

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED
Copyright © 2014 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 Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 61158-4-4

Edition 2.0 2014-08

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 25.040.40; 35.100.20; 35.110

ISBN 978-2-8322-1722-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD..... 4

INTRODUCTION..... 6

1 Scope..... 7

 1.1 General..... 7

 1.2 Specifications..... 7

 1.3 Procedures..... 7

 1.4 Applicability..... 7

 1.5 Conformance..... 7

2 Normative references 8

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations..... 8

 3.1 Reference model terms and definitions..... 8

 3.2 Service convention terms and definitions..... 10

 3.3 Terms and definitions..... 11

 3.4 Symbols and abbreviations..... 14

4 Data Link Protocol Definition 14

 4.1 Overview of the DL-protocol 14

 4.2 General structure and encoding of PhIDUs and DLPDUs, and related elements of procedure..... 26

 4.3 DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure 33

 4.4 DL-service elements of procedure 37

 4.5 Route mechanism..... 40

 4.6 Link-access system 43

 4.7 Local variables, counters and queues..... 44

Bibliography..... 46

Figure 1 – Relationship of PhE, DLE and DLS-user 15

Figure 2 – DLE state diagram for confirmed and unconfirmed, unacknowledged DLPDUs..... 17

Figure 3 – DLE state diagram for confirmed acknowledged DLPDUs..... 18

Figure 4 – DLE state diagram for unconfirmed acknowledged DLPDUs..... 19

Figure 5 – Full duplex DLE receive state diagram 20

Figure 6 – Full duplex DLE transmit state diagram 20

Figure 7 – Link access example 23

Figure 8 – Simple Type 4-route format 29

Figure 9 – Extended Type 4-route format..... 29

Figure 10 – Complex Type 4-route format 30

Figure 11 – Immediate Type 4-route format 30

Figure 12 – IP Type 4-route format 31

Figure 13 – Control-status format..... 32

Figure 14 – Data-field-format 32

Figure 15 – Source / destination designator 41

Figure 16 – Simple Type 4-route generation 41

Figure 17 – Extended Type 4-route generation 41

Figure 18 – Complex and IP Type 4-route generation 42

Figure 19 – Simple DL-route generation..... 42

Figure 20 – Extended DL-route generation..... 43

Figure 21 – Complex and IP DL-route generation..... 43

Table 1 – Summary structure of DLPDUs..... 33

Table 2 – Structure of confirmed DLPDUs..... 34

Table 3 – Structure of unconfirmed DLPDUs..... 35

Table 4 – Structure of acknowledge DLPDU 36

Table 5 – Structure of immediate-reply DLPDU 36

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 4-4: Data-link layer protocol specification – Type 4 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 IEC 61784-1 and IEC 61784-2.

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

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2007. This edition constitutes an editorial revision with only minor editorial changes.

This edition includes the following significant changes with respect to the previous edition:

- a) editorial improvements;
- b) editorial corrections.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
65C/762/FDIS	65C/772/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all the parts of the IEC 61158 series, 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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under <http://webstore.iec.ch> in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be:

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

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

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

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

1 Scope

1.1 General

The data-link layer provides basic time-critical messaging communications between devices in an automation environment.

This protocol 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 standard 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 standard, 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 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 fieldbus reference models, and which require the ability to interconnect in an open systems interconnection environment.

Profiles provide a simple multi-attribute means of summarizing an implementation's capabilities, and thus its applicability to various time-critical communications needs.

1.5 Conformance

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

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. 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 IEC 61784-1 and IEC 61784-2 are maintained simultaneously. Cross-references to these documents within the text therefore refer to the editions as dated in this list of normative references.

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

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

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

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations

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

3.1 Reference model terms and definitions

This standard 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	[7498-3]
3.1.2	calling-DL-address	[7498-3]
3.1.3	centralized multi-end-point-connection	[7498-1]
3.1.4	correspondent (N)-entities correspondent DL-entities (N=2) correspondent Ph-entities (N=1)	[7498-1]
3.1.5	demultiplexing	[7498-1]
3.1.6	DL-address	[7498-3]
3.1.7	DL-address-mapping	[7498-1]
3.1.8	DL-connection	[7498-1]
3.1.9	DL-connection-end-point	[7498-1]
3.1.10	DL-connection-end-point-identifier	[7498-1]
3.1.11	DL-connection-mode transmission	[7498-1]
3.1.12	DL-connectionless-mode transmission	[7498-1]
3.1.13	DL-data-sink	[7498-1]
3.1.14	DL-data-source	[7498-1]

3.1.15	DL-duplex-transmission	[7498-1]
3.1.16	DL-facility	[7498-1]
3.1.17	DL-local-view	[7498-3]
3.1.18	DL-name	[7498-3]
3.1.19	DL-protocol	[7498-1]
3.1.20	DL-protocol-connection-identifier	[7498-1]
3.1.21	DL-protocol-control-information	[7498-1]
3.1.22	DL-protocol-data-unit	[7498-1]
3.1.23	DL-protocol-version-identifier	[7498-1]
3.1.24	DL-relay	[7498-1]
3.1.25	DL-service-connection-identifier	[7498-1]
3.1.26	DL-service-data-unit	[7498-1]
3.1.27	DL-simplex-transmission	[7498-1]
3.1.28	DL-subsystem	[7498-1]
3.1.29	DL-user-data	[7498-1]
3.1.30	flow control	[7498-1]
3.1.31	layer-management	[7498-1]
3.1.32	multiplexing	[7498-3]
3.1.33	naming-(addressing)-authority	[7498-3]
3.1.34	naming-(addressing)-domain	[7498-3]
3.1.35	naming-(addressing)-subdomain	[7498-3]
3.1.36	(N)-entity DL-entity Ph-entity	[7498-1]
3.1.37	(N)-interface-data-unit DL-service-data-unit (N=2) Ph-interface-data-unit (N=1)	[7498-1]
3.1.38	(N)-layer DL-layer (N=2) Ph-layer (N=1)	[7498-1]
3.1.39	(N)-service DL-service (N=2) Ph-service (N=1)	[7498-1]
3.1.40	(N)-service-access-point DL-service-access-point (N=2) Ph-service-access-point (N=1)	[7498-1]

3.1.41	(N)-service-access-point-address	[7498-1]
	DL-service-access-point-address (N=2)	
	Ph-service-access-point-address (N=1)	
3.1.42	peer-entities	[7498-1]
3.1.43	Ph-interface-control-information	[7498-1]
3.1.44	Ph-interface-data	[7498-1]
3.1.45	primitive name	[7498-3]
3.1.46	reassembling	[7498-1]
3.1.47	recombining	[7498-1]
3.1.48	reset	[7498-1]
3.1.49	responding-DL-address	[7498-3]
3.1.50	routing	[7498-1]
3.1.51	segmenting	[7498-1]
3.1.52	sequencing	[7498-1]
3.1.53	splitting	[7498-1]
3.1.54	synonymous name	[7498-3]
3.1.55	systems-management	[7498-1]

3.2 Service convention terms and definitions

This standard 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 **DL-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 Terms and definitions

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

3.3.1

broadcast-Node-address

address used to send broadcasts to all DLEs on a Link

Note 1 to entry: All DLEs on a Link receive all DLPDUs where the first Node-address is equal to the Broadcast-Node-Address. Such DLPDUs are always Unconfirmed, and their receipt is never acknowledged. The value of a Broadcast-Node-address is 126.

3.3.2

destination-DL-route

holds a sequence of DL-route-elements, describing the complete route to the destination

Note 1 to entry: This includes both the destination DLSAP and a local component meaningful to the destination DLS-user.

3.3.3

DL-route

combination of a Destination-DL-route and a Source-DL-route

3.3.4

DL-route-element

octet holding a Node-address or an address used by the DLS-user

3.3.5

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.

3.3.6

DL(SAP)-address

an individual DLSAP-address, designating a single DLSAP of a single DLS-user

3.3.7

(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.

3.3.8

frame

denigrated synonym for DLPDU

3.3.9

IPNetID

identification of a unique IP network

Note 1 to entry: An IPNetID is translated into an IP-address and a UDP port number.

3.3.10

IPNetTable

definition of the relation between IPNetID, IP address, UDP port number and Router NodeAddress, where IPNetID is used as index in the table

3.3.11

IP Range net

defines use for local access, where nodes can be accessed directly on the same subnet as the client, or through a local Router where the subnets are configured in the local Router

3.3.12

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

3.3.13

no-Confirm-Node-address

address used to indicate that a request or response is Unconfirmed

Note 1 to entry: The value of a No-Confirm-Node-address is 0.

3.3.14

node

single DL-entity as it appears on one local link

3.3.15

node-address

address which uniquely identifies a DLE on a Link

Note 1 to entry: The value of a Node-address can be in the range of 0 to 127, with the values 0, 126 and 127 reserved for special purposes.

3.3.16

normal class device

device which replies to requests from other normal class devices, and initiates transmissions

Note 1 to entry: Such a device can act as a server (responder) and as a client (requestor) - this is also called a peer.

3.3.17

Type 4-route

holds a sequence of Type 4-route-elements

Note 1 to entry: A Type 4-route is defined as an encoded DL-route, with one of the formats used when transmitting the DLPDU on the Link. The Type 4-route format can be Simple, Extended, Complex, Immediate or IP.

3.3.18**Type 4-route-element**

octet, holding a 7-bit DL-route-element or Remaining-route-length, and a 1-bit source/destination designator

3.3.19**receiving DLS-user**

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

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

3.3.20**sending DLS-user**

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

3.3.21**service-Node-address**

address reserved for service purposes only

Note 1 to entry: All DLEs on a Link receive all DLPDUs where the first Node-address is equal to the Service-Node-Address. Such DLPDUs can be Confirmed or Unconfirmed, and their receipt may or may not be acknowledged. The Service-Node-Address can be used on Links with only two DLEs - the requesting Normal class DLE and the responding Simple or Normal class DLE. The value of the Service-Node-Address is 127.

3.3.22**simple class device**

device which replies to requests from normal class devices, and can act as a server or responder only

3.3.23**source-DL-route**

holds a sequence of DL-route-elements, describing the complete route back to the source

3.3.24**UDP port number**

port number from where a Server can receive requests

Note 1 to entry: The UDP port number is 34378 for Normal UDP port. The UDP port number is 34379 for Secure UDP port.

Note 2 to entry: These UDP port numbers are registered with the IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

Note 3 to entry: There are two different UDP port numbers: Normal UDP port and Secure UDP port.

3.3.25**UDP range net**

defines use for remote access, where a node cannot be accessed directly on the same subnet as the client

Note 1 to entry: The IPNetTable holds a NAT Router IP address and access to the node is obtained through this NAT Router.

Note 2 to entry: The NAT Router shall hold a table that translates the UDP port number to the actual server node IP address and UDP port number.

3.3.26**Virtual link-access token**

basis for the link-access system

Note 1 to entry: It is called virtual because the token is not explicitly sent from one normal-class DLE to another, but implicitly passed as the link is idle.

3.4 Symbols and abbreviations

3.4.1 Constants, variables, counters and queues

3.4.1.1	BNA	broadcast node address
3.4.1.2	C(LAC)	link access counter
3.4.1.3	C(LIC)	link idle counter
3.4.1.4	SNA	service node address
3.4.1.5	NCNA	no confirm node address
3.4.1.6	Q(UR)	user request queue
3.4.1.7	V(ACPDU)	acknowledge confirmed PDU
3.4.1.8	V(AUPDU)	acknowledge unconfirmed PDU
3.4.1.9	V(BR)	bit rate
3.4.1.10	V(DC)	device class (simple or normal)
3.4.1.11	V(DMRT)	default max retry time
3.4.1.12	V(MID)	max indication delay
3.4.1.13	V(NA)	node address
3.4.1.14	V(NDLE)	number of DLEs
3.4.1.15	V(PNR)	permitted number of retries
3.4.1.16	IPNetTable	Table to convert IPNetID to IP-addresses

3.4.2 Miscellaneous

3.4.2.1	RCL/ACK	response comes later / acknowledge
---------	----------------	------------------------------------

4 Data Link Protocol Definition

4.1 Overview of the DL-protocol

The DLL provides connectionless data transfer services for limited-size DLSDUs from one DLS-user to one or more (broadcast) DLS-users.

A DLE is implicitly connected to one PhE and to a single DLSAP. This means, that when a local DLS-user issues a service primitive at a certain DLSAP, the DLE and hence the Link is implicitly selected.

A DLE always delivers received DLSDUs at the same DLSAP, and hence to the same DLS-user.

This concept is illustrated in Figure 1.

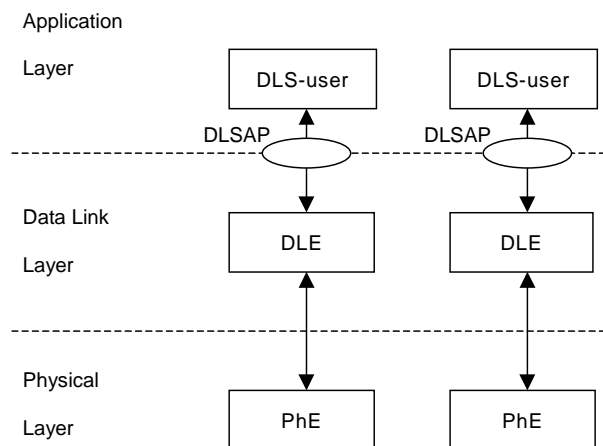


Figure 1 – Relationship of PhE, DLE and DLS-user

Each DLE has a Node-address. Node-addresses uniquely identify DLEs within the same Link.

A DL-route-element is an octet, which can hold a Node-address, or an address used by the DLS-user.

A Destination-DL-route holds a sequence of DL-route-elements, describing the complete route to the destination.

A Source-DL-route holds a sequence of DL-route-elements, describing the complete route back to the source.

A DL-route is defined as a Destination-DL-route and a Source-DL-route.

4.1.1 Functional classes

The functional class of a DLE determines its capabilities, and thus the complexity of conforming implementations. Two functional classes are defined:

- Simple class, including only responder functionality (server).
- Normal class, including initiator and responder functionality (client and server, also called peer).

4.1.2 Functions of the DLL

The functions of the DLL are those necessary to bridge the gap between the services available from the PhL and those offered to DLS-users. The functions are:

As a responder (in Simple class or Normal class DLEs):

- a) Receive a DLPDU from a remote DLE, perform frame check, parse the received DLPDU into its DL-protocol information and data components, and generate a DLS-user indication primitive. Possibly wait for a DLS-user request or response primitive, convert it to a DLPDU, and send that DLPDU to the remote DLE.
- b) Receive a single PhIDU specifying LINK-IDLE, and use that to time-out when waiting for a DLS-user request primitive.

As an initiator (in Normal class DLEs):

- c) Convert a DLS-user request primitive to a DLPDU, queue it, and send it to a remote DLE (or all DLEs at the Link if broadcast) at the first opportunity. Possibly wait for an Acknowledge or Immediate-reply DLPDU from the remote DLE, and (if an Immediate-reply DLPDU is received) generate a DLS-user indication primitive.
- d) Receive an SPDU, and use the associated data to check or gain Link-access synchronization.
- e) Receive a single PhIDU specifying LINK-IDLE, use that to keep Link-access synchronized, and possibly to initiate sending a DLPDU from the queue if the queue is not empty, or if the queue is empty, to send an SPDU for Link-access synchronization.

These functions are illustrated in Figure 2 to Figure 4.

4.1.2.1 Acknowledged vs. confirmed

The terms acknowledged and unacknowledged are used to describe whether the receiving DLE must acknowledge the receipt of a DLPDU or not. The terms confirmed and unconfirmed are used to describe whether the receiving DLS-user must confirm the receipt of a DLSDU or not.

The variable V(ACPDU) - Acknowledge Confirmed PDU - defines, whether the DLE must acknowledge the receipt of Confirmed DLPDUs. The variable V(AUPDU) - Acknowledge Unconfirmed PDU - defines, whether the DLE must acknowledge the receipt of Unconfirmed DLPDUs.

A special case is when the first Node-address in a received DLPDU is equal to the Broadcast-Node-address (BNA). In this case, the receiving DLE shall never acknowledge the receipt of the DLPDU.

4.1.2.2 Half-duplex and full duplex

Unless otherwise stated, the PhL is assumed to support half-duplex transfer. However, a PhL supporting full duplex is allowed.

Full duplex systems allow up to 125 DLEs on a Link, all of Normal class. Each DLE is allowed to transmit immediately, that is, there is no Link Access system. DLEs supporting full duplex PhEs have separate state machines for receive and transmit, as illustrated in Figure 5 and Figure 6.

In full duplex systems, Confirmed as well as Unconfirmed DLPDUs are unacknowledged.

PhLs supporting full duplex shall not provide Link-Idle indications.

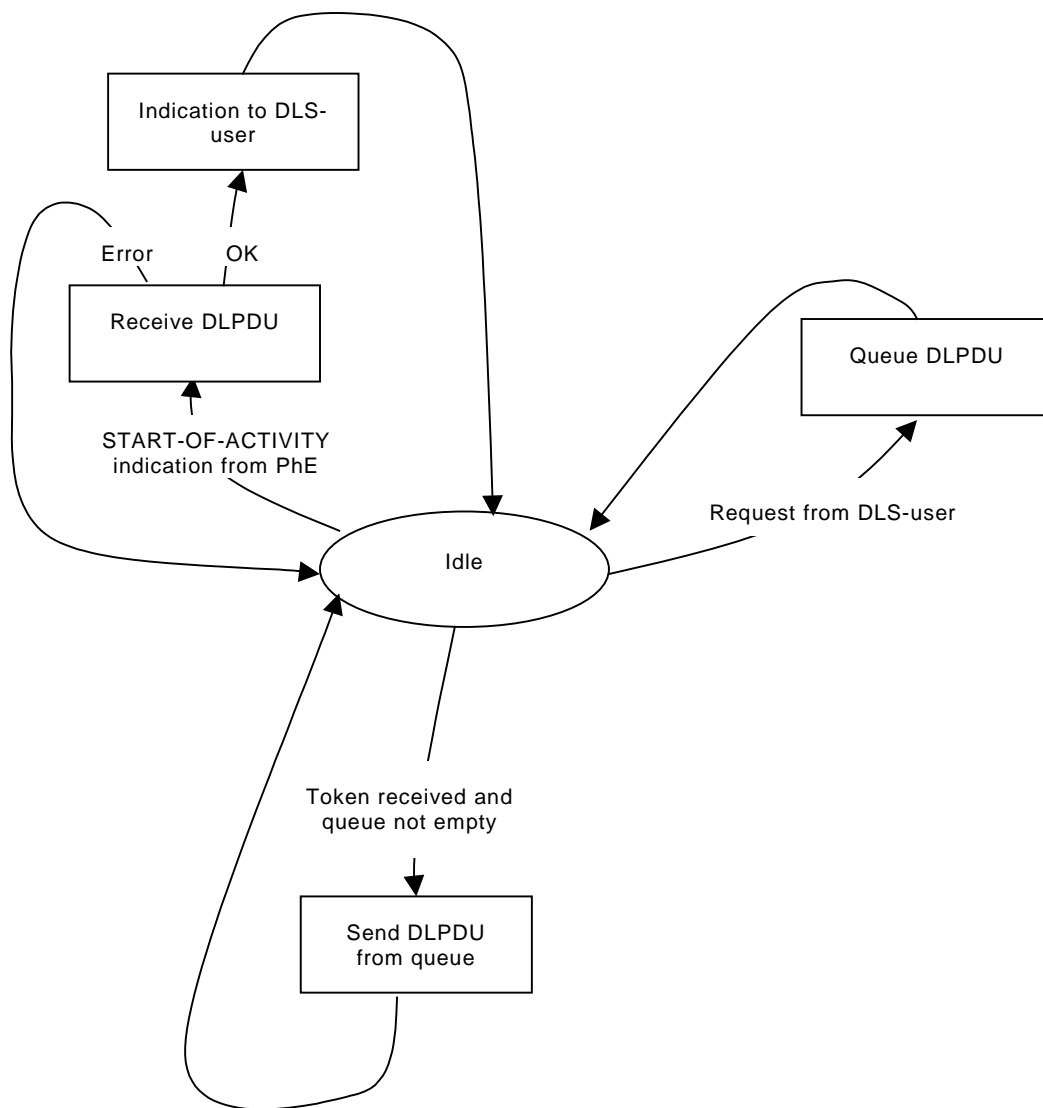


Figure 2 – DLE state diagram for confirmed and unconfirmed, unacknowledged DLPDUs

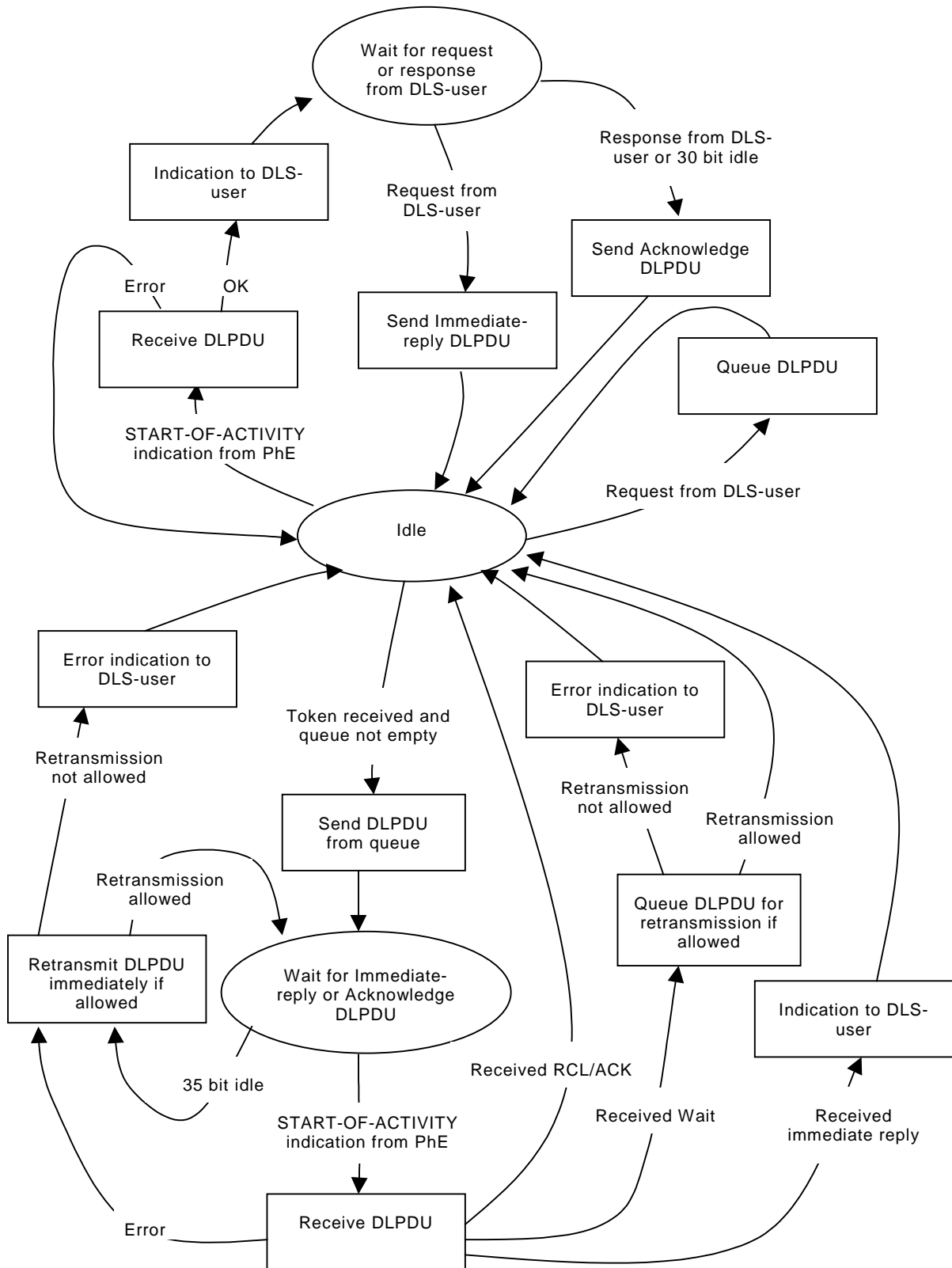


Figure 3 – DLE state diagram for confirmed acknowledged DLPDUs

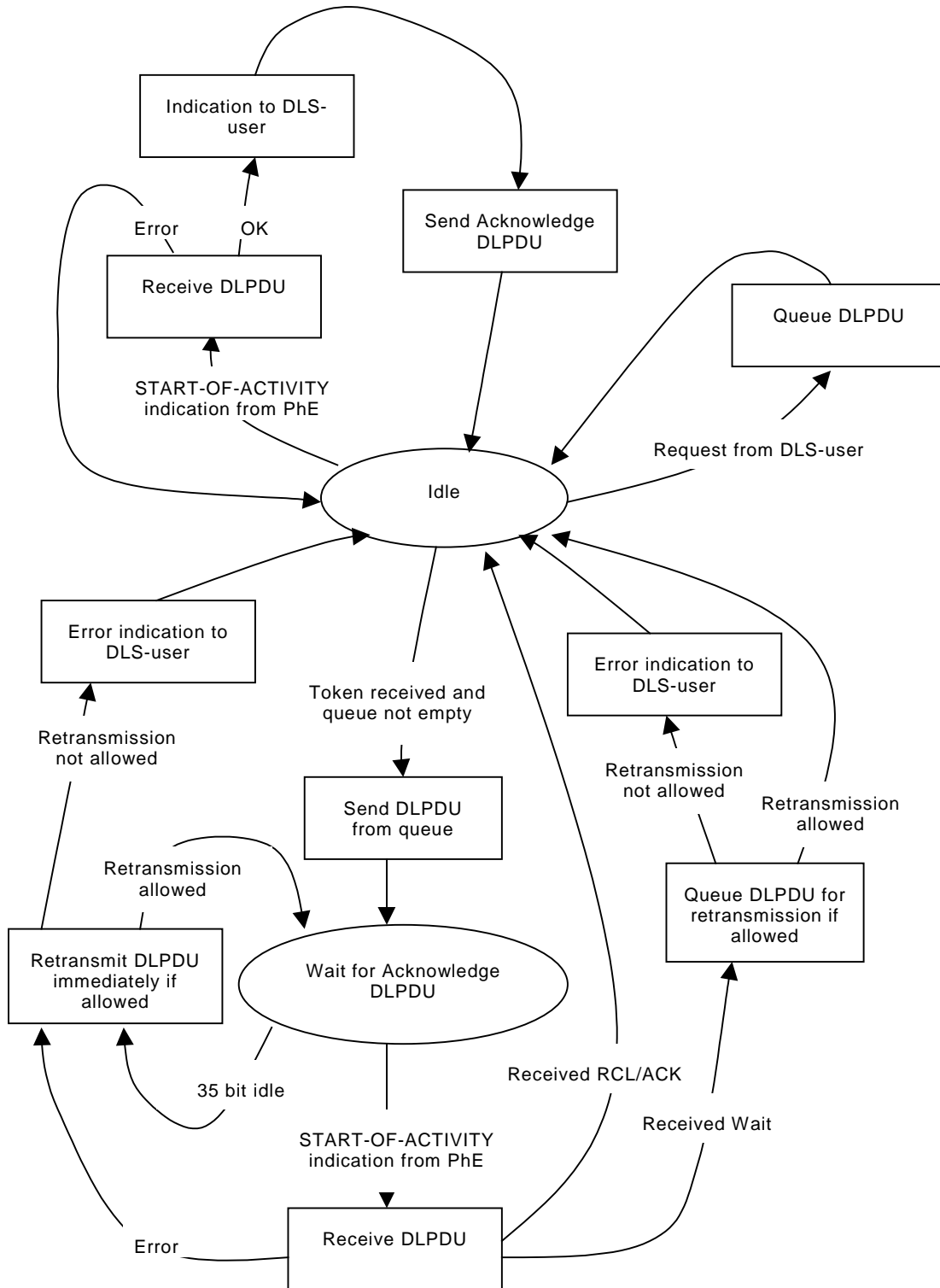


Figure 4 – DLE state diagram for unconfirmed acknowledged DLPDUs

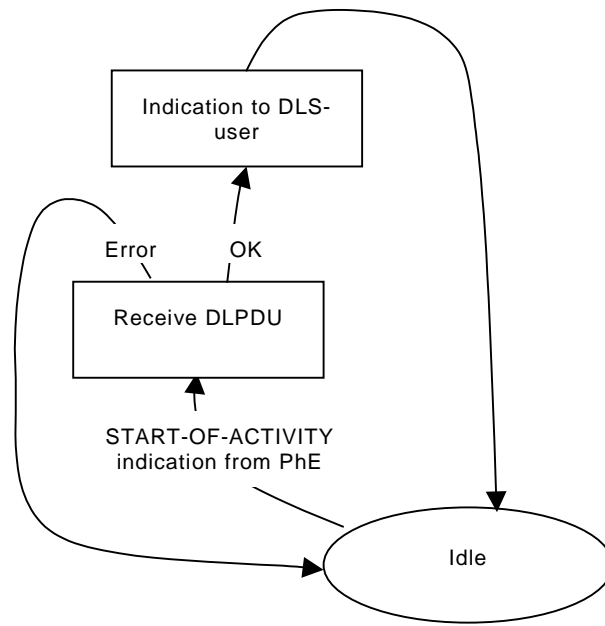


Figure 5 – Full duplex DLE receive state diagram

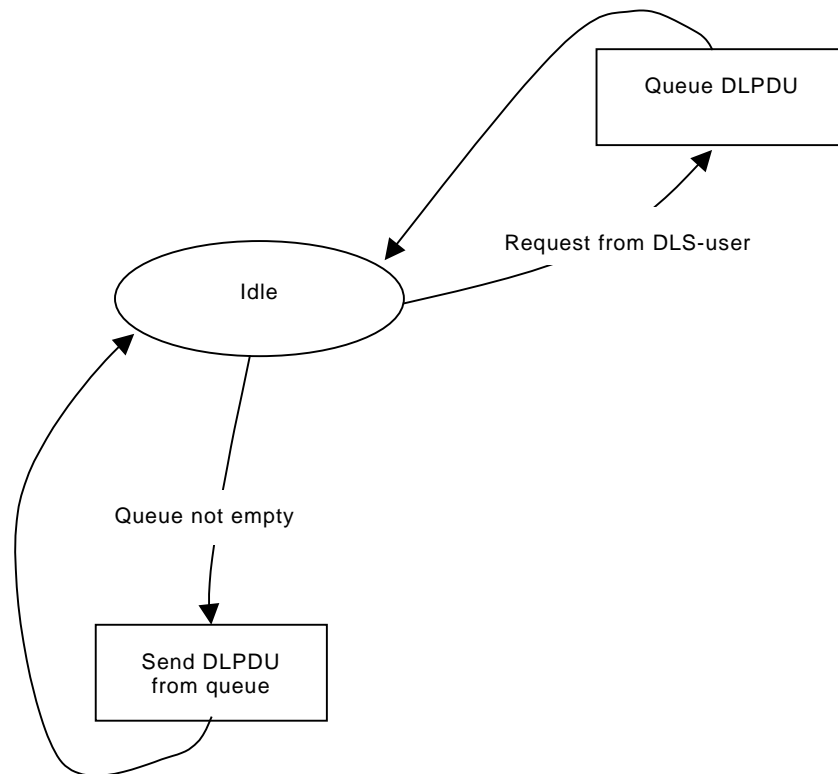


Figure 6 – Full duplex DLE transmit state diagram

4.1.2.3 DLPDU types

Four different types of DLPDUs are defined.

