

IEEE 802.2 - Logical Link Control

Das **Logical Link Protokoll (LLC)** ist ein Protokoll, das von der IEEE-Arbeitsgruppe 802.2 entwickelt wurde und für alle LAN-Subsysteme (802.3 bis 802.6) im Rahmen des Standards IEEE 802 gleich ist. Es handelt sich um die **Steuerung der Übertragung auf der Sicherungsschicht**, die die obere Teilschicht von Ebene 2 im OSI-Modell bildet und das MAC-Protokoll ergänzt. **Bei strenger Einhaltung der Schnittstelle erscheinen die unterschiedlichen IEEE LANs den höheren Protokollstacks gleichartig.**

Die IEEE 802 Standards

802.1				
802.2 - LLC				
802.3	802.4	802.5	802.6	

Eingliederung von IEEE 802.2 - Logical Link Control

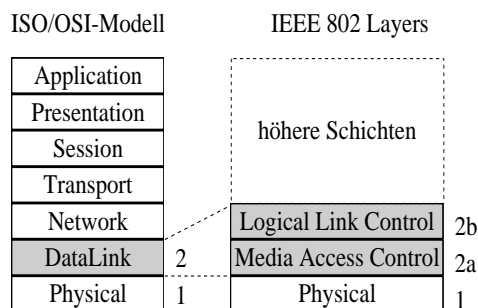
Zum besseren Verständnis seien hier kurz die Aufgaben der OSI-Sicherungsschicht (Layer 2; siehe dazu auch die weiter unten aufgeführten Darstellungen) kurz erläutert:

Die Aufgabe der Sicherungsschicht (data link layer) betrifft die fehlerfreie Übertragung von frames (Zeichenblöcken, Bitsequenzen) über data links, also über Übertragungsabschnitte, die zwei Stationen ohne Zwischenschaltung von Vermittlungsknoten miteinander verbinden. Ungesicherte Systemverbindungen werden durch diese Schicht zu gesicherten Systemverbindungen modifiziert. Sie abstrahiert von den physikalischen Verbindungswegen. Ihre Aufgabe ist es, die Verbindungen zu verwalten. Dazu gehört auch das Anfordern und Freigeben. Sie faßt Folgen von irgendwie übertragenen (binären) Informationen zu Datenpaketen zusammen bzw. löst (größere) logische Einheiten, die von einer oberen Ebene kommen, zu (kleineren) Paketen auf (encapsulation / decapsulation). Fehler werden im Zusammenhang mit ganzen Paketen betrachtet. Zudem werden hier Fehler, die auf der physikalischen Ebene nicht feststellbar sind, erkannt und zum Teil korrigiert. Die Kommunikation auf der Schicht 2 kann sowohl verbindungslos als auch verbindungsorientiert erfolgen. Bei der verbindungslosen (connectionless) Kommunikation müssen alle zu übertragenden Einheiten mit Quell- und Zieladressen versehen werden, während bei der verbindungsorientierten Kommunikation vor dem

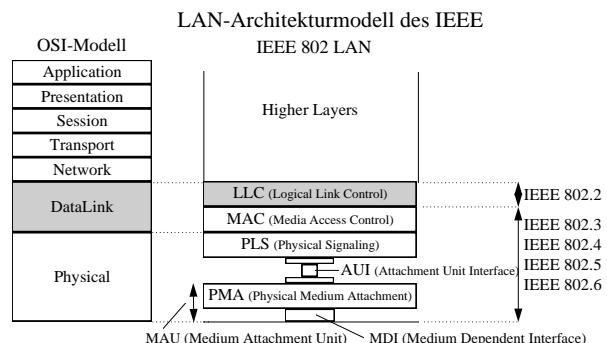
eigentlichen Datenaustausch logische Verbindungen zwischen den kommunizierenden Endgeräten aufgebaut werden müssen.

Die **Sicherungsschicht des ISO/OSI-Referenzmodells** wurde vom **IEEE** für den Bereich der lokalen Netze funktionell durch die beiden **Unterschichten LLC (logical link control)** und **MAC (medium access control)** konkretisiert, wobei mehrere MAC-Spezifikationen (802.3; 802.4; 802.5; 802.6) verabschiedet worden sind. Für die gesicherte Datenübertragung wird bei ISO als Übertragungsprotokoll HDLC (high data level link control) eingesetzt. Speziell für lokale Netze hat IEEE Standards für die Schicht 2 entwickelt, die von ISO übernommen wurden. Neben der Flußkontrolle und der Fehlererkennung handelt der IEEE-Standard auch den Zugang zum Übertragungsmedium (MAC) in Schicht 2 ab.

