

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-4: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 4**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-4: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 4**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-4:2023



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 2-4: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 4**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-4: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 4**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6693-9

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 4 (P-NET) – RTE communication profiles	9
4.1 General overview	9
4.2 CP 4/3, P-NET on IP	9
4.2.1 Physical layer	9
4.2.2 Data-link layer	9
4.2.3 Application layer	10
4.2.4 Performance indicator selection	11
Annex A (informative) CPF 4/3 (P-NET on IP) – Performance Indicator calculation	16
A.1 Application scenario.....	16
A.2 Delivery time calculation	16
A.3 Non-RTE throughput calculation	18
A.4 Non time-base synchronization accuracy	19
A.5 RTE throughput calculation	20
A.6 CPF 4/3, Derivation of delivery time formula	20
A.7 CPF 4/3, Ethernet characteristics.....	22
Bibliography.....	23
Figure A.1 – Application configuration.....	16
Figure A.2 – Non-RTE throughput calculation	18
Figure A.3 – Non time-base synchronization accuracy	19
Table 1 – CPF 4 symbols	8
Table 2 – CP 4/3: DLL service selection.....	10
Table 3 – CP 4/3: DLL protocol selection	10
Table 4 – CP 4/3: AL service selection.....	11
Table 5 – CP 4/3: AL protocol selection	11
Table 6 – CP 4/3: PI overview.....	11
Table 7 – CP 4/3: PI dependency matrix	12
Table 8 – CP 4/3: Consistent set of PIs.....	14
Table 9 – Parameters for calculation of consistent set of PIs	15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL NETWORKS –
PROFILES –****Part 2-4: Additional real-time fieldbus profiles
based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 4****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 61784-2-4 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.

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 2-4: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 4

1 Scope

This part of IEC 61784-2 defines extensions of Communication Profile Family 4 (CPF 4) for Real-Time Ethernet (RTE). CPF 4 specifies a Real-Time Ethernet (RTE) communication profile (CP) and related network components based on the IEC 61158 series (Type 4), 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.

NOTE 3 A CP of CPF 4 is specified in IEC 61784-1-4.

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 61158-3-4:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-4: Data-link layer service definition – Type 4 elements*

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

IEC 61158-5-4:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-4: Application layer service definition – Type 4 elements*

IEC 61158-6-4:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-4: Application layer protocol specification – Type 4 elements*

IEC 61784-1-4:2023, *Industrial networks – Profiles – Part 1-4: Fieldbus profiles – Communication Profile Family 4*

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*

TIA-485-A:1998, *Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems*

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

ISO/IEC/IEEE 8802-11, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 11: Wireless LAN medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications*

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]

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]
CRC	Cyclic Redundancy Check
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 4 symbols

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

3.4 Conventions

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

4 CPF 4 (P-NET) – RTE communication profiles

4.1 General overview

Communication Profile Family 4 defines profiles based on IEC 61158-2 Type 4, IEC 61158-3-4, IEC 61158-4-4, IEC 61158-5-4 and IEC 61158-6-4, which corresponds to parts of a communication system commonly known as P-NET®¹.

- Profile 4/1 P-NET RS 485

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

- Profile 4/2 *Void*

- Profile 4/3 P-NET on IP

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

Profile 4/1 is described in IEC 61784-1-4, whereas profile 4/3 is described in this document.

4.2 CP 4/3, P-NET on IP

4.2.1 Physical layer

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

4.2.2 Data-link layer

4.2.2.1 DLL service selection

Table 2 holds the data-link layer service selections from IEC 61158-3-4 for this profile.

¹ P-NET is a trade name of International P-NET User Organisation ApS (IPUO). 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 P-NET. Use of the trade name P-NET requires permission from the trade name holder.

Table 2 – CP 4/3: DLL service selection

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

For this profile, DLS-user data size can exceed 56 octets and hence the Data-field-format parameter can hold one octet or two octets of information, as described in IEC 61158-3-4, 4.7.2.11. The size of DLS-user data shall not exceed 1 024 octets.

Support for DLS-user data greater than 56 octets is configured in the IP-header of the frame in the first octet: 3 means DLS user data greater than 56 octets; 2 means DLS-user data up to 56 octets.

4.2.2.2 DLL protocol selection

Table 3 holds the data-link layer protocol selections from IEC 61158-4-4 for this profile.

Table 3 – CP 4/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope and object	YES	–
2	Normative references	Partial	Used if needed
3	Terms and definitions	Partial	Used when applicable
4	Data Link Protocol definition	YES	^a
^a A device shall provide at least the necessary protocol options to fulfil the supported services.			

For this profile, the Data-field-format field can hold one octet or two octets of information, as described in IEC 61158-4-4, 4.2.3.4.

4.2.3 Application layer

4.2.3.1 AL service selection

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

Table 4 – CP 4/3: AL service selection

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

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

4.2.3.2 AL protocol selection

Table 5 holds the Application layer protocol selections from IEC 61158-6-4 for this profile.

Table 5 – CP 4/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification – Type 4 elements	YES	See ^a
^a A device shall provide at least the necessary protocol options to fulfil the supported services. If the Service Write with SecureDataExchange is required in a device, the Service Method shall also be provided in order to perform the exchange of Nonce'es for creating and validating Signatures.			

4.2.4 Performance indicator selection

4.2.4.1 Performance indicator overview

Table 6 provides an overview of CP 4/3 performance indicators.