- a) Confirmed - used to send confirmed requests between DLS-users.
- b) Unconfirmed - used to send responses or unconfirmed requests between DLS-users.

- c) Acknowledge - used by DLEs to acknowledge receipt of Confirmed or Unconfirmed DLPDUs. The receipt of Acknowledge DLPDUs must never be acknowledged.
- d) Immediate-reply - used to send responses between DLS-users. The receipt of Immediate-reply DLPDUs must never be acknowledged.

4.1.2.4 SPDU types

Only one type of SPDU (Support Protocol Data Unit) is defined.

- a) Sync - used to send Link access synchronization information between DLEs. An SPDU holds the Node-address of the DLE holding the Virtual Link-access token. An SPDU can be "stand-alone" or part of an Acknowledge or Immediate-reply DLPDU.

4.1.2.5 Responder role, receiving a DLPDU from the PhE

This action includes a sequence of steps, as described in the following.

- a) Receive a single PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY. This PhIDU holds a Node address. This address is examined to determine, whether its value is equal to the Node-address of this DLE, or equal to the Broadcast-Node-address (BNA) or the Service-Node-Address (SNA). If not, ignore this sequence and wait for the next PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY.
- b) Receive a sequence of PhIDUs from the PhE, specifying DATA, concatenate them to a received DLPDU, compute a frame check sequence over the entire sequence of received data as specified by the value of V(FCM) - FrameCheckMethod, and, if necessary, check for the proper value. If the value is not correct, ignore the DLPDU and wait for the next PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY.
- c) Convert the received DLPDU into its DL-protocol control information and data components.
- d) Generate a DLS-user indication primitive.
- e) If the DLPDU received from the remote DLE is of type Confirmed, and the receipt of the DLPDU must be acknowledged, according to the rules described in 4.1.2.1, wait for a request or response primitive from the local DLS-user.

If no request or response primitive is issued from the local DLS-user in time (before a PhIDU specifying "LINK-IDLE for 30 bit periods" is received from the PhE), generate and immediately send an Acknowledge DLPDU. This DLPDU must specify "Wait" if this DLE is of Simple class, and "Response Comes Later / Acknowledge" ("RCL/ACK") if this DLE is of Normal class.

If a response primitive is issued from the local DLS-user in time, generate and immediately send an Acknowledge DLPDU, specifying "Wait" if this DLE is of Simple class, and "RCL/ACK" if this DLE is of Normal class.

If a request primitive is issued from the local DLS-user in time, convert it into an Immediate-reply DLPDU and send it immediately. After sending, wait for the next PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY.

- f) If the DLPDU received from the remote DLE is of the Confirmed type, and the receipt of the DLPDU shall not be acknowledged, wait for the next PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY.
- g) If the DLPDU received from the remote DLE is of the Unconfirmed type, and the receipt of the DLPDU shall be acknowledged, according to the rules described in 4.1.2.1, generate and immediately send an Acknowledge DLPDU, specifying RCL/ACK. After sending, wait for the next PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY.
- h) If the DLPDU received from the remote DLE is of the Unconfirmed type, and the receipt of the DLPDU shall not be acknowledged, wait for the next PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY.

4.1.2.6 Responder role, receiving a PhIDU specifying LINK-IDLE

As a responder, when waiting for a request or response primitive from the local DLS-user, the receipt of a PhIDU from the PhE specifying "LINK-IDLE for 30 bit periods" is used to timeout waiting for the DLS-user. The possible actions resulting from the timeout are defined in 4.1.2.5.

4.1.2.7 Initiator role, managing request primitives from the local DLS-user

This action includes a sequence of steps, as described in the following:

- a) Convert a request primitive from the local DLS-user into a DLPDU, queue it, and send it to a remote DLE (or all DLEs on the Link if broadcast) at the first opportunity.
- b) If the DLPDU sent is of type Unconfirmed, and the receiving DLE should acknowledge the receipt, according to the rules defined in 4.1.2.1, wait for an Acknowledge DLPDU from the remote DLE specifying RCL/ACK. If no acknowledge is received in time (before a PhIDU specifying "LINK-IDLE for 35 bit periods" is received from the PhE), immediately re-transmit the DLPDU if the permitted number of transmission retries have not been sent. If the permitted number of transmission retries have failed, do nothing, and this action is completed.
- c) If the DLPDU sent is of type Unconfirmed, and the receiving DLE should not acknowledge the receipt, this action is completed.
- d) If the DLPDU sent is of type Confirmed, and the receiving DLE should acknowledge the receipt, wait for an Immediate-reply DLPDU holding the response, or an Acknowledge DLPDU, from the remote DLE.

If an Acknowledge DLPDU is received from the remote DLE in time (before a PhIDU specifying "LINK-IDLE for 35 bit periods" is received from the PhE), and the acknowledge specifies "RCL/ACK", this action is completed. If the acknowledge specifies "Wait", queue the DLPDU for retransmission if the associated retry timer has not expired. If the retry timer has expired, generate a DLS-user indication primitive with the appropriate error information.

If an Immediate-reply DLPDU holding the response is received in time from the remote DLE, convert the received DLPDU into its DL-protocol control information and data components, and generate a DLS-user indication primitive.

If neither acknowledge nor response is received from the remote DLE in time, re-transmit the DLPDU immediately (while this DLE still holds the Virtual Link-access token) if the permitted number of transmission retries have not been sent. If the permitted number of transmission retries have failed, generate a DLS-user indication primitive with the appropriate error information.

- e) If the DLPDU sent is of type Confirmed, and the receiving DLE should not acknowledge the receipt, this action is completed.

4.1.2.8 Initiator role, link-access

The Link-access system is based on a so-called Virtual Link-access token. Virtual because the token is not explicitly sent from one Normal class DLE to another, but implicitly passed as the Link is idle.

The following DLE variables and counters are used by the Link-access system.

- V(NA) - Node-address. Each DLE on a Link is uniquely identified by its Node-address, the value of which is stored in V(NA). The value of V(NA) must be different in all DLEs on the Link.
- V(NDLE) - Number of DLEs - holds the maximum number of Normal class DLEs on the Link. The value of V(NA) must be lower than or equal to the value of V(NDLE). The value

of V(NDLE) must not exceed 32. The value of V(NDLE) must be the same in all DLEs on the Link.

- C(LAC) - Link Access Counter - holds the Node-address of the DLE holding the Virtual Link-access token. The value of C(LAC) will be the same in all DLEs on the Link.
- C(LIC) - Link Idle Counter - holds information on, for how long the Link has been idle. The value of C(LIC) will be the same in all DLEs on the Link.

Figure 7 illustrates the functionality of the Link-access system. The "Action" line describes the use of the Link. The first action is that the DLE having Node-address 2 sends a Confirmed DLPDU, and receives the corresponding Immediate-reply DLPDU. The second action is that the DLE having Node-address 3 sends an Unconfirmed DLPDU. Then, after a long idle period, the DLE with Node-address 2 sends a Sync SPDU.

The DLE having Node-address 4 is not present. Had it been present, DLE4 should have sent the Sync SPDU, as the Link had been idle for 360 bit periods when it "received" the Virtual Link-access token. The next DLE holding the token is DLE1, which is present and therefore sends the Sync SPDU.

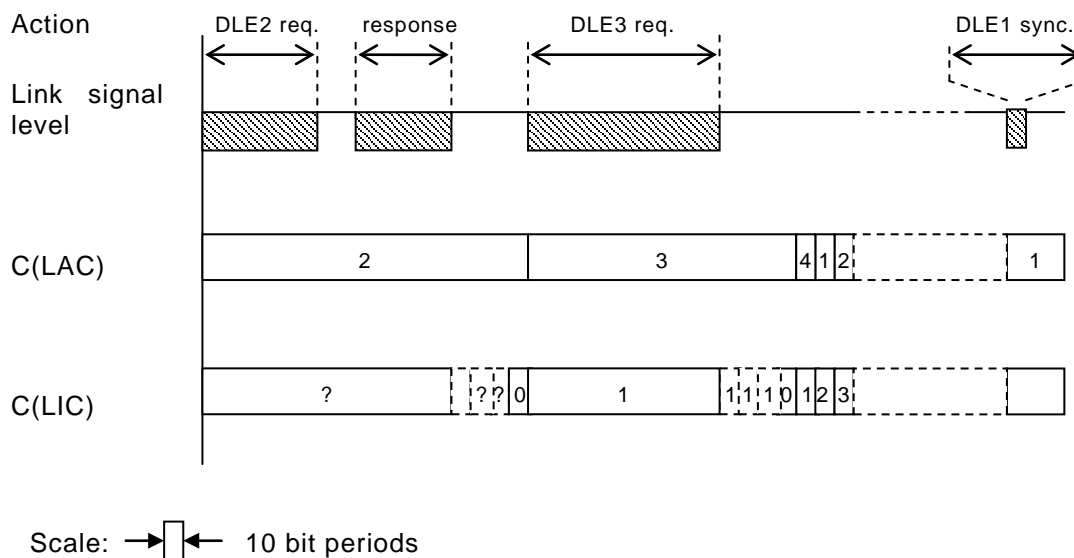


Figure 7 – Link access example

Each single PhIDU specifying LINK-IDLE holds information on, whether the Link has been idle for 30 bit periods, for 35 bit periods, or for 40 or more bit periods in the associated status parameter.

Each time a LINK-IDLE specifying that the Link has been idle for 40 or more bit periods is received, the value of C(LAC) - Link Access Counter - and the value of C(LIC) - Link Idle Counter - is incremented by 1. When the value of C(LAC) becomes higher than the value of V(NDLE) the value of C(LAC) is set to 1.

Each time a LINK-IDLE specifying that the Link has been idle for 30 bit periods is received, the value of C(LIC) is set to 0.

If, immediately after incrementing C(LAC), the value of C(LAC) is equal to the Node-address of this DLE, it means this DLE holds the Virtual token, and therefore is allowed to send (and

possibly re-transmit) a DLPDU from the queue. This must be initiated immediately, by sending a START-OF-ACTIVITY-2 to the PhE. It is a task of the implementation to ensure that the transmission is initiated within 7 bit-periods after receipt of the LINK-IDLE service primitive. If the queue is empty, the DLE must check the value of C(LIC), to see for how long time the Link has been idle. If the value of C(LIC) is equal to or higher than 33, it means the Link has been idle for 360 bit periods or more. If this applies, the DLE must send a Sync SPDU for Link-access synchronization. This must be done immediately, by sending a START-OF-ACTIVITY-2 to the PhE. The associated data field must specify Source, and hold the Node-address of this DLE. This system is used to keep the idle counters in all PhEs on the Link, and thus the values of C(LAC) and C(LIC) in all DLEs on the Link, synchronized.

Each single PhIDU specifying START-OF-ACTIVITY holds a Node-address and a Source/Destination designator in the associated data field. If the Node-address is a source Node-address, it identifies the DLE holding the Virtual Link-access token at this moment. Such a PhIDU forms a complete Sync SPDU.

When the DLE receives a Sync SPDU, it must compare the received Node-address with the value of C(LAC). If the 2 values are equal, it means the DLE is synchronized to the other DLEs on the Link. If they are not equal, it means the DLE is out of synchronization. As long as the DLE is out of synchronization, it is only allowed to act as a responder. Subclause 4.6 describes how to gain Link-access synchronization again.

4.1.3 Service assumed from the PhL

Subclause 4.1.3 defines the assumed Physical Service (PhS) primitives and their constraints on use by the DLE.

4.1.3.1 Assumed primitives of the PhS

The granularity of transmission in the fieldbus protocol is one octet. This is the granularity of PhS-user data exchanged at the PhL - DLL interface.

4.1.3.1.1 PhS management services

The PhS is assumed to provide the following service primitives to get and set PhE parameter values:

- a) Ph-SETVALUE request (parameter name, new value)
- b) Ph-SETVALUE confirm (status)
- c) Ph-GETVALUE request (parameter name)
- d) Ph-GETVALUE confirm (current value)

These services are used by the DLE to

- 1) set the bit rate, as a result of bit rate changing through DL-management;
- 2) get the bit rate, as a result of bit rate or Max Indication Delay reading through DL-management. The value of Max Indication Delay is calculated from the current value of bit rate, and shall indicate a value corresponding to 30 bit periods.

4.1.3.1.2 PhS transmission and reception services

The PhS is assumed to provide the following service primitives for transmission and reception:

- a) Ph-DATA request (class, data)
- b) Ph-DATA indication (class, data, status)
- c) Ph-DATA confirm (status)

where

class — specifies the Ph-interface-control-information (PhICI) component of the Ph-interface-data-unit (PhIDU).

For a Ph-DATA request, its possible values are

START-OF-ACTIVITY-1 – the PhE shall enable its driver, and initiate transmission by transmitting the associated data parameter as an "Address character". The PhE shall do this immediately, though not until the value of the PhE's idle counter has reached 11.

START-OF-ACTIVITY-2 – the PhE shall enable its driver, and initiate transmission by transmitting the associated data parameter as an "Address character". The PhE shall do this immediately, though not until the value of the PhE's idle counter modulus 10 has reached 2.

DATA – the PhE shall transmit the associated data parameter as a "Data character" immediately.

END-OF-ACTIVITY – the PhE shall wait till transmission of all formerly received data from the DLE has finished, and then disable its driver. The associated data parameter shall not be transmitted.

For a Ph-DATA indication, its possible values are

START-OF-ACTIVITY – the PhE has received an "Address character", the value of which is reported in the associated data parameter. The associated status parameter specifies success or the locally detected reason for failure.

DATA – the PhE has received a "Data character", the value of which is reported in the associated data parameter. The associated status parameter specifies success or the locally detected reason for failure.

LINK-IDLE – the PhE has detected, that the signal level on the Link has been "Idle" for 30, 35, 40, 50, 60... bit periods. The associated status parameter specifies if the Link has been idle for 30 bit periods, for 35 bit periods, or for 40 or more bit periods.

NOTE The PhE holds an idle counter. This counter is incremented by one each time the signal level on the Link has been idle for one bit period. Each time the signal level is not idle, the idle counter is cleared. When the idle counter reaches 30, the PhE reports this with a Ph-DATA indication of class LINK-IDLE, and associated status indicating 30 bit periods. Five bit periods later, if the Link is still idle, the PhE reports this with another Ph-DATA indication of class LINK-IDLE, and associated status indicating 35 bit periods. Five bit periods later, if the Link is still idle, the PhE reports this with another Ph-DATA indication of class LINK-IDLE, and associated status indicating 40 or more bit periods. This goes on for each 10 bit period with indications specifying 40 or more bit periods, till the signal level on the Link is no longer idle.

data – specifies the Ph-interface-data (PhID) component of the PhIDU. It consists of one octet of Ph-user data to be transmitted (Ph-DATA request), or one octet of Ph-user data which was received (Ph-DATA indication).

status – specifies either success or the locally detected reason for failure, or specifies if the associated LINK-IDLE indication indicates "30", "35" or "40 or more" bit periods of idle after Link activity.

The Ph-DATA confirm primitive provides the feedback necessary to enable the DLE to report failures such as Link short-circuit or noise resulting in framing error to the DLS-user, and provides the critical physical timing necessary to prevent the DLE from starting a second transmission before the first is complete.

4.1.3.2 Transmission of Ph-user data

When a DLE has a DLPDU to transmit, and the Link-access system gives that DLE the right to transmit, then the DLE shall send the DLPDU, including a concatenated FCS. Making a sequence of Ph-DATA requests as follows does this:

- a) the first request shall specify START-OF-ACTIVITY-11 if the DLPDU to transmit is an Acknowledge or Immediate-reply DLPDU, or if the transmission is an immediate re-transmission of a Confirmed or Unconfirmed DLPDU. The first request shall specify START-OF-ACTIVITY-2 if transmission of a Confirmed or Unconfirmed DLPDU from the queue is commenced;
- b) this first request shall be followed by consecutive requests specifying DATA, and concluded by a single request specifying END-OF-ACTIVITY.

The PhE signals its completion of each Ph-DATA request, and its readiness to accept a new Ph-DATA request, with a Ph-DATA confirm primitive. The status parameter of the Ph-DATA confirm primitive conveys the success or failure of the associated Ph-DATA request.

4.1.3.3 Reception of Ph-user data

The PhE reports a received transmission with Ph-DATA indications, which shall consist of either a single indication specifying START-OF-ACTIVITY, or a single indication specifying START-OF-ACTIVITY followed by consecutive indications specifying data. Each indication has an associated status parameter, specifying successful reception of the associated data, or the locally detected reason for failure.

4.2 General structure and encoding of PhIDUs and DLPDUs, and related elements of procedure

4.2.1 PhIDU structure and encoding

Each PhIDU consists of Ph-interface-control-information and in some cases one octet of Ph-interface-data (see 4.1.3). When the DLE transmits a DLPDU, it computes a frame check sequence for the DLPDU as specified in 4.2.2, concatenates the DLPDU and the frame check sequence, and transmits the concatenated pair as a sequence of PhIDUs as follows.

- a) The DLE issues a single Ph-DATA request primitive with PhICI specifying START-OF-ACTIVITY-2 if sending from the queue, and specifying START-OF-ACTIVITY-11 if sending an Acknowledge or Immediate-reply DLPDU, or if re-transmitting because of missing acknowledge. The request primitive is accompanied by one octet holding the first octet from the DLPDU as Ph-interface-data. After that, the DLE awaits the consequent Ph-DATA confirm primitive.
- b) The DLE issues a sequence of Ph-DATA request primitives with PhICI specifying DATA, each accompanied by one octet of the DLPDU as Ph-interface-data, from second to last octet of the DLPDU, and after each Ph-DATA request primitive awaits the consequent Ph-DATA confirm primitive.
- c) If the value of V(FCM) - FrameCheckMethod - specifies reduced frame check, the DLE issues a single Ph-DATA request primitive with PhICI specifying DATA, accompanied by one octet holding the computed FCS as Ph-interface-data, and after the Ph-DATA request primitive awaits the consequent Ph-DATA confirm primitive. If the value of V(FCM) - FrameCheckMethod - specifies normal frame check, the DLE issues a sequence of Ph-DATA request primitives with PhICI specifying DATA, each accompanied by one octet of the FCS as Ph-interface-data, from first to last octet of the FCS, and after each Ph-DATA request primitive awaits the consequent Ph-DATA confirm primitive. If the value of V(FCM) - FrameCheckMethod - specifies None frame check, the transmission is finished.
- d) The DLE issues a single Ph-DATA request primitive with PhICI specifying END-OF-ACTIVITY, and awaits the consequent Ph-DATA confirm primitive.

It is a task of the implementation to ensure that there are no idle periods between the octets of a transmitted DLPDU.

The DLE forms a received DLPDU by concatenating the sequence of octets received as Ph-interface-data of consecutive Ph-DATA indications, computing a frame check sequence for those received octets as specified in 4.2.2, and compares the received FCS value with the computed, as follows.

- 1) The DLE received a single Ph-DATA indication primitive with PhICI specifying START-OF-ACTIVITY, accompanied by one octet of the received DLPDU as Ph-interface-data, and initializes its computation of an FCS for the received DLPDU.
- 2) The DLE receives a sequence of Ph-DATA indication primitives with PhICI specifying DATA, each accompanied by one octet of the received DLPDU as Ph-interface-data, incrementally computes an FCS on the received octet, and concatenates all, or all except the last one or two as specified by V(FCM), of those received octets to form the received DLPDU. During reception, the DLE encodes the DLPDU being received to compute the number of octets forming the DLPDU.
- 3) When the DLE has received the last Ph-DATA indication, it compares the value(s) (if any – depending on frame check method) of the computed FCS to zero:
 - i) if the value(s) is (are) zero, then the DLE reports the reconstructed DLPDU as a correctly received DLPDU suitable for further analysis;
 - ii) if the value(s) is (are) not zero, the DLE ignores the received DLPDU, and performs no further actions related to the received DLPDU.

4.2.2 Frame check sequence

The value of the DLE local variable V(FCM) determines which frame check method to use.

The following frame check methods are defined: "Normal", "Reduced" and "None".

4.2.2.1 Normal frame check method

The "Normal" frame check method uses two frame-check codes, FCA and FCB. The method gives a "Hamming Distance" of 4 for a codeword size of 64 bits. This means, that up to three (Hamming Distance minus one) randomly-located error bits within a 64-bit wide window will be detected. Any burst of errors up to 15 bits in length and any error with an odd number of bits in error will be detected.

At the transmitting DLE, the following sequence is followed.

- a) Before transmitting the first octet of the DLPDU, clear the two variables FCA and FCB.
- b) For each octet of the DLPDU to be sent, exclusive OR the value of the octet to be sent to the value of FCA, and store the result in FCA. Exclusive OR the value of the octet to be sent to the value of FCB, rotate the result one bit left, and store the final result in FCB. This is done in the order in which the octets are sent.
- c) When the last octet of the DLPDU has been sent, send the value of FCA, exclusive OR the value of FCA to the value of FCB, rotate the result one bit left, and store the final result in FCB.
- d) When FCA has been sent, send the value of FCB.

At the receiving DLE, the following sequence is followed:

- e) Before receiving the first octet of the DLPDU, clear the two variables FCA and FCB.
- f) For each octet of the DLPDU received, exclusive OR the value of the received octet to the value of FCA, and store the result in FCA. Exclusive OR the value of the received octet to the value of FCB, rotate the result one bit left, and store the final result in FCB. This must be done in the order in which the octets are received.
- g) When the first octet of the FCS has been received, and the normal frame check computation performed, check that the value of FCA is equal to zero.

- h) When the last octet of the FCS has been received, and the normal frame check computation performed, check that the value of FCB is equal to zero.

4.2.2.2 Reduced frame check method

The "Reduced" frame check method uses one frame-check code, FC. The method gives a "Hamming Distance" of 2 for the whole DLPDU, which means any single error bit will be detected. A single error burst up to 8 bits in length will also be detected.

At the transmitting DLE, the following sequence is followed.

- a) Before transmitting the first octet of the DLPDU, clear the variable FC.
- b) For each octet of the DLPDU to be sent, add the value of the octet to the value of FC, without carry, and store the result in FC.
- c) When the last octet of the DLPDU has been sent, send the 2's complement of the value of FC.

At the receiving DLE, the following sequence is followed:

- d) Before receiving the first octet of the DLPDU, clear the variable FC.
- e) For each octet of the DLPDU received, add the value of the received octet to the value of FC without carry, and store the result in FC.
- f) When the FCS has been received, and the normal frame check computation performed, check that the value of FC is equal to zero.

4.2.2.3 None frame check method

The "None" frame check method uses no frame check. This method is only used for IP networks. In this case the DLPDU is data within a frame on the IP network and the IP network specifies the frame check.

4.2.3 Common DLPDU structure, encoding and elements of procedure

Each DLPDU consists of a Type 4-route field, a Control-status field, a Data-field-format field, and for most DLPDUs a Data field. An FCS field (see 4.2.2) which is used to check the integrity of the received DLPDU can be appended before transmission, and removed after reception.

4.2.3.1 Type 4-route field

The first field in each DLPDU is a Type 4-route field. The Type 4-route field holds a Type 4-route and consists of 2-30 octets, called Type 4-route-elements. Each Type 4-route-element is an octet, holding a 7-bit DL-route-element or Remaining-route-length, and a 1-bit Source/Destination designator. Five different Type 4-route field formats are defined: "Simple", "Extended", "Complex", "Immediate" and "IP". The Type 4-route field format is indicated by the sequence of Source/Destination designators.

The Source/Destination designator is physically located as bit 8 in the octet. A value of "0" designates "Destination", and a value of "1" designates "Source".