Beziehung zwischen dem OSI-Modell und den IEEE 802 Standards



Beziehung zwischen dem OSI-Data Link Layer und IEEE 802.2



Aufgaben von Logical Link Control

LLC umfaßt die **Adressierung** (logische Adressierung zu höheren Schichten, nicht zu verwechseln mit der MAC-(Hardware)Adresse) der Endsysteme sowie die **Fehlerprüfung**. Entsprechend ihrer architekturellen Einbettung besteht die LLC-Spezifikation aus drei Teilen:

- Die Teilnehmerschnittstelle beschreibt die Dienste, die die LLC-Schicht dem LAN-Teilnehmer (in Richtung höhere OSI-Layer) bereitstellt.
- Die eigentliche LLC-Protokollspezifikation.
- Die MAC-Schnittstelle beschreibt die Dienste, die die LLC-Schicht von der unterhalb liegenden MAC-Teilschicht (medium access control layer) anfordern kann. Dazu gehören Fehlererkennung (Error-Detection) und Rahmenbildung (Framing).

LLC kennt drei Dienstformen:

Logical Link Control Typ 1 (LLC1) kennzeichnet einen **Datagramm-Dienst (unacknowledged connectionless mode service)**. Dies ist die typische Betriebsart in lokalen Netzen (LAN).

(Unter einem **Datagramm** wird eine Dienstart eines paketübertragungsorientierten Netzwerkes mit wenig Protokollaufwand verstanden. Das Netzwerk sorgt zwar für die Beförderung des Pakets, nicht jedoch für die korrekte Reihenfolge mehrerer Pakete. Das Paket enthält neben den Daten die komplette Empfängeranschrift, die vom Absender und nicht vom Netzwerk angegeben wird. Ein Datagramm kann man auch als Daten-Telegramm interpretieren.)

Logical Link Control Typ 2 (LLC2) kennzeichnet einen *verbindungsorientierten Dienst (connection mode service)*; es gibt die Trennung der *Phasen Verbindungsaufbau, Datentransfer, Verbindungsabbau*. Dies ist die typische Betriebsart in Weitverkehrsnetzen (WAN). (Bei einem verbindungsorientierten Dienst wird vor der Datenübertragung eine *logische Verbindung (logical link)* aufgebaut. Sie sorgt für einen gesicherten Transfer der Daten.)

Logical Link Control Typ 3 (LLC3) bezeichnet einen *bestätigten Datagramm-Dienst (acknowledged connectionless mode service)*.

Wird **LLC-Typ-1** benutzt, wird eine von der Schicht 3 (OSI Network-Layer) an LLC übergebene Dateneinheit einfach auf das Medium gegeben, unabhängig davon, ob die Empfangsstation empfangsbereit ist oder vorhergehende Pakete akzeptiert hat. Der LLC-Typ-1-Dienst vertraut auf das Vorhandensein geeigneter Software höherer Schichten, die Vollständigkeit, Fehlerfreiheit, Reihenfolgeerhalt von Paketen u.ä. sicherstellt. Dadurch wird natürlich beim Vorhandensein einer guten Leitung (und nur dann!) wenig Overhead erzeugt.

Beim **LLC-Typ-2**-Dienst kann ein Teil dieser Aufgaben in der Schicht LLC erledigt werden, da eine *logische Verbindung* explizit aufgebaut wird und ein verbindungsbezogener Status gehalten werden kann (siehe Sequenzdiagramm weiter hinten im Kurs).

Mit dem **LLC-Typ-3**-Dienst kann ein einfaches **Polling** anderer LAN-Stationen erzielt werden sowie eine Quittierung von Sendungen über das LAN hinweg, ohne die Komplexität eines verbindungsorientierten Status zu haben.

(Beim **Polling** werden die Stationen über Adressierung von der Zentrale angesprochen. Eine angesprochene Station hat die Möglichkeit, zu senden oder auf ihr Senderecht zu verzichten. Der Nachteil der Monopolisierbarkeit wird behoben. Die Adressierung kann reihum oder nach einem anderen Prioritätenschema geschehen.)

