

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Fieldbus specifications –
Part 4-28: Data-link layer protocol specification – Type 28 elements**

**Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain –
Partie 4-28: Spécification du protocole de la couche liaison de données –
Éléments de type 28**



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 communication networks – Fieldbus specifications –
Part 4-28: Data-link layer protocol specification – Type 28 elements**

**Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain –
Partie 4-28: Spécification du protocole de la couche liaison de données –
Éléments de type 28**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040

ISBN 978-2-8322-6557-4

**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.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
1.1 General.....	8
1.2 Specifications	8
1.3 Procedures	8
1.4 Applicability	8
1.5 Conformance	8
2 Normative references	9
3 Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	9
3.1 Reference model terms and definitions	9
3.2 Service convention terms and definitions	11
3.3 Common terms and definitions	12
3.4 Additional Type 28 terms and definitions.....	13
3.5 Additional Type 28 symbols and abbreviations.....	15
4 Overview of the DL-protocol	16
4.1 DLL protocol architecture	16
4.2 DLL working mechanism	18
4.2.1 Node	18
4.2.2 Addressing	18
4.2.3 Multicast.....	19
4.2.4 Resource mapping and scheduling	19
5 DLPDU structure	21
5.1 Universal DLPDU structure	21
5.2 Basic configuration DLPDU.....	23
5.3 Address assignment DLPDU	25
5.4 Multicast assignment DLPDU	25
5.5 Resource allocation DLPDU	26
5.6 Access notification DLPDU	28
5.7 Resource application DLPDU	29
5.8 Resource release DLPDU	30
5.9 Status query DLPDU	30
5.10 Status response DLPDU	31
5.11 Announcement DLPDU	32
5.12 Clock synchronization DLPDU.....	33
5.13 Common DLPDU.....	34
6 Working procedure	35
6.1 Initialization procedure.....	35
6.1.1 Basic configuration	35
6.1.2 Resource mapping configuration.....	35
6.2 DLL node management procedure	37
6.2.1 DLL maintenance.....	37
6.2.2 Node join	38
6.2.3 Node query.....	39
6.2.4 Node leave	39
6.3 Data transmission procedure	40

6.4	Clock synchronization procedure	42
7	State machine	44
7.1	DLDE state machine	44
7.2	DLME state machine	47
7.3	DLCE state machine	48
8	Error handling.....	49
8.1	General.....	49
8.2	Possible sources and characteristics of errors	49
8.3	Error handling of MN / TN	50
8.4	PhL error source	50
8.4.1	General	50
8.4.2	Lost connection	50
8.4.3	CRC error	50
8.4.4	Buffer overflow	50
8.4.5	Symbol resource conflict.....	50
8.4.6	Symbol resource insufficient.....	50
Annex A (informative)	Example for NodeID and MAC address mapping	51
Annex B (informative)	Example for multicast group working mechanism.....	52
Bibliography		53
Figure 1	– Relationships of DLSAPs, DLSAP-addresses and group DL-addresses	12
Figure 2	– Bitmap data type diagram.....	15
Figure 3	– DLL in Type 28 protocol stack architecture.....	16
Figure 4	– Relationship of the fieldbus DLL to other fieldbus layers and to users of the fieldbus DLS	17
Figure 5	– Type 28 DLL protocol architecture diagram	17
Figure 6	– Resource mapping between DLL and PhL	20
Figure 7	– DLL resource mapping message queue scheduling diagram	21
Figure 8	– Universal DLPDU structure	22
Figure 9	– Basic configuration DLPDU structure	23
Figure 10	– General configuration block structure	24
Figure 11	– Address allocation DLPDU structure.....	25
Figure 12	– Multicast assignment DLPDU structure.....	26
Figure 13	– Resource allocation DLPDU structure	27
Figure 14	– Access notification DLPDU structure	28
Figure 15	– Resource application DLPDU structure.....	29
Figure 16	– Resource release DLPDU structure	30
Figure 17	– Status query DLPDU structure	31
Figure 18	– Status response DLPDU structure	31
Figure 19	– Announcement DLPDU structure	32
Figure 20	– Clock synchronization DLPDU structure	34
Figure 21	– Common DLPDU structure	35
Figure 22	– Resource mapping configuration diagram.....	36
Figure 23	– Initial access configuration procedure diagram	37
Figure 24	– The random access configuration procedure diagram.....	38

Figure 25 – Node leave procedure diagram.....	40
Figure 26 – DLS data sending procedure diagram.....	41
Figure 27 – DLS data receiving procedure diagram.....	42
Figure 28 – Clock synchronization delay measurement procedure diagram.....	43
Figure 29 – Clock register structure diagram.....	43
Figure 30 – Clock synchronization procedure.....	44
Figure 31 – DLDE state machine	45
Figure 32 – DLME state machine	47
Figure 33 – DLCE state machine	48
Figure B.1 – Multicast working mechanism diagram	52
Table 1 – NodeID address assignment of Type 28 DLL	18
Table 2 – NodeID and MAC address mapping table	18
Table 3 – Members of multicast group mapping table.....	19
Table 4 – DLDE state transition	46
Table 5 – DLME state machine state transition	48
Table 6 – DLCE state machine state transition.....	49
Table A.1 – Example of NodeID and MAC address mapping table saved on TN	51

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61158-4-28:2023

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS –
FIELDBUS SPECIFICATIONS –****Part 4-28: Data-link layer protocol specification –
Type 28 elements****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 the associated protocol type is restricted by its 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 its intellectual-property-right holders.

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

IEC 61158-4-28 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

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

Draft	Report on voting
65C/1206/FDIS	65C/1235/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 61158 series, published under the general title *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*, can be found on the IEC web site.

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.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This part of IEC 61158 is one of a series produced to facilitate the interconnection of automation system components. It is related to other standards in the set as defined by the “three-layer” fieldbus reference model described in IEC 61158-1.

The data-link protocol provides the data-link service by making use of the services available from the physical layer. The primary aim of this document is to provide a set of rules for communication expressed in terms of the procedures to be carried out by peer data-link entities (DLEs) at the time of communication. These rules for communication are intended to provide a sound basis for development in order to serve a variety of purposes:

- a) as a guide for implementers and designers;
- b) for use in the testing and procurement of equipment;
- c) as part of an agreement for the admittance of systems into the open systems environment;
- d) as a refinement to the understanding of time-critical communications within OSI.

This document is concerned, in particular, with the communication and interworking of sensors, effectors and other automation devices. By using this document together with other standard positioned within the OSI or fieldbus reference models, otherwise incompatible systems could work together in any combination.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61158-4-28:2023

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 4-28: Data-link layer protocol specification – Type 28 elements

1 Scope

1.1 General

The data-link layer provides several types of messaging communications between devices in an automation environment.

This part of IEC 61158 provides a means of connecting devices through a partial mesh network, such that most failures of an interconnection between two devices can be circumvented. In common practice, the devices are interconnected in a non-redundant hierarchical manner reflecting application needs.

1.2 Specifications

This document specifies

- a) procedures for the timely transfer of data and control information from one data-link user entity to a peer user entity, and among the data-link entities forming the distributed data-link service provider;
- b) the structure of the fieldbus DLPDUs used for the transfer of data and control information by the protocol of this document, and their representation as physical interface data units.

1.3 Procedures

The procedures are defined in terms of

- a) the interactions between peer DL-entities (DLEs) through the exchange of the fieldbus DLPDUs;
- b) the interactions between a DL-service (DLS) provider and a DLS-user in the same system through the exchange of DLS primitives;
- c) the interactions between a DLS-provider and a Ph-service provider in the same system through the exchange of Ph-service primitives.

1.4 Applicability

These procedures are applicable to instances of communication between systems which support time-critical communications services within the data-link layer of the OSI or the fieldbus reference models, and which require the ability to interconnect in an open systems interconnection environment.

1.5 Conformance

This document also specifies conformance requirements for systems implementing these procedures. This document does not contain tests to demonstrate compliance with such requirements.

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

IEC 61158-3-28:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-28: Data-link layer service definition – Type 28 elements*

ISO/IEC 7498-1:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Basic Reference Model: The Basic Model*

ISO/IEC 7498-3:1997, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model: Naming and addressing*

ISO/IEC 10731:1994, *Information technology – Open Systems Interconnection – Basic Reference Model – Conventions for the definition of OSI services*

ISO/IEC 8886:1996, *Information technology – Open Systems Interconnection – Data link service definition*

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet*

3 Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions

For the purposes of this document, the following terms, definitions, symbols and abbreviated terms 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>

3.1 Reference model terms and definitions

This document is based in part on the concepts developed in ISO/IEC 7498-1 and ISO/IEC 7498-3, and makes use of the following terms defined therein:

3.1.1	called-DL-address	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.2	calling-DL-address	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.3	centralized multi-end-point-connection	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.4	correspondent (N)-entities	[ISO/IEC 7498-1]
	correspondent DL-entities (N=2)	
	correspondent Ph-entities (N=1)	
3.1.5	Demultiplexing	[ISO/IEC 7498-1]

3.1.6	DL-address	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.7	DL-address-mapping	ISO/IEC 7498-1]
3.1.8	DL-connection	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.9	DL-connection-end-point	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.10	DL-connection-end-point-identifier	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.11	DL-connection-mode transmission	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.12	DL-connectionless-mode transmission	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.13	DL-data-sink	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.14	DL-data-source	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.15	DL-duplex-transmission	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.16	DL-facility	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.17	DL-local-view	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.18	DL-name	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.19	DL-protocol	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.20	DL-protocol-connection-identifier	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.21	DL-protocol-control-information	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.22	DL-protocol-data-unit	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.23	DL-protocol-version-identifier	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.24	DL-relay	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.25	DL-service-connection-identifier	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.26	DL-service-data-unit	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.27	DL-simplex-transmission	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.28	DL-subsystem	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.29	DL-user-data	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.30	flow control	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.31	layer-management	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.32	Multiplexing	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.33	naming-(addressing)-authority	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.34	naming-(addressing)-domain	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.35	naming-(addressing)-subdomain	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.36	(N)-entity DL-entity Ph-entity	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.37	(N)-interface-data-unit DL-service-data-unit (N=2) Ph-interface-data-unit (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.38	(N)-layer DL-layer (N=2) Ph-layer (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.39	(N)-service DL-service (N=2) Ph-service (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.40	(N)-service-access-point DL-service-access-point (N=2) Ph-service-access-point (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]

3.1.41	(N)-service-access-point-address	[ISO/IEC 7498-1]
	DL-service-access-point-address (N=2)	
	Ph-service-access-point-address (N=1)	
3.1.42	peer-entities	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.43	Ph-interface-control-information	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.44	Ph-interface-data	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.45	primitive name	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.46	Reassembling	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.47	Recombining	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.48	Reset	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.49	responding-DL-address	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.50	Routing	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.51	Segmenting	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.52	Sequencing	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.53	Splitting	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.54	Synonymous name	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.55	Systems-management	[ISO/IEC 7498-1]

3.2 Service convention terms and definitions

This document also makes use of the following terms defined in ISO/IEC 10731 as they apply to the data-link layer:

3.2.1	acceptor
3.2.2	asymmetrical service
3.2.3	confirm (primitive); requestor.deliver (primitive)
3.2.4	deliver (primitive)
3.2.5	DL-confirmed-facility
3.2.6	DL-facility
3.2.7	DL-local-view
3.2.8	DL-mandatory-facility
3.2.9	DL-non-confirmed-facility
3.2.10	DL-provider-initiated-facility
3.2.11	DL-provider-optional-facility
3.2.12	DL-service-primitive; primitive
3.2.13	DL-service-provider
3.2.14	DL-service-user
3.2.15	DLS-user-optional-facility
3.2.16	indication (primitive); acceptor.deliver (primitive)
3.2.17	multi-peer
3.2.18	request (primitive); requestor.submit (primitive)
3.2.19	requestor

**3.2.20 response (primitive);
acceptor.submit (primitive)**

3.2.21 submit (primitive)

3.2.22 symmetrical service

3.3 Common terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

NOTE Many definitions are common to more than one protocol Type; they are not necessarily used by all protocol types.

3.3.1

DL-segment, link, local link

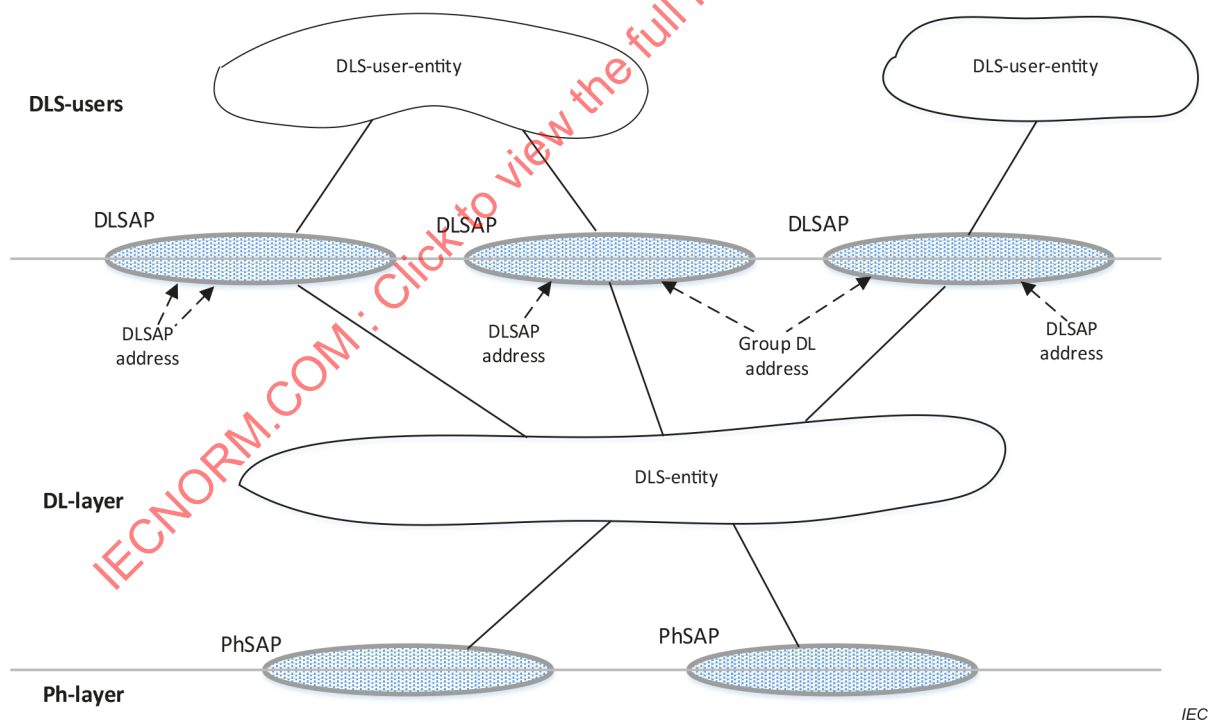
single DL-subnetwork in which any of the connected DLEs may communicate directly, without any intervening DL-relaying, whenever all of those DLEs that are participating in an instance of communication are simultaneously attentive to the DL-subnetwork during the period(s) of attempted communication

3.3.2

DLSAP

distinctive point at which DL-services are provided by a single DL-entity to a single higher-layer entity

Note 1 to entry: This definition, derived from ISO/IEC 7498-1, is repeated here to facilitate understanding of the critical distinction between DLSAPs and their DL-addresses (see Figure 1).



Note 2 to entry: DLSAPs and PhSAPs are depicted as ovals spanning the boundary between two adjacent layers.

Note 3 to entry: DL-addresses are depicted as designating small gaps (points of access) in the DLL portion of a DLSAP.

Note 4 to entry: A single DL-entity may have multiple DLSAP-addresses and group DL-addresses associated with a single DLSAP.

Figure 1 – Relationships of DLSAPs, DLSAP-addresses and group DL-addresses

3.3.3**DL(SAP)-address**

either an individual DLSAP-address, designating a single DLSAP of a single DLS user, or a group DL-address potentially designating multiple DLSAPs where each DLSAP is from a single DLS-user

Note 1 to entry: This terminology is chosen because ISO/IEC 7498-3 does not permit the use of the term DLSAP address to designate more than a single DLSAP at a single DLS-user.

3.3.4**(individual) DLSAP-address**

DL-address that designates only one DLSAP within the extended link

Note 1 to entry: A single DL-entity may have multiple DLSAP-addresses associated with a single DLSAP.

3.3.5**extended link**

DL-subnetwork, consisting of the maximal set of links interconnected by DL-relays, sharing a single DL-name (DL-address) space, in which any of the connected DL-entities may communicate, one with another, either directly or with the assistance of one or more of those intervening DL-relay entities

Note 1 to entry: An extended link may be composed of just a single link.

3.3.6**frame**

denigrated synonym for DLPDU

3.3.7**group DL-address**

DL-address that potentially designates more than one DLSAP within the extended link

Note 1 to entry: A single DL-entity may have multiple group DL-addresses associated with a single DLSAP. A single DL-entity may also have a single group DL-address associated with more than one DLSAP.

3.3.8**node**

single DL-entity as it appears on one local link

3.3.9**receiving DLS-user**

DL-service user that acts as a recipient of DLS-user-data

Note 1 to entry: A DL-service user can be concurrently both a sending and receiving DLS-user.

3.3.10**sending DLS-user**

DL-service user that acts as a source of DLS-user-data

3.4 Additional Type 28 terms and definitions**3.4.1****control device**

device that controls all field devices for logical operations, timing, calculations, etc.

3.4.2**management node**

device for allocating and managing Type 28 network physical communication resources

3.4.3

terminal node

device in Type 28 network that communicates based on allocated physical communication resources

3.4.4

clock synchronization

clock calibration of the terminal node device

3.4.5

cyclic time

time of cyclic processing of a device or module

3.4.6

RT data

data sensitive to time deterministic requirements

3.4.7

non-RT data

data insensitive to time deterministic requirements

3.4.8

orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) symbol

minimum data transmission unit in time domain that include all subcarriers in frequency based on OFDM technology

3.4.9

upper sideband

subcarriers with a frequency range from 16,896 MHz to 32,256 MHz on an OFDM symbol

3.4.10

lower sideband

subcarriers with a frequency range from 1,536 MHz to 16,896 MHz on an OFDM symbol

3.4.11

carrier mode

data transfer mode over available resources made up of OFDM symbols

3.4.12

working mode

OFDM operation in a specific transmission mode, RS coding, convolutional coding, and modulation mode

3.4.13

cyclic frame

signal frames which are processed in a regular and repetitive manner

3.4.14

cyclic symbol

OFDM symbols in signal frames which are processed in a regular and repetitive manner

3.4.15

code block

octet sequence of data interaction between the Type 28 physical layer entity and the Type 28 data-link layer entity

3.4.16**data transmission channel**

logical channel of the Type 28 data-link layer mapped by the determined physical communication resource for transmitting data-link layer data frames

3.4.17**BITMAP**

bitmap format type including Width and Mask_Info information and the length range from 2 octets to 256 octets

Note 1 to entry: See Figure 2.

Note 2 to entry: Width has 1 octet, its value indicates the number of the octets of Mask_Info.

Note 3 to entry: Mask_Info represented by bit. The octet length is Width value and the bit length is $\text{Width} \times 8$.

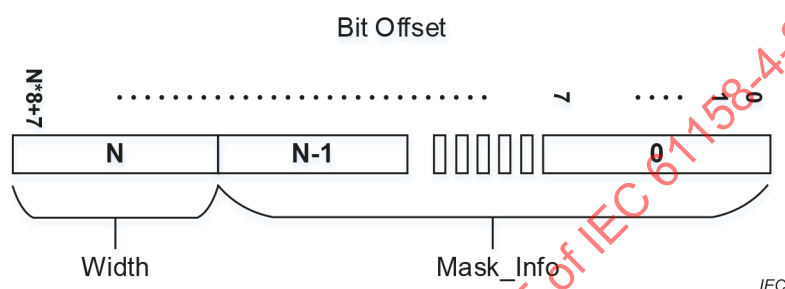


Figure 2 – Bitmap data type diagram

3.5 Additional Type 28 symbols and abbreviations

AL	Application layer
C/S	Client/Server
CLMDTA	Connection-less Mode Data Transmission with Acknowledge
CLMDTNA	Connection-less Mode Data Transmission with No Acknowledge
CLMDTRA	Connection-less Mode Data Transmission with Request and Acknowledge
CLMDTRRNA	Connection-less Mode Data Transmission with Request and Response but No Acknowledge
CMDTA	Connection Mode Data Transmission with Acknowledge
CMDTNA	Connection Mode Data Transmission with No Acknowledge
DL-	Data-link layer (as a prefix)
DLCSS	Data-link clock synchronization service
DLDE	Data-link data entity
DLE	Data-link entity
DLL	Data-link layer
DLM	Data-link management
DLME	Data-link management entity
DLMS	Data-link management service
DLMS-user	Data-link management service user
DLS	Data-link service
DLP	Data-link protocol
DLS-user	Data-link service user
DTC	Data transmission channel
DTS	Data transmission service

DLSDU	Data-link service data unit
DLPDU	Data-link protocol data unit
MAC	Medium access control
MN	Management node
NodeID	Node identifier
nRT	non-Real-Time
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
PhL	Physical layer
PhL-	Physical layer (as a prefix)
RT	Real-Time
RTA	Real-Time acyclic
RTC	Real-Time cyclic
SAP	Service access point
TM	Transmit mode
TN	Terminal node

4 Overview of the DL-protocol

4.1 DLL protocol architecture

Figure 3 illustrates the position of DLL on the protocol stack architecture of the Type 28.

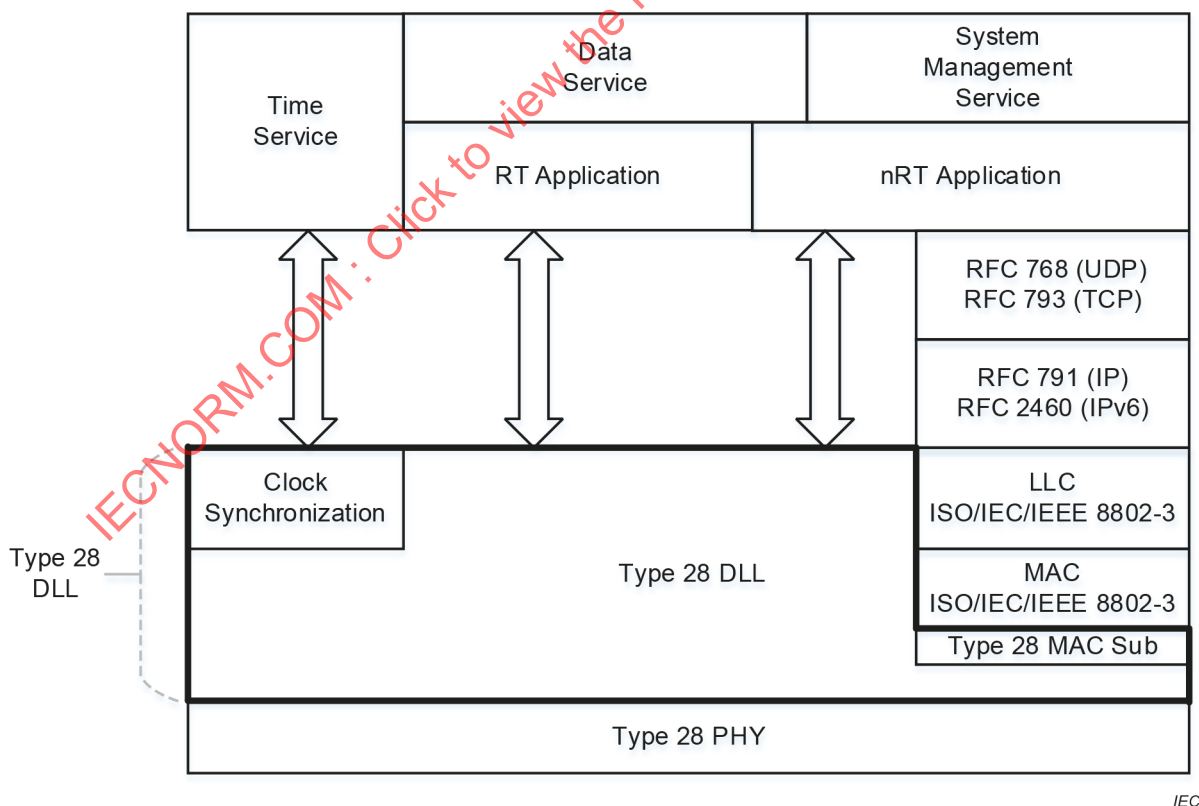


Figure 3 – DLL in Type 28 protocol stack architecture

Type 28 data-link service (DLS) is provided by the Type 28 data-link protocol (DLP) making use of the services available from the Type 28 physical layer (PhL). The DLS characteristics and function defined in this document should be exploited by the higher-level protocol. Type 28 DLL

provides data-link management service (DLMS) for system management. The relationship between the standards for the fieldbus DLS, the fieldbus DLP, the fieldbus application protocol and systems management are illustrated in Figure 4.

