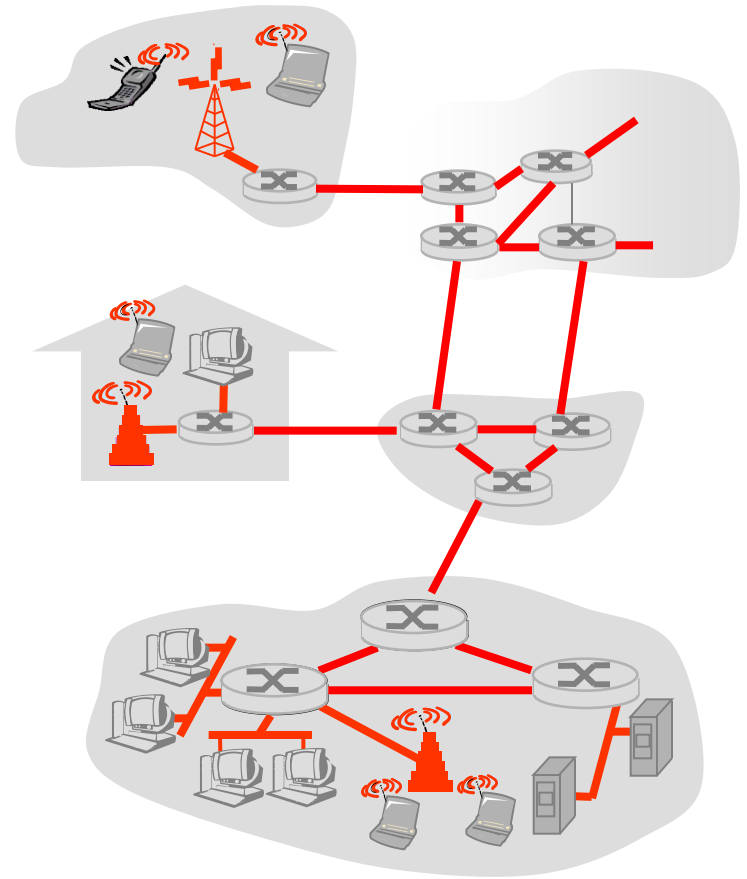


Spojová vrstva: úvod

Terminológia:

- ❑ stanice a smerovače sú **uzly**
- ❑ komunikačné kanály, ktoré spájajú príslušné uzly napojené na ne, sú **spoje**
 - ❖ drôtové spoje
 - ❖ bezdrôtové spoje
 - ❖ LAN
- ❑ paket z pohľadu druhej vrstvy sa nazýva **rámec** (frame), zaobaluje datagram

spojoiná vrstva má za úlohu dopraviť datagram z jedného uzla na druhý príslušný uzol prostredníctvom spoja



Spojová vrstva: prenos datagramu rámami

❑ datagram je na ceste
prenášaný rôznymi
technológiami spojovej
vrstvy a rôznymi typmi
spojov:

❖ napr. koaxiálny kábel na prvom
spoji, WiFi na poslednom

❑ každá technológia spojovej
vrstvy môže poskytovať iné
služby

❖ napr. môže poskytovať
potvrdzovaný prenos dát

Analógia

❑ cesta z Košíc na Lomnický štít

❖ autobus: z UPJŠ na stanicu v
Košiciach

❖ vlak: z Košíc do Popradu

❖ električka: z Popradu do Tatranskej
Lomnice

❖ lanovka: z Tatranskej Lomnice na
Lomnický štít

❑ človek = datagram siet'. vrstvy

❑ úsek cesty = spoj

❑ druh prepravy po spoji =
technológia spojovej vrstvy

❑ naplánovanie trasy = smerovací
algoritmus

❑ prestupné stanice = smerovače

Možné služby spojovej vrstvy

❑ *vytváranie rámcov, prístup k spoju:*

- ❖ zabaľuje datagram do rámca, pridáva hlavičku a chvost
- ❖ ak je zdieľaný spoj, zisťuje, kedy má komunikovať
- ❖ na identifikáciu zdroja a cieľa používa “MAC” (hardvérové, fyzické) adresy
 - rôzne od IP adres!

❑ *potvrdzovaný prenos medzi príľahlými uzlami*

- ❖ spôsob, ako to dosiahnuť, sme sa už naučili na transportnej vrstve
- ❖ málokedy sa používa na spojoch s nízkou mierou chybovosti (optika, krútené dvojdrôty)
- ❖ užitočný pre bezdrôtové spojenia: vysoká chybovosť

Možné služby spojovej vrstvy

❑ *kontrola toku dát:*

- ❖ kontrola pretečenia zásobníka príjemcu

❑ *odhaľovanie chýb:*

- ❖ chyby spôsobené útlmom signálu, rušením
- ❖ príjemca zistí prítomnosť chýb v rámci:
 - požiada odosielateľa o preposlanie alebo zahodí rámec

❑ *oprava chýb:*

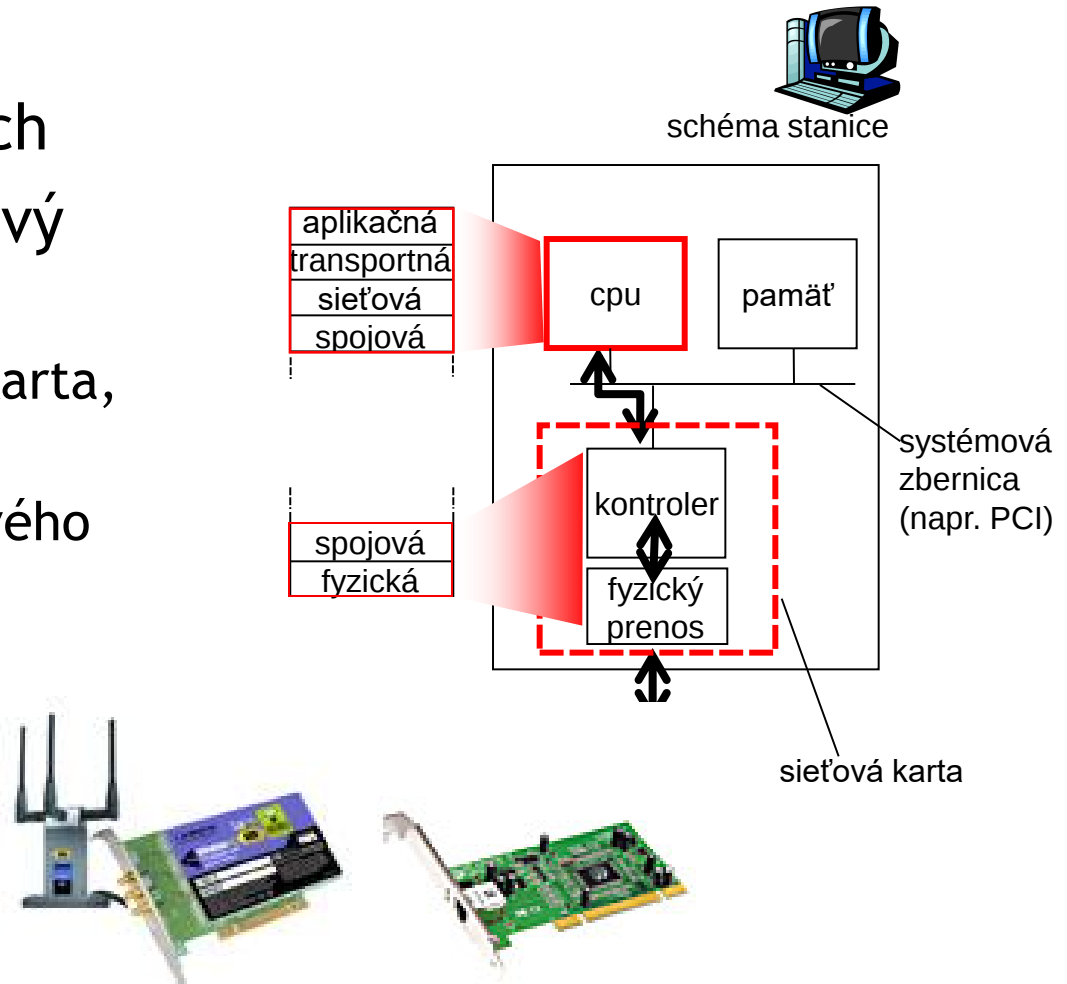
- ❖ príjemca identifikuje *a opraví* bitové chyby bez opätovného preposlania

❑ *half-duplex a full-duplex*

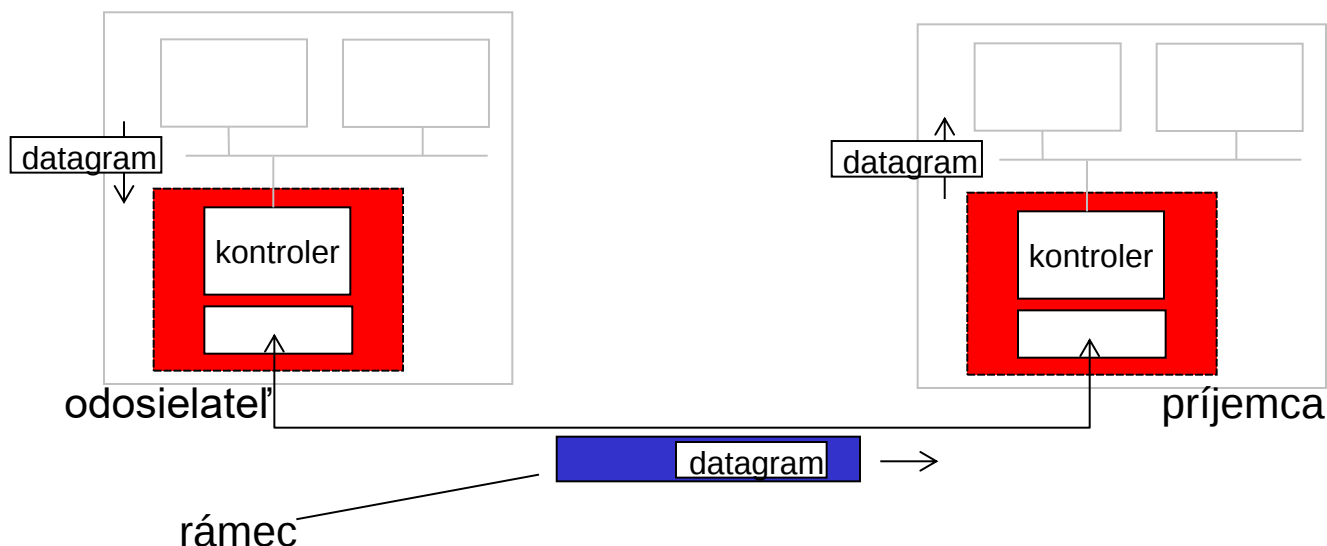
- ❖ s half duplexom môžu uzly na koncoch spoja odosielať daným spojom (obidvoma smermi), ale nie v rovnakom čase

Kde je implementovaná spojová vrstva?

- ❑ na každej stanici, na každom rozhraní smerovača, vo switch-och
- ❑ v sieťovej karte (sieťový adaptér)
 - ❖ Ethernetová karta, PCMCIA karta, WiFi karta
 - ❖ implementuje vrstvu sieťového rozhrania (spojová + fyzická)
 - ❖ pripojená na systémovú zbernicu počítača
- ❑ kombinácia hardvéru, softvéru a firmvéru



Komunikácia so sieťovým adaptérom



□odosielateľ:

- ❖zabalí datagram do rámca
- ❖pridá kontrolu chýb, spoľahlivý prenos dát, kontrolu toku dát, ...

□príjemca:

- ❖zist'uje chyby, rieši kontrolu toku dát, ...
- ❖extrahuje datagram, pošle ho vyššej vrstve na spracovanie

MAC adresy

❑ MAC = media access control

❑ IP adresy:

- ❖ adresy sieťovej vrstvy

- ❖ používané na dopravenie datagramu do správnej siete

❑ MAC (fyzická, hardvérová, ethernetová) adresa:

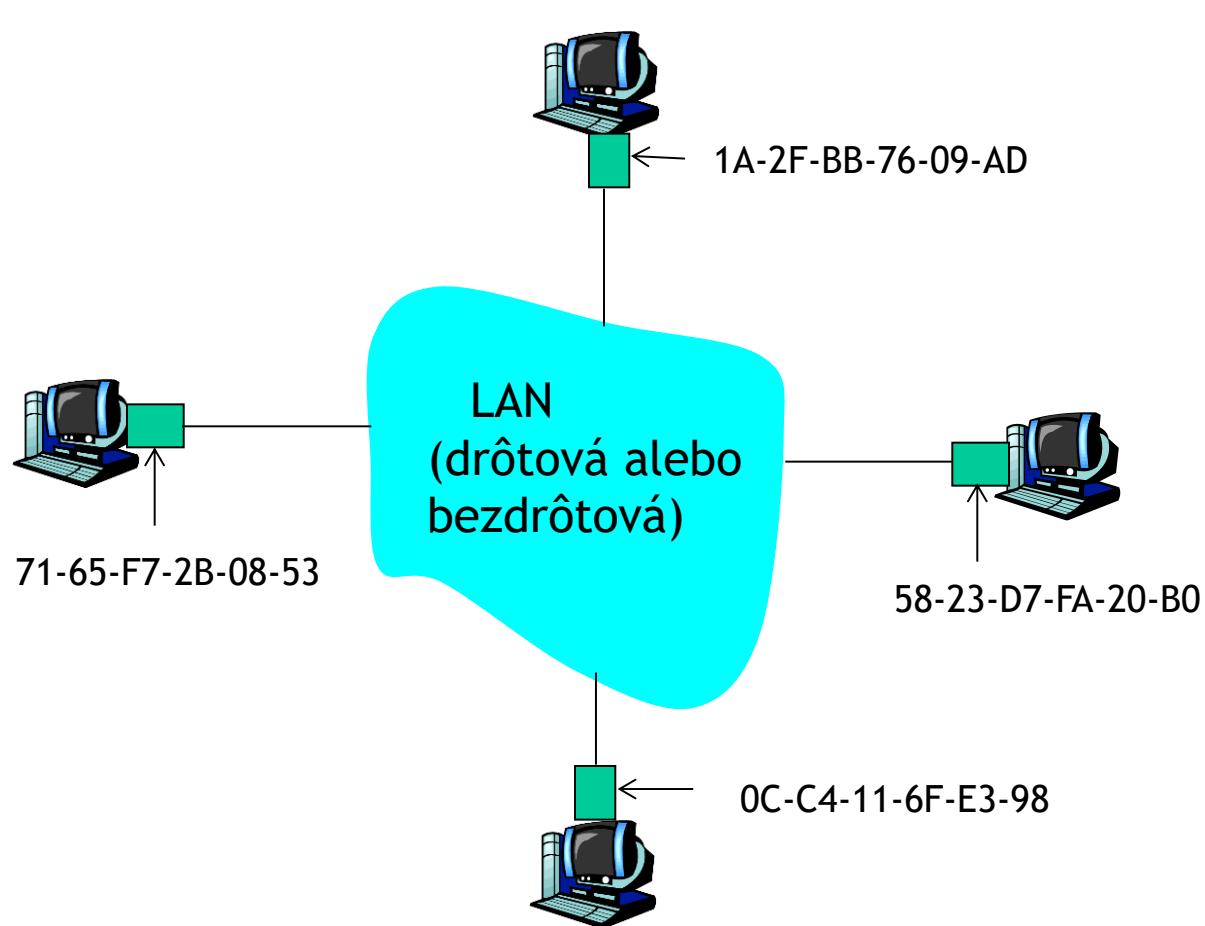
- ❖ použitie: *dopraviť rámec z jedného sieťového adaptéra k inému v rámci tej istej siete*

