

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-15: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 15**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-15: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 15**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-15:2023



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 2-15: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 15**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-15: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en
temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 15**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6904-6

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	7
3.3 Symbols.....	8
3.4 Conventions.....	8
4 CPF 15 (MODBUS-RTPS) – RTE communication profiles	9
4.1 General overview	9
4.2 CP 15/1	9
4.2.1 Physical layer	9
4.2.2 Data-link layer	9
4.2.3 Application layer	9
4.2.4 Performance indicator selection	10
4.3 CP 15/2	14
4.3.1 Physical layer	14
4.3.2 Data-link layer	14
4.3.3 Application layer	14
4.3.4 Performance indicator selection	15
Bibliography.....	20
Table 1 – CPF 15 symbols	8
Table 2 – CP 15/1: AL service selection	10
Table 3 – CP 15/1: AL protocol selection	10
Table 4 – CP 15/1: PI overview	10
Table 5 – CP 15/1: PI dependency matrix	11
Table 6 – CP 15/2: AL service selection	15
Table 7 – CP 15/2: AL protocol selection	15
Table 8 – CP 15/2: PI overview	15
Table 9 – CP 15/2: PI dependency matrix	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL NETWORKS –
PROFILES –****Part 2-15: Additional real-time fieldbus profiles
based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 15****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 61784-2-15 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 2-15: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 15

1 Scope

This part of IEC 61784-2 defines Communication Profile Family 15 (CPF 15). CPF 15 specifies a set of Real-Time Ethernet (RTE) communication profiles (CPs) and related network components based on the IEC 61158 series (Type 15), ISO/IEC/IEEE 8802-3 and other standards.

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

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

NOTE 2 The RTE communication profiles use ISO/IEC/IEEE 8802-3 communication networks and its related network components 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 61158-5-15:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-15: Application layer service definition – Type 15 elements*

IEC 61158-6-15:2010, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-15: Application layer protocol specification – Type 15 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*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IETF RFC 1305, D. Mills, *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*, March 1992, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1305> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 2988, V. Paxson, M. Allman, *Computing TCP's Retransmission Timer*, November 2000, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2988> [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]
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
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)

RTO	Retransmission Time Out [according to IETF RFC 2988 – Computing TCP's Retransmission Timer]
RTPS	Real-Time Publish-Subscribe
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 15 symbols

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

3.4 Conventions

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

4 CPF 15 (MODBUS-RTPS) – RTE communication profiles

4.1 General overview

Communication Profile Family 15 defines profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3, IETF RFC 791 (IP), IETF RFC 793 (TCP), IETF RFC 768 (UDP), IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15, which specify the communication system protocols commonly known as Modbus®¹ and Modbus TCP, and RTPS (Real-Time Publish-Subscribe).

In this document, the following communication profiles are specified for CPF 15:

- Profile 15/1
Is a profile using Modbus TCP
- Profile 15/2
Is a profile using RTPS.

For both profiles the communication is assumed to be full-duplex, with network topologies built via switches.

These communication profiles can be active at the same time on the same device and network, and as such they do not constitute alternative profiles, but can provide complementary and concurrent functionality.

4.2 CP 15/1

4.2.1 Physical layer

The physical layer of CP 15/1 is as specified in ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.2.2 Data-link layer

The data-link layer of CP 15/1 is as specified in ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.2.3 Application layer

4.2.3.1 General

The application layer of CP 15/1 is mapped on TCP (IETF RFC 793), using TCP Port Number 502, registered with IANA, over IP (IETF RFC 791), as described in IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15.

4.2.3.2 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-15. Table 2 shows the subclauses included in this profile.

¹ Modbus is a trademark of Schneider Automation Inc registered in the United States of America and other countries. This information is given for the convenience of users of this 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 trademark Modbus. Use of the trademark Modbus requires permission from Schneider Automation Inc.

Table 2 – CP 15/1: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer services definition (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Client/Server

4.2.3.3 AL protocol selection

The application layer protocols are defined in IEC 61158-6-15. Table 3 shows the subclauses included in this profile.

Table 3 – CP 15/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Client/Server

4.2.4 Performance indicator selection

4.2.4.1 Performance indicator overview

Table 4 provides an overview of the CP 15/1 performance indicators.

