

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Industrial networks – Profiles –

**Part 2-14: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 14**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-14: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps
réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 14**



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 2-14: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 14**

Réseaux industriels – Profils –

**Partie 2-14: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en
temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 14**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 35.100.20; 35.240.50

ISBN 978-2-8322-6903-9

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.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, abbreviated terms, acronyms, and conventions	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviated terms and acronyms	9
3.3 Symbols.....	9
3.4 Conventions.....	10
4 CPF 14 (EPA) – RTE communication profiles	11
4.1 General overview	11
4.2 CPF 14 (EPA) communication concept.....	11
4.2.1 General	11
4.2.2 Network Topology	11
4.2.3 EPA devices	12
4.3 CP 14/1	13
4.3.1 Physical layer	13
4.3.2 Data-link layer	13
4.3.3 Network Layer	13
4.3.4 Transport Layer	13
4.3.5 Application layer.....	13
4.3.6 Performance indicator selection.....	14
4.4 CP 14/2	18
4.4.1 Physical layer	18
4.4.2 Data-link layer	18
4.4.3 Network Layer	19
4.4.4 Transport Layer.....	19
4.4.5 Application layer.....	19
4.4.6 Performance indicator selection.....	20
4.5 CP 14/3	23
4.5.1 Physical layer	23
4.5.2 Data-link layer	23
4.5.3 Network Layer	24
4.5.4 Transport Layer	24
4.5.5 Application layer.....	24
4.5.6 Performance indicator selection.....	25
4.6 CP 14/4	29
4.6.1 Physical layer	29
4.6.2 Data-link layer	29
4.6.3 Network layer	30
4.6.4 Transport layer	31
4.6.5 Application layer.....	31
4.6.6 Performance indicator selection.....	32
Bibliography.....	35
Figure 1 – EPA system network topology example.....	12

Table 1 – CPF 14 symbols	10
Table 2 – CP 14/1: AL service selection	14
Table 3 – CP 14/1: AL protocol selection	14
Table 4 – CP 14/1: PI overview	15
Table 5 – CP 14/1: PI dependency matrix	15
Table 6 – CP 14/1: Consistent set of PIs	17
Table 7 – CP 14/2: DLL service selection	18
Table 8 – CP 14/2: DLL protocol selection	18
Table 9 – CP 14/2: AL service selection	19
Table 10 – CP 14/2: AL protocol selection	20
Table 11 – CP 14/2: PI overview	20
Table 12 – CP 14/2: PI dependency matrix	21
Table 13 – CP 14/2: Consistent set of PIs	23
Table 14 – CP 14/3: DLL service selection	23
Table 15 – CP 14/3: DLL protocol selection	24
Table 16 – CP 14/3: AL service selection	24
Table 17 – CP 14/3: AL protocol selection	25
Table 18 – CP 14/3: PI overview	25
Table 19 – CP 14/3: PI dependency matrix	26
Table 20 – CP 14/3: Consistent set of PIs	28
Table 21 – CP 14/3: Consistent set of PIs	29
Table 22 – CP 14/3: Consistent set of PIs	29
Table 23 – CP 14/4: DLL service selection	30
Table 24 – CP 14/4: DLL protocol selection	30
Table 25 – CP 14/4: AL service selection	31
Table 26 – CP 14/4: AL protocol selection	31
Table 27 – CP 14/4: PI overview	32
Table 28 – CP 14/4: PI dependency matrix	32
Table 29 – CP 14/4: Consistent set of PIs	34

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL NETWORKS –
PROFILES –****Part 2-14: Additional real-time fieldbus profiles
based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 14****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 61784-2-14 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 2-14: Additional real-time fieldbus profiles based on ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 14

1 Scope

This part of IEC 61784-2 defines Communication Profile Family 14 (CPF 14). CPF 14 specifies a set of Real-Time Ethernet (RTE) communication profiles (CPs) and related network components based on the IEC 61158 series (Type 14), ISO/IEC/IEEE 8802-3 and other standards.

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

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

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

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 61158-3-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-14: Data-link layer service definition – Type 14 elements*

IEC 61158-4-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 4-14: Data-link layer protocol specification – Type 14 elements*

IEC 61158-5-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-14: Application layer service definition – Type 14 elements*

IEC 61158-6-14:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-14: Application layer protocol specification – Type 14 elements*

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

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*

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*

IEEE Std 802.15.1-2005, *IEEE Standard for Information technology – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.1a: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Wireless Personal Area Networks (WPAN)*

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

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

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

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

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

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

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 61784-2-0, ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEEE Std 802-2014, IEEE Std 802.1AB-2016, IEEE Std 802.1AS-2020 and IEEE Std 802.1Q-2018 apply.

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

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

3.2 Abbreviated terms and acronyms

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

ARP	Address Resolution Protocol (see IETF RFC 826)
CP	Communication Profile [according to IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family [according to IEC 61784-1-0]
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)
n.a.	Not applicable
NoS	Number of Switches
Phy	PHY Physical layer entity sublayer (see ISO/IEC/IEEE 8802-3)
PI	Performance indicator
PTP	Precision Time Protocol (see IEC 61588)
RSTP	Rapid Spanning Tree Algorithm and Protocol (see IEEE Std 802.1Q-2018)
TCP	Transmission Control Protocol (see IETF RFC 793)
UDP	User Datagram Protocol (see IETF RFC 768)

3.3 Symbols

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

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

Table 1 – CPF 14 symbols

Symbol	Definition	Unit
DT	Delivery time	µs
D_size	Data size	octets
L _{Cable}	Cable length	m
N _{data}	Length of complete Ethernet frame	octets
NRTE_BW	Non-RTE bandwidth	%
N _{Switch}	Number of switches between end-stations	
RateofEthernet	Ethernet data rate	Mbit/s
RMDData	Redundancy management data	octets
RTEDData	Real-time data	octets
T _{Stack_R}	Receiver stack processing time including Phy and MAC	µs
T _{Cable}	Cable delay	µs
TD_Sw	Time delay in switch	µs
T _{Ethernet_S}	Sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC/IEEE 8802-3	µs
ThroughputRTE	RTE throughput	octets/s
T _{Queue_S}	Sender queuing delay	µs
TSDData	Time synchronization data	octets
T _{Stack_S}	Sender stack processing time	µs
T _{Switch}	Switch delay	µs
T _{Trf_S}	Transfer time for one octet	µs
T _{wire}	Time per octet on a wire segment	µs
STT_s	Stack traversal time of the sender	µs
STT_r	Stack traversal time of the receiver	µs

3.4 Conventions

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

4 CPF 14 (EPA¹) – RTE communication profiles

4.1 General overview

Communication Profile Family 14 (CPF 14) defines communication profiles based on IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14, which correspond to parts of the communication systems commonly known as real-time EPA (Ethernet for Plant Automation).

– Profile 14/1

This profile contains a selection of AL, DLL and PHL services and protocol definitions from IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14. This profile provides real time communication using communication protocols from IEEE 802 and IETF with accurate time synchronization based on IEC 61588.

This profile supports communications between master devices and bridges.

– Profile 14/2

This profile provides ISO/IEC/IEEE 8802-3-based real time communication with deterministic communications defined in IEC 61158-3-14 and IEC 61158-4-14.

This profile supports communication between field devices and bridges.

– Profile 14/3

This profile contains a selection of AL, DLL and PHL services and protocol definitions from IEC 61158-3-14, IEC 61158-4-14, IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14. This profile provides real time communication using communication protocols from IEEE 802. Communication protocols from IETF can be used if necessary. Accurate time synchronization based on IEC 61588 should be used.

– Profile 14/4

This profile provides ISO/IEC/IEEE 8802-3-based real time communication with deterministic communications defined in IEC 61158-3-14 and IEC 61158-4-14. This profile contains a selection of AL services and protocol definitions from IEC 61158-5-14 and IEC 61158-6-14.

This profile supports communication between master devices and field devices.

4.2 CPF 14 (EPA) communication concept

4.2.1 General

The EPA system is a distributed system which uses the Ethernet network defined by ISO/IEC/IEEE 8802-3 and the protocols from IEEE 802 and IETF to connect field devices and small systems, and to control/monitor equipment in the industrial field. EPA devices work together to provide I/O and control for automated processes and operations.

The EPA system architecture provides a framework for describing these systems as the collection of physical devices interconnected by an EPA network. The objective of 4.2 is to identify the components of the system, describe their relationships and interactions, and define how they are configured.

