

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-21: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 21**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-21: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 21**



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 2-21: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 21**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-21: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en
temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 21**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6914-5

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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms and acronyms	8
3.3 Symbols.....	8
3.4 Conventions.....	9
4 CPF 21 (FL-net) – RTE communication profiles	10
4.1 General overview	10
4.2 CP 21/1	10
4.2.1 Physical layer	10
4.2.2 Data-link layer	10
4.2.3 Application layer	13
4.2.4 Performance indicator selection	17
Bibliography.....	25
Figure 1 – Protocol stack for Type 26 fieldbus	11
Table 1 – CPF 21 symbols	9
Table 2 – CPF 21: Overview of profile sets	10
Table 3 – DL-layer protocol / service suite selection	12
Table 4 – Data transmission service selection.....	12
Table 5 – Port number selection	13
Table 6 – IP address selection	13
Table 7 – CP 21/1: AL service selection.....	14
Table 8 – Service selection of Subclause 6.5.4 and 6.5.6	15
Table 9 – CP 21/1: AL protocol selection	16
Table 10 – Protocol selection of Subclause 5.2.....	17
Table 11 – CP 21/1: Performance indicator overview	18
Table 12 – CP 21/1: Performance indicator dependency matrix.....	18
Table 13 – CP 21/1: Consistent set of PIs for CM1 and CM2 ($E_{rate} = 100$ Mbit/s)	24
Table 14 – CP 21/1: Consistent set of PIs for CM1, CM2 and CM3 ($E_{rate} = 100$ Mbit/s)	24
Table 15 – CP 21/1: Consistent set of PIs for CM1, CM2 and CM3 ($E_{rate} = 1\,000$ Mbit/s).....	24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL NETWORKS –
PROFILES –****Part 2-21: Additional real-time fieldbus profiles
based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 21****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 61784-2-21 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) expand Common-memory-area as a new Common-memory-area-3 (CM3);
- c) add new services and the protocols with expansion of Common-memory-area:
 - Extended-cyclic-data service and the protocol;
 - Extended-participation-req service and the protocol;
 - Extended-network-parameter-read service and the protocol;
 - Extended-network-parameter-write service and the protocol;
- d) add new Table for CP 21/1: Consistent set of PIs with CM3.

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 2-21: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 21

1 Scope

This part of IEC 61784-2 defines Communication Profile Family 21 (CPF 21). CPF 21 specifies a Real-Time Ethernet (RTE) communication profile (CP) and related network components based on the IEC 61158 series (Type 26), 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 profile uses ISO/IEC/IEEE 8802-3 communication networks and its related network components and in some cases amend those standards to obtain RTE features.

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 61158-5-26:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-26: Application layer service definition – Type 26 elements*

IEC 61158-6-26:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-26: Application layer protocol specification – Type 26 elements*

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 61784-5-21, *Industrial communication networks – Profiles – Part 5-21: Installation of fieldbuses – Installation profiles for CPF 21*

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 in Bridged Local Area Networks*

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 796, J. Postel, *Address mappings*, September 1981, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc796> [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 919, J.C. Mogul, *Broadcasting Internet Datagrams*, October 1984, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc919> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 922, J.C. Mogul, *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets*, October 1984, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc922> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 950, J.C. Mogul and J. Postel, *Internet Standard Subnetting Procedure*, August 1985, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc950> [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.

ARP	Address Resolution Protocol (see IETF RFC 826)
CP	Communication Profile [according to IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1-0]
FA	Factory Automation
FCS	Frame check sequence
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)
NoS	Number of Switches
Phy	PHY Physical layer entity sublayer (see ISO/IEC/IEEE 8802-3)
PI	Performance indicator
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 21 symbols

Symbol	Definition	Unit
BW	Total bandwidth in %, and the 100 % is Erate	%
BWnrt	Non-RTE bandwidth	%
BWrt	Bandwidth used for the RTE communications	%
Cd _i	Signal propagation delay on the cable segment #i	µs
Clen _i	Cable length of a cable segment #i	m
Cpd	Signal propagation delay on the cabling path between sending and receiving end-stations	µs
Cε _i	Cable propagation delay constant per meter on the cable segment #i	µs/m
DT	Delivery time	µs
DVct	Total volume of the cyclic-data sent out by all end-stations	Octets
Erate	Ethernet data-transmission rate	Mbit/s
NoC	Number of cable segments between sending and receiving end-stations	
NoS	Number of switches (including Hub) between sending and receiving end-stations	
STTs _{r_i}	Sender and Receiver stack traversal time including Phy, MAC, IP, UDP or TCP and FAL processing time of end-station #i	µs
Tct	Sum total of the transmission time of all Cyclic-data frames by all end-stations	µs
Tctn _i	Total number of Cyclic-data frames sent out by end-station #i	
Tcs	Sum total of the transmission time up to the permissible count of general Ethernet frame including the general-purpose-server-command transmission	µs
Tms	Sum total of the transmission time up to the permissible count of message-data frame sporadically requested during one Ttkr time period	µs
Tnn	The total number of nodes participating in the logical ring	
Trmt	Refresh-cycle-measurement time which is the elapsed time period from the time after obtaining the token by an end-station until the time the end-station obtains the token once again	µs
TRte	Throughput RTE	Octets/s
Ttf	Packet frame transmission time	µs
Tsw _i	Latency of the switch (including Hub) #i	µs
Tsw	Sum total of the switch (including Hub) latencies on the connection path between sending and receiving end-stations	µs
Ttk	Transmission time of the token frames out of all end-stations including the inter-frame space time for sending out the token frame immediately after sending out the final-cyclic-data frame	µs
Ttkif _i	Inter-frame space time for sending out the token frame immediately after sending out the final-cyclic-data frame by end-station #i	µs
Ttkr	Target-token-rotation time	µs

3.4 Conventions

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

4 CPF 21 (FL-net¹) – RTE communication profiles

4.1 General overview

Communication Profile Family 21 defines the communication profile based on IEC 61158-5-26 and IEC 61158-6-26 which corresponds to the communication systems commonly known as FL-net.

- Profile 21/1 (FL-net)

This profile constitutes an FL-net communication system with star topology. It contains a selection of AL services and protocol definitions from IEC 61158-5-26 and IEC 61158-6-26.

Table 2 shows the overview of FL-net profile set.

Table 2 – CPF 21: Overview of profile sets

Layer	Profile 21/1
Application	IEC 61158-5-26, IEC 61158-6-26
Data-link	a set of the off-the-shelf protocol suite as follows: IETF RFC 768(UDP), IETF RFC 793(TCP) IETF RFC 791(IP) IETF RFC 919, IETF RFC 922 IETF RFC 792, IETF RFC 950 IETF RFC 894 / ISO/IEC/IEEE 8802-3 Ethernet MAC IETF RFC 826
Physical	ISO/IEC/IEEE 8802-3 Phy

4.2 CP 21/1

4.2.1 Physical layer

The physical layer of 100 Mbit/s and 1 000 Mbit/s shall be according to ISO/IEC/IEEE 8802-3.

Connectors, cables and the installation guideline are specified in IEC 61784-5-21 and IEC 61918.

