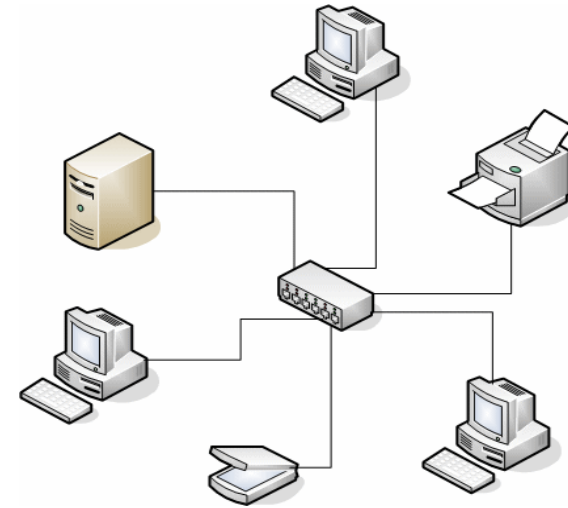


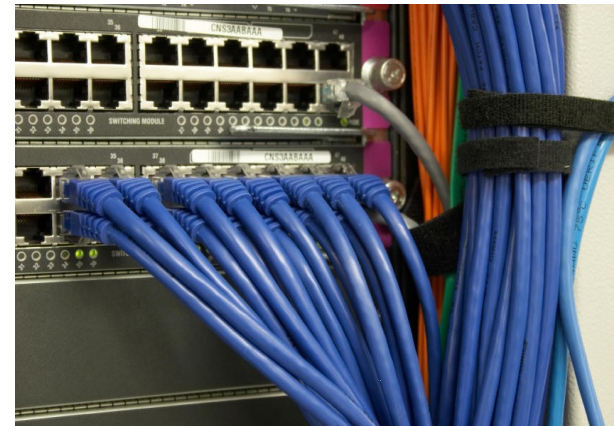
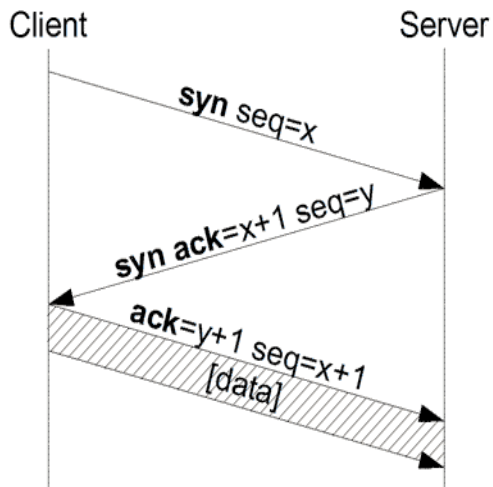
1. prednáška

158.197.31.4

56:70:B3:53:6C:EA



Úvod do počítačových sietí



Čo nás dnes čaká?

Cieľ prednášky:

- ❑ pochopiť terminológiu a základné princípy
- ❑ urobiť si prehľad
- ❑ viac do hĺbky v priebehu semestra

Obsah:

- ❑ čo je Internet
- ❑ čo je protokol
- ❑ vrstvy protokolov
- ❑ okraj siete, jadro siete, pripojenie k sieti
 - ❖ riadenie paketmi vs. prepínanie okruhov
 - ❖ štruktúra Internetu
- ❑ výkon: strata a zdržanie paketov, priepustnosť
- ❑ bezpečnosť
- ❑ história internetu

Čo je internet?

Čo je internet?



Čo je internet: “zariadenia a spojenia”



PC



server



wireless
notebook



mobil



access
pointy



spoje



router

- miliardy pripojených zariadení: *hosty = koncové zariadenia*

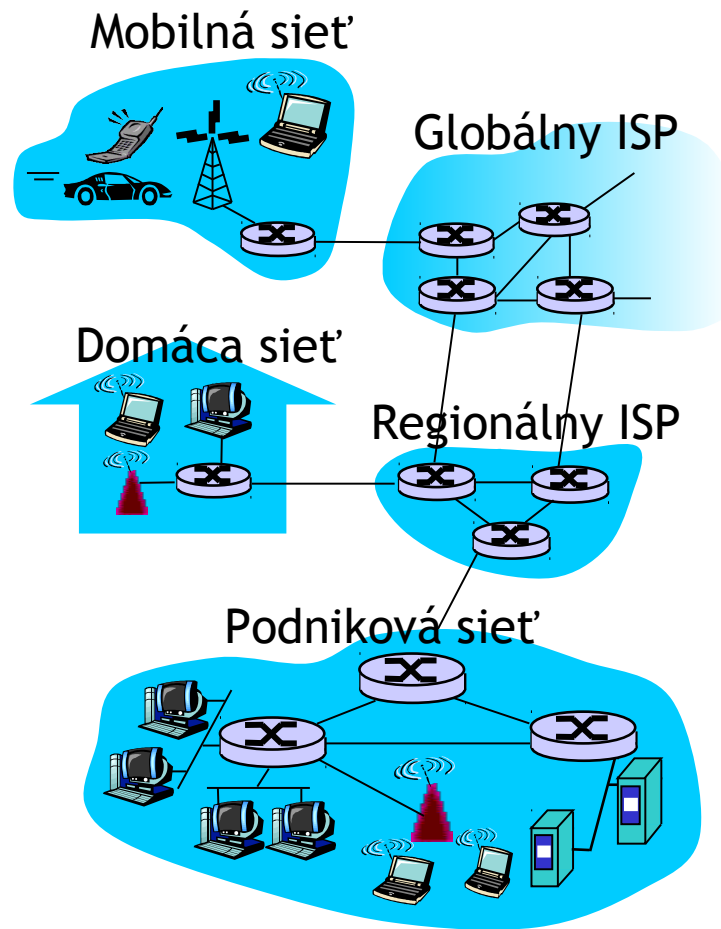
- ❖ spúšťajú *siet'ové aplikácie*

- *Spôsobu napojenia*

- ❖ optické vlákna, káble, wifi, GPRS, 3G, LTE, satelit

- ❖ rýchlosť spojenia závisí od *šírky pásma*

- *route*: smerujú pakety (balíčky dát)



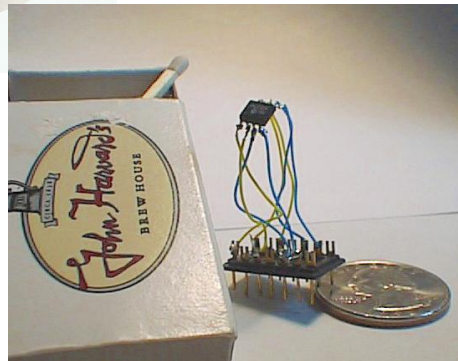
“Super” internetové zariadenia



Toastovač napojený na web s predpoveďou počasia



IP picture frame
<http://www.ceiva.com/>

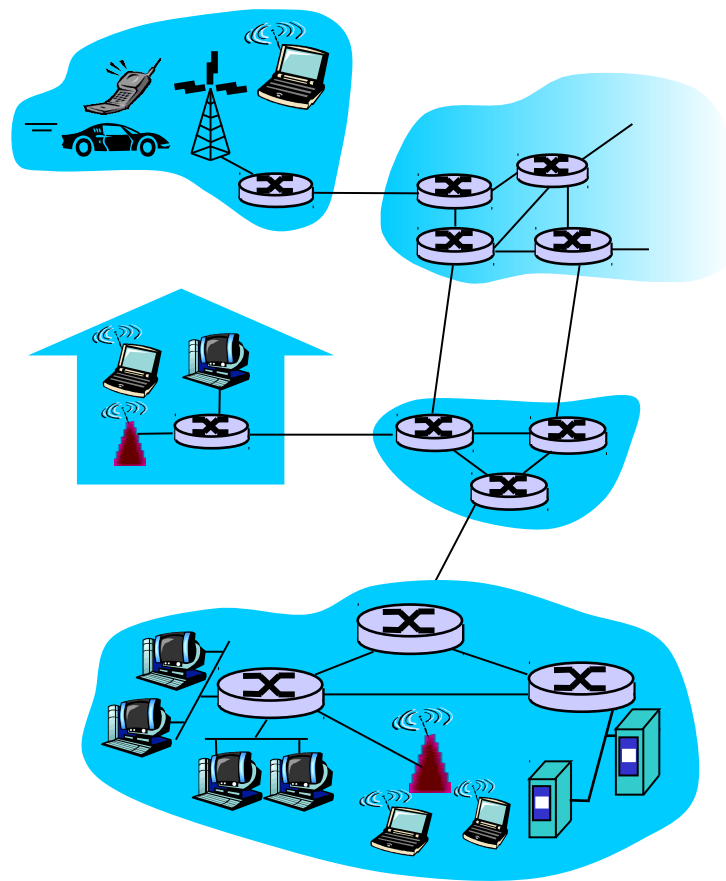


Najmenší webserver na svete
<http://www-ccs.cs.umass.edu/~shri/iPic.html>



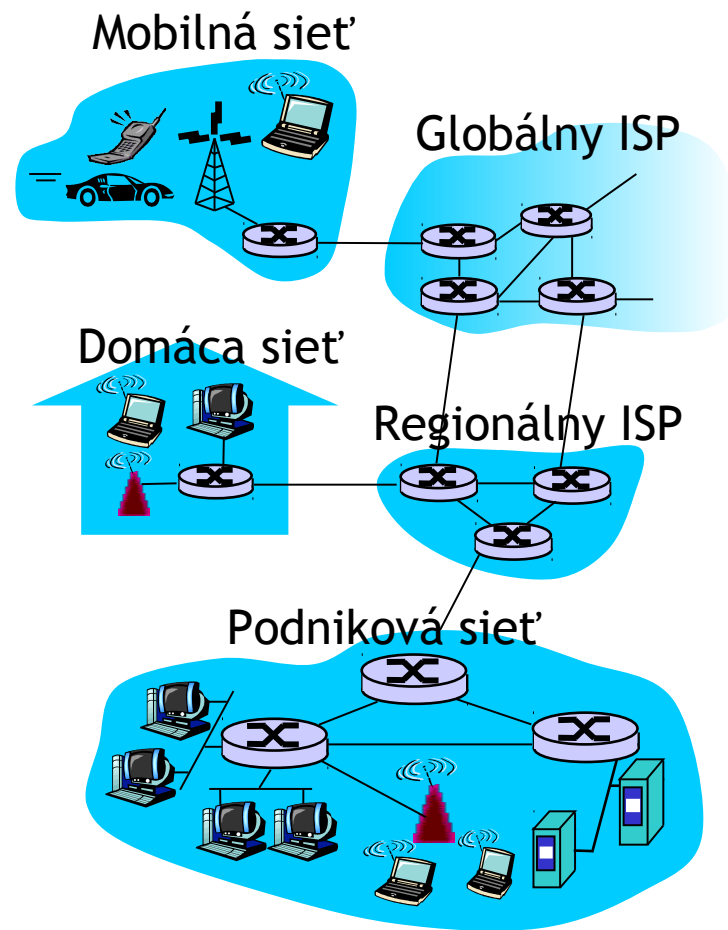
Čo je internet: množstvo služieb

- **komunikácia** umožňuje fungovanie distribuovaných aplikácií:
 - ❖ Web, VoIP, email, hry, e-shopy, zdieľanie súborov, sociálne siete
- **komunikačné služby poskytované aplikáciami:**
 - ❖ spoľahlivé doručenie dát od odosielateľa k príjemcovi
 - ❖ nespoľahlivé doručenie dát “najväčším úsilím” (“best effort”) s malou réžiou



Čo je internet: “kooperácia protokolov”

- ❑ **protokoly** určujú tvar posielaných a prijímaných správ
 - ❖ napr. HTTP, XMPP, Skype
- ❑ **Internet: “sieť sietí”**
 - ❖ hierarchická štruktúra
 - ❖ verejný internet verzus súkromný intranet
- ❑ **Internetové štandardy**
 - ❖ RFC: Request for comments
 - ❖ IETF: Internet Engineering Task Force
 - ❖ ISO, IEEE, ITU, ...



Čo je to protokol?

Ľudské protokoly:

- ❑ “Koľko je hodín?”
- ❑ “Môžem sa opýtať?”
- ❑ oslovenia, pozdravy, lúčenia

... posielame vhodné “správy”

... dostávame vhodné odpovede alebo reakcie

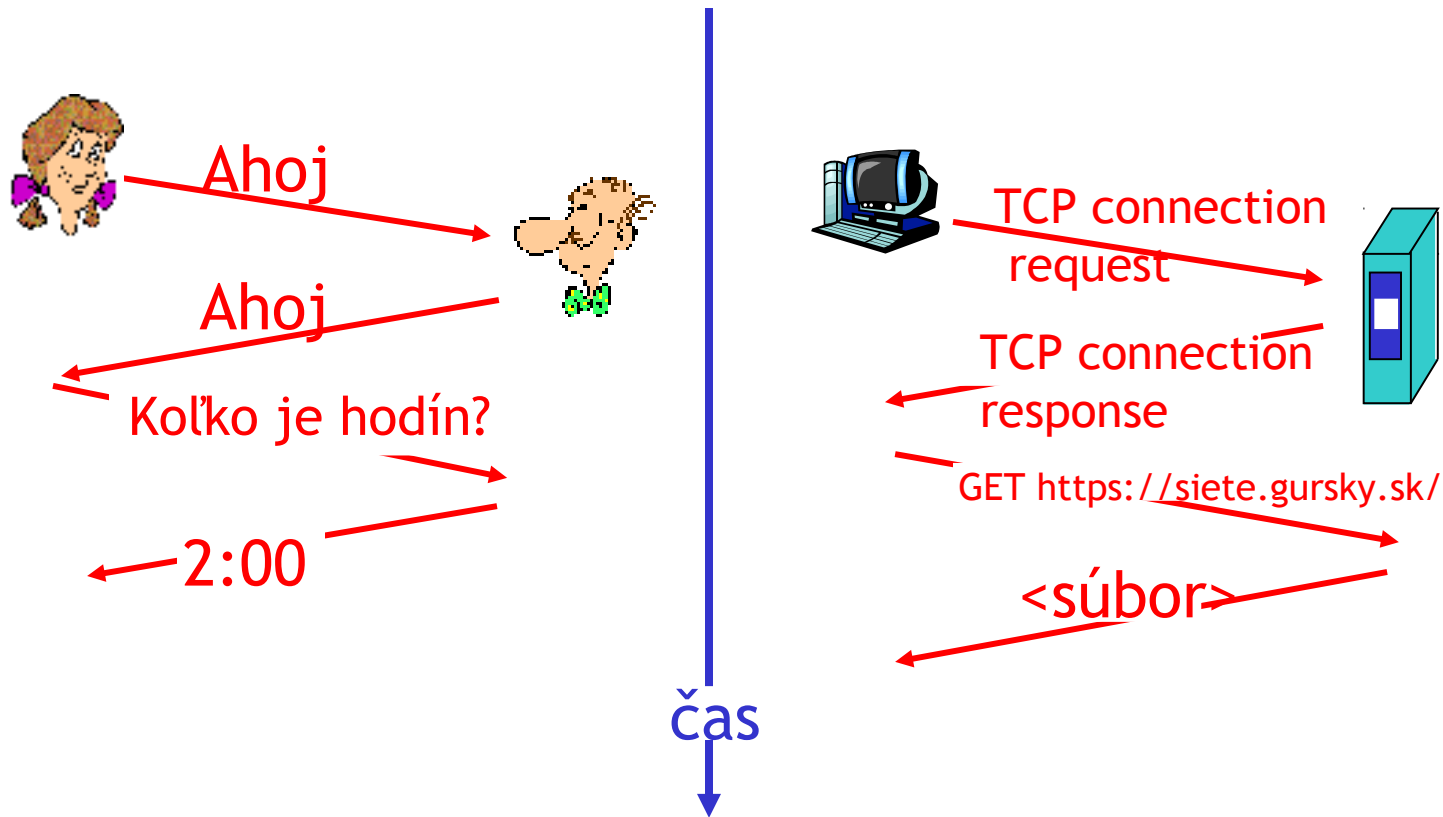
Siet'ové protokoly:

- ❑ medzi procesmi a zariadeniami
- ❑ všetka komunikácia na internete je riadená protokolmi

protokoly definujú formu, poradie odoslaných a prijatých správ medzi sieťovými prvkami a akcie pri posielaní, prenášaní a prijímaní správ

Čo je to protokol?