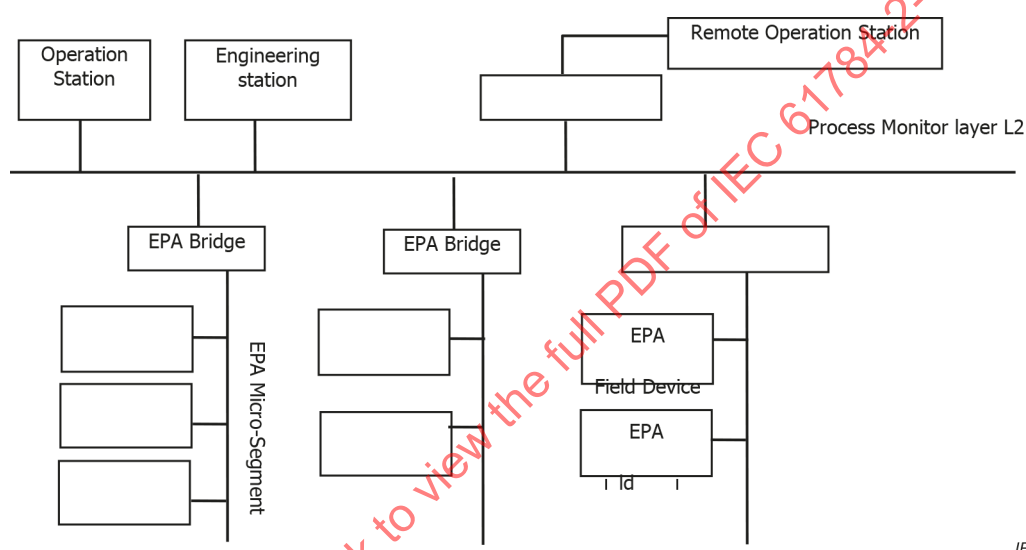
4.2.2 Network Topology

Figure 1 shows an example of the EPA network topology with two subnets, process monitor layer subnet (L2-subnet) and field device layer subnet (L1-subnet).

¹ EPA™ is a trade name of SUPCON Group Co. Ltd. This information is given for the convenience of users of this document and does not constitute an endorsement by IEC of the trademark holder or any of its products. Compliance with this profile does not require use of the trade name. Use of the trade name requires permission of the trade name holder.

The following describes the characteristics of EPA topology:

- a L1-subnet is used to connect field devices (such as transmitters, actuators and analytical instruments, etc.) mounted in field environment;
- a L1-subnet can be separated into more than one micro-segment, where the time-sharing controlling mechanism is used to meet the demands of deterministic communication;
- a L2-subnet is used to connect the devices of control center and HMI devices and one or more micro-segments. In L2-subnet, regular communication schedule based on CSMA/CD defined in ISO/IEC/IEEE 8802-3 is applied when deterministic communication is not necessary;
- devices on both L1-subnets and L2-subnets may be interconnected with standard switches or hubs;
- an EPA device may function as a bridge, which interconnects a L1-subnet micro-segment to a L2-subnet. This EPA bridge performs message filtering and forwarding between L1-subnet and L2-subnet.



IEC

Figure 1 – EPA system network topology example

A micro-segment is a control area, where EPA devices communicate with each other to implement specific measuring and control functions. That is, the devices which need to communicate with each other shall be interconnected in the same L1 micro-segment.

Those devices consisting of a control loop or function block application process, such as transmitters, actuators and controllers which need to communicate with each other, shall be interconnected in the same micro-segment.

4.2.3 EPA devices

4.2.3.1 EPA master device

An EPA master device is connected to a L2-subnet directly. An EPA master device has an EPA communication interface but may have no control function block or function block application. An EPA master device may commonly be a configuration device, a monitoring device or a HMI station.

An EPA master device has a unique IP address in a system.

4.2.3.2 EPA field device

An EPA field device is installed in the industrial field environment. EPA field devices shall have EPA a communication entity and at least include one function block instance.

An EPA field Device has a unique IP address in a system.

4.2.3.3 EPA bridge

An EPA bridge is an optional device that interconnects one L1-subnet micro-segment to a L2-subnet. An EPA bridge has at least two communication interfaces, connecting one L1-subnet micro-segment and one L2-subnet respectively.

An EPA bridge can be configured to provide the following functions:

- communication isolation

When the traffic occurs between two devices connected in one micro-segment, the EPA bridge shall limit it within the segment. Here, the traffic includes broadcast, multicast and peer to peer communication flows.

- message forwarding and filtering

An EPA bridge transmit shall forward and filter the messages between one L1-subnet micro-segment and another L1-segment or L2-subnet. That is, when forwarding a message, the EPA bridge shall examine whether it should be forwarded according to configured criteria.

NOTE As an optional device, an EPA bridge is not necessary if the number of nodes in a system is not too large.

4.2.3.4 EPA agent

An EPA agent is an optional device used to interconnect an EPA network and other different networks. It shall provide the function of security control for the remote access.

4.3 CP 14/1

4.3.1 Physical layer

The physical layer of the EPA profile is according to ISO/IEC/IEEE 8802-3 for wired connection, ISO/IEC/IEEE 8802-11 and IEEE Std 802.15.1-2005 for wireless connection.

4.3.2 Data-link layer

The data-link layer shall be according to ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEEE Std 802.1Q-2018, ISO/IEC/IEEE 8802-11 and IEEE Std 802.15.1-2005.

4.3.3 Network Layer

Internet standard IETF RFC 791 (IP), IETF RFC 826 (ARP), IETF RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors shall be used.

4.3.4 Transport Layer

Internet standard IETF RFC 768 (UDP), IETF RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, IETF RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

4.3.5 Application layer

4.3.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/1 are defined in IEC 61158-5-14. Table 2 specifies the clauses included in this profile.

Table 2 – CP 14/1: AL service selection

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

4.3.5.2 AL protocol selection

The application layer protocols for profile 14/1 are defined in IEC 61158-6-14. Table 3 specifies the clauses included in this profile.

Table 3 – CP 14/1: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	—
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	—
5	Transfer syntax	YES	—
5.1	Encoding of basic data types	YES	—
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	—
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	—
5.4	Encoding of AAE Services	YES	—
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	—
7	AP-Context state machine	YES	—
8	FAL management state machines	YES	—
9	Application access entity protocol machine	YES	—
10	Application relationship state machine	YES	—
11	DLL mapping protocol machine	YES	—

4.3.6 Performance indicator selection

4.3.6.1 Performance indicator overview

Table 4 provides an overview of CP 14/1 performance indicators.

Table 4 – CP 14/1: 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	—
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

4.3.6.2 Performance indicator dependencies

4.3.6.2.1 Dependency matrix

Table 5 specifies PI dependencies included in this profile.

Table 5 – CP 14/1: 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	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

4.3.6.2.2 Delivery Time

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

$$DT = T_{Stack_S} + T_{Queue_S} + T_{Ethernet_S} + T_{Trf_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack_R} \quad (1)$$

where

DT	is the delivery time;
T_{Stack_S}	is the sender stack processing time;
T_{Queue_S}	is the sender queuing delay;
$T_{Ethernet_S}$	is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC/IEEE 8802-3;
T_{Trf_S}	is the transfer time for an octet;
N_{data}	is the length in octets of complete Ethernet frame;
T_{Cable}	is the cable delay;
L_{Cable}	is the cable length;
T_{Switch}	is the switch delay;
N_{Switch}	is the number of switches between end-stations;
T_{Stack_R}	is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (1):

- the number of end-stations influences DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be longer when the number of switches between end-stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be longer due to queue delay when Throughput RTE increases.

4.3.6.2.3 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

4.3.6.2.4 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE Std 802.1Q-2018, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

4.3.6.2.5 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application demands.

4.3.6.2.6 Relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

The relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth is specified in Formula (2).

$$NRTE_BW = ((RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / RateofEthernet) \times 100 \% \quad (2)$$

where

NRTE_BW is the non-RTE bandwidth, in %;

RateofEthernet is the Ethernet data rate in Mbit/s;

ThroughputRTE is the RTE throughput in octets/s.

Throughput RTE can be calculated by Formula (3).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMData)) / s \quad (3)$$

where

ThroughputRTE is the RTE throughput in octets/s;

RTData is the real-time data in octets;

TSData is the time synchronization data in octets;

RMData is the redundancy management data in octets.

4.3.6.2.7 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

4.3.6.2.8 Redundancy recovery time

The time to detect the failure is dependent from the number of switches between end-stations.

4.3.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 6 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 6 – CP 14/1: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	5 ms 10 ms	Without failure 1 frame lost
Number of end-stations	32	Star topology with switches
Number of switches between end-stations	4	—
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	85 %	100 Mbit/s Ethernet
Time synchronization accuracy	< 10 µs	—
Redundancy recovery time	< 300 ms	—

4.4 CP 14/2

4.4.1 Physical layer

The physical layer of the EPA profile is according to ISO/IEC/IEEE 8802-3. EPA devices may use a data rate of 10 Mbit/s, 100 Mbit/s and higher. The topology shall be linear, star, ring or the combination of the above.

