



Universität Rostock
Fachbereich Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Nachrichtentechnik und Informationselektronik

Testbericht

Testgestellung TR-Switching über ATM-Backbone

**Dr. H.-D. Melzer
Thomas Kessler
Alexander Mali**

Rostock, August 1998

Am Test beteiligte Partner

- Universität Rostock
- Cisco Systems GmbH (Hamburg, Berlin)
- SIEMENS AG (Rostock, Berlin)
- nbg Netzbetriebsgesellschaft mbH (Berlin, Hannover)
- Pfi Planungsbüro freier Ingenieure (Berlin)
- OSPA Ostseesparkasse Rostock
- dvs (Berlin)

Beratungen der Arbeitsgruppe 2 des ComLab (TR - Switching)

08.01.1998	-Abstimmung zur Testdurchführung, -Festlegung des Zeitplanes, -Anteile der beteiligten Partner
10.02.1998	-Ziele und Umsetzungen für die Testgestellung, -Diskussion der Testschwerpunkte,
01. und 02.04.1998	-Vortrag über TR - Switching, -Materielle Sicherstellung der Tests,

Die am Projekt beteiligten Mitarbeiter und Studenten der Universität Rostock bedanken sich bei den Industriepartnern für die gegebene Hilfe. Die Testgestellung war nur durch deren umfassende Unterstützung; insbesondere aufgrund der Bereitstellung der umfangreichen Testausrüstung möglich.

Inhaltsverzeichnis

1.	Motivation	1
2.	Allgemeine Grundlagen	2
2.1.	Vermittlungsfunktionen	2
2.1.1.	Bridge	2
2.1.1.1.	Translation Bridge	3
2.1.1.2.	Encapsulation Bridge	3
2.1.1.3.	Source Routing Bridge	3
2.1.1.4.	Transparent Bridge	4
2.1.2.	Switching Modes	5
2.1.2.1.	Cut Through	6
2.1.2.2.	Store and Forward	6
2.1.2.3.	Fragment Free	6
2.1.2.4.	Adaptive Cut Through	6
2.1.3.	IP-Routing	7
2.2.	Token Ring	8
2.2.1.	Token und Token Ring Frame	10
2.2.2.	Token Ring Management	13
3.	Testumgebung	20
4.	Durchführung	21
4.1.	Bridging Modes	21
4.1.1.	Source-Route Switching	23
4.1.1.1.	Testkriterien	23
4.1.1.2.	Konfiguration	24
4.1.1.3.	Ergebnis	24
4.1.2.	Source-Route Bridging	24
4.1.2.1.	Testmerkmale	24
Catalyst 5500	25	
4.1.2.2.	Ergebnis	25
4.1.3.	Source-Route Transparent Bridging	25
4.1.3.1.	Testmerkmale	26
4.1.3.2.	Konfiguration	26
Catalyst 5500	26	

4.1.3.3.	Ergebnis.....	27
4.2.	ATM LANEmulation Version 1.0.....	27
4.2.1.1.	Testmerkmale.....	27
4.2.1.2.	Konfiguration.....	27
4.2.1.3.	Ergebnis.....	29
4.3.	Das Spanning Tree Protokoll.....	29
4.3.1.1.	Testmerkmale.....	29
4.3.1.2.	Konfiguration.....	30
4.3.1.3.	Ergebnis.....	30
4.4.	Kopplung von Ethernet und Token Ring Netzen über Router.....	30
4.4.1.1.	Testmerkmale.....	31
4.4.1.2.	Konfiguration.....	31
4.4.1.3.	Ergebnis.....	31
	Anhang A.....	32
Anhang A.1.	Konfiguration der PCs.....	32
Anhang A.2.	CISCO Hardware.....	32
Catalyst 5500.....		32
Catalyst 7505.....		33
Anhang A.3.	CISCO Software.....	33
	Anhang B.....	35
Anhang B.1.	Konfiguration des ATM Backbone.....	35
Anhang B.1.1	LS1010 - IP: 139.30.200.79.....	35
Anhang B.1.2	LS1010 - IP: 139.30.200.78.....	37
Anhang B.2.	Konfiguration des Catalyst 5500 ATM LANE Moduls.....	38
Anhang B.3.	Konfiguration des Routers Catalyst 7505.....	41

1. Motivation

Der Token Ring ist in vielen Unternehmen, vor allem bei großen Finanzdienstleistern und Versicherungen, noch immer ein zuverlässiges Medium für lokale Netze. Die Stärken vom Token Ring sind bekannt. Das Verfahren ist deterministisch und bietet die volle Nominalleistung. Der Token Ring ist optimal in die bestehende SNA-Welt integriert. Er wird von vielen namhaften Hub-Herstellern unterstützt.

Die Betreiber von Token Ringen haben beträchtliche Investitionen in diese Technik gesteckt. Es ist deshalb wichtig, daß die bestehenden Token Ringe durch Aktualisierung der vorhandenen Netzwerkinfrastruktur weiter genutzt werden können. Wichtige Kriterien hierbei sind:

- Unterstützung von Applikationen mit hoher Bandbreite,
- Implementierung fehlertoleranter LANs,
- Migration zu neuen Techniken (z.B. ATM).

Ein erster Schritt auf dem Weg zu einem flexibleren Netz mit mehr Bandbreite und Skalierbarkeit ist der Übergang von Shared- zu Switched-Token-Ring. Man erreicht dabei eine Verbesserung des Durchsatzes um den Faktor vier bis zehn.

Token-Ring-Switches können in Arbeitsgruppen, in Abteilungen mit eigenen Serveranwendungen und für die Anbindung an ein bestehendes Netz zum Einsatz kommen. Bei Bedarf ist die Anbindung von Servern über mehrere parallele Leitungen auch nachträglich realisierbar. Bei der Anbindung von Token-Ring-Clients an den Switch erkennen dessen Ports automatisch die Prioritätsstufe der Übertragung und, ob 4 oder 16 Mbit/s voll duplex oder halbduplex ankommen. Über einen Uplink (ATM) kann ein Token-Ring-Switch mit dem Backbone verbunden werden.

Über den Standard „LAN Emulation – LANE“ lassen sich traditionelle Token-Ring-LANs als emulierte LANs über ein ATM-Backbone ausdehnen. Der LAN-Emulation-Service übersetzt dafür ATM- in MAC-Adressen und umgekehrt. Die Switches hingegen implementieren die LAN-Emulation-Clients, um an diesem Dienst teilzunehmen. Dadurch ist eine nahtlose Integration von Token-Ring-LANs in ein ATM-Backbone sichergestellt. Vorhandene Hardware läßt sich weiterverwenden.

2. Allgemeine Grundlagen

2.1. Vermittlungsfunktionen

2.1.1. Bridge

Eine Bridge ist ein Koppellement, das verschiedene LANs innerhalb der MAC-Schicht (MAC-Bridge) oder LLC-Schicht (LLC-Bridge) verbindet. Die LLC-Bridge kommt nur bei einem Remote-Verbund über ein WAN zum Einsatz.

Aufgaben

- erweitern der Grenzen eines Netzes hinsichtlich der Stationszahl und der Längenausdehnung,
- Fehlerbegrenzung, fehlerhafte Frames werden nicht weitertransportiert,
- Lastbegrenzung, Frames mit Zieladressen im Netz werden nicht in andere Netze übertragen.

Eigenschaften

- Eine Bridge ist protokolltransparent. Der Inhalt der Pakete, die sie transportiert, wird nicht interpretiert. Die Vermittlung erfolgt auf der Basis der MAC-Level-Adressen.
- Bridges können Filterfunktionen realisieren. Grundlage dafür ist die Filterdatenbank.
- Eine Bridge arbeitet paketweise. Eingehende Pakete werden zwischengespeichert und aufbereitet, bevor sie wieder ausgesandt werden. Es wird der Laufzeit also eine Verzögerungszeit hinzugefügt.

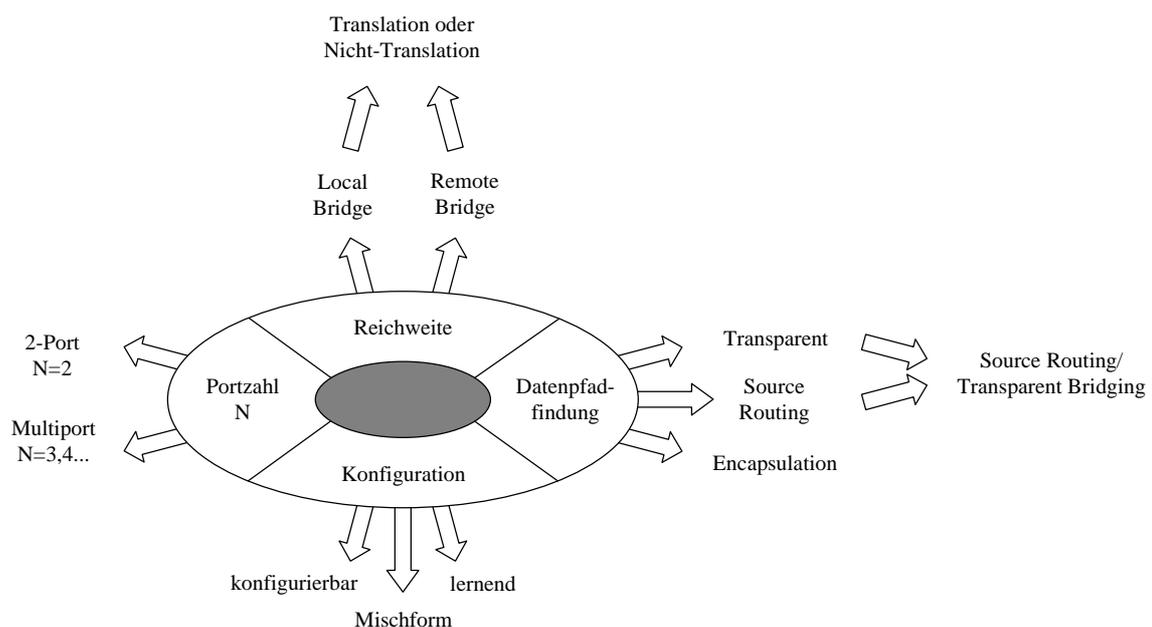


Abb. 1: Klassifizierung von Bridges [BAD97]

2.1.1.1. Translation Bridge

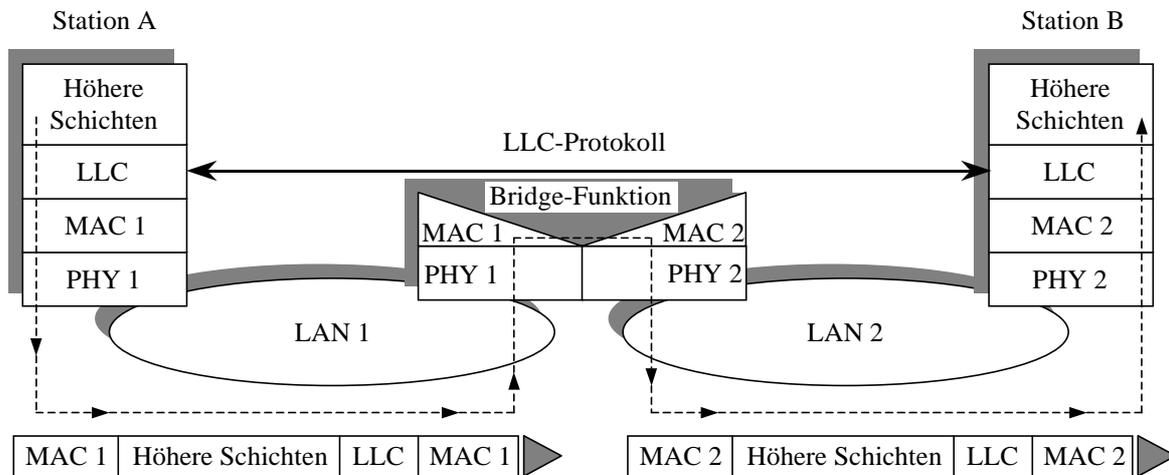


Abb. 2: Translation Bridge [BAD97]

Die Translation Bridge verbindet Netze mit unterschiedlichen MAC-Verfahren. Sie muß folgende Aufgaben realisieren:

- Umwandlung unterschiedlicher MAC-Formate,
- Zwischenspeicherung von Frames, wenn die Übertragungsraten in den einzelnen LANs unterschiedlich sind,
- Segmentierung von MAC-Frames, weil im Ziel-LAN die maximale Frame-Länge kleiner ist,
- Bytedrehung bei Adressen.

