO/CEI 8802.11 et de l'IEEE 802.15.1.

Si l'ISO/CEI 8802.11 est sélectionnée, la vitesse de transmission des données doit être conforme à l'ISO/CEI 8802.11 et éventuellement à l'IEEE 802.11g ou IEEE 802.11h, sinon elle doit être conforme à l'IEEE 802.15.1.

8.2.2 Couche de liaison de données

8.2.2.1 Classe de support filaire et fibre optique

La couche de liaison de données doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Toutes les bases d'informations de gestion (MIB) sont facultatives.

8.2.2.2 Classe de support sans fil

La couche de liaison de données doit être une sélection de l'ISO/CEI 8802.11 ou de l'IEEE 802.15.1. Si l'ISO/CEI 8802.11 est sélectionnée, l'IEEE 802.11e et l'IEEE 802.11i doivent être utilisées.

Les appareils de la classe de support sans fil utilisant la couche physique IEEE 802.15.1 doivent prendre en charge le saut de fréquence adaptatif (AFH). De plus, ces appareils doivent fournir des moyens d'exclure les fréquences utilisées par les systèmes ISO/CEI 8802.11 en permanence de leur séquence de saut.

Toutes les bases d'informations de gestion (MIB) sont facultatives.

8.2.3 Couche d'application

8.2.3.1 Sélection de service AL

8.2.3.1.1 Appareil d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 25 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil.

Tableau 25 – CP 3/4: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Récapitulatif	OUI	—
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
4	Concepts	OUI	—
5	Type de données ASE	OUI	—
6	Modèle de communication pour les services communs	—	—
6.1	Concepts	OUI	—
6.2	Types de données ASE	OUI	—
6.3	ASE	—	—
6.3.1	ASE de reconnaissance et configuration de base	OUI	—
6.3.2	ASE de contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
6.3.3	ASE de redondance de support	OUI	Voir 8.1.5, n.a. pour les supports sans fil
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	—
6.3.7	ASE de reconnaissance de couche de liaison	OUI	Transmission LLDP au moins
6.3.8	ASE de ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
6.3.9	ASE du réseau local virtuel mis en pont	OUI	n.a. pour les supports sans fil
6.3.10	ASE de la suite IP	OUI	ICMP est facultatif; obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
6.3.11	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.12	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.13	ASE de gestion de réseau simple	OUI	Facultatif
6.3.14	ASE de mapping DL commune	—	—
6.3.14.1	Présentation	OUI	—
6.3.14.2	Spécification de la classe de mapping DL	OUI	—
6.3.14.3	Spécification du service de mapping DL	—	—
6.3.14.3.1	Modification de type MAU	OUI	—
6.3.14.3.2	Ajout de planification IRT	NON	—
6.3.14.3.3	Suppression de planification IRT	NON	—
6.3.14.3.4	Planification	OUI	—
6.3.14.3.5	Données N	OUI	—
6.3.14.3.6	Données A	OUI	—
6.3.14.3.7	Données C	OUI	—
7	Modèle de communication pour l'automatisation distribuée	NON	—
8	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	—	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8.1	Concepts	OUI	—
8.2	Types de données ASE	OUI	—
8.3	ASE	—	—
8.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	—
8.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	—
8.3.3	ASE de données de journal	OUI	—
8.3.4	ASE de diagnostic	OUI	—
8.3.5	ASE d'alarme	OUI	—
8.3.6	ASE contexte	OUI	—
8.3.7	ASE d'application en mode isochrone	NON	—
8.3.8	ASE de gestion de dispositif physique	OUI	—
8.3.9	ASE de temps continu de réseau	OUI	Facultatif
8.3.10	ASE d'AR	OUI	—
8.4	Comportement d'un dispositif d'entrée-sortie	—	—
8.4.1	Présentation	OUI	—
8.4.2	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie	OUI	—
8.4.3	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie (RT_CLASS_3)	NON	—
8.4.4	Mécanisme de synchronisation avec communication RT_CLASS_3	NON	—
8.4.5	Contrôle de paramètre de dispositif physique	—	—
8.4.5.1	Données du système éloigné	OUI	—
8.4.5.2	Données du système local	OUI	—
8.4.5.3	Données du système optique	OUI	Uniquement si un système à fibre optique est utilisé
8.4.6	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	—
8.4.7	Alarmes utilisateur	OUI	—
8.4.8	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	—
8.4.9	Comportement d'un protocole PTCP dans des dispositifs d'entrée-sortie	OUI	Facultatif; obligatoire si un ASE de contrôle de temps précis facultatif (voir 6.3.2) est utilisé
8.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	—
8.6	Caractéristiques de l'application	OUI	—
Annexe A	Instances du dispositif	OUI	—
Annexe B	Composants d'une interface Ethernet	Partielle	Utilisée si applicable

8.2.3.1.2 Composant de réseau

8.2.3.1.2.1 Généralités

Un composant de réseau peut être intégré dans un appareil d'entrée-sortie ou un contrôleur d'entrée-sortie. Si c'est le cas, les exigences d'un appareil d'entrée-sortie et d'un contrôleur d'entrée-sortie sont applicables.

Par ailleurs, le composant de réseau peut être conçu comme un composant de réseau non intégré c'est-à-dire un nœud autonome.

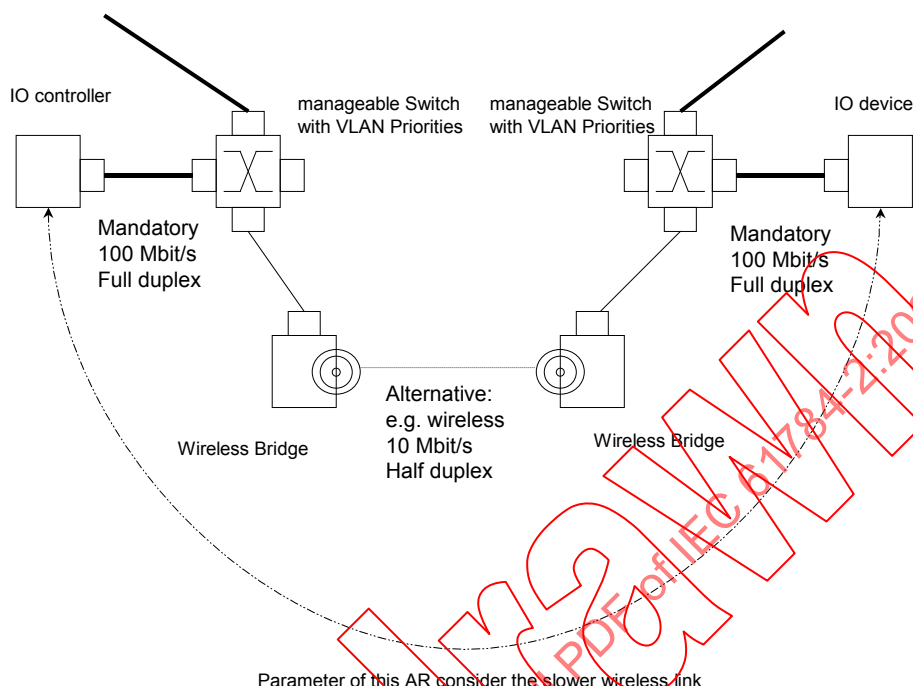
NOTE Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en au moins 1 ms. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 10 Koctet par accès pour les commutateurs 100 Mbit/s avec huit accès au maximum. Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 80 Koctet pour les commutateurs 100 Mbit/s comportant au moins 8 accès.

8.2.3.1.2.2 Composant de réseau non intégré

Un composant de réseau non intégré ne requiert pas de couche d'application de Type 10. Le Tableau 24 spécifie les comportements généraux du composant de réseau.

Le pont sans fil (2 points d'accès ou 1 point d'accès et 1 client) doit prendre en charge un délai de propagation inférieur à 128 ms. Un exemple de topologie sans fil est présenté à la Figure 4.



Légende

Anglais	Français
IO controller	Contrôleur E/S
Manageable switch with VLAN priorities	Commutateur gérable avec priorités VLAN
IO device	Appareil E/S
Mandatory	Obligatoire
Full duplex	Bidirectionnel simultané
Wireless bridge	Pont sans fil
Alternative: e.g. wireless 10 Mbit/s Half duplex	Variante: par exemple, sans fil 10 Mbit/s, bidirectionnel non simultané
Parameter of this AR consider the slower wireless link	Le paramètre de cet AR tient compte de la liaison sans fil la plus lente

Figure 4 – Exemple de topologie de réseau avec segment sans fil

8.2.3.1.2.3 Composant de réseau intégré

Les services de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 25 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil.

8.2.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 25 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil, sauf que 8.4 est NON et 8.5 est OUI.

8.2.3.1.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.2.3.1.3.

8.2.3.1.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un service facultatif.

DNS est un service facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.5).

PTCP est un service facultatif.

8.2.3.2 Sélection de protocole AL

8.2.3.2.1 Appareil d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 26 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10 pour ce profil.

Tableau 26 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Récapitulatif	Partielle	Utilisé si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Conventions	OUI	—
3.7	Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	OUI	—
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	—	—
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
4.2	Syntaxe de transfert	—	—
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	—
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.5, n.a. pour les supports sans fil
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	Transmission LLDP au moins
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
4.11	Ponts virtuels	OUI	n.a. pour les supports sans fil

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4.12	Suite IP	OUI	ICMP facultatif, obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	Facultatif
4.16	Machines protocolaires de mapping DLL communes (DMPM)	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines protocolaires de service FAL (FSPM)	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	OUI	—
6.5.3	FSPMCTL	NON	—
6.6	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	OUI	—
6.6.6	NRMC	OUI	—
6.6.7	CMCTL	NON	—
6.7	Machines protocolaires de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

8.2.3.2.2 Composant de réseau

8.2.3.2.2.1 Généralités

Voir 8.2.3.1.2.1.

8.2.3.2.2.2 Composant de réseau non intégré

Un composant de réseau non intégré ne requiert pas de couche d'application de Type 10. Le Tableau 24 spécifie les comportements généraux du composant de réseau.

8.2.3.2.2.3 Composant de réseau intégré

Les protocoles de couche d'application pour un composant de réseau intégré sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 26 spécifie les articles inclus dans ce profil.

8.2.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 27 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 27 – CP 3/4: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions		
3.1	Récapitulatif	Partielle	Utilisé si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Conventions	OUI	—
3.7	Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	OUI	—
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	—	—
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
4.2	Syntaxe de transfert	—	—
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	—
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.5
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT, CLASS, UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RT, CLASS, UDP facultatif si RT, CLASS, UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	Transmission LLDP au moins
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines protocolaires de mapping DLL communes (DMPM)	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines protocolaires de service FAL (FSPM)	—	—
6.6	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	NON	—
6.5.3	FSPMCTL	OUI	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	NON	—
6.6.6	NRMC	OUI	—
6.6.7	CMCTL	OUI	—
6.7	Machines protocolaires de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

8.2.3.2.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.2.3.1.4.

8.2.3.2.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un protocole facultatif.

DNS est un protocole facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.5).

PTCP est un service facultatif.

RT_Class_UDP est facultatif.

8.2.4 Sélection d'indicateur de performance

8.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 28 spécifie les indicateurs de performance pertinents.

Tableau 28 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	Oui	—
Nombre de stations d'extrémité	Oui	—
Topologie de réseau de base	Oui	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Oui	—
Débit RTE	Oui	—
Largeur de bande non-RTE	Oui	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	Oui	—
Exactitude de synchronisation non périodique	—	—
Temps de reprise de redondance	Oui	—

8.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

8.2.4.2.1 Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Le Tableau 29 spécifie les dépendances des indicateurs de performance.

Tableau 29 – CP 3/4, CP 3/5 et CP 3/6: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		Oui 8.2.4.2.4	NON	Oui 8.2.4.2.2	Oui 8.2.4.2.3	NON	NON	OUI 8.2.4.2.5
Nombre de stations d'extrémité	Oui 8.2.4.2.4		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 8.2.4.2.6	NON		NON	NON	NON	OUI 8.2.4.2.7	OUI 8.2.4.2.8

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI 8.2.4.2.6	NON	NON		NON	NON	OUI 8.2.4.2.7	OUI 8.2.4.2.9
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI 8.2.4.2.10	NON	NON
Largeur de bande non-RTE	NON	NON	NON	NON	OUI 8.2.4.2.10		NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	OUI 8.2.4.2.11	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 8.2.4.2.8	OUI 8.2.4.2.12	NON	NON	NON	

8.2.4.2.2 Temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (11).

$$DT = cta\_S + ctc + cta\_R + STTs + tt \times data + cd \times clt + \sum_{pd=1}^{NoS} f(pd) \times NoS + od \quad (11)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur;
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur;
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12)) et qui doit être inférieure ou égale à MinDeviceInterval;
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur;
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur;
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s);
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète;
<i>cd</i>	est le délai du câble (voir l'attribut CableDelayLocal dans la CEI 61158-5-10);
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble;
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13));
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs;
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau.

La durée de cycle de communication peut être calculée par la Formule (12).

$$ctc = SCF \times RR \times 31,25 \mu s \quad (12)$$

où

SCF est l'attribut SendClockFactor (voir CEI 61158–5–10, SendClockFactor);

RR est l'attribut ReductionRatio (voir CEI 61158–5–10, ReductionRatio).

