

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Industrial communication networks – Fieldbus specifications –
Part 4-2: Data-link layer protocol specification – Type 2 elements**

**Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain –
Partie 4-2: Spécification du protocole de la couche liaison de données –
Éléments de type 2**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 25.040.40, 35.100.20, 35.110

ISBN 978-2-8322-7697-6

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

CONTENTS

FOREWORD.....	16
INTRODUCTION.....	18
1 Scope.....	19
1.1 General.....	19
1.2 Specifications	19
1.3 Procedures	19
1.4 Applicability	20
1.5 Conformance	20
2 Normative references	20
3 Terms, definitions, symbols, abbreviated terms and conventions	22
3.1 Reference model terms and definitions	22
3.2 Service convention terms and definitions	24
3.3 Common terms and definitions.....	24
3.4 Additional Type 2 definitions	25
3.5 Type 2 symbols and abbreviated terms	33
3.6 Conventions for station management objects	34
4 Overview of the data-link protocol.....	35
4.1 General.....	35
4.1.1 DLL architecture	35
4.1.2 Access control machine (ACM) and scheduling support functions	37
4.1.3 Connection-mode, connectionless-mode data transfer and DL service.....	37
4.2 Services provided by the DL	37
4.2.1 Overview	37
4.2.2 QoS.....	38
4.3 Structure and definition of DL-addresses	38
4.3.1 General	38
4.3.2 MAC ID address	39
4.3.3 Generic tag address	40
4.3.4 Fixed tag address	40
4.4 Services assumed from the PhL.....	41
4.4.1 General requirements	41
4.4.2 Data encoding rules.....	41
4.4.3 DLL to PhL interface.....	42
4.5 Functional classes	44
5 General structure and encoding of PhIDUs and DLPDUs and related elements of procedure.....	44
5.1 Overview.....	44
5.2 Media access procedure	44
5.3 DLPDU structure and encoding	48
5.3.1 General	48
5.3.2 DLPDU components	48
5.3.3 Preamble	48
5.3.4 Start and end delimiters.....	48
5.3.5 DLPDU octets and ordering	48
5.3.6 Source MAC ID.....	49
5.3.7 Lpackets field	49
5.3.8 Frame check sequence (FCS).....	49

5.3.9	Null DLPDU	52
5.3.10	Abort DLPDU	52
5.4	Lpacket components	52
5.4.1	General Lpacket structure	52
5.4.2	Size	53
5.4.3	Control	53
5.4.4	Generic tag Lpackets	53
5.4.5	Fixed tag Lpackets	54
5.5	DLPDU procedures	54
5.5.1	General	54
5.5.2	Sending scheduled DLPDUs	55
5.5.3	Sending unscheduled DLPDUs	55
5.5.4	Receiving DLPDUs	55
5.6	Summary of DLL support services and objects	56
6	Specific DLPDU structure, encoding and procedures	57
6.1	Modeling language	57
6.1.1	State machine description	57
6.1.2	Use of DLL- prefix	58
6.1.3	Data types	58
6.2	DLS user services	59
6.2.1	General	59
6.2.2	Connected mode and connectionless mode transfer service	60
6.2.3	Queue maintenance service	61
6.2.4	Tag filter service	61
6.2.5	Link synchronization service	62
6.2.6	Synchronized parameter change service	62
6.2.7	Event reports service	63
6.2.8	Bad FCS service	64
6.2.9	Current moderator service	64
6.2.10	Power up and online services	64
6.2.11	Enable moderator service	65
6.2.12	Listen only service	65
6.3	Generic tag Lpacket	65
6.3.1	General	65
6.3.2	Structure of the generic-tag Lpacket	65
6.3.3	Sending and receiving the generic-tag Lpacket	66
6.4	Moderator Lpacket	66
6.4.1	General	66
6.4.2	Structure of the moderator Lpacket	66
6.4.3	Sending and receiving the moderator Lpacket	66
6.5	Time distribution Lpacket	67
6.5.1	General	67
6.5.2	Structure of the time distribution Lpacket	67
6.5.3	Sending and receiving the time distribution Lpacket	69
6.6	UCMM Lpacket	70
6.6.1	General	70
6.6.2	Structure of the UCMM Lpacket	70
6.6.3	Sending and receiving the UCMM Lpacket	70
6.7	Keeper UCMM Lpacket	70

6.7.1	General	70
6.7.2	Structure of the Keeper UCMM Lpacket	70
6.7.3	Sending and receiving the Keeper UCMM Lpacket.....	70
6.8	TUI Lpacket	71
6.8.1	General	71
6.8.2	Structure of the TUI Lpacket	71
6.8.3	Sending and receiving the TUI Lpacket.....	72
6.9	Link parameters Lpacket and tMinus Lpacket.....	72
6.9.1	General	72
6.9.2	Structure of link parameters and tMinus Lpackets	72
6.9.3	Sending and receiving the tMinus and Link parameters Lpackets.....	73
6.10	I'm-alive Lpacket.....	73
6.10.1	General	73
6.10.2	Structure or the I'm-alive Lpacket	73
6.10.3	Sending and receiving I'm Alive	74
6.10.4	I'm alive state processing	74
6.11	Ping Lpackets	75
6.11.1	General	75
6.11.2	Structure of the ping Lpackets	76
6.11.3	Sending and receiving the ping Lpackets	76
6.12	WAMI Lpacket.....	76
6.12.1	General	76
6.12.2	Structure of the WAMI Lpacket	77
6.12.3	Sending and receiving the WAMI Lpacket	77
6.13	Debug Lpacket.....	77
6.14	IP Lpacket	78
6.15	Ethernet Lpacket.....	78
7	Objects for station management	78
7.1	General.....	78
7.2	ControlNet™ object.....	80
7.2.1	Overview	80
7.2.2	Class attributes	80
7.2.3	Instance attributes	80
7.2.4	Common services	89
7.2.5	Class specific services	90
7.2.6	Behavior	91
7.2.7	Module status indicator.....	91
7.3	Keeper object	92
7.3.1	Overview	92
7.3.2	Revision history	92
7.3.3	Class attributes	92
7.3.4	Instance attributes	92
7.3.5	Common services	101
7.3.6	Class specific services	102
7.3.7	Service error codes	108
7.3.8	Behavior	108
7.3.9	Miscellaneous notes	109
7.3.10	Keeper power up sequence	110
7.4	Scheduling object	115

7.4.1	Overview	115
7.4.2	Class attributes	116
7.4.3	Instance attributes	116
7.4.4	Common services	117
7.4.5	Class specific services	119
7.4.6	Typical scheduling session	125
7.5	TCP/IP Interface object	126
7.5.1	Overview	126
7.5.2	Revision history	126
7.5.3	Class attributes	126
7.5.4	Instance attributes	127
7.5.5	Diagnostic connection points	142
7.5.6	Common services	142
7.5.7	Class specific services	145
7.5.8	Behavior	147
7.5.9	Address Conflict Detection (ACD)	148
7.6	Ethernet Link object	154
7.6.1	Overview	154
7.6.2	Revision history	154
7.6.3	Class attributes	154
7.6.4	Instance attributes	155
7.6.5	Diagnostic connection points	165
7.6.6	Common services	166
7.6.7	Class specific services	167
7.6.8	Behavior	168
7.7	DeviceNet™ object	169
7.7.1	Overview	169
7.7.2	Revision history	170
7.7.3	Class attributes	170
7.7.4	Instance attributes	170
7.7.5	Common services	177
7.7.6	Class specific services	178
7.8	Connection Configuration object (CCO)	179
7.8.1	Overview	179
7.8.2	Revision history	179
7.8.3	Class attributes	179
7.8.4	Instance attributes	181
7.8.5	Connection Configuration object change control	190
7.8.6	Common services	190
7.8.7	Class specific services	196
7.8.8	Behavior	200
7.9	DLR object	200
7.9.1	Overview	200
7.9.2	Revision history	201
7.9.3	Class attributes	201
7.9.4	Instance attributes	201
7.9.5	Diagnostic connection points	213
7.9.6	Common services	213
7.9.7	Class specific services	217

7.10	QoS object.....	218
7.10.1	Overview	218
7.10.2	Revision History	218
7.10.3	Class attributes	218
7.10.4	Instance Attributes.....	219
7.10.5	Common services	220
7.11	Port object	221
7.11.1	Overview	221
7.11.2	Revision History	221
7.11.3	Class attributes	222
7.11.4	Instance attributes	222
7.11.5	Common services	229
7.12	PRP/HSR Protocol object.....	231
7.12.1	Overview	231
7.12.2	Revision history.....	231
7.12.3	Class attributes	231
7.12.4	Instance attributes	231
7.12.5	Diagnostic connection points	239
7.12.6	Common Services.....	239
7.13	PRP/HSR Nodes Table object.....	241
7.13.1	Overview	241
7.13.2	Revision history	241
7.13.3	Class attributes	242
7.13.4	Instance attributes	242
7.13.5	Common services	244
7.14	LLDP Management object	245
7.14.1	Overview	245
7.14.2	Revision history	245
7.14.3	Class attributes	246
7.14.4	Instance attributes	246
7.14.5	Common services	247
7.15	LLDP Data Table object	248
7.15.1	Overview	248
7.15.2	Revision history	249
7.15.3	Class attributes	249
7.15.4	Instance attributes	249
7.15.5	Common services	253
8	Other DLE elements of procedure.....	254
8.1	Network attachment monitor (NAM).....	254
8.1.1	General	254
8.1.2	Default parameters	256
8.1.3	Auto-addressing	256
8.1.4	Valid MAC IDs	257
8.1.5	State machine description.....	257
8.2	Calculating link parameters.....	263
8.2.1	Link parameters.....	263
8.2.2	Conditions affecting link parameters	263
8.2.3	Moderator change.....	263
8.2.4	NUT timing	264

