

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 978-2-8322-9134-4

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

CONTENTS

FOREWORD.....	15
INTRODUCTION.....	17
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	36
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.....	37
4.3 Structure and definition of DL-addresses	38
4.3.1 General	38
4.3.2 MAC ID address	38
4.3.3 Generic tag address	39
4.3.4 Fixed tag address	39
4.4 Services assumed from the PhL.....	40
4.4.1 General requirements	40
4.4.2 Data encoding rules.....	41
4.4.3 DLL to PhL interface.....	41
4.5 Functional classes	43
5 General structure and encoding of PhIDUs and DLPDUs and related elements of procedure.....	43
5.1 Overview	43
5.2 Media access procedure	43
5.3 DLPDU structure and encoding	47
5.3.1 General	47
5.3.2 DLPDU components	47
5.3.3 Preamble.....	47
5.3.4 Start and end delimiters.....	47
5.3.5 DLPDU octets and ordering	47
5.3.6 Source MAC ID.....	48
5.3.7 Lpackets field	48
5.3.8 Frame check sequence (FCS).....	48

5.3.9	Null DLPDU	51
5.3.10	Abort DLPDU	51
5.4	Lpacket components	51
5.4.1	General Lpacket structure	51
5.4.2	Size	51
5.4.3	Control	52
5.4.4	Generic tag Lpackets	52
5.4.5	Fixed tag Lpackets	53
5.5	DLPDU procedures	53
5.5.1	General	53
5.5.2	Sending scheduled DLPDUs	54
5.5.3	Sending unscheduled DLPDUs	54
5.5.4	Receiving DLPDUs	54
5.6	Summary of DLL support services and objects	54
6	Specific DLPDU structure, encoding and procedures	56
6.1	Modeling language	56
6.1.1	State machine description	56
6.1.2	Use of DLL- prefix	57
6.1.3	Data types	57
6.2	DLS user services	58
6.2.1	General	58
6.2.2	Connected mode and connectionless mode transfer service	58
6.2.3	Queue maintenance service	60
6.2.4	Tag filter service	60
6.2.5	Link synchronization service	61
6.2.6	Synchronized parameter change service	61
6.2.7	Event reports service	62
6.2.8	Bad FCS service	63
6.2.9	Current moderator service	63
6.2.10	Power up and online services	64
6.2.11	Enable moderator service	64
6.2.12	Listen only service	64
6.3	Generic tag Lpacket	64
6.3.1	General	64
6.3.2	Structure of the generic-tag Lpacket	65
6.3.3	Sending and receiving the generic-tag Lpacket	65
6.4	Moderator Lpacket	65
6.4.1	General	65
6.4.2	Structure of the moderator Lpacket	65
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	69
6.6.1	General	69
6.6.2	Structure of the UCMM Lpacket	69
6.6.3	Sending and receiving the UCMM Lpacket	69

6.7	Keeper UCMM Lpacket	69
6.7.1	General	69
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	70
6.8.1	General	70
6.8.2	Structure of the TUI Lpacket	70
6.8.3	Sending and receiving the TUI Lpacket	71
6.9	Link parameters Lpacket and tMinus Lpacket	71
6.9.1	General	71
6.9.2	Structure of link parameters and tMinus Lpackets	72
6.9.3	Sending and receiving the tMinus and Link parameters Lpackets	72
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	73
6.10.4	I'm alive state processing	73
6.11	Ping Lpackets	74
6.11.1	General	74
6.11.2	Structure of the ping Lpackets	75
6.11.3	Sending and receiving the ping Lpackets	75
6.12	WAMI Lpacket	76
6.12.1	General	76
6.12.2	Structure of the WAMI Lpacket	76
6.12.3	Sending and receiving the WAMI Lpacket	76
6.13	Debug Lpacket	76
6.14	IP Lpacket	77
6.15	Ethernet Lpacket	77
7	Objects for station management	77
7.1	General	77
7.2	ControlNet™ object	79
7.2.1	Overview	79
7.2.2	Class attributes	79
7.2.3	Instance attributes	79
7.2.4	Common services	87
7.2.5	Class specific services	88
7.2.6	Behavior	89
7.2.7	Module status indicator	89
7.3	Keeper object	90
7.3.1	Overview	90
7.3.2	Revision history	90
7.3.3	Class attributes	90
7.3.4	Instance attributes	90
7.3.5	Common services	98
7.3.6	Class specific services	99
7.3.7	Service error codes	105
7.3.8	Behavior	106
7.3.9	Miscellaneous notes	107
7.3.10	Keeper power up sequence	108

7.4	Scheduling object	113
7.4.1	Overview	113
7.4.2	Class attributes	114
7.4.3	Instance attributes	114
7.4.4	Common services	115
7.4.5	Class specific services	117
7.4.6	Typical scheduling session	123
7.5	TCP/IP Interface object	124
7.5.1	Overview	124
7.5.2	Revision history	124
7.5.3	Class attributes	125
7.5.4	Instance attributes	125
7.5.5	Common services	139
7.5.6	Class specific services	141
7.5.7	Behavior	142
7.5.8	Address Conflict Detection (ACD)	144
7.6	Ethernet link object	150
7.6.1	Overview	150
7.6.2	Revision history	150
7.6.3	Class attributes	150
7.6.4	Instance attributes	151
7.6.5	Common services	161
7.6.6	Class specific services	163
7.6.7	Behavior	163
7.7	DeviceNet™ object	164
7.7.1	Overview	164
7.7.2	Revision history	164
7.7.3	Class attributes	165
7.7.4	Instance attributes	165
7.7.5	Common services	172
7.7.6	Class specific services	173
7.8	Connection configuration object (CCO)	173
7.8.1	Overview	173
7.8.2	Revision history	174
7.8.3	Class attributes	174
7.8.4	Instance attributes	176
7.8.5	Connection Configuration Object change control	185
7.8.6	Common services	185
7.8.7	Class specific services	192
7.8.8	Behavior	195
7.9	DLR object	196
7.9.1	Overview	196
7.9.2	Revision history	196
7.9.3	Class attributes	197
7.9.4	Instance attributes	197
7.9.5	Common services	208
7.9.6	Class specific services	212
7.10	QoS object	213
7.10.1	Overview	213

7.10.2	Revision History	213
7.10.3	Class attributes	213
7.10.4	Instance Attributes.....	214
7.10.5	Common services	215
7.10.6	Get_Attributes_All response (class level).....	216
7.11	Port object	216
7.11.1	Overview	216
7.11.2	Revision History	216
7.11.3	Class attributes	217
7.11.4	Instance attributes	217
7.11.5	Common services	223
7.12	PRP/HSR Protocol object.....	224
7.12.1	Overview	224
7.12.2	Revision history	224
7.12.3	Class attributes	225
7.12.4	Instance attributes	225
7.12.5	Common Services	232
7.13	PRP/HSR Nodes Table object.....	234
7.13.1	Overview	234
7.13.2	Revision history	234
7.13.3	Class attributes	234
7.13.4	Instance attributes	234
7.13.5	Common services	237
8	Other DLE elements of procedure.....	237
8.1	Network attachment monitor (NAM).....	237
8.1.1	General	237
8.1.2	Default parameters	238
8.1.3	Auto-addressing	239
8.1.4	Valid MAC IDs	239
8.1.5	State machine description	239
8.2	Calculating link parameters.....	245
8.2.1	Link parameters.....	245
8.2.2	Conditions affecting link parameters	246
8.2.3	Moderator change.....	246
8.2.4	NUT timing	246
8.2.5	Slot timing	248
8.2.6	Blanking	248
8.2.7	Example implementation.....	249
9	Detailed specification of DL components	253
9.1	General.....	253
9.2	Access control machine (ACM)	253
9.3	TxLLC	273
9.4	RxLLC	277
9.5	Transmit machine (TxM)	281
9.6	Receive machine (RxM)	285
9.7	Serializer	291
9.8	Deserializer	293
9.8.1	Octet construction	293
9.8.2	FCS checking	293