- ❖ 48 bitová MAC adresa

- napálená v ROM sieťovej karty, často aj softvérovo nastaviteľná

MAC adresy

každý sieťový adaptér má jedinečnú MAC adresu



Broadcastová adresa =

FF-FF-FF-FF-FF-FF

Multicastová adresa =

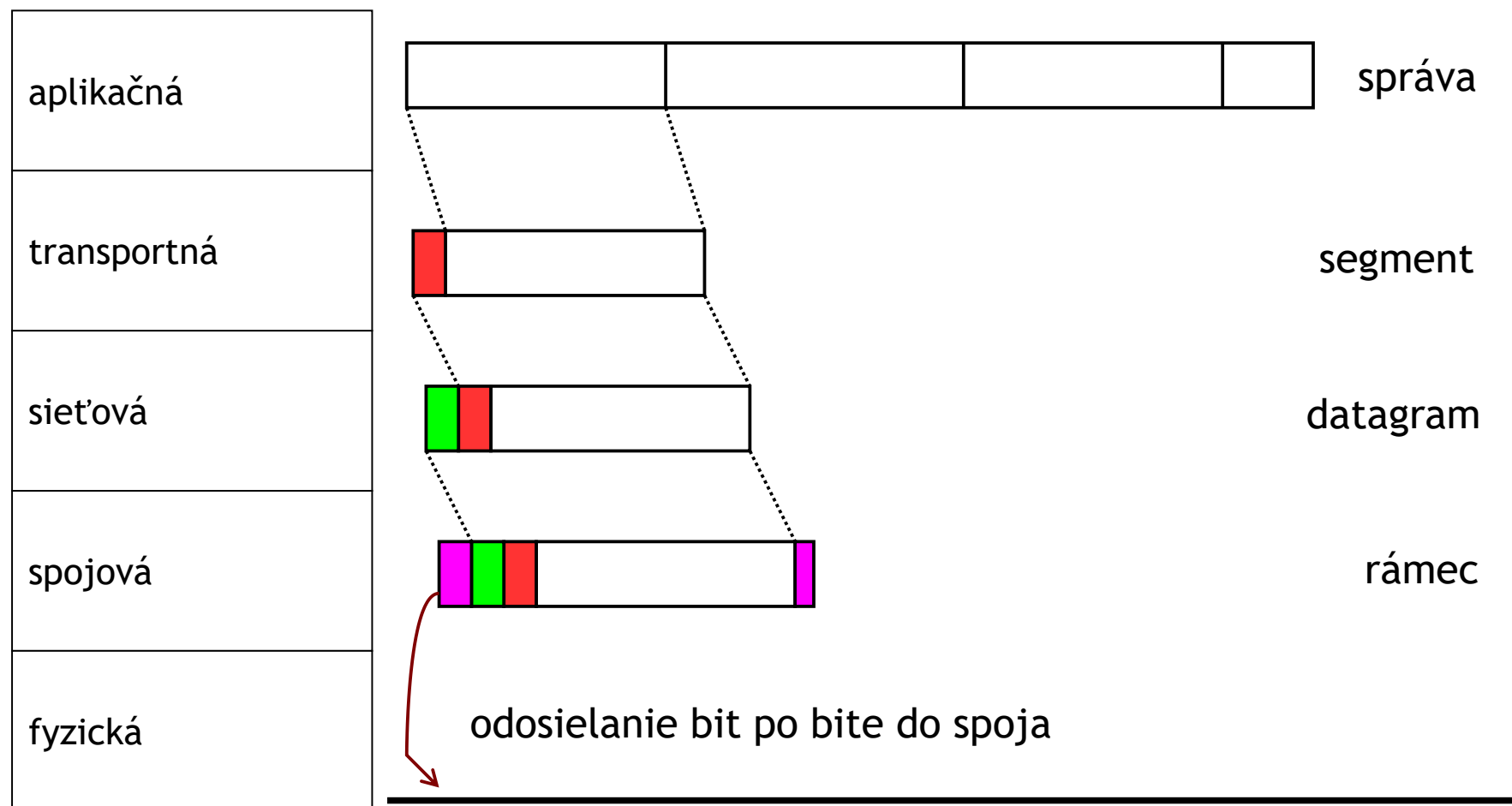
33-33-(koniec) IP

 = sieťový adaptér

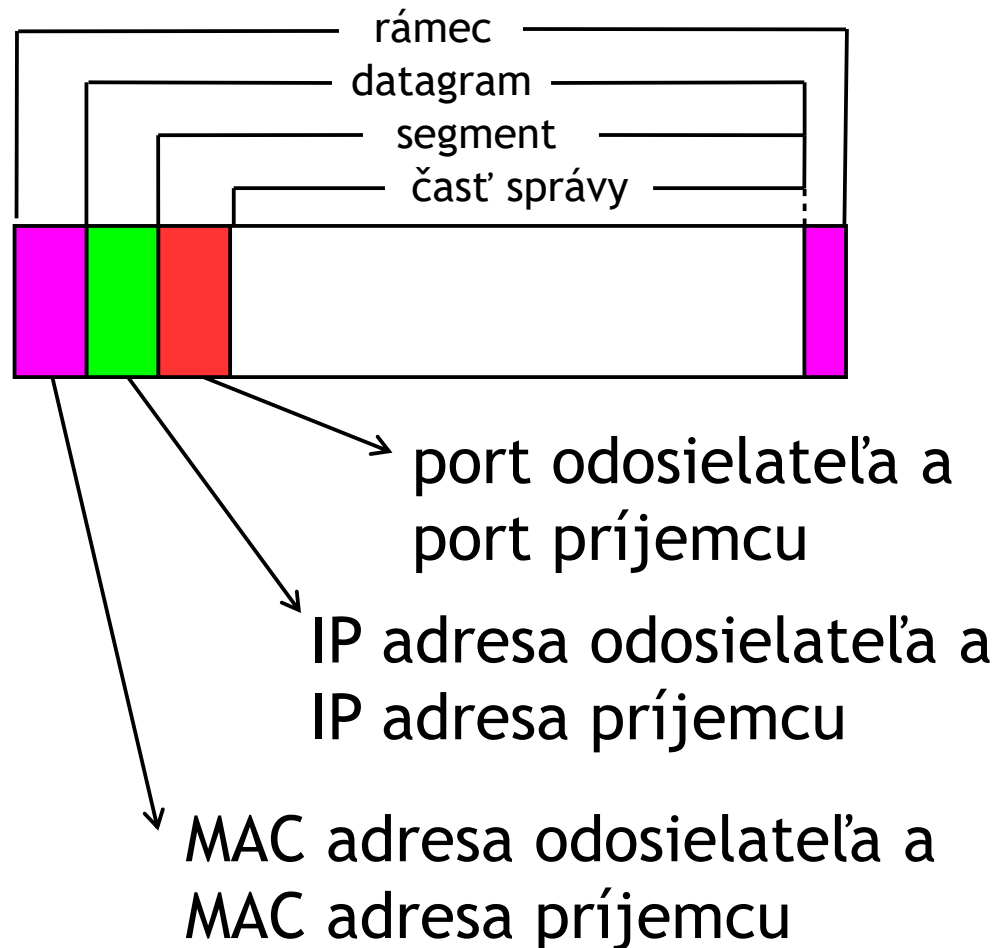
MAC adresy

- ❑ MAC adresy rozdeľuje IEEE
- ❑ výrobca sieťových kariet si zakúpi časť množiny MAC adries, aby sa zabezpečila jedinečnosť
- ❑ analógia:
 - (a) **MAC adresa:** rodné číslo
 - (b) **IP adresa:** poštová adresa
- ❑ MAC adresa je prenositeľná
 - ❖ jedna sieťová karta sa môže presúvať z jednej siete do inej
- ❑ IP adresy sú hierarchické, t.j. nie prenositeľné
 - ❖ adresa je závislá na sieti, v ktorej je sieťová karta zapojená
 - ❖ platí pre globálne unicastové IP adresy

Tvorba paketu

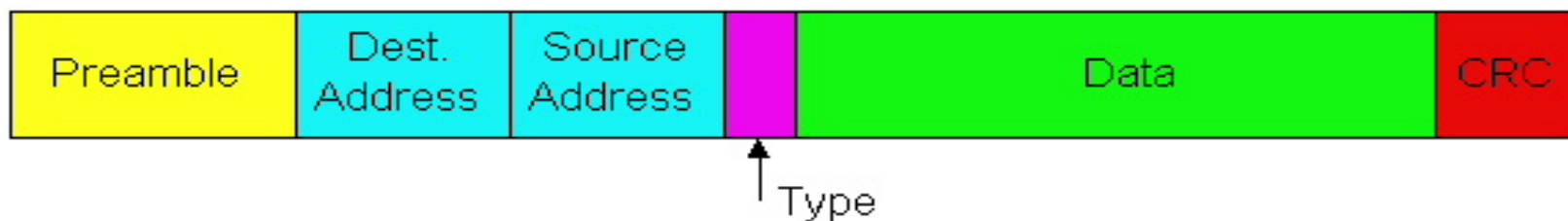


Adresovanie údaje v pakete



Ethernetový rámec (IEEE 802.3)

Odosielajúci adaptér zabaľuje IP datagram (alebo iný paket sieťovej vrstvy) do **ethernetového rámca**



Preamble (preambula):

- 7 bajtov s hodnotou 10101010 a nakoniec ešte jeden bajt s hodnotou 10101011
- použitie na synchronizáciu hodín adaptérov odosielateľa a príjemcu

Ethernetový rámec

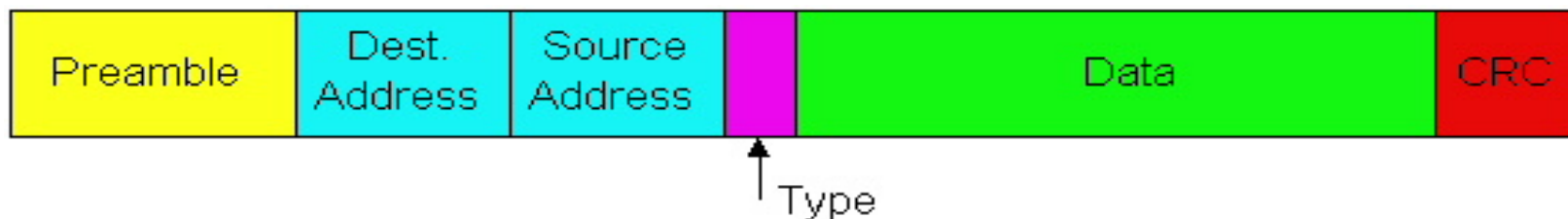
❑ **Adresy:** 6 bajtov

❖ ak adaptér dostane rámec pre jeho cieľovú adresu, alebo jeho multicastovú adresu, alebo s broadcastovou adresou, pošle dáta sieťovej vrstve

❖ inak sa rámec zahodí (výnimkou je promiskuitný mód)

❑ **Type:** identifikuje typ prenášaných dát (väčšinou IP, ale môže byť aj Novell IPX, AppleTalk, ARP, ...)

❑ **CRC:** ak kontrola odhalí chybu, rámec sa zahodí



Ethernet 802.3: nespoľahlivý, bez spojenia

- ❑ **bez spojenia:** žiadne nadväzovanie spojenia medzi sieťovými adaptérmí
- ❑ **nespoľahlivý:** prijímajúci adaptér neposiela kladné ani záporné potvrdenia
 - ❖ rámce sa môžu zahodiť (zlé CRC)
 - ❖ o preposlanie sa môže postarať napríklad TCP

Čo určiť ako cieľovú MAC adresu?

- ❑ Príjemca rámca **MUSÍ byť v našej sieti**
- ❑ Od používateľa/aplikácie dostaneme:
 - ❖ IP adresu cieľa, alebo
 - ❖ doménové meno cieľa → IP adresa cez DNS
- ❑ Siet'ová vrstva číta **smerovaciú tabuľku**, aby zistila, cez ktoré rozhranie (siet'ovú kartu) bude posielat'

cieľ	maska	brána	rozhranie
200.23.24.0	255.255.255.0 (24)	0.0.0.0	1
200.23.16.0	255.255.248.0 (21)	0.0.0.0	3
200.23.24.0	255.255.248.0 (21)	0.0.0.0	2
0.0.0.0	0.0.0.0 (0)	200.23.1.1	3

Čo určiť ako cieľovú MAC adresu?

