

2. Grundlagen der Netzerkerkbildung

2.1 Aufgaben der heutigen Netzerkerke

Für die Realisierung von Kommunikationsbeziehungen werden Netzerkerke gebildet. Über die Netze werden verschiedene Kommunikationsformen wie Sprache und Daten übertragen. Entsprechend der zu übertragenden Information werden die Netze oft als Sprach- und Datennetze bezeichnet. Die Sprach- oder Fernsprechnetze dienen zur Kommunikation zwischen verschiedenen Standorten, wobei aufgrund der aufzuwendenden Kosten nur eine geringe Bandbreite zur Verfügung gestellt wird. Datennetze entstehen durch die Kopplung lokaler Datenverarbeitungssysteme zu einem sogenannten LAN. Diese lokalen Netze (LAN) wiederum werden über städtische (MAN) oder Weitverkehrsnetze (WAN) miteinander verbunden. Im lokalen Bereich wird aufgrund der geringen Kosten oft eine hohe Bandbreite für eine Kommunikation mit hoher Güte bereitgestellt. Im MAN- oder WAN-Bereich hingegen erlauben die aufzuwendenden Kosten oft nur eine Kommunikation geringer Bandbreite, wobei die Einführung von neuen Übertragungsverfahren und -medien dieser Tatsache entgegenwirkt. Mit der Einführung von EDV-Systemen höherer Leistungsfähigkeit müssen auch die Netze in ihrer Bandbreite und ihrem Serviceumfang wachsen, da zunehmend größere und verschiedene Mengen von Nutzinformationen übertragen werden. Wo gestern geringe Übertragungsgeschwindigkeiten für einen zeichenorientierten Dienst ausreichten, werden heute hohe Übertragungsgeschwindigkeiten für multimediale Informationen mit Echtzeitbedingungen benötigt. Diese Informationen führen zur Integration von Sprache, Video und Daten. Die Bedingungen der Echtzeitfähigkeit stellen eine komplexe Problematik dar, welche es mit den neu zu installierenden Netztypen zu lösen gilt. So kann es teilweise sinnvoll nicht aber als ausreichend angesehen werden, daß verschiedene Netztypen nur in ihrer Übertragungsgeschwindigkeit und nicht in ihrer Funktion weiterentwickelt werden. Mit dem aktuellen Trend der Übertragung von Sprache, Video und Daten über einen Netztyp erfolgt eine Verschmelzung der Sprach- und Datennetze. Übergangslösungen zu dieser geschlossenen Lösung werden oft als „Corporate Network“ bezeichnet, da sie entgegen den bisherigen Netzen eine variable Ressourcenverteilung und damit eine unmittelbar entstehende Verknüpfung zwischen Sprache und Daten erlauben. Als erste real existierende geschlossene Lösung wird derzeit der Asynchrone Transfer Mode angesehen, welcher im zunehmenden

Maße eingesetzt und von einer Vielzahl von Herstellern und Standardisierungsgremien des Sprach- und Datenbereiches weiterentwickelt wird.

2.2 Standardisierungsorganisationen

Die Standardisierungsorganisationen stellen bezüglich der Netztypen Definitionen und Empfehlungen bereit. Sie verabschieden einerseits eigene Empfehlungen und übernehmen andererseits festgelegte Definitionen anderer Organisationen. Des Weiteren bilden sich innerhalb der Standardisierungsorganisationen Foren, die speziell einen Netztyp weiterentwickeln. Aufgrund der Verständigung der einzelnen Organisationen können verschiedene nationale wie auch internationale Standards verabschiedet werden. Die Netzkomponenten der einzelnen Hersteller, die aufgrund dieser Vorgaben entwickelt werden, können interoperabel eingesetzt werden, d. h. sie können miteinander kombiniert werden.

Zu den wichtigsten Gremien gehören:

- ITU : International Telecommunication Union (vorher CCITT)
- ETSI : European Telecommunications Standard Institute
- ANSI : American National Standards Institute
- IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ISO : International Organisation for Standardization
- IETF : Internet Engineering Task Force
- DIN : Deutsche Industrie Norm
- verschiedene Foren zu den einzelnen Netztypen (z.B.: ATM-Forum, Frame Relay-Forum)

2.3 OSI - Referenzmodell

Der Austausch von Informationen zwischen den Teilnehmern einer Kommunikationsbeziehung ist nur dann möglich, wenn die Teilnehmer die für die Beziehung nötigen Regeln beherrschen. Mit der Schaffung verschiedener Kommunikationsverfahren trat das Problem der fehlenden Kombinierbarkeit der Verfahren untereinander auf. Für die Lösung des Problems mußte ein allgemeines Modell einer Kommunikationsbeziehung entwickelt werden. Die ISO spezifizierte dazu das OSI-Referenzmodell, welches heute eine hohe Verbreitung erfahren hat. Das Modell besteht aus 7 Schichten (Layern), die aufeinander aufsetzen. Jede Schicht beinhaltet eine definierte Aufgabe für das Zustandekommen, die Aufrechterhaltung und den Abbau einer Kommunikationsverbindung. Aufgrund der Struktur des Modells kann eine Schicht alle Dienste der darunterliegenden Schicht benutzen und wiederum ihre eigenen Dienste der über ihr liegenden Schicht bereitstellen. Dies gilt auch für die in einer Schicht enthaltenen Teilschichten (Sub-Layer). Die Dienstübergabe erfolgt nur an die unmittelbar angrenzenden Schichten über sogenannte Dienstzugangspunkte (Service Access Points). Die auf diese Weise stattfindende Kommunikation wird als vertikale Kommunikation bezeichnet. Durch den Aufbau einer Kommunikationsbeziehung kann auch eine horizontale (logische) Kommunikation zwischen den Schichten gleichen Typs stattfinden. Die Abbildung 2.1 zeigt das OSI - Referenzmodell.

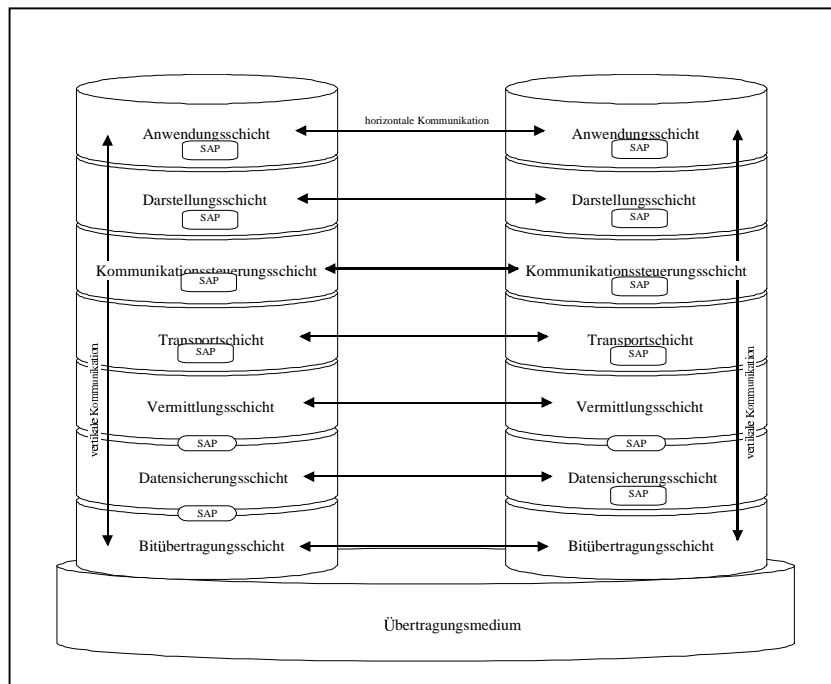


Abb. 2.1: OSI - Referenzmodell [Stütt 91 S.31]

Die Aufgaben der Schichten gestalten sich folgendermaßen:

Schicht 1:

Die Bitübertragungsschicht (Physical Layer) beinhaltet die ungesicherte Übertragung eines Stromes von Informationseinheiten (Bits) über das unter ihr liegende physikalische Medium. In dieser Schicht sind die mechanischen Eigenschaften, elektrischen Definitionen und die Übertragungsarten (duplex, synchron...) einer Kommunikationsverbindung festgelegt.

Schicht 2:

Die Datensicherungsschicht (Data Link Layer) macht aus der ungesicherten eine gesicherte Übertragungsstrecke. Diese Schicht ermöglicht die Erkennung, Beseitigung und Weitermeldung von Fehlern, die auf der Übertragungsstrecke (Schicht 1 + Übertragungsmedium) auftreten. Zusätzlich übernimmt diese Schicht die Flußkontrolle der Datenpakete und sichert damit die richtige Reihenfolge der Pakete. Die Sicherungsschicht wird für die Spezifikation von lokalen Netzen in zwei Teilschichten, MAC und LLC, unterteilt. Dabei setzt die LLC - Schicht (2b) auf die MAC - Schicht (2a) auf.

Schicht 3:

Die Vermittlungsschicht (Network Layer) ist für den Aufbau einer Verbindung zwischen zwei Endteilnehmern zuständig, welche durch Adressen gekennzeichnet sind. Dazu werden die Wegewahl (Routing), das Multiplexen von mehreren Verbindungen über einzelne Teilstrecken und die Behandlung der daraus entstehenden Fehler vorgenommen. Zur Definition dieser Aufgaben wird die Schicht 3 nochmals in drei Teilschichten unterteilt. Dabei beinhaltet die Schicht 3a (Subnetwork Access) teilnetzspezifische Protokolle (Routing), die Schicht 3b (Subnet Enhancement) ergänzende Funktionen der Teilnetze für die folgende Schicht und die Schicht 3c (Internet) teilnetzunabhängige Protokolle (z.B.: Routing zu Gateway, globale Adressierung).

Schicht 4:

Die Transportschicht (Transport Layer) hat die Aufgabe, den Prozessen eines Anwenders eine zuverlässige und netzunabhängige Ende-zu-Ende-Verbindung zur Verfügung zu stellen. Dabei werden alle auszuhandelnden Dienstmerkmale einer Verbindung und damit die gesamte Netzcharakteristik durch diese Schicht vor den nächst höheren Schichten verborgen. Der Übergang von Schicht 4 zu Schicht 5 stellt die Trennlinie zwischen übertragungsbezogenen (1 - 4) und verarbeitungsbezogenen Schichten (5 - 7) dar.

Schicht 5:

Die Kommunikationssteuerungsschicht (Session Layer) dient der Synchronisation der Kommunikation zwischen den beteiligten Prozessen. Dabei werden in einer Sitzung die Phasen des Verbindungsaufbaus, Datentransfers und Verbindungsabbaus unterschieden.

Schicht 6:

Die Darstellungsschicht (Presentation Layer) realisiert die syntaktische Umwandlung der Daten von der lokalen in die vom Partner verstandene Codierung. Diese Funktion erlaubt eine wechselseitig richtige Interpretation der übertragenen Informationen.

Schicht 7:

Die Anwendungsschicht (Application Layer) bildet die oberste Schicht einer Kommunikationsbeziehung. In dieser Schicht sind alle anwendungsspezifischen und kommunikationsrelevanten Teile eines Anwendungsprozesses enthalten. Die Dienste der

Anwendungsinstanz sind nicht an eine höhere Schicht gerichtet, sondern werden unmittelbar vom Anwendungsprozeß genutzt.

[Stött 91], [Bor 92], [Barz 95]

2.4 Topologien von Netzwerken

2.4.1 Bus

Der Bus stellt einen universellen Informationskanal dar. Für eine vollständige Erreichbarkeit der Kommunikationspartner werden die Signale in beide Richtungen von der Quellstation aus gesendet (Diffusionsnetz). In den gesendeten Datenpaketen sind keine Informationen zur Wegesuche enthalten, da jede Zielstation diese Datenpakete sofort vom Bus entnehmen kann. Die Kopplung der Stationen an den Bus erfolgt oft passiv. Daher ergeben sich keine Probleme hinsichtlich der An- und Abschaltung der Stationen. Durch diese Variante der Anschaltung wird das Netz (-segment) hinsichtlich seiner physikalischen Ausdehnung begrenzt. Beispiele für diesen Netztyp sind das Ethernet oder der S₀-Bus im ISDN.

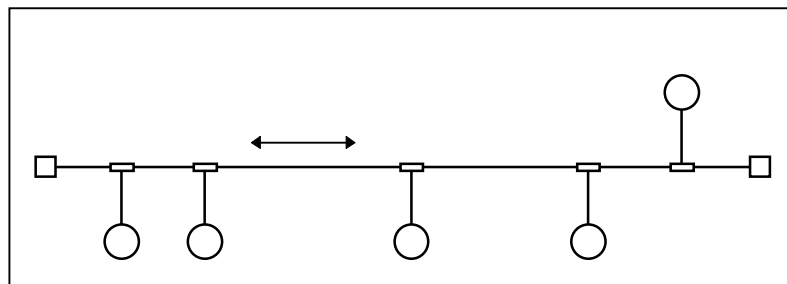


Abb. 2.2: Busstruktur

[LAN 91], [Con 93]

2.4.2 Ring

Die Ringform eines Netzes kann als geschlossene Kette von Punkt-zu-Punkt-Verbindungen aufgefaßt werden. Daher wird oft eine aktive Anschaltung der Netzstationen vorgenommen. Dies hat den Vorteil, daß mit diesem Netz eine hohe Teilnehmerzahl und eine große Netzausdehnung erreicht werden kann. Die Netzstationen übernehmen dabei die Regeneration und Weiterleitung der Informationen. Um den Netzausfall durch den Defekt einer Station zu vermeiden, erfolgt die Anschaltung der Stationen über ein sogenanntes „Bypass Relay“. Da auf dem Ring die Information nur in eine Richtung (unidirektional) übertragen wird, benötigen einfache Ringnetze keine Informationen zur Wegesuche. Die physikalische Eingliederung einer Station in den Ring ist unproblematisch, erfordert aber im allgemeinen

eine Betriebsunterbrechung. Zur Erhöhung der Redundanz kann der Ring mehrfach ausgelegt werden (Verzopfung). Beispiele für diese Netztopologie sind Token Ring und FDDI.

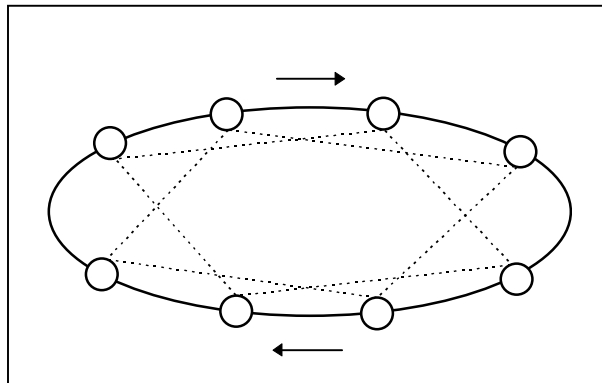


Abb. 2.3: Ringstruktur

[LAN 91], [Con 93]

2.4.3 Stern

In einem Sternnetz sind alle Stationen mit je einer Verbindung an einen zentralen Knoten angeschlossen. Die Verbindungen zu den Stationen werden im allgemeinen bidirektional betrieben. Dabei erfolgt die Kommunikation der Stationen untereinander immer über den Knoten. Die Knotenstation verwaltet und organisiert das Netz und muß daher umfassend vor Überlast und Ausfall geschützt werden. Eine fehlerhafte Station kann leicht identifiziert und von den weiteren Stationen physikalisch entkoppelt werden. Die physikalische Eingliederung einer Station ist unproblematisch und erfordert keine Unterbrechung des Betriebes. Informationen zur Wegewahl zwischen Sternpunkt und Station werden nicht benötigt, da eindeutige Wege zwischen den Stationen definiert sind.

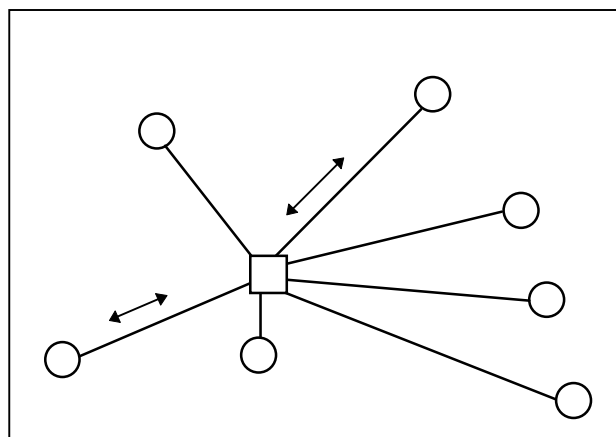


Abb. 2.4: Sternstruktur

Dieser Netztyp stellt die Struktur der Verkabelung heutiger Ethernet-, Token Ring-, FDDI- und ATM-Netze dar. Auch innerhalb des Kreditinstitutes wird diese Struktur im LAN und WAN eingesetzt. Dieser Netztyp kann durch breitbandige Verbindungen zwischen Netzstationen mit hohem Kommunikationsaufkommen und dem Sternverteiler optimiert werden. Diese breitbandigen Anschlüsse werden oft als „Uplinks“ bezeichnet.

[LAN 91], [Con 93]

2.4.4 Baum

Bei der Baumstruktur können alle Stationen, ausgehend vom Zentralknoten (Wurzel), über die aktiven oder passiven Verzweigungspunkte (Nebenknoten) erreicht werden. Diese Struktur erlaubt durch ihren kaskadierenden Charakter eine sehr gute Anpassung an die geographischen Gegebenheiten und eine damit verbundene Minimierung der für das Netz erforderlichen Verbindungen zu den Stationen. Bei der verbindungsorientierten Nutzung dieses Netzes müssen Informationen zur Wegwahl eingesetzt werden. Dazu muß jeder Knoten die ihn umgebende Struktur kennen, um eine richtige Weiterleitung der Informationen zu gewährleisten. Eine Kaskadierung von Sternnetzen führt zu einer Baumstruktur, die an die Topologie der Nutzerverteilung angepaßt wird. Diese Struktur ist innerhalb der WAN-Verbindungen des Institutes vorhanden. Der Netztyp kann durch eine breitbandige Auslegung der Hauptverkehrsstrecken (z.B.: Hauptäste) und eine dem Kommunikationsverlangen angepaßte Zuordnung der einzelnen Stationen zu den Sternverteilern optimiert werden.

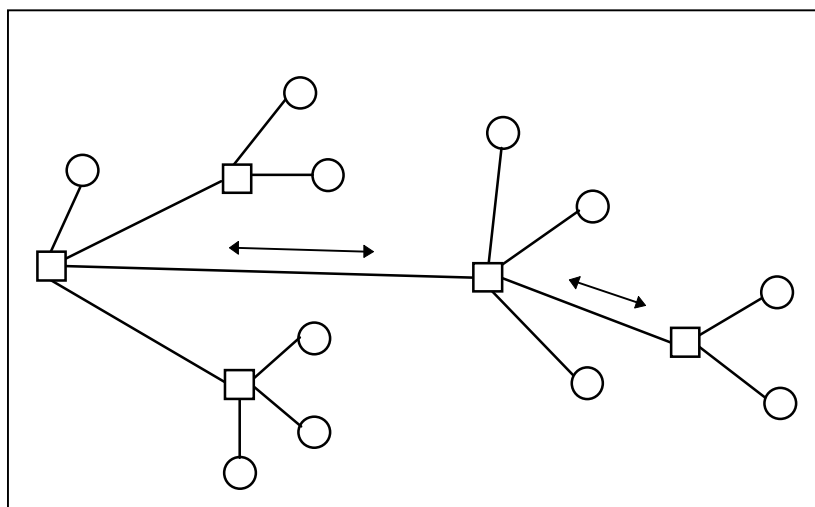


Abb. 2.5: Baumstruktur

[LAN 91], [Con 93], [ISDN 92]

2.4.5 Vermaschtes Netz

Bei einem vermaschten Netz werden die Verbindungen zwischen den Stationen je nach Errichtung der einzelnen Stationen und deren Erreichbarkeit im Netzwerk geschaltet. Heutige, historisch gewachsene heterogene Netze besitzen diese Eigenschaft. Demzufolge stellen Optimierung und Neuordnung eine umfassende Aufgabe dar. Die Wegesuche (Routing), die Flußkontrolle (Flow Control) und die Verstopfungskontrolle (Congestion Control) treten in voller Komplexität auf. Einen Sonderfall stellt dabei die Vollvermaschung eines Netzes dar. Dabei ist das Netz durch eine direkte Erreichbarkeit zwischen den einzelnen Nachbarstationen gekennzeichnet. Die Anzahl der Verbindungen (V) steigt mit der Anzahl der Stationen (N)

nach:
$$V = \frac{N(N-1)}{2}$$

Ein flexibles Routing ermöglicht jetzt ein Netz mit maximaler Verfügbarkeit, wobei eine hohe Verbindungsanzahl realisiert werden muß.

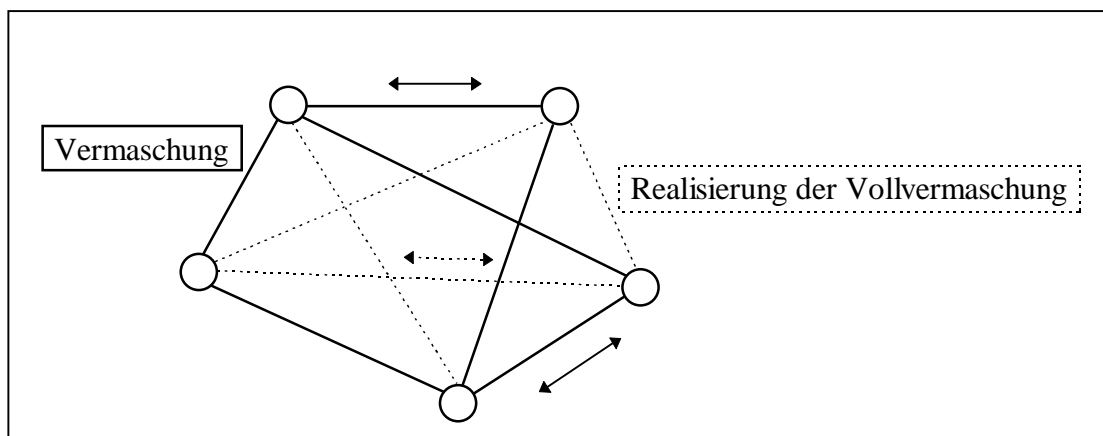


Abb. 2.6: Struktur der Vermaschung

[LAN 91], [Con 93], [ISDN 92]

2.5 Übertragungsmedien

2.5.1 Leitungsgebundene Übertragungsmedien

Bei der Informationsübertragung über Leitungen können drei wichtige Typen unterschieden werden.

1) Symmetrisches Kupferkabel:

Dieser Kabeltyp beinhaltet eine bestimmte Anzahl verdrehter Kupferleiter. Die Verdrehung der Kupferleiter führt zu einer Minimierung der gegenseitigen kapazitiven und magnetischen

Beeinflussung (Nebensprechen). Die verschiedenen Kabel dieses Typs können folgendermaßen klassifiziert werden:

- 1) UTP: Unshielded Twisted Pair Cables, symmetrisches Kupferkabel, paarig- oder sternverseilt, typischer Wellenwiderstand 100 Ohm, ungeschirmt;
- 2) S/UTP: Screened / Unshielded Twisted Pair Cables, symmetrisches Kupferkabel, paarig- oder sternverseilt, typischer Wellenwiderstand 100 Ohm, Gesamtschirm aus Folien und / oder Geflecht;
- 3) STP: Shielded Twisted Pair Cables, symmetrisches Kupferkabel, paarigverseilt, typischer Wellenwiderstand 150 Ohm, einzelne Paare individuell geschirmt;
- 2) S/STP: Screened / Shielded Twisted Pair Cables, symmetrisches Kupferkabel, paarigverseilt, typischer Wellenwiderstand 150 Ohm, einzelne Paare individuell geschirmt und Gesamtschirm aus Folien und / oder Geflecht.

Für die Übertragung der Informationen müssen die symmetrischen Kupferkabel in Abhängigkeit von den zu übertragenden Spektren und Hauptfrequenzen entsprechende Übertragungsqualitäten aufweisen. Die Qualität ist von Dämpfung, Nahnebensprechen und Koppelwiderstand eines Kabels abhängig. Beim Einsatz symmetrischer Kupferkabel wird oft das Verhältnis von Nahnebensprechdämpfung zur Signaldämpfung (Attenuation to Crosstalk Ratio) zur Charakterisierung der Übertragungsstrecke verwendet. Weiterhin werden die Kabel nach ihrer Qualität in Kategorien eingeteilt. Darüber hinaus definiert die Klasse einer Verkabelung die Qualität der gesamten Übertragungsstrecke, einschließlich der Ausführung der Anschlußdosen und der Patch-Felder.

Die Einteilung in Klassen und Kategorien (festgelegt in Standards wie EN 50173 der DIN und VDE oder EIA/TIA 568) gestaltet sich folgendermaßen:

Schwerpunktfrequenzen	Klasse	Kategorie
Bis 100 kHz	A	1 und 2
Bis 1 MHz	B	
Bis 16 MHz	C	3
Bis 20 MHz	-	4
Bis 100 MHz	D	5
Bis 600 MHz	E	6

Aufgrund der Möglichkeit der Auswahl aus verschiedenen Kabel- und Anschlußvarianten kann dieser Kabeltyp bedarfsorientiert eingesetzt werden und findet dabei eine ständig

steigende Verbreitung in Netzen der Sprach- und Datenkommunikation. Bei der Realisierung der Klassen D und E ist die einheitliche Ausführung (ein Hersteller) zu favorisieren, da nur bei homogenen TP-Systemen die Qualitätskriterien einwandfrei erfüllt werden. Im betrachteten Institut wird für die Vernetzung der LAN's und Fernsprecheinrichtungen eine S/UTP der Klasse D eingesetzt.

