

INSTITUT FÜR INFORMATIK  
DER LUDWIG-MAXIMILIANS-UNIVERSITÄT MÜNCHEN

**Praktikum Rechnernetze**

*Prof. Dr. H.-G. Hegering  
M. Garschhammer, M. Brenner, V. Danciu*

**Sommersemester 2004**

**LAN/WAN  
am Beispiel von  
ATM**

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>ATM 1 - ATM-Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1	Einführung . . . . .	1
1.1.1	Einteilung der Versuche . . . . .	2
1.1.2	Literatur . . . . .	4
1.2	Theorie . . . . .	6
1.2.1	Aufgaben zur Theorie . . . . .	6
1.3	Versuchsaufbau . . . . .	8
1.3.1	Versuchsaufbau . . . . .	8
1.3.2	Software auf den Rechnern . . . . .	9
1.3.3	ATM-Switch ASX-200WG . . . . .	9
1.3.4	ATM Switch Management Interface . . . . .	10
1.3.5	Der Protokollanalysator . . . . .	10
1.3.6	Die Rechneradressierung . . . . .	10
1.3.7	Benutzerkennung . . . . .	12
1.4	Versuch 1: Kennenlernen des ATM-Netzes . . . . .	12
1.4.1	Vorbemerkungen . . . . .	12
1.4.2	Aufgabenstellung . . . . .	12
1.4.3	Weitere Hinweise . . . . .	13
1.5	Versuch 2: Der HP Internet Advisor . . . . .	13
1.5.1	Kurze Einführung in den HP Internet Advisor . . . . .	13
1.5.2	Aufgabenstellung . . . . .	15
1.6	Versuch 3: Schalten eines PVC . . . . .	16
1.6.1	Vorbemerkungen . . . . .	16
1.6.2	Aufgabenstellung . . . . .	17
1.7	Versuch 4: SVC-Verbindungsaufbau . . . . .	19

<b>2</b>	<b>ATM 2 - ATM Adaption Layer (AAL) und CLIP</b>	<b>21</b>
2.1	Übersicht . . . . .	21
2.2	Theorie . . . . .	22
2.2.1	QoS-Diensttypen . . . . .	22
2.2.2	ATM Adaption Layer . . . . .	22
2.2.3	Effizienz Zellen vs. Pakete . . . . .	23
2.2.4	Emulation des Internet Protokolls . . . . .	23
2.2.5	Overhead von IP-Verkehr in ATM-Netzen . . . . .	24
2.3	Versuch 1: Schalten eines CBR-PVC . . . . .	25
2.3.1	Aufgabenstellung . . . . .	26
2.4	Versuch 2: Effizienzvergleich CLIP-LANE-Ethernet . . . . .	27
2.4.1	Aufgabenstellung . . . . .	27
2.5	Versuch 3: CLIP-Protokollanalyse . . . . .	28
2.5.1	Aufgabenstellung . . . . .	28
2.6	Versuch 4: Broadcast in CLIP-Netzen . . . . .	30
2.6.1	Aufgabenstellung . . . . .	30
2.7	Versuch 5: Internetworking . . . . .	31
2.7.1	Vorbemerkung . . . . .	31
2.7.2	Aufgabenstellung . . . . .	31
<b>3</b>	<b>ATM 3 - LAN Emulation (LANE) und VLAN</b>	<b>33</b>
3.1	Übersicht . . . . .	33
3.2	Theorie . . . . .	34
3.2.1	Basic Concepts und Komponenten . . . . .	34
3.2.2	LANE-Registrierung . . . . .	34
3.2.3	Aufbau und Funktion von VLANs . . . . .	34
3.2.4	Ausblick: MPOA . . . . .	35
3.3	Kurze Einführung in das LANE Protokoll . . . . .	36
3.4	Versuch 1: LEC-Konfiguration . . . . .	37
3.4.1	Aufgabenstellung . . . . .	39
3.5	Versuch 2: Fore VLAN-Manager . . . . .	41
3.5.1	Kurze Einführung in den Fore VLAN-Manager . . . . .	41
3.5.2	Aufgabenstellung . . . . .	42

3.6	Versuch 3: LANE-Adreßauflösung . . . . .	43
3.6.1	Aufgabenstellung . . . . .	44
3.7	Versuch 4: LANE-Datenübertragung . . . . .	45
3.7.1	Aufgabenstellung . . . . .	45
3.8	Versuch 5: Point-to-Multipoint-VCC . . . . .	46
3.8.1	Aufgabenstellung . . . . .	46
3.9	Aufräumen . . . . .	46

# Kapitel 1

## ATM 1 - ATM-Grundlagen

Breitband-ISDN war der großangelegte Versuch, ein weltweit einheitlich aufgebautes Hochgeschwindigkeitsnetz anstelle der Vielzahl von existierenden Netzwerken für die verschiedenen Anwendungen (Sprache, Daten, Fernsehen) zu schaffen. Entscheidende Grundlage dieses universellen Netzes ist der zellenvermittelnde Transportmechanismus ATM (Asynchroner Transfer Modus), welcher vom CCITT im Jahre 1988 für das zukünftige B-ISDN-Netzwerk ausgewählt wurde.

### 1.1 Einführung

Ein Hauptproblem heutiger TK-Infrastrukturen ist die Vielzahl der unterschiedlichen Dienste, welche durch fast genauso viele „Netze“ unterstützt werden. Daher entstand schon früh der Wunsch vieler Telefongesellschaften, die verschiedenen Dienste in ein Netz zu integrieren, d.h. man suchte eine Technologie, welche sowohl Telefonverkehr als auch Datenverkehr und andere Anwendungen, wie beispielsweise Fernsehübertragungen, unterstützt.

Mit der Einführung des ISDN (Integrated Services Digital Network) wurde im Bereich der großen, öffentlichen Netze eine einheitliche Technik für einen weiten Bereich verschiedenster Anwendungen auf der Basis von 64KBit/s-Kanälen geschaffen. Der steigende Bedarf für eine breitbandige Kopplung von Endeinrichtungen bzw. Privatnetzen erfordert jedoch Netze mit erheblich höheren Bitraten und einer flexibleren Zuordnung der Bandbreite. Diese erweiterten Anforderungen sollen durch das Breitband-ISDN (kurz B-ISDN) basierend auf der **ATM-Vermittlungstechnik** unterstützt werden.

Die Wahl des unter ATM befindlichen Übermittlungssystems ist freigestellt, hier kommen unter anderem SONET (Synchronous Optical Network), SDH (Synchrone Digitale Hierarchie), PDH (Plesiochrone Digitale Hierarchie), TAXI (übertragung über FDDI-Infrastrukturen) oder Fibre Channel zum Einsatz. In lokalen Netzen besteht darüber hinaus die Möglichkeit der direkten Zellübertragung. In diesem Fall ist ATM auch **übermittlungssystem**.

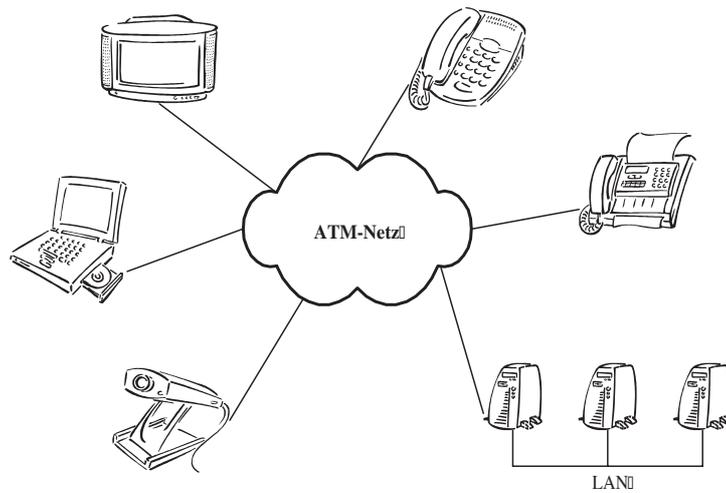


Abbildung 1.1: B-ISDN Netz

Ein weiterer Vorteil von ATM ist, dass es sowohl im LAN als auch im WAN eingesetzt werden kann, was bedeutet, dass hier kein Technologiebruch beim Übergang vom LAN ins WAN eintritt. Dieses „Feature“ wird jedoch derzeit in den wenigsten Fällen genutzt, i.d.R. dienen ATM-Netze „nur“ als schnelle Backbone Netze. Lediglich in einigen wenigen Spezialfällen (z.B. Kliniken, Deutscher Bundestag) wird ATM bis zum Arbeitsplatz eingesetzt. Weiterführende Literatur siehe Vorwort [SIEGMUND].

### 1.1.1 Einteilung der Versuche

Die ATM-Versuche lassen sich in drei Themenkomplexe einteilen:

1. Einführung in ATM
2. Höhere Schichten (z.B. CLIP, LANE)
3. VLANs als Anwendung von ATM

Diese drei Themenkomplexe wurden wie folgt auf die drei Praktikumsnachmittage verteilt:

1. ATM-Grundlagen
  - Die Theorie des ersten Nachmittags behandelt hauptsächlich allgemeine Begriffe aus der Welt der Rechnernetze und Datenkommunikation und stellt gegebenenfalls einen Zusammenhang zu ATM her. Der Schwerpunkt des ersten Teils liegt dabei auf der ATM-Schicht.

- Der Praxisteil beginnt mit einer Einführung in das Testbed (Versuchsnetz) und seinen Komponenten. Anschließend folgen Versuche, welche dem Kennenlernen von ForeView und dem Protokollanalysator dienen. Den Abschluß bilden zwei Versuche zur Verbindungssteuerung mittels SVC bzw. PVC. Für das Verständnis dieser Aufgabenstellungen sollte der TANENBAUM oder der HALSALL ausreichen.

## 2. AAL und Classical IP over ATM (CLIP)

- Der zweite Theorieteil behandelt die verschiedenen ATM-Diensttypen und geht dann zu den Aufgaben des ATM-Adaption-Layers (AAL) über. Die zweite Hälfte beschäftigt sich damit, wie IP-Verkehr über ATM-Netze übertragen werden kann. Abschließend werden die verschiedenen Verfahren miteinander verglichen.
- Die praktischen Versuche beginnen mit dem Schalten eines CBR-PVCs und einer Gegenüberstellung des bei CLIP, LANE und herkömmlichen Ethernet-Netzen entstehenden Overheads. Anschließend sollen Sie sich mit dem Protokollanalysator die Funktionsweise von CLIP verdeutlichen. Den Abschluß macht ein Versuch, bei dem es darum geht, IP-Verkehr von einem Ethernet-Netz in ein ATM-basiertes Netz zu routen.

## 3. LAN-Emulation (LANE) und Virtual LAN (VLAN)

- Der dritte Teil stellt eine Alternative zu IP over ATM vor, die LAN-Emulation. Hier wird ein Schicht 2 Protokoll mittels ATM nachgebildet. Dadurch ergeben sich gewisse Vorteile im Vergleich zu CLIP (Classical IP over ATM), aber auch einige Komplikationen bei der Realisierung. Da sich ATM-basierte Netze besonders für die Definition von VLANs (Virtual LANs) eignen, bilden diese einen weiteren Schwerpunkt des letzten Nachmittages. Abgeschlossen wird der dritte Theorieteil durch einen Ausblick auf MPOA (Multi Protocol Over ATM).
- Im Praxisteil geht es darum, einzelne LANE-Komponenten zu konfigurieren und zu beobachten wie sie sich in einem LANE-Netz registrieren. Weitere Aufgaben behandeln den LANE-Protokollstack, Broadcasts und die Adreßauflösung. Im letzten Versuch geht es darum, eigene VLANs zu definieren.

Die physische Schicht bleibt im Rahmen des Praktikums weitgehend unberücksichtigt. Die ATM-Zellenübertragung kann mit den verschiedensten Übertragungsmedien (siehe Einführung) zusammenarbeiten, entscheidend dafür ist nur, ob eine Anpassung (in der TC - Transmission Convergence Schicht) spezifiziert wurde. Wer sich genauer dafür interessiert, kann weitere Einzelheiten bei [KYAS, Kapitel 6] oder [ATMFORUM] nachlesen.

Sie finden am Anfang jedes Versuchsblockes eine kurze Übersicht mit Stichpunkten, anhand derer Sie überprüfen können, ob Sie das Lernziel erreicht haben. Sollten Sie einmal bei einer Aufgabe nicht weiterkommen, so beachten Sie bitte die mit **Hinweis:** gekennzeichneten Textstellen.

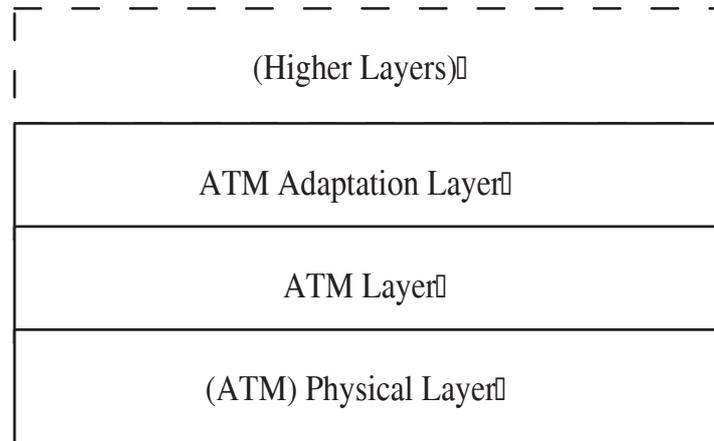


Abbildung 1.2: Vereinfachtes ATM-Schichtenmodell

### 1.1.2 Literatur

[BLACKI] Uyles Black, ATM Volume I: Foundation for Broadband Networks, Prentice Hall, 1995

[BLACKII] Uyles Black, ATM Volume II: Signaling in Broadband Networks, Prentice Hall, 1998

[BLACKIII] Uyles Black, ATM Volume III: Internetworking with ATM, Prentice Hall, 1998

[GINSBURG] Ginsburg, ATM solutions for enterprise internetworking, 2. Auflage Addison Wesley

[HALSALL] Halsall, Computer Networks, 1998

[HEGERING] Heinz-Gerd Hegering, S. Abeck, B. Neumair, Integriertes Management vernetzter Systeme, D-Punkt 1999

[HEGERINGII] Heinz-Gerd Hegering, Alfred Läßle, Ethernet, Datacom

[KYAS] Othmar Kyas, ATM-Netzwerke, Datacom, 1996

[RATHGEB] Rathgeb, Wallmeier, ATM - Infrastruktur für die Hochgeschwindigkeitskommunikation, Springer, 1997

[SCHILL] Schill, ATM-Netze in der Praxis, Addison Wesley, 1997

[SIEGMUND] Gerd Siegmund, ATM - Die Technik, 3. Auflage 1997 Hüthig

[TANENBAUM] Andrew S. Tanenbaum, Computernetzwerke, 3. Auflage 1997

[LANE V1] The ATM Forum Technical Committee, LAN Emulation Over ATM Version 1.0, <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-lane-0021.000.pdf>

[MPOA V1] The ATM Forum Technical Committee, Multi-Protocol Over ATM Version

1.0, <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-mpoa-0087.000.pdf>

[TMS V4] The ATM Forum Technical Committee, Traffic Management Specification Version 4.0, <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-tm-0056.000.pdf>

[USS V4] ATM User-Network Interface Signalling Specification Version 4.0, <ftp://ftp.atmforum.com/pub/approved-specs/af-sig-0061.000.pdf>

[RFC 1483] Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5

[RFC 1577] Classical IP and ARP over ATM; Ersetzt durch 2225; Von unseren Komponenten unterstützter Standard.