8.2.5	Slot timing	265
8.2.6	Blanking	266
8.2.7	Example implementation.....	266
9	Detailed specification of DL components	271
9.1	General.....	271
9.2	Access control machine (ACM)	271
9.3	TxLLC	290
9.4	RxLLC	295
9.5	Transmit machine (TxM)	298
9.6	Receive machine (RxM)	302
9.7	Serializer	308
9.8	Deserializer	310
9.8.1	Octet construction	310
9.8.2	FCS checking	311
9.8.3	End of DLPDU processing	311
9.9	DLL management.....	311
10	Device Level Ring (DLR) protocol.....	313
10.1	General.....	313
10.2	Support for Multiple DLR Ring Pairs.....	314
10.3	Supported topologies	315
10.4	Overview of DLR operation	316
10.4.1	Normal operation	316
10.4.2	Link failures	317
10.5	Classes of DLR implementation	318
10.6	DLR behavior.....	319
10.6.1	DLR variables.....	319
10.6.2	Ring supervisor	319
10.6.3	Ring node.....	322
10.6.4	Sign on process.....	323
10.6.5	Neighbor check process	324
10.7	Implementation requirements.....	324
10.7.1	Embedded switch requirements and recommendations	324
10.7.2	DLR implementation requirements	325
10.7.3	IEC 61588 and Type 2 Ethernet considerations	326
10.7.4	IEEE Std 802.1Q-2018 STP/RSTP/MSTP considerations.....	326
10.8	Using non-DLR nodes in the ring network	326
10.8.1	General considerations	326
10.8.2	Non-DLR end devices.....	327
10.8.3	Non-DLR switches	327
10.9	Redundant gateway devices on DLR network.....	329
10.9.1	General	329
10.9.2	Supported topologies.....	330
10.9.3	Redundant gateway capable device.....	330
10.9.4	Redundant gateway device behavior.....	331
10.10	DLR messages	334
10.10.1	General	334
10.10.2	Common frame header	335
10.10.3	Beacon frame	336
10.10.4	Neighbor_Check request	336

10.10.5	Neighbor_Check_response.....	337
10.10.6	Link_Status/Neighbor_Status.....	337
10.10.7	Locate_Fault.....	338
10.10.8	Announce	338
10.10.9	Sign_On	338
10.10.10	Advertise	339
10.10.11	Flush_Tables.....	339
10.10.12	Learning_Update	340
10.11	State diagrams and state-event-action matrices.....	340
10.11.1	Beacon-based ring node.....	340
10.11.2	Announce-based ring node.....	347
10.11.3	Ring supervisor	351
10.11.4	Redundant gateway.....	366
10.12	Performance analysis.....	369
10.12.1	General	369
10.12.2	Redundant gateway switchover performance	373
11	PRP and HSR redundancy protocols	375
11.1	General.....	375
11.2	PRP overview	375
11.2.1	General	375
11.2.2	Address Conflict Detection (ACD).....	376
11.3	HSR overview	377
12	LLDP protocol.....	378
12.1	General.....	378
12.2	LLDP overview.....	379
12.3	Type 2 LLDP Transmission Requirements.....	379
12.3.1	General	379
12.3.2	Chassis ID TLV (TLV Type = 1)	380
12.3.3	Port ID TLV (TLV Type = 2)	380
12.3.4	System Capabilities TLV (TLV Type = 7)	381
12.3.5	Management Address (TLV Type = 8).....	381
12.3.6	Type 2 Identification TLV (TLV Type = 127).....	381
12.3.7	Type 2 MAC Address TLV (TLV Type = 127)	381
12.3.8	Type 2 Interface Label TLV (TLV Type = 127).....	381
12.3.9	Additional Ethernet Capabilities TLV (TLV Type = 127).....	382
12.4	Type 2 LLDP Reception Requirements.....	382
12.5	Type 2 LLDP Reporting Requirements	382
12.6	EtherNet/IP LLDP Link State Transition Requirements	382
Annex A (normative)	Indicators and switches.....	383
A.1	Purpose	383
A.2	Indicators.....	383
A.2.1	General indicator requirements.....	383
A.2.2	Common indicator requirements	383
A.2.3	Fieldbus specific indicator requirements – option 1	385
A.2.4	Fieldbus specific indicator requirements – option 2.....	389
A.2.5	Fieldbus specific indicator requirements – option 3.....	393
A.3	Switches	398
A.3.1	Common switch requirements.....	398
A.3.2	Fieldbus specific switch requirements – option 1	398

A.3.3	Fieldbus specific switch requirements – option 2	398
A.3.4	Fieldbus specific switch requirements – option 3	399
Bibliography.....		400
Figure 1 – Data-link layer internal architecture		36
Figure 2 – Relationships of DLSAPs, DLSAP-addresses, and group DL-addresses		39
Figure 3 – Basic structure of a MAC ID address		39
Figure 4 – Basic structure of a generic tag address		40
Figure 5 – Basic structure of a fixed tag address		40
Figure 6 – M_symbols and Manchester encoding at 5 MHz		42
Figure 7 – NUT structure		45
Figure 8 – Media access during scheduled time		46
Figure 9 – Media access during unscheduled time		47
Figure 10 – DLPDU format.....		48
Figure 11 – Aborting a DLPDU during transmission.....		52
Figure 12 – Lpacket format		53
Figure 13 – Generic tag Lpacket format		54
Figure 14 – Fixed tag Lpacket format.....		54
Figure 15 – Goodness parameter of TimeDist_Lpacket		68
Figure 16 – Example I'm alive processing algorithm.....		75
Figure 17 – Keeper CRC algorithm		99
Figure 18 – Keeper object power-up state diagram		111
Figure 19 – Keeper object operating state diagram		112
Figure 20 – Synchronized network change processing		115
Figure 21 – State transition diagram for TCP/IP Interface object.....		147
Figure 22 – State transition diagram for TCP/IP Interface object.....		148
Figure 23 – ACD Behavior		150
Figure 24 – State transition diagram for Ethernet Link object		169
Figure 25 – Connection Configuration object edit flowchart.....		200
Figure 26 – Communication objects diagram for example device		229
Figure 27 – NAM state machine		256
Figure 28 – Devices with Multiple DLR Ring Pairs.....		314
Figure 29 – DLR rings connected to switches.....		315
Figure 30 – Normal operation of a DLR network.....		316
Figure 31 – Beacon and Announce frames.....		316
Figure 32 – Link failure		317
Figure 33 – Network reconfiguration after link failure		318
Figure 34 – Neighbor Check process		324
Figure 35 – Unsupported topology – example 1		328
Figure 36 – Unsupported topology – example 2		328
Figure 37 – DLR ring connected to switches through redundant gateways		330
Figure 38 – DLR redundant gateway capable device.....		331
Figure 39 – Advertise frame		333

Figure 40 – State transition diagram for Beacon frame based non-supervisor ring node.....	341
Figure 41 – State transition diagram for Announce frame based non-supervisor ring node	347
Figure 42 – State transition diagram for ring supervisor	351
Figure 43 – State transition diagram for redundant gateway	366
Figure 44 – PRP network	376
Figure 45 – Directly Attached SANs	377
Figure 46 – Virtual DANs	377
Figure 47 – HSR network	378
Figure 48 – IEEE LLDP PDU Format (source IEEE Std 802.1AB-2016).....	379
Figure 49 – Type 2 LLDP PDU Format	380
Figure 50 – Type 2 Identification TLV Format.....	381
Figure 51 – Type 2 MAC Address TLV Format	381
Figure 52 – Type 2 Interface Label TLV Format	382
Figure A.1 – Non redundant network status indicator labeling	389
Figure A.2 – Redundant network status indicator labeling	389
Figure A.3 – Network status indicator state diagram	392
Figure A.4 – Examples of multiple network status indicators	392
Table 1 – Format of attribute tables	34
Table 2 – Data-link layer components	36
Table 3 – MAC ID addresses allocation	40
Table 4 – Fixed tag service definitions	40
Table 5 – Data encoding rules	42
Table 6 – M Data symbols.....	43
Table 7 – Truth table for ph_status_indication.....	43
Table 8 – FCS length, polynomials and constants	49
Table 9 – DLL support services and objects.....	56
Table 10 – Elementary data types.....	59
Table 11 – DLL events	63
Table 12 – Time distribution priority	69
Table 13 – Format of the TUI Lpacket	71
Table 14 – ControlNet object class attributes	80
Table 15 – ControlNet object instance attributes	81
Table 16 – TUI status flag bits	86
Table 17 – Mac_ver bits.....	87
Table 18 – Channel state bits	87
Table 19 – ControlNet object common services.....	89
Table 20 – ControlNet object class specific services	90
Table 21 – Keeper object revision history	92
Table 22 – Keeper object class attributes	92
Table 23 – Keeper object instance attributes	93
Table 24 – Keeper operating state definitions	97

Table 25 – Port status flag bit definitions	97
Table 26 – TUI status flag bits	98
Table 27 – Keeper attributes	101
Table 28 – Memory requirements (in octets) for the Keeper attributes.....	101
Table 29 – Keeper object common services	102
Table 30 – Keeper object class specific services	102
Table 31 – Service error codes	103
Table 32 – Wire order format of the TUI Lpacket.....	107
Table 33 – Service error codes	108
Table 34 – Keeper object operating states	109
Table 35 – Keeper object state event matrix	113
Table 36 – Scheduling object class attributes	116
Table 37 – Scheduling object instance attributes	117
Table 38 – Scheduling object common services	117
Table 39 – Status error descriptions for Create	118
Table 40 – Status error descriptions for Delete and Kick_Timer	119
Table 41 – Scheduling object class specific services	119
Table 42 – Status error descriptions for Read	121
Table 43 – Status error descriptions for Conditional_Write	122
Table 44 – Status error descriptions for Forced_Write.....	122
Table 45 – Status error descriptions for Change_Start	123
Table 46 – Status error descriptions for Break_Connections	124
Table 47 – Status error descriptions for Change_Complete.....	124
Table 48 – Status error descriptions for Restart_Connections	125
Table 49 – Revision history.....	126
Table 50 – TCP/IP Interface object class attributes	127
Table 51 – TCP/IP Interface object instance attributes	127
Table 52 – Status bits	132
Table 53 – Configuration capability bits	133
Table 54 – Configuration control bits.....	134
Table 55 – Example path	135
Table 56 – Interface configuration components	136
Table 57 – Alloc control values	138
Table 58 – AcdActivity values	139
Table 59 – ArpPdu – ARP Response PDU in binary format	139
Table 60 – Admin Capability member bit definitions	140
Table 61 – Admin Capability member bit definitions	141
Table 62 – TCP/IP Interface connection point 1, Standard Network Diagnostics.....	142
Table 63 – TCP/IP Interface object common services	143
Table 64 – Get_Attributes_All response format	144
Table 65 – Set_Attributes_All request format	145
Table 66 – TCP/IP Interface object class specific services.....	145
Table 67 – Set_Port_Admin_State service request parameters	146