2.1.1.2. Encapsulation Bridge

Encapsulation Bridges kommen zum Einsatz, wenn ein Umsetzen der MAC Frames aufgrund fehlender Standards nicht möglich ist. Dabei wird der gesamte Rahmen zum Transport in das Datenfeld des Rahmens des Übertragungssegmentes gepackt und am Ende wieder ausgepackt.

Aber: Die Implementierungen sind herstellerabhängig und es können nur Verbindungen zwischen gleichartigen Netzsegmenten hergestellt werden.

2.1.1.3. Source Routing Bridge

Beim Source Routing wird der vollständige Pfad zum Empfänger im Datenpaket von der Quelle vermerkt (Angabe aller im Pfad liegenden Netzsegmente und Brücken). Die Bridge entscheidet dann anhand dieser Information, ob und wie sie das Paket weiterleitet.

2.1.1.4. Transparent Bridge

Beim Transparent Bridging ist die Information über die Netzstruktur in den Bridges gespeichert. Grundlage ist die Forwarding Database (Weiterleitungstabelle). Die Bridge überprüft alle empfangenen MAC-Frames und speichert, auf welcher Seite der Bridge sich die MAC-Quelladressen befinden (Learning Bridge). Daraus erstellt sie ihre Routing-Tabelle. Die Tabelle gibt nur Auskunft darüber, welche Station über welchen Port zu erreichen ist.

Bei transparenten Bridges ist das Spanning-Tree-Verfahren implementiert, welches kreisende Pakete (Loops) im Netz unterdrückt.

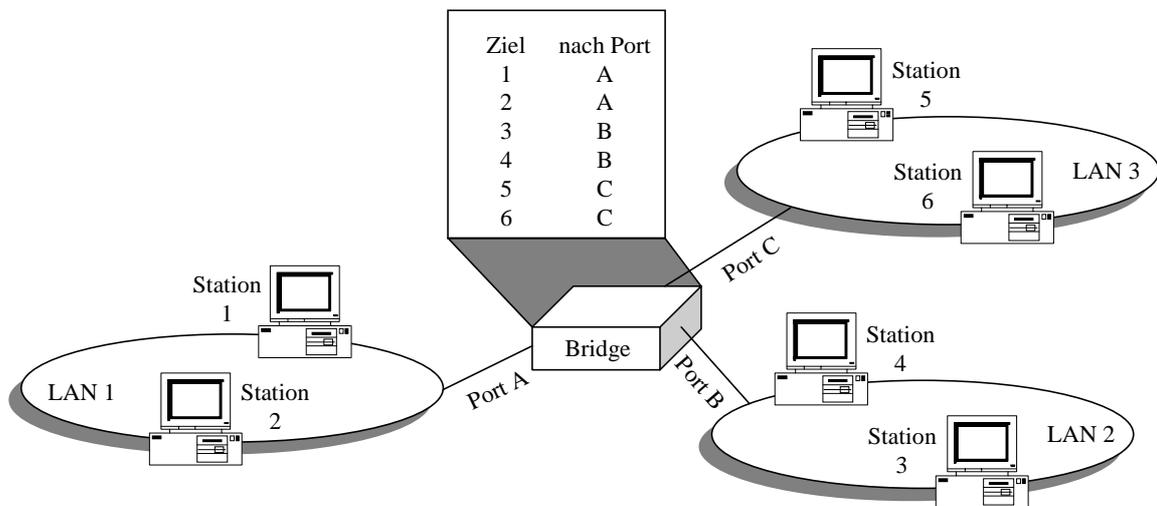


Abb. 3: Weiterleitungstabelle einer Transparent Bridge [BAD97]

Führt über ein Bridge-Port ein Weg zu mehreren LANs, so gibt die Weiterleitungstabelle nur Auskunft, welche Station über welchen Port zu erreichen ist.

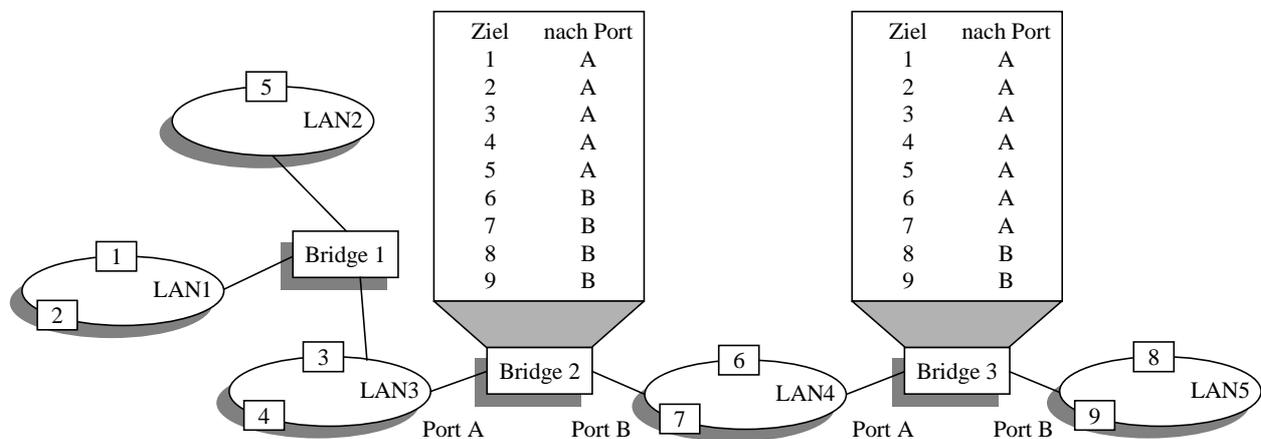


Abb. 4: Transparent Bridge zwischen mehreren LANs [BAD97]

2.1.2. Switching Modes

Ein Switch ist ein Gerät des OSI-Layers 2.

Merkmale

- Die Verbindung zwischen den Netzwerkelementen wird direkt geschaltet, jede Verbindung erhält die volle Bandbreite.
- Es können mehrere Verbindungen gleichzeitig geschaltet werden.
- Bei blockierten Ports werden die Frames zwischengespeichert.

Switching-Technologien

1. Leitungsvermittlung (Direktvermittlung von Datenströmen): Schalten einer Verbindung zwischen zwei Teilnehmern, Verbindungsaufbau, Datentransfer, Verbindungsabbau, Abschalten der Verbindung.
2. Broadcastbasierte Verbindung: Es besteht eine Verbindung zwischen mehreren Teilnehmern über ein gemeinsames Medium. Die angeschlossenen Teilnehmer müssen selbst feststellen, ob sie Empfänger der mitgehörten Nachricht sind.
3. Direktvermittlung: Verkürztes Verfahren der Leitungsvermittlung, bei dem nur für die Zeit der Paketübertragung eine direkte Verbindung geschaltet wird, ohne weitere Maßnahmen der Verbindungssteuerung.

Switching-Verfahren

Die Switching-Verfahren (Abb. 5) beschreiben, wie die ankommenden Datenpakete an die Ausgangsports weitergeleitet werden. Dabei sollen geringe Verzögerungszeiten entstehen und fehlerhafte Pakete möglichst nicht weiterverbreitet werden. Man unterscheidet vier Switching-Verfahren.

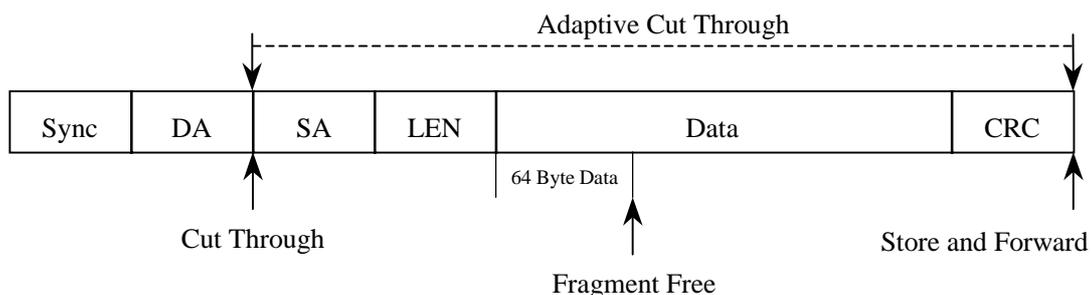


Abb. 5: Switching-Verfahren [ADO96]

2.1.2.1. Cut Through

Cut Through-Switches untersuchen nur die ersten Bytes eines Paketes. Nach dem Empfang der Zieladresse wird sofort die Verbindung zum in der Routing-Tabelle verzeichneten zugehörigen Output-Port geschaltet. Der Rest des Paketes wird nicht ausgelesen und überprüft.

Vorteil:

Kurze Verzögerungszeit für die zu übertragenden Pakete,

Nachteil:

Defekte Pakete können den Switch passieren und werden nicht erkannt.

2.1.2.2. Store and Forward

Das Paket wird vollständig empfangen und zwischengespeichert. Dann wird es auf Fehler untersucht. Defekte Pakete werden verworfen, fehlerfreie entsprechend ihrer Zieladresse an den zugehörigen Port weitergeleitet.

Vorteil:

Es werden keine fehlerhaften Pakete weiterverbreitet und der Datenverkehr zur Fehlerbehebung so vermindert und begrenzt.

Nachteil:

Durch den vollständigen Empfang des Paketes und die anschließende Bearbeitung entsteht eine größere Verzögerungszeit als beim Cut Through-Verfahren.

2.1.2.3. Fragment Free

Als Kompromiß zwischen Cut Through und Store and Forward wird mit der Paketbehandlung gewartet, bis 64 Byte des Datenteils eingegangen sind. So kann auf die Existenz eines regulären Datenteils getestet werden, bevor das Paket an den Output-Port weitergeleitet wird.

Vorteile:

Der größte Teil der fehlerhaften Pakete wird nicht weitergeleitet. Die Verzögerungszeit liegt zwischen Cut Through und Store and Forward.

Nachteil:

Kompromißlösung zwischen Lastvermeidung und mittlere Verzögerungszeit.

2.1.2.4. Adaptive Cut Through

Das Verfahren kann im Bereich von reinem Cut Through bis zum Store and Forward dynamisch variiert werden.

Vorteile:

Es ergibt sich die Möglichkeit, angepaßt auf Fehlersituationen zu reagieren.

Guter Kompromiß aus Performance im Normalfall und Lastbegrenzung im Fehlerfall.

Nachteil:

Erhöhter Kontroll- und Managementbedarf.

2.1.3. IP-Routing

Router verbinden LANs mit gleichem Netzwerkprotokoll auf Netzwerkebene. Der Router muß Netzwerkprotokolle interpretieren und ist deshalb in bezug auf höhere LAN-Protokolle nicht transparent. Die darunterliegenden Schichten (Layer 1 und Layer 2) können unterschiedlich sein.

Aufgaben

- realisiert logische Verbindungen zwischen Netzwerksegmenten,
- leiten Daten in ein anderes Segment oder an einen anderen Router weiter, die nicht für das eigene Segment bestimmt sind,
- müssen eingesetzt werden, wenn Netze mit unterschiedlichen Adreßstrukturen, Routing-Verfahren, Blocklängen usw. verbunden werden, können aber auch zwischen gleichartigen Netzen eingesetzt werden.

Eigenschaften

- Router vermitteln protokollspezifisch (beherrschen als Multiprotokoll-Router eine Vielzahl von Protokollen),
- es gibt erweiterte Router (bezüglich der Vermittlungsfunktion), die zwischen gleichartigen LAN-Segmenten unbekannte oder nicht routing-fähige Ebene-3-Protokolle bridgen, also protokolltransparent vermitteln können,
- Router sind adressierbar, sie können zur Steuerung von Verkehrsströmen gezielt angewählt werden.

Routing-Techniken**Source-Routing**

Der Sender ist für die Wahl des Übertragungspfades verantwortlich. Dazu muß der Sender de-

taillierte Angaben über den Aufbau des Netzwerkes besitzen.

Hop-by-Hop-Routing

Jedes System wählt selbst den Zwischenschritt (Hop) von einem Knoten zum anderen. Dieses Verfahren hat den Nachteil, daß zusätzliche Routing-Schleifen entstehen können, die widersprüchliche Wegewahl-Entscheidungen zur Folge haben. Weiterhin können ineffektive Pfadverbindungen durch die individuellen Hop-by-Hop-Entscheidungen entstehen.

2.2. Token Ring

Im allgemeinen werden LANs unterschieden nach der Art und Weise, wie der Zugriff zum Medium geregelt ist (Abb. 6).

