

5. Anhang

5.1 Literatur

- **Vorlesung Kommunikationssysteme**
- Othmar Kyas, **ATM-Netzwerke (3.Aufl.)**, DATACOM, Bergheim, 1996
- Anthony Alles, **LAN, ATM, and LAN Emulation Technologies**, Artech House Inc., Norwood, 1996
- Gerd Siegmund, **ATM - Die Technik des Breitband-ISDN**, R. v. Decker Verlag, Heidelberg, 1993
- Gerd Siegmund, **ATM - Die Technik (3. Aufl.)**, Hüthig Verlag, Heidelberg, 1997
- Raif O. Onvural, **Signaling in ATM Networks**, Artech House Inc., Norwood, 1997
- Roland Kiefer, **Messtechnik in digitalen Netzen**, Hüthig, Heidelberg, 1997
- Andrew S. Tanenbaum, **Computer Networks (3rd Ed.)**, Prentice Hall International, London, 1996
- Anthony Alles, **ATM-internetworking**, CISCO Systems Inc., San Jose, 1995
(<http://www.cisco.com/warp/public/614/12.html>)
- ATM Forum, **ATM in Europe: User Handbook, 1997**
(<http://www.atmforum.com/pages/library/fs1.html>)
- TU Ilmenau, **ATM-Praktikum, 2001**
(<http://ikmcip1.e-technik.tu-ilmenau.de/~webkni/ATM-PRAKTIKUM/atmpraktikum.html>)
- TU München, **Rechnernetze Praktikum/ ATM Versuche, 2001**
(<http://www.hegering.informatik.tu-muenchen.de/Praktika/>)
(<http://www.hegering.informatik.tu-muenchen.de/Praktika/ws0102/imp/atm.ps.gz>)

Universität Rostock
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Nachrichtentechnik und Informationselektronik



Praktikum: Übertragungstechnik
Versuch : ATM Praktikum



1. Versuchsziel

Dieses Praktikum soll das Verständnis der ATM-Technologie unterstützen. Es wird dem OSI-Modell entsprechend mit der untersten Schicht begonnen. Die Themen umfassen den Aufbau von Permanent Virtual Channels (PVC) und Switched Virtual Channels (SVC), Quality of Service (QoS) Parameter, Classical IP (CLIP) over ATM und LAN Emulation (LANE).

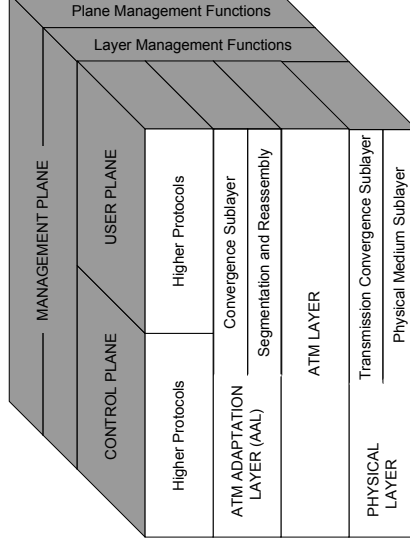


Bild 1: ATM Schichtenmodell

2. Grundlagen

2.1. Allgemeines

Der Asynchronous Transfer Mode (ATM) spielt in Backbone Netzwerken als auch in lokalen Workgroups eine große Rolle. Insbesondere dort, wo Echtzeitfähigkeit erforderlich ist, z.B. im medizinischen Umfeld, bei Banken oder für Multimedia, sind die Quality of Service (QoS) Garantien und die Skalierbarkeit von ATM gefragt. Im Backbone lässt sich ATM ohne Probleme über PDH- bzw. SDH-Strukturen übertragen.

2.2. Physical Layer

Diese Schicht bleibt im Praktikum weitgehend unberücksichtigt. Solange eine Anpassung in der Transmission Convergence (TC) Schicht definiert ist, können ATM-Zellen über beliebige Medien übertragen werden. Speziell für den LAN-Bereich

wurde eine direkte Übertragung der ATM-Zellen über Glasfaser ohne Kapselung in einem Übertragungsrahmen spezifiziert. In dem Praktikumsversuch bilden STM-1 bzw. OC3-Rahmen über Multimode Glasfaser die physikalische Schicht.