Das Logical Link Control - Protokoll

Das **LLC-Protokoll** wurde in Anlehnung an das bitorientierte HDLC-Protokoll entwickelt, das z.B. als Leitungsprozedur bei X.25 Level 2 Verwendung findet. Der Aufbau der Steuerinformation des Control-Feldes und die Verwendung der LLC-Frame-Typen, d.h. der Schicht-2b-Protokollelemente, ist im wesentlichen identisch dem bei HDLC. Deshalb soll hier zuerst ein Ueberblick über HDLC gegeben werden und anschliessend die Differenzen, respektive Ausnahmen von LLC gegenüber HDLC aufgezeigt werden.

HDLC (High level Data Link Control) - Protokoll

HDLC ist ein strukturierter Satz von Standards, der die Mittel bestimmt, mit denen ungleiche Geräte über Datennetze miteinander kommunizieren können. Das HDLC-Verfahren ist *bitorientiert* und damit *codeunabhängig*. Duplexbetrieb wird verwendet, und die Quittierung von mehreren Blöcken, in der Regel acht, ist möglich. Diese Zusammenfassung von acht Blöcken zu einer Quittierungseinheit wird Fenster (window) genannt - den ganzen Mechanismus nennt man *'Windowing'*.

HDLC ist aus dem SDLC-Verfahren hervorgegangen, das IBM in seinen SNA-Netzen verwendet. Die Datenblöcke eines Fensters sind von 0 bis 7 (000 - 111) durchnummeriert und werden bei unterschiedlichem Eintreffen am Empfangsort entsprechend wieder richtig zusammengesetzt. Eines der wichtigsten Merkmale von HDLC ist die *Datenflußsteuerung (flow control)*. Jedes Fenster wird vom Empfänger quittiert. Das Ausbleiben einer Quittung

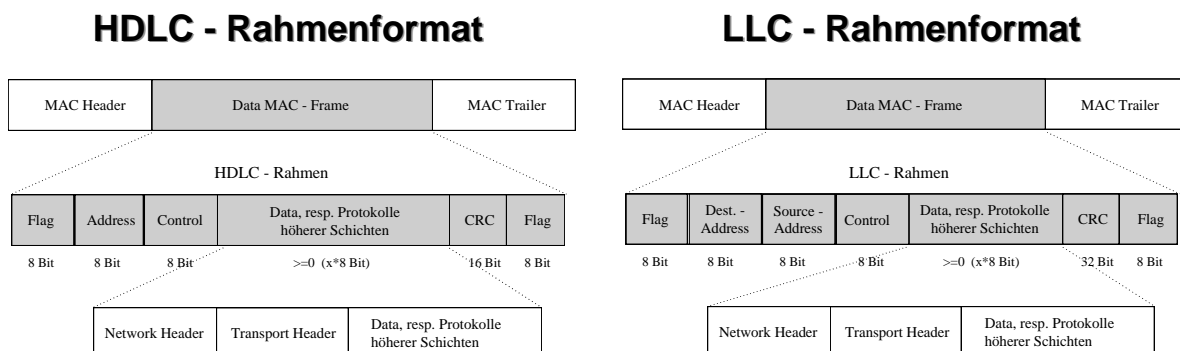
veranlaßt den Absender vom Versand weiterer Datenpakete zunächst abzusehen. So wird verhindert, daß der Datenempfänger mit Datenpaketen 'überschwemmt' wird.

Bei **HDLC** gibt es zwei *verschiedene Betriebsarten*, die **unbalanced normal response mode (UNR-mode)** und die **asynchronous balanced mode (ABM-mode)**, die auch im IEEE-LLC verwendet wird.

IEEE-LLC - Asynchronous Balanced Mode (ABM):

Im ABM-Modus sind alle Stationen gleichberechtigt. Geräte, die an ein LAN angeschlossen sind, können mittels ABM unabhängig voneinander Verbindungsbefehle senden und Antworten auslösen. Bei bitorientierten Steuerungsverfahren bezeichnet ABM eine Betriebsart, in der Hybridstationen in einer Punkt-zu-Punkt-Verbindung arbeiten. Beide Stationen können unaufgefordert Datenübertragungsblöcke senden. Die Freigabe dieser Betriebsart erfolgt durch einen Steuerblock; sie bezieht sich auf Übertragungseinrichtungen. Von einer Hybridstation eingeleitete Wiederherstellungsverfahren können für eine oder beide Übertragungseinrichtungen gültig sein.