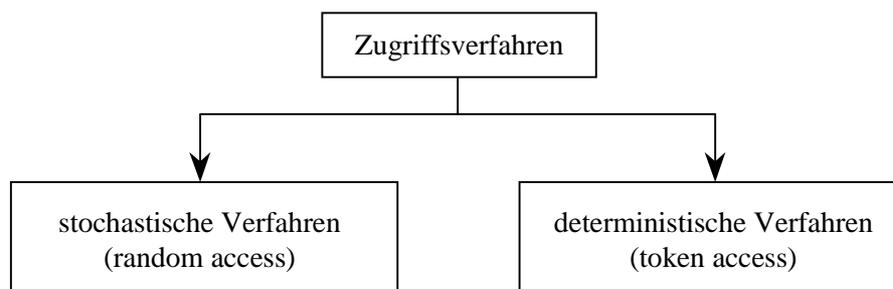


Abb. 6: Zugriffsverfahren [ADO96]

Bei stochastischen Zugriffsverfahren greifen die Stationen auf das Übertragungsmedium zu, wenn Nachrichten zur Übertragung vorliegen. Senden mehrere Stationen gleichzeitig, treten Kollisionen auf.

Bsp.: Aloha, CSMA, Ethernet.

Bei deterministischen Zugriffsverfahren wird der Zugriff auf das Medium über eine Sendeberechtigungen geregelt. Die Station, die die Sendeberechtigung besitzt, darf auf das Medium zugreifen.

Bsp.: Token Ring, Token Bus, slotted Ring.

Bei den deterministischen Zugriffsverfahren hat sich nur der Token Ring in der Praxis durchgesetzt. Der Token Ring kann als eine geschlossene Kette von gerichteten Punkt-zu-Punkt-Verbindungen betrachtet werden. Jede aktive Station innerhalb des Token Ringes empfängt die

sich auf dem Ring befindende Information, interpretiert die Kontrollinformation, regeneriert die Signale und leitet sie an die nächste Station weiter. Zentrale Rolle beim Token Ring spielt der Ringverteiler (RLV, Abb. 7). Durch ihn wird der logische Ring zu einem physischen Stern. Die Anzahl der Stationen innerhalb des Token Ringes kann vergrößert werden, indem man mehrere Ringverteiler hintereinander schaltet.

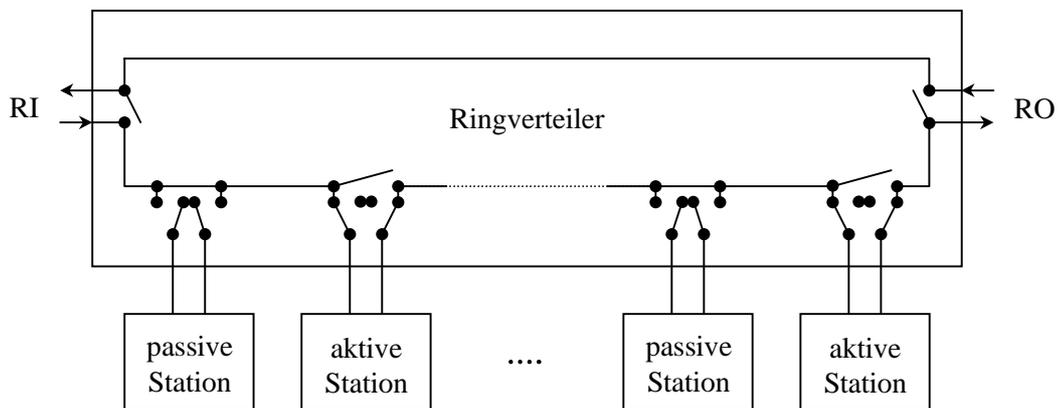


Abb. 7: Logische Ringkonfiguration [ADO96]

2.2.1. Token und Token Ring Frame

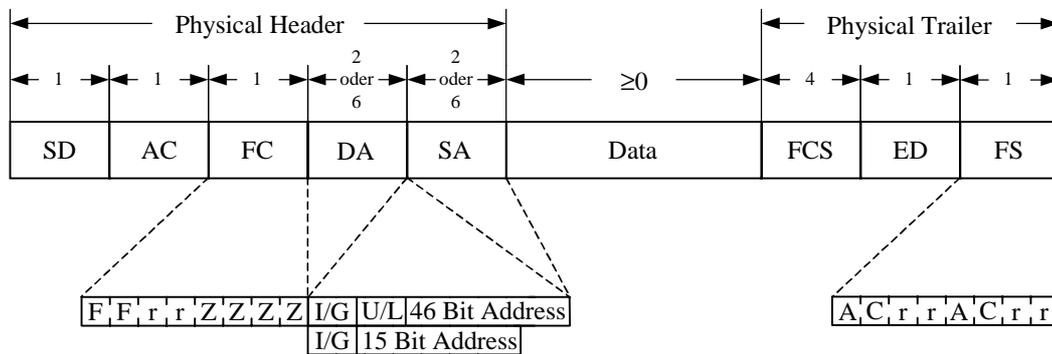


Abb. 8: Token Ring Frame [CON96]

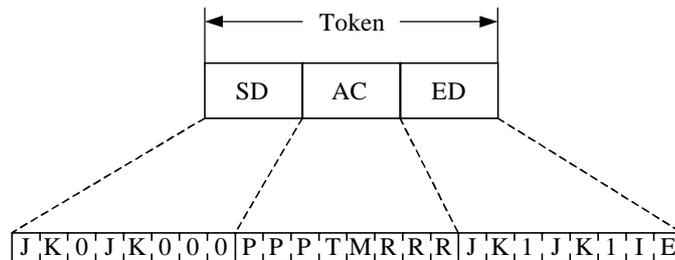


Abb. 9: Token [CON96]

SD	Start Delimiter	AC	Access Control
FC	Frame Control	DA	Destination Address
SA	Source Address	FCS	Frame Check Sequence
ED	Ending Delimiter	FS	Frame Status
P	Priority Bits	T	Token Bit
M	Monitor Bit	R	Reservation Bits
J	Non-Data J Code Violation	K	Non-Data K Code Violation
I	Intermediate Frame Bit	E	Error Detected Bit
F	Frame Type Bits	Z	Control Bits
r	Reserved Bits	A	Address Recognized Bits
C	Frame Copied Bits		
I/G = 0	Individual Address	I/G = 1	Group Address
U/L = 0	Globally Administered Address	U/L = 1	Locally Administered Address

Starting Delimiter	Trennzeichen, das den Anfang eines jeden Rahmens markiert. Die beiden möglichen Codeverletzungen (Non-Data J Code Violation und Non-Data K Code Violation) werden beim Differential Manchester-Code gezielt für die Kennzeichnung von Rahmenanfang und Rahmende eingesetzt.
Access Control	<p>Dieses Feld steuert den Zugriff auf das Medium. Beim Token Ring ist eine Vergabe von Prioritäten über die drei Prioritätsbits möglich (000 = niedrigste Priorität, 111 = höchste Priorität). Eine Station kann einen freien Token nur dann benutzen, wenn dessen Priorität nicht höher ist, als die des zu versendenden Rahmens. Darf sie den Token oder den Token Ring Frame nicht benutzen, so kann sie mit den drei R-Bits eine Reservierung für die gewünschte Priorität vornehmen, wenn nicht schon eine andere Station eine Reservierung höherer Priorität vorgenommen hat. Die Station, die den Token benutzt hat, generiert am Ende der Übertragung einen Token mit der reservierten Priorität oder wenn keine Reservierung vorliegt, mit der ursprünglichen Priorität.</p> <p>Das Token Bit dient zur Unterscheidungen zwischen Token und Informationsrahmen. Beim Token ist es auf 0 gesetzt. Eine Station, die den Token benutzen will und darf, setzt das Bit auf 1 und ergänzt die übrigen Felder zu einen vollständigen Informationsrahmen.</p> <p>Das Monitor Bit dient der Überwachung des Ringes. Es soll Mehrfachumkreisungen verhindern. Dieser Fehler kann auftreten, wenn eine Station ausfällt, nachdem sie eine Token-Reservierung vorgenommen hat, oder wenn eine Station nicht mehr in der Lage ist, einen von ihr gesendeten Rahmen vom Ring herunterzunehmen.</p>
Frame Control	Dieses Feld legt den Typ eines Rahmens fest. Definiert sind MAC-Rahmen (FF = 00) für reine Steueraufgaben und LLC-Rahmen (FF = 01), in denen von der LLC Schicht übergebene Nutzinformationen übertragen werden. Die r-Bits sind für zukünftige Verwendung reserviert und sind zur Zeit auf 0 gesetzt.

Destination Adress	Dieses Feld enthält die Zieladresse. Möglich sind 16-Bit oder 48-Bit Adressen. Das erste Bit entscheidet darüber, ob es sich um eine Individual- oder um eine Gruppenadresse handelt. Bei der Verwendung der 48-Bit Adressierung entscheidet das zweite Bit darüber, ob die Adresse global oder lokal verwaltet wird.
Source Adress	Dieses Feld enthält die Absenderadresse. Der Aufbau entspricht dem der Zieladresse, aber die Absenderadresse ist immer eine Individualadresse.
Data	Das Datenfeld enthält die Nutzdaten, die von der LLC-Schicht an die MAC-Schicht übergeben werden. Die Nutzdaten setzen sich aus den eigentlichen Benutzerdaten und den Steuerinformationen höherer Schichten zusammen.
Frame Check Sequence	Es wird eine 32-Bit Prüfsumme verwendet, die nach dem CRC-32 Verfahren ermittelt wird. Das Access Control-Feld und das Frame Status-Feld werden durch die Prüfsequenz nicht berücksichtigt, weil darin Informationen untergebracht sind, die während der Übertragung von Zwischenstationen verändert werden können.
Ending Delimiter	Trennzeichen, welches das Ende eines Rahmens markiert. Die ersten 6 Bits haben die Form JK1JK1. Das I-Bit wird bei allen Rahmen (außer beim letzten Rahmen) auf 1 gesetzt, wenn mit einem Token mehrere Rahmen übertragen werden. Wird nur ein Rahmen übertragen, so hat es den Wert 0. Das E-Bit wird von der sendenden Station stets auf 0 gesetzt. Die Stationen im Ring setzen es auf 1, wenn sie eine Fehlerbedingung feststellen. Fehlerbedingungen sind: <ul style="list-style-type: none">• CRC-Fehler,• Codeverletzungen außerhalb der Trennzeichen,• Rahmenlänge ist kein ganzzahliges Vielfaches eines Bytes.
Frame Status	Die sendende Station setzt das A-Bit und das C-Bit auf 0. Die Station im Ring, die in der Zieladresse ihre eigene erkennt, setzt das A-Bit auf

1 und wenn sie den Rahmen übernimmt das C-Bit ebenfalls auf 1. Beim Absender werden die gesetzten Bits dann folgendermaßen interpretiert:

AC = 00 : Keine Station hat die Zieladresse erkannt und die Information wurde nicht übernommen.

⇒ Die adressierte Station existiert nicht oder ist nicht aktiv.

AC = 11: Die Zieladresse wurde von einer Station erkannt und die Information übernommen.

⇒ Die adressierte Station existiert und verhält sich ordnungsgemäß.

AC = 10: Die Zieladresse wurde von einer Station erkannt, die Information aber nicht übernommen.

⇒ Die adressierte Station existiert, hat aber die Information nicht übernehmen können.

Die Kombination AC = 01 ist unzulässig und wird verworfen.

2.2.2. Token Ring Management

Die Überwachung des Tokenringes wird von einer Station im Ring, die als aktiver Monitor bezeichnet wird, übernommen. Die anderen Stationen überwachen als passive Monitoren das Funktionieren des aktiven Monitors und sind bereit, bei einem Ausfall dessen Funktionen zu übernehmen.

Der aktive Monitor hat folgende Aufgaben:

- erzeugen des Ringtaktes,
- erkennen von fehlerhaften Token oder Frames,
- Generierung neuer Token,
- Verhinderung von Mehrfachumkreisungen,
- säubern des Ringes bei undefinierten Zuständen auf dem Ring,
- aussenden von AMP-Frames (Active Monitor Present) in regelmäßigen Zeitabständen, damit

die anderen Stationen erkennen können, daß es einen aktiven Monitor gibt.

Beim Einschalten der Stationen eines Token Ringes übernimmt die erste eingeschaltete Station die Aufgaben des aktiven Monitors. Bemerkt eine Station, daß kein aktiver Monitor am Ring ist bzw. der aktive Monitor nicht ordnungsgemäß arbeitet, sendet sie ein Claim-Frame aus. Die einzelnen Stationen des Ringes setzen im SA Feld des Claim-Frames ihre eigene MAC-Adresse ein, wenn sie größer als die bereits enthaltene ist. Um zu verhindern, daß ein defekter aktiver Monitor wieder aktiver Monitor wird, darf sich dieser nicht am Auswahlprozeß beteiligen. Die Station mit der größten MAC-Adresse wird der neue aktive Monitor.