Die ATM-Zelle

- Feste Länge von 53-Oktetts
- 5 Oktetts **HEADER**, 48 Oktetts **DATA**

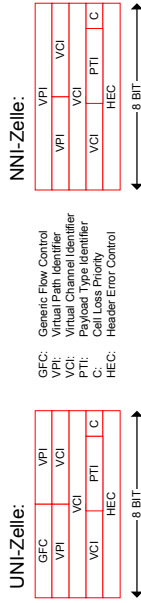


Bild 2: ATM Zelle

2.3. ATM Layer

In dieser Schicht werden die ATM-Adressvergabe und -Adressierung, die Signalisierung für Verbindungsaufbau und -abbau und die Zelle-Vermittlung behandelt. Auf die Adressierung und Signalisierung wird in diesem Praktikum genauer eingegangen. Prinzipielle Ansätze zu Quality of Service werden ersichtlich.

Prinzipiell gibt es zwei Möglichkeiten, im ATM Verbindungen aufzubauen. Entweder wird eine Verbindung fest vorgegeben (Permanent Virtual Circuit, PVC) oder sie wird bei Bedarf automatisch aufgebaut (Switched Virtual Circuit, SVC). Die Verbindung erfolgt in jedem Fall über sogenannte virtuelle Pfade bzw. Kanäle (Virtual Path Identifier -VPI/ Virtual Channel Identifier -VCI).

In der Regel vergeben Switches eine Null für die VPIs zu den Endgeräten. Weiterhin sind die VCI 1-31 für ATM-Systemfunktionen reserviert und sollten nicht für eine Benutzerverbindung gebraucht werden.

Um im ATM kommunizieren zu können, müssen den Teilnehmern Adressen zugeordnet werden. Im wesentlichen besteht eine ATM-Adresse aus drei Teilen:

- 1.) netzwerkspezifisch
- 2.) endgerätespezifisch (ESI)
- 3.) Selector Byte (SEL)

Neben der in Weitverkehrsnetzen üblichen E.164-Adressierung (ISDN-Telefonnr.) wurden, um die knappen Ressourcen (begrenzter Nummernvorrat) zu schonen, für private Netze weitere Adressformate definiert. Zur Vereinheitlichung sind diese in das

gesehen haben ist die VPI-Länge 0 Bit lang, d.h. Sie müssen den VPI-Wert in jedem Fall auf „0“ setzen.)

- Starten Sie den Analyzer (öffnen Sie dafür die Konfiguration mit dem Namen „clip“).
- Anschließend bauen Sie eine TCP Verbindung (Telnet, HTTP, etc.) zwischen „Win95“ und „Linux“ auf.
- Betrachten Sie das Trace im Examiner.
- Welche Protokollschichten gibt es? Was sind ihre Aufgaben? Wie groß ist die MTU? Vergleichen Sie mit 802.3 Ethernet und erklären sie die wichtigsten Unterschiede.
- Lösen Sie den PVC wieder aus und beenden Sie den ATMARP Server (*clip stop*).

4.3. LANE

- Stellen Sie eine LANE Verbindung mit SVCs zwischen den beiden Clients her. Was müssen Sie dafür konfigurieren? Welche Möglichkeiten hat der LAN Emulation Client (LEC) um an die Adresse des LAN Emulation Configuration Servers zu gelangen?
- Unter „Win95“ stellen Sie das ClassicalIP Interface auf LANE um. !!!Tragen Sie dabei unter „Configure“ den Namen des ELANs ein. Dieser lautet „praktika“ !!
- Starten Sie nun den Analyzer. (öffnen Sie die Konfiguration „lane“.) Für LANE benutzen Sie auf „Linux“ das Kommando *lane start*.
- Bauen Sie wieder eine beliebige TCP Verbindung auf und betrachten Sie das Ergebnis im Examiner. (LANE benutzt Verbindungen mit VCI>31)
- Dokumentieren Sie die Schritte der LANE-Schicht bis zum ersten Übertragen eines TCP Pakets. Welche SVCs werden benutzt? Wofür werden sie benutzt? Fertigen Sie eine Skizze über diese Vorgänge an. Zeichnen Sie die Komponenten logisch nach Aufgaben eingeteilt ein. Stoppen Sie alle laufenden ATM-Dienste (*lane stop ; atm stop*) und loggen Sie sich aus.

