



Stretnutie 3: Smerovací protokol OSPF



ROUTE Module 3

Open Shortest Path First

- OSPF je v súčasnosti najrozšírenejší smerovací protokol typu link-state
- Otvorený protokol špecifikovaný v [RFC 2328](#) a početných ďalších
- Je classless, podporuje VLSM, ľubovoľnú sumarizáciu, autentifikáciu, rýchlu konvergenciu
- Metrika je odvodená od rýchlosti linky a nazýva sa [cena](#) (cost)
- V súčasnosti sa používajú dve verzie:
 - OSPFv2 pre IPv4 siete
 - OSPFv3 pre IPv6 siete
- Na IPv4 sieťach využíva vlastný transportný protokol č. 89 a dve multicastové IP adresy:
 - 224.0.0.5: všetky OSPF smerovače na danom segmente
 - 224.0.0.6: 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

Vlastnosti OSPF

- Rýchla konvergencia
 - Monitoring susedov
- Podpora VLSM
- Podpora veľkých sietí
- Efektívne voči šírke pásma
 - Žiadne krátkodobé periodické update ale udalosťami spúšťané update
 - Periodické update až každých 30 minút
- Členenie na oblasti
 - Obmedzuje veľkosť databáz
 - Obmedzuje prepočty SPF
 - Obmedzuje počty vymieňaných LSU
- Efektívne smerovanie
 - Link-state topo: mapa siete

Pojmy v OSPF

- **Link**

- Rozhranie smerovača

- **Link-state**

- Vlastnosti rozhrania (IP adresa/maska, cena, s kým nás spája)

- **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**

- 4B číslo jednoznačne identifikujúce router v autonómnom systéme
 - Môže, ale nemusí zodpovedať nejakej jeho IP adrese

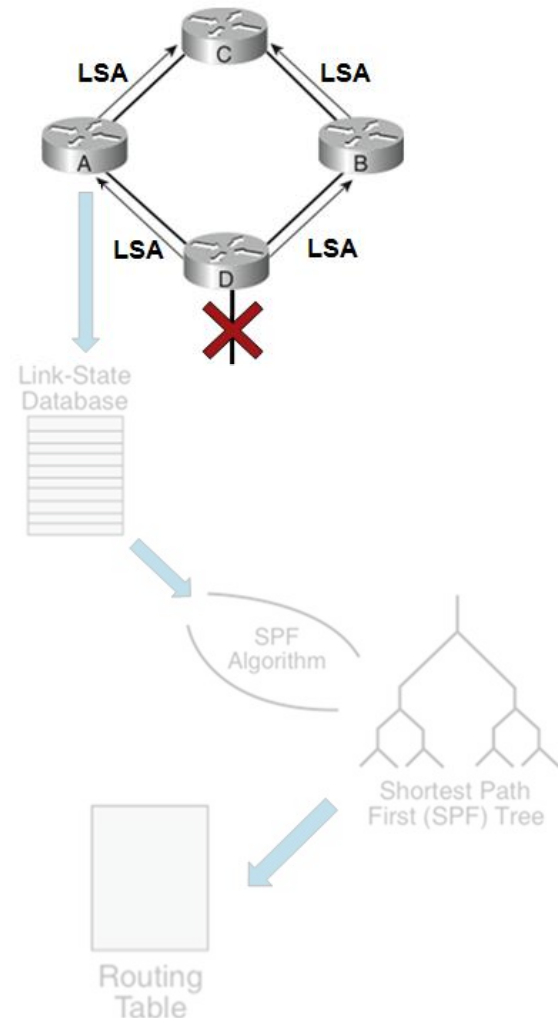
Pojmy v OSPF - OSPF databázy

- 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 routeri
 - 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)

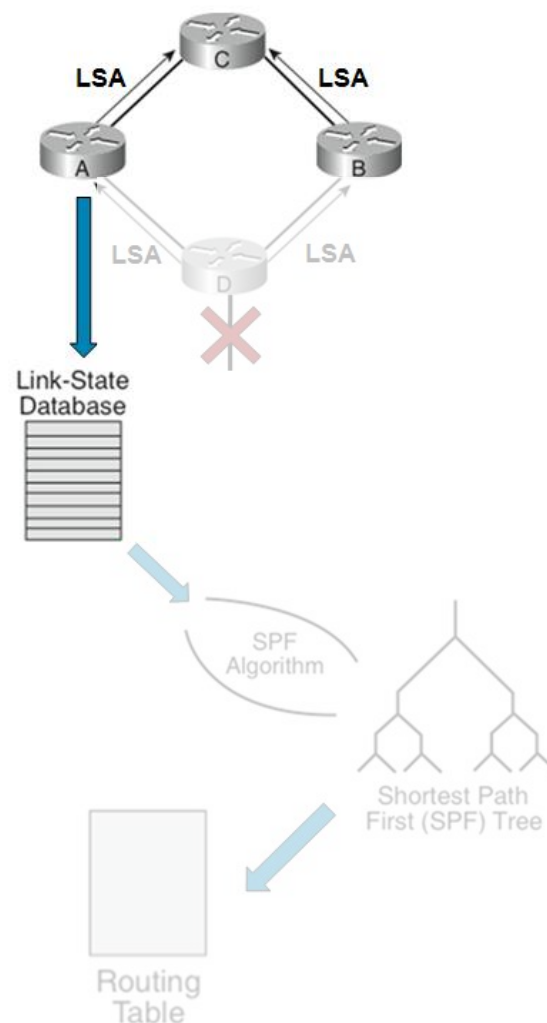
■ Link State Advertisement (LSA)

- 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 multicastovo šírená susedom na 224.0.0.5 alebo 224.0.0.6
- LSA prijatá smerovačom je bezprostredne poslaná jeho susedom
- Až po hranice oblasti



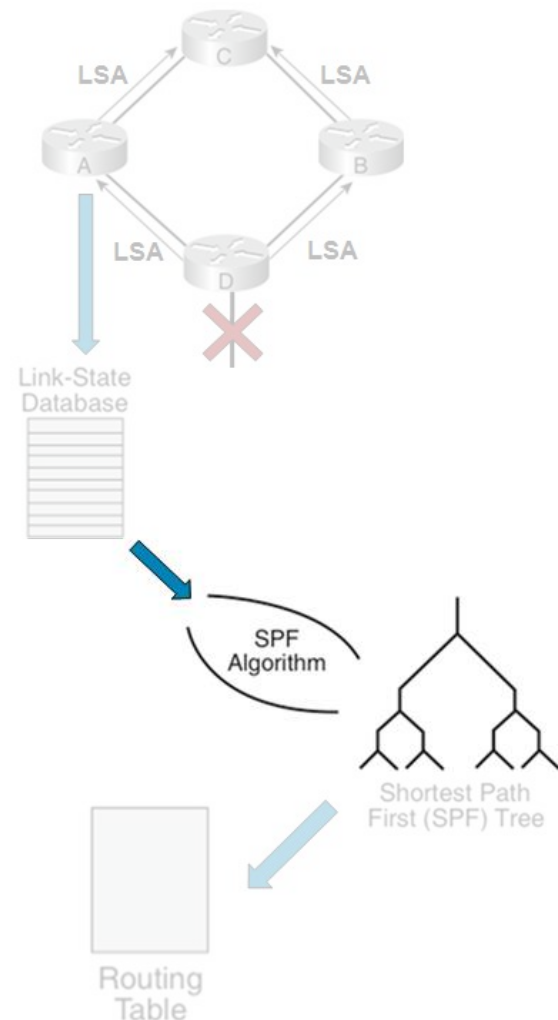
Pojmy v OSPF - Link-State Database (LSDB)

- 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



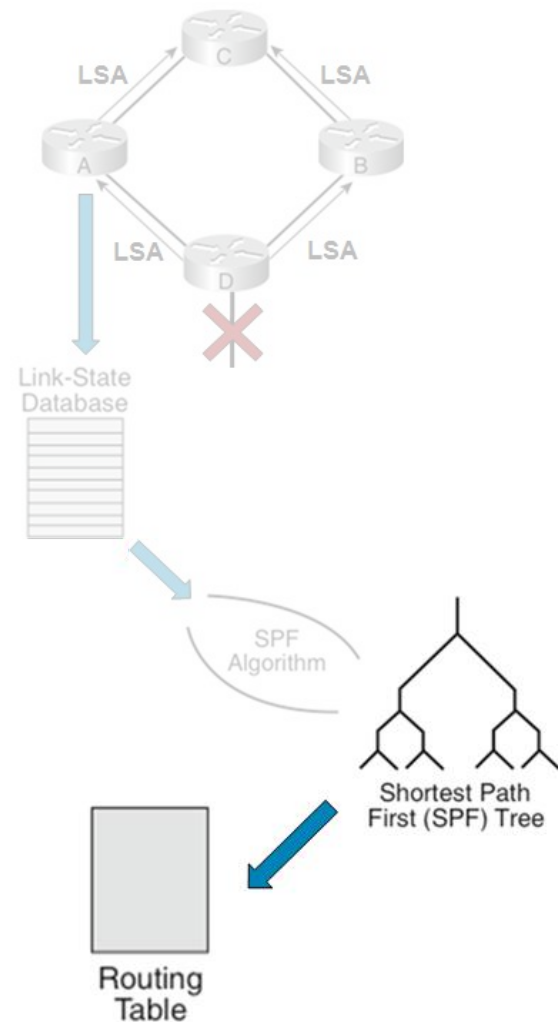
Pojmy v OSPF – SPF algoritmus

- 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 vypočítané SPF algoritmom sú pridané do smerovacej tabuľky



Pojmy v OSPF - Cost metrika

- OSPF ako metriku používa **Cost**
- Cisco implementácia OSPF cost odvádza od šírky pásma rozhrania
 - Vyšší BW = nižší cost
 - Nižší BW = vyšší cost.
- **Cost = 100,000,000 / Bandwidth (bps)**
- Napríklad:
 - 10BaseT = $100,000,000 / 10,000,000 = 10$
 - T1 = $100,000,000 / 1,544,000 = 64$

Interface Type	$10^8/\text{bps} = \text{Cost}$
Fast Ethernet and faster	$10^8/100,000,000 \text{ bps} = 1$
Ethernet	$10^8/10,000,000 \text{ bps} = 10$
E1	$10^8/2,048,000 \text{ bps} = 48$
T1	$10^8/1,544,000 \text{ bps} = 64$
128 kbps	$10^8/128,000 \text{ bps} = 781$
64 kbps	$10^8/64,000 \text{ bps} = 1562$
56 kbps	$10^8/56,000 \text{ bps} = 1785$

Lower Cost

High

Bandwidth

Low

Higher Cost

Pojmy v OSPF – vzťahy smerovačov

▪ Neighborhood

- Komunikačný vzťah medzi dvojicou susediacich smerovačov
- Je vytvorený, ak sa oba smerovače zhodnú na hodnote povinných parametrov
- Cez neighborhood sa neprenáša smerovacia informácia, iba informácia o schopnosti vzájomne komunikovať
 - Len Hello - stav *2-Way*
- Neighborhood je teda vytvorený medzi ktoroukoľvek vzájomne spojenou dvojicou správne nakonfigurovaných a pracujúcich OSPF routerov

▪ Adjacency

- Komunikačný vzťah medzi dvojicou susediacich smerovačov
 - Stav *Full*
- Adjacency je užší komunikačný vzťah, ktorý umožňuje takto „spriateleným“ smerovačom vymieňať si samotnú smerovaciu informáciu
- Vytvára sa iba medzi vybranými smerovačmi

Pojmy v OSPF – DR a BDR

- Optimalizácia OSPF komunikácie na multicaccess sieťach
 - FR, Ethernet
- **Designated Router (DR)**
 - Smerovač na multiaccess segmente, 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 vzťahu
- **Backup Designated Router (BDR)**
 - Smerovač na multiaccess segmente, 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 vzťahu

Pojmy v OSPF - oblasti

▪ Oblasť (area)

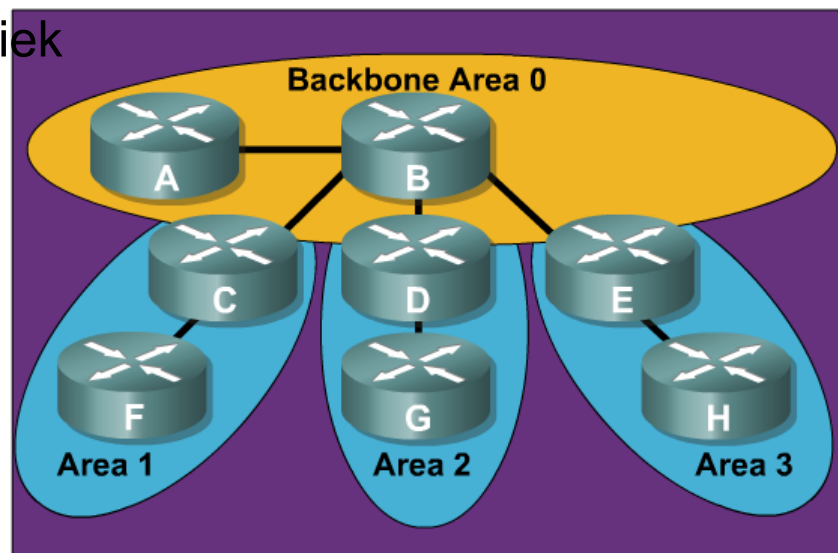
- Vytvorená za účelom pamäťovej a procesnej optimalizácie
- Množina sietí a smerovačov, ktoré poznajú vlastnú topológiu, ale ktoré nepoznajú topológiu zostávajúcej časti autonómneho systému
- Oblasť je identifikovaná 4B číslom
- Každá oblasť musí byť fyzicky spojená s oblasťou 0 (backbone)
- Hranice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

