

FDDI versus ATM

Zwei Kommunikationsplattformen im Vergleich

Dr. Erwin Hoffmann

Mit dem *Fiber Distributed Data Interface* FDDI und dem *Asynchronous Transfer Mode* ATM stehen heute zwei Übertragungstechnologien bereit, die beide das Potential besitzen, als Medien zur Bewältigung der Kommunikationsanforderungen bis zum Jahr 2000 und darüber hinaus eingesetzt werden zu können.

Die aus der Praxis abgeleiteten Anforderungen an eine moderne Kommunikationsplattform lassen sich wie in Abbildung 1 dargestellt, qualifizieren durch:

- Übertragungsleistung
- Kommunikationsdienste
- Standardisierung
- Anwenderfreundlichkeit

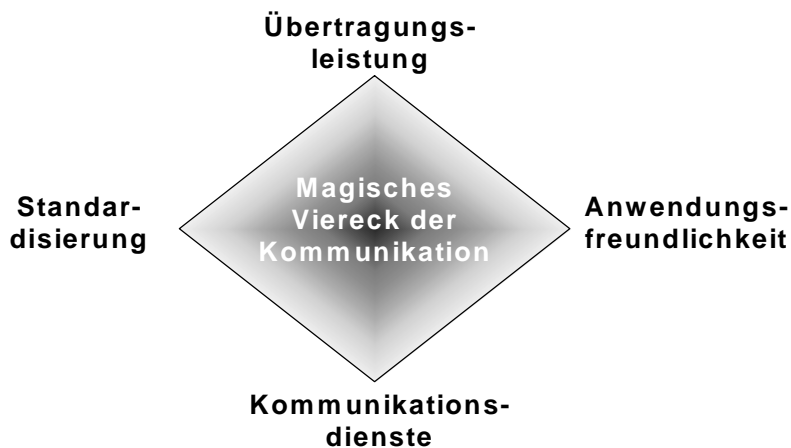


Abb. 1: Magisches Viereck der Datenkommunikation.

Bei der *Übertragungsleistung* steht die verfügbare und ggf. medienspezifische Bitrate (Mbit/s oder Gbit/s) des Kommunikationsprotokolls im Vordergrund. Außer dieser Protokolleigenschaft wird die Übertragungsleistung wesentlich durch den Durchsatz der aktiven Netzkomponenten bestimmt. Begriffe in diesem Zusammenhang sind z.B. Filtering- und Forwardingraten (bei Brücken und Routern) und die Bandbreite des Systembus (Backplane-Geschwindigkeit). Beeinflusst wird die Übertragungsleistung auch durch das Verhalten des Kommunikationsprotokolls und der Netzkomponenten im Sättigungs- und Überlastfall (Congestion) sowie bei Verlust von Übertragungseinheiten (Packet- bzw. Cell-Loss).

Eine moderne Kommunikationsinfrastruktur sollte zur Abwicklung möglichst vieler *Dienste* geeignet sein. Neben der Datenübertragung im Bereich der Rechner-Rechner- und der Mensch/Rechner-Kommunikation (Beispiel: Batch-Betrieb, interaktive Sitzung) sind hierunter auch die Kommunikation Mensch-zu-Mensch, d.h. Audio- (Voice) und Video-Übertragung zu verstehen. Die heute noch vorliegende übertragungstechnische Trennung dieser Aufgaben in die Bereiche Local/Wide Area Networks (LAN/WAN) und Telekommunikationsdienste (TK) soll aufgehoben werden.

Das Kriterium *Standardisierung* berührt unmittelbar die Interoperabilität der Kommunikationskomponenten und ihre Ausgereiftheit. Zum Schutz der Investitionen im Kommunikationsbereich sollte auf proprietäre Implementierungen und Komponenten weitgehend verzichtet werden. Die Standardisierungsbestrebungen schließen heute zwischen Anschlußstecker und Verkabelungssystem über Netz- und Kommunikationsprotokolle bis zu den Applikationen weitgehend alles ein. Normativ in diesen Bereichen arbeiten

- die *International Standards Organisation ISO*,
- die *International Electrotechnical Commission IEC*,
- das *Institute of Electrical and Electronic Engineers IEEE*,
- das *American National Standard Institute ANSI*,
- die *International Telecommunications Union TITU-T* (siehe Anmerkung 1) sowie
- die *Internet Engineering Task Force IETF*.
- Als zusätzliches Gremium hat sich für die zügige Weiterentwicklung des ATM-Standards als Zusammenschluß verschiedener Anbieter, Hersteller und Interessenten das **ATM Forum** gebildet.

Die *Anwenderfreundlichkeit* einer Kommunikationsplattform schließt mehrere Eigenschaften ein: Flexibilität hinsichtlich z.B. Verkabelung und Anschluß der Endknoten, Administrier- und Managebarkeit, Verhalten im Fehlerfall und bei der Unterstützung der Fehlersuche usw..

Bei der Auswahl der geeigneten Kommunikationsplattform und bei Beantwortung der Frage "FDDI oder ATM?" muß zunächst innerhalb des skizzierten "magischen Vierecks" die eigene Position bestimmt werden, um anschließend die dem Anforderungsprofil entsprechende, geeignete Netztechnologie festlegen zu können.

1. Kommunikationsmodelle von FDDI und ATM

Beim direkten Vergleich der Kommunikationsplattformen FDDI und ATM sind zunächst die Differenzen und unterschiedlichen Ansätze frappierend. Abbildung 2 versucht die konträren Positionen zu verdeutlichen.

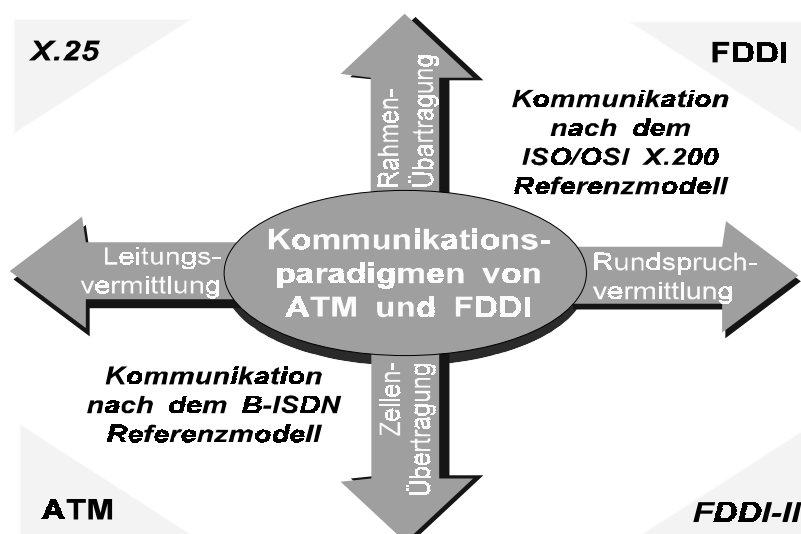


Abb. 2: Kommunikationsparadigmen von FDDI und ATM.

FDDI und ATM entstammen unterschiedlichen Kommunikationswelten: Einerseits dem aus Abbildung 3 zu entnehmenden ISO/OSI-Referenzmodell ("Siebenschichtenmodell") für lokale Netze bei FDDI und andererseits dem B-ISDN Protokoll-Referenzmodell **PRM** für die Wide Area Kommunikation bei ATM entsprechend CCITT bzw. ITU-T (Abbildung 4). Aus diesen unterschiedlichen Ansätzen heraus erklärt sich, das FDDI darauf aufbaut, daß das Übertragungsmedium (lokal) frei verfügbar und (lokal) frei zugänglich ist. Hingegen gehen die Spezifikationen bei ATM davon aus, daß das Medium (bzw. die untereinander gekoppelten Medien) von einem (privaten oder öffentlichen) Versorger (engl. Provider) zur Verfügung gestellt wird. Eindeutiger Schwerpunkt im Kommunikationsprofil von FDDI stellt die (asynchrone) Übertragung von Daten für die Hochgeschwindigkeits-Rechner/Rechnerkopplung dar. Bei ATM hingegen stehen (iso-synchronen) Voice-Dienste (Mensch-zu-Mensch) per konstruktionem im Vordergrund.

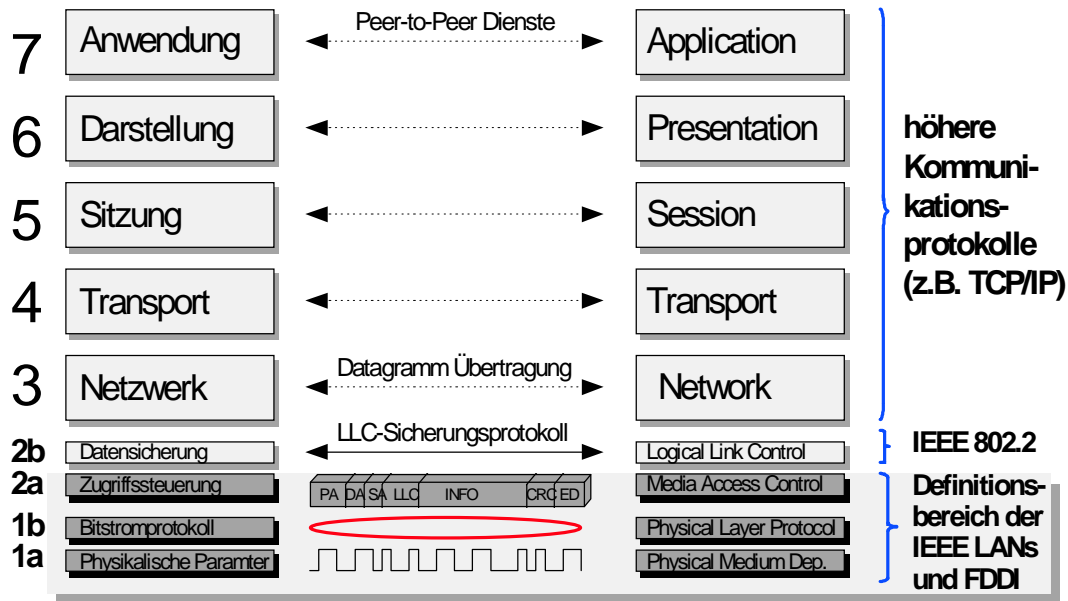


Abb. 3: ISO/OSI "Siebenschichtenmodell" unter Einschluß der IEEE-LANs

Die sich hieraus ableitenden Konsequenzen können aus Abbildung 2 entnommen werden:

- FDDI benutzt zum Kommunikationsaufbau eine Rundspruchvermittlung (Broadcast), während AIM auf einer Leitungsvermittlung aufsetzt.
- Die grundlegende Übertragungseinheit ist bei FDDI der MAC-Rahmen mit einer variablen Größe zwischen 64 Byte und 4500 Byte. ATM benutzt hingegen takt synchron übertragene Zellen mit fester Größe von 53 Byte (siehe Anmerkung 2)

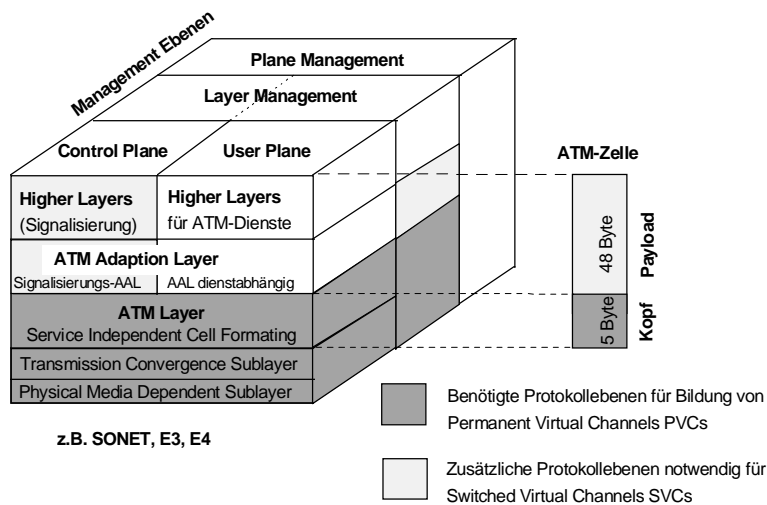


Abb. 4 : B-ISDN Referenzmodell mit ATM

- Die FDDI-Technik basiert auf einem *Shared LAN* Konzept mit einem Token-Ring Zugriffsverfahren. Hieraus folgt, daß alle FDDI-Stationen gleichberechtigt und mit definierbaren Zeiten auf das Medium zugreifen können und sich die verfügbare Bitrate teilen.
- Die logische FDDI-Netz-Topologie ist die eines Ringes. Mittels unterschiedlicher FDDI-Stationstypen können komplexe Strukturen aufgebaut werden, so z.B. eine Doppelring Topologie und einen "Ring von Bäumen" (Ring of Trees).
- FDDI bietet für die Übertragung die Möglichkeit, *Prioritätsklassen* für den asynchronen Verkehr einzurichten, sowie mittels des *Synchronous Bandwidth Allocation (SBA)* Mechanismus zwischen FDDI-Stationen einen Übertragungskanal mit fester Bitrate zu allokalieren (Abbildung 5).

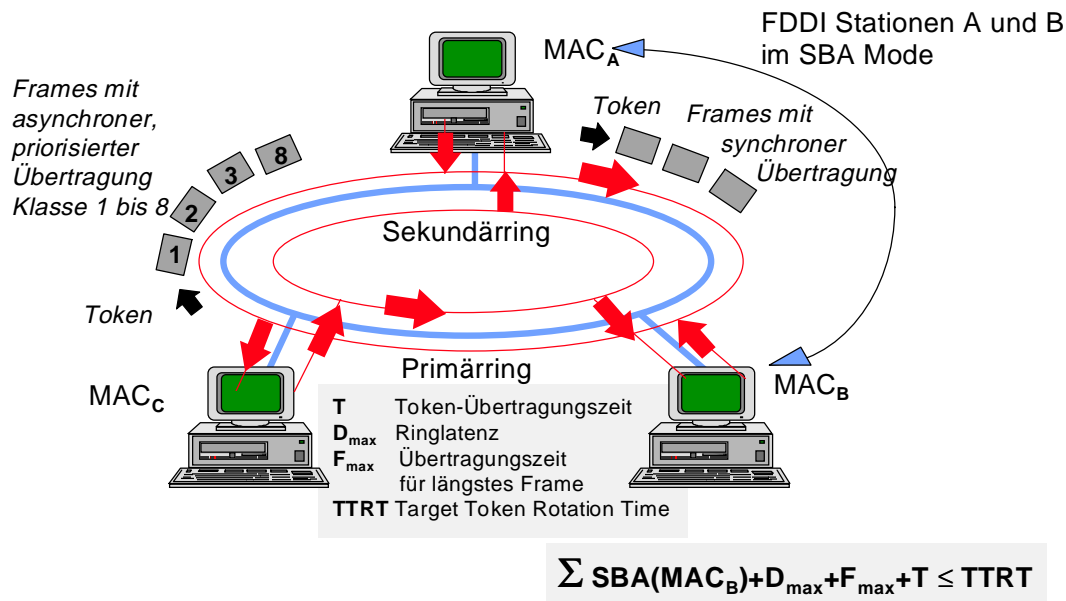


Abb. 5 : FDDI Token-Ring Protokoll mit asynchronem und synchronem Datenverkehr.

