



UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science
and Informatics

Úvod do smerovačov a smerovania

Počítačové siete 1

Mgr. Jana Uramová, PhD.

Katedra informačných sietí

Fakulta riadenia a informatiky, UNIZA

Prednášky		Kapitoly na Netacad-e	Cvičenia	Ostrý test (Moodle)	Cvičný test (Netacad)
1.	Princípy smerovania, statické smerovanie	SRWE_14 Routing Concepts SRWE_15 IP Static Routing SRWE_16 Troubleshoot Static and Default Routes	Opakovanie PIKSu		
2.	Úvod do dynamického smerovania (protokoly RIPv2, RIPv6)	(nie je aktuálne pokrytý v Netacad curricule v7.0)	Static routing	T01_static	SRWE 14-16: Routing Concepts and Configuration Exam External tool
3.	Úvod do prepínaných sietí, LAN dizajn a konfigurácia prepínačov	SRWE_1 Basic Device Configuration SRWE_2 Switching Concepts ENSA_11 Network Design	RIPv2, RIPv6	T02_RIP	Modul quizzes
4.	Virtuálne LAN siete, smerovanie medzi nimi a ich škálovanie	SRWE_3 VLANs SRWE_4 Inter-VLAN Routing	Port security	T03_prepinac	SRWE 1-4: VLANs, and InterVLAN Routing Exam External tool
5.	Riešenie redundancie a slučiek v prepínanej sieti (STP)	SRWE_5 STP Concepts	VLANs	T04_VLANs	Modul quiz
6.	Redundancia default brány. Agregácia portov.	SRWE_6 EtherChannel SRWE_9 FHRP Concepts	STP	T05_STP	Modul quizzes
7.	Sieťová bezpečnosť, ACL zoznamy na kontrolu prístupu	ENSA_03 Network Security Concepts ENSA_04 ACL Concepts ENSA_05 ACLs for IPv4 Configuration	Etherchannel, HSRP	T06_EthCh+FHRP	SRWE 5-6: Redundant Networks
8.	Dynamické pridelovanie adries (DHCPv4 a DHCPv6)	SRWE_7 DHCPv4 SRWE_8 SLAAC and DHCPv6	ACL	T07_ACL	Modul quizzes
9.	Preklad adries (NAT pre IPv4)	ENSA_06 NAT for IPv4	DHCPv4, v6	T08_DHCP	SRWE 7-9: Available and Reliable Networks
10	Bezpečnosť v LAN	SRWE_10 LAN Security Concepts SRWE_11 Switch Security Configuration	NAT	T09_NAT	Modul quizzes
11	Bezdrôtová LAN	SRWE_12 WLAN Concepts SRWE_13 WLAN Configuration	Útoky na DHCP	T10_security	Modul quizzes
12	Praktické ukážky nasadenia technológií	Informácie ku skúške, praktické ukážky, informácie k nadväzujúcim predmetom	WLAN	T11_WLAN	SRWE 10-13: L2 Security and WLANs

Podmienky ku skúške

priebežné otvorené otázky [váha 25% z celkového skóre]

- píšú sa na 2. až 12. cvičení
- každý za 5 bodov, spolu $11 \times 5 = 55$ bodov
- započítavajú sa ku skúške
- min. treba 60% bodov, t.j. min. 33 bodov z 55.

priebežné testy z kapitol [váha 0% z celkového skóre]

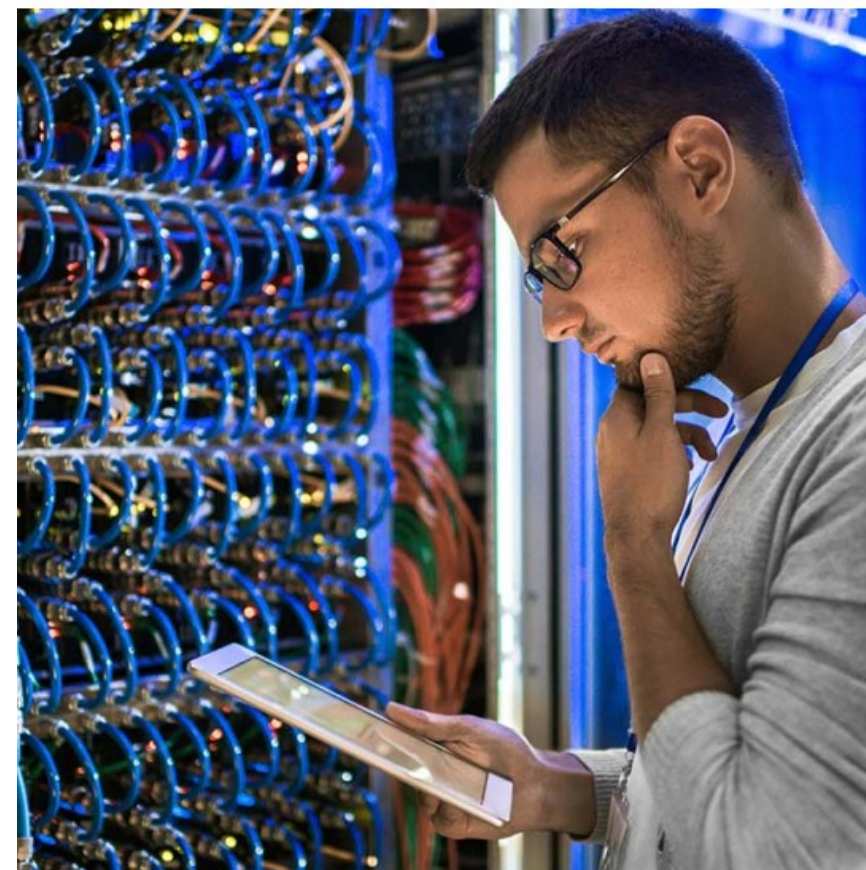
- príprava na veľký test FINAL exam na skúške
- doma, voliteľné ale odporúčané

domáce úlohy v PT a aktivita [bonusové body]

- DÚ v PT: max. 1 bod za každú
 - Dobrovoľné (povinnosť určuje cvičiaci)
- Aktivita na cvičeniach, prednáškach, vo fórach a diskusiách

Skúška

- **CCNA 2 Final Exam test**
[váha 15% z celkového skóre]
 - teoreticko-praktické otázky na portáli Netacad (s výberom odpovede)
 - min. 60% z FINAL testu.
- **písomno/ústna skúška** s otvorenými otázkami
[váha 25% z celkového skóre]
 - 4 otázky
 - max. **5** bodov za jednu otázku, spolu $4 \times 5 = 20$ bodov.
 - min. 60% bodov, t.j. min. **12** z **20** bodov.
- praktická skúška **Skill Exam**
[váha 35% z celkového skóre]
 - Konfigurácia zariadení podľa zadania – veľká topológia
 - Min. 60% bodov



Hodnotenie

- Stupnica:
 - <92,100> bodov A
 - <84, 92) bodov B
 - <76, 84) bodov C
 - <68, 76) bodov D
 - <60, 68) bodov E
- Celkové skóre =
 - Priebežné testy s otvorenými otázkami [25%] +
FINAL exam [15%] +
Finálny test s otvorenými otázkami/Ústne skúšanie [25%] +
SKILL exam [35%]
 - pričom pre každú časť je potrebné dosiahnuť minimálne 60% úspešnosť

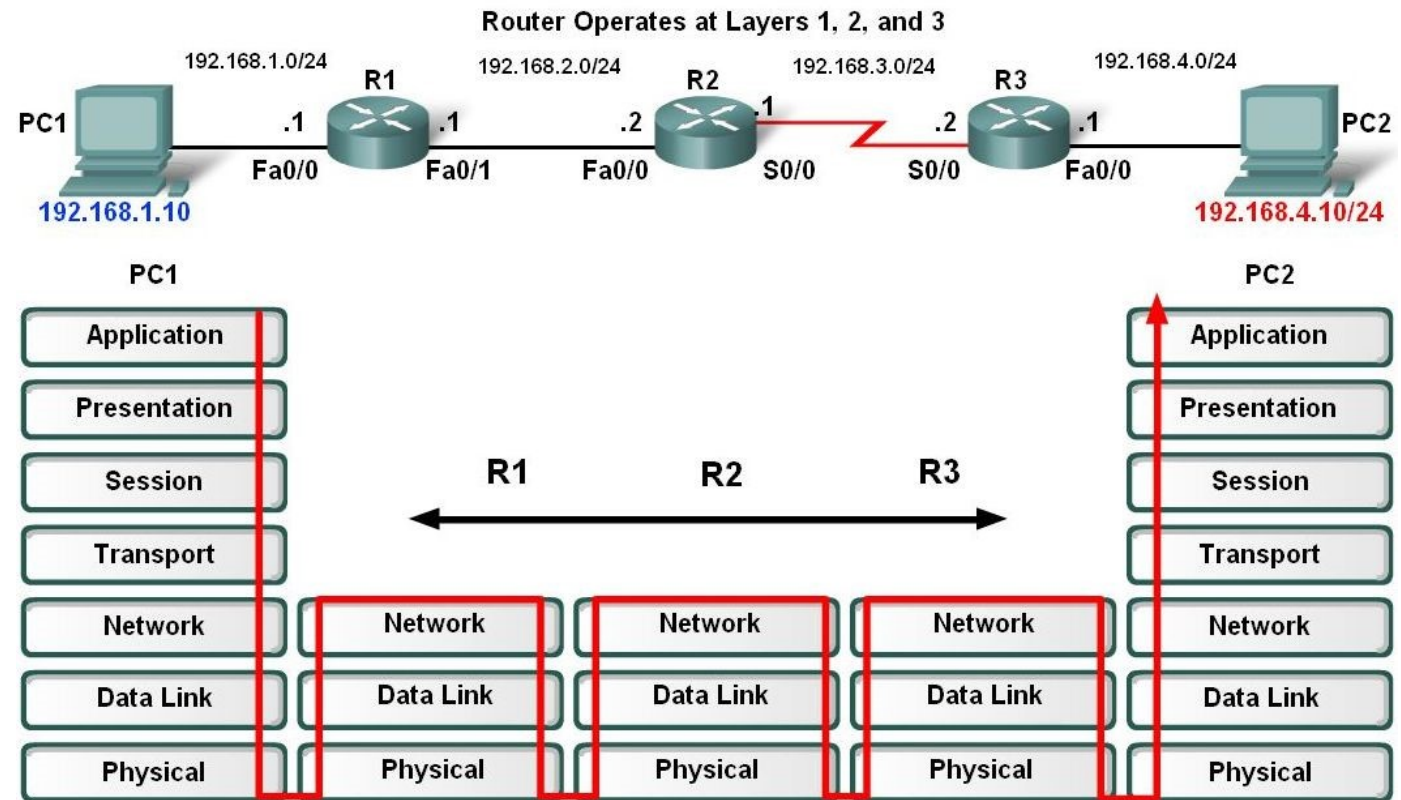




Úvod do bežných smerovačov

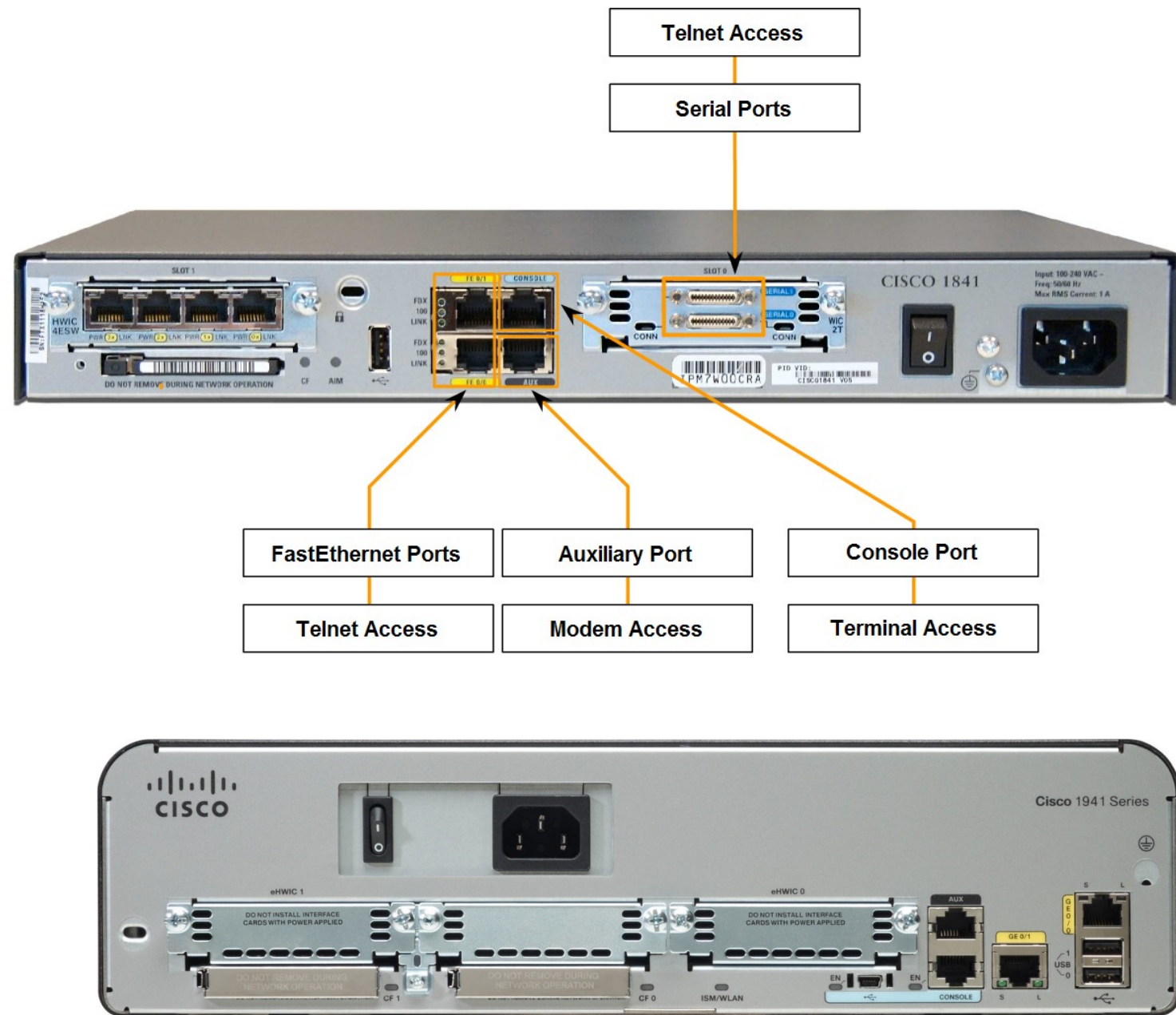
Činnosť smerovača

- je zariadením prvých 3 vrstiev OSI
- 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 **smerovaciú 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



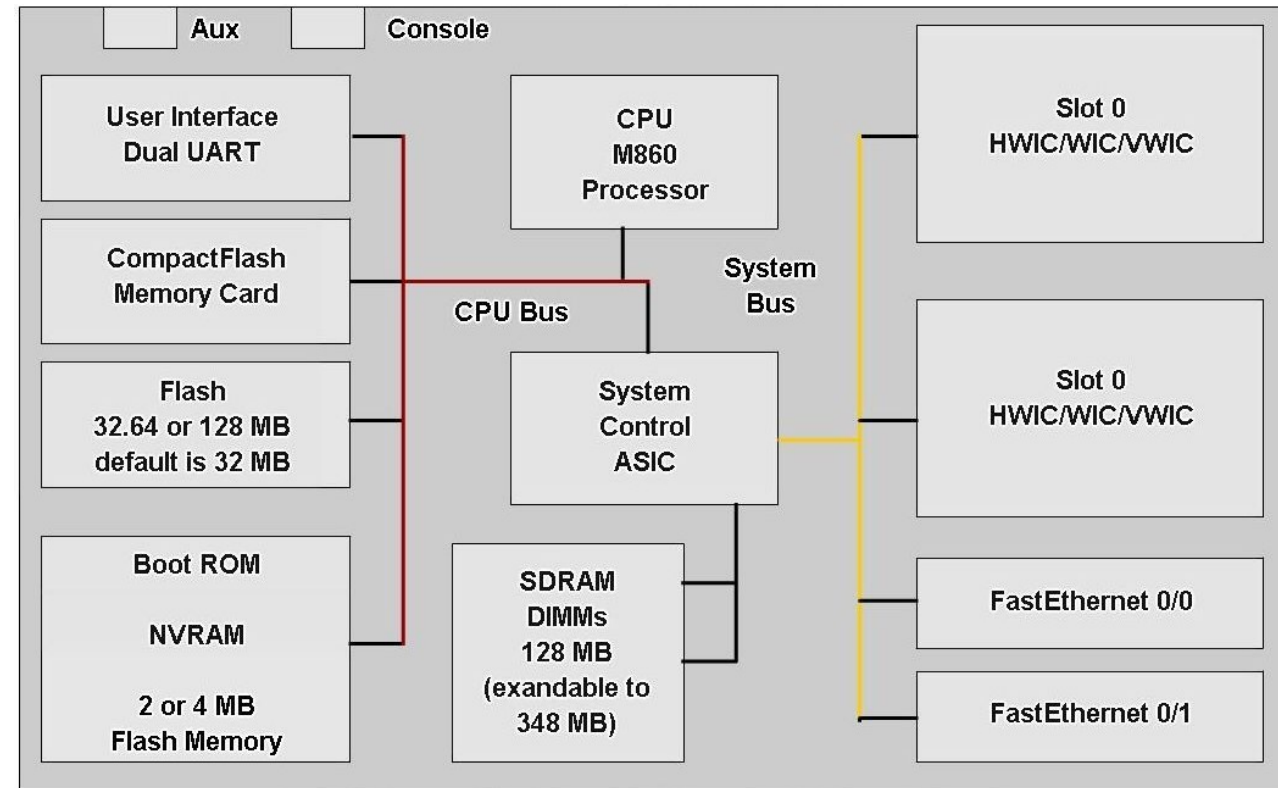
Cisco smerovače

- **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



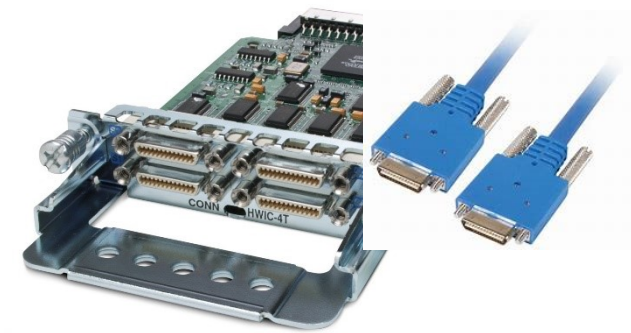
Smerovač je špecializovaný počítač

- 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. (512 MB Cisco 1941)
 - NVRAM – obsahuje uloženú konfiguráciu (trvalá pamäť)
 - FLASH – obsahuje operačný systém (trvalá pamäť), pre Cisco 1941: 256 MB plus max. 2 ext. Compact Flash
 - ROM – obsahuje zavádzač operačného systému, diagnostický kód ROMMON a POST
 - ASIC – špecializovaný jednoúčelový obvod na špeciálne funkcie (rozhrania..)