[LL 2/97], [Con 93], [Hein 96], [Gate 08/96]

2) Koaxialkabel:

Dieser Typ besteht aus einem Hin- und Rückleiter. Der Hinleiter wird von einer konzentrischen Isolierschicht umgeben, welche wiederum durch den Außenleiter umschlossen ist. Zusätzlich zum Außenleiter kann ein Geflecht beide Leiter umschließen und dabei gegen elektromagnetische Störungen abschirmen und vor mechanischer Belastung schützen. Die wichtigen Kenngrößen dieses Kabeltyps sind der Wellenwiderstand z.B.: 50, 75 und 93 Ohm und die Signaldämpfung mit einem Bezug auf die Länge (z.B.: 100 m). Durch den hohen übertragbaren Frequenzbereich wird dieser Kabeltyp für verschiedene hochfrequente Netze (Kabel-TV, LAN's) eingesetzt. Mit der Erhöhung der Leistungsfähigkeit von TP-Verkabelungssystemen und dem Übergang von der Bus- zur Sterntopologie (z.B.: Ethernet) kann eine zunehmende Verdrängung der Koaxialkabel-Systeme durch TP-Kabelsysteme in den LAN's beobachtet werden.

[LAN 91], [Con 93]

3) Lichtwellenleiter:

Dieser Typ besteht aus einer feinen Glasfaser (z.B.: 50µm) aus SiO₂ mit einem sie umgebenden Mantel (z.B.: 125µm) mit geringer optischen Dichte (geringer Brechungsindex). Weitere Hüllen bilden einen Schutz vor mechanischer Zerstörung. Die Lichtwellenleiter sind durch die Weiterleitung von optischen Signalen unempfindlich gegen elektromagnetische Einkopplungen. Die Informationsübertragung im LWL wird in den Dämpfungsminima (den drei optischen Fenstern) der Fasern vorgenommen. Die Fenster liegen bei einer Wellenlänge von 850 nm; 1300 nm und 1550 nm. Bei der eingesetzten Technik werden heute das erste optische Fenster bei 850 nm und das zweite optischen Fenster bei 1300nm zur Informationsübertragung genutzt. Zusätzlich zu diesen Wellenlängenbereichen kann bei Multimode-Fasern eine Zwischenstufe mit 980 nm unterschieden werden, da bei dieser Wellenlänge ein Bandbreitenoptimum dieses Typs vorliegt. Die Lichtwellenleiter können nach dem Verlauf des Brechungsindex und der Modenzahl charakterisiert werden.

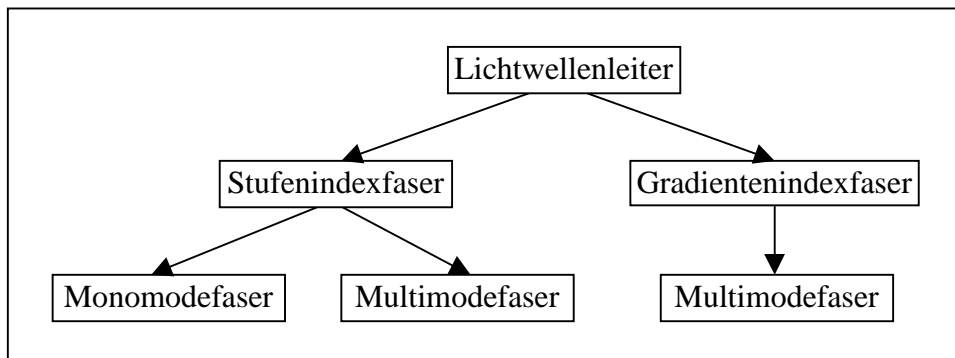


Abb. 2.7: Gliederung der LWL-Typen

Der Einsatz von verschiedenen Lichtwellenleitertypen richtet sich dabei nach dem Standard für das einzusetzende Kommunikationssystem. So beinhalten Spezifikationen wie DIN EN 50173 und ISO/IEC 11801 die Vorgaben der optischen Schnittstellen hinsichtlich geforderter Bandbreite und nutzbarer Wellenlängen. Durch die hohe bereitgestellte Bandbreite erfahren die Lichtwellenleiter eine zunehmende Verbreitung. Im WAN-Bereich werden oft Monomode-Fasern und im Campus-Bereich Multimodefasern eingesetzt. Dieser Einsatz geht in Datennetzen oft mit einer leistungsfähigen TP-Verkabelung (z.B.: Klasse D) für den lokalen Bereich einher. Abschließend kann festgestellt werden, daß die LWL-Verkabelungssysteme mit steigenden Anforderungen an Bandbreite und Übertragungslänge zunehmend im WAN-, MAN- und LAN-Bereich eingesetzt werden.

[LAN 91], [Con 93], [ISDN 92]

2.5.2 Nichtleitungsgebundene Übertragungsmedien

Bei der nichtleitungsgebundenen Informationsübertragung (d.h. durch die Atmosphäre) können für den Aufbau von Netzen unterschiedliche Übertragungsverfahren zur Anwendung kommen. Bei diesen Verfahren wird ein vorgegebener Frequenzbereich für die Signalübertragung genutzt. Dabei sind für die Bildung von verbindungsorientierten Netzen die (optischen) Richtfunkstrecken sowie die Satellitenverbindungen zu nennen. Weitere Ausführungen sind der Literatur, wie [Bia 95] oder [Mob 92], zu entnehmen.

2.6 Betriebsarten

Der Austausch von Informationen kann während einer Kommunikationsbeziehung in unterschiedlichen Betriebsarten erfolgen. Dabei ist die Betriebsart in den Netzen durch

Spezifikationen der Zugriffsverfahren auf das Übertragungsmedium definiert. Die möglichen Betriebsarten einer Kommunikation lauten:

1) simplex (Richtungsbetrieb)

Die Nachrichtenübertragung erfolgt unidirektional vom Sender zum Empfänger. Es gibt keine Möglichkeit der Nachrichtenübermittlung in entgegengesetzter Richtung. Dieses Verfahren ist typisch für eine Verteilkommunikation in Rundfunk- und Fernsehnetzen.

2) halbduplex (Wechselbetrieb)

Die Übertragung der Information verläuft bidirektional alternierend. Die Übertragungsstrecke muß diese Kommunikation zulassen. Die Sende- und Empfangseinrichtung einer Station muß nicht gleichzeitig betreibbar sein. Diese Betriebsart wird im Ethernet oder auf Schnittstellen, welche nach dem Ping-Pong-Prinzip funktionieren, eingesetzt.

3) vollduplex (Gegenbetrieb)

Die Informationsübertragung zwischen den Kommunikationspartnern erfolgt bidirektional simultan. Dazu muß das Übertragungsmedium eine parallele Informationsübertragung (z.B.: getrennte Frequenzbänder) zulassen. Weiterhin müssen die Stationen eine parallel arbeitende Sende- und Empfangseinrichtung besitzen. Als Beispiel sind Fernsprecheinrichtungen oder Ethernet-Vollduplex-Ports zu nennen.

[Con 93]

2.7 Netzwerkkomponenten

Für den Aufbau von LAN, MAN und WAN werden Netzwerkkomponenten mit unterschiedlichen Aufgaben eingesetzt. Der Umfang der bereitzustellenden Funktionen richtet sich nach dem Typ des zu errichtenden Netzwerks. So können heute Netzwerkkomponenten für die Übertragung von Sprache und Daten unterschieden werden. Durch die Einführung der Digitalisierung der Fernsprechtechnik können die zu leistenden Dienste beider Netze in einem Corporate Network zusammengefaßt werden. Mit dieser Möglichkeit wird oft eine Sprach-Daten-Integration im WAN, MAN und LAN erreicht, weshalb von einer Trennung der Netzkomponenten nach der Kommunikationsform abgesehen wird. Die Vergabe der Ressourcen und die Bereitstellung der Dienste erfolgt innerhalb dieses Netzes kooperativ.

2.7.1 Netzstation oder Node

Alle beteiligten Komponenten in einem Netzwerk, die eine Kommunikation initialisieren und durchführen, werden als Netzstationen angesehen. So können Fernsprecheinrichtungen,

Server, Drucker, Konzentratoren oder Router, die Dienste nutzen oder anbieten, als Netzstationen aufgefaßt werden.

[LAN 91], [Con 93]

2.7.2 Transceiver

Der Transceiver ist der Schicht 1 des OSI-Referenzmodells zuzuordnen und wird auch als MAU (Medium Attachment Unit) bezeichnet. Er stellt dem Netzkontroller eine von der Übertragungstechnik unabhängige Schnittstelle, die sogenannte AUI (Attachment Unit Interface) bei Kupfer und MII (Medium Independent Interface) bei LWL, zur Verfügung. Der Einsatz erfolgt extern oder auf einer Netzschnittstellenkarte.

[Hein 96], [LAN 91], [Bay 96]

2.7.3 Repeater

Ein Repeater beinhaltet Funktionen der Schicht 1 des OSI-Referenzmodells. Er interpretiert einen ankommenden Datenstrom als Bitfolge. Diese Bitfolge wird in ihrer Impulsform regeneriert, verstärkt und zum Zielpunkt weitergeleitet. Mit diesen Funktionen kann die physikalische Ausdehnung eines Netzes erhöht werden. Dabei sind die Vorgaben des jeweiligen Netztyps (z.B. Signallaufzeiten und zulässige Teilnehmerzahl) zu berücksichtigen. Repeater werden durch den Aufbau von sternförmigen Netzen durch Hub-Systeme in diese Komponenten integriert oder extern eingesetzt und kommen damit in Lokalen Netzen, wie z.B. Ethernet, Token Ring, zur Anwendung.

[Hein 96], [LAN 91], [Bay 96]

2.7.4 Hub

Der Hub (deutsch: Achse) wird auch als Konzentrator oder Sternverteiler bezeichnet. Er besteht aus einer Vielzahl von Ports, die an eine Backplane (Verbindung zwischen den Ports) angeschlossen sind. Die Ports bilden dabei ein Netzsegment mit einem „Shared“ Medium, wobei sie sich die gesamte Bandbreite in diesem Segment teilen. Ein Hub beinhaltet Funktionalitäten der Schicht 1 des OSI-Referenzmodells. Er übernimmt die Signalverteilung, Taktaufbereitung und Verstärkungsfunktion für die angeschlossenen Stationen. Durch einen Verbund von Hubs können hierarchische Strukturen (kombinierte Sternnetze) zur Bildung eines Gesamtnetzes geschaffen werden. Die Hubs können als „Stand Alone“- , modulare oder „Stack“ - Systeme ausgeführt sein. Der Typ des einzusetzenden Systems richtet sich dabei nach der bereitzustellenden Anzahl und der Norm der zu nutzenden Ports. Innerhalb des

Kreditinstituten werden in den Geschäftsstellen mit geringer Mitarbeiterzahl „Stacks“ und in Standorten mit hoher Mitarbeiterzahl modulare Hubsysteme eingesetzt.

[Hein 96], [LAN 91], [Bay 96]

2.7.5 Bridge

Die Bridge (Brücke) wird auch als MAC-Layer-Bridge bezeichnet. Sie beinhaltet Funktionen der Schicht 1 und 2 a (MAC-layer) des OSI-Referenzmodells und verarbeitet dabei Datenpakete (Frames). Mit der Beschränkung auf die Schicht 2a bietet sie auf dem Sub-Layer 2b (LLC) einen protokolltransparenten Dienst an. Die Abbildung 2.8 stellt die Einordnung der Brücken in das OSI-Referenzmodell dar. Mit dieser Funktion und dem „Store-and-Forward“-Prinzip kann die Brücke Netze mit unterschiedlichen Schicht 1 - Spezifikationen koppeln. Dabei wird für jedes Netzsegment durch adaptives Abhören der gesendeten Datenpakete eine MAC-Adressen-Tabelle aufgebaut. Nach dieser Tabelle wird von der Brücke entschieden, ob ein Frame in das jeweilige Netzsegment weitergeleitet wird. Die Brücke ermöglicht durch diese Funktion die physikalische Entkopplung von Netzsegmenten und eine Verkehrslasttrennung innerhalb eines Gesamtnetzes. Folgende Bridging - Funktionalitäten können unterschieden werden.

1) Transparent Bridging

Beschriebenes Bridging mit Einsatz von adaptiven MAC-Adressen-Tabellen.

[Hein 96], [LAN 91], [Bay 96]

2) Source Routing

Die Funktion beinhaltet die Findung eines möglichen Übertragungsweges durch ein Netzwerk komplexer Struktur. Bei diesem Verfahren wird vom Sender ein sogenanntes Explorer-Paket gesendet. In dieses Paket notieren die Brücken die zu benutzenden Netzsegmente bis zum Empfänger. Das Paket wird vom Empfänger bestätigt und zum Sender zurückgesendet. Der Sender kann über die erhaltene Weginformation die Nutzdaten gezielt absenden. Dabei werden die MAC-Adressen-Tabellen der Brücken (siehe Transparent Bridging) in die Endstation verlagert und so eine Entlastung der benutzten Brücken erreicht. Das Verfahren wird im Token Ring eingesetzt und kommt damit im Netz des Institutes zum Einsatz.

[LAN 91], [Bay 96], [Con 93]

3) Spanning Tree Algorithmus

Diese Funktion ist notwendig, wenn ein vermaschtes Netz mit automatischer Wegewahl zwischen einzelnen Stationen zum Einsatz kommt. Sie beinhaltet die Erkennung und Unterdrückung von Schleifen innerhalb des Netzes. Bei Einsatz einer Brücke in einem vermaschten Netz kann durch Setzen von Kostenfaktoren für die jeweiligen Strecken zu einer

Zielstation die Weiterleitung der Datenpakete über die zu benutzenden Pfade gesteuert werden. Die Brücke leitet die Datenpakete über die Verbindungen mit den minimalen „Kosten“ und sperrt mit der Bevorzugung eines Weges alternative Routen zur Zielstation. Mit dieser Funktion werden zuerst alle möglichen Wege zwischen den Stationen erkannt, der optimale Weg ausgewählt und die redundanten Wege zur Schaffung einer eindeutigen Verbindung gesperrt (aufgespannter Baum). Bei Ausfall einer benutzten Verbindung wird einer der gesperrten Wege freigegeben und automatisch benutzt.

[Bor 92], [LAN 91]

4) Source Explicit Forwarding

Dieses Verfahren erlaubt das Setzen von positiven Source - Filtern in Brücken. Durch die Eintragung der MAC - Adressen von Stationen in die Filtertabelle erhalten nur diese Stationen das Privileg, Pakete durch die Bridge weiterzuleiten. Interessant ist diese Funktionalität für Netzwerkmanager oder weitere berechtigte Personen, die so einen exklusiven Zugang zu einem geschlossenen Netzsegment erhalten.

[LAN 91]

5) Source Route Transparent

Dieses Verfahren kombiniert das in Ethernet - Netzen übliche „Transparent Bridging“ und den in Token Ring - Netzen eingesetzten „Source Routing“ - Algorithmus. So kann eine Brücke mit dieser Funktion die Datenpakete beider Verfahren auswerten und eine korrekte Weiterleitung der Datenpakete bewirken.

[Bor 92], [LAN 91], [Bay 96]

2.7.6 Switch

Der Switch oder auch Kreuzumschalter enthält Funktionalitäten der Schichten 1 und 2 a des OSI-Referenzmodells und stellt eine Multiport-Brücke dar. Die Abbildung 2.8 stellt die Einordnung des Switch in das OSI-Referenzmodell dar. Durch eine Auswertung der MAC-Adressen der angeschlossenen Stationen werden die jeweiligen Daten nicht an alle Stationen (siehe Hub), sondern nur zu dem Port der Empfängerstation geleitet. Durch die Beseitigung dieses Broadcast – Verkehrs können Stationen unabhängig voneinander kommunizieren, so daß eine Verkehrslasttrennung zwischen den Ports ermöglicht wird. Trotz der physikalischen Entkopplung der Ports untereinander kann jeder Port mit jedem anderen Port kommunizieren. Dadurch wird ein logisches Gesamtnetz gebildet. Für die Weiterleitung der Datenpakete können folgenden Switching-Strategien unterschieden werden.

[Hein 96], [NC 9/96]

1) Store and Forward

Hier wird das komplette Frame bzw. der Rahmen (auch Zelle) zwischengespeichert, die Zieladresse im Header ausgewertet und danach zum entsprechenden Port weitergeleitet.

2) Cut Through

Bei diesem Verfahren wird der Datenrahmen vom Port entgegengenommen und in dieser Phase schon die Zieladresse im Header ausgelesen. Bevor der gesamte Rahmen in den Eingangsport eingelesen ist, wird der schon erhaltene Abschnitt dem Ausgangsport übergeben und damit an die Zielstation weitergeleitet.

Die Switching-Strategien beinhalten Vor- und Nachteile hinsichtlich der Geschwindigkeitsumsetzung zwischen den Ports, der Beseitigung ungültiger Rahmen und der Verzögerungszeiten, wodurch oft beide Techniken in den Switches implementiert und automatisch umschaltbar sind. Bei dem Einsatz von Token Ringen kann das „Cut Through“-Verfahren favorisiert werden, da bei diesem Verfahren eine schnellstmögliche Weiterleitung der Datenpakete erfolgt und im Gegensatz zum Ethernet keine fehlerhaften Datenpakete zu filtern sind. Dieses Verfahren kann nicht vollständig realisiert werden, weil die Umsetzung auf ein weiteres Übertragungsverfahren (z.B.: ATM, FDDI), die unterschiedliche Geschwindigkeit an den Ein- und Ausgangsport oder das Warten auf den Frei-Token im Zielsegment eine Zwischenspeicherung des Datenpaketes am Ausgangsport bedingt.

[Hein 96], [NC 9/96], [Kys 96]

2.7.7 Router

Der Router stellt eine Netzkomponente dar, welche die Funktionalitäten der Schichten 1 bis 3 des OSI-Referenzmodells beinhaltet. Die Darstellung der Einordnung erfolgt in Abbildung 2.8. Der Router kann Netze mit unterschiedlichen Spezifikationen in den Schichten 1 und 2 (z.B.: mit verschiedenen Zugriffsverfahren) zu einem logischen Gesamtnetz koppeln. Diese Eigenschaft ermöglicht den Aufbau von Netzwerken mit maximaler physikalischer Ausdehnung (z.B.: Internet). Um Pakete zwischen den Teilnetzen zu vermitteln, wertet der Router die in den Datenpaketen enthaltenen Network-Layer-Destination-Address (z.B.: IP-Adresse) aus und übernimmt bei Notwendigkeit die gezielte Weiterleitung in ein anderes Netzsegment. Mit Etablierung von verschiedenen Schicht 3 - Protokollen müssen auch die Router diese Protokolle nutzen und parallel verarbeiten können. Es handelt sich dabei um Multiprotokoll-Router. Des Weiteren nutzen die Router komplexe Funktionen zur Optimierung der Wege zwischen den Stationen (z.B.: OSPF). Dabei wird die Topologie durch eine Router-Router-Kommunikation permanent überwacht. Der Einsatz von Routern ermöglicht

somit die Kopplung komplexer Netze mit unterschiedlichen Zugriffsverfahren, Verkehrslast-trennung zwischen den Netzsegmenten und Schicht 3 - Filterfunktionen (z.B: Firewalls).

[Bor 92], [LAN 91], [Bay 96]

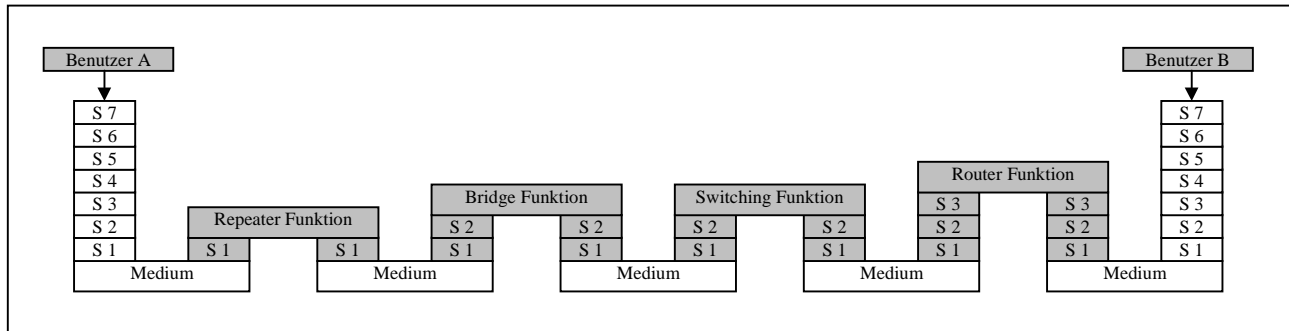


Abb.2.8: Einordnung von Netzwerkkomponenten in das OSI-Referenzmodell

[Bor 92]

2.7.8 Netzwerkmanagement

Das Netzwerkmanagement umfaßt alle Funktionen, die zur Einrichtung, Überwachung und Gewährleistung der fehlerfreien Funktion des Netzwerkes benötigt werden. Das Netzwerkmanagement gliedert sich in folgende Bestandteile:

- *Konfigurations-Management:* bildet die Grundlage aller Managementfunktionen und beinhaltet Funktionen, die mit der Bestandssicherung und dem Änderungsdienst der physikalischen und logischen Komponenten im Zusammenhang stehen. Es werden dabei auch Tätigkeiten der Topologieüberwachung, Namen- und Adreßvergabe bereitgestellt.
- *Fehler-Management:* beinhaltet alle Funktionen, Mittel und Maßnahmen zur Erkennung und Beseitigung von Störungen im Netzwerk. Teilgebiete des Fehlermanagements sind: Statusüberwachung, Alarm-Management, Problembestimmung, Messungen auf den einzelnen Schichten des Referenzmodells und dynamische Störzettelverwaltung.
- *Performance-Management:* stellt alle Funktionen und Maßnahmen zur Kontrolle und Erhöhung der Leistung der Netzsegmente bereit.
- *Sicherheits-Management:* beinhaltet alle Funktionen zur Realisierung und Durchsetzung von netzweiten Sicherheitsmaßnahmen, wie Verschlüsselung von Daten, Authentizitätsüberprüfung, Zugangskontrollen und Verhinderung der Verkehrsflußanalyse.
- *Accounting-Management:* realisiert alle Maßnahmen zur Erfassung und Weiterverrechnung von Kosten, die durch das Netzwerk und deren Nutzer entstehen.

- *Benutzeradministration:* sind alle Maßnahmen, die der Einrichtung, Überwachung und Gewährleistung der Funktion der Netzzugänge dienen. Dabei handelt es sich um eine übergreifende Funktion, die Bestandteile des Fehler- und Konfigurations-Managements enthält.

[LAN 91]

Die Werkzeuge zur Realisierung dieser Aufgaben sind heute oft als Software-Tools auf sogenannten Netzwerkmanagementstationen installiert. Für die Überwachung der einzelnen Stationen kommunizieren diese Stationen mit der Managementstation über festgelegte Regeln. Für die Übertragung der relevanten Systeminformationen werden in heutigen Netzen herstellereigene oder standardisierte Managementprotokolle eingesetzt. Bei den standardisierten Managementprotokollen können das CMIP/CMIS und das SNMP unterschieden werden. Das **Common Management Information Protocol** und **Common Management Information Service** sind Grundlagen aller Managementfunktionen innerhalb des OSI-Referenzmodells, wobei ein Informationsaustausch zwischen den Schichten des Modells unterstützt wird. CMIP definiert die abstrakte Syntax für Protokoll - Dateneinheiten und Prozeduren für die Übermittlung von Managementinformationen zwischen gleichberechtigten Anwendungseinheiten. CMIS ist ein Anwendungsservice – Element, das vom Anwendungsprozeß zum Austausch von Managementinformationen sowie Kommandos genutzt werden kann. Diese Managementprotokolle definieren ein sehr umfassendes Managementmodell, weshalb es schwierig zu implementieren ist und daher selten eingesetzt wird. Der weitere Ansatz beinhaltet das **Simple Network Management Protocol**, welches ein einfaches Modell und Protokoll für IP-Netze darstellt. Dieses Protokoll konnte sich in IP-basierten Netzen durch seine einfache Struktur durchsetzen, weshalb es auch im Netz des Institutes zur Anwendung kommt. Das Prinzip dieses Managementsystems basiert auf einem Management-Programm, das auf einer Netzwerkmanagementstation implementiert ist und mit einem SNMP-Agenten auf dem zu überwachenden Gerät kommuniziert. Für die Kommunikation wird das SNMP eingesetzt, welches auf dem verbindungslosen UDP und dieses wiederum auf IP aufsetzt. Der SNMP-Standard definiert folgende Abschnitte:

- das Protokoll zur Informationsübermittlung zwischen dem Netzwerkmanagement-Programm und dem SNMP-Agenten,
- die Struktur und Notation der Management Information Base,
- die Standard-MIB mit Inhalten zu grundsätzlich zu verwaltenden Systemparametern.

Für das SNMP-Management können derzeit zwei Versionen, SNMP V.1 und SNMP V.2, unterschieden werden. Die SNMP Version 1 beinhaltet folgende Funktionen:

- „Get Request“ als Abfrage eines Attributwertes einer Agenten-MIB durch das Management-Programm,
- „Get Next Request“ als Abfrage der Nachfolger in der Liste des Attributwertes,
- „Set Request“ bewirkt ein Setzen von Attributwerten innerhalb einer MIB,
- „Get Response“ wird als Antwort auf die vorher aufgeführten Kommandos vom Agenten an das Management Programm gesendet,
- „Trap“ dient zur Reduzierung der durch das Management-Polling erzeugten Netzlast und beinhaltet die Benachrichtigung des Management Programms durch den Agenten bei Eintritt von bestimmten Ereignissen oder Grenzwerten, welche zuvor durch Setzen von MIB-Variablen definiert wurden.