9.8.3	End of DLPDU processing	294
9.9	DLL management.....	294
10	Device Level Ring (DLR) protocol.....	296
10.1	General.....	296
10.2	Support for Multiple DLR Ring Pairs.....	296
10.3	Supported topologies	297
10.4	Overview of DLR operation	298
10.4.1	Normal operation	298
10.4.2	Link failures.....	300
10.5	Classes of DLR implementation	301
10.6	DLR behavior.....	302
10.6.1	DLR variables.....	302
10.6.2	Ring supervisor	302
10.6.3	Ring node.....	305
10.6.4	Sign on process.....	306
10.6.5	Neighbor check process	307
10.7	Implementation requirements.....	307
10.7.1	Embedded switch requirements and recommendations	307
10.7.2	DLR implementation requirements	308
10.7.3	IEC 61588 and CP 2/2.1 considerations.....	309
10.7.4	IEEE 802.1D/IEEE 802.1Q STP/RSTP/MSTP considerations	309
10.8	Using non-DLR nodes in the ring network	309
10.8.1	General considerations.....	309
10.8.2	Non-DLR end devices.....	310
10.8.3	Non-DLR switches	310
10.9	Redundant gateway devices on DLR network.....	313
10.9.1	General	313
10.9.2	Supported topologies.....	313
10.9.3	Redundant gateway capable device.....	314
10.9.4	Redundant gateway device behavior	314
10.10	DLR messages	317
10.10.1	General	317
10.10.2	Common frame header	318
10.10.3	Beacon frame	319
10.10.4	Neighbor_Check request	319
10.10.5	Neighbor_Check_response.....	320
10.10.6	Link_Status/Neighbor_Status.....	320
10.10.7	Locate_Fault.....	321
10.10.8	Announce	321
10.10.9	Sign_On	321
10.10.10	Advertise	322
10.10.11	Flush_Tables.....	322
10.10.12	Learning_Update	323
10.11	State diagrams and state-event-action matrices.....	323
10.11.1	Beacon-based ring node.....	323
10.11.2	Announce-based ring node	330
10.11.3	Ring supervisor	334
10.11.4	Redundant gateway	349

10.12	Performance analysis	354
10.12.1	General	354
10.12.2	Redundant gateway switchover performance	358
11	PRP and HSR redundancy protocols	359
11.1	General.....	359
11.2	PRP overview	360
11.2.1	General	360
11.2.2	Address Conflict Detection (ACD).....	361
11.3	HSR overview	362
Annex A (normative)	Indicators and switches	364
A.1	Purpose	364
A.2	Indicators.....	364
A.2.1	General indicator requirements.....	364
A.2.2	Common indicator requirements	364
A.2.3	Fieldbus specific indicator requirements – option 1	366
A.2.4	Fieldbus specific indicator requirements – option 2	370
A.2.5	Fieldbus specific indicator requirements – option 3.....	374
A.3	Switches	378
A.3.1	Common switch requirements.....	378
A.3.2	Fieldbus specific switch requirements – option 1	378
A.3.3	Fieldbus specific switch requirements – option 2	378
A.3.4	Fieldbus specific switch requirements – option 3	379
Bibliography	380
Figure 1	– Data-link layer internal architecture.....	36
Figure 2	– Relationships of DLSAPs, DLSAP-addresses, and group DL-addresses.....	38
Figure 3	– Basic structure of a MAC ID address.....	39
Figure 4	– Basic structure of a generic tag address	39
Figure 5	– Basic structure of a fixed tag address	39
Figure 6	– M_symbols and Manchester encoding at 5 MHz	41
Figure 7	– NUT structure	44
Figure 8	– Media access during scheduled time	45
Figure 9	– Media access during unscheduled time	46
Figure 10	– DLPDU format.....	47
Figure 11	– Aborting a DLPDU during transmission	51
Figure 12	– Lpacket format	51
Figure 13	– Generic tag Lpacket format	52
Figure 14	– Fixed tag Lpacket format.....	53
Figure 15	– Goodness parameter of TimeDist_Lpacket.....	68
Figure 16	– Example I'm alive processing algorithm.....	74
Figure 17	– Keeper CRC algorithm	96
Figure 18	– Keeper object power-up state diagram	109
Figure 19	– Keeper object operating state diagram	110
Figure 20	– Synchronized network change processing	113
Figure 21	– State transition diagram for TCP/IP Interface object.....	143
Figure 22	– State transition diagram for TCP/IP Interface object.....	144

Figure 23 – ACD Behavior	146
Figure 24 – State transition diagram for Ethernet Link object	164
Figure 25 – Connection configuration object edit flowchart.....	196
Figure 26 – NAM state machine	238
Figure 27 – Devices with Multiple DLR Ring Pairs.....	297
Figure 28 – DLR rings connected to switches.....	298
Figure 29 – Normal operation of a DLR network.....	299
Figure 30 – Beacon and Announce frames.....	299
Figure 31 – Link failure	300
Figure 32 – Network reconfiguration after link failure	301
Figure 33 – Neighbor Check process	307
Figure 34 – Unsupported topology – example 1	311
Figure 35 – Unsupported topology – example 2	311
Figure 36 – DLR ring connected to switches through redundant gateways	313
Figure 37 – DLR redundant gateway capable device.....	314
Figure 38 – Advertise frame.....	316
Figure 39 – State transition diagram for Beacon frame based non-supervisor ring node.....	324
Figure 40 – State transition diagram for Announce frame based non-supervisor ring node	330
Figure 41 – State transition diagram for ring supervisor	335
Figure 42 – State transition diagram for redundant gateway.....	350
Figure 43 – PRP network	360
Figure 44 – Directly Attached SANs	361
Figure 45 – Virtual DANs	362
Figure 46 – HSR network.....	362
Figure A.1 – Non redundant network status indicator labeling	370
Figure A.2 – Redundant network status indicator labeling	370
Figure A.3 – Network status indicator state diagram	373
Figure A.4 – Examples of multiple network status indicators	373
Table 1 – Format of attribute tables	34
Table 2 – Data-link layer components	35
Table 3 – MAC ID addresses allocation	39
Table 4 – Fixed tag service definitions	40
Table 5 – Data encoding rules	41
Table 6 – M Data symbols	42
Table 7 – Truth table for ph_status_indication.....	42
Table 8 – FCS length, polynomials and constants	49
Table 9 – DLL support services and objects.....	55
Table 10 – Elementary data types.....	58
Table 11 – DLL events.....	63
Table 12 – Time distribution priority	68
Table 13 – Format of the TUI Lpacket.....	71

Table 14 – ControlNet object class attributes	79
Table 15 – ControlNet object instance attributes	80
Table 16 – TUI status flag bits	84
Table 17 – Mac_ver bits.....	85
Table 18 – Channel state bits	85
Table 19 – ControlNet object common services.....	87
Table 20 – ControlNet object class specific services	88
Table 21 – Keeper object revision history	90
Table 22 – Keeper object class attributes	90
Table 23 – Keeper object instance attributes	91
Table 24 – Keeper operating state definitions	94
Table 25 – Port status flag bit definitions	94
Table 26 – TUI status flag bits	95
Table 27 – Keeper attributes.....	97
Table 28 – Memory requirements (in octets) for the Keeper attributes.....	98
Table 29 – Keeper object common services	98
Table 30 – Keeper object class specific services	100
Table 31 – Service error codes	101
Table 32 – Wire order format of the TUI Lpacket.....	105
Table 33 – Service error codes	106
Table 34 – Keeper object operating states	107
Table 35 – Keeper object state event matrix	111
Table 36 – Scheduling object class attributes	114
Table 37 – Scheduling object instance attributes	115
Table 38 – Scheduling object common services	115
Table 39 – Status error descriptions for Create	116
Table 40 – Status error descriptions for Delete and Kick_Timer	117
Table 41 – Scheduling object class specific services	117
Table 42 – Status error descriptions for Read	119
Table 43 – Status error descriptions for Conditional_Write.....	120
Table 44 – Status error descriptions for Forced_Write	120
Table 45 – Status error descriptions for Change_Start.....	121
Table 46 – Status error descriptions for Break_Connections	122
Table 47 – Status error descriptions for Change_Complete.....	122
Table 48 – Status error descriptions for Restart_Connections	123
Table 49 – Revision history.....	124
Table 50 – TCP/IP Interface object class attributes.....	125
Table 51 – TCP/IP Interface object instance attributes.....	126
Table 52 – Status bits	129
Table 53 – Configuration capability bits	130
Table 54 – Configuration control bits.....	131
Table 55 – Example path	132
Table 56 – Interface configuration components	133