4.2.2 Data-link layer

4.2.2.1 Overview

Functions of the intermediate OSI layers, layers 3 through 6, are consolidated into the IEC 61158 data-link layer of a Type 26 fieldbus.

Three kinds of Type 26 data transmission services are defined in IEC 61158-5-26 and IEC 61158-6-26, which are Cyclic-data transmission (CT), Message-data transmission (MT) and General-purpose-server-command transmission (CS).

The Cyclic-data transmission and the Message-data transmission are performed as message transfer services through UDP communication channels. The General-purpose-server-command transmission is performed as server-command transfer service through the communication channels of UDP or TCP.

¹ FL-net is the trade name of the JEMA/FL-net: the Japan Electrical Manufacturers' Association / the Factory Automation Link network. 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. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

The service interface to the UDP and/or TCP channels of the DL-layer for Type 26 FAL services is by means of any off-the-shelf UDP and TCP protocol suite, and the requirement to the DL-layer service is not peculiar and is minimal and general.

Figure 1 shows the protocol stack for a Type 26 fieldbus, the OSI layers and the equivalent layers in the IEC 61158 basic fieldbus reference model.

OSI layer		IEC 61158 layer
7	Application	Application (FAL) IEC 61158-5-26 IEC 61158-6-26
6	Presentation	
5	Session	
4	Transport	Data-link IETF RFC 768, (IETF RFC 793)
3	Network	
2	Data-link	IETF RFC 894/ ISO/IEC/IEEE 8802-3 MAC (IETF RFC 826)
1	Physical	
		Physical ISO/IEC/IEEE 8802-3 Phy

Figure 1 – Protocol stack for Type 26 fieldbus

4.2.2.2 DL-layer service and protocol suite selection

Table 3 specifies the DL-layer protocol/service suite selection for the MT, the CT and the CS services of CPF 21.

Table 3 – DL-layer protocol / service suite selection

OSI equivalent layer service	Corresponding DL protocol /Service	Usage	Constraint
Transport layer	UDP: IETF RFC 768	M	Used for MT and CT services
	UDP: IETF RFC 768	O	Used for CS service. The value of "Check-sum" is set to zero (0) at sender node, and the check-sum verification is not performed at receiver nodes.
	TCP: IETF RFC 793	O	Used for CS service
Network layer	IP: IETF RFC 791	M	Used for CT, MT and CS services. A broadcast communication function is mandatory fundamental function.
	ICMP: IETF RFC 792	O	Used for CT, MT and CS services
	Broadcast related: IETF RFC 919	M	Used for CT, MT and CS services. A broadcast communication function is mandatory fundamental function.
	Broadcast related: IETF RFC 922	M	Used for CT, MT and CS services. A broadcast communication function is mandatory fundamental function.
	Subnet related: IETF RFC 950	O	Used for CT, MT and CS services
Data-link layer	Ethernet: IETF RFC 894	M	Used for CT, MT and CS services
	ARP: IETF RFC 826	O	Used for CT, MT and CS services
Physical layer	ISO/IEC/IEEE 8802-3	M	Used for CT, MT and CS services

The DL-layer service shall specify a broadcast communication function as the mandatory fundamental function as CPF 21 lower layer, and any other special main functions are not specified or required as of mandatory for the DL-layer service except for the constraints shown in Table 4.

Table 4 specifies the data transmission service selection.

Table 4 – Data transmission service selection

Data transmission service	Usage	Constraint
CT and MT service	M	DL-SAP assignment: See Table 5. Network address and Node number: See Table 6.
CS service through UDP	M	Default selection for CS service. DL-SAP assignment: See Table 5. Network address and Node number: See Table 6.
CS service through TCP	O	Alternative selection for CS service DL-SAP assignment: See Table 5. Network address and Node number: See Table 6.

Table 5 – Port number selection

Data transmission Service	Channel type	Usage	Port number assigned / Constraint
Reception for CT including AR-control, Token frame excluding Extended-cyclic-data frame	UDP	M	55 000
Reception for MT including AR-control reception	UDP	M	55 001
Reception for AR-control: AR-Control.Participation-req frame, AR-Control.Trigger frame	UDP	M	55 002
Transmission for MT and CT including AR-control transmission	UDP	M	55 003
Reception for CS	UDP	M	55 004
Reception for CS	TCP	O	55 004
Transmission for CS	UDP	M	55 004
Transmission for CS	TCP	O	55 004
Reception for: Extended-cyclic-data frame, AR-Control.Extended-participation-req frame.	UDP	M	55 005
NOTE AR-control performs the FAL services coordination, the token passing control to establish and maintain a logical ring for right to send out data among nodes, the control for new node addition and member node drop-out, the logical-ring recovery, and the error handling with delivery confirmation and retransmission.			

Table 6 – IP address selection

IP address	Usage	Constraint
192.168.250.N Subnet mask = 255.255.255.0	M	Default selection. "N" is identical to the node number of 1 to 254. Destination node number "N = 255" is for broadcasting.
192.168.200.N Subnet mask = 255.255.255.0	O	Alternative selection. N" is identical to the node number of 1 to 254. Destination node number "N = 255" is for broadcasting.
NOTE IP address is picked and assigned out of the Class C IP address defined in IETF RFC 796, and each node number of 1 to 254 is identical to the host address in Class C IP address with subnet mask of 255.255.255.0.		

4.2.3 Application layer

4.2.3.1 AL service selection

Table 7 specifies the AL service selection within IEC 61158-5-26.

In addition, AL services are mapped onto the UDP/TCP/IP protocol suite, and corresponding minimum requirements shall be supported and implemented in accordance with IETF RFC 768, IETF RFC 791, IETF RFC 793, IETF RFC 894, IETF RFC 919, IETF RFC 922 and these subsequent documents which supersede them.

Table 7 – CP 21/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	—
4	Concepts	YES	—
5	Data type ASE	YES	—
6	Communication model specification	—	—
6.1	General	YES	—
6.2	Protocol stack for Type 26 fieldbus	YES	—
6.3	Overview of Type 26 communication model	YES	—
6.4	Cyclic data communication service with Common-memory	YES	—
6.5	ASEs	—	—
6.5.1	Overview of Type 26 ASEs	YES	—
6.5.2	Type 26 specific conventions for FAL service common parameters	YES	—
6.5.3	Cyclic-data ASE	YES	—
6.5.4	Message-data ASE	YES	See Table 8.
6.5.5	Communication load measurement ASE	YES	—
6.5.6	Network management ASE	YES	See Table 8.
6.5.7	General purpose command server ASE	YES	—
6.5.8	AR ASE	YES	—
6.5.9	FAL ASE summary	YES	—

Table 8 – Service selection of Subclause 6.5.4 and 6.5.6

Service ref.	Service name	Usage	Constraint
6.5.4.3.2	Byte block read service	O	—
6.5.4.3.3	Byte block write service	O	—
6.5.4.3.4	Word block read service	O	—
6.5.4.3.5	Word block write service	O	—
6.5.4.3.6	Network parameter read service	M	—
6.5.4.3.7	Extended network parameter read service	M	—
6.5.4.3.8	Network parameter write service	O	—
6.5.4.3.9	Extended network parameter write service	O	—
6.5.4.3.10	Stop command service	O	—
6.5.4.3.11	Operation command service	O	—
6.5.4.3.12	Profile read service	M	—
6.5.4.3.13	Transparent message service	O	—
6.5.4.3.14	Log data read service	M	—
6.5.4.3.15	Log data clear service	M	—
6.5.4.3.16	Message return service	M	—
6.5.4.3.17	Vendor specific message service	O	—
6.5.4.3.18	Set remote node configuration parameter service	M	—
6.5.4.3.19	Read remote participating node management information parameter service	M	—
6.5.4.3.20	Read remote node management information parameter service	M	—
6.5.4.3.21	Read remote node setting information parameter service	M	—
6.5.6.3.8	Reset node service	O	—

4.2.3.2 AL protocol selection

Table 9 specifies the AL protocol selection within IEC 61158-6-26.