Eingliederung neuer Stationen in den Ring

Die Eingliederung geht in fünf Schritten vor sich:

1. Physische Eingliederung der Station in den Ring über den Ringverteiler (RLV).
2. Abhören des Ringes; wenn die Station keinen aktiven Monitor wahrnimmt, setzt sie den Prozeß zur Auswahl eines aktiven Monitors in Gang.
3. Die Station überprüft durch Aussenden eines Duplicate Address Test Frame die Eindeutigkeit ihrer Adresse. Ist ihre Adresse nicht eindeutig, koppelt sie sich wieder vom Ring ab.
4. Logische Eingliederung der Station in den Ring durch Teilnahme an dem Prozeß zur Ermittlung der Adressen aktiver Nachbarstationen.
5. Die Station erfragt operationale Parameter beim Server. Existiert kein Server, so werden die Default-Werte benutzt. Operationale Parameter sind z.B. Ring-Nummer oder Timer-Werte im Zusammenhang mit intermittierend auftretenden Fehlern, über die für bestimmte Fehlertypen Grenzwerte für die Fehlerrate vorgegeben werden. Weiterhin teilt die Station ihre Kenndaten, wie beispielsweise Adaptertyp oder Versionsnummer des Mikrogramms, mit.

[CON96]

Sprachverwirrung – Layer-3-Switching

Multi-Layer-Switching, IP-Switching, Layer-3-Switching ; diese Begriffe lassen vermuten, daß das Switching auf der OSI-Schicht 3 (Vermittlungsschicht) stattfindet. Nach dem OSI-Referenzmodell kann aber nur auf der Schicht 2 (Sicherheitsschicht) geswitched werden. Auf der Schicht 3 wird geroutet. Die neuen Verfahren sind eine Kombination aus Schicht-2-Switching und Schicht-3-Routing. Die ersten Datenpakete werden auf der Schicht 3 von der Quellstation

über einen oder mehrere Router zur Zielstation geleitet. Erst dann kann nach erfolgter Adreßauflösung (z.B. der IP-Adresse eines bestimmten Endgerätes zu seiner ATM-Adapterkarten-Adresse) ein direkte Shortcut-Verbindung auf Schicht 2 (beispielsweise ein ATM Switched Virtual Circuit) etabliert werden. Über diese Verbindung werden die Daten nun unter Umgehung der Router weitergeleitet.

[GIL97]

LAN Emulation

Die LAN Emulation simuliert herkömmliche LANs auf Basis der Breitbandtechnologie ATM. Mit der LANE lassen sich ATM-Endgeräte mit traditionellen LAN-Komponenten und LANs mit ATM-Netzwerken über LAN-ATM-Bridges oder LAN-Switches mit ATM-Uplink verbinden.

Folgende LAN-spezifischen Charakteristiken müssen emuliert werden:

- Verbindungslose Nachrichtenübermittlung; die Stationen benötigen kein Verbindungsaufbau, sondern können sofort über das Shared Medium Daten austauschen.
- Multicast-Service; Unterstützung von Multicast-MAC-Adressen (Broadcast, Group und funktionale MAC-Adressen). Es gibt zwei Realisierungsmöglichkeiten:
 1. Es existiert ein Dienst, der Broadcast/Multicast-Nachrichten abfängt und nur an die Zielstation weiterleitet.
 2. Die Nachricht wird an alle Stationen weitergeleitet. Die Station übernehmen selbst die Filterung.
- MAC-Treiber-Schnittstellen; Ziel ist es, den existierenden Applikationen über bekannte Protokolle wie TCP/IP, SPX/IPX, NetBIOS ... den Zugriff zum Netzwerk zu gestatten. In den derzeitigen Implementierungen geschieht diese Kommunikation über MAC-Gerätetreiber wie NDIS (Network Driver Interface Specification), ODI (Open Data Link Interface) und DLPI (Data Link Provider Interface).
- Emulierte LANs (ELANs); Es können mehrere separate Domänen in einem einzigen ATM-Netzwerk definiert werden. Ein Endsystem kann Mitglied von mehreren ELANs sein.
- Kommunikation mit existierenden LANs; Neben Verbindungen zwischen ATM-Stationen sind auch Verbindungen zu herkömmlichen Netzen möglich. Existierende Bridging-Verfahren werden dabei berücksichtigt.

Komponenten

Die LAN Emulation basiert auf den Komponenten LANE-Client (LEC), LANE-Server (LES), Broadcast and Unknown Server (BUS) und LANE Configuration Server (LECS).

LECs sind in den Endsystemen (ATM-fähige Stationen oder ATM/LAN Bridges) implementiert. Ein Endsystem, das mit mehreren ELANs verbunden ist, besitzt einen LEC pro ELAN. Der LES implementiert die Kontrollfunktionen für ein spezielles ELAN. Es gibt ein LES pro ELAN mit einer eindeutigen ATM-Adresse. Die Hauptaufgabe des LES besteht darin, die zu seinem ELAN gehörenden LECs zu registrieren und eine Tabelle mit den korrespondierenden ATM/MAC-Adreßpaaren bereitzuhalten.

Um in ein bestimmtes ELAN aufgenommen zu werden, benötigt ein LEC zunächst die ATM-Adresse des LES. Diese Adresse erhält er vom LECS, dessen Zugriffsmethode allen LECs bekannt ist. Um direkte Verbindungen zwischen LECs aufbauen zu können, müssen MAC-Destinationen zu den dazugehörigen ATM-Adressen übersetzt werden. Diese Adreßpaare werden im LES gespeichert.

Die Adreßauflösung selbst ist dem herkömmlichen ARP (Address Resolution Protocol) nachempfunden – mit dem Unterschied, daß immer wieder die MAC/ATM-Adreßpaare beim LES nachgefragt werden müssen, sofern sie nicht im LEC-Cache abgespeichert wurden. Broadcast- und Multicast-MAC-Pakete werden als ATM-Verbindungen direkt dem BUS mitgeteilt, der dann automatisch Einzelverbindungen zu den LECs herstellt.

Unbekannte LAN-Destinationen werden zu allen LECs gesandt, die dem ELAN als Proxies beigetreten sind. Proxies unterhalten eine Datenbank mit nicht-registrierten MAC-Adressen und sind typischerweise ATM-zu-LAN-Bridges. Auf diese Weise werden auch herkömmliche Endsysteme ohne direkten ATM-Anschluß erreicht.

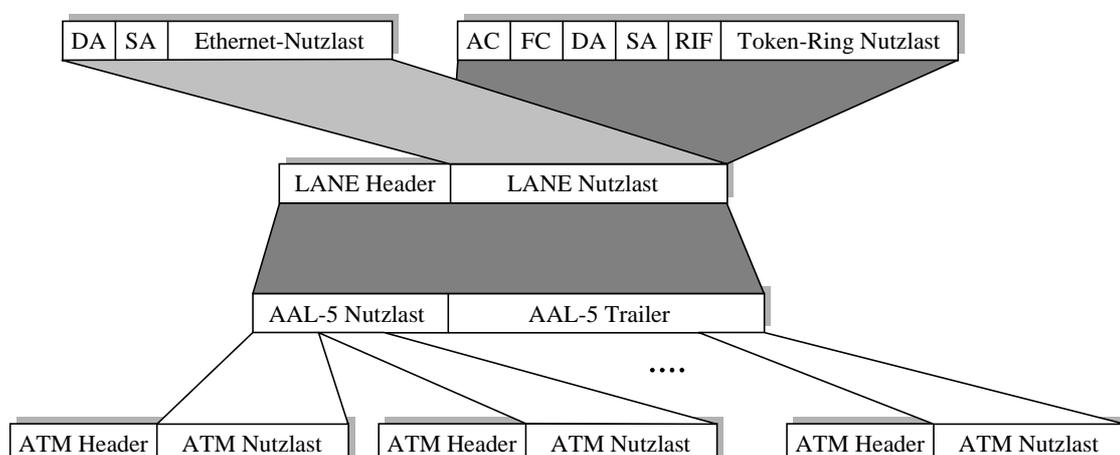


Abb. 10 Das Format von LANE-Datenpaketen [KYA96]

Der Verkehrsfluß im LAN-Emulations-Dienst

Die Operationen zwischen den einzelnen Dienstmodulen der LAN-Emulation werden mit Hilfe von Steuerverbindungen (Control VCCs) und Datenverbindungen (Data VCCs) abgewickelt. Steuerverbindungen koppeln LAN-Emulation-Clients mit LAN-Emulation-Servern sowie mit LAN-Emulation-Configuration-Servern. Zwischen Broadcast-Unknown-Servern und LAN-Emulation-Clients sowie zwischen LAN-Emulation-Clients untereinander erfolgt die Kommunikation über Datenkanäle (Data VCCs). Wird ein neuer LAN-Emulation-Client einem emulierten LAN hinzugefügt, so baut der LEC zunächst eine Configuration-Direct-VCC-Verbindung zum LE-Configuration-Server auf, um sich für ein bestimmtes Emuliertes LAN zu registrieren, und optional, unter Benutzung des LE-Konfigurationsprotokolles, verschiedene Parameter (Adressen, Name des emulierten LANs, maximale Rahmengröße) zu verhandeln. Anschließend wird die Control-Direct-VCC-Verbindung zum LAN-Emulation-Server aufgebaut. Nun sollte der LAN-Emulation-Client im Besitz aller für die Teilnahme am LAN-Emulationsdienst notwendigen Informationen sein. (LE-Client Identifier (LECID), LAN-TYP (802.5 Token Ring, 802.3 Ethernet) etc.). Schließlich wird über eine Data-Direct-VCC-Verbindung der Kommunikationspfad zum Broadcast-Unknown-Server eröffnet, worauf der LAN-Emulation-Client betriebsbereit für den LAN-Emulationsdienst ist.

[KYA96],[SCH97]

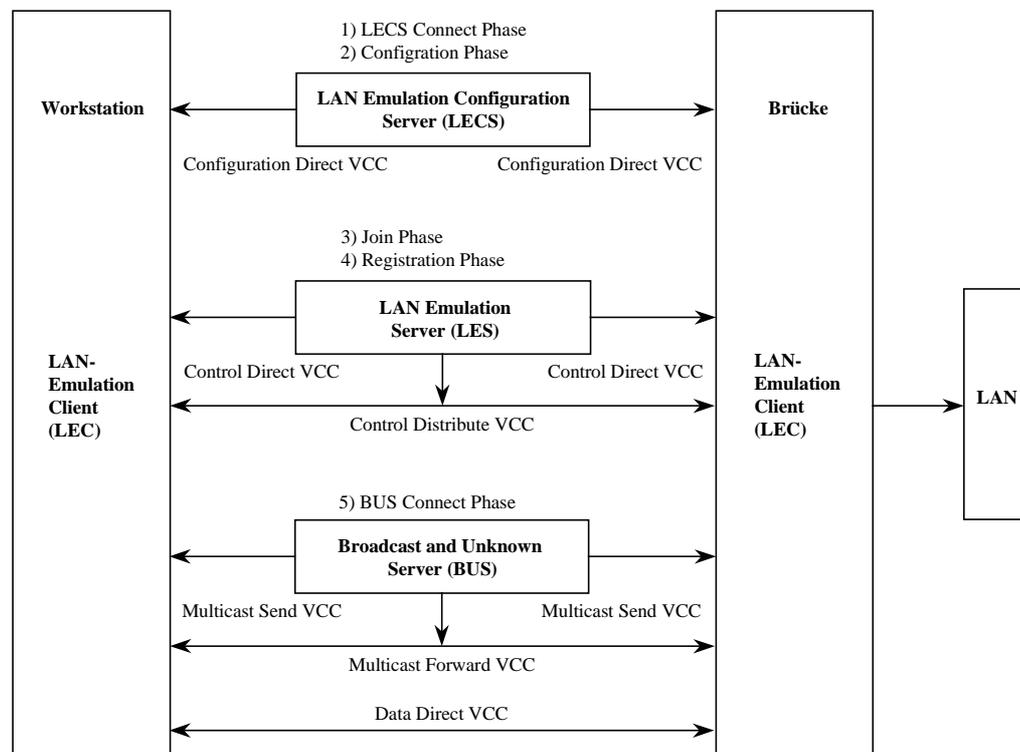


Abb. 11: Der Verkehrsfluß im LAN-Emulationsdienst [KYA96]

Layer-3-Switching mit MPOA

Das ATM-Forum hat zusammen mit der IETF (Internet Engineering Task Force) eine Spezifikation erarbeitet, Multi-Protocol over ATM (MPOA, Abb. 12), die Komponenten und Protokolle enthält, um Netzwerkanwendungen über ein ATM-Backbone-Netz zu transportieren. Durch die Trennung von Übertragungs- und Routing-Funktionen läßt sich Layer-3-Switching in Form eines Switched Router realisieren. Er hat folgende Eigenschaften:

- Hochgeschwindigkeits-Switching für alle Netzwerkprotokolle,
- Cut-Through-Routing im Gegensatz zu Hop-by-Hop-Routing,
- Einsatz eines standardisierten Protokolls zwischen den Bausteinen des Layer-3-Switches (Interoperabilität zwischen Komponenten verschiedener Hersteller),
- Anschlußmöglichkeiten für Ethernet, Fast-Ethernet, Token-Ring, FDDI und ATM,
- Quality of Service (QoS) für Video-, Sprach-, Bild- und Datenströme,
- Kommunikation mit gewachsenen Router-Netzen (RIP, OSPF),
- Ausbaufähigkeit bei linearer Steigerung der Performance und gleichbleibenden Administrationsaufwand.