Ľudský protokol a protokol počítačových sietí:



Nespoľahlivé doručenie dát

Cieľ: prenos dát medzi koncovými aplikáciami

UDP protokol [RFC 768]

- ❑ User Datagram Protocol
- ❑ pred posielaním dát sa s príjemcom nemusím dohodnúť
- ❑ nie všetky dáta musia byť prijaté
- ❑ niektoré dáta sa stratia pri prenose, niektoré u príjemcu
- ❑ umožňuje odosielanie viacerým naraz

Potvrdzované (spoľahlivé) doručenie dát

Cieľ: prenos dát medzi koncovými aplikáciami

- ❑ *handshaking*:
nadviazanie spojenia pred samotným posielaním dát
 - ❖ V ľudskom protokole: “Ahoj”, “Aj ty ahoj”
 - ❖ *uchovanie stavov* oboch komunikujúcich, napr. “odzdrazil som, čakám, čo povie”

TCP protokol [RFC 793]

- ❑ Transmission Control Protocol
- ❑ spoľahlivý prenos prúdu dát zachovávajúci poradie
 - ❖ nevýhody: potvrdenia a opätovné posielania tých istých dát
- ❑ kontrola toku dát:
 - ❖ odosielateľ posiela dáta tak, aby ich príjemca stihol spracovať
- ❑ kontrola zahltenia:
 - ❖ odosielatelia “spomalia odosielanie”, ak je sieť zahltená

Použitie TCP/UDP

Použitie TCP:

- ❑ HTTP (Web),
- ❑ FTP (prenos súborov),
- ❑ Telnet (remote login),
- ❑ SMTP (email)
- ❑ BitTorrent
- ❑ Instant messaging
- ❑ ...

Použitie UDP:

- ❑ Streaming rádií a TV
- ❑ Telekonferencie
- ❑ VoIP
- ❑ DNS
- ❑ ...

Vrstvy protokolov

Siete sú komplexné!

- veľa “vecí” pokope:
 - ❖ koncové zariadenia
 - ❖ routre
 - ❖ spojenia rôznymi médiami
 - ❖ aplikácie
 - ❖ protokoly
 - ❖ hardvér, softvér

Otázka:

Existuje nejaká rozumná organizácia štruktúry sietí?

Alebo aspoň naše rozprávanie o počítačových sieťach?

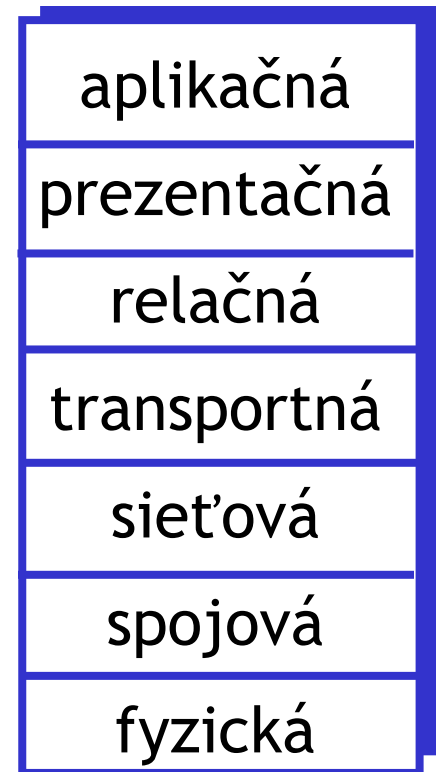
Prečo vrstvy?

Spôsob vysporiadania sa so zložitým problémom:

- ❑ presná štruktúra umožňuje identifikáciu vzťahov v zložitej spleti všetkých súčastí sietí
- ❑ modularizácia zjednodušuje správu a obnovovanie súčastí systému
 - ❖ môžeme zmeniť implementáciu, ak zachováme dohodnuté rozhrania modulu/vrstvy
 - ❖ zvyšok systému meniť nemusíme

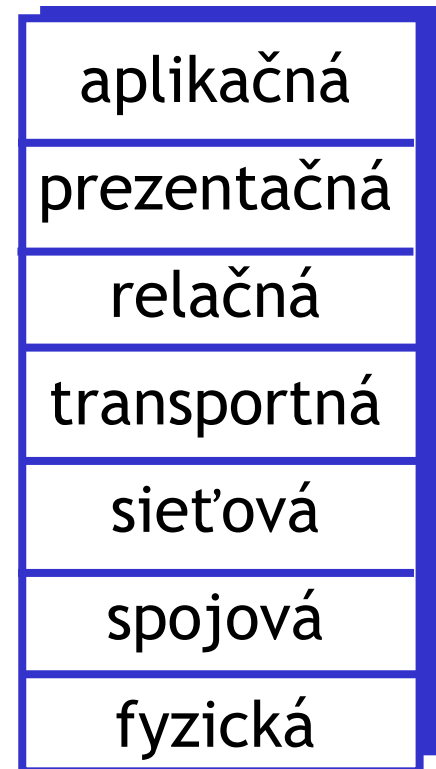
Referenčný model ISO/OSI

- ❑ **transportná (transport):** prenáša dáta medzi dvoma procesmi na rôznych koncových zariadeniach
- ❑ **sieťová (network):** smeruje pakety od odosielateľa k príjemcovi hocikde na svete
- ❑ **spojová (link):** prenos dát medzi danými susednými sieťovými prvkami
- ❑ **fyzická (physical):** prenáša fyzickým médiom jednotky a nuly

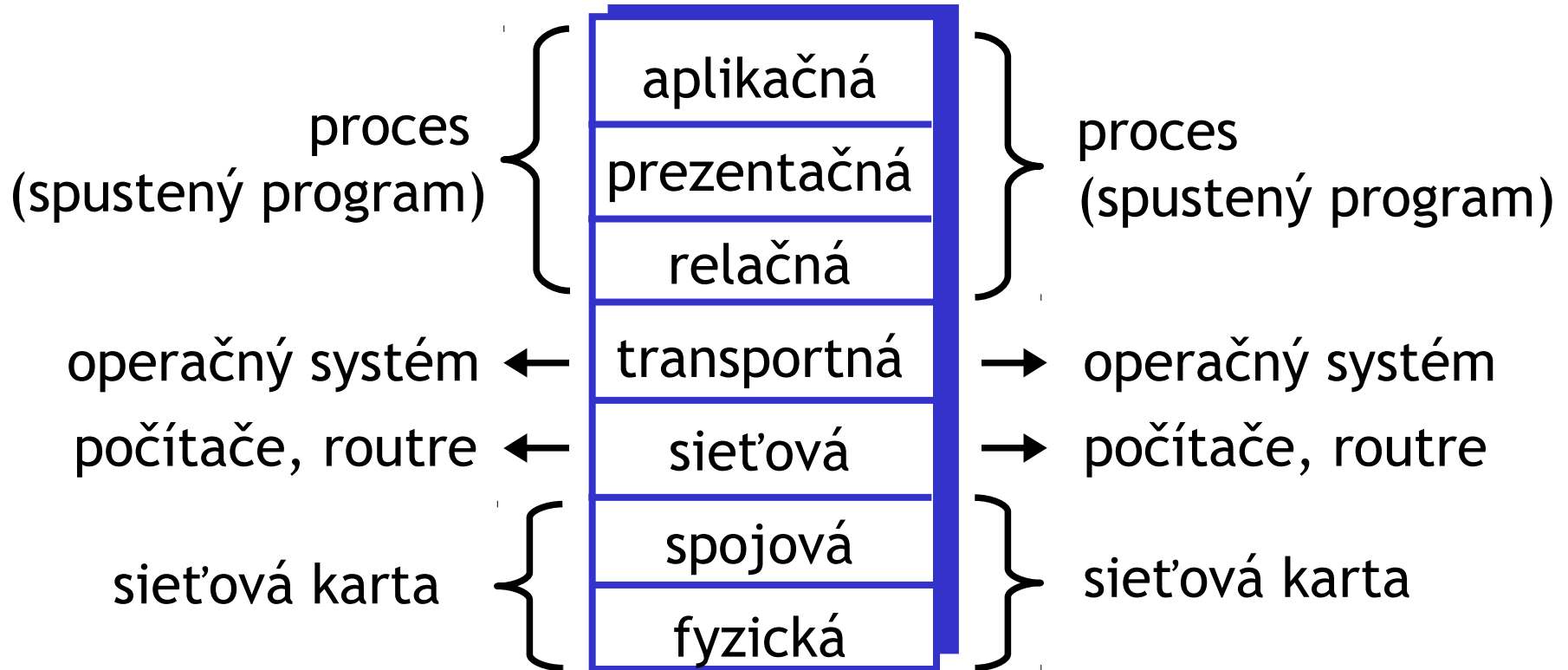


Referenčný model ISO/OSI

- ❑ **aplikačná (application):** umožňuje fungovanie sieťových aplikácií - definuje tvar a poradie správ
- ❑ **prezentačná (presentation):** umožňuje aplikáciám interpretovať význam dát, napr. šifrovanie, kompresia, kódovanie (znakov,...),...
- ❑ **relačná (session):** synchronizácia, kontrolné body, obnovenie relácie



Komunikujúce strany - ISO/OSI

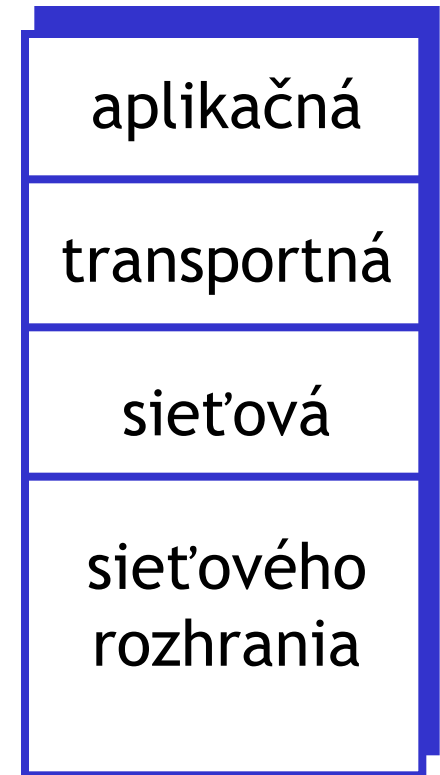


Komunikujúce strany - TCP/IP

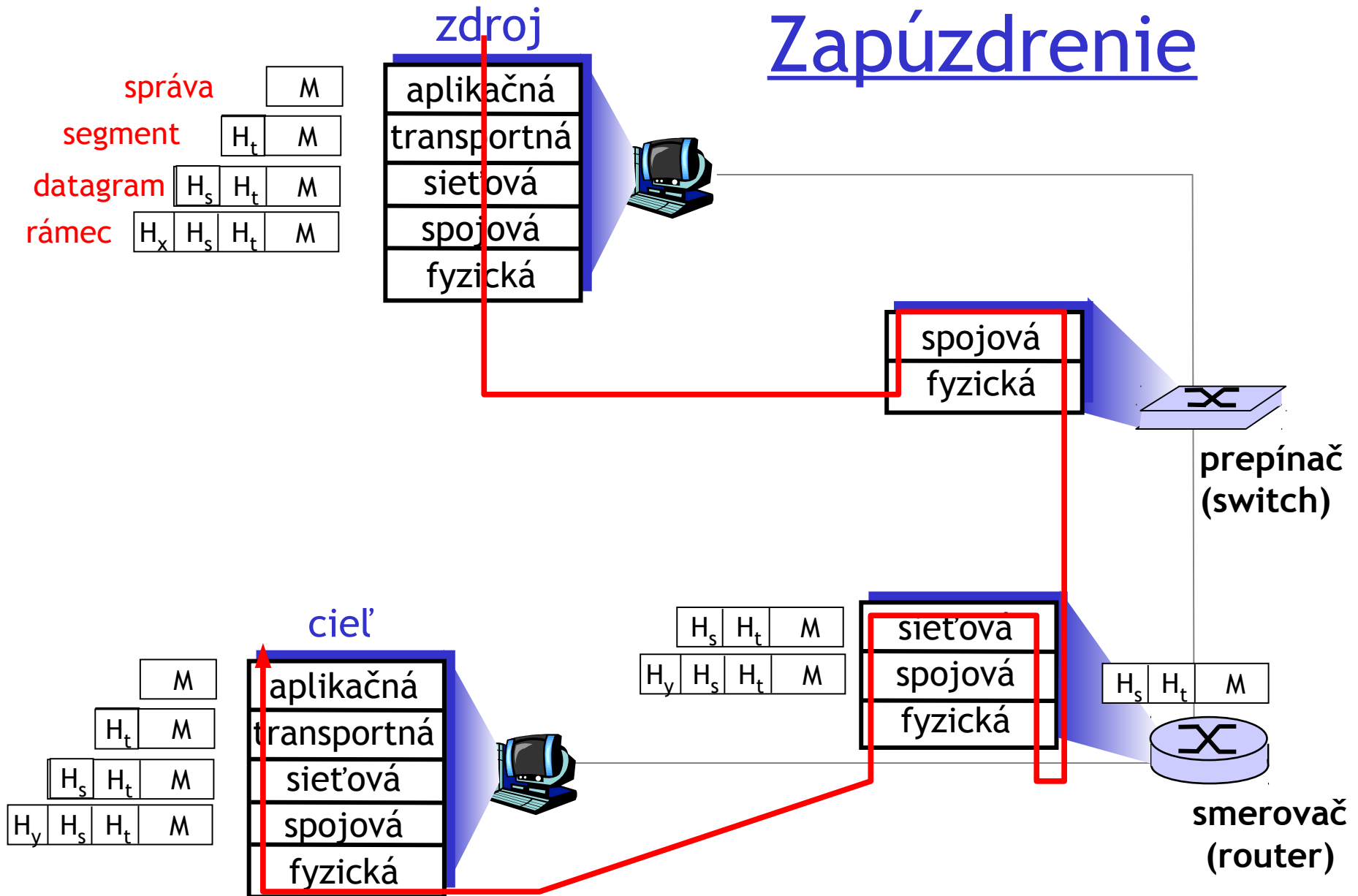


Implementácia internetu TCP/IP

- ❑ **aplikačná (application):** umožňuje fungovanie sieťových aplikácií - definuje tvar a poradie správ
 - ❖ prezentačná a relačná splynuli s aplikačnou
 - tieto služby musí aj tak mať implementované aplikácia, ak to potrebuje
 - a čo ak nepotrebuje?
 - ❖ HTTP, FTP, SMTP, POP, IMAP, XMPP, SSH, Torrent, ...
- ❑ **transportná (transport):** prenáša dáta medzi dvoma procesmi na rôznych koncových zariadeniach
 - ❖ TCP, UDP
- ❑ **sieťová (network):** smeruje pakety od odosielateľa k príjemcovi
 - ❖ IP, smerovacie protokoly
- ❑ **sieťového rozhrania (network interface):** splynutie funkcionality do technológií na prenos dát medzi susednými sieťovými prvkami a spôsobu prenášania binárnych dát
 - ❖ PPP, Ethernet

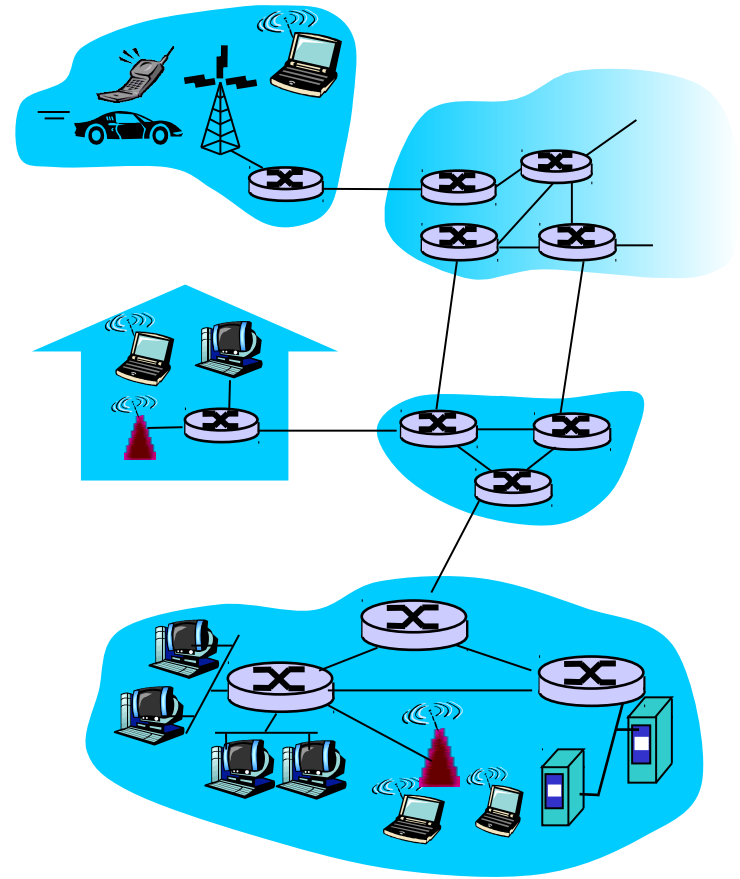


Zapúzdrenie



Bližší pohľad na štruktúru siete:

- **“Okraje” siete:**
aplikácie a koncové zariadenia
- **Prístup na sieť:**
drôtom, bezdrôtovo
- **Jadro siete:** navzájom prepojené smerovače (routre)
 - ◆ Sieť sietí
 - ◆ Iba sieťová a nižšie vrstvy



