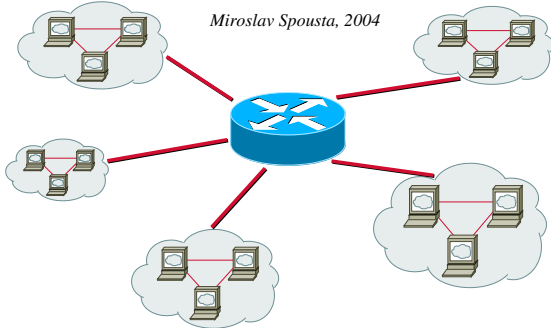


Počítačové sítě I

7. WAN, ATM

Miroslav Spousta, 2004



1

WAN

- Wide area network, rozlehlé sítě
- sériová linka, PPP
- X.25, Frame Relay
- ISDN
- STM (Synchronous Transfer Mode)
používané v telekomunikacích
- ATM (Asynchronous Transfer Mode)
doplňková služba k STM, snaží se přizpůsobit požadavkům počítačových sítí

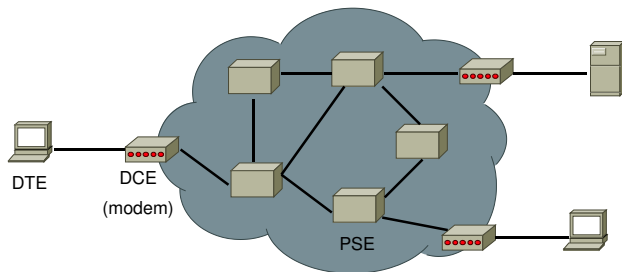
2

X.25

- WAN, ze 70. let 20. století, rozšířená zejména 80. letech
i později, na připojování poboček k ústředí
- používala telefonní nebo ISDN linku
- používá se spojovaný přenos (telefonní linka), spolehlivá služba
- SVC (Switched Virtual Circuits): dočasná spojení, pouze pro přenos dat
- PVC (Permanent Virtual Circuits): trvalá spojení
- na fyzické vrstvě podporuje point-to-point, max. 64 kbps, synchronní full-duplex komunikaci
- umožňují multiplexovat několik virtuálních spojení do jednoho fyzického

3

X.25



DTE – Data Terminal Equipment
DCE – Data Circuit-Terminating Equipment
PSE – Packet Switching Equipment

4

X.25

- zvenku se síť tváří jako přepojování okruhů, ale přepojují se pakety
- formát adres: X.121
podobné telefonnímu číslu
3 číslice: národní předvolba, 1 číslice: síť, povinných 10 číslic: národní číslo
- většinou se používaly jako PVC
byly levnější, než pronajatá linka, platil se paušál a přenesená data
- obsahuje mnoho zabezpečovacích prvků (pro nekvalitní linky)
snaha o redukci režie => Frame Relay
- možný předchůdce dnešního Internetu
služby: např. pošta X.400, pokus o standardizaci: OSI

5

Frame Relay

- nástupnická technologie X.25
zjednodušená, vypuštěny některé kontroly
- spojovaná, nespolehlivá služba (oproti X.25)
- rychlost: 64 kbps – 2 Mbps, velikost rámců až 8 kB
- většinou se používá jako PVC
- operátoři často způsobili přetěžování (overbooking)
špatná pověst mezi uživateli
- ustoupilo do pozadí pod tlakem ATM a IP

6

PDH

- Plesiochronous Digital Hierarchy (*plesio – blízký, chronos – čas*)
- digitální přenos v telekomunikačních sítích
- funguje synchronně s určitou tolerancí
- základní kanál: 2048 Mbps (30x64 kbps + 2x64 kbps synchronizace)
hlas: 8000 vzorků za sekundu (125 μs), 8 bitů každý: 64 kbps
- 4 kanály sdružovány multiplexováním po bitech
problém: různá rychlost kanálů: chybějící bity kanálu jsou speciálně označeny
- sdružování se může opakovat
- dlouho se používalo pouze uvnitř telekomunikačních systémů

7

Sdružování kanálů

Evropa	USA	Počet základních kanálů	Přenosová rychlost (Mbps)
	T1	24	1,544
E1		30	2,048
	T2	96	6,312
E2		120	8,448
E3		480	34,368
	T3	672	44,736

8

ISDN

- „digitální“ telefonní přípojka
- telefon, fax, počítačová síť, video: vše po stejném interface
přišlo pozdě, pomalé, časová tariface
spíše se používá pro připojení na Internet, ostatní služby v rámci Internetu
dnes vytlačeno ADSL
- síť s přepojováním okruhů (jako telefon)
- pro přenos dat: B-kanál (64 kbps)
- pro řízení (sestavování cesty (vytáčení), řízení): D-kanál (16/64 kbps)