Le délai de propagation *pd* peut être calculé par la Formule (13).

$$pd = Queue\_delay + Phy\_R\_delay + Phy\_S\_delay + MAC\_delay \quad (13)$$

où

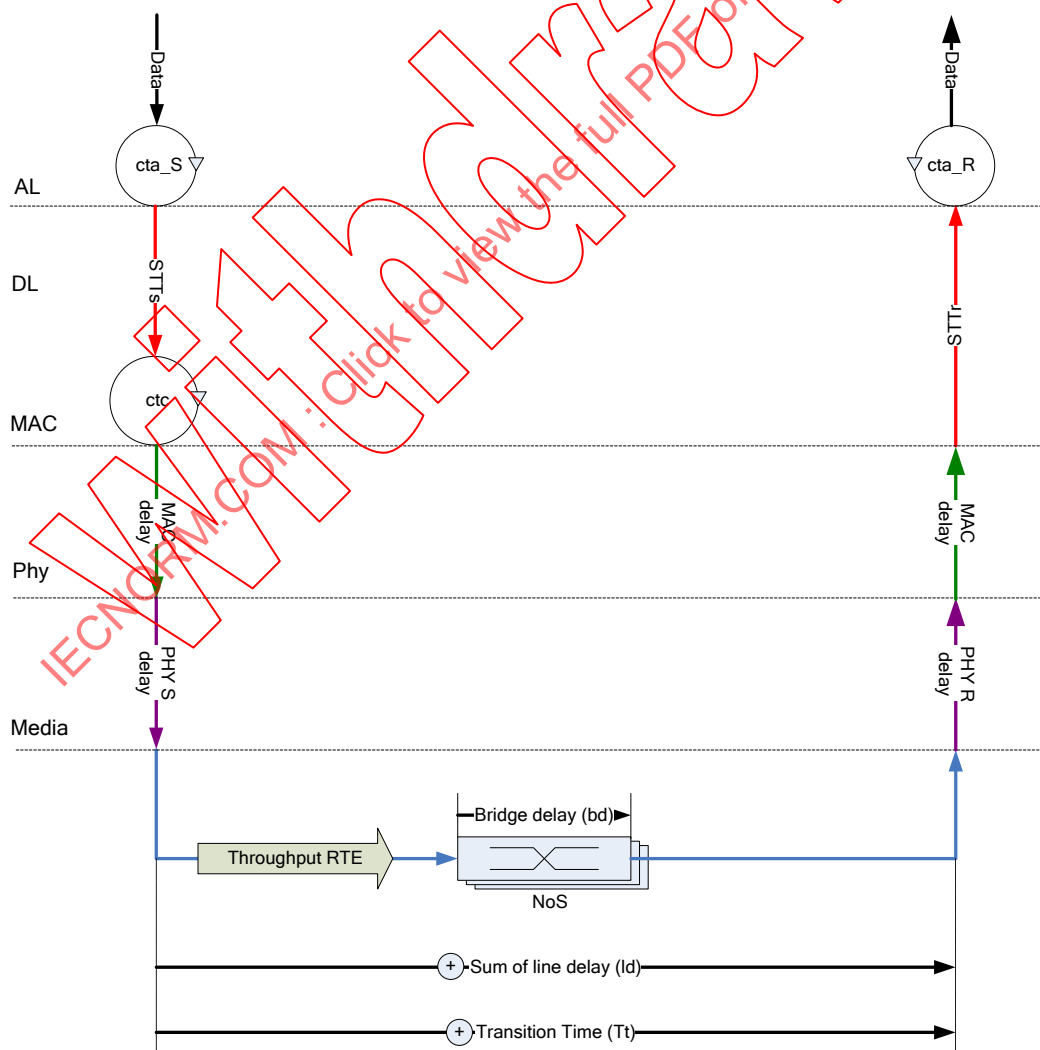
Queue_delay est le délai de file d'attente dans un commutateur;

Phy_R_delay est le délai Phy côté récepteur;

Phy_S_delay est le délai Phy côté émetteur;

MAC_delay est le délai sur la couche MAC.

La Figure 5 représente la base de calcul du temps de remise et du débit RTE et illustre la position logique dans laquelle interviennent certains paramètres.



Légende

Anglais	Français
MAC delay	Délai MAC
PHY R delay	Délai PHY R
PHY S delay	Délai PHY S
Media	Support
Throughput RTE	Débit RTE
bridge delay	Délai de pontage
Sum of line delay	Somme du délai de ligne
Transition time	Durée de transition

Figure 5 – Base de calcul du temps de remise et du débit RTE**8.2.4.2.3 Dépendance du temps de remise sur le débit RTE**

Le débit RTE définit la quantité de données dans une durée de cycle de communication (ctc). La Formule (14) spécifie les dépendances à différents paramètres.

Si $data\_request > data\_RTE$, alors (14)

- pour accroître le RTE
 - le ctc est constant tant que le RTE max peut être augmenté pour transmettre $data\_request$
 - élargir ctc selon les besoins, de manière à pouvoir augmenter le RTE max pour transmettre $data\_request$
- utiliser plusieurs ctc

où

$data\_request$ est le débit RTE requis;

$data\_RTE$ est le débit RTE réel;

ctc est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être inférieure ou égale à $MinDeviceInterval$.

Le paramètre ctc et les données sont utilisés en 8.2.4.2.2 pour calculer le temps de remise.

8.2.4.2.4 Dépendance du temps de remise sur le nombre de stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité influence la longueur des données dans une durée de cycle de communication (ctc).

Les données de paramètre sont utilisées en 8.2.4.2.2 pour calculer le temps de remise.

8.2.4.2.5 Dépendance du temps de remise sur le temps de reprise de redondance

La valeur la plus défavorable de tous les commutateurs des chemins configurés dans une topologie redondante doit être attribuée au nombre de commutateurs (NoS).

Le paramètre NoS est utilisé en 8.2.4.2.2 pour calculer le temps de remise.

8.2.4.2.6 Dépendance de la topologie de réseau de base sur le temps de remise

Si le temps de remise dans une topologie en marguerite ou en anneau dépasse la limite de temps de remise, la topologie de réseau de base est à définir en étoile hiérarchique.

8.2.4.2.7 Dépendance de la topologie de réseau de base sur l'exactitude de la synchronisation temporelle

Si l'exactitude de la synchronisation temporelle dans une topologie en marguerite ou en anneau dépasse la limite d'exactitude de la synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base est à définir en étoile hiérarchique.

8.2.4.2.8 Dépendance de la topologie de réseau de base sur le temps de reprise de redondance

Si le temps de reprise de redondance permet d'utiliser l'algorithme d'arbre maximal rapide et le protocole (RSTP conformément à l'IEEE 802.1D), il n'existe aucune dépendance;

Le temps de reprise de redondance de la redondance de support requiert une topologie en anneau.

Pour RED_CLASS_1, RED_CLASS_2 et RED_CLASS_3, les accès en anneau doivent être conformes à la classe de support filaire et en fibre optique conformément à 8.2.1.1. La vitesse de transmission des données des deux accès en anneau doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour les deux accès en anneau.

Pour RED_CLASS_1 et RED_CLASS_2, le gestionnaire de redondance définit le temps de remise d'un anneau à l'aide de ses paramètres. Le Tableau 30 spécifie l'ensemble de paramètres cohérent pour un temps de remise de l'anneau de 200 ms.

Le volume de trafic dans l'anneau doit être inférieur à 90 %.

Tableau 30 – Paramètres du gestionnaire

Paramètre	Valeur	Commentaire
MRP_TOPchgT	10 ms	CEI 61158-6-10
MRP_TOPNRmax	3	CEI 61158-6-10
MRP_TSTshortT	10 ms	CEI 61158-6-10
MRP_TSTdefaultT	20 ms	CEI 61158-6-10
MRP_TSTNRmax	3	CEI 61158-6-10

Pour RED_CLASS_1 et RED_CLASS_2, le Tableau 31 spécifie l'ensemble de paramètres des clients de redondance de support.

Tableau 31 – Paramètres du client

Paramètre	Valeur	Commentaire
MRP_LNKdownT	20 ms	CEI 61158-6-10
MRP_LNKupT	20 ms	CEI 61158-6-10
MRP_LNKNRmax	4	CEI 61158-6-10

Pour RED_CLASS_2, le Tableau 32 spécifie l'ensemble de paramètres du gestionnaire de redondance.

Tableau 32 – Paramètres du client

Paramètre	Valeur	Commentaire
MRRT_TSTdefaultT	100 ms	CEI 61158-6-10
MRRT_TSTNRmax	3	CEI 61158-6-10

8.2.4.2.9 Dépendance du nombre de commutateurs (NoS) sur le temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du NoS.

8.2.4.2.10 Dépendance du débit RTE sur la largeur de bande non-RTE

Le débit RTE peut être calculé par la Formule (15).

$$Throughput\_RTE = (100\% - NonRTE - protocolRTE) * EthernetDataRate / 8 \quad (15)$$

où

Throughput_RTE est le débit RTE en octets/s;

protocolRTE est le pourcentage de temps de protocole, voir la Formule (16);

NonRTE est le pourcentage de largeur de bande non-RTE;

EthernetDataRate est la vitesse de transmission Ethernet du réseau.

Le *protocolRTE* peut être calculé par la Formule (16).

$$protocolRTE = f_{complex}(endStations, data, Time\_synchron\_accuracy, RM, ...) \quad (16)$$

où

endStations est le nombre de stations d'extrémité;

data est la trame Ethernet complète, en octets;

Time_synchron_accuracy est l'exactitude de la synchronisation temporelle;

RM est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance.

8.2.4.2.11 Dépendance de l'exactitude de la synchronisation temporelle sur NoS

Exactitude de la synchronisation temporelle utilisant jusqu'à 20 NoS.

8.2.4.2.12 Dépendance du temps de reprise de redondance sur NoS

Le temps de détection des défaillances dépend du NoS.

8.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 33 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s, filaire ou en fibre optique. Les valeurs reposent sur celles données dans le Tableau 34 et sur les méthodes ou l'algorithme donnés en 8.2.4.2. Cet ensemble cohérent d'indicateurs de performance doit être soumis à essai pour les appareils (filaires) revendiquant la conformité à CP 3/4.

**Tableau 33 – CP 3/4: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI)
pour MinDeviceInterval=128 ms**

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	128 ms facteur chien de garde × 128 ms	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Nombre de stations d'extrémité	60	Les données sont supposées représenter une trame Ethernet de 68 octets afin de communiquer avec toutes les stations d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	10	
Débit RTE	2 324 706 octet/s	
Largeur de bande non-RTE	23,5 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle ^c	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance ^c	0 ms	RT_CLASS_1 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 128 ms
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA ^b = 100 ms
^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10.		
^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10.		
^c Facultatif		

Tableau 34 – CP 3/4: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
<i>cd</i>	est le délai du câble (voir le paramètre cable_delay dans la CEI 62411)	5 ns
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble	100 m
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être inférieure ou égale à MinDeviceInterval = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	est le délai sur la couche MAC	1 µs
<i>NonRTE</i>	est le pourcentage de largeur de bande non-RTE	%
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau	0 s
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	—
<i>Phy_R_delay</i>	est le délai Phy côté récepteur	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	est le délai Phy côté émetteur	300 ns
<i>protocolRTE</i>	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s

Symbole	Définition	Valeur
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle	0 s
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir CEI 61158–5–10, 8.3.10.4.2	128

8.3 Profil 3/5

8.3.1 Couche physique

La couche physique doit être conforme à l'IEEE 802.3.

La vitesse de transmission des données doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour au moins un accès.

La fonction d'autonégociation et de recouvrement (voir l'IEEE 802.3) doit être utilisée.

Les appareils doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (par exemple, comme indiqué dans la marque CE). Les mesures de protection contre les chocs électriques (c'est-à-dire la sécurité électrique) dans les applications industrielles doivent reposer sur la série CEI 61010 ou sur la CEI 61131-2 selon le type d'appareil ici spécifié.

8.3.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

8.3.3 Couche d'application

8.3.3.1 Sélection de service AL

8.3.3.1.1 Appareil d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 35 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil.

Tableau 35 – CP 3/5: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Récapitulatif	OUI	—
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
4	Concepts	OUI	—
5	Type de données ASE	OUI	—
6	Modèle de communication pour les services communs	—	—
6.1	Concepts	OUI	—
6.2	Types de données ASE	OUI	—
6.3	ASE	—	—
6.3.1	ASE de reconnaissance et configuration de base	OUI	—
6.3.2	ASE de contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
6.3.3	ASE de redondance de support	OUI	Voir 8.1.5
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé, puis obligatoire.
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	—
6.3.7	ASE de reconnaissance de couche de liaison	OUI	-
6.3.8	ASE de ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
6.3.9	ASE du réseau local virtuel mis en pont	OUI	—
6.3.10	ASE de la suite IP	OUI	ICMP facultatif, obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
6.3.11	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.12	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.13	ASE de gestion de réseau simple	OUI	—
6.3.14	ASE de mapping DL commune	—	—
6.3.14.1	Présentation	OUI	—
6.3.14.2	Spécification de la classe de mapping DL	OUI	—
6.3.14.3	Spécification du service de mapping DL	—	—
6.3.14.3.1	Modification de type MAJ	OUI	—
6.3.14.3.2	Ajout de planification IRT	NON	—
6.3.14.3.3	Suppression de planification IRT	NON	—
6.3.14.3.4	Planification	OUI	—
6.3.14.3.5	Données N	OUI	—
6.3.14.3.6	Données A	OUI	—
6.3.14.3.7	Données C	OUI	—
7	Modèle de communication pour l'automatisation distribuée	NON	—
8	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	—	—
8.1	Concepts	OUI	—
8.2	Types de données ASE	OUI	—
8.3	ASE	—	—
8.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	—
8.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	—
8.3.3	ASE de données de journal	OUI	—
8.3.4	ASE de diagnostic	OUI	—
8.3.5	ASE d'alarme	OUI	—
8.3.6	ASE contexte	OUI	—
8.3.7	ASE d'application en mode isochrone	NON	—
8.3.8	ASE de gestion de dispositif physique	OUI	—
8.3.9	ASE de temps continu de réseau	OUI	Facultatif
8.3.10	ASE d'AR	OUI	—
8.4	Comportement d'un dispositif d'entrée-sortie	—	—
8.4.1	Présentation	OUI	—
8.4.2	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie	OUI	—
8.4.3	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie (RT_CLASS_3)	NON	—
8.4.4	Mécanisme de synchronisation avec communication RT_CLASS_3	NON	—
8.4.5	Contrôle de paramètre de dispositif physique	—	—
8.4.5.1	Données du système éloigné	OUI	—
8.4.5.2	Données du système local	OUI	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8.4.5.3	Données du système optique	OUI	Uniquement si un système à fibre optique est utilisé
8.4.6	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	—
8.4.7	Alarmes utilisateur	OUI	—
8.4.8	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	—
8.4.9	Comportement d'un protocole PTCP dans des dispositifs d'entrée-sortie	OUI	Facultatif; obligatoire si un ASE de contrôle de temps précis facultatif (voir 6.3.2) est utilisé
8.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	—
8.6	Caractéristiques de l'application	OUI	—
Annexe A	Instances du dispositif	OUI	—
Annexe B	Composants d'une interface Ethernet	Partielle	Utilisés si applicable

8.3.3.1.2 Composant de réseau

Les services de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 35 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil.