In addition, AL protocol is mapped onto the UDP/TCP/IP protocol suite, and corresponding minimum requirements shall be supported and implemented in accordance with IETF RFC 768, IETF RFC 791, IETF RFC 793, IETF RFC 894, IETF RFC 919, IETF RFC 922 and these subsequent documents which supersede them.

Table 9 – CP 21/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	YES	—
3	Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	YES	—
4	FAL syntax description	—	—
4.1	General	YES	—
4.2	Overview of Type 26 fieldbus	YES	—
4.3	Operating principle	YES	—
4.4	FAL PDU abstract syntax	YES	—
4.5	Data type assignments	YES	—
5	Transfer syntax	—	—
5.1	Encoding rules	YES	—
5.2	PDU elements encoding	YES	See Table 10.
6	FAL protocol state machines structure	—	—
6.1	Overview	YES	—
6.2	Common variables, parameters, timers, counters, lists and queues	YES	—
6.3	Functions used in state tables	YES	—
7	FAL service protocol machine(FSPM)	—	—
7.1	Overview	YES	—
7.2	Cyclic-data protocol machine	YES	—
7.3	Message data protocol machine	YES	—
7.4	Load measurement protocol machine	YES	—
7.5	General purpose communication server protocol machine	YES	—
7.6	Network management protocol machine	YES	—
8	Application relationship protocol machine (ARPM)	—	—
8.1	Overview	YES	—
8.2	Cyclic-TX/RX control	YES	—
8.3	Message-TX/RX control	YES	—
8.4	Command server TX/RX control	YES	—
8.5	AR control	YES	—
9	DLL mapping protocol machine (DMPM)	—	—
9.1	Overview	YES	—
9.2	Mapping of DMPM service primitives and DLL service primitives	YES	—
9.3	Mapping DMPM service port to DL-SAP	YES	—
9.4	Mapping of Network address to each node	YES	—

Table 10 – Protocol selection of Subclause 5.2

Service ref.	Service name	Usage	Constraint
5.2.1	FALARHeader	M	—
5.2.2	Transparent-msg PDU	O	—
5.2.3	Token-PDU	M	—
5.2.4	Participation-req PDU	M	—
5.2.5	Byte-block-read PDUs	O	—
5.2.6	Byte-block-write PDUs	O	—
5.2.7	Word-block-read PDUs	O	—
5.2.8	Word-block-write PDUs	O	—
5.2.9	Network-parameter-read PDUs	M	—
5.2.10	Network-parameter-write PDUs	O	—
5.2.11	Stop-command PDUs	O	—
5.2.12	Operation-command PDUs	O	—
5.2.13	Profile-read PDUs	M	—
5.2.14	Trigger-PDU	M	—
5.2.15	Log-data-read PDUs	M	—
5.2.16	Log-data-clear PDUs	M	—
5.2.17	Message-return PDUs	M	—
5.2.18	Vendor-specific-msg PDUs	O	—
5.2.19	Start-TK-hld-time-mrmt PDUs	M	—
5.2.20	Terminate-TK-hld-time-mrmt PDUs	M	—
5.2.21	Start-GP_Comm-sndr-log PDUs	M	—
5.2.22	Terminate-GP_Comm-sndr-log PDUs	M	—
5.2.23	Set-remote-node-config-para PDUs	M	—
5.2.24	Read-rmt-partici-node-mgt-info-para PDUs	M	—
5.2.25	Read-rmt-node-mgt-info-para PDUs	M	—
5.2.26	Read-rmt-node-set-info-para PDUs	M	—
5.2.27	Reset-node PDUs	O	—
5.2.28	Cyclic-data PDUs	M	—
5.2.29	Extended-participation-req PDU	M	—
5.2.30	Extended-network-parameter-read PDUs	M	—
5.2.31	Extended-network-parameter-write PDUs	O	—

4.2.4 Performance indicator selection

4.2.4.1 Performance indicator overview

Table 11 shows the performance indicators overview of CP 21/1.

Table 11 – CP 21/1: Performance indicator overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	Star topology
Number of switches between end-stations	YES	Switches or Hubs which are recommended by the CP 21/1 should be used
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	NO	—
Non-time-based synchronization accuracy	YES	—
Redundancy recovery time	YES	—

4.2.4.2 Performance indicator dependencies

4.2.4.2.1 Dependency matrix

Table 12 shows the dependencies between performance indicators for CP 21/1.

Table 12 – CP 21/1: Performance indicator dependency matrix

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

4.2.4.2.2 Delivery time

Maximum delivery time in normal, steady state in operation is specified by the application users with consideration of Type 26 operating principle defined in IEC 61158-6-26, 4.3.

The operating principle for Type 26 data transmission is on the basis of token passing. A token is passed from node to node, and only a node which holds the token can primarily perform the data transmission. A logical ring is formed to hand over the token from node to node and the token is circulated on the logical ring at a constant rate.

The Type 26 data transmission service has two kind of data transmission: the Cyclic-data transmission and the Message-data transmission.

The maximum delivery time of the Type 26 data transmission is as follows:

- The maximum delivery time meets both case of no transmission error and one lost frame in general, and is identical to the waiting time period for the token circulation to a node;
- With regard to the cyclic-data transmission, the maximum delivery time is identical to the waiting time period for the token circulation to a node and is equivalent to the cyclic time period of the cyclic-data transmission;
- With regard to the message-data transmission, however, the maximum delivery time is dependent on the message-data transmission rate by other nodes. In the case of no message-data transmission from any other nodes at the time, the maximum delivery time is the waiting time period for the token circulation to a node as well as that of the cyclic-data transmission.