▪ Oblasť

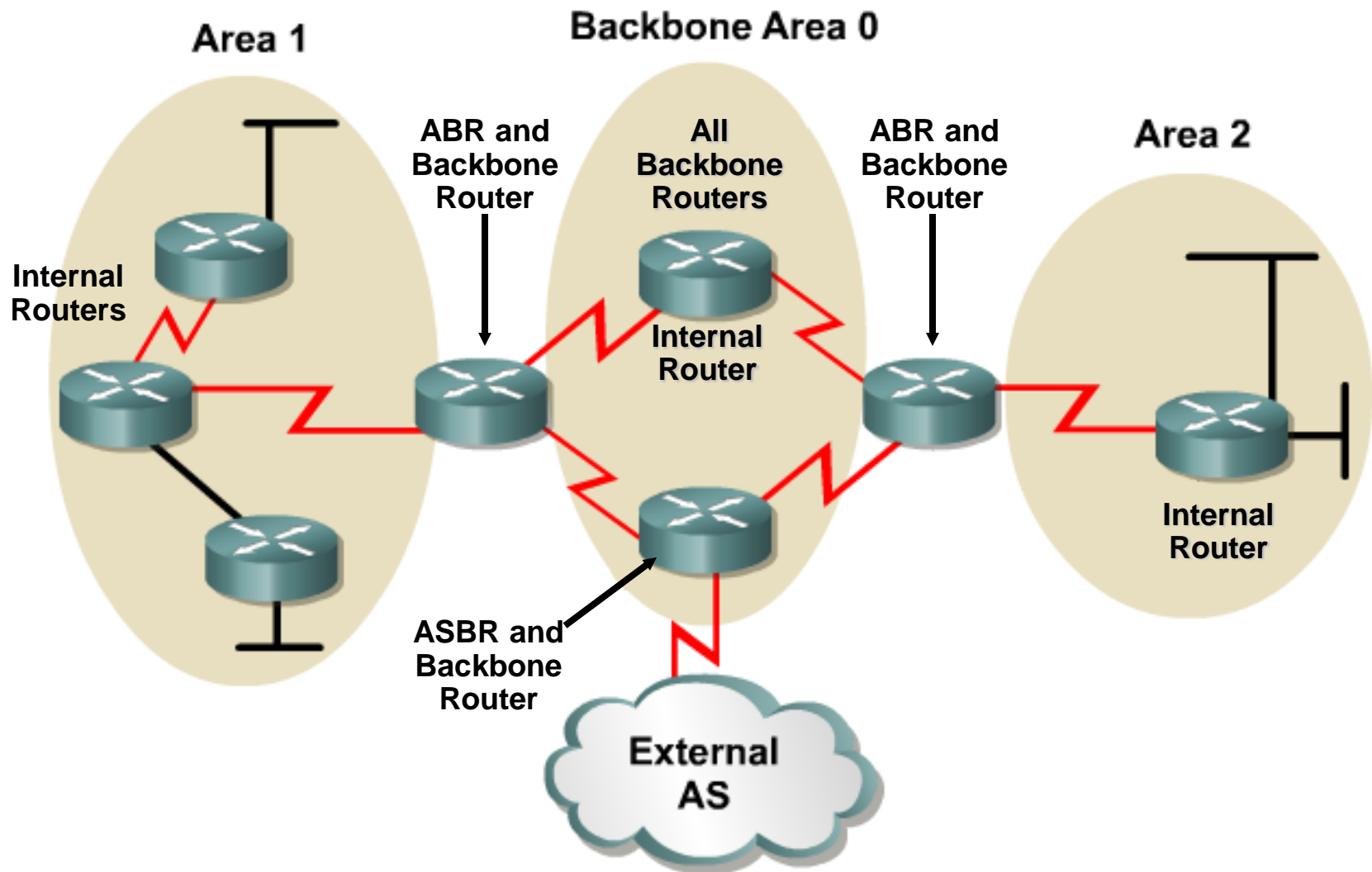
- Optimalizuje počet smerovacích položiek
- Lokalizuje dopad zmien topológie
- Lokalizuje LSA flooding

▪ OSPF má dve úrovne oblastí

- Backbone
- Regulárnu (štandardnú)



Typy OSPF smerovačov



Pojmy v OSPF - smerovače

▪ Internal router

- Smerovač, ktorý má všetky svoje rozhrania v tej istej oblasti
- Všetky interné smerovače majú rovnakú LSDB

▪ Backbone router

- Smerovač pripojený aspoň jedným zo svojich rozhraní do backbone area 0
 - Tzv. Area 0 router
- Môže byť Internal, ABR, ASBR

Pojmy v OSPF - smerovače

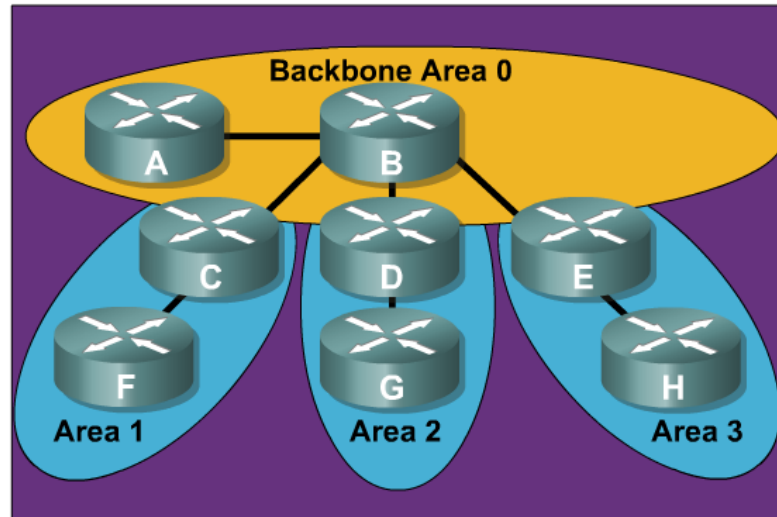
▪ Area Border Router (ABR)

- Smerovač na rozhraní medzi viacerými oblasťami
 - má rozhrania vo viacerých oblastiach
- V OSPF musí každý ABR byť členom oblasti 0 (chrbtice)
- ABR plní funkcie pre šírenie, filtrovanie a sumarizáciu informácií preposielaných medzi oblasťami
 - Udržiava separátne LSDB pre každú area
 - Pripája lokálnu oblasť na backbone

▪ Autonomous System Boundary Router (ASBR)

- Smerovač na rozhraní medzi autonómnym systémom a vonkajším svetom
 - Inou AS alebo sieťou s iným protokolom ako OSPF
- ASBR plní funkcie pre import, filtrovanie a sumarizáciu informácií do OSPF zvonku autonómneho systému
- Mal by byť umiestnený na Backbone area

Pojmy v OSPF - smerovače



- Smerovače A, B, C, D a E sú backbone smerovače
 - Backbone routers make up Area 0.
- Smerovače C, D a E sú Area Border Routers (ABRs).
 - ABR pripájajú iné oblasti na backbone
- Smerovače A, B, F, G, a H sú internal routers
 - Sú vo vnútri danej oblasti všetkými rozhraniami
 - Neprepájajú iné oblasti

OSPF Pakety



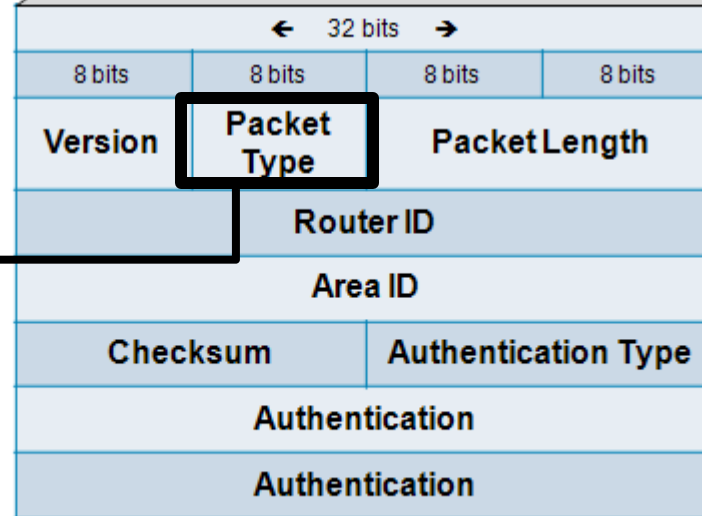
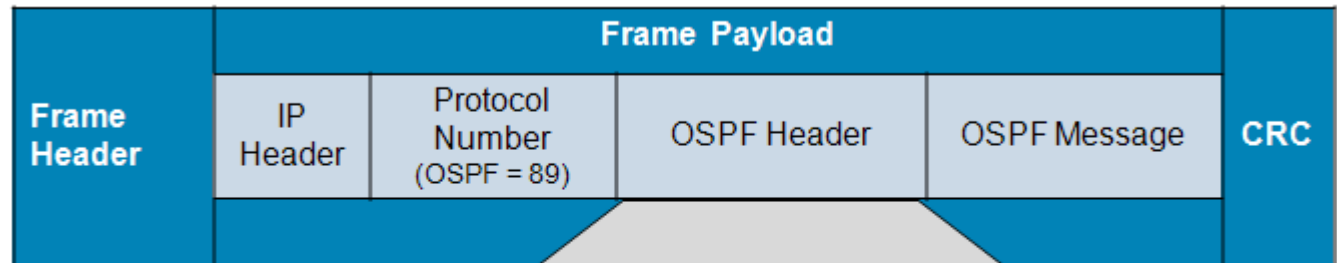
OSPF Pakety

- OSPF používa viaceré typy paketov na viaceré účely:
 - Objavenie susedov a budovanie adjacency vzťahov
 - Šírenie link-state informácií za účelom budovania a aktualizácie LSDB

Frame Header	Frame Payload				CRC
	IP Header	Protocol Number (OSPF = 89)	OSPF Header	OSPF Message	

Na LAN je OSPF paket zabalený do Eth. Rámca s cieľovou multicast adresou buď“: • 01-00-5E-00-00-05 • 01-00-5E-00-00-06	Cieľová multicast IP adresa nastavená na buď: • 224.0.0.5 (All OSPF routers) • 224.0.0.6 (All DR and BDR) Pole protokol v IP hlavičke je 89 .	OSPF hlavička identifikuje typ OSPF paketu, router ID a číslo oblasti (Area ID)	OSPF správa obsahuje polia per typ OSPF paketu
--	---	---	--

OSPF hlavička



Code	Packet Type
1 (0000 0001)	Hello
2 (0000 0010)	<u>DBD</u>
3 (0000 0011)	<u>LSR</u>
4 (0000 0100)	LSU
5 (0000 0101)	<u>LSAck</u>

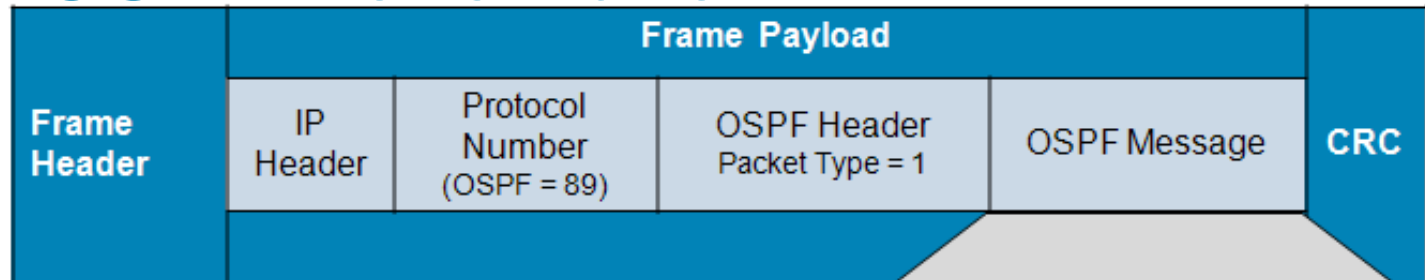
Pakety v OSPF

- OSPF má 5 základných druhov paketov

- **Hello paket**

- Slúži na objavenie a udržiavanie neighborhood vzťahov so susednými smerovačmi
- Použitý na voľbu DR/BDR na multiaccess sieťach
- Prenáša informácie, ktoré musia medzi dvojicou susediacich routerov spĺňať isté kritériá (popísané neskôr)
- 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
 - je implicitne vždy 4-krát väčší ako Hello interval
 - Interval do ktorého ak nie je prijaté žiadne Hello je sused odstránený zo zoznamu susedov

Type 1 - OSPF Hello Packet

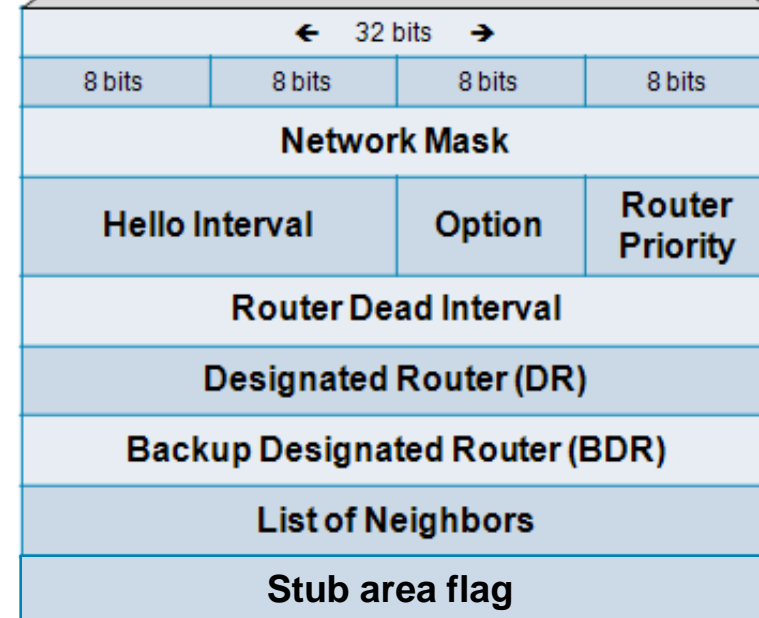


```

Open Shortest Path First
  OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: Hello Packet (1)
    Packet Length: 48
    Source OSPF Router: 10.1.1.1 (10.1.1.1)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xd695 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  OSPF Hello Packet
    Network Mask: 255.255.255.0
    Hello Interval: 10 seconds
    Options: 0x12 (L, E)
      0... .. = DN: DN-bit is NOT set
      .0.. .. = O: O-bit is NOT set
      ..0. .... = DC: Demand circuits are NOT supported
      ...1 .... = L: The packet contains LLS data block
      .... 0... = NP: Nssa is NOT supported
      .... .0.. = MC: NOT multicast capable
      .... ..1. = E: ExternalRoutingCapability
    Router Priority: 1
    Router Dead Interval: 40 seconds
    Designated Router: 0.0.0.0
    Backup Designated Router: 0.0.0.0
    Active Neighbor: 10.1.1.2
  
```

Common OSPF Header

OSPF Hello packet



Pakety v OSPF

- **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
 - Presnejšie:
 - V DBD sa prenášajú len hlavičky (databázové kľúče) LSA položiek (LSID) obsiahnutých v topologickej databáze smerovača + SeqNumb
 - 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
 - V záhlaví DBD paketov sa uvádza MTU
 - musí byť zhodné, inak router s nižším MTU nebude akceptovať DBD pakety od routera, ktorý má nastavené vyššie MTU
 - Nebude fungovať výmena topo info