[RFC1626] Default IP MTU for use over ATM AAL5; Ersetzt durch 2225; Von unseren Komponenten unterstützter Standard.

[RFC 1629] Guidelines for OSI NSAP Allocation in the Internet

[RFC 2225] Classical IP and ARP over ATM

[RFC 1209] The Transmission of IP Datagrams over the SMDS Service

[ATMFORUM] <http://www.atmforum.com>

[ITU-T] <http://www.itu.org/itu-t>

#### **Hinweis:**

- Die Bücher von TANENBAUM und HALSALL können jedem, der sich etwas genauer mit Rechnernetzen beschäftigen will, als Basisliteratur empfohlen werden. Sie werden daher auch als primäre Literatur für das Praktikum verstanden. Wer sich darüber hinaus genauer in ATM einlesen will, sollte als Einstiegsliteratur KYAS, SIEGMUND oder SCHILL verwenden. Die drei Bände von [BLACK] sind derzeit nur in Englisch erhältlich, sie geben aber den umfassendsten Einblick in ATM. RATHGEB ist ein besonders für die Lehre geeignetes Werk, wegen seines hohen Preises aber hauptsächlich nur zum Ausleihen (u.a. TUM Lehrbuchsammlung) zu empfehlen. HEGERING kann all denjenigen empfohlen werden, die sich genauer mit dem Netz- und Systemmanagement befassen wollen.
- Falls Ihr Augenmerk verstärkt auf neuen Technologien/Protokollen aus der ATM-Welt liegt, sollten Sie sich auf den Webservern der für die ATM-Normierung zuständigen Organisationen umsehen. Die wichtigsten sind die ITU-T (<http://www.itu.org/itu-t>) und das ATM-Forum (<http://www.atmforum.com>). Allerdings stehen die wenigsten ITU-T-Spezifikationen (kostenlos) online zur Verfügung. Zu Spezifikationen, welche die Konvergenz zwischen IP- und ATM-Technologien betreffen, informieren Sie sich am besten bei der IETF (<http://www.ietf.org>) bzw. in den entsprechenden RFCs.

## 1.2 Theorie

Nach der Bearbeitung der folgenden Fragen zu den ATM-Grundlagen und nach Ausführung des zugehörigen Versuches sollten Sie:

- verschiedene Vermittlungsverfahren kennen
- die Vor- und Nachteile der Zellvermittlung verstehen
- die grundlegenden Unterschiede zwischen ATM und traditionellen Datenübertragungsverfahren erläutern können
- die Konzepte, welche hinter SVC/PVC's stehen, begriffen haben
- Verständnis für die Signalisierung in ATM Netzen entwickelt haben
- einen allgemeinen Überblick über das ATM Schichtenmodell besitzen
- wissen, warum ATM **Asynchronous** Transfer Mode heißt
- den Verdacht haben, dass unterhalb von ATM auch noch etwas existiert

### 1.2.1 Aufgaben zur Theorie

#### 1. Multiplexverfahren

- (a) Zählen Sie alle Multiplexverfahren auf, die Sie kennen und beschreiben Sie diese kurz.
- (b) Geben Sie einige Beispiele für Datenübertragungstechniken an, welche mit den genannten Multiplexverfahren arbeiten.
- (c) Was ist **asynchron** am Asynchronous Transfer Mode?

#### 2. Vermittlungsarten und Verbindungen

- (a) Was unterscheidet „verbindungslose“ von „verbindungsorientierter“ Kommunikation? Was versteht man unter einer „virtuellen Verbindung“? Welche zwei Arten von „virtuellen Verbindungen“ existieren im ATM-Umfeld?
- (b) Nennen Sie die drei (vier) gängigsten Vermittlungsverfahren und erläutern Sie deren Wirkungsweise.
- (c) Geben Sie Beispiele für Netze an, die mit den genannten Vermittlungsverfahren arbeiten. Geben Sie dabei auch an, ob es sich um eine verbindungslose oder verbindungsorientierte Kommunikation handelt.

#### 3. Schichtenarchitektur

- (a) Beschreiben Sie den Aufbau von Nachrichten, die vertikal zwischen Instanzen und horizontal zwischen Partnerinstanzen übergeben werden. Erklären Sie dabei die Begriffe: ICI; (N)-SDU; (N)-SAP; PCI; (N)-PDU.
- (b) Die logische ATM-Netzwerkarchitektur wurde in Anlehnung an das OSI-Schichtenmodell (ITU-T X.200) aus vier voneinander unabhängigen Kommunikationsschichten zusammengesetzt. Die vier Schichten werden über drei Ebenen miteinander verbunden: die Benutzerebene (User Plane), die Steuerebene (Control Plane) und die Managementebene (Management Plane). Aufgabe: Beschreiben Sie das ATM-Schichtenmodell (Skizze und wichtigste Aufgaben der einzelnen Schichten).

#### 4. Zellen und virtuelle Kanäle

Die ITU-T ATM-Spezifikation wurde Ende 1990 erstmals veröffentlicht und 1992 in einer neuen überarbeiteten Version herausgebracht. Dabei wurde die „Zelle“ als kleinste unteilbare Einheit in einem ATM-Netz definiert. Sie besteht aus einem 5 Byte Zellenkopf (Header) und einem 48 Byte großem Nutzdatenfeld (Payload).

- (a) Warum hat man ein Nutzdatenfeld von 48 Byte spezifiziert (und nicht etwa 32 oder 64 Byte, was besser zur gegenwärtigen Rechnerarchitektur passen würde)?
- (b) Wie groß ist dabei die max. Verzögerungszeit bei Sprachübertragung, wenn wir davon ausgehen, dass jede Zelle vor dem Versenden komplett mit Daten gefüllt wird (Standard-PCM-Abtastung)?
- (c) Beschreiben Sie die Elemente des ATM-Kopffeldes (Header).
- (d) Erklären Sie (Skizze) die Funktion der Zellvermittlung mittels VP-/VC-Identifikatoren. Welchen Vorteil liefert dabei die Verwendung von VPI's?

#### 5. Signalisierung

Die Signalisierung, bisweilen auch „Zeichengabe“ genannt, ist in ATM-Netzen ein wesentlich komplexeres Thema als in allen bisherigen Kommunikationsverfahren. Dieses Thema kann im Rahmen des Praktikums nur kurz angeschnitten werden. In ATM-Netzen wird zwischen UNI- (**U**ser **N**etwork **I**nterface) und NNI- (**N**etwork **N**etwork **I**nterface) Signalisierung unterschieden. In Abbildung 1.3 sehen Sie ein Beispiel für einen ATM-Signalisierungs-Protokollstapel, wie er vom ATM-Forum favorisiert wird (der SAAL/Signalling AAL wird häufig - auch in unserem Versuchsnetz - auf den AAL 3/4 abgebildet). In der ITU-T-Spezifikation kommt insbesondere an der NNI-Schnittstelle ein von Abbildung 1.3 abweichender Protokollstapel zum Einsatz.

- (a) ATM verwendet die sogenannte „Outband-“ Signalisierung. Was versteht man darunter (ggs. „Inband-“) und wozu wird Signalisierung prinzipiell verwendet?

- (b) Gibt es in ATM-Netzen noch eine Besonderheit, welche bei der Signalisierung (der Wegewahl) beachtet werden muß?
- (c) Nennen Sie ein für ATM genormtes Signalisierungsprotokoll.
- (d) Was versteht man unter **Meta-Signalisierung**?
- (e) Worin besteht der Unterschied in der Behandlung von Nutzzellen und Signalisierungszellen in den ATM-Vermittlungsstellen?

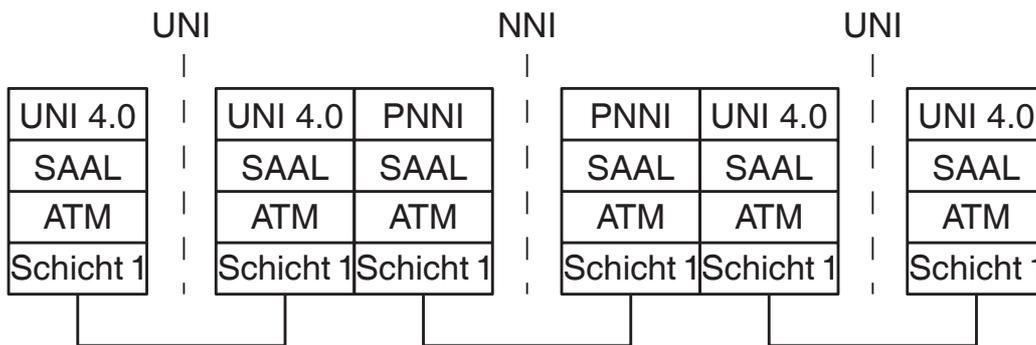


Abbildung 1.3: Signalisierung in B-ISDN-Netzen

## 1.3 Versuchsaufbau

### 1.3.1 Versuchsaufbau

Unser Versuchsnetz basiert bezüglich der ATM-Technik (Karten, Switches) fast ausschließlich auf Komponenten der Firmen Fore (<http://www.fore.com>) und Hewlett Packard (<http://www.hewlett-packard.com>):

- zwei 155MBit ForeRunner Switches: `sw4`, `sw5`
- vier HP Workstations: `hp1`, `hp2`, `hp5`, `hp6`
- zwei Windows98 PCs: `pcatm3`, `pcatm4`
- einem HP Internet Advisor (Protokollanalyator)
- zwei VT 420 Terminals (für Konfigurationsaufgaben)

Eine Gruppe führt den Versuch an den Rechnern `hp5`, `hp6` und `pcatm3` aus, die andere an den Rechnern `hp1`, `hp2`, `pcatm4`.

Als Verkabelung dienen Unshielded-Twisted-Pair-Kabel (UTP) der Kategorie 5. Es wird kein direktes ATM-Zellübertragungsverfahren eingesetzt, stattdessen werden die ATM-Zellen mittels STM-1 bzw. OC-3c, genauer VC4-Containern (2430 Byte), übertragen. SDH (Synchronous Digital Network) STM-1 (Synchronous Transport Modul 1) ist die ITU-Variante zum amerikanischen SONET (Synchronous Optical Network) OC-3c (Optical Carrier Type 3c). Beide bieten auf dem physikalischen Medium eine Übertragungsrate von 155,52 MBit/s (näheres siehe [KYAS, Kapitel 6: Die physikalische Schicht]). Als Codierungstechnik für die physikalischen Signale kommt das NRZ-Verfahren (Non Return to Zero) zum Einsatz.

### 1.3.2 Software auf den Rechnern

- Die Managementsoftware **ForeView** befindet sich auf der `hp1/hp5` im Verzeichnis `/usr/fore/foreview/bin/`. Das Hauptmodul, von welchem aus alle anderen aufgerufen werden können, heißt `fvmap`. ForeView umfaßt unter anderem folgende Produkte: ForeView Map (Hauptmodul); ForeViewVLAN (VLAN Management Software); ChannelTracer (Programm zur Verfolgung einzelner PVC- und SVC-Verbindungen); Virtual Path/Channel Tool (ermöglicht das Schalten von PVC's).
- Die Konfigurationsprogramme für die ATM-Karten und weitere Kommandozeilenuilities befinden sich auf beiden HP Rechnern im Verzeichnis `/opt/fore/`. In einigen Verzeichnissen finden Sie eine Datei mit dem Namen `README.1ST` (was Sie dann auch tun sollten).
- In ihrem Homeverzeichnis befindet sich ein kleines Skript `/usr/fore/prakt/pingcheck`, mit welchem Sie testen können, ob die Komponenten im Testbed auf einen ping reagieren.
- Für den PC gibt es als GUI das **InForemation Center**, es ist als Applet der Systemsteuerung implementiert. Auf dem Desktop befindet sich eine Verknüpfung, durch die Sie das Applet auch direkt starten können.

### 1.3.3 ATM-Switch ASX-200WG

Die beiden (Workgroup-) Switches verfügen, als zentrales Steuerungselement, über ein SCP-Board (Switch Control Processor). Das SCP-Board besitzt einen Intel i960 Mikroprozessor. Es implementiert den Management-Zugriff mittels SNMP und ist damit auch für das Speichern und Verwalten der gesamten Managementinformation verantwortlich. Als Schnittstellen besitzt es einen seriellen Port, einen Reset Button, ein kleines Status Display, und einen 10BaseT Anschluß (nur für Managementzwecke). Des Weiteren existiert noch ein

logischer Port, CTL, an den alle Daten, welche an den Switch selbst adressiert sind, gesendet werden (z.B. ATMARP-Server, LECS etc.). Für die eigentliche Datenübertragung besitzt der Switch drei Einschübe mit jeweils vier Anschlüssen für UTP-5 Verkabelung und einen optischen Einschub für vier Multimode Kabel (wird im Praktikum nicht verwendet), beide basieren auf SONET/SDH OC-3c (das „c“ steht übrigens für **concatenated** und zeigt an, dass es sich hierbei nicht um einen aus drei OC-1-Datenströmen gemultiplexten Datenstrom handelt).

### 1.3.4 ATM Switch Management Interface

Das AMI wird auch Managementkonsole genannt. Es bestehen mehrere Möglichkeiten, um mit dem AMI zu kommunizieren:

- direkt am RS-232 Port mittels eines Terminals
- per Telnet auf die IP-Adresse des Switches
- mittels ForeView Map (zweites Icon von links „telnet“)

### 1.3.5 Der Protokollanalysator

An allen Ihren Versuchsnachmittagen wird Ihnen der **HP Internet Advisor** zur Seite stehen. Dabei handelt es sich um ein sehr universelles Netzanalysetool. Unsere Version ist jedoch bis auf ein paar serielle Schnittstellen nur mit einem ATM-OC-3-Interface ausgestattet. Auf dem Internet Advisor ist eine englische Version von Windows 95 installiert. Von den Programmen und Tools, die Sie auf dem Internet Advisor vorfinden, wird uns hauptsächlich der ATM-Analysator interessieren. Sie finden ihn direkt auf dem Desktop („ATM - Launch Current Interface“). Um eventuell Daten (Screenshots, Zelldaten etc.) für die Ausarbeitung mit nach Hause zu nehmen, können Sie das auf dem Internet Advisor installierte WinZip verwenden.