The delivery time for payload conveyance between any two end-stations depends on the signal propagation delay on the cable, the intermediate switch device latency, the variable length packet transmit time and the stack traversal time including Phy, MAC, IP, UDP or TCP and FAL processing both of the sender and the receiver nodes, and the delivery time can be calculated using Formulae (1), (2), (3) and (4).

$$DT = STTs + Ttf + Cpd + Tsw + STTr \quad (1)$$

$$Cpd = \sum_{i=1}^{NoC} Cd_i \quad (2)$$

$$Cd_i = Clen_i \times C\epsilon_i \quad (3)$$

$$Tsw = \sum_{i=1}^{NoS} Tsw_i \quad (4)$$

where

- DT is the delivery time (μs);
- Cd_i is the signal propagation delay on the cable segment #i, that is the i-th cable segment from a sending end-station (μs);
- $Clen_i$ is the cable length of a cable segment #i (m);
- Cpd is the sum total of the signal propagation delay on the cabling path between sending and receiving end-stations (μs);

$C\epsilon_i$	is the cable propagation delay constant per meter on a cable segment #i (µs/m). The value is usually provided by the cable manufacturer;
NoC	is the number of the cable segments between sending and receiving end-stations;
NoS	is the number of the switches (including Hubs) between sending and receiving end-stations;
$STTr$	is the Receiver stack traversal time including Phy, MAC, IP, UDP or TCP and FAL processing time (µs). The $STTr$ value is depending on the selected hardware and embedded software implementation of the end-station;
$STTs$	is the sender stack traversal time including Phy, MAC, IP, UDP or TCP and FAL processing time (µs). The $STTs$ value is depending on the selected hardware and embedded software implementation of the end-station;
Tsw_i	is the latency of a switch (including Hub) #i, that is the i-th switch from a sending end-station (µs). The switch latency is usually provided by the switch vendor;
Tsw	is the sum total of the switch (including Hubs) latencies on the connection path between sending and receiving end-stations (µs);
Ttf	is the packet frame transmission time (µs).

4.2.4.2.3 Number of end-stations

The maximum number of the end-stations shall be up to 254. All end-stations are assumedly connected to the same subnet.

4.2.4.2.4 Basic network topology

The basic topology is a hierarchical star.

4.2.4.2.5 Number of switches between end-stations

The number of switches (including Hubs) between end-stations is the number of layers in a hierarchical star. It is application specific and is determined on the basis of the number of end-stations, their physical location, and the distance between the end-stations.

The switches (including Hubs) which are recommended by Type 26 fieldbus should be applicable in view of the switching performance or the latency, the delivery time, their physical locations installed and the distance between them, and number of the ports per switch, the reliability, the redundancy or parallel operation capability, etc.

The number of switches (including Hubs) between end-stations shall be optimized to the minimum so that the delivery time meets the application constraints.

NOTE The minimum number is one, and in the specific case of each end-station with an individual switch it is similar to a linear topology.

4.2.4.2.6 Throughput of RTE

The throughput RTE indicates the total amount of the APDU data by octet length per second, and the APDU data is sent out by the node as the cyclic-data by means of the cyclic-data transmission defined in IEC 61158-5-26, 6.4 and IEC 61158-6-26, 4.3.6.

The throughput RTE " $TRrte$ " is calculated using Formulae (5), (6), (7), (8) and (9):

$$TRrte = DV_{ct} / T_{ttkr} \quad (5)$$

$$T_{ttkr} = \sum_{i=1}^{Tnn} Cpd_i + \sum_{i=1}^{Tnn} T_{sw_i} + T_{tk} + \sum_{i=1}^{Tnn} STTsr_i + T_{ct} + T_{ms} + T_{cs} + T_{cnt} \quad (6)$$

$$T_{tk} = T_{tkf} \times Tnn + \sum_{i=1}^{Tnn} T_{kif_i} \quad (7)$$

$$T_{ct} = T_{ctfh} \times \sum_{i=1}^{Tnn} T_{ctn_i} + T_{ctbdy} + \sum_{i=1}^{Tnn} T_{ctif_i} \quad (8)$$

$$T_{ctbdy} = DV_{ct} \times 8 / E_{rate} \quad (9)$$

where

- E_{rate} is the Ethernet data-transmission rate;
- $TRrte$ is the throughput RTE (Octets/s);
- T_{ttkr} is the target-token-rotation time specified by the application user (μ s);
- DV_{ct} is the total volume of the cyclic-data sent out by all end-stations (octets);
- Cpd_i is the signal propagation delay time on the cabling path between end-station #i and #(i+1) (μ s). If $i = Tnn$, the delay time is that of between the end-station #Tnn and #1;
- Tnn is the total number of nodes participating in the logical ring;
- T_{sw_i} is the sum total of switch (including Hubs) latencies on the connection path between end-station #i and #i+1. If i is Tnn , the latency is that of between the end-station #Tnn and #1. The latency is provided by the switch vendor;
- T_{tk} is the transmission time of the token frames out of all end-stations including the inter-frame space time for sending out the token frame immediately after sending out the final-cyclic-data frame (refer to IEC 61158-6-26, 4.3.6.2.3) (μ s);
- T_{tkf} is the token frame time (μ s). T_{tkf} is the total transmission time for the preamble (8), Ethernet header (14), IP header (20), UDP header (8), Token-APDU (64) and FCS (4); that is 118 octets time at data-transmission rate of E_{rate} ;
- T_{tkif_i} is the inter-frame space time for sending out the token frame immediately after sending out the final-cyclic-data frame by end-station #i (refer to IEC 61158-6-26, 4.3.6.2.3) (μ s). The T_{tkif_i} is depending on the selected hardware and embedded software implementation of the end-station #i;
- $STTsr_i$ is the Sender and Receiver stack traversal time including Phy, MAC, IP, UDP or TCP and FAL processing time of end-station #i (μ s). The $STTsr_i$ is depending on the selected hardware and embedded software implementation of the end-station;

- T_{ct} is the sum total of the transmission time of all Cyclic-data frames by all end-stations including the time for all Cyclic-data frame header, the time for the sum total of all Cyclic-data body part by all end-stations and all inter-frame space times between each cyclic-data frames, between the final-cyclic frame and the token frame to be sent out (μs);
- T_{ctfh} is the sum total of the transmission time of all Cyclic-data frame headers sent out by all end-stations (μs). One Cyclic-data frame header time is that for the preamble (8), Ethernet header (14), IP header (20), UDP header (8), Cyclic-data APDU header (64 without ACK data, 132 with Max.8 ACKs) and FCS (4); that is 118 up to 250 octets time at data-transmission rate of E_{rate} ;
- T_{ctbdy} is the sum total of the transmission time of all Cyclic-data body part by all end-stations (μs);
- T_{ctf_i} is the inter-frame space time between each Cyclic-data frames, between the final-cyclic-data frame and the token frame to be sent out (μs). The T_{ctf_i} is depending on the selected hardware and embedded software implementation of end-station #i;
- T_{ctn_i} is the total number of Cyclic-data frames sent out by end-station #i;
- T_{ms} is the sum total of the transmission time up to the permissible count of message-data frame sporadically requested during one T_{ttkr} time period (μs). The maximum transmission time is that for the preamble (8), Ethernet header (14), IP header (20), UDP header (8), Message-data APDU header (64 to 96), Message-data body part (1 024) and FCS (4); that is up to 1 174 octets time at data-transmission rate of E_{rate} ;
- T_{cs} is the sum total of the transmission time up to the permissible count of general Ethernet frame including the general-purpose-server-command transmission through UDP and/or TCP connections sporadically requested during one T_{ttkr} time period (μs). The maximum transmission time is up to 1 526 octets time at data-transmission rate of E_{rate} .
- T_{cnt} is the overhead transmission time of the channel control frames for the logical ring maintenance upon new end-station addition (μs). The maximum transmission time of one channel control frame is up to 96 octets time at data-transmission rate of E_{rate} .

