

ATM

Vorlesung

Rechnernetze und Internet – Fortgeschrittene Themen

20. Juni 2002

SS 2002 – Veranstaltungsnummer 260156

Guido Wessendorf
Zentrum für Informationsverarbeitung
Westfälische Wilhelms-Universität Münster
E-Mail: wessend@uni-muenster.de



Westfälische
Wilhelms-Universität
Münster



ZENTRUM FÜR
INFORMATION
VERARBEITUNG

Motivation für ATM

- neue Technologie für digitale Kommunikation nötig
 - universell
 - global
 - effizient
- Integration *aller* digitalen Kommunikationsformen mit einer Technologie
 - traditionelle Telefonie
 - Audio
 - Video
 - Datentransfer
 - ...



Historie von ATM

- 1983, 1984: CNET, AT&T Bell Labs und Alcatel Bell beginnen Entwicklung von ATM
- Ende 80'er: CCITT: B-ISDN
(Broadband Integrated Services Digital Network)
- 1991: ATM-Forum:
Zusammenarbeit von Industrie und Telcos zur rascheren Entwicklung und Standardisierung von ATM (z.Z. über 600 Mitglieder)
- 1993: Phase 1 der (Basis-) ATM-Standardisierung abgeschlossen

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

3



ATM im Überblick

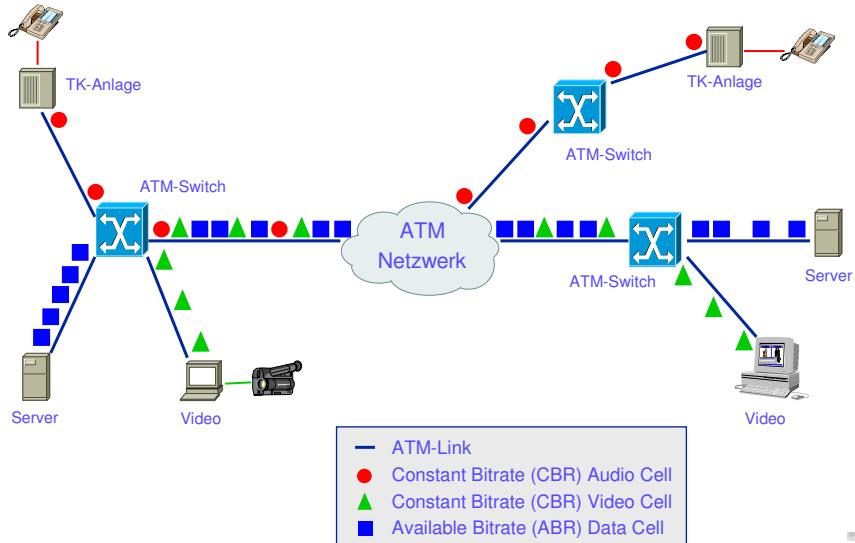
- Asynchronous Transfer Mode (ATM)
- verbindungsorientierte Technologie
- ATM-Zellen haben feste Länge von 53 Oktetts
- effiziente Switching-Hardware möglich
- Unterstützung verschiedener Diensteklassen
- Konzept unabhängig vom physika. Übertragungsmedium

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

4



Integrierte Dienste mit ATM



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

5



ATM-Schichten-Modell

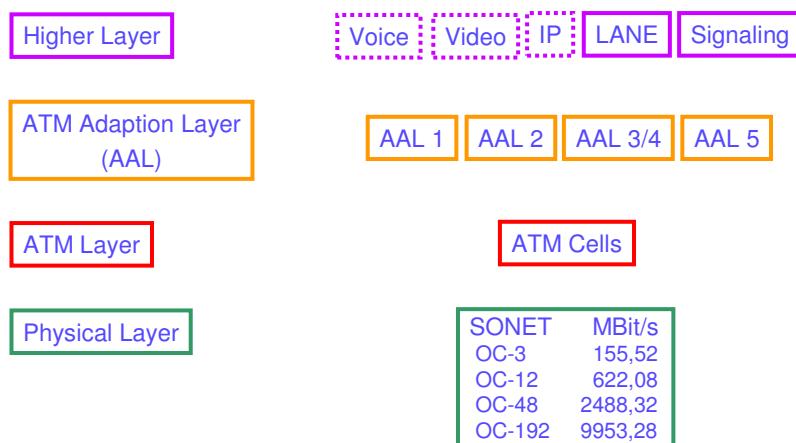


Abbildung nicht vollständig!