#### **Hinweis:**

Hinweis: Sie können mittels der [PRINT] Taste einen Screenshot in der Zwischenablage von Windows 95 erzeugen.

### 1.3.6 Die Rechneradressierung

Die Rechner befinden sich in einer eigens für das Praktikum eingerichteten DNS-Domäne (`rnp.nm.informatik.uni-muenchen.de`). Verwaltet wird diese Domäne von `pcrnp10` (DNS Server). Die restlichen Lehrstuhlrechner befinden sich in der Domäne `nm.informatik.uni-muenchen.de`.

Auflistung der einzelnen Adressen:

Rechner	IP-Adresse	Subnetz-Maske	Net Interface
swclip4	192.168.215.65	255.255.255.240	qaa0
swclip5	192.168.215.66	255.255.255.240	qaa0
hpclip1	192.168.215.71	255.255.255.240	qaa0
hpclip2	192.168.215.72	255.255.255.240	qaa0
pcclip3	192.168.215.73	255.255.255.240	
pcclip4	192.168.215.74	255.255.255.240	
hpclip5	192.168.215.75	255.255.255.240	qaa0
hpclip6	192.168.215.76	255.255.255.240	qaa0
IP Broadcast	192.168.215.79	255.255.255.240	

Tabelle 1.1: CLIP

Rechner	IP-Adresse	Subnetz-Maske	Net Interface
swlane4	192.168.215.49	255.255.255.240	el0
swlane5	192.168.215.50	255.255.255.240	el0
hplane1	192.168.215.51	255.255.255.240	el0
hplane2	192.168.215.52	255.255.255.240	el0
pplane3	192.168.215.53		
pplane4	192.168.215.54	255.255.255.240	
hplane5	192.168.215.55	255.255.255.240	el0
hplane6	192.168.215.56	255.255.255.240	el0
IP Broadcast	192.168.215.63	255.255.255.240	

Tabelle 1.2: LANE

Rechner	IP-Adresse	Subnetz-Maske	Net Interface
swatm4	192.168.215.34	255.255.255.240	lan0
swatm5	192.168.215.35	255.255.255.240	lan0
hprnp1	192.168.215.41	255.255.255.240	lan0
hprnp2	192.168.215.42	255.255.255.240	lan0
pcatm3	192.168.215.43	255.255.255.240	
pcatm4	192.168.215.44	255.255.255.240	
hprnp5	192.168.215.45	255.255.255.240	lan0
hprnp6	192.168.215.4	255.255.255.240	lan0
IP Broadcast	192.168.236.255	255.255.255.240	

Tabelle 1.3: Ethernet

### 1.3.7 Benutzerkennung

Ihr Login für die Rechner ist, wie in den meisten anderen Versuchen auch: „praktiku“. Das Passwort erfragen Sie bitte von ihrem Betreuer. Das Login für das AMI ist „asx“ ohne Passwort.

## 1.4 Versuch 1: Kennenlernen des ATM-Netzes

### 1.4.1 Vorbemerkungen

- In den folgenden Aufgaben verwenden wir IP-Verkehr nur als Hilfsmittel, um bestimmte Ereignisse in der ATM-Schicht sichtbar zu machen. Insbesondere sollten Sie beachten, dass mittels einiger komplexer Mechanismen, auf die an den kommenden Nachmittagen genauer eingegangen wird, die IP-Adressen vor dem direkten Verbindungsaufbau in ATM-Adressen umgesetzt werden. Dieses Vorgehen ist leider notwendig, weil kaum native ATM-Anwendungen existieren.
- Unser Versuchsnetz basiert auf dem DCC- (Data Country Code) ATM-Adreßformat. Erkennbar ist dies am ersten Byte der ATM-Adresse (= 39). Des Weiteren gibt es noch das ICD- (International Code Designator) und das E.164-Format, letzteres verwendet das ISDN-Rufnummernformat. Nähere Informationen zum ATM-Adreßformat finden sie in [RFC 1629] und in [USS V4].
- Adreßzuweisung: ATM-Komponenten erfragen mittels ILMI (Interim Local Management Interface) ihr Netzwerkpräfix vom Switch, und liefern diesem dafür ihre ESI- (End System Identifier) Adresse. Aus diesen beiden Werten wird dann die ATM-Adresse der Komponente gebildet. Der ESI entspricht der MAC-Adresse der entsprechenden Netzwerkkarte. Das Netzwerkpräfix kann im Switch individuell konfiguriert werden und ist uns vom LRZ vorgegeben.

### 1.4.2 Aufgabenstellung

1. Verfolgen Sie die Verkabelung der Geräte (bis zum Patchfeld) und fertigen Sie eine Skizze der physischen Topologie an. Sie sollten für die kommenden Versuche zumindest einen Überblick über die Netztopologie haben. Überprüfen Sie ihre Erkenntnis anschließend mit dem Programm Fore Map (ist das zentrale Programm von Fore View) auf der hp1 bzw. hp5 unter `/usr/fore/foreview/bin/fvmap`. Verschaffen Sie sich auch einen groben Überblick über die weiteren Module des Programmes.
2. Versuchen Sie mittels ForeView die ATM-Adressen der Komponenten im Testbed zu ermitteln. Verwenden Sie für diese Aufgabe das „Frontpanel“ (erstes Icon links in

ForeView Map). Schlüssel Sie in ihrer Ausarbeitung die Bedeutung der einzelnen Felder des DCC-Formats auf.

Gerät	Präfix	ESI+SEL
sw4	39.276f.31.000.111.0000.0189.0100	0020481a3488.00
sw5	39.276f.31.000.111.0000.0189.0101	0020481a2ab9.00
hp1		
hp2		
hp5		
hp6		
pc3		
pc4		

Tabelle 1.4: ATM-Adresse

### 1.4.3 Weitere Hinweise

- Foreview Map läßt keine Rückschlüsse auf die Ethernetverkabelung zu.
- Die Adressen der ATM-Vermittlungsschicht werden als NSAPs (**Network Service Access Points**) bezeichnet [TANENBAUM, Seite 509].
- Wenn Sie die ATM-Adressen in die angegebene Tabelle eintragen, können Sie die Angaben für spätere Aufgaben schnell wiederfinden.
- ILMI ist eine SNMP-Variante für ATM-Netze mit einigen Abwandlungen. So ist z.B. das Zieladressfeld auf „0.0.0.0“ gesetzt, und der Community String auf „ILMI“.
- Sie können mittels des Tools `xv` Screenshots anfertigen, und diese für ihre Ausarbeitung verwenden. Verwenden Sie zum Speichern, wenn möglich, das `/tmp` Verzeichnis.

## 1.5 Versuch 2: Der HP Internet Advisor

### 1.5.1 Kurze Einführung in den HP Internet Advisor

Der HP Internet Advisor ATM ist eine auf Windows 95 basierende Software, welche umfangreiche Möglichkeiten für das Analysieren und Testen von ATM-Netzen bietet. In diesem Kapitel wird Ihnen nur ein kurzer Überblick über die wichtigsten Funktionen gegeben. Für tiefergehende Probleme bzw. Fragen stehen eine (context sensitive) Online-Hilfe und ein Handbuch zur Verfügung. Beachten Sie auch die Hinweise zum Protokollanalysator in der Einführung.

- Um die Software zu starten, klicken Sie auf die Verknüpfung „ATM Launch Current Interface“, welche sich direkt auf dem Desktop befindet. Nach einiger Zeit sollte sich das Programm öffnen. Ist dies nach ca. 4 Minuten nicht der Fall, versuchen Sie das Programm neu zu starten bzw. den Rechner zu booten.
- Das File Menü:
  - Mittels „FILE/OPEN“ können abgespeicherte Dateien geladen werden. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit ganze Konfigurationen zu laden (z.B. spezielle Programme zur Fehlersuche oder vordefinierten ATM-Verkehr zum Einspeisen in das Netz etc).
  - Unter „FILE/SAVE“ haben Sie die Möglichkeit Ihre Ergebnisse abzuspeichern bzw. als `.csv` (Comma- bzw. Character Separated Values) zu exportieren und diese eventuell auf Diskette mitzunehmen. Möglicherweise können Sie die Daten für ihre Ausarbeitung brauchen.



Abbildung 1.4: Internet Advisor: Die Toolbar Leiste

- Die Toolbar Leiste:
  - Start/Stop: Messung starten ([F2]) bzw. Messung stoppen ([SHIFT]+[F2]).
    - \* Achtung: Die Messung beginnt nicht sofort nachdem der Start-Button betätigt wurde, sondern erst wenn sich der Mauszeiger wieder von der Sanduhr in den Pfeil zurückverwandelt!
    - \* Solange eine Messung nicht gestoppt ist („Pause“ reicht nicht), sind bestimmte Funktionen nicht zugänglich. Sollte einmal ein Button grau hinterlegt sein, überprüfen Sie zuerst ob nicht gerade eine Messung aktiv ist.
  - Vitals: Zeigt einen Überblick über die wichtigsten Daten wie:
    - \* Netzauslastung.
    - \* Zellenzähler (Datenzellen / Idlezellen)
    - \* Fehler.
  - Decode: Hier werden der laufende Zellenstrom dekodiert und die darin enthaltenen Daten schichtspezifisch dargestellt. Es lassen sich 3 mögliche „Decode“ Fenster an- bzw. ausschalten:

- \* Summary: zeigt zu jeder ATM-Zelle die wichtigsten Informationen aus dem Zellheader. Unter anderem auch ob es sich um eine „End of Message“-Zelle handelt. Nur wenn dies der Fall ist erscheint im „Detail“-Fenster eine Ausgabe.
  - \* Detail: zeigt den dekodierten Inhalt der PDU an. Es werden die meisten Schicht-2-, Schicht-3- und Schicht-4-Protokolle unterstützt. Sollte es sich nicht um eine „End of Message“-Zelle handeln, so ist dieses Feld leer.
  - \* Hex: ist selbsterklärend.
- Counts: zeigt eine benutzerdefinierte Statistik über den aktuellen Netzverkehr.
  - Line: dient der Fehlerüberwachung auf der physischen Schicht (je nach Art des Netzes, bei uns SONET OC-3c).
  - Config: das „Config“ Fenster besteht aus fünf Registern. Die Wichtigsten sind:
    - \* Interface/Protocols: allgemeine Einstellungen des HP Internet Advisors, diese müssen Sie i.d.R. nicht ändern.
    - \* Decode Table: Der Internet Advisor erkennt während einer Messung automatisch welche VPI/VCI verwendet werden und trägt diese zusammen mit dem darin verwendeten Protokoll in die unten stehende Tabelle ein. Um möglichen Verwirrungen vorzubeugen sollten Sie die „Decode“-Tabelle vor jedem Versuch löschen. Sollte ein Protokoll falsch erkannt und damit eventuell falsch dekodiert werden, kann der Benutzer die Einträge auch manuell verändern.
    - \* Filters/Counters: Hier können (mittels Filter) Zellen festgelegt werden, welche als Grundlage für die Messungen des Fensters „Counts“ dienen. Des Weiteren können auch Ereignisse beim Auftreten bestimmter Zellen definiert werden (z.B. „start/stop Measurement“).
    - \* Simulate Table: In die unten stehende Tabelle werden Zellenfolgen eingetragen, welche anschließend in das ATM-Netz eingespeist werden können. Hiermit läßt sich das Verhalten eines Netzes unter Last beobachten, allerdings bräuchte man um solche Messungen „konsequent“ durchzuführen einen 2. Protokollanalysator auf der Empfängerseite.

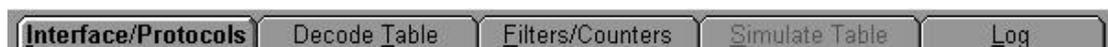


Abbildung 1.5: Internet Advisor: Die Register des Config Fensters

## 1.5.2 Aufgabenstellung

Nachdem Sie nun einen groben Überblick über den Protokollanalysator gewonnen haben, wollen wir mit einer ersten Messung des Netzverkehrs beginnen. Schließen Sie als erstes den

Protokollanalysator zwischen zwei Netzkomponenten (z.B. zwischen PC und Switch). Falls noch nicht geschehen, starten Sie das Analyseprogramm (Verknüpfung „ATM Launch Current Interface“ auf dem Desktop). Solange das Analyseprogramm nicht gestartet wurde, ist keine Datenübertragung zwischen Switch und dem PC möglich, da die ATM-Analysekarte die Daten nicht automatisch durchschaltet (sie können das daran erkennen, dass am Switch die betroffenen Port-Kontrolllampen leuchten).

1. Beginnen Sie mit einer Aufzeichnung des Netzverkehrs und sehen Sie sich die dekodierten Daten an. Welche Art von Datenverkehr können Sie beobachten? Welche VPI/VCI-Identifikatoren werden verwendet?
2. Erstellen Sie im Fenster „Counts“ eine Statistik über den auftretenden Datenverkehr (in beiden Richtungen). Definieren Sie zwei bis drei Filter für die am häufigsten auftretenden Zellen (pro Zellenart einen Filter) und starten Sie eine Messung (stellen Sie im „Counts“-Fenster den „Mode“-Schalter auf „Cumulative“ ). Sollten Sie alles richtig eingestellt haben, so können Sie im „Counts“-Fenster den Anteil der einzelnen Zellen am Gesamtverkehr ablesen. Hinweise dazu siehe vorherige Einführung.

### **Hinweis:**

- Am besten filtern Sie nach den VPI/VCI-Werten. Um herauszubekommen, welcher Verkehr welche VPI/VCIs benützt, können Sie die „Decode Table“ verwenden.
- Die Filter, die Sie im „Config“-Fenster definieren, sind - entgegen den Angaben in der bisherigen Tutorlösung - **keine** Display-Filter. Die Filter im „Config“-Fenster bestimmen einerseits das Verhalten der Zähler und können andererseits auch als Capture-Filter eingesetzt werden. Die genaue Semantik des Filters bestimmt das Feld „Count and“ (default: „no other action“). **Hier sollte irgendwo noch eine genaue Erklärung der möglichen Filtereinstellungen untergebracht werden.**
- Das wesentliche Ziel dieser Aufgabe ist, dass Sie einen Überblick über wichtige Funktionen des Internet Advisors bekommen. Durch deren geschickte Anwendung kann man sich an den kommenden Nachmittagen viel Zeit sparen.