4.4.2 Data-link layer

The data-link layer shall be according to ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEEE Std 802.1Q-2018.

In addition, EPA Communication Scheduling Management Entity (ECSME) is defined in ISO/IEC/IEEE 8802-3, data-link services are defined in IEC 61158-3-14, and data-link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14.

Table 7 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14 for profile 14/2.

Table 7 – CP 14/2: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	DL Service and concept	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DLL	YES	—
5	DL-management services	YES	—
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	Non-periodic data annunciation	YES	—
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation service	YES	—
5.4	DL-management for FRT applications	—	—

Table 8 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14 for CP14/2.

Table 8 – CP 14/2: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Overview of the DL-protocol	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	—
4.3	Structure of deterministic communication scheduling	YES	—
5	Procedure of deterministic communication scheduling	—	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	State transitions	YES	—

Clause	Header	Presence	Constraints
5.3	State table	YES	—
5.4	Function descriptions	—	—
6	Structure and encoding of ECSME PDU	YES	—

4.4.3 Network Layer

Internet standard IETF RFC 791 (IP), IETF RFC 826 (ARP), IETF RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors shall be used.

4.4.4 Transport Layer

Internet standard IETF RFC 768 (UDP), IETF RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, IETF RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

4.4.5 Application layer

4.4.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/2 are defined in IEC 61158-5-14. Table 9 specifies the clauses included in this profile.

Table 9 – CP 14/2: AL service selection

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

4.4.5.2 AL protocol selection

The application layer protocol for profile 14/2 is defined in IEC 61158-6-14. Table 10 specifies the clauses included in this profile.

Table 10 – CP 14/2: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	—
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	—
5	Transfer syntax	YES	—
5.1	Encoding of basic data types	YES	—
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	—
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	—
5.4	Encoding of AAE Services	YES	—
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	—
7	AP-Context state machine	YES	—
8	FAL management state machines	YES	—
9	Application access entity protocol machine	YES	—
10	Application relationship state machine	YES	—
11	DLL mapping protocol machine	YES	—

4.4.6 Performance indicator selection

4.4.6.1 Performance indicator overview

Table 11 provides an overview of CP 14/2 performance indicators.

Table 11 – CP 14/2: 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	—
Time synchronization accuracy	YES	—
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

4.4.6.2 Performance indicator dependencies

4.4.6.2.1 Dependency matrix

Table 12 specifies the performance indicator dependencies for CP 14/2.

Table 12 – CP 14/2: 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	Time synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

4.4.6.2.2 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (4).

$$DT = T_{\text{Stack_S}} + T_{\text{Queue_S}} + T_{\text{Ethernet_S}} + T_{\text{Trf_S}} \times N_{\text{data}} + T_{\text{Cable}} \times L_{\text{Cable}} + T_{\text{Switch}} \times N_{\text{Switch}} + T_{\text{Stack_R}} \quad (4)$$

where

DT is the delivery time;

$T_{\text{Stack_S}}$ is the sender stack processing time;

$T_{\text{Queue_S}}$ is the sender queuing delay, the max queue delay is equal to cycle time, the minimum queue delay is 0;

$T_{\text{Ethernet_S}}$ is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC/IEEE 8802-3;

$T_{\text{Trf_S}}$ is the transfer time for an octet;

N_{data} is the length in octets of complete Ethernet frame;

T_{Cable} is the cable delay;

L_{Cable} is the cable length;

T_{Switch} is the Switch delay;

N_{Switch} is the Number of switches between end-stations;

$T_{\text{Stack_R}}$ is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (4),

- the number of end-stations influences DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be enlarged when the number of switches between end-stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be enlarged due to queue delay when Throughput RTE increases. The max queue delay is equal to cycle time, and the minimum queue delay is 0.

4.4.6.2.3 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

4.4.6.2.4 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE Std 802.1Q-2018, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

4.4.6.2.5 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application requirements.

4.4.6.2.6 Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

See 4.3.6.2.6.

4.4.6.2.7 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

4.4.6.2.8 Redundancy recovery time

The time to detect a failure depends on the number of switches between end-stations.

4.4.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 13 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 13 – CP 14/2: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	100 µs 500 µs	Without failure One frame lost
Number of end-stations	64	Star topology with switches connected
Number of switches between end-stations	4	—
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	85 %	10 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 µs	—
Redundancy recovery time	< 300 ms	Using IEEE Std 802.1Q-2018

4.5 CP 14/3

4.5.1 Physical layer

The physical layer of the EPA profile is according to ISO/IEC/IEEE 8802-3. EPA devices may use a data rate of 10 Mbit/s, 100 Mbit/s and higher. The topology shall be linear, star, ring or the combination of the above.

4.5.2 Data-link layer

The data-link layer shall be according to ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEEE Std 802.1Q-2018.

In addition, EPA Communication Scheduling Management Entity (ECSME) is defined in ISO/IEC/IEEE 8802-3, data-link services are defined in IEC 61158-3-14, and data-link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14.

Table 14 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14 for profile 14/3.

Table 14 – CP 14/3: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	DL Service and concept	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DLL	YES	—
5	DL-management services	YES	—
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	Non-periodic data annunciation	YES	—
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation service	YES	—
5.4	DL-management for FRT applications	YES	—

Table 15 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14 for CP14/3.

Table 15 – CP 14/3: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Overview of the DL-protocol	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	—
4.3	Structure of deterministic communication scheduling	YES	—
5	Procedure of deterministic communication scheduling	Partial	Used when applicable
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	State transitions	Partial	Used when applicable
5.3	State table	Partial	Used when applicable
5.4	Function descriptions	Partial	Used when applicable
6	Structure and encoding of ECSME PDU	Partial	Used when applicable

4.5.3 Network Layer

Internet standards IETF RFC 791 (IP), IETF RFC 826 (ARP), IETF RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors can be used. For FRT applications, IETF RFC 791 can be omitted to enhance real-time performance.

4.5.4 Transport Layer

Internet standards IETF RFC 768 (UDP), IETF RFC 793 (TCP) and their amendments and successors can be used. For FRT applications, IETF RFC 768 can be omitted to enhance real-time performance.

4.5.5 Application layer

4.5.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/3 are defined in IEC 61158-5-14. Table 16 specifies the clauses included in this profile.

Table 16 – CP 14/3: AL service selection

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

4.5.5.2 AL protocol selection

The application layer protocols for profile 14/3 are defined in IEC 61158-6-14. Table 17 specifies the clauses included in this profile.

Table 17 – CP 14/3: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	—
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	—
5	Transfer syntax	YES	—
5.1	Encoding of basic data types	YES	—
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	—
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	—
5.4	Encoding of AAE Services	YES	—
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	—
7	AP-Context state machine	YES	—
8	FAL management state machines	YES	—
9	Application access entity protocol machine	YES	—
10	Application relationship state machine	YES	—
11	DLL mapping protocol machine	YES	—

4.5.6 Performance indicator selection

4.5.6.1 Performance indicator overview

Table 18 provides an overview of CP 14/3 performance indicators.

Table 18 – CP 14/3: 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	—
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

4.5.6.2 Performance indicator dependencies

4.5.6.2.1 Dependency matrix

Table 19 specifies PI dependencies included in this profile.

Table 19 – CP 14/3: 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	Time synchronization accuracy	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

4.5.6.2.2 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (5).

$$DT = T_{Stack_S} + T_{Queue_S} + T_{Ethernet_S} + T_{Trf_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack_R} \quad (5)$$

where

DT is the delivery time;

T_{Stack_S} is the sender stack processing time;

T_{Queue_S} is the sender queuing delay;

$T_{Ethernet_S}$ is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC/IEEE 8802-3;

T_{Trf_S} is the transfer time for an octet;

N_{data} is the length in octets of complete Ethernet frame;

T_{Cable} is the cable delay;

L_{Cable} is the cable length;

T_{Switch} is the Switch delay;
 N_{Switch} is the Number of switches between end stations;
 $T_{\text{Stack_R}}$ is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (5):

- the number of end stations influences DT with queue delay;
- the number of switches between end stations influences DT. DT will be longer when the number of switches between end stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be longer due to queue delay when Throughput RTE increases.

4.5.6.2.3 Number of end stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end stations is restricted.

4.5.6.2.4 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE Std 802.1Q-2018, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain. For redundant ring topology, a single cable fault does not produce any failure, redundancy recovery time is zero.

4.5.6.2.5 Number of switches between end stations

The number of switches between end stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application demands.

4.5.6.2.6 Relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

The relation between Throughput RTE and Non-RTE bandwidth is specified in Formula (6).

$$NRTE_BW = ((RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / RateofEthernet) \times 100 \quad (6)$$

where

$NRTE_BW$ is the non-RTE bandwidth, in %;
 $RateofEthernet$ is the Ethernet data rate in Mbit/s;
 $ThroughputRTE$ is the RTE throughput in octets/s.