Table 4 – CP 15/1: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	YES	—
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Time synchronization accuracy	YES	Provided with NTP (IETF RFC 1305)
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 5 provides the CP 15/1 performance indicator dependency matrix.

Table 5 – CP 15/1: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI								
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Time synchronization accuracy	Non-time-based synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 4.2.4.2.2 4.2.4.2.24	YES 4.2.4.2.24	NO	NO	NO	NO 4.2.4.2.3	YES 4.2.4.2.4
Number of end-stations	NO		NO 4.2.4.2.5	YES 4.2.4.2.6	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	YES 4.2.4.2.7		YES 4.2.4.2.8	NO	NO	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	YES 4.2.4.2.9	YES 4.2.4.2.10		NO	NO	NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 4.2.4.2.11	NO	NO 4.2.4.2.12	YES 4.2.4.2.13
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 4.2.4.2.14		NO	NO	YES 4.2.4.2.15
Time synchronization accuracy	NO	NO	YES 4.2.4.2.16	YES 4.2.4.2.17	NO	NO		NO	YES 4.2.4.2.18
Non-time-based synchronization accuracy	NO	NO	YES 4.2.4.2.19	YES 4.2.4.2.20	NO	NO	NO		YES 4.2.4.2.21
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 4.2.4.2.22	YES 4.2.4.2.23	NO	NO	NO	NO	

4.2.4.2.2 Delivery time and basic network topology

The following network topologies are supported:

- Star,
- Linear (embedded or bus),
- Ring,
- Redundant ring,
- Mesh.

The network topology influences the delivery time indirectly by influencing the number of switches to be traversed and the queuing and directly when supporting redundancy, by reacting differently in case of failures.

CP 15/1 has no switch technology dependencies.

4.2.4.2.3 Delivery time and non-time-based synchronization accuracy

In a scan situation, it may affect the delivery time of the response/confirmation, due to queues on switches. It does not affect non-scan situations.

4.2.4.2.4 Delivery time and redundancy recovery time

This dependency is applicable only when the network topology supports redundancy.

4.2.4.2.5 Number of end-stations and basic network topology

This indirect dependency is bounded in practice by the number of switches that have to be traversed, given the same number of connected end-stations, for different topologies.

4.2.4.2.6 Number of end-stations and number of switches between end-stations

The number of end-stations, for a given topology, depends on the number and kind of switches: there must be enough switches with enough ports.

4.2.4.2.7 Basic network topology and number of end-stations

Some topologies, e.g. linear, have limits on the number of nodes.

4.2.4.2.8 Basic network topology and number of switches between end-stations

The realization of some topologies requires a minimum number of switches, with a minimum number of ports, given a number of end-stations.

4.2.4.2.9 Number of switches between end-stations and number of end-stations

For certain topologies, like linear, the number of switches between end-stations depends on the number of end-stations. Considering the limit on the number of ports per switch, this dependency is generally present.

4.2.4.2.10 Number of switches between end-stations and basic network topology

Some topologies allow for fewer switches given a number of nodes, e.g. the star topology.

4.2.4.2.11 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The application is responsible for limiting non-RTE traffic, which can otherwise impact the throughput RTE.

4.2.4.2.12 Throughput RTE and non-time-based synchronization accuracy

In a scan situation the throughput may be affected, due to queues on switches. It is not affected in non-scan situations.

4.2.4.2.13 Throughput RTE and redundancy recovery time

There is throughput RTE disruption when recovery takes place.

4.2.4.2.14 non-RTE bandwidth and throughput RTE

The application is responsible for limiting RTE traffic if non-RTE bandwidth has to be made available.

4.2.4.2.15 non-RTE bandwidth and redundancy recovery time

There is non-RTE bandwidth disruption when recovery takes place.

4.2.4.2.16 Time synchronization accuracy and basic network topology

Some topologies, e.g. linear, affect the NTP accuracy due to the presence of variable delays.

4.2.4.2.17 Time synchronization accuracy and number of switches between end-stations

Switches cause variable delays, affecting the NTP accuracy.

4.2.4.2.18 Time synchronization accuracy and redundancy recovery time

There is disruption when recovery takes place.

4.2.4.2.19 Non-time-based synchronization accuracy and basic network topology

Some topologies, e.g. the star topology, allow for a better non-time-based synchronization accuracy.

