

4. Integration von ATM in bestehende LAN's

4.1. ATM - eine neue Technik revolutioniert die LAN-Welt

4.1.1. Entwicklungen im LAN-Bereich und Problemfelder bestehender Technik

In den letzten Jahren führte die explosionsartige Leistungssteigerung der Computersysteme und deren Anwendungen zu Engpässen der Datenkommunikationstechnik. Stieg beispielsweise (in den vergangenen 10 Jahren) die Prozessorleistung um den Faktor 100, die Übertragungsgeschwindigkeit der Weitverkehrsnetze um den Faktor 10, so blieb die Übertragungsgeschwindigkeit im LAN-Bereich nahezu konstant.

Die Anfang der 80er Jahre definierten LAN-Technologien (Ethernet/Token Ring) mit Übertragungsgeschwindigkeiten von 10 bzw. 16 Mbit/s dominierten lange Zeit die LAN-Strukturen. Ende der 80er Jahre wurde mit FDDI ein neuer LAN-Standard auf Glasfaser-Ring-Topologie geschaffen, dessen Durchsetzung zögerlich verlief. Herkömmliche Anwendungen nutzen nur einen Bruchteil der 100 Mbit/s. Für echte Multimediaanwendungen sind 100 Mbit/s nicht ausreichend.

Ähnlich verhielt es sich mit dem 1994 eingeführten LAN-Standard IEEE 802.12 (Fast Ethernet mit 100 Mbit/s).

Probleme traditioneller Shared Media Netze:

- prinzipbedingte Beschränkungen durch das Shared-Media-Konzept (Verteilung einer fest vorgegebenen Bandbreite auf eine variierende Teilnehmerzahl)
- ineffiziente Algorithmen der Senderechtsvergabe (CSMA/CD führt zu Bandbreiteverschwendung / Token Passing ist effizienter, jedoch ist die Bandbreitenaufteilung zu grob und unflexibel)
- begrenzte Übertragungsbandbreite
- Übertragungsbandbreite und Übertragungsverzögerungen der einzelnen Datenpakete schwanken mit der Anzahl der aktiven Netzknoten

- Unfähigkeit den Anforderungen der Multimediakommunikation zu genügen (Echtzeitverhalten überfordert Möglichkeiten der auf verbindungsloser Datenübertragung basierenden LAN-Technologien)
- Einsatz verteilter Betriebssystemkonzepte problematisch oder unmöglich
- begrenzte Ausdehnung, erhöhter Administrationsaufwand
- relativ starre Topologien, erhöhter Aufwand bei Neukonfigurationen

Die beschränkte Leistungsfähigkeit traditioneller lokaler Netze hat ihre Ursachen im jeweils verwendeten Verfahren zum Management der Senderechtsvergabe als auch in der verwendeten Topologie. Sie sind daher den steigenden Anforderungen an heutige Datennetz-Infrastrukturen in vielen Fällen nicht gewachsen und stoßen schnell an ihre Leistungsgrenzen. Der Durchsatz traditioneller Netze ist nicht erhöhbar, einziger Parameter ist die Segmentgröße, welche begrenzt verringert werden kann, um den Anforderungen gerecht zu werden.

Zudem hat sich das Anwendungsprofil gewandelt. LAN's werden sich mehr und mehr vom reinen Datenübertragungsnetz zu multimedialen Netzen entwickeln. Die getrennte Übertragung von Sprach-, Daten-, und Bildanwendungen in auf den jeweiligen Informationstyp zugeschnittenen Netzen wird überwunden. Applikationsspezifische Netze gehen sukzessive in eine einheitliche Netzinfrastruktur über, die alle Verkehrstypen übertragen kann und die gleichzeitig höhere Bandbreiten bei entsprechender Übertragungsqualität bereitstellt.

Entwicklung der Anforderungen an LAN's getrieben durch:

- Quantensprung in Bandbreite und Echtzeitfähigkeit
- gestiegene Prozessorleistung und Speicherkapazitäten
- Einsatz grafischer Benutzeroberflächen
- Mißbrauch der Datennetze durch isochrone Dienste
- Integration von Videoapplikationen und Multimediaanwendungen
- Entwicklung neuer Applikationen mit höherem Datenaufkommen
- wachsende Ausdehnung der Netze
- Zunahme des Internetworkings

Im Zuge der Dezentralisierung der Datenverarbeitung sind LAN's zur zentralen Schaltstelle geworden. Die früher gültige Beziehung zwischen Übertragungsmedium, Übertragungssystem, LAN-Typ, Protokollstack und Betriebssoftware wird durchbrochen.

Heute möchte man „...auf einem universellen Verkabelungssystem die wichtigsten LAN-Typen, Telefonie und ISDN modular und flächendeckend unterstützen, unterschiedliche LAN-Typen in Technikräumen auf die Datensteckdosen schalten, diese unterschiedlichen LAN's in multifunktionalen Hub's realisieren und auf einem derartigen LAN viele logische Verbindungen aus gegebenenfalls unterschiedlichen Protokollstacks laufen lassen, um die diversen anwendungsunterstützenden Grunddienste angemessen zu realisieren.“ [Kau 96]

Im Bereich der Kleinanwender steht ein einfach zu installierendes Netz im Vordergrund. Für durchschnittliche Benutzer werden traditionelle LAN-Technologien jedoch weiterhin ausreichend sein.

Die Anforderungen an den Transportservice lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Transport unterschiedlicher Dienste über ein gemeinsames Medium
- hohe Bandbreite zum Transport großer Datenmengen, die sich auch an zukünftige Entwicklungen anpassen können
- variable Bandbreite, welche flexibel an die jeweilige Anwendung anpassbar ist
- Zeittransparenz
- geringe Fehler- und Verlustraten

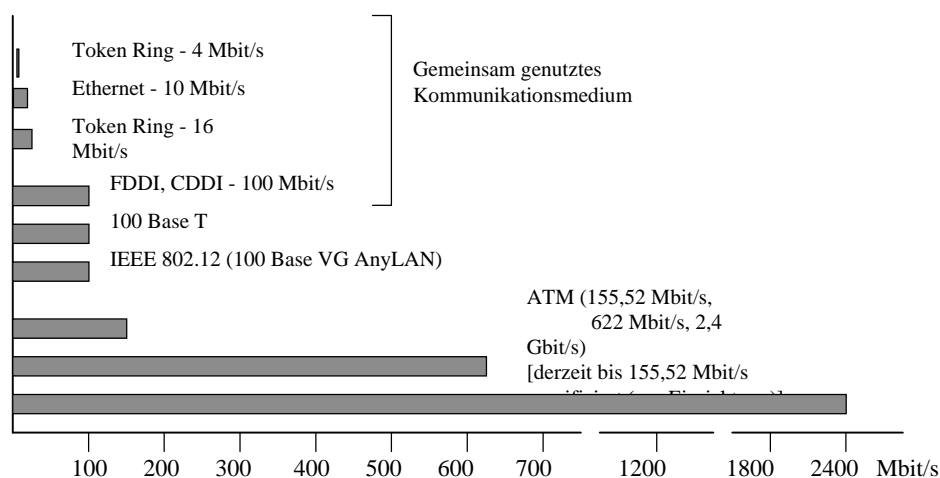


Abb. 4.1.: Entwicklung der LAN-Technologien und Übertragungsgeschwindigkeiten [Bay 96]

Zur Erfüllung der gestiegenen Anforderungen ist das Shared-Medium-Konzept nicht ausreichend. Neue Übertragungsverfahren (z.B.: ATM) und LAN-Konzepte (insbesondere Veränderungen in der Topologie/Einsatz der strukturierten Verkabelung in Verbindung mit Hub- und Switchsystemen) mußten entwickelt und in den LAN-Bereich integriert werden, um den gestiegenen Anforderungen zu begegnen. Einen wesentlichen Schritt stellt Integration des Switchings in den LAN-Bereich dar.

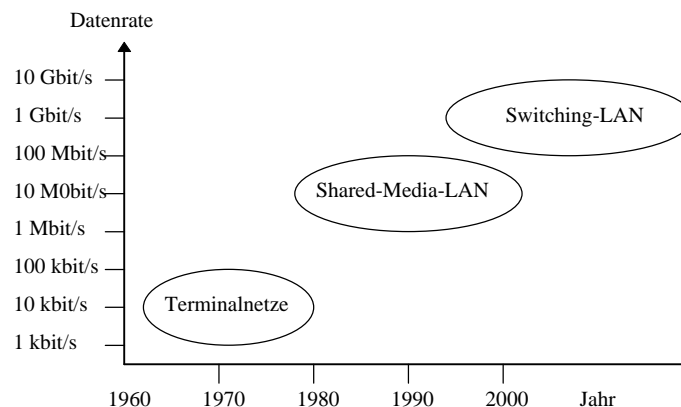


Abb. 4.2.: Entwicklung der LAN-Konzepte

Mit dem Übergang zum Switched Medium LAN können vor allem Bandbreitenengpässe überwunden werden. Das Medium steht dem Endgerät exklusiver zur Verfügung. Der Switch ist für die Verteilung der Bandbreite verantwortlich. Die Bandbreitenverteilung ist der Anwendung entsprechend zuteilbar. Einzelnen Rechnern kann die gesamte Bandbreite zur Verfügung gestellt werden, eine parallele Kommunikation wird möglich. Im weiteren wird durch den Einsatz des Switchings die VLAN-Bildung ermöglicht.

Es werden Frame- und Cell-Switching-Technologien eingesetzt.

Die Einführung von LAN-Switches ist der ökonomischste Weg, um die verfügbare Bandbreite existierender Shared Media LAN's zu steigern, ohne Erfordernis des kostenintensiven Wechsels von Adaptern, Netzsoftware oder Anwendungen.

Switch-Systeme befinden sich derzeit auf dem Vormarsch. Switching ist eine im Markt dominierende LAN-Technologie geworden und wird es auch in Zukunft verstärkt sein. Besonders im zentralen Netzbereich ist Switching durch schnelle Backbone-Technologien (FDDI, Fast Ethernet, ATM) zur sinnvollen Alternative geworden.

[Kya 96], [Bad 95], [Kau 96], [Bay 96], [Data 3/96], [c't 10/96], [Cis(2)95]

4.1.2. Die Lösung - ATM

ATM bietet in lokalen Netzen die wirtschaftlichste und flexibelste Technologie der Zukunft in allen Bereichen (vom Hochgeschwindigkeits-Backbone bis hin zu standortübergreifenden LAN's und Corporate Networks). Es stellt eine zukunftssichere Alternative für die Beherrschung der Probleme im LAN-Bereich dar. ATM integriert die Möglichkeit der Weiterentwicklung in alle Richtungen (neue Anwendungen, andere Medien, höhere Bandbreiten, beliebige Ausdehnung,...). In Zukunft wird kein Technologiebruch mehr notwendig sein, da ATM die Philosophie der Integration neuer Funktionalität enthält.

Wesentliche Gründe für ATM im LAN-Bereich:

- ATM-Technologie ermöglicht schnellen Transportdienst für unterschiedlichste Dienste
- ATM überwindet Probleme traditioneller LAN's
- hohe Übertragungsgeschwindigkeiten von 155 - 622 Mbit/s
- einzige Technologie für lokale und Weitverkehrsnetze
- leistungsstarke Switches ermöglichen dedizierte Verbindungen zwischen Endgeräten
- jedem Teilnehmer stehen feste Bandbreite (je nach Anforderung) und garantierte Übertragungseigenschaften zur Verfügung
- deutlicher Anstieg des Durchsatzes, da Endgeräte Bandbreite unabhängig voneinander nutzen
- deutlich verbessertes Verhältnis zwischen Kosten und Performance
- erhöhte Sicherheit, da direkte Verbindungen zwischen kommunizierenden Stationen aufgebaut werden
- ATM ist in der Lage, zeitkritische und Multimedia-Anwendungen zu übertragen (Einsatz von Multimedia im LAN-Bereich ohne Einschränkungen möglich)
- Möglichkeit der Übertragung von Sprach-, Daten-, Video-Verkehr auf einem Netzwerk mit hocheffizienter Bandbreitenausnutzung

[GB 96], [Cis(2)95], [Kya 96], [LL 11/96], [Bad 95]

Kyas begründet die Verwendung von ATM folgendermaßen:

- 1) „ATM ist ein weltweiter Standard für Datenübertragung, mit dem erstmals ein universeller Informationsaustausch ermöglicht wird, der unabhängig vom Typ der Endsysteme und von der Art der Informationen ist.“
- 2) „Die historische Unterscheidung in lokale Datenübertragung und Weitverkehrsdatenübertragung und die dadurch resultierende Netzkomplexität mit einer Vielzahl von Internetworkingkomponenten wird durch die Einführung von ATM beendet. Mit ATM wird ein (nahezu) grenzenloses Informationsnetzwerk mit nahtlosen Übergängen zwischen lokalen Unternehmensnetzwerken und weltweiten Verbindungsnetzwerken entstehen.“
- 3) „Heute werden die unterschiedlichen Datendienste wie Sprache, Daten und Video in der Regel noch in getrennten Netzwerken übertragen, da diese Anwendungen signifikant unterschiedliche Verkehrscharakteristika aufweisen. ATM ist die derzeit einzige standardisierte Technologie, die in der Lage ist, die gleichzeitige Übertragung aller Datendienste in effizienter Weise durchzuführen.“
- 4) „Da ATM skalierbar und damit in Geschwindigkeitsklassen von wenigen Mbit/s bis hin zu Gbit/s verfügbar ist, wird diese Technologie in der Lage sein, die Anforderungen an die Datenkommunikation bis weit in das nächste Jahrtausend zu erfüllen.“

4.1.3. Migration zu ATM und Internetworkingkonzepte

Mit der Integration von ATM in den LAN-Bereich werden folgende Grundziele verfolgt:

- Zugänglichkeit von LAN-Anwendungen am ATM-Netz
- Zugänglichkeit von ATM-Anwendungen am LAN
- Weiterbetrieb von LAN-Anwendungen in ATM-Netzen mit erweitertem Funktionsumfang und unter Nutzung der ATM-Vorteile

4.1.3.1. Migrationskonzepte

ATM als Basis für zukünftige Hochgeschwindigkeitsnetze stellt den einzig richtigen und systematischen Weg aus dem heutigen Dunkel dar.

Bei der Einführung neuer Technologien (so auch ATM) sind Konzepte erforderlich, mit denen herkömmliche Technologien zur neuen migrieren können. Bei ATM kommt diesem Fakt eine besondere Bedeutung zu, da ATM verschiedene Vorgängertechnologien besitzt.

Fast alle Unternehmen besitzen heute eine ausgeprägte LAN-Struktur mit etablierten Anwendungen. Nur wenige Anwender können sich die sofortige Umstellung ihrer etablierten produktiven Netze auf eine neue Technologiestufe leisten. Ein mehrstufiges Szenario für den Übergang zum ATM-LAN ist notwendig, um die angestrebte Funktionalität schrittweise zu realisieren. Ein bedarfsgerechter Ausbau wird durch unterschiedliche Interfaces und Adapterkarten unterstützt (z.B.: 25, 52, 100, 155 Mbit/s über UTP Cat 3 und 5, STP und Lichtwellenleiter/bestehende FDDI-Infrastruktur ist mittels TAXI-Chipsätzen umwandelbar).

Die Migration verläuft im wesentlichen in 2 Schritten.

- Kopplung von LAN's und ATM (Internetworking/ATM im Backbone-Bereich)
- vollständige ATM-Technologie bis zum Arbeitsplatz

Die Einführung von ATM vollzieht sich von innen nach außen.

Als Grundvoraussetzung für eine erfolgreiche Migration ist die Umstellung der Verkabelung anzusehen. Heutige moderne Netze beruhen auf der strukturierten Verkabelung (wie in ISO IS11801 festgeschrieben), welche alle vorhandenen Bus- und Ringstrukturen ersetzt. Die strukturierte Verkabelung verwendet als Standard-Topologie grundsätzlich die Sternform und weist eine Dreiteilung bezüglich der Verkabelungsbereiche auf.

- Tertiärbereich (Etagenbereich): sternförmig (meist Kupferleitungen Cat.5)
- Sekundärbereich (Steigleitungsbereich): sternförmig (Glasfaser, MMF)
- Primärbereich (Campusbereich): sternförmig (Glasfaser, SMF, MMF)

Da ATM auch auf einer sternförmigen Verkabelung zu allen Endgeräten aufsetzt, ist die strukturierte Verkabelung bestens für die Migration zu ATM geeignet (zudem auch die Skalierbarkeit hervorragend unterstützt wird).

Neben der Realisierung eines modernen Verkabelungssystems sind außerdem die Anpassung der Protokolle an ATM sowie die Festlegung einer Segmentierungsstrategie Voraussetzung für eine erfolgreiche Migration.

Bevor ATM im gesamten Netz ein Thema sein wird, muß in der Praxis eine allmähliche Annäherung an diese Technik erfolgen, d.h.: zunächst einmal Integration von LAN's und ATM-Backbones.

Im ersten Migrationsschritt rüsten Anwender ihre bestehenden Netze auf Switching-Technologien (Zell- und Frame Switching) um. Während dieser Phase steht die Kopplung von traditionellen LAN's und ATM im Vordergrund. ATM kommt vorrangig im Backbone-Bereich zum Einsatz, um einen schnellen Hochgeschwindigkeitskern für die Vernetzung bestehender LAN-Strukturen zu ermöglichen.

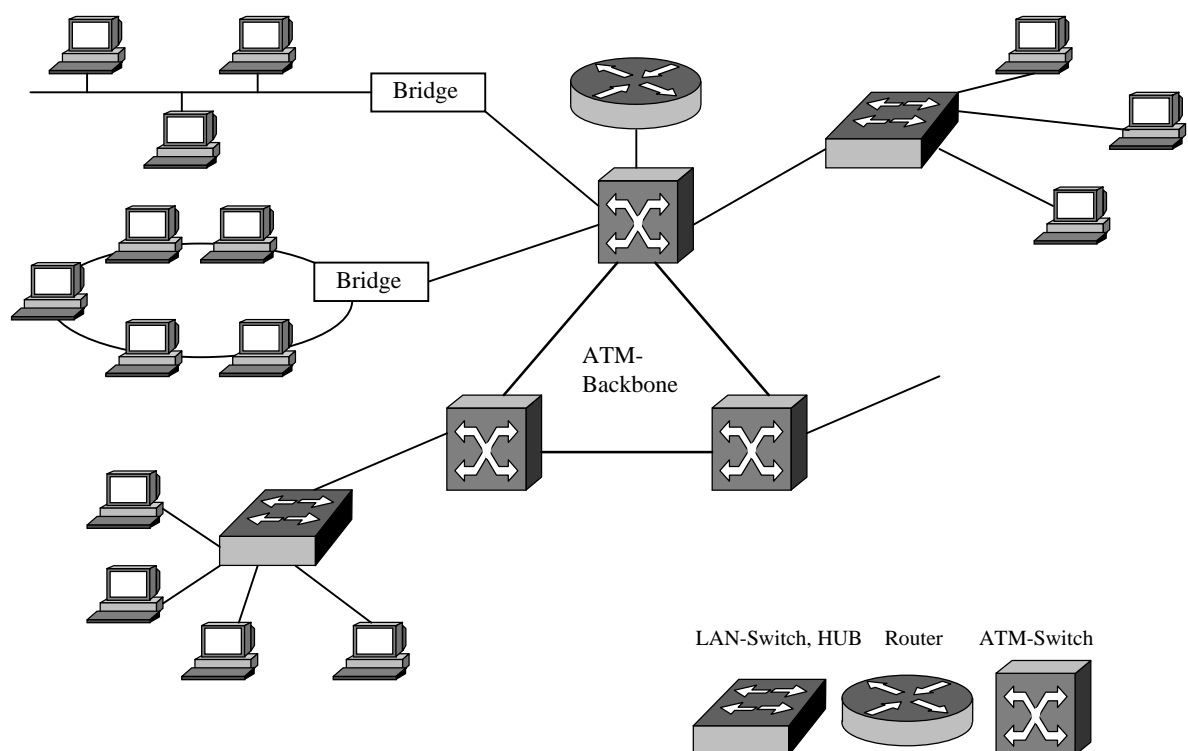


Abb. 4.3.: Einsatz von ATM im Backbone Bereich

Nach wie vor werden auch Brücken- und Routingfunktionen in ATM-Umgebungen benötigt. LAN-to-ATM-Bridges ermöglichen den Anschluß von LAN's in ihrer Ursprungstopologie. Die Routingfunktionalität wurde erweitert (um verschiedene

Verzeichnisdienste für das ATM-Netz, das Routing zwischen virtuellen Netzen, wie sie mit Einsatz der Switching-Technologie möglich werden). Router sind keine reinen Durchsatzknoten im traditionellen Sinne.

Der Einsatz von ATM im Backbone-Bereich ist heute in den meisten Anwendungsfällen ausreichend, da hauptsächlich die Anforderungen der meisten Unternehmen hinsichtlich einer schnellen LAN-Verbindungs-Infrastruktur und die Bildung von verteilten VLANs abgedeckt werden.

Jedoch kann nur ein durchgängiges ATM-Netz den Einsatz zeitkritischer Anwendungen und ein umfassendes Ende-zu-Ende-Management bereitstellen. Volle ATM-Funktionalität (Skalierbarkeit/Zeittransparenz/QoS bis ins Endgerät) wird somit erst im zweiten Migrationsschritt, der Implementierung von ATM bis zum Arbeitsplatz, gewährleistet. Der Anschluß von Endgeräten erfolgt direkt an ATM-Switches. Das gesamte Netz, inklusive aller Interfaces und Software wird durch ATM-Funktionen ersetzt. Aufgrund des notwendigen Soft- und Hardwaretausches ist dieser Schritt sehr kostenintensiv und nur im Falle von Neueinrichtungen mit entsprechendem Budget vertretbar. Zudem sind entsprechende Anwendungen heute nur in begrenztem Umfang verfügbar und nur für einen ausgewählten Kreis von Anwendern/Unternehmen erforderlich.

[Data 11/95], [Kya 96], [LL 11/96], [Bad 95], [Kau 96]

4.1.3.2. Internetworkingkonzepte

Die Verbindung unterschiedlicher Netze untereinander - das Internetworking - hatte ihren Siegeszug durch die Notwendigkeit der Kopplung einzelner LAN's (Informationsinseln) untereinander und über WAN's oder ISDN. Durch völlig unterschiedliche Übertragungsprotokolle wird ein durchgängiger Datenfluß erschwert. Im ATM wird die ideale Internetworking-Technologie für das LAN-WAN-Internetworking der Zukunft gesehen, da aufgrund der angestrebten Umsetzung einer einheitlichen Technologie ein nahtloser Übergang vom lokalen zum Weitverkehrsbereich möglich wird. Im Rahmen des LAN-LAN-Internetworkingbereichs werden 2 grundsätzliche Methoden unterschieden.

- bedarfsorientierte Zusammenschaltung der LAN's (unsystematisch) durch Brücken und Router (traditioneller Internetworking-Ansatz)

■ systematische Zusammenschaltung der LAN's durch ein Backbone

Grundlage des Internetworkings bilden spezielle Koppellemente, welche eine Homogenisierung der Protokolle und deren Umsetzung ermöglichen.

Das herkömmliche Internetworking-Modell basierte auf der Nutzung von Brücken und später Routern.

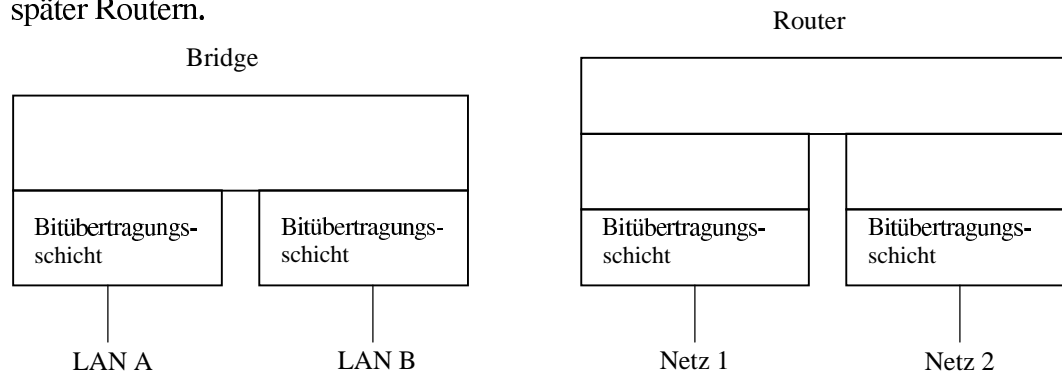


Abb. 4.4.: Brücken und Router [Kau 96]

| Koppelement | Bridge | Router |
|---|--|--|
| Funktionalität und Eigenschaften | <ul style="list-style-type: none"> ■ intelligentes Koppelgerät zwischen 2 (mit auf MAC-Layer identischen Protokollen) LAN's mit grundsätzlich eingeschränkter Vermittlungsfähigkeit ■ Kopplung unterschiedlicher Netztypen problematisch ■ Übergang zwischen heterogenen Netzen (Ethernet/Token Ring) mittels der LLC auf Schicht 2 ■ in der Lage zwischen netzinternen und netzübergreifenden Verkehr zu selektieren ■ elementare Wegewahlverfahren ■ Arbeitsweise durch Informationsinhalt der Schicht 2 bestimmt (zentrale Information: MAC-Adressen) ■ hauptsächlich zur Segmentierung eingesetzt ■ für kleinere Internetworking-Probleme zwischen jeweils 2 Segmenten oder Ringen | <ul style="list-style-type: none"> ■ ermöglicht die Kopplung unterschiedlicher Netztypen, jedoch Logik zur Protokollumsetzung bei Massenverkehr zwischen gleichen Netztypen störend ■ Vermittlungsfähigkeit, Routing als Schicht-3-Funktion (namensgebend) ■ Anpassung von Datenströmen an unterschiedliche Netze (Protokolltranslation) ■ adaptive Routing-Algorithmen ■ intensive Datenfilter- und Firewallfunktionen ■ bei alternativen Wegen ist optimale Wegewahl hinsichtlich festgelegter Kriterien möglich (Durchsatz, Wartezeiten, Auslastung,...) ■ gängigste Antwort auf Performance-Probleme (Segmentierung) ■ bei Weg über mehrere Router entstehen unerwünschte Verzögerungen ■ Zunahme des Administrationsaufwandes (steigende Zahl der Subnetzadressen) |

Tab. 4.1.: Eigenschaften von Brücken und Routern

Zur Kombination von Geräten mit völlig unterschiedlichen Protokollstacks kommen zudem Gateways zum Einsatz, welche alle Protokollschichten ineinander abbilden.

Mit der Einführung des LAN-Switchings und der Verbindung einzelner LAN's durch ein Backbone-Netz wurde eine systematische Form des Internetworkings etabliert (Abkehr vom traditionellem Ansatz). Das Segmentierungs- und Leistungsproblem ist damit weitestgehend gelöst (Leistungssteigerungen im Segment und im Backbone/Unterstützung unterschiedlicher Geschwindigkeiten im Teilnehmer- und Backbone-Bereich), worin der wesentliche Vorteil gegenüber dem rein routerbasierten Internetworking besteht. Die Bildung von virtuellen LAN's ermöglicht Flexibilität und eine Verringerung des Administrationsaufwandes.

Mit ATM wurde ein ideales Backbone-Medium geschaffen. Somit besteht die Grundfrage nach dem Internetworking zwischen herkömmlichen LAN-Umgebungen und ATM-Netzen und der Struktur des Backbone-Bereiches: Switch- oder Routerbasiert?

Der Anwender wird auch in der Zukunft nicht ohne die Intelligenz von Schicht-3-Routersystemen auskommen, da Router mit höherer Systemintelligenz ausgerüstet sind und Filter-Techniken zur Verfügung stellen, sowie den Medienwechsel zwischen unterschiedlichen Topologien ermöglichen (insbesondere LAN/WAN-Übergang). Aus der Sicht der Kommunikationsprotokolle ist Routing unerlässlich. Auch im Hinblick auf die VLAN-Bildung sind Router erforderlich, um zum einen den Betrieb mehrerer VLANs parallel zu ermöglichen und diese gegeneinander abzuschotten und zum anderen den Inter-VLAN-Verkehr zu realisieren.

