Počítačové sítě, v. 3.6

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

Lekce 2: internetworking - II.

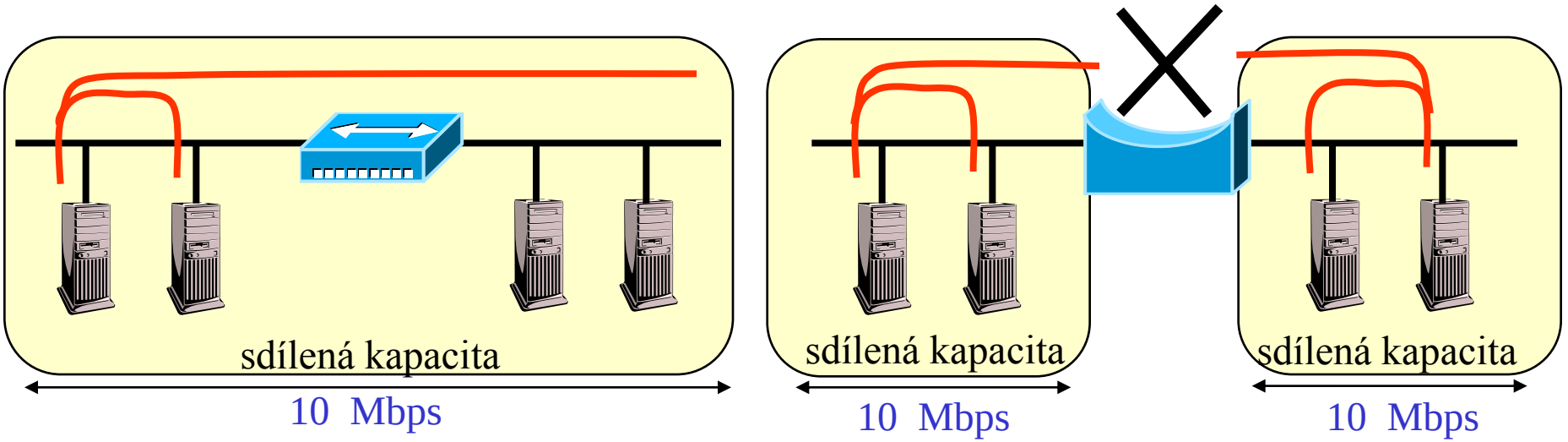
základní otázka (internetworking-u)

- jak rozčlenit lokální síť?
  - nechat ji jako jednu "velkou a plochou" síť?
  - rozdělit ji na více dílčích sítí/segmentů?
    - kdy použít opakovač, kdy most či switch, a kdy směrovač?
  - ….
- neexistuje jednoznačný návod, záleží na konkrétní situaci …
  - jaká je síť
    - jak je velká, kolik je počítačů, jaké jsou servery a jaké stanice, jaké aplikace se používají
  - co je cílem
    - zda zvýšení propustnosti, propojení, ochrana proti neoprávněnému přístupu, optimalizace toků v síti či něco jiného
  - významnou roli hrají i faktory typu: styl práce uživatelů, způsob nakonfigurování aplikací, výpočetní model ….
    - např. zda jsou MS Windows a základní aplikace nainstalovány lokálně, nebo centrálně (na file serveru), případně používány na dálku

- rozhodování mezi opakovačem a mostem (či switchem) hodně závisí na rozdílu mezi sdílenou a vyhrazenou přenosovou kapacitou
  - opakovače zachovávají sdílený charakter dostupné přenosové kapacity
  - mosty nezachovávají sdílený charakter, snaží se alespoň nějakou část přenosové kapacity vyhradit
  - přepínače (switche) mohou dosahovat poměrně vysokého stupně „vyhrazení“ přenosové kapacity

- důležité otázky:
  - co je sdílená co vyhrazená kapacita?
  - jaký je rozdíl mezi mostem a přepínačem?
  - jaké jsou trendy "segmentace" lokálních sítí
  - co jsou virtuální LAN?
  - ….

sdílená vs. vyhrazená přenosová kapacita

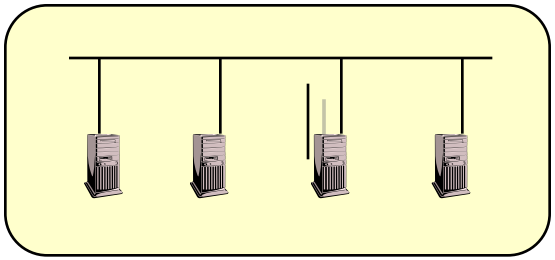


- opakovač šíří veškerý provoz do všech směrů
  - vše, co je propojeno opakovači, má k dispozici celkovou přenosovou kapacitu odpovídající 10 Mbps (v Ethernetu) - tato kapacita je všemi uzly sdílena
    - pro celkovou propustnost to (obvykle) není optimální

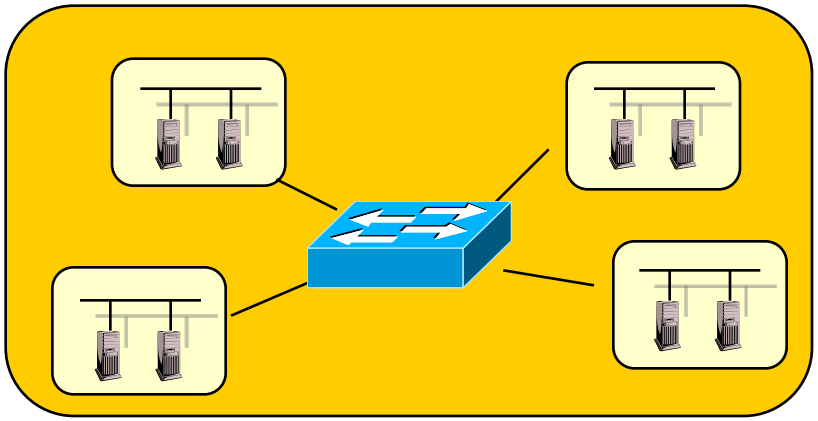
- most (ani přepínač) nešíří veškerý provoz do všech směrů
  - díky „lokalizaci“ provozu v jednotlivých částech mohou mít komunikující dvojice „celou“ přenosovou kapacitu jen pro sebe (tato je pro ně vyhrazena)
    - v ideálním případě!!!!

jak zvýšit propustnost sítě?

- přístup "hrubou silou"
  - nezmění se princip fungování
    - sdílená přenosová kapacita
  - jen se zvýší nominální přenosová rychlost
    - např. 10x u 100 Mbps Ethernetu
- pak stačí použít propojení pomocí opakovačů
  - lze zůstat u sdílené přenosové kapacity
    - ale ani to nelze dělat "příliš dlouho", kvůli kolizím v Ethernetu

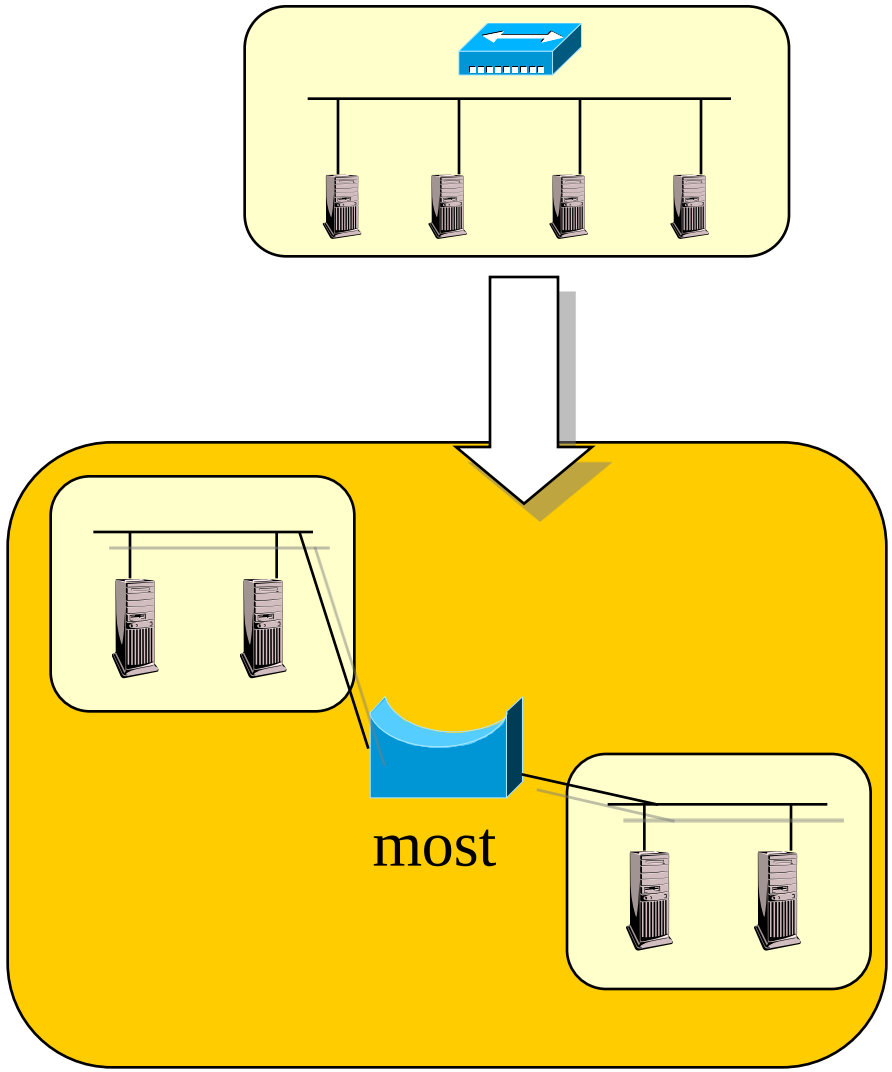


- "inteligentní" přístup
  - snaha rozčlenit síť tak, aby se lokalizoval "místní provoz" a maximálně využil efekt vyhrazené přenosové kapacity
    - aby byly optimalizovány toky v síti
  - např. tzv. přepínaný Ethernet
    - Switched Ethernet
- využívá se propojení pomocí přepínačů



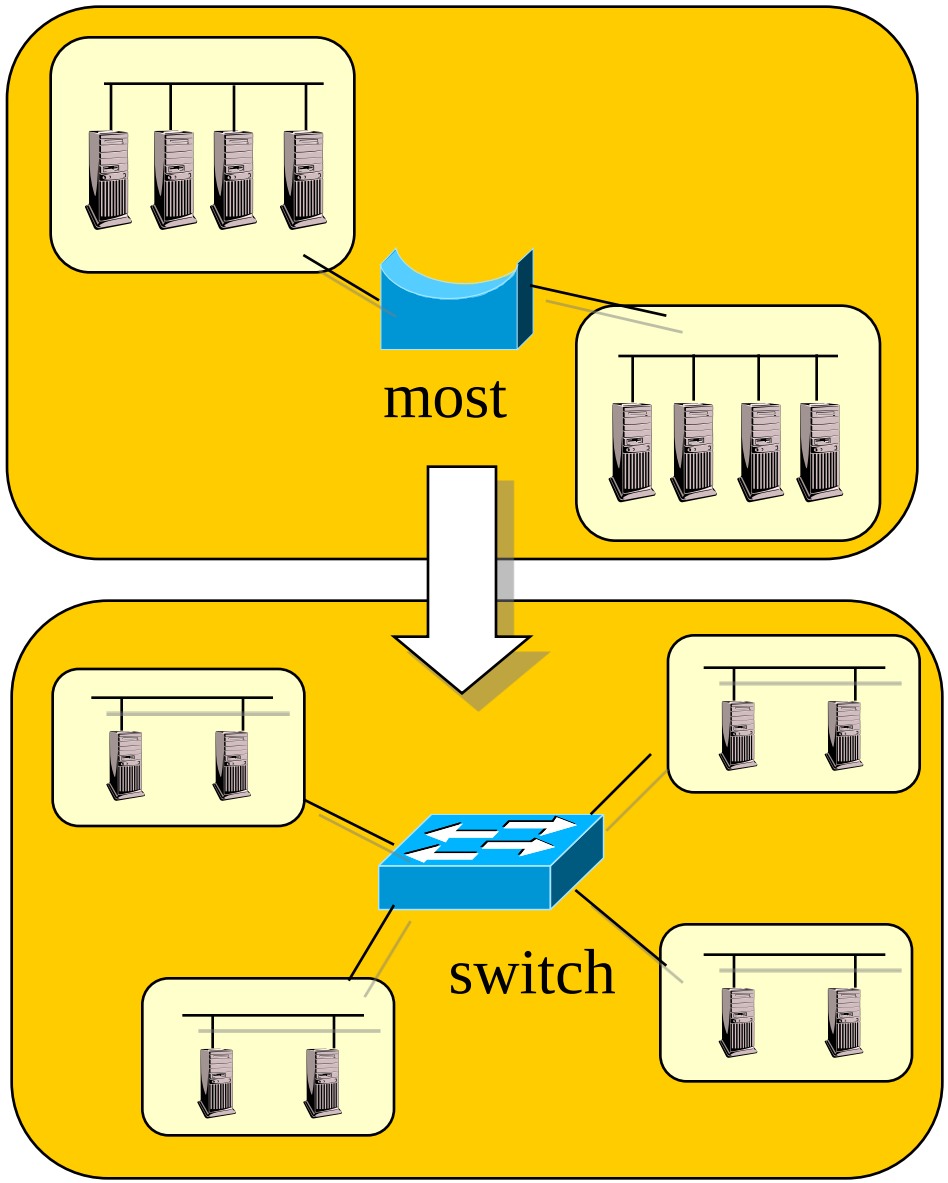
techniky pro zvýšení propustnosti: segmentace

- princip:
  - jeden souvislý segment (představující sdílenou přenosovou kapacitu a kolizní doménu) se rozdělí na dvě části (dva segmenty)
    - případně více segmentů
  - využívá se efektu lokalizace provozu
    - místní provoz v dílčím segmentu není šířen do ostatních segmentů
  - pro realizaci stačí most (bridge)
    - hlavní důraz je kladen na schopnost filtrovat
      - zablokovat přenos dat do jiného segmentu
    - **výkonnost cíleného předávání (forwardingu) není tolik důležitá!!**
      - **proto stačí klasický most (bridge)**



techniky pro zvýšení propustnosti: segmentace

- pozorování:
  - *čím budou dílčí sdílené segmenty menší, tím menší bude "lokální provoz"*
    - a naopak tím větší bude provoz mezi dílčími segmenty
  - tím současně porostou nároky na přepojovací kapacitu mostu
    - bude se méně využívat "filtering" a více "forwarding"
  - místo mostu (bridge) se musí použít takové zařízení, které je na to lépe dimenzováno:
    - přepínač (switch)