Innerhalb des SNMP stellt das **Remote Monitoring (RMON)** ein wichtiges Tool zur statistischen Netzüberwachung dar, wobei die RMON-MIB für Ethernet in RFC 1271/1752 und für Token Ring in RFC 1513 durch die IETF festgeschrieben wurde. Das erweiterte RMON 2 MIB befindet sich derzeit in der Standardisierungsphase und wird zusätzliche Monitoring-Funktionen herstellerübergreifend unterstützen. Ergänzend zu den definierten Standard-SNMP-Funktionen werden von den Herstellern von Netzkomponenten sogenannte private MIB's eingeführt, welche zusätzliche Informationen über das zu überwachende Gerät enthalten. So werden oft zusätzliche RMON-Funktionalitäten und umfassende Kommandos zur Administration in diese MIB's ausgelagert. Der Abruf dieser Informationen erfolgt nur über Managementtools der einzelnen Hersteller und stellt damit eine proprietäre Lösung dar. Die Beschränkung auf UDP und die unverschlüsselte Übertragung von administrierenden Kommandos führten zur Weiterentwicklung von Version 1 zu Version 2. Die Version 2 ist dabei kompatibel zur Version 1. Wesentliche Erweiterungen der SNMP Version 2 sind:

- unterschiedliche Transportprotokolle neben UDP/IP auch OSI, IPX, Apple Talk
- „Get Bulk Request“- Kommando: Bulk-Retrieval-Mechanismus zur Übertragung mehrerer Informationen in einem Paket
- Manager-zu-Manager Kommunikation,
- Möglichkeit des Aufbaus von verteiltem und hierarchischem Management,
- Einführung des „Inform Request“ - Kommandos und damit Möglichkeit der strukturierten Informationssammlung und –filterung durch lokale Manager sowie Reduzierung des Polling-Verkehrs (z.B.: Meldungen der Traps) auf den WAN-Strecken eines Institutes mit der Nutzung von „Get Bulk Request“ - Kommandos zu übergeordneten Managern,

- Sicherheitsfunktionen (Verschlüsselung, MD5 oder der DES-Algorithmus für die Authentifikation),
- Verbesserung des „Set Request“ durch Verschlüsselungsmechanismus bei Konfiguration durch einen Manager und damit Ablehnung gleichzeitiger Konfigurationsbefehle anderer Manager.

[Got 96]

Die SNMP Version 2 wird jedoch nur zögernd eingesetzt, da die Implementierung eines solchen umfassenden Managementmodells (wie auch CMIP/CMIS) in den Netzkomponenten Probleme bereitet und hohe Kosten verursacht. Als Übergang zu einer vollständigen SNMP 2-Funktionalität ihrer Produkte verlagern die Hersteller realisierte SNMP 2 – Funktionen in die privaten MIB's und ermöglichen damit eine sanfte Migration von SNMP 1 zu 2. Mit dem anhaltenden Wachsen von LAN's, MAN's und WAN's hinsichtlich ihrer Komplexität, dem umfassenden Einsatz von IP-basierten Netzen und der Forderung nach einem allumfassenden Netzwerkmanagement werden sich die wesentlichen Funktionen des SNMP in der Version 2 langfristig durchsetzen. Bay Networks als Hersteller der Netzkomponenten des Beispielinstitutes hat SNMP in der Version 2 zum strategischen Produkt im Management-Bereich erklärt und wird es in künftigen Managementsystemen einsetzen.

[Got 96], [LAN 91], [Gate 4/96]

2.7.9 PBX

Als Private Branch Exchange (PBX) wird eine Nebenstellenanlage aus dem Bereich der Sprachkommunikation bezeichnet. Mit der Digitalisierung der öffentlichen Kommunikationsnetze werden Nebenstellenanlagen auch zum Aufbau von Wide Area Networks eingesetzt. Die Nebenstellenanlagen ermöglichen durch das Prinzip der Kanalvermittlung eine Bereitstellung von Kanälen fest definierter Bandbreite mit den Phasen Verbindungsaufbau, Datenübertragung und Verbindungsabbau. In Anlehnung an ISDN-Vorgaben beträgt die typisch bereitgestellte Bandbreite $n \times 64 \text{ kb it/s}$. Über diese bereitgestellten Kanäle kann eine Sprach- und Datenkommunikation erfolgen. Mit der Erweiterung der standardisierten Signalisierungsprotokolle im ISDN erreichen die Nebenstellenanlagen einen höheren Funktionsumfang als ein Standardanschluß des öffentlichen Fernsprechnetzes. Die so gestalteten Netze werden durch ihre umfassenden Funktionen hinsichtlich Verkehrslaststeuerung und Verbindungskostenregelung als Komponenten des „Corporate Networks“ bezeichnet. Funktionen und Leistungsmerkmale der im Institut eingesetzten PBX werden in den Abschnitten 2.8.2.3 und 3.2.1.4 beschrieben.

[ISDN 92]

2.7.10 Multiplexer

Für das Multiplexen von Datenströmen auf einem Übertragungskanal können verschiedene Zugriffsverfahren angewandt werden. Die Verfahren lauten:

- 1) TDMA (Nutzung von verschiedenen Zeitschlitzten zur Signalübertragung)
- 2) FDMA (Nutzung von verschiedenen Frequenzbändern zur Signalübertragung)
- 3) CDMA (Nutzung von verschiedenen Modulationscodes zur Signalübertragung)

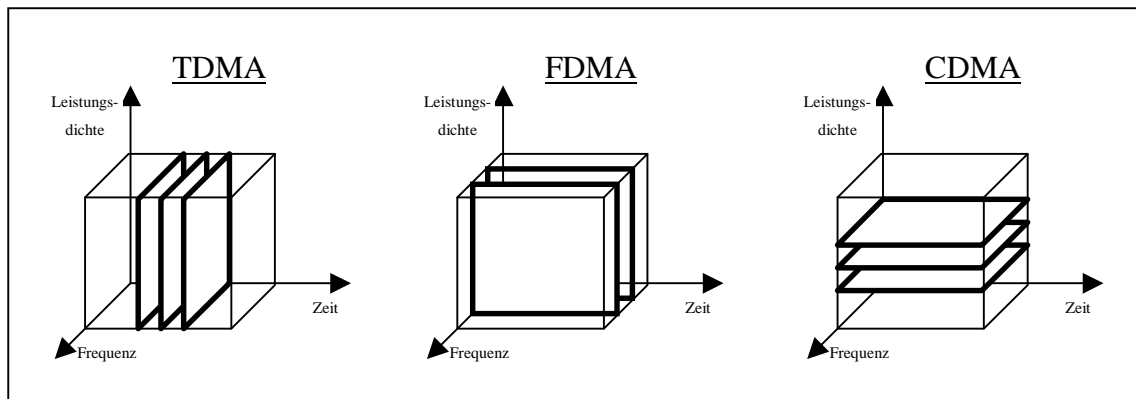


Abb.2.9: Abbildung der Vielfachzugriffsverfahren auf den Nachrichtenquader

Beim Zeitmultiplexverfahren werden Kanäle mit geringer Übertragungsrate zeitlich ineinander geschachtelt und so ein kontinuierlicher Datenstrom höherer Bitrate erzeugt. Bei der Erzeugung und Zusammenfassung können die einzelnen Kanäle entweder transparent durchgeschaltet oder komprimiert und zu einem Datenstrom zusammengefaßt werden. Dieses Verfahren wird zur Bildung von sogenannten TDM-Netzen eingesetzt, welche oft die Dienste des ISDN nutzen und damit im Rahmen der Netztypen keine Erwähnung finden. Beim FDMA-Verfahren nutzen die zu übertragenden Kanäle jeweils unterschiedliche Frequenzbänder. So kann bei einem FDMA-System ein Kanal über ein oder mehrere Frequenzbänder gleichzeitig zu einem oder zu verschiedenen Standorten übertragen werden. Beim CDMA-Verfahren wird jedem Informationskanal ein bestimmter Code zugeordnet. Dieser Code muß dem Empfänger bekannt sein, um die gewünschte Information aus dem im Übertragungskanal enthaltenen Gemisch der Spektren der codierten Signale zu erkennen und zu gewinnen. Für die Gewinnung der Nutzinformation werden die Korrelationsfunktionen der Signale gebildet und zur Signalerkennung herangezogen. Durch die Zusammenfassung der einzelnen Kanäle kann eine optimale Nutzung der zur Verfügung stehenden Bandbreite des Übertragungskanals erreicht werden. So werden heute in der Nachrichtensatellitentechnik das FDMA- und in der leitungsgebundene Übertragungstechnik das TDMA-Verfahren eingesetzt.

Innerhalb des Beispielinstitutes kommen TDM-Multiplexer zum Einsatz, welche Übertragungsstrecken des ISDN nutzen.

[Barz 95],[Kad 95]

2.8 Netzwerktypen

2.8.1 LAN & MAN Technologien

2.8.1.1 Ethernet

Als Ethernet wird ein Netzwerk bezeichnet, dessen Stationen nach dem CSMA/CD-Verfahren einen Zugriff auf das Übertragungsmedium vornehmen. Den Ursprung des Verfahrens stellt das ALOHA-Konzept der Universität Hawaii dar. Das Zugriffsverfahren und der damit verbundene Netztyp wurden in der IEEE 802.3 (ISO 8802-3) spezifiziert. Dabei werden die Schichten 1 und 2 a des OSI-Referenzmodells definiert. Das CSMA/CD-Verfahren ist ein Random-Access-Verfahren. Die Funktion des Verfahrens erlaubt prinzipiell jeder Station, die gesamte Bandbreite des Übertragungsmediums zu nutzen, wobei ein fehlerfreier Zugriff nicht garantiert wird. Der Ablauf des Zugriffsverfahrens kann im **Programm-Ablauf-Plan** der Abbildung 2.10 veranschaulicht werden.

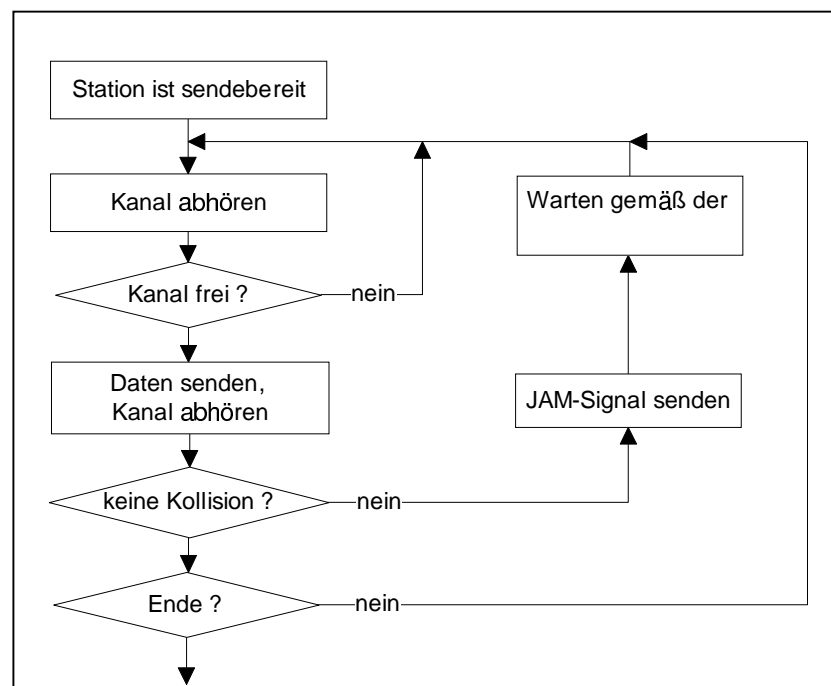


Abb. 2.10: Funktion des CSMA/CD-Verfahrens [LAN 91 S.53]

Ein Ethernet-Segment kann durch diese Funktionsweise nicht beliebig (durch Repeater) erweitert werden. Aufgrund der dabei eintretenden zu hohen Signallaufzeit können die Stationen an den jeweiligen Enden des Netzsegments keine Kollision innerhalb des Sendezyklus erkennen. Die dabei auftretende hohe Anzahl von fehlerhaften (kollidierten) Datenpaketen stellt die gesamte Funktionalität des Netzes in Frage. Das Rahmenformat von Ethernet wird in der Abbildung 2.11 dargestellt.

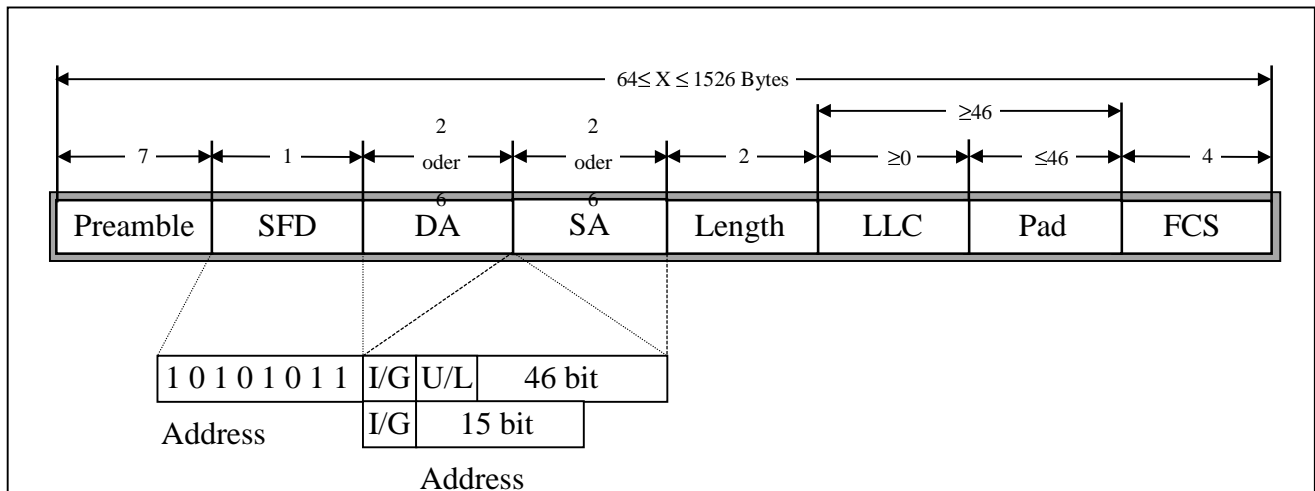


Abb. 2.11: Ethernet Rahmenformat nach IEEE 802.3 [Con 93 S.101]

Rahmenabschnitte:

Preamble: Vorspann von "10" - Folge zur Synchronisation des Empfängers

Start Frame Delimiter (SFD): Markierung des Anfangs des Informationsrahmens

Destination Address (DA): Zieladresse mit Länge von 16 oder 48 bit

I/G-bit (0 = Einzeladresse, 1 = Gruppenadresse)

U/L-bit (0 = global vergebene Adresse, 1 = lokal vergebene Adresse)

Source Address (SA): Absenderadresse (wie Zieladresse) dabei immer Individualadresse

Length: Länge des nachfolgenden Datenfeldes mit max. Länge von 1500 Bytes

LLC: Datenfeld mit Nutzdaten von Logical Link Control-Schicht und Steuerinformationen höherer Schichten

Padding: Füllbit zur Gewährleistung einer minimalen Datenfeldlänge von 46 Bytes

Frame Check Sequence (FCS): Prüfsequenz, die nach CRC-32 gebildet wurde

Das Ethernet stellt ein einfach zu realisierendes und daher oft eingesetztes Verfahren zur Bildung von Netzwerken dar. Neben dem beschriebenen klassischen Ethernet werden weitere, in Hinsicht auf Übertragungsmedium und Bandbreite modifizierte Verfahren den Standardisierungsorganisationen vorgeschlagen und eingesetzt. Zur Unterscheidung wurde folgende Bezeichnungsweise eingeführt:

Datenrate	Übertragungsverfahren	Segmentlänge
(in Mbit/s)	(BASE=Basisband; BROAD=Breitband)	(in 100m) <i>oder</i> T = Twisted Pair F = Fiber (LWL)

[Hein 96], [Con 93]

2.8.1.2 Token-Ring & Token-Bus

Bei diesem Netztyp wird der Zugriff auf das Übertragungsmedium durch das deterministische „Token Passing“ - Verfahren geregelt. Token-Ring und Token-Bus unterscheiden sich hinsichtlich der physikalischen Netztopologie, wobei beide logische Ringe bilden. Die Netztypen sind in den IEEE - Spezifikationen enthalten, wobei IEEE 802.4 für Token Bus und IEEE 802.5 für Token Ring gilt. Zur Beschreibung dieses Netztyps ist es ausreichend, den heute oft eingesetzten Token Ring näher zu betrachten. Beim Token Passing Verfahren erhält eine Station für einen definierten Zeitraum (Token Holding Time) den Token (Sendeberechtigung), wodurch die Station Daten über das gemeinsame Übertragungsmedium senden kann. Der Ablauf einer Kommunikation innerhalb eines Token Ringes gestaltet sich in folgenden Schritten:

- 1) Station entnimmt Free Token (verkürztes Datenpaket ohne Informationsfeld) vom Ring,
- 2) Station sendet kompletten Datenrahmen in den Ring,
- 3) Datenrahmen (Frame) durchläuft den Ring, wobei alle angeschlossenen Stationen die Empfängeradresse kontrollieren und danach den Rahmen weiterleiten,
- 4) Empfänger kopiert das Datenpaket, modifiziert den Paket-Header (Bestätigung) und leitet es im Ring weiter,
- 5) Sendestation identifiziert das gesendete Paket (mit und ohne Empfangsbestätigung), nimmt es vom Ring und generiert ein „freies Token“.

[LAN 91], [Con 93], [Bay 96]

Mit der geordneten Token-Übergabe im Ring erhält jede Station innerhalb eines bestimmten Zyklus die Möglichkeit, Informationen zu einer beliebigen Station im Ring zu übertragen. Zusätzlich können für die einzelnen Stationen unterschiedliche Prioritäten vergeben werden. Die Initialisierung, Überwachung und Sicherstellung der Ringfunktionen stellt einen umfassenden Komplex dar, der erst durch eine alle Netzstationen umfassende, verteilte Kontrolle ermöglicht wird. Dabei bildet die erste Station im Ring den sogenannten aktiven Monitor. Aufgaben des aktiven Monitors sind die Erzeugung des Ringtaktes, Überwachung bzw. Generierung des Tokens, Unterbinden von permanent kreisenden Datenblöcken oder Token hoher Priorität, Unterdrückung von mehreren aktiven Monitoren, Verzögerung des Token-Rahmens in kleinen Ringen und Initialisierung der Identifikation der Nachbarstationen und damit Möglichkeit der Eingliederungen von Ringstationen. Alle weiteren am Ring angeschlossenen Stationen bilden die passiven Monitore (Standby Monitors), welche die Funktion des aktiven Monitors überwachen und bei Ausfall ersetzen. Das Rahmenformat für den Token-Ring gestaltet sich folgendermaßen.

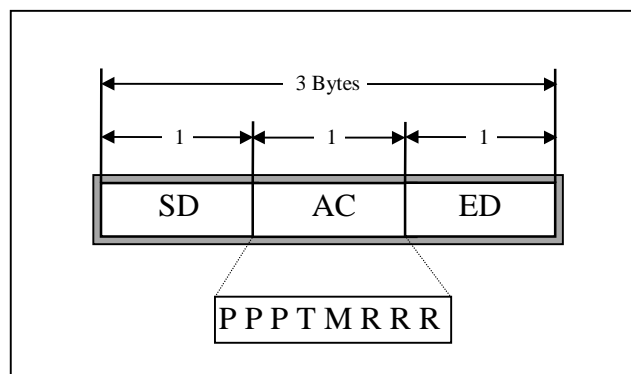


Abb. 2.12: Token Rahmenformat [Con 93 S.121]

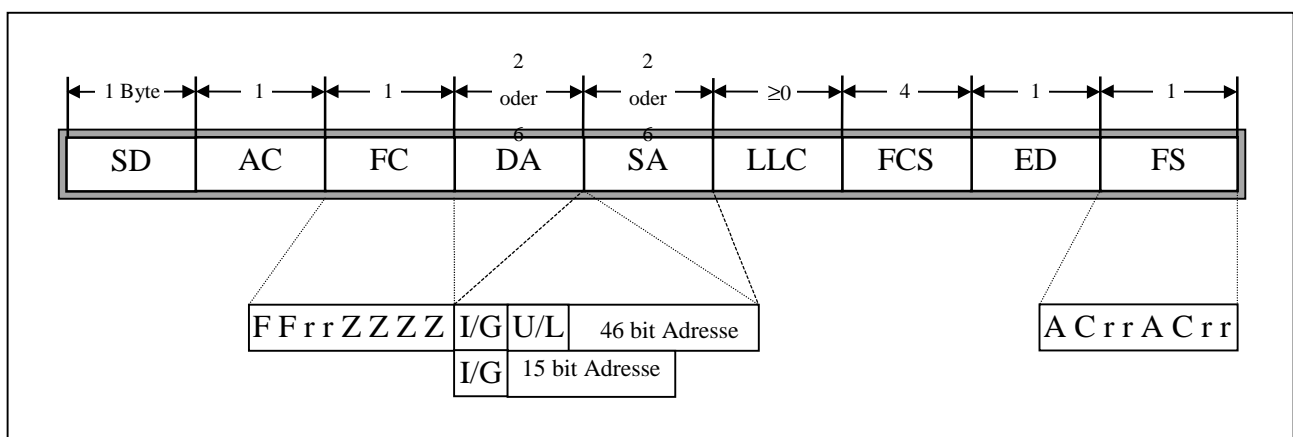


Abb. 2.13: Token Ring Rahmenformat nach IEEE 802.5 [Con 93 S.121]

Abschnitte der Rahmen:

Starting Delimiter (SD): Trennzeichen zur Markierung des Rahmenanfangs durch definierte Sequenz von Codeverletzungen des Differential-Manchester-Code

Access Control (AC) beinhaltet: P = Priority bits; T = Token bit; M = Monitor bit;
R = Reservation bits

Die Bits dienen zur Kennzeichnung von Token, Setzen und Reservierung von Prioritäten und Beseitigung von kreisenden Datenrahmen hoher Priorität.

Frame Control (FC): Kennzeichnung des Rahmentyps (zB: Rahmen mit Steuerungsaufgaben oder LLC-Rahmen)

Destination Address (DA): Zieladresse mit Länge von 16 oder 48 bit

I/G-bit (0 = Einzeladresse, 1 = Gruppenadresse)

U/L-bit (0 = global vergebene Adresse, 1 = lokal vergebene Adresse)

Source Address (SA): Absenderadresse (wie Zieladresse), die immer Individualadresse ist

I/G Bit zeigt an, ob Datenrahmen Routing-Informationen aus verschiedenen Netzingen enthält (Explorer-Paket beim Source Routing)

LLC: enthält Nutzdaten von LLC-Schicht (Sublayer 2b) sowie Routing-Informationen

FCS: Prüfsequenz von 32 bit Länge, gebildet nach CRC-32 (gemäß ITU)

End Delimiter (ED): enthält dem SD ähnliche Codeverletzungen, zusätzlich noch eine Kennzeichnung von mehreren Rahmen innerhalb eines Tokens, sowie ein durch Stationen veränderbares Fehlerbit

Frame Status (FS): Kontrollfunktion zur Feststellung der Vorgängerstation im Ring, der Eindeutigkeit einer Adresse sowie der Existenz und Funktion einer Empfängerstation

[Con 93]

Der Token Ring kann mit den aktiv angeschlossenen Stationen eine hohe Netzausdehnung erreichen. Token Ring Netzwerke werden mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 4 oder 16 Mbit/s betrieben. Durch den Einsatz von „Early Token Release“ kann die Leistungsfähigkeit des Token Rings erhöht werden. Dieses Verfahren beinhaltet die Generierung eines freien Tokens und dessen Weitergabe noch bevor der Kopfteil des gesendeten Datenrahmens vom Sender empfangen wird. Das Verfahren bewirkt eine Minimierung der Wartezeiten am Ring und erhöht damit die Leistung des Systems. Die Priorisierung von Netzstationen erlaubt die Nutzung von Stationen mit exklusivem Zugriff am Token Ring, welche Manageraufgaben ausführen oder Dienste für alle weiteren Stationen bereitstellen (Server).

2.8.1.3 FDDI

Fibre Distributed Data Interface stellt eine Weiterentwicklung des Token-Ring-Verfahrens dar. Als Übertragungsmedium wird Glasfaser (**fibre**) verwendet und dabei eine Übertragungsgeschwindigkeit von 100 Mbit/s eingesetzt. Entwickelt wurde dieser Netztyp vom ASC, wodurch er in ANSI X3T9.5 und ISO 9314 festgeschrieben wird. Der FDDI-Standard besteht aus folgenden Abschnitten.

- 1) FDDI-PMD: spezifiziert optische Komponenten
- 2) FDDI-PHY: beschreibt vom Übertragungsmedium unabhängige Komponenten und Mechanismen
- 3) FDDI-MAC: beschreibt Zugriffsverfahren und Rahmenformat (Sub Layer 2a)
- 4) FDDI-SMT: definiert die von einer Ringstation zu erbringenden Ring-Management-Funktionen

Zu diesem Grundstandard wurden drei Erweiterungen definiert:

- 5) SMF-PMD: spezifiziert den Einsatz von Monomodefasern, wodurch der Stationsabstand erhöht wird
- 6) SPM: beschreibt die Nutzung des amerikanischen SONET für FDDI
- 7) HRC: beinhaltet die funktionalen Erweiterungen des FDDI zur Übertragung von isochronen Verkehr

[Con 93], [Bor 92]

Das FDDI - Netz basiert auf einem gegenläufigen LWL-Doppelring. Der Hauptring wird im Normalbetrieb zur Datenübertragung genutzt. Der Ersatzring kann unabhängig vom ersten Ring auch zur Datenübertragung genutzt werden. Im Fall eines Fehlers des Ringbetriebes (Stationsausfall oder Ringauftrennung) werden beide Ringe zusammengeschaltet (Wrap Mode). Aufgrund ihrer Gegenläufigkeit bilden die Teilringe so einen gemeinsamen Ring. Das Zusammenschalten der Ringe nehmen die beiden Nachbarstationen des Fehlerstandortes vor. Der Fehler kann damit automatisch lokalisiert und gekapselt werden. Im FDDI - Netz können verschiedene Stationstypen mit unterschiedlichen Funktionen zum Einsatz kommen.