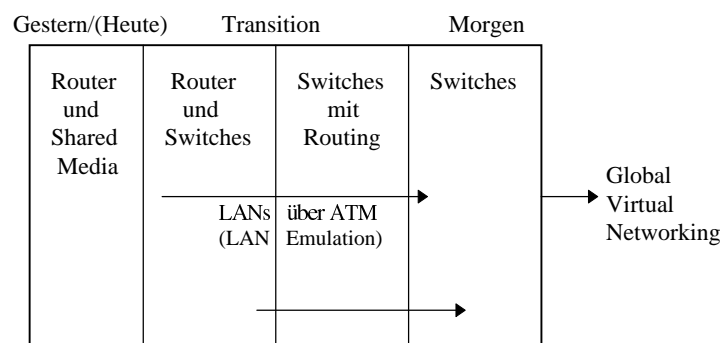


Abb. 4.5.: Die Rolle von Routern in der Entwicklung der Switching-Technologie

[Data 4/95]

Einzelne Hersteller (wie Cisco, Bay Networks, Cabletron) arbeiten derzeit an der Integration der Routing-Funktionalität in Switches, um geschaltete Netze mit mehr Systemintelligenz auszurüsten. (Virtuelle Router bzw. Route-Server treffen Entscheidungen hinsichtlich des Ausgangs, an den Datenpakete durchgeschaltet werden, Switch sorgt für freie Leitung).

Für das LAN/ATM-Internetworking existieren 4 unterschiedliche Ansätze.

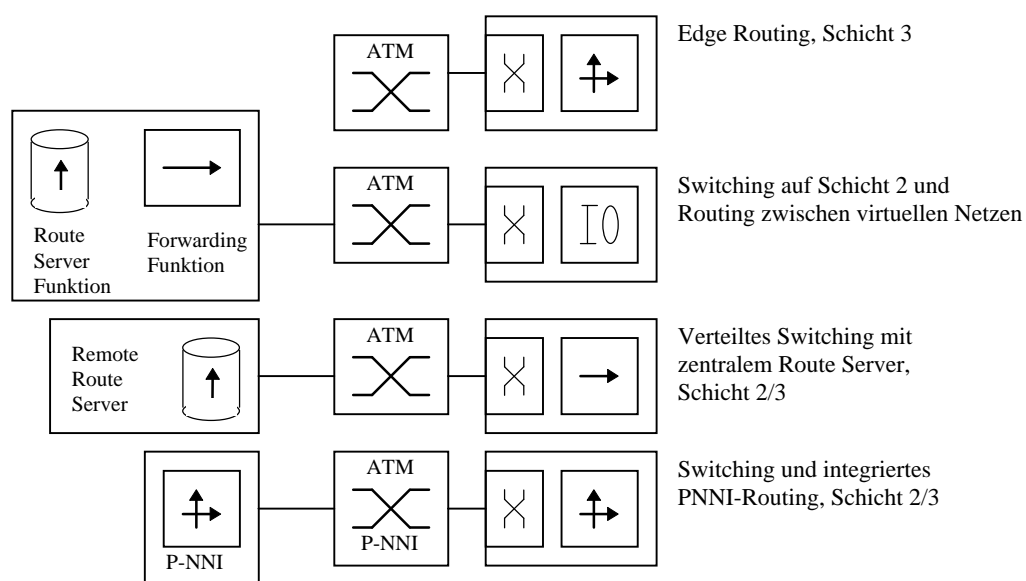


Abb. 4.6.: Mögliche LAN/ATM-Internetworking-Ansätze [Data 3/95]

| Ansatz | Bemerkungen |
|--|---|
| Edge Routing auf Ebene 3 | <ul style="list-style-type: none"> ■ einfachste am Markt verfügbare Lösung ■ leistungsstarke Router werden mit ATM-Interface ausgerüstet und ermöglichen die Anbindung herkömmlicher Shared Media LAN's an ATM ■ IP-Encapsulation und Adreßabbildung nach RFC 1577 ■ Problem des Administrationsaufwandes durch Subnetzbildung bleibt erhalten |
| LAN Emulation | <ul style="list-style-type: none"> ■ Switch arbeitet auf MAC-Layer, Router übernimmt Datenweiterleitung zwischen den ELAN's/VLAN's ■ MAC-Adresse wird direkt auf ATM-Adresse abgebildet ■ Adreßauflösung über bekanntes Broadcast-Verfahren ■ Vorteil, daß sowohl ATM-Teilnehmer untereinander als auch Ethernet- und Token Ring Teilnehmer direkt auf ein ATM-Endgerät zugreifen können ■ vorhandenes LAN-Equipment bleibt erhalten |
| Verteiltes Switching auf Schicht 2/3 mit zentralem Route Server | <ul style="list-style-type: none"> ■ Entscheidung, ob Datenpaket auf Layer 2 vermittelt oder über Schicht 3 geroutet wird, wird im Switch im Teilnehmeranschlußbereich getroffen ■ Routing-Tabellen werden vom zentralen Route-Server geupdatet |

| | |
|---|---|
| | <ul style="list-style-type: none"> ■ komplett neue Layer 2/3-Switching-Systeme müssen angeschafft werden, sowie neue Routing-Protokolle ■ Standardisierung noch nicht abgeschlossen (z.B.: Kommunikation zwischen Route-Servern untereinander und Switches ungeklärt) |
| Layer-2/3-Switching und I-PNNI-Routing | <ul style="list-style-type: none"> ■ wird langfristige Änderungen im Internetworking-Bereich mit sich bringen ■ Switches im Backbone kommunizieren über PNNI-Protokoll, welches Topologie und Routing-Informationen über das ATM-Netz enthält ■ Ausdehnung auf Router und Switches im Umfeld ermöglicht die optimale Wegesuche für die Zell- als auch Paketübertragung |

Tab. 4.2.: LAN/ATM-Internetworking-Ansätze

[Data 4/95], [Data 3/95], [Kau 96]

4.1.4. ATM-Komponenten (Überblick)

Für die ATM-Komponenten werden derzeit mehrere Bezeichnungen verwendet, welche z.T. h erstellerabhängig sind. Ein gängige (allgemeine) Übersicht enthält folgende Tabelle.

| Komponente | Bemerkungen, Grundfunktionalität |
|---------------------------|---|
| (Switching) Hub | <ul style="list-style-type: none"> ■ LAN-Konzentrator mit zusätzlicher Vermittlungsfunktion ■ meist modular aufgebaut ■ Unterstützung der wesentlichen LAN-Typen und Übertragungsmedien ■ z.T. durch Routereinschübe erweiterbar ■ Unterstützung von ATM für die Backbone-Funktion |
| Switches | <ul style="list-style-type: none"> ■ zentrale Netzelemente ■ Systeme mit ausschließlicher Vermittlungsfunktion ■ reine ATM-Switches ■ reine LAN-Switches mit ATM-Uplink ■ oder kombinierte LAN/ATM-Switches |
| ATM-Routing-Switch | <ul style="list-style-type: none"> ■ System, das Routing- und Switching-Funktionen zur Verfügung stellt |
| ATM-Router | <ul style="list-style-type: none"> ■ Router mit ATM-Schnittstelle ■ neben Internetworking-Funktionen zwischen ELAN's/VLAN's auch klassische Routerfunktionen (Broadcast-Eingrenzung, Firewalls, Verkehrsmanagement,...) |
| LAN-to-ATM-Bridges | <ul style="list-style-type: none"> ■ Anschluß traditioneller LAN's an das ATM-Netz ■ lokales LAN/LAN-Bridging zwischen den LAN-Ports und LAN-zu-ATM-Bridging |

Tab. 4.3.: Übersicht über ATM-Komponenten

Generell lassen sich ATM-Netze heute mit den aufgeführten Komponenten aufbauen.

[Bay 96]

4.2. Protokollaspekte der Integration von ATM in LAN's

4.2.1. Grundlegende Aspekte der LAN/ATM-Integration

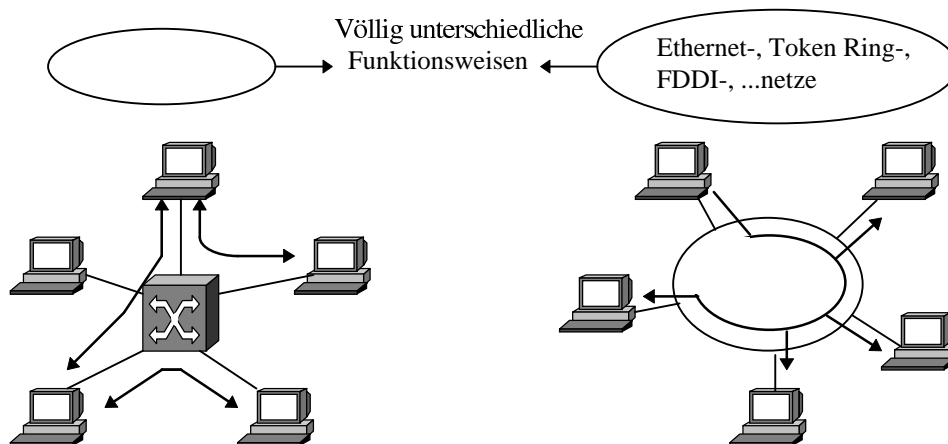


Abb. 4.7.: Gegensatz von LAN's und ATM

| ATM-Netze | traditionelle LAN's |
|--|---|
| <p><u>1. Verbindungstyp:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ verbindungsorientiert ■ für jedes Kommunikationspaar wird ein logischer Verbindungspfad (VC/VP) [mit beim Verbindungsaufbau definierten Leistungsparametern (Bandbreite, Übertragungsverzögerungen,...)] aufgebaut ■ jedes Datenpaket erreicht eine Empfangsstation | <ul style="list-style-type: none"> ■ alle traditionellen LAN-MAC-Protokolle arbeiten verbindungslos ■ Datenpakete werden über ein gemeinsames Medium versandt, in der Hoffnung, daß sie die Zielstation erreichen ■ Selektion der Datenpakete erfolgt durch Empfänger anhand der Zieladressen ■ keine Empfangsbestätigungen (bei Verlust > Wiederholung (durch Protokolle höherer Schichten geregelt)) |
| <p><u>2. Broadcastfunktionalität</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ steht in diametralem Gegensatz zu ATM ■ ATM basiert auf Punkt-zu-Punkt-Verbindungen ■ nur mit entsprechend hohem Aufwand realisierbar ■ Aufbau von n-1 Verbindungspfaden (n=Stationszahl) | <ul style="list-style-type: none"> ■ LAN-typisch ■ Zieladressen sind Broadcastadressen ■ alle Stationen des Segments werden angesprochen, Selektion im Empfänger ■ mittels dieser Funktion werden eine Reihe von Funktionen der LAN-Protokolle realisiert (z.B.: ARP, BOOTP) |
| <p><u>3. Adreßformate</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Verwendung hierarchisch organisierter und strukturierter 20-Byte-Adressen beim Verbindungsaufbau ■ nach erfolgtem Verbindungsaufbau werden statt Adressen Kanal-/Pfadnummern (VCI/VPI) | <ul style="list-style-type: none"> ■ traditionelle LAN's kennen nur unstrukturierte „flache“ 48-Bit-MAC-Adressen ■ IP verwendet hierarchische, aber anders strukturierte 32-Bit-Adressen (IPv4) |

| | |
|--|---|
| verwendet ■ zusätzliche Adreßauflösungsstufe ! | |
| <u>4. Adressenzuordnung</u> ■ Protokolladressenzuordnung zu Hardware-adressen erfolgt im Rahmen des Signalisierungsvorgangs anhand von Zuordnungstabellen in den ATM-Vermittlungsknoten | ■ Zuordnung von Protokolladressen zu Hardware-adressen erfolgt mittels Broadcastmechanismen |
| <u>5. Bindung an Übertragungsmedien und -geschwindigkeiten</u> ■ nicht an ein bestimmtes Übertragungsmedium gebunden ■ großes Interface- und Übertragungsgeschwindigkeitspektrum ■ auch über vorhandene Übertragungsstrecken übertragbar (mit vorhandenen Abbildungsvorschriften) | ■ enge Bindung an feste Übertragungsgeschwindigkeiten und Übertragungsmedien |
| <u>6. Datenstrukturen</u> ■ Datenübertragung in Zellen fester Größe ■ Segmentierung sämtlicher Datenströme notwendig | ■ in bestimmten Grenzen variierende LAN-Pakete |

Tab. 4.4.: Wesentliche Unterschiede zwischen traditionellen LAN's und ATM

Ein weiteres Problem, das der protokollmäßigen Integration von ATM in den LAN-Bereich entgegensteht, liegt in den Anforderungen der Anwendungen. Diese gehen von einer grundsätzlichen Unabhängigkeit der verschiedenen Schichten des OSI-Modells aus.

Applikationen erwarten ein standardisiertes Datalink-Interface zum Netzwerk (z.B.: NDIS, ODI-Treiber im PC-Bereich). Herkömmliche Netzwerktreiber sind nicht verbindungsorientiert, so daß Anwendungen so migriert werden müssen, daß ein ATM-Interface zur Verfügung steht, welches wie ein verbindungsloser Treiber auf dem Data Link Layer funktioniert.

Alle LAN-spezifischen Funktionen befinden sich (im ATM-Referenzmodell) oberhalb des Adaptation Layers in der User Plane.

Die verbindungslosen Dienste schlagen die Brücke von ATM in die klassische LAN-Welt.

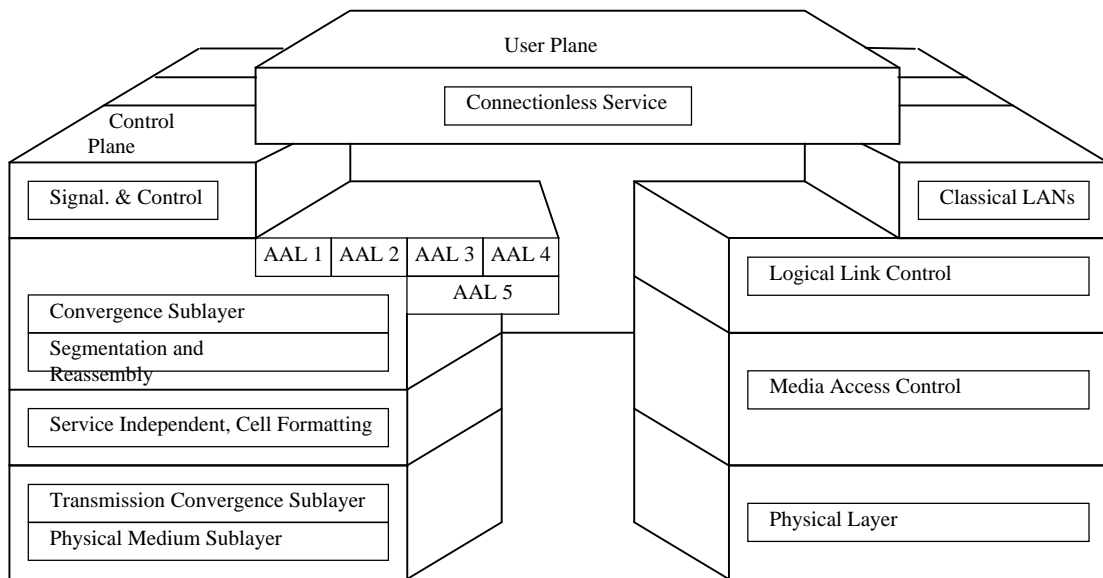


Abb. 4.8.: Connectionless Service als Brücke zwischen ATM und klassischen LAN's
[Data 1/95]

Zusammenfassung der Konsequenzen:

- Implementierung des Connectionless Services
- Anpassung der Übertragungsgeschwindigkeiten
- Abbildung der Netzadressen auf ATM-Adressen/Pfad- und Kanalkennungen
- Anpassung der inkompatiblen Paket-/Zellformate, Segmentierung der LAN-Datenpakete in ATM-Zellen
- Implementierung spezieller Mechanismen für Broad-/Multicastsendungen

[Kya 96], [Bad 95], [Data 8/96], [Gat 5/95], [Data 1/95]

4.2.2. Der CLS (Connectionless Server) als erster Integrationsansatz

Die Implementierung eines CLS stellt den ersten Vorschlag für die Integration von LAN-Endgeräten in verbindungsorientierte Übertragungsstrukturen dar. Der CLS ist in der Lage, verbindungslose Dienste im ATM anzubieten. Die Idee stammt aus dem Bereich der öffentlichen Netze. Die zugehörigen ITU Empfehlungen I.211 und I.364 spezifizieren die Protokollabläufe.

Es wird davon ausgegangen, daß in einem ATM-Netz ein oder mehrere CLS vorhanden sind, mit denen ein Endgerät verbunden ist. Alle Datagramme vom Endsystem werden über apriori bekannte VC's an den CLS gesendet. Der CLS analysiert die Zieladresse und leitet die Datagramme (über definierte VC) weiter (entweder direkt an das Zielsystem oder über weitere CLS). Die Datenübertragung zum und vom CLS ist dabei verbindungsorientiert. Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, daß das Endsystem lediglich eine Verbindung zum Senden und Empfangen offenhalten muß, ohne Signalisierung.

Nachteilige Aspekte:

- Vermittlungsfunktion für Datagramme aus dem eigentlichen ATM-Netz genommen und in CLS verlagert
- ATM-Netz degeneriert zum Transportnetz, keine effiziente Nutzung der ATM-Vermittlungsfunktion
- nur Unterstützung von AAL 3/4

Hinsichtlich der Integration der CLS-Funktion in ATM-Switches sind zwei Konzepte zu unterscheiden.

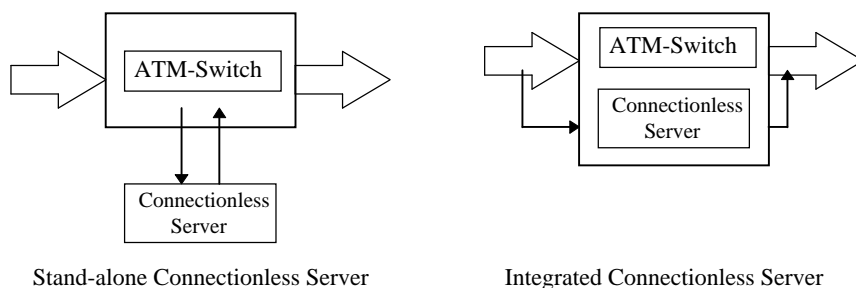


Abb. 4.9.: CLS-Konzepte [Data 1/95]

Stand-alone-CLS: (extern an Switch angeschlossener Server)

Funktion: Ein Datenpaket, welches über ATM übertragen werden soll, wird im Terminal Adapter (u.U. auch im Router integriert) segmentiert und über eine vordefinierte Verbindung (PVC) an den CLS gesendet. Im CLS wird mittels der Reassemblierungsfunktion das Datenpaket wiederhergestellt. Anschließend wird die Zieladresse aus der Datenbank des CLS ermittelt und die Weitersendung des Paketes an das Zielnetz, welches die Adresse enthält, über einen vordefinierten PVC veranlaßt. Dazu wird das Paket

wiederum segmentiert. Die IWU (Interworking Unit) im Zielnetz reassembliert die Pakete wieder und leitet sie an das Endgerät weiter.

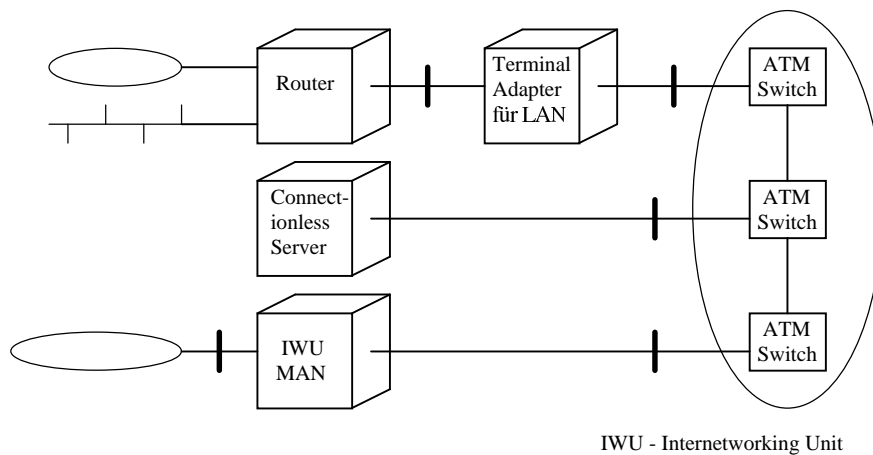


Abb. 4.10.: Stand-alone-CLS [Data 1/95]

Vorteile:

- eindeutige Trennung zwischen öffentlichen Transportnetz und angeschlossenen (privaten) LAN's/MAN's
- Transportnetz hat für alle Endgeräte nur eine Verbindung zur Verfügung zu stellen

Nachteile:

- z.T.: erheblich in ihrer Wirkung für die Verwendung im LAN-Bereich
- zur Verfügung gestellte Bandbreite ist nicht skalierbar, d.h. CLS stellt systemimmanente Engpaßkomponente dar
- Verhalten in Bezug auf Zeittransparenz (geht völlig verloren), Verzögerungszeiten nicht berechenbar, keine Multimediafähigkeit

Integrated-CLS: (in Switch integriert / On-the-Fly-CLS)

Funktion: Die ankommende Zelle wird parallel zur normalen ATM-Behandlung einer CLS-Funktion unterworfen (on-the-fly). Die ersten Zellen der Pakete (BOM) werden speziell untersucht. (keine Reassemblierung notwendig!) Die Zieladresse wird in der CLS-Datenbank ermittelt und die Routing-Tabellen des Switches für den VC (VPI/VCI) der Zellen des

Paketes erneuert. Alle Zellen des Paketes werden entsprechend dieser Werte weitergeleitet. Erreicht die als EOM gekennzeichnete Zelle den CLS, werden diese Routinginformationen wieder gelöscht. Die Verbindung existiert nur für die Dauer des Paketes! (keine dauerhafte Verbindung)

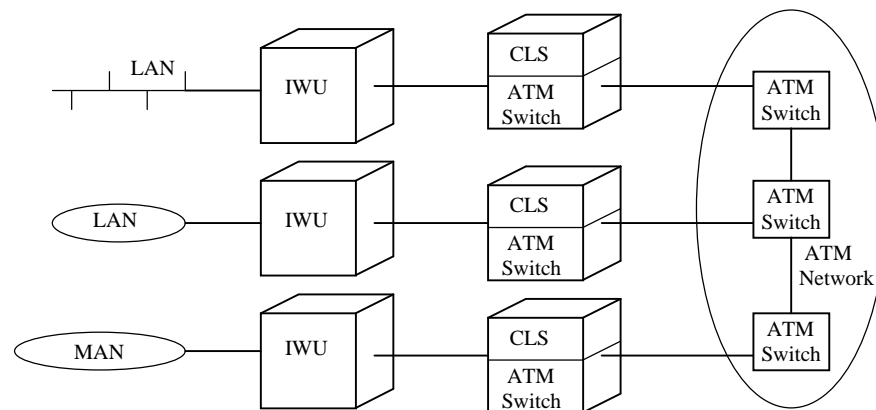


Abb. 4.11.: Integrated CLS [Data 1/95]

Vorteile:

- Skalierbarkeit und Zeittransparenz

Nachteile:

- Vermischung von Zell- und Paketebene
- Verletzung der Effizienz von ATM (im Netz nur Zellheaderanalyse definiert)
- Implementierungsoverhead, Kostenerhöhung der Switches

Einschätzung der Eignung für den LAN-Bereich:

Ein sinnvoller Einsatz des CLS in lokalen Netzen ist nur unter bestimmten Voraussetzungen gegeben (gelegentliche Kommunikation, geringe Datenmengen, keine Verzögerungsansprüche,...). Weiterhin wird die Implementation durch die ausschließliche Unterstützung des AAL-Typ-3/4 behindert, da der dadurch entstehende Overheadanteil zu Performance-Verlusten führt. Generell kann gesagt werden, daß das CLS-Konzept für den LAN-Bereich ungeeignet ist.

Das Haupteinsatzgebiet des CLS liegt im WAN-Bereich/Weitverkehrsnetze. So implementierte beispielsweise die Deutsche Telekom im Rahmen ihres B-ISDN-Pilotprojekts in den Städten Berlin, Hamburg und Köln je einen CLS, welche den Connectionless Service allen Endgeräten zur Verfügung stellten.

Produktbeispiele: - externer CLS der Siemens Systemfamilie EWSXpress
 - Alcatel 1000 CL (optional) für Alcatel 1000 AX
 Vermittlungsstellen

[Bad 95], [Data 1/95], [c't 10/96]

4.2.3. LAN/ATM-Internetworking-Konzepte (heute)

In den nächsten Jahren werden herkömmliche Shared Media LAN's und LAN's auf Switching Basis parallel nebeneinander existieren. Die Hauptanforderungen der meisten Anwender bestehen heute nicht in der Installation reiner ATM-Umgebungen, sondern in der Integration vorhandener Shared Media LAN's in ein ATM-Backbone, das sukzessive in den Teilnehmeranschlußbereich erweitert werden kann. Vorerst ist die Weiternutzung installierter LAN-Hub's und Router und etablierter Software angestrebt. Bestehende Anwendungen sind auf ATM nicht ohne Hilfsmittel lauffähig. Es sind Lösungen notwendig, wie bestehende LAN's in ATM-Backbones integriert bzw. LAN-Endgeräte über das ATM-Backbone miteinander und mit ATM-Endgeräten kommunizieren können. Das verbindungsorientierte ATM-Netz muß die verbindungslosen Dienste eines traditionellen LAN's für alle verfügbaren Netzwerkprotokolle nachempfunden. Dazu ist eine Anpassung des Transport- (RFC 1577) oder des Link-Protokolls (LANE) notwendig.

Die Interoperabilität bestehender Netze und Netzprotokolle mit neuen ATM-Umgebungen ist Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung von ATM.

Derzeit sind drei Lösungswege auf der Basis von Standards (der IETF) und Spezifikationen (des ATM-Forums) verfügbar:

- RFC 1483 (Multiprotocol Encapsulation over ATM)
- RFC 1577 (Classical IP over ATM)

■ ATM Forum LAN Emulation 1.0

Die Internet Engineering Task Force (IETF) hat bereits sehr früh (parallel zur Entwicklung des CLS) verschiedene Request for Comments (RFC) herausgegeben, die es einer Station mit Internet- (oder anderen) Protokollstacks erlauben, ATM als Transportmedium zu benutzen. Der Schwerpunkt liegt dabei in der Definition der zu verwendenden Framestrukturen. Die Verwendung von IP im ursprünglichen Sinne, d.h. anstelle von physischer Verbindungsleitung werden lediglich virtuelle ATM-Verbindungen eingesetzt, bildet die Grundphilosophie dieser Ansätze.

Das ATM-Forum unternahm/unternimmt auch Aktivitäten zur Integration des LAN-Verkehrs in ATM-Netze. Sowohl Bridging- als auch Routing-Ansätze werden verfolgt (LANE, MPOA,...). Insbesondere das Mit- bzw. Nebeneinander ist offener Streitpunkt.

Im wesentlichen lassen sich die heutigen Methoden zur Integration existierender LAN's und ATM-basierter Netze in zwei Kategorien unterteilen.