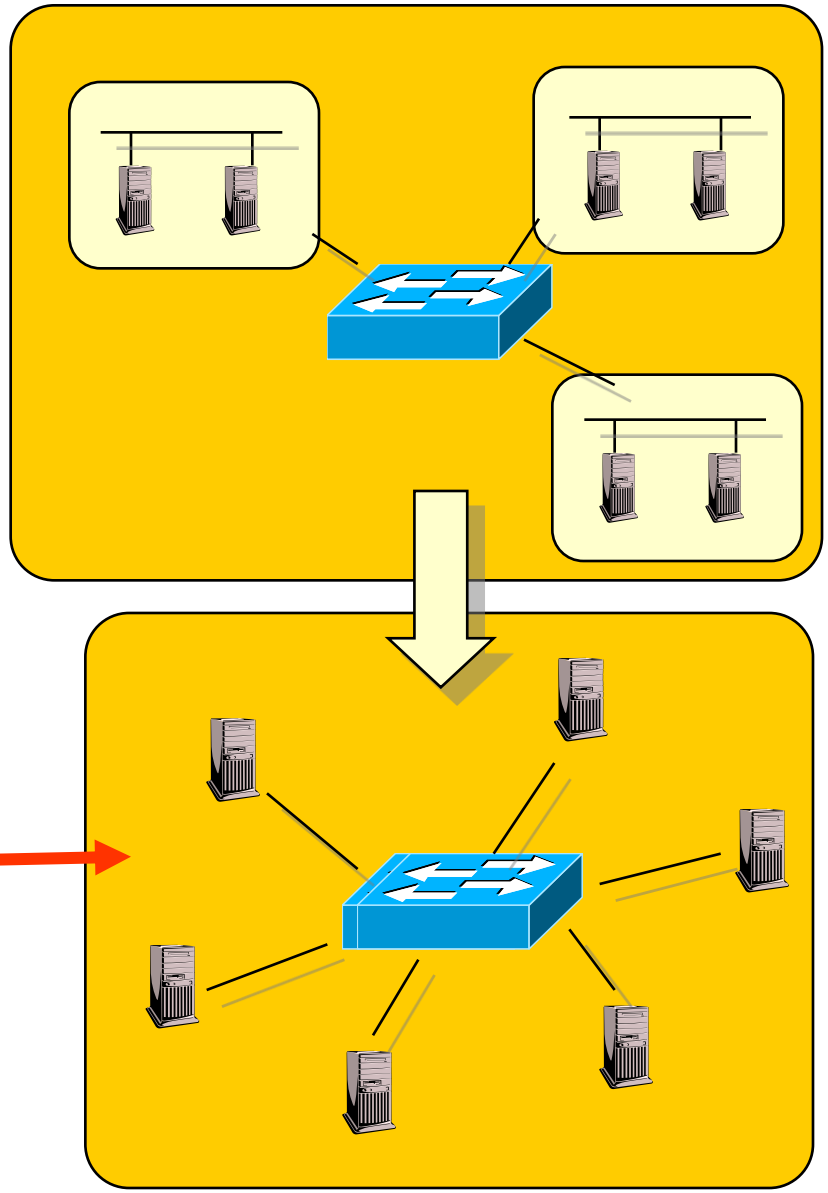


rozdíl most – přepínač (bridge – switch)

- neliší se:
  - principem fungování
    - oba fungují na úrovni linkové vrstvy
    - oba se rozhodují podle informací dostupných na linkové vrstvě
      - linkových adres a znalosti bezprostředního okolí
    - oba zajišťují filtering i forwarding
- most (bridge) je starší typ zařízení
  - má méně portů pro připojení dílčích (sdílených) segmentů
  - není u něj důraz na výkonnost
    - na rychlost provádění forwardingu
  - jeho vnitřní fungování je často řešeno programovými prostředky
    - pokud je na něco optimalizován, pak na jednoduchost
- přepínač (switch) je novější typ zařízení
  - má více portů než typický most
    - původně byly switche označovány také jako "multiportové bridge"
  - je optimalizován na výkonnost a celkovou propustnost
    - pro potřeby forwardingu
  - jeho "přepojovací stroj" (switching engine) je typicky realizován v hardwaru
    - pomocí zákaznického obvodu (ASIC), šitého na míru dané funkci
  - přináší efekt vyhrazené přenosové kapacity
- je stále "plug-and-play"
  - v Ethernetu funguje na principu samoučení
    - i když kvůli optimalizaci může pracovat i se statickou konfigurací

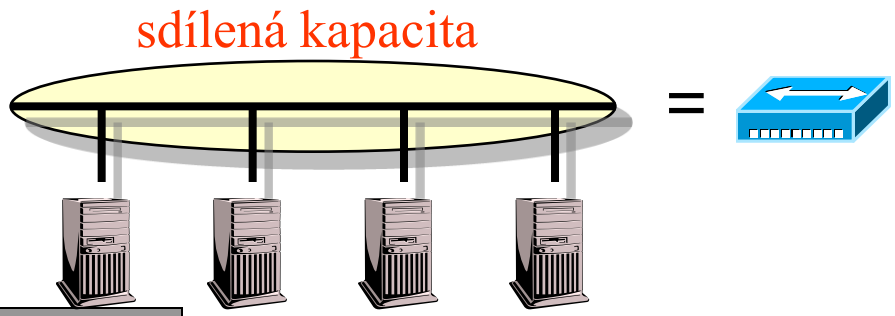
techniky pro zvýšení propustnosti: mikrosegmentace

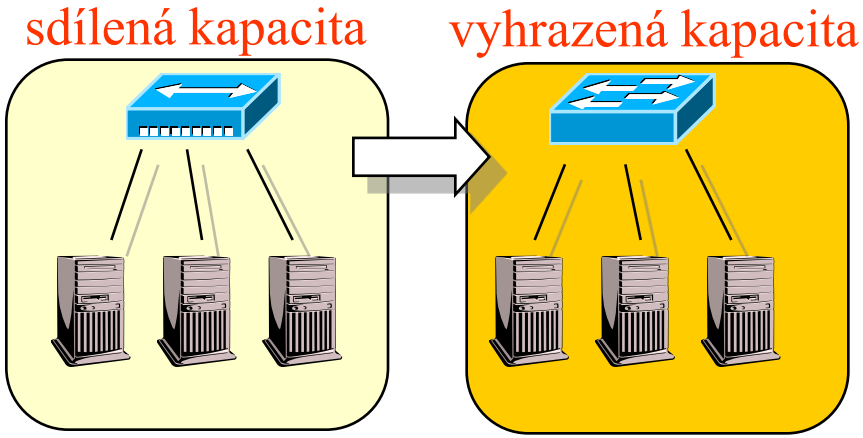
- mikrosegmentaci si lze představit jako segmentaci dotaženou do dokonalosti:
  - každý dílčí (sdílený) segment bude "obydlen" jen jedním uzlem
  - pak nebude existovat žádný lokální provoz
    - nebude žádný filtering
  - veškerý provoz bude třeba cíleně forwardovat do příslušného cílového segmentu
- dosáhne se tak maximálního možného efektu vyhrazené přenosové kapacity
  - ale klade to největší nároky na přepojovací kapacitu přepínače !!!



mosty vs. přepínače

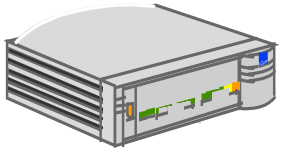
- jiné vysvětlení rozdílu mezi mosty a přepínači (v Ethernetu):
  - mosty vznikly v době, kdy Ethernet používal koaxiální kabely a měl skutečně sběrnicovou topologii
    - tj. byl technologií se sdíleným přenosovým médiem
  - segmenty měly typicky více uzlů
    - mosty se snažily udělat maximum pro využití dostupné kapacity
    - segmenty s jedním uzlem neměly smysl
  - později Ethernet přešel na použití kroucené dvoulinky, která není sdíleným médiem
    - topologie se ze sběrnicové změnila na stromovitou !!
    - ale Ethernet se k ní stále choval jako kdyby měla charakter sdíleného média
- přepínač (switch) je vlastně řešením, které naplno využívá možností stromovité topologie
  - zrodil se tzv. "přepínaný Ethernet"
    - Switched Ethernet





v čem se liší přepínače?

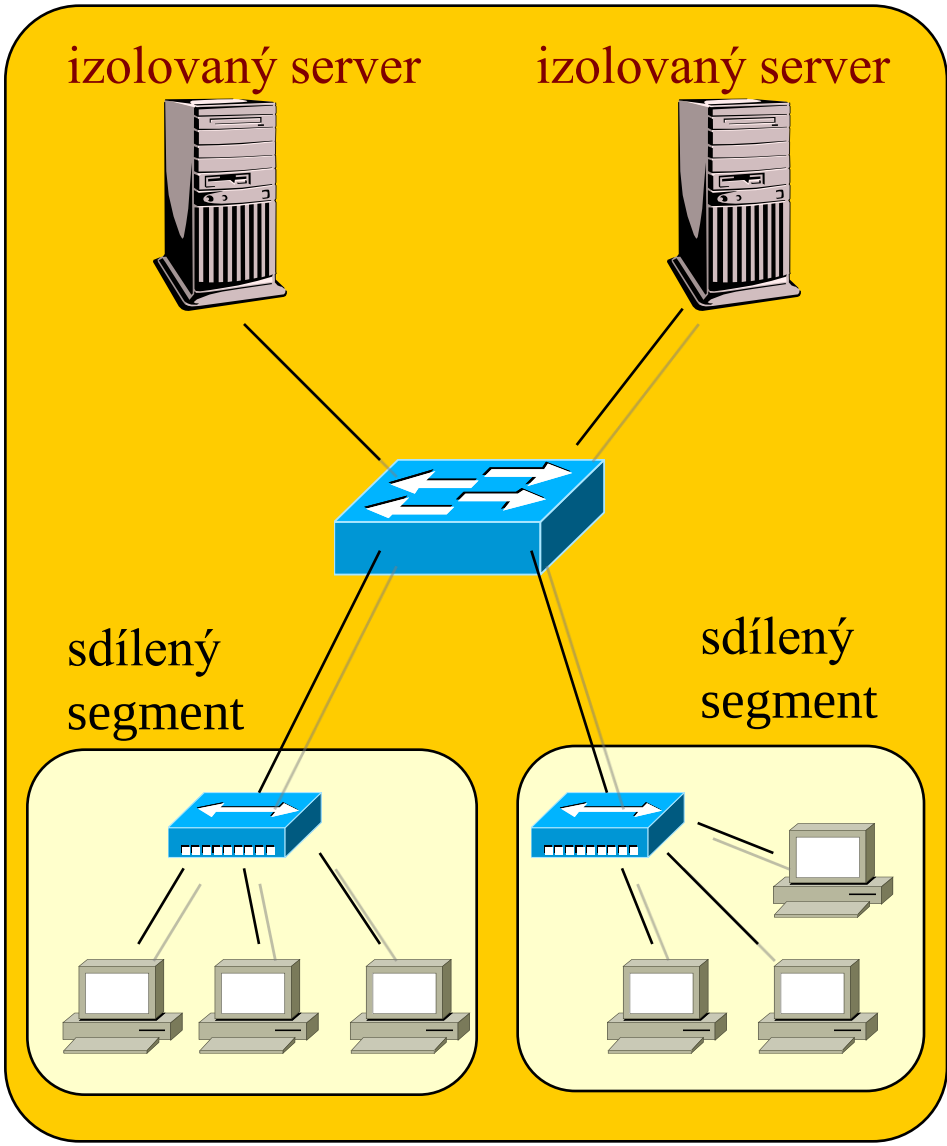
- v tom, kolik uzlů je možné připojit ke každému segmentu (portu)
  - kolik MAC adres si přepínač zvládne pamatovat na každém segmentu (portu)
    - 1 uzel na segment = ideální stav (mikrosegmentace)
    - více uzlů na segment = méně-než-ideální stav
  - počet je omezen kvůli efektivnosti
    - kvůli velikosti forwardovací tabulky a složitosti jejího prohledávání
- v celkové přepojovací kapacitě
  - zda postačuje pro ideální stav
- v režimu fungování
  - store&forward přepínač
    - přepínač nejprve načte celý rámec a uloží jej do svého bufferu (store), pak se rozhodne co s ním a event. ho předá dál (forward)
    - má větší průchozí zpoždění
  - cut-through přepínač
    - přepínač načeká na načtení rámce ale rozhodne se ihned po načtení jeho hlavičky (a začne rámec přeposílat okamžitě dál)
    - má menší zpoždění (tzv. latenci)


?

?

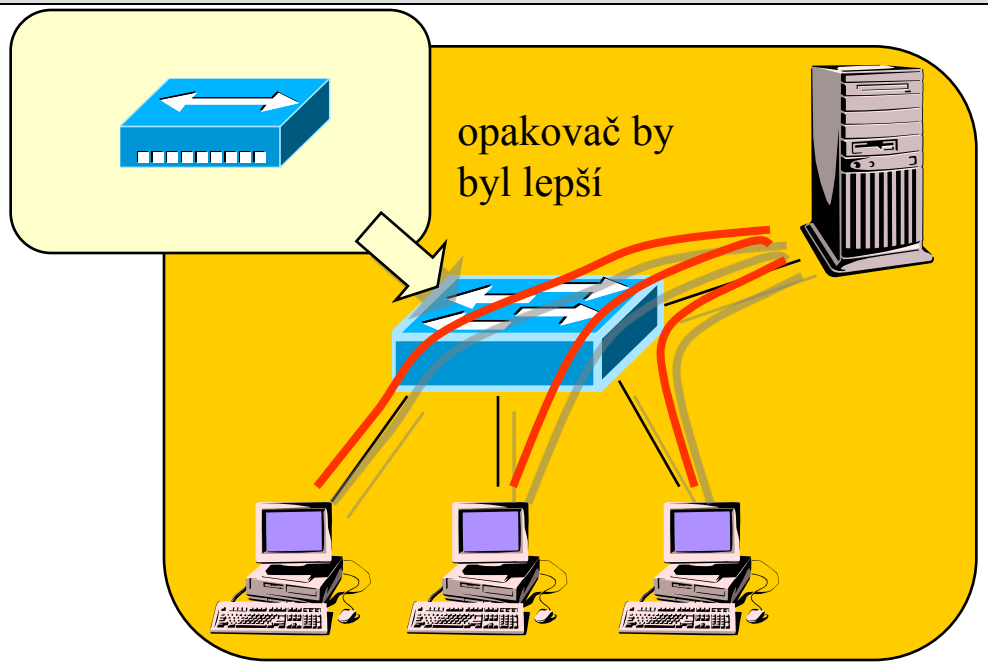

další techniky pro zvýšení propustnosti: izolace serverů

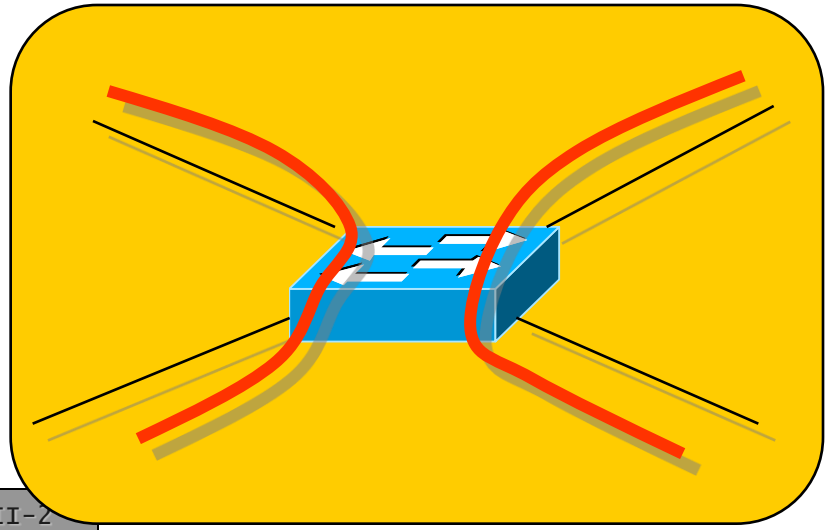
- mikrosegmentace nebývá v praxi (vždy) vhodným řešením
  - porty přepínačů jsou relativně drahé, nevyplatí se připojovat k nim jednotlivé pracovní stanice
    - které ani nevyužijí dostupnou přenosovou kapacitu
- častější řešení:
  - nejvíce zatížené uzly se připojí přímo k portům switche
    - tj. na principu mikrosegmentace, neboli jako 1-uzlové segmenty
  - méně zatížené uzly se připojí ke sdíleným segmentům
    - a teprve tyto sdílené segmenty se jako celky připojují k portům switche
- efekt "izolovaných serverů" lze dále zvýšit použitím přepínačů s různými rychlostmi na portech
  - např. ethernetové switche 10/100 Mbps
  - izolované servery s velkou zátěží se připojují na rychlejší porty
  - pracovní stanice (event. celé sdílené segmenty) se připojují na pomalejší porty
- připadá to v úvahu jen u přepínačů (switchů) fungujících na principu store&forward
  - nikoli cut-through
    - ty musí mít všechny porty stejně rychlé



použití opakovačů vs. přepínačů

- přepínače nejsou univerzálně výhodnější oproti opakovačům
  - vyhrazená kapacita nemusí být výhodnější oproti sdílené
    - v případě že se vyhrazená kapacita nemůže uplatnit





