



Úvod do smerovačov a smerovania

Počítačové siete 1

Katedra informačných sietí
Fakulta riadenia a informatiky, ŽU

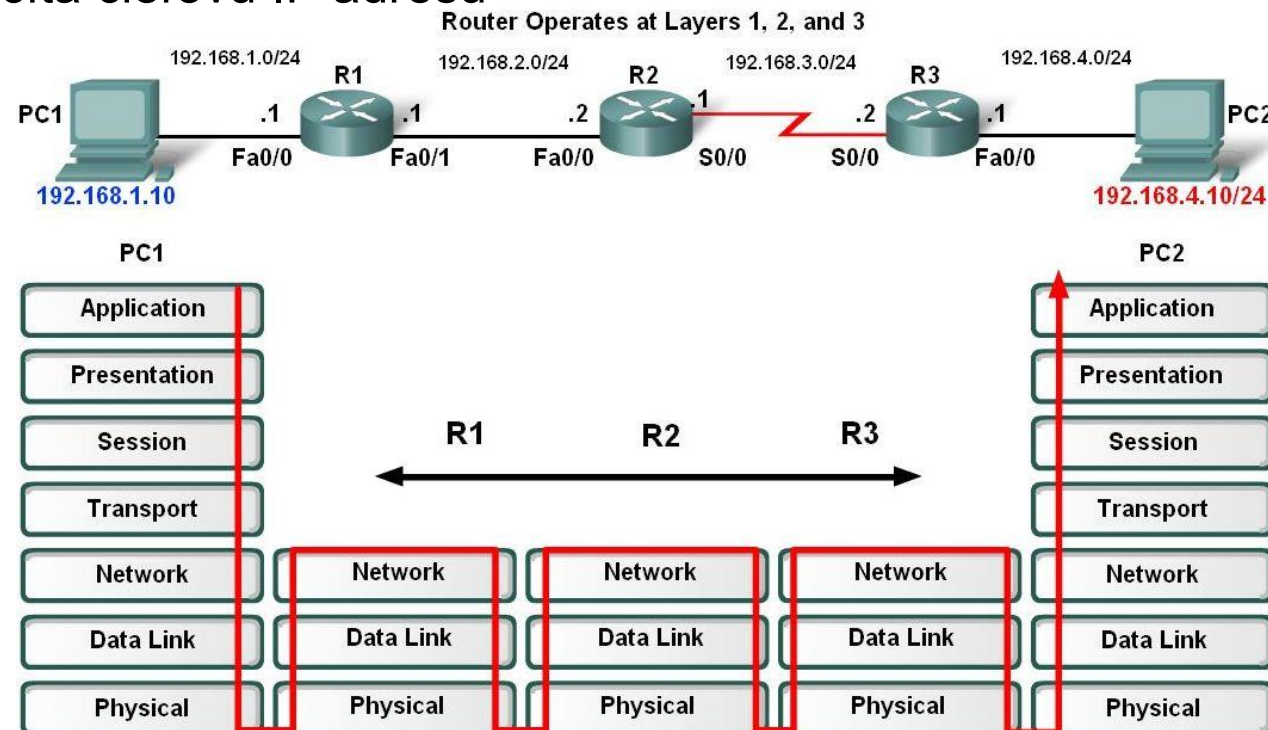


Úvod do běžných smerovačů

RSE chapter 1

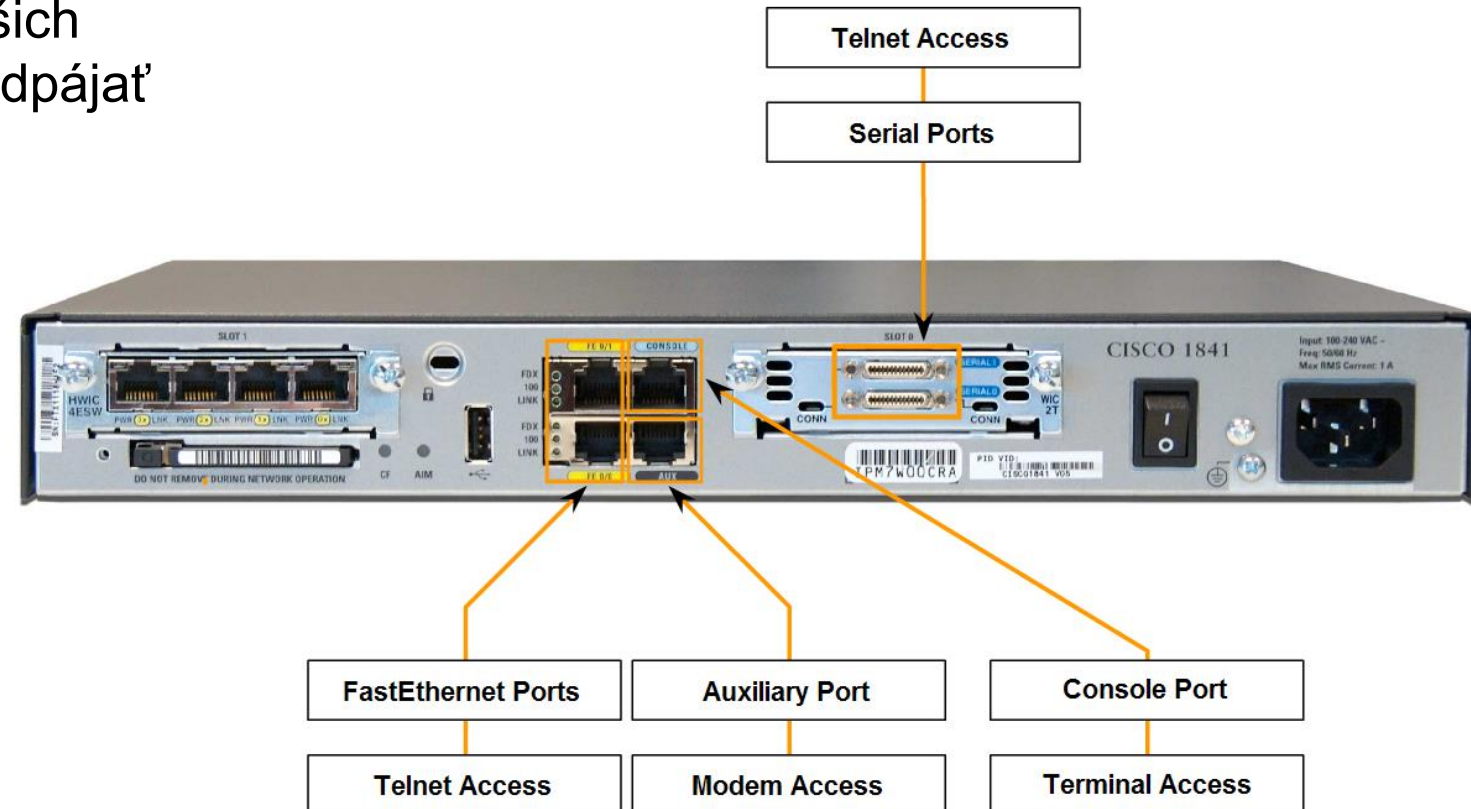
Činnosť smerovača

- Smerovač je zariadením prvých **troch** vrstiev OSI
- Každý smerovač opakuje tú istú činnosť
 - Prijíma na rozhraní postupnosť elektrických alebo optických signálov
 - Zo signálov rekonštruuje rámce
 - Ak rámec podľa adresovania patrí rozhraniu smerovača, začne ho spracovávať
 - Z rámca vyberie paket a načíta cieľovú IP adresu
 - Prehľadá smerovaciu tabuľku, nájde cieľovú sieť (binárne AND medzi cieľovou IP a maskou v riadku tabuľky, porovnanie výsledku s adresou siete v tomto riadku) a ďalšieho suseda
- Paket vloží do rámca, adresuje nájdenému susedovi a odošle rozhraním k nemu



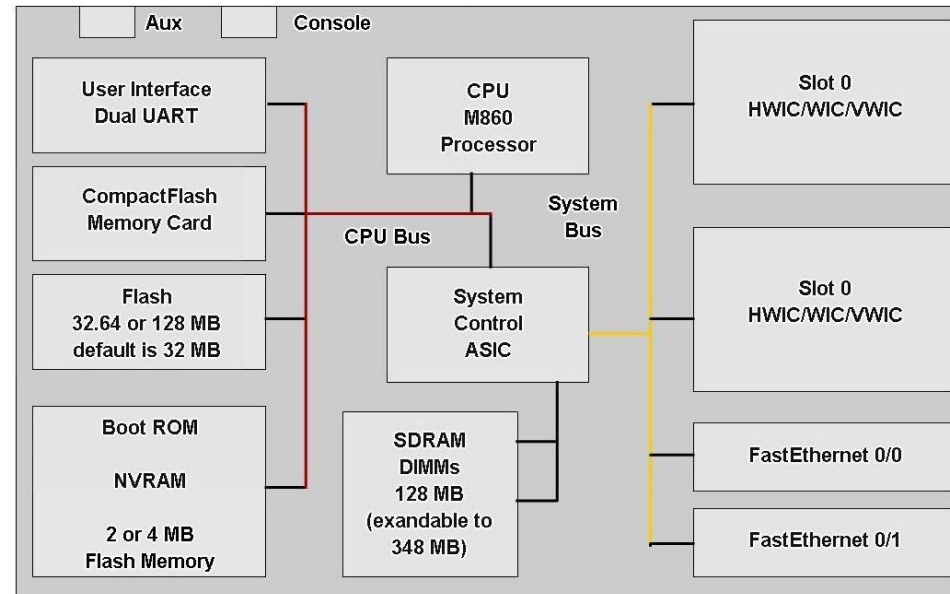
Cisco smerovače

- **Konektory** typického Cisco smerovača
 - Console: Manažmentový port, pripája sa ku COM portu počítača, slúži na konfiguráciu
 - AUX: Manažmentový port, pripája sa spravidla k modemu, slúži na konfiguráciu
 - FastEthernet, Serial: Sieťové rozhrania rôznych typov, slúžia na dátovú komunikáciu
- Na rozhraniach používaných v našich laboratóriách je možné pripájať i odpájať kábel **počas behu**, bez vypínania zariadenia



Smerovač je špecializovaný počítač

- Smerovače sú vo svojom princípe počítačmi
 - Mávajú podobné komponenty ako obyčajné PC
 - Sú vybavené početnými sieťovými rozhraniami rôznych druhov
 - Ich vnútorná konštrukcia je zameraná na čo najvyššiu priepustnosť pri prenose a spracovaní tokov dát
- Komponenty:
 - CPU – procesor
 - UART – radič portov CON, AUX
 - RAM – obsahuje pracovné dáta, bežiaci kód operačného systému, aktuálnu konfiguráciu, smerovaciu tabuľku, atď.
 - NVRAM – obsahuje uloženú konfiguráciu (trvanlivá pamäť)
 - FLASH – obsahuje operačný systém (trvanlivá pamäť)
 - ROM – obsahuje zavádzač operačného systému, diagnostický kód ROMMON a POST
 - ASIC – špecializovaný jednoúčelový obvod na špeciálne funkcie



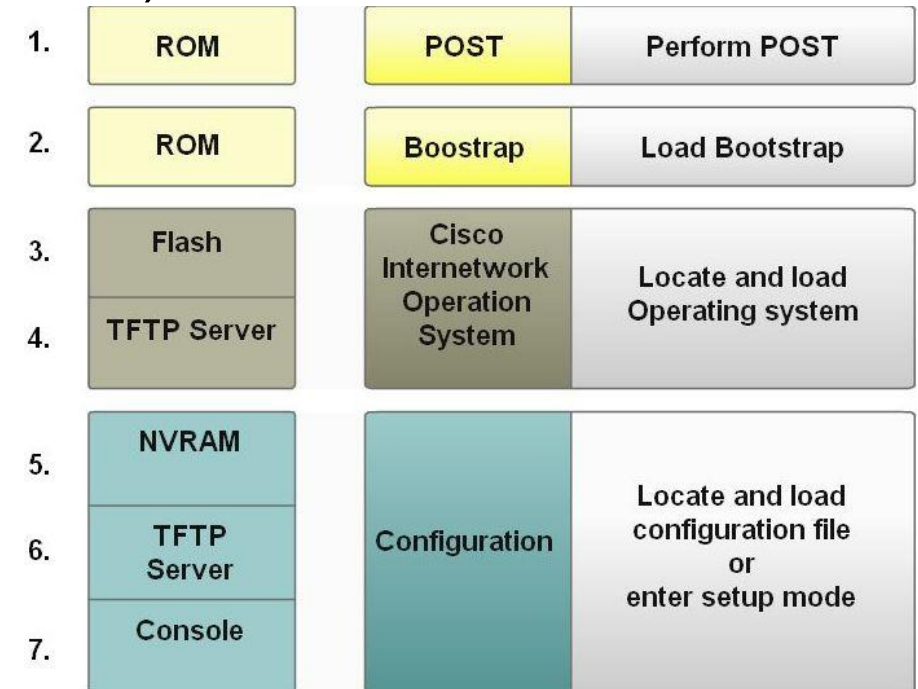
Rozhrania smerovača

- Rozhrania smerovača sa zvyknú tradične deliť na rozhranie pre WAN a pre LAN
 - WAN a LAN rozhrania sú si rovnocenné, akurát využívajú rôzne fyzické a linkové technológie vhodné pre WAN alebo LAN siete
- WAN rozhrania smerovača
 - Sériové rozhrania (RS-232, X.21, V.35)
 - Frame Relay, ISDN, ATM, SDH/SONET, DOCSIS, DSL
 - Ethernet
 - S výnimkou Ethernetu WAN rozhrania nemávajú MAC adresu, podľa linkovej technológie však môžu používať rôzne iné linkové adresy
- LAN rozhrania smerovača
 - V súčasnosti takmer výlučne Ethernet rôznych rýchlostí
- Smerovač je vlastne zariadením, ktoré je schopné prepájať siete rôznych linkových technológií, a tým aj LAN a WAN siete



Proces štartu smerovača

- Smerovač po zapnutí štartuje v niekoľkých krokoch
 - Z ROM sa nahrá a spustí Power-On Self Test program, ktorý urobí základnú diagnostiku hardvéru smerovača (najmä CPU a RAM)
 - Z ROM sa nahrá a spustí zavádzač operačného systému, ktorého úlohou je nájsť a zaviesť správny operačný systém
 - Operačný systém sa hľadá najprv vo FLASH pamäti. Ak v nej nie je, smerovač sa ho bude snažiť nahráť cez TFTP
 - Po zavedení operačného systému, smerovač hľadá súbor s konfiguráciou.
 - Ten sa najprv hľadá v pamäti NVRAM.
 - Ak v nej nie je, smerovač ho bude hľadať cez TFTP. Ak nie je dostupný ani cez TFTP, očakáva ho na konzole