- 1) **Dual Attachment Station (DAS)**: Die Station stellt eine vollwertige Ringstation mit der Fähigkeit der Zusammenschaltung der Ringe, einem Bypass-Switch zur Signalweiterleitung und eventuell zwei MAC-Einheiten dar.
- 2) **Dual Attached Concentrator (DAC)**: Konzentratoren besitzen die volle Funktionalität wie die DAS im FDDI-Ring. Sie stellen eine Anzahl von n Ports zur Verfügung, über die einfache Ringstationen ohne Bypass-Switch mit doppeltem Port einen Zugriff auf den

FDDI-Ring erhalten. Die DAC's bilden die Wurzel eines an den FDDI-Ring angeschlossenen Baumes.

- 3) **Single Attachment Station (SAS):** Station, die nicht die volle Funktionalität wie die DAS besitzt und damit nur indirekt über einen oder mehrere Konzentratoren einen indirekten Zugriff (über DAC-Port) auf den FDDI-Doppelring erhält. Diese Variante stellt daher eine kostengünstige Anschaltung dar, die im Fehlerfall keine Auswirkungen auf den FDDI-Ring hat.
- 4) **Single Attached Concentrator (SAC):** Besitzt die gleiche Ringfunktionalität wie SAS, stellt aber für im Baum untergeordnete SAS - Ports den Ringzugriff bereit.

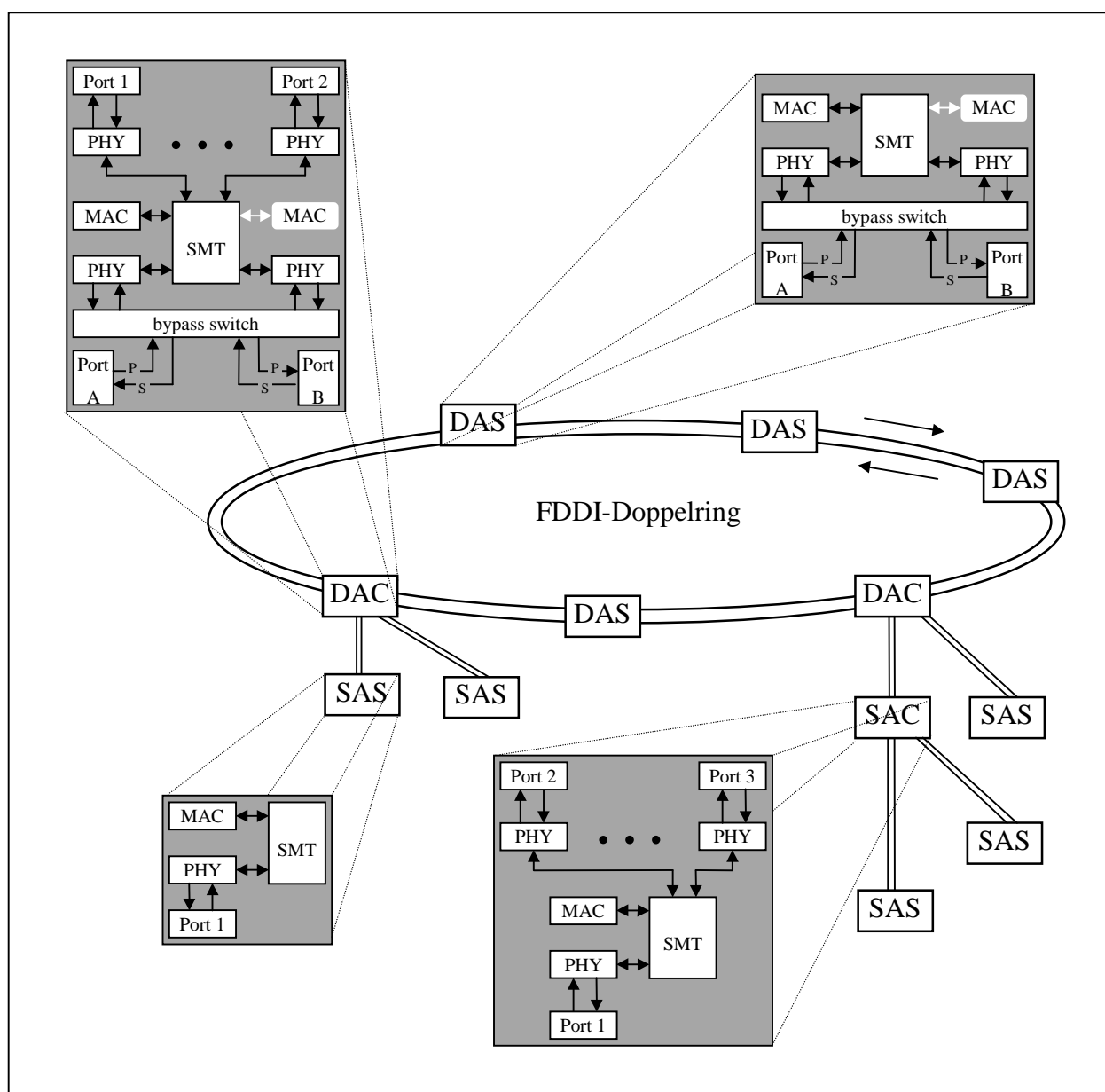


Abb. 2.14: Anordnung und Struktur der FDDI-Ringstationen [Con 93]

Wie beim Token Ring wird bei diesem Netztyp der Zugriff auf das Übertragungsmedium mit dem Token-Passing-Verfahren organisiert. Dabei kann die „Token Holding Time“ variabel gestaltet werden. Eine Station kann so innerhalb der Sendeberechtigungszeit mehrere Rahmen senden. Die Tokenhaltezeit berechnet sich aus: **THT = Target Token Rotation Time - Token Rotation Time** und ist somit lastabhängig. Die TRT ist die aktuell gemessene Zeit zwischen dem Eintreffen von zwei freien Token. TTRT stellt eine in der Initialisierung festgelegte Zeit dar, wodurch sich Stationen Bandbreite für synchronen Verkehr reservieren. Dadurch kann asynchroner und synchroner Verkehr über den FDDI-Ring übertragen werden. Für eine Erhöhung der Systemleistung wird das Token nach dem Senden sofort der Nachbarstation übergeben (Early Token Release). Durch die hohe physikalische Ausdehnung von FDDI-Netzen (bis 100 km) können mehrere Token im Ring gleichzeitig betrieben werden. Ausgehend von den genannten Eigenschaften besitzen FDDI-Ringstationen eine erweiterte Token-Ring-Funktionalität. Das FDDI-Rahmenformat ist dem des Token Rings (Abb. 2.13) sehr ähnlich. Bei FDDI entfällt das AC - Feld zur Prioritätssteuerung durch den beschriebenen Mechanismus zur Gestaltung der Tokenhaltezeit. Weiterhin wird dem Rahmen eine Präamble zur Synchronisation vorangestellt.

Eine Weiterentwicklung von FDDI stellt FDDI 2 dar. Ziel dieser Erweiterung ist die Bereitstellung von Funktionalitäten zur Übertragung von kanalvermitteltem (isochronem) Verkehr über das FDDI-Netz. Dazu wurde die Schicht 2a folgendermaßen erweitert:

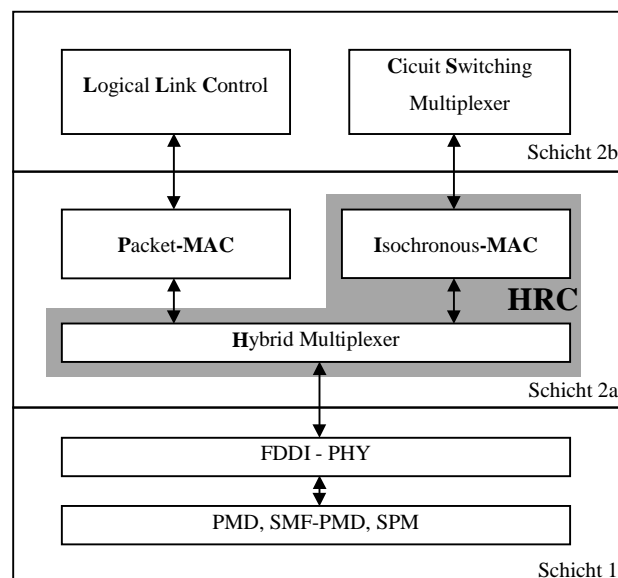


Abb. 2.15: Architektur von FDDI 2 [Con 93]

Die Schicht 2a wurde um die „Hybrid Ring Control“ erweitert. Für die Übertragung von isochronen Daten wird zuerst ein „Cycle Master“ am Ring etabliert. Dieser Master sendet im 8 kHz Takt Rahmen aus. Die Bandbreite wird wie folgt aufgeteilt:

- 1) 12 Bytes pro Rahmen für Kontrollinformation
- 2) 12 Bytes pro Rahmen für asynchronen Verkehr
- 3) $16 \times 96 \text{ Bytes} = 1536 \text{ Bytes}$ pro Rahmen für synchronen Verkehr

Der Kanal für den asynchronen Verkehr wird als **Dedicated Packet Group (DPG)** mit 768kbit/s beschrieben. Der synchrone Verkehr wird als **WideBand Channels (WBC)** mit je $8000 \times 96 \times 8 \text{ bit/s} = 6,144 \text{ Mbit/s}$ entsprechend europäischer ($3 \times 2,048 \text{ Mbit/s}$) und amerikanischer ($4 \times 1,536 \text{ Mbit/s}$) ISDN-Standards mit einer Gesamtbandbreite von $16 \times 6,144 \text{ Mbit/s} = 98,304 \text{ Mbit/s}$ bezeichnet. Die WBC's sind duplex und können für isochronen und asynchronen Verkehr genutzt werden. Die Zuordnung der WBC's wird vom Hybrid-Multiplexer vorgenommen. Durch Zusammenschaltung von WBC's können isochrone Kanäle hoher Leistung erzeugt werden. Der oberhalb des Sub Layer 2a existierende CS-Multiplexer ist nicht Bestandteil des FDDI 2 Standards und beinhaltet die Adaption von leitungsmittelten Kanälen an die isochronen FDDI 2 Kanäle. Ein weiterer für die Anpassung der verschiedenen Übertragungsmedien entwickelte Typ stellt das auf Kupfer basierende CDDI dar.

[Con 93], [Bor 92]

2.8.1.4 ISLAN

Das **Integrated Services Local Area Network** wird auch als isochrones Ethernet bezeichnet, weil dieser Netztyp die Integration von Schmalband ISDN und 10BaseT - Ethernet verwirklicht. Der Netztyp ist in IEEE 802.9 spezifiziert.

Das Architekturmodell wird in der Abbildung 2.16 dargestellt.

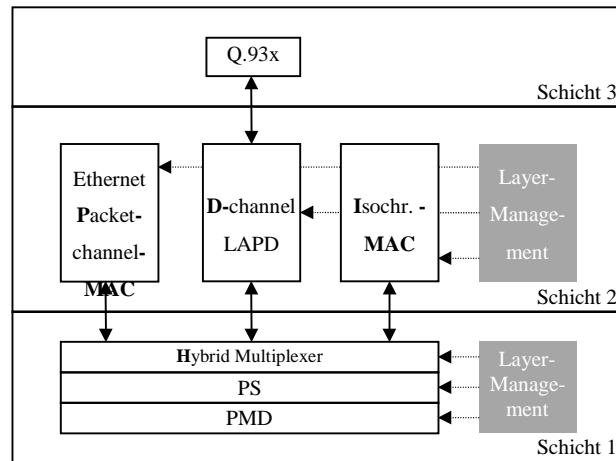


Abb. 2.16: Architekturmodell des ISLAN [Pop 95]

Schicht 1:

PMD: spezifiziert den Zugriff auf das Übertragungsmedium

PS: steuert das TDM-Verfahren

HMUX: Multiplexen und Demultiplexen der verschiedenen Verkehrsarten

Schicht 2, 3:

Die Schichten beinhalten drei MAC-Layer für die bereitzustellenden Dienste, wie Ethernet, B-Kanal-Datenübertragung und D-Kanal-Signalisierung, für eine Kommunikation laut ITU Q.93x und ein Layer-Management zur Koordination der Zugriffe.

Beim isochronen Ethernet wird dem Ethernet eine Bandbreite von 10 Mbit/s und dem isochronen Bereich (ISDN) 6,144 Mbit/s bereitgestellt. Die Bandbreite für den isochronen Verkehr gliedert sich in 96 x B-Kanäle mit jeweils 64kbit/s und zusätzlich einen Signalisierungskanal (D-Kanal) mit 64 kbit/s. Für die Gewährleistung eines fehlerfreien Betriebes wird zusätzlich ein Wartungskanal mit 96 kbit/s eingesetzt. Die Abbildung 2.17 veranschaulicht die Bandbreitenverteilung im Vergleich zum momentan oft eingesetzten 10BaseT - Ethernet.

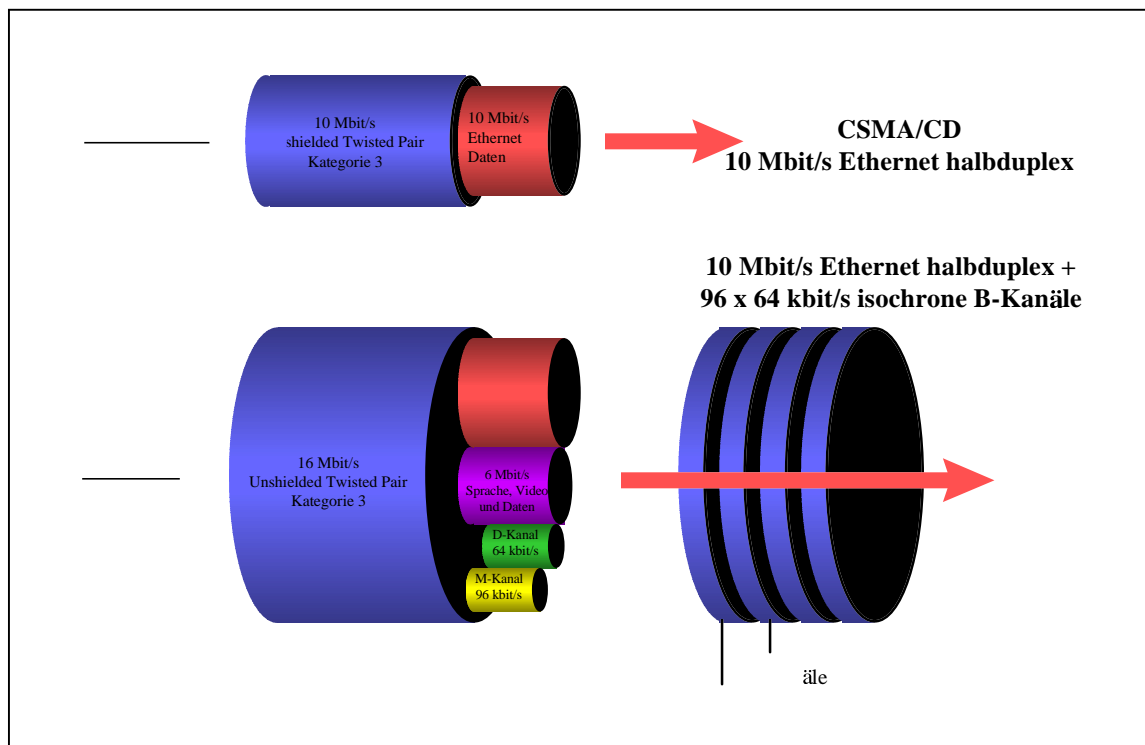


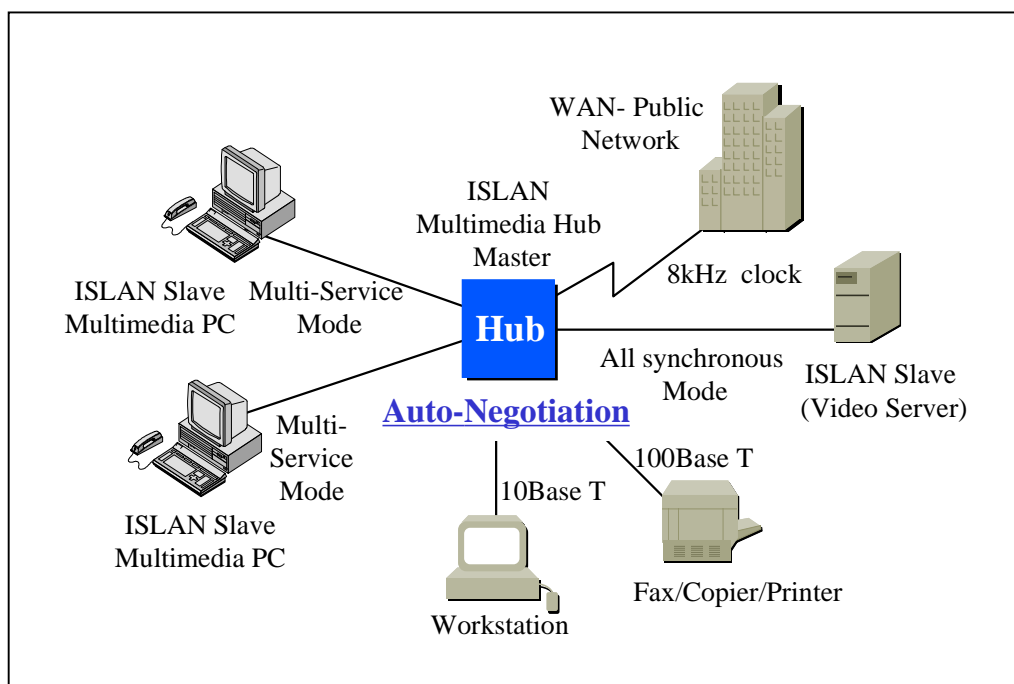
Abb. 2.17: Bandbreitenverteilung im ISLAN [Gate 3/96]

Der Zugriff auf das Übertragungsmedium erfolgt nach dem TDM-Verfahren mit einem Takt von 8 kHz, wodurch eine feste Bandbreiten- und Kanalzuordnung ermöglicht wird. Der Bereich der Nutzinformation kann dabei maximal eine Länge von 256 Bytes erreichen. Weiterhin wird eine Bündelung der B-Kanäle für bildorientierte Applikationen und die ISDN-Funktionalität bereitgestellt. Das ISLAN wird durch einen „isochronen“ Hub gebildet, wodurch eine physikalische Sterntopologie entsteht. Aufgabe des Hubs ist die Verkehrstrennung der Ethernet-Datenpakete und der ISDN-Kanal-Informationen. Die Rahmenformate entsprechen denen der ursprünglichen Netztypen, so daß eine einfache Anbindung an diese Netze erfolgen kann. Davon ausgehend beinhaltet ISLAN die Sprach-Daten-Integration mit einer Anschlußmöglichkeit an bestehende LAN-Segmente und vorhandene ISDN-Nebenstellenanlagen. Mit den einzusetzenden Kabeltypen, wie UTP Kategorie 3 bis 5, können Netzausdehnungen von 100 m erreicht werden. Mit einem isoEthernet-Hub können durch Anforderungsabfrage der Stationen verschiedene Netzmodi erzeugt werden, welche in der folgenden Tabelle enthalten ist.

Kanal	Multi-Service-Modus	Isochroner Modus	10 BaseT-Modus
P-Kanal (Ethernet)	10 Mbit/s	nicht verfügbar	10 Mbit/s
C-Kanal (Isochron)	6,144 Mbit/s (96 B-Kanäle)	15,872 Mbit/s (248 B-Kanäle)	nicht verfügbar
D-Kanal (Signalisierung)	64 kbit/s	64 kbit/s	nicht verfügbar
M-Kanal (Wartung)	96 kbit/s	96 kbit/s	nicht verfügbar
Rahmen-Kennzeichnung	64 kbit/s	64 kbit/s	nicht verfügbar

Tabelle [Pop 95]

Aufgrund dieser Eigenschaft kann dem isochronen Verkehr bei Bedarf fast die vollständige Bandbreite zugeordnet werden. Heutige ISLAN's werden ständig weiterentwickelt, um eine vollständige Bereitstellung der im Standard spezifizierten Kanalanzahl und deren Bündelung zu realisieren. Mit der Anpassung des isoEthernet an das ISDN können in diesem Netzwerk auch Applikationen wie Videokonferenz-Systeme nach den Standards H.320 und H.322 für das LAN und WAN eingesetzt werden. Der WAN-Zugriff wird über externe oder auf dem Hub integrierte Call-Processing-Server ermöglicht. Die Struktur eines ISLAN's kann wie folgt aussehen:

*Abb. 2.18: Einsatzvarianten von ISLAN (isoEthernet) [Pop 95]*

2.8.1.5 VG-AnyLAN

VG-AnyLAN stellt eine Weiterentwicklung und Integrationsmöglichkeit von Token Ring und Ethernet dar. Die eingesetzte Übertragungsgeschwindigkeit beträgt 100 Mbit/s, weshalb dieser Netztyp auch als 100VG-AnyLAN bezeichnet wird. Für dieses Verfahren wurden die Schichten 1 und 2 des OSI-Referenzmodells in der IEEE 802.12 definiert. Das VG-AnyLAN wird durch Hub's oder Switches gebildet, wodurch eine Sternstruktur entsteht. Ausgangspunkt einer möglichen Kaskadierung von mehreren Hubs ist der sogenannte „Root“ Hub. An den Ports dieses Hub's kann eine Baumstruktur mit 5 Ebenen aufgebaut werden. Die Hub's arbeiten bei der Bedienung der Ports nach dem Round-Robin-Verfahren. Bei diesem Verfahren wird ein Port mit $n \times \text{Token}$ (festgelegte Sendezeit) bedient, wobei n die Anzahl der an diesem Port angeschlossenen Stationen darstellt. Die Abbildung 2.19 veranschaulicht die Zusammenhänge:

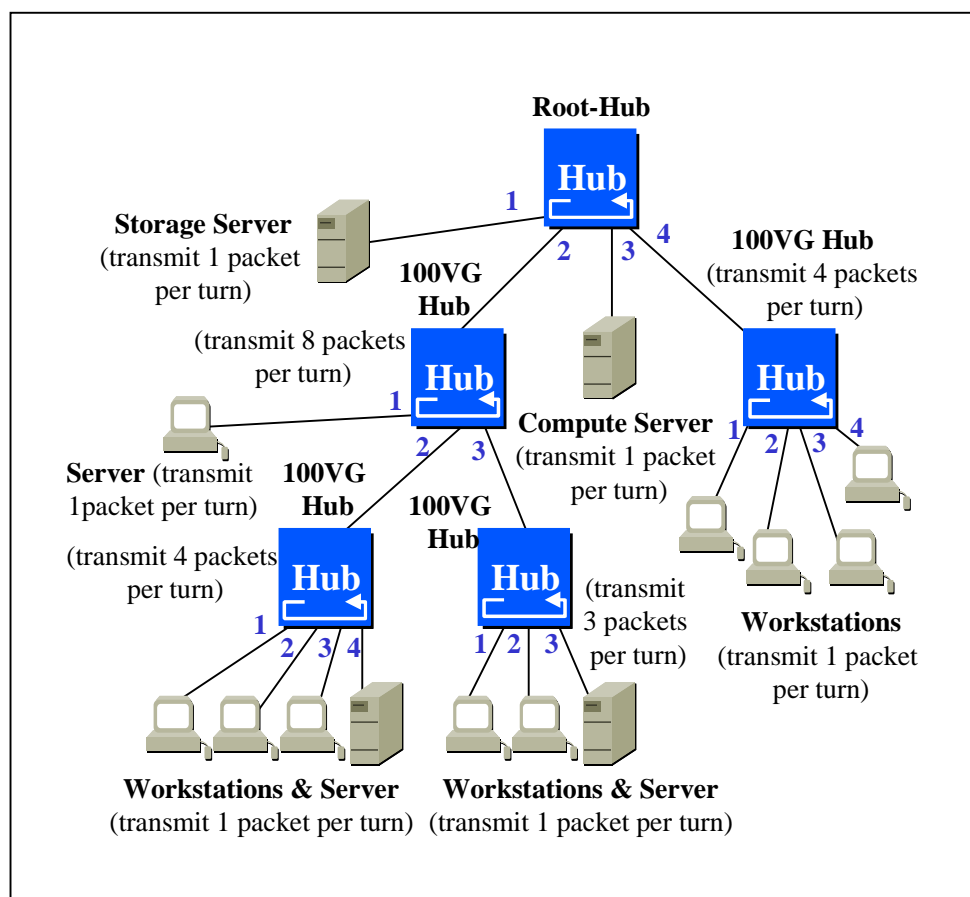


Abb. 2.19: Verteilung der Zugriffszeit im VG-AnyLAN [VG 95]

Mit dem Round Robin - Verfahren werden der Nachteil des „Token Rotation Delay“ von Token Ring und die Kollisionen (und damit verbundenen Wiederholungen) von Ethernet

beseitigt. VG-AnyLAN unterstützt das Rahmenformat von Token Ring und Ethernet. Es ist dabei zu beachten, daß jeweils nur ein Rahmenformat in einem abgeschlossenen Segment benutzt wird. Zur Kopplung dieser und herkömmlicher Token Ring- und Ethernet-Segmente können Brücken eingesetzt werden. Für einen skalierbaren Zugriff der Stationen auf das VG-AnyLAN wird das „Demand Priority Protocol“ eingesetzt. Dieses Protokoll erlaubt es den Stationen im Netz, Daten mit unterschiedlichen Prioritätsklassen zu übertragen. Isochrone Daten werden so mit hoher Priorität im Netz übertragen und dabei von den Stationen bevorzugt behandelt. Der Ablauf der Übertragung eines Paketes mit niedriger Priorität kann folgendermaßen dargestellt werden:

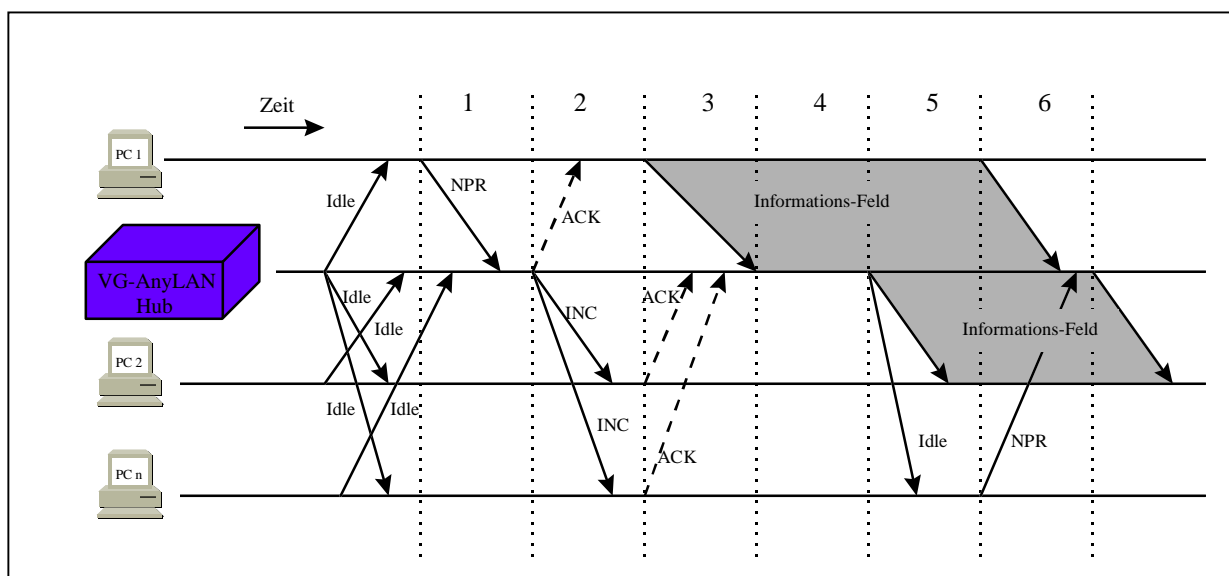


Abb. 2.20: Übertragung eines Datenpaketes in VG-AnyLAN [VG 96]

Zeitliche Abschnitte der Datenübertragung:

- Phase 1: PC 1 sendet Anforderung für Datenpaket mit normaler Priorität (NPR)
- Phase 2: Hub sendet INC (eingehende Nachricht) an alle möglichen Zielstationen
- Phase 3: PC1 beginnt mit Sendung des Datenpaketes
- Phase 4: Hub dekodiert Zieladresse und sendet „Besetzt“ an alle nicht in Frage kommenden Stationen
- Phase 5: Hub sendet während des Empfangs Paket gleich an Zielstation PC 2 weiter (Cut through)
- Phase 6: Weitere nicht bediente Stationen senden eine Anforderung oder ein „Besetzt“

In den Sendepausen wird eine permanente Kommunikation (link training) zwischen den Hub's und den Stationen initialisiert. Diese Kommunikation ermöglicht einen ständigen Funktionstest der Übertragungswege und Stationen sowie den Aufbau von Adressen-Tabellen zum Erlernen der Netzstruktur. VG-AnyLAN unterstützt folgende Kabelarten: a) 2-pair UTP, b) 4-pair UTP, c) 2-pair STP und d) Single- oder Multimode - LWL. Die maximalen Kabellängen betragen bei UTP Kat.5 200 m und LWL 2000m und entsprechen damit weitgehend den Vorgaben von 10 BaseT - Ethernet. Mit diesen Kenngrößen kann das VG-AnyLAN problemlos in bestehende Netze integriert werden und erlaubt eine gute Migration zu diesem Verfahren.

