

DIN EN 61158-4-1

ICS 35.100.20; 35.160

Ersatz für
DIN EN 61158-4-1:2008-09
Siehe Anwendungsbeginn

**Industrielle Kommunikationsnetze –
Feldbusse –
Teil 4-1: Protokollspezifikation des Data Link Layer
(Sicherheitsschicht) –
Typ 1-Elemente
(IEC 61158-4-1:2014);
Englische Fassung EN 61158-4-1:2014, nur auf CD-ROM**

Industrial communication networks –
Fieldbus specifications –
Part 4-1: Data-link layer protocol specification –
Type 1 elements
(IEC 61158-4-1:2014);
English version EN 61158-4-1:2014, only on CD-ROM

Réseaux de communication industriels –
Spécifications des bus de terrain –
Partie 4-1: Spécification du protocole de la couche liaison de données –
Éléments de type 1
(CEI 61158-4-1:2014);
Version anglaise EN 61158-4-1:2014, seulement en CD-ROM

Gesamtumfang 421 Seiten

DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE

Anwendungsbeginn

Anwendungsbeginn für die von CENELEC am 2014-09-19 angenommene Europäische Norm als DIN-Norm ist 2015-09-01.

Für DIN EN 61158-4-1:2008-09 besteht eine Übergangsfrist bis 2017-09-19.

Nationales Vorwort

Vorausgegangener Norm-Entwurf: E DIN EN 61158-400:2013-08.

Für dieses Dokument ist das nationale Arbeitsgremium K 956 „Feldbus“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (www.dke.de) zuständig.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom SC 65C „Industrial networks“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zu dem Datum (stability date) unverändert bleiben soll, das auf der IEC-Website unter „<http://webstore.iec.ch>“ zu dieser Publikation angegeben ist. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

Das Präsidium des DIN hat mit Präsidialbeschluss 1/2004 festgelegt, dass DIN-Normen, deren Inhalt sich auf internationale Arbeitsergebnisse der Informationsverarbeitung gründet, unter bestimmten Bedingungen allein in englischer Sprache veröffentlicht werden dürfen. Diese Bedingungen sind für die vorliegende Norm erfüllt.

Da sich die Benutzer der vorliegenden Norm der englischen Sprache als Fachsprache bedienen, wird die Englische Fassung der EN 61158-4-1 veröffentlicht. Zu deren Abschnitt 1, der den Anwendungsbereich festlegt, und Abschnitt 3, der die Begriffe festlegt, wurde eine Übersetzung angefertigt und als Nationaler Anhang NA der vorliegenden Norm hinzugefügt. Für viele der verwendeten Begriffe existieren keine gebräuchlichen deutschen Benennungen, da sich die deutschen Anwender in der Regel ebenfalls der englischen Benennungen bedienen. Diese Norm steht nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit Rechtsvorschriften und ist nicht als Sicherheitsnorm anzusehen.

Einführung

Ein Feldbus ist ein digitaler serieller Datenbus für die Kommunikation zwischen Geräten der industriellen Automatisierungstechnik wie beispielsweise Messeinrichtungen, Stellgliedern, Reglern und speicherprogrammierbaren Steuerungen. Die Normen der Reihe DIN EN 61158 legen eine Anzahl von Feldbus-Protokolltypen fest. Die Reihe DIN EN 61158-4 legt das Protokoll des Data Link Layer für die einzelnen Typen fest.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61158-4-1:2008-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Überarbeitung.

Frühere Ausgaben

DIN V 19245-1: 1988-01
 DIN 19245-1: 1991-04
 DIN 19245-2: 1991-04
 DIN EN 50170/1: 1997-07
 DIN EN 50170/2: 1997-07
 DIN EN 50170/3: 1997-07
 DIN EN 50254: 1999-07
 DIN EN 50170/A2: 2000-08
 DIN EN 50170/A1: 2002-11
 DIN EN 50170/A3: 2002-11
 DIN EN 61158-4: 2005-05
 DIN EN 61158-4-1: 2008-09

Nationaler Anhang NA (informativ)

1 Anwendungsbereich^{N1)}

1.1 Allgemeines

Der Data Link Layer stellt grundlegende zeitkritische Kommunikation für den Datentransfer zwischen Geräten in einer Automatisierungsumgebung bereit.

Dieses Protokoll liefert den Data Link-Dienst durch Verwendung der Dienste, die vom Physical Layer erhältlich sind. Die Beziehung zwischen den Internationalen Normen für Feldbus-Data Link-Dienst, Feldbus-Data Link-Protokoll, Feldbus-Physical-Dienst und dem Systemmanagement ist in der IEC 61158-1 beschrieben.

Dieses Protokoll stellt Kommunikationsmöglichkeiten für alle teilnehmenden Data Link-Einheiten bereit

- a) in einer zyklischen asynchronen Weise, fortlaufend für jede dieser Data Link-Einheiten, und
- b) in einer synchronen Weise, entweder zyklisch oder azyklisch, gemäß eines vorerstellten Ablaufplans.

Das festgelegte Protokoll stellt ebenfalls Mittel zur Änderung der Menge der teilnehmenden Data Link-Einheiten und zur Modifizierung der Menge der geplanten Kommunikationsmöglichkeiten bereit. Wenn die Menge der geplanten Kommunikationsmöglichkeiten gleich null ist, dann ist die Verteilung der Kommunikationsmöglichkeiten zu den teilnehmenden Data Link-Einheiten vollkommen asynchron.

Deshalb ist es möglich dieses Protokoll als solches zu bezeichnen, welches asynchronen Zugriff liefert, aber mit einer synchronen Überlagerung.

1.2 Spezifikationen

Diese Norm legt Folgendes fest:

- a) Prozeduren für zeitgerechten Datentransfer und Informationssteuerung von einer Data Link-Benutzereinheit zu einer gleichartigen Benutzereinheit sowie zwischen der Data Link-Einheit, welche den verteilten Data Link-Dienst-Anbieter bildet;
- b) die Struktur der Feldbus-DLPDUs, welche verwendet werden für den Transfer von Daten und Informationssteuerung durch das Protokoll dieser Norm und ihre Darstellung als Physical Layer.

^{N1)} Die Nummerierung aus IEC 61158-4-1 wurde beibehalten.

ANMERKUNG In IEC 61158-4-1 wurden graue Felder in den Tabellen verwendet, um anzugeben, dass das festgelegte Feld kein konzeptioneller Teil der aufgeführten DLPDU ist.

1.3 Prozeduren

Die Prozeduren sind definiert in Form von

- a) den Interaktionen zwischen gleichartigen DL-Einheiten (DLEs) durch den Austausch der Feldbus-DLPDUs,
- b) den Interaktionen zwischen einem DL-Dienst-(DLS-)Anbieter und einem DLS-Benutzer im selben System durch den Austausch von DLS-Primitiven,
- c) den Interaktionen zwischen einem DLS-Anbieter und einem Ph-Dienst-Anbieter im selben System durch den Austausch von Ph-Dienstprimitiven.

1.4 Anwendbarkeit

Diese Prozeduren sind auf Instanzen der Kommunikation zwischen Systemen anwendbar, welche die zeitkritischen Kommunikationsdienste innerhalb des Data Link Layer des OSI oder des Feldbusreferenzmodells unterstützen und die Fähigkeit erfordern, in einer offenen Systemverbundumgebung zu verbinden.

Profile stellen ein einfaches Multiattribut-Hilfsmittel zur Zusammenfassung der Implementierungsfähigkeiten bereit und unterstützen dadurch die Anwendbarkeit für unterschiedliche zeitkritische Kommunikationsanforderungen.

1.5 Konformität

Diese Norm legt auch Konformitätsanforderungen für Systeme fest, die diese Prozeduren implementieren. Sie enthält jedoch keine Prüfungen, um die Konformität mit diesen Anforderungen nachzuweisen.

3.3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.3.1

Bridge, DL-Router

(en: bridge; DL-router)

DL-Relais-Entität, die selektive Store-and-Forward- sowie Routing-Funktionen ausführt,

- a) um zwei oder mehr einzelne DL-Subnetzwerke (Verbindungsarme) zu einem einzigen DL-Subnetzwerk (dem erweiterten Verbindungsarm) zu verbinden und
- b) um eine Möglichkeit bereitzustellen, über die zwei Endsysteme miteinander kommunizieren können, wenn mindestens eines der Endsysteme regelmäßig wiederkehrend nicht auf das verbundene DL-Subnetzwerk reagiert,

und die auch für die Zeitsynchronisation zwischen den Verbindungsarmen, zu denen weitergeleitet wird, sorgt

3.3.2

Delokalisierung

(en: delocalization)

DLE-interner Prozess der Konvertierung synonymen DL-Adressen in eine kanonische Form für die Übertragung oder während des Empfangs (siehe 5.2.2)

3.3.3

Warteschlange einer DL-Adresse für Benutzeranforderungen

(en: DL-address user-request queue)

Warteschlange mit mehreren Prioritäten und FIFO-Prinzip innerhalb der Prioritäten, welche mit einer bestimmten DL-Adresse einer DLE verknüpft ist, für in Bearbeitung befindliche DLS-Benutzeranfragen unterteilt in drei unabhängige Abschnitte:

- a) jene Anforderungen, die bereits übertragen wurden, aber für die erneute Übertragung und/oder Bestätigung verfügbar bleiben, oder beides – d. h. jene Anforderungen, für die die maximale Bestätigungsverzögerung noch nicht erreicht wurde und
 - die sich immer noch innerhalb des Sendefensters des DLCEP befinden oder
 - die auf eine bestätigende Antwort-DLPDU am DLSAP warten;
- b) jene Anforderungen, die für die Übertragung bereitstehen, aber noch nicht vollständig übertragen wurden;
- c) jene Anforderungen, die entweder auf eine „DL-COMPEL-SERVICE“-Anforderung warten, um für die Übertragung freigegeben zu werden, und/oder die sich außerhalb des Sendefensters des DLCEP befinden.

Anmerkung 1 zum Begriff: Abschnitt 1 der Warteschlange enthält DLS-Benutzeranforderungen, die möglicherweise erfolgreich an einen anderen DLS-Benutzer übermittelt wurden. Die erneute Übertragung der zu diesen Anforderungen gehörigen DLS-Benutzerdaten oder Teilen davon kann erforderlich sein und versucht werden, bevor die Anforderungen aus diesem Abschnitt gelöscht werden (durch Zurücksetzung oder Peer-Bestätigung eines Peer-DLC; durch Zurücksetzung oder Zeitüberschreitung der Benutzeranforderung oder das Erfordernis der Wiederverwendung einer Sequenznummer für eine Multi-Peer-DLC).

Anmerkung 2 zum Begriff: Abschnitt 2 der Warteschlange enthält DLS-Benutzeranforderungen, die zur Übertragung bereitstehen, aber noch nicht vollständig an einen anderen DLS-Benutzer übermittelt werden konnten.

Anmerkung 3 zum Begriff: Abschnitt 3 der Warteschlange kann nur dann nicht leer sein, wenn die DL-Scheduling-Richtlinie für die DL-Adresse auf „EXPLICIT“ festgelegt ist und/oder wenn die Anzahl der anstehenden DLSDUs das Sendefenster des DLCEP überschreitet.

Anmerkung 4 zum Begriff: Teilnehmer einer bestimmten Priorität werden von einem Abschnitt in den nächsten verschoben, bis sie aus der Warteschlange entfernt werden. (In der Praxis können die Abschnitte statt der Teilnehmer verschoben werden.) Die FIFO-Reihenfolge innerhalb der einzelnen Prioritäten wird strengstens eingehalten.

Anmerkung 5 zum Begriff: Jeder DLSAP-Adresse, jeder DLCEP-Adresse eines Peers oder Publishers und jedem DLCEP eines Subscribers der DLE (der so gesehen mit einer impliziten DLCEP-Adresse verbunden ist) sowie der DL-Knotenadresse der DLE (siehe 3.3.1 und 5.2.2.3) ist jeweils eine Warteschlange dieser Art zugeordnet.

3.3.4

DL-Segment, Verbindungszweig, lokaler Verbindungszweig

(en: DL-segment; link, local link)

einzelnes DL-Subnetzwerk, in dem alle verbundenen DLEs direkt, d. h. ohne zwischengeschaltete DL-Weitergabe, kommunizieren können, solange alle an einem Kommunikationsvorgang teilnehmenden DLEs während der Dauer(n) der Kommunikationsversuche gleichzeitig auf das DL-Subnetzwerk reagieren können

3.3.5

DLE-Warteschlange für ungeplante Dienste

(en: DLE unscheduled-service queue)

Warteschlange mit mehreren Prioritäten und FIFO-Prinzip innerhalb der Prioritäten für:

- a) Verweisungen auf Warteschlangen von DL-Adressen für Benutzeranforderungen (siehe 3.3.3);
- b) Verweisungen auf lokal geplante aktive Sequenzen (siehe Abschnitt 11), die das Ergebnis von „DL-SCHEDULE-SEQUENCE“-Anforderungen sind (siehe 8.4.3.1);
- c) DT-DLPDUs, die DLS-Benutzerdaten enthalten, die verzögerte Antworten auf CD- und ED-DLPDUs darstellen und die als Unterstützung des „DL-UNITDATA-EXCHANGE“-Dienstes in eine Warteschlange gestellt werden.

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe 4.7.1.17 a) für eine ausführlichere Definition.

Anmerkung 2 zum Begriff: Da es sich hierbei um eine Warteschlange mit mehreren Prioritäten und FIFO-Prinzip innerhalb der Prioritäten handelt, werden Teilnehmer in der Reihenfolge der Prioritäten und innerhalb einer einzelnen Priorität in FIFO-Reihenfolge entfernt.

3.3.6

DLSAP

(en: DLSAP)

eindeutiger Punkt, an dem eine einzelne DL-Entität einer einzelnen Entität auf höherer Schicht DL-Dienste bereitstellt

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Definition ist abgeleitet von ISO/IEC 7498-1 und wurde hier zum besseren Verständnis für die kritische Unterscheidung zwischen DLSAPs und ihren DL-Adressen wiederholt. (Siehe Bild 1.)

3.3.7

DL(SAP)-Adresse

(en: DL(SAP)-address)

entweder eine individuelle DLSAP-Adresse, die einen einzelnen DLSAP eines einzelnen DLS-Benutzers kennzeichnet, oder eine DL-Gruppenadresse, die möglicherweise mehrere DLSAPs jeweils eines einzelnen DLS-Benutzers kennzeichnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Terminologie wird gewählt, da ISO/IEC 7498-3 die Verwendung der Benennung „DLSAP-Adresse“ zur Bezeichnung von mehr als einem einzelnen DLSAP bei einem einzelnen DLS-Benutzer nicht zulässt.

3.3.8

(individuelle) DLSAP-Adresse

(en: (individual) DLSAP-address)

DL-Adresse, die nur einen einzigen DLSAP innerhalb des erweiterten Verbindungszweigs kennzeichnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine einzelne DL-Entität kann mehrere DLSAP-Adressen, die einem einzelnen DLSAP zugeordnet sind, besitzen.

3.3.9

DLCEP-Adresse

(en: DLCEP-address)

DL-Adresse, die entweder

- a) einen DL-Verbindungsendpunkt von einem Peer oder
- b) einen DL-Verbindungsendpunkt von mehreren Peer-Publishern und implizit den entsprechenden Satz von Verbindungsendpunkten der DL-Subscriber kennzeichnet,

wobei jeder DL-Verbindungsendpunkt innerhalb eines eindeutigen DLSAP vorhanden und einer entsprechenden eindeutigen DLSAP-Adresse zugeordnet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierbei handelt es sich um eine Erweiterung der Verwendung von DL-Adressen gegenüber der in ISO/IEC 7498-3 festgelegten Verwendung. (Siehe Bild 1.)