- například pokud veškerý provoz směřuje z/do jednoho segmentu
  - například když jde o pracovní stanice, které nekomunikují mezi sebou ale pouze se serverem
  - pak je výhodnější opakovač
    - kvůli ceně i latenci

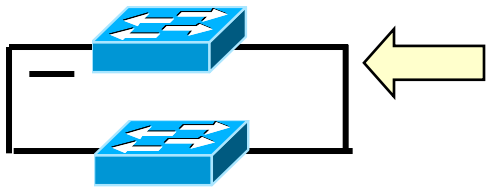
nevýhody mostů/přepínačů

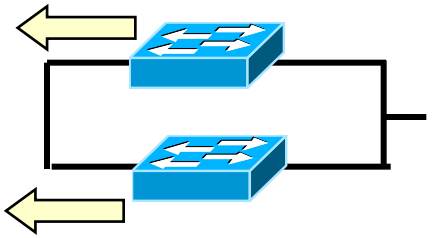
- musí zkoumat obsah všech rámců
  - a ne pouze rámců které mu jsou adresovány přímo
    - což nejsou žádné, když jsou mosty/přepínače transparentní
    - viz promiskuitní režim fungování
- musí šířit všesměrové vysílání
  - připomenutí: co je propojeno na úrovni linkové vrstvy, tvoří tzv. **broadcast doménu**
  - problém: mnohé služby využívají broadcast ke svému fungování
    - např. pro hledání serverů, pro překlad IP adres na linkové atd.
- fungují na principu "forward-if-not-local"
  - forwardují kdykoli nějaký rámec není lokální
  - nezkoumají zda příjemce existuje
  - mohou forwardovat zbytečně
- některé situace vyžadují „oddělení“ na úrovni síťové vrstvy
  - např. připojení k Internetu
- nepodporují redundantní cesty (cykly)
  - dokonce to vadí jejich řádnému fungování
- propojením pomocí přepínače (obecně na linkové úrovni) vzniká tzv. “plochá síť
  - z hlediska síťové vrstvy a síťových adres (např. IP adres) je to jedna síť
    - musí propagovat všesměrové vysílání do všech svých částí
      - které je u dnešních aplikací dosti běžné
    - nebezpečí tzv. broadcast storms (laviny, způsobené chybným všesměrovým vysíláním)
    - mohou být problémy s přidělováním adres (např. IP adres)
- neumožňují aplikovat přístupová omezení, ochranu ….
  - informace související s přístupovými právy a ochranou jsou typicky vztaženy až k síťové vrstvě
  - postavení všech uzlů (z hlediska přístupových práv) je identické

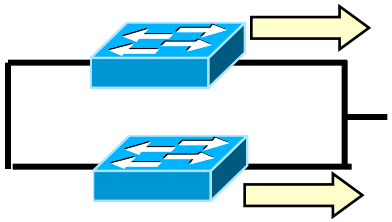
směrovače pracují na obráceném principu: směrují dál jen když vědí kam

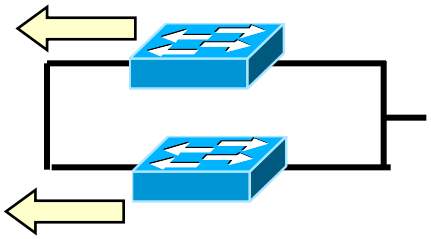
co je "broadcast storm"?

- je to stav, kdy si přepínače (event. mosty) nekontrolovaným způsobem vzájemně posílají rámce, které příjemce dále šíří do všech směrů (jako broadcast), a tyto rámce se nezastavují ale lavinovitě šíří dál a dál …
  - jde o řetězovou reakci
  - často eskaluje až do zahlcení dostupné kapacity
- typické příčiny:
  - chyba jednoho či více zařízení
  - neošetřený cyklus na úrovni linkové vrstvy
- obrana:
  - dokonalejší přepínače
    - umí řešit cykly, …..
  - menší "přepínané" celky
    - oddělení menších částí pomocí směrovačů



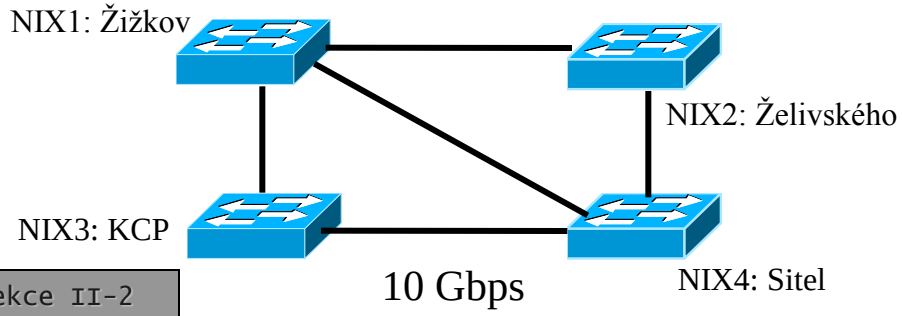


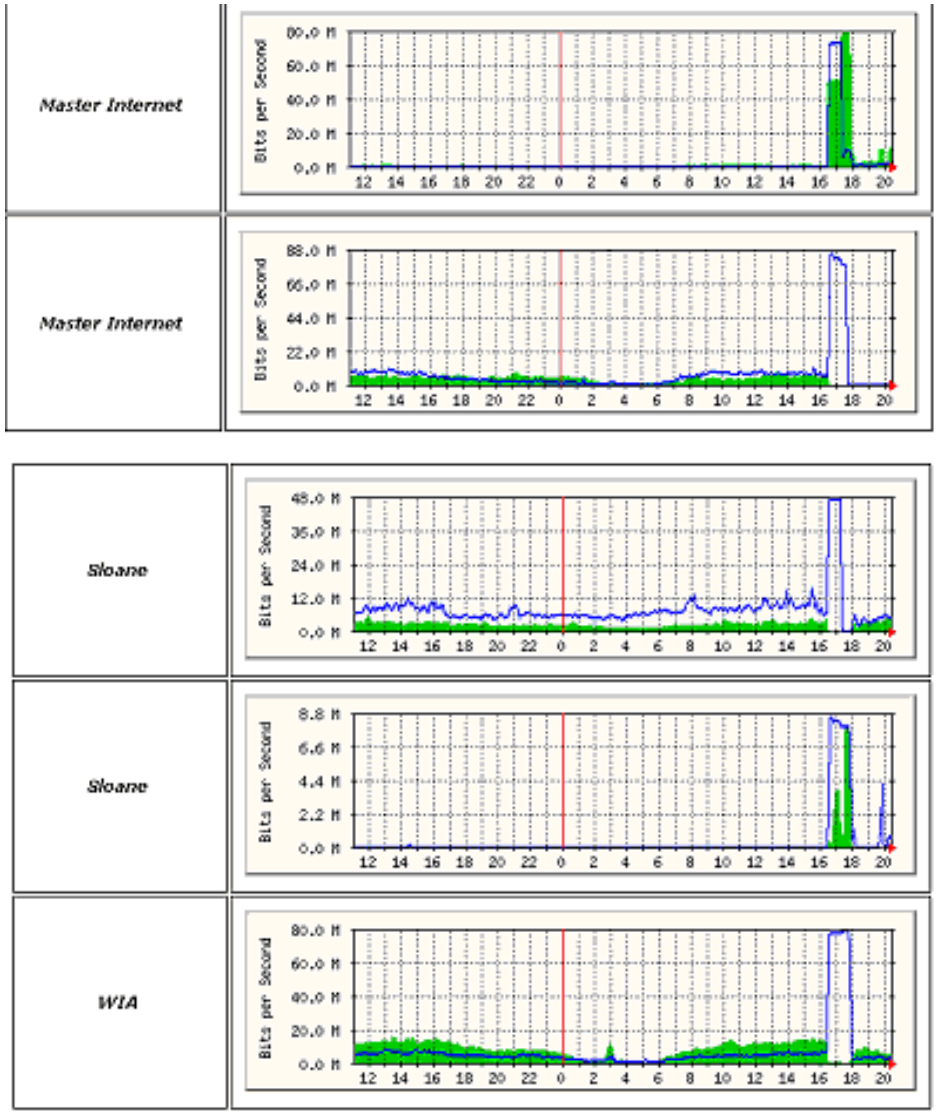




příklad z praxe

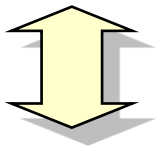
- NIX.CZ zažil broadcast storm 11.5.2004
  - důvodem byla (zřejmě) závada na jednom z přepínačů
  - významná část CZ Internetu byla na určitou domu bez peeringu
  - občas se to stává i v jiných peeringových střediscích
    - 1x za … let
- řešení peeringu v rámci NIX-u:
  - jedna "broadcast doména", vše propojeno jen pomocí přepínačů
    - tj. na úrovni linkové vrstvy
  - dnes:
    - celkem 4 lokality, přímé propojení na úrovni linkové vrstvy
    - v každé lokalitě jen přepínaný segment





důsledek

- celkový důsledek:
  - soustavy segmentů propojené pomocí mostů/přepínačů by neměly být příliš velké!
    - jinak se příliš projeví jejich záporné vlastnosti

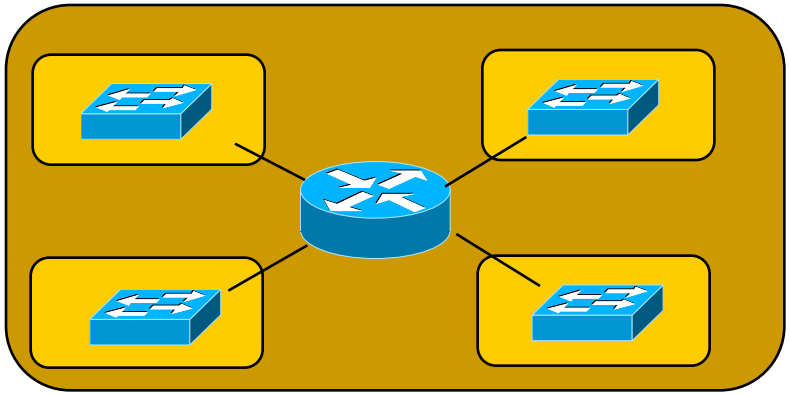


rozpor!

  - pro dosažení co nejvyšší (vyhrazené) přenosové kapacity je tendence dělat soustavy propojené přepínači co největší

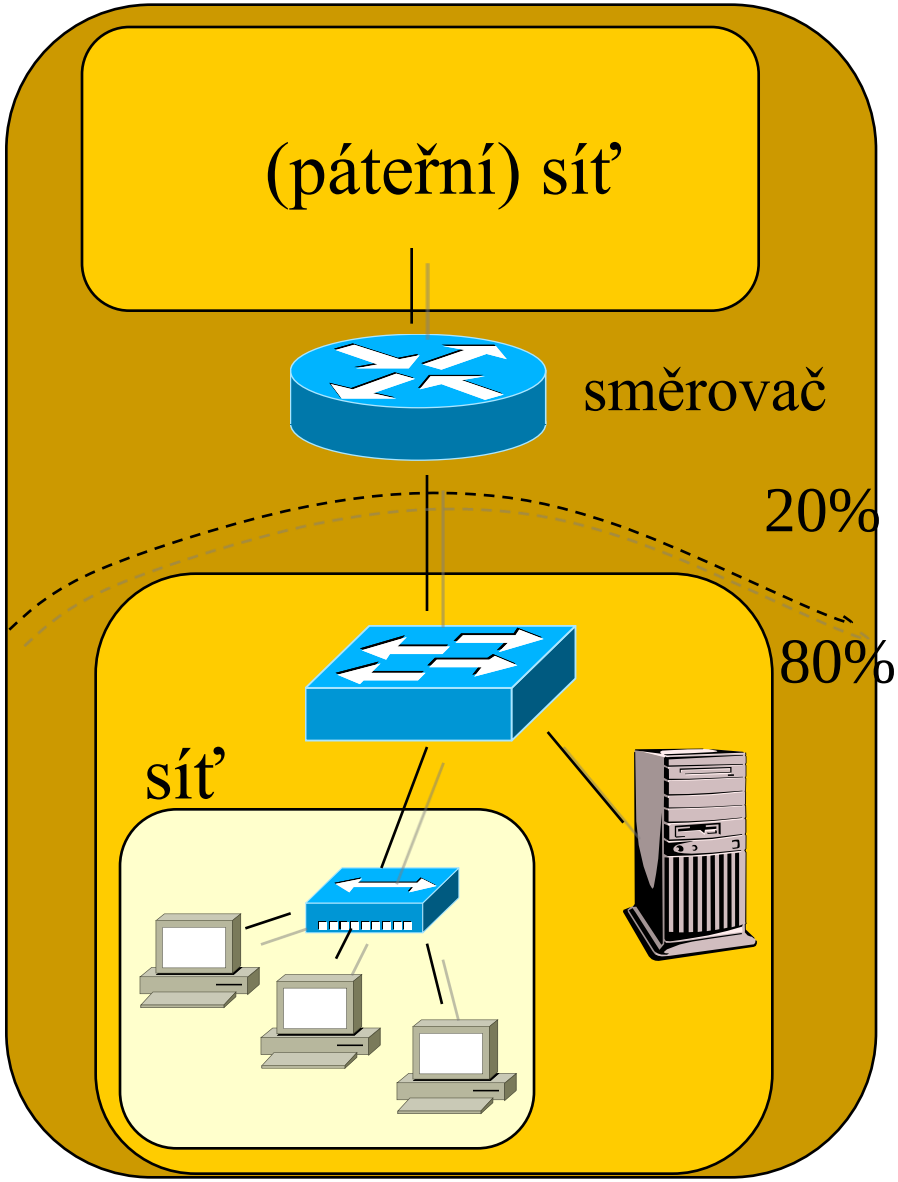
řešení: oddělit pomocí směrovačů

- obvyklé řešení:
  - přepínače se používají „uvnitř“ lokálních sítí, pro zvýšení jejich průchodnosti
    - ale velikost těchto sítí by neměla překračovat určité meze
      - kvůli broadcasting-u, adresám, přístupovým právům, managementu atd.
  - navzájem se tyto sítě propojují na úrovni síťové vrstvy, tj. pomocí směrovačů
    - nebo se prostřednictvím směrovačů připojují na páteřní sítě

