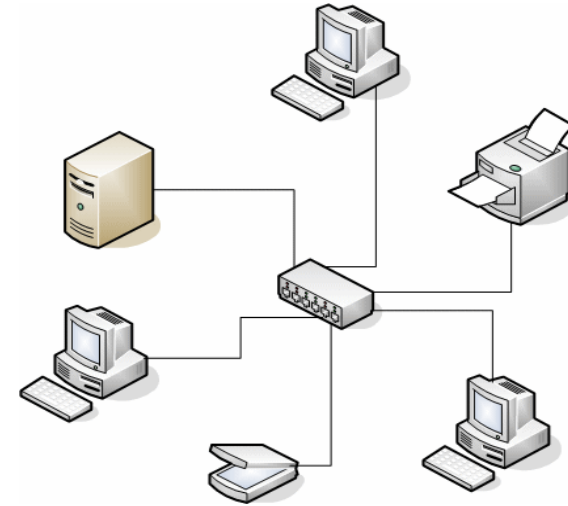


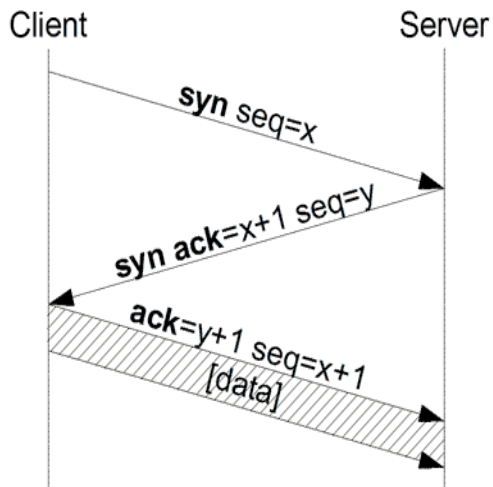
1. prednáška

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 miliardy pripojených

 server zariadení: *hosty = koncové zariadenia*

 wireless notebook spúšťajú *siet'ové aplikácie*

 mobil

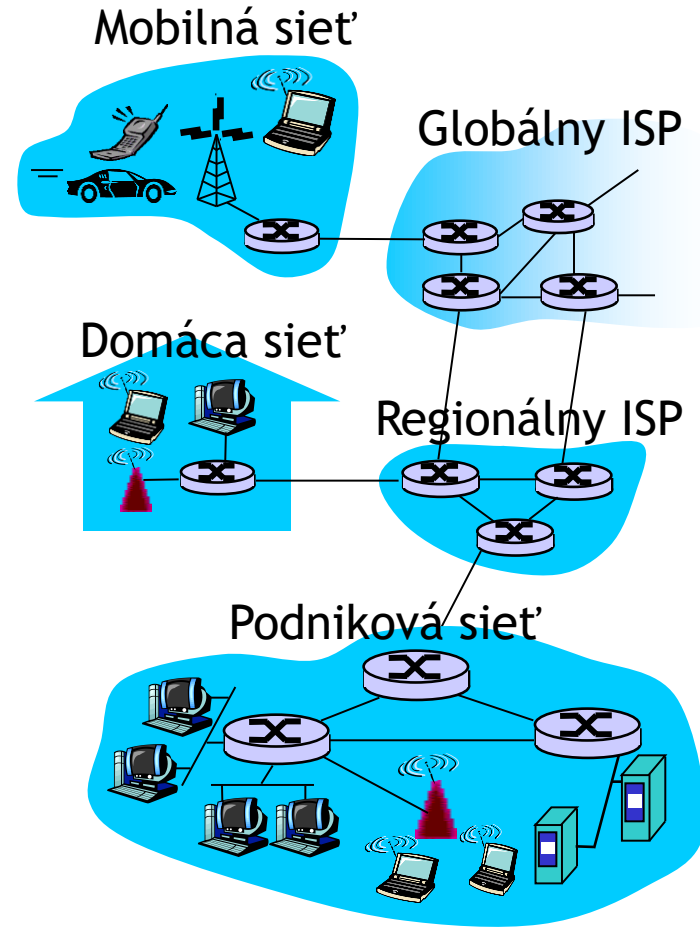
Spôsobu napojenia

 access pointy optické vlákna, káble, wifi, GPRS, 3G, LTE, satelit

— spoje rýchlosť spojenia závisí od *šírky pásma*

 router

route: smerujú pakety (balíčky dát)



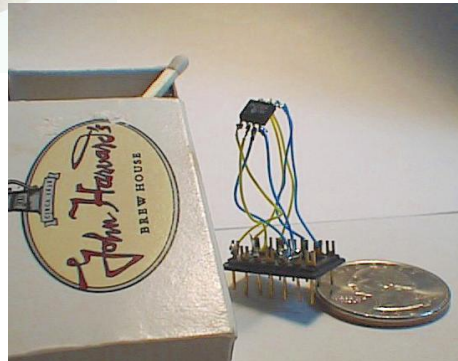
“Super” internetové zariadenia



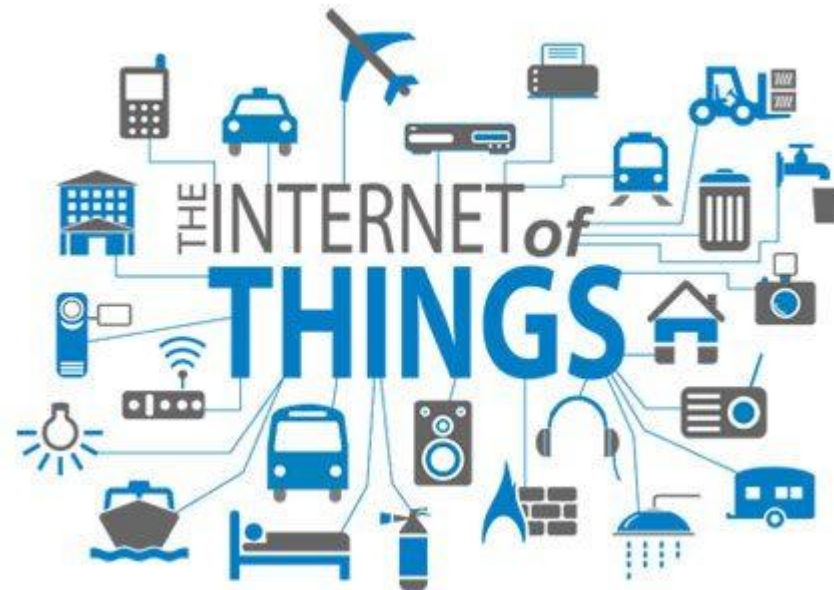
Toastovač napojený na web s predpoveďou počasia



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

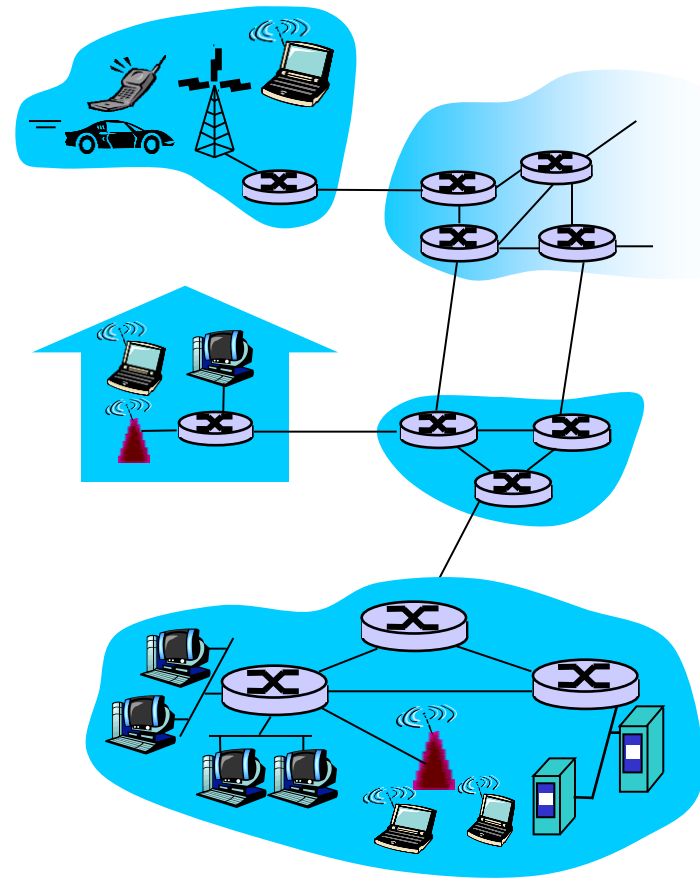
□ **komunikácia** umožňuje fungovanie distribuovaných aplikácií:

❖ Web, VoIP, email, hry, e-shopy, zdieľanie súborov, sociálne siete

□ **komunikačné služby poskytované pre tvorcov:**

❖ 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 dát

❖ napr. HTTP, XMPP, Skype

❑ *Internet: “siet’ sietí”*

❖ hierarchická štruktúra

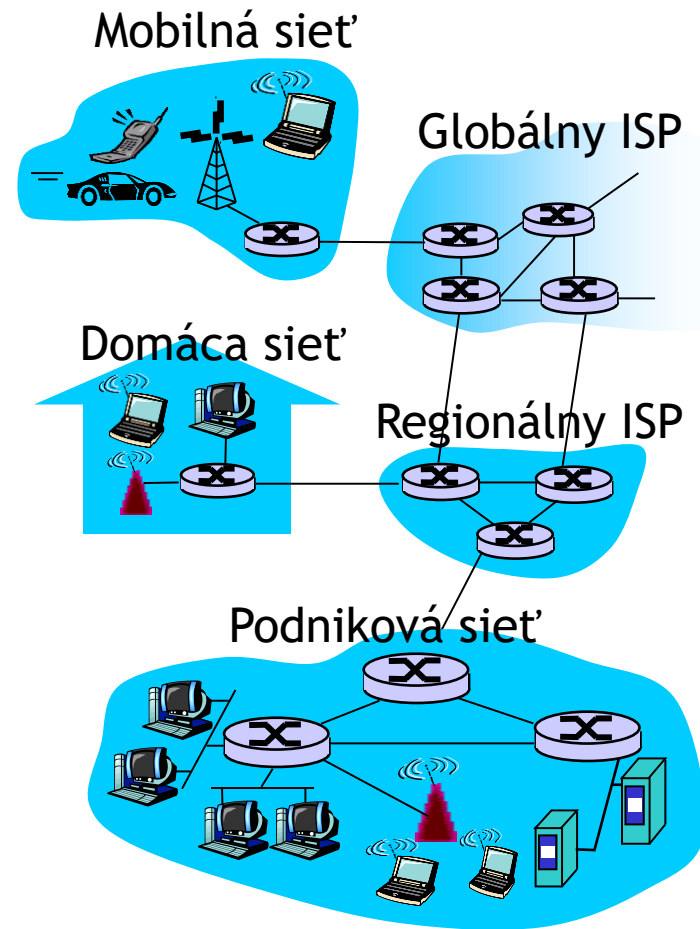
❖ verejný internet verzus súkromný intranet

❑ **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

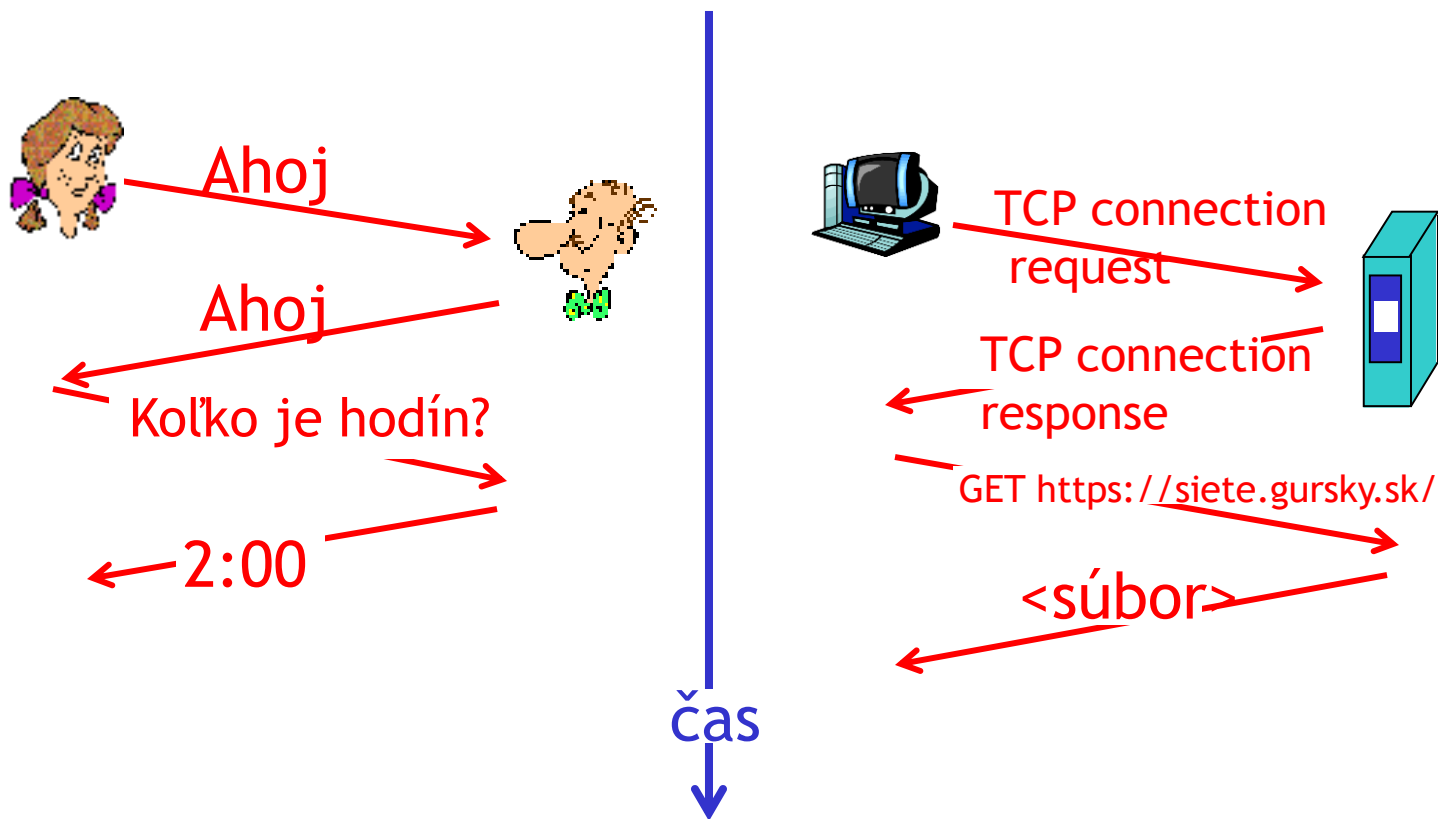
Sieťové protokoly:

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

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

Čo je to protokol?