Rozhrania smerovača

- tradične sa delia na rozhrania pre WAN a pre LAN
 - sú si rovnocenné, akurát využívajú rôzne L1 a L2 technológie vhodné pre WAN alebo LAN siete
- **WAN** rozhrania smerovača
 - Sériové rozhrania RS-232 (v minulosti aj X.21, V.35)
 - SDH/SONET, DOCSIS, DSL (v min. aj Frame Relay, ISDN, ATM)
 - Ethernet
 - S výnimkou Ethernetu WAN rozhrania **nemávajú MAC** adresu, podľa L2 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

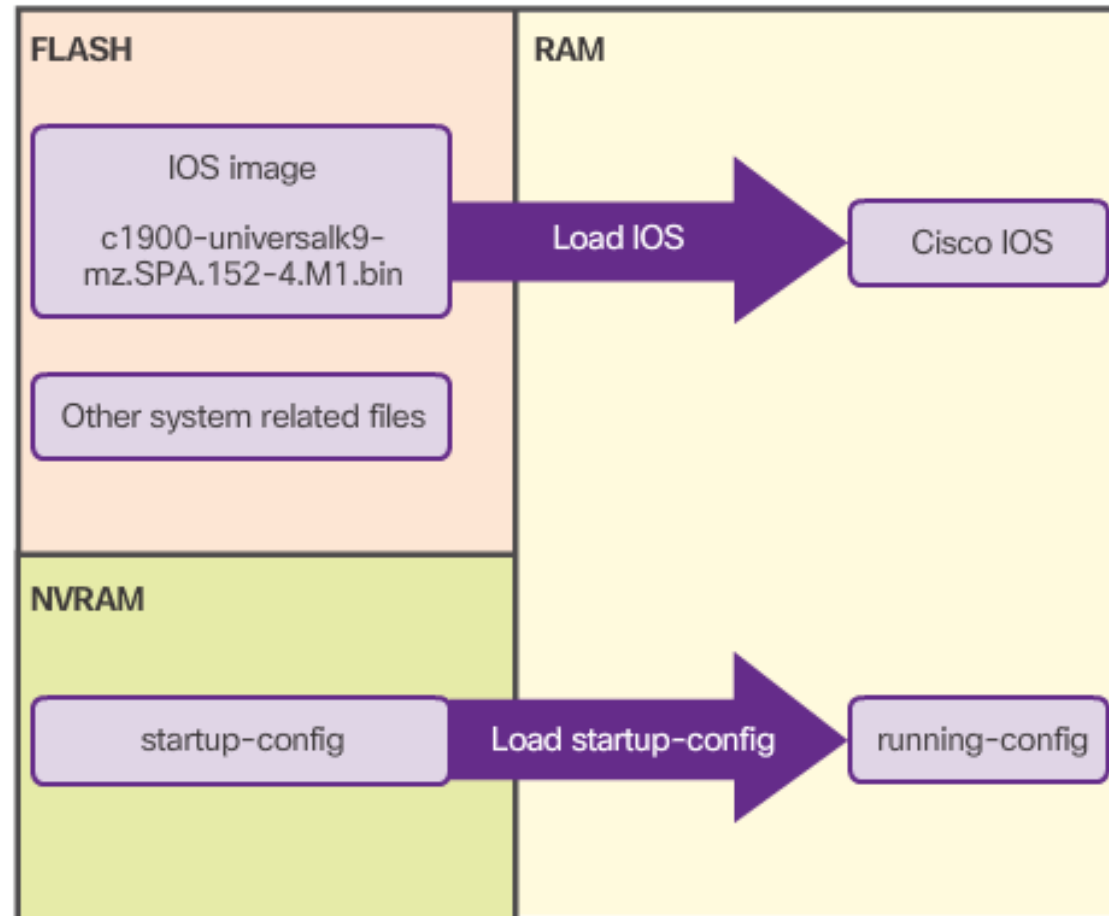


BIDI 100M 1.25G 20km



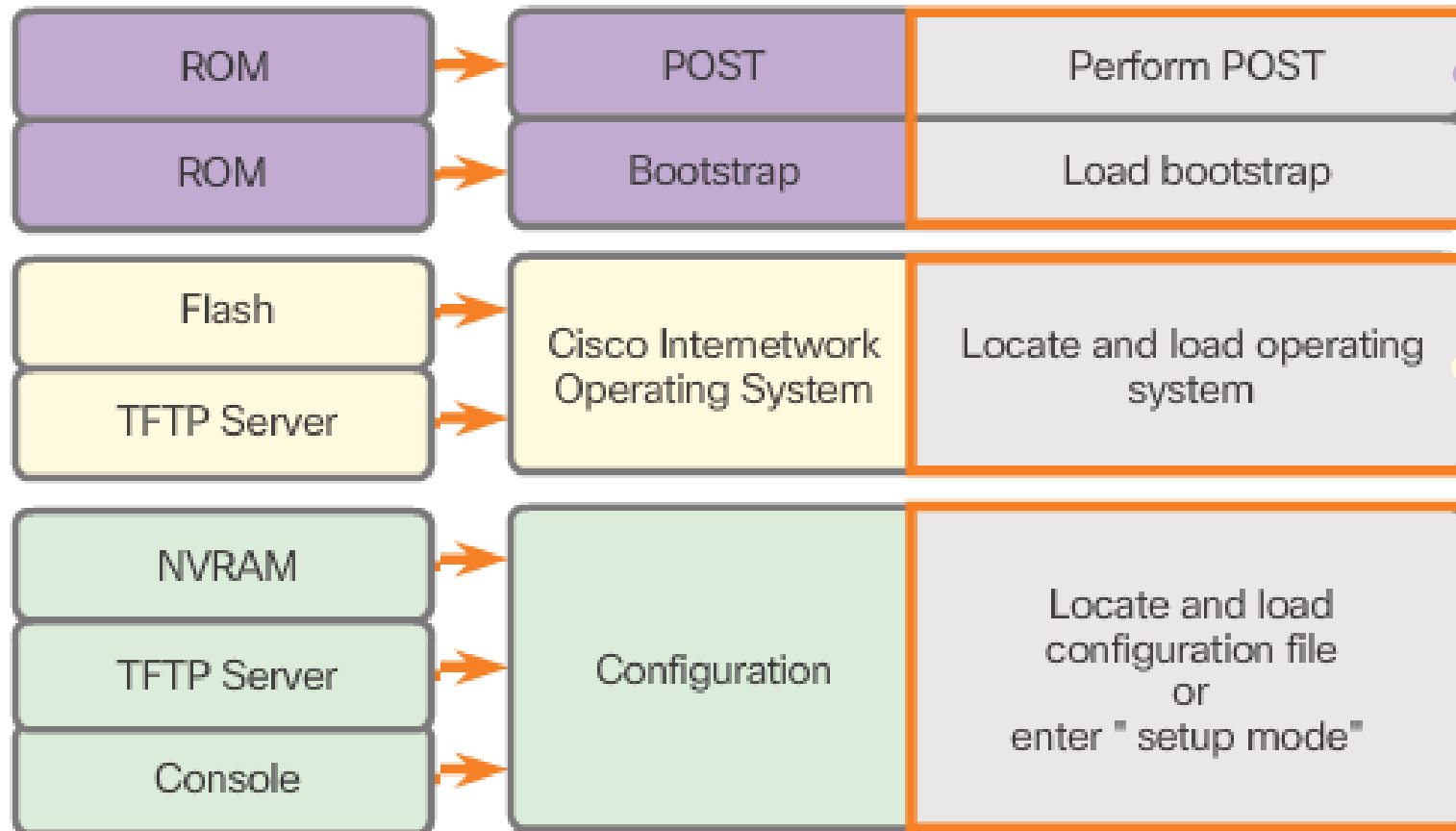
Načítavanie potrebných súborov pri štarte

Files Copied to RAM During Bootup



Proces bootovania smerovača

- **0x2102**=load IOS from flash and then the configuration from NVRAM. The router looks in NVRAM for the boot sequence
- **0x2100**=Load ROM Monitor Mode
- **0x2101**=load Mini-IOS from ROM
- **0x2142**=Load IOS from Flash and do not load startup-config



● Diagnostika HW súčastí (CPU, RAM, NVRAM)

● Skopíruje sa z ROM do RAM. Jeho hlavnými úlohami je nájsť IOS a startup-config a načítať ich do RAM.

● Ak nenájde plnú verziu IOSu nikde, spustí limitovanú verziu z ROM (následne diagnostika, aký je problém, resp. ak treba, preniesť do Flash nový IOS)

● Bootstrap ho skopíruje z NVRAM do RAM ako running-config. Ak neexistuje, skúša ho nájsť na TFTP serveri, ak ani tam nie, tak ponúkne Setup mode.

Výstup z příkazu show version

```
Router#show version
Cisco IOS Software, C1900 Software (C1900-UNIVERSALK9-M),
Version 15.2(4)M1, RELEASE SOFTWARE (fc1)
Technical Support: http://www.cisco.com/techsupport
Copyright (c) 1986-2012 by Cisco Systems, Inc.
Compiled Thu 26-Jul-12 19:34 by prod_rel_team

ROM: System Bootstrap, Version 15.0(1r)M15,
RELEASE SOFTWARE (fc1)

Router uptime is 10 hours, 9 minutes
System returned to ROM by power-on
System image file is
"flash0:c1900-universalk9-mz.SPA.152-4.M1.bin"
Last reload type: Normal Reload
Last reload reason: power-on

<output omitted>

Cisco CISCO1941/K9 (revision 1.0)
with 446464K/77824K bytes of memory.
Processor board ID FTY1636242Z
```

```
2 Gigabit Ethernet interfaces
2 Serial(sync/async) interfaces
1 terminal line
DRAM configuration is 64 bits wide with parity disabled.
255K bytes of non-volatile configuration memory.
250880K bytes of ATA System CompactFlash 0 (Read/Write)

<output omitted>

Technology Package License Information for Module:'c1900'

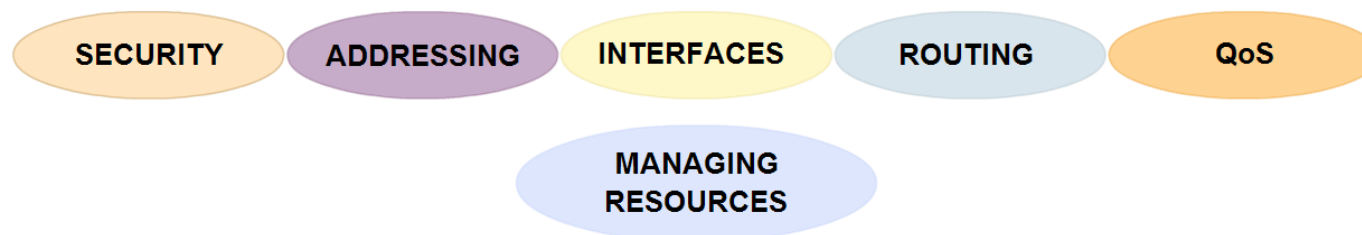
-----
Technology   Technology-package   Technology-package
              Current         Type                Next reboot
-----
ipbase       ipbasek9             Permanent           ipbasek9
security     None                 None                None
data         None                 None                None

Configuration register is 0x2142
(will be 0x2102 at next reload)
```

Internetwork Operating System

- IOS je špecializovaný sieťový operačný systém
 - Stará sa o **riadenie hardvéru** sieťového zariadenia (obsahuje ovládače), prideluje **systemové prostriedky** bežiacim procesom (procesor, pamäť, I/O periférie, ...)
 - Vykonáva **sieťové operácie** (prepínanie, smerovanie, filtrovanie, beh rôznych riadiacich 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**

Internetwork Operating System for Cisco networking devices



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 😊)

Konfigurácia siet'. rozhraní

- Sieťové 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

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

- prenášajú v každom momente len **1 bit** jedným smerom
- sú podľa svojho zapojenia dvoch rôznych druhov
 - Data Circuit-terminating Equipment (DCE) – prispôsobuje dáta na prenos po WAN médiu (modem)
 - zodpovedné za generovanie **hodinového taktu**. Pri každom „tiknutí hodín“ sa rozhraním preniesie 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)
 - Pasívne sa 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“

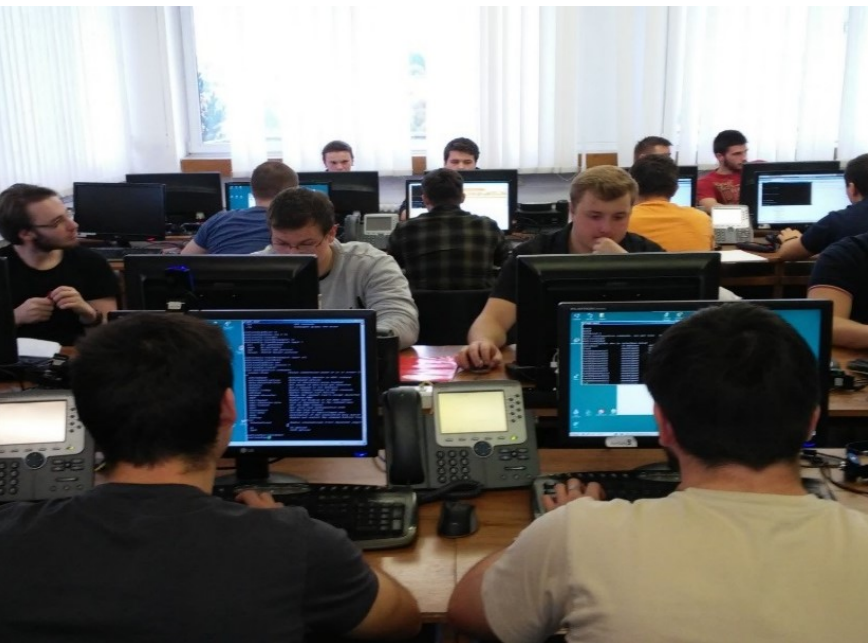
Status označuje stav rozhrania na fyzickej vrstve

- **Administratively down**: rozhranie je vypnuté príkazom **shutdown**
- **Down**: rozhranie je zapnuté príkazom **no shutdown**, avšak nemá elektrickú konektivitu s prot'ajším zariadením – platí iba pri sériových portoch:
 - 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