## 1.6 Versuch 3: Schalten eines PVC

### 1.6.1 Vorbemerkungen

In dieser Aufgabe soll ein PVC zwischen zwei Rechnern geschaltet werden. Für unseren Versuch verwenden wir dazu eine CLIP- (Classical IP over ATM) Verbindung. Standardmäßig werden in unserem Testbed - sobald ein CLIP-Verbindungswunsch besteht - immer

SVC's mittels UNI 3.1 (User Network Interface) Signalisierung geschaltet. Sie können dieses Verhalten relativ gut mit dem Protokollanalysator oder dem InForemation Center auf dem PC beobachten (SVCs werden in der nächste Aufgabe behandelt). Auf das CLIP-Protokoll selbst wird erst in einem späteren Versuchsaufbau genauer eingegangen.

Ihre Aufgabe ist es nun diese „automatische Konfiguration“ zu überschreiben, indem Sie explizit einen PVC für die CLIP-Kommunikation schalten. Um einen PVC zu etablieren, muss dieser in jedem Endgerät und Switch, der auf der Übertragungstrecke liegt, konfiguriert werden

- Für das Einrichten eines PVC im Switch gibt es zwei Möglichkeiten:
  - direkt mittels Managementconsole (AMI) am Switch
  - per GUI mit einer Managementsoftware (z.B. ForeView Virtual Path/Channel Tool unter `/usr/fore/foreview/bin/fvchan`; Anmerkung: als „Tool Type“ bitte „PVC“ verwenden)
- Auf einer Unix-Workstation richten Sie einen CLIP-PVC mittels des Kommandos `/opt/fore/bin/atmarp` ein. Um z.B. einen CLIP-PVC zum Rechner pc3 zu schalten, müssten Sie folgendes Kommando eingeben: `atmarp -c pccclip3 qaa0 0 501 1`. Dabei spezifiziert `qaa0` das CLIP-Interface (siehe Einführungskapitel „Versuchsaufbau“).
- Auf einem Windows basierten System gibt es zur Einrichtung eines CLIP-PVCs zwei Möglichkeiten mittels GUI:
  - in der Systemsteuerung unter Netzwerke (nur mit Administrator Rechten)
  - mit dem InForemation Center (finden Sie auf dem Desktop)

### **Warnung:**

Bitte informieren Sie sich **zuerst** über die Aufrufparameter des Kommandos `atmarp -c` (z.B. in der Manpage) und manipulieren Sie erst **anschließend** den ARP-Cache der HP. Die augenblickliche Installation von `atmarp` besitzt nämlich einen Bug, der bei inkorrekten oder unvollständigen Aufrufparametern zu einem ungültigen Eintrag im ARP-Cache führen kann („invalid“), welcher sich dann nur noch mit Admin-Rechten löschen läßt. Sie können sich übrigens die aktuelle CLIP-Konfiguration mit dem Kommando `atmarp -a` auflisten lassen.

## 1.6.2 Aufgabenstellung

1. Konfigurieren Sie einen PVC für CLIP zwischen dem PC und einem HP-UX-Rechner. Tun Sie dies nach Möglichkeit so, dass der PVC über beide Switches geschaltet werden

muss. Hierzu wäre es günstig, wenn Sie sich mit Ihrer Partnergruppe absprechen würden. Verwenden für die Einrichtung der PVCs in den Switches das Foreview Virtual Path/Channel Tool. Benutzen Sie bitte als VPI nur den Wert 0, weil es sonst Probleme bei der Konfiguration der Endsysteme gibt. Eine mögliche Konfiguration sehen Sie in Abbildung 1.6.

2. Überprüfen Sie anschließend die Funktionalität mittels eines `ping`. Ob wirklich die von Ihnen spezifizierten VP/VC-Identifikatoren verwendet wird, können Sie sehr einfach mit der „Decode Table“ des Protokollanalysators erkennen (siehe Einführung und vorheriger Versuch).
3. Beschreiben Sie die Abläufe. Was passiert mit den SVC?
4. Nehmen Sie abschließend alle Änderungen in der folgenden Reihenfolge wieder zurück:
  - (a) Entfernen des PVC auf dem UNIX-Rechner mittels `atmarp`.
  - (b) Löschen der PVCs in den beiden Switches mittels AMI (siehe Hinweis). Sie sollten hier explizit das AMI verwenden, um auch mit diesem etwas vertraut zu werden.

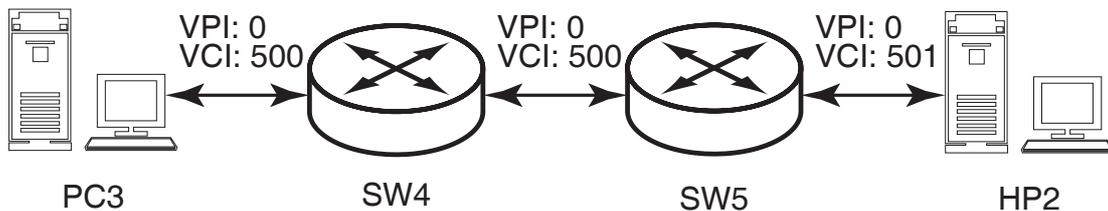


Abbildung 1.6: Möglicher PVC-Konfiguration

**Hinweis:**

- Um im InForemation Center zu dem Fenster für die aktuell geschalteten PVCs und SVCs zu gelangen, müssen Sie zuerst im Menüpunkt „Options“ auf „Advanced“ schalten und anschließend die Registerkarte „Connection List“ aktivieren. Beim Schalten des PVC können Sie das Feld „Max TX“ offen lassen. Als „Encapsulation“-Verfahren geben Sie „routed“ an (siehe auch [RFC 1577]).
- Beachten Sie, dass eine Übertragung erst möglich ist, wenn in jeder Netzkomponente die PVCs richtig konfiguriert sind. Sie können das entweder, mit dem ForeView Channel Tracer `/usr/fore/foreview/bin/fvtracer` testen oder indem Sie im Virtual Path/Channel Tool auf den „Trace“-Button klicken überprüfen.

- Um mit dem AMI kommunizieren zu können, gibt es drei Möglichkeiten (siehe Einführung in den Versuchaufbau). Am komfortabelsten dürfte aber in diesem Fall ein `telnet` auf den Switch (`swclip1/swclip2`) sein. Um einen PVC zu erzeugen/löschen wechseln Sie im AMI in das Verzeichnis `configuration/vcc`. Geben Sie `help` ein, um eine Befehlsübersicht für das AMI zu bekommen. Sie können Menü- und Befehlsbezeichnung im AMI auch abkürzen (z.B. `conf` statt `configuration`).

## 1.7 Versuch 4: SVC-Verbindungsaufbau

Switched Virtual Circuits (SVCs) sind ATM-Verbindungen, welche von Endsystemen bei Bedarf auf- und abgebaut werden. So verwendet beispielsweise CLIP per default SVCs (siehe vorherige Aufgabe). Im folgenden Versuch sollen die Abläufe eines SVC-Verbindungsauf-/abbaues mittels UNI3.1-Signalisierung genauer betrachtet werden. Wir verwenden dazu die CLIP-Implementierung von Fore. Um diesen Versuch durchzuführen, müssen alle Änderungen der vorherigen Aufgabe zurückgenommen worden sein.

1. Suchen Sie sich einen der beiden HP-UX-Rechner aus, und schalten Sie zwischen diesem und den Switch den HP Internet Advisor. Falls noch nicht geschehen, starten Sie auf dem Protokollanalysator das Programm „ATM - Launch Current Interface“. Sobald das Programm gestartet wurde, ist die Verbindung zwischen Rechner und Switch wieder hergestellt.
2. Lösen Sie einen SVC-Verbindungsaufbau aus.
  - Um eine SVC-Verbindung aufzubauen reicht schon ein einfacher `ping` auf einen der anderen beiden Rechner. Dabei können Sie die UNI3.1-Signalisierung auf dem Protokollanalysator beobachten.
  - Allerdings erfolgt die UNI3.1-Signalisierung natürlich nur dann, wenn nicht schon vorher eine SVC-Verbindung bestand. Das können Sie mittels des Befehls `atmarp -a` (im Verzeichnis `/opt/fore/bin/`) nachprüfen. Sollte schon ein SVC geschaltet sein, so löschen Sie ihn mit `atmarp -d host`.
  - Anmerkung: Mindestens ein SVC besteht **immer**. Es handelt sich um eine Kontrollverbindung zu dem Switch `sw1`. Genauereres hierzu erfahren Sie am nächsten Versuchsnachmittag.
3. Welche Bedeutung hat das **Call Reference**-Feld?
4. Wie lautet der für die UNI-Signalisierung verwendete VPI/VCI?
5. Wie wird der für die Datenkommunikation zu verwendende VPI/VCI festgelegt (bzw. wer legt ihn fest)?

**Haben Sie den Versuch erfolgreich abgeschlossen, können Sie ihr Ergebnis mit dem JAVA-Applet unter: vergleichen.**

**Hinweis:**

Sie können im Internet Advisor Filter setzen, um nur die UNI-Signalisierung dekodieren zu lassen, wodurch sich das Datenaufkommen um einiges vermindern sollte. Klicken Sie dazu im „Decode“-Fenster auf den Button „Filter...“ . Für diesen Versuch reicht es, lediglich die Felder ATM, AAL-5, SAAL (Signalling AAL) und UNI 3.1 zu aktivieren.

# Kapitel 2

## ATM 2 - ATM Adaption Layer (AAL) und CLIP

Beim Design von IP stand nicht die Qualität der Dienste im Vordergrund, sondern der militärisch motivierte Wunsch nach größtmöglicher Robustheit gegenüber Routerausfällen. In der Architektur von ATM wurde demgegenüber die Möglichkeit vorgesehen, mit jedem Benutzer einen individuellen **Traffic Contract** zu schließen, in welchem für die Übertragungsdienste eine ganz bestimmte QoS-Klasse zugesichert wird. In diesem Versuch sollen Sie die unterschiedlichen Implementierungen der ATM Anpassungsschicht (AAL) kennenlernen, welche jeweils für eine bestimmte QoS-Klasse entworfen wurden. Außerdem werden Sie sich mit Classical IP over ATM (CLIP) befassen.

### 2.1 Übersicht

Nach der Bearbeitung des folgenden Versuches sollten Sie:

- verschiedene QoS Diensttypen kennen
- wissen, wie diese Diensttypen in ATM realisiert werden
- die Funktionen und Aufgaben des ATM Adaption Layer verstehen
- ein Verständnis für die Probleme entwickeln, welche bei IP over ATM bestehen
- die Funktionsweise von CLIP erläutern können
- die Effizienz von IP over ATM besser beurteilen können
- den Verdacht haben, daß CLIP nicht der Weisheit letzter Schluß ist

## 2.2 Theorie

### 2.2.1 QoS-Diensttypen

Ursprünglich wurden in ATM vier Dienstklassen A B C und D definiert (siehe nächste Aufgabe). Seit der ATM **Traffic Management Specification 4.0** des ATM-Forums [TMS V4] ist diese Darstellung jedoch teilweise überholt, deshalb sollte man sie eher als Hintergrundinformation verstehen. In der Version 4.0 der Spezifikation kristallisierte sich immer mehr heraus, welche Art von Verkehr über ATM-Netze befördert wird, und welche Dienstklassen sich die Kunden wünschen. Die mittlerweile in den Standard des ATM-Forums aufgenommenen Dienstklassen werden als CBR, RT-VBR, NRT-VBR, ABR und UBR bezeichnet.

1. Erklären Sie die Begriffe CBR, RT-VBR, NRT-VBR, ABR und UBR. Literatur: [TANENBAUM, Seite 477], [SIEGMUND, Seite 278] oder im Original vom ATM-Forum [TMS V4, Kapitel 2.1].
2. Geben Sie zu den oben genannten Dienstklassen jeweils Beispielanwendungen an.
3. ABR bietet im Gegensatz zu UBR die Möglichkeit einer Übertragungswiederholung auf Zellebene (im Fehlerfall). Welche Vorteile könnte dies im Hinblick auf IP over ATM liefern?

### 2.2.2 ATM Adaption Layer

1. Ursprünglich wurden vier Dienstklassen für die Übertragung von ATM-Nutzdaten festgelegt, welchen spezielle ATM Adaption Layer zugeordnet wurden. Ergänzen Sie die nachfolgende Tabelle entsprechend (Quelle: Vorlesung Rechnernetze II Hegering).
2. Die AAL-Schicht wird in zwei Teilschichten unterteilt, beschreiben Sie kurz deren Aufgaben.

	Klasse A	Klasse B	Klasse C	Klasse D
Zeitbezug:				
Bitrate:				
Verbindungsart:				
verwendbarer AAL-Typ:				

### 2.2.3 Effizienz Zellen vs. Pakete

Zu jeder ATM-Zelle muß ein Zellenkopf (5 Oktett) mitübertragen werden, welcher die Effizienz der Datenübertragung mindert. Der ATM-Header belegt mithin 9,43 % der ATM-Zelle (Anmerkung: „Oktett“ ist ein Begriff, welcher in der Datenübertragungstechnik häufig statt **Byte** verwendet wird. Ein Byte hatte nicht immer 8 Bit, ein Oktett dagegen schon). Die Größe der Zellen ist bei ATM auf 48 Oktett festgelegt, d.h. selbst wenn nur 2 Oktett Nutzinformation übertragen werden sollen, muß eine komplette 53 Oktett große Zelle übertragen werden (Overhead hier ca. 96,22%). Aus der Sicht der Overheadminimierung kann eine feste Zellgröße somit ein Nachteil im Vergleich zur Paketvermittlung sein, welche in diesem Fall nur 2 Oktett plus Header übertragen müsste (bei 7 Oktett Header wären das nur ca. 71,42% Overhead).

1. Erstellen Sie einen graphischen Vergleich der Effizienz von Zell- und Paketübertragung in Abhängigkeit von der Menge der zu übertragenden Nutzdaten. Annahme: Die Zellvermittlung besitzt eine feste Nutzfeldgröße von 48 Oktett und 5 Oktett Headerinformation. Bei der Paketübertragung gehen wir von einem 7 Oktett (z.B. 5 Oktett ATM-Header plus 2 Oktett Längeninformation) großem Header aus. Tragen Sie auf der X-Achse des Diagramms die Daten in Oktett (=8 Bit) von 0 bis 400 an. Auf der Y-Achse die Effektivität. Versuchen Sie das Ergebnis zu deuten.
2. Ergebnisse aus der vorherigen Aufgabe sprechen nicht für den Einsatz einer festen Zellgröße. Wo liegen die Stärken der festen, kleinen PDU-Größe bei der ATM-Zellvermittlung (im Vergleich zur Paketvermittlung)?