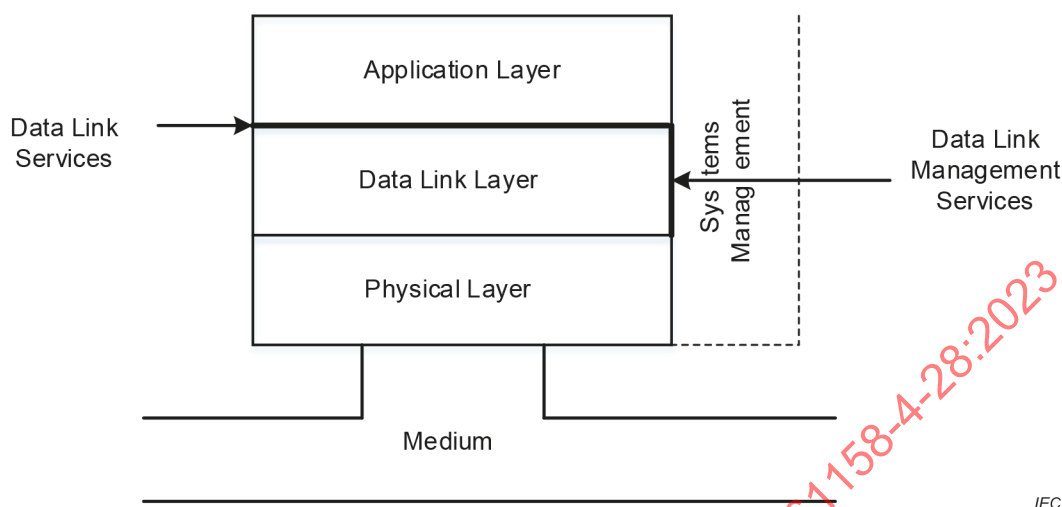


Figure 4 – Relationship of the fieldbus DLL to other fieldbus layers and to users of the fieldbus DLS

The services provided by Type 28 DLL to upper users include DLS, DLMS and data-link clock synchronization service (DLCSS). Data-link layer entity (DLE) includes data-link clock entity (DLCE), data-link data entity (DLDE) and data-link management entity (DLME). Based on the communication resource allocation scheme for PhL provided by the Type 28 DLMS, DLS provides data transmission service with different RT levels through connection and connection-less service. Figure 5 shows the Type 28 DLL protocol architecture.

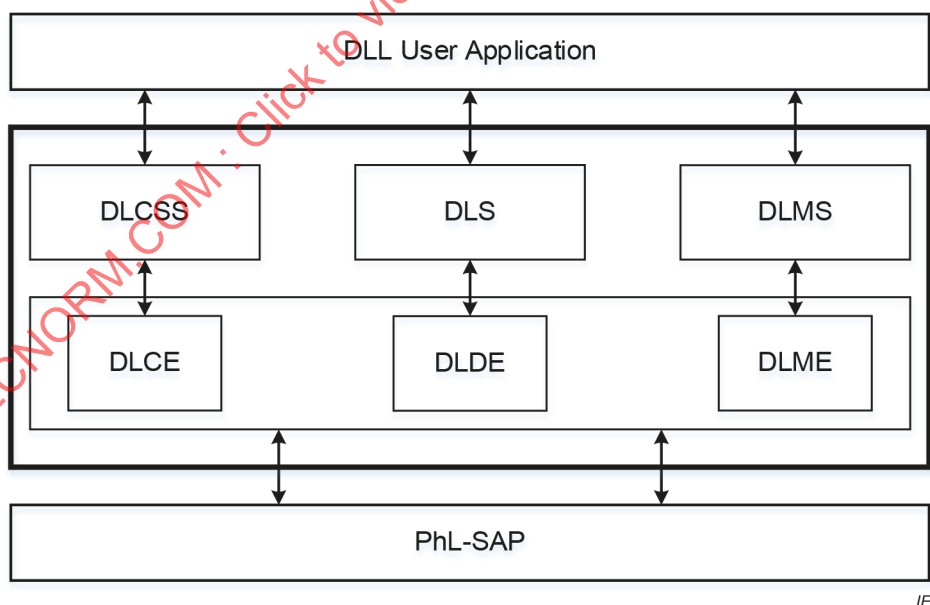


Figure 5 – Type 28 DLL protocol architecture diagram

DLS: DLS exploits data transmission channel (DTC) established based on PhL OFDM symbol resources to implement the encapsulation and transmission for application data or protocol data. After the state machine of Type 28 DLS is started, DLS provides the connection and the connection-less data transmission service based on DLDE for different RT requirements through different DTCs. These channels should be pre-configured and allocated on demand.

DLMS: DLMS provides system management service, including node joining, node leaving, configuration of network parameters, and establishment, update and release of DTCs, etc. Type 28 DLL configures DLME through DLMS, and then implements the encapsulation and parsing of DLPDU including ISO/IEC/IEEE 8802-3 Ethernet DLPDU in DLDE and the corresponding service function subsets to form the Type 28 mac sublayer as shown in Figure 3.

DLCSS: DLCSS provides the clock synchronization service based on the PhL service access point (PhL-SAP), defining delay measurement, clock synchronization and clock interrupt services.

4.2 DLL working mechanism

4.2.1 Node

Type 28 network contains at least one management node (MN) and 0 to 253 terminal nodes (TN). Only one active MN is allowed in the network. The MN should configure all available nodes in the network and manage node access to the network. The TN works normally after it is authorised by MN. The TN sends the data after the MN confirms the available DTC resources.

Each TN in Type 28 network supports both static configuration and automatic discovery.

4.2.2 Addressing

Nodes in Type 28 network are addressed on DLL by device NodeID. There are three different types of NodeID: unicast, broadcast and multicast.

Each node (MN or TN) has a unique node identifier (NodeID) in a Type 28 network. NodeID 0 should only be assigned to the MN. NodeID 1 to 253 can be used as the address of TNs or multicast group.

The NodeID address assignment of Type 28 DLL is shown in Table 1. The unicast address of Type 28 network should be globally unique.

Table 1 – NodeID address assignment of Type 28 DLL

NodeID	NodeID name	Description
0	DLL_NODEID_MN	MN
1 to 253		Normal TN or Multicast group NodeID
254		Reserved
255	DLL_NODEID_BROADCAST	Type 28 broadcast

The NodeID should be assigned by the MN when accessing the network. The source address and the destination address should be identified by NodeID when the DLPDU is transmitted on the network. The NodeID has one-to-one mapping relationship with the device's global unique MAC address in Type 28 network that supports ISO/IEC/IEEE 8802-3 Ethernet. When the Type 28 network carries the service of ISO/IEC/IEEE 8802-3, the MN maintains the mapping table between NodeID and the MAC address of ISO/IEC/IEEE 8802-3 in real time, and broadcasts it to all TNs. The NodeID and MAC address mapping table is described in Table 2.

Table 2 – NodeID and MAC address mapping table

Item	Description
NodeID	The NodeID address of the device, with a valid range from 0 to 253
STATE	State of table entry, 0 indicates valid and 1 indicates invalid
MAC-ADDR	The MAC (defined in ISO/IEC/IEEE 8802-3) address of the corresponding node

Annex A shows an example of the mapping of NodeID and MAC address stored on a TN of the Type 28 network.

4.2.3 Multicast

Type 28 DLP specification uses multicast address to implement the data transmission between single node and multiple nodes. The range of multicast types NodeID is from 238 to 253, which supports up to 16 multicast groups. The assignment of multicast type NodeID starts from 253 in descending order. The multicast group mapping table is stored on each node. The members of the multicast group mapping table are described in Table 3.

Table 3 – Members of multicast group mapping table

Item	Description
Multicast index	Multicast index starting from 1
Multicast ID	Multicast type NodeID specified in Table 1
Member mask	Multicast member represented by a mask mode, where the mask bit corresponds to the NodeID of the member node

The establishment of multicast group mapping table supports static configuration and dynamic configuration. The static configured multicast mapping table information is sent by the MN to all TNs. The MN determines whether the corresponding TN joins the corresponding multicast group as a member of the multicast group successfully through the response information of the member TN. The dynamic configured multicast group mapping table is applied by the TN according to the requirements of DTC, and the MN should assign the dynamic multicast address after receiving the request. The assignment information is sent to the requesting TN to create or update the corresponding multicast group mapping table.

Annex B shows an example for the Type 28 multicast group working mechanism.

4.2.4 Resource mapping and scheduling

DTC is a logical channel for transmitting DLPDUs on DLL, and it is mapped with the determined PhL communication resource. According to the bus configuration, the node receives the data from determined DTC. If the data received meets the requirements of the node configuration, the data shall be stored in the packet receiving buffer queue of DLL based on the scheduled result of receiving packet queue and will be processed by Application Layer (AL) user. The data to be sent in the packet transmitting buffer queue of DLL should be taken out based on the scheduled result of the sending message queue, and be scheduled to the requested DTC. The PhL sends out the data on the corresponding symbol resource with setting mode. Figure 6 shows the resource mapping between DLL and PhL.

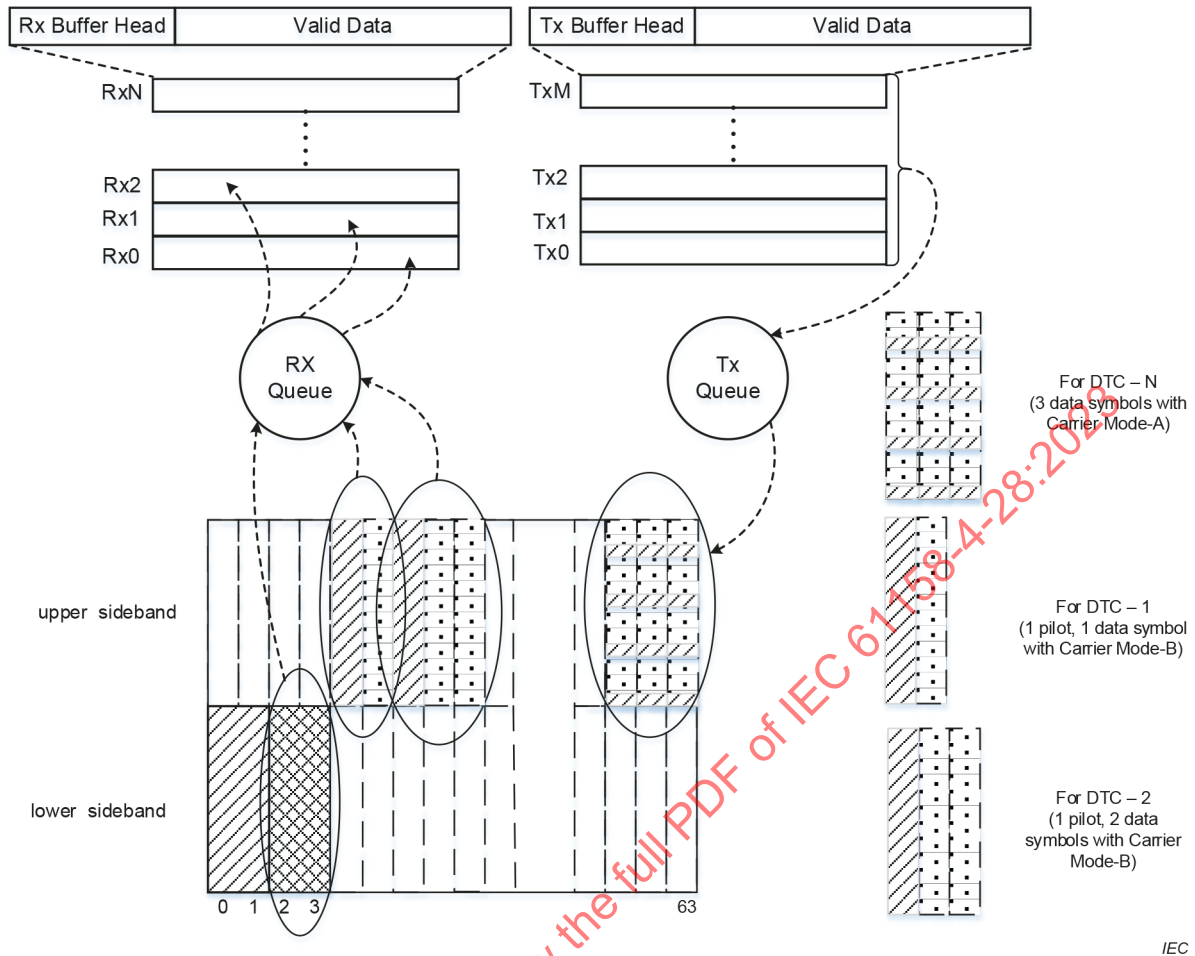
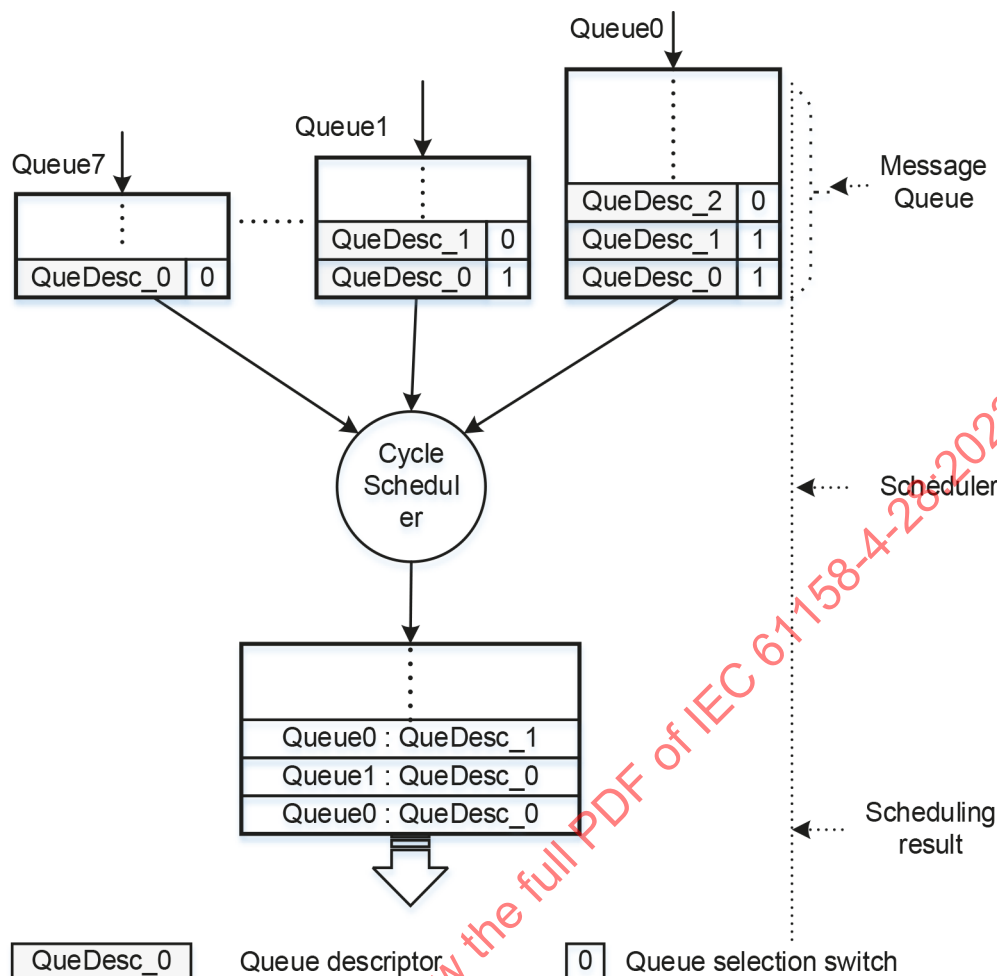


Figure 6 – Resource mapping between DLL and PhL

Description:

- Rx Queue: Receiving message queue
- Tx Queue: Transmitting message queue
- Rx0, Rx1, Rx2...RxN: Packet receiving buffer queue
- Tx0, Tx1, Tx2...TxM: Packet transmitting buffer queue
- Rx Buffer Head: Head information of packet receiving buffer queue that contains data type, queue number, priority, etc.
- Tx Buffer Head: Head information of packet transmitting buffer queue that contains data type, queue number, priority, etc.
- Valid Data: Valid data that has been received or will be sent

When the DLE receives the packets, it puts the parsed data into packet receiving buffer queue according to the data type by scheduling the receiving message queue; and when sending packets, DLE puts the data to be sent into the corresponding packet transmitting buffer queue according to the different data types. The valid data is sent out based on the symbol resource of PhL by scheduling the transmitting message queue. In DLL, the packet buffer resources are mapped to the corresponding physical resources by the scheduling receiving/transmitting message queue, and the determined data buffer resources are processed on the determined physical resources. This scheduling relationship for receiving message queues and transmitting message queues is shown in Figure 7.



IEC

Figure 7 – DLL resource mapping message queue scheduling diagram

Description:

- Queue descriptor: including the data address, the length and the corresponding queue priority of the buffer.
- Queue selection switch: The 1 indicates that the corresponding queue is selected, the 0 indicates that the corresponding queue is not selected, and the corresponding switch value reset to 0 after being scheduled.
- Scheduler: the cyclic scheduler based on priority, cyclic scheduling of message queues and output the selected queue descriptor information.
- Scheduling result: Queue descriptor information that is output to PhL or DLL.
- Queue number and queue depth: the system supports 8 message queues; each message queue depth can be configured to be different.

5 DLPDU structure

5.1 Universal DLPDU structure

Type 28 DLPDUs have a general structure, as shown in Figure 8.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to n	PAYLOAD							
n+1 to n+2	CRC							

IEC

Figure 8 – Universal DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, the type of DLPDU, supports up to 256 different types. The type value 0x00 to 0x1F is a protocol control DLPDU reserved by the system, including:
 - TYPE = 0x00/0x01: Reserved for equipment manufacturers;
 - TYPE = 0x02: Basic configuration DLPDU;
 - TYPE = 0x03: Address allocation DLPDU;
 - TYPE = 0x04: Multicast address allocation DLPDU;
 - TYPE = 0x05: RT resource allocation DLPDU;
 - TYPE = 0x06: nRT resource allocation DLPDU;
 - TYPE = 0x07: Access notification DLPDU;
 - TYPE = 0x08: Resource request DLPDU;
 - TYPE = 0x09: Resource release DLPDU;
 - TYPE = 0x0A: Status query DLPDU;
 - TYPE = 0x0B: Status response DLPDU;
 - TYPE = 0x0C: Announcement DLPDU;
 - TYPE = 0x10: Clock synchronization DLPDU;
 - TYPE = 0x0D to 0x0F, 0x11 to 0x1F: Reserved
 - TYPE with 0x20 to 0xFF belong to the ordinary DLPDU defined by the user.

TYPE field not only distinguishes different DLPDU types, but also represents the higher priority of the DLPDU with smaller value of TYPE.

- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number; when field is 0, it means that the packet is no fragment, and when the field is not 0, it means the sequence number of the packet fragment, and the value 1 means the last piece of packet fragment.
- LEN: 12 bits, the length of a DLPDU, unit is octet, indicating that the DLPDU length from the start of the TYPE field to the beginning of the CRC. A valid DLPDU length range supported by the DLP is 4 to 2 048 octets.
- PAYLOAD: The data payload of a DLPDU whose length is related to type. For different types of DLPDUs, the data with different structures and lengths are defined in the payload section.
- CRC: 2 octets of CRC-16 check bit, the CRC of DLPDU automatically calculated and valued by the hardware. The field will not be described again in this document.

5.2 Basic configuration DLPDU

In the initialization phase of Type 28 network, the MN broadcasts the basic configuration to all the TNs in the network to ensure consistency of the basic configuration, and the protocol state machine should be negotiated in the next step. This type of DLPDU is sent once per physical communication period, and frame number alignment is achieved synchronously in the network.

The basic configuration includes: working mode, PhL frame format configuration, node random access resource allocation, NodeID and multicast address, access mode, and PhL frame sequence number alignment in initialization phase. The DLPDU structure is shown in Figure 9.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3	VER							
4	Reserved							
5 to 10	FrameID_Seq							
11 to 24	COMM_Cfg							
25	Reserved							
26 to 27	CRC							

IEC

Figure 9 – Basic configuration DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x02 for basic configuration DLPDU type.
- Fragment_No: 4 bits, Packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, the length of DLPDU octets from the start of the TYPE field to the beginning of the CRC field, refer to universal DLPDU structure description.
- VER: 1 octet, Version number of Type 28 protocol.
- Reserved: The 4th octet and the 25th octet are reserved fields.
- FrameID_Seq: 6 octets, MN to the physical frame relative count, and the valid value range is 0 to $(2^{44} - 1)$ for the user node alignment count. This number is unique for each cycle of the current network.
- COMM_Cfg, Equal to or greater than 14 octets, general configuration block information for the network, as shown in Figure 10.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TransmitMode				Default_USB_WorkMode			
1	Default_USB_WorkMode		Default_LSB_WorkMode					
2	AccessStatus				Frame_Fmt			
3	Ucn_Num							
4	Mcn_Num							
5	DownStream_Symbol_Num							
6	Cycle_Frame_Num				App_Mode		Reserved	
7	R_RT_Attr							
8	R_RT_Attr				R_Cycle_Symbol_Len			
9	R_Cycle_Symbol_Len							
10	R_Band_Flag		R_Band_Mode					
11	R_Symbol_Start							
12	R_Symbol_Start				R_Symbol_Num			
13	R_Symbol_Num							

IEC

Figure 10 – General configuration block structure

- TransmitMode: 4 bits, system TM, valid value is 0, 1, 2, 3.
- Default_USB_WorkMode: 6 bits, default working mode of upper sideband (refer to IEC 61158-2, 8.6.2.2.6).
- Default_LSB_WorkMode: 6 bits, default working mode of lower sideband (refer to IEC 61158-2, 8.6.2.2.6).
- AccessStats: 4 bits, access status.
- Frame_Fmt: 4 bits, PhL frame format, default 0x0 identifies a physical signal frame with 64 symbols.
- Ucn_Num: 1 octet, total number of NodeID including MN.
- Mcn_Num: 1 octet, the total number of multicast group NodeID, the maximum number of multicasts is 16, and the default is 0.
- DownStream_Symbol_Num: 1 octet, the number of symbols of the downlink subframe, with a default value of 2. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Cycle_Frame_Num: 4 bits, the number of cycles of cyclic frame. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- App_Mode: 2 bits, Access mode configuration, 0x0: fixed algorithm access mode; 0x1: user algorithm access mode.
- Reserved: 2 bits, reserved field.
- R_Cycle_Symbol_Len: 12 bits, cycle length of cyclic symbol of random access symbol. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_RT_Attr: 12 bits, RT attributes of random access symbols. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Band_Flag: 2 bits, the sideband occupation identification of the random access symbol. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Band_Mode: 6 bits, the sideband occupation working mode of the random access symbol. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Symbol_Start: 12 bits, Random access symbol start number. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Symbol_Num: 12 bits, Number of random access symbols. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.

5.3 Address assignment DLPDU

The address assignment DLPDU is used to realize the NodeID assignment function, the MN broadcasts the DLPDU including the available NodeID resource to all TNs in the network. The TN self-configures the allocated NodeID, and realizes the node identification and addressing based on NodeID.

The structure of the address assignment DLPDU is shown in Figure 11.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Start_NodeID							
5	Ucn_Num							
6 to 11	MAC_Addr_1							
...								
(6*n) to (6*n+5)	MAC_Addr_n							
(6*n+6) to (6*n+7)	CRC							

IEC

Figure 11 – Address allocation DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x03 for NodeID address allocation DLPDU.
- Fragment_No: 4 bits, Packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, DLPDU length, the length of DLPDU octets from the start of the TYPE field to the beginning of the CRC field, refer to universal DLPDU structure description. The allocation information of address resources can be processed in batches after allocating the consecutive NodeID sections.
- Start_NodeID: 2 octets, Start NodeID of the NodeID resource allocation section.
- Ucn_Num: 1 octet, the length of the NodeID resource allocation section, that is, the number of NodeID that the section contains.
- MAC_Addr_1 to MAC_Addr_n: MAC addresses list with Ucn_Num nodes initially assigned by Start_NodeID. Each consecutive 6 octets from the 6th octet as a valid MAC address for a total of Ucn_Num MAC addresses.