4.2.4.2.20 Non-time-based synchronization accuracy and number of switches between end-stations

Switches cause variable delays, affecting the accuracy.

4.2.4.2.21 Non-time-based synchronization accuracy and redundancy recovery time

There is disruption when recovery takes place.

4.2.4.2.22 Redundancy recovery time and basic network topology

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is topology dependent.

4.2.4.2.23 Redundancy recovery time and number of switches between end-stations

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is dependent on the number of switches.

4.2.4.2.24 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (1):

$$DT = STT_s + N_{Sw} \times TD_{Sw} + (N_{Sw} + 1) \times T_{wire} \times D_{size} + STT_r \quad (1)$$

where

DT	is the delivery time;
STT_s	is the stack traversal time of the sender;
N_{Sw}	is the number of switches between end-stations;
TD_{Sw}	is the time delay in switch;
T_{wire}	is the time per octet on a wire segment;
D_{size}	is the data size in octets;
STT_r	is the stack traversal time of the receiver.

The performance indicator delivery time, in case of one lost frame, can be calculated by Formula (2):

$$DT_{If} = 2 \times DT + RTO \quad (2)$$

where

DT_{If} is the delivery time when a frame is lost;

DT is as computed in Formula (1);

RTO is the TCP retransmission time out parameter.

NOTE RTO is a dynamic parameter, computed with an algorithm configured using an initial value and a minimum value, see IETF RFC 2988 (Computing TCP's Retransmission Timer). The configuration values of RTO differ between TCP implementations.

4.3 CP 15/2

4.3.1 Physical layer

The physical layer of CP 15/2 is as specified in ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.3.2 Data-link layer

The data-link layer of CP 15/2 is as specified in ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.3.3 Application layer

4.3.3.1 General

The application layer of CP 15/2 is mapped on UDP (IETF RFC 768), over IP (IETF RFC 791), as described in IEC 61158-5-15 and IEC 61158-6-15.

CP 15/2 uses three UDP ports. The actual values can be configured in the field by setting the parameters 'portBaseNumber' and 'portGroupNumber' as from Formulae (3), (4) and (5). Implementations of CP 15/2 shall support configuring these two parameters.

$$port1 = portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (3)$$

$$port2 = 1 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (4)$$

$$port3 = 2 + portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (5)$$

The default configuration is to set the values $portBaseNumber = 7400$ and $portGroupNumber = 0$, which results in the use of ports 7400, 7401, and 7402. These ports are registered with IANA as:

- 7400 RTPS Discovery,
- 7401 RTPS Data-Distribution User-Traffic,
- 7402 RTPS Data-Distribution Meta-Traffic.

4.3.3.2 AL service selection

The application layer services are defined in IEC 61158-5-15. Table 6 shows the subclauses included in this profile.

Table 6 – CP 15/2: AL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer services definition (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Publish/Subscribe

4.3.3.3 AL protocol selection

The application layer protocols are defined in IEC 61158-6-15. Table 7 shows the subclauses included in this profile.

Table 7 – CP 15/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
Whole document	Application layer protocol specification (Type 15)	Partial	Subclauses qualified as Common or Publish/Subscribe

4.3.4 Performance indicator selection

4.3.4.1 Performance indicator overview

Table 8 provides an overview of the CP 15/2 performance indicators.

Table 8 – CP 15/2: PI overview

Performance indicator	Applicable	Constraints
Delivery time	YES	—
Number of end-stations	YES	—
Basic network topology	YES	—
Number of switches between end-stations	YES	—
Throughput RTE	YES	—
Non-RTE bandwidth	YES	—
Redundancy recovery time	YES	—

4.3.4.2 Performance indicator dependencies

4.3.4.2.1 Dependency matrix

Table 9 provides the CP 15/2 performance indicator dependency matrix.