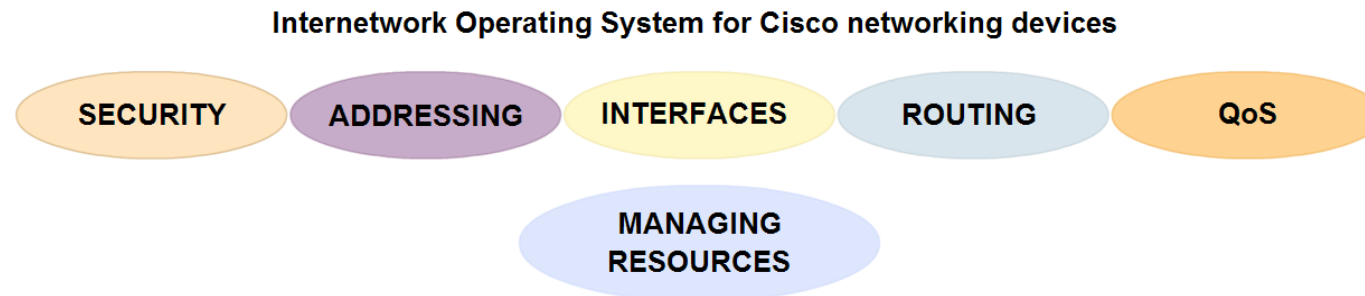


Operačný systém na zariadeniach Cisco

- Na Cisco zariadeniach sa v súčasnosti najčastejšie používajú tieto operačné systémy
 - **IOS** (Internetwork Operating System): Najstarší OS, postavený na vlastnom monolitickom jadre, používa sa na väčšine smerovačov a prepínačov, stále vyvíjaný, ale v princípe už zastaralý
 - **IOS-XR**: Postavený na komerčnom mikrojadre QNX, používa sa len na smerovačoch najvyššej triedy (ASR9000, CRS-1, CRS-3)
 - **IOS-XE**: Postavený na jadre Linux, používa sa len na zariadeniach vyššej triedy (ASR1000, Catalyst 4500E, CSR1000V)
 - **NX-OS**: Postavený na jadre Linux, používa sa len na prepínačoch Nexus určených pre dátové centrá
 - **ASA OS**: Postavený na jadre Linux, používa sa len na firewalloch ASA
- My budeme na zariadeniach pracovať s operačným systémom Cisco IOS (nemýliť si s Apple iOS 😊)

Internetwork Operating System

- IOS je špecializovaný sieťový operačný systém
 - Stará sa o riadenie hardvéru sieťového zariadenia (obsahuje ovládače), prideluje systémové prostriedky bežiacim procesom (procesor, pamäť, I/O periférie, ...)
 - Vykonáva sieťové operácie (prepínanie, smerovanie, filtrovanie, beh rôznych radiacich protokolov, ...)
 - Je optimalizovaný pre vykonávanie sieťových operácií
- IOS je komerčný softvér
 - Nie je voľne dostupný ani šíriteľný, jedná sa o platený softvér
 - Legálne použitie IOSu je podmienené zakúpením licencie



Konfigurácia siet'. rozhraní

- Siet'ové rozhrania na smerovačoch majú označenie slovom a číslom
 - Slovo označuje hardvérový typ rozhrania
 - **Serial** – sériové rozhranie
 - **Ethernet** – ethernetové rozhranie 10 Mbps
 - **FastEthernet** – ethernetové rozhranie 10/100 Mbps
 - **GigabitEthernet** – ethernetové rozhranie 10/100/1000 Mbps
 - **BRI** – ISDN rozhranie 2B+D
 - **ATM** – rozhranie do ATM alebo DSL siete



- Číslo označuje jeho polohu v smerovači, na nových smerovačoch má tvar X/Y/Z
 - **X**: slot – číslo zásuvnej dosky, ak je smerovač modulárny
 - **Y**: subslot – číslo modulu v zásuvnej doske
 - **Z**: port – konkrétne rozhranie na module v danom slote/subslote
- Celé meno rozhrania je teda napríklad Serial0/0/1 alebo BRI0/0/0

Konfigurácia siet'ových rozhraní

- Niektoré rozhrania (najmä vstavané) a na starších smerovačoch všetky rozhrania môžu mať číselné označenie kratšie
 - Iba Y/Z alebo iba Z (vždy čítať sprava doľava)
 - Napríklad **FastEthernet0/0** alebo **Serial0**
- Meno rozhrania nie je potrebné písať celé
 - Serial0/0/1 = s0/0/1
 - FastEthernet0/0 = f0/0

Vsuvka k synchrónnym sériovým rozhraniam

- Sériové rozhrania prenášajú v každom momente len 1 bit jedným smerom
- Synchronne sériové rozhrania sú podľa svojho zapojenia dvoch rôznych druhov
 - Data Circuit-terminating Equipment (DCE) – rozhranie zariadenia, ktor prispôsobuje dáta na prenos po WAN médiu (modem)
 - DCE je zároveň zodpovedné za generovanie hodinového taktu. Pri každom „tiknutí hodín“ sa rozhraním prenesie 1 bit informácie. Tento hodinový signál je práve vlastnosť synchrónnych rozhraní. Rýchlosť hodinového taktu preto bezprostredne súvisí s prenosovou rýchlosťou rozhrania.
 - Data Terminal Equipment (DTE) – rozhranie zariadenia, ktoré dáta generuje alebo spracúva (PC, smerovač)
 - DTE sa pasívne prispôsobuje hodinovému taktu
- DTE a DCE rozhrania sú vždy priamo prepojené navzájom
 - Typicky: smerovač a modem



Vsuvka k synchrónnym sériovým rozhraniam

- Konfigurácia sériových rozhraní v laboratóriu
 - Za realistických okolností by dva smerovače mali cez sériové rozhrania byť prepojené spôsobom



- My budeme smerovače prepájať priamo, no DTE/DCE logika musí byť zachovaná
 - Zapojenie samotného kábla určuje, kto bude DCE a kto DTE
 - Rozhranie, do ktorého je zapojený DCE kábel, musí byť zodpovedné za generovanie hodinového taktu
 - Keďže káble v laboratóriu nie sú viditeľne odlišené ako DCE a DTE, odporúčame konfigurovať všetky sériové rozhrania, ako keby boli DCE (ak sú DTE, smerovač bude príkazy potrebné pre DCE koniec ignorovať)

Stavy rozhraní

```
Romulus# show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down
FastEthernet0/1	172.16.255.1	YES	manual	up	up
Serial0/0/0	172.16.255.193	YES	manual	down	down
Serial0/0/1	172.16.255.17	YES	manual	up	down

Stavy rozhraní sú v IOSe reprezentované ako dvojica „Status“ a „Protocol“

Status označuje stav rozhrania na fyzickej vrstve

- **Administratively down**: rozhranie je vypnuté príkazom **shutdown**
- **Down**: rozhranie je zapnuté príkazom **no shutdown**, avšak nemá elektrickú konektivitu s prot'ajším zariadením
 - Nezapojený alebo prerušený kábel
 - Prot'ajšie zariadenie nie je zapnuté
 - Sieťové rozhranie prot'ajšieho zariadenia nie je zapnuté
- **Up**: rozhranie je zapnuté príkazom **no shutdown** a má elektrickú konektivitu s prot'ajším zariadením

Stavy rozhraní

```
Romulus# show ip interface brief
```

Interface	IP-Address	OK?	Method	Status	Protocol
FastEthernet0/0	unassigned	YES	unset	administratively down	down
FastEthernet0/1	172.16.255.1	YES	manual	up	up
Serial0/0/0	172.16.255.193	YES	manual	down	down
Serial0/0/1	172.16.255.17	YES	manual	up	down

- **Protocol** označuje stav na linkovej vrstve
 - **Down**: rozhranie nepočuje alebo nerozpoznáva prijímané rámce
 - Fyzický stav nie je „up“
 - Nekompatibilný formát rámca (rozličná enkapsulácia)
 - Chýbajúci príkaz clock rate na DCE zariadení pri sériových rozhraniach
 - Pri použití linkového protokolu PPP neúspešná autentifikácia
 - Pri Ethernet rozhraniach odpojený kábel
- **Up**: rozhranie prijíma rámce a rozumie im
- Jediné možné kombinácie stavov Status/Protocol sú
 - Administratively down / Down
 - Down / Down
 - Up / Down
 - **Up / Up** – toto je **jediný stav**, v ktorom je rozhranie považované za funkčné



Smerovanie v P siet'ach

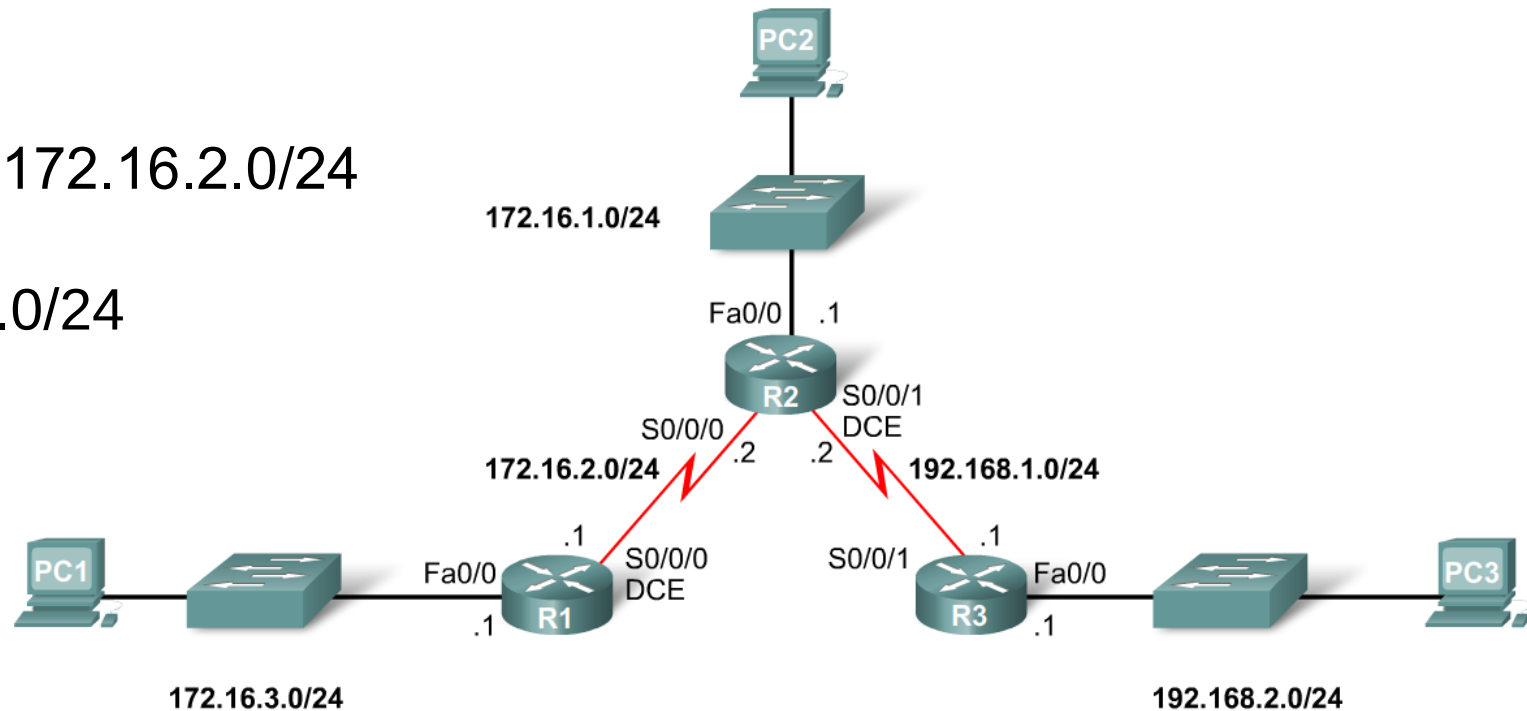
RSE chapter 2

Charakteristiky smerovania v IP sieťach

- Smerovanie v IP sieťach má niekoľko osobitných vlastností, na ktoré je potrebné stále pamätať
 - **Fakt 1:** Každý smerovač sa rozhoduje sám za seba, riadiac sa výlučne informáciami z vlastnej smerovacej tabuľky
 - **Fakt 2:** To, že jeden smerovač má vo svojej smerovacej tabuľke isté informácie, neznamená, že aj ostatné smerovače majú tie isté informácie
 - **Fakt 3:** Informácia o ceste zo siete X do siete Y, ktorú smerovače poznajú, nehovorí nič o spätnej trase zo siete Y do siete X
- Dôsledky:
 - Každý smerovač musí poznať **všetky siete**, inak nebude zaručená plná konektivita (odkiaľkoľvek kamkoľvek)
 - Neúspech v komunikácii môže byť spôsobený zlou/chýbajúcou trasou do cieľovej siete, ale aj chýbajúcou/zlou trasou späť k odosielateľovi (t.j. stratiť sa môže nielen žiadosť, ale aj odpoveď)

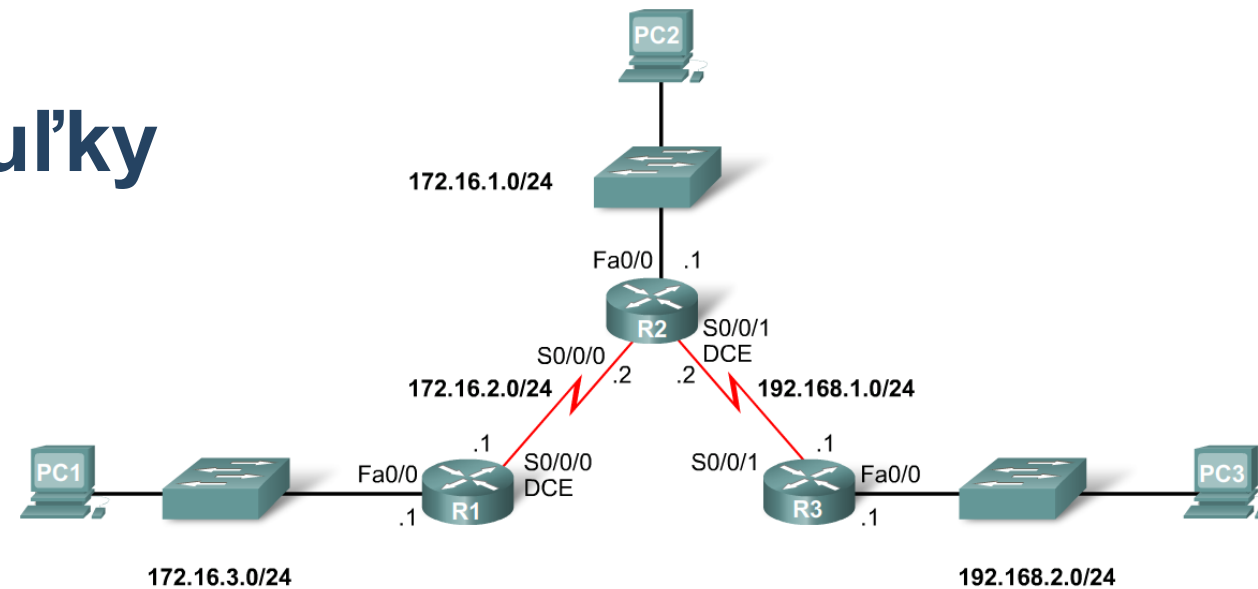
Priamo pripojené siete

- Na smerovači, ktorý má nakonfigurované iba sieťové rozhrania, sa v smerovacej tabuľke nachádzajú iba priamo pripojené siete
 - Siete na vlastných aktívnych (up/up) rozhraniach smerovača
 - Takýto smerovač teda vie komunikovať iba s bezprostredne susednými zariadeniami
- V tejto topológii
 - R1 pozná 172.16.3.0/24 a 172.16.2.0/24
 - R2 pozná 172.16.1.0/24, 172.16.2.0/24 a 192.168.1.0/24
 - R3 pozná 192.168.1.0/24 a 192.168.2.0/24
 - Žiaden smerovač nepozná všetky siete



Napíňanie smerovacej tabuľky

- Siete, ktoré **nie sú** k smerovaču **priamo pripojené**, bez ďalšieho zásahu smerovač nepozná

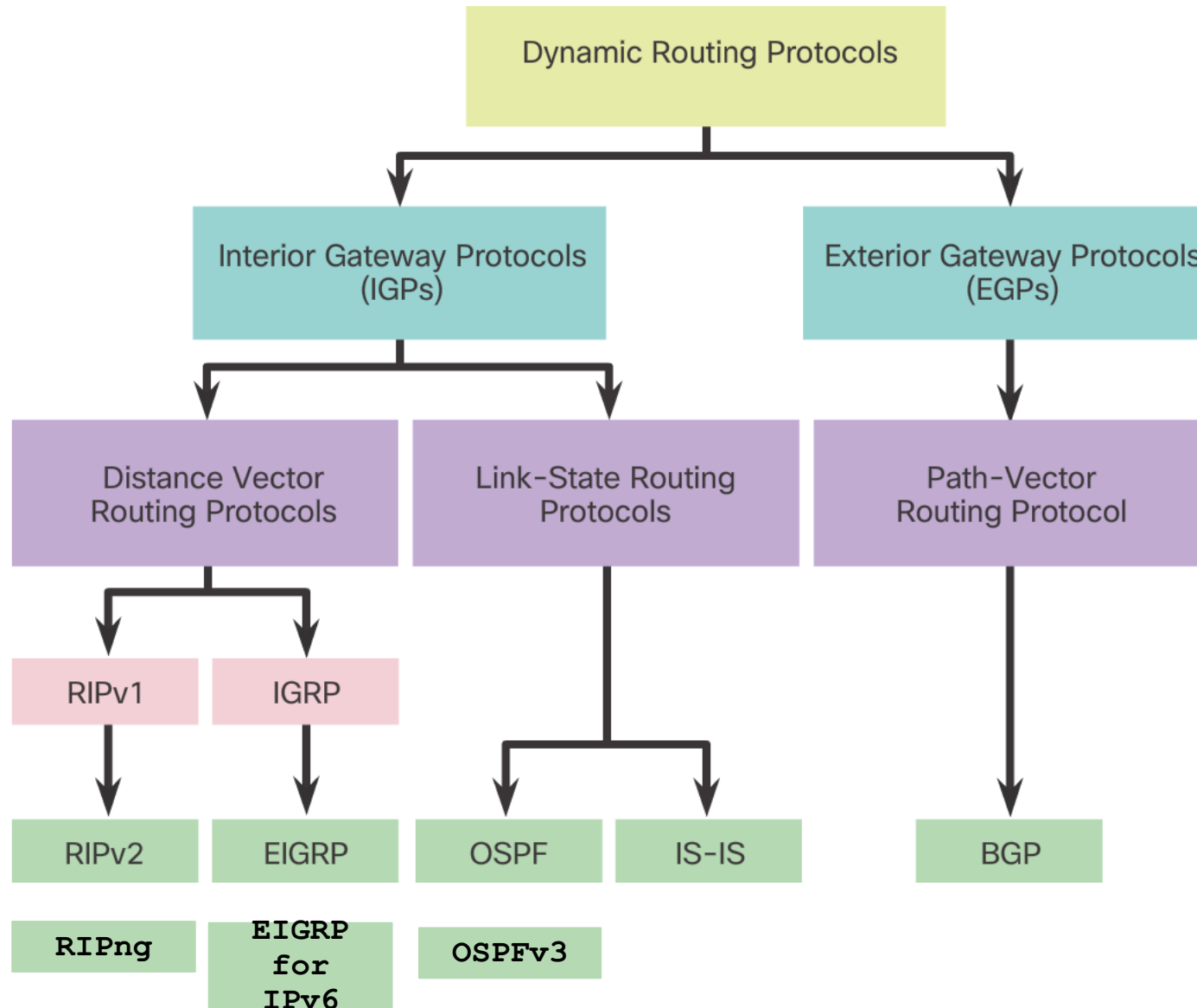


- Ak však smerovač nejakú sieť nepozná, nemôže do nej doručovať pakety – paket idúci do neznámeho cieľa smerovač zahodí
- Ak má smerovač doručovať pakety do sietí, ktoré nie sú priamo pripojené, musia byť ich adresy do smerovacej tabuľky **pridané istým procesom**
- Tento proces môže byť dvoch druhov
 - Statický – záznamy v smerovacej tabuľke vytvára administrátor ručne
 - Dynamický – záznamy v smerovacej tabuľke si vytvárajú smerovače automaticky na základe vzájomnej spolupráce pomocou tzv. dynamických smerovacích protokolov

Napíňanie smerovacej tabuľky

- Oba prístupy majú svoje výhody i nevýhody
- Dynamické smerovacie protokoly
 - Po úvodnej konfigurácii pracujú samočinne a zabezpečujú, že smerovacie tabuľky všetkých smerovačov vždy obsahujú aktuálne informácie – cieľové siete a cesty k nim
 - Predstavujú dodatočnú činnosť, ktorú smerovače musia vykonávať, a teda aj dodatočnú spotrebu ich systémových prostriedkov
- Statické smerovacie položky
 - Je ich nutné vkladať ručne na každý smerovač
 - Za ich správnosť a aktuálnosť zodpovedá administrátor
 - Neprispôsobujú sa aktuálnemu stavu siete
 - Nespôsobujú však dodatočnú záťaž pre smerovače

Kategorizácia smerovacích protokolov



Administratívna vzdialenosť

- Administratívna vzdialenosť vyjadruje dôveryhodnosť „informátora“, t.j. zdroja smerovacej informácie
- Prvé číslo v hranatých zátvorkách pri každej sieti vo výpise smerovacej tabuľky **show ip route**
 - Využíva sa vždy, keď o tej istej sieti hovoria viaceré zdroje (napr. priamo pripojená sieť, statický záznam o nej, dynamický smerovací protokol oznamujúci túto sieť)