❑ Príjemca rámca **MUSÍ byť v našej sieti**

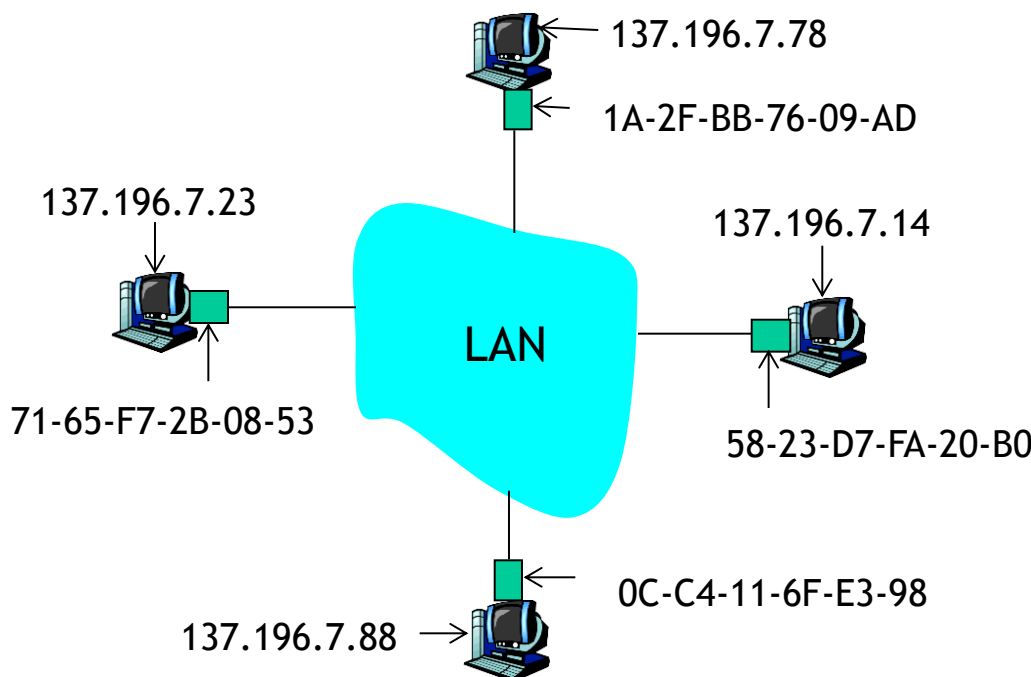
cieľ	maska	brána	rozhranie
200.23.24.0	255.255.255.0 (24)	0.0.0.0	1
200.23.16.0	255.255.248.0 (21)	0.0.0.0	3
200.23.24.0	255.255.248.0 (21)	0.0.0.0	2
0.0.0.0	0.0.0.0 (0)	200.23.1.1	3

❑ Ak je brána 0.0.0.0 → rámec treba poslať priamo počítaču s IP adresou cieľa

❑ Ak brána nie je 0.0.0.0 → rámec treba poslať na bránu

ARP: Address Resolution Protocol

Úloha: zistiť MAC adresu uzla X, keď viem IP adresu uzla X



❑ **sieťový protokol !!!**

❑ Každý uzol (stanica, router) má **ARP** tabuľku

❑ ARP tabuľka: mapovanie IP/MAC pre niektoré uzly na LAN

< IP adresa; MAC adresa; TTL >

❖ TTL (Time To Live): čas, po ktorom bude mapovanie zabudnuté (typicky 5-20 minút)

ARP protokol

□ A chce poslať datagram pre B, ale MAC adresa B nie je v ARP tabuľke uzla A

□ A vyšle **broadcastovú** ARP otázku, obsahujúcu IP adresu uzla B

❖ cieľová MAC adresa = FF-FF-FF-FF-FF-FF

❖ všetky zariadenia v lokálnej sieti túto ARP otázku dostanú

□ B prijme ARP otázku, odpovie uzlu A so svojou MAC adresou

❖ unicastová odpoveď

□ A si uloží dvojicu IP a MAC adresa uzla B vo svojej ARP tabuľke

❖ ak je záznam v ARP tabuľke príliš starý, maže sa, a obnoví sa, až keď znova potrebujem komunikovať s B

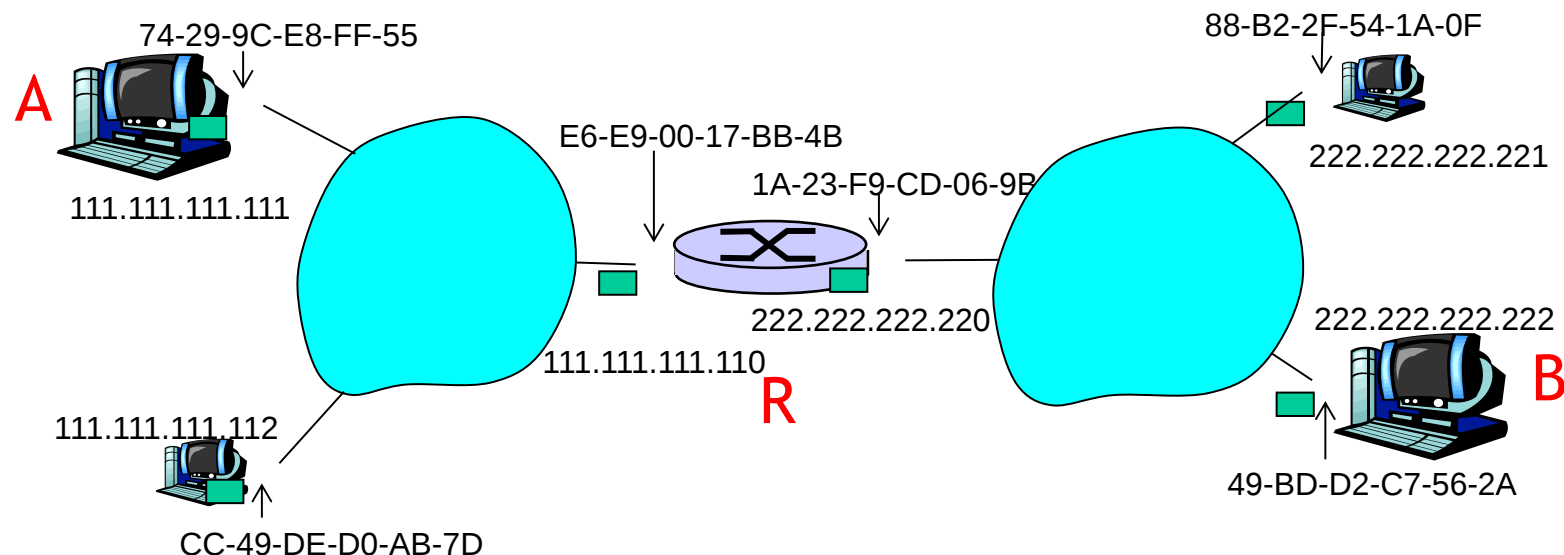
□ ARP je “plug-and-play”:

❖ uzly sa učia záznamy do svojich ARP tabuliek bez zásahu administrátora siete alebo sieťového servera

Adresácia: smerovanie do inej siete

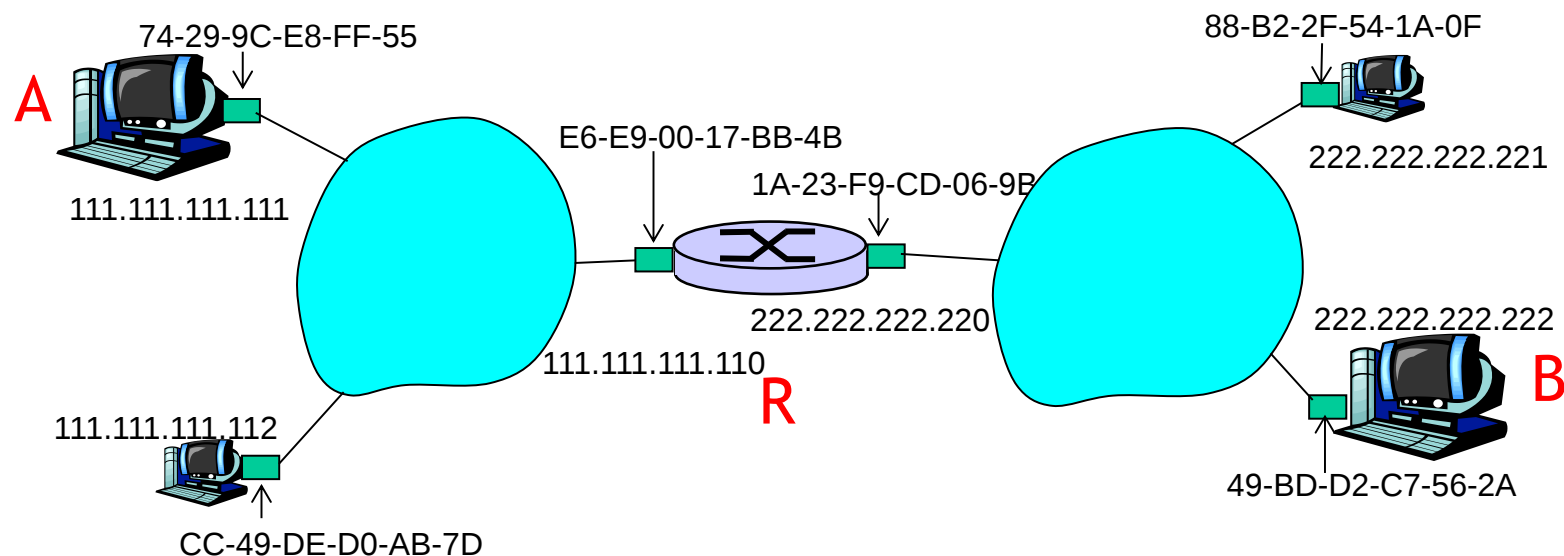
postup: **posielame *datagram* z A do B cez R =**
A posiela rámec s datagramom pre R a následne
R posiela rámec s datagramom pre B

predpokladáme, že A vie IP adresu stanice B



□ dve ARP tabuľky v routri R: jedna pre každé rozhranie

- ❑ sieťová vrstva v A vytvorí IP datagram so zdrojovou IP A, a cieľovou IP B, pomocou smerovacej tabuľky zistí, že má poslať datagram cez IP R (brána je 111.111.111.110) a pošle datagram spojenej vrstve
- ❑ A použije ARP na zistenie MAC adresy routra R na základe jeho IP 111.111.111.110
- ❑ A zabalí datagram s cieľovou IP adresou B do rámca s MAC adresou R
- ❑ router R rozbalí dôjdený rámec a na základe cieľovej adresy (IP B) a svojej smerovacej tabuľky zistí, že ho má poslať do lokálnej siete na rozhraní s IP adresou 222.222.222.220 (brána je 0.0.0.0)
- ❑ R použije ARP na zistenie MAC adresy B na základe jej IP B
- ❑ R zabalí datagram s cieľovou IP B do rámca s MAC adresou B a pošle ho do lokálnej siete, kde ho prijme B



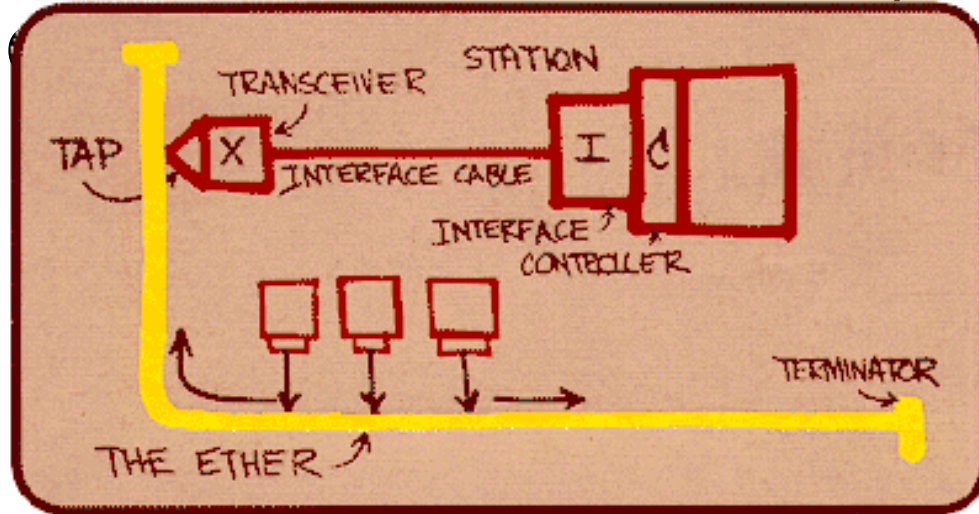
NDP = “ARP” pre IPv6 + ďalšie použitie

- ❑ NDP (neighbor discovery protocol) je súčasťou ICMPv6
- ❑ Ak chcem preklad z IPv6 adresy 2001:111::1:2345:6789 na MAC adresu odošlem multicastovú správu na 33:33:23:45:67:89, na ktorej tento uzol musí počúvať
- ❑ Výsledok prekladu sa uloží v NDP tabuľke
- ❖ Windows: netsh interface ipv6 show neighbors
- ❖ Linux: ip -6 neighbor show

Ethernet 802.3

“dominantná” drôtová LAN technológia:

- ❑ veľmi lacná: cca 4 € za 100Mb/s sieťovú kartu, 5 € za 1Gb/s
- ❑ prvá rozšírená technológia
- ❑ jednoduchšia a lacnejšia ako tokenové LAN alebo ATM
- ❑ zvláda aktuálne maximálne rýchlosti: 10 Mb/s - 10



Pôvodný návrh
Ethernetu podľa
Metcalfe-a

Topológia hviezd

❑ zbernica topológia populárna do polovice 90-tych rokov

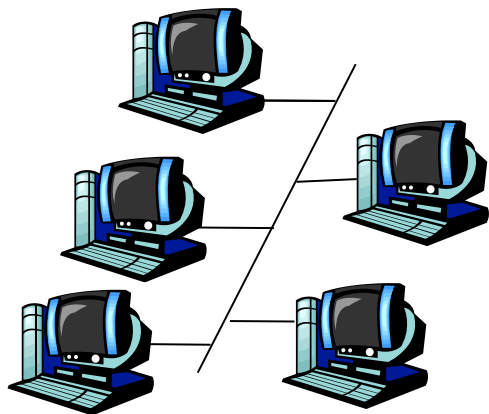
❖ všetky uzly v spoločnej **kolíznej doméne**