5.4 Multicast assignment DLPDU

Multicast address assignment function is used to implement multicast services in the network. In the initialization phase of the network, the MN broadcasts the DLPDU including the multicast address assignment results to all nodes.

The structure of the multicast assignment DLPDU is shown in Figure 12.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	MC_NodeID							
5	Group_Nodes_Num							
6	Group_Nodes_Mem							
...	...							
37	Group_Nodes_Mem							
38 to 39	Reserved							
40 to 41	CRC							

IEC

Figure 12 – Multicast assignment DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x04, multicast groups address allocation DLPDUs.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- MC_NodeID: 1 octet, the corresponding multicast group NodeID, which broadcasts the address assignment result of one multicast group at a time.
- Group_Nodes_Num: 1 octet, the number of one MC_NodeID multicast group members.
- Group_Nodes_Mem: 32 octets, based on the BITMAP format, the corresponding bit is 0 which indicates that the corresponding NodeID node is not in the current multicast group, and the 1 indicates the corresponding NodeID node is in the current multicast group.
- Reserved: 1 octet, reserved field.

5.5 Resource allocation DLPDU

The data processed in the DLL is divided into RT data and nRT data (see 6.1.2), and the corresponding resource allocation can be configured before the network starts, the MN sends to all nodes in the network through the bandwidth resource allocation DLPDU to complete the configuration and mapping of the related resources in the initialization access configuration phase. Or during the operation of the system, the TN can apply for the resources dynamically from the MN according to the service requirement, and the MN can assign the corresponding resources to this node to carry on the data transmission processing. The resource allocation DLPDUs for RT and nRT resources have the same format, except that the corresponding type values are different. For RT resource allocation DLPDUs, TYPE value is 0x05, nRT resource allocation DLPDUs, TYPE value is 0x06, and the corresponding DLPDU structure is shown in Figure 13.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Channel_ID							
5	Sequence_No							
6 to 7	Dst_NodeID							
8	Service_Type							
9	RxTx_Attr		RT_Attr					
10	RT_Attr						Res_Flag	
11	Cycle_Symbol_Len							
12	Cycle_Symbol_Len				Reserved1			
13	Band_Flag_1		Band_Mode_1					
14	Symbol_Start_1							
15	Symbol_Start_1				Symbol_Num_1			
16	Symbol_Num_1							
17	Band_Flag_2		Band_Mode_2					
18	Symbol_Start_2							
19	Symbol_Start_2				Symbol_Num_2			
20	Symbol_Num_2							
21	Reserved2							
22 to 23	CRC							

IEC

Figure 13 – Resource allocation DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet for resource allocation DLPDU type:
 - 0x05: RT resource allocation DLPDU;
 - 0x06: nRT resource allocation DLPDUs.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, Refer to universal DLPDU structure description.
- Channel_ID: 2 octets, the corresponding connection resource channel ID number.
- Sequence_No: 1 octet, resource allocation frame sequence number, when there are more than two channel resource blocks at the same DTC Channel_ID, multiple resource allocation frames should be used for allocation.
- Dst_NodeID: 2 octets; the NodeID value of the node to which the resource channel is assigned.
- Service_Type: 1 octet; the service data type used by the resource channel. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- RxTx_Attr: 2 bits, bus data processing mode on the channel resources, 0x0 for read and 0x1 for write. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- RT_Attr: 12 bits, the RT attribute of the resource channel. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.

- Res_Flag: 2 bits, indicating whether the first and second groups of symbol resource block configurations are valid or not, bit 0 indicates the first group configuration and bit 1 indicates the second group configuration; if the corresponding bit is set to 0x1, the group configuration is valid.
- Cycle_Symbol_Len: 12 bits; flag the cycle length of the symbol and this field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Band_Flag1 - 2: 2 bits, indicating the upper and lower sideband of symbol based on bit, as specified in IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Band_Mode_1 - 2: 6 bits, the working mode of the allocated first and second groups of symbol resources, as specified in IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Symbol_Start_1 - 2: 12 bits, start symbol number of the allocated first and second groups of symbol resources; as specified in IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Symbol_Num_1 - 2: 12 bits, the number of symbols of the allocated first and second groups of symbol resources; as specified in IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Reserved1: 4 bits, reserved field.
- Reserved2: 1 octet, reserved field.

5.6 Access notification DLPDU

When TN starts up, it broadcasts the access notification DLPDU in the network through the allocated resource. The content of the transmission includes destination node NodeID, own NodeID, the status of this node and the MAC address information, and the numbers of notification DLPDUs received from different NodeID. The access notification DLPDU is the basis for the communication between nodes of the entire network. The access of the TN is acquired by the MN in the network in real time.

The access notification DLPDU structure is shown in Figure 14.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7	Nodes_Num							
8 to 13	Mac_Addr							
14	Node_Status							
15	Reserved							
16 to 17	CRC							

IEC

Figure 14 – Access notification DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x07 for access notification DLPDU.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- Dst_NodeID: 2 octets, destination node address NodeID value.
- Src_NodeID: 2 octets, source node address NodeID value.

- Nodes_Num: 1 octet, the numbers of access notification DLPDUs received from different nodes correctly.
- Mac_Addr: 6 octets, identify the MAC address of the source node.
- Node_Status: 1 octet, the running state of this node, 0x00 is initialization phase, 0x01 is ready; other values reserved; as specified in IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Reserved: 1 octet, reserved field.

5.7 Resource application DLPDU

Before the fieldbus network works, the MN transmits the physical symbol resources allocation result to each TN in the network. After the network is activated, the TN dynamically applies for nRT resources to process the sending and receiving of the corresponding nRT data (see 6.1.2). For the MN, the dynamic application should be completed locally; for the TN, the application information should be encapsulated as a dynamic resource application DLPDU and sent to the MN for allocation. If the TN accesses the network successfully, the transmission is processed based on the corresponding resource. If not successfully so, the corresponding nRT data will be discarded and the DLS-user should be notified.

The structure of the resource application DLPDU is shown in Figure 15.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7 to 8	Channel_ID							
9	Service_Type							
10 to 11	APPBw							
12 to 13	LoopTime							
14 to 15	Reserved							
16 to 17	CRC							

IEC

Figure 15 – Resource application DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x08 for dynamic resource application DLPDU.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description, the resource request DLPDU length is fixed to 18.
- Dst_NodeID: 2 octets, Destination node address NodeID value, default is MN's NodeID.
- Src_NodeID: 2 octets, Source node address NodeID value for resource application, default is the NodeID of this node
- Channel_ID: 2 octets, the corresponding resource channel ID number; the ID number is a full F invalid value when the user applied for the first time.
- Service_Type: 1 octet, the service data type values that dynamically request resources to be loaded. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- APPBW: 2 octets, the size of the amount of service data that shall be applied for resource to be loaded and the unit is octet. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.

- LoopTime: 2 octets, the cycle time to apply for resource carrying data and the unit is μs . This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Reserved: 2 octets, reserved field.

5.8 Resource release DLPDU

The resource dynamically requested by the TN can be used within the time of application. When the number of times and time of application meet the set threshold, the resource should be automatically released and recycled by the system. In some cases, the TN can proactively release the requested resource by sending the resource release DLPDU to the MN.

The structure of the resource release DLPDU is shown in Figure 16.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7 to 8	Channel_ID							
9	Sequence_No							
10	Service_Type							
11	Reserved							
12 to 13	CRC							

IEC

Figure 16 – Resource release DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x09 for dynamic resource request DLPDU.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- Dst_NodeID: 2 octets, NodeID value corresponds to the destination node address for the release service.
- Src_NodeID: 2 octets, NodeID value corresponds to the source node address for the release service.
- Channel_ID: 2 octets, the released resource channel ID number.
- Sequence_No: 1 octet, resource allocation frame number. If the field is 0x00, all symbol resources in the channel should be deleted.
- Service_Type: 1 octet, based on the service data type values loaded by the released resource channel. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Reserved: 1 octet, reserved field.

5.9 Status query DLPDU

The maintenance service mainly completes the specific function by the status query DLPDU and the status response DLPDU, and the maintenance service function can refer to the description of the command parameter (as specified in IEC 61158-3-28, Clause 5); When the MN detects that no DLPDU has been sent by a specified node within a certain period of time or when a new node randomly accesses, the MN broadcasts the status query DLPDU, and the normal nodes should respond with the access notification DLPDU. The node that runs abnormally or has been offline should not respond.

The structure of the status query DLPDU is shown in Figure 17.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7	Command							
8 to 9	CRC							

IEC

Figure 17 – Status query DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x0A for status query DLPDU.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- Dst_NodeID: 1 octet, destination node address NodeID value for query.
- Src_NodeID: 1 octet, source node address NodeID value for query.
- Command: 1 octet, the command word for query operation at the destination node is identical with IEC 61158-3-28, 5.3.

5.10 Status response DLPDU

The destination node of the status query decides whether or not to respond according to the command word in the status query DLPDU, and sends the status response DLPDU to the status query source node. The status response DLPDU contains the result of the query and the status information.

The structure of the status response DLPDU is shown in Figure 18.

Bit Offset								
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7	Command							
8	NodeState							
9 to 10	ChannelCnt							
11 to 14	WarnCnt							
15 to 18	ErrCode							
19	Reserved							
20 to 21	CRC							

IEC

Figure 18 – Status response DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x0B for status query DLPDU.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- Dst_NodeID: 2 octets, NodeID value of destination node address for response.
- Src_NodeID: 2 octets, NodeID value of source node address for response.
- Command: 1 octet, response command values that identify the response source node. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- NodeState: 1 octet, the status of the response source node. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- ChannelCnt: 2 octets, the number of DTCs that are being used by the source node. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- WarnCnt: 4 octets, the number of alerts generated by the response source node. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- ErrCode: 4 octets, the last error code on the reply source node. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Reserved: 1 octet, reserved field.

5.11 Announcement DLPDU

During link maintenance, the MN sends the announcement DLPDU to the fieldbus network, and the TN confirms whether the local configuration is consistent with the MN based on the DLPDU. The announcement DLPDU structure is shown in Figure 19.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7	Command							
8	Ucn_Num							
9	Mcn_Num							
10	LaunchMode							
11	Default_USB_WorkMode						Default_LSB_WorkMode	
12	Default_LSB_WorkMode				Cycle_Frame_Num			
13	R_RT_Attr							
14	R_RT_Attr				R_Cycle_Symbol_Len			
15	R_Cycle_Symbol_Len							
16	R_Band_Flag		R_Band_Mode					
17	R_Symbol_Start							
18	R_Symbol_Start				R_Symbol_Num			
19	R_Symbol_Num							
20 to 21	CRC							

IEC

Figure 19 – Announcement DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x0C for announcement DLPDU.
- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- Dst_NodeID: 2 octets, NodeID value of destination node address for response.
- Src_NodeID: 2 octets, NodeID value of source node address for response.
- Command: 1 octet, the response command value that identifies the response source node, as specified in IEC 61158-3-28, 5.3.
- Ucn_Num: 1 octet, Total number of NodeID including MN.
- Mcn_Num: 1 octet, the total number of multicast group NodeID, the maximum number of multicasts is 16, default is 0.
- TransmitMode: 4 bits, system TM, valid value is 0, 1, 2, 3.
- Default_USB_WorkMode: 6 bits, upper sideband default work mode.
- Default_LSB_WorkMode: 6 bits, lower sideband default work mode.
- Cycle_Frame_Num: 4 bits, cyclic frame cycle number. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Cycle_Symbol_Len: 12 bits, cyclic symbol length of random access symbols. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_RT_Attr: 12 bits, the RT attributes of random access symbols. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Band_Flag: 2 bits, the sideband occupation identification of the random access symbol. This field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Band_Mode: 6 bits, the sideband mode of random access symbols and this field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Symbol_Start: 12 bits, Random access symbol start number and this field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.
- R_Symbol_Num: 12 bits, Number of random access symbols and this field is identical to IEC 61158-3-28, Clause 5.

5.12 Clock synchronization DLPDU

Clock synchronization provides delay measurement and time synchronization functions for DLS-user and the MN synchronizes clock information for TNs or all TNs based on the DLPDU. The TN should respond to the clock synchronization of the MN immediately. DLPDU sent by the MN to the TN and DLPDU sent by the TN to the MN has the same structure as well as the specific contents of the DLPDU are different according to the difference of synchronous action.

The clock synchronization DLPDU structure is shown in Figure 20.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7 to 8	Sequence							
9	Action							
10 to 17	Delay							
18	FrameID_S							
19 to 24	TimeInfo_Second							
25 to 30	TimeInfo_Ns							
31 to 32	Status							
33 to 34	CRC							

IEC

Figure 20 – Clock synchronization DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, set as 0x10 for clock synchronization DLPDU.
- Fragment_No: 4bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- Dst_NodeID: 2 octets, NodeID value of destination node address for clock synchronization.
- Src_NodeID: 2 octets, NodeID value of source node address for clock synchronization.
- Sequence: 2 octets, the sequence number of the delay measurement service, as specified in IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Action: 1 octet, clock synchronization actions and the action parameter are described in IEC 61158-3-28, Clause 5.
- Delay: 8 octets, the result of delay measurement between nodes, 32 bits average delay and 32 bits current delay.
- FrameID_S: 1 octet, the lowest 8 bits value for the current Frame ID of the trigger time synchronization service.
- TimeInfo_Second: 6 octets, the time information of above the second of the real time clock at the start of the current PhL signal frame.
- TimeInfo_Ns: 6 octets, the time information below the second of the real time clock at the start of the current PhL signal frame, unit is nanosecond.
- Status: 2 octets, clock synchronizes state parameters and the field is defined in IEC 61158-3-28, Clause 4.

5.13 Common DLPDU

Common DLPDUs are used to carry the transmission service of application data, including RT field process data and nRT network management data. The corresponding DLPDU structure is shown in Figure 21.

	Bit Offset							
Octet Offset	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 to 4	Dst_NodeID							
5 to 6	Src_NodeID							
7 to n	Payload							
n+1 to n+2	CRC							

Figure 21 – Common DLPDU structure

Each field is defined as:

- TYPE: 1 octet, the octet of data service DLPDU. Value range is from 0x20 to 0xFF.

NOTE The TYPE field of the Type 28 DLPDU structure not only identifies the different service, but also identifies the priority of the corresponding service. Corresponding to RT service data, the TYPE data which has a smaller value holds higher priority.

- Fragment_No: 4 bits, packet fragment sequence number, refer to universal DLPDU structure description.
- LEN: 12 bits, refer to universal DLPDU structure description.
- Dst_NodeID: 2 octets, destination node address NodeID value.
- Src_NodeID: 2 octets, source node address NodeID value.
- Payload: The length of the data loaded by the DLPDU is related to the TYPE. For different types of DLPDUs, the data of different structures and lengths are defined in the load part.

6 Working procedure

6.1 Initialization procedure

6.1.1 Basic configuration

In the Type 28 network, the MN is responsible for the NodeID resource planning and sends the network configuration to all the TNs. At the same time, the PhL signal frame sequence number is synchronized. The TN receives the numbers of global NodeID nodes, its own NodeID identification, and the PhL signal frame sequence number information. TN will send the access notification DLPDU to the MN after resources are allocated for MN. If the DLL does not complete the basic configuration in one allocation cycle, the basic configuration will continue in the next allocation cycle.

The MN sends the global basic configuration DLPDU to each TN through the downlink subframe. Each TN shall receive the configuration DLPDU and response access notification to MN through available physical symbol resource. This procedure duration is N signal frame cycles (N is system configuration parameter, and default value is less than or equal to 8). After this time expires and the corresponding bit of Node status is set, the system automatically enters the next phase.

After the basic configuration is completed, the NodeID of all nodes and NodeID and MAC mapping table is ready. Clock of all nodes are synchronized.

6.1.2 Resource mapping configuration

After the MN completes the basic configuration of the system, each node completes the resource mapping of the DTC by DLME-establish service.

Data buffer processed by DLL distinguishes RT data buffer from nRT data buffer. RT data buffer is used to process service data with high RT requirement, fixed packet length and fixed cycle period. nRT data buffer is used to process low RT requirement, unfixed packet length and cycle. Data in the RT data buffer should be mapped to the determined physical symbol resource through DTC for cyclic processing according to the determined cycle and the fixed packet length. For the nRT data, the length of the packet data to be processed is variable, using the infinite loop DTC or the time-limited loop DTC or temporary DTC that has been authorized. The physical symbol resources are dynamically applied for before the data transmission, and the PhL symbol resources are scheduled and allocated according to the service data types that should be transmitted. This physical symbol resource does not conflict with the physical symbol resources used by the RT data buffer. The resource mapping configuration diagram is shown in Figure 22.

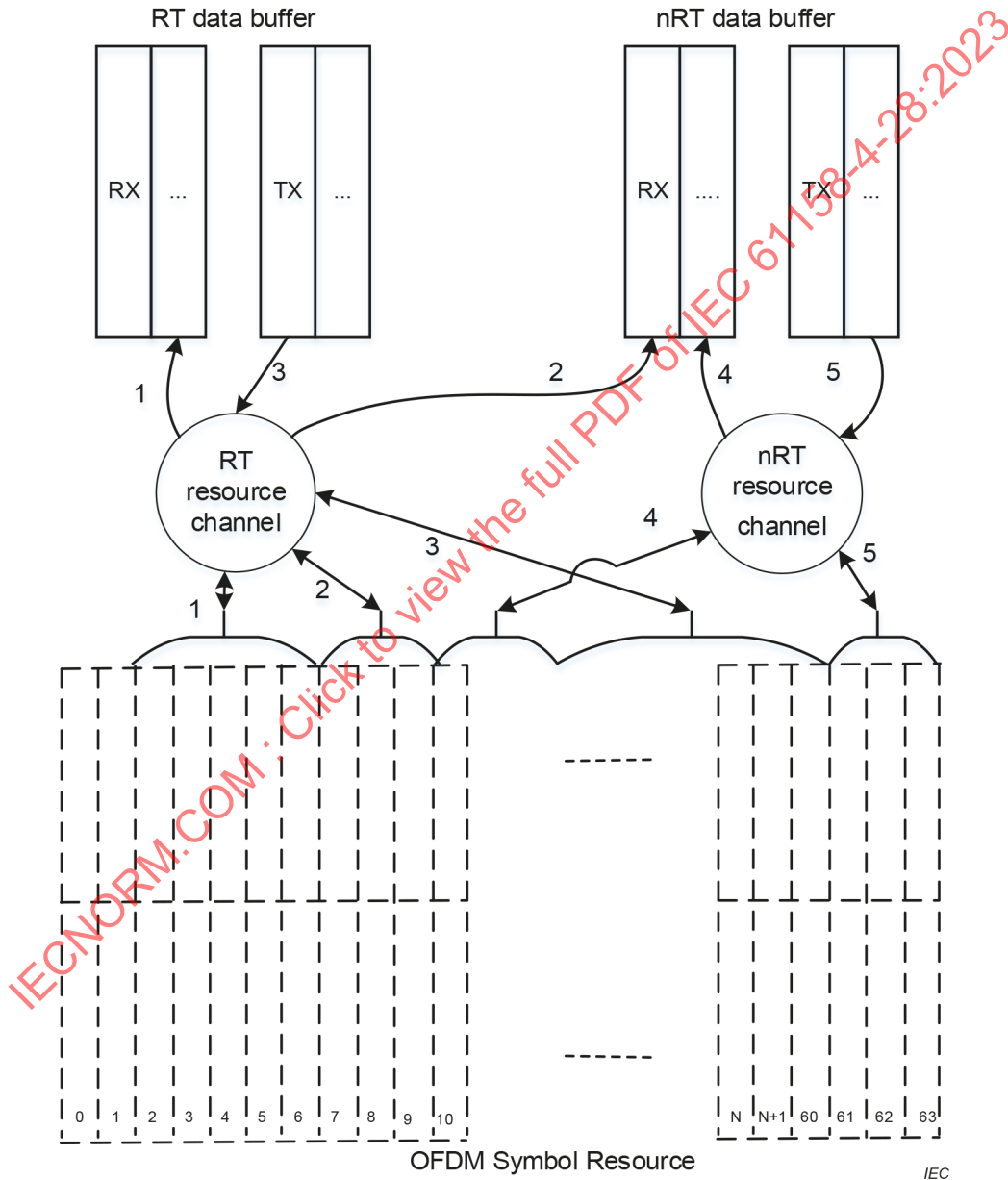


Figure 22 – Resource mapping configuration diagram

The Type 28 network MN performs resource mapping configuration immediately after basic configuration negotiation processing. After the completion of resource mapping configuration, all TNs send the final access notification to the MN, the MN confirms whether the corresponding TN has completed its basic configuration and resource mapping phase or not. When MN confirms all the TNs' access notification, the network system enters into the running stage and starts to process the data transmission.

The initialization procedure of the Type 28 network DLL is shown in Figure 23.

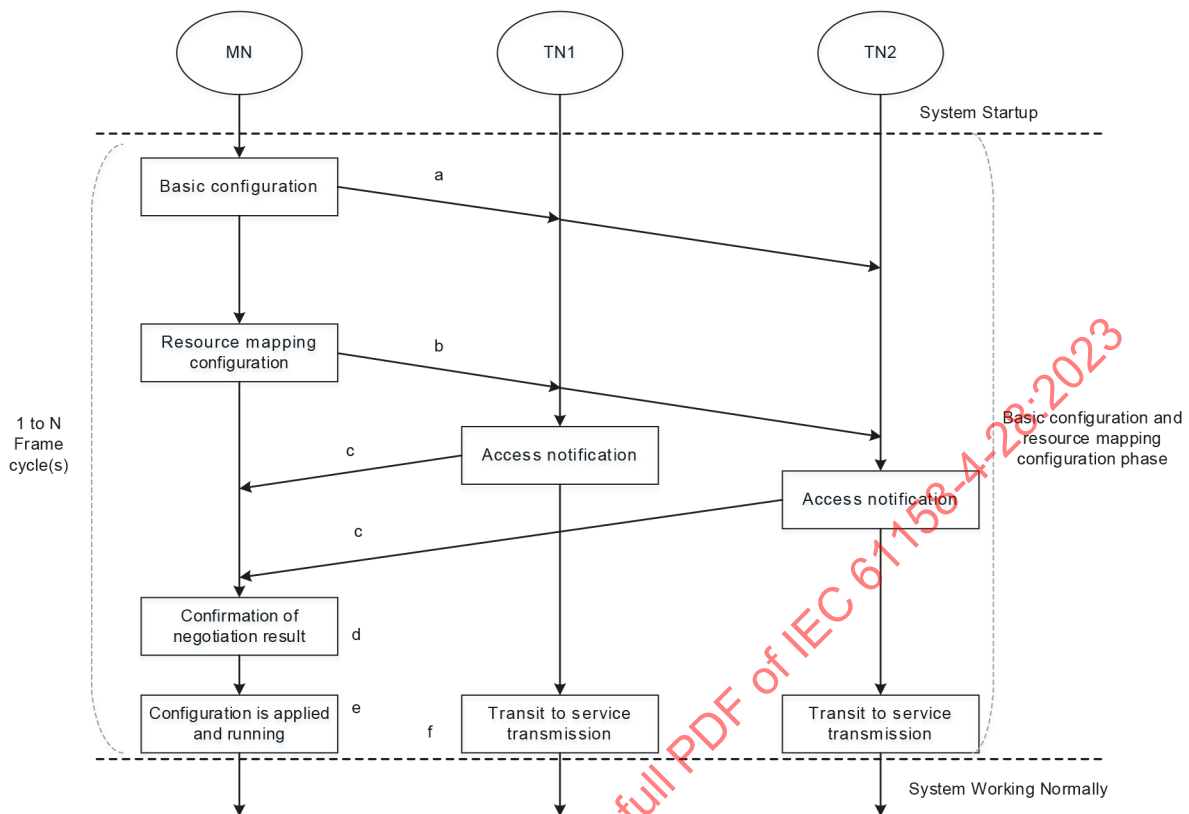


Figure 23 – Initial access configuration procedure diagram

Procedure description:

- a) Basic configuration: MN configure transmit mode, working mode and address of the TNs.
- b) Resource mapping configuration: Each node's configuration for PhL symbol resources is updated after the resource mapping configuration is finished.
- c) Access notification: After the node confirms the basic configuration, address assignment and resource mapping configuration, access notification has been sent to the MN to confirm that the node is authorized to access network.
- d) Confirmation of negotiation result finished on MN.
- e) Configuration is applied and working: The MN confirms that the configuration of all TNs is successful and switches to running working mode.
- f) Transit to service transmission: The TN confirms that the configuration is correct and switches to normal working mode, and carries on service data transmission.