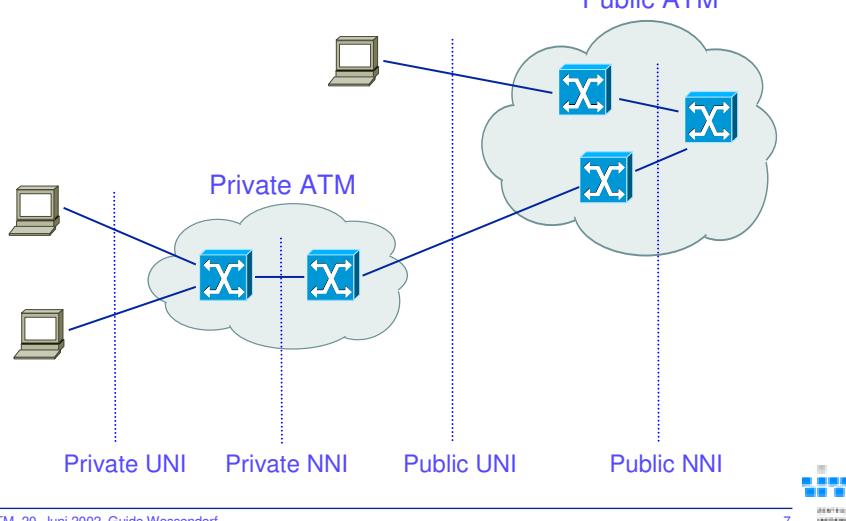
ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

6



ATM-Schnittstellen

- UNI = User to Network Interface
- NNI = Network to Network Interface



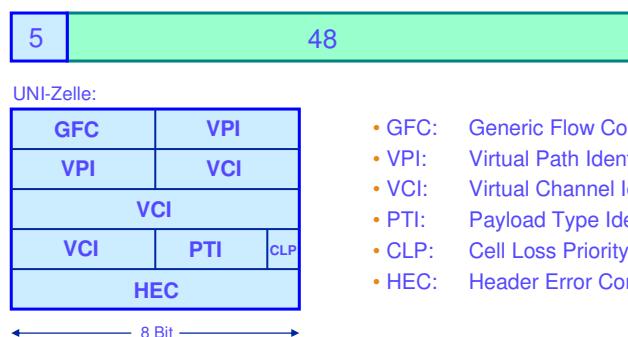
ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

7



ATM-Zelle

- feste Länge von 53-Oktetts
- 5 Oktett Header, 48 Oktett Daten



- GFC: Generic Flow Control
- VPI: Virtual Path Identifier
- VCI: Virtual Channel Identifier
- PTI: Payload Type Identifier
- CLP: Cell Loss Priority
- HEC: Header Error Control

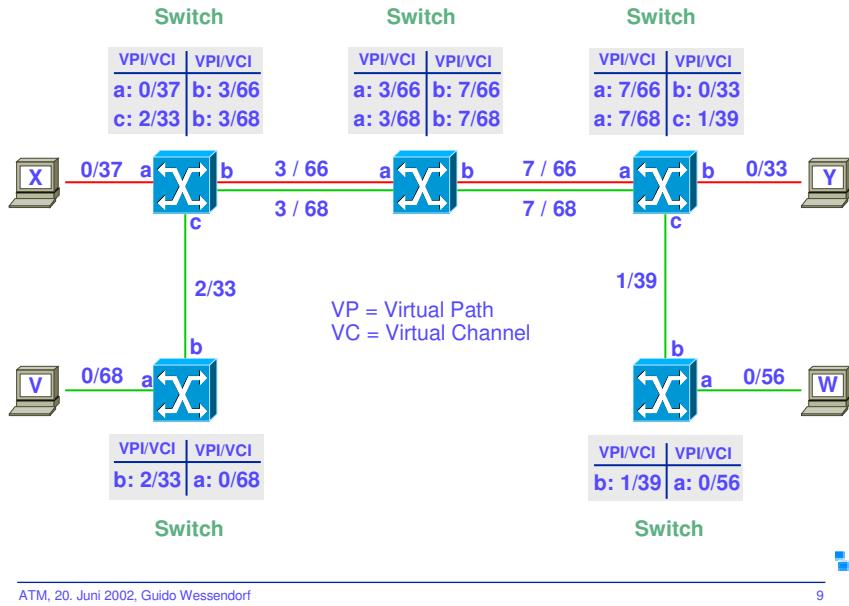
- NNI-Zelle enthält kein GFC-Feld. Dafür ist VPI-Feld 12-Bit lang

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

8



ATM-Verbindungen

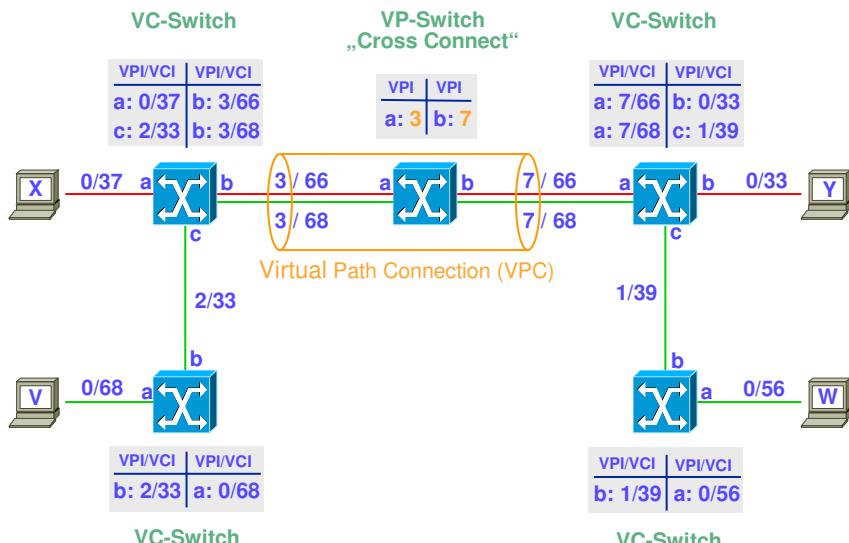


ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

9



ATM-Verbindungen (Cross Connect)

