

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 2**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 2**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-2:2023



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
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 corrigendum or an amendment might have been published.

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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: sales@iec.ch.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

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.

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 2**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 2**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6691-5

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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviated terms and acronyms	9
3.3 Symbols.....	9
3.4 Conventions.....	10
4 CPF 2 (CIP™) – RTE communication profiles	10
4.1 General overview	10
4.2 CP 2/2	11
4.2.1 Physical layer	11
4.2.2 Data-link layer	11
4.2.3 Application layer	11
4.2.4 Performance indicator selection	11
4.3 CP 2/2.1	15
4.3.1 Physical layer	15
4.3.2 Data-link layer	15
4.3.3 Application layer	17
4.3.4 Performance indicator selection	23
Annex A (informative) CPF 2 (CIP) – Performance Indicator calculation.....	25
A.1 Profile 2/2 EtherNet/IP	25
A.1.1 Delivery time	25
A.1.2 Throughput RTE	25
A.2 Profile 2/2.1 EtherNet/IP with Time Synchronization.....	26
A.2.1 Delivery time	26
A.2.2 Maximum number of end-stations	26
Bibliography.....	27
Table 1 – CPF 2 symbols.....	10
Table 2 – CP 2/2: PI overview.....	11
Table 3 – CP 2/2: PI dependency matrix	12
Table 4 – CP 2/2: Consistent set of PIs for factory automation.....	15
Table 5 – CP 2/2.1: DLL protocol selection	16
Table 6 – CP 2/2.1: DLL protocol selection of management objects	17
Table 7 – CP 2/2.1: AL service selection.....	18
Table 8 – CP 2/2.1: AL protocol selection	19
Table 9 – ClockIdentity encoding for CP 2/2	20
Table 10 – CP 2/2 implementation profiles.....	21
Table 11 – Features Supported for Type 2 Ethernet Transports implementation profile	21

Table 12 – Type 2 Ethernet transport profile supported Features	22
Table 13 – Supported Encapsulation Commands for transport profiles	22
Table 14 – CP 2/2.1: PI overview	23
Table 15 – CP 2/2.1: PI dependency matrix	24
Table 16 – CP 2/2.1: Consistent set of PIs for motion control	24

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-2:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL NETWORKS –
PROFILES –****Part 2-2: Additional real-time fieldbus profiles
based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 2****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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

Attention is drawn to the fact that the use of some of the associated protocol types is 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 layer protocol type to be used with other layer protocols of the same type, or in other type combinations explicitly authorized by their respective intellectual property right holders.

NOTE Combinations of protocol types are specified in the IEC 61784-1 series and the IEC 61784-2 series.

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

This first edition, together with the other parts of the same series, cancels and replaces the fourth edition of IEC 61784-2 published in 2019. This first edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC 61784-2:2019:

- a) split of the original IEC 61784-2 into several subparts, one subpart for the material of a generic nature, and one subpart for each Communication Profile Family specified in the original document;
- b) addition of two DLL protocol management objects;
- c) addition of profile information removed from the Type standards.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
65C/1209/FDIS	65C/1237/RVD

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 61784-2 series, published under the general title *Industrial networks – Profiles – Part 2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

INTRODUCTION

The IEC 61784-2 series provides additional Communication Profiles (CP) to the existing Communication Profile Families (CPF) of the IEC 61784-1 series 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/IEEE 8802-3 – commonly known as Ethernet. These RTE communication networks use provisions of ISO/IEC/IEEE 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/IEEE 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 the 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 can 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, whose values will be provided with RTE devices based on communication profiles specified in the IEC 61784-2 series, enable the user to match network devices with application-dependent performance requirements of an RTE network.

INDUSTRIAL NETWORKS – PROFILES –

Part 2-2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 2

1 Scope

This part of IEC 61784-2 defines extensions of Communication Profile Family 2 (CPF 2) for Real-Time Ethernet (RTE). CPF 2 specifies a set of Real-Time Ethernet (RTE) communication profiles (CPs) and related network components based on the IEC 61158 series (Type 2), ISO/IEC/IEEE 8802-3 and other standards.

For each RTE communication profile, this document also specifies the relevant RTE performance indicators and the dependencies between these RTE performance indicators.

NOTE 1 All CPs are based on standards or draft standards or International Standards published by the IEC or on standards or International Standards established by other standards bodies or open standards processes.

NOTE 2 The RTE communication profiles use ISO/IEC/IEEE 8802-3 communication networks and its related network components or IEC 61588 and in some cases amend those standards to obtain RTE features.

NOTE 3 Some CPs of CPF 2 are specified in IEC 61784-1-2.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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.

NOTE All parts of the IEC 61158 series, as well as the IEC 61784-1 series and the IEC 61784-2 series, are maintained simultaneously. Cross-references to these documents within the text therefore refer to the editions as dated in this list of normative references.

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

IEC 61158-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 61158-3-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-2: Data-link layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-4-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-2: Data-link layer protocol specification – Type 2 elements*

IEC 61158-5-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-2: Application layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-6-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-2: Application layer protocol specification – Type 2 elements*

IEC 61588:2021, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems*

IEC 61784-1-2:2023, *Industrial networks – Profiles – Part 1-2: Fieldbus profiles – Communication Profile Family 2*

IEC 61784-2-0:2023, *Industrial networks – Profiles – Part 2-0: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – General concepts and terminology*

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

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

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Telecommunications and exchange between information technology systems – Requirements for local and metropolitan area networks – Part 3: Standard for Ethernet*

IEEE Std 802-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture*

IEEE Std 802.1AB-2016, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery*

IEEE Std 802.1AS-2020, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications*

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks*

IETF RFC 768, J. Postel, *User Datagram Protocol*, August 1980, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc768> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 791, J. Postel, *Internet Protocol*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc791> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 792, J. Postel, *Internet Control Message Protocol*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc792> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 793, J. Postel, *Transmission Control Protocol*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc793> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 826, D. Plummer, *An Ethernet Address Resolution Protocol: Or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*, November 1982, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc826> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 894, C. Hornig, *A Standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet*, April 1984, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc894> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 1112, S.E. Deering, *Host Extensions for IP Multicasting*, August 1989, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1112> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 1122, R. Braden, *Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*, October 1989, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1122> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 1123, R. Braden, *Requirements for Internet Hosts – Application and Support*, October 1989, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1123> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 1127, R.T. Braden, *Perspective on the Host Requirements RFCs*, October 1989, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1127> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 2236, W. Fenner, *Internet Group Management Protocol, Version 2*, November 1997, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2236> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 2544, S. Bradner, J. McQuaid, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*, March 1999, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2544> [viewed 2022-02-18]

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 IEC 61784-2-0, ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEEE Std 802-2014, IEEE Std 802.1AB-2016, IEEE Std 802.1AS-2020 and IEEE Std 802.1Q-2018 apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.2 Abbreviated terms and acronyms

For the purposes of this document, abbreviated terms and acronyms defined in IEC 61784-2-0 and the following apply.