DBD paket

```
R1# show ip ospf database
```

OSPF Router with ID (10.1.1.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
10.1.1.1	10.1.1.1	972	0x8000002A	0x00C970	2
10.1.1.2	10.1.1.2	11	0x80000031	0x009948	3

```
Open Shortest Path First
  OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: DB Descr. (2)
    Packet Length: 72
    Source OSPF Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0x9d6b [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  OSPF DB Description
    Interface MTU: 1500
    Options: 0x52 (O, L, E)
    DB Description: 0x03 (M, MS)
      .... 0... = R: OOBResync bit is NOT set
      .... .0.. = I: Init bit is NOT set
      .... ..1. = M: More bit is SET
      .... ...1 = MS: Master/slave bit is SET
    DD Sequence: 9755
  LSA Header
    LS Age: 972 seconds
    Do Not Age: False
    Options: 0x22 (DC, E)
    Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 10.1.1.1
    Advertising Router: 10.1.1.1 (10.1.1.1)
    LS Sequence Number: 0x8000002a
    LS Checksum: 0xc970
    Length: 48
  LSA Header
    LS Age: 11 seconds
    Do Not Age: False
    Options: 0x22 (DC, E)
    Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
    Link State ID: 10.1.1.2
    Advertising Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
    LS Sequence Number: 0x80000031
    LS Checksum: 0x9948
    Length: 36
```


OSPF DBD
Packet

Pakety v OSPF

▪ Link State Request (LSR)

- Pomocou LSR si router vyžiada konkrétnu položku topologickej databázy od suseda
- Obsahuje záhlavie požadovaného LSA (databázový kľúč - LSID)

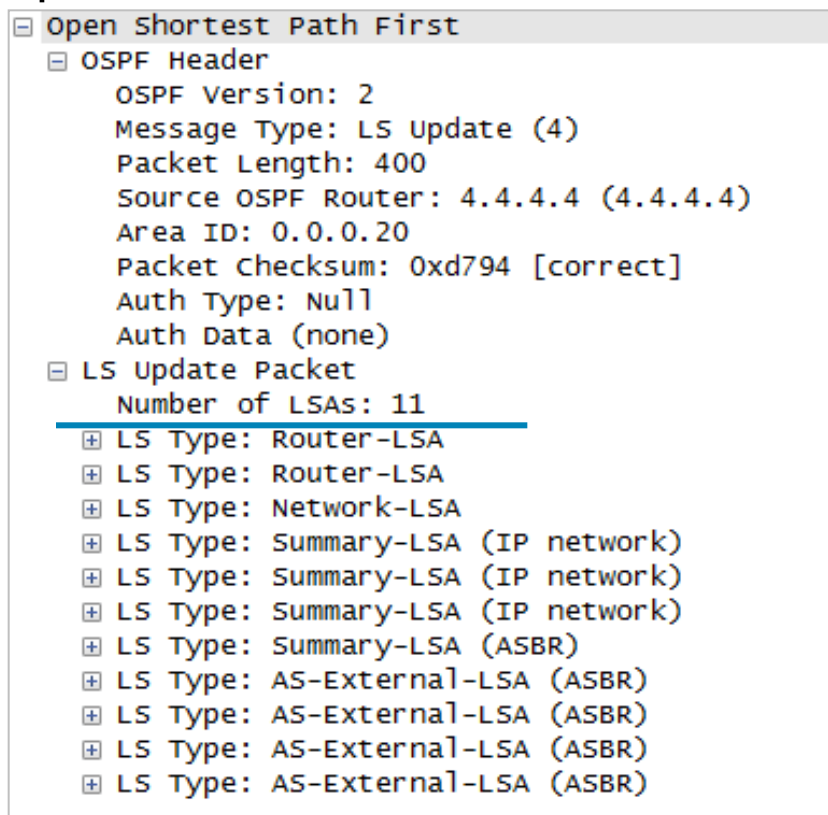
```
Open Shortest Path First
├─ OSPF Header
│   ├── OSPF Version: 2
│   └── Message Type: LS Request (3)
│       ├── Packet Length: 36
│       ├── Source OSPF Router: 10.1.1.1 (10.1.1.1)
│       ├── Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
│       ├── Packet Checksum: 0xdccf [correct]
│       ├── Auth Type: Null
│       └── Auth Data (none)
└─ Link State Request
    ├── Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
    ├── Link State ID: 10.1.1.2
    └── Advertising Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
```



Pakety v OSPF

▪ Link State Update (LSU)

- Prostredníctvom LSU sa prenáša samotná topologická informácia
- Topologická informácia je vo vnútri LSU obsiahnutá ako jedna alebo niekoľko LSA položiek



LSU paket

```
Open Shortest Path First
  OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 88
    Source OSPF Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xdeb2 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LS Type: Router-LSA
      LS Age: 1 seconds
      Do Not Age: False
      Options: 0x22 (DC, E)
      Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 10.1.1.2
      Advertising Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
      LS Sequence Number: 0x80000036
      LS Checksum: 0x31e5
      Length: 60
      Flags: 0x00 ( )
      Number of Links: 3
    Type: Stub ID: 1.1.1.1 Data: 255.255.255.255 Metric: 1
      IP network/subnet number: 1.1.1.1
      Link Data: 255.255.255.255
      Link Type: 3 - Connection to a stub network
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 metric: 1
    Type: PTP ID: 10.1.1.1 Data: 10.1.1.2 Metric: 64
      Neighboring router's Router ID: 10.1.1.1
      Link Data: 10.1.1.2
      Link Type: 1 - Point-to-point connection to another router
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 metric: 64
    Type: Stub ID: 10.1.1.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 64
      IP network/subnet number: 10.1.1.0
      Link Data: 255.255.255.0
      Link Type: 3 - Connection to a stub network
      Number of TOS metrics: 0
      TOS 0 metric: 64
```

```
R1# show ip ospf database router 10.1.1.2 adv-router
10.1.1.2
```

OSPF Router with ID (10.1.1.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

LS age: 748
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 10.1.1.2
Advertising Router: 10.1.1.2
LS Seq Number: 80000036
Checksum: 0x31E5
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 1.1.1.1
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: another Router (point-to-point)
(Link ID) Neighboring Router ID: 10.1.1.1
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.2
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network
(Link ID) Network/subnet number: 10.1.1.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0

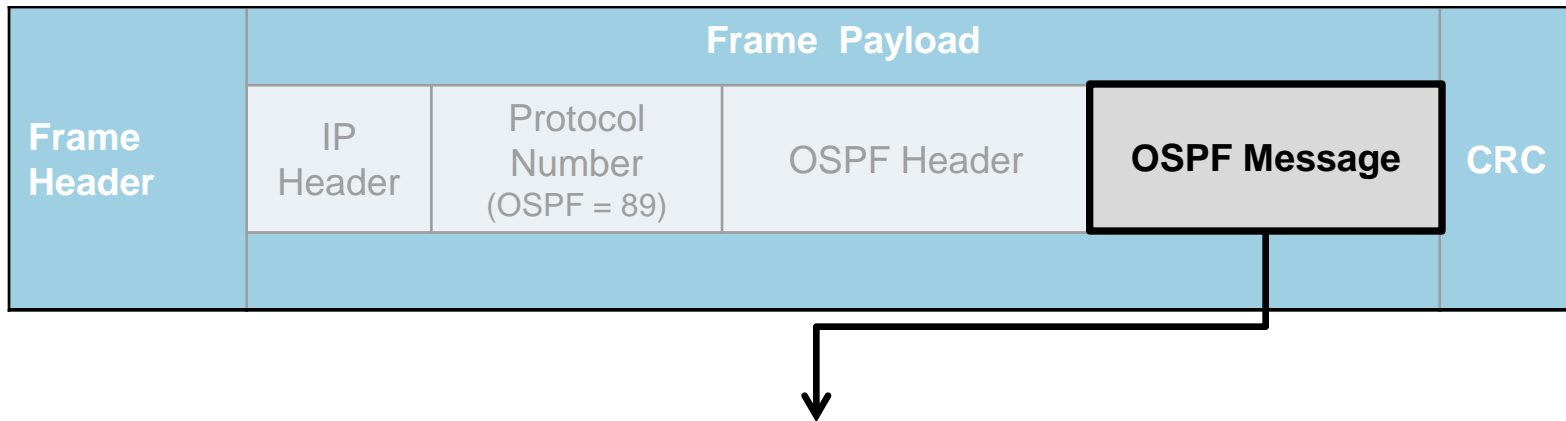
Pakety v OSPF

▪ Link State Acknowledgement (LSAck)

- Slúži na potvrdenie úspešného prijatia konkrétneho LSA
- V jednom LSAck môže byť potvrdených mnoho LSA

```
Open Shortest Path First
├── OSPF Header
│   ├── OSPF Version: 2
│   ├── Message Type: LS Acknowledge (5)
│   ├── Packet Length: 44
│   ├── Source OSPF Router: 10.1.1.1 (10.1.1.1)
│   ├── Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
│   ├── Packet Checksum: 0x086d [correct]
│   ├── Auth Type: Null
│   └── Auth Data (none)
├── LSA Header
│   ├── LS Age: 1 seconds
│   ├── Do Not Age: False
│   ├── Options: 0x22 (DC, E)
│   ├── Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
│   ├── Link State ID: 10.1.1.2
│   ├── Advertising Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
│   ├── LS Sequence Number: 0x80000036
│   ├── LS Checksum: 0x31e5
│   └── Length: 60
```

OSPF správa



OSPF správa obsahuje rozdielne informácie v závislosti od typu OSPF paketu:

Packet Type	Contains
Type 1 - Hello	Obsahuje zoznam susedov.
Type 2 - DBD	Obsahuje sumárny záznam LSDB, ktorý zahŕňa všetky Router IDs (DB kľúče)
Type 3 - LSR	Obsahuje typ požadovanej LSA a router ID smerovača, ktorý ma dané LSA
Type 4 - LSU	Obsahuje kompletne LSA položky.
Type 5 - LSAck	Prázdne.



OSPF stavy



OSPF stavy

- Každá dvojica smerovačov 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 (unicastovo) na tohto suseda.
- Fáza **Init**:
 - Od suseda sme dostali Hello paket a informácie v ňom spĺňajú kritériá na formovanie „neighbor“ vzťahu
 - Nevidíme však svoje vlastné RID v tomto Hello package.

OSPF stavy

■ Fáza 2-Way:

- Od suseda sme dostali Hello paket a informácie v ňom spĺňajú kritériá na formovanie „*neighbor*“ vzťahu
 - Navyiac v ňom vidíme vlastné RID.
- Týmito fázami prejdú **všetky susedské smerovače** 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**

OSPF stavy

■ Fáza **ExStart**:

- Smerovače 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**:

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

OSPF stavy

■ Fáza **Loading**:

- Smerovače si počas fázy Exchange vytvorili zoznamy LSA, ktoré chcú od suseda stiahnuť.
- Vo fáze Loading si tieto topologické komponenty:
 - vzájomne vyžiadajú paketmi LSR
 - pošlú paketmi LSU a
 - potvrdia paketmi LSAck.

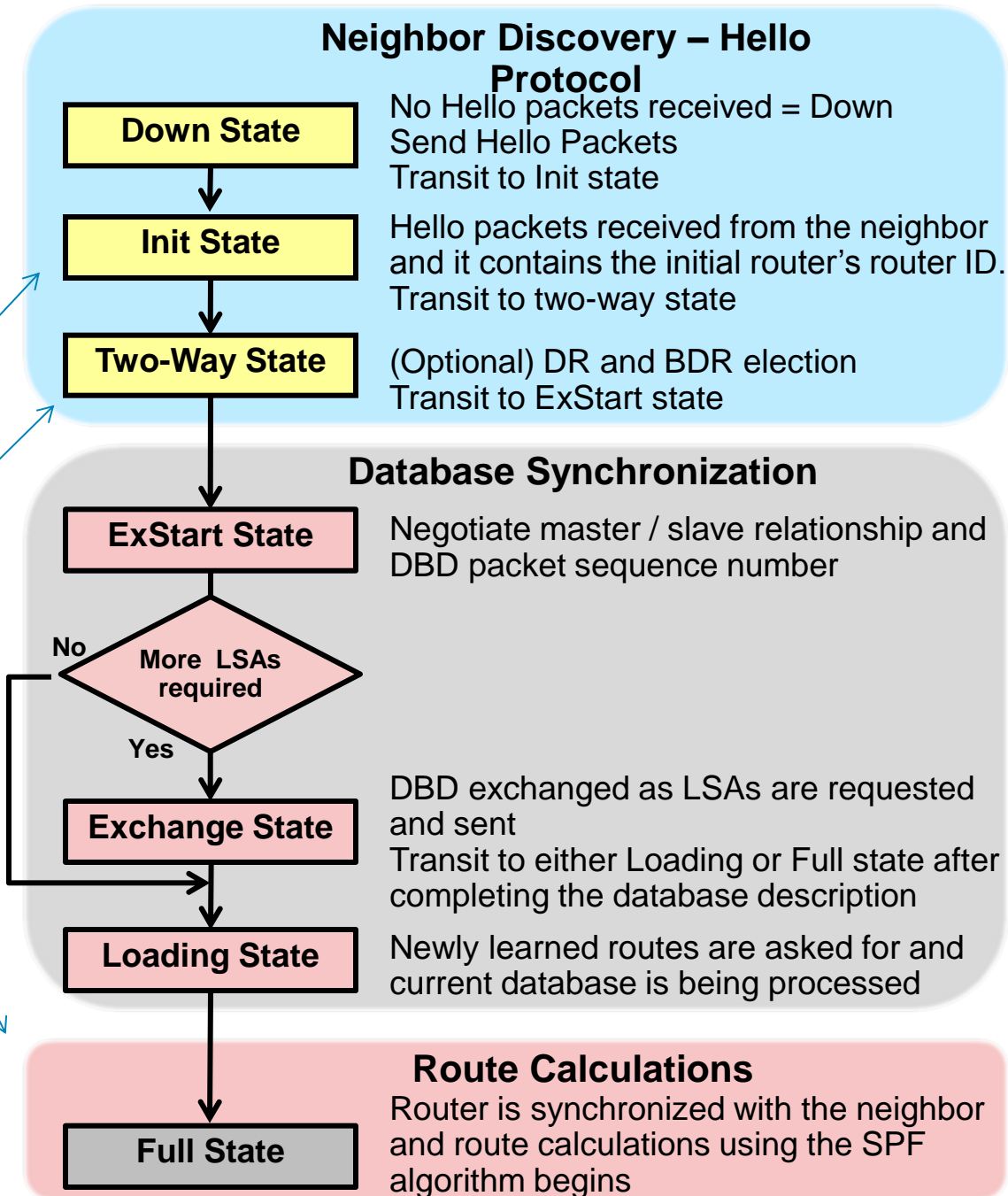
■ Fáza **Full**:

- Smerovač 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.