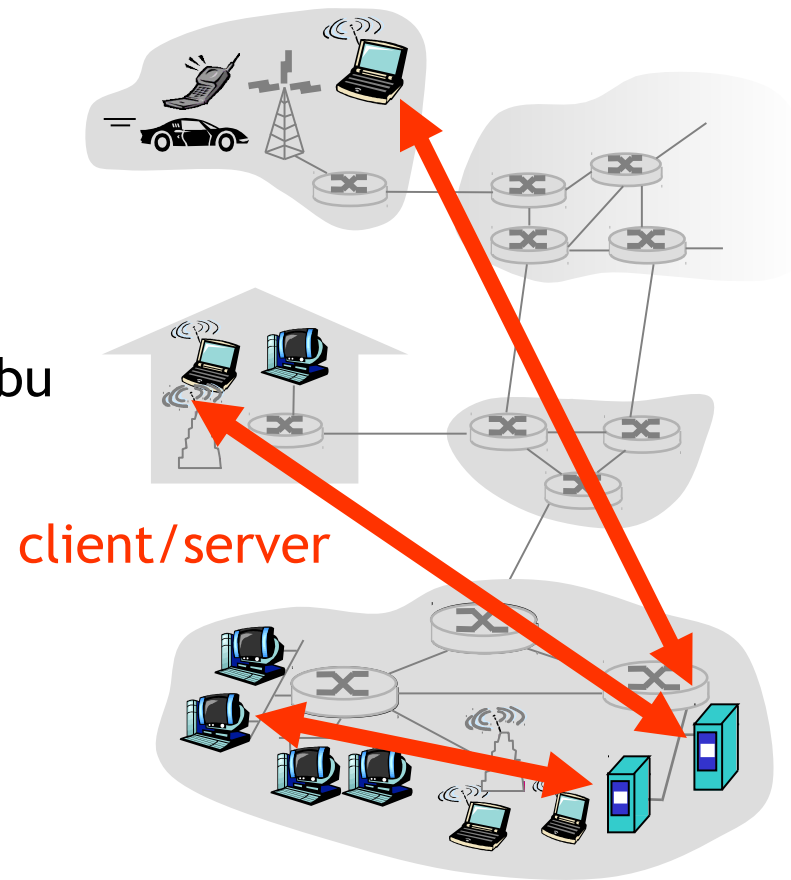
“Okraje” siete:

□ **koncové zariadenia:**

- ❖ spustené sieťové aplikácie
- ❖ napr. Web, email

□ **klient/server model:**

- ❖ klient požaduje a prijíma službu od vždy zapnutého servera
- ❖ napr. Web browser/server; email client/server



“Okraje” siete:

❑ **koncové zariadenia:**

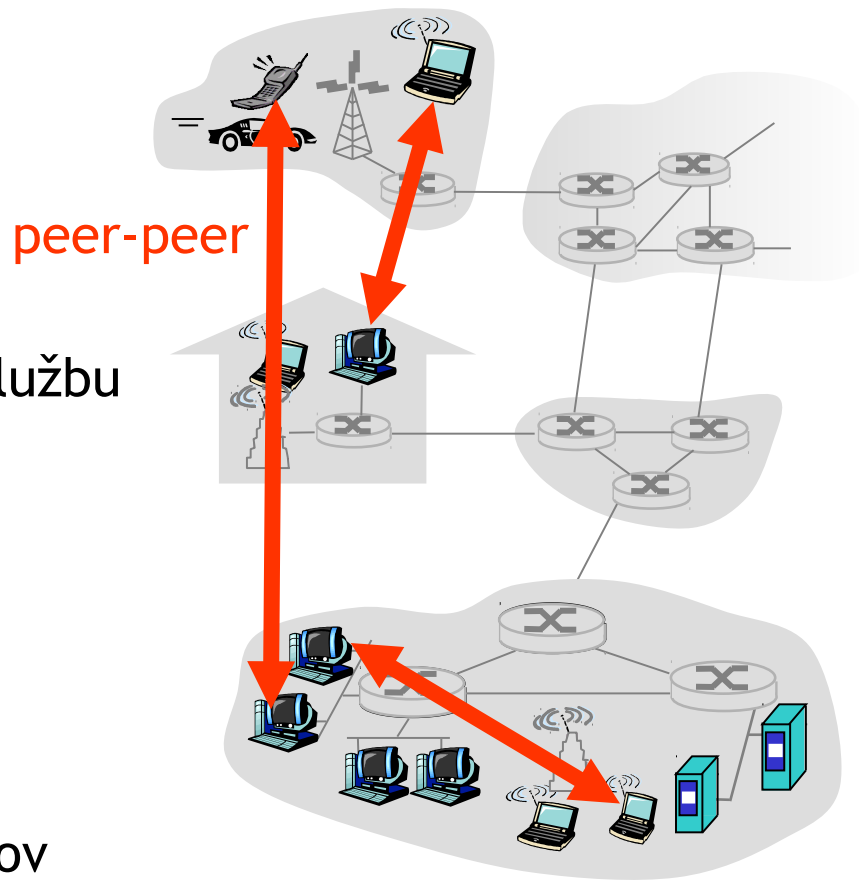
- ❖ spustené sieťové aplikácie
- ❖ napr. Web, email

❑ **klient/server model:**

- ❖ klient požaduje a prijíma službu od vždy zapnutého servra
- ❖ napr. Web browser/server; email client/server

❑ **peer-to-peer model:**

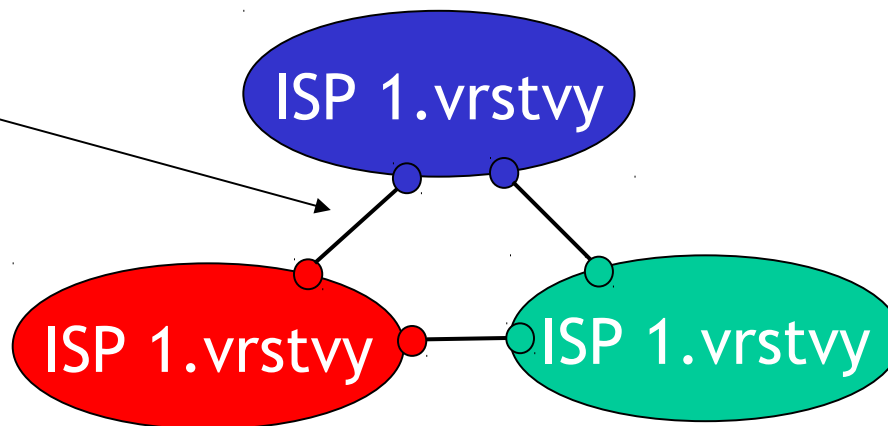
- ❖ minimálne (alebo žiadne) použitie “hlavných” serverov
- ❖ napr. Skype, BitTorrent



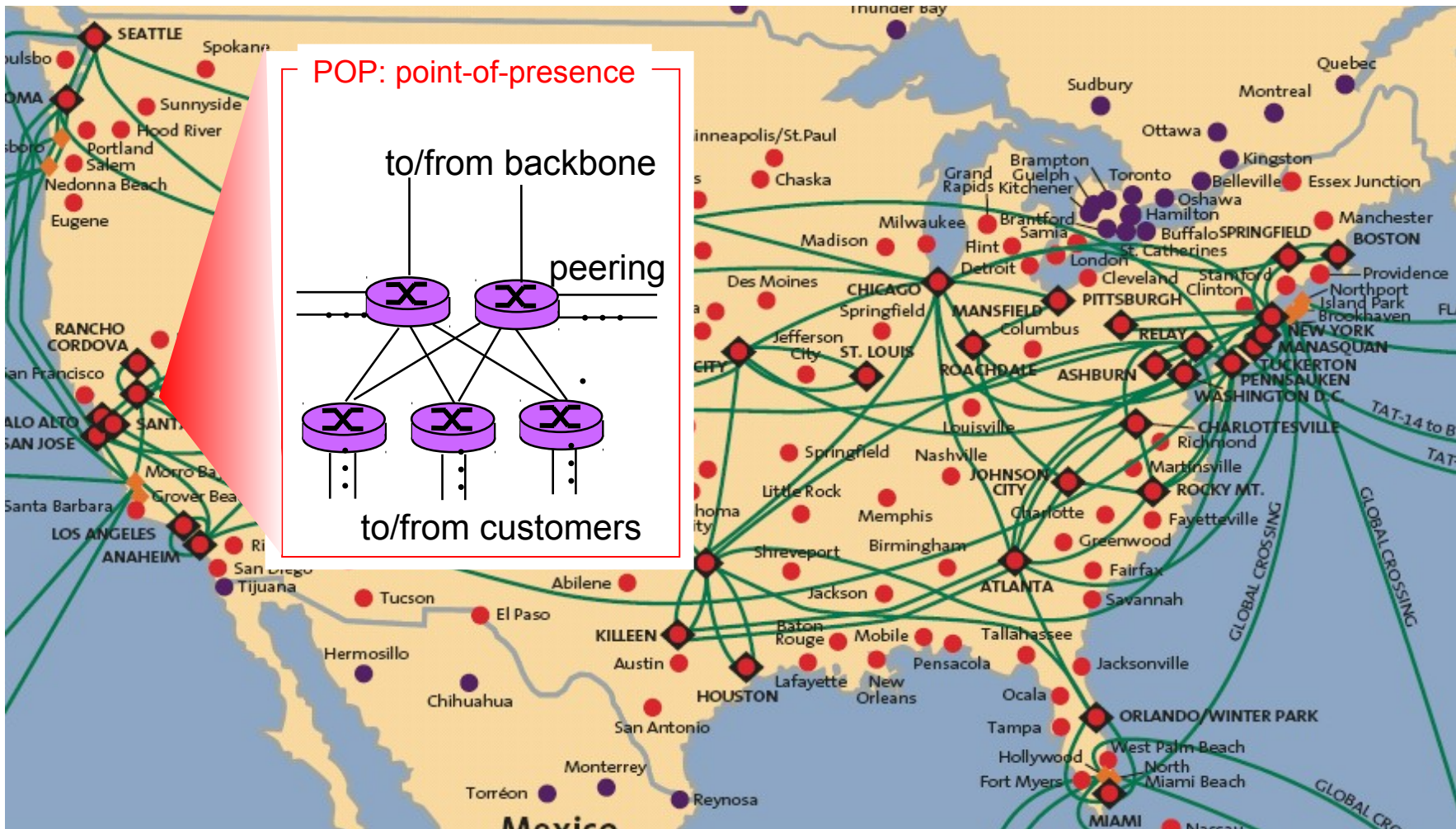
Štruktúra Internetu: sieť sietí

- ❑ Zhruba hierarchická
- ❑ **V strede siete: ISPs “1.vrstvy”** (e.g., Verizon, Sprint, AT&T, Cable and Wireless), národné/medzinárodné pokrytie
 - ❖ Navzájom sú si rovní

Provideri
1.vrstvy sú
medzi sebou
poprepájaní



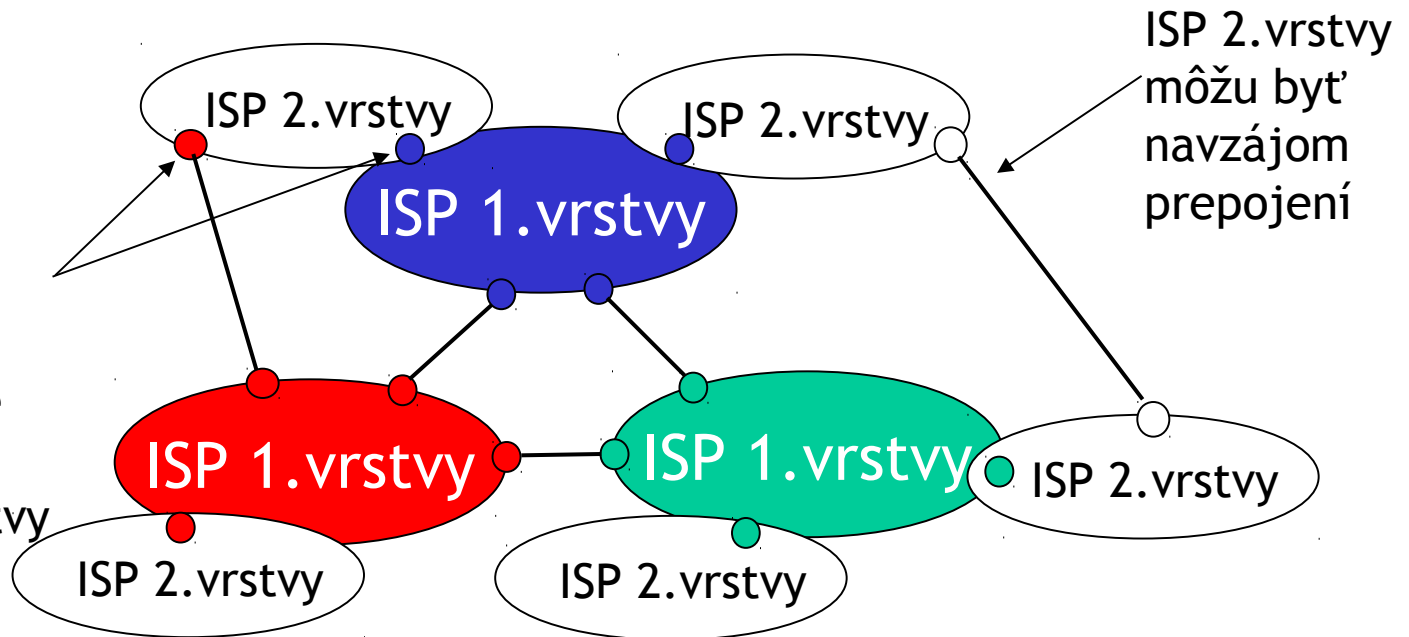
ISP 1.vrstvy: napr. Sprint



Štruktúra internetu: sieť sietí

- **ISP 2. vrstvy: menší (často aj regionálni) provideri**
 - ❖ Napojení na jedného alebo viac ISP 1.vrstvy, ale môžu aj na iných ISP z 2.vrstvy

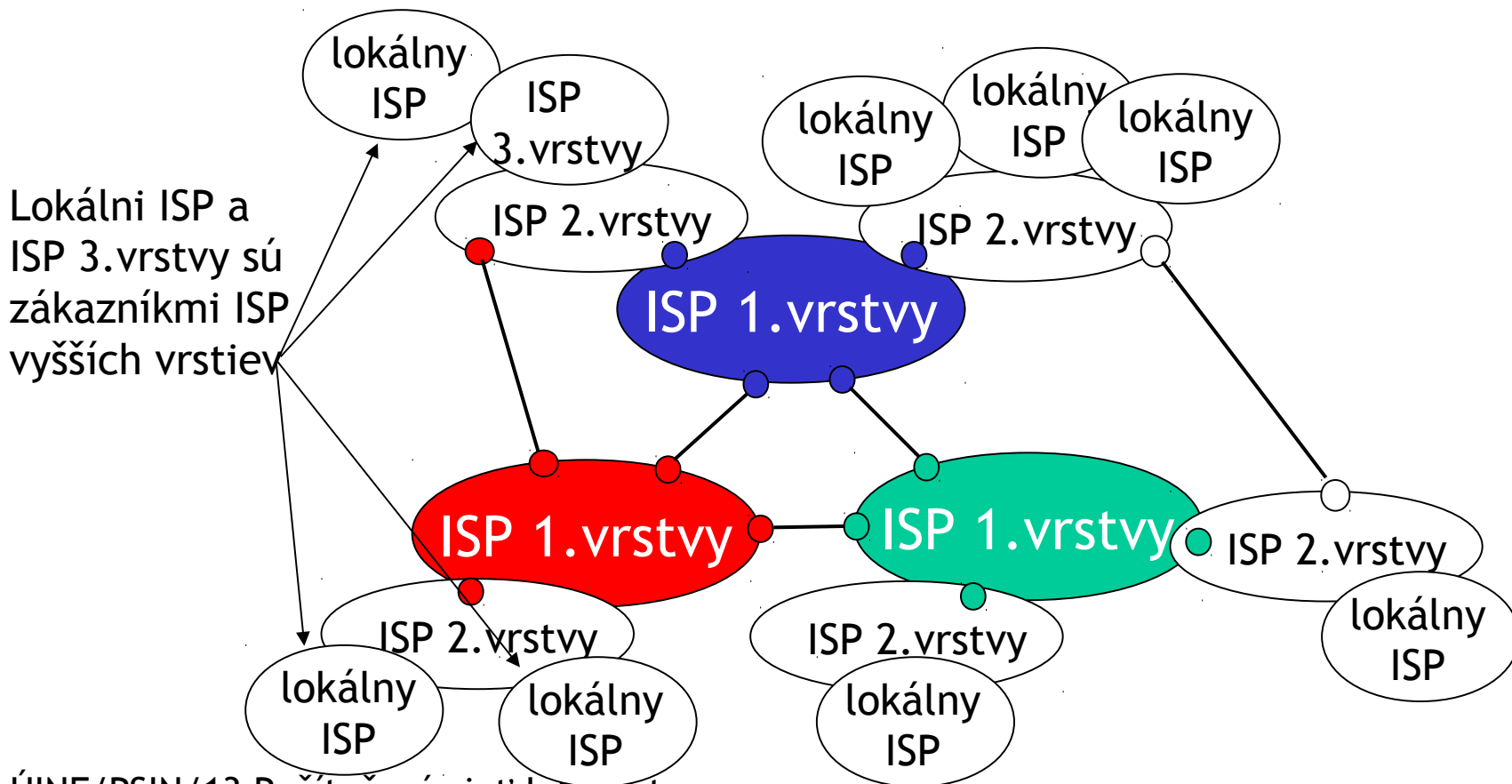
- ISP 2.vrstvy platí za pripojenie ISP prvej vrstvy
- ISP 2.vrstvy je zákazníkom providera 1.vrstvy