Table 6 – CP 4/3: PI overview

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

4.2.4.2 Performance indicator dependencies

4.2.4.2.1 Overview of performance indicators

Table 7 shows an overview of performance indicators applicable to CP 4/3.

Table 7 – CP 4/3: 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	Non-time-based synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.4	YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.2	NO	NO	YES 4.2.4.2.3
Number of end-stations	YES 4.2.4.2.2		NO	NO	YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.2	NO	NO
Basic network topology	YES 4.2.4.2.4	NO		NO	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	YES 4.2.4.2.2	NO	NO		YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.3
Throughput RTE	YES 4.2.4.2.2	YES 4.2.4.2.2	NO	YES 4.2.4.2.2		NO	NO	YES 4.2.4.2.3
Non-RTE bandwidth	NO	YES 4.2.4.2.2	NO	YES 4.2.4.2.2	NO		NO	NO
Non-time-based synchronization accuracy	YES 4.2.4.2.5	NO	NO	YES 4.2.4.2.5	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	NO	NO	NO	YES 4.2.4.2.3	NO	NO	NO	

4.2.4.2.2 Calculation of Delivery time

Delivery time is calculated according to Formula (1). Derivation of this formula is given in Clause A.6. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection.

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

where

cd is the cable delay time;

DT is the delivery time;

$NoNs[x]$ is the number of RTE end-stations connected to switch No x. This includes number of RTE end-stations connected to the switch by other switches, which are not included in the path from sender to receiver. Switches are numbered as #1 at senders connection up to #NoS at the receivers connection;

$NoNt$ is the number of RTE end-stations, in total;

NoS is the number of switches in path from sender to receiver;

pd is the propagation delay within a Switch;

<i>QTES</i>	is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC;
<i>STTs</i>	is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction;
<i>ttES</i>	is the P-NET transfer time RTE end-station to switch at maximum APDU size;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size.

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

4.2.4.2.3 Redundancy recovery time

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

4.2.4.2.4 Basic network topology

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

4.2.4.2.5 Non time-base synchronization accuracy

The non time-base synchronization accuracy is calculated according to Formula (2).

$$\text{Non time-base synchronization accuracy} = DT - DTb \quad (2)$$

where

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

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

4.2.4.2.6 Throughput RTE

The throughput RTE is calculated according to Formulae (3) and (4).

$$\text{Minimum RTE Throughput} = FS \times \text{minAPDUs} \quad (3)$$

$$\text{Maximum RTE Throughput} = FS \times \text{maxAPDUs} \quad (4)$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station;

minAPDUs is the size of the minimum APDU;

maxAPDUs is the size of the maximum APDU.

4.2.4.2.7 Non-RTE bandwidth

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

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

The non-RTE bandwidth (%) can be calculated by using Formula (5).

$$\text{Non-RTE Throughput} = (1 - (\text{NoCEN} \times \text{NoAS})(\text{ttSS} + \text{QTSS})) \times 100 \quad (5)$$

where

NoCEN is the number of RTE end-stations which can produce frames on the critical switch-to-switch link;

NoAS is the number of accesses allowed per device per second;

ttSS is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size;

QTSS is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link.

See example of non-RTE bandwidth calculation in Clause A.3.

4.2.4.3 Consistent set of performance indicators

Table 8 shows a consistent set of performance indicators for a typical configuration for factory automation. *maxAPDUs* is 56 in these calculations.

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

Parameters used for the calculation of Table 8 are shown in Table 9. All these parameters are the result of the described scenario and the related calculations of performance indicators.

Table 8 – CP 4/3: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	6,3 ms	
Minimum delivery time	0,564 ms	
Throughput RTE minimum	5 Koctets/s	
Throughput RTE maximum	64 Koctets/s	
Non-RTE bandwidth	75 %	Non-RTE device to non-RTE device
Non-time-based synchronization accuracy	5,7 ms	
Redundancy recovery time	1 s	Example value. See 4.2.4.2.3
Number of RTE end-stations, in total	30	
Number of switches in path from sender to receiver	4	

Table 9 – Parameters for calculation of consistent set of Pls

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

Annex A (informative)

CPF 4/3 (P-NET on IP) – Performance Indicator calculation

A.1 Application scenario

The application scenario for the consistent set of performance indicators has been selected for a typical configuration for factory automation. The complete application would typically have more nodes than shown in Figure A.1, both for control and IO handling. These nodes are either connected directly to the RTE nodes or via a P-NET network. Only the RTE nodes are shown in Figure A.1.

Thirty RTE end-stations (numbered from N1 to N30) are connected by means of 4 switches, as shown in Figure A.1, in an RTE network containing switches. All RTE nodes can communicate to any of the RTE nodes.

A.2 Delivery time calculation

The worst-case situation for calculating the Delivery time occurs when all 29 RTE end-stations (N1 to N29) are sending to the same receiver (N30) using the maximum packet size. The example for calculating the worst-case is given for Sender N1.

End-station-to-switch link is 10 Mbit/s.

Switch-to-switch link is 100 Mbit/s.

