UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science and Informatics

Prednáška 1
-
Vysvetlenie podmienok predmetu
Opakovanie IP smerovanie
Úvod EIGRP

CNA3 ver. 7.0 – ENSA (Enterprise Networking, Security, and Automation)

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021.

Koncept CCNA v.7 v predmetoch PIKS, PS1, PS2

Nova verzia 7.0 **MODRA** – CCNA1, **FIALOVA** – CCNA2, **ZELENA** – CCNA3 =PIKS = PS1, = PS2

CCNA1	CCNA2	CCNA3	CCNA4 - Tu nic.
CCNA1 ver. 7.0 IN=Introduction to Networks	CCNA2 ver. 7.0 SRWE=Switching, Routing, and Wireless Essentials	CCNA3 ver. 7.0 ENSA=Enterprise Networking, Security, and Automation	Tu nic.
IN_01 - Networking Today IN_02 - Basic Switch and End Device Configuration IN_03 - Protocols and Models IN_04 - Physical Layer IN_05 - Number Systems IN_06 - Data Link Layer IN_07 - Ethernet Switching IN_08 - Network Layer IN_09 - Address Resolution IN_10 - Basic Router Configuration IN_11 - IPv4 Addressing IN_12 - IPv6 Addressing IN_13 – ICMP IN_14 - Transport Layer IN_15 - Application Layer IN_16 - Network Security Fundamentals IN_17 - Build a Small Network	SRWE_01 Basic Device Configuration SRWE_02 Switching Concepts SRWE_03 VLANs SRWE_04 Inter-VLAN Routing SRWE_05 STP Concepts SRWE_06 EtherChannel SRWE_07 DHCPv4 SRWE_08 SLAAC and DHCPv6 SRWE_09 FHRP Concepts SRWE_10 LAN Security Concepts SRWE_11 Switch Security Configuration SRWE_12 WLAN Concepts SRWE_13 WLAN Configuration SRWE_14 Routing Concepts SRWE_15 IP Static Routing SRWE_16 Troubleshoot Static and Default Routes	ENSA_01 Single-Area OSPFv2 Concepts ENSA_02 Single-Area OSPFv2 Configuration ENSA_03 Network Security Concepts ENSA_04 ACL Concepts ENSA_05 ACLs for IPv4 Configuration ENSA_06 NAT for IPv4 ENSA_07 WAN Concepts ENSA_08 VPN and IPsec Concepts ENSA_09 QoS Concepts ENSA_10 Network Management ENSA_11 Network Design ENSA_12 Network Troubleshooting ENSA_13 Network Virtualization ENSA_14 Network Automation	

	Prednášky	Cvičenia
1. Palo	Vysvetlenie podmienok predmetu Opakovanie routing Úvod EIGRP	Opakovanie PS1- routing: DHCP, **NAT** (ENSA_06), **ACL** (ENSA_04,05), RIPv2, RIPng, **Network Security Concepts** (ENSA_03)
2. Palo	**EIGRP** (vypadlo z CCNA 7.0, ale ponechali sme)	Opakovanie PS1 – IPv6: SLAAC/DHCPv6, HSRPv2, RIPng, IPv6 ACL
3. Jana	**ENSA_01 Single-Area OSPFv2 Concepts** **ENSA_02 Single-Area OSPFv2 Configuration**	EIGRP
4. Palo	**ENSA_07 WAN Concepts** (vrátane PPP)	OSPF
5. Palo	**PPPoE, eBGP** (vypadlo z CCNA 7.0, ale ponechali sme)	HDLC, PPP
6. Palo	**ENSA_08 VPN and IPsec Concepts**	PPPoE, BGP
7. Jana	**ENSA_09 QoS Concepts**	GRE, IPSec
8. Jana	**ENSA_10 Network Management** (LLDP, CDP, Syslog, NTP, SNMP; SPAN tam nie je) **ENSA_12 Network Troubleshooting**	QoS klasifikácia, politiky, ...
9. Marek	**ENSA_13 Network Virtualization**	LLDP, CDP, Syslog, NTP, SNMP (SPAN)
10. Martin	**ENSA_14 Network Automation**	Virtualizácia Virtualny labak, CSR router, XEN, VMware
11. Marek	**JunOS**	Automatizácia, REST API v sieťach, postman, ...
12. Martin	**Mikrotik, FRR**	Junos – prakticky, vo virtuálkach.
13.		Mikrotik – prakticky, v GNS3 **Opravné testy (max. 2) + FINAL z CCNA 3** Opakovanie PS2 - veľká cvičná topológia.

Podmienky ku skúške (online obdobie)

- **Priebežné otvorené otázky** – [váha **25%** z celkového skóre]
  - Píšu sa na jednotlivých cvičeniach
  - Každý za 5 bodov, spolu 12x5=60 bodov
    (počet testov závisí od reálneho počtu prednášok, t.j. môže sa mierne odlišovať)
  - Min. treba 60% bodov, t.j. min. 36 bodov zo 60.
  - Započítavajú sa ku skúške
- **Priebežné testy z kapitol** – [váha 0% z celkového skóre]
  - príprava na veľký test FINAL exam na skúške
  - doma, voliteľné ale odporúčané
- **Domáce úlohy: 10b**
  - Dobrovoľné, možnosť získať bonus
- **Aktívna účasť na cvičeniach**
  - Nie viac ako tri vymeškania
- **Bonusové body za aktivitu: 5b**
  - Udeľuje vyučujúci

Skúška

1. Jeden teoretický final test [**10%**]
   - **Final CCNA3 Final Exam** test - [váha 10**%** z celkového skóre]
     - min. 60%
     - Teoreticko-praktické otázky na portáli Netacad.com
     - Písať sa bude v 13. týždni v čase prednášky
2. Písomno/ústna skúška s otvorenými otázkami [váha **25%** z celkového skóre]
   - 5 otázok, max. 5 bodov za jednu otázku, spolu 5x5=25 bodov.
   - min. 60% bodov, t.j. min. 15 z 20 bodov.
3. Praktická skúška Skill Exam [váha 40%]
   - Konfigurácia zariadení podľa zadania – veľká topológia
   - Zadanie obsahuje témy z ccna3
   - Min. 60% bodov

- COVID Obdobie:
  - **Ústne preskúšanie** a **SKILL** nie sú povinné. Ak niekomu výjde pre neho uspokojivá známka už zo získaných bodov z ostatných častí z priebežného hodnotenia (testy, DU, FINALy, bonusy),

Hodnotenie Vášho úsilia:

- **Celkové skóre**
  - Priebežné_otvorené_otázky [25%] + FINAL exam CCNA 3 [10%] +
    + písomno/ústna skúška [25%] + SKILL exam [40%]
    + DU + Bonusy
    - pričom pre každú časť je potrebné dosiahnuť minimálne 60% úspešnosť
- Stupnica:
  - <92,100> bodov: **A**
  - <84, 92) bodov: **B**
  - <76, 84) bodov: **C**
  - <68, 76) bodov: **D**
  - <60, 68) bodov: **E**

Všetko bude aj na:

http://vzdelavanie.uniza.sk

Štúdium “sietí” a IT admin na bakalárovi (informatika/pi)

- V odboroch Informatika a Počítačové inžinierstvo – next profilácia na inžiniera v odbore **Aplikovaný sieťový inžinier**

1 rok

- **Princípy IKS (CCNA1), p.**

2 rok

- **Počítačové siete 1 (CCNA2 a časť 3), p.v.**
- **Počítačové siete 2 (CCNA3 + JunOS, MT), p.v.**
- Linux – základy OS, vol.

3 rok

- **Počítačové siete 3 (IP VoIP/multimedia), p.v.**
- Zabezpečenie sietí prvkami Fortinet, vol.
- Python v sieťových aplikáciách, vol.

Štúdium “sietí” a IT admin na bakalárovi - IaST

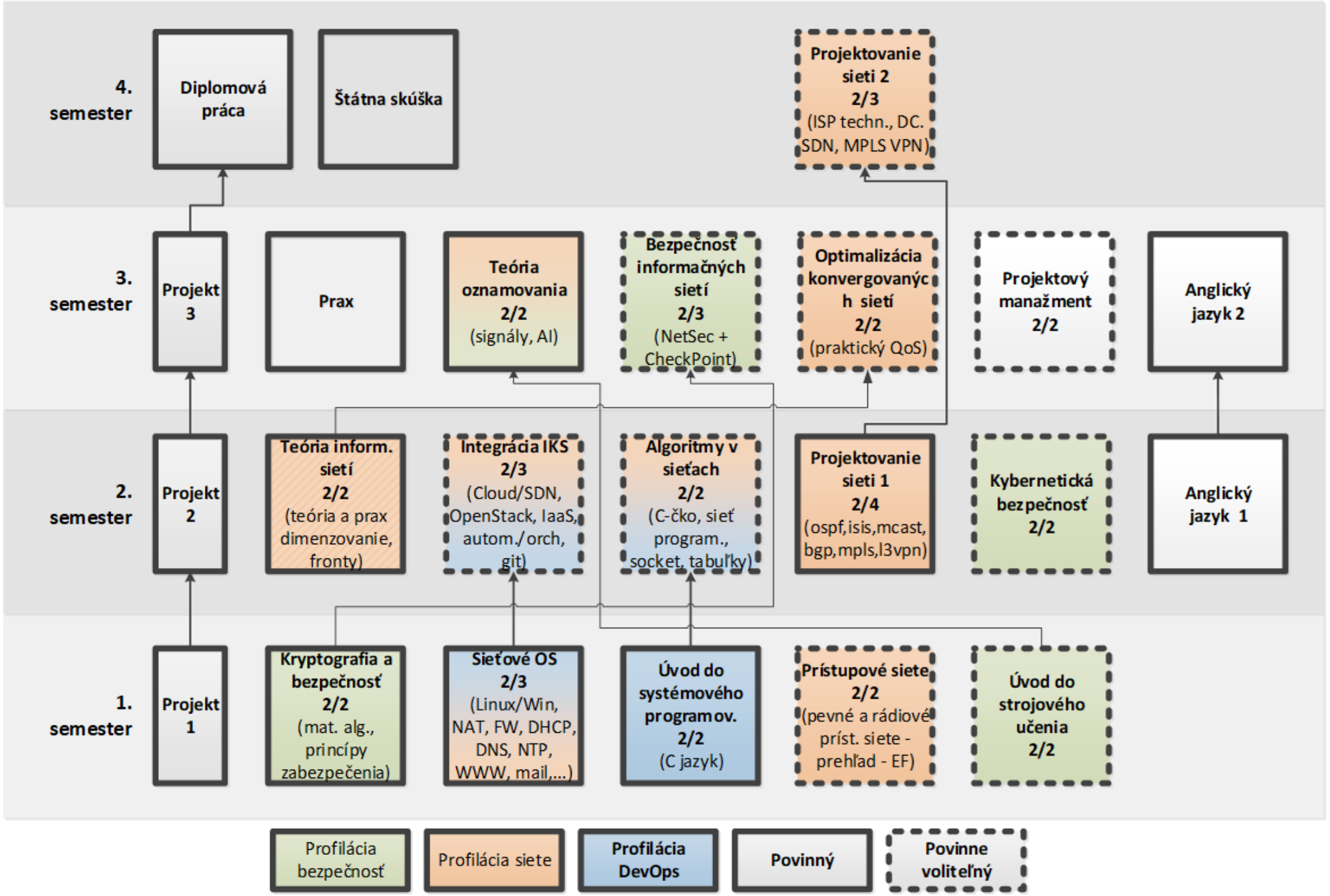
- Celý študijný program – vetva sieťové technológie
  - Povinné: PIKS, PS1, PS2, python v sieťových aplikáciách, ZBS, prepojené vstavané systémy, internet vecí
  - PV: algoritmická teória grafov, databázové systémy, virtualizačné a cloudové technológie, riešenie bezpečnostných incidentov

Štúdium “sietí” a IT admin - Ako ďalej?

- Inžinierský Št. program: **Aplikované sieťové inžinierstvo**
- Extra požadované predmety
  - Počítačové siete 3
  - Analýza procesov

Aplikovaný sieťový inžinier

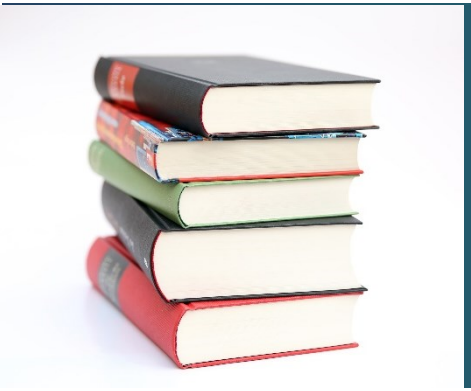
2022+



UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science and Informatics

Dynamické smerovanie - opakovanie

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021.