9

ISDN

- dva základní druhy přístupu
- základní přístup (BRI, Basic Rate Interface):
typické využití: připojení koncového uživatele
2xB kanál (2x64 kbps) + 1xD kanál (16 kbps)
- primární přístup (PRI, Primary Rate Interface)
typické využití: připojení telefonní ústředny, LAN
30xB kanál + 1xD kanál (64 kbps), E1 (T1)

10

Synchronní hierarchie

- SONET (Synchronous Optical Network), hlavně v USA
- SDH (Synchronous Digital Hierarchy), mezinárodní, rozšířené v Evropě
- synchronní přenos přes optické vlákno (velmi přesná synchronizace)
- nahrazuje PDH
- základní blok velikosti 810 bajtů (9x90)
frekvence 8000 bloků za sekundu (125 μs na vzorek)
pevně daná režie (
základní kanál: 51 Mbps
- sdružování (pomocí multiplexu) do rychlejších kanálů

11

Sdružování kanálů

Optical Carrier	Frame Format	SDH-n (STM-n)	Přenosová rychlost (Mbps)
OC-1	STS-1		51,840
OC-3	STS-3	(STM) SDH-1	155,520
OC-9	STS-9		466,560
OC-12	STS-12	(STM) SDH-4	622,080
OC-18	STS-18		933,120
OC-24	STS-24	(STM) SDH-8	1244,160
OC-36	STS-36	(STM) SDH-12	1866,240
OC-48	STS-48	(STM) SDH-16	2488,320
OC-96	STS-96	(STM) SDH-32	4976,640
OC-192	STS-192	(STM) SDH-64	9953,280
OC-256	STS-256		13271,040
OC-384	STS-384	STM-128	19906,560
OC-768	STS-768	STM-256	39813,120

12

ATM

- idea: sloučení hlasových, video služeb a počítačových sítí
proč budovat dvě různé přenosové sítě?
- telekomunikace:
přepojování okruhů, zaručená kvalita služby, pevně dané přenosové pásmo
- počítačové sítě:
přepojování paketů, nespojovaný, nespolehlivý přenos, pásmo se dělí mezi přenosy podle potřeby
- nešlo by najít kompromis?
- pokus: ATM (Asynchronous Transfer Mode)
vyvinuto jako nástupnická technologie po ISDN

13

ATM buňky

- přenášet se budou malé pakety pevně dané velikosti: buňky
- pohled spojů: co nejmenší, pravidelně přenášené
max. 32 byte na buňku, buňky stejné velikosti (aby je uměl zpracovat HW)
představa: statistický multiplex (časový)
- pohled sítí: co největší (aby byla vysoká efektivita), jsou možné nepravidelnosti v dodávání
min. 64 byte na buňku, paketový přenos
- => kompromis: buňky jsou velké 48 byte (data) + 5 byte hlavička
tedy 53 byte
mělo vyhovovat oběma stranám (umožňuje pravidelný tok i dostatečnou efektivitu)

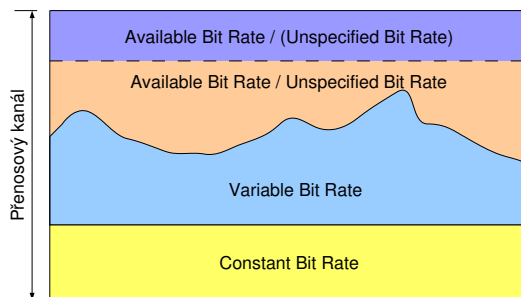
14

Režimy přenosu

- aplikace mohou mít na přenos různé požadavky
- ATM nabízí několik druhů služeb:
- CBR: Constant Bit Rate
garantuje pevnou přenosovou kapacitu (telekomunikace)
- VBR: Variable Bit Rate
garantuje přenosovou kapacitu, kterou přenos právě potřebuje
- ABR: Available Bit Rate
garantuje určitou minimální přenosovou kapacitu
- UBR: Unspecified Bit Rate
negarantuje nic

15

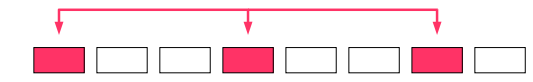
Režimy přenosu



16

Constant Bit Rate

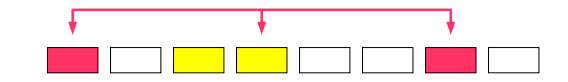
- garantuje rychlost přenosu
- chová se jako bitová roura
analogie k „drátu“
- žádné porvzování, řízení toku, garantované zpoždění
- vhodné pro konstantní toky dat