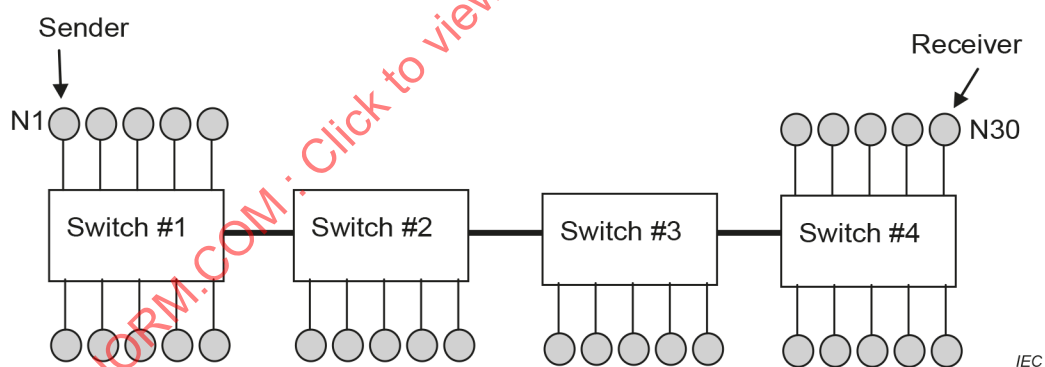


Figure A.1 – Application configuration

Delivery time can now be calculated by inserting the application-dependent constants for the selected scenario into the Formula (A.1).

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

$$DT = 1\,250 + 250 + 30(114,4 + 7 + 9,4) + 1$$

$$10 \times 3 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 2 \times (11,44 + 7 + 0,944) +$$

$$5 \times 1 \times (11,44 + 7 + 0,944)$$

$$DT = 6,3 \mu s$$
(A.1)

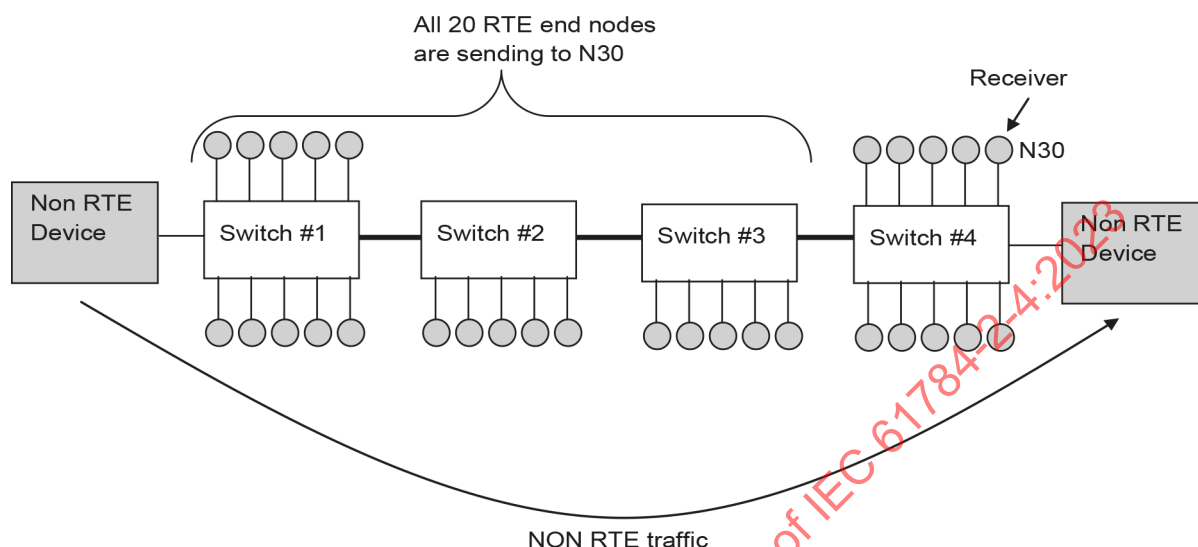
where

<i>cd</i>	is the cable delay time (200 m) = 1 μs;
<i>DT</i>	is the delivery time;
<i>NoNs[1]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 10;
<i>NoNs[2]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 5;
<i>NoNs[3]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 5;
<i>NoNs[4]</i>	is the number of RTE end-stations connected to switch No 1 = 10;
<i>NoNt</i>	is the number of RTE end-stations, in total = 30;
<i>NoS</i>	is the number of switches in the path from sender to receiver = 4;
<i>pd</i>	is the propagation delay within a switch = 7 μs;
<i>QTES</i>	is the Ethernet enforced quiet time on end-station to switch link (10 Mbit/s) = 9,4 μs;
<i>QTSS</i>	is the Ethernet enforced quiet time on switch-to-switch link (100 Mbit/s) = 0,94 μs;
<i>STTr</i>	is the receiver stack transversal time including Phy and MAC = 250 μs;
<i>STTs</i>	is the sender stack transversal time including Phy and MAC access interval restriction = 1 250 μs;
<i>ttES</i>	is the P-NET transfer time RTE end station to switch at maximum APDU size (10 Mbit/s) = 114,4 μs;
<i>ttSS</i>	is the P-NET transfer time switch-to-switch at maximum APDU size (100 Mbit/s) = 11,44 μs.

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

A.3 Non-RTE throughput calculation

Maximum RTE traffic on the switch-to-switch line appears when all 20 external RTE end-stations (N1 to N20) are sending to the same receiver (N30) using maximum packet size as shown in Figure A.2. The remaining bandwidth is available for non-RTE traffic.



IEC

Figure A.2 – Non-RTE throughput calculation

The RTE load calculation is performed, using Formula (A.2).

$$\text{Max RTE load} = \text{NoEN} (ttSS + QTss)$$

(A.2)

$$\text{Max RTE load} = 20(11,44 + 0,94) = 250 \mu s$$

where

NoEN is the number of RTE end-stations on the external switches = 20;

ttSS is the transmission time for a maximum APDU on a switch-to-switch link = 11,44 μs ;

QTss is the enforced Ethernet quiet time on a switch-to-switch link = 0,94 μs .

