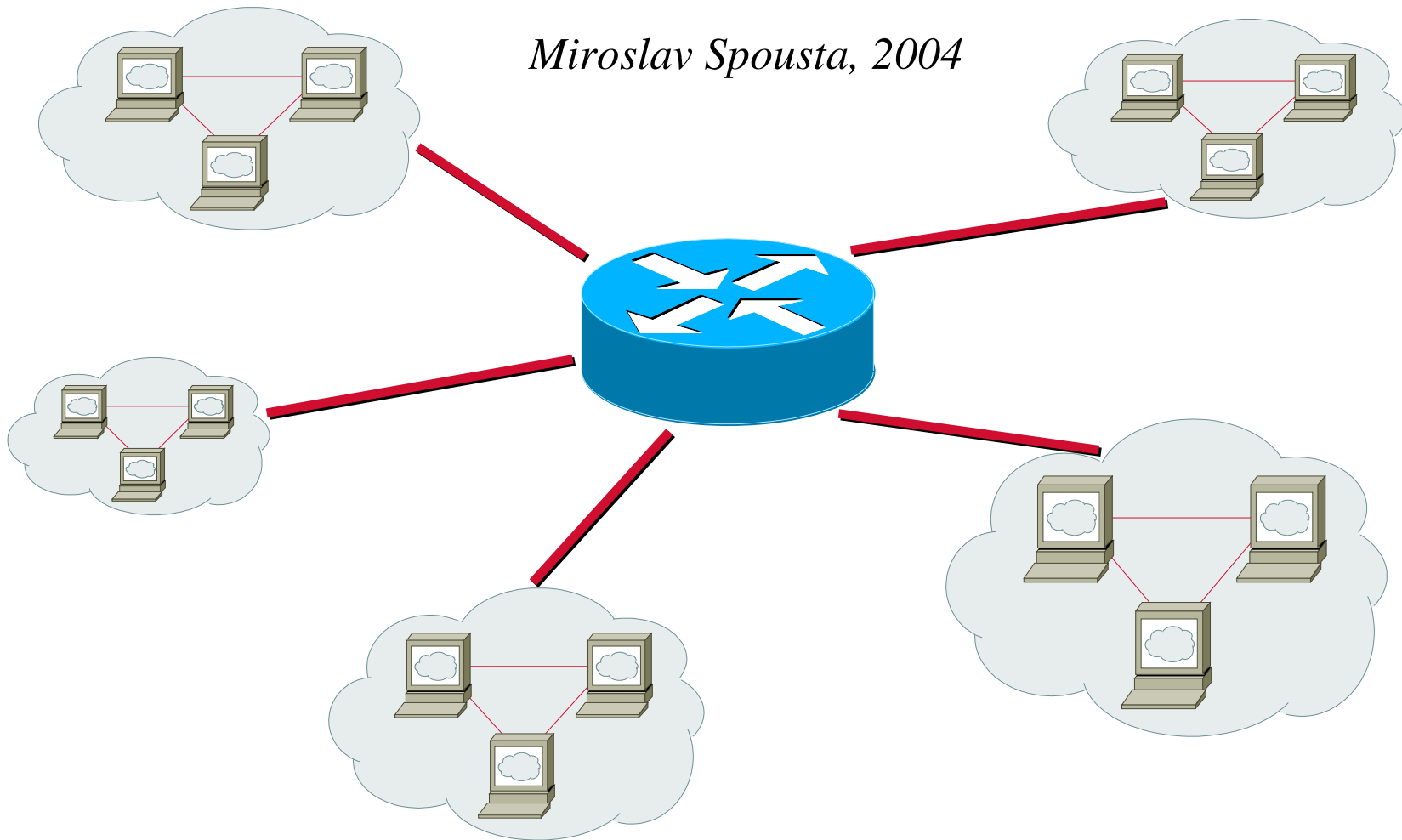


Počítačové sítě I

7. WAN, ATM

Miroslav Spousta, 2004



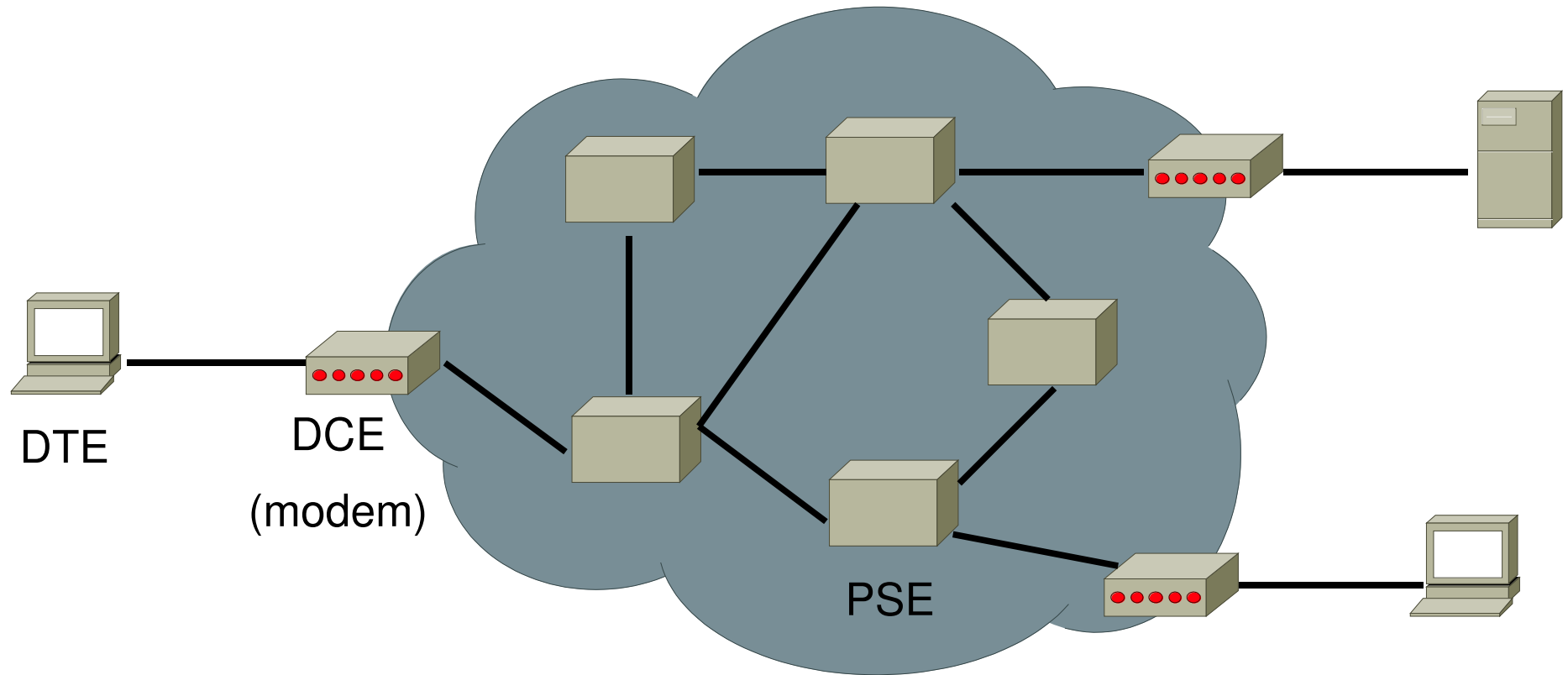
WAN

- 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

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
- umožňuje multiplexovat několik virtuálních spojení do jednoho fyzického

X.25



DTE – Data Terminal Equipment

DCE – Data Circuit-Terminating Equipment

PSE – Packet Switching Equipment

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

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

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 μ s), 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

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

ISDN

- „digitální“ telefonní přípojka
- telefon, fax, počítačová síť, video: vše po stejném interface
 - přišlo pozdě, pomalé, časová tarifkace
 - 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)

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)

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 μ s na vzorek)
 - pevně daná režie (
 - základní kanál: 51 Mbps
- sdružování (pomocí multiplexu) do rychlejších kanálů