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

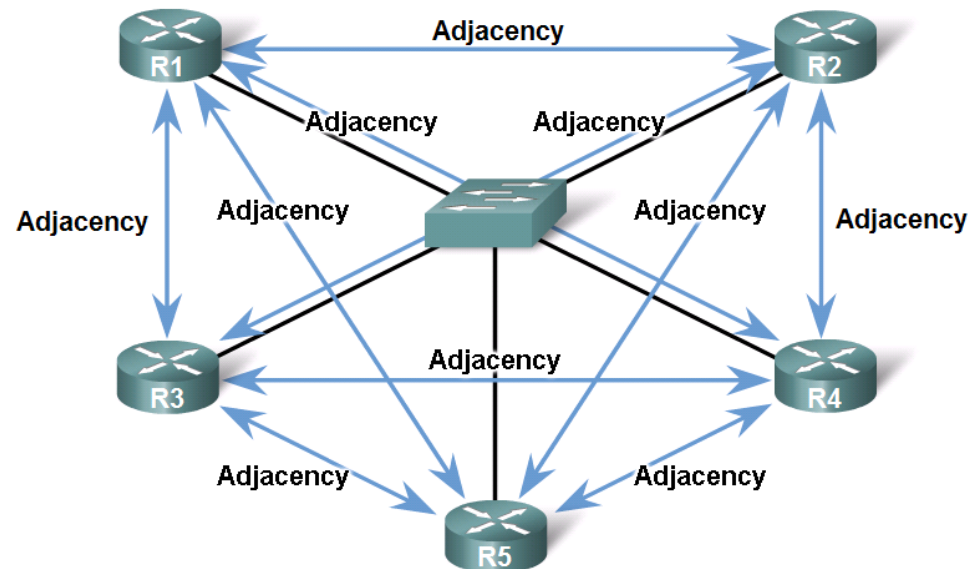


Krok 1 – Lokalizácia susedov a vytvorenie komunikačných vzťahov

- Susedia sa objavujú navzájom pomocou Hello paketov, ktoré sú buď posielané na adresu 224.0.0.5 alebo na konkrétneho suseda
- Smerovače skontrolujú parametre prijatého Hello paketu.
 - Ak vyhovujú požadovaným kritériám, smerovače sa považujú za susedov (neighbors)
- Parametre, ktoré sa musia zhodovať:
 - Spoločná sieť a maska
 - Číslo oblasti a jej typ
 - Autentifikácia
 - Hello a Dead Interval
- Pokiaľ sú na sieti zvolení DR/BDR, ich IP adresy budú v Hello paketoch uvedené
 - s nimi bude potrebné nadviazať adjacency vzťah
- Ak na sieti nie sú podľa prijatých Hello paketov zvolení DR/BDR, a typ siete si ich vyžaduje, nasleduje fáza voľby DR/BDR smerovačov

Krok 2 – Voľba DR/BDR - problém

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

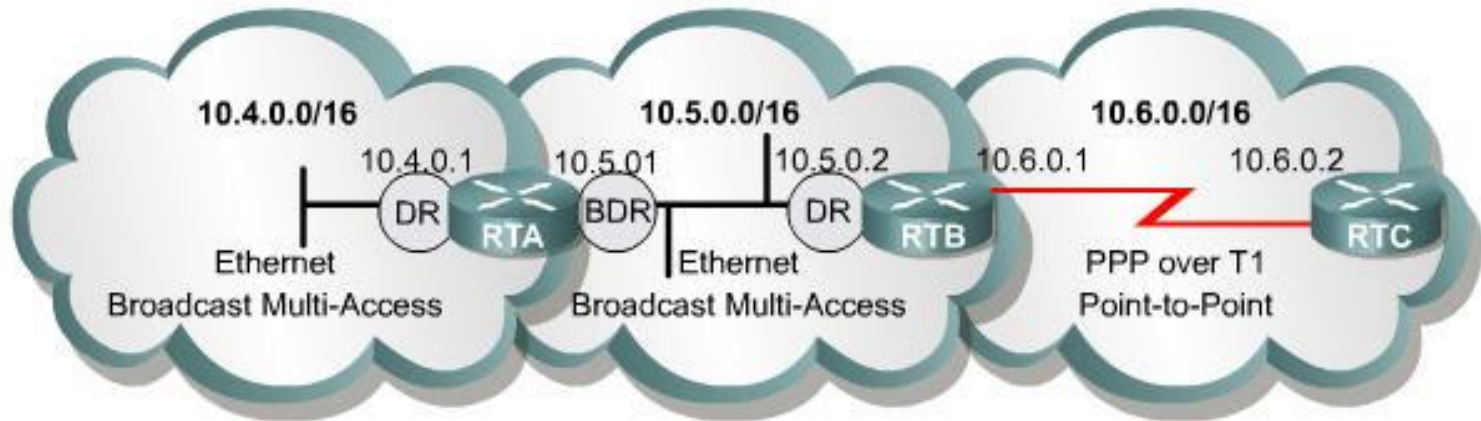


- Ostatní adjacencies len s DR a BDR
 - nie každý s každým
- Všetky routery posielajú LSU na 224.0.0.6 (All DR and BDR)
- DR posielá LSU všetkým OSPF smerovačom (224.0.0.5)

Krok 2 – Voľba DR/BDR

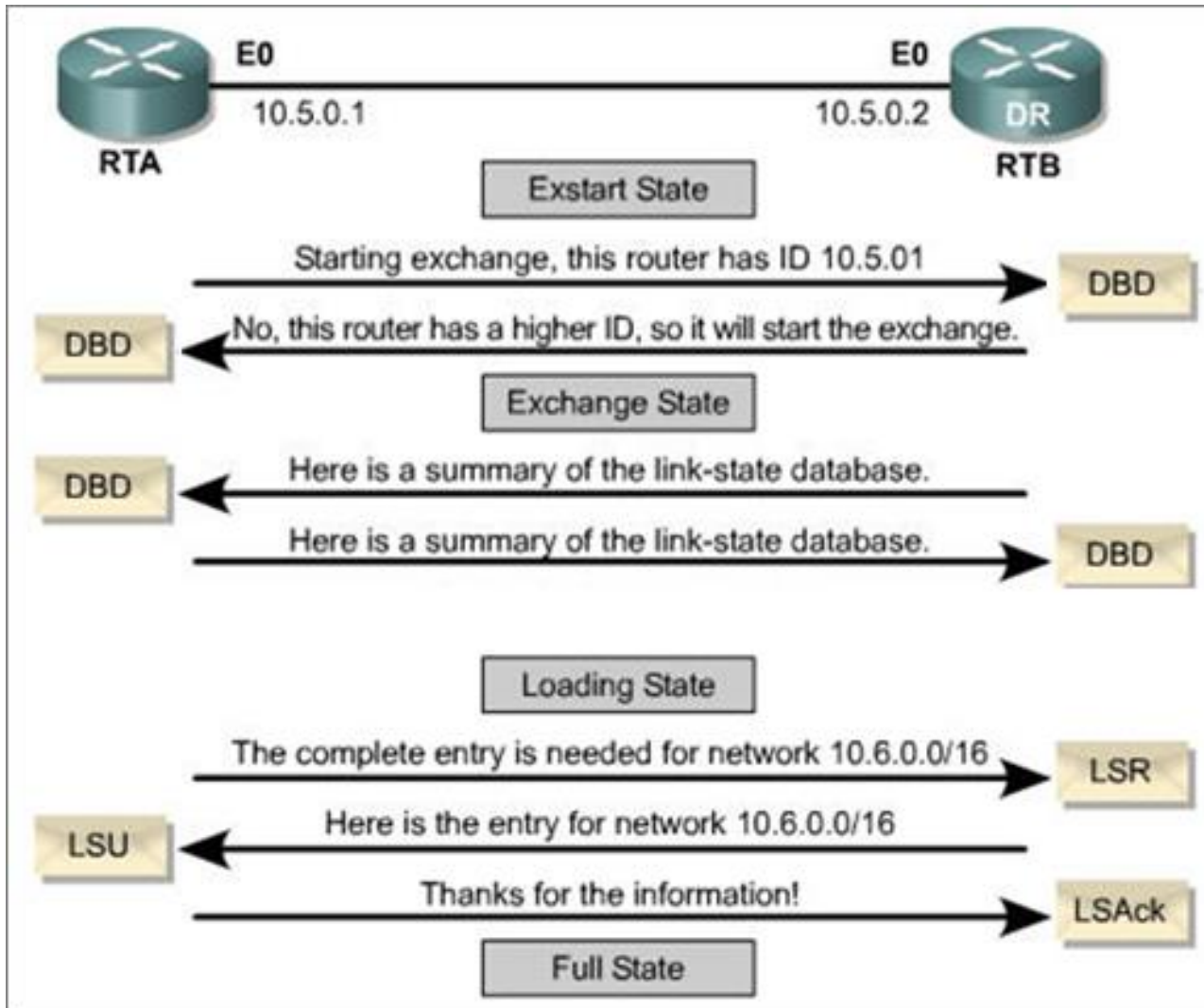
- DR a BDR router je potrebné zvoliť na každom multiaccess segmente
- Každý OSPF router má pre každý multiaccess segment (každé rozhranie) nezávisle konfigurovateľnú prioritu od 0 po 255
- Pri výbere platí:
 - Smerovač s prioritou 0 sa nezúčastňuje volieb
 - Smerovač s najvyššou prioritou na segmente 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

Krok 2 – Voľba DR/BDR



- **Určenie DR OSPF smerovača**
 1. Priorita na rozhraní (`ip ospf priority`)
 - Vyššia ako 0
 2. Najvyšší router-id
 3. Najvyššia IP adresa loopback rozhrania
 4. Najvyššia IP adresa spomedzi fyzických rozhraní
- **Ovplyvnenie voľby**
 - Nabootuj DR prvý, BDR ako druhý
 - Nastavením priority a vymazaním OSPF procesu
 - `clear ip ospf process`

Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz



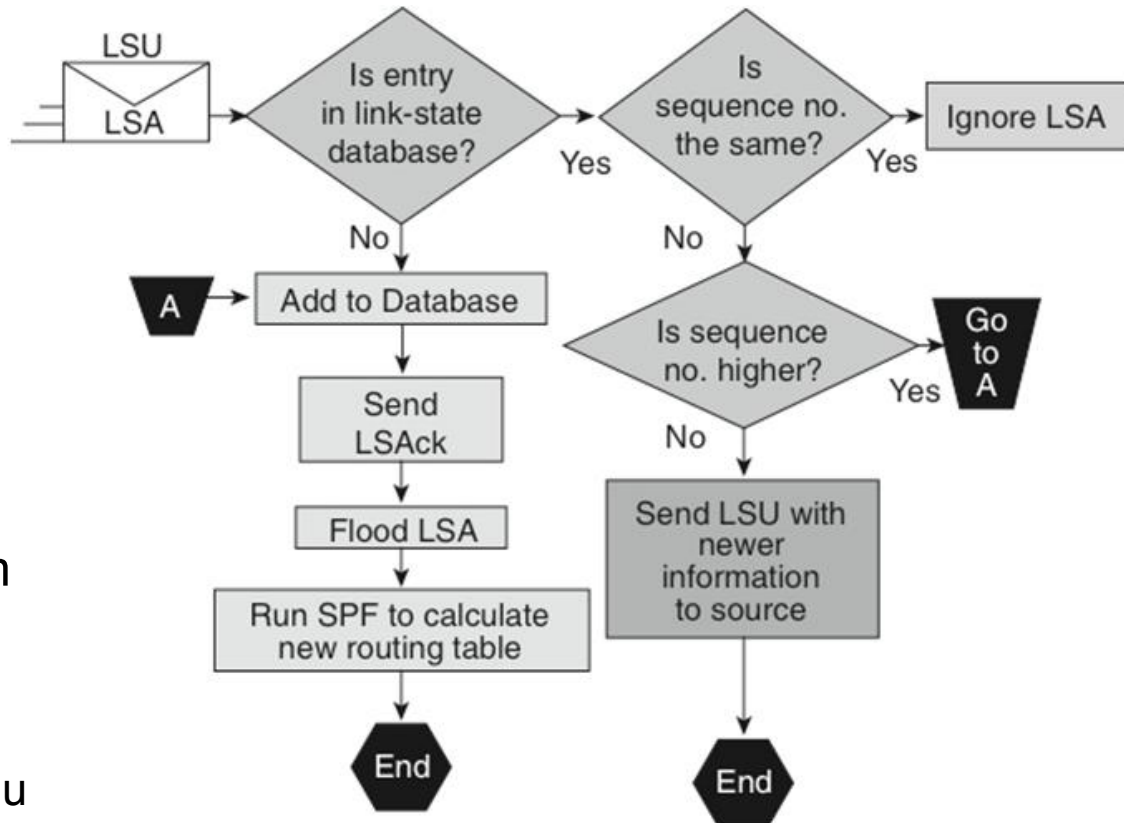
Kroky 4 a 5 – Strom najkratších vzdialeností a jeho udržiavanie

- 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 (LSA)
 - Spočítanie nového stromu najkratších vzdialeností
 - *Výnimka....zmena v LSA3/5/7 nespôsobuje beh SPT alg.*
- Informácia o zmene je šírená
 - Keď nastala (inkrementovaný update)
 - Ináč len každých 30 minút (kondenzovaná verzia)
 - Link state refresh (*LSRefreshTime*)
 - LSU s LSA majú nastavené **vyššie sekvenčné číslo**
 - Aby ostatní vedeli že sa jedná o nový LSU
- Informovanie o zmene:
 - Ak je na sieti DR/BDR, potom smerovač, ktorý spozoroval zmenu, posiela o nej info pomocou LSU na adresu 224.0.0.6. DR následne túto informáciu šíri všetkým OSPF smerovačom na adrese 224.0.0.5. Prijemcovia potvrdzujú prijatie cez LSAck
 - Dvojica routerov vo Full stave si info posiela bezprostredne

Udržovanie LSA

- Každá LSA položka má vlastný časovač a sekvenčné číslo
 - Default aging timer je 30 minút (1800 sekúnd).
 - Max age time 60min
 - Po uplynutí LSA zmazaná
- Keď položke skončí platnosť
 - Smerovač, ktorý bol pôvodcom informácie pošle LSA v LSU s vyšším sekvenčným číslom
 - Potvrdenie, že link state (LSA) je stále aktívny
 - LSU môže obsahovať jednu alebo viac LSA
 - Metóda „šetrná“ ku kapacite linky