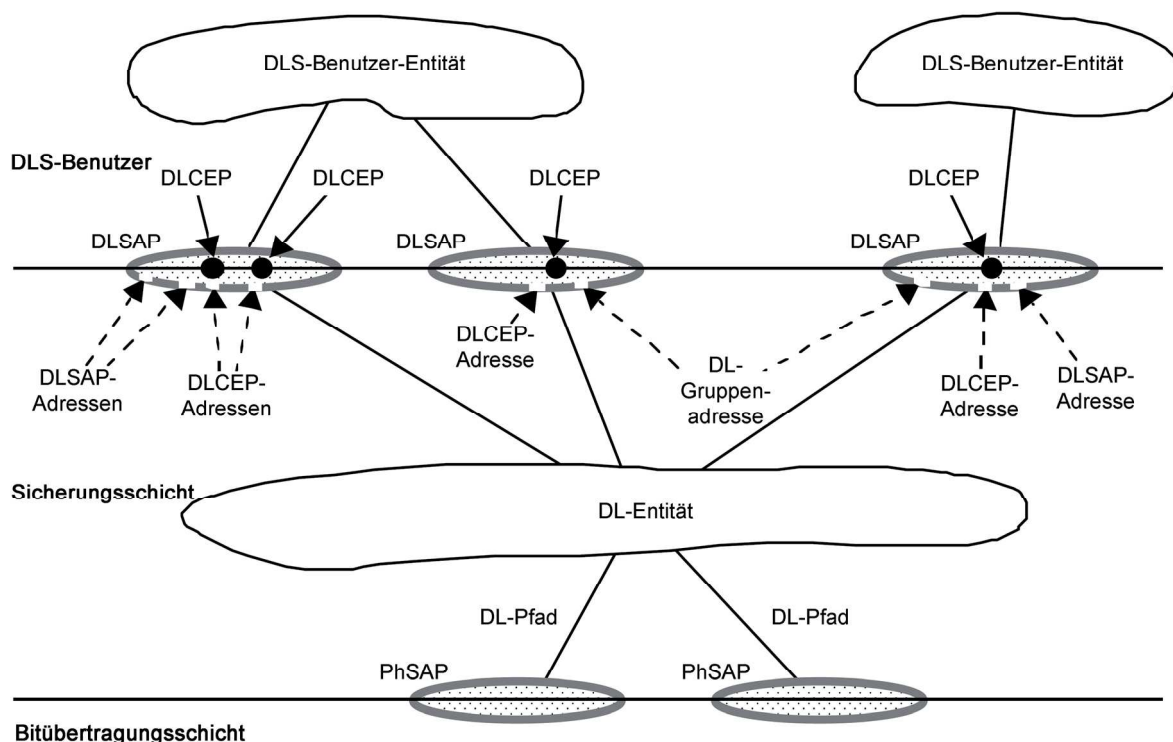
3.3.10

DLSEP-Adresse

(en: DLSEP-address)

DL-Adresse, die einen DL-Planungsendpunkt innerhalb einer DLE kennzeichnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Hierbei handelt es sich um eine Erweiterung der Verwendung von DL-Adressen gegenüber der in ISO/IEC 7498-3 festgelegten Verwendung.



ANMERKUNG 1: DLSAPs und PhSAPs werden als Ellipsen dargestellt, die sich über die Grenze zweier benachbarter Schichten erstrecken.

ANMERKUNG 2: DL-Adressen werden als gekennzeichnete, kleine Lücken (Zugangspunkte) im DLL-Teil eines DLSAP dargestellt. Eine DLCEP-Adresse kennzeichnet auch einen bestimmten Punkt des Informationsflusses (seinen DLCEP) innerhalb des DLSAP.

ANMERKUNG 3: Eine einzelne DL-Entität kann mehrere DLSAP-Adressen und DL-Gruppenadressen, die einem einzelnen DLSAP zugeordnet sind, besitzen.

ANMERKUNG 4: In diesem Bild sind auch die Beziehungen zwischen DL-Pfaden und PhSAPs dargestellt.

Bild 1 – Beziehungen von DLSAPs, DLSAP-Adressen, DLCEPs, DLCEP-Adressen, DLSEPs und DL-Gruppenadressen

3.3.11

dominantes Token

(en: dominant token)

einziges Recht zur Initiierung der nächsten Übertragung auf dem lokalen Verbindungszweig (siehe Token)

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Antwort-Token ist für die Dauer nach seiner Erstellung und vor seinem Ablauf oder seiner Rückgabe das dominante Token auf dem Verbindungszweig, und der Halter des Antwort-Tokens (der Beantworter) besitzt das einzige Recht zur Übertragung.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für den Fall, dass kein Antwort-Token vorhanden ist, ist ein delegiertes Token für die Dauer nach seiner Erstellung und vor seinem Ablauf oder seiner Rückgabe das dominante Token auf dem Verbindungszweig, und der Tokenhalter (der Initiator) besitzt das einzige Recht zur Übertragung.

Anmerkung 3 zum Begriff: Das Scheduler-Token ist zu jeder anderen Zeit das dominante Token auf dem Verbindungszweig, und die LAS-DLE (die als Initiator agiert) besitzt das einzige Recht zur Übertragung.

3.3.12

erweiterter Verbindungszweig

(en: extended link)

DL-Subnetzwerk, das aus der maximalen Menge von Verbindungszweigen besteht, die über DL-Relais-Entitäten geschaltet werden können, wobei ein einziger DL-Namensraum (DL-Adressraum) gemeinsam genutzt wird; in diesem Subnetzwerk können alle verbundenen DL-Entitäten miteinander entweder direkt oder über eine oder mehrere der zwischengeschalteten DL-Relais-Entitäten kommunizieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein erweiterter Verbindungszweig besteht möglicherweise aus nur einem einzelnen Verbindungszweig.

3.3.13

Teilbetriebszyklus

FDC

(en: fractional-duty-cycle; FDC)

DLE, die nicht fortlaufend auf die empfangene Signalgebung reagiert; kommt üblicherweise in einem Endsystem mit sparsamem Stromhaushalt vor

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine derartige DLE benötigt für die Kommunikation mit anderen DLEs auf demselben Verbindungszweig im Allgemeinen die Unterstützung einer Bridge-DLE (DL-Relais-DLE), um für Fälle vorzusorgen, in denen die beiden DLEs nicht gleichzeitig aktiv sind.

Es wurden drei Klassen von FDC-DLEs festgelegt:

Klasse A – FDC-DLEs, die während ihrer „Schlafphasen“ überhaupt nicht auf ihren lokalen Verbindungszweig reagieren und die die zeitliche Steuerung ihres vorübergehenden „Wiedererwachens“ einzig und allein auf der Grundlage der internen DL-Zeit oder einer anderen Messung vornehmen;

Klasse B – FDC-DLEs, die den Verbindungszweig während ihrer „Schlafphasen“ auf eine bestimmte Wake-up-DLPDU (siehe 6.21) hin überwachen, die speziell an die DL-Knotenadresse der DLE adressiert ist und die bei Empfang ein „Wiedererwachen“ verursacht;

Klasse C – FDC-DLEs, die den Verbindungszweig während ihrer „Schlafphasen“ auf beliebige DLPDUs hin überwachen, die speziell an die DL-Knotenadresse der DLE adressiert sind und die bei Empfang ein „Wiedererwachen“ verursachen.

Anmerkung 2 zum Begriff: DLEs, die zwischen dem Empfang von DLPDUs „schlafen“, aber alle an ihre DL-Adressen adressierten DLPDUs beantworten, sind keine FDC-DLEs.

3.3.14

Rahmen

(en: frame)

umgangssprachliches Synonym für DLPDU

3.3.15

DL-Gruppenadresse

(en: group DL-address)

DL-Adresse, die möglicherweise mehr als einen DLSAP innerhalb des erweiterten Verbindungszweigs kennzeichnet

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine einzelne DL-Entität kann mehrere DL-Gruppenadressen, die einem einzelnen DLSAP zugeordnet sind, besitzen. Eine einzelne DL-Entität kann auch eine einzelne DL-Gruppenadresse, die mehr als einem DLSAP zugeordnet ist, besitzen.

3.3.16

unmittelbare Antwort

(en: immediate reply)

DLPDU, die vom Beantworter in einer Transaktion als erbetene Antwort auf die unmittelbar zuvor gesendete DLPDU gesendet wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Die ursprüngliche, vom Initiator der Transaktion gesendete DLPDU legt die Beschränkungen für die Antwort-DLPDU fest.

3.3.17**immediate-response-recovery-delay**

Maß, ähnlich der maximalen Antwortverzögerung, der ungünstigsten Dauer der Inaktivität einer Peer-PhE, die beobachtet werden kann:

- a) von einer DLE, die ein delegiertes Token besitzt, während sie auf eine unmittelbare Antwort von einer anderen ordnungsgemäß funktionierenden DLE auf dem lokalen Verbindungsweig wartet;
- b) von einer anderen DLE auf dem lokalen Verbindungsweig nach dem Empfang der initiiierenden Transaktion einer Transaktion, bestehend aus zwei DLPDUs, vor der Erkennung der Aktivität auf dem Verbindungsweig, die durch diese unmittelbare Antwort-DLPDU ausgelöst wurde;
- c) von der LAS-DLE, während sie auf die erste Aktivität auf dem Verbindungsweig wartet, nachdem
 - ein Antwort-Token (über eine „PROBE NODE-ADDRESS (PN)“-DLPDU),
 - ein delegiertes Token (über eine „PASS TOKEN (PT)“- oder „EXECUTE SEQUENCE (ES)“-DLPDU),
 - das Scheduler-Token (über eine „TRANSFER LAS (TL)“-DLPDU)

an eine andere ordnungsgemäß funktionierende DLE auf dem lokalen Verbindungsweig übergeben wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Formeller ausgedrückt ist die „immediate-response-recovery-delay“ eine Grenze für die ungünstigste Verzögerung zwischen dem Empfang der Bestätigungsprimitive von Ph-Daten auf eine Anforderungsprimitive von Ph-Daten, dessen PhIDU das „END-OF-DATA-AND-ACTIVITY“ festlegt (siehe 4.4.3), und dem nachfolgenden Empfang der nächsten „START-OF-ACTIVITY“-PhIDU (siehe 4.4.3), die von der sendenden DLE auf dem lokalen Verbindungsweig beobachtet werden kann, während:

- 1) einer Interaktion zwischen Initiator und Beantworter beobachtet werden kann, in der eine die Transaktion initiiierende DLE eine DLPDU, die eine unmittelbare Antwort erfordert, an eine antwortende DLE sendet und diese antwortende DLE durch Senden einer zweiten DLPDU antwortet;
- 2) einer Interaktion mit Token-Übergabe beobachtet werden kann, in der die LAS-DLE eine DLPDU mit delegiertem Token an die nächste als Tokenhalter vorgesehene DLE sendet oder in der die LAS-DLE das Scheduler-Token an eine Nachfolger-(LAS-)DLE sendet und diese adressierte DLE durch Senden einer zweiten DLPDU antwortet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert der „immediate-response-recovery-delay“ in Einheiten eines Zeitfensters, beträgt die maximale Antwortzeit + 1.

3.3.18**Initiator**

(en: initiator)

DLE-Rolle, in der eine DLE eine DLPDU an eine Peer-Beantworter-DLE sendet, welche im Rahmen derselben Transaktion unmittelbar eine Antwort-DLPDU an die Initiator-DLE (und möglicherweise an andere DLEs) zurücksendet

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen früheren nationalen Normen wurde diese Rolle als „Master“-Rolle bezeichnet.

3.3.19**Link Active Scheduler****LAS**

(en: Link Active Scheduler; LAS)

zweckgebundene, wählbare Rolle einer DLE, in der diese den lokalen Verbindungsweig steuert und als lokale Quelle der DL-Zeit für den Verbindungsweig dient

Anmerkung 1 zum Begriff: Die LAS-Funktionen sind innerhalb jeder Link-Master-DLE (LM-DLE) vorhanden, die zunächst um diese LAS-Funktionen wetteifert und sie nach Erkennung der Abwesenheit einer DLE mit aktiven LAS-Funktionen auf dem Verbindungsweig aktiviert. Die DLE, die als LAS dient (manchmal als die LAS-DLE bezeichnet), empfängt Scheduling-Anforderungen von allen DLEs auf dem lokalen Verbindungsweig, einschließlich von sich selbst, und antwortet auf diese. Es empfängt auch Anforderungen für die aktuelle DL-Zeit und antwortet auf diese.

3.3.20

Verbindungszweig-ID

(en: link-id)

primäre Kennung aus zwei Oktetten für den lokalen Verbindungszweig innerhalb des erweiterten Verbindungszweigs, deren Werte, wie in 4.3.2.1 festgelegt, eingeschränkt sind

3.3.21

Link-Master

LM

(en: Link Master; LM)

DLE, die auch die LAS-Funktionen für den Verbindungszweig bereitstellen kann, einschließlich der Initialisierung und Planung des Verbindungszweigs

3.3.20.1

maximale Verzögerung der Inaktivität für den LAS-Anspruch

(en: maximum-inactivity-to-claim-LAS-delay)

Konfigurationsparameter auf jedem lokalen Verbindungszweig, dessen Mindestwert den ungünstigsten internen Verzögerungen einer beliebigen Link-Master-DLE und der zugehörigen, mit diesem Verbindungszweig verbundenen PhEs entspricht

Anmerkung 1 zum Begriff: Diese Verzögerung wird als Summe der folgenden zwei Komponenten berechnet:

- a) der internen Verzögerung zwischen
 - 1) dem Moment der Darstellung der letzten nicht automatischen PhPDU einer Übertragung an die zur DLE gehörige PhE an deren Verbindungspunkt zum lokalen Verbindungszweig und
 - 2) dem resultierenden Start des internen Timers der DLE, der die Inaktivität des Verbindungszweigs überwacht;
- b) der internen Verzögerung zwischen
 - 1) dem Ablauf dieses Timers und
 - 2) dem resultierenden Moment der Darstellung der ersten nicht automatischen PhPDU einer Übertragung der erforderlichen „CLAIM LAS (CL)“-DLPDU durch die der DLE zugeordnete PhE an deren Verbindungspunkt zum lokalen Verbindungszweig.

Die Maßeinheit dieser kumulierten Verzögerung entspricht einem Achtel der Übertragungsdauer eines Oktetts (sozusagen einer „Bit-Nenndauer“). Der Wertebereich dieses Parameters umfasst 1 bis 4 095 „Bit-Nennauern“.

3.3.22

maximale Antwortverzögerung

(en: maximum-response-delay)

Maß in Einheiten eines Zeitfensters, das größer als die ungünstigste Dauer der Inaktivität der lokalen PhE ist, die von einer DLE beobachtet werden kann,

- a) welche vor der Initiierung der Übertragung einer DLPDU gerade ein delegiertes Token empfangen hat;
- b) welche vor der Initiierung der Übertragung der erforderlichen unmittelbaren Antwort-DLPDU gerade ein Antwort-Token empfangen hat

Anmerkung 1 zum Begriff: Der erforderliche Mindestwert der maximalen Antwortzeit für eine DLE wird durch Messung der Verzögerung zwischen dem Abschluss des Empfangs einer Anforderungs-DLPDU und der Initiierung der Übertragung der unmittelbar folgenden Antwort-DLPDU an der antwortenden DLE ermittelt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die maximale Antwortverzögerung ist ein Konfigurationsparameter jedes lokalen Verbindungszweigs und hat einen Wert zwischen 1 und 11. Bei Multiplikation mit der Dauer eines Zeitfensters muss das Produkt mindestens so groß wie der größte Wert der maximalen Antwortverzögerung sein, der für jede der aktuellen oder erwarteten DLEs auf dem lokalen Verbindungszweig erforderlich ist.

3.3.23

Multi-Peer-DLC

(en: multi-peer DLC)

zentralisierte DL-Verbindung mit mehreren Endpunkten, die eine DL-Duplex-Übertragung zwischen einem einzelnen definierten DLS-Benutzer, auch bekannt als Publisher oder veröffentlichender DLS-Benutzer, und

einer Menge von nicht definierten Peer-DLS-Benutzern, die in ihrer Gesamtheit als Subscriber oder abonnierende DLS-Benutzer bekannt sind, anbietet, wobei der veröffentlichende DLS-Benutzer Daten an die abonnierenden DLS-Benutzer als Gruppe (jedoch nicht einzeln) senden kann und die abonnierenden DLS-Benutzer Daten an den veröffentlichenden DLS-Benutzer (jedoch sich nicht gegenseitig) senden können

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Multi-Peer-DLC stellt immer einen asymmetrischen Dienst bereit. Sie kann auch nur einen Simplex-Dienst entweder vom Publisher zu den Subscribern oder von den Subscribern zum Publisher bereitstellen. In diesem letzten Fall sind die Bezeichnungen als Publisher und Subscriber unzutreffend.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der veröffentlichende DLS-Benutzer muss unter Umständen eine Steuerung seiner Veröffentlichungsrate implementieren, da ein abonnierender DLS-Benutzer weder eine Flusssteuerung noch eine Geschwindigkeitssteuerung auf seine veröffentlichende Peer-Entität anwenden kann. Ähnliche Aspekte treffen auf abonnierende DLS-Benutzer in Bezug auf deren Sende-DLSDUs an die veröffentlichenden DLS-Benutzer zu.