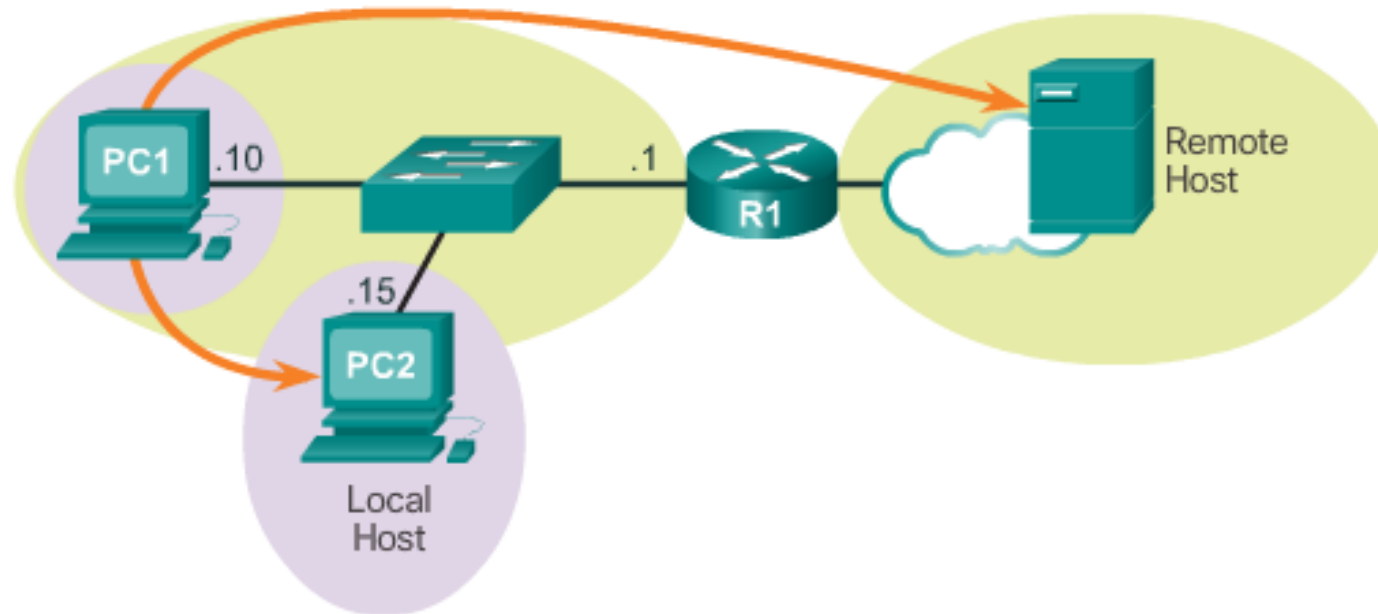


Smerovacia tabuľka koncového zariadenia

Rozhodnutia koncového zariadenia

Počítač môže poslať pakety:

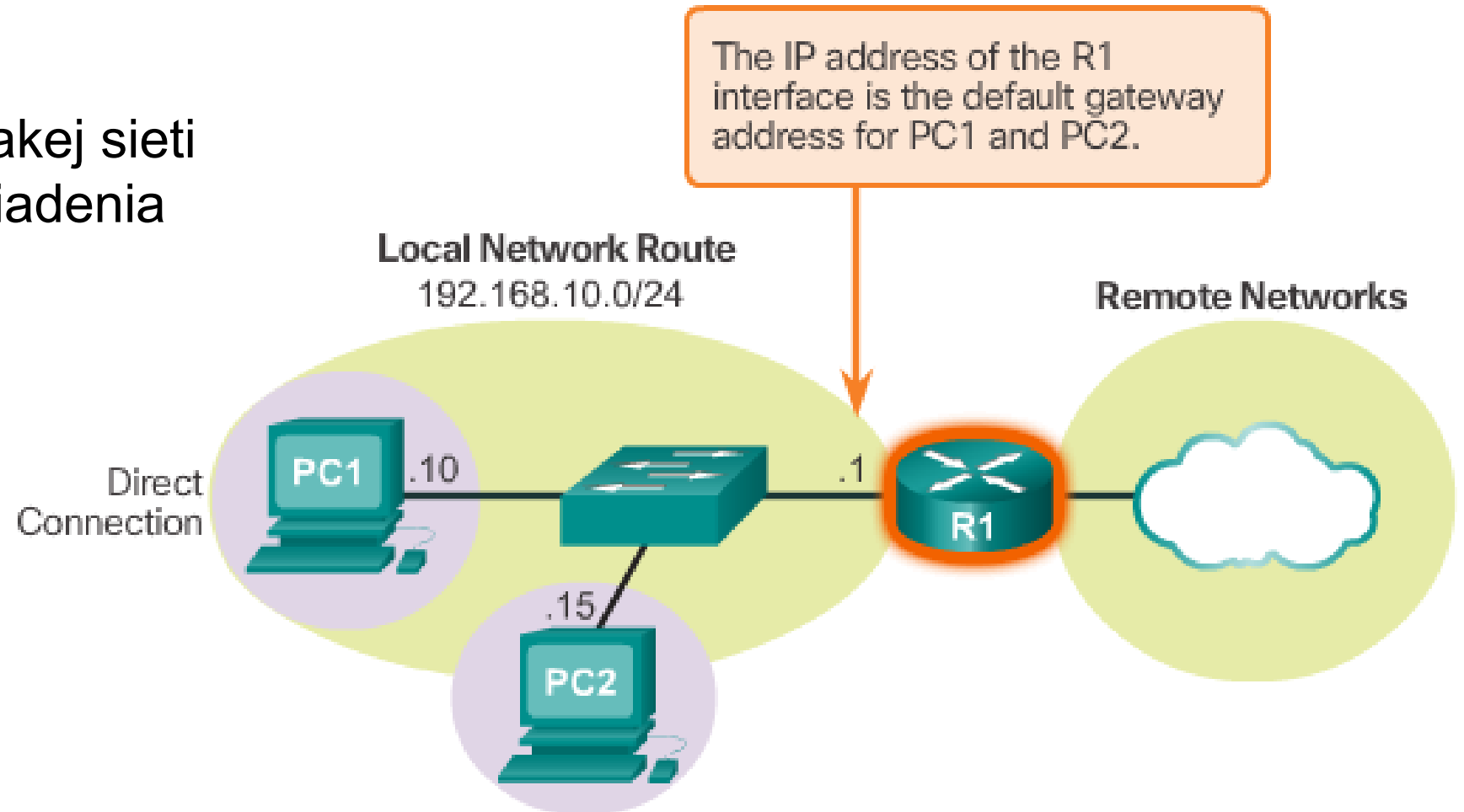
- Sebe samému
- Lokálnemu hostovi
- Vzdialenému hostovi



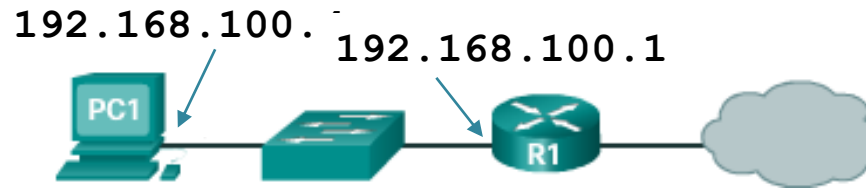
Default gateway

- Smeruje pakety do vzdialených sietí
- Má aspoň jedno rozhranie v rovnakej sieti ako koncové zariadenia v danej LAN

Host Default Gateway

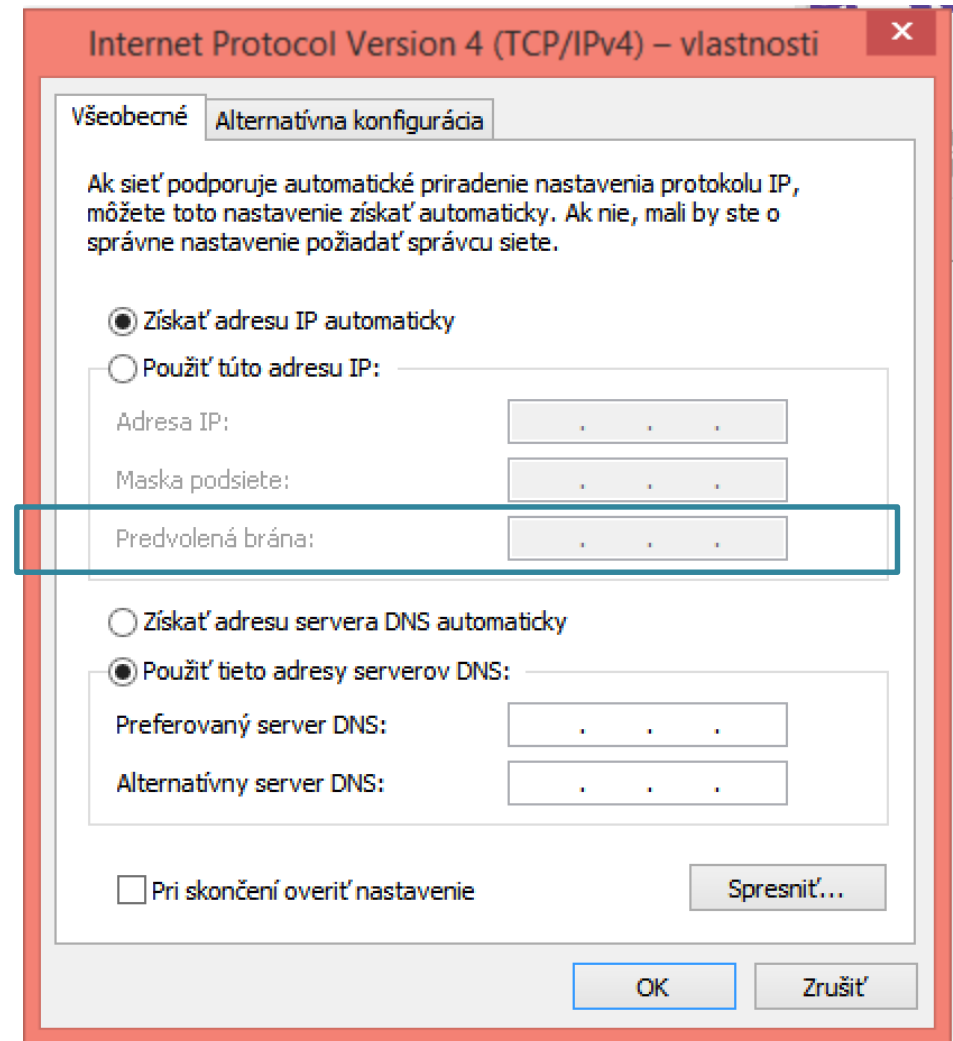


Default gateway



Wireless LAN adapter Wi-Fi:

```
Connection-specific DNS Suffix . : 
Description . . . . . : Intel(R) Dual Band Wireless-AC 3160
Physical Address. . . . . : D0-7E-35-E7-0E-37
DHCP Enabled. . . . . : Yes
Autoconfiguration Enabled . . . . : Yes
Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::6ce4:4b68:db81:65ec%10(Preferred)
IPv4 Address. . . . . : 192.168.100.6(Preferred)
Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
Lease Obtained. . . . . : Wednesday, March 29, 2017 6:25:10 PM
Lease Expires . . . . . : Saturday, April 1, 2017 8:55:45 PM
Default Gateway . . . . . : fe80::fee3:3cff:febe:b27%10
                             192.168.100.1
DHCP Server . . . . . : 192.168.100.1
DHCPv6 IAID . . . . . : 147881525
DHCPv6 Client DUID. . . . . : 00-01-00-01-1C-8D-36-AF-F0-76-1C-6C-8A-66
DNS Servers . . . . . : fe80::1%10
                             192.168.100.1
NetBIOS over Tcpiip. . . . . : Enabled
```



Smerovacia tabuľka koncového zariadenia

netstat -r alebo route print

Obsahuje:

- Interface List - čísla rozhraní a MAC adresy (pre Ethernet, Wi-Fi, aj Bluetooth, ..)

IPv4 Route Table

- Default route (gateway of last resort = cesta poslednej možnosti)

- Loopback adresy (test funkčnosti TCP/IP)

- LAN sieť v ktorej je zapojený daný PC

- Multicast

- Broadcast

IPv6 Route Table

- Default route

- Global unicast (nie je vo výpise)

- Link-local

- Multicast

```
C:\Users\janau>route print
```

```
=====
```

```
Interface List
```

```
24...d0 7e 35 e7 0e 38 .....Microsoft Wi-Fi Direct Virtual Adapter
22...d2 7e 35 e7 0e 37 .....Microsoft Hosted Network Virtual Adapter
10...d0 7e 35 e7 0e 37 .....Intel(R) Dual Band Wireless-AC 3160
1.....Software Loopback Interface 1
2...00 00 00 00 00 00 e0 Microsoft Teredo Tunneling Adapter
23...00 00 00 00 00 00 e0 Microsoft ISATAP Adapter #6
=====
```

```
IPv4 Route Table
```

```
=====
```

```
Active Routes:
```

Network	Destination	Netmask	Gateway	Interface	Metric
0.0.0.0	0.0.0.0	0.0.0.0	192.168.100.1	192.168.100.6	55
127.0.0.0	127.0.0.0	255.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
127.0.0.1	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
127.255.255.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
192.168.100.0	255.255.255.0	255.255.255.0	On-link	192.168.100.6	311
192.168.100.6	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.100.6	311
192.168.100.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.100.6	311
224.0.0.0	240.0.0.0	240.0.0.0	On-link	127.0.0.1	331
224.0.0.0	240.0.0.0	240.0.0.0	On-link	192.168.100.6	311
255.255.255.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	127.0.0.1	331
255.255.255.255	255.255.255.255	255.255.255.255	On-link	192.168.100.6	311

```
=====
```

```
Persistent Routes:
```

```
None
```

```
IPv6 Route Table
```

```
=====
```

```
Active Routes:
```

If	Metric	Network	Destination	Gateway
10	311	:::	/0	fe80::fee3:3cff:febe:b27
1	331	:::	/128	On-link
10	311	fe80::	/64	On-link
10	311	fe80::6ce4:4b68:db81:65ec	/128	On-link
1	331	ff00::	/8	On-link
10	311	ff00::	/8	On-link

```
=====
```

```
Persistent Routes:
```

```
None
```