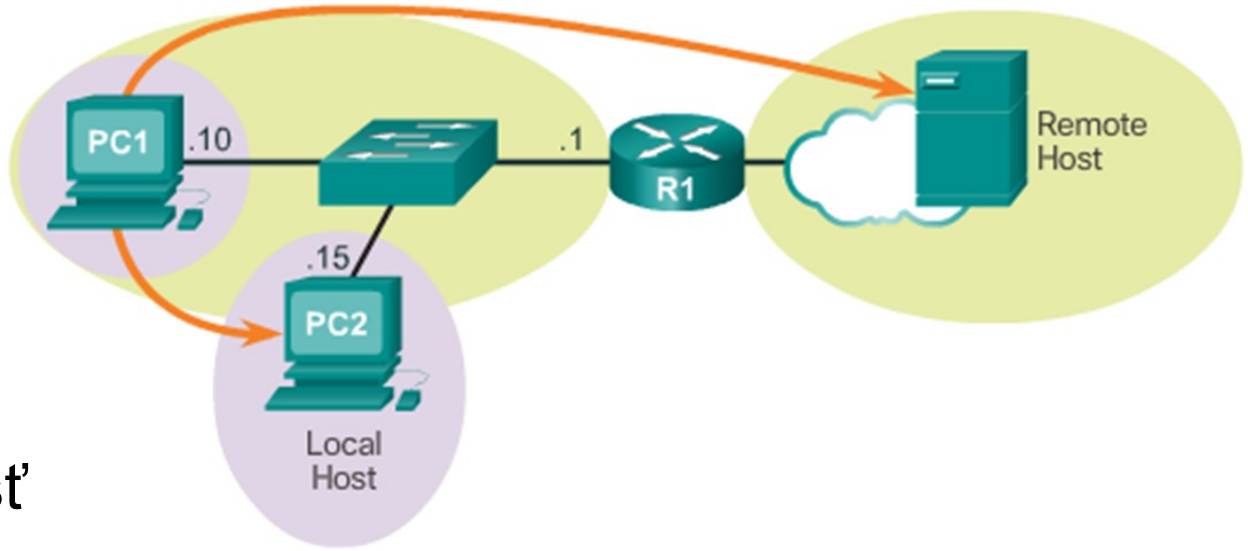
Čo nás dnes čaká…

- Opakovanie
  - Čo je to smerovanie
    - IP adresy, maska a smerovacia tabuľka
  - Statické smerovanie
- Dynamické smerovanie:
  - Charakteristiky dynamických smerovacích protokolov
    - Oblasť nasadenia, algoritmus, metrika, správanie (Classfull/classless, sumarizácia)
  - Princíp distance-vector (DV) protokolov
  - Princíp link-state (LS) protokolov

Čo je smerovanie v IP sieťach?

- **Smerovanie**
  - Je proces zisťovania a výberu ďalšej cesty pre paket smerom k cieľu na základe cieľovej sieťovej IP adresy v hlavičke smerovaného paketu a lokálnych znalosti smerovača o cieľových sieťach

- Kto vykonáva smerovanie?
  - **Koncové zariadenia**
    - Lokálny host (LAN) versus Remote host (cez def. GW)
  - **Smerovače**
    - By default sa chápe táto možnosť



Čo je sieťová IP adresa?

- IP adresa = logická adresa sieťového rozhrania
  - V IPv4 má každé sieťové rozhranie samostatnú adresu
    - Zariadenie má toľko adries, koľkými rozhraniami komunikuje
  - V IPv6 je to inak, rozhranie má jednu a viac adries (globálnu, lokálnu, multicast)
- IP adresa je rôzne dlhá
  - IPv4 adresa: 4B, zapísané ako štyri oktety oddelené bodkou
  - IPv6 adresa: 16B, zapísane ako osem hextetov oddelených dvojbodkou
- Každá sieťová adresa (IPv4 aj IPv6) má dve časti:
  - **Identifikátor siete** (predčíslie, prefix, network part, net ID)
  - **Identifikátor počítača v danej sieti** (číslo, host part, host ID)
    - Prirodzená analógia s inými hierarchicky štruktúrovanými číslami, napr. PSČ alebo telefónnymi číslami
- Smerovanie v ľubovoľnom L3 protokole sa zaoberá identifikátormi sietí (**predčísliami**)
  - Pre smerovanie nie je číslo konkrétneho počítača zaujímavé:
    - ak sme dopravili paket na okraj cieľovej siete, o zvyšok sa postará L2 (susedné stanice)

Ako zistiť predčíslie siete (identifikátor siete) z IP adresy?

- Viaceré spôsoby, ako z IPv4 adresy zistiť predčíslie:
  - Prvý prístup: prvý oktet je predčíslie, zvyšok je číslo počítača
  - Druhý prístup: triedy IP adries (A, B, C, D, E)

- Poznanie minulosti je dôležité ....

  ... a najmä pri smerovacích protokoloch s autosumarizáciou

Historical classful network architecture

Class	Leading bits	Size of *network number* bit field	Size of *rest* bit field	Number of networks	Addresses per network	Start address	End address
A	0	8	24	128 (2^7)	16,777,216 (2^{24})	0.0.0.0	127.255.255.255
B	10	16	16	16,384 (2^{14})	65,536 (2^{16})	128.0.0.0	191.255.255.255
C	110	24	8	2,097,152 (2^{21})	256 (2^8)	192.0.0.0	223.255.255.255

Zdroj: http://www.steves-internet-guide.com/ipv4-basics/

Ako zistiť predčíslie siete (identifikátor siete) z IP adresy?

- Viaceré spôsoby, ako z IPv4 adresy zistiť predčíslie:
  - Prvý prístup: prvý oktet je predčíslie, zvyšok je číslo počítača
  - Druhý prístup: triedy IP adries (A, B, C, D, E)
  - Tretí prístup - **súčasný**: zavedenie sieťovej masky (CIDR, VLSM) lebo veľkosť predčíslia siete v moderných IP sieťach je premenlivá
    - Platný aj pre IPv6

- Keďže veľkosti predčíslí sú premenlivé, zaviedol sa pojem „*adresa siete*“, ktorá má vždy rovnakú dĺžku
  - IPv4=4B or IPv6=16B
  - **Adresa siete =** Predčíslie siete doplnené nulami na veľkosť IP adresy
    - Adresa siete: numericky najnižšie číslo s daným predčíslím
- Ako zistiť z IP adresy premenlivé ID siete (predčíslie)?
  - Zavedenie IP (Sub)Sieťovej masky, 32 bit pre IPv4, 128bit pre IPv6
    - Ak je n-ty bit v maske nastavený na
      - 1: n-ty bit v IP adrese patrí do predčíslia
      - 0: n-ty bit v IP adrese patrí do čísla stanice
  - A binárnej AND operácie masky s IP adresou

Príklad IPv4 adries a zisťovanie predčíslia

- **Príklad 1:** 158.193.138.40 AND 255.255.255.0

158	193	138	40
10011110	11000001	10001010	00101000
11111111	11111111	11111111	00000000

- **Príklad 2:** 158.193.138.40 AND 255.255.255.224 = 158.193.138.32
  - Hranice medzi predčíslím siete a číslom počítača nemusia byť na hraniciach bajtov
  - Výsledné IP čísla sietí *nemusia* po prepočte do desiatkovej sústavy končiť 0

10011110	11000001	10001010	00101000
11111111	11111111	11111111	11100000
10011110	11000001	10001010	00100000

Lokálne znalosti smerovača - Smerovacia tabuľka

- Hlavný cieľ:
  - Podpora smerovacích rozhodnutí smerovača
- Smerovacia tabuľka (Routing table)
  - Obsahuje zoznam ***najlepších ciest*** od smerovača do jemu známych sietí
  - A ako sa tam dostať (IP adresa a rozhranie na suseda)
- Najlepšia cesta (Best route)
  - Ciest môže byť viac, ale len jedna (ideálne) je najlepšia
  - Udáva optimálnu cestu pre paket na dosiahnutie danej cieľovej siete
    - Z daného smerovača
  - Je to cesta s najlepším (zvyčajne najnižším) ohodnotením
    - vyjadrené tzv. metrikou
- Určenie najlepšej cesty závisí od
  - Použitého smerovacieho algoritmu a použitej metriky

Lokálne znalosti smerovača - Smerovacia tabuľka

- Obsahuje smerovacie informácie (položky)
  - Cieľová adresa siete a jej maska
  - AD a metrika
  - IP adresa ďalšieho smerovača (next hop) na ceste / výstupné rozhranie
  - Ďalšie informácie o položke
- Smerovacia tabuľka je interne (nie vo výpise show ip route) usporiadaná podľa stĺpca „Maska siete“ *zostupne* od záznamov s najväčšími maskami po najmenšie
  - T.j. od najkonkrétnejších položiek k všeobecným
    - Default route je najvšeobecnejší záznam
  - Dôvod usporiadania? Zrýchlenia prehľadávania pri smerovaní

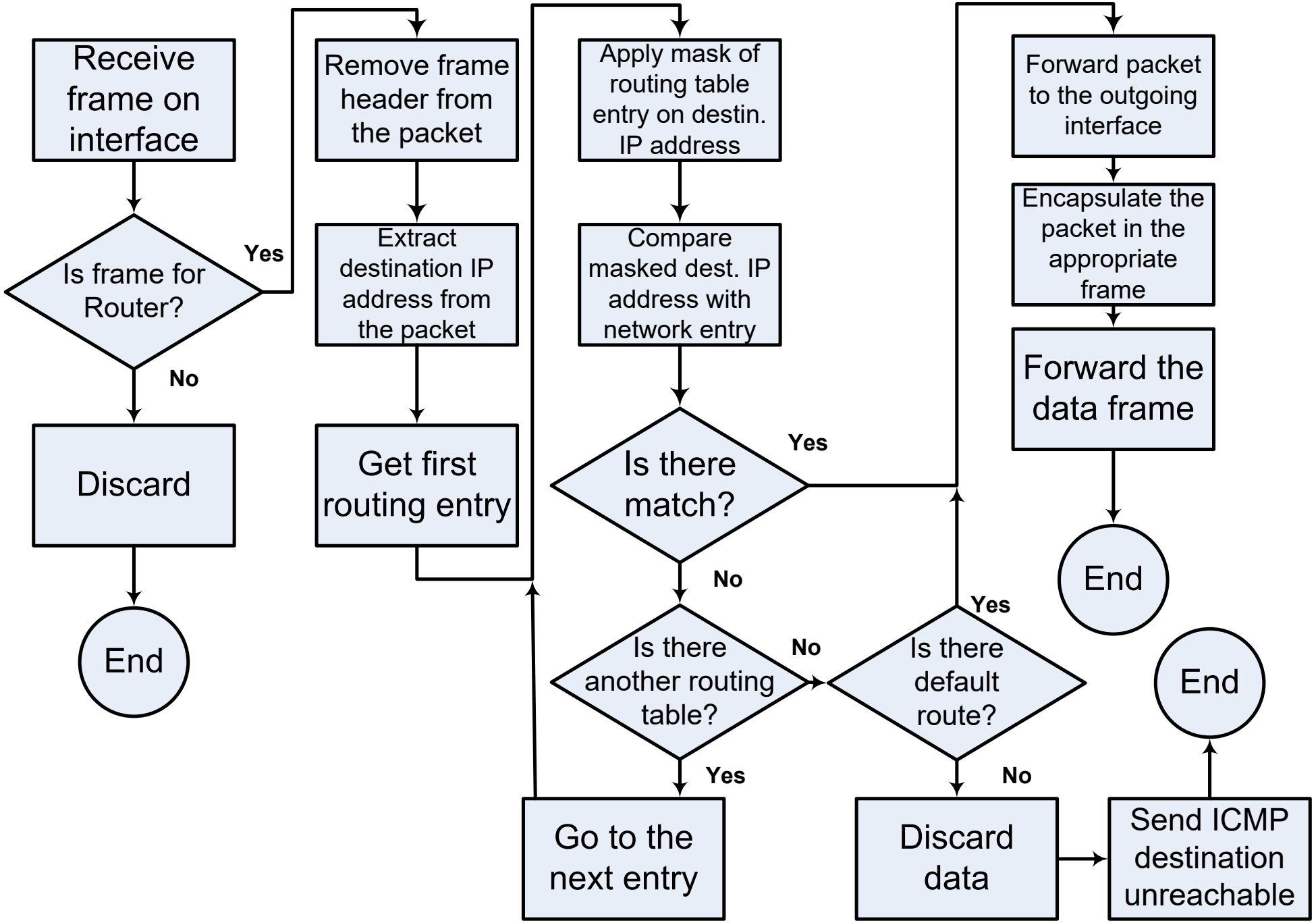
```
show ip route
 <output omitted>
 Gateway of last resort is 0.0.0.0 to network 0.0.0.0

     172.16.0.0/24 is subnetted, 4 subnets
R       172.16.1.0 [120/1] via 172.16.2.1, 00:00:00, Serial0/0/0
C       172.16.2.0 is directly connected, Serial0/0/0
C    192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0/1
S*   0.0.0.0/0 is directly connected, Serial0/0/1
```