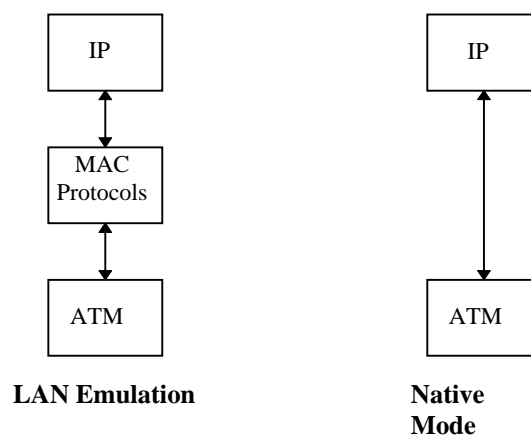


Abb. 4.12.: Native-Mode-Protocol- und LANE-Ansatz [All 95]

Beide Methoden dienen der Übertragung von Network-Layer-Protokollen über ein ATM-Netz im Overlay Mode.

| Native Mode Protocol Support over ATM | LAN Emulation |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ routerbasierte Kopplungsarchitektur ■ Multiprotokollrouter mit ATM-Interface können native-mode-Protokolle über ATM routen und den Verkehr zwischen LAN-Segmenten und ATM bewegen ■ Unterstützung der schrittweisen und nahtlosen Integration von einzelnen ATM-Subnetzen in eine routerbasierte Infrastruktur ■ Adreßauflösung durch direktes Mapping von Network-Layer-Adressen in ATM-Adressen ■ erfordert Treiberaustausch ■ zukünftige QoS-Unterstützung ■ neue Standards müssen für jedes Protokoll entwickelt werden oder ein Protokoll für Multiprotokollunterstützung ■ bisher nur für IP hinreichend standardisiert (RFC 1577) ■ mit MPOA wird eine über IP hinausgehende Unterstützung für native-mode-Protokolle entwickelt | <ul style="list-style-type: none"> ■ Bridging-Ansatz auf MAC-Ebene (Layer 2 Dienst) ■ läßt verbindungsorientiertes ATM-Netz wie ein shared connectionless LAN-Segment erscheinen ■ in der Lage routbare (TCP/IP, IPX, DECNET,...) als auch nicht routbare Protokolle (NetBIOS, SNA,...) zu verarbeiten da Layer-2-Dienst ■ bietet derzeit größte Flexibilität ■ Unterstützung von ABR und UBR (beste Anpassung an Natur von MAC-Protokollen) ■ keine Higher-Layer-Protokolländerungen nötig ■ keine volle Nutzung aller ATM-Vorteile, kein QoS möglich |

Tab. 4.5.: Vergleich der Ansätze: LANE und Native Mode Protocol over ATM

[Cis(2)95], [Bay 96], [Data 1/95], [Bad 95], [Kya 96], [All 95], [LL 11/96], [Data 3/96]

4.2.3.1. RFC 1483 - Multiprotocol Encapsulation over ATM

RFC 1483 beschreibt eine generelle LAN/ATM-Verbindungstechnologie unter Verwendung des AAL-Typ 5 für die Einkapselung unterschiedlicher Protokolle. Das Bridging zwischen bestimmten Netzwerkarchitekturen und ATM wird durch die Einkapselung kompletter MAC-Frames ermöglicht.

Im RFC 1483 werden 2 Möglichkeiten unterschieden, welche dem Netzbetreiber volle ATM-Funktionalität zur Verfügung stellen.

- LLC-Encapsulation
- VC-basiertes-Multiplexing

Die Absprache über die zu verwendende Methode erfolgt bei PVC's durch Vereinbarungen während der Konfigurationsphase und bei SVC's durch die Signalisierung.

4.2.3.1.1. LLC-Encapsulation

Funktionsweise:

Bei der LLC-Encapsulation werden die unterschiedlichen Protokolle eines Endgerätes über die LLC-Schicht gemultiplext. Die LAN-Pakete werden in AAL-5-CPCS-PDU's eingeschachtelt. Die Übertragung erfolgt für den gesamten Datenstrom über einen einzigen VC. Das Verfahren eignet sich für alle Protokolle, die einen LLC-Header benutzen (IEEE 802 Protokolle wie Ethernet, Token Ring und DQDB sowie FDDI).

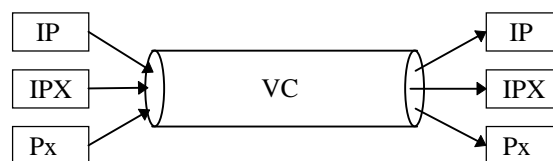


Abb. 4.13.: LLC-Encapsulation [Bad 95]

Der Typ der encapsulierten Pakete (höherer Schichten) wird durch den verwendeten LLC/SNAP-Header identifiziert. Die LLC-Header-Informationen werden vor den eigentlichen LAN-Daten am Anfang der CPCS-PDU der AAL-5 plaziert und dienen dem Multiplexen. Optional wird der IEEE 802.1 Subnetwork-Header (SNAP - Subnetwork Access Protocol) verwendet.

Es werden ISO und Non-ISO-Protokolle unterschieden, die gebridget oder geroutet werden können.

Bei gerouteten ISO-Protokollen wird ein NLPID (Network Layer Protocol Identifier) verwendet, wie in der ISO-Norm TR 9577 definiert.

Andere Protokolle verwenden einen OUI (Organisation Unique Identifier), wie von IEEE 802.1 für den SNAP-Header definiert.

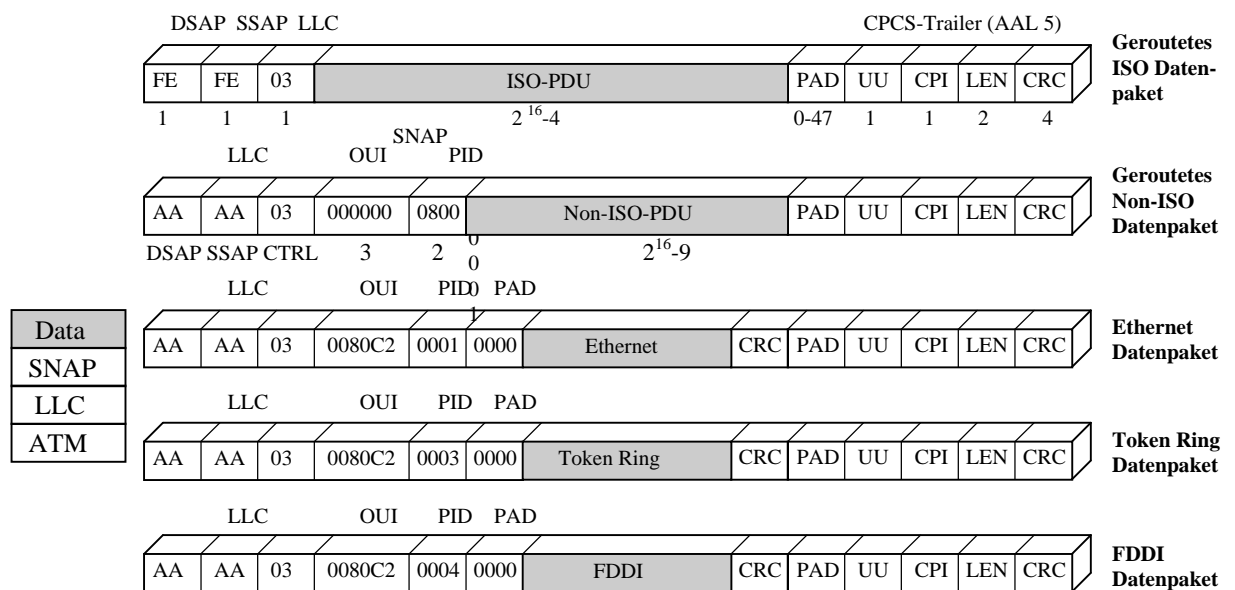


Abb. 4.14.: In RFC 1483 definierte Framestrukturen für die LLC-Encapsulation.

[Bad 95/Kya 96]

DSAP (Destination Service Access Point), SSAP (Source Service Access Point) und das Control-Feld bilden den LLC1-Protokollkopf.

Im Kontrollfeld weist der Wert 03 darauf hin, daß es sich um einen U-Frame (unnumbered) handelt. Die Codierung AA in den Feldern DSAP und SSAP verweisen auf das verwendete Adressierungsformat (SNAP-Adressierung).

[SNAP-Header: OUI - Anzeige, daß es sich um Ethertype handelt

P.ID (Protocol Identifier) - Wert des Ethertypes]

Bei bridged PDU's werden zwei unterschiedliche CRC-Verfahren angewendet.

- Übertragung des MAC-Frames mit CRC
- Übertragung ohne CRC, anschließende Neuberechnung

Die Verwendung des originalen CRC-Feldes bietet höhere Sicherheit vor Datenverfälschungen.

Vorteile der LLC-Encapsulation:

- geringe Anzahl virtueller Kanäle
- verschiedene Protokolle über eine Verbindung übertragbar

Nachteile:

- Vorteil der geringen Kanalanzahl wird durch hohen Overheadanteil erkaufte

Anwendungsgebiet:

Das Verfahren eignet sich besonders gut, wenn das Schalten von Verbindungen kompliziert ist, z.B. wenn nur PVC's zur Verfügung stehen, SVC's nicht unterstützt werden oder aus Kostengründen auf das Öffnen mehrerer Verbindungen (z.B.: im öffentlichen Netz) verzichtet werden muß.

Darstellung des Verfahrens anhand von Ethernet (mit Beispielcharakter für andere Netztypen):

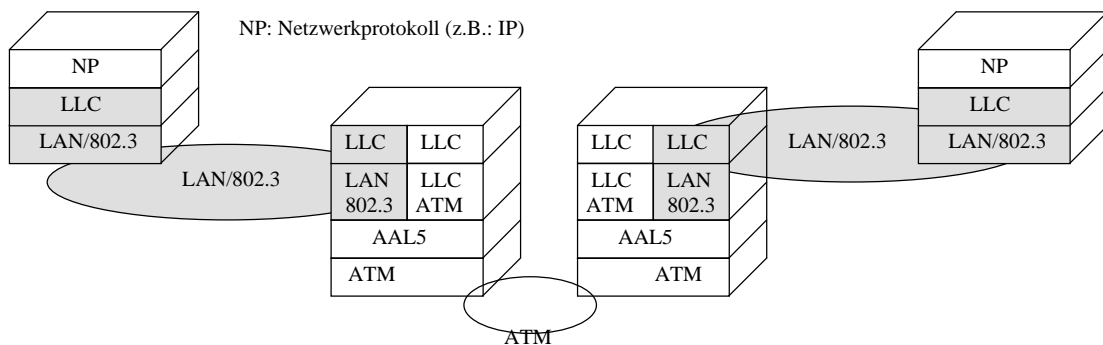


Abb. 4.15.: Anwendung auf Ethernet-Stack [Zeh 94]

Die Daten des Netzwerkprotokolls sind bereits in der IEE-802.x-PDU enthalten. Die Umsetzung auf ATM erfolgt in der Bridge /bzw. umgekehrt.

Bei der Kapselung wird der komplette MAC-Frame umgestellt, um einheitlich (z.B.: in Geräte-Treibern) herauszufinden, um welchen PDU-Typ es sich handelt.

Für Ethernet enthalten die Headerfelder folgende Werte:

LLC: AA - AA - 03

SNAP: OUI = 0080C2

P.ID = 0001 mit FCS (Frame Check Sequence)

= 0007 ohne FCS

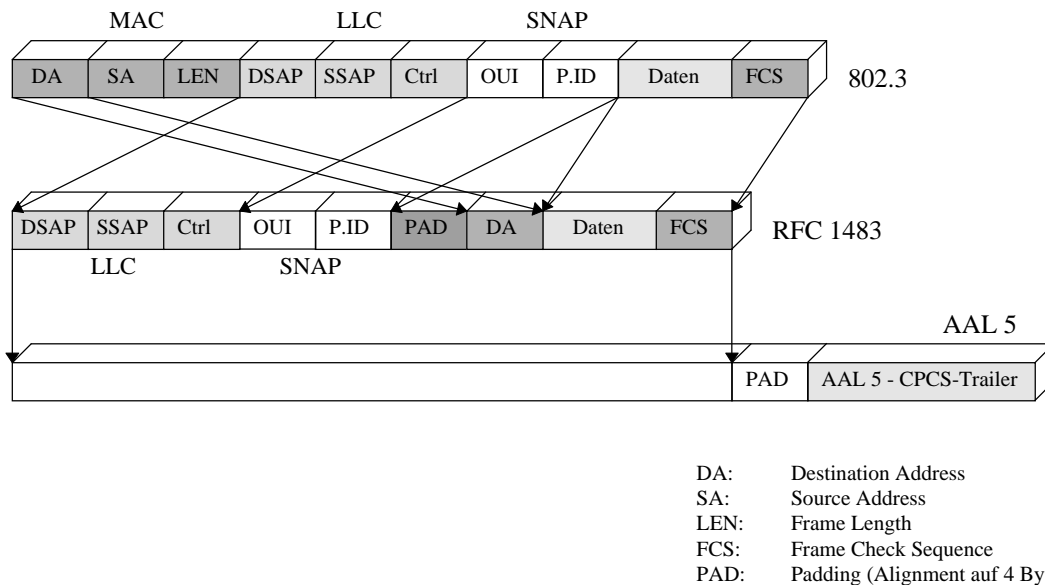


Abb. 4.16.: Encapsulation für Ethernet [Zeh 94]

4.2.3.1.2. VC-basiertes-Multiplexing, Null-Encapsulation

Funktionsweise:

Das LLC-Verfahren ist relativ aufwendig. Daher wurde als Alternative ein zweites Verfahren definiert.

Beim VC-basierten-Multiplexing werden die Protokolle höherer Schichten durch die Verwendung verschiedener virtueller Kanäle implizit gemultiplext.

Die Pakete werden direkt in das CPCS-Nutzdatenfeld des AAL-Typ 5 geschrieben. Da jedes Protokoll höherer Schichten auf einem separaten Kanal übertragen wird, kann auf den Eintrag expliziter Protokolldaten zur Protokollidentifikation verzichtet werden (Effizienzgewinn). Aus diesem Grund entstand die zweite Bezeichnung - Null-Encapsulation.

Auch bei diesem Verfahren werden sowohl geroutete als auch gebrochene Protokolle unterstützt.

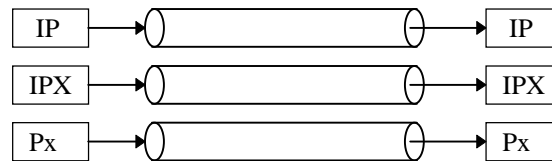


Abb. 4.17.: VC-basiertes-Multiplexing [Bad 95]

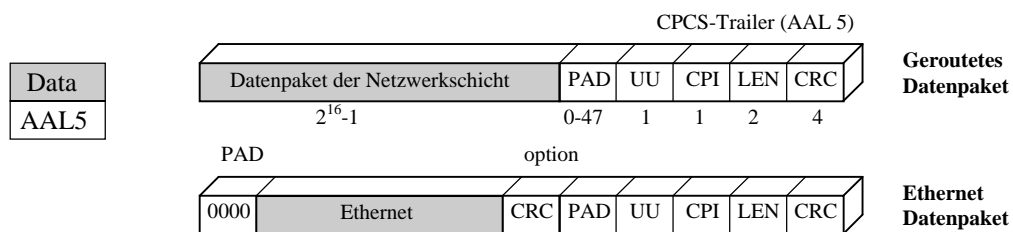


Abb. 4.18.: In RFC 1483 definierte Framestrukturen für das VC-basierte-Multiplexing

Vorteile:

- einfacheres und effizienteres Verfahren als die LLC-Encapsulation
- kein zusätzlicher Overhead

Nachteile:

- unökonomisch in Weitverkehrsnetze, da viele VC's belegt werden

Anwendung:

Das VC-basierte-Multiplexing wird vorrangig in Anwendungen verwendet, bei denen das Öffnen von VC's (bzw. Aufbau von SVC's) schnell und ökonomisch möglich ist und die dynamische Verwaltung einer großen Anzahl von VC's kein Problem darstellt. Dies ist zunächst hauptsächlich in privaten Netzen erfüllt.

Aus den genannten Vorteilen heraus, ist es empfehlenswert, in den sich anbietenden Fällen das VC-basierte-Multiplexing anzuwenden.

[Data 1/95], [Bad 95], [Zeh 94], [Gat 5/95]

4.2.3.2. RFC 1577 - Classical IP over ATM

RFC 1577 stellt ein über RFC 1483 hinausgehendes Einkapsulierungsverfahren zur vollständigen und optimierten Spezifizierung der Internet-Protokoll-Implementation für ATM dar. Da IP das dominierende Netzwerkprotokoll darstellt, wurde die Entwicklung eines Standards schon sehr früh abgeschlossen (bevor LANE verfügbar war).

Das Ziel des IETF-RFC 1577 besteht in der Definition der zum Senden von IP-Datagrammen, ARP-Anfragen und -Antworten über ein ATM-Netz notwendigen Framestrukturen und Algorithmen unter Verwendung des AAL5-Dienstes. Zusätzliche Festlegungen zu dieser Problematik sind in den RFC's 1755 (ATM-Signaling Support for IP over ATM) und 1626 (Default IP MTU for use over ATM AAL5) enthalten.

Im RFC 1577 werden für die Übertragung von IP-Datagrammen sowohl dynamische (SVC's) als auch permanente (PVC's) Verbindungen unterstützt.

Das lokale ATM-Netz wird als IP-Subnetz betrachtet.

Wesentliche Kernpunkte der Spezifikation bestehen in folgenden Punkten:

- alle IP-Pakete müssen das LLC/SNAP-Encapsulation-Verfahren benutzen (siehe RFC 1483)
- Verfahren zur Adreßabbildung von IP- auf ATM-Adressen und Kanalnummern
- zur Adreßauflösung muß ARP (Address Resolution Protocol) in einer an ATM angepaßten Form verwendet werden
- Benutzung von IP und ARP in einem ATM-Netz, welches wie ein LIS (Logical IP Subnet) konfiguriert ist
- zur Übertragung auf einem VC in einem LIS muß eine Übertragungseinheit mit standardisierter Maximalgröße verwendet werden
- Strategien zum Auf-/Abbau direkter ATM-Verbindungen zwischen IP-Endsystemen

Die beiden Hauptaspekte, welche sich generell für jedes Netzwerklayerprotokoll bei der Übertragung über ATM stellen, sind:

- Paket-Encapsulation
- Adreßauflösung

[Bay 96], [Kya 96], [Bad 95], [Zeh 94], [c't 10/96], [Data 1/95], [PCN 3/96], [All 95]

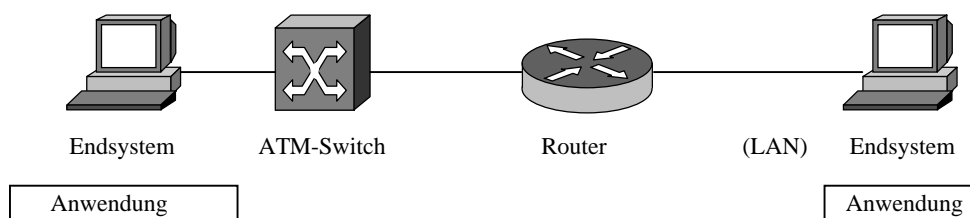
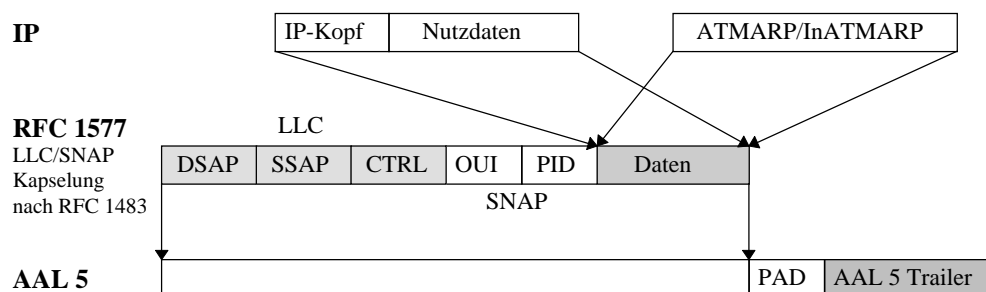
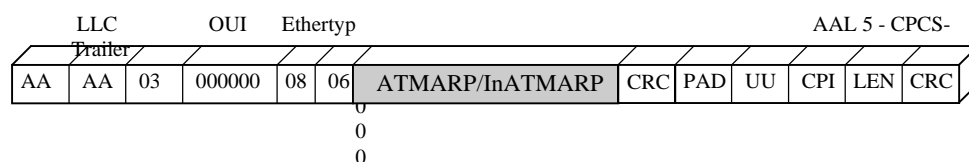


Abb. 4.19.: RFC 1577 Protokollstruktur [Bad 95]**4.2.3.2.1. IP-Paket-Encapsulation**

IP-Pakete und ATMARP-PDU's werden nach den Regeln des vorausgehenden Standards RFC 1483 in AAL-5-CPCS-PDU's übertragen. Die LLC-Encapsulation ist die für IP over ATM gebräuchlichste Form. Die definierte IP-MTU (Maximum Transfer Unit) von 9180 Bytes füllt dabei jedoch nicht die gesamte CPCS-PDU.

**Abb. 4.20.:** Prinzip der IP-Paket-Encapsulation [Zeh 94/Bad 95]**Abb. 4.21.:** Encapsuliertes ATMARP-Paket

[Kya 96/Bay 96]

[All 95], [Zeh 94], [Kya 96]

4.2.3.2.2. IP-Subnetzanforderungen und -konfiguration

RFC 1577 definiert die Nutzung von IP und ARP in einem ATM-Netz, welches wie ein LIS (Logical IP Subnet) konfiguriert ist. Bei der Emulation eines IP-Netzes wird davon ausgegangen, daß alle Teilnehmer an der Kommunikation im gleichen IP-Netz liegen.

Ein LIS verbindet mehrere Mitglieder (Hosts oder Router) und arbeitet unabhängig von anderen LIS im selben ATM-Netz.

In jedem LIS müssen die zugehörigen Endgeräte und Router eindeutig und unabhängig von anderen Einrichtungen (in anderen LIS) konfiguriert sein (gleiche Subnetzadresse und Adressmaske / Verbindung zum gleichen ATM-Netz / Zugang zur Einrichtung, die ATMARP-Funktion bereitstellt / alle Mitglieder müssen VC's in IP-Adressen auflösen können). In jedem LIS existiert ein ATMARP-Server. Stationen im LIS befinden sich direkt im ATM-Netz. Stationen außerhalb des LIS werden über Router erreicht.

Innerhalb eines LIS existiert eine volle Vermaschung der Stationen, so daß eine direkte Kommunikation der Teilnehmer gewährleistet wird.

Einzelne LIS arbeiten unabhängig voneinander. Die Kommunikation zwischen den LIS erfolgt über Router.

[Bay 96], [PCN 3/96], Data 1/95]

4.2.3.2.3. Adreßauflösung

IP verwendet eine andere Adreßstruktur, die in keiner logischen Beziehung zu ATM-Adressen steht. ATM verwendet weiterhin nach dem Verbindungsaufbau nur Kurzkennzeichnungen (VPI/VCI).

RFC 1577 stellt ein direktes ATM-zu-IP-Adreßmapping zur Verfügung. Es definiert zudem ein Protokoll zur Unterstützung der automatischen Adreßauflösung und führt den Begriff LIS ein.

Die Adreßauflösung basiert auf einem an ATM angepaßten ARP (address Resolution Protocol) und der Verwendung dedizierter Server zur Registrierung und zur Bereitstellung von ARP-Diensten. Die Notwendigkeit eines speziellen ATM-ARP-Protokolls entsteht aus der Tatsache, daß ATM keine Broadcastfunktionalität unterstützt.

Zwei wichtige Adreßauflösungsfunktionen sind definiert.

ATMARP-Funktion (IP- in ATM-Adressen)

InATMARP-Funktion (ATM- in IP-Adressen)

Für die Adreßauflösung innerhalb eines LIS enthält jedes LIS einen ATMARP-Server, welcher alle IP-Adressen seines LIS kennt. Der ATMARP-Server fragt die Konfiguration der Clients durch die InATMARP-Requests ab und baut seine ARP-Tabellen auf.

Die Clients sind selbst verantwortlich für die Registrierung der eigenen Adreßinformationen beim ATMARP-Server bzw. für den Erhalt der gewünschten IP/ATM-Adreßinformationen des Zielsystems vom Server. Die Clients unterhalten ebenfalls Adreßtabellen. Alle Clients im LIS sind mit der ATM-Adresse des zugehörigen Servers konfiguriert.

Die ATMARP-Adreßtabellen der Clients und Server unterliegen einem Agingprozeß. (frühestens nach 20 min beim Server/spätestens nach 15 min beim Client)

Sämtliche ATMARP/InATMARP-Pakete werden wie IP-Frames gemäß RFC 1483 (LLC/SNAP) enkapsuliert. (P.ID = 0806 kennzeichnet dabei ARP-Paket)

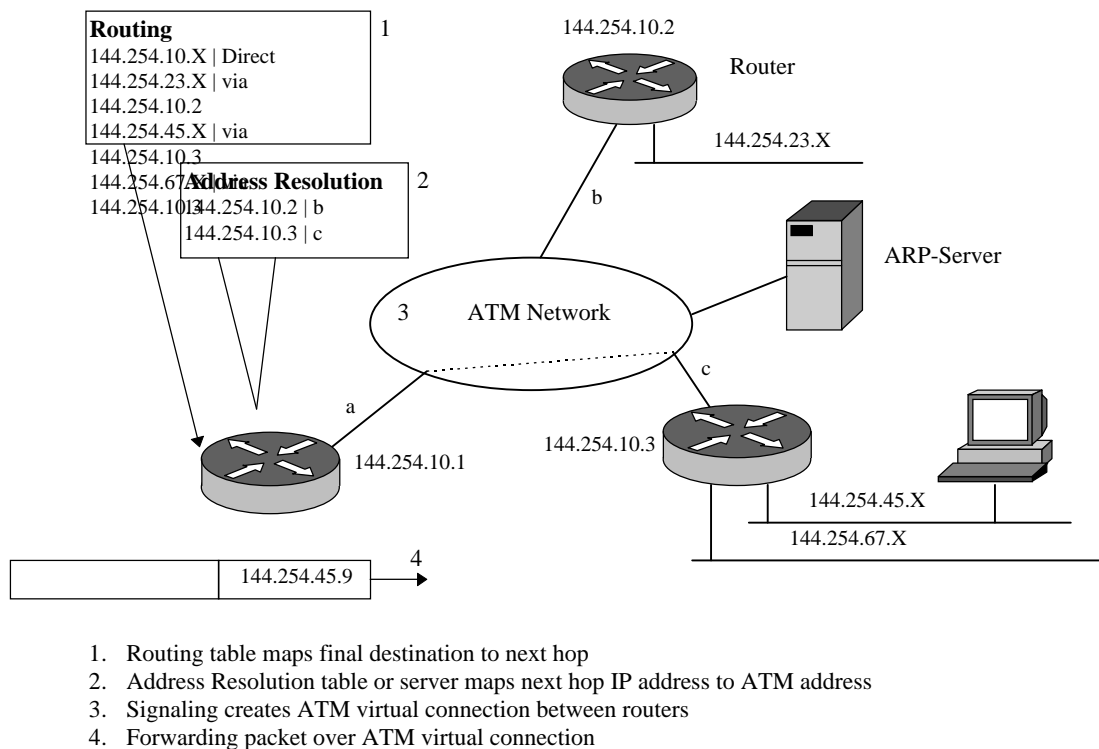


Abb. 4.22.: RFC 1577 Adreßauflösung [All 95]

Initialisierung und Registrierung:

Wenn sich ein Knoten initialisiert und dem LIS anschließt, baut er zunächst eine Verbindung (anhand der vorkonfigurierten Adresse) zum ATMARP-Server auf. Dieser sendet daraufhin einen InATMARP-Request an den Client, um dessen IP- und ATM-Adresse zu erfahren, welche er in seiner ATMARP-Tabelle speichert.