3.3.24

Knoten

(en: node)

einzelne DL-Entität, wie sie auf einem lokalen Verbindungsweig existiert

3.3.25

DL-Knotenadresse

(en: NODE DL-address)

DL-Adresse, die die (einzelne) DL-Entität kennzeichnet, die einem einzelnen Knoten (siehe 3.3.24) auf einem spezifischen lokalen Verbindungsweig zugeordnet ist

3.3.26

Knoten-ID

(en: node-id)

primäre Kennung aus einem Oktett für die DLE auf dem lokalen Verbindungsweig, deren Werte nach den Festlegungen in 4.3.2.2 beschränkt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Wert von null ist auch zulässig und unterbindet jegliche Übertragung durch diese DLE.

3.3.27

Knoten-Timer

(en: node-timer)

von der lokalen DLE verwalteter Zähler mit einstellbarer Frequenz, der dem DLS-Benutzer eine lokale mehrteilige Referenz der DL-Zeit (siehe 4.5.4 und 8.4.1.1) bereitstellt, wobei eine Komponente dieser DL-Zeit eine monoton wachsende Referenz der lokalen Zeit darstellt, die im angeschlossenen Endsystem verwendet werden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Knoten-Timer zählt konzeptionell in Nenneinheiten von 2 ms bis 13 ms und läuft über eine Dauer von 100 Jahren. Deshalb muss jeder tatsächliche Zähler ein Binärzähler sein, dessen niedrigstwertiges Bit einen Nennwert von $(2 \pm N)$ ms aufweist, mit einer Überlappungsdauer, die größer als das erwartete maximale Intervall zwischen Zurücksetzungen der DLE ist.

Sind keine Informationen zu diesem maximalen Intervall verfügbar, kann ein Intervall von fünf Jahren angenommen werden.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Knoten-Timer wird auch innerhalb des DL-Protokolls verwendet, um eine gemeinsame genutzte Referenz der DL-Zeit bereitzustellen, die sowohl zur Synchronisation von DLE-Scheduling-Aktivitäten als auch zur Synchronisation der Verschiebungsrate aller Knoten-Timer auf dem erweiterten Verbindungsweig verwendet wird. Letztere wird durch Einstellen der Frequenz der einzelnen Knoten-Timer der DLEs in einer Weise erreicht, dass die monotone Referenz der lokalen Zeit der DLE eine annähernd konstante Phasenbeziehung mit der lokalen Zeit der DLE, die als Zeitreferenz-DLE dient, unterhält.

Diese Einstellung ist der Grund, weshalb der Nennwert der Zähleinheit des Knoten-Timers nur $2^{\pm N}$ ms beträgt.

3.3.28

Peer-DLC

(en: peer DLC)

DL-Verbindung zwischen einzelnen Punkten, die eine DL-Duplex-Übertragung zwischen zwei Peer-DLS-Benutzern anbietet, wobei jeder von ihnen ein sendender DLS-Benutzer sein kann und jeder von ihnen als empfangender DLS-Benutzer eine Flusssteuerung auf seinen sendenden Peer anwenden kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Peer-DLC kann entweder einen symmetrischen Dienst oder einen asymmetrischen Dienst bereitstellen. Eine Peer-DLC kann auch nur einen DL-Simplex-Dienst anbieten.

3.3.29

empfangender DLS-Benutzer

(en: receiving DLS-user)

Benutzer der DL-Dienste, der als Empfänger von DL-Benutzerdaten agiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Ein Benutzer der DL-Dienste kann gleichzeitig sendender und empfangender DLS-Benutzer sein.

3.3.30

Beantworter

(en: responder)

DLE-Rolle, in der eine DLE im Rahmen einer einzigen Transaktion eine DLPDU als unmittelbare Antwort auf eine DLPDU sendet, die von einer Peer-Initiator-DLE empfangen wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: In einigen früheren nationalen Normen wurde diese Rolle als „Slave“-Rolle bezeichnet.

3.3.31

sendender DLS-Benutzer

(en: sending DLS-user)

Benutzer der DL-Dienste, der als Quelle von DL-Benutzerdaten agiert

3.3.32

Zeitfenster

(en: slot-time)

Konfigurationsparameter jedes lokalen Verbindungszweigs, gemessen als integrales Vielfaches der Übertragungsdauer eines vollständigen Oktetts, mit einem Integralwert zwischen 1 Oktett und 4 095 Oktetten

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Zeitfenster stellt einen grundlegenden Parameter des Verbindungszweigs mit vielfacher Verwendung dar:

- Das Zeitfenster wird von jeder mit dem Verbindungszweig verbundenen Link-Master-DLE bei der Festlegung der Zeitdauer verwendet, für die diese DLE den Verbindungszweig auf Inaktivität überwacht, bevor sie eine „CLAIM LAS (CL)“-DLPDU sendet. Das Zeitfenster ist derart definiert, dass die Nenndauern der Überwachung der Inaktivität des Verbindungszweigs durch zwei DLEs, die aufeinanderfolgende DL-Knotenadressen aufweisen und keine Token besitzen, um genau ein Zeitfenster voneinander abweichen.
- Das Zeitfenster wird von jeder DLE auf dem lokalen Verbindungszweig verwendet, um die Dauern aller anderen Zeiten der Inaktivität des Verbindungszweigs, die die DLE überwachen muss, zu berechnen. Alle diese Dauern werden als genormte oder konfigurierte Vielfache eines Zeitfensters angegeben.
- Das Zeitfenster ist eine konfigurierte obere Mindestgrenze für die gegenseitige Asynchronität in unmittelbaren Übertragungen unter zwischengeschalteten DLEs auf dem lokalen Verbindungszweig, wenn versucht wird, den Verbindungszweig erneut zu initialisieren, der für alle DLE-Paare auf diesem lokalen Verbindungszweig maximiert ist. Aus dieser Sicht ist das Zeitfenster ein kumuliertes Maß der ungünstigsten Implementierungsverzögerungen innerhalb der zwischengeschalteten Medien, der Physical Layer und der Schnittstellen zwischen Physical Layer und Data Link Layer, die allesamt die Schnelligkeit der gegenseitigen DLE-Interaktion auf dem lokalen Verbindungszweig begrenzen.

Das Zeitfenster wird berechnet als die Summe aus:

- a) den ungünstigsten gegenseitigen Weitergabeverzögerungen durch die zwischengeschalteten Medien und zwischengeschalteten PhEs (Physical Layer Einheit(en)), wie z. B. Repeatern, zwischen beliebigen zwei PhEs, die ihren ent-

sprechenden DLEs auf dem lokalen Verbindungszweig zugeordnet sind, gemessen zwischen den jeweiligen Verbindungspunkten dieser PhEs zum lokalen Verbindungszweig, einschließlich der ungünstigsten internen Verzögerungen der logischen und analogen Stromkreise in beliebigen zwischengeschalteten Repeatern;

- b) der maximalen Verzögerung der Inaktivität für den LAS-Anspruch nach 3.3.32;
- c) einem Sicherheitsfaktor, der verwendet wird, um:
 - 1) die Differenz zwischen zwei relevanten internen Verzögerungen zu berücksichtigen, bestehend aus
 - i) der Verzögerung zwischen
 - A) der Darstellung der ersten nicht automatischen PhPDU gegenüber der mit der DLE verbundenen PhE an deren Verbindungspunkt und
 - B) der Anzeige des Starts der Aktivität dieser PhE gegenüber der DLE;
 - ii) der Verzögerung zwischen
 - A) der Darstellung der letzten nicht automatischen PhPDU gegenüber der mit der DLE verbundenen PhE an deren Verbindungspunkt und
 - B) der Anzeige des Endes der Aktivität dieser PhE gegenüber der DLE;
 - 2) die Geschwindigkeitsdifferenzen der internen Timer-Uhren zwischen den DLEs auf dem lokalen Verbindungszweig zu berücksichtigen;
 - 3) die begrenzte Auflösung der Messungen und potenzielle Messfehler zu berücksichtigen;
 - 4) jegliche zusätzliche Verzögerung zu berücksichtigen, die benötigt wird, um die Summe aus a), b) und c) auf ein integrales Vielfaches der Übertragungsdauer eines Oktetts zu runden.

Diese Verzögerungen werden in einer Weise festgelegt, die ihre Messung zulässt.

Eine höhere Auflösung als ein Oktett ist ohne die Kenntnis der spezifischen zugehörigen Physical Layer nicht möglich, da die zeitliche Steuerung der Physical Layer durch den Physical Layer erfolgt und die formale Physical Layer-Data Link Layer-Schnittstelle nur eine Oktett-Zeitsteuerung bereitstellt (siehe 4.4).

Die Definitionen in 3.3.31 bis 3.3.34 sind nicht rekursiv, da die Definition in 3.3.31 auf einer anderen Messung als die Definitionen in 3.3.21 bis 3.3.34 beruht. Die Definitionen in 3.3.21 bis 3.3.34 sind in Einheiten eines Zeitfensters angegeben, um die Komplexität der Implementierungen dieses Protokolls zu mindern. Demzufolge kann ein einziger 8-Bit-Hardware-Timer, der durch das Zeitfenster vorkaliert und für die Bus-Inaktivität mit nutzungsbezogenen Bedingungen zum Anhalten und erneuten Auslösen aktiviert ist, die erforderliche Funktionalität für alle zeitfensterbasierten Timer dieses Protokolls bereitstellen.

3.3.33

Aktualität, DL-Aktualität

(en: timeliness; DL-timeliness)

Attribut eines Datums zur Bewertung der zeitlichen Nähe dieses Datums

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Attribut ist insbesondere in Systemen mit Abtastwerten von Bedeutung, bei denen Entscheidungen unter Umständen auf der Grundlage der Aktualität (oder fehlenden Aktualität) von Abtastwerten getroffen werden müssen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Aktualität ist im Allgemeinen ein Benutzerattribut, das durch die verschiedenen Schichten des Datentransportsystems negativ beeinflusst werden kann. Das heißt, ein Datum, das von einem anfordernden Benutzer rechtzeitig an ein Datenkommunikations-Subsystem zur Übertragung übergeben wurde, kann aufgrund von Verzögerungen im Kommunikationssystem verspätet übertragen werden.

Anmerkung 3 zum Begriff: Die DL-Aktualität ist ein Attribut für ein Datum eines DLS-Benutzers, das den Zeitpunkt einer Interaktion zwischen DLS-Benutzer und DLE festlegt und dieses Datum mit Bezug auf eine oder mehrere andere Interaktionen zwischen DLS-Benutzer und DLE schreibt oder ausliest.

Anmerkung 4 zum Begriff: Diese Konzepte unterstützen auch die Migration von früheren nationalen Normen.

3.3.34

Token

(en: token)

Recht zur Übertragung auf dem lokalen Verbindungsweig

Anmerkung 1 zum Begriff: Dieses Recht wird von einer DLE übernommen, sobald sie ihre LAS-Funktionen aktiviert. Dieses Recht kann unter festgelegten Nutzungsbeschränkungen an einzelne DLEs delegiert werden. In jedem Fall wird dieses Recht letztlich an die DLE zurückgegeben, die ihre LAS-Funktionen aktiviert hat (die LAS-DLE). Jedes Token wird implizit durch die Methode seiner Übertragung oder Übernahme gekennzeichnet:

- a) Ein Scheduler-Token wird von der LAS-DLE übernommen und gehalten und kann an eine andere LM-DLE auf dem lokalen Verbindungsweig gesendet werden, um die Aktivierung der LAS-Funktionen an diese empfangende DLE zu übermitteln.
- b) Ein delegiertes Token wird von der LAS-DLE erzeugt und an eine DLE auf dem lokalen Verbindungsweig gesendet, nach abgeschlossener Verwendung zurückgegeben oder nach seinem Ablauf von der LAS-DLE übernommen.
- c) Ein Antwort-Token wird von dem aktuellen Halter des delegierten Tokens (oder dem Halter des Scheduler-Tokens, sofern es keinen Halter eines delegierten Tokens gibt) erstellt und an eine DLE auf dem lokalen Verbindungsweig mit der Anforderung einer unmittelbaren Antwort gesendet; das Token wird zusammen mit dieser unmittelbaren Antwort zurückgegeben oder bei Ablauf der Antwortdauer vom aktuellen Halter des delegierten Tokens übernommen.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine DLE kann, muss aber nicht gleichzeitig als LAS, Initiator und Beantworter agieren, d. h. sie kann ein Token delegieren und dies empfangen, eine unmittelbare Antwort anfordern und diese Anforderung empfangen und anschließend sich selbst als Anforderer antworten und das Token an sich selbst als LAS zurückgeben. Dafür wäre die Übertragung von mindestens drei DLPDUs – eine von jeder Rolle – erforderlich.

3.3.35

Verzögerung der Token-Wiederherstellung

(en: token-recovery-delay)

Maß, ähnlich der maximalen Antwortverzögerung, das größer als die ungünstigste Dauer der Inaktivität einer Peer-PhE ist, die von der LAS-DLE beobachtet werden kann, während eine andere ordnungsgemäß funktionierende DLE ein Token verwendet

Anmerkung 1 zum Begriff: Formeller ausgedrückt stellt die Verzögerung der Token-Wiederherstellung eine Grenze bereit, die größer als die ungünstigste Verzögerung zwischen dem Empfang einer „END-OF-ACTIVITY“- oder „END-OF-DATA-AND-ACTIVITY“-PhIDU (siehe 4.4.4) und dem nachfolgenden Empfang der nächsten „START-OF-ACTIVITY“-PhIDU ist, und die von einer beliebigen DLE auf dem lokalen Verbindungsweig während des Normalbetriebs beobachtet werden kann. Diese Verzögerung kann nur dann überschritten werden, wenn eine DLE fehlschlägt, während sie Halter eines delegierten Tokens oder Scheduler-Tokens ist.

Anmerkung 2 zum Begriff: Der Wert der Verzögerung der Token-Wiederherstellung kann, in Einheiten eines Zeitfensters, jeden Wert zwischen (maximale Antwortverzögerung + 3) und 14 annehmen.

3.3.36

Transaktion

(en: transaction)

einzelne DLPDU oder eine Folge von zwei unmittelbar aufeinanderfolgenden zusammengehörigen DLPDUs, die das Ergebnis einer einzelnen Anforderung eines DLS-Benutzers ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Die DLE, die die erste DLPDU der Transaktion sendet, wird als „Initiator“ bezeichnet; die DLE, die gegebenenfalls die zweite DLPDU der Transaktion sendet, wird als „Beantworter“ bezeichnet.

Anmerkung 2 zum Begriff: Eine DL-Entität kann innerhalb derselben Transaktion sowohl Initiator als auch Beantworter sein.

English Version

**Industrial communication networks - Fieldbus specifications -
Part 4-1: Data-link layer protocol specification - Type 1 elements
(IEC 61158-4-1:2014)**

Réseaux de communication industriels - Spécifications des
bus de terrain - Partie 4-1: Spécification du protocole de la
couche liaison de données - Éléments de type 1
(CEI 61158-4-1:2014)

Industrielle Kommunikationsnetze - Feldbusse - Teil 4-1:
Protokollspezifikation des Data Link Layer
(Sicherheitsschicht) - Typ 1-Elemente
(IEC 61158-4-1:2014)

This European Standard was approved by CENELEC on 2014-09-19. CENELEC members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration.

Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the CEN-CENELEC Management Centre or to any CENELEC member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CENELEC member into its own language and notified to the CEN-CENELEC Management Centre has the same status as the official versions.

CENELEC members are the national electrotechnical committees of Austria, Belgium, Bulgaria, Croatia, Cyprus, the Czech Republic, Denmark, Estonia, Finland, Former Yugoslav Republic of Macedonia, France, Germany, Greece, Hungary, Iceland, Ireland, Italy, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Malta, the Netherlands, Norway, Poland, Portugal, Romania, Slovakia, Slovenia, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey and the United Kingdom.



European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique
Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

CEN-CENELEC Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Brussels

Foreword

The text of document 65C/762/FDIS, future edition 2 of IEC 61158-4-1, prepared by IEC/TC 65C "Industrial networks" was submitted to the IEC-CENELEC parallel vote and approved by CENELEC as EN 61158-4-1:2014.