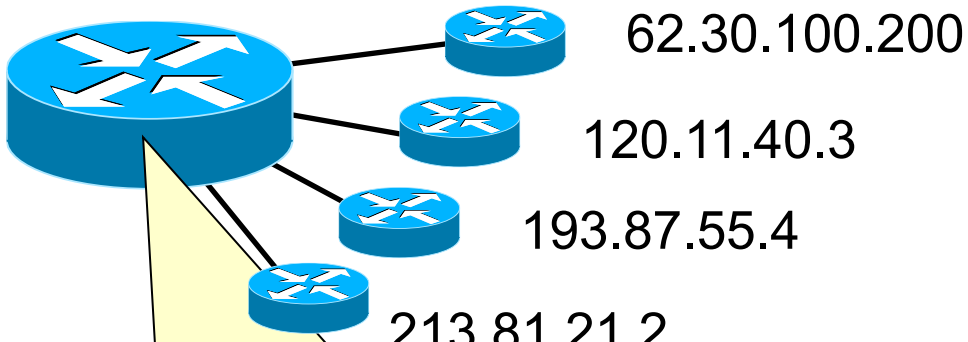
Čo sa deje pri smerovaní? Smerovací proces

- Smerovanie
  - Je proces zisťovania a výberu ďalšej cesty pre paket smerom k cieľu na základe cieľovej IP adresy v hlavičke smerovaného paketu a lokálnych znalosti smerovača o cieľových sieťach
- Smerovač pri smerovaní používa dva základné procesy
  - Proces Výberu cesty (Path determination)
    - Alebo aj „*Routing the packet process*“
    - Proces výberu optimálnej cesty pre paket zo zoznamu všetkých ciest v tabuľke
    - Prehľadávanie *smerovacej tabuľky*
    - Typicky POMALÉ => bolo treba zrýchliť
  - Proces Prepnutia paketu (Packet Switching)
    - Interný proces smerovača (sieťovej karty)
      - Použitý na príjem paketu na jednom rozhraní a jeho vyslanie von cez iné rozhranie
      - Deenkapsulácia paketu pri príjme na rozhraní
        - Z danej L2 technológie a podanie L3 vrstve
      - Enkapsulácia pri odoslaní
        - Do vhodného typu L2 rámca pre výstupnú linku (port)
      - MAC adresa sa teda mení od smerovača k smerovaču
    - Typicky RÝCHLE => ešte sa zrýchľuje

Smerovací proces



Činnosť IP smerovačov – príklad longest match



Cieľ paketu: 213.81.187.59

213.81.187.59 & 255.255.255.248 =
213.81.187.56 ☹

213.81.187.59 & 255.255.255.240 =
213.81.187.32 ☹

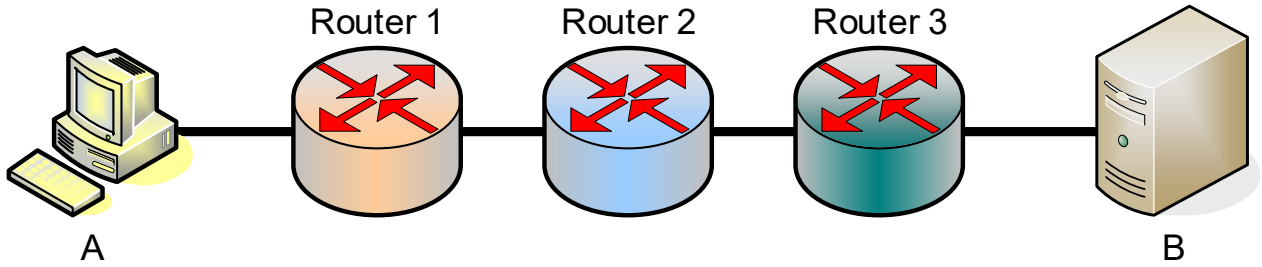
213.81.187.59 & 255.255.0.0 =
213.81.0.0 ☹

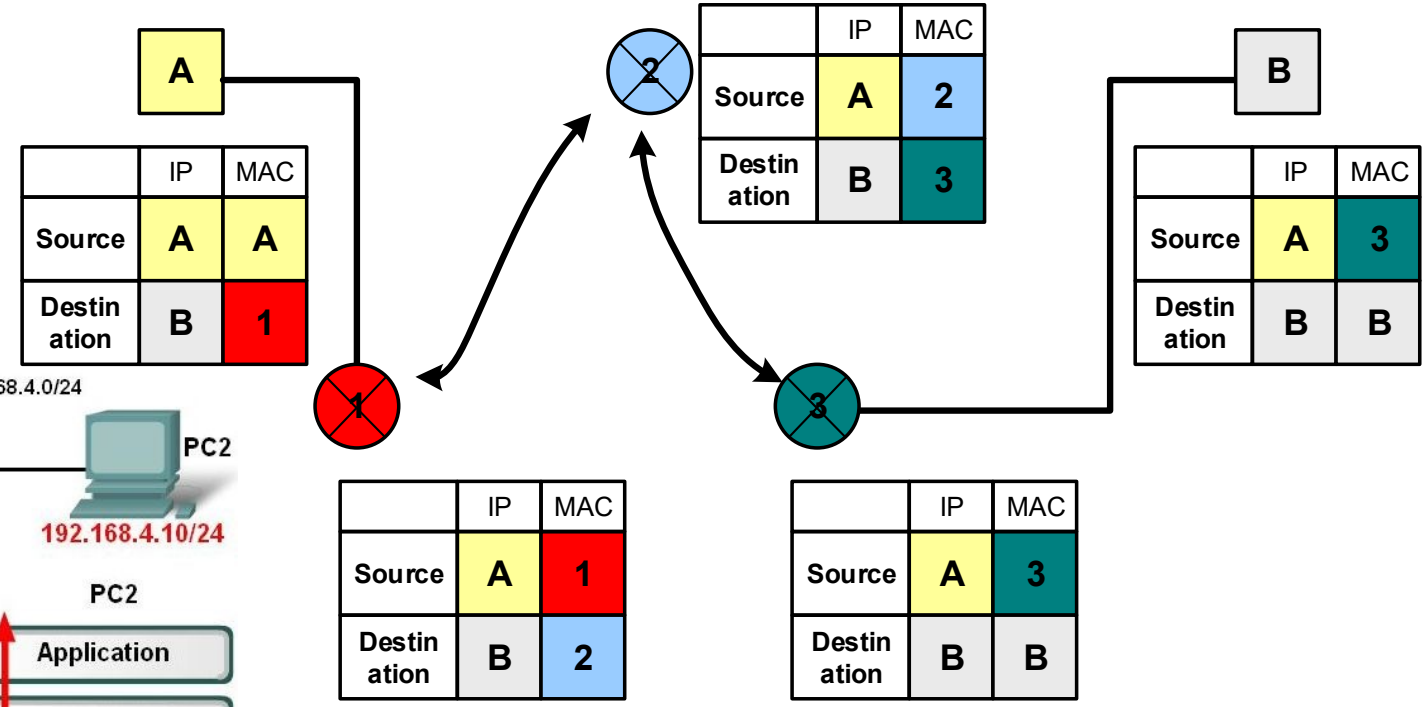
213.81.187.59 & 0.0.0.0 =
0.0.0.0 ➔ NH 213.81.21.2

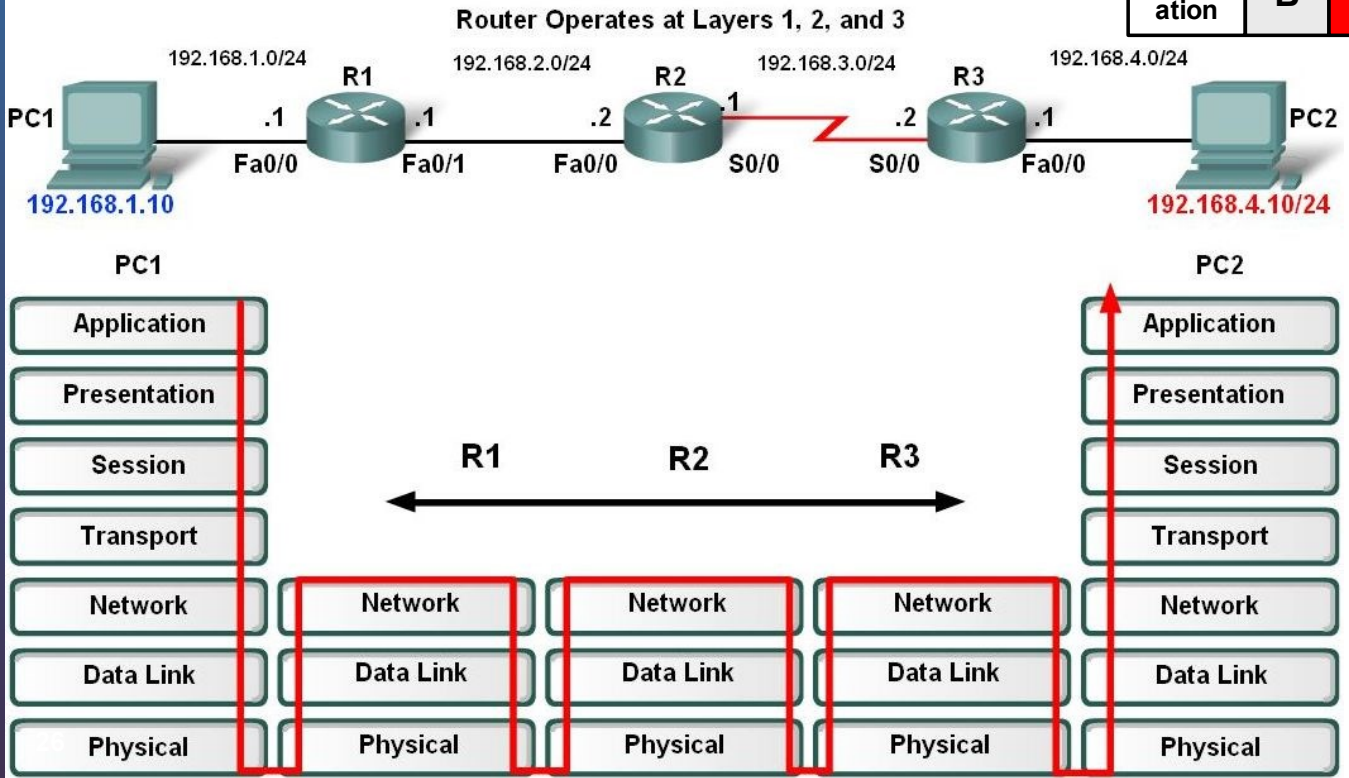
Maska	Cieľová sieť	Next hop
255.255.255.248	87.197.31.40	62.30.100.200
255.255.255.240	193.87.160.0	120.11.40.3
255.255.0.0	158.193.0.0	193.87.55.4
0.0.0.0	0.0.0.0	213.81.21.2

Smerovací proces: L3/L2

- Pri smerovaní:
  - IP adresa v pakete sa nemení
  - MAC adresa sa mení Hop by Hop







Charakteristiky smerovacieho procesu na smerovačoch

- 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)
- Hlavná úloha ?
  - = mať dobre naplnenú smerovaciu tabuľku

Budovanie smerovacej tabuľky

- Smerovač je zodpovedný za to, aby poznal cieľové siete a ďalší smerovač na ceste do nich
  - Smerovač defaultne vie len o priamo pripojených sieťach
- Ak má smerovač doručovať pakety do sietí, ktoré nie sú priamo pripojené, musia byť ich adresy do smerovacej tabuľky pridané istým procesom
  - O vzdialených sieťach sa musí „nejako“ dozvedieť „z vonku“

- Tieto informácie môže smerovač získať
  - **Staticky**
    - Budovaná a udržovaná manuálnym pridávaním statických smerovacích ciest administrátorom siete
  - **Dynamicky**
    - Budovaná a aktualizovaná použitím dynamických smerovacích protokolov