Ľudský protokol a protokol počítačových sietí:



Príklad protokolu - doručovanie dát (potvrdzované / spoľahlivé)

Ciel': 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

❖ potvrdenia a opätovné posielania
potenciálne tých istých dát

❑ kontrola toku dát:

❖ odosielateľ posiela dáta tak, aby
ich príjemca stihol spracovať

❑ kontrola zahltenia:

❖ odosielatelia “spomalia
odosielanie”, ak je sieť zahltená

Príklad protokolu - doručenie dát (nespoľahlivé / nepotvrdzované)

Ciel': 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

Použitie TCP/UDP

Použitie TCP:

- ❑ HTTP 2 (Web),
- ❑ FTP (prenos súborov),
- ❑ Telnet (remote login),
- ❑ SMTP (email)
- ❑ BitTorrent
- ❑ Instant messaging
- ❑ ...

Použitie UDP:

- ❑ Streaming rádií a TV
- ❑ Telekonferencie
- ❑ VoIP
- ❑ DNS
- ❑ HTTP 3
- ❑ ...

Protokoly využívajú
iné protokoly!

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?

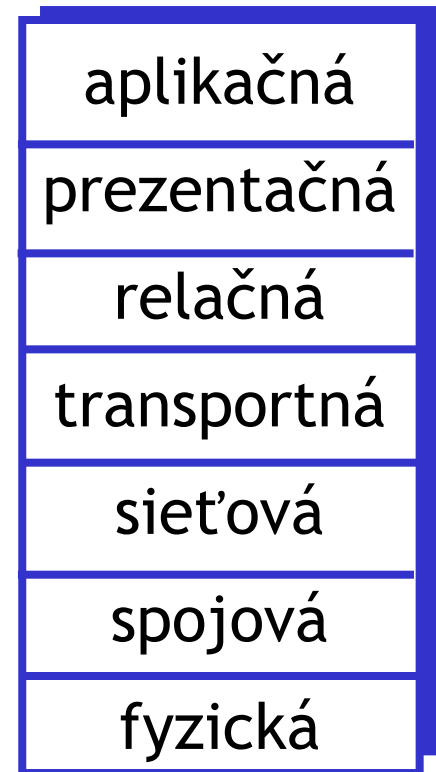
Prečo vrstvy?

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

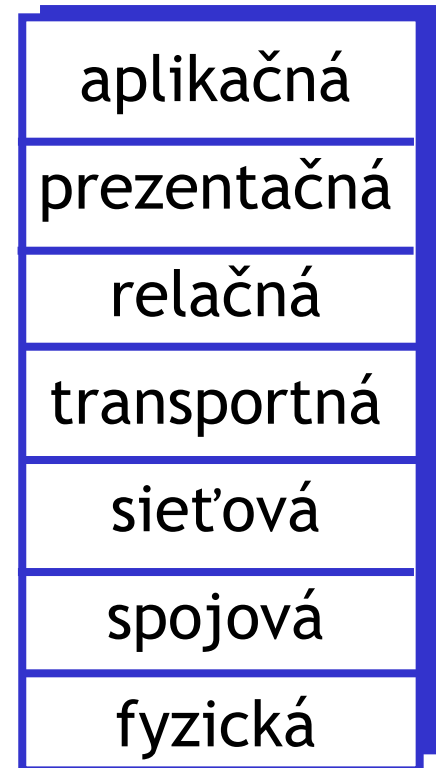
Referenčný model ISO/OSI

- **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

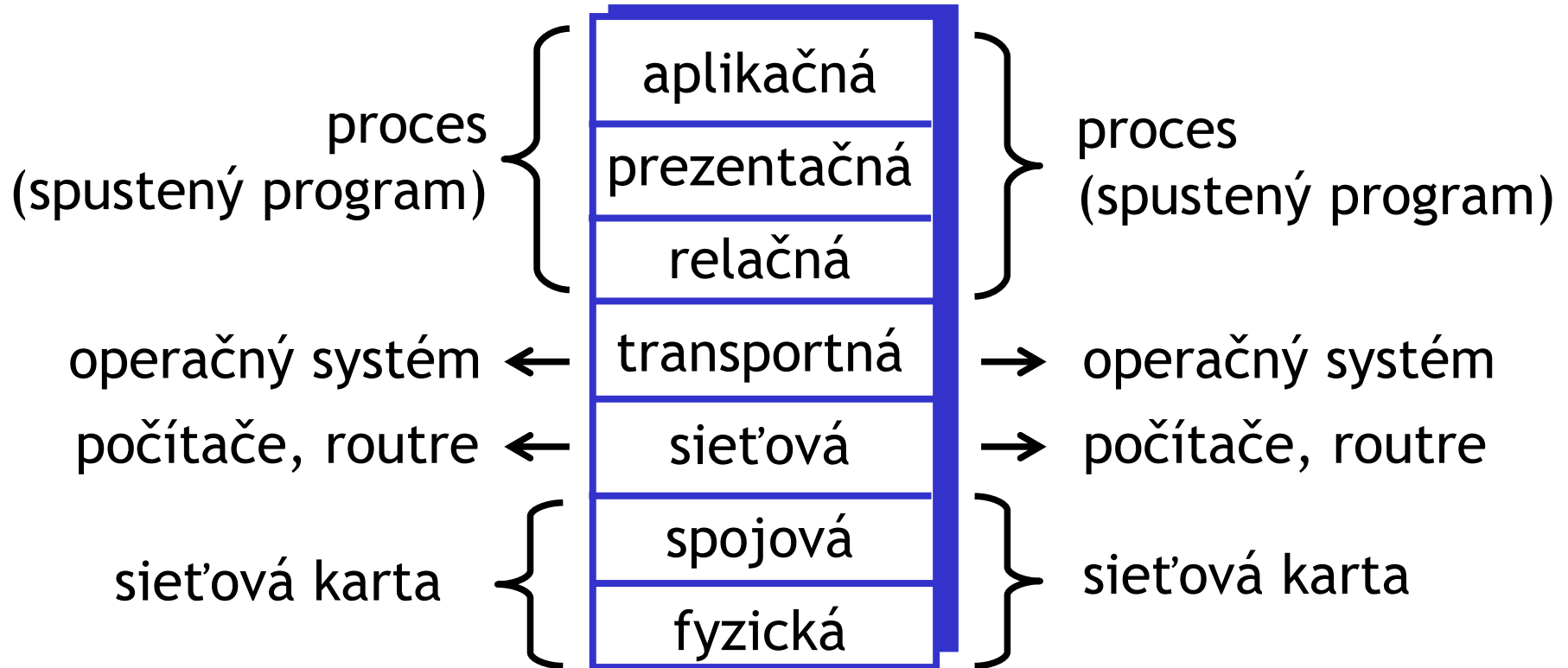


Referenčný model ISO/OSI

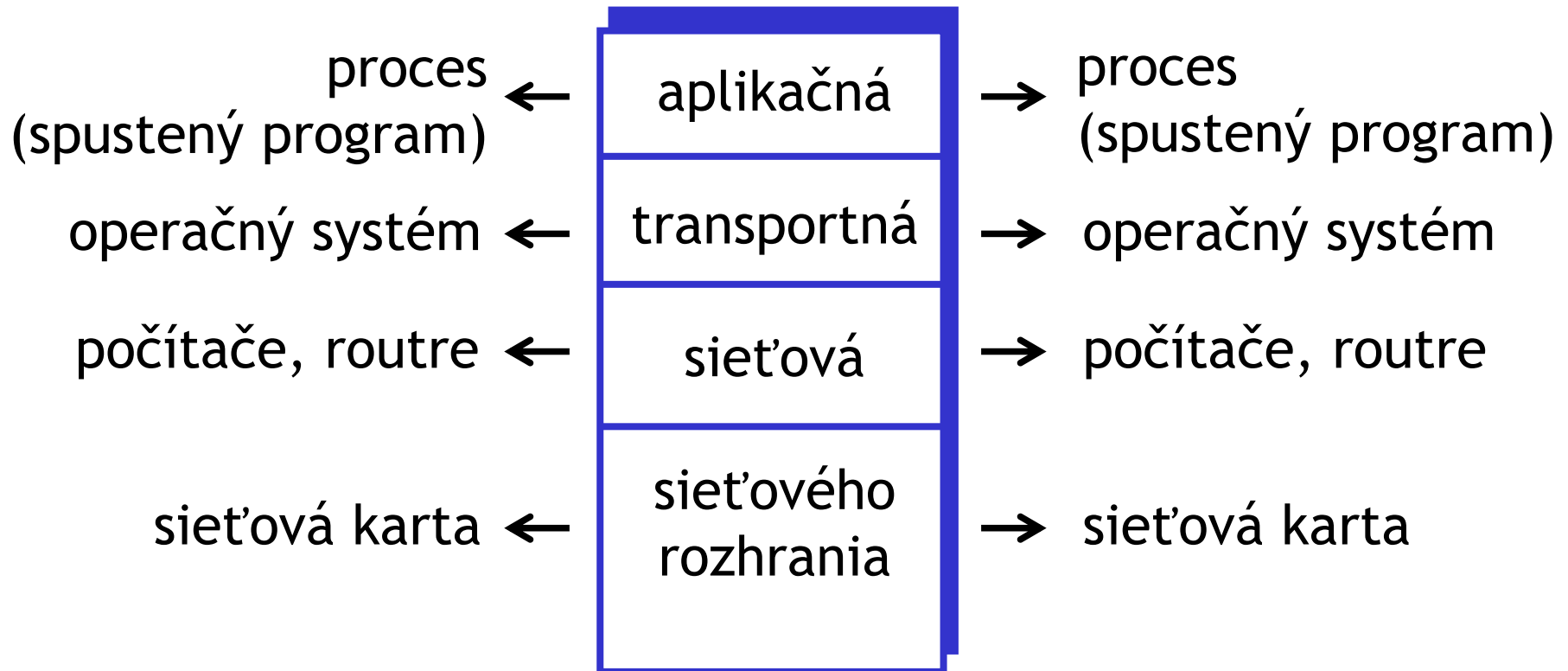
- **aplikačná (application)**: umožňuje fungovanie sieťových aplikácií - definuje tvar a poradie správ
- **prezentačná (presentation)**: umožňuje aplikáciám interpretovať význam dát, napr. šifrovanie, kompresia, kódovanie (znakov,...),...
- **relačná (session)**: synchronizácia, kontrolné body, obnovenie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

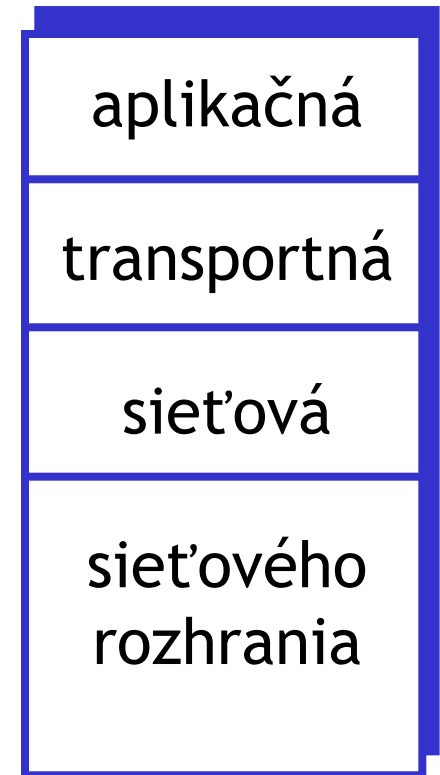
❖ TCP, UDP

□ **sieťová (network)**: smeruje pakety od odosielateľa k príjemcovi

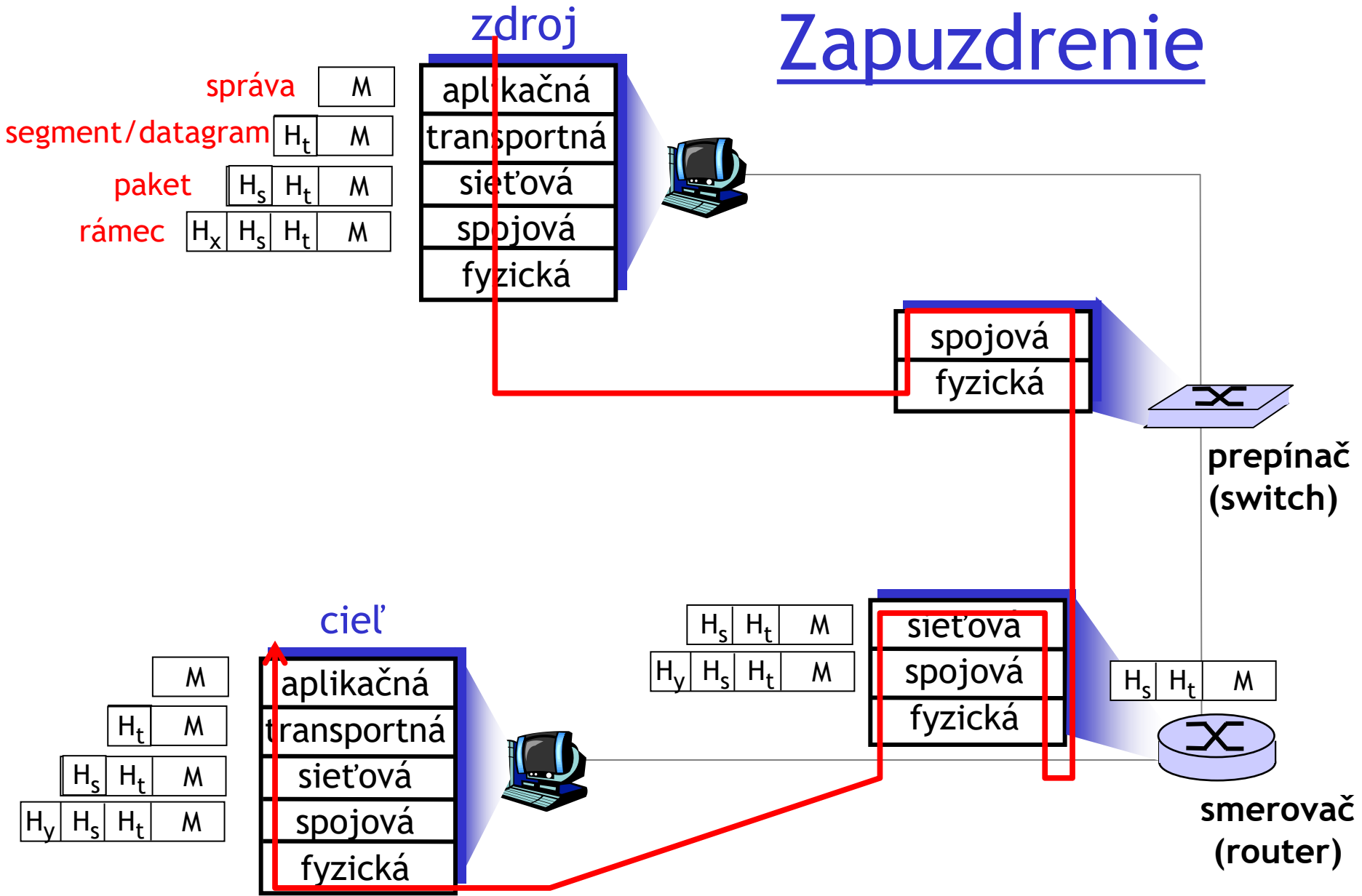
❖ IP, smerovacie protokoly

□ **sieťového rozhrania (network interface)**: splynutie funkcionality do technológií na prenos dát medzi susednými sieťovými prvkami a spôsobu prenášania binárnych dát