The following dates are fixed:

- latest date by which the document has to be implemented at national level by publication of an identical national standard or by endorsement (dop) 2015-06-19
- latest date by which the national standards conflicting with the document have to be withdrawn (dow) 2017-09-19

This document supersedes EN 61158-4-1:2008.

Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this document may be the subject of patent rights. CENELEC [and/or CEN] shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

Endorsement notice

The text of the International Standard IEC 61158-4-1:2014 was approved by CENELEC as a European Standard without any modification.

In the official version, for Bibliography, the following notes have to be added for the standards indicated:

IEC 61158-5-5:2014	NOTE	Harmonised as EN 61158-5-5:2014
IEC 61158-6-5:2014	NOTE	Harmonised as EN 61158-6-5:2014
IEC 61784-1	NOTE	Harmonised as EN 61784-1
IEC 61784-2	NOTE	Harmonised as EN 61784-2

CONTENTS

0	INTRODUCTION	10
0.1	General	10
0.2	Nomenclature for references within this standard	10
1	Scope	11
1.1	General	11
1.2	Specifications	11
1.3	Procedures	11
1.4	Applicability	12
1.5	Conformance	12
2	Normative references	12
3	Terms, definitions, symbols and abbreviations	13
3.1	Reference model terms and definitions	13
3.2	Service convention terms and definitions	15
3.3	Terms and definitions	16
3.4	Symbols and abbreviations	24
4	Overview of the DL-protocol	28
4.1	Three-level model of the DLL	28
4.2	Service provided by the DLL	30
4.3	Structure and definition of DL-addresses	37
4.4	Service assumed from the PhL	49
4.5	Functions of the DLL	52
4.6	Functional classes	54
4.7	Local parameters, variables, counters, timers and queues	55
5	General structure and encoding of PhIDUs and DLPDUs, and related elements of procedure	69
5.1	PhIDU structure and encoding	69
5.2	Common DLPDU structure, encoding and elements of procedure	70
6	DLPDU-specific structure, encoding and elements of procedure	79
6.1	Establish connection (EC) DLPDU	82
6.2	Disconnect connection (DC) DLPDU	84
6.3	Reset connection (RC) DLPDU	86
6.4	Compel acknowledgement (CA) DLPDU	88
6.5	Compel data (CD) DLPDU	95
6.6	Exchange data (ED) DLPDU	102
6.7	Data (DT) DLPDU	109
6.8	Status response (SR) DLPDU	117
6.9	Compel time (CT) DLPDU	120
6.10	Time distribution (TD) DLPDU	121
6.11	Round-trip-delay query (RQ) DLPDU	123
6.12	Round-trip-delay reply (RR) DLPDU	125
6.13	Probe node DL-address (PN) DLPDU	127
6.14	Probe response (PR) DLPDU	130
6.15	Pass token (PT) DLPDU	131
6.16	Execute sequence (ES) DLPDU	140
6.17	Return token (RT) DLPDU	146
6.18	Request interval (RI) DLPDU	147

6.19	Claim LAS (CL) DLPDU	148
6.20	Transfer LAS (TL) DLPDU	150
6.21	Wakeup (WK) DLPDU.....	153
6.22	Idle (IDLE) DLPDU	155
6.23	Spare DLPDUs	156
6.24	Reserved (not to be used) DLPDUs	158
7	DLPDU-parameter structure and encoding	159
7.1	Structure and encoding of EC-PARAMETERS	159
7.2	Structure and encoding of DC-PARAMETERS.....	163
7.3	Structure and encoding of RC-PARAMETERS.....	164
7.4	Structure and encoding of SD-Parameters	166
7.5	Structure and encoding of SR-parameters.....	172
7.6	Structure and encoding of TD-parameters	173
7.7	Structure and encoding of RQ-parameters	176
7.8	Structure and encoding of RR-parameters.....	176
7.9	Structure and encoding of PN-parameters.....	177
7.10	Structure and encoding of DD-parameters.....	179
8	DL-service elements of procedure.....	179
8.1	Operation of the DL(SAP)-address, buffer and queue management services	179
8.2	Operation of the connection-mode services.....	183
8.3	Operation of the connectionless-mode services.....	223
8.4	Operation of the scheduling guidance services.....	234
9	DL-support subprotocol	242
9.1	General.....	242
9.2	Overview of LAS operation	243
9.3	DL-support subprotocol definition.....	244
9.4	Elements of Procedures for receiving SPDUs	275
10	Other DLE elements of procedure	277
10.1	DLE initialization	277
10.2	LAS behavior and operation.....	281
10.3	DL-support operation	288
10.4	DL-bridge elements of procedure and bridge sub-protocol	293
10.5	DL-management-information.....	323
10.6	Implementation profiles	327
11	PICS proforma	332
11.1	Introduction	332
11.2	General.....	332
11.3	Normative references	333
11.4	Definitions.....	333
11.5	Abbreviations	333
11.6	Conformance.....	333
11.7	Instructions	333
11.8	Identification	334
11.9	Implementation profile	335
11.10	Major low-level capabilities	339
11.11	Major high-level capabilities.....	353
	Annex A (informative) Exemplary FCS implementation	362

Annex B (informative) Type 1: Formal protocol finite state machines	364
B.1 Basic reception and transmission FSMs	364
B.2 FSMs for DLCs	376
B.3 FSMs for scheduling	382
B.4 FSMs for bridges	382
Annex C (informative) Type 1: DLPDU and DL-addressing short-form summaries.....	383
C.1 Fields used in short-form summaries.....	383
C.2 DLPDU short-form summary grouped by function	384
C.3 DLPDU short-form summary in alphabetic order of DLPDU names.....	386
C.4 DLPDU short-form summary in alphabetic order of DLPDU acronyms	387
C.5 DLPDU FC code-point assignment matrix – overview and detail.....	388
C.6 SD-parameters (status and data-description parameters) of CA, CD, ED and DT DLPDUs	390
C.7 EC parameters of EC DLPDUs.....	394
C.8 Parameters of DC and RC DLPDUs	395
C.9 Parameters of TD, RQ and RR DLPDUs.....	396
C.10 Parameters of PN, PT, ES and RI DLPDUs	399
C.11 Addressing summary extracted from figures and tables of 4.3.....	400
Bibliography	405
Annex ZA (normative) Normative references to international publications with their corresponding European publications.....	407
Figure 1 – Relationships of DLSAPs, DLSAP-addresses, DLCEPs, DLCEP-addresses, DLSEP-addresses and group DL-addresses	18
Figure 2 – Basic structure of a DL-address	37
Figure 3 – Basic structure of a sublink selector.....	38
Figure 4 – DL-address alternative structures	38
Figure 5 – Basic structure of MAC-addresses	49
Figure 6 – Representation of a DL-address as a MAC-address	49
Figure 7 – Linear relationships of sending and receiving DLCEP sequence-number variables.....	61
Figure 8 – DL-address alternative structures	72
Figure 9 – SHORT DL-address field – alternative implicit structures	72
Figure 10 – NODE DL-address field – implicit structure	73
Figure 11 – State transition diagram for a DLCEP.....	184
Figure 12 – Projection of the sending and receiving DLCEP sequence-number variables of Figure 7 onto the cyclic sequence-number parameters of CA, CD, DT, ED and RC DLPDUs, with consequent determination of required actions.....	200
Figure 13 – State transitions of a DLE	278
Figure 14 – Bridged network topology	294
Figure 15 – Spanning tree representation	294
Figure 16 – DLSDU transit delay, DLPDU lifetime and bridge forwarding delay.....	299
Figure 17 – Forwarding and delivering a received DLPDU.....	303
Figure 18 – Forwarding a locally-originated DLPDU	303
Figure 19 – Republishing a DLSDU received from another link.....	305
Figure 20 – Bridge architecture	306
Figure 21 – Replacement for [IL] Fig 3-2 Bridge ports	315

Figure 22 – Replacement for [IL] Fig 3-3 Bridge architecture	315
Figure A.1 – Example of FCS generation.....	362
Figure A.2 – Example of FCS syndrome checking on reception.....	362
Figure C.1 – Gross structure of FC code points	388
Figure C.2 [Figure 2] – Basic structure of a DL-address.....	401
Figure C.3 [Figure 3] – Basic structure of a sublink selector.....	401
Figure C.4 [Figure 4] – DL-address alternative structures	401
Figure C.5 [Figure 5] – Basic structure of MAC-addresses	401
Figure C.6 [Figure 6] – Representation of a DL-address as a MAC-address	401
Table 1 – Link node selector addressing.....	40
Table 2 – Link-local node selector addressing	42
Table 3 – Link-local node designators	44
Table 4 – Node-local selector addressing	46
Table 5 – Predefined flat non-local DL-addresses.....	47
Table 6 – Predefined flat link-local DL-addresses	48
Table 7 – Predefined node-local DL-addresses	48
Table 8 – Correlation of DLPDUs with functional classes	54
Table 9 – FCS length, polynomial and expected residual	74
Table 10 – Summary structure of DLPDUs	81
Table 11 – DLPDU restrictions based on dominant token.....	82
Table 12 – Structure of EC DLPDUs.....	82
Table 13 – Structure of DC DLPDUs	85
Table 14 – Structure of RC DLPDUs	87
Table 15 – Structure of CA DLPDUs.....	89
Table 16 – Structure of CD DLPDUs	95
Table 17 – Structure of ED DLPDUs.....	102
Table 18 – Structure of DT DLPDUs.....	110
Table 19 – Structure of SR DLPDUs.....	117
Table 20 – Structure of CT DLPDUs.....	120
Table 21 – Structure of TD DLPDUs.....	121
Table 22 – Structure of RQ DLPDUs	123
Table 23 – Structure of RR DLPDUs	126
Table 24 – Structure of PN DLPDUs.....	127
Table 25 – Structure of PR DLPDUs.....	130
Table 26 – Structure of PT DLPDUs	132
Table 27 – Structure of ES DLPDUs.....	140
Table 28 – Structure of RT DLPDUs.....	146
Table 29 – Structure of RI DLPDUs.....	147
Table 30 – Structure of CL DLPDUs	148
Table 31 – Structure of TL DLPDUs	150
Table 32 – Structure of WK DLPDUs.....	154

Table 33 – Structure of IDLE DLPDUs	155
Table 34 – Assumed structure of undefined (spare) DLPDUs	157
Table 35 – Assumed structure of RESERVED (NOT TO BE USED) DLPDUs.....	158
Table 36 – Structure of an EC DLPDU's parameters	159
Table 37 – EC-parameters: 1st octet	159
Table 38 – EC-parameters: 2nd octet	160
Table 39 – EC-parameters: 3rd and 4th octets.....	160
Table 40 – EC-parameters: 5th and 6th octets	161
Table 41 – EC-parameters: 7th octet	161
Table 42 – EC-parameters: 8th octet	161
Table 43 – EC-parameters: 9th and 10th octets	162
Table 44 – EC-parameters: 11th octet	162
Table 45 – EC-parameters: 12th octet	163
Table 46 – EC-parameters: 13th and 14th octets	163
Table 47 – DC-parameters and RC-parameters: 1st octet	163
Table 48 – DC-parameters and RC-parameters: 2nd octet	164
Table 49 – Disconnect reasons	164
Table 50 – Reset reasons	165
Table 51 – RC-parameters: 3rd octet.....	165
Table 52 – RC-parameters: 4th octet.....	166
Table 53 – Structure of connectionless-mode CA, CD, DT and ED DLPDUs	167
Table 54 – Short format SD-parameters for connectionless transaction initiators	167
Table 55 – Short format SD-parameters for connectionless responders	168
Table 56 – Reply status for unitdata-acknowledgment and exchange-unitdata-reply DT DLPDUs	168
Table 57 – Structure of connection-oriented CA, CD, DT and ED DLPDUs	170
Table 58 – Short format SD-parameters for DLCEP state.....	171
Table 59 – Long format SD-parameters for DLCEP state: 1st octet	171
Table 60 – Long format SD-parameters for DLCEP state: 2nd octet	171
Table 61 – Long format SD-parameters for DLCEP state: 3rd octet	172
Table 62 – Reply status for SR DLPDUs.....	173
Table 63 – Short format SR-parameters	173
Table 64 – Structure of TD-parameters.....	173
Table 65 – Structure and encoding of the DL-time-quality measures	174
Table 66 – Approximate numeric significance of the bits of seven-octet DL-time.....	175
Table 67 – Approximate numeric significance of the bits of three-octet short time.....	175
Table 68 – Structure of RQ-parameters	176
Table 69 – Structure of RR-parameters	176
Table 70 – Structure and encoding of the RR-time-quality measures.....	177
Table 71 – Structure of PN-parameters	177
Table 72 – PN-parameters: 1st octet	178
Table 73 – PN-parameters: 2nd octet	178
Table 74 – PN-parameters: 3rd and 4th octets.....	178

Table 75 – PN-parameters: 5th octet.....	178
Table 76 – PN-parameters: 6th octet.....	178
Table 77 – Structure of DD-parameters	179
Table 78 – Components of returned DL-time	234
Table 79 – Time synchronization computation	236
Table 80 – SPDU 1st octet: SPDU class, and protocol version or subclass.....	244
Table 81 – Probe-response SPDU.....	245
Table 82 – DL-protocol versions supported	245
Table 83 – PR-SPDU: 3rd and 4th octets	245
Table 84 – Node-activation SPDU	247
Table 85 – Node-activation SPDU: 4th octet.....	247
Table 86 – LAS-data-base-status SPDU.....	248
Table 87 – LAS-data-base-status SPDU: 2nd octet.....	248
Table 88 – Live-list- change SPDU.....	248
Table 89 – DLE-status structure.....	249
Table 90 – Live-list-detail SPDU	250
Table 91 – DL-conformance-reply SPDU	251
Table 92 – DL-protocol versions supported	251
Table 93 – DL-conformance encoding (portion 1)	251
Table 94 – DL-conformance encoding (portion 2)	252
Table 95 – DL-conformance encoding (portion 3)	252
Table 96 – DL-conformance encoding (portion 4)	252
Table 97 – Link-basic-parameters-reply SPDU	253
Table 98 – Link-master-parameters-reply SPDU	254
Table 99 – Token-hold-time-request SPDU	255
Table 100 – Token-hold-time-array SPDU	255
Table 101 – Sequence element header encoding	257
Table 102 – SHORT DL-address and duration sequence element	257
Table 103 – LONG DL-address and duration sequence element	258
Table 104 – Wakeup request sequence element.....	258
Table 105 – Schedule-request SPDU	259
Table 106 – Sequence type, schedule type and priority encoding.....	260
Table 107 – Scheduling-completed SPDU	261
Table 108 – Status and reason codes	261
Table 109 – Cancel-schedule SPDU	262
Table 110 – Schedule-cancelled SPDU	262
Table 111 – Link-schedule	263
Table 112 – Schedule-summary SPDU.....	263
Table 113 – Subschedule-SPDU reference.....	264
Table 114 – Subschedule SPDU	265
Table 115 – Sequence Sub-SPDU	266
Table 116 – Element-description.....	266

Table 117 – Schedule-summary-request SPDU	267
Table 118 – Subschedule-request SPDU	268
Table 119 – Parameter-list element-header encoding	268
Table 120 – Begin/end-of-list element	269
Table 121 – Continuation-of-list element	269
Table 122 – SHORT DL-address list element	269
Table 123 – LONG DL-address element	270
Table 124 – DLSAP-address-characteristics element	270
Table 125 – DLCEP-characteristics element	271
Table 126 – Address-query SPDU	271
Table 127 – Address-report SPDU	272
Table 128 – Address-list-query SPDU	273
Table 129 – DL-address selection criteria	274
Table 130 – Address-list-reply SPDU	275
Table 131 – Topology change notification BPDU format	322
Table 132 – Configuration BPDU format	323
Table 133 – Maximum permitted phase-tracking error in a DLE's sense of DL-time at the minimum requireable Time Distribution period	331
Table C.1 – Generic assignment of FC code points	389
Table C.2 – Individual assignment of FC code points	390
Table C.3 – Reply status for SR DLPDUs	393
Table C.4 – Reply status for unitdata-acknowledgment and exchange-unitdata-reply DT DLPDUs	393
Table C.5 – Approximate numeric significance of the bits of seven-octet DL-time	398
Table C.6 – Approximate numeric significance of the bits of N(NT), A...A, and three-octet C(NT)	398
Table C.7 [Table 1] – Link node selector addressing	402
Table C.8 [Table 2] – Link-local node selector addressing	402
Table C.9 [Table 5] – Predefined flat non-local DL-addresses	403
Table C.10 [Table 6] – Predefined flat link-local DL-addresses	403
Table C.11 [Table 3] – Link-local node designators	404
Table C.12 [Table 4] – Node-local selector addressing	404
Table C.13 [Table 7] – Predefined node-local DL-addresses	404

0 INTRODUCTION

0.1 General

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

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

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

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

0.2 Nomenclature for references within this standard

Clauses, including annexes, can be referenced in their entirety, including any subordinate subclauses, as “Clause N” or “Annex N”, where N is the number of the clause or letter of the annex.