4.4. Auswertung

- Beantworten Sie alle zum Versuch gestellten Fragen.
- Erläutern Sie die von Ihnen gewonnenen Erkenntnisse in Bezug auf die Einsatzbereiche von CLIP und LANE.

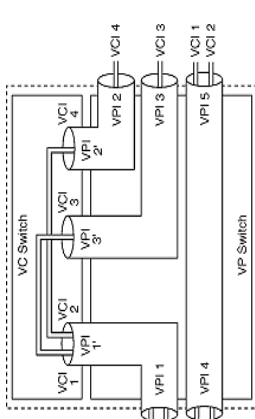
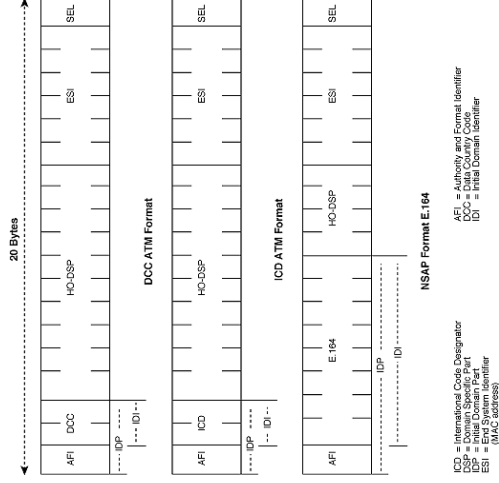


Bild 3: ATM Vermittlungsstelle (VP/VC Switch)

OSI NSAP-Format kodiert worden (Bild 4). Anhand des AFI (Authority and Format Identifier) lässt sich der jeweilige Typ ablesen:



- Data Country Code AFI=39
- International Code Designator AFI=47
- NSAP Format E.164 (ISDN-Nr.) AFI=45

Beim Einschalten einer Station muss diese zunächst das Netzwerkpräfix beim Switch erfragen und sich mit der eigenen ESI bei diesem registrieren. Der Adressregistrierungsprozess benutzt das Interim Local Management Interface (ILMI). In Form von SNMP-Kommandos (Trap, Get, Get-Next, Set) werden die Netzparameter (VPI, VCI; Adressraum; Signalisierungs-Adressraum; Management Information Bases) eingetragen. Die Kommunikation erfolgt über den definierten VC 0.16.

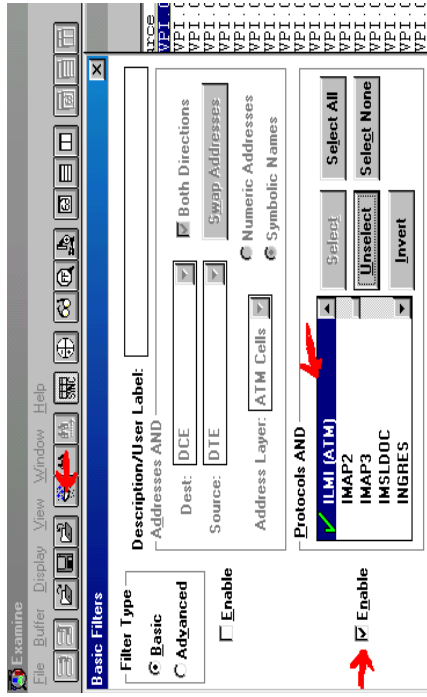
Bild 4: OSI NSAP Adressierungsschema

Sollen dynamische Verbindungen (SVCs) benutzt werden, so ist ein Mechanismus zur Signalisierung des Verbindungsaufbaus und -abbaus notwendig. Je nach Typ der ATM-Verbindung unterscheidet man das User-Network-Interface (UNI) und das Network-Network-Interface (NNI). Ersteres bezeichnet die Verbindung zwischen Endgerät und Switch, während das NNI das Interface zwischen zwei Switches beschreibt. Die Signalisierungsspezifikation des ATM-Forums in den Dokumenten UNI3.0 und UNI3.1 stellt eine Untergruppe der ITU-Spezifikation Q.2931 (aus Q.931 – Schmalband ISDN) dar. Die aktuelle Spezifikation UNI4.0 nähert sich dieser am weitesten an.