MPOA besteht aus den folgenden drei Grundelementen:

1. LAN Emulation 2.0,
2. Next Hop Resolution Protocol (NHRP),
3. Switched Router.

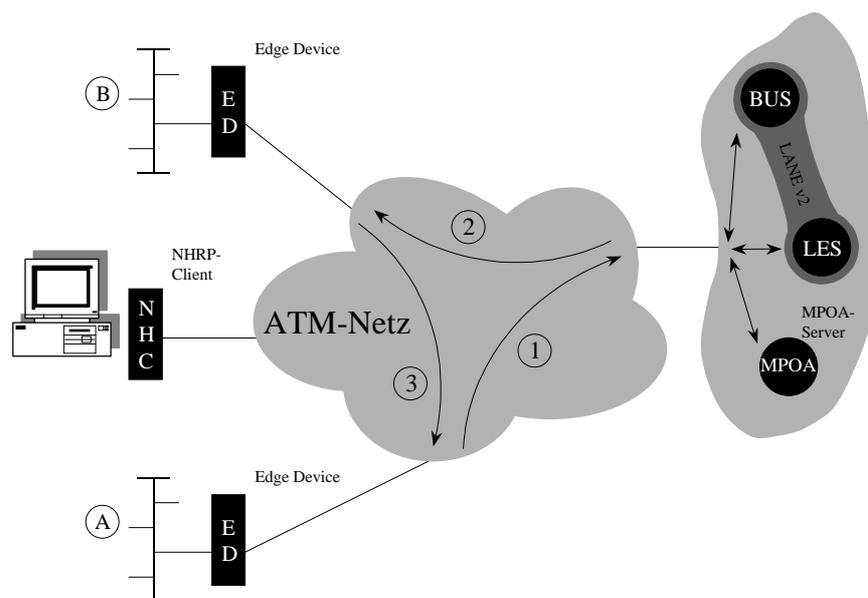


Abb. 12: Komponenten und Kommunikationsbeziehungen im MPOA [NEU97]

Die LAN Emulation kommt dann zum Einsatz, wenn der Datenverkehr nicht geroutet wird, also wenn Daten innerhalb von Subnetzen transportiert werden. Bei der Kommunikation zwischen den Subnetzen mit Hilfe von Switched Router abgewickelt. MPOA-Clients und -Server kommunizieren über das „Next Hop Resolution Protocol“ (NHRP) miteinander. Es stellt ein erweitertes „Address Resolution Protocol“, (ARP) bereit, mit dem die „Next Hop Clients“ (NHCs) ihre Anfragen über die Grenzen von Subnetzen hinaus versenden.

[NEU97],[SCH97]

3. Testumgebung

Alle Tests wurden in einem TCP/IP basierenden Microsoft Netzwerk™ mit dem Betriebssystem Windows95 durchgeführt. Zur Realisierung des Datentransfer zwischen den einzelnen Testcomputern kam die Evaluationsversion je eines FTP Servers und Clients (Anhang A.1) zum Einsatz. Für den Zugriff auf des Token Ring Netzwerk waren alle beteiligten Rechner mit Full Duplex fähigen 16 Mbps IBM Token Ring Adaptern ausgestattet. Weitere Angaben über die eingesetzten Hard- und Softwarekomponenten können dem Anhang entnommen werden.

4. Durchführung

Im Vorfeld der im Bericht dokumentierten Tests sind zur Bestimmung der Vorgehensweisen zur Testdurchführung und zum Kennenlernen der zu testenden Hard- und Software verschiedene Konfigurationen der Testkomponenten aufgebaut worden. Dabei kam es zu Problemen bei der Übertragung von IP Datenströmen mit NetBIOS (Microsoft Netzwerk™) Lasten zwischen den Testrechnern. Diese Probleme äußerten sich durch eine sehr langsame oder nicht zustande kommende Datenübertragung. Die Analyse der Datenströme mit einem DA30c ergab einen nicht nachvollziehbaren Verlust von IP-Frames mit NetBIOS Last. Die gesendeten Frames wurden vom Switch nicht weitergeleitet. Im Gegensatz dazu trat ein Frameverlust bei IP-Frames die zu FTP- oder Telnet-Verbindungen gehörten nicht auf.

Zunächst wurde nach Fehlern in der Softwarekonfiguration der Testkomponenten gesucht. Eine Konfiguration „streng nach Handbuch“ führte nicht zum Ziel. Auch der Versuch, das Problem auf eine bestimmte Softwareversion oder Hardware einzugrenzen, war nicht erfolgreich. Im Auftreten der beschriebenen Probleme konnte kein Muster erkannt werden.

Im Ergebnis dieser Beobachtungen wurden bei allen im weiteren dokumentierten Tests ausschließlich FTP-Verbindungen für den Datentransfer benutzt. Die daraus resultierenden positiven Testergebnisse sind aufgrund der genannten Schwierigkeiten nur begrenzt gültig.

Eine genaue Fehleranalyse der genannten Probleme sollte mit Technikern der Firma CISCO erfolgen, um auch die Möglichkeit von Soft- und/oder Hardwarefehlern zu erörtern.

4.1. Bridging Modes

Der Catalyst 3900 sowie der Catalyst 5500 mit Token Ring Modul unterstützen die folgenden Bridging Modes:

- Source-Route Switching (SRS)
- Source-Route Bridging (SRB)
- Source-Route Transparent Bridging (SRT)

Ein reines Transparent Bridging ist nicht möglich und wird von keiner Komponente unter-

stützt.

Zum Aufbau gebridgeter Token Ring Netzwerke ist es notwendig, Token Ring PC's zu Token Ring VLANs zusammenzufassen. Hierbei unterscheidet man grundsätzlich zwischen CRF VLAN's (Concentrator Relay Function) und BRF VLAN's (Bridge Relay Function) .

Ein CRF VLAN besteht aus einer Gruppe von Token Ring Ports innerhalb eines Catalyst 3900 oder Catalyst 5500, denen eine Ringnummer zugeordnet wird. Findet VTP (Virtual Trunk Protokoll) zwischen miteinander verbundenen Catalyst 3900 und Catalyst 5500 Anwendung, können auch VLAN's aus Ports der miteinander verbundenen Hardwarekomponenten gebildet werden. Innerhalb eines CRF VLAN findet grundsätzlich Source-Route Switching statt. Ein CRF VLAN muß immer einem BRF VLAN zugeordnet werden.

BRF VLANs bestehen aus mindestens einem CRF VLAN und können als Source-Route Bridge und Source-Route Transparent Bridge arbeiten

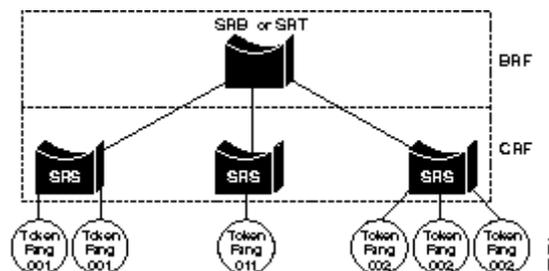


Abb. 13: Token Ring VLANs

Der Nachweis der Funktion der Bridging Modes erfolgte mit Hilfe des Testaufbaus A. Die im Testaufbau A realisierte ATM LANEmulation wird in Abschnitt 4.2 ausführlicher beschrieben und kann als Token Ring MAU betrachtet werden.

Testaufbau A

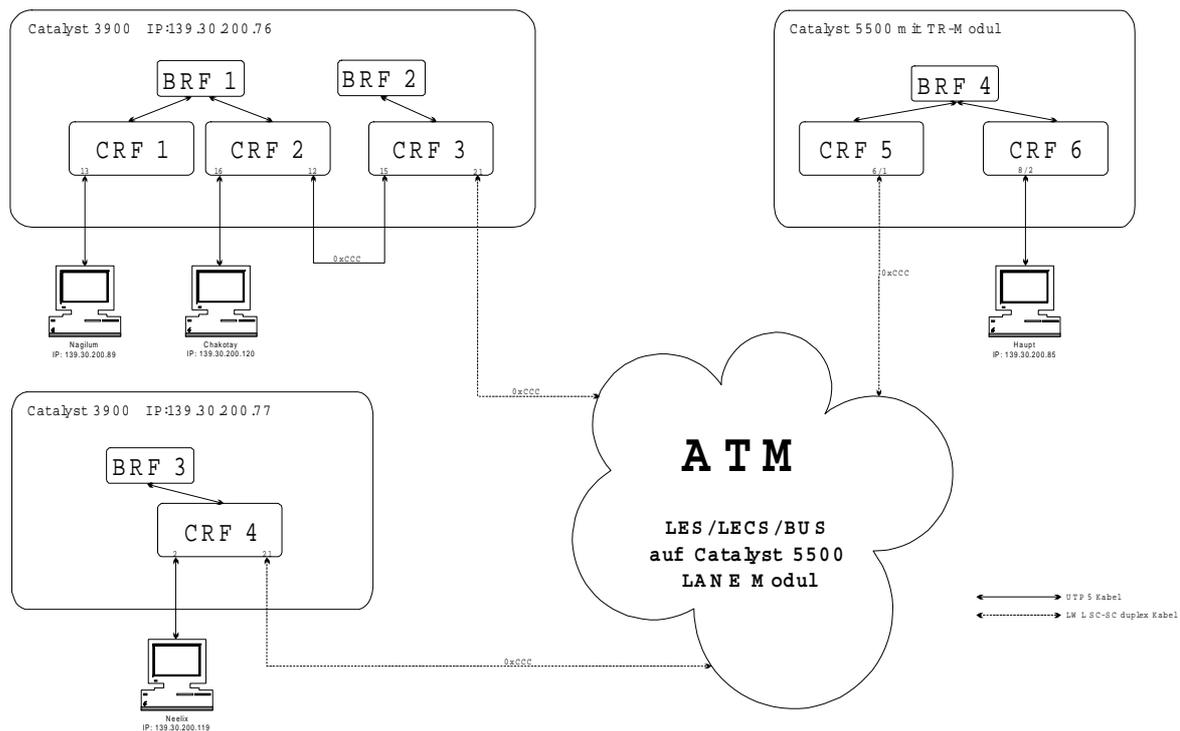


Abb. 14: Testaufbau A

Für den Test aller Bridging Funktionen ist als Referenz ein 1 Megabyte großes, binäres Testfile zwischen den im Testaufbau befindlichen PCs ausgetauscht worden. Jeder Test ist drei Mal durchgeführt worden, um die Testergebnisse zu relativieren.

4.1.1. Source-Route Switching

Source-Route Switching (Abschnitt 2.1.2) kommt ausschließlich innerhalb der Ports von CRF VLAN's zum Einsatz. Damit ist dieses Verfahren eine Grundvoraussetzung für die Funktion von Token Ring Netzwerken.

4.1.1.1. Testkriterien

Der Test wurde sowohl am Catalyst 3900 als auch am Catalyst 5500 durchgeführt.

Als Kriterium für den Test wurde die fehlerfreie Übertragung des 1 Megabyte großen Testfiles zwischen jeweils zwei PCs eines Token Ring CRF VLANs festgelegt. Beide PCs müssen an verschiedenen Ports des Switches direkt oder indirekt über die ATM LanEmulation angeschlossen sein. Der Dateitransfer fand immer bidirektional statt.

Durchgeführte Aktionen:

1. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Chakotay** nach(von) **Neelix**
2. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Neelix** nach(von) **Haupt**

4.1.1.2. Konfiguration

Da Source-Route Switching automatisch zwischen den Ports eines CRF VLAN's zum Einsatz kommt ist eine Konfiguration dieses Bridging Modes beim Catalyst 5500 oder Catalyst 3900 nicht nötig. CRF VLANs sind entsprechend dem Testaufbau A gebildet worden.