Subclauses can be referenced in their entirety, including any subordinate subclauses, as “N.M” or “N.M.P” and so forth, depending on the level of the subclause, where N is the number of the subclause or letter of the annex, and M, P and so forth represent the successive levels of subclause up to and including the subclause of interest.

When a clause or subclause contains one or more subordinate subclauses, the text between the clause or subclause heading and its first subordinate subclause can be referenced in its entirety as “N.0” or “N.M.0” or “N.M.P.0” and so forth, where N, M and P are as above. Stated differently, a reference ending with “.0” designates the text and figures between a clause or subclause header and its first subordinate subclause.

NOTE This nomenclature provides a means of referencing text in hanging clauses. Such clauses existed in earlier editions of IEC 61784-3, Type 1 clauses. Those hanging clauses are maintained in this edition to minimize the disruption to existing national and multi-national standards and consortia documents which reference that prior subclause numbering.

INDUSTRIAL COMMUNICATION NETWORKS – FIELDBUS SPECIFICATIONS –

Part 4-1: Data-link layer protocol specification – Type 1 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 the data-link service by making use of the services available from the physical layer. The relationship between the International Standards for fieldbus data-link service, fieldbus data-link protocol, fieldbus physical service and systems management is described in IEC 61158-1.

This protocol provides communication opportunities to all participating data-link entities

- a) in a cyclic asynchronous manner, sequentially to each of those data-link entities, and
- b) in a synchronous manner, either cyclically or acyclically, according to a pre-established schedule.

The specified protocol also provides means of changing the set of participating data-link entities and of modifying the set of scheduled communications opportunities. When the set of scheduled communications opportunities is null, the distribution of communication opportunities to the participating data-link entities is completely asynchronous.

Thus this protocol can be characterized as one which provides access asynchronously but with a synchronous overlay.

1.2 Specifications

This standard specifies

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

NOTE In IEC 61158-4-1, gray boxes have been used in the tables to indicate that the specified field is not a conceptual part of the specific DLPDU.

1.3 Procedures

The procedures are defined in terms of

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

- c) the interactions between a DLS-provider and a Ph-service provider in the same system through the exchange of Ph-service primitives.

1.4 Applicability

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

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

1.5 Conformance

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

2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 61158-1:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 1: Overview and guidance for the IEC 61158 and IEC 61784 series*

IEC 61158-2:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 2: Physical layer specification and service definition*

IEC 61158-3-1:2014, *Industrial communication networks – Fieldbus specifications – Part 3-1: Data link service definition – Type 1 elements*

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 8886, *Information technology – Open Systems Interconnection – Data link service definition*

ISO/IEC 10038:1993, *Information technology – Telecommunications and information exchange between systems – Local area networks – Media access control (MAC) bridges*

NOTE This edition has been withdrawn and replaced by ISO/IEC 15802-3:1998. However, the detailed references in this standard are to the 1993 edition.

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

3 Terms, definitions, symbols and abbreviations

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

3.1 Reference model terms and definitions

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

3.1.1	called-DL-address	[7498-3]
3.1.2	calling-DL-address	[7498-3]
3.1.3	centralized multi-end-point-connection	[7498-1]
3.1.4	correspondent (N)-entities correspondent DL-entities (N=2) correspondent Ph-entities (N=1)	[7498-1]
3.1.5	demultiplexing	[7498-1]
3.1.6	DL-address	[7498-3]
3.1.7	DL-address-mapping	[7498-1]
3.1.8	DL-connection	[7498-1]
3.1.9	DL-connection-end-point	[7498-1]
3.1.10	DL-connection-end-point-identifier	[7498-1]
3.1.11	DL-connection-mode transmission	[7498-1]
3.1.12	DL-connectionless-mode transmission	[7498-1]
3.1.13	DL-data-sink	[7498-1]
3.1.14	DL-data-source	[7498-1]
3.1.15	DL-duplex-transmission	[7498-1]
3.1.16	DL-facility	[7498-1]
3.1.17	DL-local-view	[7498-3]
3.1.18	DL-name	[7498-3]
3.1.19	DL-protocol	[7498-1]
3.1.20	DL-protocol-connection-identifier	[7498-1]
3.1.21	DL-protocol-control-information	[7498-1]
3.1.22	DL-protocol-data-unit	[7498-1]
3.1.23	DL-protocol-version-identifier	[7498-1]
3.1.24	DL-relay	[7498-1]
3.1.25	DL-service-connection-identifier	[7498-1]

3.1.26	DL-service-data-unit	[7498-1]
3.1.27	DL-simplex-transmission	[7498-1]
3.1.28	DL-subsystem	[7498-1]
3.1.29	DL-user-data	[7498-1]
3.1.30	flow control	[7498-1]
3.1.31	layer-management	[7498-1]
3.1.32	multiplexing	[7498-3]
3.1.33	naming-(addressing)-authority	[7498-3]
3.1.34	naming-(addressing)-domain	[7498-3]
3.1.35	naming-(addressing)-subdomain	[7498-3]
3.1.36	(N)-entity DL-entity Ph-entity	[7498-1]
3.1.37	(N)-interface-data-unit DL-service-data-unit (N=2) Ph-interface-data-unit (N=1)	[7498-1]
3.1.38	(N)-layer DL-layer (N=2) Ph-layer (N=1)	[7498-1]
3.1.39	(N)-service DL-service (N=2) Ph-service (N=1)	[7498-1]
3.1.40	(N)-service-access-point DL-service-access-point (N=2) Ph-service-access-point (N=1)	[7498-1]
3.1.41	(N)-service-access-point-address DL-service-access-point-address (N=2) Ph-service-access-point-address (N=1)	[7498-1]
3.1.42	peer-entities	[7498-1]
3.1.43	Ph-interface-control-information	[7498-1]
3.1.44	Ph-interface-data	[7498-1]
3.1.45	primitive name	[7498-3]
3.1.46	reassembling	[7498-1]
3.1.47	recombining	[7498-1]
3.1.48	reset	[7498-1]
3.1.49	responding-DL-address	[7498-3]
3.1.50	routing	[7498-1]
3.1.51	segmenting	[7498-1]

3.1.52	sequencing	[7498-1]
3.1.53	splitting	[7498-1]
3.1.54	synonymous name	[7498-3]
3.1.55	systems-management	[7498-1]

3.2 Service convention terms and definitions

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

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

3.3 Terms and definitions

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

3.3.1

bridge

DL-router

DL-relay entity which performs selective store-and-forward and routing functions

- a) to connect two or more separate DL-subnetworks (links) to form a unified DL-subnetwork (the extended link); and
- b) to provide a means by which two end systems can communicate, when at least one of the end systems is periodically inattentive to the interconnecting DL-subnetwork,

and also provides time synchronization among the links to which it is forwarding

3.3.2

delocalization

DLE-internal process of converting synonymous DL-addresses to a canonical form for transmission or during reception (see 5.2.2)

3.3.3

DL-address user-request queue

multi-priority FIFO-within-priority queue, associated with a specific DL-address of a DLE, of in-process DLS-user-requests partitioned into three disjoint sections:

- a) those requests which have already been transmitted but remain available for retransmission, confirmation, or both – that is, which have not reached their maximum confirm delay and which
 - are still within the DLCEP's transmit window, or
 - are awaiting an acknowledging response DLPDU at the DLSAP;
- b) those requests which are ready for transmission but have not been completely transmitted;
- c) those requests which are either awaiting a DL-COMPEL-SERVICE request to release them for transmission, or are outside the DLCEP's transmit window, or both

Note 1 to entry: Section 1 of the queue contains DLS-user requests which may have been successfully communicated to another DLS-user. Retransmission of all or part of the DLS-user data associated with these requests may be required, and can be attempted before the requests are purged from this partition (by reset or peer acknowledgment on a peer DLC; by reset or user-request timeout or the need for sequence-number reuse on a multi-peer DLC).

Note 2 to entry: Section 2 of the queue contains DLS-user requests which are ready for transmission, but could not have been completely communicated to another DLS-user.

Note 3 to entry: Section 3 of the queue can be non-empty only when the DL-scheduling-policy for the DL-address is EXPLICIT, or when the number of queued DLSDUs exceeds the DLCEP's transmit window, or both.

Note 4 to entry: Members of a given priority are advanced from one section to another until they are removed from the queue. (In practice, the section partitions may be moved, rather than the members.) The FIFO ordering within each priority is strictly maintained.

Note 5 to entry: One such queue is associated with each DLSAP-address, each peer or publisher DLCEP-address, and each subscriber's DLCEP (which can be considered to be associated with an implicit DLCEP-address) of the DLE, and with the DLE's node DL-address (see 3.3.1 and 5.2.2.3).

3.3.4

DL-segment, link

local link

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

3.3.5

DLE unscheduled-service queue

multi-priority FIFO-within-priority queue of

- a) references to DL-address user-request queues (see 3.3.3);
- b) references to locally-scheduled active sequences (see Clause 11) resulting from DL-SCHEDULE-SEQUENCE requests (see 8.4.3.1);
- c) DT DLPDUs containing DLS-user data which are delayed responses to received CD and ED DLPDUs, queued in support of the DL-UNITDATA-EXCHANGE service

Note 1 to entry: See 4.7.1.17 a) for a more elaborate definition.

Note 2 to entry: Since this is a multi-priority FIFO-within-priority queue, members are removed in priority order, and within a single priority, in FIFO order.

3.3.6

DLSAP

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

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

3.3.7

DL(SAP)-address

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

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

3.3.8

(individual) DLSAP-address

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

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

3.3.9

DLCEP-address

DL-address which designates either

- a) one peer DL-connection-end-point; or
- b) one multi-peer publisher DL-connection-end-point, and implicitly the corresponding set of subscriber DL-connection-end-points

where each DL-connection-end-point exists within a distinct DLSAP and is associated with a corresponding distinct DLSAP-address

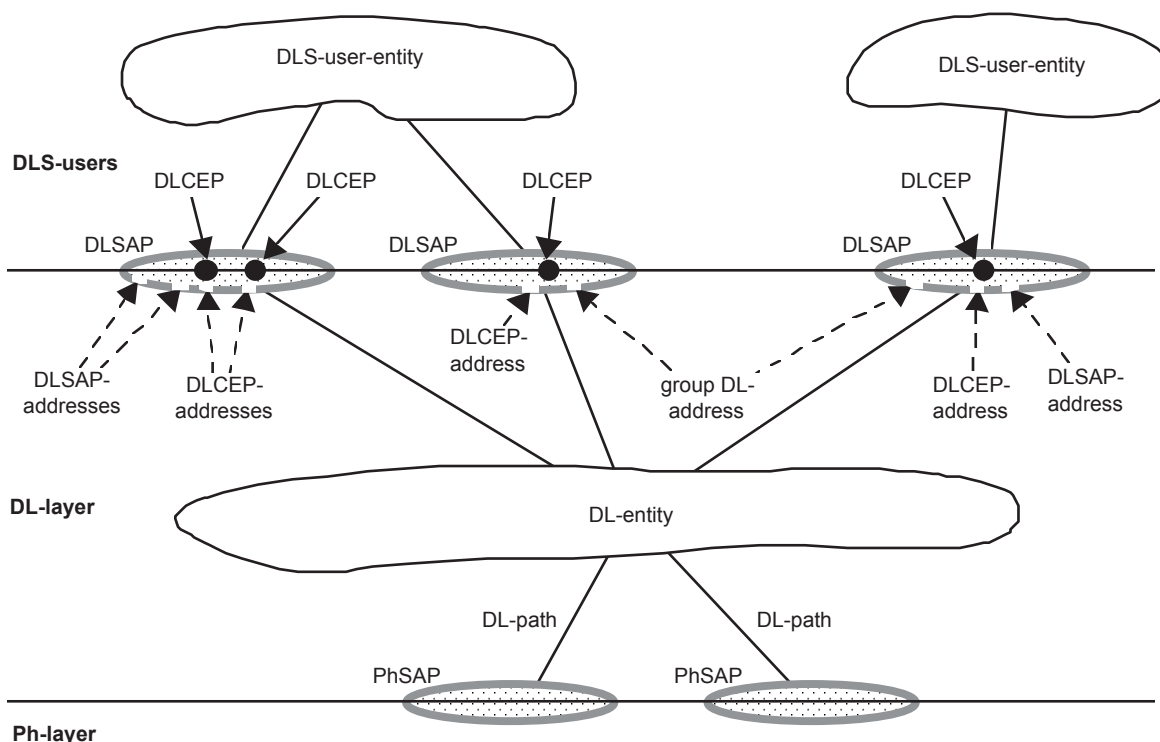
Note 1 to entry: This is an extension of the use of DL-addresses beyond that specified in ISO/IEC 7498-3. (See Figure 1.)

3.3.10

DLSEP-address

DL-address which designates a DL-scheduling-end-point within a DLE

Note 1 to entry: This is an extension of the use of DL-addresses beyond that specified in ISO/IEC 7498-3.



NOTE 1 DLSAPs and PhSAPs are depicted as ovals spanning the boundary between two adjacent layers.

NOTE 2 DL-addresses are depicted as designating small gaps (points of access) in the DLL portion of a DLSAP. A DLCEP-address also designates a specific point of information flow (its DLCEP) within the DLSAP.

NOTE 3 A single DL-entity may have multiple DLSAP-addresses and group DL-addresses associated with a single DLSAP.

NOTE 4 This figure also shows the relationships of DL-paths and PhSAPs.

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

3.3.11 dominant token

unique right to initiate the next transmission on the local link (see token)

Note 1 to entry: A reply token is the dominant token on the local link during the period after its creation and before its expiration or return, and the reply token holder (the responder) holds the unique right to transmit.

Note 2 to entry: Otherwise, when no reply token exists, a delegated token is the dominant token on the local link during the period after its creation and before its expiration or return, and its token holder (the initiator) holds the unique right to transmit.

Note 3 to entry: At all other times the scheduler token is the dominant token on the local link, and the LAS DLE (which functions as the initiator) holds the unique right to transmit

3.3.12 extended link

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

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

3.3.13 fractional-duty-cycle FDC

DLE which is not continuously attentive to received signaling, usually found in an end-system with an austere electrical power budget

Note 1 to entry: Such a DLE generally requires the assistance of a bridge (DL-relay) DLE to communicate with other DLEs on the same link, to provide for cases where the two DLEs are not concurrently active.

Three classes of FDC DLE have been identified:

class A – FDC DLEs which are totally inattentive to their local links during their “sleep” periods, and control the timing of their temporary “re-awakening” to link communications solely on the basis of internal DL-time or some other measurement;

class B – FDC DLEs which monitor the link during their periods of “sleep” for a particular wakeup DLPDU (see 6.21) addressed specifically to the DLE’s node DL-address, “re-awakening” upon receipt of such a DLPDU;

class C – FDC DLEs which monitor the link during their periods of “sleep” for any DLPDUs addressed specifically to the DLE’s node DL-address, “re-awakening” upon receipt of such a DLPDU.

Note 2 to entry: DLEs that “sleep” between receipt of DLPDUs, but that respond to all DLPDUs addressed to any of their DL-addresses, are not FDC DLEs.

3.3.14 frame denigrated synonym for DLPDU

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

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

3.3.16 immediate reply DLPDU sent by the responder in a transaction as a solicited reply to the immediately prior DLPDU

Note 1 to entry: The original DLPDU sent by the initiator of the transaction specifies the constraints on the replying DLPDU.