NOTE Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en au moins 1 ms. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 10 Koctet par accès pour les commutateurs 100 Mbit/s avec huit accès au maximum. Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 80 Koctet pour les commutateurs 100 Mbit/s comportant au moins 8 accès.

8.3.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 35 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil, sauf que 8.4 est NON et 8.5 est OUI.

8.3.3.1.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.3.3.1.3.

8.3.3.1.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un service facultatif.

DNS est un service facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

MRP est un service facultatif.

PTCP est un service facultatif.

8.3.3.2 Sélection de protocole AL

8.3.3.2.1 Appareil d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 36 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10 pour ce profil.

Tableau 36 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Récapitulatif	Partielle	Utilisé si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Conventions	OUI	—
3.7	Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	OUI	—
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	—	—
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
4.2	Syntaxe de transfert	—	—
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	—
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.5
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif, obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	-
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines protocolaires de mapping DLL communes (DMPM)	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines protocolaires de service FAL (FSPM)	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	OUI	—
6.5.3	FSPMCTL	NON	—
6.6	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	OUI	—
6.6.6	NRMC	OUI	-
6.6.7	CMCTL	NON	—
6.7	Machines protocolaires de mapping DLL	OUI	—

8.3.3.2.2 Composant de réseau

Les protocoles de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 36 spécifie les articles inclus dans ce profil.

NOTE Il convient qu'un commutateur 100 Mbit/s prenne en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données en au moins 1 ms. Il convient que cela soit le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 10 Koctet par accès pour les commutateurs 100 Mbit/s avec huit accès au maximum. Un commutateur doit assurer une mise en mémoire tampon des données d'au moins 80 Koctet pour les commutateurs 100 Mbit/s comportant au moins 8 accès.

8.3.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–6–10. Le Tableau 37 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 37 – CP 3/5: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions		
3.1	Récapitulatif	Partielle	Utilisé si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Conventions	OUI	—
3.7	Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	OUI	—
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	—	—
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
4.2	Syntaxe de transfert	—	—
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	—
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	Facultatif
4.5	Redondance de support	OUI	Voir 8.1.5
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif, obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	—
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines protocolaires de mapping DLL communes (DMPM)	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines protocolaires de service FAL (FSPM)	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	NON	—
6.5.3	FSPMCTL	OUI	—
6.6	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	NON	—
6.6.6	NRMC	OUI	—
6.6.7	CMCTL	OUI	—
6.7	Machines protocolaires de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

8.3.3.2.4 Superviseur d'entrée-sortie

Voir 8.2.3.1.3.

8.3.3.2.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un protocole facultatif.

DNS est un protocole facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

Redondance de support (voir 8.1.5).

PTCP est un service facultatif.

8.3.4 Sélection d'indicateur de performance

8.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Les spécifications de 8.2.4.1 s'appliquent.

8.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Les spécifications de 8.2.4.2 s'appliquent.

8.3.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 38 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s, filaire ou en fibre optique. Les valeurs reposent sur celles données dans le Tableau 39 et sur les méthodes ou l'algorithme donnés en 8.2.4.2. Cet ensemble cohérent d'indicateurs de performance doit être soumis à essai pour les appareils (filaire) revendiquant la conformité à CP 3/5.

Tableau 38 – CP 3/5: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=128 ms

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	128 ms facteur chien de garde × 128 ms	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 128 ms)
Nombre de stations d'extrémité	60	Les données sont supposées représenter une trame Ethernet de 68 octets afin de communiquer avec toutes les stations d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	10	—
Débit RTE	2 324 706 octets/s	—
Largeur de bande non-RTE	23,5 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle ^c	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance ^c	0 ms	RT_CLASS_1 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 384 ms	RT_CLASS_1 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 128 ms
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; facteur de temporisation RTA ^b = 100 ms
^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10. ^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10. ^c Facultatif		

Tableau 39 – CP 3/5: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
<i>cd</i>	est le délai du câble (voir le paramètre cable_delay dans la CEI 62411)	5 ns
<i>clt</i>	est la longueur totale du câble	100 m
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être inférieure ou égale à MinDeviceInterval = 128 ms	128 ms
<i>data</i>	est la trame Ethernet complète	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	est le délai sur la couche MAC	1 µs
<i>NonRTE</i>	est le pourcentage de largeur de bande non-RTE	%

Symbole	Définition	Valeur
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau	0 s
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	—
<i>Phy_R_delay</i>	est le délai Phy côté récepteur	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	est le délai Phy côté émetteur	300 ns
<i>protocolRTE</i>	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle	0 s
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	Voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2	128

8.4 Profil 3/6

8.4.1 Couche physique

La couche physique doit être conforme à l'IEEE 802.3.

La vitesse de transmission des données doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être utilisé pour au moins un accès.

La fonction d'autonégociation et de recouvrement (voir l'IEEE 802.3) doit être utilisée.

Les appareils doivent se conformer aux exigences légales du pays dans lequel ils sont déployés (par exemple, comme indiqué dans la marque CE). Les mesures de protection contre les chocs électriques (c'est-à-dire la sécurité électrique) dans les applications industrielles doivent reposer sur la série CEI 61010 ou sur la CEI 61131-2 selon le type d'appareil ici spécifié.

8.4.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

8.4.3 Couche d'application

8.4.3.1 Sélection de service AL

8.4.3.1.1 Appareil d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158–5–10. Le Tableau 40 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158–5–10 pour ce profil.

Tableau 40 – CP 3/6: Sélection de service AL pour un appareil d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Récapitulatif	OUI	—
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
4	Concepts	OUI	—
5	Type de données ASE	OUI	—
6	Modèle de communication pour les services communs	—	—
6.1	Concepts	OUI	—
6.2	Types de données ASE	OUI	—
6.3	ASE	—	—
6.3.1	ASE de reconnaissance et configuration de base	OUI	—
6.3.2	ASE de contrôle de temps précis	OUI	—
6.3.3	ASE de redondance de support	OUI	2 ports
6.3.4	ASE cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
6.3.5	ASE acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif, obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
6.3.6	ASE d'appel de procédure à distance	OUI	—
6.3.7	ASE de reconnaissance de couche de liaison	OUI	-
6.3.8	ASE de ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
6.3.9	ASE du réseau local virtuel mis en pont	OUI	—
6.3.10	ASE de la suite IP	OUI	-
6.3.11	ASE du système de noms de domaine	OUI	Facultatif
6.3.12	ASE de configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
6.3.13	ASE de gestion de réseau simple	OUI	—
6.3.14	ASE de mapping DL commune	-	—
6.3.14	ASE de mapping DL commune	-	—
6.3.14.1	Présentation	OUI	—
6.3.14.2	Spécification de classe de mapping DL	OUI	—
6.3.14.3	Spécification de service de mapping DL	OUI	—
7	Modèle de communication pour l'automatisation décentralisée	NON	—
8	Modèle de communication pour la périphérie décentralisée	—	—
8.1	Concepts	OUI	—
8.2	Types de données ASE	OUI	—
8.3	ASE	—	—
8.3.1	ASE de données d'enregistrement	OUI	—
8.3.2	ASE de données d'entrée-sortie	OUI	—
8.3.3	ASE de données de journal	OUI	—
8.3.4	ASE de diagnostic	OUI	—
8.3.5	ASE d'alarme	OUI	—
8.3.6	ASE contexte	OUI	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
8.3.7	ASE d'application en mode isochrone	OUI	Facultatif
8.3.8	ASE de gestion de dispositif physique	OUI	—
8.3.9	ASE de temps continu de réseau	OUI	Facultatif
8.3.10	ASE d'AR	OUI	—
8.4	Comportement d'un dispositif d'entrée-sortie	—	—
8.4.1	Présentation	OUI	—
8.4.2	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie	OUI	—
8.4.3	Démarrage d'un dispositif d'entrée-sortie (RT_CLASS_3)	OUI	—
8.4.4	Mécanisme de synchronisation avec communication RT_CLASS_3	OUI	—
8.4.5	Contrôle de paramètre de dispositif physique	—	—
8.4.5.1	Données du système éloigné	OUI	—
8.4.5.2	Données du système local	OUI	—
8.4.5.3	Données du système optique	OUI	Uniquement si un système à fibre optique est utilisé
8.4.6	Diagnostic et indicateur d'incidents	OUI	—
8.4.7	Alarmes utilisateur	OUI	—
8.4.8	Comportement en cas de changement de configuration	OUI	—
8.4.9	Comportement d'un protocole PTCP dans des dispositifs d'entrée-sortie	OUI	—
8.5	Comportement d'un contrôleur d'entrée-sortie	NON	—
8.6	Caractéristiques de l'application	OUI	—
Annexe A	Instances du dispositif	OUI	—
Annexe B	Composants d'une interface Ethernet	Partielle	Utilisés si applicable

8.4.3.1.2 Composant de réseau

Les services de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 40 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil.

Un commutateur 100 Mbit/s doit prendre en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données conformément au Tableau 41. Cela doit être le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

Tableau 41 – Capacité de mise en mémoire tampon

Signification	Valeur
Capacité de mise en mémoire tampon	Recommandée: 1 ms
	Obligatoire: 500 µs

8.4.3.1.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les services de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-5-10. Le Tableau 40 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-10 pour ce profil, sauf que 8.4 est NON et 8.5 est OUI.

8.4.3.1.4 Superviseur d'entrée-sortie

Non applicable.

8.4.3.1.5 Options

DHCP conformément au RFC 2131 est un service facultatif.

DNS est un service facultatif pour un contrôleur d'entrée-sortie et un superviseur d'entrée-sortie.

8.4.3.2 Sélection de protocole AL

8.4.3.2.1 Appareil d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un appareil d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 42 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-10 pour ce profil.

Tableau 42 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour un appareil d'entrée-sortie et un composant de réseau

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Récapitulatif	Partielle	Utilisé si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Conventions	OUI	—
3.7	Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	OUI	—
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	—	—
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
4.2	Syntaxe de transfert	—	—
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	—
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	—
4.5	Redondance de support	OUI	Le gestionnaire est facultatif
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif, obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	—
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines protocolaires de mapping DLL communes (DMPM)	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines protocolaires de service FAL (FSPM)	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	OUI	—
6.5.3	FSPMCTL	NON	—
6.6	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	OUI	—
6.6.6	NRMC	OUI	-
6.6.7	CMCTL	NON	—
6.7	Machines protocolaires de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

8.4.3.2.2 Composant de réseau

Les protocoles de couche d'application pour un composant de réseau sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 42 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Un commutateur 100 Mbit/s doit prendre en charge la mise en mémoire tampon de toutes les données conformément au Tableau 41. Cela doit être le cas avec 100 % de la largeur de bande sur tous les accès des trames de taille plus petite.

8.4.3.2.3 Contrôleur d'entrée-sortie

Les protocoles de couche d'application pour un contrôleur d'entrée-sortie sont définis dans la CEI 61158-6-10. Le Tableau 43 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 43 – CP 3/6: Sélection de protocole AL pour un contrôleur d'entrée-sortie

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	—	—
3.1	Récapitulatif	Partielle	Utilisé si applicable
3.2	Termes et définitions supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.3	Termes et définitions supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.4	Abréviations et symboles supplémentaires pour l'automatisation distribuée	NON	—
3.5	Abréviations et symboles supplémentaires pour la périphérie décentralisée	OUI	—
3.6	Conventions	OUI	—
3.7	Conventions utilisées dans les diagrammes d'états	OUI	—
4	Spécification du protocole de couche d'application pour les protocoles communs	—	—
4.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
4.2	Syntaxe de transfert	—	—
4.2.1	Codage des types de données de base	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.2.2	Section de codage liée aux zones de base communes	Partielle	Utilisé en fonction des besoins
4.3	Reconnaissance et configuration de base	OUI	—
4.4	Contrôle de temps précis	OUI	—
4.5	Redondance de support	OUI	-
4.6	Cyclique en temps réel	OUI	RT_CLASS_UDP facultatif
4.7	Acyclique en temps réel	OUI	RTA_CLASS_UDP facultatif, obligatoire si RT_CLASS_UDP facultatif est utilisé
4.8	Appel de procédure à distance	OUI	—
4.9	Reconnaissance de couche de liaison	OUI	-
4.10	Ponts MAC	OUI	Applicable uniquement si un composant de réseau est intégré.
4.11	Ponts virtuels	OUI	—
4.12	Suite IP	OUI	—
4.13	Système de noms de domaine	OUI	Facultatif
4.14	Configuration d'hôte dynamique	OUI	Facultatif

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4.15	Gestion de réseau simple	OUI	—
4.16	Machines protocolaires de mapping DLL communes (DMPM)	OUI	—
5	Spécification du protocole de couche d'application pour l'automatisation distribuée	NON	—
6	Spécification du protocole de couche d'application pour la périphérie décentralisée	—	—
6.1	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
6.2	Syntaxe de transfert	OUI	Le cas échéant
6.3	Diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	Le cas échéant
6.4	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
6.5	Machines protocolaires de service FAL (FSPM)	—	—
6.5.1	Présentation	OUI	—
6.5.2	FSPMDEV	NON	—
6.5.3	FSPMCTL	OUI	—
6.6	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	—	—
6.6.1	ALPMI	OUI	—
6.6.2	ALPMR	OUI	—
6.6.3	NRPM	OUI	—
6.6.4	RMPM	OUI	—
6.6.5	CMDEV	NON	—
6.6.6	NRMC	OUI	—
6.6.7	CMCTL	OUI	—
6.7	Machines protocolaires de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

8.4.3.2.4 Superviseur d'entrée-sortie

Non applicable.