4.1.1.3. Ergebnis

Beim Source-Route Bridging gab es keine Beanstandungen. Auch während aller im folgenden durchgeführten Tests kam dieser grundlegende Bridging Mode zwangsläufig zum Einsatz und war nie als Grund für auftretende Fehler erkennbar.

4.1.2. Source-Route Bridging

Beim Source-Route Bridging (Abschnitt 2.1.1.3) wird der Weg zum Ziel allein über die Informationen im RIF (Router Information Field) gefunden. Sind mehrere CRF VLANs über eine SRB (Source-Route Bridge) miteinander verbunden, besteht so die Möglichkeit, die gleiche MAC Adresse in verschiedenen CRF VLANs je einmal zu vergeben.

Es bestand bei den verwendeten IBM-PCI Token Ring Karten keine Möglichkeit, die MAC Adressen zu manipulieren. Es konnte daher keine MAC Adresse für Testzwecke doppelt vergeben werden.

4.1.2.1. Testmerkmale

Um beim gegebenen Testaufbau A die Funktion des SRB überprüfen zu können, sind die folgenden Versuche durchgeführt worden:

Durchgeführte Aktionen:

1. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Chakotay** nach(von) **Nagilum**
2. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Nagilum** nach(von) **Haupt**

Durch geeignete Wahl der Quelle und des Zieles der Kopieraktionen wurde sichergestellt, daß die Token Ring Frames in beiden Richtungen die BRF 1 bzw. BRF 1 und BRF 2 überwinden

müssen. Ein DA30 ist zur Überprüfung der Frames und ihrer RIFs eingesetzt worden.

Catalyst 5500

VLAN 700 (BRF4):	VLAN 710 (CRF5):	VLAN 710 (CRF6):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x4	Ring Nummer 0xCCC	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRB	Bridge Mode SRB

Catalyst 3900 (IP:139.30.200.76)

VLAN 500 (BRF1):	VLAN 510 (CRF1):	VLAN 520 (CRF2):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x1	Ring Nummer 0xAAA	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRB	Bridge Mode SRB

VLAN 600 (BRF2):	VLAN 610 (CRF3):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x1	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRB

Catalyst 3900 (IP:139.30.200.77)

VLAN 400 (BRF3):	VLAN 410 (CRF4):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x3	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRB

Für den fehlerfreien Betrieb im SRB Mode ist eine korrekte Funktion des Spanning Tree Protokolls notwendig.

4.1.2.2. Ergebnis

Alle Kopieraktionen konnten fehlerfrei durchgeführt werden.

4.1.3. Source-Route Transparent Bridging

Source-Route Transparent Bridging (Abschnitte 2.1.1.3 und 2.1.1.4) stellt die Kombination aus Source-Route Bridging und Transparent Bridging dar. Enthält ein Frame kein RIF, wird

er anhand der MAC Adressen im Frame weitergeleitet. Zu diesem Zweck führt der Switch eine Liste mit der MAC Adresse und Portnummer aller gehörten Stationen im Netz. Sind Routing-Informationen im RIF vorhanden, so benutzt der Switch die Informationen im RIF für das Routing des Frames.

4.1.3.1. Testmerkmale

Die Merkmale dieses Tests sind identisch mit denen des Source-Route Bridging. Die Frames müssen eine oder zwei Brücken (BRF1, BRF4) überwinden, um zu ihrem Ziel zu gelangen.

Dieser Test wurde nur für das Routing anhand der MAC Adresse durchgeführt. Die Verwendung von Source-Routing ließ sich beim Windows95 Token Ring Client nicht einstellen.

Um zu überprüfen, daß die Token Ring Frames tatsächlich transparent und ohne Routing Informationen ihr Ziel erreichten, fand eine Überwachung des Datentransfers mit einem Protokollanalysator vom Type DA30 statt.

Durchgeführte Aktionen:

1. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Chakotay** nach(von) **Nagilum**
2. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Nagilum** nach(von) **Haupt**

4.1.3.2. Konfiguration

Catalyst 5500

VLAN 700 (BRF4):	VLAN 710 (CRF5):	VLAN 710 (CRF5):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x4	Ring Nummer 0xCCC	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRT	Bridge Mode SRT

Catalyst 3900 (IP:139.30.200.76)

VLAN 500 (BRF1):	VLAN 510 (CRF1):	VLAN 520 (CRF2):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x1	Ring Nummer 0xAAA	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRT	Bridge Mode SRT

VLAN 600 (BRF2):	VLAN 610 (CRF3):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x1	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRT

Catalyst 3900 (IP:139.30.200.77)

VLAN 400 (BRF3):	VLAN 410 (CRF4):
TRBRF VLAN	TRCRF VLAN
MTU 4472	MTU 4472
Bridge Nummer 0x3	Ring Nummer 0xCCC
	Bridge Mode SRT

4.1.3.3. Ergebnis

Im Bridging Mode SRT arbeiteten alle Geräte einwandfrei. Weder bei der Konfiguration noch bei den Dateitransfers traten Fehler oder Schwierigkeiten auf.

4.2. ATM LANEmulation Version 1.0

Die ATM LANEmulation emuliert ein Token Ring oder Ethernet LAN innerhalb eines ATM Netzes. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, weit entfernte LAN Segmente miteinander zu verbinden und beliebige virtuelle LANs ohne räumliche Zwänge bilden zu können.

Für den ursprünglich geplanten Test der LANEmulation Version 2.0 stand zum Zeitpunkt der Tests noch keine Softwareimplementation zur Verfügung.

4.2.1.1. Testmerkmale

Wie in den vorangegangenen Tests wurde zur Überprüfung der LANEmulation ein Testfile über das Netzwerk kopiert. Die Quellen und Ziele der Datenübertragung sind so gewählt, daß alle Frames über das Token Ring ELAN übertragen werden mußten.

Durchgeführte Aktionen:

1. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Chakotay** nach(von) **Nagilum**
2. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Nagilum** nach(von) **Haupt**
3. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Nagilum** nach(von) **Neelix**

4.2.1.2. Konfiguration

Die LANEmulationsdienste LES, LECS und BUS wurden auf dem LANE Board des Catalyst

5500 konfiguriert. Neben dieser von CISCO empfohlenen Methode besteht die Möglichkeit der Konfiguration dieser Dienste auf einem ATM Switch zum Beispiel Lightstream 1010 oder einem Router mit entsprechendem ATM Modul.

Im Unterschied zu einem Ethernet ELAN muß zusätzlich eine LOCAL-SEG-ID in der LANE Database eingetragen werden. Der LOCAL-SEG-ID ist die Dezimalzahl der Ringnummer des CRF VLAN's, zu dem das Token Ring ELAN gehört.

Der LEC wird durch die Angabe des ELAN Namens, in dem er Mitglied werden soll, und der Nummer des assoziierten Token Ring VLANs konfiguriert. Für die Anmeldung im ELAN benötigt der Client die Adresse des LECS, die über das ILMI Protokoll bezogen wird. Voraussetzung zum Bezug der LECS Adresse über das ILMI Protokoll ist eine korrekte Konfiguration der ATM Switches. Der Anhang B.1. enthält dazu nähere Informationen.

Alle weiteren Parameter sind mit ihren default Einstellungen verwendet worden.

Ausschnitt aus dem Konfigurationsfile des LANE Boards:

```
interface ATM0
  atm preferred phy A
  atm pvc 1 0 5 qsaal
  atm pvc 2 0 16 ilmi
  lane config auto-config-atm-address
  lane config database lane2
  lane client ethernet 1 default
!

interface ATM0.1 multipoint
  lane auto-config-atm-address
  lane server-bus tokenring trcrf-2
  lane client tokenring 1003 trcrf-2
!

interface ATM0.2 multipoint
  lane auto-config-atm-address
  lane server-bus tokenring trcrf-default
  lane client tokenring 710 trcrf-default
```

4.2.1.3. Ergebnis

Bei der Verwendung eines Pre-Release der Token Ring LANE Software kam es zu Stabilitätsproblemen. Es mußten immer wieder nächtliche Abstürze festgestellt werden. Nach dem Austausch des Pre-Release durch das Final-Release war das Problem behoben. Der Anhang enthält eine Aufstellung der verwendeten Softwareversionen.

Das Aufsetzen der LANEmulation bereitete keine Schwierigkeiten. Nach Aktivierung des Final-Release konnte kein Fehlverhalten festgestellt werden.

4.3. Das Spanning Tree Protokoll

Testaufbau B

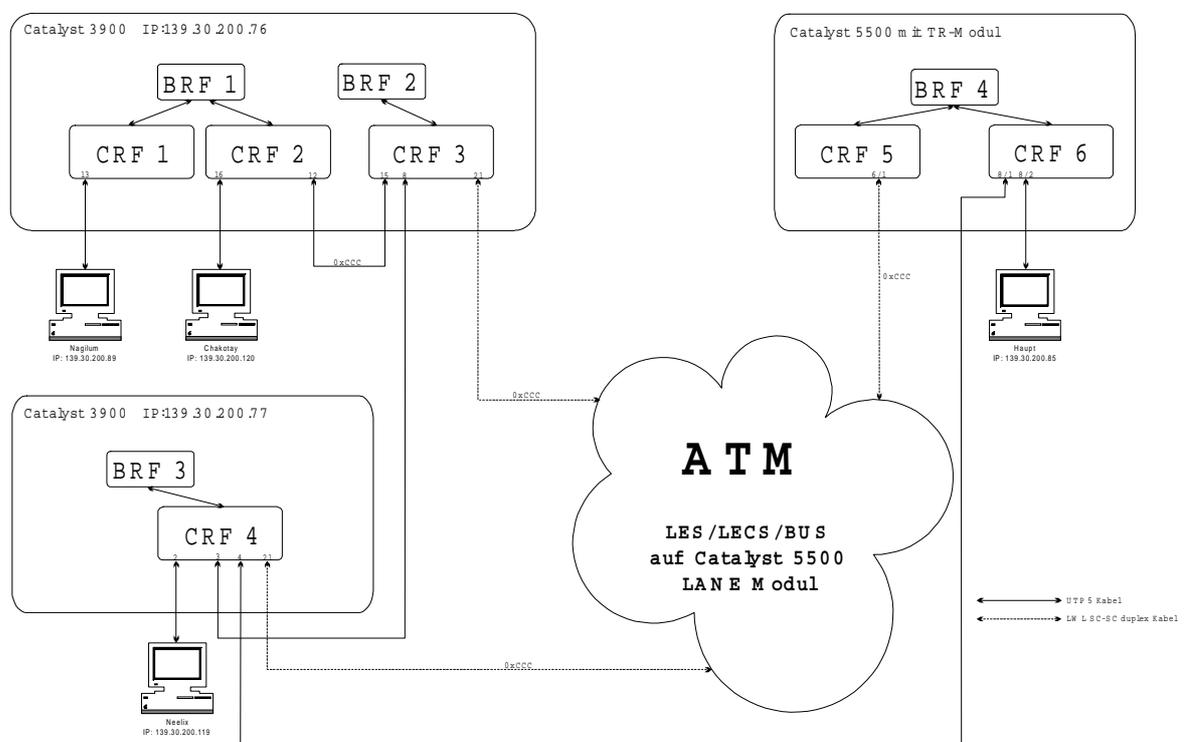


Abb. 15: Testaufbau B

4.3.1.1. Testmerkmale

Um den Test durchzuführen sind wiederum Testfiles zwischen den PC's ausgetauscht worden. Der Testaufbau B ermöglicht Alternativwege, die bei einem Ausfall eines aktiven Weges vom Spanning Tree Protokoll aktiviert werden können. Der Ausfall eines aktiven Weges wurde durch die Trennung der LWL-Uplink Kabel vom Catalyst 3900 simuliert. Der Test fand immer nach einer Unterbrechung statt.

Durchgeführte Aktionen:

1. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Chakotay** nach(von) **Nagilum**
2. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Nagilum** nach(von) **Haupt**
3. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Nagilum** nach(von) **Neelix**

Zur Überprüfung der Prioritätsvergabe bei alternativen Pfaden wurde die Portpriorität so gewählt, daß nicht der LWL-Uplink Port sondern die Token Ring Ports 8 (auf Catalyst 3900; 139.30.200.76) und 4 (auf Catalyst 3900; 139.30.200.77) als primäre Pfade gewählt werden mußten. Dieser Test des Spanning Tree Protokolls ist mit veränderten Prioritäten durchgeführt worden, um eine korrekte Funktion des Auswahlalgorithmus für alternative Wege zu überprüfen.

4.3.1.2. Konfiguration

Laut Dokumentation der getesteten Switches ist eine Konfiguration des Spanning Tree Protokolls nicht zwingend notwendig. Die Technik soll nach der Aktivierung des Spanning Tree Protokolls in der Lage sein, mit den voreingestellten Werten zu arbeiten; d.h. auftretende Schleifen zu verhindern und bei Ausfall eines Weges einen vorhandenen Ersatzweg zu aktivieren. Die Wahl eines alternativen Weges kann durch die Angabe einer Priorität für jeden möglichen Weg beeinflußt werden.