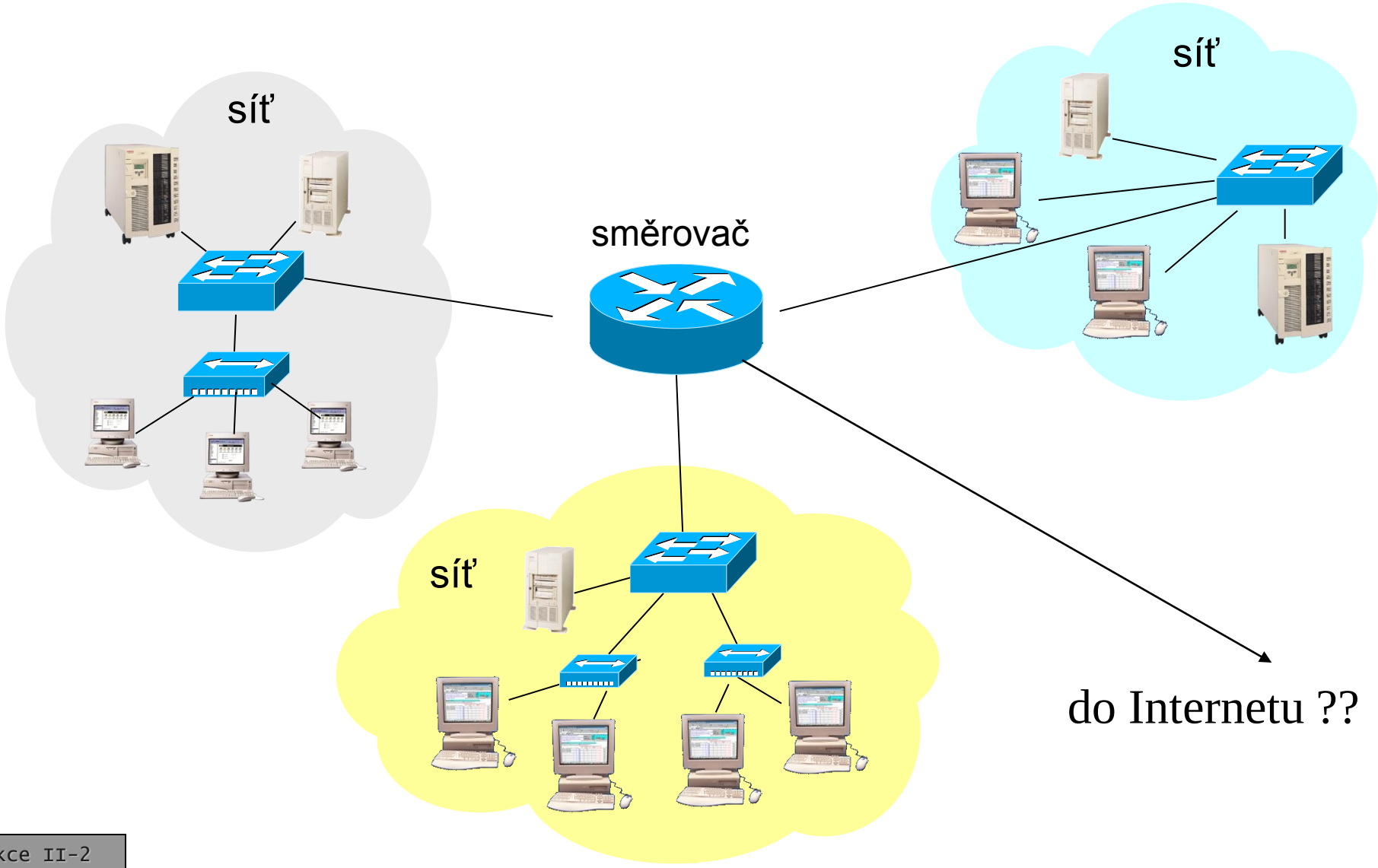


techniky pro zvýšení propustnosti: hierarchické členění

- snaha:
  - rozdělit celou soustavu segmentů na sítě (uvnitř propojené pomocí přepínačů), a ty propojit směrovači, tak aby:
    - maximum provozu bylo lokální
      - a využívalo vyhrazenou kapacitu poskytovanou přepínači
    - minimum provozu vedlo mimo danou síť a procházelo přes směrovač
- pozorování: pravidlo 80:20
  - v klasických sítích LAN má cca 80 procent provozu místní charakter
    - a může zůstat v dané síti
  - a cca 20 procent provozu je "vnější" a vede z dané sítě ven do jiné
- dnes již toto pravidlo mnohdy neplatí!!!
  - například kvůli používání vzdálených aplikací ("hostovaných" aplikací)
  - kvůli používání Internetu

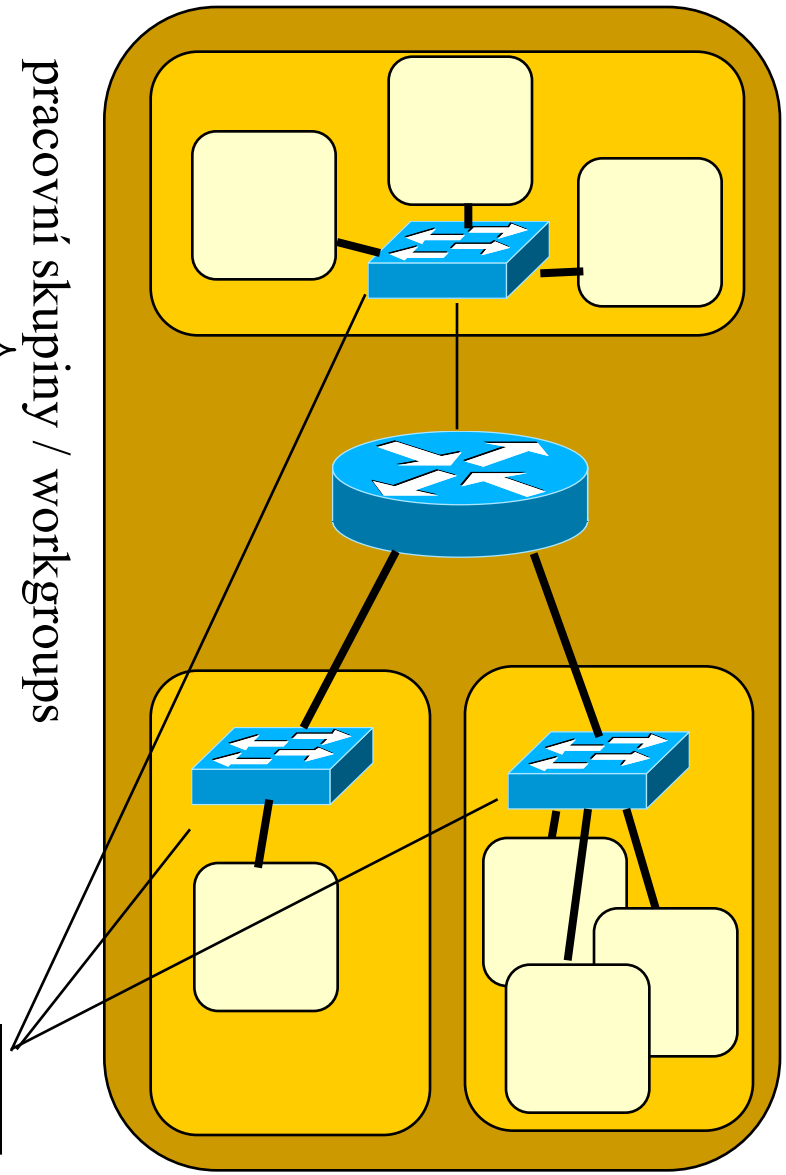


představa typického řešení



shrnutí („klasického“) řešení

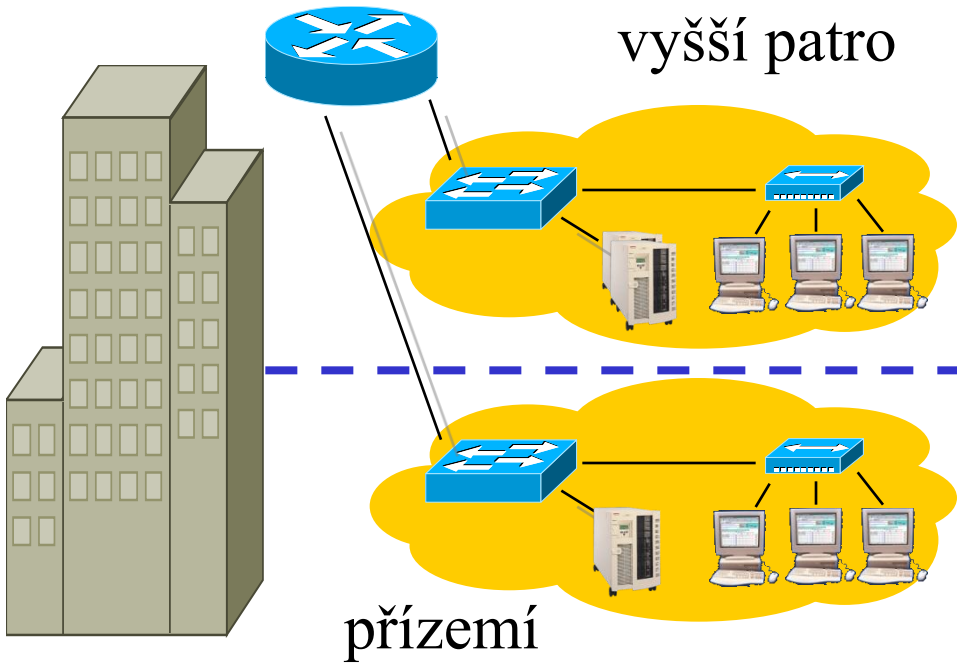
- celá soustava uzlů se rozdělí na takové celky, které jsou:
  - "vhodně velké"
    - neexistuje na to jednoznačný "mustr"
  - homogenní z hlediska přístupových práv
    - například pracovníci jednoho oddělení ve firmě apod.
  - komunikují co možná nejvíce mezi sebou
    - základem bylo pravidlo 80:20, dnes ale již (tolik) neplatí !!!!
- tyto celky se stanou samostatnými sítěmi
  - uvnitř jsou propojeny na úrovni linkové vrstvy
    - pomocí přepínačů a event. opakovačů (hub-y)
  - mezi sebou jsou propojeny na úrovni síťové vrstvy
    - pomocí směrovačů
      - platí i pro připojení "ven"



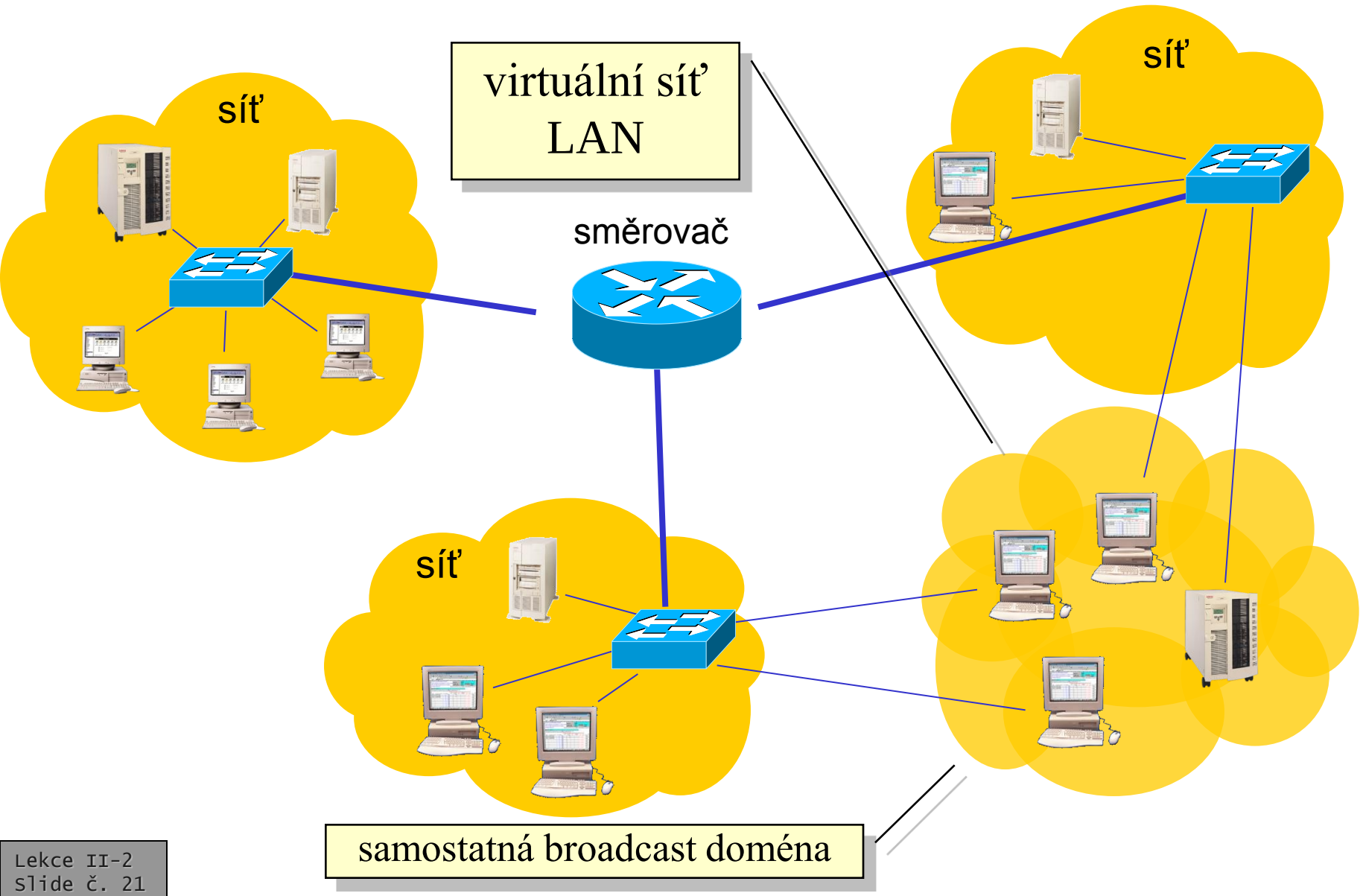
odbočení: virtuální sítě LAN

- jednotlivé sítě by měly odpovídat pracovním skupinám (workgroups)
  - které mají společné zájmy, chování (i data)
- ale:
  - rozdělení do jednotlivých sítí je také ovlivněno fyzickými dispozicemi
    - vzdáleností, umístěním
  - fyzické dispozice nemusí korespondovat s „logickými“
    - například s příslušností k určité skupině, která by měla mít stejná přístupová práva

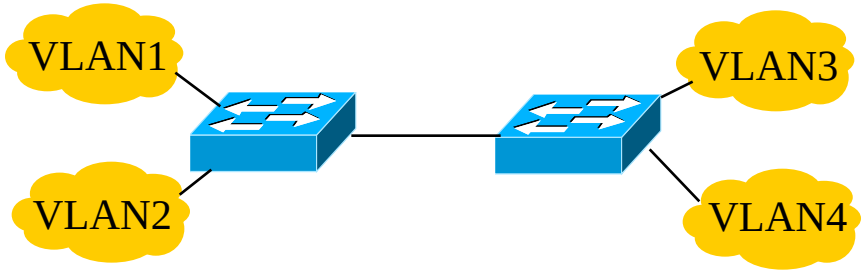
- Myšlenka virtuálních sítí LAN (VLAN):
  - udělat to tak, aby začlenění jednotlivých uzlů do konkrétních sítí mohlo být nezávislé na jejich fyzickém umístění



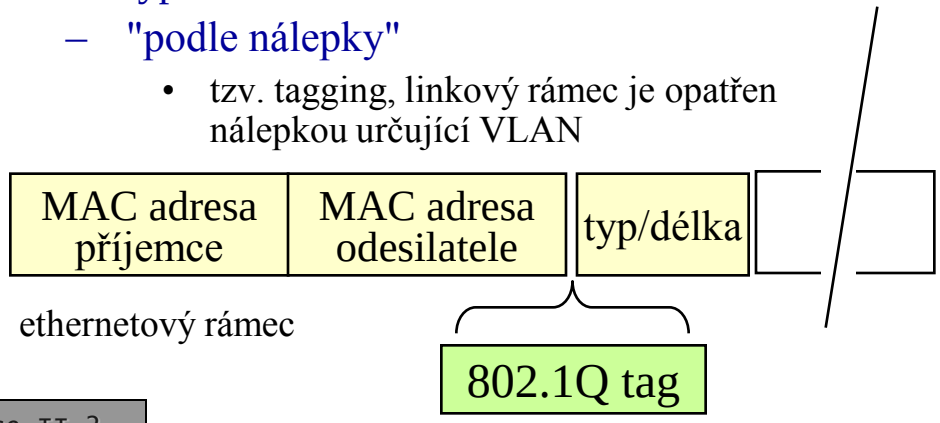
představa sítě VLAN



jak jsou sítě VLAN implementovány?