17

Variable Bit Rate

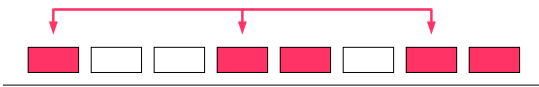
- stanice si dohodne se sítí maximální požadovanou rychlost
- síť vždy vyhoví, ale nevyužitou kapacitu může přidělit jinému přenosu
na rozdíl od CBR, kde se kapacita nevrací
- pro přenosy vyžadující malé zpoždění
komprimované video, hlas



18

Available Bit Rate

- stanice si se sítí domluví parametry MIN a MAX
 - MIN je minimum, co síť garantuje
 - pokud je k dispozici větší kapacita a stanice o ni požádá, dostane ji
- používá se řízení toku
 - stanice se dozví, kolik kapacity je právě k dispozici
- předpokládané využití: LAN



19

Unspecified Bit Rate

- síť negarantuje nic, nejnižší prioritá
- k přenosu dojde až pokud CBR, VBR a ABR jsou uspokojeny
- data se na vysílající straně bufferují, odešlou se při volné síti
- může být značné zpoždění
- obdoba „best effort“ strategie z LAN
- použití: IP protokol



20

Spojovaný přenos

- ATM nabízí pouze spojovaný přenos
 - na nespojovaný je malá hlavička (nevešla by se do ní plná adresa příjemce)
- před přenášením dat je nutné navázat spojení
 - statická (pevná) spojení nastavená manuálně (PVC, Permanent Virtual Circuits)
 - dynamická, která se sestavují před přenosem dat (SVC, Switched Virtual Circuits)
 - stanice sdělí přepínací čílovou stanici, se kterou chce komunikovat, síť naváže spojení a přidělí identifikátor

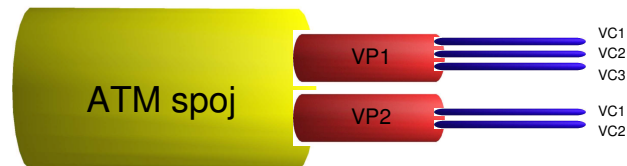
21

Přepínání

- přenosové cesty (okruhy) nepoužívají potvrzování
 - předpoklad: optické médium, které je spolehlivé
 - při zahlcení může dojít je ztrátě (zahození) buňek, ale ne k prohození pořadí
- identifikátor přenosu je dvojúrovňový: VCI (Virtual Channel Identifier) a VPI (Virtual Path Identifier)
 - důsledek snahy o maximální jednoduchost a rychlost přepínání
- dva druhy přepínání
 - přepínání pouze VPI – jednodušší, rychlejší
- přepínání VCI
 - také přepínání mezi virtuálními okruhy

22

ATM: cesty a kanály



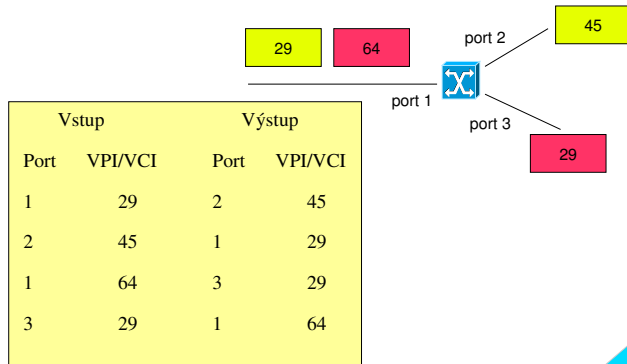
23

Přepínání 2

- představa: mezi ústřednami ATM se bude směřovat pouze pomocí virtuálních cest (VPI)
 - pro každý spoj na cestě se může číslo VPI změnit
- VCI se použije pro adresaci koncových uzlů
- výhody: snazší a rychlejší přepínání
 - menší přepínací tabulky
 - snáze lze přesměrovat celou třídu okruhů (při výpadku spoje)
- nevýhody: nutnost dvojího rozhraní
 - UNI (User Network Interface) – připojení koncových bodů
 - NNI (Network Node Interface) – propojení síťových prvků

