



UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science
and Informatics

 MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPÓRTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Smerovací protokol OSPF

PS2 – prednáška 3

Mgr. Jana Uramová, PhD.

Katedra informačných sietí

FRI, UNIZA

Počítačové siete 2 – KIS FRI UNIZA

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021



Distance-vector vs. Link-state

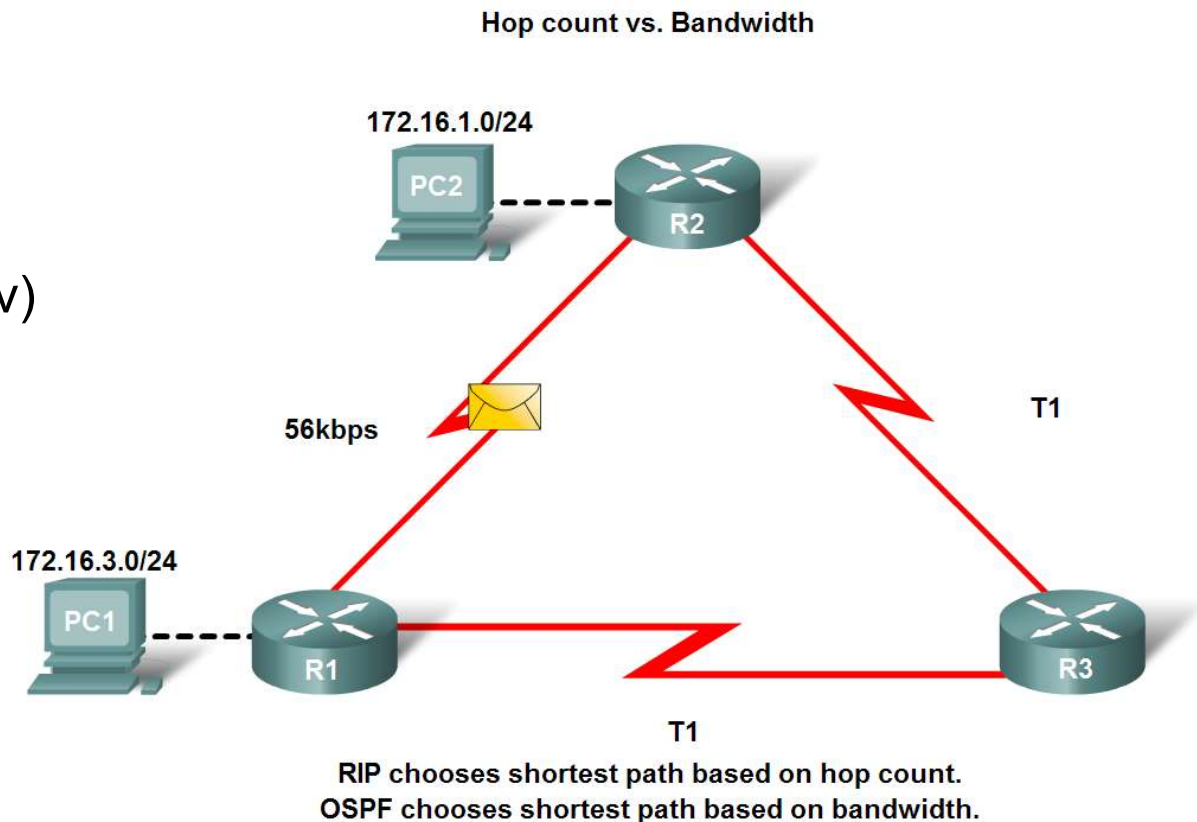
Rozdiely medzi smerovacími protokolmi

- 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

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

Aká bude metrika z R1 do LAN za R3, keď vypadne linka medzi R1 a R3?



Metrika v smerovacích protokoloch

- Používané veličiny:
 - Protokol RIP: počet hopov
 - Protokol OSPF: rýchlosť rozhraní
 - Protokol EIGRP: rýchlosť rozhraní a oneskorenie, voliteľne aj záťaž, spoľahlivosť, maximálne MTU
- 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
```



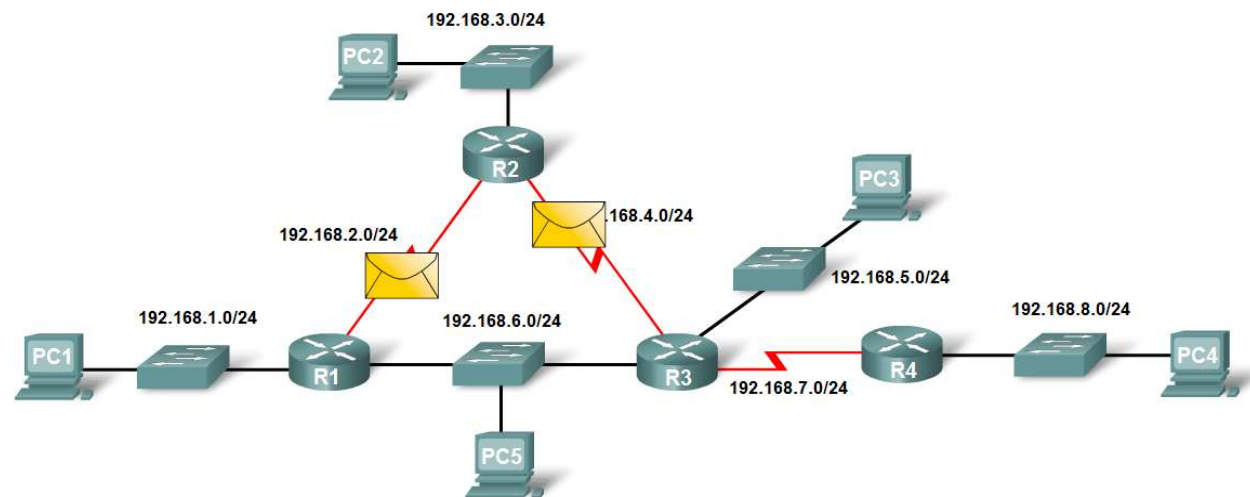
It is 2 hops from R2 to 192.168.8.0/24

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

EIGRP:

- Aktuálna FD do siete X je 20 000. Variance = 2.
- Cesty s akou metrikou sa môžu dostať do smerovacej tabuľky?

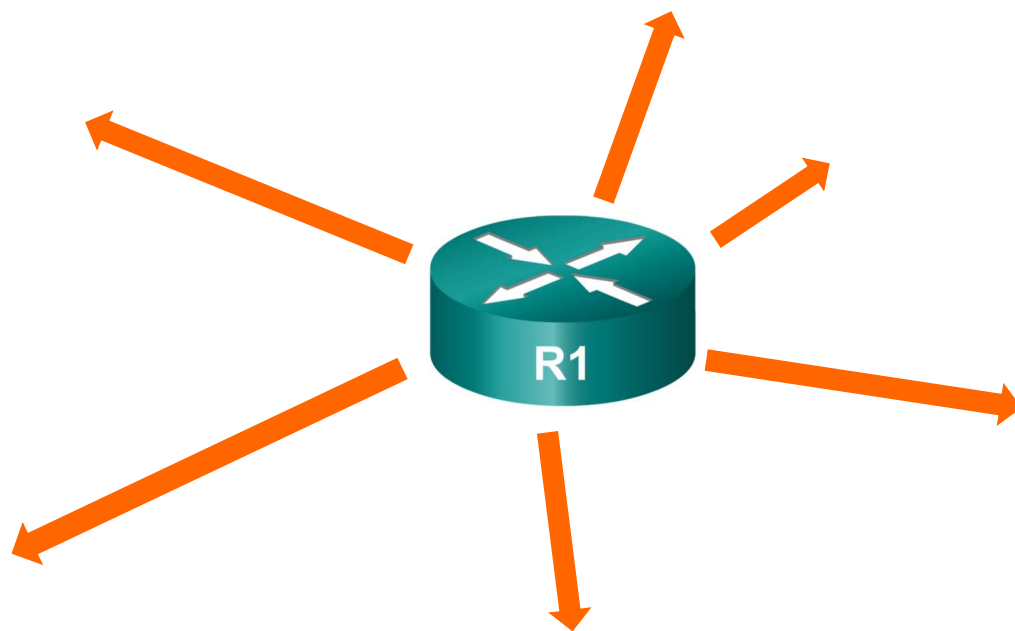