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

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

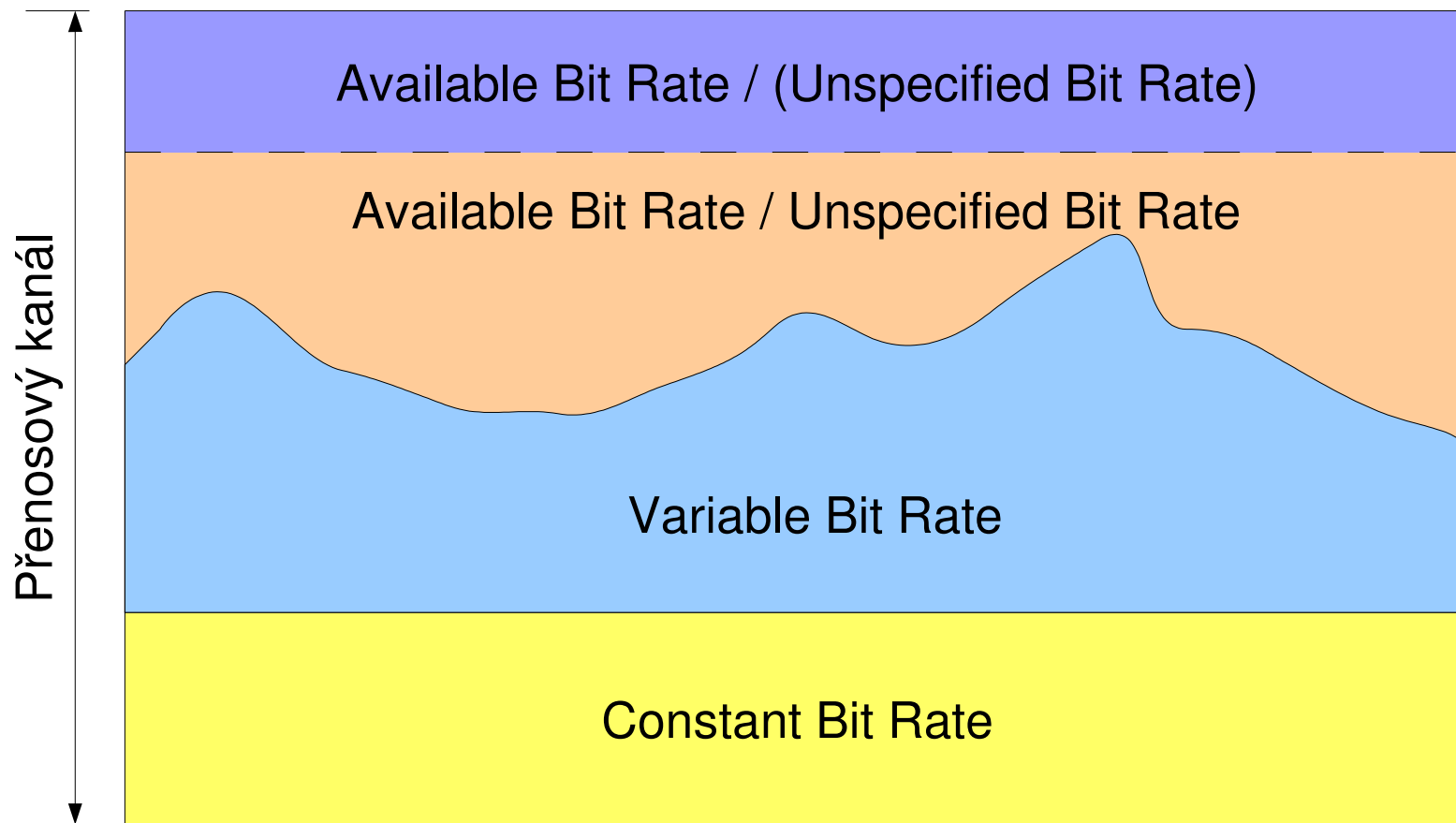
ATM buňky

- 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)

Režimy přenosu

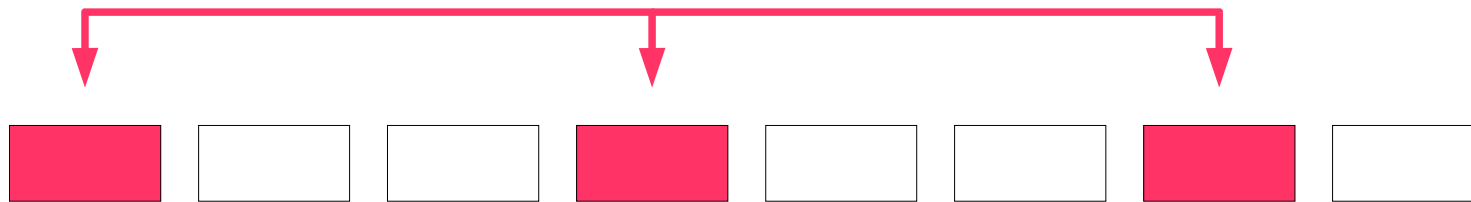
- aplikace mohou mít na přenos různé požadavky
- ATM nabízí několik druhů služeb:
 - CBR: Constant Bit Rate
 - garantuje pevnou přenosovou kapacitu (telekomunikace)
 - VBR: Variable Bit Rate
 - garantuje přenosovou kapacitu, kterou přenos právě potřebuje
 - ABR: Available Bit Rate
 - garantuje určitou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