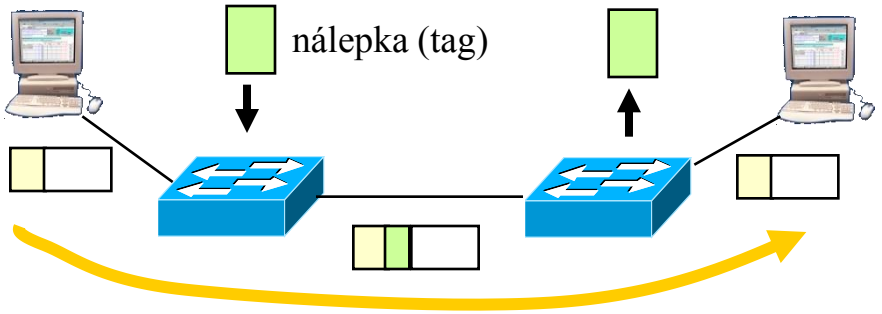


- sítě VLAN musí být "rozpoznávány" již na úrovni linkové vrstvy, v přepínačích !!
  - přepínač musí např. vědět, kam má přenášet broadcast a kam už nikoli
    - podle sítí VLAN
- jak přepínače rozpoznávají, pro kterou VLAN je určen konkrétní rámec?
  - "individuálně", podle linkové adresy nebo typu obsahu z L3
  - "podle nálepky"
    - tzv. tagging, linkový rámec je opatřen nálepkou určující VLAN

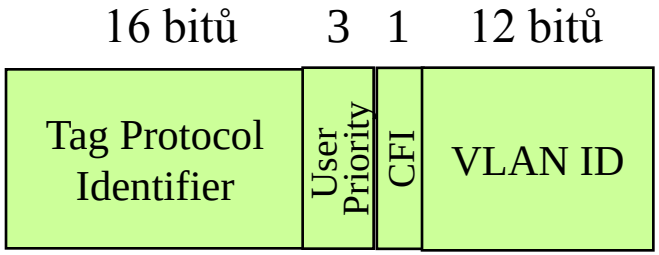


- standard IEEE 802.1Q definuje fungování sítí VLAN
  - preferuje nálepky (frame tagging)
  - každý rámec je ve své VLAN opatřen nálepkou
    - zpracování podle nálepky má přednost přes ostatním zpracováním
      - filtrování, forwarding, šíření broadcastu atd.
- možnosti implementace VLAN
  - "port VLAN"
    - příslušnost do konkrétní VLAN je dána portem na přepínači
      - všechny uzly, připojené k danému portu, jsou ve stejné VLAN
  - "static VLAN"
    - příslušnost do konkrétní VLAN je dána kombinací portu, linkové (MAC) adresy a síťového protokolu,
    - příslušnost do VLAN je na přepínačích pevně (staticky) nastavena
  - "dynamic VLAN"
    - příslušnost do VLAN je nezávislá na portu
    - je dána linkovou adresou a síťovým protokolem

jak jsou sítě VLAN implementovány?



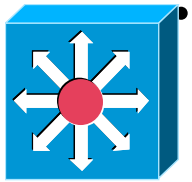
- většina síťových karet (NICs) nepodporuje VLAN ani nálepky
  - nálepky přidává a odebírá "první", resp. "poslední" přepínač na cestě mezi dvěma uzly
  - pro koncové uzly je existence VLAN neviditelná
- formát "nálepky" (tag-u):
  - Tag Protocol Identifier
    - 0x8100 pro Ethernet
  - VLAN ID: 4096 různých VLAN



- sítě VLAN mohou být "překlenuty" přes více přepínačů
  - uzly, spadající do stejné VLAN, mohou být fyzicky připojeny k různým sítím VLAN
- přepínače potřebují mít k dispozici mechanismy, kterými se budou vzájemně informovat o existenci VLAN, příslušnosti uzlů do VLAN atd.
  - definováno v IEEE 802.1P
  - GARP
    - Generic Attribute Registration Protocol
    - přenáší informace o příslušnosti k sítím
  - GVRP
    - GARP VLAN Registration Protocol
    - přenáší informace o existenci sítí VLAN

alternativa k VLAN: multilayer switching

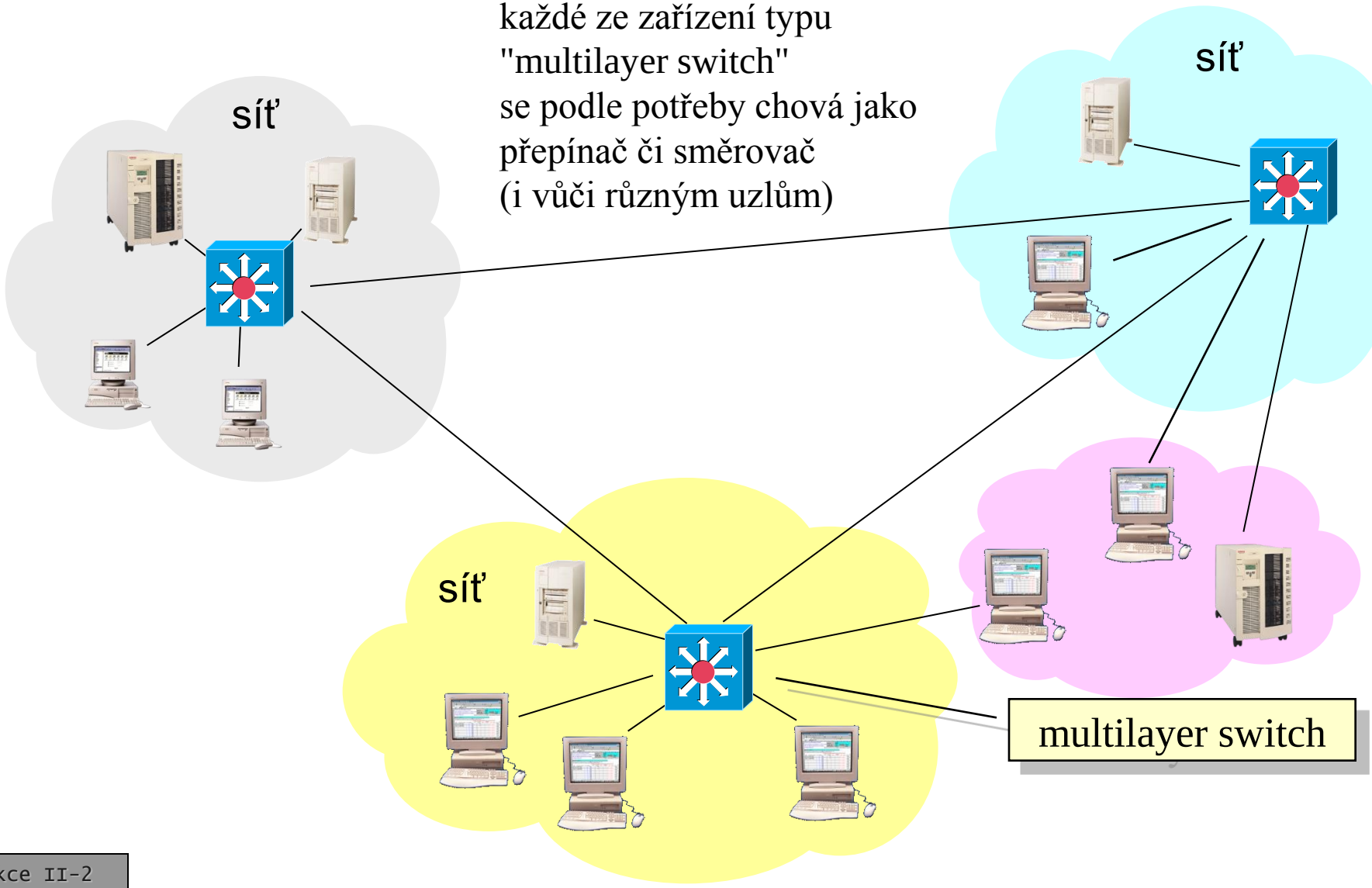
- v praxi je žádoucí, aby začlenění jednotlivých počítačů do konkrétních sítí bylo velmi pružné
  - aby bylo pouze logickou záležitostí, neovlivněnou fyzickými faktory
- virtuální sítě LAN tuto pružnost nabízí
  - ale jsou velmi drahé
  - možná i zbytečně univerzální
  - jsou řešením na úrovni linkové vrstvy
- existují i alternativní řešení, využívající
  - distribuované směrování
  - route servery



- základní myšlenka: použijí se zařízení, která v sobě kombinují funkci mostu/přepínače i směrovače
  - tzv. **multilayer switch**
    - jde vlastně jen o rozdíl v SW, zda umí přepojovat i na síťové vrstvě
- schopnost směrování (i přepínání) se tak dostává do všech propojovacích uzlů
- výhoda:
  - je větší volnost v rozdělování uzlů do jednotlivých sítí (ale ne úplná)
- nevýhoda:
  - velmi vzrůstají nároky na konfiguraci, správu a management směrovacích informací

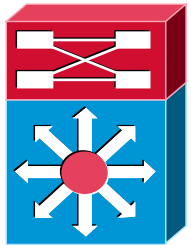
představa využití multilayer switch-ů

každé ze zařízení typu
"multilayer switch"
se podle potřeby chová jako
přepínač či směrovač
(i vůči různým uzlům)



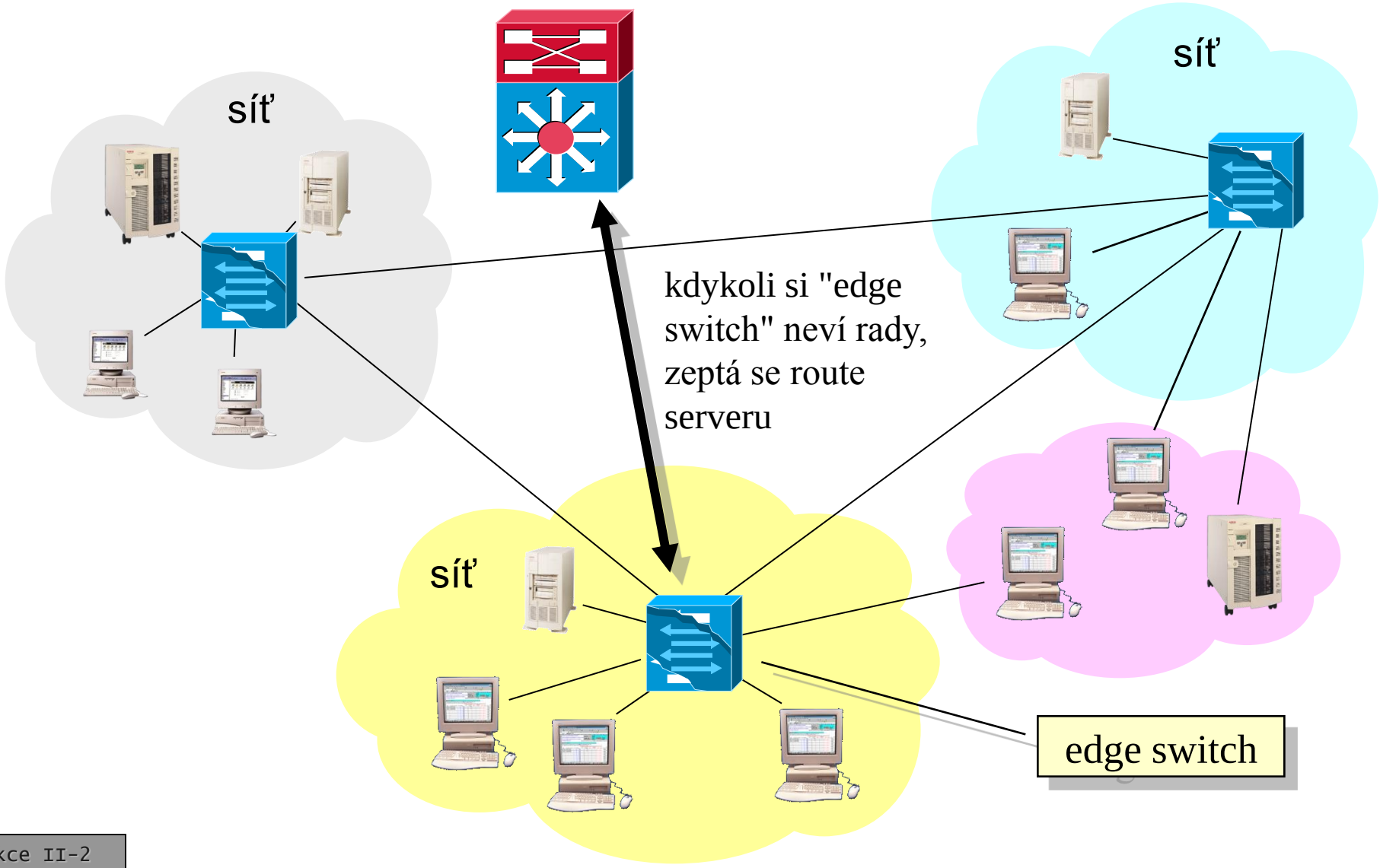
route servery

- hlavním problémem distribuovaného směrování je složitost
  - to, že se směrovací informace vyskytují na mnoha místech
    - navíc ve značně „rozmělněné“ podobě
- myšlenka route serverů:
  - soustředit směrovací informace do jednoho místa
    - kde se budou lépe spravovat
  - zde: včetně informací o rozdělení uzlů do jednotlivých VLAN