```
R2#show ip route
<output omitted>

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
```

Distance-vector

- Pracujú na báze „povery“
- Nepoznajú topológiu siete



- Obsahujú pole (vektor) položiek tvaru <Sieť, Vzdialenosť>

DV protokoly:

- Je konfigurácia zložitá?
- Je možné zo správ DV protokolu určiť topológiu siete?
- Môžu vzniknúť smerovacie slučky?
- Je konvergencia rýchla?

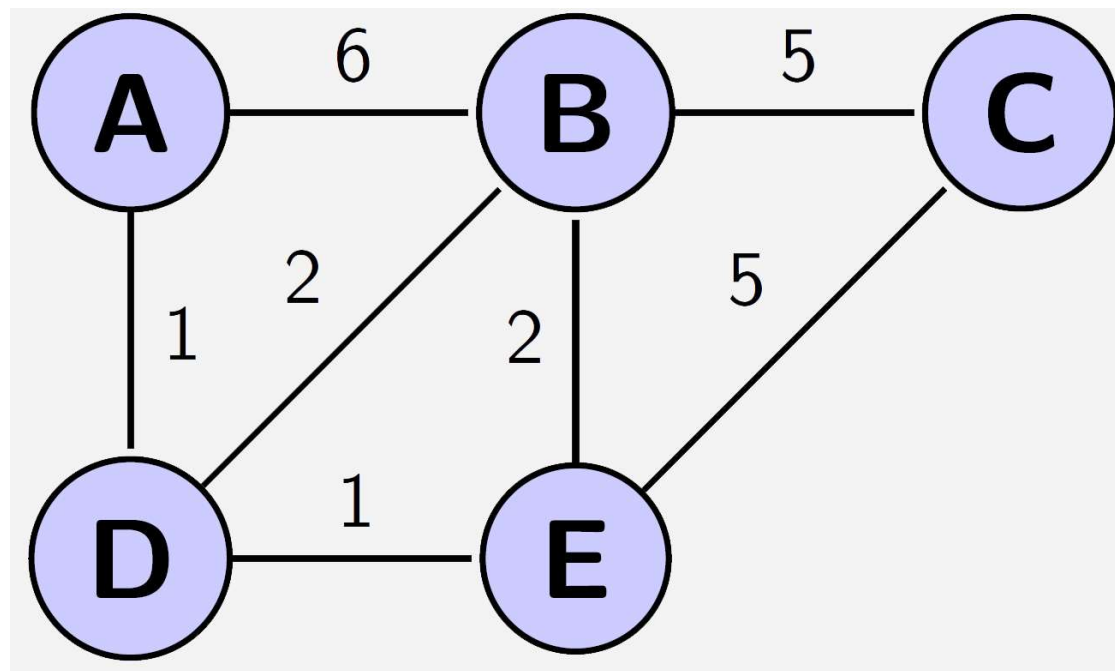
Distance-vector

Čítanie
na doma

- Distance-vector protokoly pracujú na báze „povery“
 - Smerovače sa informujú len o cieľových sieťach, ktoré poznajú, a ich vzdialenostiach do týchto sietí, avšak táto znalosť nemusí vyjadrovať pravdivý, skutočný a okamžitý stav
 - Správy DV protokolov obsahujú pole (vektor) položiek tvaru <Sieť, Vzdialenosť> (prípadne i ďalšie, pre základný princíp DV protokolov nepodstatné atribúty)
 - Informácie sú veľmi jednoduché a ľahko spracovateľné, nevyžadujú množstvo pamäte ani veľký výpočtový výkon
 - Elementárna konfigurácia DV protokolov a základné porozumenie ich princípu činnosti nie sú ťažké
 - Zo správ DV protokolu nemožno určiť topológiu siete – žiaden smerovač presne nevie, koľko smerovačov sa v sieti nachádza, ani nepozná, ako sú navzájom prepojené
 - Neznalosť topológie a nutnosť slepo dôverovať informácii, ktorá prichádza od suseda, vedie k vzniku prechodných smerovacích slučiek a pomalej konvergencii

Link-State

- Smerovacie protokoly typu Link-State (LS) sú priamočiarou aplikáciou teórie grafov – hľadanie najkratšej cesty v grafe
 - Znalosť topológie, reprezentovaná grafom
 - Strom najkratších ciest
 - Pamäťovo aj výpočtovo náročnejšie



Link-State

Čítanie
na doma

- Smerovacie protokoly typu 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
 - Využívaný je Dijkstrov algoritmus pre svoju efektívnosť
- Charakteristickou vlastnosťou LS protokolov je, že 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

Poznámky k typom smerovacích protokolov

	DV	LS
Nároky na CPU, RAM	Menšie	Väčšie
Princíp činnosti	Jednoduchý	Zložitejší
Nároky na admina	Stačí menej skúsený	Treba kvalifikovaného
Reakcia na zmeny	Pomalšia	Rýchlejšia
Vhodné pre siete	Menšie a stredné	Väčšie
Dizajn siete	Ľubovoľný	Vždy hierarchický *

* musia mať vyčlenenú chrbticovú oblasť, ktorá prepája ďalšie časti siete

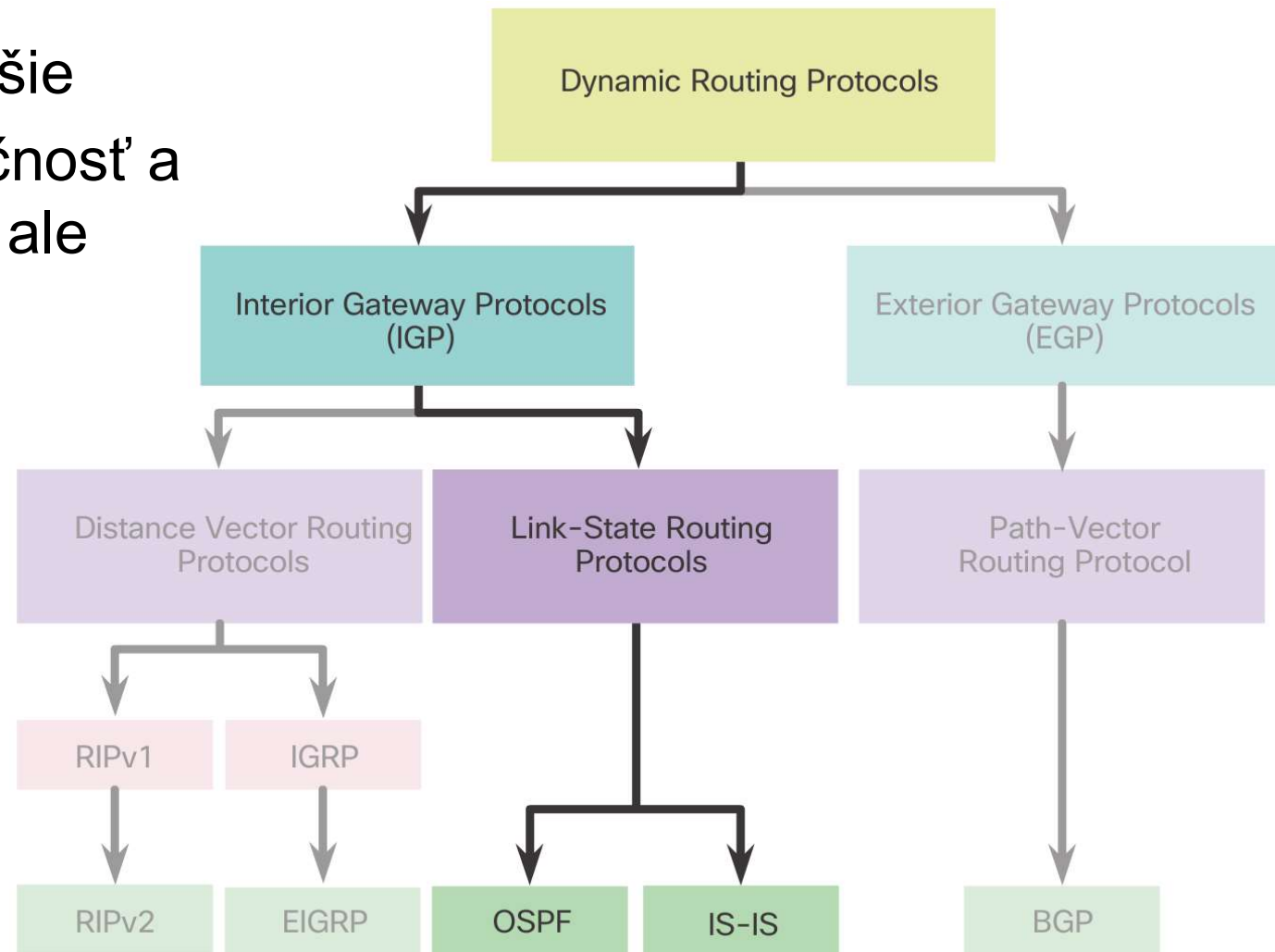
Čo je to stav **konvergencie** v kontexte smerovacích protokolov?



Smerovacie protokoly Link-state

Kategorizácia smerovacích protokolov

- LS komplexnejšie
- Základná funkčnosť a konfigurácia je ale priamočiara



Smerovacie protokoly typu link-state (LS)

- **Výhody** LS smerovacích protokolov
 - Znalosť topológie
 - Rýchla konvergencia
 - Nižšia pravdepodobnosť vzniku smerovacích slučiek než pri DV
- **Nevýhody** LS smerovacích protokolov
 - Vyššia spotreba pamäte a výpočtového výkonu CPU
 - Nemožnosť sumarizovať alebo filtrovať oznamované siete na ľubovoľnom mieste siete, iba na tzv. hraniciach oblastí
 - Zložitejšie mechanizmy a nutnosť kompetentného nasadenia



Smerovacie protokoly typu link-state (LS)

- pracujú na báze presnej znalosti topológie celej siete

a) LS popis okolia smerovača

- Každý smerovač identifikuje objekty, s ktorými je bezprostredne spojený (ďalšie smerovače a priamo pripojené siete)

b) Odoslanie LSP/LSA

- Všetkým svojim susedom smerovač odošle správu (tzv. Link State Packet alebo Link State Advertisement, LSP/LSA), v ktorej presne popíše svoje prepojenia s okolitými objektami

c) Rozosielanie LSP v celej sieti

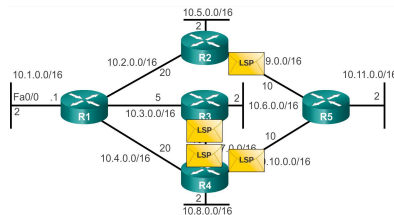
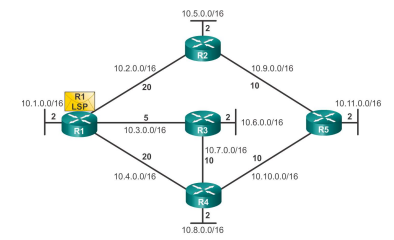
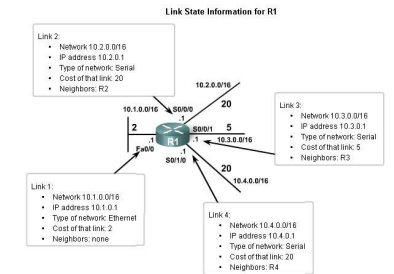
- Iné smerovače si túto správu zapamätajú a preposielajú ďalej, ale nesmú ju zmeniť

d) LS databáza

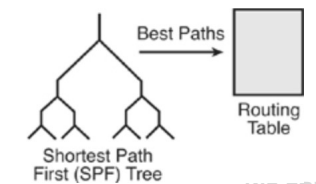
- Po istom čase každý smerovač pozná všetky ostatné smerovače a objekty v sieti a ich presné vzájomné zapojenie

e) SPF tree

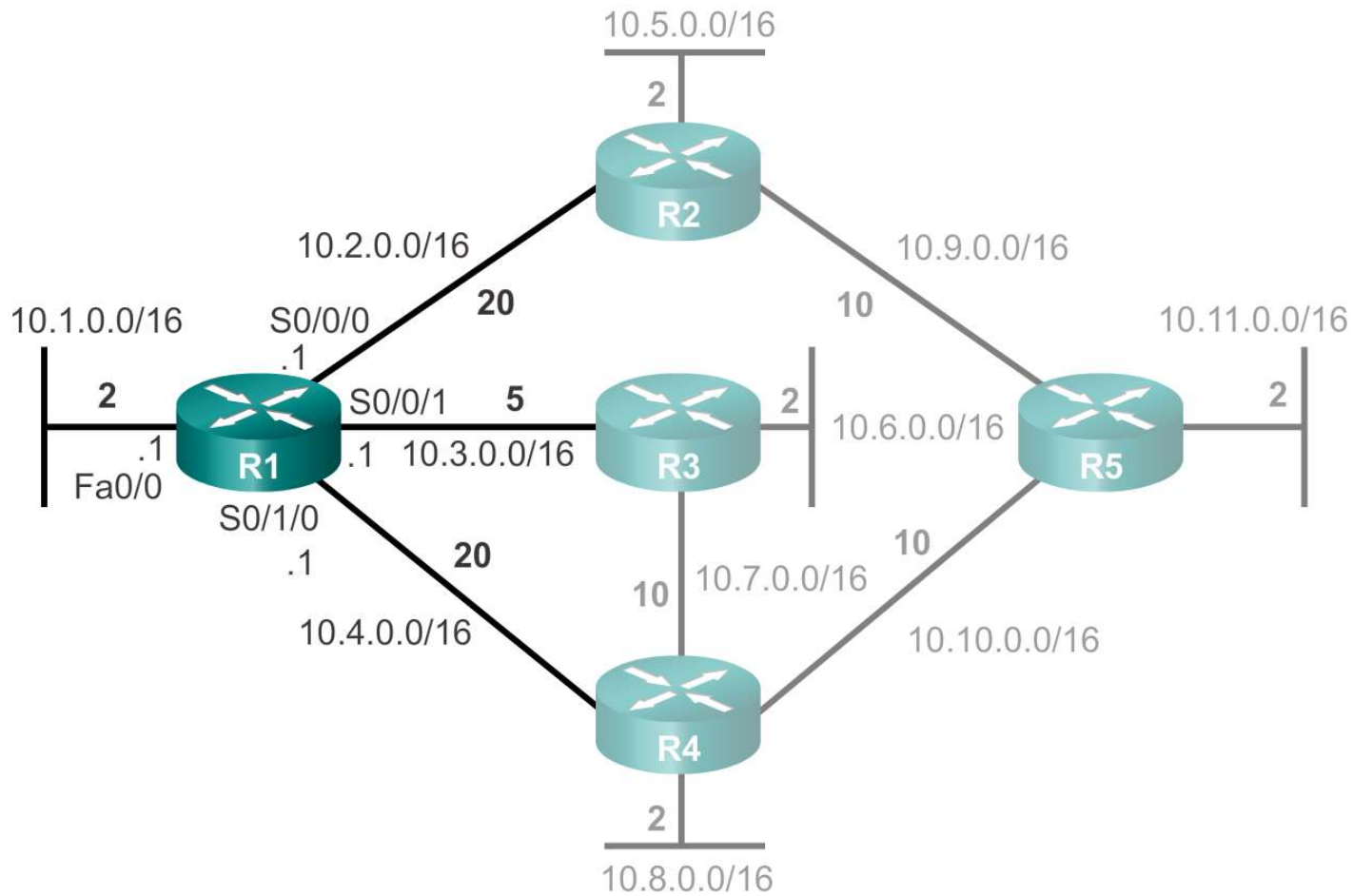
- Nad touto topologickou mapou siete (tzv. ohodnoteným grafom) smerovač využije niektorý z algoritmov, ktorý vytvára strom najkratších ciest



R1's Link-State Database	
LSAs from R2:	<ul style="list-style-type: none"> Connected to neighbor R1 on network 10.2.0.0/16, cost of 20 Connected to neighbor R3 on network 10.9.0.0/16, cost of 10 Has a network 10.5.0.0/16, cost of 2
LSAs from R3:	<ul style="list-style-type: none"> 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 10.8.0.0/16, cost of 2
LSAs from R4:	<ul style="list-style-type: none"> Connected to neighbor R1 on network 10.4.0.0/16, cost of 20 Connected to neighbor R3 on network 10.10.0.0/16, cost of 10 Has a network 10.8.0.0/16, cost of 2
LSAs from R5:	<ul style="list-style-type: none"> 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:	<ul style="list-style-type: none"> 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

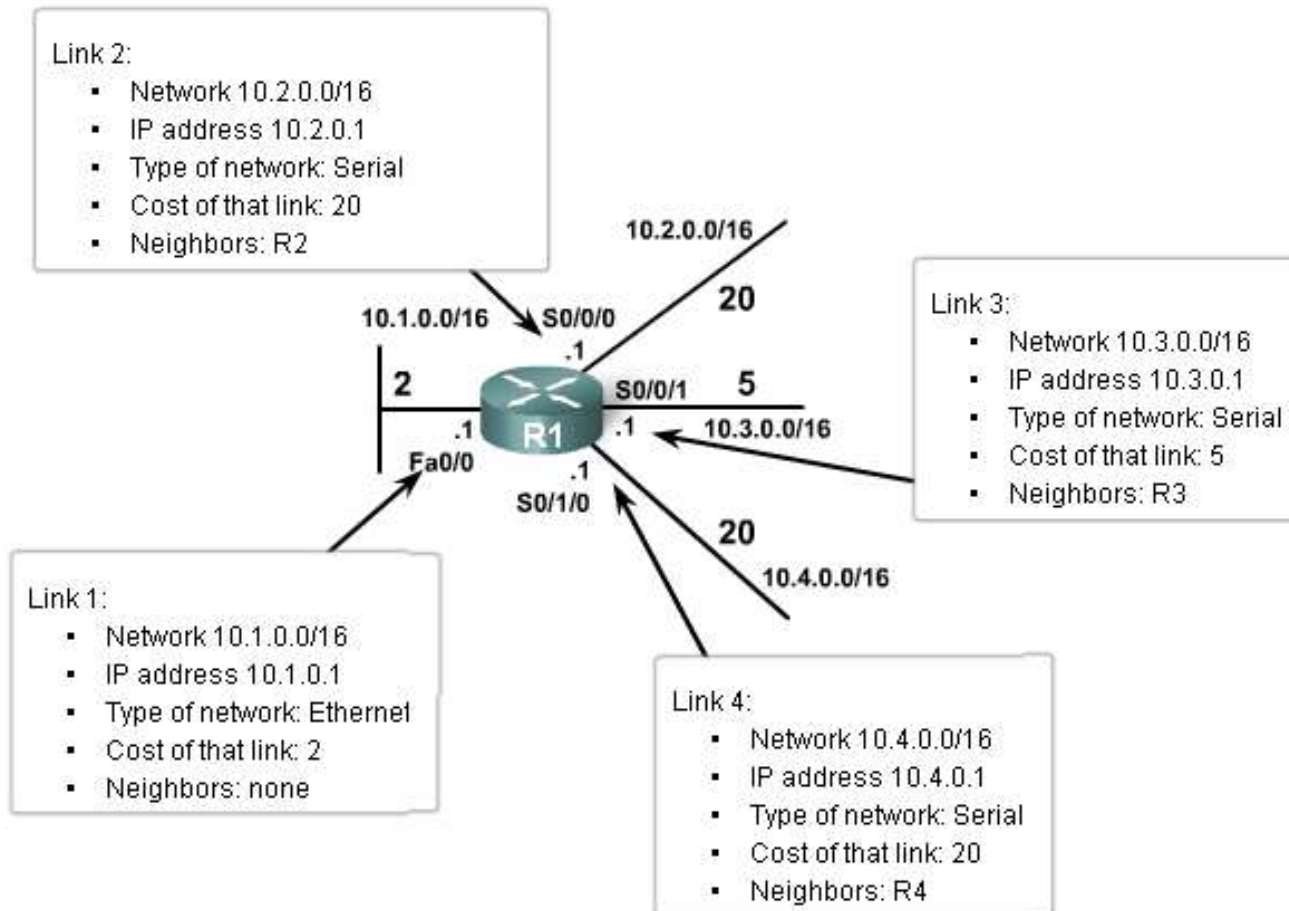


a.) LS popis okolia smerovača

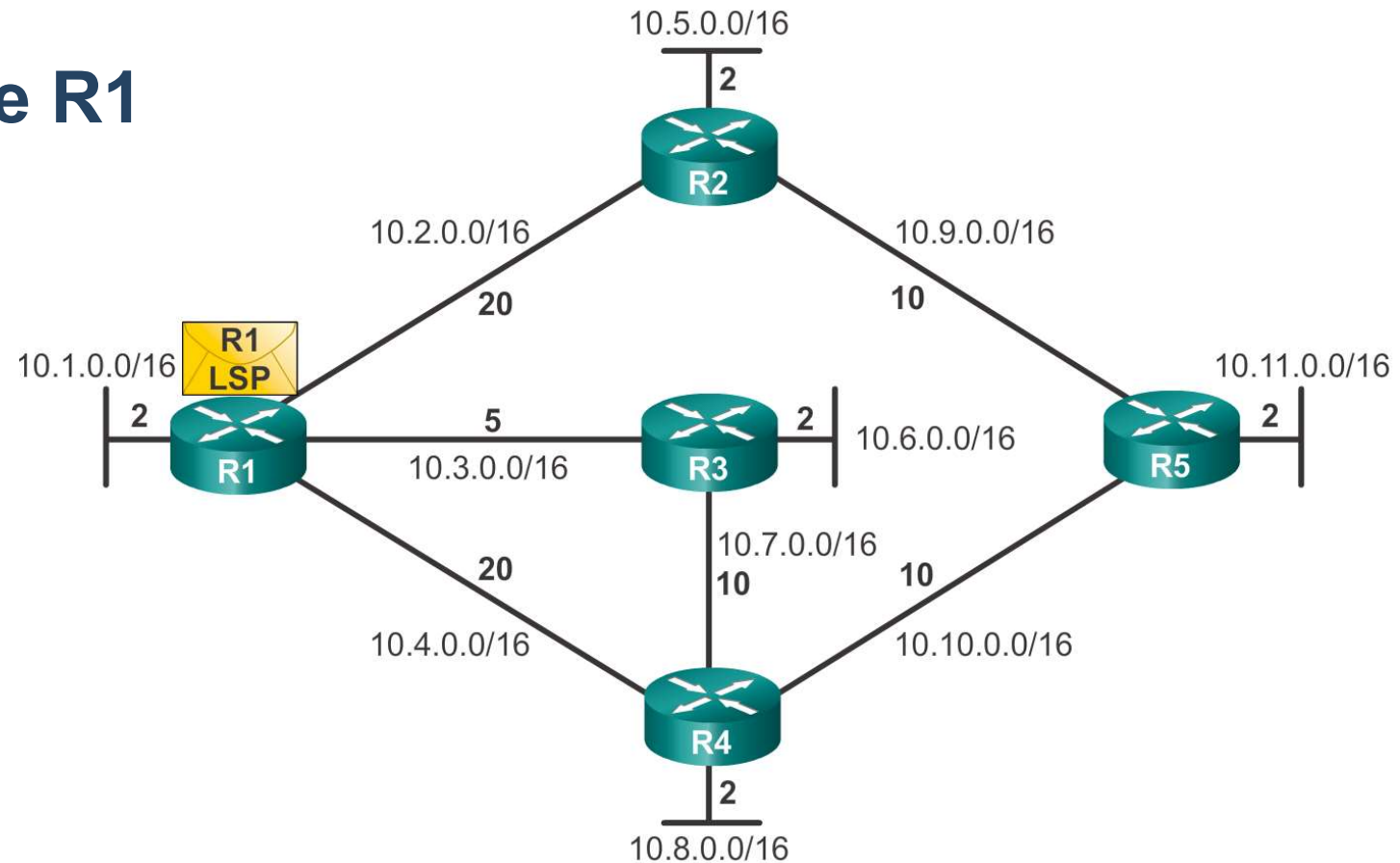


a.) LS popis okolia smerovača