CP	Communication Profile [according to IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1-0]
ICMP	Internet Control Message Protocol (see IETF RFC 792)
IETF	Internet Engineering Task Force
IP	Internet Protocol (see IETF RFC 791)
LLDP	Link Layer Discovery Protocol (see IEEE Std 802.1AB-2016)
PI	Performance indicator
pps	Packets per second
PTP	Precision Time Protocol (see IEC 61588)
RSTP	Rapid Spanning Tree Algorithm and Protocol (see IEEE Std 802.1Q-2018)
TCP	Transmission Control Protocol (see IETF RFC 793)
UDP	User Datagram Protocol (see IETF RFC 768)

3.3 Symbols

For the purposes of this document, symbols defined in IEC 61784-2-0 and Table 1 apply.

NOTE Definitions of symbols in this Subclause 3.3 do not use the italic font, as they are already identified as symbols.

Table 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

3.4 Conventions

For the purposes of this document, the conventions defined in IEC 61784-2-0 apply.

4 CPF 2 (CIP™¹) – RTE communication profiles

4.1 General overview

Communication Profile Family 2 defines several communication profiles based on IEC 61158-2 (protocol type 2), IEC 61158-3-2, IEC 61158-4-2, IEC 61158-5-2, and IEC 61158-6-2, and on other standards. These profiles all share for their upper layers the same communication system commonly known as the Common Industrial Protocol (CIP).

¹ CIP™ is a trade name of ODVA, Inc. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance with this profile does not require use of the trade name CIP™. Use of the trade name CIP™ requires permission from ODVA, Inc.

This document defines two RTE communication profiles.

– Profile 2/2 EtherNet/IP™²

This profile contains a selection of AL, DLL and PhL services and protocol definitions from IEC 61158-4-2, IEC 61158-5-2, and IEC 61158-6-2, 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/IEEE 8802-3 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 allows using it also for the most demanding applications.

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

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

4.2 CP 2/2

4.2.1 Physical layer

See IEC 61784-1-2, 4.3.1.

4.2.2 Data-link layer

See IEC 61784-1-2, 4.3.2.

4.2.3 Application layer

See IEC 61784-1-2, 4.3.3.

4.2.4 Performance indicator selection

4.2.4.1 Performance indicator overview

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

Table 2 – CP 2/2: PI 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	–

² EtherNet/IP™ is a trade name of ODVA, Inc. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance with this profile does not require use of the trade name EtherNet/IP™. Use of the trade name EtherNet/IP™ requires permission from ODVA, Inc.

4.2.4.2 Performance indicator dependencies

4.2.4.2.1 Dependency matrix

Table 3 shows the dependencies between performance indicators for CP 2/2.

Table 3 – CP 2/2: PI 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	

4.2.4.2.2 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;

<i>CD</i>	is the cable segment delay in microseconds;
<i>PD</i>	is the cable propagation delay in nanoseconds per meter (depending on the characteristics of the selected cable);
<i>CL</i>	is the cable segment length in meters;
<i>SL</i>	is the switch latency in microseconds (measured based on IETF RFC 2544, usually provided by the switch vendor);
<i>SPD</i>	is the switch processing delay in microseconds (provided by the switch vendor instead of <i>SL</i>);
<i>q</i>	is the number packets in the port transmit queue in front of this packet;
<i>T_{x_packet_j}</i>	is the transmit time of packet <i>j</i> ;
<i>SD_r</i>	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.

4.2.4.2.3 Number of end-stations

With regard to star topology, this document 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.

4.2.4.2.4 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.

4.2.4.2.5 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.

4.2.4.2.6 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 IEC 61784-2-0, 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).

$$Throughput_RTE = \sum_{i=1}^k (APDUsize_i \times EN_RTE_PR_i) \leq EN_PR_MAX \quad (4)$$

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.

4.2.4.2.7 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.

4.2.4.2.8 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).

$$Total_Link_Bandwidth = EN_PR_MAX \quad (5)$$

$$EN_PR = EN_TRTE_PR + EN_TNRTE_PR \leq EN_PR_MAX \quad (6)$$

$$EN_TRTE_PR = \sum_{i=1}^p EN_RTE_PR_i \quad (7)$$

$$EN_TNRTE_PR = \sum_{j=1}^m EN_NRTE_PR_j \quad (8)$$

$$NRTE_BW = \frac{EN_PR_MAX - EN_TRTE_PR}{EN_PR_MAX} \times 100\% \quad (9)$$

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.

4.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 4 defines a consistent set of performance indicators for CP 2/2. Details for calculating the performance indicators are given in Annex A. Minimum and maximum values of delivery time are calculated in A.1.1. The maximum value of the throughput RTE is calculated in A.1.2.

Table 4 – CP 2/2: Consistent set of PIs 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 %	–

4.3 CP 2/2.1

4.3.1 Physical layer

The physical layer of the Ethernet/IP CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC/IEEE 8802-3.

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

NOTE 1 EtherNet/IP can be used with a number of media options (e.g. copper, fiber, fiber ring, wireless) in conjunction with the Ethernet lower layers.

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

The time stamping feature for time synchronization is implemented using a hardware assist circuit as specified in IEC 61588.

4.3.2 Data-link layer

4.3.2.1 DLL service selection

The data-link layer of the CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.3.2.2 DLL protocol selection

4.3.2.2.1 General

The data-link layer of the CP 2/2.1 profile is according to ISO/IEC/IEEE 8802-3.

Table 5 specifies the DLL protocol selection within IEC 61158-4-2.

Table 5 – CP 2/2.1: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
1.1	General	YES	—
1.2 – 1.3	—	NO	—
1.4	Applicability	YES	—
1.5	Conformance	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	—
4 – 5	—	NO	—
6	Specific DLPDU structure, encoding and procedures	—	—
6.1	Modeling language	YES	—
Next subclauses	—	NO	—
7	Objects for station management	—	See Table 6
8 – 9	—	NO	—
10	Device Level Ring (DLR) protocol	YES	Optional
11	PRP and HSR redundancy protocols	YES	Optional
12	LLDP protocol	YES	Optional for legacy devices, otherwise required
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 6 specifies the management objects selection.

Table 6 – 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 – 7.4	—	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	—
7.9	DLR object	YES	Optional (required if DLR protocol is implemented)
7.10	QoS object	YES	Optional
7.11	Port object	YES	See 4.3.2.2.2
7.12	PRP/HSR Protocol object	YES	Optional (required if PRP/HSR protocol is implemented)
7.13	PRP/HSR Nodes Table object	YES	Optional (required if PRP/HSR protocol is implemented)
7.14	LLDP Management object	YES	Optional (required if LLDP protocol is implemented)
7.15	LLDP Data Table object	YES	Optional, and only if LLDP protocol is implemented

4.3.2.2.2 Port object

The Port object refers to a logical link/network interface on the device, i.e. the interface used to address it. For CP 2/2.1, the logical link address is the IP Address (reflected in the TCP/IP object), not the Ethernet MAC_ID.