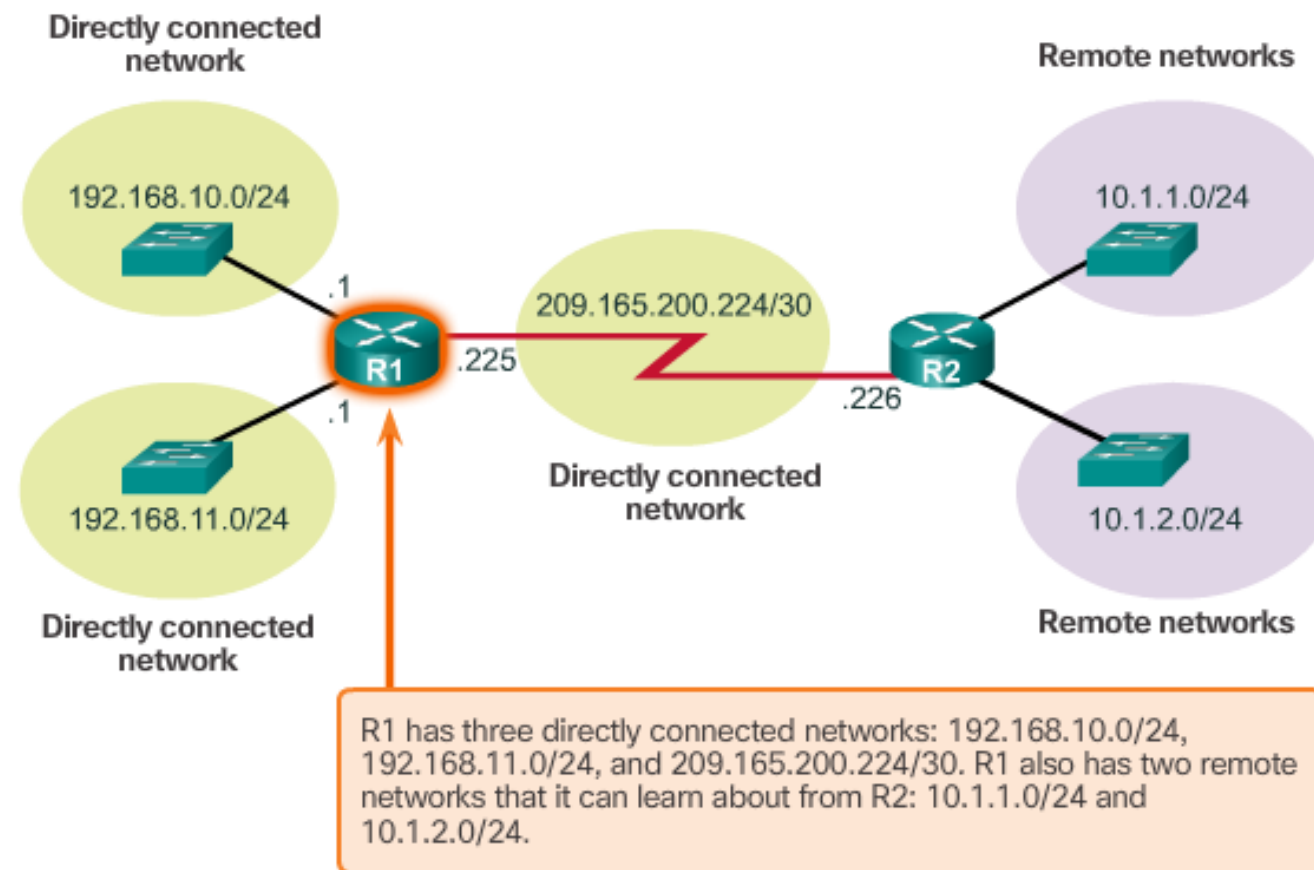


Smerovacia tabuľka smerovača

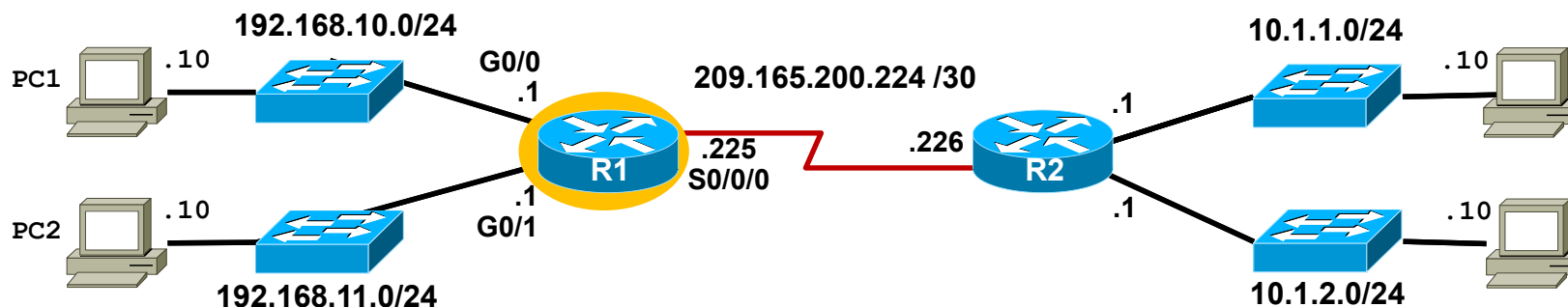
Smerovače a ich činnosť

- Kľúčovým zariadením pre činnosť sieťovej vrstvy sú smerovače (routery)
 - Smerovač prepája viaceré siete
 - Má viacero sieťových rozhraní, môžu byť rôzneho typu
- Smerovač si uchováva tzv. smerovaciu tabuľku – zoznam sietí a cesty k nim
 - Adresa siete sa podobá predčíslu, napr. predčíslie telefónneho operátora, predčíslie primárnej oblasti, predčíslie PSC, ...
 - Smerovačom stačí poznať adresy sietí, nie jednotlivé uzly v nich
 - Ak smerovač nepozná cieľovú sieť, pakety idúce do nej zahadzuje
- V sieťach používajúcich protokol IPv4 alebo IPv6 sa každý smerovač rozhoduje o každom pakete individuálne a sám za seba

Directly Connected and Remote Network Routes



Smerovacia tabuľka smerovača (IPv4)



```
R1#show ip route
```

```
[ ... Časť výpisu odstránená ... ]
```

```
Gateway of last resort is not set
```

```
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
```

```
D    10.1.1.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Se0/0/0
```

```
D    10.1.2.0/24 [90/2170112] via 209.165.200.226, 00:00:05, Se0/0/0
```

```
192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
```

```
C    192.168.10.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
L    192.168.10.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
```

```
192.168.11.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
```

```
C    192.168.11.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

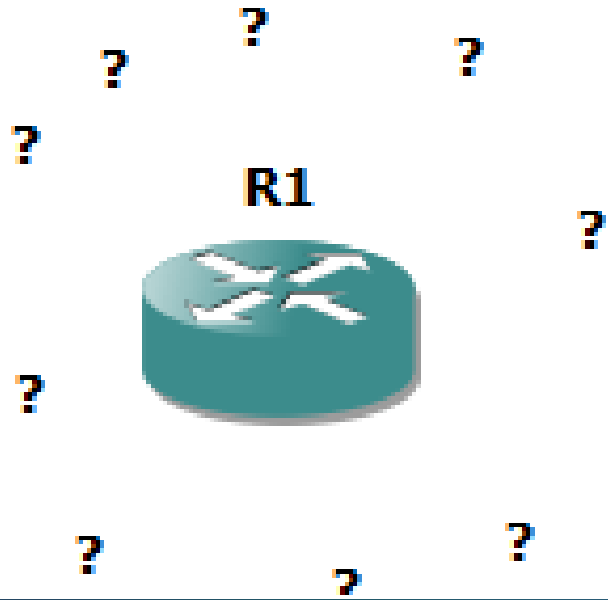
```
L    192.168.11.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/1
```

```
209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 3 masks
```

```
C    209.165.200.224/30 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
L    209.165.200.225/32 is directly connected, Serial0/0/0
```

Smerovanie v IP siet'ach



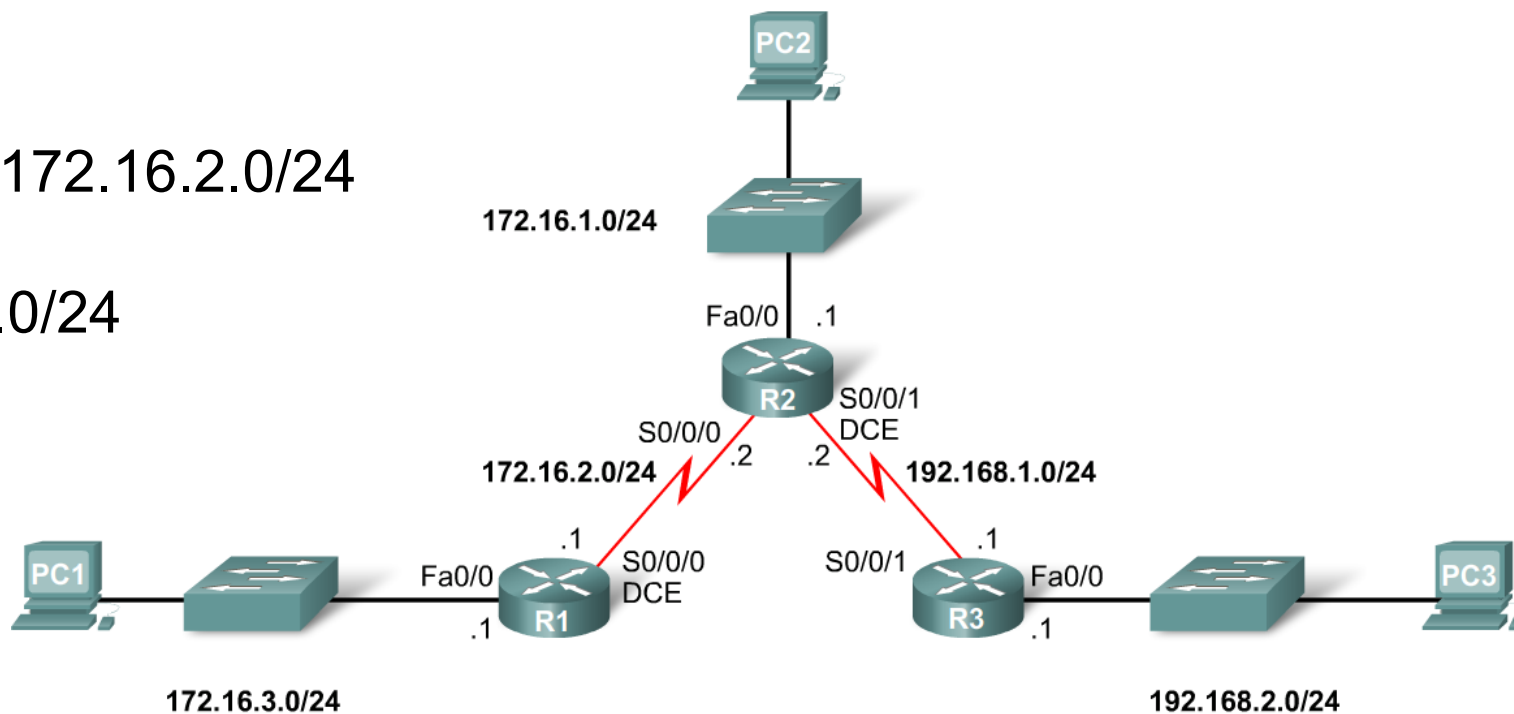
Charakteristiky smerovania v IP sieťach

- 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)

Topológia pre názorný príklad častého problému

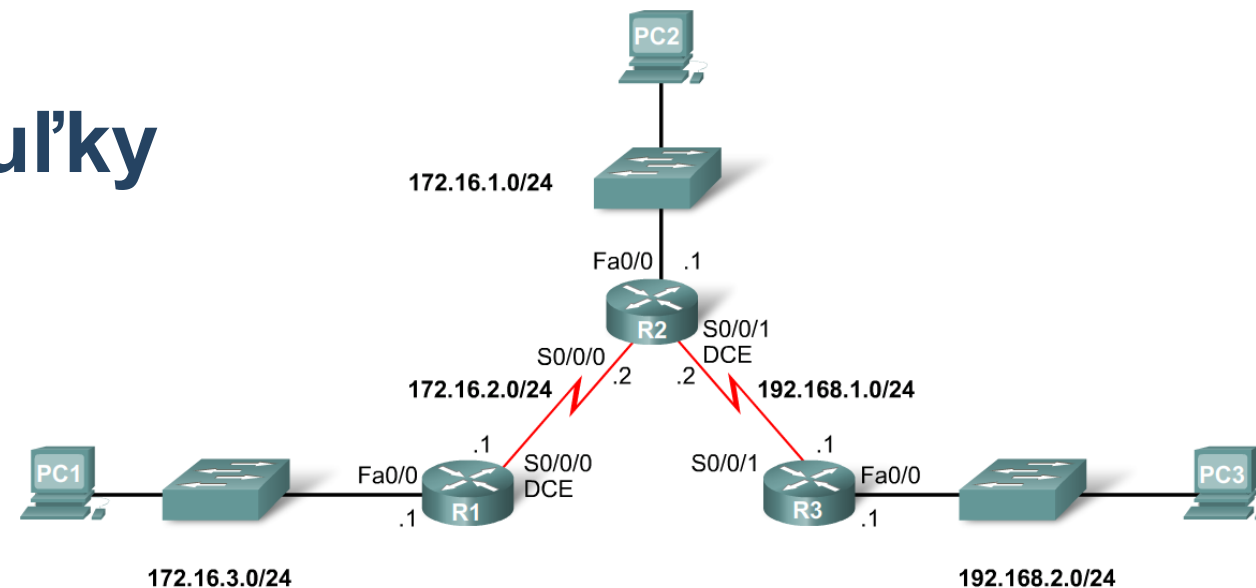
Priamo pripojené siete

- 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 172.16.2.0/24, 172.16.1.0/24 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

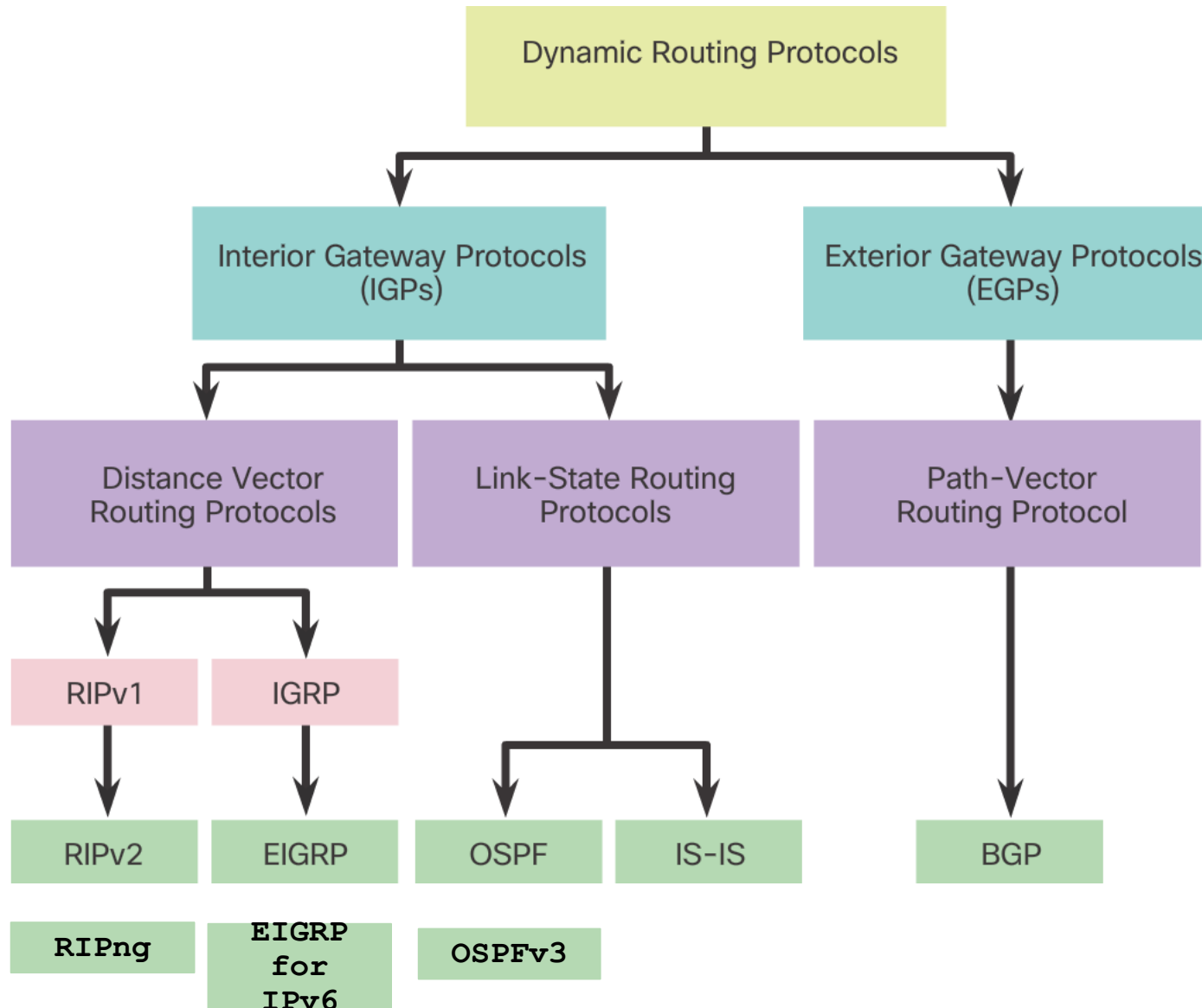


- Ak však smerovač nejakú sieť nepozná, nemôže do nej doručovať pakety – paket idúci do neznámeho cieľa smerovač zahodí
- Ak má smerovač doručovať pakety do sietí, ktoré nie sú priamo pripojené, musia byť ich adresy do smerovacej tabuľky **pridané istým procesom**
- Tento proces môže byť dvoch druhov
 - 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

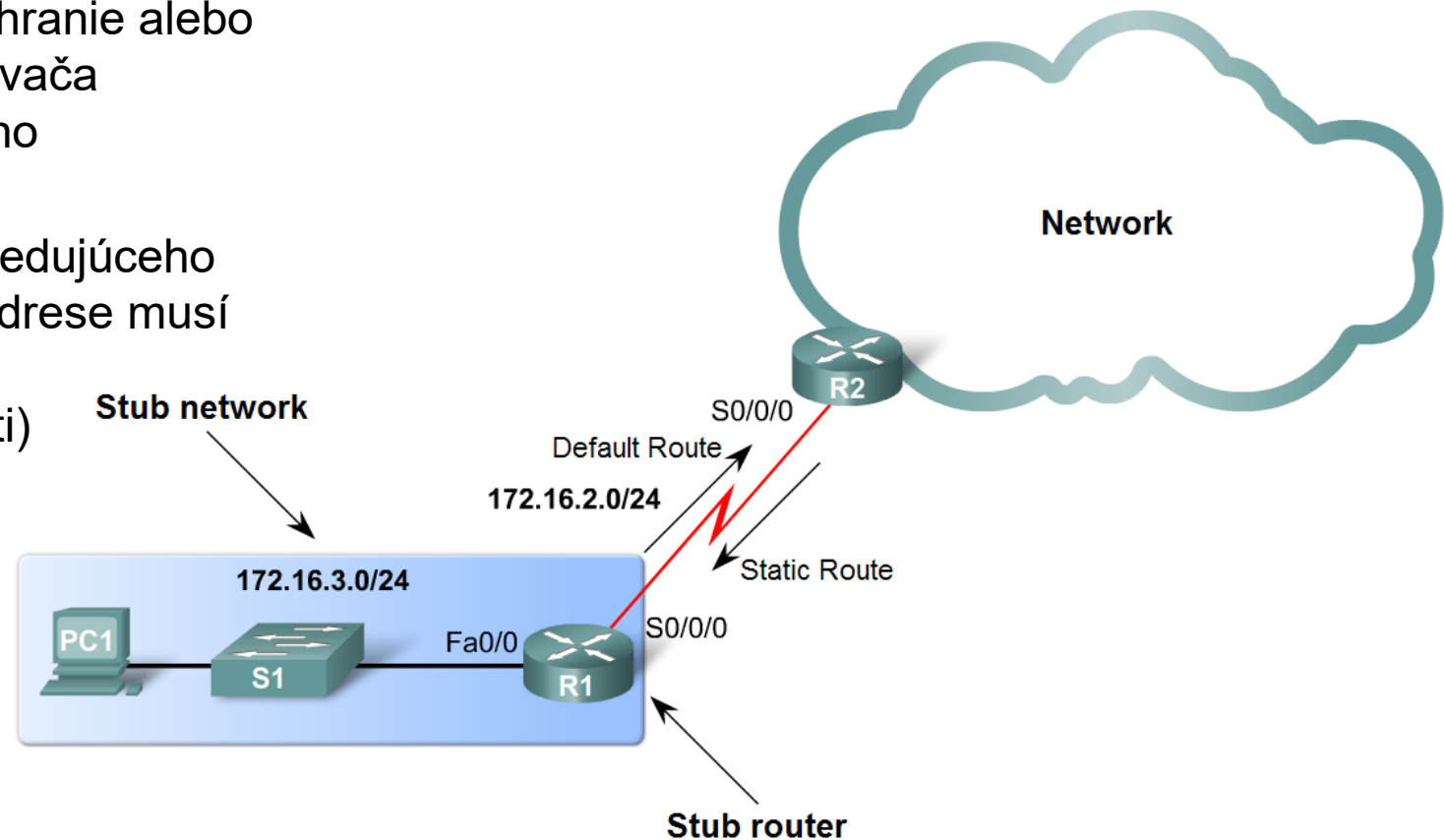
- Pri väčšine položiek smerovacej tabuľky je AD zobrazená vo výpise
 - Prvé číslo v hranatých zátvorkách
 - Pri niektorých sieťach je hodnota AD skrytá
- Čím nižšie AD, tým dôveryhodnejší záznam v smerovacej tabuľke
- Hodnotu AD i metriky možno vždy získať v detailnom výpise po príkaze

sh ip route sieť maska

Typ informácie	Administratívna vzdialenosť
Priamo pripojená sieť	0
Statically 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. ]
```