Link State Information for R1



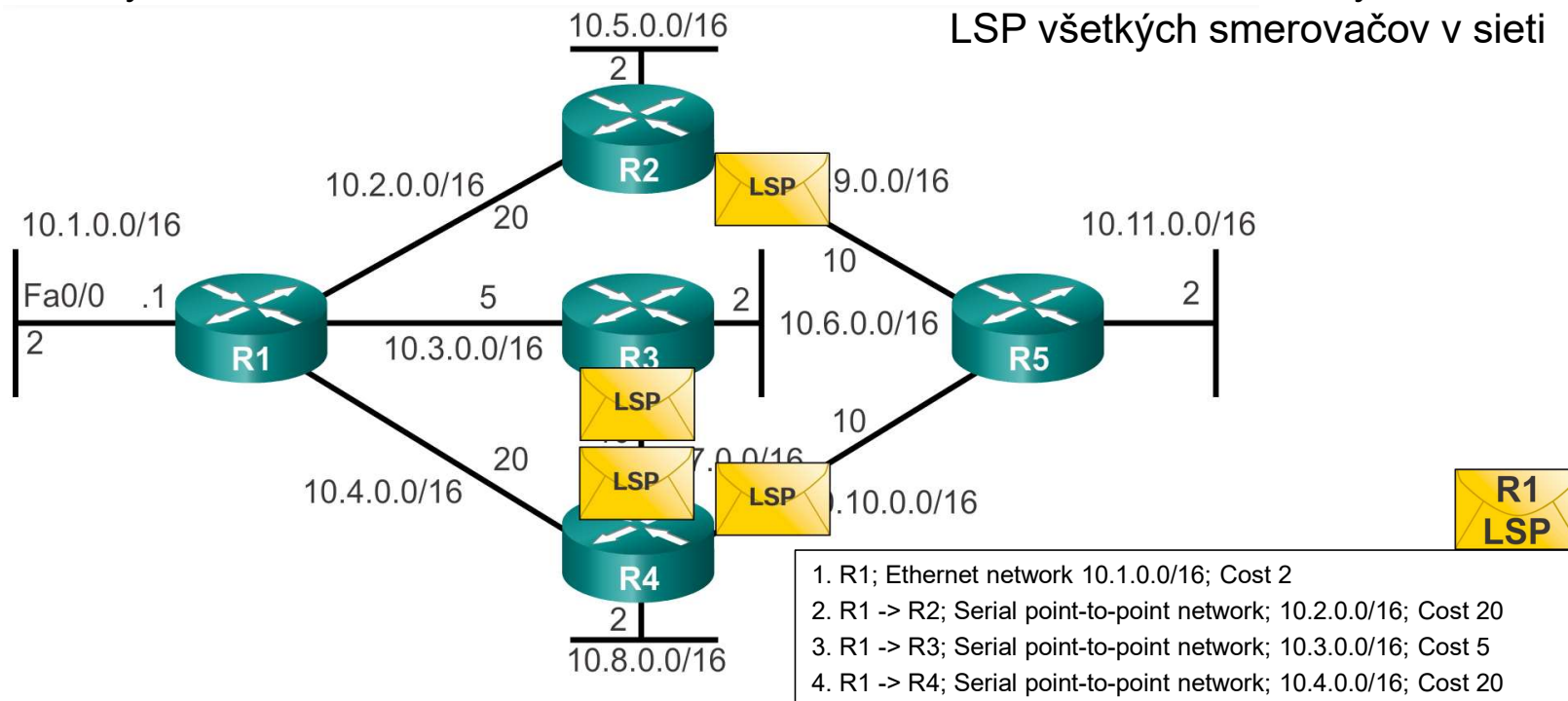
b.) LSP pre R1



1. R1; Ethernet network 10.1.0.0/16; Cost 2
2. R1 -> R2; Serial point-to-point network; 10.2.0.0/16; Cost 20
3. R1 -> R3; Serial point-to-point network; 10.3.0.0/16; Cost 5
4. R1 -> R4; Serial point-to-point network; 10.4.0.0/16; Cost 20

c.) 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 rozosielaajú medzi všetkými smerovačmi
 - Každý smerovač si prijaté LSP zapamätá a pošle svojim susedom
 - Po krátkom čase každý smerovač pozná LSP všetkých smerovačov v sieti



d.) Link-state databáza 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:

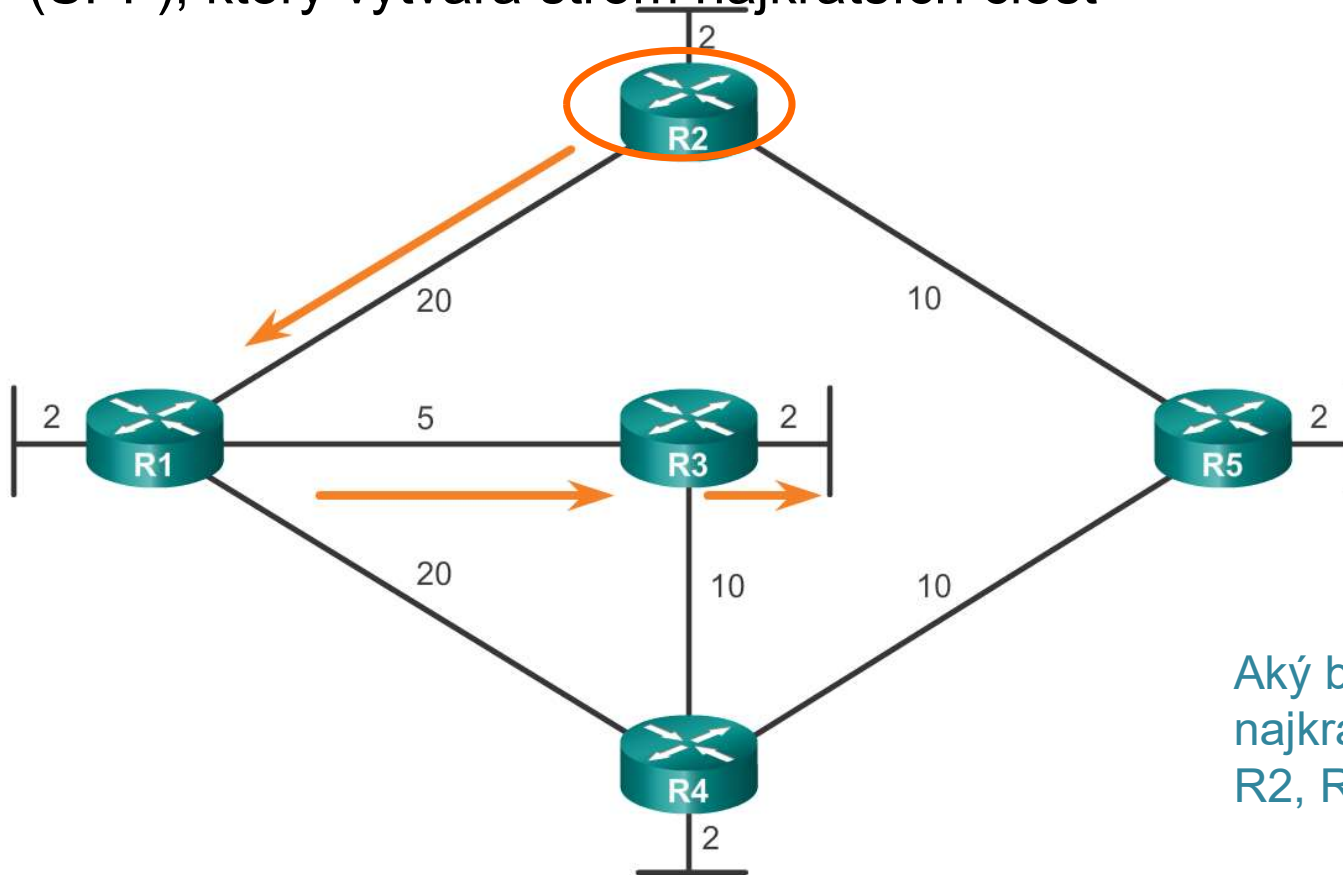
- Connected to neighbor R2 on network 10.9.0.0/16, cost of 10
- Connected to neighbor R4 on network 10.10.0.0/16, cost of 10
- Has a network 10.11.0.0/16, cost of 2

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

e.) SPF tree

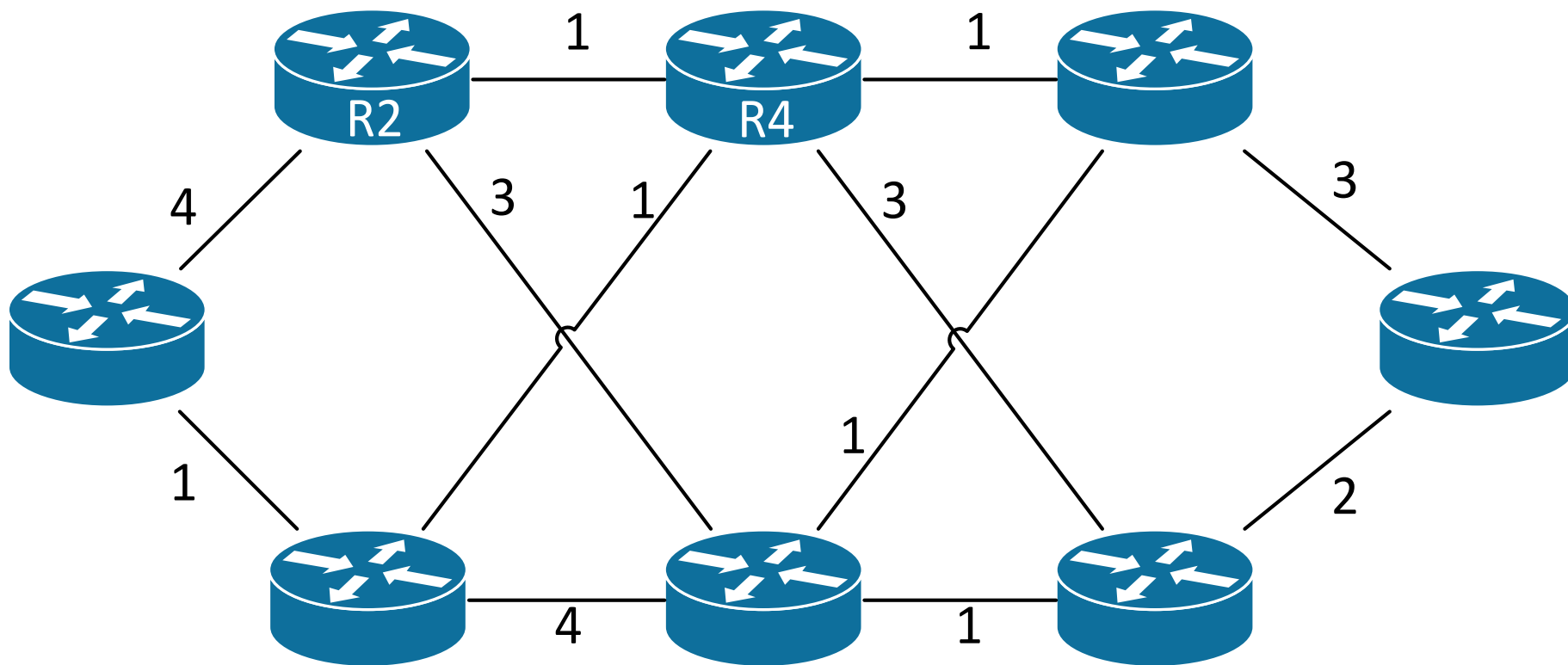
- Nad touto topologickou mapou siete smerovač spustí Dijkstrov algoritmus (SPF), ktorý vytvára strom najkratších ciest



Destination	Cost
R1 LAN	22
R3 LAN	27
R4 LAN	22
R5 LAN	12

Aký bude strom najkratších ciest pre R1, R2, R3? (vo väčšej topo)

Dijkstrov algoritmus – príklad



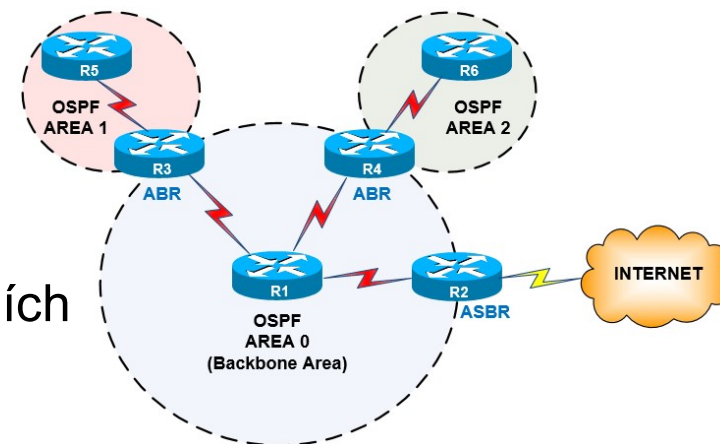
Dijkstrov algoritmus – príklad + bonus



Single-Area OSPF

Open Shortest Path First

- najrozšírenejší LS smerovací protokol
- otvorený protokol špecif. v RFC 2328 a početných ďalších
- **classless**, podporuje VLSM, ľubovoľnú sumarizáciu, autentifikáciu, rýchlu konvergenciu
- Metrika je odvodená od **rýchlosti** linky a nazýva sa **cena** (cost)
 - $Cost = ReferenceBandwidth / Bandwidth [Mbps] = 100 / Bandwidth [Mbps]$
- V súčasnosti sa používajú dve verzie:
 - OSPFv2 pre IPv4 siete
 - OSPFv3 pre IPv6 siete
- OSPF využíva **vlastný transportný protokol** a dve multicastové IP adresy:
 - **224.0.0.5** / FF02::5 – všetky OSPF smerovače na danom segmente
 - **224.0.0.6** / FF02::6 – DR/BDR smerovač na danom segmente
- Administratívna vzdialenosť OSPF sietí je **110**, je však možné definovať tri nezávislé AD pre intra-area, inter-area a external

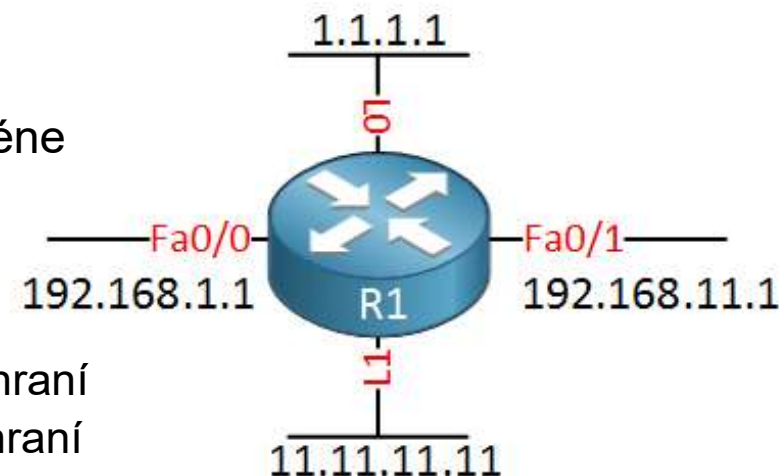


Pojmy v OSPF

- **Link**
 - Rozhranie smerovača
- **Link-state**
 - Vlastnosti rozhrania (IP adresa/maska, cena, susedný smerovač)
- **Link State ID**
 - Unikátny identifikátor, pod ktorým je možné v databáze vyhľadať konkrétny link-state záznam
 - Zvyčajne Router ID, DR router IP, NET adresa atď.
- **Router ID (RID)**
 - 4B číslo jednoznačne identifikujúce router v OSPF doméne
 - Môže, ale nemusí zodpovedať nejakej jeho IP adrese
 - Stanovenie Router ID na Cisco smerovačoch:
 - V konfigurácii OSPF procesu príkazom **router-id**
 - Ak nie je prítomný, najvyššia IP spomedzi Loopback rozhraní
 - Ak nie sú prítomné, najvyššia IP spomedzi všetkých rozhraní

Link 1:

- Network 10.2.0.0/16
- IP address 10.2.0.1
- Type of network: Serial
- Cost of the link: 20
- Neighbors: R2



Aké bude router-ID pre R1?

Pojmy v OSPF

▪ Oblasť (area)

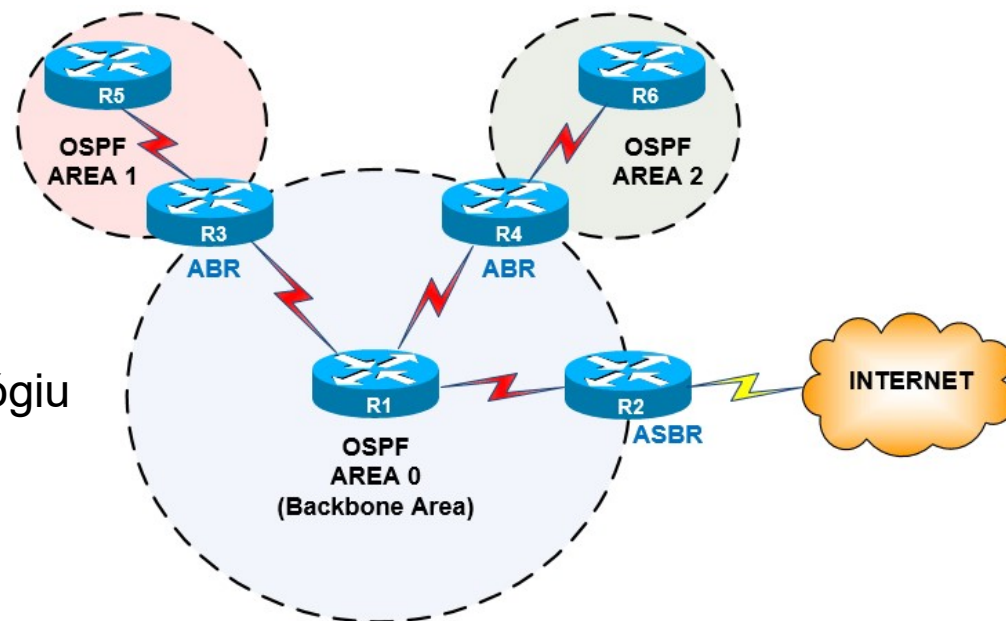
- Množina sietí a smerovačov, ktoré poznajú vlastnú topológiu, ale ktoré nepoznajú topológiu zostávajúcej časti AS
- Oblasť je identifikovaná **4B** číslom
- Každá oblasť musí byť fyzicky spojená s **oblasťou 0** (backbone)
- Hranice oblastí sú **na smerovačoch** (nie na linkách!)

▪ Area Border Router (ABR)

- Smerovač na rozhraní medzi viacerými oblasťami (má rozhrania vo viacerých oblastiach)
- **Musí** byť členom **oblasti 0** (chrbtice)
- Plní funkcie pre **šírenie, filtrovanie a sumarizáciu** info preposielaných medzi oblasťami

▪ Autonomous System Boundary Router (ASBR)

- Smerovač na rozhraní medzi AS a vonkajším svetom
- Plní funkcie pre **import, filtrovanie a sumarizáciu** informácií do OSPF zvonku AS



OSPF databázy

- OSPF si udržiava tri databázy:
 - **Adjacency Database** (**show ip ospf neighbor**)
 - Databáza susedov a komunikačných vzťahov medzi nimi
 - **Link-state Database (LSDB)** (**show ip ospf database**)
 - Topologická databáza obsahujúca orientovaný graf siete vystavaný pomocou informácií v jednotlivých LSA
 - Ak je router vo viacerých oblastiach, pre každú si vedie samostatnú LSDB
 - Všetky routery v rovnakej oblasti majú identickú LSDB
 - **Forwarding Database** (**show ip route**)
 - Obsahuje informácie o každej dosiahnuteľnej sieti a príslušnom next-hop smerovači
 - V OSPF teoreticky smerovač pozná úplnú cestu od seba do cieľovej siete, v smerovacej tabuľke sa však zaznamená vždy len prvý nasledujúci smerovač

Pojmy v OSPF

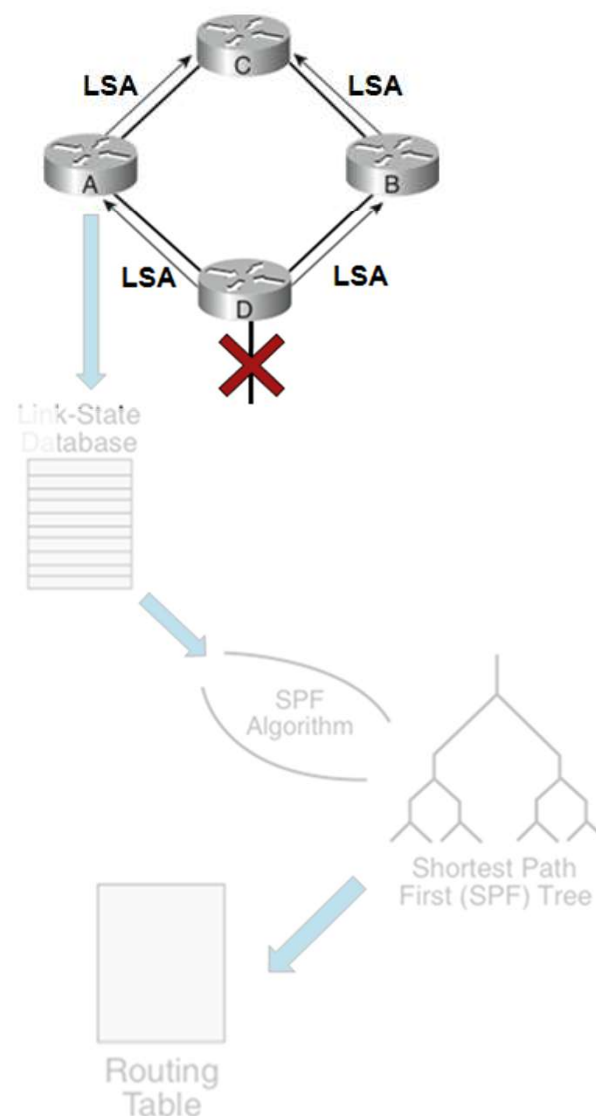
Link-State Advertisements (LSAs)

- Dátová štruktúra posiadaná v paketoch OSPF protokolu, ktorá prenáša topologickú informáciu
- Každé LSA má svoju hlavičku, ktorá ho identifikuje, a informačné telo
- Nie je samostatný paket!
- Posiadaná pri inializácii alebo pri detekovaní topo zmeny
- Je šírená susedom ako?

multicastom na 224.0.0.5 alebo 224.0.0.6