```
R2#show ip route
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

D    192.168.1.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
D    192.168.6.0/24 [90/2172416] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
R    192.168.7.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
R    192.168.8.0/24 [120/2] via 192.168.4.1, 00:00:08, Serial0/0/1
```

Administratívne vzdialenosti

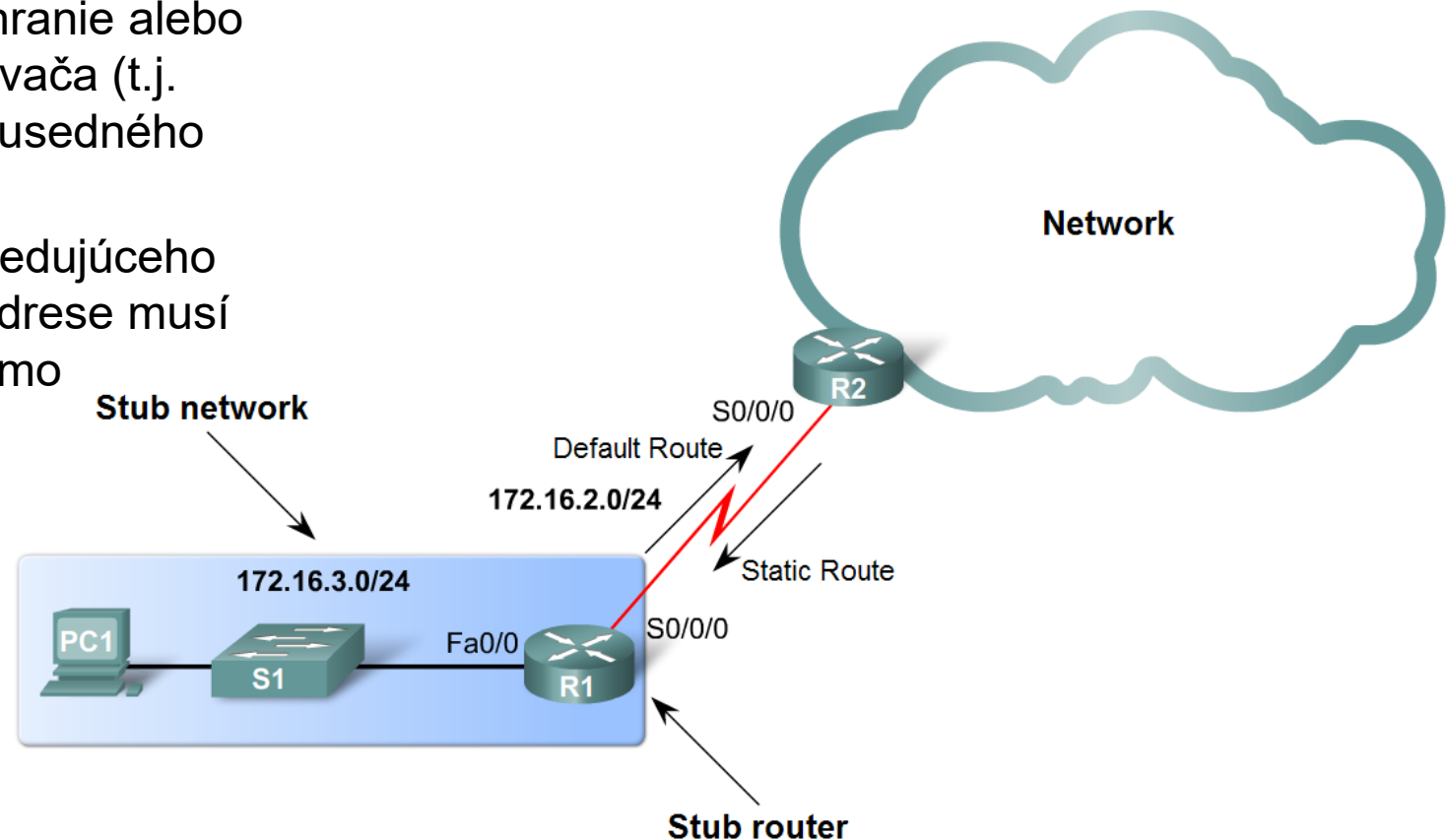
- Pri väčšine položiek smerovacej tabuľky je AD zobrazená vo výpise
 - Prvé číslo v hranatých zátvorkách
 - Pri niektorých sieťach je hodnota AD skrytá
- Hodnotu AD i metriky možno vždy získať v detailnom výpise po príkaze

sh ip route *sieť maska*

Typ informácie	Administratívna vzdialenosť
Priamo pripojená sieť	0
Staticky vložená informácia	1
EIGRP sumárna sieť	5
BGP sieť z iného AS	20
EIGRP interná sieť	90
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
On-Demand Routing (ODR)	160
EIGRP externá sieť	170
BGP sieť z toho istého AS	200
DHCP	254
Absolútne nedôveryhodný zdroj	255

Statické smerovacie položky

- Statická, ručne nakonfigurovaná smerovacia položka
 - Informuje o vzdialenej (t.j. nie priamo pripojenej) sieti, jej maske, a ceste k nej
 - Cestou sa rozumie výstupné rozhranie alebo IP adresa **nasledujúceho** smerovača (t.j. adresa bezprostredne ďalšieho susedného smerovača)
 - Ak je cesta daná IP adresou nasledujúceho smerovača, potom už k tejto IP adrese musí byť cesta známa (ideálne na priamo pripojenej sieti)
- Veľmi často sa statické smerovacie položky používajú v tzv. koncových (stub) sieťach





Konfigurácia IPv4 statických smerovacích položiek

IPv4 statické smerovacie položky

- Statické smerovacie položky sa definujú v globálnom konfiguračnom režime príkazom

ip route *sieť maska výstupné-rozhranie [admvzd.]*

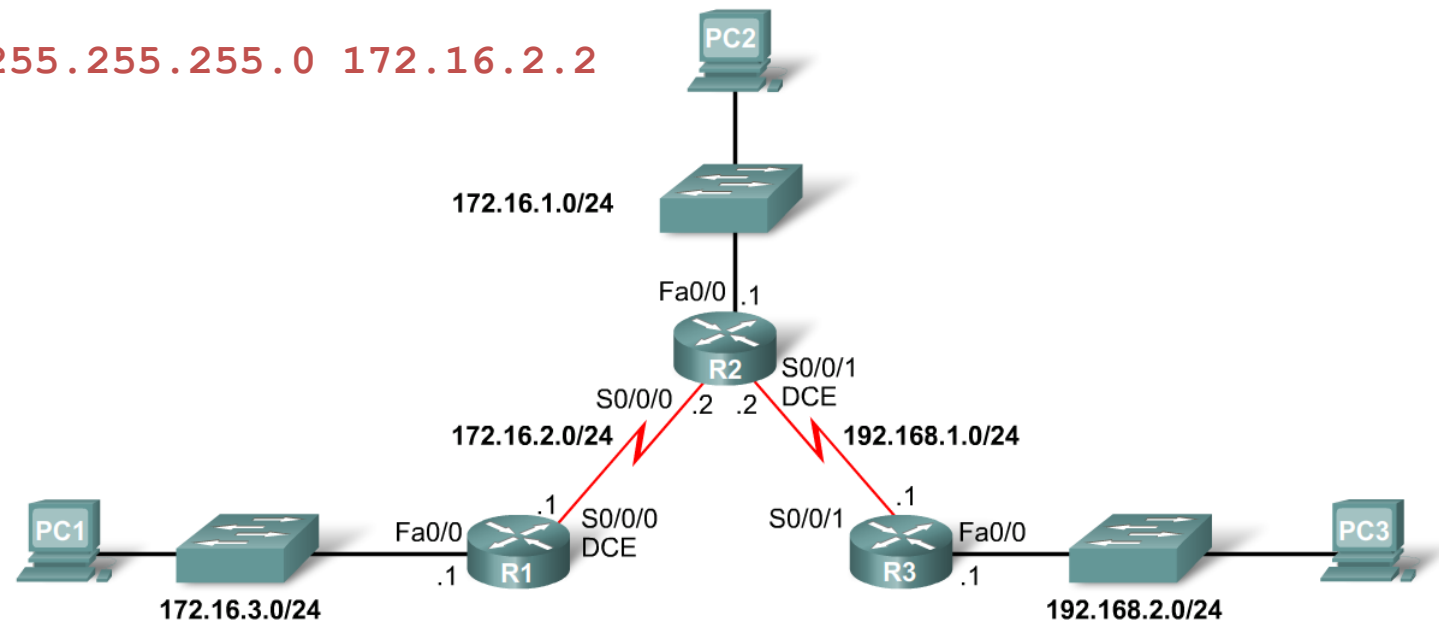
alebo

ip route *sieť maska ďalší-smerovač [admvzd.]*

R1(config)# **ip route** 172.16.1.0 255.255.255.0 s0/0/0

alebo

R1(config)# **ip route** 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2



Statické smery s použitím výstupného rozhrania

- Statická smerovacia položka môže informáciu o ďalšom postupe paketu obsahovať
 - Bud' vo forme **výstupného rozhrania**
 - Alebo vo forme **IP adresy nasledujúceho smerovača** na ceste
- Statický smer s využitím výstupného rozhrania je veľmi intuitívny a efektívny
 - Hovorí: „Ak paket ide do tejto siete, nech odíde týmto rozhraním“
 - Záznam okamžite informuje o výstupnom rozhraní, nie je potrebné dodatočné vyhľadávanie v smerovacej tabuľke
- Podmienky správnej činnosti
 - Výstupné rozhranie musí byť správne nakonfigurované a aktívne
 - Výstupné rozhranie by malo byť linkovej technológie typu bod-bod (t.j. HDLC, PPP, tunely apod., nie však Ethernet, WiFi)

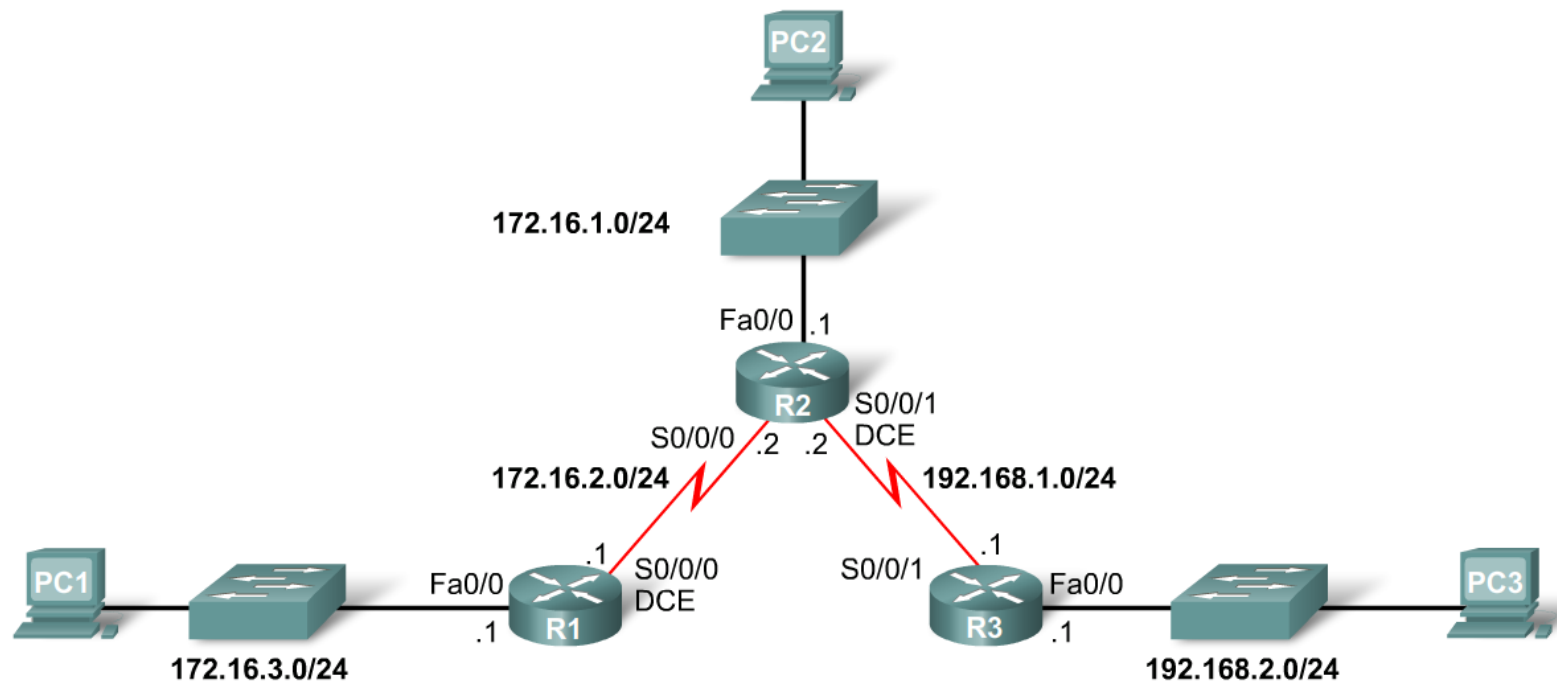
Príklad konfigurácie statických smerov pomocou výstupného rozhrania

Smerovač R1

R1 (config) # **ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 s0/0/0**

R1 (config) # **ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 s0/0/0**

R1 (config) # **ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 s0/0/0**



Riziká pri konfigurácii statických smerov pomocou výstupného rozhrania

- Statické smery definované výstupným rozhraním v sebe skrývajú jedno tiché riziko
 - Hovoria, akým rozhraním má paket odísť, ale nehovoria, ktorý ďalší susedný smerovač za týmto rozhraním má paket spracovať
 - Príklad:

```
ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 FastEthernet0/0
```
 - Čo sa stane, ak za rozhraním FastEthernet0/0 je viac smerovačov?
- Definovať statický smer pomocou výstupného rozhrania znamená vyhlásiť, že daná sieť je k nemu priamo pripojená
 - Na takéto siete potom platia pravidlá o komunikácii v priamo pripojenej sieti, t.j. napr. používanie ARP protokolu
 - Keďže však táto sieť reálne priamo pripojená nie je, tieto mechanizmy môžu zlyhať alebo sa správať nekorektne
 - To je dôvod, prečo sa definovanie statických smerov pomocou výstupného rozhrania má robiť iba pre linkové technológie typu bod-bod (HDLC, PPP, DSL), nie však pre Ethernet a iné multiaccess technológie, i keď to smerovač akceptuje

Statické smery s použitím adresy nasledujúceho smerovača

- Statický smer s využitím adresy nasledujúceho smerovača je prirodzený, i keď akomak menej priamy
 - Hovorí: „Ak paket ide do tejto siete, odovzdajme ho tomuto nasledujúcemu smerovaču“
 - Záznam neinformuje o výstupnom rozhraní, iba o IP adrese ďalšieho smerovača na ceste do cieľa
 - Výstupné rozhranie je potrebné zistiť rekurzívnym prehľadávaním smerovacej tabuľky, v ktorom sa snažíme zistiť, na akom priamo pripojenom rozhraní sa tento nasledujúci smerovač nachádza
- Podmienky správnej činnosti
 - IP adresa nasledujúceho smerovača sa musí nachádzať na niektorej priamo pripojenej sieti
 - Rozhranie do tejto priamo pripojenej siete musí byť správne nakonfigurované a aktívne

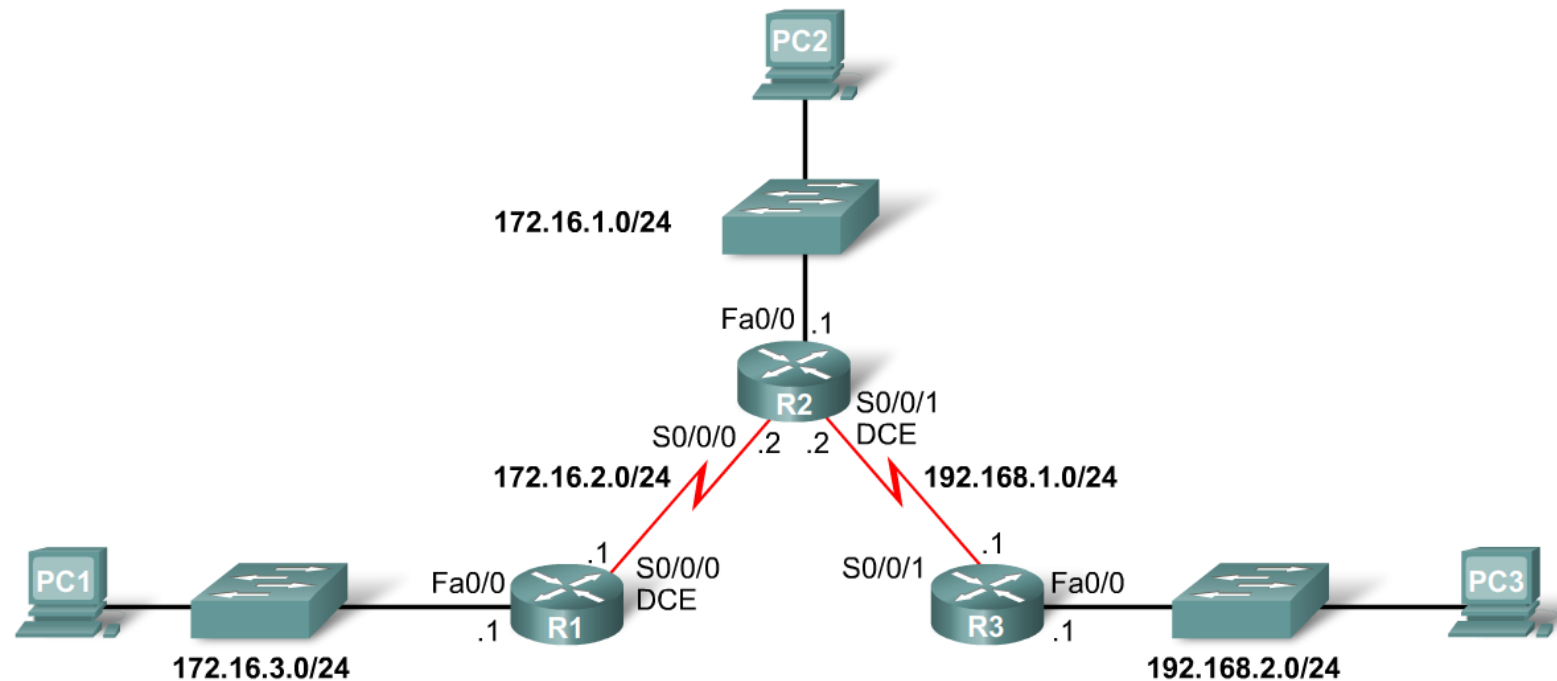
Príklad konfigurácie statických smerov pomocou adresy nasledujúceho smerovača

Smerovač R1

```
R1 (config) # ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```

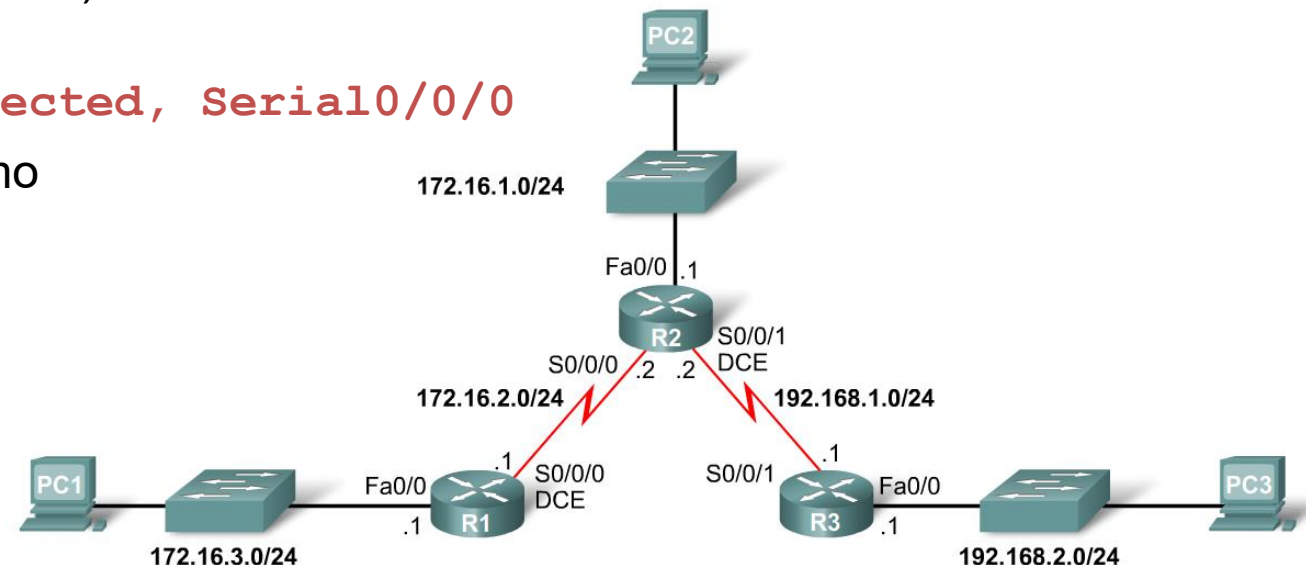
```
R1 (config) # ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```

```
R1 (config) # ip route 192.168.2.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```



Statické smery s použitím adresy nasledujúceho smerovača

- Pozrime sa na R1, ako obslúži paket idúci na IP adresu 192.168.2.2
 - V smerovacej tabuľke nájde položku
S 192.168.2.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
 - Podľa nej vie, že paket musí postúpiť smerovaču 172.16.2.2, avšak ešte nevie, na ktorom rozhraní sa tento smerovač nachádza
 - Zoberie preto adresu nasledujúceho smerovača 172.16.2.2 a tú opäť vyhladá v smerovacej tabuľke. Najlepšia zhoda (longest prefix match) sa nájde na riadku
C 172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
 - Zistí, že táto IP adresa je z priestoru priamo pripojenej siete na rozhraní Serial0/0/0. Paket preto odošle týmto rozhraním



Rekurzívne vyhľadávanie v smerovacej tabuľke

- Použitie IP adresy suseda v statických cestách bez výstupného rozhrania vedie na rekurzívne vyhľadávanie v smerovacej tabuľke
 - Výsledkom vyhľadania cieľovej IP adresy paketu v smerovacej tabuľke je ďalšia IP adresa – adresa next-hop smerovača
 - Túto IP adresu treba znovu vyhľadať v smerovacej tabuľke
 - ... a opakovať tento proces, pokiaľ smerovač nenájde smerovací záznam, ktorý obsahuje informáciu o výstupnom rozhraní
- Kurikulá tvrdia, že tento prístup spôsobuje dodatočnú záťaž na smerovače, čo je v princípe pravda
 - Namiesto jedného vyhľadania sa realizujú dve alebo i viac
 - Preto je **údajne** vhodné definovať statické smery buď výlučne pomocou výstupného rozhrania (na bod-bod rozhraniach), alebo výstupným rozhraním a IP adresou next-hop smerovača súčasne (vhodné pre všetky rozhrania), napríklad:

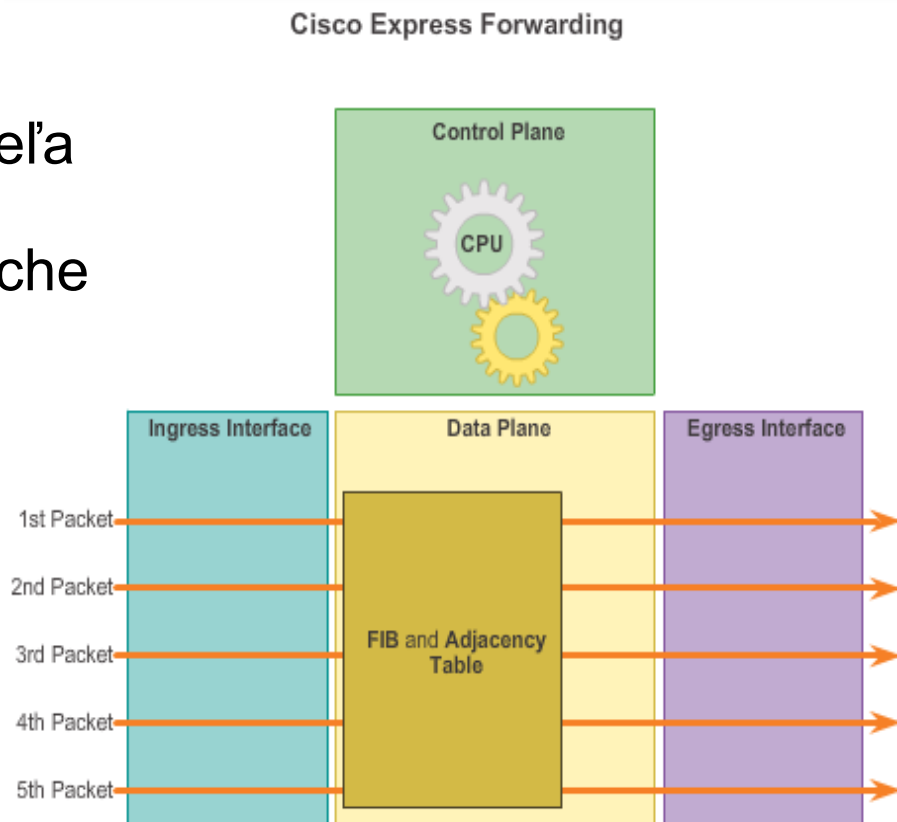
```
ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 Fa0/0 172.16.2.2
```