2.8.1.6 CBDS und SMDS mit DQDB

Der **Distributed Queue Dual Bus** wird in der IEEE 802.6 spezifiziert und stellt eine Netzeempfehlung für MAN, unabhängig vom verwendeten Übertragungsverfahren, dar. Anstelle der Signalübertragung werden **Physical Layer Convergence Functions (PLCF)** zur Signalbehandlung etablierter Verfahren beschrieben. DQDB beruht auf zwei entgegengesetzt gerichteten Bussen, bei denen durch eine Station am Anfang 125 µs-Rahmen mit fester Länge generiert werden (Slotted Bus). Jede Netzstation besitzt auf beiden Bussen aufgrund ihrer **Access Units (AU)** Schreib- und Leserechte. Die Abbildung 2.21 veranschaulicht die Struktur des DQDB.

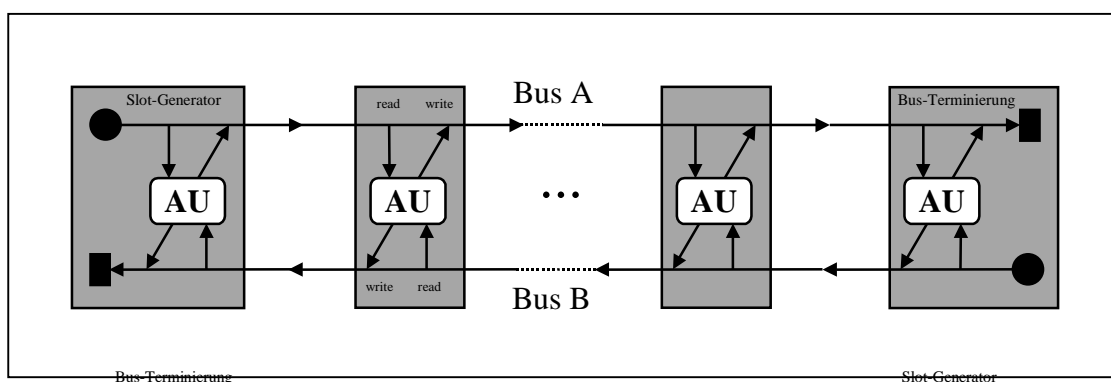


Abb. 2.21: Struktur des DQDB [Con 93]

Im DQDB-Protokoll wird zwischen dem **Pre-Arbitrated (PA)** - und dem **Queue Arbitrated (QA)** - Slot unterschieden. Die PA-Slots sind für die Übertragung von isochronem Verkehr mit konstanter Bitrate und die QA-Slots für die Übertragung von asynchronem Verkehr mit

variabler Bitrate vorgesehen. Der jeweilige Typ wird im **Access Control Field** am Anfang eines jeden Slots gekennzeichnet. Die Bandbreitenzuweisung im PA-Modus wird in 64 kbit/s-Schritten innerhalb eines Slots vorgenommen, was 1 Byte (8 bit) x 8 kHz entspricht. Des weiteren wird jeder PA-Slot mit einem **Virtual Channel Identifier (VCI)** gekennzeichnet. Die Generierung der PA-Slots und die Markierung der VCI ist Aufgabe der Knoten am Busanfang. Die VCI-Werte werden periodisch generiert, um die geforderte Bandbreite sicherzustellen. Im QA-Modus werden asynchrone Daten übertragen, wobei alle Stationen in Konkurrenz zueinander stehen. Mit der Zählung der Sendeansforderungen (Request - Counter) und der Bekanntgabe der Positionen der Stationen in den Bussen ist es möglich, eine verteilte Warteschlange mit geordnetem Zugriff auf das Übertragungsmedium aufzubauen. Zusätzlich kann das DQDB-Verfahren mit vier verschiedenen Prioritäten eingesetzt werden, wobei die verteilte Warteschlange durch Setzen und Zählung der prioritätsabhängigen Anforderungen organisiert wird. Die Abbildung 2.22 stellt die Struktur des DQDB-Slots dar.

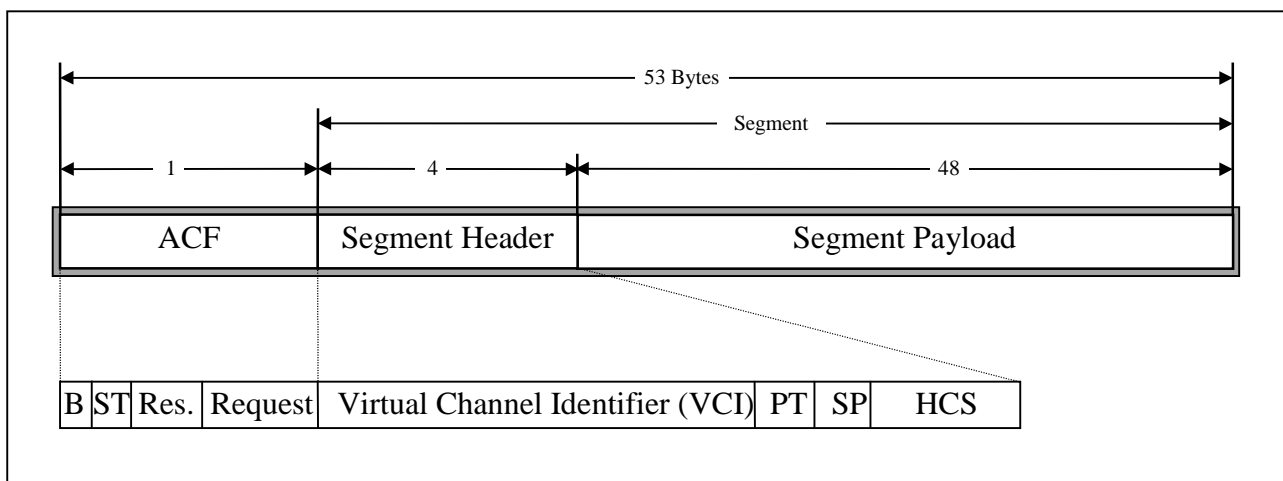


Abb. 2.22: Format eines DQDB-Zeitschlitzes [Con 93]

Abschnitte des Zeitschlitzes:

Access Control Field: Markierung der Nutzung durch **B**usy-bit

Anzeige des Slot-Typs mit **ST**-bit

Anmeldung der Übertragungsanforderungen der vier Prioritätsstufen

Segment Header: Zuordnung von PA-Slots zu virtuellen Kanälen mit VCI

Charakter der Nutzinformation mit **P**ayload **T**ype-bits

Anzeige der Priorität des Segments mit **S**P-bits entsprechend ACF

Prüfsumme (**H**ader **C**heck **S**equen**C**e)

Segment Payload: Segment-Nutzinformation mit verschiedenen **Protocol Data Units** zur Bereitstellung von Diensten für weitere Netztypen, wie z.B.: MAC-Layer-Informationen für LLC in LAN-Kopplungen

Bei Überlastsituationen auf dem DQDB-Netz kann es zu einer Bevorzugung von Stationen am Busanfang und solchen mit einer hohen Grundlast kommen. Um „unfairen“ Situationen entgegenzuwirken wird als Option der **Bandwith Balancing Mechanismus (BBM)** oder auch **BWB** eingesetzt. Dabei verzichtet jede Station in regelmäßigen Abständen auf das ihr zustehendes Senderecht und gibt den nicht belegten Slot weiter. Kern des Mechanismus bilden der BWB-Zähler und der Request-Zähler. Gleichgewichtszustände stellen sich dabei in Abhängigkeit von der Zeit der Übergangsphase und der nicht genutzten Bandbreite ein. **Connectionless Broadband Data Service** (Europäischer Standard) und **Switched Multimegabit Data Service** (Nordamerikanischer Standard) beruhen auf DQDB und stellen Verfahren zur Zusammenfassung von DQDB-Zellen zu Überrahmen dar. Abbildung 2.23 veranschaulicht die Zusammenhänge:

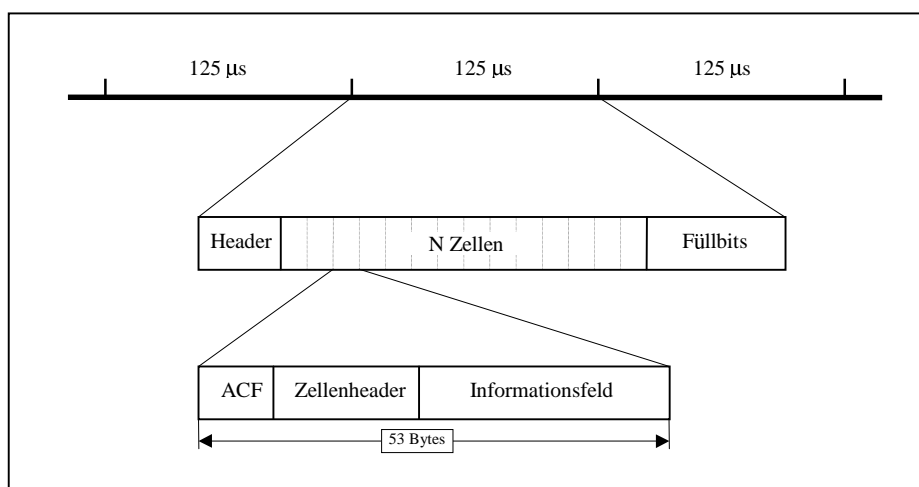


Abb. 2.23: Format eines SMDS-Rahmens [Kyas 96]

Jeder Rahmen besteht aus einem Header, N Zellen und bei Bedarf aus Füllbits. Wieviel Zellen ein Rahmen enthält, ist von der Übertragungsgeschwindigkeit abhängig. Bei der Übertragungsrate von 34,368 Mbit/s ist ein Rahmen 4296 Bits lang, und faßt so 10 x 53 Byte-Zellen zusammen. Derzeit werden Übertragungsraten von 1,5 Mbit/s, 2,048 Mbit/s, 34 Mbit/s, 45 Mbit/s sowie 140 Mbit/s unterstützt.

2.8.1.7 ATM

Der **Asynchrone Transfer Mode** ist ein verbindungsorientiertes, nicht quittierendes Multiplexverfahren mit Paketen fester Länge (Zellen). Spezifiziert und definiert wird das Verfahren durch Standardisierungsorganisationen wie die ITU, IETF, ETSI und das ATM-Forum. ATM wird als Technik des Breitband-ISDN angesehen, wobei es durch eine Unabhängigkeit vom Übertragungsverfahren gekennzeichnet ist. ATM wird dem LAN und MAN zugeordnet, weil dieser Netztyp im Backbone des Institutes und damit im LAN eingesetzt wird. Aufgrund des Umfang der Aufgaben und der Komplexität der Zusammenhänge mußte für ATM ein erweitertes Referenzmodell geschaffen werden. Das von der ITU-T empfohlene Referenzmodell beinhaltet ein dreidimensionales Schichtenmodell, welches nicht auf das OSI-Referenzmodell eindeutig abbildbar ist. Die Abbildung 2.24 zeigt das Referenzmodell.

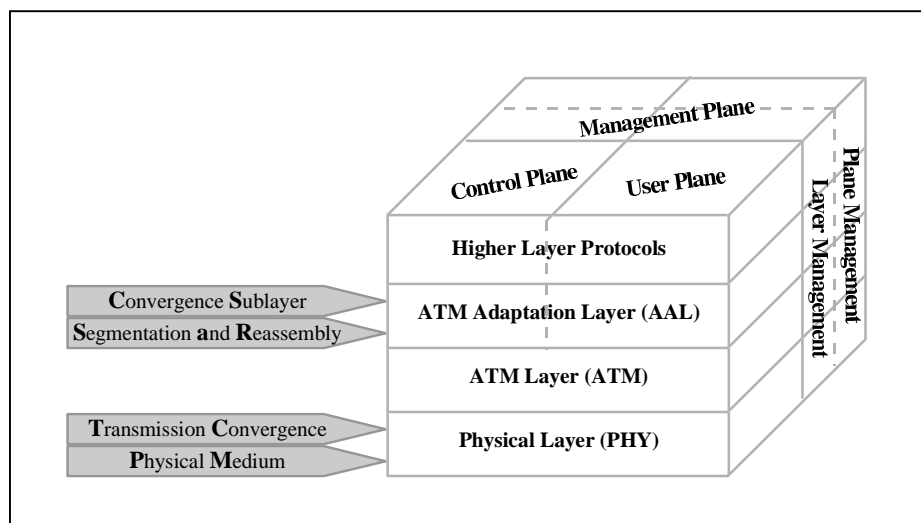


Abb. 2.24: Referenzmodell des ATM [Kyas 96]

Das Referenzmodell enthält folgende Schichten:

Physical Layer (PHY): beinhaltet alle an das Übertragungsmedium gebundenen Funktionen

PM: beschreibt das Übertragungsmedium betreffende Funktionen

TC: alle Funktionen zur Abbildung der ATM-Zellstruktur auf die Rahmenstruktur des zu benutzenden Übertragungssystems sowie Erzeugung und Überprüfung der HEC-Information zur Fehlersicherung der Headerinformation

Als Übertragungsverfahren auf der Bitübertragungsschicht etablierten sich PDH und SDH im WAN. Dabei können diese Verfahren durch das ATM sehr gut skaliert und eingesetzt werden.

ATM-Layer: Diese Schicht ermöglicht das Multiplexen und Demultiplexen von Zellen sowie das Generieren und Extrahieren des Zellen-Kopfes. Dabei werden **Virtual Path Identifier** und **Virtual Channel Identifier** im Zellkopf festgelegt. Die virtuellen Pfade und Kanäle eines ATM-Netzes können so flexibel geschaltet und ATM-Zellen vermittelt werden. Den ATM-Zellen-Schalteinheiten kommt damit eine hohe Bedeutung zu. Die Abbildung 2.25 stellt die Möglichkeiten der Zellenvermittlung dar.

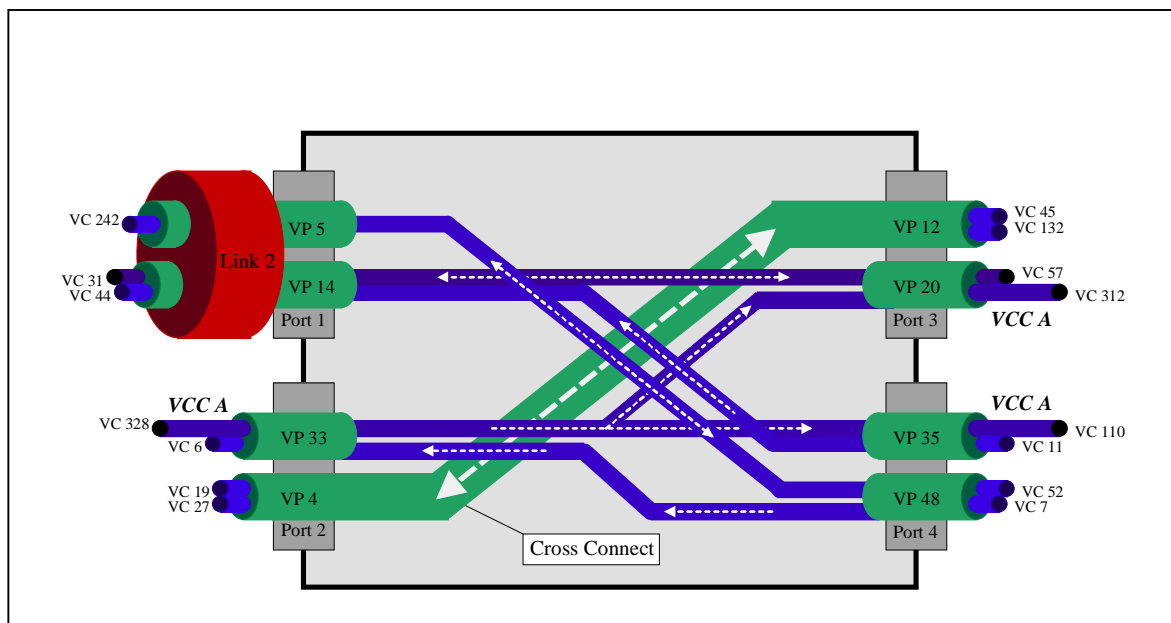


Abb. 2.25: ATM-Switchingfunktionen [c' 10/96]

Dabei steht VC für virtueller Kanal, VP für virtueller Pfad und Link für Hauptverbindung. Für eine Ende-zu-Ende-Kommunikation in einem ATM-Netz wird die **Virtual Channel Connection** definiert. Sie identifiziert eindeutig die Daten zwischen den Kommunikationspartnern. Die Ende-zu-Ende-Verbindungen im ATM-Netz können permanent (PVC's) oder zeitweise (SVC's) geschaltet werden. Der Einsatz von SVC's führt dabei zu einer flexiblen Vergabe der Netzressourcen bei einem Minimum an Overhead.

Für die Kommunikation im ATM-Netz können die folgenden Schnittstellen bzw. Rahmenformate unterschieden werden:

- 1) **User Network Interface** zur Kommunikation einer Datenendeinrichtung und einer ATM-Vermittlungsstelle
- 2) **Network Network Interface** zur Kommunikation zwischen zwei ATM-Vermittlungsstellen

Die Signalisierung innerhalb der Schnittstellen wird durch Standards der ITU (Q.2931) und des ATM-Forums (UNI 3.1, 4.0) beschrieben. Die Abbildung 2.26 stellt die Rahmenformate der Schnittstellen dar.

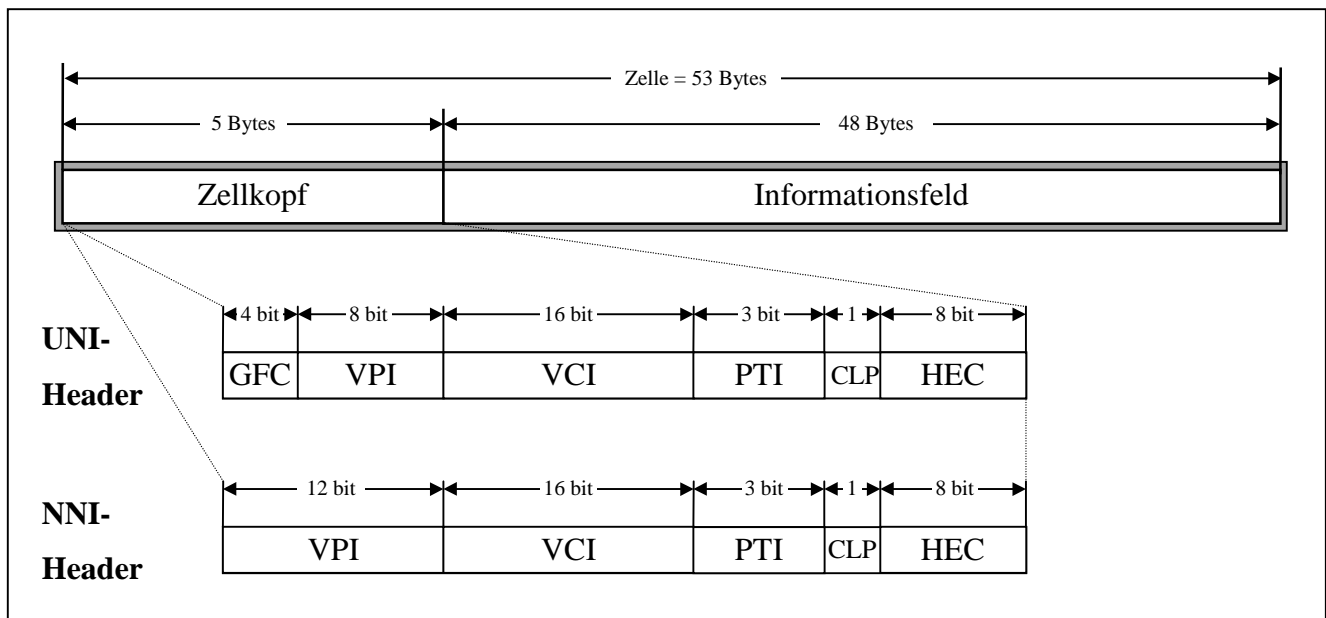


Abb. 2.26: Format der ATM-Zelle [Kyas 96 S.87]

Die Rahmenabschnitte besitzen folgende Funktionen:

- | | |
|--|---|
| Generic Flow Control (GFC): | Regelung des Datenflusses am User Network Interface , Staukontrolle, Steuerung der Zelleingliederung und Zugriffskontrolle für angeschlossene Endgeräte |
| Virtual Path Identifier (VPI): | Kennzeichnung des benutzten Kanalbündels bei Trennung der Links |
| Virtual Channel Identifier (VCI): | Identifizierung des benutzten virtuellen Kanals mit Unterscheidung mehrerer gleichzeitiger Verbindungen. Die Kombination aus VPI und VCI bildet die Verbindungskennung und somit die Grundlage für Vermittlungs- und Multiplexfunktionen. |
| Payload Type Identifier (PTI): | Kennzeichnung des Inhaltes des Informationsfeldes als Nutzzelle, Leerzelle, Signalisierungszelle und OAM-Zelle |

Cell Loss Priority (CLP):	Kennzeichnung der Priorität bei Zellenverlust durch Überlast
Header Error Correction (HEC):	Fehlererkennung sowie -korrektur, Zellsynchronisierung
Informationsfeld:	Nutzdatenpaket höherer Schichten

Da ATM für Netze mit geringer Bitfehlerrate und hohen Geschwindigkeiten konzipiert wurde, konnte auf einen Schutz der Nutzinformation verzichtet werden. Es wird lediglich der Zellkopf mit einer Prüfsumme geschützt. Die feste Zellenlänge von 53 Byte stellt einen Kompromiß zwischen geringer Rahmenlänge für isochronen Verkehr und großen Rahmenlängen bei Datenverkehr dar. Aufgrund dieser Tatsache beinhaltet ATM die Integration dieser oft getrennt übertragenen Verkehrsarten.

ATM Adaptation Layer: Anpassung der Nutzdaten höherer Schichten an die zellenorientierte Übertragung der ATM-Schicht, Bereitstellung von Diensten (A-D) für höhere Schichten durch AAL-Typen mit unterschiedlichen Funktionen

Tabelle laut ITU-T Empfehlung I.362:

Merkmale	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Bitrate	konstant	variabel		
Verbindungsart	verbindungsorientiert			verbindungslos
Zeitverhalten	zeitkontinuierlich		nicht zeitkontinuierlich	
reservierte Bandbreite	ja	ja	nein	nein
AAL-Typ	AAL 1, 0	AAL 2	AAL 3, 5	AAL 4
Quality of Service	CBR	VBR	UBR, ABR	UBR
Beispiele	Audio/Video mit fester Bitrate	Audio/Video mit variabler Bitrate	verbindungsorient. Datenübertragung	verbindungslose Datenübertragung

***Tabelle** [Kie 96]*

Higher Layer Protocols: Die höheren Schichten sind in Steuer- und Informationsteil gegliedert. Im Steuerteil sind alle Funktionen zur Signalisierung und Übertragung der Nutzdaten enthalten. Der Informationsteil umfaßt alle notwendigen Funktionen zur

Informationsübermittlung. Mit dem Einsatz von ATM stellte sich die Frage der Integration in bestehende heterogene Netze. Für eine Anpassung des zellenvermittelnden ATM-Netzes an die paketvermittelnden Netze und die Bereitstellung einer umfassenden Funktion wird eine Vielzahl von Standards und Empfehlungen definiert.