- LSA prijatá smerovačom je bezprostredne poslaná jeho susedom
 - Až pokiaľ?

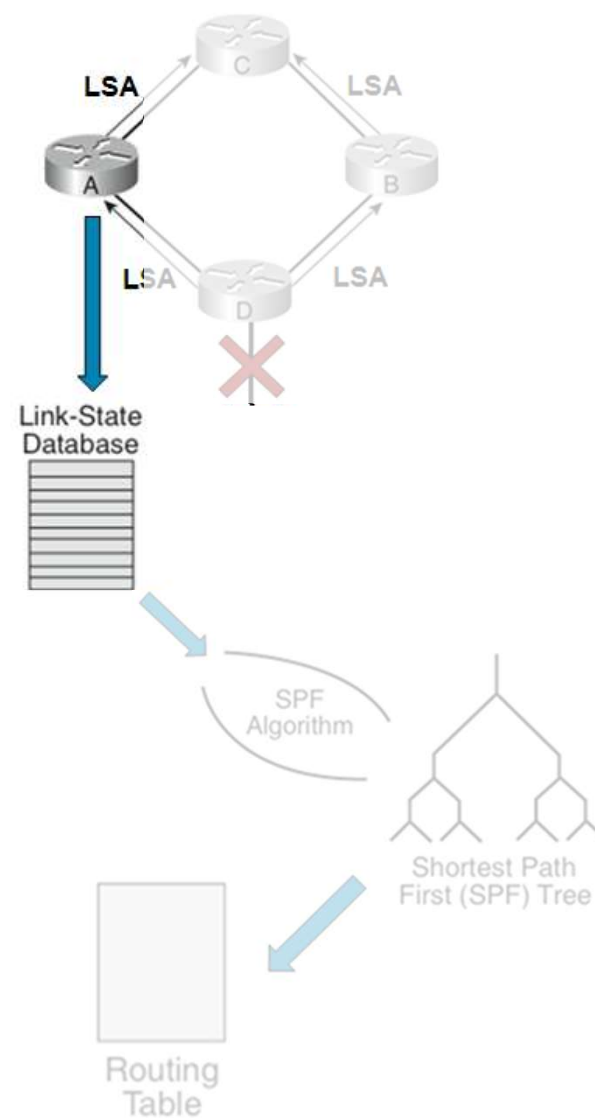
po hranicu oblasti



Pojmy v OSPF

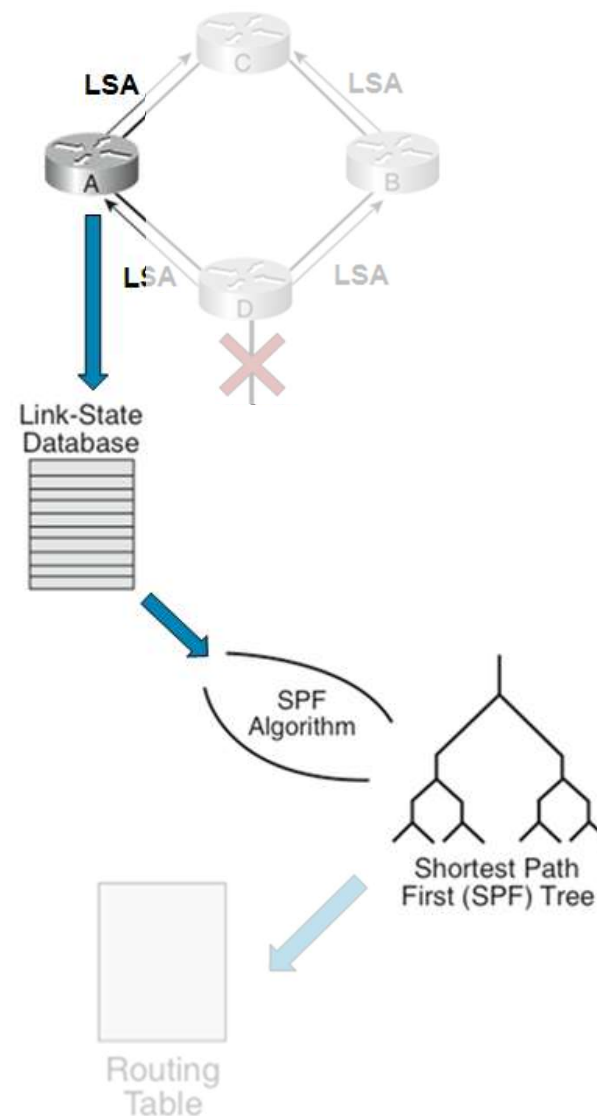
Link-State Database (LSDB)

- LSA prijatá smerovačom je pridaná do jeho link-state databázy (LSDB).
- LSDB sa používa na kalkuláciu SPF stromu OSPF algoritmom
 - Pre každú cieľovú sieť zoznam ciest



SPF algoritmus

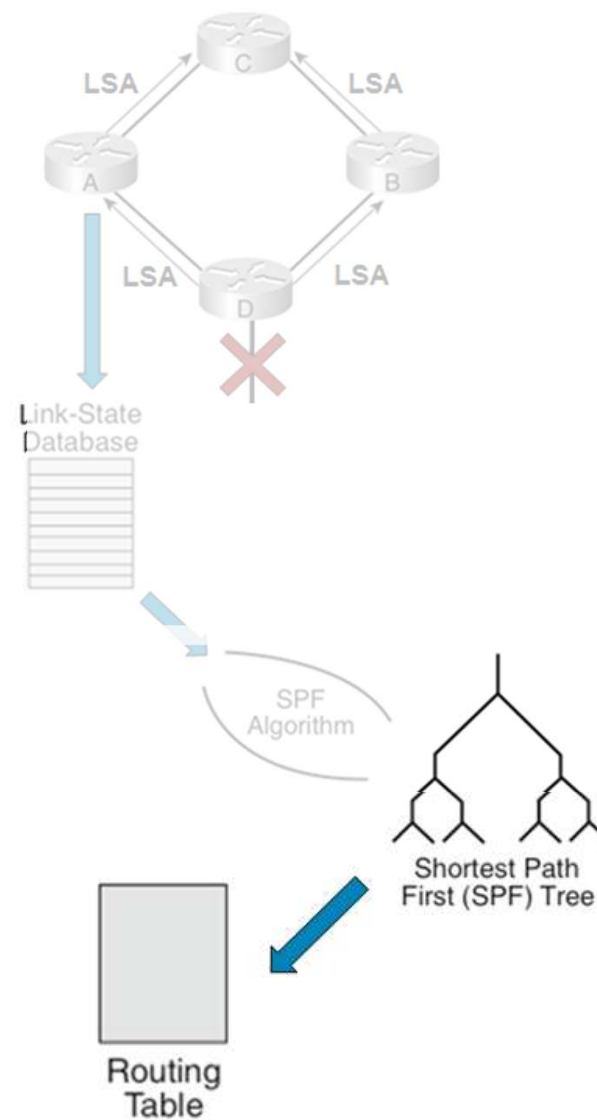
- OSPF algoritmus pre každú sieť v LSDB na základe ceny počíta najlepšiu cestu
 - Strom najkratších vzdialeností
 - SPF tree
 - Je orientovaný
- OSPF algoritmus je založený na Edsger Dijkstra's shortest path first (SPF) algoritme



Pojmy v OSPF

Routing Table

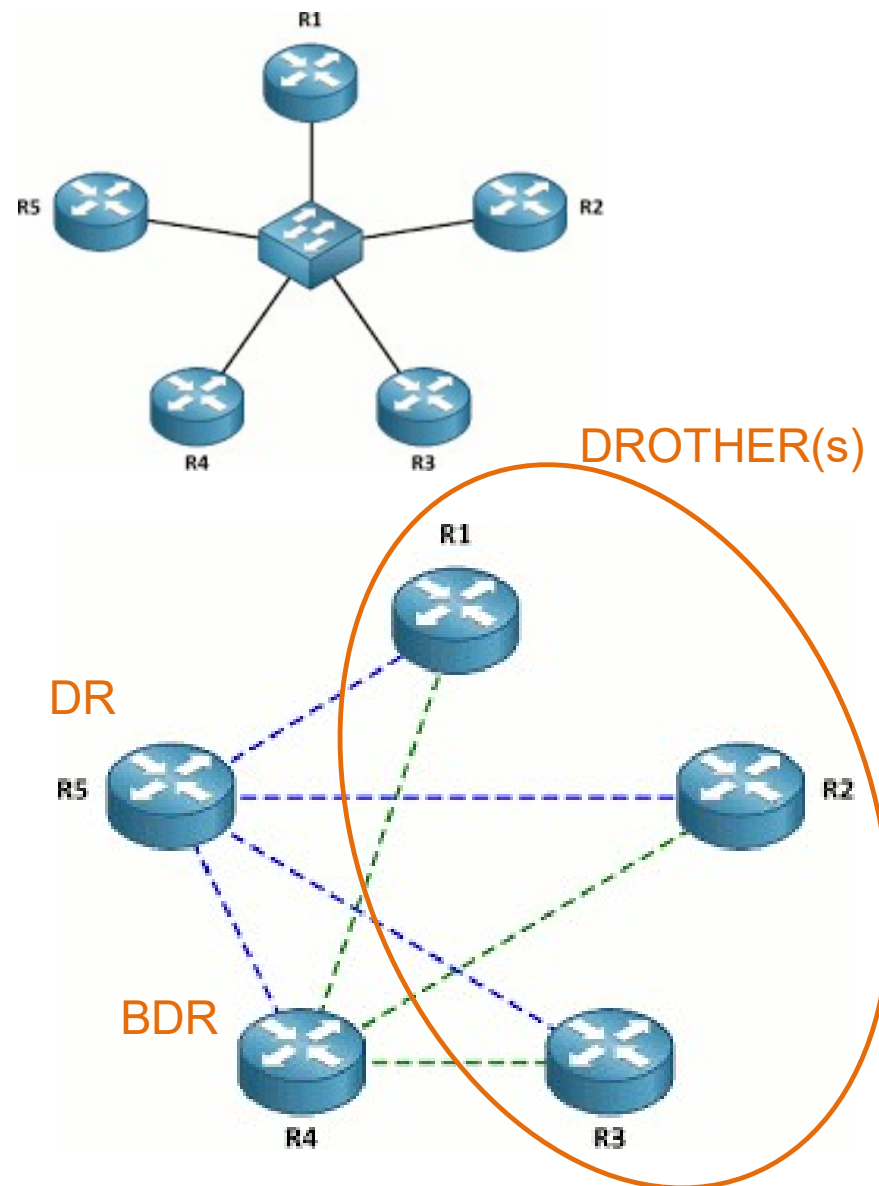
- Najlepšie cesty pre dané siete vypočítane SPF algoritmom sú pridané do smerovacej tabuľky



Pojmy v OSPF

DR a BDR

- Optimalizácia OSPF komunikácie na multicaccess sieťach
 - FR, Ethernet
- **Designated Router (DR)**
 - Smerovač, ktorý je centrálnym bodom pre výmenu smerovacej informácie na segmente
 - Jeden DR sa volí dynamicky pre každý multiaccess segment
 - DR je zároveň zodpovedný za reprezentovanie multiaccess segmentu
 - Tzv. *Pseudo Node*
 - Na segmente je každý iný smerovač (DROTHER) s ním v **adjacency** (Full) vzťahu
- **Backup Designated Router (BDR)**
 - Smerovač, ktorý zálohuje činnosť DR a preberá jeho funkciu v prípade jeho výpadku
 - Smerovač s druhou najvyššou prioritou
 - Nemusí existovať
 - Na segmente je každý iný smerovač (DROTHER) s ním v **adjacency** (Full) vzťahu



Vzťahy smerovačov

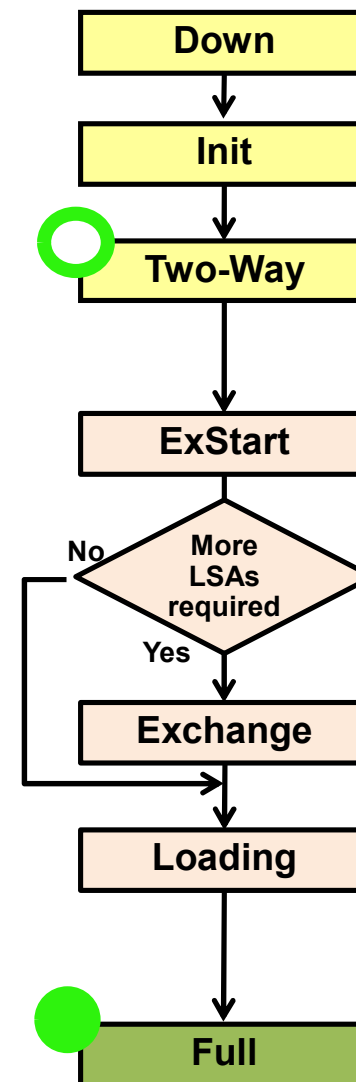
▪ Neighborhood

- Komunikačný vzťah medzi dvojicou susediacich smerovačov
- Je vytvorený, ak sa oba smerovače zhodnú na hodnote povinných parametrov
- Neprenáša sa smerovacia informácia, iba informácia o schopnosti vzájomne komunikovať
 - Len Hello ... stav *2-Way* (bude vysvetlené neskôr)
- Vytvorený medzi ktoroukoľvek vzájomne spojenou dvojicou správne nakonfigurovaných a pracujúcich OSPF routerov

▪ Adjacency

- Užší komunikačný vzťah medzi dvojicou susediacich routerov
- Umožňuje takto „spriateleným“ smerovačom vymieňať si samotnú smerovaciu informáciu
 - Stav *Full* (bude vysvetlené neskôr)
- Vytvára sa iba medzi vybranými smerovačmi

Prechody medzi stavmi

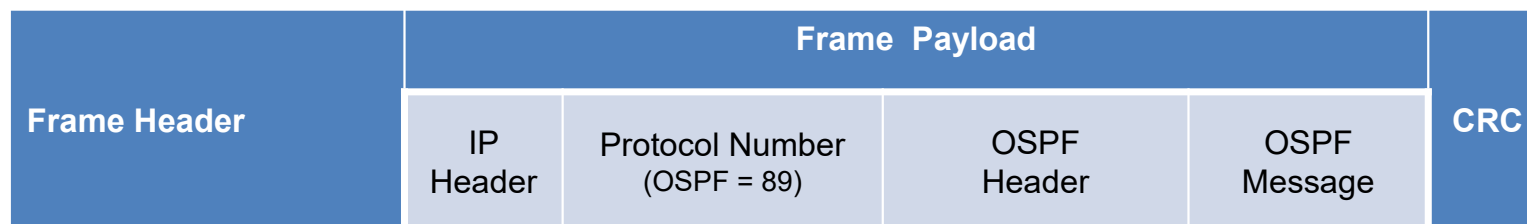




OSPF pakety

OSPF Pakety

- OSPF používa 5 základných druhov paketov na rôzne účely (aké?)
Hello, DDP, LSU, LSR, LSAck
 - Objavenie susedov a budovanie adjacency vzťahov
 - Šírenie link-state informácií za účelom budovania a aktualizácie LSDB

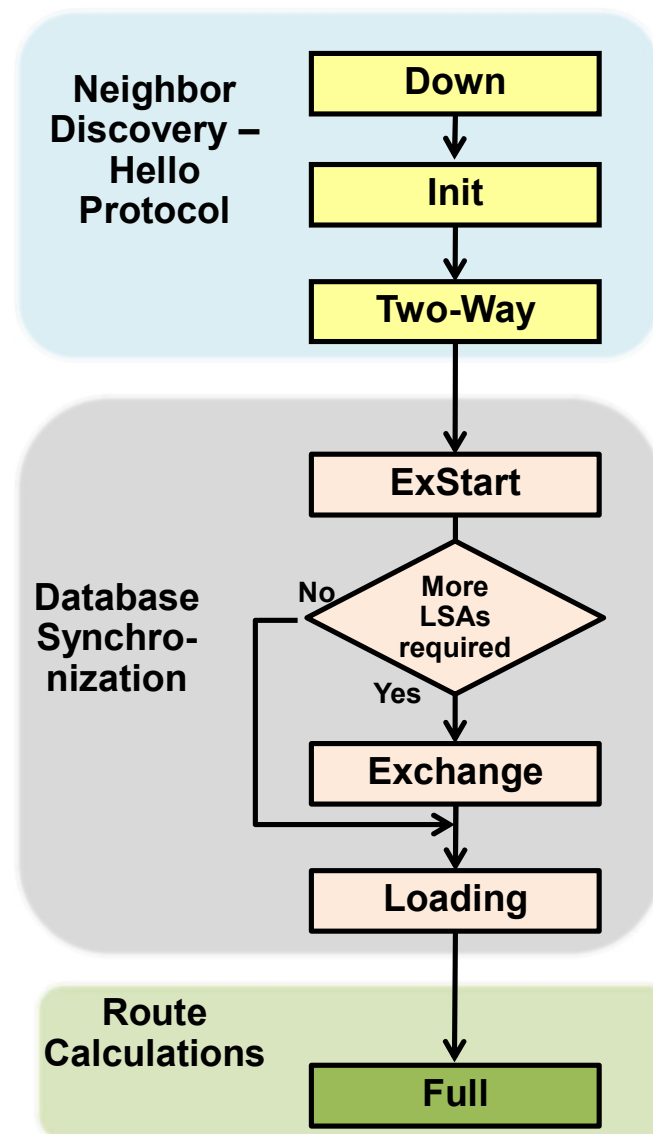


<p>Na LAN je OSPF paket zabalený do Eth. Rámca s cieľovou multicast adresou bud““:</p> <ul style="list-style-type: none"> 01-00-5E-00-00-05 01-00-5E-00-00-06 	<p>Cieľová multicast IP adresa nastavená na bud““:</p> <ul style="list-style-type: none"> 224.0.0.5 (All OSPF routers) 224.0.0.6 (All DR and BDR) <p>Pole protokol v IP hlavičke je 89.</p>	<p>OSPF hlavička identifikuje typ OSPF paketu, router ID a číslo oblasti (Area ID)</p>	<p>OSPF správa obsahuje polia per typ OSPF paketu</p>
---	--	--	---

OSPF pakety

Prechody medzi stavmi

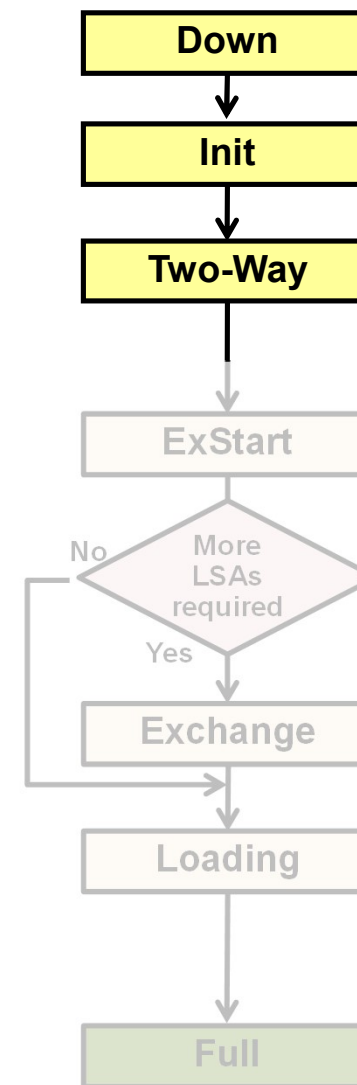
- Dvojica smerovačov pri objavovaní susedov, budovaní adjacency vzťahov a synchronizácii svojich databáz prechádza sériou **stavov**
- **Down**: počiatočný stav
- **Init**: Počujeme suseda, no nevieme, či on počuje nás
- **Two-Way**: So susedom sa počujeme navzájom
 - V tejto fáze sa volí DR/BDR, ak je to potrebné
 - Niektoré smerovače v tomto stave zostanú trvale
- **ExStart**: Dohodneme sa, kto bude riadiť proces porovnávania databáz
- **Exchange**: Porovnávanie databáz
- **Loading**: Prenos chýbajúcich alebo nových položiek medzi databázami
- **Full**: Stav, kedy oba smerovače majú rovnaký obsah databáz



Hello paket

- Na objavenie a udržiavanie neighborhood vzťahov so susedmi
- Použitý na voľbu DR/BDR na multiaccess sieťach
- Hello paket sa posiela každých
 - 10 sekúnd na sieťach typu broadcast a Point-to-Point
 - 30 sekúnd na sieťach typu NBMA a Point-to-Multipoint
- Dead interval
 - implicitne vždy 4-krát väčší ako Hello interval
 - Interval, do ktorého ak nie je prijaté žiadne Hello je sused odstránený zo zoznamu susedov
- V OSPF musia časovače byť zhodné medzi všetkými susedmi na spoločnej sieti, inak sa nebudú v OSPF vidieť

Prechody medzi stavmi



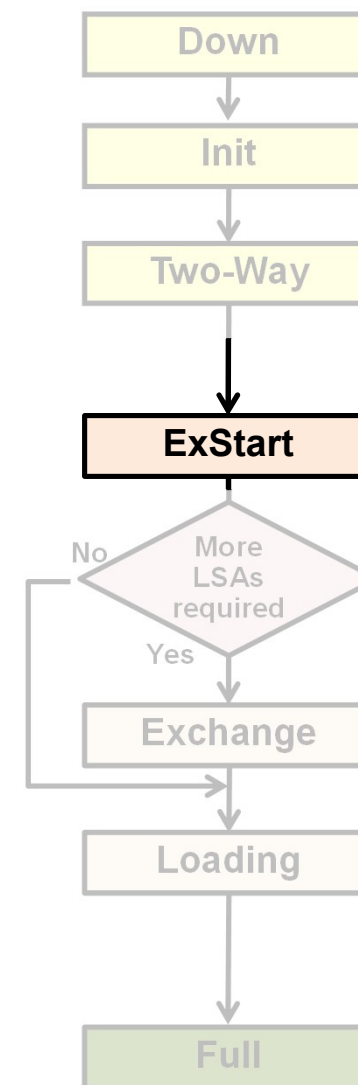
DBD paket

DataBase Description Packet

(DDP alebo DBD)

- Voľba Master / Slave počas Exstart
- Paket sa používa pri úvodnej **synchronizácii** topologických databáz medzi dvojicou routerov
- Prenáša len „**titulky**“, „nadpisy“ jednotlivých položiek, nie kompletnú topologickú informáciu
- DBD paketmi komunikujú routery vo fáze synchronizácie topologických databáz, kedy si vytvárajú zoznam položiek, ktoré sú u suseda novšie, resp. ktoré aktuálny router vôbec nemá

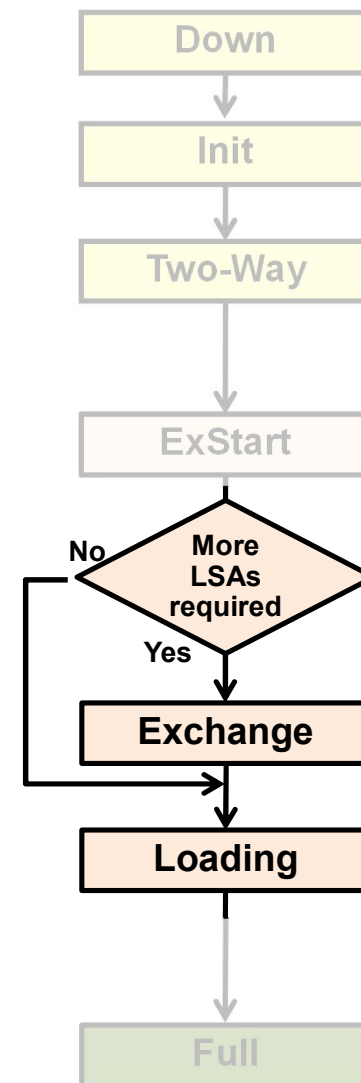
Prechody medzi stavmi



LSR, LSU a LSAck pakety

