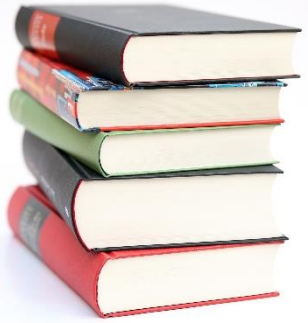
MINISTERSTVO ŠKOLSTVA, VEDY, VÝSKUMU A ŠPORTU SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Úvod do dynamického smerovania a smerovacích protokolov
Protokoly RIPv2 a RIPng

Počítačové siete 1

Katedra informačných sietí
Fakulta riadenia a informatiky, UNIZA

Vytvorené v rámci projektu KEGA 011STU - 4/2017.



Čo nás dnes čaká…

Routing and Switching Essentials (RSE) CCNA 2

Kapitola 3: Dynamické smerovanie

- **Úvod do dynamického smerovania:**
  - Dynamické vs. statické smerovanie – výhody/nevýhody
  - Rozdiely medzi smerovacími protokolmi
  - Metriky v smerovacích protokoloch
  - Distance-vector a link-state protokoly
  - Pojem autonómneho systému
  - Vnútorné a vonkajšie protokoly
  - Classfull/classless
- **Protokol RIP**
  - Charakteristika RIP
  - Konfigurácia RIPv2, RIPng, overenie a ladenie behu
  - Sumarizácia – automatická, žiadna, manuálna, vznik smerovacej slučky
  - Formát RIPv1 a RIPv2 správ
  - Konfigurácia pasívnych rozhraní
  - Vnesenie statickej cesty do RIP, šírenie default route
  - Autentifikácia v RIPv2
- **Bližší pohľad na smerovaciu tabuľku**
  - Routes: L1/L2, parent/child, ultimate

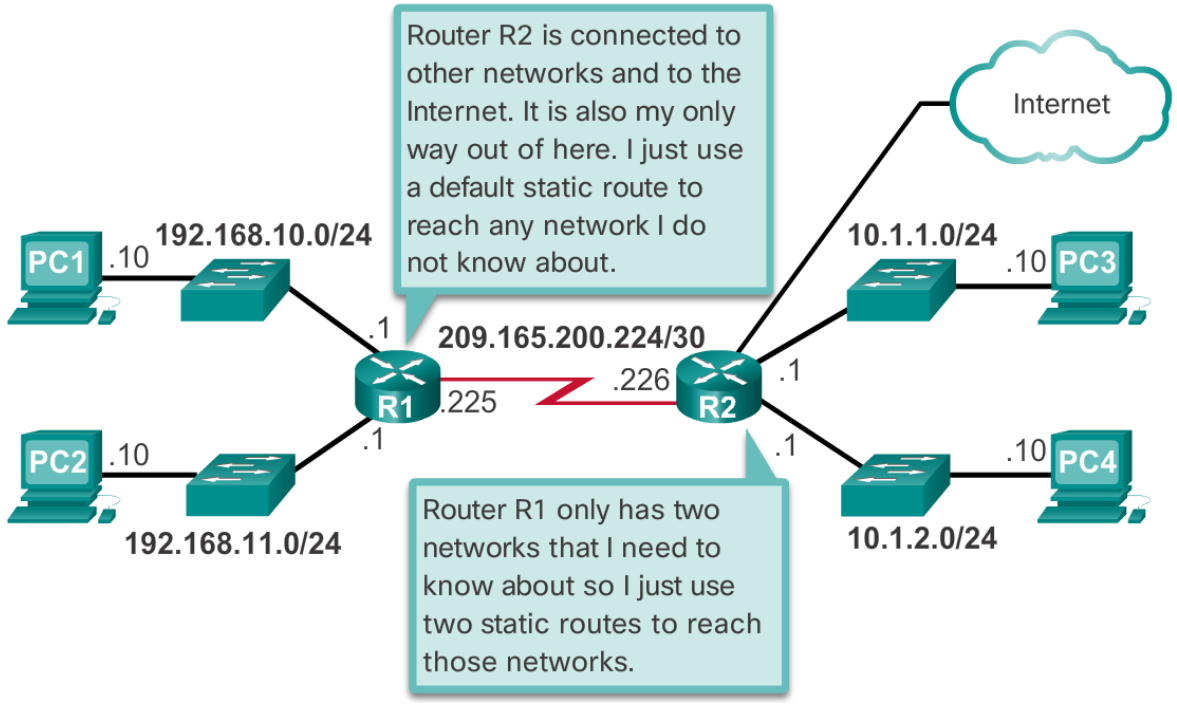
Dynamické vs. Statické smerovanie

V sieťach sa zväčša tieto typy smerovania kombinujú

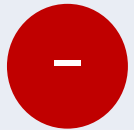
Statické smerovanie primárne v týchto prípadoch:

- V menších sieťach, kde sa ani neočakáva výrazné narastanie čo do veľkosti siete
- Pri smerovaní z/do siete typu “stub” (iba default route a nič iné)
- Pre prístup k default smerovaču

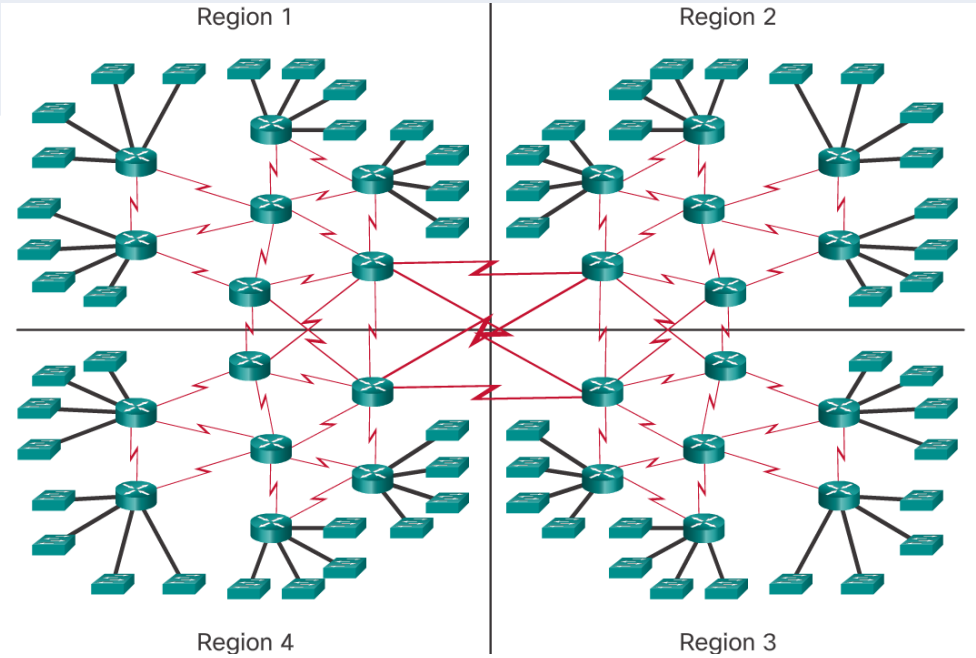
  Smerovací záznam pre všetky ostatné siete, pre ktoré neexistuje žiadny iný špecifickejší záznam v smerovacej tabuľke



Výhody a nevýhody statického smerovania

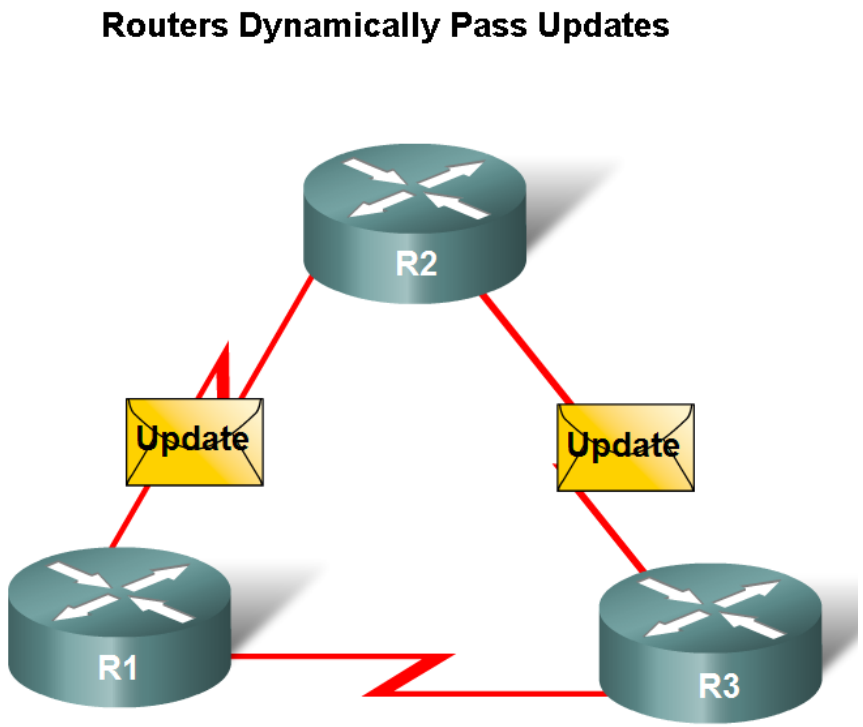
Výhody	Nevýhody
Jednoduchá implementácia v malej sieti.	Iba pre jednoduché topológie, alebo ako default static route. Ak topológia narastie, zväčší sa aj zložitosť konfigurácie.
Bezpečné. Smerovače si neposielajú žiadne správy ako pri dynamickom smerovaní.	
Cesta do cieľa je stále rovnaká.	Ak chceme presmerovať prevádzku, treba manuálne prekonfigurovať.
Nevyžaduje žiadne extra zdroje (CPU, RAM) 	

Výhody a nevýhody dynamického smerovania

Výhody	Nevýhody
Pre akúkoľvek topo, aj zložitú a väčšiu.	Zložitejšie na implementáciu.
Nezávislé na veľkosti siete.	Menej bezpečné. Na zvýšenie bezpečnosti treba dodatočnú konfiguráciu.
Automaticky sa prispôsobí zmenám topo.	Pakety do jedného cieľa môžu chodiť rôznymi cestami – smerovanie závisí na aktuálnej topológii.
	Vyžaduje viac CPU, RAM a časť kapacity liniek medzi smerovačmi.

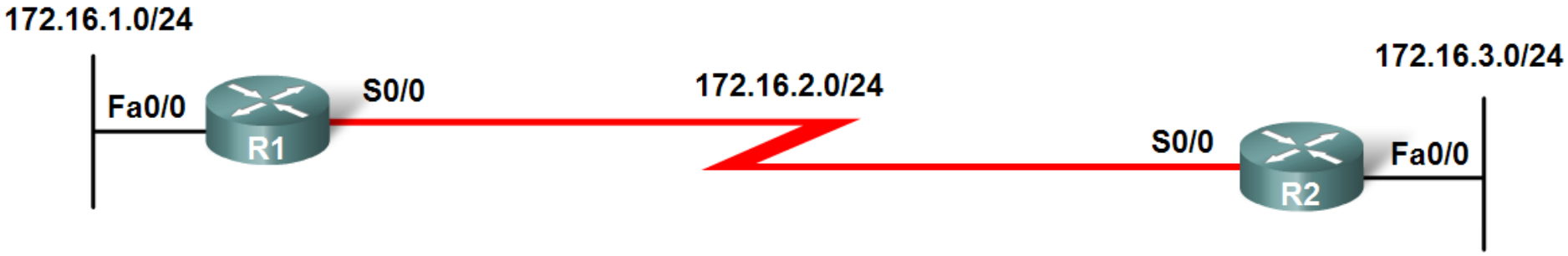
Dynamické smerovacie protokoly

- sú mechanizmami pre automatizované napĺňanie smerovacej tabuľky
  - Smerovače vzájomne spolupracujú pri objavovaní sietí a najlepších ciest do nich
  - Automaticky sa prispôsobujú všetkým zmenám v sieti



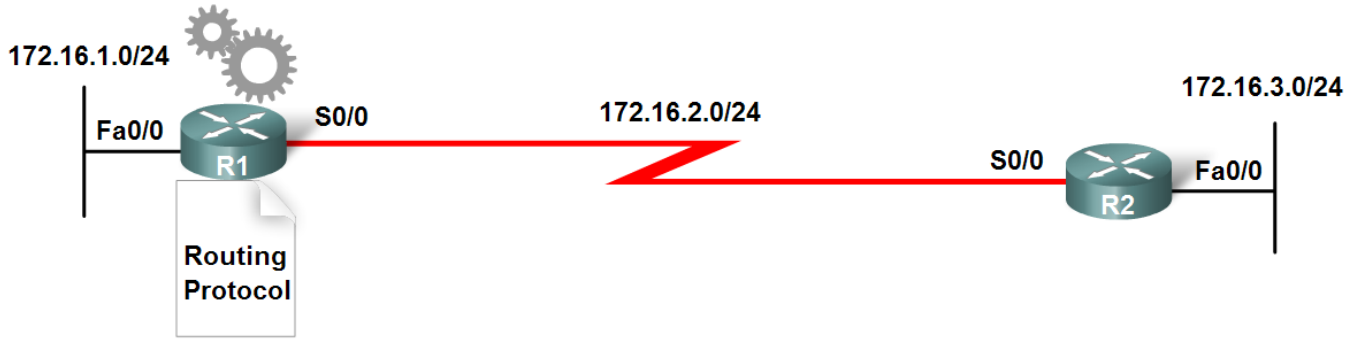
Dynamické smerovacie protokoly

- Každý smerovací protokol musí realizovať tieto funkcie:
  - Objavovať vzdialené siete
  - Udržiavať vždy aktuálnu informáciu o smerovaní do vzdialených sietí
  - Ku každej vzdialenej sieti stanoviť najkratšiu cestu
  - Ak súčasná najkratšia cesta prestane byť použiteľná, nájsť čo najlepšiu náhradnú cestu (ak vôbec existuje)



Dynamické smerovacie protokoly

- Čo je to teda dynamický smerovací protokol?
  - **Správy**, ktorými sa smerovače vzájomne informujú o existencii konkrétnych IP sietí, prípadne aj o celej topológii siete
  - Spolu s týmito správami je spojený **algoritmus** ich spracovania s cieľom hľadať najkratšie cesty ku každej IP sieti
  - Smerovače si oznamujú zmeny v topológii, čím sa prispôsobujú aktuálnemu stavu siete
- Alternatívny pohľad na smerovací protokol
  - Distribuovaný algoritmus hľadania najkratšej cesty do cieľových sietí vrátane súvisiacich údajových štruktúr

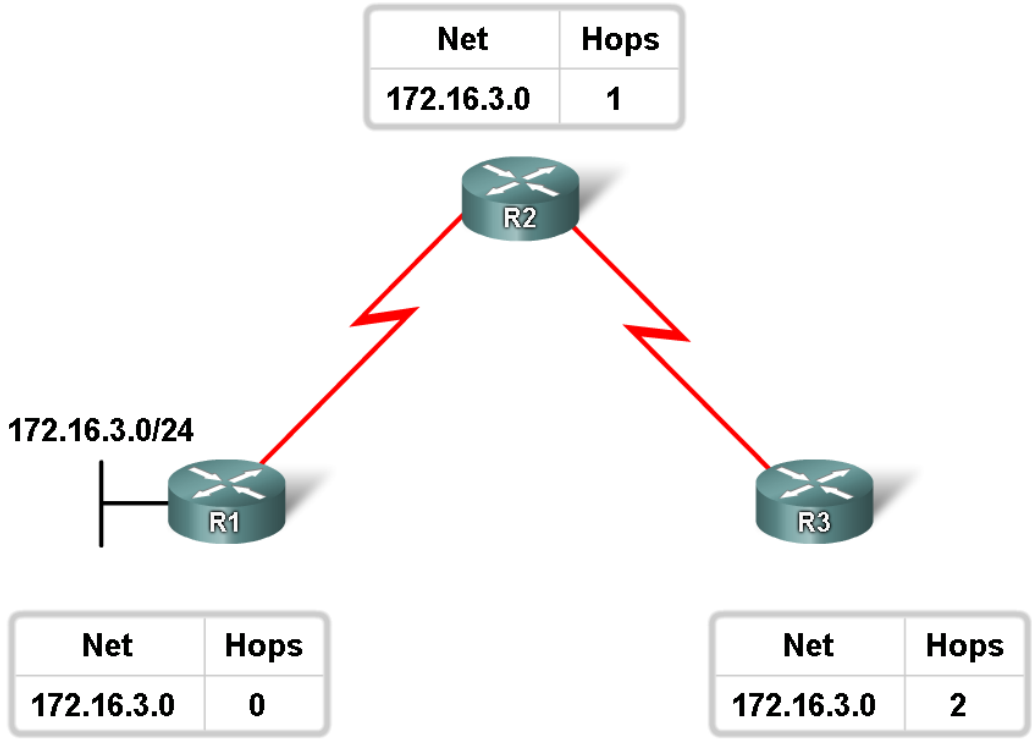


Rozdiely medzi smerovacími protokolmi

- Smerovacích protokolov existuje množstvo a líšia sa v rôznych aspektoch
  - **Ohodnotenie cesty (metrika)**
    - Počet hopov, výhodnosť na základe rýchlosti, spoľahlivosť, oneskorenie, záťaž...
  - **Princíp činnosti**
    - Distance-vector, Link-state, Path-vector
  - **Účel**
    - Smerovanie v sieti jedného vlastníka, smerovanie medzi sieťami rôznych vlastníkov
  - **Spôsob posielania aktualizácií**
    - Periodicky alebo pri nejakej udalosti
  - **Práca s adresami a maskami**
    - Classful a classless