Table 57 – Alloc control values	135
Table 58 – AcdActivity values	136
Table 59 – ArpPdu – ARP Response PDU in binary format	136
Table 60 – Admin Capability member bit definitions	137
Table 61 – Admin Capability member bit definitions	138
Table 62 – TCP/IP Interface object common services	139
Table 63 – Get_Attributes_All reply format.....	140
Table 64 – TCP/IP Interface object class specific services.....	141
Table 65 – Set_Port_Admin_State service request parameters	141
Table 66 – Set_Protocol_Admin_State service request parameters.....	142
Table 67 – Class specific error codes	142
Table 68 – Ethernet link object revision history	150
Table 69 – Ethernet link object class attributes	151
Table 70 – Ethernet link object instance attributes	151
Table 71 – Interface flags bits.....	157
Table 72 – Control bits.....	158
Table 73 – Interface type	159
Table 74 – Interface state	159
Table 75 – Admin state	159
Table 76 – Capability Bits	160
Table 77 – Ethernet Link object common services.....	161
Table 78 – Get_Attributes_All reply format.....	162
Table 79 – Ethernet Link object class specific services	163
Table 80 – DeviceNet object revision history.....	165
Table 81 – DeviceNet object class attributes.....	165
Table 82 – DeviceNet object instance attributes.....	166
Table 83 – Bit rate attribute values	168
Table 84 – BOI attribute values.....	169
Table 85 – Diagnostic counters bit description	171
Table 86 – DeviceNet object common services	172
Table 87 – Reset service parameter	172
Table 88 – Reset service parameter values	172
Table 89 – DeviceNet object class specific services.....	173
Table 90 – Connection configuration object revision history	174
Table 91 – Connection configuration object class attributes	174
Table 92 – Format number values.....	176
Table 93 – Connection configuration object instance attributes	176
Table 94 – Originator connection status values.....	180
Table 95 – Target connection status values	181
Table 96 – Connection flags	181
Table 97 – I/O mapping formats.....	183
Table 98 – Services valid during a change operation	185
Table 99 – Connection configuration object common services.....	186

Table 100 – Get_Attributes_All Response – class level.....	186
Table 101 – Get_Attributes_All response – instance level.....	187
Table 102 – Set_Attributes_All error codes	188
Table 103 – Set_Attributes_All request	189
Table 104 – Create request parameters	190
Table 105 – Create error codes	191
Table 106 – Delete error codes.....	191
Table 107 – Restore error codes.....	192
Table 108 – Connection configuration object class specific services	192
Table 109 – Change_Start error codes	193
Table 110 – Get_Status service parameter	193
Table 111 – Get_Status service response.....	194
Table 112 – Get_Status service error codes	194
Table 113 – Change_Complete service parameter	194
Table 114 – Change_Complete service error codes	195
Table 115 – Audit_Changes service parameter	195
Table 116 – Audit_Changes service error codes	195
Table 117 – Revision history.....	197
Table 118 – DLR object class attributes	197
Table 119 – DLR object instance attributes.....	198
Table 120 – Network Status values	201
Table 121 – Ring Supervisor Status values.....	201
Table 122 – Capability flags.....	205
Table 123 – Redundant Gateway Status values	207
Table 124 – DLR object common services	208
Table 125 – Get_Attributes_All Response – Object Revision 1, non supervisor device.....	209
Table 126 – Get_Attributes_All Response – Object Revision 1, supervisor-capable device.....	210
Table 127 – Get_Attributes_All Response – Object Revision 2, non supervisor device.....	210
Table 128 – Get_Attributes_All Response – All other cases	211
Table 129 – DLR object class specific services	212
Table 130 – QoS object revision history.....	213
Table 131 – QoS object class attributes.....	214
Table 132 – QoS object instance attributes.....	214
Table 133 – Default DCSP values and usages	215
Table 134 – QoS object common services	216
Table 135 – Port object revision history	217
Table 136 – Port object class attributes	217
Table 137 – Port object instance attributes	218
Table 138 – Port Type and associated Link Object classes and Port Type Name values.....	220
Table 139 – Port Routing Capabilities attribute bit definitions.....	222
Table 140 – Port object common services	223
Table 141 – Get_Attributes_All response– class level.....	224

Table 142 – Get_Attributes_All response– instance level	224
Table 143 – Revision history	225
Table 144 – Class attributes	225
Table 145 – Instance attributes	226
Table 146 – Node Type	229
Table 147 – Switching Node	230
Table 148 – HSR Mode	230
Table 149 – RedBox ID	231
Table 150 – PRP/HSR Protocol object common services	232
Table 151 – Get_Attributes_All response	233
Table 152 – Revision history	234
Table 153 – Class attributes	234
Table 154 – Instance attributes	235
Table 155 – Remote Node Type	236
Table 156 – PRP/HSR Nodes Tables object common services	237
Table 157 – Get_Attributes_All response	237
Table 158 – NAM states	238
Table 159 – Default link parameters	239
Table 160 – PhL timing characteristics	246
Table 161 – DLR variables	302
Table 162 – DLR Link speed and duplex requirements	308
Table 163 – Redundant gateway variables	315
Table 164 – MAC addresses for DLR messages	318
Table 165 – IEEE 802.1Q common frame header format	318
Table 166 –DLR message payload fields	318
Table 167 – DLR frame types	319
Table 168 – Format of the Beacon frame	319
Table 169 – Ring State values	319
Table 170 – Format of the Neighbor_Check request	320
Table 171 – Format of the Neighbor_Check response	320
Table 172 – Format of the Link_Status/Neighbor_Status frame	320
Table 173 – Link/Neighbor status values	321
Table 174 – Format of the Locate_Fault frame	321
Table 175 – Format of the Announce frame	321
Table 176 – Format of the Sign_On frame	322
Table 177 – Format of the Advertise frame	322
Table 178 – Gateway state values	322
Table 179 – Format of the Flush_Tables frame	323
Table 180 – Format of the Learning_Update frame	323
Table 181 – Parameter values for Beacon frame based non-supervisor ring node	324
Table 182 – LastBcnRcvPort bit definitions	325
Table 183 – State-event-action matrix for Beacon frame based non-supervisor ring node	325

Table 184 – Parameter values for Announce frame based non-supervisor ring node	331
Table 185 – State-event-action matrix for Announce frame based non-supervisor ring node	332
Table 186 – Parameter values for ring supervisor node	336
Table 187 – LastBcnRcvPort bit definitions	337
Table 188 – State-event-action matrix for ring supervisor node	337
Table 189 – Parameter values for redundant gateway node	350
Table 190 – State-event-action matrix for redundant gateway node	352
Table 191 – Parameters/assumptions for example performance calculations	354
Table 192 – Example ring configuration parameters and performance	358
Table 193 – Variables for performance analysis	358
Table A.1 – Module status indicator	365
Table A.2 – Time Sync status indication	366
Table A.3 – Network status indicators	368
Table A.4 – Network status indicator	372
Table A.5 – Network status indicator	375
Table A.6 – Combined module/network status indicator	376
Table A.7 – I/O status indicator	377
Table A.8 – Bit rate switch encoding	379

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 IEC 61784-1 and IEC 61784-2.

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

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2014. This edition constitutes a technical revision.

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

- clarifications of ControlNet object in 7.2;
- extensions and clarifications of TCP/IP interface object in 7.5;
- extensions and clarifications of Ethernet Link object in 7.6;
- clarifications of DeviceNet object in 7.7;
- extensions and clarifications of CCO object in 7.8;
- extensions and clarifications of DLR object in 7.9;
- extensions and clarifications of Port object in 7.11;
- addition of PRP/HSR Protocol and PRP/HSR Nodes Table objects in 7.12 and 7.13;
- extensions and clarifications of DLR protocol in Clause 10;
- addition of PRP/HSR protocol mapping in Clause 11;
- update of indicator behaviour in A.2.2 and A.2.4;
- miscellaneous editorial corrections.