Spracovanie LSA pri prijíme



Základná konfigurácia 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

- V OSPF sa metrika volá „cena linky“ – tzv. cost. Cena sa počíta ako podiel $\text{Cost} = (100 \text{ Mbps}) / (\text{bandwidth v Mbps})$
- Evidentne, nevyhovuje pre súčasné linky rýchlejšie ako 100 Mbps

```
RouterA(config-router) #
```

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

- Týmto príkazom sa nastavuje referenčná rýchlosť v rozmedzí od 1 do 4 294 967 Mbps
- Všetky smerovače musia používať rovnakú referenčnú metriku !!
- Referenčná rýchlosť sa v paketoch neprenáša

```
RouterA(config-if) #
```

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

- Ručné definovanie ceny linky. Platný rozsah hodnôt je od 1 do 65 535
- Môžeme modifikovať aj príkazom **bandwidth**, použije sa 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
 1. 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 posielané 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: O E2
 - Router, na ktorom je tento príkaz zadáný, 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

default-information originate

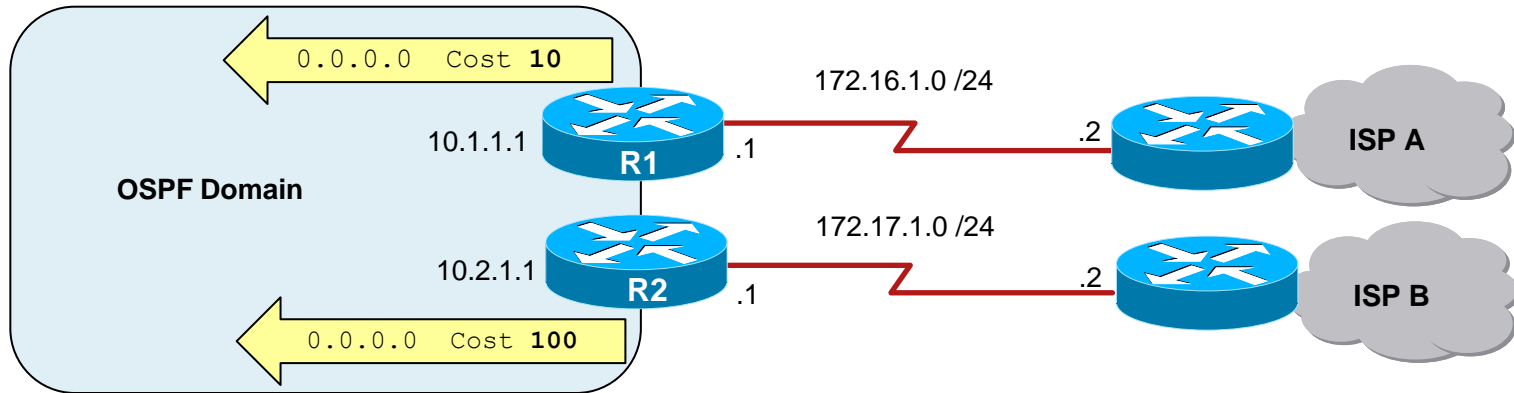
- Rozposielanie externej default cesty do OSPF.

```
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.

default-information originate



```
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# network 10.1.1.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)# default-information originate metric 10
R1(config-router)# exit
R1(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.16.1.2
R1(config)#
```

```
R2(config)# router ospf 1
R2(config-router)# network 10.2.1.1 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)# default-information originate metric 100
R2(config-router)# exit
R2(config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 172.17.1.2
R2(config)#
```

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
```



Overenie OSPF



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

Informácie o smerovacích procesoch spustených na smerovači.

```
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:
```

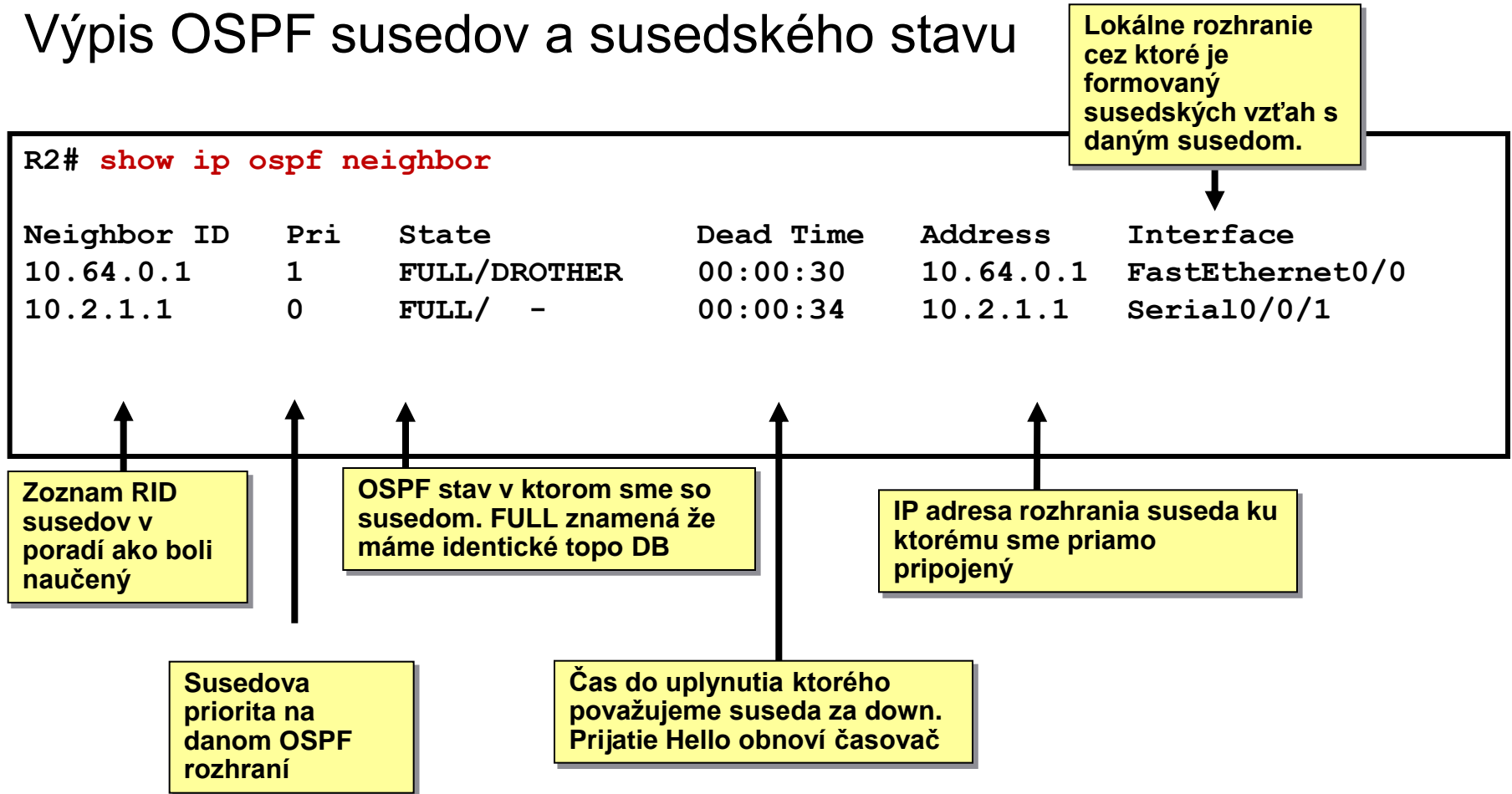
```
    10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
```

```
  Reference bandwidth unit is 100 mbps
```

```
<output omitted>
```


show ip ospf neighbors

Výpis OSPF susedov a susedského stavu



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 neighbor detail

```
R2# show ip ospf neighbor detail
```

```
Neighbor 10.64.0.1, interface address 10.64.0.1
```

```
  In the area 0 via interface FastEthernet0/0
```

```
  Neighbor priority is 0, State is FULL, 16 state changes
```

```
  DR is 10.64.0.2 BDR is 0.0.0.0
```

```
  Options is 0x52
```

```
  LLS Options is 0x1 (LR)
```

```
  Dead timer due in 00:00:35
```

```
  Neighbor is up for 00:07:14
```

```
  Index 2/2, retransmission queue length 0, number of retransmission 0
```

```
  First 0x0(0)/0x0(0) Next 0x0(0)/0x0(0)
```

```
  Last retransmission scan length is 0, maximum is 0
```

```
  Last retransmission scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
```

```
Neighbor 10.2.1.1, interface address 10.2.1.1
```

```
  In the area 1 via interface Serial0/0/1
```

```
  Neighbor priority is 0, State is FULL, 6 state changes
```

```
  DR is 0.0.0.0 BDR is 0.0.0.0
```

```
  Options is 0x52
```

```
  LLS Options is 0x1 (LR)
```

```
  Dead timer due in 00:00:39
```

```
  Neighbor is up for 00:01:50
```

```
  Index 1/1, retransmission queue length 0, number of retransmission 1
```

```
  First 0x0(0)/0x0(0) Next 0x0(0)/0x0(0)
```

```
  Last retransmission scan length is 1, maximum is 1
```

```
  Last retransmission scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
```

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#
```

Vymazanie OSPF smerovacej tabuľky

- Vymazanie všetkých ciest:

```
Router# clear ip route *
```

- Vymazanie špecifickej cesty:

```
Router# clear ip route A.B.C.D
```

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
```


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)
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

```

Diagnostika OSPF – debug ip ospf packet

```
R1# debug ip ospf packet
OSPF packet debugging is on
R1#
*Apr 16 11:03:51.206: OSPF: rcv. v:2 t:1 l:48 rid:10.0.0.12
aid:0.0.0.1 chk:D882 aut:0 auk: from Serial0/0/0.2
```

- v: Identifies the version of OSPF; OSPFv2 in this example.
- t: Specifies the OSPF packet type:
 - 1—Hello
 - 2—DBD
 - 3—LSR
 - 4—LSU
 - 5—LSAck
 - This example has a Type 1 packet, a hello packet.
- l: Specifies the OSPF packet length in bytes; 48 in this example.
- rid: Displays the OSPF router ID; 10.0.0.12 in this example.
- aid: Shows the OSPF area ID; 0.0.0.1 in this example.
- chk: Displays the OSPF checksum; D882 in this example.
- aut: Provides the OSPF authentication type:
 - 0—No authentication
 - 1—Simple password
 - 2—MD5
 - No authentication is used in this example.
- auk: Specifies the OSPF authentication key, if used. It is not used in this example.
- keyid: Displays the MD5 key ID; only used for MD5 authentication. It is not used in this example.
- seq: Provides the sequence number; only used for MD5 authentication. It is not used in this example.
- from: Interface from which this packet was received, S0/0/0.2 in this example.

Autentifikácia v OSPF



Konfigurácia tzv. Simple Password Authentication (plaintext)

Router(config-if) #

```
ip ospf authentication-key password
```

- Na rozhraní nastaví heslo pre plaintext

Router(config-router) #

```
area area-id authentication
```

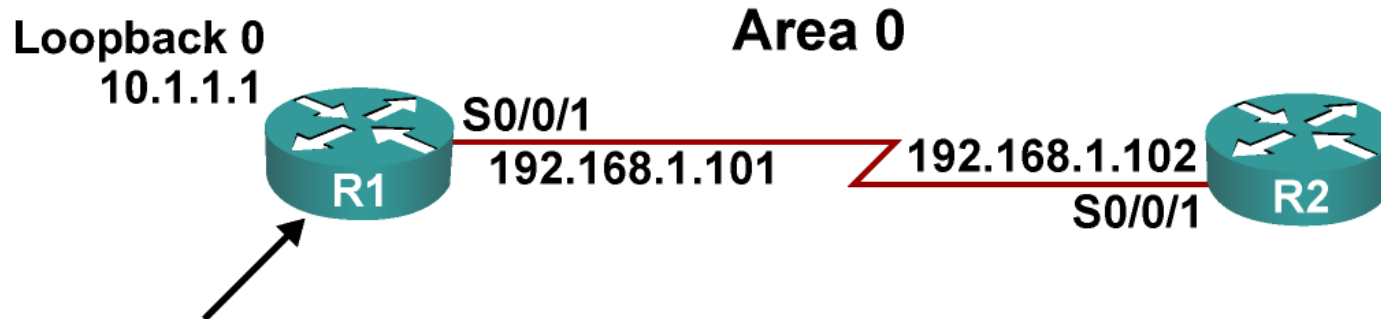
- Definuje druh autentifikácie pre oblasť (v tomto prípade plaintext)

Router(config-if) #

```
ip ospf authentication [null]
```

- Prepíše druh autentifikácie na konkrétnom rozhraní
 - bez argumentu aktivuje plaintext,
 - argument **null** deaktivuje autentifikáciu

Príklad konfigurácie plaintext autentifikácie



```
<output omitted>
interface Loopback0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0

<output omitted>
interface Serial0/0/1
 ip address 192.168.1.101 255.255.255.224
 ip ospf authentication
 ip ospf authentication-key plainpas

<output omitted>
router ospf 10
 log-adjacency-changes
 network 10.1.1.1 0.0.0.0 area 0
 network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```

314P_076

Diagnostika problémov pri Simple Password

- Simple authentication on R1, no authentication on R2:

```
R1# debug ip ospf adj
...
...
*Feb 17 18:51:31.242: OSPF: Rcv pkt from 192.168.1.102,
Serial0/0/1 : Mismatch Authentication type. Input packet specified
type 0, we use type 1

R2#
*Feb 17 18:50:43.046: OSPF: Rcv pkt from 192.168.1.101,
Serial0/0/1 : Mismatch Authentication type. Input packet specified
type 1, we use type 0
```

- Type 0 = Null
- Type 1 = Simple password
- Type 2 = MD5 password

Konfigurácia MD5 autentifikácie

Router(config-if) #

```
ip ospf message-digest-key key-id md5 key
```

- Vytvorí kľúč so zadaným ID a heslom
 - Kľúče susedov sa musia zhodovať v ID i hesle
 - Ak je na rozhraní kľúčov viac, pre odosielanie sa používa naposledy pridaný (alebo všetky, ak sú na segmente routery s rôznymi kľúčmi), pre prijatie sa akceptuje ktorýkoľvek