Rekurzívne vyhľadávanie v smerovacej tabuľke

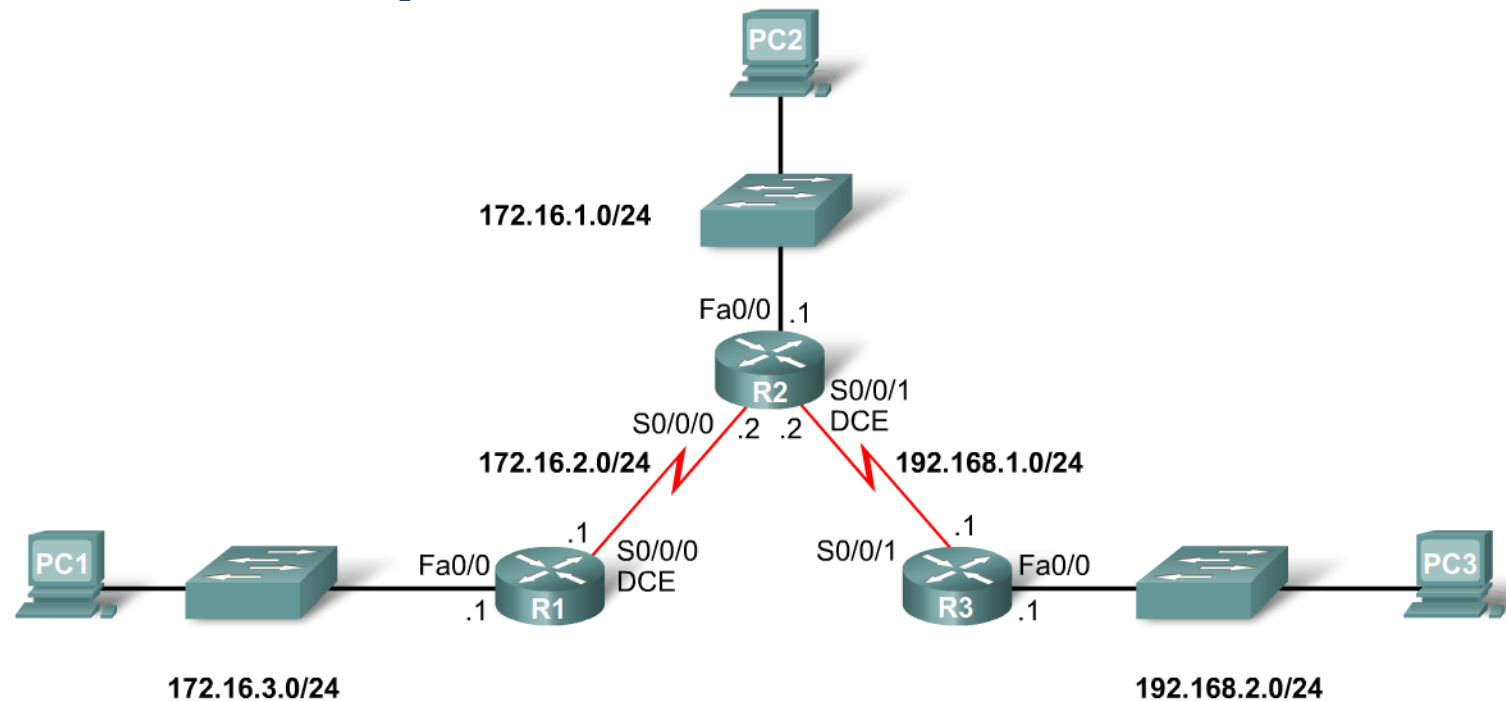
- Faktom však je, že súčasné smerovače majú smerovaciu „tabuľku“ interne implementovanú efektívnejšie
 - Stromová štruktúra namiesto lineárnej tabuľky
 - Predpripravené hlavičky rámcov pre jednotlivé next-hop smerovače
 - Rekúzia **vyriešená** počas naplňania týchto štruktúr
 - Cisco tento mechanizmus volá Cisco Express Forwarding (CEF)
- Z pohľadu efektívnosti práce smerovača dnes **nie je nijaký rozdiel** medzi statickým smerovacím záznamom, ktorý používa iba IP adresu next-hop suseda, a záznamom, ktorý obsahuje (aj) výstupné rozhranie
- Treba si preto pamätať:
 - Naivne implementované smerovače môžu pracovať pomalšie, ak budú statické smerovacie položky používať iba IP adresu next-hop suseda
 - Toto však nie je prípad smerovačov, s ktorými pracujeme my
 - My budeme statické smerovacie položky definovať **pomocou IP adresy**
 - Použitie IP adresy v statickej položke nespôsobuje také závažné problémy, aké môže spôsobiť použitie výstupného rozhrania

Krátka vsuvka o metódach spracovania paketov

- Historicky existujú tri metódy spracovania paketov na smerovači pri ich smerovaní
 - **Process switching:** Každý paket prejde celým procesom smerovania, určovania next hop IP adresy, určovania zodpovedajúcej next hop Layer2 adresy, tvorby rámca atď.
Žiadne medzivýsledky sa neuchovávajú
 - **Fast switching:** Prvý paket do daného cieľa pôjde cez Process switching, výsledky si však smerovač odloží do tzv. route cache a pre ďalšie pakety do toho istého cieľa ich používa priamo
 - **Cisco Express Forwarding (CEF):** Smerovač si výsledky pre jednotlivé ciele a next hopy pripraví dopredu



Proces smerovania paketu do cieľa 192.168.2.2



```
R1# show ip route
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```
S      172.16.1.0 [1/0] via 172.16.2.2
```

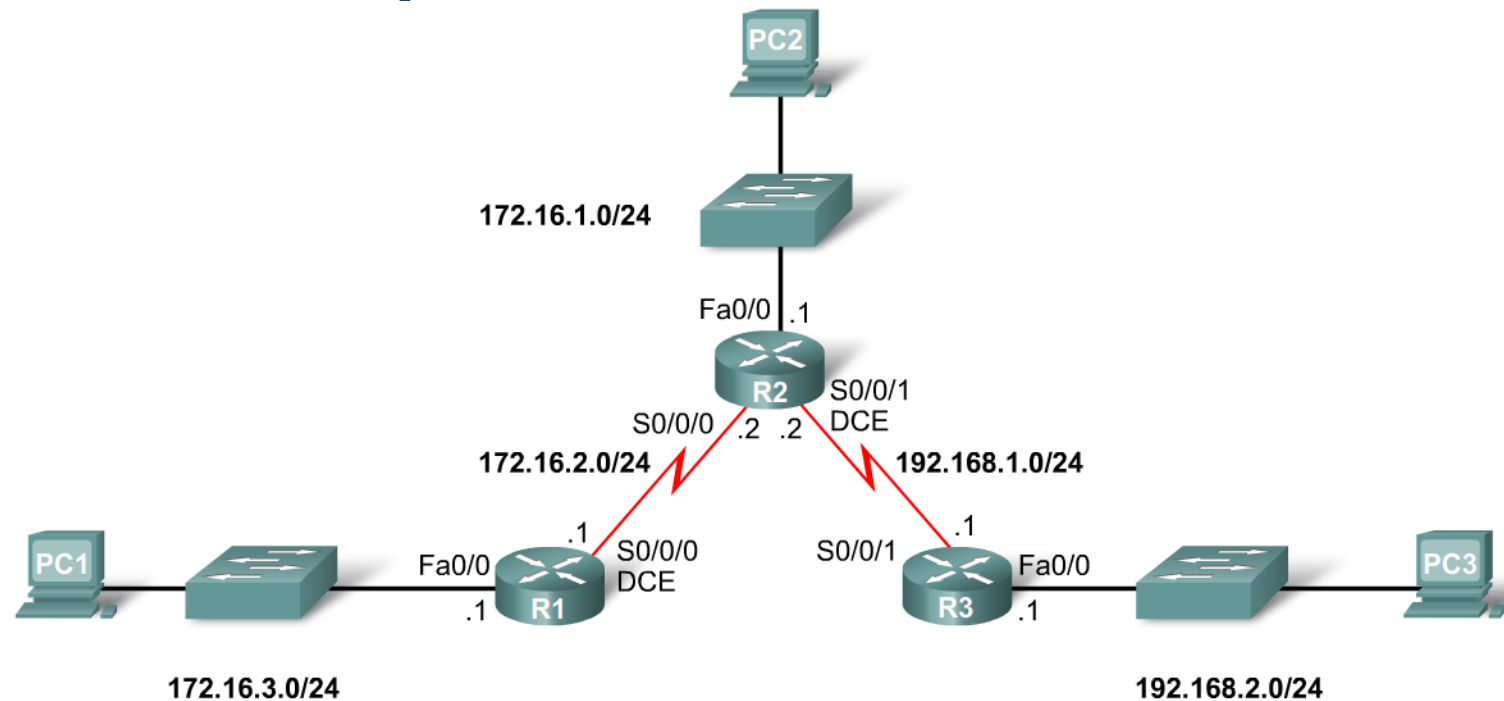
```
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
S      192.168.1.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
```

```
S      192.168.2.0/24 [1/0] via 172.16.2.2
```

Proces smerovania paketu do cieľa 192.168.2.2



```
R2# show ip route
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```
C      172.16.1.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

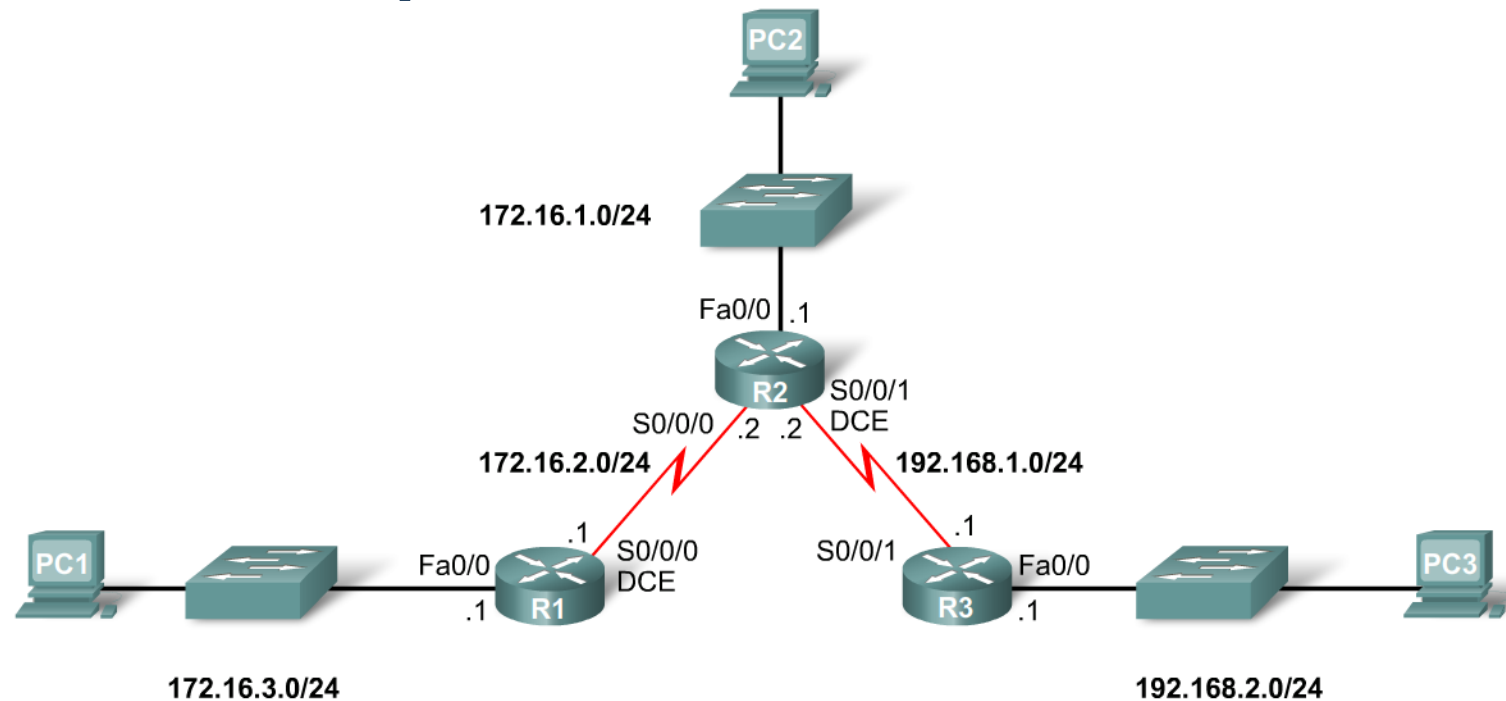
```
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
S      172.16.3.0 [1/0] via 172.16.2.1
```

```
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
S      192.168.2.0/24 [1/0] via 192.168.1.1
```

Proces smerovania paketu do cieľa 192.168.2.2



```
R3# show ip route
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
```

```
S      172.16.1.0 [1/0] via 192.168.1.2
```

```
S      172.16.2.0 [1/0] via 192.168.1.2
```

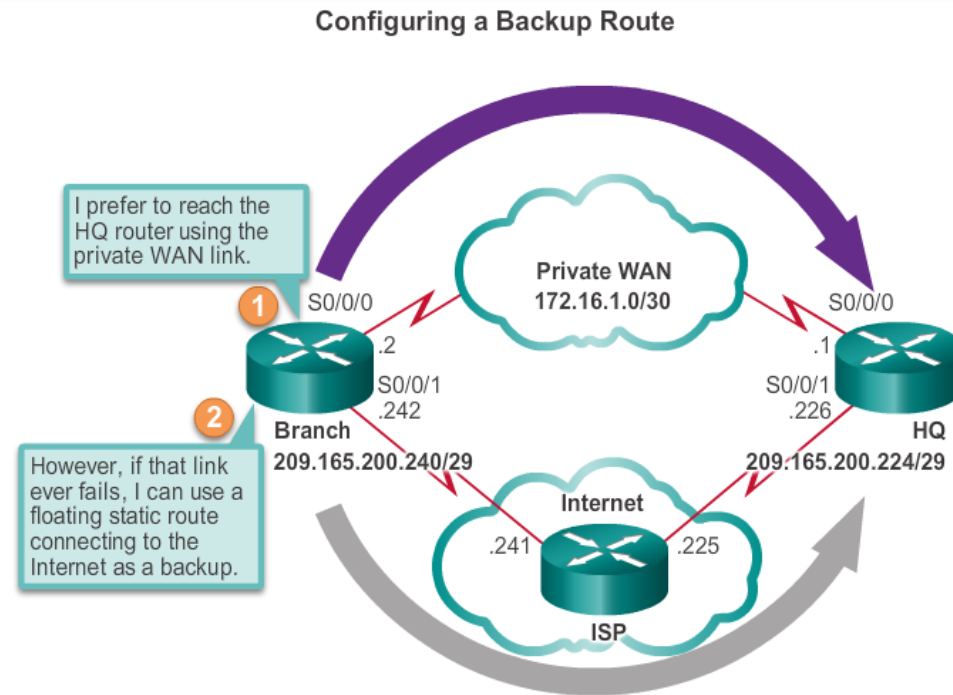
```
S      172.16.3.0 [1/0] via 192.168.1.2
```

```
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
C      192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