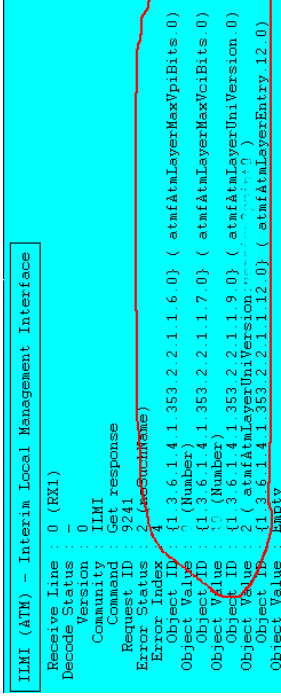
Auf Data Link Ebene wird das Service Specific Connection Protocol (SSCOP) verwendet, welches eine gesicherte Übertragung der Signalisierungsinformationen ermöglicht. Der Signalisierungskanal ist VC 0.5. Um die komplizierten Signalisierungsvorgänge aufzubauen, bedient sich ATM einer Metasignalisierung, die den Auf- und Abbau von Signalisierungskanälen realisiert. Alle Befehle haben in einer ATM-Zelle Platz, so dass keine zusätzliche Anpassungsschicht benötigt wird. Versendet werden sie über den reservierten VC 0.1.

Ein wesentliches Merkmal von ATM sind die Quality of Service Garantien. Ursprünglich wurden in ATM vier Dienstklassen A, B, C und D definiert. Bild 5 zeigt die Zuordnung zu den daraus möglichen AALs (siehe Abschnitt 2.4.).

- Filtern Sie nach ILMI.



Erläutern Sie die Vorgänge beim Starten der ATM Dienste Schritt für Schritt.



Welche UNI Version wird benutzt? Welches Netzwerk Präfix weist der Switch dem Client zu? Welches Adressformat wird benutzt? Wie lautet die Hardware Adresse des Clients?

4.2. CLIP

- Richten Sie eine CLIP Verbindung über PVCs zwischen „Linux“ und „Win95“ ein. Beachten Sie die bereits Konfigurierten PVCs auf dem ATM-Switch (siehe Skizze).

- Auf „Win95“ geschieht die PVC Zuweisung unter „Systemsteuerung-> Netzwerk-> ENI-ATM Adapter-> ClasscallP“ anzuwählen“.

- Über „Configure“ gelangen Sie in den Einstellungsmodus zum Konfigurieren des PVCs. Weitere Einstellungen sind nicht notwendig. Booten Sie ggfs. neu.

- Unter „Linux“ steht Ihnen das Kommando *clip* zur Verfügung. Starten sie zunächst den ATMARP Server (*clip start*). Mittels *clip setup <VPI> <VCI>* und *clip remove* können Sie der CLIP Verbindung einen PVC zuweisen, bzw. diesen auflösen. (Wie Sie in 3.1

Service-Klasse	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Zeittakt (Absender - Empfänger)	erforderlich		nicht erforderlich	
Bit-Rate	konstant	variabel	variabel	
Verbindungsmodus	verbindungsorientiert			verbindungslos
Beispiel	Circuit Emulation	Bewegtbild-Video	Datentransfer (verbindungsorientiert)	Datentransfer (verbindungslos)
AAL Typ	AAL1	AAL2	AAL3 / AAL5	AAL4

Bild 5: ATM Serviceklassen

In der Praxis hat sich gezeigt, dass der ATM-Verkehr aus fünf typischen Arten besteht. Mittlerweile wurden diese Dienstklassen in den Standard des ATM-Forums aufgenommen. Man unterscheidet:

- CBR (Constant Bit Rate)
- VBR (Variable Bit Rate)
 - RT-VBR (Real Time VBR)
 - nRT-VBR (non Real Time VBR)
- ABR (Available Bit Rate)
- UBR (Unspecified Bit Rate)

Während CBR und VBR bestimmte Bandbreitengarantien geben, stellen ABR und UBR einen „Best Effort“ dar, wie er aus bestehenden Netzen (Ethernet, etc.) bekannt ist.

2.4. AAL and Higher Layers

Es werden CLIP und LANE als auf die ATM-Schicht aufbauende Protokolle behandelt. Am Beispiel von CLIP werden PVCs dargestellt. LANE wird im Zusammenhang mit SVCs erklärt.