- AIM benutzt eine *Switched Cell* Architektur zum Aufbau einer virtuellen, dedizierten Verbindung (fest oder geschaltet) zur Kommunikation der ATM-Endknoten untereinander in einer vermaschten Topologie.
- Durch AIM *Cross-Connect-Switches* können komplexe ATM-Netze aufgebaut werden, indem z.B. die ATM-Switches untereinander in einer Ringstruktur verbunden sind. ATM-Knoten können in privaten oder in öffentlichen Netzen eingerichtet werden. Insofern unterscheidet AIM zwischen einem privaten *User Network Interface UNI* und einem öffentlichen (public) UNI.
- Die ATM-Netze werden miteinander durch ein *Network Network Interface NNI* gekoppelt. Das Übertragungsprotokoll von AIM ist aufgrund des Cell Switching Verfahrens nicht an feste Übertragungsbiraten geknüpft, sondern kann - wie in Abbildung 6 ersichtlich - unterschiedliche UNIs mit Bitraten von 64 kbit/s bis in den Gigabit-Bereich unterstützen.

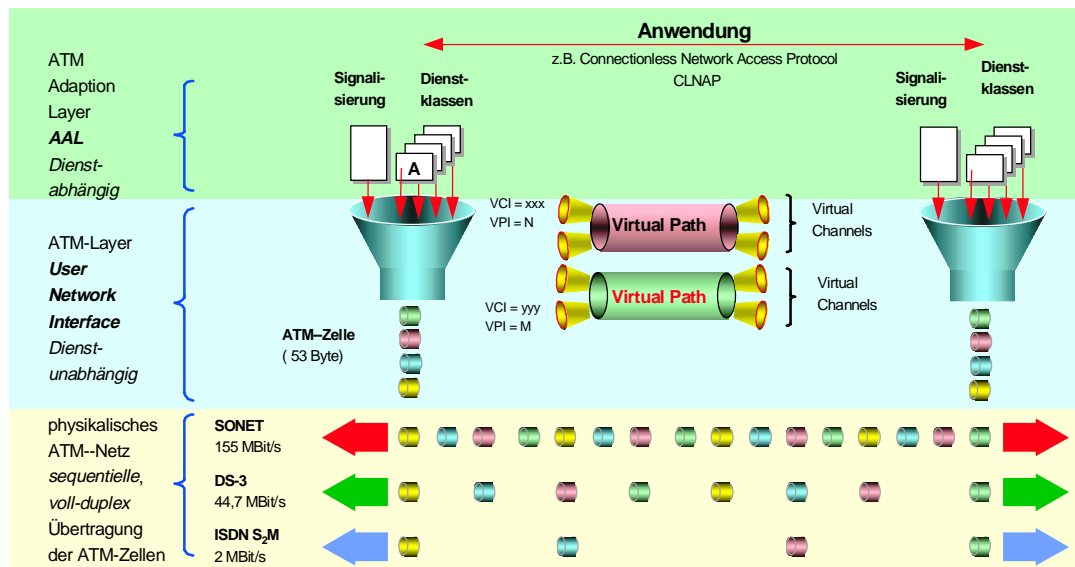


Abb. 6: ATM-Kommunikationsmodell.

Den Übertragungsmedien gemeinsam ist die Möglichkeit, höhere Protokolle, wie z.B. TCP/IP oder OSI zu transportieren.

- Mittler zwischen den unteren und den oberen Schichten ist im Rahmen des Siebenschichtenmodells für die IEEE-LANs und FDDI die Sicherungsschicht LLC, die i.a. als IEEE 802.2 oder als *Subnetwork Access Protocol SNAP* (siehe Anmerkung 3) implementiert ist.
- Die vergleichbare Aufgabenstellung wird für ATM - wie dem Vergleich der Architekturen in Abbildung 7 zu entnehmen ist - von der *ATM Adaption Layer AAL* realisiert.

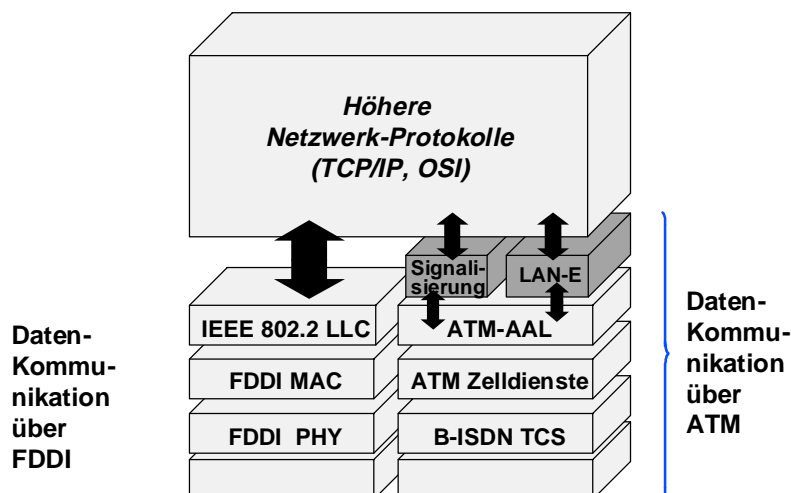


Abb. 7: Vergleich der Kommunikationsmodell über FDDI und ATM.

Die Implementierung von LLC bzw. AAL entscheidet letztlich darüber, welche Dienste der höheren Protokollebenen unterstützt und welche für Verfügung stehenden Eigenschaften des Übertragungsmediums (FDDI oder ATM) ausgenutzt werden können.

Die hier grob skizzierten Unterschiede zwischen FDDI und ATM entstammen (siehe auch Abbildung 2) der Evolution des Internetworking, die auf zwei weiteren Eckpfeilern ruht:

- Der Leitungsvermittlung auf Paketbasis, die bereits sehr frühzeitig mit dem X.25 Protokoll verfügbar gemacht wurde.
- Der Weiterentwicklung von FDDI nach FDDI-II, wobei FDDI-II auf Basis des Token-Ring-Zugriffsverfahrens taktynchrone Zeitschlitze (Time Slots) zur Verfügung stellt und somit die verfügbare Bitrate von 100 Mbit/s in einen priorisierten, synchronen und in einen FDDI-II asynchronen Kompatibilitätsmodus aufteilt.

2. Zellen kontra Rahmen: Die ATM-Ebene und das FDDI-Token-Ring-Verfahren

Das Medien-Zugriffsverfahren (Media Access Control MAC) ist für FDDI als Token Passing Protokoll implementiert. Der vergleichbare Dienst wird für ATM auf der ATM-Ebene bereit gestellt (Abbildung 6). Während bei FDDI-MAC-Rahmen (Frames) übertragen und mittels des Token-Ring-Verfahrens von Station zu Station weitergereicht werden, so geschieht die Übertragung der ATM-Zellen über ATM-Switches mittels eines Adressierungsschemas, das auf virtuellen Verbindungen (Virtual Circuits VC) aufbaut.

Dies verdeutlichen die weiteren Grundunterschiede zwischen FDDI und ATM:

- Bei FDDI handelt es sich um ein komplexes Protokoll auf Ebene 2 zur Verwaltung und Steuerung des gemeinsamen Zugriffs aller Stationen auf ein *Shared Medium*.
- ATM verwendet ein Punkt-zu-Punkt-Protokoll auf der ATM-Ebene und überläßt die Übertragung der ATM-Zellen in komplexen Netzen dedizierten, sog. *Cross-Connect-Switches*, so daß ein *Switched Medium* vorliegt.
- Der FDDI-MAC-Rahmen kann je nach Anforderung von der höheren Ebene eine Größe zwischen 64 Byte und knapp 4500 Byte annehmen. Durch das günstige Verhältnis zwischen

Nutzdaten (*Payload*) und Protokoll-Information eignet sich FDDI speziell zur effizienten Übertragen großer Datenmengen.

- Die ATM-Zelle hat eine feste Größe von 53 Byte mit 48 Byte Nutzlastvolumen. Dieser Wert ist optimiert hinsichtlich der Übertragungszeit; nicht aber nach dem zu übertragenden Datenvolumen. Zusätzlich müssen bei zu übertragenden Datenmengen über 48 Byte die Mechanismen der AAL zur Fragmentierung und Reassemblierung der Nutzinformation herangezogen werden.

Die weiteren charakteristischen Merkmale von FDDI und AIM auf der Ebene 2 sollen in einer Gegenüberstellung näher beleuchtet werden:

- Aufbau der FDDI-MAC-Rahmen und der ATM-Zellen.
- Adressierung der Stationen mittels MAC-Adressen bzw. VPI/VCI.
- Verhalten bei Übertragungsfehlern und Flußkontrolle.
- Übertragungsmodi auf MAC- bzw. ATM-Ebene

Aufbau der FDDI-MAC-Rahmen und der ATM-Zellen

Der prinzipielle Aufbau eines FDDI-MAC-Frames ist in Abbildung 8 dargestellt; der einer ATM-Zelle in Abbildung 9. Die Abbildungen verdeutlichen, daß FDDI im Vergleich zu AIM über umfangreichere Steuerungs- und Kontrollmechnismen verfügt, was durch das 12 bit große *Frame Status IS* Feld des FDDI-Rahmens einerseits und des 4 bit *Generic Flow Control GFC* Felds einer ATM-Zelle andererseits belegt werden kann.

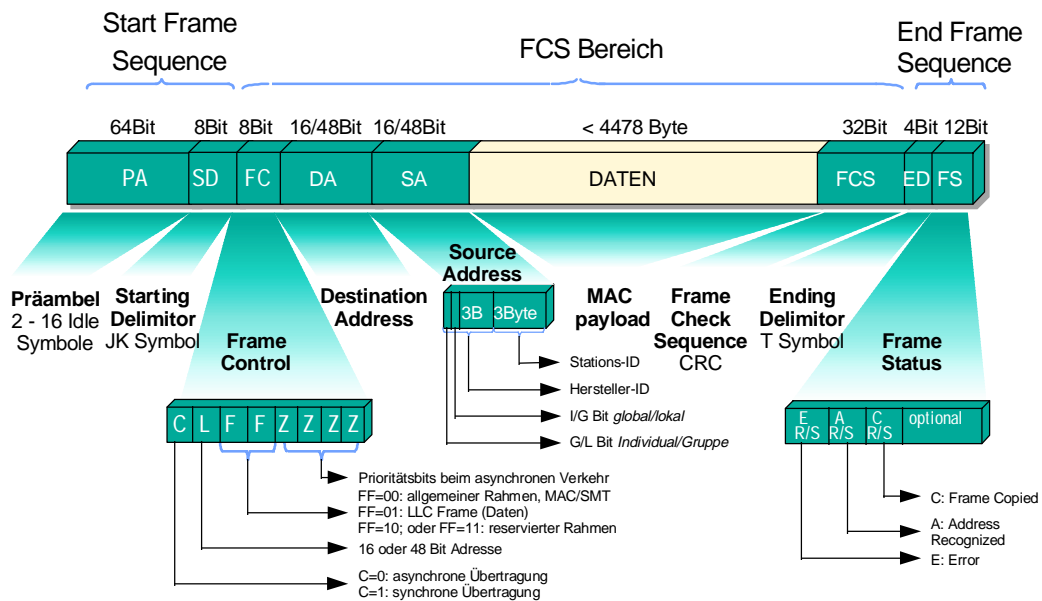


Abb. 8: Aufbau der FDDI-MAC-Rahmen.

Das FDDI-Protokoll kennt neben dem in Abbildung 8 gezeigten Rahmen weitere MAC-Frames, die zur Funktion des Token-Ring-Protokolls notwendig sind:

- *Token Frames*, die das Senderecht von Station zu Station weitergeben.
- *Claim Frames* zur Initialisierung des FDDI-Token-Rings.
- *Beacon Frames* für die Ring-Überwachung z.B. beim Einfügen einer neuen Station in den bestehenden FDDI-Ring.
- *Void Frames* zur Unterstützung des Translation Brückenverfahrens.

Der FDDI-MAC-Rahmen in Abbildung 8 kann zum Transport folgender Daten verwandt werden:

- Generische MAC-Daten zwischen FDDI-Stationen.

- FDDI *Station Management SMF*-Informationen.
- Benutzer-Daten eingebettet in IEEE 802.2 LLC Informationen.

Bei ATM hingegen werden entsprechend Abbildung 9 folgende Arten von Zellen unterschieden:

- ATM-Zellen auf UNI-Ebene und NNI-Ebene.
- ATM NNI-Zellen sind mit Ausnahme des GFC-Feldes (das durch ein erweiterten Virtual Path Identifier VPI ersetzt wurde) mit den UNI-Zellen identisch.
- ATM Operation and Maintenance OAM Management Zellen .
- ATM IDLE-Zellen als Leerzellen zur Unterstützung der Taktsynchronisation auf physikalischer Ebene.

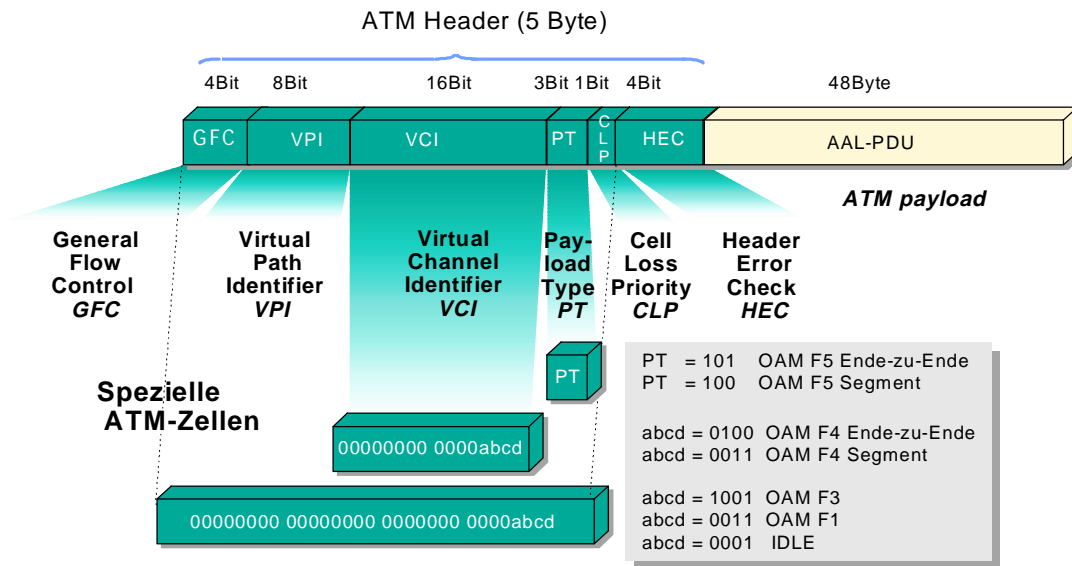


Abb. 9: Aufbau einer ATM-Zelle entsprechend ITU-T I.361.

Mittels der *Payload Type PT* Information können unterschiedliche Datentypen gekennzeichnet werden:

- ATM Benutzer-Daten: ATM-Layer-User nach ATM-Layer-User (PT=0xx).
- ATM *Operation and Management OAM* Zelle (PT=100 und 101).
- Ressourcen Management Zelle (PT=110) - nicht definiert.