Štruktúra internetu: sieť sietí

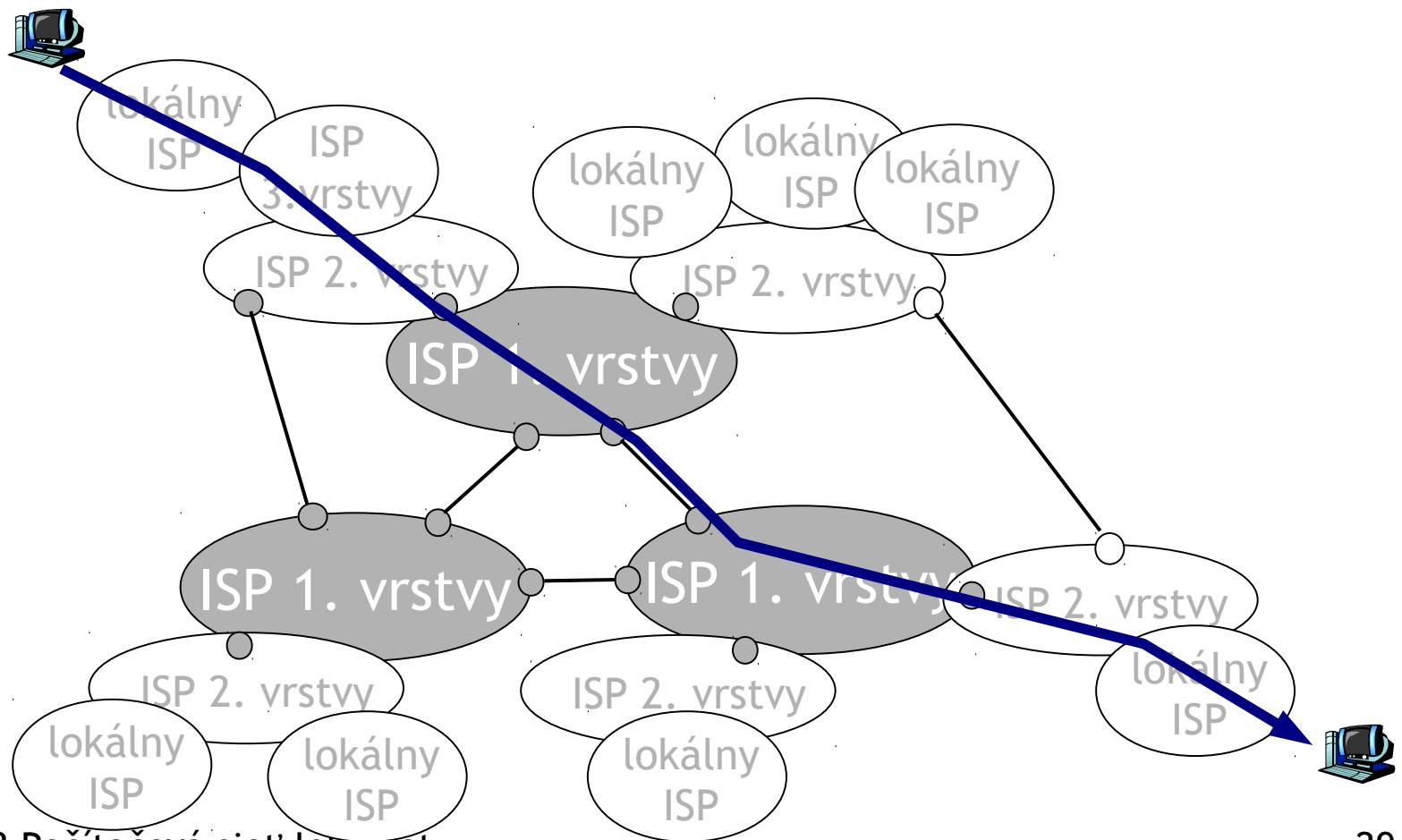
□ ISP 3.vrstvy a lokálni ISP

- ❖ najbližšie ku koncovým zariadeniam a používateľom



Štruktúra internetu: sieť sietí

- **Paket prechádza množstvom sietí**



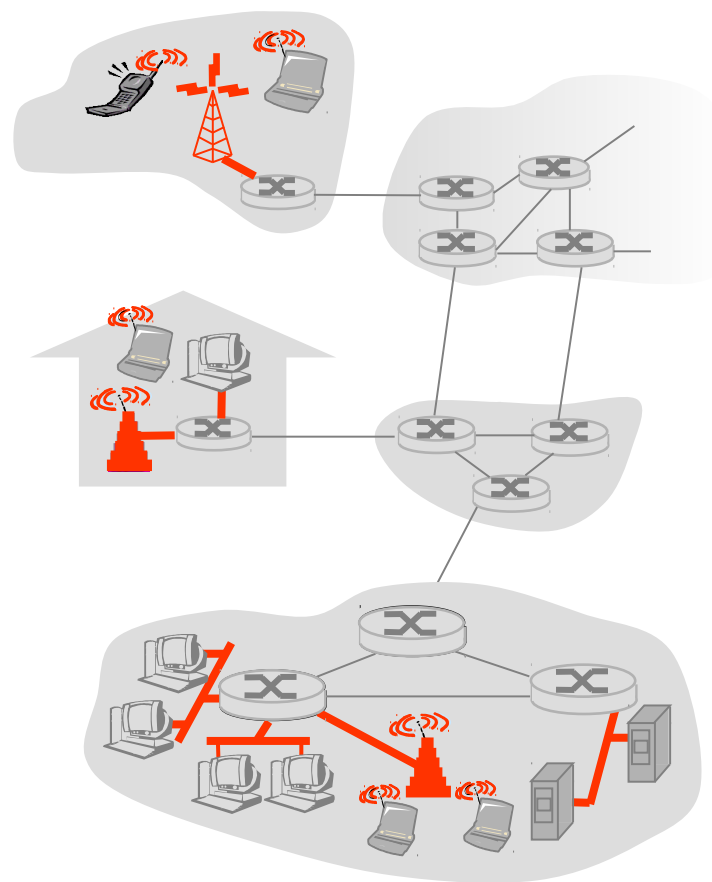
Pripojenie k Internetu

Ako zapojíme koncové zariadenie k internetu?

- ❑ domáce siete
- ❑ podnikové siete (škola, firma)
- ❑ bezdrôtové a mobilné siete

Čo nás má zaujímať:

- ❑ prenosová rýchlosť (bity za sekundu)?
- ❑ zdieľané alebo priame?



Domáce pripojenie: point to point access

□ Dialup cez modem

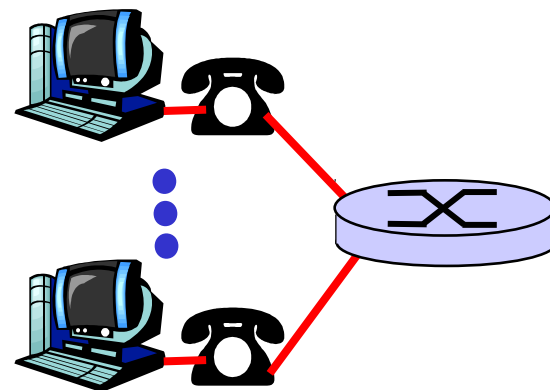
- ❖ max do 56Kb/s, priame spojenie s routrom
- ❖ nemôžeme telefonovať a surfovať zároveň

□ ADSL: digital subscriber line

- ❖ dodávateľ: telefónna spoločnosť (obvykle)
- ❖ do 1 Mb/s odosielanie (typicky < 256 kb/s)
- ❖ do 8 Mb/s prijímanie (typicky < 1 Mb/s)
- ❖ 3 nezávislé frekvenčné pásma - môžeme telefonovať a surfovať zároveň.

□ VDSL2: digital subscriber line

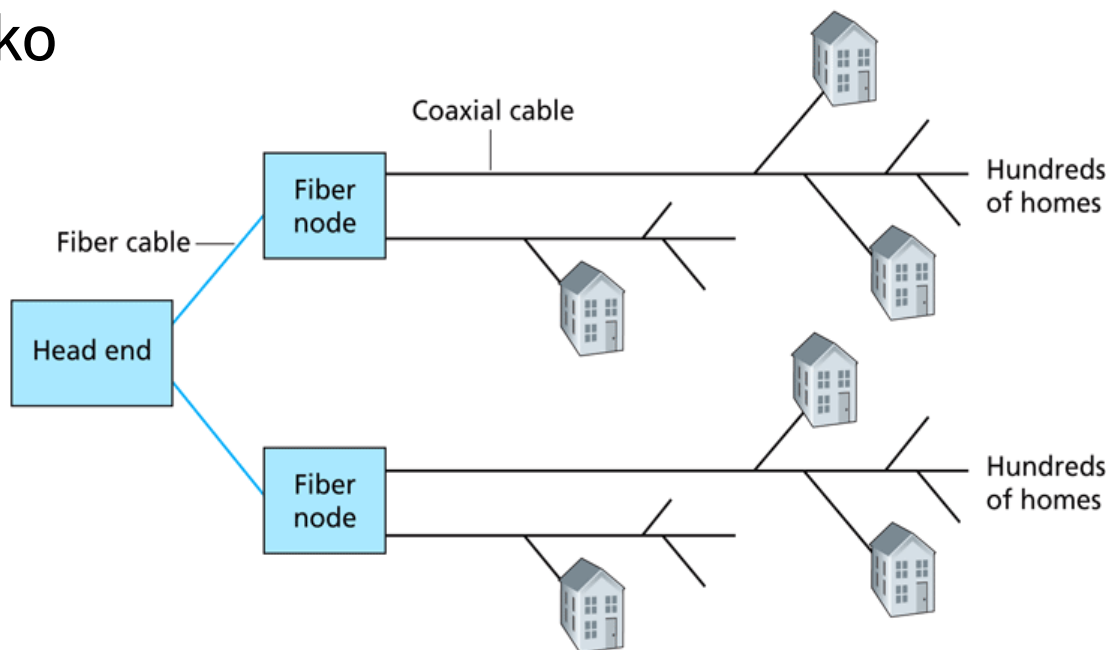
- ❖ teoreticky až 100 Mb/s (max. do 300 m)



Domáce pripojenie: modemy káblových TV

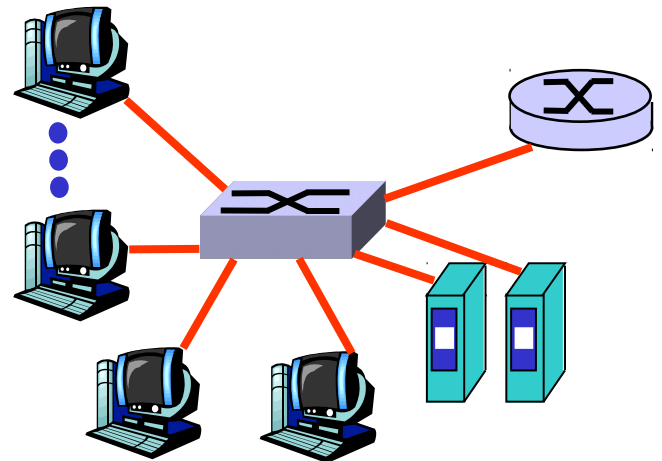
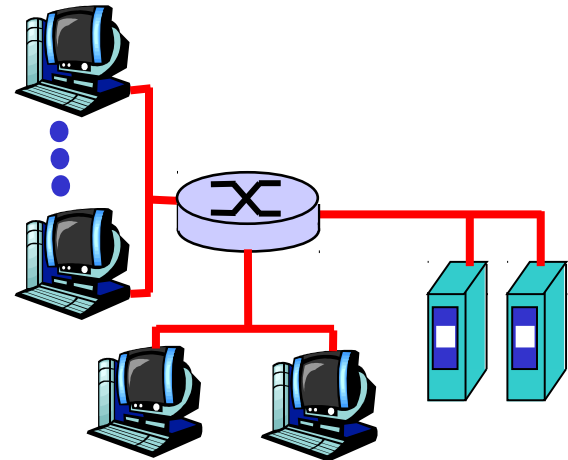
❑ HFC: hybrid fiber coax

- ❖ asymetrické: do 30Mb/s prijímanie, do 2 Mb/s odosielanie
- ❑ zdieľané pripojenie do siete z jedného uzla (ulica, vchod)
 - ❖ iba jeden môže vysielať do daného uzla, všetci prijímajú všetko
- ❑ od káblových TV



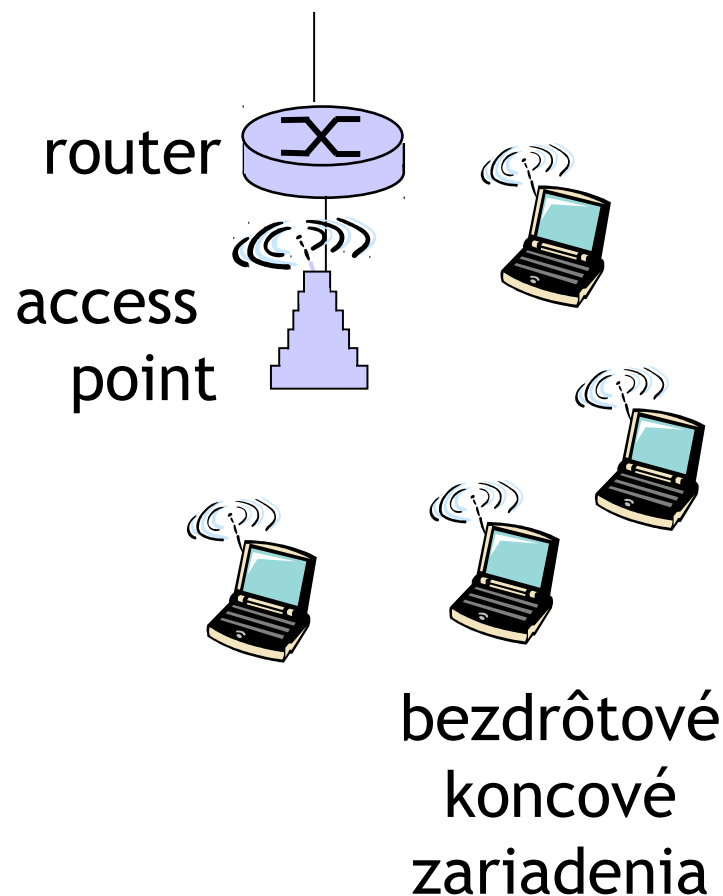
Vysokorýchlostné pripojenie: local area networks

- ❑ **Local area network (LAN)** spája koncové stanice s miestnym smerovačom (routrom) bez potreby modemu
- ❑ **Ethernet:**
 - ❖ 10 Mb/s, 100 Mb/s, 1 Gb/s, 10 Gb/s Ethernet
 - ❖ Časté zapojenie: koncové stanice sú zapojené do *ethernetových prepínačov (switchov)* a až tie do smerovačov



Bezdrôtové siete

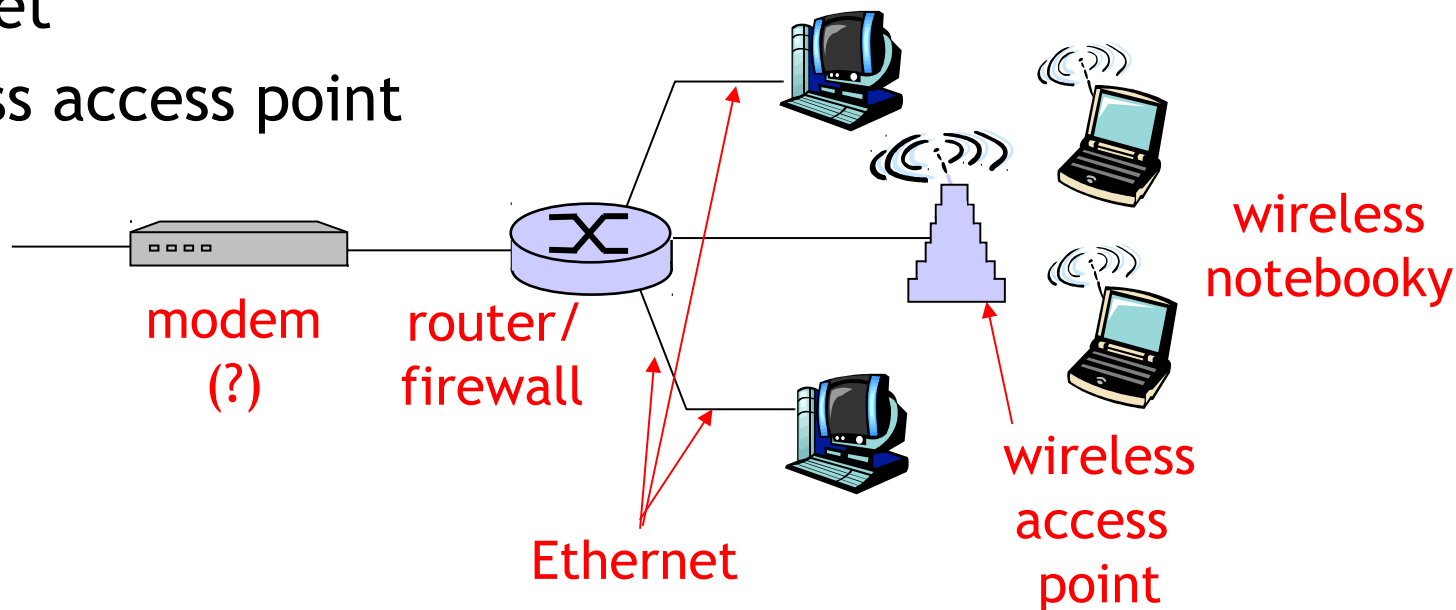
- ❑ zdieľané *bezdrôtové* pripojenie spája koncové zariadenia s routrom
 - ❖ cez zariadenie nazývané “access point”
- ❑ **Wireless LAN (WiFi):**
 - ❖ 802.11b/g/n: 11/54/300 Mb/s
 - ❖ 802.11ac: > 500 Mb/s na stanicu
- ❑ **bezdrôtovo na väčšie vzdialenosti**
 - ❖ 3G, HSPA+, ~6Mb/s cez mobilné siete (teoreticky až 84 Mb/s)
 - ❖ WiMAX ~20 Mb/s na desiatky km
 - ❖ LTE, WiMAX2,... ~do 100 Mb/s (teoreticky vyše 300Mb/s)
 - ❖ LTE Advanced ~ 1Gb/s