The maximum RTE load is 250 μs and due to the access restriction for a sender, this load can only be established once for every single ms.

This leaves 750 μs to the non-RTE bandwidth for every 1 000 μs , equivalent to 75 %.

A.4 Non time-base synchronization accuracy

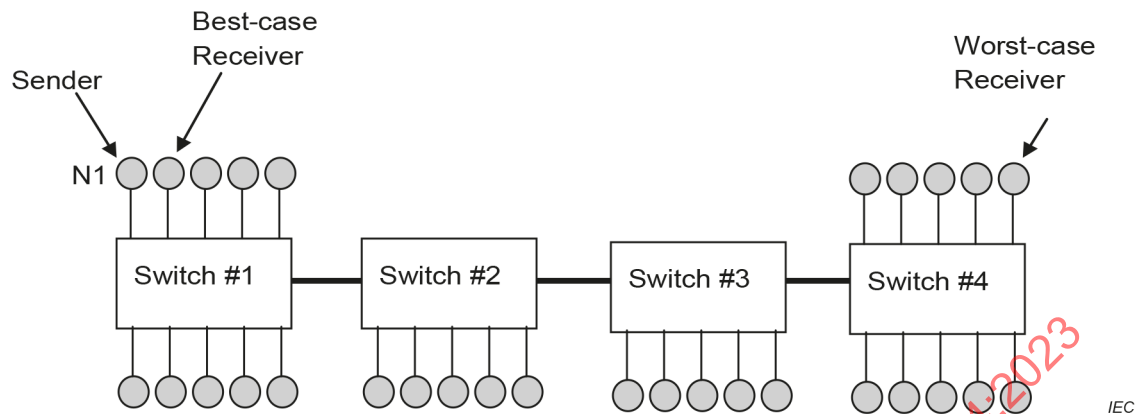


Figure A.3 – Non time-base synchronization accuracy

The non-time-base synchronization accuracy is calculated as the time difference between the best-case delivery time and the worst-case delivery time of a broadcasted "Super-Global-Variable". Calculation of non-time-base synchronization accuracy is shown in Formula (A.4).

Sender N1 is broadcasting a "Super-Global-Variable" message. A node on Switch #1 will obtain the best-case delivery time, whereas nodes on Switch #4 will have a worst-case delivery time, as shown in Figure A.3.

Delivery time to worst-case receiver will be 6 300 µs. See delivery time calculation in Clause A.6.

$$\text{Best case delivery time} = SOT + ttESmin + pd + ttESmin + STTr \quad (A.3)$$

$$\text{Best case delivery time} = 250 + 57 + 7 + 57 + 250 = 621 \mu s$$

where

SOT is the sender stack transversal time. Best case without access restriction = 250 µs;

ttES is the transmission time for a minimum APDU on 10 Mbit/s = 57 µs;

pd is the propagation delay within a switch = 7 µs;

STTr is the receiver stack transversal time including Phy and MAC = 250 µs.

$$\begin{aligned} \text{Non-time-base synchronization accuracy} &= DT - Dtbest \\ \text{Non-time-base synchronization accuracy} &= 6\,300 - 621 = 5\,679 \text{ ms} \end{aligned} \quad (A.4)$$

where

DT is the delivery time = 6,3 ms;

Dtbest is the best-case delivery time = 621 µs.

A.5 RTE throughput calculation

RTE throughput is calculated as a device's maximum transmission rate of 1 000 frames/s.

Each frame can contain an APDU of variable size. The minimum RTE throughput is calculated by using Formula (A.5).

$$\begin{aligned} \text{Minimum RTE throughput} &= FS \times APDU_{min} \\ \text{Minimum RTE throughput} &= 1\,000 \times 5 = 5\,000 \text{ octet/s} \end{aligned} \quad (\text{A.5})$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station:
1 frame / ms = 1 000 frames / second;

APDU_{min} is the minimum APDU size = 5 octets.

The maximum RTE throughput is calculated by using Formula (A.6).

$$\begin{aligned} \text{Maximum RTE throughput} &= FS \times APDU_{max} \\ \text{Maximum RTE throughput} &= 1\,000 \times 64 = 64\,000 \text{ octets/s} \end{aligned} \quad (\text{A.6})$$

where

FS is the number of frames allowed to be sent per second for one RTE end-station:
1 frame / ms = 1 000 frames / second;

APDU_{max} is the maximum APDU size = 64 octets.

A.6 CPF 4/3, Derivation of delivery time formula

The derivation of delivery time formula is composed of 6 elements:

(N1 frame to Switch1) + (N1..N10 frames to Switch 2) + (N1..15 frames to Switch 3) + (N1..N20 frames to Switch 4) + (N1..N29 frames from Switch 4 to N30) + (cable delay from N1 to N30), as shown in Formula (A.7).

$$\begin{aligned}
& STTs + ttES + pd + QTES + \\
& NoNs(1) \times (ttSS + pd + QTSS) + \\
& (NoNs(1)+NoNs(2))(ttSS + pd + QTSS) + \\
& (NoNs(1)+NoNs(2) + NoNs(3))(ttSS + pd + QTSS) + \\
& STTr + (NoNt-1)(ttES + pd + QTES) + \\
& cd \\
& =
\end{aligned}$$