3.3.17 immediate-response-recovery-delay measure, similar to maximum-response-delay, of the worst-case period of peer PhE-inactivity which can be observed

- a) by a DLE holding a delegated token while awaiting an immediate response from another correctly functioning DLE on the local link;
- b) by any other DLE on the local link, after receiving the initiating transaction of a two-DLPDU transaction, before detecting the link activity caused by transmission of that immediate response DLPDU;
- c) by the LAS DLE while waiting for the initial link activity after
 - a reply token (via a PROBE NODE-ADDRESS (PN) DLPDU);
 - a delegated token (via a PASS TOKEN (PT) or EXECUTE SEQUENCE (ES) DLPDU);
 - the scheduler token (via a TRANSFER LAS (TL) DLPDU)to another correctly functioning DLE on the local link

Note 1 to entry: More formally, immediate-response-recovery-delay provides a bound for the worst-case delay between receipt of the Ph-Data confirm primitive for a Ph-Data request primitive whose PhIDU specified end-of-data-and-activity

(see 4.4.3), and subsequent receipt of the next start-of-activity PhIDU (see 4.4.3), that can be observed by the sending DLE on the local link during

- 1) an initiator-responder interaction, in which a transaction-initiating DLE sends a DLPDU requiring an immediate reply to a responding DLE, and that responding DLE replies by sending a second DLPDU;
- 2) a token-passing interaction, in which the LAS DLE sends a delegated token DLPDU to the next intended token-holding DLE, or the scheduler token to a successor (as LAS) DLE, and that addressed DLE responds by sending a second DLPDU.

Note 2 to entry: The value of immediate-response-recovery-delay, in units of one slot-time, is (maximum-response-delay + 1).

3.3.18

initiator

DLE role in which a DLE sends a DLPDU to a peer responder DLE, which immediately sends a reply DLPDU back to the initiator DLE (and potentially to other DLEs) as part of the same transaction

Note 1 to entry: Some prior national standards have referred to this role as a “master” role.

3.3.19

Link Active Scheduler

LAS

special-purpose elective role of a DLE which schedules the local link and serves as the local source of DL-time for the link

Note 1 to entry: The LAS functions exist within each link master (LM) DLE, which contends for and then activates those LAS functions after detecting the absence on the link of a DLE whose LAS functions are active. The DLE serving as LAS, sometimes referred to as the LAS DLE, receives, and responds to, scheduling requests from all DLEs on the link, including itself. It also receives and responds to requests for the current DL-time.

3.3.20

link-id

two-octet primary identifier for the local link, within the extended link, whose values are constrained as specified in 4.3.2.1

3.3.21

Link Master

LM

DLE which can also provide the LAS functions for the link, including initializing and scheduling the link

3.3.20.1

maximum-inactivity-to-claim-LAS-delay

configuration parameter of each local link, its minimum value is the worst-case internal delays of any link master DLE and associated PhEs connected to that link

Note 1 to entry: This delay is computed as the sum of the following two components:

- a) the internal delay between
 - 1) the moment of presentation of the last non-silent PhPDU of a transmission to the DLE's associated PhE at that PhE's point of connection to the local link;
 - 2) the resulting start of the DLE's internal timer which monitors link inactivity;
- b) the internal delay between
 - 1) the expiration of that timer;
 - 2) the resulting moment of presentation of the first non-silent PhPDU of a transmission of the required Claim Las (CL) DLPDU by the DLE's associated PhE at that PhE's point of connection to the local link

The unit of measurement of this aggregate delay is one eighth of the transmission period of one octet (that is, one nominal “bit-period”). The range of values of this parameter is 1 to 4 095 nominal “bit-periods”.

3.3.22

maximum-response-delay

measure, in units of one slot-time, greater than the worst-case period of local PhE-inactivity which can be observed by a DLE

- a) which has just received a delegated token, before initiating transmission of a DLPDU;
- b) which has just received a reply token, before initiating transmission of the required immediate reply DLPDU.

Note 1 to entry: A DLE's minimum required value for maximum-response-delay is determined by measuring at the responding DLE the delay between concluding the reception of a requesting DLPDU and initiating the transmission of the immediately-subsequent responding DLPDU.

Note 2 to entry: Maximum-response-delay is a configuration parameter of each local link, and has a value of 1 to 11. When multiplied by the duration of one slot-time, the product must be at least as large as the largest of the maximum-response-delay values required by each of the current or anticipated DLEs on the local link.

3.3.23

multi-peer DLC

centralized multi-end-point DL-connection offering DL-duplex-transmission between a single distinguished DLS-user, known as the publisher or publishing DLS-user, and a set of peer but undistinguished DLS-users, known collectively as the subscribers or subscribing DLS-users, where the publishing DLS-user can send to the subscribing DLS-users as a group (but not individually), and the subscribing DLS-users can send to the publishing DLS-user (but not to each other)

Note 1 to entry: A multi-peer DLC always provides asymmetrical service. It may also be negotiated to provide only DL-simplex service, either from the publisher to the subscribers, or from the subscribers to the publisher. In this last case, the characterizations as publisher and subscriber are misnomers.

Note 2 to entry: The publishing DLS-user may need to employ control of its publishing rate, because a subscribing DLS-user cannot exert either flow or rate control on its publishing peer entity. Similar considerations apply to subscribing DLS-users with respect to their sending DLSUs to the publishing DLS-user.

3.3.24

node

single DL-entity as it appears on one local link

3.3.25

NODE DL-address

DL-address which designates the (single) DL-entity associated with a single node (see 3.3.24) on a specific local link

3.3.26

node-id

one-octet primary identifier for the DLE on the local link, whose values are constrained as specified in 4.3.2.2

Note 1 to entry: A value of zero is also permitted, which inhibits all transmission by this DLE.

3.3.27

node-timer

frequency-adjustable counter, maintained by the local DLE, which is used to provide the DLS-user with a local multi-partite sense of DL-time (see 4.5.4 and 8.4.1.1) such that one component of that DL-time forms a monotonically-increasing sense of local time available for use within the attached end system

Note 1 to entry: Conceptually, the node-timer counts in nominal units of 2-13 ms and has a period of over 100 years. Therefore, any actual counter shall be a binary counter whose least significant bit has a nominal weight of $2 \pm N$ ms, with a rollover period greater than the expected maximum interval between resets of the DLE

When no information about that maximum interval is available, an interval of five years may be assumed.

Note 2 to entry: The node-timer is also used within the DL-protocol to provide a shared sense of DL-time which is used both to synchronize DLE scheduling actions, where appropriate, and to synchronize the rate of drift of all of the node-timers on the extended link. This latter is achieved by adjusting the frequency of each DLE's node-timer such that the DLE's monotonic sense of local time maintains an approximately constant phase relationship with that of the DLE serving as the time-reference DLE.

This adjustment is the reason why the weight of the node-timer unit of counting is only nominally $2^{\pm N}$ ms.

3.3.28

peer DLC

point-to-point DL-connection offering DL-duplex-transmission between two peer DLS-users where each can be a sending DLS-user, and each as a receiving DLS-user may be able to exert flow control on its sending peer

Note 1 to entry: A peer DLC is negotiated to provide either symmetrical service or asymmetrical service. A peer DLC may also be negotiated to provide only DL-simplex service.

3.3.29

receiving DLS-user

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

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

3.3.30

responder

DLE role in which a DLE sends a DLPDU as an immediate reply to a DLPDU received from a peer initiator DLE, all as part of a single transaction

Note 1 to entry: Some prior national standards have referred to this role as a "slave" role.

3.3.31

sending DLS-user

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

3.3.32

slot-time

configuration parameter of each local link, measured as an integral multiple of the transmission period of one complete octet, with an integral value of between 1 and 4 095 octets:

Note 1 to entry: Slot-time is a fundamental link parameter with multiple uses:

- Slot-time is used by each link master DLE connected to the link in determining the amount of time for which that DLE monitors the link for inactivity before sending a CLAIM LAS (CL) DLPDU. Slot-time is defined such that the nominal link-inactivity monitoring periods of two DLEs which have consecutive NODE DL-addresses and which do not hold any token differ by exactly one slot-time.
- Slot-time is used by each DLE on the local link to compute the durations of all other periods of link inactivity which the DLE must monitor. All such durations are specified as standardized or configured multiples of one slot-time.
- Slot-time is a configured minimum upper bound on the maximum two-way asynchronism in immediate communications among interacting DLEs on the local link when trying to (re)initialize the link, maximized across all pairs of DLEs on that local link. Given this viewpoint, slot-time is an aggregate measure of the worst-case implementation delays within the intervening media, the PhL, and the PhL/DLL interfaces, all of which limit the rapidity of two-way DLE interaction on the local link.

Slot-time is computed as the sum of

- a) the worst-case two-way propagation delays through the intervening media and intervening PhEs, such as repeaters, between any two PhEs associated with their respective DLEs on the local link, measured between the point of connection to the local link of each of those PhEs, including worst-case internal logic and analog circuit delays in any intermediate repeaters;
- b) the maximum-inactivity-to-claim-LAS-delay as defined in 3.3.33;
- c) a safety factor, which is used to account for
 - 1) the difference in two relevant internal delays consisting of
 - i) the delay between

- A) the presentation of the first non-silent PhPDU to the DLE's associated PhE at that PhE's point of attachment,
- B) the indication of start of activity from that PhE to that DLE;
- ii) the delay between
 - A) the presentation of the last non-silent PhPDU to the DLE's associated PhE at that PhE's point of attachment,
 - B) the indication of end of activity from that PhE to that DLE;
- 2) the rate differences in the internal timer clocks among the DLEs on the local link;
- 3) the limited resolution of the measurements and potential measurement errors;
- 4) any extra delay needed to make the sum of a), b) and c) round to an integral multiple of the transmission period of one octet.

These delays are defined in a manner that permits their measurement.

Finer resolution than one octet is not possible without knowledge of the specific associated PhL, because Ph-timing comes from the PhL and the formal PhL-DLL interface provides only octet timing (see 4.4).

The definitions of 3.3.32 to 3.3.35 are not recursive, because 3.3.32 is based on a different measurement than 3.3.22 to 3.3.35. The definitions of 3.3.22 to 3.3.35 are in units of one slot-time to reduce the complexities of implementations of this protocol. As a result, a single 8-bit hardware timer, prescaled by the slot-time, enabled on bus inactivity, with usage-specific stopping and retriggering conditions, can provide the required functionality for all of the slot-time-based timers of this protocol.

3.3.33

timeliness

DL-timeliness

attribute of a datum which provides an assessment of the temporal currency of that datum

Note 1 to entry: This attribute is of particular importance in sampled-data systems, which may need to make decisions based on the timeliness, or lack of timeliness, of current data samples.

Note 2 to entry: As a general rule, timeliness is a user attribute which can be affected negatively by the various layers of the data transport system. That is, a datum which was timely when the requesting user presented it to a data communications subsystem for transmission may become untimely due to delays in the communications subsystem.

Note 3 to entry: DL-timeliness is an attribute of a DLS-user datum relating the timing of a DLS-user/DLE interaction which writes or reads that datum to one or more other DLS-user/DLE interactions.

Note 4 to entry: These concepts also support migration from previous national standards.

3.3.34

token

right to transmit on the local link

Note 1 to entry: This right is assumed by a DLE when it activates its LAS functions. This right may be delegated to individual DLEs, subject to specified constraints on its usage. In all cases, this right ultimately reverts to the DLE which has activated its LAS functions (the LAS DLE). Each token is implicitly qualified by the method of its transmission or assumption:

- a) A *scheduler token* is assumed and held by the LAS DLE, and can be sent to another LM DLE on the local link to transfer the activation of LAS functions to that receiving DLE.
- b) A *delegated token* is created by the LAS DLE and sent to a DLE on the local link, and is returned upon completion of its use, or assumed by the LAS DLE at its expiration.
- c) A *reply token* is created by the current delegated token holder (or scheduler token holder if there is no delegated token holder) and sent to a DLE on the local link, requesting an immediate reply; it is returned with that immediate reply, or assumed by the current delegated token holder at the expiration of the reply period

Note 2 to entry: It is possible, though not absolutely required, for a DLE to function simultaneously as an LAS, an initiator, and a responder, delegating a token and receiving that token, requesting an immediate reply and receiving that request, and then replying to itself as requestor and returning the token to itself as LAS. This would require the transmission of at least three DLPDUs – one from each role.

3.3.35

token-recovery-delay

measure, similar to maximum-response-delay, greater than the worst-case period of peer PhE-inactivity which can be observed by the LAS DLE while another correctly-functioning DLE is using a token

Note 1 to entry: More formally, token-recovery-delay provides a bound greater than the worst-case delay between receipt of an end-of-activity or end-of-data-and-activity PhIDU (see 4.4.4) and subsequent receipt of the next start-of-activity PhIDU, that can be observed by any DLE on the local link during normal link operation. This delay can be exceeded only when a DLE fails while holding a delegated or scheduler token.

Note 2 to entry: The value of token-recovery-delay, in units of one slot-time, may be any value between (maximum-response-delay + 3) and 14.

3.3.36

transaction

single DLPDU, or a sequence of two immediately consecutive related DLPDUs, resulting from a single DLS-user request

Note 1 to entry: The DLE sending the first DLPDU of the transaction is known as the initiator; the DLE which sends the second DLPDU of the transaction, if any, is known as the responder.

Note 2 to entry: A DL-entity can be both an initiator and a responder in the same transaction.

3.4 Symbols and abbreviations

3.4.1 Data units

- | | | |
|---------|---------------|--|
| 3.4.1.1 | BPDU | bridge protocol data unit, used in the ISO/IEC 10038 inter-bridge protocol |
| 3.4.1.2 | pDLSDU | partial DL-service data unit – one segment of a multi-segment DLSDU |
| 3.4.1.3 | SPDU | support protocol data unit, used to support the full DL-protocol |

3.4.2 Local variables, timers, counters and queues

- | | | | |
|----------|----------------|---|--------------|
| 3.4.2.1 | V(ST) | slot time | See 4.7.1.1 |
| 3.4.2.2 | V(PhLO) | per DLPDU PhL overhead | See 4.7.1.2 |
| 3.4.2.3 | V(MRD) | maximum response delay | See 4.7.1.3 |
| 3.4.2.4 | V(IRRd) | immediate response recovery delay | See 4.7.1.4 |
| 3.4.2.5 | V(MRC) | maximum retry count | See 4.7.1.5 |
| 3.4.2.6 | V(NRC) | network retry count | See 4.7.1.6 |
| 3.4.2.7 | V(NDL) | network DLPDU lifetime | See 4.7.1.7 |
| 3.4.2.8 | V(TN) | this node | See 4.7.1.8 |
| 3.4.2.9 | V(TL) | this link | See 4.7.1.9 |
| 3.4.2.10 | V(MEP) | DL MAC address embedding prefix | See 4.7.1.10 |
| 3.4.2.11 | C(RD) | remaining duration down-counter | See 4.7.1.11 |
| 3.4.2.12 | V(MID) | minimum inter-DLPDU delay | See 4.7.1.12 |
| 3.4.2.13 | T(IRRd) | immediate response recovery delay monitor | See 4.7.1.13 |

3.4.2.14	V(RA)	reply address	See 4.7.1.14
3.4.2.15	V(OTA)	outstanding transaction array	See 4.7.1.15
3.4.2.16	V(LTI)	last transaction index	See 4.7.1.16
3.4.2.17	Q(US)	unscheduled service queue	See 4.7.1.17
3.4.2.18	V(RID)	random identifier	See 4.7.1.18
3.4.2.19	C(NT)	node time up-counter	See 4.7.1.19
3.4.2.20	V(LSTO)	local link scheduling time offset	See 4.7.1.20
3.4.2.21	V(DLTO)	DL-time offset	See 4.7.1.21
3.4.2.22	V(TQ)	time quality	See 4.7.1.22
3.4.2.23	V(MD)	measured delay	See 4.7.1.23
3.4.2.24	V(LN)	LAS node	See 4.7.1.24
3.4.2.25	V(TSC)	time synchronization class	See 4.7.1.25
3.4.2.26	T(TDP)	time distribution period monitor	See 4.7.1.26
3.4.2.27	V(TSL)	time source link	See 4.7.1.27
3.4.2.28	P_U(SDUL)	DLSDU length request parameter	See 4.7.2.1
3.4.2.29	P_U(SDU)	DLSDU request parameter	See 4.7.2.2
3.4.2.30	P_U(MCD)	maximum confirm delay parameter	See 4.7.2.3
3.4.2.31	T_U(MCD)	maximum confirm delay monitor	See 4.7.2.4
3.4.2.32	Q_A(UR)	user request queue	See 4.7.3.1
3.4.2.33	V_C(ST)	DLCEP state	See 4.7.4.1
3.4.2.34	V_C(NP)	negotiated DLCEP parameters	See 4.7.4.2
3.4.2.35	V_C(N)	next sequence number to assign to a DLSDU	See 4.7.4.3
3.4.2.36	V_C(R)	maximum non-transmittable DLSDU sequence number	See 4.7.4.4
3.4.2.37	V_C(A)	maximum acknowledged DLSDU sequence number	See 4.7.4.5
3.4.2.38	V_C(M)	minimum untransmitted DLSDU sequence number	See 4.7.4.6
3.4.2.39	V_C(MS)	minimum untransmitted segment number	See 4.7.4.7
3.4.2.40	V_{C,K}(SS)	to-be-sent segments of a DLSDU	See 4.7.4.8
3.4.2.41	T_{C,K}(SS)	sent segments monitor for a DLSDU	See 4.7.4.9
3.4.2.42	T_C(SS)	simplified sent segments monitor for a DLSDU	See 4.7.4.9.1