4.2.3.1.1 Simple Type 4-route format

Type 4-route fields of Simple format consist of one destination Type 4-route-element followed by one source Type 4-route-element, as illustrated in Figure 8.

0	Destination address
1	Source address

Figure 8 – Simple Type 4-route format

The Destination address identifies the DLE to receive the DLPDU. The Source address identifies the transmitting DLE.

Simple routes are used when sending Confirmed or Unconfirmed DLPDUs holding requests to DLEs of simple class. The DLPDU is of type Unconfirmed if the Destination address is equal to the Broadcast-Node-Address (BNA).

4.2.3.1.2 Extended Type 4-route format

Type 4-route fields of Extended format consist of two destination Type 4-route-elements followed by two source Type 4-route-elements, as illustrated in Figure 9.

0	Destination address
0	Destination address
1	Source address
1	Source address

Figure 9 – Extended Type 4-route format

The first Destination address identifies the DLE to receive the DLPDU. The second Destination address is used by the DLS-user. The first Source address identifies the transmitting DLE. The second Source address is used by the DLS-user.

Extended routes are used when sending Confirmed or Unconfirmed DLPDUs holding requests to DLEs of normal class. The DLPDU is Unconfirmed if the value of the first Destination address equals BNA.

4.2.3.1.3 Complex Type 4-route format

Type 4-route fields of Complex format consist of more than 2 destination Type 4-route-elements followed by 2 or more source Type 4-route-elements, as illustrated in Figure 10.

0	Destination address
0	Destination address
0	Remaining-route-length
-	-
-	-
1	Source address
1	Source address

Figure 10 – Complex Type 4-route format

The first Destination address identifies the DLE to receive the DLPDU. The remaining Destination addresses are used by the DLS-user. The third Type 4-route-element holds the number of Type 4-route-elements following the third Type 4-route-element. The first Source address identifies the transmitting DLE. The remaining source addresses (maybe except the last) are used by the DLS-user.

Complex routes are used when sending Confirmed or Unconfirmed DLPDUs holding requests or Unconfirmed DLPDUs holding responses to DLEs of normal class. The DLPDU is Unconfirmed if the value of the last Source address equals 0, or the value of one of the Destination addresses equals BNA.

4.2.3.1.4 Immediate Type 4-route format

Type 4-route fields of Immediate format consist of one source Type 4-route-element followed by one destination Type 4-route-element, as illustrated in Figure 11.

1	Source address
0	Destination address

Figure 11 – Immediate Type 4-route format

The Source address identifies the DLE to receive the DLPDU. The Destination address identifies the transmitting DLE. The Source address does NOT identify the transmitting DLE, but the DLE that transmitted the request resulting in this DLPDU. As always, the first octet in the Type 4-route identifies the DLE to receive the DLPDU.

Immediate routes are used when sending Acknowledge or Immediate-reply DLPDUs to DLEs of normal class.

4.2.3.1.5 IP Type 4-route format

Type 4-route fields of IP format consist of more than 2 destination Type 4-route-elements followed by 2 or more source Type 4-route-elements, as illustrated in Figure 12.

0	Destination address
0	Destination address
0	Remaining-route-length

1	Source address
1	Source address

Figure 12 – IP Type 4-route format

The first Destination address is the IPNetID, which identifies the IP net to receive the DLPDU. The value of IPNetID shall be in the range of 0-127. The values 0, 126 and 127 are reserved for special purposes.

The second Destination address identifies the DLE to receive the DLPDU. The remaining Destination addresses are used by the DLS-user. The third Type 4-route-element holds the number of Type 4-route-elements following the third Type 4-route-element. The first Source address identifies the transmitting IP net. The second Source address identifies the transmitting DLE. The remaining source addresses (maybe except the last) are used by the DLS-user.

Complex routes are used when sending Confirmed or Unconfirmed DLPDUs holding requests or Unconfirmed DLPDUs holding responses to DLEs of normal class. The DLPDU is Unconfirmed if the value of the last Source address equals 0, or the value of one of the Destination addresses equals BNA.

4.2.3.2 Control-status field

The second field in each DLPDU is a Control-status field. This field consists of 1 octet, used by the DLE in conjunction with the Type 4-route field format and the Data-field-format field to determine the DLPDU type. If the DLPDU type is Acknowledge, the Control-status field holds status information to the DLE. The coding of the Control-status field is illustrated in Figure 13.

If the format of the Type 4-route-field is Immediate, the DLPDU is of type Immediate-reply or Acknowledge. The value of the Control-status field indicates (in conjunction with the Data-field-format field) whether the DLPDU is of type Immediate-reply or Acknowledge, according to the following:

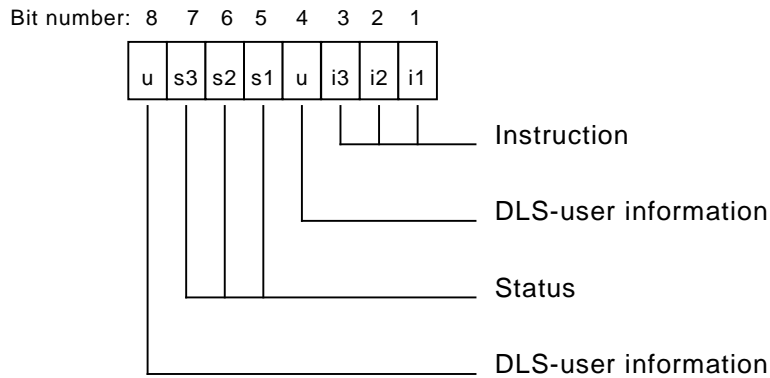


Figure 13 – Control-status format

The range for the Instruction subfield is 0 to 7. The range for the Status subfield is 0 to 7.

The DLPDU is an Acknowledge DLPDU specifying Wait if all of these conditions are fulfilled:

- a) the Type 4-route-field format is immediate,
- b) the value of the Instruction subfield is greater than 0,
- c) the value of the Data-size subfield in the Data-field-format field equals 0,
- d) the value of the Status subfield is 4.

The DLPDU is an Acknowledge DLPDU specifying RCL/ACK if all of these conditions are fulfilled:

- e) the Type 4-route-field format is immediate,
- f) the value of the Instruction subfield is greater than 0,
- g) the value of the Data-size subfield in the Data-field-format field equals 0,
- h) the value of the Status subfield is 5.

If neither of these two apply, the DLPDU is not an Acknowledge DLPDU. Acknowledge DLPDUs hold information for the DLE, and the receipt of an Acknowledge DLPDU does not result in a DLS-user indication.

4.2.3.3 Data-field-format field

The third field in each DLPDU is a Data-field-format field. This field consists of 1 octet, holding a 6-bit subfield indicating Data-size, and a 2-bit subfield for DLS-user information, as illustrated in Figure 14.

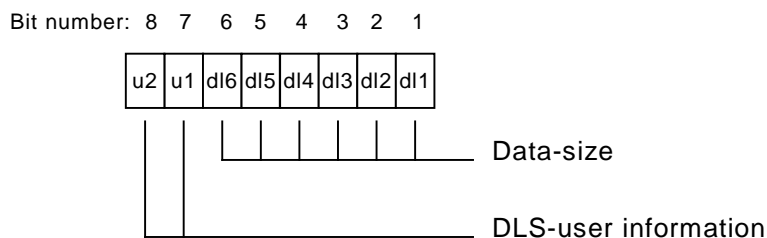


Figure 14 – Data-field-format

The range for the Data-size subfield is 0 to 63. The value indicates the number of octets in the Data-field of the DLPDU, and does not include the FCS octet(s).

4.2.3.4 Data field

The next field in the DLPDU is the Data field. The size and DLS-user interpretation of this field is indicated in the Data-field-format and Control-status fields. The size of the Data field is 0 to 63 octets.

4.3 DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure

Table 1 – Summary structure of DLPDUs

DLPDU type	Type 4-route format	Destination Node-addresses	Last Source address	Control-status	Data size	Data
Confirmed	Simple	≠ BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Confirmed	Extended	≠ BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Confirmed	Complex	≠ BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Confirmed	IP	≠ BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Unconfirmed	Simple	= BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Unconfirmed	Extended	= BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Unconfirmed	Complex	= BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Unconfirmed	Complex	≠ BNA	= 0	Any	≥ 0	user data
Unconfirmed	IP	= BNA	≠ 0	Any	> 2	user data
Unconfirmed	IP	≠ BNA	= 0	Any	≥ 0	user data
Immediate-reply	Immediate	Any	Any	Any	≥ 0	user data
Acknowledge	Immediate	Any	Any	= Wait / RCL/ACK	= 0	-

The DLPDU type is indicated by the Type 4-route format, the contents of the Destination Node-addresses in the Type 4-route, the contents of the last Source address in the Type 4-route, the contents of Control-status, and the contents of the data size subfield of Data-field-format, as shown in Table 1.

When the value in the column Destination Node-addresses is "≠ BNA" it means, that none of the Node-addresses in the Type 4-route field are = BNA. When the value in the column Destination Node-addresses is "= BNA" it means, that at least one of the Node-addresses in the Type 4-route field is = BNA.

4.3.1 Confirmed DLPDU

A Confirmed DLPDU is used

- a) to request the transfer of a limited amount of transparent user data from another DLS-user to the requesting DLS-user;
- b) to transfer a limited amount of transparent user data from the requesting DLS-user to another DLS-user;
- c) to transfer a limited amount of transparent user data from the requesting DLS-user to another DLS-user, and at the same time request the transfer of the same amount of transparent user data from that other DLS-user to the requesting.

4.3.1.1 Structure of confirmed DLPDUs

The structure of confirmed DLPDUs is shown in Table 2.

Table 2 – Structure of confirmed DLPDUs

Route format	Destination node-addresses	Last source node address	Control-status	Data size	Data
Simple	≠ BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data
Extended	≠ BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data
Complex	≠ BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data
IP	≠ BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data

4.3.1.2 Sending the confirmed DLPDU

A confirmed DLPDU is selected for transmission on the Link when the DLPDU is the first in the queue, and the DLE receives the Virtual Link-access token (except for Full duplex). Once selected, the DLPDU is removed from the queue, and transmission of the DLPDU commences. If the receipt of the DLPDU must be acknowledged, according to the rules described in 4.1.2.1, the DLPDU shall be transmitted until either

- a) an Immediate-reply DLPDU is received, or
- b) an Acknowledge DLPDU is received, or
- c) the original transmission and the permitted maximum number or transmission retries, V(MRC), have all failed to elicit one of the permissible reply DLPDUs.

In addition to the above, the transmitting DLE shall act according to the rules described in 4.1.2.7.

4.3.1.3 Receiving the confirmed DLPDU

A received confirmed DLPDU shall be treated as follows by the receiving DLE.

NOTE The next alternative is used to detect the reception of a duplicated confirmed DLPDU resulting from an immediate retry by the current token-holding DLE, which itself was probably caused by an error detected during receipt of the earlier Acknowledge or Immediate-reply DLPDU.

- a) If
 - 1) the receipt of the DLPDU shall be acknowledged, according to the rules described in 4.1.2.1, and
 - 2) no PhE LINK-IDLE indication primitive, specifying the Link has been idle for 40 or more bit periods, has been received since the last DLPDU was received, and
 - 3) the contents of the Type 4-route field in the just received DLPDU is exactly the same as the contents of the Type 4-route field in the last DLPDU received,

then the receiving DLE shall

- i) retransmit the prior-transmitted acknowledge or immediate-reply DLPDU immediately, and
 - ii) discard the received DLPDU and not forward it to the DLS-user.
- b) If a) does not apply, the receiving DLE shall act according to the rules described in 4.1.2.5.

4.3.2 Unconfirmed DLPDU

An Unconfirmed DLPDU is used

- a) by a requesting DLS-user to transfer a limited amount of transparent user data from the requesting DLS-user to one or more other DLS-users;
- b) by a responding DLS-user to transfer a limited amount of transparent user data from the responding DLS-user to the requesting, as a response to a received confirmed DLPDU;

- c) by a responding DLS-user to acknowledge the receipt of a limited amount of transparent user data from the requesting DLS-user, as a response to a received confirmed DLPDU.

4.3.2.1 Structure of unconfirmed DLPDUs

The structure of unconfirmed DLPDUs is shown in Table 3.

Table 3 – Structure of unconfirmed DLPDUs

Route format	Destination node-addresses	Last source node-address	Control-status	Data size	Data
Simple	= BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data
Extended	= BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data
Complex	= BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data
Complex	≠ BNA	= 0	DLS-user info	≥ 0	DLS-user data
IP	= BNA	≠ 0	DLS-user info	> 2	DLS-user data
IP	≠ BNA	= 0	DLS-user info	≥ 0	DLS-user data

4.3.2.2 Sending the unconfirmed DLPDU

An unconfirmed DLPDU is selected for transmission on the Link when the DLPDU is the first in the queue, and the DLE receives the Virtual Link-access token (except for Full duplex). Once selected, the DLPDU is removed from the queue, and transmission of the DLPDU commences. If the receipt of the DLPDU must be acknowledged, according to the rules described in 4.1.2.1, the DLPDU shall be transmitted until either

- a) an Acknowledge DLPDU is received, or
- b) the original transmission and the permitted maximum number or transmission retries, V(MRC), have all failed to elicit one of the permissible reply DLPDUs.

In addition to the above, the transmitting DLE shall act according to the rules described in 4.1.2.7.

4.3.2.3 Receiving the unconfirmed DLPDU

A received unconfirmed DLPDU shall be treated as follows by the receiving DLE.

NOTE The next alternative is used to detect the reception of a duplicated Unconfirmed DLPDU resulting from an immediate retry by the current token-holding DLE, which itself was probably caused by an error detected during receipt of the earlier Acknowledge or Immediate-reply DLPDU.

- a) If
 - 1) the receipt of the DLPDU shall be acknowledged, according to the rules described in 4.1.2.1, and
 - 2) no PhE LINK-IDLE indication primitive, specifying the Link has been idle for 40 or more bit periods, has been received since the last DLPDU was received, and
 - 3) the contents of the Type 4-route field in the just received DLPDU is exactly the same as the contents of the Type 4-route field in the last DLPDU received,

then the receiving DLE shall

- i) retransmit the prior-transmitted Acknowledge DLPDU immediately, and
 - ii) discard the received DLPDU and not forward it to the DLS-user.
- b) If a) does not apply, the receiving DLE shall act according to the rules described in 4.1.2.5.

4.3.3 Acknowledge DLPDU

An Acknowledge DLPDU is used

- a) by a responding DLE to acknowledge the receipt of a Confirmed or Unconfirmed DLPDU;
- b) by a responding DLS-user to acknowledge the receipt of a Confirmed DLPDU (the Acknowledge DLPDU is transmitted by the DLE as a result of a request service primitive from the local DLS-user specifying DLSDU type acknowledge).

4.3.3.1 Structure of acknowledge DLPDUs

The structure of acknowledge DLPDUs is shown in Table 4.

Table 4 – Structure of acknowledge DLPDU

Route format	Destination node-addresses	Last source node-address	Control-status	Data size	Data
Immediate	Any	Any	= Wait/RCL/ACK	= 0	-

4.3.3.2 Sending the acknowledge DLPDU

An Acknowledge DLPDU is transmitted as an immediate reply on the Link to acknowledge the receipt of a Confirmed or Unconfirmed DLPDU, according to the rules described in 4.1.2.5. Acknowledge DLPDUs shall never be retransmitted.

4.3.3.3 Receiving the acknowledge DLPDU

A received Acknowledge DLPDU shall be treated according to the rules described in 4.1.2.7. The receipt of Acknowledge DLPDUs shall never be acknowledged.

4.3.4 Immediate-reply DLPDU

An Immediate-reply DLPDU is used

- a) by a responding DLS-user to transfer a limited amount of transparent user data from the responding DLS-user to the requesting, as a response to a received confirmed DLPDU;
- b) by a responding DLS-user to confirm the receipt of a limited amount of transparent user data from the requesting DLS-user, as a response to a received confirmed DLPDU.

4.3.4.1 Structure of immediate-reply DLPDU

Table 5 – Structure of immediate-reply DLPDU

Route format	Destination node-addresses	Last source node-address	Control-status	Data size	Data
Immediate	Any	Any	≠ Wait/RCL/ACK	≥ 0	DLS-user-data

4.3.4.2 Sending the immediate-reply DLPDU

An immediate-reply DLPDU is transmitted as an immediate reply on the Link to acknowledge the receipt of a confirmed DLPDU, according to the rules described in 4.1.2.5. Immediate-reply DLPDUs shall never be retransmitted.

4.3.4.3 Receiving the immediate-reply DLPDU

A received immediate-reply DLPDU shall be treated according to the rules described in 4.1.2.7. The receipt of immediate-reply DLPDUs shall never be acknowledged.

4.4 DL-service elements of procedure

4.4.1 Receipt of a DL-UNITDATA request primitive

When the DLE receives a DL-UNITDATA request primitive from the local DLS-user, the DLE shall determine, whether the request primitive holds a response for immediate transmission, or a request or response to be queued.

a) If

- 1) the DLE is waiting for a request or response primitive from the local DLS-user, according to the rules described in 4.1.2.5, and
 - 2) the contents of the user-specified Destination DL-route parameter in the request is the same as the contents of the Source DL-route parameter in the indication primitive generated by this DLE after receipt of the Confirmed DLPDU from the remote DLE,
- the request primitive holds a response for immediate transmission. The DLE shall form and immediately transmit an Immediate-reply DLPDU.

b) If a) does not apply, then the request primitive holds a request or a response to be queued. The DLE shall form a Confirmed or Unconfirmed DLPDU.

If the request is accepted, the DLE shall append the DLPDU to the queue for transmission at the first opportunity. The DLPDU is appended to the queue at a position based on the user-specified priority. The specified value can be any integral number from 0 to 255. The DLPDU is placed in front of all DLPDUs currently in the queue having a lower priority, where 255 indicates the highest priority.

The DLE shall create and start a retry timer with duration based on the user-specified Maximum retry time. If the specified value is other than zero, then the duration of this timer shall be equal to that user-specified Maximum retry time; otherwise, the duration shall be 2000 ms. DL-management may override this default duration. The retry timer shall be associated with the DLPDU.

The DLE shall create and clear a retry counter. The retry counter shall be associated with the DLPDU.

The DLE shall associate the user-specified parameters DL-route and Local source ID with the DLPDU, for later use in DL-route conversion.

If the request is rejected, and the user-specified DL-route specifies Confirmed, the DLE shall immediately report the reason for failure in a DL-UNITDATA indication primitive.

4.4.1.1 Forming an Immediate-reply DLPDU

The forming of an Immediate-reply DLPDU is described in the following.

The first Node-address in the Destination DL-route is copied to the address subfield of the first Type 4-route-element, and the Source/Destination designator in that element is set to TRUE. The Node-address of the DLE is copied to the address field of the second element, and the Source/Destination designator in that element is set to FALSE.

The user-specified Control-status parameter is stored in the Control-status (C-S) field of the DLPDU.

The user-specified Data-field-format parameter is stored in the Data-field-format (DFF) field of the DLPDU.

The user-specified Data unit (DLSDU) (the size of which is indicated in bit 1-6 of the Data-field-format field) is stored in the Data field of the DLPDU.

4.4.1.2 Forming a Confirmed or Unconfirmed DLPDU

The forming of a Confirmed or Unconfirmed DLPDU is described in the following.

The DLE's Node-address shall be inserted in front of all other addresses in the source DL-route.

Request Type 4-route generation encodes the resulting DL-route into a Type 4-route with Simple, Extended, Complex or IP format, and stores the result in the Type 4-route field of the DLPDU. Request Type 4-route generation is described in 4.5.1.

The user-specified Control-status parameter is stored in the Control-status (C-S) field of the DLPDU.

The user-specified Data-field-format parameter is stored in the Data-field-format (DFF) field of the DLPDU.

The user-specified Data unit (DLSDU) (the size of which is indicated in bit 1-6 of the Data-field-format field) is stored in the Data field of the DLPDU.

4.4.2 Receipt of a DL-UNITDATA response primitive

When the DLE receives a DL-UNITDATA response primitive from the local DLS-user, the DLE shall determine, whether the response primitive shall result in the immediate transmission of an Acknowledge DLPDU.

a) If

- 1) the DLE is waiting for a request or response primitive from the local DLS-user, according to the rules described in 4.1.2.5, and
- 2) the contents of the user-specified Destination DL-route parameter in the response is the same as the contents of the Source DL-route parameter in the indication primitive generated by this DLE after receipt of the Confirmed DLPDU from the remote DLE,

then the response primitive shall result in the immediate transmission of an Acknowledge DLPDU.

b) If a) does not apply, then the response primitive is ignored by the DLE. In this situation, the DLE has already sent an autonomously generated Acknowledge DLPDU.

If the response primitive holds an acknowledge for immediate transmission:

The DLE shall form and immediately transmit an Acknowledge DLPDU.

4.4.2.1 Forming an Acknowledge DLPDU

The forming of an Acknowledge DLPDU is described in the following.

The parameters used to form an Acknowledge DLPDU are those from the indication causing the request specifying acknowledge.

The first Node-address in the Source DL-route parameter of the indication is copied to the address subfield of the first Type 4-route-element, and the Source/Destination designator in that element is set to TRUE. The Node-address of the DLE is copied to the address field of the second element, and the Source/Destination designator in that element is set to FALSE.

The Status subfield of the Control-status parameter of the indication is replaced with the code for "Wait" (4) if this DLE is of Simple class, and with the code for "RCL/ACK" (5) if this DLE is of Normal class. The result is stored in the Control-status (C-S) field of the DLPDU.

The value 0 is stored in the Data-field-format (DFF) field of the DLPDU. This value specifies the length of the data field, which is zero.

4.4.3 Autonomous DLE acknowledge

If

- a) the DLE has received an Unconfirmed DLPDU requiring acknowledge, or
- b) the DLE has received a Confirmed DLPDU requiring acknowledge, and does not receive a request or response primitive from the local DLE-user within “Max Indication Delay”,

then the DLE shall autonomously form and immediately transmit an Acknowledge DLPDU. The DLPDU is formed as described in 4.4.2.1.

4.4.4 Generation of a DL-UNITDATA indication primitive

The DLE shall inform a DLS-user by generating a DL-UNITDATA indication primitive in the following situations:

- a) when the DLE has received a Confirmed, Unconfirmed or Immediate-reply DLPDU;
- b) when the transmission of a Confirmed DLPDU fails, typically because of a missing acknowledge from the receiving DLE.

The parsing of a received DLPDU into its DL-service parameters, and the generation of DL-service parameters as a result of a failed transmission is described in Subclause 4.4.4.

4.4.4.1 Parsing of a received Confirmed or Unconfirmed DLPDU

The parsing of a received Confirmed or Unconfirmed DLPDU is described in the following text.

DL-route generation generates Destination DL-route and Source DL-route from the received Simple, Extended, Complex or IP Type 4-route. DL-route generation is described in 4.5.2.

The value of Confirm is set to FALSE if the value of one of the addresses in the Destination DL-route is = BNA, or the value of the last address in the Source DL-route is = NCNA.

The first element of the Destination DL-route is removed.

The Control-status parameter shall be the Control-status (C-S) field of the DLPDU.

The Data-field-format parameter shall be the Data-field-format (DFF) field of the DLPDU.

The Data unit (DLSDU) parameter shall be the Data field of the DLPDU (the number of octets in DLSDU is indicated in bit 1-6 of the Data-field-format field).

4.4.4.2 Parsing of a received Immediate-reply DLPDU

The parsing of a received Immediate-reply DLPDU is described in the following text.

The user-specified Destination DL-route parameter from the request causing this immediate reply is copied to the Source DL-route indication parameter. A DL-route-element is appended at the end, with the value of No-Confirm-Node-Address (0). The Source DL-route request parameter is copied to the Destination DL-route indication parameter.

The value of Confirm shall be FALSE.

The Control-status parameter shall be the Control-status (C-S) field of the DLPDU.

The Data-field-format parameter shall be the Data-field-format (DFF) field of the DLPDU.

The Data unit (DLSDU) parameter shall be the Data field of the DLPDU (the number of octets in DLSDU is indicated in bit 1-6 of the Data-field-format field).

4.4.4.3 Generation of indication primitive indicating error

When the transmission of a Confirmed DLPDU fails, typically because of a missing acknowledge from the receiving DLE, the transmitting DLE shall inform its local DLS-user by generating a DL-UNITDATA indication primitive, indicating the locally detected reason for error.

The generation of an indication primitive indicating error is described in the following text.

The user-specified Destination DL-route parameter from the request causing the failed transmission is copied to the Source DL-route indication parameter. A DL-route-element is appended at the end, with the value of No-Confirm-Node-Address (0). The Source DL-route request parameter is copied to the Destination DL-route indication parameter.

The value of Confirm shall be FALSE.

The value of the Control-status parameter shall indicate the locally detected reason for failure.

The value of the Data-field-format parameter shall be zero, indicating that length of the DLSDU parameter is zero.

4.5 Route mechanism

The route mechanism provides the functionality of "guiding" a request from a requestor to the responder possibly through one or more gateways, and of "guiding" the response from the responder back to the requestor.

The request and response may pass up to 12 gateways.

Two of the parameters of the DL-services request and indication are Destination DL-route and Source DL-route. In the request from a requestor the Destination DL-route parameter describes the complete route to the responder, and the Source DL-route parameter describes the complete route the requestor.

As the request is on its way towards the responder, the Destination DL-route becomes shorter and shorter, and the Source DL-route becomes longer and longer, as a result of the route conversion that is performed in the gateways.

When the request reaches the responder, the Source DL-route describes the complete route back to the requestor. The responder "swaps" the Destination and Source DL-routes, giving the result that the Destination DL-route now describes the complete route back to the requestor.

When the response reaches the requestor, the Source DL-route describes the complete route to the responder (as did the Destination DL-route in the original request).

4.5.1 Request Type 4-route generation

Request Type 4-route generation is performed by the DLE as a part of forming a DLPDU when it has received a DL-UNITDATA request primitive from the local DLS-user.

Request Type 4-route generation encodes the Destination DL-route and Source DL-route parameters into a Type 4-route of Simple, Extended, Complex or IP format.

Generally, a DL-route-element from the Destination DL-route is copied to a Type 4-route-element by copying the value of the DL-route-element to the address subfield of the Type 4-route-element, and setting the value of the Source/Destination designator to FALSE. A DL-route-element from the Source DL-route is copied to a Type 4-route-element by copying the value of the DL-route-element to the address subfield of the Type 4-route-element, and setting the value of the Source/Destination designator to TRUE.

Figure 15 illustrates the generation of the Source/Destination designator.

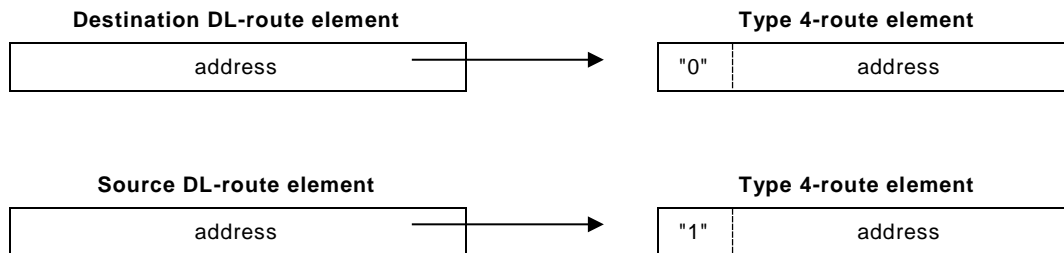


Figure 15 – Source / destination designator

The Destination DL-route is copied to the first elements of the Type 4-route, and the Source DL-route is copied to the succeeding elements.