Throughput RTE can be calculated by Formula (7).

$$ThroughputRTE = (\sum (RTData + TSData + RMData)) / s \quad (7)$$

where

$ThroughputRTE$ is the RTE throughput in octets/s;
 $RTData$ is the real-time data in octets;
 $TSData$ is the time synchronization data in octets;
 $RMData$ is the redundancy management data in octets.

4.5.6.2.7 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end stations and the switch delay depends on the number of switches between end stations.

4.5.6.2.8 Redundancy recovery time

The time to detect a failure is depends on the number of switches between end stations.

4.5.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 20 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 20 – CP 14/3: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	100 µs 100 µs 200 µs	Star topology, no failure Linear topology, no failure Ring topology, no failure
Number of end stations	6	—
Number of switches between end stations	1 0 0	Star topology Linear topology Ring topology
Throughput RTE	3 840 000 octets/s	100 Mbit/s Ethernet (full-duplex)
Non-RTE bandwidth	0	—
Time synchronization accuracy	< 1 µs	—
Redundancy recovery time	n.a. n.a. 0 s	Star topology Linear topology Ring topology

Table 21 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 21 – CP 14/3: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	250 µs	Star topology, no failure
	250 µs	Linear topology, no failure
	500 µs	Ring topology, no failure
Number of end stations	6	
Number of switches between end stations	1	Star topology
	0	Linear topology
	0	Ring topology
Throughput RTE	1 536 000 octets/s	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Non-RTE bandwidth	84 %	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 µs	—
Redundancy recovery time	n.a.	Star topology
	n.a.	Linear topology
	0 s	Ring topology

Table 22 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 22 – CP 14/3: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery time	1 000 µs	Star topology, no failure
	1 000 µs	Linear topology, no failure
	2 000 µs	Ring topology, no failure
Number of end stations	80	—
Number of switches between end stations	3	Star topology
	0	Linear topology
	0	Ring topology
Throughput RTE	5 576 000 octets/s	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Non-RTE bandwidth	40 %	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 µs	—
Redundancy recovery time	300 ms	Star topology, IEEE Std 802.1Q-2018
	n.a.	Linear topology
	0	Ring topology

4.6 CP 14/4

4.6.1 Physical layer

The Physical Layer of the EPA profile is according to ISO/IEC/IEEE 8802-3. EPA devices may use a data rate of 10 Mbit/s, 100 Mbit/s and higher. The topology shall be linear, star, ring or the combination of the above.

4.6.2 Data-link layer

The Data Link Layer shall be according to ISO/IEC/IEEE 8802-3, IEEE Std 802.1Q-2018.

In addition, EPA Communication Scheduling Management Entity (ECSME) is defined in ISO/IEC/IEEE 8802-3, data link services are defined in IEC 61158-3-14, and data link protocol to manage the deterministic communication in IEC 61158-4-14.

Table 23 defines the DLL service selection from IEC 61158-3-14 for profile 14/4.

Table 23 – CP 14/4: DLL service selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	DL Service and concept	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DLL	YES	—
5	DL-management services	YES	—
5.1	Overview	Partial	Used when applicable
5.2	Non-periodic data annunciation	YES	—
5.3	EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation service	YES	—
5.4	DL-management for FRT applications	—	—

Table 24 defines the DLL protocol selections from IEC 61158-4-14 for CP14/4.

Table 24 – CP 14/4: DLL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	Partial	Used when applicable
4	Overview of the DL-protocol	Partial	Used when applicable
4.1	General	Partial	Used when applicable
4.2	Services provided by the DL	YES	—
4.3	Structure of deterministic communication scheduling	YES	—
5	Procedure of deterministic communication scheduling	Partial	—
5.1	Overview	YES	—
5.2	State transitions	YES	—
5.3	State table	YES	—
5.4	Function descriptions	—	—
6	Structure and encoding of ECSME PDU	YES	—

4.6.3 Network layer

Internet standards IETF RFC 791 (IP), IETF RFC 826 (ARP), IETF RFC 792 (ICMP) and their amendments and successors can be used.

4.6.4 Transport layer

Internet standard IETF RFC 768 (UDP), IETF RFC 793 (TCP) and their amendments and successors may be used. But for real-time applications, IETF RFC 768 shall be used for field devices, bridges and master devices.

4.6.5 Application layer

4.6.5.1 AL service selection

The application layer services for profile 14/4 are defined in IEC 61158-5-14. Table 25 specifies the clauses included in this profile.

Table 25 – CP 14/4: AL service selection

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

4.6.5.2 AL protocol selection

The application layer protocol for profile 14/4 is defined in IEC 61158-6-14. Table 26 specifies the clauses included in this profile.

Table 26 – CP 14/4: AL protocol selection

Clause	Header	Presence	Constraints
1	Scope	YES	—
2	Normative references	Partial	Used when applicable
3	Terms, definitions, symbols, abbreviations and conventions	Partial	Used when applicable
4	Abstract syntax	YES	—
4.1	Fixed format PDU description	YES	—
4.2	Object definitions in FAL management ASE	YES	—
4.3	Definition of objects used in Type 14 application access entity	YES	—
5	Transfer syntax	YES	—
5.1	Encoding of basic data types	YES	—
5.2	Encoding of Type 14 APDU header	YES	—
5.3	Encoding of FAL management entity service parameters	YES	—
5.4	Encoding of AAE Services	YES	—
6	Structure of FAL protocol state machines	YES	—
7	AP-Context state machine	YES	—
8	FAL management state machines	YES	—
9	Application access entity protocol machine	YES	—
10	Application relationship state machine	YES	—
11	DLL mapping protocol machine	YES	—

4.6.6 Performance indicator selection

4.6.6.1 Performance indicator overview

Table 27 provides an overview of CP 14/4 performance indicators.

Table 27 – CP 14/4: 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	—
Non-time-based synchronization accuracy	NO	—
Redundancy recovery time	YES	—

4.6.6.2 Performance indicator dependencies

4.6.6.2.1 Dependency matrix

Table 28 specifies the performance indicator dependencies for CP 14/4.

Table 28 – CP 14/4: 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	Redundancy recovery time
Delivery time		YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO
Number of end-stations	YES		NO	NO	NO	NO	NO	NO
Basic network topology	YES	NO		NO	NO	NO	YES	YES
Number of switches between end-stations	YES	NO	NO		NO	NO	YES	YES
Throughput RTE	NO	NO	NO	NO		YES	NO	NO
Non-RTE bandwidth	NO	NO	NO	NO	NO		YES	NO
Time synchronization accuracy	NO	YES	NO	YES	NO	NO		NO
Redundancy recovery time	YES	NO	YES	YES	NO	NO	NO	

4.6.6.2.2 Delivery Time

The performance indicator delivery time can be calculated by Formula (8).

$$DT = T_{Stack_S} + T_{Queue_S} + T_{Ethernet_S} + T_{Trf_S} \times N_{data} + T_{Cable} \times L_{Cable} + T_{Switch} \times N_{Switch} + T_{Stack_R} \quad (8)$$

where

DT	is the delivery time;
T_{Stack_S}	is the sender stack processing time;
T_{Queue_S}	is the sender queuing delay, the max queue delay is equal to cycle time, the minimum queue delay is 0;
$T_{Ethernet_S}$	is the sender traversal time through MAC and Phy based on ISO/IEC/IEEE 8802-3;
T_{Trf_S}	is the transfer time for an octet;
N_{data}	is the length in octets of complete Ethernet frame;
T_{Cable}	is the cable delay;
L_{Cable}	is the cable length;
T_{Switch}	is the Switch delay;
N_{Switch}	is the Number of switches between end-stations;
T_{Stack_R}	is the receiver stack processing time including Phy and MAC.

As shown in Formula (8),

- the number of end-stations influences DT with queue delay;
- the number of switches between end-stations influences DT. DT will be enlarged when the number of switches between end-stations increases;
- the throughput RTE influences DT. That is, DT will be enlarged due to queue delay when Throughput RTE increases. The max queue delay is equal to cycle time, and the minimum queue delay is 0.

4.6.6.2.3 Number of end-stations

If the delivery time is set to the bounded delivery time, then the maximum number of end-stations is restricted.

4.6.6.2.4 Basic network topology

The basic network topology is designed in linear, star, ring or daisy-chain according to the delivery time in application. If the delivery time is preset to the boundary delivery time, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If the time synchronization accuracy is set to the minimum value, the basic network topology shall be set to a hierarchical star.

If redundancy recovery time is allowed to use rapid spanning tree algorithm according to IEEE Std 802.1Q-2018, then the basic network topology can be designed in linear, star, ring or daisy-chain.