### 2.2.4 Emulation des Internet Protokolls

1. Mit der Einführung von ATM in lokale Netze ergeben sich einige Probleme. Durch die Einführung dieser neuen Technologie ändern sich nicht nur die Schnittstellen in den Endsystemen, sondern es müssen auch Netzknoten ausgetauscht werden. Beschreiben Sie die Hauptunterschiede zwischen ATM und konventionellen LAN-Techniken und schildern Sie die Probleme, die sich dadurch ergeben.
2. Was bedeuten die Begriffe NBMA und MPLS?
3. Welche Einsatzmöglichkeiten könnten sich für ein IP over ATM-Netz ergeben? In Abbildung 2.1 sehen Sie **eine mögliche** Konfiguration eines ATM-Backbones. Ergänzen Sie die fehlenden Protokolle.
4. Eine der ersten Techniken, um IP über ATM zu ermöglichen, ist das CLIP (Classical IP over ATM). Dabei verwendet das der Schicht 3 zugeordnete IP-Protokoll nicht wie in konventionellen LANs die Dienste der LLC-Schicht (Es besteht in konventionellen Ethernet-basierten Netzen auch die Möglichkeit auf die LLC-Schicht, wie sie in IEEE 802.2 definiert ist, zu verzichten, siehe [HEGERING, Seite 56]), sondern es kommt

eine spezielle SNAP/LLC-Teilschicht (SubNetwork Attachment Point IEEE 802.1a / Logical Link Control IEEE 802.2) für die Übertragung auf der ATM-Adaptionsschicht zum Einsatz. Wir haben hier also keine MAC-Teilschicht und auch kein Broadcast-medium für die in LANs übliche Adreßauflösung. Beschreiben Sie die Adreßauflösung in CLIP. Wie nennt sich die zentrale Komponente in CLIP-Netzen?

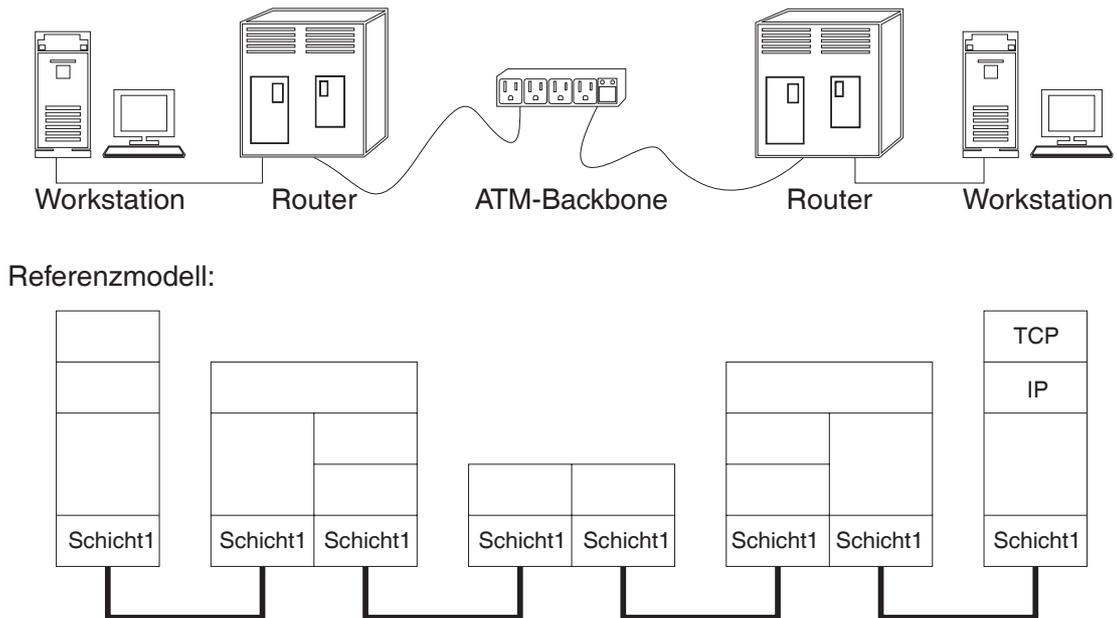


Abbildung 2.1: Mögliche Konfiguration eines ATM-Backbones

## 2.2.5 Overhead von IP-Verkehr in ATM-Netzen

Keine Anwendung im Netz kann die volle Bandbreite des zugrundeliegenden physischen Mediums ausnutzen. Das gilt auch für die Übertragung von IP-Daten über ATM-Netze. Schuld an der Leistungseinbuße ist der Protokolloverhead. Jedes Protokoll fügt den Daten ein Kopffeld (Header) und/oder einen Trailer hinzu. Weitere Felder werden zur Überprüfung oder für Multiplex-Funktionen angehängt.

### 2.2.5.1 Overhead bei IP über ATM

Bei unserem Versuchsnetz handelt es sich um ein STM-1- bzw. OC-3c-Netz mit einer Bruttoverbindungsrate von 155,52 MBit basierend auf einer UTP-5-Verkabelung. Anmerkung: Die Angabe 155 MBit in Zusammenhang mit ATM-Netzen ist auf einen historischen Rundungsfehler zurückzuführen. Nähere Informationen finden Sie z.B. in [KYAS, Seite 139].

- Ein STM-1-Rahmen überträgt alle 125  $\mu$ s einen Frame von 2430 Byte mit einem Overhead von 90 Byte. Bei einer ATM-Verbindung mit 155,52 MBit/s sind also 5,76 MBit/s von der Bruttoübertragungsrate abzuziehen, d.h. der ATM-Schicht stehen noch 149,760 MBit/s zur Verfügung (siehe Tabelle 2.2.5.2).
- ATM-PDUs bestehen aus 53 Byte großen Zellen mit einem 5 Byte Header.
- Bei AAL 5 werden Datenpakete variabler Länge (1 bis 65535 Byte) mit einem Trailer (CPCS-PDU Trailer) von 8 Byte versehen (ein Trailer pro Datenpaket nicht pro Zelle) und auf ganzzahlige Vielfache der Zellennutzlänge von 48 Byte aufgefüllt.
- Nach der ATM-Schicht folgt die LLC/SNAP-Einkapselung. Sie fügt jedem Datagramm einen zusätzlichen Overhead von 8 Byte hinzu.
- Anschließend werden die Daten an die IP-Schicht weitergeleitet. Der Header eines IP-Datagramms hat mindestens 20 Byte.
- Die Transportschicht empfängt die Daten und setzt sie entweder in TCP- oder UDP-Pakete um. Das Kopffeld des TCP ist ebenfalls variabel, Sie können aber eine Größe von ca. 20 Byte annehmen. Der Overhead bei UDP beträgt nur 8 Byte, da dieses Protokoll verbindungslos arbeitet.

### 2.2.5.2 Aufgabenstellung

Füllen Sie entsprechend den Angaben die untenstehende Tabelle aus; exemplarisch sind einige Werte für eine MTU-Größe von 65527 Byte schon berechnet (Anmerkung: 65527 Byte ist die maximale IP-Paketgröße bei Übertragung über den AAL5). Setzen Sie die zu übertragende IP-Datengröße gleich der MTU.

Die D-MTU von CLIP wurde in Anlehnung an [RFC 1209] auf 9180 Byte festgelegt (u.a. wird für einen effizienten Einsatz von NFS eine MTU von mindestens 8300 Byte empfohlen). Würde es große Vorteile bringen eine MTU-Größe von 65527 Byte zu wählen? Welche Nachteile wären damit eventuell verbunden? Warum wählte man für LANE (Ethernet Emulation) eine MTU-Größe von 1500 Byte? Was bedeutet **D-MTU**?

## 2.3 Versuch 1: Schalten eines CBR-PVC

Eines der herausragenden Dienstmerkmale von ATM ist die Unterstützung eines garantierten **Quality of Service**. Wie Sie im Theorieteil erfahren haben, werden in der aktuellen **Traffic Management Specification** [TMS V4] des ATM-Forums fünf Dienstklassen (CBR, RT-VBR, NRT-VBR, ABR und UBR) definiert. Wir wollen uns hier in einem vereinfachten Szenario die CBR-Dienstklasse genauer ansehen.

Protokollschichten	OC-3c-Schnittstelle		
MTU	1500 Byte	9180 Byte	65527 Byte
Übertragungsschicht (PHY)	155,520 MBit/s		
ATM-Schicht	149,760 MBit/s		
Anpassungsschicht Typ 5			
LLC/SNAP-Einkapselung			135,563 MBit/s
IP-Protokoll			135,547 MBit/s
Transportschicht			135,506 MBit/s
Anwendungsschicht über TCP			
Anwendungsschicht über UDP			135,489 MBit/s
Summe/Prozent Overhead TCP			
Summe/Prozent Overhead UDP			20,031 MBit/s

### 2.3.1 Aufgabenstellung

1. Mit unserem HP Internet Advisor ist es möglich, einen konstanten Zellenstrom von bis zu 155 MBit/s zu erzeugen. Ihre Aufgabe ist es diesen Zellenstrom zu „shapen“. Dazu sollen Sie einen CBR-PVC schalten, welcher nur noch 50 MBit/s des ursprünglichen Datenstroms durchläßt.
  - Schließen Sie dazu den Network-Port (P2) des Internet Advisor an das Patchfeld an (der User-Port des Internet Advisors bleibt frei). Am Patchfeld benutzen Sie am besten den Port für einen der Windows-PCs (pcatm3 oder pcatm4), welche Sie für diesen Versuch nicht benötigen.
  - Anschließend laden Sie in den Protokollanalysator einen vordefinierten Zellenstrom `c:\advisor\atm\tools\qos_sim.dat`. Sehen Sie sich die generierten Zellen im „Config“-Fenster unter der Registerkarte „Simulate Table“ an.
  - Wenn Sie nun den „Start“ Button betätigen, öffnet sich ein Fenster, in dem Sie die Zellenrate einstellen können, gleichzeitig beginnt der Protokollanalysator, den Datenstrom an den Switch zu senden. Die RX-LED des Switchport zeigt dies durch ein grünes Dauerleuchten (abhängig von der Datenrate) an.
  - Nun konfigurieren Sie einen CBR-PVC (unidirektional reicht) mit 50 MBit/s zwischen dem HP Internet Advisor und der hp1 bzw. hp6. Achten Sie darauf, geeignete Werte für die VCI/VPI-Identifikatoren zu verwenden.
  - Ein CBR-PVC läßt sich analog zu einem „normalen“ PVC (ohne **Traffic Contract**) einrichten. Das einzige was Sie beachten müssen ist, im Feld „UPC Contract Name“ (**Usage Parameter Control**) mittels „Select + Configure“ einen **Traffic Contract** zu spezifizieren. Die entscheidende Kennzahl ist bei dieser Aufgabenstellung die PCR (Peak Cell Rate). Das Feld CDVT (Cell Delay Variation Tolerance) können Sie offen lassen, in diesem Fall übernimmt der Switch seinen voreingestellten Wert (250  $\mu$ s) für diese Verbindung.

- Wenn Sie sich genauer über PCR, CDVT und ihre Bedeutung für den GCRA **Generic Cell Rate Algorithm** informieren wollen, können Sie dies in [TANENBAUM, Seite 482 ff] nachlesen.
2. Verifizieren Sie ihr Ergebnis mittels **ForeView Graph** (drittes Icon von links in Foreview „Graph Ports“). Stellen Sie zum Beweis die vom HP Internet Advisor (Rx) gesendeten den von der hp1 empfangenen (Tx) Zellen gegenüber.
  3. Aufräumen: Löschen Sie abschließend bitte sowohl den erstellten PVC als auch den **Traffic Contract**. Laden Sie die Datei `c:\advisor\atm\tools\normal.dat` um den Internet Advisor wieder in seinen Ausgangszustand zurück zuversetzen

#### **Hinweis:**

In ihren aktuellen Versionen unterstützen weder CLIP noch LANE spezielle QoS-Dienstmerkmale. Das bedeutet, dass die CLIP-/LANE-Signalisierung keine QoS-Dienste unterstützt (um genau zu sein, es wird nur UBR unterstützt). Natürlich kann ein Administrator jederzeit durch geeignete Konfiguration eines PVCs einen QoS manuell erzwingen. Ziel ist hier, eine geeignete Abbildung von zukünftigen IP-Dienstmerkmalen (beispielsweise mittels RSVP (Ressource Setup ReserVation Protocol) oder ST-2+ (Stream Protocol V2+)) auf ATM zu entwickeln.

Verkehrsparameter können sowohl VPs als auch VCs zugewiesen werden.

## **2.4 Versuch 2: Effizienzvergleich CLIP-LANE-Ethernet**

Wie aus den theoretischen Aufgaben hervorgegangen sein sollte, ist bei einer Übertragung von IP-Datenpaketen über ATM-Zellen nicht mit einer Transferrate von 155 MBit/s, welche man naiv gesehen, von ATM erwarten könnte, zu rechnen. Stattdessen liegt das theoretische Maximum bei ca. 134,5 MBit/s (siehe Berechnung aus Theorieteil).

### **2.4.1 Aufgabenstellung**

Ermitteln Sie die in der Praxis erreichbare maximale Transferrate unseres ATM-Testbeds.

- Relativ genaue Ergebnisse über die Durchsatzrate einer TCP-Verbindung liefert der Befehl `netperf` (zu finden unter `/opt/fore/prakt/netperf` bzw. `D:\prakt\netperf`). Dieser Befehl sendet einen zufallsgenerierten Datenstrom an einen Rechner, auf welchem `netserver` ausgeführt wird. Sie können mit `netperf` auch die Prozessorlast, welche die Datenübertragung erzeugt, anzeigen lassen. Der nötige Befehlsaufruf lautet:

```
netperf -c -H [Zielhost]
```

- Wiederholen Sie diesen Versuch für alle 3 Interfaces (CLIP, LANE und Ethernet).
- Deuten Sie das Ergebnis. Entspricht es ihren Erwartungen? Welche Aussagen würden Sie im Hinblick auf die Praxistauglichkeit multimedialer Anwendungen (bei IP over ATM) machen (beachten Sie die CPU-Auslastung)?