Režimy přenosu



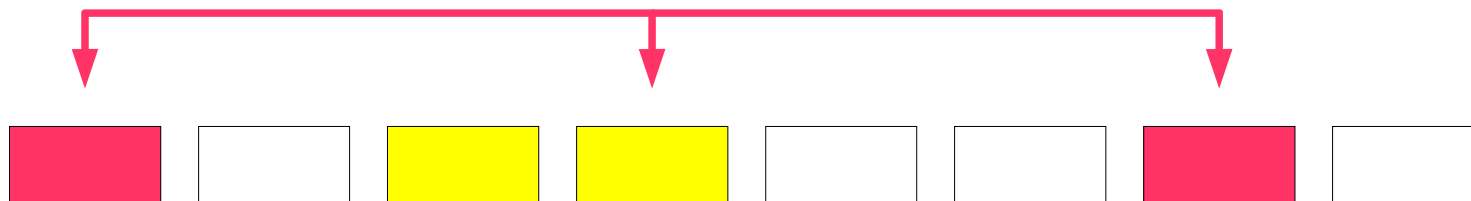
Constant Bit Rate

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



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



Available Bit Rate

- stanice si se sítí domluví parametry MIN a MAX

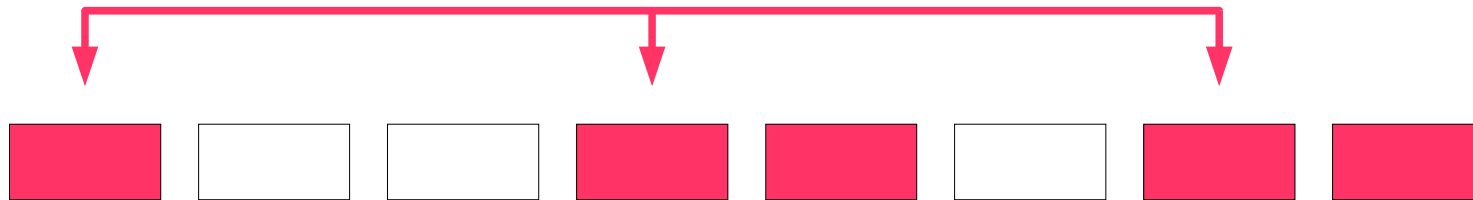
MIN je minimum, co síť garantuje

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



Unspecified Bit Rate

- síť negarantuje nic, nejnižší priorita
- 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



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)

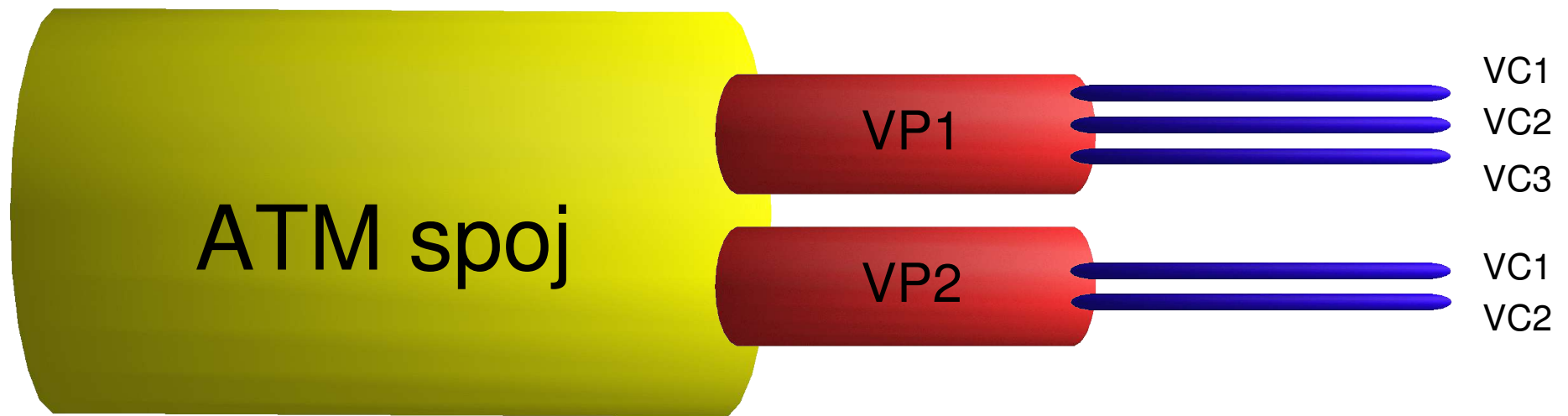
dynamická, která se sestavují před přenosem dat (SVC, Switched Virtual Circuits)