8.4.3.2.5 Options

Les spécifications de 8.4.3.1.5 s'appliquent.

8.4.4 Sélection d'indicateur de performance

8.4.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Les spécifications de 8.2.4.1 s'appliquent.

8.4.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Les spécifications de 8.2.4.2 s'appliquent.

8.4.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 44 spécifie l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance utilisant une largeur de bande de réseau de 100 Mbit/s, filaire ou en fibre optique. Les valeurs reposent sur celles données dans le Tableau 45 et sur les méthodes ou l'algorithme donnés en 8.2.4.2. Cet ensemble cohérent d'indicateurs de performance doit être soumis à essai pour les appareils (filaire) revendiquant la conformité à CP 3/6.

Tableau 44 – CP 3/6: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance (PI) pour MinDeviceInterval=1 ms

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	1 ms facteur chien de garde × 1 ms	Sans défaillance Trames perdues; (Voir 8.1, MinDeviceInterval = 1 ms)

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Nombre de stations d'extrémité	60	Utilisation de 4 commutateurs d'accès et d'une topologie linéaire; un commutateur est également une station d'extrémité
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	20	—
Débit RTE	3 324 706 octets/s	—
Largeur de bande non-RTE	23,5 %	100 Mbit/s et lié à 1 ms. Toutes les trames IEEE 802.3 sont prises en charge.
Exactitude de la synchronisation temporelle ^c	< 1 ms	Synchronisation de l'heure locale
	< 1 µs	Synchronisation de l'application synchrone
Temps de reprise de redondance	< 0 ms	RT_CLASS_3 ou RT_CLASS_2 ^a : une seule défaillance
	< 200 ms	Nouvelles tentatives RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms
	< 3 ms	RT_CLASS_3 ou RT_CLASS_2 ^a : double défaillance (coupure de ligne et surtension) facteur chien de garde = 3; temps de remise = 1 ms
	< 200 ms	Nouvelle tentative RTA ^b = 3; Facteur de temporisation RTA = 100 ms

^a Les attributs RT_CLASS_x sont spécifiés en 8.3.10.4.2 de la CEI 61158-5-10.

^b Les attributs de nouvelles tentatives RTA et de facteur de temporisation RTA sont spécifiés en 8.3.10.4 de la CEI 61158-5-10.

^c Facultatif

Tableau 45 – CP 3/6: Calcul des valeurs supposées de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Définition	Valeur
<i>Cd</i>	est le délai du câble (voir le paramètre cable_delay dans la CEI 62411)	5 ns
<i>Cl_t</i>	est la longueur totale du câble	100 m
<i>cta_R</i>	est la durée de cycle d'application du récepteur	1 µs
<i>cta_S</i>	est la durée de cycle d'application de l'émetteur	1 µs
<i>ctc</i>	est la durée de cycle de communication (voir la Formule (12) en 8.2.4.2.2) et qui doit être inférieure ou égale à MinDeviceInterval	1 ms
<i>Data</i>	est la trame Ethernet complète	68 octets
<i>EthernetDataRate</i>	est la vitesse de transmission Ethernet du réseau	Mbit/s
<i>MAC_delay</i>	est le délai sur la couche MAC	1 µs
<i>NonRTE</i>	est le pourcentage de largeur de bande non-RTE	%
<i>od</i>	est tout autre délai, par exemple, transfert de signal dans un anneau	0 s
<i>pd</i>	est le délai de propagation (voir la Formule (13) en 8.2.4.2.2)	—
<i>Phy_R_delay</i>	est le délai Phy côté récepteur	300 ns
<i>Phy_S_delay</i>	est le délai Phy côté émetteur	300 ns
<i>protocolRTE</i>	est le pourcentage de temps de protocole (voir la Formule (16) en 8.2.4.2.10)	50 %
<i>Queue_delay</i>	est le délai de file d'attente dans un commutateur	0 s
<i>RedundancyManagement</i>	est la durée nécessaire aux fonctions de gestion pour prendre en charge la redondance	0 s

Symbole	Définition	Valeur
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur	0 s
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur	0 s
<i>Time_synchron_accuracy</i>	est l'exactitude de la synchronisation temporelle	1 µs
<i>tt</i>	est le temps de transfert (80 ns/octet pour 100 Mbit/s, 8 ns/octet pour 1 Gbit/s)	80 ns
<i>SCF</i>	Voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2	32
<i>RR</i>	Voir CEI 61158-5-10, 8.3.10.4.2	1

9 Famille de profils de communication 4 (P-NET) – Profils de communication RTE

9.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 4 définit les profils reposant sur le Type 4 de la CEI 61158-2 à la CEI 61158-6, correspondant aux parties d'un système de communication communément appelé P-NET®5.

– Profil 4/1 P-NET RS 485

Ce profil contient des services AL, DLL et PhL et des références de protocole à un accès d'application conforme à la CEI 61158. Le profil 4/1 repose sur l'ANSI TIA/EIA-485-A, et permet jusqu'à 125 appareils de classe normale ou simple de communiquer sur la même liaison physique, en mode bidirectionnel non simultané.

– Profil 4/2 P-NET RS 232

Ce profil contient des services AL, DLL et PhL et des références de protocole à un accès d'application conforme à la CEI 61158. Le profil 4/2 repose sur l'ANSI TIA/EIA 232F et permet à deux appareils de classe normale de communiquer sur la même liaison physique en mode bidirectionnel simultané.

– Profil 4/3 P-NET on IP

Ce profil contient des services AL et DLL et des références de protocole à un accès d'application conforme à la CEI 61158. Le profil 4/3 repose sur l'ISO/CEI 8802-3, et permet jusqu'à 125 appareils de classe normale de communiquer sur la même liaison logique, en mode bidirectionnel simultané.

Le profil 4/1 et le profil 4/2 sont décrits dans la CEI 61784-1, et le profil 4/3 est décrit dans la présente norme.

9.2 Profil 4/3, P-NET on IP

9.2.1 Couche physique

La couche physique du profil P-NET on IP est mise en œuvre conformément à l'ISO/CEI 8802-3 ou à l'ISO/CEI 8802-11. La vitesse de transmission des données des appareils P-NET de ce profil doit être d'au moins 10 Mbit/s en mode bidirectionnel simultané.

⁵ P-NET est une appellation commerciale de International P-NET User Organisation ApS (IPUO). Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque P-NET. L'utilisation de l'appellation commerciale P-NET nécessite l'autorisation de son détenteur.

9.2.2 Couche de liaison de données

9.2.2.1 Sélection de service DLL

Le Tableau 46 récapitule les sélections de service de couche de liaison de données de la CEI 61158-3-4 pour ce profil.

Tableau 46 – CP 4/3: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objet	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Service de liaison de données et concepts	OUI	—
5	Service de gestion DL	—	—
5.1	Domaine d'application et héritage	NON	—
5.2	Installations du Service de gestion DL	Partielle	Points a) et b)
5.3	Modèle de service DL_management	OUI	—
5.4	Contraintes de la séquence de primitives	Partielle	Seules les parties faisant référence à DLM-Set et DLM-Get
5.5	DL-Set	OUI	—
5.6	DL-Get	OUI	—
5.7 – 5.8	—	NON	—

9.2.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 47 récapitule les sélections de protocole de couche de liaison de données de la CEI 61158-4-4 pour ce profil.

Tableau 47 – CP 4/3: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objet	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisées le cas échéant
3	Termes et définitions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Symboles et abréviations	Partielle	Utilisés si applicable
5	Définition du protocole de liaison de données	OUI	^a

^a Un appareil doit fournir au moins les options de protocole nécessaires à la réalisation des services pris en charge.

9.2.3 Couche d'application

9.2.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 48 récapitule les sélections de service de couche d'application de la CEI 61158-5-4 pour ce profil.

Tableau 48 – CP 4/3: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Définition de service de couche d'application – Éléments de Type 4	OUI	—

Les appareils de classe normale doivent prendre en charge les objets de variables réelles dont ont besoin les types de variable, qui sont réellement présents dans l'appareil, et les objets de variable Proxy pour tous les types de variable figurant en 5.2 de la CEI 61158-5-4.

9.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 49 récapitule les sélections de protocole de couche d'application de la CEI 61158-6-4 pour ce profil.

Tableau 49 – CP 4/3: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
Tout le document	Spécification du protocole de couche d'application – Éléments de Type 4	OUI	^a
^a Un appareil doit fournir au moins les options de protocole nécessaires à la réalisation des services pris en charge.			

9.2.4 Sélection d'indicateur de performance

9.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Tableau 50 – CP 4/3: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	En fonction de l'application
Nombre de stations d'extrémité	OUI	Jusqu'à 125
Topologie de réseau de base	OUI	
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	La communication entre les commutateurs doit être au moins de 100 Mbit/s
Débit RTE	OUI	
Largeur de bande non-RTE	OUI	
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	
Temps de reprise de redondance	OUI	

9.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Tableau 51 – CP 4/3: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.3	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	NON	NON	OUI 9.2.4.2.2
Nombre de stations d'extrémité	OUI 9.2.4.2.1		NON	NON	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 9.2.4.2.3	NON		NON	NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI 9.2.4.2.1	NON	NON		OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.2
Débit RTE	OUI 9.2.4.2.1	OUI 9.2.4.2.1	NON	OUI 9.2.4.2.1		NON	NON	OUI 9.2.4.2.2
Largeur de bande non-RTE	NON	OUI 9.2.4.2.1	NON	OUI 9.2.4.2.1	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI 9.2.4.2.4	NON	NON	OUI 9.2.4.2.4	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	NON	OUI 9.2.4.2.2	NON	NON	NON	

9.2.4.2.1 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est calculé selon la Formule (17). L'écart de cette formule est donné en A.3.6. Les commutateurs sont numérotés #1 au niveau de la connexion des émetteurs, jusqu'à #NoS au niveau de la connexion des récepteurs.

$$DT = STTs + STTr + NoNt (ttES + pd + QTES) + cd \quad (17)$$

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

où

- cd est le délai du câble;
- DT est le temps de remise;
- $NoNs[x]$ est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° x. Cela inclut le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur par d'autres commutateurs, qui ne sont pas présents entre l'émetteur et le récepteur. Les commutateurs sont numérotés #1 au niveau de la connexion des émetteurs, jusqu'à #NoS au niveau de la connexion des récepteurs;
- $NoNt$ est le nombre total de stations d'extrémité RTE;
- NoS est le nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur;
- pd est le délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur;
- $QTES$ est la période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation;
- $QTSS$ est la période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur;

<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC;
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC;
<i>ttES</i>	est le temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU maximale);
<i>ttSS</i>	est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale).

Le temps de remise augmente avec une valeur de temporisation en cas de perte de trame. La valeur de temporisation dépend de l'application et peut être configurée pour chaque réseau d'une application. En général, la valeur de temporisation est de 100 ms.

9.2.4.2.2 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance dépend des commutateurs utilisés pour l'application spécifique. Il est recommandé d'utiliser des commutateurs prenant en charge le protocole RSTP (ou analogue) afin de limiter le temps de reprise de redondance.

9.2.4.2.3 Topologie de réseau de base

Lors de l'utilisation d'un réseau WLAN, le délai total engendré par les transmissions sans fil peut changer en fonction du rapport signal/bruit. Pour obtenir le temps de remise requis dans un système utilisant WLAN, le délai le moins favorable de l'équipement WLAN doit être inclus dans le délai du câble, cd.

9.2.4.2.4 Exactitude de synchronisation non périodique

L'exactitude de synchronisation non périodique est calculée selon la Formule (18).

$$\text{Exactitude de synchronisation non périodique} = DT - DTb \quad (18)$$

où

<i>DTb</i>	est le temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus favorable;
<i>DT</i>	est le temps de remise, calculé par les valeurs du cas le moins favorable.

9.2.4.2.5 Débit RTE

Le débit RTE est calculé selon les Formules (19) et (20).

$$\text{Débit RTE minimal} = FS \times \text{minAPDUs} \quad (19)$$

$$\text{Débit RTE maximal} = FS \times \text{maxAPDUs} \quad (20)$$

où

<i>FS</i>	est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE;
<i>minAPDUs</i>	est la taille de l'APDU minimale;
<i>maxAPDUs</i>	est la taille de l'APDU maximale.

9.2.4.2.6 Largeur de bande non-RTE

La durée non occupée par la communication RTE peut être utilisée pour les communications non-RTE. Chaque station d'extrémité RTE fait l'objet d'une restriction d'accès au réseau limitant le nombre de trames produites dans le réseau RTE.

La charge RTE est déterminée par la liaison commutateur-commutateur critique entre deux appareils engagés dans une communication non RTE. La liaison commutateur-commutateur critique peut générer le plus de trames RTE.

La largeur de bande non-RTE (%) peut être calculée grâce à la Formule (21).

$$\text{Débit non-RTE} = (1 - (\text{NoCEN} \times \text{NoAS}) / (\text{ttSS} + \text{QTSS})) \times 100 \quad (21)$$

où

<i>NoCEN</i>	est le nombre de stations d'extrémité RTE qui peuvent générer des trames sur la liaison commutateur-commutateur critique;
<i>NoAS</i>	est le nombre d'accès autorisés par appareil toutes les secondes;
<i>ttSS</i>	est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale);
<i>QTSS</i>	est la période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur.

Voir l'exemple de calcul de largeur de bande non RTE en A.3.3.

9.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 52 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour une configuration classique d'automatisation des usines.

Les détails de calcul des indicateurs de performance sont donnés en A.2.

Les paramètres utilisés pour le calcul du Tableau 52 sont indiqués dans le Tableau 53. Tous ces paramètres sont le résultat du scénario décrit et des calculs associés des indicateurs de performance.