4.3.3 Application layer

4.3.3.1 AL service selection

4.3.3.1.1 General

Table 7 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-2.

Table 7 – CP 2/2.1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	—
4	Common concepts	Partial	Differences are indicated in IEC 61158-5-2, 6.1
5	Data type ASE	Partial	Selection and restrictions are specified in IEC 61158-5-2, 6.1
6	Communication model specification	—	—
6.1	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	Required
6.2.1.2.3	Assembly formal model	YES	—
6.2.1.2.4	Message Router formal model	YES	Required
6.2.1.2.5	Acknowledge Handler formal model	YES	—
6.2.1.2.6	Time Sync formal model	YES	Required. See 4.3.3.1.2
6.2.1.2.7	Parameter 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 Required (every device shall implement instance 1)
6.2.3	Connection ASE	YES	Optional (internal or external)
6.3	AR's	—	—
6.3.1	Overview	YES	—
6.3.2	UCMM AR formal model	NO	—
6.3.3	Transport AR formal model	YES	—
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 IETF RFC 1122, IETF RFC 1123, IETF RFC 1127 and subsequent documents that may supersede them. All EtherNet/IP devices shall as a minimum support requirements specified in IETF RFC 768, IETF RFC 791, IETF RFC 792, IETF RFC 793, IETF RFC 826 and IETF RFC 894.

EtherNet/IP devices that support consumption of Type 2 Class 0/1 multicast connections (see IGMP Usage in IEC 61158-6-2, 11.6) shall also support IETF RFC 1112 and IETF 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 IETF RFC documents, whether the feature or protocol is considered required or optional by this IETF RFC document.

4.3.3.1.2 Time Sync ASE

The Clock identity identifiers (subattribute ClockIdentity) are based on the MAC address.

CP 2/2.1 uses the Transport of PTP over UDP/IPv4 as specified in IEC 61588:2021, Annex C.

4.3.3.2 AL protocol selection

4.3.3.2.1 General

Table 8 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-2.

Table 8 – CP 2/2.1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	—
4	Abstract syntax	—	—
4.1	FAL PDU abstract syntax	—	—
4.1.1	General	YES	—
4.1.2	PDU structure	YES	—
4.1.3	UCMM_PDUs	NO	—
4.1.4	Transport_Headers	YES	—
4.1.5	CM_PDUs	YES	—
4.1.6	CM PDU components	YES	—
4.1.7	MR headers	YES	—
4.1.8	OM_Service_PDU	YES	See 4.3.3.2.2
4.1.9	Message and connection paths	Partial	Network segments Schedule and Fixed Tag are not supported
4.1.10	Class attribute and service codes	YES	—
4.1.11	Error codes	YES	See 4.3.3.2.3
4.2	Data abstract syntax specification	YES	—
4.3	Encapsulation abstract syntax	YES	See 4.3.3.2.4
5	Transfer syntax	YES	—
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	—
7	AP-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)	—	—
9.2.1	General	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
Next subclauses	—	NO	—
9.3	Connection-oriented ARPMs (transports)	YES	—
10	DLL mapping protocol machine 1 (DMPM 1)	NO	—
11	DLL mapping protocol machine 2 (DMPM 2)	YES	See 4.3.3.2.4
12	DLL mapping protocol machine 3 (DMPM 3)	NO	—

In addition, the AL protocol is mapped onto the TCP/UDP/IP protocol suite according to Type 2 Ethernet transport profiles (see 4.3.3.2.4).

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

EtherNet/IP devices that support consumption of Type 2 Class 0/1 multicast connections (see IGMP Usage in IEC 61158-6-2, 11.6) shall also support IETF RFC 1112 and IETF 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 IETF RFC documents, whether the feature or protocol is considered required or optional by this IETF RFC document.

The time synchronization protocol is implemented as specified in IEC 61588.

4.3.3.2.2 Time Sync object specific syntax elements

The ClockIdentity encoding is specified in Table 9.

Table 9 – ClockIdentity encoding for CP 2/2

Network	Octet 0	Octet 1	Octet 2	Octet 3	Octet 4	Octet 5	Octet 6	Octet 7
CP 2/2	MAC Address ^a			0xFF	0xFE	MAC Address ^a		
^a Most significant octet of MAC Address is assigned to most significant octet of ClockIdentity. For example, a MAC address of "00 01 02 03 04 05" results in a ClockIdentity of "00 01 02 FF FE 03 04 05".								

Within instance attribute #25 (PortPhysicalAddressInfo), the PhysicalProtocol value assigned to CP 2/2 is "IEEE 802.3", and the PortPhysicalAddress shall use the MAC address (same as for UDP/Ipv4).

Within instance attribute #26 (PortProtocolAddressInfo), the NetworkProtocol value assigned to CP 2/2 is 1 (same as for UDP/Ipv4).

4.3.3.2.3 CM error codes

CM error codes (0x01, 0x0A01) to (0x01, 0x0AFF) are reserved for use by CP 2/2.

4.3.3.2.4 Type 2 Ethernet Transports implementation profile

4.3.3.2.4.1 General

The need to support different CP 2/2 capabilities based on application requirements drives the need to define different CP 2/2 implementation profiles. These implementation profiles may be used to simplify the complexity and memory requirements of the CP 2/2 stack and the TCP/IP stack for some application use cases.

The dedicated CP 2/2 implementation profiles are listed in Table 10.

Table 10 – CP 2/2 implementation profiles

Implementation profile ID	Implementation profile name
2	Type 2 Ethernet Transports

Table 11 specifies the Features Supported member of the Type 2 Ethernet Transports implementation profile (reported in the Implementation Profiles attribute (#25) of the Identity object).

Table 11 – Features Supported for Type 2 Ethernet Transports implementation profile

Bit Number(s)	Feature Name	Description
0 ^a	UCMM over TCP	The device supports receiving UCMM messages as defined in IEC 61158-6-2, 11.2 via a TCP Encapsulation Session as defined in IEC 61158-6-2, 11.8.
1 ^a	UCMM over UDP	The device supports receiving UCMM messages as defined in IEC 61158-6-2, 11.2 via UDP as defined in IEC 61158-6-2, 11.9.
2	Class 3 Connections via TCP	The device supports at least one Transport Class 3 connection over TCP as defined in IEC 61158-6-2, 11.4.
3	Class 3 Connections via UDP	The device supports at least one Transport Class 3 connection over UDP as defined in IEC 61158-6-2, 11.4.
4	Class 2 Connections via TCP	The device supports at least one Transport Class 2 connection over TCP as defined in IEC 61158-6-2, 11.4.
5	Class 2 Connections via UDP	The device supports at least one Transport Class 2 connection over UDP as defined in IEC 61158-6-2, 11.4.
6	Class 1 Connections	The device supports at least one Transport Class 1 connection over UDP as defined in IEC 61158-6-2, 11.3.
7	Class 0 Connections	The device supports at least one Transport Class 0 connection over UDP as defined in IEC 61158-6-2, 11.3.
8-31	Reserved	
^a At least one of bits 0 and 1 shall be set to 1.		