- **Link State Request (LSR)**
 - Router si vyžiada konkrétnu položku topologickej databázy od suseda
 - Obsahuje záhlavie požadovaného LSA (databázový kľúč - LSID)
- **Link State Update (LSU)**
 - V nich sa prenáša samotná topologická informácia
 - Ktorá je vo vnútri LSU obsiahnutá ako jedna alebo niekoľko LSA položiek
- **Link State Acknowledgement (LSAck)**
 - Na potvrdenie úspešného prijatia konkrétneho LSA
 - V jednom LSAck môže byť potvrdených mnoho LSA

Prechody medzi stavmi



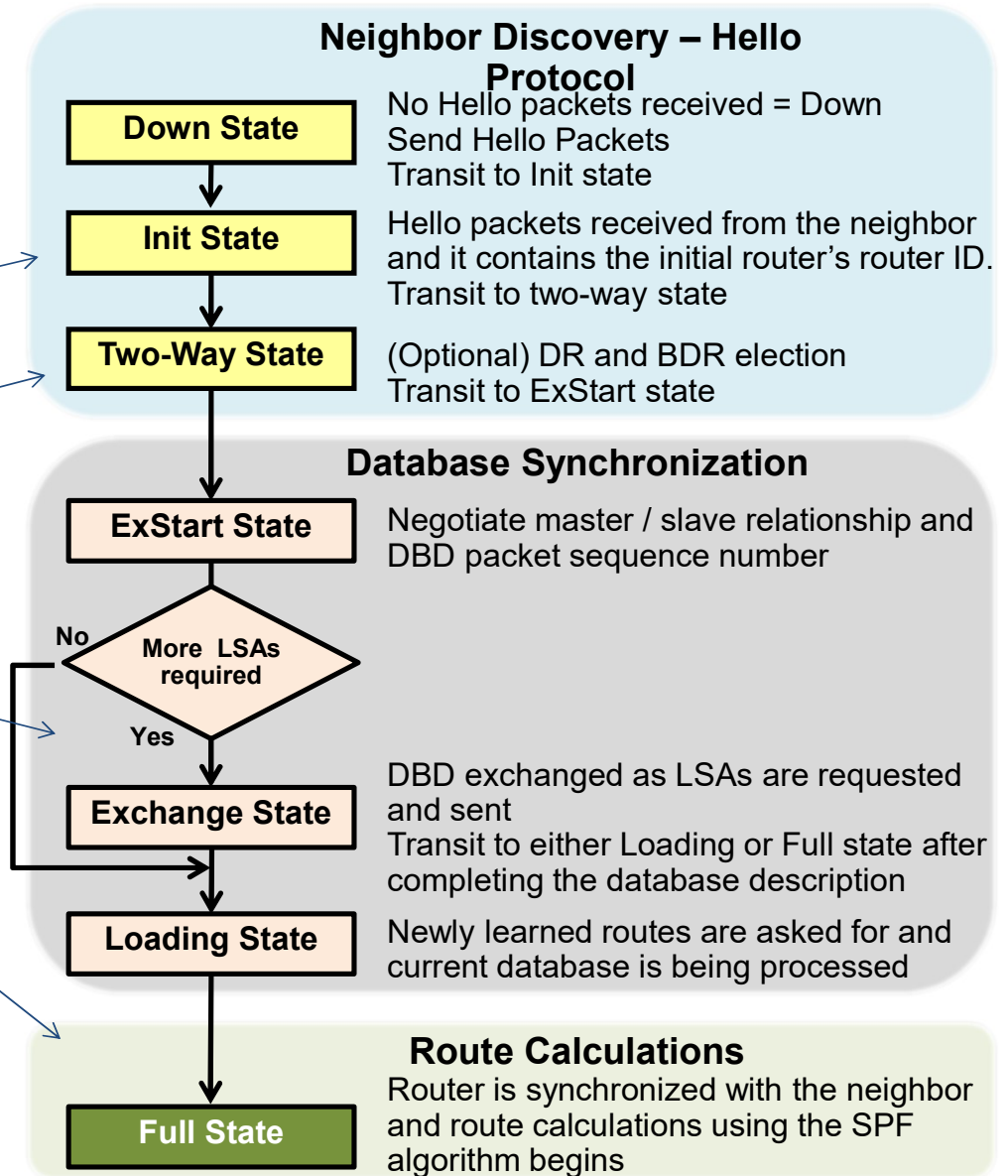


OSPF činnosť a stavy protokolu

Činnosť OSPF – od štartu po stabilný stav

Rozbeh OSPF je možné rozdeliť do 5 krokov

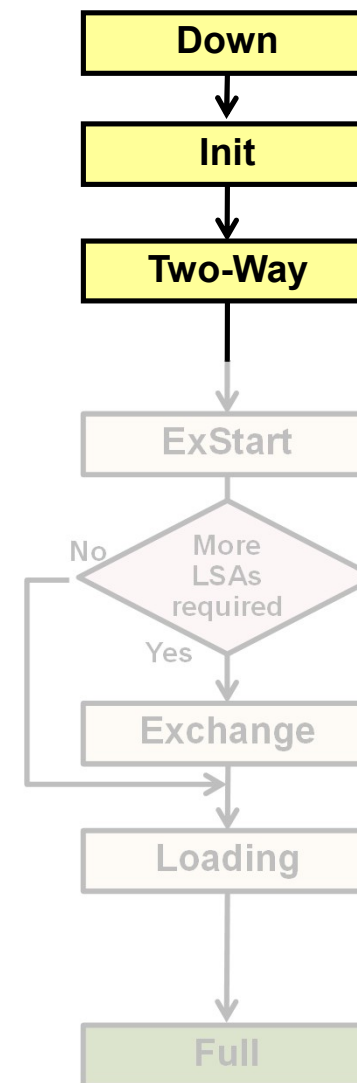
1. Lokalizovanie susedov a vytvorenie komunikačných vzťahov
2. Voľba DR/BDR, pokiaľ je to primerané
3. Synchronizácia topologických databáz
4. Výpočet stromu najkratších ciest a naplnenie smerovacej tabuľky
5. Udržiavanie aktuálneho stavu smerovacej databázy



Krok 1 – Lokalizácia susedov a vytvorenie komunikačných vzťahov

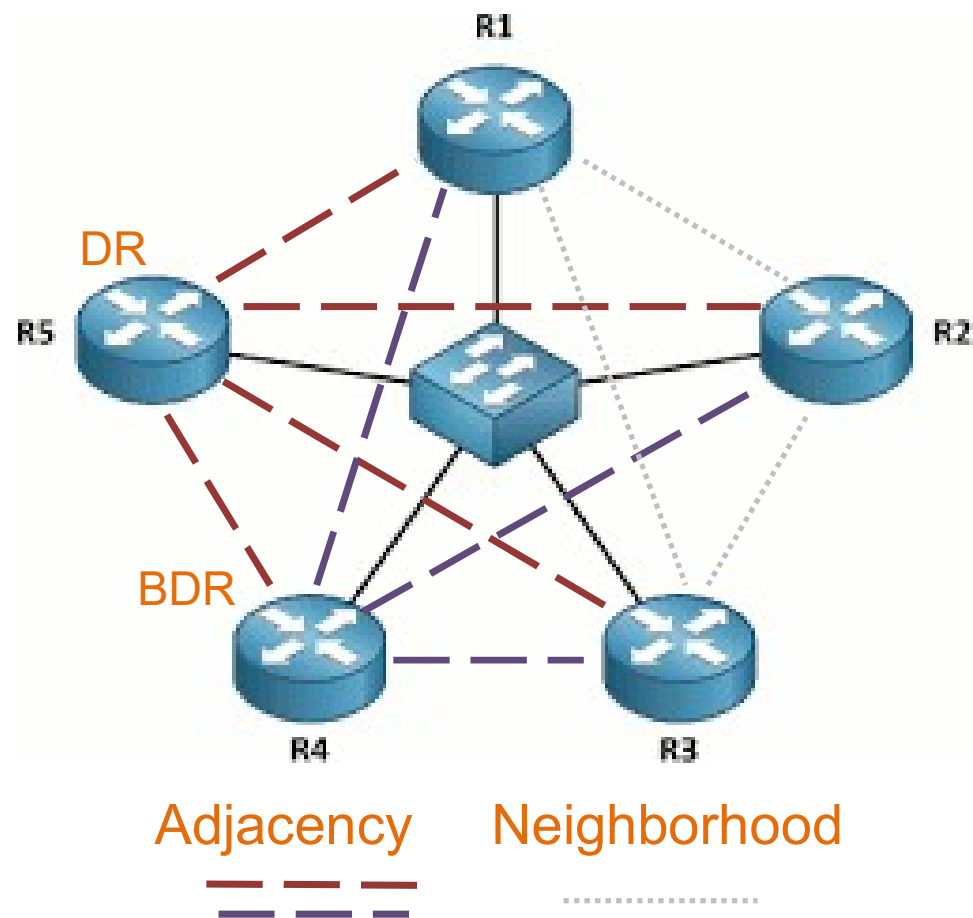
- Pomocou Hello paketov
 - na adresu 224.0.0.5 (pri IPv6 na FF02::5)
 - alebo na konkrétneho suseda
- Smerovače skontrolujú parametre prijatého Hello paketu:
 - Spoločná sieť a maska
 - Číslo oblasti a jej typ
 - Autentifikácia
 - Hello a Dead Interval
- Ak sa parametre zhodujú, smerovače sa považujú za susedov (neighbors)

Prechody medzi stavmi



Krok 1 – Lokalizácia susedov a vytvorenie komunikačných vzťahov

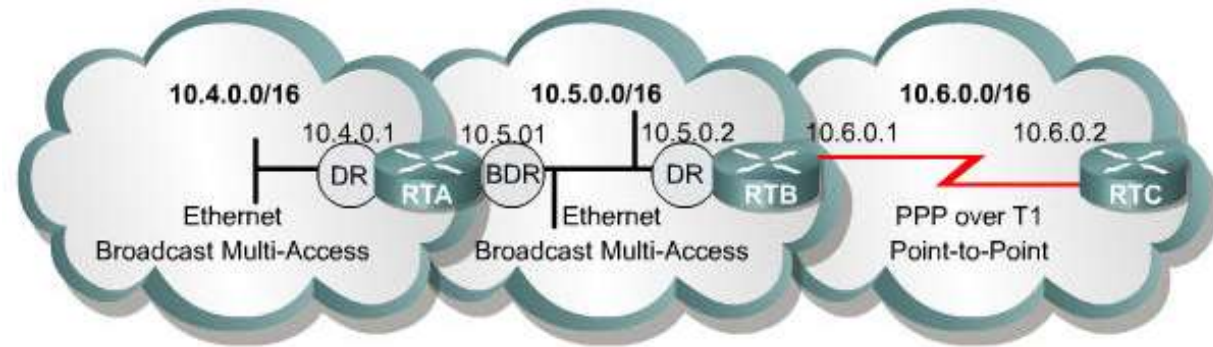
- Pokiaľ sú na sieti zvolení DR/BDR, ich IP adresy budú v Hello paketoch uvedené a s nimi bude potrebné nadviazať užšie susedstvo, tzv. **adjacency**
 - Adjacency oprávňuje dvoch susedov navzájom si vymieňať smerovacie informácie.
 - Obyčajní susedia sa síce vidia, ale smerovaciu informáciu si priamo poslať nemôžu – i keby to spravili, navzájom ju budú ignorovať
 - Na **point-to-point** typoch sietí, kde sú navzájom prepojené len dva smerovače, sa DR/BDR **nevolia**, lebo nie sú potrebné, a smerovače sa vždy budú snažiť nadviazať adjacency
 - Na **multiaccess** typoch sietí sa adjacency nadväzuje len medzi takými párami susedov, kde jeden zo susedov je **DR** alebo **BDR**
- Ak na sieti nie sú podľa prijatých Hello paketov zvolení DR/BDR a typ siete si ich vyžaduje (t.j. je to multiaccess), nasleduje fáza voľby DR/BDR smerovačov



OSPF Network Types

- **Point-to-point**
 - Two routers interconnected over a common link. Often the configuration in WAN links.
- **Broadcast Multiaccess**
 - Multiple routers interconnected over an Ethernet network.
- **Non-broadcast Multiaccess (NBMA)**
 - Multiple routers interconnected in a network that does not allow broadcasts, such as Frame Relay.
- **Point-to-multipoint**
 - Multiple routers interconnected in a hub-and-spoke topology over an NBMA network.
- **Virtual links**
 - Special OSPF network used to interconnect distant OSPF areas to the backbone area.

Krok 2 – Voľba DR/BDR

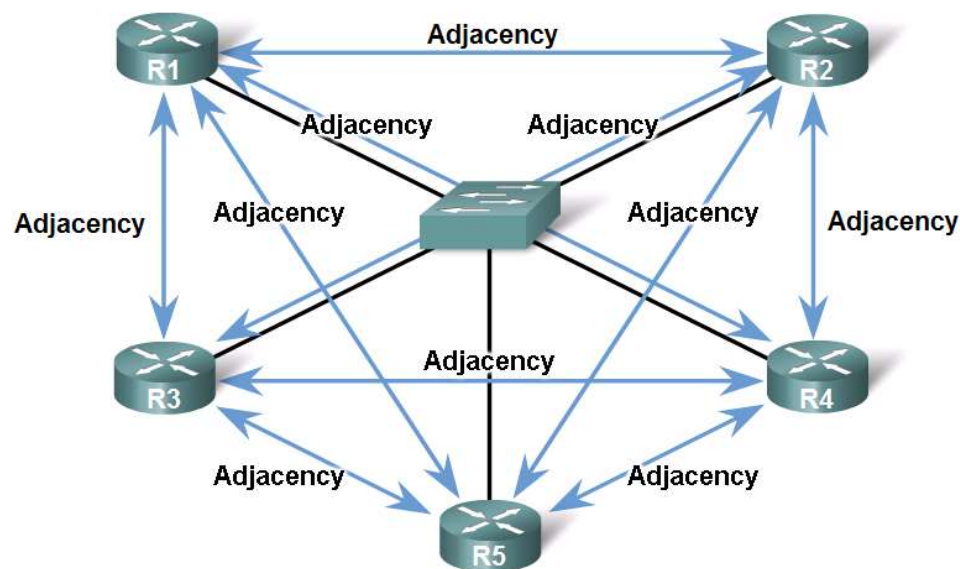


- DR a BDR router je potrebné zvoliť na každom **multiaccess** segmente
- Každý OSPF router má pre každý multiaccess segment (každé rozhranie) nezávisle konfigurovateľnú prioritu od 0 po 255
- Pri výbere platí:
 - Smerovač s prioritou **0** sa nezúčastňuje volieb
 - Smerovač s **najvyššou** prioritou na segmente sa stáva **DR**
 - Smerovač s **druhou najvyššou** prioritou na segmente je **BDR**
 - Pokiaľ nie je možné na základe priorít rozhodnúť, použije sa RID
- Pred voľbou DR/BDR router čaká tzv. Wait interval, ktorý je zhodný s Dead intervalom – kvôli kumulácii dostatočného počtu Hello paketov a vyčkaniu na štart routerov na segmente
- Voľba DR/BDR je nepreemptívna: raz zvolený DR/BDR zostáva vo svojej funkcii, až kým nepreruší svoju činnosť

Broadcast multi access (BMA)

- Problém s BMA
 - Veľa OSPF smerovačov na BMA sieti
 - Ako formovať vzťahy?
- Ak každý s každým sused (adjacency vzťahy) = príliš veľký overhead - aký?
 - 10 routerov potrebných 45 adjacencies
 - 45 krát poslaný HELLO, LSA, LSAck a podobne.
 - Pre n routerov = $n*(n-1)/2$
- Riešenie:
 - Voľba jedného centrálného routra (DR)
 - a záložného (BDR) (ochrana)

- Ostatní adjacencies len s DR a BDR
- nie každý s každým
- Všetky routre posielajú LSU na 224.0.0.6 (All DR and BDR)
- DR posieľa LSU všetkým OSPF smerovačom (224.0.0.5)



Krok 2 – Voľba DR/BDR

Overenie DR/BDR vzťahu

Stav susedov na BMA sieti môže byť:

- **FULL/DROTHER** – toto je DR alebo BDR router, kt. je vo Full vzťahu s non-DR or non-BDR routerom.
- **FULL/DR** – BDR or DROTHER smerovač vo vzťahu Full s DR.
- **FULL/BDR** – DR or DROTHER smerovač vo vzťahu Full s BDR..
- **2-WAY/DROTHER** – smerovač, kt. je non-DR vo vzťahu s iným non-DR.

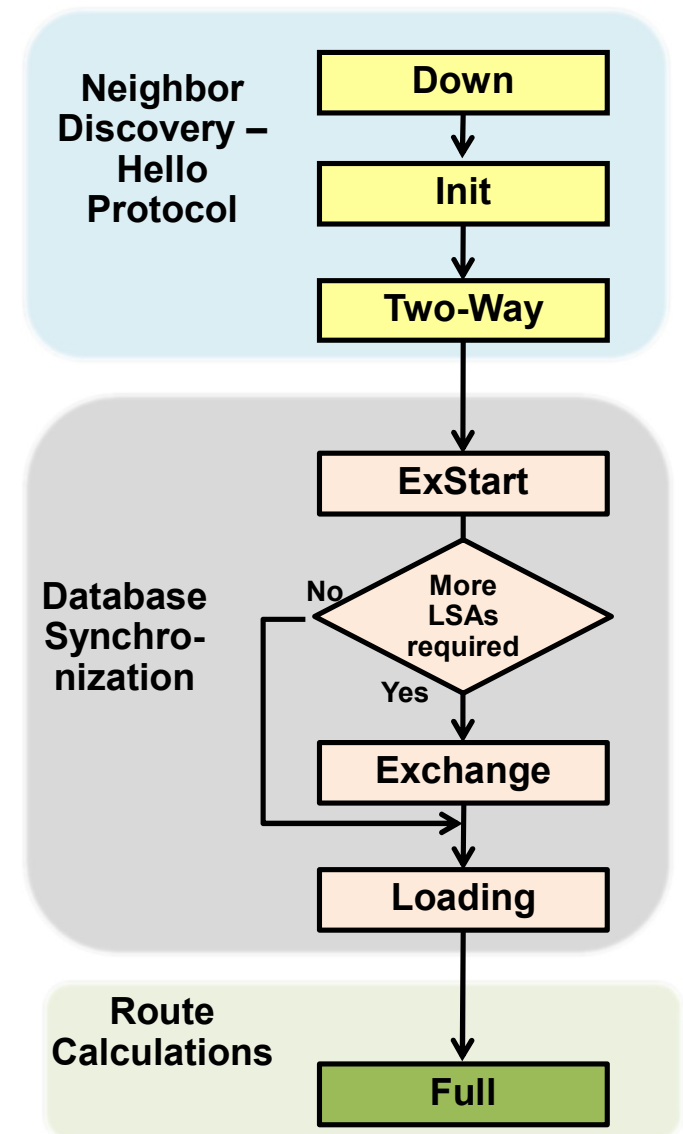
```
R1# show ip ospf neighbor
```

Neighbor ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
2.2.2.2	1	FULL/BDR	00:00:36	192.168.1.2	GigabitEthernet0/0
3.3.3.3	1	FULL/DR	0:00:35	192.168.1.3	GigabitEthernet0/0