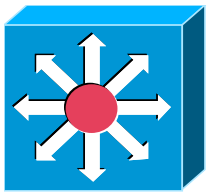
- bude existovat jeden centrální route server
  - disponující potřebnými informacemi pro rozhodnutí o směrování/přepínání
- v „okrajích“ sítě budou „okrajová zařízení“
  - tzv. edge switch
    - fakticky multilayer switch
    - když si neví rady, zeptá se centrálního route serveru co a jak mají udělat !!!!!

představa route serverů



Layer 3 Switching

- pravidlo 80:20 dnes již (tak úplně) neplatí
  - zejména kvůli internetovým službám, kvůli ASP službám
  - podstatně více provozu směruje ven z dané sítě a prochází skrz směrovač
  - nelze již sestavovat sítě tak, aby většina provozu zůstala lokální
- důsledek: přes směrovače prochází podstatně více provozu
  - a na směrovače jsou tudíž kladeny zvýšené nároky na propustnost, latenci atd.
    - v zásadě stejné nároky jako na switche



- řešení: Layer 3 Switch
  - zařízení, které funguje jako klasický směrovač na 3. vrstvě
  - ale je optimalizováno na rychlost a dokáže fungovat srovnatelně rychle jako přepínač (switch)
- podstata L3 switchingu
  - základní logika fungování zůstává stejná jako u směrovačů
    - nebo je trochu zjednodušena
    - zařízení se rozhoduje podle síťových adres
  - rozhodování je kvůli rychlosti "zadrátováno"
    - realizováno v HW
  - i ostatní parametry jsou voleny s ohledem na rychlost a výkonnost

content switching

- směrování na základě informací dostupných na úrovni 3. vrstvy nemusí být postačující
  - například při snaze poskytnout různým službám různé zpracování
- příklad:
  - na zatížené lince se přenáší pošta a WWW stránky. Směrovač by chtěl dát přednost přenosu WWW stránek (pošta může počkat)
  - problém: směrovač nepozná, která data patří které službě
    - nepozná to z údajů na 3. vrstvě

- příklad:
  - existuje redundantní spojení, směrovač se snaží rozkládat provoz mezi alternativní cesty podle typu požadavku
    - např. přenosy zvuku a obrazu po jedné cestě, vše ostatní po jiné cestě
  - opět problém: klasický směrovač nepozná, o kterou službu se jedná

řešení: nechat směrovač, aby se podíval i na údaje patřící vyšším vrstvám

Layer 4 Switching

- možné řešení:
  - dát přepojovacímu uzlu schopnost pracovat s údaji které patří na 4. vrstvu
    - tj. rozpoznávat čísla portů
    - současně se řídí i informacemi z nižších vrstev – například síťovými adresami
  - takovýto propojovací uzel pak dokáže rozpoznat o jaký druh služby se jedná
    - WWW, el. pošta, přenos souborů atd.
- takovýto přepojovací uzel bývá optimalizován na rychlost
  - proto se o něm hovoří jako o "Layer 4 Switch"
- další možné využití L4 Switche: Load Balancing
  - podle charakteru požadavku jej směruje různým způsobem, například na jeden ze vzájemně alternativních serverů které nabízí stejnou službu
    - a sám mezi nimi vybírá například na základě jejich vytížení

představa load balancingu

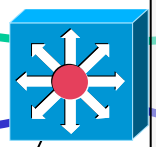
celý systém replikovaných serverů se chová jako jediný logický server

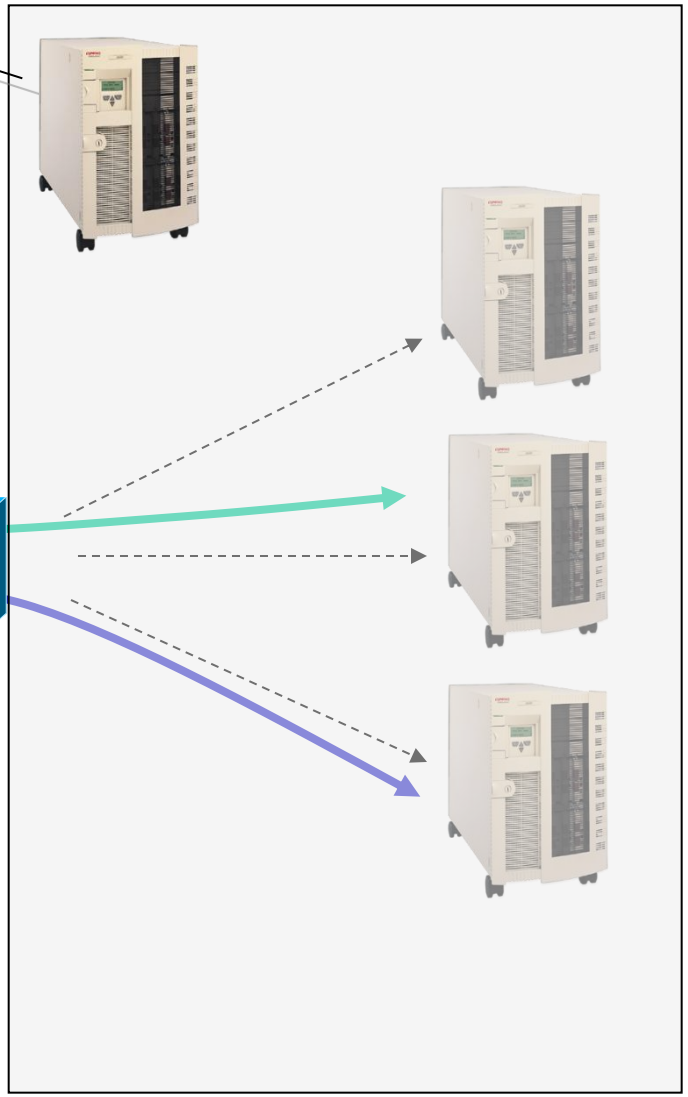
WWW klient

WWW klient

Internet, intranet, …..

Layer 4 switch





L4 Switch rozkládá požadavky mezi identické WWW servery

Layer 7 Switching

- Layer 4 Switching nemusí být postačující pro korektní Load Balancing
  - ani pro další účely
- například Load Balancing pro WWW by měl respektovat průběh relace mezi klientem a serverem
  - např. HTTP 1.1 relace
  - SSL relace
  - ….
- podobně při snaze distribuovat obsah mezi různé servery
  - je třeba podrobněji rozumět požadavku, který má být někam nasměrován
- řešení: Layer 7 Switching
  - přepojovací uzel bude moci vycházet i z informací dostupných na aplikační vrstvě a podle nich volit svá rozhodnutí
    - bude rozumět aplikacím a jejich datům – například požadavkům na WWW
- umožňuje to například realizovat farmy WWW serverů, různé clustery, řešení pro distribuci obsahu
  - CDN, Content Distribution Network

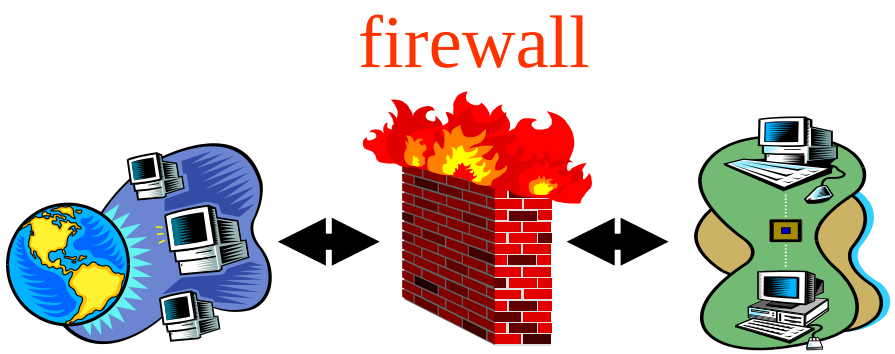
další otázky internetworking-u

- vzájemné propojování sítí se týká také
  - zajištění bezpečnosti
    - tzv. firewally, demilitarizované zony
    - jde o celou rozsáhlou problematiku bezpečnosti, zde se omezíme jen aspekty související s oblastí internetworking-u
  - zajištění prostupnosti
    - aplikační (proxy) brány
  - zajištění efektivnosti
    - cachující servery

firewall

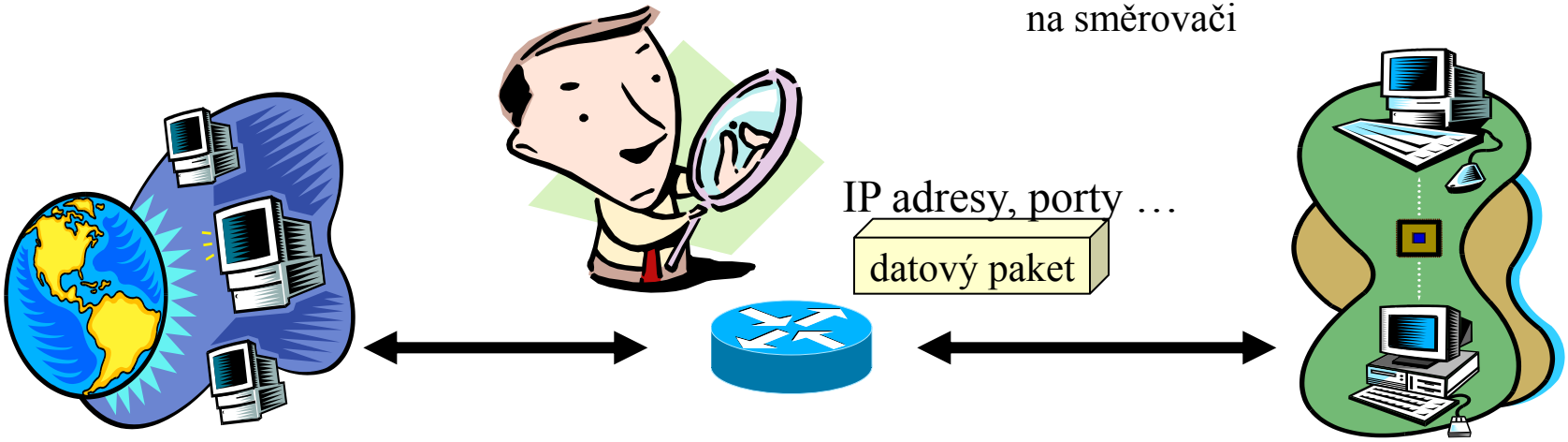
- jde o obecné označení řešení, které sleduje zajištění bezpečnosti
- firewall může být realizován různými způsoby, např.
  - pouze organizačními opatřeními
  - jen v SW
    - vhodným nakonfigurováním směrovačů
  - kombinací SW a HW
    - nejčastěji

- každý firewall obecně má:
  - část zajišťující blokování
    - zabraňující v přístupu
  - část zajišťující prostupnost toho, co má být povoleno



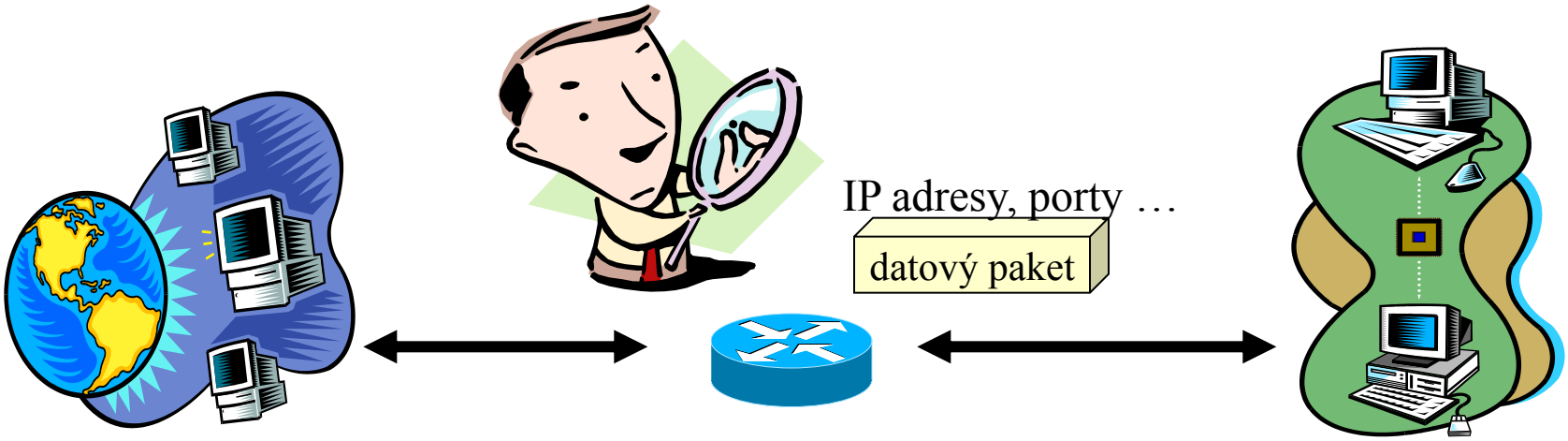
možnosti blokování

- lze realizovat například nakonfigurováním směrovačů
  - tak aby nepropouštěly určitý druh provozu, resp. nepropouštěly nic kromě explicitně povoleného provozu
  - problém: ne všechny běžné směrovače dávají takové možnosti, aby bylo možné nakonfigurovat vše co je třeba
- existují specializované produkty, tzv. paketové filtry
  - které mají výrazně posíleny nejrůznější „povolovací“ a „blokující“ možnosti, v závislosti na mnoha různých faktorech
  - mohou to být řešení na bázi vlastního HW a SW
  - nebo i řešení čistě SW
    - běžící na normálním počítači nebo i na směrovači