3.4.2.43	V _C (L)	last reported DLSDU sequence number	See 4.7.4.10
3.4.2.44	V _C (H)	highest detected DLSDU sequence number	See 4.7.4.11
3.4.2.45	V _C (HS)	highest detected segment number of the highest detected DLSDU sequence number	See 4.7.4.12
3.4.2.46	V _{C,K} (MRS)	missing received segments of a DLSDU	See 4.7.4.13
3.4.2.47	V _{C,K} (RRS)	retransmission request required segments of a DLSDU	See 4.7.4.14
3.4.2.48	T _{C,K} (RRS)	retransmission request monitor for a DLSDU	See 4.7.4.15
3.4.2.49	T _C (RAS)	residual activity stimulus	See 4.7.4.16
3.4.2.50	T _C (RAM)	residual activity monitor	See 4.7.4.17
3.4.2.51	V _C (TNA)	DL-time of last network access	See 4.7.4.18
3.4.2.52	V _B (TW)	DL-time of last buffer write	See 4.7.4.19
3.4.2.53	V _B (TP)	DL-time of production	See 4.7.4.20
3.4.2.54	V _B (TS)	timeliness status of buffer write	See 4.7.4.21
3.4.2.55	V(DTA)	delegation address	See 4.7.5.1
3.4.2.56	V(LL)	local link live list	See 4.7.5.2
3.4.2.57	V(TCL)	token circulation list	See 4.7.5.3
3.4.2.58	V(ENRL)	expected non-response list	See 4.7.5.4
3.4.2.59	V(MST)	maximum scheduled traffic	See 4.7.5.5
3.4.2.60	V(MSO)	maximum scheduling overhead	See 4.7.5.6
3.4.2.61	V(DMDT)	default minimum token delegation time	See 4.7.5.7
3.4.2.62	V(DTHT)	default token holding time	See 4.7.5.8
3.4.2.63	V(LTHT)	link maintenance token holding time	See 4.7.5.9
3.4.2.64	V(MTHA)	maximum token holding time array	See 4.7.5.10
3.4.2.65	V(TTRT)	target token rotation time	See 4.7.5.11
3.4.2.66	V(ATRT)	actual token rotation time	See 4.7.5.12
3.4.2.67	V(RTHA)	remaining token holding time array	See 4.7.5.13
3.4.2.68	V(NTHN)	next token holding node	See 4.7.5.14
3.4.2.69	V(FUN)	first unpolled node id	See 4.7.5.15
3.4.2.70	V(NUN)	number of consecutive unpolled node ids	See 4.7.5.16
3.4.2.71	P(TRD)	token recovery delay	See 4.7.5.17
3.4.2.72	V(TDP)	time distribution period	See 4.7.5.18
3.4.2.73	V(MICD)	maximum inactivity to claim LAS delay	See 4.7.5.19

3.4.2.74	V(LDDP)	LAS data base distribution period	See 4.7.5.20
3.4.2.75	V(ML)	maximum link	See 4.7.6.1
3.4.3	DLPDU classes		
3.4.3.1	CA	compel acknowledgment	See 6.4
3.4.3.2	CD	compel data	See 6.5
3.4.3.3	CL	claim LAS	See 6.19
3.4.3.4	CT	compel time	See 6.9
3.4.3.5	DC	disconnect connection	See 6.2
3.4.3.6	DT	data	See 6.7
3.4.3.7	EC	establish connection	See 6.1
3.4.3.8	ED	exchange data	See 6.6
3.4.3.9	ES	execute sequence	See 6.16
3.4.3.10	IDLE	idle	See 6.22
3.4.3.11	PN	probe node address	See 6.13
3.4.3.12	PR	probe return	See 6.14
3.4.3.13	PT	pass token	See 6.15
3.4.3.14	RC	reset connection	See 6.3
3.4.3.15	RI	request interval	See 6.18
3.4.3.16	RQ	round trip delay query	See 6.11
3.4.3.17	RR	round trip delay reply	See 6.12
3.4.3.18	RT	return token	See 6.17
3.4.3.19	SR	status response	See 6.8
3.4.3.20	TD	time distribution	See 6.10
3.4.3.21	TL	transfer LAS	See 6.20
3.4.3.22	WK	wakeup	See 6.21
3.4.4	Miscellaneous		
3.4.4.1	BME	bridge management entity	
3.4.4.2	DLC	DL-connection	
3.4.4.3	DLP-	DL-protocol (as a prefix)	
3.4.4.4	DLPCI	data link protocol control information	
3.4.4.5	DLSEP	DL-schedule endpoint	
3.4.4.6	FC	frame control (first octet of each DLPDU)	

3.4.4.7	FDC	fractional duty cycle (type of DLE)
3.4.4.8	LAS	link active scheduler
3.4.4.9	LM	link master
3.4.4.10	PhICI	physical interface control information
3.4.4.11	PhID	physical interface data
3.4.4.12	SLAE	systems load application entity
3.4.4.13	SMAE	systems management application entity

4 Overview of the DL-protocol

4.1 Three-level model of the DLL

The DLL is modeled as

- a) a low-level of path-access-and-scheduling functions, which supports,
- b) an intermediate-level of bridge-operation functions, which in turn supports,
- c) a higher-level of connection-mode and connectionless data transfer, bridge-coordination, and DL-service functions.

Interoperating with all three levels are DL-management functions, including bridge and redundant-path management functions where relevant.

NOTE 1 The term “sublayer” is not appropriate for describing these levels, since ISO/IEC 7498 requires that when multiple sublayers are defined, all but one of them must be optional.

NOTE 2 This three-level partitioning closely resembles the partitioning into lower-level “MAC”, intermediate-level “bridge-operation”, and higher-level “LLC” functions found in the ISO/IEC LAN standards (see ISO/IEC TR 8802-1 for the MAC service definition), with the following two significant differences.

- a) This protocol's low-level functionality is contained entirely within the Data Link layer as specified by ISO/IEC 7498. In contrast, the “MAC” functionality of the ISO/IEC LAN protocols spans the lower part of the OSI Data Link Layer and the upper part of the OSI Physical Layer.
- b) This protocol employs a single level of DL-addressing within the Data Link layer. In contrast, the ISO/IEC LAN protocols employ two levels of DL-addressing, one within the “MAC” and “bridge-operation” functionality and a second within the “LLC” functionality.

4.1.1 Path access and scheduling level

The path-access-and-scheduling level provides basic communication from one DLE to another. The timing of such communication is regulated

- a) to provide an equitable distribution of opportunities for arbitrary communications to all DLEs on the local link, generally in a cyclic but asynchronous manner;
- b) to provide a specific distribution of opportunities for designated communications to DLEs on the local link in accord with a pre-established schedule for the link.

It is the latter requirement for scheduled communications, in support of time-critical communications, which causes this protocol to rely more heavily on centralized real-time management of the communications opportunities than prior protocols such as ISO/IEC 8802-3, ISO/IEC 8802-4 and ISO/IEC 8802-5. The centralized manager is elected from the set of operating full-function DLEs on the local link by a procedure similar to that used in ISO/IEC 8802-4 and ISO/IEC 8802-5. Should that manager fail, a replacement is similarly elected.

NOTE Many traditional control algorithms used in the domain of applicability of this protocol require tight constraints on the cycle-to-cycle timing of information acquisition. In distributed systems such constraints frequently translate to limits on the permissible cycle-to-cycle periodicity of the messaging which conveys that repetitively acquired information.

- c) The path-access-and-scheduling level forms each DLPDU from DL-protocol control information and DLS-user data; computes and appends an appropriate frame check sequence (FCS); and passes the whole as a sequence of PhIDUs (see 4.4) to the PhE for transmission to peer PhEs for reporting to peer DLEs.

In some cases it also appends the low-order three octets either

- of the current value of the local node-timer, C(NT); or
- of a computed value minus the current value of the local node-timer, C(NT),

during DLPDU formation, immediately preceding the appended FCS.

- d) The path-access-and-scheduling level receives a sequence of PhIDUs from the PhE, concatenates those PhIDUs into a received DLPDU, computes a frame check sequence over the entire sequence of received data, and checks for the proper residual value. The first octet of the received sequence is examined to determine the type of the DLPDU, and an attempt is made to parse that DLPDU into its DL-protocol control information and DLS-user data components. If the FCS residual was correct and the parse was successful, then the appropriate low-level actions are performed, possibly including reporting the parsed DLPDU to a higher level.

In some cases the value of the low-order three octets of the local node-timer, C(NT), at the time of receipt, is appended to this parsed DLPDU.

- e) The path-access-and-scheduling level provides the basic functions of both responder and initiator. As a responder, it provides the sequencing functions necessary
- 1) for receiving a DLPDU, possibly conveying a reply token;
 - 2) in that latter case (of the received reply token), for sending a DLPDU as an immediate reply to the just-received DLPDU.

As an initiator, it provides the sequencing functions necessary for

- 3) receiving a delegated token;
- 4) sending one or more DLPDUs, including those requiring an immediate reply;
- 5) receiving such an immediate reply, or inferring its absence;
- 6) returning a delegated token.

- f) The path-access-and-scheduling level provides the low-level scheduling functionality required for scheduling DLPDU transmissions on a specific path, including any interactions with the local link's link active scheduler (LAS) to coordinate the schedule with other DLEs or to request needed path transmission capacity.

The actions of c) and d) are augmented within a bridge relay DLE) to permit the retransmission of a received sequence of data octets, including the received FCS, with possible constrained alterations of the first octet and compensating alterations (see 5.2.5.3) of the received FCS, prior to retransmission.

The actions of e) and f) are based in part on two request-management and scheduling queues:

- a DL-address-specific request queue (see 3.3.3), associated with the sending address, which is used to manage DLS-user requests originated from that DL-address;
- the common DLE unscheduled-service queue (see 4.7.1.17), which is used to manage the servicing of unscheduled requests upon receipt of the "circulated" token.

Some of the more complex scheduling functionality of this level requires, and uses, the services of the upper level, (see 4.1.3) by acting as a DLE-internal quasi-DLS-user.

4.1.2 Bridge-operation level

The bridge-operation level provides the intermediate-level functionality of

- a) logically inter-connecting multiple local links into a single extended-link by physically interconnecting multiple paths;
- b) serving as a possibly-distributed “time-space-time” switch:
 - 1) providing DLPDU store-and-forward functions to permit communication between DLEs on the extended link which could not otherwise communicate;

NOTE This includes the coordination with fractional-duty-cycle FDC) DLEs (see 3.3.33) necessary to permit alternating periods of “FDC-DLE-awake” and “FDC-DLE-asleep” operation.

- 2) providing surrogate functions to permit delayed-reply interactions between DLEs on the extended link as an extrapolation of “immediate-reply” transactions on a local link;
- c) providing a shared sense of DL-time throughout the extended link;
- d) coordinating local-link scheduling among two or more local links to provide any necessary multi-link coordination of scheduling within the extended link.

Much of the bridge-operation level of functionality is active only in “bridge” DLEs (see 4.6).

4.1.3 Connection-mode and connectionless data transfer, bridge-coordination, and DL-service level

The connection-mode and connectionless data transfer, bridge-coordination, and DL-service level provides the higher-level functionality of

- a) managing all DLE interactions with the DLS-user, converting all DLS-user request and response primitives into the necessary sequence of DLE operations, and generating DLS-user indication and confirm primitives where appropriate;
- b) managing the sequencing of each active DLCEP, including
 - 1) determination of the type and sequence of DLPDUs to be transmitted from the DLCEP;
 - 2) QoS negotiation;
 - 3) determination of the DLPCI to be included in each DLPDU;
 - 4) segmentation and reassembly of large DLSDUs;
- c) managing the sequencing of unitdata transactions which require a response from a peer DLE, including
 - 1) determination of the DLPCI to be included in each DLPDU;
 - 2) correlation of a non-immediate reply DLPDU with the requesting transaction;
- d) processing all inter-DLE state-information-distribution DLPDUs, such as TIME DISTRIBUTION (TD) (see 6.10 and 8.4.1) and bridge configuration (see 10.4) DLPDUs and LAS-backup SPDUs (see Clause 9);
- e) managing all query-DLPDU/reply-DLPDU interactions with other DLEs, other than those which occur as an “immediate reply” and which are made on a reactive basis by the lower-level functions of 4.1.1.

These query-DLPDU / reply-DLPDU interactions also include computation of round-trip-delays (see 6.11, 6.12, and 8.4.1), support of remotely-initiated DL-SUBSCRIBER-QUERY (see 8.2.3) and DL-LISTENER-QUERY (see 8.3.4) requests, and inter-bridge exchanges of bridge state information (see 10.4).

4.2 Service provided by the DLL

The DLL provides connectionless data transfer services for limited-size DLSDUs, connection-mode data transfer services for limited-size DLSDUs, an internally synchronized time service, scheduling services to control the time allocation of the underlying shared PhL service, and a DL(SAP)-address, queue and buffer management service.

NOTE IEC 61158-3-1 shows many of the relationships among DLC QoS attributes.

Some relevant QoS attributes are as follows:

4.2.1 QoS – DLCEP class

Each DLCEP establishment request specifies the class of the DLCEP. The three choices for DLCEP-class are

- a) **PEER** – the DLS-user can exchange DLSDUs with one other peer DLS-user;
- b) **PUBLISHER** – the DLS-user can send DLSDUs to a set of zero or more associated subscribing DLS-users, and receive DLSDUs from any of those subscribing DLS-users;
- c) **SUBSCRIBER** – the DLS-user can receive, and request, DLSDUs from the associated publishing DLS-user, and can send DLSDUs to that publishing DLS-user.

4.2.2 QoS – DLCEP data delivery features

Both members of a peer DLC, or the publishing DLS-user of a multi-peer DLC, specify the data delivery features of the DLC's DLCEP(s). The five choices for DLCEP data delivery features, and their effects, are

- a) **CLASSICAL** – the DLS-user can send data which will be delivered without loss, duplication or misordering. All relevant DLS-users will be notified of any loss of synchronization on the DLC.
- b) **DISORDERED** – the DLS-user can send data which will be delivered immediately upon receipt, without duplication but potentially in a different order than that of the sending DLS-user. All relevant DLS-users will be notified of any unrecoverable loss of DLS-user data or loss of synchronization on the DLC.
- c) **ORDERED** – the DLS-user can send data which will be delivered immediately upon receipt, without duplication or misordering, but with potential loss of some DLS-user data. Loss of DLS-user data will not be reported, and recovery of DLS-user data lost prior to the last-reported DLS-user data will not be attempted.
- d) **UNORDERED** – the DLS-user can send data which will be delivered immediately upon receipt. Loss, duplication and misordering of DLS-user data will not be detected or reported. No attempt will be made by the DLS-provider to recover from such events.
- e) **NONE** – the DLS-user cannot send data in this direction of data transfer.

On a peer DLC, the QoS value for the sending DLCEP data delivery features may be chosen independently for each direction of data transfer. On a multi-peer DLC, the QoS value for the DLCEP data delivery features for the subscribers-to-publisher direction of data transfer is restricted to UNORDERED and NONE. The default QoS value for the DLCEP data delivery features in the publisher-to-subscribers direction is UNORDERED.

4.2.3 QoS – DLL priority

All DLCEP establishment requests and responses, all connectionless data transfer requests, and many DL-scheduling requests, specify an associated DLL priority used in scheduling DLL data transfer services. This DLL priority also determines the maximum amount of DLS-user data that can be conveyed in a single DLPDU. The three DLL priorities with their corresponding ranges of conveyable DLS-user data (per DLPDU) are, from highest priority to lowest priority:

- a) **URGENT** – ≤ 64 DLS-user octets per DLPDU;
- b) **NORMAL** – ≤ 128 DLS-user octets per DLPDU;
- c) **TIME-AVAILABLE** – ≤ 256 DLS-user octets per DLPDU.