Tableau 52 – CP 4/3: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	6,3 ms	
Temps de remise minimal	0,564 ms	
Débit RTE minimal	5 Koctets/s	
Débit RTE maximal	64 Koctets/s	
Largeur de bande non-RTE	75 %	Appareil non-RTE à appareil non-RTE
Exactitude de synchronisation non périodique	5,7 ms	
Temps de reprise de redondance	1 s	Exemple de valeur. Voir 9.2.4.2.2
Nombre total de stations d'extrémité RTE	30	
Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	4	

Tableau 53 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Description	Valeur
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC	1 250 μ s
STTR	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	250 μ s
ttESmin	Temps de transfert P-NET à 10 Mbit/s (à taille APDU minimale)	57 μ s
ttES	Temps de transfert P-NET à 10 Mbit/s (à taille APDU maximale)	114,4 μ s
ttSS	Temps de transfert P-NET à 100 Mbit/s (à taille APDU maximale)	11,44 μ s
QTES	Période de calme imposée par Ethernet à 10 Mbit/s	9,4 μ s
QTSS	Période de calme imposée par Ethernet à 100 Mbit/s	0,94 μ s
cd	Délai du câble. La somme des câbles entre l'émetteur et le récepteur est de 200 m	1 μ s
pd	Délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur. Valeur minimale requise	7 μ s
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	4
NoNt	Nombre total de stations d'extrémité RTE	30
NoNs[1]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 1	10
NoNs[2]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 2	5
NoNs[3]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 3	5
NoNs[4]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 4	10

10 Famille de profils de communication 6 (INTERBUS®⁶) – Profils de communication RTE

10.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 6 (CPF 6) définit les profils de communication reposant sur les spécifications Type 8 et Type 10 de la CEI 61158-2 à la CEI 61158-6, ce qui correspond aux parties des systèmes de communication communément appelées INTERBUS et PROFINET.

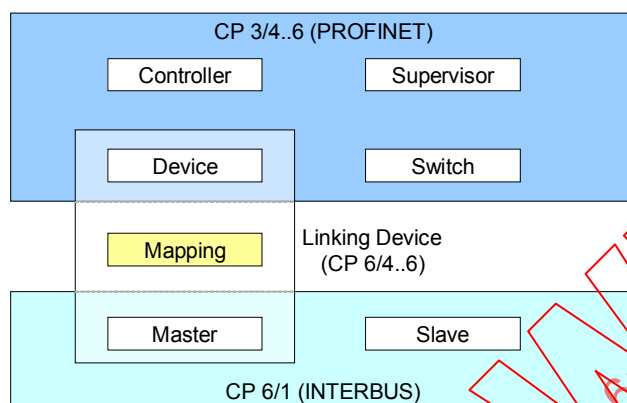
Dans la présente partie de la CEI 61784, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 6:

- Profil 6/4
Ce profil définit les sélections de service et de protocole avec mapping d'un appareil de liaison permettant de connecter les systèmes de communication Type 8 et Type 10. Il est composé d'un maître CP 6/1 et d'un appareil CP 3/4 avec mapping.
- Profil 6/5
Ce profil définit les sélections de service et de protocole avec mapping d'un appareil de liaison permettant de connecter les systèmes de communication Type 8 et Type 10. Il est composé d'un maître CP 6/1 et d'un appareil CP 3/5 avec mapping.
- Profil 6/6

⁶ INTERBUS est l'appellation commerciale de Phoenix Contact GmbH & Co. KG., le contrôle de l'utilisation de l'appellation commerciale est donné à l'organisation à but non lucratif INTERBUS Club. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque INTERBUS. L'utilisation de l'appellation commerciale INTERBUS nécessite l'autorisation de INTERBUS Club.

Ce profil définit les sélections de service et de protocole avec mapping d'un appareil de liaison permettant de connecter les systèmes de communication Type 8 et Type 10. Il est composé d'un maître CP 6/1 et d'un appareil CP 3/6 avec mapping.

La Figure 6 illustre les profils de communication d'appareil de liaison et la relation avec d'autres profils de communication de Type 8 et Type 10.



Légende

Anglais	Français
Controller	Contrôleur
Supervisor	Superviseur
Device	Appareil
Switch	Commutateur
Mapping	Mapping (Mise en correspondance)
Linking device	Appareil de liaison
Master	Maître
Slave	Esclave

Figure 6 – Contexte de réseau RTE des profils de communication d'appareil de liaison

Les appareils de liaison, conformes à un profil de communication, peuvent être classés selon un identifiant CP. L'attribution d'un identifiant CP est présentée dans le Tableau 54.

Tableau 54 – CPF 6: Attribution d'un identifiant CP à l'appareil

Profil	Appareil de liaison
Profil 6/4	649
Profil 6/5	659
Profil 6/6	669

Chaque profil de communication donne un ensemble bien défini de dispositions. Pour les sélections de service d'un appareil distinct, les paramètres et leurs valeurs doivent être définis. Il convient de décrire ces sélections conformément à l'ISO 15745-3 étant donné que les profils d'appareil INTERBUS sous la forme d'un profil d'appareil INTERBUS échantent la description. Un profil d'appareil INTERBUS reposant sur un profil de communication doit spécifier l'identifiant CP au format suivant:

<communicationEntity ... communicationProfile="[CP identifier]" ...>

10.2 Profil 6/4

10.2.1 Mapping

Les appareils de Type 8 doivent être attribués à des ensembles ou sous-ensembles de Type 10.

NOTE 1 Le concept de mapping lui-même ne fait pas partie du profil de communication. Le concept de mapping utilisé peut être présenté dans la description de l'appareil de liaison conformément à l'ISO 15745-1.

NOTE 2 Un ou plusieurs appareils de Type 8 peuvent être attribués à des ensembles ou sous-ensembles de Type 10.

La Figure 7 illustre le principe de mapping. Le mapping des données est illustré à la Figure 8.

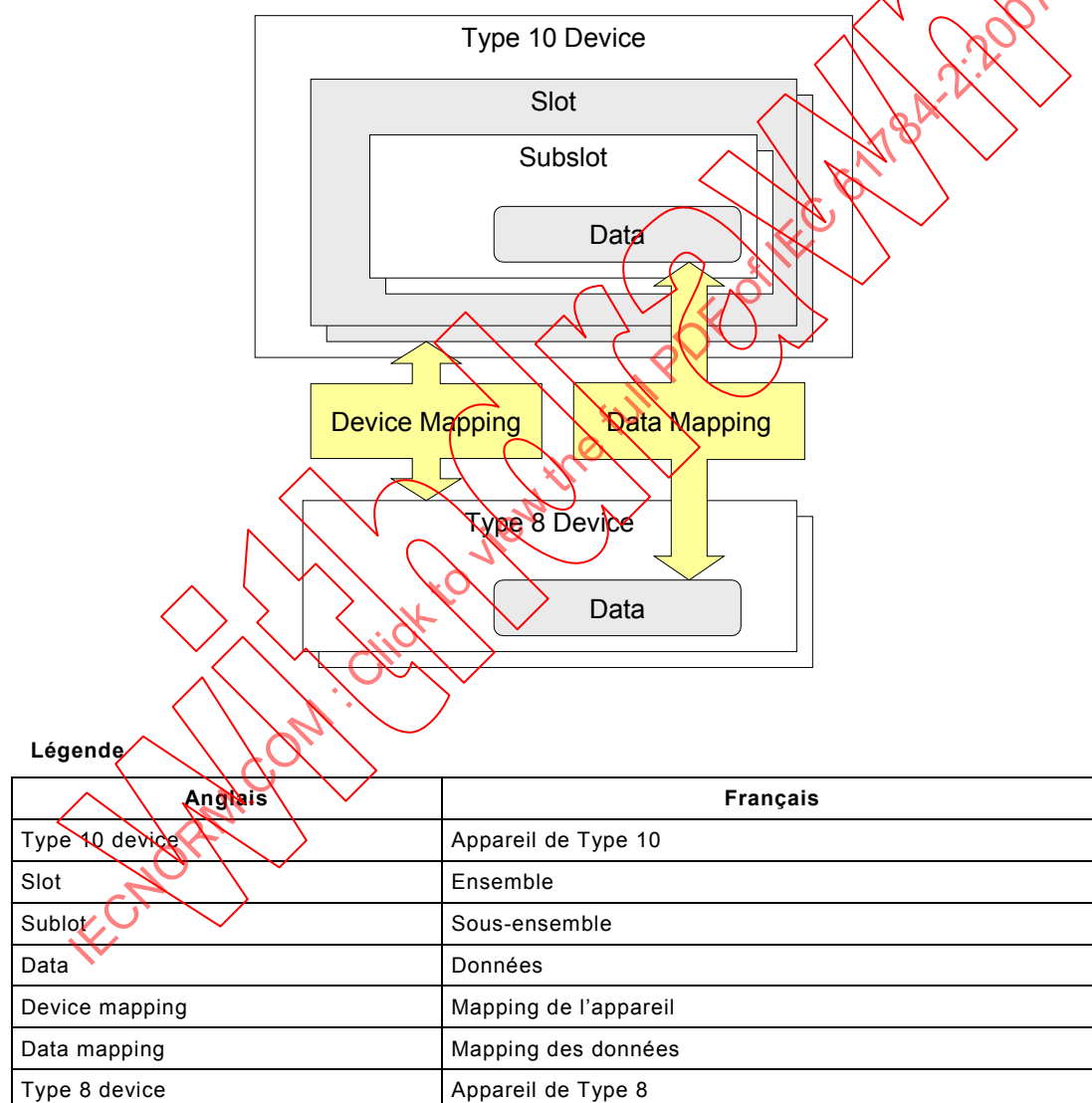
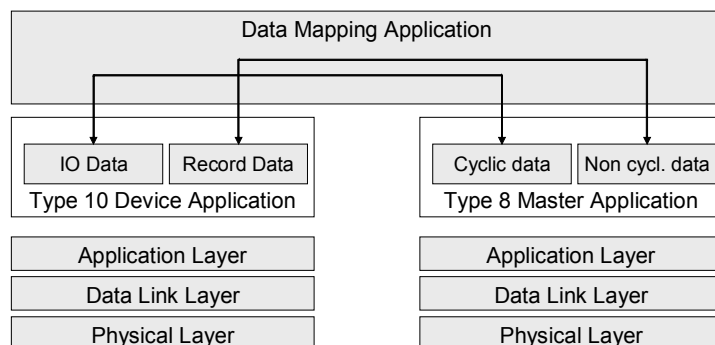


Figure 7 – Principe de mapping de l'appareil de liaison



Légende

Anglais	Français
data mapping application	Application de mapping des données
IO data	Données E/S
Record data	Données d'enregistrement
Cyclic data	Données cycliques
Non cycl. Data	Données non cycliques
Type 10 device application	Application d'appareil de Type 10
Type 8 master application	Application de maître de Type 8
Application layer	Couche d'application
Data link layer	Couche de liaison de données
Physical layer	Couche physique

Figure 8 – Mapping des données

Les applications spécifiques exécutent les services de types 8 et 10 conformément aux profils de communication définis. Les objets de données des applications de réseau sont interconnectés à une application de mapping qui doit mettre en œuvre le comportement suivant:

- les données d'entrée-sortie du sous-ensemble doivent être mises en correspondance avec les données cycliques des esclaves de Type 8 correspondants;
- les informations d'état des données de processus (IOPS/IOCS) du sous-ensemble doivent être générées en local car il n'existe aucun état de données de processus correspondant dans les systèmes de Type 8;
- les objets de données d'enregistrement du sous-ensemble doivent être mis en correspondance avec les données non cycliques des esclaves de Type 8 correspondants;

NOTE 3 Les données d'entrée-sortie et les données d'enregistrement d'un sous-ensemble peuvent être présentées dans la description de l'appareil de liaison conformément à l'ISO 15745-1.

10.2.2 Sélection du service de Type 10 et du protocole

10.2.2.1 Couche physique

La couche physique de Type 10 de ce profil doit être conforme à l'IEEE 802.3. La vitesse de transmission des données des appareils de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un accès. La fonction d'autonégociation et de recouvrement spécifiée dans l'IEEE 802-3 doit être utilisée.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-3.

10.2.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un appareil de liaison doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

10.2.2.3 Couche d'application

10.2.2.4 Sélection de service AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/4 comme cela est spécifié en 8.2.3.1.1.

10.2.2.5 Sélection de protocole AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du protocole CP 3/4 comme cela est spécifié en 8.2.3.2.1.

10.2.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole

10.2.3.1 Couche physique

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service PhL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-6.

10.2.3.2 Couche de liaison de données

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service DLL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.2.3.3 Couche d'application

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service AL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.2.4 Sélection d'indicateur de performance

10.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 55 spécifie les indicateurs de performance pertinents du nœud de réseau de Type 10 d'un appareil de liaison.

Tableau 55 – Présentation des indicateurs de performance de réseau de Type 10 de l'appareil de liaison

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	Voir 10.2.4.2.2 pour le temps de remise des données provenant du réseau de Type 8
Nombre de stations d'extrémité	OUI	—
Topologie de réseau de base	OUI	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	—
Débit RTE	OUI	—
Largeur de bande non-RTE	OUI	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	—
Exactitude de synchronisation non périodique	—	—
Temps de reprise de redondance	OUI	Pour le réseau de Type 10 uniquement

10.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

10.2.4.2.1 Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Le Tableau 28 spécifie les dépendances des indicateurs de performance du réseau de Type 10 d'un appareil de liaison.

10.2.4.2.2 Temps de remise des données esclaves de Type 8

Le temps de remise de l'indicateur de performance du réseau de Type 10 (DT10) est défini en 8.2.4.2.2.