4.6.6.2.5 Number of switches between end-stations

The number of switches between end-stations shall be designed to a minimum value so that delivery time, time synchronization accuracy and redundancy recovery accuracy meet the application requirements.

4.6.6.2.6 Throughput RTE and Non-RTE bandwidth

See 4.3.6.2.6.

4.6.6.2.7 Time synchronization accuracy

Time synchronization accuracy depends on synchronization cycle and switch delay. The synchronization cycle depends on the number of end-stations and the switch delay depends on the number of switches between end-stations.

4.6.6.2.8 Redundancy recovery time

The time to detect a failure depends on the number of switches between end-stations.

4.6.6.3 Consistent set of performance indicators

Table 29 specifies a consistent set of PI included in this profile.

Table 29 – CP 14/4: Consistent set of PIs

Performance indicator	Value	Constraints
Delivery Time	100 μ s 500 μ s	Without failure One frame lost
Number of end-stations	6	Star topology with switches connected
Number of switches between end-stations	1	—
Throughput RTE	9 248 000 octets/s	—
Non-RTE bandwidth	25 %	100 Mbit/s Ethernet (full duplex)
Time synchronization accuracy	< 1 μ s	—
Redundancy recovery time	< 300 ms	Using IEEE Std 802.1Q-2018

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*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	38
INTRODUCTION.....	40
1 Domaine d'application	41
2 Références normatives	41
3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions	43
3.1 Termes et définitions	43
3.2 Abréviations et acronymes	43
3.3 Symboles	43
3.4 Conventions.....	44
4 CPF 14 (EPA) – Profils de communication RTE	45
4.1 Présentation générale	45
4.2 Concept de communication de la CPF 14 (EPA)	45
4.2.1 Généralités	45
4.2.2 Topologie de réseau	46
4.2.3 Appareils EPA	47
4.3 CP 14/1	47
4.3.1 Couche physique	47
4.3.2 Couche liaison de données	47
4.3.3 Couche réseau	48
4.3.4 Couche transport	48
4.3.5 Couche application	48
4.3.6 Sélection des indicateurs de performance.....	49
4.4 CP 14/2	52
4.4.1 Couche physique	52
4.4.2 Couche liaison de données	52
4.4.3 Couche réseau	53
4.4.4 Couche transport	54
4.4.5 Couche application	54
4.4.6 Sélection des indicateurs de performance.....	55
4.5 CP 14/3	58
4.5.1 Couche physique	58
4.5.2 Couche liaison de données	58
4.5.3 Couche réseau	59
4.5.4 Couche transport	59
4.5.5 Couche application	59
4.5.6 Sélection des indicateurs de performance.....	60
4.6 CP 14/4	65
4.6.1 Couche physique	65
4.6.2 Couche liaison de données	65
4.6.3 Couche réseau	66
4.6.4 Couche transport	66
4.6.5 Couche application	67
4.6.6 Sélection des indicateurs de performance.....	68
Bibliographie.....	72
Figure 1 – Exemple de topologie de réseau d'un système EPA	46

Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 14.....	44
Tableau 2 – CP 14/1: sélection des services AL.....	48
Tableau 3 – CP 14/1: sélection du protocole AL.....	48
Tableau 4 – CP 14/1: vue d'ensemble des indicateurs de performance	49
Tableau 5 – CP 14/1: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	50
Tableau 6 – CP 14/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	52
Tableau 7 – CP 14/2: sélection des services DLL.....	53
Tableau 8 – CP 14/2: sélection du protocole DLL.....	53
Tableau 9 – CP 14/2: sélection des services AL.....	54
Tableau 10 – CP 14/2: sélection du protocole AL.....	54
Tableau 11 – CP 14/2: vue d'ensemble des indicateurs de performance	55
Tableau 12 – CP 14/2: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	56
Tableau 13 – CP 14/2 : ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	58
Tableau 14 – CP 14/3: sélection des services DLL.....	58
Tableau 15 – CP 14/3: sélection du protocole DLL.....	59
Tableau 16 – CP 14/3: sélection des services AL.....	59
Tableau 17 – CP 14/3: sélection du protocole AL.....	60
Tableau 18 – CP 14/3: vue d'ensemble des indicateurs de performance	61
Tableau 19 – CP 14/3: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	61
Tableau 20 – CP 14/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	64
Tableau 21 – CP 14/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	64
Tableau 22 – CP 14/3: ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	65
Tableau 23 – CP 14/4: sélection des services DLL.....	66
Tableau 24 – CP 14/4: sélection du protocole DLL.....	66
Tableau 25 – CP 14/4: sélection des services AL.....	67
Tableau 26 – CP 14/4: sélection du protocole AL.....	67
Tableau 27 – CP 14/4: vue d'ensemble des indicateurs de performance	68
Tableau 28 – CP 14/4: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance	69
Tableau 29 – CP 14/4: ensemble cohérent d'indicateurs de performance.....	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX INDUSTRIELS –
PROFILS –Partie 2-14: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux
en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 –
CPF 14

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 61784-2-14 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 2-14: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel fondés sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 – CPF 14

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61784-2 définit la famille de profils de communication 14 (CPF 14). La CPF 14 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 14), l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et d'autres normes.

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

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

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

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 61158-3-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-14: Définition des services de la couche liaison de données – Éléments de type 14*

IEC 61158-4-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 4-14: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 14*

IEC 61158-5-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-14: Définition des services de la couche application – Éléments de type 14*

IEC 61158-6-14:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-14: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 14*

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

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*

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)

IEEE Std 802.15.1-2005, *IEEE Standard for Information technology – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 15.1a: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications for Wireless Personal Area Networks (WPAN)* (disponible en anglais seulement)

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

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

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

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

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

3 Termes, définitions, abréviations, acronymes et conventions

3.1 Termes et définitions

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

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

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

3.2 Abréviations et acronymes

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

ARP	Address Resolution Protocol (protocole de résolution d'adresse, voir l'IETF RFC 826)
CP	Communication Profile (profil de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
CPF	Communication Profile Family (famille de profils de communication) [conformément à l'IEC 61784-1-0]
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)
n.a.	Non applicable
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)
PTP	Precision Time Protocol (protocole de temps de précision) (voir l'IEC 61588)
RSTP	Rapid Spanning Tree algorithm and Protocol (algorithme et protocole d'arbre de recouvrement rapide) (voir l'IEEE Std 802.1Q-2018)
TCP	Transmission Control Protocol (protocole de commande de transmission) (voir l'IETF RFC 793)
UDP	User Datagram Protocol (protocole de datagramme utilisateur) (voir l'IETF RFC 768)

3.3 Symboles

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

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

Tableau 1 – Symboles applicables à la CPF 14

Symbole	Définition	Unité
DT	Temps de remise	µs
D_size	Taille des données	octets
L _{Cable}	Longueur du câble	m
N _{data}	Longueur de la trame Ethernet complète	octets
NRTE_BW	Largeur de bande non-RTE	%
N _{Switch}	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	
RateofEthernet	Vitesse de transmission Ethernet	Mbit/s
RMDData	Données de gestion de redondance	octets
RTEDData	Données en temps réel	octets
T _{Stack_R}	Temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC	µs
T _{Cable}	Délai du câble	µs
TD_Sw	Délai au niveau du commutateur	µs
T _{Ethernet_S}	Temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3	µs
ThroughputRTE	Débit RTE	octets/s
T _{Queue_S}	Délai de mise en file d'attente de l'émetteur	µs
TSDData	Données de synchronisation temporelle	octets
T _{Stack_S}	Temps de traitement de la pile de l'émetteur	µs
T _{Switch}	Délai de commutation	µs
T _{Trf_S}	Temps de transfert d'un octet	µs
T _{wire}	Temps par octet sur un segment de fil	µs
STT_s	Temps transversal de la pile de l'émetteur	µs
STT_r	Temps transversal de la pile du récepteur	µs

3.4 Conventions

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

4 CPF 14 (EPA¹) – Profils de communication RTE

4.1 Présentation générale

La famille de profils de communication 14 (CPF 14) définit des profils de communication reposant sur l'IEC 61158-3-14, l'IEC 61158-4-14, l'IEC 61158-5-14 et l'IEC 61158-6-14, ce qui correspond aux parties des systèmes de communication communément appelés Ethernet pour l'automatisation industrielle (EPA, Ethernet for Plant Automation) en temps réel.

– Profil 14/1

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus de l'IEC 61158-3-14, de l'IEC 61158-4-14, de l'IEC 61158-5-14 et de l'IEC 61158-6-14. Ce profil assure la communication en temps réel en s'appuyant sur les protocoles de communication de l'IEEE 802 et de l'IETF avec une exactitude de la synchronisation temporelle fondée sur l'IEC 61588.

Ce profil prend en charge les communications entre les appareils principaux et les ponts.