Domáce siete

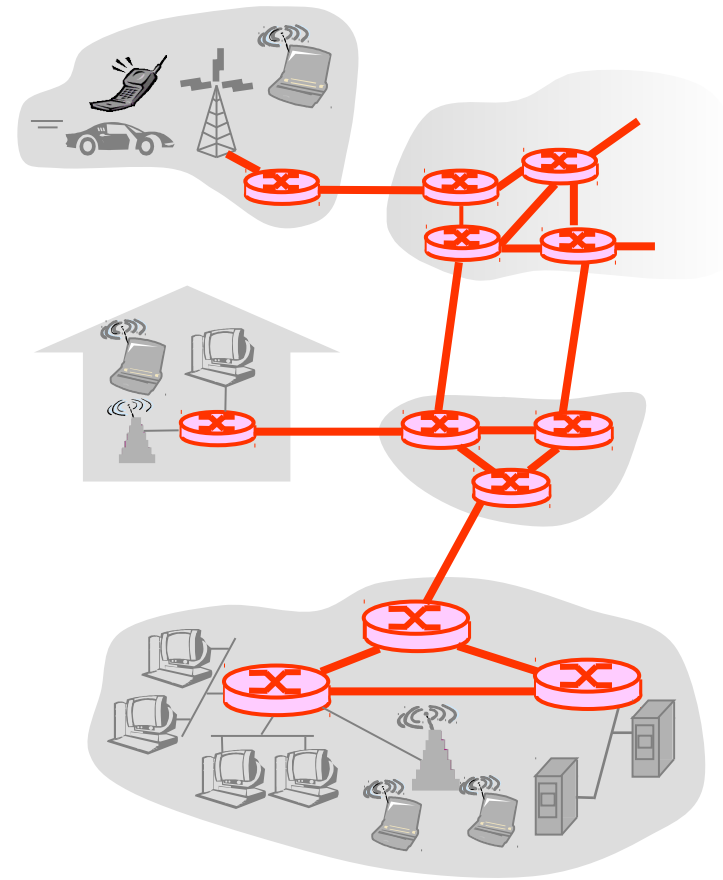
Typická domáca výbava:

- ❑ DSL alebo iný modem (alebo ISP poskytuje LAN pripojenie)
- ❑ router/firewall/NAT
- ❑ ethernet
- ❑ wireless access point



Jadro siete

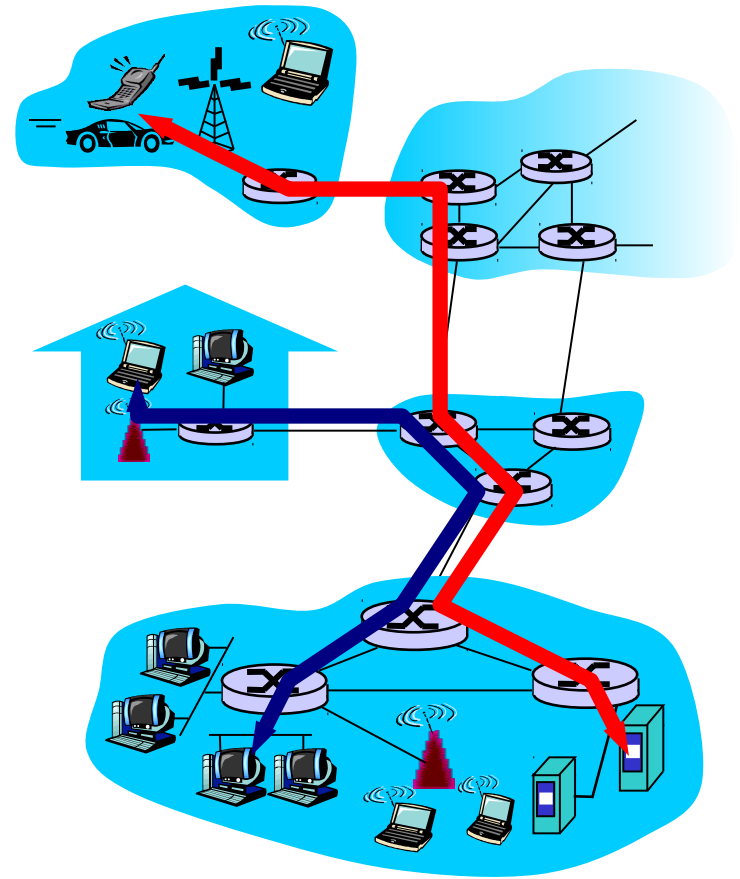
- ❑ sieť prepojených smerovačov (routrov)
- ❑ základná otázka : ako sa dopravujú dáta v rámci siete?
 - ❖ **prepínanie okruhov**: vyhradené spojenie - telefónne spojenia
 - ❖ **riadenie paketmi**: dáta sú posielané po kúskoch



Jadro siete: Prepínanie okruhov

Celá cesta je vyhradená pre spojenie

- ❑ šírka pásma a kapacita zariadení sa delí pre cesty nimi prechádzajúce
- ❑ vyhradené zdroje: žiadne zdieľanie
- ❑ garantovaný výkon
- ❑ vyžaduje nastavenie spojenia



Jadro siete: Prepínanie okruhov

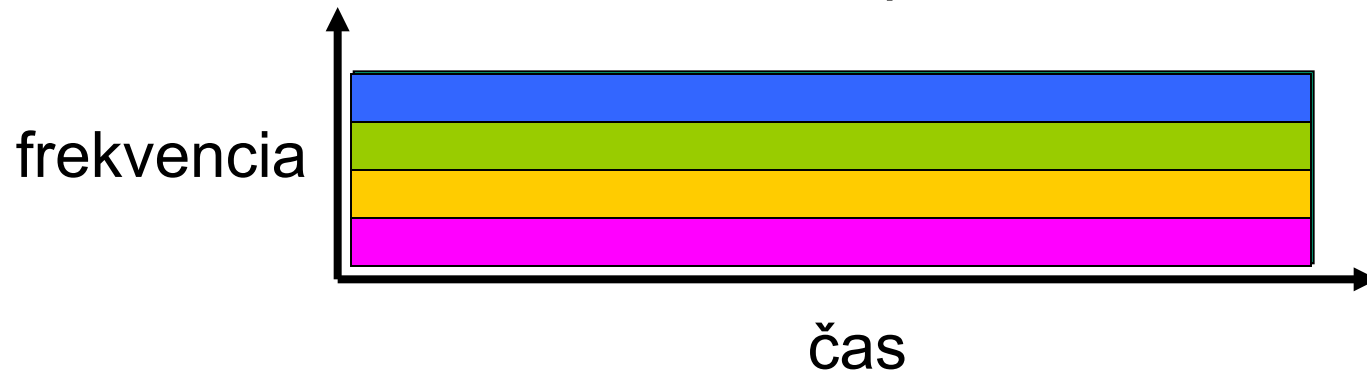
Sieťové zdroje (napr. šírka pásma) **sú rozkúskované**

- ❑ každý kúsok venovaný jednému spojeniu
- ❑ ak sa počas spojenia nič neposiela, sieťové zdroje sú nečinné, aj keby ich niekto iný chcel využiť

- ❑ Rozkúskovanie pripojenia:
 - ❖ Frekvenčné delenie (FDM)
 - ❖ Časové delenie (TDM)

Prepínanie okruhov: Frekvenčné a časové delenie

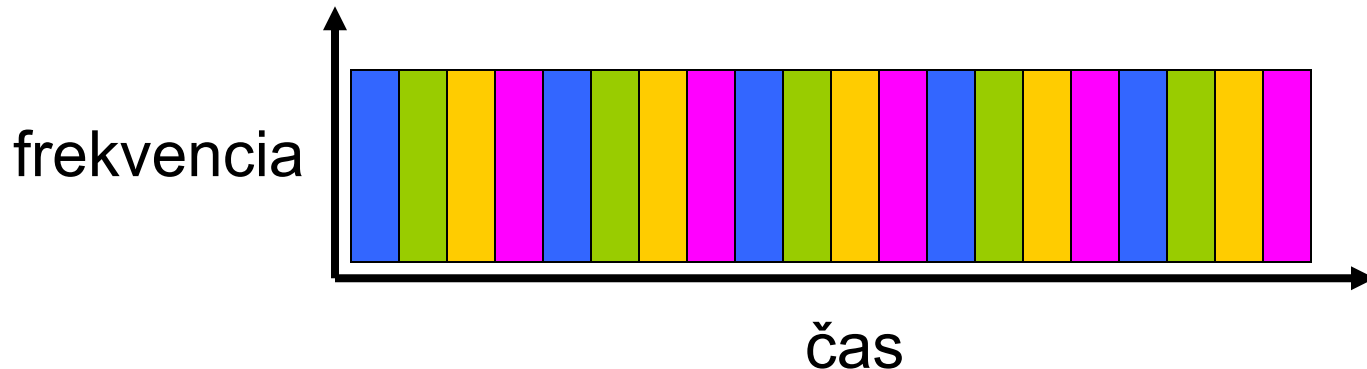
Frekvenčné delenie



Príklad:

4 používatelia 

Časové delenie



Príklad

- Ako dlho trvá odoslať súbor, ktorý má 640,000 bitov, zo stanice A do stanice B cez sieť využívajúcu prepínanie okruhov?
 - ❖ Rýchlosť všetkých spojení je 1536 kb/s
 - ❖ Každé spojenie používa časové delenie 24 slotov/sekundu (my použijeme jeden)
 - ❖ 500 milisekúnd na nadviazanie spojenia

Príklad

- Ako dlho trvá odoslať súbor, ktorý má 640 000 bitov zo stanice A do stanice B cez sieť využívajúcu prepínanie okruhov?
 - ❖ Rýchlosť všetkých spojení je 1536 kb/s
 - ❖ Každé spojenie používa časové delenie 24 slotov/sekundu (my použijeme jeden)
 - ❖ 500 milisekúnd na nadviazanie spojenia

$$1536/24 = 64\text{kb/s}$$

$$640\,000/64\,000 = 10 \text{ sekúnd}$$

Celkovo **10,5 s.** - **garantovaných**

Jadro siete: Riadenie paketmi

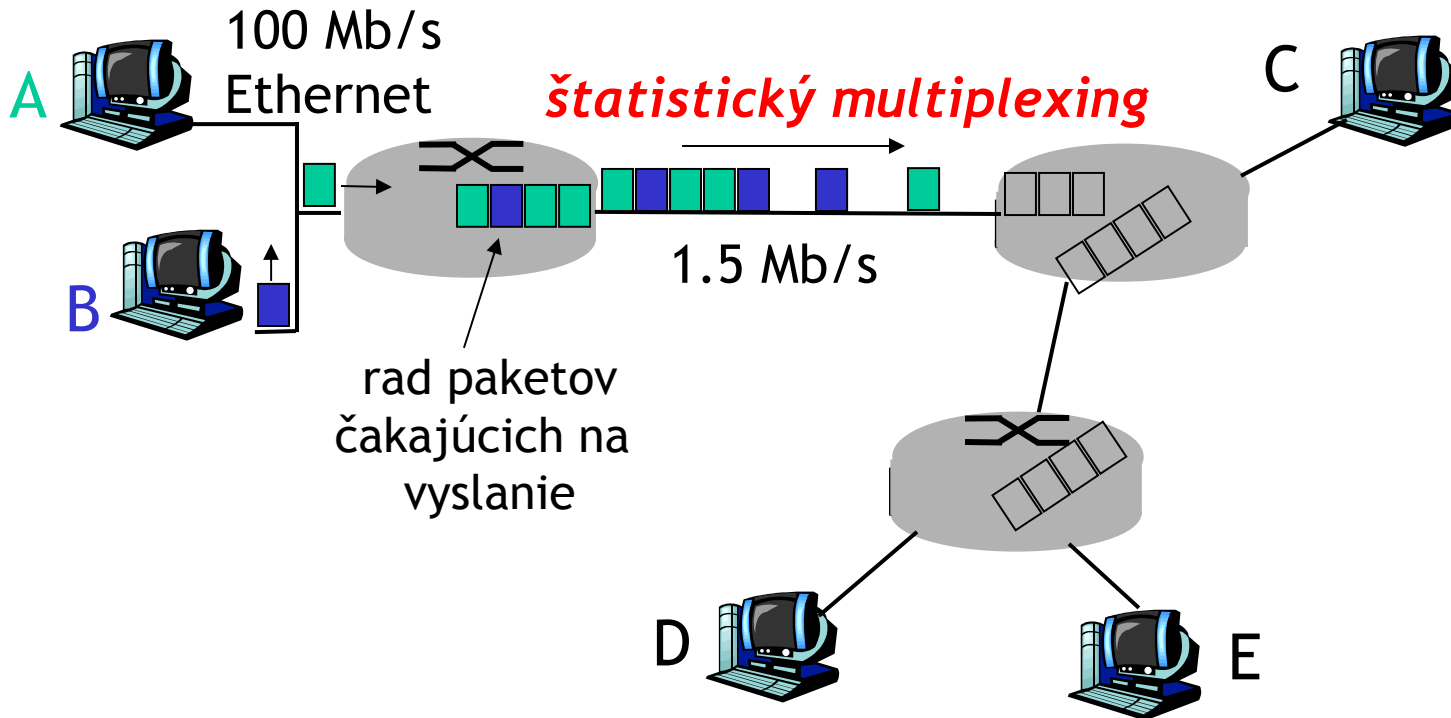
Každý prúd dát je rozdelený
na *pakety*

- ❑ používatelia zdieľajú sieťové zdroje
- ❑ každý paket využíva celú šírku pásma
- ❑ zdroje sú používané *podľa potreby*

nevýhody:

- ❑ požiadavky na zdroje môžu byť väčšie ako tieto zdroje zvládnu
- ❑ zahltenie: čakajúce pakety, čakanie na uvoľnenie prenosového média
- ❑ uloženie a preposlanie: pakety sú posielané ďalej až po ich úplnom doručení

Riadenie paketmi: Štatistický multiplexing

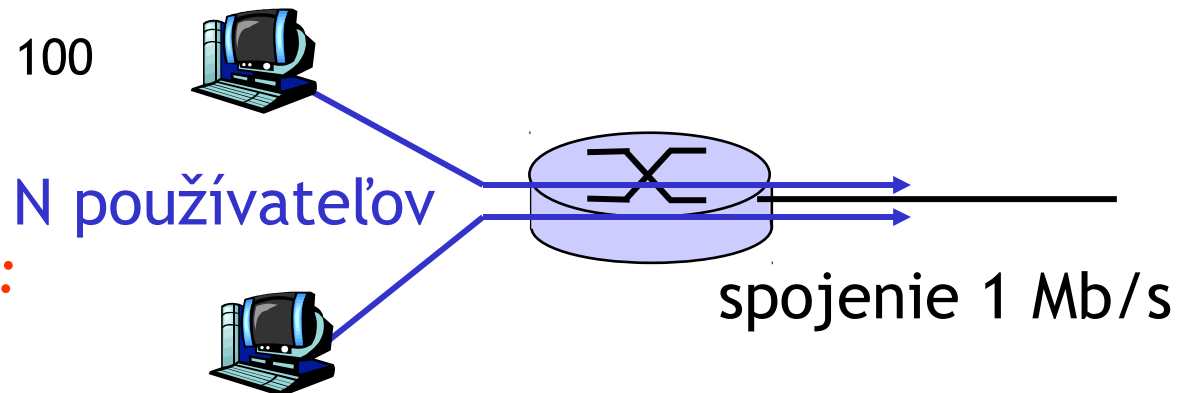


Postupnosť paketov z A a z B nemá pevné poradie, šírka pásma je rozdelená podľa aktuálnej potreby