6.2 DLL node management procedure

6.2.1 DLL maintenance

In the running phase of Type 28 network, the DLMS-user of MN uses the downlink subframe to detect the heartbeat of the nodes in the configured cyclic frame period. When the abnormal heartbeat of node is detected, the DLMS-user responds to the MN and reports the status and heartbeat information of the node. The MN will broadcast the announcement DLPDU to all nodes using the downlink subframe mapping channel. For the random access node, the node random access can be implemented by parsing the broadcast DLPDU. The sending cycle of heartbeat detection DLPDU is set by the user when the system is configured, and the announcement DLPDU is processed by the system in default, and cyclically transmitted through the channel of downlink subframe.

6.2.2 Node join

After receiving the basic configuration and resource mapping of the MN, all the TNs in the network complete the initialization of the configuration and transit to the running state. There are two ways for TNs to access the network: normal access and random access. For nodes that MNs have correctly configured and allocated valid resources, the mode of accessing the network in the initialization phase or the running phase of the network is normal access. For nodes that MNs have not correctly configured and allocated valid resources, the mode of accessing the network during the running phase of the network is random access. In the initialization phase of network, since the network is not stable, the MN does not accept the random access. The random access node should wait for the system running normally and then send the random access request.

For the normal access of the TN, referring to the initial access configuration, the TN confirms that it has received the basic configuration, address assignment and resource allocation information, and sends an access notification DLPDU to the MN in order to confirm that the TN is correctly accessed to the network (see 6.1).

In the running phase of network, the new access node is also called random access node. The random access node can confirm the basic configuration information of the system network based on the DLME-Discovery service, and send the access request on the random access resource allocated by the MN. The random access procedure is shown in Figure 24.

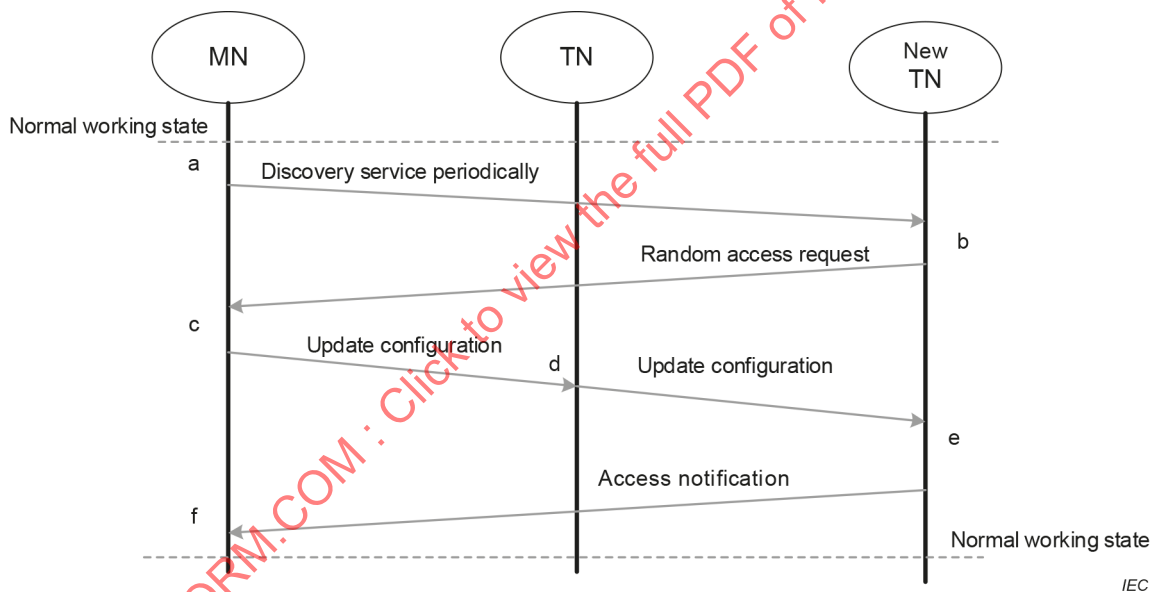


Figure 24 – The random access configuration procedure diagram

Procedure description:

- MNs periodically send control information packet including network announcement to all nodes and all TNs including random access nodes can receive this packet.
- The random access node analyses the announcement of the network sent by MN, and sends the access request to the MN based on the random access symbol resource.
- After receiving the request information packet of the random access node, the MN analyses and confirms the relevant information, then completes the identification and security authentication, and assigns the address and the resource to the random access node.
- The MN sends the updated address and resource allocation information to the network, and other running TNs refresh the local configuration information and continue to work.
- After receiving the configuration information sent by the MN, the random access node updates the local configuration information and sends the confirmed access notification to

the MN after confirming that both the basic configuration and the resource allocation are correct, and enter into the running state.

- f) According to the confirmed access information of the random access node, the MN continues to update the local configuration table and information, then completes the joining process of the random access node, and manages the new node regularly.

6.2.3 Node query

Based on the bus topology, all nodes including MNs can receive DLPDUs from all nodes. Using this feature, the MNs on the network can query and monitor the status and information of any TN. If the MN does not receive the DLPDU sent by a TN within a certain period of time, it should send a query DLPDU to the TN to confirm whether it is still in the network and runs normally. If the node does not respond to the query request within the timeout limit, it means failure or leaving the network.

All the nodes will receive the query DLPDU sent by the MN. If the nodes of the query do not include this node, the receiving node shall not respond to the access notification, but shall continue to listen to the access notification DLPDU of the queried node. If MN does not receive an access notification DLPDU response from the queried node during the timeout (which is set when the system is configured), then other nodes shall delete the non-responsive nodes from their configuration information table according to the configuration update DLPDU published by the MN to complete the online network node configuration synchronous update.

6.2.4 Node leave

Based on whitelist management rules, a node is still a legitimate device before it leaves, so the fixed resources, such as NodeID address resources pre-allocated to the node, are not released. However, the resources for dynamic application generated by the leaving node shall be released normally at the end of the service data transmission, which does not affect the data transmission of other nodes in the network.

Node leaving procedure is distinguished according to active mode and passive mode. Active mode means that a node shall send a request to the MN of current network, and at the same time actively release related resources, or the node does not send a packet to the MN due to device exception or error to leave the network. At this time, the MN should also confirm that the node has left the network based on the maintenance service, and the MN will update the network mapping table and related configuration information, and synchronize to all the nodes online in the network. For passive mode, the MN notifies the TN to leave the network, according to the difference of the command word given by the MN. The TN can choose to restart the device and reset all basic configuration and resource mapping parameters, or keep silent without sending or receiving any service data. Passive mode node leaving mechanism is usually used in network dynamic configuration or online upgrade, application scenarios, etc.

The node leave procedure is shown in Figure 25.

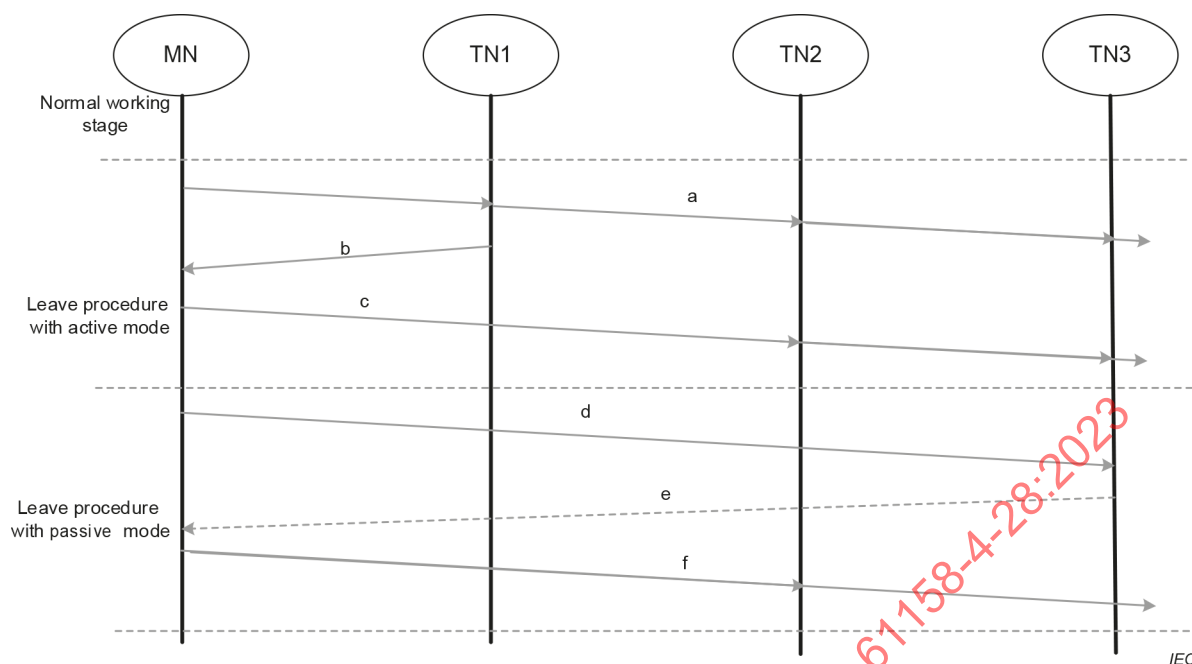


Figure 25 – Node leave procedure diagram

- The MN confirms all nodes in the network are working normally based on periodic maintenance service and the current network operation status.
- The TN2 sends the leave network request to the MN, and the TN2 releases the related resources immediately.
- The MN receives the request from the TN2 and updates the mapping table and configuration information saved by this node. Then it collects the released resources and synchronizes the updated network and resource allocation information to other TNs in the network.
- The MN notifies the TN3 to leave the current network, and the MN updates the mapping table and configuration information saved by the node, then recovers the related resources.
- After receiving the request of the MN, the TN3 releases the resource and decides whether to restart or keep silent according to the command. At the same time, the TN responds to the MN according to the command to confirm leave from the network.
- The MN synchronizes the updated network and resource allocation information to all the nodes of the network again.

6.3 Data transmission procedure

After the Type 28 network confirms that all TN basic configuration and resource mapping is finished, the network can work correctly based on configuration to data transmission. Type 28 fieldbus and other fieldbus can process the same type of service data, according to the RT and nRT service data. The packet data buffers of the DLL also have two types with RT and nRT.

When the data in RT data buffer is processed in the DLL service data sending phase, the data is encapsulated and sent to the network based on the DTC that has been allocated. The transmission of nRT data should dynamically apply for DTC. Based on the allocated physical symbol resources and the established channels, the data is encapsulated and sent to the network. For nRT data resource applications, the scheduling is based on priority, and the data types with high priority are scheduled first. For nRT data, the resource can also be applied for once and a determined channel can be established at the system initialization phase. If the user does not actively release the resource, it can be used all the time. The DLL service data transmission procedure is shown in Figure 26.

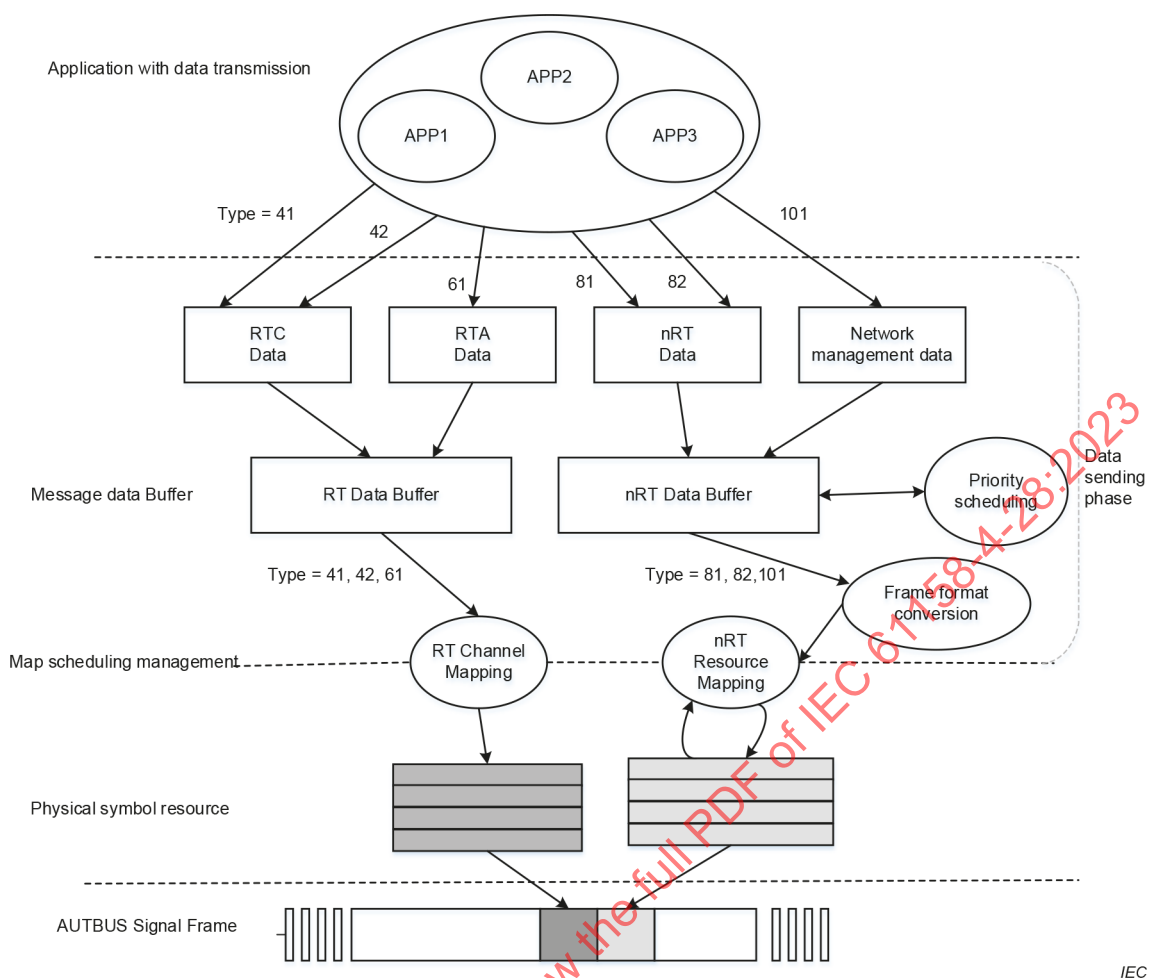


Figure 26 – DLS data sending procedure diagram

After receiving the data from the channel established by the mapping physical symbol resource, the DLL puts the data into the RT data buffer and the nRT data buffer respectively. For nRT data buffers, format conversion is carried out according to configuration and service requirements, and then sent to the corresponding application service module for further processing in the DLPPDU structure. For RT data buffer, it should be taken out by the service module in cyclic mode with fixed period or acyclic mode with non-fixed period, and then continue to process. After the data buffer is processed by the service module, the buffer space is released. The DLL service data receiving procedure is shown in Figure 27.

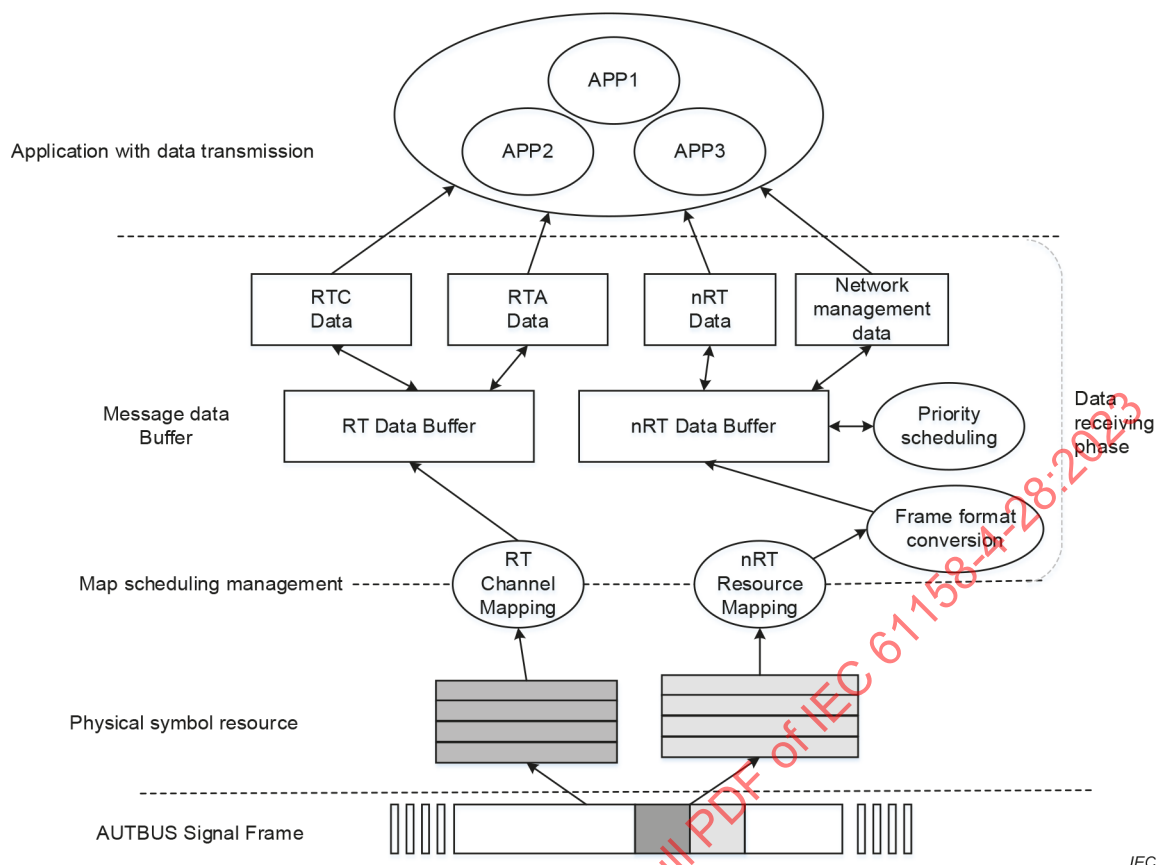


Figure 27 – DLS data receiving procedure diagram

6.4 Clock synchronization procedure

The DLL clock synchronization service provides delay measurement, clock synchronization and clock interrupt. The delay measurement function is a service function based on the PhL mechanism of Type 28 protocol. The delay measurement and clock synchronization services require the interaction of the MNs and the TNs in the Type 28 network.

The DLS-user triggers the measurement of the PhL delay time between nodes in the Type 28 network based on the delay measurement service.

The DLS-user completes the clock synchronization of all nodes on the network based on delay measurement and synchronization service.

The DLS-user could register the interrupt signal based on the clock interrupt service interface which can enable DLS-user to implement the RT service processing with different clock cycles.

See Figure 28 for an example of delay measurement between a MN and a TN:

- The symbol information sent out by the MN at the T_0 time and the TN will receive the symbol at the corresponding T_1 time after the transmission delay of the physical medium.
- Similarly, the symbol information sent out by the TN at T_2 time will be received by the MN at T_3 time after the transmission delay of the physical line.
- Since the above delays are generated from physical signal transmission and are symmetrical to each other, the transmission delay between the MN and the TN could be obtained by Formula (1).

$$\Delta t = T_1 - T_0 = T_3 - T_2 \quad (1)$$

Because the MN can record the expected time and the actual arrival time of the packet sent back by the TN in real time, this time deviation is the transmission delay of the line Δt .

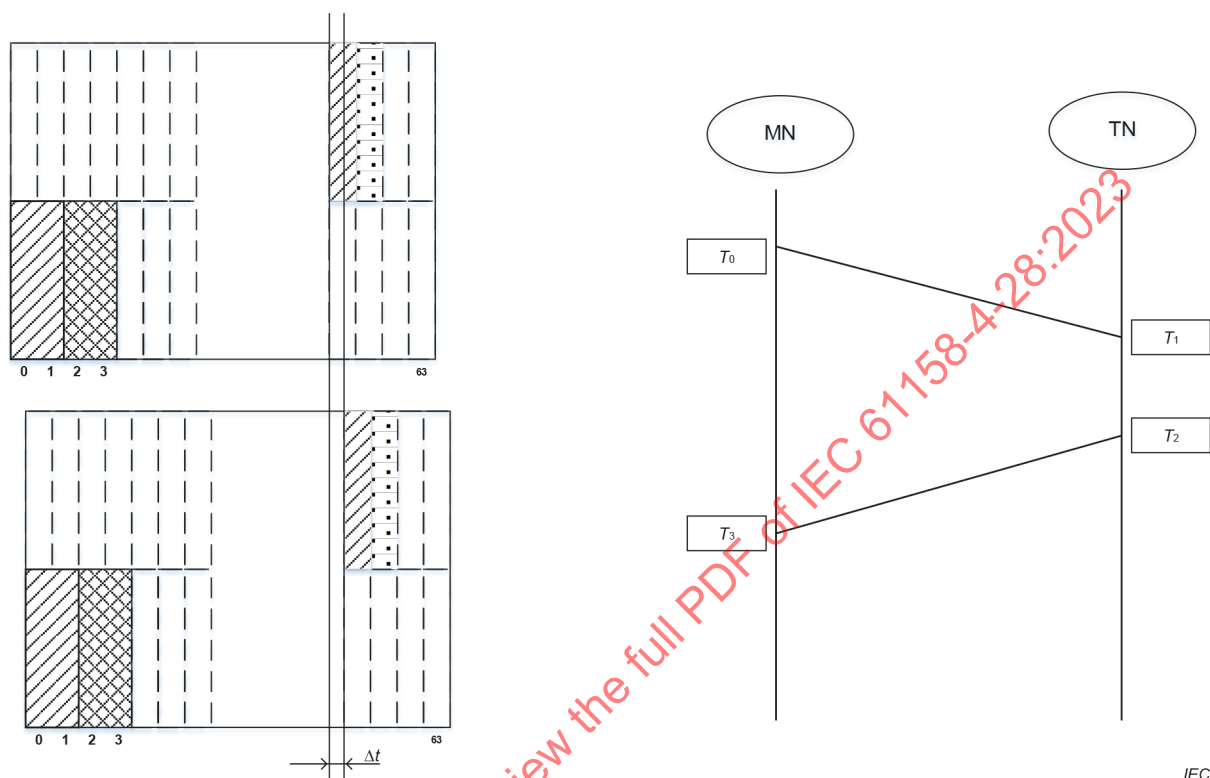


Figure 28 – Clock synchronization delay measurement procedure diagram

Based on the above delay measurement results, the DLLCSS could provide further time synchronization services to the high layer users of DLL. In the Type 28 network, the time information of the MN is always taken as the basic time information. There is a 64-bit data variable on each node in the Type 28 network which contains time information of the corresponding OFDM symbols (the structure is defined in IEC 61158-2, 8.6.2.2.3), as shown in Figure 29.

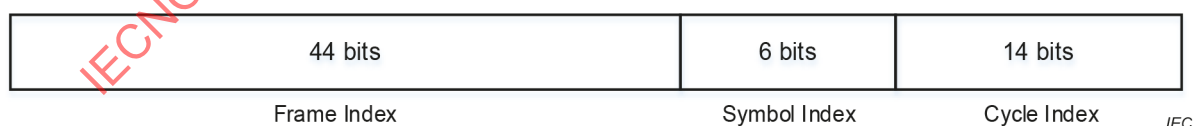


Figure 29 – Clock register structure diagram

In Type 28 network, the Frame Index and Symbol Index in the clock registers of all nodes are obtained by synchronous parsing of the physical signals based on the MNs, and only the Cycle Index is calculated according to the local physical signals. This structure can ensure that the clock information of all TNs is consistent with the MN.

In Type 28 network, in addition to the transmission delays between the nodes, there are three timing information that should be maintained:

- OFDM Timing: The clock registers on each node on the PhL, including Frame Index, OFDM Symbol Index and Cycle Index.

- Real Timing: At the MN, it is the time information expressed in hours, minutes, seconds, milliseconds and microseconds as determined by the system clock source, which should be transmitted to other node devices on the bus. At the TN, this real timing is the time information recovered from the PhL.
- Trigger Time: It is the real timing value at the start of the PhL signal frame on the MN which is used to synchronize the MN time for the TN.