4.2.4.2.7 Non-RTE bandwidth

The non-RTE bandwidth indicates the total percentage of the bandwidth on a link between an end-station and a switch port (including Hub), which is used for the non-RTE communications by end-stations by means of Message-data transmission, general-purpose Ethernet transmission including General-purpose-server-command data transmission.

With regard to the message-data transmission, the traffic control is performed according to the operating principle defined in IEC 61158-6-26, 4.3.6.3.3.

When an end-station obtains the token and has any message-data, the end-station can send out at a maximum one message-data frame before sending out the cyclic-data frames under the condition according to following Formulae (10), (11) and (12). On the other hand, in the case under the condition according to Formulae (13) and (14), the end-station cannot send out any message-data frame.

The non-RTE bandwidth " BW_{nrt} " can be calculated as follows:

$$T_{ttkr} = \left(\sum_{i=1}^{T_{nn}} Cpd_i + \sum_{i=1}^{T_{nn}} Tsw_i + Ttk + \sum_{i=1}^{T_{nn}} STTs_i + T_{ct} \right) \times 1,2 \quad (10)$$

$$T_{rmt} \leq T_{ttkr} \times 0,9 \quad (11)$$

or

$$Tt_{tkr} \times 0,9 \leq Tr_{mt} < Tt_{tkr} \quad (12)$$

under the condition that no message-data frame was sent out last time when the end-station obtained the token.

$$Tt_{tkr} \leq Tr_{mt} \quad (13)$$

$$BW_{nrt} = (T_{ms} + T_{cs} + T_{cnt}) / Tt_{tkr} \approx 16,6\% \quad (14)$$

where

Tr_{mt} is the refresh-cycle-measurement-time which is the elapsed time period from the time after obtaining the token by an end-station until the time the end-station obtains the token once again (μs);

BW_{nrt} is the non-RTE bandwidth (%).

4.2.4.2.8 Relation between throughput RTE and non-RTE bandwidth

The relation between the throughput RTE and the non-RTE bandwidth is as follows (see Formulae (15) and (16):

$$BW = BW_{rte} + BW_{nrt} + BW_{overhead} \quad (15)$$

$$BW_{rte} = TR_{rte} \times \frac{8}{100} \quad (16)$$

where

BW is the total bandwidth in %, and the 100 % is the data-transmission rate of E_{rate} ;

BW_{rte} is the bandwidth used for the RTE communications in %;

$BW_{overhead}$ is the bandwidth used for the protocol and data transmission overhead in %.

4.2.4.2.9 Time synchronization accuracy

This is not available for this profile.

4.2.4.2.10 Non-time-based synchronization accuracy

Non-time-based synchronization is on the basis of the Cyclic-data transmission which executes at constant rate in normal, steady state operation. The accuracy is primarily depending on the selected hardware and embedded software implementation of each end-station, and the jitter in view of the protocol processing is allowable by 1 ms in normal, steady state operation.

4.2.4.2.11 Redundancy recovery time

CP 21/1 does not specify the redundancy. However, the redundancy depends on off-the-shelf switches with high available medium redundancy or the parallel-link operation that is switchable to a healthy link from the failure link when a failure occurs. The switches (including Hubs) that are recommended by CP 21/1 is applicable from this standpoint.

4.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 13, Table 14 and Table 15 show a consistent set of performance indicators for CP 21/1. Table 13 is that of the data exchange on Common-memory-area-1 (CM1) and -2 (CM2) in case of $E_{rate} = 100$ Mbit/s, and Table 14 is that of the data exchange on CM1, CM2 and Common-memory-area-3 (CM3) in case of $E_{rate} = 100$ Mbit/s, and further Table 15 is that of the data exchange on CM1, CM2 and CM3 in case of $E_{rate} = 1\,000$ Mbit/s. The values given in Table 13, Table 14, Table 15 are representing one practical example, but they are not the theoretical maximum. The total available bandwidth is partitioned between the RTE communications and the non-RTE communications.

Table 13 – CP 21/1: Consistent set of PIs for CM1 and CM2 ($E_{rate} = 100$ Mbit/s)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	50 ms	Maximum delivery time
Number of end-stations	32	4 km distance
Number of switches between end-stations	3	—
Throughput RTE	87 040 octets/s	Total volume of Cyclic-data is 4 352 octets.
Non-RTE bandwidth	16,6 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	1 ms	—

Table 14 – CP 21/1: Consistent set of PIs for CM1, CM2 and CM3 ($E_{rate} = 100$ Mbit/s)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	200 ms	Maximum delivery time
Number of end-stations	32	4 km distance
Number of switches between end-stations	3	—
Throughput RTE	2,6 Moctets/s	Total volume of Cyclic-data is 526,592 octets.
Non-RTE bandwidth	16,6 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	1 ms	—

Table 15 – CP 21/1: Consistent set of PIs for CM1, CM2 and CM3 ($E_{rate} = 1\,000$ Mbit/s)

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	50 ms	Maximum delivery time
Number of end-stations	32	4 km distance
Number of switches between end-stations	3	—
Throughput RTE	10,5 Moctets/s	Total volume of Cyclic-data is 526,592 octets.
Non-RTE bandwidth	16,6 %	—
Non-time-based synchronization accuracy	1 ms	—

Bibliography

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

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

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*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	27
INTRODUCTION.....	29
1 Domaine d'application	30
2 Références normatives	30
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	31
3.1 Termes et définitions	31
3.2 Abréviations et acronymes	32
3.3 Symboles	32
3.4 Conventions.....	33
4 CPF 21 (FL-net) – Profils de communication RTE	34
4.1 Présentation générale	34
4.2 CP 21/1	34
4.2.1 Couche physique	34
4.2.2 Couche liaison de données	34
4.2.3 Couche application	38
4.2.4 Sélection des indicateurs de performance.....	41
Bibliographie.....	50
Figure 1 – Pile de protocoles pour un bus de terrain de type 26	35
Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 21.....	33
Tableau 2 – CPF 21: présentation de l'ensemble de profils	34
Tableau 3 – Sélection de suites de protocoles / services de couche DL	36
Tableau 4 – Sélection du service de transmission de données	36
Tableau 5 – Sélection du nombre d'accès	37
Tableau 6 – Sélection de l'adresse IP	37
Tableau 7 – CP 21/1: sélection des services AL.....	38
Tableau 8 – Sélection des services selon les paragraphes 6.5.4 et 6.5.6	39
Tableau 9 – CP 21/1: sélection du protocole AL.....	40
Tableau 10 – Sélection du protocole selon le paragraphe 5.2	41
Tableau 11 – CP 21/1: vue d'ensemble des indicateurs de performance	42
Tableau 12 – CP 21/1: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	42
Tableau 13 – CP 21/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CM1 et CM2 ($E_{rate} = 100$ Mbit/s)	49
Tableau 14 – CP 21/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CM1, CM2 et CM3 ($E_{rate} = 100$ Mbit/s)	49
Tableau 15 – CP 21/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour CM1, CM2 et CM3 ($E_{rate} = 1\,000$ Mbit/s)	49

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX INDUSTRIELS –
PROFILS –Partie 2-21: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux
en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 21

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique 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 61784-2-21 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) élargissement de la zone de mémoire commune comme une nouvelle zone de mémoire commune 3 (CM3);
- c) ajout de nouveaux services et des protocoles avec l'élargissement de la zone de mémoire commune:
 - service Extended-cyclic-data et le protocole;
 - service Extended-participation-req et le protocole;
 - service Extended-network-parameter-read et le protocole;
 - service Extended-network-parameter-write et le protocole;
- d) ajout d'un nouveau tableau pour le CP 21/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance avec CM3.