```
R1#
```

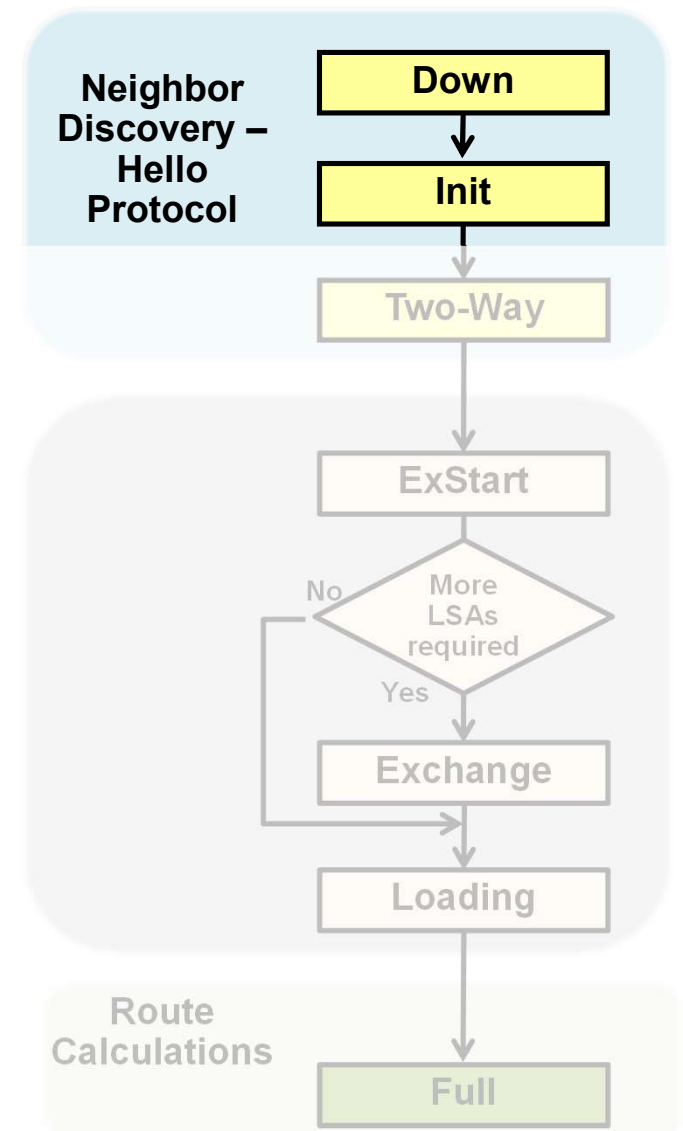

Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz

- Dvojica smerovačov pri objavovaní susedov, budovaní adjacency vzťahov a synchronizácii svojich databáz prechádza sériou **stavov**
- Down: počiatočný stav
- Init: Počujeme suseda, no nevieme, či on počuje nás
- Two-Way: So susedom sa počujeme navzájom
 - V tejto fáze sa volí DR/BDR, ak je to potrebné
 - Niektoré smerovače v tomto stave zostanú trvale
- **ExStart**: Dohodneme sa, kto bude riadiť proces porovnávania databáz
- **Exchange**: Porovnávanie databáz
- **Loading**: Prenos chýbajúcich alebo nových položiek medzi databázami
- **Full**: Stav, kedy oba smerovače majú rovnaký obsah databáz



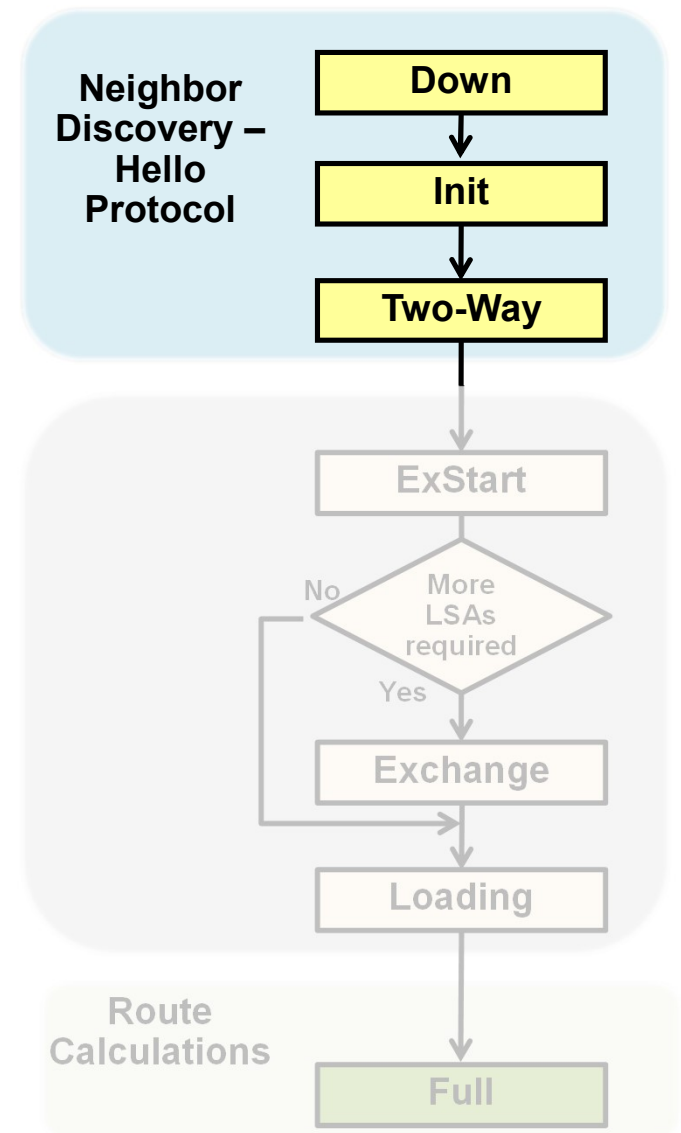
Fázy OSPF protokolu

- Každá dvojica routerov prechádza pri vytváraní komunikačného vzťahu niekoľkými fázami
- Fáza **Down**:
 - Štartovací stav. Od konkrétneho suseda sme zatiaľ nedostali žiaden Hello paket. My posielame Hello pakety.
- Fáza **Attempt**:
 - Platí len na NBMA sieťach. Od konkrétneho suseda sme zatiaľ nedostali žiaden Hello paket. My posielame Hello pakety adresne na tohto suseda.
- Fáza **Init**:
 - Od suseda sme dostali Hello paket a informácie v ňom spĺňajú kritériá. Nevidíme však svoje vlastné RID v tomto Hello pakete.



Fázy OSPF protokolu

- Fáza **2-Way**:
 - Od suseda sme dostali Hello paket a informácie v ňom spĺňajú kritériá, navyac v ňom vidíme vlastné RID.
- Týmito fázami prejdú všetky susedské routery a tieto fázy zodpovedajú kroku 1 a prípadne 2
- Vo fáze 2-Way sú splnené podmienky na možnosť obojsmernej komunikácie medzi dvojicou routerov
- Bežní susedia zostávajú vo fáze 2-Way a v dialógu nepokračujú – žiadna výmena topologickej informácie
- Do ďalších fáz pokračujú len tie dvojice routerov, ktoré sú buď spojené typom siete, kde sa DR/BDR nevolí, alebo ak aspoň jeden z tejto dvojice je DR/BDR
 - Dialóg, ktorý vedú v týchto ďalších fázach, sa nazýva adjacency



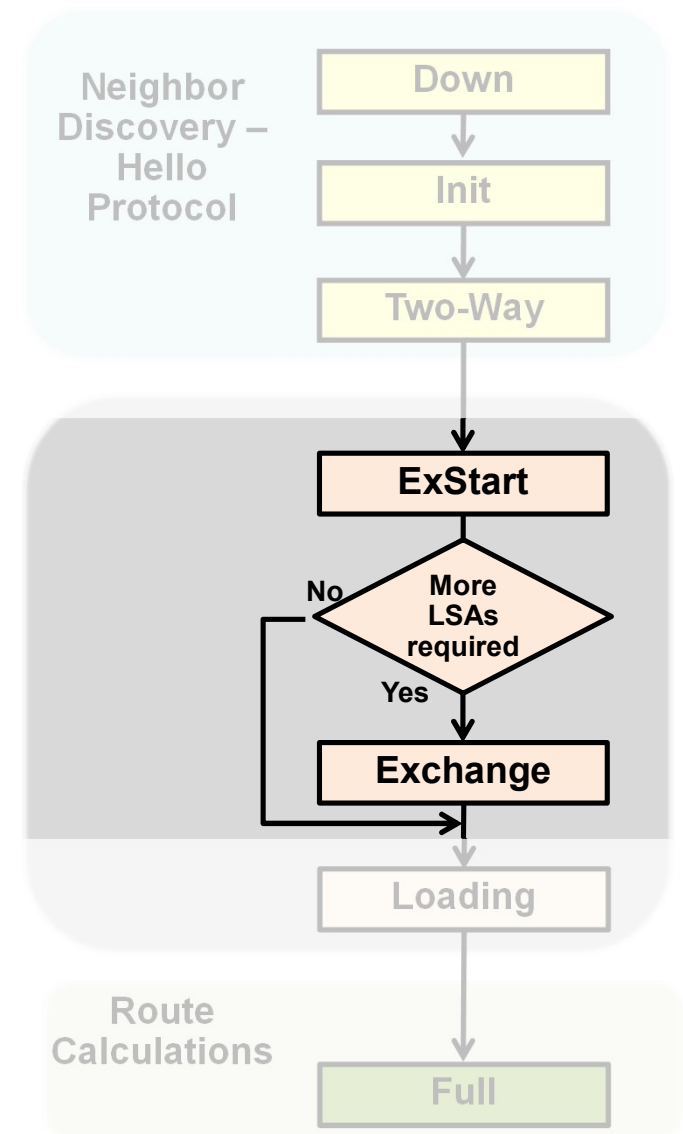
Fázy OSPF protokolu

■ Fáza **ExStart**:

- Routery si navzájom vymenia prázdne DBD pakety, aby pre účel výmeny topologických databáz zistili, kto z nich bude tzv. Master a kto Slave (rozhoduje vyššie RID)
- Master smie zvyšovať sekvenčné číslo v DBD paketoch, Slave je povinný odpovedať na výzvy Mastera opakovaním jeho sekvenčného čísla

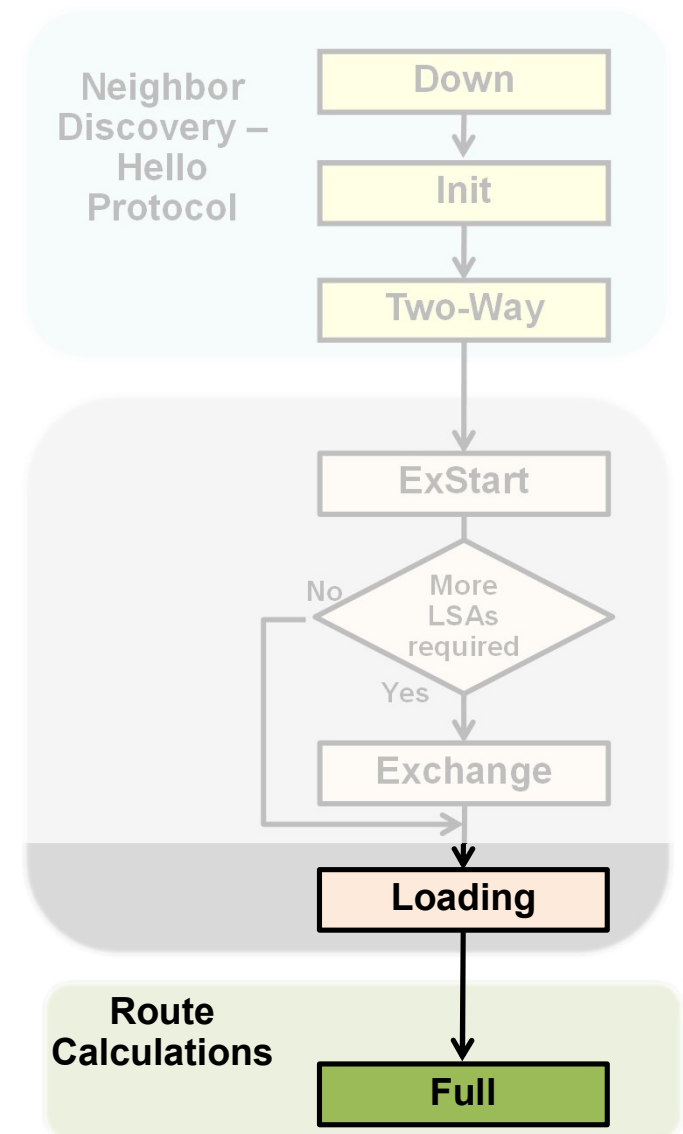
■ Fáza **Exchange**:

- Routery si vymieňajú DBD pakety, v ktorých si navzájom popisujú obsah svojich topologických databáz
- Na základe informácií v prijatých DBD paketoch si každý router tvorí zoznam LSA, ktoré má sused novšie a ktoré od neho bude chcieť stiahnuť

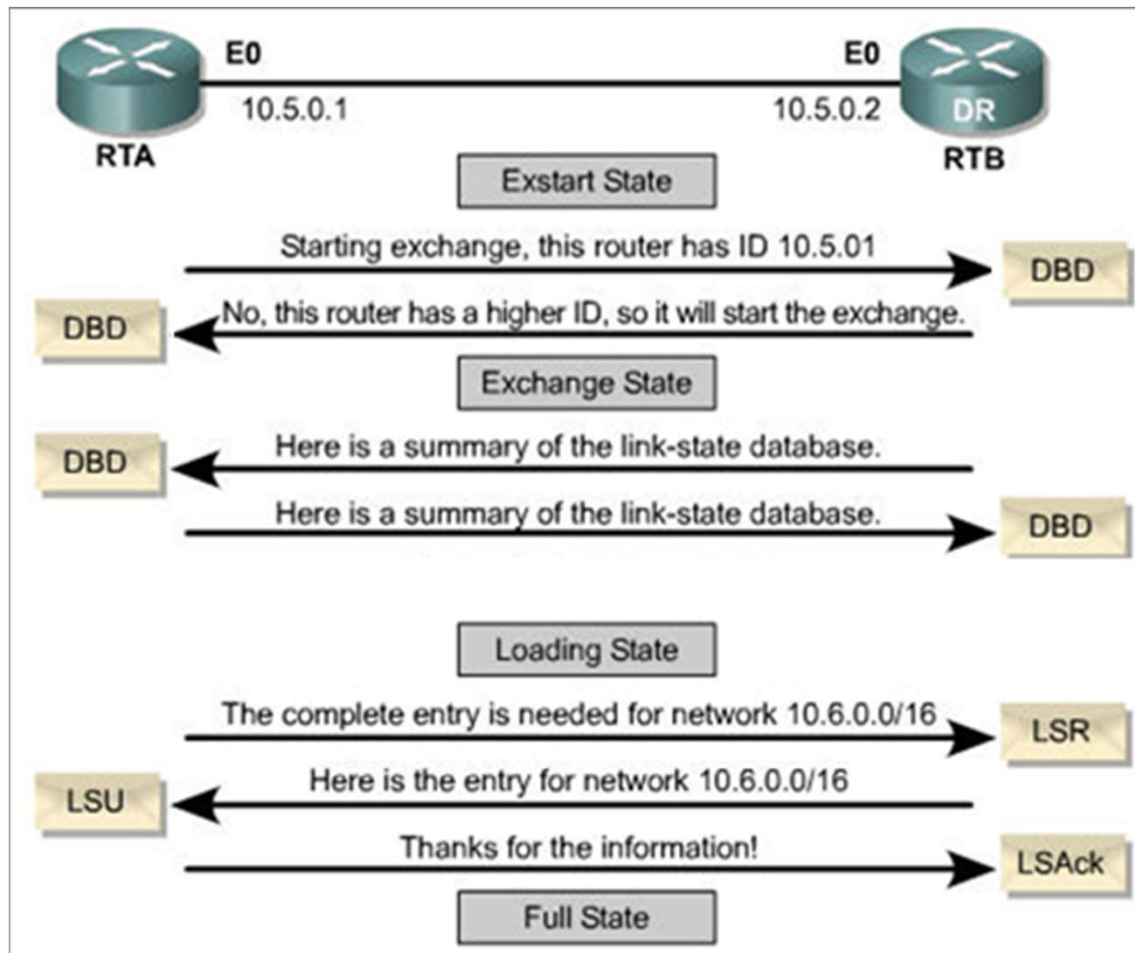


Fázy OSPF protokolu

- Fáza **Loading**:
 - Routery si počas fázy Exchange vytvorili zoznamy LSA, ktoré chcú od suseda stiahnuť.
 - Vo fáze Loading si tieto topologické komponenty vzájomne vyžadujú paketmi **LSR**, pošlú paketmi **LSU** a potvrdia paketmi **LSAck**.
- Fáza **Full**:
 - Router vstupuje v dialógu so susedom do fázy Full v momente, keď od suseda získal všetky informácie, o ktoré mal záujem.
 - Dva smerovače vo vzájomnom stave Full majú **identické topologické databázy** a sú plne synchronizované.

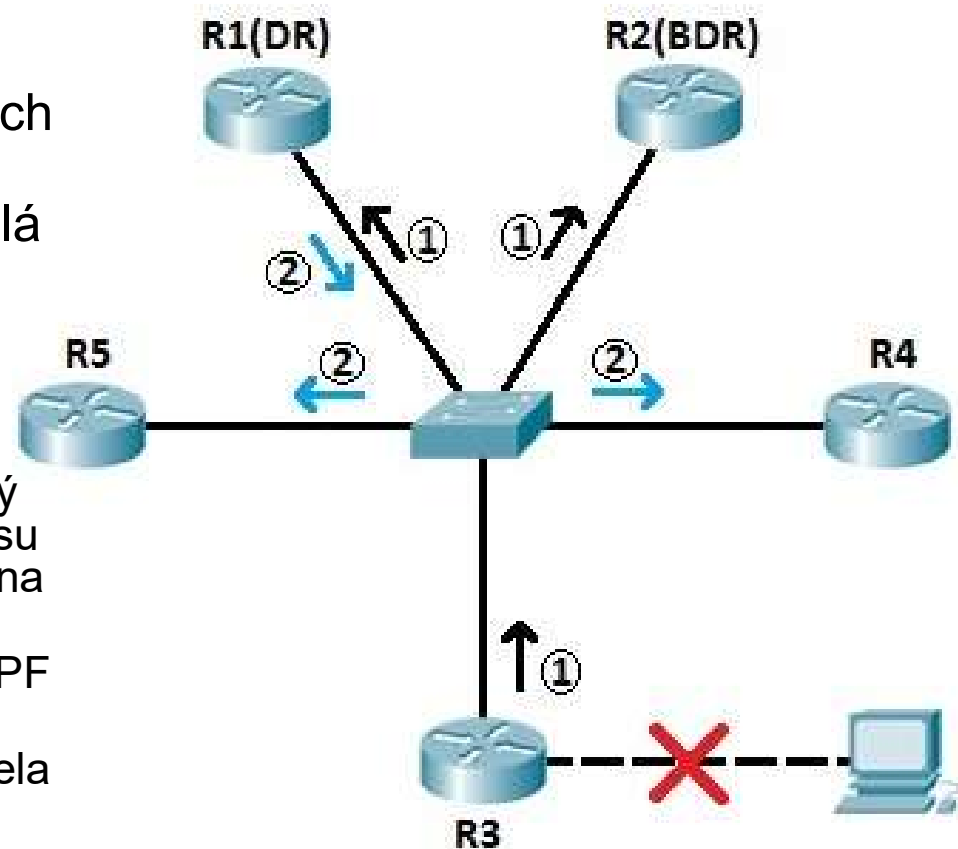


Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz



Kroky 4 a 5 – Strom najkratších ciest a jeho udržiavanie

- Router, ktorého topologická databáza je plne synchronizovaná, môže nad ňou spustiť Dijkstrov algoritmus a určiť tak strom najkratších ciest od seba do všetkých cieľových sietí
- Každá zmena topologickej databázy vyvolá
 - Informovanie okolia o zmene
 - Spočítanie nového stromu najkratších vzdialeností
- Informovanie o zmene:**
 - Ak je na sieti DR/BDR, potom smerovač, ktorý spozoroval zmenu, posíla o nej info na adresu **224.0.0.6** (v IPv6 FF02::6) – všetky DR/BDR na danom segmente.
 - DR následne túto informáciu šíri všetkým OSPF smerovačom na adrese **224.0.0.5** (FF02::5).
 - Dvojica smerovačov vo Full stave si info posíla bezprostredne





Základná konfigurácia - single area OSPF

Základná konfigurácia OSPF

Router (config) #