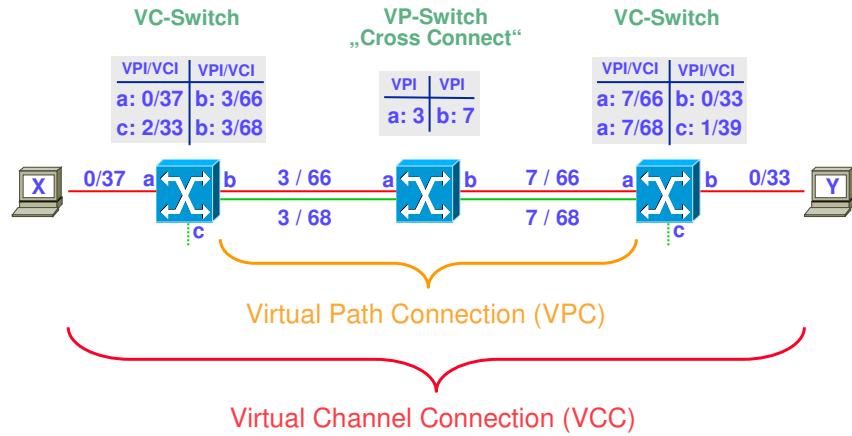


ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

10



Bezeichnungen: VCC und VPC



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

11



Verbindungs-Arten

- Permanent Virtual Circuit (PVC)
 - VPI/VCI-Tabellen werden manuell vom Administrator erstellt
 - PVCs bleiben auch bei ausbleibendem Datenverkehr permanent bestehen
- Switched Virtual Circuit (SVC)
 - Verbindungen werden dynamisch mittels ATM-Signaling auf- und wieder abgebaut
 - SVCs haben i.d.R. eine “Verfallszeit”
- Soft PVC
 - Verbindungen werden an UNI-Schnittstellen manuell und an NNI-Schnittstellen automatisch konfiguriert

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

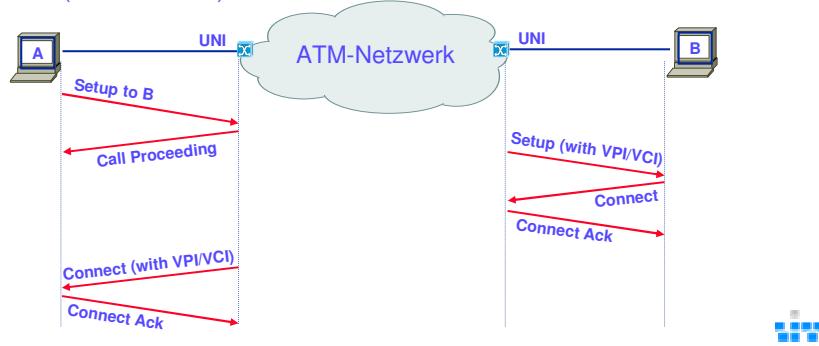
12



ATM-Signalisierung

- da ATM verbindungsorientiert ist, müssen Nachrichten für den Verbindungsauflauf, während einer Verbindung und für den Verbindungsabbau ausgetauscht werden
- Signalisierungsnachrichten enthalten u.a. Verbindungs-Identifikatoren (VPI/VCI), Ziel-ATM-Adresse (NSAP), Zell-Rate, QoS-Klasse, ...

Beispiel: Verbindungsauflauf von A nach B an der UNI-Schnittstelle (VPI/VCI = 0/5):



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

13



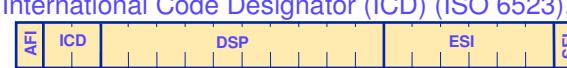
ATM Adressen

- für (globale) Adressierung von ATM-Interfaces
 - ermöglichen (globales) „Routing“ (s.u.) der ATM-Signalisierungs-Zellen und somit einen dynamischen (globalen) Verbindungsauflauf
- OSI NSAP (Network Service Access Point) Format (ISO 8348)



Beispiel: 39.276F.3100.0119.0000.0001.0101.CA0001340001.05

- International Code Designator (ICD) (ISO 6523), AFI = 47



- NSAP Format E.164 (⇒ ISDN-Nummern), AFI = 45



DSP = Domain Specific Part
ESI = End System Identifier

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

14



Interim Local Management Interface (ILMI)

- SNMP über AAL 5 an der UNI-Schnittstelle
- Zugriff auf Management Information Base (ATM-UNI MIB)
- Status- und Kontrollinformationen über VC's
- initiale Adresse-Registrierung