Interface	HP (Client)->HP (Server)		PC (Client)->HP (Server)	
	MBit/s	CPU-Auslastung	MBit/s	CPU-Auslastung
Ethernet				
LANE				
CLIP				

Tabelle 2.1: Netperf-Ergebnisse

#### 2.4.1.1 Weitere Hinweise

- Bei dem Befehl `netperf` ist darauf zu achten, dass auf der Gegenseite immer der `netserver` gestartet ist (dieser befindet sich im gleichen Verzeichnis).
- Die Windows Version von `netserver` beendet sich nach jedem Client-Aufruf selbst und muss daher immer wieder neu gestartet werden.
- Der Test kann einige Sekunden dauern. Wenn Sie eine Statusanzeige wünschen, können Sie zusätzlich die Option `-d` verwenden.
- Die Messungen zwischen NT- und UNIX-Rechner sind (aus Zeitgründen) nur in einer Richtung (Daten werden vom NT- an den UNIX-Rechner geschickt) vorgesehen. Es ist Ihnen freigestellt, die Messungen auch in der anderen Richtung vorzunehmen.
- Sollte die Fehlermeldung `create_looper: file creation; errno 17` auftreten, so löschen Sie bitte im `/tmp` Verzeichnis die Datei `netperf_cpu` mit dem Programm `removenetperf_cpu`.

## 2.5 Versuch 3: CLIP-Protokollanalyse

### 2.5.1 Aufgabenstellung

1. Beobachten Sie im Protokollanalysator, welche Protokollschichten in einem CLIP-Netz existieren. Fertigen Sie eine Skizze des Protokollstacks an und beschreiben Sie kurz die Aufgaben der einzelnen Schichten.

System	Datenrate
Classical IP über ATM Sun20/612	134,01MBit/s
Classical IP über ATM HP 715/100	66 MBit/s
LAN-Emulation Sun 20/612	76,30MBit/s
LAN-Emulation Ultra-Sparc (143 MHz)	117,63 MBit/s
LAN-Emulation HP 715/100	39,60 MBit/s

Tabelle 2.2: Einige Beispielmessungen

2. Wie Sie aus dem Theorieteil wissen sollten, ist bei CLIP der sogenannte ATMARP-Server für die Adreßauflösung verantwortlich. Ihre Aufgabe ist es, Ihre Angaben aus dem Theorieteil zu verifizieren.

- Als erstes sollen Sie die Adreßregistrierung beobachten. Löschen Sie dazu als erstes den ATMARP-Cache mittels des Befehls `atmarp -f`. Dadurch wird auch der SVC zum ATMARP-Server (bei uns `sw1`) unterbrochen. Der Client versucht jedoch sofort wieder eine neue Verbindung zum ATMARP-Server aufzubauen. Dabei können Sie die Adreßregistrierung mit Hilfe des HP InternetAdvisors beobachten.
- Besteht ein Verbindungsaufbauwunsch zu einer IP-Adresse, deren ATM-Adresse nicht mehr im ATMARP-Cache enthalten ist, wird automatisch ein ATMARP-Request an den ATMARP-Server gesendet. Um eine CLIP-Verbindung herzustellen reicht schon ein `ping`. Beobachten Sie die Vorgänge bei solch einer Adreßanfrage mittels des Protokollanalysators.

Achten Sie insbesondere auf den Typ der ATMARP-PDU (Operation Code).

**Hinweis:**

- Wir haben CLIP in der ersten Versuchreihe schon einmal „mißbraucht“, um die ATM-Signalisierung zu beobachten.
- Vergessen Sie nicht, dass eine Adreßauflösung nur eingeleitet wird, falls sich das zugehörige ATM-IP Adressenpaar nicht im ATMARP-Cache befindet. Sie können den ATMARP-Cache mittels des Befehls `/opt/fore/bin/atmarp` (siehe vorheriger Versuchsnachmittag) verwalten.
- Achtung: Der HP InternetAdvisor bezeichnet das CLIP-LLC-Feld als „Class-IP LAN“. Beachten Sie, dass der Protokollanalysator die Werte im ATMARP-Paket in hexadezimaler Form darstellt. Wo stehen die IP-Adressen?

- Die beiden wichtigsten Spezifikationen für Classical IP over ATM, wie wir es in unserem Testbed einsetzen, sind:
  - Die **Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaption Layer 5** gemäß [RFC 1483]: dort wird u.a. die LLC-Einkapselung von gerouteten Protokollen in den AAL5 definiert.
  - Und zum anderen **Classical IP and ARP over ATM** nach [RFC 1577]: hier finden Sie unter anderem die Festlegung des ATMARP (ATM Address Resolution Protocol), welches für die Auflösung von ATM- auf IP-Adressen zuständig ist. Eine Zusammenfassung der ATMARP-PDU finden Sie in [BLACKIII, Seite 45].
- Sie finden diese RFCs in dem ATM-Ordner.
- Sie werden sich wahrscheinlich wundern, dass insbesondere für die Definition der Einkapselungsidentifikatoren verschiedene Varianten existieren. Das liegt daran, dass sie von verschiedenen Gremien entwickelt wurden und im Laufe der Zeit mehreren Änderungen unterlagen [BLACKIII, Seite 15].

## 2.6 Versuch 4: Broadcast in CLIP-Netzen

Wie Sie wissen sollten, besteht in IP-basierten Netzwerken die Möglichkeit, Broadcast-Verkehr zu erzeugen. In diesem Versuch sollen Sie nachvollziehen, wie ein IP-Broadcast in CLIP-Netzen realisiert wird.

### 2.6.1 Aufgabenstellung

Erzeugen Sie einen IP-Broadcast und beobachten Sie mit dem Protokollanalysator alle diesbezüglichen Vorgänge.

#### **Hinweis:**

Eine einfache Möglichkeit einen IP-Broadcast zu erzeugen ist ein `ping` auf die Broadcastadresse, z.B. `ping 192.168.215.79` (bei Subnetzmaske: 255.255.255.240) oder auf die Netzwerkadresse. Dies funktioniert jedoch nur auf den UNIX-Rechnern ohne Probleme, WindowsNT sendet zwar den Broadcast, zeigt jedoch nicht an, wer im einzelnen darauf antwortet. Normalerweise sollte auf diesen `ping` jede im Subnetz befindliche IP-Komponente antworten.

## 2.7 Versuch 5: Internetworking

### 2.7.1 Vorbemerkung

In heutigen Netzstrukturen wird ATM hauptsächlich für den Backbone-Bereich (OC-12 bzw. 622MBit/s und größer) eingesetzt. Der Einsatz von ATM bis zum Endsystem tritt nur bei vereinzelt Spezialanwendungen (z.B. in Kliniken) auf. Bei beiden Verfahren werden die Ethernet- bzw. IP-Pakete über bzw. in das ATM-Netz übertragen.

Wir wollen uns nun das 2. Szenario etwas genauer ansehen. Sie sollen also ein auf Ethernet basierendes IP-Subnetz mit einem CLIP-Subnetz (unser 192.168.215.64) verbinden.

In unserem (stark vereinfachten) Szenario repräsentieren die **pc3**, **pc4**, **hp2**, **hp5** und **hp6** das ATM-basierte IP-Subnetz und die **hp1** den Router bzw. das Gateway (Anmerkung: Im Internet Jargon wird ein Schicht-3-Router häufig als Gateway bezeichnet). Das andere Netz, das wir hiermit verbinden wollen, ist unser Ethernet basiertes RNP-Netz (Subnetz 192.168.215.0).

### 2.7.2 Aufgabenstellung

- Ihre Aufgabe ist es, stellvertretend für ein ATM-Subnetz den **pc3** bzw. **pc4** so zu konfigurieren, dass er nur noch mit dem ATM-Switch verbunden ist, es aber trotzdem möglich ist, mit dem RNP-Netz zu kommunizieren. Die **hp1** muss also als Router zwischen dem Ethernet-basierten IP-Netz und dem ATM-basierten IP-Netz (CLIP) agieren.
- Ist ihre Konfiguration erfolgreich, so muss, auch wenn der **pc3** bzw. **pc4** vom Ethernet-basierten Netz getrennt ist, noch ein **ping** in das RNP-Netz (z.B. **pcrnp10**) möglich sein. Entfernen Sie für die Trennung die Verbindung des Protokolls TCP/IP zum Netzwerkadapter 3COM Etherlink (unter „Netzwerk“ -> „Eigenschaften“) auf **pc3** bzw. **pc4**.
- Die wichtigsten Befehle sind:
  - **netstat -nvr**: zeigt die aktuellen Routinginformationen an.
  - **route [Befehl] [Route] mask [Netmask] [Gateway]**: ermöglicht das Verändern der Routingtabellen (z.B. [Befehl]=add für hinzufügen; [Befehl]=delete für löschen).
  - **net tune**: IP-Forwarding ein- ausschalten (nur auf den Unix-Rechnern).
- Nehmen Sie am Ende des Versuches alle Änderungen wieder zurück!
- Fleißarbeit: Sehen Sie sich die Verzögerungswerte des **ping** oder eines **tracert** von der **pc3/pc4** auf die **pcrnp10** etwas genauer an. Würden Sie sagen, dass unsere **hprnp1** (HP9000/715) als CLIP -> IP-Router geeignet ist?

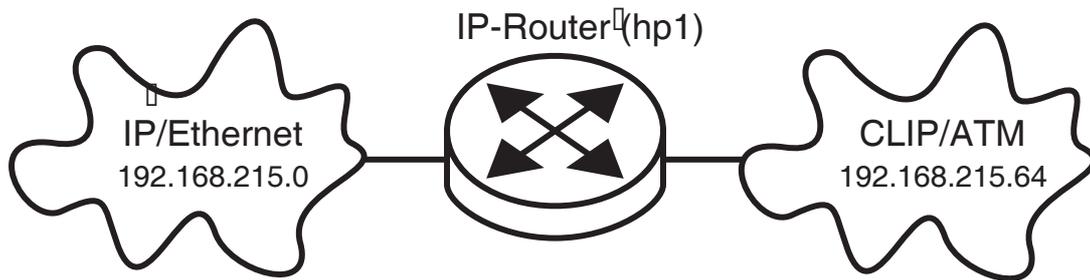


Abbildung 2.2: Aufgabenstellung

**Hinweis:**

- Die Befehle `netune` und `route` sind aus Sicherheitsgründen auf den UNIX-Rechnern für Sie nicht ausführbar, verwenden Sie stattdessen die Befehle `netune2` und `route2` in ihrem Homeverzeichnis (`/opt/fore/prakt`). Diese lassen nur bestimmte Eingaben zu.
- Die Veränderungen am Router müßten minimal sein, da alle Routen übernommen werden können.
- Um zu testen, ob ein Verbindungsaufbau in das RNP-Netz möglich ist, verwenden Sie die `pcrnp10`. Auf dieser sind alle nötigen Routinginformationen schon vorkonfiguriert (die `hp1` ist als Gateway für das `192.168.215.64` Subnetz eingetragen).
- Bitte richten Sie auf dem `pc3` und `pc4` **keine permanenten** Routen ein.
- In der Praxis zeigt die **Default Route** (in den Endsystemen) meist auf einen Router, welcher die ATM- in Ethernet-Frames umsetzt, oder man verwendet einen Switch, welcher sowohl ein ATM- als auch ein Ethernet-Interfaces besitzt.

# Kapitel 3

## ATM 3 - LAN Emulation (LANE) und VLAN

Im Januar 1995 veröffentlichte das ATM Forum die Spezifikation LAN Emulation Over ATM (LANE). Hierbei verfolgte man u.a. das Ziel, durch Integration bestehender LAN Technologien (z.B. Ethernet) in ein ATM-Framework die allgemeine Akzeptanz von ATM zu erhöhen. Das entscheidende Problem, das aus technischer Sicht bei der LAN Emulation gelöst werden muss, ist die Nachbildung eines shared-media-Broadcasts mit Hilfe der virtuellen dedizierten Verbindungen eines ATM-Netzes.

### 3.1 Übersicht

Nach der Bearbeitung des folgenden Versuches sollten Sie:

- die Komponenten eines LANE-Netzes beschreiben können
- die Funktionsweise der LAN Emulation erläutern können
- die Schwachstellen von LANE kennen
- die Vorteile von VLANs aufzählen können
- die grundlegenden Merkmale von MPOA verstanden haben
- das Praktikum an möglichst viele Studienkollegen weiterempfehlen

## 3.2 Theorie

### 3.2.1 Basic Concepts und Komponenten

Die LAN-Emulation (LANE) des ATM-Forums dient der Realisierung von emulierten LANs (ELANs) auf einem ATM-Netz. Hierbei ist es möglich, mehrere virtuelle LANs (ELANs) auf demselben ATM-Netz zu emulieren. Die einzelnen ELANs operieren unabhängig voneinander, so dass eine Kommunikation zwischen verschiedenen ELANs nur über Bridges oder Router möglich ist. Anmerkung: Im diesem Tutorial werden die Begriffe ELAN (Emulated LAN) und VLAN (Virtual LAN) als äquivalent betrachtet.

Die LAN-Emulation ersetzt die Medienzugriffsschicht (MAC-Layer) durch eine ATM-basierte Übertragung, welche für die Protokolle der höheren Schichten - insbesondere IP - vollkommen transparent ist. Sie enthält keine Dienste der Vermittlungsschicht (dies wird durch weitere Protokolle, namentlich NHRP und MPOA ermöglicht; siehe [BLACKIII, Kapitel 10 und 11]).

Um die LAN-MAC-Schnittstelle ausreichend nachbilden zu können, sind bestimmte Dienste (LE-Services) notwendig. Die LE-Dienste sollten aus Effizienzgründen in einer zentralen Netzkomponente (z.B. in einem Switch) installiert sein.

1. Erläutern Sie die Aufgaben aller LE-Dienste, welche in einem ELAN nötig sind. Sie sollten hierbei u.a. die Begriffe „LECS“, „LES“ und „BUS“ erklären.
2. Beschreiben Sie, was man unter einem „LEC“ und einem „Edge Device“ versteht.
3. Fertigen Sie anschließend eine Skizze mit den Kontroll- und Datenverbindungen zwischen den einzelnen Komponenten an.

#### **Hinweis:**

Die notwendigen Informationen können Sie [BLACKIII, Kapitel 7] oder [LANE V1] entnehmen.

### 3.2.2 LANE-Registrierung

Zur Teilnahme an einem bestimmten ELAN muß sich jeder LEC registrieren lassen. Skizzieren Sie grob die wichtigsten Phasen dieser Registrierung; siehe [BLACKIII, Seite 112 ff], [SIEGMUND, Seite 375 ff] oder [LANE V1].

### 3.2.3 Aufbau und Funktion von VLANs

1. Ist in einem 10Base2-Segment die Bildung von VLANs möglich? Begründen Sie Ihre Antwort. Welche Mindestanforderungen muß ein Netz erfüllen, um VLANs bilden zu

können?