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

FDIS	Report on voting
65C/946/FDIS	65C/955/RVD

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

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

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

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

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication 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 may 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 given in several subclauses as indicated in the table below. These patents are held by their respective inventors under license to ODVA, Inc:

US 5,400,331	[ODVA]	Communication network interface with screeners for incoming messages	Subclause 3.4, Clauses 4 to 9
US 5,471,461	[ODVA]	Digital communication network with a moderator station election process	
US 5,491,531	[ODVA]	Media access controller with a shared class message delivery capability	
US 5,493,571	[ODVA]	Apparatus and method for digital communications with improved delimiter detection	
US 5,537,549	[ODVA]	Communication network with time coordinated station activity by time slot and periodic interval number	
US 5,553,095	[ODVA]	Method and apparatus for exchanging different classes of data during different time intervals	
US 8,244,838	[ODVA]	Industrial controller employing the network ring topology	Clause 10

IEC takes no position concerning the evidence, validity and scope of these patent rights.

ODVA and the holders of these patent rights have assured the IEC that ODVA is willing to negotiate licences either free of charge or under reasonable and non-discriminatory terms and conditions with applicants throughout the world. In this respect, the statement of ODVA and the holders of these patent rights is registered with IEC. Information may be obtained from:

[ODVA] ODVA, Inc.
 2370 East Stadium Boulevard #1000
 Ann Arbor, Michigan 48104
 USA
 Attention: Office of the Executive Director
 e-mail: odva@odva.org

ISO (www.iso.org/patents) and IEC (<http://patents.iec.ch>) maintain on-line databases of patents relevant to their standards. Users are encouraged to consult the databases for the most up to date information concerning patents.

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 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 may 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.

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

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

IEC 61158-3-2:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-2: Data-link layer service definition – Type 2 elements*
IEC 61158-3-2:2014/AMD1:2019

IEC 61158-5-2:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 5-2: Application layer service definition – Type 2 elements*

IEC 61158-6-2:2019, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 6-2: Application layer protocol specification – Type 2 elements*

IEC 61588:2009, *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 62439-3:2012¹, *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 3309², *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – High-level data link control (HDLC) procedures – Frame structure*

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, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local and metropolitan area networks – Specific requirements – Part 3: Standard for Ethernet*

ISO 11898:1993³, *Road vehicles – Interchange of digital information – Controller area network (CAN) for high-speed communication*

IEEE Std 802.1D-2004, *IEEE standard for local and metropolitan area networks – Media Access Control (MAC) bridges*, available at <http://www.ieee.org> [viewed 2018-09-03]

IEEE Std 802.1Q-2005⁴, *IEEE standard for local and metropolitan area networks – Virtual bridged local area networks*, available at <http://www.ieee.org> [viewed 2018-09-03]

IEEE Std 802.3-2015, *IEEE Standard for Ethernet*, available at <http://www.ieee.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 951, *Bootstrap Protocol (BOOTP)*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 1542, *Clarifications and Extensions for the Bootstrap Protocol*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 1643, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 2132, *DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 2863, *The Interfaces Group MIB*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 3635, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

² This standard has been withdrawn.

³ A newer edition of this standard has been published, but only the cited edition applies.

⁴ A newer edition of this standard has been published, but only the cited edition applies.

IETF RFC 4541, *Considerations for Internet Group Management Protocol (IGMP) and Multicast Listener Discovery (MLD) Snooping Switches*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

IETF RFC 5227:2008, *IPv4 Address Conflict Detection*, available at <http://www.ietf.org> [viewed 2018-09-03]

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	395
INTRODUCTION.....	397
1 Domaine d'application	399
1.1 Généralités	399
1.2 Spécifications	399
1.3 Procédures	399
1.4 Applicabilité	400
1.5 Conformité	400
2 Références normatives	400
3 Termes, définitions, symboles,abréviations et conventions	402
3.1 Termes et définitions relatifs au modèle de référence	402
3.2 Termes et définitions relatifs à la convention de service.....	404
3.3 Termes et définitions communs.....	405
3.4 Définitions de type 2 supplémentaires.....	406
3.5 Symboles et abréviations de type 2.....	414
3.6 Conventions relatives aux objets de gestion de la station.....	415
4 Présentation du protocole de liaison de données	416
4.1 Généralités	416
4.1.1 Architecture DLL.....	416
4.1.2 Machine de contrôle d'accès (ACM) et fonctions de support de planification	418
4.1.3 Transfert de données en mode connexion, en mode sans connexion et service DL	418
4.2 Services fournis par la DL.....	419
4.2.1 Présentation	419
4.2.2 QoS	419
4.3 Structure et définition des adresses DL.....	419
4.3.1 Généralités	419
4.3.2 Adresse MAC ID	421
4.3.3 Adresse de balise générique.....	421
4.3.4 Adresse de balise fixe	421
4.4 Service supposé provenir de PhL.....	422
4.4.1 Exigences générales	422
4.4.2 Règles de codage des données	423
4.4.3 Interface DLL-PhL	424
4.5 Classes fonctionnelles	425
5 Structure générale et codage des PhIDU et DLPDU et éléments de procédure connexes.....	426
5.1 Présentation	426
5.2 Mode opératoire d'accès au support	426
5.3 Structure et codage de DLPDU	430
5.3.1 Généralités	430
5.3.2 Composants DLPDU.....	430
5.3.3 Préambule	431
5.3.4 Délimiteurs de début et de fin	431
5.3.5 Octets DLPDU et ordre	431
5.3.6 MAC ID source	431

5.3.7	Champ Lpackets.....	431
5.3.8	Séquence de contrôle de trame (FCS).....	432
5.3.9	DLPDU nulle.....	434
5.3.10	DLPDU annulée.....	434
5.4	Composants Lpacket	435
5.4.1	Structure générale de Lpacket.....	435
5.4.2	Taille	436
5.4.3	Contrôle	436
5.4.4	Lpackets à balise générique	436
5.4.5	Lpackets à balise fixe	437
5.5	Procédures DLPDU.....	438
5.5.1	Généralités.....	438
5.5.2	Envoi de DLPDU planifiées.....	438
5.5.3	Envoi de DLPDU non planifiées	438
5.5.4	DLPDU destinataires	439
5.6	Récapitulatif des services de support et objets DLL	439
6	Structure DLPDU spécifique, codage et modes opératoires	441
6.1	Langage de modélisation	441
6.1.1	Description du diagramme d'états	441
6.1.2	Utilisation du préfixe DLL.....	442
6.1.3	Types de données	442
6.2	Services utilisateur DLS.....	443
6.2.1	Généralités.....	443
6.2.2	Service de transfert en mode connecté et sans connexion.....	444
6.2.3	Service de maintenance de la file d'attente.....	445
6.2.4	Service de filtrage de balise	445
6.2.5	Service de synchronisation de liaison	446
6.2.6	Service de modification de paramètre synchronisé	446
6.2.7	Service de rapport d'événements.....	447
6.2.8	Service de FCS erroné	448
6.2.9	Service du modérateur en cours	448
6.2.10	Services de mise sous tension et de mise en ligne	449
6.2.11	Service d'activation du modérateur	449
6.2.12	Service d'écoute uniquement.....	449
6.3	Lpacket à balise générique	450
6.3.1	Généralités.....	450
6.3.2	Structure du Lpacket à balise générique	450
6.3.3	Envoi et réception du Lpacket à balise générique	450
6.4	Lpacket modérateur	450
6.4.1	Généralités.....	450
6.4.2	Structure du Lpacket modérateur.....	450
6.4.3	Envoi et réception du Lpacket modérateur.....	451
6.5	Lpacket de répartition temporelle	452
6.5.1	Généralités.....	452
6.5.2	Structure du Lpacket de répartition temporelle.....	452
6.5.3	Envoi et réception du Lpacket de répartition temporelle.....	454
6.6	Lpacket UCMM	454
6.6.1	Généralités.....	454