Table 68 – Set_Protocol_Admin_State service request parameters.....	146
Table 69 – Class specific error codes	147
Table 70 – Ethernet link object revision history	154
Table 71 – Ethernet link object class attributes	155
Table 72 – Ethernet link object instance attributes	155
Table 73 – Interface flags bits.....	160
Table 74 – Control bits.....	162
Table 75 – Interface type	163
Table 76 – Interface state	163
Table 77 – Admin state	163
Table 78 – Capability Bits	164
Table 79 – Ethernet Link connection point 1, Standard Network Diagnostics.....	165
Table 80 – Ethernet Link object common services.....	166
Table 81 – Get_Attributes_All response format	167
Table 82 – Ethernet Link object class specific services	168
Table 83 – DeviceNet object revision history.....	170
Table 84 – DeviceNet object class attributes.....	170
Table 85 – DeviceNet object instance attributes.....	170
Table 86 – Bit rate attribute values	173
Table 87 – BOI attribute values.....	173
Table 88 – Diagnostic counters bit description	176
Table 89 – DeviceNet object common services	177
Table 90 – Reset service parameter.....	177
Table 91 – Reset service parameter values	177
Table 92 – DeviceNet object class specific services.....	178
Table 93 – Connection Configuration object revision history	179
Table 94 – Connection Configuration object class attributes	179
Table 95 – Format number values.....	181
Table 96 – Connection Configuration object instance attributes	181
Table 97 – Originator connection status values.....	185
Table 98 – Target connection status values	185
Table 99 – Connection flags	186
Table 100 – I/O mapping formats	188
Table 101 – Services valid during a change operation	190
Table 102 – Connection Configuration object common services	190
Table 103 – Get_Attributes_All Response – class level.....	191
Table 104 – Get_Attributes_All response – instance level.....	191
Table 105 – Set_Attributes_All error codes	193
Table 106 – Set_Attributes_All request	193
Table 107 – Create request parameters	195
Table 108 – Create error codes	195
Table 109 – Delete error codes.....	195
Table 110 – Restore error codes.....	196

Table 111 – Connection Configuration object class specific services 196

Table 112 – Change_Start error codes..... 197

Table 113 – Get_Status service parameter 198

Table 114 – Get_Status service response 198

Table 115 – Get_Status service error codes 198

Table 116 – Change_Complete service parameter 199

Table 117 – Change_Complete service error codes 199

Table 118 – Audit_Changes service parameter 199

Table 119 – Audit_Changes service error codes 199

Table 120 – Revision history 201

Table 121 – DLR object class attributes 201

Table 122 – DLR object instance attributes 202

Table 123 – Network Status values 206

Table 124 – Ring Supervisor Status values 206

Table 125 – Capability flags 210

Table 126 – Redundant Gateway Status values 212

Table 127 – DLR connection point 1, Standard Network Diagnostics..... 213

Table 128 – DLR connection point 2, Standard Network Diagnostics..... 213

Table 129 – DLR object common services 214

Table 130 – Get_Attributes_All Response – Object Revision 1, non supervisor device..... 214

Table 131 – Get_Attributes_All Response – Object Revision 1, supervisor-capable device..... 215

Table 132 – Get_Attributes_All Response – Object Revision 2, non supervisor device..... 215

Table 133 – Get_Attributes_All Response – All other cases 216

Table 134 – DLR object class specific services 217

Table 135 – QoS object revision history 218

Table 136 – QoS object class attributes 219

Table 137 – QoS object instance attributes 219

Table 138 – Default DCSP values and usages 220

Table 139 – QoS object common services 221

Table 140 – Port object revision history 222

Table 141 – Port object class attributes 222

Table 142 – Port object instance attributes 223

Table 143 – Port Type and associated Logical Link Object classes and Port Type Name values..... 225

Table 144 – Port Routing Capabilities attribute bit definitions..... 228

Table 145 – Contents of Associated Communication objects attribute 11 for the two Port object instances of the example device 229

Table 146 – Port object common services 230

Table 147 – Get_Attributes_All response– class level 230

Table 148 – Get_Attributes_All response– instance level 230

Table 149 – Revision history 231

Table 150 – Class attributes 231

Table 151 – Instance attributes 232

Table 152 – Node Type.....	235
Table 153 – Switching Node	236
Table 154 – HSR Mode.....	237
Table 155 – RedBox ID.....	238
Table 156 – PRP/HSR Protocol connection point 1, Standard Network Diagnostics	239
Table 157 – PRP/HSR Protocol object common services	240
Table 158 – Get_Attributes_All response	240
Table 159 – Revision history.....	242
Table 160 – Class attributes	242
Table 161 – Instance attributes.....	242
Table 162 – Remote Node Type.....	244
Table 163 – PRP/HSR Nodes Tables object common services.....	245
Table 164 – Get_Attributes_All response	245
Table 165 – Revision history.....	245
Table 166 – Class attributes	246
Table 167 – Instance attributes.....	246
Table 168 – Bit Definitions of the LLDP Enable Array	247
Table 169 – LLDP Management object common services.....	248
Table 170 – Get_Attributes_All response	248
Table 171 – Revision history.....	249
Table 172 – Class attributes	249
Table 173 – Instance attributes.....	249
Table 174 – Bitmaps of supported capabilities & enabled capabilities	253
Table 175 – LLDP Management object common services.....	253
Table 176 – Get_Attributes_All response	254
Table 177 – NAM states.....	255
Table 178 – Default link parameters.....	256
Table 179 – PhL timing characteristics.....	264
Table 180 – DLR variables.....	319
Table 181 – DLR Link speed and duplex requirements.....	325
Table 182 – Redundant gateway variables.....	332
Table 183 – MAC addresses for DLR messages	335
Table 184 – IEEE Std 802.1Q-2018 common frame header format.....	335
Table 185 –DLR message payload fields	335
Table 186 – DLR frame types.....	336
Table 187 – Format of the Beacon frame	336
Table 188 – Ring State values	336
Table 189 – Format of the Neighbor_Check request	337
Table 190 – Format of the Neighbor_Check response.....	337
Table 191 – Format of the Link_Status/Neighbor_Status frame	337
Table 192 – Link/Neighbor status values.....	338
Table 193 – Format of the Locate_Fault frame.....	338
Table 194 – Format of the Announce frame	338

Table 195 – Format of the Sign_On frame	339
Table 196 – Format of the Advertise frame	339
Table 197 – Gateway state values	339
Table 198 – Format of the Flush_ Tables frame	340
Table 199 – Format of the Learning_Update frame	340
Table 200 – Parameter values for Beacon frame based non-supervisor ring node	341
Table 201 – LastBcnRcvPort bit definitions	342
Table 202 – State-event-action matrix for Beacon frame based non-supervisor ring node	342
Table 203 – Parameter values for Announce frame based non-supervisor ring node	348
Table 204 – State-event-action matrix for Announce frame based non-supervisor ring node	348
Table 205 – Parameter values for ring supervisor node	352
Table 206 – LastBcnRcvPort bit definitions	353
Table 207 – State-event-action matrix for ring supervisor node	353
Table 208 – Parameter values for redundant gateway node	366
Table 209 – State-event-action matrix for redundant gateway node	367
Table 210 – Parameters/assumptions for example performance calculations	370
Table 211 – Example ring configuration parameters and performance	373
Table 212 – Variables for performance analysis	374
Table 213 – LLDP support requirements	379
Table 214 – LLDP TLV Type Values	380
Table A.1 – Module status indicator	384
Table A.2 – Time Sync status indication	385
Table A.3 – Network status indicators	387
Table A.4 – Network status indicator	391
Table A.5 – Combined Module/Network status indicator	393
Table A.6 – Network status indicator	395
Table A.7 – Combined module/network status indicator	396
Table A.8 – I/O status indicator	397
Table A.9 – Bit rate switch encoding	399

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 4-2: Data-link layer protocol specification – Type 2 elements

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

Attention is drawn to the fact that the use of the associated protocol type is restricted by its intellectual-property-right holders. In all cases, the commitment to limited release of intellectual-property-rights made by the holders of those rights permits a layer protocol type to be used with other layer protocols of the same type, or in other type combinations explicitly authorized by its intellectual-property-right holders.

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

IEC 61158-4-2 has been prepared by subcommittee 65C: Industrial networks, of IEC technical committee 65: Industrial-process measurement, control and automation. It is an International Standard.

This fifth edition cancels and replaces the fourth edition published in 2019. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) update of normative and bibliographic references;
- b) use of more inclusive terminology ("master" and "slave" replaced, mainly in 7.3 and 7.7;
- c) new STIME, UTIME, NTIME, STRINGI and EPATH data types in 6.1.3;
- d) updates, addition of diagnostics connection points and new service for TCP/IP interface object in 7.5;
- e) addition of diagnostics connection points and new service for Ethernet Link object in 7.6;
- f) update of Get/Set_Attributes_All parameters for the Connection Configuration object in 7.8;
- g) addition of diagnostics connection points and new service for DLR object in 7.9;
- h) extensions and clarifications of Port object in 7.11;
- i) addition of diagnostics connection points and new service for PRP/HSR Protocol object in 7.12;
- j) addition of LLDP Management and LLDP Data Table objects in 7.1, 7.14 and 7.15;
- k) addition of LLDP protocol support in Clause 12;
- l) addition of a combined module/network indicator in A.2.4.5;
- m) removal of all references to CPF and CPs (material moved to profile documents);
- n) miscellaneous editorial corrections.