❖ PPP, Ethernet

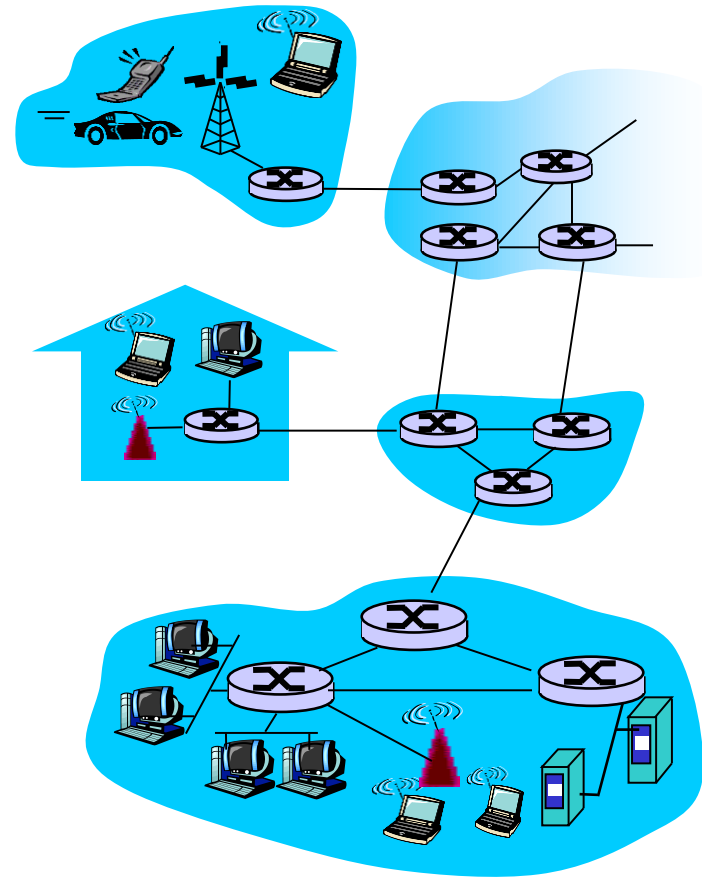


Zapuzdrenie



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



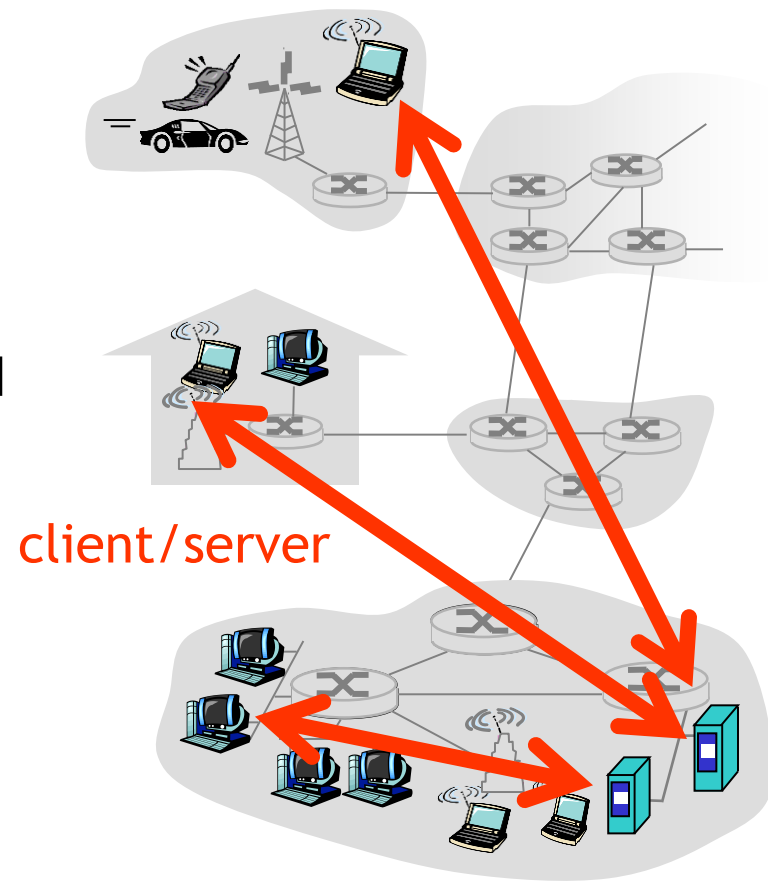
“Okraje” siete:

❑ 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:

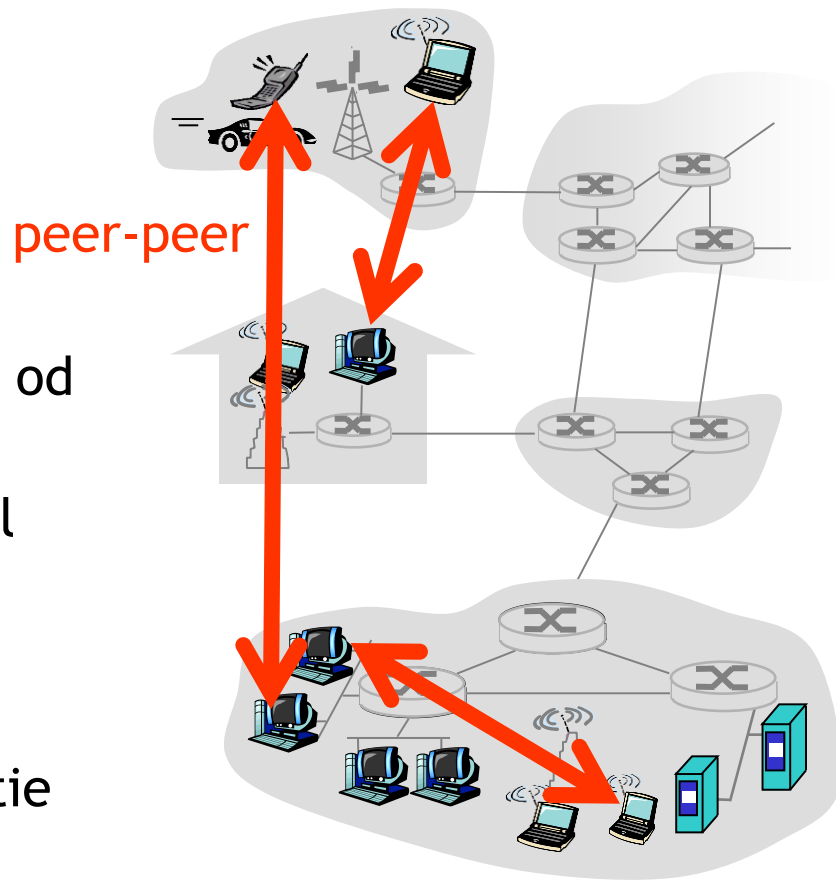
- ❖ spustené sieťové aplikácie
- ❖ napr. Web, email

❑ klient/server model:

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

❑ peer-to-peer model:

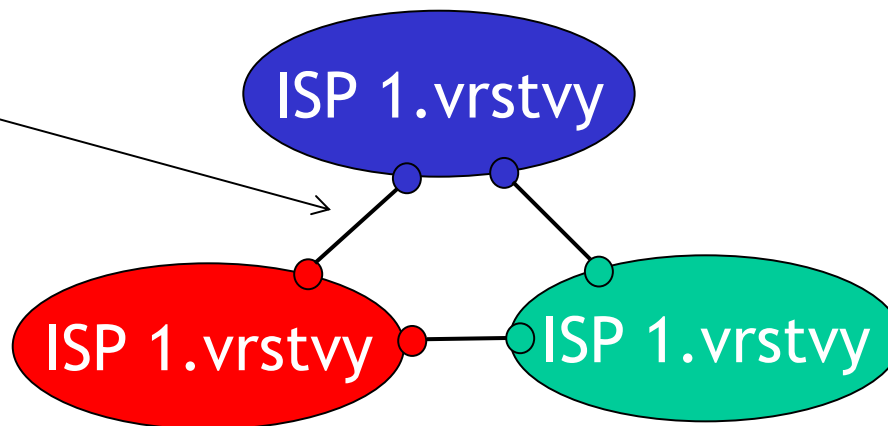
- ❖ minimálne (alebo žiadne) použitie “hlavných” serverov
- ❖ napr. Skype, BitTorrent