❑ dnes prevláda topológia hviezd

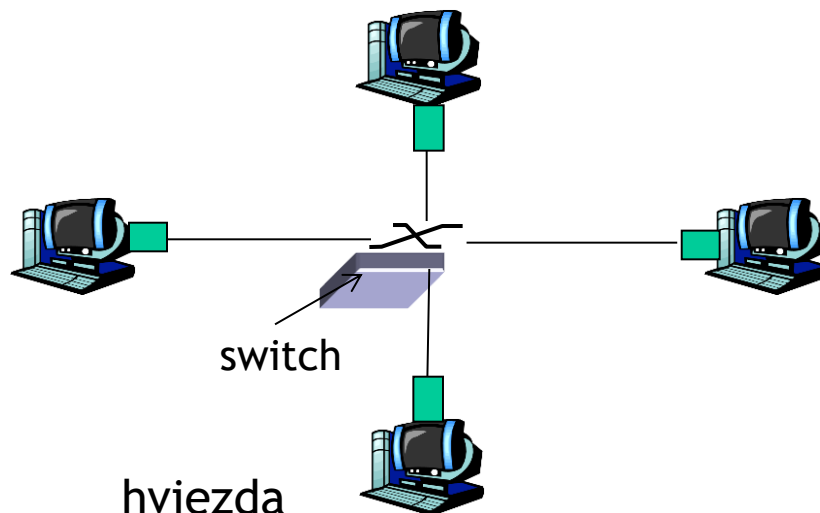
❖ v centre hviezd je aktívny **switch**

❖ každý “lúč” realizuje nezávislý Ethernetový protokol

• súčasne vysielajúce stanice nie sú v kolízii



zbernica: koaxiálny kábel



hviezda

Kolízna a broadcastová doména

❑ Kolízna doména

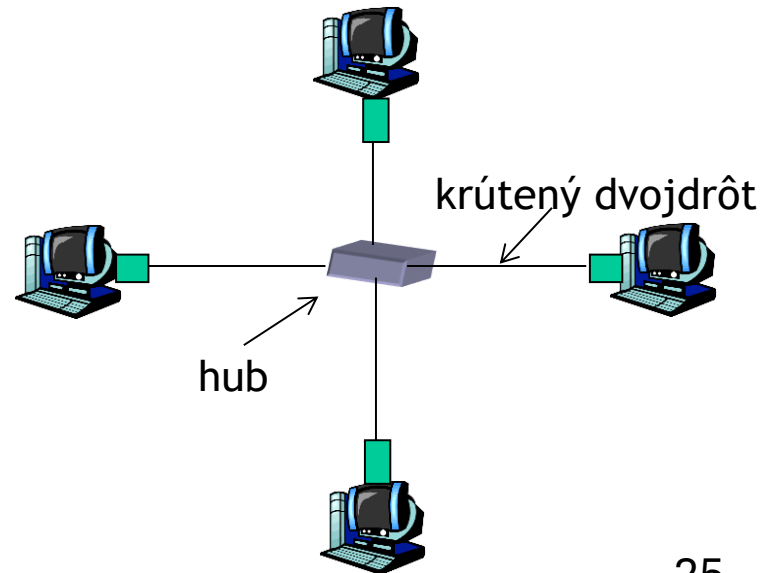
- ❖ uzly napojené na spoločný spoj, alebo uzly spojené cez hub
- ❖ ak dva uzly z rovnakej kolíznej domény začnú naraz vysielat', vznikne kolízia

❑ Broadcastová doména

- ❖ uzly **v rovnakej sieti** (LAN)
 - napojené na spoločný spoj, alebo cez hub, alebo cez switch
- ❖ množina uzlov, ktoré majú prijať vyslanú broadcastovú správu (cieľová MAC adresa je FF-FF-FF-FF-FF-FF)

Hub (rozbočovač)

- ❑ pracuje iba na fyzickej vrstve (L1):
 - ❖ signály prichádzajúce z jedného spojenia po zrekonštruovaní odchádzajú **všetkým** ostatným spojeniam rovnako rýchlo
 - ❖ všetky uzly napojené na hub môžu spôsobovať medzi sebou kolízie
 - ❖ nepoznajú, čo je to rámec, nečakajú, kým celý príde, aby ho preposlali
- ❑ ak má len 2 zásuvky = repeater (opakovač)



Switch (prepínač)

- ❑ **zariadenie spojovej vrstvy (L2) : sofistikovanejšie ako hub**

- ❖ prijme a pošle celý rámec (typ store-and-forward)

- ❖ zvládne prepájať aj rôzne rýchle spojenia

- ❖ zisťuje MAC adresy z rámcov a ak príde rámec pre niektorú zo známych MAC adries, posielá rámec iba do jedného spoja

- ❑ ***transparentné***

- ❖ stanice nevedia o prítomnosti switchu v sieti

- ❑ ***plug-and-play, samoučiace***

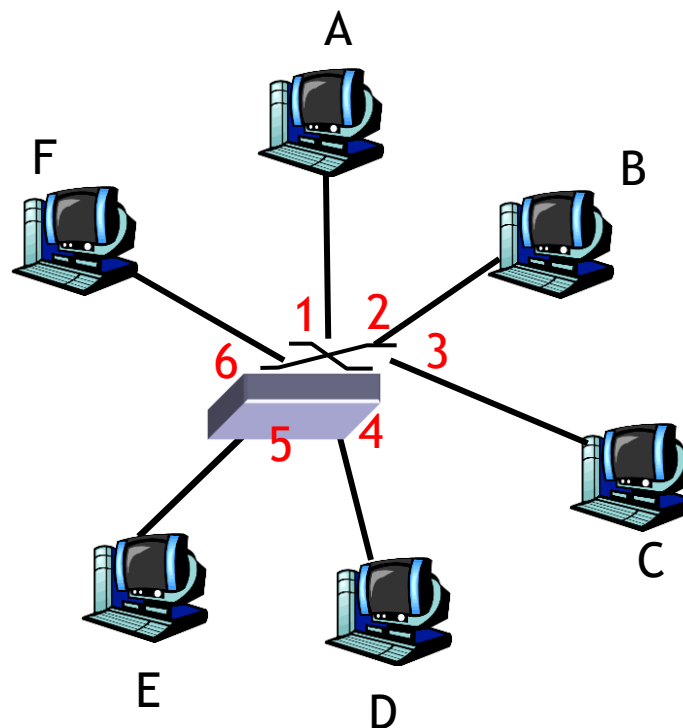
- ❖ switche netreba konfigurovať

- ❑ delí kolízne domény

- ❑ ak má len 2 zásuvky = bridge (most)

Switch: mnoho súbežných vysielaní

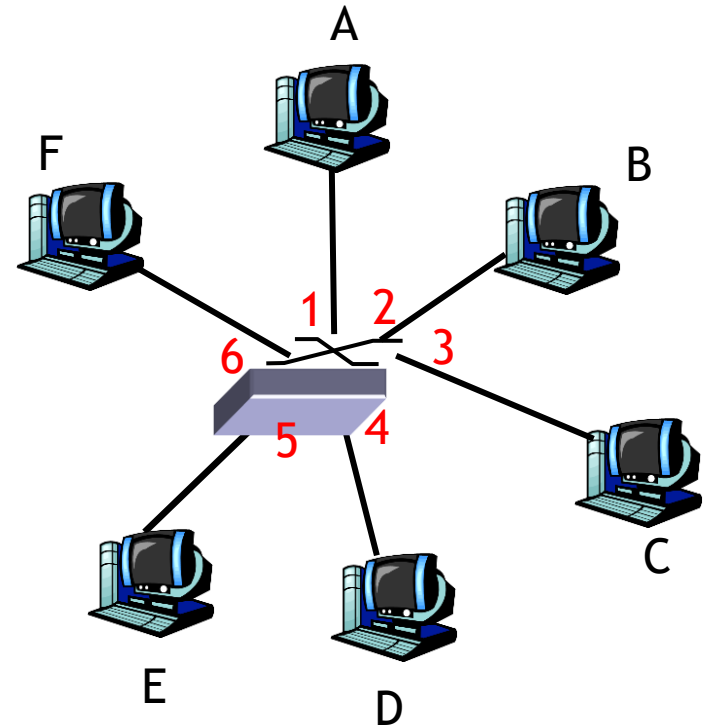
- ❑ každý uzol má vyhradené samostatné spojenie k switchu
- ❖ vlastná kolízna doména
- ❑ nezávislý Ethernetový protokol na každom spoji
- ❑ žiadne kolízie: úplný duplex
- ❖ každé spojenie má vlastnú kolíznu doménu
- ❑ **prepínanie**: A-D a B-E môžu bežať nezávisle a bez kolízií
- ❖ to sa nedá, ak používame hub



switch so 6 sieťovými zásuvkami =
Ethernetovými portami
(1,2,3,4,5,6)

Prepínacia tabuľka

- ❑ Ako switch vie, že D je dostupné cez zásuvku 4 a E cez zásuvku 5?
- ❑ Každý switch má **prepínaciu tabuľku** so záznamami:
 - ❖ MAC adresa uzla
 - ❖ číslo zásuvky, cez ktorú je tento uzol dostupný
 - ❖ časová pečiatka
- ❑ skoro ako smerovacia tabuľka!



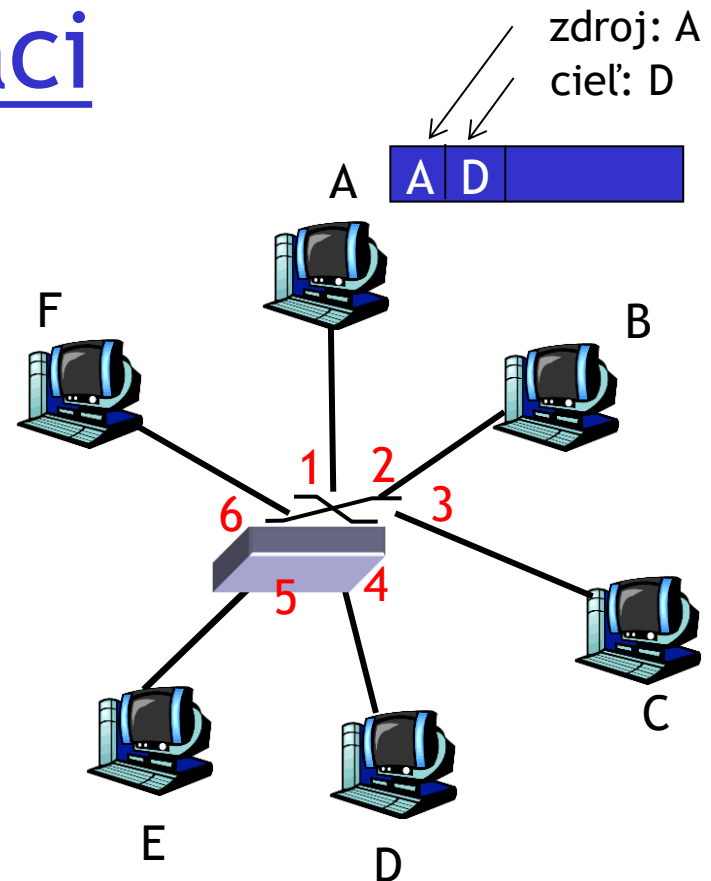
switch so 6 sieťovými zásuvkami =
Ethernetovými portami
(1,2,3,4,5,6)

Switch je samoučiaci

□ switch sa **učí**, ktorý uzol je dostupný cez ktorú zásuvku

❖ keď príde ľubovoľný rámec, switch si zistí MAC adresu odosielateľa

❖ uloží túto MAC adresu spolu so zásuvkou, cez ktorú rámec prišiel, v prepínacej tabuľke



MAC adresa	zásuvka	čas
A	1	60

prepínacia tabuľka
(na začiatku prázdna)

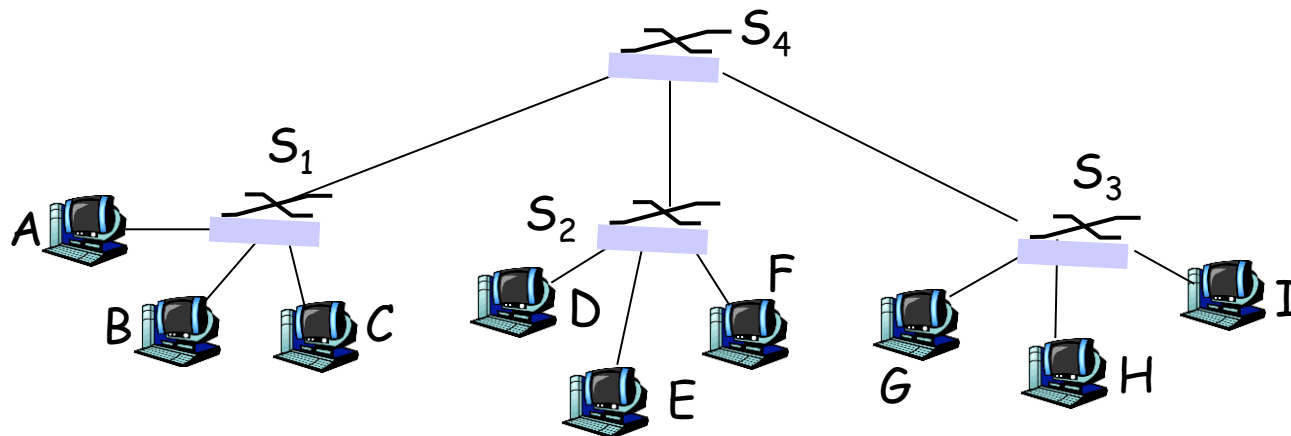
Switch: posielanie rámcov

Ked' príde rámec:

1. ulož si zásuvku s odosielateľovou adresou
2. nájdi v prepínacej tabuľke cieľovú MAC adresu
3. **ak** sa našiel záznam pre daný cieľ
 potom {
 ak cieľ je dostupný cez tú istú zásuvku ako odosielateľ
 potom zahod' rámec
 inak pošli rámec k príjemcovi cez správnu zásuvku
 }
 inak pošli rámec všade okrem zásuvky odosielateľa