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

Draft	Report on voting
65C/1202/FDIS	65C/1243/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts of the IEC 61158 series, published under the general title *Industrial communication networks – Fieldbus specifications*, can be found on the IEC web site.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

INTRODUCTION

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

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

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

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

The International Electrotechnical Commission (IEC) draws attention to the fact that it is claimed that compliance with this document may involve the use of patents. IEC takes no position concerning the evidence, validity, and scope of these patent rights.

The holders of these patent rights have assured IEC that they are willing to negotiate licences under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of the holders of these patent rights is registered with IEC. Information may be obtained from the patent database available at <http://patents.iec.ch>.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights other than those in the patent database. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 4-2: Data-link layer protocol specification – Type 2 elements

1 Scope

1.1 General

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

This part of IEC 61158 specifies a main protocol with the following characteristics.

- This protocol provides communication opportunities to all participating data-link entities, sequentially and in a cyclic synchronous manner. Foreground scheduled access is available for time-critical activities together with background unscheduled access for less critical activities.
- Deterministic and synchronized transfers can be provided at cyclic intervals up to 1 ms and device separations of 25 km. This performance is adjustable dynamically and on-line by re-configuring the parameters of the local link whilst normal operation continues. By similar means, DL connections and new devices can be added or removed during normal operation.
- This protocol provides means to maintain clock synchronization across an extended link with a precision better than 10 μ s.
- This protocol optimizes each access opportunity by concatenating multiple DLSDUs and associated DLPCI into a single DLPDU, thereby improving data transfer efficiency for data-link entities that actively source multiple streams of data.
- The maximum system size is an unlimited number of links of 99 nodes, each with 255 DLSAP-addresses. Each link has a maximum of 2^{24} related peer and publisher DLCEPs.

This document specifies additional lower layers protocols or implementations of additional lower layers protocols for use in combination with ISO/IEC/IEEE 8802-3.

This document specifies a set of corresponding objects providing a consistent management interface to the lower layers.

1.2 Specifications

This document specifies

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

1.3 Procedures

The procedures are defined in terms of

- a) the interactions between peer DL-entities (DLEs) through the exchange of 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 capabilities of an implementation, and thus its applicability to various time-critical communications needs.

1.5 Conformance

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

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

NOTE All parts of the IEC 61158 series, as well as the IEC 61784-1 series and the IEC 61784-2 series are maintained simultaneously. Cross-references to these documents within the text therefore refer to the editions as dated in this list of normative references.

IEC 61131-3, *Programmable controllers – Part 3: Programming languages*

IEC 61158-3-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-2: Data-link layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-5-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-2: Application layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-6-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-2: Application layer protocol specification – Type 2 elements*

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

IEC 61784-3-2, *Industrial communication networks – Profiles – Part 3-2: Functional safety fieldbuses – Additional specifications for CPF 2*

IEC 62026-3:2014, *Low-voltage switchgear and controlgear – Controller-device interfaces (CDIs) – Part 3: DeviceNet*

IEC 62439-3:2016¹, *Industrial communication networks – High availability automation networks – Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR)*

¹ A newer edition of this standard has been published, but only the cited edition applies.

ISO/IEC 13239, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control (HDLC) procedures*

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

ISO 11898-1:2015, *Road vehicles – Controller area network (CAN) – Part 1: Data link layer and physical signalling*

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

IEEE Std 802.1ABcu-2021, *Standard for local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery Amendment: YANG Data Model*

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE standard for local and metropolitan area networks – Bridges and bridged networks*

IEEE Std 802.3-2018, *IEEE Standard for Ethernet*

IETF RFC 951, W.J. Croft, J. Gilmore, *Bootstrap Protocol*, September 1985, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc951> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 1213, K. McCloghrie, M. Rose, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*, March 1991, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1213> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 1542, W. Wimer, *Clarifications and Extensions for the Bootstrap Protocol*, October 1993, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1542> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 1643, F. Kastholz, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, July 1994, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1643> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 2131, R. Droms, *Dynamic Host Configuration Protocol*, March 1997, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2131> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 2132, S. Alexander, R. Droms, *DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions*, March 1997, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2132> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 2863, K. McCloghrie, F. Kastholz, *The Interfaces Group MIB*, June 2000, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2863> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 3418, R. Presuhn, *Management Information Base (MIB) for the Simple Network Management Protocol (SNMP)*, December 2002, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc3418> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 3635, J. Flick, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, September 2003, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc3635> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 4541, M. Christensen, K. Kimball, F. Solensky, *Considerations for Internet Group Management Protocol (IGMP) and Multicast Listener Discovery (MLD) Snooping Switches*, May 2006, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4541> [viewed 2022-02-18]

IETF RFC 5227:2008, S. Cheshire, *IPv4 Address Conflict Detection*, July 2008, available at <https://www.rfc-editor.org/info/rfc5227> [viewed 2022-02-18]

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	416
INTRODUCTION.....	419
1 Domaine d'application	420
1.1 Généralités	420
1.2 Spécifications	420
1.3 Procédures	421
1.4 Applicabilité	421
1.5 Conformité	421
2 Références normatives	421
3 Termes, définitions, symboles, abréviations et conventions	423
3.1 Termes et définitions relatifs au modèle de référence	423
3.2 Termes et définitions relatifs à la convention de service.....	425
3.3 Termes et définitions communs.....	425
3.4 Définitions de type 2 supplémentaires.....	427
3.5 Symboles et abréviations de type 2.....	434
3.6 Conventions relatives aux objets de gestion de la station.....	436
4 Présentation du protocole de liaison de données	437
4.1 Généralités	437
4.1.1 Architecture DLL.....	437
4.1.2 Machine de contrôle d'accès (ACM) et fonctions de support de planification	439
4.1.3 Transfert de données en mode connexion, en mode sans connexion et service DL	440
4.2 Services fournis par la DL.....	440
4.2.1 Présentation	440
4.2.2 QoS	440
4.3 Structure et définition des adresses DL.....	441
4.3.1 Généralités	441
4.3.2 Adresse MAC ID	442
4.3.3 Adresse de balise générique.....	443
4.3.4 Adresse de balise fixe	443
4.4 Service supposé provenir de PhL.....	444
4.4.1 Exigences générales	444
4.4.2 Règles de codage des données	445
4.4.3 Interface DLL-PhL	446
4.5 Classes fonctionnelles	447
5 Structure générale et codage des PhIDU et DLPDU et éléments de procédure connexes.....	448
5.1 Présentation	448
5.2 Procédure d'accès au support.....	448
5.3 Structure et codage de DLPDU	452
5.3.1 Généralités	452
5.3.2 Composants DLPDU	452
5.3.3 Préambule	453
5.3.4 Délimiteurs de début et de fin	453
5.3.5 Octets DLPDU et ordre	453
5.3.6 MAC ID source	453

5.3.7	Champ Lpackets	453
5.3.8	Séquence de contrôle de trame (FCS)	453
5.3.9	DLPDU nulle	456
5.3.10	DLPDU annulée	457
5.4	Composants Lpacket	457
5.4.1	Structure générale de Lpacket	457
5.4.2	Taille	458
5.4.3	Contrôle	458
5.4.4	Lpackets à balise générique	459
5.4.5	Lpackets à balise fixe	459
5.5	Procédures DLPDU	460
5.5.1	Généralités	460
5.5.2	Envoi de DLPDU planifiées	461
5.5.3	Envoi de DLPDU non planifiées	461
5.5.4	DLPDU destinataires	461
5.6	Récapitulatif des services de support et objets DLL	462
6	Structure DLPDU spécifique, codage et procédures	463
6.1	Langage de modélisation	463
6.1.1	Description du diagramme d'états	463
6.1.2	Utilisation du préfixe DLL	464
6.1.3	Types de données	464
6.2	Services utilisateur DLS	466
6.2.1	Généralités	466
6.2.2	Service de transfert en mode connecté et sans connexion	466
6.2.3	Service de maintenance de la file d'attente	467
6.2.4	Service de filtrage de balise	468
6.2.5	Service de synchronisation de liaison	468
6.2.6	Service de modification de paramètre synchronisé	468
6.2.7	Service de rapport d'événements	470
6.2.8	Service de FCS erroné	471
6.2.9	Service du modérateur en cours	471
6.2.10	Services de mise sous tension et de mise en ligne	471
6.2.11	Service d'activation du modérateur	471
6.2.12	Service d'écoute uniquement	472
6.3	Lpacket à balise générique	472
6.3.1	Généralités	472
6.3.2	Structure du Lpacket à balise générique	472
6.3.3	Envoi et réception du Lpacket à balise générique	472
6.4	Lpacket modérateur	473
6.4.1	Généralités	473
6.4.2	Structure du Lpacket modérateur	473
6.4.3	Envoi et réception du Lpacket modérateur	473
6.5	Lpacket de répartition temporelle	474
6.5.1	Généralités	474
6.5.2	Structure du Lpacket de répartition temporelle	474
6.5.3	Envoi et réception du Lpacket de répartition temporelle	476
6.6	Lpacket UCMM	477
6.6.1	Généralités	477
6.6.2	Structure du Lpacket UCMM	477