4.3.1.3. Ergebnis

Die fehlerfreie Funktion des Spanning Tree Protokoll konnte nicht nachgewiesen werden. Auch die Schleifenbildung wurde nicht in jedem Fall verhindert. Es kam während der Testdurchführung trotz aktiviertem Spanning Tree Protokoll zu Schleifenbildung. Außerdem war die Wahl des primären bzw. alternativen Pfades nicht nachvollziehbar. Gesetzte Prioritäten wurden von der Software nicht beachtet und vorhandene Alternativpfade nicht aktiviert. Fehlerquelle oder -muster sind nicht nachweisbar gewesen.

4.4. Kopplung von Ethernet und Token Ring Netzen über Router

Eine wichtige Funktionalität in der heutigen, heterogenen Netzwerkwelt ist die Verbindung von Netzwerken mit verschiedenen Übertragungsprotokollen, beispielsweise Token Ring und Ethernet. Dieser Test zeigt die Möglichkeit der Anbindung eines Token Ring Netzes über einen ATM Backbone an ein Twisted Pair Ethernet auf.

4.4.1.1. Testmerkmale

Zum Test der Funktion Token Ring-Ethernet-Kopplung ist ebenfalls ein Testfile zwischen dem Ethernet Rechner und einem Token Ring Client im Token Ring ELAN übertragen worden.

Durchgeführte Aktion:

1. kopieren eines 1 Mbyte Testfiles von(nach) **Nagilum** nach(von) **Haupt**

4.4.1.2. Konfiguration

Der Test-PC **Nagilum** war mit einer Ethernetkarte ausgerüstet. Ihm wurde die IP-Adresse 139.30.200.89 im Subnet 139.30.200.0 zugeordnet. Der Anschluß an den Router vom Type Catalyst 7505 erfolgte über einen AUI/TP Adapter an einem Ethernetport des Routers. Allen Clienten des verwendeten Token Ring ELAN wurde eine IP-Adresse im Subnet 139.30.223.0 zugeordnet. Auf dem ATM Modul des Routers wurde zur Anbindung des Token Ring ELAN eine Token Ring LANE Client konfiguriert. Die Konfiguration kann im einzelnen dem Anhang B.3 entnommen werden.

4.4.1.3. Ergebnis

Nach der Konfiguration des Routers war ein problemloser Datenverkehr zwischen dem Ethernet Rechner und den Token Ring Clients möglich.

Anhang A

Anhang A.1. Konfiguration der PCs

Die im Testaufbau verwendeten PCs waren mit ihren IP Adressen und einer Subnet-Mask 255.255.255.0 (139.30.200.0) konfiguriert. Für die Anbindung mehrerer Subnetze über einen Router kam außerdem das Subnetz 139.30.223.0 zum Einsatz. DNS oder WINS Server waren im Netz nicht vorhanden. Bei IBM Token Ring PCI Karten sind folgende Parameter eingestellt worden.

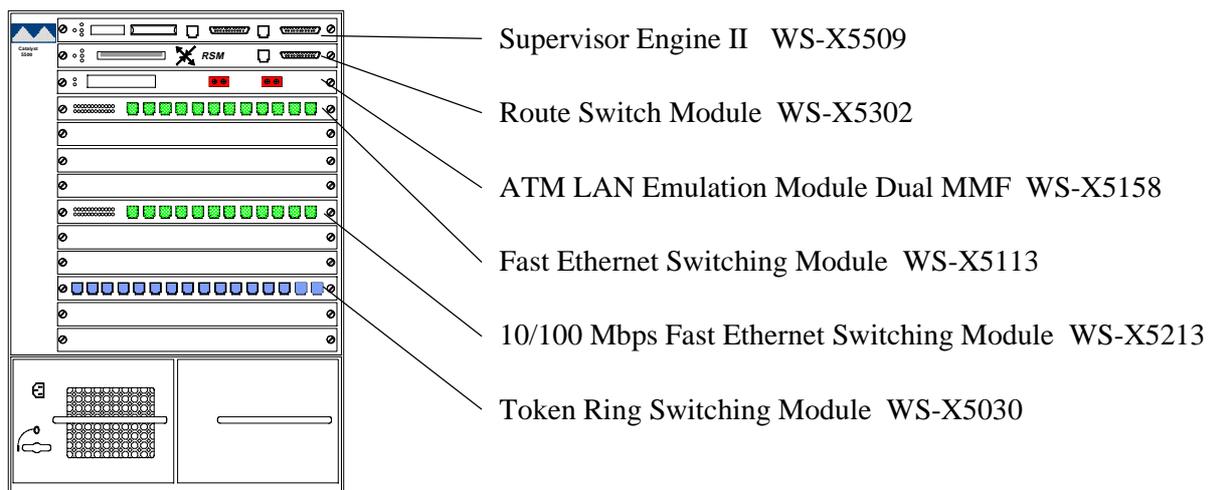
- full duplex 16Mbit/s
- MTU 4216 Byte

Um Datentransfer zwischen den Test-PC's zu realisieren kam die folgende Software zum Einsatz:

- FTP Server FTPMax 3.0 Demoversion von SmartMax Software, Inc.
- FTP Client WS FTP 4.50T Evaluation Version von IPSwitch, Inc.

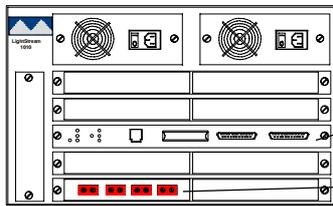
Anhang A.2. CISCO Hardware

Catalyst 5500



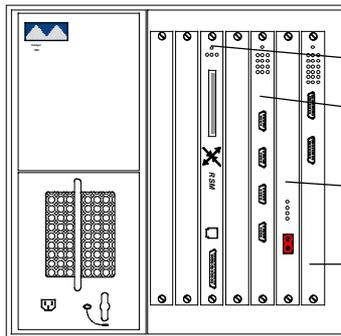
2 x Catalyst 3900



2 x Lightstream 1010

ATM / Switch Processor

ATM Module

Catalyst 7505

Route Switch Processor

Token Ring Interface Processor CX-TRIP4

ATM Module

Ethernet Interface Processor CX-EIP2

Anhang A.3. CISCO Software

Auf dem Hardwareequipment eingesetzte Softwareversionen:

Catalyst 5500

Token Ring Modul	c5token.3-1-2.bin
Route Switch Modul	c5rsm-jsv-mz.112-11.P.bin
ATM Modul	cat5000-atm-trlane.70-1-142.bin
Supervisor Modul	cat5000-sup.3-2-203.bin

Calatyst 3900

ATM Uplink Modul	cat3900-atm.1-0-1.bin
Switch Grundgerät	cat3900-main-gz.2-0-1.bin

Lightstream LS1010

ATM Switch Prozessor	ls1010-wp-mz.112-8.0.1.FWA4.1.bin
----------------------	-----------------------------------

Catalyst 7505

Route Switch Prozessor	rsp-jsv40-mz.113-2a.bin
------------------------	-------------------------

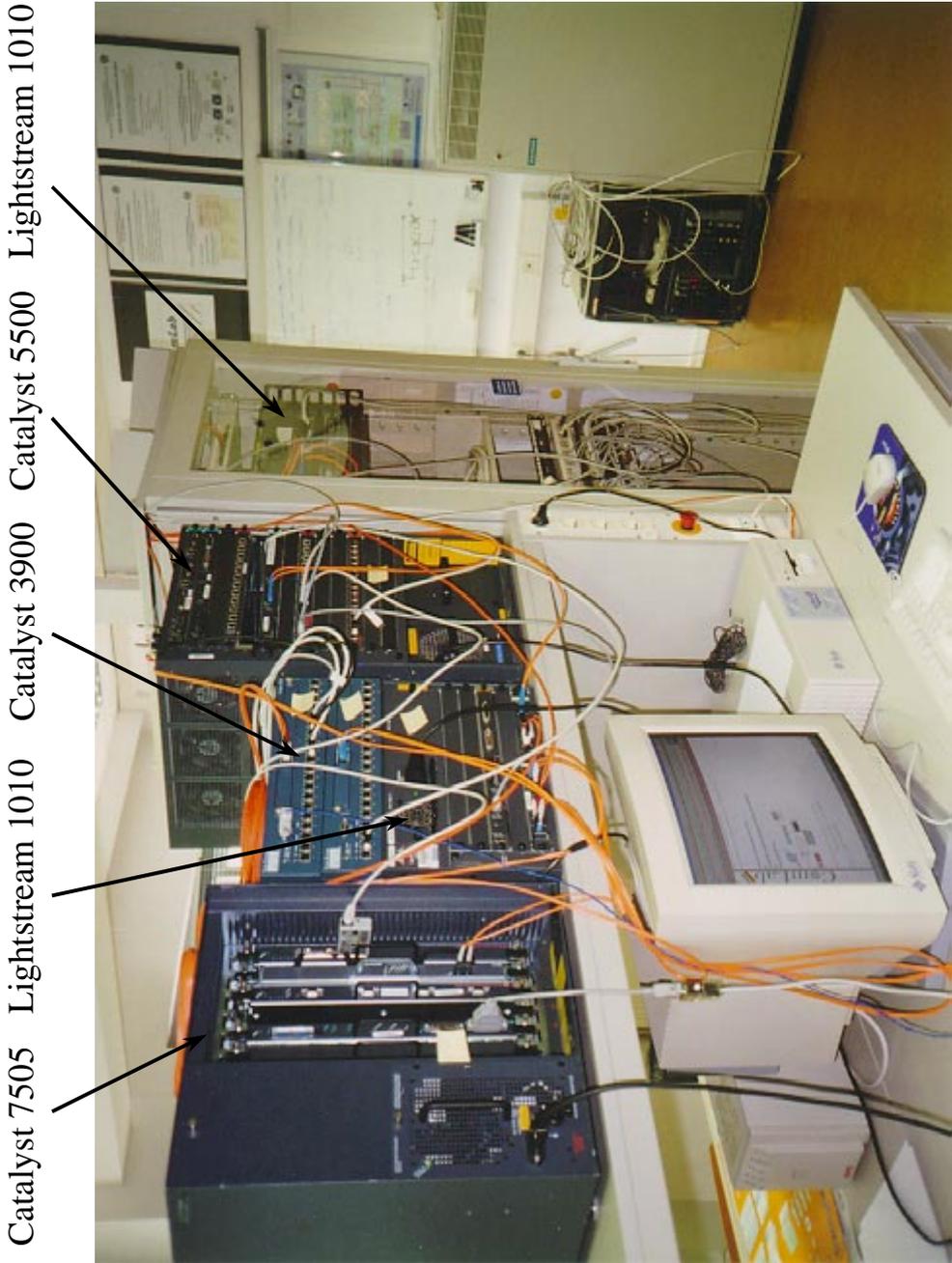


Abb. 16: Versuchsaufbau

Anhang B

Anhang B.1. Konfiguration des ATM Backbone

Der ATM Backbone zur Verbindung der Token Ring Switches wird durch zwei ATM Switches vom Type Lightstream LS1010 dargestellt. Die folgenden Abschnitte kommentieren die Konfigurationsfiles beider Geräte .

Anhang B.1.1 LS1010 - IP: 139.30.200.79

```
version 11.2
no service pad
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname ls1010
!
boot system flash bootflash:ls1010-wp-mz.112-8.0.1.FWA4.1.bin
enable password cisco
atm lecs-address-default
47.0091.8100.0000.0010.11bb.f701.00e0.3443.ed53.00 1
atm address 47.0091.8100.0000.0010.11bb.f701.0010.11bb.f701.00
!
interface ATM0/0/0
!
interface ATM0/0/1
!
interface ATM0/0/2
!
interface ATM0/0/3
!
```

Dieser Abschnitt definiert grundsätzliche Parameter für den ATM Switch. Nach Sperrung der Serverdienste PAD, UTP, TCP bekommt der Switch den Namen **ls1010** zugewiesen. Anschließend werden die ATM Adresse des LECS und die ATM Adresse dieses Switches konfiguriert.