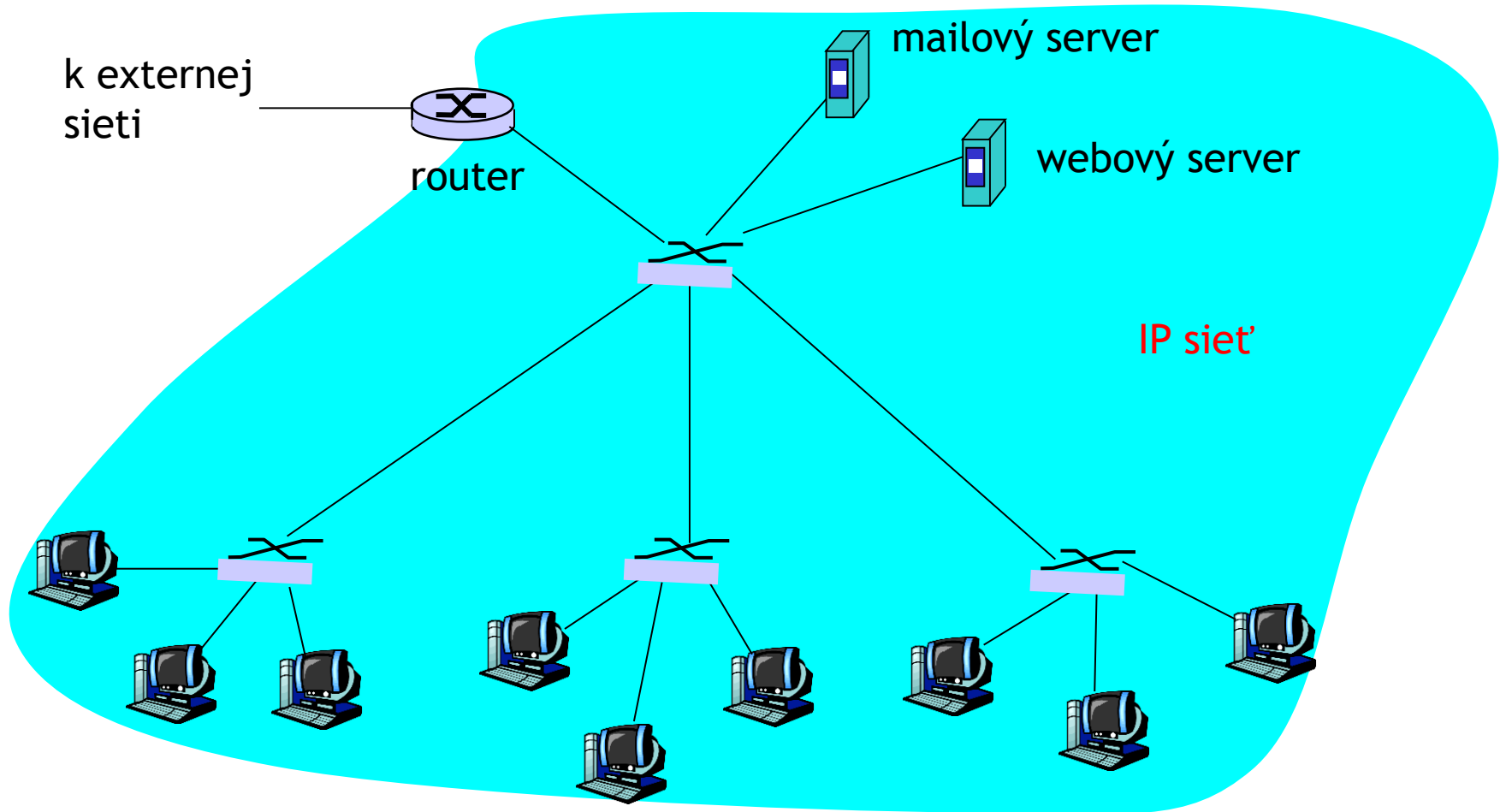
Prepojené switche

- switche môžu byť prepájané aj navzájom



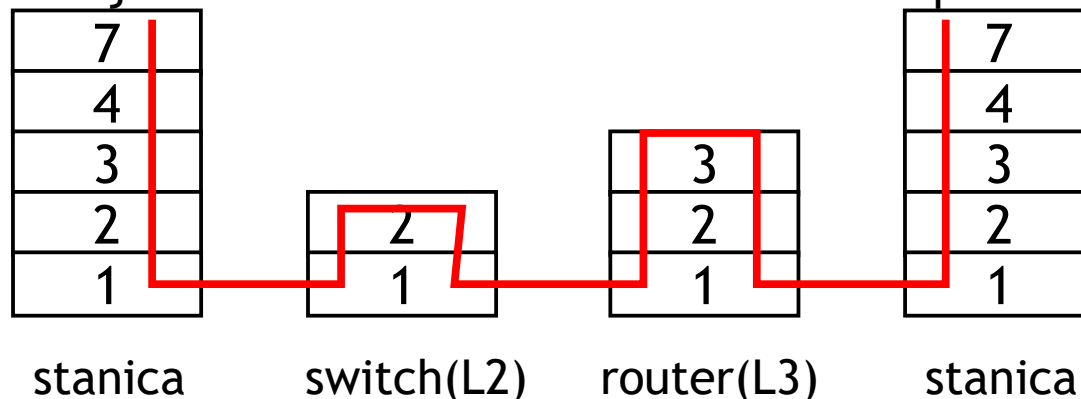
- Ako vie switch S_1 kam poslať rámec pre uzol F?
- samoučenie! - funguje rovnako ako pri jednom switchi v sieti
- Vie S_1 , že rámec má ísť cez switche S_4 a S_2 ?

Sieť organizácie



Switche (prepínače) a routre (smerovače)

- obe najprv príjmu celý paket a až potom ho odošlú ďalej
- ❖ routre: zariadenia sietevej vrstvy (skúma hlavičku sietevej aj spojovej vrstvy)
- ❖ switche sú zariadenia spojovej vrstvy (skúma hlavičku spojovej vrstvy)
- routre si uchovávajú smerovaciu tabuľku
- ❖ púšťajú smerovacie protokoly
- ❖ každé rozhranie routra má vlastnú IP a MAC adresu, vlastnú ARP tabuľku (ako stanice)
- switche si uchovávajú prepínaciu tabuľku
- ❖ učia sa, cez ktorú zásuvku sú dostupné ktoré MAC adresy
- ❖ nemajú vlastnú IP ani MAC adresu - sú transparentné

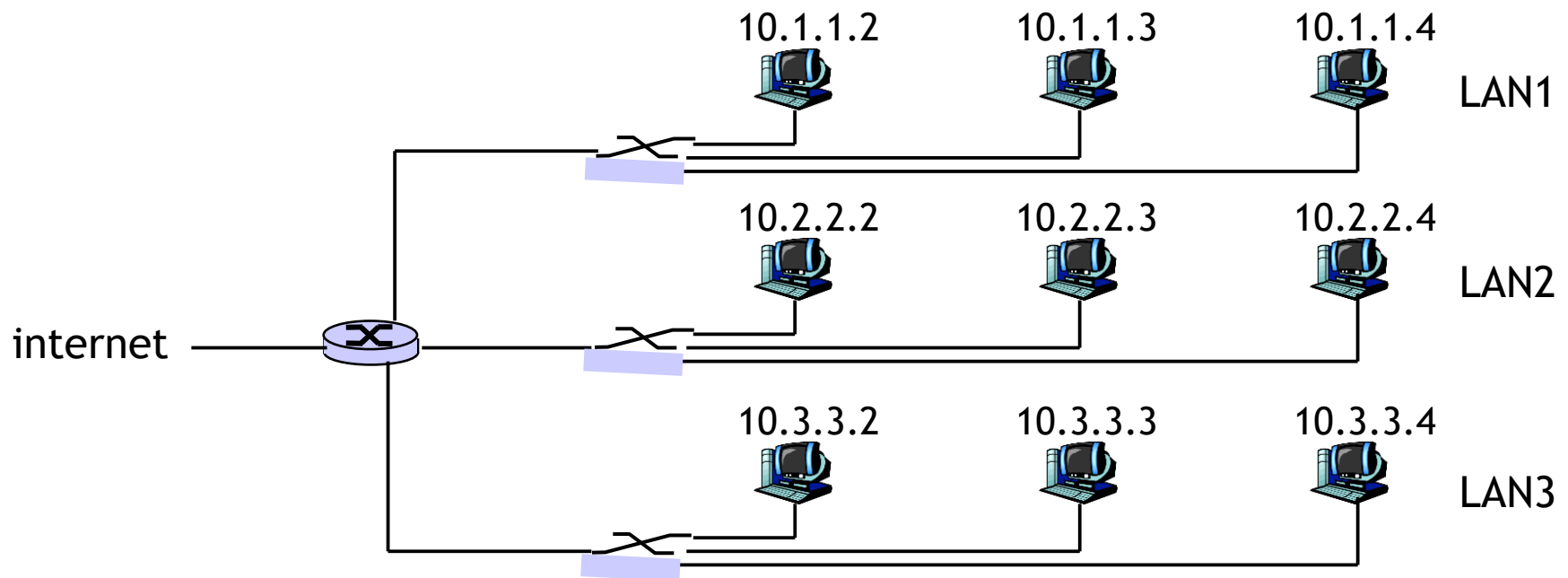


Porovnanie zariadení

	hub	switch	router
oddelenie komunikácie	nie	áno	áno
plug & play	áno	áno	nie
výber optimálnej trasy	nie	nie	áno
prepojenie zariadení v rovnakej sieti	áno	áno	nie

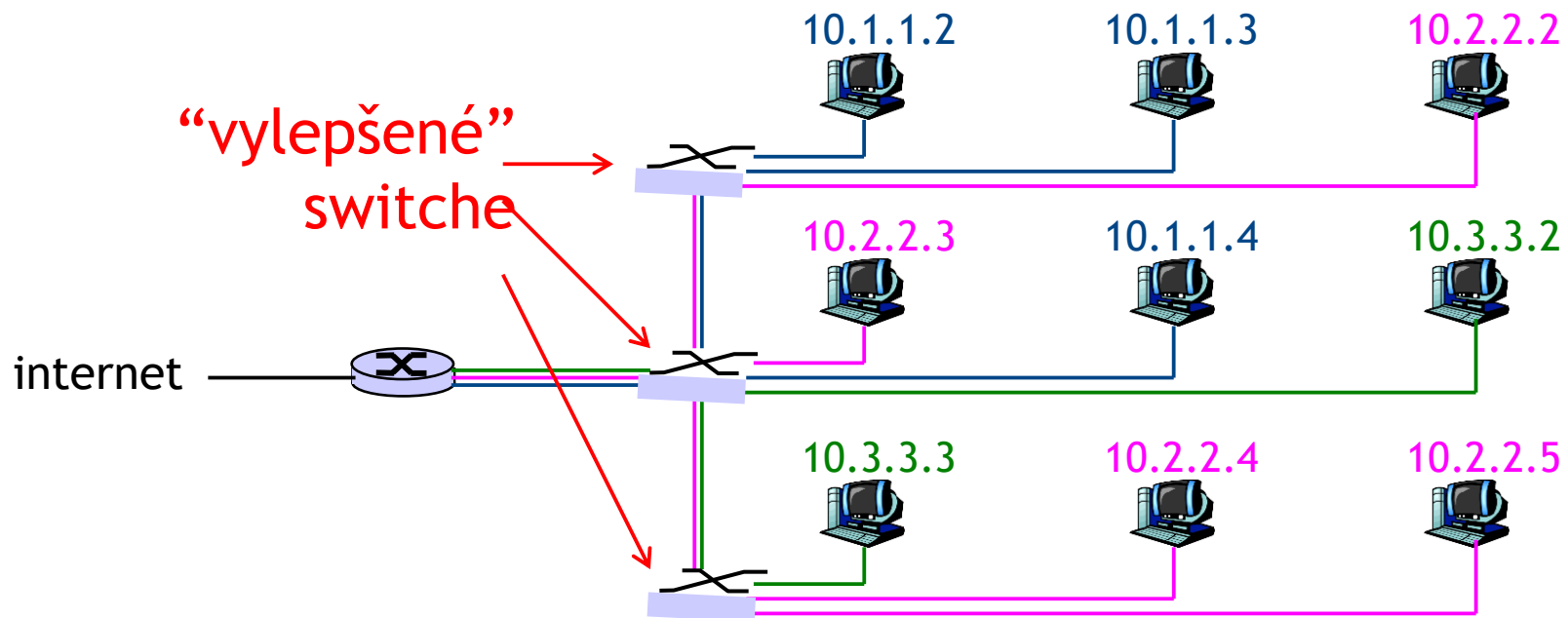
Rozdelenie viacerých podsietí

- ❑ štandardný prístup
- ❖ router delí sieť na podsiete



Rozdelenie viacerých podsietí

- ❑ Virtualizačný prístup
- ❖ siete delíme logicky, nie nutne fyzicky
- ❖ VLAN = Virtual LAN (virtuálna lokálna sieť)



VLAN: prečo vznikli

- ❑ zariadenia a stanice, ktoré **logicky patria k sebe** by mali byť spolu v jednej sieti
- ❖ bezpečnosť, obmedzenie broadcastovej domény
- ❑ delenie siete na podsiete urobí administrátor softvérovo zo svojho počítača
- ❑ spojiť logicky súvisiace uzly aj fyzicky, môže byť finančne aj administratívne náročné
- ❑ pri presune počítača na iné miesto nemusíme ťahať aj kábel

VLAN: určenie členstva

❑ členstvo v danej virtuálnej sieti sa môže definovať podľa:

❖ **zásuviek inteligentného switcha**

- najčastejšie riešenie

❖ **MAC adres koncových zariadení**

- lepšia mobilita staníc

❖ **sieťovej adresy (proprietárne riešenia)**

- vyžaduje špeciálny switch, schopný čítať hlavičku sieťovej vrstvy (switch číta sieťovú hlavičku - HERÉZA!!!)

- výborná mobilita staníc

- každá stanica môže mať viac IP adries a každú v inej VLAN

- odpadá nutnosť meniť rámce na spojovej vrstve

❖ **multicast adresy (proprietárne riešenia)**

- uzly sa aktívne pripájajú a odpájajú zo siete (tiež sieťová vrstva)

❖ **aplikačného protokolu, cookie (proprietárne riešenia)**

- totálny úlet (dokonca aj analyzujeme správu aplikačnej vrstvy)

- smerovanie podľa služby, load balancing

VLAN: určenie členstva

❑ členstvo v danej virtuálnej sieti sa môže definovať podľa:

❖ zásuviek inteligentného switcha

• najčastejšie riešenie

❖ MAC adres koncových zariadení

• lepšia mobilita staníc

❖ sieťovej adresy (proprietárne riešenia)

• vyžaduje špeciálny switch, schopný čítať hlavičku sieťovej vrstvy (switch číta sieťovú hlavičku - HERÉZA!!!)