```
router ospf process-id [vrf vpn-name]
```

- Spustí OSPF proces
 - Číslo procesu je ľubovoľné číslo od 1 po 65 535 a je lokálne pre daný router
 - Špecifikuje meno VRF VPN inštancie

Router (config-router) #

```
network ip-address wildcard-mask area area-id
```

- Definuje zoznam rozhraní, ktoré budú (so svojimi sieťami) zaradené do OSPF procesu

Router (config-if) #

```
ip ospf process-id area area-id [secondaries none]
```

- Alternatívny spôsob v novších IOS, ktorý aktivuje OSPF špecificky pre dané rozhranie

Úprava metriky v OSPF

ReferenceBW
je defaultne
100 Mbps

- V OSPF sa metrika volá „cena linky“ – tzv. **cost**
- Počíta sa ako podiel:
$$\text{Cost} = \text{ReferenceBandwidth} / \text{Bandwidth [Mbps]} = 100 / \text{Bandwidth [Mbps]}$$
- Evidentne, nevyhovuje pre súčasné linky rýchlejšie ako 100 Mbps
- Preto referenčnú rýchlosť možno konfiguračne zmeniť od 1 do 4 294 967 Mbps:

RouterA (config-router) #

```
auto-cost reference-bandwidth ref-bw
```

- Všetky smerovače v danej oblasti musia používať rovnakú referenčnú metriku !!
- Referenčná rýchlosť sa v paketoch neprenáša
- Cenu linky možno nakonfigurovať aj napevno od 1 do 65 535

RouterA (config-if) #

```
ip ospf cost interface-cost
```

- Alebo ju môžeme modifikovať príkazom **bandwidth**, vtedy sa použije prepočet na cost

Identifikátor smerovača – Router ID

- Na mnohých miestach OSPF protokolu je smerovač identifikovaný unikátnym číslom – tzv. *Router ID* (RID)
 - V LSDB sa RID využíva v tele mnohých LSA (autor alebo obsah)
- Voľba RID pre smerovač:
 1. RID špecifikované v konfigurácii OSPF procesu
 - príkazom **router-id**
 2. Najvyššia IP adresa spomedzi všetkých aktívnych Loopback rozhraní s IP adresou
 3. Najvyššia IP adresa spomedzi všetkých aktívnych rozhraní
- RID sa vyberá v momente spustenia OSPF procesu
 - Ak nie je možné vybrať RID, router sa bude sťažovať
- Pre stabilitu sa odporúča používať
 - buď príkaz **router-id** alebo
 - Loopback ako RID (alebo oboje)
 - Vhodné aj smerovať (manažment, testing apod.)

Príkaz OSPF `router-id`

Router (config-router) #

```
router-id A.B.C.D
```

- Tento príkaz sa používa v kontexte príkazu `router ospf process-id`
- Ako RID je použiteľná ľubovoľná 32-bitová hodnota v tvare IP adresy
- Ak sa príkaz použije v čase, keď už bežiaci OSPF proces má zvolené RID, zmena sa prejaví
 - až po reštarte routera alebo
 - po ručnom reštarte OSPF procesu

```
Router# clear ip ospf process
```

```
Router (config) # router ospf 1  
Router (config-router) # router-id 172.16.1.1
```

```
Router# clear ip ospf process
```

Ovplyvnenie voľby DR a BDR – nastavenie priority

- Nastavenie špecifickej priority rozhraniu smerovača.