Die LECS Adresse wird bei Anfrage eines LEC über das ILMI Protokoll weitergegeben. Voraussetzung ist, daß innerhalb des ATM Netzes tatsächlich ein LECS mit der angegebenen ATM Adresse aktiviert wurde. Ist dies nicht der Fall, schlägt die Anmeldung des LEC beim LES fehl.

```
interface ATM2/0/0
  no ip address
  atm maxvp-number 0
!
interface Ethernet2/0/0
  ip address 139.30.200.80 255.255.255.0
  ip broadcast-address 139.30.200.255
!
ip host-routing
ip domain-list e-technik.uni-rostock.de
ip domain-name e-technik.uni-rostock.de
ip name-server 139.30.8.8
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 139.30.200.89
ip route 139.30.200.0 255.255.255.0 Ethernet2/0/0
ip http server
logging buffered 1000000 debugging
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
  password cisco
  login
!
end
```

Dieser Konfigurationsteil richtet zuerst das Ethernetinterface des LightStreams ein. Das Interface erhält die IP Adresse 139.30.200.80 mit der Subnetmask 255.255.255.0. Das Ethernetinterface dient ausschließlich der Konfiguration und Wartung des Switches.

Anhang B.1.2 LS1010 - IP: 139.30.200.78

Die Konfiguration beider LightStream LS1010 ist bis auf die IP Adresse für das Ethernetinterface identisch. Deshalb wird auf die Kommentierung der zweiten Konfiguration verzichtet.

```
version 11.2
no service pad
no service udp-small-servers
no service tcp-small-servers
!
hostname ls1010_2
!
boot system flash bootflash:ls1010-wp-mz.112-8.0.1.FWA4.1.bin
boot config bootflash:start.cfg
enable password cisco
!
atm lecs-address-default
47.0091.8100.0000.0010.11bb.f701.00e0.3443.ed53.00 1
atm address 47.0091.8100.0000.0060.4714.6901.0060.4714.6901.00
!
interface ATM2/0/0
no ip address
atm maxvp-number 0
!
interface Ethernet2/0/0
ip address 139.30.200.78 255.255.255.0
ip broadcast-address 139.30.200.255
no cdp enable
!
interface ATM4/0/0
!
interface ATM4/0/1
atm soft-vc 0 200 dest-address
47.0091.8100.0000.0010.11bb.f701.4000.0c80.0030.00 0 400 slow
60 rx-cttr 2 tx-cttr 2
!
```

```
interface ATM4/0/2
!
interface ATM4/0/3
!
interface ATM4/1/0
!
interface ATM4/1/1
!
interface ATM4/1/2
!
interface ATM4/1/3
!
ip host-routing
ip domain-list e-technik.uni-rostock.de
ip domain-list uni-rostock.de
ip domain-list rz.uni-rostock.de
ip name-server 139.30.8.8

ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 139.30.200.89
ip route 139.30.200.0 255.255.255.0 Ethernet2/0/0
ip http server
logging buffered 4096 debugging
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
  password cisco
  login
!
end
```

Anhang B.2. Konfiguration des Catalyst 5500 ATM LANE Moduls

```
version 11.2
service timestamps debug datetime
service timestamps log datetime
no service password-encryption
!
hostname ATM
```

Die beiden aktivierten Services dienen dem Eintrag eines Zeitstempels in den Log Files. Dem ATM Modul wird der Name ATM zugeordnet.

```
lane database lane2
  name trcrf-default server-atm-address
47.009181000000001011BBF701.00E03443ED51
.02
  name trcrf-default local-seg-id 3276
  name trcrf-2 server-atm-address
47.009181000000001011BBF701.00E03443ED51.01
  name trcrf-2 local-seg-id 1
  default-name trcrf-default
!
```

Die Datenbank **lane2** des LESC wird angelegt und darin werden zwei Token Ring ELANs (trcrf-default, trcrf-2) definiert. Wichtig bei der Definition der Token Ring ELANs ist die Angabe eines **local-seg-id**. Dies ist eine Dezimalzahl, die der Ringnummer entspricht.

Bei der Konfiguration mehrerer ELAN kann eine ELAN (in diesem Fall trcrf-default) als Standard ELAN festgelegt werden.

```
interface ATM0
  atm preferred phy A
  atm pvc 1 0 5 qsaal
  atm pvc 2 0 16 ilmi
  lane config auto-config-atm-address
  lane config database lane2
```

```
lane client ethernet 1 default
!
```

Unter dem Interface ATM0 werden die grundlegenden ATM Einstellungen vorgenommen. Da das ATM LANE Modul über zwei physische Ports verfügt, muß einer der beiden (hier PORT A) als bevorzugter Port festgelegt werden. Die Einrichtung der beiden PVCs ist für das Funktionieren der Dienste ILMI und Q.SAAL unerlässlich.

Für die LANEmulation wird der Bezug der Adresse des LECS über das ILMI Protokoll festgelegt, außerdem wird die Datenbank **lane2** dem LECS zugeordnet.

```
interface ATM0.1 multipoint
  lane auto-config-atm-address
  lane server-bus tokenring trcrf-2
  lane client tokenring 1003 trcrf-2
!
interface ATM0.2 multipoint
  lane auto-config-atm-address
  lane server-bus tokenring trcrf-default
  lane client tokenring 710 trcrf-default
!
logging buffered 1000000 debugging
!
line con 0
line vty 0 4
  no login
end
```

Im abschließenden Teil dieser Konfiguration werden die BUServer für beide ELANs aufgesetzt und gleichzeitig zwei Token Ring LANE Klienten für die ELANs eingerichtet. Die Token Ring Clients sind den auf dem Catalyst 5500 existierenden VLANs 710 und 1003 zugeordnet.

Die Puffergröße für Debug-Informationen und die Login Parameter werden durch die letzten

fünf Zeilen definiert..

Anhang B.3. Konfiguration des Routers Catalyst 7505

```
version 11.3
no service password-encryption
service udp-small-servers
service tcp-small-servers
!
hostname Router
!
boot system flash slot0:rsp-jsv40-mz.113-2a.bin
enable password cisco
!
no ip domain-lookup
!
```

```
interface ATM5/1/0
no ip address
atm maxvc 1024
atm pvc 1 0 5 qsaal
atm pvc 2 0 16 ilmi
atm
lecs-address
47.0091.8100.0000.0010.11bb.f701.00e0.3443.ed53.00 1
!
```

```
interface ATM5/1/0.1 multipoint
ip address 139.30.223.1 255.255.255.0
ip broadcast-address 139.30.223.255
atm
lecs-address
47.0091.8100.0000.0010.11bb.f701.00e0.3443.ed53.00 1
lane client tokenring trcrf-default
no cdp enable
!
interface ATM5/1/0.2 multipoint
ip address 139.30.222.1 255.255.255.0
```

```
ip broadcast-address 139.30.222.255
atm                                     lecs-address
47.0091.8100.0000.0010.11bb.f701.00e0.3443.ed53.00 1
lane client tokenring trcrf-2
no cdp enable
!
```

```
interface Ethernet6/0
no ip address
shutdown
!
interface Ethernet6/1
ip address 139.30.200.89 255.255.255.0
ip broadcast-address 139.30.200.255
!
```

```
ip classless
ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 139.30.200.33
ip route 139.30.223.0 255.255.255.0 ATM5/1/0.1
ip http server
!
line con 0
line aux 0
line vty 0 4
password cisco
login
end
```

Abkürzungsverzeichnis

AC	Access Control
AMP	Active Monitor Present
ARP	Address Resolution Protocol
ATM	Asynchroner Transfer Modus
BRF	Bridge Relay Function
BUS	Broadcast and Unknown Server
CRC	Cyclic Redundancy Check
CRF	Concentrator Relay Function
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
DA	Destination Address
DLPI	Data Link Provider Interface
DNS	Domain Name System
ED	Ending Delimiter
ED	Edge Device
ELAN	Emuliertes LAN
FC	Frame Control
FCS	Frame Check Sequence
FDDI	Fiber Distributed Data Interface
FS	Frame Status
FTP	File Transfer Protocol
IETF	Internet Engineering Task Force
ILMI	Interim Local Management Interface
IP	Internet Protocol
LAN	Local Area Network
LANE	LAN Emulation
LEC	LANE-Client
LEN	Längenfeld
LECID	LANE-Client Identifier
LECS	LANE Configuration Server
LES	LANE-Server
LLC	Logical Link Control
MAC	Media Access Control

MAU	Medium Access Unit
MPOA	Multi-Protocol over ATM
NDIS	Network Driver Interface Specification
NHC	Next Hop Client
NHRO	Next Hop Resolution Protocol
NetBIOS	Network Basic Input Output System
ODI	Open Datalink Interface
OSI	Open System Interconnect
OSPF	Open Shortest Path First protocol
PHY	PHYSical Layer
PVC	Permanent Virtual Circuit
QoS	Quality of Service
Q.SAAL	Signaling ATM Adaption Layer (Q. Recommendation ITU-T)
RIF	Routing Information Feld
RIP	Routing Information Protocol
RLV	Ringverteiler
SA	Source Address
SD	Start Delimiter
SNA	Software Network Architecture
SPX/IPX	Sequential Packet Exchange / Internetwork Packet Exchange
SRB	Source Route Bridge
SRS	Source Route Switch
SRT	Source Route Transparent
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
VCC	Virtual Channel Connection
VLAN	Virtual LAN
VTP	Virtual Trunk Protocol
WAN	Wide Area Network

Literaturverzeichnis

- [BAD97] Anatol Badach, Erwin Hoffmann, Olaf Knauer, High Speed Internetworking Grundlagen, Kommunikationsstandards, Technologien der Shared und Switched LANs, Addison Wesley Longman Verlag GmbH Bonn, 2., aktualisierte und. überarbeitete Auflage 1997
- [BAU97] Jan Bause, Integration von Analysemöglichkeiten, Gateway, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, September 1997
- [CON96] Dieter Conrads, Datenkommunikation Verfahren – Netze – Dienste, Friedr. Vieweg & Sohn Verlagsgesellschaft mbH, Braunschweig / Wiesbaden, 3., überarbeitete und erweiterte Auflage 1996
- [DET97] Kai Oliver Detken, Pfadfinder / P-NNI: Routen von ATM-Verbindungen, Gateway, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, Oktober 1997
- [GIL97] Andreas Gillhuber, Kurze Wege durchs Netz / Multi-Protocol over ATM und IP-Switching, c't, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, 11/1997
- [KAU96] Franz Joachim Kauffels, Einführung in die Datenkommunikation Grundlagen – Systeme – Dienste, DATACOM Buchverlag GmbH Bergheim, 5., überarbeitete und aktualisierte Auflage 1996
- [KAU97] Franz Joachim Kauffels, Frisches Blut/ Hersteller-Allianz für High-Speed-Token-Ring, Gateway, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, November 1997
- [KRA97] Dagmar Krauss, Interessante Mixtur / ATM, Token-Ring-Switching und ELANs, Gateway, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, September 1997
- [MIS97] Rainer Miserre, Marktüberblick Switched-Token-Ring, Gateway, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, September 1997

-
- [NEU97] Thomas Neukam, Zwei in einem / Layer-3-Switching mit MPOA, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, Dezember 1997
- [PET97] Michael Frey-Peters, Token-Ring-Renaissance, Gateway Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, September 1997
- [SCH97] Alexander Schill, Robert Hess, Sascha Kümmel, Dieter Hege und Holger Lieb, ATM-Netze in der Praxis, Addison Wesley Longman Verlag GmbH, 1997
- [SIE92] Gerd Siegmund, Grundlagen der Vermittlungstechnik, R. v. Decker's Verlag, G. Schenck GmbH, Heidelberg, 2.; überarbeitete und erweiterte Auflage 1992
- [SIE93] Gerd Siegmund, ATM – Die Technik des Breitband – ISDN, R. v. Decker's Verlag, G. Schenck GmbH, Heidelberg, 1993
- [TRA97] Wolfgang Trautner, Vom Token-Ring-LAN zum ATM-Backbone, Gateway, Verlag Heinz Heise GmbH & Co KG München, September 1997

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Klassifizierung von Bridges [BAD97]	2
Abb. 2: Translation Bridge [BAD97]	3
Abb. 3: Weiterleitungstabelle einer Transparent Bridge [BAD97]	4
Abb. 4: Transparent Bridge zwischen mehreren LANs [BAD97]	4
Abb. 5: Switching-Verfahren [ADO96]	5
Abb. 6: Zugriffsverfahren [ADO96]	8
Abb. 7: Logische Ringkonfiguration [ADO96].....	9
Abb. 8: Token Ring Frame [CON96].....	10
Abb. 9: Token [CON96].....	10
Abb. 10 Das Format von LANE-Datenpaketen [KYA96]	16
Abb. 11: Der Verkehrsfluß im LAN-Emulationsdienst [KYA96]	17
Abb. 12: Komponenten und Kommunikationsbeziehungen im MPOA [NEU97].....	18
Abb. 13: Token Ring VLANs.....	22
Abb. 14: Testaufbau A.....	23
Abb. 15: Testaufbau B.....	29
Abb. 16: Versuchsaufbau.....	34