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

15



ATM-Routing

- Interim Interswitch Signaling Protocol (IISP)
 - ATM-Forum, temporäre Lösung
 - statische Routing-Tabellen
 - „PNNI Phase 0“
- Private Network-Network Interface (PNNI) (Ver. 1.0)
 - „PNNI Phase 1“, ATM-Forum, März 1996
 - zwei Komponenten:
 - » PNNI Signalisierungs-Protokoll
 - » PNNI Routing-Protokoll
 - komplexer als jedes andere Routing-Protokoll
 - » QoS-basierte Wegewahl
 - » zugleich für LAN- und WAN-Bereich geeignet
 - » skalierbare hierarchische Netzwerk-Organisation
 - integrierter „Crankback“-Mechanismus

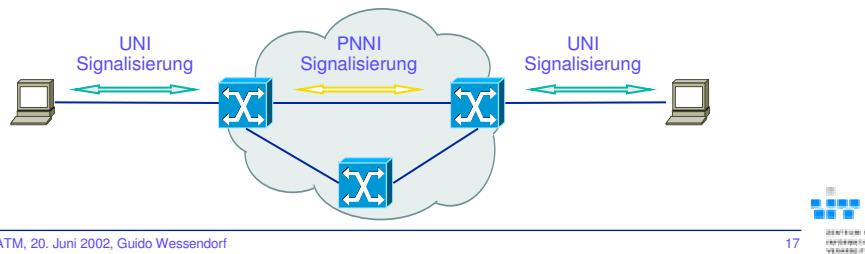
ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

16



PNNI-Signalisierung

- PNNI zwischen ATM-Switchen (NNI-Schnittstellen)
- PNNI-Links können physische Links oder virtuelle („multi-hop“) Links sein (→ „Logical Link“)
- ILMU auch für PNNI-Signalisierung über NNI-Links
- PNNI-Signalisierung ist Erweiterung der UNI-Signalisierung um zusätzliche PNNI-spezifische Parameter (z.B. DTL's (s.u.))
 - ebenfalls VPI/VCI = 0/5 (für physische Links, sonst VPI variabel)



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

17

PNNI-Routing

- Routen der Signalisierungs-Anforderungen durch das ATM-Netz
 - die gleichen Wege werden anschließend zur Datenübertragung verwendet
- Wegewahl muss QoS-Anforderungen genügen
 - jeder Switch prüft vor einem Verbindungsauflauf, ob geforderte Verkehrs- und QoS-Parameter erfüllt werden können ⇒ CAC (Connection Admission Control), (s.u.)
 - über den gesamten Weg müssen die jeweils lokalen CAC's aller beteiligten Switches den Anforderungen genügen
- PNNI ist Topology State Routing Protokoll
 - ähnlich OSPF (= Link State Routing Protokoll)
 - Switches verteilen PTSE's (PNNI Topology State Elements) untereinander
 - PTSE's enthalten u.a. Erreichbarkeits- und QoS-Infos
 - logischer PNNI-Link kann komplexe Topologie sein

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

18



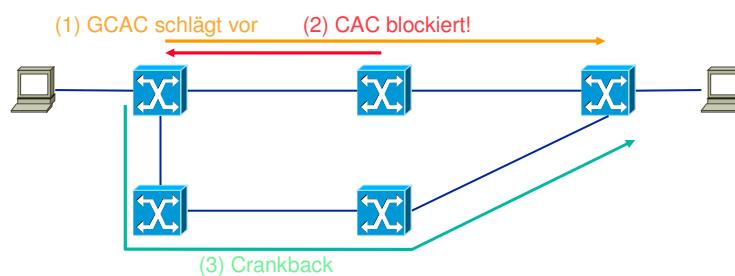
Source-Routing

- PTSE's aller Switches erlauben Source-Routing (vollständige Wegewahl beim Absender)
 - Vorrausberechnung generischer CAC's (GCAC)
 - Switches, welche den Anforderungen nicht genügen, werden aus den möglichen Wegen gestrichen (pruning) und anschließend „kürzester“ Weg berechnet
 - für jedes Ziel wird so eine DTL (Designated Transit List) angelegt
- falls CAC's während Zell-Transit dennoch eine Weiterleitung verbieten (GCAC's evtl. nicht aktuell), wird „Crankback“ durchgeführt



Crankback

- falls CAC's eine Weiterleitung nicht erlaubt, wird Call bis zu dem Switch zurückgesetzt, der die DTL generiert hat (nicht notwendig der echte Absender, s.u.)
- zugleich werden Infos mitgeliefert, wo der Weg blockiert wurde, und somit eine neue DTL berechnet