Riadenie paketmi verzus prepínanie okruhov

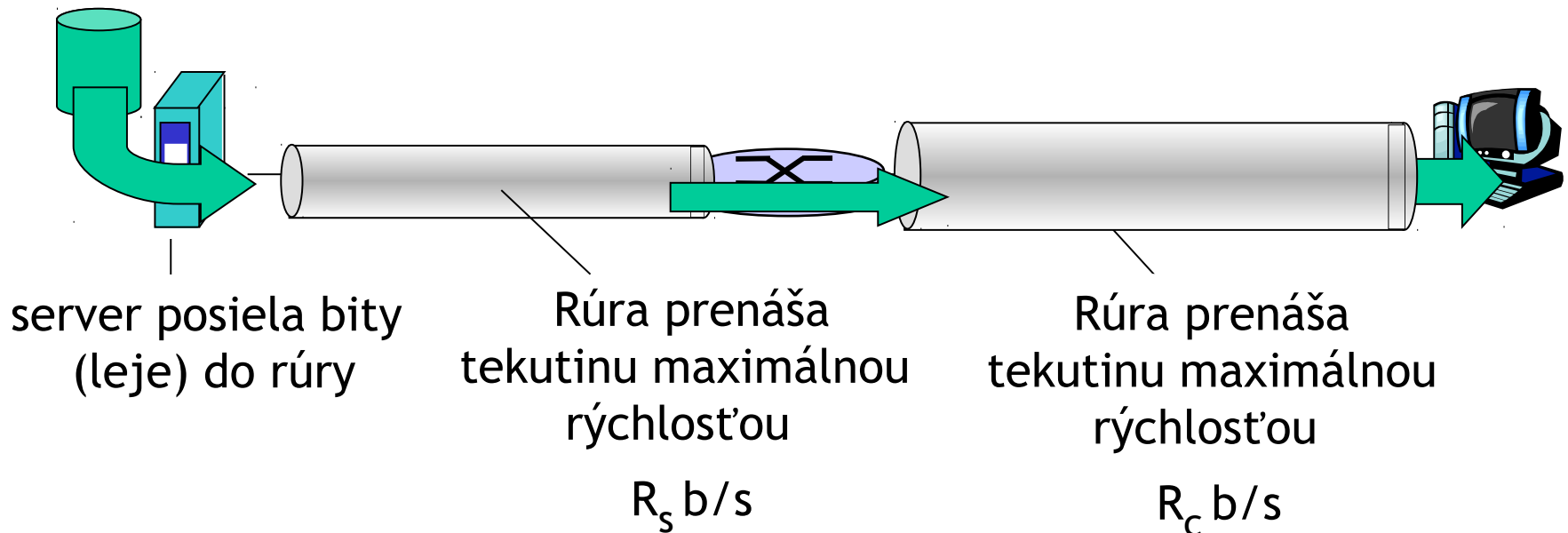
Riadenie paketmi umožňuje pripojenie viacerých koncových zariadení do siete

- ❑ 1 Mb/s spojenie
- ❑ Každé zariadenie:
 - ❖ rýchlosť odosielania 100 kb/s
 - ❖ aktivita 10% času
- ❑ *prepínanie okruhov:*
 - ❖ 10 zariadení
- ❑ *riadenie paketmi:*
 - ❖ s 35 zariadeniami je pravdepodobnosť, že je viac ako 10 zariadení aktívnych, menej ako 0.04 %



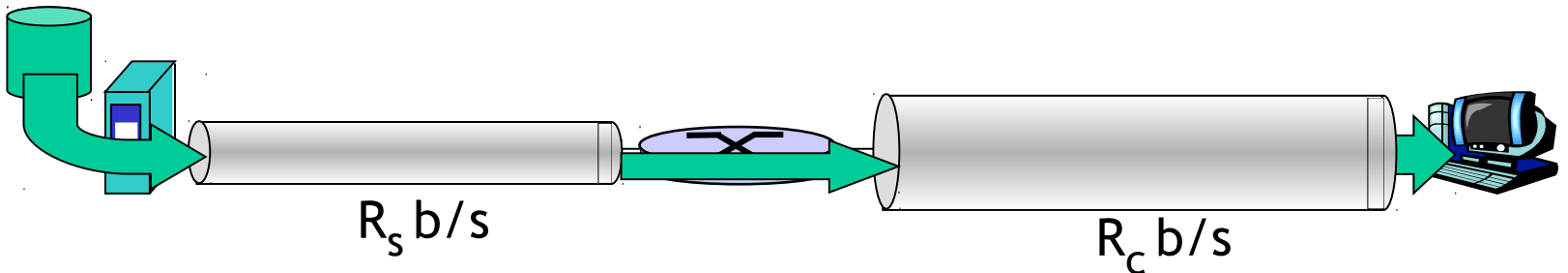
Priepustnosť

- rýchlosť (b/s), ktorou sú odosielané dáta medzi odosielateľom a príjemcom
 - ❖ *aktuálna*: rýchlosť v danom čase
 - ❖ *priemerná*: rýchlosť za dlhšie obdobie

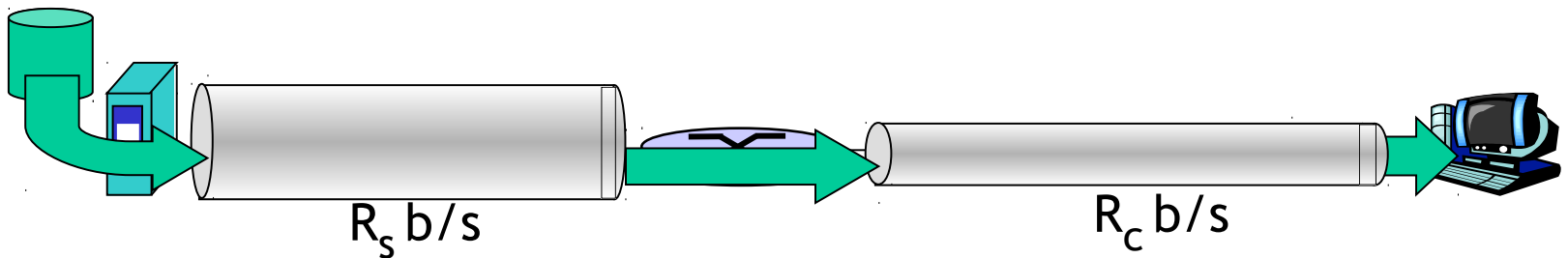


Priepustnosť

□ $R_s < R_c$ Aká je priemerná priepustnosť?



□ $R_s > R_c$ Aká je priemerná priepustnosť?

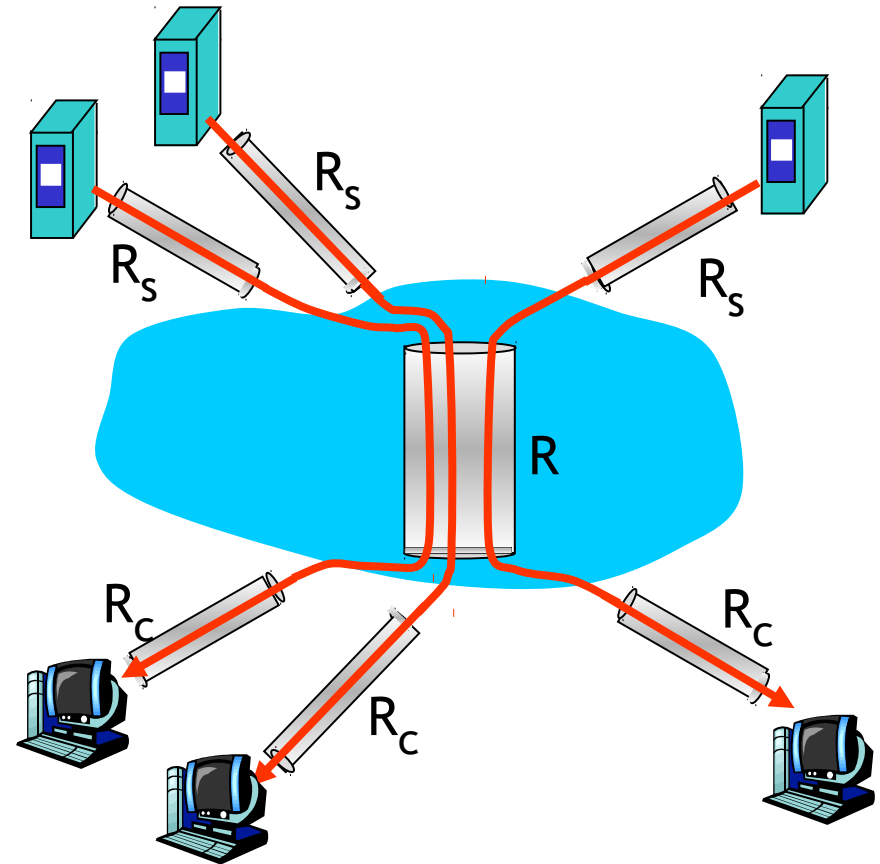


bottleneck (úzke miesto)

Spojenie na ceste, ktoré obmedzuje priepustnosť

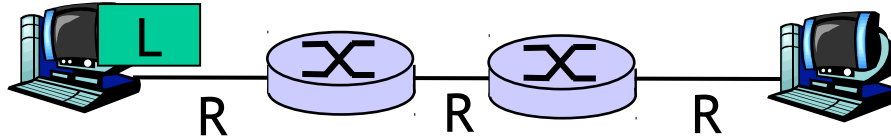
Priepustnosť: internetový príklad

- ❑ Priepustnosť jednotlivých spojení:
 $\min(R_C, R_S, R/10)$
- ❑ V praxi: R_C alebo R_S je úzke miesto



10 spojení (spravodlivo) zdieľa úzke miesto chrbticového spojenia s rýchlosťou R b/s

Riadenie paketmi: ulož-a-prepošli



- na odoslanie paketu veľkosti L bitov spojením s rýchlosťou R b/s potrebujeme L/R sekúnd
- **ulož a prepošli**: celý paket musí dôjsť do smerovača (routra), než je preposlaný na iný výstup
- zdržanie = $3L/R$ (za predpokladu nulového zdržania šírením po spojení)

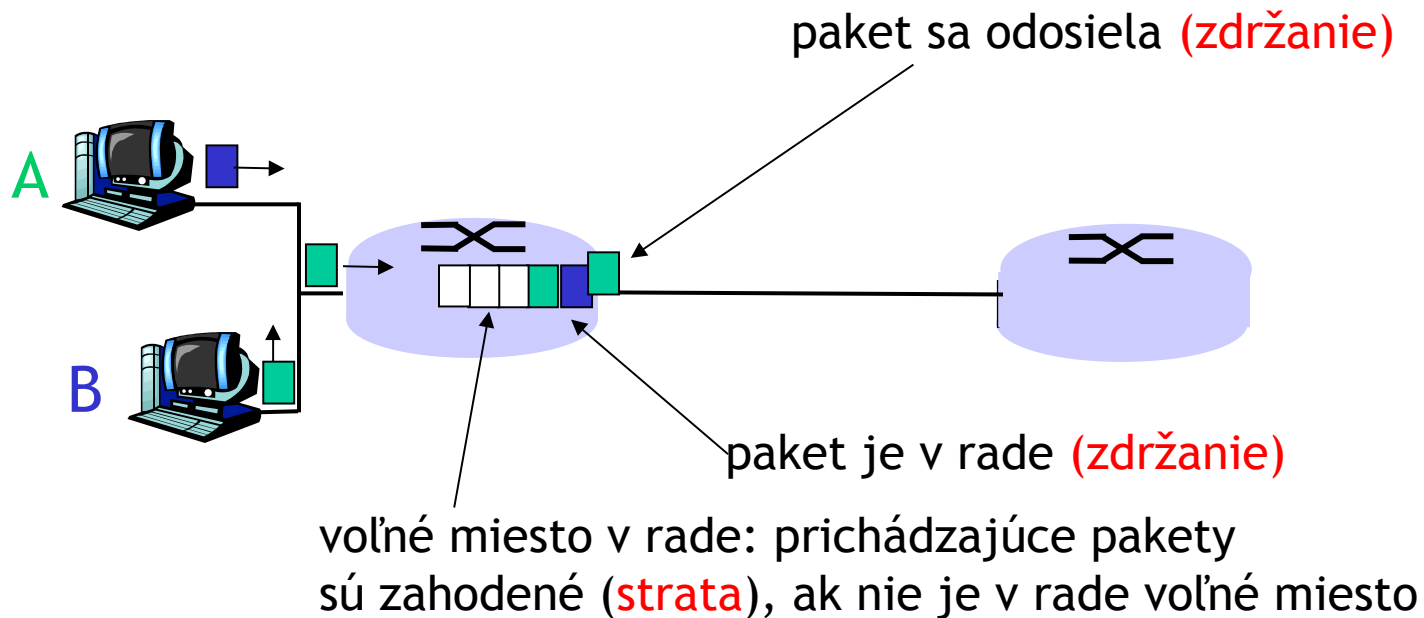
Príklad:

- $L = 7.5$ Mb
- $R = 1.5$ Mb/s
- zdržanie preposlaním = 15 s

Ako vznikajú straty a zdržania?

pakety sú pred odoslaním v rade na rozhraní smerovača (router-a)

- ❑ ak je rýchlosť príchodu paketov vyššia ako priepustnosť výstupného spojenia
- ❑ pakety čakajú v rade na odoslanie



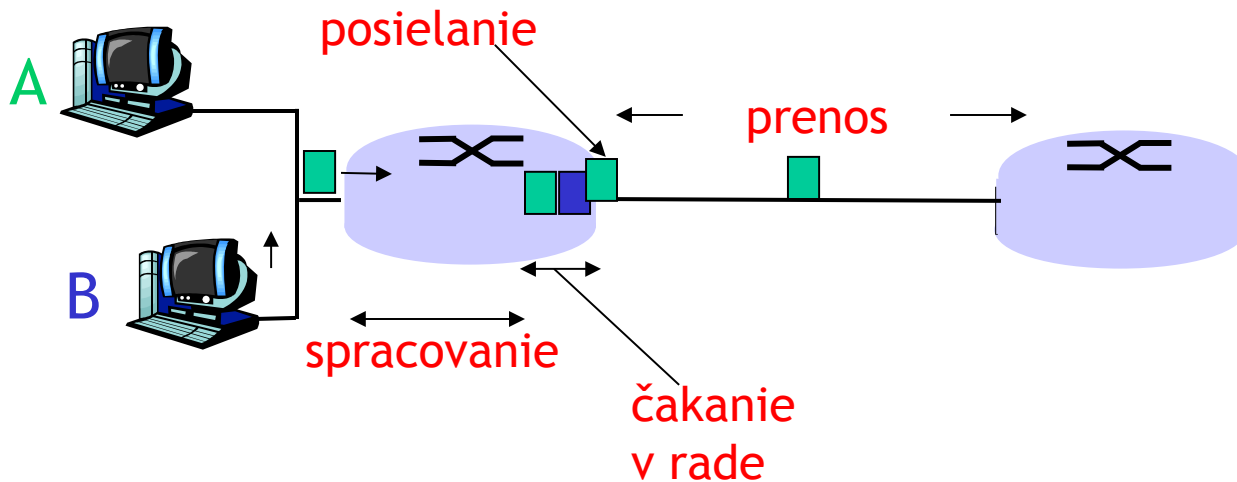
4 dôvody zdržania

□ 1. spracovanie:

- ❖ overenie bitových chýb
- ❖ zistenie výstupného rozhrania

□ 2. čakanie v rade:

- ❖ čakanie na uvoľnenie výstupného spoja
- ❖ závislé od miery zahŕtenia routra



4 dôvody zdržania

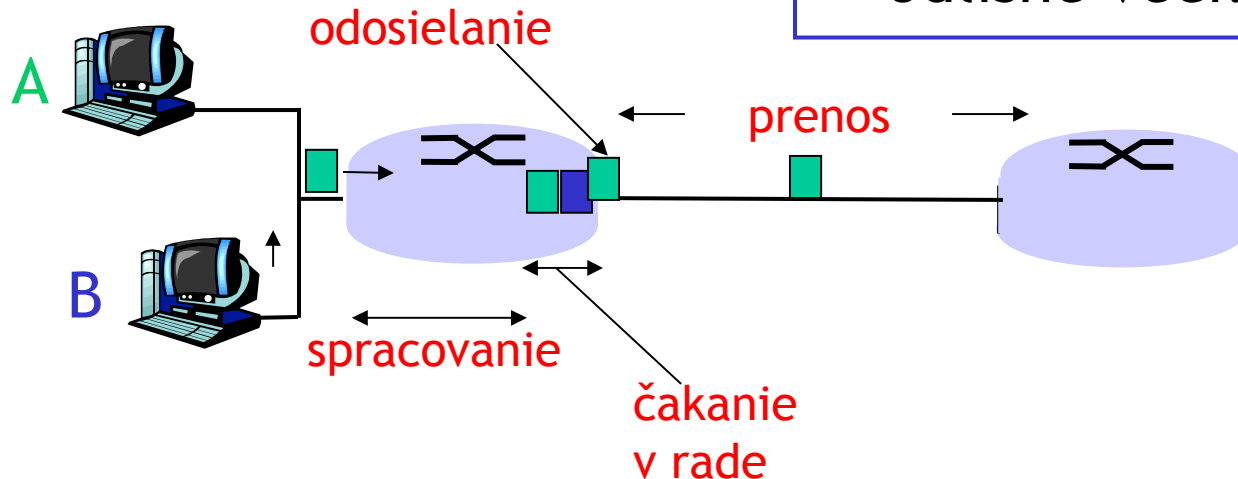
3. odosielanie:

- R = prenosová rýchlosť (b/s)
(upload speed - rýchlosť odosielania)
- L = dĺžka paketu (bity)
- čas na odoslanie = L/R

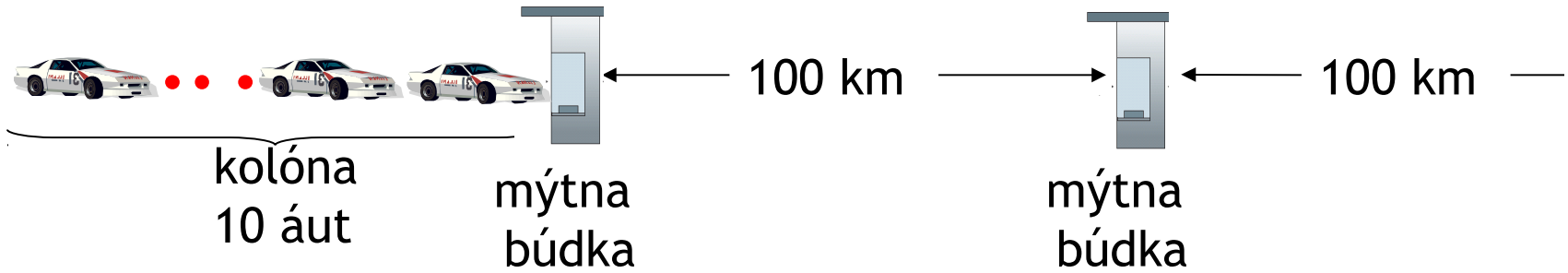
4. prenos:

- d = vzdialenosť k ďalšiemu uzlu
- s = rýchlosť signálu ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)
- Prenosové zdržanie = d/s

poznámka: s a R sú veľmi odlišné veci!