2. Welche Vorteile bieten VLANs im Vergleich zu konventionellen LANs?

### 3.2.4 Ausblick: MPOA

In LANE-Netzen müssen Komponenten in getrennten Broadcastdomänen bzw. LIS (Logical IP Subnets) immer über Router miteinander kommunizieren, selbst wenn sich beide Rechner im selben ATM-Netz befinden und dadurch eine direkte ATM-Verbindung möglich wäre (zur Definition der „LIS“ siehe [RFC 2225]). Dieses Verfahren hat einen negativen Einfluß auf die Netzwerkleistung (insb. auf die Verzögerungszeit), da Router jedes Datenpaket bis zur IP-Schicht auspacken müssen, um an die Adreßinformation heranzukommen. Um diese unnötigen Router-Hops zu umgehen, kann u.a. das MPOA-Protokoll (Multiprotocol over ATM) eingesetzt werden. Anmerkung: Die Problematik der langsamen und teuren Router existiert auch in konventionellen Netzen. Ein weiteres zum Einsatz kommendes Verfahren ist zum Beispiel das Layer-3-Switching.

MPOA (Multiprotocol over ATM) und das NHRP (Next Hop Resolution Protocol) bieten die Möglichkeit, einen sogenannten **Shortcut** zu schalten (siehe Abbildung 3.1, d.h. es wird ein direkter SVC zwischen zwei Kommunikationspartnern (über Subnetzgrenzen hinweg) aufgebaut. Das funktioniert natürlich nur, wenn sich beide Clients im gleichen ATM-Netz befinden.

1. Beschreiben Sie, warum zwischen zwei Hosts aus unterschiedlichen Broadcastdomänen bzw. LIS kein direkter SVC mit den Boardmitteln von LANE geschaltet werden kann.
2. Beschreiben Sie kurz, wie mittels MPOA und NHRP Shortcuts zwischen Geräten aus verschiedenen Broadcastdomänen bzw. LIS etabliert werden können.

#### **Hinweis:**

- Bei Frage 2 ist es nicht ihre Aufgabe die MPOA-Spezifikation vorzustellen, sondern nur kurz die prinzipiellen Abläufe bei der Wegwahl bzw. dem Verbindungsaufbau mittels MPOA zu beschreiben. Informationen hierzu finden Sie auf den Internetseiten des ATM-Forums oder in [BLACKIII] bzw. [SIEGMUND, Seite 382].
- Aus technischen Gründen (fehlende Hardwareunterstützung bzw. Updates) ist es uns leider noch nicht möglich, einen Versuch zu MPOA anzubieten. Sie sollten jedoch beachten, dass MPOA und NHRP in der Zukunft eine bedeutende Rolle spielen könnten.

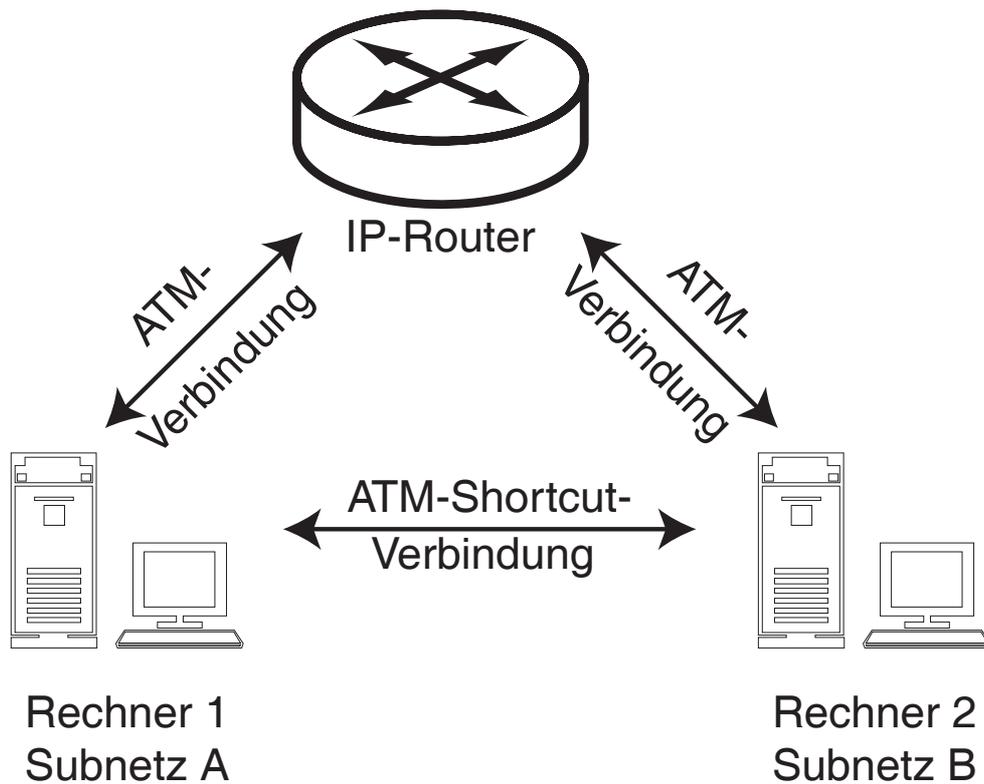


Abbildung 3.1: ATM-Shortcuts

### 3.3 Kurze Einführung in das LANE Protokoll

Bei LANE wird zwischen Daten- und Kontroll-Frames unterschieden:

- Für die Übertragung der Nutzdaten verwendet LANE das jeweils konfigurierte Datenframeformat. In unserem Fall wäre das ein IEEE 802.3 Frame (Ethernet), es könnte aber auch ein IEEE 802.5 Frame (Token Ring) sein. Das sind die beiden einzigen LAN-Protokolle, die derzeit von LANE unterstützt werden.
- Für die Übermittlung der Kontroll-/Konfigurationsdaten verwendet LANE ein eigenes „Control Frame Format“. Es sind die folgenden **Control Frames** definiert:
- Die Felder eines Control Frames finden Sie in der Tabelle 3.2 am Beispiel eines LE\_CONFIGURE\_REQUEST dargestellt. Die wichtigsten Felder werden im Folgenden genauer erläutert:
  - Control- und Daten-Frame nutzen unter Umständen beide denselben VPI/VCI, zur Unterscheidung dient das **Marker** bzw. **LE Header** genannte Feld. Hat es

LE_CONFIGURE_REQUEST	LE_CONFIGURE_RESPONSE
LE_JOIN_REQUEST	LE_JOIN_RESPONSE
READY_QUERY	READY_IND
LE_REGISTER_REQUEST	LE_REGISTER_RESPONSE
LE_UNREGISTER_REQUEST	LE_UNREGISTER_RESPONSE
LE_ARP_REQUEST	LE_ARP_RESPONSE
LE_FLUSH_REQUEST	LE_FLUSH_RESPONSE
LE_NARP_REQUEST	LE_TOPOLOGY_REQUEST

Tabelle 3.1: Wert des Op-Code-Feldes

den Wert 0xff00, so handelt es sich um ein Control-Frame. Bei einem Daten-Frame enthalten die ersten beiden Byte entweder den Wert 0x0000 oder die LEC-ID. Der maximal zulässige Wert für die LEC-ID ist 0xfeff.

- Transaction ID: Jedes Request-Response-Paar hat die gleiche ID, um sie einander zuordnen zu können.
- Source LAN Dst (Destination) TAG: gibt an, um welchen Typ es sich bei der Source-Adresse handelt. Gültige Werte sind: 0x0000 - not present; 0x0001 - MAC Address; 0x0002 - Route Descriptor.
- LAN Type: 0x00 - unspecified; 0x01 - IEEE 802.3 (Ethernet); 0x02 - IEEE 802.5 (Token Ring).
- TLV: steht für Type-Length-Value: mittels dieser Felder können mehrere definierte Parameter übermittelt werden. Diese TLVs sind sozusagen der „Payload“ eines Control-Frames. Es muß zuerst spezifiziert werden, wieviele dieser TLV-Felder übertragen werden. Nach dem **ELAN-Namensfeld** werden alle TLV-Felder angehängt. Jeder Eintrag besteht dabei aus einem Typidentifikator **TLV Type OUI** (Anmerkung: OUI steht für „Organizationally Unique Identifier“). Dieser gibt an, welche Organisation den nachfolgenden **TLV Type Parm** spezifiziert hat (der Wert 0x00-a0-3e steht für das ATM-Forum). Anschließend folgt die Längenangabe **TLV Length** und der eigentliche Wert **TLV Values**. So bezeichnet beispielsweise ein TLV von 0x00-a0-3e-12 die ELAN-ID. Weitere bereits definierte TLVs finden Sie beim {ATMFORUM} oder im grünen ATM-Ordner.
- Genauere Informationen zum LANE-Protokoll finden sie in [LANE V1, Seite 51ff].

### 3.4 Versuch 1: LEC-Konfiguration

Am heutigen Praxisnachmittag ist es Ihre Aufgabe, ein auf der LANE basierendes VLAN namens „Marketing“ einzurichten, in welchem sich ausschließlich der pc3 und der sw4 an-

Feld	Größe	Beispielwert	Erklärung
Marker	2 Byte	immer 0xff-00	Control Frame
Protocol	1 Byte	0x01	ATM LAN Emulation
Version	1 Byte	0x01	LANE V1.0
Op-Code	2 Byte	LE_CONFIGURE_REQUEST	Art des Kontrollframe
Status	2 Byte	bei Request immer	Statusfeld
Transaction ID	4 Byte	0x00-00-00-05	Dient der Zuordnung von
Requester LECID	2 Byte	0x00-00	Kann auch leer sein
Flags	2 Byte	0x00-00	
Source LAN Dst TAG	2 Byte	0x00-01	=> MAC Adresse
Source LAN Dst MAC	6 Byte	0x00-20-48-08-34-41	MAC Adresse
Target LAN Dst TAG	2 Byte	0x00-00	=> not present
Source ATM Address	20 Byte	39.276f. ...	
LAN Type	1 Byte	0x01	=> IEEE 802.3 (Ethernet)
Maximum Frame Size	1 Byte	1516	
Number of TLVs	1 Byte	0	Anzahl Type-/Length-/
ELAN Name	32 Byte	Einkauf	Name des ELAN
TLVs Begin	variabel	leer	

Tabelle 3.2: LANE Control Frame Format (Beispiel für LE\_CONFIGURE\_REQUEST)

melden können. Diese Aufgabe wurde auf mehrere Teilaufgaben verteilt, innerhalb welcher die verschiedenen Aspekte der LANE und VLANs untersucht werden. Um Ihnen die Arbeit zu erleichtern, ist auf dem Switch **sw4** bereits ein VLAN namens „Einkauf“ definiert worden, welches Sie als Vorlage verwenden können. Wie im Theorieteil bereits erwähnt wurde, können Sie in diesem Tutorial die Begriffe ELAN (Emulated LAN) und VLAN (Virtual LAN) als äquivalent betrachten. Der Begriff ELAN hat hier die Bedeutung eines auf ATM (bzw. LANE) basierenden VLANs.

### 3.4.1 Aufgabenstellung

Wir beginnen damit, die Clients (**sw4** und **pc3**) für den Einsatz im noch nicht definierten VLAN Marketing vorzubereiten. Sie müssen hierfür einen geeigneten LEC auf **sw4** und **pc3** einrichten.

#### 3.4.1.1 LEC auf Switch **sw4** einrichten

- In unserem Versuchsnetz sind alle LE-Dienste (LE-Services) im Switch **sw4** realisiert. Die ELANs „Einkauf“ und „Marketing“ nutzen den IP-Adressbereich von 192.168.215.48 bis 192.168.215.63. Sehen Sie sich mittels der Managementkonsole (AMI) die aktuelle Konfiguration an (LES, BUS und LECS). Installieren Sie anschließend auf dem Switch **sw4** einen LEC für die Teilnahme am ELAN „Marketing“. Auf dem Switch ist bereits ein LEC für die Teilnahme an dem VLAN Einkauf konfiguriert, lassen Sie diesen bitte unverändert.
- Ergänzen Sie die ATM-Adressen für das ELAN Einkauf (das ELAN Marketing sollte zu diesem Zeitpunkt noch nicht existieren) in der unten angegebenen Tabelle:

	ATM-Adresse (Präfix + ESI)	SEL
LES	39.276f.31.000.111.0000.0189.0100.0020481a3488	
BUS	39.276f.31.000.111.0000.0189.0100.0020481a3488	
LECS (alt)	47.0079.00.000.000.0000.0000.0000.00a03e000001	00
LECS (neu)	C5.0079.00.000.000.0000.0000.0000.00a03e000001	00

Tabelle 3.3: Selektor-Byte für VLAN Einkauf eintragen

- Hinweis: Unsere Komponenten verwenden die alte Well-Known-LECS-Adresse. Wie Sie erkennen können, sind in der LECS-Adresse der OUI des ATM-Forums (00.a0.3e) und der ICD des ATM-Forums (00.79) enthalten.

- Die ELAN-Interfaces werden mit `e1x` durchnummeriert, wobei `x` gleichzeitig dem Selektorbyte (siehe erster Versuchsnachmittag) der zugewiesenen ATM-Adresse entspricht. Die einzigen Angaben, welche für die LEC-Konfiguration zwingend erforderlich sind, sind die Interfacenummer (z.B. `e13`), das zugehörige VLAN (Marketing) und eine geeignete IP-Adresse (z.B. 192.168.215.55) mit zugehöriger Subnetz-Maske.
- Machen Sie sich zuerst mit dem AMI vertraut (sofern dies nicht schon am 1. Versuchsnachmittag geschehen ist) und sehen Sie sich genau an, was die entsprechenden Befehle bewirken, bevor Sie etwas konfigurieren.
- Beim Deinstallieren eines LEC ist unbedingt darauf zu achten, den richtigen Befehl zu verwenden, da ansonsten der Switch fragt, ob er gebootet werden soll. Diese Frage ist mit „no“ zu beantworten! Suchen Sie nach einem geeigneteren Befehl.
- Vorgeschlagene Reihenfolge für die LEC-Konfiguration:
  1. Telnet auf `swclip4`
  2. aktuelle LANE-Konfiguration ansehen
  3. LEC im Untermenü `/configuration/lane/` einrichten.
  4. IP-Adresse registrieren (`/configuration/ip/`).
  5. Netzmaske richtig setzen.
  6. Interface aktivieren (`/configuration/ip/admin`).
  7. Eine Überprüfung, ob der LEC ordnungsgemäß funktioniert, ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht möglich. Sie haben zwar den Client schon vorbereitet, jedoch muß auf dem LECS noch ein zugehöriges VLAN definiert werden. Momentan verweigert der LECS dem Client die Aufnahme in ein VLAN.
  8. Anmerkung: Die Konfiguration des VLANs erfolgt in Aufgabe ....

#### 3.4.1.2 LEC auf pc3 einrichten

Konfigurieren Sie den `pc3` so, dass er (zusätzlich zum VLAN Einkauf) versucht, sich am VLAN Marketing anzumelden. Verwenden Sie hierbei die folgenden Parameter:

Vorgeschlagene Reihenfolge:

1. Registerkarte „Netzwerkkarte“ in „Systemsteuerung/Netzwerk“ öffnen.
2. Schaltfläche „Hinzufügen“ aktivieren und „ForeRunner ATM ELAN Adapter“ auswählen.
3. Im Fenster „ForeRunner Emulated LAN Adapter“ geeignete Einstellungen vornehmen.