4.3.3.2.4.2 Type 2 Ethernet transports profile

The Type 2 Ethernet Transports implementation profile (Implementation Profile ID = 2) defines two Type 2 Ethernet transport profiles, "Full EtherNet/IP" and "UDP-Only EtherNet/IP".

The Full EtherNet/IP transport profile specifies the use of TCP and EtherNet/IP encapsulation sessions for Type 2 connection management and connected explicit messaging, and UDP transport protocols for implicit message transmission.

The UDP-Only EtherNet/IP transport profile is a simplified profile which specifies the exclusive use of UDP for the transmission of all Type 2 messages.

NOTE 1 This transport profile does not need any TCP connections, session management, or any communication bindings between TCP connections and CP 2/2 sessions. The client directly communicates with the server without pre-established communication channel bindings. This results in a simplified messaging structure and the stack complexity is reduced. Therefore, this transport profile is typically used for resource-constrained device use cases.

NOTE 2 With a UDP-Only transport profile, when using Type 2 unconnected explicit messaging, the failure of delivering a request or response will be detected by the CP 2/2 client application. The application will then decide if it should retry the message transmission or stop the communications.

Table 12 specifies the combinations of Features that may be supported for each transport profile.

Table 12 – Type 2 Ethernet transport profile supported Features

Features	Type 2 Ethernet transport profile	
	Full EtherNet/IP	UDP-Only EtherNet/IP
UCMM over TCP	Required	Not Supported
UCMM over UDP	Not Supported	Required
Class 3 over TCP	Optional	Not Supported
Class 3 over UDP	Not Supported	Optional
Class 2 over TCP	Optional	Not Supported
Class 2 over UDP	Not Supported	Optional
Class 1 over UDP	Optional	Optional
Class 0 over UDP	Optional	Optional

Table 13 shows the encapsulated commands allowed for the various transport profiles. The use of Command codes other than those specified in Table 13 shall result in the receiving device returning an Unsupported Command error back to the sender of the message.

Table 13 – Supported Encapsulation Commands for transport profiles

Code	Name	Full EtherNet/IP Transport Profile	UDP-Only EtherNet/IP Transport Profile
0x0000	NOP	TCP	Not Supported
0x0004	ListServices	TCP or UDP	Not Supported
0x0063	ListIdentity	TCP or UDP	UDP
0x0064	ListInterfaces	TCP or UDP	Not Supported
0x0065	RegisterSession	TCP	Not Supported
0x0066	UnRegisterSession	TCP	Not Supported
0x006F	SendRRData	TCP	UDP
0x0070	SendUnitData	TCP	UDP
0x00C8	StartDTLS	Not Supported	UDP

Devices that support the UDP-Only transport profile shall report the Type 2 Ethernet Transports implementation profile in the Implementation Profiles attribute (#25) of instance 1 of their Identity object.

The Encapsulation Inactivity Timeout attribute (#13) of the TCP/IP Interface object is required if a device implements the Full EtherNet/IP transport profile, otherwise it is not allowed.

Originator devices may support the Full EtherNet/IP transport profile and/or the UDP-Only EtherNet/IP transport profile. The originating device may determine which EtherNet/IP profile

to apply to a given target based on the absence or contents of the EtherNet/IP Capability Item embedded in the ListIdentity reply (see IEC 61158-6-2, 4.3.2.5). An originating device may also learn which profile to apply to a given target through vendor-specific offline configuration.

Target devices may support the Full EtherNet/IP transport profile and/or the UDP-Only EtherNet/IP transport profile.

4.3.4 Performance indicator selection

4.3.4.1 Performance indicator overview

Table 14 provides an overview of CP 2/2.1 performance indicators.

Table 14 – CP 2/2.1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	Yes	None
Number of end-stations	Yes	None
Basic network topology	Yes	Only star topology is detailed in this document
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 transparent clocks or boundary clocks, depending on application
Non-time-based synchronization accuracy	No	–
Redundancy recovery time	No	–

4.3.4.2 Performance indicator dependencies

4.3.4.2.1 Dependency matrix

Table 15 shows the dependencies between performance indicators for CP 2/2.1.

Table 15 – CP 2/2.1: PI 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	

4.3.4.2.2 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 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.

4.3.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 16 defines a consistent set of performance indicators for CP 2/2.1. Details for calculating the performance indicators are given in Annex A. Minimum and maximum values of delivery time are calculated in A.2.1. The maximum of nodes is calculated in A.2.2. The maximum value of the throughput RTE is calculated in A.1.2.

Table 16 – CP 2/2.1: Consistent set of PIs 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 IEC 61588 support
Number of switches between end-stations	1 to 4	Maximum number of cascaded switches with IEC 61588 support
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	–

Annex A (informative)

CPF 2 (CIP) – Performance Indicator calculation

A.1 Profile 2/2 EtherNet/IP

A.1.1 Delivery time

Using the formulae specified in 4.2.4.2.2, 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 Mbit/s;
- 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.1.2 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 Mbit/s.

$$T_{x_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$EN_PR_MAX = \frac{1}{T_{x_packet}} = \frac{1}{9,3 \times 10^{-6}} \approx 107\,500\,pps$$

$$Throughput_RTE_{max_theoretical} = 32 \times 107\,500 = 3,44 \times 10^6\,octets/s$$

A.2 Profile 2/2.1 EtherNet/IP with Time Synchronization

A.2.1 Delivery time

Using the formulae specified in 4.2.4.2.2, 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 Mbit/s;
- 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.

$$T_{x_packet} = \frac{(APDUsize + PO) \times 8}{LDR} = \frac{(32 + 84) \times 8}{1 \times 10^5} = 9,3 \mu s$$

$$CD_i = PD_i \times CL = 500\,ns = 0,5 \mu s$$

$$SL_k = SPD_k + T_{x_packet} = 19,3 \mu s$$

$$DT_{min} = 50 + 9,3 + 2 \times 0,5 + 19,3 + 50 = 129,6 \mu s \approx 130 \mu s$$

$$DT_{max} = 50 + 9,3 + 4 \times 0,5 + 4 \times 19,3 + 50 = 188,5 \mu s \approx 190 \mu s$$

A.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:

$$N_{max} = (24 - 3) + [3 \times (24 - 1)] = 90$$

Bibliography

IEC 61158-1, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series*

IEC 61784-1 (all parts), *Industrial networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-1-0, *Industrial networks – Profiles – Part 1-0: Fieldbus profiles – General concepts and terminology*

IEC 61784-2 (all parts), *Industrial networks – Profiles – Part 2: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3*