One of the following three alternatives apply.

- a) If the Destination DL-route holds only one element, the Type 4-route shall be of Simple format.

The first element of the Type 4-route shall be a copy of the first element of the Destination DL-route. The second octet of the Type 4-route shall be a copy of the first element of the Source DL-route. Figure 16 illustrates this.

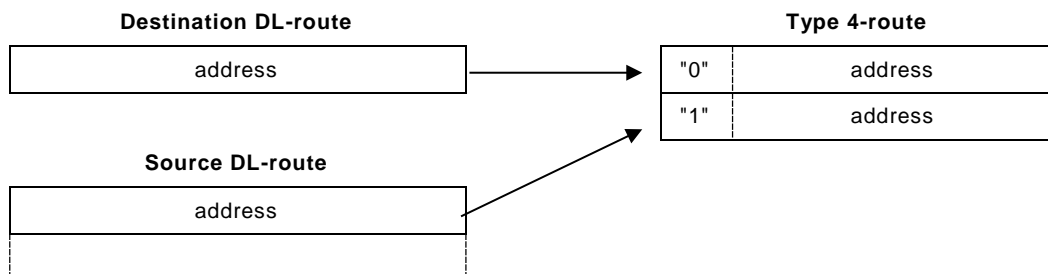


Figure 16 – Simple Type 4-route generation

- b) If the Destination DL-route and the Source DL-route hold only two elements each, the Type 4-route shall be of Extended format.

The first two elements of the Type 4-route shall be a copy of the two elements in the Destination DL-route. The next two elements of the Type 4-route shall be a copy of the two elements in the Source DL-route. Figure 17 illustrates this.

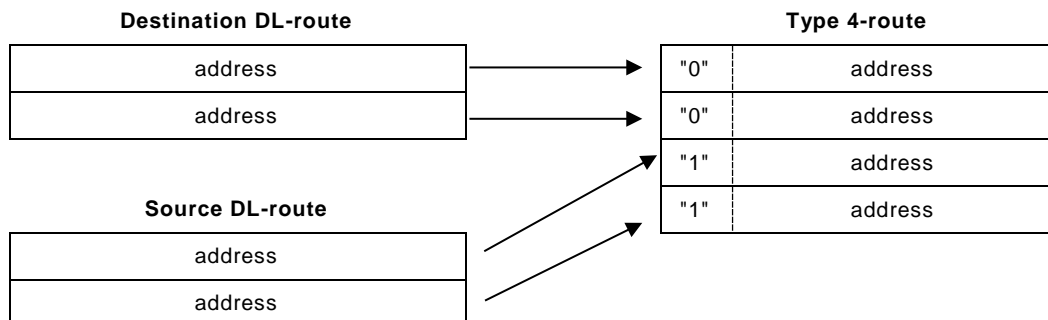


Figure 17 – Extended Type 4-route generation

- c) If the Destination DL-route holds at least two elements, and the total DL-route (the combination of Destination and Source DL-route) holds more than four elements, the Type 4-route shall be of Complex or IP format.

The first two elements of the Type 4-route shall be a copy of the first two elements in the Destination DL-route. The third element shall be the total number of elements in the DL-route minus two. A copy of the remaining elements of the Destination DL-route (if any) shall follow the third element of the Type 4-route. They shall be followed by all of the elements of the Source DL-route. Figure 18 illustrates this.

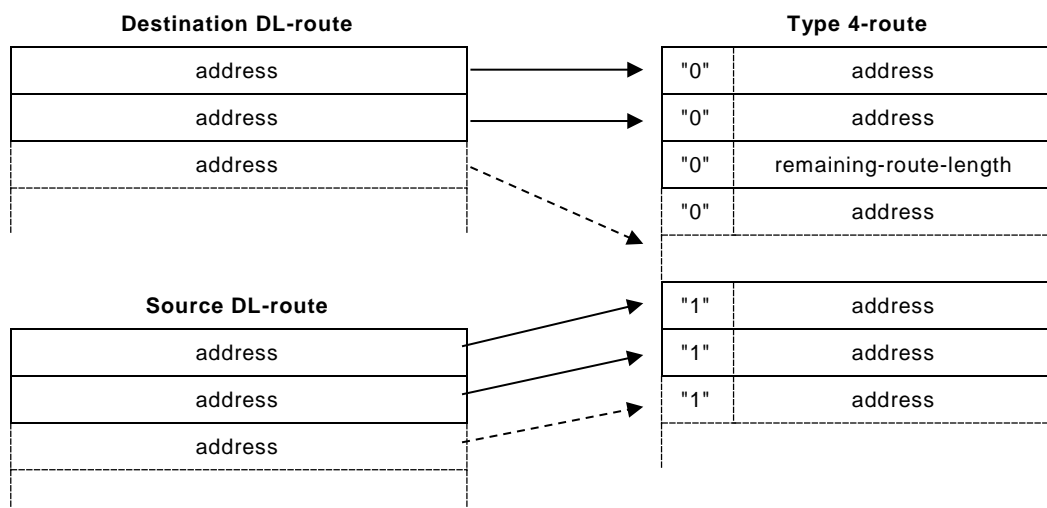


Figure 18 – Complex and IP Type 4-route generation

4.5.2 DL-route generation

DL-route generation is performed by the DLE when it has received a Confirmed or Unconfirmed DLPDU, as part of generating an indication service primitive to inform the local DLS-user of the receipt.

The four different Type 4-route formats Simple, Extended, Complex and IP are supported in Normal class DLEs. Only Simple route format is supported in Simple class DLEs.

Generally, a Type 4-route-element is copied to a DL-route-element by copying the value from the address subfield of the Type 4-route-element.

One of the following three alternatives apply.

- a) If the Type 4-route in the received DLPDU is of Simple format, the Destination DL-route shall be empty. The source element of the received Type 4-route shall be copied to the Source DL-route. Figure 19 illustrates this.

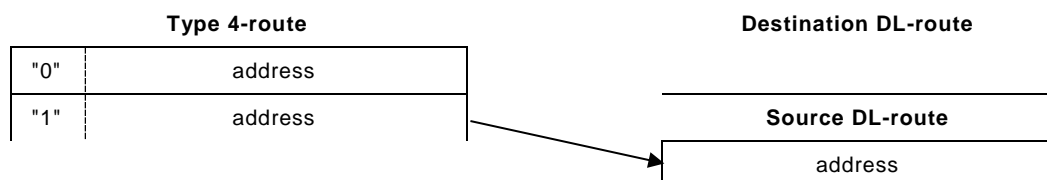


Figure 19 – Simple DL-route generation

- b) If the route in the received DLPDU is of Extended format, the second destination element of the received Type 4-route shall be copied to the first and only element in the Destination DL-route. The Source DL-route shall be a copy of the two source elements in the received Type 4-route. Figure 20 illustrates this.

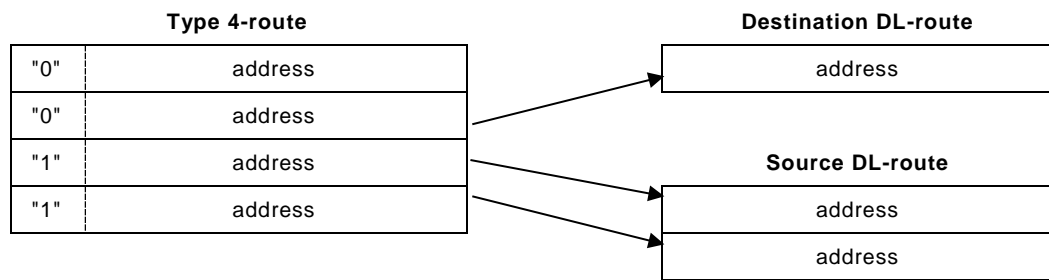


Figure 20 – Extended DL-route generation

- c) If the Type 4-route in the received DLPDU is of Complex or IP format, the second element of the received Type 4-route shall be copied to the first element of the Destination DL-route. The remaining destination elements of the received Type 4-route shall be copied to the Destination DL-route. All of the source elements of the received Type 4-route shall be copied to the Source DL-route. Figure 21 illustrates this.

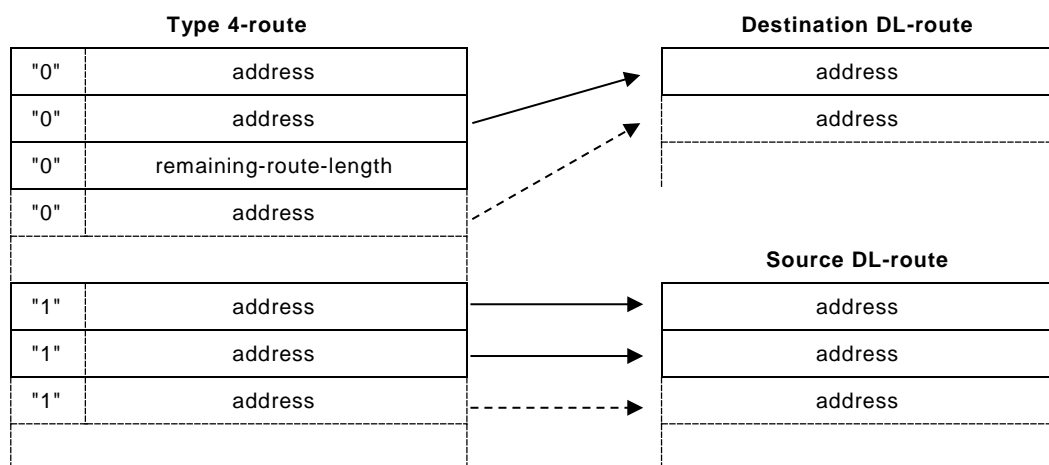


Figure 21 – Complex and IP DL-route generation

4.6 Link-access system

The basic principles and most details of the Link-access system are described in 4.1.2.8. Subclause 4.6 describes how to gain Link-access synchronization after DLE initialization, and after loss of synchronization.

After DLE-initialization and after loss of synchronization the DLE is declared OutOfSync. As long as the DLE is OutOfSync it is only allowed to transmit Immediate-reply and Acknowledge DLPDUs.

Synchronization can be gained in two different ways.

- a) When the DLE lost synchronization because of a difference between the Link Access Counter C(LAC) and the received Node-address in a Sync SPDU, the difference between C(LAC) and the received Node-address is saved.

If the received Node-address in the next Sync SPDU is equal to C(LAC), the DLE is in synchronization again.

If the received Node-address in the next Sync SPDU is different from C(LAC), but the difference is the same as the saved difference, C(LAC) is set equal to the received Node-address, and the DLE is in synchronization again. If the difference is not the same, the new difference is saved, and the DLE is still OutOfSync.

- b) If the DLE is obliged to send a Sync SPDU because the Link has been idle for 360 bit periods or more when the DLE receives the Virtual Link-access token, and the DLE is OutOfSync, it is not allowed to transmit, but shall instead declare itself in synchronization again. This gives the result, that the next time this DLE receives the Virtual Link-access

token, and the Link is still idle, this DLE transmits a sync SPDU. This rule covers the situation of starting up, and situations where there is only one Normal class DLE on the Link.

4.7 Local variables, counters and queues

4.7.1 V(ACPDU) - acknowledge confirmed PDU

The value of this variable defines, whether this DLE should acknowledge the receipt of Confirmed DLPDUs, and expect remote DLEs to acknowledge the receipt after this DLE has transmitted Confirmed DLPDUs. The possible values of this variable are TRUE and FALSE. A value of TRUE indicates, that Confirmed DLPDUs shall be acknowledged.

4.7.2 V(AUPDU) - acknowledge unconfirmed PDU

The value of this variable defines, whether this DLE should acknowledge the receipt of Unconfirmed DLPDUs, and expect remote DLEs to acknowledge the receipt after this DLE has transmitted Unconfirmed DLPDUs. The possible values of this variable are TRUE and FALSE. A value of TRUE indicates, that Unconfirmed DLPDUs shall be acknowledged.

4.7.3 V(NA) - node-address

This variable holds the Node-address of this DLE. The Node-address uniquely identifies this DLE on the Link. The range of V(NA) is 0 to 125. A value of 0 indicates that V(NA) has not been initialized.

4.7.4 V(NDLE) - number of DLEs

This variable only exists in Normal class DLEs. It holds the maximum number of Normal class DLEs on the Link. The value of V(NA) must be lower than or equal to the value of V(NDLE). The value of V(NDLE) must not exceed 32. The value of V(NDLE) shall be the same in all DLEs on the Link. A value of 0 indicates that V(NDLE) has not been initialized.

4.7.5 V(PNR) - permitted number of retries

This variable only exists in Normal class DLEs. It holds the maximum number of transmission retries allowed, when transmission of Confirmed or Unconfirmed DLPDUs fails. Its range is 0 to 10.

4.7.6 V(DC) - device class (simple or normal)

This variable indicates the class of the DLE. It can indicate Simple or Normal. The possible values of this variable are TRUE and FALSE. A value of TRUE indicates that the DLE is of Normal class.

4.7.7 V(BR) - bit rate

This DLE variable is used by the DLE-user to set the desired bit rate. When the DLS-user changes the value of this variable, the DLE shall issue a PhE management service to change to bit rate in the PhL. The value of this variable is also the basis of calculating the value of Max Indication Delay. The possible values depend on the capability of the PhE.

4.7.8 V(MID) - max indication delay

This DLE variable indicates to the DLS-user, how many microseconds the DLS-user is allowed to use to prepare a response after receiving an indication requiring that. If the DLS-user is unable to prepare a response within Max Indication Delay, the DLS-user must issue a DL-UNITDATA request with a DLSDU type indicating Acknowledge. The DLE will as a result transmit an Acknowledge DLPDU on the Link.

The value of Max Indication Delay is calculated by the DLE from the value of V(BR), as 30 bit periods. The range of Max Indication Delay is 3 μ s (corresponding to a bit rate of 10 Mbit/s) to 100 ms (corresponding to a bit rate of 300 bit/s).

4.7.9 V(DMRT) - default max retry time

This variable indicates to the DLE, for how many ms retransmission of the request may be performed, as a result of Wait acknowledges from the remote DLE or DLS-user. It is used if the DLS-user didn't specify a Max retry time parameter in the request. The default value of V(DMRT) is 2 000 ms. DL-management may override this default value. The range of V(DMRT) is 10 ms to 30 000 ms.

4.7.10 Q(UR) - user request queue

This variable only exists in Normal class DLEs. It is a multi-priority FIFO-within-priority queue, holding DLPDUs queued for transmission, the associated DL-route and Local source ID parameters, retry counter and retry timer. One such queue is associated with each DLE.

4.7.11 C(LAC) - link access counter

This counter only exists in Normal class DLEs. It holds the Node-address of the DLE having the Virtual Link-access token.

4.7.12 C(LIC) - link idle counter

This counter only exists in Normal class DLEs. It holds information on, for how long time the Link has been idle.

Bibliography

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

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

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

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

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

IEC 61784-1, *Industrial communication networks – Profiles – Part 1: Fieldbus profiles*

IEC 61784-2, *Industrial communication networks – Profiles – Part 2: Additional fieldbus profiles for real-time networks based on ISO/IEC 8802-3*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	50
INTRODUCTION.....	52
1 Domaine d'application	53
1.1 Généralités.....	53
1.2 Spécifications.....	53
1.3 Procédures.....	53
1.4 Applicabilité.....	53
1.5 Conformité	54
2 Références normatives.....	54
3 Termes, définitions, symboles et abréviations.....	54
3.1 Termes et définitions relatifs au modèle de référence.....	54
3.2 Termes et définitions relatifs à la convention de service	56
3.3 Termes et définitions.....	57
3.4 Symboles et abréviations	60
4 Définition du protocole de liaison de données.....	60
4.1 Vue d'ensemble du DL-protocol.....	60
4.2 Structure générale et codage des PhIDU et DLPDU, mais aussi éléments de procédure connexes.....	75
4.3 Structure spécifique à la DLPDU, codage et éléments de procédure	83
4.4 Eléments de procédure DL-service.....	87
4.5 Mécanisme de routage	91
4.6 Système de Link-access.....	94
4.7 Variables, compteurs et files d'attente locaux	95
Bibliographie.....	97
Figure 1 – Relation entre PhE, DLE et DLS-user.....	61
Figure 2 – Diagramme d'états de DLE pour des DLPDU non acquittées confirmées et non confirmées	64
Figure 3 – Diagramme d'états de DLE pour des DLPDU acquittées confirmées.....	66
Figure 4 – Diagramme d'états de DLE pour des DLPDU acquittées non confirmées	68
Figure 5 – Diagramme d'états de DLE destinataire en mode duplex simultané	69
Figure 6 – Diagramme d'états de DLE de transmission en mode duplex simultané.....	69
Figure 7 – Exemple d'accès à la liaison	72
Figure 8 – Format de Type 4-route Simple.....	78
Figure 9 – Format de Type 4-route Extended.....	79
Figure 10 – Format Type 4-route Complex.....	79
Figure 11 – Format de Type 4-route Immediate.....	80
Figure 12 – Format de Type 4-route IP	81
Figure 13 – Format Control-status	82
Figure 14 – Data-field-format	83
Figure 15 – Indicateur de source/destination.....	92
Figure 16 – Génération d'une Type 4-route Simple	92
Figure 17 – Génération d'une Type 4-route Extended	93
Figure 18 – Génération d'une Type 4-route Complex et IP	93

Figure 19 – Génération d'une DL-route Simple	94
Figure 20 – Génération d'une DL-route Extended	94
Figure 21 – Génération d'une DL-route Complex et IP	94
Tableau 1 – Résumé de la structure des DLPDU	83
Tableau 2 – Structure des DLPDU Confirmed	84
Tableau 3 – Structure des DLPDU non confirmés	85
Tableau 4 – Structure des DLPDU acquittés	87
Tableau 5 – Structure d'une DLPDU Immediate-reply	87

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

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 autorisées explicitement par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle pour ce type.

NOTE Les combinaisons de types de protocoles sont spécifiées dans les normes CEI 61784-1 et CEI 61784-2.

La Norme internationale CEI 61158-4-4 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de la CEI: Mesure, commande et automation dans les processus industriels.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition, parue en 2007. Cette édition constitue une révision éditoriale avec seulement des révisions éditoriales mineures.

Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont énumérées ci-dessous:

- a) améliorations éditoriales;
- b) corrections;

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
65C/762/FDIS	65C/772/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61158, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*, est disponible sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous <http://webstore.iec.ch> dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera:

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 61158 appartient à la série de normes visant à faciliter l'interconnexion des composants du système d'automatisation. Elle renvoie aux autres normes de l'ensemble défini par le modèle de référence de bus de terrain "à trois couches" décrit dans la CEI 61158-1.

Le protocole de liaison de données assure un service de liaison de données en s'appuyant sur les services offerts par la couche physique. La présente norme a pour principal objet de préciser un ensemble de règles de communication, exprimées sous la forme de modes opératoires que doivent réaliser des entités de liaison de données homologues (DLE) au moment de la communication. Ces règles de communication ont pour vocation de fournir une base de développement stable visant à atteindre différents objectifs:

- a) en tant que guide pour les développeurs et les concepteurs;
- b) réaliser les essais et acquérir l'équipement;
- c) dans un accord d'intégration des systèmes dans l'environnement de systèmes ouverts;
- d) dans le cadre d'une meilleure compréhension des communications à contrainte de temps au sein de l'OSI.

La présente norme porte en particulier sur la communication et l'interfonctionnement des capteurs, des effecteurs et d'autres appareils d'automatisation. Grâce à cette norme associée à d'autres normes des modèles de référence OSI ou de bus de terrain, des systèmes par ailleurs incompatibles peuvent fonctionner ensemble, quelle que soit leur combinaison.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

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

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

La couche de liaison de données assure les communications de messagerie à contrainte de temps de base entre les appareils d'un environnement d'automatisation.

Ce protocole offre un moyen de connecter des appareils par le biais d'un réseau maillé partiel, de sorte que la plupart des défaillances d'une interconnexion entre deux appareils peuvent être contournées. Les appareils sont généralement interconnectés d'une manière hiérarchique non redondante qui reflète les besoins de l'application.

1.2 Spécifications

La présente norme spécifie:

- a) les modes opératoires de transfert opportun des données et des informations de commande entre une entité utilisateur de liaison de données et une entité utilisateur homologue, mais aussi parmi les entités de liaison de données formant le fournisseur de service de liaison de données distribué;
- b) la structure des DLPDU de bus de terrain utilisée par le protocole de la présente norme pour le transfert des données et des informations de commande, ainsi que leur représentation sous forme d'unités de données d'interface physique.

1.3 Procédures

Les procédures sont définies en termes

- a) d'interactions entre les entités DL (DLE) homologues par l'échange de DLPDU de bus de terrain;
- b) d'interactions entre un fournisseur de service DL (DLS) et un utilisateur DLS au sein du même système par l'échange de primitives DLS;
- c) d'interactions entre un fournisseur DLS et un fournisseur de service Ph au sein du même système par l'échange de primitives de service Ph.

1.4 Applicabilité

Ces modes opératoires s'appliquent aux instances de communication entre des systèmes qui prennent en charge des services de communications à contrainte de temps dans la couche de liaison de données des modèles de référence OSI ou de bus de terrain et qui peuvent être connectés dans un environnement d'interconnexion de systèmes ouverts.

Les profils sont un moyen simple à plusieurs attributs de récapituler les capacités d'une mise en œuvre et donc leur applicabilité en fonction des différents besoins de communications à contrainte de temps.

1.5 Conformité

La présente norme spécifie également les exigences relatives aux systèmes mettant en œuvre ces modes opératoires. La présente norme ne comporte aucun essai visant à démontrer la conformité à ces exigences.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 CEI 61158, ainsi que la CEI 61784-1 et la CEI 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.

ISO/CEI 7498-1, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base: Le modèle de base* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 7498-3, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts (OSI) – Modèle de référence de base: Dénomination et adressage* (disponible en anglais seulement)

ISO/CEI 10731, *Technologies de l'information – Interconnexion de systèmes ouverts – Modèle de référence de base – Conventions pour la définition des services OSI*

3 Termes, définitions, symboles et abréviations

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

3.1 Termes et définitions relatifs au modèle de référence

La présente norme, repose en partie sur les concepts développés dans l'ISO/CEI 7498-1 et l'ISO/CEI 7498-3, utilise les termes suivants.

3.1.1	called-DL-address	[7498-3]
3.1.2	calling-DL-address	[7498-3]
3.1.3	centralized multi-end-point-connection	[7498-1]
3.1.4	correspondent (N)-entities correspondent DL-entities (N=2) correspondent Ph-entities (N=1)	[7498-1]
3.1.5	demultiplexing	[7498-1]
3.1.6	DL-address	[7498-3]
3.1.7	DL-address-mapping	[7498-1]
3.1.8	DL-connection	[7498-1]
3.1.9	DL-connection-end-point	[7498-1]
3.1.10	DL-connection-end-point-identifiant	[7498-1]
3.1.11	DL-connection-mode transmission	[7498-1]

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

3.1.40	(N)-service-access-point DL-service-access-point (N=2) Ph-service-access-point (N=1)	[7498-1]
3.1.41	(N)-service-access-point-address DL-service-access-point-address (N=2) Ph-service-access-point-address (N=1)	[7498-1]
3.1.42	peer-entities	[7498-1]
3.1.43	Ph-interface-control-information	[7498-1]
3.1.44	Ph-interface-data	[7498-1]
3.1.45	primitive name	[7498-3]
3.1.46	reassembling	[7498-1]
3.1.47	recombining	[7498-1]
3.1.48	reset	[7498-1]
3.1.49	responding-DL-address	[7498-3]
3.1.50	routing	[7498-1]
3.1.51	segmenting	[7498-1]
3.1.52	sequencing	[7498-1]
3.1.53	splitting	[7498-1]
3.1.54	synonymous name	[7498-3]
3.1.55	systems-management	[7498-1]

3.2 Termes et définitions relatifs à la convention de service

Pour les besoins du présent document, les termes suivants, définis dans l'ISO/CEI 10731 et relatifs à la couche Liaison de données, s'appliquent:

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 DL-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 Termes et définitions**

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

3.3.1**broadcast-Node-address**

adresse utilisée pour une diffusion à toutes les DLE sur une liaison

Note 1 à l'article: Toutes les DLE sur une liaison reçoivent toutes les DLPDU où la première Node-address est égale à la Broadcast-Node-Address. De telles DLPDU sont toujours non confirmées et leur réception n'est jamais acquittée. La valeur d'une adresse Broadcast-Node-address est de 126.

3.3.2**destination-DL-route**

détient une séquence de DL-route-elements décrivant la route complète jusqu'à l'arrivée

Note 1 à l'article: Cela inclut tant le DLSAP de destination qu'un composant local interprétable pour l'utilisateur de DLS de destination.

3.3.3**DL-route**

combinaison d'une Destination-DL-route et d'une Source-DL-route

3.3.4**DL-route-element**

octet qui détient une Node-address ou une adresse utilisée par le DLS-user

3.3.5**DLSAP**

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

Note 1 à l'article: Cette définition, déduite de l'ISO/CEI 7498-1, est reprise ici pour faciliter la compréhension de la distinction critique entre les DLSAP et leurs DL-addresses.

3.3.6**DL(SAP)-address**

DLSAP-address individuelle, qui désigne un seul DLSAP d'un seul DLS-user

3.3.7**(individual) DLSAP-address**

DL-address qui désigne un seul DLSAP dans la liaison étendue

Note 1 à l'article: Une seule DL-entity peut comporter plusieurs DLSAP-addresses associées à un seul DLSAP.

3.3.8**frame**

synonyme discrédité de DLPDU

3.3.9**IPNetID**

identification d'un réseau IP unique

Note 1 à l'article: Un IPNetID est traduit en IP-address et en UPD port number.

3.3.10**IPNetTable**

définition de la relation entre un IPNetID, une IP-address, un UPD port number et une adresse de nœud de routeur, lorsque l'IPNetID est utilisé comme index dans le tableau

3.3.11**IP Range net**

définit l'utilisation pour un accès local, lorsque l'on peut accéder directement aux nœuds via le même sous-réseau que le client ou par le biais d'un routeur local lorsque les sous-réseaux sont configurés dans le routeur local

3.3.12**liaison locale**

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

3.3.13**no-Confirm-Node-address**

adresse utilisée pour indiquer qu'une demande ou qu'une réponse est Unconfirmed

Note 1 à l'article: La valeur d'une No-Confirm-Node-address est 0.

3.3.14**node**

DL-entity unique telle qu'elle se présente sur une liaison locale

3.3.15**node-address**

adresse qui identifie de façon univoque une DLE sur une liaison

Note 1 à l'article: La valeur d'une Node-address peut varier de 0 à 127, les valeurs 0, 126 et 127 étant réservées à des besoins particuliers.

3.3.16**normal class device**

appareil qui répond à des demandes provenant d'autres appareils de classe normale et qui initie des émissions

Note 1 à l'article: Un tel appareil peut agir en tant que serveur (responder) et client (requestor), ce qui s'appelle également un homologue.

3.3.17

Type 4-route

détient une séquence de Type 4-route-elements

Note 1 à l'article: Une Type 4-route est définie comme étant une DL-route codée avec l'un des formats utilisés lors de la transmission de la DLPDU sur la liaison. Le format de la Type 4-route peut être Simple, Extended, Complex, Immediate ou IP.

3.3.18

Type 4-route-element

octet, qui détient un DL-route-element ou une Remaining-route-length de 7 bits, ainsi qu'un indicateur de source/ destination d'1 bit

3.3.19

receiving DLS-user

utilisateur du DL-service auquel sont destinées les DL-user-data

Note 1 à l'article: Un utilisateur de DL-service peut être simultanément un sending DLS-user et un receiving DLS-user.