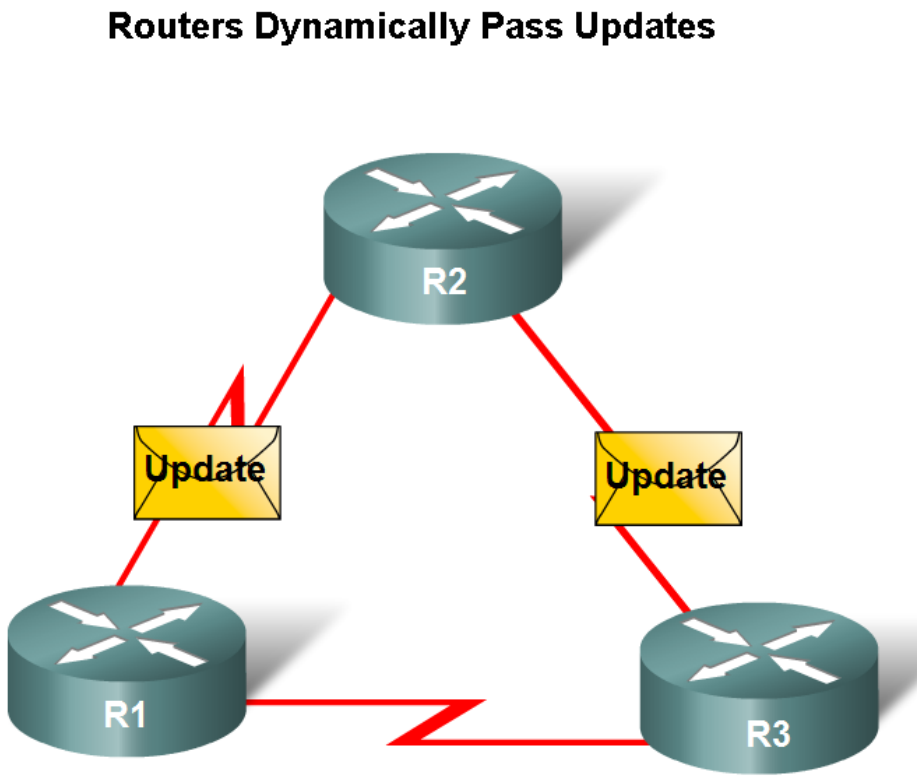
Statické smerovanie

Výhody	Nevýhody
Jednoduchá implementácia v malej sieti.	Je ich nutné vkladať ručne na každý smerovač Za ich správnosť a aktuálnosť zodpovedá administrátor.
Bezpečné. Smerovače si neposielajú žiadne správy ako pri dynamickom smerovaní.	Iba pre jednoduché topológie, alebo ako default static route. Ak topológia narastie, zväčší sa aj zložitosť konfigurácie
Cesta do cieľa je stále rovnaká.	Neprispôsobujú sa aktuálnemu stavu siete. Pri zmene ak je potrebné presmerovať prevádzku, treba manuálne prekonfigurovať.
Nespôsobujú však dodatočnú záťaž pre smerovače nakoľko nevyžaduje žiadne extra zdroje (CPU, RAM)	

+ -

Dynamické smerovacie protokoly

- Dynamické smerovacie protokoly sú mechanizmy pre automatizované napĺňanie obsahu smerovacej tabuľky
  - Po úvodnej konfigurácii pracujú samočinne
  - Pri objavovaní vzdialených sietí smerovače vzájomne spolupracujú (komunikujú)
  - Ku každej objavenej vzdialenej sieti vedia určiť najlepšiu (najkratšiu) cestu do nej
  - Zabezpečujú, že smerovacie tabuľky všetkých smerovačov vždy obsahujú aktuálne informácie
  - Automaticky sa prispôsobujú všetkým zmenám v sieti ak súčasná najkratšia cesta prestane byť použiteľná
  - Predstavujú dodatočnú činnosť, ktorú smerovače musia vykonávať, a teda aj dodatočnú spotrebu ich systémových prostriedkov

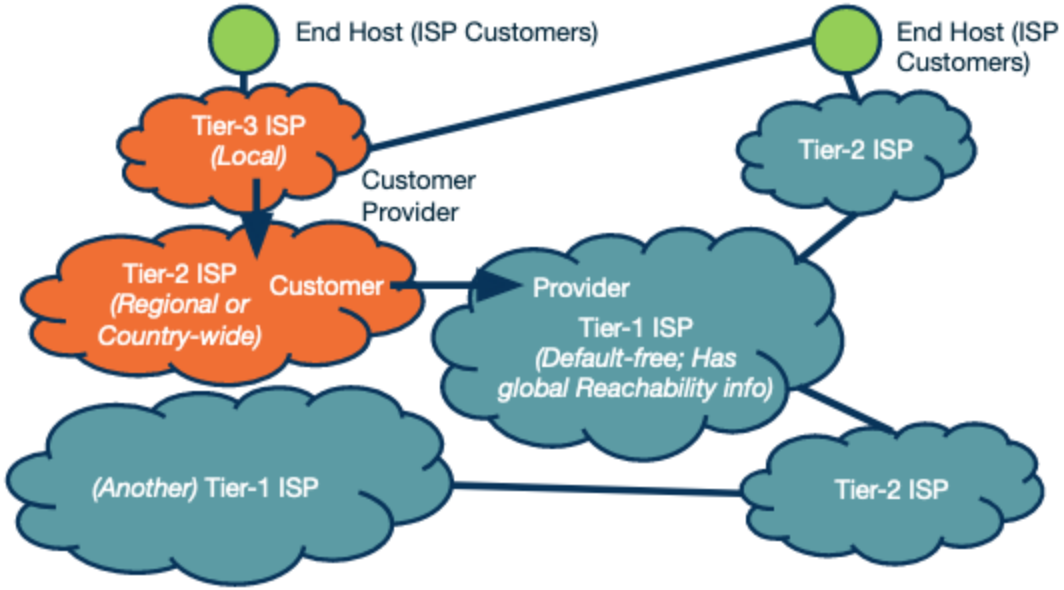


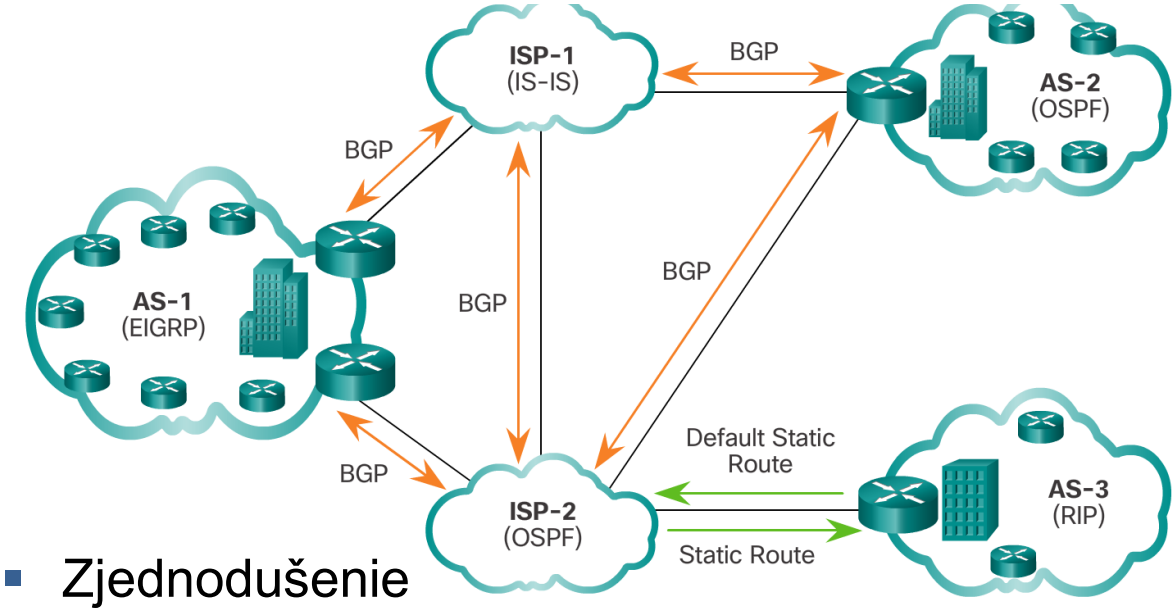
Charateristiky dynamických smerovacích protokolov

- Existuje viacero dynamických smerovacích protokolov
- Každý z nich má svoje charakteristické vlastnosti:
  - Oblasť či účel nasadenia
    - Smerovanie v sieti jedného vlastníka (IGP), smerovanie medzi sieťami rôznych vlastníkov (EGP)
  - Princíp činnosti (Typ algoritmu)
    - Distance-vector, Link-state, Path-vector
  - Správanie
    - Metrika (Ohodnotenie cesty)
      - Počet hopov, výhodnosť na základe rýchlosti, spoľahlivosť, oneskorenie, záťaž...
    - Práca s adresami a maskami
      - Classful a classless, sumarizácia
  - Škálovateľnosť
    - Správy, posielanie aktualizácií, rýchlosť reakcie na zmeny a konvergencia, počet ciest, nároky na CPU a pamäť, apod..

Dynamické smerovacie protokoly - logický pohľad na Internet

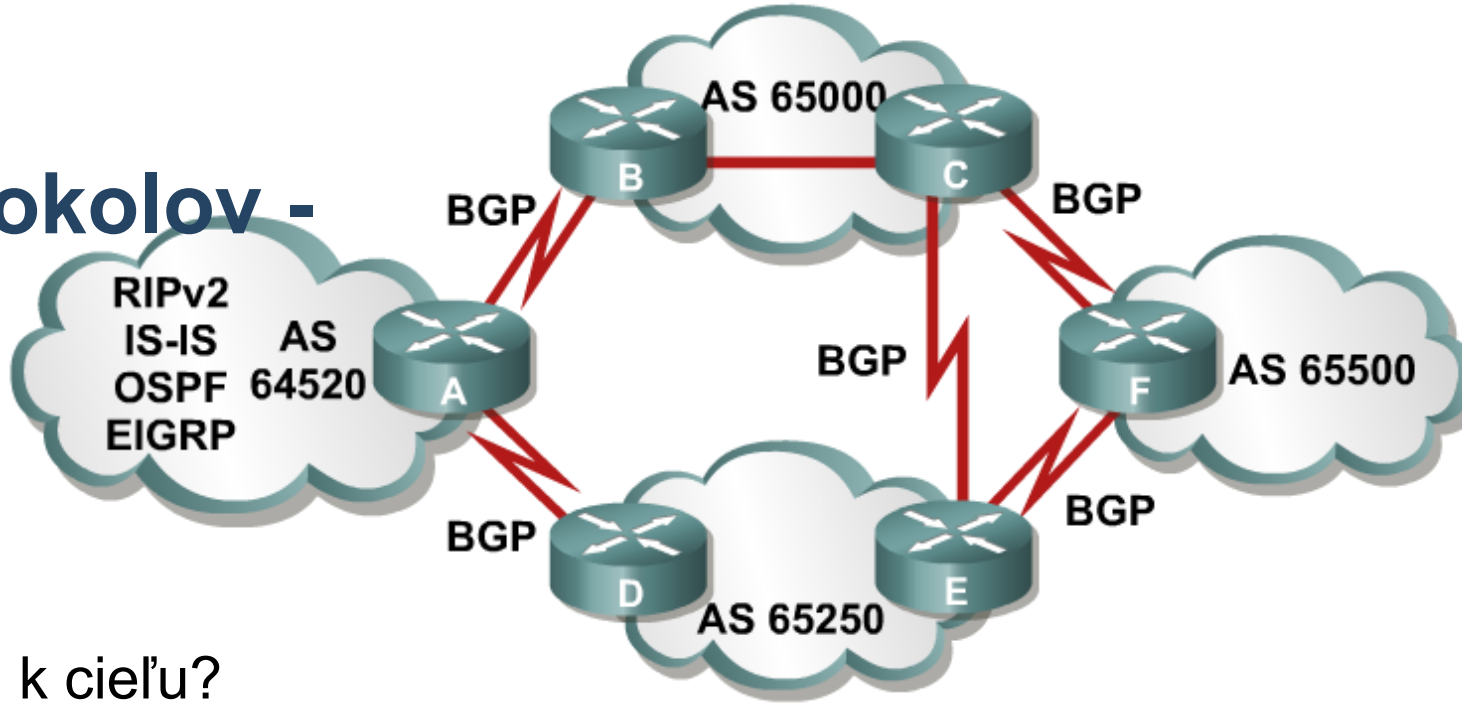
- Internet je skupina navzájom poprepájaných Autonómnych systémov (AS)
  - je skupina sietí a smerovačov, ktoré používajú spoločnú smerovaciu politiku a patria pod spoločnú administratívnu doménu
  - Smerovacia politika: spôsob výberu ciest do rôznych cieľov, filtrovanie smerovacích informácií, oznamovanie smerov...
  - Administratívna doména: dosah administratívnej právomoci správcu