6.6.2	Structure du Lpacket UCMM	454
6.6.3	Envoi et réception du Lpacket UCMM	454
6.7	Lpacket Keeper UCMM	455
6.7.1	Généralités	455
6.7.2	Structure du Lpacket Keeper UCMM	455
6.7.3	Envoi et réception du Lpacket Keeper UCMM	455
6.8	Lpacket TUI	456
6.8.1	Généralités	456
6.8.2	Structure du Lpacket TUI	456
6.8.3	Envoi et réception du Lpacket TUI	457
6.9	Paramètres de liaison Lpacket et tMinus Lpacket	457
6.9.1	Généralités	457
6.9.2	Structure des paramètres de liaison et des Lpackets tMinus	457
6.9.3	Envoi et réception des Lpackets tMinus et des paramètres de liaison	458
6.10	Lpacket l'm-alive	458
6.10.1	Généralités	458
6.10.2	Structure du Lpacket l'm-alive	458
6.10.3	Envoi et réception de l'm Alive	459
6.10.4	Traitement d'état l'm alive	459
6.11	Lpackets ping	461
6.11.1	Généralités	461
6.11.2	Structure des Lpackets ping	461
6.11.3	Envoi et réception des Lpackets ping	461
6.12	Lpacket WAMI	462
6.12.1	Généralités	462
6.12.2	Structure du Lpacket WAMI	462
6.12.3	Envoi et réception du Lpacket WAMI	462
6.13	Lpacket Debug	463
6.14	Lpacket IP	463
6.15	Lpacket Ethernet	463
7	Objets de gestion de la station	464
7.1	Généralités	464
7.2	Objet ControlNet™	465
7.2.1	Présentation	465
7.2.2	Attributs de classe	465
7.2.3	Attributs d'instance	465
7.2.4	Services communs	473
7.2.5	Services spécifiques à la classe	475
7.2.6	Comportement	476
7.2.7	Voyant d'état du module	476
7.3	Objet Keeper	477
7.3.1	Présentation	477
7.3.2	Historique de révision	477
7.3.3	Attributs de classe	477
7.3.4	Attributs d'instance	478
7.3.5	Services communs	486
7.3.6	Services spécifiques à la classe	486
7.3.7	Codes d'erreur de service	493
7.3.8	Comportement	493

7.3.9	Notes diverses.....	494
7.3.10	Séquence d'activation de l'objet Keeper	495
7.4	Objet de planification	503
7.4.1	Présentation	503
7.4.2	Attributs de classe	503
7.4.3	Attributs d'instance	504
7.4.4	Services communs	504
7.4.5	Services spécifiques à la classe	507
7.4.6	Session de planification classique	513
7.5	Objet d'interface TCP/IP	514
7.5.1	Présentation	514
7.5.2	Historique de révision	514
7.5.3	Attributs de classe	515
7.5.4	Attributs d'instance	515
7.5.5	Services communs	530
7.5.6	Services spécifiques à la classe	532
7.5.7	Comportement.....	534
7.5.8	Détection de conflit d'adresses (ACD).....	537
7.6	Objet de liaison Ethernet.....	543
7.6.1	Présentation	543
7.6.2	Historique de révision	543
7.6.3	Attributs de classe	544
7.6.4	Attributs d'instance	544
7.6.5	Services communs	556
7.6.6	Services spécifiques à la classe	557
7.6.7	Comportement.....	558
7.7	Objet DeviceNet™	561
7.7.1	Présentation	561
7.7.2	Historique de révision	561
7.7.3	Attributs de classe	561
7.7.4	Attributs d'instance	561
7.7.5	Services communs	568
7.7.6	Services spécifiques à la classe	569
7.8	Objet de configuration de connexion (CCO)	570
7.8.1	Présentation	570
7.8.2	Historique de révision	570
7.8.3	Attributs de classe	570
7.8.4	Attributs d'instance	573
7.8.5	Contrôle de modification de l'objet de configuration de connexion	582
7.8.6	Services communs	583
7.8.7	Services spécifiques à la classe	590
7.8.8	Comportement.....	593
7.9	Objet DLR.....	595
7.9.1	Présentation	595
7.9.2	Historique de révision	595
7.9.3	Attributs de classe	596
7.9.4	Attributs d'instance	596
7.9.5	Services communs	608
7.9.6	Services spécifiques à la classe	612

7.10	Objet QoS	613
7.10.1	Présentation	613
7.10.2	Historique de révision	613
7.10.3	Attributs de classe	614
7.10.4	Attributs d'instance	614
7.10.5	Services communs	616
7.10.6	Réponse Get_Attributes_All (niveau de la classe).....	616
7.11	Objet de port.....	616
7.11.1	Présentation	616
7.11.2	Historique de révision	617
7.11.3	Attributs de classe	617
7.11.4	Attributs d'instance	618
7.11.5	Services communs	624
7.12	Objet de protocole PRP/HSR	625
7.12.1	Présentation	625
7.12.2	Historique de révision	625
7.12.3	Attributs de classe	625
7.12.4	Attributs d'instance	626
7.12.5	Services communs	633
7.13	Objet de table des nœuds PRP/HSR.....	635
7.13.1	Présentation	635
7.13.2	Historique de révision	635
7.13.3	Attributs de classe	635
7.13.4	Attributs d'instance	635
7.13.5	Services communs	638
8	Autre éléments de procédure DLE	639
8.1	Moniteur de connexion au réseau (NAM)	639
8.1.1	Généralités	639
8.1.2	Paramètres par défaut	641
8.1.3	Adressage automatique	642
8.1.4	MAC ID valides.....	642
8.1.5	Description du diagramme d'états	642
8.2	Calcul des paramètres de liaison	648
8.2.1	Paramètres de liaison	648
8.2.2	Conditions affectant les paramètres de liaison	648
8.2.3	Changement de modérateur	649
8.2.4	Temporisation NUT	649
8.2.5	Intervalle	650
8.2.6	Blocage	651
8.2.7	Exemple de mise en œuvre	651
9	Spécification détaillée des composants DL	656
9.1	Généralités	656
9.2	Machine de contrôle d'accès (ACM)	656
9.3	TxLLC.....	676
9.4	RxLLC	680
9.5	Machine de transmission (TxM)	683
9.6	Machine destinataire (RxM)	687
9.7	Convertisseur parallèle-série	693
9.8	Convertisseur série-parallèle	695

9.8.1	Construction d'octet.....	695
9.8.2	Contrôle FCS.....	696
9.8.3	Fin du traitement DLPDU.....	696
9.9	gestion DLL.....	696
10	Protocole DLR (Device Level Ring).....	698
10.1	Généralités.....	698
10.2	Prise en charge de plusieurs paires d'anneau DLR.....	699
10.3	Topologies prises en charge.....	701
10.4	Présentation de l'opération DLR.....	702
10.4.1	Fonctionnement normal.....	702
10.4.2	Interruptions de liaison.....	703
10.5	Classes de mise en œuvre DLR.....	706
10.6	Comportement DLR.....	706
10.6.1	Variables DLR.....	706
10.6.2	Superviseur d'anneau.....	707
10.6.3	Nœud d'anneau.....	710
10.6.4	Processus Sign_On.....	711
10.6.5	Processus Neighbor_Check.....	712
10.7	Exigences de mise en œuvre.....	713
10.7.1	Exigences et recommandations relatives au commutateur intégré.....	713
10.7.2	Exigences de mise en œuvre DLR.....	713
10.7.3	Considérations relatives à l'IEC 61588 et CP 2/2.1.....	714
10.7.4	Considérations relatives au STP/RSTP/MSTP de l'IEEE 802.1D/IEEE 802.1Q.....	715
10.8	Utilisation des nœuds non DLR dans le réseau en anneau.....	715
10.8.1	Considérations générales.....	715
10.8.2	Stations d'extrémité non DLR.....	715
10.8.3	Commutateurs non DLR.....	716
10.9	Appareils passerelle redondants sur un réseau DLR.....	719
10.9.1	Généralités.....	719
10.9.2	Topologies prises en charge.....	719
10.9.3	Appareil passerelle redondant.....	720
10.9.4	Comportement de l'appareil passerelle redondant.....	722
10.10	Messages DLR.....	725
10.10.1	Généralités.....	725
10.10.2	En-tête de trame commune.....	725
10.10.3	Trame Beacon.....	727
10.10.4	Demande Neighbor_Check.....	727
10.10.5	Réponse Neighbor_Check.....	728
10.10.6	Link_Status/Neighbor_Status.....	728
10.10.7	Locate_Fault.....	729
10.10.8	Announce.....	729
10.10.9	Sign_On.....	729
10.10.10	Advertise.....	730
10.10.11	Flush_Tables.....	731
10.10.12	Learning_Update.....	731
10.11	Diagrammes d'états et matrices SEA (State-Event-Action).....	731
10.11.1	Nœud d'anneau Beacon.....	731
10.11.2	Nœud d'anneau Announce.....	740