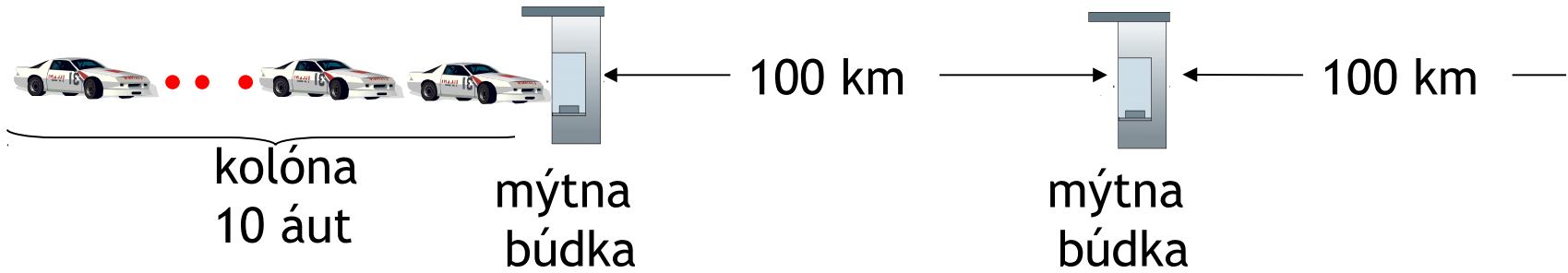
Analógia kolóny áut na diaľnici



- ❑ autá sa “prenášajú” rýchlosťou 100 km/h
- ❑ mýtna búdka potrebuje 12 s na vybavenie auta (čas odosielania)
- ❑ auto~bit; kolóna ~ paket
- ❑ **Koľko potrvá, než bude kolóna pred d’alšou mýtnou búdkou?**

- ❑ Čas na odoslanie kolóny z mýtnej búdky na diaľnicu = $12 \cdot 10 = 120$ s
- ❑ Čas na dopravenie posledného auta k d’alšej mýtnej búdkе: $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1$ h
- ❑ **Odpoveď: 62 minút**

Kolóna áut na diaľnici (iné čísla)



- ❑ Autá sa “prenášajú” rýchlosťou 1000 km/h
- ❑ Mýtna búdka potrebuje 1 minútu na 1 auto
- ❑ **Príde nejaké auto k ďalšej búde, skôr ako z prvej odíde celá kolóna?**

- ❑ **Áno!** Po 7 min je 1. auto pri druhej búde a 3 autá sú stále pri prvej.
- ❑ Prvý bit paketu môže doraziť k druhému smerovaču skôr, ako prvý smerovač odoslal celý paket!

Celkové zdržanie

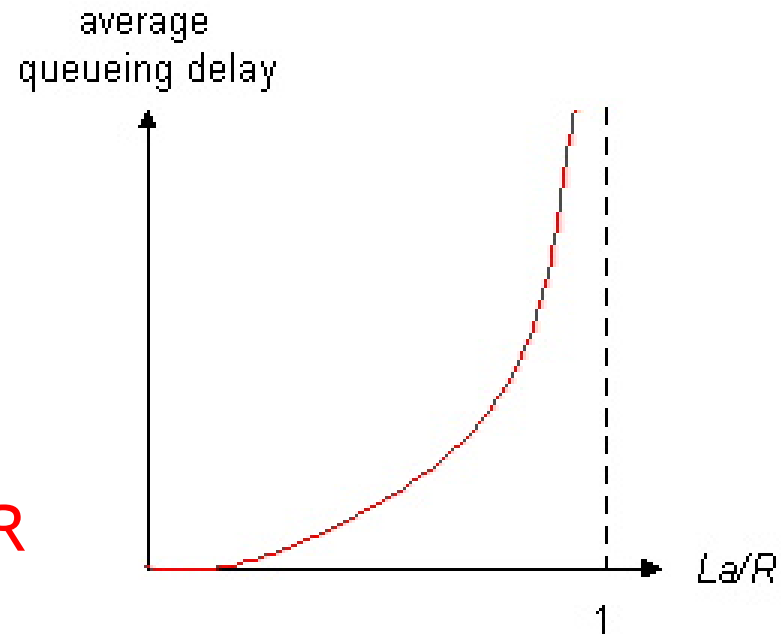
$$d_{\text{celkové}} = d_{\text{sprac}} + d_{\text{v rade}} + d_{\text{odosl}} + d_{\text{prenos}}$$

- ❑ d_{sprac} = zdržanie spracovaním
 - ❖ obyčajne zopár mikrosekúnd alebo aj menej
- ❑ $d_{\text{v rade}}$ = zdržanie čakaním v rade
 - ❖ záleží od zahltenia
- ❑ d_{odosl} = zdržanie odosielaním
 - ❖ = L/R , výrazné pre pomalé spojenia
- ❑ d_{prenos} = zdržanie prenosom
 - ❖ Od pár mikrosekúnd do stovák milisekúnd

Ešte raz čakanie v rade

- R =prenosová rýchlosť (b/s)
- L =dĺžka paketu (bity)
- a =počet paketov prichádzajúcich za sekundu

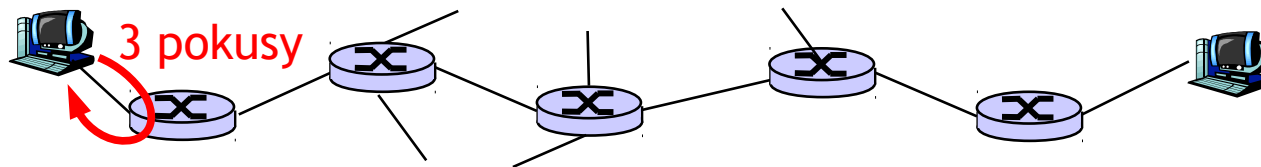
Intenzita prevádzky = La/R



- $La/R \sim 0$: v priemere sa veľa nečaká
- $La/R \rightarrow 1$: zdržanie čakaním v rade narastá
- $La/R > 1$: dáta prichádzajú rýchlejšie ako stíhajú odchádzať, priemerné čakanie v rade je nekonečné!

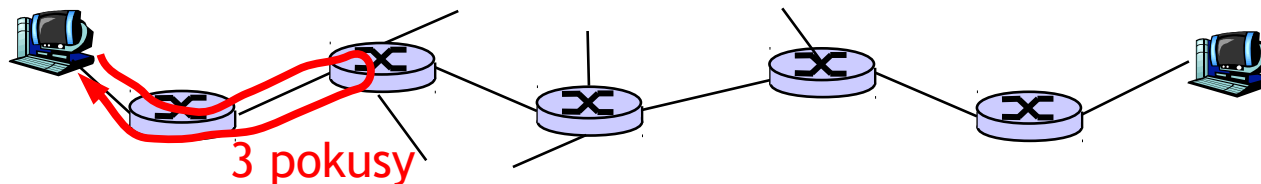
“Reálne” zdržania a cesty

- ❑ Ako je to so zdržaním a stratou v “reálnom” internete?
- ❑ **Program traceroute:** poskytuje odmeranie zdržaní od zdroja pozdĺž celej cesty k cieľu. Pre každé i :
 - ❖ pošle 3 pakety, ktoré dôjdu k i -temu smerovaču (routru) na ceste k cieľu
 - ❖ router i odpovie iným paketom odosielateľovi
 - ❖ odosielateľ odmeria čas medzi odoslaním a prijatím



“Reálne” zdržania a cesty


- ❑ Ako je to so zdržaním a stratou v “reálnom” internete?
- ❑ **Program traceroute**: poskytuje odmeranie zdržaní od zdroja pozdĺž celej cesty k cieľu. Pre každé i :
 - ❖ pošle 3 pakety, ktoré dôjdu k i -temu smerovaču (routru) na ceste k cieľu
 - ❖ router i odpovie iným paketom odosielateľovi
 - ❖ odosielateľ odmeria čas medzi odoslaním a prijatím



“Reálne” zdržania a cesty

traceroute: gaia.cs.umass.edu to www.eurecom.fr

Tri merania zdržania z
gaia.cs.umass.edu to cs-gw.cs.umass.edu



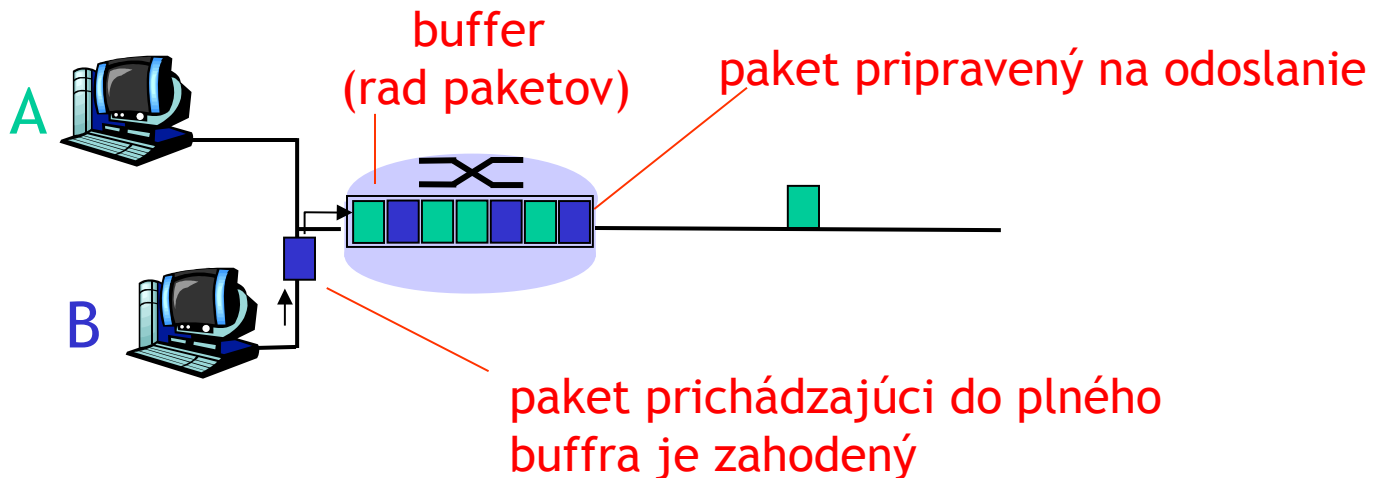
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (198.32.11.9) 22 ms 18 ms 22 ms
7 nycm-wash.abilene.ucaid.edu (198.32.8.46) 22 ms 22 ms 22 ms
8 62.40.103.253 (62.40.103.253) 104 ms 109 ms 106 ms
9 de2-1.de1.de.geant.net (62.40.96.129) 109 ms 102 ms 104 ms
10 de.fr1.fr.geant.net (62.40.96.50) 113 ms 121 ms 114 ms
11 renater-gw.fr1.fr.geant.net (62.40.103.54) 112 ms 114 ms 112 ms
12 nio-n2.cssi.renater.fr (193.51.206.13) 111 ms 114 ms 116 ms
13 nice.cssi.renater.fr (195.220.98.102) 123 ms 125 ms 124 ms
14 r3t2-nice.cssi.renater.fr (195.220.98.110) 126 ms 126 ms 124 ms
15 eurecom-valbonne.r3t2.ft.net (193.48.50.54) 135 ms 128 ms 133 ms
16 194.214.211.25 (194.214.211.25) 126 ms 128 ms 126 ms
17 * * *
18 * * *
19 fantasia.eurecom.fr (193.55.113.142) 132 ms 128 ms 136 ms

Cez oceán

* znamená bez odpovede (paket sa stratil,
smerovač neodpovedá)

Strata paketov

- ❑ rad (v bufferi) pre dané spojenie má konečnú veľkosť
- ❑ ak sa paket má zaradiť do plného radu, je zahodený (teda stratený)
- ❑ stratený paket môže byť znova odoslaný predchádzajúcim uzlom alebo odosielajúcim koncovým zariadením, ale aj nemusí



Počítačová bezpečnosť

❑ Útoky na infraštruktúru Internetu:

- ❖ nakazenie/zaútočenie na koncové zariadenia: vírusy, trójske kone, červy, neautorizovaný prístup (napríklad na kradnutie dát, používateľských účtov)
- ❖ denial of service: zabránenie prístupu k zdrojom (serverom, obsadenie celej šírky pásma spojenia)

❑ Internet nebol pôvodne navrhnutý s (veľkým) dôrazom na bezpečnosť

- ❖ *pôvodná predstava*: “skupina navzájom si dôverujúcich používateľov cez transparentnú sieť” 😊

Malware

❑ Spyware:

- ❖ časté nakazenie stiahnutím “zlej” webstránky
- ❖ keyloggery, pozerané web stránky, posielanie informácií na jedno miesto

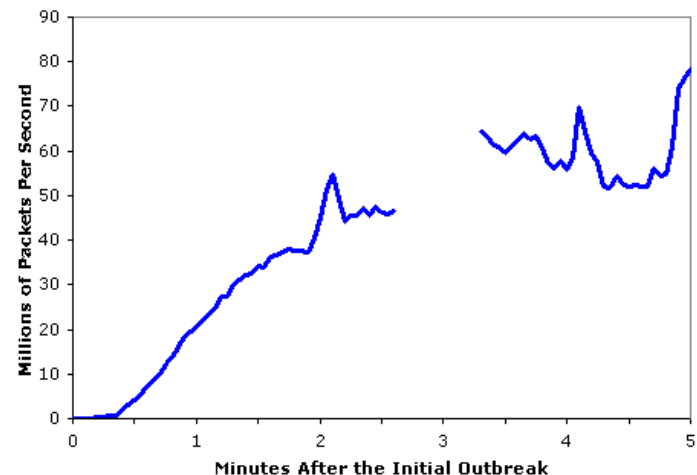
❑ Vírus

- ❖ nakazenie prijatím objektu (napr., príloha e-mailu), aktívne spustenie
- ❖ samorozmnožovanie: preposlanie ďalším zariadeniam, používateľom

❑ Červ:

- ❖ nakazenie pasívnym prijatím objektu, ktorý sa sám spustí
- ❖ samorozmnožovanie: preposlanie ďalším zariadeniam

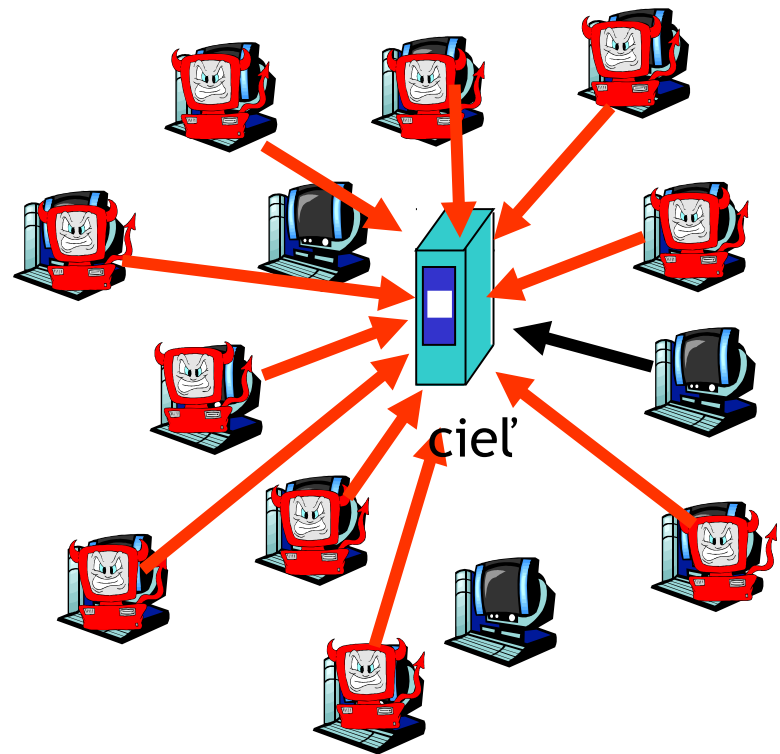
Sapphire Worm: aggregate scans/sec in first 5 minutes of outbreak (CAIDA, UWisc data)