• výborná mobilita staníc,

• každá stanica môže mať viac IP adres a každú v inej VLAN

• odpadá nutnosť meniť rámce na spojovej vrstve

❖ multicast adresy (proprietárne riešenia)

• uzly sa aktívne pripájajú a odpájajú zo siete (tiež sieťová vrstva)

❖ aplikačného protokolu, cookie (proprietárne riešenia)

• totálny úlet (dokonca aj analyzujeme správu aplikačnej vrstvy)

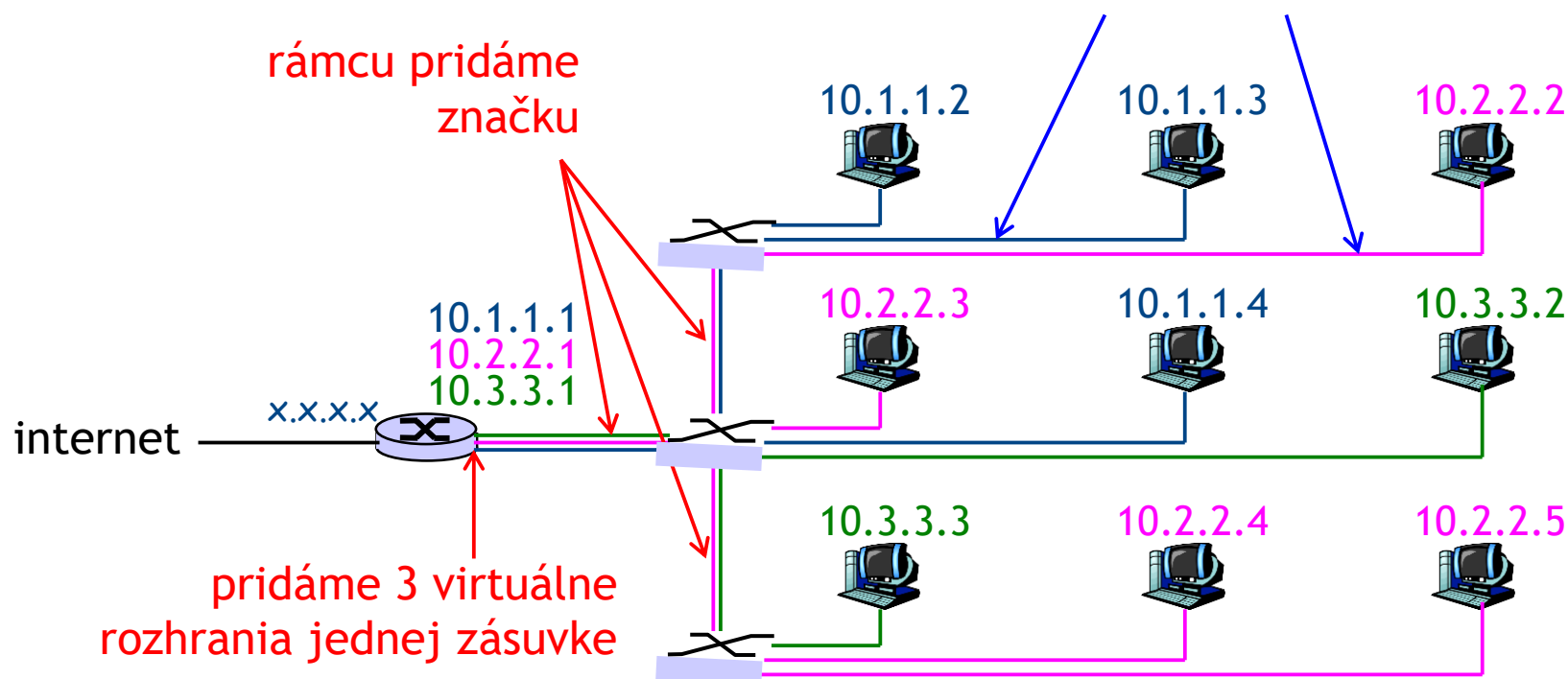
• smerovanie podľa služby, load balancing

} 802.1Q

VLAN: 802.1Q

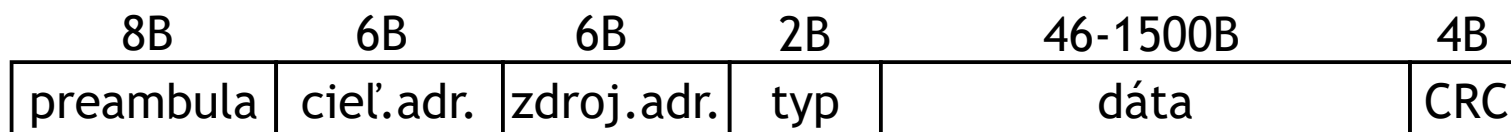
❑ Pre každý rámec potrebujeme vedieť, do ktorej VLAN patrí, aby sme vedeli, kam ho poslať.

tu nám značky netreba
(dokonca ich ani nemusíme vedieť spracovať)

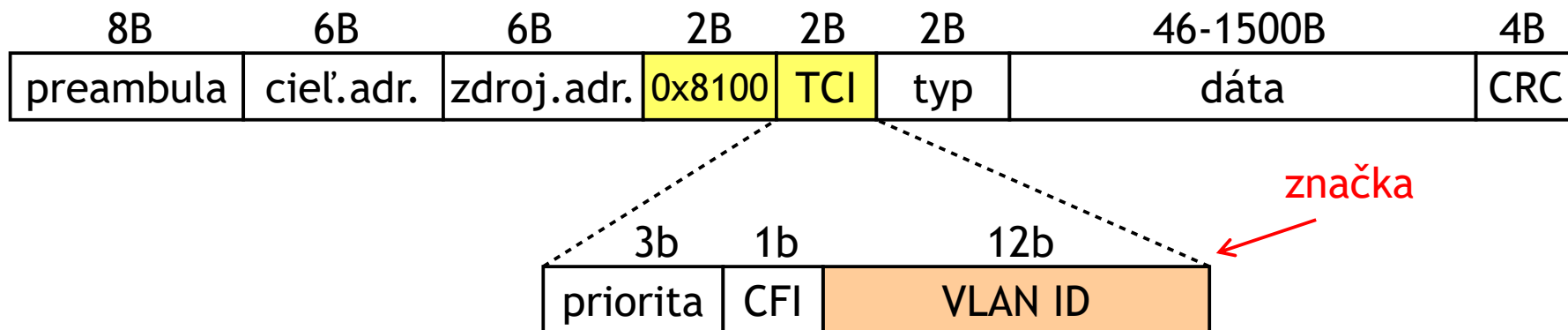


VLAN: 802.1Q

□ rozšírime rámeček 802.3



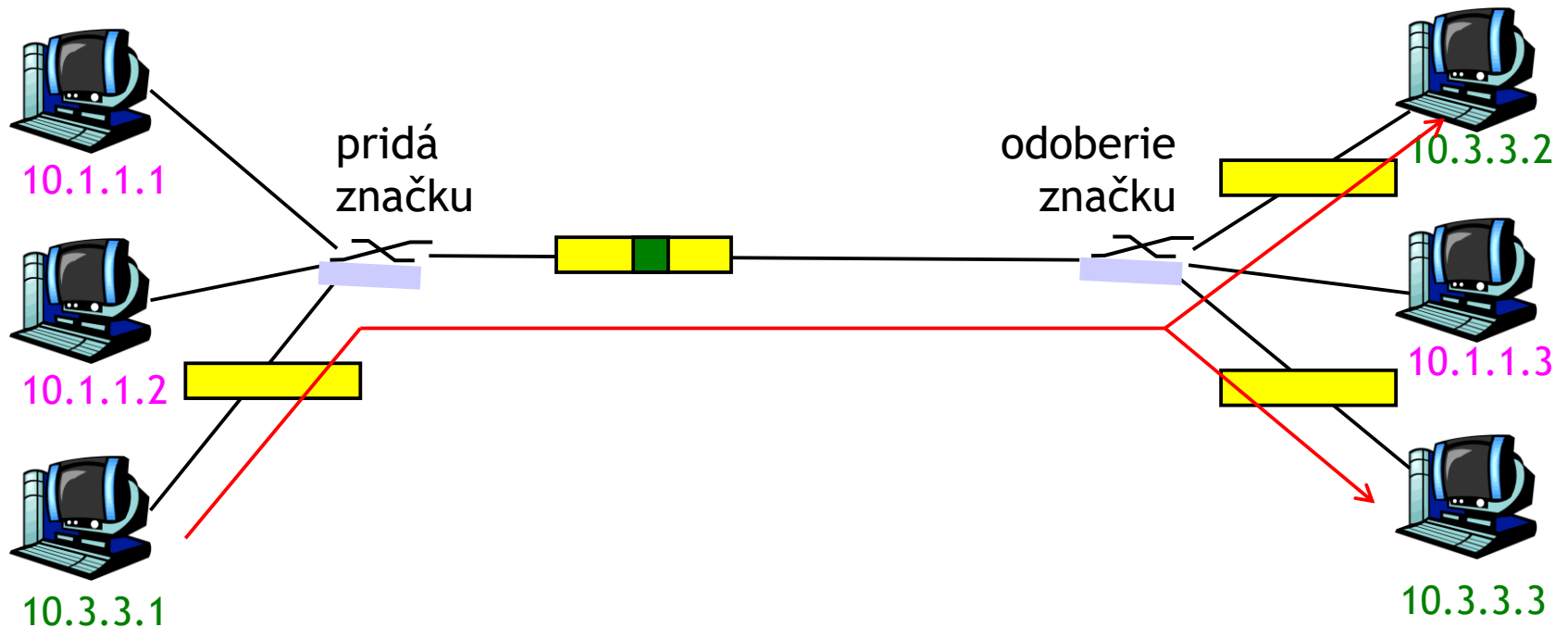
□ na rámeček 802.3ac



CFI $\begin{cases} 0 : \text{adresy sú klasické MAC adresy} \\ 1 : \text{adresy sú RIF polia v Token Ringu (z dôvodu compatibility)} \end{cases}$

VLAN: značkovanie

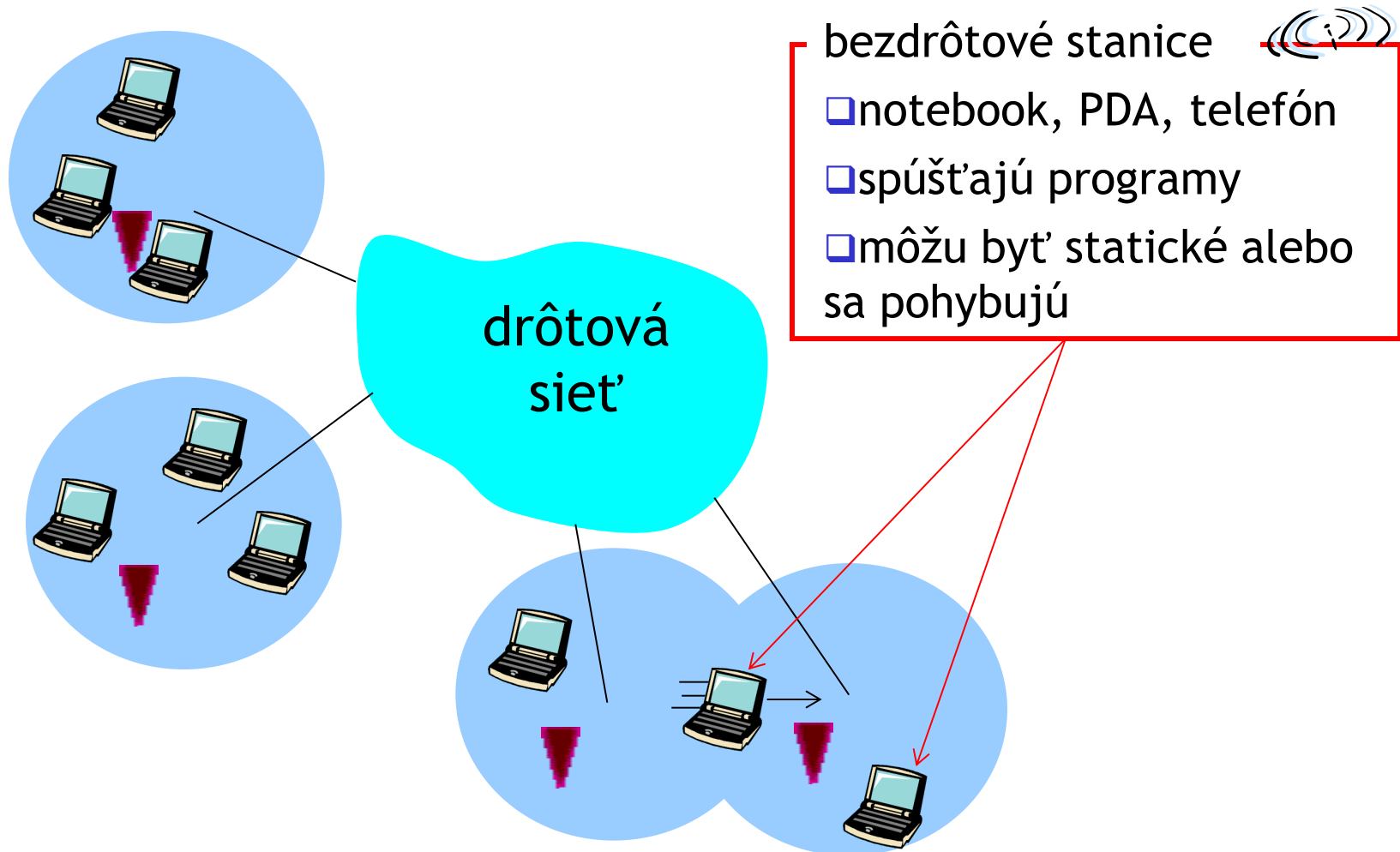
- ❑ bežné sieťové karty nie sú schopné prijať rozšírený rámec 802.3ac
- ❑ broadcast (napr. ARP request) ide iba členom danej VLAN



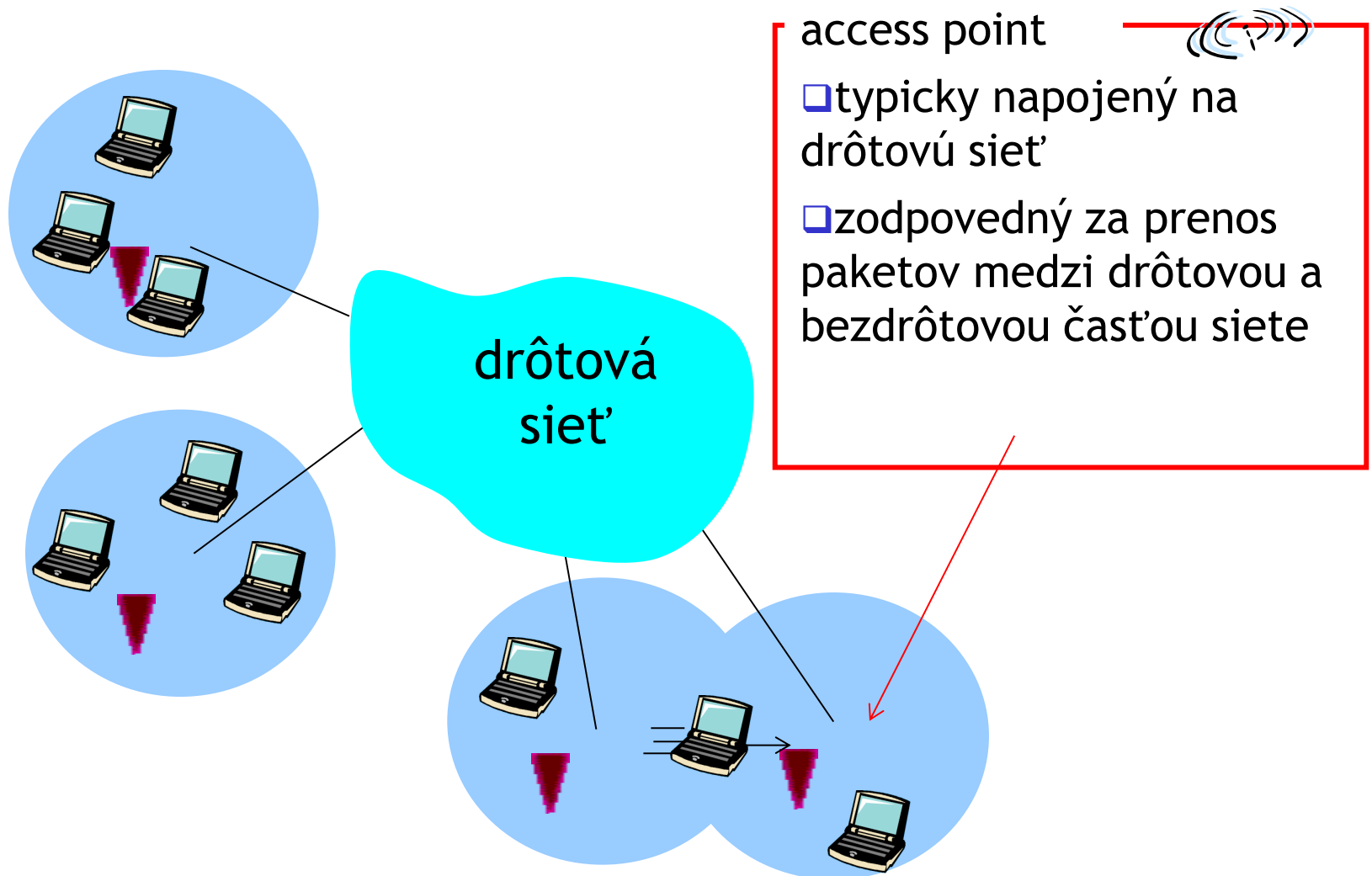
Bezdrôtové a mobilné siete

- ❑ počet zariadení pripojených bezdrôtovo už presiahol počet zariadení pripojených drôtom
- ❑ realita: notebooky, tablety, internet cez mobilný telefón, čítačky kníh s internetovým pripojením
- ❑ dva hlavné (ale rôzne) problémy
 - ❖ *bezdrôtové pripojenie*: komunikácia cez bezdrôtový spoj
 - ❖ *mobilita*: riešenie mobilnej stanice, ktorá mení miesto, cez ktoré sa pripája