3.3.20

sending DLS-user

utilisateur du DL-service à la source des données utilisateur DL

3.3.21

service-Node-address

adresse réservée uniquement aux besoins de service

Note 1 à l'article: Toutes les DLE sur une liaison reçoivent toutes les DLPDU où la première Node-address est égale à la Service-Node-Address. De telles DLPDU peuvent être Confirmed ou Unconfirmed et leur réception peut ou peut ne pas être acquittée. La Service-Node-Address peut être utilisée sur des liaisons avec deux DLE seulement - la DLE de classe Normal en demande et la DLE de classe Simple ou Normal en réponse. La valeur de la Service-Node-Address est égale à 127.

3.3.22

simple class device

appareil qui répond à des demandes d'appareils de classe normale et qui ne peut agir que comme serveur ou répondeur

3.3.23

source-DL-route

détient une séquence de DL-route-elements décrivant le chemin complet de retour vers le départ

3.3.24

UDP port number

numéro de port depuis lequel un serveur peut recevoir des demandes

Note 1 à l'article: L'UDP port number est 34378 pour un port UDP Normal. L'UDP port number est 34379 pour un port UDP Secure.

Note 2 à l'article: Ces UDP port numbers sont enregistrés par l'IANA (Internet Assigned Numbers Authority).

Note 3 à l'article: Il existe deux UDP port numbers: port UDP Normal et port UDP Secure.

3.3.25

UDP range net

définit l'utilisation pour un accès à distance, lorsque l'on ne peut pas accéder directement à un nœud sur le même sous-réseau que le client

Note 1 à l'article: L'IPNetTable détient l'adresse IP d'un routeur NAT et l'accès au nœud est obtenu par le biais de ce routeur NAT.

Note 2 à l'article: Le routeur NAT doit détenir une table qui traduit l'UDP port number en adresse IP de nœud de serveur et UDP port number effectifs.

3.3.26

virtual link-access token

base pour le système link-access

Note 1 à l'article: On parle de virtuel, car le jeton n'est pas explicitement envoyé d'une DLE de classe Normal à une autre, mais transmis implicitement lorsque la liaison est inactive.

3.4 Symboles et abréviations

3.4.1 Constantes, variables, compteurs et files d'attente

3.4.1.1	BNA	broadcast node address (adresse de nœud de diffusion)
3.4.1.2	C(LAC)	link access counter (compteur d'accès à la liaison)
3.4.1.3	C(LIC)	link idle counter (compteur d'inactivité de la liaison)
3.4.1.4	SNA	service node address (adresse de nœud de service)
3.4.1.5	NCNA	no confirm node address (adresse de nœud non confirmée)
3.4.1.6	Q(UR)	user request queue (file d'attente de demandes utilisateur)
3.4.1.7	V(ACPDU)	acknowledge confirmed PDU (acquiescement d'une PDU confirmée)
3.4.1.8	V(AUPDU)	acknowledge unconfirmed PDU (acquiescement d'une PDU non confirmée)
3.4.1.9	V(BR)	bit rate (vitesse en bits)
3.4.1.10	V(DC)	device class (simple or normal) (classe d'appareil (simple ou normale))
3.4.1.11	V(DMRT)	default max retry time (durée de réessais max. par défaut)
3.4.1.12	V(MID)	max indication delay (délai d'indication max.)
3.4.1.13	V(NA)	node address (adresse de nœud)
3.4.1.14	V(NDLE)	number of DLEs (nombre de DLE)
3.4.1.15	V(PNR)	permitted number of retries (nombre de réessais autorisés)
3.4.1.16	IPNetTable	Table to convert IPNetID to IP-addresses (table de conversion d'IPNetID en IP-addresses)

3.4.2 Divers

3.4.2.1	RCL/ACK	response comes later / acknowledge (réponse donnée ultérieurement / acquiescement)
---------	----------------	--

4 Définition du protocole de liaison de données

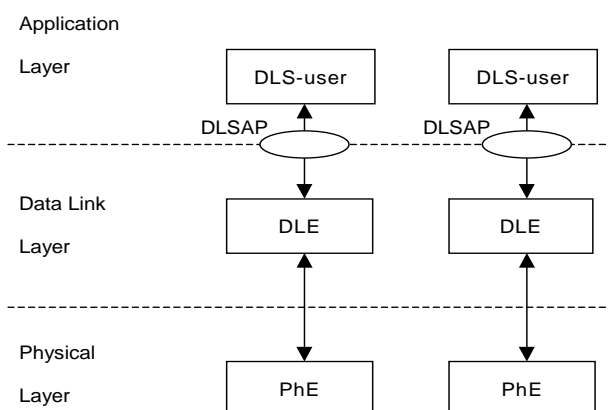
4.1 Vue d'ensemble du DL-protocol

La DLL offre des services de transfert de données sans connexion pour des DLSDU à taille limitée d'un DLS-user à un ou plusieurs DLS-users (diffusion).

Une DLE est connectée implicitement à une PhE et à un DLSAP unique. Cela signifie que, lorsqu'un DLS-user local émet une primitive service à un certain DLSAP, la DLE, donc la liaison, est implicitement sélectionnée.

Une DLE transmet toujours des DLSDU reçues au même DLSAP et donc au même utilisateur DLS-user.

Ce concept est démontré dans la Figure 1.



Légende

Anglais	Français
Layer	Couche
DLS-user	Utilisateur DLS
DLSAP	DLSAP
Data Link Layer	Couche de liaison de données
DLE	DLE
Physical Layer	Couche physique
PhE	PhE

Figure 1 – Relation entre PhE, DLE et DLS-user

Chaque DLE possède une Node-address. Les Node-addresses identifient de manière univoque les DLE au sein de la même liaison.

Un DL-route-element représente un octet qui peut contenir soit une Node-address, soit une adresse utilisée par le DLS-user.

Une Destination-DL-route contient une séquence de DL-route-elements décrivant la route complète jusqu'à la destination.

Une Source-DL-route contient une séquence de DL-route-elements décrivant le chemin complet de retour vers la source.

Une DL-route est définie comme une Destination-DL-route et une Source-DL-route.

4.1.1 Classes fonctionnelles

La classe fonctionnelle d'une DLE détermine ses capacités et ainsi la complexité des mises en œuvre conformes. Deux classes fonctionnelles sont définies:

- la classe Simple, qui inclut seulement une fonctionnalité de répondeur (serveur).
- la classe Normal, qui inclut une fonctionnalité d'initiateur et de répondeur (client et serveur appelés également homologue).

4.1.2 Fonctions de la DLL

Les fonctions de la DLL sont celles nécessaires pour combler le fossé entre les services accessibles depuis la PhL et ceux offerts aux DLS-users. Les fonctions sont les suivantes:

Répondeur (DLE de classe Simple ou de classe Normal):

- a) Recevoir une DLPDU depuis une DLE distante, réaliser des contrôles de frame, parser la DLPDU reçue en informations DL-protocol et composants de données, puis générer une primitive indication pour le DLS-user. Attendre éventuellement une primitive request ou response du DLS-user, la convertir en DLPDU, puis envoyer cette DLPDU à la DLE distante.
- b) Recevoir une PhIDU unique indiquant LINK-IDLE et l'utiliser pour la temporisation lors de l'attente d'une primitive request du DLS-user.

Initiateur (DLE de classe Normal):

- c) Convertir une primitive request du DLS-user en DLPDU, la mettre en file d'attente et l'envoyer à une DLE distante (ou à toutes les DLE de la liaison en cas de diffusion) à la première occasion. Attendre éventuellement une DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply de la DLE distante et (si une DLPDU Immediate-reply est reçue) générer une primitive indication pour le DLS-user.
- d) Recevoir une SPDU et utiliser les données associées pour contrôler ou obtenir une synchronisation du Link-access.
- e) Recevoir une PhIDU unique indiquant LINK-IDLE, l'utiliser pour conserver la synchronisation du Link-access et éventuellement pour initier l'envoi d'une DLPDU depuis la file d'attente si la file d'attente n'est pas vide ou, si elle est vide, pour envoyer une SPDU pour une synchronisation du Link-access.

Ces fonctions sont illustrées de la Figure 2 à la Figure 4.

4.1.2.1 Acknowledged par rapport à Confirmed

Les termes Acknowledged et Unacknowledged sont utilisés pour indiquer si la DLE destinataire doit acquitter ou non la réception d'une DLPDU. Les termes Confirmed et Unconfirmed sont utilisés pour indiquer si le DLS-user destinataire doit confirmer ou non la réception d'une DLSDU.

La variable V(ACPDU), Acknowledge Confirmed PDU, indique si la DLE doit acquitter la réception de DLPDU Confirmed. La variable V(AUPDU), Acknowledge Unconfirmed PDU, indique si la DLE doit acquitter la réception de DLPDU Unconfirmed.

Un cas spécial est celui dans lequel la première Node-address dans une DLPDU reçue est égale à la Broadcast-Node-address (BNA). Dans ce cas, la DLE destinataire ne doit jamais acquitter la réception de la DLPDU.

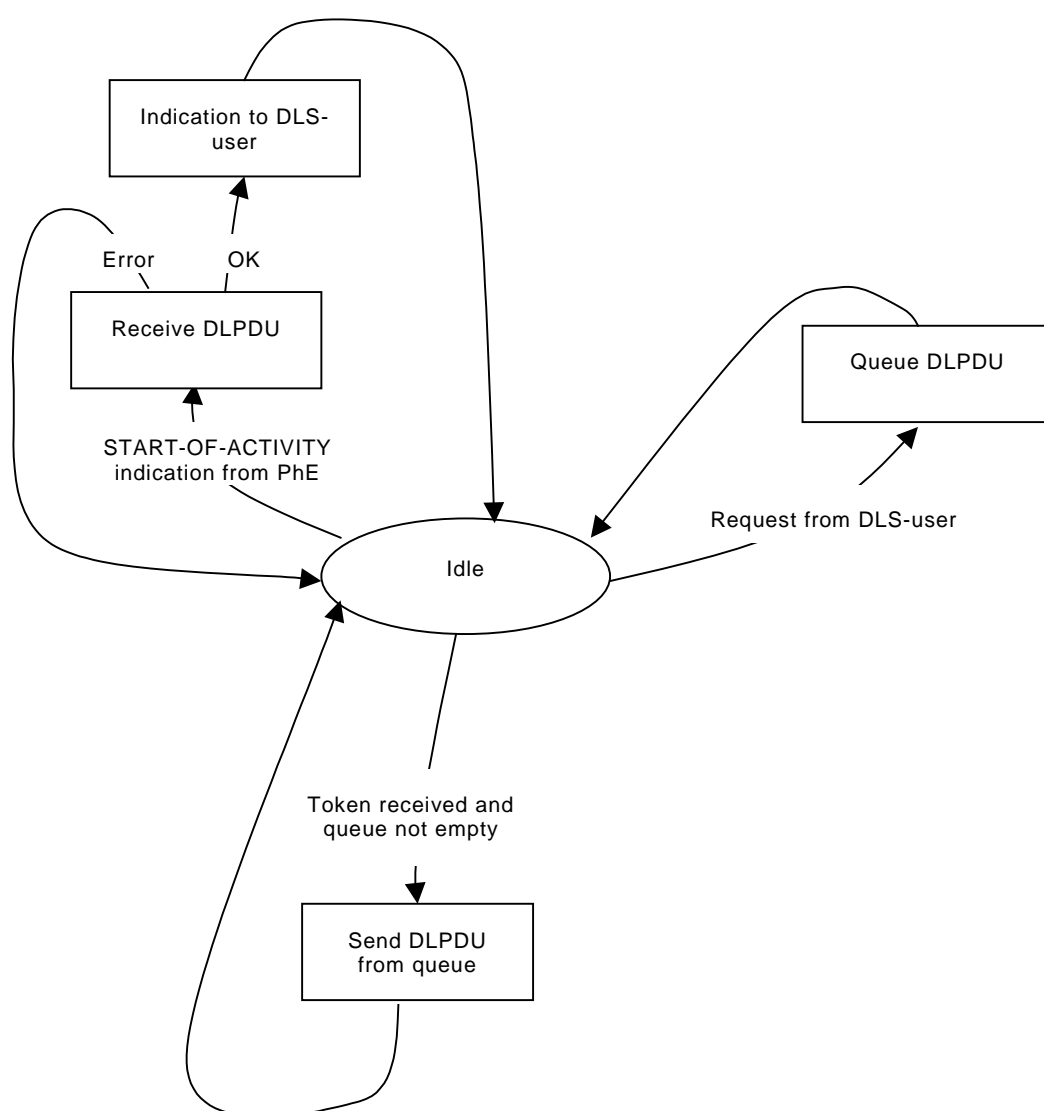
4.1.2.2 Mode duplex non simultané ou simultané

Sauf indication contraire, la PhL est supposée prendre en charge un transfert en mode duplex non simultané. Toutefois, une PhL prenant en charge le mode duplex simultané est autorisée.

Les systèmes en mode duplex simultané permettent jusqu'à 125 DLE sur une liaison, toute de classe Normal. Chaque DLE est autorisée à transmettre immédiatement, c'est-à-dire qu'il n'existe aucun système de Link Access. Les DLE prenant en charge les PhE en mode duplex simultané possèdent des diagrammes d'états distincts pour recevoir et transmettre, comme illustré à la Figure 5 et à la Figure 6.

Dans des systèmes en mode duplex simultané, les DLPDU Confirmed et Unconfirmed sont Unacknowledged.

Les PhL prenant en charge le mode duplex simultané ne doivent pas fournir de primitives indication Link-Idle.

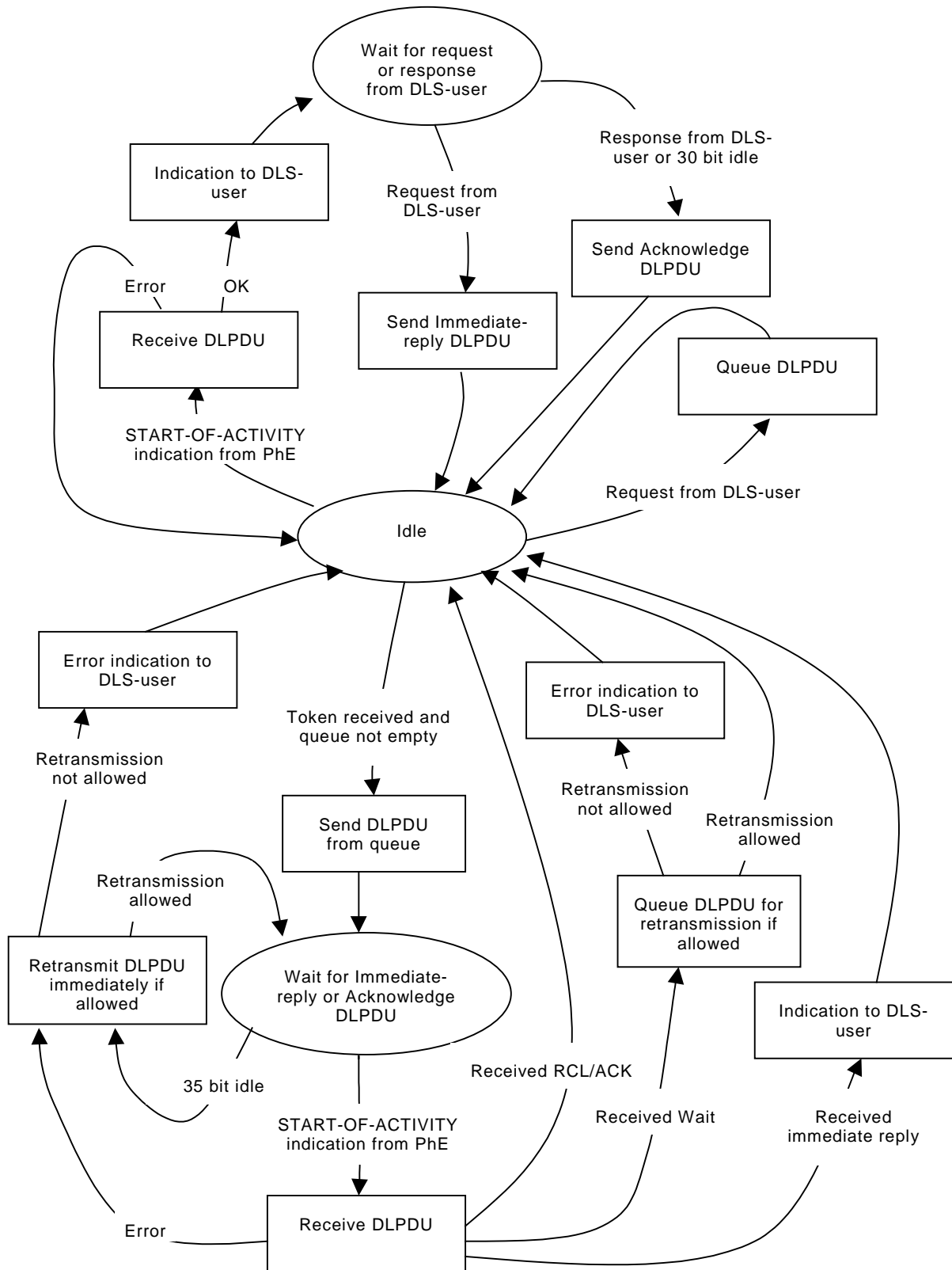


Légende

Anglais	Français
Indication to DLS-user	Indication à l'utilisateur DLS
Error	Erreur
Receive DLPDU	Réception DLPDU

Anglais	Français
Queue DLPDU	DLPDU de file d'attente
START-OF-ACTIVITY indication from PhE	Indication de début d'activité de PhE
Request from DLS-User	Demande de l'utilisateur DLS
Idle	Repos
Token received and queue not empty	Jeton reçu et file d'attente non vide
Send DLP from queue	Envoi DLP de la file d'attente

Figure 2 – Diagramme d'états de DLE pour des DLPDU non acquittées confirmées et non confirmées

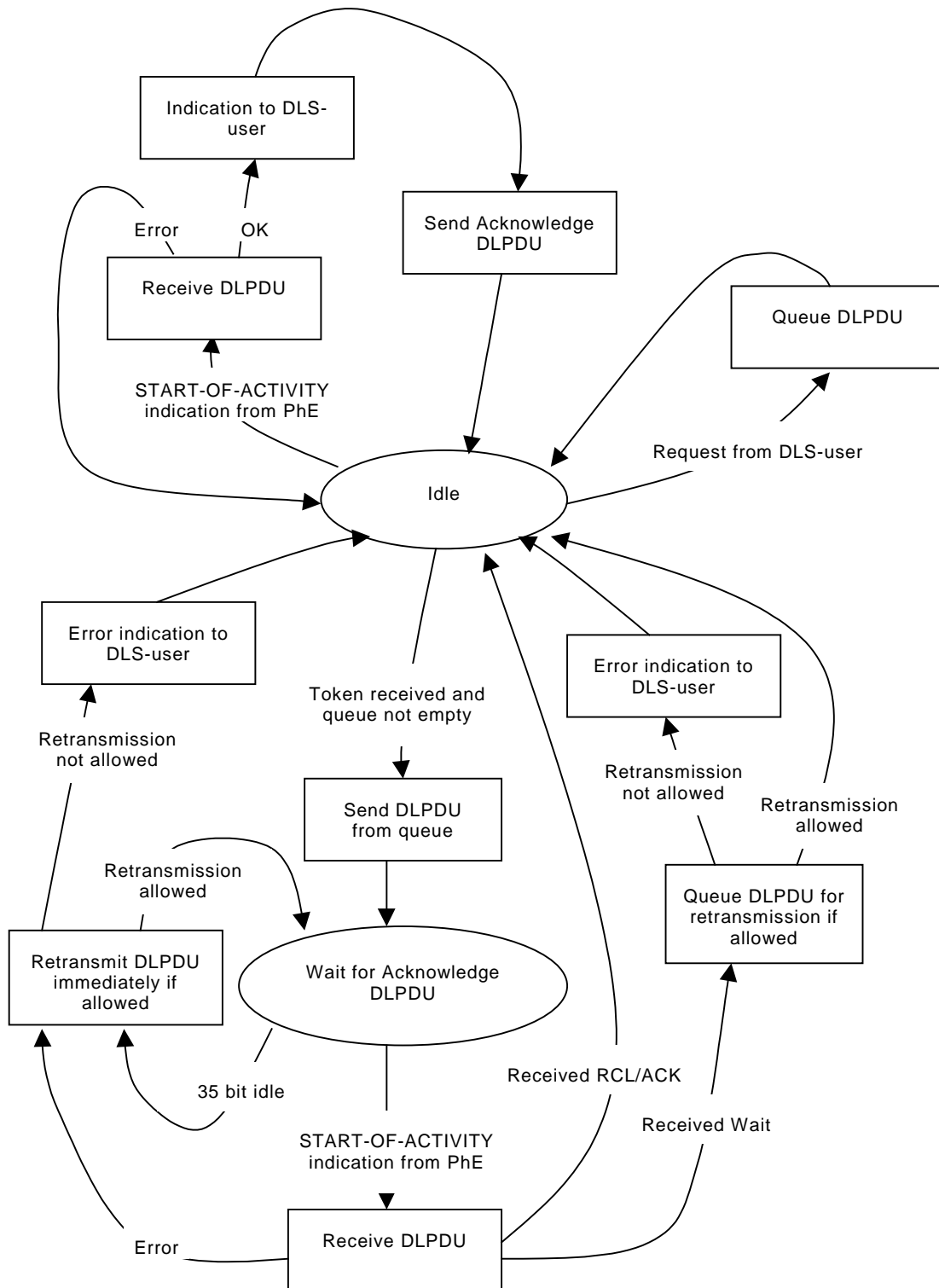


Légende

Anglais	Français
Wait for request or response from DLS-user	Attente de demande ou de réponse de l'utilisateur DLS
Response from DLS-user or 30 bit idle	Réponse de l'utilisateur DLS ou repos 30 bits
Request from DLS-user	Demande de l'utilisateur DLS

Anglais	Français
Indication to DLS-user	Indication à l'utilisateur DLS
Error	Erreur
Send Acknowledge DLPDU	Envoi DPLDU d'acquiescement
Receive DLPDU	Réception DLPDU
Send Immediate-reply DLPDU	Envoi DLPDU de réponse immédiate
Queue DLPDU	DLPDU de file d'attente
START-OF-ACTIVITY indication from PhE	Indication de début d'activité de PhE
Idle	Repos
Request from DLS-user	Demande de l'utilisateur DLS
Error indication to DLS-user	Indication d'erreur à l'utilisateur DLS
Token received and queue not empty	Jeton reçu et file d'attente non vide
Error indication to DLS-user	Indication d'erreur à l'utilisateur DLS
Retransmission not allowed	Retransmission non autorisée
Send DLPDU from queue	Envoi DLPDU de la file d'attente
Retransmission not allowed	Retransmission non autorisée
Retransmission allowed	Retransmission autorisée
Retransmit DLPDU immediately if allowed	Retransmission DLPDU immédiate si autorisée
Wait for Immediate-reply or Acknowledge DLPDU	Attente DLPDU de réponse immédiate ou d'acquiescement
Queue DLPDU for retransmission if allowed	DLPDU de file d'attente pour retransmission si autorisée
35 bit idle	Repos 35 bits
Received RCL/ACK	RCL/ACK reçu
Indication to DLS-user	Indication à l'utilisateur DLS
START-OF-ACTIVITY indication from PhE	Indication de début d'activité de PhE
Received Wait	Attente reçue
Received immediate reply	Réponse immédiate reçue
Error	Erreur
Receive DLPDU	Réception DLPDU

Figure 3 – Diagramme d'états de DLE pour des DLPDU acquiescées confirmées

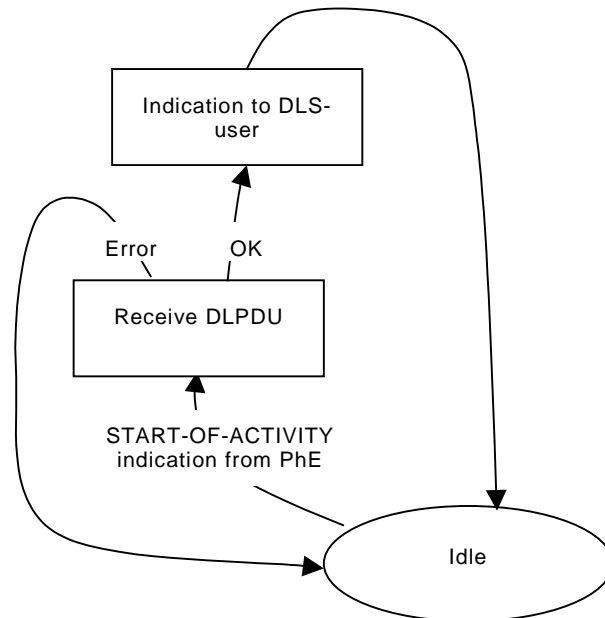


Légende

Anglais	Français
Indication to DLS-user	Indication à l'utilisateur DLS
Error	Erreur
Send Acknowledge DLPDU	Envoi DPLDU d'acquiescement
Receive DLPDU	Réception DLPDU

Anglais	Français
START-OF-ACTIVITY indication from PhE	Indication de début d'activité de PhE
Queue DLPDU	DLPDU de file d'attente
Idle	Repos
Request from DLS-user	Demande de l'utilisateur DLS
Error indication to DLS-user	Indication d'erreur à l'utilisateur DLS
Token received and queue not empty	Jeton reçu et file d'attente non vide
Error indication to DLS-user	Indication d'erreur à l'utilisateur DLS
Retransmission not allowed	Retransmission non autorisée
Send DLPDU from queue	Envoi DLPDU de la file d'attente
Retransmission not allowed	Retransmission non autorisée
Retransmission allowed	Retransmission autorisée
Retransmit DLPDU immediately if allowed	Retransmission DLPDU immédiate si autorisée
Wait for Acknowledge DLPDU	Attente DLPDU d'acquiescement
Queue DLPDU for retransmission if allowed	DLPDU de file d'attente pour retransmission si autorisée
35 bit idle	Repos 35 bits
Received RCL/ACK	RCL/ACK reçu
START-OF-ACTIVITY indication from PhE	Indication de début d'activité de PhE
Received Wait	Attente reçue
Error	Erreur
Receive DLPDU	Réception DLPDU

Figure 4 – Diagramme d'états de DLE pour des DLPDU acquittées non confirmées

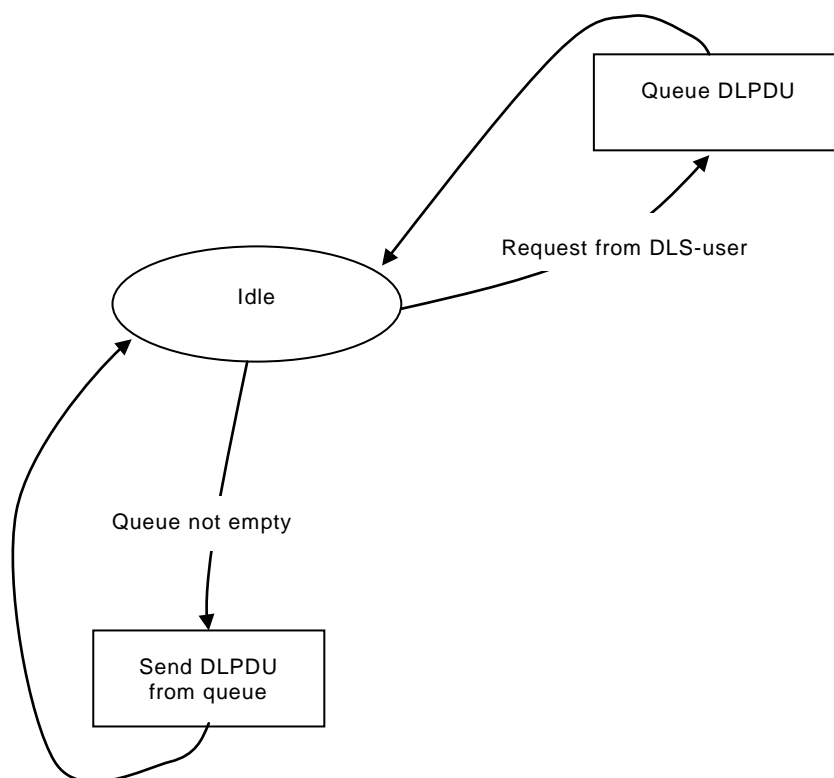


Légende

Anglais	Français
Indication to DLS-user	Indication à l'utilisateur DLS
Error	Erreur
Receive DLPDU	Réception DLPDU

Anglais	Français
START-OF-ACTIVITY indication from PhE	Indication de début d'activité de PhE
Idle	Repos

Figure 5 – Diagramme d'états de DLE destinataire en mode duplex simultané



Légende

Anglais	Français
Queue DLPDU	DLPDU de file d'attente
Request from DLS-user	Demande de l'utilisateur DLS
Idle	Repos
Queue not empty	File d'attente non vide
Send DLPDU from queue	Envoi DLPDU de la file d'attente

Figure 6 – Diagramme d'états de DLE de transmission en mode duplex simultané

4.1.2.3 Types de DLPDU

Quatre types différents de DLPDU sont définis:

- Confirmed - utilisé pour envoyer des demandes confirmées entre des DLS-users.
- Unconfirmed - utilisé pour envoyer des réponses ou des demandes non confirmées entre des DLS-users.
- Acknowledge - utilisé par les DLE pour acquitter la réception de DLPDU Confirmed ou Unconfirmed. La réception de DLPDU Acknowledge ne doit jamais être acquittée.
- Immediate-reply - utilisé pour envoyer des réponses entre des DLS-users. La réception de DLPDU Immediate-reply ne doit jamais être acquittée.