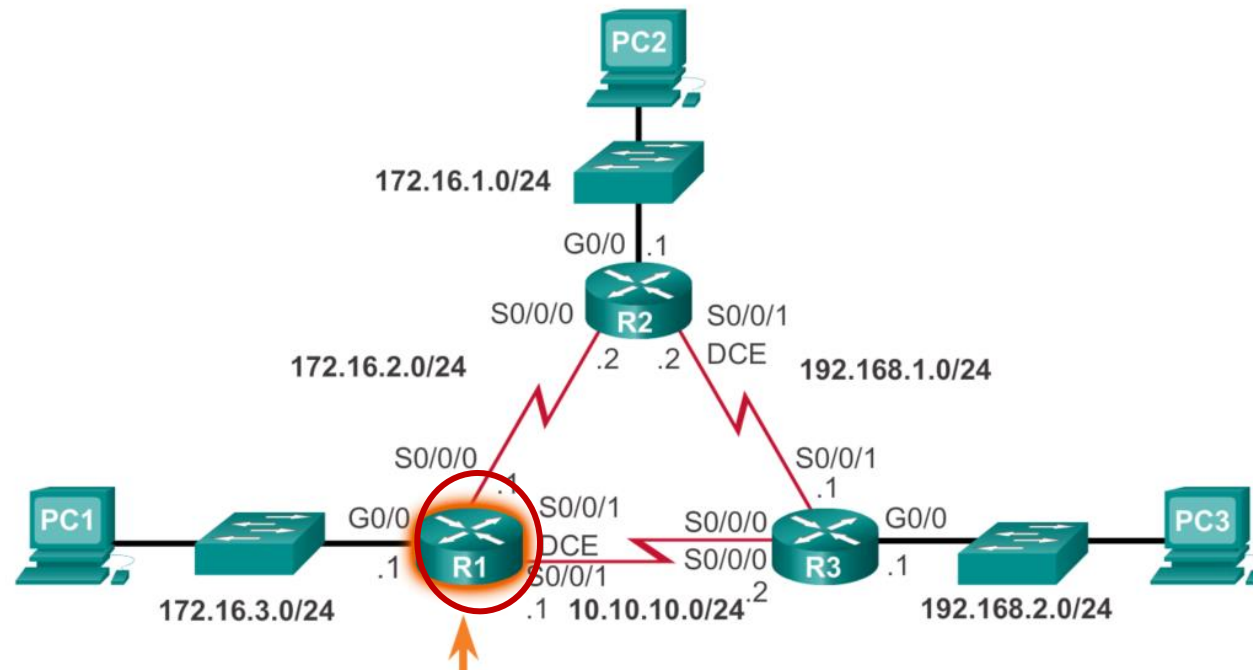
Floating Static Routes – plávajúce statické záznamy

- Pojmom „floating static route“ sa označuje statický záznam o nejakej sieti, ktorý sa do smerovacej tabuľky dostane až vtedy, keď iný záznam **o tej istej sieti** zo smerovacej tabuľky vypadne
- Floating static route je teda forma dopredu definovanej záložnej cesty
- „Záložnosť“ tejto cesty je vyjadrená vyššou administratívnou vzdialenosťou
- Každá floating static route hovorí o tom istom ciele (adresa, maska) ako tá cesta, ktorú zálohuje. Administratívna vzdialenosť floating static route je však cielene nastavená na vyššiu hodnotu, než má primárna trasa



Floating Static Routes – plávající statické záznamy

ip route siet' maska další-smerovač [admvzd.]



```
R1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.2.2
R1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 10.10.10.2 5
```

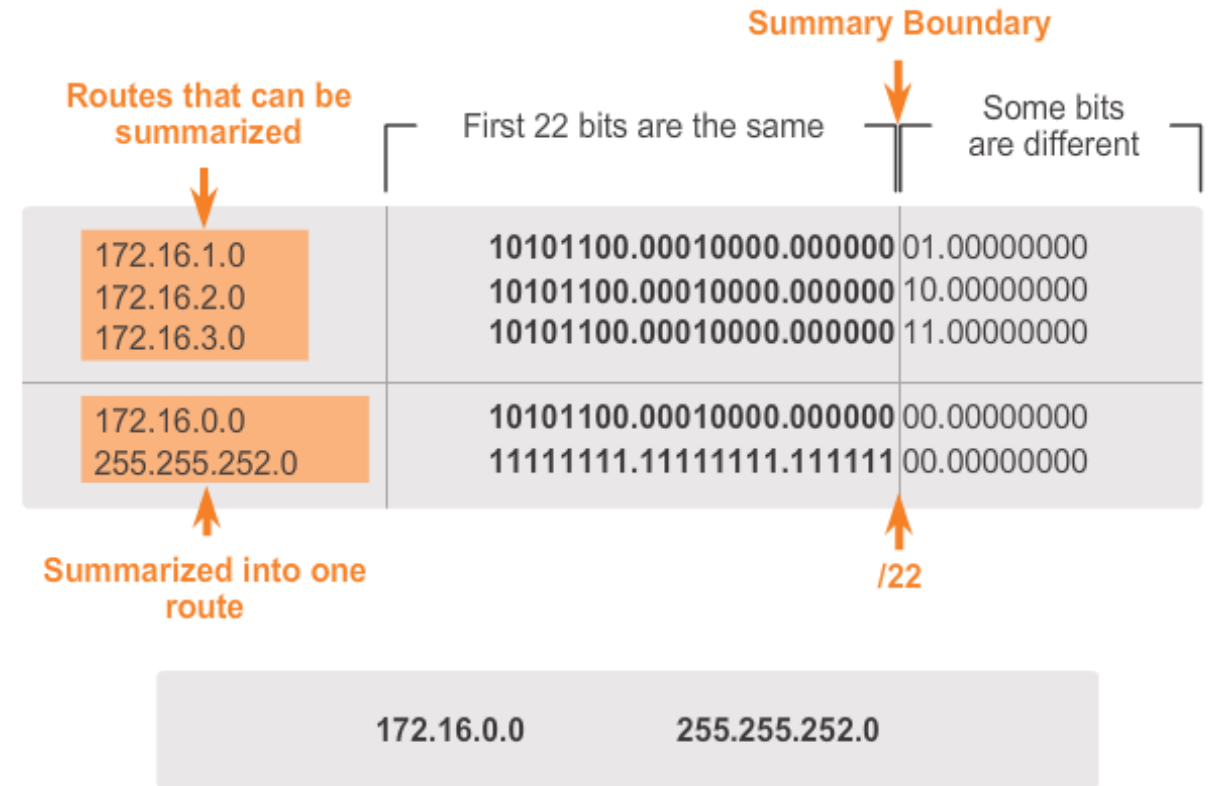
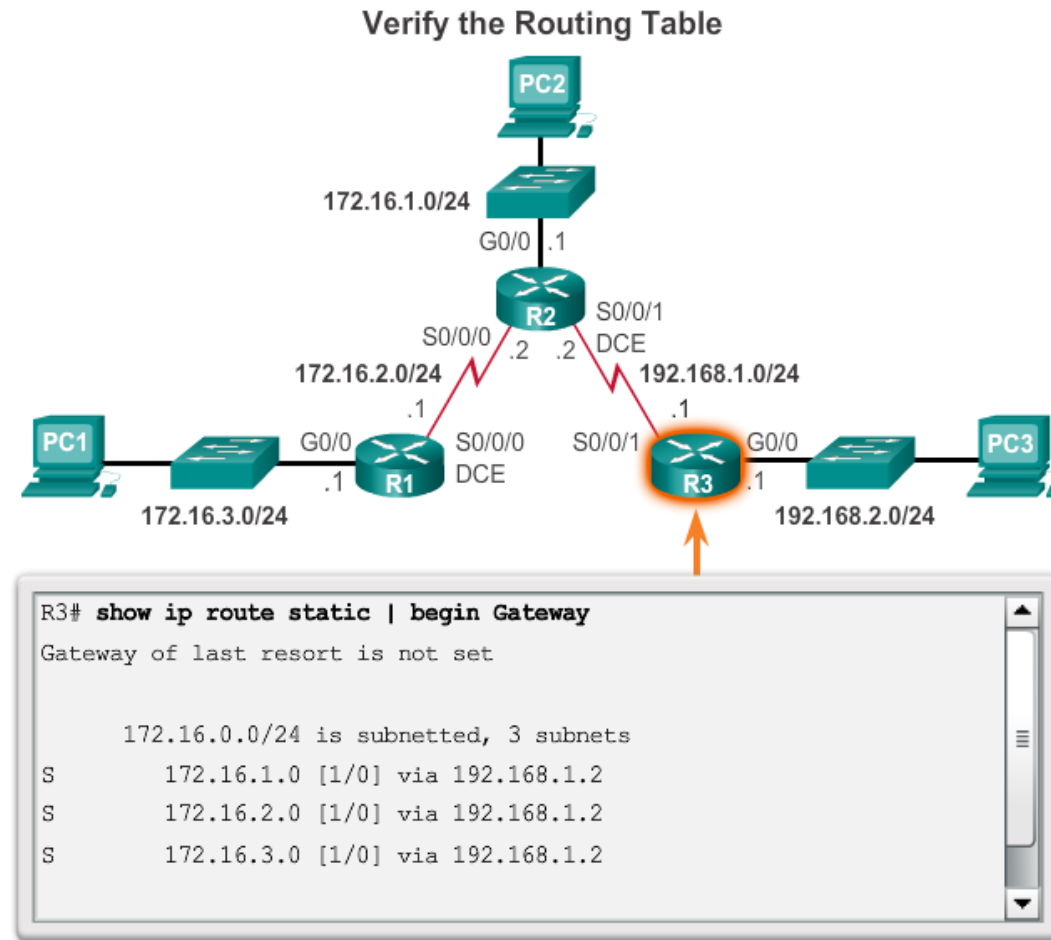
```
R1# show ip route static | begin Gateway
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0
```

```
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 172.16.2.2
```

Sumárne smerovacie položky

- Sumarizácia je proces, pri ktorom istý počet cieľových sietí popíšeme jednou väčšou sieťou
 - Adresa väčšej siete je konštruovaná tak, aby pokryla rozsah všetkých IP adries z pôvodných sietí, ktoré sumarizujeme
 - Siete 192.168.0.0/24 a 192.168.1.0/24 je možné sumarizovať sieťou 192.168.0.0/23
 - Siete 172.16.0.0/16, 172.17.0.0/16, 172.18.0.0/16 a 172.19.0.0/16 je možné sumarizovať sieťou 172.16.0.0/14
 - Ideálne by mala sumárna sieť popisovať presne ten istý rozsah adries
- Pomocou sumarizácie znižujeme počet záznamov v smerovacej tabuľke
 - Menší počet záznamov, ktoré musí smerovač prezrieť pri smerovaní paketov
 - Menší objem dát, ktoré si smerovač musí pamätať, prípadne i prenášať medzi susedmi
 - Sumarizovať je možné len siete, ktoré sa **všetky** nachádzajú **za tým istým** nasledujúcim smerovačom alebo rozhraním

Príklad použitia sumárnej položky



Príklad použitia sumárnej položky

```
R3#show ip route
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

 172.16.0.0/24 is subnetted, 3 subnets
S    172.16.1.0 is directly connected, Serial0/0/1
S    172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/1
S    172.16.3.0 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
R3#show ip route
<output omitted>

Gateway of last resort is not set

 172.16.0.0/22 is subnetted, 1 subnets
S    172.16.0.0 is directly connected, Serial0/0/1
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/1
C    192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

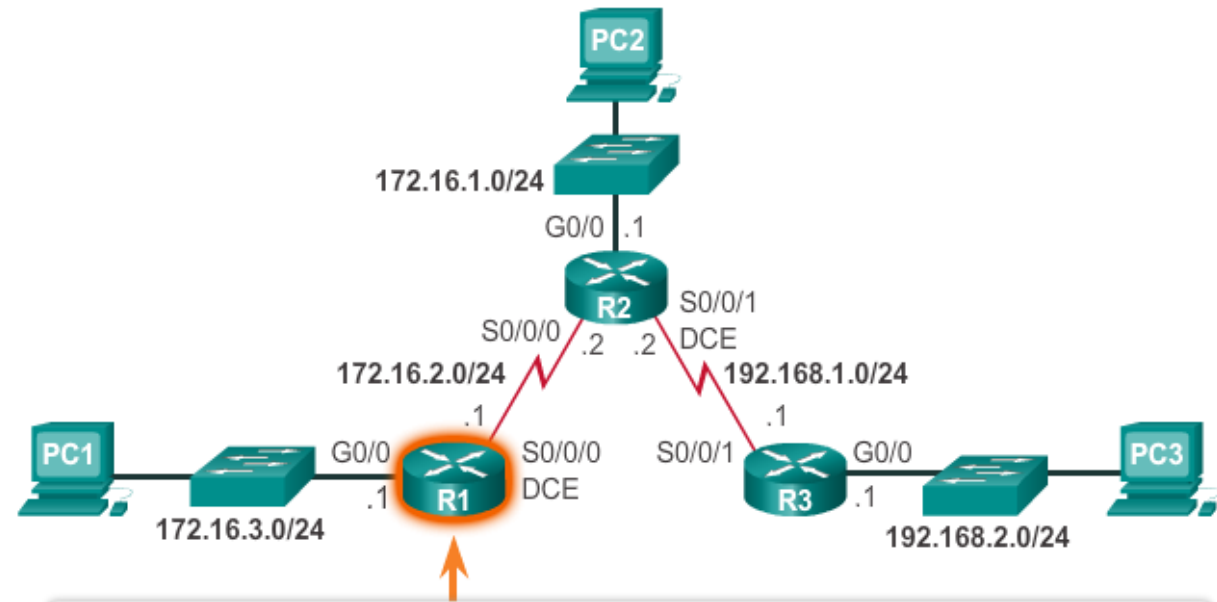
Poznámky k sumarizácii

- V testoch sa neraz objavujú zadania typu
Nájdite najlepšiu spoločnú sieť, ktorou sa dajú popísať siete 10.0.48.0/24, 10.0.49.0/24, 10.0.50.0/24, 10.0.51.0/24
- Pri riešení takejto úlohy si treba všimnúť rozsah adries, ktoré treba pokryť (10.0.48.0 – 10.0.51.255), a pokúsiť sa nájsť najmenšiu sieť, ktorá tento rozsah pokryje
 - Napr. rozpísať prvú a poslednú adresu rozsahu binárne a nájsť spoločné predčíslenie
 - 10.0.48.0 = **00001010.00000000.001100**00.00000000
 - 10.0.51.255 = **00001010.00000000.001100**11.11111111
 - Predčíslenie bude teda 8+8+6=22 bitov dlhé, t.j. maska je /22
 - Sieť vypočítame ako AND hociakej adresy z tohto priestoru a masky, napr. 10.0.48.0 AND 255.255.252.0 = 10.0.48.0/22
 - V praxi sa však postupuje opačne – sieť, ktorá je nám pridelená, je práve tou hľadanou sumárnou sieťou, a my ju len vnútorne rozdeľujeme. Prístup, aký je použitý v testoch a kurikulách, je umelý.

Default Route – východ „von“

- Pojmom „default route“ sa označuje smerovacia položka 0.0.0.0/0.0.0.0
 - Pri prehľadávaní smerovacej tabuľky sa táto položka zhoduje s akoukoľvek cieľovou adresou, lebo „čokoľvek“ AND 0 = 0
 - Default route je vlastne najvšeobecnejšia sumárna položka
 - Pretože sa smerovacia tabuľka prehľadáva v poradí od sietí s najväčšou maskou po najmenšiu, default route bude vždy až celkom posledná, ktorú smerovač použije (má najmenšiu masku)
 - **! Pravidlo longest prefix match !**
 - Default route teda slúži ako smer do všetkých sietí, o ktorých smerovač nemá nijaké presnejšie znalosti
 - Typicky: prístup do internetu, cesta z firemnej pobočky na centrálnu lokalitu, brána do všetkých iných sietí
- Default route sa konfiguruje rovnako ako každá iná statická smerovacia položka

Overenie default route



```
R1#show ip route static
```

```
Codes: L - local, C - connected, S - static, R - RIP,  
M - mobile, B - BGP, D - EIGRP,  
EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area  
N1 - OSPF NSSA external type 1,  
N2 - OSPF NSSA external type 2,  
E1 - OSPF external type 1,  
E2 - OSPF external type 2, i - IS-IS,  
su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1,  
* - candidate default, U - per-user static route  
o - ODR, P - periodic downloaded static route,  
H - NHRP, l - LISP, + - replicated route,  
% - next hop override
```