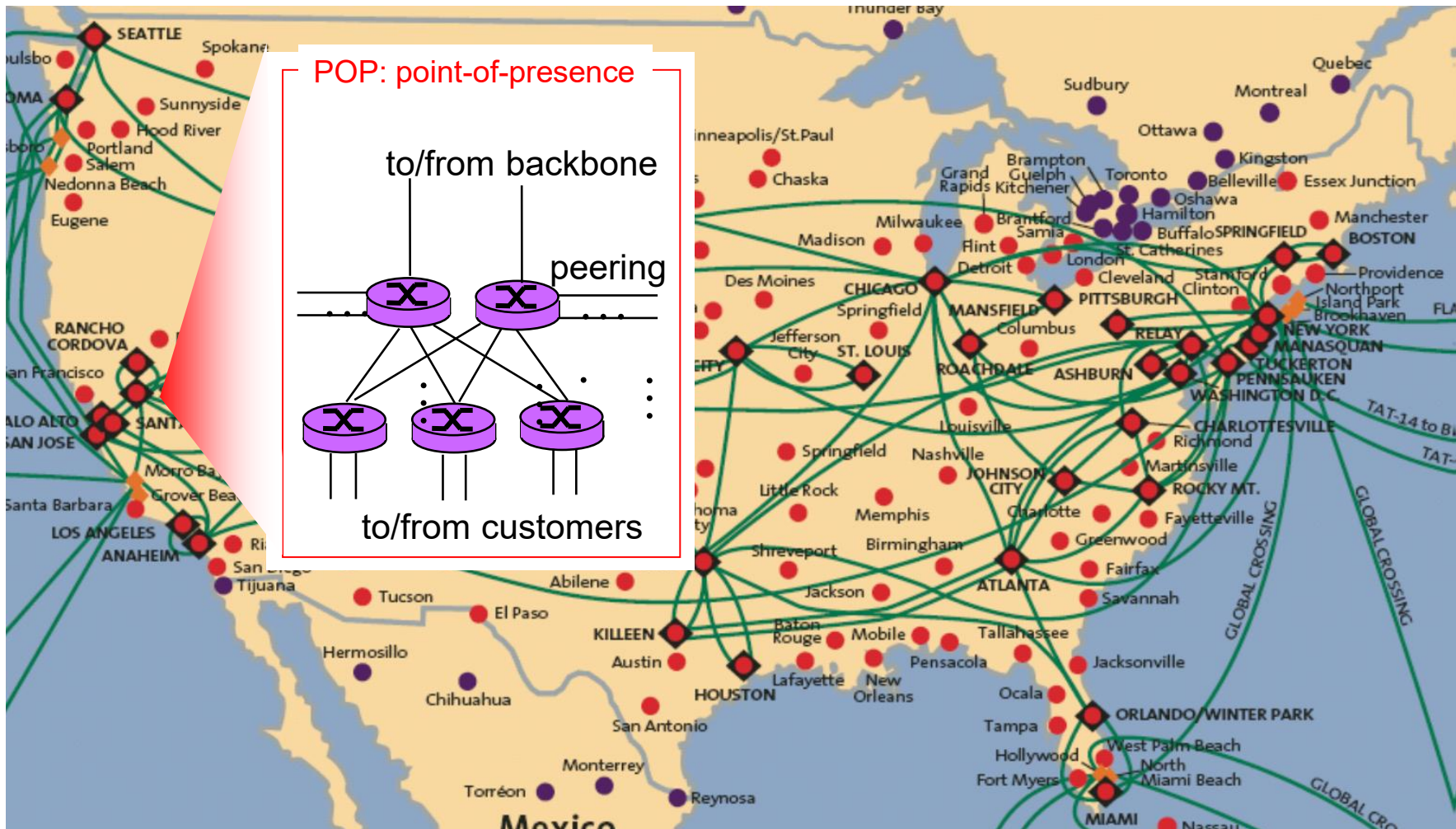
Štruktúra Internetu: sieť sietí

- 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

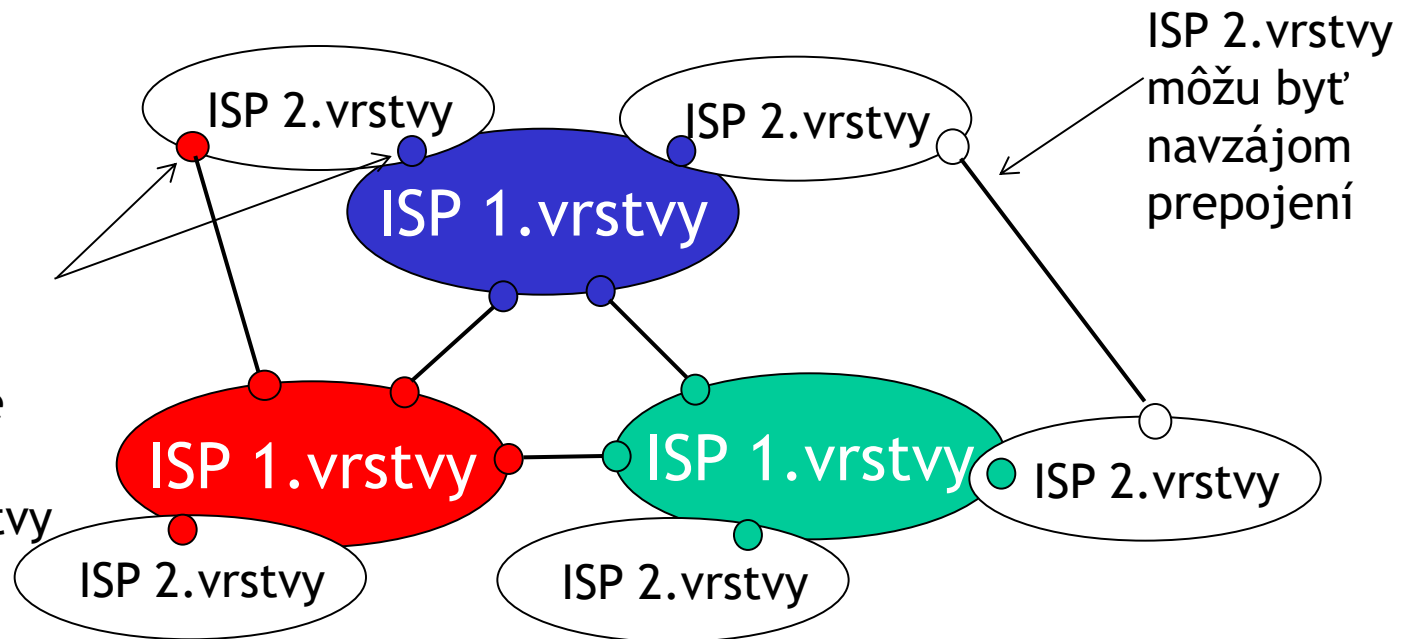


Štruktúra internetu: sieť sietí

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

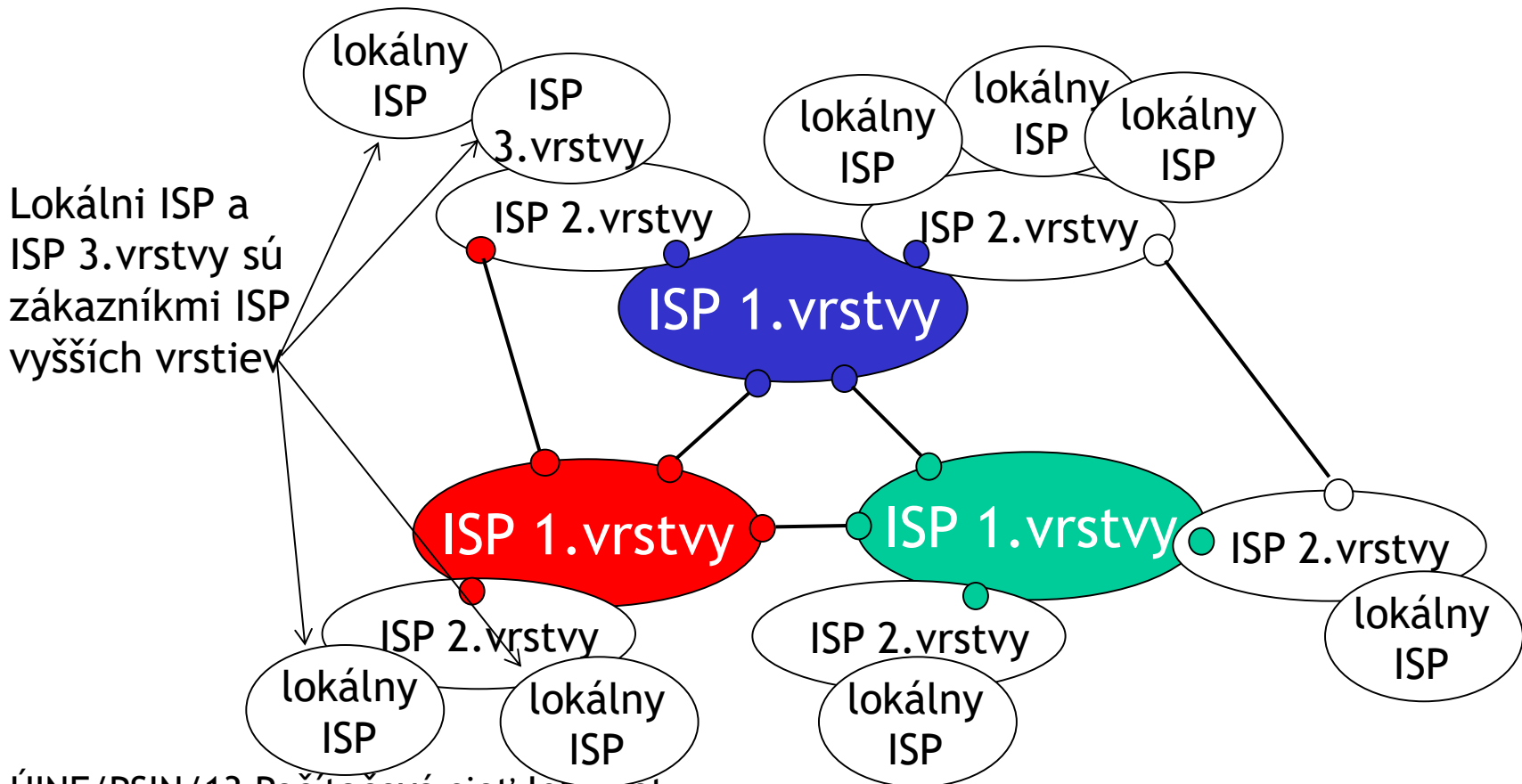
- ❑ ISP 2.vrstvy platí za pripojenie ISP prvej vrstvy
- ❑ ISP 2.vrstvy je zákazníkom providera 1.vrstvy



Štruktúra internetu: sieť sietí

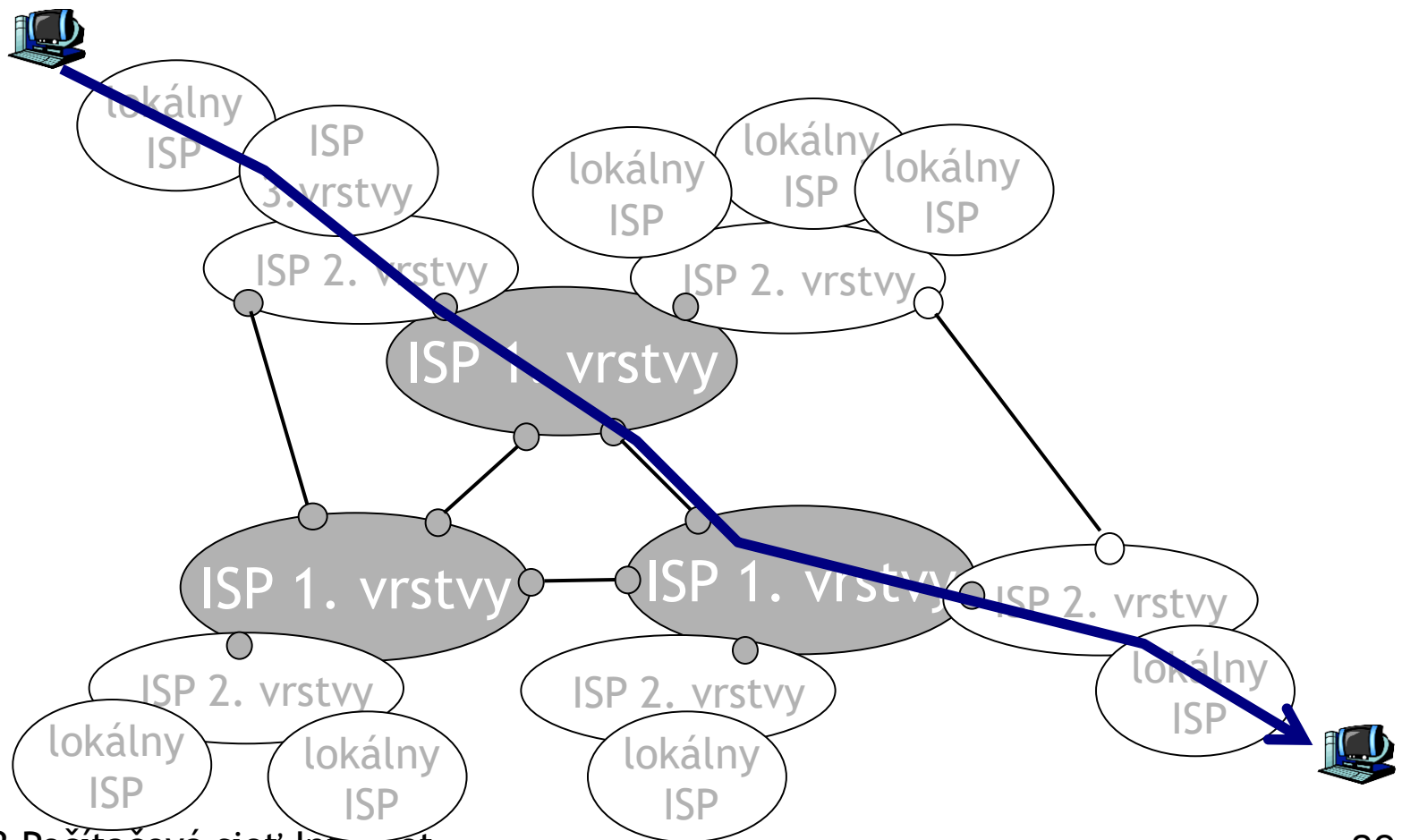
ISP 3.vrstvy a lokálni ISP

❖ najbližšie ku koncovým zariadeniam a používateľom



Štruktúra internetu: sieť sietí

□ **Paket prechádza množstvom sietí**



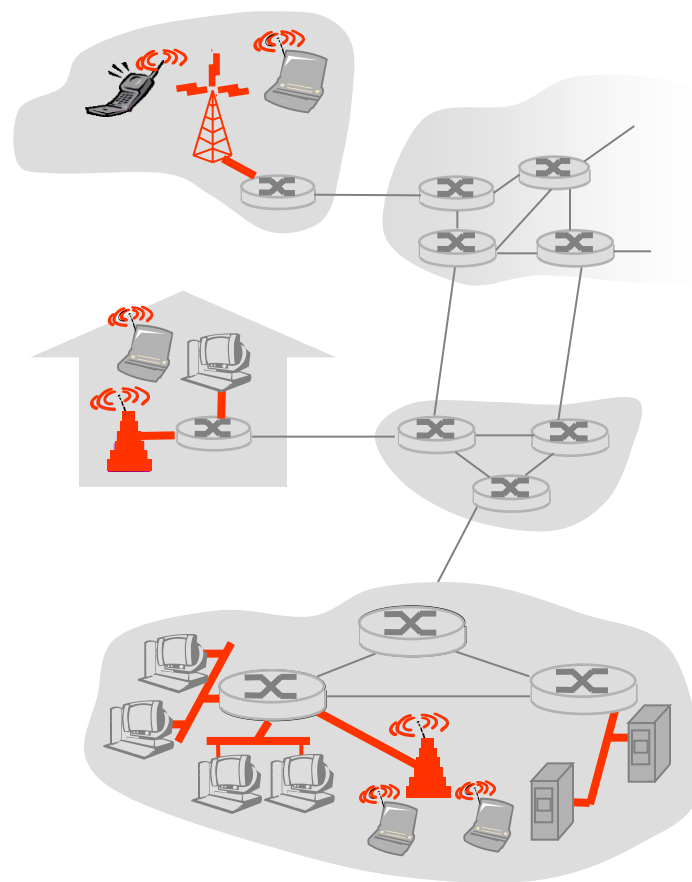
Pripojenie k Internetu

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

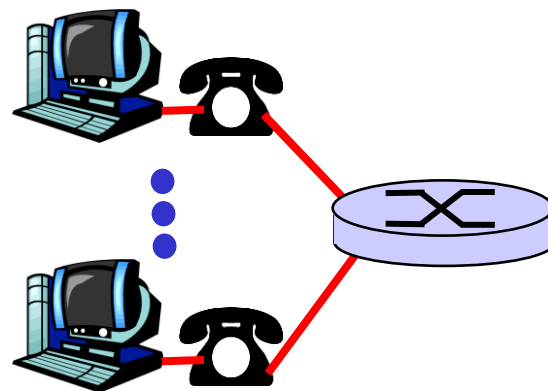
- ❖ max do 56Kb/s, priame spojenie s routrom
- ❖ nemôžeme telefonovať a surfovať zároveň

□ 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

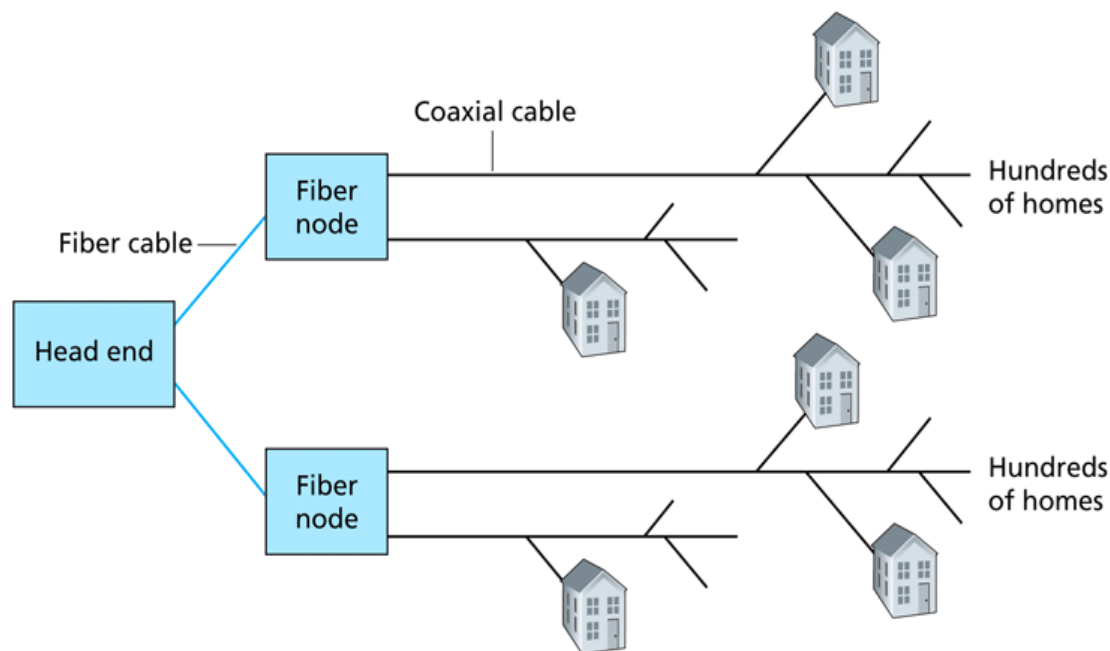
❑ HFC: hybrid fiber coax

❖ asymetrické: do 30Mb/s prijímanie, do 2 Mb/s odosielanie

❑ zdieľané pripojenie do siete z jedného uzla (ulica, vchod)