The PhL of the MN generates an interrupt signal at the start of the signal frame, and then copies the current value of Real Timing to the Trigger Time register. The MN uses the corresponding DLL clock synchronization DLPDU to transmit the Frame Index of current PhL signal, and the Trigger Time to other TN devices through the DLL clock synchronization DLPDU. In this way, the TN can synchronize the local Frame Index and Symbol Index with the MN when the system runs stably. When the TN receives the clock synchronization packet from the MN, the Frame Index of Trigger Time are placed in the local register in the current frame. When the TN interrupts at the start of the next PhL signal frame, the calculated time is synchronized to the Real Timing of this node, thus the complete time synchronization is realized between the TN and the MN. Formula for calculating local time by TN is Formula (2).

$$R_{real_Time_TN} = Trigger_Time_MN + Delay + T_{Frame} \quad (2)$$

where

T_{Frame} is a PhL signal frame time length.

The clock synchronization procedure between the MN and the TN is shown in Figure 30.

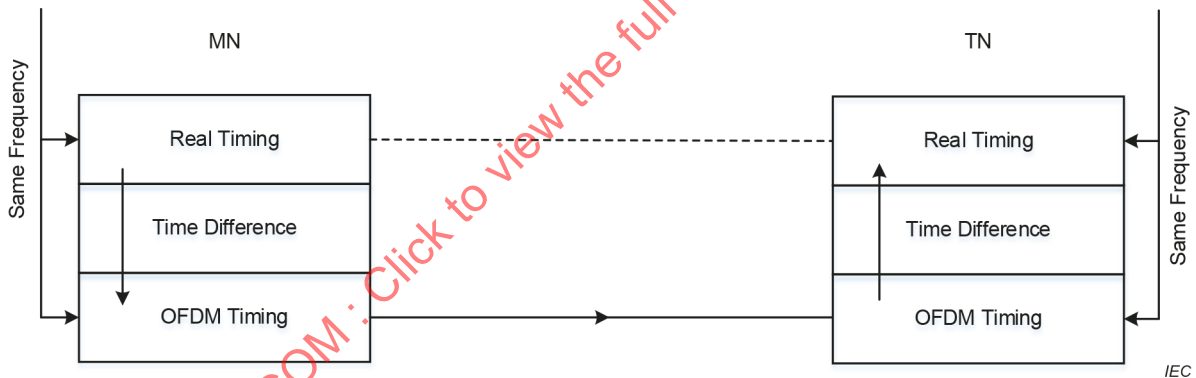
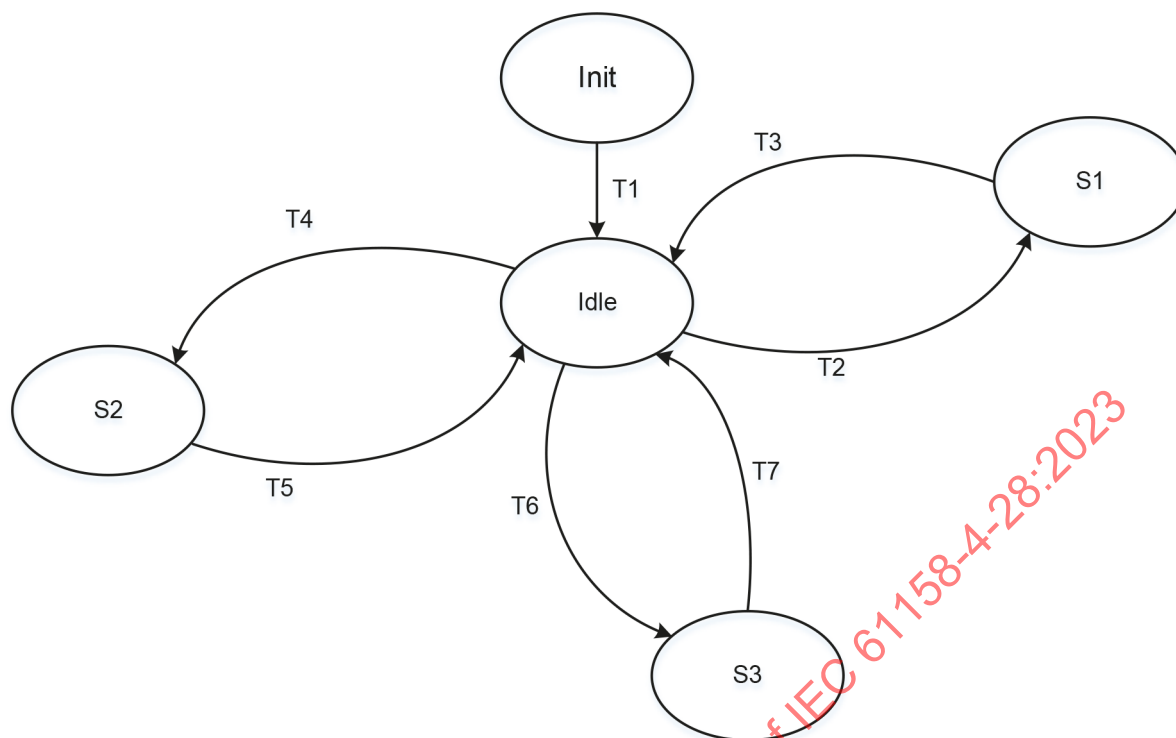


Figure 30 – Clock synchronization procedure

7 State machine

7.1 DLDE state machine

Figure 31 shows the DLDE state machine state.



IEC

Figure 31 – DLDE state machine

The DLDE state machine has five states:

- Init: The DLDE in the DLL initialization state. The DLDE shall enter Idle state after the configuration of the access initialization.
- Idle: The normal working state of a DLDE at the DLL. The DLDE switches among the three states of S1, S2 and S3. The Idle state is a super state, that is if the DLDE has multiple session connections at the same time, it allows multiple Idle states to exist at the same time, or for continuous cyclic data sending and receiving processes, that is DLDE will always transit between S2 and Idle and Idle and S3. The idle states can be ignored at this moment.
- S1: DLDE configuration state. The configuration mapping of DLDE is usually triggered by the DLMS interface, and the DLDE completes the related resource allocation and mapping in this state.
- S2: In this state, the DLDE in the DLL encapsulate and parse the DLPDU. The data that should be sent is encapsulated into the correct DLPDU. The valid data to be processed in the next stop is obtained from the received DLPDU.
- S3: In this state, the DLDE completes the data sending and receiving based on the PhL service interface.

Table 4 shows DLDE state transition.

Table 4 – DLDE state transition

Number	Current state	Description	Next state
T1	Init	After initialization, the DLDE enters into the Idle state, and the DLDE does not transfer data before the DLDE is configured and mapped.	Idle
T2	Idle	The system management user or the DLS-user calls the DLMS interface will trigger the configuration operation of the DLDE, and the DLDE shall enter this state after completing the resource mapping configuration. The following call of the service interface triggers the state transition of the DLDE: DLME-Config DLME-Discovery DLME-Maintain DLME-Establish DLME-Release DLME-Update	S1
T3	S1	The DLDE configuration end or release operation triggers the DLDE transition from the configuration state to the Idle state. In theory, the service operation involved in T2, triggering the DLDE to the configuration state, and the configuration completion let the state of data entity migrate back to the Idle state. In addition, if the configuration failed or an exception occurred, the state machine should migrate from the configuration state to the Idle state.	Idle
T4	Idle	The DLPDU encapsulation processing of the DLDE should be triggered when the DLDE receives the data transmission request of the DLS-user. The remote DLDE should respond to the data receiving request of the PhL service interface, and parse the received DLPDU. The service interfaces that can trigger this state transition are: DLDE-CLMDTA DLDE-CLMDTNA DLDE-CLMRDTA DLDE-CLMDTRRNA DLDE-CMDTA DLDE-CMDTNA	S2
T5	S2	The DLDE notifies the physical service interface to send the data after completing the encapsulation of the data. The DLDE needs to enter the data sending state S3 before sending with the determined physical resource, the DLDE is recovered to a temporary Idle state before the physical resources are scheduled in time, the service interface which make data entity migrate the Idle state to S2 state in the T4 phase, it also causes the state transition. For the data receiving process, after the DLPDU parsing is finished, the DLDE actually enters the idle state and waits for the next receiving data process, while the data put into the data buffer will be received and processed by the user.	Idle
T6	Idle	After completing the data encapsulation, the DLDE will immediately notify the physical service interface to send the data, and the DLDE will call the actual PhL service interface to process the data. The DLDE should enter the data receiving state after it receives the packet receiving request from the PhL service interface. It should migrate to S3 state when the sending or receiving process finished. The service interface that leads to the T4 phase state transition will lead to the state transition.	S3
T7	S3	After calling the PhL service interface to complete a send and receive process, the DLDE will enter the idle state if there is no more data processing. As above, the service interface that led to the T4 phase state transition will eventually lead to this state transition.	Idle

7.2 DLME state machine

Figure 32 shows the DLME state machine.

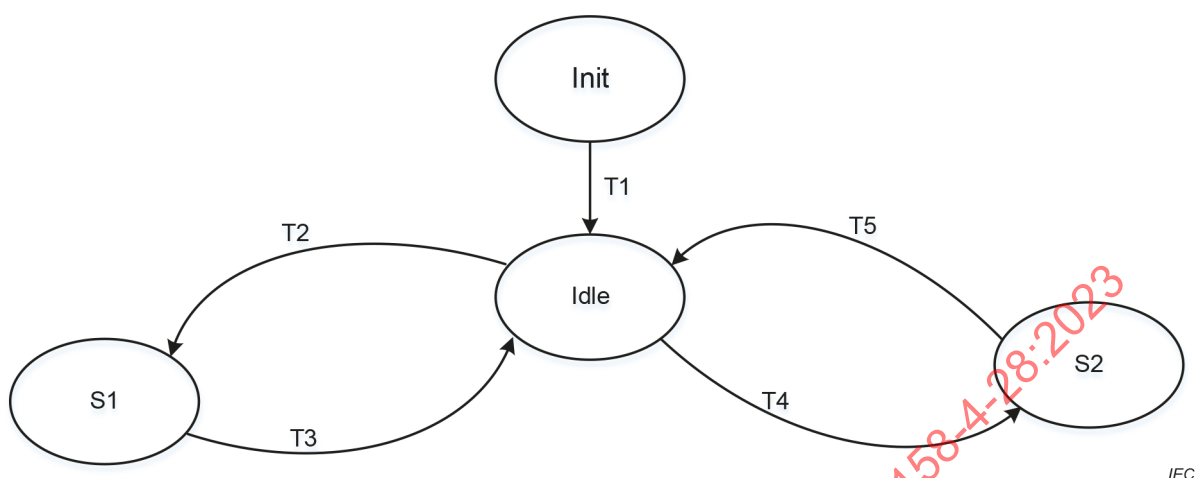


Figure 32 – DLME state machine

The processing of the DLME can trigger the state transition of the DLDE; there are four states for the DLME itself:

- Init: DLME initialization status, which can be configured and maintained after successful initialization.
- Idle: The normal state of the DLME, based on the DLME, the configuration and maintenance operations of the DLDE can be triggered to enter the configuration state and the maintenance state respectively.
- S1: The configuration state of the DLME, the configuration operation triggered to the DLME will make the DLME enter the state, and the configuration state of the DLME will confirm the protection state of the DLME according to the configuration requirements.
- S2: The maintenance state of the DLME, the maintenance operation of the DLME during normal operation after configuration will make the DLME enter the maintenance state.

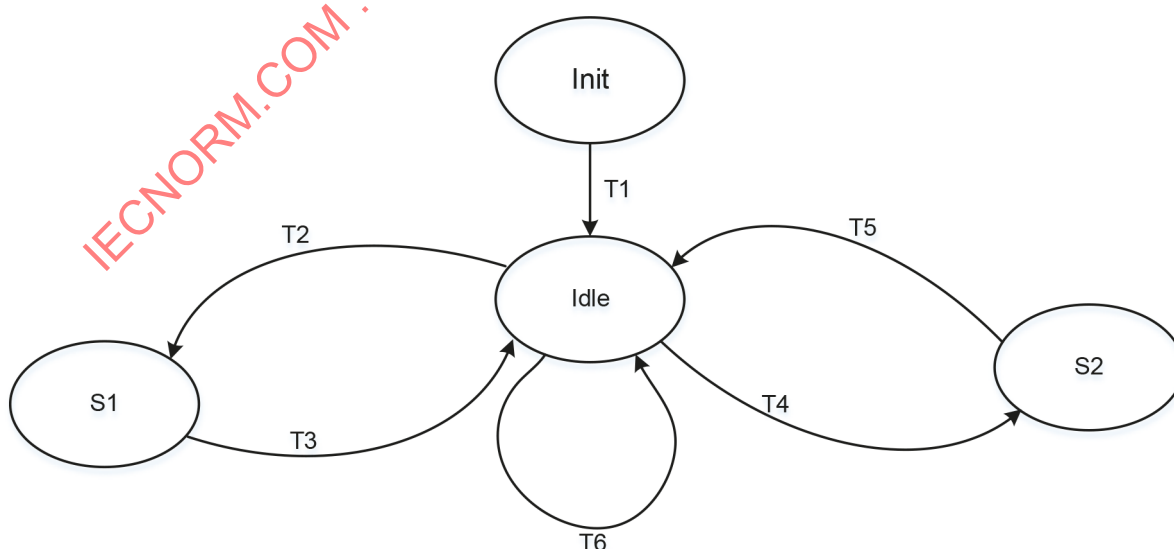
Table 5 defines the DLME state machine state transitions.

Table 5 – DLME state machine state transition

Number	Current state	Description	Next state
T1	Init	For successfully initialized management entities, it automatically enters the state by default, waiting for the user or system to configure and maintain the DLME	Idle
T2	Idle	The DLS-user or system management user calls management service interface and triggers the DLME state enter into the configuration state. The service operations that trigger the state transition are: DLME-Config DLME-Discovery DLME-Establish DLME-Release	S1
T3	S1	The finish of the DLME configuration service operation will make the DLME state machine change from the configuration state to the Idle state. If there are errors or exceptions in the configuration process, the state machine should enter into the Idle state.	Idle
T4	Idle	During the operation of the device, the state of the DLME is always switches between idle and S2, and the frequency of the switch depends on the clock cycle of the management service or the frequency of the application sublayer trigger. The management service operations that can trigger this state transition are: DLME-Maintain DLME-Update	S2
T5	S2	The maintenance state of the DLME will enter into the Idle state due to the service operation errors and exceptions, and the normal end of the maintenance service operation will also make the DLME migrate from the maintenance state to the Idle state.	Idle

7.3 DLCE state machine

Figure 33 shows the DLCE state machine.



IEC

Figure 33 – DLCE state machine

The DLCE state machine contains four states:

- Init: The initialization state of clock synchronization, after which the clock synchronization related service is ready.
- Idle: The default working state of the clock synchronization service.
- S1: Measure state. Based on this state, delay measurement correlation processing is completed.
- S2: Synchronization state, which provides the user with the status of time synchronization, based on this state, time synchronization is completed.

Table 6 defines the DLCE state machine state transition.

Table 6 – DLCE state machine state transition

Number	Current state	Description	Next state
T1	Init	After the clock synchronization related initialization settings are complete, the clock synchronization service enters into the normal working state, that is, the Idle state	Idle
T2	Idle	The delay measurement can trigger the DLCE state machine to enter into the S1 state. In the S1 state, the clock synchronization service completes the delay measurement process, including broadcast the delay measurement results to all nodes. The service interface that triggers the state transition is: DLCE-Measurement	S1
T3	S1	The finish of the delay measurement makes the state machine back to the idle working state, and the service interface that triggers the state transition is: DLCE-Measurement	Idle
T4	Idle	The time synchronization operation can trigger the DLCE state machine to enter into the S2 state for completing the related processing of time synchronization. Once time synchronization starts to process, the MN send clock synchronization DLPDU to all TNs and the possible TN status is confirmed to be end. The service interface that triggers this state transition is DLCE-Synchronization	S2
T5	S2	The end of the time synchronization operation makes the DLCE state machine back to its normal working state, that is the Idle state, and the service interface that triggers the state transition is DLCE-Synchronization	Idle
T6	Idle	By registering the clock interrupt service, the user can periodically obtain the clock interrupt signal at a specified length of time during the normal service of clock synchronization. The interface that triggers the service is: DLCE-Interrupt	Idle

8 Error handling

8.1 General

Error handling in DLL is the basis of diagnosis. The real error source is usually detected by analysing multiple error features on multiple nodes. According to the error characteristics and error sources, nodes should respond at different levels. Error handling should be simple and convenient.

8.2 Possible sources and characteristics of errors

The following error characteristics of the PhL error source are handled by the MNs and TNs:

- Lost connection.
- CRC error.
- Sending buffer overflow.
- Physical symbol resources clash.

8.3 Error handling of MN / TN

State transitions should be notified to all nodes and all log events are registered.

Each error characteristic has a corresponding accumulating counter and a threshold counter. If the accumulating counter exceeds the threshold count in a certain time period, the error is triggered.

The system startup or reset command should not reset the accumulating counter, but should use a method that provides a reset accumulating counter.

Threshold counters support configuration.

8.4 PhL error source

8.4.1 General

The DLL uses PhL error source to diagnose DLL communication error characteristics.

8.4.2 Lost connection

If the connection is broken for example by breaking the wire or unplugging the network cable, the connection should be lost.

Lost connection is a late detected error source, which belongs to the basic error detection. Whenever a DLPDU loss is detected in the DLL, the corresponding MN or TN checks whether there is disconnection on the PhL's MAC controller.

If lost connection is detected, it is recorded in the error history.

Lost connection should be reported regardless of any error log triggered by previous basic error detection.

8.4.3 CRC error

Transmission errors are detected by the controller's hardware (CRC check), and received DLPDUs with CRC errors are discarded.

8.4.4 Buffer overflow

If the TN or the MN data buffer overflows, the data transmission will fail or the expected data will not be received. The response error is logged and the corresponding counter value increases.

8.4.5 Symbol resource conflict

If a large amount of RT aperiodic data is needed to be sent, the RT resource based on the setting cannot handle the data, which causes that the DLPDU cannot be sent temporarily, resulting in the symbol resource clash error.

8.4.6 Symbol resource insufficient

When Type 28 network working mode is fixed, the corresponding total number of symbol resources is fixed too. For the burst nRT service data transmission application, the actual application corresponding to the PhL symbol resources should be insufficient. Once the case occurs, the data transmission application failed and the error code should be notified to the application user.

Annex A

(informative)

Example for NodeID and MAC address mapping

An example for NodeID and MAC address mapping table saved on TN is shown in Table A.1.

Table A.1 – Example of NodeID and MAC address mapping table saved on TN

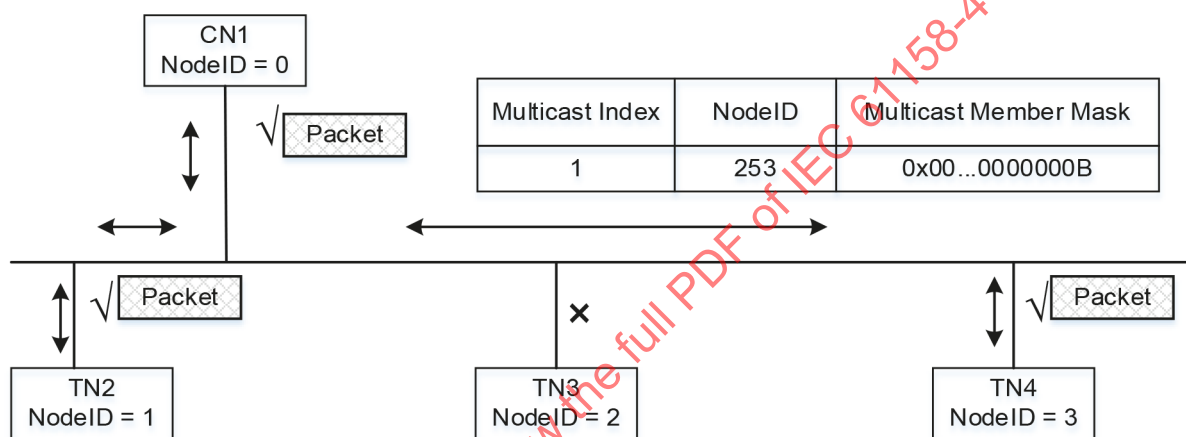
NodeID	STATE	MAC-ADDR
0	0	00-00-00-00-00-01
1	0	00-00-00-00-00-11
2	0	00-00-00-00-00-22
3	0	00-00-00-00-00-33

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61158-4-28:2023

Annex B (informative)

Example for multicast group working mechanism

An example for the Type 28 DLL multicast working mechanism is shown in Figure B.1. The network maintains a multicast group with address of 253. The multicast members include the MN (MN1) with NodeID = 0, the TN (TN2) with NodeID = 1 and the TN (TN4) with NodeID = 3. The TN (TN3) with NodeID = 2 does not belong to this multicast group. When MN1 sends the multicast data packet with multicast address NodeID = 253 to the network, each TN confirms whether or not to continue processing the multicast data packet based on the local multicast group mapping table. TN3 should not deal with the multicast data packet, and TN2 and TN4 should further parse and process the multicast data packet. When TN4 sends the multicast data packet with multicast address NodeID = 253 to the Type 28 network, TN3 should not process the multicast data packet, and MN1 and TN2 should process the multicast data packet.



IEC

Figure B.1 – Multicast working mechanism diagram

Bibliography

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

IEC 61158-5-28, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-28: Application layer service definition – Type 28 elements*

IEC 61158-6-28, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-28: Application layer protocol specification – Type 28 elements*

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61158-4-28:2023

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	57
INTRODUCTION.....	59
1 Domaine d'application	60
1.1 Généralités	60
1.2 Spécifications	60
1.3 Procédures	60
1.4 Applicabilité	60
1.5 Conformité	60
2 Références normatives	61
3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	61
3.1 Termes et définitions du modèle de référence	61
3.2 Termes, définitions et conventions des services.....	63
3.3 Termes et définitions communs.....	64
3.4 Termes et définitions supplémentaires du type 28.....	65
3.5 Symboles et abréviations supplémentaires du type 28	67
4 Vue d'ensemble du protocole DL	68
4.1 Architecture du protocole DLL.....	68
4.2 Mécanisme de fonctionnement de la DLL	70
4.2.1 Nœud	70
4.2.2 Adressage	71
4.2.3 Multidiffusion	71
4.2.4 Mise en correspondance et ordonnancement des ressources	72
5 Structure de DLPDU	74
5.1 Structure de DLPDU universelle.....	74
5.2 DLPDU de configuration de base	75
5.3 DLPDU d'attribution d'adresse	78
5.4 DLPDU d'attribution de multidiffusion.....	78
5.5 DLPDU d'attribution de ressources	79
5.6 DLPDU de notification d'accès	81
5.7 DLPDU d'application de ressource.....	82
5.8 DLPDU de libération de ressources	83
5.9 DLPDU d'interrogation d'état.....	83
5.10 DLPDU de réponse d'état	84
5.11 DLPDU d'annonce	85
5.12 DLPDU de synchronisation d'horloge	87
5.13 DLPDU commune	88
6 Procédure de fonctionnement	89
6.1 Procédure d'initialisation	89
6.1.1 Configuration de base.....	89
6.1.2 Configuration de la mise en correspondance des ressources	89
6.2 Procédure de gestion de nœud de DLL	91
6.2.1 Maintenance de la DLL	91
6.2.2 Rattachement de nœud	92
6.2.3 Interrogation de nœud	93
6.2.4 Sortie du nœud.....	93
6.3 Procédure de transmission de données.....	94

6.4	Procédure de synchronisation d'horloge.....	96
7	Diagramme d'états	98
7.1	Diagramme d'états de la DLDE	98
7.2	Diagramme d'états de la DLME.....	101
7.3	Diagramme d'états de la DLCE	102
8	Traitement des erreurs	103
8.1	Généralités	103
8.2	Sources possibles et caractéristiques des erreurs.....	104
8.3	Traitement des erreurs de MN/TN	104
8.4	Source d'erreur PhL.....	104
8.4.1	Généralités	104
8.4.2	Connexion perdue	104
8.4.3	Erreur de CRC.....	104
8.4.4	Débordement du tampon	104
8.4.5	Conflit de ressources de symbole	105
8.4.6	Ressource de symbole insuffisante.....	105
Annexe A (informative) Exemple de correspondance d'adresses NodeID et MAC		106
Annexe B (informative) Exemple de mécanisme de fonctionnement de groupe de multidiffusion		107
Bibliographie.....		108
Figure 1 – Relations entre DLSAP, adresses DLSAP et adresses DL de groupe		64
Figure 2 – Schéma du type de données Bitmap.....		67
Figure 3 – DLL dans l'architecture de la pile de protocole de type 28.....		69
Figure 4 – Relations entre la DLL du bus de terrain et les autres couches du bus de terrain et les utilisateurs du DLS de bus de terrain.....		69
Figure 5 – Schéma de l'architecture du protocole DLL de type 28		70
Figure 6 – Correspondance des ressources entre DLL et PhL.....		73
Figure 7 – Schéma de correspondance des ressources de la DLL avec l'ordonnancement de la file d'attente		74
Figure 8 – Structure de DLPDU universelle.....		75
Figure 9 – Structure de la DLPDU de configuration de base.....		76
Figure 10 – Structure du bloc de configuration générale		77
Figure 11 – Structure de la DLPDU d'attribution d'adresse.....		78
Figure 12 – Structure de la DLPDU d'attribution de multidiffusion		79
Figure 13 – Structure de DLPDU d'attribution de ressources.....		80
Figure 14 – Structure de la DLPDU de notification d'accès		81
Figure 15 – Structure de la DLPDU d'application de ressource		82
Figure 16 – Structure de la DLPDU de libération de ressource.....		83
Figure 17 – Structure de la DLPDU d'interrogation d'état		84
Figure 18 – Structure de la DLPDU de réponse d'état.....		85
Figure 19 – Structure de la DLPDU d'annonce		86
Figure 20 – Structure de la DLPDU de synchronisation d'horloge		87
Figure 21 – Structure de la DLPDU commune.....		88
Figure 22 – Schéma de configuration de la mise en correspondance des ressources.....		90
Figure 23 – Schéma de la procédure de configuration de l'accès initial.....		91

Figure 24 – Schéma de la procédure de configuration de l'accès aléatoire.....	92
Figure 25 – Schéma de la procédure de sortie du nœud	94
Figure 26 – Schéma de la procédure d'envoi des données de DLS	95
Figure 27 – Schéma de la procédure de réception des données de DLS	96
Figure 28 – Schéma de la procédure de mesure du retard de synchronisation d'horloge.....	97
Figure 29 – Schéma de la structure du registre d'horloge	97
Figure 30 – Procédure de synchronisation d'horloge	98
Figure 31 – Diagramme d'états de la DLDE	99
Figure 32 – Diagramme d'états de la DLME	101
Figure 33 – Diagramme d'états de la DLCE	102
Figure B.1 – Schéma du mécanisme de fonctionnement de multidiffusion	107
Tableau 1 – Attribution d'adresse NodeID de DLL de type 28	71
Tableau 2 – Table de correspondance d'adresse NodeID et MAC	71
Tableau 3 – Membres de la table de correspondance de groupe de multidiffusion	72
Tableau 4 – Transition d'état de la DLDE	100
Tableau 5 – Transition d'état du diagramme d'états de la DLME	102
Tableau 6 – Transition d'état du diagramme d'états de la DLCE	103
Tableau A.1 – Exemple de table de correspondance d'adresses NodeID et MAC enregistrée sur le TN	106

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61158-4-28:2023

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS –
SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –****Partie 4-28: Spécification du protocole de la couche liaison de données –
Éléments de type 28****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. À 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 brevets.