10.11.3	Superviseur d'anneau	744
10.11.4	Passerelle redondante	763
10.12	Analyse de performance	769
10.12.1	Généralités	769
10.12.2	Performances de changement de passerelle redondante	773
11	Protocoles de redondance PRP et HSR	774
11.1	Généralités	774
11.2	Présentation de PRP	775
11.2.1	Généralités	775
11.2.2	Détection de conflit d'adresses (ACD).....	776
11.3	Présentation de HSR	778
Annexe A (normative)	Voyants and commutateurs	780
A.1	Objectif	780
A.2	Voyants	780
A.2.1	Exigences générales relatives aux voyants.....	780
A.2.2	Exigences communes relatives aux voyants	780
A.2.3	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain – option 1	782
A.2.4	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain – option 2	787
A.2.5	Exigences relatives au voyant spécifique au bus de terrain – option 3	790
A.3	Commutateurs	795
A.3.1	Exigences communes du commutateur	795
A.3.2	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain – option 1	795
A.3.3	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain – option 2	796
A.3.4	Exigences relatives au commutateur spécifique au bus de terrain – option 3	796
Bibliographie.....		797
Figure 1	– Architecture interne de la couche liaison de données	418
Figure 2	– Relations des DLSAP, des adresses DLSAP et des adresses DL de groupe	420
Figure 3	– Structure de base d'une adresse MAC ID	421
Figure 4	– Structure de base d'une adresse de balise générique	421
Figure 5	– Structure de base d'une adresse de balise fixe	421
Figure 6	– M_symbols et codage Manchester à 5 MHz.....	423
Figure 7	– Structure de la NUT	427
Figure 8	– Accès au support pendant la durée planifiée	428
Figure 9	– Accès au support pendant la durée non planifiée	429
Figure 10	– Format de DLPDU	431
Figure 11	– Annulation d'une DLPDU pendant la transmission	435
Figure 12	– Format de Lpacket	435
Figure 13	– Format Lpacket à balise générique.....	437
Figure 14	– Format Lpacket à balise fixe	437
Figure 15	– Paramètre goodness de TimeDist_Lpacket.....	453
Figure 16	– Exemple d'algorithme de traitement l'm alive.....	460
Figure 17	– Algorithme CRC de l'objet Keeper	483
Figure 18	– Diagramme d'états d'activation de l'objet Keeper.....	497

Figure 19 – Diagramme d'états de fonctionnement de l'objet Keeper	499
Figure 20 – Traitement de la modification du réseau synchronisée	503
Figure 21 – Diagramme de transition d'états de l'objet d'interface TCP/IP	535
Figure 22 – Diagramme de transition d'états de l'objet d'interface TCP/IP	537
Figure 23 – Comportement ACD	539
Figure 24 – Diagramme de transition d'états de l'objet de liaison Ethernet	560
Figure 25 – Diagramme d'édition de l'objet de configuration de connexion	595
Figure 26 – Diagramme d'états du NAM	641
Figure 27 – Appareils avec plusieurs paires d'anneau DLR	700
Figure 28 – Anneaux DLR connectés aux commutateurs	701
Figure 29 – Fonctionnement normal d'un réseau DLR	702
Figure 30 – Trames Beacon et Announce	703
Figure 31 – Interruption de liaison	704
Figure 32 – Reconfiguration du réseau après une interruption de liaison	705
Figure 33 – Processus Neighbor Check	712
Figure 34 – Topologie non prise en charge – Exemple 1	717
Figure 35 – Topologie non prise en charge – Exemple 2	717
Figure 36 – Anneau DLR connecté aux commutateurs via des passerelles redondantes	720
Figure 37 – Appareil passerelle redondant DLR	721
Figure 38 – Trame Advertise	723
Figure 39 – Diagramme de transition d'états de la trame Beacon en fonction du nœud d'anneau non superviseur	732
Figure 40 – Diagramme de transition d'états de la trame Announce en fonction du nœud d'anneau non superviseur	740
Figure 41 – Diagramme de transition d'états du superviseur d'anneau	746
Figure 42 – Diagramme de transition d'états de la passerelle redondante	764
Figure 43 – Réseau PRP	776
Figure 44 – SAN rattachés directement	777
Figure 45 – DAN virtuels	778
Figure 46 – Réseau HSR	779
Figure A.1 – Etiquetage du voyant d'état du réseau non redondant	786
Figure A.2 – Etiquetage du voyant d'état du réseau redondant	786
Figure A.3 – Diagramme d'état du voyant d'état du réseau	790
Figure A.4 – Exemples de plusieurs voyants d'état du réseau	790
Tableau 1 – Format des tableaux d'attributs	415
Tableau 2 – Composants de la couche liaison de données	417
Tableau 3 – Allocation d'adresses MAC ID	421
Tableau 4 – Définitions de service de balise fixe	422
Tableau 5 – Règles de codage des données	423
Tableau 6 – Symboles de données M	424
Tableau 7 – Tableau de vérité de ph_status_indication	425
Tableau 8 – Longueur, polynômes et constantes FCS	432

Tableau 9 – Services de support et objets DLL	440
Tableau 10 – Types de données élémentaires	443
Tableau 11 – Événements DLL	448
Tableau 12 – Priorité de répartition temporelle.....	453
Tableau 13 – Format du Lpacket TUI	456
Tableau 14 – Attributs de classe de l'objet ControlNet	465
Tableau 15 – Attributs d'instance de l'objet ControlNet	466
Tableau 16 – Bits de balise d'état TUI.....	470
Tableau 17 – Bits de Mac_ver.....	471
Tableau 18 – Bits d'état du canal	472
Tableau 19 – Services communs de l'objet ControlNet.....	474
Tableau 20 – Services spécifiques à la classe de l'objet ControlNet.....	475
Tableau 21 – Historique de révision de l'objet Keeper.....	477
Tableau 22 – Attributs de classe de l'objet Keeper	477
Tableau 23 – Attributs d'instance de l'objet Keeper	478
Tableau 24 – Définitions de l'état de fonctionnement de l'objet Keeper	481
Tableau 25 – Définitions de bit de balise d'état du port	481
Tableau 26 – Bits de balise d'état TUI.....	482
Tableau 27 – Attributs Keeper	485
Tableau 28 – Exigences en matière de mémoire (en octets) des attributs Keeper	485
Tableau 29 – Services communs de l'objet Keeper	486
Tableau 30 – Services spécifiques à la classe de l'objet Keeper	487
Tableau 31 – Codes d'erreur du service.....	488
Tableau 32 – Format de virement du TUI Lpacket.....	492
Tableau 33 – Codes d'erreur du service.....	493
Tableau 34 – Etats de fonctionnement de l'objet Keeper	494
Tableau 35 – Matrice d'événement d'état de l'objet Keeper.....	499
Tableau 36 – Attributs de classe de l'objet de planification	504
Tableau 37 – Attributs d'instance de l'objet de planification	504
Tableau 38 – Services communs de l'objet de planification	505
Tableau 39 – Description de l'erreur d'état de Create.....	506
Tableau 40 – Description d'erreur d'état pour Delete et Kick_Timer	506
Tableau 41 – Services spécifiques à la classe de l'objet de planification.....	507
Tableau 42 – Description de l'erreur d'état de Read.....	509
Tableau 43 – Descriptions de l'erreur d'état de Conditional_Write.....	510
Tableau 44 – Description de l'erreur d'état pour Forced_Write	510
Tableau 45 – Description de l'erreur d'état de Change_Start.....	511
Tableau 46 – Descriptions de l'erreur d'état de Break_Connections	512
Tableau 47 – Descriptions de l'erreur d'état de Change_Complete.....	512
Tableau 48 – Descriptions de l'erreur d'état de Restart_Connections.....	513
Tableau 49 – Historique de révision	515
Tableau 50 – Attributs de classe de l'objet d'interface TCP/IP	515
Tableau 51 – Attributs d'instance de l'objet d'interface TCP/IP.....	516