stanice sdělí přepínači cílovou stanici, se kterou chce komunikovat, síť naváže spojení a přidělí identifikátor

Přepínání

- přenosové cesty (okruhy) nepoužívají potvrzování
 - předpoklad: optické médium, které je spolehlivé
 - při zahlcení může dojít ke 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

ATM: cesty a kanály



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

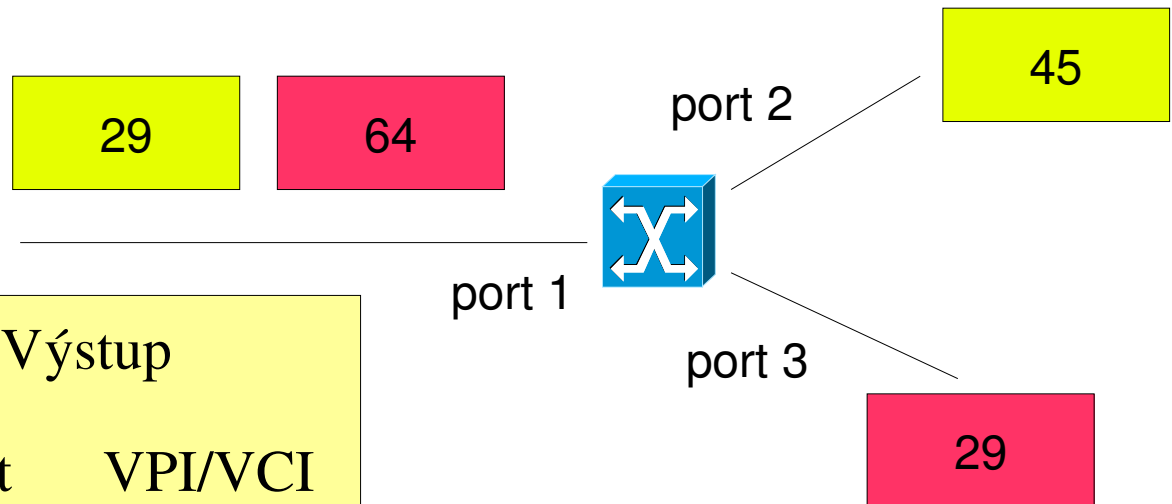
snáze lze přesměrovat celou třídu okruhů (při výpadku spoje)

- nevýhody: nutnost dvojího rozhraní

UNI (User Network Interface) – připojení koncových bodů

NNI (Network Node Interface) – propojení síťových prvků

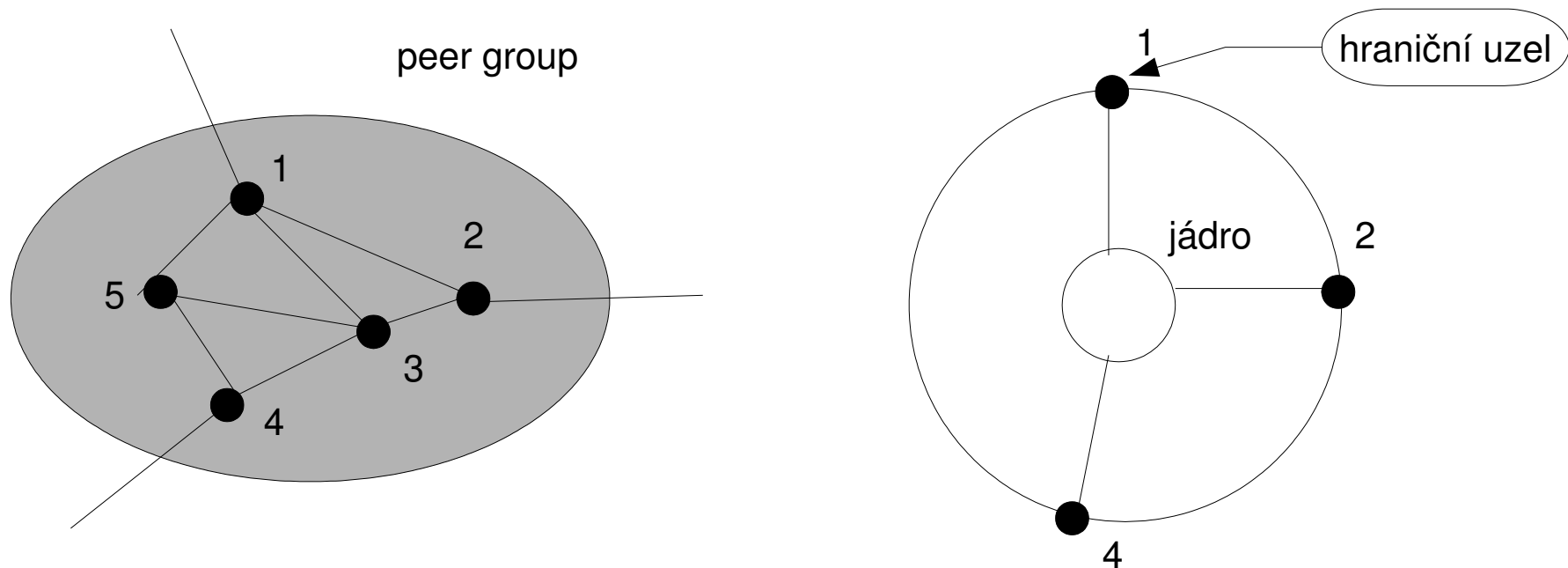
Přepínání



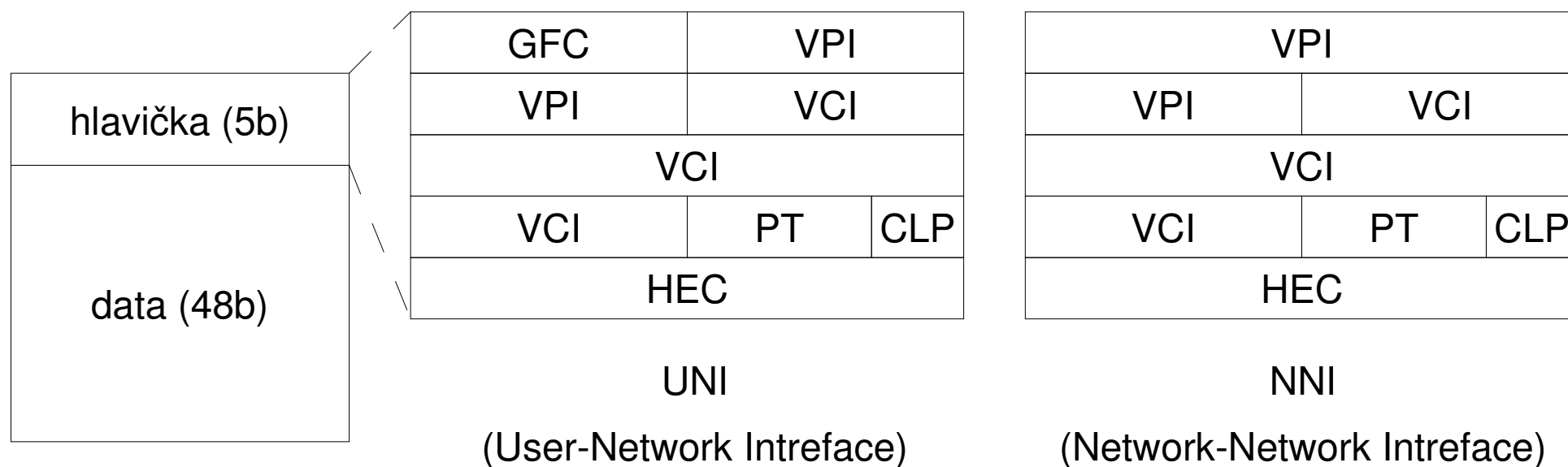
Vstup		Výstup	
Port	VPI/VCI	Port	VPI/VCI
1	29	2	45
2	45	1	29
1	64	3	29
3	29	1	64

ATM směrování

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



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

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)

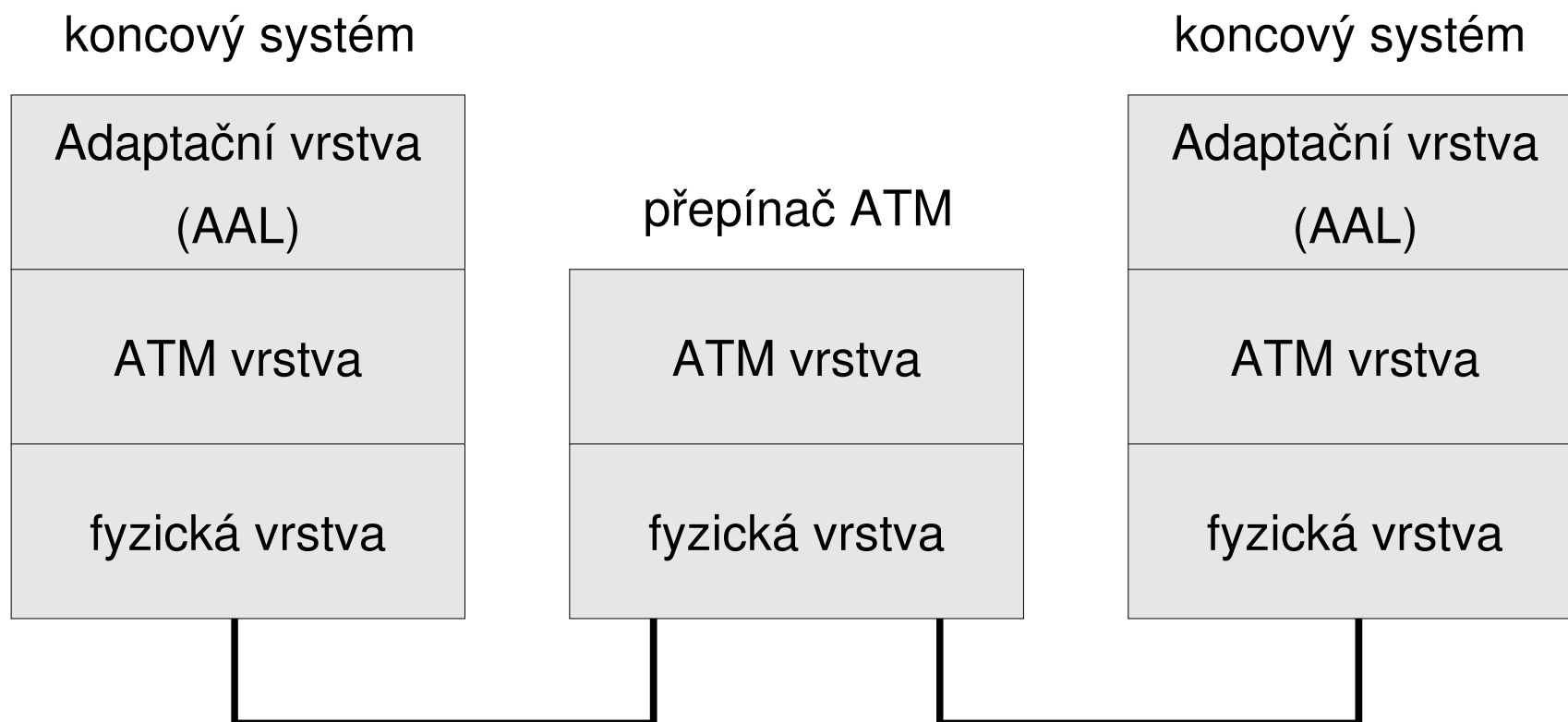
virtuální kanály, virtuální cesty, multiplex/demultiplex, formátování buněk, zachování pořadí

- adaptační vrstva ATM

pravidla pro segmentaci paketů na buňky. napojení na vyšší síťové protokoly (např. IP)

jen v koncových systémech (nikoliv v přepínačích)

Vrstvy ATM



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 buňek
 - nekontroluje integritu dat
- optimalizovaná na výkon a rychlost

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

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)

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			

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)

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)

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)

Využití ATM v LAN

- rozdíly ATM oproti LAN:

ATM: služba se spojením, LAN: bez spojení

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

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

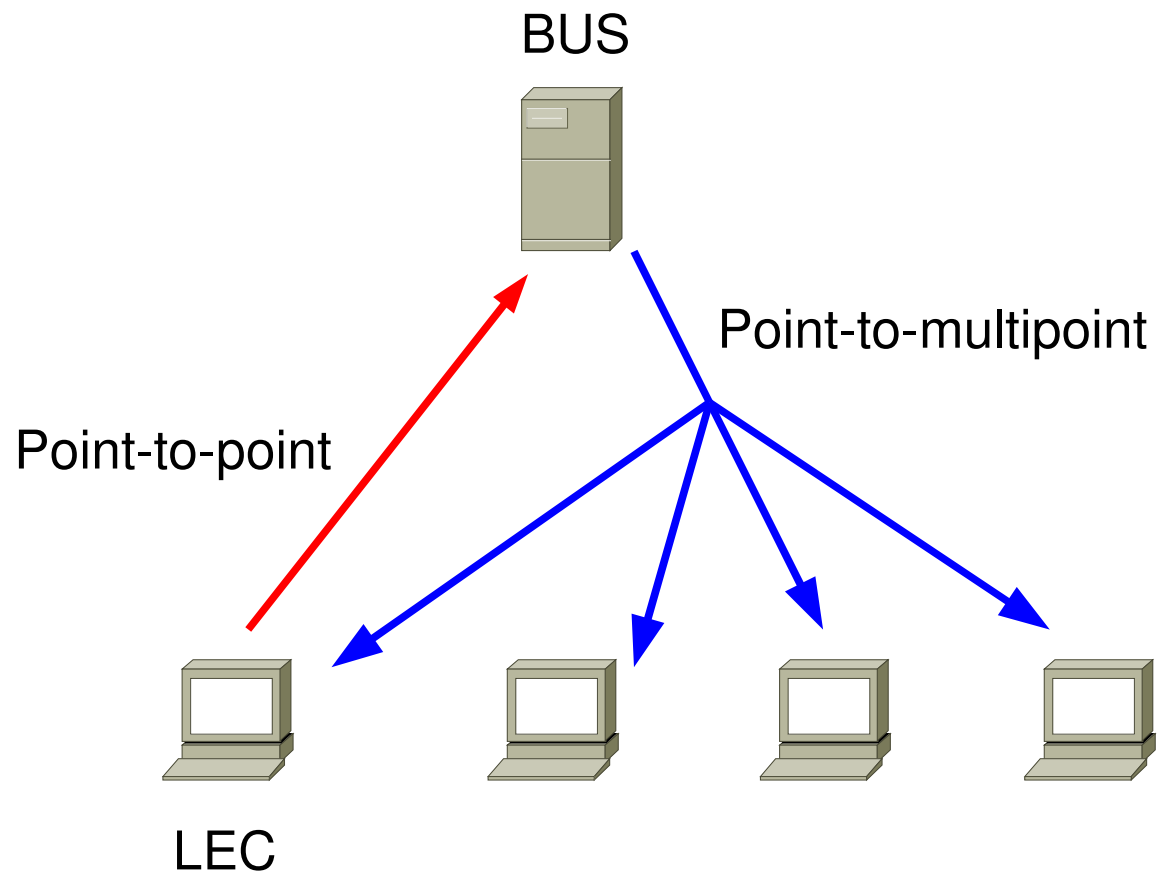
každá emulovaná síť má jeden LES

provádí registraci a mapování adres

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 FF
- **LECS (LAN Emulation Configuration Server)** – konfigurační server
 - poskytuje adresy klientům
 - klient z ní získá základní konfiguraci
 - umožňuje pohyb stanice (stačí, aby se přeregistrovala)

Broadcast and Unknown Server



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)

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

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