L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation du type de protocole associé 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 des droits de propriété intellectuelle pour ce type.

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

L'IEC 61158-4-28 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.

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

Projet	Rapport de vote
65C/1206/FDIS	65C/1235/RVD

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

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61158, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*, 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. À cette date, le document sera:

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 61158 fait partie d'une série élaborée pour faciliter l'interconnexion des composants de systèmes d'automatisation. Elle est liée aux autres normes de la série telle que définie par le modèle de référence de bus de terrain "à trois couches" décrit dans l'IEC 61158-1.

Le protocole de liaison de données fournit le service de liaison de données en utilisant les services disponibles à partir de la couche physique. Le principal objectif du présent document est de définir un ensemble de règles de communication, exprimées en matière de procédures qu'ont à suivre les entités de liaison de données (DLE) homologues au moment de la communication. Ces règles de communication sont destinées à fournir une base de développement solide de façon à atteindre plusieurs objectifs:

- a) servir de guide aux intégrateurs et aux concepteurs;
- b) être appliquées dans le cadre des essais et de l'achat d'équipements;
- c) être incorporées dans un accord sur l'accès des systèmes à l'environnement de systèmes ouverts;
- d) affiner la compréhension des communications prioritaires au sein de l'OSI.

Le présent document traite, en particulier, de la communication et de l'interfonctionnement des capteurs, effecteurs et autres appareils d'automatisation. En utilisant le présent document conjointement avec d'autres normes entrant dans les modèles de référence OSI ou de bus de terrain, des systèmes autrement incompatibles peuvent fonctionner dans toute combinaison.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61158-4-28:2023

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

Partie 4-28: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 28

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

La couche liaison de données assure plusieurs types de communications entre les appareils dans un environnement d'automatisation.

Cette partie de l'IEC 61158 fournit un moyen de connexion des appareils par l'intermédiaire d'un réseau maillé partiel, de telle sorte que la plupart des défaillances d'une interconnexion entre deux appareils puissent être contournées. Dans la pratique courante, les appareils sont interconnectés d'une manière hiérarchique non redondante reflétant les besoins de l'application.

1.2 Spécifications

Le présent document spécifie:

- a) les procédures de transfert en temps voulu des données et des informations de commande d'une entité utilisateur de liaison de données à une entité utilisateur homologue, et parmi les entités de liaison de données formant le fournisseur de services de liaison de données distribué;
- b) la structure des DLPDU de bus de terrain utilisées pour le transfert de données et d'informations de commande par le protocole du présent document, et leur représentation en tant qu'unités de données d'interface physique.

1.3 Procédures

Les procédures sont définies en termes des

- a) interactions entre entités DL homologues (DLE) par le biais de l'échange des DLPDU de bus de terrain;
- b) interactions entre un fournisseur de services DL (DLS) et un utilisateur de DLS dans le même système par le biais de l'échange de primitives DLS;
- c) interactions entre un fournisseur de DLS et un fournisseur de services Ph dans le même système par le biais de l'échange de primitives de services Ph.

1.4 Applicabilité

Ces procédures s'appliquent aux instances de communication entre des systèmes qui prennent en charge les services de communication prioritaires au sein de la couche liaison de données de l'OSI ou des modèles de référence de bus de terrain, et qui exigent la capacité d'interconnexion dans un environnement d'interconnexion de systèmes ouverts.

1.5 Conformité

Le présent document spécifie également les exigences de conformité pour les systèmes qui mettent en œuvre ces procédures. Le présent document ne contient pas d'essais visant à démontrer la conformité à de telles exigences.

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 de la série IEC 61784-1 et de 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 61158-2:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 2: Spécification et définition des services de la couche physique*.

IEC 61158-3-28:2023, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-28: Définition des services de la couche liaison de données – Eléments de type 28*.

ISO/IEC 7498-1:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base: Le modèle de base*.

ISO/IEC 7498-3:1997, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base – Partie 3: Dénomination et adressage*.

ISO/IEC 10731:1994, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base – Conventions pour la définition des services OSI*.

ISO/IEC 8886:1996, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Définition du service de liaison de données*.

ISO/IEC/IEEE 8802-3:2021, *Télécommunications et échange entre systèmes informatiques – Exigences pour les réseaux locaux et métropolitains – Partie 3: Norme pour Ethernet*.

3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions

Pour les besoins du présent document, les termes, définitions, symboles et abréviations suivants 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>.

3.1 Termes et définitions du modèle de référence

Le présent document repose en partie sur les concepts développés dans l'ISO/IEC 7498-1 et l'ISO/IEC 7498-3, et utilise les termes suivants qui y sont définis:

3.1.1	adresse DL d'appelé	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.2	adresse DL d'appelant	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.3	connexion multipoint centralisée	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.4	entités (N) correspondantes entités DL correspondantes (N=2) entités Ph correspondantes (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.5	démultiplexage	[ISO/IEC 7498-1]

3.1.6	adresse DL	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.7	correspondance d'adresse DL	ISO/IEC 7498-1]
3.1.8	connexion DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.9	extrémité de connexion DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.10	identificateur d'extrémité de connexion DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.11	transmission en mode connexion DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.12	transmission en mode sans connexion DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.13	puits de données DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.14	source de données DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.15	transmission duplex DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.16	facilité DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.17	vue locale DL	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.18	appellation DL	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.19	protocole DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.20	identificateur de connexion de protocole DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.21	information de contrôle protocolaire DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.22	unité de données de protocole DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.23	identificateur de version de protocole DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.24	relais DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.25	identificateur de connexion de service DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.26	unité de données de service DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.27	transmission simplex DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.28	sous-système DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.29	données d'utilisateur DL	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.30	contrôle du débit	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.31	gestion de couche	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.32	multiplexage	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.33	autorité (d'adressage) de dénomination	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.34	domaine (d'adressage) de dénomination	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.35	sous-domaine (d'adressage) de dénomination	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.36	entité (N) entité DL entité Ph	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.37	unité de données d'interface (N) unité de données de service DL (N=2) unité de données d'interface Ph (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.38	couche (N) couche DL (N=2) couche Ph (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.39	service (N) service DL (N=2) service Ph (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.40	point d'accès au service (N) point d'accès au service DL (N=2) point d'accès au service Ph (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]

3.1.41	adresse de point d'accès au service (N) adresse de point d'accès au service DL (N=2) adresse de point d'accès au service Ph (N=1)	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.42	entités homologues	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.43	information de contrôle d'interface Ph	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.44	données d'interface Ph	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.45	nom de primitive	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.46	réassemblage	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.47	recombinaison	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.48	réinitialisation	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.49	adresse DL en réponse	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.50	routage	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.51	segmentation	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.52	séquencement	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.53	éclatement	[ISO/IEC 7498-1]
3.1.54	nom synonyme	[ISO/IEC 7498-3]
3.1.55	gestion système	[ISO/IEC 7498-1]

3.2 Termes, définitions et conventions des services

Le présent document utilise également les termes suivants définis dans l'ISO/IEC 10731 tels qu'ils s'appliquent à la couche liaison de données:

3.2.1	accepteur
3.2.2	service asymétrique
3.2.3	confirmation (primitive de); remise au demandeur (primitive de)
3.2.4	remise (primitive de)
3.2.5	facilité DL de type confirmé
3.2.6	facilité DL
3.2.7	vue locale DL
3.2.8	facilité DL obligatoire
3.2.9	facilité DL de type non confirmé
3.2.10	facilité DL initialisée par le fournisseur
3.2.11	facilité DL facultative au choix du fournisseur
3.2.12	primitive de service DL; primitive
3.2.13	fournisseur de service DL
3.2.14	utilisateur de service DL
3.2.15	facilité DLS facultative au choix de l'utilisateur
3.2.16	indication (primitive d'); remise à l'accepteur (primitive de)
3.2.17	à partenaires multiples
3.2.18	demande (primitive de); soumission par le demandeur (primitive de)
3.2.19	demandeur

3.2.20 réponse (primitive de); soumission par l'accepteur (primitive de)

3.2.21 soumission (primitive de)

3.2.22 service symétrique

3.3 Termes et définitions communs

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE De nombreuses définitions sont communes à plusieurs types de protocoles et ne sont pas nécessairement utilisées par chacun d'eux.

3.3.1

segment DL, liaison, liaison locale

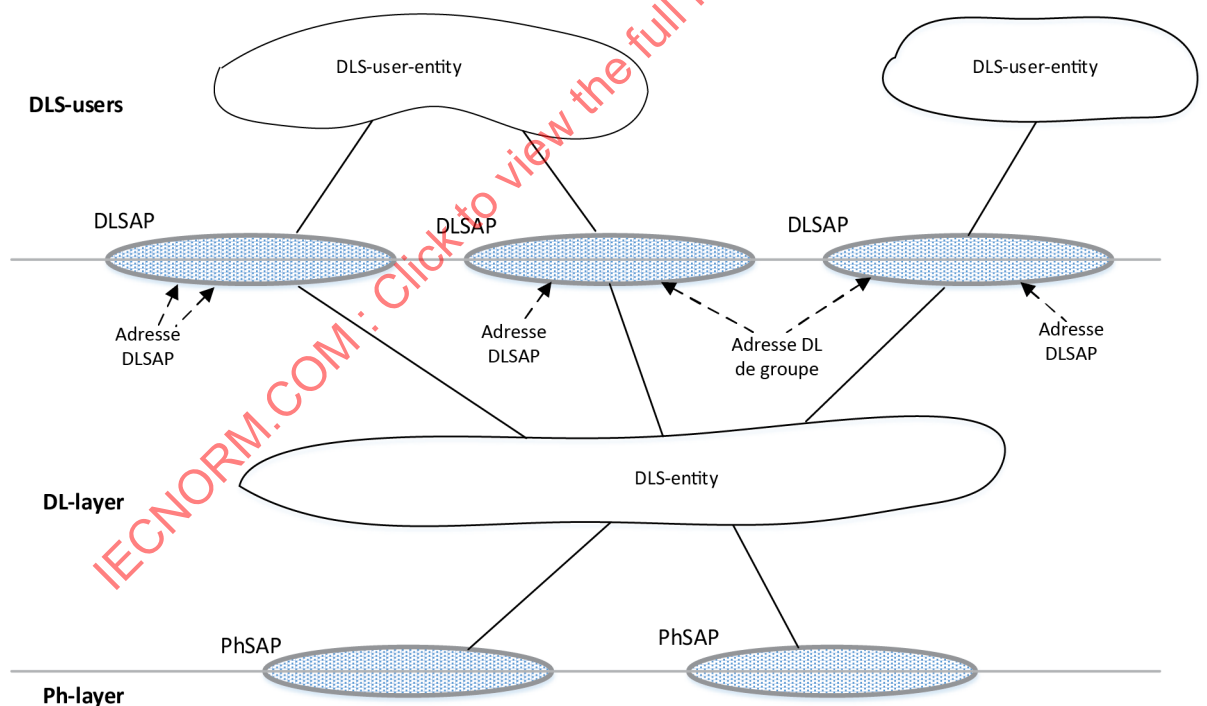
sous-réseau DL unique dans lequel l'une quelconque des DLE connectées peut communiquer directement, sans l'intervention d'un relais DL quelconque, à chaque fois que toutes les DLE participant à une instance de communication sont simultanément attentives au sous-réseau DL pendant la ou les périodes de tentative de communication

3.3.2

DLSAP

point distinctif au niveau duquel des services DL sont fournis par une seule entité DL à une seule entité de couche supérieure

Note 1 à l'article: Cette définition, tirée de l'ISO/IEC 7498-1, est répétée ici pour faciliter la compréhension de la distinction critique entre les DLSAP et leurs adresses DL (voir la Figure 1).



IEC

Note 2 à l'article: Les DLSAP et les PhSAP sont représentés comme des ovals qui s'étendent sur la frontière entre deux couches adjacentes.

Note 3 à l'article: Les adresses DL sont décrites comme désignant de petits trous (points d'accès) dans la portion DLL d'un DLSAP.

Note 4 à l'article: Une seule entité DL peut avoir plusieurs adresses DLSAP et adresses DL de groupe associées à un seul DLSAP.

Figure 1 – Relations entre DLSAP, adresses DLSAP et adresses DL de groupe

3.3.3**adresse DL(SAP)**

soit une adresse DLSAP individuelle, désignant un seul DLSAP d'un seul utilisateur DLS, soit une adresse DL de groupe désignant potentiellement plusieurs DLSAP où chaque DLSAP provient d'un seul utilisateur de DLS

Note 1 à l'article: Cette terminologie est choisie, car l'ISO/IEC 7498-3 ne permet pas l'utilisation du terme adresse DLSAP pour désigner plus d'un seul DLSAP à un seul utilisateur de DLS.

3.3.4**adresse DLSAP (individuelle)**

adresse DL qui désigne un seul DLSAP au sein de la liaison étendue

Note 1 à l'article: Une seule entité DL peut avoir plusieurs adresses DLSAP associées à un seul DLSAP.

3.3.5**liaison étendue**

sous-réseau DL, constitué de l'ensemble maximal de liaisons interconnectées par des relais DL, partageant un seul espace de nom DL (adresse DL), dans lequel l'une quelconque des entités DL connectées peut communiquer, l'une avec l'autre, directement ou avec l'aide d'une ou plusieurs entités de relais DL intervenantes

Note 1 à l'article: Une liaison étendue peut être composée d'une seule liaison.

3.3.6**trame**

synonyme discrédité de DLPDU

3.3.7**adresse DL de groupe**

adresse DL qui désigne potentiellement plus d'un DLSAP au sein de la liaison étendue

Note 1 à l'article: Une seule entité DL peut avoir plusieurs adresses DL de groupe associées à un seul DLSAP. Une seule entité DL peut également avoir une seule adresse DL de groupe associée à plusieurs DLSAP.

3.3.8**nœud**

entité DL unique telle qu'elle apparaît sur une liaison locale

3.3.9**utilisateur DLS destinataire**

utilisateur du service DL auquel sont destinées les données d'utilisateur de DLS

Note 1 à l'article: Un utilisateur de service DL peut être à la fois un utilisateur de DLS expéditeur et destinataire.

3.3.10**utilisateur DLS expéditeur**

utilisateur du service DL jouant le rôle de source de données d'utilisateur de DLS

3.4 Termes et définitions supplémentaires du type 28**3.4.1****appareil de commande**

appareil qui commande tous les appareils de terrain pour les opérations logiques, le cadencement, les calculs, etc.

3.4.2**nœud de gestion**

appareil d'allocation et de gestion des ressources de communication physique de réseau de type 28

3.4.3

nœud terminal

appareil dans un réseau de type 28 qui communique sur la base des ressources de communication physique allouées

3.4.4

synchronisation d'horloge

étalonnage de l'horloge de l'appareil nœud terminal

3.4.5

temps cyclique

temps de traitement cyclique d'un appareil ou d'un module

3.4.6

données RT

données sensibles aux exigences déterministes du temps

3.4.7

données non-RT

données insensibles aux exigences déterministes du temps

3.4.8

symbole de multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM)

unité de transmission de données minimale dans le domaine temporel qui inclut toutes les sous-porteuses en fréquence basées sur la technologie OFDM

3.4.9

bande latérale supérieure

sous-porteuses ayant une plage de fréquences de 16,896 MHz à 32,256 MHz sur un symbole OFDM

3.4.10

bande latérale inférieure

sous-porteuses ayant une plage de fréquences de 1,536 MHz à 16,896 MHz sur un symbole OFDM

3.4.11

mode avec porteuse

mode de transfert de données sur les ressources disponibles constituées de symboles OFDM

3.4.12

mode fonctionnement

fonctionnement OFDM dans un mode de transmission, un codage RS, un codage convolutionnel et un mode de modulation spécifiques

3.4.13

trame cyclique

trames de signaux qui sont traitées de manière régulière et répétitive

3.4.14

symbole cyclique

symboles OFDM dans les trames de signaux qui sont traitées de manière régulière et répétitive

3.4.15

bloc de code

séquence d'octets d'interaction de données entre l'entité de couche physique de type 28 et l'entité de couche liaison de données de type 28

3.4.16**canal de transmission de données**

canal logique de la couche liaison de données de type 28 mis en correspondance par la ressource de communication physique déterminée pour la transmission des trames de données de la couche liaison de données

3.4.17**BITMAP**

type de format de bitmap comprenant des informations relatives à la largeur et à Mask_Info et la plage de longueurs comprise entre 2 octets et 256 octets

Note 1 à l'article: Voir la Figure 2.

Note 2 à l'article: La largeur est de 1 octet, sa valeur indique le nombre d'octets de Mask_Info.

Note 3 à l'article: Mask_Info représenté par bit. La longueur d'octet est la valeur de largeur et la longueur en bits est égale à la largeur $\times 8$.

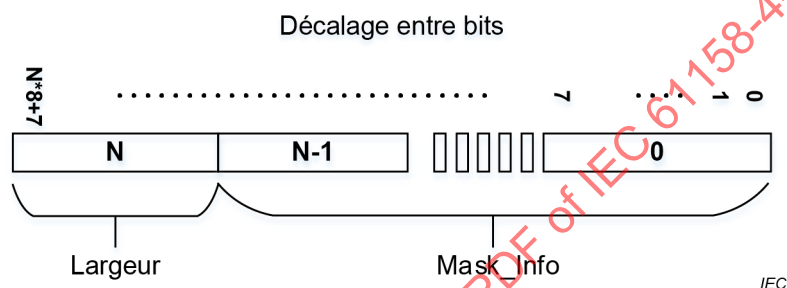


Figure 2 – Schéma du type de données Bitmap

3.5 Symboles et abréviations supplémentaires du type 28

AL	Application Layer (couche application)
C/S	Client/Server (Client/Serveur)
CLMDTA	Connection-Less Mode Data Transmission with Acknowledge (transmission de données avec accusé de réception en mode sans connexion)
CLMDTNA	Connection-Less Mode Data Transmission with No Acknowledge (transmission de données sans accusé de réception en mode sans connexion)
CLMDTRA	Connection-Less Mode Data Transmission with Request and Acknowledge (transmission de données avec demande et accusé de réception en mode sans connexion)
CLMDTRRNA	Connection-less Mode Data Transmission with Request and Response but No Acknowledge (transmission de données avec demande et réponse, mais sans accusé de réception, en mode sans connexion)
CMDTA	Connection Mode Data Transmission with Acknowledge (transmission de données avec accusé de réception en mode avec connexion)
CMDTNA	Connection Mode Data Transmission with No Acknowledge (transmission de données sans accusé de réception en mode avec connexion)
DL-	Data-Link layer (couche liaison de données [utilisé comme préfixe])
DLCSS	Data-Link Clock Synchronization Service (service de synchronisation d'horloge de liaison de données)
DLDE	Data-Link Data Entity (entité de données de liaison de données)
DLE	Data-Link Entity (entité de liaison de données)
DLL	Data-Link Layer (couche liaison de données)
DLM	Data-Link Management (gestion de liaison de données)
DLME	Data-Link Management Entity (entité de gestion de liaison de données)
DLMS	Data-Link Management Service (service de gestion de liaison de données)

DLMS-user	Data-Link Management Service user (utilisateur de service de gestion de liaison de données)
DLS	Data Link Service (service de liaison de données)
DLP	Data-Link Protocol (protocole de liaison de données)
DLS-user	Data-Link Service user (utilisateur de service de liaison de données)
DTC	Data Transmission Channel (canal de transmission de données)
DTS	Data Transmission Service (service de transmission de données)
DLSDU	Data-Link Service Data Unit (unité de données de service de liaison de données)
DLPDU	Data-Link Protocol Data Unit (unité de données de protocole de liaison de données)
MAC	Medium Access Control (contrôle d'accès au support)
MN	Management Node (nœud de gestion)
NodeID	Node IDentifier (identificateur de nœud)
nRT	non-Real-Time (temps différé)
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing (multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence)
PhL	Physical Layer (couche physique)
PhL-	Physical Layer (couche physique) (utilisé comme préfixe)
RT	Real-Time (temps réel)
RTA	Real-Time Acyclic (temps réel acyclique)
RTC	Real-Time Cyclic (temps réel cyclique)
SAP	Service Access Point (point d'accès au service)
TM	Transmit Mode (mode de transmission)
TN	Terminal Node (nœud terminal)

4 Vue d'ensemble du protocole DL

4.1 Architecture du protocole DLL

La Figure 3 représente la position de la DLL sur l'architecture de la pile de protocole de type 28.