24

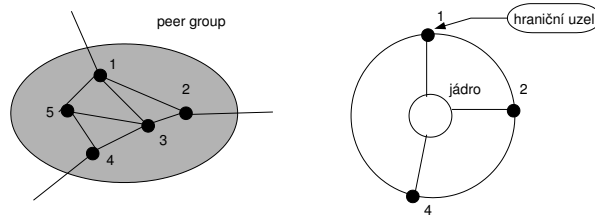
Přepínání



25

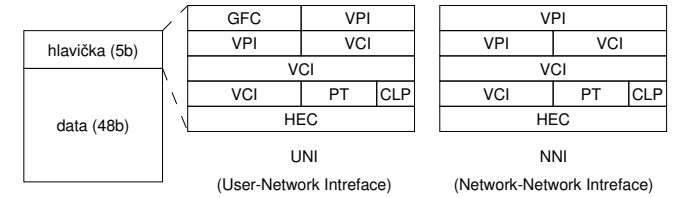
ATM směrování

- škálovatelný protokol
- každý směrovač musí znát topologii celé sítě
- skupiny rovnocenných uzlů (peer group) se berou jako jeden logický uzel



26

Formát buňky



- HEC (Header Error Control) – zabezpečení hlavičky (8 bitů)
- PT (Payload Type) – odlišuje řídicí buňky od datových
- CLP (Cell Loss Priority) – zda se může buňka zahodit při zahlcení (priorita)
- GFC (Generic Flow Control) – řízení toku, nepoužívá se

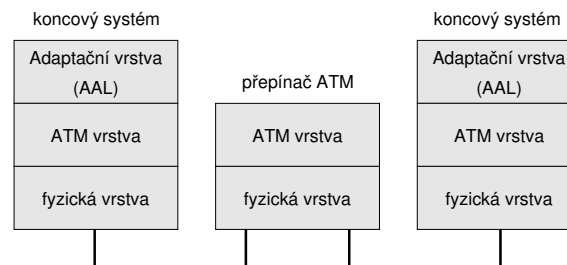
27

Vrstvy ATM

- fyzická vrstva
 - velmi různorodá, od 1,5 Mbps přes 155 Mbps po 2,4 Gbps (T1, T3, OC-3, OC-12)
 - předpoklad: spolehlivé médium
- vrstva ATM
 - nezávislá na přenosovém médiu (např. nespecifikuje rychlost, ta je dána médiem)
 - virtuální kanály, virtuální cesty, multiplex/demultiplex, formátování buněk, zachování pořadí
- adaptační vrstva ATM
 - pravidla pro segmentaci paketů na buňky. napojení na vyšší síťové protokoly (např. IP)
 - jen v koncových systémech (nikoliv v přepínačích)

28

Vrstvy ATM



29

Vrstva ATM

- zhruba odpovídá vrstvě linkové ISO/OSI
 - ale zajišťuje přenos od koncového uzlu ke koncovému uzlu (ne jen mezi sousedy)
- přenos spojovaný, nespolehlivý
- nevšímá si obsahu buněk
 - nekontroluje integritu dat
- optimalizovaná na výkon a rychlost

30

Adaptační vrstva

- něco jako transportní vrstva ISO/OSI
 - zakrývá vyšším vrstvám vlastnosti ATM vrstvy
 - nabízí vyšším vrstvám to, co potřebují
 - většinou je nad ní ještě další transportní vrstva (TCP)
- rozkládá data do buňek
- přidává režijní data pro rozložení a složení
- umožňuje detekci chyb a řízení toku
- podpora QoS (Quality of Service) – kvalita služeb

31

Adaptační vrstva

- požadované vlastnosti služby mohou být různé
 - real-time/ne real-time
 - constant bit rate/variable bit rate
 - spojovaný/nespojovaný přenos
- 8 možností, 4 smysluplné
 - AAL1 – AAL4 (později AAL3 a AAL4 jedno jsou)
 - vzniká AAL5 (pro potřebu počítačových sítí)

32

Adaptační vrstva

A		B		C		D	
AAL1		AAL2		AAL3		AAL4	
real-time	ne	real-time	ne	real-time	ne	real-time	ne
variabilní		konstantní		konstantní		variabilní	
spojovaný přenos				nespojovaný přenos			

33

Adaptační vrstva

- AAL1
 - spojovaný přenos, reálný čas, konstantní rychlost
 - odpovídá CBR (constant bit rate)
 - bitová roura: konstantní propustnost, malý rozptyl
 - vhodná pro nekomprimovaný hlas, video
- AAL2
 - spojovaný přenos, v reálném čase, proměnná rychlost
 - odpovídá VBR
 - isochronní přenos (komprimované video)