Element 1, 5 and 6 are combined into:

$$STTs + STTr + NoNt(ttES + pd + QTES) + cd \quad (A.7)$$

Elements 2,3 and 4 are combined into:

$$\sum_{i=1}^{NoS-1} (NoNs(i)(NoS - i)(ttSS + pd + QTSS))$$

This gives the formula for Delivery time:

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

where

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

A.7 CPF 4/3, Ethernet characteristics

The size of an Ethernet frame for P-NET on IP is calculated by using Formula (A.8).

$$\text{Ethernet frame size} = Pa + Sadr + Dadr + Type + CRC + IPoh + UDPoh + Pnet \quad (\text{A.8})$$

where

- Pa* is the Ethernet preamble of 8 octets;
- Sadr* is the Ethernet source address of 6 octets;
- Dadr* is the Ethernet destination address of 6 octets;
- Type* is the Ethernet type of 2 octets;
- CRC* is the Ethernet sum check of 4 octets;
- IPoh* is the IP overhead of 20 octets;
- UDPoh* is the UDP overhead of 8 octets;
- Pnet* is the P-NET frame of variable size.

The Ethernet frame size is defined to be at least 72 octets. Since only the P-NET part of the Ethernet frame is variable, this means that a P-NET frame shall occupy at least 18 octets, whether needed or not.

$$\text{Transmission time} = (NoO \times BpO) / Bps \quad (\text{A.9})$$

where

- NoO* is the number of octets in a frame;
- BpO* is the number of bits per octet to send = 8;
- Bps* is the number bits send per second (transmission speed).

Using Formula (A.9) for calculating transmission time, the P-NET transmission times can be calculated for 10 Mbit/s:

The P-NET transmission time for the smallest frame up to 18 octets is 57,6 µs.

The P-NET transmission time for the largest RTE frame (*Pnet* = 70 octets) is 99,2 µs.

The P-NET transmission time for the largest Ethernet P-NET frame with routing information (*Pnet* = 89 octets) is 114,4 µs.

Enforced quiet time between Ethernet frames for 10 Mbit/s is 9,4 µs.

Cable delay: max allowed length of each cable connection is 100 m. A typical propagation speed is 2×10^8 m/s. This gives a max cable delay of 0,5 µs for each cable connection.

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*

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

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	25
INTRODUCTION.....	27
1 Domaine d'application	28
2 Références normatives	28
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	29
3.1 Termes et définitions	29
3.2 Abréviations et acronymes	30
3.3 Symboles	30
3.4 Conventions.....	31
4 CPF 4 (P-NET) – Profils de communication RTE.....	31
4.1 Présentation générale	31
4.2 CP 4/3, P-NET on IP	32
4.2.1 Couche physique	32
4.2.2 Couche liaison de données.....	32
4.2.3 Couche application	33
4.2.4 Sélection des indicateurs de performance.....	33
Annexe A (informative) CPF 4/3 (P-NET on IP) – Calcul de l'indicateur de performance	38
A.1 Scénario d'application.....	38
A.2 Calcul du temps de remise	38
A.3 Calcul du débit non-RTE	40
A.4 Exactitude de la synchronisation non périodique.....	41
A.5 Calcul du débit RTE	42
A.6 CPF 4/3, Dérivation de la formule de temps de remise.....	42
A.7 CPF 4/3, Caractéristiques Ethernet.....	44
Bibliographie.....	45
Figure A.1 – Configuration de l'application.....	38
Figure A.2 – Calcul du débit non-RTE	40
Figure A.3 – Exactitude de la synchronisation non périodique.....	41
Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 4	31
Tableau 2 – CP 4/3: sélection des services DLL	32
Tableau 3 – CP 4/3: sélection du protocole DLL.....	33
Tableau 4 – CP 4/3: sélection des services AL.....	33
Tableau 5 – CP 4/3: sélection du protocole AL.....	33
Tableau 6 – CP 4/3: vue d'ensemble des indicateurs de performance	34
Tableau 7 – CP 4/3: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	34
Tableau 8 – CP 4/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	37
Tableau 9 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance	37

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX INDUSTRIELS –
PROFILS –Partie 2-4: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux
en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 4

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 61784-2-4 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.

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 2-4: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 4

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61784-2 définit les extensions de la famille de profils de communication 4 (CPF 4) pour l'Ethernet en temps réel (RTE). La CPF 4 spécifie un profil de communication (CP) Ethernet en temps réel (RTE) et les composants de réseau connexes basés sur la série IEC 61158 (type 4), 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.

NOTE 3 Un CP de la CPF 4 est spécifié dans l'IEC 61784-1-4.

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 61158-3-4:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-4: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 4*

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

IEC 61158-5-4:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-4: Définition des services de la couche application – Éléments de type 4*

IEC 61158-6-4:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-4: Spécification du protocole de la couche application – Eléments de type 4*

IEC 61784-1-4:2023, *Réseaux industriels – Profils – Partie 1-4: Profils de bus de terrain - Famille de profils de communication 4*

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*

TIA-485-A:1998, *Electrical Characteristics of Generators and Receivers for Use in Balanced Digital Multipoint Systems* (disponible en anglais seulement)

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

ISO/IEC/IEEE 8802-11, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – Exigences spécifiques – Partie 11: Spécifications du contrôle d'accès du milieu sans fil (MAC) et de la couche physique (PHY)*

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]

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]
CRC	Cyclic Redundancy Check (contrôle de redondance cyclique)
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 4