Table 9 – CP 15/2: PI dependency matrix

Dependent PI	Influencing PI						
	Delivery time	Number of end-stations	Basic network topology	Number of switches between end-stations	Throughput RTE	Non-RTE bandwidth	Redundancy recovery time
Delivery time		NO	YES 4.3.4.2.2 4.3.4.2.16	YES 4.3.4.2.16	NO	NO	YES 4.3.4.2.3
Number of end-stations	NO		NO 4.3.4.2.4	YES 4.3.4.2.5	NO	NO	NO
Basic network topology	NO	YES 4.3.4.2.6		YES 4.3.4.2.7	NO	NO	NO
Number of switches between end-stations	NO	YES 4.3.4.2.8	YES 4.3.4.2.9		NO	NO	NO
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES 4.3.4.2.10	YES 4.3.4.2.11
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	YES 4.3.4.2.12		YES 4.3.4.2.13
Redundancy recovery time	NO	NO	YES 4.3.4.2.14	YES 4.3.4.2.15	NO	NO	

4.3.4.2.2 Delivery time and basic network topology

The following network topologies are supported:

- Star,
- Linear (embedded or bus),
- Ring,
- Redundant ring,
- Mesh.

The network topology influences the delivery time indirectly by influencing the number of switches to be traversed and the queuing and directly when supporting redundancy, by reacting differently in case of failures.

CP 15/2 has no switch technology dependencies.

4.3.4.2.3 Delivery time and redundancy recovery time

This dependency is applicable only when the network topology supports redundancy.

4.3.4.2.4 Number of end-stations and basic network topology

Indirect dependency bounded in practice by the number of switches that have to be traversed, given the same number of connected end-stations, for different topologies.

4.3.4.2.5 Number of end-stations and number of switches between end-stations

The number of end-stations, for a given topology, depends on the number and kind of switches: there shall be enough switches with enough ports.

4.3.4.2.6 Basic network topology and number of end-stations

Some topologies, e.g. linear, have limits on the number of nodes.

4.3.4.2.7 Basic network topology and number of switches between end-stations

The realization of some topologies requires a minimum number of switches, with a minimum number of ports, given a number of end-stations.

4.3.4.2.8 Number of switches between end-stations and number of end-stations

For certain topologies, like linear, the number of switches between end-stations depends on the number of end-stations. Considering the limit on the number of ports per switch, this dependency is generally present.

4.3.4.2.9 Number of switches between end-stations and basic network topology

Some topologies allow for fewer switches given a number of nodes, e.g. the star topology.

4.3.4.2.10 Throughput RTE and non-RTE bandwidth

The application is responsible for limiting non-RTE traffic, which can otherwise impact the throughput RTE.

4.3.4.2.11 Throughput RTE and redundancy recovery time

There is throughput RTE disruption when recovery takes place.

4.3.4.2.12 non-RTE bandwidth and throughput RTE

The application is responsible for limiting RTE traffic if non-RTE bandwidth has to be made available.

4.3.4.2.13 non-RTE bandwidth and redundancy recovery time

There is non-RTE bandwidth disruption when recovery takes place.

4.3.4.2.14 Redundancy recovery time and basic network topology

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is topology dependent.

4.3.4.2.15 Redundancy recovery time and number of switches between end-stations

The redundancy recovery time, when supported by the topology, is dependent on the number of switches.

4.3.4.2.16 Calculation of delivery time

The performance indicator delivery time can be calculated using the Formulae (6), (7) and (8).

$$STT_s = STT_{s1} + SST_{s2} \times D_{size} \quad (6)$$

where

STT_s is the stack traversal time of the sender;

STT_{s1} is the part of the stack traversal time of the sender that is independent of the data size;

STT_{s2} is the part of the stack traversal time of the sender that depends linearly on the size of the data D_size ; this is because the stack performs a memory copy so it is affected by the speed of the memory system;

D_size is the data size in octets.

$$STT_r = STT_{r1} + SST_{r2} \times D_size \quad (7)$$

where

STT_r is the stack traversal time of the receiver;

STT_{r1} is the part of the stack traversal time of the receiver that is independent of the data size;

STT_{r2} is the part of the stack traversal time of the receiver that depends linearly on the size of the data D_size ; this is because the stack performs a memory copy so it is affected by the speed of the memory system;

D_size is the data size in octets.

$$DT = STT_s + N_Sw \times TD_Sw + (N_Sw + 1) \times T_wire \times D_size + STT_r \quad (8)$$

where

DT is the delivery time;

STT_s is the stack traversal time of the sender;

N_Sw is the number of switches between end-stations;

TD_Sw is the time delay in switch;

T_wire is the time per octet on a wire segment;

D_size is the data size in octets;

STT_r is the stack traversal time of the receiver.