Beispiele für Empfehlungen sind:

- 1) Cell Relay: Übertragungsdienste für Systeme in ATM-basierenden Netzinfrastrukturen mit korrekter Vermittlung durch ATM-Schalteneinheit und Wegfall des Koverrierungsprotokolls,
 - 2) LAN über ATM mit LLC-Encapsulation (RFC 1483): Einkapselung von LLC-Informationen über AAL 5 Common Part Convergence Sublayer (CPCS) - PDU's in ATM-Zellen (PVC's) oder mit VC-basierenden Multiplexing Übertragung von Informationen der Netzwerkschicht,
 - 3) LAN über ATM mit IP-Encapsulation (RFC 1577) oder besser als „Classical IP over ATM“ bekannt: vollständige Internet Protokoll - Implementation in ATM mit Funktion der Adressenzuordnung, wie Adress Resolution Protocol (ARP) und Reverse ARP,
 - 4) LAN-Emulation (ATM-Forum): vollständige Emulation des MAC-layers von lokalen Netzen nach IEEE 802.x über AAL 5 und somit Weiternutzung der LAN-Applikationen über Standard-LAN-MAC-Schnittstellen, wie NDIS und ODI, welche vom LAN Emulation Client (LEC) bereitgestellt werden,
 - 5) Frame Relay-Emulation: Anpassung von FR-Rahmenstruktur an ATM mit Frame Relay-Service Specific Convergence Sublayer (FRSSCS) über AAL 5 und damit Nutzung der gesamten Funktionalität des Frame Relay's (FRBS) oder transparente Datenübertragung,
 - 6) Verbindungslose Kommunikation über WAN-B-ISDN: Anpassung von SMDS/DQDB an ATM mit ConnectionLess Service Functions (CLSF), Nutzung von ConnectionLess Network Interface Protocol (CLNIP) und ConnectionLess Network Access Protocol (CLNAP), welche auf AAL 3 / 4 aufsetzen,
 - 7) Video- und Audioanwendungen: Realisierung der Übertragung von Echtzeitinformationen mit Vorgaben an die Zellenabstandsschwankung (Cell Delay Variation) und Zellenverlustrate (Cell Loss Rate) und damit Realisierung eines QoS im ATM,
 - 8) Multi Protocol over ATM (MPOA) zur Übertragung eines Ende-zu-Ende-Datenstromes durch das ATM-Netz unter Umgehung von Routern,
 - 9) Bildung von virtuellen Netzen, sogenannte „VLAN's“, zur Errichtung von geschlossenen Benutzergruppen oder Netzsegmenten,
- und weitere Definitionen, die noch in der Phase der Entscheidungsfindung sind.

Im 3D-Schichtenmodell werden drei Kommunikationsebenen sogenannte „Planes“ unterschieden.

- 1) *User Plane*: Gewährleistung des Transports von Nutzinformationen mit Überwachung und Steuerung der AAL- und ATM-Schicht
- 2) *Control Plane*: spezielle Signalisierungsprotokolle in der Schicht über dem AAL zum Aufbau, zur Unterhaltung und zum Abbau einer Verbindung
- 3) *Management Plane* beinhaltet:
 - *Layer Management*: Überwachung und Koordination der Aufgaben der einzelnen Schichten sowie Funktionen wie **Operation And Maintenance (OAM)** – Informationsfluß und Meta - Signalisierung
 - *Plane Management*: Überwachung und Gewährleistung der Netzfunktionen

Die hohe Skalierbarkeit und umfangreiche Dienste von ATM ermöglichen eine flexible Informationsübertragung, wobei die Verwaltung der Netzfunktionen eine hohe Komplexität erreicht. ATM-Netzstationen mit umfassenden Funktionen besitzen eine hohe Leistungsfähigkeit, welche sich in den Anschaffungskosten widerspiegelt. Aus diesem Grund konnte sich ATM bis heute erst im WAN- und Backbone (MAN) – Bereich (siehe Abb. 2.27) etablieren. Mit der Möglichkeit der Integration lokaler Netze (LANE) wird ATM auch zunehmend in diesem Bereich eingesetzt und erlaubt damit eine sanfte Migration. Zusätzlich zu den genannten Verfahren etablieren sich in ATM-Netzen neue Methoden zur Optimierung der Verkehrssteuerung, wie z.B. das „IP-Switching“. Bei diesem Verfahren wird eine Kombination aus Router und Switch verwendet, die eine spezielle Auswertung von IP-Paketen vornehmen. Bei der Auswertung wird zwischen normalem IP-Paket und dem Paket eines „Flows“ unterschieden. Ein Flow stellt eine Gruppe von zusammengehörigen IP-Paketen dar, welche ein hohes Volumen besitzen (z.B.: FTP-Filetransfer) und bei ihrer Weiterleitung eine hohe Netzlast verursachen. Im Normalfall wird eine Weiterleitung von IP-Paketen über Routing vorgenommen. Bei dem Eintreffen von Flow-Paketen werden diese nicht geroutet, sondern mittels Hardware direkt „geswitcht“. Die unterschiedliche Behandlung der IP-Pakete kann durch den Administrator über sogenannte „Policies“-Parameter gesteuert werden. Durch die Leistungsfähigkeit und den hohen Serviceumfang wird ATM für die Kopplung der Sicherheitsbereiche des Kreditinstitutes im Backbone eingesetzt. Die Kopplung erfolgt dabei mit 2 x 155 Mbit/s um die Token Ringe der Bereiche breitbandig zu verbinden.

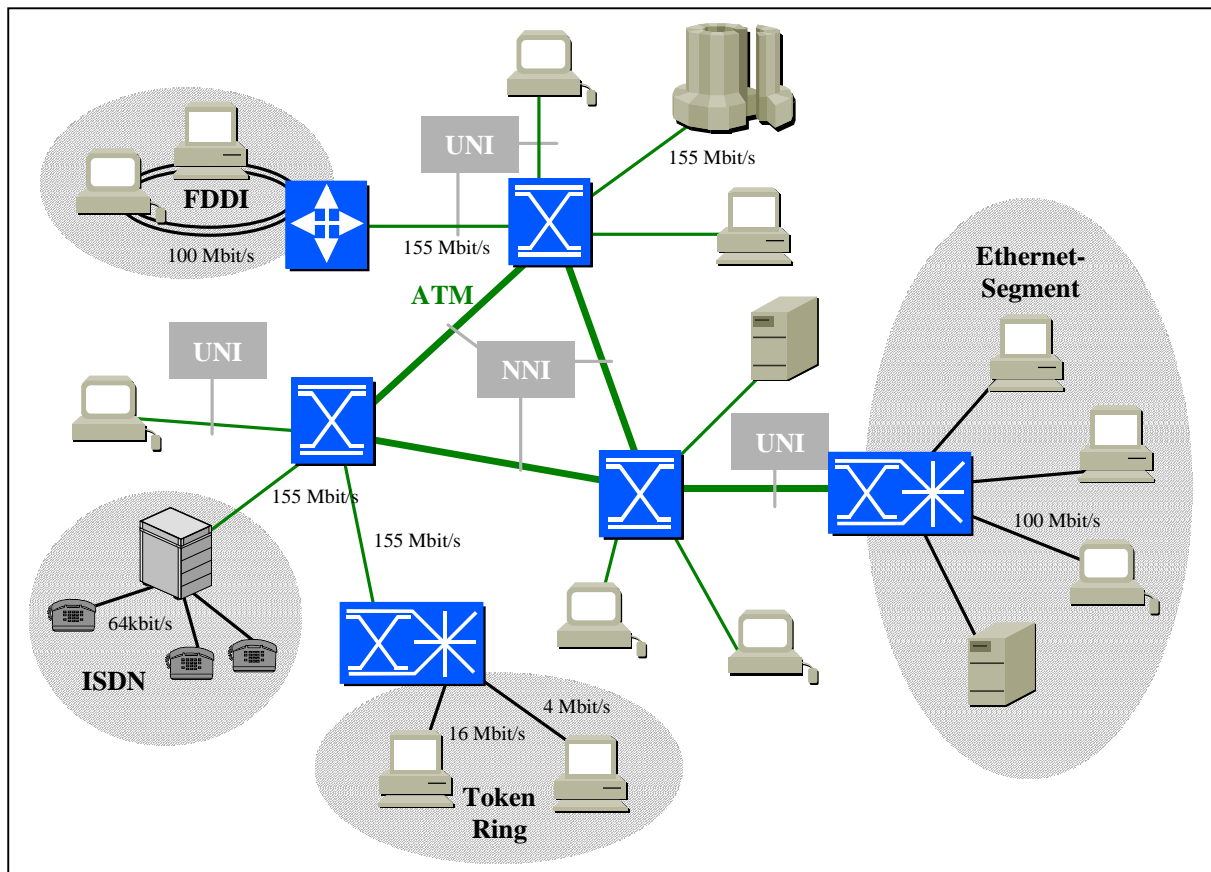


Abb. 2.27: Beispiel eines ATM-Backbone

2.8.1.8 Analyse der LAN's und MAN's

Ethernet als Typ eines lokalen Netzes hat durch seine einfache Funktion eine weite Verbreitung gefunden. Das Zugriffsverfahren erlaubt nur die Übertragung von zeitlich unkritischen Informationen, da die Stationen im Netz konkurrieren und sich gegenseitig beim Zugriff blockieren. Den Stationen wird dabei eine maximale Bandbreite bereitgestellt, aber nicht garantiert. In Überlastsituationen können sie sich deshalb stark bei der Informationsübertragung behindern, so daß den Stationen nur noch 30 bis 40 % der maximalen Bandbreite effektiv zur Verfügung stehen. Die Stationen bilden dabei eine sogenannte Kollisions-Domäne. Für eine fehlerfreie Funktion wird diese Domäne hinsichtlich der Anzahl der Stationen und der physikalischen Ausdehnung beschränkt. Diese kann bei Fast-Ethernet bis zu 500 m mit LWL und 100 m mit UTP Kategorie 5 betragen. Trotz dieses Nachteils wächst die Akzeptanz dieses Netztyps, weil Ethernet eine ständige Weiterentwicklung hinsichtlich der Übertragungsgeschwindigkeit erfährt. Ethernet besitzt derzeit eine

Übertragungsgeschwindigkeit von 10 bis zu 100 Mbit/s (Fast-Ethernet). Ein weiterer Typ „Gigabit-Ethernet“ befindet sich momentan in der Standardisierungsphase.

Einen weiteren Typ für den lokalen Vernetzungsbereich stellt der Token Ring dar. Auch dieser Netztyp, welcher nach dem Token Passing - Prinzip funktioniert, hat eine breite Akzeptanz erfahren. Die Übertragungsgeschwindigkeit des Token Rings beträgt 4 oder 16 Mbit/s. Im Gegensatz zum Ethernet kooperieren hier die Stationen miteinander, wodurch eine gleichmäßige Verteilung der zur Verfügung stehenden Bandbreite gewährleistet ist. Eine Netzstation im Token Ring muß dabei die gesamte Kontrolle über die Vergabe der Zugriffsberechtigung auf das Medium ermöglichen, weil jede Station als aktiver Monitor zum Einsatz kommen kann. Diese umfassenden Funktionen führen zu einer Erhöhung der Kosten im Vergleich zu Ethernet-Komponenten mit ähnlicher Leistung. Die Abbildung 2.28 zeigt den Vergleich der Kanaleffizienz beider Netztypen.

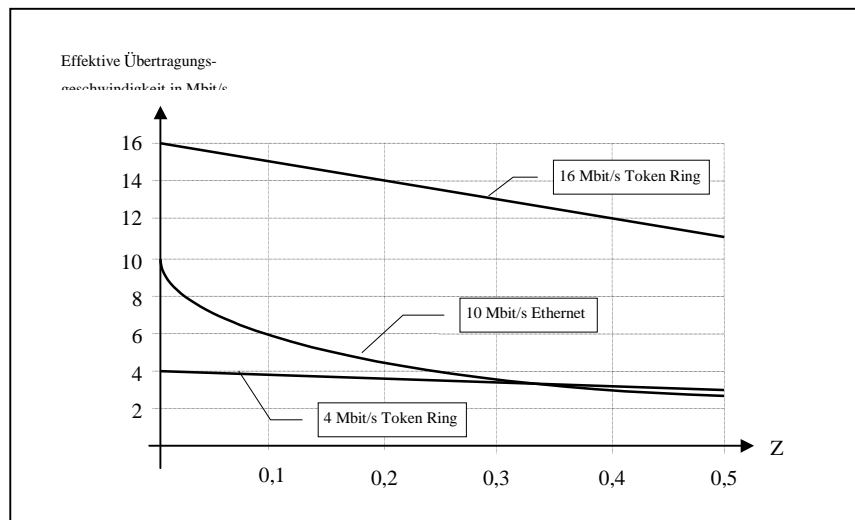


Abb. 2.28: Leistungsvergleich von Ethernet und Token Ring [LAN 91]

Die Variable Z wird als Netzkonstante bezeichnet und ist von folgenden Parametern abhängig:

- physikalische Anordnung der Geräte
- Anzahl der angeschlossenen Geräte
- Länge des Übertragungsmediums
- zulässige Nachrichtengröße

Der direkte Vergleich zeigt den relativ konstanten Durchsatz von Token Ring im Gegensatz zum Ethernet bei der Änderung von Z (z.B.: Erhöhung der sendewilligen Stationen).

Als Weiterentwicklung des Token Rings kann FDDI angesehen werden. Dieser Netztyp arbeitet nach dem Token Passing-Verfahren mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 100Mbit/s. Mit der hohen Bandbreite und der Erweiterung zu FDDI 2 können isochrone und asynchrone Daten über dieses Netz übertragen werden. CDDI (Copper Distributed Data Interface) mit Twisted Pair - Verkabelung als FDDI-Implementierung eignet sich für die direkte Anbindung von Arbeitsplätzen mit Entfernungen unter 100 m. Mit der Konzeption eines MAN wird FDDI heute oft in Backbone-Netzen eingesetzt, wobei die Ausdehnung des Ringes bis zu 100 km betragen kann. Der oft realisierte Doppelring führt zu einer hohen Verfügbarkeit des Netzes. FDDI stellt eine hohe Bandbreite und ein gutes Überlastverhalten (siehe Token Ring) bereit und erlaubt einen kostengünstigen Einsatz.

ISLAN stellt eine einfache Erweiterung des 10 BaseT - Standards um ISDN-Funktionen dar. Die Implementierung dieser Funktionen wird nur zögernd realisiert, was dazu führte, daß dieser Typ sich bis heute nicht durchsetzen konnte. Die geringe Akzeptanz von ISDN in den USA, der Einsatz von Ethernet als „low cost“- Lösung und die „geringe“ Datenübertragungsrate von 10 Mbit/s sind weitere Kriterien für die Entwicklung dieses Netztyps. Die ISLAN-Spezifikation besteht aus umfassend realisierten Standards und erlaubt eine einfache Sprach-Daten-Integration im lokalen Bereich.

VG-AnyLAN kann als Weiterentwicklung von Ethernet und Token Ring angesehen werden, da dieses Netz beide Rahmenformate unterstützt und die Vorteile beider Netze vereint. Aufgrund der definierten geringen Antwortzeiten (unter 30 ms [Got 96]) bei vorgegebener Stationszahl und der Möglichkeit der Vergabe von verschiedenen Prioritäten können isochrone und asynchrone Daten im VG-AnyLAN übertragen werden. Die Beibehaltung der Rahmenformate ermöglicht die weitere Nutzung vorhandener Echtzeit-applikationen. Die Netzausdehnung und die Verkabelung dieses Typs entspricht weitgehend dem des Ethernets und des Token Rings, wodurch eine einfache Migrationsmöglichkeit zu diesem Netztyp besteht. Das derzeit eingesetzte 10VG-AnyLAN erfährt eine steigende Verbreitung und Unterstützung durch Hersteller ähnlicher Produkte, was einen kostengünstigen Einsatz und eine umfassende Kompatibilität im lokalen Bereich garantiert. Parallel zur Entwicklung von „Gigabit-Ethernet“ wird 100 VG-AnyLAN zukunftsorientiert zu „Gigabit-VGAnyLAN“ weiterentwickelt.

CBDS und SMDS auf Grundlage von DQDB wurden für die Realisierung von Inter-LAN-Verbindungen mit hohen Geschwindigkeiten konzipiert. Durch die Unabhängigkeit vom Übertragungsverfahren kann dieser Netztyp auf verschiedenen Hochgeschwindigkeitsnetzen aufsetzen, diese verwalten und ist damit vielseitig einsetzbar. Die Nutzung von Zellen fester

Länge, Priorisierung verschiedener Datenströme und der Einsatz der verteilten Warteschlange ermöglicht die Übertragung von Daten mit zeitlichen Anforderungen. Das Verfahren erlaubt mit der Nutzung der festen Zellenlänge eine einfache Migration zu ATM und kann sich damit zunehmend im MAN-Bereich etablieren. ATM kann derzeit schon als Technik für das LAN, MAN und WAN angesehen werden, weil die stufenlose Skalierbarkeit einen bedarfsorientierten Einsatz erlaubt. Infolgedessen ermöglicht der Asynchrone Transfer Mode die Bereitstellung einer maximalen Datenübertragungsrate im Backbone-Bereich von 155 oder 622 Mbit/s und im Workgroup-Bereich von 34 Mbit/s. Die Vergabe der zur Verfügung stehenden Bandbreite wird von den Netzstationen über einen vorher zu verhandelnden Verkehrsvertrag festgelegt und dabei ein qualitätsbezogener Service garantiert. Die umfassende und ständig steigende Anzahl von Spezifikationen für die Skalierung bzw. Integration und Erweiterung der Funktionen von ATM ermöglichen diesem Netztyp einen flexiblen Einsatz in den heterogenen Strukturen historisch gewachsener Netzwerke.

[Kyas 96]

2.8.2 WAN Technologien

2.8.2.1 X.25-Netze

X.25-Netze sind verbindungsorientierte Paketvermittlungsnetze. Ursprünglich wurde der Netztyp in der X.25 Empfehlung der ITU (vorher CCITT) definiert. Diese Empfehlung wurde bis heute von mehreren Standardisierungsorganisationen übernommen und in verschiedenen Punkten erweitert. Die Spezifikationen beinhalten Empfehlungen für die Schichten 1 bis 3 des OSI-Referenzmodells. Für die Schicht 1 werden das synchrone X.21 - und asynchrone X.21bis - und X.28 - Protokoll empfohlen. In der Schicht 2 wird das **H**igh level **D**ata **L**ink **C**ontrol-**L**ink **A**ccess **P**rocedure **B**alanced (HDLC-LAPB) eingesetzt. Kern der X.25 Empfehlung sind die Funktionen der Schicht 3. Die Abbildung 2.29 veranschaulicht die Struktur an den X.25-Netzzugängen.

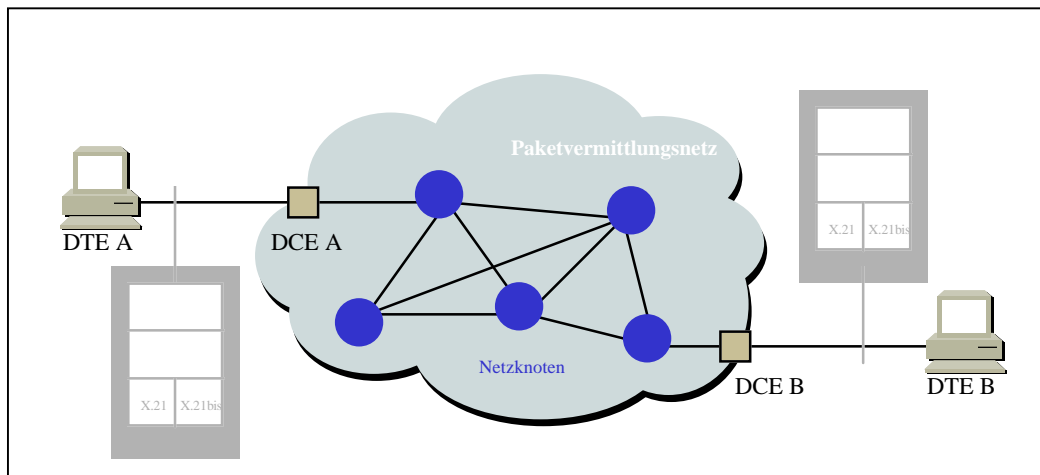


Abb. 2.29: Architektur von X.25-Zugängen [Kad 95]

Die Empfehlung beinhaltet dabei die Definition der Kommunikation zwischen **Data Terminal Equipment (DTE)** und **Data Circuit Equipment (DCE)** zur Bereitstellung der Netzfunktionen. Mit der Möglichkeit des Einsatzes von X.21 und X.21bis kann ein synchroner und asynchroner Zugang zum Netz erfolgen. Das eingesetzte LAPB (ISO 7776) ist ein HDLC-Protokoll, welches der Schicht 2 des OSI-Referenzmodell zuzuordnen ist. Das Protokoll ermöglicht eine symmetrische Vollduplex-Ende-zu-Ende-Verbindung mit einer Fehlerbeseitigung durch Wiederholung des Rahmens.

Der eingesetzte Rahmen gestaltet sich folgendermaßen.

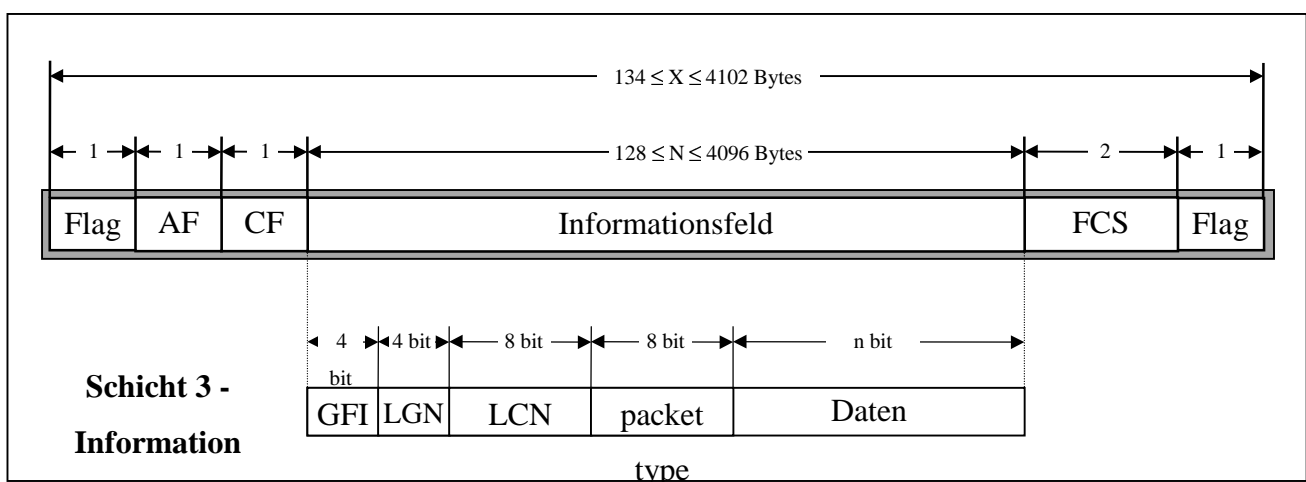


Abb. 2.30: Struktur eines X.25-Datenpakets [Kad 95, Sw 1/96]

Rahmenabschnitte:

Flag: kennzeichnet Anfang und Ende des Rahmens, End-Flag kann Start-Flag des nächsten Rahmens sein

Address Field (AF): kennzeichnet die Übertragungsrichtung (DCE \Leftrightarrow DTE) und die Art der Nachricht (Kommando oder Antwort)

Control Field (CF): spezifiziert die Art der Nachricht genauer und den damit verbundenen aktuellen Status der jeweiligen Station wie **Receive Ready (RR)** oder **Set Asynchronous Balanced Mode (SABM)**

Informationsfeld: **General Format Identifier (GFI)** beinhaltet Art Modulo-Zählung sowie Unterscheidung zwischen Nutz- und Steuerpaketen sowie eine explizite Bestätigung von Paketen

Logical Group Number (LGN): Zuordnung zu logischer Gruppe bzw. Bündeladresse

Logical Cannel Number (LCN): Zuordnung zum logische Kanal bzw. Verbindung. Über die 16 Kanalgruppen (LGN) und 256 Kanalnummern können 4096 logische Kanäle definiert werden. Ein Benutzer kann damit über maximal 255 logische Verkehrsbeziehungen gleichzeitig verfügen.

Paket Type: Inhalt und Funktion des nachfolgenden Datenfeldes

Daten: Nutzdaten d er Schicht 3, welche Steuerinformationen o der Benutzerdaten höherer Ebenen enthalten

Frame Check Sequence (FCS): beinhaltet einen **Cyclic Redundancy Check** - 16 zur Fehlererkennung innerhalb des Rahmens

Die Schicht 3 enthält Funktionen zum Aufbau, Betrieb und Abbau von PVC's und SVC's. Jeder logische Kanal besitzt dabei seine eigene Fehler- und Flußkontrolle. Die umfassenden Sicherheitsmechanismen werden du rch das „Store and Forward“ - Prinzip d es Netzes ermöglicht. Zusätzlich zu den Datenpaketen können auch Interrupt-Pakete, die außerhalb der normalen Sequenz liegen, b evorzugt übertragen werden. Mit dem hohen Bearbeitungsaufwand d er Datenpakete in den Netzknoten k ann ein X.25 - Netz nur eine geringe Bandbreite zur Verfügung stellen. Die a ngebotenen Übertragungsraten liegen zwischen 2400 bit/s und 1,92 Mbit/s, in Ausnahmefällen auch höher. Bei einer Übertragung zwischen den Netzstationen können teilweise hohe Rahmenlaufzeiten entstehen, weshalb von einer Übertragung von isochronem Verkehr abgesehen werden sollte. Das X.25-Netz bietet eine gesicherte Übertragung von Informationen bei geringer Bandbreite.