6.6.3	Envoi et réception du Lpacket UCMM	477
6.7	Lpacket Keeper UCMM	477
6.7.1	Généralités	477
6.7.2	Structure du Lpacket Keeper UCMM	477
6.7.3	Envoi et réception du Lpacket Keeper UCMM	477
6.8	Lpacket TUI	478
6.8.1	Généralités	478
6.8.2	Structure du Lpacket TUI	478
6.8.3	Envoi et réception du Lpacket TUI	479
6.9	Paramètres de liaison Lpacket et tMinus Lpacket	479
6.9.1	Généralités	479
6.9.2	Structure des paramètres de liaison et des Lpackets tMinus	480
6.9.3	Envoi et réception des Lpackets tMinus et des paramètres de liaison	480
6.10	Lpacket l'm-alive	481
6.10.1	Généralités	481
6.10.2	Structure du Lpacket l'm-alive	481
6.10.3	Envoi et réception de l'm Alive	481
6.10.4	Traitement d'état l'm alive	482
6.11	Lpackets ping	484
6.11.1	Généralités	484
6.11.2	Structure des Lpackets ping	484
6.11.3	Envoi et réception des Lpackets ping	485
6.12	Lpacket WAMI	485
6.12.1	Généralités	485
6.12.2	Structure du Lpacket WAMI	486
6.12.3	Envoi et réception du Lpacket WAMI	486
6.13	Lpacket Debug	486
6.14	Lpacket IP	487
6.15	Lpacket Ethernet	487
7	Objets de gestion de la station	487
7.1	Généralités	487
7.2	Objet ControlNet™	489
7.2.1	Présentation	489
7.2.2	Attributs de classe	489
7.2.3	Attributs d'instance	489
7.2.4	Services communs	498
7.2.5	Services spécifiques à la classe	499
7.2.6	Comportement	500
7.2.7	Voyant d'état du module	501
7.3	Objet Keeper	501
7.3.1	Présentation	501
7.3.2	Historique de révision	502
7.3.3	Attributs de classe	502
7.3.4	Attributs d'instance	502
7.3.5	Services communs	511
7.3.6	Services spécifiques à la classe	511
7.3.7	Codes d'erreur de service	517
7.3.8	Comportement	518
7.3.9	Notes diverses	519

7.3.10	Séquence d'activation de l'objet Keeper	519
7.4	Objet de planification	528
7.4.1	Présentation	528
7.4.2	Attributs de classe	528
7.4.3	Attributs d'instance	529
7.4.4	Services communs.....	529
7.4.5	Services spécifiques à la classe	531
7.4.6	Session de planification classique	537
7.5	Objet d'interface TCP/IP	539
7.5.1	Présentation	539
7.5.2	Historique de révision	539
7.5.3	Attributs de classe	539
7.5.4	Attributs d'instance	540
7.5.5	Points de connexion de diagnostic.....	556
7.5.6	Services communs.....	556
7.5.7	Services spécifiques à la classe	559
7.5.8	Comportement.....	561
7.5.9	Détection de conflit d'adresses (ACD)	564
7.6	Objet de liaison Ethernet.....	571
7.6.1	Présentation	571
7.6.2	Historique de révision	571
7.6.3	Attributs de classe	571
7.6.4	Attributs d'instance	572
7.6.5	Points de connexion de diagnostic.....	583
7.6.6	Services communs.....	583
7.6.7	Services spécifiques à la classe	585
7.6.8	Comportement.....	585
7.7	Objet DeviceNet™	588
7.7.1	Présentation	588
7.7.2	Historique de révision	588
7.7.3	Attributs de classe	588
7.7.4	Attributs d'instance	588
7.7.5	Services communs.....	596
7.7.6	Services spécifiques à la classe	597
7.8	Objet de configuration de connexion (CCO)	598
7.8.1	Vue d'ensemble.....	598
7.8.2	Historique de révision	598
7.8.3	Attributs de classe	598
7.8.4	Attributs d'instance	601
7.8.5	Contrôle de modification de l'objet de configuration de connexion	611
7.8.6	Services communs.....	611
7.8.7	Services spécifiques à la classe	618
7.8.8	Comportement.....	622
7.9	Objet DLR.....	623
7.9.1	Présentation	623
7.9.2	Historique de révision	623
7.9.3	Attributs de classe	624
7.9.4	Attributs d'instance	624
7.9.5	Points de connexion de diagnostic.....	636

7.9.6	Services communs.....	637
7.9.7	Services spécifiques à la classe	640
7.10	Objet QoS	641
7.10.1	Présentation	641
7.10.2	Historique de révision	642
7.10.3	Attributs de classe	642
7.10.4	Attributs d'instance	642
7.10.5	Services communs.....	644
7.11	Objet de port.....	644
7.11.1	Présentation	644
7.11.2	Historique de révision	645
7.11.3	Attributs de classe	645
7.11.4	Attributs d'instance	646
7.11.5	Services communs.....	654
7.12	Objet de protocole PRP/HSR	655
7.12.1	Présentation	655
7.12.2	Historique de révision	655
7.12.3	Attributs de classe	655
7.12.4	Attributs d'instance	656
7.12.5	Points de connexion de diagnostic.....	664
7.12.6	Services communs.....	664
7.13	Objet de table des nœuds PRP/HSR.....	666
7.13.1	Présentation	666
7.13.2	Historique de révision	666
7.13.3	Attributs de classe	666
7.13.4	Attributs d'instance	667
7.13.5	Services communs.....	670
7.14	Objet LLDP Management	671
7.14.1	Présentation	671
7.14.2	Historique de révision	671
7.14.3	Attributs de classe	671
7.14.4	Attributs d'instance	672
7.14.5	Services communs.....	673
7.15	Objet LLDP Data Table	674
7.15.1	Présentation	674
7.15.2	Historique de révision	674
7.15.3	Attributs de classe	675
7.15.4	Attributs d'instance	675
7.15.5	Services communs.....	678
8	Autres éléments de procédure DLE	679
8.1	Moniteur de connexion au réseau (NAM)	679
8.1.1	Généralités	679
8.1.2	Paramètres par défaut	681
8.1.3	Adressage automatique	682
8.1.4	MAC ID valides.....	682
8.1.5	Description du diagramme d'états	682
8.2	Calcul des paramètres de liaison	688
8.2.1	Paramètres de liaison	688
8.2.2	Conditions affectant les paramètres de liaison	689

8.2.3	Changement de modérateur	689
8.2.4	Temporisation NUT	689
8.2.5	Cadencement de créneau	691
8.2.6	Blocage	692
8.2.7	Exemple de mise en œuvre	692
9	Spécification détaillée des composants DL	697
9.1	Généralités	697
9.2	Machine de contrôle d'accès (ACM)	697
9.3	TxLLC	716
9.4	RxLLC	721
9.5	Machine de transmission (TxM)	724
9.6	Machine destinataire (RxM)	728
9.7	Convertisseur parallèle-série	734
9.8	Convertisseur série-parallèle	736
9.8.1	Construction d'octet	736
9.8.2	Contrôle FCS	736
9.8.3	Fin du traitement DLPDU	737
9.9	gestion DLL	737
10	Protocole DLR (Device Level Ring)	739
10.1	Généralités	739
10.2	Prise en charge de plusieurs paires d'anneaux DLR	740
10.3	Topologies prises en charge	741
10.4	Présentation de l'opération DLR	742
10.4.1	Fonctionnement normal	742
10.4.2	Interruptions de liaison	743
10.5	Classes de mise en œuvre DLR	746
10.6	Comportement DLR	746
10.6.1	Variables DLR	746
10.6.2	Superviseur d'anneau	747
10.6.3	Nœud d'anneau	749
10.6.4	Processus Sign_On	751
10.6.5	Processus Neighbor_Check	751
10.7	Exigences de mise en œuvre	752
10.7.1	Exigences et recommandations relatives au commutateur intégré	752
10.7.2	Exigences de mise en œuvre DLR	753
10.7.3	Considérations relatives à l'IEC 61588 et à l'Ethernet Type 2	754
10.7.4	Considérations relatives à l'IEEE Std 802.1Q-2018 STP/RSTP/MSTP	754
10.8	Utilisation des nœuds non DLR dans le réseau en anneau	754
10.8.1	Considérations générales	754
10.8.2	Stations d'extrémité non DLR	755
10.8.3	Commutateurs non DLR	755
10.9	Appareils passerelle redondants sur un réseau DLR	758
10.9.1	Généralités	758
10.9.2	Topologies prises en charge	759
10.9.3	Appareil passerelle redondant	760
10.9.4	Comportement de l'appareil passerelle redondant	761
10.10	Messages DLR	765
10.10.1	Généralités	765
10.10.2	En-tête de trame commune	765

10.10.3	Trame Beacon	767
10.10.4	Demande Neighbor_Check	767
10.10.5	Réponse Neighbor_Check	768
10.10.6	Link_Status/Neighbor_Status.....	768
10.10.7	Locate_Fault.....	769
10.10.8	Announce	769
10.10.9	Sign_On	770
10.10.10	Advertise	770
10.10.11	Flush_Tables.....	771
10.10.12	Learning_Update	771
10.11	Diagrammes d'états et matrices SEA (State-Event-Action).....	772
10.11.1	Nœud d'anneau Beacon	772
10.11.2	Nœud d'anneau Announce	780
10.11.3	Superviseur d'anneau	785
10.11.4	Passerelle redondante	804
10.12	Analyse de performance	808
10.12.1	Généralités	808
10.12.2	Performances de changement de passerelle redondante	812
11	Protocoles de redondance PRP et HSR	814
11.1	Généralités	814
11.2	Présentation de PRP.....	814
11.2.1	Généralités	814
11.2.2	Détection de conflit d'adresses (ACD)	815
11.3	Présentation de HSR	817
12	Protocole LLDP	818
12.1	Généralités	818
12.2	Présentation de LLDP.....	818
12.3	Exigences de transmission LLDP de type 2.....	819
12.3.1	Généralités	819
12.3.2	TLV ID de châssis (Type TLV = 1)	820
12.3.3	TLV ID de port (Type TLV = 2).....	821
12.3.4	TLV capacités du système (Type TLV = 7).....	821
12.3.5	Adresse de gestion (type TLV = 8).....	821
12.3.6	TLV d'identification de type 2 (type TLV = 127).....	821
12.3.7	TLV d'adresse MAC de type 2 (Type TLV = 127)	822
12.3.8	TLV d'étiquette d'interface de type 2 (Type TLV = 127)	823
12.3.9	TLV de capacités Ethernet supplémentaires (Type TLV = 127)	823
12.4	Exigences de réception LLDP de type 2.....	823
12.5	Exigences de signalement LLDP de type 2	824
12.6	Exigences relatives à la transition d'état de liaison EtherNet/IP LLDP	824
Annexe A (normative)	Voyants et commutateurs	825
A.1	Objectif	825
A.2	Voyants	825
A.2.1	Exigences générales relatives aux voyants.....	825
A.2.2	Exigences communes relatives aux voyants	825
A.2.3	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain – option 1	827
A.2.4	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain – option 2	832
A.2.5	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain – option 3	837
A.3	Commutateurs	842