❖ iba jeden môže vysielat' do daného uzla, všetci prijímajú všetko

❑ od káblových TV



Vysokorýchlostné pripojenie: local area networks

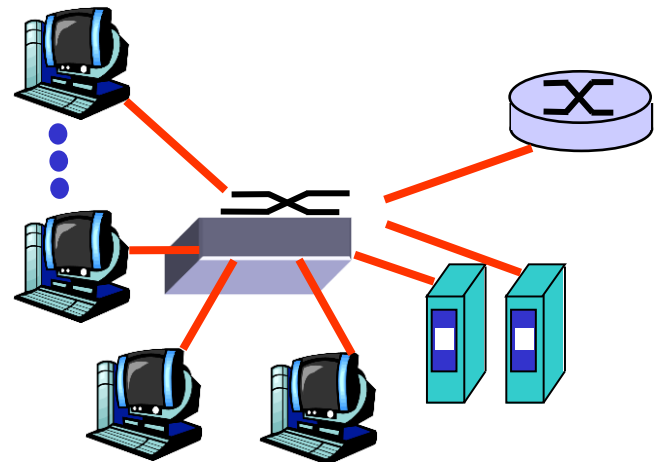
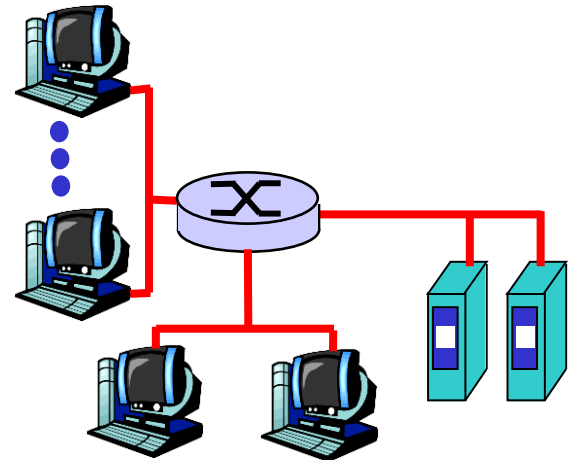
❑ Local area network (LAN)

spája koncové stanice s miestnym smerovačom (routerom) 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):**

❖ 802.11g/n/ac/ax/be: 0,054/0,6/6/9/23 Gb/s

❑ **bezdrôtovo na väčšie vzdialenosti**

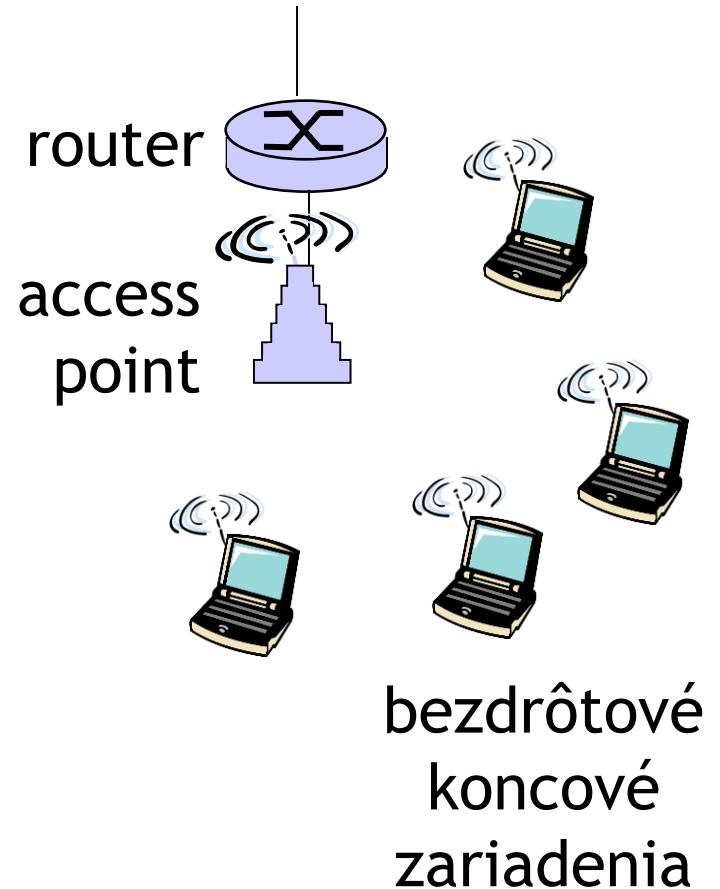
❖ 3G, HSPA+, ~6Mb/s cez mobilné siete (teoreticky až 84 Mb/s)

❖ WiMAX ~20 Mb/s na desiatky km

❖ LTE, WiMAX2,... ~do 100 Mb/s (teoreticky vyše 300Mb/s)

❖ LTE Advanced(4G) ~ 1Gb/s

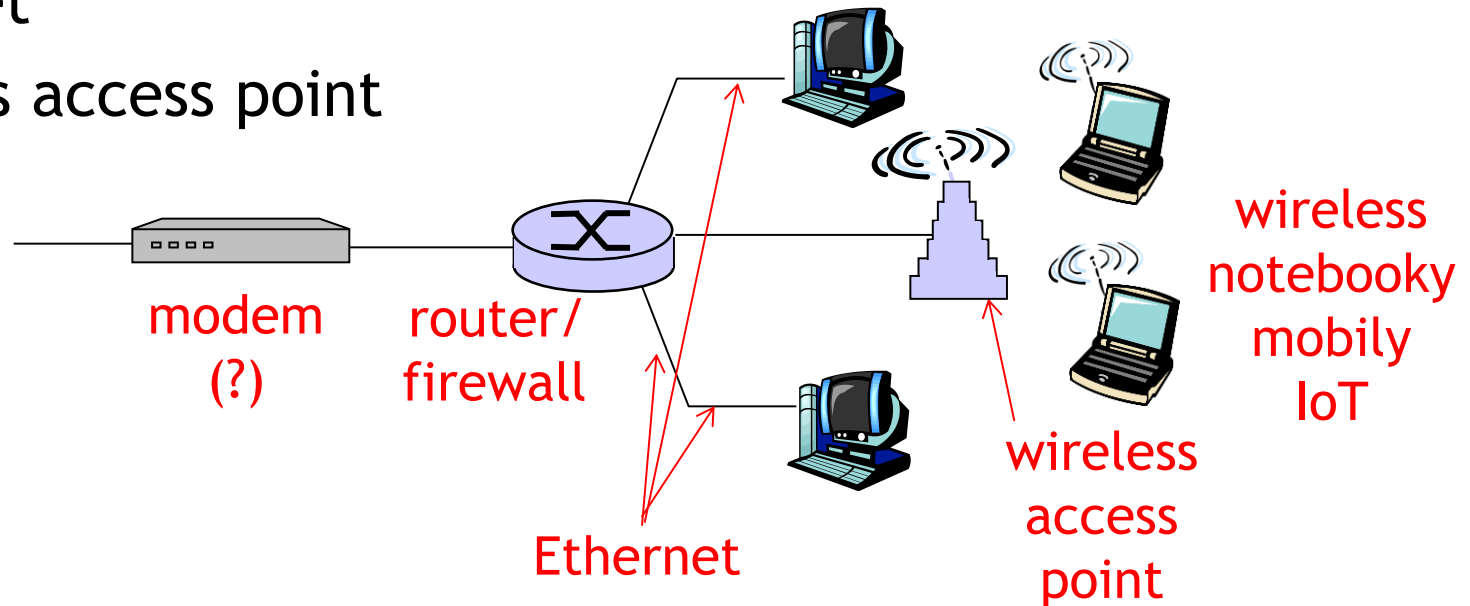
❖ 5G NR (new radio) ~ teoreticky 10-20 Gb/s



Domáce siete

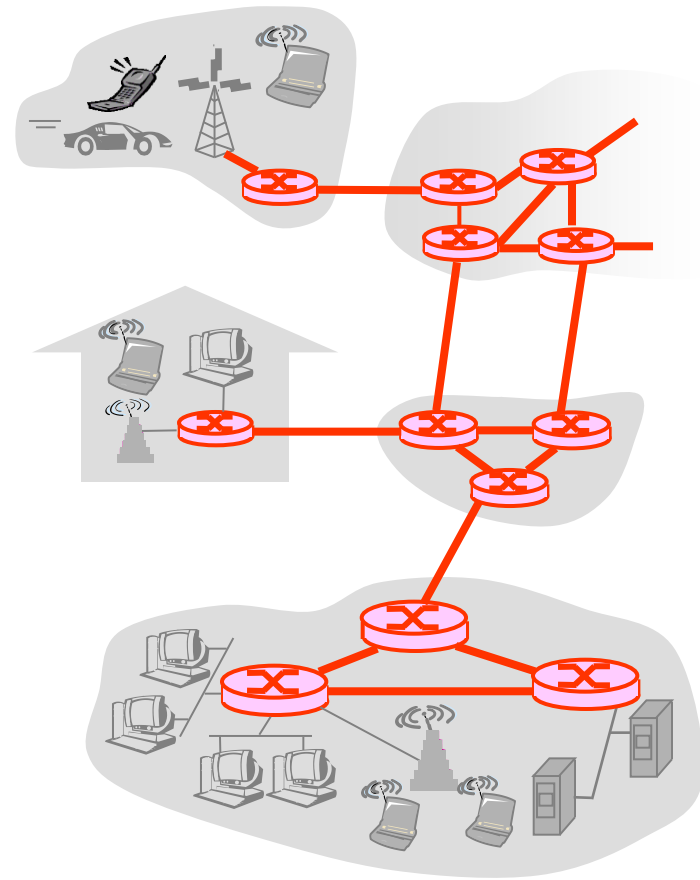
Typická domáca výbava:

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



Jadro siete

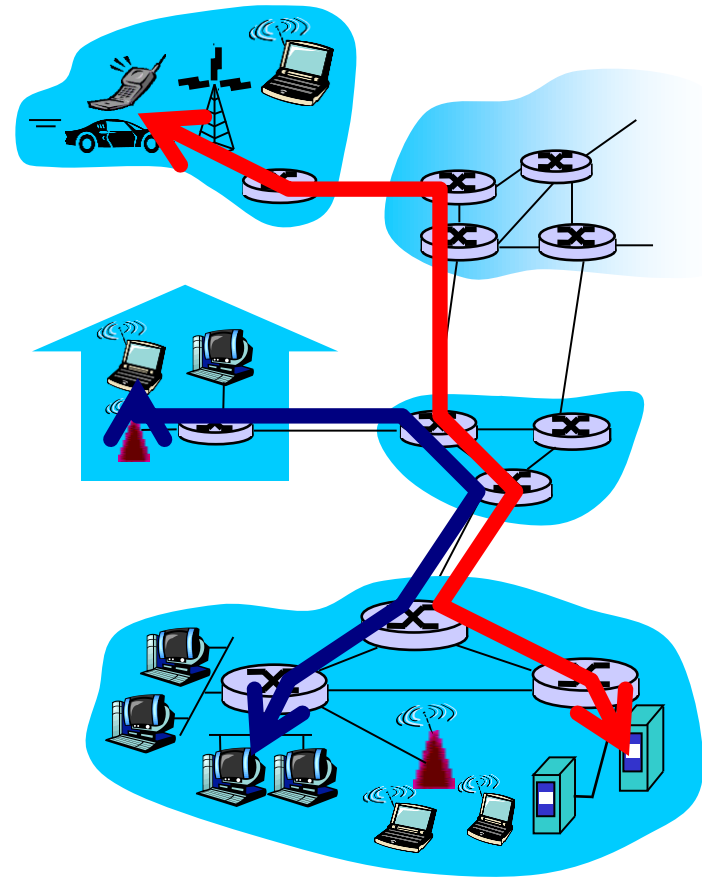
- ❑ sieť prepojených smerovačov (routrov)
- ❑ základná otázka : ako sa dopravujú dáta v rámci siete?
- ❖ **prepínanie okruhov**: vyhradené spojenie - telefónne spojenia
- ❖ **riadenie paketmi**: dáta sú posielané po kúskoch



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**

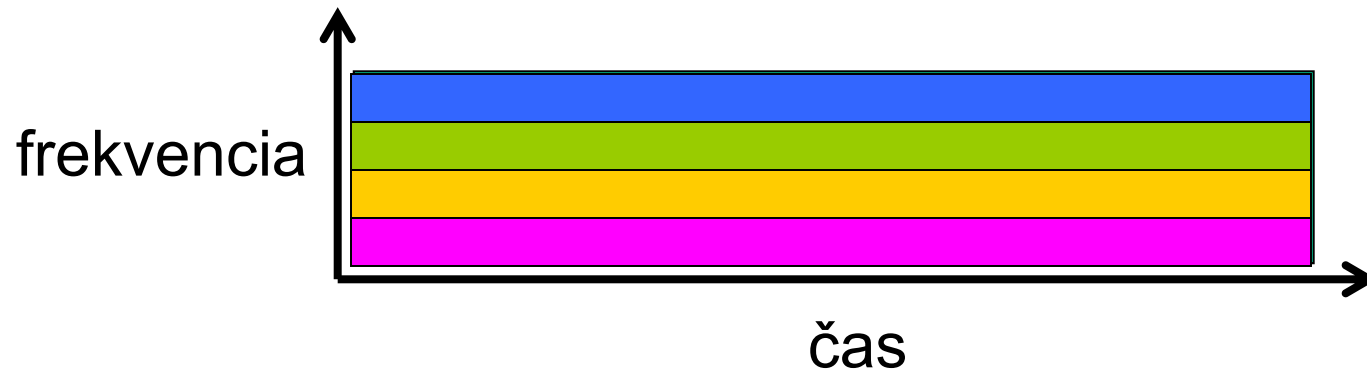
□ každý kúsok venovaný jednému spojeniu

□ 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

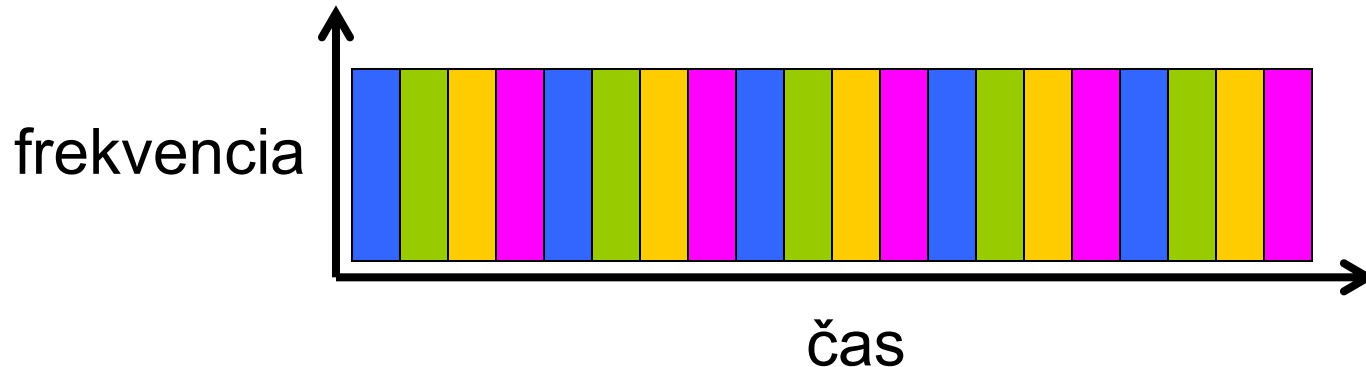
Frekvenčné delenie



Príklad:

4 používatelia 

Časové delenie



Príklad

- ❑ Ako dlho trvá odoslať súbor, ktorý má 1 000 000 bitov (=125 kB) , zo stanice A do stanice B cez sieť využívajúcu prepínanie okruhov?
- ❖ Rýchlosť všetkých spojení je 1000 kb/s
- ❖ Každé spojenie používa časové delenie 10 slotov/sekundu (my použijeme jeden)
- ❖ 500 milisekúnd na nadviazanie spojenia

Príklad

❑ Ako dlho trvá odoslať súbor, ktorý má 1 000 000 bitov (=125 kB) , zo stanice A do stanice B cez sieť využívajúcu prepínanie okruhov?