4.1.2.4 Types de SPDU

Un seul type de SPDU (Support Protocol Data Unit) est défini:

Sync - utilisé pour envoyer des informations de synchronisation d'accès à la liaison entre des DLE. Une SPDU détient la Node-address de la DLE détenant le Virtual Link-access token. Une SPDU peut être "autonome" ou faire partie d'une DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply.

4.1.2.5 Rôle du répondeur, réception d'une DLPDU provenant de la PhE

Cette action comporte une séquence d'étapes décrites ci-dessous.

- a) Recevoir une PhIDU unique indiquant START-OF-ACTIVITY. Cette PhIDU contient une Node address. Cette adresse est examinée pour déterminer si sa valeur est égale à la Node-address de cette DLE, à la Broadcast-Node-address (BNA) ou à la Service-Node-Address (SNA). Dans le cas contraire, ignorer cette séquence et attendre la prochaine PhIDU indiquant START-OF-ACTIVITY.
- b) Recevoir une séquence de PhIDU de la PhE en indiquant DATA, les concaténer en DLPDU reçue, calculer une séquence de contrôle de frame sur la séquence entière de données reçues comme indiqué par la valeur de V(FCM), FrameCheckMethod, puis, si nécessaire, vérifier que la valeur est correcte. Si la valeur est incorrecte, ignorer la DLPDU et attendre la prochaine PhIDU indiquant START-OF-ACTIVITY.
- c) Convertir la DLPDU reçue en informations de contrôle de DL-protocol et composants de données.
- d) Générer une primitive indication pour le DLS-user.
- e) Si la DLPDU reçue de la DLE distante est de type Confirmed et que la réception de la DLPDU doit être acquittée, conformément aux règles spécifiées en 4.1.2.1, attendre une primitive request ou response du DLS-user local.

Si aucune primitive request ou response n'est émise par le DLS-user local en temps voulu (avant qu'une PhIDU indiquant "LINK-IDLE for 30 bit periods" ne soit reçue de la PhE), générer et envoyer immédiatement une DLPDU Acknowledge. Cette DLPDU doit indiquer "Wait" si cette DLE est de classe Simple, ainsi que "Response Comes Later / Acknowledge" ("RCL/ACK") si cette DLE est de classe Normal.

Si une primitive de réponse est émise par le DLS-user local en temps voulu, générer et envoyer immédiatement une DLPDU Acknowledge indiquant "Wait" si cette DLE est de classe Simple et "RCL/ACK" si cette DLE est de classe Normal.

Si une primitive request est émise par le DLS-user local en temps voulu, la convertir en une DLPDU Immediate-reply et l'envoyer immédiatement. Après l'envoi, attendre la prochaine PhIDU indiquant START-OF-ACTIVITY.

- f) Si la DLPDU reçue de la DLE distante est de type Confirmed et que la réception de la DLPDU ne doit pas être acquittée, attendre la prochaine PhIDU indiquant START-OF-ACTIVITY.
- g) Si la DLPDU reçue de la DLE distante est de type Unconfirmed et si la réception de la DLPDU doit être acquittée, conformément aux règles spécifiées en 4.1.2.1, générer et envoyer immédiatement une DLPDU Acknowledge indiquant RCL/ACK. Après l'envoi, attendre la prochaine PhIDU indiquant START-OF-ACTIVITY.
- h) Si la DLPDU reçue de la DLE distante est de type Unconfirmed et si la réception de la DLPDU ne doit pas être acquittée, attendre la prochaine PhIDU indiquant START-OF-ACTIVITY.

4.1.2.6 Rôle du répondeur, réception d'une PhIDU indiquant LINK-IDLE

En tant que répondeur, lors de l'attente d'une primitive request ou response du DLS-user local, la réception d'une PhIDU provenant de la PhE indiquant "LINK-IDLE for 30 bit periods"

est utilisée pour temporiser l'attente du DLS-user. Les actions possibles résultant de la temporisation sont spécifiées en 4.1.2.5.

4.1.2.7 Rôle d'initiateur, gestion des primitives request provenant du DLS-user local

Cette action comporte une séquence d'étapes décrites ci-dessous:

- a) Convertir une primitive request provenant du DLS-user local en une DLPDU, la mettre en file d'attente et l'envoyer à une DLE distante (ou à toutes les DLE de la liaison en cas de diffusion) à la première occasion.
- b) Si la DLPDU envoyée est de type Unconfirmed et s'il convient que la DLE destinataire acquitte la réception, conformément aux règles spécifiées en 4.1.2.1, attendre une DLPDU Acknowledge de la DLE distante indiquant RCL/ACK. Si aucun acquittement n'est reçu en temps voulu (avant qu'une PhIDU indiquant "LINK-IDLE for 35 bit periods" ne soit reçue de la PhE), retransmettre immédiatement la DLPDU si le nombre de réessais de transmission autorisé n'a pas été atteint. Si, après le nombre de réessais de transmission autorisé, la transmission est toujours en échec, ne rien faire et cette action est terminée.
- c) Si la DLPDU envoyée est de type Unconfirmed et s'il convient que la DLE destinataire n'acquitte pas la réception, cette action est terminée.
- d) Si la DLPDU envoyée est de type Confirmed et s'il convient que la DLE destinataire acquitte la réception, attendre une DLPDU Immediate-reply détenant la réponse, ou une DLPDU Acknowledge, de la DLE distante.

Si une DLPDU Acknowledge est reçue de la DLE distante en temps voulu (avant qu'une PhIDU indiquant "LINK-IDLE for 35 bit periods" ne soit reçue de la PhE) et si l'acquittement indique "RCL/ACK", cette action est terminée. Si l'acquittement indique "Wait", mettre la DLPDU en file d'attente pour une retransmission si le temporisateur de réessais associé n'a pas expiré. Si le temporisateur de réessais a expiré, générer une primitive indication pour le DLS-user avec les informations d'erreur appropriées.

Si une DLPDU Immediate-reply détenant la réponse est reçue en temps voulu de la DLE distante, convertir la DLPDU reçue en informations de contrôle de DL-protocol et composants de données, puis générer une primitive indication pour le DLS-user.

Si aucun acquittement ni aucune réponse n'est reçu de la DLE distante en temps voulu, retransmettre immédiatement la DLPDU (alors que cette DLE détient toujours le Virtual Link-access token) si le nombre de réessais de transmission autorisé n'a pas été atteint. Si après le nombre de réessais de transmission autorisé, la transmission est toujours en échec, générer une primitive indication pour le DLS-user avec les informations d'erreur appropriées.

- e) Si la DLPDU envoyée est de type Confirmed et s'il convient que la DLE destinataire n'acquitte pas la réception, cette action est terminée.

4.1.2.8 Rôle d'initiateur, link-access

Le système de Link-access est basé sur ce que l'on appelle un Virtual Link-access token. On parle de virtuel, car le jeton d'accès n'est pas envoyé explicitement d'une DLE de classe Normal à une autre, mais transmis implicitement lorsque la liaison est inactive.

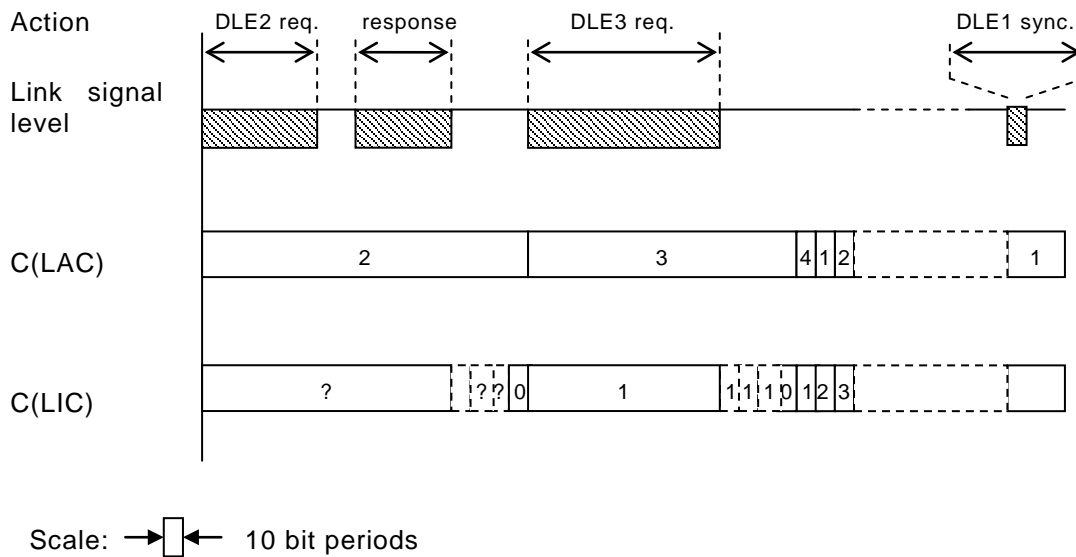
Les compteurs et variables DLE suivants sont utilisés par le système de Link-access.

- V(NA) - Node-address. Chaque DLE sur une liaison est identifiée de manière univoque par sa Node-address, dont la valeur est stockée dans V(NA). La valeur de V(NA) doit être différente pour toutes les DLE sur la liaison.
- V(NDLE) - Number of DLEs - contient le nombre maximal de DLE de classe Normal sur la liaison. La valeur de V(NA) doit être inférieure ou égale à la valeur de V(NDLE). La valeur de V(NDLE) ne doit pas dépasser 32. La valeur de V(NDLE) doit être identique dans toutes les DLE sur la liaison.

- C(LAC) - Link Access Counter - contient la Node-address de la DLE détenant le Virtual Link-access token. La valeur de C(LAC) sera identique dans toutes les DLE sur la liaison.
- C(LIC) - Link Idle Counter - contient des informations sur la durée pendant laquelle la liaison a été inactive. La valeur de C(LIC) sera identique dans toutes les DLE sur la liaison.

La Figure 7 illustre la fonctionnalité du système de Link-access. La ligne "Action" décrit l'utilisation de la liaison. La première action est la suivante: la DLE ayant la Node-address 2 envoie une DLPDU Confirmed et reçoit la DLPDU Immediate-reply correspondante. La seconde action est la suivante: la DLE ayant la Node-address 3 envoie une DLPDU Unconfirmed. Ensuite, après une longue période d'inactivité, la DLE ayant la Node-address 2 envoie une SPDU Sync.

La DLE qui a la Node-address 4 n'est pas présente. Dans le cas contraire, il convient que la DLE4 envoie la SPDU Sync, étant donné que la liaison était restée inactive pendant des périodes de 360 bits à la "réception" du Virtual Link-access token. La prochaine DLE détenant le jeton est la DLE1, qui est présente et envoie par conséquent la SPDU Sync.



Légende

Anglais	Français
Link signal level	Niveau de signal de liaison
C(LAC)	C(LAC)
C(LIC)	C(LIC)
DLE2 req. response DLE1 sync	Dem. DLE2 réponse Sync. DLE1
DLE3 req.	Dem. DLE3
Scale:	Echelle:
10 bit periods	Périodes de 10 bits

Figure 7 – Exemple d'accès à la liaison

Chaque PhIDU unique indiquant LINK-IDLE détient des informations précisant si la liaison a été inactive pendant des périodes de 30 bits, des périodes de 35 bits ou des périodes de 40 bits ou plus dans le paramètre d'état associé.

A chaque fois qu'une valeur LINK-IDLE indiquant que la liaison a été inactive pendant des périodes de 40 bits ou plus est reçue, la valeur de C(LAC), Link Access Counter et la valeur de C(LIC), Link Idle Counter, est incrémentée de 1. Lorsque la valeur de C(LAC) dépasse la valeur de V(NDLE), la valeur de C(LAC) est définie sur 1.

A chaque fois qu'une valeur LINK-IDLE indiquant que la liaison a été inactive pendant des périodes de 30 bits est reçue, la valeur de C(LIC) est définie sur 0.

Si, immédiatement après l'incrémentement du compteur C(LAC), la valeur de C(LAC) est égale à la Node-address de cette DLE, cela signifie que cette DLE détient le jeton virtuel et qu'elle est donc autorisée à envoyer (et éventuellement retransmettre) une DLPDU de la file d'attente. Cette action doit être initiée immédiatement en envoyant START-OF-ACTIVITY-2 à la PhE. La mise en œuvre garantit que la transmission est initiée dans des périodes de 7 bits après réception de la primitive service LINK-IDLE. Si la file d'attente est vide, la DLE doit vérifier la valeur de C(LIC) pour connaître la durée pendant laquelle la liaison a été inactive. Si la valeur de C(LIC) est égale ou supérieure à 33, cela signifie que la liaison a été inactive pendant des périodes de 360 bits ou plus. Dans ce cas, la DLE doit envoyer une SPDU Sync pour une synchronisation du Link-access. Cette action doit être effectuée immédiatement en envoyant START-OF-ACTIVITY-2 à la PhE. Le champ de données associé doit indiquer Source et contenir la Node-address de cette DLE. Ce système est utilisé pour maintenir la synchronisation des compteurs d'inactivité de toutes les PhE sur la liaison et donc des valeurs de C(LAC) et de C(LIC) dans toutes les DLE sur la liaison.

Chaque PhIDU unique indiquant START-OF-ACTIVITY détient une Node-address et un indicateur de source/destination dans le champ de données associé. Si la Node-address est une Node-address source, elle identifie la DLE détenant le Virtual Link-access token à cet instant. Une telle PhIDU forme une SPDU Sync complète.

Lorsque la DLE reçoit une SPDU Sync, elle doit comparer la Node-address reçue à la valeur de C(LAC). Si les 2 valeurs sont égales, cela signifie que la DLE est synchronisée avec les autres DLE sur la liaison. Si elles ne sont pas égales, cela signifie que la DLE est hors synchronisation. Tant que la DLE est hors synchronisation, elle est uniquement autorisée à agir comme répondeur. La manière d'obtenir à nouveau une synchronisation du Link-access est décrite en 4.6.

4.1.3 Service supposé provenir de PhL

Le Paragraphe 4.1.3 définit les primitives Physical Service (PhS) supposées et leurs contraintes lors d'une utilisation par la DLE.

4.1.3.1 Primitives supposées du PhS

La granularité de la transmission dans le protocole de bus de terrain est de un octet. Il s'agit de la granularité des données du PhS-user échangées au niveau de l'interface PhL - DLL.

4.1.3.1.1 Services de gestion du PhS

Le PhS est supposé fournir les primitives service suivantes pour obtenir et définir les valeurs des paramètres de la PhE:

- a) Primitive request Ph-SETVALUE (nom du paramètre, nouvelle valeur)
- b) Primitive confirm Ph-SETVALUE (état)
- c) Primitive request Ph-GETVALUE (nom du paramètre)
- d) Primitive confirm Ph-GETVALUE (valeur actuelle)

Ces services sont utilisés par la DLE pour

- 1) définir le débit binaire, suite à un changement de débit binaire via la DL-management;

- 2) obtenir le débit binaire, suite à une lecture du débit binaire ou du Max Indication Delay via la DL-management. La valeur de Max Indication Delay est calculée à partir de la valeur actuelle de débit binaire et doit indiquer une valeur correspondant à des périodes de 30 bits.

4.1.3.1.2 Services de transmission et de réception du PhS

Le PhS est supposé fournir les primitives service suivantes pour la transmission et la réception:

- a) Primitive request Ph-DATA (classe, données)
- b) Primitive Indication Ph-DATA (classe, données, état)
- c) Primitive confirm Ph-DATA (état)

où

class - indique le composant Ph-interface-control-information (PhICI) de la Ph-interface-data-unit (PhIDU).

Pour une primitive request Ph-DATA, les valeurs possibles sont:

START-OF-ACTIVITY-1 - la PhE doit activer son pilote et initier la transmission en transmettant le paramètre de données associé comme un "Address character". La PhE doit procéder immédiatement avant que la valeur du compteur d'inactivité de la PhE n'atteigne 11.

START-OF-ACTIVITY-2 - la PhE doit activer son pilote et initier la transmission en transmettant le paramètre de donnée associé comme un "Address character". La PhE doit faire cela immédiatement avant que la valeur du module 10 du compteur d'inactivité de la PhE n'atteigne 2.

DATA - la PhE doit transmettre immédiatement le paramètre de donnée associé comme un "Data character".

END-OF-ACTIVITY - la PhE doit attendre la fin de la transmission de toutes les données reçues précédemment de la DLE, puis désactiver son pilote. Le paramètre de donnée associé ne doit pas être transmis.

Pour une primitive indication Ph-DATA, les valeurs possibles sont:

START-OF-ACTIVITY - la PhE a reçu un "Address character" dont la valeur est reportée dans le paramètre de donnée associé. Le paramètre d'état associé indique la réussite ou la raison détectée localement de l'échec.

DATA - la PhE a reçu un "Data character" dont la valeur est reportée dans le paramètre de donnée associé. Le paramètre d'état associé indique la réussite ou la raison détectée localement de l'échec.

LINK-IDLE - la PhE a détecté que le niveau de signal sur la liaison était "Idle" pendant des périodes de 30, 35, 40, 50, 60... bits. Le paramètre d'état associé indique si la liaison a été inactive pendant des périodes de 30 bits, des périodes de 35 bits ou des périodes de 40 bits ou plus.

NOTE La PhE contient un compteur d'inactivité. Ce compteur est incrémenté à chaque fois que le niveau du signal sur la liaison a indiqué une inactivité pendant une période d'un bit. A chaque fois que le niveau du signal n'indique plus d'inactivité, le compteur d'inactivité est remis à zéro. Lorsque le compteur d'inactivité atteint 30, la PhE le signale par une primitive indication Ph-DATA de classe LINK-IDLE et un état associé indiquant des périodes de 30 bits. Cinq périodes de bits plus tard, si la liaison est toujours inactive, la PhE le signale par une autre primitive indication Ph-DATA de classe LINK-IDLE et un état associé indiquant des

périodes de 35 bits. Cinq périodes de bits plus tard, si la liaison est toujours inactive, la PhE le signale par une autre primitive indication Ph-DATA de classe LINK-IDLE et un état associé indiquant des périodes de 40 bits ou plus. Ce processus se poursuit ensuite pour chaque période de 10 bits avec des indications indiquant des périodes de 40 bits ou plus, jusqu'à ce que le niveau de signal sur la liaison n'indique plus d'inactivité.

data - indique le composant Ph-interface-data (PhID) de la PhIDU. Il comporte un octet de données Ph-user à transmettre (primitive request Ph-DATA) ou un octet de données Ph-user reçues (primitive indication Ph-DATA).

status - indique soit la réussite, soit la raison détectée localement de l'échec, ou encore si la primitive indication LINK-IDLE associée indique des périodes de "30", "35" ou "40 or more" bits d'inactivité après une activité de la liaison.

La primitive confirm Ph-DATA fournit le feedback nécessaire pour permettre à la DLE de signaler des défaillances telles qu'un court-circuit de la liaison ou du bruit provenant d'une erreur de trame au DLS-user, ainsi que la temporisation physique cruciale nécessaire pour empêcher la DLE de lancer une seconde transmission avant que la première ne soit terminée.

4.1.3.2 Transmission de données du Ph-user

Lorsqu'une DLE a une DLPDU à transmettre et que le système de Link-access donne à cette DLE le droit de transmettre, la DLE doit envoyer la DLPDU, y compris un FCS concaténé. Le lancement d'une séquence de primitives request Ph-DATA comme indiqué ci-dessous provoque ce qui suit:

- a) la première primitive request doit indiquer START-OF-ACTIVITY-11 si la DLPDU à transmettre est une DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply, ou si la transmission est une retransmission immédiate d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed. La première primitive request doit indiquer START-OF-ACTIVITY-2 si la transmission d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed depuis la file d'attente est commencée;
- b) la première primitive request doit être suivie de primitives request consécutives indiquant DATA et terminée par une primitive request unique indiquant END-OF-ACTIVITY.

La PhE signale la fin de chaque primitive request Ph-DATA et sa disponibilité pour accepter une nouvelle primitive request Ph-DATA avec une primitive confirm Ph-DATA. Le paramètre d'état de la primitive confirm Ph-DATA indique la réussite ou l'échec de la primitive request Ph-DATA associée.

4.1.3.3 Réception de données Ph-user

La PhE signale une transmission reçue avec des primitives indication Ph-DATA qui doivent être composées soit d'une primitive indication unique indiquant START-OF-ACTIVITY, soit d'une primitive indication unique indiquant START-OF-ACTIVITY suivie de primitives indication consécutives indiquant Data. Chaque primitive indication possède un paramètre d'état associé indiquant la réussite de la réception des données associées ou la raison détectée localement d'un échec.

4.2 Structure générale et codage des PhIDU et DLPDU, mais aussi éléments de procédure connexes

4.2.1 Structure et codage de PhIDU

Chaque PhIDU contient des Ph-interface-control-information et dans certains cas un octet de Ph-interface-data (voir 4.1.3). Lorsque la DLE transmet une DLPDU, elle calcule une séquence de contrôle de frame pour la DLPDU comme énoncé en 4.2.2, concatène la DLPDU et la séquence de contrôle de frame, puis transmet la paire concaténée comme une séquence de PhIDU comme suit:

- a) La DLE émet une primitive request Ph-DATA unique avec un PhICI indiquant START-OF-ACTIVITY-2 en cas d'envoi depuis la file d'attente et indiquant START-OF-ACTIVITY-11 en cas d'envoi d'une DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply ou en cas de retransmission en raison d'un acquittement manquant. La primitive request est accompagnée d'un octet

contenant le premier octet de la DLPDU comme Ph-interface-data. Après cela, la DLE attend la primitive confirm Ph-DATA résultante.

- b) La DLE émet une séquence de primitives request Ph-DATA avec un PhICI indiquant DATA, chacune accompagnée d'un octet de la DLPDU comme Ph-interface-data, du deuxième au dernier octet de la DLPDU et, après que chaque primitive request Ph-DATA attend la primitive confirm Ph-DATA résultante.
- c) Si la valeur de V(FCM), FrameCheckMethod, indique un contrôle de frame réduit, la DLE émet une primitive request Ph-DATA unique avec un PhICI indiquant DATA, accompagnée d'un octet contenant le FCS calculé comme Ph-interface-data et après que la primitive request Ph-DATA attend la primitive confirm Ph-DATA résultante. Si la valeur de V(FCM), FrameCheckMethod, indique un contrôle de frame normal, la DLE émet une séquence de primitives request Ph-DATA avec un PhICI indiquant DATA, chacune accompagnée d'un octet du FCS comme Ph-interface-data, du premier au dernier octet du FCS et après que chaque primitive request Ph-DATA attend la primitive confirm Ph-DATA résultante. Si la valeur de V(FCM), FrameCheckMethod, indique l'absence de contrôle de frame, la transmission est terminée.
- d) La DLE émet une primitive request Ph-DATA unique avec un PhICI indiquant END-OF-ACTIVITY et attend la primitive confirm Ph-DATA résultante.

La mise en œuvre garantit qu'il n'existe aucune période d'inactivité entre les octets d'une DLPDU transmise.

La DLE forme une DLPDU reçue en concaténant la séquence d'octets reçue comme une unité Ph-interface-data de primitives indications Ph-DATA consécutives, en calculant une séquence de contrôle de frame pour les octets reçus comme énoncé en 4.2.2, puis compare la valeur FCS reçue avec celle calculée comme suit:

- 1) La DLE a reçu une primitive indication Ph-DATA unique avec un PhICI indiquant START-OF-ACTIVITY, accompagnée d'un octet de la DLPDU reçue comme Ph-interface-data et initialise son calcul d'un FCS pour la DLPDU reçue.
- 2) La DLE reçoit une séquence de primitives indication Ph-DATA avec un PhICI indiquant DATA, chacune accompagnée d'un octet de la DLPDU reçue comme Ph-interface-data, calcule de manière incrémentielle un FCS sur l'octet reçu, puis concatène tous les octets reçus, ou tous les octets reçus excepté le dernier ou les deux derniers comme spécifié par V(FCM), pour former la DLPDU reçue. Lors de la réception, la DLE code la DLPDU en cours de réception pour calculer le nombre d'octets formant la DLPDU.
- 3) Lorsque la DLE a reçu la dernière primitive indication Ph-DATA, elle compare la ou les valeurs (le cas échéant, en fonction de la méthode de contrôle de frame) du FCS calculé à zéro:
 - i) si les valeurs sont égales à zéro, la DLE signale la DLPDU reconstruite comme une DLPDU reçue correctement adaptée pour une analyse supplémentaire;
 - ii) si les valeurs sont différentes de zéro, la DLE ignore la DLPDU reçue et n'effectue aucune action supplémentaire relative à la DLPDU reçue.

4.2.2 Séquence de contrôle de frame

La valeur de la variable locale V(FCM) de la DLE détermine la méthode de contrôle de frame à utiliser.

Les méthodes de contrôle de frame suivantes sont définies: "Normal", "Reduced" et "None".

4.2.2.1 Méthode de contrôle de frame "Normal"

La méthode de contrôle de frame "Normal" utilise deux codes de contrôle de frame, FCA et FCB. La méthode donne une "Hamming Distance" de 4 pour une taille de mot codé de 64 bits. En d'autres termes, jusqu'à trois ("Hamming Distance" moins un) bits d'erreur situés de manière aléatoire dans une fenêtre de 64 bits seront détectés. Tout paquet

d'erreurs jusqu'à 15 bits et toute erreur avec un nombre impair de bits en erreur seront détectés.