Eine weitere Kennung (PT=111) ist reserviert für zukünftige Funktionen. Das zweite Bit im PT-Feld der ATM AAL-Zellen kann von jedem UNI als *Congestion Information CI* genutzt werden

Adressierung der Stationen mittels MAC-Adressen bzw. VPI/VPC

Kommunikationspartner unter FDDI werden mittels ihrer MAC-Adressen angesprochen; unter ATM finden Kenngrößen für virtuelle Kanäle und virtuelle Pfade (*Virtual Channel Identifier / Virtual Path Identifier VCI/VPI*) Einsatz. Häufig werden die Bezeichnungen MAC-Adressen und LAN-Adapter Hardwareadressen gleichgesetzt. Dies ist jedoch nicht richtig, da auch MAC-Adressen logische Adressen sind. Zwar werden die MAC-Adressen der LAN-Adapter von den Herstellern initialisiert, jedoch können diese Adressen im Betrieb überschrieben werden:

- DECNet IV nutzt ein eigenes Adressierungsschema für die DECNet Adressen auf der MAC-Ebene.
- Beim IBM Token-Ring werden die LAN-Adapter Adressen häufig durch zentral administrierte Adressen ersetzt.
- Die transparente Kopplung des Ethernet/IEEE 802.3 LAN mit FDDI kann durch die Umsetzung und Weiterleitung der Ethernet MAC-Adressen mittels sog. Translation Brücken auf dem FDDI realisiert werden.

Die Flexibilität der MAC-Adressen läßt sich aus Abbildung 8 entnehmen. Das MAC-Adreßfeld bietet zwei Bits zur Unterscheidung, ob eine Adresse global bzw. lokal definiert ist, oder ob es sich um eine Individual- oder Gruppenadresse handelt. Tatsächlich kann eine (FDDI-)Station die (Sende-)MAC-Adresse je nach Anforderung setzen. Diese Möglichkeit wird von FDDI Translation-Brücken zur transparenten Übertragung von Ethernet-Rahmen auf dem FDDI eingesetzt. Eine weitere Anwendung hierfür sind brückenspezifische Kommunikationsprotokolle, wie beispielsweise der Spanning Tree Algorithmus STA nach IEEE 802.1

FDDI läßt zwei MAC-Adreßformate zu: FDDI-Stationen mit MAC-Adressen von 48 oder 16 bit. In der Regel sind aber alle FDDI-Stationen mit einer 48 bit MAC-Adresse versehen, da dies eine Eigenschaft des FDDI Chipsets ist.

Den (relativ statischen) MAC-Adressen beim FDDI stehen beim ATM die Größen Virtual Path bzw. Virtual Channel Identifier VPI/VCI gegenüber. Auf UNI-Ebene hat der VPI eine Größe von 8 bit, der VCI eine von 16 bit. Hierdurch wird das physikalische Übertragungsmedium in hierarchisch gestaffelte logische Verbindungen aufgeteilt, auf der theoretisch und 2^8 (UNI) oder 2^{12} (NNI) virtuelle Pfade (Virtual Path Connection VPC) möglich sind, die je 2^{16} virtuelle Kanäle (Virtual Channel Connection VCC) umfassen. Im Gegensatz zu LANs bzw. FDDI können bei ATM unterschiedliche Kommunikationstypen, z.B. asynchroner, isochroner und synchroner Verkehr, zwischen gleichen Knoten über unterschiedliche virtuelle Kanäle übertragen werden, aber zum gleichen virtuellen Pfad zugehörig sein. Ein virtueller Pfad läßt sich somit als Bündel mehrerer virtueller Kanäle interpretieren, die die gleichen Endeinrichtungen miteinander verbinden. Den ATM-Zellen, als Träger der Information, können über die Mechanismen *Quality of Service QoS*, die für die Übertragung geforderte Dienstgüte als Parameter mitgegeben werden.

In komplexen ATM-Netzen übernimmt der ATM Cross-Connect-Switch die Aufgabe, die an einem UNI einlaufenden Zellen mit der Kennung $VPI=xy/VPC=nm$ an den entsprechenden Ausgang zu übertragen. Da neben Punkt-zu-Punkt (1:1) auch Punkt-zu-Mehrpunkt (1:n) Verbindungen erlaubt sind, führt der Switch letztlich ein Re-Bundeling der virtuellen Verbindungen durch, indem er in den Zellen die Werte für VPI/VCI umsetzt (Abbildung 10).

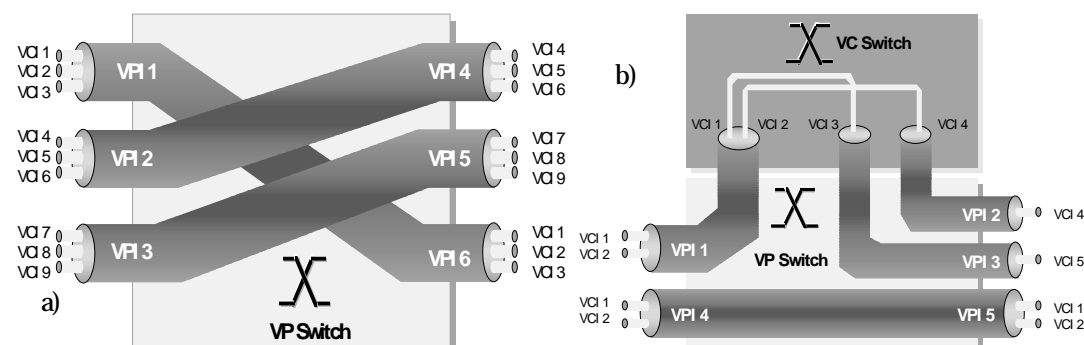


Abb. 10: a) AIM Virtual Path-Switching.
b): AIM Virtual Path/Virtual Channel Switching.

Eine Ende-zu-Ende ATM-Verbindung kann auf zwei Arten realisiert werden

- verbindungsorientiert auf Grundlage eines *Permanent Virtual Circuit PVC*,
- verbindungslos, d.h. auf Anforderung geschaltet über einen *Switched Virtual Circuit SVC*.

Letztere Methode ist zwingend in ATM-Netzen mit einer großen Anzahl von Endsystemen bzw. dort, wo häufig die ATM-Stationen wechseln. Zur Abwicklung des verbindungslosen Diensten auf der ATM-Ebene, ist zusätzlich eine *Signaling* Information notwendig, die vergleichbar dem ISDN D-Kanal Protokoll ist.

Verhalten bei Übertragungsfehlern und Flußkontrolle

Sowohl das FDDI-Protokoll als auch ATM schützen ihre Informationseinheiten mit einer Prüffolge zur Fehlererkennung:

- Der FDDI-MAC berechnet einen 32 bit Prüfcode, der die Felder *Frame Control FC* bis zur eigenen *Frame Check Sequence FCS* einschließt (Abbildung 8), so daß hierin auftretende Bitfehler erkannt werden können. Ist dies der Fall fordert der Empfänger-MAC vom Sender-MAC das Frame neu an.
- Bei ATM umfaßt die Fehlerkontrolle *Header Error Count HEC* lediglich den ATM-Kopf selbst, d.h. die Zellen-Nutzdaten (Payload) werden nicht mit eingeschlossen (Abbildung 9). Aufgrund des 8 bit HEC Codes können nur einzelne Fehler erkannt und behoben werden. Bei komplexeren Fehlersituationen wird die Zelle verworfen. Fehler im Payload müssen von den höheren Protokollen erkannt und durch Neuanfordern der Zelle korrigiert werden.

Weder FDDI und ATM verwenden (im Gegensatz z.B. zum X.25 Protokoll) abschnittsweise Fehlerüberprüfungen in Form von Übertragungsquittungen bzw. Rückmeldungen. "Abschnittsweise" bei FDDI bedeutet "zwischen FDDI-Stationen". Die FDDI PHY-Implementierung des Downstream-Partners kennzeichnet defekte erkannte, empfangene Frames durch Setzen des Error-Bits im FS entsprechende Daten; jedoch ist es Aufgabe des Empfänger-MACs die Frames neu anzufordernden.

Kritische Fehlersituationen bei FDDI kommen dann vor, wenn FDDI-Rahmen mit unbekanntem oder doppeltem MAC-Adressen auftreten. Jede sendende FDDI-Station muß die von ihr generierten MAC-Rahmen (mit ihrer oder einer beliebigen MAC-Adresse) durch das sog. *Frame Stripping* auch wieder vom Ring nehmen. Findet dies nicht statt, kann ein MAC-Frame "beliebig" auf dem FDDI kreisen. Diese Fehlerfälle können als Token-Ring-Protokollfehler bezeichnet werden. Ihre Korrektur ist Aufgabe des FDDI Station Managements.

Protokollfehler dieser Art sind dem ATM unbekannt. Hier können sich jedoch defekte ATM-Zellen maßgeblich auf die Performance der Übertragung durch Retransmissionen auswirken. Diese Fehlerfälle können nicht nur durch defekte Zellen, sondern auch durch Performance-Engpässe in ATM-Switches auftreten, wenn z.B. die Eingabe- oder Ausgabe-Puffer belegt sind. Zu diesem Zweck verfügt ATM über geeignete Mechanismen der Flußkontrolle. Teil dieser Mechanismen ist das Feld Generic Flow Control GFC des ATM-Zellkopfes. Hierdurch soll ein geregelter Zugang verschiedener Endsysteme auf das UNI in Form beispielsweise eines Cross-Connect-Switches erfolgen.

Übertragungsmodi auf MAC- bzw. ATM-Ebene

Auf Grundlage des Quality of Service QoS steht ATM ein Mechanismus zur Verfügung, für jede einzelne virtuelle Verbindung eine Übertragungsgüte zu definieren. Parameter hierfür sind auf der ATM-Schicht die bereits eingeführten Größen PCR und CLP sowie die *Mean Cell Rate MCR*. Dieses sog. *Traffic Shaping* erfolgt durch die Festlegung der max. Zellübertragungsraten (Peak Cell Rate PCR) in einem Traffic Contract. Als weiteren Mechanismus stellt der ATM-Zellkopf die Möglichkeit bereit, innerhalb des Feldes Cell Loss Priority CLP, besonders "wichtige" Zellen innerhalb einer Verbindung zu kennzeichnen, damit sie in Überlastsituationen nicht verworfen werden. Zellen mit niedrigster Priorität (CLP=1) können als erste verworfen werden (beispielsweise Zellen mit Bild- oder Sprachinformationen). Die Zusammenstellung dieser Informationen wird als *Verkehrs-Vektor* bezeichnet.

Das FDDI-Protokoll bietet auf der MAC-Ebene ebenfalls umfangreiche Übertragungsmodi an. Wie aus Abbildung 11 zu entnehmen ist, kann die Übertragung von Frames mittels der Kennzeichnungen im Frame Control Feld auf zwei Arten erfolgen:

- *Synchrone Übertragung*, wobei dies im wesentlichen einer isochronen Übertragung entspricht und erst seit dem Station Management SMT 7.2 zur Verfügung steht.
- *Asynchrone Übertragung* für den normalen Datenverkehr. Die asynchrone Übertragung kann hierbei in bis zu acht *Prioritätsstufen* gegliedert werden.

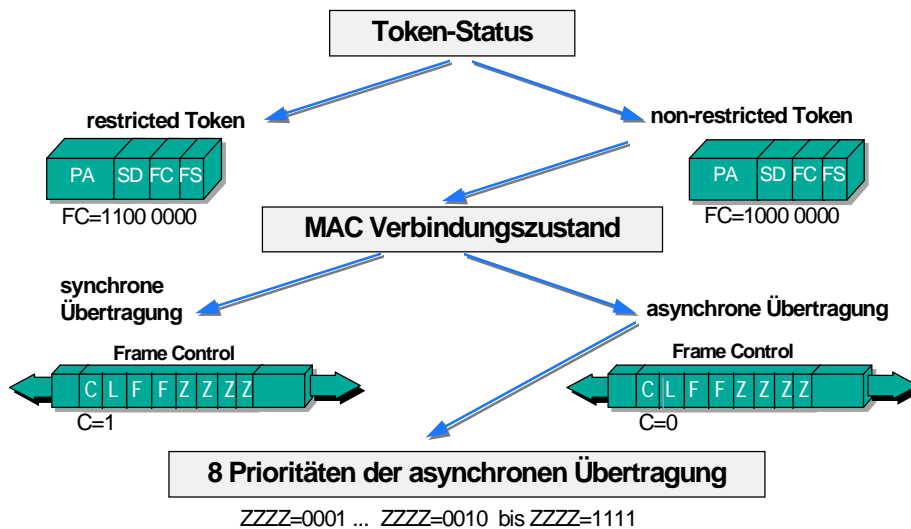


Abb. 11: Übertragungsmodi beim FDDI-Protokoll.

Die synchrone bzw. isochrone Datenübertragung bei FDDI reserviert einer Station eine garantierte Sendezeit pro Token-Umlauf, so daß letztlich die Übertragung einer konstanten und unterbrechungsfreien Datenmenge (z.B. bei Video-Signalen) gewährleistet werden kann. Wie aus Abbildung 11 ersichtlich, genießt der synchrone Datenverkehr Vorrang vor dem asynchronen, d.h. die verfügbare Übertragungszeit wird zunächst dem synchronen Bandbreitenbedarf angepaßt. Beim FDDI-Protokoll ist der Wert der *Token Rotation Time TRT* jedoch eine dynamische Größe. Zur Verwaltung der Synchronous Bandwidth Allocation SBA war es daher notwendig ein spezielles Protokoll auf SMT-Ebene zu implementieren, welches dessen Verwaltung übernimmt: das *Resource Allocation Protokoll RAF*.

Dienstprimitive auf der MAC- bzw. ATM-Ebene

Bei den bislang geführten Vergleichen zwischen der FDDI-MAC-Ebene und der ATM-Ebene im Rahmen des B-ISDN Referenzmodells ist zu berücksichtigen, daß die ATM-Ebene ist vollständig ist, d.h. sie besitzt neben der funktionalen Beschreibung auch noch sog. *Service Access Point SAP* Dienstprimitive und *Service Data Units SDU* zur Kommunikation mit den höheren Ebenen (z.B. AAL) wie in Tabelle 1 dargestellt.

Parameter	Zugehörige Dienstprimitive	Bedeutung	Mögliche Werte
ATM-SDU	ATM-DATA.request ATM-DATA.indication	48 Byte Muster für Transport	beliebiges 48 bit Muster
SDU-type	ATM-DATA.request ATM-DATA.indication	Ende-zu-Ende Zellentyp-Indikator	0 oder 1
Submitted Loss-Priority	ATM-DATA.request	Angefragte Zellverlust-Priorität	Hohe oder niedrige Priorität
Received Loss-priority	ATM-DATA.indication	Empfangene Zellverlust-Priorität	Hohe oder niedrige Priorität
Congestion-experienced	ATM-DATA.indication	EFCN Indikator	Wahr oder Falsch

Tab. 1: ATM SAP Dienstprimitive. EFCN steht für *Explicit Forward Congestion*.

Innerhalb des Siebenschichtenmodells ist *Media Access Control MAC* nur eine Teilebene der Datensicherungs-Schicht und ein Dienstbringer der LLC-Ebene (*Logical Link Control*). Ihre Aufgabe ist es festzustellen, wann der zu übertragende MAC-Frame gesendet werden darf. Daher besitzt sie auch nur einen reduzierten Satz von Dienstprimitive:

- MA_UNITDATA.request
Übergabe von MAC-Frames an PHY.
- MA_UNITDATA.indication
Übergabe von MAC-Frames an LLC.
- MA_UNITDATA_STATUS.indication
Weiterreichen von Fehlermeldungen an LLC.