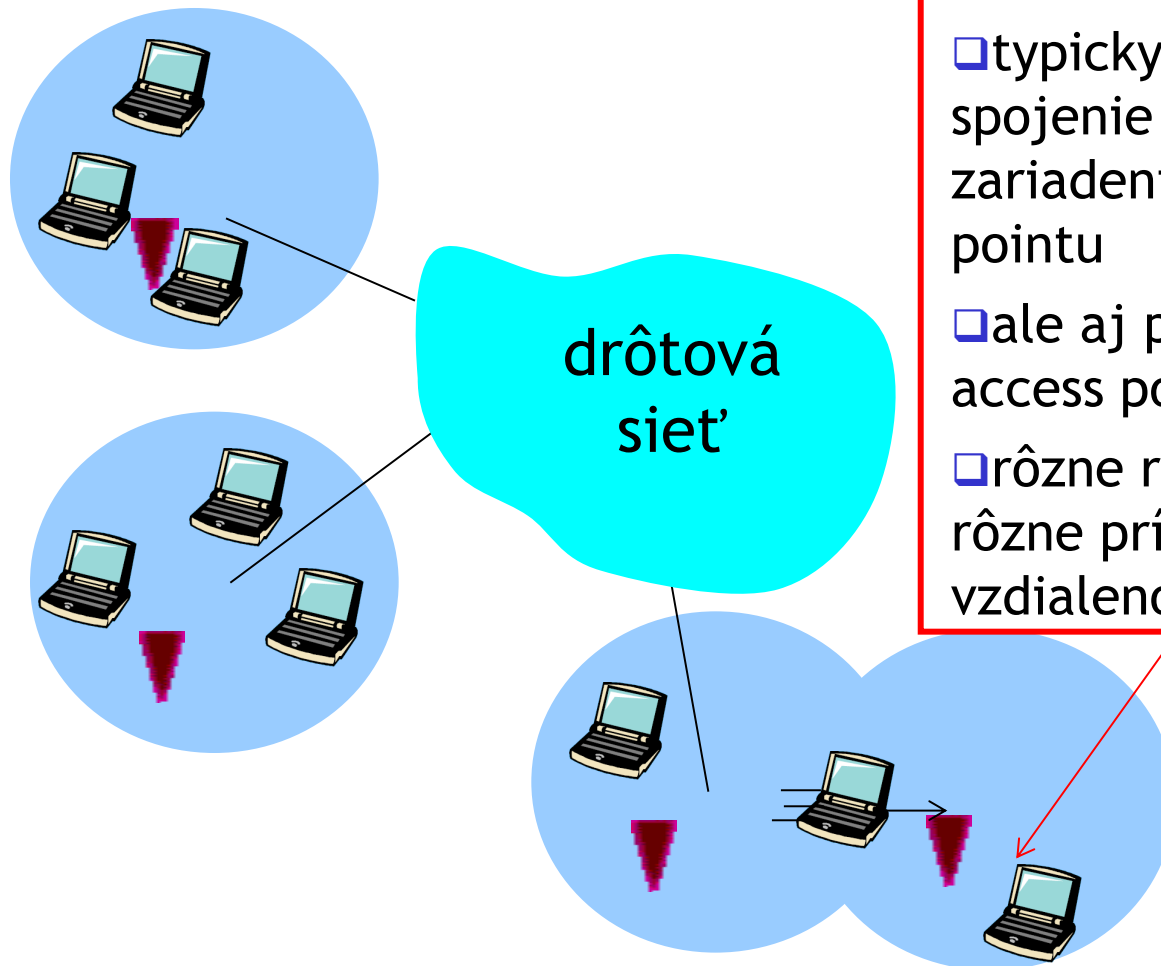
Prvky bezdrôtovej siete



Prvky bezdrôtovej siete



Prvky bezdrôtovej siete

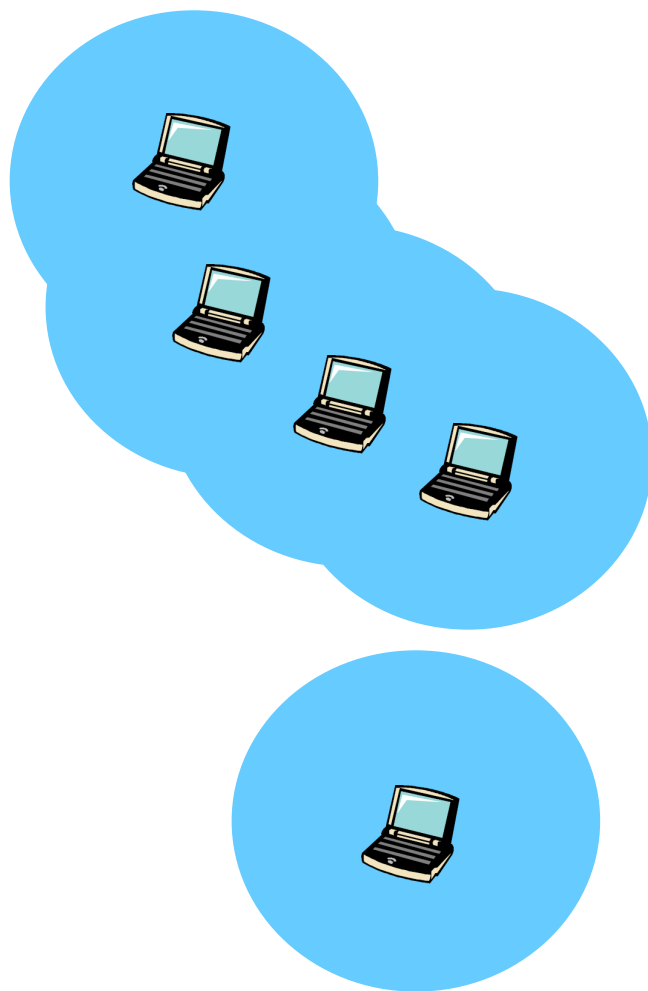


bezdrôtový spoj



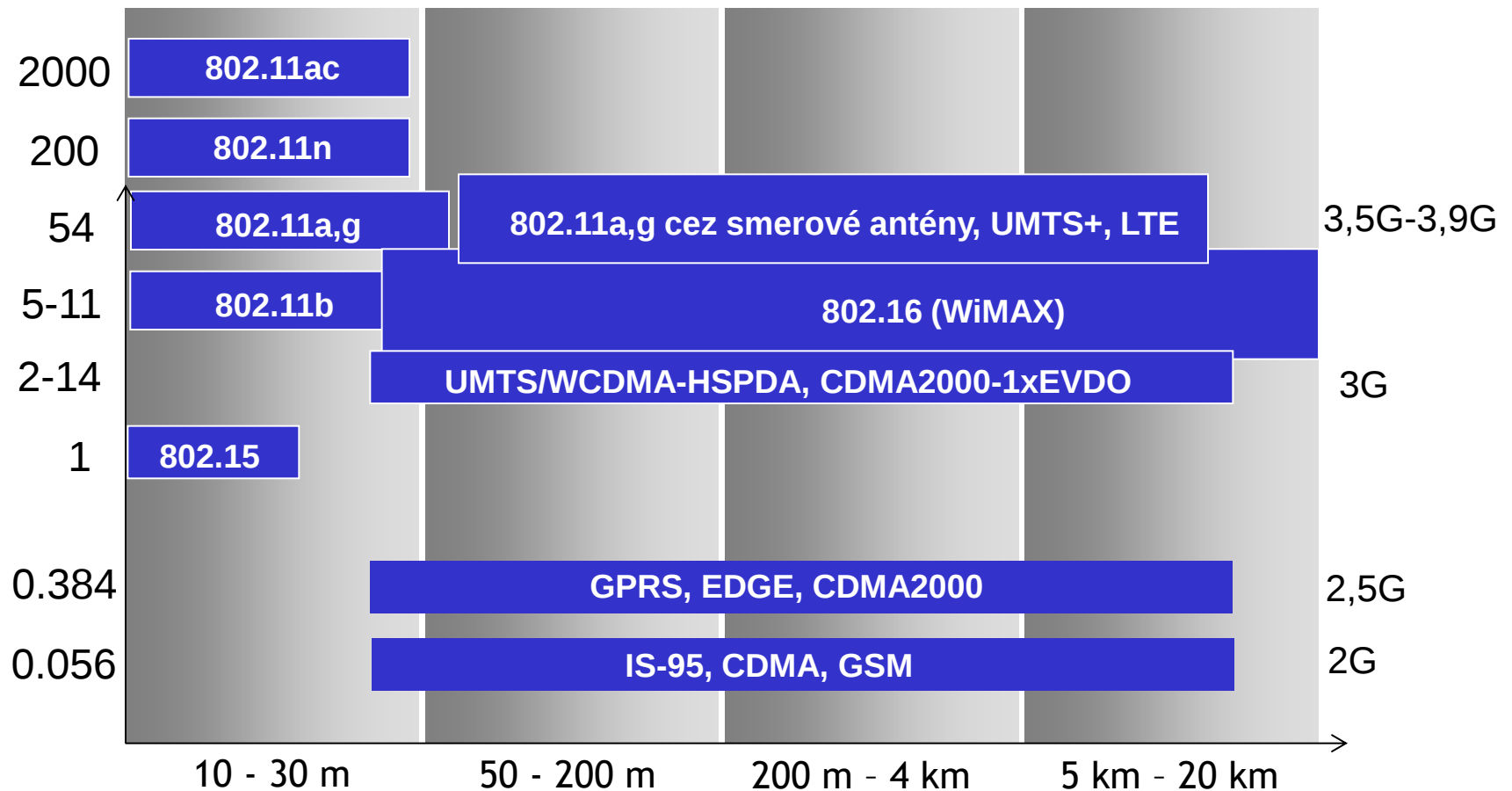
- typicky predstavuje spojenie koncového zariadenia a access pointu
- ale aj prepojenie dvoch access pointov
- rôzne rýchlosti prenosu, rôzne prípustné vzdialenosti

Zapojenie AD-HOC



- ❑ žiaden access point
- ❑ uzly sa napájajú iba na iné uzly v dosahu
- ❑ uzly sa organizujú do siete, kde niektoré uzly preposielajú pakety pre iné uzly, ktoré nie sú navzájom v dosahu

Rôzne bezdrôtové štandardy

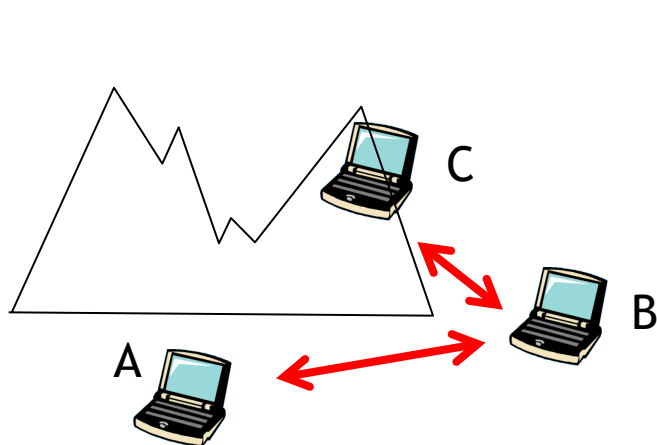


Špecifiká bezdrôtového spojenia

- ❑ **zoslabovanie signálu:** rádiový signál sa zoslabuje pri šírení prostredím
- ❑ **interferencie z iných zdrojov žiarenia:** štandardizované frekvencie “používajú” aj iné typy zariadení - mikrovlnky, telefóny, elektromotory,...
- ❑ **zmena frekvencie:** pri odraze od objektov v prostredí, pri vzájomnom pohybe vysielачa a prijímača

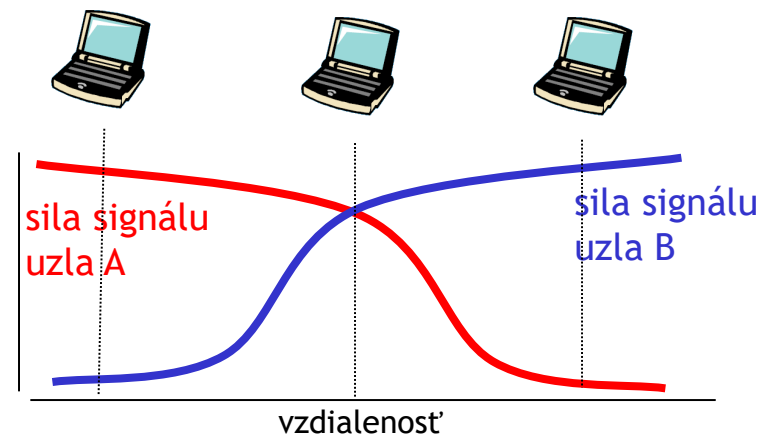
Špecifiká bezdrôtového spojenia

Viac bezdrôtových uzlov prináša nové problémy:



Hidden terminal problem

- ☐ B a A sa počujú
- ☐ B a C sa počujú
- ☐ A a C sa nepočujú kvôli prekážke



Zoslabovanie signálu:

- ☐ B a A sa počujú
- ☐ B a C sa počujú
- ☐ A a C sa nepočujú, lebo sú od seba ďaleko

IEEE 802.11 Wireless LAN (WiFi)

❑ 802.11a

- ❖ 5-6 GHz
- ❖ až do 54 Mb/s

❑ 802.11g

- ❖ 2.4-2.485 GHz
- ❖ až do 54 Mb/s

❑ 802.11n: viac antén

- ❖ 2.4-2.485 GHz
- ❖ až do 200 Mb/s

❑ 802.11ac: viac antén

- ❖ 2.4-2.485 GHz, 5-6 GHz
- ❖ 500 - 4000 Mb/s

-
- ❑ všetky používajú prístupovú metódu CSMA/CA na zdieľaný prístup
 - ❑ všetky majú verziu pre napojenie cez access point aj ad-hoc

802.11: kanály, napojenie

❑ 802.11b,g: rozsah frekvencií 2.4 GHz-2.485 GHz je rozdelený na 11 - 14 kanálov s rôznymi frekvenciami

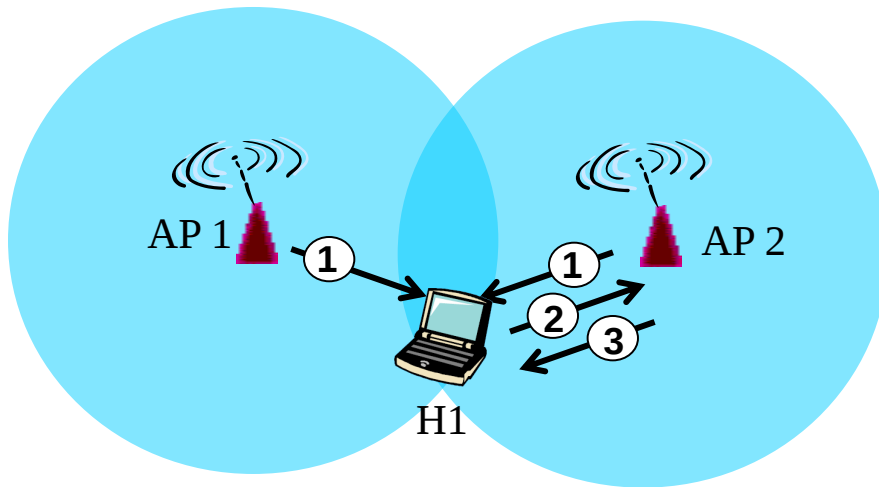
- ❖ správca AP si vyberie frekvenciu, na ktorej bude operovať
- ❖ možná interferencia: môžeme vybrať rovnaký alebo blízky kanál ako susedný AP

❑ stanica: musí sa *napojiť* na access point

- ❖ ladí na jednotlivé kanály a počúva, či nezachytí *signálny rámec* obsahujúci meno AP (SSID) a jeho MAC adresu
- ❖ vyberie si AP, na ktorý sa chce napojiť
- ❖ niekedy sa musí autentifikovať (WEP, WPA, WPA2)
- ❖ typicky hneď po napojení spustí DHCP klienta na získanie IP adresy

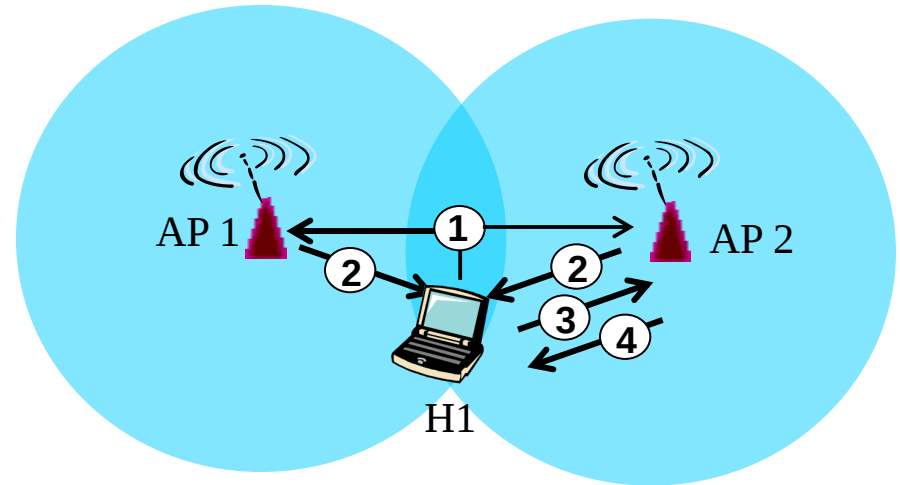
802.11: pasívne/aktívne hľadanie

(zjednodušená verzia)



Pasívne hľadanie:

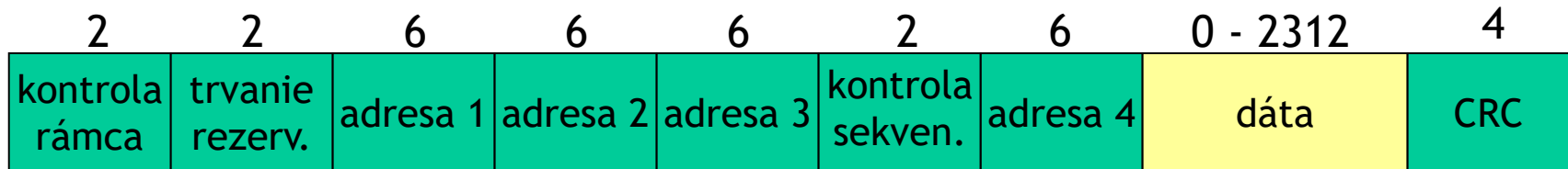
- (1) AP-ty posielajú signálne rámce
- (2) H1 pošle rámec požiadavky na napojenie k vybranému AP
- (3) AP zašle rámec odpovede pre H1



Aktívne hľadanie:

- (1) Požiadavka hľadania AP je vyslaná z H1
- (2) Odpovede hľadania sú zaslané každým AP v dosahu
- (3) H1 pošle rámec požiadavky na napojenie k vybranému AP
- (4) AP zašle rámec odpovede pre H1

802.11 rámec: adresácia



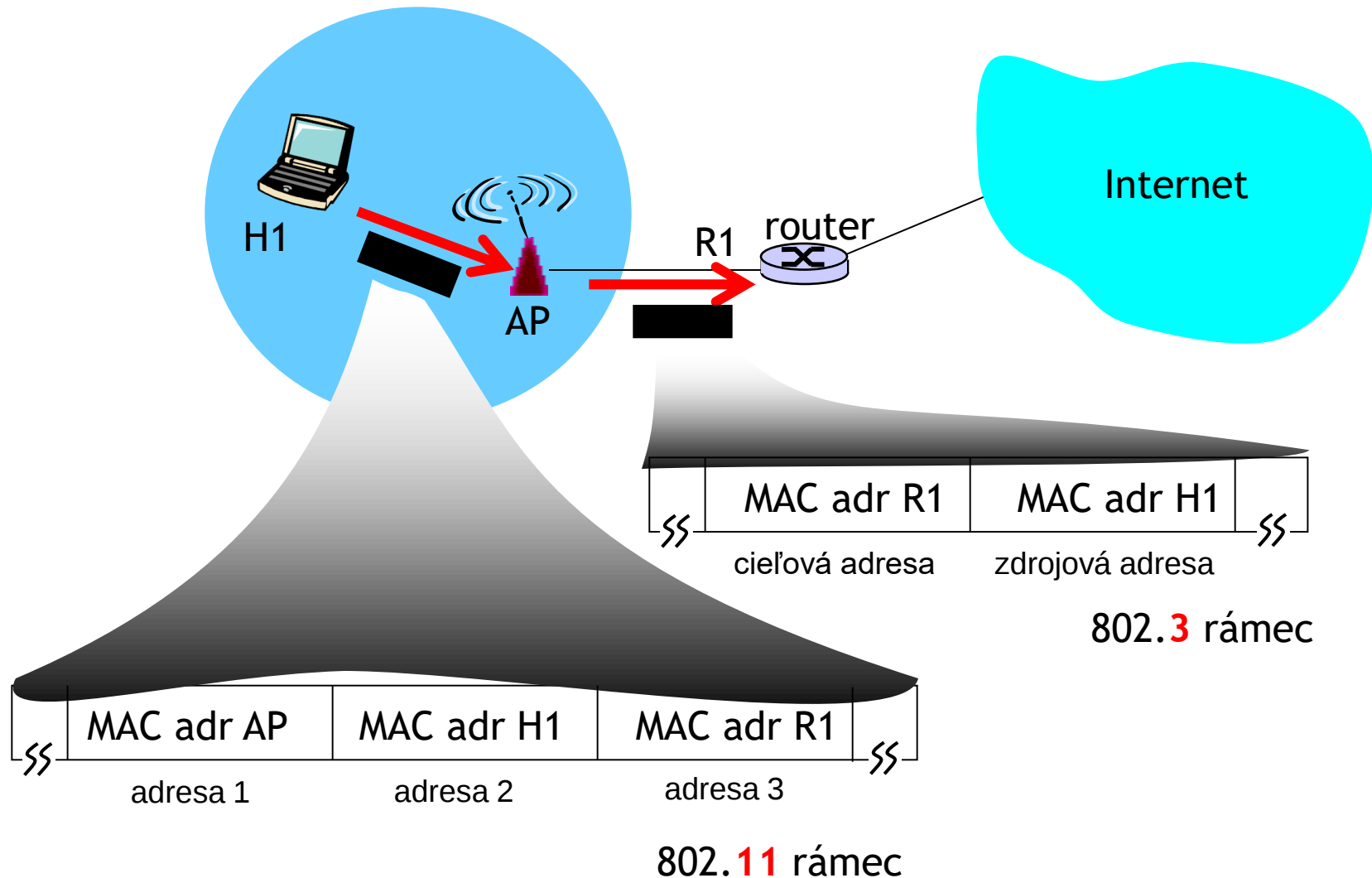
adresa 1: MAC adresa
bezdrôtového
príjemcu rámca
(stanica alebo AP)

adresa 2: MAC adresa
bezdrôtového
odosielateľa rámca
(stanica alebo AP)

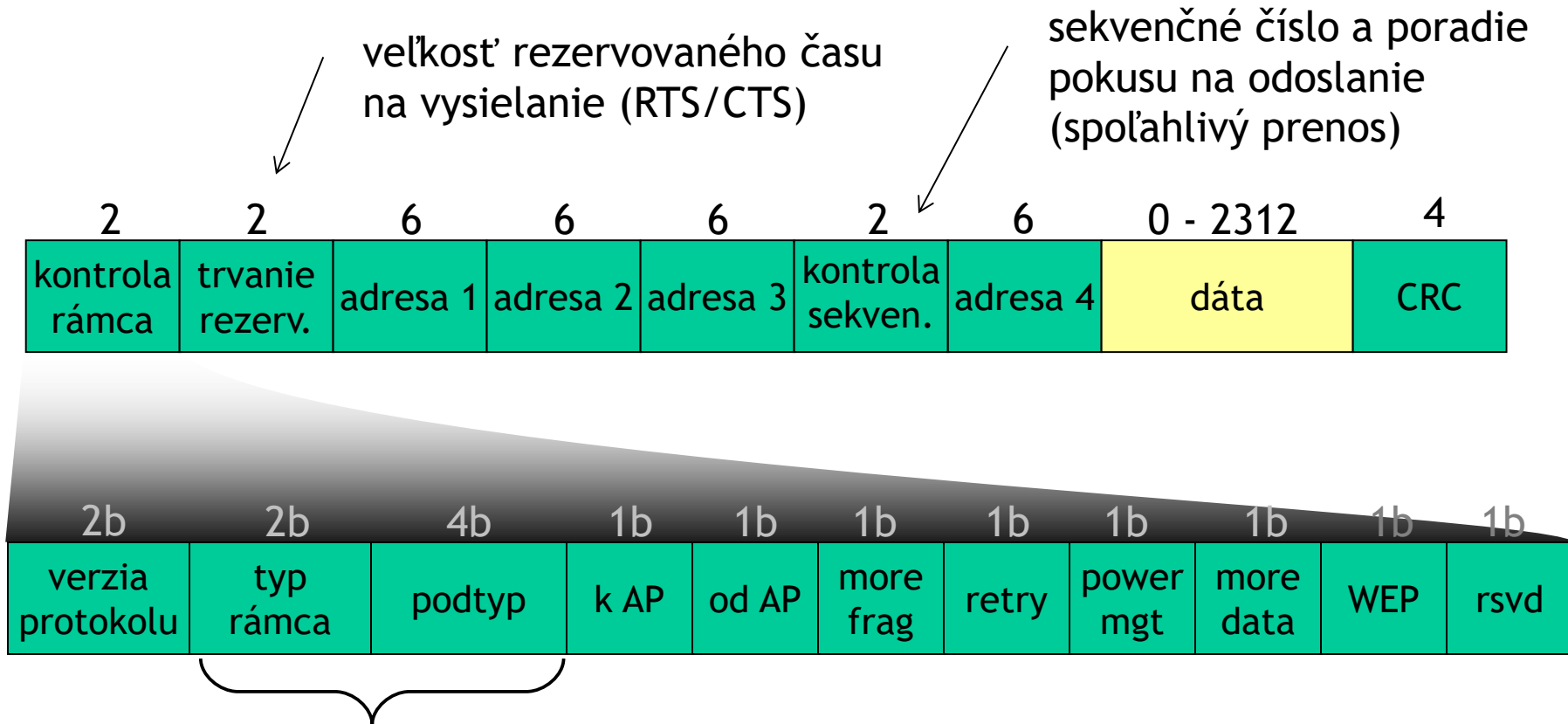
adresa 3: MAC adresa
cieľového uzla v sieti
(router alebo stanica)

adresa 4: pôvodný
odosielateľ v sieti

802.11 rámec: adresácia



802.11 rámec



802.11: úspora energie

□ uzol vyšle: “neprijímam nič až do času vyslania ďalšieho signálneho rámca”

❖ AP vie, že nemá zmysel v tom čase niečo pre tento uzol posielat'

❖ uzol sa zobudí tesne pred vysielaním ďalšieho signálneho rámca

□ signálny rámec: obsahuje zoznam staníc, pre ktoré má prichystaný nový rámec

❖ uzol ostane počúvať iba ak preňho AP niečo má, inak ide spať až do času vysielania ďalšieho signálneho rámca

□ úspora až 99% energie

Ďakujem za pozornosť

Modifikované slajdy z knihy:

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

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