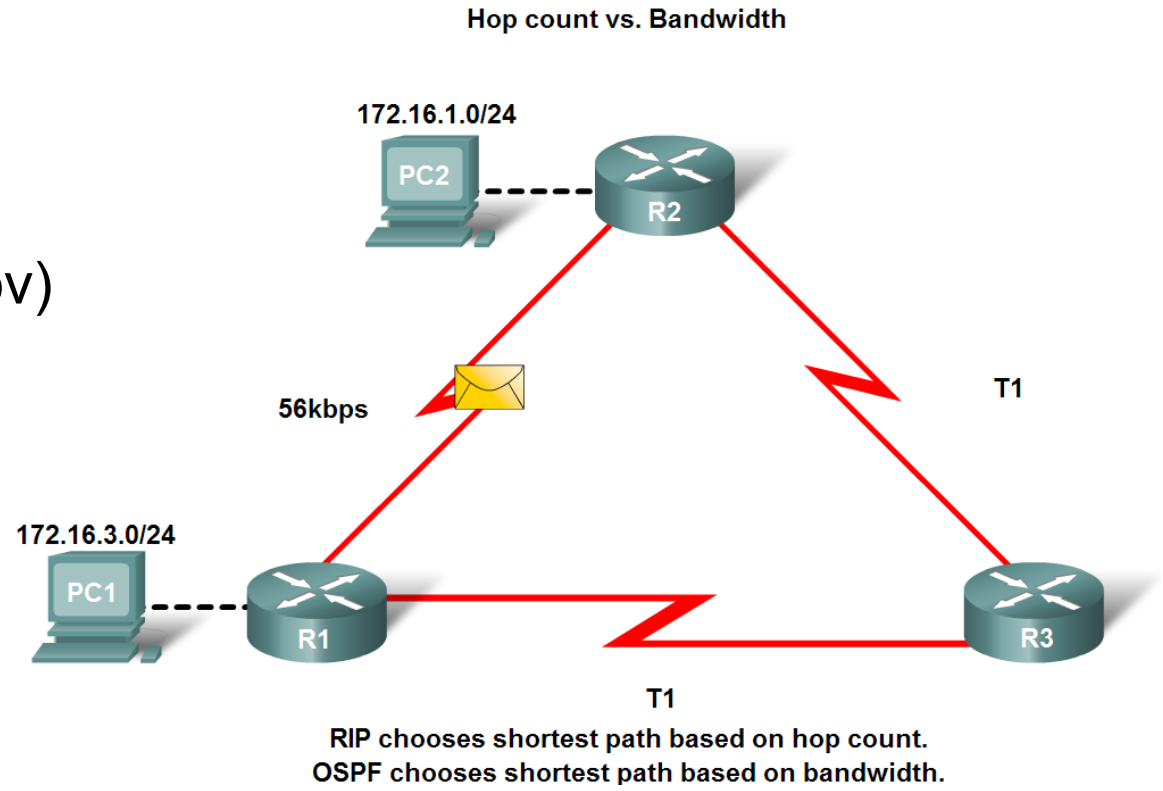
Metriky v smerovacích protokoloch

- „Metrika“ označuje číslo, ktoré vyjadruje, nakoľko je daná cesta do cieľovej siete výhodná
  - Metriku si môžeme predstaviť ako vzdialenosť
  - Ak existuje do cieľovej siete viacero ciest, smerovací protokol vyberie cestu s najnižšou metrikou
- Rôzne smerovacie protokoly používajú rôzne spôsoby určovania metriky



Metriky v smerovacích protokoloch

- Medzi údaje, z ktorých je možné vypočítavať metriku, patria
  - Rýchlosť
  - Oneskorenie
  - Spoľahlivosť
  - Aktuálna záťaž
  - Počet smerovačov (hopov)



Metrika v smerovacích protokoloch

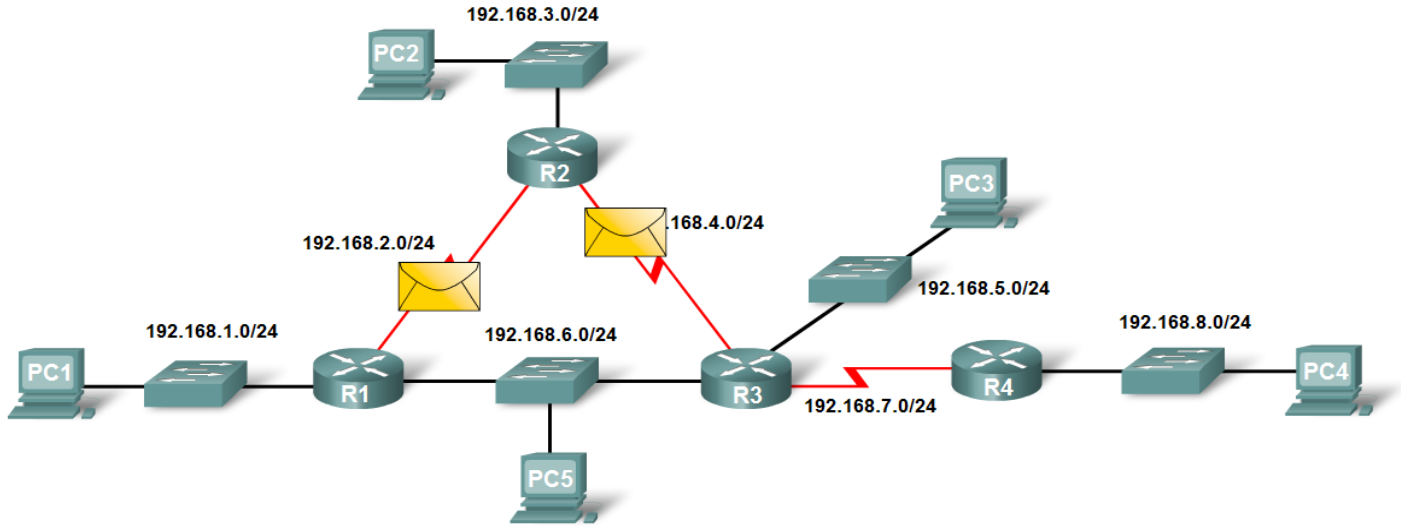
- Používané veličiny:
  - Protokol RIP: počet hopov
  - Protokol OSPF: rýchlosť rozhraní
  - Protokol EIGRP: rýchlosť rozhraní a oneskorenie, voliteľne aj záťaž a spoľahlivosť
- Smerovacia tabuľka pri každej sieti obsahuje aj údaj o výslednej metrike
  - Druhé číslo v hranatých zátvorkách pri zobrazenej sieti

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

Gateway of last resort is not set

R    192.168.1.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0
C    192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0
C    192.168.3.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C    192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/1
R    192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R    192.168.6.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0
                            [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R    192.168.7.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
R    192.168.8.0/24 [120/2] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/1
```

It is 2 hops from R2 to 192.168.8.0/24

Metrika v smerovacích protokoloch

- Rozkladanie záťaže (load balancing)
  - Ak zo smerovača do cieľovej siete vedie niekoľko rovnocenných najkratších ciest, smerovač ich môže používať súčasne
  - Všetky takéto cesty budú v smerovacej tabuľke prítomné s tou istou metrikou, avšak cez rôznych next-hop susedov




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

R    192.168.6.0/24 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:24, Serial0/0/0
                    [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:26, Serial0/0/1
```

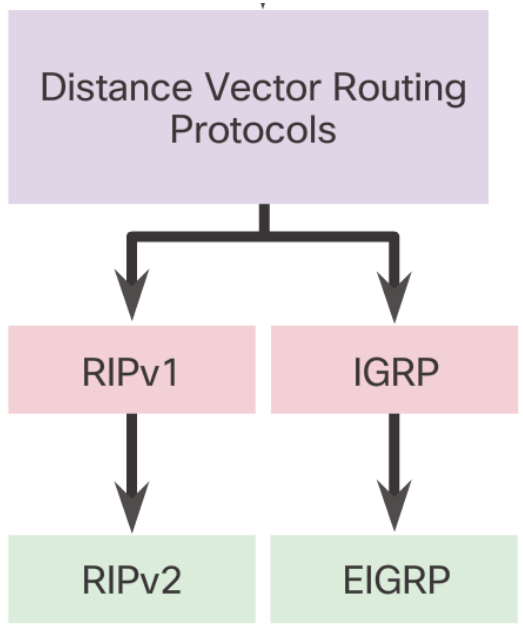
Smerovacie protokoly podľa princípu činnosti: Distance-Vector

- Protokoly typu Distance-Vector (DV) vychádzajú z idey, že smerovaču stačia na určenie najkratšej cesty do cieľa pomerne jednoduché informácie
  - Adresa cieľovej siete a jej maska
  - Vzdialenosť jednotlivých bezprostredných susedov od tejto siete
  - Vzdialenosť medzi smerovačom a jeho bezprostrednými susedmi
- Smerovač bude do cieľovej siete používať toho suseda, cez ktorého je celková vzdialenosť do cieľa minimálna
  - Vlastné priamo pripojené siete smerovač pozná
  - Takisto pozná „cenu“ svojich rozhraní do pripojených sietí, a teda aj vzdialenosť k susedným smerovačom v týchto sieťach
  - To, čo nepozná, je, aké siete poznajú susedia a ako sú od nich ďaleko

Distance-Vector

- Susedia si v DV musia navzájom posielať zoznamy sietí, ktoré poznajú, vrátane vlastných vzdialeností od týchto sietí
  - Zoznam sietí a vzdialeností od nich nie je nič iné ako pole štruktúr s položkami <Sieť, Vzdialenosť>
  - Pole sa v informatike nazýva aj **vektor**
  - DV protokoly teda stavajú na posielaní **vektorov vzdialeností** smerovačov od jednotlivých sietí
- Charakteristickým znakom DV protokolov je, že nepoznajú a nepotrebujú poznať topológiu siete
  - Smerovač pri DV pozná svoje bezprostredné okolie, ale nemá presnú predstavu o tom, ako vyzerá celá sieť
  - Smerovač pozná seba, vlastné priamo pripojené siete, bezprostredne susedné smerovače a siete „dakde za susedmi“

Distance-Vector technológie

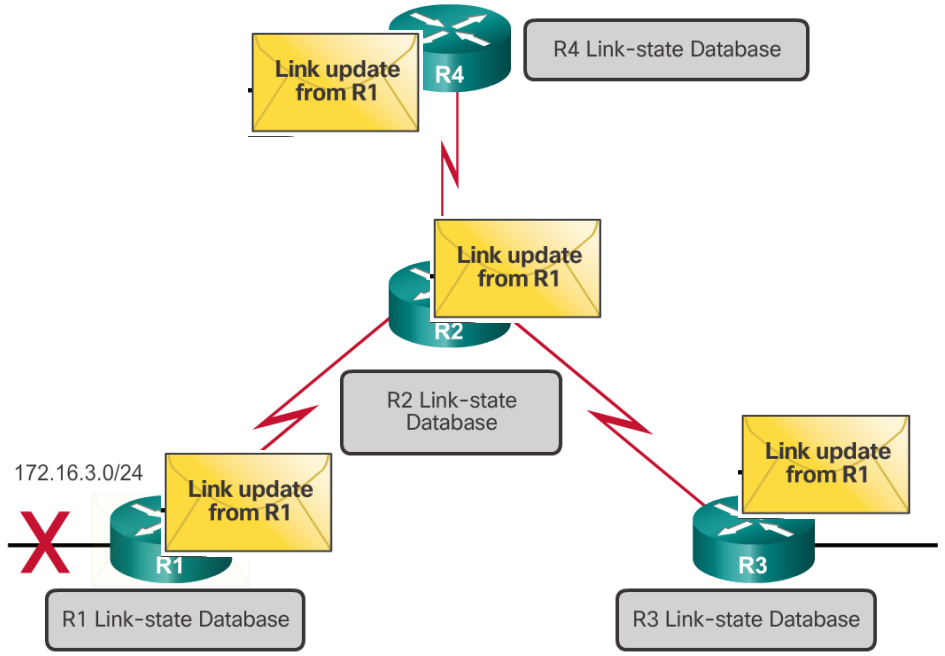


- Periodické smerovacie informácie (updates)
- V starších protokoloch sa posielali ako broadcast 255.255.255.255
  - **RIPv1**, **IGRP**
- Novšie protokoly posielajú ako multicast
  - **RIPv2**, **EIGRP**
- Väčšina protokolov ich posiela periodicky, aj keď sa nedeje žiadna zmena v topo
  - EIGRP posiela updates len pri zmene topo
- Spotrebúvajú šírku pásma (bandwidth) liniek a zdroje smerovačov (CPU)

Link-State (LS)

- Sú priamočiarou aplikáciou teórie grafov – hľadanie najkratšej cesty v grafe
  - Každý smerovač musí detailne poznať topológiu siete a vytvoriť si jej grafovú reprezentáciu
  - Nad grafom siete každý smerovač nezávisle určí strom najkratších ciest od seba do všetkých cieľových sietí (Dijkstrov algoritmus)

- Každý smerovač detailne pozná celú topológiu
  - Vypísaním pracovnej databázy LS protokolu na ľubovoľnom smerovači sme schopní nakresliť diagram celej siete
  - Pamäťovo i výpočtovo sú LS protokoly zložitejšie než DV



Link-state protocols forward updates when the state of a link changes.

Path-Vector

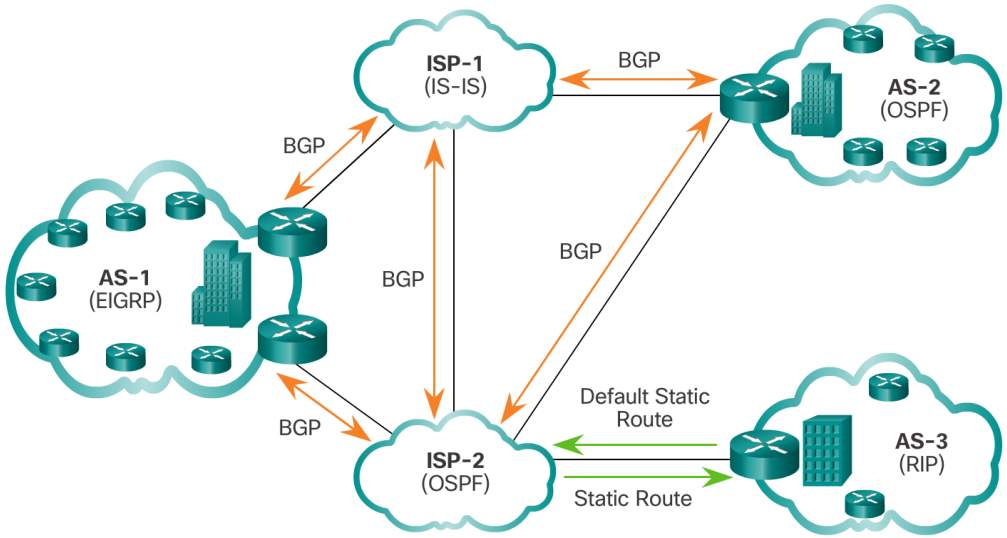
- DV smerovacie protokoly trpia náchylnosťou na vznik prechodných smerovacích slučiek
- Jedným z riešení vzniku smerovacích slučiek je, aby smerovač ignoroval smerovaciu informáciu, ktorú už raz spracoval
- Spôsob implementácie:
  - Smerovač sa podpíše do každej smerovacej informácie, ktorú prepošle svojim susedom
  - Ak v prijatej smerovacej informácii smerovač nájde svoj vlastný podpis, znamená to, že už ju predtým videl, spracoval a preposlal – takže práve prijatú informáciu môže ignorovať
- Toto je idea Path-Vector (PV) protokolov
  - V PV protokole si smerovače odovzdávajú vektory ciest (postupností smerovačov, cez ktoré správa prešla) v tvare <Sieť, Vzdialenosť, Cesta>
  - Ďalšia činnosť protokolu je ideovo zhodná s DV

Poznámky k typom smerovacích protokolov

- DV protokoly sú jednoduchšie
  - Spotrebúvajú menej systémových prostriedkov smerovačov
  - Princíp činnosti je jednoduchý
  - Zvládnu ich (ako-tak ☺) aj menej skúsení administrátori sietí
  - Reagujú vo všeobecnosti pomalšie, sú vhodné pre menšie siete
- LS protokoly sú komplexnejšie
  - Sú náročnejšie na pamäť a CPU než DV protokoly
  - Princíp činnosti je zložitejší než pri DV protokoloch
  - Na ich dobré zvládnutie treba kvalifikovaného administrátora
  - Siete majú v LS protokoloch vždy hierarchický dizajn – musia mať vyčlenenú chrbticovú oblasť, ktorá prepája ďalšie časti siete
  - Reagujú vo všeobecnosti rýchlejšie, sú vhodné pre veľké siete

Pojem autonómneho systému

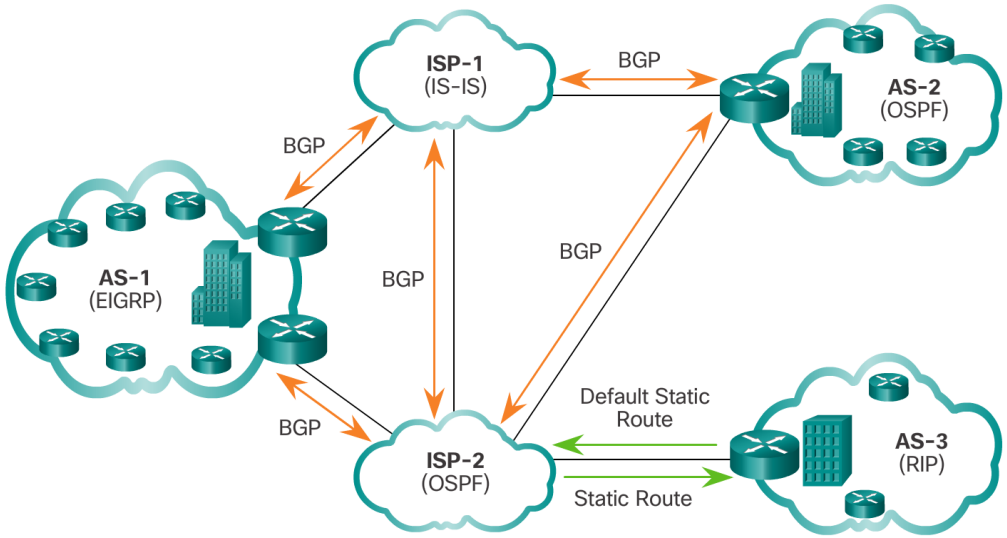
- Autonómny systém (AS) je skupina sietí a smerovačov, ktoré používajú spoločnú smerovaciu politiku a patria pod spoločnú administratívnu doménu
  - Smerovacia politika: spôsob výberu ciest do rôznych cieľov, filtrovanie smerovacích informácií, oznamovanie smerov...
  - Administratívna doména: dosah administratívnej právomoci správcu
- Vo vnútri AS môže pracovať 1 alebo niekoľko vnútorných smerovacích protokolov, AS však ako celok patrí spravidla 1 organizácii
- Zvonku je AS vnímaný ako jedna nerozdelená entita
  - Vonkajší svet nezaujíma, ako AS vo vnútri vyzerá, dôležité je preň len to, čo je vo vnútri tohto AS a čo je za ním