Router(config-router) #

```
area area-id authentication message-digest
```

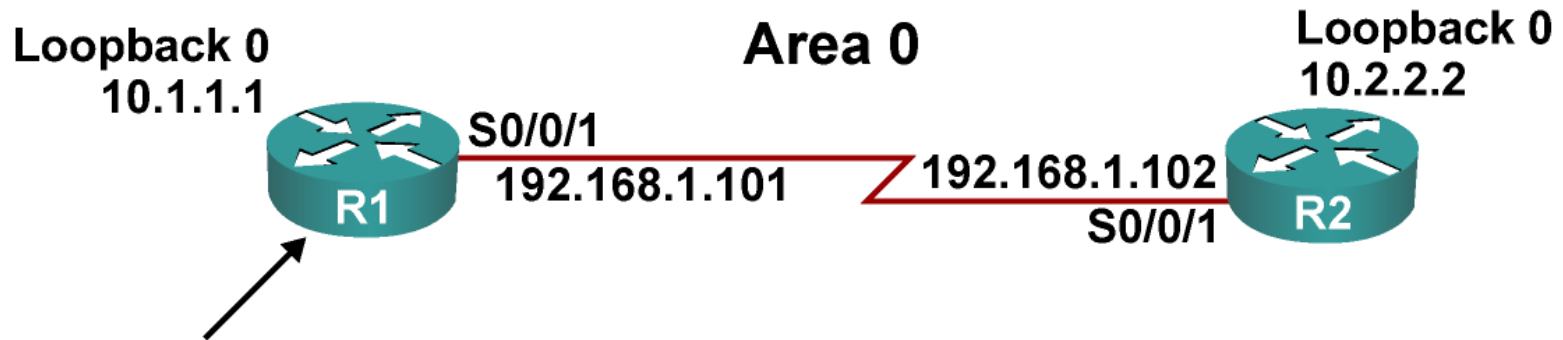
- Definuje druh autentifikácie pre oblasť (v tomto prípade MD5)

Router(config-if) #

```
ip ospf authentication {message-digest | null}
```

- Prepíše druh autentifikácie na konkrétnom rozhraní
 - argument **message-digest** aktivuje MD5
 - argument **null** deaktivuje autentifikáciu

Príklad konfigurácie MD5 autentifikácie



```
<output omitted>
interface Loopback0
 ip address 10.1.1.1 255.255.255.0

<output omitted>
interface Serial0/0/1
 ip address 192.168.1.101 255.255.255.224
 ip ospf authentication message-digest
 ip ospf message-digest-key 1 md5 secretpass

<output omitted>
router ospf 10
 log-adjacency-changes
 network 10.1.1.1 0.0.0.0 area 0
 network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```


LSA a ich typy



Číslovanie LSA

- Každý LSA v LSDB má vlastné sekvenčné číslo veľké 4B
- LSA s vyšším sekvenčným číslom sa považuje za novšie
- Číslovanie ľubovoľného LSA začína od konštanty 0x80000001 a končí hodnotou 0x7FFFFFFF
 - Hodnota 0x80000000 je vyhradená a nepoužitá.
- OSPF router každých 30 minút všetky vlastné LSA rozpošle znovu (*LSRefreshTime*)
 - pričom inkrementuje ich sekvenčné číslo o 1
- Po istom čase sekvenčné číslo dosiahne hodnotu 0x7FFFFFFF
 - Ďalšie inkrementovanie by viedlo na hodnotu 0x80000000
 - Pri pokuse inkrementovať hodnotu sekvenčného čísla nad hodnotu 0x7FFFFFFF sa dané LSA nechá expirovať (rozpošle sa do siete s vekom 60 minút)
 - čím bude z topologických databáz odstránené
 - Následne sa začne toto LSA posilať znovu s číslom 0x80000001

OSPF – Link-State Database

- Příkaz **show ip ospf database** zobrazí obsah LSDB smerovača
- Vzor výpisu je znázornený na obrázku (LSA1)

```
RTC# show ip ospf database
```

```
OSPF Router with ID (192.168.1.253) (Process ID 3)
```

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
192.168.1.249	192.168.1.249	1705	0x80000005	0x00D5B0	5
192.168.1.253	192.168.1.253	1578	0x80000006	0x009F91	5

Vek a sekvenčné číslo LSA položiek

- Vek týchto položiek v LSDB sa blíži 1800 sekundám.
- Po nadobudnutí veku 1800 sekúnd ich smerovače vygenerujú znovu.

```
RTC# show ip ospf database
```

```
OSPF Router with ID (192.168.1.253) (Process ID 3)
```

```
Router Link States (Area 0)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
192.168.1.249	192.168.1.249	1799	0x80000005	0x00D5B0	5
192.168.1.253	192.168.1.253	1578	0x80000006	0x009F91	5

- O niekoľko minút bude stav LSA v LSDB vyzerat' podľa tejto tabuľky. Vzrástlo sekvenčné číslo a obnovil sa vek.

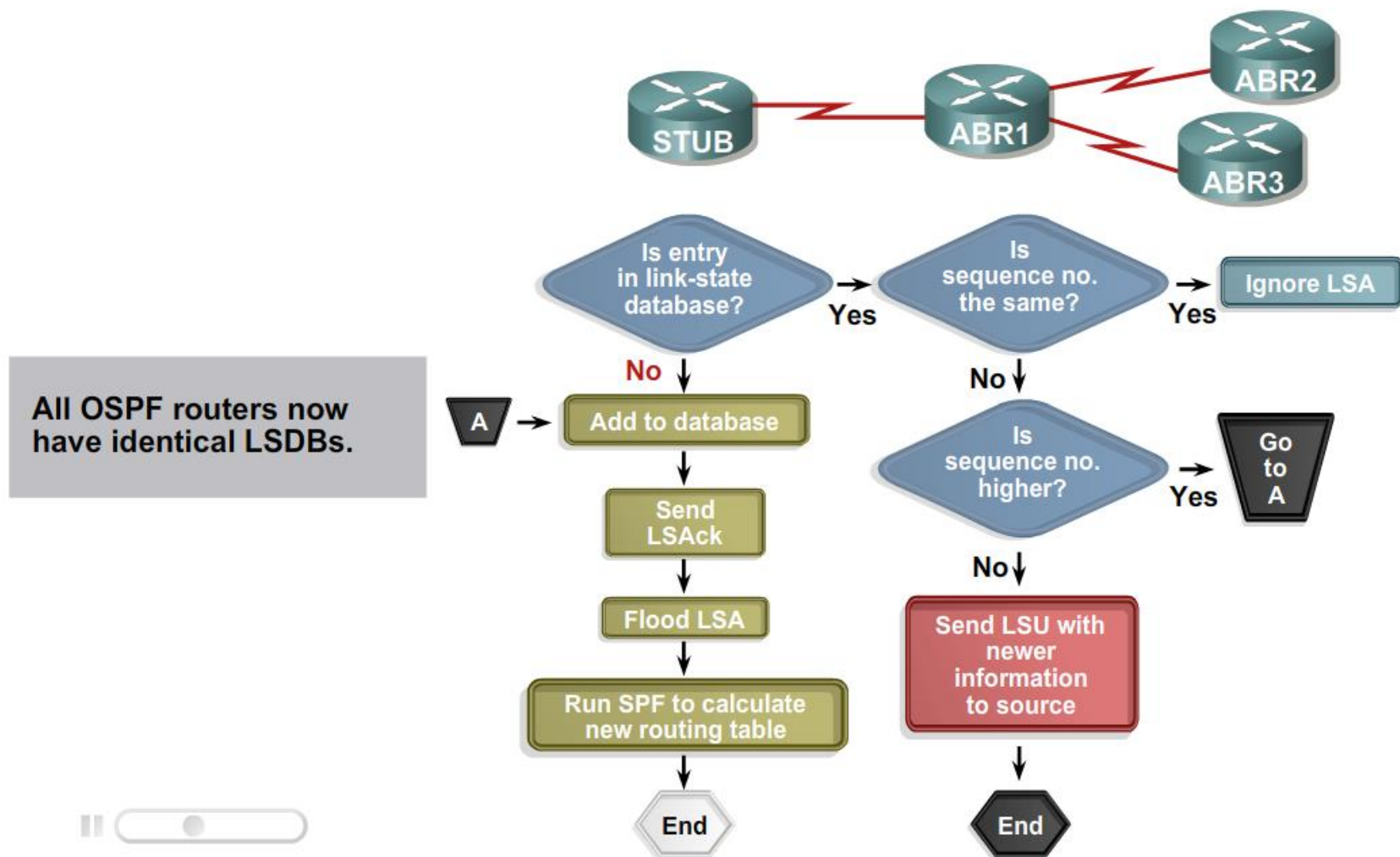
```
RTC# show ip ospf database
```

```
OSPF Router with ID (192.168.1.253) (Process ID 3)
```

```
Router Link States (Area 0)
```

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
192.168.1.249	192.168.1.249	1	0x80000006	0x00D3B1	5
192.168.1.253	192.168.1.253	1580	0x80000006	0x009D92	5

Operácie pri spracovaní LSA



Typy Link State Advertisement (LSA) štruktúr

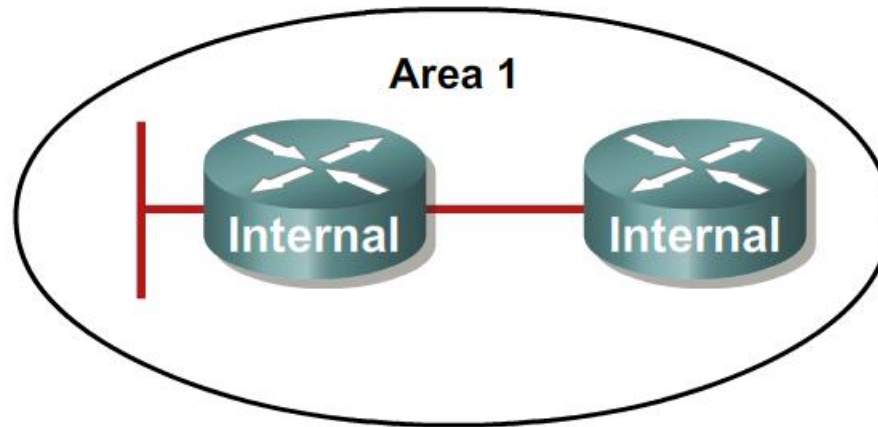
- LSA sú základné stavebné bloky LSDB
 - Individuálne LSA tvoria záznamy v LSDB
 - Spolu tvoria topologickú DB

LSA Type	Description
1	Router LSAs
2	Network LSAs
3 or 4	Summary LSAs
5	Autonomous System External LSAs
6	Multicast OSPF LSAs
7	Defined for Not-So-Stubby Areas
8	External Attributes LSA for Border Gateway Protocol (BGP)
9, 10, 11	Opaque LSAs

Základné údaje v LSA

- Každé LSA obsahuje hlavičku s nasledujúcimi údajmi
 - **Link State Age**: Vek LSA v sekundách
 - **Options**: Bitové príznaky pre rozšírené možnosti OSPF
 - **Link State Type**: Typ LSA
 - **Link State ID (LSID)**: 4B číslo, ktoré jednoznačne identifikuje toto LSA v databáze
 - **Advertising Router**: RID routera, ktorý vygeneroval dané LSA
 - **LS Sequence Number**: Sekvenčné číslo LSA
 - **LS Checksum, Length**: Kontrolný súčet a veľkosť LSA

LSA Type 1: Router LSA



Internal routers within an area flood Type 1 router LSAs.



- Každý router v oblasti sám za seba vygeneruje jedno LSA1
 - LSA1 obsahuje zoznam rozhraní smerovača s ich popisom (`sh ip ospf database router self-originate`)
- LSA1 sa rozposiela do celej oblasti, neprechádza však cez ABR do iných oblastí
- **Link State ID**: RID routera, ktorý LSA1 vygeneroval
- LSA1 obsahuje jedno alebo viac polí Link ID (LID) , ktoré indikujú, k čomu je daný router pripojený a akým spôsobom
 - LID ukazuje na LSID ďalšieho objektu, s ktorým je router spojený
 - + Link Data
- Smerovacia položka = 0

Typy spojení v LSA Type 1

Link Type	Popis	Link ID	Link Data
1	Point-to-point spojenie so susedným smerovačom	RID susedného routera	IP rozhrania
2	Rozhranie do tranzitnej siete	IP adresa DR v danej sieti	IP rozhrania
3	Rozhranie do stub siete	IP adresa/subnet numb.	Maska
4	Virtual link	RID virtuálne susedného routera	IP rozhrania

LSA Type 1 paket

```
Open Shortest Path First
  OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 88
    Source OSPF Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
    Area ID: 0.0.0.0 (Backbone)
    Packet Checksum: 0xdeb2 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    LS Type: Router-LSA
      LS Age: 1 seconds
      Do Not Age: False
      Options: 0x22 (DC, E)
      Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 10.1.1.2
      Advertising Router: 10.1.1.2 (10.1.1.2)
      LS Sequence Number: 0x80000036
      LS Checksum: 0x31e5
      Length: 60
      Flags: 0x00 ( )
      Number of Links: 3
      Type: Stub ID: 1.1.1.1 Data: 255.255.255.255 Metric: 1
        IP network/subnet number: 1.1.1.1
        Link Data: 255.255.255.255
        Link Type: 3 - Connection to a stub network
        Number of TOS metrics: 0
        TOS 0 metric: 1
      Type: PTP ID: 10.1.1.1 Data: 10.1.1.2 Metric: 64
        Neighboring router's Router ID: 10.1.1.1
        Link Data: 10.1.1.2
        Link Type: 1 - Point-to-point connection to another router
        Number of TOS metrics: 0
        TOS 0 metric: 64
      Type: Stub ID: 10.1.1.0 Data: 255.255.255.0 Metric: 64
        IP network/subnet number: 10.1.1.0
        Link Data: 255.255.255.0
        Link Type: 3 - Connection to a stub network
        Number of TOS metrics: 0
        TOS 0 metric: 64
```

```
R1# show ip ospf database router 10.1.1.2 adv-router
10.1.1.2
```

OSPF Router with ID (10.1.1.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

LS age: 748
Options: (No TOS-capability, DC)
LS Type: Router Links
Link State ID: 10.1.1.2
Advertising Router: 10.1.1.2
LS Seq Number: 80000036
Checksum: 0x31E5
Length: 60
Number of Links: 3

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 1.1.1.1
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 1

Link connected to: another Router (point-to-point)

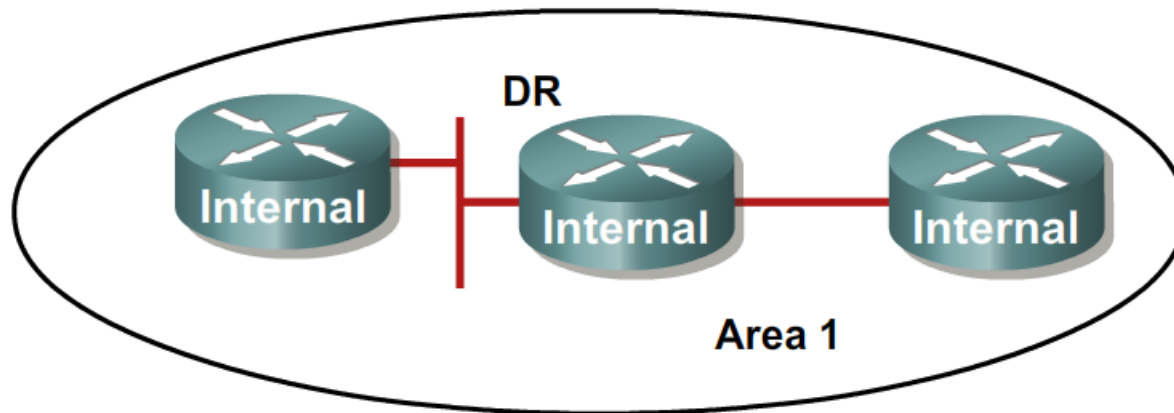
(Link ID) Neighboring Router ID: 10.1.1.1
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.2
Number of TOS metrics: 0
TOS 0 Metrics: 64

Link connected to: a Stub Network

(Link ID) Network/subnet number: 10.1.1.0
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
Number of TOS metrics: 0

Dve LSA za linku (prepoj na suseda) a siet'

LSA Type 2: Network LSA



If the area has a DR, internal routers send Type 1 router LSAs to the DR. The DR then sends a Type 2 network LSA to all other internal routers in the area.