A.3.1	Exigences communes du commutateur	842
A.3.2	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain – option 1	842
A.3.3	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain – option 2	843
A.3.4	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain – option 3	843
Bibliographie.....		844
Figure 1	– Architecture interne de la couche liaison de données	439
Figure 2	– Relations des DLSAP, des adresses DLSAP et des adresses DL de groupe	442
Figure 3	– Structure de base d'une adresse MAC ID	443
Figure 4	– Structure de base d'une adresse de balise générique	443
Figure 5	– Structure de base d'une adresse de balise fixe	443
Figure 6	– M_symbols et codage Manchester à 5 MHz.....	445
Figure 7	– Structure de la NUT	449
Figure 8	– Accès au support pendant la durée planifiée	450
Figure 9	– Accès au support pendant la durée non planifiée	451
Figure 10	– Format de DLPDU	452
Figure 11	– Annulation d'une DLPDU pendant la transmission	457
Figure 12	– Format de Lpacket	458
Figure 13	– Format Lpacket à balise générique.....	459
Figure 14	– Format Lpacket à balise fixe.....	460
Figure 15	– Paramètre goodness de TimeDist_Lpacket.....	475
Figure 16	– Exemple d'algorithme de traitement l'm alive	484
Figure 17	– Algorithme CRC de l'objet Keeper	508
Figure 18	– Diagramme d'états d'activation de l'objet Keeper	521
Figure 19	– Diagramme d'états de fonctionnement de l'objet Keeper	523
Figure 20	– Traitement de la modification de réseau synchronisée	528
Figure 21	– Diagramme de transition d'états de l'objet d'interface TCP/IP	563
Figure 22	– Diagramme de transition d'états de l'objet d'interface TCP/IP	564
Figure 23	– Comportement ACD	567
Figure 24	– Diagramme de transition d'états de l'objet de liaison Ethernet.....	587
Figure 25	– Diagramme d'édition de l'objet de configuration de connexion.....	623
Figure 26	– Schéma des objets de communication pour un exemple appareil	653
Figure 27	– Diagramme d'états du NAM.....	681
Figure 28	– Appareils avec plusieurs paires d'anneaux DLR	740
Figure 29	– Anneaux DLR connectés aux commutateurs.....	741
Figure 30	– Fonctionnement normal d'un réseau DLR.....	742
Figure 31	– Trames Beacon et Announce	743
Figure 32	– Interruption de liaison.....	744
Figure 33	– Reconfiguration du réseau après une interruption de liaison.....	745
Figure 34	– Processus Neighbor Check	752
Figure 35	– Topologie non prise en charge – Exemple 1	756

Figure 36 – Topologie non prise en charge – Exemple 2.....	757
Figure 37 – Anneau DLR connecté aux commutateurs par le biais de passerelles redondantes.....	759
Figure 38 – Appareil passerelle redondant DLR.....	760
Figure 39 – Trame Advertise.....	763
Figure 40 – Diagramme de transition d'états de la trame Beacon en fonction du nœud d'anneau non-superviseur.....	773
Figure 41 – Diagramme de transition d'états de la trame Announce en fonction du nœud d'anneau non-superviseur.....	781
Figure 42 – Diagramme de transition d'états du superviseur d'anneau.....	786
Figure 43 – Diagramme de transition d'états de la passerelle redondante.....	804
Figure 44 – Réseau PRP.....	815
Figure 45 – SAN rattachés directement.....	816
Figure 46 – DAN virtuels.....	816
Figure 47 – Réseau HSR.....	817
Figure 48 – Format de PDU LLDP IEEE (source IEEE Std 802.1AB-2016).....	819
Figure 49 – Format de PDU LLDP de type 2.....	820
Figure 50 – Format TLV d'identification de type 2.....	822
Figure 51 – Format de l'adresse MAC de type 2 TLV.....	822
Figure 52 – Format TLV d'étiquette d'interface de type 2.....	823
Figure A.1 – Étiquetage du voyant d'état du réseau non redondant.....	831
Figure A.2 – Étiquetage du voyant d'état du réseau redondant.....	832
Figure A.3 – Diagramme d'état du voyant d'état du réseau.....	835
Figure A.4 – Exemples de plusieurs voyants d'état du réseau.....	836
Tableau 1 – Format des tables d'attributs.....	436
Tableau 2 – Composants de la couche liaison de données.....	438
Tableau 3 – Allocation d'adresses MAC ID.....	443
Tableau 4 – Définitions de service de balise fixe.....	444
Tableau 5 – Règles de codage des données.....	445
Tableau 6 – Symboles de données M.....	446
Tableau 7 – Tableau de vérité de ph_status_indication.....	447
Tableau 8 – Longueur, polynômes et constantes FCS.....	454
Tableau 9 – Services de support et objets DLL.....	462
Tableau 10 – Types de données élémentaires.....	465
Tableau 11 – Événements DLL.....	470
Tableau 12 – Priorité de répartition temporelle.....	476
Tableau 13 – Format du Lpacket TUI.....	479
Tableau 14 – Attributs de classe de l'objet ControlNet.....	489
Tableau 15 – Attributs d'instance de l'objet ControlNet.....	490
Tableau 16 – Bits de balise d'état TUI.....	495
Tableau 17 – Bits de Mac_ver.....	496
Tableau 18 – Bits d'état du canal.....	497
Tableau 19 – Services communs de l'objet ControlNet.....	498

Tableau 20 – Services spécifiques à la classe de l'objet ControlNet	499
Tableau 21 – Historique de révision de l'objet Keeper.....	502
Tableau 22 – Attributs de classe de l'objet Keeper.....	502
Tableau 23 – Attributs d'instance de l'objet Keeper.....	502
Tableau 24 – Définitions de l'état de fonctionnement de l'objet Keeper.....	506
Tableau 25 – Définitions de bit de balise d'état du port.....	506
Tableau 26 – Bits de balise d'état TUI	507
Tableau 27 – Attributs Keeper.....	510
Tableau 28 – Exigences en matière de mémoire (en octets) des attributs Keeper	510
Tableau 29 – Services communs de l'objet Keeper	511
Tableau 30 – Services spécifiques à la classe de l'objet Keeper	512
Tableau 31 – Codes d'erreur du service.....	513
Tableau 32 – Format de virement du TUI Lpacket.....	517
Tableau 33 – Codes d'erreur du service.....	518
Tableau 34 – États de fonctionnement de l'objet Keeper	518
Tableau 35 – Matrice d'événement d'état de l'objet Keeper	524
Tableau 36 – Attributs de classe de l'objet de planification	529
Tableau 37 – Attributs d'instance de l'objet de planification	529
Tableau 38 – Services communs de l'objet de planification.....	530
Tableau 39 – Description de l'erreur d'état de Create	531
Tableau 40 – Description d'erreur d'état pour Delete et Kick_Timer	531
Tableau 41 – Services spécifiques à la classe de l'objet de planification.....	532
Tableau 42 – Description de l'erreur d'état de Read.....	534
Tableau 43 – Descriptions de l'erreur d'état de Conditional_Write.....	534
Tableau 44 – Description de l'erreur d'état pour Forced_Write	535
Tableau 45 – Description de l'erreur d'état de Change_Start	535
Tableau 46 – Descriptions de l'erreur d'état de Break_Connections.....	536
Tableau 47 – Descriptions de l'erreur d'état de Change_Complete	537
Tableau 48 – Descriptions de l'erreur d'état de Restart_Connections.....	537
Tableau 49 – Historique de révision	539
Tableau 50 – Attributs de classe de l'objet d'interface TCP/IP	539
Tableau 51 – Attributs d'instance de l'objet d'interface TCP/IP	540
Tableau 52 – Bits d'état	546
Tableau 53 – Bits de capacité de configuration	547
Tableau 54 – Bits de Configuration control.....	547
Tableau 55 – Exemple de chemin	549
Tableau 56 – Composants de configuration d'interface	549
Tableau 57 – Valeurs d'alloc control	551
Tableau 58 – Valeurs de AcdActivity.....	552
Tableau 59 – ArpPdu – Unité PDU de la réponse ARP au format binaire.....	553
Tableau 60 – Définitions des bits du membre Admin Capability.....	554
Tableau 61 – Définitions des bits du membre Admin Capability.....	555