Le temps de remise des données provenant d'un esclave de Type 8 peut être calculé par la Formule (22).

$$DTLD = DT10 + cta\_M + [M \times 13 \times (8 + s/8) + 3 \times a] \times T_{bit} + t_s \quad (22)$$

où

- $DTLD$ est le temps de remise total entre un esclave de Type 8 et une entité de Type 10;
- $DT10$ est le temps de remise du réseau de Type 10;
- Cta_M est la durée du cycle d'application de l'application de mapping dans l'appareil de liaison;
- M est le facteur de mise en œuvre du maître de Type 8;
- n est le nombre d'octets des données (données utilisateur; données utiles);
- $s/8$ est le nombre d'esclaves de Type 8 connectés à l'appareil de liaison;
- T_{bit} est la durée nominale en bit (voir 27.2 dans la CEI 61158-2);
- t_s est le temps de traitement logiciel du maître de Type 8 (spécifique à l'application).

10.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

L'ensemble cohérent d'indicateurs de performance du réseau de Type 10 est présenté en 8.2.4.3.

10.3 Profil 6/5

10.3.1 Mapping

Le mapping est spécifié en 10.2.1.

10.3.2 Sélection du service de Type 10 et du protocole

10.3.2.1 Couche physique

La couche physique de Type 10 de ce profil doit être conforme à l'IEEE 802.3. La vitesse de transmission des données des appareils de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un accès. La fonction d'autonégociation et de recouvrement spécifiée dans l'IEEE 802.3 doit être utilisée.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-3.

10.3.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un appareil de liaison doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802-1D et à l'IEEE 802-1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

10.3.2.3 Couche d'application

10.3.2.4 Sélection de service AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/5 comme cela est spécifié en 8.3.3.1.1.

10.3.2.5 Sélection de protocole AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de protocole CP 3/5 comme cela est spécifié en 8.3.3.2.1.

10.3.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole

10.3.3.1 Couche physique

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service PhL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-6.

10.3.3.2 Couche de liaison de données

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service DLL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.3.3.3 Couche d'application

L'appareil de liaison doit assurer la sélection du service AL maître CP 6/1 et du protocole comme indiqué pour l'identifiant CP 619 dans la CEI 61784-1, Article 10.

10.3.4 Sélection d'indicateur de performance

10.3.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Voir 10.2.4.1.

10.3.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Voir 10.2.4.2.

10.3.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

L'ensemble cohérent d'indicateurs de performance du réseau de Type 10 est présenté en 8.3.4.3.

10.4 Profil 6/6

10.4.1 Mapping

Le mapping est spécifié en 10.2.1.

10.4.2 Sélection du service de Type 10 et du protocole

10.4.2.1 Couche physique

La couche physique de Type 10 de ce profil doit être conforme à l'IEEE 802.3. La vitesse de transmission des données des appareils de liaison doit être d'au moins 100 Mbit/s et le mode bidirectionnel simultané doit être au moins utilisé pour un accès. La fonction d'autonégociation et de recouvrement spécifiée dans l'IEEE 802.3 doit être utilisée.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation recommandés sont spécifiés dans la CEI 61784-5-3.

10.4.2.2 Couche de liaison de données

La couche de liaison de données de Type 10 d'un appareil de liaison doit être conforme à l'IEEE 802.3, à l'IEEE 802.1AB, à l'IEEE 802.1D et à l'IEEE 802.1Q.

Dans les différentes bases d'informations de gestion (MIB), LLDP MIB (voir IEEE 802.1AB) et SNMP MIB-II au moins (voir RFC 1213) sont requis.

10.4.2.3 Couche d'application

10.4.2.4 Sélection de service AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/6 comme cela est spécifié en 8.4.3.1.1.

10.4.2.5 Sélection de protocole AL

L'appareil de liaison doit assurer la sélection de service CP 3/6 comme cela est spécifié en 8.4.3.2.1.

10.4.3 Sélection du service de Type 8 et du protocole

La sélection du service de Type 8 et du protocole est spécifiée en 10.3.3.

10.4.4 Sélection d'indicateur de performance

10.4.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Voir 10.2.4.1.

10.4.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Voir 10.2.4.2.

10.4.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Les ensembles cohérents d'indicateurs de performance du réseau de Type 10 sont présentés en 8.4.4.3.

11 Famille de profils de communication 10 (Vnet/IP⁷) – Profils de communication RTE

11.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 10 (CPF 10) définit les profils de communication utilisant les principes, la méthodologie et le modèle de l'ISO/CEI 7498. De plus, elle s'appuie sur le modèle de référence de bus de terrain de base à trois couches décrits dans la CEI 61158-1.

Le modèle OSI propose une approche en couches des normes de communication, selon laquelle il est possible de modifier et développer les couches de manière indépendante. CPF 10 repose sur une structure à trois couches, chacune des sept couches OSI étant mise en correspondance avec ces trois couches, comme suit.

Les fonctions des couches OSI intermédiaires (5, 6 et 7) sont consolidées dans la couche d'application.

Les fonctions des couches OSI intermédiaires (2, 3 et 4) sont consolidées dans la couche de liaison de données.

De même, certaines fonctions communes aux utilisateurs de la couche d'application de bus de terrain sont fournies en vue de simplifier l'utilisation.

Le Tableau 56 présente les couches OSI, leurs fonctions et les couches équivalentes dans le modèle CPF 10.

Tableau 56 – Couches OSI et CPF 10

Couche OSI	Fonction	Couche CPF 10
7 Application	Traduit les demandes placées dans la pile de communication sous une forme que les couches inférieures peuvent comprendre, et inversement	Application
6 Présentation	Convertit les données en des formats de réseau normalisés	
5 Session	Synchronise et gère les données	
4 Transport	Assure la transparence et la fiabilité du transfert de données	Liaison de données
3 Réseau	Assure l'acheminement des messages	

⁷ Vnet/IP est une appellation commerciale de Yokogawa Electric Corporation. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

Couche OSI	Fonction	Couche CPF 10
2 Liaison de données	Contrôle l'accès au support de communication. Détecte les erreurs	
1 Physique	Code/décodage des signaux de transmission/réception sous une forme appropriée au support de communication. Précise les caractéristiques des supports de communication	Physique

Le Tableau 57 présente le profil de communication de CPF 10.

Tableau 57 – Présentation du profil CPF 10

Couche	Protocole
Application	CEI 61158-6-17
Transport	RFC 768 et CEI 61158-4-17
Réseau	RFC 791
Liaison de données	ISO/CEI 8802-2 et 8802-3
Physique	ISO/CEI 8802-3 ou IEEE 802.3

11.2 Profil 10/1

11.2.1 Couche physique

L'ISO/CEI 8802-3 ou l'IEEE 802.3ab doit être utilisée.

11.2.2 Couche de liaison de données

11.2.2.1 Sous-couche MAC

L'ISO/CEI 8802-3 doit être utilisée.

11.2.2.2 Sous-couche LLC

L'ISO/CEI 8802-3 doit être utilisée.

11.2.2.3 Sous-couche de réseau

11.2.2.3.1 Généralités

Les normes Internet RFC 791, ses amendements et ses successeurs doivent être utilisés.

La norme Internet RFC 2236 doit être utilisée pour procéder à la multidiffusion.

11.2.2.3.2 Adresse de diffusion individuelle

Le domaine d'application de l'adresse privée C de la classe IPv4 doit être utilisé. Chaque sous-réseau d'un domaine comporte une adresse réseau IP respective se présentant comme suit.

Adresse IP de l'interface connectée au réseau principal:

192.168.(Numéro de domaine).(adresse de l'hôte)

Adresse IP de l'interface connectée au réseau secondaire:

192.168.128+(Numéro de domaine).(adresse de l'hôte)

Chaque nœud d'une station redondante comporte une adresse d'hôte IP respective se présentant comme suit.

Adresse de l'hôte: (Numéro de station) X 2 ou (Numéro de station) X 2 + 1

11.2.2.3.3 Adresse de groupe

Le domaine d'application local de l'organisation de classe D IPv4 doit faire office d'adresse de groupe pour la multidiffusion. Les réseaux principal et secondaire requièrent deux adresses de groupe: l'une pour la multidiffusion à toutes les stations du domaine, et l'autre pour la multidiffusion à toutes les stations du réseau multidomaine.

Pour attribuer ces adresses de groupe aux stations, l'adresse de groupe AD-HOC Block 224.0.23.33 peut être utilisée.

NOTE Cette adresse de groupe est enregistrée auprès de l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

11.2.2.3.4 TOS

Les quatre valeurs de paramètre TOS suivantes doivent être utilisées pour le service de liaison de données:

- synchronisation temporelle;
- priorité élevée;
- priorité basse;
- objet général.

11.2.2.4 Sous-couche de transport

11.2.2.4.1 Sélection du service de transport

La norme Internet RFC 768 (UDP), ses amendements, ses successeurs et la couche de liaison de données spécifiée dans la CEI 61158-3-17 et la CEI 61158-4-17 doivent être utilisés.

Le numéro d'accès UDP 5313 doit être utilisé.

NOTE Ce numéro d'accès UDP est enregistré auprès de l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

Le Tableau 58 spécifie la sélection de service DLL dans la CEI 61158-3-17.

Tableau 58 – CP 10/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Référence normative	OUI	—
3	Définitions	OUI	—
4	Présentation du service de couche de liaison de données	OUI	—
5	Service de gestion DLSAP	OUI	—
6	Service de liaison de données en mode sans connexion	OUI	—
7	Service de gestion DL	OUI	—

11.2.2.4.2 Sélection du protocole de transport

Le Tableau 59 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-17.

Tableau 59 – CP 10/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Référence normative	OUI	—
3	Définitions	OUI	—
4	Présentation du protocole DL	OUI	—
5	Structure et codage du paramètre DLPDU	OUI	—
6	Paramètres et ressources locaux	OUI	—
7	Éléments de procédure du service DL	OUI	—
8	Protocole de prise en charge DL	OUI	—

11.2.2.4.3 Sélection de paramètre

Le Tableau 60 présente la sélection de paramètre.

Tableau 60 – Sélection de paramètre de couche transport

Symbole du paramètre	Nom du paramètre	Utilisation	Valeur
P(ND)	max-domains	M	31
P(HC)	max-hop-count	M	7
P(NS)	max-stations	M	64
P(GA _{1A})	IP-group-address-1A	M	239.192.24.0
P(GA _{1B})	IP-group-address-1B	M	239.192.24.1
P(GA _{2A})	IP-group-address-2A	M	239.192.24.4
P(GA _{2B})	IP-group-address-2B	M	239.192.24.5
P(AB _{DA})	IP-base-address-domain-A	M	192.168.0.0
P(AB _{DB})	IP-base-address-domain-B	M	192.268.128.0
P(MRC _{AUS})	max-retry-count-AUS	M	5
P(MRC _{ASS})	max-retry-count-ASS	M	5
P(MOS)	max-outstanding-number	M	10
P(TNR _{AUS})	max-response-time-AUS	M	50 ms
P(TNR _{ASS})	max-response-time-ASS	M	500 ms
P(TWT _{AUS})	wait-time-AUS	M	100 ms
P(TWT _{ASS})	wait-time-ASS	M	100 ms
P(TID _{ASS})	inter-DTPDU-time	M	500 ms
P(MC)	macro cycle period	M	100 ms
P(SD _{UUS})	starting-delay-UUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{AUS})	starting-delay-AUS	M	{1,11,21,31,41,56,66,76,86} ms
P(SD _{ASS})	starting-delay-ASS	M	{6,16,26,36,51,61,71,81,91} ms
P(SD _{MUS})	starting-delay-MUS	M	{8,28,48,68,88} ms
P(SD _{MSS})	starting-delay-MSS	M	{46} ms
P(TD _{UUS})	time-duration-UUS	M	1 ms
P(TD _{AUS})	time-duration-AUS	M	1 ms
P(TD _{ASS})	time-duration-ASS	M	1 ms
P(TD _{MUS})	time-duration-MUS	M	1 ms
P(TD _{MSS})	time-duration-MSS	M	1 ms
P(TO _{UUS})	offset-time-UUS	M	1 ms
P(TO _{AUS})	offset-time-AUS	M	1 ms
P(TO _{ASS})	offset-time-ASS	M	1 ms
P(TO _{MUS})	offset-time-MUS	M	1 ms
P(TO _{MSS})	offset-time-MSS	M	1 ms
P(DV _{UUS})	divisor-for-grouping-UUS	M	5
P(DV _{AUS})	divisor-for-grouping-AUS	M	5
P(DV _{ASS})	divisor-for-grouping-ASS	M	5
P(DV _{MUS})	divisor-for-grouping-MUS	M	5
P(DV _{MSS})	divisor-for-grouping-MSS	M	5
P(KS)	key size	M	4 octets
P(AS)	authentication field size	M	2 octets
P(PN)	prime-number	M	0b01011001
P(BS)	base-number	M	251

Symbole du paramètre	Nom du paramètre	Utilisation	Valeur
P(UD)	key-update-time	M	3 600 s

11.2.3 Couche d'application

11.2.3.1 Généralités

La couche d'application spécifiée dans la CEI 61158-5-17 et la CEI 61158-6-17 doit être utilisée.

11.2.3.2 Sélection de service AL

Le Tableau 61 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-17.

Tableau 61 – CP 10/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objectif	OUI	—
2	Référence normative	OUI	—
3	Définitions	OUI	—
4	Concepts	OUI	—
5	ASE	OUI	—
6	AR	OUI	—
7	Récapitulatif des classes FAL	OUI	—
8	Services FAL admis par le rôle AREP	OUI	—

11.2.3.3 Sélection de protocole AL

Le Tableau 62 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-17.

Tableau 62 – CP 10/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Référence normative	OUI	—
3	Définitions	OUI	—
4	Description de la syntaxe abstraite	OUI	—
5	Syntaxe de transfert	OUI	—
6	Structure des diagrammes d'états de protocole FAL	OUI	—
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
8	Machines protocolaires de service FAL (FSPM)	OUI	—
9	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	OUI	—
10	Machine protocolaire de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

11.2.4 Sélection d'indicateur de performance

11.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 63 présente les indicateurs de performance applicables au CP 10/1.