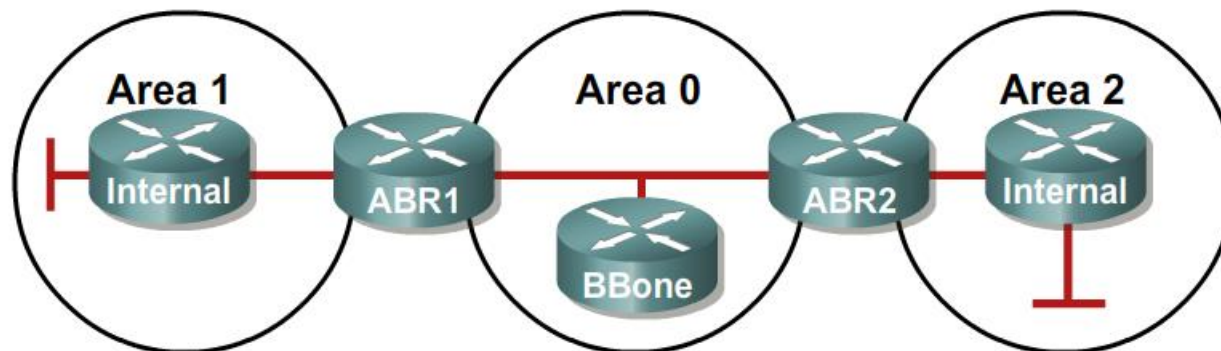


- Generované DR routerom pre každú *tranzitnú multiaccess* sieť
 - Obsahuje zoznam RID všetkých smerovačov pripojených k danej sieti
- LSA2 sa rozposiela do celej oblasti, neprechádza však cez ABR do iných oblastí
- **Link State ID**: IP adresa DR v danej sieti
 - Na toto pole sa odvoláva pole Link ID v LSA1 typu tranzitvšetkých členských routerov
- Smerovacia položka = 0

LSA Type 2 paket

```
Open Shortest Path First
├── OSPF Header
│   ├── OSPF Version: 2
│   ├── Message Type: LS Update (4)
│   ├── Packet Length: 60
│   ├── Source OSPF Router: 5.5.5.5 (5.5.5.5)
│   ├── Area ID: 0.0.0.20
│   ├── Packet Checksum: 0x1462 [correct]
│   ├── Auth Type: Null
│   └── Auth Data (none)
├── LS Update Packet
│   ├── Number of LSAs: 1
│   └── LS Type: Network-LSA
│       ├── LS Age: 3600 seconds
│       ├── Do Not Age: False
│       └── Options: 0x22 (DC, E)
│           ├── 0... .... = DN: DN-bit is NOT set
│           ├── .0.. .... = O: O-bit is NOT set
│           ├── ..1. .... = DC: Demand Circuits are supported
│           ├── ...0 .... = L: The packet does NOT contain LLS data block
│           ├── .... 0... = NP: NSSA is NOT supported
│           ├── .... .0.. = MC: NOT Multicast Capable
│           ├── .... ..1. = E: External Routing Capability
│           └── .... ...0 = MT: NO Multi-Topology Routing
│           Link-State Advertisement Type: Network-LSA (2)
│           Link State ID: 10.0.20.2
│           Advertising Router: 5.5.5.5 (5.5.5.5)
│           LS Sequence Number: 0x80000002
│           LS Checksum: 0xf4ee
│           Length: 32
│           Netmask: 255.255.255.252
│           Attached Router: 5.5.5.5
│           Attached Router: 4.4.4.4
```

LSA Type 3: Summary LSA (IP network)



An ABR converts Type 1 router LSAs into a Type 3 summary LSA. Type 3 summary LSAs are flooded throughout the backbone. Other ABRs in the backbone will then send the Type 3 summary LSA into other standard areas.

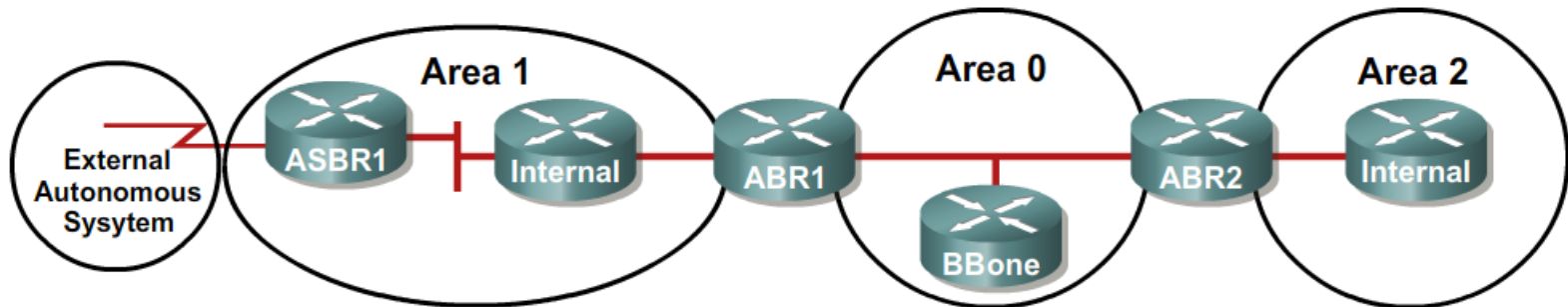


- LSA3 generuje ABR za príslušnú oblasť do iných oblastí
 - LSA3 obsahujú (potenciálne sumarizovaný) zoznam IP sietí v danej oblasti, avšak bez dodatočnej topologickej informácie (efektívne distance-vector)
 - Bez sumarizácie LSA3 obsahujú jednoducho zoznam IP sietí v danej oblasti
 - By default sa nerobí sumarizácia, je ju potrebné nastaviť konfiguračne
 - Pre oznámenú každú sieť sa generuje jedno LSA3
- LSA3 sa za normálnych okolností rozposielajú do celého autonómneho systému, teda do všetkých oblastí
- **Link State ID**: IP adresa samotnej ohlasovanej podsiete, maska + cost je obsiahnutý v ďalšom poli správy
- Smerovacia položka = **O IA**

LSA Type 3 paket

- [-] Open Shortest Path First
 - [-] OSPF Header
 - OSPF Version: 2
 - Message Type: LS Update (4)
 - Packet Length: 400
 - Source OSPF Router: 4.4.4.4 (4.4.4.4)
 - Area ID: 0.0.0.20
 - Packet Checksum: 0xd794 [correct]
 - Auth Type: Null
 - Auth Data (none)
 - [-] LS Update Packet
 - Number of LSAs: 11
 - [+] LS Type: Router-LSA
 - [+] LS Type: Router-LSA
 - [+] LS Type: Network-LSA
 - [-] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - LS Age: 11 seconds
 - Do Not Age: False
 - [+] Options: 0x22 (DC, E)
 - Link-State Advertisement Type: Summary-LSA (IP network) (3)
 - Link state ID: 192.168.10.0
 - Advertising Router: 4.4.4.4 (4.4.4.4)
 - LS Sequence Number: 0x80000001
 - LS Checksum: 0x1e7d
 - Length: 28
 - Netmask: 255.255.255.0
 - Metric: 30
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)

LSA Type 4: Summary LSA (ASBR)



A Type 4 summary LSA is generated by an ABR only when an ASBR exists within an area. The ASBR sends a type 1 router LSA with a bit (known as the external bit [e bit]) that is set to identify itself as an ASBR. When the ABR receives this type 1 LSA, it builds a type 4 LSA and floods it to the backbone, area 0. Subsequent ABRs regenerate a type 4 LSA to flood into their areas.



- LSA4 generuje ABR za príslušnú oblasť
 - V LSA4 sa prenáša informácia o existencii (ak existuje) ASBR v danej oblasti
- LSA4 sa za normálnych okolností rozposielajú do celého autonómneho systému, teda do všetkých oblastí
- **Link-state ID:** RID príslušného ASBR

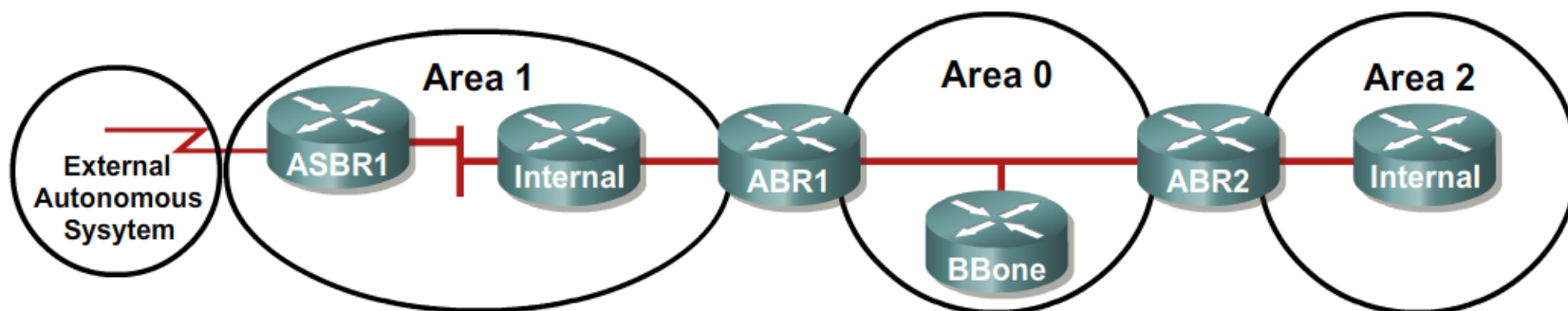
LSA Type 1 s E bitom (ASBR)

```
[-] Open Shortest Path First
  [+] OSPF Header
  [-] LS Update Packet
    Number of LSAs: 1
    [-] LS Type: Router-LSA
      LS Age: 1 seconds
      Do Not Age: False
      [-] Options: 0x22 (DC, E)
        0... .... = DN: DN-bit is NOT set
        .0.. .... = O: O-bit is NOT set
        ..1. .... = DC: Demand Circuits are supported
        ...0 .... = L: The packet does NOT contain LLS data block
        .... 0... = NP: NSSA is NOT supported
        .... .0.. = MC: NOT Multicast Capable
        .... ..1. = E: External Routing Capability
        .... ...0 = MT: NO Multi-Topology Routing
      Link-State Advertisement Type: Router-LSA (1)
      Link State ID: 5.5.5.5
      Advertising Router: 5.5.5.5 (5.5.5.5)
      LS Sequence Number: 0x80000005
      LS Checksum: 0x0a40
      Length: 48
      [+] Flags: 0x00
        Number of Links: 2
        [+] Type: Stub      ID: 192.168.20.0      Data: 255.255.255.0      Metric: 10
        [+] Type: Stub      ID: 10.0.20.0        Data: 255.255.255.252   Metric: 10
```


LSA Type 4 paket

- [-] Open Shortest Path First
 - [-] OSPF Header
 - OSPF Version: 2
 - Message Type: LS Update (4)
 - Packet Length: 400
 - Source OSPF Router: 4.4.4.4 (4.4.4.4)
 - Area ID: 0.0.0.20
 - Packet Checksum: 0xd794 [correct]
 - Auth Type: Null
 - Auth Data (none)
 - [-] LS Update Packet
 - Number of LSAs: 11
 - [+] LS Type: Router-LSA
 - [+] LS Type: Router-LSA
 - [+] LS Type: Network-LSA
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - [-] LS Type: Summary-LSA (ASBR)
 - LS Age: 11 seconds
 - Do Not Age: False
 - [+] Options: 0x22 (DC, E)
 - Link-State Advertisement Type: Summary-LSA (ASBR) (4)
 - Link State ID: 5.5.5.5
 - Advertising Router: 4.4.4.4 (4.4.4.4)
 - LS Sequence Number: 0x80000001
 - LS Checksum: 0x6fa0
 - Length: 28
 - Netmask: 0.0.0.0
 - Metric: 20

LSA Type 5: External LSA



Type 5 external LSAs describe routes to networks outside the OSPF AS.
Type 5 LSAs are originated by the ASBR and are flooded to the entire AS.