❖ Rýchlosť všetkých spojení je 1000 kb/s

❖ Každé spojenie používa časové delenie 10 slotov/sekundu (my použijeme jeden)

❖ 500 milisekúnd na nadviazanie spojenia

$$1000/10 = 100\text{kb/s}$$

$$1\,000\,000/100\,000 = 10\text{ sekúnd}$$

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

Jadro siete: Riadenie paketmi

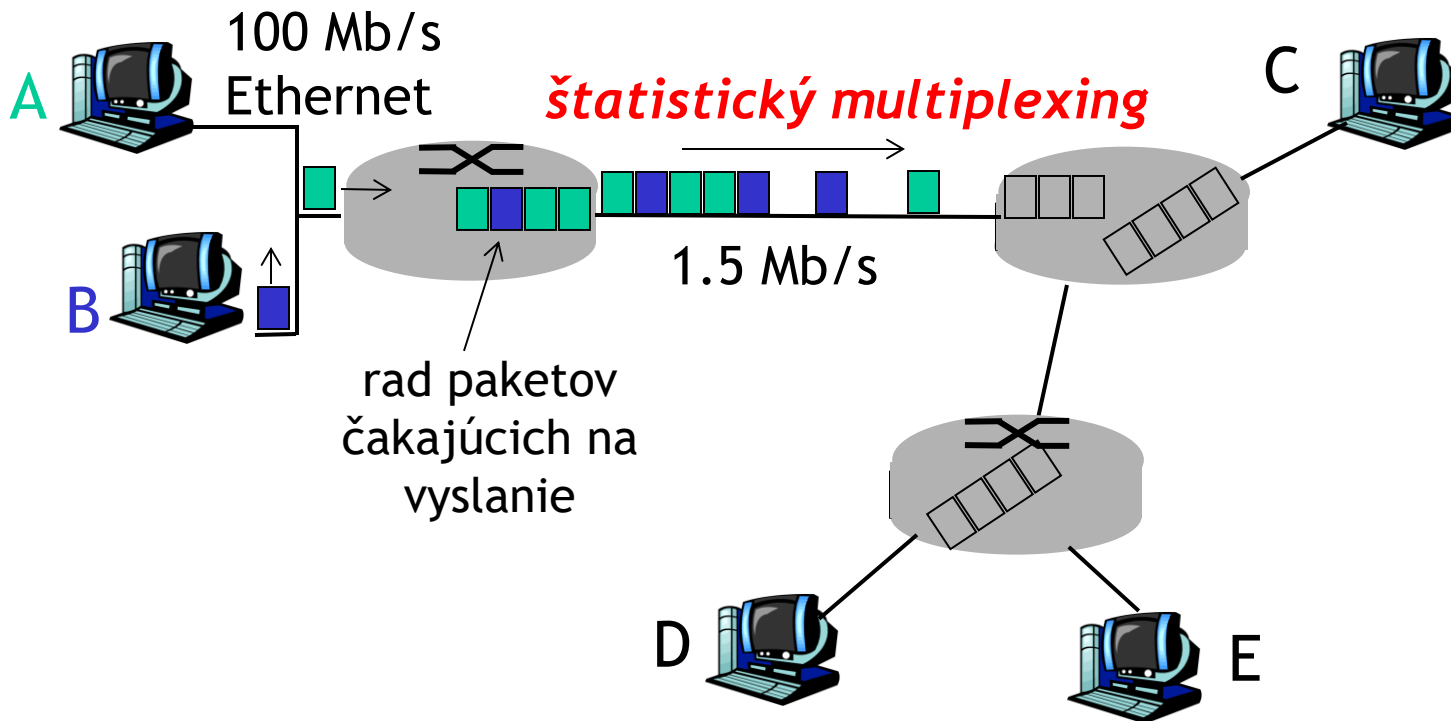
Každý prúd dát je rozdelený
na *pakety*

- ❑ 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 až 1000 kb/s

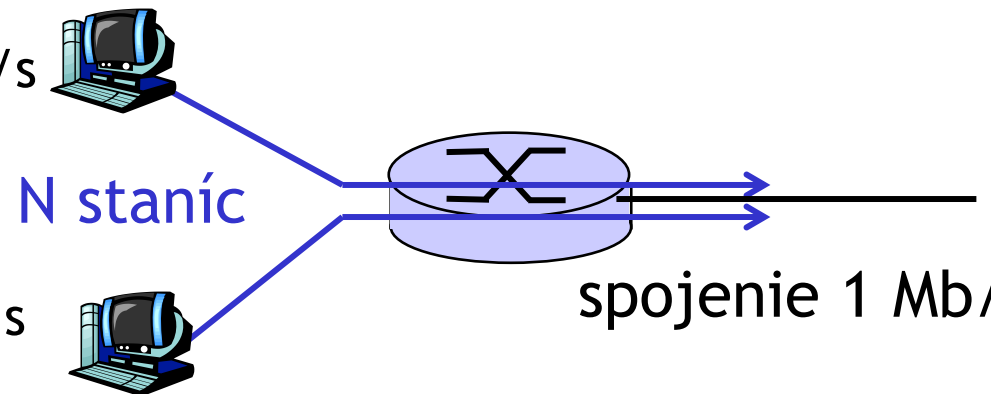
❖ aktivita 10% času

❑ *prepínanie okruhov:*

❖ 10 zariadení, každé max 100 kb/s

❑ *riadenie paketmi:*

❖ s 35 zariadeniami je pravdepodobnosť, že je viac ako 10 zariadení aktívnych, menej ako 0.04 %

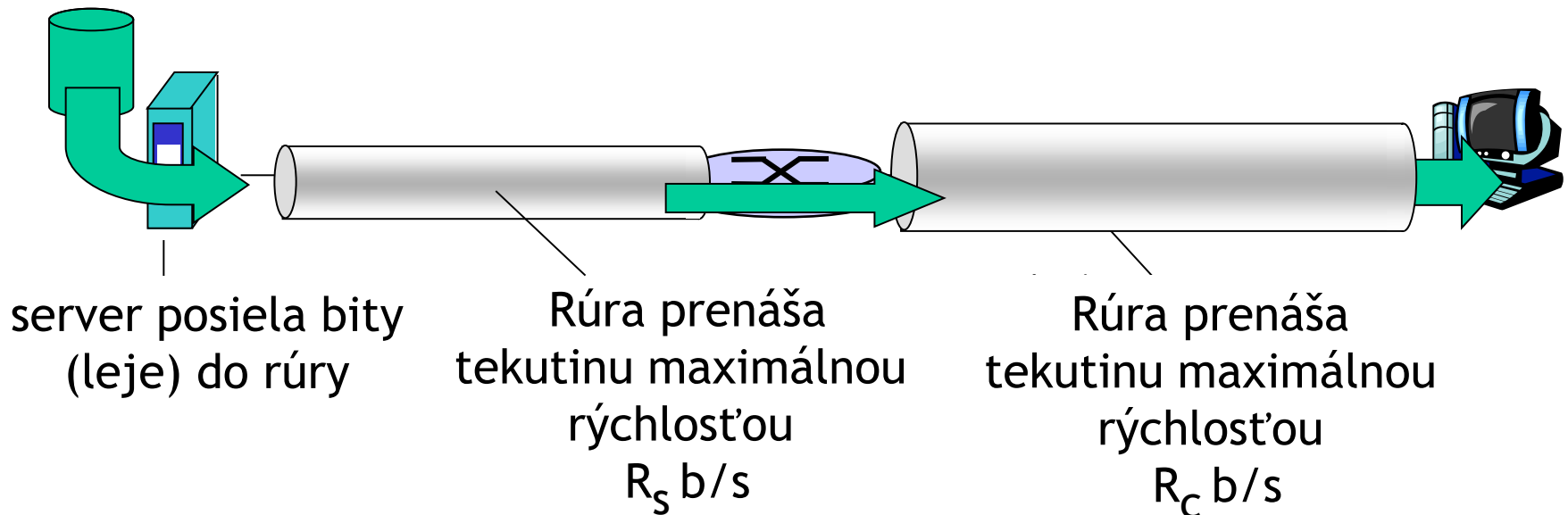


Priepustnosť

□ rýchlosť (b/s), ktorou sú odosielané dáta medzi odosielateľom a príjemcom

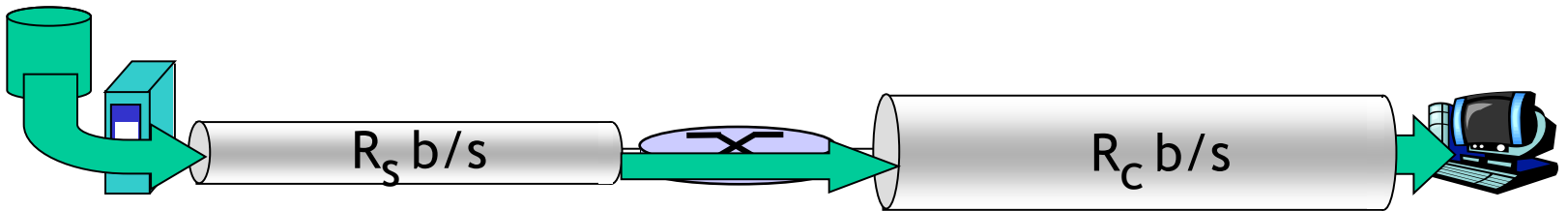
❖ *aktuálna*: rýchlosť v danom čase

❖ *priemerná*: rýchlosť za dlhšie obdobie

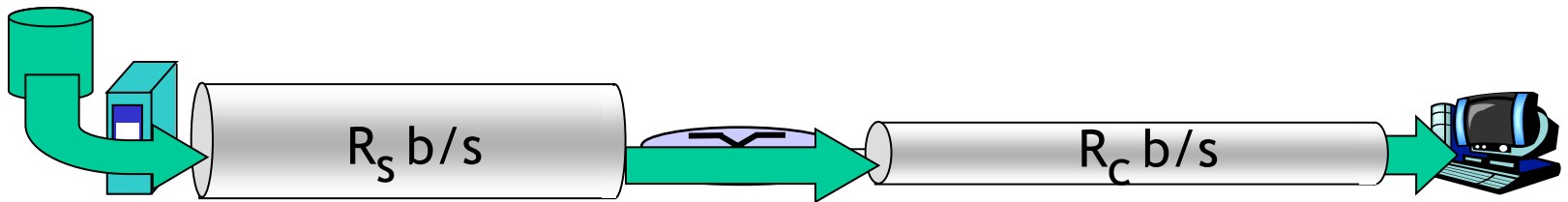


Priepustnosť

□ $R_s < R_c$ Aká je priemerná priepustnosť?



□ $R_s > R_c$ Aká je priemerná priepustnosť?

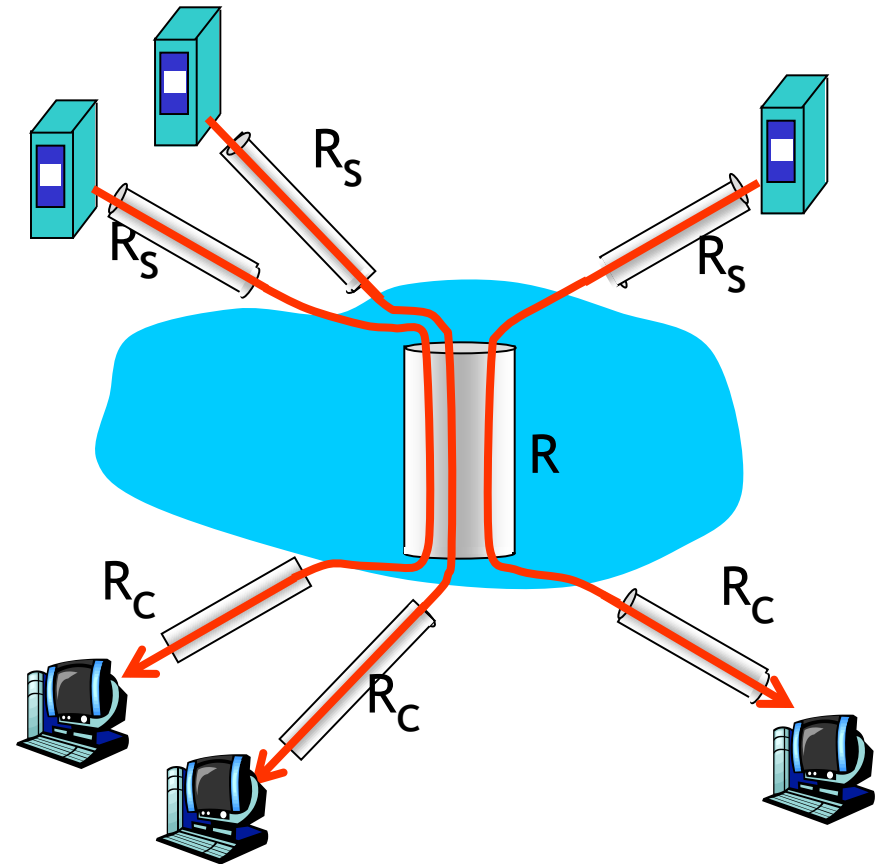


bottleneck (úzke miesto)