ISO/IEC 7498-1, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: The Basic Model*

ISO/IEC 9646 (all parts), *Information technology – Open Systems Interconnection – Conformance testing methodology and framework*

ISO/IEC TR 10000-1:1998, *Information technology – Framework and taxonomy of International Standardized Profiles – Part 1: General principles and documentation framework*

ISO/IEC 11801-1:2017, *Information technology – Generic cabling for customer premises – Part 1: General requirements*

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 1: *Common Industrial Protocol (CIP™) – Edition 3.32*, April 2022, available at <<http://www.odva.org>> [viewed 2022-05-10]

ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: *EtherNet/IP™ Adaptation of CIP – Edition 1.30*, April 2022, available at <<http://www.odva.org>> [viewed 2022-05-10]

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	30
INTRODUCTION.....	32
1 Domaine d'application	33
2 Références normatives	33
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	35
3.1 Termes et définitions	35
3.2 Abréviations et acronymes	35
3.3 Symboles	36
3.4 Conventions.....	36
4 CPF 2 (CIP™) – Profils de communication RTE.....	37
4.1 Présentation générale	37
4.2 CP 2/2	37
4.2.1 Couche physique	37
4.2.2 Couche liaison de données.....	37
4.2.3 Couche application	37
4.2.4 Sélection des indicateurs de performance.....	37
4.3 CP 2/2.1	42
4.3.1 Couche physique	42
4.3.2 Couche liaison de données.....	42
4.3.3 Couche application	44
4.3.4 Sélection des indicateurs de performance.....	50
Annexe A (informative) CPF 2 (CIP) – Calcul de l'indicateur de performance	53
A.1 Profil 2/2 EtherNet/IP	53
A.1.1 Temps de remise	53
A.1.2 Débit RTE.....	53
A.2 Profil 2/2.1 EtherNet/IP avec synchronisation temporelle	54
A.2.1 Temps de remise	54
A.2.2 Nombre maximal de stations d'extrémité.....	54
Bibliographie.....	55
Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 2	36
Tableau 2 – CP 2/2: vue d'ensemble des indicateurs de performance	38
Tableau 3 – CP 2/2: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	38
Tableau 4 – CP 2/2: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour l'automatisation des usines	42
Tableau 5 – CP 2/2.1: sélection du protocole DLL.....	43
Tableau 6 – CP 2/2.1: sélection du protocole DLL - objets de gestion	44
Tableau 7 – CP 2/2.1: sélection des services AL.....	45
Tableau 8 – CP 2/2.1: sélection du protocole AL.....	46
Tableau 9 – Encodage de ClockIdentity pour le CP 2/2.....	47
Tableau 10 – Profils de mise en œuvre du CP 2/2	48
Tableau 11 – Fonctionnalités prises en charge pour le profil de mise en œuvre de transport Ethernet de type 2	48

Tableau 12 – Fonctionnalités prises en charge par le profil de transport Ethernet de type 2	49
Tableau 13 – Commandes d'encapsulation prises en charge pour les profils de transport	49
Tableau 14 – CP 2/2.1: vue d'ensemble des indicateurs de performance	50
Tableau 15 – CP 2/2.1: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	51
Tableau 16 – CP 2/2.1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour la commande de mouvement	52

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-2:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX INDUSTRIELS –
PROFILS –Partie 2-2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux
en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 2

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses Publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation de certains des types de protocoles associés est restreinte par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle. En tout état de cause, l'engagement de renonciation partielle aux droits de propriété intellectuelle pris par les détenteurs de ces droits autorise l'utilisation d'un type de protocole de couche avec les autres protocoles de couche du même type, ou dans des combinaisons avec d'autres types autorisés explicitement par les détenteurs respectifs des droits de propriété intellectuelle pour ces types.

NOTE Les combinaisons de types de protocoles sont spécifiées dans la série IEC 61784-1 et la série IEC 61784-2.

L'IEC 61784-2-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette première édition, conjointement avec les autres parties de la même série, annule et remplace la quatrième édition de l'IEC 61784-2 parue en 2019. Cette première édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 61784-2:2019:

- a) scission de l'IEC 61784-2 d'origine en plusieurs sous-parties, une sous-partie pour le matériel de nature générique et une sous-partie pour chaque famille de profils de communication spécifiée dans le document d'origine;
- b) ajout de deux objets de gestion de protocole DLL;
- c) ajout d'informations de profil retirées des normes de type.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
65C/1209/FDIS	65C/1237/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61784-2, publiées sous le titre général *Réseaux industriels – Profils – Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

La série IEC 61784-2 fournit des profils de communication (CP) supplémentaires aux familles de profils de communication (CPF) existantes de la série IEC 61784-1 et des CPF supplémentaires à un ou plusieurs CP. Ces profils répondent aux objectifs du marché d'automatisation industrielle visant à identifier les réseaux de communication Ethernet en temps réel (RTE) coexistant avec l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – communément appelée la norme pour Ethernet. Ces réseaux de communication RTE s'appuient sur les dispositions de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 relatives aux couches inférieures de la pile de communication et assurent en outre 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/IEC/IEEE 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 fonctionnalités exigées dans la zone de terrain des réseaux d'automatisation des communications industrielles, telles que:

- le fonctionnement en temps réel;
- les actions synchronisées entre les appareils de terrain, tels que les unités d'entraînement;
- l'échange efficace et fréquent d'enregistrements de données de très faible volume.

Ces nouveaux profils RTE peuvent présenter l'avantage d'améliorer les réseaux Ethernet en matière 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 capacités 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 qui correspondent aux différentes exigences d'application. Les indicateurs de performance RTE, dont les valeurs sont fournies avec les appareils RTE en fonction des profils de communication spécifiés dans la série IEC 61784-2, permettent à l'utilisateur de mettre en correspondance les appareils du réseau avec les exigences de performance dépendantes de l'application d'un réseau RTE.

RÉSEAUX INDUSTRIELS – PROFILS –

Partie 2-2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 2

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61784-2 définit les extensions de la famille de profils de communication 2 (CPF 2) pour l'Ethernet en temps réel (RTE). La CPF 2 spécifie un jeu de profils de communication (CP) Ethernet en temps réel (RTE) et les composants de réseau connexes basés sur la série IEC 61158 (type 2), l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et d'autres normes.

Pour chaque profil de communication RTE, le présent document spécifie également les indicateurs de performance RTE correspondants et les dépendances entre ces indicateurs de performance RTE.

NOTE 1 Tous les CP sont fondés sur des normes ou projets de normes, ou des Normes internationales, publiés par l'IEC, ou bien sur des normes ou des Normes internationales établies par d'autres organismes de normalisation ou des processus de normalisation ouverts.

NOTE 2 Les profils de communication RTE utilisent les réseaux de communication ISO/IEC/IEEE 8802-3 et leurs composants de réseau connexes, ou l'IEC 61588, et amendent dans certains cas ces normes, pour obtenir les fonctions RTE.