NOTE 1 URGENT and NORMAL are considered **time-critical** priority levels; TIME-AVAILABLE is considered a **non-time-critical** priority level.

NOTE 2 DLC establishment and DLC release DLPDUs which are sent at TIME-AVAILABLE priority are restricted to convey no more DLS-user data than would be permitted at NORMAL priority – 128 octets.

4.2.4 QoS – DLPDU authentication

Each DLCEP establishment negotiation, and each connectionless data transfer, uses this attribute to determine

- a) a lower bound on the amount of DL-addressing information used in the DLPDUs that provide the associated DLL data transfer services;

NOTE This has a slight impact on the residual rate of DLPDU misdelivery; more addressing information reduces the potential for misdelivery.

- b) whether the current state of a sending peer or publisher DLCEP should be sent at low-frequency to the DLC's peer or subscriber DLCEP(s) even when there are no unconfirmed DLS-user requests outstanding at the sending DLCEP;

NOTE This continuing background transmission is known as **residual activity**.

- c) whether all related scheduling actions should be executed locally.

NOTE These last two aspects are of particular importance in safety systems.

The three levels specifiable, with their amounts of DL-addressing information, are

- 1) **ORDINARY** – each DLPDU shall include the minimum amount of addressing information necessary;
- 2) **SOURCE** – each DLPDU shall include a source DL-address where possible;
- 3) **MAXIMAL** – each DL-address shall include the maximal amount of addressing information possible. Also, all related scheduling actions should be executed locally; and each sending peer or publisher DLCEP of the DLC should maintain a low-frequency report of state information when there is no DLS-user activity.

4.2.5 QoS – DLL maximum confirm delay

Each DLCEP establishment request, and each response, specifies upper bounds on the maximum time duration permitted for the completion

- a) of a DL-CONNECT, DL-RESET or DL-SUBSCRIBER-QUERY primitive, and, separately;
- b) of a DL-DATA primitive.

Each connectionless service request specifies an upper bound on the maximum time duration permitted for the completion

- c) of a locally-confirmed DL-UNITDATA primitive, and, separately;
- d) of a remotely confirmed DL-UNITDATA primitive, a DL-LISTENER-QUERY primitive, or an instance of the DL-UNITDATA-EXCHANGE service.

Each parameter either has the value UNLIMITED or specifies an interval, in units of 1 ms, from 1 ms to 60 s, inclusive. The value UNLIMITED provides compatibility with prior OSI protocols, and provides a means for DL-CONNECT requests to remain in a “listening” or “half-open” state. The completion status of “timeout” cannot occur on a DLS-user request which specifies UNLIMITED.

The parameters for the DL-DATA and locally-confirmed DL-UNITDATA primitives specify intervals less than or equal to that for the DL-CONNECT, DL-RESET, DL-SUBSCRIBER-QUERY, remotely-confirmed DL-UNITDATA, and DL-LISTENER-QUERY primitives.

The intervals specified are the maximum permissible delays

- between the issuing of the specified request primitives and the issuing of the corresponding confirm primitives;
- between the initiation and completion of a single instance of the specified publishing or unitdata-exchange service.

NOTE For DLEs that do not support a time resolution of 1 ms, the requested time interval may be rounded up to the next-greatest multiple of that resolution that the DLE does support, or to approximately 60 s if the DLE has no sense of time.

Failure to complete a DL-CONNECT or DL-RESET request within the specified interval shall result in a DLS-provider initiated release of the DLCEP, and possibly of the DLC.

4.2.6 QoS – DL-scheduling-policy

For each DLSAP-address, and each DLCEP, the DLS-user can override the normal (implicitly-scheduled) DLL policy of providing the requested DL-service as soon as possible, and instead can defer any inter-DLS-user communication required by a DL-DATA or DL-UNITDATA request DLS-primitive until that deferral is released by an involved DLS-user. Each such release, by execution of a DL-COMPEL-SERVICE request, specifying the DLSAP-address or DLCEP, permits the completion of just a single deferred request DLS-primitive. Only DL-services that provide DLS-user intercommunication are affected by this attribute.

The two choices are

- a) **IMPLICIT** – any required communications with peer DLS-user(s) from this DLSAP-address, or from this DLCEP, will occur as soon as possible;
- b) **EXPLICIT** – any required data or unitdata communications with peer DLS-user(s) from this DLSAP-address, or from this DLCEP, will occur only when the deferral is explicitly released by an involved DLS-user.

NOTE Scheduling of DLPDU transmission to support the DL-CONNECT, DL-RESET and DL-DISCONNECT services, and to support responder-deferred replies in the DL-UNITDATA-EXCHANGE and remotely-confirmed DL-UNITDATA services, is always IMPLICIT. Scheduling of DLPDU transmission to initiate the DL-UNITDATA-EXCHANGE service is always EXPLICIT.

4.2.7 QoS – maximum DLSDU sizes

Each DLC / DLCEP establishment request, and each response, specifies an upper bound on the size (in octets) of DLSDUs which will be offered for transmission, and an upper bound on the size of DLSDUs which are acceptable for reception.

For peer DLCs, the negotiated maximum DLSDU size shall be determined independently for each direction of data transfer as the smallest of that offered by the sender, that permitted by the sender's local DL-management, that permitted by the receiver's local DL-management, and that permitted by the receiver.

The sender's offered size may be any value between zero and 16 times the maximum number of DLS-user octets per DLPDU, as specified in 4.2.3. The receiving DLE and all DL-management agents shall choose their maximum permitted sizes from the following list of sizes: 0, 64, 128, $256 \times N$ where $1 \leq N \leq 16$.

NOTE 1 The maximum size DLSDU supported by this protocol is 16 times the maximum number of octets of DLS-user data conveyable in a single DLPDU, as determined by the DLC's DLL Priority (see 4.2.3).

NOTE 2 The set of maximum permitted DLSDU sizes is limited to the above small list of values to promote interoperability. The sender's maximum specified size is permitted to take any value within the range permitted by the DLC's DLL priority to facilitate optimization of the shared communications capacity of the DLL.

NOTE 3 A value of zero (0) corresponds to the choice of simplex service, as specified by the DLS-user by the choice NONE as described in 4.2.2e).

For multi-peer DLCs, the negotiated maximum DLSDU size shall be the smaller of that offered by the publisher and that permitted by the publisher's local DL-management. For subscribers of multi-peer DLCs, the DLC shall be refused by the DLS-provider (the subscriber's DLE) if the maximum DLSDU size established by the publisher is larger than the smaller of that permitted by the subscriber and that permitted by the subscriber's local DL-management.

The publisher's offered size in the publisher-to-subscribers direction may be any value between zero and 16 times the maximum number of DLS-user octets per DLPDU, as specified in 4.2.3. The

publisher's offered size in the subscriber-to-publisher direction may be any value between zero and the maximum number of DLS-user octets per DLPDU, as specified in 4.2.3.

The subscribers and all DL-management agents shall choose their maximum permitted sizes from the following list of sizes: 0, 64, 128, $256 \times N$ where $1 \leq N \leq 16$.

NOTE 4 The maximum size DLSDU supported by this protocol in the publisher-to-subscribers direction is 16 times the maximum number of octets of DLS-user data conveyable in a single DLPDU, as determined by the DLC's DLL Priority (see 4.2.3).

NOTE 5 The maximum size DLSDU supported by this protocol in the subscriber-to-publisher direction is the maximum number of octets of DLS-user data conveyable in a single DLPDU, as determined by the DLC's DLL Priority (see 4.2.3).

NOTE 6 The set of maximum permitted DLSDU sizes is limited to the above small list of values to promote interoperation. The publisher's maximum specified DLSDU size is permitted to take any value within the range permitted by the DLC's DLL priority to facilitate optimization of the shared communications capacity of the DLL.

NOTE 7 A value of zero (0) corresponds to the choice of simplex service, as specified by the DLS-user by the choice NONE as described in 4.2.2e).

The default value for both the sender's and receiver's maximum DLSDU size is the maximum number of DLS-user octets which can be carried by a single DLPDU of the specified DLL priority. The DLS-provider shall always support this DLSDU size.

4.2.8 QoS – DLCEP and DLSAP-address buffer-and-queue bindings

Each DLCEP establishment request, and each response, can bind one or two local retentive buffers or specified-depth FIFO queues, created by DL-CREATE buffer and queue management primitives (or by DL-management), to the DLCEP:

NOTE When these bindings are made for a DLS-user of a peer DLC, or a publishing DLS-user of a multi-peer DLC, they determine the maximum transmit window (that is, number of transmitted but unacknowledged DLSDUs) for that direction of DLC data transfer. Since the size of the transmit window can also be limited by DL-management, or by an implementation, the queue depth only imposes an upper limit on the window size.

- a) One queue or retentive buffer can be bound to a DLCEP to convey DLSDUs from the DLS-user to the DLS-provider.
- b) One queue or retentive buffer can be bound to a DLCEP to convey DLSDUs from the DLS-provider to the DLS-user.
- c) It is also possible to bind a queue or retentive buffer to be written at one DLCEP and to source data at another DLCEP. Such an intermediate buffer or queue can serve to cross scheduling boundaries or redistribute received DLS-user data to a second set of DLS-users.

Such a binding is made by specifying, for the appropriate parameter, a buffer-or-queue DL-identifier which resulted from a prior DL-CREATE request (or by DL-management), and which has not yet been deleted.

When the sending DLCEP data delivery features specify UNORDERED or ORDERED, both the sender and receiver(s) may specify a queuing policy of BUFFER-R or QUEUE. When the DLCEP's sending data delivery features specify DISORDERED or CLASSICAL, both the sender and receiver(s) may specify a queuing policy of QUEUE; a queuing policy of BUFFER-R is not permitted. A queuing policy of BUFFER-NR is never permitted.

Each DLSAP-address bind request can bind up to six local retentive buffers or non-retentive buffers or specified-depth FIFO queues, created by DL-CREATE buffer and queue management primitives (or by DL-management), to the DLSAP-address:

- d) One buffer or queue can be bound to the sending direction of a DLSAP-address at each priority to convey DLSDUs from the DLS-user to the DLS-provider. Buffers can be bound only to DLSAP-addresses whose DLSAP-role is INITIATOR or CONSTRAINED RESPONDER or UNCONSTRAINED RESPONDER. Queues can be bound only to DLSAP-addresses whose DLSAP-role is BASIC.

- e) One buffer or queue can be bound to the receiving direction of a DLSAP-address at each priority to convey DLSDUs from the DLS-provider to the DLS-user. Buffers can be bound only to DLSAP-addresses whose DLSAP-role is INITIATOR or CONSTRAINED RESPONDER or UNCONSTRAINED RESPONDER. Queues can be bound to all DLSAP-addresses.

4.2.8.1 Binding to a buffer

When a sending buffer is bound to a DLCEP, or to a DLSAP-address and DLL priority, by a DLS-user,

- a) a DL-PUT request primitive overwrites the buffer with a DLSDU, or may set the buffer empty;
NOTE After creation, the buffer is empty.
- b) a DL-COMPEL request primitive, specifying either
 - 1) a DLCEP, or
 - 2) unitdata-exchange at a DLSAP-addresscauses the transmission, at the first opportunity, of the then most recent contents of the buffer; the primitive does not itself specify a DLSDU;
- c) a DL-BUFFER-SENT indication primitive notifies the DLS-user of the specific DLCEP on which the retentive buffer was transmitted, and to which the buffer is bound, that the buffer was just transmitted;
- d) a DL-UNITDATA-EXCHANGE indication primitive notifies the single DLS-user attached to the specific DLSAP-address from which the buffer was transmitted (and to which the buffer is bound) that the buffer was just transmitted on that DLSAP-address, and emptied if it is non-retentive (BUFFER-NR).

When a receiving buffer is bound to a DLCEP, or to a DLSAP-address and DLL priority, by a DLS-user,

- e) a DL-BUFFER-RECEIVED or DL-UNITDATA-EXCHANGE indication primitive notifies the DLS-user of the overwriting of the buffer by a newly-received DLSDU; the primitive does not itself specify a DLSDU;
- f) a DL-GET request primitive copies the DLSDU from the buffer, and empties the buffer if it is non-retentive (BUFFER-NR).

Multiple concurrent output bindings to a retentive buffer are permitted as an implementation and conformance (see 10.6.1) option, but are not required by this protocol.

4.2.8.2 Binding to a FIFO queue

When a sending FIFO queue of maximum depth K is bound to a DLCEP, or to a DLSAP-address and DLL priority, by a DLS-user,

- a) a DL-PUT request primitive is not permitted;
- b) a DL-DATA or DL-UNITDATA request primitive attempts to append a DLSDU to the queue, but fails if the queue already contains K DLSDUs. If the append operation was successful, then the DLSDU will be transmitted at the first opportunity, after all preceding DLSDUs in the queue.

When a receiving FIFO queue of maximum depth K is bound to a DLCEP, or to a DLSAP-address and DLL priority, by a DLS-user,

- c) a DL-GET request primitive attempts to remove a DLSDU from the queue, but fails if the queue is empty.
- d) a DL-DATA or DL-UNITDATA or DL-UNITDATA-EXCHANGE indication primitive notifies the receiving DLS-user of the result of appending a newly received DLSDU to the receive queue; the primitive does not itself specify a DLSDU.

Multiple concurrent input bindings to a FIFO queue are permitted as an implementation option, but are not required by this protocol.

4.2.8.3 Default bindings

When these binding options are not specified, or for DLS-primitives for which explicit binding is not applicable, the conventional implicitly-queued sending and direct receiving interfaces between DLS-user and DLS-provider are employed. In this case each DL-DATA and DL-UNITDATA primitive conveys a DLSDU, and each DL-CONNECT, DL-DISCONNECT and DL-RESET primitive may convey a DLSDU:

- a) DL-PUT and DL-GET request primitives are not permitted;
- b) A DL-DATA or DL-UNITDATA or DL-DISCONNECT request primitive, or a DL-CONNECT or DL-RESET request or response primitive, issued by the sending DLS-user attempts to append a DLSDU to the implicit queue, but fails if the queue is full. If the append operation was successful, then the DLSDU will be transmitted at the first opportunity, after all preceding DLSDUs in the queue.
- c) A DL-DATA or DL-UNITDATA or DL-DISCONNECT indication primitive, or a DL-CONNECT or DL-RESET indication or confirm primitive, notifies a receiving DLS-user of a newly received DLSDU, and conveys that DLSDU to the DLS-user. No apparent queuing is provided within the DLL.

4.2.9 DL-timeliness

This attribute applies only to DL-buffers, to DLCEPs at which DL-buffers are bound, and to those DLS-primitives which transfer DLS-user data to or from DL-buffers at such DLCEPs.

Each DLCEP establishment request, and each response, can specify DL-timeliness criteria which are to apply to information sent from, or received into, buffers at that DLCEP. Four types of DL-timeliness can be supported: RESIDENCE timeliness, UPDATE timeliness, SYNCHRONIZED timeliness, and TRANSPARENT timeliness. All four types of timeliness, and the case where there is no timeliness, are shown in IEC 61158-3-1, Figure 6.

- a) *RESIDENCE* timeliness is an assessment based upon the length of time that a DLS-user datum has been resident in a buffer, which is the time interval between
 - 1) the moment when the buffer is written (by a DL-PUT request primitive, or by reception into the buffer at a DLCEP);
 - 2) the moment when the buffer is read (by a DL-GET request primitive, or by transmission from the buffer at a DLCEP);

$$\text{DL-timeliness} \equiv 0 \leq (R_T - W_T) < \Delta T \quad (1)$$

NOTE This type of timeliness is also known as "*Asynchronous*".

- b) *UPDATE* timeliness is an assessment based upon the time interval between
 - 1) the moment of occurrence of a multi-DLE synchronizing event (a DL-BUFFER-RECEIVED indication or DL-BUFFER-SENT indication);
 - 2) the moment when the buffer is written (by a DL-PUT request primitive, or by reception into the buffer at a DLCEP);

$$\text{DL-timeliness} \equiv 0 \leq (W_T - S_T) < \Delta T \quad (2)$$

NOTE A type of timeliness closely related to this one is also known as "*Punctual*".

- c) *SYNCHRONIZED* timeliness is an assessment based upon the time intervals and timing relationships between
 - 1) the moment of occurrence of a multi-DLE synchronizing event (a DL-BUFFER-RECEIVED indication or DL-BUFFER-SENT indication);
 - 2) the moment when the buffer is written (by a DL-PUT request primitive, or by reception into the buffer at a DLCEP);