3. Dienste auf der Datensicherungsebene

FDDI benutzt die Dienste der IEEE 802.2 Logical Link Control als Sub-Ebene 2b innerhalb des Siebenschichtenmodells. Die vergleichbaren Aufgaben fallen der ATM Adaption Layer AAL zu. Die LLC- und AAL-Implementierungen fußen entsprechend Abbildung 12 auf den gleichen Vorgängern und hierbei speziell dem High Level Data Link Control Protokoll HDLC und stellen medienspezifische Anpassungen dar, wie beispielsweise LAPB für X.25 und LAPD für ISDN.

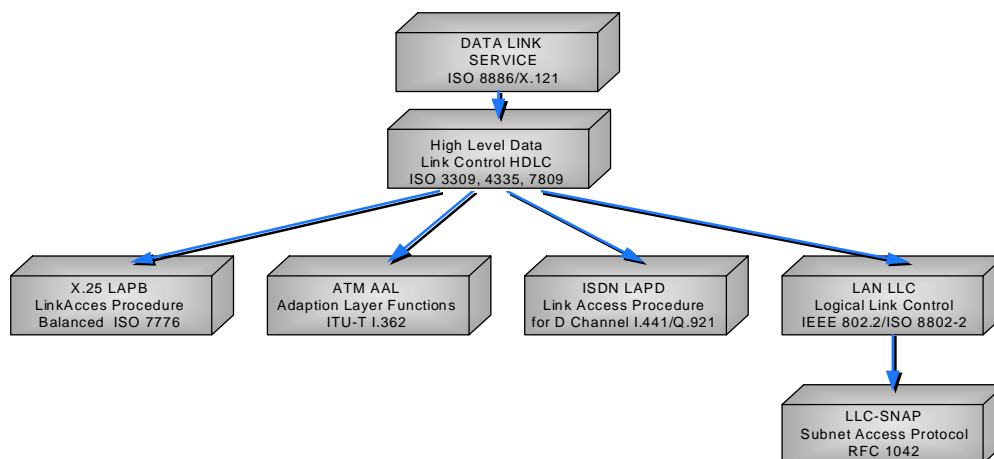


Abb. 12: Entwicklung der Datensicherungsprotokolle.

Neben den "klassischen" Aufgabenbereich der Datensicherungsebene

- Datenverbindungen zwischen den Entitäten aufzubauen, zu unterhalten und abzubauen,
- die sequentielle Übertragung der Nachrichten-SDUs sicherzustellen und
- mittels geeigneter Mechanismen die Integrität der Nachricht zu garantieren und ggf. die Datenverbindung in einen definierten Zustand (zurück) zu versetzen,

bestehen weitere wichtige Aufgaben darin

- komplexe Verbindungstopologien (Punkt-zu-Mehrpunkt) zu unterstützen,
- unterschiedliche Kommunikationsdienste (verbindungslose und verbindungsorientierte Dienste) zu ermöglichen,
- sowie Multiplexer-Funktionen für unterschiedliche Dienste zwischen den Entitäten bereit zu stellen.

Das IEEE 802.2 LLC Sicherungsprotokoll

Die IEEE-LAN-Protokolle benutzen den Dienst der IEEE 802.2. LLC Implementierung. Innerhalb des Siebenschichtenmodells ist LLC Teil der Datensicherungsebene. Als Erweiterung der LLC Dienste sind für IEEE-LANs lediglich das Subnet Access Protocol SNAP zu nennen, das auf dem RFC 1042 (vgl. Anmerkung 3) fußt.

Im Rahmen der IEEE 802.2 Definition sind folgende Dienste aufgeführt:

- Typ 1: Verbindungsloser Dienst ohne Bestätigung.
- Typ 2: Verbindungsorientierter Dienst mit Bestätigung.
- Typ 3: Verbindungsloser Dienst mit Bestätigung.

		LLC Betriebsklassen			
		I	II	III	IV
LLC Dienst-typ	1	X	X	X	X
	2		X		X
	3			X	X

Tab. 2: Aufteilung der LLC Dienste in die einzelnen LLC-Betriebsklassen. Die hellgrau gekennzeichneten Dienste sind von den entsprechenden LLC Betriebsklassen zu unterstützen.

Zusätzlich zu diesen Diensttypen werden für die Übertragungskomponenten die in Tabelle 2 aufgeführten LLC-Betriebsklassen festgelegt. Die Verabredung bestimmter Dienste und die Sicherungsaufgaben zwischen den Entitäten werden auf der LLC-Ebene von den sog. LPDU (*LLC Protocol Data Unit*) wahrgenommen. Dies entspricht speziellen LLC-Frames, die nur Kontroll- und Steuerungsinformationen, jedoch keine Übertragungsdaten beinhalten.

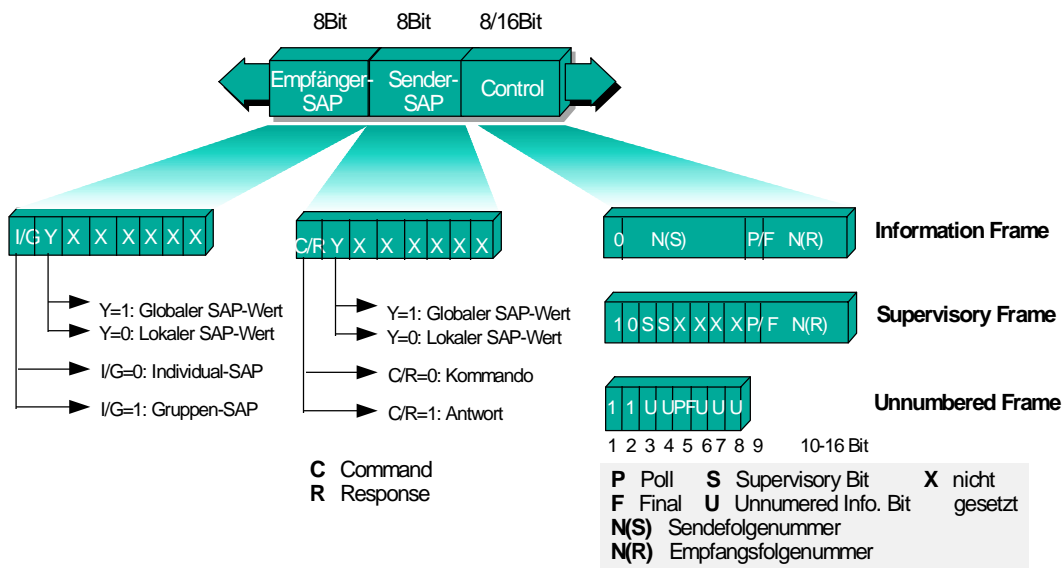


Abb. 13: IEEE 802.2. LLC Frametypen.

Wie aus Abbildung 13 entnommen werden kann, werden bei IEEE 802.2 folgende LPDUs unterschieden:

- **Information Frame (I-Frame)**
Übertragung von mit einer Sende- bzw. Empfangsfolgennummer gekennzeichneten Daten. Ist das Poll-Bit auf Eins gesetzt (P=1), wird von der Partner-Entität eine Antwort erwartet. Besteht diese aus mehreren LPDUs, so wird in der letzten das Final-Bit (F=1) gesetzt.
- **Supervisory Frame (S-Frame)**
Mitteilung der Empfangs- bzw. Nichtempfangsbereitschaft sowie zur Bestätigung empfangener I-Frames mit den Werten Receive Ready (RR), Reject (REJ) und Receive not Ready (RNR).
- **Unnumbered Frame (U-Frame)**
Quittierungslose Kommandos mittels der U-Frames Unnumbered Information (UI), Disconnect (DISC) sowie Set Asynchronous Balanced Mode Extended (SABME). Die entsprechenden U-Frame Antworten lauten Unnumbered Acknowledgement (UA), Disconnected Mode (DM), Frame Reject (FRMR), Acknowledged Connectionsless Information, Sequence 0 (AC0) und ferner Acknowledged Connectionsless Information, Sequence 1 (AC1). Die U-Frames exchange Identifier (XID) und Test (TEST) treten sowohl als Kommando wie auch als Antwort auf.

Der mit Abstand am häufigsten eingesetzte LLC-Dienst ist die Datagrammübertragung ohne Bestätigung (LLC-Diensttyp 1), die ausschließlich mittels der U-Frames erfolgt. Die Nutzung der LLC-Diensttyp 1 Funktionen werden über zwei Primitive vollzogen:

- DL_UNITDATA.request
zur Übertragung der Nutzdaten von der Netzwerkschicht an die LLC-Ebene sowie
- DL_UNITDATA.indication
zum Weiterreichen der von der LLC-Ebene empfangenen Daten an die Netzwerkschicht.

Der LLC-Diensttyp 2 überträgt die Nutzdaten über I-Frames, während hingegen die S-Frames für die Quittierung des Datenaustauschs herangezogen werden und die U-Frames zur Realisierung des Verbindungsauf- und -abbaus dienen. Folgende Dienstprimitive sind unter IEEE 802.2 definiert:

- Verbindungsaufbau
DL_CONNECT (-request, -confirmation, -indication).
- Datenübertragung
DL_DATA (-request, -indication).
- Flußkontrolle/Quittierungsdienst
DL_CONNECTION_FLOWCONTROL(-request, -indication).
- Zurücksetzen der Verbindung
DL_RESET (-request, -indication, -response, -confirmation). Beenden und Abbau der Verbindung - DL_DISCONNECT (-request, -indication).

Der verbindungslose Dienst mit Bestätigung bietet gleiche Funktionen wie der LLC-Diensttyp 1 mit zusätzlichen Kontrollmöglichkeiten für empfangene LPDUs. Die unter dem LLC Diensttyp 3 verfügbaren Primitive lauten:

- Datenübertragung
DL_DATA_ACK.request und -indication.
- Bestätigung der Übertragung
DL_DATA_ACK_STATUS.indication.
- Anfordern von Daten von Partnerinstanz
DL_REPLY.request und -indication.
- Beantworten der Anforderung
DL_REPLY_STATUS.indication.
- Pufferung von Daten der Netzwerkschicht auf LLC-Ebene
DL_REPLY_UPDATE.request.

Zum Multiplexen unterschiedlicher Kommunikationsdienste bzw. zur Kennzeichnung der höheren Übertragungsprotokollen werden auf Netzwerk-Ebene Service Access Points SAPs festgelegt, die nach Empfänger- und Sender-SAP weiter diversifiziert werden können. Wie Abbildung 13 zeigt, schränkt der jeweils 8 bit große Bereich des Empfänger-/Sender-SAP die Werte des SAP auf hexadezimal "00" bis "FF" ein. Neben der Klassifizierung der SAP-Werte für die Netzwerk-Protokolle entsprechend IEEE/ISO, werden die Protokollnummern für das nicht ISO-gemäße Ethernet V2 Protokoll, das über keine LLC-Schnittstelle verfügt, von XEROX bzw. der US Defence Communications Agency vergeben. Der TYPE-Wert des Ethernet V2 MAC-Frames stellt ein 16 bit Feld dar, das den IEEE-SAPs äquivalente Aufgaben erfüllt.

Die FDDI-Erweiterung des IEEE 802.2 Sicherungsprotokoll: SNAP

Mit der starken Verbreitung von FDDI-Netzen Ende der 80er Jahre und speziell ihre Kopplung mit Ethernet V2/IEEE 802.3 Segmenten ergab sich die Notwendigkeit, die Koexistenz unterschiedlicher MAC- bzw. LLC-Protokolle auf dem Ethernet durch ein einheitliches LLC-Protokoll ablösen, das auf allen IEEE-LANs und auf dem FDDI gemeinsam eingesetzt werden konnte: Das Subnetwork Access Protocol (SNAP).

Das vom IETF in RFC 1042 definierte SNAP umfaßt zwei wesentliche Bestandteile:

- Definition einer SNAP-PDU mit der Erweiterung des IEEE 802.2 LLC Headers um die Bestandteile *Protocol Identifier PID* und *Organisation Unique Identifier OUI* (Abbildung 13).
- Der Vorschrift, wie beim sog. Translation Bridging-Verfahren Ethernet V2 sowie ggf. IEEE 802.2 Frames auf SNAP abzubilden sind (Abbildung 14).

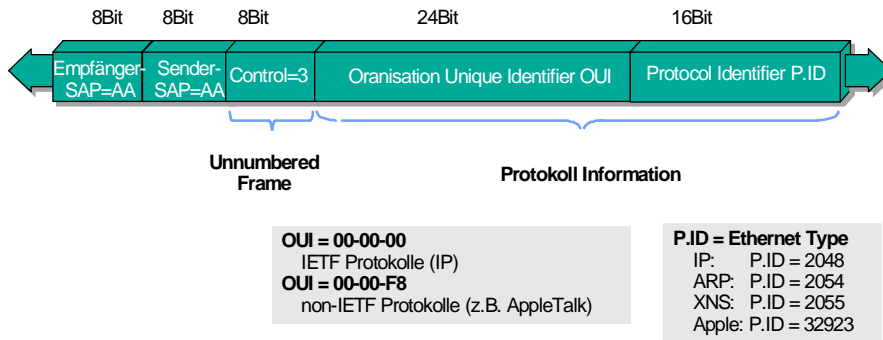


Abb. 14: Sub-Network Access Protokoll Frametyp.

Das 802.2 SNAP Protokoll deckt somit lediglich den LLC Dienstyp 1 mit UI-Frames ab, für den eine feste Zuordnung hinsichtlich der SAPs und der Control-Information vorgenommen wurde. Da zusätzlich das 3 Bytefeld OUI und das 2 Bytefeld P.ID gefüllt werden können, erlaubt SNAP ein hierarchisches Multiplexen auf der Datensicherungsebene. Hierdurch kann es zur Übertragung von nicht OSI-konformen Protokollen mit numerisch größeren SAP/TYP- Werten als "FF" eingesetzt werden (Abbildung 15).

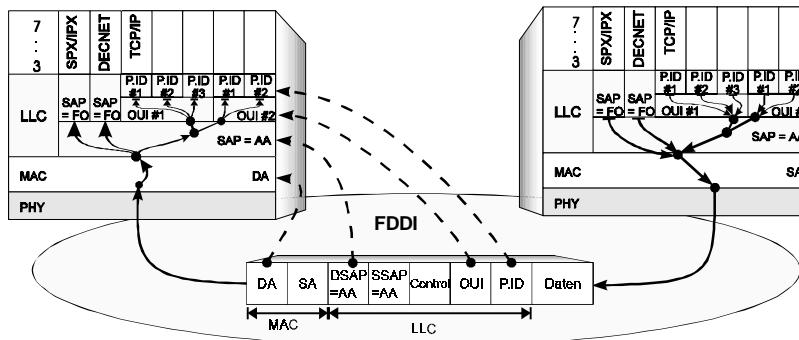


Abb. 15: Verfahrensweise der SNAP-Übersetzung auf FDDI.

Die ATM Adaption Layer AAL

Die der LLC-Teilschicht vergleichbare ATM-Adaption-Ebene AAL ist - wie auch die ATM-Ebene - eine im Sinne des B-ISDN Modells vollständige Schicht, die sich in die Teilebenen *Segmentation and Reassembly Sublayer SAR*, *Common Part Convergence Sublayer CPCS* und *Service Specific Convergence Sublayer SSCS* untergliedert. Hierbei ist die sich an die ATM-Ebene anschließende Schicht SAR dienstunabhängig. SSCS und CPCS bilden gemeinsam die *Convergence Subebene CS*. Diese ist vergleichbar der IEEE 802.2 LLC Implementierung dienstabhängig.