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 la 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 2-21: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 21

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61784-2 définit la famille de profils de communication 21 (CPF 21). La CPF 21 spécifie un profil de communication (CP) Ethernet en temps réel (RTE) et les composants de réseau connexes basés sur la série IEC 61158 (Type 26), 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 Le profil de communication RTE utilise les réseaux de communication ISO/IEC/IEEE 8802-3 et leurs composants de réseau connexes et amende dans certains cas ces normes, pour obtenir les fonctions RTE.

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 61158-5-26:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-26: Définition des services de la couche application – Eléments de type 26*

IEC 61158-6-26:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-26: Spécification de protocole de couche d'application – Eléments de type 26*

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 61784-5-21, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 5-21: Installation des bus de terrain – Profils d'installation pour CPF 21*

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 in Bridged Local Area Networks* (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 796, J. Postel, *Address mappings*, septembre 1981, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc796> [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 919, J.C. Mogul, *Broadcasting Internet Datagrams*, octobre 1984, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc919> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 922, J.C. Mogul, *Broadcasting Internet datagrams in the presence of subnets*, octobre 1984, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc922> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 950, J.C. Mogul and J. Postel, *Internet Standard Subnetting Procedure*, août 1985, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc950> [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.

ARP	Address Resolution Protocol (protocole de résolution d'adresse, voir l'IETF RFC 826)
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]
FA	Factory Automation (automatisation des usines)
FCS	Frame Check Sequence (séquence de contrôle de trame)
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)
NoS	Number of Switches (nombre de commutateurs)
Phy	Sous-couche de l'entité de couche physique PHY (voir l'ISO/IEC/IEEE 8802-3)
PI	Performance Indicator (indicateur de performance)
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 21

Symbole	Définition	Unité
BW	Largeur de bande totale en %, une largeur de bande à 100 % étant égale à Erate	%
BWnrt	Largeur de bande non-RTE	%
BWrte	Largeur de bande utilisée pour les communications RTE	%
Cd _i	Délai de propagation du signal sur le segment de câble #i	µs
Clen _i	Longueur d'un segment de câble #i	m
Cpd	Délai de propagation du signal sur le chemin de câblage entre les stations d'extrémité d'émission et de réception	µs
Cε _i	Constante du délai de propagation du câble par mètre sur le segment de câble #i	µs/m
DT	Temps de remise	µs
DVct	Volume total de données cycliques transmises par toutes les stations d'extrémité	Octets
Erate	Vitesse de transmission de données Ethernet	Mbit/s
NoC	Nombre de segments de câble entre les stations d'extrémité d'émission et de réception	
NoS	Nombre de commutateurs (y compris le concentrateur) entre les stations d'extrémité d'émission et de réception	
STTs _{r_i}	Temps transversal des piles de l'émetteur et du récepteur y compris le temps de traitement Phy, MAC, IP, UDP ou TCP et FAL de la station d'extrémité #i	µs
Tct	Somme totale du temps de transmission de toutes les trames de données cycliques par toutes les stations d'extrémité	µs
Tctn _i	Nombre total de trames de données cycliques transmises par la station d'extrémité #i	
Tcs	Somme totale du temps de transmission jusqu'au nombre admissible de trames Ethernet générales y compris la transmission de commandes serveur générales	µs
Tms	Somme totale du temps de transmission jusqu'au nombre admissible de trames de données de messages à demande sporadique au cours d'une durée Tt _{tkr}	µs
Tnn	Nombre total de nœuds participant à l'anneau logique	
Trmt	Durée de mesure du cycle de rafraîchissement qui représente la durée écoulée entre le moment d'obtention du jeton par une station d'extrémité jusqu'à ce que cette dernière réobtienne le jeton	µs
TRrte	Débit RTE	Octets/s
Ttf	Temps de transmission des trames de paquets	µs
Tsw _i	Latence #i du commutateur (y compris le concentrateur)	µs
Tsw	Somme totale des latences de commutateurs (y compris le concentrateur) sur le trajet de connexion entre les stations d'extrémité d'envoi et de réception	µs
Ttk	Temps de transmission des trames de jetons par toutes les stations d'extrémité y compris la durée d'intervalle entre trames pour une transmission immédiate de la trame de jetons après la transmission de la trame de données cycliques finales	µs
Ttkif _i	Durée d'intervalle entre trames pour une transmission immédiate de la trame de jetons après la transmission de la trame de données cycliques finales par la station d'extrémité #i	µs
Tt _{tkr}	Temps de rotation du jeton cible	µs

3.4 Conventions

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

4 CPF 21 (FL-net¹) – Profils de communication RTE

4.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 21 définit le profil de communication reposant sur l'IEC 61158-5-26 et l'IEC 61158-6-26, ce qui correspond aux systèmes de communication communément appelés FL-net.

- Profil 21/1 (FL-net)

Ce profil constitue un système de communication FL-net avec une topologie en étoile. Il contient une sélection de services AL et de définitions de protocole issus de l'IEC 61158-5-26 et de l'IEC 61158-6-26.

Le Tableau 2 présente l'ensemble de profils FL-net.

Tableau 2 – CPF 21: présentation de l'ensemble de profils

Couche	Profil 21/1
Application	IEC 61158-5-26, IEC 61158-6-26
Liaison de données	ensemble de la suite de protocoles disponibles défini comme suit: IETF RFC 768(UDP), IETF RFC 793(TCP) IETF RFC 791(IP) IETF RFC 919, IETF RFC 922 IETF RFC 792, IETF RFC 950 IETF RFC 894 / ISO/IEC/IEEE 8802-3 Ethernet MAC IETF RFC 826
Physique	ISO/IEC/IEEE 8802-3 Phy

4.2 CP 21/1

4.2.1 Couche physique

La couche physique de 100 Mbit/s et 1 000 Mbit/s doit être conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

Les connecteurs, câbles et lignes directrices d'installation sont spécifiés dans l'IEC 61784-5-21 et l'IEC 61918.

4.2.2 Couche liaison de données

4.2.2.1 Vue d'ensemble

Les fonctions des couches OSI intermédiaires (couches 3 à 6) sont consolidées dans la couche de liaison de données IEC 61158 d'un bus de terrain de type 26.

Trois types de services de transmission de données de type 26 sont définis dans l'IEC 61158-5-26 et l'IEC 61158-6-26. Il s'agit de la transmission de données cycliques (CT, Cyclic Transmission), de la transmission de données textuelles (MT, Message Transmission) et de la transmission de commandes serveur générales (CS, Command Server).

¹ FL-net est l'appellation commerciale JEMA/FL-net: the Japan Electrical Manufacturers' Association / the Factory Automation Link network. 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. L'utilisation de l'appellation commerciale exige l'autorisation du détenteur de l'appellation commerciale.