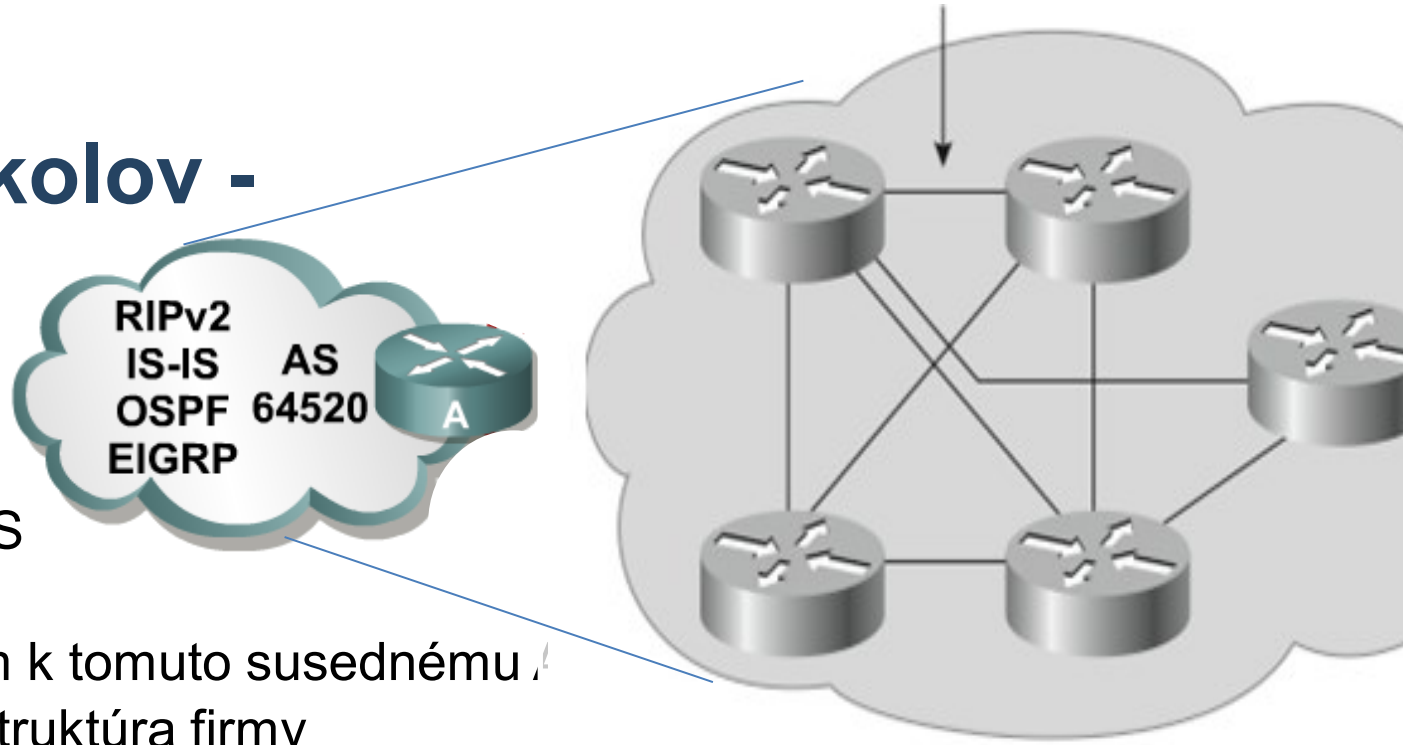
- Zjednodušenie
  - AS je buď ISP alebo firma
  - Zvonku je AS vnímaný ako jedna nerozdelená entita
    - Sada sietí (prefixov) dostupná cez okrajový smerovač

Klasifikácie smer. protokolov - smerovanie medzi AS



- Smerovanie medzi AS
  - Cez aký ďalší AS sa dostanem k cieľu?
  - Ako sa po najkratšej ceste dostanem k tomuto susednému AS?
- **Exterior gateway protocoly (EGP)**
  - Smerovací protokol pracujúci medzi rôznymi AS
  - Len **Border Gateway Protocol** (BGP)
    - Susedné smerovače musia pre vzájomnú komunikáciu byť explicitne nakonfigurované
    - 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

Klasifikácie smer. protokolov - smerovanie vnútri AS



- Smerovanie vnútri AS
  - Ako sa dostanem do danej siete v AS
    - Zaujíma ma vnútorná štruktúra AS
  - Ako sa po najkratšej ceste dostanem k tomuto susednému
  - Smerovanie vnútri AS => vnútorná štruktúra firmy
- **Interior gateway protocol (IGP)**
  - Smerovací protokol pracujúci vo vnútri Autonomous System (AS).
    - Napr. RIP, OSPF, a EIGRP
  - Snahou IGP je vymeniť si čo najkompletnejšiu informáciu 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

Smerovacie protokoly podľa typu algoritmu

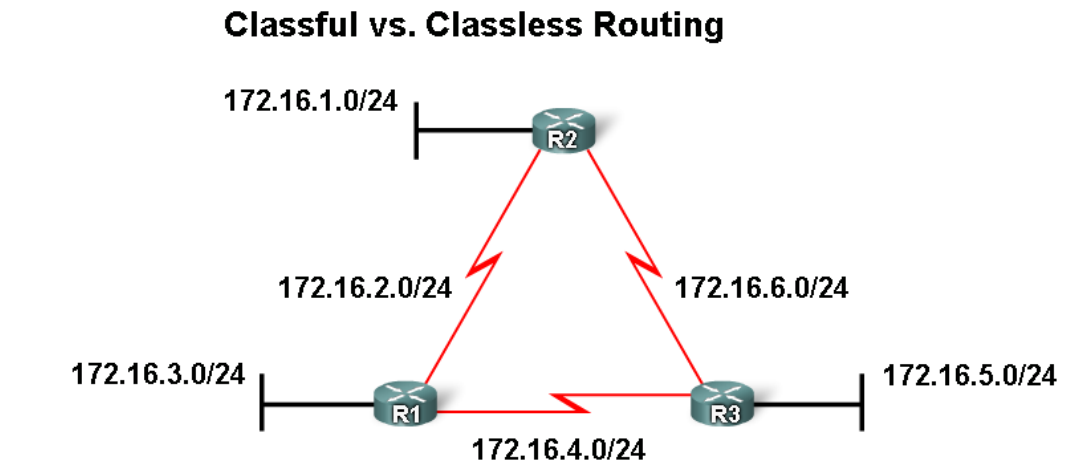
- Princípy smerovacích algoritmov:
  - Distance-Vector (RIPv1/RIPv2/RIPng, EIGRP)
    - Smerovače si vymieňajú zoznam cieľových sietí a svojich najlepších vzdialeností do nich
    - Správy: vektory (t.j. polia) vzdialeností
  - Link-State (OSPF, IS-IS)
    - Smerovače si vymieňajú informácie pre vytvorenie grafovej reprezentácie siete
    - Správy: popisy prepojov
  - Path-Vector (BGP/MultiProtocol-BGP)
    - Smerovače si vymieňajú zoznam cieľových sietí a popis cesty od seba do cieľovej siete (napr. zoznam tranzitných AS)
    - Správy: vektory (t.j. polia) atribútov

Metriky v smerovacích protokoloch

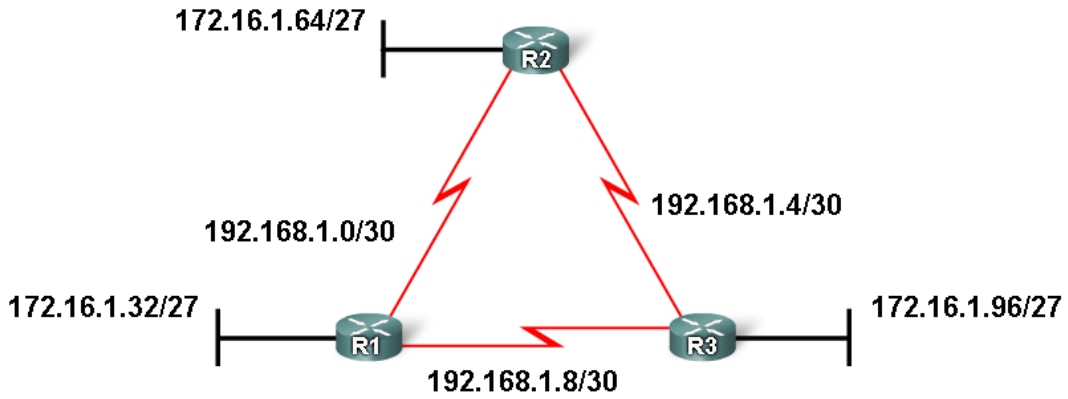
- „Metrika“ predstavuje ohodnotenie cesty do cieľovej siete
  - Ak existuje do cieľovej siete viacero ciest, smerovací protokol vyberie cestu s najnižšou metrikou
- Rôzne smerovacie protokoly používajú rôzne metriky (ohodnotenia cesty)
  - Rýchlosť, Oneskorenie, Spoľahlivosť, Aktuálna záťaž, Počet smerovačov (hopov)
- Smerovacie protokoly z pohľadu použitej metriky:
  - Protokoly pracujúce s jedným typom metriky
    - RIP/RIPv2/RIPng: hops
    - OSPFv2/v3: rýchlosť linky
  - Protokoly pracujúce s kompozitnou metrikou
    - Kombinácia viacerých hodnôt
    - EIGRP: rýchlosť + oneskorenie, voliteľne aj záťaž a spoľahlivosť

Classfull a classless smerovacie protokoly

- **Classfull smerovacie protokoly**
  - Starší predchodcovia súčasných protokolov, už nie veľmi využívané
    - RIPv1, IGRP
  - Vo svojich správach neprenášajú informáciu o maske siete, len adresy sietí
    - Predpokladajú, že ak je sieť podsieťovaná, každá podsieť má rovnakú masku
- **Classless smerovacie protokoly**
  - Všetky moderné smerovacie protokoly
    - OSPFv2/v3, IS-IS, EIGRP, RIPv2/RIPng
  - Vo svojich správach prenášajú **adresy** i **masky** sietí
    - Podpora VLSM/CIDR