Vnútorné smerovacie protokoly

Interior Gateway Protocol, IGP

- Používané vo vnútri jedného autonómneho systému (AS)
- Susedné smerovače sa navzájom objavujú automaticky
- Snahou IGP je vymeniť si čo najkompletnejšiu info o vnútornej topológii AS a jeho členských sieťach
- Svet za hranicami AS je „zahmlený“ – nahradený sumárnymi smermi alebo využitím default route, vždy bez topologickej predstavy
- Metrika odráža výhodnosť trasy na základe počtu hopov, prenosovej rýchlosti, oneskorenia, záťaže, teda jej prenosové a technické vlastnosti



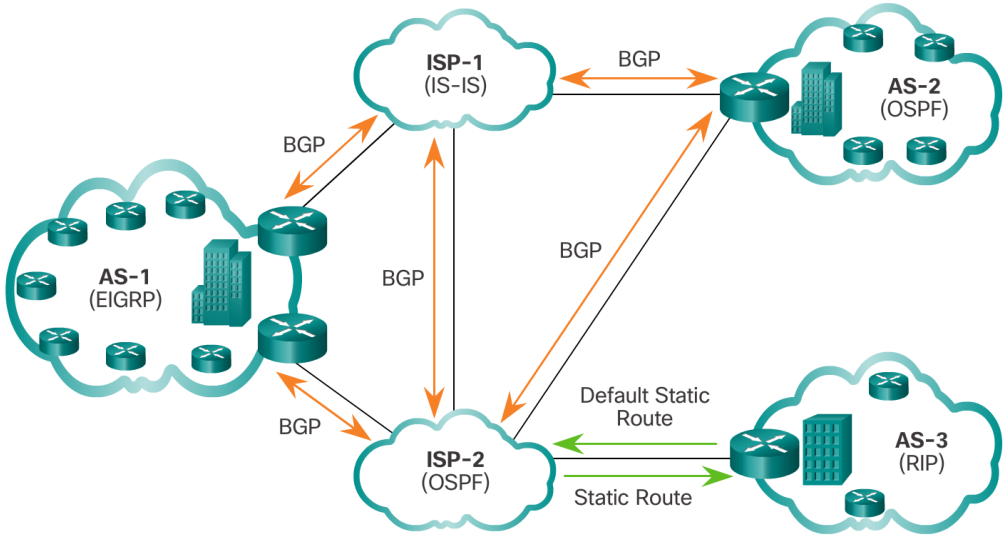
Smerovacie protokoly podľa účelu

Vonkajšie smerovacie protokoly

Smerovanie medzi AS sa zásadne líši od smerovania vo vnútri AS

Vonkajšie, externé smerovacie protokoly (Exterior Gateway Protocol, EGP):

- Používané medzi autonómnymi systémami (AS)
- Susedné smerovače musia pre vzájomnú komunikáciu byť explicitne nakonfigurované, neobjavujú sa automaticky
- EGP protokoly sa nezaujímajú o vnútornú topológiu AS, riešenie vnútornej dosiahnuteľnosti prenechávajú IGP
- EGP protokoly sa zaujímajú o hraničné smerovače na okrajoch AS a o vzájomné prepojenie AS medzi sebou
- Metrika sa skladá z parametrov, ktoré vyjadrujú pôvod siete a cestu cez tranzitné AS, jej lokálnu preferenciu
  - neodráža nutne fyzický charakter cesty, ale jej administratívne vlastnosti

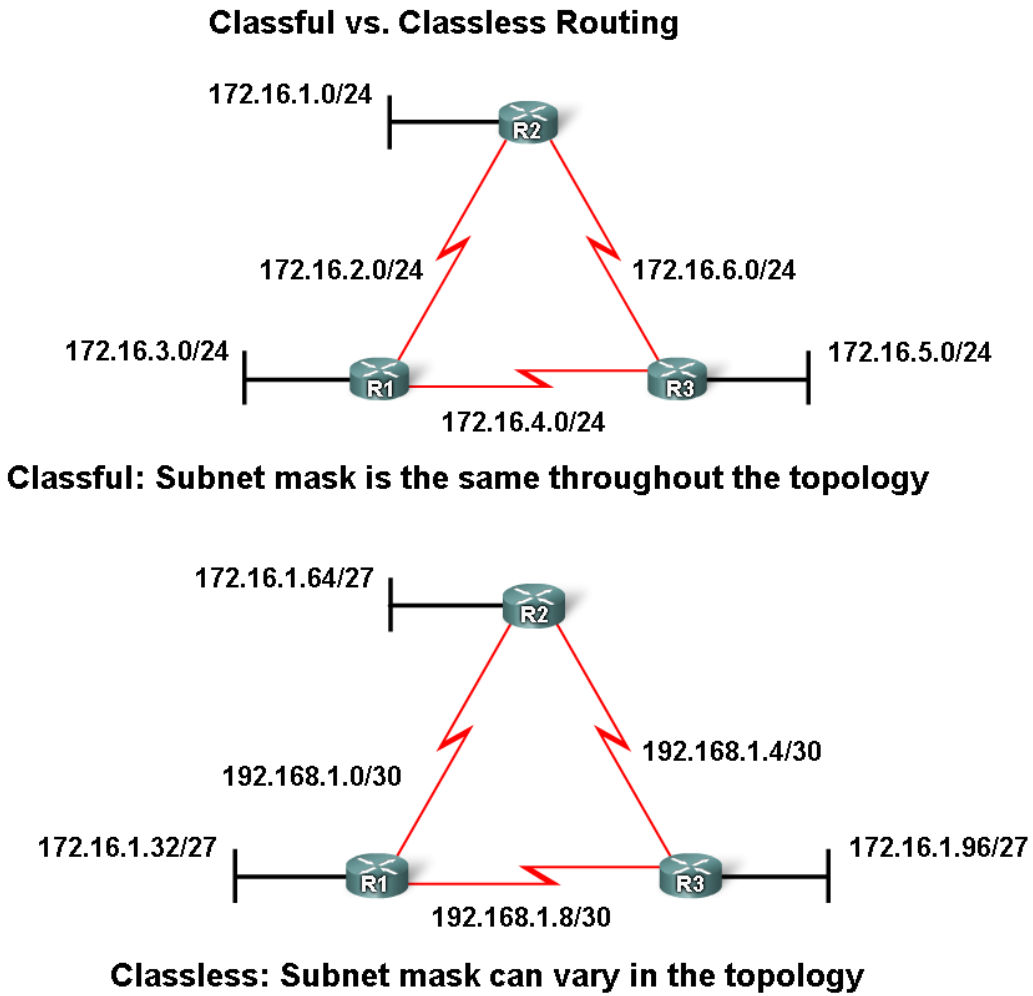


Smerovacie protokoly podľa spôsobu posielania aktualizácií

- Staršie smerovacie protokoly posielajú aktualizácie smerovacích informácií pravidelne, i keď sa v sieti nič nezmenilo
  - Tzv. timer-based routing protocols
  - Pravidelné odosielanie aktualizácií má dva účely
    - Informovať o tom, že odosielateľ stále žije
    - Preniesť smerovaciu informáciu (či už rovnakú ako naposledy alebo zmenenú)
- Novšie smerovacie protokoly tieto dva účely od seba oddeľujú zavedením niekoľkých druhov správ
  - Tzv. event-based routing protocols
  - Pomocou jedného druhu správ (tzv. Hello správy) sa smerovače navzájom informujú, že existujú a sú stále živé
  - Pomocou iného druhu správ si smerovače prenášajú samotné smerovacie informácie
  - Ak sa prenos smerovacích informácií skĺbi so spoľahlivým transportom, stačí posielať iba informácie o zmenách (incremental updates)

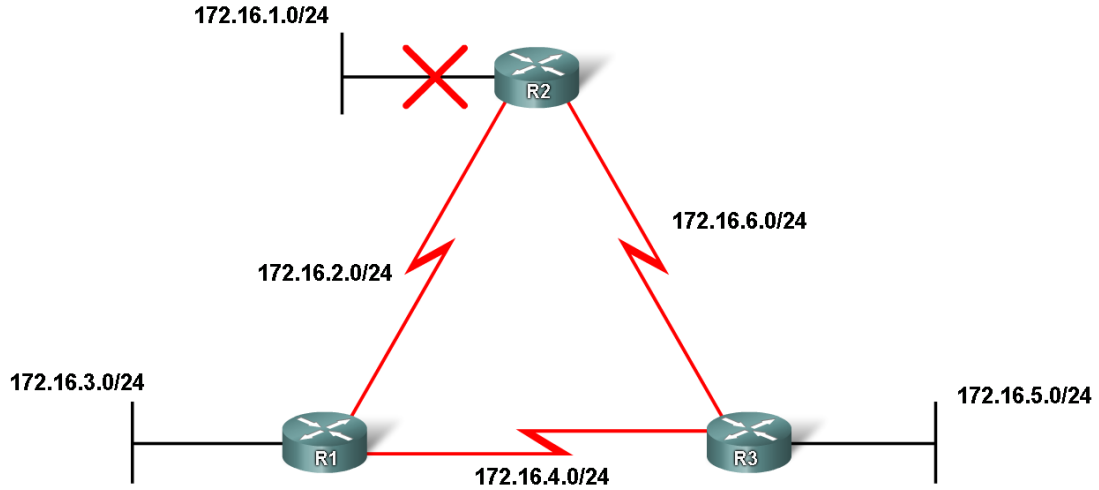
Classful a classless smerovacie protokoly

- Classful smerovacie protokoly
  - Starší predchodcovia súčasných protokolov
  - Vo svojich správach neprenášajú informáciu o maske siete, len ich adresy
  - Predpokladajú, že ak je sieť podsieťovaná, každá podsieť má rovnakú masku
  - V súčasnosti vzhľadom na toto obmedzenie prakticky nepoužiteľné
- Classless smerovacie protokoly
  - Vo svojich správach prenášajú adresy i **masky** sietí
  - Sem patria všetky súčasné smerovacie protokoly

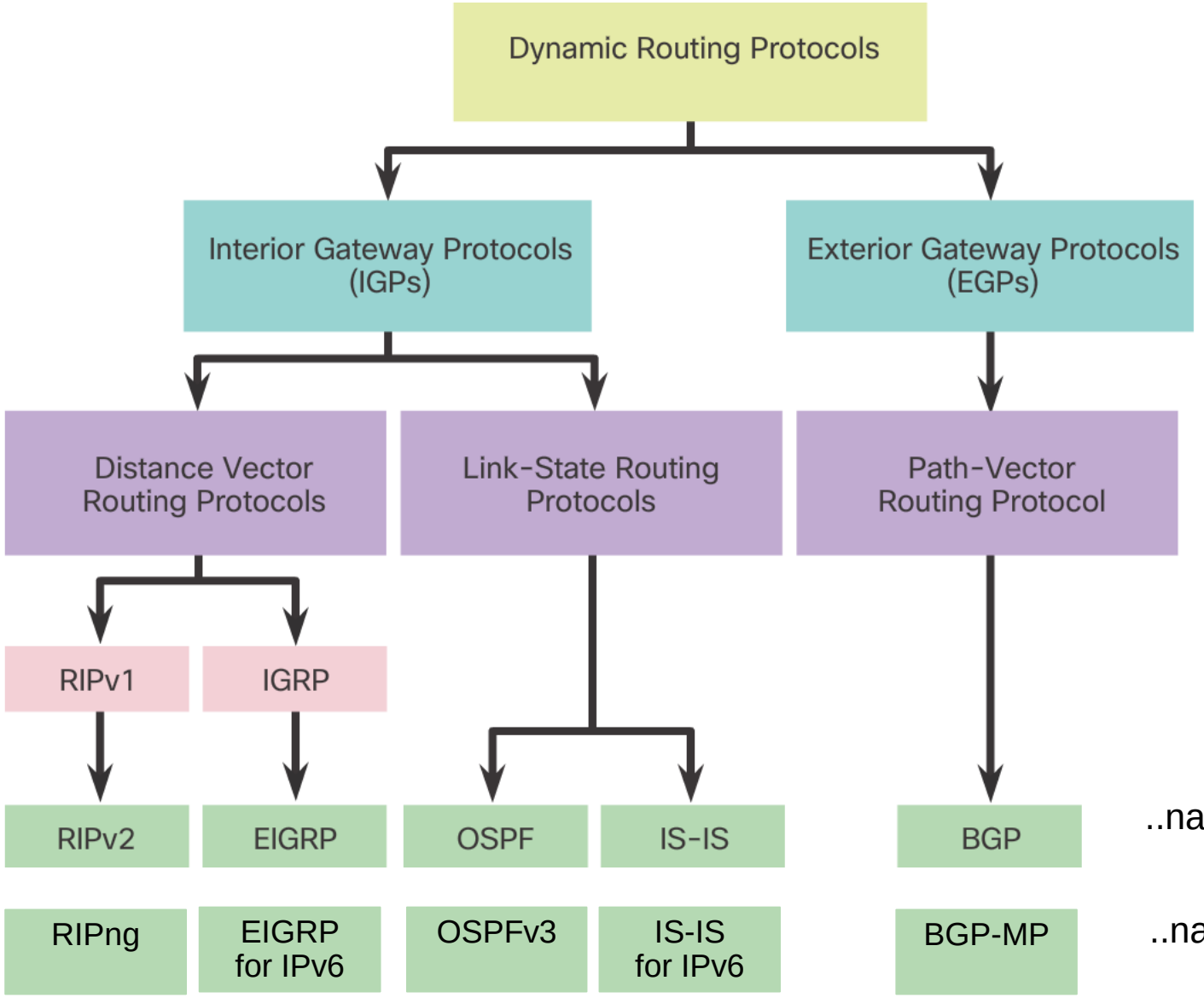


Pojem konvergencie v smerovacích protokoloch

- V kontexte smerovacích protokolov pojem „**konvergencia**“ znamená, že všetky smerovače majú konzistentné smerovacie tabuľky
  - Každý smerovač pozná všetky siete
  - Smerovače sa zhodli na spoločných objektívne najkratších cestách do všetkých cieľových sietí
  - Stav konvergencie je konečný stav, do ktorého musí smerovací protokol v sieti po jej zmene dospieť čo najrýchlejšie
- Smerovacie protokoly sa zvyknú posudzovať podľa toho, ako rýchlo dosiahnu v sieti stav konvergencie
  - RIP, IGRP a BGP konvergujú pomerne pomaly
  - EIGRP, OSPF a IS-IS konvergujú rýchlejšie
  - Rýchlosť konvergencie sa dá vhodným nastavením protokolov výrazne ovplyvniť



Kategorizácia smerovacích protokolov



..nad IPv4

..nad IPv6

Charakteristiky smerovacích protokolov

	Distance Vector				Link State	
	RIPv1	RIPv2	IGRP	EIGRP	OSPF	IS-IS
Speed Convergence	Slow	Slow	Slow	Fast	Fast	Fast
Scalability - Size of Network	Small	Small	Small	Large	Large	Large
Use of VLSM	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Resource Usage	Low	Low	Low	Medium	High	High
Implementation and Maintenance	Simple	Simple	Simple	Complex	Complex	Complex

Smerovací protokol RIP

Distance vector algoritmus

Je to mechanizmus pre:

- Posielanie a príjem smerovacích informácií
- Výpočet najlepších ciest a inštalovanie smerovacích záznamov do ST
- Detekciu a reakciu na zmeny v topológii

Rôzne DV protokoly používajú rôzne DV algoritmy:

- RIP >> tzv. Bellman-Ford algorithm
- IGRP a EIGRP >> Diffusing Update Algorithm (DUAL) algorithm

Routing Information Protocol (RIP)

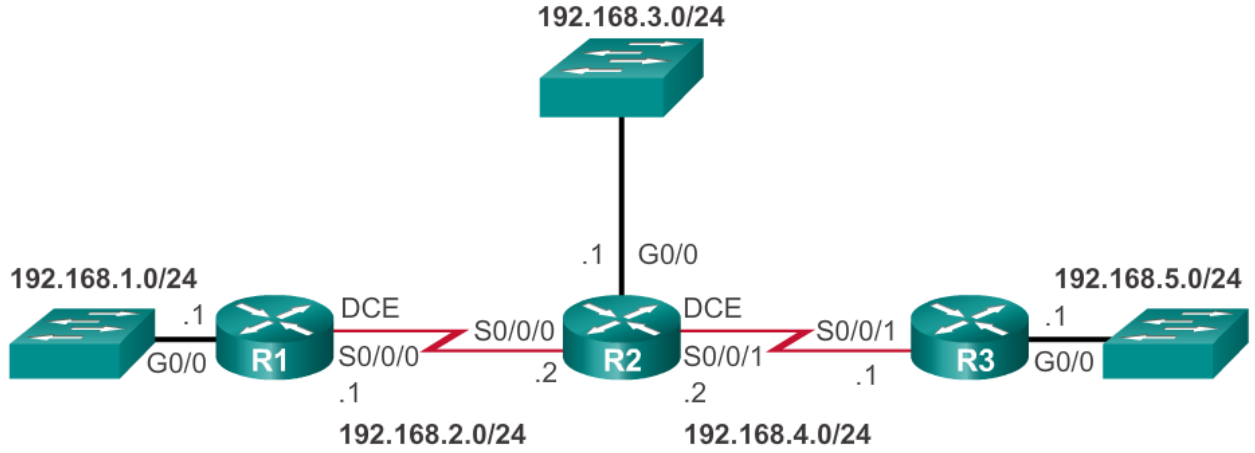
Characteristics and Features	RIPv1	RIPv2
Metric	Both use hop count as a simple metric. The maximum number of hops is 15.	
Updates Forwarded to Address	255.255.255.255	224.0.0.9
Supports VLSM	✗	✓
Supports CIDR	✗	✓
Supports Summarization	✗	✓
Supports Authentication	✗	✓

Každých 30 s

Používajú UDP port 520

RIPng

Základná konfigurácia RIPv2



- Základná konfigurácia:

```
Router(config)# router rip
Router(config-router)# version 2
Router(config-router)# network adresa_siete1*
Router(config-router)# network adresa_siete2*
```

- Účel príkazu **network**:
  - Do ktorej **priamo pripojenej** siete posielame RIP pakety
  - Z ktorej **priamo pripojenej** siete prijímame RIP pakety
  - O ktorej **priamo pripojenej** sieti budeme v našich RIP paketoch ostatným smerovačom hovoriť
  - Príkaz **network** teda slúži na zaradenie lokálnych rozhraní s ich sieťami do procesu RIPv1 pre prijímanie/odosielanie RIP správ a informovanie susedov o týchto sieťach
    - Príkaz **network** definuje rozsah (interval) IP adries
    - Ak IP adresa rozhrania spadá do tohto intervalu, do RIPv2 sa zaradí celé rozhranie s jeho skutočnou sieťou a maskou