The performance indicator delivery time, in case of one lost frame, depends on how the communication between end-stations under consideration is configured:

- a) best effort;
- b) reliable periodic;
- c) reliable with heartbeat.

If best effort, then the delivery time in case of a lost frame does not apply, since that frame is not retransmitted.

If reliable periodic then, in case of one lost frame, the performance indicator delivery time can be calculated by the Formula (9).

$$DT_{lfp} = 2 \times DT + DT_n + T \quad (9)$$

where

DT_{lfp} is the delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable periodic;

DT is as computed in Formula (8);

DT_n is the delivery time for the NACK message, computed again using Formula (8), but with a D_size of 16 octets;

T is the period, which is a configured parameter.

NOTE 1 A typical value for the period T is 10 ms.

If reliable with heartbeat then, in case of one lost frame, the performance indicator delivery time can be calculated by the Formula (10).

$$DT_{lfh} = 2 \times DT + DT_n + H \quad (10)$$

where

DT_{lfh} is the delivery time when a frame is lost and the configuration is reliable with heartbeat;

DT is as computed in Formula (8);

DT_n is the delivery time for the NACK message, computed again using Formula (8), but with a D_size of 16 octets;

H is the period of the heartbeat, which is a configured parameter.

NOTE 2 A typical value for the period heartbeat is between 100 ms and 1 s (it has a system monitoring role and does not carry any data).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-15:2023

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*

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*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-15:2023

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61784-2-15:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives	26
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	27
3.1 Termes et définitions	27
3.2 Abréviations et acronymes	27
3.3 Symboles	28
3.4 Conventions.....	29
4 CPF 15 (MODBUS-RTPS) – Profils de communication RTE.....	29
4.1 Présentation générale.....	29
4.2 CP 15/1	29
4.2.1 Couche physique	29
4.2.2 Couche liaison de données.....	29
4.2.3 Couche application	29
4.2.4 Sélection des indicateurs de performance.....	30
4.3 CP 15/2	34
4.3.1 Couche physique	34
4.3.2 Couche liaison de données.....	34
4.3.3 Couche application	34
4.3.4 Sélection des indicateurs de performance.....	35
Bibliographie.....	41
Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 15.....	28
Tableau 2 – CP 15/1: sélection des services AL.....	30
Tableau 3 – CP 15/1: Sélection du protocole AL	30
Tableau 4 – CP 15/1: vue d'ensemble des indicateurs de performance	30
Tableau 5 – CP 15/1: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	31
Tableau 6 – CP 15/2: sélection des services AL.....	35
Tableau 7 – CP 15/2: Sélection du protocole AL	35
Tableau 8 – CP 15/2: vue d'ensemble des indicateurs de performance	36
Tableau 9 – CP 15/2: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	36

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX INDUSTRIELS –
PROFILS –**Partie 2-15: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux
en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 15**

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 61784-2-15 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.

Ce 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 2-15: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 15

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61784-2 définit la famille de profils de communication 15 (CPF 15). La CPF 15 spécifie un ensemble de profils de communication (CP) Ethernet en temps réel (RTE, Real-Time Ethernet) et de composants de réseau associés basés sur la série IEC 61158 (type 15), l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et d'autres normes.

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

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

NOTE 2 Les profils de communication RTE utilisent les réseaux de communication ISO/IEC/IEEE 8802-3 et leurs composants de réseau connexes et amendent 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 61158-5-15:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-15: Définition des services des couches d'application – Eléments de type 15*

IEC 61158-6-15:2010, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-15: Spécification des protocoles des couches d'application – Eléments de type 15*

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*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IETF RFC 1305, D. Mills, *Network Time Protocol (Version 3) Specification, Implementation and Analysis*, mars 1992, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1305> [consulté le 18/02/2022]

IETF RFC 2988, V. Paxson, M. Allman, *Computing TCP's Retransmission Timer*, novembre 2000, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2988> [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]
IANA	Internet Assigned Numbers Authority (autorité chargée de la gestion de l'adressage sur Internet)
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)
RTO	Retransmission Time Out (délai d'attente de retransmission) [conformément à l'IETF RFC 2988, Computing TCP's Retransmission Timer]
RTPS	Real-Time Publish-Subscribe (publication-abonnement en temps réel)
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 15