Beim **ABM-Modus** werden *drei Typen von Frames* eingesetzt: erstens **unnumbered Frames** für die Funktionen bei Verbindungsauf- und -abbau. Diese Rahmen enthalten nicht die bei HDLC implizit durch Sequenznumerierung gegebene acknowledgement-Information. Zweitens die **I-Frames** für den Transport der Information und drittens **supervisory Frames** für Fehler- und Flußkontrolle. HDLC hat eine Blockfehlerrate (Datenpaket) von etwa 10^{-9} - d.h., 1 Block von 10^9 übertragenen Blöcken wird den höheren Schichten nicht korrekt übergeben.



Differenzen zwischen dem LLC-Protokoll und HDLC:

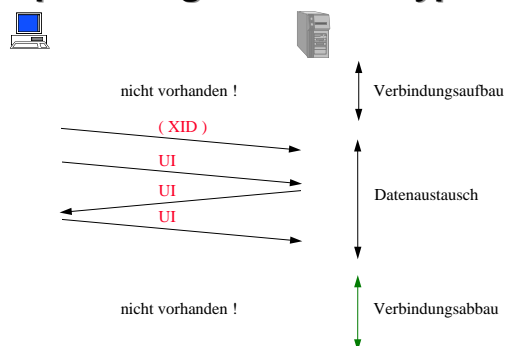
- LLC benutzt nur den asynchronous balanced mode, geht also nicht von unsymmetrischen Konfigurationen aus, wie beim normal response mode unterstellt; somit kann jede Station Leitstation (primary node) sein (d.h., alle Stationen im Netz sind gleichberechtigt).
- LLC unterstützt einen Datagram-Dienst durch Nutzung des unnumbered information frame.
- LLC erlaubt Multiplexen auf der Ebene 2 dadurch, daß pro Station mehrere LLC-Dienstzugangspunkte zugelassen sind. Dies unterstützt z.B. den Anschluß von Terminalservern am LAN.
- HDLC besitzt nur das Zieladressfeld, LLC zusätzlich ein Quelladressfeld. (Dies rührt daher, dass HDLC ursprünglich von einer hierarchischen, einwegigen Struktur mit Kommunikations-Controllern ausgegangen ist.)
- Die Adreßfelder haben zwar bei LLC die gleiche Länge wie bei HDLC, sind aber anders codiert. Das erste Bit im Zieladressfeld entscheidet, ob es sich um eine Individual- oder Gruppenadresse handelt. Das erste Bit im Quellenadressfeld gestattet die Unterscheidung von Kommandos und Antworten.

- LLC benutzt eine 32 Bit lange zyklische Redundanzprüfsumme (CRC; Cycle Redundancy Check). Damit sinkt auch die Restfehlerwahrscheinlichkeit für verfälschte, aber nicht als solche erkannte Bits bei einer Übertragung in die Größenordnung von 2^{-32} .
- LLC sieht im Addendum 1 zu 802.2 eine Flußsteuerung über eine dynamische Änderung der Fenstergröße vor. Entsprechend den Dienstformen an der LLC-Dienstschnittstelle kennt LLC eine Typ 1-Operation (connectionless), eine Typ-2-Operation (connection oriented) und die Typ-3-Operation (connectionless acknowledged).

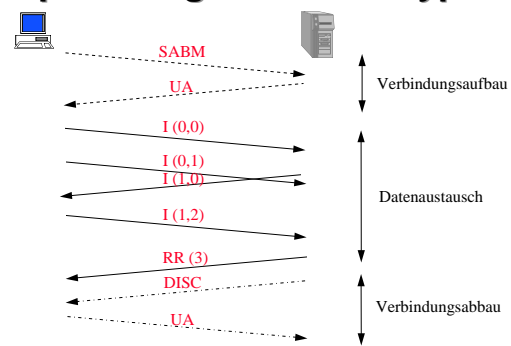
HDLC / LLC - Sequenzdiagramm:

Das HDLC, resp. LLC-Protokoll nutzt das Kontrollfeld (Control) für den Informationsaustausch zwischen den beiden Kommunikationspunkten. Zusätzlich zur Identifikation des Frame-Typs enthält das Kontrollfeld die Sequenznummer-Information für die Realisierung des Fenstermechanismus (windowing). Die Bedeutung der einzelnen Frames ist unten in zwei typischen Time-Sequence-Diagrammen - links für einen LLC Typ 1 (verbindungslos) und rechts für einen LLC Typ 2 (verbindungsorientiert) - dargestellt:

Sequenzdiagramm LLC Typ 1



Sequenzdiagramm LLC Typ 2



Erläuterung der einzelnen Control-Informationen bei LLC Typ 1:

LLC Typ 1 kennt weder Verbindungsaufbau noch -abbau.