Tableau 52 – Bits d'état	520
Tableau 53 – Bits de capacité de configuration	521
Tableau 54 – Bits de Configuration control	522
Tableau 55 – Exemple de chemin	523
Tableau 56 – Composants de configuration d'interface	524
Tableau 57 – Valeurs d'alloc control	526
Tableau 58 – Valeurs de AcdActivity	527
Tableau 59 – ArpPdu – Unité PDU de la réponse ARP au format binaire	527
Tableau 60 – Définitions des bits du membre Admin Capability	528
Tableau 61 – Définitions des bits du membre Admin Capability	529
Tableau 62 – Services communs de l'objet d'interface TCP/IP	530
Tableau 63 – Format de réponse Get_Attributes_All	531
Tableau 64 – Services communs de l'objet d'interface TCP/IP	532
Tableau 65 – Paramètres de la demande de service Set_Port_Admin_State	533
Tableau 66 – Paramètres de la demande de service Set_Protocol_Admin_State	533
Tableau 67 – Codes d'erreur spécifiques à la classe	534
Tableau 68 – Historique de révision de l'objet de liaison Ethernet	544
Tableau 69 – Attributs de classe de l'objet de liaison Ethernet	544
Tableau 70 – Attributs d'instance de l'objet de liaison Ethernet	545
Tableau 71 – Bits des balises d'interface	551
Tableau 72 – Bits de contrôle	552
Tableau 73 – Type d'interface	553
Tableau 74 – Etat d'interface	553
Tableau 75 – Etat Admin	554
Tableau 76 – Bits de capacité	554
Tableau 77 – Services communs de l'objet de liaison Ethernet	556
Tableau 78 – Format de réponse Get_Attributes_All	557
Tableau 79 – Services spécifiques à la classe de l'objet de liaison Ethernet	558
Tableau 80 – Historique de révision de l'objet DeviceNet	561
Tableau 81 – Attributs de classe de l'objet DeviceNet	561
Tableau 82 – Attributs d'instance de l'objet DeviceNet	561
Tableau 83 – Valeurs de l'attribut Bit rate	564
Tableau 84 – Valeurs de l'attribut BOI	565
Tableau 85 – Description de bit des compteurs de diagnostic	567
Tableau 86 – Services communs de l'objet DeviceNet	568
Tableau 87 – Paramètre du service Reset	568
Tableau 88 – Valeurs de paramètre du service Reset	569
Tableau 89 – Services spécifiques à la classe de l'objet DeviceNet	569
Tableau 90 – Historique de révision de l'objet de configuration de connexion	570
Tableau 91 – Attributs de classe de l'objet de configuration de connexion	571
Tableau 92 – Valeurs de numéro de format	573
Tableau 93 – Attributs d'instance de l'objet de configuration de connexion	573
Tableau 94 – Valeurs d'état de connexion de l'auteur	578

Tableau 95 – Valeurs d'état de connexion cible	578
Tableau 96 – Balises de connexion.....	578
Tableau 97 – Formats de mapping d'E/S.....	581
Tableau 98 – Services valides pendant une opération de modification	583
Tableau 99 – Services communs de l'objet de configuration de la connexion	583
Tableau 100 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de la classe	584
Tableau 101 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de l'instance	584
Tableau 102 – Codes d'erreur Set_Attribute_All.....	586
Tableau 103 – Demande Set_Attributes_All	586
Tableau 104 – Paramètres de demande Create	588
Tableau 105 – Codes d'erreur Create	589
Tableau 106 – Codes d'erreur Delete.....	589
Tableau 107 – Codes d'erreur Restore.....	589
Tableau 108 – Services spécifiques à la classe de l'objet de configuration de connexion	590
Tableau 109 – Codes d'erreur Change_Start	591
Tableau 110 – Paramètre du service Get_Status	591
Tableau 111 – Réponse du service Get_Status.....	592
Tableau 112 – Codes d'erreur du service Get_Status	592
Tableau 113 – Paramètre du service Change_Complete.....	592
Tableau 114 – Codes d'erreur du service Change_Complete	593
Tableau 115 – Paramètre du service Audit_Changes	593
Tableau 116 – Codes d'erreur du service Audit_Changes	593
Tableau 117 – Historique de révision	596
Tableau 118 – Attributs de classe de l'objet DLR	596
Tableau 119 – Attributs d'instance de l'objet DLR	597
Tableau 120 – Valeurs de l'attribut Network Status	601
Tableau 121 – Valeur de l'attribut Ring Supervisor Status.....	601
Tableau 122 – Balises de capacité.....	605
Tableau 123 – Valeur de l'attribut Redundant Gateway Status	607
Tableau 124 – Services communs de l'objet DLR.....	609
Tableau 125 – Réponse Get_Attributes_All – Révision d'objet 1, appareil non superviseur	609
Tableau 126 – Réponse Get_Attributes_All – Révision d'objet 1, appareil superviseur.....	610
Tableau 127 – Réponse Get_Attribute_All – Révision d'objet 2, appareil non superviseur.....	610
Tableau 128 – Réponse Get_Attributes_All – tous les autres cas.....	611
Tableau 129 – Services spécifiques à la classe de l'objet DLR	612
Tableau 130 – Historique de révision de l'objet QoS	613
Tableau 131 – Attributs de classe de l'objet QoS	614
Tableau 132 – Attributs d'instance de l'objet QoS	614
Tableau 133 – Valeurs DCSP par défaut et utilisations	615
Tableau 134 – Services communs de l'objet QoS.....	616
Tableau 135 – Historique de révision de l'objet de port.....	617

Tableau 136 – Attributs de classe de l'objet de port	617
Tableau 137 – Attributs d'instance de l'objet de port	618
Tableau 138 – Port Type et classes Link Object et valeurs de Port Type Name associées	620
Tableau 139 – Définitions des bits de l'attribut Port Routing Capabilities	623
Tableau 140 – Services communs de l'objet de port.....	624
Tableau 141 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de la classe	624
Tableau 142 – Réponse Get_Attribute_All – niveau de l'instance	625
Tableau 143 – Historique de révision	625
Tableau 144 – Attributs de classe	626
Tableau 145 – Attributs d'instance	626
Tableau 146 – Node Type.....	629
Tableau 147 – Switching Node.....	630
Tableau 148 – HSR Mode	631
Tableau 149 – RedBox ID	632
Tableau 150 – Services communs de l'objet Protocole PRP/HSR.....	633
Tableau 151 – Réponse Get_Attributes_All.....	634
Tableau 152 – Historique de révision	635
Tableau 153 – Attributs de classe	635
Tableau 154 – Attributs d'instance	636
Tableau 155 – Remote Node Type.....	638
Tableau 156 – Services communs de l'objet PRP/HSR Nodes Tables	638
Tableau 157 – Réponse Get_Attributes_All.....	639
Tableau 158 – Etats NAM	640
Tableau 159 – Paramètres de liaison par défaut	641
Tableau 160 – Caractéristiques de temporisation PhL.....	649
Tableau 161 – Variables DLR	707
Tableau 162 – Exigences relatives à la vitesse et au duplex de la liaison DLR.....	713
Tableau 163 – Variables de la passerelle redondante	722
Tableau 164 – Adresses MAC pour les messages DLR.....	725
Tableau 165 – Format d'en-tête de trame commune IEEE 802.1Q	726
Tableau 166 – Champs de charge utile des messages DLR	726
Tableau 167 – Types de trames DLR	726
Tableau 168 – Format de la trame Beacon.....	727
Tableau 169 – Valeurs d'état de l'anneau	727
Tableau 170 – Format de la demande Neighbor_Check	727
Tableau 171 – Format de la réponse Neighbor_Check	728
Tableau 172 – Format de la trame Link_Status/Neighbor_Status	728
Tableau 173 – Valeurs de Link_Status/Neighbor_Status	728
Tableau 174 – Format de la trame Locate_Fault	729
Tableau 175 – Format de la trame Announce.....	729
Tableau 176 – Format de la trame Sign_On.....	730
Tableau 177 – Format de la trame Advertise.....	730