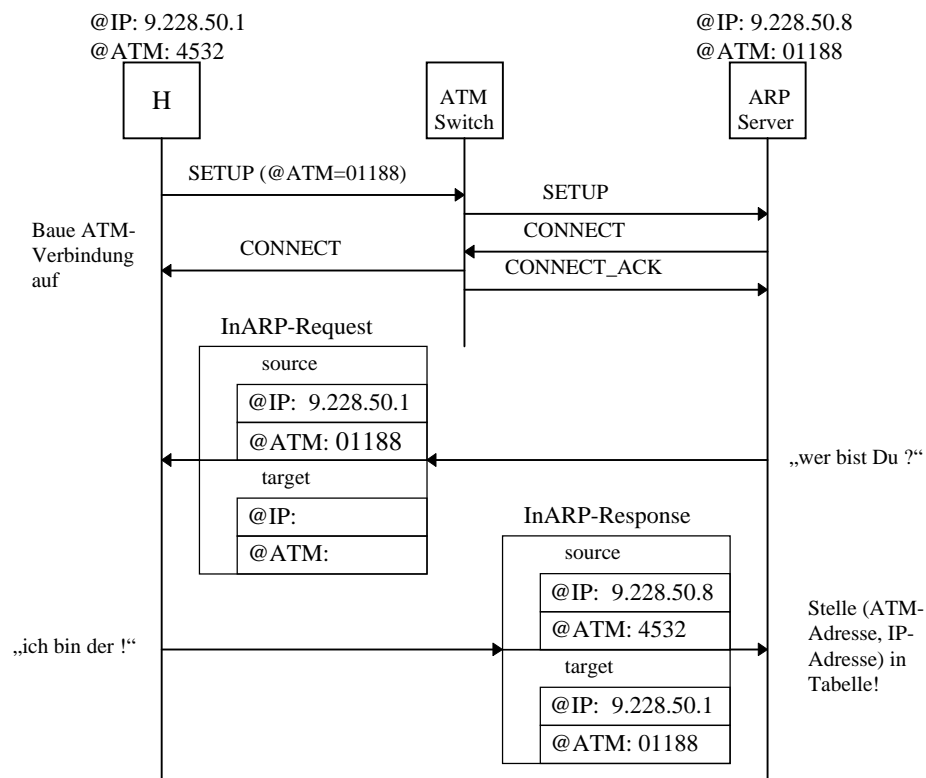


Abb. 4.23.: RFC 1577 Adreßauflösung: Initialisierung [Bad 95]

Der ATMARP-Server aktualisiert seine Einträge durch periodische InATMARP-Abfragen an die Clients im Rahmen eines Alterungsprozesses.

Auflösung einer Adresse:

Benötigt ein Client im LIS die Auflösung einer IP-Adresse, sendet er einen ATMARP-Request an den Server. Kann der Server die angefragte Adresse anhand seiner Tabelle auflösen, sendet er einen ATMARP-Response mit der aufgelösten Adresse an den Client. Um auf ein Fehlen eines Eintrages zu verweisen, sendet der Server einen ATM-NAK-Response (not acknowledged).

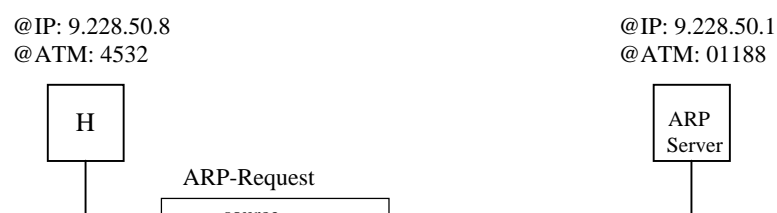


Abb. 4.24.: RFC 1577 Adreßauflösung: Adreßanfrage [Bad 95]

Hat der Client die angeforderte ATM-Adresse (korrespondierend zur IP-Adresse) erhalten, kann er eine Verbindung zur Zielstation aufbauen und die Adresse in seiner lokalen Adreßtabelle ablegen.

[Data 1/95], [All 95], [PCN 3/96], [Kya 96], [Zeh 94], [Bad 95]

4.2.3.2.4. Vorteile, Nachteile und GrenzenVorteile:

- innerhalb eines LIS ist Adreßauflösung einfach implementierbar, ohne auf ATM-Broadcast- oder Multicast-Mechanismen zurückzugreifen
- Effizienz, hoher Durchsatz, da für IP optimiert

Nachteile und Grenzen:

- Limitierung auf IP, in Multiprotokollumgebungen sind aufwendige IP-Encapsulation-Techniken erforderlich
- Verfahren durch andere Protokollstandards überholt
- keine Mechanismen zur Bildung von VLAN's über mehrere LIS
- Mitglieder unterschiedlicher LIS müssen über Router kommunizieren

- kein LIS-Client kann Mitglied in mehreren LIS sein, da jeder LIS-Client nur eine ATM-Adresse besitzt, die eindeutig mit einer IP-Adresse korrespondiert
- ab einer bestimmten Netzgröße ist Client-Server-Konzept ineffizient und zu langsam (Server werden zum Bottleneck)
- stabiler Betrieb bei Verwendung eines einzelnen ATMARP-Servers nicht gewährleistet (Übergang zu verteilten Serverstrukturen)

[Zeh 94], [PCN 3/96], [LL 11/96], [Bay 96], [IEEE 4/96]

4.2.3.2.5. Das NHRP (Next Hop Resolution Protocol)

Eine wesentliche Einschränkung des Classical IP over ATM bildet die Kommunikation von Clients, welche sich in unterschiedlichen LIS befinden. Clients in unterschiedlichen LIS müssen über Zwischen-Hop-Router kommunizieren. Augenfällig sind dabei die Grenzen, die dieses Verfahren aufwirft, insbesondere im Hinblick auf ausgedehnte ATM-Netze aus vielzähligen LIS. Die Zahl der Zwischen-Router-Hops wächst drastisch an und damit auch die Verzögerungszeiten.

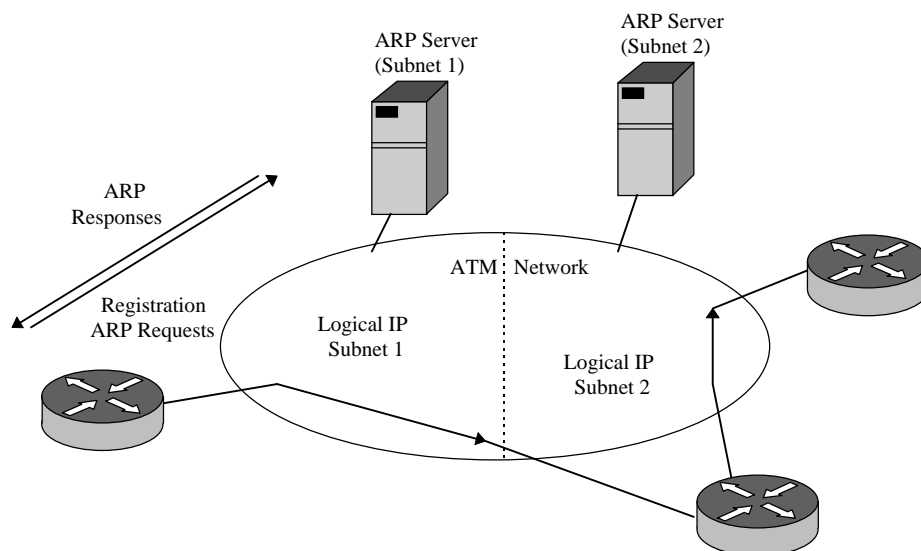


Abb. 4.25.: Routing zwischen LIS im klassischem IP-over-ATM-Modell [All 95]

Zur Überwindung der Schwächen des klassischen Ansatzes erarbeitete die IETF (Arbeitsgruppe ROLC) einen neuen Standard für den Internet-Bereich - das NHRP, welches auf der Nutzung von Super-Servern aufbaut.

Das Ziel von NHRP ist es, einem Client zu ermöglichen, einige oder alle Zwischenrouter zwischen Sende- und Zielhost zu umgehen und eine direkte Verbindung über ATM-Switches aufzubauen.

Das NHRP baut auf dem Classical IP Modell auf und ersetzt das Konzept des LIS durch den Begriff des NBMA (Non-Broadcast-Multi-Access-Subnet). Als Netztechnik wird ATM favorisiert, wobei auch andere Netztechniken denkbar sind. Ebenso verhält es sich mit den Netzwerkprotokollen. NHRP ist neben IP auch für andere Protokolle verwendbar.

NBMA-Netze sind dynamisch veränderbar. Ein NBMA-Netz besteht allgemein aus mehreren LIS (NBMA-Subnetze können im Gegensatz zu IP-Subnetzen mehrere IP-Subnetze übergreifen).

Anstelle des ARP-Servers tritt ein sogenannter NHS (Next Hop Server), welcher „next-hop-resolution“-Tabellen mit IP-zu-ATM-Mappings aller Clients unterhält, die an diesen angeschlossen sind. Die Clients (Hosts/Router) sind mit der ATM-Adresse ihres NHS konfiguriert und registrieren ihre ATM- und IP-Adressen beim NHS, welcher mit diesen Informationen seine Adreßtabellen aufbauen kann.

Ein oder mehrere NHS sind Bestandteil eines NBMA-Subnetzes und implementieren das NHRP. Jeder NHS bedient oder verwaltet einen Satz von Zielstationen. Mehrere NHS lösen gemeinschaftlich den nächsten Hop innerhalb ihrer Subnetze auf.

Erkennt ein Client, daß er Daten über das NBMA-Netz senden möchte und eine Adresse aufzulösen hat, formuliert und überträgt er einen NHRP-Request an seinen NHS. Kann die Anfrage durch den NHS bedient werden, sendet der NHS einen NHRP-Reply. Sollte der NHS die Adresse nicht auflösen können, konsultiert er seine Routing-Tabelle, um den nächsten NHS auf dem Pfad zur Zielstation zu ermitteln und sendet den Request über diesen Weg weiter. Der nächstfolgende NHS vollzieht den gleichen Entscheidungsalgorithmus, bis der NHS erreicht ist, welcher in der Tat das angefragte IP/ATM-Adreßmapping enthält und in der Lage ist, den Request zu beantworten. Dieser NHS erwidert den Request mit einem Reply, welcher in umgekehrter Sequenz von NHS bis zum anfragenden Client übertragen wird (gleicher Weg, damit andere NHS die angefragte Adresse lernen und ihre Tabellen vervollständigen können). Mit den

empfangenen Adreßinformationen ist der Knoten in der Lage, eine direkte Verbindung zum Ziel-Client aufzubauen.

(Während des Requests schlägt das NHRP-Protokoll vor, daß ein Client optional die Pakete entlang eines Default-Router-Pfades senden kann, um die Verzögerung zu verringern.)

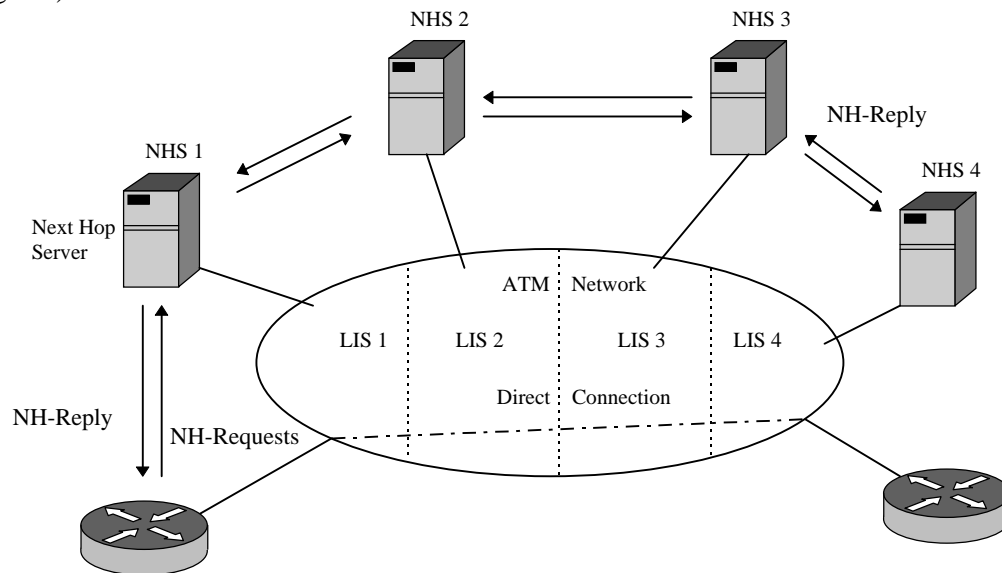


Abb. 4.26.: NHRP-Funktion [All 95]

[All 95], [PCN 3/96], [IEEE 4/96]

4.2.3.3. LAN Emulation (Version 1)

4.2.3.3.1. Grundlegende Bemerkungen, wesentliche Eigenschaften und Vorteile

Die Mehrheit heutiger Netze sind mixed-protocol Umgebungen, welche IP, IPX, NetBEUI, Apple Talk, DECNet, usw. nutzen. Es existiert eine riesige Basis etablierter Anwendungen (aus Entwicklung her), die nicht ATM-spezifisch ausgelegt sind.

Die ATM-Forum LAN Emulation Spezifikation (Version 1.0), welche heute von allen Herstellern implementiert wird, definiert Mechanismen für die Integration von Ethernet- und Token-Ring-Netzen in ein schnelles ATM-Backbone (Simulation der Broadcast-Natur von Ethernet und Token Ring).

Ethernet-, Token Ring-, ATM-Endstationen können so miteinander kommunizieren als wären sie an ein LAN angeschlossen. Für FDDI-Pakete ist keine Encapsulation definiert. Fast Ethernet (100 Base T) und 802.12 (100 VG Any LAN) können unverändert in Ethernet-LANE-Formaten übertragen werden.

LANE stellt eine allgemeine Lösung dar, welche LAN/ATM-Bridging (aufgrund Arbeitsweise als Bridging Protokoll auf Layer 2) ermöglicht, und die Mehrheit des LAN-Verkehrs über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zwischen Sender und Empfänger überträgt.

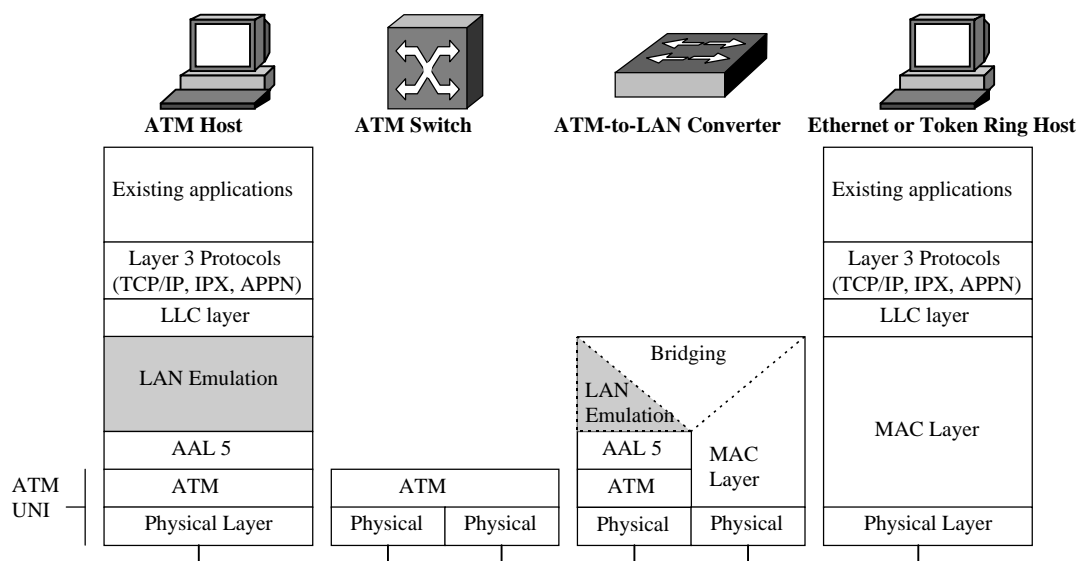


Abb. 4.27.: Konzept der LANE [3Com]

Das Ziel der LANE lässt sich allgemein formulieren:

Ermöglichen des Datenaustausches zwischen traditionellen LAN's über ein ATM-Backbone, ohne Anforderungen an garantierte Bandbreite und QoS. LANE zielt auf die Emulation eines einzelnen LAN-Segmentes, durch Bereitstellung des verbindungslosen Broadcast-Services (wie von Network-Layer-Protokollen gefordert), die notwendige Wandlung zwischen LAN-Paketen und ATM-Zellen und die Adreßauflösung zwischen MAC- und ATM-Adressen.

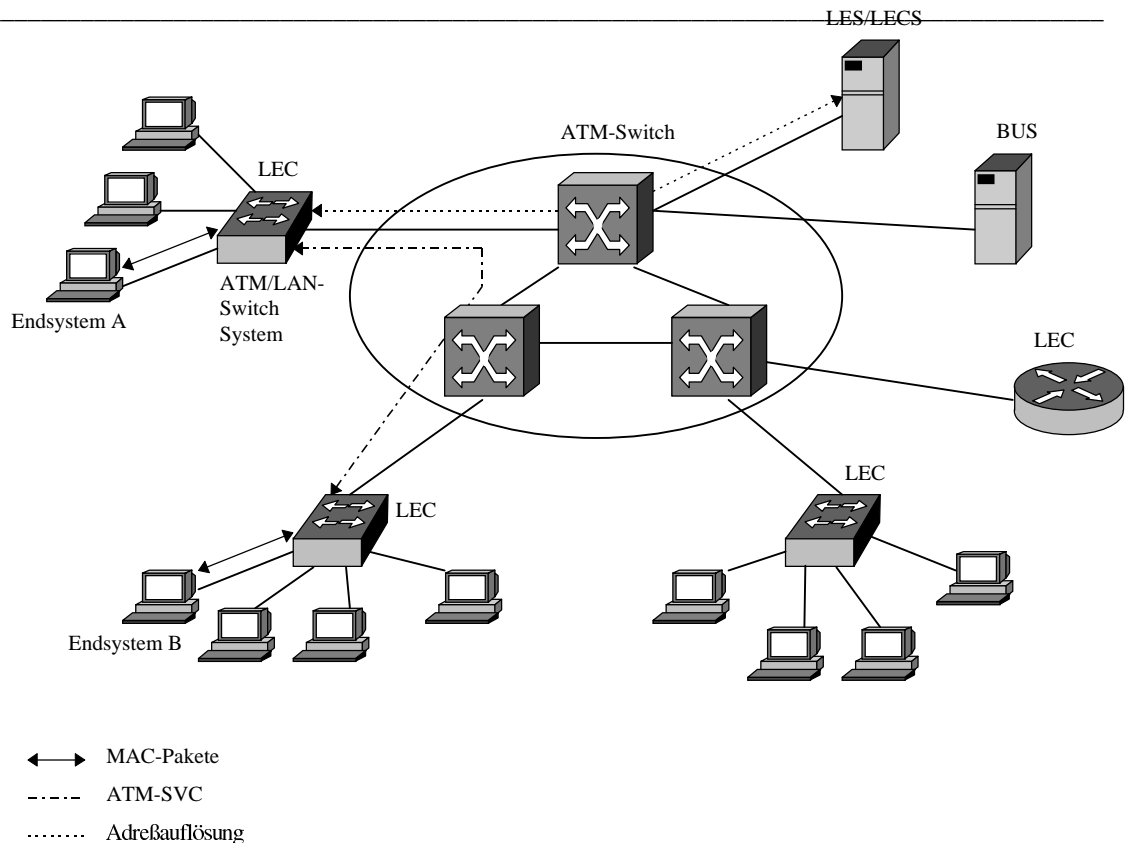


Abb. 4.28.: Allgemeine LANE-Funktionsweise [Gat 2/96]

Die LAN-Emulation emuliert MAC-Protokolle (OSI-Schicht 2) auf einem ATM-Netz. Hierzu definiert LANE ein Dienstinterface für Higher-Layer-Protokolle (LLC,...). Ein neuer ATM-MAC-Layer unterhalb des LLC-Sublayer wird benötigt, der den Eindruck eines virtuellen Shared Medium vermittelt. Für Protokolle höherer Schichten hat das ATM-Netz das Aussehen eines herkömmlichen IEEE 802.x LAN's.

MAC-Frames (für Ethernet oder Token Ring) werden mittels geeigneter Encapsulation im AAL5 über ATM übertragen. Die LANE-PDU's (aus LAN-Datenpaket und LANE-Header) werden dabei in das Nutzinformationsfeld der AAL-5-CPCS-PDU eingeschrieben.

LANE unterstützt eine Menge von MPU (Maximum Packe Size) entsprechend den maximalen Ethernet-Paketen, Token Ring Paketen usw.. Die jeweils verwendete MPU ist abhängig vom ELAN-Typ. Alle LEC's eines ELAN's müssen daher die gleiche MPU nutzen.

Die Spezifikation definiert jeweils nur die Emulation eines einzigen ELAN's.

Ein ELAN kann dabei nur von einem Typ sein (Ethernet oder Token-Ring). Ein gemischter Betrieb ist in der derzeitigen Version nicht vorgesehen.

LANE nutzt nicht alle Vorteile von ATM, stellt jedoch für LAN's einen attraktiven Migrationsweg dar. Zum einen sind Geschwindigkeits- und Skalierbarkeitsvorteile von ATM nutzbar und zum anderen können etablierte Treiber und Anwendungen uneingeschränkt weitergenutzt werden.

Vorteile:

- standardbasiertes Verfahren für die Übertragung von LAN-Datenverkehr über ATM, ermöglicht Interoperabilität zwischen Produkten v verschiedener Hersteller
- stellt derzeit einfachste, effizienteste und u mfassendste LAN/ATM-Internetworking-Methode dar
- installierte Treiber und Netzsoftware kann un eingeschränkt weitergenutzt werden
- Unterstützung aller LAN-typischen Dienste
- vollständige Emulation der LAN-MAC-Schicht
- Anwender profitiert von höherer Bandbreite des ATM-Netzes bei gleichzeitiger Beibehaltung der Funktionalität und Struktur seiner bestehenden LAN-Peripherie, k eine Modifikationen angeschlossener Endgeräte
- Übertragung über Punkt-zu-Punkt-Verbindungen b ringt Geschwindigkeits- und Effizienzgewinn
- Reduzierung des Broadcast-Verkehrs
- transparente Kommunikation zwischen ATM-Clients und LAN-Clients
- Unterstützung von PVC's und SVC's
- da a uf der Übertragung traditioneller LAN-Protokolle basierend, Unabhängigkeit vom verwendeten Netzwerkprotokoll
- universell und flexibel einsetzbar
- Unterstützung dynamischer Konfigurationen
- aus der Sicht der LAN-Applikationen un iversellste Methode, ATM-Netze effizient in bestehende LAN-Strukturen zu integrieren

- Unterstützung mehrerer ELAN's

Einsatzmöglichkeiten der LANE 1.0:

- Betrieb von LAN-Applikationen über ein ATM-Netz
- Unterstützung einer stufenweisen Migration zu ATM
- Verbindung lokaler Netze über ein ATM-Backbone
- Verbindung von Servern und Workstations im ATM-Netz mit solchen in traditionellen LAN's
- VLAN-Bildung auf der Grundlage der Bildung mehrerer ELAN's, die logisch voneinander getrennt sind, unter der Benutzung des gleichen physikalischen ATM-Netzes

[hp 7/96], [IEEE 6/96], [Data 11/96], [PCN 3/96], [IEEE 4/96], [c't 10/96], [Bay 96], [Kya 96],
[For 96], [Data 8/96], [All 95]

4.2.3.3.2. LANE-Struktur und LANE-Komponenten

Die LANE-Architektur kann aus zwei Perspektiven betrachtet werden.

1.) Betrachtung der internen Schichtenstruktur

Die interne Schichtenarchitektur macht Abläufe zwischen einzelnen Schichten deutlich, die bei der Interaktion zwischen den LAN-Emulationseinheiten und anderen Einheiten in den Endstationen stattfinden.

Der LANE-Layer stellt einen Translationslayer zwischen higher-level connectionless Protokollen und dem lower-level connection-oriented ATM zur Verfügung.

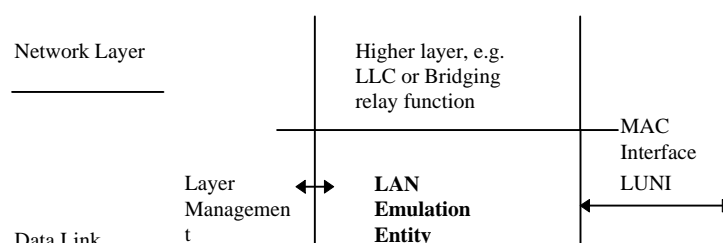


Abb. 4.29.: LANE-Schichtenmodell [Bay 96]Service-Schnittstellen:

- LANE-Schicht/höhere Schichten: Mechanismen, die zum Empfangen und Senden von Daten notwendig sind
- LANE-Schicht/AAL: Mechanismen zum Empfangen und Senden von AAL-5-Rahmen
- LANE-Schicht/Connection Management: zuständig für den Auf-/Abbau von PVC's und SVC's
- LANE-Schicht/Schichtenmanagement: initialisiert und steuert LANE-Dienst

2.) Betrachtung des Zusammenwirkens der einzelnen LANE-Komponenten

Die LAN Emulation basiert auf einem Client-Server-Modell. Sie definiert folgende Typen von Komponenten:

- LANE Clients LEC
- LANE Server LECS, LES, BUS (stellen LANE-Services/-dienste bereit)

LANE-Server können in Endgeräten, ATM-Switches, Übergangsgeräten, Routern implementiert werden (zentral in einem Gerät oder dezentral in mehreren Geräten).

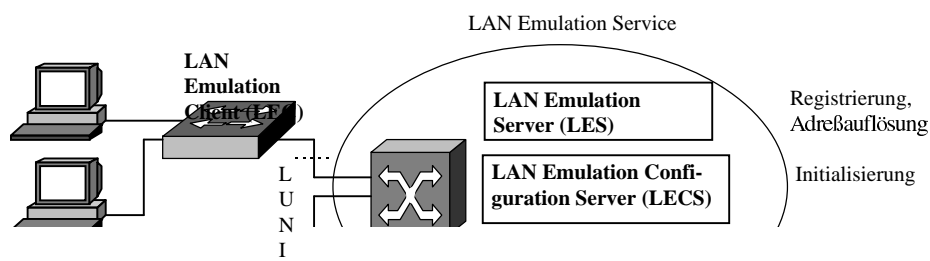


Abb. 4.30.: LANE-Komponenten [3Com]LEC (LAN Emulation Client):

- implementiert im Endsystem (ATM-Endgerät, Router, LAN-Switch, LAN-to-ATM-Bridge)
- kombiniertes Hard- und Softwarepaket im Endsystem (Systemhardware, Standard-LAN-Software, LE-Client-Software, ATM-Interface)
- je nach Zugehörigkeit zu verschiedenen ELAN's - je einmal für jedes ELAN notwendig,
- identifizierbar durch 6 Byte MAC-Adresse und 20 Byte ATM-Adresse
- Kommunikation mit LANE-Service-Komponenten über das LUNI-Interface
- unterstützt Data Forwarding und Adreßauflösung sowie Steuerungsfunktionen (z.B.: Initialisierung, Registrierung)
- Unterstützung des Verbindungsaufbaus direkter VCC's
- Verwaltung der bereits aufgelösten Adreßassoziationen und bestehender Verbindungen
- Encapsulation und Decapsulation der Datenpakete
- stellt Standardschnittstelle (Ethernet- oder Token Ring-Interface) für higher-layer Protokolle bereit, realisiert MAC-Dienstschnittstelle

Sonderfall: Proxy LEC (z.B.: Brücken, LAN-Switches)

Ein LEC agiert als Proxy, wenn sich hinter ihm mehrere LAN-Stationen und somit auch mehrere MAC-Adressen verbergen.