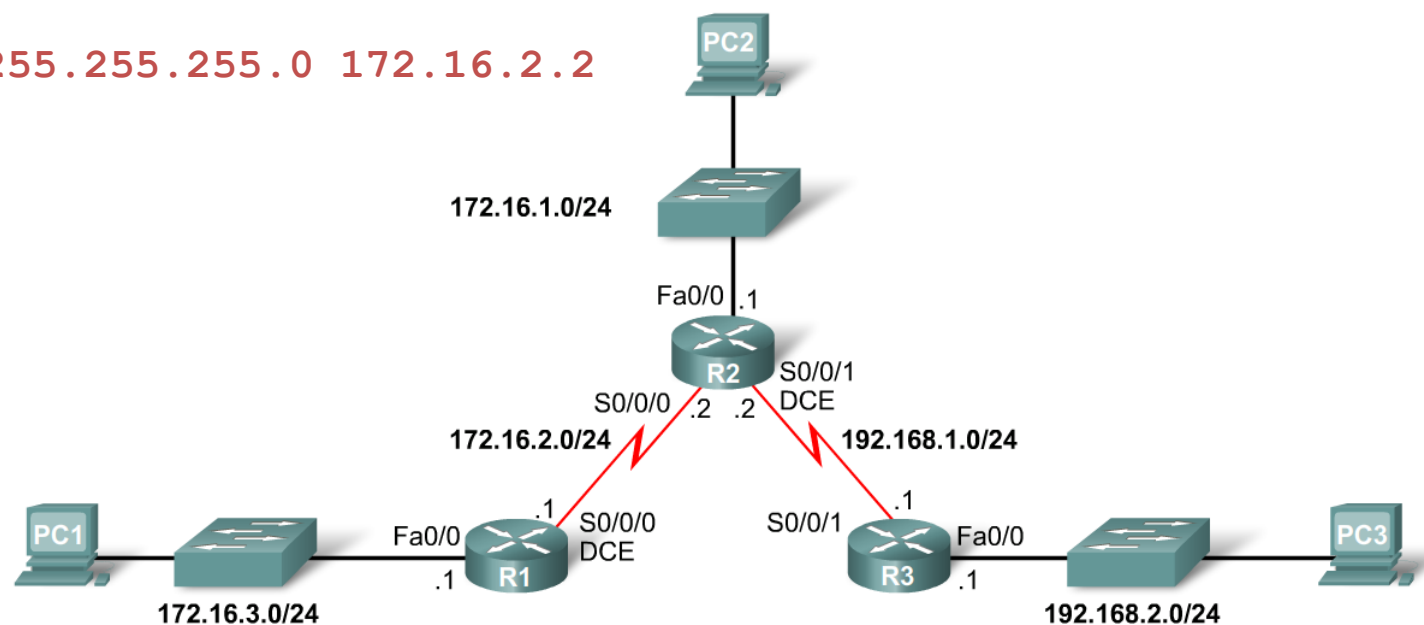
alebo

```
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
```



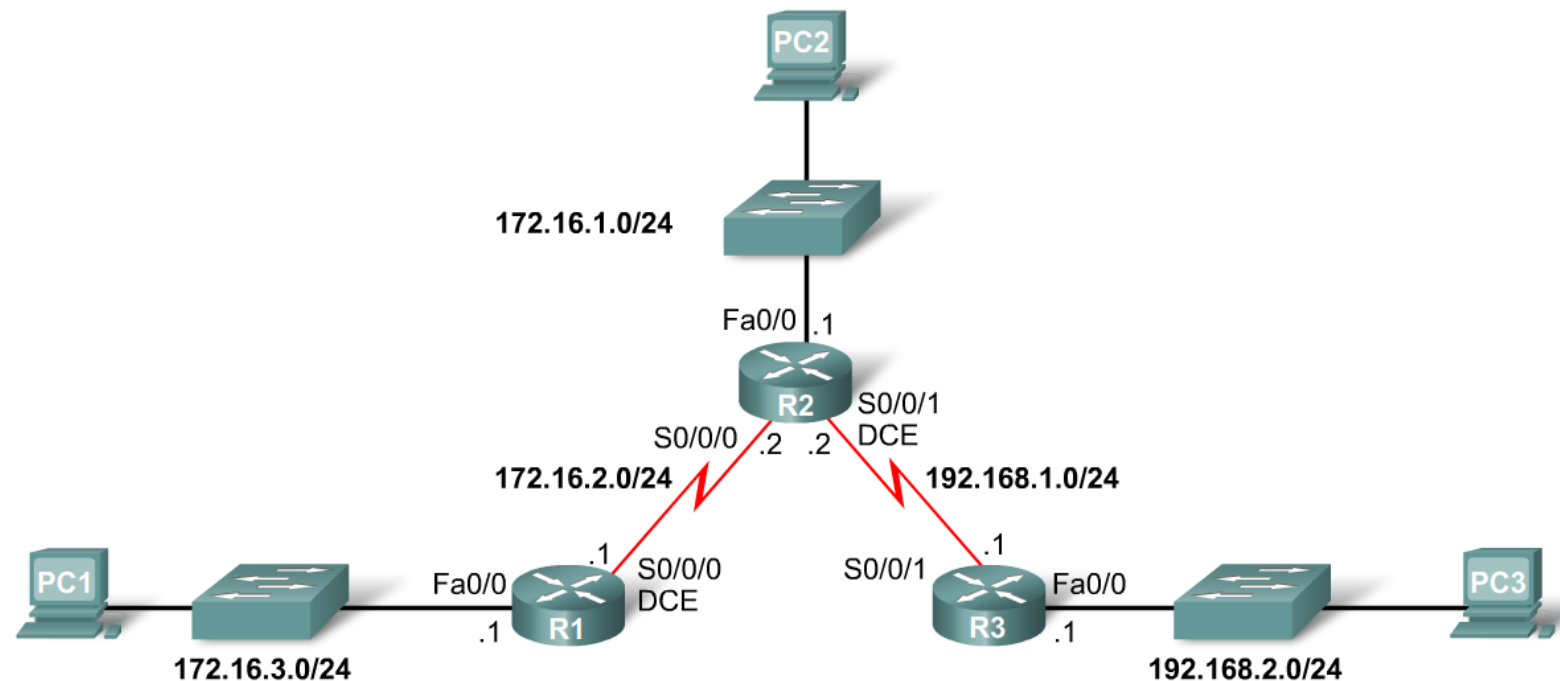
Statické smery s použitím výstupného rozhrania

- 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 a pod., 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

Ukážka predošlého problému na konkrétnom príklade

Statický smer s použitím adresy nasledujúceho smerovača

- Je prirodzený, ale menej priamy
 - Hovorí: „*Ak paket ide do tejto siete, odovzdajme ho tomuto nasled. 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

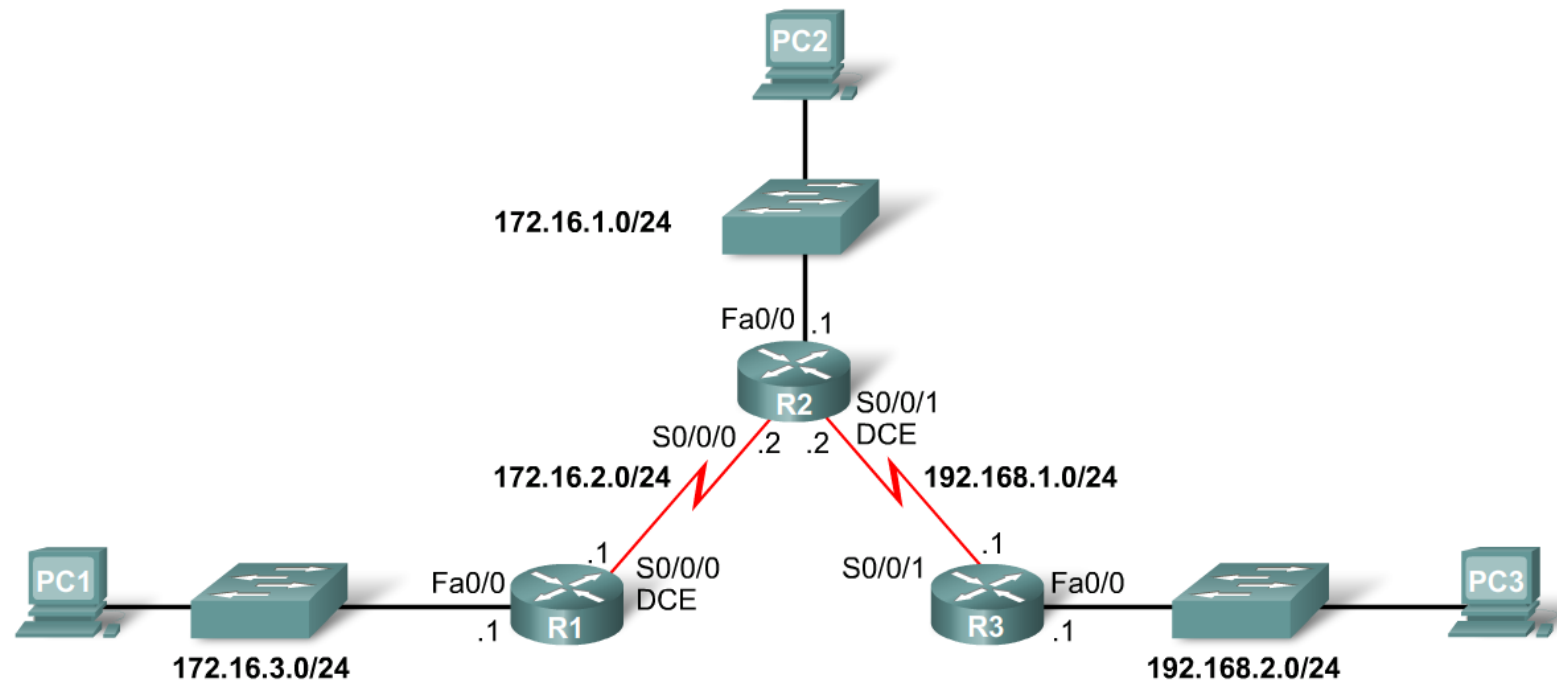
Príklad konfigurácie statických smerov pomocou adresy nasledujúceho smerovača

Smerovač R1

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

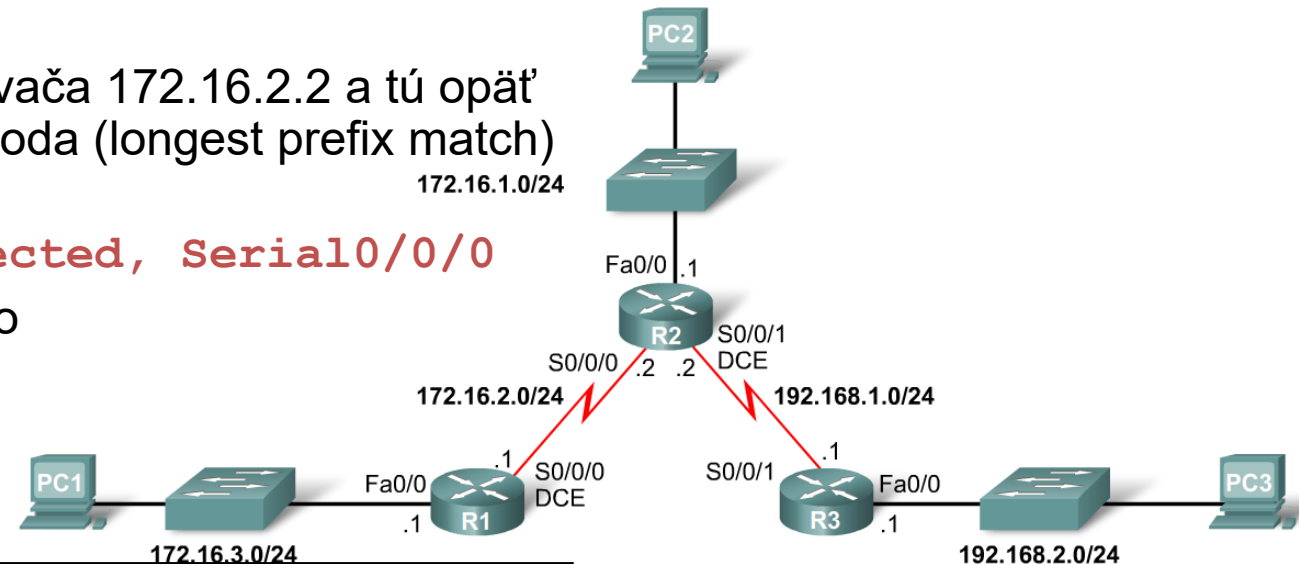
```
R1 (config) # ip route 192.168.1.0 255.255.255.0 172.16.2.2
```

```
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 vyhľadá 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