2.8.2.2 Frame Relay

Frame Relay stellt einen verbindungsorientierten Netztyp für höhere Geschwindigkeiten im WAN dar. Spezifiziert wurde dieser Netztyp von der ITU (vormals CCITT), ANSI und dem Frame Relay Forum. Dabei werden die Schichten 1 und 2 definiert. Frame Relay ist für die Übertragung von burstartigem Verkehr mit hohem Bandbreitenbedarf entwickelt worden. Mit dieser Eigenschaft kann eine gute Kopplung von lokalen Datennetzen sowie die Übertragung von Sprache erreicht werden. Das Übertragungsprotokoll umfaßt nur eine Fehlererkennung und keine Fehlerbeseitigung, was auf die digitale Übertragungstechnik und die damit verbundene geringe Bitfehlerrate zurückzuführen ist. Die Fehlerbeseitigung wird den höheren Schichten im OSI-Referenzmodell überlassen. Zu einer weiteren Verringerung des Overheads im Netz wird ein Rahmen mit variabler Länge eingesetzt, wodurch eine genaue Anpassung an die zu übertragenden Nutzinformationen ermöglicht wird. Die Abbildung 2.31 veranschaulicht den Rahmenaufbau:

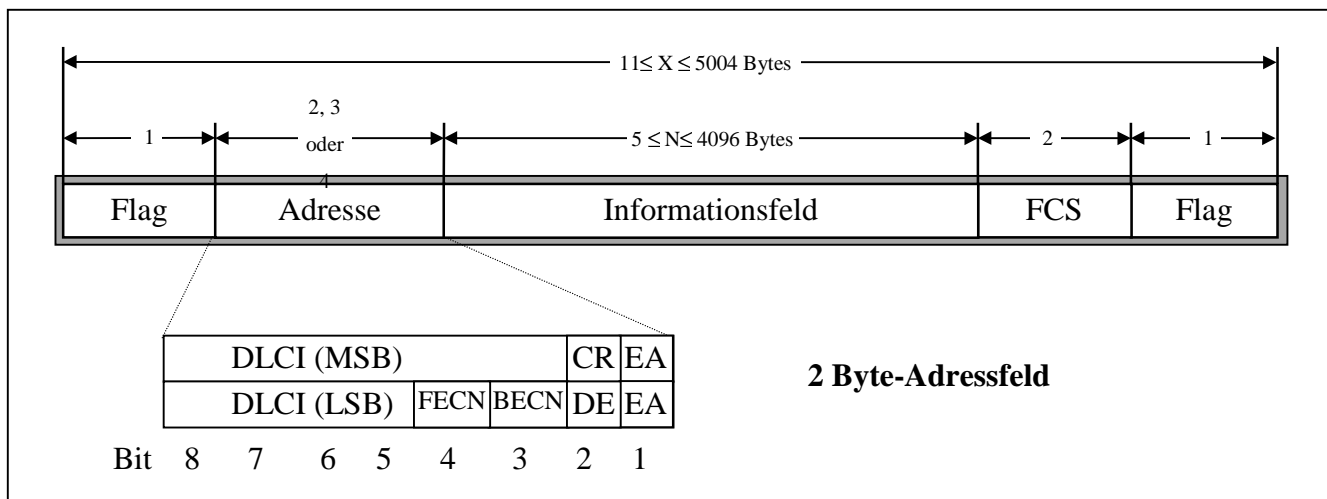


Abb. 2.31: Struktur eines Frame Relay Rahmens [N&C 1/97, Sw 4/96]

Struktur des Frame Relay Rahmens:

Flag: kennzeichnet Anfang und Ende des Rahmens, End-Flag kann Start-Flag des nächsten Rahmens sein

Adresse: **D**ata **L**ink **C**onnection **I**dentifier (DLCI) wird in **M**ost **S**ignifikant **B**its (MSB) und **L**east **S**ignifikant **B**its (LSB) geteilt und kennzeichnet die zu benutzende Verbindung zwischen zwei Standorten

Command **R**esponse-bit (CR) wird transparent zu anderen Verfahren übertragen

Extended Address-bit (EA) kennzeichnet das Ende (=1) oder einen Teilbereich (=0) einer DLCI-Adresse

Forward Explicit Congestion Notification-bit (FECN) kennzeichnet eine Überlastsituation und initialisiert eine Kontrollprozedur in Richtung des gesendeten Frames

Backward Explicit Congestion Notification-bit (BECN) kennzeichnet eine Überlast und initialisiert Kontrollprozeduren entgegen des gesendeten Frames

Discard Eligibility-bit (DE) bewirkt bei Setzung ein Verwerfen des Rahmens im Überlastfall vor allen anderen Rahmen durch z.B.: einen Netzknoten

Informationsfeld: enthält die zu übertragende Nutzinformation

Frame Check Sequence (FCS): beinhaltet eine CRC-16 zur Fehlererkennung innerhalb des Rahmens

Bei Übergang von einer 2- zu einer 3- oder zu einer 4-Byte Adresse werden das jeweilige E/A-bit modifiziert und die Adressabschnitte angehängt. Das Netz identifiziert sich ähnlich dem LAP-D über **Data Link Connection Identifier**. Die Identifikatoren bezeichnen etablierte Links zwischen den Stationen. Mit dem Einsatz von **Permanent Virtual Channels** werden die Verbindungen zwischen den Stationen definiert. Die Festlegung der PVC's oder DLCI's definiert nur die logische Verbindung. Beim Ausfall der physikalischen Verbindung zwischen den Standorten erfolgt ein automatisches Rerouting über eine alternative Verbindung, wenn auf den zu benutzenden Pfaden die nötige Bandbreite zur Verfügung steht. Die innerhalb des Kreditinstitutes realisierte Frame Relay Struktur unterstützt dieses Rerouting von DLCI's über alternative physikalische Verbindungen. Frame Relay-Verbindungen sind stets voll duplex. Da bei Frame Relay eine sequentielle Übertragung über einen definierten Pfad (Data Link) stattfindet, wird keine Flußkontrolle benötigt. Mit dem Einsatz eines paketvermittelten Netzes, wie Frame Relay, muß ein Mechanismus zur Überlastkontrolle implementiert werden. Innerhalb des Rahmens werden dazu das FECN, BECN und DE-bit genutzt. Zusätzlich wird das **Consolidated Link Layer Management** eingesetzt. Es beinhaltet bei einer Vermaschung die Organisation der Überlast-Signalisierung über alternative und nicht überlastete Pfade. Die Abbildung 2.32 stellt die Funktion der Überlaststeuerung dar.

[N&C 1/97], [Gate 11/95], [Gate 10/96], [Bor 92]

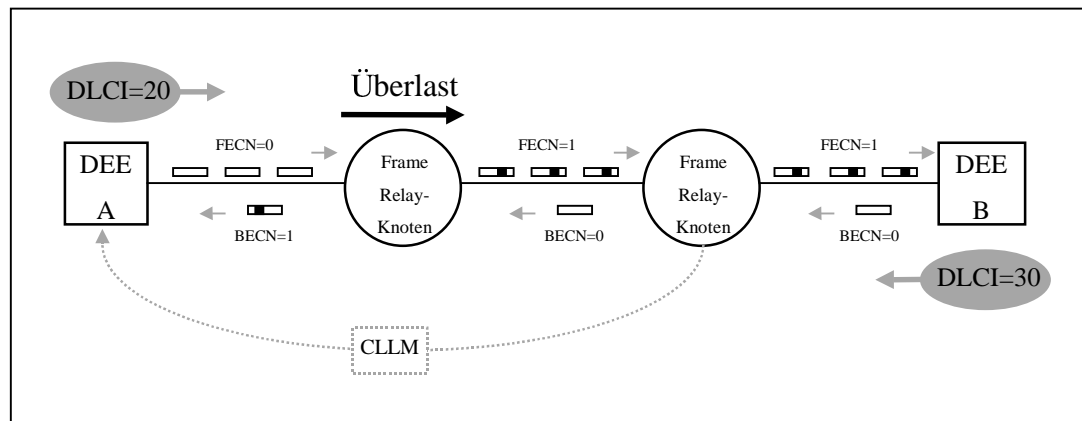


Abb. 2.32: Signalisierung der Überlast im FR-Netz [Sw 3/96]

Wie der Abbildung 2.32 zu entnehmen ist, können die Stationen unterschiedliche DLCI nutzen, um eine Verbindung (DLC) zu adressieren. Am Zugang eines Frame Relay Netzes werden die in Abbildung 2.33 dargestellten Kenngrößen definiert.

1. **Committed Information Rate (CIR):** festgelegte und garantierte Datenübertragungsrate einer festen virtuellen Verbindung im Bereich von 0 bis zur maximalen Leitungsgeschwindigkeit
2. **Committed Burst Size und Excess Burst Size:** Vereinbarte Datenmenge, sogenannte **Bc**, und zusätzliche Datenmenge, sogenannte **Be**. Bc bezeichnet die Datenmenge, die in einem Zeitintervall transparent vom Netz an die Zielstation weitergeleitet wird. Be bezeichnet die Datenmenge, die zusätzlich zu Bc gesendet werden kann und dabei nicht vom Netzknoten verworfen wird.
3. **Committed Rate Measurement Interval:** T_c stellt die Breite des zeitlich gleitenden Fensters zur Überwachung der Datenraten am Netzknoten dar. Es gilt $T_c = Bc / CIR$. Im Sonderfall $CIR = 0$ wird T_c vom Netzanbieter definiert.

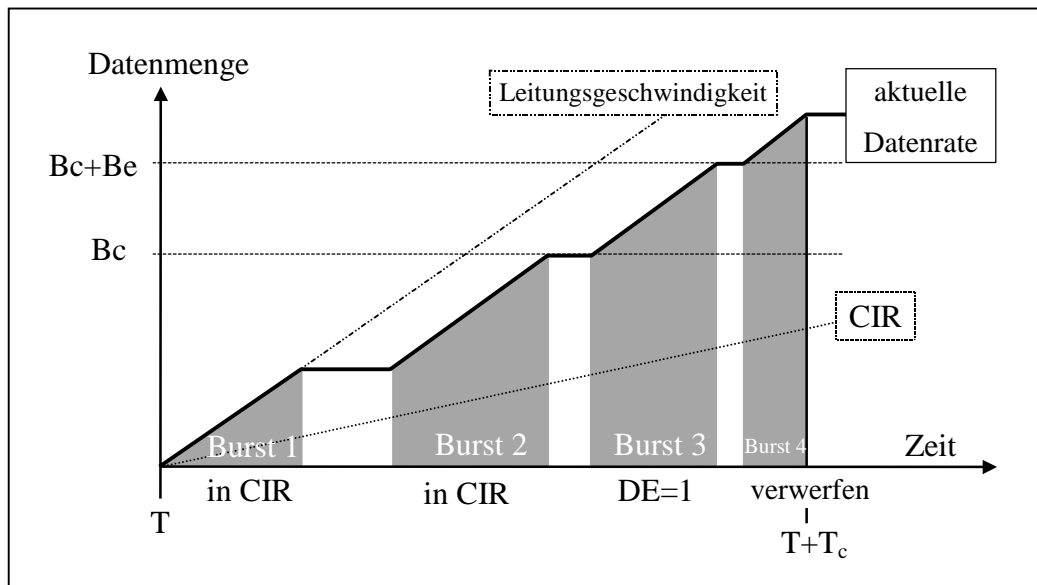


Abb. 2.33: Kenngrößen eines FR-Zugangs [Sw 3/96]

Bei der Mehrfachnutzung einer Leitung durch verschiedene DLCI kann eine Überbuchung der Leitung erfolgen. Bei einer Überbuchung ist die Summe der CIR der Verbindungen größer als die Geschwindigkeit der Anschlußleitung selbst. Das Maß der Überbuchung wird als sogenannter „Booking-Faktor“ angegeben. Mit diesem Verfahren kann eine effiziente, wenn auch im Überlastfall kritische, Nutzung ermöglicht werden. Bei der Kopplung von Stationen an und innerhalb eines Netzes werden das **FR-User Network Interface** (FR-UNI) sowie das **FR-Network Network Interface** (FR-NNI) definiert. Das Network Interface stellt alle Funktionen und Prozeduren zur Kommunikation der Stationen bereit. Das FR-NNI enthält alle Funktionen wie das FR-UNI mit der Ausnahme, daß bidirektionale Status- wie auch Status-Anfrage-Meldungen behandelt werden. Erst die Existenz des FR-NNI mit diesen Eigenschaften ermöglicht eine Kopplung von Frame Relay - Netzen unterschiedlicher Hersteller. Derzeit wird der Netztyp mit E1 (2,048 Mbit/s) und T1 (1,544 Mbit/s) betrieben. Systeme mit T3 (45Mbit/s) befinden sich in der Entwicklungsphase.

[Sw 3/96]

2.8.2.3 Schmalband ISDN

Integrated Services Digital Network stellt einen Netztyp mit Sprach-Daten-Integration dar. Definiert wurde ISDN erstmals 1984 von der ITU (vormals CCITT) in den Empfehlungen der I-Serie, wobei verschiedene überarbeitete Versionen und europäische Standards der ETSI folgten.

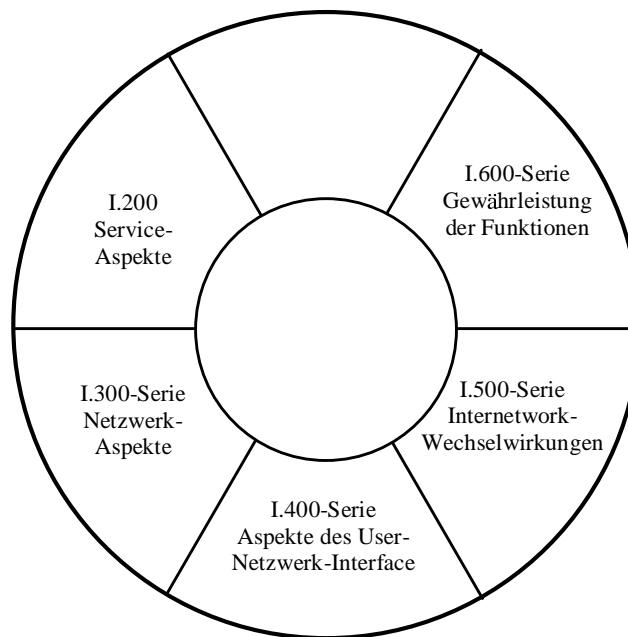


Abb. 2.34: Übersicht über die I-Serie [Bor 92]

Mit dem Übergang zu ISDN wird eine Digitalisierung des Fernsprechnetzes erreicht. Fernsprechanäle innerhalb dieses Netzes in Europa besitzen eine Übertragungsgeschwindigkeit von 64 kbit/s, da die analogen Sprachsignale auf rund 7 kHz gefiltert, mit 16 kHz abgetastet und der Abtastwert mit 4 bit nach ADPCM oder auf 3,4 kHz gefiltert mit 8 kHz abgetastet und der Abtastwert mit 8bit codiert wird. Eine Bandbreitenzuweisung von Fernsprechanälen erfolgt somit nur mit $n \times 64$ kbit/s. Innerhalb des ISDN können folgende Kanäle unterschieden werden.

- 1) *B-Kanal*: synchroner Kanal zur transparenten Übertragung von Binärinformationen mit 64kbit/s, transportiert keine Zeichengabeinformationen für Signalisierung im ISDN
- 2) *H-Kanal*: beinhaltet die Zusammenfassung von mehreren B-Kanälen zu einem Kanal für die Übertragung von binären Datenströmen mit hoher Bitrate ($H_0 = 384$ kbit/s, $H_{11} = 1536$ kbit/s und $H_{12} = 1920$ kbit/s), transportiert keine Zeichengabeinformation für Anrufsteuerung innerhalb des ISDN
- 3) *D-Kanal*: dient zur Übertragung von Signalisierungsinformationen innerhalb des ISDN, Fernwirkinformationen sowie paketvermittelten Daten (in X.25-Netzen), arbeitet je nach Schnittstelle mit unterschiedlichen Übertragungsgeschwindigkeiten von 16 oder 64 kbit/s

Die Bereitstellung dieser Kanäle erfolgt in Europa gewöhnlich als Basisanschluß oder Primärmultiplexanschluß. Der Basisanschluß besteht aus zwei B-Kanälen mit je 64 kbit/s und einem D-Kanal mit 16 kbit/s. Alle Kanäle sind vollduplexfähig und können zu einem Gesamtkanal mit 144 kbit/s gebündelt werden. Der Primärmultiplexanschluß (S_{2m}) enthält 30

B-Kanäle mit je 64 kbit/s sowie einen D-Kanal mit 64 kbit/s, wobei alle Kanäle zusammen eine nutzbare Übertragungsgeschwindigkeit von 1984 kbit/s bereitstellen. Diese Typen werden für den Übergang in das öffentliche Fernsprechnet angeboten (Deutsche Telekom AG). Bei der Bereitstellung von Festverbindungen innerhalb des Fernsprechnetes können sie jedoch weiter variieren. Für die Nutzung von ISDN wird der Teilnehmeranschlußbereich nach ITU (vormals CCITT) in Funktionsbaugruppen gegliedert und durch Referenzpunkte getrennt. Referenzpunkte mit logischen und physikalischen Definitionen bilden dabei Schnittstellen.

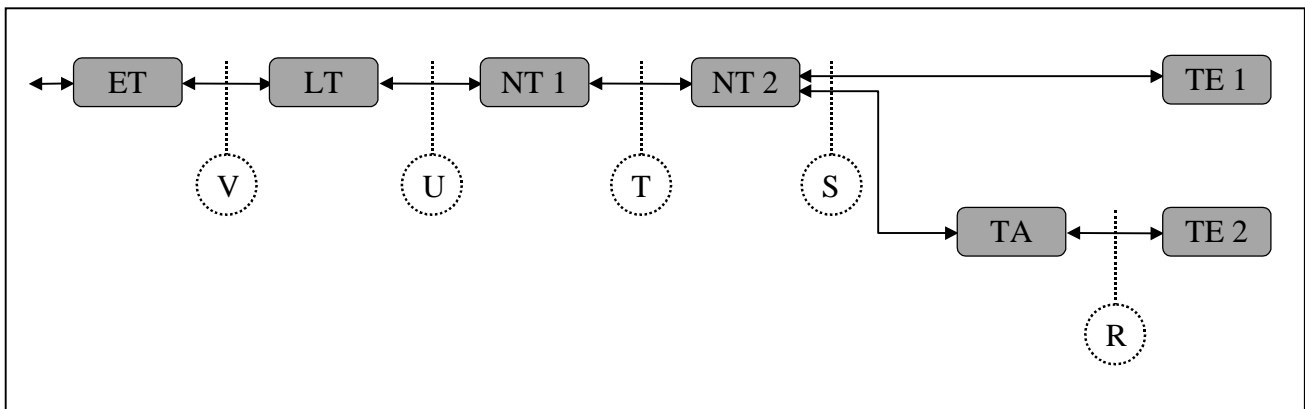


Abb. 2.35: Funktionsbaugruppen im ISDN [Kad 95]

Funktionsgruppen:

Vermittlungsabschluß (Exchange Termination): umfaßt die vermittlungstechnischen Funktionen mit Teilnehmer-Netz-Zeichengabe

Leitungsabschluß (Line Termination): netzseitiger übertragungstechnischer Abschluß

Netzabschluß (Network Termination): Isolation und Trennung des Endanschlusses vom ISDN-Netz (NT 1) sowie vermittelnde und konzentrierende Funktionen durch eine PBX

Es besteht die Möglichkeit der Zusammenfassung von NT1 und NT2 zu NT12

Anpassungseinheit (Terminal Adapter) zur Anpassung an herkömmliche Endsysteme zur Erhaltung der Kompatibilität

ISDN-Endeinrichtung (Terminal Equipment) mit direktem Anschluß an NT 2 (z.B: ISDN-Telefon, ISDN-Kommunikationsadapter) oder über einen TA wie TE2 (z.B.: analoges Telefon, Modem)

Die Referenzpunkte lauten R, S, T, U und V. Die Punkte S und T sind international standardisiert und werden auch als universelle Kommunikationssteckdose bezeichnet. Der Punkt S beinhaltet die S₀ - (Basisanschluß) oder S_{2m} - (Primärmultiplexanschluß) Schnittstelle.

Punkt U und V sind bisher nur national festgelegt. Punkt R wird durch das anzuschließende Endgerät vorgegeben. Der Teilnehmeranschlußbereich kann folgendermaßen strukturiert sein.

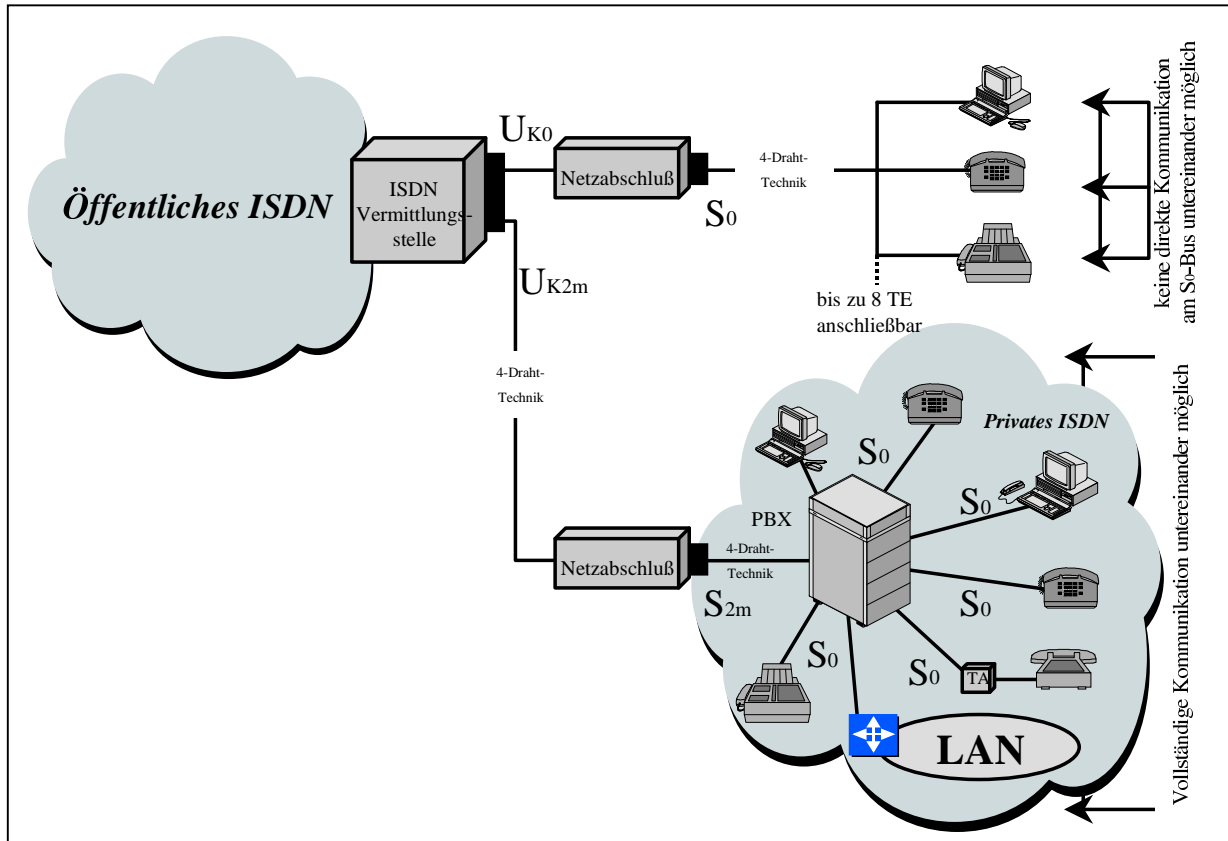


Abb. 2.36: Struktur des Teilnehmeranschlußbereiches [Kad 95, ISDN 92]

Der D-Kanal am Teilnehmeranschluß besitzt eine zentrale Stellung im ISDN, weil über ihn alle Service-Funktionen gesteuert und damit erst ermöglicht werden. Mit dem Schicht 2 - Protokoll der **Link Access Procedure on the D-Channel (LAPD)** werden die Verbindungen im ISDN auf- und abgebaut. Das Protokoll orientiert sich an der HDLC-Prozedur und ermöglicht das Multiplexen von mehreren Schicht 3 - Verbindungen auf eine Schicht 2 - Verbindung, die Organisation eines Mehrgeräteanschlusses, die transparente Datenübertragung höherer Schichten (X.25), die Rahmenssequenzsteuerung, Flußsteuerung und Rahmenfehlererkennung. Auf dem LAPD setzt das Protokoll **Call Control (CC)** auf, wobei die Protokolle zusammen als **Digital Subscriber Signalling - Protokoll (DSS)** bezeichnet werden. Innerhalb der CC können Message-Typen unterschieden werden, welche sich auf die B - Kanäle beziehen.

- 1) Call Proceeding: Versuch des Verbindungsaufbaus zwischen Endgeräten
- 2) Connect: Mitteilung einer erfolgreichen Signalisierung an rufende Station
- 3) Resume: Früher gerufenes Endgerät teilt Bereitschaft zum Weiterführen eines unterbrochenen Rufes mit
- 4) Suspend: Aufforderung zur zeitweisen Unterbrechung einer Verbindung
- 5) Disconnect: Aufforderung zur endgültigen Unterbrechung einer Verbindung
- 6) Release: Bestätigung der Beendigung eines Abbruchs der Verbindung

Innerhalb einer Kommunikationsbeziehung wird das LAP-D nur bis zum nächsten PTT-Verteiler (Local Exchange) des Kommunikationsteilnehmers geführt. Zwischen den einzelnen Verteilern wird das Signalisierungssystem Nummer 7 eingesetzt, welche die LAP-D-Informationen übermittelt. Die vom ISDN bereitgestellten Dienste richten sich nach dem verwendeten D-Kanal-Signalisierungsprotokoll. Nachfolgende Tabelle zeigt einen Vergleich der Leistungsmerkmale der im öffentlichen Fernsprechnetzen verwendeten D-Kanal-Protokolle, wie 1TR6 und E-DSS1 und dem von der Firma Siemens entwickelten Cornet-Protokoll.