NOTE 3 Certains CP de la CPF 2 sont spécifiés dans l'IEC 61784-1-2.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

NOTE Toutes les parties de la série IEC 61158, ainsi que la série IEC 61784-1 et la série IEC 61784-2, font l'objet d'une maintenance simultanée. Les références croisées à ces documents dans le texte se rapportent par conséquent aux éditions datées dans la présente liste de références normatives.

IEC 61158 (toutes les parties), *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*

IEC 61158-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 2: Spécification et définition des services de la couche physique*

IEC 61158-3-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-2: Définition des services des couches de liaison de données – Eléments de type 2*

IEC 61158-4-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-2: Spécification du protocole de la couche liaison de données - Eléments de type 2*

IEC 61158-5-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-2: Définition des services de la couche application – Eléments de type 2*

IEC 61158-6-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-2: Spécification du protocole de la couche application – Eléments de type 2*

IEC 61588:2021, *Precision clock synchronization protocol for networked measurement and control systems* (disponible en anglais seulement)

IEC 61784-1-2:2023, *Réseaux industriels – Profils – Partie 1-2: Profils de bus de terrain - Famille de profils de communication 2*

IEC 61784-2-0:2023, *Réseaux industriels – Profils – Partie 2-0: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – Concepts généraux et terminologie*

IEC 61784-5-2, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-2: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 2*

IEC 61918, *Réseaux de communication industriels – Installation de réseaux de communication dans des locaux industriels*

ISO/IEC/IEEE 8802-3, *Télécommunications et échange entre systèmes informatiques – Exigences pour les réseaux locaux et métropolitains – Partie 3: Norme pour Ethernet*

IEEE Std 802-2014, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Overview and Architecture* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std 802.1AB-2016, *IEEE Standard for Local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std 802.1AS-2020, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications* (disponible en anglais seulement)

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Bridges and Bridged Networks* (disponible en anglais seulement)

IETF RFC 768, J. Postel, *User Datagram Protocol*, août 1980, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc768> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 791, J. Postel, *Internet Protocol*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc791> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 792, J. Postel, *Internet Control Message Protocol*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc792> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 793, J. Postel, *Transmission Control Protocol*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc793> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 826, D. Plummer, *An Ethernet Address Resolution Protocol: Or Converting Network Protocol Addresses to 48.bit Ethernet Address for Transmission on Ethernet Hardware*, novembre 1982, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc826> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 894, C. Hornig, *A Standard for the Transmission of IP Datagrams over Ethernet*, avril 1984, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc894> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 1112, S.E. Deering, *Host Extensions for IP Multicasting*, août 1989, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1112> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 1122, R. Braden, *Requirements for Internet Hosts – Communication Layers*, octobre 1989, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1122> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 1123, R. Braden, *Requirements for Internet Hosts – Application and Support*, octobre 1989, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1123> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 1127, R.T. Braden, *Perspective on the Host Requirements RFCs*, octobre 1989, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1127> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 2236, W. Fenner, *Internet Group Management Protocol, Version 2*, novembre 1997, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2236> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 2544, S. Bradner, J. McQuaid, *Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices*, mars 1999, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2544> [consulté le 18/02/2022]

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 61784-2-0, l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, l'IEEE Std 802-2014, l'IEEE Std 802.1AB-2016, l'IEEE Std 802.1AS-2020 et l'IEEE Std 802.1Q-2018 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.2 Abréviations et acronymes

Pour les besoins du présent document, les abréviations et les acronymes de l'IEC 61784-2-0 ainsi que les suivants s'appliquent.

CP	Communication Profile (profil de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family (famille de profils de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
ICMP	Internet Control Message Protocol (protocole de message de contrôle Internet) (voir l'IETF RFC 792)
IETF	Internet Engineering Task Force (groupe spécial d'ingénierie d'Internet)
IP	Internet Protocol (protocole Internet) (voir l'IETF RFC 791)
LLDP	Link Layer Discovery Protocol (protocole de reconnaissance de couche de liaison) (voir l'IEEE Std 802.1AB-2016)
PI	Performance Indicator (indicateur de performance)
pps	Paquets par seconde
PTP	Precision Time Protocol (protocole de temps de précision) (voir l'IEC 61588)
RSTP	Rapid Spanning Tree algorithm and Protocol (algorithme et protocole d'arbre de recouvrement rapide) (voir l'IEEE Std 802.1Q-2018)
TCP	Transmission Control Protocol (protocole de commande de transmission) (voir l'IETF RFC 793)
UDP	User Datagram Protocol (protocole de datagramme utilisateur) (voir l'IETF RFC 768)

3.3 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles de l'IEC 61784-2-0 ainsi que ceux du Tableau 1 s'appliquent.

NOTE Les définitions des symboles dans le présent paragraphe 3.3 ne sont pas en italique, dans la mesure où les symboles sont déjà identifiés comme tels.

Tableau 1 – Symboles applicables à la 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_NRTE_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_TNRTE_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'émission et de réception	–
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_packet}	Durée de transmission du paquet	µs

3.4 Conventions

Pour les besoins du présent document, les conventions définies dans l'IEC 61784-2-0 s'appliquent.

4 CPF 2 (CIP™¹) – Profils de communication RTE

4.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 2 définit plusieurs profils de communication reposant sur l'IEC 61158-2 (type de protocole 2), l'IEC 61158-3-2, l'IEC 61158-4-2, l'IEC 61158-5-2, et l'IEC 61158-6-2 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).

Le présent document définit deux profils de communication RTE.

– Profil 2/2 EtherNet/IP™²

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus de l'IEC 61158-4-2, l'IEC 61158-5-2 et l'IEC 61158-6-2, 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 classiques. Ce profil assure une communication en temps réel ISO/IEC/IEEE 8802-3 au moyen de la priorisation de trame.

– Profil 2/2.1 EtherNet/IP™ avec synchronisation temporelle

Ce profil est une extension du CP 2/2. Il définit des mécanismes supplémentaires assurant une synchronisation temporelle exacte entre les nœuds au moyen d'EtherNet/IP. L'ajout de services et de protocoles de synchronisation temporelle reposant sur l'IEC 61588 permet également d'utiliser ce profil pour les applications les plus exigeantes.

NOTE 1 Voir l'Annexe A de l'IEC 61784-1-2 pour obtenir une vue d'ensemble 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 IEC 61784.

4.2 CP 2/2

4.2.1 Couche physique

Voir l'IEC 61784-1-2, 4.3.1.

4.2.2 Couche liaison de données

Voir l'IEC 61784-1-2, 4.3.2.

4.2.3 Couche application

Voir l'IEC 61784-1-2, 4.3.3.

4.2.4 Sélection des indicateurs de performance

4.2.4.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 2 présente les indicateurs de performance du CP 2/2.