– Profil 14/2

Ce profil assure la communication en temps réel basée sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 avec des communications déterministes définies dans l'IEC 61158-3-14 et l'IEC 61158-4-14.

Ce profil prend en charge les communications entre les appareils de terrain et les ponts.

– Profil 14/3

Ce profil contient une sélection de services AL, DLL et PhL et de définitions de protocole issus de l'IEC 61158-3-14, de l'IEC 61158-4-14, de l'IEC 61158-5-14 et de l'IEC 61158-6-14. Ce profil fournit une communication en temps réel en utilisant les protocoles de communication de l'IEEE 802. Les protocoles de communication de l'IETF peuvent être utilisés, le cas échéant. Il convient d'utiliser l'exactitude de la synchronisation temporelle reposant sur l'IEC 61588.

– Profil 14/4

Ce profil assure la communication en temps réel basée sur l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 avec des communications déterministes définies dans l'IEC 61158-3-14 et l'IEC 61158-4-14. Ce profil contient une sélection de services AL et de définitions de protocole issus de l'IEC 61158-5-14 et de l'IEC 61158-6-14.

Ce profil prend en charge les communications entre les appareils principaux et les appareils de terrain.

4.2 Concept de communication de la CPF 14 (EPA)

4.2.1 Généralités

Le système EPA est un système distribué qui utilise le réseau Ethernet défini par l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et les protocoles de l'IEEE 802 et de l'IETF pour connecter des appareils de terrain et de petits systèmes, et pour commander/surveiller les équipements industriels. Les appareils EPA collaborent pour fournir des entrées-sorties et des commandes aux processus et opérations automatisés.

L'architecture d'un système EPA fournit un cadre de description de ces systèmes comme étant un ensemble d'appareils physiques interconnectés par un réseau EPA. Le paragraphe 4.2 a pour objet d'identifier les composants du système, de décrire leurs relations et interactions et de définir la manière dont ils sont configurés.

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

4.2.2 Topologie de réseau

La Figure 1 représente un exemple de topologie de réseau EPA avec deux sous-réseaux: un sous-réseau de couche de surveillance de processus (L2) et un sous-réseau de couche d'appareil de terrain (L1).

Une description des caractéristiques de la topologie EPA est donnée ci-après:

- un sous-réseau L1 est utilisé pour connecter des appareils de terrain (tels que des émetteurs, des actionneurs et des instruments d'analyse, etc.) montés dans un environnement de terrain;
- un sous-réseau L1 peut être divisé en plusieurs microsegments, dans lesquels le mécanisme de contrôle de partage de temps est utilisé pour répondre à la demande de communication déterministe;
- un sous-réseau L2 est utilisé pour connecter les appareils du centre de commande, les appareils IHM et un ou plusieurs microsegments. Dans le sous-réseau L2, un ordonnancement de communications régulières fondé sur le protocole d'accès multiple avec écoute de porteuse et détection de collision (CSMA/CD, Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection) défini dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 est appliqué si la communication déterministe n'est pas nécessaire;
- les appareils des sous-réseaux L1 et L2 peuvent être interconnectés avec des commutateurs ou des concentrateurs conventionnels;
- un dispositif EPA peut fonctionner comme un pont, qui permet d'interconnecter un microsegment d'un sous-réseau L1 à un sous-réseau L2. Le pont EPA procède au filtrage des messages et à leur retransmission entre le sous-réseau L1 et le sous-réseau L2.

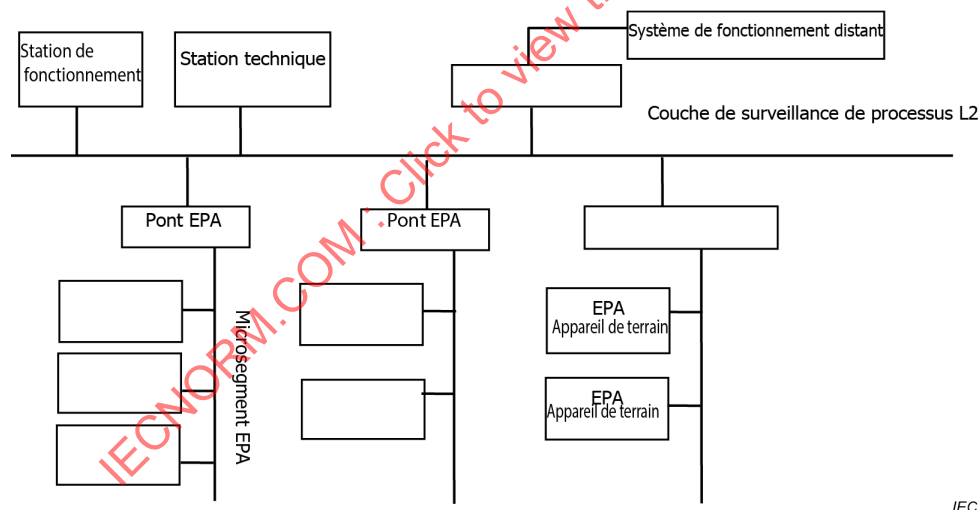


Figure 1 – Exemple de topologie de réseau d'un système EPA

Un microsegment est une zone de commande dans laquelle les appareils EPA communiquent entre eux afin de mettre en œuvre des fonctions de mesure et de commande spécifiques. En d'autres termes, les appareils qui nécessitent de communiquer entre eux doivent être interconnectés dans le même microsegment L1.

Les appareils composés d'une boucle de commande ou d'un processus d'application de bloc fonctionnel, tels que des émetteurs, des actionneurs et des contrôleurs qui nécessitent de communiquer entre eux, doivent être interconnectés dans le même microsegment.

4.2.3 Appareils EPA

4.2.3.1 Appareil principal EPA

Un appareil principal EPA est directement connecté à un sous-réseau L2. Un appareil principal EPA comporte une interface de communication EPA, mais peut ne pas comporter de bloc fonctionnel de commande ou d'application de bloc fonctionnel. En général, un appareil principal EPA peut être un appareil de configuration, un appareil de surveillance ou une station IHM.

Un appareil principal EPA détient une adresse IP unique au sein d'un système.

4.2.3.2 Appareil de terrain EPA

Un appareil de terrain EPA est installé dans un environnement industriel. Les appareils de terrain EPA doivent comporter une entité de communication EPA et au moins inclure une instance de bloc fonctionnel.

Un appareil de terrain EPA détient une adresse IP unique au sein d'un système.

4.2.3.3 Pont EPA

Un pont EPA est un appareil facultatif permettant d'interconnecter le microsegment d'un sous-réseau L1 à un sous-réseau L2. Un pont EPA comporte au moins deux interfaces de communication, connectant un microsegment de sous-réseau L1 et un sous-réseau L2, respectivement.

Un pont EPA peut être configuré pour assurer les fonctions suivantes:

- isolation de communication
si le trafic se déroule entre deux appareils connectés dans un microsegment, le pont EPA doit le limiter au sein du segment. Ici, le trafic comprend les flux de communication de diffusion générale, de multidiffusion et entre homologues;
- transfert et filtrage des messages
une transmission par pont EPA doit transférer et filtrer les messages échangés entre un microsegment de sous-réseau L1 et un autre segment L1 ou un sous-réseau L2. En d'autres termes, lors du transfert d'un message, le pont EPA doit examiner s'il convient de le transférer en fonction des critères configurés.

NOTE Comme le pont EPA est un appareil facultatif, il n'est pas indispensable si le système ne contient pas trop de nœuds.

4.2.3.4 Agent EPA

Un agent EPA est un appareil facultatif permettant d'interconnecter un réseau EPA et d'autres réseaux différents. Il doit fournir une fonction de contrôle de sécurité pour les accès à distance.

4.3 CP 14/1

4.3.1 Couche physique

La couche physique du profil EPA est conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 pour les connexions filaires, ainsi qu'à l'ISO/IEC/IEEE 8802-11 et à l'IEEE Std 802.15.1-2005 pour les connexions sans fil.

4.3.2 Couche liaison de données

La couche liaison de données doit être conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, l'IEEE Std 802.1Q-2018, l'ISO/IEC/IEEE 8802-11 et l'IEEE Std 802.15.1-2005.

4.3.3 Couche réseau

Les normes Internet IETF RFC 791 (IP), IETF RFC 826 (ARP), IETF RFC 792 (ICMP), leurs amendements ainsi que les textes qui leur ont succédé doivent être utilisés.

4.3.4 Couche transport

Les normes Internet IETF RFC 768 (UDP), IETF RFC 793 (TCP), leurs amendements ainsi que les textes qui leur ont succédé, peuvent être utilisés. En revanche, pour les applications en temps réel, l'IETF RFC 768 doit être utilisée pour les appareils de terrain, les ponts et les appareils principaux.