Tableau 62 – Point de connexion d’interface TCP/IP 1, diagnostics de réseau normalisés	556
Tableau 63 – Services communs de l’objet d’interface TCP/IP	557
Tableau 64 – Format de la réponse Get_Attributes_All	558
Tableau 65 – Format de la demande Set_Attributes_All	559
Tableau 66 – Services communs de l’objet d’interface TCP/IP	559
Tableau 67 – Paramètres de la demande de service Set_Port_Admin_State	560
Tableau 68 – Paramètres de la demande de service Set_Protocol_Admin_State	560
Tableau 69 – Codes d’erreur spécifiques à la classe	561
Tableau 70 – Historique de révision de l’objet de liaison Ethernet	571
Tableau 71 – Attributs de classe de l’objet de liaison Ethernet	572
Tableau 72 – Attributs d’instance de l’objet de liaison Ethernet	572
Tableau 73 – Bits des balises d’interface	578
Tableau 74 – Bits de contrôle	579
Tableau 75 – Type d’interface	580
Tableau 76 – État d’interface	580
Tableau 77 – État Admin	581
Tableau 78 – Bits de capacité	581
Tableau 79 – Point de connexion Ethernet Link 1, Diagnostics de réseau standard	583
Tableau 80 – Services communs de l’objet de liaison Ethernet	583
Tableau 81 – Format de la réponse Get_Attributes_All	584
Tableau 82 – Services spécifiques à la classe de l’objet de liaison Ethernet	585
Tableau 83 – Historique de révision de l’objet DeviceNet	588
Tableau 84 – Attributs de classe de l’objet DeviceNet	588
Tableau 85 – Attributs d’instance de l’objet DeviceNet	589
Tableau 86 – Valeurs de l’attribut Bit rate	592
Tableau 87 – Valeurs de l’attribut BOI	593
Tableau 88 – Description de bit des compteurs de diagnostic	595
Tableau 89 – Services communs de l’objet DeviceNet	596
Tableau 90 – Paramètre du service Reset	596
Tableau 91 – Valeurs de paramètre du service Reset	597
Tableau 92 – Services spécifiques à la classe de l’objet DeviceNet	597
Tableau 93 – Historique de révision de l’objet de configuration de connexion	598
Tableau 94 – Attributs de classe de l’objet de configuration de connexion	599
Tableau 95 – Valeurs de numéro de format	601
Tableau 96 – Attributs d’instance de l’objet de configuration de connexion	601
Tableau 97 – Valeurs d’état de connexion de l’auteur	606
Tableau 98 – Valeurs d’état de connexion cible	606
Tableau 99 – Balises de connexion	607
Tableau 100 – Formats de mapping d’E/S	609
Tableau 101 – Services valides pendant une opération de modification	611
Tableau 102 – Services communs de l’objet de configuration de la connexion	611
Tableau 103 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de la classe	612

Tableau 104 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de l’instance	612
Tableau 105 – Codes d’erreur Set_Attribute_All	614
Tableau 106 – Demande Set_Attributes_All	615
Tableau 107 – Paramètres de demande Create	616
Tableau 108 – Codes d’erreur Create	617
Tableau 109 – Codes d’erreur Delete	617
Tableau 110 – Codes d’erreur Restore	618
Tableau 111 – Services spécifiques à la classe de l’objet de configuration de connexion	618
Tableau 112 – Codes d’erreur Change_Start	619
Tableau 113 – Paramètre du service Get_Status	620
Tableau 114 – Réponse du service Get_Status	620
Tableau 115 – Codes d’erreur du service Get_Status	620
Tableau 116 – Paramètre du service Change_Complete	621
Tableau 117 – Codes d’erreur du service Change_Complete	621
Tableau 118 – Paramètre du service Audit_Changes	621
Tableau 119 – Codes d’erreur du service Audit_Changes	621
Tableau 120 – Historique de révision	624
Tableau 121 – Attributs de classe de l’objet DLR	624
Tableau 122 – Attributs d’instance de l’objet DLR	625
Tableau 123 – Valeurs de l’attribut Network Status	629
Tableau 124 – Valeur de l’attribut Ring Supervisor Status	629
Tableau 125 – Balises de capacité	633
Tableau 126 – Valeur de l’attribut Redundant Gateway Status	635
Tableau 127 – Point de connexion DLR 1, Diagnostics de réseau standard	637
Tableau 128 – Point de connexion DLR 2, Diagnostics de réseau standard	637
Tableau 129 – Services communs de l’objet DLR	637
Tableau 130 – Réponse Get_Attributes_All – Révision d’objet 1, appareil non-superviseur	638
Tableau 131 – Réponse Get_Attributes_All – Révision d’objet 1, appareil superviseur	638
Tableau 132 – Réponse Get_Attribute_All – Révision d’objet 2, appareil non-superviseur	639
Tableau 133 – Réponse Get_Attributes_All – tous les autres cas	639
Tableau 134 – Services spécifiques à la classe de l’objet DLR	640
Tableau 135 – Historique de révision de l’objet QoS	642
Tableau 136 – Attributs de classe de l’objet QoS	642
Tableau 137 – Attributs d’instance de l’objet QoS	642
Tableau 138 – Valeurs DCSP par défaut et utilisations	644
Tableau 139 – Services communs de l’objet QoS	644
Tableau 140 – Historique de révision de l’objet de port	645
Tableau 141 – Attributs de classe de l’objet Port	646
Tableau 142 – Attributs d’instance de l’objet de port	647
Tableau 143 – Port Type et classes Logical Link Object et valeurs Port Type Name associées	649

Tableau 144 – Définitions des bits de l'attribut Port Routing Capabilities	652
Tableau 145 – Contenu de l'attribut 11 des objets de communication associés pour les deux instances d'objet Port de l'exemple d'appareil	653
Tableau 146 – Services communs de l'objet de port.....	654
Tableau 147 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de la classe	654
Tableau 148 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de l'instance.....	655
Tableau 149 – Historique de révision	655
Tableau 150 – Attributs de classe	656
Tableau 151 – Attributs d'instance	656
Tableau 152 – Node type.....	660
Tableau 153 – Nœud de commutation.....	661
Tableau 154 – HSR Mode.....	662
Tableau 155 – RedBox ID.....	662
Tableau 156 – Point de connexion du protocole PRP/HSR 1, diagnostics du réseau standard	664
Tableau 157 – Services communs de l'objet Protocole PRP/HSR.....	664
Tableau 158 – Réponse Get_Attributes_All.....	665
Tableau 159 – Historique de révision	666
Tableau 160 – Attributs de classe	667
Tableau 161 – Attributs d'instance	668
Tableau 162 – Remote Node type.....	670
Tableau 163 – Services communs de l'objet PRP/HSR Nodes Tables	670
Tableau 164 – Réponse Get_Attributes_All.....	671
Tableau 165 – Historique de révision	671
Tableau 166 – Attributs de classe	671
Tableau 167 – Attributs d'instance	672
Tableau 168 – Définitions des bits de LLDP Enable Array.....	673
Tableau 169 – Services communs de l'objet LLDP Management.....	673
Tableau 170 – Réponse Get_Attributes_All.....	674
Tableau 171 – Historique de révision	674
Tableau 172 – Attributs de classe	675
Tableau 173 – Attributs d'instance	675
Tableau 174 – Matriciel des capacités prises en charge et des capacités activées	678
Tableau 175 – Services communs de l'objet LLDP Management.....	678
Tableau 176 – Réponse Get_Attributes_All.....	679
Tableau 177 – États NAM	680
Tableau 178 – Paramètres de liaison par défaut	682
Tableau 179 – Caractéristiques de temporisation PhL.....	690
Tableau 180 – Variables DLR	746
Tableau 181 – Exigences relatives à la vitesse et au duplex de la liaison DLR.....	753
Tableau 182 – Variables de la passerelle redondante	762
Tableau 183 – Adresses MAC pour les messages DLR.....	765
Tableau 184 – Format d'en-tête de trame commune IEEE Std 802.1Q-2018	766
Tableau 185 – Champs de charge utile des messages DLR.....	766

Tableau 186 – Types de trames DLR	766
Tableau 187 – Format de la trame Beacon.....	767
Tableau 188 – Valeurs d'état de l'anneau	767
Tableau 189 – Format de la demande Neighbor_Check	767
Tableau 190 – Format de la réponse Neighbor_Check	768
Tableau 191 – Format de la trame Link_Status/Neighbor_Status	768
Tableau 192 – Valeurs de Link_Status/Neighbor_Status	769
Tableau 193 – Format de la trame Locate_Fault	769
Tableau 194 – Format de la trame Announce.....	769
Tableau 195 – Format de la trame Sign_On.....	770
Tableau 196 – Format de la trame Advertise.....	770
Tableau 197 – Valeurs d'état de la passerelle.....	771
Tableau 198 – Format de la trame Flush_Tables	771
Tableau 199 – Format de la trame Learning_Update.....	772
Tableau 200 – Valeurs de paramètre de la trame Beacon en fonction du nœud d'anneau non-superviseur.....	774
Tableau 201 – Définitions de bit LastBcnRcvPort.....	774
Tableau 202 – Matrice SEA de la trame Beacon en fonction du nœud d'anneau non- superviseur.....	775
Tableau 203 – Valeurs de paramètre de la trame Announce en fonction du nœud d'anneau non-superviseur.....	782
Tableau 204 – Matrice SEA de la trame Announce en fonction du nœud d'anneau non- superviseur.....	782
Tableau 205 – Valeurs de paramètre du nœud de superviseur d'anneau	787
Tableau 206 – Définitions de bit LastBcnRcvPort.....	788
Tableau 207 – Matrice SEA du nœud de superviseur d'anneau.....	788
Tableau 208 – Valeurs de paramètre du nœud de passerelle redondante	805
Tableau 209 – Matrice SEA du nœud de passerelle redondante	806
Tableau 210 – Paramètres/hypothèses de l'exemple de calcul des performances	808
Tableau 211 – Exemple de paramètres et de performances d'une configuration en anneau	812
Tableau 212 – Variables pour l'analyse des performances.....	813
Tableau 213 – Exigences de prise en charge du LLDP	818
Tableau 214 – Valeurs de type TLV LLDP.....	820
Tableau A.1 – Voyant d'état du module.....	826
Tableau A.2 – Indication d'état Time Sync	827
Tableau A.3 – Voyants d'état du réseau.....	829
Tableau A.4 – Voyant d'état du réseau	834
Tableau A.5 – Voyant d'état du module/réseau combiné	836
Tableau A.6 – Voyant d'état du réseau	839
Tableau A.7 – Voyant d'état du module/réseau combiné	840
Tableau A.8 – Voyant d'état E/S	841
Tableau A.9 – Codage du commutateur de vitesse en bits	843

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

Partie 4-2: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 2

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevets. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'attention est attirée sur le fait que l'utilisation du type de protocole associé est restreinte par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle. En tout état de cause, l'engagement de renonciation partielle aux droits de propriété intellectuelle pris par les détenteurs de ces droits autorise l'utilisation d'un type de protocole de couche avec les autres protocoles de couche du même type, ou dans des combinaisons avec d'autres types autorisées explicitement par les détenteurs des droits de propriété intellectuelle pour ce type.