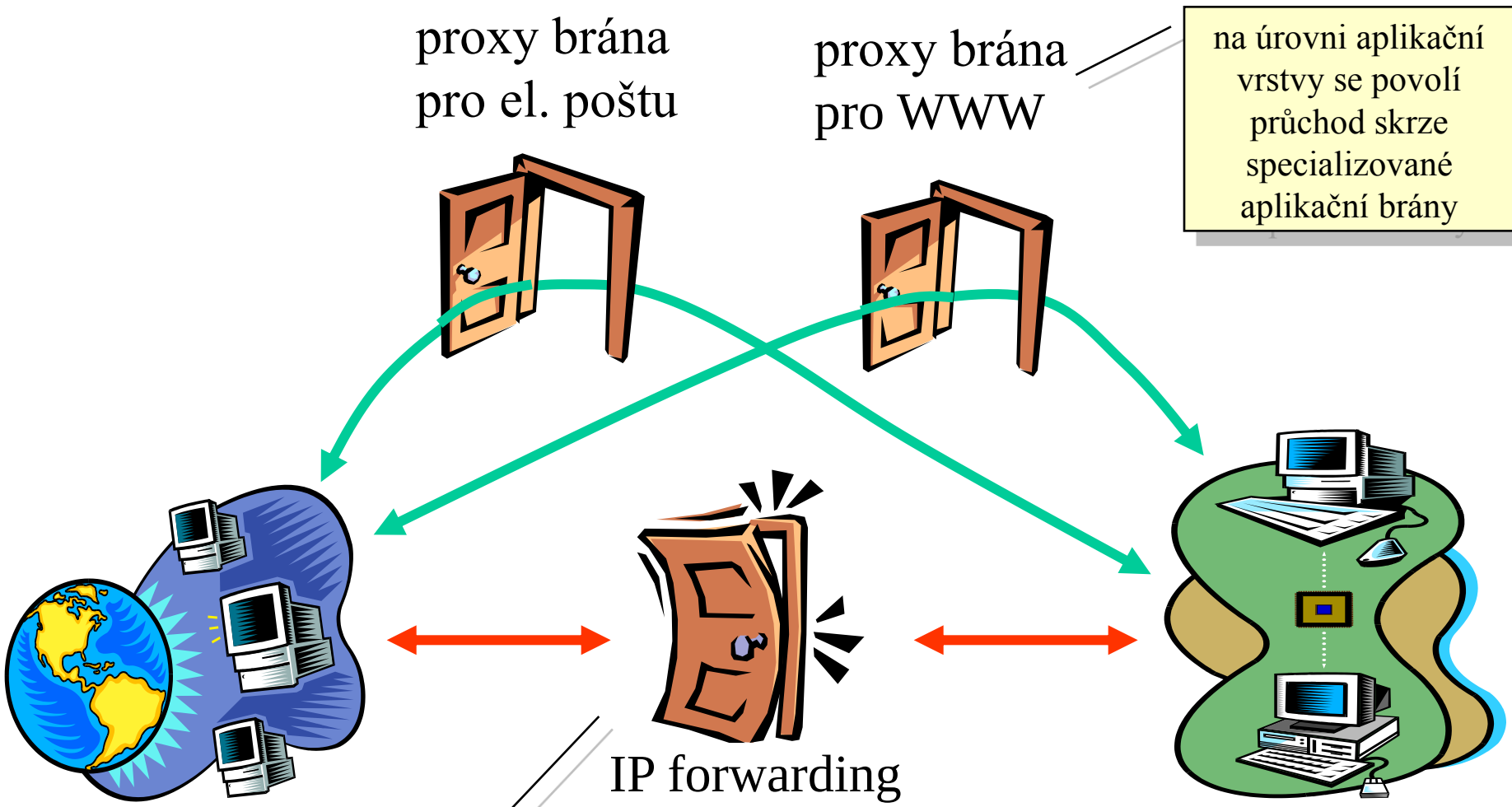


paketové filtry

- Výhody:
  - relativně laciné a snadné řešení
- Nevýhody:
  - fungují na úrovni síťové vrstvy, eventuelně i transportní
    - nefungují na úrovni aplikační vrstvy
  - musí se rozhodovat na základě síťových adres a čísel portů
  - jejich možnosti rozpoznání útoku jsou omezené
    - kvůli tomu že "nevidí" až na aplikační úroveň
- paketové filtry mohou být "statefull" nebo "state-less"
  - podle toho zda každý paket posuzují bez uvážení historie (state-less inspection) nebo s uvážením historie a předešlých paketů (statefull inspection)



princip řešení na aplikační úrovni

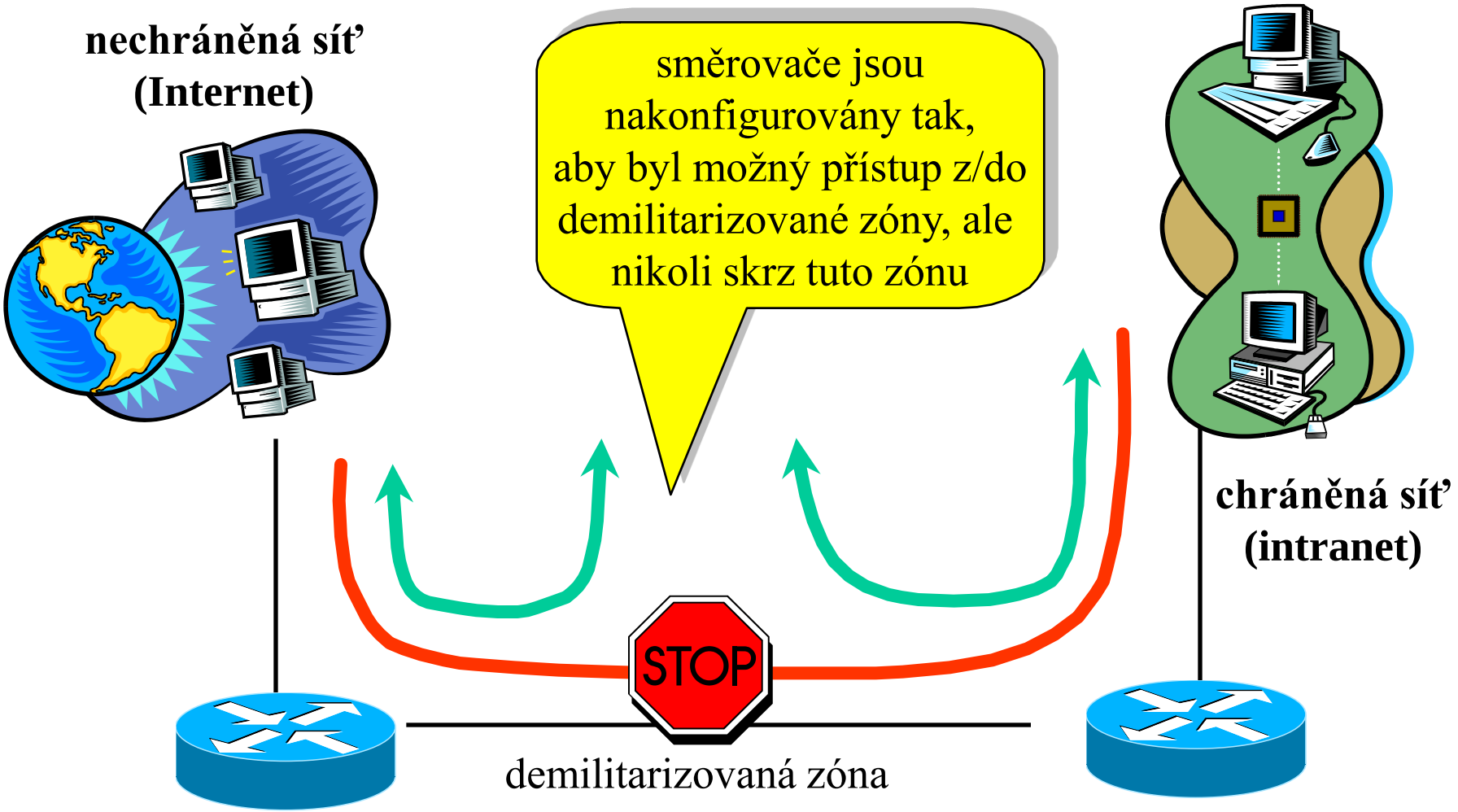


možné řešení na aplikační vrstvě

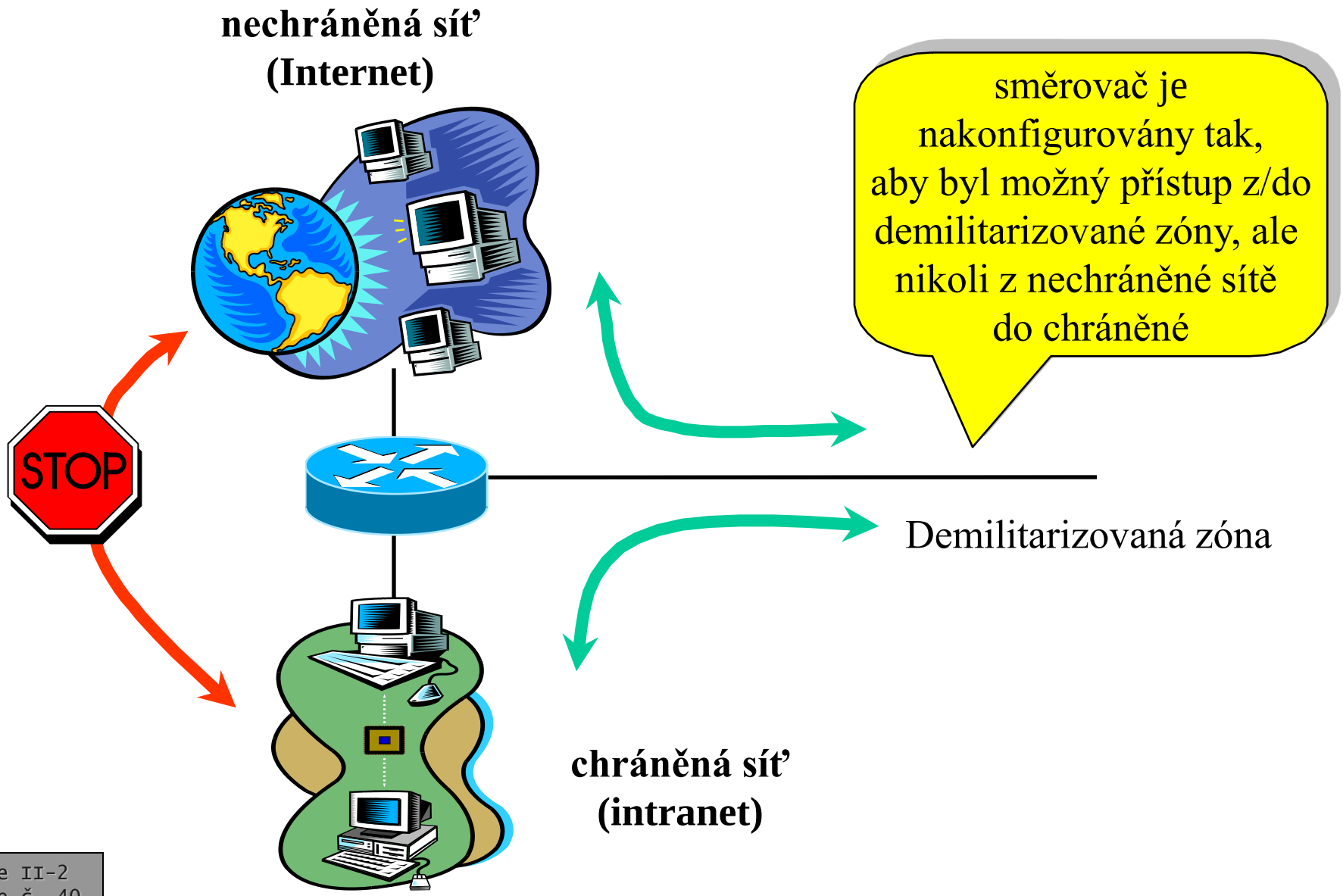
- vše může být implementováno čistě softwarovými prostředky
  - zákaz IP forwardingu (dual-homed host nefunguje jako směrovač)
  - aplikační (proxy) brány běží na daném uzlu jako aplikace
    - dnes již součástí některých operačních systémů, např. MS Windows
- relativně laciné řešení
  - ve formě "kompaktních" aplikací, např. WINROUTE

počítač v roli firewallu

řešení s tzv. demilitarizovanou zónou (se 2 směrovači)

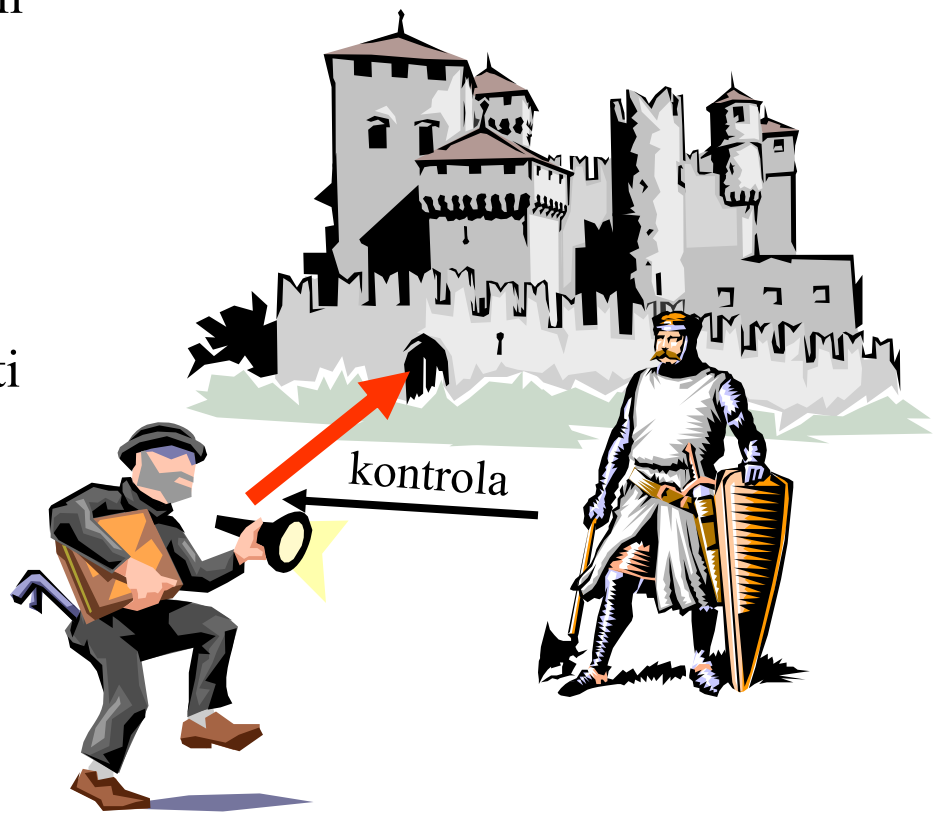


řešení s tzv. demilitarizovanou zónou (s 1 směrovačem)