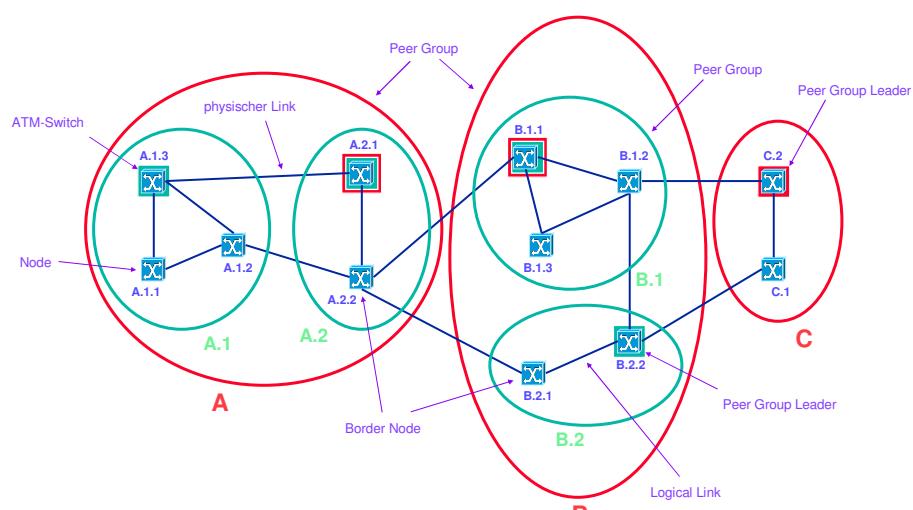


Hierarchisches Konzept – Terminologie

- Logical Node Group (LGN): repräsentiert eine Gruppe von Nodes
- Logical Node: Node (Switch) oder LGN
- Peer Group (PG): Gruppe von Logical Nodes in gleicher Hierarchie-Stufe (gleicher längster gemeinsamer Adress-Präfix = PG-ID)
- Child Node: Logical Node auf nächst tieferer Hierarchie-Ebene
- Parent Node: LGN auf nächst höherer Hierarchie-Ebene
- Border Node: Node mit mind. einem Link zu anderer PG (außerhalb der eigenen Hierarchie, d.h. nicht Child- oder Parent Node)
- Peer Group Leader (PGL): repräsentiert Gruppe auf nächst höherer Hierarchie-Ebene (dort als LGN) – wird automatisch aus allen Nodes einer PG ausgewählt. Ein PGL übernimmt ATM-Adresse vom Switch, jedoch mit anderem SEL

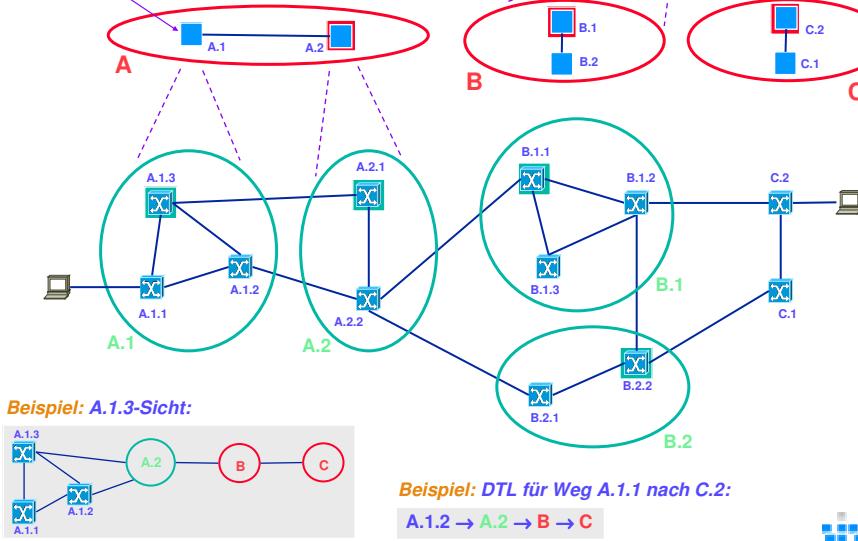


Hierarchisches-Konzept – Beispiel



Hierarchische Sicht

Logical Group Node



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

23



Hierarchie-Bildung

- bei Initialisierung tauschen Nachbar-Nodes PNNI-Hello-Pakete aus (VPI/VCI = 0/18)
- nur wenn Nachbarn in gleicher PG sind werden anschließend PTSE's ausgetauscht (Border Nodes tauschen keine PTSE's aus)
- nach Synchronisation der Datenbasis werden Links propagiert indem PTSE's an *alle* Nodes der eigenen PG verteilt werden (Flooding)
 - jeder Node bestätigt (ack) den Empfang einer PTSE zum jeweiligen Nachbar-Sender, aktualisiert mit den enthaltenen Infos die eigene DB und verteilt dann die PTSE an *alle anderen* Nachbarn weiter
- PTSE's haben Lifetime und werden nach Verfall gelöscht
- PTSE's werden regelmäßig bzw. bei bestimmten Ereignissen (wie z.B. Änderung einer Metrik durch Bandbreitenerhöhung) verteilt
- PGL geben eine zusammenfassende PTSE über die eigene PG an den Parent Node weiter
- nur der PGL darf PTSE's eine Ebene höher verteilen: der PGL ist in der höheren Ebene LGN und tauscht dort PTSE's mit anderen Logical Nodes der gleichen Ebene aus
- Umgekehrt verteilt PGL die zusammengefassten Infos vom Parent Node in der eigenen Ebene