```
Gateway of last resort is 172.16.2.2 to network 0.0.0.0
```

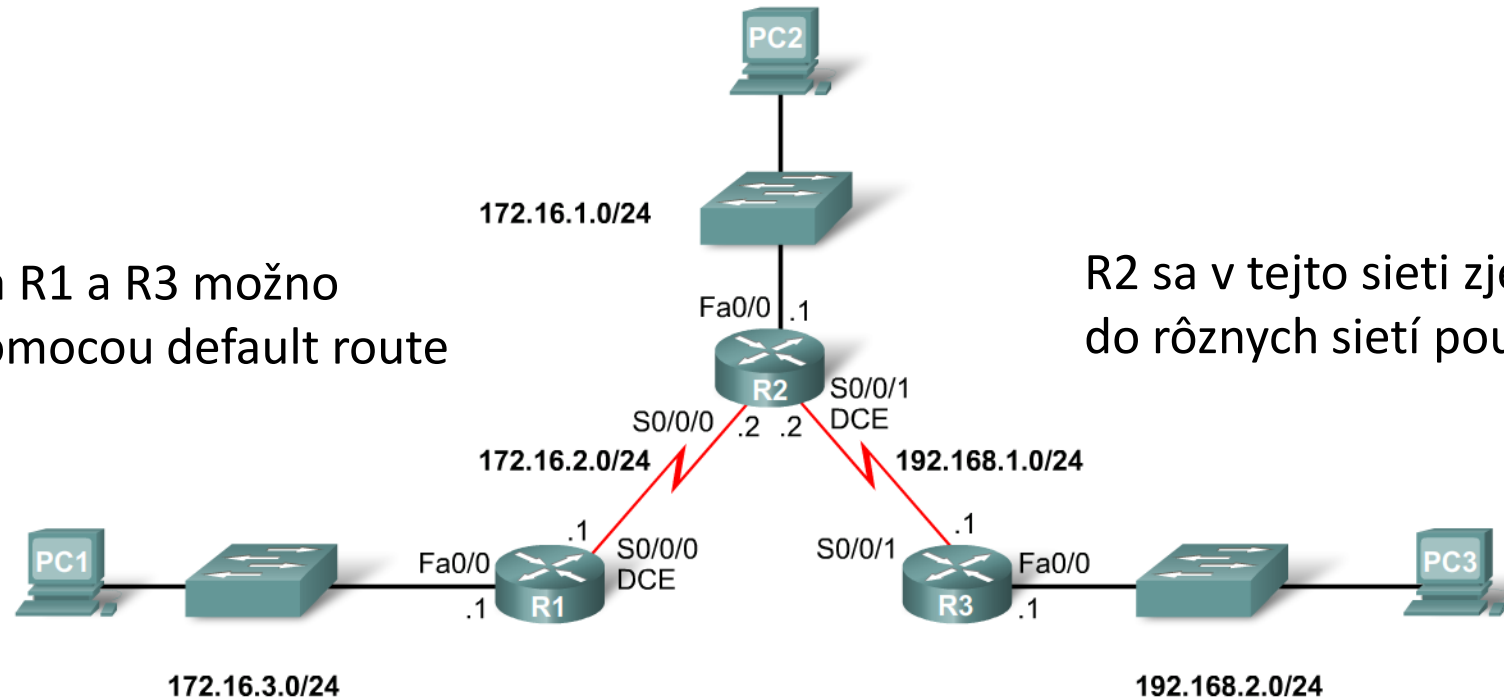
```
S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 172.16.2.2
```

```
R1#
```

Proces smerovania paketu do cieľa 192.168.2.2

Smerovanie na R1 a R3 možno zjednodušiť pomocou default route

R2 sa v tejto sieti zjednodušiť nedá, do rôznych sietí používa rôzne cesty



```
R1# show ip route
```

```
172.16.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
```

```
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
C      172.16.3.0 is directly connected, FastEthernet0/0
```

```
S      0.0.0.0/0 [1/0] via 172.16.2.2
```

```
R3# show ip route
```

```
C      192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
```

```
C      192.168.2.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
```

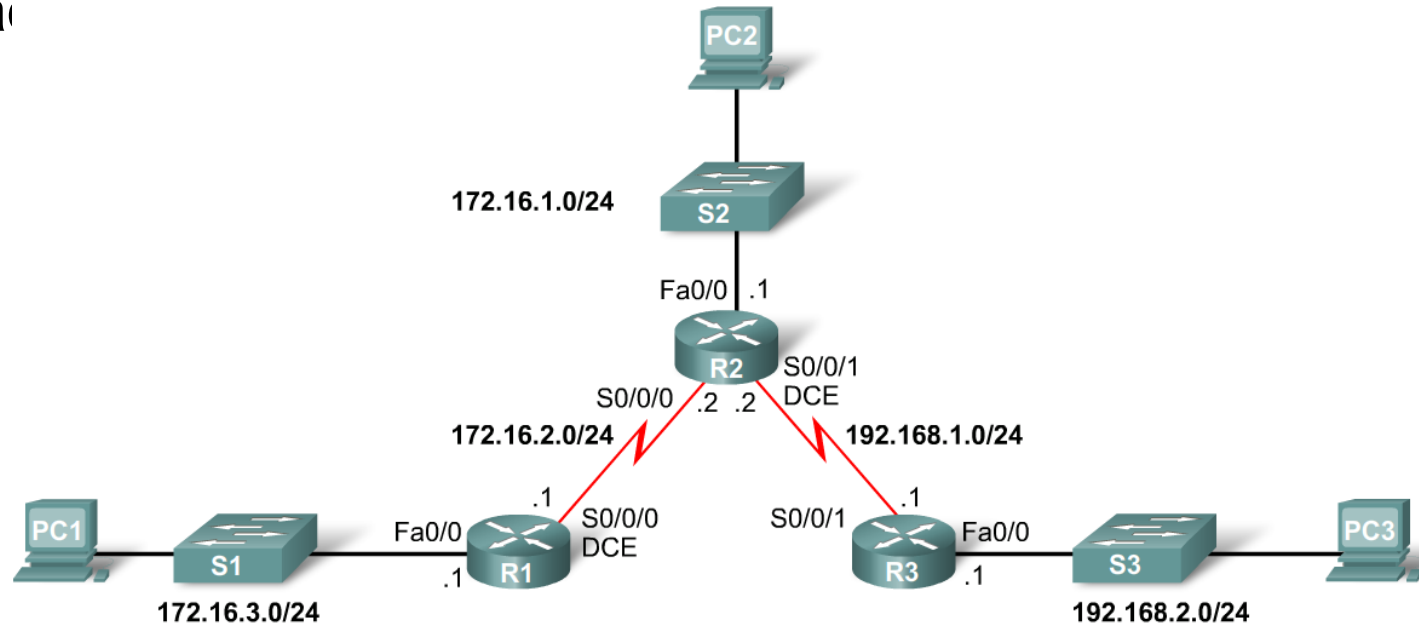
```
S      0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.1.2
```


Riešenie problémov so statickým smerovaním

- Medzi nástroje vhodné na riešenie problémov so statickým smerovaním patria
 - Príkaz **ping**: overuje možnosť komunikácie s cieľovým uzlom
 - Príkaz **tracert**: zobrazí poradie smerovačov, cez ktoré paket cestou do svojho cieľa prechádza
 - Príkaz **show ip route**: zobrazuje obsah smerovacej tabuľky
 - **show ip route static**
 - **show ip route network**
 - Príkaz **show ip interface brief**: zobrazí stručné info o adresách rozhraní a ich stave
 - Príkaz **show cdp neighbors detail**: zobrazí detailné informácie o susedných zariadeniach (len Cisco)
 - Príkaz **debug ip routing**: zapne ladenie práce so smerovacou tabuľkou – priebežné zobrazovanie informácií o zmene jej obsahu (toto ladenie beží nepretržite a je ho potrebné po konci práce vypnúť príkazom **undebug ip routing**)

Kontrola správnosti statických smerov

- Vhodný je nasledujúci postup
 - Krok 1: príkaz **ping** na IP adresu v cieľovej sieti
 - Krok 2: príkaz **show ip route** a overiť prítomnosť staticky konfigurovanej cesty v smerovacej tabuľke
 - Krok 3: príkaz **show running-config** a overiť, či bol príkaz **ip route** zadaný korektne, podľa potreby použiť ďalšie príkazy z predchádzajúceho kroku





Konfigurácia IPv6 statických smerovacích položiek

IPv6 statické smerovacie položky

- Väčšina parametrov je rovnaká ako pri konfigurácii IPv4 statických ciest.
- Tiež ich možno implementovať ako:
 - Štandardné Standard IPv6 static route
 - Default Default IPv6 static route
 - Sumárne Summary IPv6 static route
 - Plávajúce Floating IPv6 static route

IPv4: **ip route**

IPv6: **ipv6 route**

- Navyše však je potrebné povoliť smerovanie IPv6 paketov príkazom v globálnom konfiguračnom móde:

ipv6 unicast-routing

IPv6 statické smerovacie položky

- Konfigurácia v globálnom konfiguračnom režime príkazom

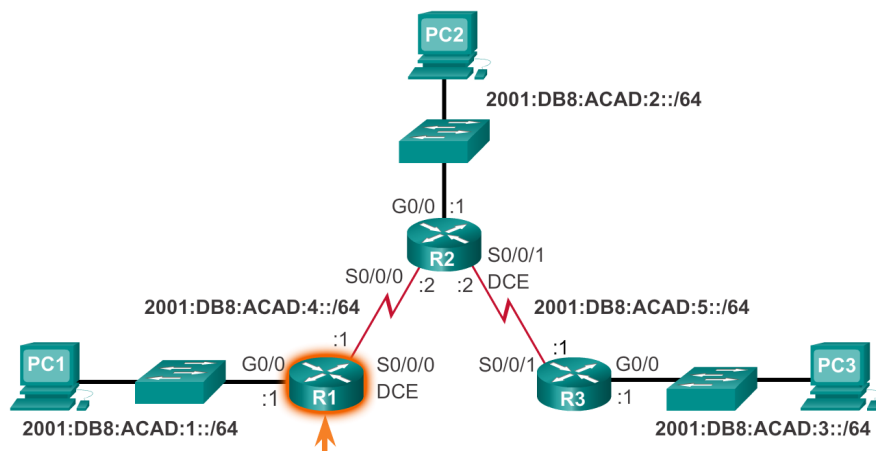
ipv6 route *siet'/délka-prefixu d'alší-smerovač [admvzd.]*

alebo

ipv6 route *siet'/dĺžka-prefixu výst.-rozhranie [admvzd.]*

alebo

```
ipv6 route siet'/dĺžka-prefixu ďalší-smerovač výst.rozhranie [admvzd.]
```



```
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 2001:DB8:ACAD:4::2
```

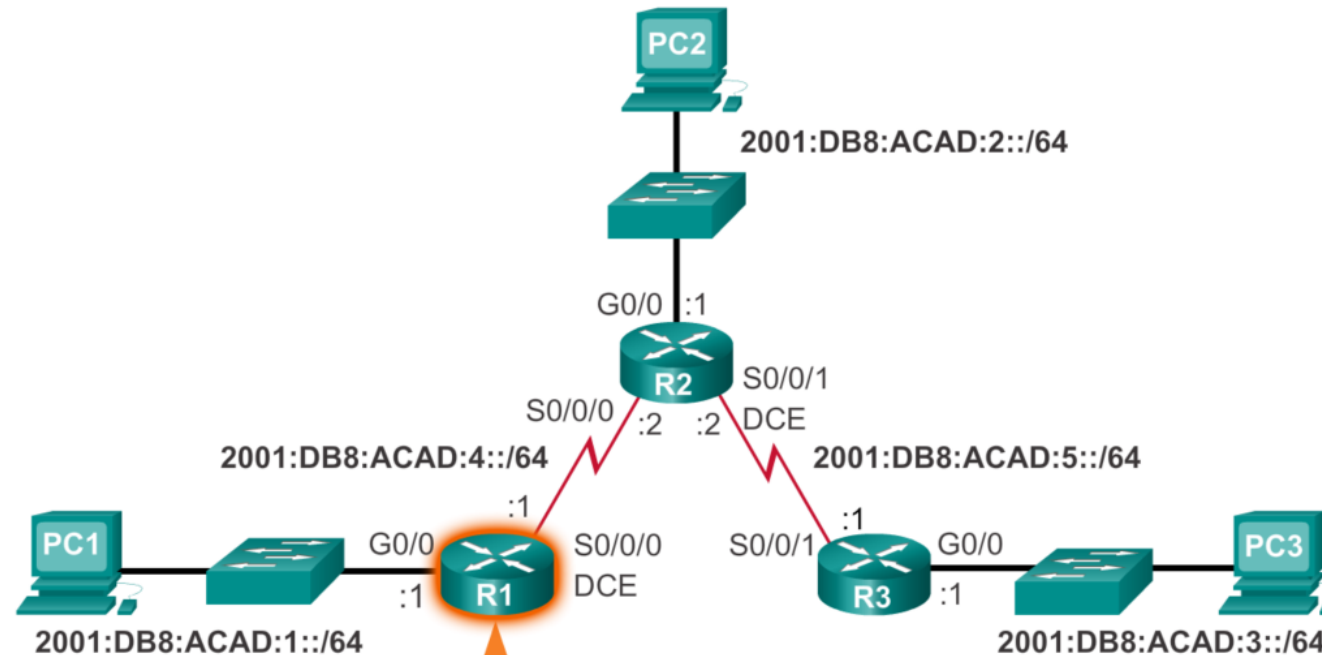
alebo

```
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 s0/0/0
```

alebo

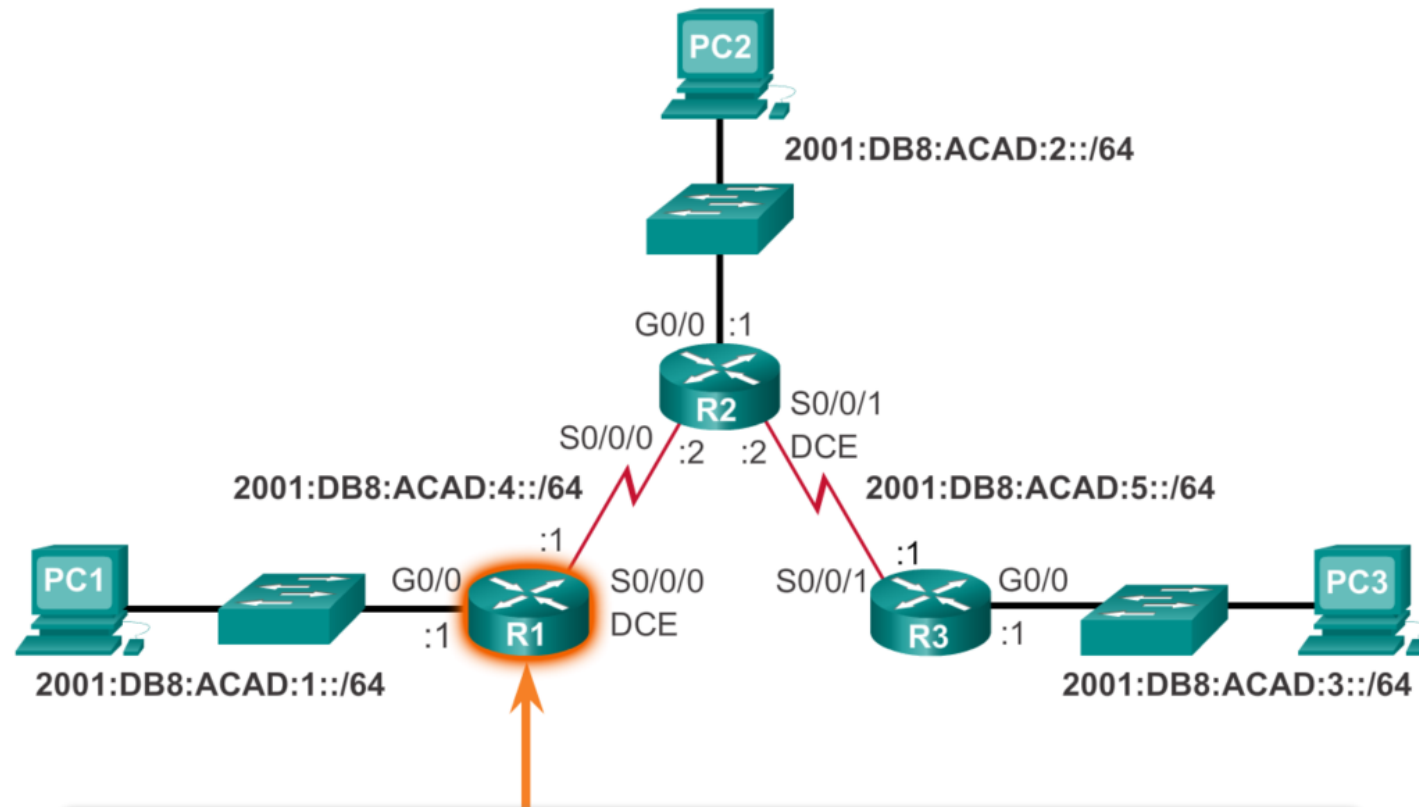
```
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 2001:DB8:ACAD:4::2 s0/0/0
```

IPv6 statické smery s použitím adresy susedného smerovača