Au niveau de la DLE émettrice, la séquence ci-dessous est appliquée:

- a) Avant de transmettre le premier octet de la DLPDU, remettre à zéro les deux variables FCA et FCB.
- b) Pour chaque octet de la DLPDU à envoyer, effectuer un OR exclusif de la valeur de l'octet à envoyer à la valeur de FCA, puis stocker le résultat dans FCA. Effectuer un OR exclusif de l'octet à envoyer à la valeur de FCB, tourner le résultat d'un bit à gauche, puis stocker le résultat final dans FCB. Cette opération est effectuée dans l'ordre dans lequel les octets sont envoyés.
- c) Lorsque le dernier octet de la DLPDU a été envoyé, envoyer la valeur de FCA, effectuer un OR exclusif de la valeur de FCA à la valeur de FCB, tourner le résultat d'un bit à gauche, puis stocker le résultat final dans FCB.
- d) Lorsque la valeur de FCA a été envoyée, envoyer la valeur de FCB.

Au niveau de la DLE destinataire, la séquence ci-dessous est appliquée:

- e) Avant de recevoir le premier octet de la DLPDU, remettre à zéro les deux variables FCA et FCB.
- f) Pour chaque octet de la DLPDU reçue, effectuer un OR exclusif de la valeur de l'octet reçu à la valeur de FCA, puis stocker le résultat dans FCA. Effectuer un OR exclusif de l'octet reçu à la valeur de FCB, tourner le résultat d'un bit à gauche, puis stocker le résultat final dans FCB. Cette opération doit être effectuée dans l'ordre dans lequel les octets sont reçus.
- g) Lorsque le premier octet du FCS a été reçu et que le calcul de contrôle de frame normal a été effectué, vérifier que la valeur de FCA est égale à zéro.
- h) Lorsque le dernier octet du FCS a été reçu et que le calcul de contrôle de frame normal a été effectué, vérifier que la valeur de FCB est égale à zéro.

4.2.2.2 Méthode de contrôle de frame "Reduced"

La méthode de contrôle de frame "Reduced" utilise un seul code de contrôle de frame, FC. La méthode donne une "Hamming Distance" de 2 pour la DLPDU entière, ce qui signifie que n'importe quel bit d'erreur simple sera détecté. Un paquet d'erreurs simples jusqu'à 8 bits sera également détecté.

Au niveau de la DLE émettrice, la séquence ci-dessous est appliquée:

- a) Avant de transmettre le premier octet de la DLPDU, remettre la variable FC à zéro.
- b) Pour chaque octet de la DLPDU à envoyer, ajouter la valeur de l'octet à envoyer à la valeur de FC, sans transport, puis stocker le résultat dans FC.
- c) Lorsque le dernier octet de la DLPDU a été envoyé, envoyer le complément de 2 de la valeur de FC.

Au niveau de la DLE destinataire, la séquence ci-dessous est appliquée:

- d) Avant de recevoir le premier octet de la DLPDU, remettre la variable FC à zéro.
- e) Pour chaque octet de la DLPDU reçue, ajouter la valeur de l'octet reçu à la valeur de FC sans transport, puis stocker le résultat dans FC.
- f) Lorsque le FCS a été reçu et que le calcul de contrôle de frame normal a été effectué, vérifier que la valeur de FC est égale à zéro.

4.2.2.3 Méthode de contrôle de frame "None"

La méthode de contrôle de frame "None" n'utilise aucun contrôle de frame. Cette méthode n'est utilisée que pour les réseaux IP. Dans ce cas, la DLPDU est une donnée dans un frame du réseau IP et le réseau IP définit le contrôle de frame.

4.2.3 Structure DLPDU commune, codage et éléments de procédure

Chaque DLPDU est composée d'un champ Type 4-route, d'un champ Control-status, d'un champ Data-field-format et pour la plupart des DLPDU d'un champ Data. Un champ FCS (voir 4.2.2), utilisé pour contrôler l'intégrité de la DLPDU reçue, peut être ajouté avant la transmission et supprimé après la réception.

4.2.3.1 Champ Type 4-route

le premier champ dans chaque DLPDU est un champ Type 4-route. Le champ Type 4-route contient une Type 4-route et est composé de 2 à 30 octets, appelés Type 4-route-elements. Chaque Type 4-route-element est un octet contenant un DL-route-element de 7 bits ou une Remaining-route-length et un indicateur de source/destination d'1 bit. Cinq formats de champ Type 4-route différents sont définis: "Simple", "Extended", "Complex", "Immediate" et "IP". Le format du champ Type 4-route est indiqué par la séquence des indicateurs de source/destination.

L'indicateur de source/destination est situé physiquement au bit 8 de l'octet. Une valeur de "0" correspond "Destination" et une valeur de "1" correspond à "Source".

4.2.3.1.1 Format de Type 4-route "Simple"

Les champs de Type 4-route au format Simple sont composés d'un Type 4-route-element destination suivi d'un Type 4-route-element source, comme illustré à la Figure 8.

0	Destination address
1	Source address

Légende

Anglais	Français
Destination address	Adresse de destination
Source address	Adresse source

Figure 8 – Format de Type 4-route Simple

L'adresse Destination identifie la DLE de réception de la DLPDU. L'adresse Source identifie la DLE émettrice.

Les routes au format Simple sont utilisées lors de l'envoi de DLPDU Confirmed ou Unconfirmed contenant des demandes aux DLE de classe Simple. La DLPDU est de type Unconfirmed si l'adresse Destination est égale à la Broadcast-Node-Address (BNA).

4.2.3.1.2 Format de Type 4-route Extended

Les champs de Type 4-route au format Extended sont composés de deux Type 4-route-elements destination suivis de deux Type 4-route-elements source, comme illustré à la Figure 9.

0	Destination address
0	Destination address
1	Source address
1	Source address

Légende

Anglais	Français
Destination address	Adresse de destination
Source address	Adresse source

Figure 9 – Format de Type 4-route Extended

La première adresse Destination identifie la DLE de réception de la DLPDU. La seconde adresse Destination est utilisée par le DLS-user. La première adresse Source identifie la DLE émettrice. La seconde adresse Source est utilisée par le DLS-user.

Les routes au format Extended sont utilisées lors de l'envoi de DLPDU Confirmed ou Unconfirmed contenant des demandes aux DLE de classe Normal. La DLPDU est non confirmée si la valeur de la première adresse Destination est égale à la BNA.

4.2.3.1.3 Format de Type 4-route Complex

Les champs Type 4-route au format Complex sont composés de plus de 2 éléments Type 4-route-elements cibles suivis d'au moins 2 éléments Type 4-route-elements sources, comme illustré à la Figure 10.

0	Destination address
0	Destination address
0	Remaining-route-length
<div style="border: 1px dashed black; width: 100%; height: 40px;"></div>	
1	Source address
1	Source address

Légende

Anglais	Français
Destination address	Adresse de destination
Source address	Adresse source
Remaining-route-length	Longueur de route restante

Figure 10 – Format Type 4-route Complex

La première adresse Destination identifie la DLE de réception de la DLPDU. Les adresses Destination restantes sont utilisées par le DLS-user. Le troisième Type 4-route-element

contient le nombre de Type 4-route-elements suivant le troisième Type 4-route-element. La première adresse Source identifie la DLE émettrice. Les adresses Source restantes (sauf peut-être la dernière) sont utilisées par le DLS-user.

Les routes au format Complex sont utilisées lors de l'envoi de DLPDU Confirmed ou Unconfirmed contenant des demandes ou de DLPDU Unconfirmed contenant des réponses aux DLE de classe Normal. La DLPDU est Unconfirmed si la valeur de la dernière adresse Source est égale à 0, ou si la valeur d'une des adresses Destination est égale à la BNA.

4.2.3.1.4 Format de Type 4-route Immediate

Les champs de Type 4-route au format Immediate sont composés d'un seul Type 4-route-element source suivi d'un seul Type 4-route-element destination, comme illustré à la Figure 11.

1	Source address
0	Destination address

Légende

Anglais	Français
Destination address	Adresse de destination
Source address	Adresse source

Figure 11 – Format de Type 4-route Immediate

L'adresse Source identifie la DLE de réception de la DLPDU. L'adresse Destination identifie la DLE émettrice. L'adresse Source N'identifie PAS la DLE émettrice, mais la DLE qui a transmis la demande conduisant à cette DLPDU. Comme toujours, le premier octet de Type 4-route identifie la DLE de réception de la DLPDU.

Les routes au format Immediate sont utilisées lors de l'envoi de DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply aux DLE de classe Normal.

4.2.3.1.5 Format Type 4-route IP

Les champs Type 4-route au format IP sont composés de plus de 2 éléments Type 4-route-elements cibles suivis d'au moins 2 éléments Type 4-route-elements sources, comme illustré à la Figure 12.

0	Destination address
0	Destination address
0	Remaining-route-length

1	Source address
1	Source address

Légende

Anglais	Français
Destination address	Adresse de destination
Source address	Adresse source

Figure 12 – Format de Type 4-route IP

La première adresse Destination est l'IPNetID, qui identifie le réseau IP de réception de la DLPDU. La valeur d'IPNetID doit être comprise entre 0 et 127. Les valeurs 0, 126 et 127 sont réservées à des besoins particuliers.

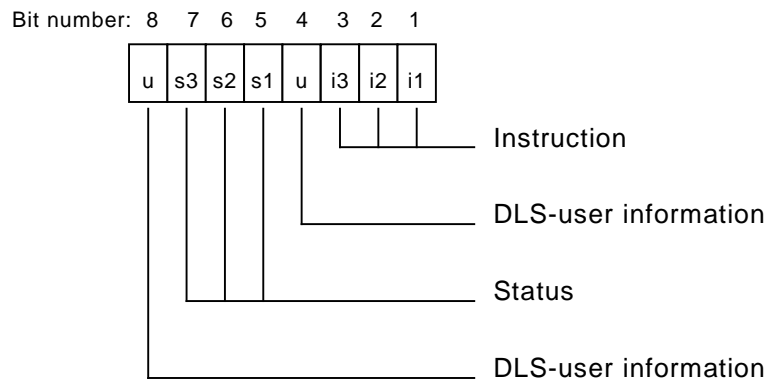
La seconde adresse Destination identifie la DLE de réception de la DLPDU. Les adresses Destination restantes sont utilisées par le DLS-user. Le troisième Type 4-route-element contient le nombre de Type 4-route-elements suivant le troisième Type 4-route-element. La première adresse Source identifie le réseau IP émetteur. La seconde adresse Source identifie la DLE émettrice. Les adresses Source restantes (sauf peut-être la dernière) sont utilisées par le DLS-user.

Les routes au format Complex sont utilisées lors de l'envoi de DLPDU Confirmed ou Unconfirmed contenant des demandes ou de DLPDU Unconfirmed contenant des réponses aux DLE de classe Normal. La DLPDU est Unconfirmed si la valeur de la dernière adresse Source est égale à 0, ou si la valeur d'une des adresses Destination est égale à la BNA.

4.2.3.2 Champ Control-status

Le deuxième champ de chaque DLPDU est un champ Control-status. Ce champ est composé d'1 octet utilisé par la DLE conjointement avec le format du champ Type 4-route et le champ Data-field-format pour déterminer le type de DLPDU. Si la DLPDU est de type Acknowledge, le champ Control-status contient les informations d'état de la DLE. Le codage du champ Control-status est illustré à la Figure 13.

Si le format du champ Type 4-route est Immediate, la DLPDU est de type Immediate-reply ou Acknowledge. La valeur du champ Control-status indique (conjointement avec le champ Data-field-format) si la DLPDU est de type Immediate-reply ou Acknowledge comme suit:



Légende

Anglais	Français
Bit number:	Numéro de bit:
DLS-user information	Informations de l'utilisateur DLS
Status	Statut
DLS-user information	Informations de l'utilisateur DLS

Figure 13 – Format Control-status

La plage du sous-champ Instruction va de 0 à 7. La plage du sous-champ Status va de 0 à 7.

La DLPDU est une DLPDU Acknowledge indiquant Wait si l'ensemble des conditions suivantes sont remplies:

- a) le format du champ Type 4-route est Immediate,
- b) la valeur du sous-champ Instruction est supérieure à 0,
- c) la valeur du sous-champ Data-size du champ Data-field-format est égale à 0,
- d) la valeur du sous-champ Status est 4.

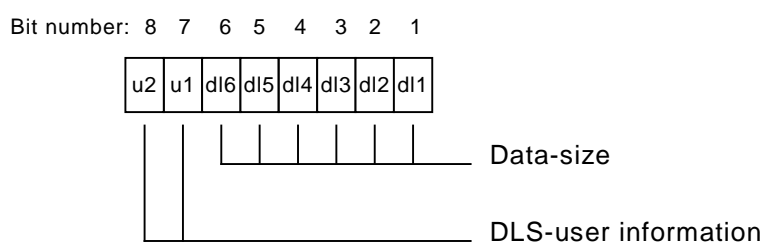
La DLPDU est une DLPDU Acknowledge indiquant RCL/ACK si l'ensemble des conditions suivantes sont remplies:

- e) le format du champ Type 4-route est Immediate,
- f) la valeur du sous-champ Instruction est supérieure à 0,
- g) la valeur du sous-champ Data-size du champ Data-field-format est égale à 0,
- h) la valeur du sous-champ Status est 5.

Si aucun de ces deux ensembles de conditions ne s'applique, la DLPDU n'est pas une DLPDU Acknowledge. Les DLPDU Acknowledge contiennent des informations pour la DLE et la réception d'une DLPDU Acknowledge ne conduit pas à l'envoi d'une primitive indication au DLS-user.

4.2.3.3 Champ Data-field-format

Le troisième champ de chaque DLPDU est un champ Data-field-format. Ce champ est composé de 1 octet contenant un sous-champ de 6 bits indiquant la Data-size et un sous-champ de 2 bits pour les informations du DLS-user, comme illustré à la Figure 14.

**Légende**

Anglais	Français
Bit number:	Numéro de bit:
Data size	Volume des données
DLS-user information	Informations de l'utilisateur DLS

Figure 14 – Data-field-format

La plage du sous-champ Data-size va de 0 à 63. La valeur indique le nombre d'octets dans le champ Data de la DLPDU et n'inclut pas le ou les octets FCS.

4.2.3.4 Champ Data

Le champ suivant de la DLPDU est le champ Data. La taille et l'interprétation DLS-user de ce champ sont indiquées dans les champs Data-field-format et Control-status. La taille du champ Data va de 0 à 63 octets.

4.3 Structure spécifique à la DLPDU, codage et éléments de procédure**Tableau 1 – Résumé de la structure des DLPDU**

Type de DLPDU	Format Type 4-route	Destination Node-addresses	Dernière adresse Source	Control-status	Data size	Data
Confirmed	Simple	≠ BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Confirmed	Extended	≠ BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Confirmed	Complex	≠ BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Confirmed	IP	≠ BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Unconfirmed	Simple	= BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Unconfirmed	Extended	= BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Unconfirmed	Complex	= BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Unconfirmed	Complex	≠ BNA	= 0	Tous	≥ 0	données utilisateur
Unconfirmed	IP	≠ BNA	≠ 0	Tous	> 2	données utilisateur
Unconfirmed	IP	≠ BNA	= 0	Tous	≥ 0	données utilisateur
Immediate-reply	Immediate	Tous	Tous	Tous	≥ 0	données utilisateur

Type de DLPDU	Format Type 4-route	Destination Node-addresses	Dernière adresse Source	Control-status	Data size	Data
Acknowledge	Immediate	Tous	Tous	= Wait / RCL/ACK	= 0	-

Le type de DLPDU est indiqué par le format Type 4-route, le contenu des Destination Node-addresses du champ Type 4-route, le contenu de la dernière adresse Source du champ Type 4-route, le contenu du champ Control-status et le contenu du sous-champ Data-size de Data-field-format, comme représenté dans le Tableau 1.

Lorsque la valeur de la colonne Destination Node-addresses est "≠ BNA", cela signifie qu'aucune des Node-addresses du champ Type 4-route = BNA. Lorsque la valeur de la colonne Destination Node-addresses est "= BNA", cela signifie qu'au moins une des Node-addresses du champ Type 4-route = BNA.

4.3.1 DLPDU Confirmed

Une DLPDU Confirmed est utilisée:

- a) pour demander le transfert d'un volume limité de données utilisateur transparentes d'un autre DLS-user au DLS-user demandeur;
- b) pour transférer un volume limité de données utilisateur transparentes du DLS-user demandeur à un autre DLS-user;
- c) pour transférer une quantité limitée de données utilisateur transparentes du DLS-user demandeur à un autre DLS-user et en même temps demander le transfert du même volume de données utilisateur transparentes de cet autre DLS-user au demandeur.

4.3.1.1 Structure des DLPDU Confirmed

La structure des DLPDU Confirmed est montrée dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Structure des DLPDU Confirmed

Format de route	Destination node-addresses	Dernière adresse de nœud source	Control-status	Data size	Data
Simple	≠ BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user
Extended	≠ BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user
Complex	≠ BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user
IP	≠ BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user

4.3.1.2 Envoi de la DLPDU Confirmed

Une DLPDU Confirmed est sélectionnée pour une transmission sur la liaison lorsque la DLPDU est la première de la file d'attente et que la DLE reçoit le Virtual Link-access token (excepté pour le mode duplex simultané). Une fois sélectionnée, la DLPDU est supprimée de la file d'attente et la transmission de la DLPDU commence. Si la réception de la DLPDU doit être acquittée, conformément aux règles décrites en 4.1.2.1, la DLPDU doit être transmise jusque ce que soit:

- a) une DLPDU Immediate-reply soit reçue, ou
- b) une DLPDU Acknowledge soit reçue, ou
- c) la transmission originale et le nombre maximal de réessais de transmission autorisé, V(MRC), ont échoué pour initier une des DLPDU de réponse autorisées.

En plus de ce qui précède, la DLE émettrice doit agir conformément aux règles décrites en 4.1.2.7.

4.3.1.3 Réception de la DLPDU Confirmed

Une DLPDU Confirmed reçue doit être traitée comme indiqué ci-dessous par la DLE destinataire.

NOTE L'alternative suivante est utilisée pour détecter la réception d'une DLPDU confirmée dupliquée suite à un réessai immédiat par la DLE actuelle détenant le jeton, lui-même provoqué probablement par une erreur détectée lors de la réception de la DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply précédente.

a) Si

- 1) la réception de la DLPDU doit être acquittée, conformément aux règles décrites en 4.1.2.1 et
- 2) aucune primitive indication LINK-IDLE de PhE, indiquant que la liaison a été inactive pendant des périodes de 40 bits ou plus, n'a été reçue depuis que la dernière DLPDU a été reçue et
- 3) le contenu du champ Type 4-route de la DLPDU juste reçue est exactement le même que le contenu du champ Type 4-route de la dernière DLPDU reçue,

la DLE destinataire doit

- i) retransmettre immédiatement la DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply transmise précédemment et
 - ii) rejeter la DLPDU reçue et ne pas la transférer au DLS-user.
- b) Si a) ne s'applique pas, la DLE destinataire doit agir conformément aux règles décrites en 4.1.2.5.

4.3.2 DLPDU Unconfirmed

Une DLPDU Unconfirmed est utilisée:

- a) par un DLS-user demandeur pour transférer un volume limité de données utilisateur transparentes du DLS-user demandeur à un ou plusieurs autres DLS-users;
- b) par un DLS-user répondeur pour transférer un volume limité de données utilisateur transparentes du DLS-user répondeur au demandeur en réponse à une DLPDU Confirmed reçue;
- c) par un DLS-user répondeur pour acquitter la réception d'un volume limité de données utilisateur transparentes du DLS-user répondeur en réponse à une DLPDU Confirmed reçue.

4.3.2.1 Structure des DLPDU Unconfirmed

La structure des DLPDU Unconfirmed est présentée dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Structure des DLPDU non confirmés

Format de route	Destination node-addresses	Dernière adresse de nœud source	Control-status	Data size	Data
Simple	= BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user
Extended	= BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user
Complex	= BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user
Complex	≠ BNA	= 0	Info DLS-user	≥ 0	Données DLS-user
IP	= BNA	≠ 0	Info DLS-user	> 2	Données DLS-user
IP	≠ BNA	= 0	Info DLS-user	≥ 0	Données DLS-user

4.3.2.2 Envoi de la DLPDU Unconfirmed

Une DLPDU Unconfirmed est sélectionnée pour une transmission sur la liaison lorsque la DLPDU est la première dans la file d'attente et que la DLE reçoit le Virtual Link-access token (excepté pour le mode duplex simultané). Une fois sélectionnée, la DLPDU est supprimée de la file d'attente et la transmission de la DLPDU commence. Si la réception de la DLPDU doit être acquittée, conformément aux règles décrites en 4.1.2.1, la DLPDU doit être transmise jusqu'à ce que soit :

- a) une DLPDU Acknowledge soit reçue, ou
- b) la transmission originale et le nombre maximal de réessais de transmission autorisés, V(MRC), ont échoué pour initier une des DLPDU de réponse autorisées.

En plus de ce qui précède, la DLE émettrice doit agir conformément aux règles décrites en 4.1.2.7.

4.3.2.3 Réception de la DLPDU Unconfirmed

Une DLPDU Unconfirmed reçue doit être traitée comme indiqué ci-dessous par la DLE destinataire.

NOTE L'alternative suivante est utilisée pour détecter la réception d'une DLPDU Unconfirmed dupliquée suite à un réessai immédiat par la DLE actuelle détenant le jeton, lui-même probablement provoqué par une erreur détectée lors de la réception de la DLPDU Acknowledge ou Immediate-reply précédente.

- a) Si
 - 1) la réception de la DLPDU doit être acquittée, conformément aux règles décrites en 4.1.2.1 et
 - 2) aucune primitive indication LINK-IDLE de PhE, indiquant que la liaison a été inactive pendant des périodes de 40 bits ou plus, n'a été reçue depuis que la dernière DLPDU a été reçue, et
 - 3) le contenu du champ Type 4-route de la DLPDU juste reçue est exactement le même que le contenu du champ Type 4-route de la dernière DLPDU reçue,

la DLE destinataire doit

- i) retransmettre immédiatement la DLPDU Acknowledge transmise préalablement et
 - ii) rejeter la DLPDU reçue et ne pas la transférer au DLS-user.
- b) Si a) ne s'applique pas, la DLE destinataire doit agir conformément aux règles décrites en 4.1.2.5.

4.3.3 DLPDU Acknowledge

Une DLPDU Acknowledge est utilisée

- a) par une DLE répondeuse pour acquitter la réception d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed;
- b) par un DLS-user répondeur pour acquitter la réception d'une DLPDU Confirmed (la DLPDU Acknowledge est transmise par la DLE suite à une primitive de service request du DLS-user local indiquant une DLSDU de type Acknowledge).

4.3.3.1 Structure des DLPDU Acknowledge

La structure des DLPDU Acknowledge est présentée dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Structure des DLPDU acquittés

Format de route	Destination node-addresses	Dernière adresse de nœud source	Control-status	Data size	Data
Immediate	Tous	Tous	= Wait/RCL/ACK	= 0	-

4.3.3.2 Envoi de la DLPDU Acknowledge

Une DLPDU Acknowledge est transmise comme réponse immédiate sur la liaison pour acquitter la réception d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed conformément aux règles décrites en 4.1.2.5. Les DLPDU Acknowledge ne doivent jamais être retransmises.

4.3.3.3 Réception de la DLPDU Acknowledge

Une DLPDU Acknowledge reçue doit être traitée conformément aux règles décrites en 4.1.2.7. La réception des DLPDU Acknowledge ne doit jamais être acquittée.

4.3.4 DLPDU Immediate-reply

Une DLPDU Immediate-reply est utilisée:

- a) par un DLS-user répondeur pour transférer un volume limité de données utilisateur transparentes du DLS-user répondeur au demandeur en réponse à une DLPDU Confirmed reçue;
- b) par un DLS-user répondeur pour confirmer la réception d'un volume limité de données utilisateur transparentes du DLS-user répondeur en réponse à une DLPDU Confirmed reçue.

4.3.4.1 Structure d'une DLPDU Immediate-reply

Tableau 5 – Structure d'une DLPDU Immediate-reply

Format de route	Destination node-addresses	Dernière adresse de nœud source	Control-status	Data size	Data
Immediate	Tous	Tous	≠ Wait/RCL/ACK	≥ 0	DLS-user-data

4.3.4.2 Envoi de la DLPDU Immediate-reply

Une DLPDU Immediate-reply est transmise comme réponse immédiate sur la liaison pour acquitter la réception d'une DLPDU Confirmed conformément aux règles décrites en 4.1.2.5. Les DLPDU Immediate-reply ne doivent jamais être retransmises.

4.3.4.3 Réception de la DLPDU Immediate-reply

Une DLPDU Immediate-reply reçue doit être traitée conformément aux règles décrites en 4.1.2.7. La réception de DLPDU Immediate-reply ne doit jamais être acquittée.

4.4 Éléments de procédure DL-service

4.4.1 Réception d'une primitive request DL-UNITDATA

Lorsque la DLE reçoit une primitive request DL-UNITDATA du DLS-user local, la DLE doit déterminer si la primitive request contient une réponse concernant la transmission immédiate ou une demande ou réponse à mettre en file d'attente.

- a) Si
 - 1) la DLE attend une primitive request ou response du DLS-user local conformément aux règles décrites en 4.1.2.5, et

- 2) le contenu du paramètre Destination DL-route spécifié par l'utilisateur dans la demande est le même que le contenu du paramètre Source DL-route de la primitive indication générée par cette DLE après réception de la DLPDU Confirmed provenant de la DLE distante,

la primitive request contient une réponse concernant la transmission immédiate. La DLE doit former et transmettre immédiatement une DLPDU Immediate-reply.

- b) Si a) ne s'applique pas, la primitive request contient une demande ou une réponse à mettre en file d'attente. La DLE doit former une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed.

Si la demande est acceptée, la DLE doit ajouter la DLPDU à la file d'attente pour une transmission à la première occasion. La position de la DLPDU ajoutée à la file d'attente dépend de la priorité spécifiée par l'utilisateur. La valeur spécifiée peut être n'importe quel nombre entier compris entre 0 et 255. La DLPDU est placée devant toutes les DLPDU actuellement dans la file d'attente ayant une priorité plus basse. Le nombre 255 indique la priorité la plus élevée.

La DLE doit créer et lancer un temporisateur de réessai avec une durée basée sur le temps maximal de réessai spécifié par l'utilisateur. Si la valeur spécifiée est différente de zéro, la durée de ce temporisateur doit être égale au temps de réessai maximal spécifié par l'utilisateur; dans le cas contraire, la durée doit être de 2 000 ms. La DL-management peut remplacer cette durée par défaut. Le temporisateur de réessai doit être associé à la DLPDU.

La DLE doit créer et remettre à zéro le compteur de réessais. Le compteur de réessais doit être associé à la DLPDU.

La DLE doit associer les paramètres DL-route et Local source ID spécifiés par l'utilisateur à la DLPDU pour une utilisation ultérieure lors de la conversion de DL-route.

Si la demande est rejetée et que la DL-route spécifiée par l'utilisateur indique Confirmed, la DLE doit signaler immédiatement la raison de l'échec dans une primitive indication DL-UNITDATA.

4.4.1.1 Formation d'une DLPDU Immediate-reply

La formation d'une DLPDU Immediate-reply est décrite ci-dessous.

La première Node-address de Destination DL-route est copiée dans le sous-champ d'adresse du premier Type 4-route-element et l'indicateur de source/destination de cet élément est défini sur TRUE. La Node-address de la DLE est copiée dans le champ d'adresse du second élément et l'indicateur de source/destination de cet élément est défini sur FALSE.