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

24



ATM Adaption Layer (AAL)

- Teil des ATM-Standards
- Bindeglied zwischen den zu übertragenden Nutzdaten und der zellorientierten Übertragung durch die ATM-Schicht (siehe Schichtenmodell)
- regelt die Anforderungen der vier Serviceklassen (A bis D), welche wiederum den vier AAL-Typen (AAL1, AAL2, AAL3/4 und AAL5) zugeordnet sind
- AAL-Layer ist in zwei weitere Sublayer unterteilt:
 - Convergence Sublayer (CS)
 - » verwaltet Zuordnung AAL/QoS zu jeweiligen Zellströmen
 - Segmentation and Reassembly (SAR)
 - » führt Umsetzung ATM-Zelle↔Daten-Paket durch



ATM-Serviceklassen (ITU-T)

Service-Klasse	A	B	C	D
Timing	benötigt		nicht benötigt	
Bitrate	konstant	variabel		
Verbindungs-Mode	verbindungsorientiert		verbindunglos	
AAL-Type	1	2	3 / 4 5	3 / 4 5



AAL-Typen

- AAL 1
 - Transport zeitkritischer Anwendungen mit konstanter Bitrate (z.B. Sprache/Video) oder Emulation von PDH-Pfaden (z.B. E1 oder DS1)
- AAL 2
 - Transport zeitkritischer Anwendungen mit variabler Bitrate (z.B. komprimierte Audi/Video-Daten, Mobilfunk)
- AAL 3/4
 - Anpassung verbindungsorientierter (AAL 3) und verbindungsloser (AAL 4) Datenübertragung (LAN) an ATM-Zellenformat. Enthalten sind zusätzlich Infos aus höheren Schichten (z.B. zur Fehlersicherung, Flusssteuerung und Segment-Kennzeichnungen)
- AAL 5
 - abgespeckte Version von AAL 3/4. Speziell für Frame Relay und TCP/IP optimiert

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

27



ATM-Layer Dienstekategorien (ATM-Forum)

	mögliche Verkehrs-Profil	mögliche Applikation(en)
CBR (Constant Bit Rate)		Sprache, Video
rt-VBR (realtime Variable Bit Rate)		komprimiertes Video/Audio
nrt-VBR (non realtime Variable Bit Rate)		File-Transfer
ABR (Available Bit Rate)		LAN-Datenverbindungen
UBR (Unspecified Bit Rate)		öffentliche WAN-Verbindungen

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

28



Traffic-Contract

- Dienstekategorien (z.B. CBR, VBR, ABR) müssen vor Kommunikationsbeginn beim Verbindungsauftbau „ausgetauscht“ werden
- Zwei Parameterklassen
 - Verkehrs-Parameter
 - Quality-of-Service (QoS)-Parameter



Parameterklassen

- Verkehrs-Parameter
 - Peak Cell Rate (**PCR**): Spitzen-Zellrate; maximale Bitrate, die von der Quelle gesendet werden darf
 - Cell Delay Variation Tolerance (**CDVT**): Toleranz der Zell-Laufzeitschwankungen, bezogen auf Spitzen-Zellrate
 - Sustainable Cell Rate (**SCR**): Dauer-Zellrate; Obergrenze der mittleren Zellrate, die von der Quelle gesendet werden darf
 - Burst Tolerance (**BT**): maximale Zellenzahl/Zeit, mit der die Quelle in PCR senden darf
 - Minimum Cell Rate (**MCR**): minimale Zellrate, die vom Netz garantiert wird
- QoS-Parameter
 - maximum/mean Cell Transfer Delay (**max-CTD / mean-CTD**): wie lange darf das Netzwerk von Ende-zu-Ende für die Zell-Auslieferung benötigen
 - peak-to-peak Cell Delay Variation (**CDV**): Varianz im CTD („Jitter“)
 - Cell Loss Ratio (**CLR**): akzeptierbare Zell-Verlustrate (in %) durch Verwerfen von Zellen bei „Stau“



Dienstekategorien↔Parameterklassen

	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	ABR	UBR
QoS-Parameter	CLR	spezifiziert			nicht spezifiziert
	CTD und CDV	CDV und max-CTD	mean-CTD	nicht spezifiziert	
Verkehrs-Parameter	PCR und CDVT	spezifiziert			
	SCR und BT	nicht anwendbar	spezifiziert	nicht anwendbar	
	MCR	nicht anwendbar		spezifiziert	nicht anwendbar