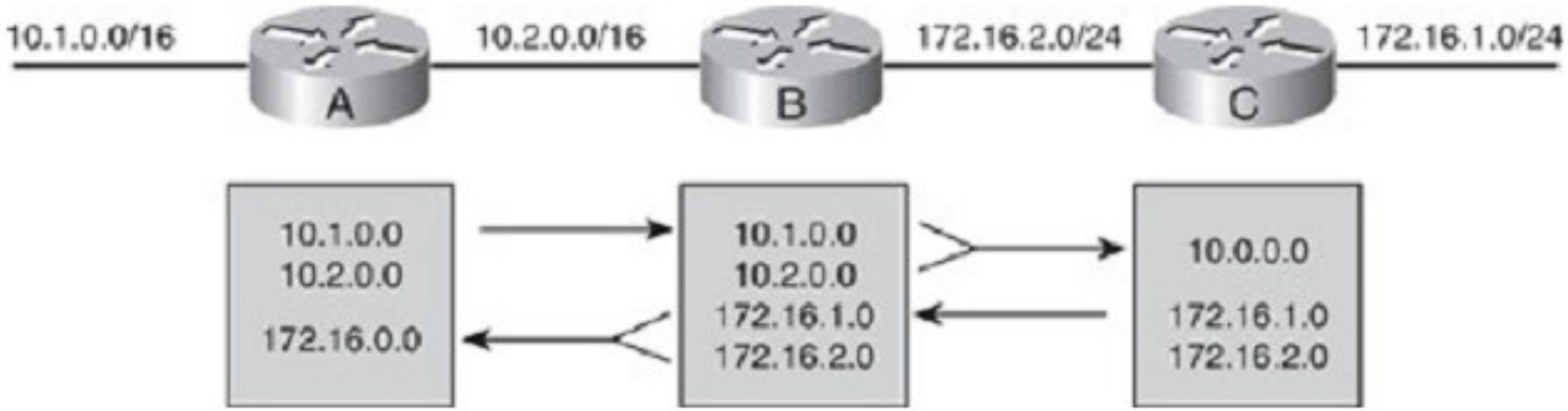


Classful: Subnet mask is the same throughout the topology



Classless: Subnet mask can vary in the topology

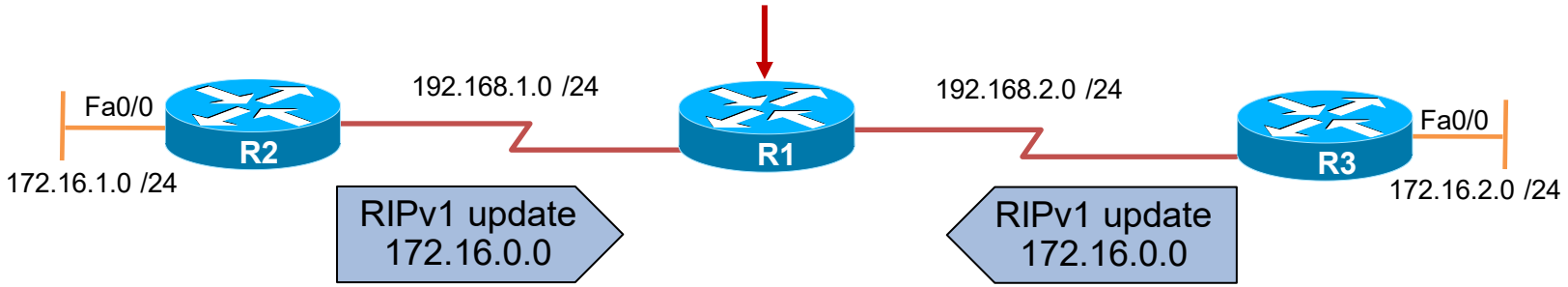
Sumarizácia ciest



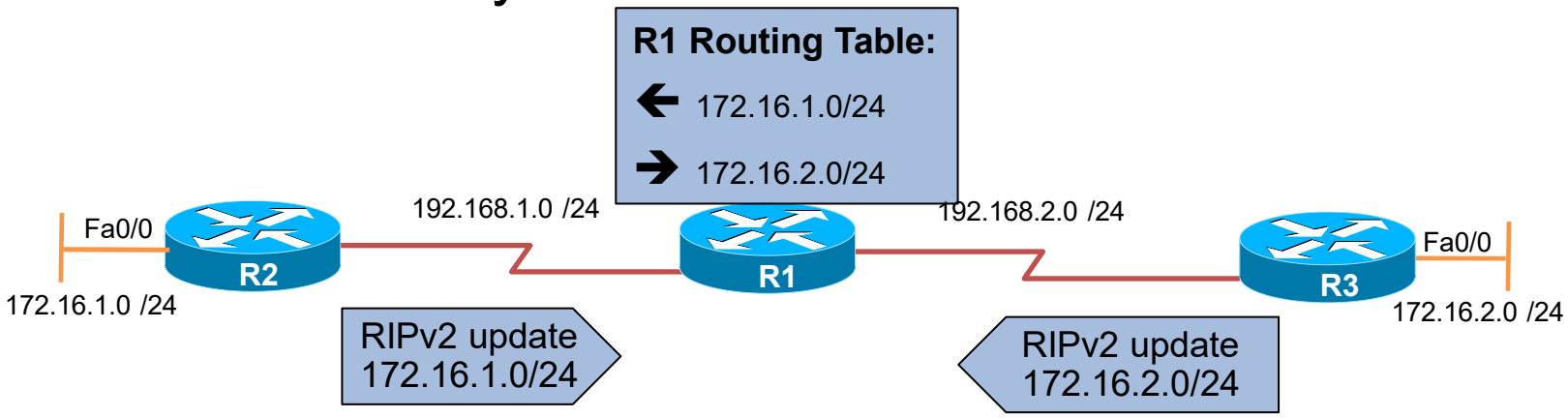
- Technika na zmenšovanie veľkosti smerovacích tabuliek
  - Potreba vhodného adresového dizajnu
- Classfull smerovacie protokoly
  - Automaticky sumarizujú na hranici siete na adresnú triedu (Major network)
  - Auto sumarizácia sa nedá vypnúť
- Classless smerovacie protokoly
  - Tiež vedia automaticky alebo manuálne sumarizovať
  - Autosumarizácia sa však dá *vypnúť* (`no auto-summary`)
- Vieme ako sa tvorí sumárny záznam?

Classfull vs. classless autosumarizácia

- Problém pri nespojitých adresových priestoroch
- Classfull alebo auto-sumary **ON**

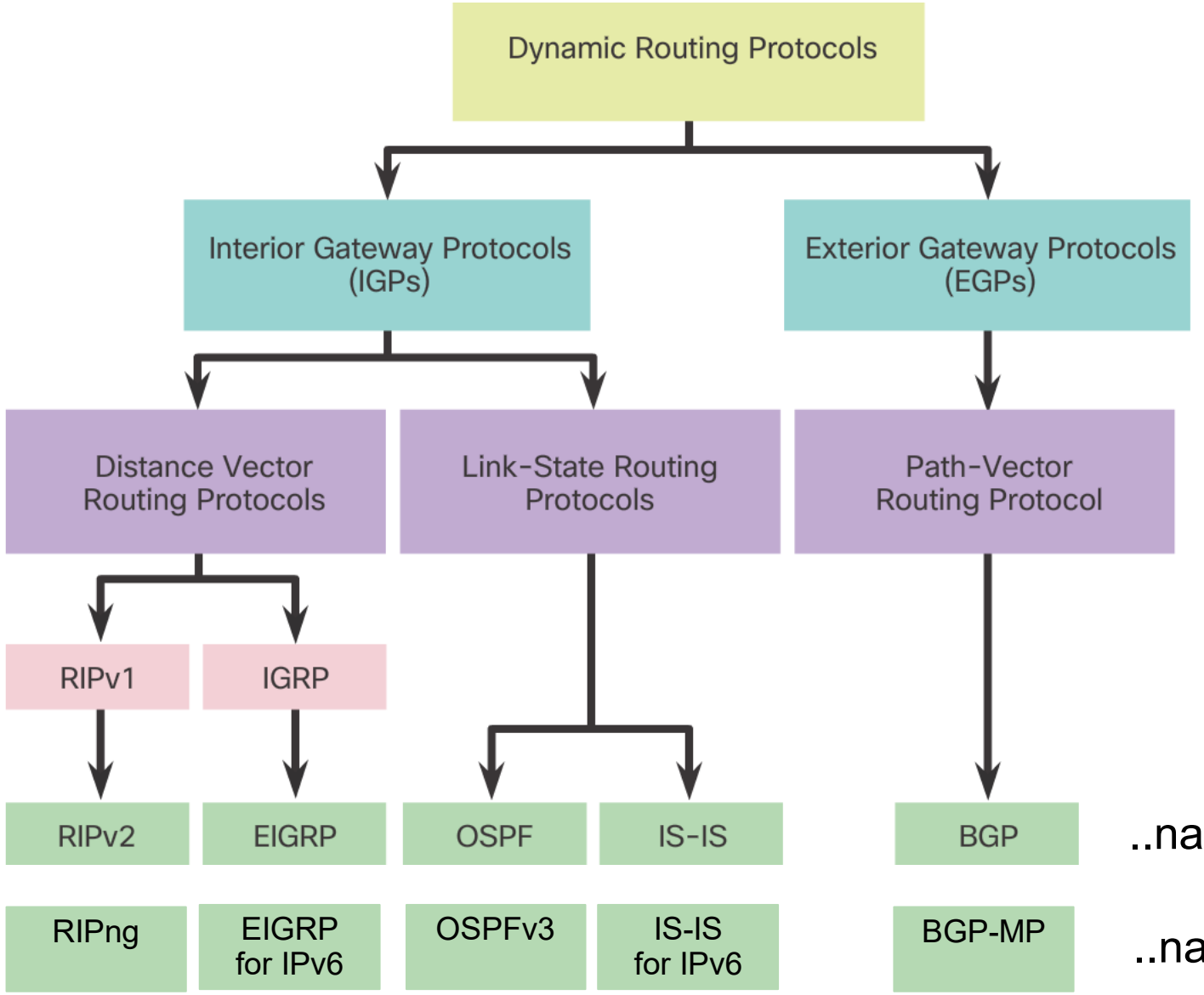


- Classless s autosumary **OFF**



Kategorizácia smerovacích protokolov

- Výber vhodného závisí od mnoho faktorov:
  - Vstupné požiadavky
    - Veľkosť siete
    - Multivendor podpora
    - Znalosť správy protokolu
  - Charateristiky protokolov:
    - Oblasť nasadenia
    - Typ algoritmu, metrika
    - Rýchlosť konvergencie
      - Schopnosť reakcie na zmeny a prepočet nových ciest
    - Škálovateľnosť



Administratívne vzdialenosti

- Na jednom smerovači môže bežať viac smerovacích protokolov
- Každý hlási svoju cestu ako najlepšiu
- Vzhľadom na nekompatibility metrík, smerovač do R.T. musí umiestniť len jednu
- Výber: dôveryhodnosť „informátora“, t.j. zdroja smerovacej informácie
  - Ináč nazývané aj ako **Administratívna vzdialenosť**
  - Čím nižšia AD, tým vyššia dôveryhodnosť zdroja

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

Charakteristiky smerovacích protokolov

Characteristics	RIPv1	RIPv2	EIGRP	IS-IS	OSPF	BGP
Distance vector	✓	✓	✓			✓
Link-state				✓	✓	
Classless		✓	✓	✓	✓	✓
VLSM support		✓	✓	✓	✓	✓
Automatic route summarization	✓	✓ (can be disabled using `no auto-summary`)	✓ (can be disabled using `no auto-summary`)			✓
Manual route summarization		✓	✓	✓	✓	✓
Hierarchical topology required				✓	✓	
Size of network	Small	Small	Large	Large	Large	Very large
Metric	Hops	Hops	Composite metric	Metric	Cost	Path attributes
Convergence time	Slow	Slow	Very fast	Fast	Fast	Slow

Smerovacie protokoly typu distance vector

Distance-Vector protokoly

- Smerovač pri DV protokoloch vychádza z predpokladu
  - Pozná vlastné priamo pripojené siete
  - Pozná „cenu“ svojich rozhraní do pripojených sietí,
    - a teda aj vzdialenosť k susedným smerovačom v týchto sieťach
  - A túto informáciu zdieľa so svojimi susedmi (periodicky ako RIP, on demand ako v EIGRP)
    - Sused = smerovač, na ktorom musí bežať ten istý DV protokol
  - A následne sa tým vlastne smerovač od susedov **učí** nové siete
  - Pri detegovanej zmene ju smerovač hneď ohlási svojim susedom
- Susedia si tak pri DV protokoloch časom navzájom posielajú zoznamy sietí, ktoré poznajú (svoju smerovaciu tabuľku)
  - Zoznam sietí a vzdialeností od nich je pole štruktúr (vektor) s položkami
    - <Sieť, Vzdialenosť>
  - Pre toto posielanie **vektorov vzdialeností** smerovača sa tieto protokoly volajú DISTANCE VECTOR

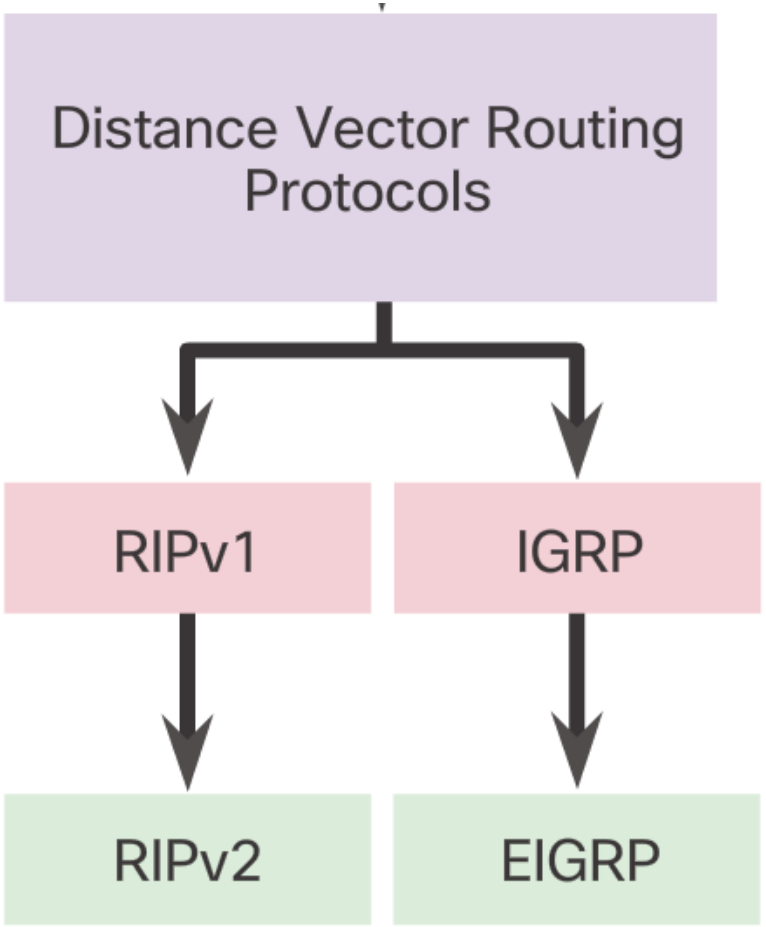
Distance-Vector protokoly

- Na samotné určenie najkratšej cesty do cieľa stačí smerovaču s DV protokolom poznať:
  - Adresu cieľovej siete a jej masku
  - Vzdialenosť jednotlivých bezprostredných susedov od tejto siete ako sa nahlásili
  - Vzdialenosť medzi smerovačom a jeho bezprostrednými susedmi
  - Najkratšia cesta je následne ponúknutá do smerovacej tabuľky (R.T.)