Das ATM-Abstraktion-Layer (AAL) hat die Funktion, die Strukturen der höheren Schichten auf die Zellenstruktur abzubilden. Um dieser Anforderung gerecht zu werden, ist das AAL in zwei Sublayer unterteilt. Das Convergence Sublayer (CS) nimmt die Anpassung an die verschiedenen AAL-Typen vor, während die Segmentation and Reassembly (SAR) für die Abbildung auf die Zellenstruktur zuständig ist.

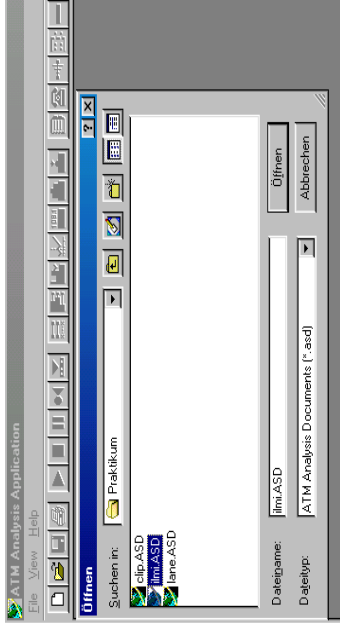
Die unterschiedlichen AAL-Typen hat man definiert, um den unterschiedlichen Anforderungen an die Übertragung gerecht zu werden (Bild 5). Für die Anwendungen im LAN-Bereich wird das Adaptionslayer fünf benutzt.

Von Anfang an war man bestrebt ATM in bestehende Strukturen zu integrieren, um die nötige Akzeptanz zu gewährleisten. Neben Frame-Relay- und PDH-Encapsulation wurden Verfahren zur Übertragung von IP-Traffic in LANs spezifiziert. Man unterscheidet zwei Ansätze IP-Encapsulation und LAN-Emulation.

4. Versuchsdurchführung

4.1. Grundlagen

- Machen Sie sich mit dem Versuchsaufbau vertraut. Verfolgen Sie die Kabel und vollziehen Sie die Skizze nach.
- Starten Sie auf „Win98“ die ATM-Analyzer Applikation.
- Öffnen Sie die Konfiguration mit dem Namen „ilmi“.



Starten Sie das Logging im Analyzer Programm.

(Die Konfiguration wird nun über Parallelkabel in den Analyzer übertragen. Wenn die ersten drei LEDs jeder Reihe grün leuchten, ist bis hierher alles in Ordnung.)



- Jetzt starten Sie zunächst den ILMI Dienst auf „linux“ (*atm start_ilmi*). [Loggen Sie sich als *praktika* ein, das Passwort lautet *atm*.

Wechseln Sie in das Verzeichnis *atm*. Hier finden Sie alle benötigten Kommandos.]

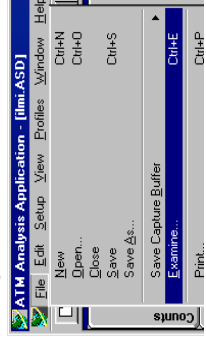
- Welche neue Verbindung beobachten Sie auf dem Analyzer? Wozu dient diese?



- Starten Sie nun den Zeichengabe Dienst auf „linux“ (*atm start_signal*). Welche neue Verbindung beobachten Sie auf dem Analyzer? Wozu dient diese?

- Halten Sie das Logging an und speichern Sie den Trace nach *ilmi1.cap* (für VCI 1-31) bzw. nach *ilmi2.cap* für evtl. Datenverbindungen.

Jetzt können Sie den Trace im Examiner betrachten (File -> Examiner). (Wichtig sind die Control-Verbindungen mit VCI 1-31, öffnen Sie also Ihre gespeicherte Datei *ilmi1.cap*.)



3. Studienfragen

3.1. Grundlagen

- Beschreiben Sie Multiplexverfahren anhand ihrer Merkmale und geben Sie Anwendungsbeispiele. Warum wird ATM als *asynchrones* Verfahren bezeichnet?
- Geben Sie einen Überblick über Vermittlungsarten und erläutern Sie die dabei verwendeten Verbindungsarten (verbindungslos <-> verbindungsorientiert) anhand von je einem Beispiel. Was versteht man unter einer (ATM) Zelle? Beschreiben Sie den Aufbau. Begründen Sie die Wahl der Zellengröße.