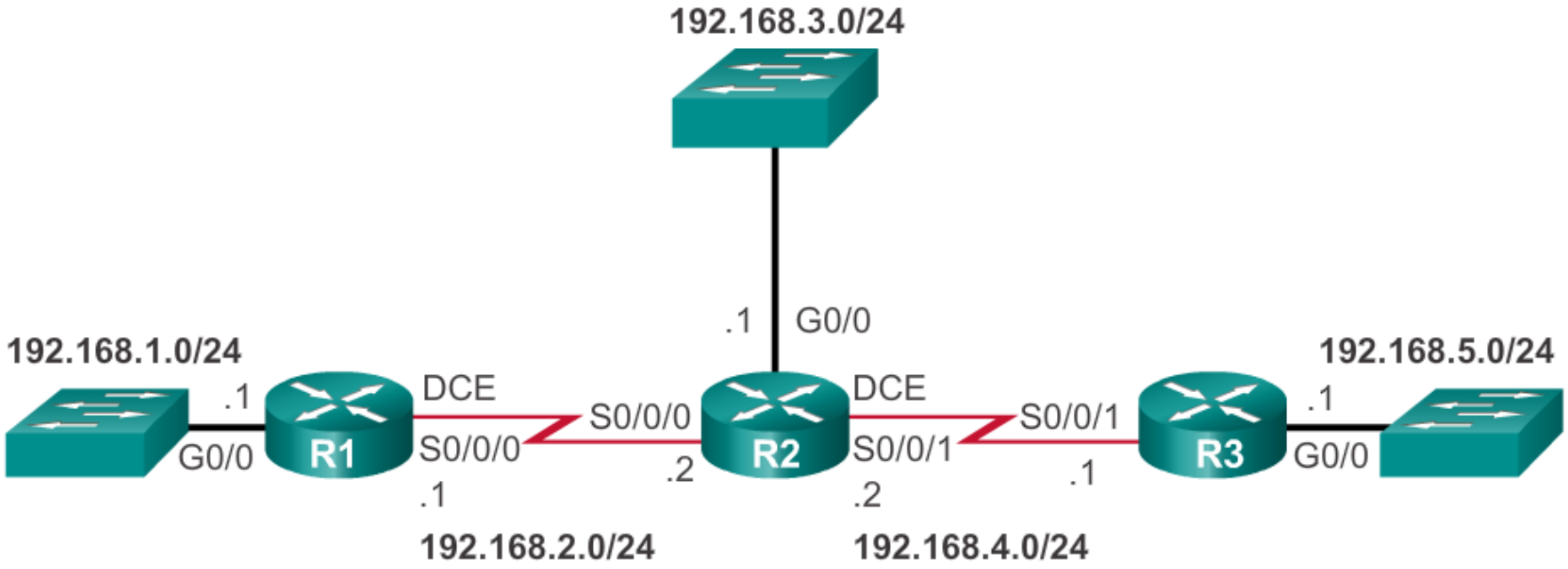
*) Adresa priamo pripojenej siete! Nie niektorej vzdialenej siete!

Poznámka k príkazu `network` v RIPv2

- Hoci RIPv2 je classless protokol a prenáša masky, príkaz **`network`** v jeho konfigurácii neumožňuje zadať masku
- Dôvod je spätná kompatibilita konfigurácie
  - Staré IOSy, ktoré neimplementujú RIPv2, by nevedeli z uloženej konfigurácie načítať príkaz **`network`**, v ktorom by bola uvedená aj maska siete
  - Absencia masky v príkaze **`network`** nemá nijaký vplyv na to, aká maska sa oznámi v RIPv2 správach – akonáhle vďaka príkazu **`network`** nejaké rozhranie patrí do RIPv2, ohlasuje sa jeho skutočná sieť a maska
  - Protokoly EIGRP a OSPF, ktoré sú odjakživa classless, budú v príkaze **`network`** akceptovať už aj masku

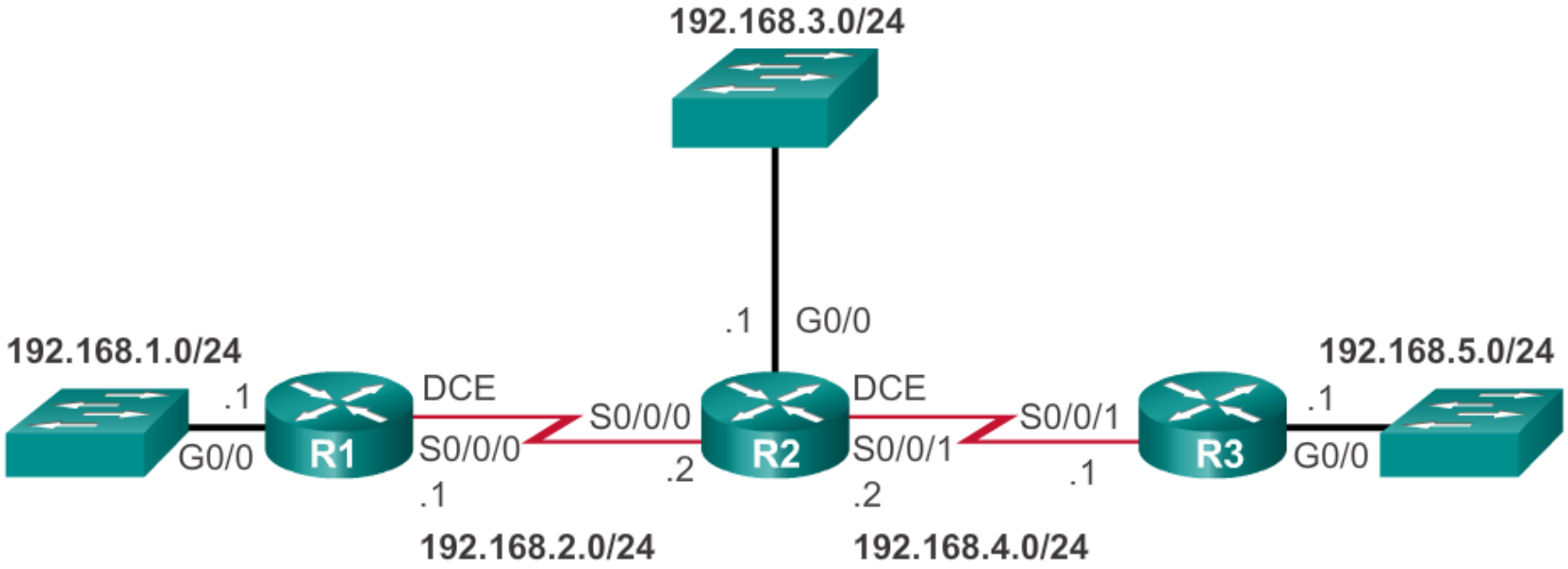
Príklad konfigurácie RIPv2 na R1

```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# version 2
R1(config-router)# network 192.168.1.0
R1(config-router)# network 192.168.2.0
R1(config-router)# exit
```



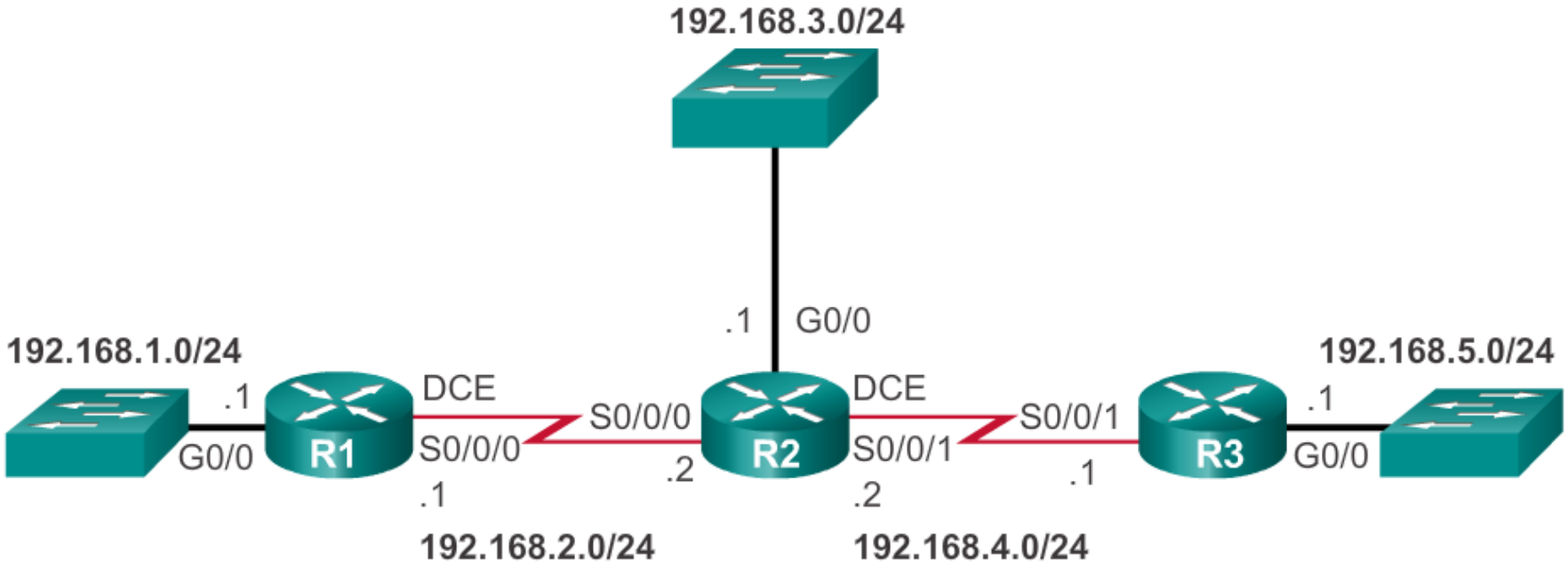
Príklad konfigurácie RIPv2 na R2

```
R2(config)# router rip
R2(config-router)# version 2
R2(config-router)# network 192.168.2.0
R2(config-router)# network 192.168.3.0
R2(config-router)# network 192.168.4.0
R2(config-router)# exit
```



Príklad konfigurácie RIPv2 na R3

```
R3(config)# router rip
R3(config-router)# version 2
R3(config-router)# network 192.168.4.0
R3(config-router)# network 192.168.5.0
R3(config-router)# exit
```



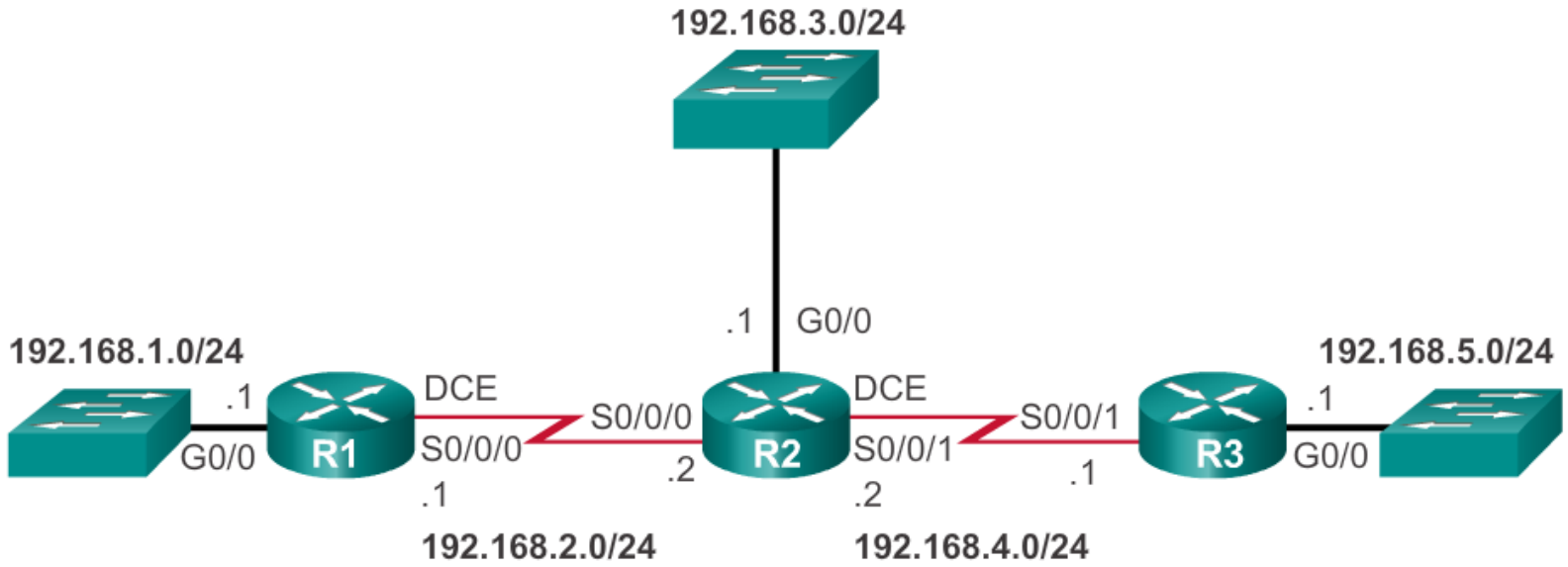
Výstup ešte pred aktiváciou RIPv2

```
R1# show ip protocols
*** IP Routing is NSF aware ***

Routing Protocol is "rip"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not
set
  Incoming update filter list for all interfaces is not
set
  Sending updates every 30 seconds, next due in 16 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after
240
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 1, receive any
version
    Interface         Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    GigabitEthernet0/0   1   1 2
    Serial0/0/0          1   1 2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.1.0
    192.168.2.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.2          120      00:00:15
  Distance: (default is 120)
```

Overenie konfigurácie RIPv2

```
R2# show ip protocols
Routing Protocol is "rip"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Sending updates every 30 seconds, next due in 24 seconds
  Invalid after 180 seconds, hold down 180, flushed after 240
  Redistributing: rip
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface              Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    FastEthernet0/0        2     2
    Serial0/0/0            2     2
    Serial0/0/1            2     2
  Automatic network summarization is in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.2.0
    192.168.3.0
    192.168.4.0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.1           120      00:00:12
    192.168.4.1           120      00:00:24
  Distance: (default is 120)
```

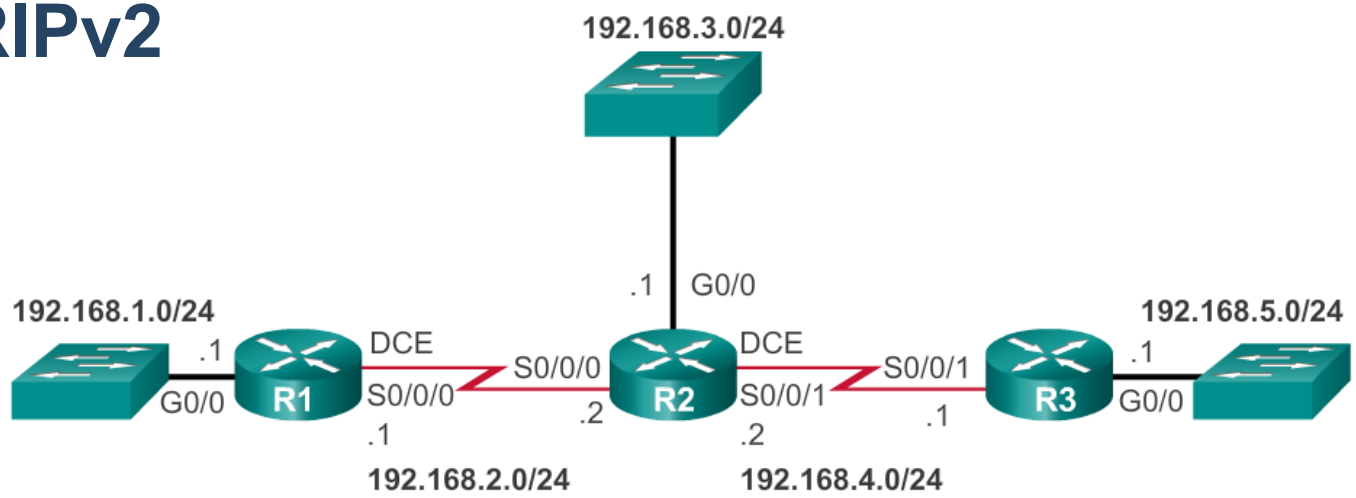
```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is not set

      192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L        192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
      192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L        192.168.2.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
R     192.168.3.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:24, Serial0/0/0
R     192.168.4.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:24, Serial0/0/0
R     192.168.5.0/24 [120/2] via 192.168.2.2, 00:00:24, Serial0/0/0
R1#
```



Ladenie behu RIPv2

```
R2# debug ip rip
RIP protocol debugging is on
RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via FastEthernet0/0 (192.168..1)
RIP: build update entries
        192.168.1.0/24 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
        192.168.2.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
        192.168.4.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
        192.168.5.0/24 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
RIP: received v2 update from 192.168.4.1 on Serial1/1
     192.168.5.0/24 via 0.0.0.0 in 1 hops
RIP: received v2 update from 192.168.2.1 on Serial1/0
     192.168.1.0/24 via 0.0.0.0 in 1 hops
RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via Serial1/1 (192.168.4.2)
RIP: build update entries
        192.168.1.0/24 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
        192.168.2.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
        192.168.3.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
RIP: sending v2 update to 224.0.0.9 via Serial1/0 (192.168.2.2)
RIP: build update entries
        192.168.3.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
        192.168.4.0/24 via 0.0.0.0, metric 1, tag 0
        192.168.5.0/24 via 0.0.0.0, metric 2, tag 0
R2# undebug all
```

Aktivácia RIPv2




```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# version 2
```

```
R1# show ip protocols | section Default
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface              Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    GigabitEthernet0/0     2     2
    Serial0/0/0            2     2
```

Čo spôsobí príkaz `version 1`? **>> povolí iba RIPv1 (send aj receive)**

A čo `no version`? **>> návrat do default: send v1; receive v1,v2**

Pojmy „classful“ a „classless“

- Pojmy „classful“ a „classless“ sme už spomenuli v CCNA1 pri adresovaní
- Tieto prívlastky sa používajú v troch rôznych kontextoch
  - Classful / classless addressing (adresovanie)
  - Classful / classless routing protocol (smerovací protokol)
  - Classful / classless routing behavior (prezeranie smerovacej tabuľky)
- **Classful adresovanie** má tieto charakteristiky
  - Ak si obstaráme oficiálnu adresu, dostaneme celú sieť podľa zodpovedajúcej triedy – tzv. major network, a sme jej výhradným vlastníkom
  - Ak si z major network začneme vytvárať podsiete, každá z nich musí mať rovnakú masku, teda všetky musia byť rovnako veľké
    - VLSM (Variable Length Subnet Masking) nie je povolené