Die von der AAL unterstützten Dienste werden in vier Klassen mit folgenden Eigenschaften unterteilt:

- Klasse A: PCM-kodierte Sprachkommunikation, beispielsweise Videokommunikation mit konstanter Bitrate.
- Klasse B: Videokommunikation mit variabler Bitrate (Multimedia-Anwendungen, verteilte Video-Datenbanken etc.).
- Klasse C: Verbindungsorientierter Datentransfer.
- Klasse D: Verbindungsloser Datentransfer, wie z.B. LAN-Verbund und Datenbank-Applikationen.

Diesen Dienstklassen stehen auf der AIM Adaption-Layer entsprechende Dienstypen gegenüber, von denen derzeit die wichtigsten die Dienstypen 3/4 sowie 5 sind (Tabelle 3).

Dienstklasse	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Synchronisation zwischen Endknoten	erforderlich		nicht erforderlich	
Bitrate	konstant	variabel		
Kommunikationsart	verbindungsorientiert			verbindungslos
Diensttyp	Typ 1	Typ 2	Typ 3 / 4 Typ 5	

Tab. 3: Klassifikation der AAL Dienste nach Klassen, Diensttypen und den jeweiligen Anforderungen.

Zusätzlich zu diesen Definitionen ist für die höheren Ebenen noch der Diensttyp 0 verfügbar, über den die Übertragung der PDUs unter Umgehung der AAL direkt an AIM erfolgen kann. Der Aufbau der zu den Diensttypen 3/4 und 5 korrespondierenden SAR- und CPCS-PDUs ist in Abbildungen 16a und 16b dargestellt. Die Diensttypen 3/4 und 5 haben ähnliche Funktionen, nur entfällt beim Typ 5 die Möglichkeit, die CS-PDUs auf SAR-Ebene zu multiplexen (Abbildung 17). Somit bietet der Diensttyp 5 bei geringerem Overhead eine einfachere Implementierung.

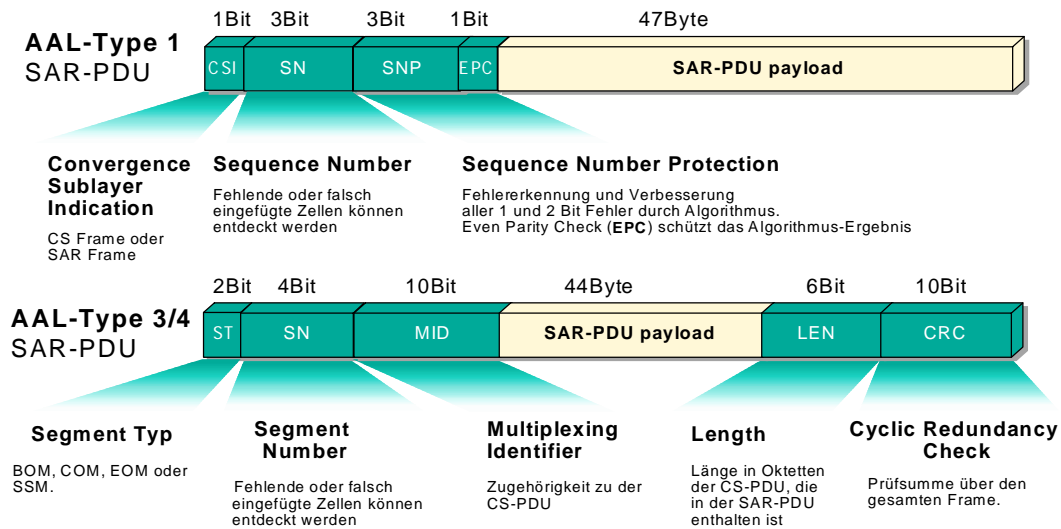


Abb. 16a: Aufbau der ATMSAR-PDU für AAL-Type 1 und 3/4.

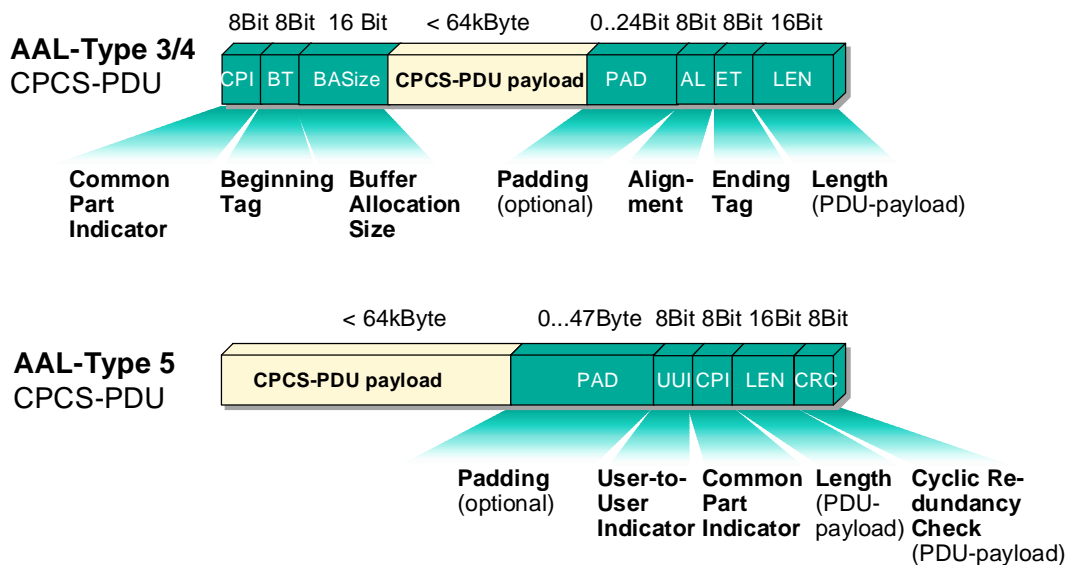


Abb. 16b: Aufbau der ATM-CPCS-PDU für AAL-Type 3/4 und 5.

Die CS-PDU können eine unterschiedliche Größe bis zu 64 kByte aufweisen. Aufgabe der SAR-Ebene ist, diesen payload auf eine für die Verarbeitung auf ATM-Ebene notwendige SAR-PDU-Größe von 48 Byte zu segmentiert bzw. beim Empfang entsprechender ATM-Zellen die AAL-SDU zu reassemblieren.

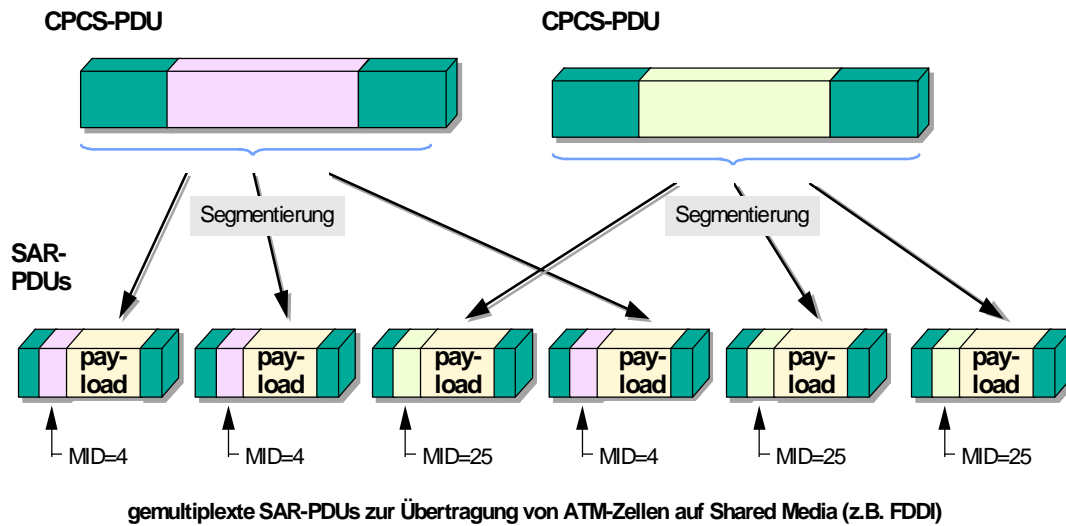


Abb. 17: Multiplexen von CS-PDUs für AAL-Type 3/4 und 5.

Auf der CS-Subebene können zwei Peer-Übertragungsmodi (Abbildung 17) unterschieden werden, den

- Message Mode*, der bevorzugt für den Transport von (großen) Datenpaketen verwendet werden kann und den
- Streaming Mode* zur effizienten Nutzung von Übertragungsmedien mit niedrigen Bitraten sowie bei zeitkritischen Anwendungen und Informationseinheiten kleiner als 44 Byte.

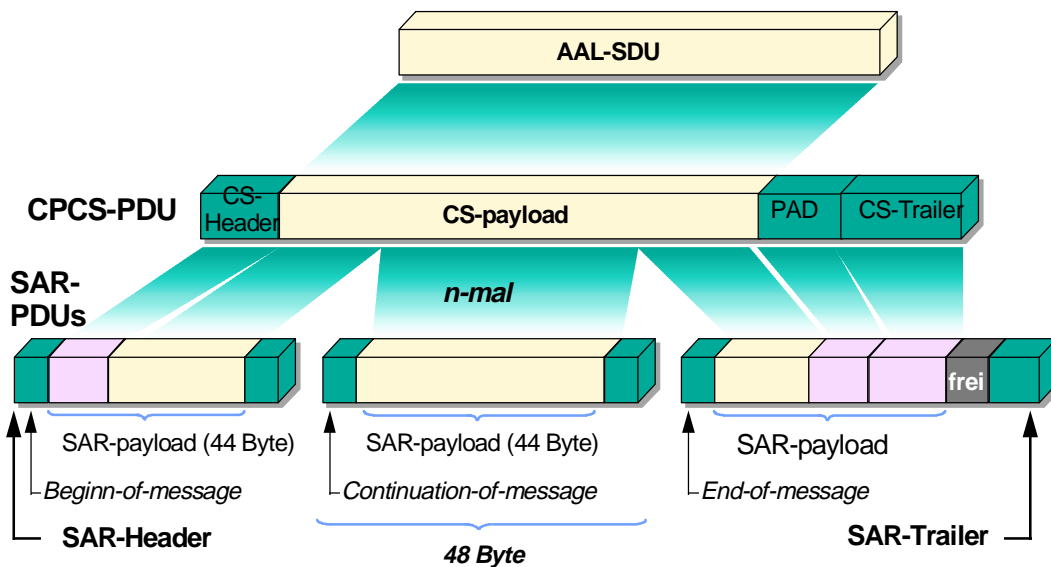


Abb. 18a: Message Mode für AAL-Type 3/4.

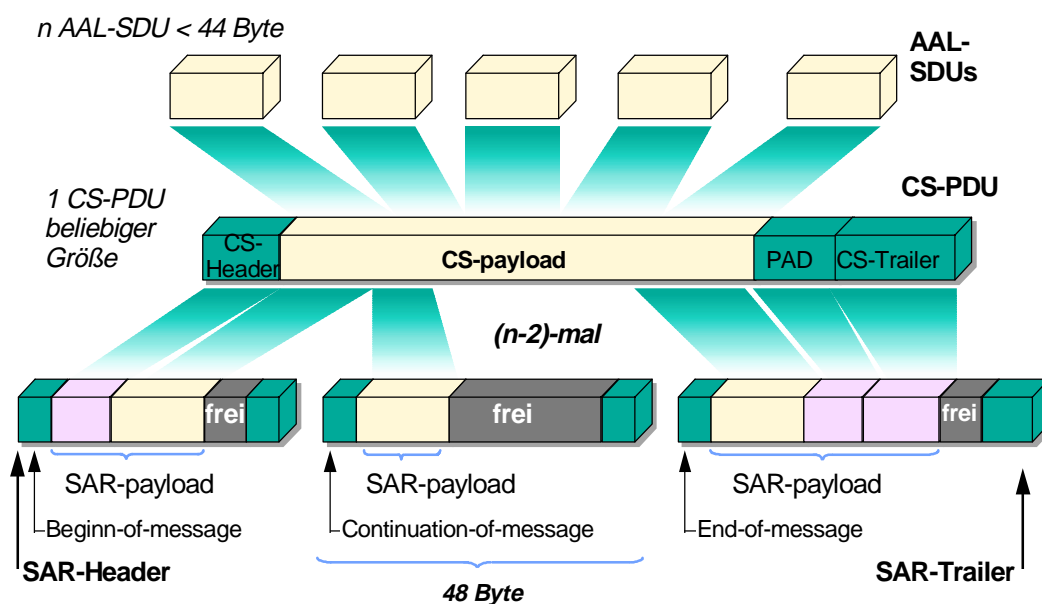


Abb. 18b: Streaming Mode für AAL-Type 3/4.

Während im Rahmen des Siebenschichtenmodell die LLC-Ebene Benutzer- und Verwaltungsaufgaben gemeinsam vornimmt, sieht das B-ISDN Referenzmodells vor, daß auf der AAL-Ebene

- Initialisierungs- und Sicherungsaufgaben von der Kontrollsäule (*Control Plane*) und die
- Nutzdatenübertragung von der Benutzersäule (*User Plane*) wahrgenommen werden.

Eine der wesentlichen Aufgaben der Kontrollebene auf AAL-Niveau ist die sog. *Signalisierung*. Die Signalisierung umfaßt in speziellen:

- Aufbau und Unterhaltung sowie Abbau von AIM VCCs für den Nutzdatentransfer.
- Verabredung (und ggf. Neuverabredung) der verbindungspezifischen Verkehrscharakteristika.

Während für die Bereitstellung permanenter virtueller Kanäle PVC Signalisierungs-Funktionen nicht unbedingt notwendig sind, bilden sie jedoch die Voraussetzung zum Aufbau von semipermanenten Verbindungen SVCs. Wie bereits dargestellt, wird beim IEEE 802.2 LLC Dienstyp 2 die äquivalente Aufgabenstellung von den I- und S-LPDUs übernommen. Im Gegensatz hierzu ist die AAL-Signalisierung jedoch out-of-band, d.h. sie benutzt einen eigenen Übertragungskanal, den *Signalling Virtual Channel* (häufig leider auch mit *SVC* abgekürzt). Zusätzlich hierzu können permanente bidirektionale Meta-Signalisierungskanäle bereit stehen (*Meta-Signalling Virtual Channels MSVC*), über die sich ATM Mehrpunkt-Verbindungen auf UNI-Ebene in gewissen Umfang managen lassen.

4. Management von FDDI und ATM

Zur Realisierung von Managementaufgaben, d.h. zur Konfiguration und zur Überwachung sowie zur Fehlerbehebung sind im Kontext von FDDI und ATM drei Management-Modelle von Bedeutung:

- Das OSI/ISO-Management, das sich auf das *Common Management Protocol CMIP* stützt.
- Das aus der TCP/IP-Welt stammende *Simple Network Management Protocol SNMP* (Version 1 oder Version 2).
- Das ITU-Management entsprechend dem B-ISDN PRM mit seiner Kontrollsäule und der zusätzlich vorhandenen Managementebene.

Zu beachten ist, daß im Rahmen des OSI/ISO-Siebenschichtenmodell keine expliziten Managementfunktionen vorgesehen sind. Ähnlich dem aus der TCP/IP-Welt stammenden SNMP, werden beim CMIP die Managementobjekte mit ihren Attributen in einer hierarchischen Struktur hinterlegt: dem *Management Information Tree MIT*, der die *Management Information Base MIB* darstellt.