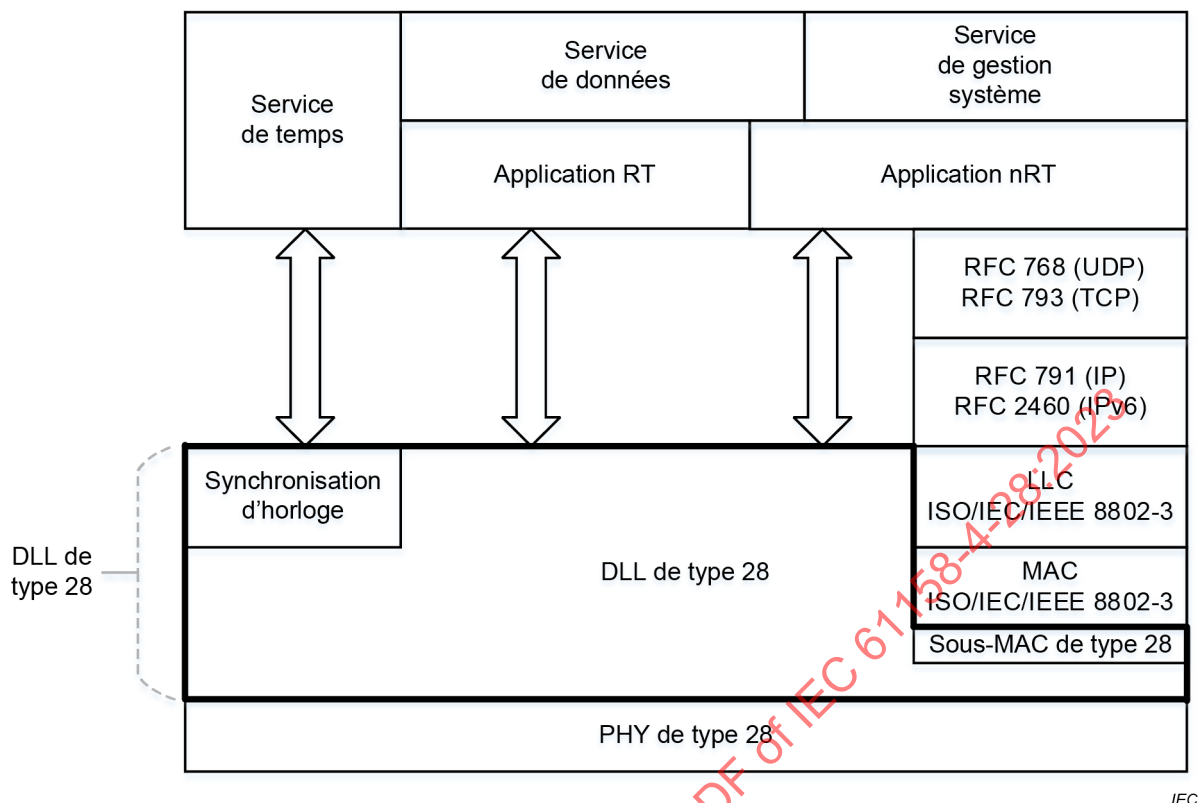


Figure 3 – DLL dans l'architecture de la pile de protocole de type 28

Le service de liaison de données (DLS) de type 28 est fourni par le protocole de liaison de données (DLP) de type 28, qui utilise les services disponibles à partir de la couche physique (PhL) de type 28. Il convient que les caractéristiques et la fonction DLS définies dans le présent document soient exploitées par le protocole de niveau supérieur. La DLL de type 28 fournit un service de gestion de liaison de données (DLMS) pour la gestion système. La relation entre les normes pour le DLS de bus de terrain, le DLP de bus de terrain, le protocole d'application de bus de terrain et la gestion système est représentée à la Figure 4.

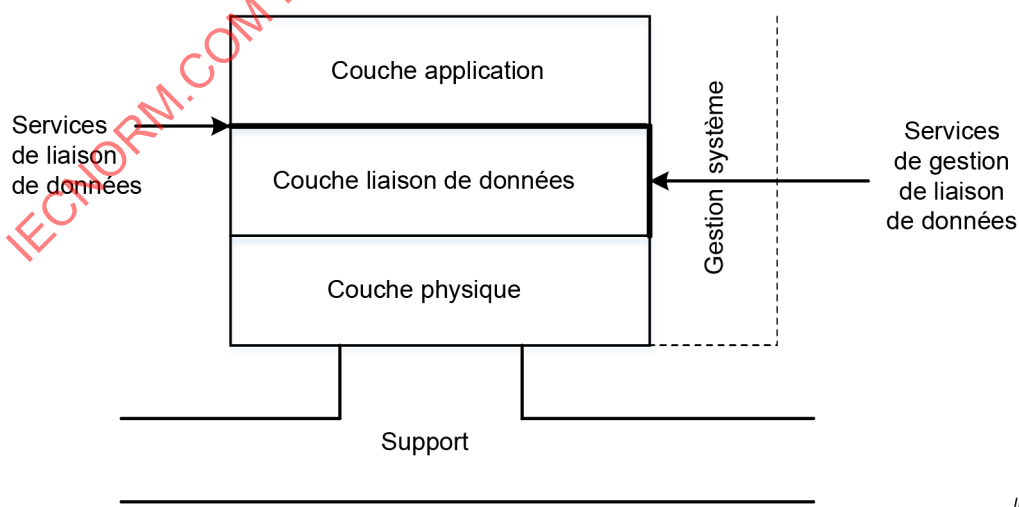


Figure 4 – Relations entre la DLL du bus de terrain et les autres couches du bus de terrain et les utilisateurs du DLS de bus de terrain

Les services fournis par la DLL de type 28 aux utilisateurs de niveau supérieur comprennent le DLS, le DLMS et le service de synchronisation d'horloge de liaison de données (DLCSS). L'entité de couche liaison de données (DLE) comprend l'entité horloge de liaison de données (DLCE), l'entité de données de liaison de données (DLDE) et l'entité de gestion de liaison de données (DLME). D'après le schéma d'allocation des ressources de communication pour PhL fourni par le DLMS de type 28, le DLS fournit un service de transmission de données avec différents niveaux RT par le biais d'un service avec connexion et sans connexion. La Figure 5 représente l'architecture de protocole DLL de type 28.

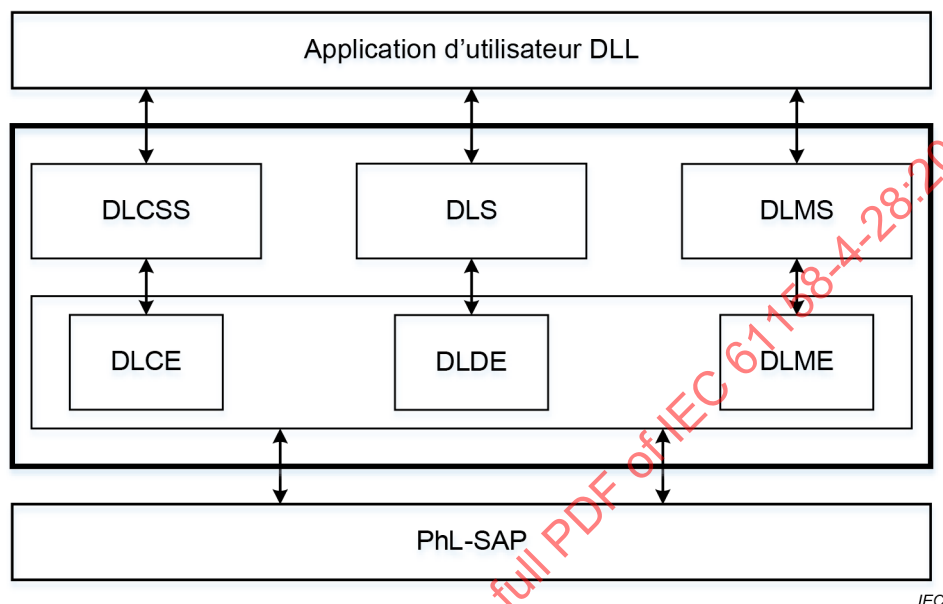


Figure 5 – Schéma de l'architecture du protocole DLL de type 28

DLS: Le DLS exploite le canal de transmission de données (DTC) établi sur la base des ressources du symbole OFDM PhL pour mettre en œuvre l'encapsulation et la transmission des données d'application ou des données de protocole. Après le démarrage du diagramme d'états de DLS de type 28, le DLS fournit le service de transmission de données avec connexion et sans connexion basé sur une DLDE pour différentes exigences RT par le biais de différents DTC. Il convient que ces canaux soient préconfigurés et attribués sur demande.

DLMS: Le DLMS fournit un service de gestion système, comprenant le rattachement de nœud, la sortie de nœud, la configuration des paramètres de réseau, et l'établissement, la mise à jour et la libération des DTC, etc. La DLL de type 28 configure la DLME par le biais de la DLMS, puis met en œuvre l'encapsulation et l'analyse de la DLPDU, y compris la DLPDU Ethernet ISO/IEC/IEEE 8802-3 dans la DLDE et les sous-ensembles de fonctions de service correspondants pour former la sous-couche MAC de type 28 représentée à la Figure 3.

DLCSS: Le DLCSS fournit le service de synchronisation d'horloge basé sur le point d'accès au service PhL (PhL-SAP), définissant la mesure du retard, la synchronisation d'horloge et les services d'interruption d'horloge.

4.2 Mécanisme de fonctionnement de la DLL

4.2.1 Nœud

Le réseau de type 28 contient au moins un nœud de gestion (MN) et 0 à 253 nœuds terminaux (TN). Un seul MN actif est autorisé dans le réseau. Il convient que le MN configure tous les nœuds disponibles dans le réseau et gère l'accès du nœud au réseau. Le TN fonctionne normalement après qu'il a été autorisé par le MN. Le TN envoie les données après que le MN confirme les ressources DTC disponibles.

Chaque TN du réseau de type 28 prend en charge à la fois la configuration statique et la découverte automatique.

4.2.2 Adressage

Les nœuds du réseau de type 28 sont adressés sur la DLL par le NodeID de l'appareil. Il existe trois types différents de NodeID: monodiffusion, diffusion et multidiffusion.

Chaque nœud (MN ou TN) possède un identificateur de nœud unique (NodeID) dans un réseau de type 28. Il convient d'attribuer uniquement le NodeID 0 au MN. Les NodeID 1 à 253 peuvent être utilisés comme adresse de TN ou de groupe de multidiffusion.

L'attribution de l'adresse NodeID de la DLL de type 28 est indiquée dans le Tableau 1. Il convient que l'adresse de monodiffusion du réseau de type 28 soit globalement unique.

Tableau 1 – Attribution d'adresse NodeID de DLL de type 28

NodeID	Nom NodeID	Description
0	DLL_NODEID_MN	MN
1 à 253		NodeID de TN normal TN ou de groupe de multidiffusion
254		Réservé
255	DLL_NODEID_BROADCAST	Diffusion de type 28

Il convient que le NodeID soit attribué par le MN lors de l'accès au réseau. Il convient que l'adresse source et l'adresse de destination soient identifiées par le NodeID lorsque la DLPDU est transmise sur le réseau. Le NodeID a une relation de correspondance biunivoque avec l'adresse MAC unique globale de l'appareil dans le réseau de type 28 qui prend en charge l'Ethernet ISO/IEC/IEEE 8802-3. Lorsque le réseau de type 28 transporte le service de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, le MN maintient en temps réel la table de correspondance entre les adresses NodeID et MAC de l'ISO/IEC/IEEE 8802-3, et la diffuse à tous les TN. La table de correspondance d'adresse NodeID et MAC est décrite dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Table de correspondance d'adresse NodeID et MAC

Élément	Description
NodeID	L'adresse NodeID de l'appareil, avec une plage valide de 0 à 253
STATE	État de l'entrée de table, 0 indique valide et 1 indique non valide
MAC-ADDR	L'adresse MAC (définie dans l'ISO/IEC/IEEE 8802-3) du nœud correspondant

L'Annexe A représente un exemple de correspondance d'adresse NodeID et MAC stockée sur un TN du réseau de type 28.

4.2.3 Multidiffusion

La spécification DLP de type 28 utilise l'adresse de multidiffusion pour mettre en œuvre la transmission de données entre un nœud unique et plusieurs nœuds. La plage de NodeID des types multidiffusion s'étend de 238 à 253, ce qui prend en charge jusqu'à 16 groupes de multidiffusion. L'attribution du NodeID de type multidiffusion commence à partir de 253 par ordre descendant. La table de correspondance de groupe de multidiffusion est stockée sur chaque nœud. Les membres de la table de correspondance de groupe de multidiffusion sont décrits dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Membres de la table de correspondance de groupe de multidiffusion

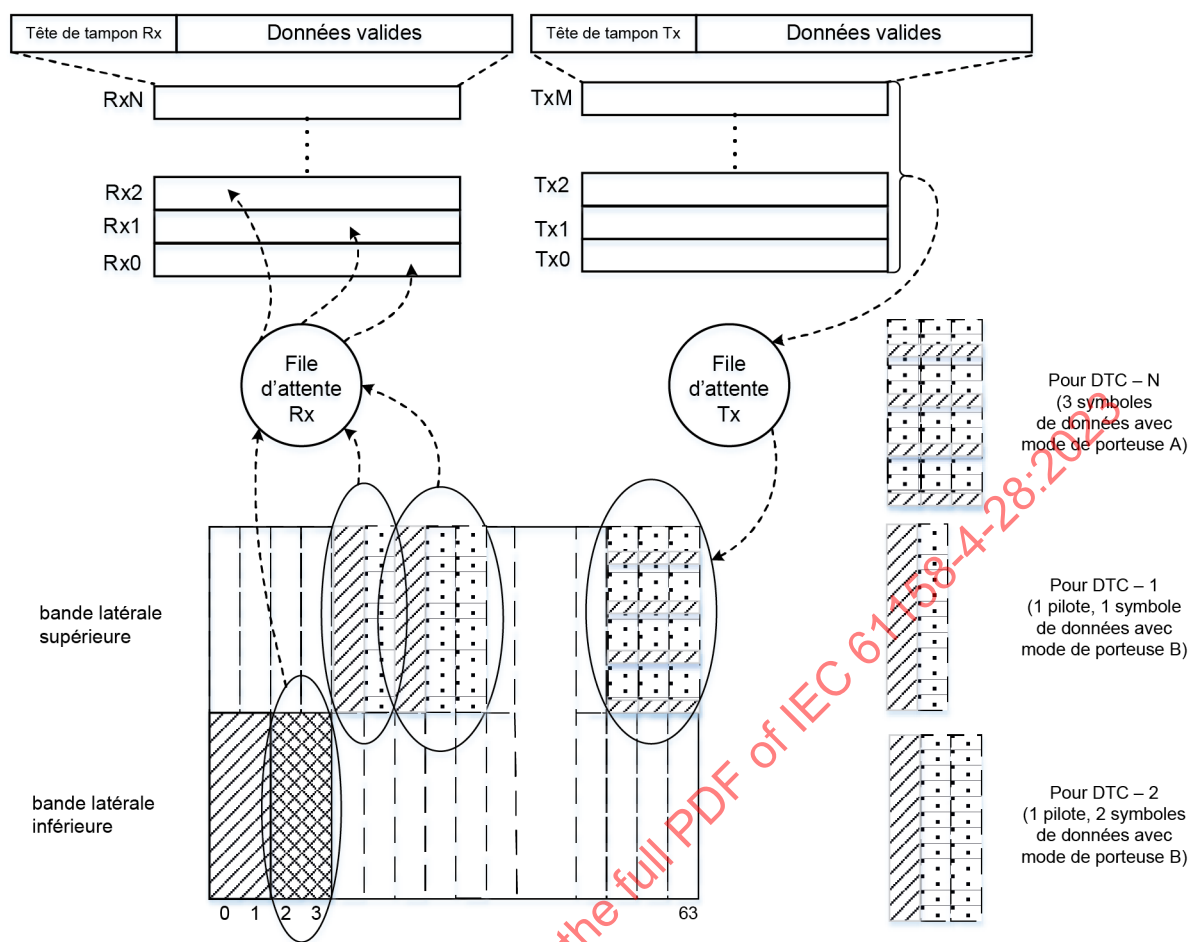
Élément	Description
Indice de multidiffusion	Indice de multidiffusion à partir de 1
ID de multidiffusion	NodeID de type de multidiffusion spécifié dans le Tableau 1
Masque de membre	Membre de multidiffusion représenté par un mode masque, où le bit de masque correspond au NodeID du nœud de membre

L'établissement d'une table de correspondance de groupe multidiffusion prend en charge la configuration statique et la configuration dynamique. Les informations de table de correspondance multidiffusion configurée statique sont envoyées par le MN à tous les TN. Le MN détermine si le TN correspondant réussit à se rattacher au groupe de multidiffusion correspondant en tant que membre du groupe de multidiffusion au moyen des informations de réponse du TN membre. La table de correspondance de groupe de multidiffusion configurée dynamique est appliquée par le TN conformément aux exigences du DTC, et il convient que le MN attribue l'adresse de multidiffusion dynamique après réception de la demande. Les informations d'attribution sont envoyées au TN demandeur pour créer ou mettre à jour la table de correspondance de groupe de multidiffusion correspondante.

L'Annexe B représente un exemple pour le mécanisme de fonctionnement du groupe de multidiffusion de type 28.

4.2.4 Mise en correspondance et ordonnancement des ressources

Le DTC est un canal logique servant à la transmission des DLPDU sur la DLL, et il est mis en correspondance avec la ressource de communication PhL déterminée. Selon la configuration du bus, le nœud reçoit les données du DTC déterminé. Si les données reçues satisfont aux exigences de la configuration du nœud, les données doivent être stockées dans la file d'attente de tampon de réception de paquets de DLL en fonction du résultat ordonnancé de la file d'attente de paquets de réception et seront traitées par l'utilisateur de la couche application (AL). Il convient que les données à envoyer dans la file d'attente de tampon de transmission de paquet de DLL soient extraites en fonction du résultat ordonnancé de la file d'attente de messages d'envoi et soient ordonnancées vers le DTC demandé. La PhL envoie les données sur la ressource de symbole correspondante avec le mode de réglage. La Figure 6 représente la correspondance des ressources entre la DLL et la PhL.



IEC

Figure 6 – Correspondance des ressources entre DLL et PhL

Description:

- File d'attente Rx: File d'attente de réception de message
- File d'attente Tx: File d'attente d'émission de message
- Rx0, Rx1, Rx2...RxN: File d'attente de tampon de réception de paquets
- Tx0, Tx1, Tx2...TxM: File d'attente de tampon d'émission de paquets
- Tête de tampon Rx: Informations de tête de la file d'attente de tampon de réception de paquets qui contiennent le type de données, le numéro de file d'attente, la priorité, etc.
- Tête de tampon Tx: Informations de tête de la file d'attente de tampon d'émission de paquets qui contiennent le type de données, le numéro de file d'attente, la priorité, etc.
- Données valides: Données valides qui ont été reçues ou qui seront envoyées

Lorsque la DLE reçoit les paquets, elle place les données analysées dans la file d'attente de tampon de réception de paquets selon le type de données en ordonnant la file d'attente de messages de réception; et lors de l'envoi des paquets, la DLE place les données à envoyer dans la file d'attente de tampon d'émission de paquet correspondant selon les différents types de données. Les données valides sont envoyées sur la base de la ressource de symbole de PhL en ordonnant la file d'attente de messages d'émission. Dans la DLL, les ressources du tampon de paquets sont mises en correspondance avec les ressources physiques correspondantes par la file d'attente de réception/émission de messages d'ordonnement, et les ressources de tampon de données déterminées sont traitées sur les ressources physiques déterminées. Cette relation d'ordonnement pour les files d'attente de messages de réception et les files d'attente de messages d'émission est représentée à la Figure 7.

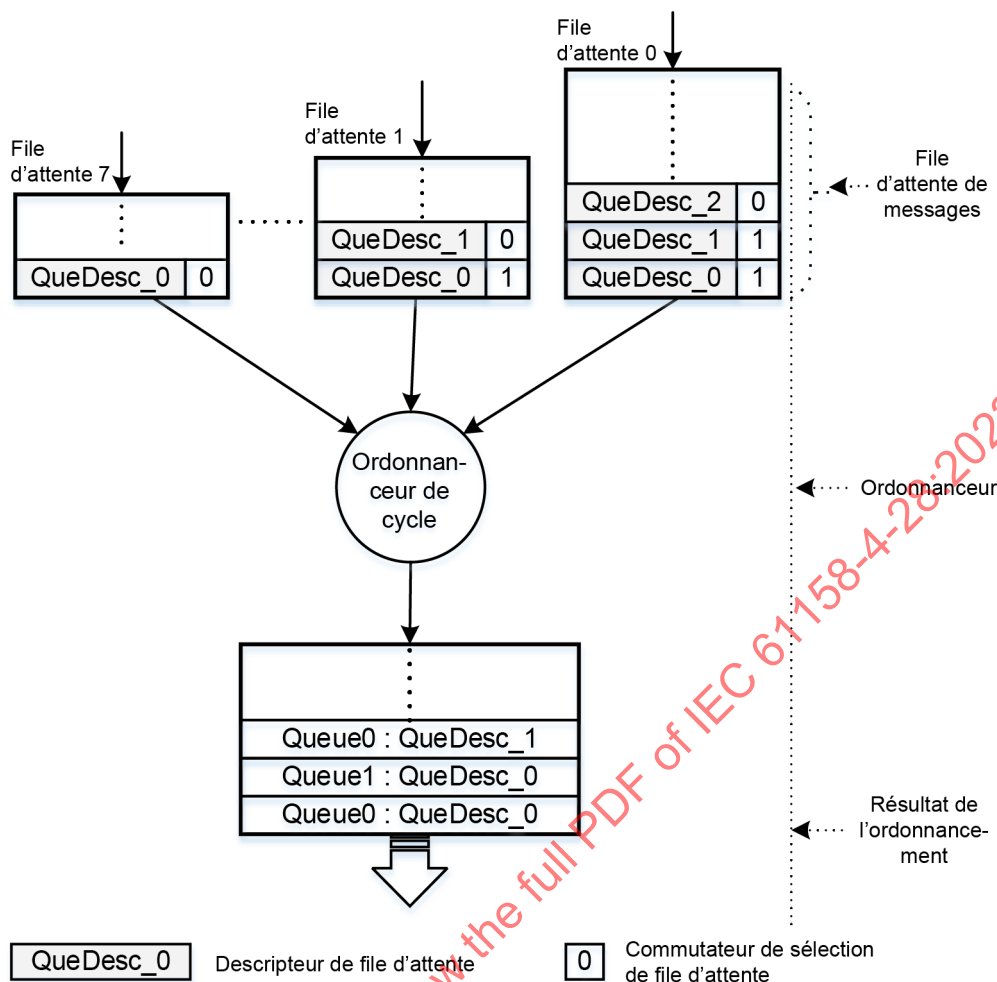


Figure 7 – Schéma de correspondance des ressources de la DLL avec l'ordonnement de la file d'attente

Description:

- descripteur de file d'attente: incluant l'adresse de données, la longueur et la priorité de file d'attente correspondante du tampon;
- commutateur de sélection de file d'attente: Le 1 indique que la file d'attente correspondante est sélectionnée, le 0 indique que la file d'attente correspondante n'est pas sélectionnée et que la valeur du commutateur correspondant est réinitialisée à 0 après l'ordonnement;
- ordonnanceur: l'ordonnanceur cyclique basé sur la priorité, l'ordonnement cyclique des files d'attente de messages et la sortie des informations de descripteur de file d'attente sélectionnés;
- résultat de l'ordonnement: Informations du descripteur de file d'attente qui sont délivrées en sortie vers la PhL ou la DLL;
- numéro de file d'attente et profondeur de file d'attente: le système prend en charge 8 files d'attente de messages; chaque profondeur de file d'attente de messages peut être configurée pour être différente.

5 Structure de DLPDU

5.1 Structure de DLPDU universelle

Les DLPDU de type 28 ont une structure générale, comme représenté à la Figure 8.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à n	CHARGE UTILE							
n+1 à n+2	CRC							

IEC

Figure 8 – Structure de DLPDU universelle

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, le type de DLPDU, prend en charge jusqu'à 256 types différents. La valeur de type 0x00 à 0x1F est une DLPDU de commande de protocole réservée par le système, comprenant:
 - TYPE = 0x00/0x01: Réservé aux fabricants d'équipements;
 - TYPE = 0x02: DLPDU de configuration de base;
 - TYPE = 0x03: DLPDU d'attribution d'adresse;
 - TYPE = 0x04: DLPDU d'attribution d'adresse de multidiffusion;
 - TYPE = 0x05: DLPDU d'attribution de ressource RT;
 - TYPE = 0x06: DLPDU d'attribution de ressource nRT;
 - TYPE = 0x07: DLPDU de notification d'accès;
 - TYPE = 0x08: DLPDU de demande de ressource;
 - TYPE = 0x09: DLPDU de libération de ressource;
 - TYPE = 0x0A: DLPDU d'interrogation d'état;
 - TYPE = 0x0B: DLPDU de réponse d'état;
 - TYPE = 0x0C: DLPDU d'annonce;
 - TYPE = 0x10: DLPDU de synchronisation d'horloge;
 - TYPE = 0x0D à 0x0F, 0x11 à 0x1F: Réservé;
 - TYPE avec 0x20 à 0xFF appartient à la DLPDU ordinaire définie par l'utilisateur.

Le champ TYPE distingue non seulement les différents types de DLPDU, mais représente également la priorité la plus élevée de la DLPDU avec une valeur de TYPE inférieure.

- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet; lorsque le champ contient 0, cela signifie que le paquet n'est pas un fragment, et lorsque le champ ne contient pas 0, il signifie le numéro de séquence du fragment de paquet, et la valeur 1 signifie le dernier fragment de paquet.
- LEN: 12 bits, la longueur d'une DLPDU, l'unité est l'octet, indiquant la longueur de la DLPDU entre le début du champ TYPE et le début du CRC. Une plage de longueurs de DLPDU valides prise en charge par le DLP est de 4 octets à 2 048 octets.
- CHARGE UTILE: La charge utile de données d'une DLPDU dont la longueur est liée au type. Pour différents types de DLPDU, les données ayant des structures et longueurs différentes sont définies dans la section "charge utile".
- CRC: 2 octets du bit de contrôle CRC-16, le calcul du CRC de la DLPDU ainsi que la définition de sa valeur étant effectués automatiquement par le matériel. Le champ ne sera pas décrit une nouvelle fois dans le présent document.

5.2 DLPDU de configuration de base

Dans la phase d'initialisation du réseau de type 28, le MN diffuse la configuration de base à tous les TN au sein du réseau pour assurer la cohérence de la configuration de base, et il convient que le diagramme d'états du protocole soit négocié à l'étape suivante. Ce type de DLPDU

est envoyé une fois par période de communication physique et l'alignement du numéro de trame est réalisé de manière synchrone sur le réseau.

La configuration de base comprend: le mode fonctionnement, la configuration du format de trame PhL, l'attribution aléatoire des ressources d'accès au nœud, l'adresse NodeID et de multidiffusion, le mode d'accès et l'alignement du numéro de séquence de trame PhL dans la phase d'initialisation. La structure de la DLPDU est représentée à la Figure 9.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3	VER							
4	Réservé							
5 à 10	FrameID_Seq							
11 à 24	COMM_Cfg							
25	Réservé							
26 à 27	CRC							

IEC

Figure 9 – Structure de la DLPDU de configuration de base

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x02 pour le type de DLPDU de configuration de base.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, la longueur des octets de la DLPDU entre le début du champ TYPE et le début du champ CRC, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- VER: 1 octet, numéro de version du protocole de type 28.
- Réservé: Le 4^{ème} octet et le 25^{ème} octet sont des champs réservés.
- FrameID_Seq: 6 octets, MN au nombre relatif de trames physiques, et la plage de valeurs valide est de 0 à $(2^{44} - 1)$ pour le nombre d'alignements de nœuds de l'utilisateur. Ce numéro est unique pour chaque cycle du réseau actuel.
- COMM_Cfg, supérieure ou égale à 14 octets, informations générales de blocs de configuration pour le réseau, comme représenté à la Figure 10.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TransmitMode				Default_USB_WorkMode			
1	Default_USB_WorkMode		Default_LSB_WorkMode					
2	AccessStatus				Frame_Fmt			
3	Ucn_Num							
4	Mcn_Num							
5	DownStream_Symbol_Num							
6	Cycle_Frame_Num				App_Mode		Reserved	
7	R_RT_Attr							
8	R_RT_Attr				R_Cycle_Symbol_Len			
9	R_Cycle_Symbol_Len							
10	R_Band_Flag		R_Band_Mode					
11	R_Symbol_Start							
12	R_Symbol_Start				R_Symbol_Num			
13	R_Symbol_Num							

IEC

Figure 10 – Structure du bloc de configuration générale

- TransmitMode: 4 bits, TM système, la valeur valide est 0, 1, 2, 3.
- Default_USB_WorkMode: 6 bits, mode de fonctionnement par défaut de la bande latérale supérieure (voir l'IEC 61158-2, 8.6.2.2.6).
- Default_LSB_WorkMode: 6 bits, mode de fonctionnement par défaut de la bande latérale inférieure (voir l'IEC 61158-2, 8.6.2.2.6).
- AccessStats: 4 bits, état d'accès.
- Frame_Fmt: 4 bits, format de trame PhL, par défaut 0x0 identifie une trame de signal physique avec 64 symboles.
- Ucn_Num: 1 octet, nombre total de NodeID incluant MN.
- Mcn_Num: 1 octet, le nombre total de NodeID de groupe de multidiffusion, le nombre maximal de multidiffusions est 16, et la valeur par défaut est 0.
- DownStream_Symbol_Num: 1 octet, le nombre de symboles de la sous-trame de liaison descendante, avec une valeur par défaut de 2. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Cycle_Frame_Num: 4 bits, le nombre de cycles de trame cyclique. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- App_Mode: 2 bits, configuration du mode d'accès, 0x0: mode d'accès par algorithme fixe; 0x1: mode d'accès par algorithme utilisateur.
- Réservé: 2 bits, champ réservé.
- R_Cycle_Symbol_Len: 12 bits, longueur de cycle du symbole cyclique du symbole d'accès aléatoire. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_RT_Attr: 12 bits, attributs RT des symboles d'accès aléatoires. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Band_Flag: 2 bits, identification de l'occupation de bande latérale du symbole d'accès aléatoire. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Band_Mode: 6 bits, le mode de fonctionnement de l'occupation de bande latérale du symbole d'accès aléatoire. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Symbol_Start: 12 bits, numéro de début du symbole d'accès aléatoire. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Symbol_Num: 12 bits, nombre de symboles d'accès aléatoire. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.

5.3 DLPDU d'attribution d'adresse

La DLPDU d'attribution d'adresse est utilisée pour réaliser la fonction d'attribution de NodeID, le MN diffuse la DLPDU, y compris la ressource NodeID disponible, à tous les TN du réseau. Le TN autoconfigure le NodeID attribué et réalise l'identification et l'adressage du nœud en se basant sur le NodeID.

La structure de la DLPDU d'attribution d'adresse est représentée à la Figure 11.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Start_NodeID							
5	Ucn_Num							
6 à 11	MAC_Addr_1							
...								
(6*n) à (6*n+5)	MAC_Addr_n							
(6*n+6) à (6*n+7)	CRC							

IEC

Figure 11 – Structure de la DLPDU d'attribution d'adresse

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x03 pour la DLPDU d'attribution d'adresse NodeID.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, longueur de la DLPDU, longueur des octets de la DLPDU entre le début du champ TYPE et le début du champ CRC, voir la description de la structure de la DLPDU universelle. Les informations d'attribution des ressources d'adresse peuvent être traitées en lots après affectation des sections de NodeID consécutives.
- Start_NodeID: 2 octets, NodeID de départ de la section d'attribution de ressource NodeID.
- Ucn_Num: 1 octet, la longueur de la section d'attribution de ressource NodeID, c'est-à-dire le nombre de NodeID que la section contient.
- MAC_Addr_1 à MAC_Addr_n: Liste des adresses MAC avec les Ucn_Num nœuds initialement attribués par Start_NodeID. Tous les 6 octets consécutifs, à partir du 6^e octet, en tant qu'adresse MAC valide pour un total de Ucn_Num adresses MAC.

5.4 DLPDU d'attribution de multidiffusion

La fonction d'attribution d'adresses de multidiffusion est utilisée pour mettre en œuvre des services de multidiffusion dans le réseau. Dans la phase d'initialisation du réseau, le MN diffuse la DLPDU, y compris les résultats d'attribution d'adresses de multidiffusion, à tous les nœuds.

La structure de la DLPDU d'attribution de multidiffusion est représentée à la Figure 12.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	MC_NodeID							
5	Group_Nodes_Num							
6	Group_Nodes_Mem							
...	...							
37	Group_Nodes_Mem							
38 à 39	Réservé							
40 à 41	CRC							

IEC

Figure 12 – Structure de la DLPDU d'attribution de multidiffusion

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x04, DLPDU d'attribution d'adresse de groupe de multidiffusion.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- MC_NodeID: 1 octet, le NodeID de groupe de multidiffusion correspondant, qui diffuse le résultat d'attribution d'adresse d'un groupe de multidiffusion à la fois.
- Group_Nodes_Num: 1 octet, le nombre de membres d'un groupe de multidiffusion MC_NodeID.
- Group_Nodes_Mem: 32 octets, basés sur le format BITMAP, le bit correspondant est 0, ce qui indique que le nœud NodeID correspondant ne se trouve pas dans le groupe de multidiffusion actuel, et le 1 indique que le nœud NodeID correspondant se trouve dans le groupe de multidiffusion actuel.
- Réservé: 1 octet, champ réservé.

5.5 DLPDU d'attribution de ressources

Les données traitées dans la DLL sont divisées en données RT et données nRT (voir en 6.1.2), et l'attribution de ressources correspondante peut être configurée avant le démarrage du réseau; le MN envoie à tous les nœuds du réseau par le biais de la DLPDU d'attribution de ressources de largeur de bande pour terminer la configuration et la mise en correspondance des ressources associées dans la phase de configuration d'accès d'initialisation. Ou pendant le fonctionnement du système, le TN peut demander dynamiquement les ressources auprès du MN conformément à l'exigence de service, et le MN peut attribuer les ressources correspondantes à ce nœud pour poursuivre le traitement de transmission de données. Les DLPDU d'attribution de ressources pour les ressources RT et nRT ont le même format, sauf que les valeurs de type correspondantes sont différentes. Pour les DLPDU d'attribution de ressources RT, TYPE = 0x05, DLPDU d'affectation de ressources nRT, TYPE = 0x06 et la structure de DLPDU correspondante est représentée à la Figure 13.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Channel_ID							
5	Sequence_No							
6 à 7	Dst_NodeID							
8	Service_Type							
9	RxTx_Attr		RT_Attr					
10	RT_Attr						Res_Flag	
11	Cycle_Symbol_Len							
12	Cycle_Symbol_Len				Réservé1			
13	Band_Flag_1		Band_Mode_1					
14	Symbol_Start_1							
15	Symbol_Start_1				Symbol_Num_1			
16	Symbol_Num_1							
17	Band_Flag_2		Band_Mode_2					
18	Symbol_Start_2							
19	Symbol_Start_2				Symbol_Num_2			
20	Symbol_Num_2							
21	Réservé2							
22 à 23	CRC							

IEC

Figure 13 – Structure de DLPDU d'attribution de ressources

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet pour le type de DLPDU d'attribution de ressources:
 - 0x05: DLPDU d'attribution de ressource RT;
 - 0x06: DLPDU d'attribution de ressources nRT.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- Channel_ID: 2 octets, le numéro d'ID du canal de la ressource de connexion correspondante.
- Sequence_No: 1 octet, numéro de séquence de trame d'attribution de ressources, lorsqu'il y a plus de deux blocs de ressources de canal au même Channel_ID de DTC, il convient d'utiliser plusieurs trames d'attribution de ressources pour l'attribution.
- Dst_NodeID: 2 octets; la valeur NodeID du nœud auquel est attribué le canal de la ressource.
- Service_Type: 1 octet, le type de données de service utilisées par le canal de la ressource. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- RxTx_Attr: 2 bits, le mode de traitement des données de bus sur les ressources de canal, 0x0 pour la lecture et 0x1 pour l'écriture. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- RT_Attr: 12 bits, l'attribut RT du canal de ressource. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Res_Flag: 2 bits, indiquant si les premier et deuxième groupes de configurations de blocs de ressources de symboles sont valides ou non, le bit 0 indique la première configuration

de groupe et le bit 1 indique la deuxième configuration de groupe; si le bit correspondant est fixé à 0x1, la configuration de groupe est valide.

- Cycle_Symbol_Len: 12 bits; indique la longueur du cycle du symbole et ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Band_Flag1 - 2: 2 bits, indiquant la bande latérale supérieure et inférieure du symbole basée sur le bit, comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Band_Mode_1 - 2: 6 bits, le mode de fonctionnement des premier et deuxième groupes de ressources de symboles attribuées, comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Symbol_Start_1 - 2: 12 bits, numéro de symbole de démarrage des premier et deuxième groupes de ressources de symbole attribuées; comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Symbol_Num_1 - 2: 12 bits, le nombre de symboles des premier et deuxième groupes de ressources de symboles attribuées; comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Reserved1: 4 bits, champ réservé.
- Reserved2: 1 octet, champ réservé.

5.6 DLPDU de notification d'accès

Lorsque le TN démarre, il diffuse la DLPDU de notification d'accès dans le réseau par le biais de la ressource attribuée. Le contenu de la transmission inclut le NodeID du nœud de destination, le NodeID propre, l'état de ce nœud et les informations d'adresse MAC, ainsi que le nombre de DLPDU de notification reçues de différents NodeID. La DLPDU de notification d'accès est la base de la communication entre les nœuds de l'ensemble du réseau. L'accès au TN est acquis par le MN dans le réseau en temps réel.

La structure de la DLPDU de notification d'accès est représentée à la Figure 14.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Dst_NodeID							
5 à 6	Src_NodeID							
7	Nodes_Num							
8 à 13	Mac_Addr							
14	Node_Status							
15	Réservé							
16 à 17	CRC							

IEC

Figure 14 – Structure de la DLPDU de notification d'accès

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x07 pour la DLPDU de notification d'accès.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- Dst_NodeID: 2 octets, valeur de NodeID d'adresse du nœud de destination.
- Src_NodeID: 2 octets, valeur de NodeID d'adresse du nœud source.
- Nodes_Num: 1 octet, le nombre de DLPDU de notification d'accès reçues correctement de différents nœuds.
- Mac_Addr: 6 octets, identifie l'adresse MAC du nœud source.

- Node_Status: 1 octet, l'état d'exécution de ce nœud, 0x00 est la phase d'initialisation, 0x01 est prêt; d'autres valeurs sont réservées; comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Réservé: 1 octet, champ réservé.

5.7 DLPDU d'application de ressource

Avant que le réseau de bus de terrain ne fonctionne, le MN transmet le résultat d'attribution des ressources de symbole physique à chaque TN du réseau. Après l'activation du réseau, le TN demande dynamiquement des ressources nRT pour traiter l'envoi et la réception des données nRT correspondantes (voir en 6.1.2). Pour le MN, il convient que l'application dynamique soit achevée localement; pour le TN, il convient que les informations d'application soient encapsulées comme une DLPDU d'application de ressource dynamique et envoyées au MN pour l'attribution. Si l'accès au réseau par le TN réussit, la transmission est traitée sur la base de la ressource correspondante. Le cas contraire, les données nRT correspondantes seront rejetées et il convient que l'utilisateur de DLS en soit informé.

La structure de la DLPDU d'application de ressource est représentée à la Figure 15.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Dst_NodeID							
5 à 6	Src_NodeID							
7 à 8	Channel_ID							
9	Service_Type							
10 à 11	APPBw							
12 à 13	LoopTime							
14 à 15	Réservé							
16 à 17	CRC							

IEC

Figure 15 – Structure de la DLPDU d'application de ressource

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x08 pour la DLPDU d'application de ressource dynamique.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle, la longueur de la DLPDU de demande de ressource est fixée à 18.
- Dst_NodeID: 2 octets, valeur NodeID de l'adresse de nœud de destination, par défaut il s'agit du NodeID du MN.
- Src_NodeID: 2 octets, valeur de NodeID d'adresse de nœud source, par défaut il s'agit du NodeID de ce nœud
- Channel_ID: 2 octets, numéro d'ID de canal de ressource correspondant; le numéro d'ID est une valeur F complète non valide lorsque l'utilisateur a appliqué pour la première fois.
- Service_Type: 1 octet, les valeurs de type de données de service qui demandent dynamiquement des ressources à charger. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- APPBW: 2 octets, la taille de la quantité de données de service qui doit être appliquée pour la ressource à charger et l'unité est l'octet. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.

- LoopTime: 2 octets, le temps de cycle à appliquer pour le transport des ressources et l'unité est μ s. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Réservé: 2 octets, champ réservé.

5.8 DLPDU de libération de ressources

La ressource demandée dynamiquement par le TN peut être utilisée au sein du temps de l'application. Lorsque le nombre de fois et le temps d'application atteignent le seuil défini, il convient que la ressource soit automatiquement libérée et recyclée par le système. Dans certains cas, le TN peut libérer de manière proactive la ressource demandée en envoyant la DLPDU de libération de la ressource au MN.

La structure de la DLPDU de libération de ressource est représentée à la Figure 16.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Dst_NodeID							
5 à 6	Src_NodeID							
7 à 8	Channel_ID							
9	Sequence_No							
10	Service_Type							
11	Réservé							
12 à 13	CRC							

IEC

Figure 16 – Structure de la DLPDU de libération de ressource

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x09 pour la DLPDU de demande de ressource dynamique.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- Dst_NodeID: 2 octets, la valeur NodeID correspond à l'adresse de nœud de destination pour le service de libération.
- Src_NodeID: 2 octets, la valeur NodeID correspond à l'adresse de nœud source pour le service de libération.
- Channel_ID: 2 octets, le numéro d'ID de canal de la ressource libéré.
- Sequence_No: 1 octet, numéro de trame d'attribution de ressource. Si le champ contient 0x00, il convient de supprimer toutes les ressources de symbole dans le canal.
- Service_Type: 1 octet, basé sur les valeurs de type de données de service chargées par le canal de la ressource libérée. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Réservé: 1 octet, champ réservé.

5.9 DLPDU d'interrogation d'état

Le service de maintenance complète principalement la fonction spécifique par la DLPDU d'interrogation d'état et la DLPDU de réponse d'état, et la fonction de service de maintenance peut se référer à la description du paramètre Command (comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, Article 5). Lorsque le MN détecte qu'aucune DLPDU n'a été envoyée par un nœud spécifié durant une période donnée ou lorsqu'un nouveau nœud accède de manière aléatoire,

le MN diffuse la DLPDU d'interrogation d'état et il convient que les nœuds normaux répondent par la DLPDU de notification d'accès. Il convient que le nœud qui fonctionne anormalement ou qui a été hors ligne ne réponde pas.

La structure de la DLPDU d'interrogation d'état est représentée à la Figure 17.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Dst_NodeID							
5 à 6	Src_NodeID							
7	Command							
8 à 9	CRC							

IEC

Figure 17 – Structure de la DLPDU d'interrogation d'état

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x0A pour la DLPDU d'interrogation d'état.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- Dst_NodeID: 1 octet, valeur NodeID d'adresse du nœud de destination pour l'interrogation.
- Src_NodeID: 1 octet, valeur de NodeID d'adresse du nœud source pour l'interrogation.
- Command: 1 octet, le mot Command pour l'opération d'interrogation au nœud de destination est identique à l'IEC 61158-3-28, 5.3.

5.10 DLPDU de réponse d'état

Le nœud de destination de l'interrogation d'état détermine s'il faut ou non répondre en fonction du mot Command dans la DLPDU d'interrogation d'état et envoie la DLPDU de réponse d'état au nœud source d'interrogation d'état. La DLPDU de réponse d'état contient le résultat de l'interrogation et les informations d'état.

La structure de la DLPDU de réponse d'état est représentée à la Figure 18.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Dst_NodeID							
5 à 6	Src_NodeID							
7	Command							
8	NodeState							
9 à 10	ChannelCnt							
11 à 14	WarnCnt							
15 à 18	ErrCode							
19	Réservé							
20 à 21	CRC							

IEC

Figure 18 – Structure de la DLPDU de réponse d'état

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x0B pour la DLPDU d'interrogation d'état.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- Dst_NodeID: 2 octets, valeur NodeID de l'adresse de nœud de destination pour la réponse.
- Src_NodeID: 2 octets, valeur NodeID de l'adresse de nœud source pour la réponse.
- Command: 1 octet, valeurs Command de réponse qui identifient le nœud source de réponse. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- NodeState: 1 octet, l'état du nœud source de réponse. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- ChannelCnt: 2 octets, le nombre de DTC utilisés par le nœud source. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- WarnCnt: 4 octets, le nombre d'alertes générées par le nœud source de réponse. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- ErrCode: 4 octets, le dernier code d'erreur sur le nœud source de réponse. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Réservé: 1 octet, champ réservé.

5.11 DLPDU d'annonce

Pendant la maintenance de la liaison, le MN envoie la DLPDU d'annonce au réseau de bus de terrain, et le TN confirme si la configuration locale est cohérente avec le MN basé sur la DLPDU. La structure de la DLPDU d'annonce est représentée à la Figure 19.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Dst_NodeID							
5 à 6	Src_NodeID							
7	Command							
8	Ucn_Num							
9	Mcn_Num							
10	LaunchMode							
11	Default_USB_WorkMode						Default_LSB_WorkMode	
12	Default_LSB_WorkMode				Cycle_Frame_Num			
13	R_RT_Attr							
14	R_RT_Attr				R_Cycle_Symbol_Len			
15	R_Cycle_Symbol_Len							
16	R_Band_Flag		R_Band_Mode					
17	R_Symbol_Start							
18	R_Symbol_Start				R_Symbol_Num			
19	R_Symbol_Num							
20 à 21	CRC							

IEC

Figure 19 – Structure de la DLPDU d'annonce

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x0C pour la DLPDU d'annonce.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- Dst_NodeID: 2 octets, valeur NodeID de l'adresse de nœud de destination pour la réponse.
- Src_NodeID: 2 octets, valeur NodeID de l'adresse de nœud source pour la réponse.
- Command: 1 octet, la valeur de Command de réponse qui identifie le nœud source de réponse, comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, 5.3.
- Ucn_Num: 1 octet, nombre total de NodeID incluant MN.
- Mcn_Num: 1 octet, le nombre total de NodeID de groupe de multidiffusion, le nombre maximal de multidiffusions est 16, la valeur par défaut est 0.
- TransmitMode: 4 bits, TM système, la valeur valide est 0, 1, 2, 3.
- Default_USB_WorkMode: 6 bits, mode de fonctionnement par défaut de la bande latérale supérieure.
- Default_LSB_WorkMode: 6 bits, mode de fonctionnement par défaut de la bande latérale inférieure.
- Cycle_Frame_Num: 4 bits, numéro de cycle de trame cyclique. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Cycle_Symbol_Len: 12 bits, longueur du symbole cyclique des symboles d'accès aléatoire. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_RT_Attr: 12 bits, les attributs RT des symboles d'accès aléatoires. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.

- R_Band_Flag: 2 bits, identification de l'occupation de bande latérale du symbole d'accès aléatoire. Ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Band_Mode: 6 bits, le mode de bande latérale des symboles d'accès aléatoires et ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Symbol_Start: 12 bits, numéro de début du symbole d'accès aléatoire et ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- R_Symbol_Num: 12 bits, nombre de symboles d'accès aléatoire et ce champ est identique à l'IEC 61158-3-28, Article 5.

5.12 DLPDU de synchronisation d'horloge

La synchronisation d'horloge fournit des fonctions de mesure de retard et de synchronisation temporelle pour l'utilisateur du DLS et le MN synchronise les informations d'horloge pour les TN ou tous les TN en se basant sur la DLPDU. Il convient que le TN réponde immédiatement à la synchronisation d'horloge du MN. Cette DLPDU envoyée par le MN au TN et la DLPDU envoyée par le TN au MN possèdent la même structure ainsi que le contenu spécifique de la DLPDU; elles diffèrent en fonction de la différence d'action synchrone.

La structure de la DLPDU de synchronisation d'horloge est représentée à la Figure 20.

	Décalage entre bits							
Décalage entre octets	7	6	5	4	3	2	1	0
0	TYPE							
1	Fragment_No				LEN			
2	LEN							
3 à 4	Dst_NodeID							
5 à 6	Src_NodeID							
7 à 8	Sequence							
9	Action							
10 à 17	Delay							
18	FrameID_S							
19 à 24	TimeInfo_Second							
25 à 30	TimeInfo_Ns							
31 à 32	Status							
33 à 34	CRC							

IEC

Figure 20 – Structure de la DLPDU de synchronisation d'horloge

Chaque champ est défini comme suit:

- TYPE: 1 octet, fixé à 0x10 pour la DLPDU de synchronisation d'horloge.
- Fragment_No: 4 bits, numéro de séquence de fragment de paquet, voir la description de la structure de la DLPDU universelle.
- LEN: 12 bits, voir la description de la structure de DLPDU universelle.
- Dst_NodeID: 2 octets, valeur NodeID de l'adresse de nœud de destination pour la synchronisation d'horloge.
- Src_NodeID: 2 octets, valeur NodeID de l'adresse de nœud source pour la synchronisation d'horloge.
- Sequence: 2 octets, le numéro de séquence du service de mesure de retard, comme spécifié dans l'IEC 61158-3-28, Article 5.
- Action: 1 octet, les actions de synchronisation d'horloge et le paramètre d'action sont décrits dans l'IEC 61158-3-28, Article 5.