ELAN-Name:	Marketing
IP-Adresse:	192.168.215.53
Subnet Mask:	geeignet auswählen
Standard Gateway:	offen lassen
Art des ELAN:	Ethernet
Frame Size:	1516 Byte

Tabelle 3.4: Zu verwendende Parameter

4. Im Fenster „Advanced“ müssen Sie keine Eingaben vornehmen, da der LEC automatisch die Well-Known-LECS-Adresse (siehe Adreßtabelle oben) verwendet.
5. Auf „Schließen“ klicken und im daraufhin erscheinenden Dialog-Fenster „Eigenschaften von MS TCP/IP“ geeignete Parameter für den **Marketing**-Adapter eingeben.
6. Um die Änderungen aktiv werden zu lassen müssen Sie, wie bei Windows98 üblich, den Rechner neu starten.

## 3.5 Versuch 2: Fore VLAN-Manager

### 3.5.1 Kurze Einführung in den Fore VLAN-Manager

Der ForeView VLAN-Manager `/usr/fore/foreview/bin/fvlan` auf `hp1` (Sie können ihn auch über ForeView Map starten) dient dem Einrichten und Verwalten mehrerer VLANs. Es handelt sich dabei um eine GUI für die Bearbeitung der VLAN-Konfigurationsdatei. Diese enthält alle notwendigen Parameter, die der Switch für die Verwaltung verschiedener VLANs benötigt. Um eine solche Datei auf dem Switch zu aktivieren, muß sie in `LECS.CFG` umbenannt und anschließend mittels `tftp (trivial ftp)` auf den Switch transferiert werden. Alle diese Aufgaben erledigt der VLAN-Manager auf Knopfdruck. Alternativ dazu können Sie jedoch auch die Konfigurationsdatei mit jedem beliebigen Texteditor bearbeiten.

Ein Minimalbeispiel für eine `LECS.CFG` wäre:

```
#Suchreihenfolge nach VLAN Namen
Match.Ordering: Einkauf

#Standardparameter fuer default VLAN Einkauf
Einkauf.Address: 39276f310001110000018901000020481a3488d9
Einkauf.Accept: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX
```

Dies entspricht in den Grundzügen der voreingestellten `LECS.CFG`, d.h. wir haben nur eine Broadcastdomäne. Die `X` sind mit dem UNIX-Wildcard `?` vergleichbar, d.h. es darf sich

jeder Client an dem Einkauf VLAN anmelden. `Einkauf.Address` spezifiziert die Adresse des LES.

### 3.5.2 Aufgabenstellung

Bisher befanden sich alle LANE-Clients unseres Testbeds in dem gleichen VLAN namens „Einkauf“. Dieses VLAN ist so konfiguriert, dass sich darin jeder Rechner anmelden kann. Ziel dieser Aufgabe ist es, den Versuchsaufbau in zwei VLANs (Einkauf und Marketing) aufzuteilen.

- Konfigurieren Sie mittels des Fore VLAN-Managers (oder für die Mutigen mit einem Texteditor) zwei getrennte VLANs mit folgenden LECs:
  1. Einkauf: Enthält die beiden HP-UX-Rechner `hp1` und `hp2`
  2. Marketing: Enthält den Windows-Rechner `pc3` und den ATM-Switch `sw4`
- Vorgeschlagene Reihenfolge:
  1. Überprüfen Sie, ob vom PC aus ein Verbindungsaufbau zum Marketing LEC auf dem Switch `sw4` möglich ist (z.B. `ping 192.168.215.49`). Verwechseln Sie das nicht mit einem Verbindungsaufbau zu dem CLIP-Client `swclip4`!
  2. Starten des ForeView VLAN-Managers `/usr/fore/foreview/bin/fvlan` auf `hp1`.
  3. Nachdem Sie das Programm gestartet haben, stehen drei Möglichkeiten zur Wahl:
    - (a) Sie lesen die aktuelle Konfiguration aus dem Switch aus:

Menüpunkt „FILE / OPEN ADMIN DOMAIN“. Geben Sie als Domain-Namen „Praktikum“ und als Hostname `swlane4` ein.
    - (b) Errichten einer neuen Domain (ist für das Praktikum nicht notwendig).
    - (c) Einlesen einer bestehenden Konfigurationsdatei:

Menüpunkt „FILE / LOCAL BACKUP / OPEN FILE“

Geeignete Dateien finden Sie im Verzeichnis `/usr/fore/foreview/log/`.
  4. VLAN Einkauf geeignet anpassen. Achten Sie insbesondere auf den „Operational Mode“ (Menüpunkt „VLAN / MODIFY...“).
  5. Um das VLAN Marketing einzurichten wählen Sie den Menüpunkt „VLAN / CREATE ...“, geben einen Namen für das VLAN ein und drücken auf den Button „Advanced“. Aktivieren Sie in dem daraufhin erscheinenden Dialogfeld den Radiobutton „ELAN“ und geben Sie alle weiteren benötigten Informationen ein. Als LES- und BUS-Hostname sollten Sie `swlane4` verwenden.

6. Nachdem Sie alle nötigen Konfigurationen vorgenommen haben, gibt es zwei Möglichkeiten, die Änderungen zu speichern:
  - (a) Sie können mittels „FILE / COMMIT CHANGES“ die neue LECS.CFG an den Switch (bitte nur `swclip4`) übertragen.
  - (b) Wenn Sie sich die erstellte Konfigurationsdatei ansehen wollen, sichern Sie diese mittels „FILE / LOCAL BACKUP / SAVE FILE“ auf der Festplatte (verwenden Sie dazu bitte den Dateinamen „Studenten.cfg“).
7. Nach dem Sie die Daten an den Switch übertragen haben, können Sie einen „Poll“ vornehmen (erstes Icon von rechts).
8. Es dauert i.d.R. einige Zeit (ca. 5-7 min) bis der LECS die neuen Konfigurationsdaten verwendet. Eine relativ komfortable Möglichkeit, um zu Überprüfen, ob die Änderungen durchgeführt wurden, bietet das InForemation Center (auf `pc3` unter Systemsteuerung): rot zeigt ein inaktives VLAN (d.h. der PC konnte sich an diesem VLAN nicht anmelden bzw. es existiert kein solches VLAN), grün ein aktives (d.h. der PC konnte sich an diesem VLAN anmelden).
9. Überprüfen Sie, sobald sich der PC im Marketing-VLAN befindet, ob ein Verbindungsaufbau zu dem LEC (z.B. `telnet 192.168.215.49`) im Switch `sw4` möglich ist.

#### Hinweis:

- Sollte der PC in das Marketing-VLAN aufgenommen worden sein, sich aber nicht aus dem Einkauf-VLAN verabschieden, empfiehlt es sich den Rechner zu booten. Sollte auch der Neustart nicht helfen, so haben Sie das VLAN Einkauf falsch konfiguriert (wahrscheinlich falscher „Operational Mode“).
- An den Clients ist keine Konfigurationsarbeit zu leisten. Der PC `pc3` und der Switch `sw4` wurden bereits in Aufgabe ... für den Einsatz im VLAN Marketing konfiguriert.
- Mit dem Befehl `/opt/fore/bin/elconfig show -all` wird die lokale VLAN-Konfiguration der HP-UX Rechnern angezeigt. Hier sollte sich im Verlauf des Versuches nichts ändern, die UNIX-Rechner bleiben im VLAN Einkauf.

## 3.6 Versuch 3: LANE-Adreßauflösung

In dieser Aufgabe werden Sie die einzelnen Schritte, welche zur erfolgreichen Ausführung eines „ping“ notwendig sind, mittels des Protokollanalysators genauer betrachten. Die Registrierung soll hier als schon abgeschlossen betrachtet werden, d.h. alle Kontrollverbindungen sind aufgebaut (zu LES/BUS). Nun geht es darum, wie eine Verbindung zu einem

weiteren LEC hergestellt wird. Insbesondere soll die Funktionsweise der Adreßauflösung herausgearbeitet werden.

### 3.6.1 Aufgabenstellung

- Schicken Sie einen ping-Request von der hp1 an das LANE-Interface der hp2. Versichern Sie sich vorher, dass sich die LANE-Adresse der hp2 nicht in den ARP-Caches der hp1 befindet (Näheres siehe Hinweis). Zeichnen Sie dabei alle anfallenden Zellen (zwischen hp1 und sw5) mittels des HP-Protokollanalytors auf und werten Sie diese insbesondere bezüglich der Adreßauflösung aus.
- Welche REQUESTS gehen wohin? Wann wird der erste „ICMP echo\_request“ (ping) gesendet? Welche Informationen werden vorher, wie und wo abgefragt?
- Wieviele ATM-Zellen benötigt ein einfacher ping?
- Vergleichen Sie die Adreßauflösungsmechanismen von LANE, CLIP und Ethernet miteinander.

#### **Hinweis:**

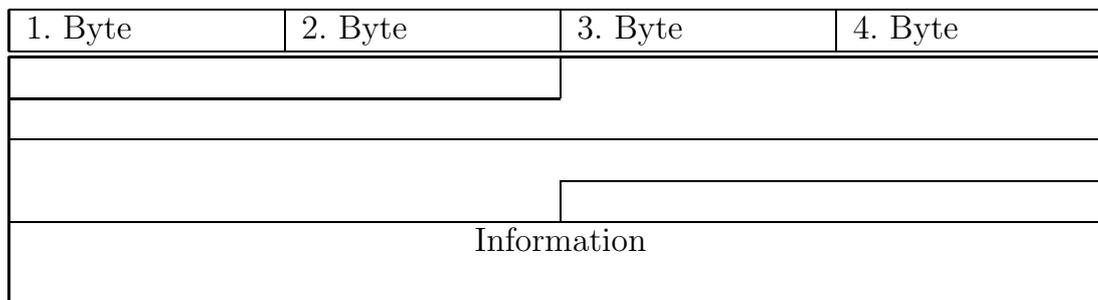
- Beachten Sie bitte, dass wir es hier mit zwei Adreßauflösungen zu tun haben:
  1. IP - MAC
  2. MAC - ATM
- Zur Verwaltung des (IP - MAC) ARP-Caches dient der Befehl `/usr/sbin/arp`. Mit `arp -a` läßt sich den ARP-Cache anzeigen. Mit `arp -d hostname` können einzelne Einträge aus dem ARP-Cache gelöscht werden (leider nur mit der ROOT-Kennung möglich). Alternativ können Sie auch ein paar Minuten warten. Die Standardeinstellung für das Altern des ARP-Caches beträgt bei den meisten Systemen 10 Minuten - dann sollten alle alten Einträge gelöscht sein.
- Den LANE-ARP-Cache können Sie mit dem `elarp`-Befehl bearbeiten (zu finden unter `/opt/fore/bin/`).

## 3.7 Versuch 4: LANE-Datenübertragung

### 3.7.1 Aufgabenstellung

#### 3.7.1.1 Analyse eines LANE-Datenframes

- In der untenstehenden Abbildung sehen Sie das Format der IEEE 802.3 Frames (Ethernet), wie es von LANE verwendet wird. Versuchen Sie mittels des Protokollanalysators die Bedeutung der vier leeren Felder herauszufinden. Warum kann auf die **Preamble** verzichtet werden? Was könnte der Grund für die Reihenfolge der Felder sein?
- Falls es Sie interessiert, können Sie auch bei [HEGERINGII, Seite 56, DIX V2.0] das original Ethernet-Frameformat nachschlagen.



IEEE 802.3/Ethernet-Frame

#### Hinweis:

- Das Hex-Fenster kann in Zusammenspiel mit dem Detail-Fenster sehr hilfreich sein.
- Sie sollen hier **kein** LANE-Controlframe, sondern ein Datenframe, wie es beispielsweise bei einem `telnet`, `ping` etc. entsteht, beobachten.

#### 3.7.1.2 Protokollschichten in einem LANE-Netz

Beobachten Sie im Protokollanalysator welche Protokollschichten in einem LANE-Netz existieren. Fertigen Sie eine Skizze an und beschreiben Sie kurz die Aufgaben der einzelnen Schichten.

## 3.8 Versuch 5: Point-to-Multipoint-VCC

### 3.8.1 Aufgabenstellung

Beweisen Sie mittels des ForeView **Channel/Path Tracer**, dass der BUS einen **point to multipoint SVC** und nicht mehrere **point to point SVCs** für seinen **multicast forward VCC** verwendet.

1. Dazu müssen Sie als erstes einen VPI/VCI-Identifikator des **multicast forward VCC** ermitteln. Über das InFormation Center können Sie leicht an die gesuchten VPI/VCI-Werte zu gelangen. Schalten Sie auf „Options / Advanced View“ und suchen Sie in der „Connection List“ die VPI/VCI-Identifikatoren des zum ELAN Einkauf gehörigen **multicast forward VCC**.
2. Mit dem so ermittelten VPI/VCI-Werten können Sie nun den zugehörigen SVC im ForeView **Channel/Path Tracer** (starten Sie ihn im Switch **sw5**) verfolgen. Der **multicast forward VCC** wird nur sichtbar, wenn Sie das Kontrollfeld „ReverseTracing“ aktivieren. Woran könnte das liegen? Erstellen Sie eine Skizze der Topologie des PMP-SVC. Können Sie sich ein Szenario vorstellen, in welchem die LANE-Services zu einem Systemengpass führen können?

## 3.9 Aufräumen

Wenn Sie mit den Versuchen fertig sind, nehmen Sie bitte alle Änderungen zurück und stellen Sie die Ausgangskonfiguration wieder her.

### **Wichtig:**

Bitte nur das ELAN Marketing bearbeiten!

- sw4: Marketing LEC löschen: `/configuration/lane/lec/delete [index]`.
- Protokollanalysator: Filter zurücksetzen ( `Filter - Reset`).
- hp1: Praktikum.cfg mittels ForeView VLAN Manager in sw4 laden:
  1. Laden Sie die Datei `/usr/fore/foreview/log/Praktikum.cfg` in Foreview.
  2. Betätigen Sie den COMMIT-Button (erster von links).
  3. Die Frage, ob die bestehende Konfiguration auf `swlane4` überschrieben werden soll, mit „Use swlane4“ beantworten.
  4. Eventuell den Inhalt der Datei `Studenten.cfg` löschen (nicht die Datei selbst löschen).

- pc3: Entfernen Sie aus der „Systemsteuerung / Netzwerk / Netzwerkkarte“ den Eintrag „Fore Runner ELAN Adapter (Marketing)“.