Spojenie na ceste, ktoré obmedzuje priepustnosť

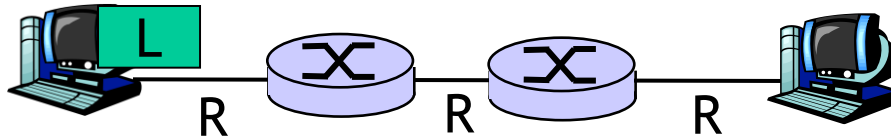
Priepustnosť: internetový príklad

- 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

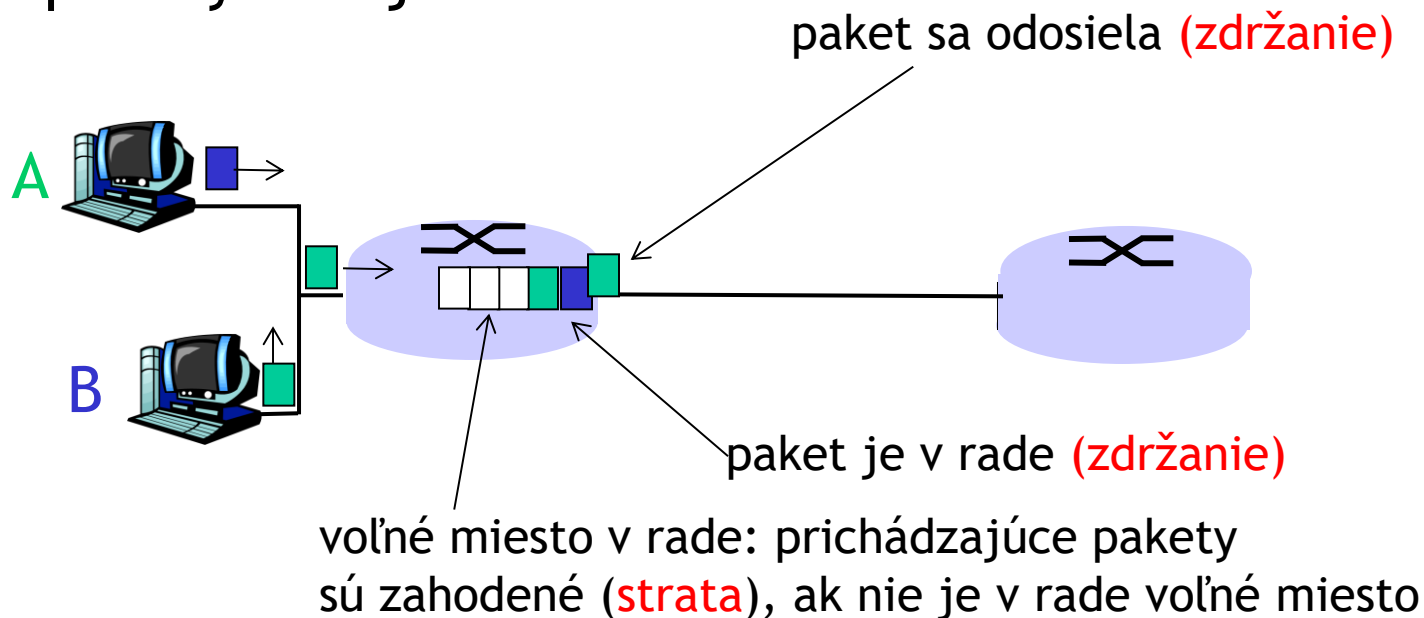
□ zdržanie preposlaním = 15 s

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



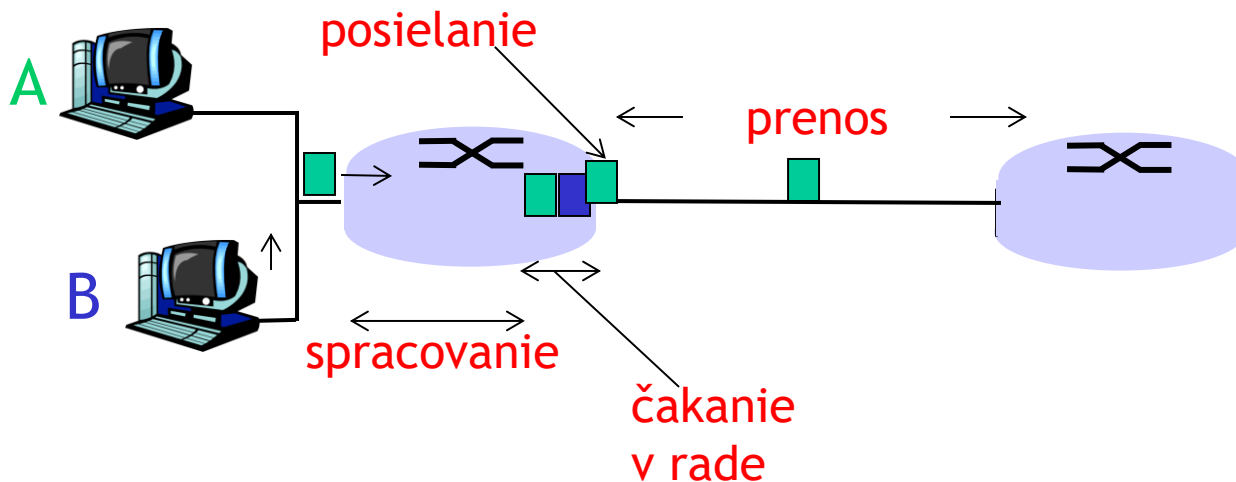
4 dôvody zdržania

❑ 1. spracovanie:

- ❖ overenie bitových chýb
- ❖ zistenie výstupného rozhrania

❑ 2. čakanie v rade:

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



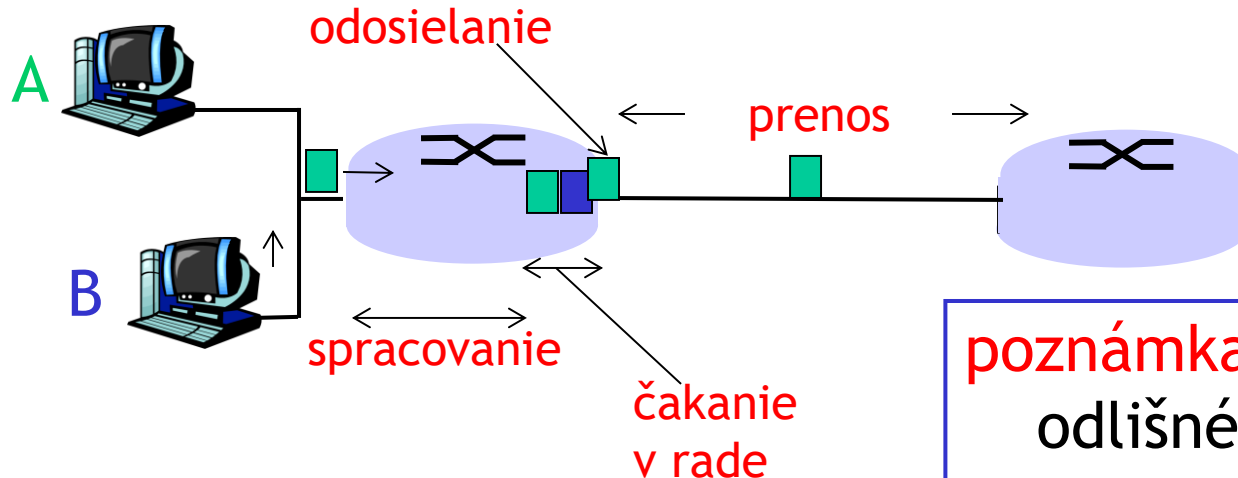
4 dôvody zdržania

3. odosielanie:

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

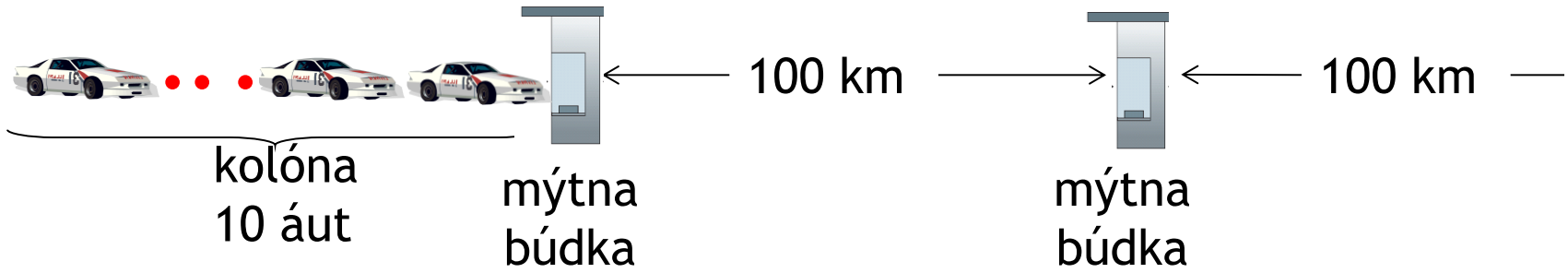
4. prenos:

- 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!

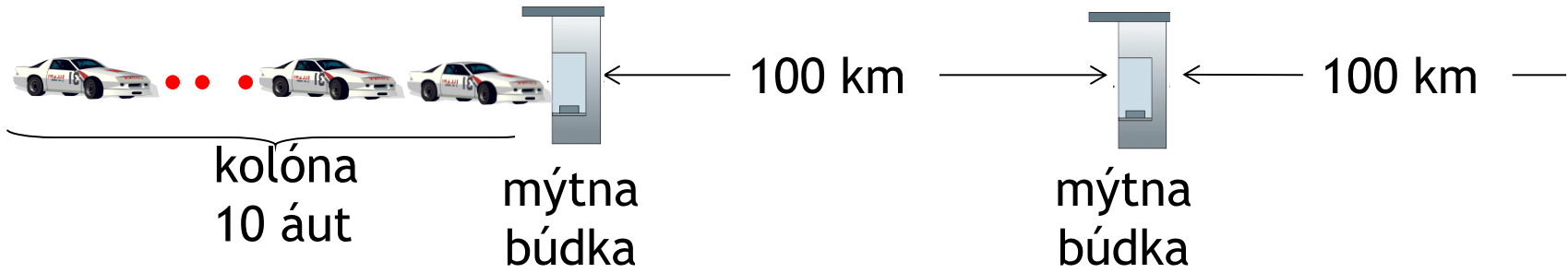
Analógia kolóny áut na diaľnici



- 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 ďalšou mýtnou búdkou?**

- Čas na odoslanie kolóny z mýtnej búdky na diaľnicu = $12 \cdot 10 = 120$ s
- Čas na dopravenie posledného auta k ďalšej mýtnej búdke:
 $100 \text{ km} / (100 \text{ km/h}) = 1$ 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 búdke, skôr ako z prvej odíde celá kolóna?

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

Celkové zdržanie

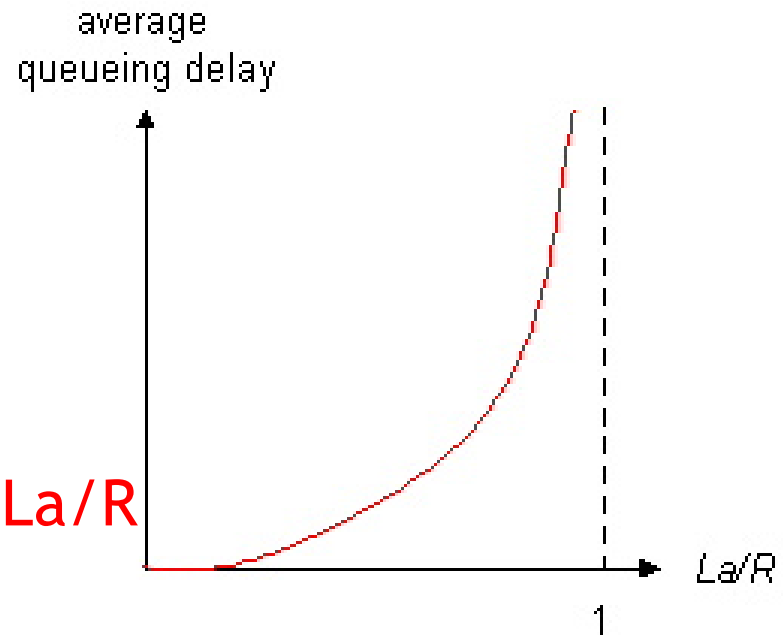
$$d_{celkové} = d_{sprac} + d_{v\ rade} + d_{odosl} + d_{prenos}$$

- d_{sprac} = zdržanie spracovaním
 - ❖ obyčajne zopár mikrosekúnd alebo aj menej
- $d_{v\ rade}$ = zdržanie čakaním v rade
 - ❖ závisí 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



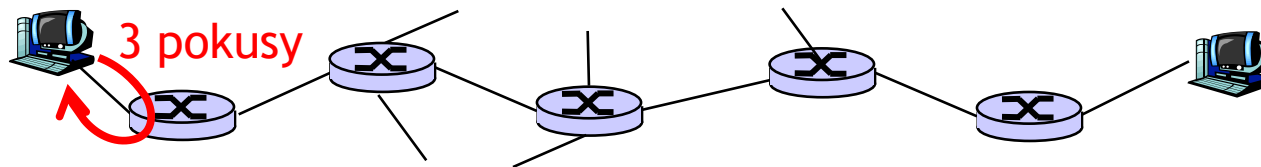
- $La/R \sim 0$: v priemere sa veľa nečaká
- $La/R \rightarrow 1$: zdržanie čakaním v rade narastá
- $La/R > 1$: dáta prichádzajú rýchlejšie ako stíhajú odchádzať, priemerné čakanie v rade je nekonečné!

“Reálne” zdržania a cesty

□ Ako je to so zdržaním a stratou v “reálnom” internete?