3.2. ATM Schicht

- Skizzieren Sie den Vorgang der Zellenvermittlung mittels VPIs/VCI's. Wozu dienen VPIs? Welche Zellentypen sind Ihnen bekannt und welche Bedeutung/Aufgabe haben sie? Erläutern Sie die Aufgabe der verschiedenen OAM/-Flüsse.
- Worin besteht der Unterschied zwischen Inband- und Outband-Signalisierung? Was ist Meta-Signalisierung? Welche Signalisierungsprotokolle kennen Sie für ATM und welche Aufgabe haben diese?
- Wie setzt sich eine ATM Adresse zusammen? Erläutern Sie die Ihnen bekannten Adressformate. Ziehen sie Rückschlüsse auf public/private Signalisierungsprotokolle.
- Nennen Sie QoS Dienstklassen und geben Sie Beispiele für deren Verwendung an.

3.3. ATM Anpassungsschicht

- Wozu dient der AAL? Bringen Sie Ihre Erläuterungen mit QoS Dienstklassen in Bezug.
- Welche Teilschichten kennen Sie? Wozu dienen diese?

3.4. CLIP

- Beschreiben Sie die Funktionsweise von CLIP.
- Welche Aufgaben hat ein ARPServer? Kann CLIP auch ohne diesen funktionieren?

3.5. LANE

- Erläutern Sie die Bestandteile eines LANE Netzes an Hand einer Skizze.
- Welchen Vorteil bieten virtuelle LANs (VLAN) gegenüber Shared Medium LANs? Stellen Sie den Bezug zu LANE her.
- Nennen Sie Vor- und Nachteile von LANE im Vergleich mit CLIP.

Eine der ersten Techniken ist das Classical IP over ATM (CLIP). Hierbei greift IP nicht (wie in herkömmlichen LANs) auf die Dienste des darunterliegenden LLC-Layers zu, sondern es ist eine spezielle SNAP/LLC (SubNetwork Attachment Point/Logical Link Control) Teilschicht definiert, die die Übertragung auf AAL-Ebene ermöglicht. Durch diese direkte Encapsulation gibt es keine MAC-Schicht und damit auch kein Broadcastmedium für die Adressauflösung der Hardwareadressen. Bei CLIP übernimmt der ATMARP Server das Mapping der Hardwareadressen zu IP-Adressen bzw. umgekehrt, der in jedem Logischen IP-Subnet (LIS) vorhanden sein muss.

Die LAN-Emulation (LANE) ist ein weitaus komplexeres Verfahren. Sie emuliert die MAC-Schicht vollständig und stellt sich daher aus Sicht der LAN-Applikationen als optimal (weil transparent) dar.

Realisiert wird LANE durch vier auf AAL-5 aufsetzende Module:

- LAN Emulation Client (LEC)
- LAN Emulation Server (LES)
- LAN Emulation Configuration Server (LECS)
- Broadcast and Unknown Server (BUS)

Der LES übernimmt die Registrierung der LECs und ordnet deren MAC-Adressen den korrespondierenden ATM Adressen zu. Er überwacht weiterhin die Zugehörigkeit der LECs zu bestimmten Emulierten LANs (ELANs).

Kann der LES auf einen ARP-Request keine Adresse aus seiner Tabelle liefern, wird der BUS befragt. Dieser dient der Vermittlung von Broadcast und Multicast Requests der LECs.

Um eine möglichst einfache Konfiguration der LECs zu gewährleisten, gibt es das LECS-Modul. Dieses verwaltet die Zugehörigkeit eines LEC zu unterschiedlichen ELANs. Eine Anfrage an den LECS liefert den verantwortlichen LES zurück, an dem sich der LEC dann anmelden kann.