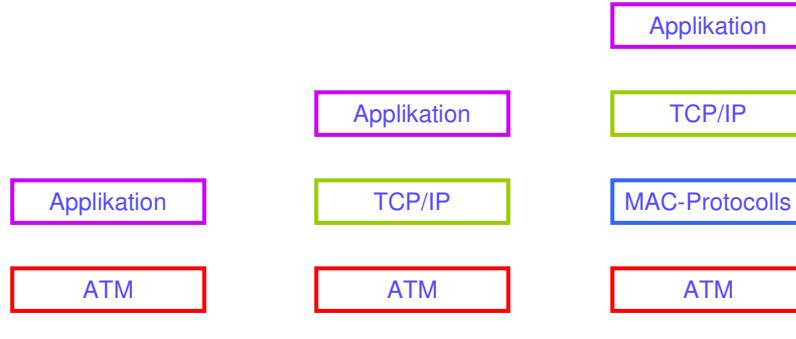
Traffic-Management

- Connection Admission Control (CAC)
 - bei Verbindungsaufbau-Signalisierung wird Verkehrs-Vertrag bzgl. Verkehrs- und QoS-Parameter überprüft
- Usage Parameter Control (UPC, „Policing“)
 - Überwachung der Verkehrs- und QoS-Parameter (nichtkonforme Zellen werden mit CLP=1 markiert)
- Traffic Shaping
 - Versuch, die zu sendenden Zellen vertragskonform zu halten
 - dynamische Anpassung von Verkehrs-Charakteristika
 - „Leaky Bucket“-Algorithmus



Einsatzmöglichkeiten von ATM

- Native ATM
- Classical IP over ATM
- MPOA
- LANE

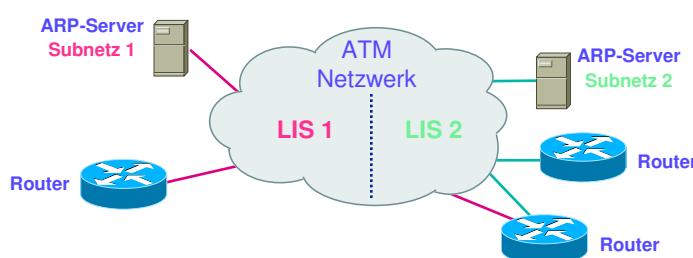


ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

33



Classical IP and ARP over ATM (RFC 1577)



- LIS (Logical IP Subnet)
- ARP-Server bildet IP-Adressen auf ATM-Adressen ab
- pro LIS ein ARP-Server
- Router können bei Verkehr zwischen LIS' en nicht umgängen werden
- kein Multicast (⇒ Multicast Address Resolution Server (MARS))

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

34



LAN Emulation (LANE)

- wie Name andeutet: LANE emuliert LAN-Funktionalitäten über ATM-Netze hinweg
 - bietet MAC-Layer Funktionalität wie in Legacy LANs
 - völlig transparent für Applikationen und Protokolle auf höheren Schichten
 - beliebige ans ATM-Netz angebundene Komponenten können über LANE ein gemeinsames ELAN bilden
 - » Bildung virtueller Layer-2 Netze