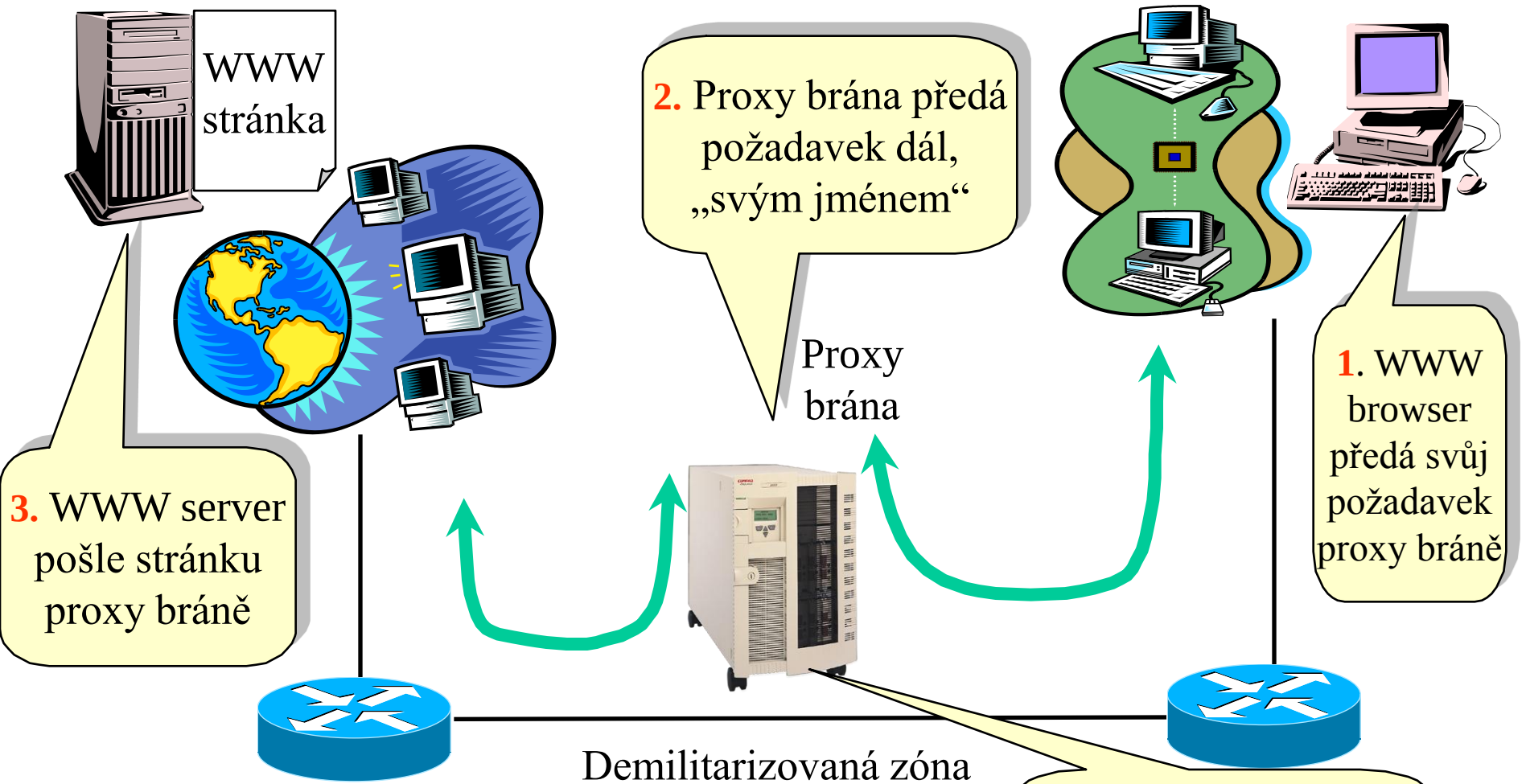
využití demilitarizované zóny

- veškerý provoz skrz DMZ je zablokován
  - idea: do DMZ se umístí „přestupní stanice“, přes které půjde veškerý provoz který má být povolen
    - a přestupní stanice jej dokáží účinně kontrolovat
- „přestupní stanice“ budou ve skutečnosti aplikační brány
  - specializované na určitý druh provozu, který dokáží dobře kontrolovat, například poštu, WWW apod.
  - jsou to tzv. proxy brány



- jde o stejný princip, jaký byl využíván již u středověkých hradů
  - vodní příkop měl bránit tomu, aby se do hradu dostal někdo jinou cestou než hlavní branou
  - u hlavní brány stál hlídač a ten každého zkontroloval

fungování WWW proxy brány

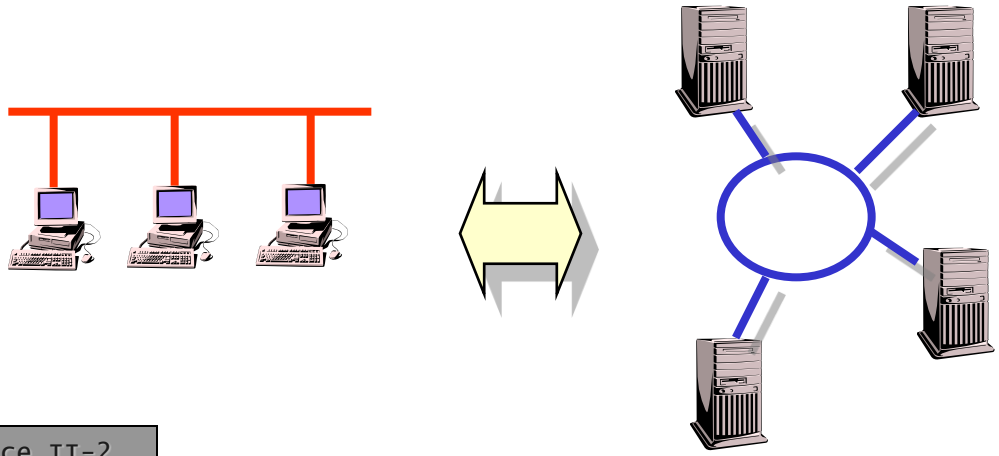


využití demilitarizované zóny

- demilitarizovaná zóna je "vidět" z obou stran, ale není "průhledná skrz"
  - z nechráněné sítě (Internetu) jsou "vidět" pouze uzly přímo v DMZ
  - celá chráněná síť za DMZ je z vnějšku neviditelná
    - může dokonce používat adresy, které by "venku" byly nepřípustné
  - do DMZ se umístí takové servery, které mají být „vidět“
    - WWW, FTP server
    - (přestupní) poštovní server, DNS, ...
  - ostatní (chráněné) servery mohou být „schovány“ v chráněné síti
    - např. (skutečný) poštovní server
- na stejném principu jako WWW proxy brána mohou fungovat i brány pro Gopher a FTP
  - pro některé jiné služby je to problém
    - např. Telnet, IRC
- do DMZ se umisťuje také poštovní server
  - který funguje pouze jako přestupní stanice
  - faktický (hlavní) poštovní server jev chráněné síti
    - kde není zvenku viditelný
- a server DNS
  - který ale „zná“ jen uzly v DMZ, nikoli uzly uvnitř chráněné sítě

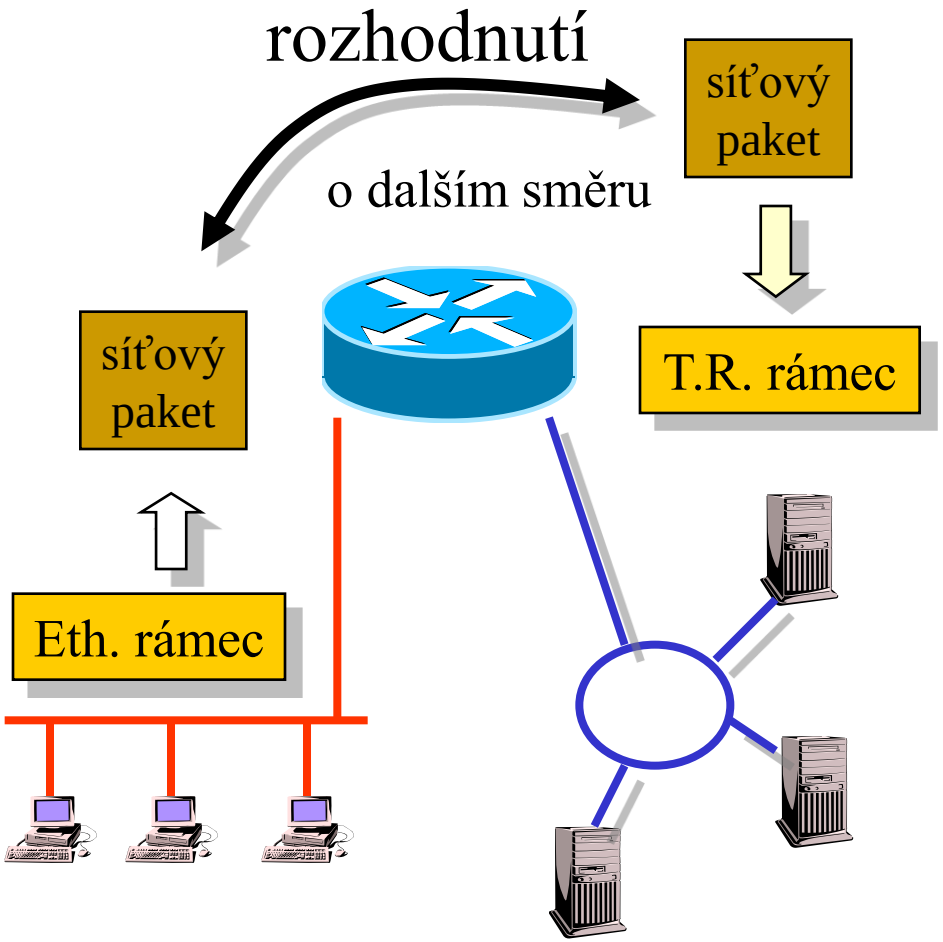
propojování různých síťových segmentů

- otázka:
  - je možné propojit mezi sebou takové segmenty (sítě), které používají různé přenosové technologie na úrovni linkové vrstvy?
    - např. Ethernet, Token Ring, FDDI, ATM, ….



- odpověď:
  - pomocí opakovačů:
    - nelze
      - např. kvůli různým přenosovým rychlostem (ale i kvůli dalším odlišnostem)
  - pomocí mostů/přepínačů:
    - někdy ano, někdy ne
      - je to komplikované
  - pomocí směrovačů:
    - ano,
      - jde o standardní řešení

propojení různých segmentů pomocí směrovačů



- při propojení různých segmentů na úrovni síťové vrstvy nevznikají "kvalitativní" problémy
  - síťový paket je vybalen z jednoho typu linkového rámce a vložen do jiného typu linkového rámce
  - mohou ale vznikat problémy "kvantitativní"
    - např. tzv. fragmentace
    - když se paket nevejde do max. velkého linkového rámce a musí být sám rozdělen
      - ale na to síťové protokoly pamatují
    - protokol IP je na to připraven a dokáže fragmentaci řešit

problémy při propojování různých segmentů pomocí mostů/přepínačů

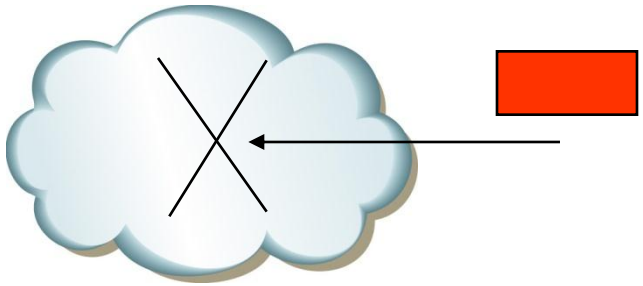
- příklad: Ethernet a Token Ring
- problémy jsou:
  - v rozdílné povaze informací o topologii
    - Ethernetový most chce znát adresy sousedních uzlů, Token Ring-ový most chce znát cesty v síti
  - v různém způsobu vyjádření stejných informací
    - status rámce, adresy a zabezpečení jsou vyjádřeny jinak
  - v neexistenci ekvivalentů
    - např. v Token Ring-u mohou mít některé rámce vyšší prioritu, v Ethernetu neexistuje analogie
  - v rozdílné max. velikosti rámců
    - Ethernet připouští max. 1500 bytů, Token Ring 4000 až 17800 bytů
  - …..

možné řešení:

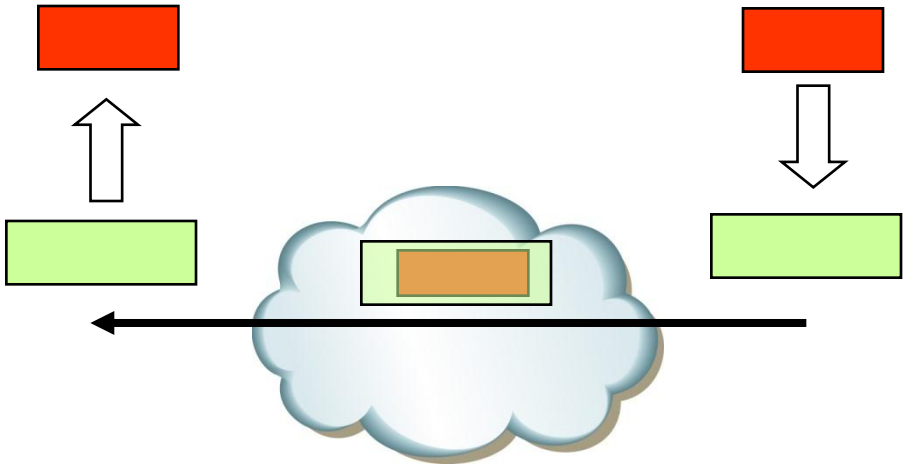
- **„překlad“**
  - angl: translation
  - data obsažená v rámci jednoho typu se „přeloží“ do jiného tvaru (odpovídajícího jinému typu rámce)
    - ne vždy je to možné, např. kvůli velikosti
    - může se tím něco ztratit (např. priorita)
  - musí se přijmout některá omezení
    - například při propojení Ethernet-Token Ring se Token Ringu omezí velikost rámce na maximum z Ethernetu
      - nejsou k dispozici mechanismy pro řešení fragmentace
- **„zapouzdření“, "tunelování"**
  - angl: encapsulation, tunnelling
  - rámec jednoho typu se vloží (jako data) do rámce jiného typu, přenese, a opětně „vybalí“
    - lze použít jen pro „průchozí“ konfigurace
    - může to být neefektivní

zapouzdřování (encapsulation)

- jde o obecně použitelnou techniku, lze ji aplikovat na různých úrovních
  - lze vkládat rámce do rámců, rámce do paketů, pakety do paketů …
  - dokonce i buňky do rámců (cells over frames)
- umožňuje řešit situace, kdy určitá část sítě není průchodná pro určitý druh provozu



síť není průchozí pro určitý druh paketů/rámců

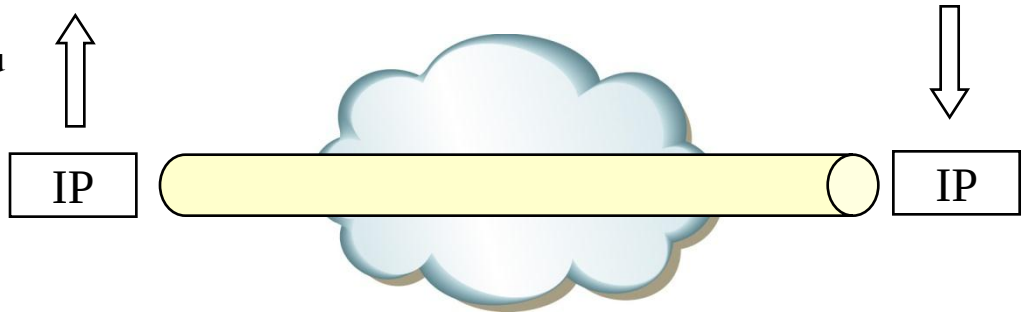


rámce/pakety, které samy sítí neprojdou, jsou vloženy (zapouzdřeny) do takových rámců/paketů, pro které je síť průchozí

příklad (využití techniky zapouzdřování)

- existují takové protokoly (soustavy protokolů, technologie), které nelze směrovat
  - proto, že neobsahují síťovou vrstvu, resp. nepočítají s její existencí, nemají síťové adresy, neznají pojem sítě
  - jejich autoři zřejmě nepočítali s možností internetworking-u
    - s tím, že by docházelo k propojování dílčích segmentů - vidí svět jako jednu „velkou a plochou“ síť
- jde o protokoly
  - LAT (firmy DEC)
    - už se skoro nepoužívá
  - NetBIOS
    - stále hojně používané, jsou „nativním“ síťovým řešením
- tyto protokoly nemohou „projít“ přes směrovač
  - ani multiprotokolový
  - protože ten neví jak s nimi naložit

- řešení:
  - zapouzdření nesměrovatelných protokolů do jiných (směrovatelných) protokolů
  - nejčastěji:
    - do IP paketů (IP tunelování, IP tunel)



jiné řešení:
brouter (bridging router) je kombinace směrovače a mostu
• když ví jak, chová se jako směrovač a směruje
• když neví jak (resp. když to nejde), chová se jako most