Das Management von FDDI- und ATM-Knoten und -Verbindungen kann für beide Übertragungsprotokolle in intrinsische und externe Managementfunktionen unterteilt werden. Entsprechend dieser Einteilung läßt sich festhalten:

Intrinsisches Management:

- FDDI - Station Management SMT.
- ATM - Operation and Maintenance OAM.

Externes Management:

- FDDI - Simple Network Management Protocol SNMP mit FDDI-MIB.
- ATM - Interim Layer Management Interface ILMi mit ATM-MIB.

Im Gegensatz zum intrinsischen, benötigt ein externes Management zum Transport der Managementinformationen ein höheres, auf der Netzwerkebene angesiedeltes Übertragungsprotokoll, wie z.B. das Internet Protocol IP oder das OSI-Protokoll CLNP (*Connectionless Network Protocol*).

FDDI-Station Management SMT

Das FDDI-Protokoll richtet sich für seine implementierten Managementdienste nach dem OSI/ISO-Management-Modell aus. Die intrinsischen Peer-to-Peer SMT-Funktionen liegen bei FDDI lediglich lokal vor, d.h. betreffen ausschließlich den lokalen FDDI-Ring und werden nicht weiter propagiert. Zum Abrufen der lokalen SMT-Information besitzen FDDI-Stationen eine i.d.R. proprietäre Schnittstelle über das *Station Management Access Protocol SMAP*.

Das FDDI SMT-Protokoll beinhaltet die in Abbildung 19 dargestellten, intrinsischen Managementfunktionen bzw. Dienste, die in Form sog. Zustandsmaschinen implementiert sind:

- Connection Management CMT* als Peer-Dienst auf Port-Ebene einer FDDI-Station.
- Ring Management RMT* als Peer-Dienst pro MAC-Entität einer Station.
- Synchronous Bandwidth Allocation SBA* als Master/Slave-Dienst für den gesamten FDDI-Ring.

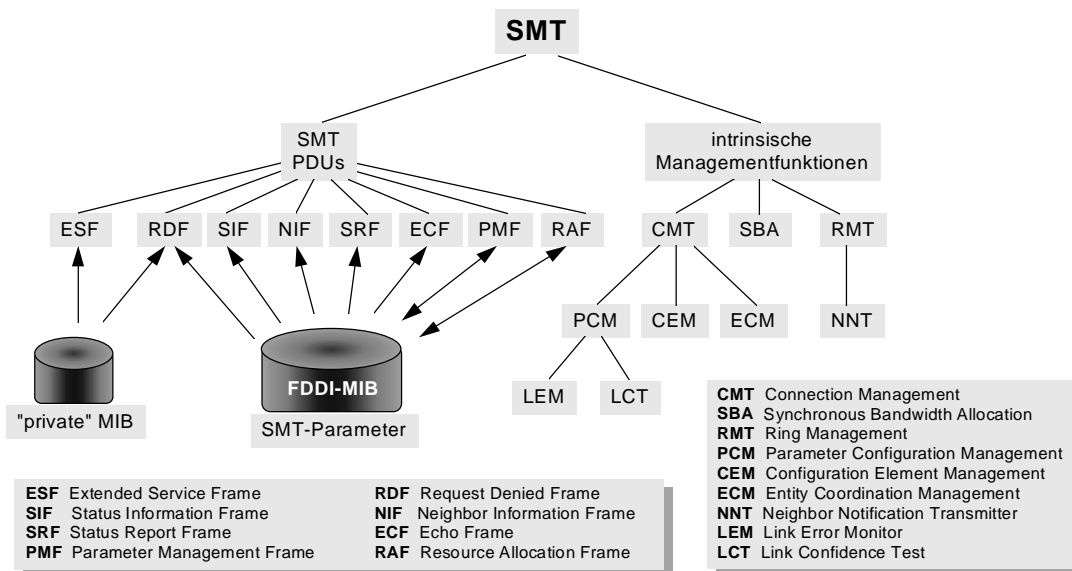


Abb. 19: SMT-Steuerfunktionen mit FDDI-MIB und PDU.

Die Managementaufgaben werden über SMT-PDUs abgewickelt (Abbildung 19), deren Parameter in der FDDI-MIB enthalten sind. Neben den SMT-PDUs verfügt das CMT auf der physikalischen bzw. Port-Ebene mittels des *Physical Connection Management PCM* über die Möglichkeit, definierte Leitungszustände (z.B. Quit-Line-State, Idle-Line-State, Master-Line-State sowie Hold-Line-State)

auszuwerten bzw. zu setzen. Aufgaben des CMT sind u.a.:

- Aufbau der Verbindung zur nächsten FDDI-Station.
- Prüfung der Verbindung und Erkennung von Leitungsfehlern sowie Bitfehler-Messung.
- Sicherstellung von Verbindungsvorschriften und Aktivieren einer MAC-Entität auf dem geschalteten Port.
- Rekonfiguration im Fehlerfall, Steuerung des optionalen optischen Bypass-Schalters.
- Unterstützung des RMT durch Fehlerverfolgungs- und -isolierungsmechanismen.

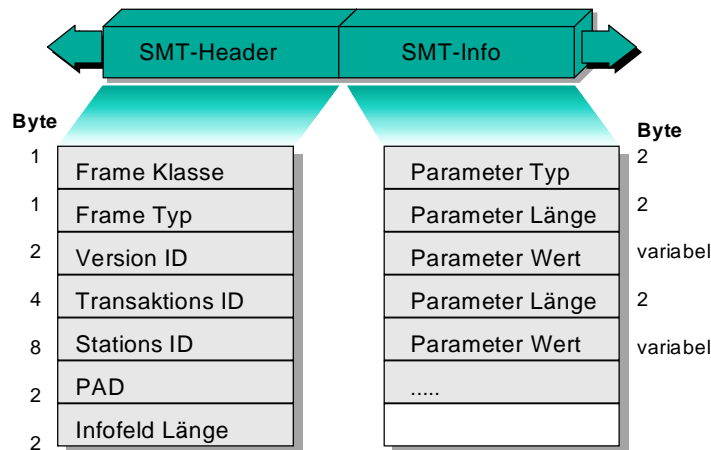


Abb. 20: Aufbau der SMT-PDU.

Das Ring Management ist in jeder FDDI-Station pro MAC-Entität einmal implementiert. Seine wichtigsten Aufgaben lauten:

- Initialisierung und Parametrierung der FDDI Token-Ring Timer (*Token Holding Time THT*, *Target Token Rotation Time TTRT*).
- Aufstellung der sog. Ring-Map, d.h. Abbildung der physikalischen FDDI Topologie auf einen logischen Ring.
- Bearbeitung von Fehlerfällen wie *Duplicate Address Detection*, *Stuck Beacon Condition* sowie als Spezialfall das *Restricted Token Monitoring* (vgl. Abbildung 11).

Während CMT und RMT dezentrale Peer-to-Peer-Dienste darstellen, d.h. jede FDDI-Station die gleichen Aufgaben besitzt, wurde der SBA-Mechanismus als zentraler Dienst in SMT implementiert, bei der es einer FDDI(-Master)-Station zufällt, die allokierte isochrone Bandbreite zu verwalten.

ATM Operation and Maintenance OAM

Die hierarchisch gegliederten ATM OAM-Funktionen sind eng verwandt mit den Managementaufgaben des B-ISDN und der SDH (*Synchronous Digital Hierarchy*), so daß sich eine teilweise Überlappung der Aufgabenfelder ergibt. Im Gegensatz zum FDDI ist beim ATM der Austausch von Managementinformationen über Netzgrenzen hinweg gewährleistet. Managementaufgaben fallen (lokal) innerhalb "privater" ATM-Netze (und den vorhandenen Knoten) sowie übergreifend zwischen privaten und "öffentlicher" Netze bzw. zwischen gekoppelten öffentlichen Netzen an, wobei die Übergangspunkte zwischen den Netzen und zwischen Netz und Anschlußequipment als Referenzpunkte T_B und S_B für die Abgrenzung der Managementfunktionen und -informationen Bedeutung aufweisen.

Die OAM-Funktionen umfassen die physikalische und die ATM-Ebene (Tabelle 4). Auf der physikalischen Ebene werden zwei Aufgabengebiete unterschieden, die mittels der F1, F2 und F3 OAM-Funktionen realisiert werden:

- Echtzeit OAM-Funktionen zur Erkennung und Anzeige von verfügbaren ATM-Zuständen und Mitteilung der Informationen an die betroffenen Endsysteme.

- OAM System-Management Funktionen für das Performance-Monitoring und -Reporting sowie zur Lokalisation von ausgefallenen ATM-Komponenten.

Hierbei sind F1 und F2 OAM-Dienste auf eine Sektion beschränkt, d.h. werden lokal zwischen je zwei Endpunkten abgewickelt.

Ebene	Funktion	Fehlerfall
F1 <i>Signal-Regenerierung</i>	Signal-Erkennung Frame-Ausrichtung Sektionsfehler-Monitor	Signalverlust Zellverlust Herabgesetzte Fehlerverarbeitung
F2 <i>Digitale Sektion</i>	Sektions-Fehlermonitor	Nichtakzeptables Fehlerverhalten Herabgesetzte Fehlerverarbeitung
F3 <i>Übertragungspfad</i>	Zellraten-Entkopplung OAM Zellen-Erkennung auf physikalischer Ebene Pfad-Monitor und Report-Funktion	Fehler beim Einfügen/Entfernen von IDLE-Zellen Verlust der F3-Zell-Erkennung Verlust der Zellen-Synchronisation Herabgesetzte Fehlerverarbeitung
F4 <i>Virtueller Pfad</i>	Pfadverfügbarkeit Performance Monitor	Pfad nicht verfügbar Herabgesetzte Fehlerverarbeitung
F5 <i>Virtueller Kanal</i>	Kanalverfügbarkeit Performance Monitor	Kanal nicht verfügbar Herabgesetzte Fehlerverarbeitung

Tabelle 4: OAM-Funktionen auf physikalischer und ATM-Ebene.

Auf ATM-Ebene realisiert OAM Dienste zur Sicherstellung der *Virtual Channel Connection VCC* und der *Virtual Path Connection VPC*, sowie zum Performance-Monitoring. Diese Aufgaben können wie in Abbildung 21 gezeigt zwischen Endsystemen (Ende-zu-Ende) oder auf einem Segment anfallen.

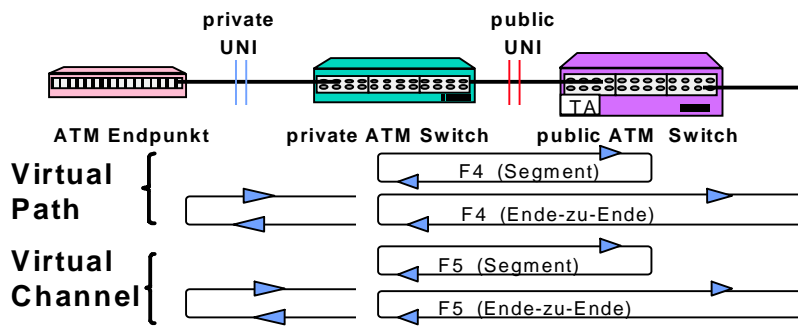


Abb. 21: OAM-Fluß für F4 und F4 Steuerfunktionen.

Das ATM-OAM stützt sich bei der Mitteilung von Fehlern auf die in Abbildung 22 dargestellten OAM-PDUs. Im Fehlerfall, z.B. auf einer Übertragungsstrecke, wird ein *Alarm Indication Signal AIS* generiert und in Form einer ATM AIS-PDU an den betroffenen downstream ATM Endpunkt übermittelt. Zur Alarmierung des upstream ATM Endpunkts werden hingegen ATM FERF-PDUs eingesetzt. Empfängt das entsprechende Endsystem die OAM-PDU, so gilt der AIS/FERF Zustand als deklariert. Anschließend werden bis zur Behebung des Fehlerfalls OAM-PDUs mit einer Rate von einer Zelle pro Sekunde generiert. Der Fehlerfall gilt als aufgehoben, falls vom Endsystem innerhalb von 3 Sekunden keine OAM-Zellen festgestellt oder aber eine übliche ATM-Zelle empfangen wurde.

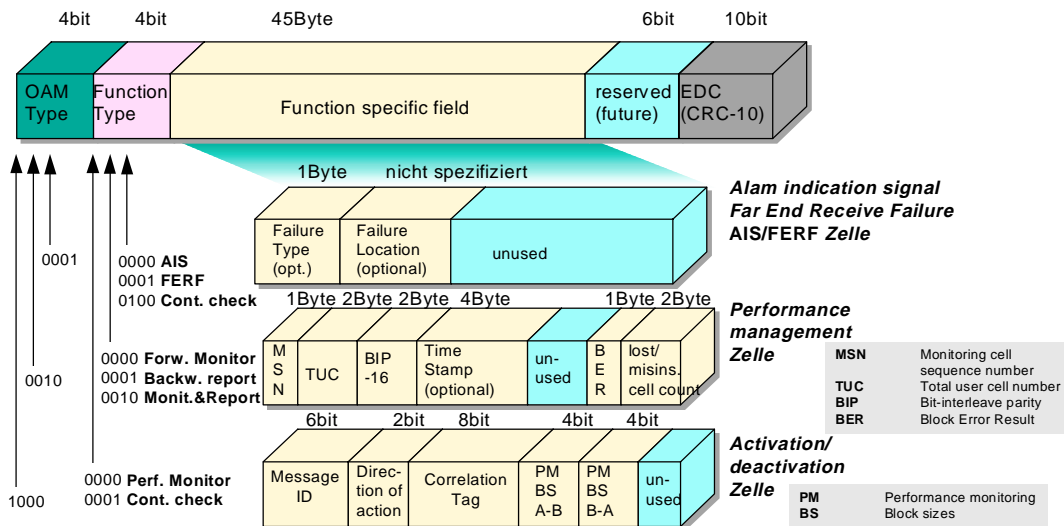


Abb. 22: Aufbau der OAM-PDU.

5. Physikalische Schichten bei FDDI und ATM

Die Gliederung der physikalischen Schicht wird beim FDDI entsprechend dem OSI Siebenschichtenmodell in die Subebenen

- PHY Physical Layer Protocol und
- PMD Physical Medium Dependent vorgenommen (Abbildung 24).

Das ATM-Protokoll gliedert hingegen laut Abbildung 4 die physikalische Ebene in die Unterschichten

- TC Transmission Convergence sowie
- PM Physical Medium.

Neben diesen organisatorischen Eigenschaften besteht einer der Hauptunterschiede zwischen FDDI und ATM darin, daß ATM eine große Anzahl von konformen TC/PM Implementierungen zuläßt, während FDDI nur unterschiedliche physikalische Schnittstellen PMD bei jeweils identischem PHY-Modul bereit stellt. ATM trennt somit streng zwischen der Zellenvermittlung und der physikalischen Zellenübertragung. Hingegen ist FDDI mit seinen Teilschichten ein weitgehend monolithischer Standard. Die besondere Flexibilität von ATM liegt darin, daß es nicht auf spezifischen für die Zellübertragung optimierten Medien eingesetzt werden kann, sondern sich auch nahtlos in die *Synchrone Digitale Hierarchie SDH* der Telekom-Anbieter sowie auch in ein LAN-Umfeld - unter Einschluß von FDDI - eingliedern läßt.