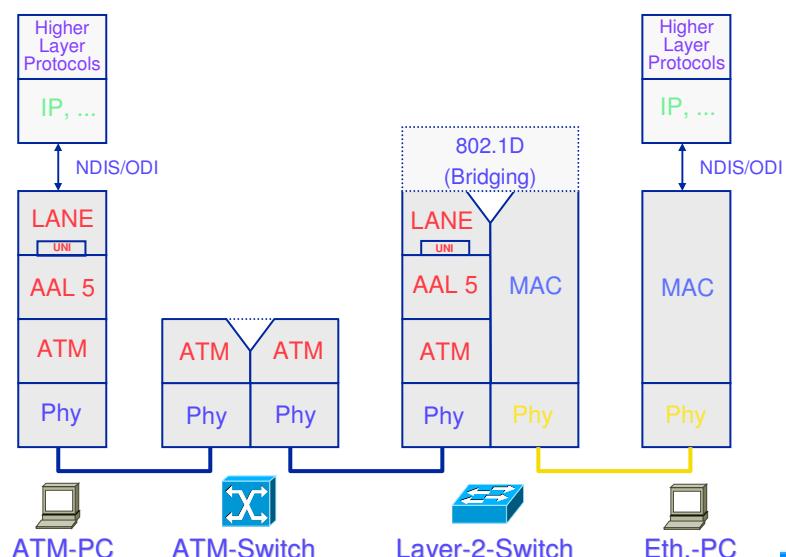


ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

35



LANE Protokoll Architektur



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

36



LANE Komponenten

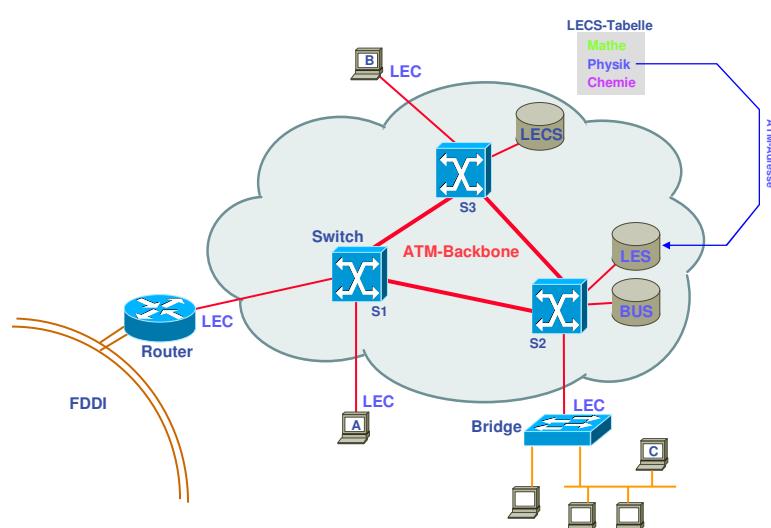
- LAN Emulation Client (LEC)
 - regelt die Teilnahme für ein einzelnes Endsystem (PC, Workstation, Bridge, Router, etc.) an genau einem ELAN
(mehrere LEC's pro Endsystem für Teilnahme an mehreren ELANs möglich)
 - bietet Standard-LAN-Interface für höhere Layer
 - jeder LEC hat eindeutige ATM-Adresse und wird mit einer oder mehreren MAC-Adressen assoziiert
- LAN Emulation Server (LES)
 - genau ein (aktiver) LES pro ELAN
 - bietet MAC \rightarrow LEC-ATM-Adress-Auflösung (Anfragen via LE_ARP - Kommando) und ELAN Kontrollfunktionen
 - jeder LES hat eindeutige ATM-Adresse
 - LEC's melden sich beim LES zur Teilnahme am jeweiligen ELAN an
- Broadcast and Unknown Server (BUS)
 - Multicast-Server für ein ELAN um Verkehr für Ziele mit (noch) unbekannter ATM-Zieladresse und Multicast-Verkehr weiterzuleiten
- LAN Emulation Configuration Server (LECS)
 - Zusatzdienst: löst „lesbare“ ELAN-Namen in ATM-Adressen des jeweils zugehörigen LES auf
 - i.d.R. ein LECS pro ATM-Netz mit „wohlbekannter“ ATM-Adresse oder VPI/VCI = 0/17

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

37



LAN Emulation - ein Beispiel



Beschreibung eines Beispiel-Ablaufs auf nächster Folie...

ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

38



Beispiel-Ablauf

PC-A wird eingeschaltet und soll mit PC-B kommunizieren

1. Initialisierung vom LEC-A
 1. LEC-A führt via ILMI initiale Adress-Registratur an S1 durch
 2. LEC-A baut „Configuration-Direct“-VCC zum LECS auf
(über wohlbekannte ATM- bzw. VPI/VCI-Adresse)
und fragt nach ATM-Adresse vom LES-„Physik“
 3. LECS antwortet mit ATM-Adresse vom LES-„Physik“
2. Join und Registratur vom LEC-A beim LES-„Physik“
 1. LEC-A baut „Control-Direct“-VCC zum LES-„Physik“ auf
 2. LEC-A registriert eigene ATM- und MAC-Adresse beim LES-„Physik“
 3. LES-„Physik“ baut „Control-Distribute“-VCC zu LEC-A auf (Multicast-Rückkanal)
 4. LEC-A sendet LE_ARP für BUS-„Physik“-ATM-Adresse zum LES-„Physik“ (via „Control-Direct“-VCC)
 5. LEC-A baut „Multicast-Send“-VCC zum BUS-„Physik“ auf
 6. BUS-„Physik“ baut „Multicast-Forward“-VCC zu A auf (Multicast-Rückkanal)
3. Datentransfer PC-A→PC-B
 1. LEC-A benötigt MAC-Adresse von LEC-B: LE_ARP-Anfrage an LES-„Physik“
(via „Control-Direct“-VCC)
 2. solange noch keine Antwort vom LES vorliegt, werden alle Pakete zum BUS geleitet
(via „Multicast-Send“-VCC)
 3. BUS forwarded Pakete an alle LEC's (via „Multicast-Forward“-VCC) oder direct zu LEC-B
(via „Multicast-Send“-VCC zu LEC-B, falls verfügbar)
 4. LEC-A empfängt LE_ARP-Antwort und baut „Data-Direct“-VCC zu LEC-B auf
 5. A stoppt Pakete Richtung BUS und sendet „LANE-Flush“ um Auslieferung via BUS kontrolliert zu beenden
 6. A sendet Daten weiter, jetzt über den „Data-Direct“-VCC zum LEC-B

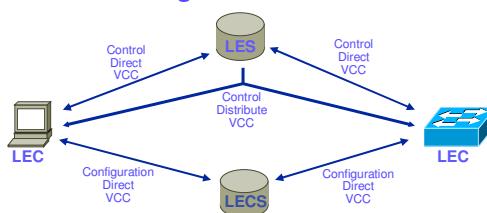
ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

39

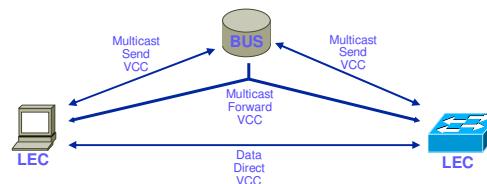


LANE Kontroll- und Daten-VCC's

- Kontroll-Verbindungen



- Daten-Verbindungen



ATM, 20. Juni 2002, Guido Wessendorf

40