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

L'IEC 61158-4-2 a été établie par le sous-comité 65C: Réseaux industriels, du comité d'études 65 de l'IEC: Mesure, commande et automation dans les processus industriels Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition parue en 2019. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) mise à jour des références normatives et bibliographiques;
- b) utilisation d'une terminologie plus inclusive (remplacement de "maître" et "esclave", principalement en 7.3 et 7.7);
- c) nouveaux types de données STIME, UTIME, NTIME, STRINGI et EPATH en 6.1.3;
- d) mises à jour, ajout de points de connexion de diagnostics et d'un nouveau service pour l'objet d'interface TCP/IP en 7.5;
- e) ajout de points de connexion de diagnostics et d'un nouveau service pour l'objet Ethernet Link en 7.6;
- f) mise à jour des paramètres Get/Set_Attributes_All pour l'objet Connection Configuration en 7.8;
- g) ajout de points de connexion de diagnostics et d'un nouveau service pour l'objet DLR en 7.9;
- h) extensions et clarifications de l'objet Port en 7.11;
- i) ajout de points de connexion de diagnostics et d'un nouveau service pour l'objet PRP/HSR Protocol en 7.12;
- j) ajout des objets LLDP Management et LLDP Data Table en 7.1, 7.14 et 7.15;
- k) ajout de la prise en charge du protocole LLDP à l'Article 12;
- l) ajout d'un voyant du module/réseau combiné en A.2.4.5;
- m) suppression de toutes les références aux CPF et CP (matériel déplacé vers les documents de profil);
- n) corrections rédactionnelles diverses.

La présente version bilingue (2023-11) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2023-03.

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

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61158, publiées sous le titre général *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera:

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

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

INTRODUCTION

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

Le protocole de liaison de données assure un service de liaison de données en s'appuyant sur les services offerts par la couche physique. Le présent document a pour principal objet de préciser un ensemble de règles de communication, exprimées sous la forme de procédures 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) guider les implémenteurs 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 prioritaires au sein de l'OSI.

Le présent document porte en particulier sur la communication et l'interfonctionnement des capteurs, des effecteurs et d'autres appareils d'automatisation. En utilisant le présent document conjointement avec d'autres normes des modèles de référence OSI ou de bus de terrain, des systèmes par ailleurs incompatibles peuvent fonctionner ensemble dans n'importe quelle combinaison.

La Commission électrotechnique internationale (IEC) attire l'attention sur le fait qu'il est déclaré que la conformité avec le présent document peut impliquer l'utilisation de brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

Les détenteurs de ces droits de propriété ont donné l'assurance à l'IEC qu'ils consentent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. À ce propos, la déclaration du détenteur des droits de propriété est enregistrée à l'IEC. Des informations peuvent être obtenues dans la base de données des droits de propriété, disponible à l'adresse suivante: <http://patents.iec.ch>.

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété autres que ceux figurant dans la base de données des brevets. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

RÉSEAUX DE COMMUNICATION INDUSTRIELS – SPÉCIFICATIONS DES BUS DE TERRAIN –

Partie 4-2: Spécification du protocole de la couche liaison de données – Éléments de type 2

1 Domaine d'application

1.1 Généralités

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

La présente partie de l'IEC 61158 spécifie un protocole principal avec les caractéristiques suivantes.

- Ce protocole offre des opportunités de communication séquentielle et synchrone cyclique à toutes les entités de liaison de données participantes. Un accès planifié de premier plan est proposé à toutes les activités prioritaires, un accès non planifié l'étant aux activités moins critiques.
- Des transferts déterministes et synchronisés peuvent être assurés à des intervalles cycliques allant jusqu'à 1 ms et des appareils distants de 25 km. Cette performance peut être adaptée de manière dynamique et en ligne en reconfigurant les paramètres de la liaison locale sans interrompre le fonctionnement normal. De la même manière, des connexions DL et de nouveaux appareils peuvent être ajoutés ou retirés pendant le fonctionnement normal.
- Ce protocole offre la possibilité de maintenir la synchronisation d'horloge d'une liaison étendue supérieure à 10 μ s.
- Ce protocole permet d'optimiser chaque opportunité d'accès en concaténant plusieurs DLSDU et DLPCI associés en une seule DLPDU, améliorant le transfert de données des entités de liaison de données qui émettent activement plusieurs flux de données.
- La taille maximale du système est un nombre illimité de liaisons de 99 nœuds, comportant chacune 255 adresses DLSAP. Chaque liaison comporte un maximum de 2^{24} homologues connexes et DLCEP d'éditeur.

Le présent document spécifie des protocoles de couches inférieures supplémentaires ou des mises en œuvre de protocoles de couches inférieures supplémentaires à utiliser en combinaison avec l'ISO/IEC/IEEE 8802-3.

Le présent document spécifie un ensemble d'objets correspondants fournissant une interface de gestion cohérente aux couches inférieures.

1.2 Spécifications

Le présent document spécifie:

- a) les procédures de transfert opportun des données et des informations de commande entre une entité utilisateur de liaison de données et une entité utilisateur homologue, et 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 du présent document pour le transfert des données et des informations de commande, et leur représentation sous forme d'unités de données d'interface physique.

1.3 Procédures

Les procédures sont définies concernant:

- a) les interactions entre les entités DL (DLE) homologues par l'échange de DLPDU de bus de terrain;
- b) les interactions entre un fournisseur de service DL (DLS) et un utilisateur DLS au sein du même système par l'échange de primitives DLS;
- c) les 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 procédures s'appliquent aux instances de communication entre des systèmes qui prennent en charge les services de communication à temps critique au sein de la couche liaison de données de l'OSI ou modèles de référence de bus de terrain, et qui exigent la capacité d'interconnexion 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 son applicabilité en fonction des différents besoins de communications prioritaires.

1.5 Conformité

Le présent document spécifie également les exigences relatives aux systèmes mettant en œuvre ces procédures. Le présent document ne comporte aucun essai visant à démontrer la conformité à ces exigences.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

NOTE Toutes les parties de la série IEC 61158, de la série IEC 61784-1 et de la série IEC 61784-2 font l'objet d'une maintenance simultanée. Les références croisées à ces documents dans le texte se rapportent par conséquent aux éditions datées dans la présente liste de références normatives.

IEC 61131-3, *Automates programmables – Partie 3: Langages de programmation.*

IEC 61158-3-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-2: Data-link layer service definition – Type 2 elements (disponible en anglais seulement).*

IEC 61158-5-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-2: Définition des services de la couche application – Éléments de type 2.*

IEC 61158-6-2:2023, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-2: Spécification du protocole de la couche application – Éléments de type 2.*

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

IEC 61784-3-2, *Réseaux de communication industriels – Profils – Part 3-2: Bus de terrain de sécurité fonctionnelle – Spécifications supplémentaires pour CPF 2.*

IEC 62026-3:2014, *Appareillage à basse tension – Interface appareil de commande-appareil (CDI) – Partie 3: DeviceNet.*

IEC 62439-3:2016¹, *Réseaux industriels de communication – Réseaux d'automatisation à haute disponibilité – Partie 3: Protocole de redondance parallèle (PRP) et redondance transparente de haute disponibilité (HSR)*.

ISO/IEC 13239, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC)*.

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

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

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

ISO 11898-1:2015, *Véhicules routiers – Gestionnaire de réseau de communication (CAN) – Partie 1: Couche liaison de données et signalisation physique*.

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

IEEE Std 802.1ABcu-2021, *Standard for local and metropolitan area networks – Station and Media Access Control Connectivity Discovery Amendment: YANG Data Model* (disponible en anglais seulement).

IEEE Std 802.1Q-2018, *IEEE standard for local and metropolitan area networks – Bridges and bridged networks* (disponible en anglais seulement).

IEEE Std 802.3-2018, *IEEE Standard for Ethernet*.

IETF RFC 951, W.J. Croft, J. Gilmore, *Bootstrap Protocol*, Septembre 1985, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc951> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 1213, K. McCloghrie, M. Rose, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*, Mars 1991, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1213> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 1542, W. Wimer, *Clarifications and Extensions for the Bootstrap Protocol*, Octobre 1993, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1542> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 1643, F. Kastenholz, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, Juillet 1994, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc1643> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 2131, R. Droms, *Dynamic Host Configuration Protocol*, Mars 1997, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2131> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 2132, S. Alexander, R. Droms, *DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions*, Mars 1997, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2132> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 2863, K. McCloghrie, F. Kastenholz, *The Interfaces Group MIB*, Juin 2000, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc2863> [consulté le 18/02/2022].

¹ Une édition plus récente de cette norme a été publiée, mais seule l'édition citée s'applique.

IETF RFC 3418, R. Presuhn, *Management Information Base (MIB) for the Simple Network Management Protocol (SNMP)*, Décembre 2002, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc3418> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 3635, J. Flick, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, Septembre 2003, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc3635> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 4541, M. Christensen, K. Kimball, F. Solensky, *Considerations for Internet Group Management Protocol (IGMP) and Multicast Listener Discovery (MLD) Snooping Switches*, Mai 2006, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc4541> [consulté le 18/02/2022].

IETF RFC 5227:2008, S. Cheshire, *IPv4 Address Conflict Detection*, Juillet 2008, disponible à l'adresse <https://www.rfc-editor.org/info/rfc5227> [consulté le 18/02/2022].