¹ CIP™ est une appellation commerciale de ODVA, Inc. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'IEC approuve le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'exige pas l'utilisation de l'appellation commerciale CIP™. L'utilisation de l'appellation commerciale CIP™ exige l'autorisation de ODVA, Inc.

² EtherNet/IP™ est une appellation commerciale de ODVA, Inc. Cette information est donnée à l'intention des utilisateurs du présent document et ne signifie nullement que l'IEC approuve le détenteur de la marque ou de l'un quelconque de ses produits. La conformité à ce profil n'exige pas l'utilisation de l'appellation commerciale EtherNet/IP™. L'utilisation de l'appellation commerciale EtherNet/IP™ exige l'autorisation de ODVA, Inc.

Tableau 2 – CP 2/2: vue d'ensemble 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	Non	–
Exactitude de la synchronisation non périodique	Non	–
Temps de reprise de redondance	Non	–

4.2.4.2 Dépendances entre les indicateurs de performance

4.2.4.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 3 présente les dépendances entre les indicateurs de performance pour le CP 2/2.

Tableau 3 – CP 2/2: matrice de dépendance entre les indicateurs 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	

4.2.4.2.2 Temps de remise

Le temps de remise de données utiles entre deux stations d'extrémité dépend d'un grand nombre de 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).

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

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

$$SL_k = SPD_k + \sum_{j=1}^q T_{x_packet_j} + T_{x_packet} \quad (3)$$

où

DT	est le temps de remise, en microsecondes;
SD_s	est le délai de la pile de l'émetteur en microsecondes (selon la plate-forme matérielle sélectionnée et la mise en œuvre logicielle intégrée);
T_{x_packet}	est la durée de transmission du paquet, en microsecondes;
n	est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité d'émission et de réception;
CD	est le délai du segment de 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 l'IETF RFC 2544, en général donné par le fournisseur du commutateur);
SPD	est le délai de traitement du commutateur en microsecondes (communiqué par le fournisseur du commutateur au lieu de SL);
q	est le nombre de paquets dans la file d'attente de transmission de l'accès en face de ce paquet;
$T_{x_packet_j}$	est la durée de transmission du paquet j ;
SD_r	est le délai de la pile de l'émetteur en microsecondes (selon la plate-forme matérielle sélectionnée et la mise en œuvre logicielle intégrée).

NOTE Si un paquet est perdu (en raison d'une erreur de transmission, par exemple) mais que le suivant est reçu sans erreur, alors le temps de remise double. Les performances du système CP 2/2 ne sont pas affectées, sauf si quatre paquets consécutifs sont perdus.

4.2.4.2.3 Nombre de stations d'extrémité

En ce qui concerne la topologie en étoile, le présent document 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 du 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.

4.2.4.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de base du réseau CP 2/2 est une étoile hiérarchique. Etant donné que la topologie de réseau de base est donnée, elle ne dépend pas des indicateurs de performance ni n'est influencée par eux.

4.2.4.2.5 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.

4.2.4.2.6 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 dans l'IEC 61784-2-0, 5.3.5, le débit RTE dépend de la vitesse de transmission des données de liaison, du mode de fonctionnement de la liaison (semi-duplex ou bidirectionnel simultané) et du traitement de protocoles. Le débit RTE d'une direction d'une liaison CP 2/2 fonctionnant en mode bidirectionnel simultané peut être calculé par la Formule (4).

$$Throughput_RTE = \sum_{i=1}^k (APDUsize_i \times EN_RTE_PR_i) \leq EN_PR_MAX \quad (4)$$

où

APDUsize est la taille de l'ensemble de données de protocole d'application par connexion CP 2/2, en octets;

EN_RTE_PR est la vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2 en paquets par seconde (pps);

k est le nombre de connexions CP 2/2 prises en charge par la station d'extrémité;

EN_PR_MAX est la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité, en pps.

4.2.4.2.7 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 cela est indiqué ci-après.

4.2.4.2.8 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

EN_PR	est la vitesse de transmission des paquets de la station d'extrémité, en paquets par seconde (pps);
EN_PR_MAX	est la vitesse maximale de transmission des paquets de la station d'extrémité, en pps;
EN_TRTE_PR	est la vitesse totale de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité, en pps;
EN_RTE_PR	est la vitesse de transmission des paquets RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2, en pps;
p	est le nombre de connexions RTE CR 2/2;
EN_TNRTE_PR	est la vitesse totale de transmission des paquets non-RTE de la station d'extrémité, en pps;
EN_NRTE_PR	est la vitesse de transmission des paquets non-RTE de la station d'extrémité par connexion CP 2/2, en pps;
m	est le nombre de connexions non-RTE CR 2/2;
$NRTE_BW$	est la largeur de bande non-RTE, en %.

EXEMPLE

La vitesse maximale de transmission des paquets de l'élément final 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.

4.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 4 définit un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour le CP 2/2. Les détails de calcul des indicateurs de performance sont donnés dans l'Annexe A. Les valeurs minimale et maximale de temps de remise sont calculées en A.1.1. La valeur maximale du débit RTE est calculée en A.1.2.

Tableau 4 – 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 octet/s à $3,44 \times 10^6$ octets/s	–
Largeur de bande non-RTE	0 % à 100 %	–

4.3 CP 2/2.1

4.3.1 Couche physique

La couche physique du profil Ethernet/IP CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

Les connecteurs et câbles recommandés sont spécifiés dans l'IEC 61918 et l'IEC 61784-5-2.

NOTE 1 EtherNet/IP peut être utilisé avec un certain nombre d'options de support (cuivre, fibre, anneau optique, sans fil) conjointement avec les couches inférieures Ethernet.

NOTE 2 Des informations supplémentaires sont fournies dans l'ODVA: THE CIP NETWORKS LIBRARY – Volume 2: EtherNet/IP™ Adaptation of CIP, Chapter 8: Physical Layer.

La fonctionnalité d'horodatage pour la synchronisation temporelle est mise en œuvre en utilisant un circuit d'assistance matériel tel que spécifié dans l'IEC 61588.

4.3.2 Couche liaison de données

4.3.2.1 Sélection des services DLL

La couche liaison de données du profil CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.3.2.2 Sélection du protocole DLL

4.3.2.2.1 Généralités

La couche liaison de données du profil CP 2/2.1 est conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

Le Tableau 5 spécifie la sélection du protocole DLL dans le cadre de l'IEC 61158-4-2.