Tableau 178 – Valeurs d'état de la passerelle.....	730
Tableau 179 – Format de la trame Flush_Tables	731
Tableau 180 – Format de la trame Learning_Update.....	731
Tableau 181 – Valeurs de paramètre de la trame Beacon en fonction du nœud d'anneau non superviseur	733
Tableau 182 – Définitions de bit LastBcnRcvPort.....	733
Tableau 183 – Matrice SEA de la trame Beacon en fonction du nœud d'anneau non superviseur.....	733
Tableau 184 – Valeurs de paramètre de la trame Announce en fonction du nœud d'anneau non superviseur	741
Tableau 185 – Matrice SEA de la trame Announce en fonction du nœud d'anneau non superviseur	741
Tableau 186 – Valeurs de paramètre du nœud de superviseur d'anneau	746
Tableau 187 – Définitions de bit LastBcnRcvPort.....	747
Tableau 188 – Matrice SEA du nœud de superviseur d'anneau.....	747
Tableau 189 – Valeurs de paramètre du nœud de passerelle redondante	765
Tableau 190 – Matrice SEA du nœud de passerelle redondante	766
Tableau 191 – Paramètres/hypothèses de l'exemple de calcul des performances	769
Tableau 192 – Exemple de paramètres et de performances d'une configuration en anneau	773
Tableau 193 – Variables pour l'analyse des performances.....	773
Tableau A.1 – Voyant d'état du module.....	781
Tableau A.2 – Indication d'état Time Sync	782
Tableau A.3 – Voyants d'état du réseau.....	784
Tableau A.4 – Voyant d'état du réseau	788
Tableau A.5 – Voyant d'état du réseau	792
Tableau A.6 – Voyant d'état du module/réseau combiné	793
Tableau A.7 – Voyant d'état E-S	794
Tableau A.8 – Codage du commutateur de vitesse en bits	796

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

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

NOTE Les combinaisons de types de protocole sont spécifiées dans l'IEC 61784-1 et l'IEC 61784-2.

La Norme internationale 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.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

- clarifications de l'objet ControlNet en 7.2;
- extensions et clarifications de l'objet d'interface TCP/IP en 7.5;
- extensions et clarifications de l'objet Ethernet Link en 7.6;
- clarifications de l'objet DeviceNet en 7.7;
- extensions et clarifications de l'objet CCO en 7.8;
- extensions et clarifications de l'objet DLR en 7.9;
- extensions et clarifications de l'objet Port en 7.11;
- ajout des objets PRP/HSR Protocol et PRP/HSR Nodes Table en 7.12 et 7.13;
- extensions et clarifications du protocole DLR à l'Article 10;
- ajout du mapping du protocole PRP/HSR à l'Article 11;
- mise à jour du comportement des indicateurs en A.2.2 et A.2.4;
- corrections rédactionnelles diverses.

La présente version bilingue (2020-12) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2019-04.

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

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

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* peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication 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 modes opératoires que doivent réaliser des entités de liaison de données homologues (DLE) au moment de la communication. Ces règles de communication ont pour vocation de fournir une base de développement stable visant à atteindre différents objectifs:

- a) 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 à contrainte de temps 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. Grâce à ce document associé à d'autres normes des modèles de référence OSI ou de bus de terrain, des systèmes par ailleurs incompatibles peuvent fonctionner ensemble, quelle que soit leur combinaison.

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 présentés dans plusieurs paragraphes (voir tableau ci-dessous). Ces brevets sont détenus par leurs inventeurs respectifs sous licence ODVA, Inc:

US 5,400,331	[ODVA]	Communication network interface with screeners for incoming messages	Paragraphe 3.4, Articles 4 à 9
US 5,471,461	[ODVA]	Digital communication network with a moderator station election process	
US 5,491,531	[ODVA]	Media access controller with a shared class message delivery capability	
US 5,493,571	[ODVA]	Apparatus and method for digital communications with improved delimiter detection	
US 5,537,549	[ODVA]	Communication network with time coordinated station activity by time slot and periodic interval number	
US 5,553,095	[ODVA]	Method and apparatus for exchanging different classes of data during different time intervals	
US 8,244,838	[ODVA]	Industrial controller employing the network ring topology	Article 10

L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à la portée de ces droits de propriété.

L'ODVA et les détenteurs de ces droits de propriété ont donné l'assurance à l'IEC que l'ODVA consent à négocier des licences avec des demandeurs du monde entier, soit sans frais soit à des termes et conditions raisonnables et non discriminatoires. A ce propos, la déclaration de l'ODVA et des détenteurs de ces droits de propriété est enregistrée à l'IEC. Des informations peuvent être demandées à:

[ODVA] ODVA, Inc.
2370 East Stadium Boulevard #1000
Ann Arbor, Michigan 48104
USA
Attention: Office of the Executive Director
courrier électronique: odva@odva.org

L'ISO (www.iso.org/patents) et l'IEC (<http://patents.iec.ch>) maintiennent des bases de données, consultables en ligne, des droits de propriété pertinents à leurs normes. Les utilisateurs sont encouragés à consulter ces bases de données pour obtenir l'information la plus récente concernant les droits de propriété.

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 à contrainte de temps de base entre les appareils d'un environnement d'automatisation.

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 à contrainte de temps, 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 2²⁴ homologues connexes et DLCEP d'éditeur.

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 en termes

- a) d'interactions entre les entités DL (DLE) homologues par l'échange de DLPDU de bus de terrain;

- b) d'interactions entre un fournisseur de service DL (DLS) et un utilisateur DLS au sein du même système par l'échange de primitives DLS;
- c) d'interactions entre un fournisseur DLS et un fournisseur de service Ph au sein du même système par l'échange de primitives de service Ph.

1.4 Applicabilité

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

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

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, ainsi que l'IEC 61784-1 et l'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 61158-3-2:2014, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 3-2: Définition des services de la couche liaison de données – Eléments de type 2*
IEC 61158-3-2:2014/AMD1:2019

IEC 61158-5-2:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 5-2: Définition des services de la couche application – Eléments de type 2*

IEC 61158-6-2:2019, *Réseaux de communication industriels – Spécifications des bus de terrain – Partie 6-2: Spécification du protocole de la couche application – Eléments de type 2*

IEC 61588:2009, *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 62439-3:2012¹, *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 3309², *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'informations entre systèmes – Procédures de commande de liaison de données à haut niveau (HDLC) – Structure de trame*

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, *Technologies de l'information – Télécommunications et échange d'information entre systèmes – Réseaux locaux et métropolitains – exigences spécifiques – Partie 3: Définitions pour l'Ethernet*

ISO 11898:1993³, *Véhicules routiers – Echange d'information numérique – Gestionnaire de réseau de communication à vitesse élevée (CAN)*

IEEE Std 802.1D-2004, *IEEE standard for local and metropolitan area networks – Media Access Control (MAC) bridges*, disponible à l'adresse <http://www.ieee.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IEEE Std 802.1Q-2005⁴, *IEEE standard for local and metropolitan area networks – Virtual bridged local area networks*, disponible à l'adresse <http://www.ieee.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IEEE Std 802.3-2015, *IEEE Standard for Ethernet*, disponible à l'adresse <http://www.ieee.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 951, *Bootstrap Protocol (BOOTP)*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 1213, *Management Information Base for Network Management of TCP/IP-based internets: MIB-II*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 1542, *Clarifications and Extensions for the Bootstrap Protocol*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 1643, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 2131, *Dynamic Host Configuration Protocol*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

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

² Cette norme a été supprimée.

³ Une édition plus récente de cette norme a été publiée, mais seule l'édition citée s'applique.

⁴ Une édition plus récente de cette norme a été publiée, mais seule l'édition citée s'applique.

IETF RFC 2132, *DHCP Options and BOOTP Vendor Extensions*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 2863, *The Interfaces Group MIB*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 3635, *Definitions of Managed Objects for the Ethernet-like Interface Types*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 4541, *Considerations for Internet Group Management Protocol (IGMP) and Multicast Listener Discovery (MLD) Snooping Switches*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]

IETF RFC 5227:2008, *IPv4 Address Conflict Detection*, disponible à l'adresse <http://www.ietf.org> (disponible en anglais seulement) [vue 03/09/2018]