LECS (LAN Emulation Configuration Server):

- Überwachung der Konfiguration (mehrerer ELAN's) innerhalb einer Verwaltungsdomäne (z.B.: ATM-Backbone-Netz)
- Unterstützung der Autokonfiguration der LEC's
- ELAN-Management
- Vermittlung von LEC's zu einem ELAN, Verweis an den korrespondierenden LES (auf der Grundlage einer Konfigurationsdatenbank)
- ermöglicht Netz-Administratoren die Zuordnung physikalischer LAN's/Endgeräte zu ELAN's und Backbone-weite VLAN-Bildung

LES (LAN Emulation Server):

- implementiert Kontrollfunktionen für ein ELAN, Koordination der Steuerprozesse
- Registration der zu einem ELAN gehörenden LEC's
- Bereitstellung des Adreßauflösungsdienstes (MAC- zu ATM-Adressen)
- Verwaltung von Adreßauflösungstabellen, zentrales Adreßregister eines ELAN (korrespondierende ATM/MAC-Adressen)

BUS (Broadcast and Unknown Server):

- Voraussetzung für die Bereitstellung des verbindungslosen Datenverkehrs
- Broad- und Multicast-Verteilung innerhalb eines ELAN
- über eindeutige ATM-Adresse, die der MAC-Broadcast-Adresse (alle 1) entspricht, identifizierbar
- Überlieferung von Datenverkehr für unregistrierte Clients oder LEC's, deren Adressen nicht aufgelöst werden konnten
- Unterstützung der parallelen Übertragung von Unicast-Frames während der Adreßauflösung

Grundstruktur eines ELAN und Basiskonzept:

Durch die Verbindungen der LEC's, LES und BUS entsteht ein ELAN, welches ein virtuelles Netz darstellt, in dem die Teilnehmer wie in einem physikalischen LAN kommunizieren können. Ein ELAN stellt eine einzige Broadcast-Domäne im Sinne eines Shared Media LAN dar.

Das wichtigste Interface im ELAN stellt das LUNI dar, welches die Kommunikation zwischen den LEC's und den LANE-Servern ermöglicht.

Die LEC's sind in den Endgeräten implementiert. Jeder ATM-Adapter, Router oder LAN-Switch kann mehrere LEC's unterstützen, ein LEC für jedes angeschlossene ELAN. Eine Netzkomponente kann somit simultan in mehreren ELAN's vertreten sein.

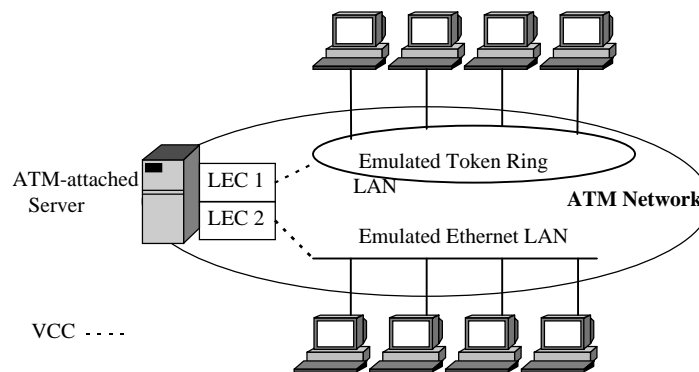


Abb. 4.31.: Teilnahme eines Endgerätes an mehreren ELAN's [Data 8/96]

Je ELAN ist jeweils ein LES und ein BUS erforderlich, so daß LES und BUS mehrfach (entsprechend der ELAN-Anzahl) in einem ATM-Netz vorhanden sein können. Ein LECS übernimmt die ELAN-übergreifende Koordinierungsfunktion in einem ATM-Netz.

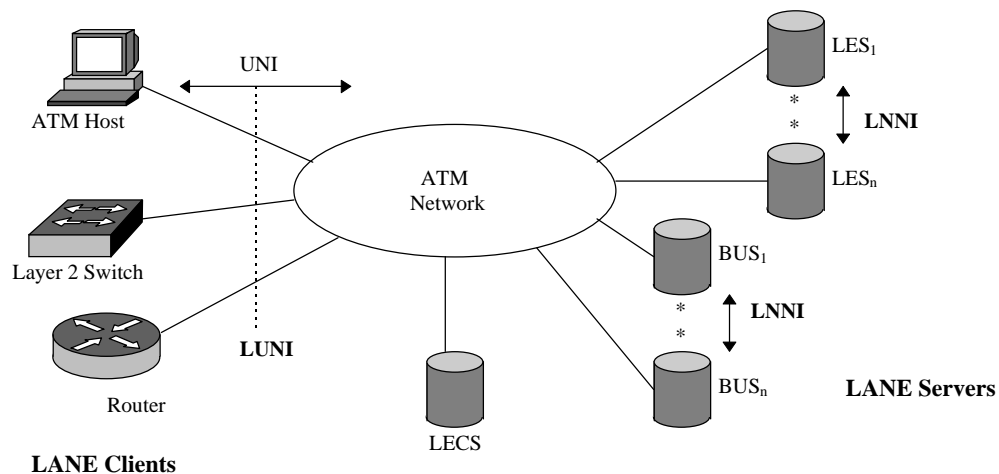
Die drei Server-Komponenten (LECS, LES und BUS) können in einem physikalischen Gerät oder verteilt implementiert sein. Die Lokation wird in der Spezifikation nicht spezifiziert.

Ein ATM-Netz kann aus mehreren, voneinander unabhängigen ELAN's bestehen. Die Teilnehmer im ELAN können direkt miteinander kommunizieren, zwischen ELAN's sind Router erforderlich.

[PCN 3/96], [IEEE 4/96], [Cis(2)95], [Bay 96], [Bad 95], [Kya 96], [3Com(1)96], [For 96], [IEEE 6/96],

[All 95]

4.2.3.3.3. LANE-Interfaces



Note: The Phase 1 LANE spec only specifies the LUNI interface.

Abb. 4.32.: LANE-Interfaces

[All 95]

LUNI-Interface

Das LANE-User-to-Network-Interface spezifiziert die Interaktion zwischen einem LEC und dem LANE-Service, welcher durch die LANE-Server bereitgestellt wird. Dazu zählen Initialisierungs-, Registrierungs-, Adreßauflösungs- und Datentransfer Prozeduren für die Kommunikation von LEC und LANE-Service bzw. zwischen einer Endstation und dem ATM-Netz.

Die Definition des LUNI erlaubt es unabhängigen Herstellern, LANE zu implementieren und Interoperabilität zwischen ihren Protokollen zu erreichen.

LNNI-Interface

Das LNNI ist nicht in der LANE Version 1.0 spezifiziert. Die Definition des LNNI ist Inhalt von LANE 2.0. Es stellt ein offenes Interface zwischen verschiedenen LANE-Server-Einrichtungen dar, welches die Unterstützung mehrerer LES und BUS je ELAN unterstützt (redundante Auslegung). Zudem erlaubt es die Ausbildung hierarchischer Strukturen innerhalb eines ELAN.

[Bay 96], [For 96], [All 95]

4.2.3.3.4. Verbindungen innerhalb der LANE-Struktur

Die Komponenten der LANE sind durch ATM-Verbindungen verbunden. (hauptsächlich PVC's) Für den Transport von Steuer- und Nutzdaten werden unterschiedliche VCC zwischen den LANE-Komponenten verwendet.

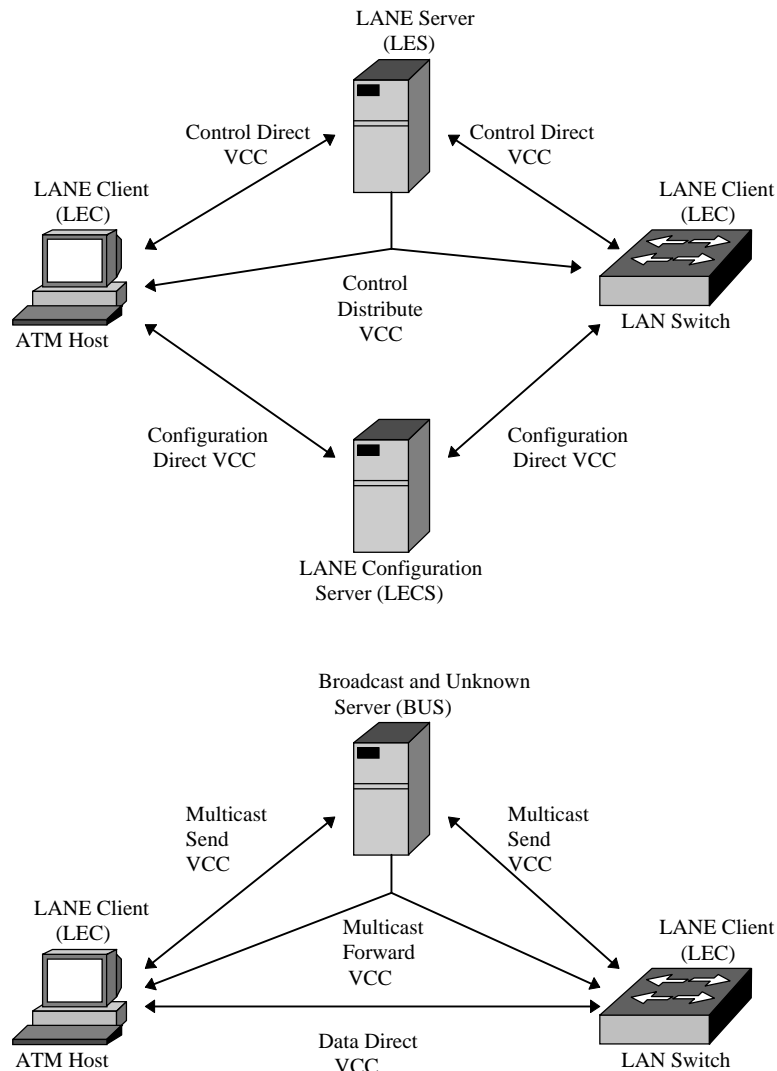


Abb. 4.33.: Control und Data VCC's [All 95]

Control VCC - Steuerverbindungen:

- verbinden LEC mit LECS und LES
- werden während der Initialisierungs-/Registrierungsphase aufgebaut

Configuration Direct VCC: (virtuelle Konfigurations-Direktverbindung)

- bidirektional

- Punkt-zu-Punkt-Verbindung
- zwischen LEC und LECS
- zum Austausch von Konfigurationsinformationen, u.a. der LES-Adresse

Control Direct VCC: (virtuelle Steuer-Direktverbindung)

- bidirektional
- Punkt-zu-Punkt-Verbindung
- zwischen LEC und LES
- für verteilte Steuerungs-Frames
- bleibt während gesamter aktiven ELAN-Zugehörigkeitsphase erhalten

Control Distribute VCC: (virtuelle verteilte Steuerverbindung)

- unidirektional
- Punkt-zu-Punkt-Verbindung oder Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung (optional)
- für Verteilung von Steuerdaten des LES an die einzelnen LEC's
- Unterstützung von Broadcast-LANE-ARP-Requests
- bleibt ebenfalls für gesamten ELAN-Kommunikationsvorgang erhalten

Data VCC - Datenverbindungen:

- verbinden LEC's untereinander und mit dem BUS
- transportieren encapsulierte IEEE 802.3/802.5-Pakete

Multicast Send VCC: (Multicast-Sende-Verbindung)

- bidirektional
- Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
- zwischen LEC und BUS
- Übertragung von Multicasts und Unicasts während der Adreßauflösung

Multicast Forward VCC: (Multicast-Weiterleitungsverbindung)

- unidirektional
- Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindung
- zwischen BUS und LEC's
- Verteilung von Broad- und Multicasts

Data Direct VCC:

- bidirektional
- Punkt-zu-Punkt-Verbindungen
- zwischen LEC's
- Übertragung von Unicasts

[Bad 95], [Bay 96], [Cis(2)95]

4.2.3.3.5. LANE-Protokollablauf (Mechanismen und Funktionen)

4.2.3.3.5.1. Initialisierung, Konfiguration und Registrierung eines LEC beim Beitritt zu einem ELAN

Bevor ein LEC am ELAN teilnehmen kann, muß er sich beim entsprechenden ELAN anmelden und registrieren. Alle notwendigen Control und Data VCC's müssen aufgebaut werden. Die Anmeldung ist in verschiedene Phasen gegliedert. Um eine Plug-and-Play-Option für LEC's bereitzustellen, implementiert LANE einen LECS.

0. Initialisierungsphase

LEC wird eingeschaltet und initialisiert. Dem LEC sind in dieser Phase grundlegende Parameter bekannt.

- MAC-Adresse, ATM-Adresse des LEC, LAN-Typ
- automatische LECS-Erkennung durch ILMI, vorkonfigurierte Adresse (well-known LECS-address) oder vordefinierten (well-known) PVC

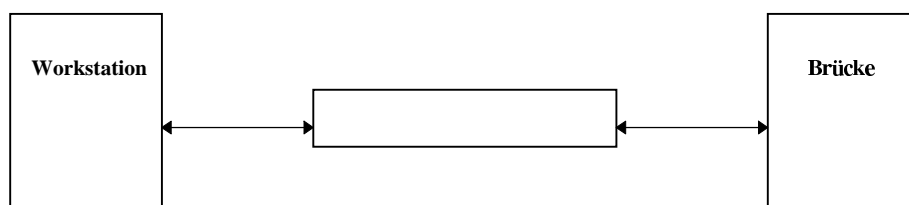


Abb. 4.34.: Beitritt eines LEC zum ELAN [Bay 96]1. LEC-to-LECS-Verbindungsphase (LECS Connection Phase)

- LEC baut Configuration Direct VCC zum LECS, der die Konfigurationsdatenbank für sämtliche ELAN's eines ATM-Netzes verwaltet, auf

2. Konfigurationsphase (Configuration Phase)

- LEC sendet Configure Request control frame an LECS
- LEC erhält Konfigurationsparameter (LAN-Typ, MPU, ELAN-Name) und LES-ATM-Adresse des jeweiligen ELAN (Zuordnung durch LECS) über Configure Response

3. Aufnahmephase (Joining Phase)

- LEC baut mittels der erhaltenen Adresse Control Direct VCC zum LES auf
- fragt um Netzaufnahme nach (Übertragung eines Join Request control frames)
- LES fügt LEC als einen neuen Ast in seine Control Distribute VCC ein
- LES sendet Join Response mit individuellem LECID (LEC-Identifizier (2 Byte), nur einmalig im ELAN vergeben, ist später in allen Datenpaketen und Request-Typen enthalten), ELAN-Name, MPU und LAN-Typ werden bestätigt

4. Registrierungsphase (Registration Phase)

Jeder an einem ELAN teilnehmende LEC meldet die LAN-MAC-Adresse, die er repräsentiert, sowie die korrespondierende ATM-Adresse und, falls erforderlich, entsprechende Routinginformationen beim LES an.

Ausnahme: Proxy-LEC's repräsentieren u.U. Vielzahl von MAC-Adressen, daher lediglich Eintrag als Proxy

- LEC sendet LE-ARP-Request für MAC-Broadcast-Adresse (hex FFFFFFFF/binär alle 1) an LES
- LES teilt LEC die Adresse des BUS mit

5. BUS-Verbindungsphase (BUS Connect Phase)

- LEC nimmt Verbindung zum BUS auf (Aufbau einer Multicast Send VCC) und wird Mitglied der Broadcast Domain
- BUS addiert LEC zu seiner Multicast Forward VCC

Der LEC ist jetzt im Besitz aller notwendigen Informationen zur Teilnahme am ELAN, alle notwendigen Data und Control VCC's sind aufgebaut.

4.2.3.3.5.2. Datenübertragung, LANE-Rahmen-Formate und Adreßauflösung

Datentransfer

Nach dem Aufbau aller notwendigen VCC's innerhalb des ELAN sind folgende Wege für die Datenübertragung verfügbar.

- Data Direct VCC's zwischen individuellen Clients
- Multicast Send und Forward VCC's zwischen LEC's und BUS

Der LEC entscheidet anhand des ersten Bits der MAC-Adresse, ob es sich um Unicast- (Code: 0) oder Multi-/Broadcast-Frames (Code: 1) handelt.

Übertragung von Unicasts:

Unicast-Pakete werden in der Regel über Data Direct VCC's übertragen, welche im Anschluß an den Adreßauflösungsprozeß aufbaubar sind. In Ausnahmefällen werden Unicast-Daten über Multicast-Sendeverbindungen an den BUS zur Weiterleitung transportiert (z.B.: wenn Adresse nicht auflösbar ist, Ziel-LEC nicht registriert oder Ziel-LAN-Station hinter Proxy-LEC liegt (Unknown Traffic)/ parallel zum Adreßauflösungsprozeß um Verzögerungszeiten zu verringern).

Übertragung von Broadcasts:

Pakete mit Multi-/Broadcastadressen werden automatisch über Multicast Send VCC's vom LEC an den BUS übertragen, welcher die Pakete weiter über Multicast Forward VCC's an alle weiteren LEC's im ELAN verteilt.

Vom BUS empfangene Datenpakete werden sequentiell an die betreffenden LEC's weitergeleitet, dazu ist unter Umständen eine Zwischenspeicherung notwendig. Damit wird eine Überschneidung von AAL-5-Datenpaketen von unterschiedlichen Sendern vermieden (da AAL-5 keinen Multiplexmechanismus unterstützt).

LANE-Rahmen-Formate:

LANE basiert grundsätzlich auf der Verwendung von AAL-5-Rahmen.

Für die Übertragung von Daten- und Steuerungspaketen werden zwei unterschiedliche Rahmen verwendet.

Control Frames:

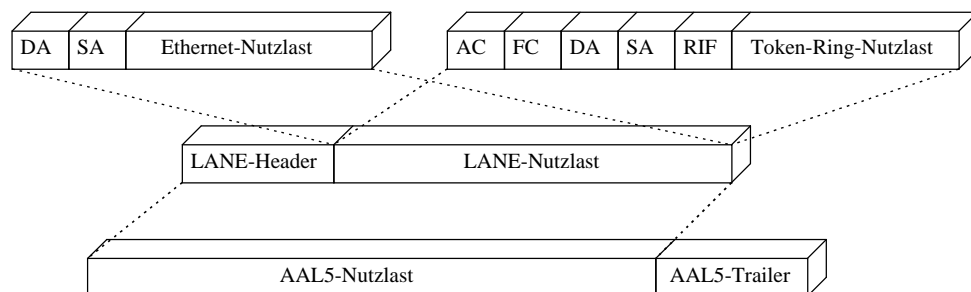
Control Frames enthalten in den ersten 2 Byte den Wert FF00(hex), ein illegaler Wert für einen LECID, um diese von Data Frames zu unterscheiden.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | | |
|----|------------------------|---|------------------|-----------------|--|--|
| 0 | Marker = X"FF00" | | Protocol = X"01" | Version = X"01" | | |
| 4 | OP-Code | | Status | | | |
| 8 | Transaction-ID | | | | | |
| 12 | Requester-LECID | | Flags | | | |
| 16 | Source-LAN-Destination | | | | | |
| 24 | Target-LAN-Destination | | | | | |
| 32 | Source-ATM-Address | | | | | |

Abb. 4.35.: Control Frame [IEEE 6/96]Data Frames:

In den ersten 2 Byte (LANE-Header) ist der LECID oder der Wert „0“ eingetragen. Diesem Marker/Header schließt sich der normale Ethernet-/Token-Ring-Frame an. Data Frames enthalten keine FCS (Frame Check Sequence) [Nutzung der AAL-5-Checksumme].

Für jedes ELAN ist eine maximale Frame Size festgelegt, welche dem LEC während der Joining Phase mitgeteilt wird.

**Abb. 4.36.:** Data Frames und Encapsulation[Kya 96]

| AAL-5 SDU Max. octets | AAL-5 PDU Max. octets | Basis for SDU Size |
|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1516 | 1536 (32 cells) | IEEE 802.3/Ethernet |
| 4544 | 4560 (95 cells) | IEEE 802.5 Token Ring 4Mbps |
| 9234 | 9264 (193 cells) | RFC 1626 IP |
| 18190 | 18240 (380 cells) | IEEE 802/5 Token Ring 16Mbps |

Tab. 4.6. Maximum Data Frame Sizes [LANE]Adreßauflösungsprozeß

Die Adreßauflösungsprozedur bildet die Grundlage für den Aufbau virtueller Datendirektverbindungen (Data direct VCC) zwischen den LEC's. Bei jedem Aufkommen einer unbekannten Adresse muß ein LANE-Adreßauflösungsprotokoll (LE-ARP) angewendet werden.

Das LE-ARP stellt einen Mechanismus zur Verfügung, der das Mapping zwischen 48-Byte-MAC-Adressen und 20-Byte-ATM-Adressen ermöglicht. Eine zentrale Rolle kommt hierbei dem LES zu, welcher die MAC-/ATM-Mappings für das jeweilige ELAN verwaltet. Zudem legen die LEC's lokale Adreßtabellen an, um den LES weniger zu belasten.

Jede Endstation im ATM-LAN hat eigene MAC-Layer-Adressen. Wenn ein LEC Unicasts senden möchte, kennt er nur die Ziel-MAC-Adresse und durchsucht zunächst die lokalen Tabellen nach der ATM-Adresse, die mit der MAC-Adresse assoziiert.

Ist die gesuchte ATM-Adresse an dieser Stelle nicht vorhanden, kann keine Data Direct VCC aufgebaut werden.

LEC beginnt mit der Übertragung der ersten Zellen durch Nutzung des Broadcast-Mechanismus des BUS und sendet gleichzeitig einen LE-ARP-Request (enthält aufzulösende MAC-Adresse und Quell-LEC-ATM-Adresse) über eine Control Direct VCC an den LES, um die unbekannte ATM-Adresse aufzulösen.

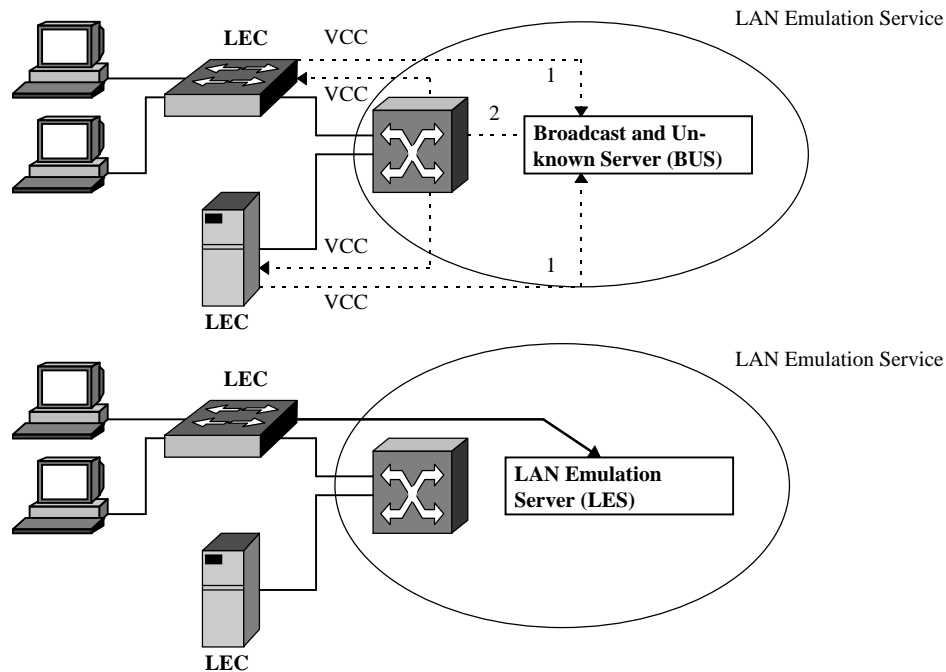


Abb. 4.37.: BUS Broadcast von Unicast Frames und simultaner LE-ARP-Request zum LES [3Com]

LES sucht entweder in seiner Adreßtabelle nach einem MAC-/ATM-Mapping oder sendet LE-ARP-Request über seine Distribute VCC weiter an alle LEC (heute meist verwendete Form).

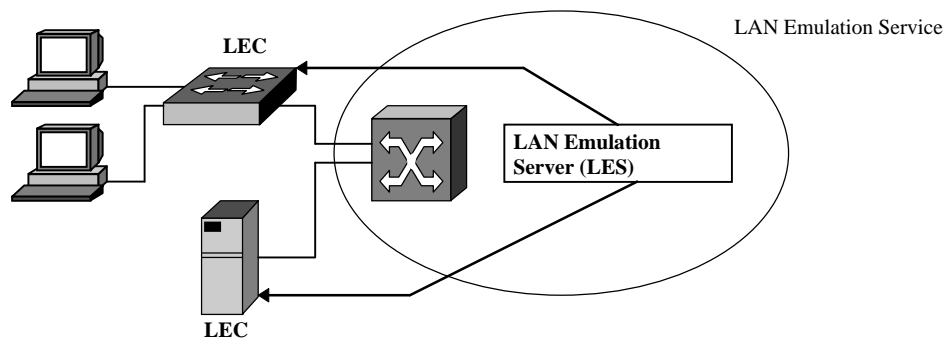


Abb. 4.38.: Broadcast LE-ARP-Request zu allen LEC's [3Com]

Wenn der Ziel-LEC seine MAC-Adresse im LE-ARP-Request erkennt, sendet er LE-ARP-Response (enthält eigene und ATM-Adresse des anfragenden LEC) über eine Control Direct VCC an den LES.

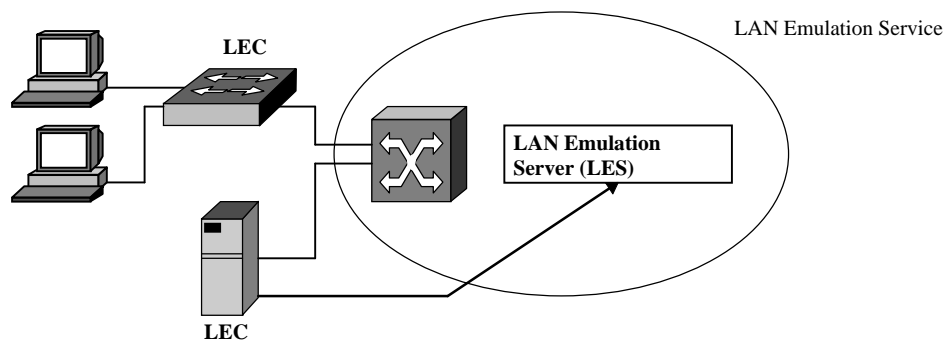


Abb. 4.39.: LE-ARP-Response mit Ziel-ATM-Adresse [3Com]

Der LES leitet den LE-ARP-Response über die Control Distribute VCC weiter an alle LEC's.

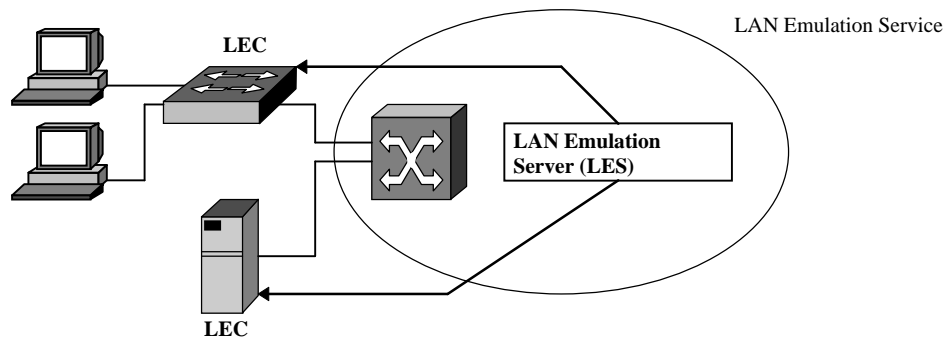


Abb. 4.40.: LES Broadcast des LE-ARP-Response [3Com]

Der anfragende LEC erkennt seine ATM-Adresse und erfährt aus dem Response die gesuchte Ziel-ATM-Adresse und wird dadurch in die Lage versetzt, eine Data Direct VCC aufzubauen.