Tableau 5 – CP 2/2.1: sélection du protocole DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
1.1	Généralités	OUI	—
1.2 – 1.3	—	NON	—
1.4	Applicabilité	OUI	—
1.5	Conformité	OUI	—
2	Références normatives	OUI	—
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	—
4 – 5	—	NON	—
6	Structure, encodage et procédures spécifiques aux DLPDU	—	—
6.1	Langage de modélisation	OUI	—
Paragraphe suivants	—	NON	—
7	Objets de gestion de la station	—	Voir Tableau 6
8 – 9	—	NON	—
10	Protocole DLR (Device Level Ring)	OUI	Facultatif
11	Protocoles de redondance PRP et HSR	OUI	Facultatif
12	Protocole LLDP	OUI	Facultatif pour les appareils hérités, autrement exigé
Annexe A	(normative) – Voyants et commutateurs	—	—
A.1	Objectif	OUI	—
A.2	Voyants	—	—
A.2.1	Exigences générales relatives aux voyants	OUI	—
A.2.2	Exigences communes relatives aux voyants	OUI	—
A.2.3	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain - option 1	NON	—
A.2.4	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain - option 2	OUI	—
A.2.5	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain - option 3	NON	—
A.3	Commutateurs	—	—
A.3.1	Exigences communes du commutateur	OUI	—
A.3.2	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain - option 1	NON	—
A.3.3	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain - option 2	OUI	—
A.3.4	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain - option 3	NON	—

Le Tableau 6 spécifie la sélection des objets de gestion.

Tableau 6 – CP 2/2.1: sélection du protocole DLL - objets de gestion

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
7	Objets de gestion de la station	–	–
7.1	Généralités	Partielle	Objets et fonctions pertinents uniquement
7.2 – 7.4	—	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	—
7.9	Objet DLR	OUI	Facultatif (exigé si le protocole DLR est mis en œuvre)
7.10	Objet QoS	OUI	Facultatif
7.11	Objet Port	OUI	Voir 4.3.2.2.2
7.12	Objet de protocole PRP/HSR	OUI	Facultatif (exigé si le protocole PRP/HSR est mis en œuvre)
7.13	Objet des tableaux de nœuds PRP/HSR	OUI	Facultatif (exigé si le protocole PRP/HSR est mis en œuvre)
7.14	Objet de gestion LLDP	OUI	Facultatif (exigé si le protocole LLDP est mis en œuvre)
7.15	Objet de tableau de données LLDP	OUI	Facultatif, et uniquement si le protocole LLDP est mis en œuvre

4.3.2.2.2 Objet Port

L'objet Port fait référence à une interface réseau/liaison logique sur l'appareil, c'est-à-dire l'interface utilisée pour l'adresser. Pour le CP 2/2.1, l'adresse de liaison logique est l'adresse IP (reflétée dans l'objet TCP/IP), et non le MAC_ID Ethernet.

4.3.3 Couche application

4.3.3.1 Sélection des services AL

4.3.3.1.1 Généralités

Le Tableau 7 spécifie la sélection des services AL dans le cadre de l'IEC 61158-5-2.

Tableau 7 – CP 2/2.1: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	OUI	—
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	OUI	—
4	Concepts communs	Partielle	Les différences sont indiquées en 6.1 de l'IEC 61158-5-2
5	ASE de type de données	Partielle	La sélection et les restrictions sont spécifiées dans l'IEC 61158-5-2, 6.1
6	Spécification du modèle de communication	—	—
6.1	Concepts	OUI	—
6.2	ASE	—	—
6.2.1	ASE de gestion d'objet	—	—
6.2.1.1	Vue d'ensemble	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	Exigé
6.2.1.2.3	Modèle formel d'assemblage	OUI	—
6.2.1.2.4	Modèle formel de routeur de message	OUI	Exigé
6.2.1.2.5	Modèle formel de gestionnaire d'acquiescement	OUI	—
6.2.1.2.6	Modèle formel de synchronisation temporelle	OUI	Exigé. Voir 4.3.3.1.2
6.2.1.2.7	Modèle formel de paramètre	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 Exigé (tous les appareils doivent mettre en œuvre l'instance 1)
6.2.3	ASE de connexion	OUI	Facultatif (interne ou externe)
6.3	AR	—	—
6.3.1	Vue d'ensemble	OUI	—
6.3.2	Modèle formel d'AR d'UCMM	NON	—
6.3.3	Modèle formel d'AR de transport	OUI	—
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 mappés avec la suite de protocoles TCP/UDP/IP.

Les exigences minimales correspondantes des appareils EtherNet/IP sont spécifiées dans l'IETF RFC 1122, l'IETF RFC 1123, l'IETF RFC 1127, ainsi que les documents suivants qui peuvent les remplacer. Tous les appareils EtherNet/IP doivent au moins prendre en charge les exigences spécifiées dans l'IETF RFC 768, l'IETF RFC 791, l'IETF RFC 792, l'IETF RFC 793, l'IETF RFC 826 et l'IETF RFC 894.

Les appareils EtherNet/IP qui prennent en charge la consommation de connexions de multidiffusion de classe 0/1 et de type 2 (voir Utilisation de l'IGMP dans l'IEC 61158-6-2, 11.6) doivent également prendre en charge l'IETF RFC 1112 et l'IETF RFC 2236.

Si une fonction Internet ou un protocole est mis en œuvre par un appareil EtherNet/IP, il doit l'être conformément aux documents IETF RFC appropriés, qu'il soit considéré comme exigé ou facultatif par ledit document IETF RFC.

4.3.3.1.2 ASE Time Sync

Les identificateurs d'identité d'horloge (sous-attribut ClockIdentity) sont basés sur l'adresse MAC.

Le CP 2/2.1 utilise le transport de PTP sur UDP/IPv4 comme spécifié dans l'IEC 61588:2021, Annexe C.

4.3.3.2 Sélection du protocole AL

4.3.3.2.1 Généralités

Le Tableau 8 spécifie la sélection du protocole AL dans le cadre de l'IEC 61158-6-2.

Tableau 8 – CP 2/2.1: sélection du protocole AL

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 des PDU de la FAL	—	—
4.1.1	Généralités	OUI	—
4.1.2	Structure des PDU	OUI	—
4.1.3	UCMM_PDU	NON	—
4.1.4	Transport_Headers	OUI	—
4.1.5	CM_PDU	OUI	—
4.1.6	Composants de PDU CM	OUI	—
4.1.7	En-têtes de MR	OUI	—
4.1.8	OM_Service_PDU	OUI	Voir 4.3.3.2.2
4.1.9	Chemins de message et de connexion	Partielle	Les segments de réseau Schedule et Fixed Tag ne sont pas pris en charge
4.1.10	Codes de classe, d'attribut et de service	OUI	—
4.1.11	Codes d'erreur	OUI	Voir 4.3.3.2.3
4.2	Spécification de la syntaxe abstraite des données	OUI	—
4.3	Syntaxe abstraite d'encapsulation	OUI	Voir 4.3.3.2.4
5	Syntaxe de transfert	OUI	—
6	Structure des diagrammes d'états de protocole de la couche FAL	OUI	—
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
8	Machine de protocole de service FAL (FSPM)	OUI	—
9	Machines de protocole de relation d'application (ARPM)	—	—
9.1	Généralités	OUI	—
9.2	ARPM sans connexion (UCMM)	—	—
9.2.1	Généralités	OUI	—