Vsuvka: Classful povaha RIPv1

- Čo znamená, že RIPv1 je **classful smerovací protokol**?
  - RIPv1 predpokladá, že sa stále dodržiavajú triedy adries (A, B, C)
  - RIPv1 predpokladá, že ak používame sieť N, potom vlastníme celú major network, do ktorej N patrí
    - Napr. ak máme 172.19.48.0/30, potom vlastníme aj 172.19.0.0/16
  - Ak sme výlučnými vlastníkmi major network siete N, potom von do cudzieho sveta nemá zmysel ohlasovať individuálne podsiete, ale stačí ohlásiť samotnú major network N
    - Tento proces sa nazýva **automatická sumarizácia** – nahradenie siete N jej príslušnou major network, ak sa oznamuje rozhraním, ktoré je v inej major network než sieť N sama
    - „Navonok“ bude RIPv1 sieť ohlasovať ako pôvodnú nerozdelenú major network, i keby sme si ju pre svoje potreby podsieťovali
  - RIPv1 neprenáša vo svojich správach informáciu o sieťovej maske

Vsuvka: Automatická sumarizácia v RIPv1

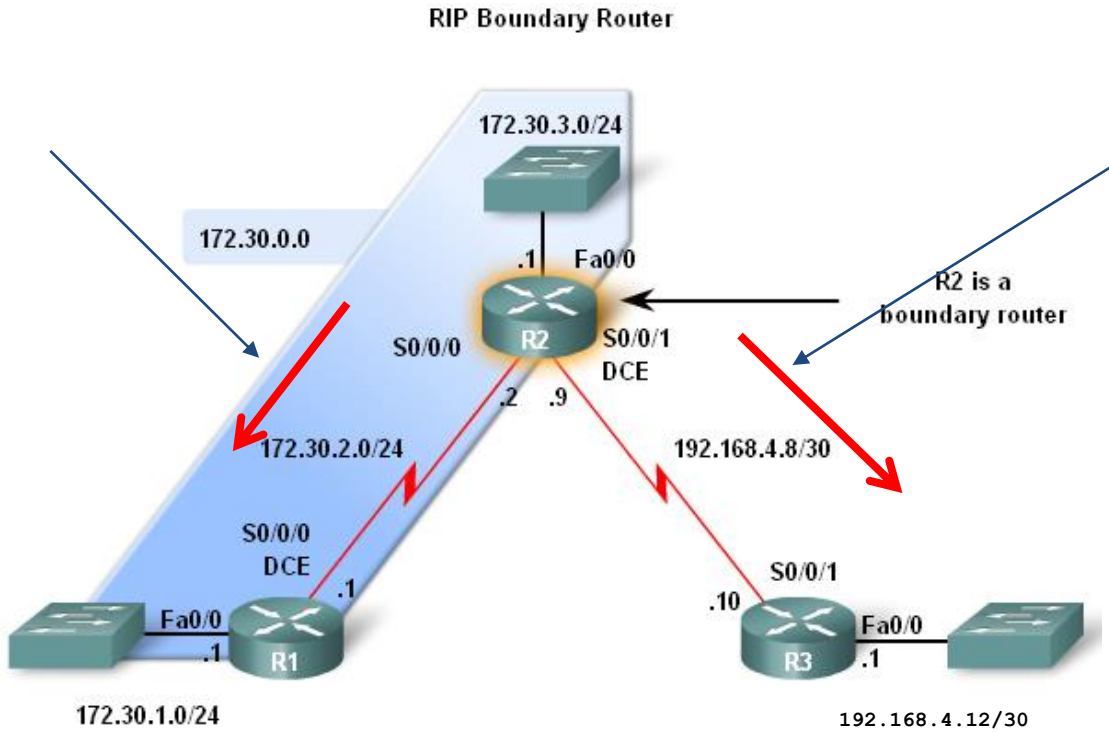
- Automatická sumarizácia
  - Ak smerovač posiela informáciu o podsieti istej major network „N“ rozhraním, ktoré leží v inej major network, nahradí túto informáciu záznamom o celej nerozdelenej sieti „N“
  - RIP v1 vykonáva sumarizáciu na major network – podľa príslušnej triedy

Podsiete

192.168.4.8/30
192.168.4.12/30

ako

192.168.4.0



Podsiete

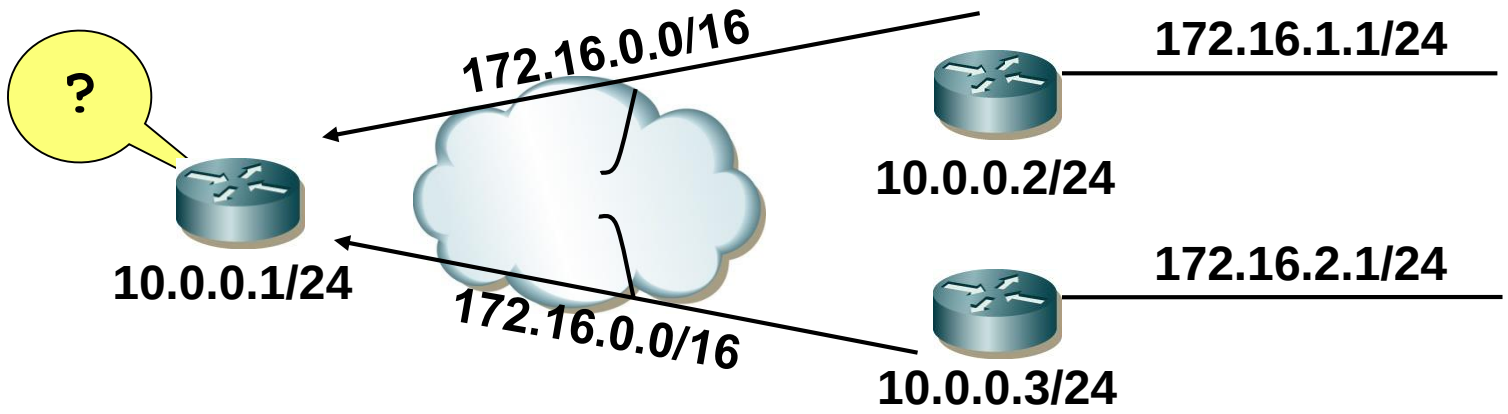
172.30.3.0/24
172.30.2.0/24
172.30.1.0/24

ako

172.30.0.0

Vsuvka: Problém s automatickou sumarizáciou

- Automatická sumarizácia môže spôsobiť problém nazývaný ako network discontinuity
- Network discontinuity: stav, keď podsiete jednej major network sú oddelené medziľahlou sieťou, ktorá leží v inej major network
- Dôsledkom sú nekorektné obsahy smerovacích tabuliek a neúplná konektivita v sieti
- Pri RIPv1 neexistuje riešenie okrem cieleného vyhnutia sa vytvoreniu network discontinuity (pozor na vhodný návrh adries), pretože automatickú sumarizáciu v RIPv1 nemožno vypnúť
- Bližšie info o problémoch s automatickou sumarizáciou v RIPv1 možno nájsť v dokumente „Why Doesn't RIP or IGRP Support Discontiguous Networks? “



Vsuvka: Classful povaha RIPv1 (pokrač.)

- Čo znamená, že RIPv1 je **classful smerovací protokol**? (pokračovanie)
  - Ak si odovzdávame informácie o podsieťach vo vnútri našej vlastnej infraštruktúry, potom podsiete majú podľa pravidiel classful podsieťovania rovnakú masku a pochádzajú z tej istej major network
  - Smerovací protokol preto nemusí prenášať masky, pretože
    - Buď je prijatá sieť z tej istej major network ako rozhranie, ktorým vošla, čiže je naša, a pridelíme jej masku podľa masky rozhrania
    - Alebo je z inej major network, čo znamená, že hovorí o major network iného vlastníka, a preto jej pridelíme masku podľa triedy
  - Pri RIPv1 sa sieťová maska len kvalifikovane odhadne
  - Tento fakt robí RIPv1 nepoužiteľným protokolom pre dnešné siete, v ktorých používame VLSM a nedodržiavame triedy adries
  - Bližšie info o správaní sa RIPv1 pri prijímaní a odosielaní aktualizácií možno nájsť v dokumente „Document ID 13723: Behavior of RIP and IGRP When Sending and Receiving Updates “

Classless adresovanie

- Princípy **classless adresovania**
  - Triedy A, B, C neplatia, adresy sietí je možné alokovať ľubovoľne z priestoru bývalých tried A, B, C
  - Je dovolené podsieťovať i agregovať (sumarizovať, spájať) adresové priestory podľa potreby
  - Predčíslie siete určuje sieťová maska, ktorá musí vždy byť súčasťou smerovacej informácie (žiadne odhadovanie masky siete, ale vždy jej explicitné priloženie k adrese siete)
  - Pridelený priestor je možné ďalej podsieťovať na nerovnako veľké podsiete
  - Resumé: Kľúčovým princípom je podsieťovanie s využitím sieťovej masky tak, ako sme sa to učili
- Classless adresovanie v sebe skrýva dva princípy
  - **CIDR** – prideľovanie a oznamovanie verejných rozsahov od internetových registrov podľa požadovanej veľkosti v tvare Prefix/Dĺžka, v porovnaní s classful prideľovaním možnosť podsieťovania aj agregácie
  - **VLSM** – možnosť ďalej podsieťovať pridelený priestor na podsiete premenlivej veľkosti

CIDR a VLSM

- CIDR:
  - Potrebujeme súvislý priestor 800 verejných IP adries
  - Internetový register nám pri CIDR môže legálne prideliť napríklad
    - 213.81.156.0/22 (4x bývalá sieť triedy C, agregácia)
    - 158.193.44.0/22 (časť siete triedy B, podsieťovanie)
    - 87.197.12.0/22 (časť siete triedy A, podsieťovanie)
  - CIDR teda dovoľuje na úrovni internetových registrov a Tier1-Tier3 poskytovateľov internetovej konektivity prideľovať akýkoľvek prefix podľa požadovanej veľkosti a vymieňať si medzi smerovačmi ľubovoľne podsieťované či agregované (sumarizované) prefixy
- VLSM:
  - Tento priestor potrebujeme následne rozdeliť na podsiete o veľkosti 200, 100, 50, 20 adries
  - Výsledné podsiete by mali masky /24, /25, /26 a /27, t.j. nerovnako veľké
  - VLSM teda dovoľuje nám, vlastníkovi istého prefixu, ho ďalej vnútorne ľubovoľne podsieťovať tak, ako sami potrebujeme

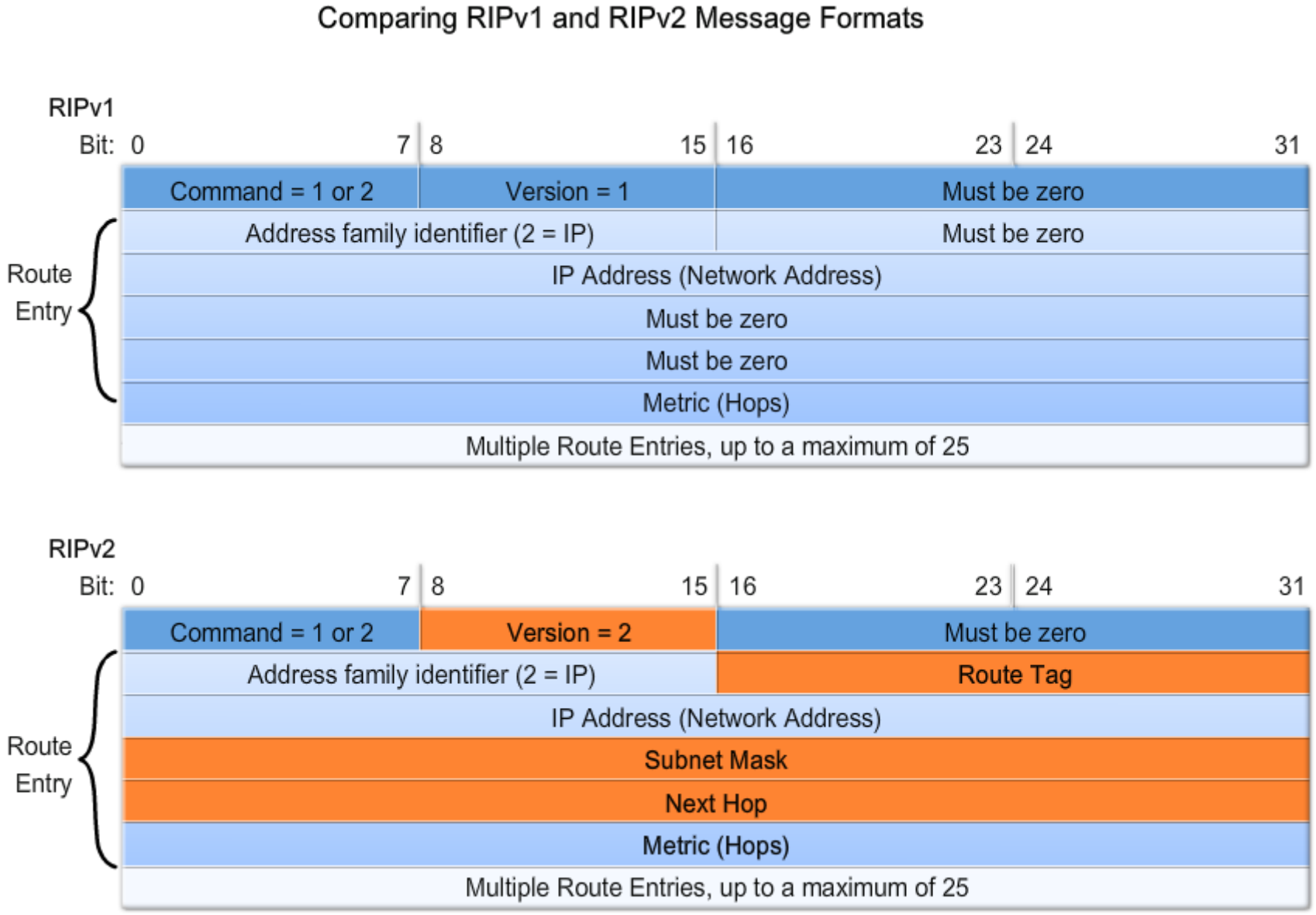
Classless smerovacie protokoly

- **Classless smerovacie protokoly** berú do úvahy, že triedy adries sa už nepoužívajú, a teda žiadne odhadovanie masiek á la RIPv1 neprichádza do úvahy
  - Kľúčovou vlastnosťou classless smerovacích protokolov je zahrnutie sieťových masiek do smerovacích informácií
  - Classless smerovacie protokoly ohlasujú siete také, aké naozaj sú, vrátane ich skutočných masiek
    - Môžu podporovať, kvôli spätnej kompatibilite, automatickú sumarizáciu, avšak tá sa dá na rozdiel od classful smerovacích protokolov vypnúť
  - Umožňujú manuálnu sumarizáciu
  - Dovoľujú využívať CIDR a VLSM
- Medzi classless smerovacie protokoly patria RIPv2, EIGRP, OSPF, IS-IS, BGP

Sumár: charakteristika protokolu RIPv2

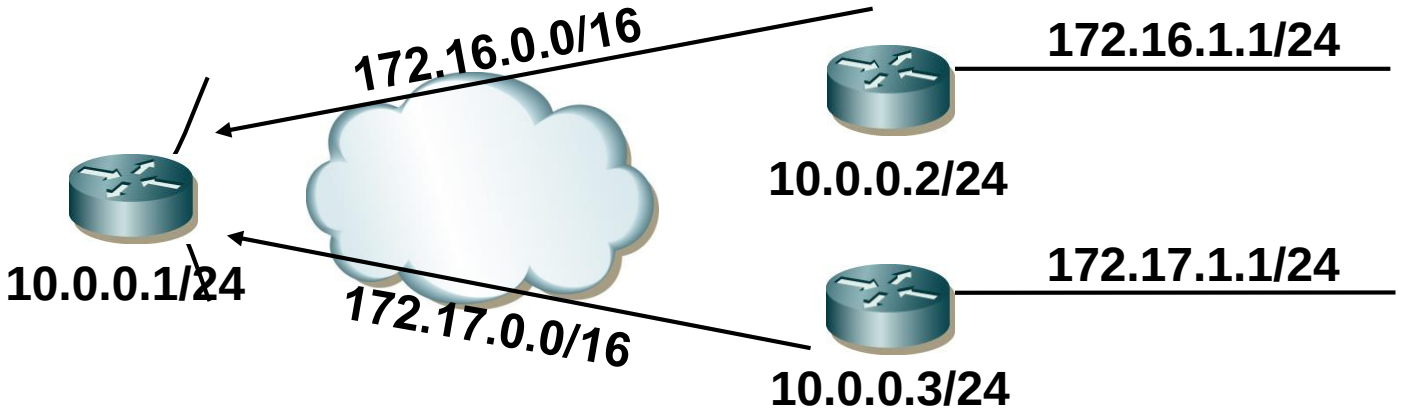
- Protokol RIPv2 je classless proťajšok svojho predchodcu
- Väčšina vlastností je zhodných
  - Distance-vector smerovací protokol
  - Riadený časovačmi s rovnakými hodnotami a významom ako v RIPv1
  - Metrikou je hop count, maximum je 15, hodnota 16 je nekonečno
  - Využíva transportný protokol UDP, cieľový port 520
  - Administratívna vzdialenosť je 120
  - Využíva tie isté protislučkové mechanizmy ako RIPv1
- Inovované vlastnosti
  - Patrí medzi classless smerovacie protokoly
  - Správy RIPv2 sa posielajú na multicastovú IP adresu 224.0.0.9, kde ich spracúvajú iba RIPv2 smerovače, nie všetky uzly v sieti
  - Medzi voliteľné rozšírenia patrí autentifikácia správ, informácia o odporúčanom next hop smerovači do istej siete, označovanie sietí prídavným číslom pre administratívne účely (route tagging)

Porovnanie formátu RIPv1 a RIPv2 správ



Sumarizácia v RIPv2

- Pasívne rozhrania a rozposielanie default route sa v RIPv2 konfigurujú a pracujú úplne rovnako ako v RIPv1
- Zamerajme sa na nové funkcie RIPv2
  - Automatická a manuálna sumarizácia
  - Autentifikácia
- Automatická sumarizácia (štandardne zapnutá)
  - Ak smerovač posiela informáciu o podsieti istej major network „N“ rozhraním, ktoré leží v inej major network, nahradí túto informáciu záznamom o celej nerozdelenej sieti „N“
  - Sumarizácia na major network – podľa príslušnej triedy



Čo s automatickou sumarizáciou v RIPv2?