```
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
```


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:

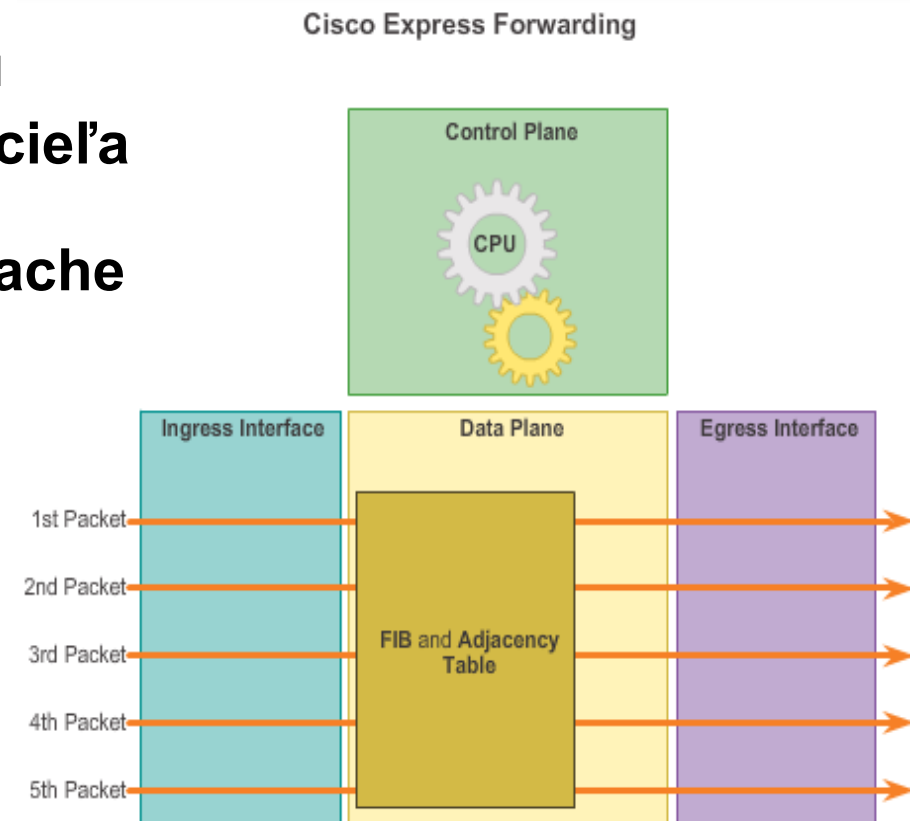
```
ip route 172.16.1.0 255.255.255.0 Fa0/0 172.16.2.2
```

Rekurzívne vyhľadávanie v smerovacej tabuľke

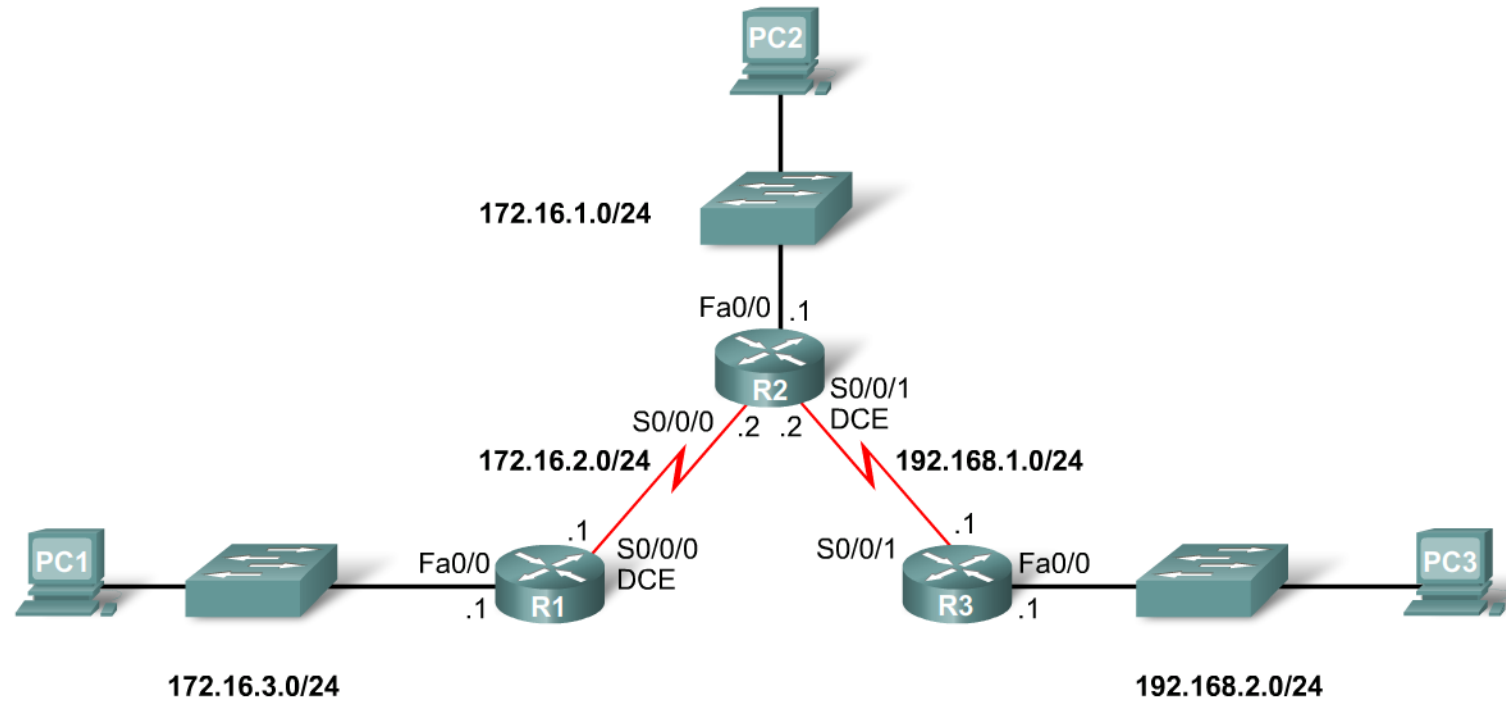
- Faktom však je, že súčasné smerovače majú smerováciu „tabuľku“ interne implementovanú efektívnejšie
 - **Stromová štruktúra** namiesto lineárnej tabuľky
 - **Predpripravené hlavičky rámcov** pre jednotlivé next-hop smerovače
 - Rekurzia **vyriešená** počas napĺňania týchto štruktúr
 - Cisco tento mechanizmus 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

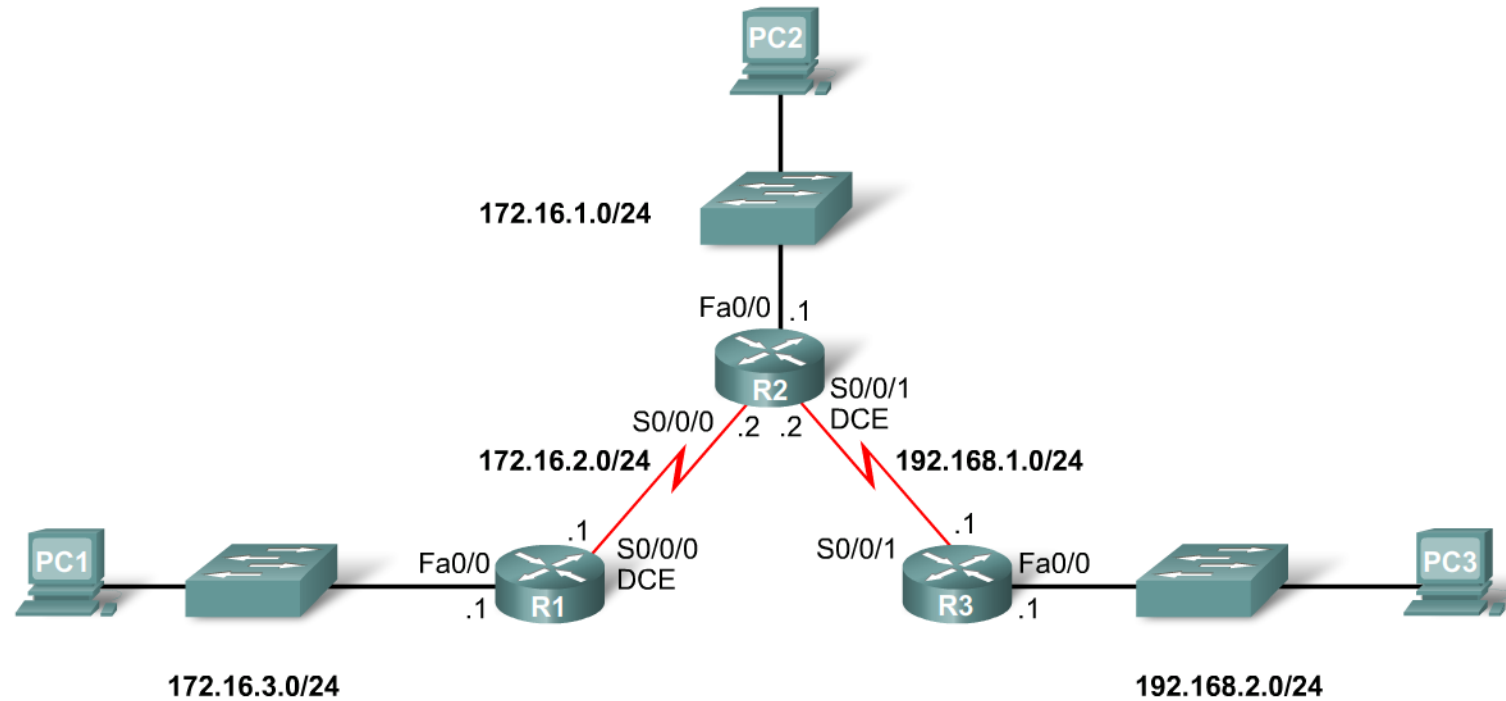


Proces smerovania paketu do cieľa 192.168.2.2



```
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
```

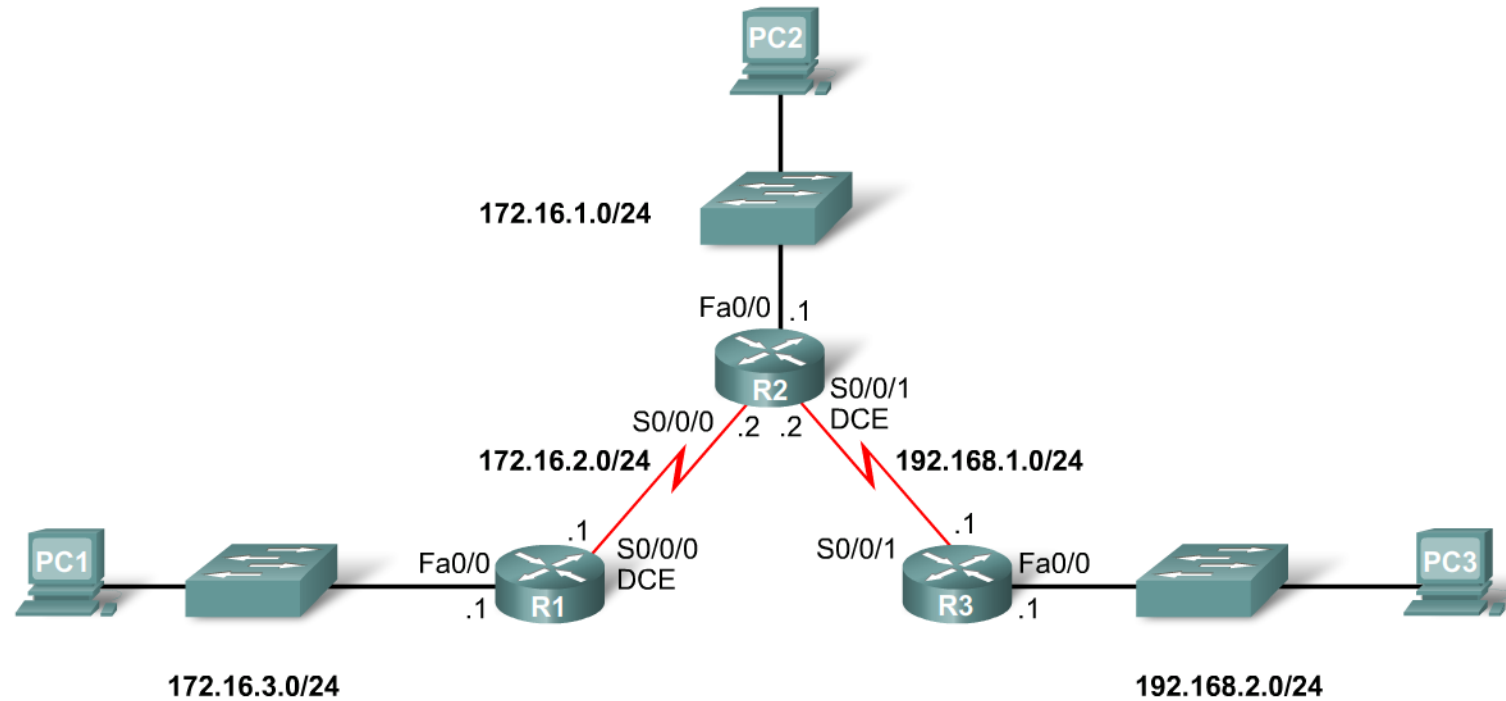
```
C      172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
```

```
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
```

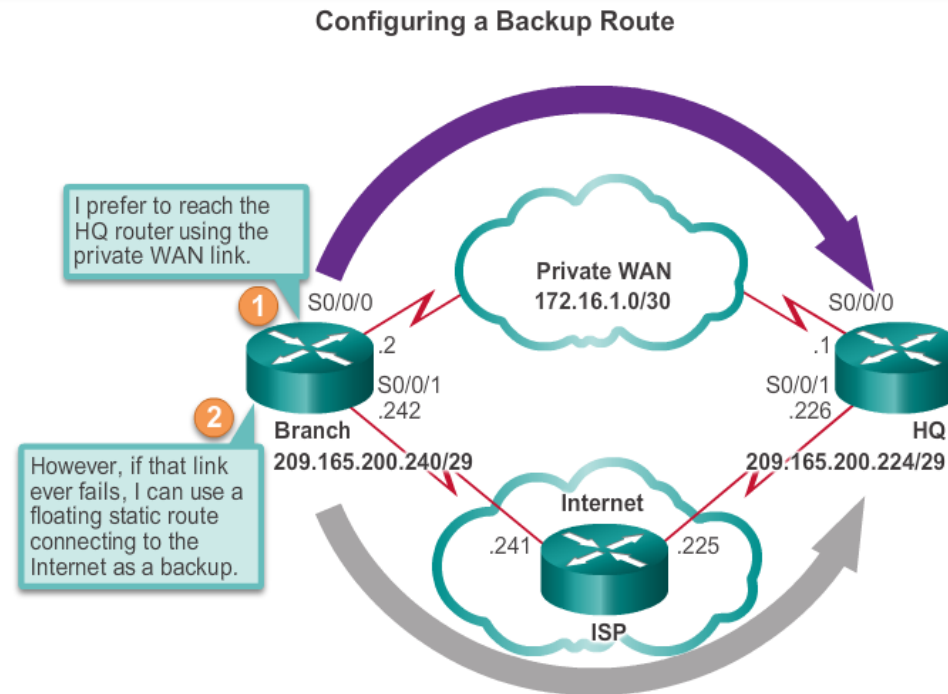
```
S       172.16.3.0 [1/0] via 192.168.1.2
```

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

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

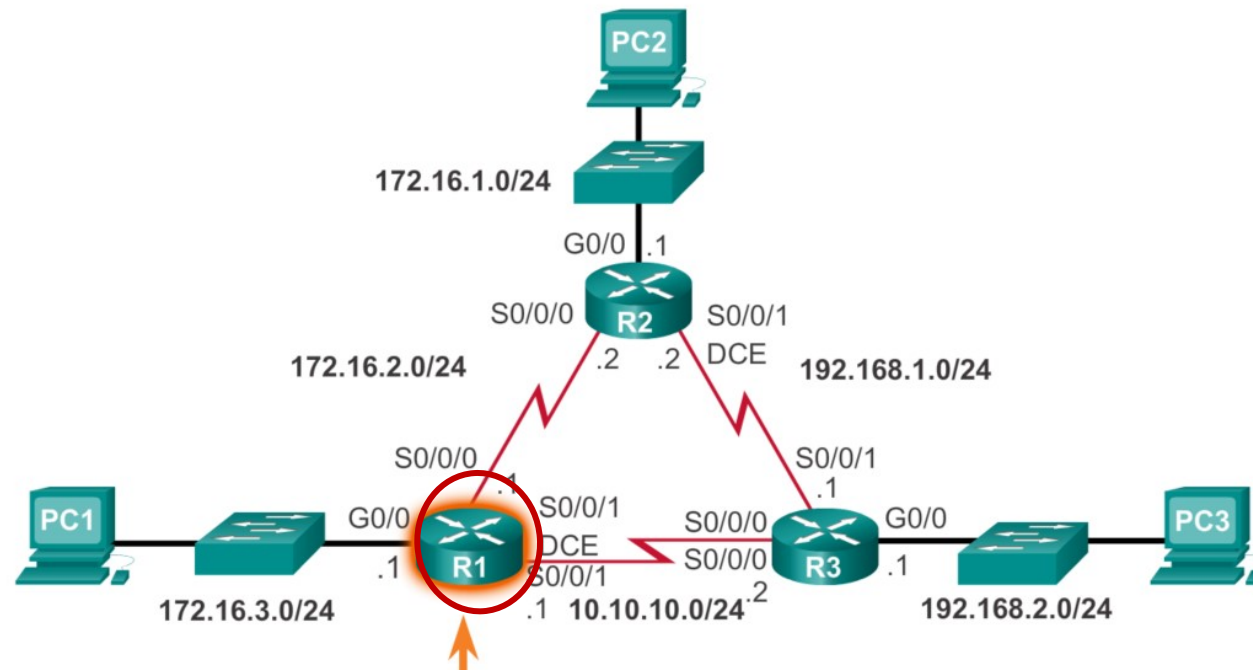
Floating Static Routes – plávajúce statické záznamy

- 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 – plávajúce statické záznamy

ip route sieť maska ďalší-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
```