Symbole	Définition	Unité
cd	Délai du câble (maximal sur 100 m)	µs
DT	Temps de remise	µs
DTb	Temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus favorable	µs
DTw	Temps de remise, calculé par les valeurs les plus défavorables	µs
FS	Nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE	–
NoAS	Nombre d'accès autorisés par appareil toutes les secondes	–
NoCEN	Nombre de stations d'extrémité RTE qui peuvent générer des trames sur la liaison commutateur-commutateur critique	–
NoNs[x]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur x	–
NoNt	Nombre total de stations d'extrémité RTE	–
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	–
pd	Délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur. Valeur minimale exigée	µs
QTES	Période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation	µs
QTSS	Période de calme imposée par Ethernet sur la liaison commutateur-commutateur	µs
STTr	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	µs
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris Phy et MAC	µs
ttES	Temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU maximale)	µs
ttESmin	Temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE pour se commuter (à taille APDU minimale)	µs
ttSS	Temps de transfert P-NET commutateur-commutateur (à taille APDU maximale)	µs

3.4 Conventions

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

4 CPF 4 (P-NET) – Profils de communication RTE

4.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 4 définit les profils reposant sur l'IEC 61158-2 type 4, l'IEC 61158-3-4, l'IEC 61158-4-4, l'IEC 61158-5-4 et l'IEC 61158-6-4, ce qui correspond aux parties d'un système de communication communément appelé P-NET®¹.

– Profil 4/1 P-NET RS 485

Ce profil contient des services AL, DLL et PhL et des références de protocole à un accès d'application conforme à l'IEC 61158. Le profil 4/1 repose sur la norme TIA-485-A, et permet jusqu'à 125 appareils de classe normale ou simple de communiquer sur la même liaison physique, en mode semi-duplex.

– Profil 4/2 Vide

¹ P-NET est une appellation commerciale de International P-NET User Organisation ApS (IPUO). 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 la marque commerciale P-NET. L'utilisation de l'appellation commerciale P-NET exige l'autorisation de son détenteur.

– Profil 4/3 P-NET on IP

Ce profil contient des services AL et DLL et des références de protocole à un accès d'application conforme à l'IEC 61158. Le profil 4/3 repose sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, et permet jusqu'à 125 appareils de classe normale de communiquer sur la même liaison logique, en mode bidirectionnel simultané.

Le profil 4/1 est décrit dans l'IEC 61784-1-4, et le profil 4/3 est décrit dans le présent document.

4.2 CP 4/3, P-NET on IP

4.2.1 Couche physique

La couche physique du profil P-NET on IP est mise en œuvre conformément à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 ou à l'ISO/IEC/IEEE 8802-11. La vitesse de transmission des données des appareils P-NET de ce profil doit être d'au moins 10 Mbit/s en mode bidirectionnel simultané.

4.2.2 Couche liaison de données

4.2.2.1 Sélection des services DLL

Le Tableau 2 utilise pour ce profil les sélections de services de la couche liaison de données extraites de l'IEC 61158-3-4.

Tableau 2 – CP 4/3: sélection des services DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objet	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisé si nécessaire
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Service de liaison de données et concepts	OUI	–
5	Service de gestion DL	–	–
5.1	Domaine d'application et héritage	NON	–
5.2	Installations du service de gestion DL	Partielle	Points a) et b)
5.3	Modèle de service DL_management	OUI	–
5.4	Contraintes de la séquence de primitives	Partielle	Seules les parties relatives à DLM-Set et DLM-Get
5.5	DL-Set	OUI	–
5.6	DL-Get	OUI	–
5.7 – 5.8	–	NON	–

Pour ce profil, la taille des données utilisateur DLS peut dépasser 56 octets et, par conséquent, le paramètre Data-field-format peut contenir un ou deux octets d'informations, comme décrit dans l'IEC 61158-3-4, 4.7.2.11. La taille des données utilisateur DLS ne doit pas dépasser 1 024 octets.

La prise en charge des données utilisateur DLS dépassant 56 octets est configurée dans l'en-tête IP de la trame du premier octet: 3 correspond à des données utilisateur DLS dépassant 56 octets; 2 correspond à des données utilisateur DLS jusqu'à 56 octets.

4.2.2.2 Sélection du protocole DLL

Le Tableau 3 utilise pour ce profil les sélections de protocole de couche liaison de données extraites de l'IEC 61158-4-4.

Tableau 3 – CP 4/3: sélection du protocole DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application et objet	OUI	–
2	Références normatives	Partielle	Utilisé si nécessaire
3	Termes et définitions	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Définition du protocole de liaison de données	OUI	^a
^a Un appareil doit fournir au moins les options de protocole nécessaires à la réalisation des services pris en charge.			

Pour ce profil, le champ Data-field-format peut contenir un ou deux octets d'informations, comme décrit dans l'IEC 61158-4-4, 4.2.3.4.

4.2.3 Couche application

4.2.3.1 Sélection des services AL

Le Tableau 4 utilise pour ce profil les sélections de service de couche application extraites de l'IEC 61158-5-4.

Tableau 4 – CP 4/3: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Définition des services de la couche application – Éléments de type 4	OUI	–

Les appareils de classe normale doivent prendre en charge les objets de variables réelles nécessaires aux types de variables, qui sont réellement présents dans l'appareil, et les objets de variable Proxy pour tous les types de variables énumérés en 5.2 de l'IEC 61158-5-4.

4.2.3.2 Sélection du protocole AL

Le Tableau 5 utilise pour ce profil les sélections de protocole de couche application extraites de l'IEC 61158-6-4.