```
R1 (config) # ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 2001:DB8:ACAD:4::2
R1 (config) # ipv6 route 2001:DB8:ACAD:5::/64 2001:DB8:ACAD:4::2
R1 (config) # ipv6 route 2001:DB8:ACAD:3::/64 2001:DB8:ACAD:4::2
R1 (config) #
```

IPv6 statické smery s použitím výstupného rozhrania



```
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 s0/0/0
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD:5::/64 s0/0/0
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD:3::/64 s0/0/0
R1(config)#
R1#
```

IPv6 statické smery s plnou špecifikáciou Tzv. fully specified



```
R1(config)# ipv6 route 2001:db8:acad:2::/64 fe80::2
% Interface has to be specified for a link-local nexthop
R1(config)# ipv6 route 2001:db8:acad:2::/64 s0/0/0 fe80::2
R1(config)#
```


Overenie IPv6 statických smerov

- ping
- traceroute
- **show ipv6 route**
- **show ipv6 route static**
- **show ipv6 route network**
- **debug ipv6 routing**
- **undebug ipv6 routing** (alebo: undebug all)

```
R1# show ipv6 route static | begin 2001:DB8:ACAD:2::/64
S    2001:DB8:ACAD:2::/64 [1/0]
    via FE80::2, Serial0/0/0
```

Overenie IPv6 statických smerov

```
R1# show ipv6 route static
```

```
IPv6 Routing Table - default - 8 entries
```

```
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static, U - Per-user Static route
```

```
       B - BGP, R - RIP, I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2
```

```
       IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary, D - EIGRP,
```

```
       EX - EIGRP external, ND - ND Default, NDp - ND Prefix,
```

```
       DCE - Destination, NDr - Redirect, O - OSPF Intra,
```

```
       OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1, OE2 - OSPF ext 2
```

```
       ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
```

```
S    2001:DB8:ACAD:2::/64 [1/0]
```

```
    via 2001:DB8:ACAD:4::2
```

```
S    2001:DB8:ACAD:3::/64 [1/0]
```

```
    via 2001:DB8:ACAD:4::2
```

```
S    2001:DB8:ACAD:5::/64 [1/0]
```

```
    via 2001:DB8:ACAD:4::2
```

Overenie IPv6 statických smerov

```
R1# show ipv6 route 2001:db8:acad:3::  
Routing entry for 2001:DB8:ACAD:3::/64  
  Known via "static", distance 1, metric 0  
  Route count is 1/1, share count 0  
  Routing paths:  
    2001:DB8:ACAD:4::2  
    Last updated 00:19:11 ago
```

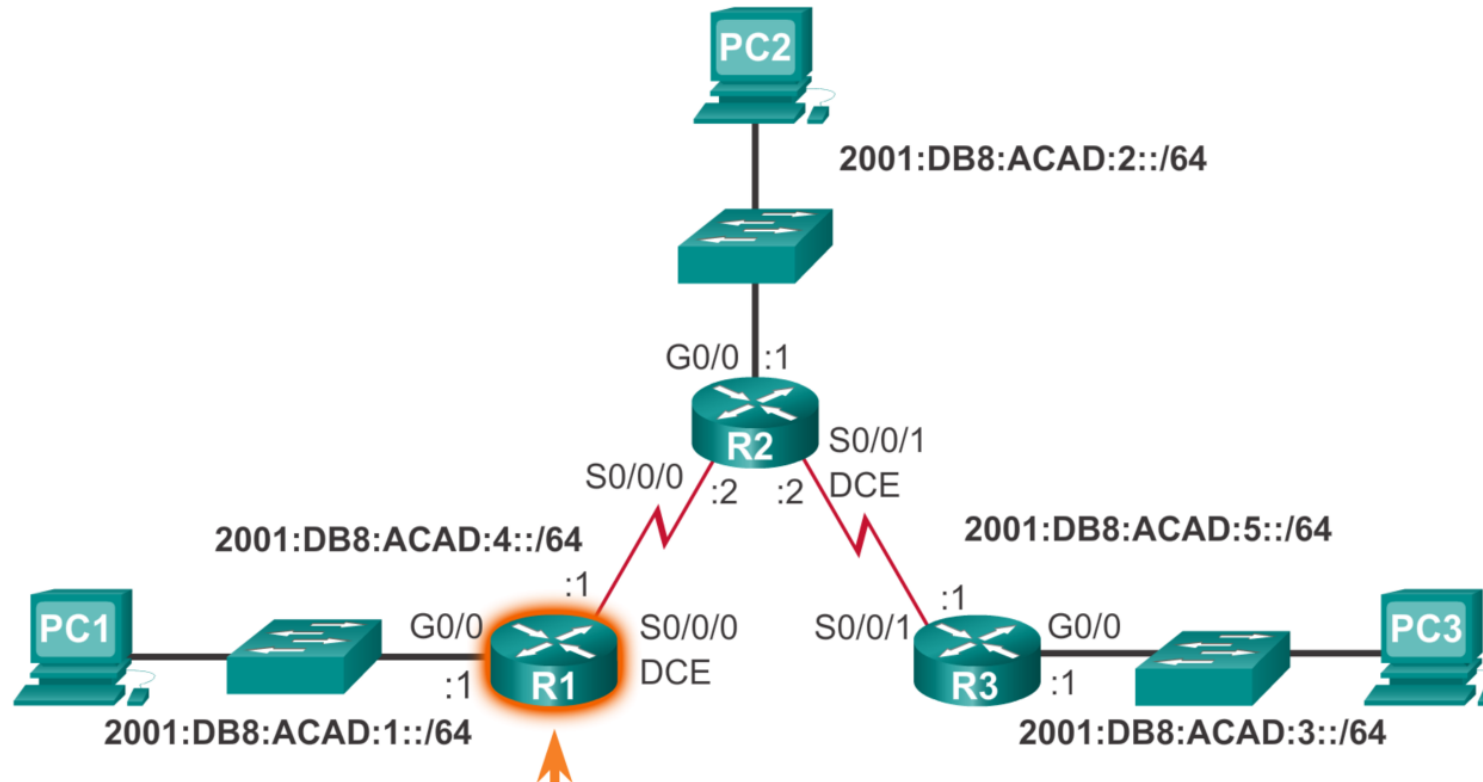
```
R1# show running-config | section ipv6 route  
ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 2001:DB8:ACAD:4::2  
ipv6 route 2001:DB8:ACAD:3::/64 2001:DB8:ACAD:4::2  
ipv6 route 2001:DB8:ACAD:5::/64 2001:DB8:ACAD:4::2  
R1#
```

Default Static IPv6 Route

```
ipv6 route ::/0 { ipv6-address |exit-intf }
```

- Voľba poslednej možnosti
 - použije sa keď nepasuje žiadna iná špecifickejšia smerovacia položka
- Bud' sa nakonfiguruje lokálne
 - alebo sa naučí dynamicky od iného smerovača

Default Static IPv6 Route



```
R1(config)# ipv6 route ::/0 2001:DB8:ACAD:4::2
R1(config)#
```

Overenie default static IPv6 route

```
R1# show ipv6 route static
```

```
IPv6 Routing Table - default - 6 entries
```

```
Codes: C - Connected, L - Local, S - Static,
```

```
U - Per-user Static route
```

```
B - BGP, R - RIP, I1 - ISIS L1, I2 - ISIS L2
```

```
IA - ISIS interarea, IS - ISIS summary,
```

```
D - EIGRP, EX - EIGRP external
```

```
ND - ND Default, NDp - ND Prefix,
```

```
DCE - Destination, NDr - Redirect
```

```
O - OSPF Intra, OI - OSPF Inter, OE1 - OSPF ext 1,
```

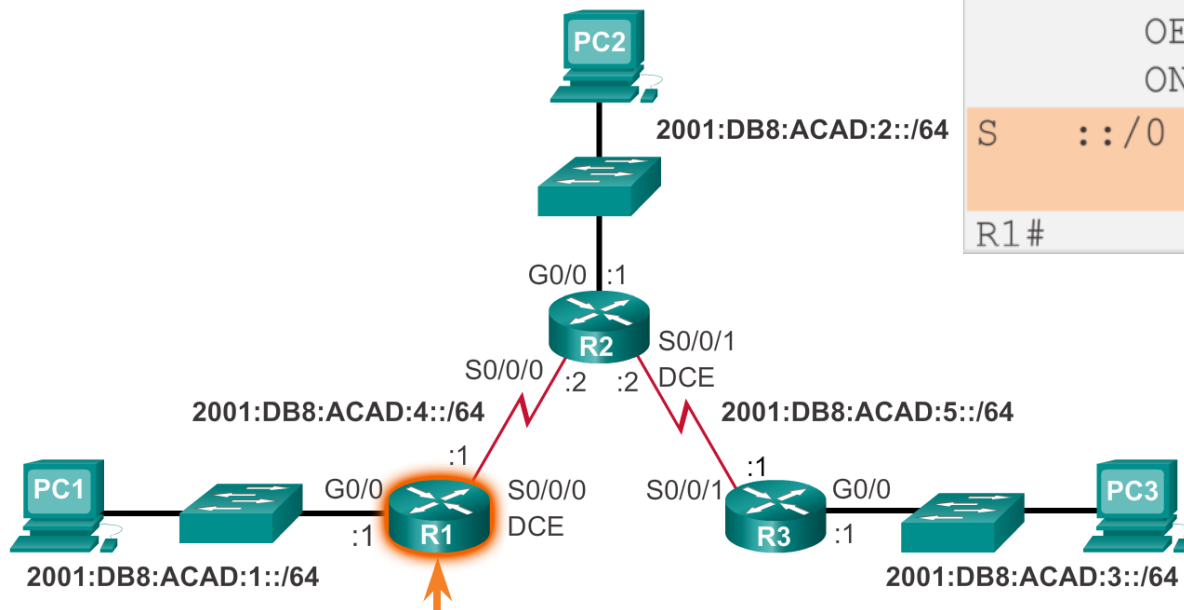
```
OE2 - OSPF ext 2
```

```
ON1 - OSPF NSSA ext 1, ON2 - OSPF NSSA ext 2
```

```
S ::/0 [1/0]
```

```
via 2001:DB8:ACAD:4::2
```

```
R1#
```



Sumárne IPv6 smerovacie položky

- Podobne ako v IPv4
- Sumarizácia je možná vtedy keď cieľové siete, ktoré ideme sumarizovať...
 - ..sú v sieti rozprestreté spojitou (správny IP dizajn)
 - ..používajú tú istú cestu – t.j. to isté výstupné rozhranie, alebo tú istú adresu susedného smerovača

Sumarizácia IPv6 adries sietí

2001:0DB8:ACAD:1::/64

2001:0DB8:ACAD:2::/64

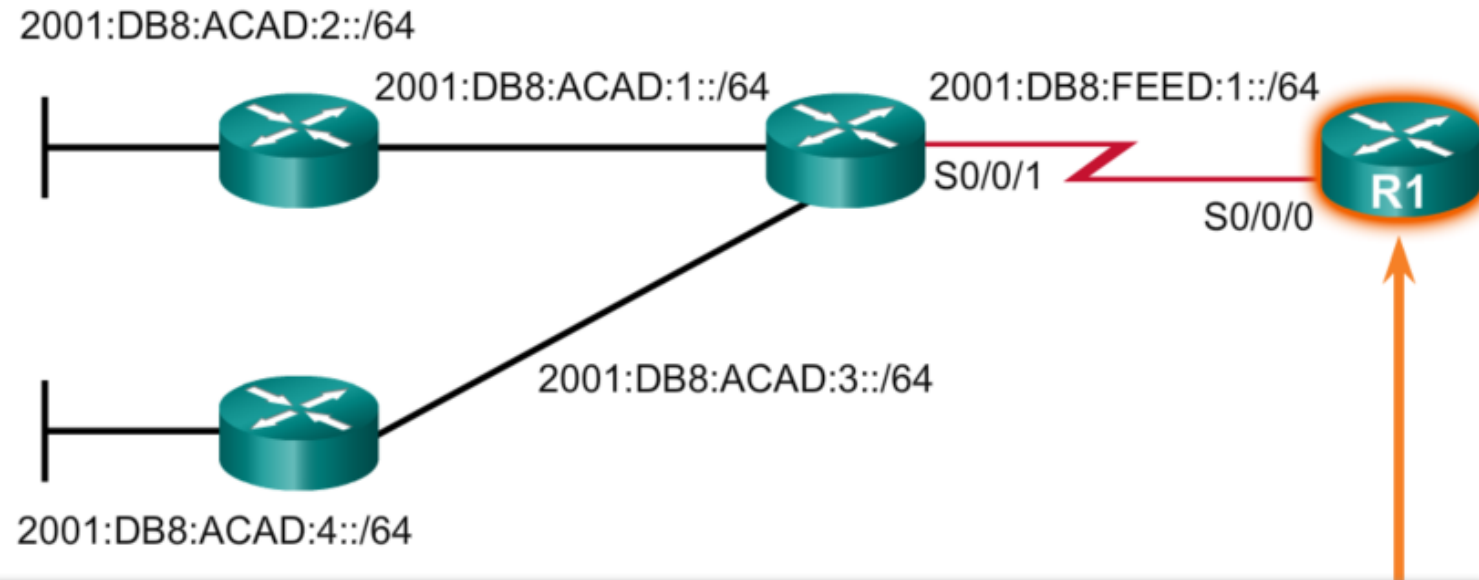
2001:0DB8:ACAD:3::/64

2001:0DB8:ACAD:4::/64



2001:DB8:ACAD::/61

Konfigurácia IPv6 sumárnych smerovacích položiek



```
R1(config)# no ipv6 route 2001:DB8:ACAD:1::/64 2001:db8:feed:1::2
R1(config)# no ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 2001:db8:feed:1::2
R1(config)# no ipv6 route 2001:DB8:ACAD:3::/64 2001:db8:feed:1::2
R1(config)# no ipv6 route 2001:DB8:ACAD:4::/64 2001:db8:feed:1::2
R1(config)#
R1(config)#
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8:ACAD::/61 2001:db8:feed:1::2
R1(config)#
```

IPv 6 Floating Static Routes – plávajúce záznamy

- Rovnako ako v IPv4

ipv6 route *sieť maska ďalší-smerovač [admvzd.]*

Príklad 1: IPv6 floating static route:

```
R1(config)# ipv6 route 2001:DB8::/32 serial 2/0 201
```

Príklad 2: IPv6 floating default static route:

```
R1(config)# ipv6 route ::/32 serial 2/0 201
```

- V smerovacej tabuľke sa objaví vtedy, ak nie je k dispozícii nič lepšie (lepšie = záznam s menším administrative distance), resp. keď to „lepšie“ z nej práve vypadne



Ďakujem za pozornosť!

Ohodnoť našu CNA na google:

- <https://goo.gl/maps/BAnFvQKYCBpffcEX7>



Networking
Academy