Symbole	Définition	Unité
D_size	Taille des données	octets
DT	Temps de remise	µs
DT_lf	Temps de remise lors de la perte d'une trame	µs
DT_lfh	Temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable selon la cadence (impulsions)	µs
DT_lfp	Temps de remise lors de la perte d'une trame et lorsque la configuration est fiable périodiquement	µs
DT_n	Temps de remise du message NACK	µs
H	Période de la cadence (impulsions), qui est un paramètre configuré	µs
N_Sw	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	–
RTO	Paramètre de délai d'attente de retransmission TCP	µs
STT_r	Temps transversal de la pile du récepteur	µs
STT_r1	Partie du temps transversal de la pile du récepteur qui est indépendante de D_size	µs
STT_r2	Partie du temps transversal de la pile du récepteur qui dépend linéairement de D_size	µs
STT_s	Temps transversal de la pile de l'émetteur	µs
STT_s1	Partie du temps transversal de la pile de l'émetteur qui est indépendante de D_size	µs
STT_s2	Partie du temps transversal de la pile de l'émetteur qui dépend linéairement de D_size	µs
T	Période, qui est un paramètre configuré	µs
T_wire	Temps par octet sur un segment de fil	µs
TD_Sw	Délai au niveau du commutateur	µs

3.4 Conventions

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

4 CPF 15 (MODBUS-RTPS) – Profils de communication RTE

4.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 15 définit les profils reposant sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, l'IETF RFC 791 (IP), l'IETF RFC 793 (TCP), l'IETF RFC 768 (UDP), l'IEC 61158-5-15 et l'IEC 61158-6-15, qui spécifient les protocoles de système de communication communément appelés Modbus®¹ et Modbus TCP, et RTPS (Real-Time Publish-Subscribe).

Dans le présent document, les profils de communication suivants sont spécifiés pour la CPF 15:

- Profil 15/1
Un profil utilisant Modbus TCP
- Profil 15/2
Un profil utilisant RTPS.

Par hypothèse, la communication de ces deux profils s'effectue en mode bidirectionnel simultané, avec des topologies de réseau conçues au moyen de commutateurs.

Ces profils de communication peuvent être actifs simultanément sur le même appareil et le même réseau. À ce titre, il ne s'agit pas de profils substituables l'un à l'autre, mais ils peuvent fournir des fonctionnalités complémentaires et simultanées.

4.2 CP 15/1

4.2.1 Couche physique

La couche physique du CP 15/1 est spécifiée dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.2.2 Couche liaison de données

La couche de liaison de données du CP 15/1 est spécifiée dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.2.3 Couche application

4.2.3.1 Généralités

La couche application du CP 15/1 est mappée sur TCP (IETF RFC 793), à l'aide du numéro d'accès TCP 502, enregistré auprès de l'IANA, via IP (IETF RFC 791), comme cela est indiqué dans l'IEC 61158-5-15 et l'IEC 61158-6-15.

¹ Modbus est une marque de Schneider Automation Inc aux Etats-Unis et dans d'autres pays. 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 Modbus. L'utilisation de la marque Modbus exige l'autorisation de Schneider Automation Inc.

4.2.3.2 Sélection des services AL

Les services de la couche application sont définis dans l'IEC 61158-5-15. Le Tableau 2 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 2 – CP 15/1: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Définition des services de la couche application (type 15)	Partielle	Paragraphes qualifiés comme Commun ou Client/Serveur

4.2.3.3 Sélection du protocole AL

Les protocoles de la couche application sont définis dans l'IEC 61158-6-15. Le Tableau 3 présente les paragraphes inclus dans ce profil.

Tableau 3 – CP 15/1: Sélection du protocole AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
L'ensemble du document	Spécification du protocole de la couche application (type 15)	Partielle	Paragraphes qualifiés comme Commun ou Client/Serveur

4.2.4 Sélection des indicateurs de performance

4.2.4.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 4 présente les indicateurs de performance du CP 15/1.