UI

UI steht für *unnumbered information*; dies bedeutet, dass die Informationspakete ohne Überwachung oder Flusskontrolle gesendet werden.

XID

XID bedeutet *exchange identification*. Hiermit kann eine Station einer anderen mitteilen, welchen LLC-Dienst sie unterstützt (nicht zwingend).

Erläuterung der einzelnen Control-Informationen bei LLC Typ 2:

- Aufbauphase:

SABM

Ein *Set Asynchronous Balanced Mode* als Aufforderung zur Transferphase wird geschickt.

UA

Als Antwort kommt (bei erfolgreicher Anfrage) ein *Unnumbered Acknowledge* zurück.

- Datentransferphase:

I-Frames

Information zum Datentransport. Das Kontrollfeld enthält noch die Informationen N(R) (N für Number) und N(S). Bei W=8 (Window) wird jeder Frame mit 0,...,7 nummeriert. Die Gegenstation quittiert empfangene Frames, solange sie in der fortlaufenden Reihenfolge ankommen,

wobei N(S) die Sendefolgennummer und N(R) die Empfangsfolgennummer angibt und der Empfang von N(R) = X signalisiert, dass alle Frames bis und mit X-1 korrekt empfangen wurden und als nächster Frame X erwartet wird. Diese Art des Acknowledges ermöglicht eine zügige Duplexwechselbeziehung. Das eigentliche Informationsfeld ist maximal 132 Byte lang.

RNR

Mit **Receive Not Ready** zeigt eine Station an, dass Sie momentan keine Frames mehr aufnehmen kann (Empfangsbuffer voll).

RR

Receive Ready hebt RNR auf. RR kann auch zum Quittieren benutzt werden, wenn eine Station selbst keine I-Frames zu senden hat.

REJ

Reject ist für die Anforderung der erneuten Sendung einer qualifizierten Anzahl von Frames.

- Rücksetzphase:

DISC

Disconnect verlangt, dass eine Verbindung von der Gegenseite abgebaut wird.

FRMR

Frame Reject wird als Antwort auf eine unbekannte Framekennung, einen fehlerhaften Block oder bei einem N(R)-Fehler gesendet.

DM

Disconnected Mode wird bei schweren Protokoll- oder Zeitfehlern gesendet.

HDLC / LLC - Address

Das 1-Byte Address-Feld der Destination-, respektive Sourceaddress wird mit sogenannten SAPs (Service Access Points) definiert (**DSAP für Destination-SAP; SSAP für Source-SAP**). Von den 8-Bits können aber nur 6-Bits für die SAPs genutzt werden, das das 802-Komitee einen ähnlichen Mechanismus wie bei den MAC-Adressen verwendet (Individual-/Groupaddress, resp. local-/global address; siehe dazu auch 802.3, resp. SNAP weiter unten). SAPs werden zum multiplexieren der verschiedenen Network-Layer Protokolle gebraucht. Die SAP-Nummern werden von IEEE verwaltet. Einige bekannte SAP-Adressen:

- 00_{hex} 'Null'-SAP (wird für den verbindungslosen Datentransfer verwendet)
- 04_{hex} SNA (IBM) Protokolle
- 06_{hex} TCP/IP Protokolle
- F0_{hex} NetBIOS Protokoll

Das SubNetwork Access Protocol - SNAP (RFC 1042)

Wie schon erwähnt, adressiert ein SAP ein Protokoll X auf einer bestimmten Station, die mit der MAC-Layer Adresse M auf MAC-Ebene adressiert wird. Da nur 6 Bits für die Adressierung der Protokolle verwendet werden können, ist dies manchmal zu wenig! Deshalb wurde zu folgendem Trick gegriffen:

Es wird eine **spezielle SAP-Adresse** definiert, die aussagt, dass der LLC-Header um 'Protocol Type' Feld erweitert wird. Dieses Feld ist 5 Byte lang und ermöglicht dadurch den gewünschten Adressraum. Dieser spezielle SAP wird Sub-Network Access Protocol (SNAP) genannt und hat den **Wert AA_{hex}**. Protokolle die einen vom 802-Komitee zugewiesenen SAP haben, setzen diesen SAP ein und die übrigen verwenden den SNAP-SAP und setzen im Protokoll-Typ-Feld den entsprechenden Wert ein.