34

Adaptační vrstva

- AAL3/4
 - spojovaný (3) a nespojovaný (4) režim
 - proměnná propustnost, tolerance zpoždění, detekce chyb
 - původně pro přenos dat
 - odpovídá přibližně ABR
- AAL5 (SEAL, Simple and Efficient Adaptation Layer)
 - AAL3/4: příliš složitý, velká režie
 - libovolné zpoždění, může být spolehlivý i nespolehlivý
 - použitelné pro počítačové sítě (LAN)

35

Kritika ATM

- AAL1 pro počítačové sítě není potřeba
 - data je vhodné komprimovat
- AAL3/4 je velmi neefektivní, použitelné je pouze AAL5
- ATM nezapadá do modelu ISO/OSI – role vrstev je odlišná
- je těžké navázat stávající standardy na ATM
 - IP, IPX, ...
- složité, těžkopádné, drahé, málo flexibilní, neefektivní
- v oblasti LAN vyhrál Ethernet (Gb), je levnější, pružnější
- používá se v oblasti telekomunikací (ČT)

36

Využití ATM v LAN

- rozdíly ATM oproti LAN:

ATM: služba se spojením, LAN: bez spojením

LAN: podporuje broadcast, multicast: ATM: nepodporuje

MAC adresy v LAN nejsou závislé na topologii sítě

- řešení: emulace sítí – LANE (LAN Emulation)

cíl: používat stejně ATM jako ostatní sítě

analogie VLAN (virtuálních sítí), na jedné ATM síti je možné emulovat více virtuálních sítí

používá se AAL5, poskytuje výkonnou páteřní síť

mapování adres ATM <-> LAN

skládá se z klientů a tří serverů

37

LANE

- klient LANE (LEC – LAN Emulation Client)

sídlí v koncovém systému emulované sítě

má vždy jedinou ATM adresu, ale může mít více MAC adres

provádí: mapování adres, komunikaci se servery LANE

- LES (LAN Emulation Server) – server pro emulaci sítě

sídlí v přepínači nebo okrajovém směrovači

základní složka LANE, dodává klientovi (LEC) informace pro navázání spojení s jinými klienty

každá emulovaná síť má jeden LES

provádí registraci a mapování adres

38

LANE

- BUS (Broadcast and Unknown Server) – server pro všesměrové vysílání

podporuje broadcast a multicast komunikaci

každý klient má oboustranné spojení na právě jeden BUS

BUS komunikuje s klienty pomocí point-to-multipoint spojení

má jednu adresu, mapována na 0xFF FF FF FF FF

- LECS (LAN Emulation Configuration Server) – konfigurační server

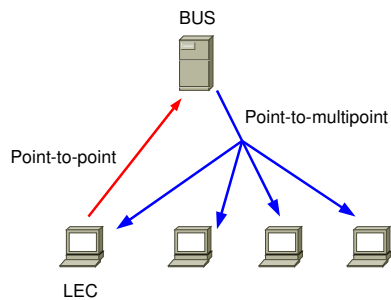
poskytuje adresy klientům

klient z ní získá základní konfiguraci

umožňuje pohyb stanice (stačí, aby se přeregistrovala)

39

Broadcast and Unknown Server



40

Přihlášení LEC k LANE

- po připojení stanice do sítě si klient zřídí spojení s LECS

získá údaje o „své“ LAN

adresu serveru LES a BUS

maximální velikost rámce v síti, ...

- klient se spojí se svým LES

zaregistruje si u něj svoji ATM adresu a MAC adresu

switche mohou i více MAC adres

LES přidá klienta do vícebodového spojení k ostatním LEC (kvůli překladu adres)

41

ARP LANE

- pokud klient nezná adresu cílového uzlu, obrátí se s dotazem na LES

- ten odpoví, pokud ji zná, jinak se zeptá po distribučním spojení

- ale ani žádný LEC nemusí znát adresu cílového uzlu

pak LEC rozešle první část dat přes BUS, pokud se cílový klient ozve, zjistí jeho adresu, jinak cíl neexistuje

- naváže přímé spojení s cílovým uzlem

- LEC si cachuje výsledky ARP dotazů

42

Shrnutí: LANE

- komplikované, málo efektivní
- skrývá ATM, ale nedokáže využít některé vlastnosti (QoS)
- ale umožňuje využít stávající protokoly a služby přes ATM síť
- snadné vytváření VLAN
- Classical IP over ATM

IP protokol bez všesměrového vysílání (broadcast)

může být výrazné omezení

- MPOA (Multi-Protocol Over ATM)

provoz se směruje přes router, ten poučí odesílatele o tom, jak navázat s příjemcem
přímé spojení (něco jako ICMP Router Redirect)