Tableau 4 – CP 15/1: vue d'ensemble des indicateurs de performance

Indicateur de performance	Applicable	Contraintes
Temps de remise	OUI	—
Nombre de stations d'extrémité	OUI	—
Topologie de réseau de base	OUI	—
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	—
Débit RTE	OUI	—
Largeur de bande non-RTE	OUI	—
Exactitude de la synchronisation temporelle	OUI	Fournie avec NTP (IETF RFC 1305)
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 Matrice de dépendance

Le Tableau 5 présente la matrice de dépendance entre les indicateurs de performance du CP 15/1.

Tableau 5 – CP 15/1: 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 temporelle	Exactitude de la synchronisation non périodique	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		NON	OUI 4.2.4.2.2 4.2.4.2.24	OUI 4.2.4.2.24	NON	NON	NON	NON 4.2.4.2.3	OUI 4.2.4.2.4
Nombre de stations d'extrémité	NON		NON 4.2.4.2.5	OUI 4.2.4.2.6	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	NON	OUI 4.2.4.2.7		OUI 4.2.4.2.8	NON	NON	NON	NON	NON
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	NON	OUI 4.2.4.2.9	OUI 4.2.4.2.10		NON	NON	NON	NON	NON
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI 4.2.4.2.11	NON	NON 4.2.4.2.12	OUI 4.2.4.2.13
Largeur de bande non-RTE	NON	NON	NON	NON	OUI 4.2.4.2.14		NON	NON	OUI 4.2.4.2.15
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	NON	OUI 4.2.4.2.16	OUI 4.2.4.2.17	NON	NON		NON	OUI 4.2.4.2.18
Exactitude de la synchronisation non périodique	NON	NON	OUI 4.2.4.2.19	OUI 4.2.4.2.20	NON	NON	NON		OUI 4.2.4.2.21
Temps de reprise de redondance	NON	NON	OUI 4.2.4.2.22	OUI 4.2.4.2.23	NON	NON	NON	NON	

4.2.4.2.2 Temps de remise et topologie de réseau de base

Les topologies de réseau suivantes sont prises en charge:

- en étoile;
- linéaire (intégrée ou bus);
- en anneau;
- en anneau redondant;
- maillée.

La topologie de réseau a un impact indirect sur le temps de remise en influençant le nombre de commutateurs à traverser et la mise en file d'attente. Elle a également un impact direct lors de la prise en charge de la redondance, en induisant des réactions différentes en cas de défaillances.

Le CP 15/1 ne présente aucune dépendance avec les technologies de commutation.

4.2.4.2.3 Temps de remise et exactitude de la synchronisation non périodique

Dans le cadre d'un balayage, le profil peut affecter le temps de remise de la réponse/confirmation, en raison des files d'attente des commutateurs. Il n'a aucun impact hors cadre de balayage.

4.2.4.2.4 Temps de remise et temps de reprise de redondance

La dépendance s'applique uniquement lorsque la topologie de réseau prend en charge la redondance.

4.2.4.2.5 Nombre de stations d'extrémité et topologie de réseau de base

Dans la pratique, cette dépendance indirecte est liée au nombre de commutateurs à traverser, si le même nombre de stations d'extrémité sont connectées, pour des topologies différentes.

4.2.4.2.6 Nombre de stations d'extrémité et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le nombre de stations d'extrémité, pour une topologie donnée, dépend du nombre et du type de commutateurs: il doit y avoir suffisamment de commutateurs avec suffisamment d'accès.

4.2.4.2.7 Topologie de réseau de base et nombre de stations d'extrémité

Le nombre de nœuds de certaines topologies est limité (par exemple pour la topologie linéaire).

4.2.4.2.8 Topologie de réseau de base et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

La réalisation de certaines topologies exige l'utilisation d'un nombre minimal de commutateurs avec un nombre minimal d'accès, selon le nombre de stations d'extrémité.

4.2.4.2.9 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité et nombre de stations d'extrémité

Pour certaines topologies, telles que la topologie linéaire, le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité dépend du nombre de stations d'extrémité. Compte tenu de la limite du nombre d'accès par commutateur, cette dépendance est en général présente.

4.2.4.2.10 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité et topologie de réseau de base

Certaines topologies permettent de limiter le nombre de commutateurs en fonction du nombre de nœuds, par exemple la topologie en étoile.

4.2.4.2.11 Débit RTE et largeur de bande non-RTE

L'application est chargée de limiter le trafic non-RTE, ce qui peut par ailleurs avoir un impact sur le débit RTE.