Les transmissions de données cycliques et de données textuelles prennent la forme de services de transfert de messages par des canaux de communication UDP. La transmission de commandes serveur générales prend la forme d'un service de transfert de commandes serveur par les canaux de communication UDP ou TCP.

L'interface de services avec les canaux UDP et/ou TCP de la couche DL pour les services FAL de type 26 prend la forme de toute suite de protocoles UDP et TCP disponible. L'exigence applicable au service de couche DL n'est pas particulière et constitue une exigence minimale et générale.

La Figure 1 représente la pile de protocoles pour un bus de terrain de type 26, les couches OSI et les couches équivalentes du modèle de référence de bus de terrain de base de l'IEC 61158.

Couche OSI		Couche IEC 61158
7	Application	Application (FAL) IEC 61158-5-26 IEC 61158-6-26
6	Présentation	
5	Session	
4	Transport	Liaison de données IETF RFC 768, (IETF RFC 793)
3	Réseau	IETF RFC 791 IETF RFC 919, IETF RFC 922 (IETF RFC 792, IETF RFC 950)
2	Liaison de données	IETF RFC 894/ ISO/IEC/IEEE 8802-3 MAC (IETF RFC 826)
1	Physique	Physique ISO/IEC/IEEE 8802-3 Phy

Figure 1 – Pile de protocoles pour un bus de terrain de type 26

4.2.2.2 Sélection de suites de services et de protocoles de couche DL

Le Tableau 3 spécifie une sélection de suites de protocoles/services de couche DL pour les services MT, CT et CS de la CPF 21.

Tableau 3 – Sélection de suites de protocoles / services de couche DL

Service de couche équivalente OSI	Service DL correspondant	Utilisation	Contrainte
Couche transport	UDP: IETF RFC 768	M	Utilisée pour les services MT et CT
	UDP: IETF RFC 768	F	Utilisée pour le service CS. La valeur de "Somme de contrôle" est réglée sur zéro (0) au niveau du nœud de l'émetteur, et la vérification de la somme de contrôle n'est pas effectuée au niveau des nœuds de réception.
	TCP: IETF RFC 793	F	Utilisée pour le service CS
Couche réseau	IP: IETF RFC 791	M	Utilisée pour les services CT, MT et CS. Une fonction de communication à diffusion générale est une fonction fondamentale obligatoire.
	ICMP: IETF RFC 792	F	Utilisée pour les services CT, MT et CS
	Lié à une diffusion générale: IETF RFC 919	M	Utilisée pour les services CT, MT et CS. Une fonction de communication à diffusion générale est une fonction fondamentale obligatoire.
	Lié à une diffusion générale: IETF RFC 922	M	Utilisée pour les services CT, MT et CS. Une fonction de communication à diffusion générale est une fonction fondamentale obligatoire.
	Liée à un sous-réseau: IETF RFC 950	F	Utilisée pour les services CT, MT et CS
Couche liaison de données	Ethernet: IETF RFC 894	M	Utilisée pour les services CT, MT et CS
	ARP: IETF RFC 826	F	Utilisée pour les services CT, MT et CS
Couche physique	ISO/IEC/IEEE 8802-3	M	Utilisée pour les services CT, MT et CS

Le service de couches DL doit spécifier une fonction de communication à diffusion générale comme fonction fondamentale obligatoire (couche inférieure CPF 21). Les autres fonctions principales particulières éventuelles ne sont pas spécifiées ou exigées comme fonctions obligatoires du service de couches DL, sauf les contraintes indiquées dans le Tableau 4.

Le Tableau 4 spécifie la sélection du service de transmission de données.

Tableau 4 – Sélection du service de transmission de données

Service de transmission de données	Utilisation	Contrainte
Service CT et MT	O	Attribution DL-SAP: Voir Tableau 5. Adresse de réseau et nombre de nœuds: Voir Tableau 6.
Service CS par UDP	O	Sélection par défaut du service CS. Attribution DL-SAP: Voir Tableau 5. Adresse de réseau et nombre de nœuds: Voir Tableau 6.
Service CS par TCP	F	Autre sélection du service CS Attribution DL-SAP: Voir Tableau 5. Adresse de réseau et nombre de nœuds: Voir Tableau 6.

Tableau 5 – Sélection du nombre d'accès

Service de transmission de données	Type de canal	Utilisation	Nombre d'accès attribué / Contrainte
Réception de CT incluant le contrôle AR, la trame de jetons à l'exclusion de la trame Extended-cyclic-data	UDP	O	55 000
Réception de MT y compris la réception de contrôle AR	UDP	O	55 001
Réception de contrôle AR: AR-Control.Participation-req frame, AR-Control.Trigger frame	UDP	O	55 002
Transmission de MT et CT y compris la transmission de contrôle d'AR	UDP	O	55 003
Réception de CS	UDP	O	55 004
Réception de CS	TCP	F	55 004
Transmission de CS	UDP	O	55 004
Transmission de CS	TCP	F	55 004
Réception pour: Extended-cyclic-data frame, AR-Control.Extended-participation-req frame.	UDP	O	55 005
NOTE Le contrôle AR coordonne les services FAL: le jeton de transmission de contrôle afin d'établir et de maintenir un anneau logique en vue de l'autorisation d'envoyer des données parmi les nœuds, le contrôle de l'ajout de nouveaux nœuds et de la perte des nœuds membres, la reprise des anneaux logiques et le traitement des erreurs avec confirmation de remise et retransmission.			

Tableau 6 – Sélection de l'adresse IP

Adresse IP	Utilisation	Contrainte
192.168.250.N Masque de sous-réseau = 255.255.255.0	O	Sélection par défaut. "N" est identique au nombre de nœuds compris entre 1 et 254. Le nombre de nœuds de destination "N = 255" est dédié à la diffusion générale.
192.168.200.N Masque de sous-réseau = 255.255.255.0	F	Autre sélection. "N" est identique au nombre de nœuds compris entre 1 et 254. Le nombre de nœuds de destination "N = 255" est dédié à la diffusion générale.
NOTE L'adresse IP sélectionnée et attribuée n'est pas l'adresse IP de classe C définie dans l'IETF RFC 796, et chaque nombre de nœuds (de 1 à 254) est identique à l'adresse hôte de l'adresse IP de classe C avec un masque de sous-réseau de 255.255.255.0.		

4.2.3 Couche application

4.2.3.1 Sélection des services AL

Le Tableau 7 spécifie la sélection des services AL dans le cadre de l'IEC 61158-5-26.

Par ailleurs, le mapping des services AL s'effectue sur la suite de protocoles UDP/TCP/IP, et les exigences minimales correspondantes doivent être prises en charge et mises en œuvre conformément à l'IETF RFC 768, l'IETF RFC 791, l'IETF RFC 793, l'IETF RFC 894, l'IETF RFC 919, l'IETF RFC 922 et aux documents ultérieurs qui les remplacent.