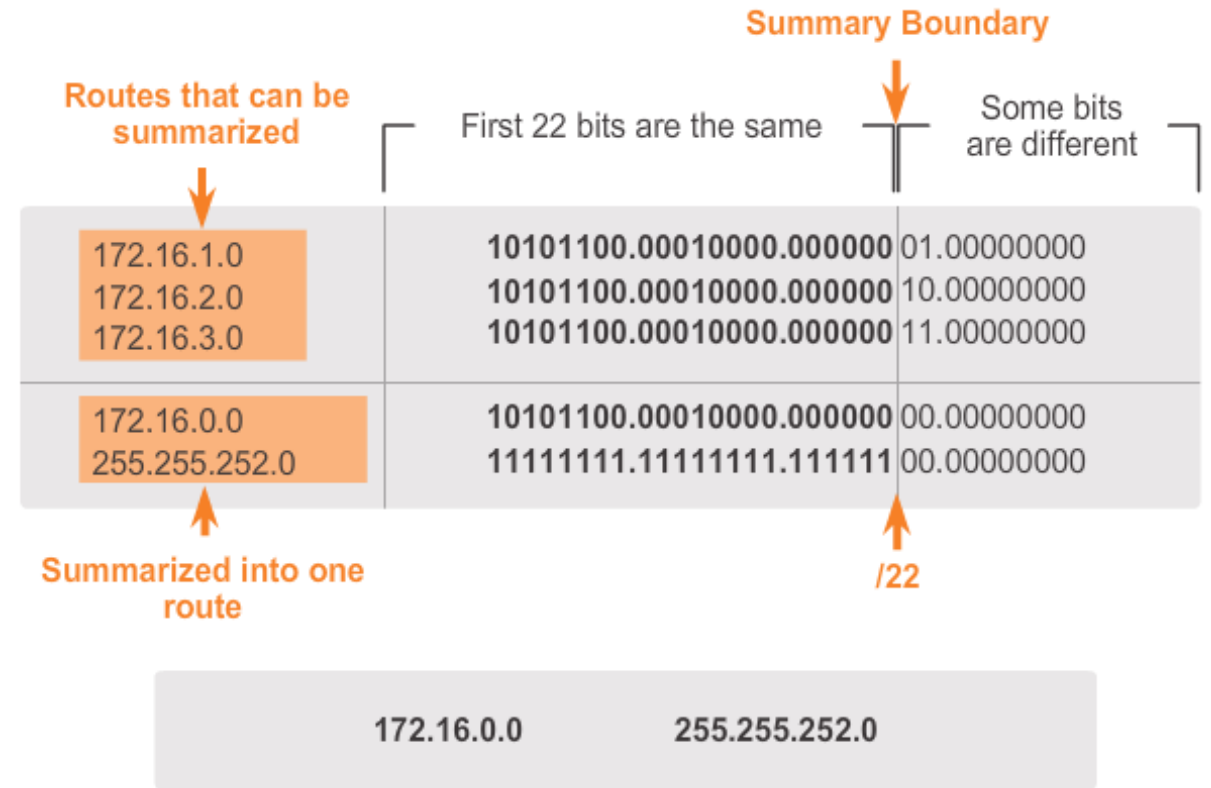
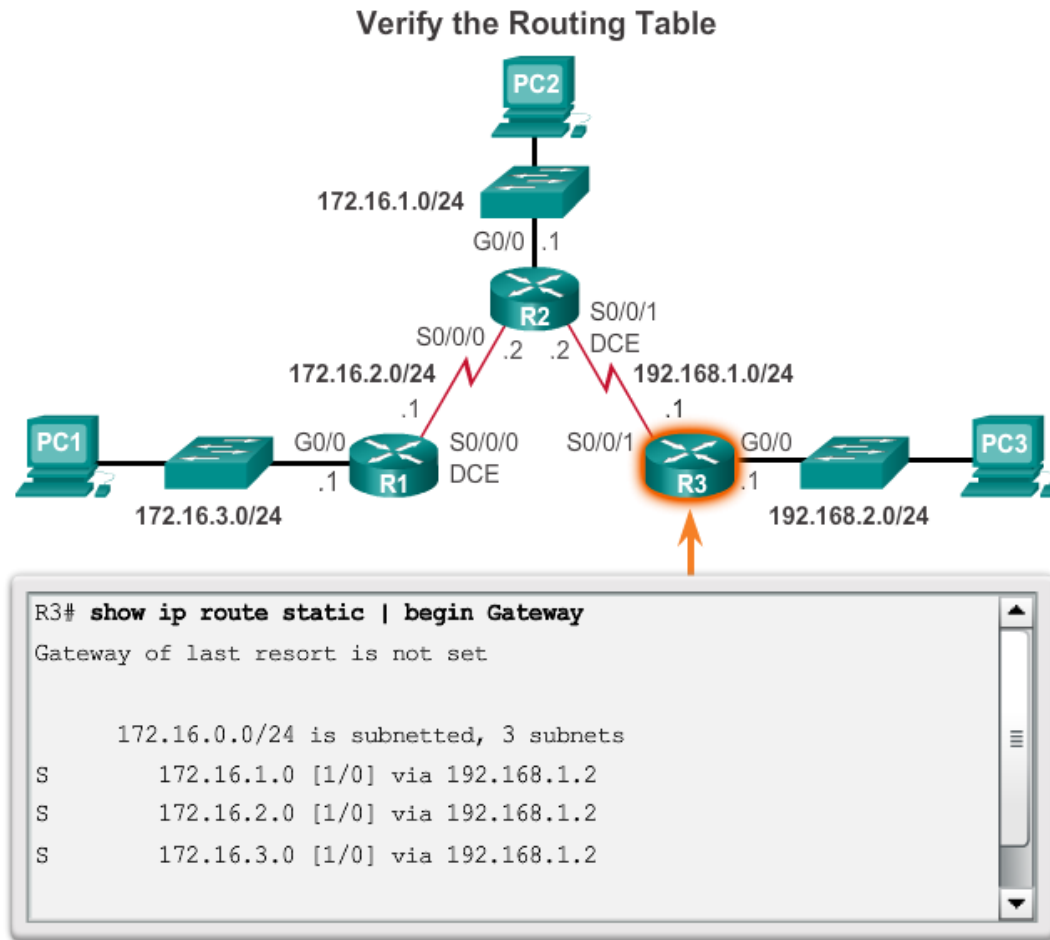
```
R1# show ip route static | begin Gateway
Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

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
```



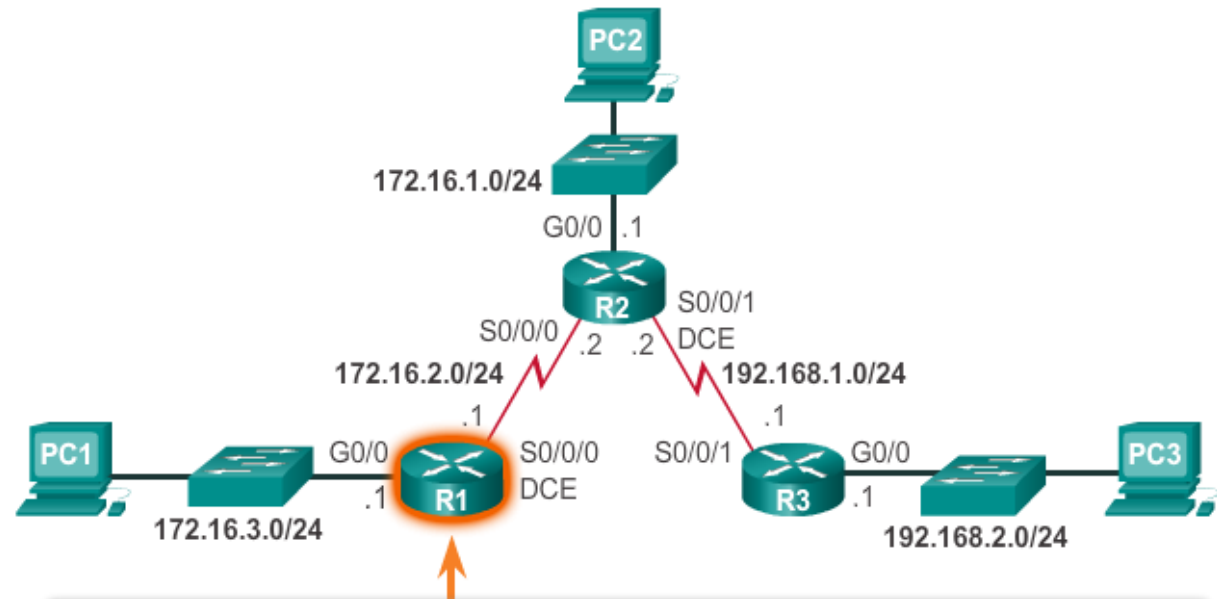
Poznámky k sumarizácii

- 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“

- smerovacia položka **0.0.0.0/0.0.0.0**
 - pri prehľadávaní RT sa zhoduje s akoukoľvek cieľovou adresou, lebo „čokoľvek“
AND 0 = 0
 - najvšeobecnejšia sumárna položka
 - bude vždy až celkom **posledná**, ktorú smerovač použije (má najmenšiu masku)
 - **! Pravidlo longest prefix match !**
 - 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
- konfiguruje sa 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

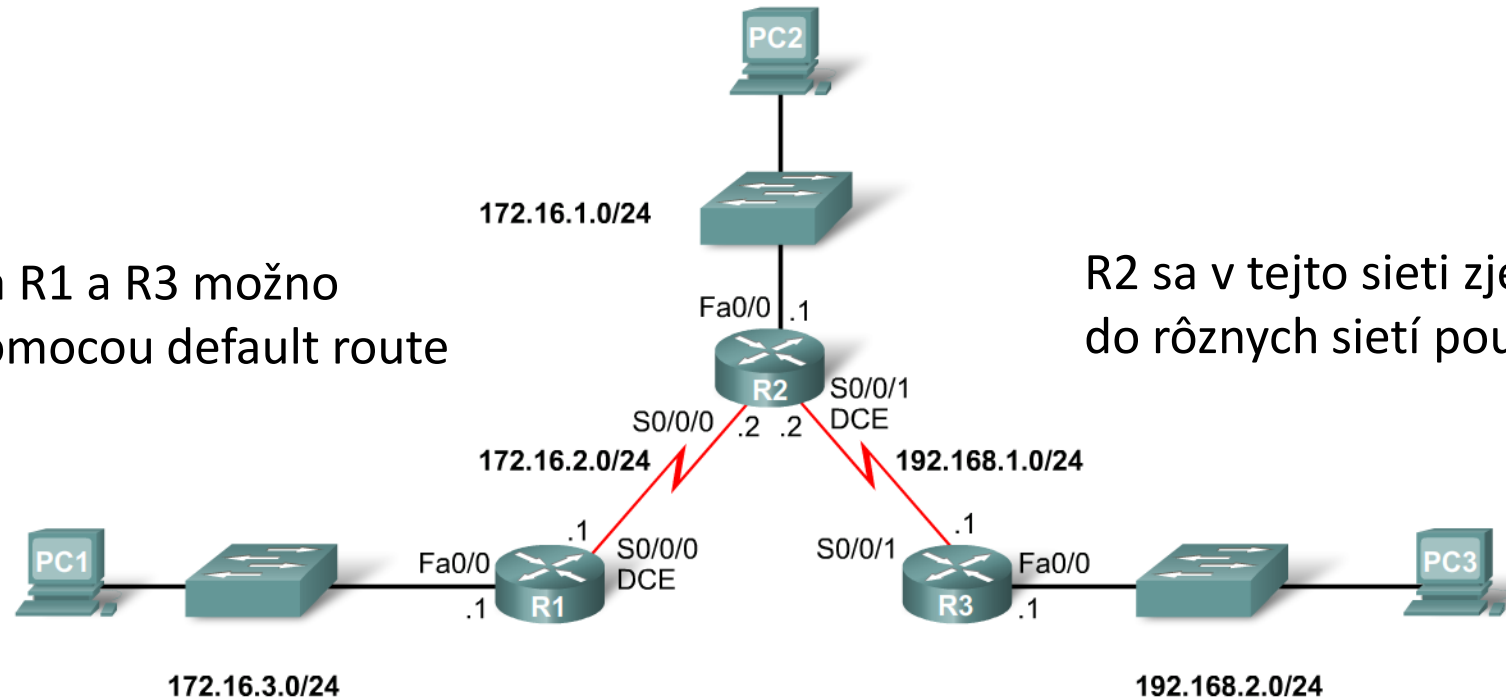
Gateway of last resort is 172.16.2.2 to network 0.0.0.0

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
```

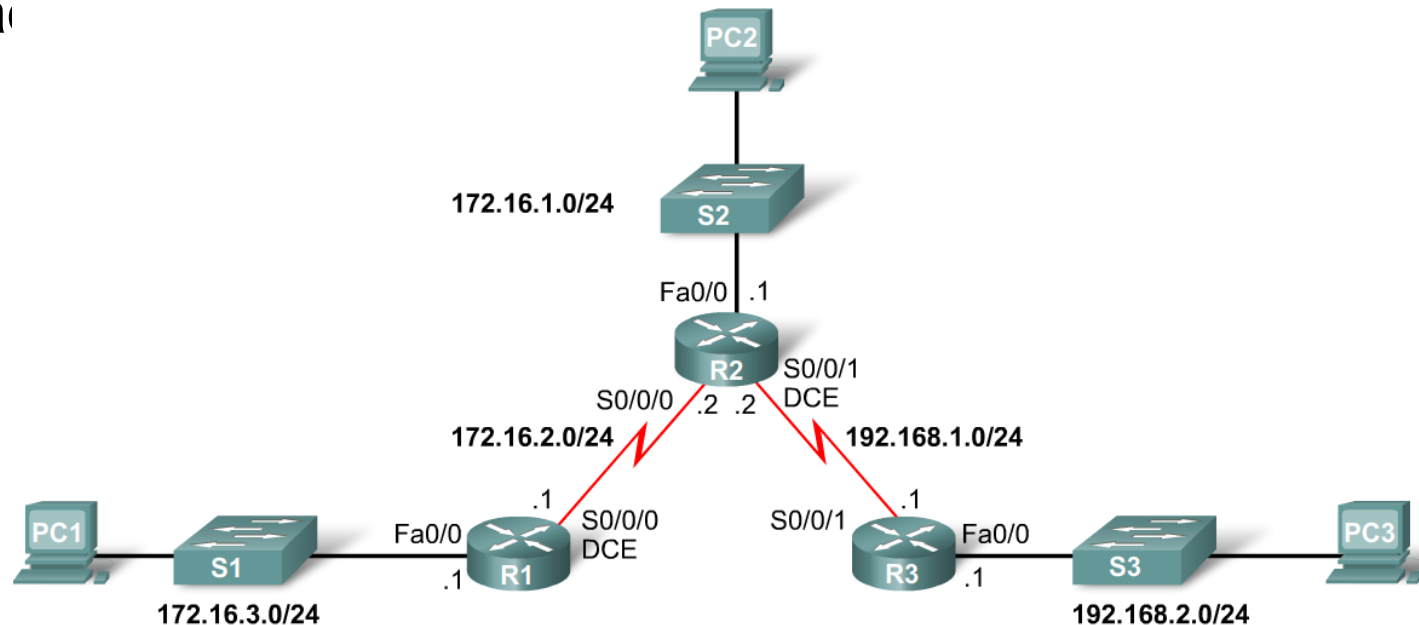
```
S      0.0.0.0/0 [1/0] via 192.168.1.2
```

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

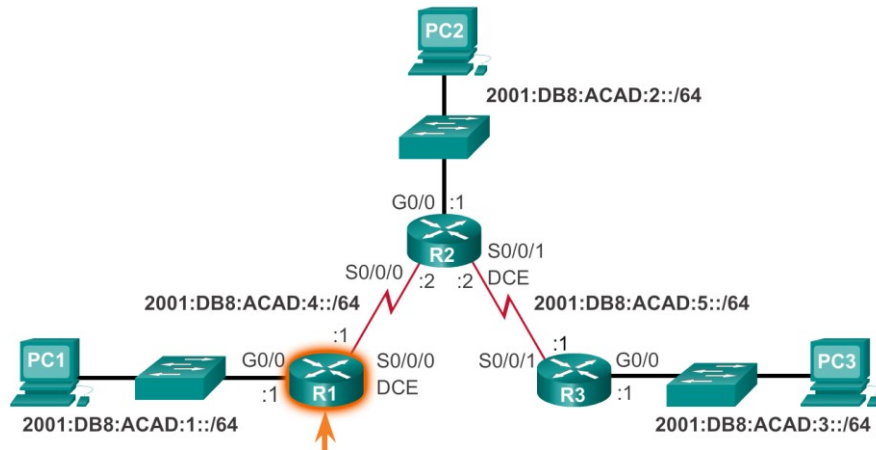
ipv6 route *sieť/dĺžka-prefixu ďalší-smerovač [admvzd.]*

alebo

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

alebo

ipv6 route *sieť/dĺžka-prefixu ďalší-smerovač výst.rozhranie [admvzd.]*



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

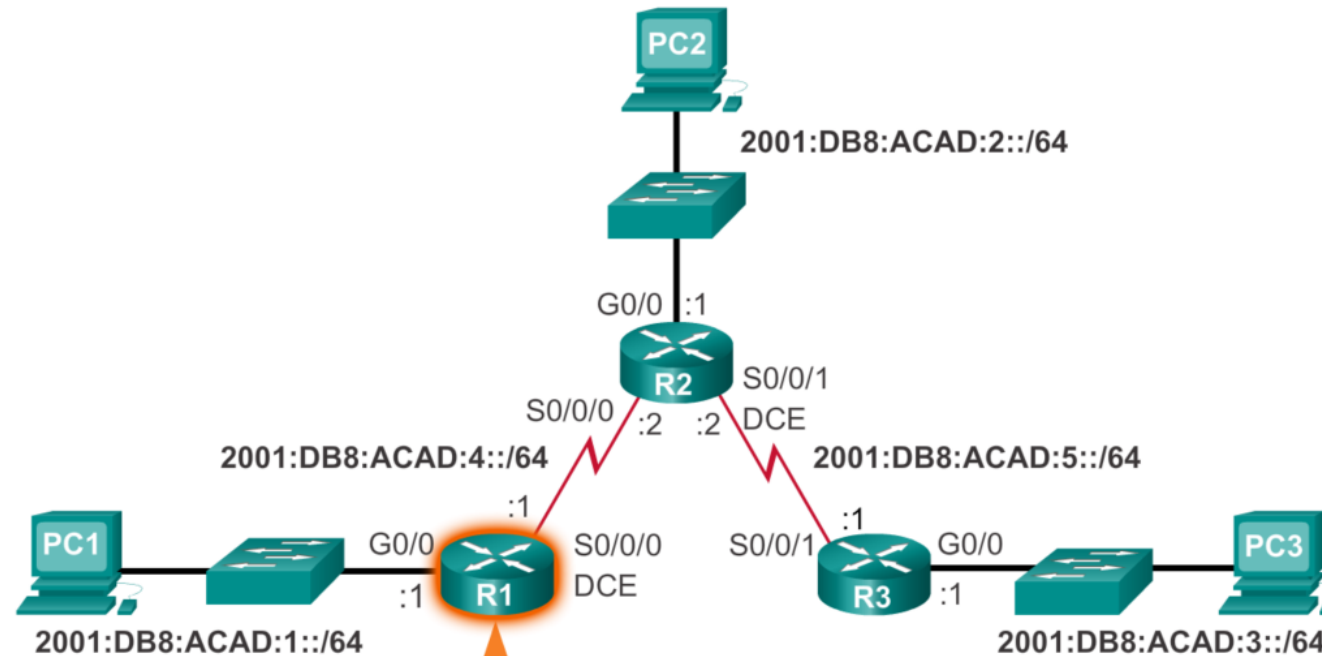
alebo

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

alebo

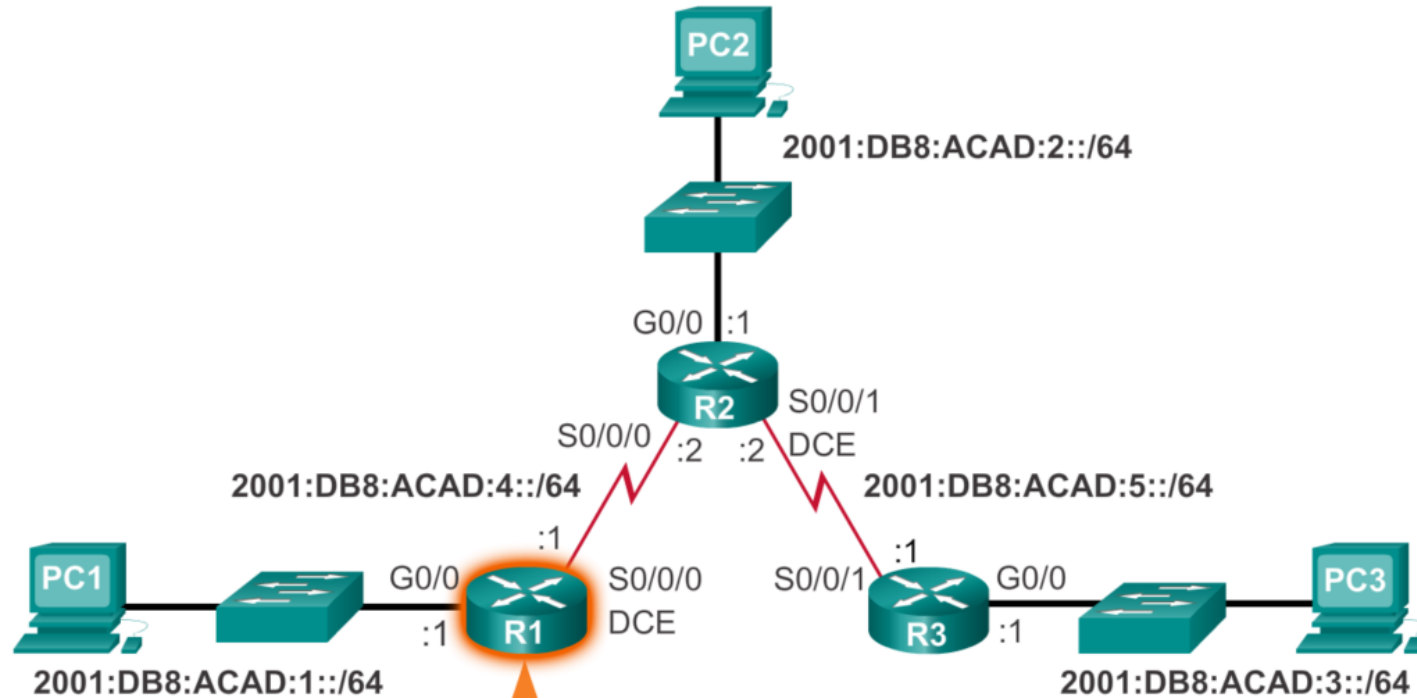
```
R1 (config) # ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 2001:DB8:ACAD:4::2 s0/0/0
```

IPv6 statické směry 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 směry s použitím výstupního rozhraní