4.2.4.2.12 Débit RTE et exactitude de la synchronisation non périodique

Dans le cadre d'un balayage, le débit peut être affecté, en raison des files d'attente des commutateurs. Il n'est pas affecté hors cadre de balayage.

4.2.4.2.13 Débit RTE et temps de reprise de redondance

En cas de reprise, le débit RTE est interrompu.

4.2.4.2.14 Largeur de bande non-RTE et débit RTE

L'application est chargée de limiter le trafic RTE si la largeur de bande non-RTE est à mettre à disposition.

4.2.4.2.15 Largeur de bande non-RTE et temps de reprise de redondance

En cas de reprise, la largeur de bande non-RTE est interrompue.

4.2.4.2.16 Exactitude de la synchronisation temporelle et topologie de réseau de base

Certaines topologies (la topologie linéaire, par exemple) ont un impact sur l'exactitude NTP en raison de la présence de délais variables.

4.2.4.2.17 Exactitude de la synchronisation temporelle et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Les commutateurs génèrent des délais variables, ce qui affecte l'exactitude NTP.

4.2.4.2.18 Exactitude de la synchronisation temporelle et temps de reprise de redondance

Une reprise provoque une interruption.

4.2.4.2.19 Dépendance de l'exactitude de la synchronisation non périodique par rapport à la topologie de réseau de base

Certaines topologies (la topologie en étoile, par exemple) permettent une meilleure exactitude de la synchronisation non périodique.

4.2.4.2.20 Exactitude de la synchronisation temporelle et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Les commutateurs génèrent des délais variables, ce qui affecte l'exactitude.

4.2.4.2.21 Exactitude de la synchronisation non périodique et temps de reprise de redondance

Une reprise provoque une interruption.

4.2.4.2.22 Temps de reprise de redondance et topologie de réseau de base

Le temps de reprise de redondance dépend de la topologie, si cette dernière le prend en charge.

4.2.4.2.23 Temps de reprise de redondance et nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Le temps de reprise de redondance, si la topologie le prend en charge, dépend du nombre de commutateurs.

4.2.4.2.24 Calcul du temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (1):

$$DT = STT_s + N_{Sw} \times TD_{Sw} + (N_{Sw} + 1) \times T_{wire} \times D_{size} + STT_r \quad (1)$$

où:

- DT est le temps de remise;
- STT_s est le temps transversal de la pile de l'émetteur;
- N_{Sw} est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;
- TD_{Sw} est le délai dans le commutateur;
- T_{wire} est le temps par octet sur un segment de fil;
- D_{size} est la taille des données, en octets.
- STT_r est le temps transversal de la pile du récepteur.

Le temps de remise de l'indicateur de performance, en cas de trame perdue, peut être calculé par la Formule (2):

$$DT_{lf} = 2 \times DT + RTO \quad (2)$$

où:

- DT_{lf} est le temps de remise lors de la perte d'une trame;
- DT est tel que calculé par la Formule (1);
- RTO est le paramètre de délai d'attente de retransmission TCP.

NOTE RTO est un paramètre dynamique, calculé avec un algorithme configuré à l'aide d'une valeur initiale et d'une valeur minimale, voir l'IETF RFC 2988 (Computing TCP's Retransmission Timer). Les valeurs de configuration de RTO diffèrent selon les mises en œuvre TCP.

4.3 CP 15/2

4.3.1 Couche physique

La couche physique du CP 15/2 est spécifiée dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.3.2 Couche liaison de données

La couche liaison de données du CP 15/2 est spécifiée dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

4.3.3 Couche application

4.3.3.1 Généralités

La couche application du CP 15/2 est mappée sur UDP (IETF RFC 768), via IP (IETF RFC 791), comme cela est indiqué dans l'IEC 61158-5-15 et l'IEC 61158-6-15.

Le CP 15/2 utilise trois accès UDP. Les valeurs réelles peuvent être configurées sur le terrain en définissant les paramètres "portBaseNumber" et "portGroupNumber" (voir les Formules (3), (4) et (5)). Les mises en œuvre du CP 15/2 doivent prendre en charge la configuration de ces deux paramètres.

$$port1 = portBaseNumber + 10 \times portGroupNumber \quad (3)$$