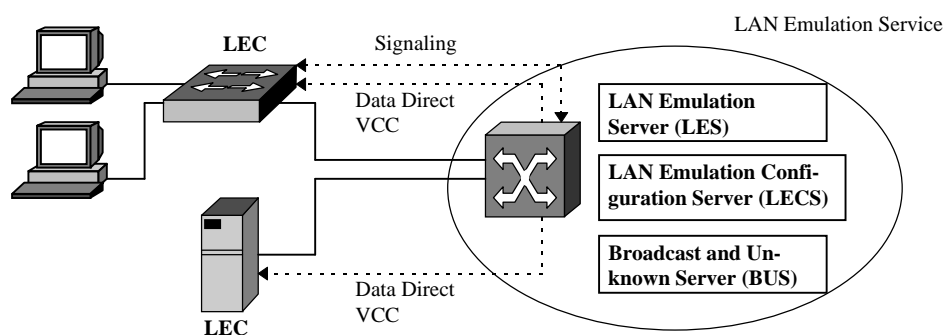
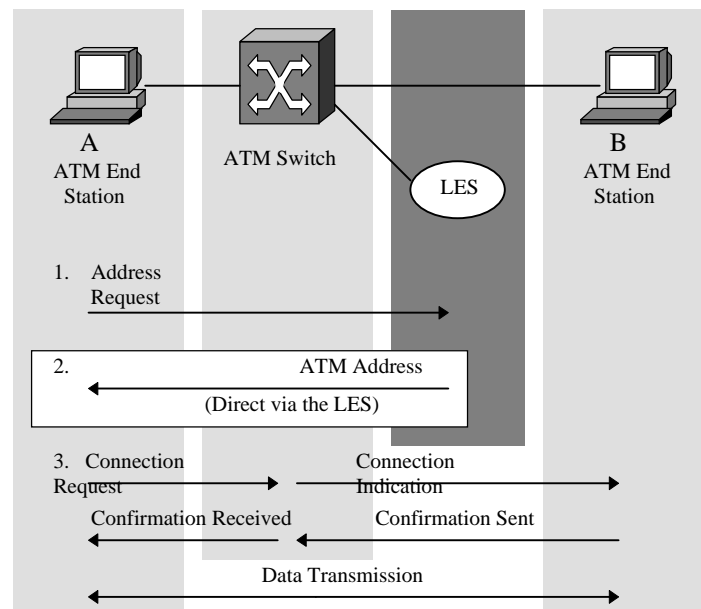


Abb. 4.41.: Data Direct VCC vom Quell-LEC zum Ziel-LEC [3Com]

Demonstration des LANE-Protokollablaufs anhand von BeispielenBeispiel 1: Datenübertragung zwischen zwei LEC's (Stationen A und B sind direkt ans ELAN angeschlossen)**Abb. 4.42.:** Beispiel 1 [For96]

- Station A ist sendewillig, MAC-Adresse von B ist bekannt
- Abfrage des internen Caches, um korrespondierende ATM-Adresse zu ermitteln
- wenn Adresse lokal nicht auflösbar: A sendet LE-ARP-Request an LES
- LES löst anhand seiner Adreßauflösungstabelle, welche alle MAC/ATM-Adreßmappings aller im ELAN registrierten LEC's enthält, die angefragte Adresse auf und sendet LE-ARP-Reply mit der ATM-Adresse von B an A
- Station A kann Data Direct VCC aufbauen

Beispiel 2: Datenübertragung zwischen zwei LEC's (Stationen A direkt ans ELAN angeschlossen/Station X liegt hinter LAN-Switch(Proxy))

- A sendet LE-ARP-Request an LES (1)
- LES kann Adresse nicht auflösen und sendet LE-ARP-Request weiter
- 1. Möglichkeit: LAN-Access-Device (Proxy LEC) kennt Adresse von X und stellt seine eigene ATM-Adresse zur Verfügung (2a)

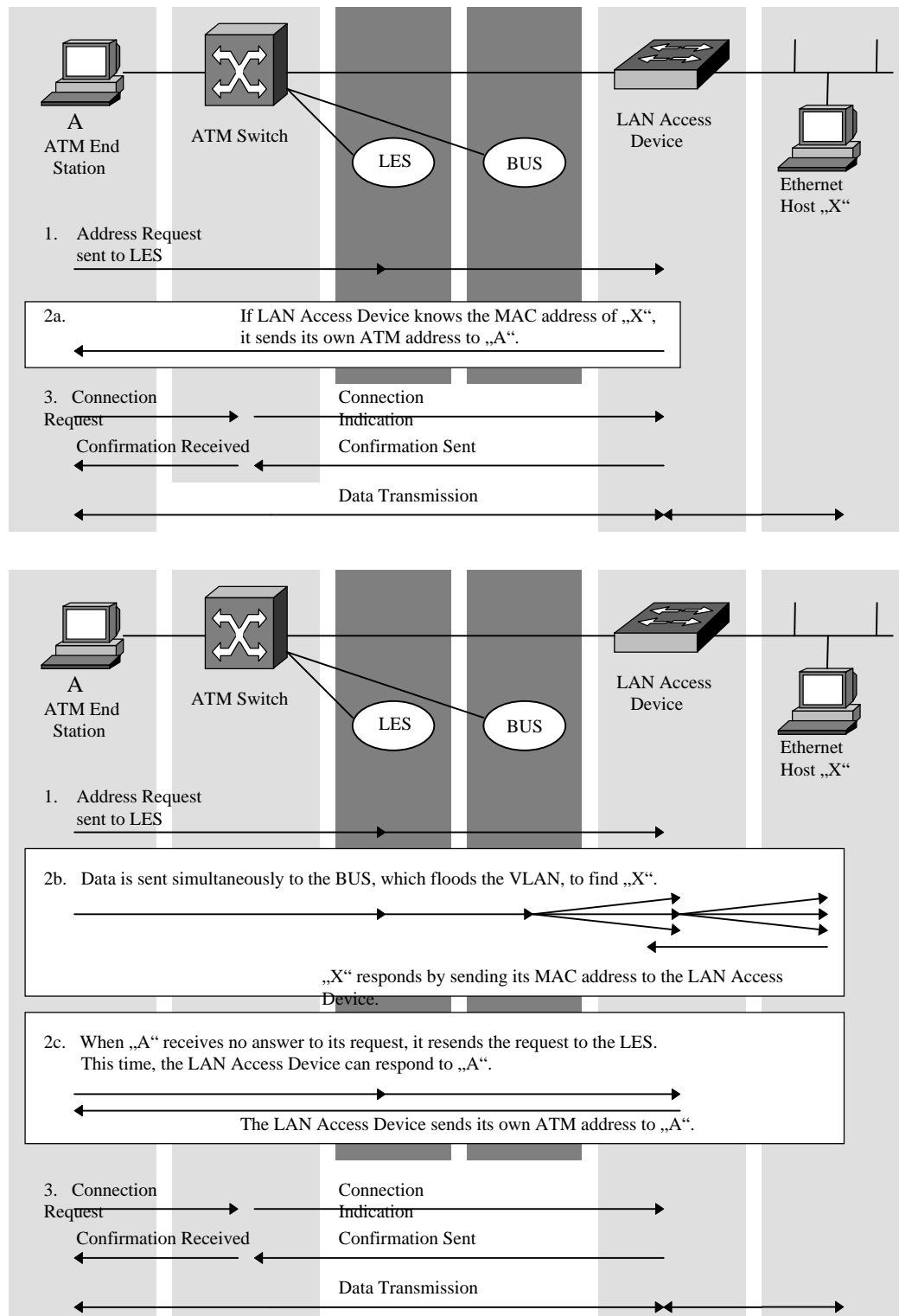


Abb. 4.43.: Beispiel 2 [For96]

- 2. Möglichkeit: LAN-Access-Device kennt Adresse von X nicht und sendet keinen Response
- A sendet simultan zur Adreßauflösung Daten an den BUS, der diese an alle angeschlossenen LEC's weiterverteilt(2b)

- Daten erreichen somit auch LAN-Access-Device, welches diese als Broadcast ins Ethernet-Segment einspeist
- X empfängt Daten und sendet einen Response ans LAN-Access-Device, welches die MAC-Adresse der Station X in seiner Adreßtabelle ablegt
- erhält A keinen LE-ARP-Response/-Reply, wiederholt es die LE-ARP-Request-Message periodisch (2c)
- wenn Request diesmal LAN-Access-Device erreicht, kann es diesen beantworten
- A kann Daten jetzt direkt an LAN-Access-Device senden (via Data Direct VCC)

Beispiel3: Aufbau einer LANE-Verbindung (TCP/IP File Transfer von einem Ethernet-angeschlossenen PC zu einem ATM-angeschlossenen Server)

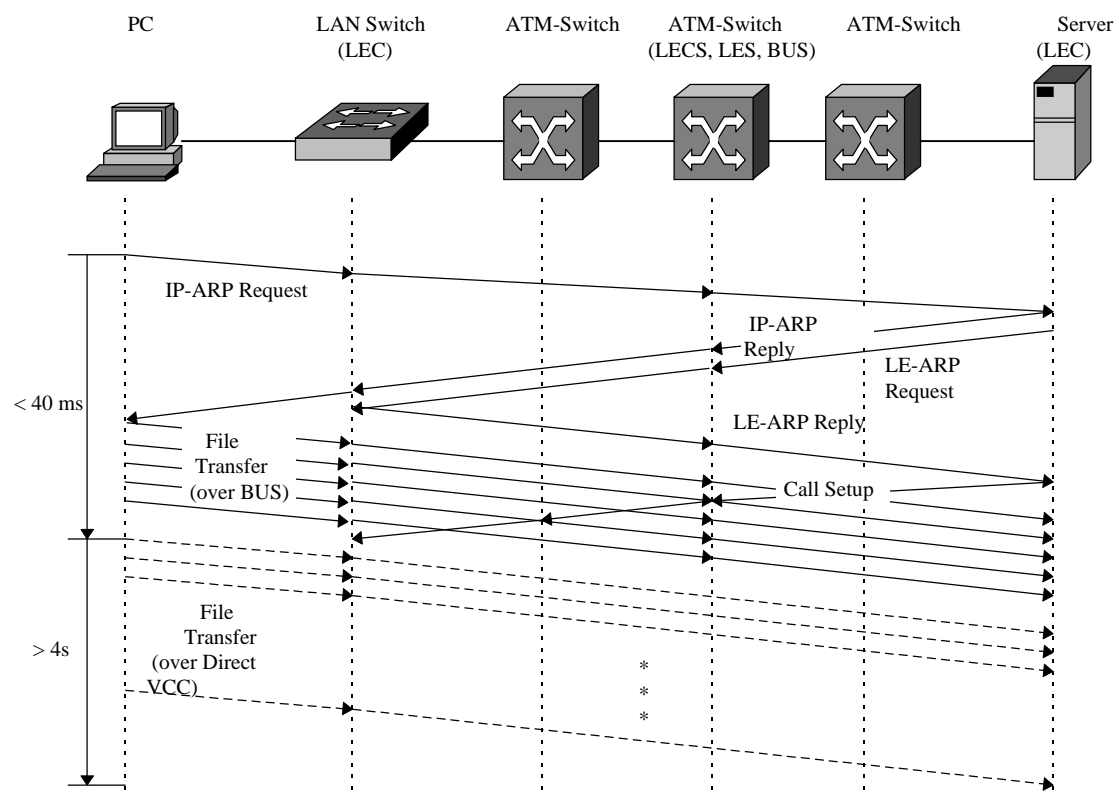


Abb. 4.44.: Beispiel 3 [3Com(1)96]

- 1) Ermittlung der Server-MAC-Adresse, PC sendet ARP-Request mit enthaltener IP-Server-Adresse (Standard-Prozedur in IP-Netzen auf der Basis von Broadcasts)
- 2) ARP-Request erreicht LAN-Switch (LEC), welcher den Broadcast an den BUS sendet
- 3) BUS sendet ARP-Request zu allen ELAN-Mitgliedern
- 4) Server empfängt ARP-Request und erkennt seine IP-Adresse, antwortet mit seiner MAC-Adresse im ARP-Reply (adressiert an MAC-Adresse des PC's)

- 5) wenn keine direkte VC zum LAN-Switch besteht, sendet Server-LEC den ARP-Reply zum BUS
- 6) BUS überträgt ARP-Reply weiter an LAN-Switch, welcher diesen an PC weiterleitet
- 7) PC hat MAC-Adresse und beginnt mit dem Senden der File Transfer Pakete (zunächst über den BUS)
- 8) mittlerweile baut der Server-LEC eine Verbindung zum LAN-Switch auf, sendet LE-ARP-Request an LES, fragt nach ATM-Adresse, welche mit der MAC-Adresse des PC korrespondiert (PC-MAC-Adresse war im ARP-Request enthalten)
- 9) LES kann PC-MAC-Adresse nicht anhand seiner Adreßtabelle auflösen, da PC hinter LAN-Switch liegt
- 10) LES sendet LE-ARP-Request (Multicast) zu allen LEC's
- 11) LAN-Switch-LEC erhält LE-ARP-Request und erkennt PC-MAC-Adresse
- 12) LAN-Switch-LEC überträgt seine ATM-Adresse im LE-ARP-Reply und sendet diesen an den LES
- 13) LES überträgt diesen LE-ARP-Reply an alle Mitglieder des ELAN
- 14) Server erhält LE-ARP-Reply, extrahiert ATM-Adresse des LAN-Switches und beginnt mit der Signalisierungs- und Verbindungsaufbauprozedur
- 15) ATM-Switches bauen Verbindung auf
- 16) Datentransfer erfolgt jetzt über direkte VCC
[3Com 96], [3Com(1)96], [All 95], [Data 8/96], [IEEE 6/96], [Bay 96], [For 96], [Bad 95], [Cis 95]

4.2.3.3.6. Nachteile der aktuellen LANE-Version (1.0)

LANE stellt ein Verfahren dar, das „...deutlich gesprochen, über ein ATM-Netz lediglich einen Tunnel für LAN-Pakete schalten kann, aber von z.B.: Routing-Fähigkeiten entfernt ist.“

- durch Bridging-Ansatz: zwangsläufige Bildung von Broadcast-Domains, deren Broadcast-Aufkommen sich durch zusätzliche Adreßauflösung im ungünstigsten Fall noch erhöht
- erhöhte Komplexität
- Beschränktheit auf Ethernet und Token Ring, FDDI-LANE nicht definiert
- FDDI-Pakete müssen in Ethernet- oder Token Ring-Strukturen konvertiert werden (im LANE-Addendum wird auf geeignete Bridging-Verfahren zur FDDI-Einbindung hingewiesen)
- kein gemischter Betrieb innerhalb eines ELAN's möglich, keine direkte Verbindung zwischen emulierten Ethernet und emulierten Token Ring möglich, nur über Router möglich, welcher als LEC in beiden ELAN's agiert

- Verbindungen zwischen ELAN's nur über Router möglich, die wiederum Durchsatz-Engpässe und Administrationsaufwand mit sich bringen (routerbasierte Kopplung uneffektiv, da paketweise Abarbeitung, keine Unterstützung der Merkmale von ATM-Switches / Abhilfe durch zukünftiges MPOA)

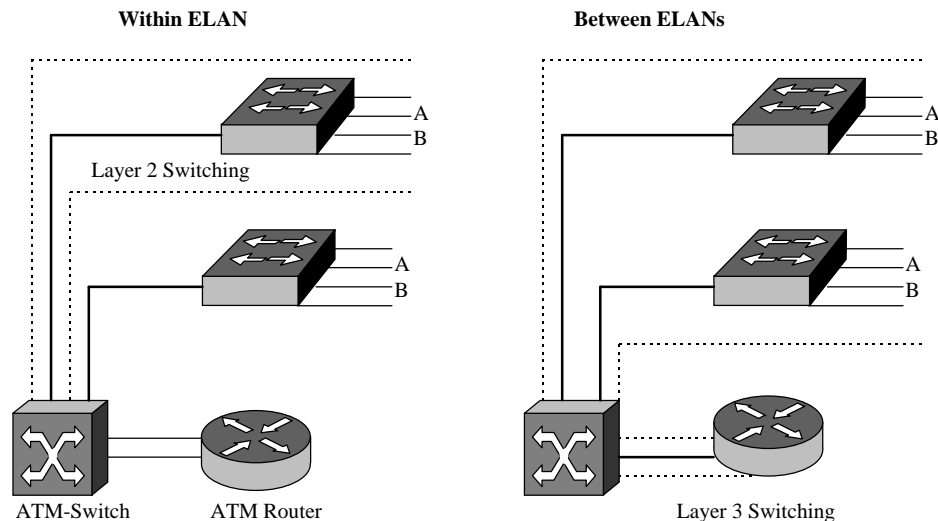


Abb. 4.45.: Kommunikation innerhalb und zwischen ELAN's [All 95]

- transparentes Einpacken von Protokolldaten in MAC-Frames ermöglicht zwar protokollunabhängige Vermittlung, verbirgt aber die für Protokolle und Anwendungen wichtigen ATM-Dienstmerkmale, keine QoS-Unterstützung
- erheblicher Protokollaufwand bei jedem Verbindungsaufbau durch Adreßauflösung
- grundsätzliche Verzögerungszeiten der LAN/ATM-Anpassung (LANE-Funktion in den Adapterkarten, usw. ...)
- BUS-Mechanismus für low-level Broadcastverkehr entworfen (ineffizient für Video-Übertragung an wenige LEC's (z.B.: an 5 von 100, 95 % erwerben die empfangenen Pakete), Bandbreitenverschwendung)
- LANE erfordert Kosten: Investitionen ins Viergestein LEC, LECS, LES und BUS nötig (je ELAN ein LES und BUS notwendig/vor allem LES- und BUS-Software stellt hohe Speicher-, Prozessor- und Durchsatzanforderungen)
- LES, LECS und BUS nicht redundant auslegbar
- stellt nur Zwischenlösung mit Einschränkungen dar

[Data 11/95], [PCN 3/96], [Cis(2)95], [Data 3/96], [Gat 2/96], [All 95], [Data 8/96], [3Com(1)96],

[Data 11/96]

4.2.3.3.7. Ausblick auf LANE 2.0

Die sich derzeit in Standardisierung befindliche LANE-Version 2.0 erweitert die Funktionalität von LANE 1.0.

- Implementierung mehrerer LES/BUS je ELAN (ermöglichen hohen Skalierbarkeitsgrad und Redundanz zum Zwecke gesteigerter Störsicherheit)
- zugehörige Interserver-Kommunikationsprotokolle
- Definition des LNNI
- QoS-Unterstützung für bestimmte Dienste
- verbesserter BUS-Mechanismus , effektivere Wege zum Handling von Hochleistungs-Broadcastverkehr

[3Com(1)96], [All 95]

4.2.3.4. Bewertung der vorgestellten Ansätze

4.2.3.4.1. Vergleich der Standardkonfigurationen

RFC 1483:

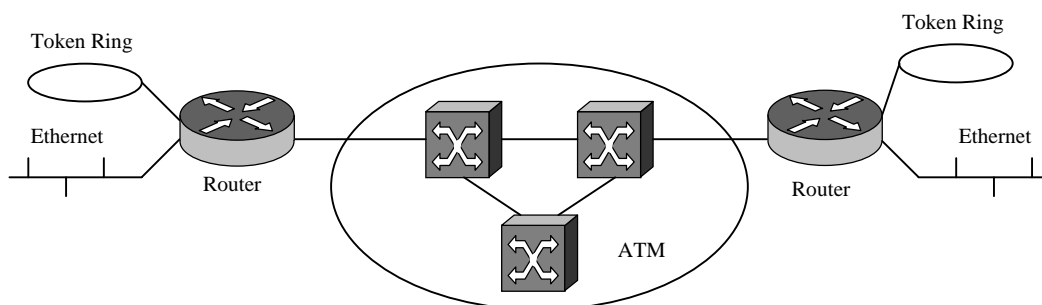
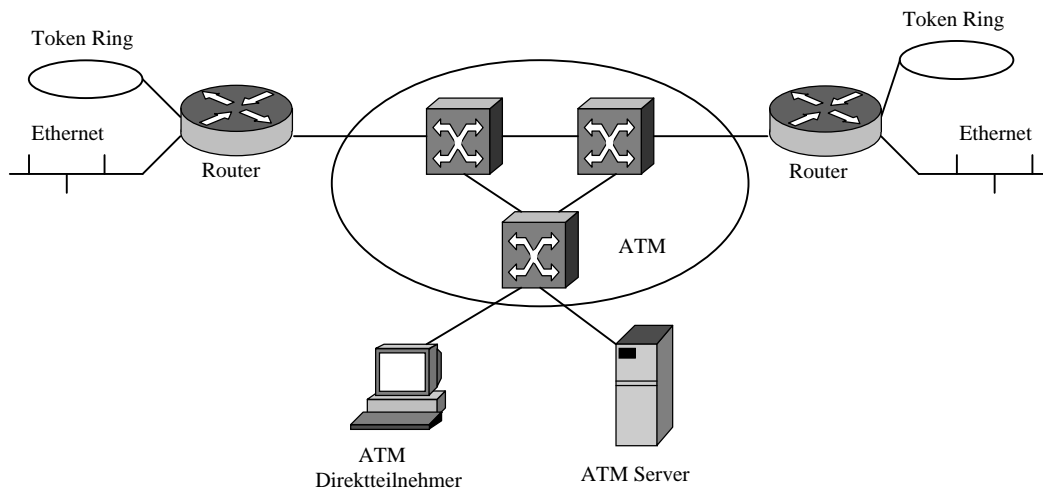
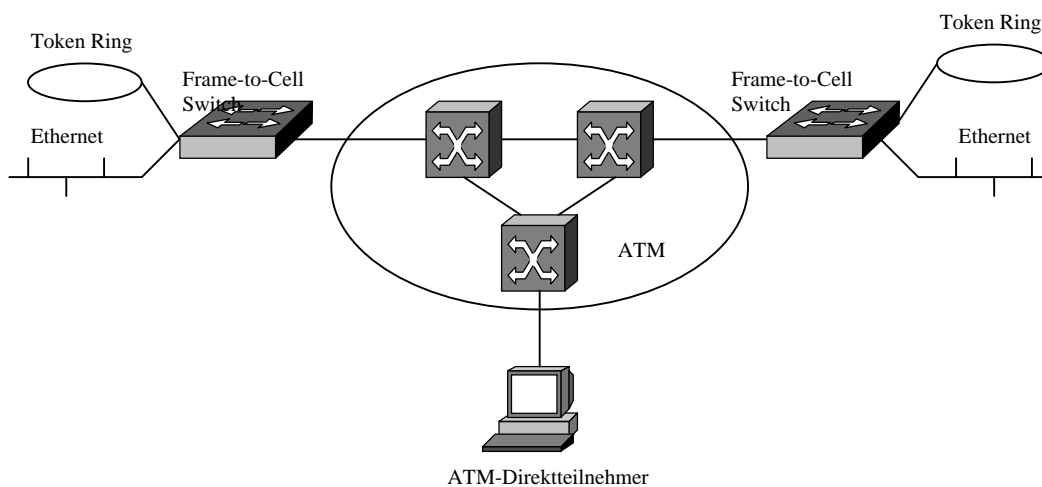


Abb. 4.47.: Standardkonfiguration RFC 1483 [Bay 96]

RFC 1577:**Abb. 4.48.:** Standardkonfiguration RFC 1577 [Bay 96]LANE:**Abb. 4.49.:** Standardkonfiguration LANE [Bay 96]**4.2.3.4.2. Vergleich der Verfahren**

| RFC's | | LAN Emulation |
|--|----------|---|
| RFC 1483 | RFC 1577 | |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Aufrechterhaltung von Routerkopplungen für den Backbone-Bereich ■ bei wachsender LAN-Anzahl muß Router höheren Durchsatz bewältigen ■ einfache Implementierung | | <ul style="list-style-type: none"> ■ Verarbeitung auf MAC-Layer (Bridging-Ansatz) ■ Emulation verbindungsloser LAN-Dienste ■ Übergang zwischen LAN- und ATM-Bereich durch LEC (z.B.: LAN-Switch) |

| | | |
|---|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - keine Unterstützung von SVC's - keine Unterstützung von Verbindungen zwischen LAN- und ATM-Direktteilnehmern | <ul style="list-style-type: none"> - Unterstützung von PVC's und SVC's - Unterstützung der Kommunikation zwischen LAN- und ATMDirektteilnehmern (allerdings beschränkt auf TCP/IP-Protokollfamilie) | <ul style="list-style-type: none"> ■ Unterstützung von SVC's und PVC's ■ Unterstützung von Verbindungen zwischen LAN- und ATM-Direktteilnehmern |
| <ul style="list-style-type: none"> ■ nur für routingfähige Protokolle | <ul style="list-style-type: none"> ■ Beschränkung auf IP ■ u.U. für IP effektiver, da direkte Abbildung ■ keine Unterstützung für MAC-level-Broadcasts | <ul style="list-style-type: none"> ■ protokollunabhängige Verarbeitung durch einen einzigen Abbildungsmechanismus ■ transparent für Netzwerkprotokolle ■ einzige Standardlösung für Multiprotokollübertragung ■ Möglichkeit des Aufbaus von VLAN's |

Tab. 4.7.: Wesentliche Unterschiede zwischen RFC's und LANE

Obwohl beide Verfahren standardisiert sind und gewisse Ähnlichkeiten aufweisen, sind sie nicht kompatibel zueinander, d.h. es können nur Endgeräte mit selben Anpassungsverfahren miteinander kommunizieren.

RFC's und LANE verbergen bewußt die Vorteile von ATM. ATM dient lediglich als Transportmedium. Beide Verfahren zur Protokollmigration nutzen zwar nicht alle Vorteile von ATM, bilden aber heutige Anwendungen funktional gleichwertig bei höherem Durchsatz nach und sind somit eine zukunftsichere Investition in die fortschrittliche ATM-Architektur.

LANE bietet derzeit das universellere Verfahren.

4.2.3.4.3. Effizienz-Betrachtungen für RFC 1577 und LANE über AAL-5

- Ausgangspunkt: ATM in SONET/SDH (in STS-3c/STM-1 Rahmen) mit 155 Mbit/s als gebräuchliche Konstellation

effektive Nettobitratenberechnung:

current layer rate = lower layer rate - lower layer overhead rate

$$= \text{lower layer rate} - \frac{\text{lower layer rate} \cdot \text{lower layer overhead size}}{\text{lower layer PDU size}}$$

$$= \text{lower layer rate} \cdot \left(1 - \frac{\text{lower layer overhead size}}{\text{lower layer PDU size}} \right)$$

- für ATM verfügbar nach Abzug des SDH-Overheads (90 Byte):

STS-3c/STM-1-Frame: 270 Byte x 9 = 2430 Byte

je Frame: 125 μ s

Übertragungsrate: 155,52 Mbit/s

$$155,52 \text{ Mbit/s} \times [1 - 90/2430] = \underline{\underline{149,76 \text{ Mbit/s}}}$$

- abzüglich ATM-Zellheader-Overhead:

5 Byte Header (= 9,43%)

$$149,76 \text{ Mbit/s} \times [1 - 5/53] = \underline{\underline{135,632 \text{ Mbit/s}}}$$

- Nutzung von AAL-5

Der Overhead, welcher sich durch den AAL-5-Layer ergibt, variiert gemäß den beim AAL-5 angewendeten Padding in der AAL-5-CPCS-PDU, um ganze Vielfache von 48 Byte zu erzeugen.