- Defaultne je v RIPv2 zapnutá – čo to znamená?
  - t.j. automaticky sumarizuje siete podľa tried (na classfull adresy)
- Viem ju vypnúť keď treba:

```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# no auto-summary
```

- Či je zapnutá alebo vypnutá zistím:

```
R1# show ip protocols
```

Manuálna sumarizácia v RIPv2

- Konfigurácia manuálnej sumarizácie
  - Automatickú sumarizáciu je potrebné vypnúť
  - Na rozhraní, ktorým sa budú k susedným smerovačom **odosielať** RIPv2 pakety so zoznamom sietí, je potrebné nakonfigurovať sumarizačnú adresu, ktorou sa smerovač pokúsi **odosielaný** zoznam sietí sumarizovať (sumarizácia sa deje len pri odosielaní)

```
Router(config)# router rip
Router(config-router)# no auto-summary
Router(config-router)# exit
Router(config)# interface Serial0/0/0
Router(config-if)# ip summary-address rip SIEŤ MASKA
```

- Vypnutie automatickej sumarizácie sa odporúča ako samozrejmý krok pri konfigurácii RIPv2, t.j. každá konfigurácia RIPv2 by mala obsahovať:

```
Router(config)# router rip
Router(config-router)# version 2
Router(config-router)# no auto-summary
```

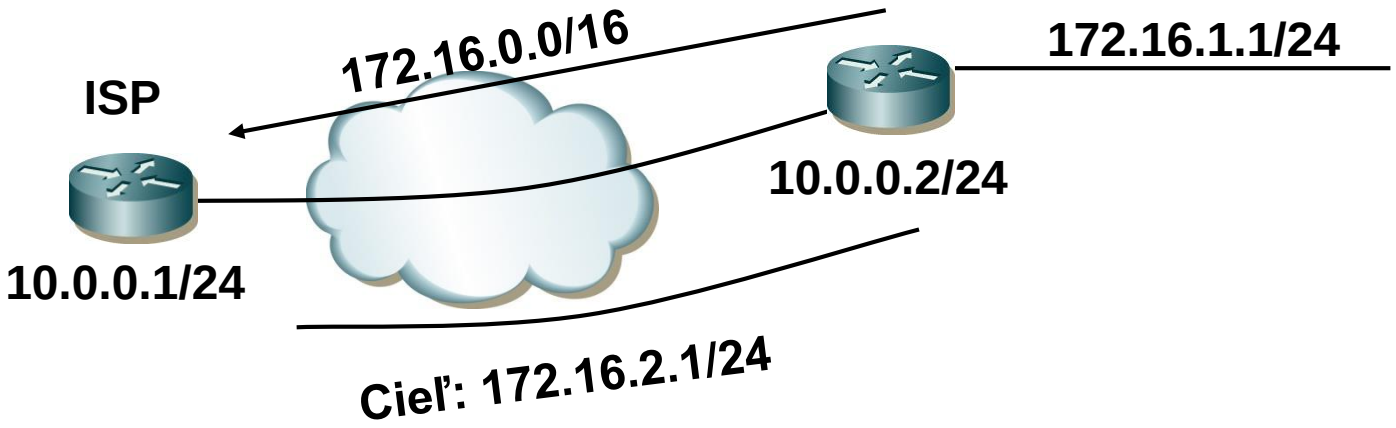
Overenie konfigurácie sumarizácie

- Pre overenie správnosti konfigurácie sumarizácie v RIPv2 je veľmi nápomocný výpis **show ip protocols**

```
R1# show ip protocols
< ... Skrátené ... >
 Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface              Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    FastEthernet0/0        2     2
    Serial0/0/0            2     2
  Automatic network summarization is not in effect
  Address Summarization:
    192.0.2.0/24 for Serial0/0/0
  Maximum path: 4
< ... Skrátené ... >
```

Vznik smerovacej slučky pri sumarizácii

- Predstavme si situáciu:
  - Smerovač vpravo má nakonfigurovanú default route smerom na ISP
  - Smerovač vpravo posiela k ISP sumarizovanú sieť, ale jeden jej komponent v súčasnosti nie je smerovaču známy
  - ISP o tom vďaka sumarizácii nevie a paket určený do neexistujúceho komponentu preposiela nám
  - Náš smerovač tento komponent nepozná a paket vráti na ISP vďaka default route – vzniká smerovacia slučka



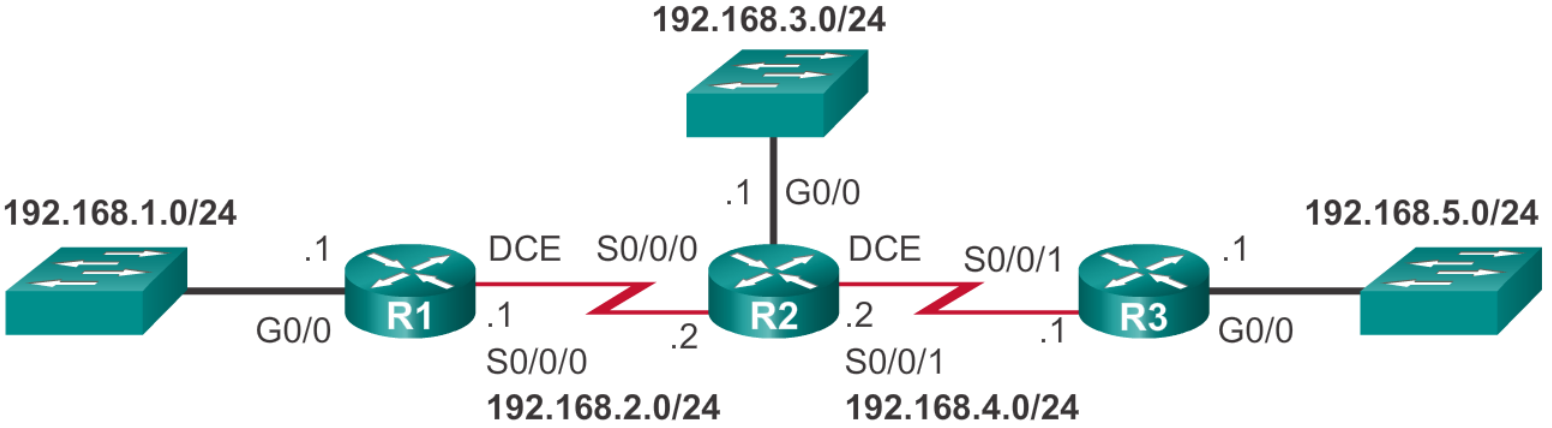
Riešenie smerovacej slučky pri sumarizácii

- Vznik tejto smerovacej slučky je možné na našom smerovači vyriešiť statickým definovaním tzv. discard route:

```
Router(config)# ip route SIEŤ MASKA Null0
```

  kde SIEŤ a MASKA sú identické ako v manuálnej sumarizačnej položke použitej na rozhraniach
  - Rozhranie Null0 je fiktívne, virtuálne rozhranie, ktoré zahodí všetky pakety, ktoré sa ním odošlú (čierna diera na pakety)
  - Smerovacia tabuľka bude obsahovať siete v poradí: najprv komponenty sumárnej siete (väčšia maska), potom discard route (menšia maska)
  - Ak je komponent známy, smerovač ho v smerovacej tabuľke nájde skôr
  - Ak je komponent neznámy, smerovač narazí na discard route
- Iné protokoly (EIGRP, OSPF, IS-IS, BGP) si discard route pridávajú automaticky. Pri RIP je potrebné pridať ju ručne
  - Implementácia RIP v operačnom systéme IOS je zanedbaná

Konfigurácia pasívnych rozhraní



Čo môžu spôsobiť nevyžiadané smerovacie informácie (updates) v LAN sieti?

- **Plytvanie šírky pásma**
- **Plytvanie zdrojmi smerovača**
- **Bezpečnostné riziko**

```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# passive-interface g0/0
Alebo:
R1(config-router)# passive-interface default
R1(config-router)# no passive-interface s0/0/0
```

Overenie pasívnych rozhraní

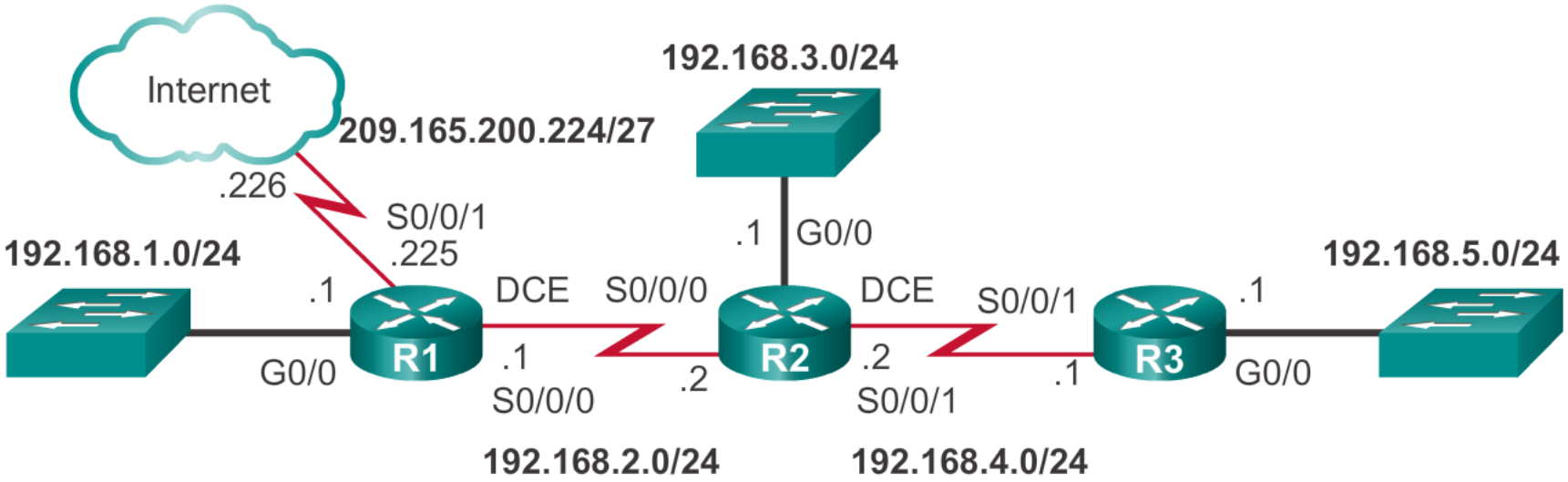
```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# passive-interface g0/0
R1(config-router)# end
R1#
R1# show ip protocols | begin Default
  Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface              Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    Serial0/0/0            2     2
  Automatic network summarization is not in effect
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    192.168.1.0
    192.168.2.0
  Passive Interface(s):
    GigabitEthernet0/0
  Routing Information Sources:
    Gateway         Distance      Last Update
    192.168.2.2           120      00:00:06
  Distance: (default is 120)
```

Vnesenie statickej cesty do RIP

- Existujú situácie, že na smerovači máme staticky nakonfigurovanú cestu do vzdialenej siete a túto sieť potrebujeme oznamovať v RIP
  - Napr. susedný smerovač, za ktorým sa nachádza táto vzdialená sieť, nepozná RIP, takže dynamicky svoju sieť nedokáže ohlásiť
  - My máme cestu k vzdialenej sieti nakonfigurovanú príkazom `ip route` a preto ju poznáme
  - Potrebujeme však dosiahnuť, aby ju poznali všetky RIP smerovače
  - Keďže to nie je priamo pripojená sieť, nemôžeme ju do RIP vkladať príkazom `network`, lebo ten sa vzťahuje na rozhrania, nie na statické cesty v smerovacej tabuľke
- Riešenie – tzv. redistribúcia
  - Redistribúcia je načítanie sietí z iného smerovacieho protokolu alebo zdroja
  - Problematika redistribúcie je zložitá, toto je iba veľmi obmedzená ukážka

```
Router(config)# router rip
Router(config-router)# redistribute static
```

Šírenie default route




```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# default-information originate
```

Ostatným rozšírim info v RIP updatoch, že ja som ich default gateway do internetu, že ja mám default route

V skutočnosti RIP neoveruje, či ju daný router naozaj má alebo nie v smerovacej tabuľke (t.j. môže ju nemať :-)

Šírenie default route

```
R1(config)# router rip
R1(config-router)# default-information originate
R1(config-router)# ^Z
R1#
*Mar 10 23:33:51.801: %SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by
console
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 209.165.200.226 to network 0.0.0.0

S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.226, Serial0/0/1
      192.168.1.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L        192.168.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
      192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L        192.168.2.1/32 is directly connected, Serial0/0/0
R     192.168.3.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08,
Serial0/0/0
R     192.168.4.0/24 [120/1] via 192.168.2.2, 00:00:08,
Serial0/0/0
R     192.168.5.0/24 [120/2] via 192.168.2.2, 00:00:08,
Serial0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        209.165.200.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
L        209.165.200.225/27 is directly connected, Serial0/0/1
```

Šírenie default route

```
Gateway of last resort is 192.168.2.1 to network 0.0.0.0

R*    0.0.0.0/0 [120/1] via 192.168.2.1, 00:00:21, Serial0/0/0
R     192.168.1.0/24[120/1] via 192.168.2.1, 00:00:25, Serial0/0/0
      192.168.2.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
L        192.168.2.2/32 is directly connected, Serial0/0/0
      192.168.3.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.3.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L        192.168.3.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
      192.168.4.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C        192.168.4.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
L        192.168.4.2/32 is directly connected, Serial0/0/1
R     192.168.5.0/24 [120/1] via 192.168.4.1, 00:00:15, Serial0/0/1
R2#
```

Autentifikácia v protokole RIPv2

- RIP je protokol, ktorý slepo dôveruje informácii prichádzajúcej od niektorého zo susedov
  - Otvorená náruč pre podstrčenie zlomyseľnej informácie
- Ochrana: autentifikácia
  - Podpis každého paketu pomocou dohodnutého hesla
  - Dve formy: plaintext alebo MD5 hash
- Aktivácia autentifikácie sa deje v troch krokoch
  - Vytvorenie „kľúčenky“ – zoznamu kľúčov
  - Aktivácia konkrétnej formy autentifikácie na rozhraní
  - Aktivácia konkrétnej kľúčenky na rozhraní. Kľúčom v tejto kľúčenke budú podpísané odchádzajúce a overené prichádzajúce RIPv2 správy
- Všetky smerovače prepojené spoločnou sieťou musia na tejto spoločnej sieti používať kľúč rovnakého poradového čísla a znenia a rovnakú metódu (plaintext alebo MD5)

Konfigurácia autentifikácie v RIPv2

- Vytvorenie kľúčenky:

```
Router(config)# key chain MENO
Router(config-keychain)# key ČÍSLO
Router(config-keychain-key)# key-string HESLO
```

- Aktivácia konkrétnej formy autentifikácie na rozhraní:

```
Router(config-if)# ip rip authentication mode {md5|text}
```

- Aktivácia konkrétnej kľúčenky na rozhraní:

```
Router(config-if)# ip rip authentication key-chain MENO
```

Kontrola autentifikácie v RIPv2

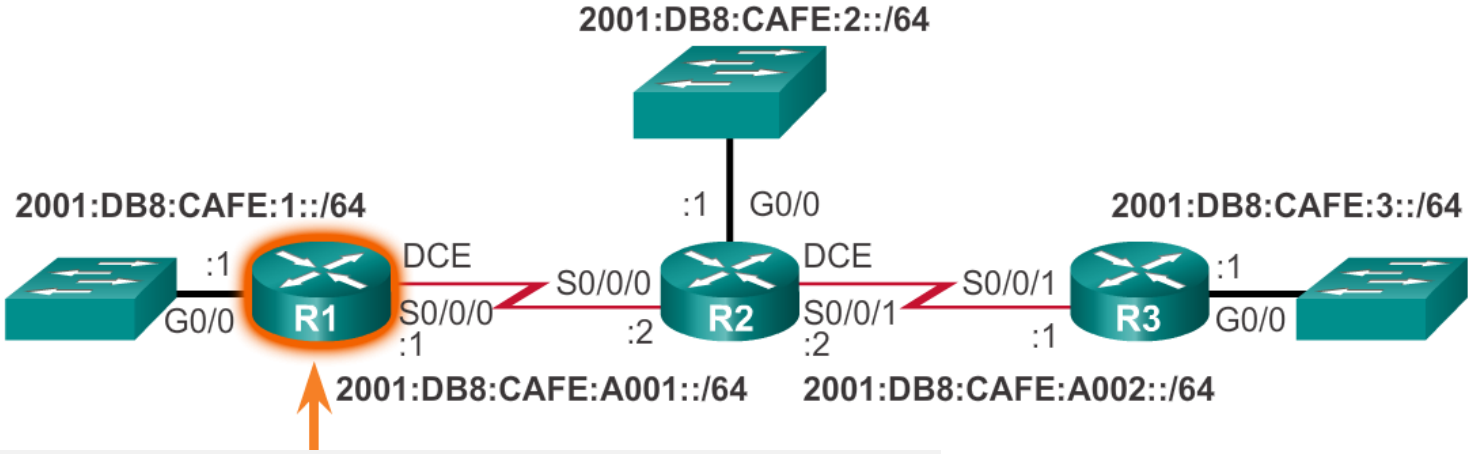
- Autentifikáciu v RIPv2 je možné overiť viacerými spôsobmi
  - **`show key chain`** – zobrazí nakonfigurované kľúčenky
  - **`show ip protocols`** – zobrazí rozhrania, ktoré používajú kľúčenky
  - **`debug ip rip`** – zobrazí info o zlyhaní overenia prijatých RIPv2 paketov

```
R1# show key chain
Key-chain RIPKeys:
    key 1 -- text "S3cr4tP4ss"
        accept lifetime (always valid) - (always valid) [valid now]
        send lifetime (always valid) - (always valid) [valid now]

R1# show ip protocols
< ... Skrátené ... >
 Default version control: send version 2, receive version 2
    Interface             Send  Recv  Triggered RIP  Key-chain
    FastEthernet0/0       2     2
    Serial0/0/0           2     2                     RIPKeys
< ... Skrátené ... >
```