Tableau 5 – CP 4/3: sélection du protocole AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 4	OUI	Voir ^a
^a Un appareil doit fournir au moins les options de protocole nécessaires à la réalisation des services pris en charge. Si le Service Write with SecureDataExchange est exigé dans un appareil, le Service Method doit également être fourni afin de réaliser l'échange des nonces pour la création et la validation de Signatures.			

4.2.4 Sélection des indicateurs de performance

4.2.4.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 6 présente les indicateurs de performance du CP 4/3.

Tableau 6 – CP 4/3: vue d'ensemble des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	En fonction de l'application
Nombre de stations d'extrémité	OUI	Jusqu'à 125
Topologie de réseau de base	OUI	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	La communication entre les commutateurs doit être au moins de 100 Mbit/s
Débit RTE	OUI	—
Largeur de bande non-RTE	OUI	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	—
Exactitude de la synchronisation non périodique	OUI	—
Temps de reprise de redondance	OUI	—

4.2.4.2 Dépendances entre les indicateurs de performance

4.2.4.2.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 7 présente les indicateurs de performance applicables au CP 4/3.

Tableau 7 – CP 4/3: 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	Exactitude de la synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.4	OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.2	NON	NON	OUI 4.2.4.2.3
Nombre de stations d'extrémité	OUI 4.2.4.2.2		NON	NON	OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.2	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI 4.2.4.2.4	NON		NON	NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI 4.2.4.2.2	NON	NON		OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.3
Débit RTE	OUI 4.2.4.2.2	OUI 4.2.4.2.2	NON	OUI 4.2.4.2.2		NON	NON	OUI 4.2.4.2.3
Largeur de bande non-RTE	NON	OUI 4.2.4.2.2	NON	OUI 4.2.4.2.2	NON		NON	NON
Exactitude de la synchronisation non périodique	OUI 4.2.4.2.5	NON	NON	OUI 4.2.4.2.5	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	NON	NON	NON	OUI 4.2.4.2.3	NON	NON	NON	

4.2.4.2.2 Calcul du temps de remise

Le temps de remise est calculé selon la Formule (1). L'écart de cette formule est donné à l'Article A.6. Les commutateurs sont numérotés #1 au niveau de la connexion des émetteurs, jusqu'à #NoS au niveau de la connexion des récepteurs.

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

où

cd est le délai du câble;

DT est le temps de remise;

NoNs[x] est le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur N° x. Cela inclut le nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur par d'autres commutateurs, qui ne sont pas présents entre l'émetteur et le récepteur. Les commutateurs sont numérotés #1 au niveau de la connexion des émetteurs, jusqu'à #NoS au niveau de la connexion des récepteurs;

NoNt est le nombre total de stations d'extrémité RTE;

NoS est le nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur;

pd est le délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur;

QTES est la période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation;

QTSS est la période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation.

STTr est le temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC;

STTs est le temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC;

ttES est le temps de transfert P-NET de la station d'extrémité RTE au commutateur à taille APDU maximale;

ttSS est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur à taille APDU maximale.

Le temps de remise augmente avec une valeur de temporisation en cas de perte de trame. La valeur de temporisation dépend de l'application et peut être configurée pour chaque réseau d'une application. En général, la valeur de temporisation est de 100 ms.

4.2.4.2.3 Temps de reprise de redondance

Le temps de reprise de redondance dépend des commutateurs utilisés pour l'application spécifique. Il est recommandé d'utiliser des commutateurs prenant en charge le protocole RSTP (ou analogue) afin de réduire le plus possible le temps de reprise de redondance.

4.2.4.2.4 Topologie de réseau de base

Lors de l'utilisation d'un réseau WLAN, le délai total engendré par les transmissions sans fil peut varier en fonction du rapport signal/bruit. Pour obtenir le temps de remise exigé dans un système utilisant WLAN, le délai le plus défavorable de l'équipement WLAN doit être inclus dans le délai du câble, *cd*.

4.2.4.2.5 Exactitude de la synchronisation non périodique

L'exactitude de la synchronisation non périodique est calculée selon la Formule (2).

$$\text{Exactitude de la synchronisation non périodique} = DT - DTb \quad (2)$$

où

DTb est le temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus favorable;

DT est le temps de remise, calculé par les valeurs du cas le plus défavorable.

4.2.4.2.6 Débit RTE

Le débit RTE est calculé selon les Formules (3) et (4).

$$\text{Débit RTE minimal} = FS \times \min APDUs \quad (3)$$

$$\text{Débit RTE maximal} = FS \times \max APDUs \quad (4)$$

où

FS est le nombre de trames admises à envoyer toutes les secondes pour une station d'extrémité RTE;

$\min APDUs$ est la taille de l'APDU minimale;

$\max APDUs$ est la taille de l'APDU maximale.

4.2.4.2.7 Largeur de bande non-RTE

La durée non occupée par la communication RTE peut être utilisée pour les communications non-RTE. Chaque station d'extrémité RTE fait l'objet d'une restriction d'accès au réseau limitant le nombre de trames produites dans le réseau RTE.

La charge RTE est déterminée par la liaison commutateur-commutateur critique entre deux appareils engagés dans une communication non-RTE. La liaison commutateur-commutateur critique peut générer le plus de trames RTE.