FDDI PMD Spezifikationen

Die FDDI-Signale können sowohl auf Glasfaser (Lichtwellenleiter LWL) wie auch auf Kupferkabel übertragen werden. Innerhalb des FDDI-PMD Standards werden die folgenden Eigenschaften festgelegt:

- Übertragungsmedium
- Steckertechnik
- Sende- und Empfangskomponenten
- Optischer Bypass (kann optional vorhanden sein)
- Dämpfungsbudget

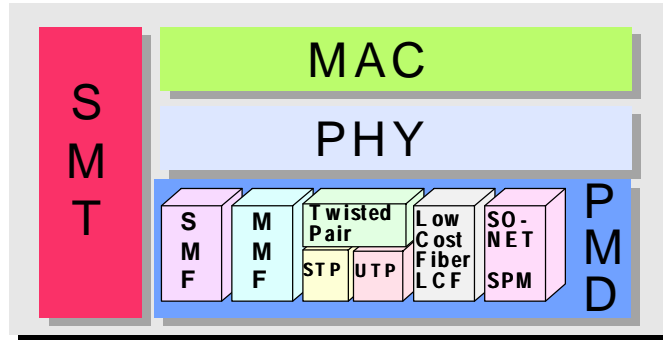


Abb. 23: Gliederung der FDDI-PMD-Ebene.

Das Glasfaser kann ein Gradientenindexfaser (*Multimodefiber MMF*) oder eine Monomodefaser sein (*Singlemodefiber SMF*). Obwohl die Standardisierung ein 62,5/125 µm LWL vorschreibt, wird häufig das (in Europa) gebräuchlichere 50/125 µm LWL als Gradientenindexfaser eingesetzt. Bedingt durch die LASER-Schutzklassen (Kategorien), existieren für die Übertragung der FDDI-Signale auf dem Monomode-LWL zwei Spezifikationen. Die wichtigsten Eckwerte für das LWL FDDI-PMD Interface sind in Tab. 5 zusammengestellt.

Eigenschaft	FDDI MMF-PMD	FDDI LCF-PMD	FDDI SMF-PMD
Lichtleitertyp	Gradientenindexfaser	Gradientenindexfaser	Monomodefaser
LWL-Querschnitt	62,5/125 µm, 50/125 µm, 85/125 µm, 100/140 µm	zusätzlich 200/300 µm	9-10/125 µm
Dämpfung LWL	< 2,5 dB/km		< 3 dB/km
Bandbreitenlängenprodukt	> 500 MHz*km		> 1000 MHz*km
Wellenlänge des Lichts	1300 nm; + 80 nm, -70 nm		
Sendeelement	LEDs		Laser Dioden
Empfängerelement	PIN Dioden		PIN Dioden
Sendeleistung	-20 dBm bis -14 dBm	-22 dBm bis -14 dBm	Kat. I -20 dBm bis -14 dBm Kat. II -4 dBm bis 0 dBm
Empfängerempfindlichkeit	-31 dBm	-29 dBm bis -14 dBm	
optisches Budget	> 11 dB	> 7 dB	Kat. I > 11 dB Kat. II. > 33 dB
Distanz zwischen zwei Stationen	< 2 km	< 500 m	Kat. I < 20 km Kat. II < 60 km
Bitfehlerrate	< 2,5*10E-10		
Kodierung	4bit/5bit + NRZ/NRZI	4bit/5bit + NRZ/NRZI	4bit/5bit + NRZ/NRZI
Steckertyp	MIC	Duplex SC	MIC/ST

Tabelle 5: Charakteristika der FDDI-PMD Schnittstelle für Lichtwellenleiter LWL. LCF steht für *Low-Cost Fiber*, MIC für den *FDDI Media Interface Connector*.

Beim Kupferkabel gibt es eine Vielzahl von Typen, von den heute das verdrehte Vierdrahtkabel eine Vorrangstellung genießt. Hierbei wird speziell unterschieden, ob die einzelnen Adernpaare eigenständig abgeschirmt sind. In diesem Falle spricht man von einem *STP (Shielded Twisted Pair)* Kabel, in anderen Fall von einem ungeschirmten *UTP (Unshielded Twisted Pair)* Kabel. FDDI ist mit seinem TP-PMD auf beiden Kabeltypen spezifiziert, wobei Details in Tab. 6 aufgeführt sind.

Eigenschaft	FDDI UTP-PMD	FDDI STP-PMD
Kabeltyp	EIA Kat. 5 UTP-Kabel	IBM Typ 1 STP-Kabel
Kabelimpedanz	100 Ohm	150 Ohm
Ausgangsspannung	950 mV bis 1050 mV	1165 mV bis 1285 mV
Eingangsempfindlichkeit	< 200 mV	< 200 mV
Ein-/Ausgangs impedanz	100 Ohm	150 Ohm
Distanz zwischen zwei Stationen	< 100 m	< 100 m
Kodierung	4bit/5bit + MLT-3	4bit/5bit + MLT-3
Steckertyp	8-poliger RJ-45 mit oder ohne Schirm	DB9-Stecker/ Buchse neunpoliger DIN-Stecker verpolungssicher/Schirm

Tabelle 6: Spezifikationen des FDDI-TP Anschlusses.

FDDI PHY Implementierung

Die Ebene PHY beinhaltet bei FDDI die eigentliche Bitübertragung. Ihre entscheidenden Aufgaben sind:

- Leitungskodierung/-dekodierung:
NRZ/NRZI beim LWL -PMD und MLT-3 beim TP-PMD
- Signalkodierung/-dekodierung: 4bit/5bit.
- Überwachung der Leitungszustände mittels der Line-State Symbole.
- Aufbau, Unterhaltung sowie Wiederherstellung physikalischer Verbindungen zwischen zwei PHY-Instanzen.
- Synchronisierung und Regenerierung des Sendetakts. Ausgleich von Taktunterschieden durch den "Elasticity Buffer".
- Anpassung der MAC-Frame Präambellänge durch die "Smoothing Function".
- Begrenzung der maximalen MAC-Framelänge auf 4500 Byte.

Mittels der 4bit/5bit Kodierung verfügt das FDDI-Protokoll über überzählige sog. Line-State-Symbole, die zur Leitungsüberwachung sowie zur Initialisierung und Wartung der Kommunikation zwischen zwei PHY-Instanzen herangezogen werden können. Ihre Aufschlüsselung und Bedeutung findet sich in Tabelle 7.

Dezimal	Code	Symbol	Bedeutung
Symbol für den Leitungszustand			
00	00000	Q	Quit
31	11111	I	Idle
04	00100	H	Halt
Starting Delimiter			
24	11000	J	1. Symbol im SD-Feld
27	10001	K	2. Symbol im SD-Feld
Daten Symbole			Hex
30	11110	0	0
09	01001	1	1
20	10100	2	2
21	10101	3	3
10	01010	4	4
11	01011	5	5
14	01110	6	6
15	01111	7	7
18	10010	8	8
19	10011	9	9
22	10110	A	A
23	10111	B	B
26	11010	C	C
27	11011	D	D
28	11100	E	E
29	11101	F	F
Ending Delimiter			
13	01101	T	Ende des Datenstroms
Kontroll Indikatoren			
07	00111	R	Logische Null/Reset
25	11001	S	Logische Eins/Set
Ungültige Symbole (nicht festgelegt)			
01,02,03,05,06,08,12,16			

Tab. 7: Darstellung und Bedeutung der FDDI-PHY 4bit/5bit Symbole.

FDDI über SONET STS-3c

Vergleichbar mit SDH, stellt SONET eine synchrone Übertragung mit hierarchisch gestuften Übertragungsraten bereit. SONET STS-3c steht hierbei für das *Synchronous Transport Signal level 3 concatenated*. Der SONET Rahmen ist auf allen Hierarchiestufen 125µs lang, was zu variablen Größen führt. Die Variabilität wird bei SONET STS-3c dadurch erzielt, daß drei STS-1 Rahmen einschließlich ihrer sog. Overhead-Informationen einen STS-3c Rahmen bilden. Somit beträgt bei SONET STS-3c die Übertragungsrate 155,52 Mbit/s mit einer Rahmengröße von 2430 Byte und es können höhere Protokolle (den payload) bis zu 149,76 Mbit/s unterstützt werden.

Die Übertragung der FDDI Informationen über SONET (*Synchronous Optical Network*) wird durch die Ersetzung der FDDI-PMD Implementierung durch das SONET Physical Layer Mapping SPM erzielt (Abbildung 24). Die Benutzer-(=FDDI)-Information wird hierbei in einen *Synchronous Payload Envelope SPE* eingepackt, der zusätzlich die Protokollinformation für die Ende-zu-Ende Kommunikation auf der SONET Pfad-Ebene trägt.

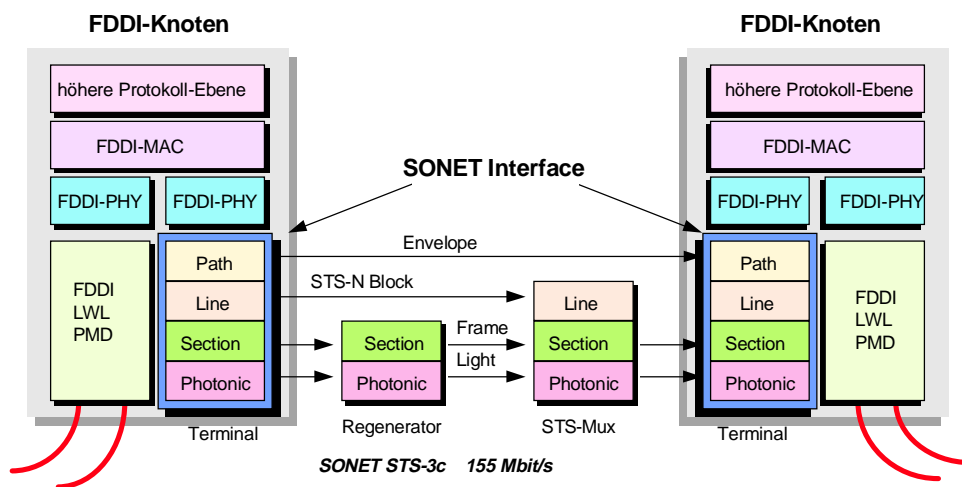


Abb. 24: FDDI-Mapping auf SONET STS-3c.

Beim FDDI/SONET-Mapping werden im Gegensatz zu den "eindimensionalen" FDDI-Rahmen, die SONET SPEs häufig als Matrix mit Zeilen und Spalten dargestellt. Die erste Spalte ist hierbei Kontrollinformationen vorbehalten. 13 Byte große Felder bilden sog. Zellen, die je nach ihrem Aufbau J, A, B, X oder Y Zellen genannt werden. SONET unterscheidet hierbei auf Byte-Ebene zwischen C, I, O, R, S1 sowie S2 Bytes. Die FDDI 4bit/5bit Symbole werden in diese Zellen als Bitstrom übertragen.

Da vom SONET payload beim FDDI/SONET-Mapping lediglich 125 Mbit/s in Anspruch genommen werden, besteht noch ein erheblicher Anteil an Kontrollinformation. Diese wird insbesondere dazu genutzt mittels des sog. stuff-control (c-)Bits innerhalb der C-Bytes die Taktsynchronisierung zwischen den FDDI-Stationen zu verbessern und damit den Jitter zu unterdrücken. Das sog. fixed-stuff (r-)Bit wird dazu eingesetzt, die bei SONET notwendige Bedingung der Gleichstromfreiheit auch beim Scrambling der FDDI-Signale zu garantieren.

Physikalische Ebenen bei ATM

ATM läßt eine Vielzahl von Schnittstellen mit sehr unterschiedlichen Bitraten und Übertragungscharakteristika auf der physikalischen Ebene zu. Neben der Differenzierung zwischen einem User Network Interface UNI und einem Network Network Interface NNI unterscheidet ATM zwischen einem "privaten" und einem "öffentlichen" UNI. In diesem Zusammenhang bezieht sich ATM auf zwei bereits in der B-ISDN Nomenklatur definierten Referenzpunkt S_B und T_B . T_B stellt hierbei die Koppelschnittstelle zwischen dem "privaten" und dem "öffentlichen B-ISDN bzw. ATM-Netz dar, während S_B als Schnittstelle zwischen dem "privaten" Netz und einem externen Terminal Equipment (z.B. ISDN Terminal Adapter) beschrieben werden kann. Abbildung 24 zeigt den Zusammenhang gemeinsam mit der Einordnung der B-ISDN bzw. ATM CCITT-Standards.

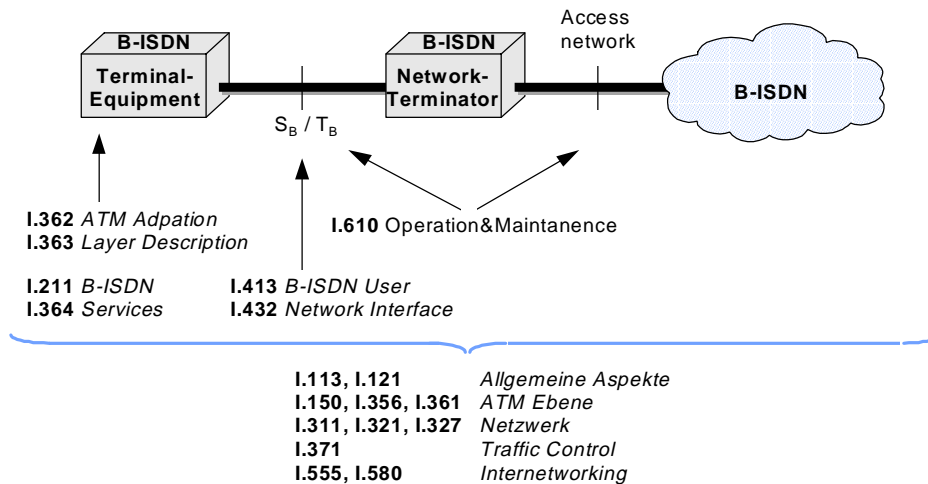


Abb 25: B-ISDN Referenzpunkte in Zusammenhang mit den entsprechenden B-ISDN Dokumenten.

Klassifiziert man die für ATM möglichen Schnittstellen (Tabelle 8) nach ihrer Eignung für WAN, LAN und Back-End Applikationen, bietet sich folgende Einteilung an:

- ATM für WAN-Anwendungen auf Basis von SONET und SDH mit STM-1 und STM-2.
- ATM mit Einsatzgebiet LAN-Applikationen unter Nutzung der physikalischen Schnittstellen TAXI, E3, DS-3, ATM-51 und ATM-25.
- ATM primär als Back-End Netz vor allem auf Grundlage des Fiber Channel.

Protokoll	Bitrate	Medium	Schnittstelle	Private UNI	Public UNI	Quelle
SONET STS-3c	155,52 Mbit/s	MMF, SMF	I.432, G.703	ja	ja	ANSI
DS-3	44,736 Mbit/s		G.703		ja	ITU-T
TAXI/FDDI	100 Mbit/s	MMF	FDDI-MIC	ja	nein	UNI
Fiber Channel	155,52 Mbit/s	LWL, STP	BF0C/2.5, DB9 (STP)	ja	nein	ITU-T, UNI
E3	33,56 Mbit/s		G.703	ja	ja	ITU-T
E4	136 Mbit/s		G.703	ja	ja	ITU-T
ATM-51	51 Mbit/s			ja	nein	UNI
ATM-25	25 Mbit/s	UTP	DB9 (STP und UTP)	ja	nein	UNI, IBM
SDH STM-4	622 Mbit/s		OC-12 MMF, OC-12 SMF		ja	ITU-T
SDH STM-1	155 Mbit/s		OC-3 MMF, OC-3 SMF		ja	ANSI, Belicore

Tabelle 8: Von ATM unterstützte physikalische Ebenen. Quelle bezeichnet die Institution, die als erste das entsprechende Interface spezifiziert.