Ukážka konfigurácie RIPv2

```
interface Loopback0
 ip address 192.0.2.1 255.255.255.128
!
interface Loopback1
 ip address 192.0.2.129 255.255.255.128
!
key chain RIPKeys
 key 1
   key-string S3cr4tP4ss
!
interface Serial0/0/0
 ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
 ip rip authentication mode md5
 ip rip authentication key-chain RIPKeys
 ip summary-address rip 192.0.2.0 255.255.255.0
!
router rip
 version 2
 no auto-summary
 network 192.168.1.0
 network 192.168.2.0
 network 192.0.2.0
```

Aktivácia RIPng na IPv6 rozhraniach




```
R1(config)# ipv6 unicast-routing
R1(config)#
R1(config)# interface gigabitethernet 0/0
R1(config-if)# ipv6 rip RIP-AS enable
R1(config-if)# exit
R1(config)#
R1(config)# interface serial 0/0/0
R1(config-if)# ipv6 rip RIP-AS enable
R1(config-if)# no shutdown
R1(config-if)#
```

```
R1(config)# interface g0/0
R1(config-if)# ipv6 rip domain-name default-information
originate
```

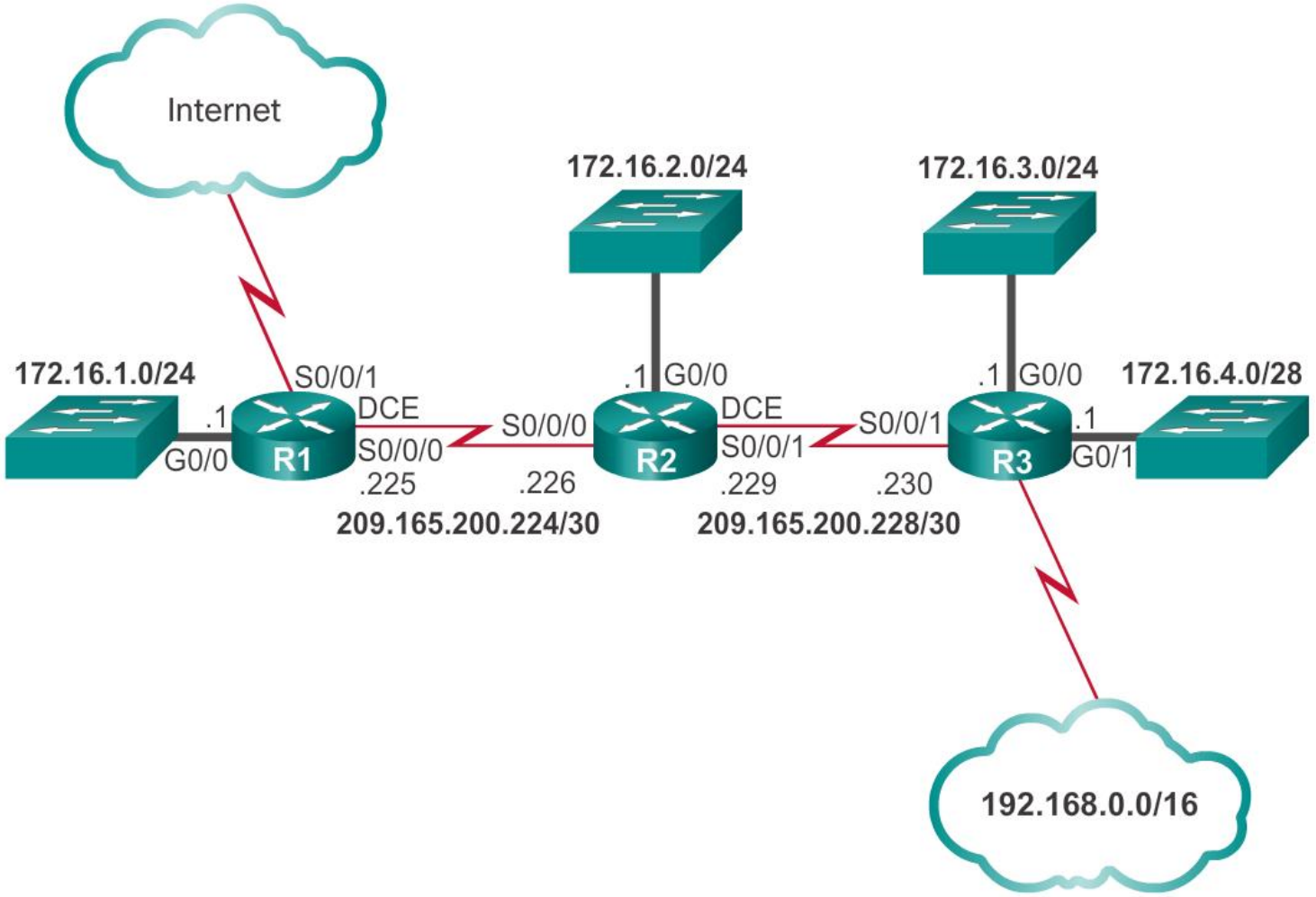
Overenie RIPng konfigurácie

```
R1# show ipv6 protocols
IPv6 Routing Protocol is "connected"
IPv6 Routing Protocol is "ND"
IPv6 Routing Protocol is "rip RIP-AS"
  Interfaces:
    Serial0/0/0
    GigabitEthernet0/0
  Redistribution:
    None
```

```
R1# show ipv6 route rip
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
R   2001:DB8:CAFE:2::/64 [120/2]
     via FE80::FE99:47FF:FE71:78A0, Serial0/0/0
R   2001:DB8:CAFE:3::/64 [120/3]
     via FE80::FE99:47FF:FE71:78A0, Serial0/0/0
R   2001:DB8:CAFE:A002::/64 [120/2]
     via FE80::FE99:47FF:FE71:78A0, Serial0/0/0
```

Bližší pohľad na smerovaciu tabuľku

Záznamy v IPv4 smerovacej tabuľke



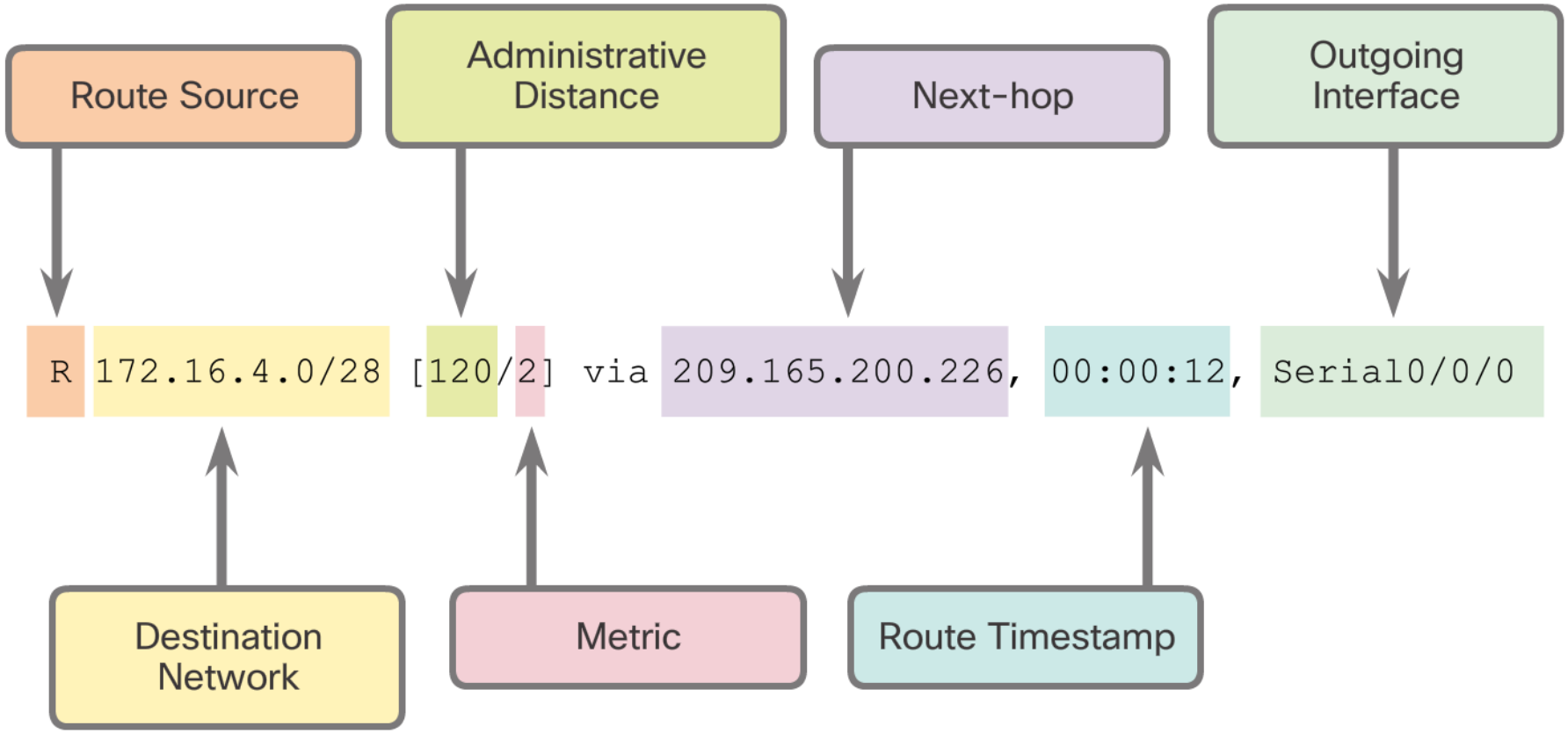
Záznamy v IPv4 smerovacej tabuľke

```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 209.165.200.234 to network 0.0.0.0

S* 0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.234, Serial0/0/1
                     is directly connected, Serial0/0/1
   172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C     172.16.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L     172.16.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
R     172.16.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:12, Serial0/0/0
R     172.16.3.0/24 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12, Serial0/0/0
R     172.16.4.0/28 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12, Serial0/0/0
R  192.168.0.0/16 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:03, Serial0/0/0
   209.165.200.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 2 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
R     209.165.200.228/30 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:12,
                      Serial0/0/0
C     209.165.200.232/30 is directly connected, Serial0/0/1
L     209.165.200.233/30 is directly connected, Serial0/0/1
```

Priamo pripojené siete v IPv4 smerovacej tabuľke

```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 209.165.200.234 to network 0.0.0.0

S*  0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.234, Serial0/0/1
                    is directly connected, Serial0/0/1
    172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C      172.16.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L      172.16.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
R      172.16.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226,00:00:12, Serial0/0/0
R      172.16.3.0/24 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12, Serial0/0/0
R      172.16.4.0/28 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12, Serial0/0/0
R      192.168.0.0/16 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:03, Serial0/0/0
    209.165.200.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 2 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
R      209.165.200.228/30 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:12, Serial0/0/0
C      209.165.200.232/30 is directly connected, Serial0/0/1
L      209.165.200.233/32 is directly connected, Serial0/0/1
```

Vzdialené siete v IPv4 smerovacej tabuľke



Pojmy pri záznamoch v IPv4 smerovacích tabuľkách

```
R1#show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 209.165.200.234 to network 0.0.0.0

S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.234, Serial0/0/1
                is directly connected, Serial0/0/1
      172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C        172.16.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L        172.16.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
R        172.16.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:12,
         Serial0/0/0
R        172.16.3.0/24 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12,
         Serial0/0/0
R        172.16.4.0/28 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12,
         Serial0/0/0
R     192.168.0.0/16 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:03,
      Serial0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 2 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
R        209.165.200.228/30 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:12,
         Serial0/0/0
C        209.165.200.232/30 is directly connected, Serial0/0/1
L        209.165.200.233/32 is directly connected, Serial0/0/1
```

Ultimate route
Level 1 route
Level 1 parent route
Level 2 child routes

Štruktúra smerovacej tabuľky Cisco smerovačov

- Smerovacia tabuľka na Cisco smerovačoch bola navrhnutá v čase classful adresovania, preto si dodnes nesie isté rysy classful prístupu
- Kurikulá rozdeľujú položky v smerovacej tabuľke na dva typy
  - **Level1** položky – siete s maskou zodpovedajúcou ich triede (A, B, C, t.j. major network) alebo s maskou ešte kratšou (tzv. supernet)
  - **Level2** položky – siete s maskou väčšou, než zodpovedá ich triede (t.j. subnet)
  - Level1 položky môžu existovať bez akýchkoľvek pridružených Level2 záznamov, avšak Level2 položky sú vždy pridružené k príslušným Level1 záznamom (k svojim major network)
  - Level1 položka, ktorá nemá k sebe pridruženú Level2 položku, ale rovno obsahuje next-hop informácie, sa nazýva **ultimate route**
  - Level1 položka, ktorá má k sebe pridruženú Level2 položku, nebude obsahovať next-hop informácie a nazýva sa **parent route**
  - Level2 položka sa nazýva aj **child route** a vždy má povahu ultimate položky (vždy obsahuje next-hop informácie)

Ultimate Route

Taký smerovací záznam, ktorý obsahuje uvedený:

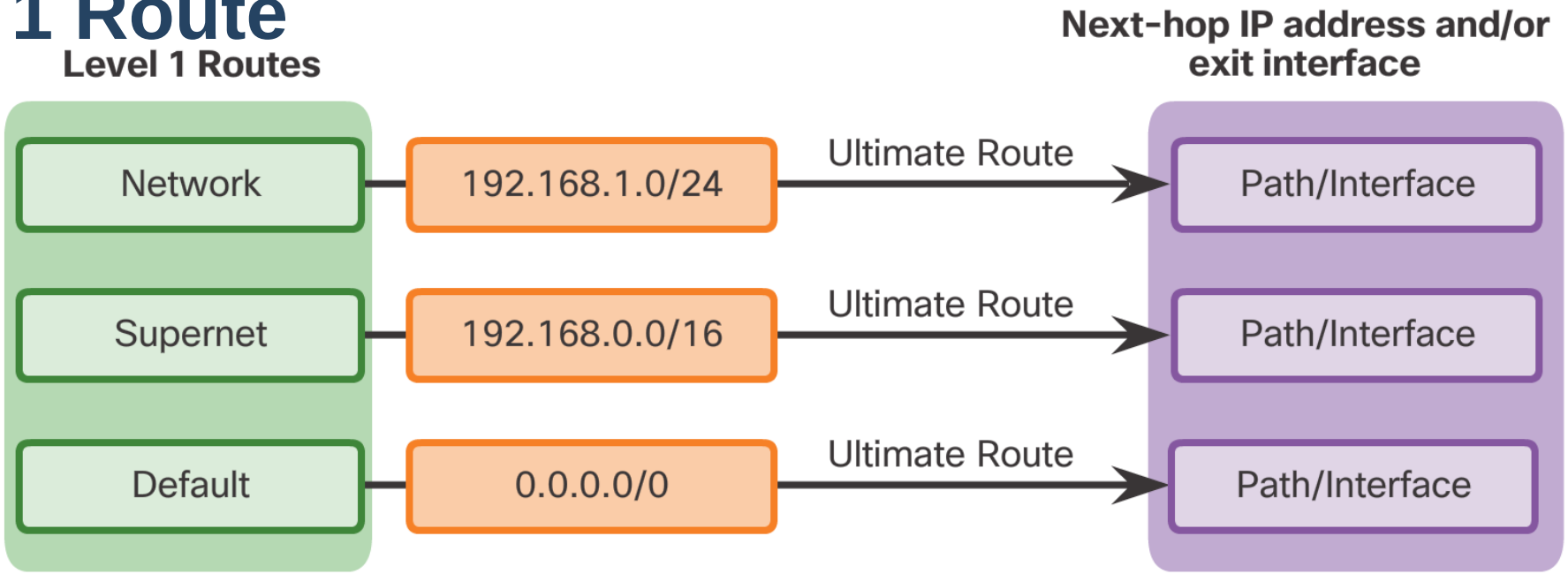
- next-hop

alebo

- výstupné rozhranie

```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 209.165.200.234 to network 0.0.0.0

S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.234, Serial0/0/1
                is directly connected, Serial0/0/1
      172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3 masks
C        172.16.1.0/24 is directly connected, GigabitEthernet0/0
L        172.16.1.1/32 is directly connected, GigabitEthernet0/0
R        172.16.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:12,
         Serial0/0/0
R        172.16.3.0/24 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12,
          Serial0/0/0
R        172.16.4.0/28 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:12,
         Serial0/0/0
R     192.168.0.0/16 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:03,
      Serial0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 2 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
R        209.165.200.228/30 [120/1] via 209.165.200.226, 00:00:12,
         Serial0/0/0
C        209.165.200.232/30 is directly connected, Serial0/0/1
L        209.165.200.233/32 is directly connected, Serial0/0/1
```

Level 1 Route



- L1 network route
  - Ak sieťová maska pre danú sieť je classful (t.j. nie je to žiadna subsieť)
- L1 supernet route
  - Ak sieťová maska je kratšia ako classful (napr. sumarizovaná adresa)
- L1 default route
  - Statická default route 0.0.0.0 /0

Level 1 Route

```
R1# show ip route | begin Gateway
Gateway of last resort is 209.165.200.234 to network
0.0.0.0

S*    0.0.0.0/0 [1/0] via 209.165.200.234, Serial0/0/1
                is directly connected, Serial0/0/1
      172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3
masks
C        172.16.1.0/24 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
L        172.16.1.1/32 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
R        172.16.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R        172.16.3.0/24 [120/2] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R        172.16.4.0/28 [120/2] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R     192.168.0.0/16 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:03,
Serial0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 2
masks
```