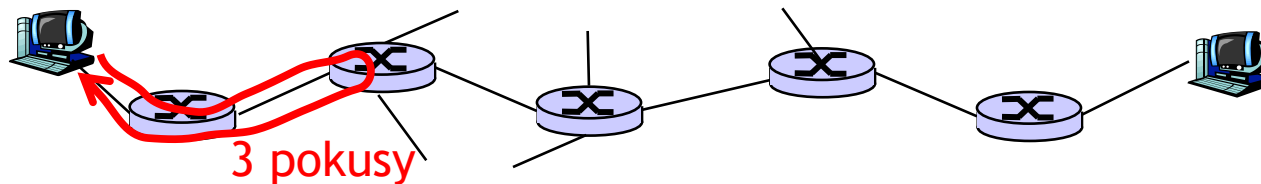
□ **Program traceroute**: poskytuje odmeranie zdržaní od zdroja pozdĺž celej cesty k cieľu. Pre každé i :

- ❖ pošle 3 pakety, ktoré dôjdu k i -temu smerovaču (routeru) 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



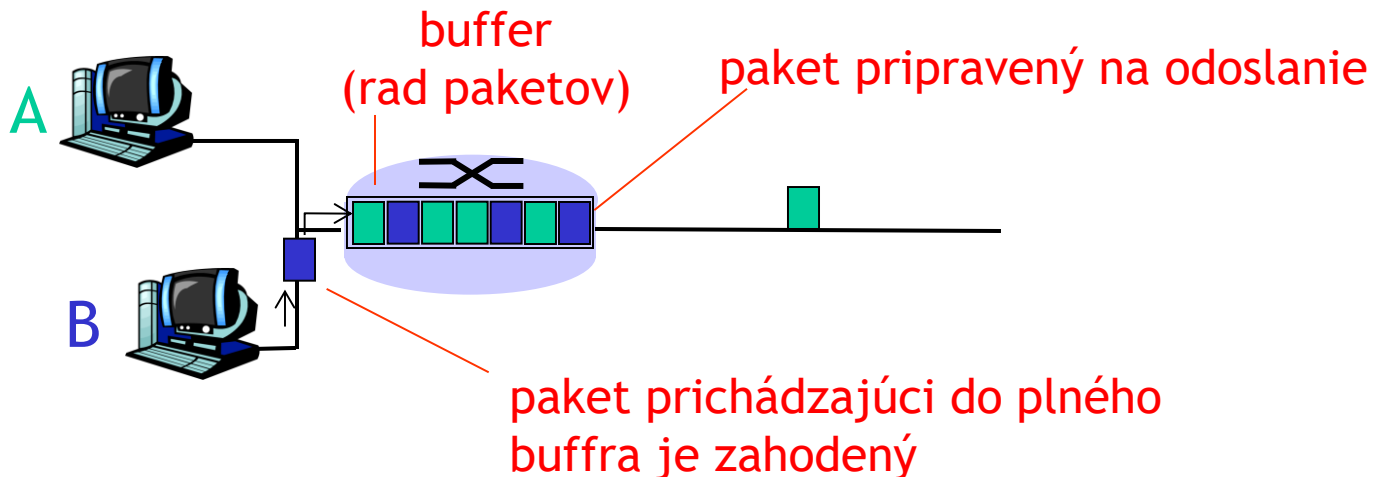
1 cs-gw (128.119.240.254) 1 ms 1 ms 2 ms
2 border1-rt-fa5-1-0.gw.umass.edu (128.119.3.145) 1 ms 1 ms 2 ms
3 cht-vbns.gw.umass.edu (128.119.3.130) 6 ms 5 ms 5 ms
4 jn1-at1-0-0-19.wor.vbns.net (204.147.132.129) 16 ms 11 ms 13 ms
5 jn1-so7-0-0-0.wae.vbns.net (204.147.136.136) 21 ms 18 ms 18 ms
6 abilene-vbns.abilene.ucaid.edu (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 (spôsoby šírenia)

☐ Trójsky kôň:

- ❖ spustenie škodlivého kódu v rámci aplikácie, čo robí niečo iné

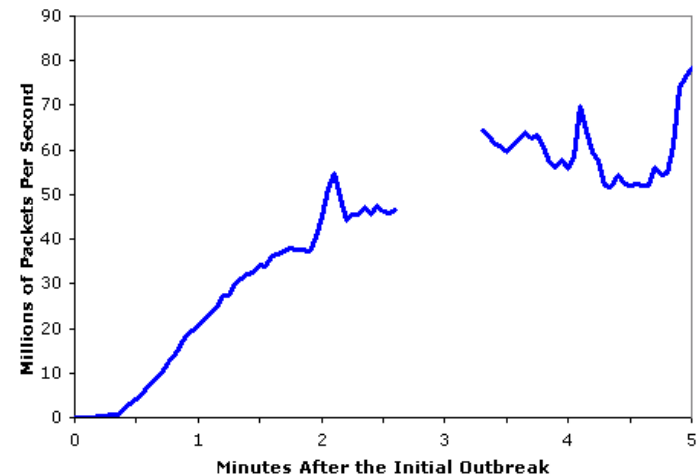
☐ Vírus:

- ❖ nakazenie prijatím a „otvorením“ objektu (napr., príloha e-mailu), aktívne spustenie
- ❖ samorozmnožovanie: skopírovanie do iných programov, preposlanie ďalším zariadeniam, používateľom

☐ Červ:

- ❖ nakazenie pasívnym prijatím objektu, ktorý sa sám spustí
- ❖ typicky cez neaktualizovaný sieťový program, alebo zero-day zraniteľnosti
- ❖ samorozmnožovanie: preposlanie ďalším zariadeniam

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



Malware

❑ Rôzny škodlivý kód:

- ❖ backdoor
- ❖ botnet client
- ❖ keylogger
- ❖ coin miner
- ❖ spyware
- ❖ ransomware
- ❖ adware
- ❖ scareware
 - ❖ má za úlohu vystrašiť a ponúka kúpu antivírusu
- ❖ ...

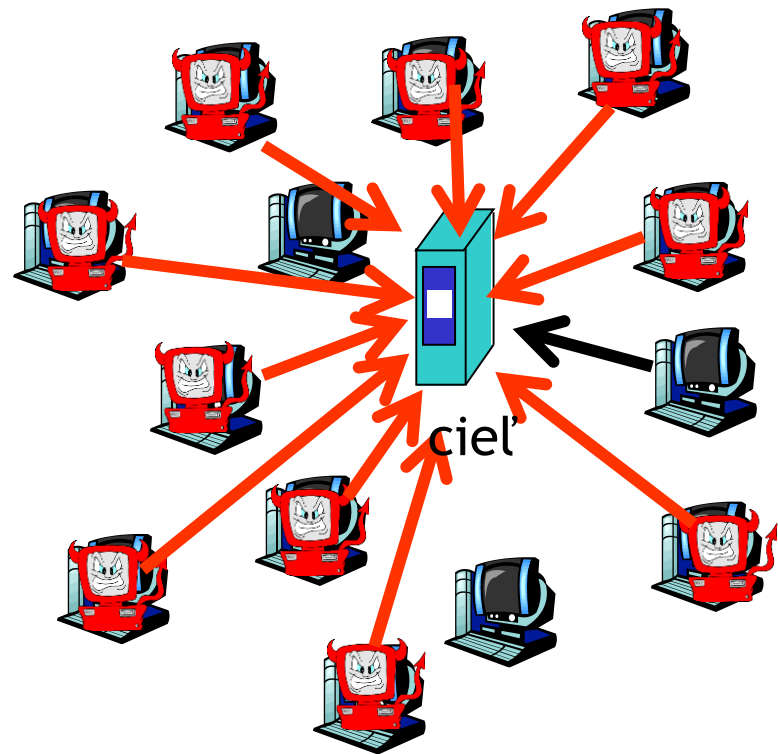
❑ Rôzne spôsoby schovávania:

- ❖ rootkit
 - ❖ môže meniť systémové funkcionality na nízkej úrovni
 - ❖ obvykle odhaliteľný iba z iného operačného systému
- ❖ fileless malware
 - ❖ nachádza sa iba v RAMke

Denial of Service útoky

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

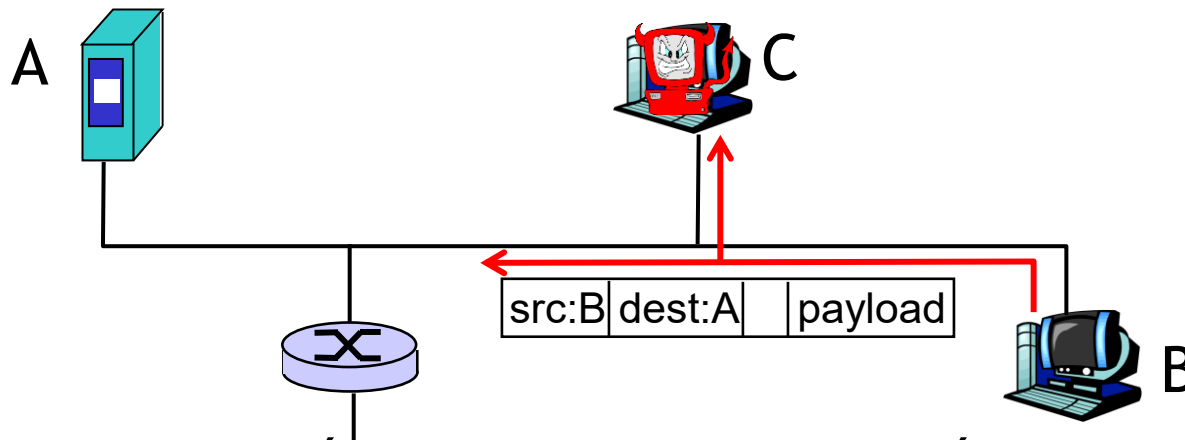
- 1) vybrať cieľ
- 2) napadnúť zariadenia v blízkej sieti (pozri malware) - tzv. Botnet
- 3) posielat' pakety smerom k cieľu z napadnutých zariadení



Sniffovanie, zmena a mazanie paketov

Sniffovanie:

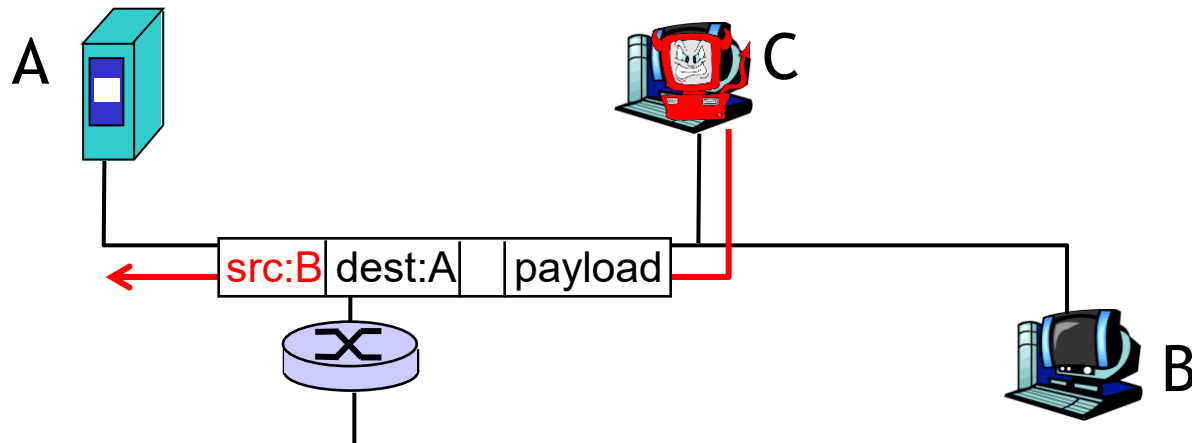
- ❖ broadcastové médiá (zdieľaný ethernet, wireless)
- ❖ “promiskuitné” sieťové rozhranie číta a zaznamenáva všetky pakety (napr. tie obsahujúce heslá!) ktoré vidí, aj keď nepatria jemu



- ❖ Wireshark je známy voľne stiahnutelný 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 siet'ovej bezpečnosti

- ❑ Sem tam počas tohto predmetu
- ❑ UIB1 - Úvod do informačnej bezpečnosti

- ❑ Magisterský stupeň:
 - ❑ BPS - Bezpečnosť počítačových sietí
 - ❑ AOS - Administrácia operačných systémov

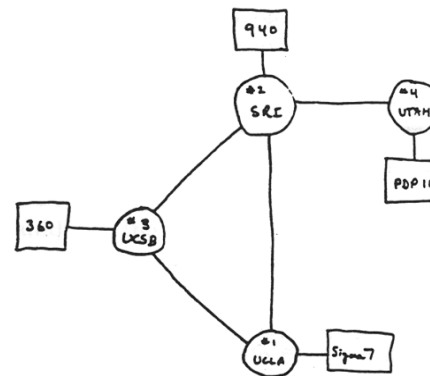
História internetu

1961-1972: Prvé princípy paketmi riadených sietí

- 1961: Kleinrock - teória radov ukazuje efektivitu 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:

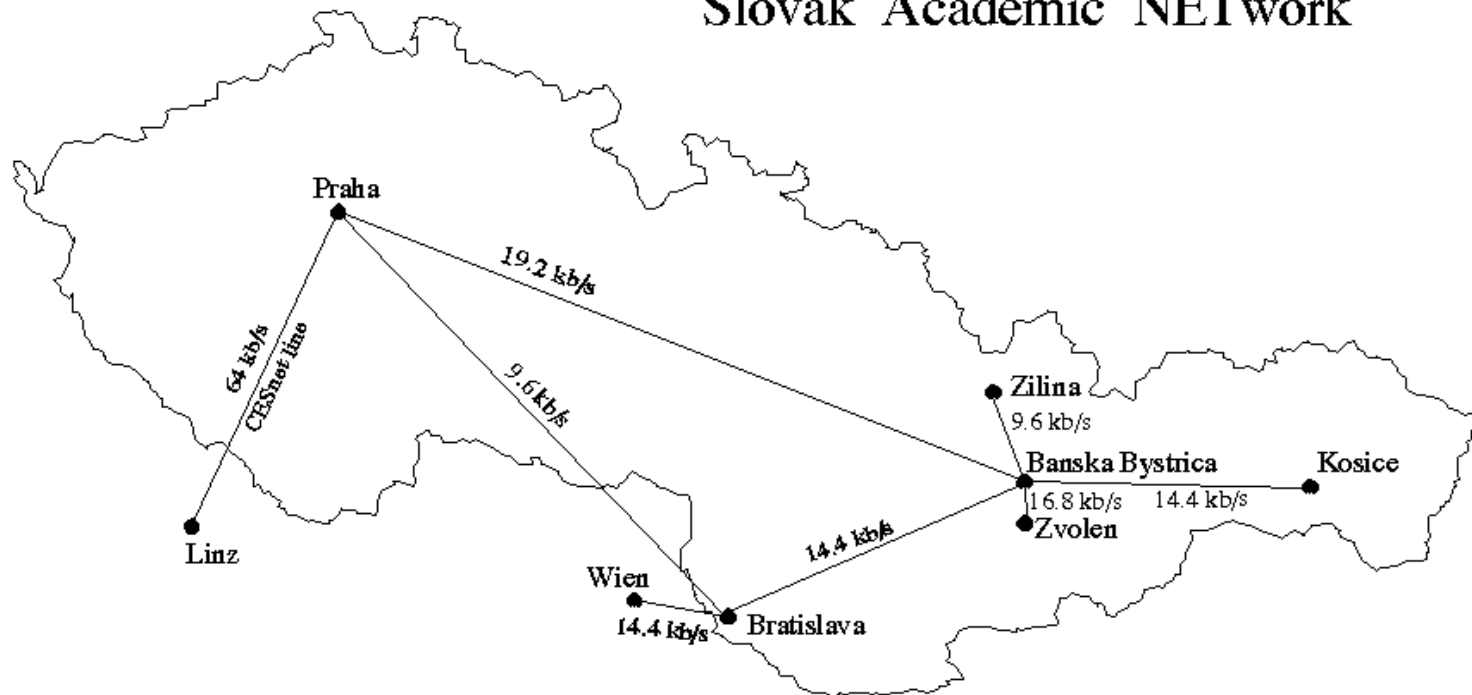
- ❑ ~500 miliónov staníc
- ❑ Zvuk a obraz cez IP
- ❑ Fulltextové vyhľadávanie: AltaVista, Google, Yahoo!
- ❑ P2P aplikácie: BitTorrent, Skype
- ❑ ďalšie aplikácie: YouTube, hry
- ❑ wireless, mobilita

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 - Slovenská akademická dátová sieť (November 2025)



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.