Aufgaben der Transmission Convergence Sublayer

Unabhängig vom physikalischen Medium sind die Anforderungen an die Transmission Convergence Sublayer TC (Abbildung 25) in allen Fällen nahezu identisch:

- Entkopplung der Zell-Rate von der Bitrate des Mediums.
Hierzu werden im Regelfall OAM-Zellen herangezogen. Stehen jedoch keine zur Verfügung werden spezielle IDLE-Zellen generiert um einen konstanten Zellfluß zu gewährleisten.
- Die Überprüfung der Konsistenz des ATM-Headers ist eine Aufgabe der TC. Aufgrund des in Abbildung 9 dargestellten Header Error Counts HEC, beschränkt sich diese Funktion auf die Korrektur von einzelnen Fehlern und das Erkennen von komplexen Bitfehlern und anschließendem Verwerfen der Zelle.
- Erkennung der Zell-Grenzen und somit des Zell-Kopfes und des HEC.
Hierbei nutzt TC die Korrelation zwischen der Zell-Kopf-Information und dem HEC. Es ist zu beachten, daß die Abweichungen der Synchronizität von der Implementierung der Ebene IM

abhängt. In diesem Zusammenhang unterscheidet ATM zwischen synchroner sowie Zell-basierter Übertragung und der Paket-Übertragung wie z.B. beim TAXI-Interface.

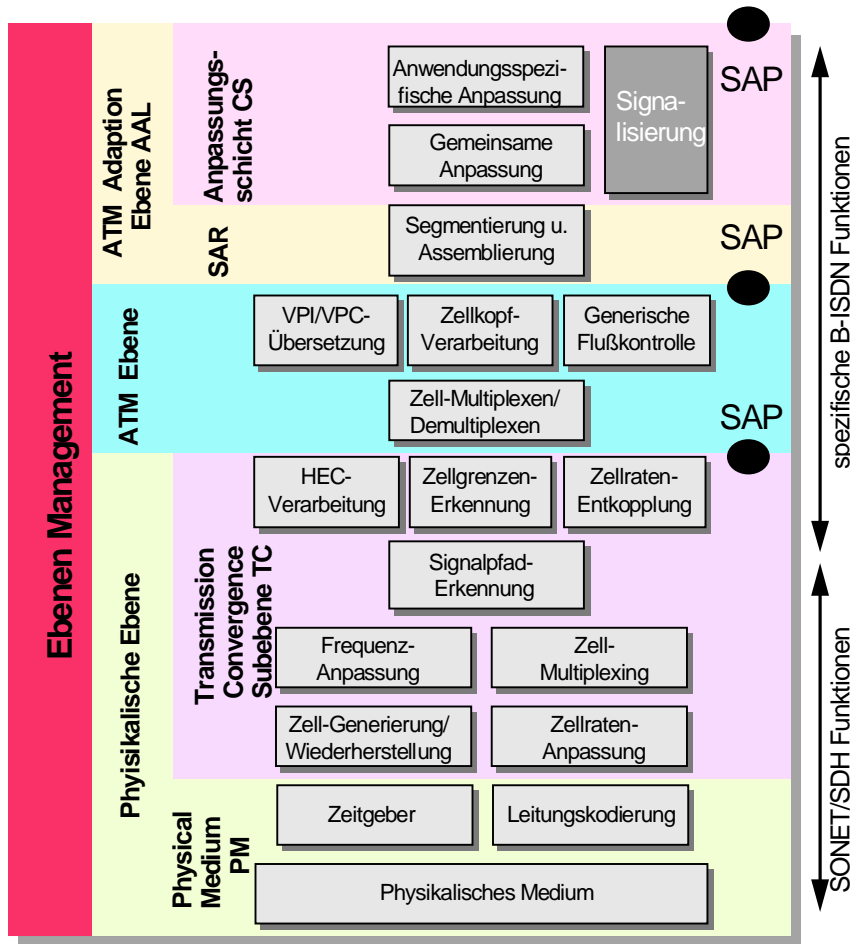


Abb. 26: Aufgaben der ATM Implementierungen auf den Ebenen PHY, ATM sowie AAL.

ATM auf Basis von SONET und SDH

Die physikalischen Schnittstellen SONET und SDH mit 155 Mbit/s und 622 Mbit/s entsprechen den B-ISDN Definitionen. Obwohl SONET und SDH in weiten Bereichen identische Grundlagen besitzen (Tabelle 9) und der Aufbau der SONET und SDH Rahmen weitgehend der gleiche ist, handelt es sich doch um getrennt zu betrachtende Protokolle, was vor allem auf Unterschiede in ihrer M-Plane-Implementierungen zurück zu führen ist.

SONET [ANSI]	Optisches Signal	CCITT Deklaration	Bitrate [M bit/s]	Nutzdatenrate [M bit/s]
STS-1	OC-1		51,84	50,112
STS-3	OC-3	STM -1	155,52	150,336
STS-9	OC-9	STM -3	466,56	451,008
STS-12	OC-12	STM -4	622,08	601,344
STS-18	OC-18	STM -6	933,12	902,016
STS-24	OC-24	STM -8	1244,16	1202,688
STS-36	OC-36	STM -12	1866,24	1804,032
STS-48	OC-48	STM -16	2488,32	2405,376
STS-96	OC-96	STM -32	4976,64	4810,176
STS-192	OC-192	STM -64	9953,28	9620,928

Tab. 9: Vergleich der SONET- und SDH-Hierarchien und ihrer Übertragungsraten.

Wie bereits bei der Diskussion um das Mapping von FDDI in SONET, stellt sich der STM-1 Rahmen als Matrix mit 9 Zeilen und 270 Spalten dar. Hiervon sind 9 Spalten als Section Overhead SOH sowie für Rahmen-interne Administrationszwecke und weitere 9 Spalten als Path Overhead POH fest vergeben. Im Sprachgebrauch des ATM/SDH Mappings werden die ATM-Zellen in virtuelle Container gepackt, die mit zusätzlichen Pfadinformationen POH bestückt sind und an deren Byte-Grenzen angepaßt wurde. Da die 53 Byte große ATM-Zelle kein ganzzahliger Teiler des STM-1-Rahmens ist, kann sie auch über Rahmengrenzen hinweg reichen. Mittels der im SOH-Kontrollinformation läßt sich über einen Zeiger die Lokation einer ATM-Zelle in STM-1-Rahmen bestimmen.

Beim Abbilden der ATM-Zellen in einen STM-4-Rahmen findet der bereits beim FDDI/SONET Mapping bekannte Mechanismus des Konkatinierens von STM-1 in STM-4-Rahmen Anwendung. Die hierdurch auftretende, redundante POH-Information wird als sog. "fixed stuff" behandelt.

ATM unter Nutzung der DS-3 Dienste auf physikalischer Ebene

Das DS-3 Übertragungsprotokoll ist Teil der sog. Plesiochronous Digital Hierarchy PDH und ist vor allem durch seine physikalische Schnittstelle G.703 bekannt. Die europäische Variante des DS-3 Protokolls ist E-3 (mit einer Bitrate von 34 Mbit/s), wobei im gleichen Zug häufig auch DS-3 als T-3 bezeichnet wird. Bei der Übertragung von ATM-Zellen über DS-3 werden diese zunächst mittels des *Physical Layer Convergence Protocol* **PLCP** umgesetzt und anschließend in das DS-3 Frame eingebaut. Dieser Standard wurde zur Übertragung von **DQDB** (*Dual Queue Dual Bus*) über DS-3 entwickelt und ist Bestandteil des Protokolls IEEE 802.6. PLCP ist auf der TC Unterschicht angesiedelt und dient im wesentlichen zur Generierung des unter SDH üblichen Taktes von 125µs (Tabelle 10).

Eigenschaft	DS-3	PLCP
Rahmengröße	595 Byte	690-691 Byte
Rahmentakt	106,4 µs	125 µs
Bitrate	44,736 Mbit/s	44,210 Mbit/s
Overhead	56 bit/Rahmen	54,5-55 Byte
Nutzlast	588 Byte	636 Byte
Nutzlast-Datenrate	44,210 Mbit/s	40,704 Mbit/s

Tab. 10: Parameter des DS-3 und PLCP Protokolls

ATM auf Basis des FDDI PHY ATM kann die Dienste der physikalischen Schicht von FDDI ohne weitere Modifikation nutzen. Entsprechend den unterschiedlichen Kommunikationsmodell wird die FDDI PHY Implementierung als AIM U-Plane behandelt. Auf die zusätzliche Deklaration der M-Plane wurde vom ATM-Forum verzichtet, da das FDDI unter ATM nur als privates UNI vorgesehen ist und die notwendigen Managementaufgaben durch das ILMI abgewickelt werden. Im Gegensatz zu einer nativen FDDI-Lösung bietet AIM über FDDI eine Voll-Duplex Verbindung zwischen den PHY-Entitäten. Die Steuerung der ATM-Zellen-Übertragung basiert auf den in Tabelle 11 dargestellten FDDI Line-Code Symbolpaaren.

Bezeichnung	Bedeutung
HH	nicht empfohlen
HI	nicht empfohlen
HQ	nicht empfohlen
IH	nicht empfohlen
QH	nicht empfohlen
QI	nicht empfohlen
II	reserviert
RS	reserviert
SR	reserviert
TR	reserviert
TS	reserviert
SS	ungenutzt
RR	ungenutzt
TT	Start einer Zelle
QQ	Verlust des Signals
JK	Idle

Tab. 11: Line-Code Symbolpaare des FDDI-PHY unter ATM.

Fiber Channel als privates UNI für ATM

Die Bitrate des *Fiber Channel FC* ist mit 155,52 Mbit/s identisch der von SONET STS-3c. Beim FC wird ein 8bit/10bit Kodierungstechnik angewandt, wodurch sich die Baudrate auf 194,40 Mbit/s beläuft. Im Gegensatz zu seinem Namen ist der FC auf Kupferkabel Typ 1 (STP) spezifiziert. Beträgt die maximale Distanz zweier FC Knoten beim Einsatz der Glasfasertechnik 2 km, so liegt sie unter Verwendung von Typ 1 Kabel bei 100 m.

27 ATM-Zellen können in ein Physical Layer FC Frame eingebaut werden. Die erste Zelle im FC Frame trägt ausschließlich Steuerungsinformation und wird als OAM-PDU betrachtet. Hierdurch ist es möglich, die OAM-Funktionen ERF, AIS sowie einen zusätzlichen *Errored Frame Indicator EFI* bereit zu stellen. EFI wird signalisiert, wenn der FC Frame ungültige 8bit/10bit Kodierungssymbole trägt. Unter Einsatz von ATM finden nur die FC-Steuerungssymbole K28.5 und K28.7 Verwendung.

6. Schlußbetrachtung

Nach dem Exkurs über die Spezifika der Protokolle ATM und FDDI, geht es nun um die Einordnung der Informationen in das Anfangs erwähnte "magische Viereck", mit seinen Eckpunkte Übertragungsleistung, Kommunikationsdienste, Standardisierung und Anwenderfreundlichkeit.

Übertragungsleistung

Beim Vergleich der beiden Protokolle wurde dargelegt, daß aufgrund der Entkopplung der physikalischen Übertragungsschicht, das ATM-Protokoll im Gegensatz zum monolithischen FDDI unterschiedliche Bitraten unterstützt. Unter Beschränkung auf LAN-typische Kommunikation und unter Einbeziehung der zur Abwicklung der Kommunikation notwendigen Protokollinformation, kann hierbei nicht von einem deutlichen Vorteil für ATM im Vergleich zum FDDI gesprochen werden. Beide Protokolle unterstützen die gängigen Übertragungsmedien wie Glasfaser und TP-Kabel. Die verwendeten ATM- bzw. FDDI-Adapterkarten, Switches, Router und allgemein aktiven Komponenten bestimmen herbei wesentlich die Übertragungsleistung.

Kommunikationsdienste

FDDI ist ein auf Datenkommunikation optimiertes, verbindungsloses Protokoll mit der Möglichkeit, zusätzlich isochrone Bandbreite zu allokkieren. ATM wurde hingegen auf dem Hintergrund einer zeit-synchronen Übertragung entwickelt und unterstützt mit einigen Anstrengungen verbindungslose LAN-Kommunikation. Wie dargelegt, ist die Verfügbarkeit entsprechender LLC-Dienste von entscheidender Bedeutung. Unter Berücksichtigung dieses Sachverhalts bietet ATM wesentlich umfangreichere Möglichkeiten. Die Limitierungen der IEEE 802.2 LLC-Implementierung wurde bereits durch den notwendigen Einsatz von SNAP beim FDDI deutlich. Zur Integration von

Video- und Audio-Übertragungen auf IEEE LANs bietet die jetzige LLC-Implementierung zuwenig Möglichkeiten. Dies gilt insbesondere in Zusammenhang mit den z.B. im PC-Bereich anzutreffenden LAN-Adaptertreibern auf ODI- bzw. NDIS-Basis. Stellt ein Hersteller heute z.B. Videodienste auf IEEE LANs bereit, so nutzt er im wesentlichen ein proprietäres Verfahren.

Standardisierung

FDDI ist ein abgeschlossener, in der Praxis bewährter Standard mit nahezu vollständiger Interoperabilität der Komponenten unterschiedlicher Hersteller. Ausnahme ist hierbei die Nutzung der isochronen Dienste in FDDI, was aber ein generelles Problem der nicht vorhandenen LLC-Dienste darstellt. ATM ist ein im Vergleich zum FDDI wesentlich komplexeres, mächtigeres Protokoll. Diese wird an Bemühen deutlich, LAN-Applikationen auf ATM abzubilden. Mit den Quellen europäische und US-amerikanische Telekom-Gesellschaften sowie dem ATM-Forum besteht genügend normative Kompetenz, um einen stabilen Standard zu schaffen, der das Potential von ATM auslotet und die möglichen Dienste dem Anwender preisgünstig und performant zur Verfügung stellt.

Anwenderfreundlichkeit

Aufgrund der langjährigen Erfahrung mit FDDI kann dieses Protokoll in Zusammenhang mit der eingefahrenen Technologie hier eindeutig punkten. Das Potential von ATM hier auszuschöpfen, mit dem Ziel, auf Knopfdruck konfigurierbare virtuelle Netze aufzubauen, ist einer der Hauptaufgaben der Zukunft.

Literatur:

- W. Stallings, Networking Standards, Addison-Wesley 1993
- ATM Forum, ATM User-Network Interface Specification, Prentice-Hall 1993 R. Händel, M Huber, St. Schröder,
- ATM Networks, Addison-Wesley 1994
- R. Jain, FDDI Handbook, Addison-Wesley 1994
- A. Badach, E. Hoffmann, O. Knauer, High Speed Internetworking, Addison-Wesley 1994
- M. Hein, W. Kemmler, FDDI, International Thompson Publishing 1995

Anmerkungen:

- ☞ Frühere Bezeichnung: Comité Consultatif International Télégraphique et Téléphonique CCITT.
- ☞ Der FDDI wie auch der B-ISDN/ATM Standard sprechen bei der Festlegung von Größen auf physikalischer Ebene nicht von Byte sondern von Oktett; hier soll aber einheitlich der Begriff Byte angewandt werden.
- ☞ Grundlage und Beschreibung von SNAP findet sich in RFC 1042 des IETF.