- Na riadenie činnosti protokolu a výberu ciest sa používajú rôzne algoritmy
  - RIPv1/v2/RIPng: Bellman-Ford
  - EIGRP: Difúzny algoritmus DUAL

Charakteristiky Distance-Vector protokolov

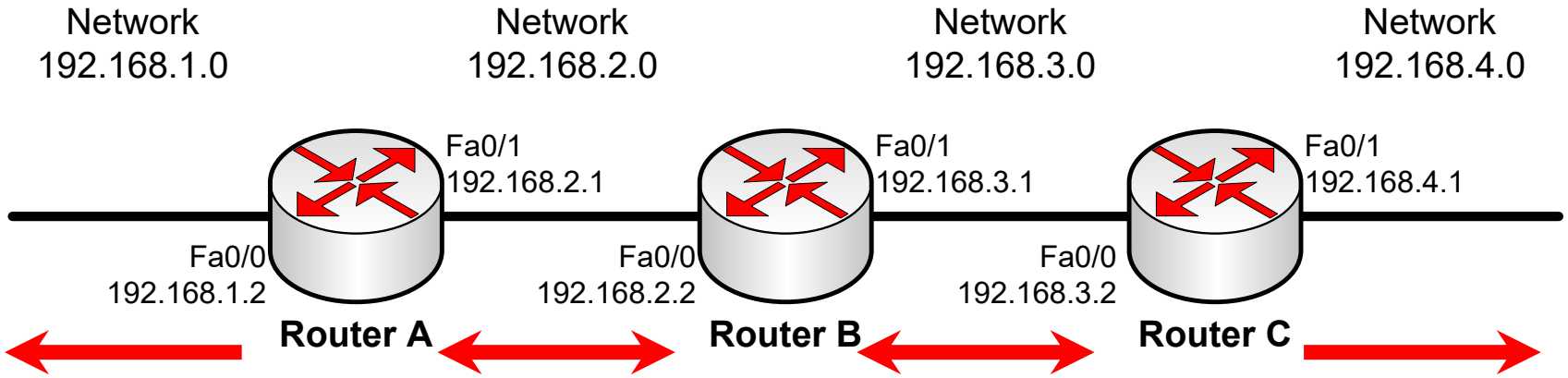
- Updates
  - Smerovacie informácie sú posielané ***periodicky*** aj keď sa ***nič nedeje*** (slúži aj ako keep-alive)
    - Celá rodina RIP + IGRP
    - Spotrebúvajú šírku pásma (bandwidth) liniek a zdroje smerovačov (CPU)
  - V starších protokoloch posielané ako broadcast (255.255.255.255)
    - RIPv1, IGRP
  - Novšie protokoly posielajú ako multicast
    - RIPv2, RIPng, EIGRP
  - EIGRP posiela celú R.T. len pri úvodnej synchronizácii a potom len keď sa niečo zmení
    - Na keep-alive používa Hello mechanizmus



Distance-Vector protokoly – neznalosť topológie

- Zo smerovacej informácie od suseda DV protokoly nepoznajú celú topológiu siete
  - t.j. DV smerovač pozná svoje bezprostredné okolie
    - pozná seba, vlastné priamo pripojené siete, bezprostredne susedné smerovače a siete „dakde za susedmi“
  - viem čo mi povedal sused
    - princíp JPP (jedna pani povedala), alebo JRP (jeden ....)
  - ale nemám presnú predstavu, čo vlastne za týmto susedom ďalej je
    - okrem zoznamu nahlásených sietí a ich metrík

RIPv1/v2 princíp činnosti



Routing table		
Network	**Metric**	**Next hop**
192.168.1.0	0	-
192.168.2.0	0	-
192.168.3.0	1	Fa0/1
192.168.4.0	2	Fa0/1

Routing table		
Network	**Metric**	**Next hop**
192.168.2.0	0	-
192.168.3.0	0	-
192.168.1.0	1	Fa0/0
192.168.4.0	1	Fa0/1

Routing table		
Network	**Metric**	**Next hop**
192.168.3.0	0	-
192.168.4.0	0	-
192.168.2.0	1	Fa0/0
192.168.1.0	2	Fa0/0

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

Zhodnotenie DV protokolov

Výhoda

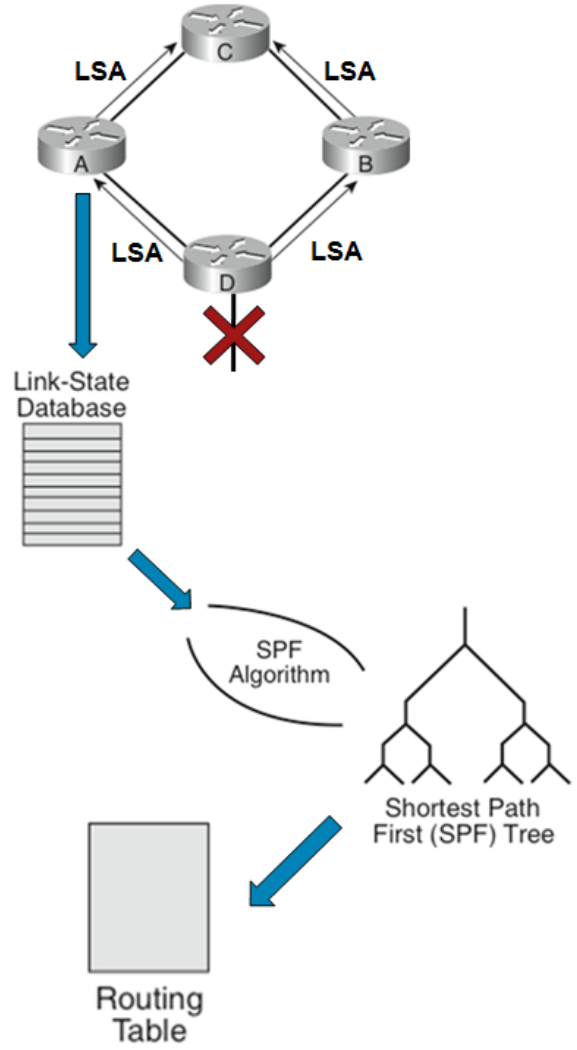
- Jednoduché v činnosti, konfigurácii ako aj v porozumení
- Nenáročný na zdroje

Nevýhoda

- Pracujú na princípe „povery“
- Pomalšia konvergencia z dôvodu záplavového šírenia aktualizácie
- Neznalosť topológie
- Náchylnosť na vznik prechodných smerovacích slučiek
  - Riešenia ochrán proti vzniku slučiek
    - Časovače/Timery
      - Update, hold down, invalid after, flush after
    - Definovanie maxima pre vzdialené siete
      - Siete za maximom sú nekonečne vzdialené a smerovač s nimi nepracuje, neohlasuje ich
    - Split horizon s poisson reverse

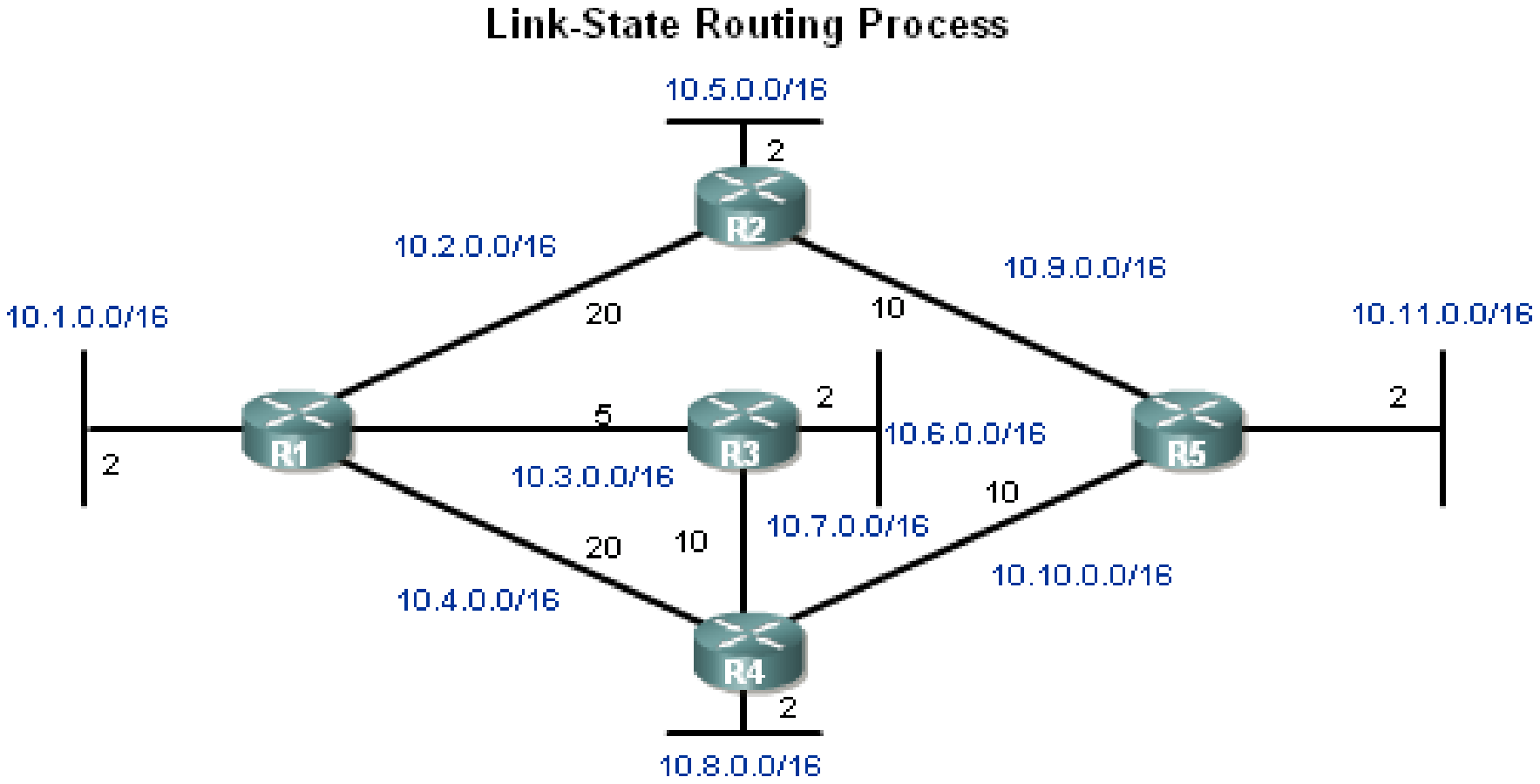
Link-State protokoly

- LS protokoly k svojej činnosti využívajú teóriu grafov – hľadanie najkratšej cesty v grafe
  - Siete rozdeľujú na oblasti (areas)
  - Každý smerovač detailne pozná topológiu siete v oblasti a má jej grafovú reprezentáciu v topologickej databáze
    - Poznám seba, svoje linky a svojich susedov
    - ako aj všetky ďalšie smerovače, ich linky a ich susedov
    - T.j. vypísaním pracovnej databázy LS protokolu na ľubovoľnom smerovači sme schopní nakresliť diagram celej siete
  - Nad týmto grafom siete každý smerovač nezávisle určí strom najkratších ciest od seba do všetkých cieľových sietí
- Pre svoju činnosť sú LS pamäťovo i výpočtovo zložitejšie než DV
  - Viac pracovných tabuliek, viac výpočtov
- V stave kľudu je však na zdroje smerovačov a siete šetrnejší
  - No changes, no updates