8 Byte Trailer + 0-47 Byte Padding

- 2 Beispiele:

■ IP over ATM

■ IP in Ethernet via LANE

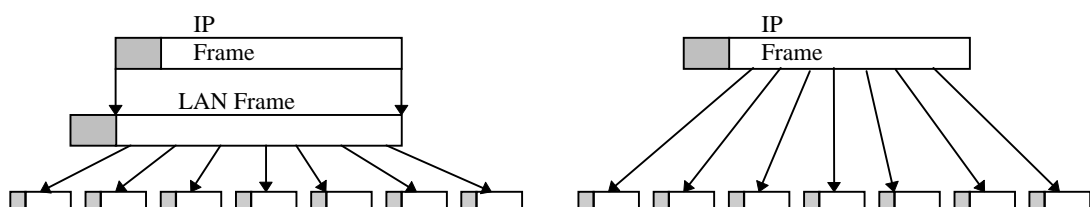
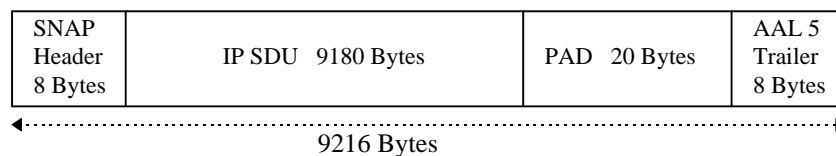


Abb. 4.50.: IP über Ethernet-LANE oder direkt über ATM[3Com(1)96]1) IP over ATM

maximale IP-MTU: 9180 Byte
 zusätzlich LLC/SNAP-Header: 8 Byte
 AAL-5: Ergänzung um 20 Byte Padding und 8 Byte Trailer

 Overhead (gesamt): 36 Byte

**Abb. 4.51.:** AAL-5-CPCS-PDU für IP over ATM [Krivda]

$$135,632 \text{ Mbit/s} \times [1 - 36/9216] = \underline{\underline{135,102 \text{ Mbit/s}}}$$

2) IP über Ethernet-LANE

MTU für Ethernet-LANE: 1500 Byte
 Ethernet-Header: 14 Byte
 AAL-5: 12 Byte Padding + 8 Byte Trailer
 LANE-Header: 2 Byte

 Overhead (gesamt): 36 Byte

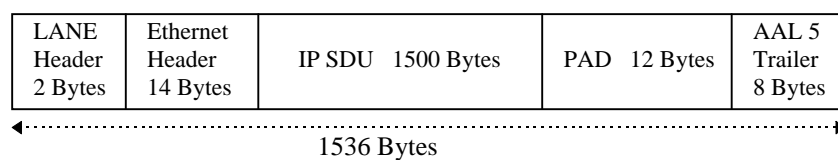


Abb. 4.52.: AAL-5-CPCS-PDU für IP über Ethernet-LANE [Krivda]

$$135,632 \times [1 - 36/1536] = \underline{\underline{132,453 \text{ Mbit/s}}}$$

Die dargestellten Beispiele machen den Einfluß der MTU-Größe auf die ATM-Performance ersichtlich.

[LL 11/96], [Gat 2/96], [Gat 5/95], [3Com(1)96], [Krivda], [Bay 96], [Cis(1)95]

4.2.3.5. ATM-API's (Application Programm Interface)API's:

- verstecken die Komplexität eines Netzwerkes vor den benutzenden Programmen
- bestehen aus Menge von Befehlen, die in einem bestimmten Kontext zueinander stehen
- z.B.: im LAN-Bereich werden die Dienste der LLC als API formuliert und für Anwendungen höherer Schichten nutzbar
- heutige API's (UNIX Sockets oder Microsoft Winsock) sind für bestehende Netze konstruiert

„Diskutiert man über ATM, kommt den API's eine besondere Rolle zu.“ [Data 11/95]

LANE und RFC 1577 zielen lediglich darauf ab, Eigenschaften des ATM-Netzes zu verbergen und wie ein Standard-LAN zu erscheinen. Weder LUNI noch RFC 1577 sind echte ATM-API's. Beide Verfahren verstecken einerseits die Komplexität des ATM-Netzes vor höheren Schichten, hindern allerdings gleichzeitig die Anwendungen daran, von den erweiterten Möglichkeiten von ATM Gebrauch zu machen. Die wesentlichen ATM-Eigenschaften werden bewußt verborgen (z.B.: QoS-Merkmale). Dies stellt für existierende Netzapplikationen kein Problem dar, da sie keine garantierte QoS erfordern

und auf einem „best-effort-service“ basieren. LANE und angewendete ABR-/UBR-Dienste ergänzen sich in dieser Hinsicht.

Insbesondere:

- Vermittlungsfähigkeit von ATM (macht Routing und Protokolle/Mechanismen der Vermittlungsschicht überflüssig)
- Zugriff auf QoS-Fähigkeiten (die eine anwendungsorientierte Optimierung von Verkehrsflüssen erst ermöglichen)

bilden essentielle Funktionen, auf die man bei modernen Entwicklungen im Client/Server-Bereich oder Multimediabereich mittelfristig nicht verzichten kann. Um die vollen ATM-Vorteile zu nutzen, muß die Anwendung die Kontrolle über die ATM-Verbindung und QoS-Verhandlungen haben. Um echte ATM-Anwendungen zu unterstützen, müssen ATM-Anwendungsschnittstellen definiert werden.

ATM-API's müssen es ermöglichen, daß Anwendungen Funktionen der ATM-Schicht unmittelbar anfordern und kontrollieren können. API's sollten in der Lage sein, einen parametrisierten Verbindungswunsch von Anwendungen entgegenzunehmen.

Die ATM-Forum Service Aspects and Applications (SAA) Arbeitsgruppe definiert „native-ATM“-Dienste, die Betriebssystem- und Anwendungsprogrammierer in die Lage versetzen, API's zu schaffen, die die Möglichkeiten von ATM berücksichtigen und beinhalten können. Ursprünglich war die Definition eines eigenständigen API's geplant, welches anstelle oder Seite an Seite mit Industriestandards arbeitet. Man entschied jedoch sich für die Festschreibung von Semantiken und die Zusammenarbeit mit der Winsock Group u.a. bei der Entwicklung zukünftiger API's.

Schwerpunkte der definierten Service-Semantiken für den direkten Zugriff auf das ATM-Netz:

- Semantiken für Aufbau, Verwendung, Abbau virtueller Verbindungen zwischen Anwendungen (ATM-Verbindungssteuerung)
- Vorschläge zur Gestaltung von Parametern und Attributen für die Verhandlung im Rahmen des Verbindungsaufbaus (Dienstklasse, Bitraten, QoS-Parameter)
- Standard-Prozedur für die Verhandlung von Verbindungen über das Netzwerk
- Adressierung der Endpunkte

Dabei handelt es sich um eine Beschreibung der Sequenzen und Informationstypen, jedoch nicht der Syntax oder Formate.

Als natürliche ATM-Schnittstelle zwischen Anwendung und ATM sind ATM-API's in der Lage wesentlich effektiver zu arbeiten als momentane Protokollanhäufungen.

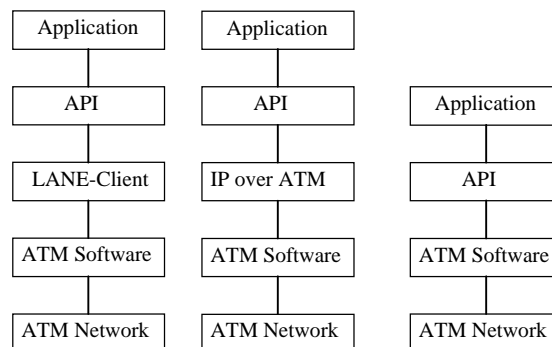


Abb. 4.53.: RFC 1577- und LANE-Protokollstacks im Vergleich zum ATM-API

[3Com(1)96]

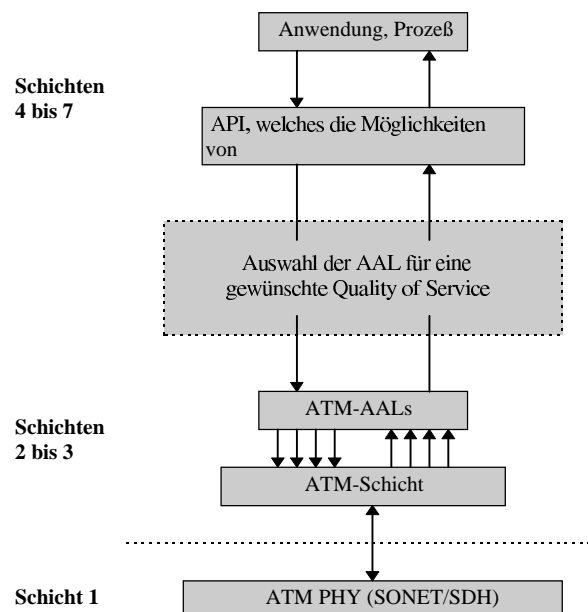


Abb. 4.54.: ATM-API [Data 11/95]

Der derzeit weitestgehende Vorstoß stellt Microsoft's WINSOCK 2 (Windows API) dar, welches die natürliche Benutzung von ATM erlaubt. Anwendungen können QoS-Parameter verhandeln, Punkt-zu-Punkt- und Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen aushandeln und echte ATM-Adressen verwenden. (hauptsächlich auf AAL-Typ-5 konzentriert, jedoch Unterstützung anderer AAL-Typen vorgesehen)

Andere Hersteller bieten Updates für bestehende API's an. (Novell)

[Cis(1)95], [Data 11/95], [3Com(1)96]

4.2.4. Zukünftige LAN/ATM-Internetworking-Ansätze

Mit den Verfahren RFC 1483, RFC 1577 und LANE wurden die Grundlagen für eine erste Integration traditioneller LAN's in eine ATM-Umgebung geschaffen (Verschmelzung von paket- und zellbasierten Netzen).

Zukünftig werden gemischte Netzumgebungen mit herkömmlichen und ATM-Systemen dominieren. Technisch erweiterte Verfahren für die LAN-ATM-Migration sind notwendig, Lösungen müssen gefunden werden,:

- wie LAN- und ATM-Umgebungen auf Schicht 3 miteinander kommunizieren können [um ATM-Vorteile (Skalierbarkeit, QoS, Ende-zu-Ende-Verbindungen) auch für heutige Schicht-3-Protokolle (IP, OSPF) verfügbar zu machen]
- wie Betrieb und Administration von Netzen auf Basis von Switching-Technologien sowie die Migration von LAN- in ATM-Umgebungen vereinfacht werden können.

Dabei stehen Fragen des Multiprotokoll-Routings über ATM im Vordergrund.

Heutiger Stand:

- PNNI als leistungsfähiges Routingprotokoll für ATM-Vermittlungssysteme (beschränkt auf ATM-netzinterne Kommunikation)
- im LAN-Bereich: Anwendung weitverbreiteter Routing-Protokolle (z.B.: OSPF)

Bei Kommunikationsvorgängen zwischen ATM und LAN muß PNNI in ein Schicht-3-Protokoll umgesetzt werden, d.h. Wandlung der Zellen in Pakete, Verwendung eines Routers für die Wegeermittlung sowie Rückwandlung der Pakete in Zellen.

Angestrebt wird jedoch ein direktes Weiterleiten von Informationen von einem Subnetz ins andere über ATM, ohne zusätzlichen Aufwand für die Zell-Paket-Wandlung und umgekehrt. Weiterhin ist es erstrebenswert, Routern, die nicht direkt ans ATM-Netz angeschlossen sind, PNNI-Informationen über den Auslastungszustand des ATM-Netzes bereitzustellen, um optimale Wegstrecken über das ATM-Netz hinweg sicherstellen zu können.

Lösungsansätze für beide Ziele werden im ATM-Forum in speziellen Arbeitsgruppen diskutiert, um künftig eine bessere Wegefindungsintelligenz in ATM-Netze zu bringen.

| MPOA | I-PNNI |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Zentralisierung der Wegekalkulation (route processing) und Dezentralisierung der Layer-3-Switching-Funktion (forwarding) in jeweils separaten Hardware-Einheiten mit Routing auf mehreren Schichten (da jedes heutige Schicht-3-Protokoll eigenes Routingprotokoll/im ATM Verwendung von PNNI) [Layered oder Overlay Routing] ■ Unterbringung in Edge-Devices (für Informationsweiterleitung, ohne Routingfunktion) und Route Servern (Wegekalkulation) ■ erfordert u.U. neue Protokolle für den Informationsaustausch zwischen Edge Devices und Route-Servern bzw. zwischen den Route-Servern den Komponenten ■ mit Multiprotokoll-Routing über ATM ■ favorisiert von Cisco u.a. | <ul style="list-style-type: none"> ■ Dezentralisierung der Wegekalkulation und der Schicht-3-Switching-Funktion sowie Unterbringung beider Funktionen in der gleichen Hardware-Einheit mit integriertem Routing ■ Standardisierung von PNNI als Protokoll für die Kommunikation zwischen ATM-Switchsystemen, Erweiterung und Ausdehnung auf paketbasierte Netze (I-PNNI) ■ keine zusätzlichen Kommunikationsprotokolle notwendig ■ Verwendung als Lösung für Multiprotokoll-Routing über ATM ■ favorisiert von Bay Networks u.a. |

Tab. 4.8.: Standardisierungsansätze

Die größten Unterschiede liegen in der Bewertung der beiden Ansätze, nicht in der Frage MPOA oder I-PNNI. Dabei ist ausschließlich maßgebend, wie die Multiprotokoll-über-ATM-Herausforderung gelöst wird, mit dem Ziel, den Standard so zu definieren, daß er einen echten Vorteil für den Anwender darstellt.

[Bay 96], [Data 3/96], [Data 7/96]

4.2.4.1. MPOA - Multiprotocol over ATM

ATM wird im Zuge der Konstruktion von Switched Virtual Networks herkömmliche Brücken ganz und Router teilweise ablösen.

Nach der LANE-Spezifikation (Bridging-Ansatz) stellt sich jetzt die Frage nach einem Verfahren zum Routing von LAN-Verkehr über ATM.

Trotz der vollzogenen Arbeit zur Native-Mode-Protokollunterstützung für IP over ATM herrscht in der Industrie Einigkeit darüber, daß die Entwicklung von Native Mode

Protokollen beschleunigt werden muß, besonders um die Grenzen bestehender und die Beschränkung auf IP zu überwinden.

Cisco schlug vor, das MPOA-Projekt als eine Basis für eine neue Vision von VLAN's zu sehen, welche die erste Generation LANE-basierter VLAN's um die Routingfähigkeiten von Layer-3-Switching-Systemen erweitert. (MPOA = LANE auf Schicht 3)

Im wesentlichen sollen die grundlegenden LANE-Nachteile überwunden werden (router-basierte VLAN-Interconnection, Unfähigkeit Protokolle im Native Mode zu betreiben, um QoS-Eigenschaften zu nutzen).

MPOA soll definieren, wie historisch gewachsene Routing-Protokolle im ATM eingesetzt werden können.

Das Ziel besteht darin, existierende Internetworking-Lösungen in ein Gesamtkonzept zu integrieren, um Daten zwischen Schicht-3-Subnetzen mit Hilfe eines „virtuellen Routers“ auf Zellebene zu transportieren und die Definition eines Dienstes, der die Schicht-3-Routing-Protokolle über ein ATM-Netz bereitstellt.

MPOA forciert zudem die Entwicklung neuer Router-Funktionen (z.B.: Möglichkeit der Verteilung von Subnetzen über mehrere physikalische Systeme hinweg).

Mit der Verabschiedung des Standards ist Anfang 1997 zu rechnen. Die Hersteller sitzen bereits in den Startlöchern und warten die endgültige Fassung ab. Die einzige derzeit verfügbare Lösung wird von Newbridge angeboten (proprietär, auf der Basis des Entwurfes)

4.2.4.1.1. Allgemeine Struktur und Funktionsweise

MPOA stellt keine völlige Neuerfindung dar, vielmehr wird auf etablierte Standards zurückgegriffen.

„MPOA = LANE + NHRP + ein bißchen Klebstoff“ [Data 11/96]

Mittels NHRP ist es möglich einen Shortcut durch das ATM-Netz als Verbindung zweier Knoten, die sich in verschiedenen Subnetzen befinden, aufzubauen. Dieser ermöglicht die Übertragung eines Ende-zu-Ende-Datenstromes durch das ATM-Netz unter Umgehung von Routern (One-Hop-Routing).

Das MPOA-Modell unterstützt alle bestehenden Datenströme innerhalb und zwischen LAN-Verbundnetzen.

Für den Datentransfer werden ATM-SVC's verwendet, worüber die LLC/SNAP-encapsulierten Datenpakete übertragen werden (Verwendung von AAL-5 und RFC 1483)

MPOA vereinigt Bridging und Routing mit ATM. Innerhalb der MPOA-Architektur erfolgt jedoch eine strenge Trennung von Bridging (LANE-basiert) und Routing (NHRP für Layer-3-Forwarding-Funktion). Die Entscheidung, ob ein Datenpaket aus einem LAN gebridged oder geroutet werden muß, wird im Edge Device vollzogen.

MPOA trennt Routing und Switching, was auch unter der Bezeichnung virtueller Router bekannt wurde. Route-Server beinhalten die Wegekalkulationsfunktion, während sich Edge Devices auf die reine Datenweiterleitung beschränken.

MPOA setzt auf einem Client-Server-Modell auf.

Funktionsgruppen:

Die MPOA-Arbeitsgruppe des ATM-Forums definierte bisher in ihrem Basisdokument die wesentlichen Funktionsgruppen. Danach beschreiben **Client-Funktionsgruppen** das entsprechende Schicht-3-Verhalten für ATM-Endgeräte und Edge Devices. **Server Funktionsgruppen** sind Bestandteile des gleichen Umfeldes, sind aber so organisiert, daß sich das System wie ein virtueller Router darstellt.

Alle Kommunikationsvorgänge zwischen Client und Server-Funktionsgruppen sind LANE-basiert.

- Client-Funktionsgruppen

EDFG (Edge Device Functional Group)

- umfaßt Systeme, die als Proxy fungieren, d.h. zwischen herkömmlichen LAN's und ATM
- Edge Devices stellen das Bindeglied zwischen LAN's und ATM an den Grenzen des ATM-Netzes dar

AHFG (ATM Host Functional Group)

- umfaßt direkt an ATM angeschlossene Endsysteme

- Server-Funktionsgruppen

ICFG (IASG Coordination Functional Group)

- definiert, damit Endgeräte innerhalb der gleichen Internet Address Sub Group (IASG), d.h. innerhalb des gleichen IP-, IPX- (o.a.) Subnetzes, über unterschiedliche Edge Devices verteilt sein können
- Registrierung der MPOA-Clients
- übermittelt den Clients die ATM-Adressen, die zu nutzen sind, um die anderen Mitglieder des gleichen Schicht-3-Subnetzes zu erreichen (unabhängig von der physikalischen Lage der Endgeräte)

Internet Address Summarization Groups (IASGs) oder verteilte Subnetze

- MPOA definiert VLAN's mittels Strukturen der Netzwerkschicht, die als IASG bezeichnet werden
- eine IASG benutzt ein Ebene-3-Protokoll und einen Adreßbereich (bei IP ein virtuelles Subnetz)

DFFG (Default Forwarder Functional Group)

- zuständig für den Datentransport zwischen Mitgliedern der gleichen Subnetzgruppe, zwischen denen keine Direct Data VCC besteht

- wird ein MARS (Multicast Address Resolution Server) verwendet, stellt DFFG Multicast-Server-Funktionen bereit

RSFG (Route Server Functional Group)

- existieren verschiedene Schicht-3-Subnetze, so berechnet RSFG die Wege über das ATM-Netz und stellt sie den Client-Funktionsgruppen zur Verfügung
- benötigen zur Kommunikation innerhalb der MPOA-Domain Schicht-3-Routingprotokolle

RFFG (Remote Forwarder Functional Group)

- verwendet, wenn zwischen unterschiedlichen Schicht-3-Subnetzen keine Direct Data VCC vorhanden sind, um diese aufzubauen

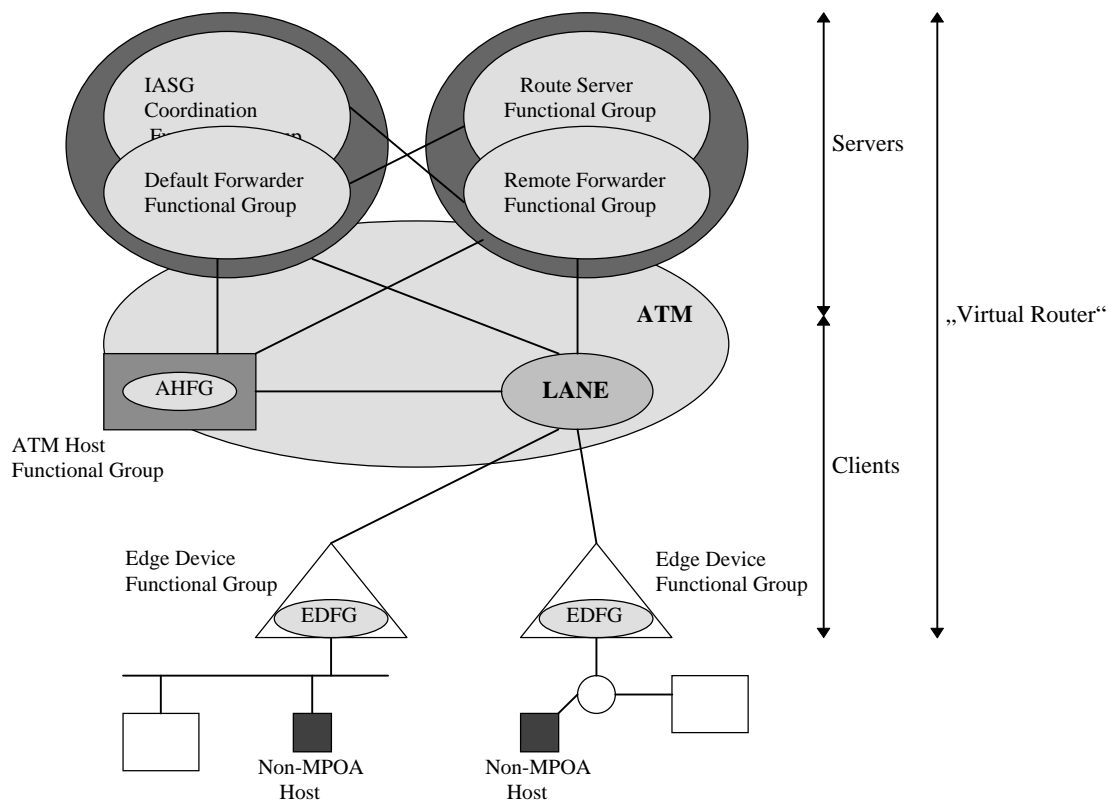


Abb. 4.55.: MPOA-Funktionsgruppen und Prinzip des virtuellen Routers [Bay 96]

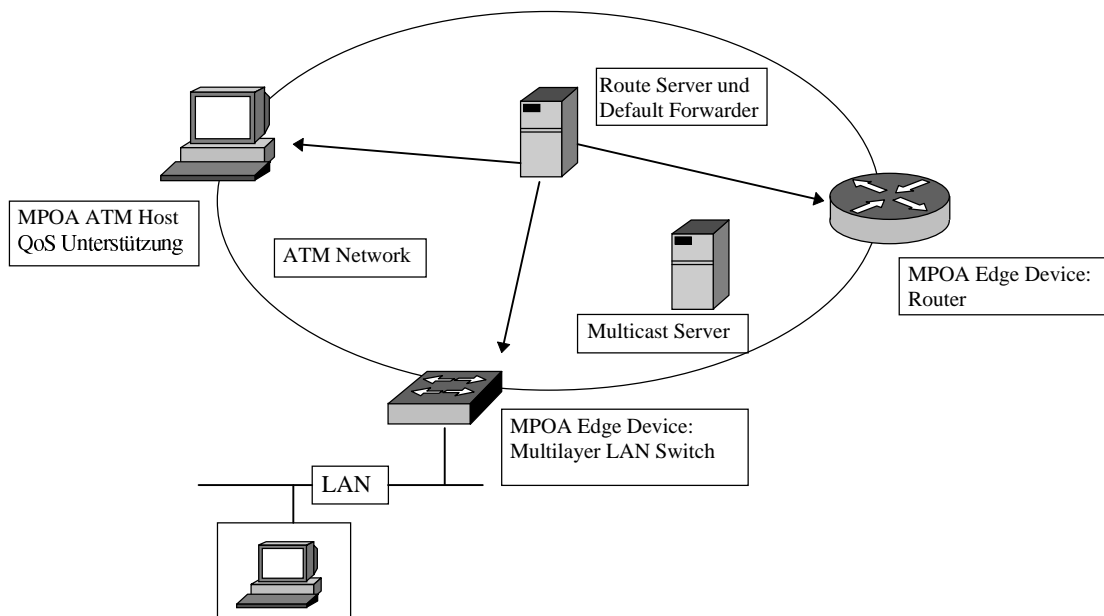
Die Funktionsgruppen innerhalb einer MPOA-Domain bilden die Funktion eines virtuellen Routers, der in seinen Grundfunktionen Weiterleitung (Forwarding/in den Edge-Komponenten) und Wegeermittlung (Routing/in den Server-Funktionsgruppen) gesplittet ist. Ein virtueller Router stellt physikalisch Verbindungen zwischen

unterschiedlichen Edge Devices und ATM-Hosts und logisch zwischen unterschiedlichen Subnetzen her und benutzt ATM als Transportmedium.

Grundarchitektur:

MPOA basiert auf der Emulation eines virtuellen oder verteilten (distributed) Routers über das ATM-Netzwerk.

MPOA Komponenten



MPOA Features

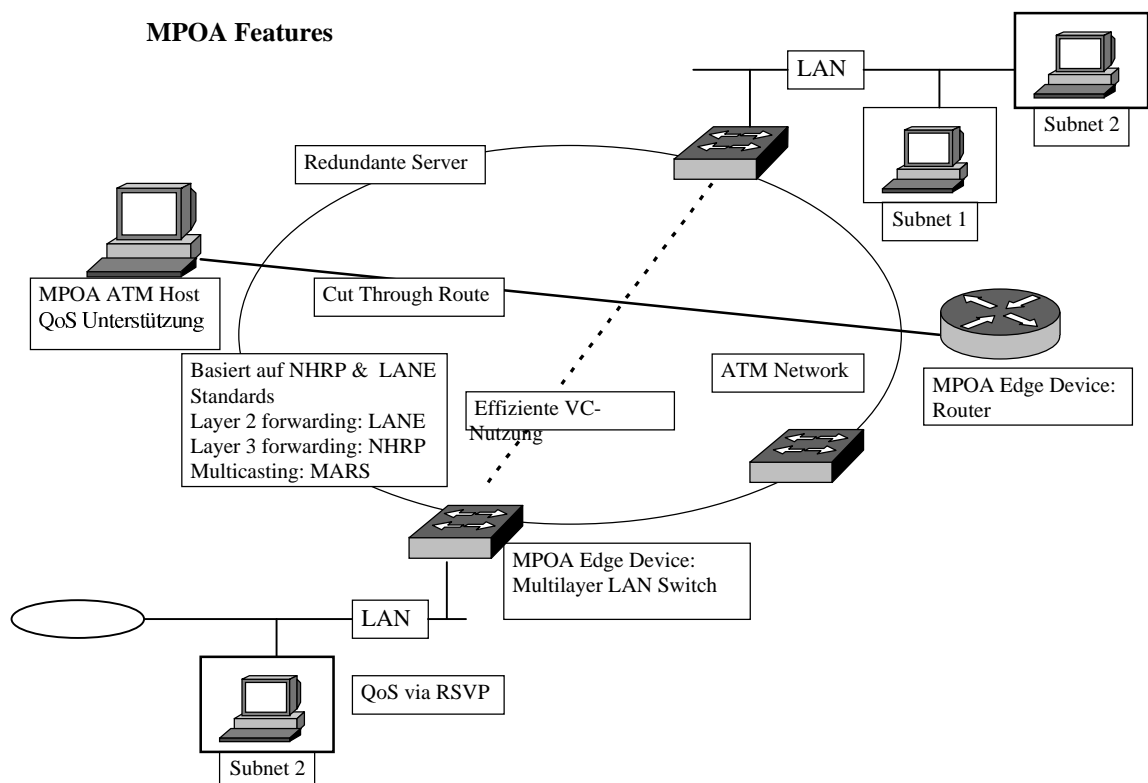


Abb. 4.56.: MPOA-Grundstruktur und Eigenschaften [Cis-Sem]**• MPOA Clients****Edge Devices:**

- vermitteln Datenpakete zwischen h erkömmlichen LAN-Segmenten und ATM-Schnittstellen (Multilayer-Switches, Transport von LAN-Verkehr über ATM)
- Anbindung von non-ATM-Systemen
- (entspricht: Bridge mit genügend Layer-3-Intelligenz, u m am NHRP teilzuhaben)
- zur Zielfindung werden Adressen der Netzwerkschicht oder MAC-Adressen verwendet

ATM-Hosts

- Stationen mit ATM-Adapter, deren Treiber MPOA unterstützen
- können d irekt mit anderen Hosts über ATM kommunizieren od er mit angeschlossenen LAN's

Clients kommunizieren mit den Servern, u m Routing-Informationen und Adreß-Mappings zu erlernen.