Denial of Service útoky

- Útočníci ochromia sieťový zdroj (server, šírku pásma) obsadením všetkej komunikácie iba svojimi paketmi

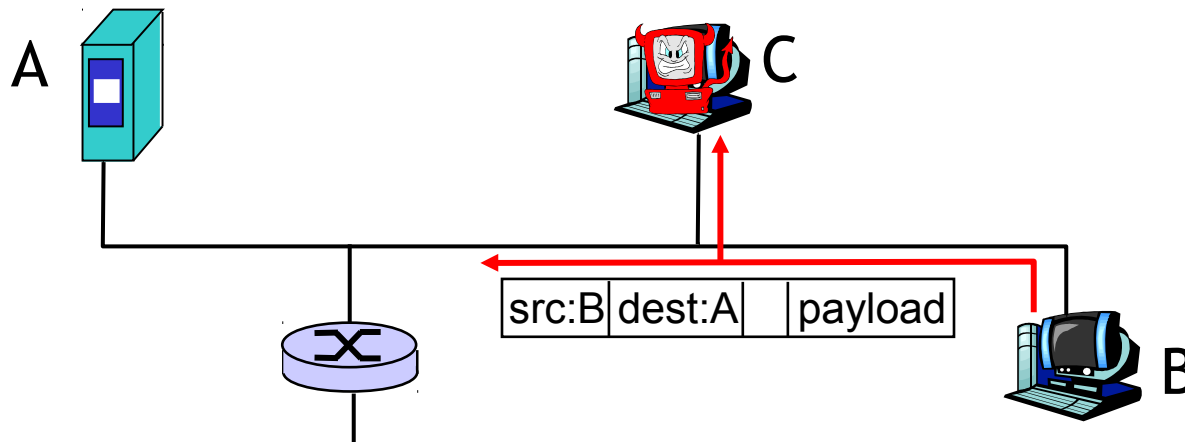
- 1) vybrať cieľ
- 2) napadnúť zariadenia v blízkej sieti (pozri malware) - tzv. Botnet
- 3) posielat' pakety smerom k cieľu z napadnutých zariadení



Sniffovanie, zmena a mazanie paketov

Sniffovanie:

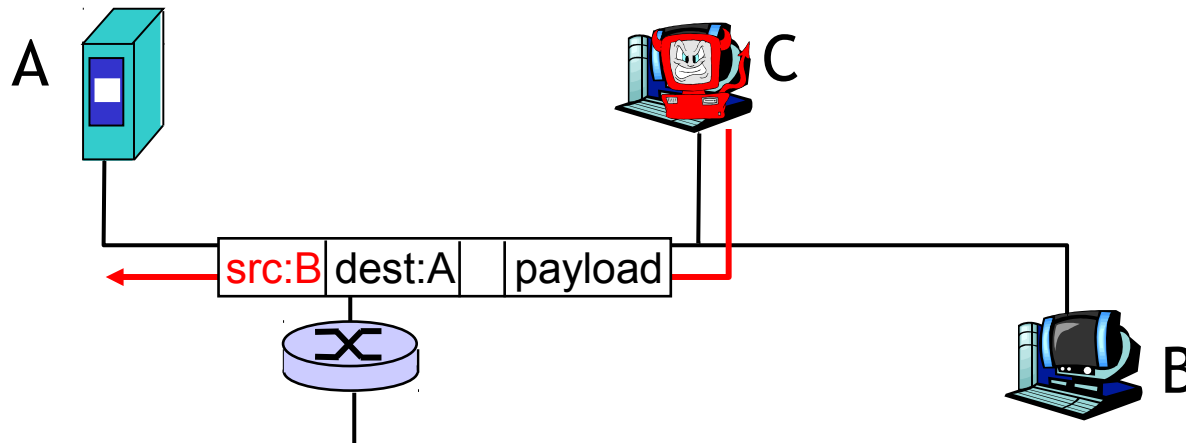
- ❖ broadcastové médiá (zdieľaný ethernet, wireless)
- ❖ “promiskuitné” sieťové rozhranie číta a zaznamenáva všetky pakety (napr. tie obsahujúce heslá!) ktoré vidí, aj keď nepatria jemu



- ❖ Wireshark je známy voľne stiahnuteľný packet-sniffer
- ❖ SW na modifikáciu, mazanie sa tiež dajú ľahko zohnať

Vydávanie sa za niekoho iného

- **IP spoofing:** poslanie paketu s falošnou zdrojovou adresou



Viac o počítačovej bezpečnosti

- ❑ Sem tam počas tohto predmetu
- ❑ Letná škola sieťovania
- ❑ Bez(a)Dis

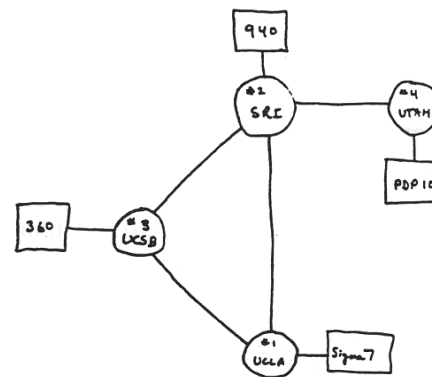
Magisterský stupeň:

- ❑ ÚINF/OPS1 Bezpečnosť počítačových sietí
- ❑ ÚINF/DSB1a,b Seminár z bezpečnosti počítačových sietí

História internetu

1961-1972: Prvé princípy paketmi riadených sietí

- ❑ 1961: Kleinrock - teória radov ukazuje efektívnosť riadenia paketmi
- ❑ 1964: Baran - riadenie paketmi vo vojenských sieťach
- ❑ 1967: ARPAnet podľa Advanced Research Projects Agency
- ❑ 1969: prevádzka prvého uzla ARPAnetu
- ❑ 1972:
 - ❖ Verejná ukážka ARPAnetu
 - ❖ NCP (Network Control Protocol) prvý protokol medzi zariadeniami
 - ❖ prvý e-mailový program
 - ❖ ARPAnet má 15 uzlov



THE ARPA NETWORK

História internetu

1972-1980: spájanie sietí, nové typy sietí

- ❑ 1970: ALOHAnet - satelitná sieť na Havaji
- ❑ 1974: Cerf a Kahn - architektúra na prepájanie sietí
- ❑ 1976: Ethernet na Xerox PARC
- ❑ koniec 70.r: proprietárne architektúry: DECnet, SNA, XNA
- ❑ koniec 70.r.: prepájanie paketov pevnej dĺžky (predchodca ATM)
- ❑ 1979: ARPAnet má 200 uzlov

Cerfove a Kahnove princípy spájania sietí:

- ❖ minimalizácia, autonómnosť - žiadne vnútorné zmeny vo vnútri sietí
- ❖ model služieb “best effort”
- ❖ bezstavové routre
- ❖ decentralizované riadenie

definovali tak architektúru dnešného Internetu

História internetu

1980-1990: nové protokoly, rozširovanie sietí

- ❑ **1982:** SMTP e-mailový protokol
- ❑ **1983:** rozšírenie TCP/IP
- ❑ **1983:** definovanie DNS na preklad mien na IP adresy
- ❑ **1985:** definovaný FTP protokol
- ❑ **1988:** kontrola zahltenia v TCP protokole
- ❑ nové národné siete: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- ❑ 100,000 pripojených staníc do spojených sietí

História internetu

1990, 2000's: komercializácia, Web, nové aplikácie

- ❑ Začiatkom 90.r.: ARPAnet odpojený od internetu
- ❑ 1991: NSF zaviedol obmedzenie na komerčné využitie ich chrbticovej siete (odpojený v r. 1995)
- ❑ začiatok 90.r: Web
 - ❖ hypertext [Bush 1945, Nelson 1960's]
 - ❖ HTML, HTTP: Berners-Lee
 - ❖ 1994: Mosaic, neskôr Netscape
 - ❖ koniec 90.r.: komercializácia Webu
- kon. 90.r. - zač. 00.r.:
 - ❑ vznik: instant messagingu, P2P siete na zdieľanie súborov
 - ❑ počítačová bezpečnosť začína byť dôležitá
 - ❑ cca. 50 miliónov staníc, > 100 miliónov používateľov
 - ❑ Chrbticové siete majú rýchlosť až Gb/s

História internetu

2000 - 2010:

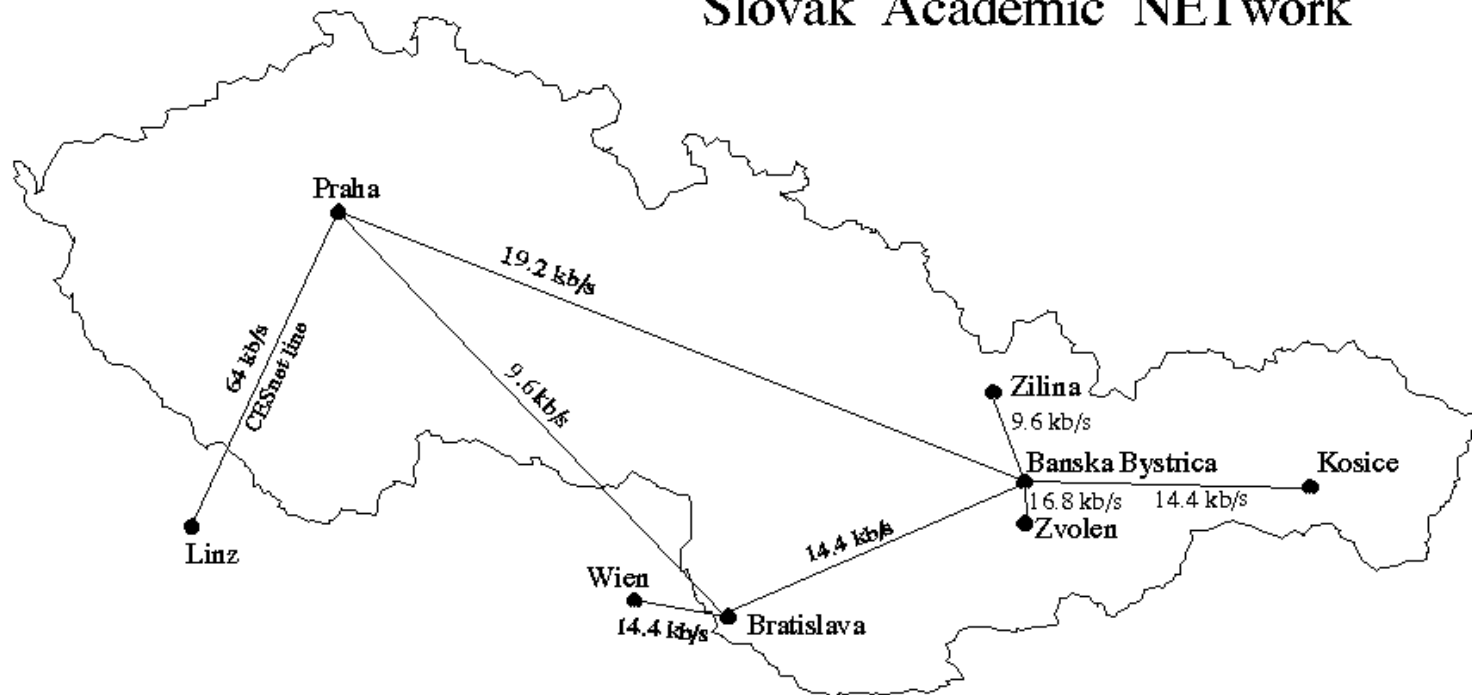
- ❑ ~500 miliónov staníc
- ❑ Zvuk a obraz cez IP
- ❑ Fulltextové vyhľadávanie: AltaVista, Google, Yahoo!
- ❑ P2P aplikácie: BitTorrent, Skype
- ❑ ďalšie aplikácie: YouTube, hry
- ❑ wireless, mobilita

2015:

- ❑ ~15 miliárd zariadení
väčšina z nich pripojená bezdrôtovo
- ❑ Odhad do 2020: 30 - 50 miliárd
- ❑ netbooky, tablety s úložiskami na sieti
- ❑ bežne OS v mobiloch
- ❑ cloud computing
- ❑ začiatok konca IPv4

Pohľad do minulosti: SANET 1992

Slovak Academic NETwork



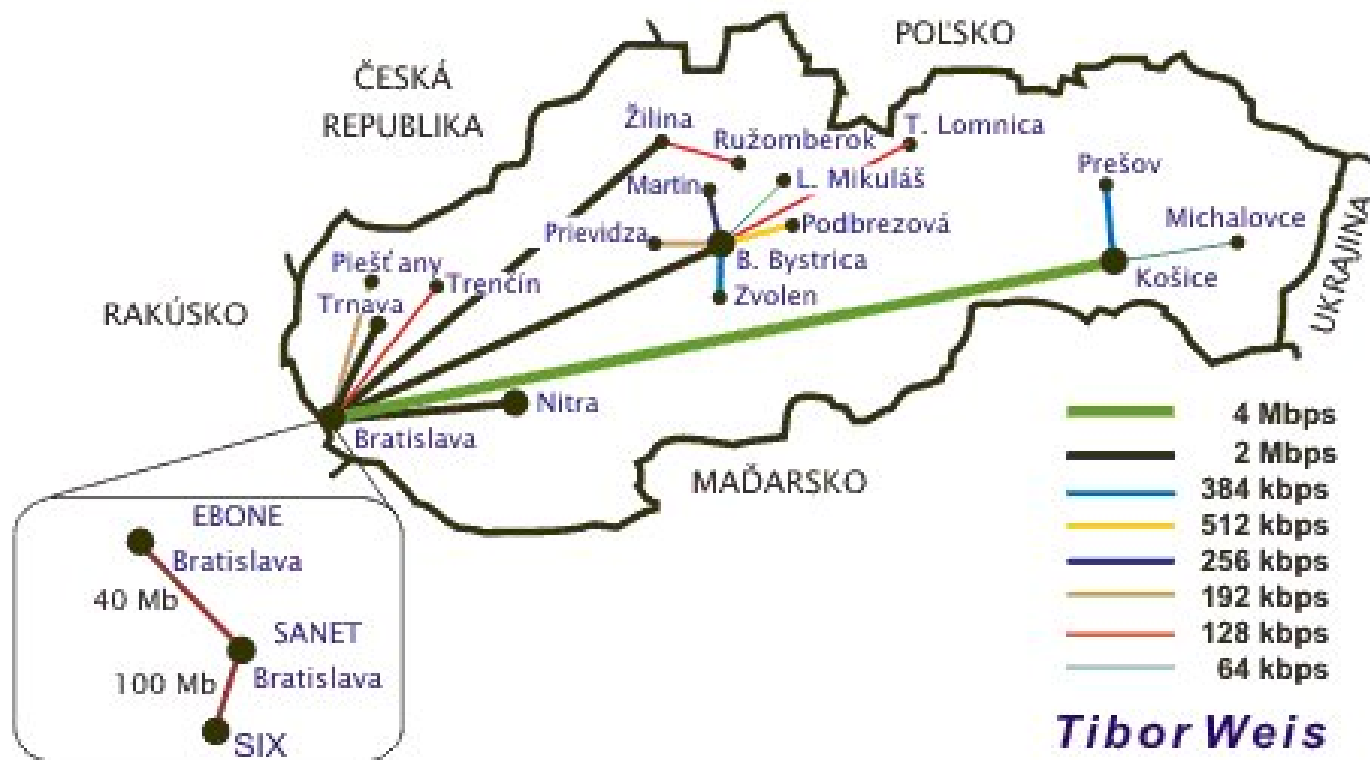
SANET (November 1992)

SANET 1995



SANET 2001

Slovenská akademická dátová sieť – SANET
(január 2001)



SANET dnes



SANET - Slovenská akademická dátová sieť (Jún 2017)



Zhrnutie

- ❑ čo je Internet
- ❑ čo je protokol
- ❑ vrstvy protokolov
- ❑ okraj siete, jadro siete, pripojenie k sieti
 - ❖ riadenie paketmi vs. prepínanie okruhov
 - ❖ štruktúra Internetu
- ❑ výkon: strata a zdržanie paketov, priepustnosť
- ❑ bezpečnosť
- ❑ história internetu

Teraz viete/máte:

- ❑ čo všetko tvorí počítačové siete
- ❑ motiváciu na hlbšie pochopenie, ktoré nasleduje na ďalších prednáškach.

Ďakujem za pozornosť

Modifikované slajdy z knihy:

Computer Networking: A Top Down Approach ,
4th edition.

Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July 2007.