Vzorová topológia

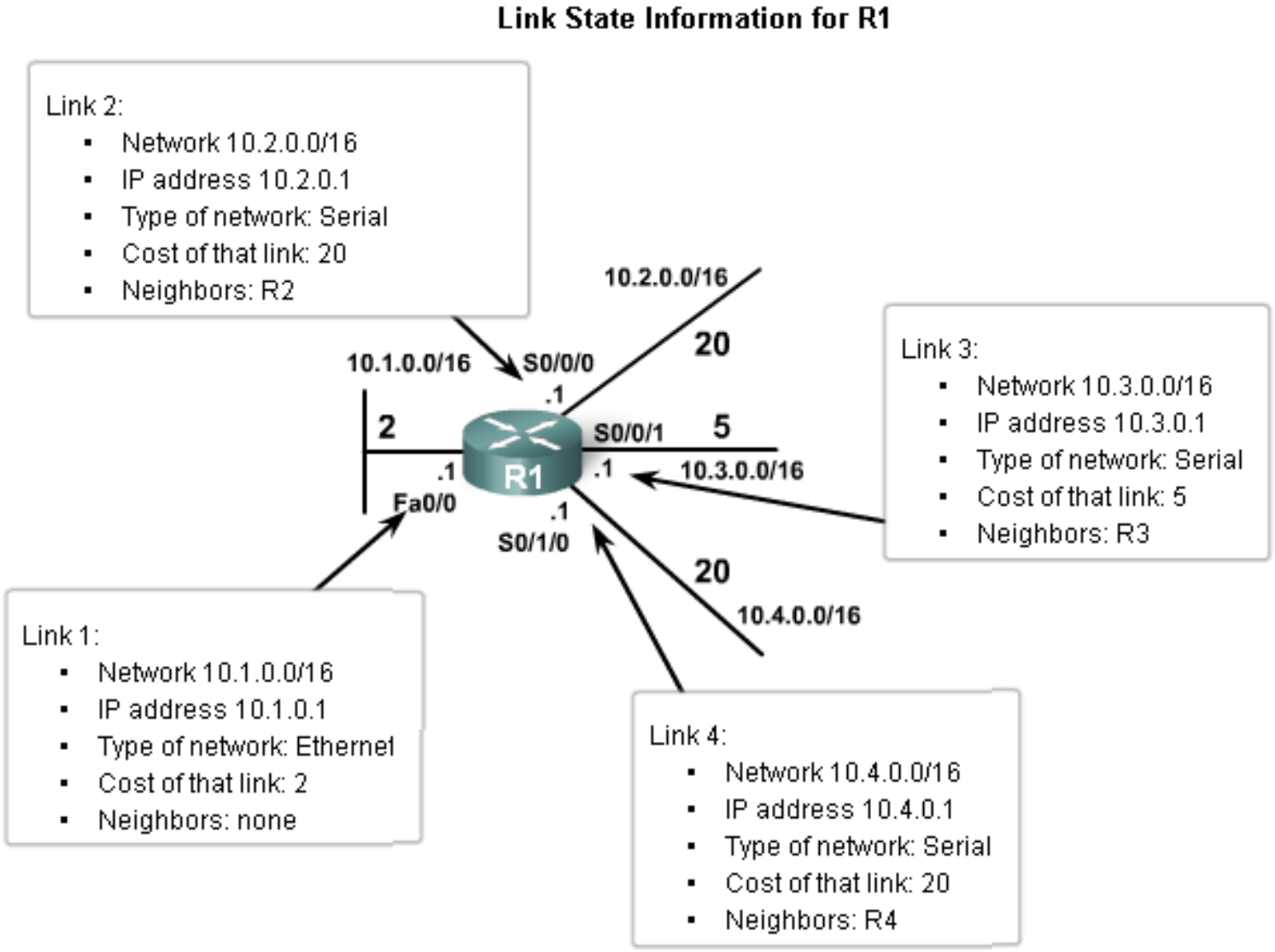
- Na hľadanie najkratších ciest sa využíva tzv. Dijkstrov algoritmus



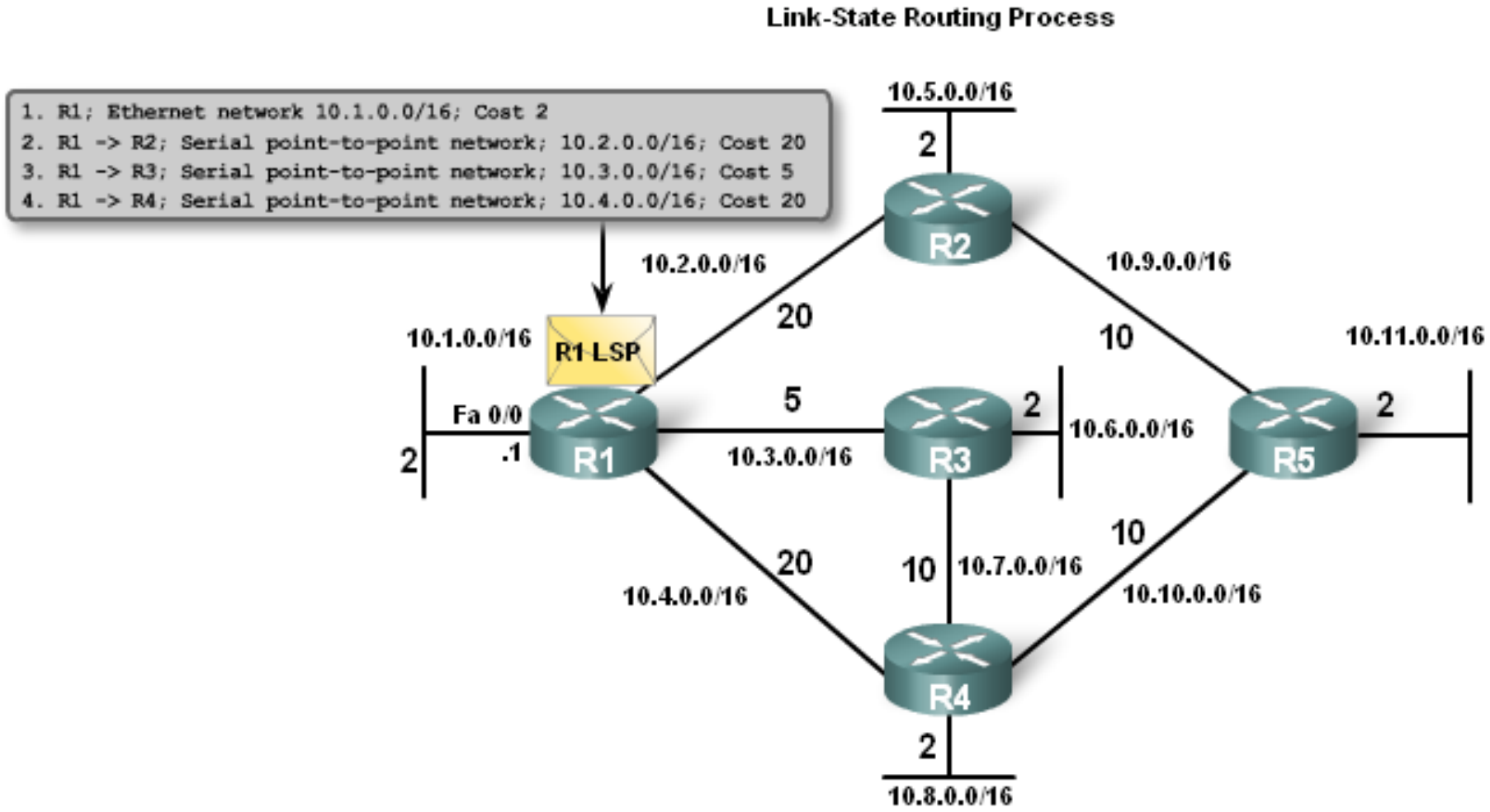
Činnosť link-state protokolov

- Každý smerovač identifikuje a uloží si objekty, s ktorými je bezprostredne spojený
  - Seba a svoje priamo pripojené siete a ich parameter (štruktúra Link State Advertisement)
  - Svojich susedov na priamo pripojených linkách
- Následne všetkým svojim susedom smerovač odošle správu, tzv. ***Link State Packet*** *(LSP)*,
  - v ktorej presne popíše svoje lokálne prepojenia s okolitými objektmi
- Iné smerovače si túto správu uložia do lokálnej DB a preposielajú ju ďalej v rámci oblasti
  - ale nesmú ju pri preposielaní zmeniť
- Po istom čase každý smerovač má vo svojej DB a pozná všetky ostatné smerovače a objekty v sieti a ich presné vzájomné zapojenie
- Nad touto topologickou mapou siete (tzv. orientovaným grafom) smerovač využije niektorý z algoritmov, ktorý vytvára strom najkratších ciest
  - Tzv. SPT – Shortest Path Tree
- Výsledne najkratšie cesty ponúkne R.T.
  - Tá na základe AD protokolu to môže prijať alebo odmietnuť

Link-state popis okolia smerovača (LSA)

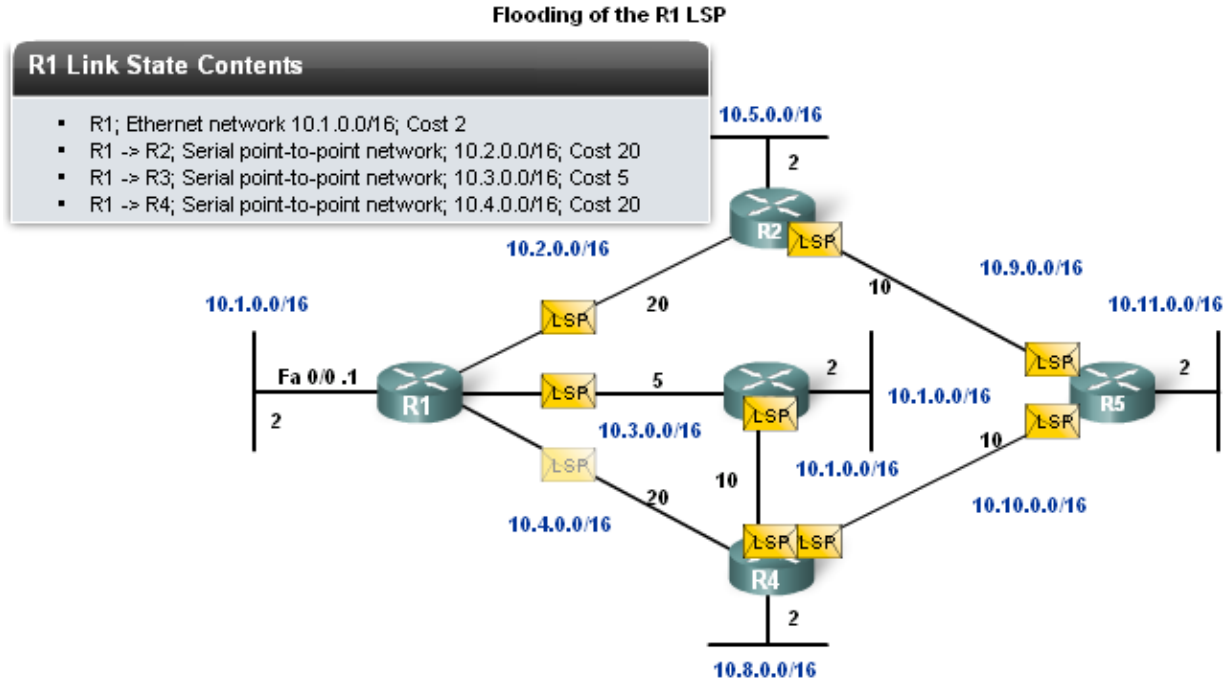


Flooding link-state paketu z R1



Rozosielanie LSP paketov

- LSP paket generuje každý smerovač sám za seba
  - Vždy pri zmene topológie, ktorá sa smerovača týka
  - Periodicky rádovo v desiatkach minút
- LSP sa rozosielajú medzi všetkými smerovačmi
  - Každý smerovač si prijaté LSP zapamätá a pošle svojim susedom
  - Po krátkom čase každý smerovač pozná LSP všetkých smerovačov v sieti



Link-state databáza (LSDB) na smerovači R1

R1s Link-State Database

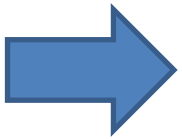
LSPs from R2:
- Connected to neighbor R1 on network 10.2.0.0/16, cost of 20
- Connected to neighbor R5 on network 10.9.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.5.0.0/16, cost of 2

LSPs from R3:
- Connected to neighbor R1 on network 10.3.0.0/16, cost of 5
- Connected to neighbor R4 on network 10.7.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.6.0.0/16, cost of 2

LSPs from R4:
- Connected to neighbor R1 on network 10.4.0.0/16, cost of 20
- Connected to neighbor R3 on network 10.7.0.0/16, cost of 10
- Connected to neighbor R5 on network 10.10.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.8.0.0/16, cost of 2

LSPs from R5:
- Connected to neighbor R2 on network 10.9.0.0/16, cost of 10
- Connected to neighbor R4 on network 10.10.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.11.0.0/16, cost of 2

R1 Link-states:
- Connected to neighbor R2 on network 10.2.0.0/16, cost of 20
- Connected to neighbor R3 on network 10.3.0.0/16, cost of 5
- Connected to neighbor R4 on network 10.4.0.0/16, cost of 20
- Has a network 10.1.0.0/16, cost of 2



- Výpočtom strom vzdialeností s cestami do cieľových sietí
- Naj cesty ponúknuté R.T.
- Na základe AD akcept or nie

Zhodnotenie LS protokolov

Výhody

- Znalosť celej topológie
- Rýchla konvergencia pri zmenách
  - šírením nie celej R.T., ale len týkajúcej sa topo informácie
- Nižšia pravdepodobnosť vzniku smerovacích slučiek než pri distance-vector smerovacích protokoloch
- Optimalizácia R.T. použitím konceptu oblastí

Nevýhody

- Vyššia spotreba pamäte a výpočtového výkonu CPU k behu LS protokolu
- Vyššia spotreba CPU a siete pri inicializácii smerovačov a topol. zmenách
- Nemožnosť sumarizovať alebo filtrovať oznamované siete na ľubovoľnom mieste siete, iba na tzv. hraniciach oblastí
- Zložitejšie mechanizmy a nutnosť kompetentného nasadenia

Poznámky k DV a LS

- 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

UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science and Informatics

Ďakujem za pozornosť!

Ohodnoť našu Cisco Academy a katedru na google:

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

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021

MINISTERSTVO ŠKOLSTVA, VEDY, VÝSKUMU A ŠPORTU SLOVENSKEJ REPUBLIKY