Tableau 7 – CP 21/1: 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	OUI	—
5	ASE de type de données	OUI	—
6	Spécification du modèle de communication	—	—
6.1	Généralités	OUI	—
6.2	Pile de protocoles pour bus de terrain de type 26	OUI	—
6.3	Vue d'ensemble du modèle de communication de type 26	OUI	—
6.4	Service de communication de données cycliques avec mémoire commune	OUI	—
6.5	Les ASE	—	—
6.5.1	Vue d'ensemble des ASE type 26	OUI	—
6.5.2	Conventions spécifiques de type 26 pour les paramètres communs des services de la FAL	OUI	—
6.5.3	ASE de données cycliques	OUI	—
6.5.4	ASE de données de message	OUI	Voir Tableau 8.
6.5.5	ASE "Mesurage de la charge de communication"	OUI	—
6.5.6	ASE Gestion de réseau	OUI	Voir Tableau 8.
6.5.7	ASE serveur de commande d'usage général	OUI	—
6.5.8	Élément de service application d'une relation d'applications (ASE d'AR)	OUI	—
6.5.9	Résumé des ASE de FAL	OUI	—

Tableau 8 – Sélection des services selon les paragraphes 6.5.4 et 6.5.6

Réf. du service	Nom du service	Utilisation	Contrainte
6.5.4.3.2	Service de lecture de blocs d'octets	F	—
6.5.4.3.3	Service d'écriture de blocs d'octets	F	—
6.5.4.3.4	Service de lecture de blocs de mots	F	—
6.5.4.3.5	Service d'écriture de blocs de mots	F	—
6.5.4.3.6	Service de lecture de paramètres de réseau	O	—
6.5.4.3.7	Service de lecture de paramètres de réseau étendu	O	—
6.5.4.3.8	Service d'écriture de paramètres de réseau	F	—
6.5.4.3.9	Service d'écriture de paramètres de réseau étendu	F	—
6.5.4.3.10	Service de commandes d'interruption	F	—
6.5.4.3.11	Service de commandes de fonctionnement	F	—
6.5.4.3.12	Service de lecture de profils	O	—
6.5.4.3.13	Service de messages transparents	F	—
6.5.4.3.14	Service de lecture de données d'enregistrement	O	—
6.5.4.3.15	Service d'annulation de données d'enregistrement	O	—
6.5.4.3.16	Service de renvoi de messages	O	—
6.5.4.3.17	Service de messages spécifique au fournisseur	F	—
6.5.4.3.18	Service de réglage des paramètres de configuration distante de nœuds	O	—
6.5.4.3.19	Service de lecture de paramètres d'informations de gestion distante de nœuds participatifs	O	—
6.5.4.3.20	Service de lecture de paramètres d'informations de gestion de nœuds	O	—
6.5.4.3.21	Service de lecture de paramètres d'informations de réglage distant de nœuds	O	—
6.5.6.3.8	Service de réinitialisation de nœuds	F	—

4.2.3.2 Sélection du protocole AL

Le Tableau 9 spécifie la sélection du protocole AL dans le cadre de l'IEC 61158-6-26.

Par ailleurs, le protocole AL est mappé sur la suite de protocoles UDP/TCP/IP, et les exigences minimales correspondantes doivent être prises en charge et mises en œuvre conformément à l'IETF RFC 768, l'IETF RFC 791, l'IETF RFC 793, l'IETF RFC 894, l'IETF RFC 919, l'IETF RFC 922 et aux documents ultérieurs qui les remplacent.

Tableau 9 – CP 21/1: 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	Description de la syntaxe de FAL	—	—
4.1	Généralités	OUI	—
4.2	Vue d'ensemble du bus de terrain de type 26	OUI	—
4.3	Principe de fonctionnement	OUI	—
4.4	Syntaxe abstraite des PDU de la FAL	OUI	—
4.5	Affectations de types de données	OUI	—
5	Syntaxe de transfert	—	—
5.1	Règles de codage	OUI	—
5.2	Codage des éléments PDU	OUI	Voir Tableau 10.
6	Structure des diagrammes d'état de protocole FAL	—	—
6.1	Vue d'ensemble	OUI	—
6.2	Variables, paramètres, temporisateurs, compteurs, listes et files d'attente communs	OUI	—
6.3	Fonctions utilisées dans les tables d'états	OUI	—
7	Machine de protocole (FSPM)	—	—
7.1	Vue d'ensemble	OUI	—
7.2	Machine de protocole de données cycliques	OUI	—
7.3	Machine de protocole de données de message	OUI	—
7.4	Machine de protocole de mesure de charge	OUI	—
7.5	Machine de protocole de serveur de communication d'usage général	OUI	—
7.6	Machine de protocole de gestion de réseau	OUI	—
8	Machine protocolaire de relations entre applications (ARPM)	—	—
8.1	Vue d'ensemble	OUI	—
8.2	Commande TX/RX cyclique	OUI	—
8.3	Commande TX/RX de message	OUI	—
8.4	Commande TX/RX de serveur de commande	OUI	—
8.5	Commande AR	OUI	—
9	Machine de protocole DMPM	—	—
9.1	Vue d'ensemble	OUI	—
9.2	Mapping des primitives de service DMPM et des primitives de service DLL	OUI	—
9.3	Mapping du port de service DMPM avec le DL-SAP	OUI	—
9.4	Mapping de l'adresse réseau à chaque nœud	OUI	—

Tableau 10 – Sélection du protocole selon le paragraphe 5.2

Réf. du service	Nom du service	Utilisation	Contrainte
5.2.1	FALARHeader	O	—
5.2.2	PDU Transparent-msg	F	—
5.2.3	PDU Token	O	—
5.2.4	PDU Participation-req	O	—
5.2.5	PDU Byte-block-read	F	—
5.2.6	PDU Byte-block-write	F	—
5.2.7	PDU Word-block-read	F	—
5.2.8	PDU Word-block-write	F	—
5.2.9	PDU Network-parameter-read	O	—
5.2.10	PDU Network-parameter-write	F	—
5.2.11	PDU Stop-command	F	—
5.2.12	PDU Operation-command	F	—
5.2.13	PDU Profile-read	O	—
5.2.14	PDU Trigger	O	—
5.2.15	PDU Log-data-read	O	—
5.2.16	PDU Log-data-clear	O	—
5.2.17	PDU Message-return	O	—
5.2.18	PDU Vendor-specific-msg	F	—
5.2.19	PDU Start-TK-hld-time-mrmt	O	—
5.2.20	PDU Terminate-TK-hld-time-mrmt	O	—
5.2.21	PDU Start-GP_Comm-sndr-log	O	—
5.2.22	PDU Terminate-GP_Comm-sndr-log	O	—
5.2.23	PDU Set-remote-node-config-paraO	O	—
5.2.24	PDU Read-rmt-partici-node-mgt-info-para	O	—
5.2.25	PDU Read-rmt-node-mgt-info-para	O	—
5.2.26	PDU Read-rmt-node-set-info-para	O	—
5.2.27	PDU Reset-node	F	—
5.2.28	PDU Cyclic-data	O	—
5.2.29	PDU Extended-participation-req	O	—
5.2.30	PDU Extended-network-parameter-read	O	—
5.2.31	PDU Extended-network-parameter-write	F	—

4.2.4 Sélection des indicateurs de performance

4.2.4.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 11 présente les indicateurs de performance du CP 21/1.