Teilnehmerfunktion	1TR6	E-DSS1	Cornet
Rückfrage (über die 2. Leitung)	x	x	x
Rückfrage (über dieselbe Leitung)			x
Makeln (über die 2. Leitung)	x	x	x
Makeln (über dieselbe Leitung)	x		x
Dreierkonferenz (nur nach Rückfrage über 2. Leitung)	x	x	x
Anrufumleitung	x	x	x
Rufweilerschaltung	x	x	x
Geheimrufnummer			x
Dienstwechsel während der Verbindung	x		x
Personensuche mit verdeckter Nummerierung	x		x
Rückruf im Besetztfall		x	x
Rückruf im Freifall			x
Zeugenzuschaltung	x		x
Aufschalten/Anklopfen		x	x
Verhindern des Aufschalten, Anklopfen			x
Anzeige von Rufnummern/Namen	Nur Rufnr.	x	x
Automatische Gebührenerfassung über Signalisierung	x		x
Gebührenanzeige am Teilnehmer-Anschluß			x
Selbsttätiger Verbindungsaufbau (Hotline)	x		x
Anrufschutz	x		x
Anrufschutz durchbrechen			x

Teilnehmerfunktion	1TR6	E-DSS1	Cornet
Mehrdienstbetrieb	x		x
Umlegeverhinderung			x
Zentraler Vermittlungsplatz			x

Tabelle: Leistungsmerkmale von ISDN für D-Kanaltypen

[Hi 300], [ISDN 92]

Der direkte Vergleich der erbrachten Leistungen zeigt realisierte Funktionen in den D-Kanal-Protokolltypen. Es ist also beim Einsatz von ISDN auf den benötigten Funktionsumfang des einzusetzenden Anschlusses zu achten. Zusätzlich zu diesen Diensten erlaubt das ISDN das Bündeln der Fernsprechanäle, wobei die Bandbreitenzuweisung stufenweise im Raster der Fernsprechanäle erfolgt. Die Verbindungsaufbauphase ist bei ISDN sehr gering, weshalb dieser Netztyp oft für Backup-Verbindungen privater Netze genutzt wird.

2.8.2.4 SNA-Netze

Die System Network Architecture (SNA) ist eine Entwicklung der Firma IBM, die erstmals 1974 vorgestellt wurde. Sie beinhaltet ein verbindungsorientiertes Netzwerk zwischen den Mainframes und den Terminals. Die Terminals sind nur für die Ein- und Ausgabe der Nutzinformationen zuständig. Der Mainframe verfügt über eine hohe Rechenleistung, womit eine vollständige Bearbeitung der Nutzinformationen und eine ständige Kommunikation zu den Terminals stattfindet. Ursprünglich wurde dieser Netztyp im lokalen Bereich eingesetzt. Mit dem verstärkten Ausbau von Datennetzen in weiteren Standorten müssen die Nutzer auf den Mainframe zugreifen, wobei die SNA-Struktur über den lokalen Bereich hinaus in den WAN-Bereich erweitert wurde. Innerhalb eines SNA-Netzes werden Netzkomponenten nach den Kommunikationsfunktionen unterschieden.

Logical Units

bezeichnen die Endbenutzer im SNA-Netz. Ihre Funktionen werden durch Programme realisiert, die adressierbar sind. Je nach Anforderung können folgende LU-Sessions unterschieden werden:

LU 0: nicht durch SNA vorgegeben, wird für Anwendungen benutzt, die ihre eigenen Protokolle spezifizieren,

LU 1,2,3,4: diese Typen definieren Sessions für nicht intelligente Endgeräte wie Bildschirmgeräte, Drucker und Tastaturen,

LU 6: spezifiziert den LU-Typ für Verbindungen zwischen Anwendungsprogrammen,
 LU 6.2 wird auch als **Advanced Program to Program Communication** bezeichnet.

Physical Units

beschreiben die physikalischen Einheiten, welche eine Kommunikation im SNA-Netz initialisieren.

PU 1: entspricht Terminalemulationen

PU 2: entspricht Cluster Controller, PU 2.1 ermöglicht peer-to-peer Kommunikation, z.B.:
 IBM PC, der als PU 2.1 über LU 6.2 Sessions (APPC) mit anderen PC's, aber auch
 mit dem Host in Verbindung treten kann

PU 4: Communication Controller (FEP)

PU 5: Host (Mainframe)

Die Abbildung 2.37 veranschaulicht die Struktur eines SNA-Netzes. Zusätzlich zu diesen elementaren Komponenten können SSCPs (System Service Control Points) definiert werden, die eine vollständige Kontrolle über ein Teil des SNA-Netzes übernehmen. Diese Abschnitte werden als Domäne bezeichnet, dessen physikalische Einheiten durch PU's und deren Nutzer durch LU's repräsentiert werden.

[Con 93]

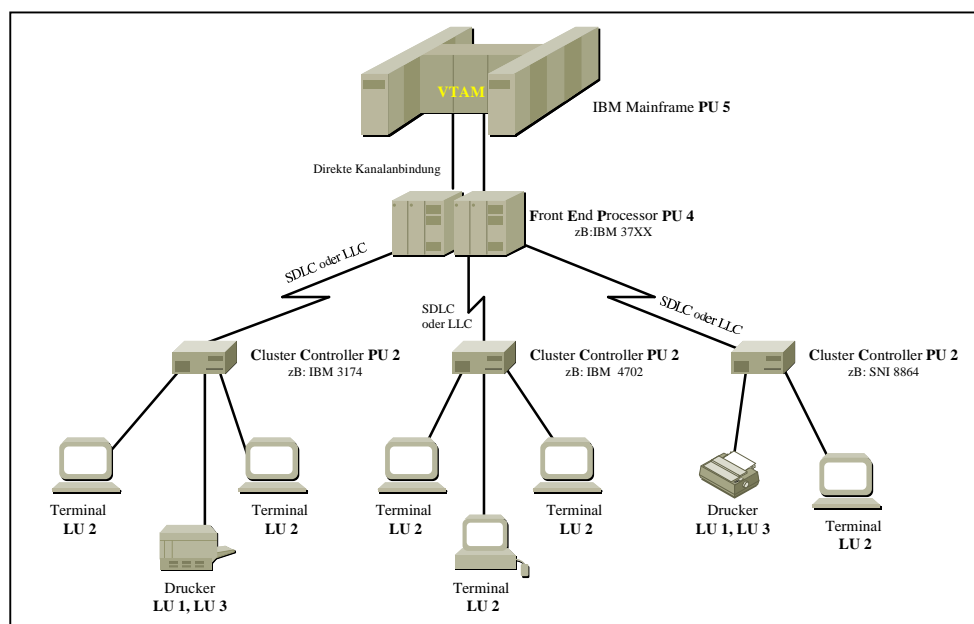


Abb. 2.37: Struktur der SNA-Hierarchie [N&C 9/96, Con 93]

Die Basis im streng strukturierten Aufbau der Netze bilden die Terminals (LU2), Drucker (LU1,3) und weitere Ein- und Ausgabegeräte. Mehrere Logical Units teilen sich einen Cluster Controller (PU2). Der CC übernimmt die Kommunikationssteuerung der LU's und stellt dabei jeder Logischen Einheit einen Kanal zum Front End Processor (FEP) bereit. Der FEP (PU4), auch Kommunikations-Vorrechner genannt, ist mit Verbindungen hoher Übertragungsrate an den Mainframe (PU5) gekoppelt. Zur Entlastung des Mainframes übernimmt er die Aufgaben, die mit dem Informationstransport vom und zum Terminal entstehen. Der Mainframe bildet die oberste Ebene dieser Baumstruktur. Die Ein- und Ausgaben des Mainframes werden über die Virtual Telecommunications Access Methods kontrolliert und realisiert. Über diese VTAM kommunizieren die Anwendungen im SNA-Netz. Das Routing der Datenpakete innerhalb des Netzes erfolgt über vorgegebene Punkt-zu-Punkt-Verbindungen. Das Synchronous Data Link Control-Protokoll sorgt dabei für eine permanente Verbindung zwischen dem Terminal des Benutzers und dem Host. Der Host „pollt“ das Terminal in regelmäßigen Abständen an, um die Kommunikationsfähigkeit der Verbindung zu überprüfen (Keep-Alive-Polling). Empfängt der Host keine Bestätigung der ausgesandten Nachricht, so schließt er die Applikation und beendet die Sitzung. Der Host ist damit als einziges intelligentes Gerät für den richtigen Ablauf einer Sitzung verantwortlich. Das ursprüngliche SNA-Netz führt so zu einer Zentralisierung der Netzintelligenz und Kommunikationsverwaltung.

Mit der festgelegten hierarchischen SNA-Struktur kann keine variable Bandbreitenzuweisung sowie keine Multiprotokoll-Unterstützung ermöglicht werden. Im Gegensatz dazu sind die heute eingesetzten Netztypen hinsichtlich dieser Eigenschaften viel variabler. Mit dem aktuellen Trend der Dezentralisierung zu flexiblen Client-Server-Strukturen gestaltet sich die Kopplung zu diesem Netztyp problematisch. Für die Nutzung des hohen Serviceumfangs der Mainframes muß eine Integration heutiger LAN's erreicht werden. Für diese Integration wurden verschiedene Verfahren entwickelt, wobei sich das DLSw und das APPN als leistungsfähig erwiesen und daher in Zukunft weiterentwickelt werden. Zusätzlich zu diesen Verfahren wird oft dazu übergegangen, den Host mittels TCP/IP-Verkehr direkt zu adressieren, um so eine direkte Kommunikation zwischen Teilnehmer und Mainframe zu gewährleisten.

Data Link Switching

Heutige LAN's werden über Router an Weitverkehrsstrecken gekoppelt. Für eine Weiterleitung eines Informationspakets wertet der Router die Netzwerkadresse auf Schicht 3 des OSI-Referenzmodells aus. In der SNA-Topologie werden solche Adressen nicht eingesetzt. Der DLSw-Standard verwendet für die Lösung dieses Problems das IP-Encapsulation, um SNA- und NetBios-Verkehr (ähnliches Problem) über das Netzwerk zu übertragen. Dazu wird das gesamte SNA-Paket in ein IP-Paket „eingekapselt“. Die eingesetzte IP-Adresse leitet sich aus der MAC-Adresse der SNA-Station ab. Grundsätzlich unterstützt DLSw die Physical Units PU2, PU2.1 und PU4 sowie NetBios-Systeme nach LLC Typ 2. Die so entstandenen IP-Pakete können zwischen Routern verschiedener Netztypen mit TCP/IP übertragen werden. Voraussetzung dafür ist ein interoperables Routing Information Protokoll, wie RIP oder OSPF. Im Falle eines Fehlers im WAN erfolgt ein automatisches Re-Routing. Am Ende der Kette muß wieder ein DLSw-Router stehen, der die Daten auspackt und als Bridge (Auswertung der MAC-Adresse) an das LAN oder die SNA-Zielstation weiterleitet. Aus diesem Grund werden die DLSw-Router oft auch als Data-Link- oder Bridge-Level-Router bezeichnet. Mit der ständigen lokalen Bestätigung einer SNA-Session oder LLC2-Pollingsequenz am Router wird die Verfügbarkeit einer Session erhöht, obwohl hohe Laufzeiten im WAN eintreten können. Zusätzlich wird eine Übertragung dieses Polling-Verkehrs vermieden, wodurch die WAN-Verbindung entlastet wird. Über das Switch-to-Switch-Protocol (SSP) kommunizieren die DLSw-Router untereinander und ermöglichen so ein effektives Extended Source Route Bridging (ESRB). Dabei wird das Routing Information Field (RIF) an einem DLSw-Router zurückgesetzt und eine Kommunikation über mehr als 7 Hops (Maximum beim SRB) ermöglicht. Spezifiziert ist das DLSw im RFC 1434 und RFC 1795 der Internet Engineering Task Force (IETF). RFC 1795 stellt einen nicht rückwärtskompatiblen Standard mit erweiterten Funktionalitäten dar. Die Erweiterungen betreffen die Anzahl der unterstützten TCP-Verbindungen, erreichbare MAC-Adressen und NetBios-Namen, verschiedene SAP's, Herstellerkennungen, DLSw-Versionen sowie Flußsteuerung mittels Pacing-Protokoll innerhalb einer TCP/IP-Verbindung. Mit der Bestätigung und dem Einsatz dieser Empfehlungen durch führende Routerhersteller kann das DLSw oft eingesetzt werden, wobei dieses Verfahren ständig weiterentwickelt wird (z.B.: DLSw+ von Cisco Systems). Das DLSw ist bisher als Software auf einem Router oder auf einem Endgerät, wie z.B.: einem PC, implementiert, wobei letzteres als Desktop-DLSw bezeichnet wird. Hier kann der Nutzer über herkömmliche Router und das Weitverkehrsnetz eine TCP/IP-Verbindung zum DLSw-Router der Zielstation aufbauen und eine

Kommunikationsbeziehung eingehen. Der Inhalt des DLSw wird in der Abbildung 2.38 dargestellt.

[Gate 10/96], [Bay]

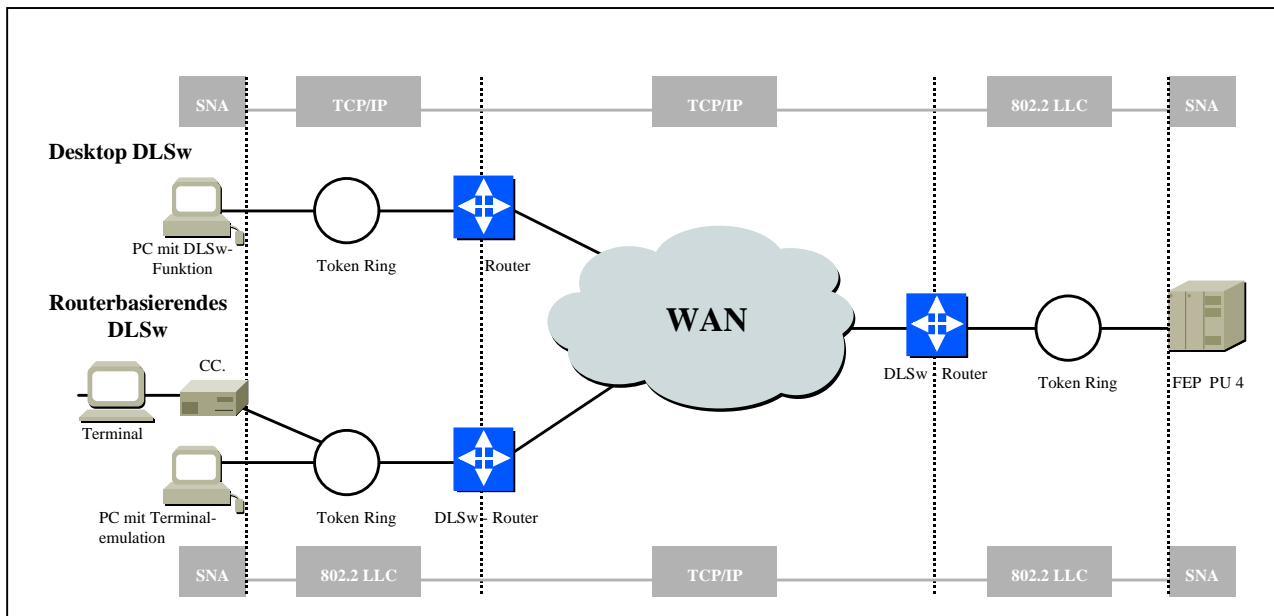


Abb. 2.38: Einsatz des DLSw [Gate 10/96]

Aufgrund einer früheren Nutzung der SNA für eine Kommunikation zum Rechenzentrum des Verbandes setzt das Beispielinstitut diesen Netztyp ein. Mit dem Übergang von der „reinen“ SNA-Struktur zum Aufbau eines Institutsbackbone wird das DLSw im Beispielinstitut nach RFC 1434 für die Kopplung der Netze und der damit möglichen Weiternutzung von SNA-Komponenten verwendet.

Advanced Peer to Peer Networking

Das APPN wurde von der Firma IBM entwickelt und stellt ein Verfahren zur Erweiterung von SNA um die Peer-to-Peer-Funktionalität dar. Ursprünglich diente dieses Verfahren zur Kommunikation zwischen Applikationsservern, wie dem AS/400. Heute können über dieses Verfahren netzweite Kommunikationsbeziehungen zwischen zwei Stationen (LU's) eingegangen werden. So beinhaltet APPN Verbindungsaufbau, Datenübertragung und Verbindungsabbau. Im Gegensatz zum SNA sind dabei die Kommunikationspartner für die Initialisierung und Wegfindung durch das Netz verantwortlich. Für die netzweite Kommunikation wird eine verteilte Datenbank mit LU-Namen durch die Netzknoten aufgebaut und gehalten. Dabei können im APPN die folgenden Typen von Stationen unterschieden werden:

- 1) **Low-Entry Networking Node**
- 2) **End Node**
- 3) **Network Node**

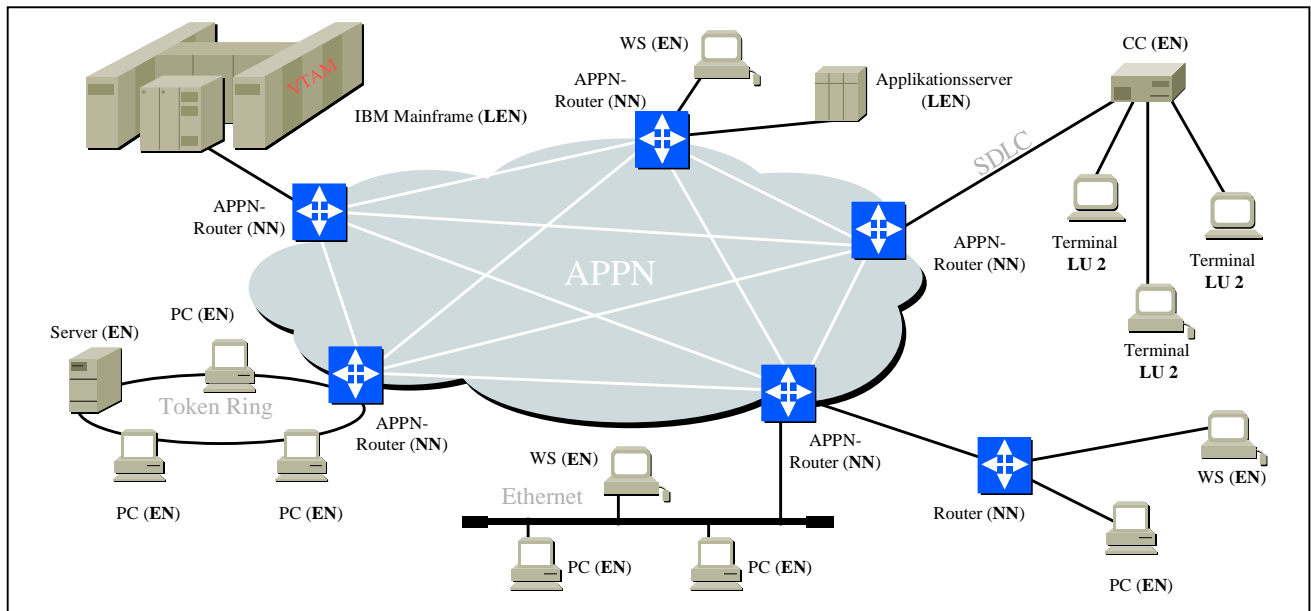


Abb. 2.39: Struktur eines APPN-Netzes [RP 96], [Adv 95]

High Performance Routing (HPR) stellt eine Erweiterung des APPN-Architektur dar. Sie kann zusätzlich auf einem APPN-EN oder APPN-NN implementiert werden. HPR besteht aus zwei wesentlichen Komponenten:

- **Automatic Network Routing Protocol (ANR)**: verbindungsloses, vollduplexfähiges Source-Routing-Protokoll mit Verschiebung der Fehler-Beseitigung in die Endpunkte der netzweiten Kommunikation (entgegen der APPN-Fehlerbehebung auf den einzelnen Verbindungen) und einer Einteilung von Datenströmen in vier Prioritätsklassen
- **Rapid Transport Protocol (RTP)**: verbindungsorientiertes Protokoll zum automatischen Re-Routing bei Ausfall einer Verbindung, Ende-zu-Ende-Fehlerbeseitigung, Flußkontrolle und -steuerung nach **Adaptive Rated Base (ARB)** in den Endpunkten einer Kommunikationsbeziehung entgegen der APPN-Flußkontrolle auf den einzelnen Links

Mit dem HPR kann eine hohe Verfügbarkeit mittels Re-Routing, eine Verbesserung der Übertragungsgeschwindigkeit mittels ARB sowie eine Verringerung des Funktionsumfanges in den APPN-Vermittlungsknoten erreicht werden. Mit der Implementierung dieser Architektur kann das SNA-Netz von seiner streng hierarchischen Struktur abweichen und in weitere Netztypen integriert werden. Die aktuelle Version lautet 1.0, während sich die Version 2.0 in der Standardisierungsphase befindet.

[RP 96], [Bay], [Gate 4/96], [Gate 6/95]

2.8.2.5 Analyse der WAN's

Die dargestellten Netze sind die im Moment im WAN-Bereich wichtigen Netze zur Sprach- und Datenkommunikation. Das X.25-Paketvermittlungsnetz ist als reines Datennetz konzipiert, über welches nationale und internationale Kommunikationsbeziehungen eingegangen werden können. Die Zugänge zu diesem Netz besitzen eine maximale Bandbreite von 1,92 Mbit/s. Eine Sprachübertragung kann über dieses Netz nicht abgewickelt werden, da teilweise sehr hohe Paketlaufzeiten entstehen. Das X.25 bietet mit seinem Protokoll eine umfangreiche Sicherung der zu übertragenden Informationen, da bei der Übertragung jedes Datenpaketes von den beteiligten Netzknoten quittiert wird, bevor eine Weiterleitung erfolgt. Infolgedessen wird ein sehr hoher Overhead im Netz erzeugt.

Das Frame Relay stellt eine Vereinfachung des X.25-Netzes dar. Frame Relay wurde für die Übertragung von burstartigem Verkehr mit hohem Bandbreitenbedarf entwickelt. Für die Bereitstellung einer hohen Übertragungsgeschwindigkeit wurden Quittierung und Sicherung der gesendeten Frames vereinfacht. Diese Maßnahmen werden durch den Einsatz komplexer höherer Protokolle und die geringen Bitfehlerraten auf den Übertragungsstrecken begründet. Im Frame Relay-Netz werden PVC's zwischen einzelnen Standorten geschaltet. Da die PVC's einen hohen administrativen Aufwand erzeugen, wird ein Übergang zu SVC's durch die Standardisierungsgremien erarbeitet. Die Bereitstellung einer CIR am Teilnehmeranschluß ermöglicht die Übertragung von zeitsensitiven Informationen wie Sprache, wobei sich auch diese Nutzungsmöglichkeit noch in der Entwicklungsphase befindet. Mit der Definition der „Frame Relay Emulation“ im ATM bietet dieser Netztyp einen benutzerseitigen Zugang zu künftigen ATM-Netzen im WAN-Bereich.

Schmalband-ISDN als weiterer Netztyp ist heute ein gut ausgebautes Netz innerhalb von Deutschland. Aufgrund des Charakters eines Fernsprechnetzes können Sprache und Daten übertragen werden. Zwischen verschiedenen Standorten können Wähl- oder Festverbindungen aufgebaut werden. Die Bandbreitenzuordnung innerhalb dieser

Verbindungen wird beim Verbindungsaufbau ausgehandelt. Eine dynamische Zuordnung während einer Verbindung kann nur mit entsprechenden Komponenten, wie Multiplexern, auf der Teilnehmeranschlußseite ermöglicht werden. Aufgrund der geringen realisierten Zeiten eines Verbindungsaufbaus eignet sich Schmalband-ISDN gut für die dynamische, schmalbandige Verbindung von lokalen Datennetzen (Backup-Verbindungen).

ATM als Technik des Breitband-ISDN stellt ein gut skalierbares Netz mit einem hohen Serviceumfang bei hoher Übertragungsgeschwindigkeit (622 Mbit/s) bereit. Im Gegensatz zum Schmalband-ISDN mit seinen fixen Bandbreiten ($n \times 64$ kbit/s) bietet das Breitband-ISDN eine flexible oder feste Bandbreite bei wählbarem Quality of Service an. Die hohe Leistungsfähigkeit der Netzstationen erlaubt eine Integration bestehender Netze. Beispiele dafür sind bereits realisierte Emulationen für LAN oder Frame Relay. Mit der Weiterentwicklung der Bereitstellung von QoS-Parametern und verschiedenen Protokollen im ATM-Netz kann eine vollständige Sprach-Daten-Integration erreicht werden.

Das SNA-Netz ist als reines Datennetz konzipiert, wobei strenge hierarchische Strukturen zur Zentralisierung der Netzintelligenz eingehalten werden. Diese Eigenschaften ermöglichen wenig Flexibilität hinsichtlich der Bandbreitenzuordnung und der Kommunikationsbeziehungen. Erst die Erweiterungen, wie DLSw und APPN, erlauben eine flexible netzübergreifende Kommunikation zwischen verschiedenen Stationen. Das DLSw steht dabei für die direkte Kommunikation zwischen Nutzer und dem Host. Das APPN wird hauptsächlich für die Kommunikation zwischen den Netzstationen für Peer-to-Peer-Networking eingesetzt, wobei zusätzlich auf den Host zugegriffen werden kann. Das APPN ist damit nicht auf den Host orientiert und erlaubt den Aufbau eines flexiblen Routernetzes. Die ständigen funktionellen Erweiterungen vom IBM und der hohe Servicegrad eines Mainframes oder ähnlichen Hosts mit zentraler Datenbearbeitung und -haltung schaffen die Grundlagen zum Fortbestehen dieses Netztyps.