La largeur de bande non-RTE (%) peut être calculée au moyen de la Formule (5).

$$\text{Débit non-RTE} = (1 - (NoCEN \times NoAS) / (ttSS + QTSS)) \times 100 \quad (5)$$

où

$NoCEN$ est le nombre de stations d'extrémité RTE qui peuvent générer des trames sur la liaison commutateur-commutateur critique;

$NoAS$ est le nombre d'accès autorisés par appareil toutes les secondes;

$ttSS$ est le temps de transfert P-NET commutateur-commutateur à taille APDU maximale;

$QTSS$ est la période de calme de la station d'extrémité imposée par Ethernet à la liaison de commutation.

Voir l'exemple de calcul de largeur de bande non-RTE à l'Article A.3.

4.2.4.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 8 présente un ensemble cohérent d'indicateurs de performance pour une configuration classique d'automatisation des usines. *maxAPDUs* est 56 dans ces calculs.

Les détails de calcul des indicateurs de performance sont donnés dans l'Annexe A.

Les paramètres utilisés pour le calcul du Tableau 8 sont indiqués dans le Tableau 9. Tous ces paramètres sont le résultat du scénario décrit et des calculs associés des indicateurs de performance.

Tableau 8 – CP 4/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	6,3 ms	
Temps de remise minimal	0,564 ms	
Débit RTE minimal	5 ko/s	
Débit RTE maximal	64 ko/s	
Largeur de bande non-RTE	75 %	Appareil non-RTE à appareil non-RTE
Exactitude de la synchronisation non périodique	5,7 ms	
Temps de reprise de redondance	1 s	Exemple de valeur. Voir 4.2.4.2.3
Nombre total de stations d'extrémité RTE	30	
Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	4	

Tableau 9 – Paramètres de calcul de l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Symbole	Description	Valeur
STTs	Temps transversal de la pile de l'émetteur, y compris la restriction d'intervalle d'accès Phy et MAC	1 250 µs
STTR	Temps transversal de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	250 µs
ttESmin	Temps de transfert P-NET à 10 Mbit/s (à taille APDU minimale)	57 µs
ttES	Temps de transfert P-NET à 10 Mbit/s (à taille APDU maximale)	114,4 µs
ttSS	Temps de transfert P-NET à 100 Mbit/s (à taille APDU maximale)	11,44 µs
QTES	Période de calme imposée par Ethernet à 10 Mbit/s	9,4 µs
QTSS	Période de calme imposée par Ethernet à 100 Mbit/s	0,94 µs
cd	Délai du câble. La somme des câbles entre l'émetteur et le récepteur est de 200 m	1 µs
pd	Délai de propagation à l'intérieur d'un commutateur. Valeur minimale exigée	7 µs
NoS	Nombre de commutateurs présents entre l'émetteur et le récepteur	4
NoNt	Nombre total de stations d'extrémité RTE	30
NoNs[1]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 1	10
NoNs[2]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 2	5
NoNs[3]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 3	5
NoNs[4]	Nombre de stations d'extrémité RTE connectées au commutateur 4	10

Annexe A (informative)

CPF 4/3 (P-NET on IP) – Calcul de l'indicateur de performance

A.1 Scénario d'application

Le scénario d'application pour l'ensemble cohérent d'indicateurs de performance a été choisi pour une configuration classique d'automatisation des usines. En règle générale, l'ensemble de l'application contient plus de nœuds que ne le représente la Figure A.1, à la fois pour le contrôle et le traitement des entrées-sorties. Ces nœuds sont connectés directement aux nœuds RTE ou le sont par l'intermédiaire d'un réseau P-NET. Seuls les nœuds RTE sont représentés à la Figure A.1.

Trente stations d'extrémité RTE (numérotées de N1 à N30) sont connectées au moyen de 4 commutateurs (voir la Figure A.1) dans un réseau RTE contenant des commutateurs. Tous ces nœuds RTE peuvent communiquer avec d'autres nœuds RTE.

A.2 Calcul du temps de remise

La situation la plus défavorable de calcul du temps de remise se présente lorsque 29 stations d'extrémité RTE (N1 à N29) envoient toutes des données au même récepteur (N30) en utilisant la taille de paquet maximale. L'exemple de calcul du cas le plus défavorable est donné pour l'Émetteur N1.

La liaison station d'extrémité-commutateur est de 10 Mbit/s.

La liaison commutateur-commutateur est de 100 Mbit/s.

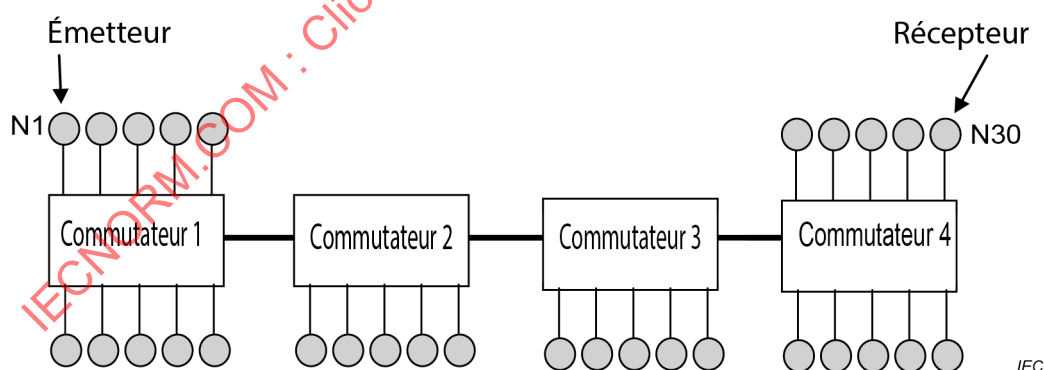


Figure A.1 – Configuration de l'application