```
Router(config-if) #
```

```
ip ospf priority number
```

- Rozhranie smerovača môže mať nastavenú prioritu v rozsahu 0 - 255:
 - 0 = DROTHER - Router cannot be a DR
 - 1 = Favorable - **Default** for all routers
 - 255 = Very favorable - Ensures at least of a tie.
- Priorita by mala byť nastavená pred samotnou voľbou
- Zobrazenie nastavenej priority a iných kľúčových údajov
 - **show ip ospf interface**

OSPF Passive-Interface

- Zabraňuje zasielaniu OSPF updatov cez dané rozhranie

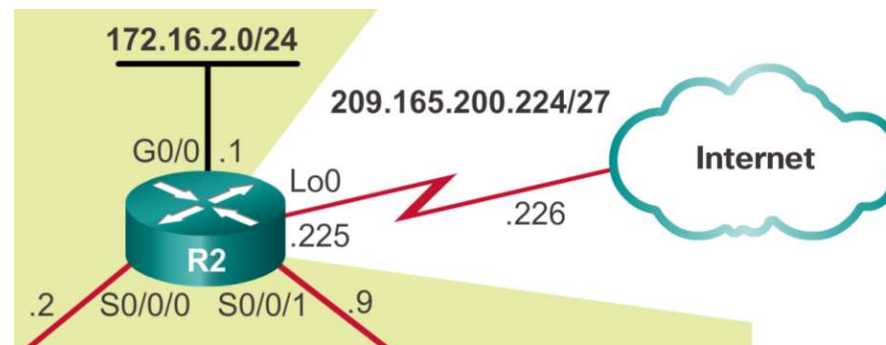
```
Router(config-router)#
```

```
passive-interface type number [default]
```

- Voľba **default** nastaví všetky rozhrania ako pasívne
 - Dané rozhranie musíme potom explicitne povoliť
 - **no passive-interface type number**
- Z pohľadu OSPF:
 - Špecifikované rozhranie sa javí ako stub network
 - Cez rozhranie nie sú prijaté ani posielené updates
 - Zabráni formovaniu susedského vzťahu
 - Ale info o sieti sa posiela

Default route v OSPF

- Posielanie default route v OSPF je možné zabezpečiť iba príkazom **default-information originate**
 - Typ siete v smerovacej tabuľke bude: O E2
 - Router, na ktorom je tento príkaz zadaný, bude rozposielať default route len vtedy, ak ju už sám má v smerovacej tabuľke (rozdiel oproti RIP)
 - Napr. vytvorenú staticky
 - Nepovinný parameter **always** sa používa, ak chceme, aby router posielal default route vždy
- Do OSPF nie je možné default route redistribuovať!



Default route v OSPF

- Rozposielanie externej default cesty do OSPF.

Router(config-router) #

```
default-information originate [always] [metric metric-value]  
[metric-type type-value] [route-map map-name]
```

Parameter	Description
always	(Optional) Specifies that OSPF always advertises the default route regardless of whether the router has a default route in the routing table.
metric <i>metric-value</i>	(Optional) A metric used for generating the default route. If you omit a value and do not specify a value using the default-metric router configuration command, the default metric value is 1. Cisco IOS Software documentation indicates that the default metric value is 10; testing shows that it is actually 1.
metric-type <i>type-value</i>	(Optional) The external link type that is associated with the default route that is advertised into the OSPF routing domain. It can be one of the following values: 1—Type 1 external route 2—Type 2 external route. The default is type 2 external route (indicated by O*E2 in the routing table).
route-map <i>map-name</i>	(Optional) Specifies that the routing process generates the default route if the route map is satisfied.

Zmena časovačov

- Časovače musia byť na linke rovnaké
 - inak sa nevytvorí susedský vzťah
- Dead zvyčajne štyri krát dlhší ako hello

```
Router(config-if) # ip ospf hello-interval seconds
```

```
Router(config-if) # ip ospf dead-interval seconds
```

```
R1# show ip ospf interface serial 0/0/0 | include Timer
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40,
Retransmit 5
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40,
Retransmit 5
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40,
Retransmit 5
R1#
```

```
R1# show ip ospf neighbor
```

Neighbor	ID	Pri	State	Dead Time	Address	Interface
3.3.3.3		0	FULL/-	00:00:35	192.168.10.6	Serial0/0/1
2.2.2.2		0	FULL/-	00:00:33	172.16.3.2	Serial0/0/0

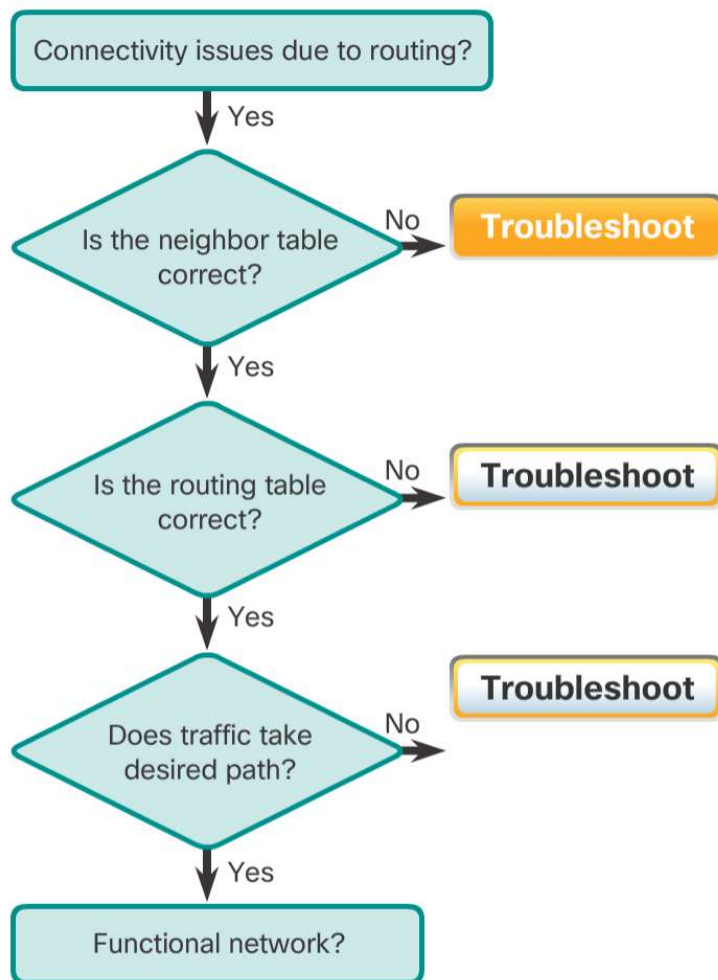
```
R1#
```



Diagnostika Single-Area OSPF

Diagnostika Single-Area OSPF

Postup pri diagnostike OSPF



Troubleshoot

- Are the interfaces operational?
- Are the interfaces enabled for OSPF?
- Does the OSPF area match?
- Is there an interface that is configured as passive?

Show commands

```
show ip ospf neighbor  
show ip interface brief  
show ip ospf interface
```

Diagnostika Single-Area OSPF

Budovanie OSPF Adjacency vzťah



OSPF adjacencies will not form if:

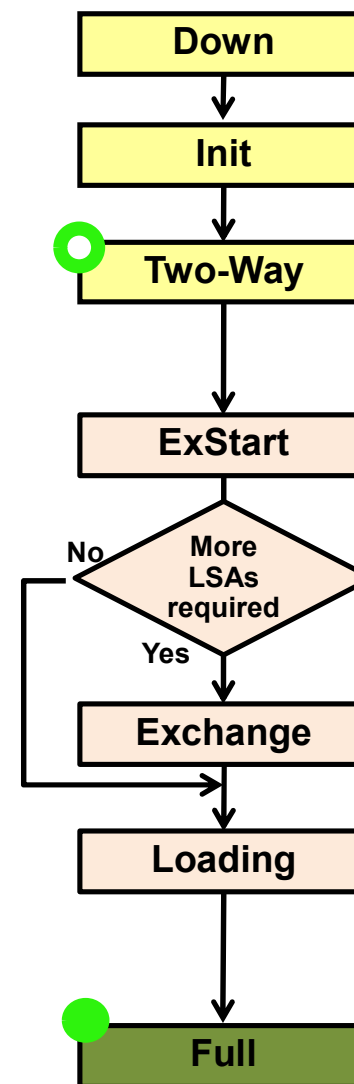
- The interfaces are not on the same network.
- OSPF network types do not match.
- OSPF Hello or Dead Timers do not match.
- Interface to neighbor is incorrectly configured as passive.
- There is a missing or incorrect OSPF **network** command.

Prechody cez OSPF stavy

- V akom stave by mal ostať smerovač?

Two Way
alebo až
Full

Prechody medzi stavmi



Overenie OSPF

Command	Description
<code>show ip protocols</code>	Displays OSPF process ID, router ID, networks router is advertising & administrative distance
<code>show ip ospf neighbors</code>	Displays OSPF neighbor relationships.
<code>show ip ospf neighbors detail</code>	
<code>show ip route</code>	Displays the routing table.
<code>show ip ospf interface</code>	Displays hello interval and dead interval
<code>show ip ospf</code>	Displays OSPF process ID, router ID, OSPF area information & the last time SPF algorithm calculated
<code>debug ip ospf</code>	Adjacency, packet, events...

show ip protocols

Overenie, či je spustený smerovací proces a či máme susedov

```
R1# show ip protocols
Routing Protocol is "ospf 1"
  Outgoing update filter list for all interfaces is not set
  Incoming update filter list for all interfaces is not set
  Router ID 10.64.0.1
  Number of areas in this router is 1. 1 normal 0 stub 0 nssa
  Maximum path: 4
  Routing for Networks:
    10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
<output omitted>
```

show ip ospf neighbors

Výpis OSPF susedov a susedského stavu

Lokálne rozhranie cez ktoré je formovaný susedských vzťah s daným susedom.

```
R2# show ip ospf neighbor

Neighbor ID    Pri   State                Dead Time   Address      Interface
10.64.0.1     1     FULL/DROTHER         00:00:30   10.64.0.1   FastEthernet0/0
10.2.1.1      0     FULL/ -              00:00:34   10.2.1.1    Serial0/0/1
```

Zoznam RID susedov v poradí ako boli naučený

Susedova priorita na danom OSPF rozhraní

OSPF stav v ktorom sme so susedom. FULL znamená že máme identické topo DB

Čas do uplynutia ktorého považujeme suseda za down. Prijatie Hello obnoví časovač

IP adresa rozhrania suseda ku ktorému sme priamo pripojený

Document ID: 13688 What Does the show ip ospf neighbor Command Reveal?
http://www.cisco.com/en/US/tech/tk365/technologies_tech_note09186a0080094a85.shtml

show ip ospf interface brief

```
R1# sh ip ospf interface brief
```

Interface	PID	Area	IP Address/Mask	Cost	State	Nbrs	F/C
Lo1	1	0	10.1.1.1/24	1	LOOP	0/0	
Fa0/0	1	0	10.1.200.1/24	1	BDR	1/1	
Se0/0	1	0	10.1.100.1/24	1562	P2P	1/1	

show ip route ospf

Výpis smerovacích ciest naučených cez OSPF.

```
R1# show ip route ospf
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 2 masks
O IA    10.2.1.0/24 [110/782] via 10.64.0.2, 00:03:05, FastEthernet0/0
R1#
```

show ip ospf interface

Overenie natavenia OSPF na rozhraní.

```
R1# show ip ospf interface fastEthernet 0/0
FastEthernet0/0 is up, line protocol is up
  Internet Address 10.64.0.1/24, Area 0
  Process ID 1, Router ID 10.64.0.1, Network Type BROADCAST, Cost: 1
  Transmit Delay is 1 sec, State DROTHER, Priority 0
  Designated Router (ID) 10.64.0.2, Interface address 10.64.0.2
  No backup designated router on this network
  Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
    oob-resync timeout 40
    Hello due in 00:00:04
  Supports Link-local Signaling (LLS)
  Index 1/1, flood queue length 0
  Next 0x0(0)/0x0(0)
  Last flood scan length is 1, maximum is 4
  Last flood scan time is 0 msec, maximum is 4 msec
  Neighbor Count is 1, Adjacent neighbor count is 1
    Adjacent with neighbor 10.64.0.2 (Designated Router)
  Suppress hello for 0 neighbor(s)
```

Document ID: 13689 What Does the show ip ospf interface Command Reveal??

http://www.cisco.com/en/US/partner/tech/tk365/technologies_tech_note09186a0080094056.shtml

show ip ospf

Overenie OSPF informácií

```
R2# show ip ospf
Routing Process "ospf 50" with ID 10.64.0.2
<output omitted>
Area BACKBONE(0)
    Area has no authentication
    SPF algorithm last executed 00:01:25.028 ago
    SPF algorithm executed 7 times
<output omitted>
    Area 1
        Number of interfaces in this area is 1
        Area has no authentication
        SPF algorithm last executed 00:00:54.636 ago
        SPF algorithm executed 3 times
<output omitted>
R2#
```

Diagnostika susedských vzťahov

```
RouterA# debug ip ospf adj
OSPF: Interface Serial0/0/0.1 going Up
OSPF: Build router LSA for area 0, router ID 192.168.1.1, seq 0x80000023
OSPF: Rcv DBD from 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 seq 0xCF0 opt 0x52 flag 0x7 len 32 mtu 1500 state INIT
OSPF: 2 Way Communication to 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1, state 2WAY
OSPF: Send DBD to 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 seq 0xF4D opt 0x52 flag 0x7 len 32
OSPF: NBR Negotiation Done. We are the SLAVE
OSPF: Send DBD to 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 seq 0xCF0 opt 0x52 flag 0x2 len 132
OSPF: Rcv DBD from 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 seq 0xCF1 opt 0x52 flag 0x3 len 132 mtu 1500 state
EXCHANGE
OSPF: Send DBD to 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 seq 0xCF1 opt 0x52 flag 0x0 len 32
OSPF: Database request to 192.168.1.2
OSPF: sent LS REQ packet to 192.168.1.2, length 12
OSPF: Rcv DBD from 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 seq 0xCF2 opt 0x52 flag 0x1 len 32 mtu 1500 state EXCHANGE
OSPF: Exchange Done with 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1
OSPF: Send DBD to 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 seq 0xCF2 opt 0x52 flag 0x0 len 32
OSPF: Synchronized with 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1, state FULL
%OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 192.168.1.2 on Serial0/0/0.1 from LOADING to FULL, Loading Done
OSPF: Build router LSA for area 0, router ID 192.168.1.1, seq 0x80000024
```

Diagnostika susedských vzťahov – voľba DR/BDR

```
RouterA# debug ip ospf adj
```

```
OSPF: Interface FastEthernet0/0 going Up
OSPF: Build router LSA for area 0, router ID 192.168.1.1,seq
0x80000008
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface FastEthernet0/0,
changed state to up
OSPF: 2 Way Communication to 172.16.1.1 on FastEthernet0/0,
state 2WAY
OSPF: end of Wait on interface FastEthernet0/0
OSPF: DR/BDR election on FastEthernet0/0
OSPF: Elect BDR 192.168.1.1
OSPF: Elect DR 192.168.1.1
OSPF: Elect BDR 172.16.1.1
OSPF: Elect DR 192.168.1.1
DR: 192.168.1.1 (Id) BDR: 172.16.1.1 (Id)
OSPF: Send DBD to 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0xDCE opt 0x52
flag 0x7 len 32
OSPF: No full nbrs to build Net Lsa for interface FastEthernet0/0
OSPF: Neighbor change Event on interface FastEthernet0/0
OSPF: DR/BDR election on FastEthernet0/0
OSPF: Elect BDR 172.16.1.1
OSPF: Elect DR 192.168.1.1
DR: 192.168.1.1 (Id) BDR: 172.16.1.1 (Id)
OSPF: Neighbor change Event on interface FastEthernet0/0
OSPF: DR/BDR election on FastEthernet0/0
OSPF: Elect BDR 172.16.1.1
OSPF: Elect DR 192.168.1.1
DR: 192.168.1.1 (Id) BDR: 172.16.1.1 (Id)
```

Pokračovanie

```

OSPF: Rcv DBD from 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0x14B 7 opt 0x52 flag 0x7
len 32 mtu 1500 state EXSTART
OSPF: First DBD and we are not SLAVE-if)#
OSPF: Send DBD to 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0xDCE opt 0x52 flag 0x7 len
32
OSPF: Retransmitting DBD to 172.16.1.1 on FastEthernet0/0[1]
OSPF: Rcv DBD from 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0xDCE opt 0x52 flag 0x2 len
152 mtu 1500 state EXSTART
OSPF: NBR Negotiation Done. We are the MASTER
OSPF: Send DBD to 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0xDCF opt 0x52 flag 0x3 len
132
OSPF: Database request to 172.16.1.1
OSPF: sent LS REQ packet to 172.16.1.1, length 24
OSPF: Rcv DBD from 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0xDCF opt 0x52 flag 0x0 len
32 mtu 1500 state EXCHANGE
OSPF: Send DBD to 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0xDD0 opt 0x52 flag 0x1 len
32
OSPF: No full nbrs to build Net Lsa for interface FastEthernet0/0
OSPF: Build network LSA for FastEthernet0/0, router ID 192.168.1.1
OSPF: Build network LSA for FastEthernet0/0, router ID 192.168.1.1
OSPF: Rcv DBD from 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 seq 0xDD0 opt 0x52 flag 0x0 len
32 mtu 1500 state EXCHANGE
OSPF: Exchange Done with 172.16.1.1 on FastEthernet0/0
OSPF: Synchronized with 172.16.1.1 on FastEthernet0/0, state FULL
%OSPF-5-ADJCHG: Process 100, Nbr 172.16.1.1 on FastEthernet0/0 from LOADING to
FULL, Loading Done
OSPF: Build router LSA for area 0, router ID 192.168.1.1, seq 0x80000009
OSPF: Build network LSA for FastEthernet0/0, router ID 192.168.1.1
OSPF: Build network LSA for FastEthernet0/0, router ID 192.168.1.1

```



UNIVERSITY OF ŽILINA
Faculty of Management Science
and Informatics

 MINISTERSTVO
ŠKOLSTVA, VEDY,
VÝSKUMU A ŠPORTU
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

Ďakujem za pozornosť

Obsahom boli kapitoly 1 a 2 z CCNA 3 (ENSA).

Spätnú väzbu na prednášky vyjadrite v anonymnej [ankete](#) (mimo Moodle).