Tableau 63 – CP 10/1: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	Aucune
Nombre de stations d'extrémité	OUI	Aucune
Topologie de réseau de base	OUI	Aucune
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	Aucune
Débit RTE	OUI	Aucune
Largeur de bande non-RTE	OUI	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	Aucune
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	—
Temps de reprise de redondance	OUI	Aucune

11.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

11.2.4.2.1 Généralités

Le Tableau 64 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 10/1.

Tableau 64 – CP 10/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON	OUI 11.2.4.2.2	OUI 11.2.4.2.2	NON	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	NON		OUI 11.2.4.2.3	OUI 11.2.4.2.3	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 11.2.4.2.2	OUI 11.2.4.2.3		OUI 11.2.4.2.3	NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	NON	OUI 11.2.4.2.3		NON	NON	NON	NON
Débit RTE	NON	NON	OUI 11.2.4.2.4	NON		NON	NON	NON
Largeur de bande non-RTE	NON	NON	OUI 11.2.4.2.5	NON	NON		NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	OUI 11.2.4.2.6	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 11.2.4.2.7	NON	NON	NON	NON	

11.2.4.2.2 Calcul du temps de remise

Le temps de remise réel peut être calculé par la Formule (23).

$$DT = STTs + STTr + Trate \times Dlen + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (23)$$

où

<i>DT</i>	est le temps de remise;
<i>STTs</i>	est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris PhL, DLL et AP;
<i>STTr</i>	est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris PhL, DLL et AP;
<i>Trate</i>	est le débit binaire du transfert;
<i>Dlen</i>	est la longueur en bit de la trame Ethernet complète;
<i>Cdly</i>	est le délai du câble;
<i>Clen</i>	est la longueur du câble;
<i>Spd</i>	est le délai de commutation dans des conditions non saturées;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs.

Le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine peut être calculé par la Formule (24).

$$DTmax1 = 20 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (24)$$

où

<i>DTmax1</i>	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine;
<i>Cdly</i>	est le délai du câble;
<i>Clen</i>	est la longueur du câble;
<i>Spd</i>	est le délai de commutation dans des conditions non saturées;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs.

Le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents peut être calculé par la Formule (25).

$$DTmax2 = 50 \text{ ms} + Cdly \times Clen + Spd \times NoS \quad (25)$$

où

<i>DTmax2</i>	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents;
<i>Cdly</i>	est le délai du câble;
<i>Clen</i>	est la longueur du câble;
<i>Spd</i>	est le délai de commutation dans des conditions non saturées;
<i>NoS</i>	est le nombre de commutateurs.

Le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine peut être calculé par la Formule (26).

$$DT_{lost1} = 10 \text{ ms} + DT_{max1} \quad (26)$$

où

DT_{lost1}	est le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine;
DT_{max1}	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine.

Le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents peut être calculé par la Formule (27).

$$DT_{lost2} = 150 \text{ ms} + DT_{max2} \quad (27)$$

où

DT_{lost2}	est le temps de remise maximal avec une trame perdue pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents.
DT_{max2}	est le temps de remise maximal pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents.

11.2.4.2.3 Restriction relative à la structure du réseau

Si le réseau est composé d'un seul domaine, le nombre de stations d'extrémité RTE est limité à 64.

Si le réseau est composé de plus de deux domaines, le nombre de stations d'extrémité RTE dans le domaine est limité à 64. Le nombre maximal de domaines doit être de 64.

La topologie d'interconnexion entre les domaines doit être arborescente.

La topologie d'interconnexions entre les ponts doit être arborescente ou en anneau.

Le nombre de commutateurs entre deux stations d'extrémité du même domaine doit être inférieur à 7, et le nombre de routeurs (commutateurs à 3 couches) entre deux domaines doit être inférieur à 4.

11.2.4.2.4 Restriction relative au débit RTE

Le débit RTE généré par la communication entre des stations d'extrémité appartenant au même domaine doit être limité à moins de 10 Moctets par seconde.

Le débit RTE généré par la communication sortant d'un domaine doit être limité à moins de 10 Moctets par seconde. Le débit RTE généré par la communication entrant dans un domaine doit être limité à moins de 10 Moctets par seconde.

11.2.4.2.5 Restriction relative à la largeur de bande non-RTE

La largeur de bande non-RTE doit être inférieure à 500 Mbit/s. Si le réseau est composé de plus de deux domaines, des routeurs doivent contrôler le trafic non RTE afin de limiter la largeur de bande non RTE d'un domaine à moins de 500 Mbit/s, sinon la largeur de bande non-RTE totale générée dans le réseau doit être inférieure à 500 Mbit/s.

11.2.4.2.6 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle entre deux nœuds d'extrémité appartenant au même domaine est de ± 1 ms ou moins, l'exactitude de la synchronisation temporelle entre deux nœuds d'extrémité n'appartenant pas au même domaine étant de ± 5 ms ou moins.

11.2.4.2.7 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance d'une communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine est inférieur à 200 ms, le temps de reprise de redondance d'une communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents est inférieur à 600 ms.

11.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 65 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine.

Tableau 65 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	20 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal_switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	64	Aucune
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	7	Aucune
Débit RTE	10 M octet/s	Aucune
Largeur de bande non-RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	Aucune
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 ms	Aucune
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	—
Temps de reprise de redondance	< 200 ms	Aucune

Le Tableau 66 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents.

Tableau 66 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	50 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal_switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	4 096	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	39	Y compris 4 commutateurs à 3 couches
Débit RTE	10 M octet/s	—
Largeur de bande non-RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 5 ms	—
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	—
Temps de reprise de redondance	< 600 ms	—

Le Tableau 67 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine avec une trame perdue.

Tableau 67 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant au même domaine avec une trame perdue

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	60 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	64	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	7	—
Débit RTE	10 M octet/s	—
Largeur de bande non-RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 ms	—
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	—
Temps de reprise de redondance	< 200 ms	—

Le Tableau 68 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance applicable à la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents avec une trame perdue.

Tableau 68 – CP 10/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la communication entre deux stations d'extrémité appartenant à des domaines différents avec une trame perdue

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	200 ms	À l'exclusion de cable_delay et nominal switch_delay
Nombre de stations d'extrémité	4 096	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	39	Y compris 4 commutateurs à 3 couches
Débit RTE	10 M octet/s	—
Largeur de bande non-RTE	0 % – 50 % (500 Mbit/s)	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 5 ms	—
Exactitude de synchronisation non périodique	Non applicable	—
Temps de reprise de redondance	< 600 ms	—

12 Famille de profils de communication 11 (TCnet⁸) – Profils de communication RTE

12.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 11 définit deux types de profil de communication reposant sur le Type 11 (TCnet) de la CEI 61158-2 à la CEI 61158-6, correspondant aux systèmes de communication communément appelés TCnet.

– Profil 11/1 (TCnet)

Ce profil contient une sélection de services AL et DLL et de définitions de protocole issus du protocole de Type 11 (TCnet) de la CEI 61158-2 à la CEI 61158-6.

Le Tableau 69 présente un ensemble de profils TCnet.

Tableau 69 – CPF 11: Présentation d'ensembles de profils

Couche	Profil 11/1
Application	CEI 61158-5-11, CEI 61158-6-11
Liaison de données	CEI 61158-3-11, CEI 61158-4-11
Physique	ISO/CEI 8802-3

12.2 Profil 11/1

12.2.1 Couche physique

La couche physique de 100 Mbit/s doit être conforme à l'ISO/CEI 8802-3.

12.2.2 Couche de liaison de données

12.2.2.1 Sélection de service DLL

Le Tableau 70 spécifie la sélection de service DLL dans la CEI 61158-3-11.

Tableau 70 – CP 11/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	—
4	Services de liaison de données et concept	OUI	—
4.1	Présentation	OUI	—
4.2	Description générale des services	OUI	—
4.3	Service de données TCC	OUI	—
4.4	Description détaillée du service de données de messagerie sporadiques	OUI	—
5	Services de gestion DL	OUI	—
5.1	Généralités	OUI	—
5.2	Installations du service de gestion DL	OUI	—
5.3	Service de gestion DL	OUI	—
5.4	Présentation des interactions	OUI	—

⁸ Au Japon, TCnet est une appellation commerciale de TOSHIBA Corporation. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de la présente Norme internationale et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque. L'utilisation de l'appellation commerciale implique l'autorisation de son détenteur.

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5.5	Spécification détaillée du service et des interactions	OUI	—

12.2.2.2 Sélection de protocole DLL

Le Tableau 71 spécifie la sélection de protocole DLL dans la CEI 61158-4-11.

Tableau 71 – CP 11/1: Sélection de protocole DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	Partielle	—
4	Présentation du protocole DL	OUI	—
5	Structure générale et codage des PhIDE et DLPDU et élément de procédure connexe	OUI	—
6	Structure, codage et éléments de procédure spécifiques à DLPDU	OUI	—
7	Élément de procédure DLE	OUI	—

12.2.3 Couche d'application

12.2.3.1 Sélection de service AL

Le Tableau 72 spécifie la sélection de service AL dans la CEI 61158-5-11.

De plus, les services AL sont mis en correspondance avec la suite de protocoles TCP/UDP/IP (voir respectivement RFC 793, RFC 768 et RFC 791).

Tableau 72 – CP 11/1: Sélection de service AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	Référence pertinente uniquement
3	Termes et définitions, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Concepts	OUI	—
5	ASE de type de données	Partielle	Utilisés si applicable
6	Spécification du modèle de communication	OUI	—

12.2.3.2 Sélection de protocole AL

Le Tableau 73 spécifie la sélection de protocole AL dans la CEI 61158-6-11.

Tableau 73 – CP 11/1: Sélection de protocole AL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Référence normative	Partielle	Référence pertinente uniquement
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisés si applicable
4	Description de la syntaxe FAL	OUI	—
5	Syntaxe de transfert	OUI	—
6	Structures de diagramme d'états de protocole FAL	OUI	—
7	Machine protocolaire de service FAL (FSPM)	OUI	—
8	Machines protocolaires de relation d'application (ARPM)	OUI	—

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
9	Machines protocolaires de mapping DLL (DMPM)	OUI	—

12.2.4 Sélection d'indicateur de performance

12.2.4.1 Présentation des indicateurs de performance

Le Tableau 74 présente les indicateurs de performance de CP 11/1.

Tableau 74 – CP 11/1: Présentation des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	—
Nombre de stations d'extrémité	OUI	—
Topologie de réseau de base	OUI	Topologie en étoile
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	Les concentrateurs sont adaptés, mais il convient de ne pas utiliser les commutateurs pour obtenir de meilleures performances
Débit RTE	OUI	—
Largeur de bande non-RTE	OUI	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	La CEI 61588 doit être installée
Exactitude de synchronisation non périodique	OUI	—
Temps de reprise de redondance	OUI	Commutation temporelle nulle sans interruption

12.2.4.2 Dépendances d'indicateur de performance

Le Tableau 75 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour CP 11/1.

Tableau 75 – CP 11/1: Matrice de dépendance de l'indicateur de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation	exactitude de synchronisation	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON 12.2.4.2.1 12.2.4.2.3	NON 12.2.4.2.4	NON 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NON 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NON	NON	NON 12.2.4.2.5
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON	OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	NON		NON	NON	NON	NON	NON
Débit RTE	OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NON		OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NON	NON	NON
Largeur de bande non-RTE	OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2	NON	OUI 12.2.4.2.1 12.2.4.2.2		NON	NON	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	NON	NON	NON		NON	NON
Exactitude de synchronisation non périodique	NON	NON	NON	NON	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	NON	NON	NON	NON	NON	

12.2.4.2.1 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est définitivement spécifié par les utilisateurs de l'application à l'aide du service de données TCC, le temps de remise spécifié répondant aux cas d'erreur de non-transmission et de trame perdue avec reprise.

Le service de données TCC offre 3 types de service de transmission de données en même temps, en fonction de la préférence des données et du temps de remise d'un APDU à transférer à l'aide du service de transmission de données.

Le Tableau 76 spécifie la sélection de service de données TCC prise en charge par ce profil.

Tableau 76 – CP 11/1: Sélection de service de données TCC

Réf. du service	Nom du service	Applicable	Contrainte
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à grande vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à grande vitesse (T_h) est comprise entre 1 ms et 160 ms, dont l'unité est au 0,1 ms
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à moyenne vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à moyenne vitesse (T_m) est comprise entre 10 ms et 1 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h
CEI 61158-3-11 Article 4	Transmission de données cycliques à basse vitesse	OUI	La plage de la période de transmission à basse vitesse (T_l) est comprise entre 100 ms et 10 000 ms, dont l'unité est au 1 ms et multiples de T_h

Le temps de remise de l'indicateur de performance est fonction de la quantité de données RTE et non-RTE échangées entre les stations d'extrémité, du nombre de trames Ethernet utilisées pour la planification de transmission déterministe, du délai de propagation du signal vers la station d'extrémité, du nombre de stations d'extrémité et du nombre de concentrateurs entre les stations d'extrémités.