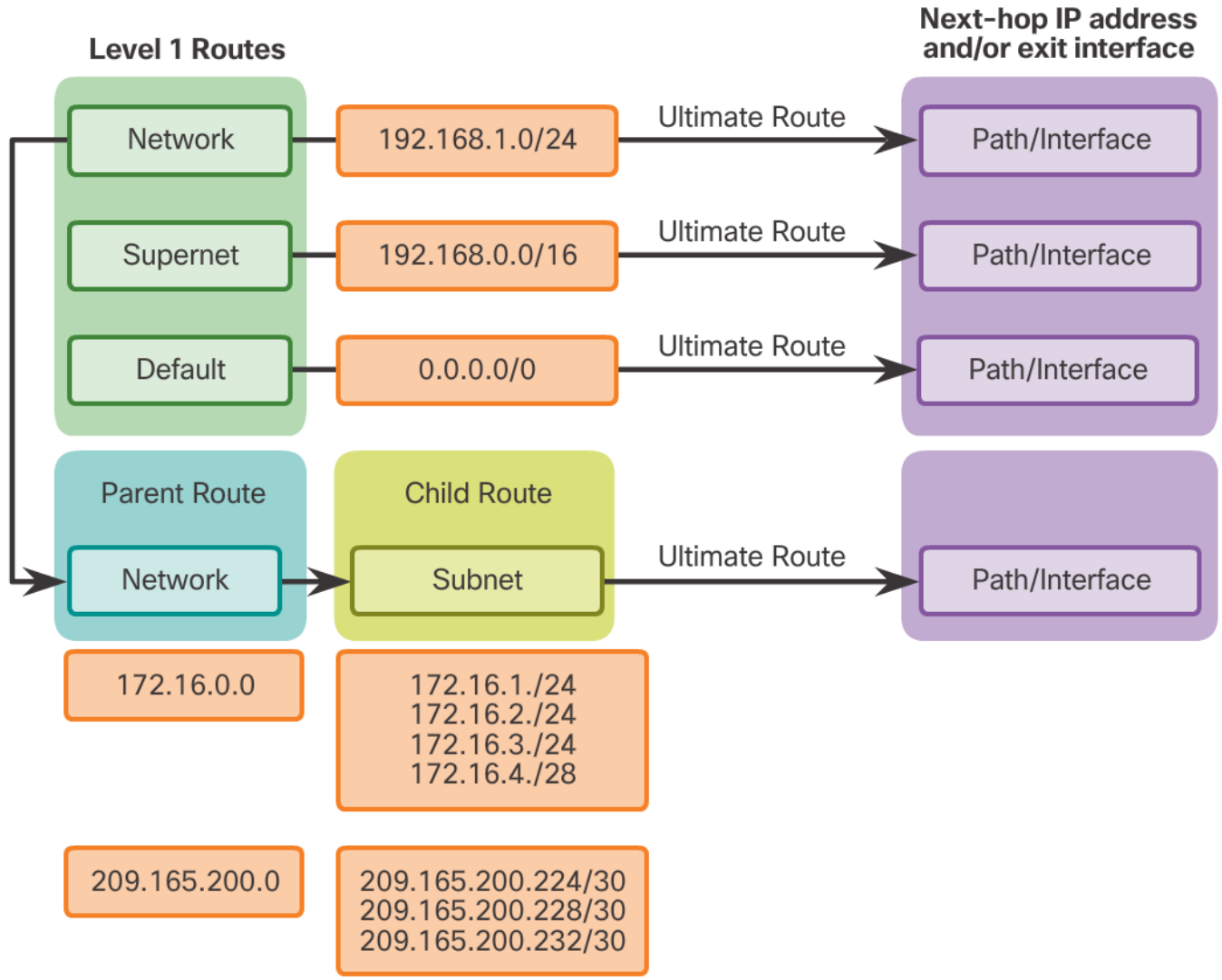
Level 1 Parent Route

- Je to L1 network route, ktorá je subsieťovaná
- Nikdy nie je ako ultimate route
- Je nadpisom k subsieťam, ktoré sú uvedené pod ňou

```
                    is directly connected, Serial0/0/1
      172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3
masks
C        172.16.1.0/24 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
L        172.16.1.1/32 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
R        172.16.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R        172.16.3.0/24 [120/2] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R        172.16.4.0/28 [120/2] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R     192.168.0.0/16 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:03,
Serial0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 2
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
R        209.165.200.228/30 [120/1] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
C        209.165.200.232/30 is directly connected,
Serial0/0/1
L        209.165.200.233/32 is directly connected,
Serial0/0/1
```

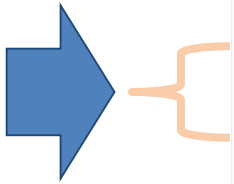
Level 2 Child Route

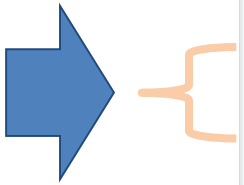
- Subsieť classful sieťovej adresy



Level 2 Child Route

- Subsieť classful sieťovej adresy





```
                is directly connected, Serial0/0/1
      172.16.0.0/16 is variably subnetted, 5 subnets, 3
masks
C        172.16.1.0/24 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
L        172.16.1.1/32 is directly connected,
GigabitEthernet0/0
R        172.16.2.0/24 [120/1] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R        172.16.3.0/24 [120/2] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R        172.16.4.0/28 [120/2] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
R     192.168.0.0/16 [120/2] via 209.165.200.226, 00:00:03,
Serial0/0/0
      209.165.200.0/24 is variably subnetted, 5 subnets, 2
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
R        209.165.200.228/30 [120/1] via 209.165.200.226,
00:00:12, Serial0/0/0
C        209.165.200.232/30 is directly connected,
Serial0/0/1
L        209.165.200.233/32 is directly connected,
Serial0/0/1
```

Proces vyhľadávania v smerovacej tabuľke

- Samozrejme vždy sa prehľadáva v poradí **longest-prefix match** (podľa masky) a hľadá sa prvý úspešný match:

Ak je to L1 ultimate route

=> tak sa použije a paket sa odošle

Ak je to L1 parent route

=> hľadá sa best match v L2 child routes:

Ak sa L2 child route nájde

=> použije sa a paket sa odošle

inak sa prehľadá L1 supernet route

ak L1 supernet route existuje, do ktorej by paket zapadol

=> tak sa využije a paket sa odošle

inak ostáva posledná možnosť L1 default route

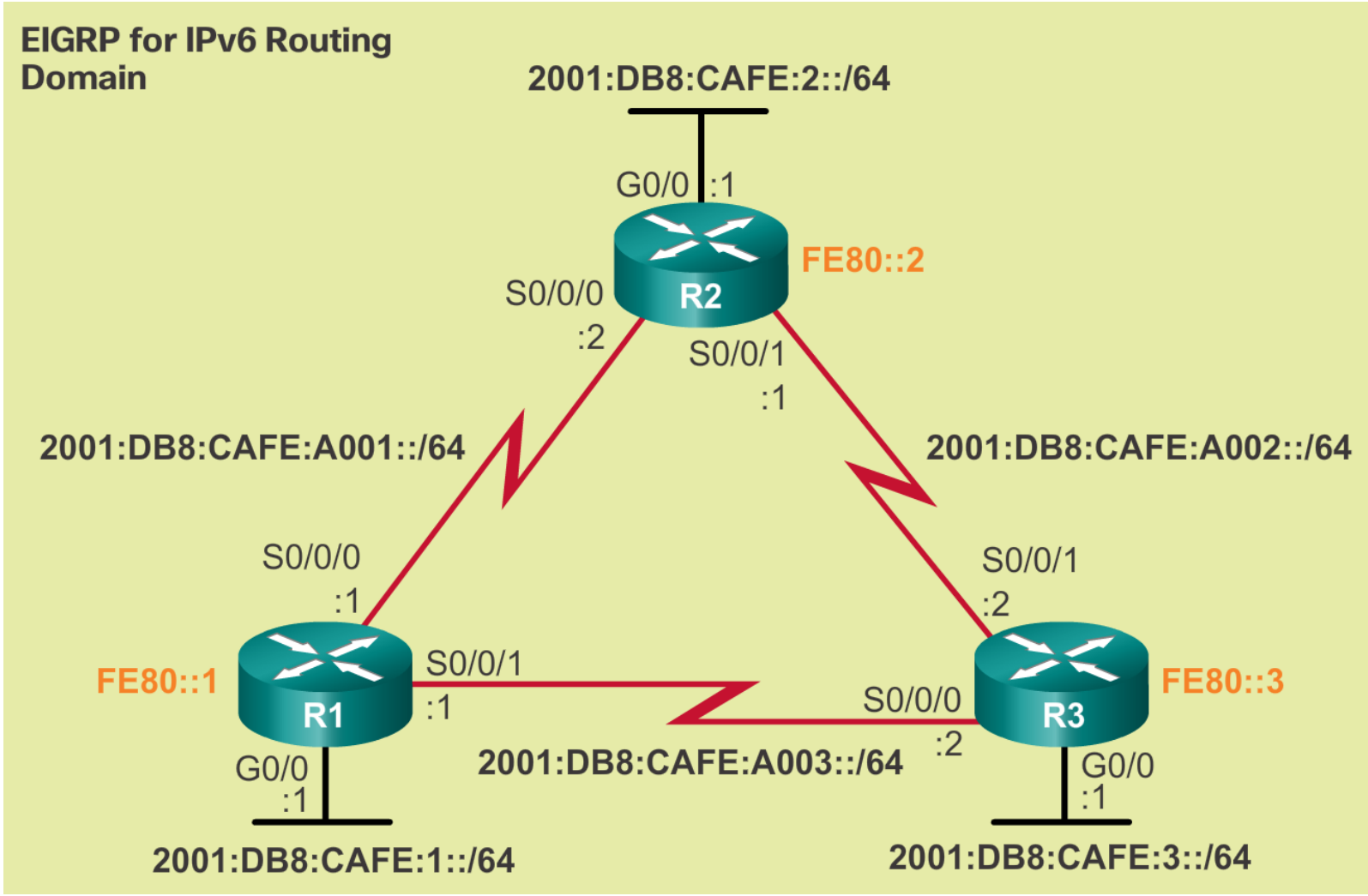
ak L1 default route existuje

=> tak sa využije a paket sa odošle

inak sa paket zahodí

IPv6 smerovacie položky

- IPv6 je classles

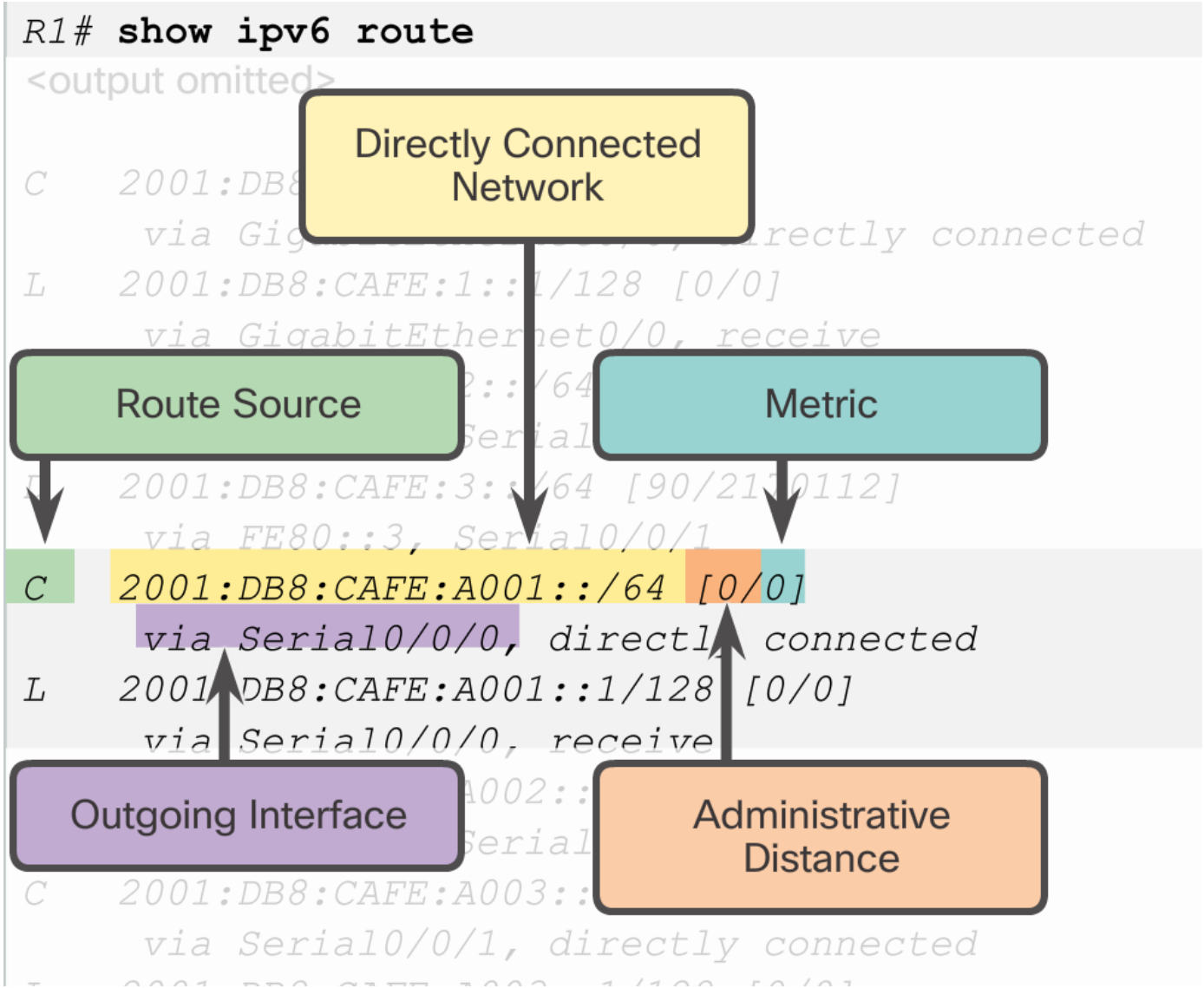


IPv6 smerovacie položky

- Záznamy sú podobné ako v IPv4:
  - Priamo pripojené siete
  - Statické záznamy
  - Dynamické záznamy
- IPv6 je classless, t.j. všetky smerovacie záznamy sú L1 ultimate routes
  - Žiadne L1 parent ani L2 child routes
- Koľko priamo pripojených sietí má tento smerovač?
- Koľko vzdialených sietí?
  - Cez aký protokol ich dostal do RT?
  - Akú má AD?
  - Aké sú hodnoty metrík?

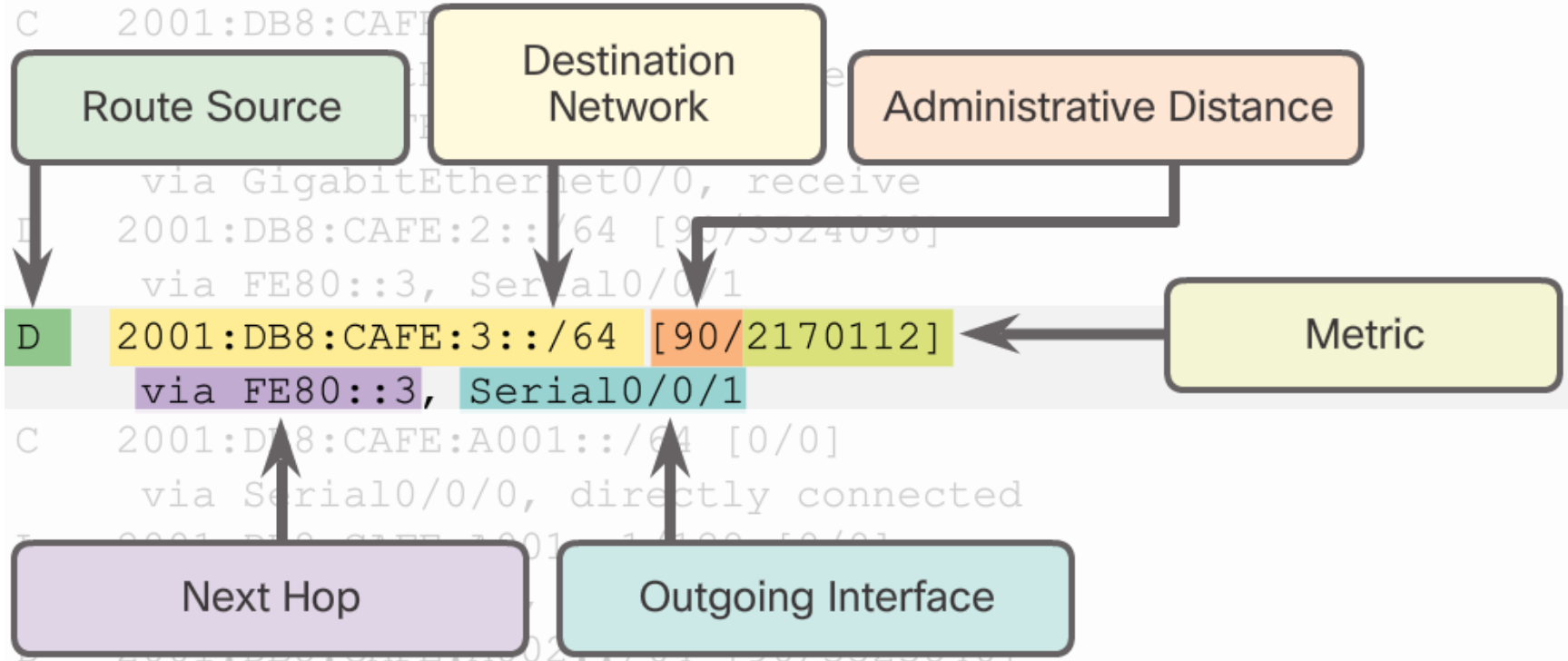
```
R1# show ipv6 route
<output omitted>

C 2001:DB8:CAFE:1::/64 [0/0]
     via GigabitEthernet0/0, directly connected
L 2001:DB8:CAFE:1::1/128 [0/0]
     via GigabitEthernet0/0, receive
D 2001:DB8:CAFE:2::/64 [90/2170112]
     via FE80::2, Serial0/0/0, receive
D 2001:DB8:CAFE:3::/64 [90/2170112]
     via FE80::3, Serial0/0/1, receive
C 2001:DB8:CAFE:A001::/64 [0/0]
     via Serial0/0/0, directly connected
L 2001:DB8:CAFE:A001::1/128 [0/0]
     via Serial0/0/0, receive
D 2001:DB8:CAFE:A002::/64 [90/2681856]
     via FE80::2, Serial0/0/0, receive
     via FE80::3, Serial0/0/1, receive
C 2001:DB8:CAFE:A003::/64 [0/0]
     via Serial0/0/1, directly connected
L 2001:DB8:CAFE:A003::1/128 [0/0]
     via Serial0/0/1, receive
L FF00::/8 [0/0]
     via Null0, receive
```

IPv6 smerovacie položky – directly connected



IPv6 smerovacie položky – remote networks..
..dynamicky naučené

```
R1# show ipv6 route
<output omitted>

D   2001:DB8:CAFE:3::/64 [90/2170112]
     via FE80::3, Serial0/0/1
```



MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Ďakujem za pozornosť!

Ohodnoť našu CNA na google:

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

Vytvorené v rámci projektu KEGA 011STU - 4/2017.