```
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
```

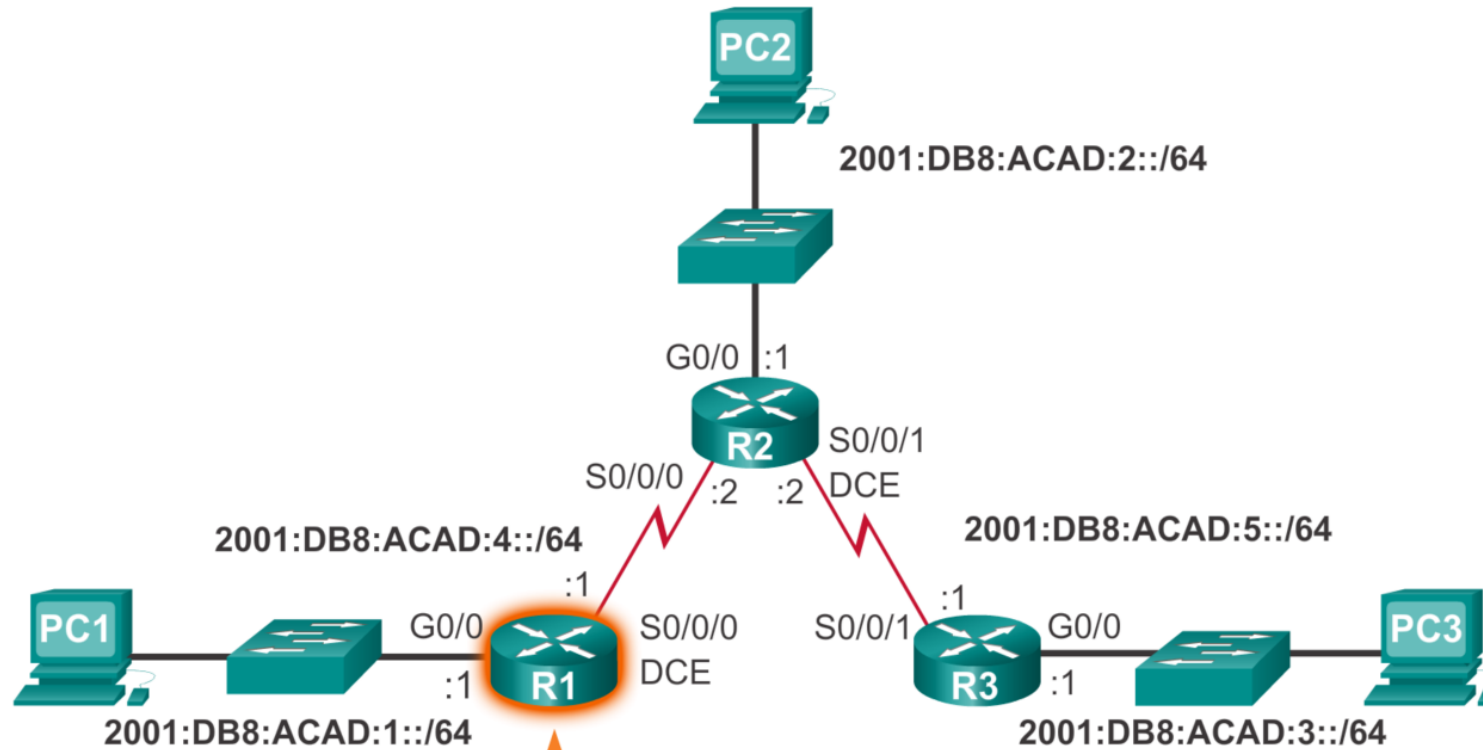
```
R1# show running-config | section ipv6 route  
ipv6 route 2001:DB8:ACAD:2::/64 2001:DB8:ACAD:4::2  
ipv6 route 2001:DB8:ACAD:3::/64 2001:DB8:ACAD:4::2  
ipv6 route 2001:DB8:ACAD:5::/64 2001:DB8:ACAD:4::2  
R1#
```

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

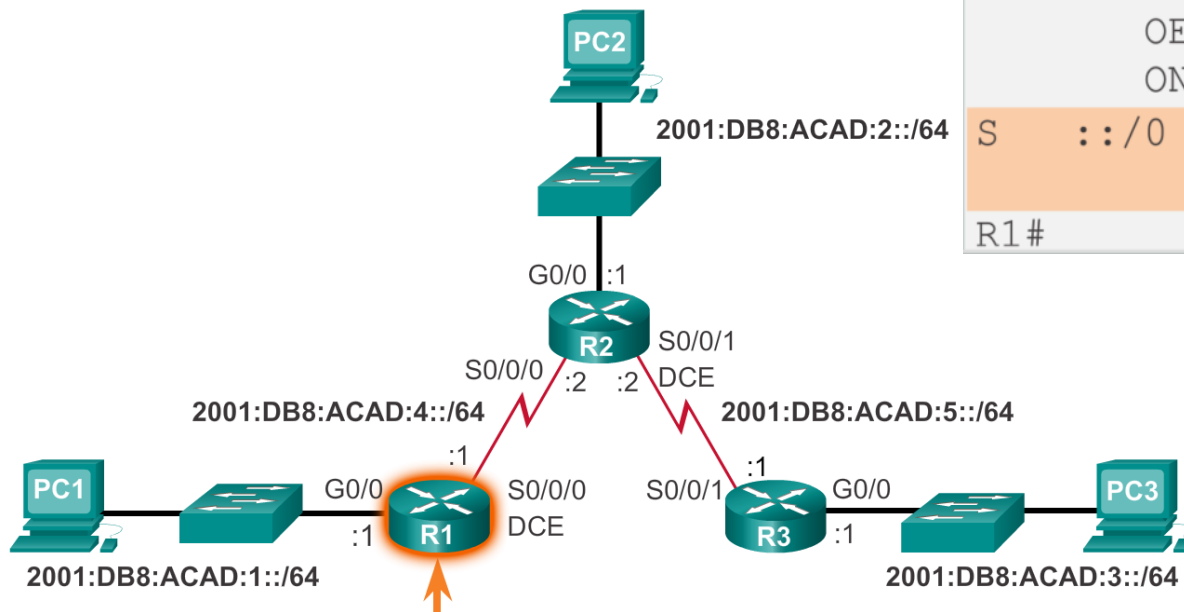
Default Static IPv6 Route



```
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 **spojito** (správny IP dizajn)
 - ..používajú **tú istú cestu** – t.j. to isté výstupné rozhranie, alebo tú istú adresu susedného smerovača

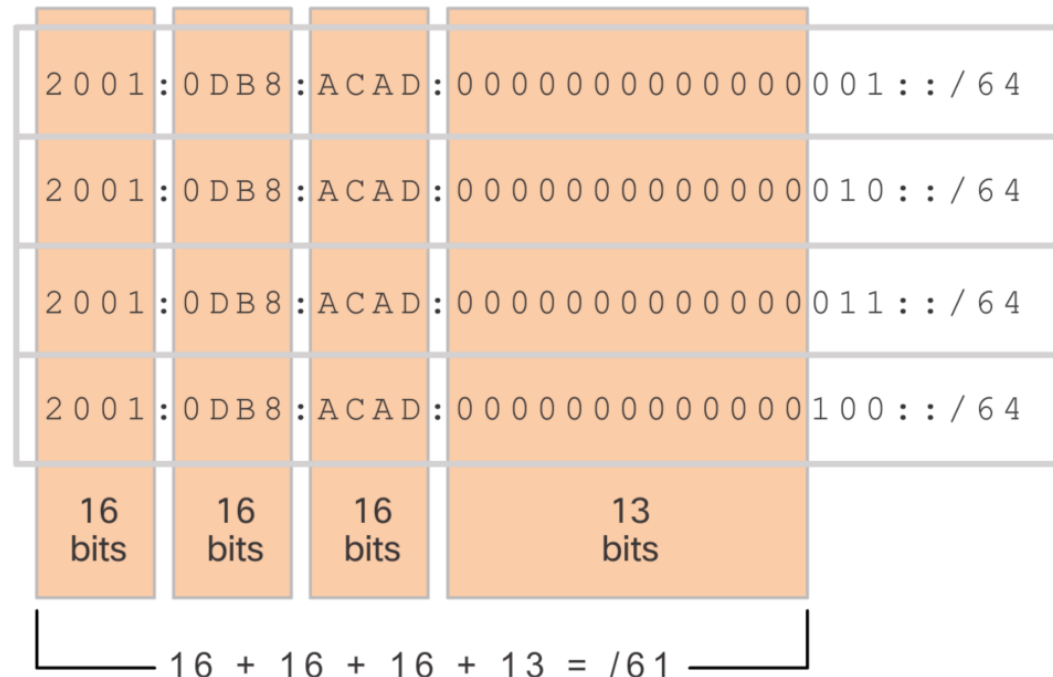
Sumarizácia IPv6 adres sietí

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

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

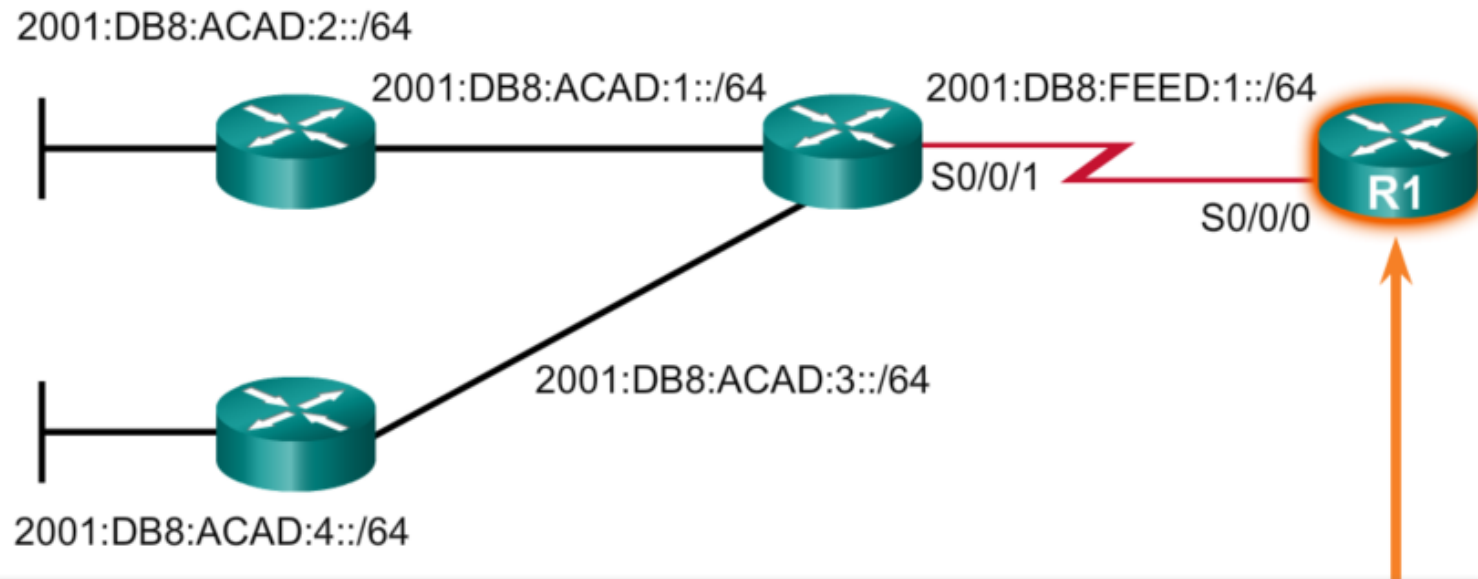
2001:0DB8:ACAD:3::/64

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



UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science
and Informatics

Ďakujem za pozornosť.

Obsahom boli **kapitoly 14, 15 a 16** kurzu
SRWE=Switching, Routing, and Wireless Essentials (ccna2).

Doma pozorne preštudovať a spraviť si **kvízy** aj **test** z týchto kapitol na Netacad-e.
Ostrý test bude na cvičení v 2. týždni – 1 otvorená otázka (bez výberu odpovede).

Spätnú väzbu na prednášku alebo cvičenie vyjadrite kedykoľvek anonymne [sem](#).