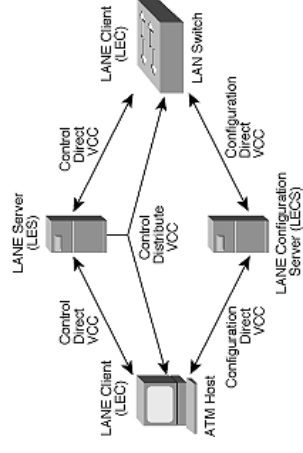


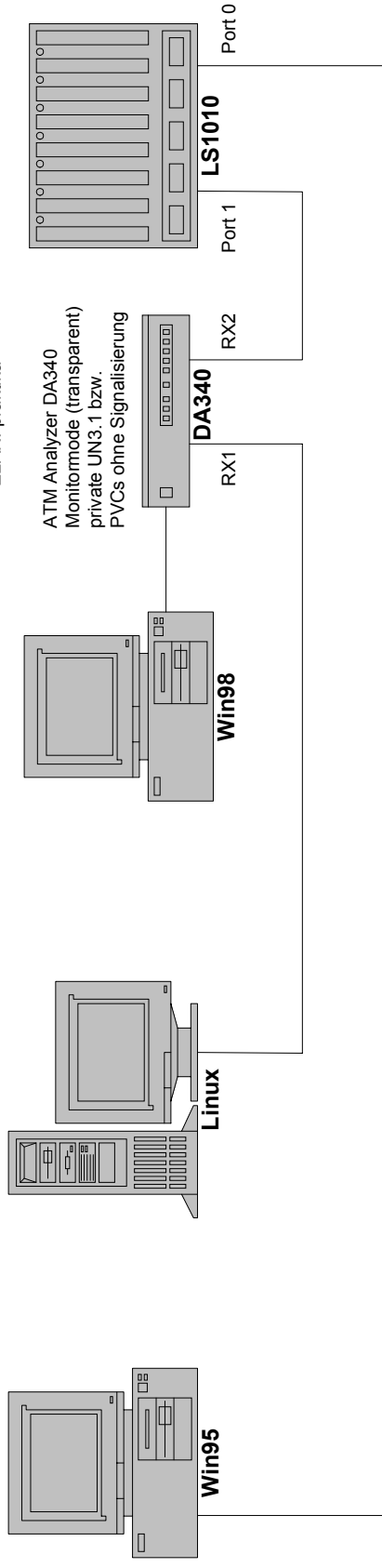
Bild 6: ATM LAN Emulation Konfiguration

Die einzelnen Module bauen selbstständig bestimmte Control Connections auf, die in der Bild 6 illustriert werden.

LANE eignet sich sehr gut zur Integration verschiedener Technologien (Ethernet, Token-Ring, FDDI). Zu beachten ist allerdings, dass LANE in der Version 1 keine QoS-Merkmale unterstützt. Es wird generell UBR bzw. ABR über AAL-5 benutzt. LANE Version 2 beseitigt diesen Mangel, findet aber noch nicht die nötige Verbreitung.

ATM Praktikum

- | | | | |
|--|--|--|---|
| <p>OS:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Win95 -Efficient CLIP/ LANE Treiber <p>Hardware:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Efficient Networks 155MBps ATM Adapter (Multimode) <p>Konfiguration:</p> <ul style="list-style-type: none"> -ESI: 00-00-C0-5E-60-E0 -IP: 192.168.1.1 | <p>OS:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Linux v2.4.2 -atmtools 0.79 <p>Hardware:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Efficient Networks 155MBps ATM Adapter (Multimode) <p>Konfiguration:</p> <ul style="list-style-type: none"> -ESI: 00-20-EA-00-17-12 -IP: 192.168.1.2 | <p>OS:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Win98 -ATM Analyzer and Examiner <p>Hardware:</p> <ul style="list-style-type: none"> -DA-340 an LPT1 | <p>OS:</p> <ul style="list-style-type: none"> -CISCO IOS -LAN Emulation Server (LANE) -LAN Emulation Configuration Server (LECS) -Broadcast and Unknown Server (BUS) <p>Konfiguration:</p> <ul style="list-style-type: none"> -LECS:0x47.009181000000001011BBF701.005080A07A13.00 -LES: 0x47.009181000000001011BBF701.00101412F011.0B -BUS: 0x47.009181000000001011BBF701.00101412F012.0B -Port0: VC 0.44 -> VC 0.45 -Port1: VC 0.45 -> VC 0.44 -ELAN: praktika |
|--|--|--|---|



Übersicht der Komponenten