4.3.5 Couche application

4.3.5.1 Sélection des services AL

Les services de la couche application du profil 14/1 sont définis dans l'IEC 61158-5-14. Le Tableau 2 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 2 – CP 14/1: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisé le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Concepts	Partielle	Utilisé le cas échéant
5	ASE de type de données	OUI	—
6	Spécification du modèle de communication	OUI	—

4.3.5.2 Sélection du protocole AL

Les protocoles de la couche application du profil 14/1 sont définis dans l'IEC 61158-6-14. Le Tableau 3 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 3 – CP 14/1: sélection du protocole AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisé le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Syntaxe abstraite	OUI	—
4.1	Description des unités PDU de format fixe	OUI	—
4.2	Définitions d'objet dans les éléments ASE de gestion de couches FAL	OUI	—
4.3	Définition des objets utilisés dans l'entité AAE de type 14	OUI	—
5	Syntaxe de transfert	OUI	—
5.1	Encodage des types de données de base	OUI	—
5.2	Encodage de l'en-tête de l'unité APDU de type 14	OUI	—
5.3	Encodage des paramètres de service de l'entité de gestion de la couche FAL	OUI	—
5.4	Encodage des services AAE	OUI	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
6	Structure des diagrammes d'états de protocole de la couche FAL	OUI	—
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
8	Diagrammes d'états de gestion FAL	OUI	—
9	Machine de protocole de l'entité d'accès à l'application	OUI	—
10	Diagramme d'états de relations d'applications	OUI	—
11	Machine de protocole de mapping DLL	OUI	—

4.3.6 Sélection des indicateurs de performance

4.3.6.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 4 présente les indicateurs de performance du CP 14/1.

Tableau 4 – CP 14/1: 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	—
Exactitude de la synchronisation non périodique	NON	—
Temps de reprise de redondance	OUI	—

4.3.6.2 Dépendances entre les indicateurs de performance

4.3.6.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 5 spécifie les dépendances entre les indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 5 – CP 14/1: 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	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI	NON		NON	NON	NON	OUI	OUI
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	NON	NON		NON	NON	OUI	OUI
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI	NON	NON
Largeur de bande non-RTE	NON	NON	NON	NON	NON		OUI	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	

4.3.6.2.2 Temps de remise

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

$$DT = T_{\text{Stack_S}} + T_{\text{Queue_S}} + T_{\text{Ethernet_S}} + T_{\text{Trf_S}} \times N_{\text{data}} + T_{\text{Cable}} \times L_{\text{Cable}} + T_{\text{Switch}} \times N_{\text{Switch}} + T_{\text{Stack_R}} \quad (1)$$

où

DT est le temps de remise;

$T_{\text{Stack_S}}$ est le temps de traitement de la pile de l'émetteur;

$T_{\text{Queue_S}}$ est le délai de mise en file d'attente de l'émetteur;

$T_{\text{Ethernet_S}}$ est le temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3;

$T_{\text{Trf_S}}$ est le temps de transfert pour un octet;

N_{data} est la longueur en octets de la trame Ethernet complète;

T_{Cable} est le délai du câble;

L_{Cable} est la longueur du câble;

T_{Switch} est le délai de commutation;

N_{Switch} est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;

$T_{\text{Stack_R}}$ est le temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC.

Comme le démontre la Formule (1):

- le nombre de stations d'extrémité influence le temps de remise avec délai de file d'attente;
- le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité influence le temps de remise. Le temps de remise est d'autant plus long que le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité est élevé;
- le débit RTE influence le temps de remise. En d'autres termes, le temps de remise est plus long en raison du délai de file d'attente lorsque le débit RTE augmente.

4.3.6.2.3 Nombre de stations d'extrémité

Si le temps de remise est défini sur sa limite, alors le nombre maximal de stations d'extrémité est restreint.

4.3.6.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base se présente de manière linéaire, en étoile, en anneau ou en cascade, en fonction du temps de remise dans l'application. Si le temps de remise est préalablement défini sur sa limite, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si la valeur minimale est attribuée à l'exactitude de la synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

S'il est admis que le temps de reprise de redondance utilise l'algorithme d'arbre de recouvrement rapide conformément à l'IEEE Std 802.1Q-2018, alors la topologie de réseau de base peut se présenter sous forme linéaire, en étoile, en anneau ou en cascade.

4.3.6.2.5 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Une valeur minimale doit être attribuée au nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité de sorte que le temps de remise, l'exactitude de la synchronisation temporelle et l'exactitude de la reprise de redondance répondent aux demandes de l'application.

4.3.6.2.6 Relation entre le débit RTE et la largeur de bande non-RTE

La relation entre le débit RTE et la largeur de bande non-RTE est spécifiée dans la Formule (2).

$$NRTE_BW = ((RateofEthernet - ThroughputRTE \times 8) / RateofEthernet) \times 100 \% \quad (2)$$

où

$NRTE_BW$ est la largeur de bande non-RTE, en %;

$RateofEthernet$ est la vitesse de transmission Ethernet, en Mbit/s;

$ThroughputRTE$ est le débit RTE, en octets/s.

Le débit RTE peut être calculé par la Formule (3).

$$\text{ThroughputRTE} = (\sum (\text{RTData} + \text{TSDData} + \text{RMDData})) / s \quad (3)$$

où

ThroughputRTE est le débit RTE, en octets/s;

RTData représente les données en temps réel, en octets;

TSDData représente les données de synchronisation temporelle, en octets;

RMDData représente les données de gestion de redondance, en octets.

4.3.6.2.7 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle dépend du cycle de synchronisation et du délai de commutation. Le cycle de synchronisation dépend du nombre de stations d'extrémité et le délai de commutation dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

4.3.6.2.8 Temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

4.3.6.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 6 spécifie un ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 6 – CP 14/1: ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	5 ms 10 ms	Sans défaillance 1 trame perdue
Nombre de stations d'extrémité	32	Topologie en étoile avec commutateurs
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	4	—
Débit RTE	1 536 000 octets/s	—
Largeur de bande non-RTE	85 %	Ethernet 100 Mbit/s
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 10 µs	—
Temps de reprise de redondance	< 300 ms	—

4.4 CP 14/2

4.4.1 Couche physique

La couche physique du profil EPA est conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3. Les appareils EPA peuvent utiliser une vitesse de transmission de données de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, voire plus. La topologie doit être linéaire et/ou en étoile et/ou en anneau.

4.4.2 Couche liaison de données

La couche liaison de données doit être conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et à l'IEEE Std 802.1Q-2018.

De plus, l'entité de gestion de l'ordonnancement des communications EPA (ECSME) est définie dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, les services de liaison de données sont définis dans l'IEC 61158-3-14, et le protocole de liaison de données permettant de gérer la communication déterministe est défini dans l'IEC 61158-4-14.

Le Tableau 7 définit la sélection des services DLL extraits de l'IEC 61158-3-14 pour le profil 14/2.

Tableau 7 – CP 14/2: sélection des services DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisé le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Service DL et concept	Partielle	Utilisé le cas échéant
4.1	Généralités	Partielle	Utilisé le cas échéant
4.2	Services fournis par la DLL	OUI	—
5	Services de gestion DL	OUI	—
5.1	Présentation	Partielle	Utilisé le cas échéant
5.2	Annonce de données non périodiques	OUI	—
5.3	Service EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation	OUI	—
5.4	Gestion DL pour applications FRT	—	—

Le Tableau 8 définit les sélections de protocole DLL de l'IEC 61158-4-14 pour le CP 14/2.

Tableau 8 – CP 14/2: sélection du protocole DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisé le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles et abréviations	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Vue d'ensemble du protocole DL	Partielle	Utilisé le cas échéant
4.1	Généralités	Partielle	Utilisé le cas échéant
4.2	Services fournis par la DL	OUI	—
4.3	Structure de la programmation de communication déterministe	OUI	—
5	Procédure de la programmation de communication déterministe	—	—
5.1	Vue d'ensemble	OUI	—
5.2	Transitions d'états	OUI	—
5.3	Table d'états	OUI	—
5.4	Descriptions des fonctions	—	—
6	Structure et codage de la PDU de l'ECSME	OUI	—

4.4.3 Couche réseau

Les normes Internet IETF RFC 791 (IP), IETF RFC 826 (ARP), IETF RFC 792 (ICMP), leurs amendements ainsi que les textes qui leur ont succédé doivent être utilisés.

4.4.4 Couche transport

Les normes Internet IETF RFC 768 (UDP), IETF RFC 793 (TCP), leurs amendements ainsi que les textes qui leur ont succédé, peuvent être utilisés. En revanche, pour les applications en temps réel, l'IETF RFC 768 doit être utilisée pour les appareils de terrain, les ponts et les appareils principaux.