Le paramètre Control-status spécifié par l'utilisateur est stocké dans le champ Control-status (C-S) de la DLPDU.

Le paramètre Data-field-format spécifié par l'utilisateur est stocké dans le champ Data-field-format (DFF) de la DLPDU.

L'unité Data (DLSDU) spécifiée par l'utilisateur (dont la taille est indiquée dans les bits 1 à 6 du champ Data-field-format) est stockée dans le champ Data de la DLPDU.

4.4.1.2 Formation d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed

La formation d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed est décrite ci-dessous.

La Node-address de la DLE doit être insérée avant toutes les autres adresses dans la DL-route source.

La génération d'une Type 4-route request code la DL-route résultante en une Type 4-route au format Simple, Extended, Complex ou IP et stocke le résultat dans le champ Type 4-route de la DLPDU. La génération d'une Type 4-route request est décrite en 4.5.1.

Le paramètre Control-status spécifié par l'utilisateur est stocké dans le champ Control-status (C-S) de la DLPDU.

Le paramètre Data-field-format spécifié par l'utilisateur est stocké dans le champ Data-field-format (DFF) de la DLPDU.

L'unité Data (DLSDU) spécifiée par l'utilisateur (dont la taille est indiquée dans les bits 1 à 6 du champ Data-field-format) est stockée dans le champ Data de la DLPDU.

4.4.2 Réception d'une primitive response DL-UNITDATA

Lorsque la DLE reçoit une primitive response DL-UNITDATA du DLS-user local, la DLE doit déterminer si la primitive response doit conduire à la transmission immédiate d'une DLPDU Acknowledge.

- a) Si
 - 1) la DLE attend une primitive request ou response du DLS-user local conformément aux règles décrites en 4.1.2.5, et
 - 2) le contenu du paramètre Destination DL-route spécifié par l'utilisateur dans la réponse est le même que le contenu du paramètre Source DL-route dans la primitive indication générée par cette DLE après réception de la DLPDU Confirmed provenant de la DLE distante,la primitive response doit conduire à la transmission immédiate d'une DLPDU Acknowledge.
- b) Si a) ne s'applique pas, la primitive response est ignorée par la DLE. Dans cette situation, la DLE a déjà envoyé une DLPDU Acknowledge générée de manière autonome.

Si la primitive response contient un acquittement pour une transmission immédiate:

La DLE doit former et transmettre immédiatement une DLPDU Acknowledge.

4.4.2.1 Formation d'une DLPDU Acknowledge

La formation d'une DLPDU Acknowledge est décrite ci-dessous.

Les paramètres utilisés pour former une DLPDU Acknowledge sont ceux de la primitive indication entraînant la demande indiquant l'acquiescement.

La première Node-address du paramètre Source DL-route de la primitive indication est copiée dans le sous-champ d'adresse du premier Type 4-route-element et l'indicateur de source/destination de cet élément est défini sur TRUE. La Node-address de la DLE est copiée dans le champ d'adresse du second élément et l'indicateur de source/destination de cet élément est défini sur FALSE.

Le sous-champ Status du paramètre Control-status de la primitive indication est remplacé par le code pour "Wait" (4) si cette DLE est de classe Simple et par le code pour "RCL/ACK" (5) si cette DLE est de classe Normal. Le résultat est stocké dans le champ Control-status (C-S) de la DLPDU.

La valeur 0 est stockée dans le champ Data-field-format (DFF) de la DLPDU. Cette valeur indique la longueur du champ de données, qui est de zéro.

4.4.3 Acquittement d'une DLE autonome

Si

- a) la DLE a reçu une DLPDU Unconfirmed requérant un acquittement, ou
- b) la DLE a reçu une DLPDU Confirmed requérant un acquittement et ne reçoit pas de primitive request ou response du DLE-user local dans le délai "Max Indication Delay",

la DLE doit former et transmettre immédiatement de manière autonome une DLPDU Acknowledge. La DLPDU est formée comme décrit en 4.4.2.1.

4.4.4 Génération d'une primitive indication DL-UNITDATA

La DLE doit informer un DLS-user en générant une primitive indication DL-UNITDATA dans les situations suivantes:

- a) lorsque la DLE a reçu une DLPDU Confirmed, Unconfirmed ou Immediate-reply;
- b) lorsque la transmission d'une DLPDU Confirmed échoue, en général en raison d'un acquittement manquant de la part de la DLE destinataire.

Le passage d'une DLPDU reçue en paramètres DL-service et la génération de paramètres DL-service suite à un échec de transmission, sont décrits en 4.4.4.

4.4.4.1 Parsage d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed reçue

Le passage d'une DLPDU Confirmed ou Unconfirmed reçue est décrit ci-dessous.

La génération d'une DL-route génère une Destination DL-route et une Source DL-route à partir de la Type 4-route Simple, Extended, Complex ou IP reçue. La génération d'une DL-route est décrite en 4.5.2.

La valeur de Confirm est définie sur FALSE si la valeur d'une des adresses de Destination DL-route est égale à BNA, ou la valeur de la dernière adresse de Source DL-route est égale à NCNA.

Le premier élément Destination DL-route est supprimé.

Le paramètre Control-status doit constituer le champ Control-status (C-S) de la DLPDU.

Le paramètre Data-field-format doit constituer le champ Data-field-format (DFF) de la DLPDU.

Le paramètre Data unit (DLSDU) doit constituer le champ Data de la DLPDU (le nombre d'octets dans la DLSDU est indiqué aux bits 1 à 6 du champ Data-field-format).

4.4.4.2 Parsage d'une DLPDU Immediate-reply reçue

Le passage d'une DLPDU Immediate-reply reçue est décrit ci-dessous.

Le paramètre Destination DL-route spécifié par l'utilisateur et provenant de la primitive request entraînant cette réponse immédiate est copié dans le paramètre Source DL-route de la primitive indication. Un DL-route-element est ajouté à la fin, avec la valeur No-Confirm-Node-Address (0). Le paramètre Source DL-route de la primitive request est copié dans le paramètre Destination DL-route de la primitive indication.

La valeur de Confirm doit être FALSE.

Le paramètre Control-status doit constituer le champ Control-status (C-S) de la DLPDU.

Le paramètre Data-field-format doit constituer le champ Data-field-format (DFF) de la DLPDU.

Le paramètre Data unit (DLSDU) doit constituer le champ Data de la DLPDU (le nombre d'octets dans la DLSDU est indiqué aux bits 1 à 6 du champ Data-field-format).

4.4.4.3 Génération d'une primitive indication indiquant une erreur

Lorsque la transmission d'une DLPDU confirmée échoue, généralement en raison d'un acquittement manquant de la part de la DLE destinataire, la DLE émettrice doit en informer son DLS-user local en générant une primitive indication DL-UNITDATA indiquant la raison détectée localement de l'erreur.

La génération d'une primitive indication indiquant une erreur est décrite dans le texte ci-dessous.

Le paramètre Destination DL-route spécifié par l'utilisateur et provenant de la primitive request entraînant la transmission en échec est copié dans le paramètre Source DL-route de la primitive indication. Un DL-route-element est ajouté à la fin, avec la valeur No-Confirm-Node-Address (0). Le paramètre Source DL-route de la primitive request est copié dans le paramètre Destination DL-route de la primitive indication.

La valeur de Confirm doit être FALSE.

La valeur du paramètre Control-status doit indiquer la raison détectée localement de l'échec.

La valeur du paramètre Data-field-format doit être de zéro, indiquant que la longueur du paramètre DLSDU est de zéro.

4.5 Mécanisme de routage

Le mécanisme de routage offre la fonctionnalité de "guidage" d'une demande d'un requestor à un répondeur, éventuellement via une ou plusieurs passerelles et de "guidage" de la réponse du répondeur de retour au requestor.

La demande et la réponse peuvent traverser jusqu'à 12 passerelles.

Deux des paramètres des primitives indication et request DL-services sont Destination DL-route et Source DL-route. Dans la demande d'un requestor, le paramètre Destination DL-route décrit la route complète vers le répondeur et le paramètre Source DL-route décrit la route complète vers le requestor.

Lorsque la demande est en chemin vers le répondeur, la Destination DL-route devient de plus en plus courte et la Source DL-route devient de plus en plus longue suite à la conversion de route effectuée dans les passerelles.

Lorsque la demande atteint le répondeur, le paramètre Source DL-route décrit la route complète de retour vers le requestor. Le répondeur "échange" les Destination et Source DL-routes, obtenant ainsi que la Destination DL-route décrive désormais la route complète de retour vers le requestor.

Lorsque la réponse atteint le requestor, le paramètre Source DL-route décrit la route complète vers le répondeur (comme le faisait le paramètre Destination DL-route dans la demande initiale).

4.5.1 Génération d'une Request Type 4-route

La génération d'une Request Type 4-route est réalisée par la DLE dans le cadre de la formation d'une DLPDU après avoir reçu une primitive request DL-UNITDATA du DLS-user local.

La génération d'une Request Type 4-route code les paramètres Destination DL-route et Source DL-route en une Type 4-route de format Simple, Extended, Complex ou IP.

En général, un DL-route-element venant de la Destination DL-route est copié dans un Type 4-route-element en copiant la valeur du DL-route-element dans le sous-champ d'adresse du Type 4-route-element et en définissant la valeur de l'indicateur de source/destination sur FALSE. Un DL-route-element provenant de la Source DL-route est copié dans un Type 4-route-element en copiant la valeur du DL-route-element dans le sous-champ d'adresse du Type 4-route-element et en définissant la valeur de l'indicateur de source/destination sur TRUE.

La Figure 15 illustre la génération d'un indicateur de source/destination.

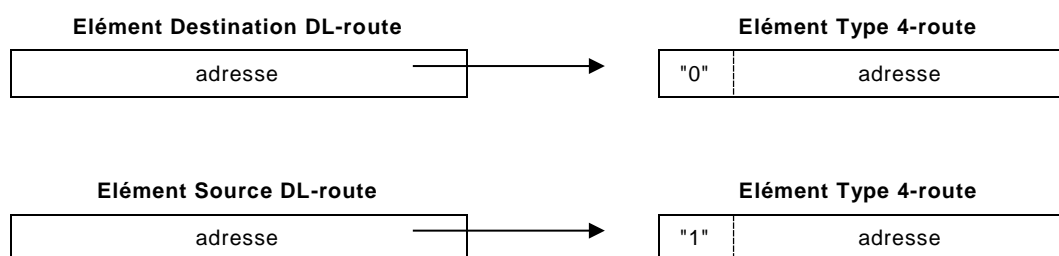


Figure 15 – Indicateur de source/destination

La Destination DL-route est copiée dans les premiers éléments de la Type 4-route et la Source DL-route est copiée dans les éléments suivants.

Une des trois alternatives ci-dessous s'applique.

- a) Si la Destination DL-route ne détient qu'un seul élément, la Type 4-route doit être de format Simple.

Le premier élément de la Type 4-route doit être une copie du premier élément de la Destination DL-route. Le second élément de la Type 4-route doit être une copie du premier élément de la Source DL-route, comme illustré à la Figure 16.

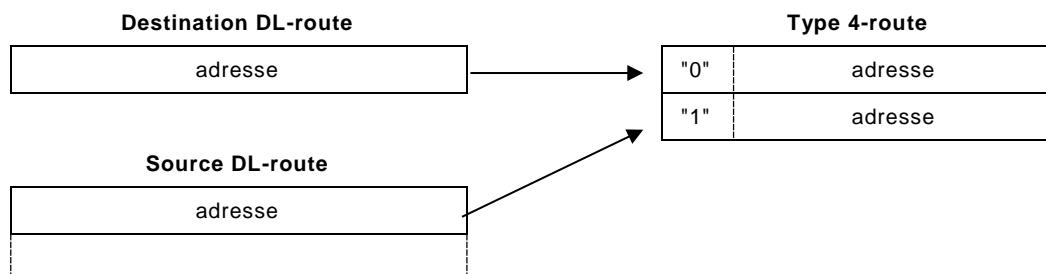


Figure 16 – Génération d'une Type 4-route Simple

- b) Si la Destination DL-route et la Source DL-route ne détiennent chacune que deux éléments, la Type 4-route doit être au format Extended.

Les deux premiers éléments de la Type 4-route doivent être une copie des deux éléments de la Destination DL-route. Les deux éléments suivants de la Type 4-route doivent être une copie des deux éléments de la Source DL-route comme illustré à la Figure 17.

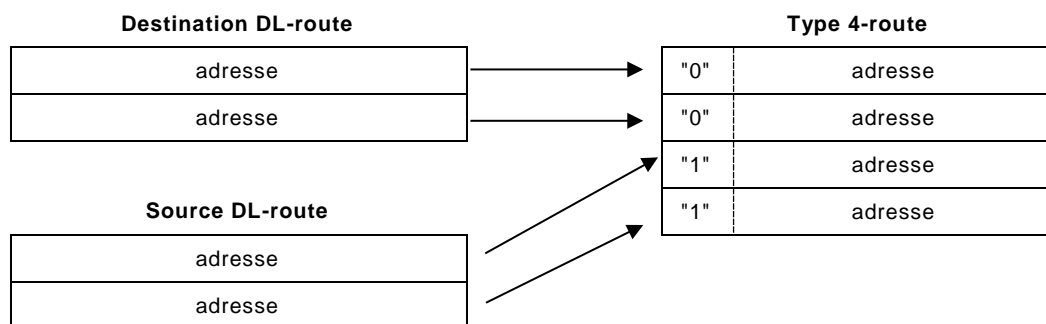


Figure 17 – Génération d'une Type 4-route Extended

- c) Si la Destination DL-route détient au moins deux éléments et si la DL-route totale (combinaison des paramètres Destination et Source DL-route) détient plus de quatre éléments, la Type 4-route doit être au format Complex ou IP.

Les deux premiers éléments de la Type 4-route doivent être une copie des deux premiers éléments de la Destination DL-route. Le troisième élément doit être le nombre total d'éléments de la DL-route moins deux. Une copie des éléments restants de la Destination DL-route (le cas échéant) doit suivre le troisième élément de la Type 4-route. Ils doivent être suivis de l'ensemble des éléments de la Source DL-route comme illustré à la Figure 18.

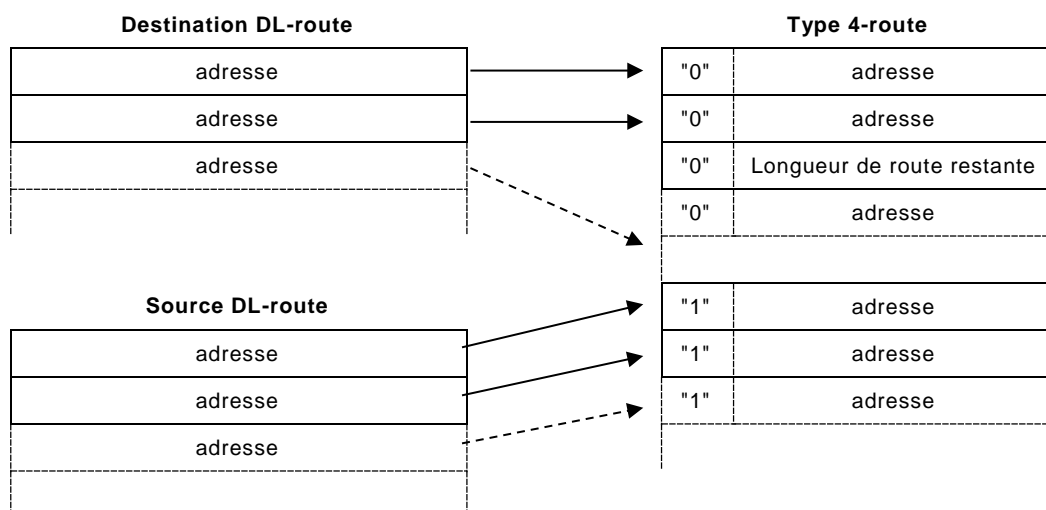


Figure 18 – Génération d'une Type 4-route Complex et IP

4.5.2 Génération d'une DL-route

La génération d'une DL-route est réalisée par la DLE lorsqu'elle a reçu une DLPPDU Confirmed ou Unconfirmed dans le cadre de la génération d'une primitive de service indication pour informer le DLS-user local de la réception.

Les quatre formats différents de Type 4-route Simple, Extended, Complex et IP sont pris en charge dans les DLE de classe Normal. Seul le format de route Simple est pris en charge dans les DLE de classe Simple.

En général, un Type 4-route-element est copié vers un DL-route-element en copiant la valeur du sous-champ d'adresse du Type 4-route-element.

Une des trois alternatives ci-dessous s'applique.

- a) Si la Type 4-route de la DLPPDU reçue est au format Simple, la Destination DL-route doit être vide. L'élément source de la Type 4-route reçue doit être copié vers la Source DL-route comme illustré à la Figure 19.

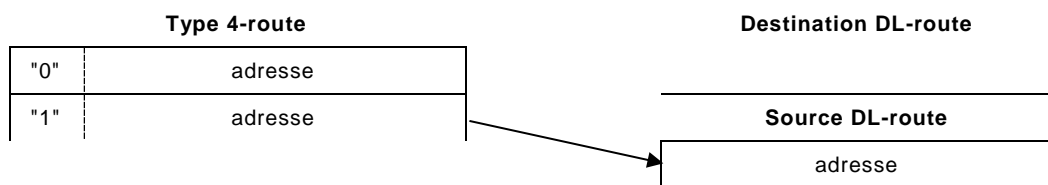


Figure 19 – Génération d'une DL-route Simple

- b) Si la route de la DLPDU reçue est au format Extended, le second élément de destination de la Type 4-route reçue doit être copié vers le premier et seul élément de la Destination DL-route. La Source DL-route doit être une copie des deux éléments source de la Type 4-route reçue comme illustré à la Figure 20.

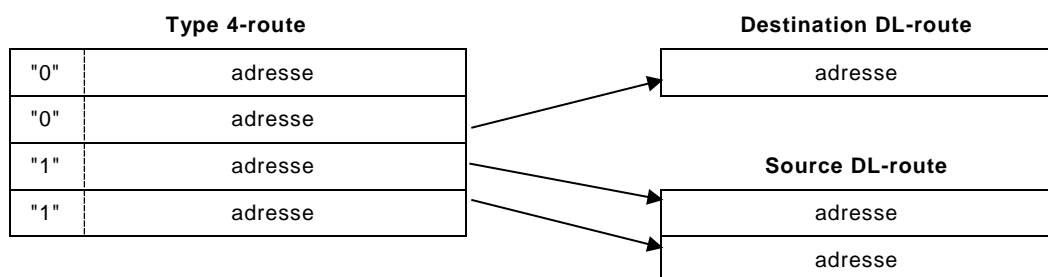


Figure 20 – Génération d'une DL-route Extended

- c) Si la Type 4-route de la DLPDU reçue est au format Complex ou IP, le second élément de la Type 4-route reçue doit être copié vers le premier élément de la Destination DL-route. Les éléments de destination restant de la Type 4-route reçue doivent être copiés vers la Destination DL-route. Tous les éléments source de la Type 4-route reçue doivent être copiés vers la Source DL-route comme illustré à la Figure 21.

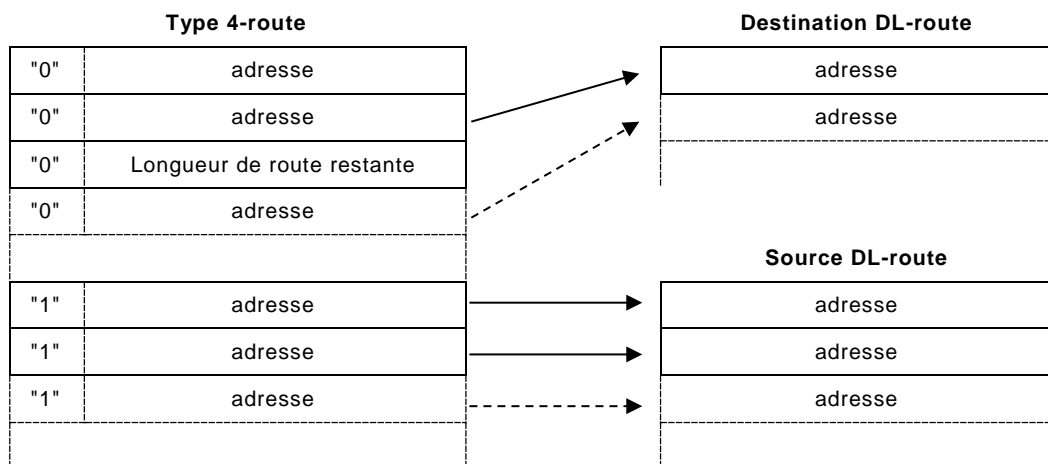


Figure 21 – Génération d'une DL-route Complex et IP

4.6 Système de Link-access

Les principes de base et la plupart des détails concernant le système de Link-access sont décrits en 4.1.2.8. Le Paragraphe 4.6 décrit la manière d'obtenir une synchronisation du Link-access après une initialisation de DLE et après une perte de synchronisation.

Après une initialisation de DLE et après une perte de synchronisation, la DLE est déclarée OutOfSync. Aussi longtemps que la DLE est OutOfSync, elle est uniquement autorisée à transmettre des DLPDU Immediate-reply et Acknowledge.

La synchronisation peut être obtenue de deux manières différentes.

- a) Lorsque la DLE a perdu la synchronisation en raison d'une différence entre le Link Access Counter C(LAC) et la Node-address reçue dans une SPDU Sync, la différence entre C(LAC) et la Node-address reçue est sauvegardée.

Si la Node-address reçue dans la SPDU Sync suivante est égale au C(LAC), la DLE est de nouveau en synchronisation.

Si la Node-address reçue dans la SPDU Sync suivante est différente du C(LAC), mais que la différence est identique à la différence sauvegardée, le C(LAC) est défini pour être égal la Node-address reçue et la DLE est de nouveau en synchronisation. Si la différence n'est pas la même, la nouvelle différence est sauvegardée et la DLE reste OutOfSync.

- b) Si la DLE est obligée d'envoyer une SPDU Sync parce que la liaison a été inactive pendant des périodes de 360 bits ou plus lorsque la DLE reçoit le Virtual Link-access token et que la DLE est OutOfSync, elle n'est pas autorisée à transmettre, mais doit se déclarer elle-même de nouveau en synchronisation. Le résultat est le suivant: la prochaine fois que cette DLE reçoit le Virtual Link-access token et que la liaison est toujours inactive, cette DLE transmet une SPDU Sync. Cette règle couvre la situation de démarrage et les situations dans lesquelles une seule DLE de classe Normal est sur la liaison.

4.7 Variables, compteurs et files d'attente locaux

4.7.1 V(ACPDU) - acknowledge confirmed PDU

La valeur de cette variable définit s'il convient que cette DLE acquitte la réception de DLPDU Confirmed et attende des DLE distantes pour acquitter la réception après que cette DLE a transmis des DLPDU Confirmed. Les valeurs possibles de cette variable sont TRUE et FALSE. Une valeur TRUE indique que les DLPDU Confirmed doivent être acquittées.

4.7.2 V(ACPDU) - acknowledge unconfirmed PDU

La valeur de cette variable définit s'il convient que cette DLE acquitte la réception de DLPDU Unconfirmed et attende des DLE distantes pour acquitter la réception après que cette DLE a transmis des DLPDU Unconfirmed. Les valeurs possibles de cette variable sont TRUE et FALSE. Une valeur TRUE indique que les DLPDU Unconfirmed doivent être acquittées.

4.7.3 V(NA) - node-address

Cette variable contient la Node-address de cette DLE. La Node-address identifie uniquement cette DLE sur la liaison. La plage de la V(NA) va de 0 à 125. Une valeur de 0 indique que la V(NA) n'a pas été initialisée.

4.7.4 V(NDLE) - number of DLEs

Cette variable existe uniquement dans des DLE de classe Normal. Elle contient le nombre maximal de DLE de classe Normal sur la liaison. La valeur de V(NA) doit être inférieure ou égale à la valeur de V(NDLE). La valeur de V(NDLE) ne doit pas dépasser 32. La valeur de V(NDLE) doit être identique dans toutes les DLE sur la liaison. Une valeur de 0 indique que le V(NDLE) n'a pas été initialisé.

4.7.5 V(PNR) - permitted number of retries

Cette variable existe uniquement dans des DLE de classe Normal. Elle contient le nombre maximal de réessais de transmission autorisé lorsque la transmission de DLPDU Confirmed ou Unconfirmed échoue. Sa plage va de 0 à 10.

4.7.6 V(DC) - device class (simple or normal)

Cette variable indique la classe de la DLE. Elle peut indiquer Simple ou Normal. Les valeurs possibles de cette variable sont TRUE et FALSE. Une valeur TRUE indique que la DLE est de classe Normal.

4.7.7 V(BR) - bit rate

Cette variable DLE est utilisée par le DLE-user pour définir la vitesse de bits désirée. Lorsque le DLS-user change la valeur de cette variable, la DLE doit émettre un PhE management service pour changer la vitesse en bits de la PhL. La valeur de cette variable est également la base de calcul de la valeur de Max Indication Delay. Les valeurs possibles dépendent de la capacité de la PhE.

4.7.8 V(MID) - max indication delay

Cette variable de DLE indique au DLS-user le nombre de microsecondes qu'il est autorisé à utiliser pour préparer une réponse après la réception d'une indication le requérant. Si le DLS-user n'est pas en mesure de préparer une réponse au cours du Max Indication Delay, le DLS-user doit émettre une primitive request DL-UNITDATA avec un type de DLSDU indiquant Acknowledge. La DLE transmettra donc une DLPDU Acknowledge sur la liaison.

La valeur de Max Indication Delay est calculée par la DLE à partir de la valeur de V(BR), comme des périodes de 30 bits. La plage de Max Indication Delay est de 3 μ s (correspondant à une vitesse de bits de 10 Mbit/s) à 100 ms (correspondant à une vitesse de bits de 300 bits/s).

4.7.9 V(DMRT) - default max retry time

Cette variable indique à la DLE combien de retransmissions en ms de la demande peuvent être réalisées suite à des acquittements Wait provenant de la DLE distante ou du DLS-user. Elle est utilisée si le DLS-user n'a pas spécifié de paramètre de durée de réessais max. dans la demande. La valeur par défaut de V(DMRT) est de 2 000 ms. La DL-management peut annuler et remplacer cette valeur par défaut. La plage de V(DMRT) va de 10 ms à 30 000 ms.

4.7.10 Q(UR) - user request queue

Cette variable existe uniquement dans des DLE de classe Normal. Il s'agit d'une file d'attente FIFO-within-priority multipriorité contenant des DLPDU mises en file d'attente pour la transmission, des paramètres DL-route et Local source ID associés, un compteur de réessais et un temporisateur de réessais. Une telle file d'attente est associée à chaque DLE.

4.7.11 C(LAC) - link access counter

Ce compteur existe uniquement dans des DLE de classe Normal. Elle contient la Node-address de la DLE détenant le Virtual Link-access token.

4.7.12 C(LIC) - link idle counter

Ce compteur existe uniquement dans des DLE de classe Normal. Il contient des informations sur la durée pendant laquelle la liaison a été inactive.

Bibliographie

CEI 61158-1, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 1: Présentation et lignes directrices des séries 61158 et CEI 61784*

CEI 61158-2, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 2: Spécification et définition des services de la couche physique*

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

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

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

CEI 61784-1, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 1: Profils de bus de terrain*

CEI 61784-2, *Réseaux de communication industriels – Profils – Partie 2: Profils de bus de terrain supplémentaires pour les réseaux en temps réel basés sur l'ISO/CEI 8802-3*

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch