

Počítačové sítě, v. 3.0



Katedra softwarového inženýrství,
Matematicko-fyzikální fakulta,
Univerzita Karlova, Praha

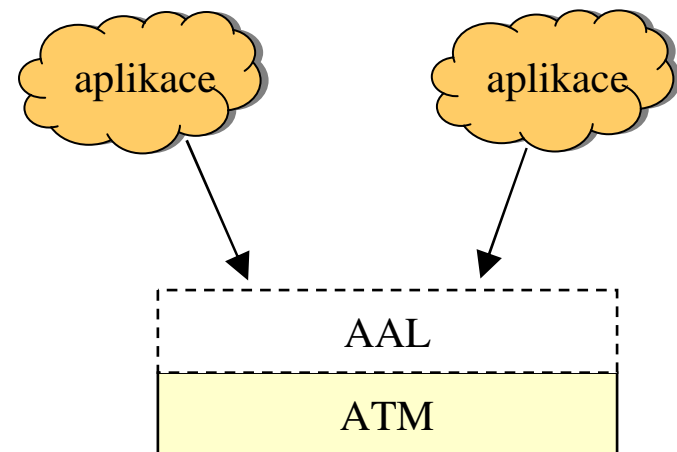


Lekce 9: IP over ATM, MPOA, MPLS

J. Peterka, 2005

Využití ATM v praxi

- **Problém:**
 - vlastnosti ATM a "klasických" datových sítí (hlavně protokolu IP) jsou dosti odlišné
 - ATM nemá broadcast
 - IP jej využívá
 - funguje pouze spojovaně
 - protokol IP nespojovaně
 - používá extrémně malé buňky
 - podporuje QoS
 - naopak IP funguje stylem "best effort"
 - celková komplikovanost
 - IP je naopak relativně jednoduchý
 - jak zařídit, aby běžné síťové aplikace a protokoly (např. TCP/IP) mohly fungovat nad ATM?
 - a jak to udělat efektivně?
- **možný přístup:**
 - vybudují se zcela nové aplikace a služby
 - šité na míru ATM
 - provozované přímo nad ATM či nad AAL
 - autoři ATM (B-ISDN) původně předpokládali právě toto řešení
 - jejich očekávání se ale nesplnilo



Využití ATM v praxi

- přímé provozování aplikací nad ATM(AAL) se neprosadilo

- **ATM se stala spíše páteřní technologií**

- zajišťující páteřní spoje a fungující "pod" jinými protokoly, jako "nosič"

- problém:

- jak "navázat" ostatní protokoly (hlavně TCP/IP) na ATM?

- možné přístupy:

- **peer-to-peer model**

- ATM a ostatní protokoly jsou na stejné úrovni
- existuje jedna "**řídící rovina**", v rámci které se:
 - šíří informace o topologii, směrovací informace atd.,
 - překládají adresy a různé atributy

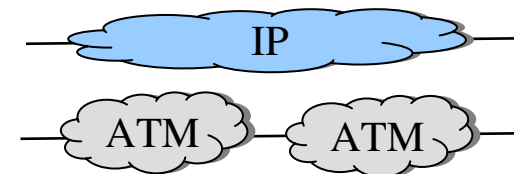
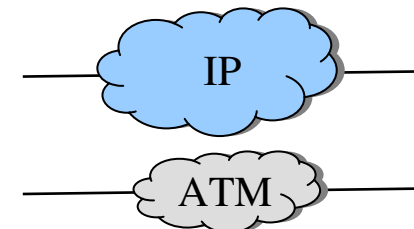


- pro ATM se ukázalo se jako neschůdné

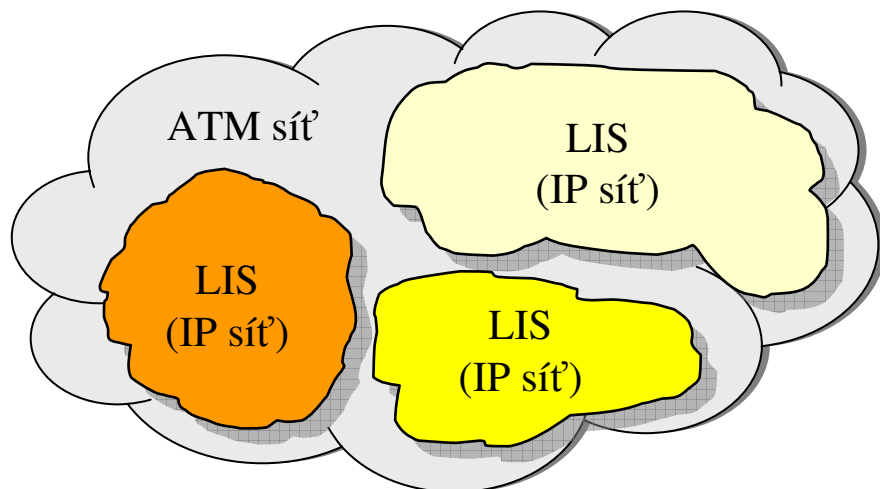
- kvůli příliš velkým odlišnostem oproti ostatním protokolům

- **overlay model**

- vzniknou dvě "řídící vrstvy" nad sebou
 - IP poběží nad ATM
- nebude se překládat mezi IP a ATM, ale "mapovat" ("vkládat", "zapouzdřovat") do ATM
 - není nutné vzájemně převádět informace o topologii, směrování, stavu sít atd.



Obecné řešení (overlay model)

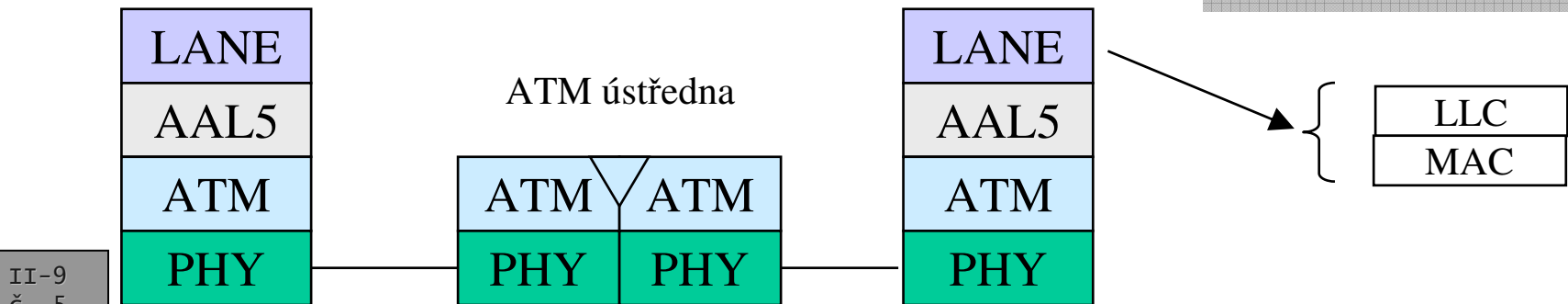
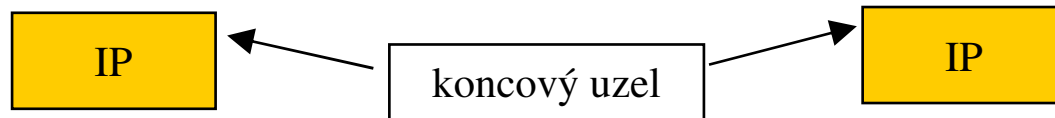
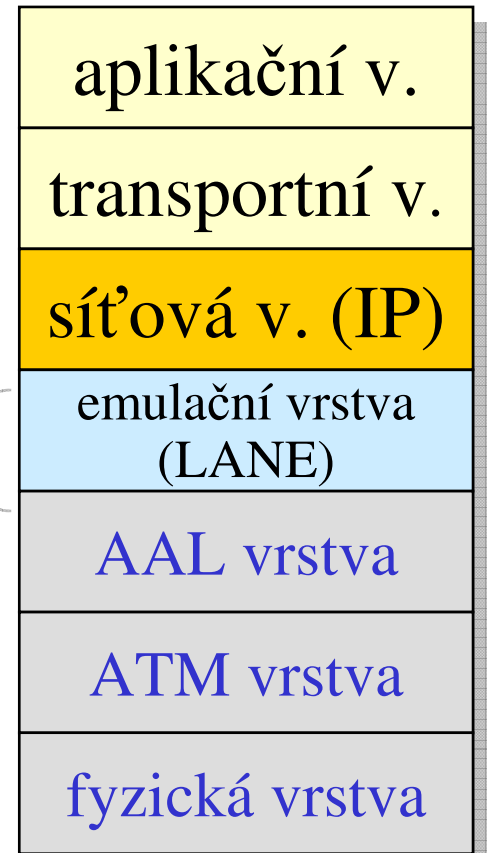


- ATM sítě bývají "velké" a rozlehlé
 - obvykle se dělí na menší části (oblasti)
- cíl:
 - aby na každou oblast byla "namapována" samostatná IP síť
 - tzv. LIS, Logical IP Subnet
- problém:
 - jak zajistit směrování mezi jednotlivými LIS (IP sítěmi)
 - podle IP: nutno přes směrovač
 - ale: vše je v jedné ATM síti, může "jít přímo"

- co vše se musí vyřešit?
 - pro možnost provozování IP nad ATM
 - rozdělování paketů na tak malé části, aby se vešly do ATM buněk
 - jednoduché, řeší AAL5
 - překlad IP adres do ATM adres
 - musí se řešit samostatně pro jednotlivé "oblasti"
 - směrování mezi jednotlivými IP sítěmi
 - fakticky může znamenat přenos v rámci jedné ATM sítě
 - absence broadcastu v ATM síti
 - kompenzace dalších (negativních) vlastností ATM a AAL

overlay model, varianta "emulace"

- IP over "prostředník" over ATM
 - mezi IP a ATM je mezivrstva, která zajišťuje potřebné přizpůsobení
- příklad:
 - LANE (LAN Emulation)
 - vrstva LANE emuluje prostředí Ethernetu (event. Token Ringu)
 - IP se nemusí ničemu přizpůsobovat,
 - může si myslet, že skutečně pracuje nad Ethernetem
 - emulace se zajišťuje až v koncových uzlech



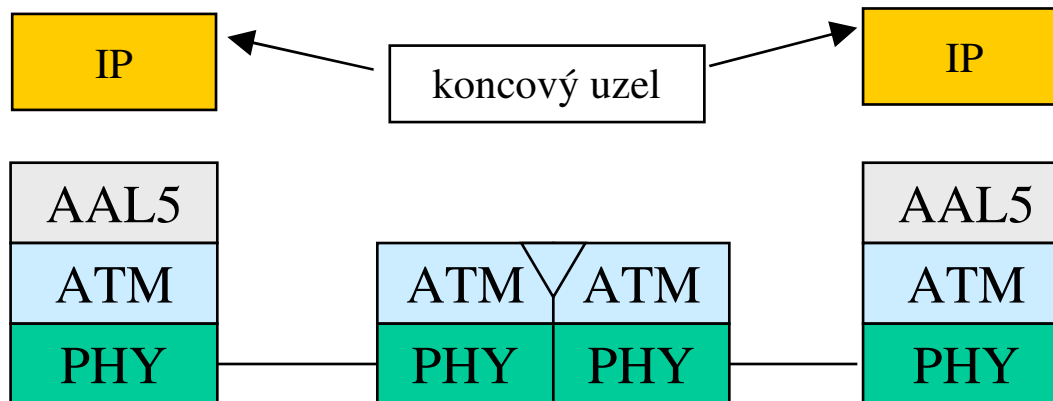
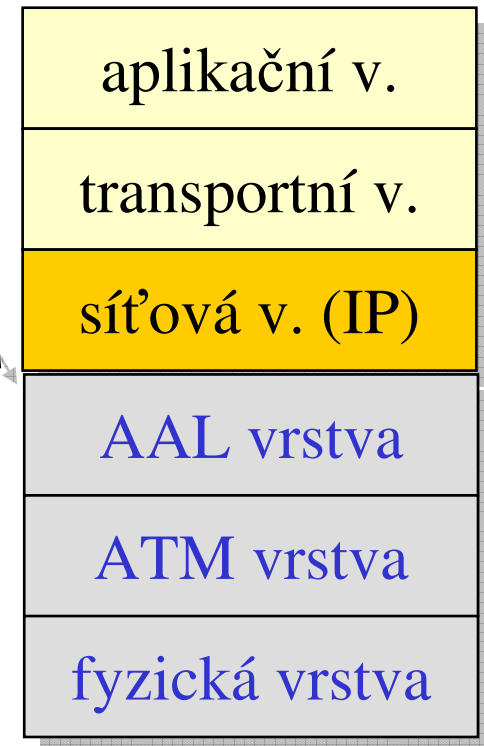
overlay model, varianta "native"

- IP over ATM

- mezi IP a ATM není žádná mezivrstva,
- IP pakety se přenáší přímo prostřednictvím ATM buněk
- rozdíl mezi vlastnostmi ATM a IP se (obvykle) překonává zákazem
 - zákazem použití broadcastu

- příklad:

- **Classical IP over ATM**
 - standardní IP, ale se zakázaným použitím broadcastu
- **MPOA (Multiprotocol over ATM)**



- musí být použita modifikovaná implementace protokolu IP

Vlastnosti ATM - připomenutí

- přenáší data po malých, pevně velkých blocích - buňkách
 - 48 bytů „nákladu“
 - 5 bytů hlavička
- funguje na spojovaném principu
 - nabízí permanentní virtuální okruhy
 - nabízí „komutované“ virtuální okruhy
 - nenabízí datagramovou službu
 - nespojované přenosy
- virtuální okruhy ATM mohou být:
 - point-to-point
 - mezi jedním zdrojem a jedním příjemcem odesilatelem
 - jednosměrné i obousměrné (dvojice jednosměrných)
 - point-to-multipoint (zajišťuje AAL5)
 - od jednoho zdroje k více příjemcům
 - pouze jednosměrné !!!!!

nemohou být obousměrné

Problém s AAL5

- z AAL5-rámce není poznat

- od koho pochází

- proto nemůže AAL5 poskytovat obousměrný multicast

- jakému protokolu odpovídá obsah rámce

- možné řešení:

- VC Multiplexing

- po každém kanálu (VC) bude přenášen pouze jeden typ paketů
 - odesílatel bude dán číslem (identifikátorem) virtuálního kanálu

- možné řešení:

- LLC/SNAP encapsulation

- AAL5 rámec se zabalí do rámce LLC a SNAP

hodnota pro IP

LLC	OUI	TYPE
AA.AA.03	00.00.00	08.00
IP datagram		

řeší to problém s identifikací obsahu

Multiprotocol Encapsulation over ATM

- dle RFC 1483
- řešení, které umožňuje provozovat více síťových protokolů přímo nad ATM
 - prostřednictvím AAL5, které se stará o (de)fragmentaci
 - ale s omezením použitelnosti některých funkcí
 - např. broadcastu
- používá se hlavně v páteřních částech sítí WAN
- používá 2 způsoby zapouzdřování a přenosu:
 - VCI multiplexing
 - virtuální kanály přenáší jen jeden druh paketů
 - kvůli problému s AAL5, které nedokáže poznat druh paketu ani odesilatele
 - LLC/SNAP
 - přenášený rámec je "zabalen" ještě do rámce LLC/SNAP, který poskytuje potřebnou identifikaci typu obsahu
 - nikoli odesilatele
 - umožňuje to přenášet více různých protokolů po jednom VCI spojení typu point-to-multipoint

odesílatel je vždy identifikován kanálem (VCI)

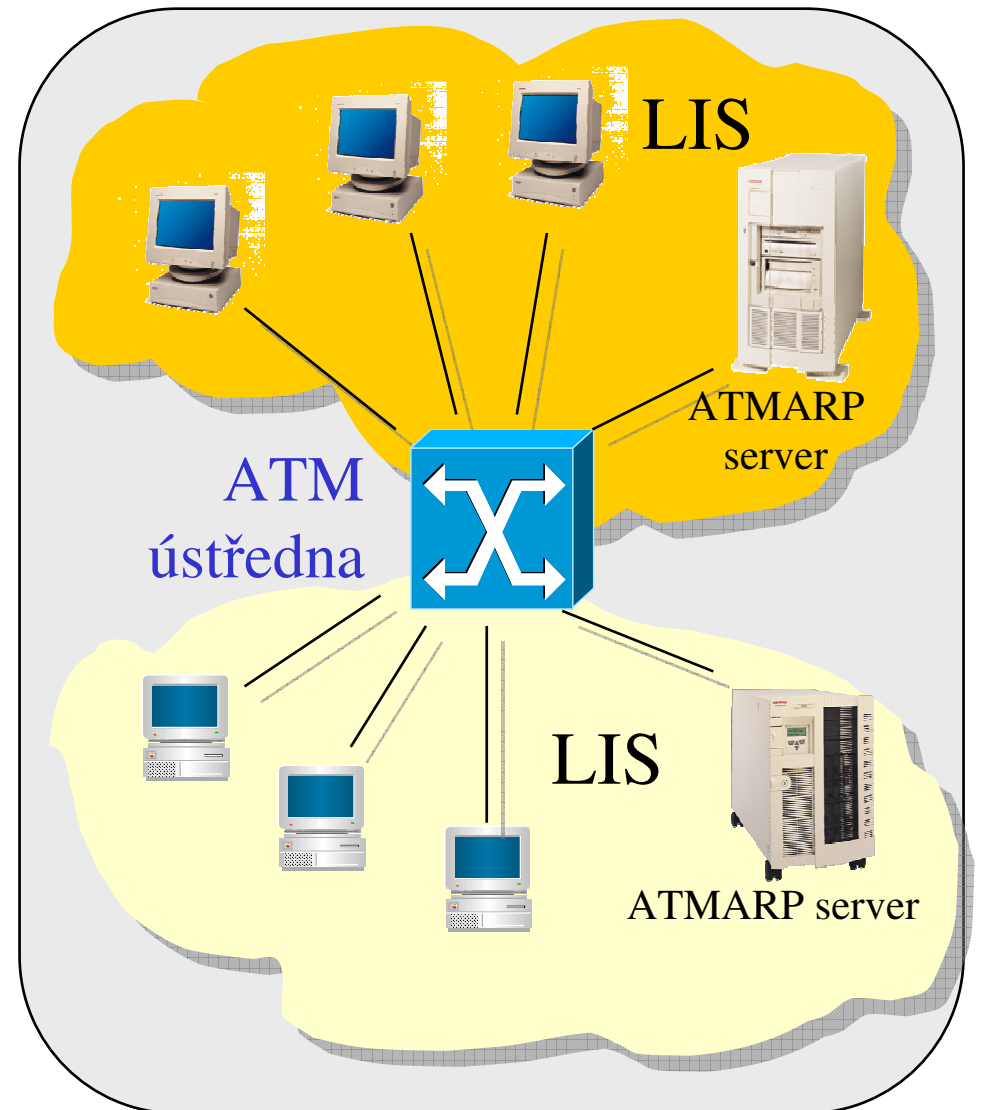
Classical IP over ATM

- jde o jednoduché řešení, umožňující provozovat IP protokol nad ATM
 - podle RFC 1577
- je to určeno pro páteřní spoje na bázi ATM
- musí být vyřešen:
 - přenos „velkých“ bloků dat malými buňkami
 - jak je „rozparcelovávat“
 - převod IP adres na ATM adresy a naopak
- přenos IP paketů:
 - využívá se služeb vrstvy AAL5
 - a techniky "Multiprotocol encapsulation over ATM"
 - dle RFC 1483
 - preferuje LLC/SNAP zapouzdření
 - používá MTU 9180 bytů
 - lze zvětšit po dohodě stran
- překlad adres
 - využívá se služeb „překládajícího serveru“
 - ATMARP serveru
 - po jednom v každém LIS
 - logické IP síti

používání broadcastu je zakázáno !!!

Classical IP over ATM - adresy

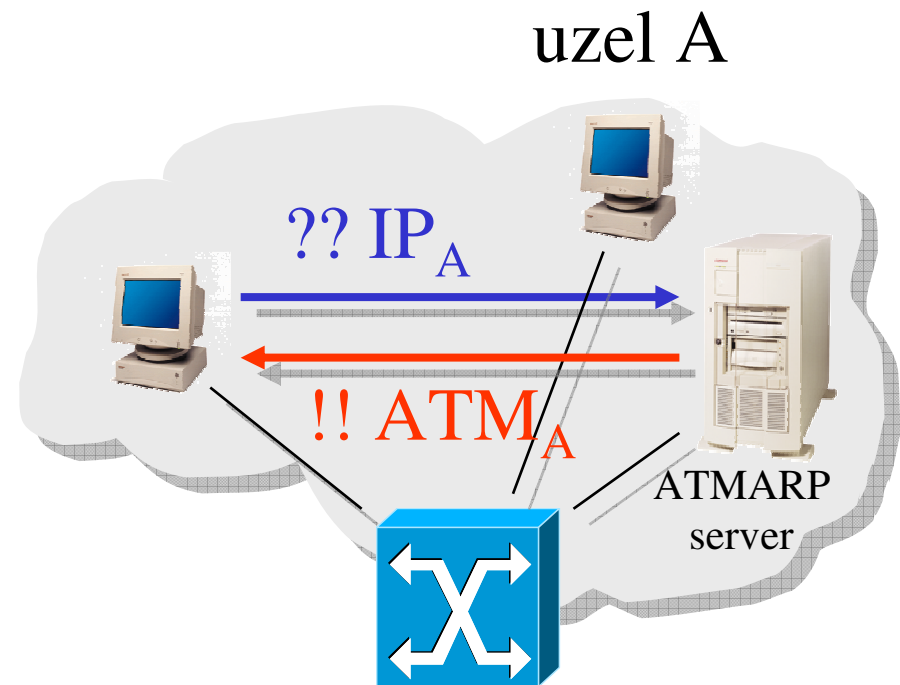
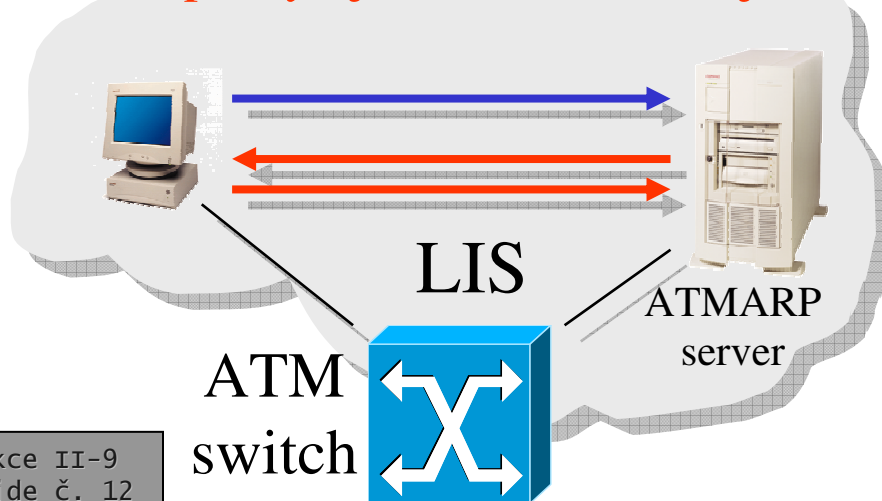
- zavádí pojem LIS
 - Logical IP Subnet
 - všechny uzly, připojené k téže ATM síti a patřící do stejné IP sítě
 - odpovídá "oblasti" v rámci overlay modelu
- překlad adres se řeší pomocí "překladačového serveru"
 - tzv. ATMARP serveru
 - pro každý LIS je jeden takovýto ATMARP server
 - ne nutně fyzický ale logický



Classical IP over ATM - adresy

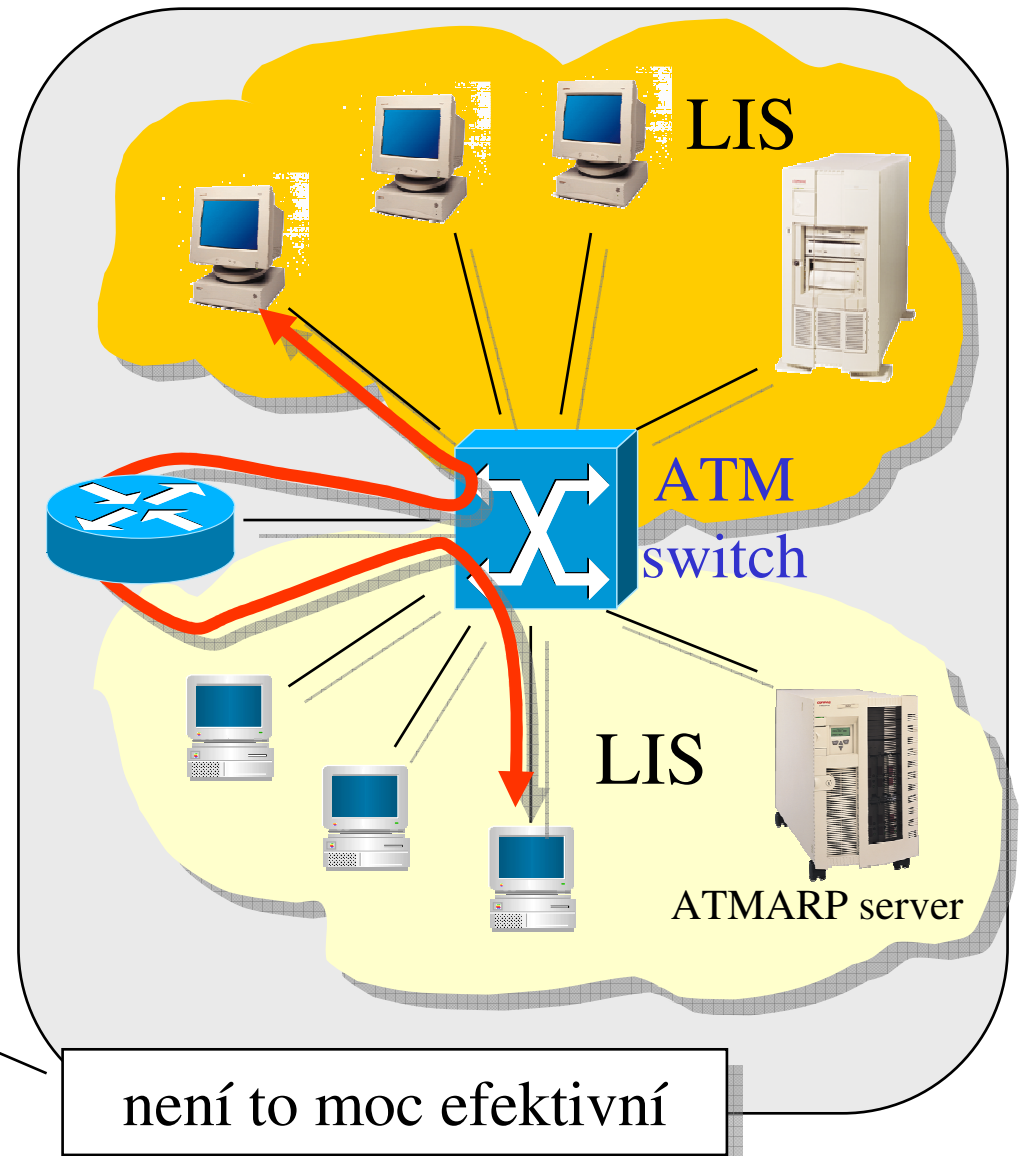
- koncový uzel po svém naběhnutí naváže spojení se serverem ATMARP
 - musí předem znát jeho adresu
 - má ji například ve svých konfiguračních tabulkách
- ATMARP server pošle uzlu RARP žádost (inverzní ARP)
 - vyžádá si ATM a IP adresu uzlu
 - zaneše si ji do svých tabulek
- když uzel potřebuje někomu něco poslat
 - tj. zná jeho IP adresu
- vyžádá si od ATMARP serveru odpovídající ATM adresu cílového uzlu
 - a pak s ním naváže spojení (VP a VC) a přenáší data přímo

→ klient "dává o sobě vědět"
← klient reaguje na výzvu a poskytuje své "osobní údaje"



Classical IP over ATM - směrování

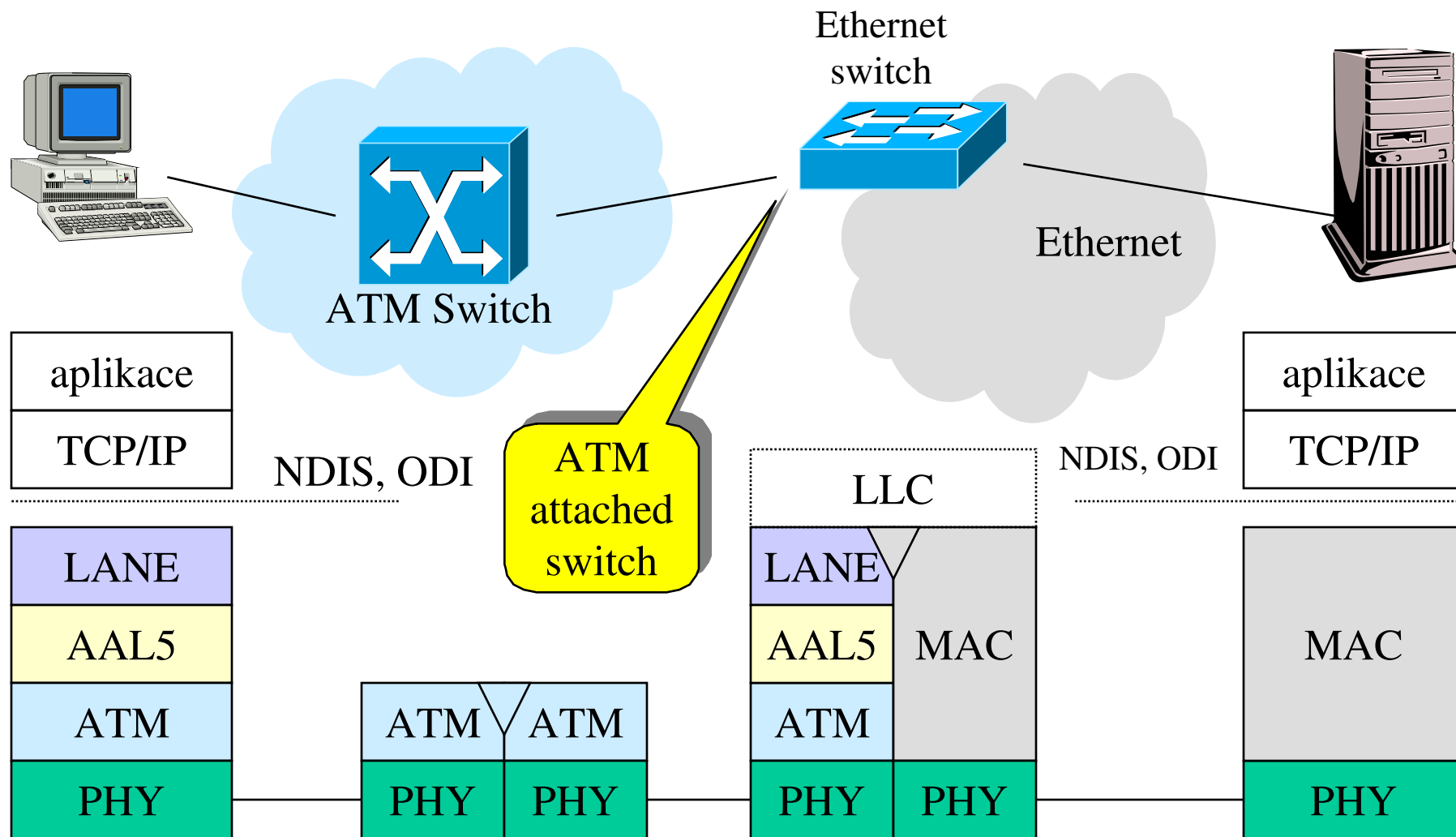
- LIS odpovídá IP síti
 - v rámci IP sítě uzly komunikují přímo
 - fakticky: přes ATM ústřednu
- jak to bude při komunikaci 2 uzlů z různých LIS?
 - pokud jsou připojeny k různým ATM sítím
 - pak přes klasický směrovač připojený k oběma ATM sítím
 - pokud jsou připojeny ke stejné ATM síti
 - stále přes IP směrovač
 - přes tzv. 1-nohý směrovač
 - i když by mohly komunikovat přímo
 - přes ATM ústřednu



Classical IP over ATM, vs. LAN emulace

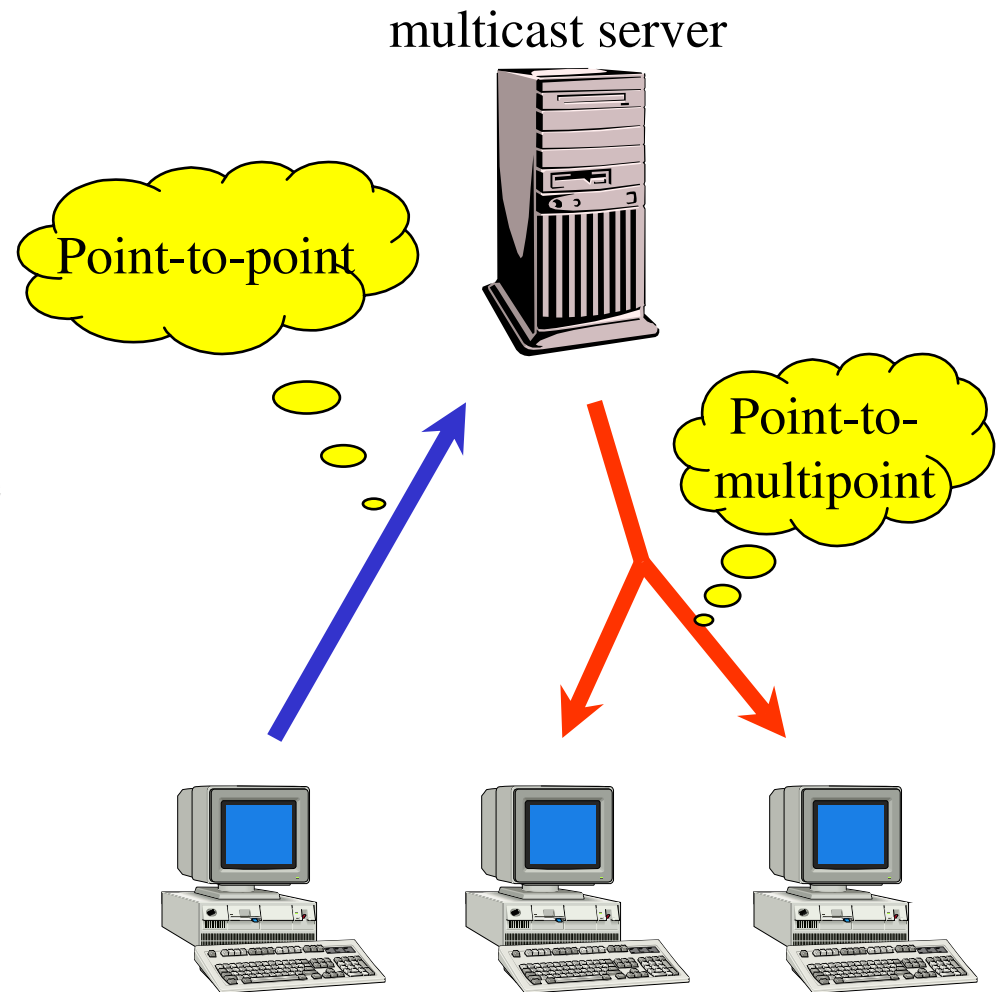
- proč „Classical IP over ATM“?
 - protože nemění základní principy chování uzlů v IP sítích
- další nevýhody:
 - vyžaduje to upravenou implementaci protokolu IP
 - nelze používat služby/funkce, založené na využití broadcastu
 - koncový uzel se např. „nedoptá“ na server
 - není to zcela univerzálně použitelné řešení
 - postačuje to např. pro páteřní spoje
 - výhodou je jednoduchost
- výhody:
 - lze (potenciálně) využít předností ATM, např. QoS
 - ale v praxi se tak neděje
- používá se:
 - hlavně v páteřních částech rozlehlých sítí
 - např. u providerů
 - kde není problém zakázat protokolu IP použití broadcastu
- základní myšlenka LAN emulace:
 - zařídit to tak, aby vyšší vrstvy vůbec netušily, že fungují nad ATM
 - tj. emulovat „obvyklé“ přenosové technologie sítí LAN
 - existují řešení pro Ethernet a Token Ring
 - neexistují např. pro FDDI
- LAN Emulation nenapodobuje skutečné chování jiných technologií
 - snaží se dosáhnout stejného výsledku jinými cestami
 - nahradit neexistenci broadcastu něčím jiným
 - vyšším vrstvám předkládá stejné rozhraní jako skutečný Ethernet či Token Ring
 - na úrovni ovladačů NDIS, ODI atd.
- nevýhody:
 - velká režie na emulaci
 - nelze využít QoS, které ATM nabízí
 - IP pakety se přenáší v režimu UBR nebo ABR

Představa LAN Emulation



Představa řešení problému s broadcastem

- **idea:**
 - bude existovat prostředník
 - „rozesílací“ (multicast) server
 - odesílatel pošle data „rozesílacímu“ serveru
 - na to mu stačí jednobodové spojení
 - „rozesílací“ server data skutečně rozešle
 - na to mu stačí jednosměrné vícebodové spojení



klienti a servery LAN Emulation

- LANE se týká pouze „okrajů“ ATM sítí
 - vrstva LANE je přítomná pouze u koncových uzlů a aktivních prvků typu směrovačů a (ethernetových) switchů
 - všechny tyto prvky představují tzv. LAN Emulation Clients (LEC)
- „vnitřek“ ATM sítě zůstává LAN emulací nedotčen
 - ATM switche se nemusí LAN emulaci nijak přizpůsobovat
- pro fungování LAN emulace jsou zapotřebí další servery
 - **LAN Emulation Server (LES):**
 - 1x pro každou emulovanou síť LAN (ELAN, dříve LIS)
 - má 1 ATM adresu
 - zajišťuje řídicí funkce
 - **Broadcast and Unknown Server (BUS)**
 - zajišťuje rozesílání
 - 1x pro každou ELAN
 - **LAN Emulation Configuration Server (LECS)**
 - 1x pro každou doménu
 - skupinu ELAN v rámci jedné ATM sítě
 - přiděluje konfigurační informace
 - rozděluje LANE klienty do jednotlivých ELAN, říká jim k jakým LES se mají obracet atd.

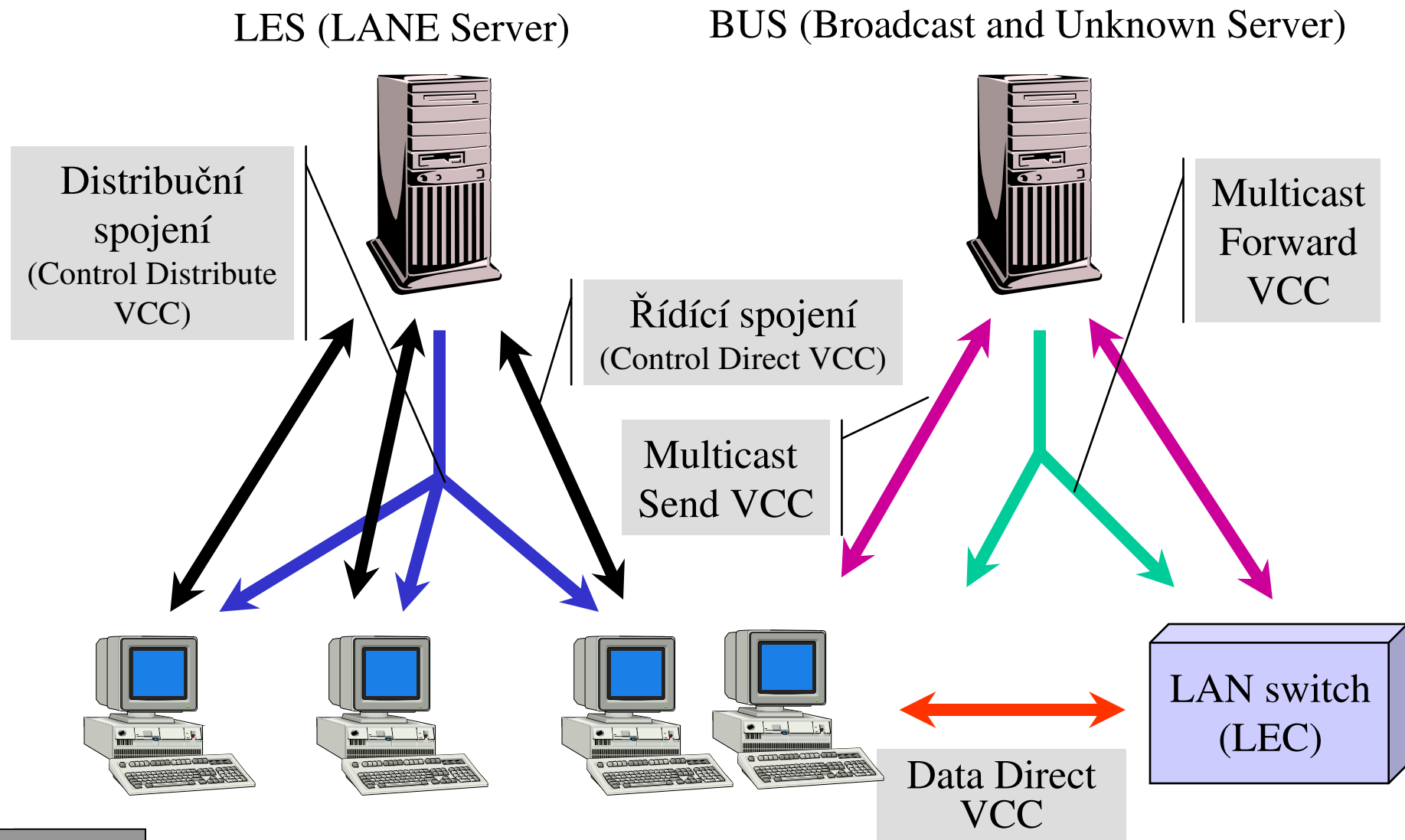
Fungování LAN emulace

- po „naběhnutí“ musí každý LEC (LAN Emulation Client) získat svou ATM adresu
 - má ji např. zadrátovanou
 - nejprve se obrátí na LECS (konfigurační server)
 - např. na VPI=0,VCI=17
 - nebo na jiné předem známé adrese
 - jiným způsobem
 - LEC si zřídí obousměrné řídicí spojení s LECS
 - LECS (konfigurační server) poskytne LEC (klientovi) všechny údaje, které potřebuje pro zapojení do konkrétní ELAN (emulované sítě LAN)
 - mj. do které ELAN patří, adresu LES (emulačního serveru), adresu BUS (broadcast serveru), maximální velikost paketu v ELAN apod.
 - spojení LEC-LECS pak může být zrušeno
- LEC (klient) si zřídí obousměrné řídicí spojení s LES (emulačním serverem)
 - server přiřadí klientovi jednoznačný identifikátor (LECID)
 - klient si následně zaregistruje u serveru svou MAC a ATM adresu
 - mosty a switche si jich mohou zaregistrovat více,
 - server si zřídí jednosměrné vícebodové „distribuční“ spojení s klientem
 - přidá klienta k již existujícím „koncům“
 - používá se pro distribuci dotazů souvisejících s překladem adres
 - zařídí také spojení se serverem BUS

trvale (po celou dobu práce uzlu)

pouze 1x, na "začátku"

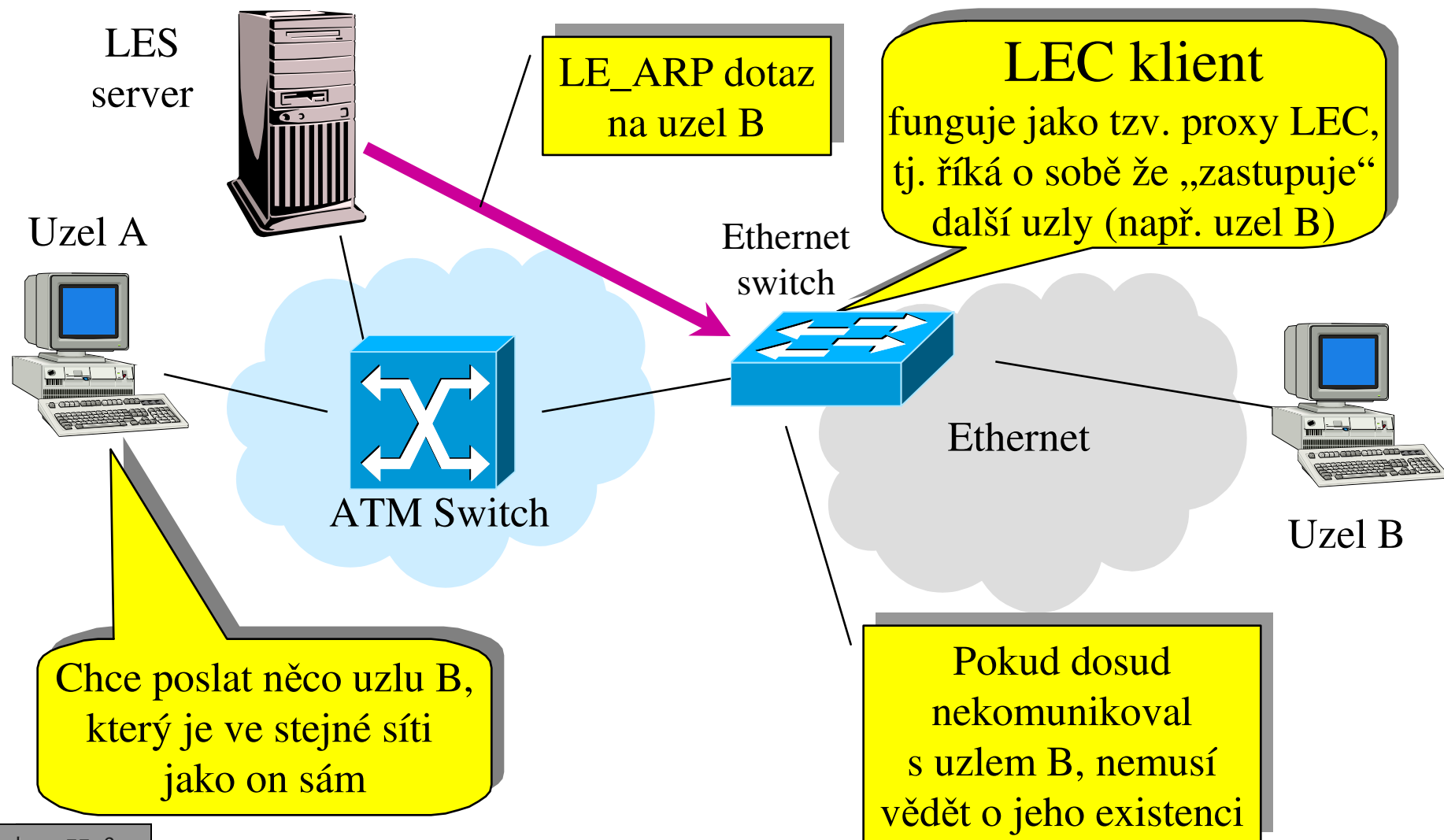
LAN Emulation - spojení



LAN Emulation - ARP

- Pokud LEC klient nezná ATM adresu jiného uzlu
 - kterému chce něco poslat
- obrátí se na LES server s ARP dotazem
 - prostřednictvím řídicího spojení mu pošle dotaz LE_ARP (LAN Emulation ARP)
- Pokud LES server zná odpověď, pošle ji LEC klientovi
 - skrz řídicí spojení
- LES server nemusí odpověď znát
 - typicky proto, že příjemce je „schován“ za mostem resp. switchem, tj. nachází se v jiné části sítě
 - pozor: tato část nemusí být postavena na ATM - například v Ethernetu se dopředu neoznamuje existence uzlů jako u LANE!!!
 - proto LES využije distribuční spojení vedoucí ke všem klientům a předá jim LE_ARP dotaz
 - některý LEC klient (např. LAN switch) může znát odpověď
 - ale nemusí !!!!!

Podstata problému



LAN Emulation - přenos dat

- odesílatel (LEC klient) se snaží zjistit ATM adresu příjemce
 - odešle LE_ARP dotaz LES server
 - pokud LES zná odpověď, poskytne ji
 - pokud odpověď nezná, zeptá se všech LEC klientů, o kterých ví
 - stále nemusí dostat odpověď
- pokud klient obdrží kladnou odpověď
 - tj. dozví se ATM adresu příjemce (nebo switche)
 - naváže s ním přímé spojení a další data posílá přímo
 - klient si cachuje výsledky převodů adres, pro další použití
- pokud LES server adresu nezná,
 - ani poté co se zeptal všech LEC klientů
 - odesílatel (LEC klient) odešle první část dat serveru BUS s žádostí o rozeslání
 - proto, aby se „ozvaly“ případné uzly schované za switchi, o kterých se dosud neví
 - BUS zajistí „záplavové“ rozeslání
- vlastní přenos dat:
 - přenáší se rámce Ethernetu nebo Token Ringu
 - v ATM buňkách
 - využívá se AAL5
 - nespojovaný přenos
- rámce, které mají být rozeslány jako broadcast, se předají BUS (Broadcast and Unknown Server-u)
 - s požadavkem na rozeslání všem uzlům v dané broadcast doméně

Srovnání IP/ATM a LANE

- LANE skrývá existenci ATM
 - lze využít pro různé síťové protokoly
 - aplikace využívají ATM jako jednoduchou nespolehlivou přenosovou službu (UBR, ev. ABR)
 - mnoho z toho, co ATM nabízí, nedokáží využít
 - například garanci kvality služeb
- dovoluje použít stávající síťové aplikace a protokoly bez úprav
 - LANE lze využít pro realizaci virtuálních sítí LAN pomocí ATM sítí
- emulace je hodně komplikovaná
 - a neefektivní
- některé dílčí aspekty LANE nejsou stále dořešeny
 - a záleží na konkrétním výrobcu, jak si je „dodělá“

- Classical IP over ATM
 - týká se pouze IP (TCP/IP)
 - aplikace a protokoly musí být (alespoň trochu) omezeny
 - musí si uvědomovat existenci ATM,
 - nesmí používat broadcast
 - aplikace mohou využívat alespoň něco z toho, co ATM nabízí navíc
 - např. kvalitu služeb
 - obvykle tak nečiní

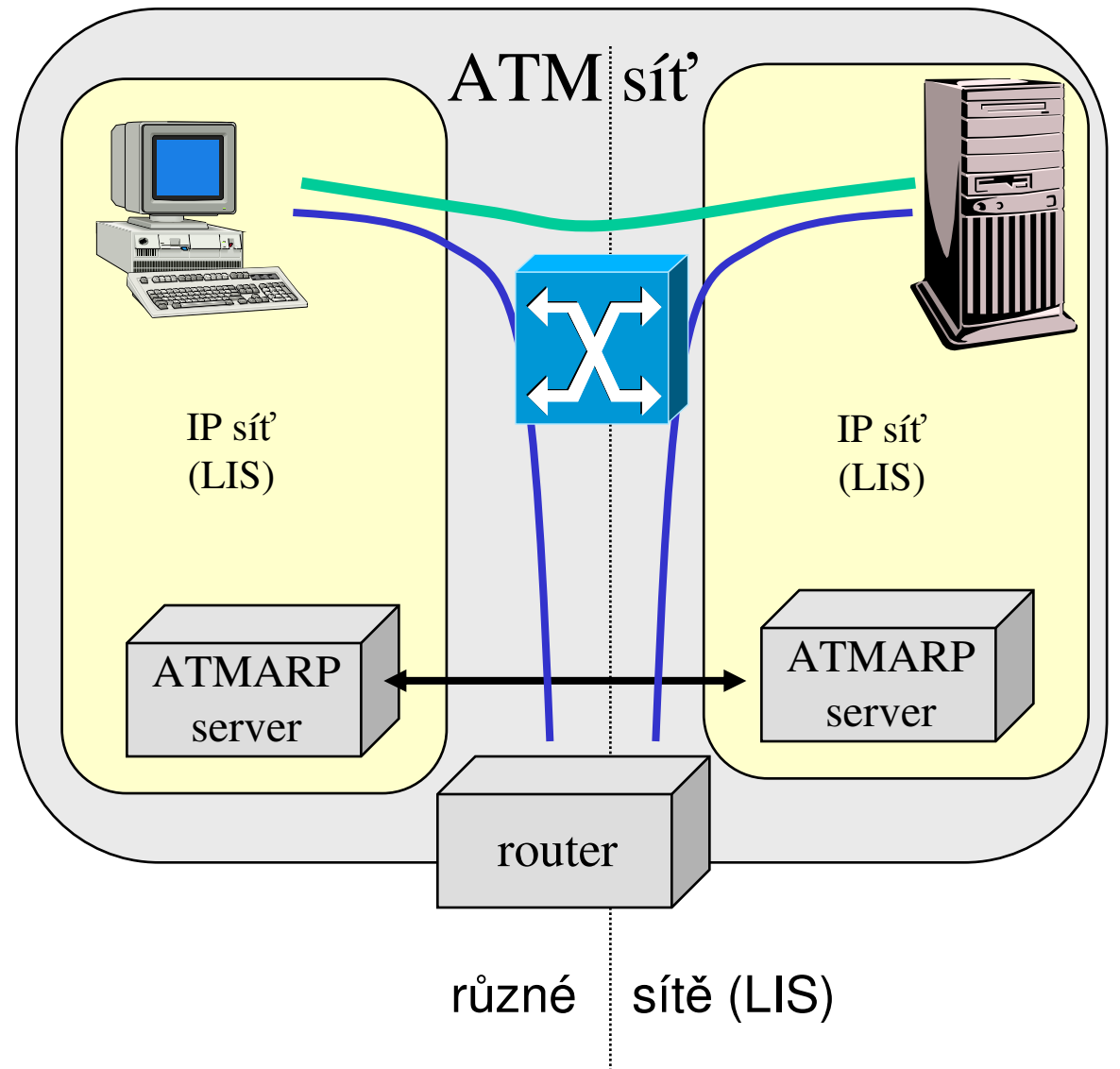
výhodnější spíše pro nasazení v
páteřních sítích

výhodnější spíše pro "konce sítí"

Další vývoj

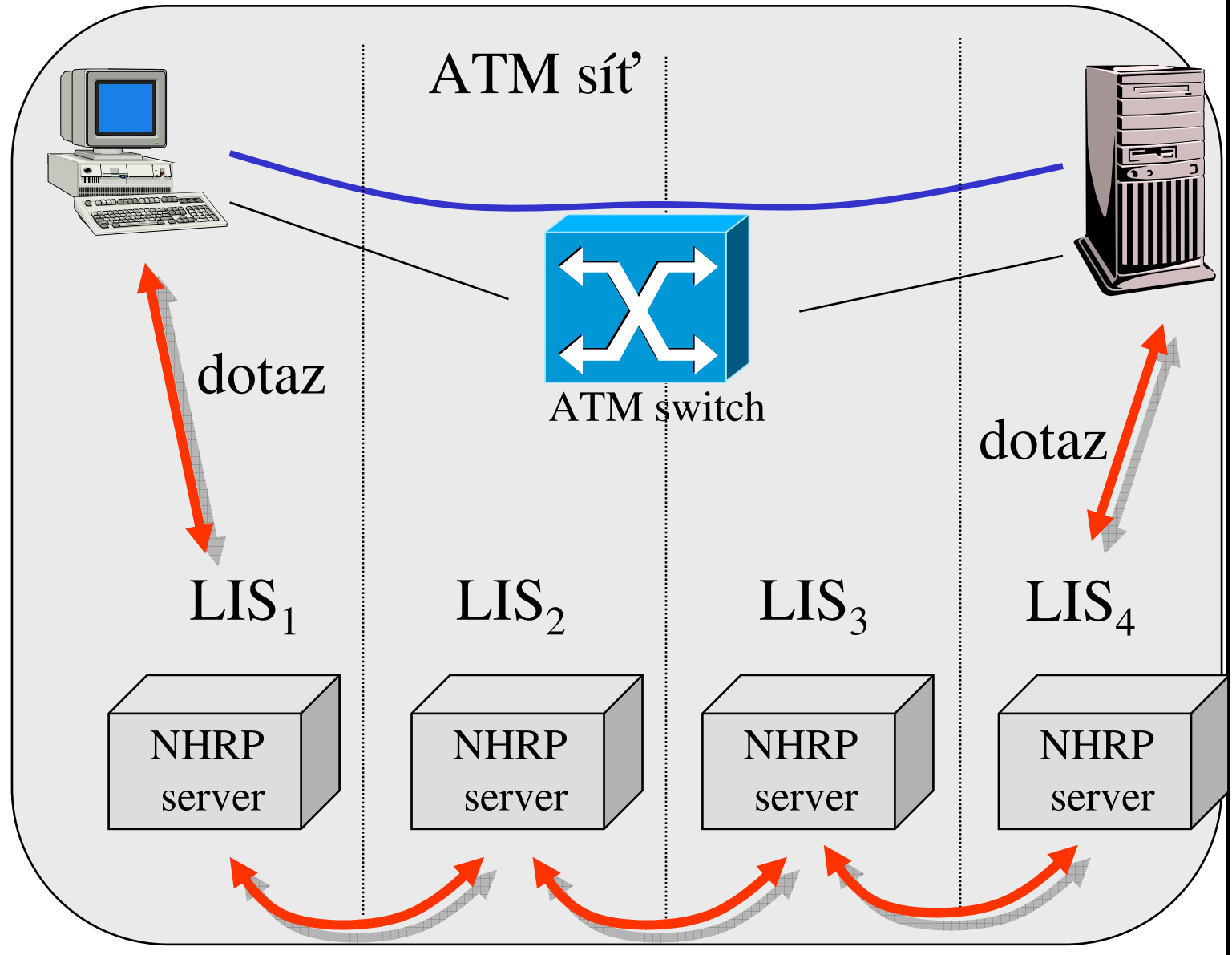
- snaha napravit to, aby se provoz mezi různými sítěmi (v rámci jedné ATM sítě) musel přenášet přes router
 - 1. fáze: spolupráce ATMARP serverů (LIS serverů)
 - 2. fáze: Next Hop Routing Protocol (NHRP)

dokáže nalézt přímou cestou skrze síť NBMA (Non Broadcast Multiple Access) i mezi různými LIS



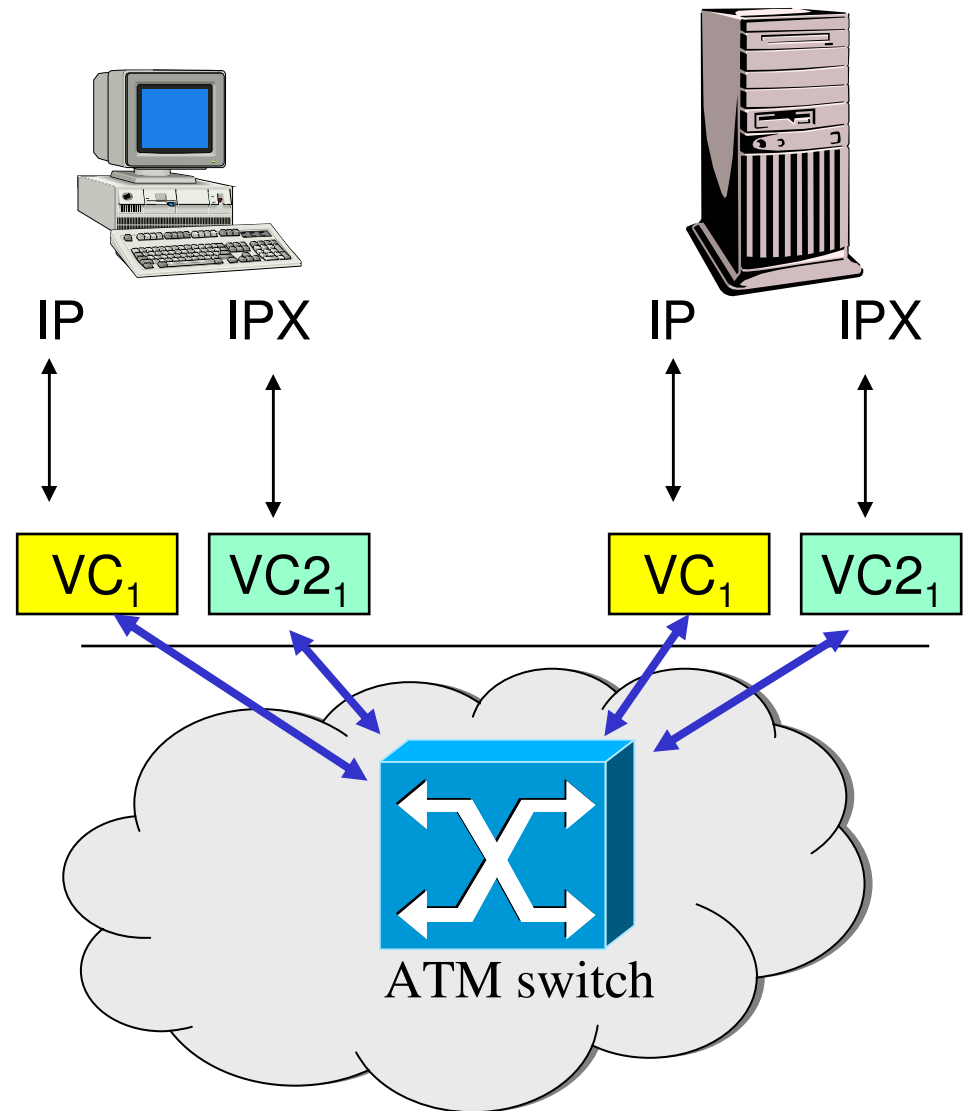
Představa fungování NHRP

- dosáhlo se toho, že "směrovaný provoz" (mezi různými sítěmi) je fakticky "switchovaný"
 - prochází jen po ATM switchích, pokud existuje taková možnost



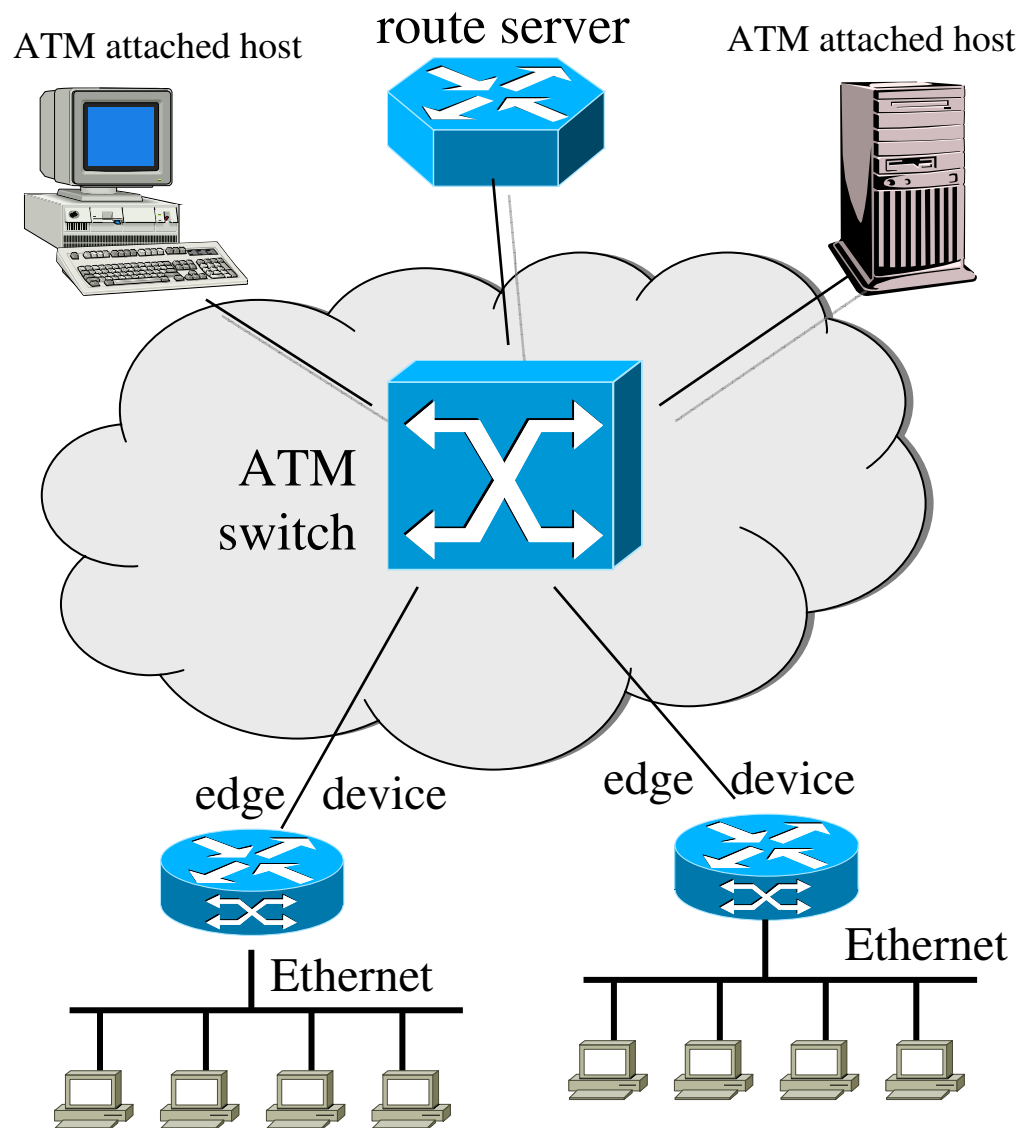
Další vývoj – VCI multiplexing

- je podporován přenos různých protokolů skrz ATM síť
 - stylem blízkým ke "Classical IP over ATM"
- různé protokoly jsou rozlišeny pomocí identifikátorů VCI
- takto funguje MPOA
 - Multiprotocol Over ATM
 - tímto způsobem řeší identifikaci různých protokolů



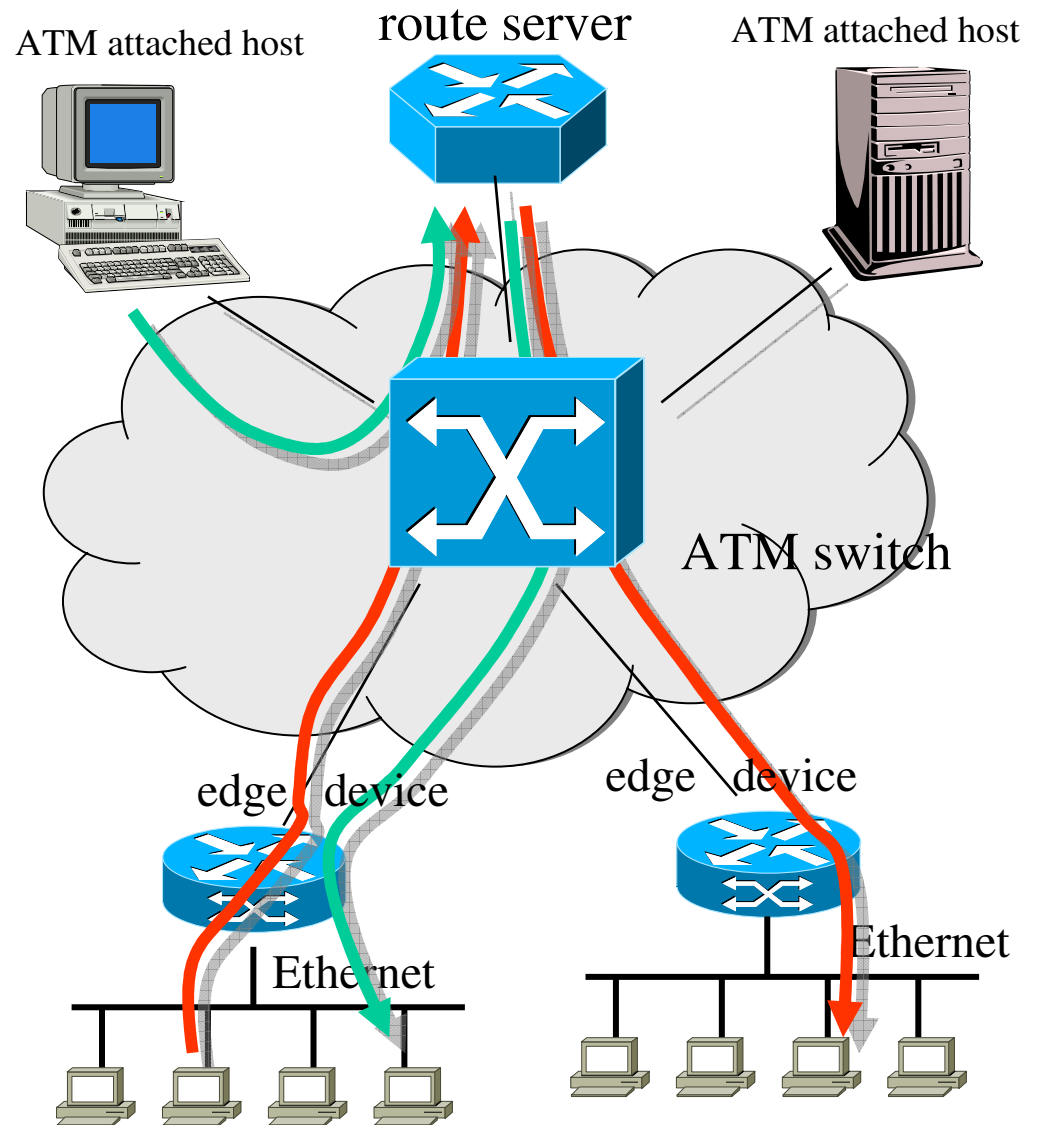
MPOA – Multiprotocol over ATM

- navazuje na Classical IP over ATM a na LANE
 - ale pro více protokolů
- je zaměřeno více na efektivnost
 - snaží se maximálně využít výhod switchingu
- a na propojení s jinými sítěmi
 - předpokládá existenci **edge devices**
 - zařízení "na okraji ATM sítě"
 - předpokládá existenci **route serverů**
 - **MPOA serverů**
 - umožňuje i přímé připojení koncových zařízení k ATM síti
 - direct-attached ATM host
- MPOA klient
 - musí jej mít v sobě každé zařízení přímo připojené k MPOA síti
 - "edge device",
 - direct-attached host



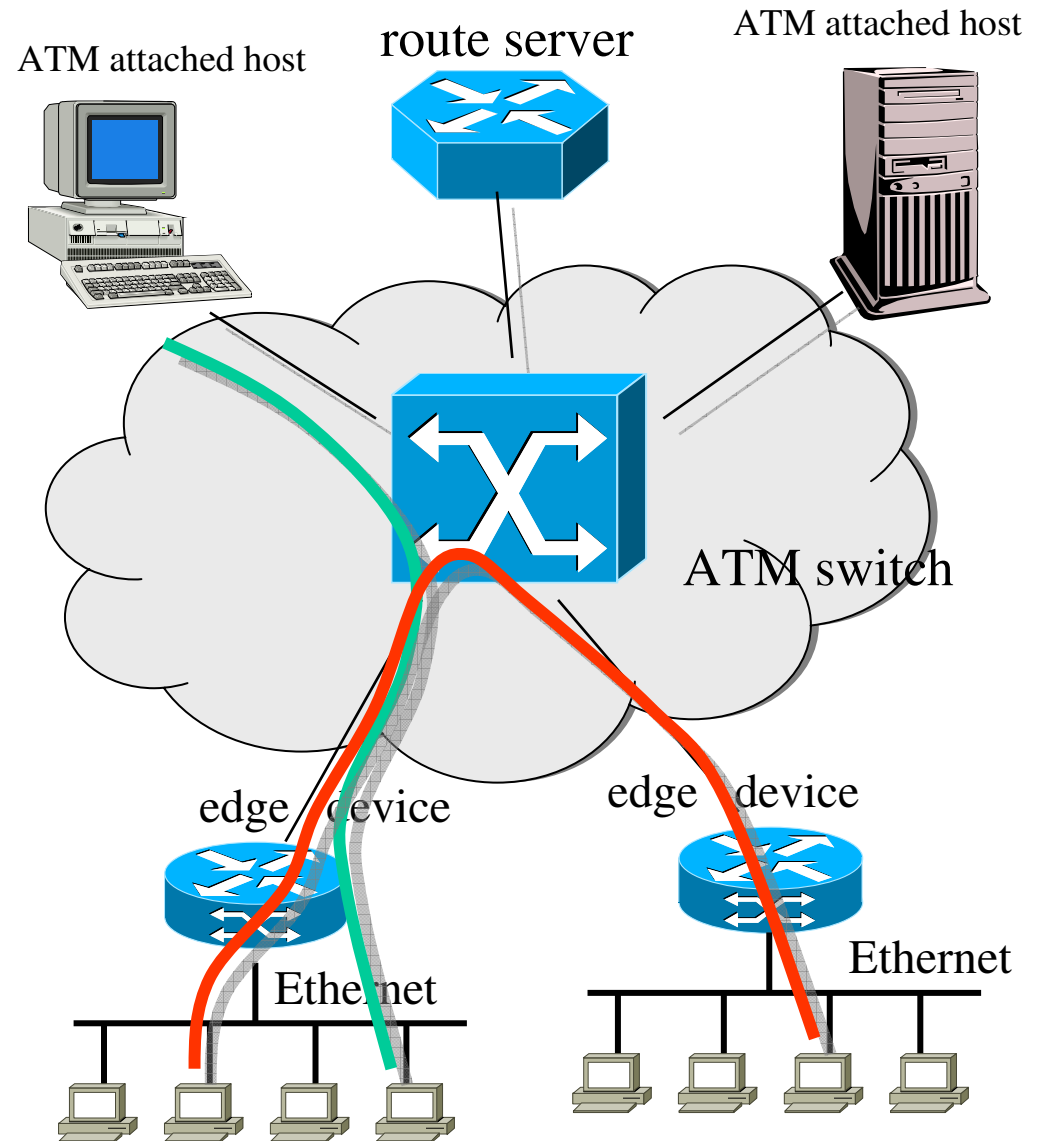
MPOA – princip fungování

- přenos od uzlu A k uzlu B:
 - odesílatel na počátku nezná cestu od A k B
 - proto směřuje provoz od A k route serveru
 - route server zjistí vše potřebné a "poučí" odesílající uzel A, jak má navázat přímé ATM spojení s uzlem B
 - jde o obdobný princip jako je ICMP Router Redirect v TCP/IP
 - vše řídí MPOA klient v koncovém zařízení



MPOA – princip fungování

- přenos od uzlu A k uzlu B:
 - jakmile A zná přímou cestu k B, posílá data přímo
 - "one-hop" přenos jen skrze ATM síť
 - lze využít podporu QoS, kterou ATM síť nabízí
 - opět řeší MPOA klient
 - v každém koncovém uzlu
- lze aplikovat i pro více LIS
 - s více route servery (MPOA servery)
 - domlouvají se navzájem pomocí NHRP

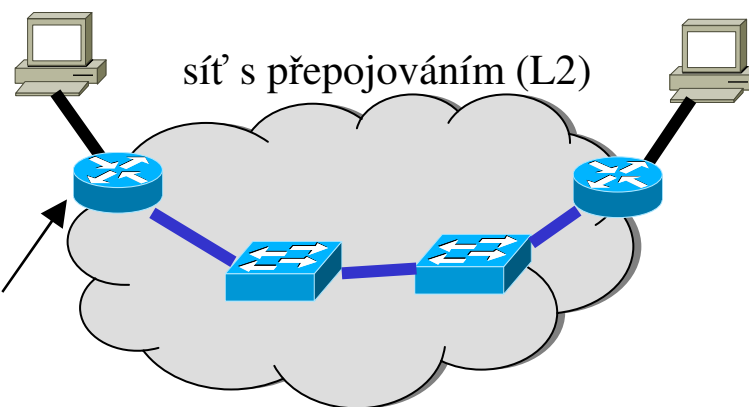


IP streams, tag/label switching

- protokol IP funguje nespojovaně
 - každý IP paket je přenášen nezávisle na ostatních paketech
 - vhodná cesta pro jeho přenos se hledá vždy znovu
 - neefektivní, hlavně pro "rychlé" a spojované technologie nižších vrstev, jako je ATM
- přenosové technologie nižších vrstev fungují spojovaně
 - je velká reže s "mapováním" nespojovaného fungování na spojované
 - nejhorší případ: pro každý paket se zřizuje samostatné spojení
- pozorování:
 - komunikace mezi dvěma koncovými uzly většinou není omezena jen na zaslání jednoho jediného paketu
 - většinou jde o určitou sekvenci paketů, které se přenáší mezi stejnými dvěma uzly
 - tj. nějaký "proud"
- nápad:
 - snažit se detekovat "proudy" IP paketů a ty přenášet spojovaným způsobem
 - což bude mnohem efektivnější
- IP Streams
 - jakou takovéto "proudy" IP paketů
 - obdobně pro jiné protokoly
- nápad:
 - když už budou takovéto "proudy" detekovány:
 - všechny pakety v rámci proudu se označí "nálepkou"
 - anglicky: tag, label
 - a budou se přenášet na úrovni linkové vrstvy
 - jakýmkoli dostupným způsobem
 - přepínače (switch-e) se budou rozhodovat podle nálepky, nikoli podle obsahu IP paketu!!!
 - bude to tzv. "label switching", resp. "tag switching"
 - někdy se to označuje také jako IP switching

snaha nahradit nespojovaný způsob fungování spojovaným

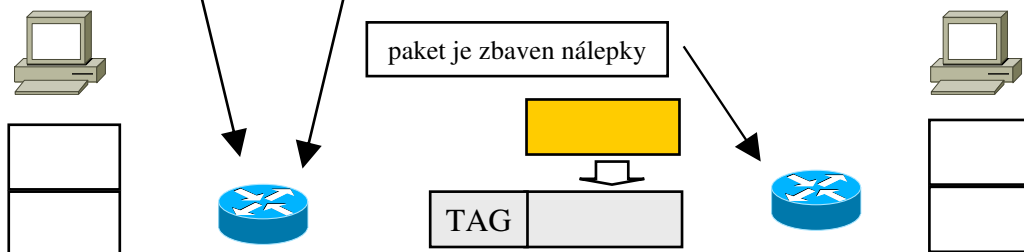
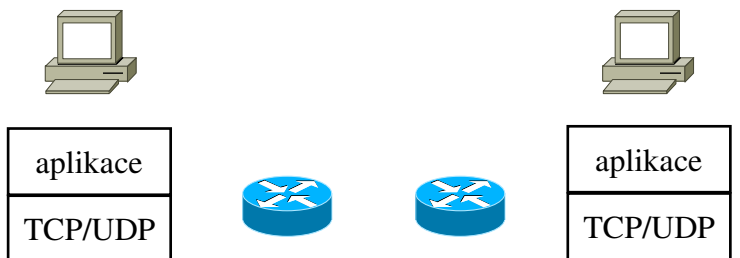
IP streams, tag/label switching



"okrajový"
směrovač

paket je opatřen nálepkou

paket je zbaven nálepky

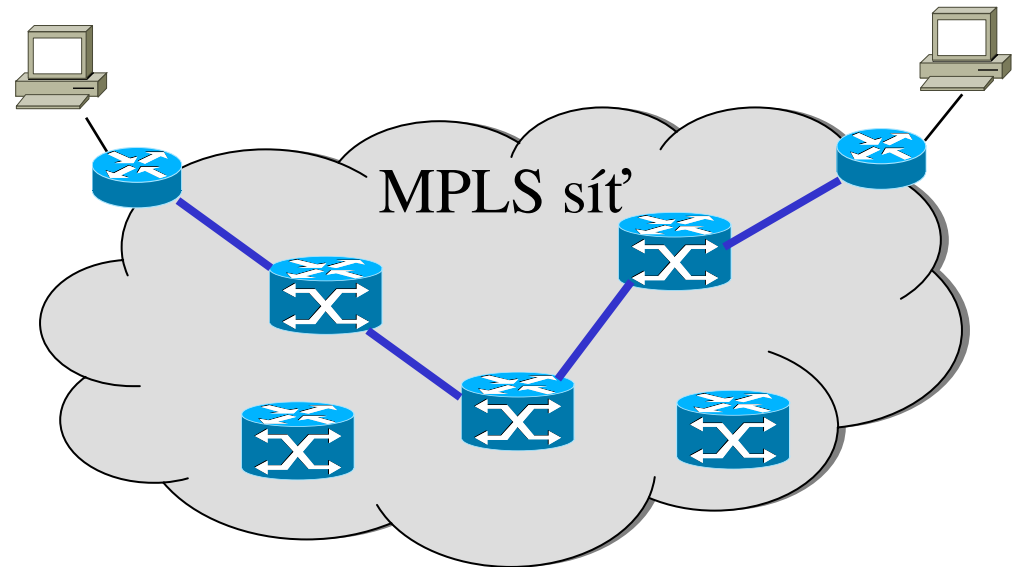


IP	IP	IP	IP
MAC +LLC	MAC +LLC	MAC +LLC	MAC +LLC
PHY	PHY	PHY	PHY

IP	IP	IP	IP	IP
MAC +LLC	MAC +LLC	LS	LS	MAC +LLC
PHY	PHY	PHY	PHY	PHY

MPLS (MultiProtocol Label Switching)

- standardizovaný způsob využití "label switching-u", z rodiny TCP/IP
 - dle RFC 3031, 3032
- snaha nahradit pomalé a složité směrování rychlejším přepínáním na úrovni linkové vrstvy
 - není vázáno jen na ATM – lze použít i jiné technologie na úrovni L2 !!!



- "Edge Router"



- detekuje IP streamy (resp. streamy dalších protokolů), hledá cestu skrze MPLS síť a opatřuje jednotlivé pakety nálepkami (labely)

- LSR (Label Switching Router)



- vnitřní prvek MPLS sítě, rozhoduje se pouze podle nálepky (labelu), nebere v úvahu obsah paketu
 - nemusí mu rozumět, může jít o různé protokoly)

- LSP (Label Switching Path)



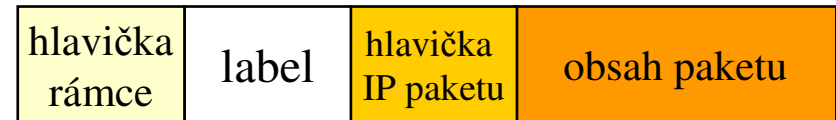
- cesta skrze MPLS síť, vytyčený po detekci streamu. Po této cestě jsou přenášeny pakety označené stejnou nálepkou

- LDP (Label Distribution Protocol)

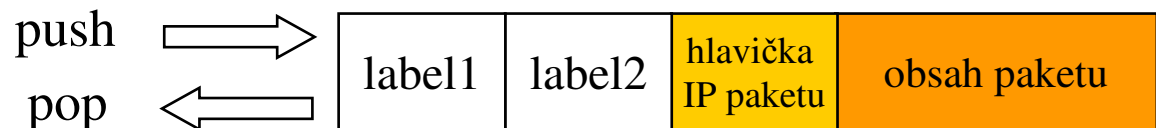
- protokol pro distribuci nálepek v rámci MPLS sítě (součást TCP/IP)

MPLS Label a FEC

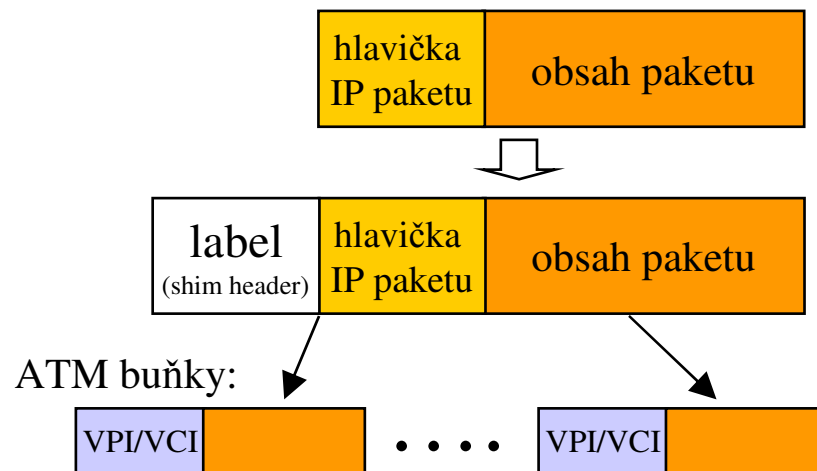
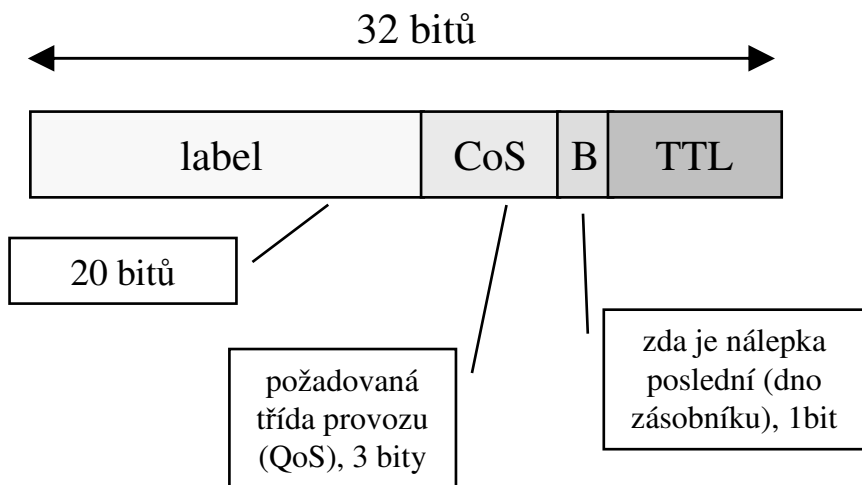
- místo "IP Stream" MPLS definuje FEC (Forward Equivalence Class):
 - třídy datového provozu, které "mají projít skrze MPLS síť" a mají stejné požadavky na svůj přenos
 - nejen pokud jde o výstupní bod, ale také např. požadavky na QoS
- nálepky (labels) se přiřazují podle příslušnosti k jednotlivým třídám FEC
 - rozhoduje o tom (Label) Edge Router
- nálepka (label) se vkládá mezi paket síťové vrstvy a hlavičku rámce linkové vrstvy
 - jako tzv. "shim header"
 - rámec linkové vrstvy je různý podle toho, jaká technologie je použita pro realizaci MPLS
 - může to být např. ATM, Frame Relay, Gigabitový Ethernet apod.



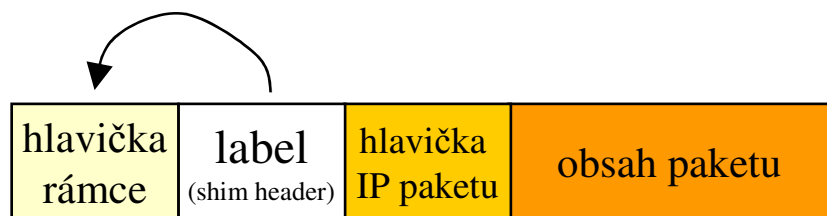
- nálepky (labels) jsou zobecněním cest a okruhů v ATM
- nálepky lze "skládat na sebe"
 - na principu zásobníku
 - lze využít například pro realizaci virtuálních sítí
 - vnější nálepka se vždy týká pouze daného přeskočení mezi dvěma LSR
 - každý LSR ji odstraní a nahradí novou nálepkou
 - odpovídá to přepisování čísel kanálů/okruhů u ATM, které se také při jednotlivých přeskočích liší



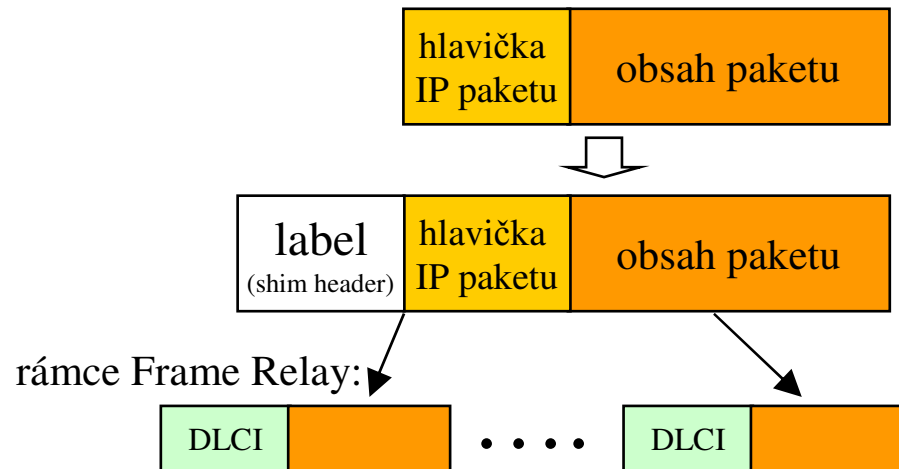
Formát labelu



- nálepky (labels) jsou pro všechny technologie stejné
 - ale promítají se do různých hlaviček linkových rámců (buněk)



- MPLS může být realizováno s využitím ATM, nebo Frame Relay, TDM či dalších technologií



Vlastnosti a využití MPLS

- rozhodování o příslušnosti k "proudu" (FEC, Forwarding Equivalence Class) může být založeno na:
 - topologii
 - navazuje na klasické směrování
 - žádosti
 - konkrétní přenosy si vyžádají určitou úroveň QoS
 - provozu
 - MPLS síť reaguje na dosavadní průběh provozu
 - kombinaci výše uvedeného
- celkově velmi pružné, lze aplikovat různé strategie
 - hodí se hlavně v páteřních sítích, kde lze rozlišovat různé druhy provozu
- MPLS vytváří "jednotný přenosový substrát"
 - obdobně jako protokol IP
 - ale na nižší úrovni
- "obvyklé" využití:
 - IP over MPLS
 - nebo jiné protokoly síťové vrstvy nad MPLS
- ale v úvahu připadá také
 - provozování protokolů linkové vrstvy nad MPLS
 - např.:
 - ATM over MPLS
 - Frame Relay over MPLS
 - Ethernet over MPLS
 - TDM over MPLS