4.4.5 Couche application

4.4.5.1 Sélection des services AL

Les services de la couche application du profil 14/2 sont définis dans l'IEC 61158-5-14. Le Tableau 9 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 9 – CP 14/2: sélection des services AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisé le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Concepts	Partielle	Utilisé le cas échéant
5	ASE des types de données	OUI	—
6	Spécification du modèle de communication	OUI	—

4.4.5.2 Sélection du protocole AL

Le protocole de la couche application du profil 14/2 est défini dans l'IEC 61158-6-14. Le Tableau 10 spécifie les articles inclus dans ce profil.

Tableau 10 – CP 14/2: sélection du protocole AL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisé le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Syntaxe abstraite	OUI	—
4.1	Description des unités PDU de format fixe	OUI	—
4.2	Définitions d'objet dans les éléments ASE de gestion de couches FAL	OUI	—
4.3	Définition des objets utilisés dans l'entité AAE de type 14	OUI	—
5	Syntaxe de transfert	OUI	—
5.1	Encodage des types de données de base	OUI	—
5.2	Encodage de l'en-tête de l'unité APDU de type 14	OUI	—
5.3	Encodage des paramètres de service de l'entité de gestion de la couche FAL	OUI	—
5.4	Encodage des services AAE	OUI	—
6	Structure des diagrammes d'états de protocole de la couche FAL	OUI	—
7	Diagramme d'états de contexte AP	OUI	—
8	Diagrammes d'états de gestion FAL	OUI	—

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
9	Machine de protocole de l'entité d'accès à l'application	OUI	—
10	Diagramme d'états de relation d'application	OUI	—
11	Machine de protocole de mapping DLL	OUI	—

4.4.6 Sélection des indicateurs de performance

4.4.6.1 Vue d'ensemble des indicateurs de performance

Le Tableau 11 présente les indicateurs de performance du CP 14/2.

Tableau 11 – CP 14/2: 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	—
Exactitude de la synchronisation non périodique	NON	—
Temps de reprise de redondance	OUI	—

4.4.6.2 Dépendances entre les indicateurs de performance

4.4.6.2.1 Matrice de dépendance

Le Tableau 12 spécifie les dépendances entre les indicateurs de performance pour le CP 14/2.

Tableau 12 – CP 14/2: matrice de dépendance entre les indicateurs de performance

Indicateur de performance dépendant	Indicateur de performance d'influence							
	Temps de remise	Nombre de stations d'extrémité	Topologie de réseau de base	Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	Débit RTE	Largeur de bande non-RTE	Exactitude de la synchronisation temporelle	Temps de reprise de redondance
Temps de remise		OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON
Nombre de stations d'extrémité	OUI		NON	NON	NON	NON	NON	NON
Topologie de réseau de base	OUI	NON		NON	NON	NON	OUI	OUI
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	OUI	NON	NON		NON	NON	OUI	OUI
Débit RTE	NON	NON	NON	NON		OUI	NON	NON
Largeur de bande non-RTE	NON	NON	NON	NON	NON		OUI	NON
Exactitude de la synchronisation temporelle	NON	OUI	NON	OUI	NON	NON		NON
Temps de reprise de redondance	OUI	NON	OUI	OUI	NON	NON	NON	

4.4.6.2.2 Temps de remise

Le temps de remise de l'indicateur de performance peut être calculé par la Formule (4).

$$DT = T_{\text{Stack_S}} + T_{\text{Queue_S}} + T_{\text{Ethernet_S}} + T_{\text{Trf_S}} \times N_{\text{data}} + T_{\text{Cable}} \times L_{\text{Cable}} + T_{\text{Switch}} \times N_{\text{Switch}} + T_{\text{Stack_R}} \quad (4)$$

où

DT est le temps de remise;

$T_{\text{Stack_S}}$ est le temps de traitement de la pile de l'émetteur;

$T_{\text{Queue_S}}$ est le délai de mise en file d'attente de l'émetteur, le délai maximal étant égal au temps de cycle, et le délai minimal étant égal à 0;

$T_{\text{Ethernet_S}}$ est le temps transversal de l'émetteur par MAC et Phy conformément à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3;

$T_{\text{Trf_S}}$ est le temps de transfert pour un octet;

N_{data} est la longueur en octets de la trame Ethernet complète;

T_{Cable} est le délai du câble;

L_{Cable} est la longueur du câble;

T_{Switch} est le délai de commutation;

N_{Switch} est le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité;

$T_{\text{Stack_R}}$ est le temps de traitement de la pile du récepteur, y compris Phy et MAC.

Comme le démontre la Formule (4):

- le nombre de stations d'extrémité influence le temps de remise avec délai de file d'attente;
- le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité influence le temps de remise. Le temps de remise est d'autant plus long que le nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité est élevé;
- le débit RTE influence le temps de remise. En d'autres termes, le temps de remise est plus long en raison du délai de file d'attente lorsque le débit RTE augmente. Le délai de file d'attente maximal est égal au temps de cycle et le délai minimal est égal à 0.

4.4.6.2.3 Nombre de stations d'extrémité

Si le temps de remise est défini sur sa limite, alors le nombre maximal de stations d'extrémité est restreint.

4.4.6.2.4 Topologie de réseau de base

La topologie de réseau de base se présente de manière linéaire, en étoile, en anneau ou en cascade, en fonction du temps de remise dans l'application. Si le temps de remise est préalablement défini sur sa limite, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

Si la valeur minimale est attribuée à l'exactitude de la synchronisation temporelle, la topologie de réseau de base doit se présenter en étoile hiérarchique.

S'il est admis que le temps de reprise de redondance utilise l'algorithme d'arbre de recouvrement rapide conformément à l'IEEE Std 802.1Q-2018, alors la topologie de réseau de base peut se présenter sous forme linéaire, en étoile, en anneau ou en cascade.

4.4.6.2.5 Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité

Une valeur minimale doit être attribuée au nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité de sorte que le temps de remise, l'exactitude de la synchronisation temporelle et l'exactitude de la reprise de redondance répondent aux exigences de l'application.

4.4.6.2.6 Débit RTE et largeur de bande non-RTE

Voir 4.3.6.2.6.

4.4.6.2.7 Exactitude de la synchronisation temporelle

L'exactitude de la synchronisation temporelle dépend du cycle de synchronisation et du délai de commutation. Le cycle de synchronisation dépend du nombre de stations d'extrémité et le délai de commutation dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

4.4.6.2.8 Temps de reprise de redondance

Le temps de détection des défaillances dépend du nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité.

4.4.6.3 Ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Le Tableau 13 spécifie un ensemble cohérent d'indicateurs de performance inclus dans ce profil.

Tableau 13 – CP 14/2 : ensemble cohérent d'indicateurs de performance

Indicateur de performance	Valeur	Contraintes
Temps de remise	100 µs 500 µs	Sans défaillance Une trame perdue
Nombre de stations d'extrémité	64	Topologie en étoile avec commutateurs connectés
Nombre de commutateurs entre les stations d'extrémité	4	—
Débit RTE	1 536 000 octets/s	—
Largeur de bande non-RTE	85 %	Ethernet 10 Mbit/s (mode bidirectionnel simultané)
Exactitude de la synchronisation temporelle	< 1 µs	—
Temps de reprise de redondance	< 300 ms	En utilisant l'IEEE Std 802.1Q-2018

4.5 CP 14/3

4.5.1 Couche physique

La couche physique du profil EPA est conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3. Les appareils EPA peuvent utiliser une vitesse de transmission de données de 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, voire plus. La topologie doit être linéaire et/ou en étoile et/ou en anneau.

4.5.2 Couche liaison de données

La couche liaison de données doit être conforme à l'ISO/IEC/IEEE 8802-3 et à l'IEEE Std 802.1Q-2018.

De plus, l'entité de gestion de l'ordonnancement des communications EPA (ECSME) est définie dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, les services de liaison de données sont définis dans l'IEC 61158-3-14, et le protocole de liaison de données permettant de gérer la communication déterministe est défini dans l'IEC 61158-4-14.

Le Tableau 14 définit la sélection des services DLL extraits de l'IEC 61158-3-14 pour le profil 14/3.

Tableau 14 – CP 14/3: sélection des services DLL

Paragraphe	En-tête	Présence	Contraintes
1	Domaine d'application	OUI	—
2	Références normatives	Partielle	Utilisé le cas échéant
3	Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	Partielle	Utilisé le cas échéant
4	Service et concept de DL	Partielle	Utilisé le cas échéant
4.1	Généralités	Partielle	Utilisé le cas échéant
4.2	Services fournis par la DLL	OUI	—
5	Services de gestion DL	OUI	—
5.1	Vue d'ensemble	Partielle	Utilisé le cas échéant
5.2	Annonce de données non périodiques	OUI	—
5.3	Service EndofNonPeriodicDataSendingAnnunciation	OUI	—
5.4	Gestion de DL pour les applications FRT	OUI	—