• MPOA Server**Route Server:**

- zentrale Intelligenz im virtuellen Router
- Sammlung von Funktionen, mit denen sich Subnetze, d ie a uf der Netzwerkschicht definiert sind, auf ATM abbilden lassen
- (neben k lassischen Routerfunktionen) agiert als NHS, welcher Layer-3-Forwarding-Informationen für die MPOA-Clients bereitstellt
- entweder eigenständiges Gerät oder als Zusatzfunktion in b estehenden Routern/Switches

- hält Adreßtabellen für Netzwerkschicht, die MAC- und die ATM-Ebene bereit, um Adreßauflösungsinformationen auf Anfrage der Edge Devices bzw. ATM-Hosts bereitzustellen
- bei der Verteilung von Rundsendungen verkörpert der Route Server die zentrale Intelligenz zum Aufbau von Punkt-zu-Mehrpunkt-Verbindungen
- Funktion ähnelt z.T. der des LES/BUS der LANE, jedoch mit wesentlichen Erweiterungen für Dienste auf der Netzwerkschicht
- besitzt virtuelle MAC-Adresse, welche den Zugangsport zum virtuellen Router beschreibt (wird Edge Devices bei Initialisierung mitgeteilt)

Verbindungen zwischen Edge Devices und Route Servern sind LANE-basiert. ATM-Hosts können direkt mit dem Route-Server kommunizieren und ATM-Adressen erfragen.

Ein Route-Server bedient eine bestimmte Anzahl von Edge Devices, jedoch kann ein Edge Device von mehreren Route-Servern bedient werden.

Den Edge Devices sind die MAC-Adressen ihrer Route Server bekannt.

MPOA implementiert eine Route-Server-Architektur, bei der die wesentliche Arbeit von funktional angereicherten Switches geleistet wird. Switches enthalten elementares Wissen über ihre Umgebung. Wenn dieses nicht ausreicht, treten sie in Kommunikation mit dem Route-Server. Verschiedene Protokolle für die Kommunikation zwischen den Switches und zwischen Switches und Route-Servern sind implementiert.

Die Wegekalkulation (Routing) erfolgt vor dem eigentlichen Verbindungsaufbau, so daß nach dem Aufbau der Verbindung lediglich das Weiterleiten der Informationen durch ATM-Switches erfolgt (Forwarding). Auch bei subnetzübergreifender Übertragung entfällt eine aufwendige Paketrückgewinnung und Adreßinformationsverarbeitung in jeder Zwischenstufe (wie in konventionellen Routern).

MPOA sieht vor, daß innerhalb von Schicht-3-Subnetzen LANE (ermöglicht bereits heute Shortcuts innerhalb eines ELAN's) für die Übertragung des Datenstromes verwendet wird.

Erkennt ein MPOA-fähiges Endgerät beim Verbindungsaufbau, daß das zu adressierende Ziel außerhalb seines Subnetzes liegt, formuliert es einen NHRP-Request,

welcher der Adreßauflösung dient. Hierbei wird ein funktional erweitertes NHRP-Protokoll genutzt, welches es dem Client ermöglicht, die ATM-Adresse der jeweiligen Endpunkte zu finden.

Der Route-Server löst die Adresse auf oder kontaktiert weitere, um die Zieladresse zu ermitteln. Anschließend ist der Aufbau eines Shortcuts durch das Netz möglich.

ATM-Hosts und Edge Devices halten häufig verwendete Adreßinformationen lokal vor.

4.2.4.1.2. Vor- und Nachteile

Vorteile:

- MPOA ermöglicht den Aufbau eines virtuellen Routers mit einem einzigen Hop über das gesamte ATM-Netz
- Aufbau von Shortcuts führt zur effizienten Bandbreitenutzung
- daraus resultieren: hohe Geschwindigkeiten und geringe Verzögerungen zwischen beliebigen Teilnehmern unabhängig ihrer Zugehörigkeit zu Subnetzen
- Netzwerkschicht kann direkt auf ATM abgebildet werden
- Unterstützung der Umsetzung von Subnetzstrukturen in VLAN's
- großer Teil des Protokolloverheads beim Verbindungsaufbau entfällt (keine Broadcasts für IP-ARP's)
- Protokollen und Applikationen wird die Nutzung von ATM-Dienstmerkmalen ermöglicht

Nachteile:

- Switch-Systeme sind nicht aktiv in den Wegfindungsprozeß eingebunden, daher fehlen wichtige switch-spezifische Parameter (Zellenverlustrate, Verzögerungen, verfügbare Bandbreite), welche hohe Dienstgüten von ATM garantieren
- keine Berücksichtigung der Schaltung von Ersatzwegen beim Verbindungsaufbau
- u.U. zeitintensive Wegekalkulation (NHRP-Request/Response-Prozeduren)

4.2.4.2. I-PNNI - Integrated PNNI

4.2.4.2.1. Ausgangsüberlegungen für I-PNNI

Unabhängig von der Realisierung des MPOA-Konzepts stellt sich die Frage nach:

„Wie mehrere Router (real/virtuell) miteinander kommunizieren, Informationen über die Netztopologie austauschen und Verbindungen aufbauen?“ [Bay 96]

In derzeitigen Netzen werden Schicht-3-Protokolle (z.B.: OSPF für IP, SPX für IPX) verwendet. Bei der Integration von ATM-Vermittlungsknoten in eine solche Umgebung werden diese Protokolle über ATM hinweg weiterbetrieben, was sich in großen Netzen mit vielen Routern, die über ATM verbunden sind, als problematisch erweist.

ATM-Vermittlungsknoten kommunizieren über das PNNI-Protokoll, welches einen Einblick in die Topologie des ATM-Netzes für jeden ATM-Knoten ermöglicht, so daß diese in Echtzeit reagieren können und eine optimale Wegewahl treffen können.

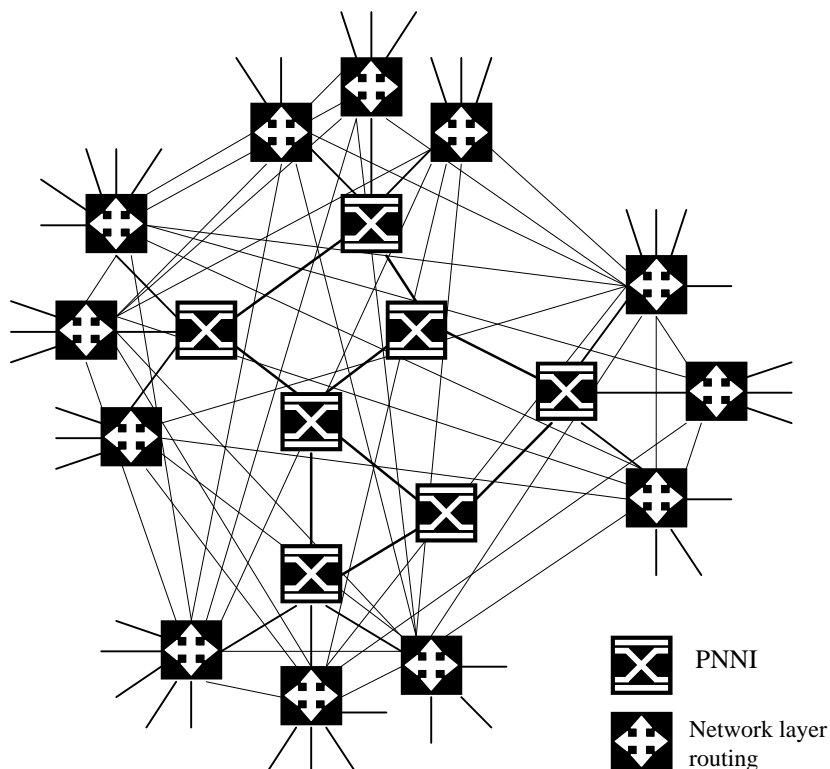


Abb. 4.57.: ATM/PNNI-Netz und Overlay Routing mit herkömmlichen Protokollen

[Bay 96]

Die angeschlossenen Router sehen das ATM-Netz nur als einen einzigen Transportweg (schnelle Verbindung über einen Hop), da sie nicht am PNNI-Protokoll partizipieren, sondern nur ihre Umgebung kennen. Ein Router setzt somit einen VCC zu einem Ziel-Router auf, ohne zu wissen über welchen Weg die Informationen durch das ATM-Netz übertragen werden.

Schicht-3-Routing-Protokolle „liegen über PNNI“ und können dessen Vorteile nicht nutzen. (daher Namensgebung: Overlay- oder Layered-Routing)

Probleme:

- verschiedene Routing-Protokolle erzeugen unnötigen administrativen Verkehr
- sehr komplexes Netzgebilde entsteht
- keines der Protokolle kann die Vorteile eines parallel betriebenen anderen Protokolls nutzen

Eine weitere Zuspitzung der Probleme ergibt sich, wenn neue Protokolle (RSVP, IPv6) Applikationen unterstützen, die bestimmte QoS und eine garantierte Bandbreite voraussetzen.

Bay Networks verfolgt das I-PNNI-Konzept seit Ende 1994. Der Ausgangspunkt war die Notwendigkeit, mit der Entwicklung von Switchsystemen der nächsten Generation folgende Hauptziele zu erreichen:

- Vorantreiben von Netzapplikationen dadurch, daß die Hauptvorteile von ATM (Skalierbarkeit, Ende-zu-Ende-Übertragung und QoS) auch für heutige Schicht-3-Protokolle (z.B.: IP) gelten
- Bereitstellung einer effizienten Methode zur Integration von Datagramm-basierten Netzen in ATM-Netze in der Weise, daß die ATM-Vorteile in beiden Welten zum Tragen kommen
- geringere Komplexität und damit Vereinfachung von Migration, Betrieb, Administration und Management von Netzen auf Basis von Switch-Systemen

4.2.4.2.2. I-PNNI - Protokollmechanismus

Mit der Standardisierung von I-PNNI wird die Ausdehnung des PNNI-Standards auf angrenzende LAN-Systeme angestrebt.

I-PNNI wird als gemeinsames Routing-Protokoll sowohl von Layer-2/3-Switches und Routern, die als Edge-Devices fungieren, als auch von ATM-Switches benutzt. Sämtliche Switch-Systeme erhalten damit Topologieinformationen und werden in den Wegfindungsprozeß einbezogen. Existierende Protokolle wären an PNNI anzupassen und wären über ATM-Umgebungen routbar.

I-PNNI eignet sich für Topologien von heterogenen frame- und zellbasierten Netzen. Auf der Grundlage des topologischen Überblicks erfolgt die Weiterleitung von Datagrammen und der Aufbau von VCC's.

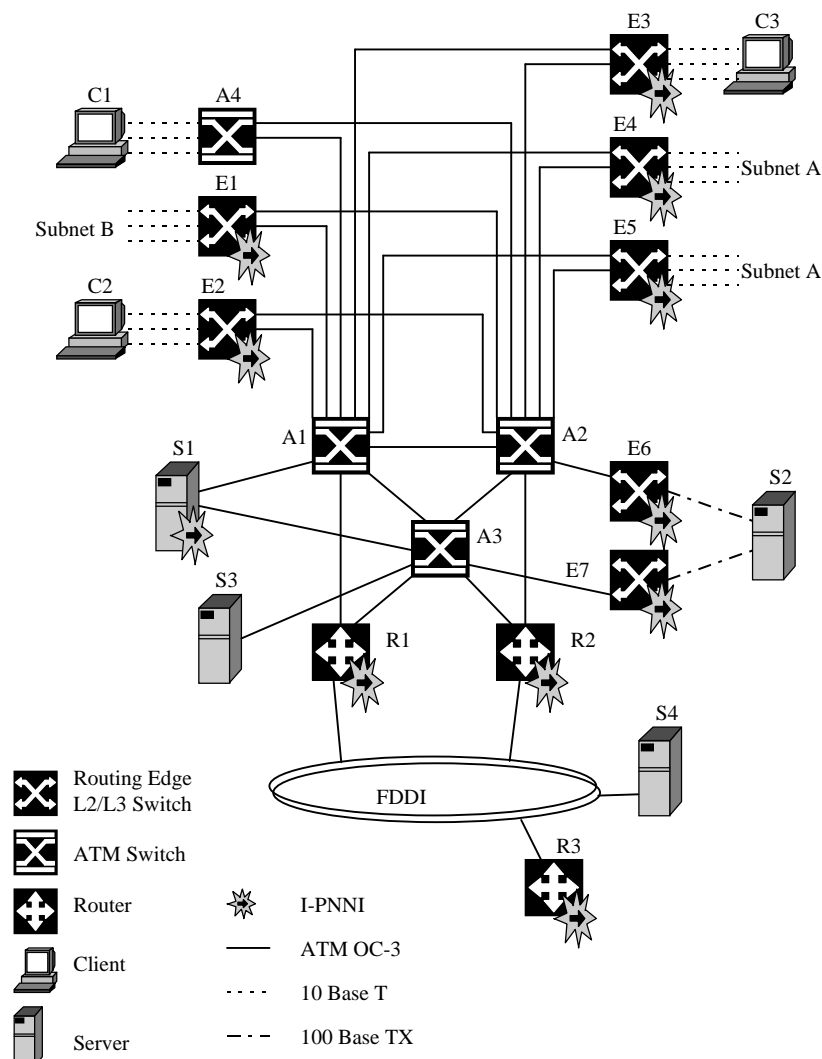


Abb. 4.58.: Heterogenes I-PNNI-Netz [Bay 96]

Mit I-PNNI profitieren auch Nicht-ATM-Teilnetze von den PNNI-Vorteilen. Zudem vereinfacht sich die Verwaltung und das Management des Netzes, da sich der Einsatz mehrerer unterschiedlicher Routing-Protokolle erübrigt.

I-PNNI baut auf PNNI auf. Grundlegende Funktionen sind bereits in PNNI enthalten.

Topologieerkennung in heterogenen Netzen:

- L2/L3-Routing-Switches, ATM-Router, ATM-Switches und ATM-Server mit Mehrfachanbindung ans ATM-Netz nutzen PNNI-Routing-Protokoll
- jedes Gerät erscheint als Knoten in der Topologiedatenbank
- ans ATM-Netz angeschlossene Router oder L2/L3-Switches geben sich selbst als „Nicht-Durchgangssystem“ für ATM-SVC's bekannt
- Verbindungen von ATM-Routern, L2/L3-Switches oder Servern mit Mehrfachanschluß zu ATM-Switches sind PNNI-Interface-Verbindungen

Als Ergebnis entsteht eine einfache und richtige Darstellung der Gesamtopologie. (siehe Abb. 4.59. / erster Teil) Jedes Gerät, das am PNNI-Routing-Algorithmus partizipiert, bestimmt, welches der beste Weg für eine Datagrammweiterleitung bzw. für den Aufbau einer SVC-Verbindung ist. Die Entscheidung basiert auf der für jede Verbindung angezeigten Metrik (aus Sicht des jeweiligen Knotens).

- Hellos:

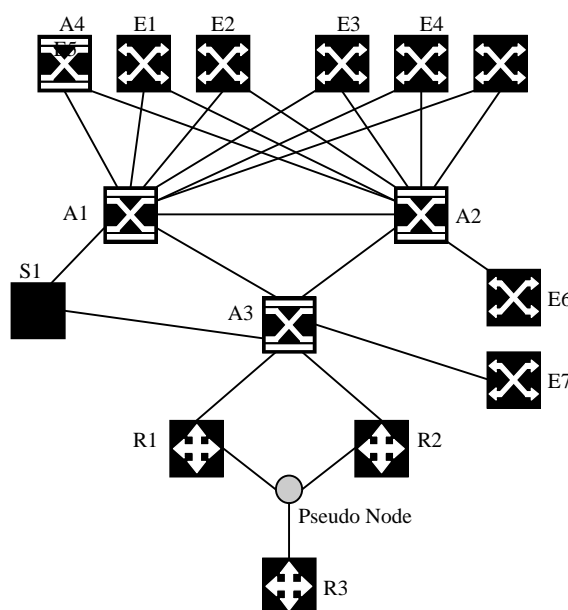
- jeder Knoten erkennt lokale Topologie durch Austausch von Hello-Meldungen mit seinen Nachbarn
- Aufteilung der Knoten in hierarchische Gruppen (Peer Groups) mit einem entsprechenden Peer Group Leader, welcher gleichzeitig Mitglied in der nächsthöheren Peer Group ist (wie in PNNI auch)
- Bestimmung der Peer Group Zugehörigkeit der Nachbarn, basiert ebenfalls auf Hello-Informationen

- Topologie-Statuspaket:

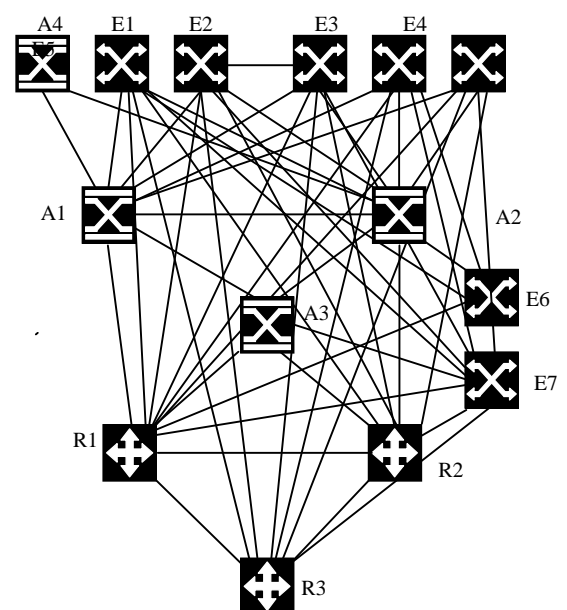
- jeder Knoten meldet erkannte Topologie durch Topology State Packets zuverlässig an alle anderen Knoten im Netz oder innerhalb einer Peer Group
 - mit zusätzlichen Informationen des Peer Group Leaders über die höheren Hierarchiestufen stehen jedem Knoten Informationen über die komplette Netztopologie zur Verfügung
- Erreichbarkeitsanzeige und Unterstützung verteilter Subnetze:
 - Router und L2/L3-Switches zeigen ihre Erreichbarkeit von ATM-Systemen und Network-Layer-Systemen im PNNI an (getrennt)
 - Erreichbarkeit von ATM-Systemen durch in PNNI 1.0 spezifiziertes Format
 - Erreichbarkeit von Network-Layer-Systemen (Netze, Subnetze, Endgeräte,...) durch spezielle TLP-kodierte (Type Length Value) Informationsgruppe im Topology State Packet (verschiedene Formate möglich: direkte Erreichbarkeit/Erreichbarkeit auf Anfrage)
- Adreßauflösung:
 - gleichzeitige Anzeige von Informationen über das ATM- und die Network-Layer-Systeme in PNNI ist die Basis für die Auflösung von Network-Layer- in ATM-Adressen innerhalb einer Peer Group
 - zwischen hierarchischen Peer Groups wird zumeist ein Abfrageprotokoll vorausgesetzt (z.B.: NHRP)
- Umgehung von Nicht-ATM-Switches für SVC Transit Routing:
 - entsprechend der Selbstaussweisung dieser Systeme als nichtdurchgängiges System für ATM-SVC's
- Betrieb über LAN-Broadcast-Systeme:
 - Betrieb von I-PNNI über Broadcast-Systeme wird durch Benutzung von Pseudo-Knoten und ihren zugeordneten Routern unterstützt
 - I-PNNI behandelt Broadcast Medium wie Pseudoknoten
 - zugewiesener Router dient der Generierung der Verbindungsstatusanzeige im Namen des Pseudoknotens

- Hierarchisches Routing:
 - I-PNNI unterstützt Hierarchien, welche durch einzelne Peer Groups gebildet werden (wie auch schon PNNI 1.0)
 - damit sind I-PNNI-Netze genauso skalierbar wie ATM-Netze auf PNNI-Basis
- QoS-Routing:
 - Unterstützung des QoS-sensitiven Routings wie PNNI 1.0 (gleicher Satz an QoS-Metrik für die optimale Wegebestimmung)
 - QoS-Metriken ausgedehnt auf Nicht-ATM-Verbindungen
- Routing zwischen Domains:
 - I-PNNI unterstützt Schnittstellen zu Nicht-PNNI-Routing-Domains durch den Einsatz verschiedener Routing-Protokolltypen
 - I-PNNI ermöglicht Koexistenz und Interoperabilität mit Netzen, welche anderes Routing-Protokoll benutzen

4.2.4.2.3. Vergleich der Routingverfahren



Integrated-PNNI Routing



Layered Routing

Abb. 4.59.: I-PNNI und Overlay Routing [Bay 96]

| Overlay Routing | I-PNNI |
|--|---|
| <u>funktionale Unterschiede:</u> <ul style="list-style-type: none"> ■ 2 „Abteilungen“ für Routing ■ verwendet für jedes Network-Layer-Protocol ein eigenes unabhängiges Routing Protokoll (z.B.: RIP, OSPF, NLSPI, RTMP,...) für die Weiterleitung im LAN-Bereich (spezialisiert auf jeweiligen Pakettyp und dafür am besten geeignete Wege) ■ im ATM-Teil läuft PNNI als eigenständiges und zusätzliches Routingprotokoll ■ für beide Bereiche getrennte Wegewahl ■ PNNI hat keinen Einfluß auf die festgelegte Wegewahl | <ul style="list-style-type: none"> ■ eine „Abteilung“ ■ einziges Routingprotokoll für Topologiebestimmung und Wegewahl im heterogenen Netz (sowohl LAN- als auch ATM-Transportwege) ■ jeder Knoten hat Wissen über Gesamtnetzstatus ■ kompletter Weg durch das Netz vorab ermittelbar |

Tab. 4.9.: Overlay- und I-PNNI-RoutingKonsequenzen:

- Layered Routing ist ineffektiv für die Wegewahl in heterogenen Netzen, da beide Routingprotokolle nicht kooperieren. Eine optimale Wegewahl kann somit nicht gewährleistet werden, da die Wegewahlentscheidung durch das Network-Layer-Routing-Protocol (ohne Kenntnisse über die Netzsituation im ATM-Netz zu haben) getroffen wird. PNNI hat keinen Einfluß auf den vorgegebenen Weg, auch wenn ATM-intern optimalere Alternativwege möglich wären.
- Layered Routing führt zu un effizienter Bandbreitennutzung, da u.U. überlastete ATM-Verbindungen aufgrund der festgelegten Wegewahl genutzt werden müssen.
- Layered Routing kann aus heutiger Sicht keine QoS von Ende-zu-Ende bereitstellen, da die Auslastungszustände des ATM-Netzes nicht in den Wegewahlprozeß einbezogen werden, obwohl PNNI in der Lage wäre QoS zu unterstützen.
- Layered Routing erhöht die Komplexität des Netzes, erschwert Fehlermanagement und Diagnose

I-PNNI wird aus diesen Gründen als Kerntechnologie angesehen, die gewährleistet, daß die Multiprotokoll-über-ATM-Übertragung effizient, kostengünstig und einfach realisiert werden kann.

4.3. Ausblick auf die Zukunft von ATM

Dem Anforderungsprofil der meisten Anwender werden Mischtechniken für die Migration (Synthese traditioneller LAN-Techniken und ATM) gerecht. Sämtliche Switch-Systeme sind bereits auf eine heterogene Netzwerkwelt ausgelegt.

Heute ist echtes End-to-End-ATM noch keine Realität. ATM pur wird erst zukünftig eine Rolle spielen. Die Konzentration der ATM-Anwendung beschränkt sich auf Einsatzgebiete, wo ATM einen echten Vorteil bringt. Zudem wird Ethernet (Shared oder Switched) ein weiterhin kontinuierliches Wachstum prognostiziert. Im Workgroupbereich sind 10 Mbit/s-Switch-Verbindungen in den meisten Fällen noch über Jahre hinweg ausreichend.

Multimedia-Anwendungen werden vorerst nicht so schnell, wie in der anfänglichen Euphorie immer wieder hochgepriesen, in die ATM-Endgeräte katapultieren. Vorerst sind derartige Anwendungen auf begrenzte Nutzerkreise beschränkt (Medizin, Forschung,...).

Der Haupteinsatzort der ATM-Technologie liegt derzeit im Backbonebereich, wobei ATM auch hier nicht als einzige Lösung für die Zukunft gehandelt wird.

Ein erster Seitenhieb für ATM war das von der IETF verabschiedete **RSVP** (Resource Reservation Protocol), welches einen sofortigen Nutzen bringt und es ermöglicht, in TCP/IP-Netzen, Bandbreite für Funktionen zu reservieren, die bislang ATM zugedacht waren. Desweiteren bringt das **IPv6** in 1-2 Jahren verbesserte Adreß- und Routingfähigkeiten. Mit RSVP und dem IP-Feature „Intserv“ (Integrated Services) ist es möglich, über IP isochronen Datenverkehr in Echtzeit zu transportieren.

Als kostengünstige Alternative zu ATM für den Backbone-Bereich wird das **Gigabit-Ethernet** angesehen, welches eine Verzehnfachung des Fast-Ethernet-Durchsatzes verspricht. Aufgrund der gleichzeitigen Unterstützung bestehender Ethernet-Infrastrukturen hat das Gigabit-Ethernet das Zeug, zur dominierenden Technologie für die Vernetzung von Fast-Ethernet-Netzen auf Campusebene zu werden. Neue Technologien und Protokolle machen Gigabit-Ethernet zu einer attraktiven Lösung für das Handling von Video- und Multimedia-Datenverkehr. (RSVP - Bandbreitenreservierung / mit IEEE 802.1Q und 802.1p werden VLAN's und explizite

Prioritätenvergabe für Pakete unterstützt / Implementierung der QoS-Unterstützung im IPv6)

Zahlreiche etablierte Hersteller (3Com, Cisco, Bay Networks,...) haben erkannt, daß der Migrationsweg zu einer schnellen Kommunikationstechnik über installierte Systemwelt führt und sehen in dieser Technologie einen Zukunftsmarkt und treiben die Entwicklung voran. Das IEEE befaßt sich mit der Normung (mit Abschluß nicht vor 1998 zu rechnen). Cabletron will bereits innerhalb der nächsten 2 Jahre eine komplette Systemlinie auf den Markt bringen.

| Funktionen | Gigabit-Ethernet | Fast Ethernet | ATM | FDDI |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|---|-------------------------|
| IP-Kompatibilität | ja | ja | erfordert derzeit RFC 1577 und IP über LANE I-PNNI und/oder MPOA zukünftig | ja |
| Ethernet-Pakete | ja | ja | erfordert LANE 1.0 | nein |
| Multimediafähig | ja | ja | ja, aber Applikation muß angepaßt werden | ja |
| QoS | ja, mit RSVP und 802.1Q | ja, mit RSVP und 802.1Q | ja mit SVC | ja, mit RSVP und 802.1Q |
| VLAN's mit 802.1Q | ja | ja | erfordert Mapping von SVC's auf 802.1Q | ja |

Tab. 4.10.: Highspeed-Technologien im Vergleich [Data 10/96]

„Die Gigabit-Technik wird wohl gute Chancen haben, getragen von der Woge einer klassischen Technik, ins lokale Netz hineinzuschwappen. So könnte es sein, daß ATM letztlich raumgreifend nur im Weitverkehrsnetz Einzug halten wird.“ [Data 8/96]

Selbst im ATM-Forum wurde erkannt, daß ATM vielleicht den LAN-Bereich nie durchdringen wird. ATM wird im LAN nur dann eine Chance haben, wenn bestehende Standardisierungslücken (bis hin zu MPOA und I-PNNI, sowie fast vollständig fehlendes standardisiertes Management) geschlossen werden. Standards gelten aus Anwendersicht als Investitionsschutz.

Da ATM für die Übertragung verschiedener Dienste definiert ist, heute jedoch Datenanwendungen in Unternehmen im Vordergrund stehen, welche keine Isochronität erfordern, greift einer der wichtigsten ATM-Vorteile nicht. „Als reine Bit-Pumpe ist ATM zu teuer.“ [Data 8/96]

[Data3/96], [Data8/96], [Gat7/96]