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé comme suit:

$$DT_H = T_h \quad (28)$$

$$DT_M = T_m \quad (29)$$

$$DT_L = T_l \quad (30)$$

$$T_h = T_{RTE} + T_{NRT} + T_{SCH} + T_{PD} + T_{MAC} \quad (31)$$

$$T_{RTE} = T_{HS} + \frac{T_{MS}}{T_m} \times T_h + \frac{T_{LS}}{T_l} \times T_h \quad (32)$$

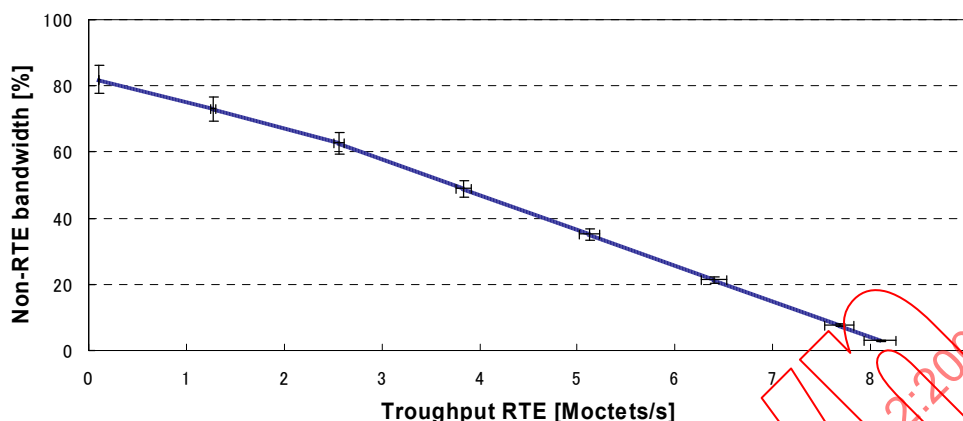
où

DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_L	est le temps de remise des données cycliques à basse vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
T_h	est le temps de transmission à grande vitesse, et le cycle_time (ct) de base du service de données TCC;
T_m	est le temps de transmission à moyenne vitesse;
T_l	est le temps de transmission à basse vitesse;
T_{RTE}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame Ethernet contenant les données RTE (données utiles) de longueur fixe quittent la station d'extrémité dans le temps T_h . Le volume total de données RTE et la largeur de bande des données non-RTE sont spécifiés par l'utilisateur de l'application;
T_{NRT}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame et les données non-RTE (données utiles) quittent la station d'extrémité dans le temps T_h et sont utilisées pour l'application Ethernet standard de manière sporadique;
T_{SCH}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame est échangée pour la planification de transmission déterministe entre les stations d'extrémités. T_{SCH} comprend la durée pour le DLPDU de synchronisation et plusieurs DLPDU de transmission complète spécifiés dans la CEI 61158-4-11, Article 6;
T_{PD}	est la somme des délais de propagation du signal (pd) entre les stations d'extrémités. T_{PD} dépend du nombre de concentrateurs entre les stations d'extrémités, du délai de propagation du câble (cd) et du nombre de stations d'extrémité;
T_{MAC}	est le temps de maintenance et de contrôle, au cours duquel une nouvelle station d'extrémité est sollicitée et l'opération de temps périodique est contrôlée;
T_{HS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à grande vitesse;
T_{MS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à moyenne vitesse;
T_{LS}	est la somme des durées d'émission de trame, dans laquelle la trame de données TCC achemine les données cycliques à basse vitesse.

12.2.4.2.2 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non-RTE

La Figure 9 illustre un exemple de relation entre le débit RTE et la largeur de bande non RTE dans le cas d'une couche physique de 100 Mbit/s. Ce profil prend en charge la spécification

d'un pourcentage de largeur de bande et/ou de débit utilisés pour les communications non RTE et RTE.



Légende

Anglais	Français
Non-RTE bandwidth	Largeur de bande non-RTE
Throughput RTE	Débit RTE

Figure 9 – CP 11/1: Débit RTE et largeur de bande non-RTE

Le débit RTE indique la quantité totale de données APDU par longueur d'octet et par seconde, les données APDU étant envoyées par le nœud utilisant le service de données TCC spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.3. La largeur de bande non-RTE indique le pourcentage total de la largeur de bande, utilisé pour les communications non-RTE par les nœuds utilisant le service de données de messagerie sporadiques spécifié dans la CEI 61158-3-11, 4.4.

La largeur de bande totale est calculée comme suit:

$$BW = BW_{RTE} + BW_{NRT} + BW_{CNT} \quad (33)$$

$$BW_{RTE} = TR_{RTE} \times \frac{8}{100} \quad (34)$$

$$TR_{RTE} = TR_{HS} + TR_{MS} + TR_{LS} \quad (35)$$

$$TR_{HS} = \frac{DV_{HS}}{DT_H} \quad (36)$$

$$TR_{MS} = \frac{DV_{MS}}{DT_M} \quad (37)$$

$$TR_{LS} = \frac{DV_{LS}}{DT_L} \quad (38)$$

où

BW est la largeur de bande totale en %, 100 % étant équivalent à 100 Mbit/s;

BW_{RTE}	est la largeur de bande utilisée pour les communications RTE, en %;
BW_{NRT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications non RTE, en %;
BW_{CNT}	est la largeur de bande utilisée pour les communications de planification et pour le traitement des protocoles, en %;
TR_{RTE}	est le débit RTE, en Moctets/s;
TR_{HS}	est le débit RTE des données cycliques à grande vitesse, en Moctets/s;
TR_{MS}	est le débit RTE des données cycliques à moyenne vitesse, en Moctets/s;
TR_{LS}	est le débit RTE des données cycliques à basse vitesse, en Moctets/s;
DV_{HS}	est le volume total de données cycliques à grande vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DV_{MS}	est le volume total de données cycliques à moyenne vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DV_{LS}	est le volume total de données cycliques à faible vitesse envoyé par toutes les stations d'extrémité;
DT_H	est le temps de remise des données cycliques à grande vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_M	est le temps de remise des données cycliques à moyenne vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC;
DT_L	est le temps de remise des données cycliques à basse vitesse, incluant le temps transversal de la pile de l'émetteur (STTs) et le temps transversal de la pile du récepteur (STTr), y compris Phy et MAC.

Le débit RTE ou la largeur de bande non-RTE dépend de BW_{CNT} pour la planification des communications et pour le traitement des protocoles. La planification des communications et le traitement des protocoles, conformément aux formules données en 12.2.4.2.1, dépendent du nombre de concentrateurs entre les stations d'extrémités, du délai de propagation du câble et du nombre total de stations d'extrémité, et sont liés au temps de maintenance et de contrôle afin de solliciter de nouvelles stations d'extrémité et conserver l'opération de temps périodique.

12.2.4.2.3 Nombre de stations d'extrémité

Le nombre maximal de stations d'extrémité doit être de 254.

12.2.4.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau prise en charge par ce profil se présente en étoile hiérarchique. Le nombre de couches d'une hiérarchie est spécifique à l'application. Il est déterminé sur la base du nombre de stations d'extrémité, de leur emplacement physique et de la distance qui les sépare. Le nombre maximal de concentrateurs entre 2 stations d'extrémité doit être de 7.

12.2.4.2.5 Temps de reprise de redondance

Le temps maximal de reprise totale en cas de défaillance permanente est de 0 période. Ce profil prend en charge le fonctionnement total sans interruption des services de transfert de données de haut niveau.

12.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

12.2.4.3.1 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Le Tableau 77 présente l'un des ensembles cohérents d'indicateurs de performance de CP 11/1. Les valeurs du Tableau 77 représentent l'un des exemples pratiques, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques, l'exemple concernant de préférence les communications RTE, ce qui signifie que la largeur de bande disponible totale des communications RTE et non-RTE est attribuée seule aux communications RTE.

Tableau 77 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	—
Nombre de stations d'extrémité	24	La distance maximale entre les nœuds est de 4 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	3 concentrateurs
Débit RTE	Total = 7,3 Moctets/s $TR_{HS} = 6,4 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,9 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 19\,200 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octet}$
Largeur de bande non-RTE	0 %	—
Exactitude de synchronisation non périodique	$< 10 \mu\text{s}$	—
Temps de reprise de redondance	0 s	—

12.2.4.3.2 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non-RTE

Le Tableau 78 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CP 11/1. Les valeurs données dans le Tableau 78 représentent un exemple pratique, mais ne sont pas des valeurs maximales théoriques. La largeur de bande disponible totale est partitionnée entre les communications RTE et les communications non-RTE.

Tableau 78 – CP 11/1: Ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour les communications RTE et non-RTE

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	$DT_H = 2 \text{ ms}$ $DT_M = 20 \text{ ms}$ $DT_L = 200 \text{ ms}$	—
Nombre de stations d'extrémité	13	La distance maximale entre les nœuds est de 4 km
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	0	5 concentrateurs
Débit RTE	Total = 5,7 Moctets/s $TR_{HS} = 5,1 \text{ Moctets/s}$ $TR_{MS} = 0,6 \text{ Moctets/s}$	$DV_{HS} = 10\,240 \text{ octets}$ $DV_{MS} = 12\,800 \text{ octets}$ $DV_L = 0 \text{ octets}$
Largeur de bande non-RTE	$< 20 \%$	—
Exactitude de synchronisation non périodique	$< 10 \mu\text{s}$	—
Temps de reprise de redondance	0 s	—

13 Famille de profils de communication 12 (EtherCAT) – Profils de communication RTE

13.1 Présentation générale

EtherCAT⁹ est une technologie RTE spécifiée dans l'ISO/CEI 8802-3, la CEI 61158-2, la CEI 61158-3-12, la CEI 61158-4-12, la CEI 61158-5-12 et la CEI 61158-6-12. Elle est

⁹ EtherCAT® est une appellation commerciale de Beckhoff, Verl. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs de ce profil et ne signifie nullement que la CEI approuve ou recommande le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'implique pas l'utilisation de la marque EtherCAT. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherCAT nécessite l'autorisation de son détenteur.

particulièrement adaptée aux communications entre les systèmes de contrôle et les périphériques (systèmes d'entrée-sortie, unités, capteurs et actionneurs, par exemple).

Dans la présente partie de la CEI 61784, les profils de communication suivants sont spécifiés pour CPF 12:

– Profil 12/1

Ce profil définit les sélections de protocole et de service pour de simples appareils d'entrée-sortie qui peuvent communiquer des données de processus de manière cyclique.

– Profil 12/2

Ce profil définit les sélections de protocole et de service pour deux types d'appareils:

- appareils intelligents ou modulaires avec fonctions de communication boîte aux lettres;
- les appareils qui prennent en charge la synchronisation temporelle pour exécuter des actions coordonnées.

Ces trois types d'appareil peuvent être mélangés de manière arbitraire.

13.2 Profil CP 12/1

13.2.1 Couche physique

La couche physique est décrite dans la CEI 61158-2 et l'ISO/CEI 8802-3.

Le Tableau 79 précise l'utilisation de la couche physique préférentielle, spécifiée dans l'ISO/CEI 8802.3, incluse dans ce profil. Le Tableau 80 précise l'utilisation d'une couche physique optimisée pour les applications fond de panier, spécifiées dans la CEI 61158-2, incluse dans ce profil.

Tableau 79 – CP 12/1: Sélection PhL de la couche physique préférentielle

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
21	Introduction aux réseaux bande de base 100 Mb/s, type 100BASE-T	OUI	—
22	Sous-couche de réconciliation (RS) et interface indépendante du support (MII)	OUI	—
23	Sous-couche de codage physique (PCS), Sous-couche de raccordement au support physique (PMA) et support de bande de base, type 100BASE-T4	—	—
24	Sous-couche de codage physique (PCS) et Sous-couche de raccordement au support physique (PMA), type 100BASE-X	OUI	—
25	Sous-couche dépendant du support physique (PMD) et support de bande de base, type 100BASE-TX	Facultatif	Technologie à privilégier
26	Sous-couche dépendant du support physique (PMD) et support de bande de base, type 100BASE-FX	Facultatif	Utiliser dans des conditions d'environnement particulières
27	Répéteur pour réseaux bande de base 100 Mb/s	—	—
28	Signalisation de liaison de couche physique pour l'autonégociation 10 Mb/s, 100 Mb/s et 1 000 Mb/s sur une paire torsadée	Facultatif	Les fonctions d'autonégociation et d'autorecouvrement sont vivement recommandées
29	Considérations système relatives aux réseaux 100BASE-T à segments multiples	Facultatif	L'agrégation de liaison peut être utilisée mais n'est pas recommandée
Annexe 22	MI	OUI	—
Annexe 23A	mots de code 6T	OUI	—
34 ff	Introduction au réseau bande de base 1 000 Mb/s	Facultatif	Pour usage ultérieur

Tableau 80 – CP 12/1: Sélection PhL d'une couche physique optimisée

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
5	Interface DLL – PhL	—	—
5.8	Type 12: Services requis	OUI	—
6	Interface gestion de système – PhL	—	—
6.7	Type 12: Interface gestion de système – PhL	OUI	—
7	Sous-couche indépendante de DCE (DIS)	—	—
7.6	Type 12: DIS	OUI	—
8	Interface DTE – DCE et fonctions spécifiques à MIS	—	—
8.5	Type 12: Interface DTE – DCE	OUI	Interface non exposée
9	Sous-couche dépendant du support (MDS)	—	—
9.9	Type 12: Support filaire	OUI	—
10	Interface MDS – MAU	—	—
10.7	Type 12: Interface MDS – MAU: Support filaire	OUI	—
29	Type 12: Unité de connexion au support: support électrique	OUI	—

13.2.2 Couche de liaison de données

13.2.2.1 Esclave EtherCAT

La couche de liaison de données est décrite dans la CEI 61158-3-12 et la CEI 61158-4-12. Le Tableau 81 spécifie l'utilisation des services inclus dans ce profil. Le Tableau 82 spécifie l'utilisation du protocole inclus dans ce profil.

Tableau 81 – CP 12/1: Sélection de service DLL

Article / paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
4	Services de couche de liaison de données et concepts	—	—
4.1	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.2	Topologie	OUI	—
4.3	Présentation de la couche de liaison de données	OUI	—
4.4	Présentation de la détection des erreurs	OUI	—
4.5	Introduction au traitement des paramètres et des données de processus	Partielle	Certains exemples ne décrivent pas les fonctions obligatoires
4.6	Modèle de référence de nœud	OUI	—
4.7	Présentation du fonctionnement	Partielle	Mode direct obligatoire
4.8	Adressage	OUI	—
4.9	Classification des esclaves	Partielle	Esclave de base obligatoire
4.9	Classification des esclaves	Partielle	Esclave de base obligatoire
5	Services de communication	—	—
5.1	Services de lecture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.2	Services d'écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.3	Services combinés de lecture/écriture	Partielle	Services de réponse (.ind/.rsp)
5.4	Services de réseau	NON	—
5.5	Boîte aux lettres	NON	—
6.	Interactions locales	—	—
6.1	Lecture locale	OUI	—
6.2	Écriture locale	OUI	—