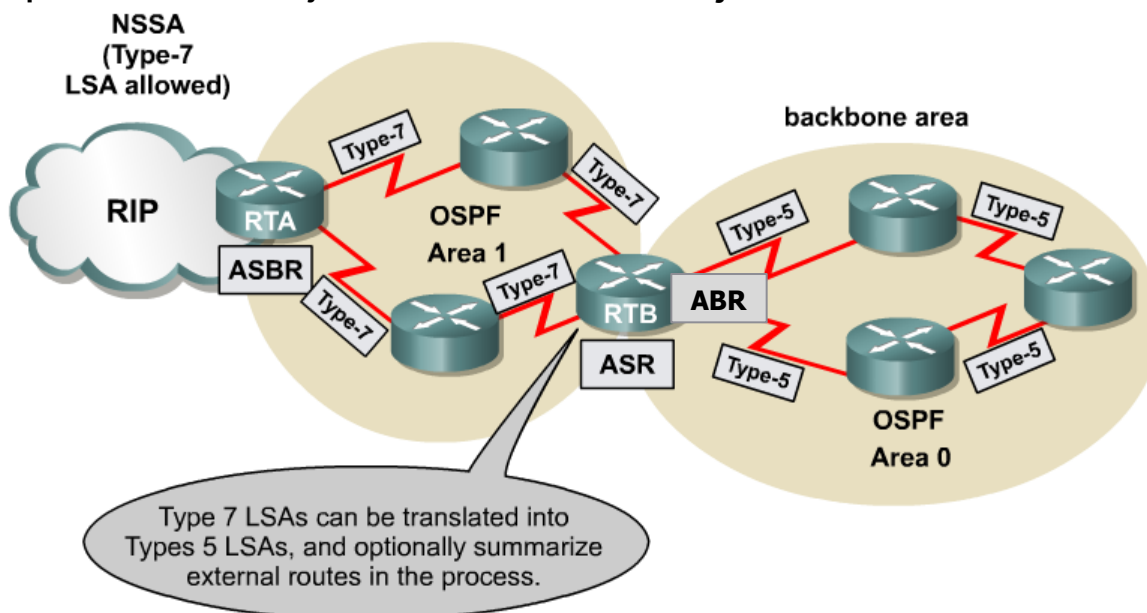
- LSA5 generuje ASBR
 - V LSA5 sa prenášajú informácie o vonkajších sieťach, t.j. sieťach mimo nášho autonómneho systému
 - Pre každú externú sieť sa generuje jedno LSA5
- **Link State ID**: IP adresa vonkajšej siete
- By default sa nerobí sumarizácia
 - Jej implementácia je na zváženie, je ju potrebné nastaviť konfiguračne
- Smerovacia položka = **O E1** or **O E2** tzv. metric-type

LSA Type 5 paket

```
[-] Open Shortest Path First
  [-] OSPF Header
    OSPF Version: 2
    Message Type: LS Update (4)
    Packet Length: 400
    Source OSPF Router: 4.4.4.4 (4.4.4.4)
    Area ID: 0.0.0.20
    Packet Checksum: 0xd794 [correct]
    Auth Type: Null
    Auth Data (none)
  [-] LS Update Packet
    Number of LSAs: 11
    [+ LS Type: Router-LSA
    [+ LS Type: Router-LSA
    [+ LS Type: Network-LSA
    [+ LS Type: Summary-LSA (IP network)
    [+ LS Type: Summary-LSA (IP network)
    [+ LS Type: Summary-LSA (IP network)
    [+ LS Type: Summary-LSA (ASBR)
    [-] LS Type: AS-External-LSA (ASBR)
      LS Age: 197 seconds
      Do Not Age: False
      [+ options: 0x20 (DC)
      Link-State Advertisement Type: AS-External-LSA (ASBR) (5)
      Link State ID: 172.16.3.0
      Advertising Router: 2.2.2.2 (2.2.2.2)
      LS Sequence Number: 0x80000001
      LS Checksum: 0x2860
      Length: 36
      Netmask: 255.255.255.0
      External Type: Type 2 (metric is larger than any other link state path)
      Metric: 100
      Forwarding Address: 0.0.0.0
      External Route Tag: 0
```

LSA Type 7: NSSA LSA

- LSA 7 je generované ASBR vo vnútri Not-so-stubby oblasti (NSSA)
 - Popisuje cesty redistribuované do NSSA
 - Pri opustení NSSA oblasti je prekladané do LSA 5
 - Formát majú veľmi identický.
 - **Link-state ID**: IP adresa ohlasovanej externej siete
 - By default sa nerobí sumarizácia
 - Jej implementácia je na zváženie, je ju potrebné nastaviť konfiguračne
 - Smerovacia položka = **O N1** or **O N2**
 - Ako pri LSA 5, N2 je statická cena, N1 je kumulatívna



LSA Type 7 paket

- [-] Open Shortest Path First
 - [-] OSPF Header
 - OSPF Version: 2
 - Message Type: LS Update (4)
 - Packet Length: 372
 - Source OSPF Router: 2.2.2.2 (2.2.2.2)
 - Area ID: 0.0.0.10
 - Packet Checksum: 0x5832 [correct]
 - Auth Type: Null
 - Auth Data (none)
 - [-] LS Update Packet
 - Number of LSAs: 10
 - [+] LS Type: Router-LSA
 - [+] LS Type: Router-LSA
 - [+] LS Type: Network-LSA
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - [+] LS Type: Summary-LSA (IP network)
 - [-] LS Type: NSSA AS-External-LSA
 - LS Age: 102 seconds
 - Do Not Age: False
 - [+] Options: 0x28 (DC, NP)
 - Link-State Advertisement Type: NSSA AS-External-LSA (7)
 - Link State ID: 172.16.3.0
 - Advertising Router: 2.2.2.2 (2.2.2.2)
 - LS Sequence Number: 0x80000001
 - LS Checksum: 0x54b5
 - Length: 36
 - Netmask: 255.255.255.0
 - External Type: Type 2 (metric is larger than any other link state path)
 - Metric: 100
 - Forwarding Address: 192.168.10.1
 - External Route Tag: 0
 - [+] LS Type: NSSA AS-External-LSA

Zhrnutie typov LSA

- LSA1 (Router LSA)
 - **Smerovač**
 - Jeho point-to-point linky k susedným smerovačom (odkazy na LSA1)
 - Jeho rozhrania do multiaccess (tzv. tranzitných) sietí (odkazy na LSA2)
 - Jeho stub siete (siete bez ďalšieho smerovača – netranzitné)
- LSA2 (Network LSA)
 - **Multiaccess sieť**
 - Jej spojenie so všetkými členskými routermi (odkazy na LSA1)
 - LSA1 a LSA2 spolu vytvárajú detailnú topologickú mapu oblasti
- LSA3 (Network Summary LSA)
 - **IP adresy sietí v iných oblastiach** (môžu byť sumarizované)
 - Spätný odkaz na LSA1 ABR routera pomocou poľa Advertising Router
- LSA4 (ASBR Summary LSA)
 - **Existencia ASBR smerovačov v iných oblastiach**
 - Spätný odkaz na LSA1 ABR routera pomocou poľa Advertising Router
- LSA5 (AS External LSA)
 - **Externé IP siete** za ASBR smerovačmi
 - Spätný odkaz na LSA1/LSA4 ASBR routera pomocou poľa Advertising Router

Interpretácia OSPF LSDB a OSPF smerovacieho procesu



Obsah OSPF databázy – význam stĺpcov

```
RouterA# show ip ospf database
```

```
OSPF Router with ID (10.0.0.11) (Process ID 1)
```

Router Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum	Link count
10.0.0.11	10.0.0.11	548	0x80000002	0x00401A	1
10.0.0.12	10.0.0.12	549	0x80000004	0x003A1B	1
100.100.100.100	100.100.100.100	548	0x800002D7	0x00EEA9	2

Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
172.31.1.3	100.100.100.100	549	0x80000001	0x004EC9

Summary Net Link States (Area 0)

Link ID	ADV Router	Age	Seq#	Checksum
10.1.0.0	10.0.0.11	654	0x80000001	0x00FB11
10.1.0.0	10.0.0.12	601	0x80000001	0x00F516

```
<output omitted>
```

**Pozor, stĺpec sa volá Link ID,
ale v skutočnosti zobrazuje Link State ID**

Show ip ospf database router (LSA1)

```
R1# show ip ospf database router 10.1.1.2 adv-router 10.1.1.2
```

```
OSPF Router with ID (10.1.1.2) (Process ID 1)
```

```
Router Link States (Area 0)
```

```
LS age: 748
```

```
Options: (No TOS-capability, DC)
```

```
LS Type: Router Links
```

```
Link State ID: 10.1.1.2
```

```
Advertising Router: 10.1.1.2
```

```
LS Seq Number: 80000036
```

```
Checksum: 0x31E5
```

```
Length: 60
```

```
Number of Links: 3
```

```
Link connected to: a Stub Network
```

```
(Link ID) Network/subnet number: 1.1.1.1
```

```
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.255
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

```
TOS 0 Metrics: 1
```

```
Link connected to: another Router (point-to-point)
```

```
(Link ID) Neighboring Router ID: 10.1.1.1
```

```
(Link Data) Router Interface address: 10.1.1.2
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

```
TOS 0 Metrics: 64
```

```
Link connected to: a Stub Network
```

```
(Link ID) Network/subnet number: 10.1.1.0
```

```
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.0
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

Show ip ospf database router self-originate

```
R2# show ip ospf database router self-originate
```

```
OSPF Router with ID (172.16.1.2) (Process ID 100)
```

```
Router Link States (Area 0)
```

```
LS age: 482
```

```
Options: (No TOS-capability, DC)
```

```
LS Type: Router Links
```

```
Link State ID: 172.16.1.2
```

```
Advertising Router: 172.16.1.2
```

```
LS Seq Number: 80000005
```

```
Checksum: 0x445E
```

```
Length: 48
```

```
Number of Links: 2
```

```
Link connected to: another Router (point-to-point)
```

```
(Link ID) Neighboring Router ID: 1.1.1.1
```

```
(Link Data) Router Interface address: 172.16.1.2
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

```
TOS 0 Metrics: 64
```

```
Link connected to: a Stub Network
```

```
(Link ID) Network/subnet number: 172.16.1.0
```

```
(Link Data) Network Mask: 255.255.255.252
```

```
Number of TOS metrics: 0
```

```
TOS 0 Metrics: 64
```

Voľby výpisu OSPF topo DB

- show ip ospf database ?

```
R1# sh ip ospf database ?
adv-router      Advertising Router link states
asbr-summary    ASBR summary link states
database-summary Summary of database
external        External link states
network         Network link states
nssa-external   NSSA External link states
opaque-area     Opaque Area link states
opaque-as       Opaque AS link states
opaque-link     Opaque Link-Local link states
router          Router link states
self-originate  Self-originated link states
summary         Network summary link states
|              Output modifiers
<cr>
```

- Dobré na prezeranie jednotlivých LSA záznamov

Smerovacia tabuľka v OSPF

Route Designator	Description	
O	OSPF intra-area (router LSA) and network LSA	<ul style="list-style-type: none"> • Networks from within the router's area. Advertised by way of router LSAs and network LSAs.
O IA	OSPF interarea (summary LSA)	<ul style="list-style-type: none"> • Networks from outside the router's area but within the OSPF AS. Advertised by way of summary LSAs.
O E1	Type 1 external routes	<ul style="list-style-type: none"> • Networks from outside the router's AS, advertised by way of external LSAs.
O E2	Type 2 external routes	<ul style="list-style-type: none"> • Networks from outside the router's AS, advertised by way of external LSAs.

```

R1# show ip route
<output omitted>
Gateway of last resort is not set
172.31.0.0/24 is subnetted, 2 subnets
O IA 172.31.2.0 [110/1563] via 10.1.1.1, 00:12:35, FastEthernet0/0
O IA 172.31.1.0 [110/782] via 10.1.1.1, 00:12:35, FastEthernet0/0
10.0.0.0/8 is variably subnetted, 6 subnets, 2 masks
C 10.200.200.13/32 is directly connected, Loopback0
C 10.1.3.0/24 is directly connected, Serial0/0/0
O 10.1.2.0/24 [110/782] via 10.1.3.4, 00:12:35, Serial0/0/0
C 10.1.1.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
O 10.1.0.0/24 [110/782] via 10.1.1.1, 00:12:37, FastEthernet0/0
O E2 10.254.0.0/24 [110/50] via 10.1.1.1, 00:12:37, FastEthernet0/0
  
```

Výber najkratšej cesty v OSPF

- Preferencia a kalkulácia ciest
 - O, IA, E1 (N1), E2 (N2)
- **Intra-area cesty**
 - Platí prirodzený princíp najkratšej cesty počítaný z LSDB
 - LSA 1 a 2
- **Inter-area cesty medzi oblast'ami**
 - LSA3 a 4
 - Celková cena cesty je súčet ceny cesty k ABR a ceny cesty od ABR do cieľovej siete v inej oblasti
 - Vyberáme tú cestu, ktorá je v zmysle celkovej ceny najkratšia
 - Ak je takých viac, použijeme všetky
- **External cesty**
 - LSA5
 - Cena sa líši podľa nastavenia na ASBR (Typ 1 a Typ 2)
- **Pozor:**
 - ak má smerovač ne výber do cieľa interarea a intraarea musí použiť interarea
 - Ak má smerovač LSA3 z inej oblasti ako 0 nesmie ju umiestniť do routing table

Výber najkratšej cesty v OSPF

■ Cesty do externých sietí, **Typ 1 (O E1)**

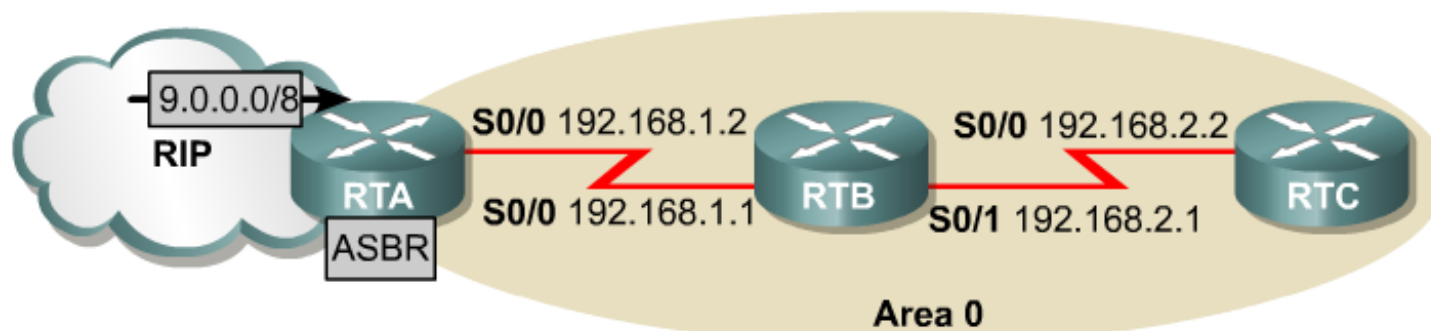
- Celková cena cesty je súčet ceny cesty k ABR, ceny cesty od ABR k ASBR a ceny cesty od ASBR do externej cieľovej siete
- Vyberáme tú cestu, ktorá je v zmysle celkovej ceny najkratšia
- Ak je takých viac, použijeme všetky
- Vhodné do prostredia s viac ASBR

■ Cesty do externých sietí, **Typ 2 (O E2)**

- Celková cena cesty je daná jedine cenou cesty od ASBR do externej cieľovej siete
 - Nezávisí od liniek, ktorými v oblasti prechádza
- Vyberáme tú cestu, ktorá je v zmysle celkovej ceny najkratšia
- Ak je takých viac, vyberáme cestu cez najbližší ASBR
- Ak je takých viac, použijeme všetky
- Vhodné do prostredia s jedným ASBR

E2 Routes

```
RTB#show ip route
<output omitted>
O E2 9.0.0.0/8 [110/20] via 192.168.1.2, 00:00:07, Serial0/0
C   192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/1
```

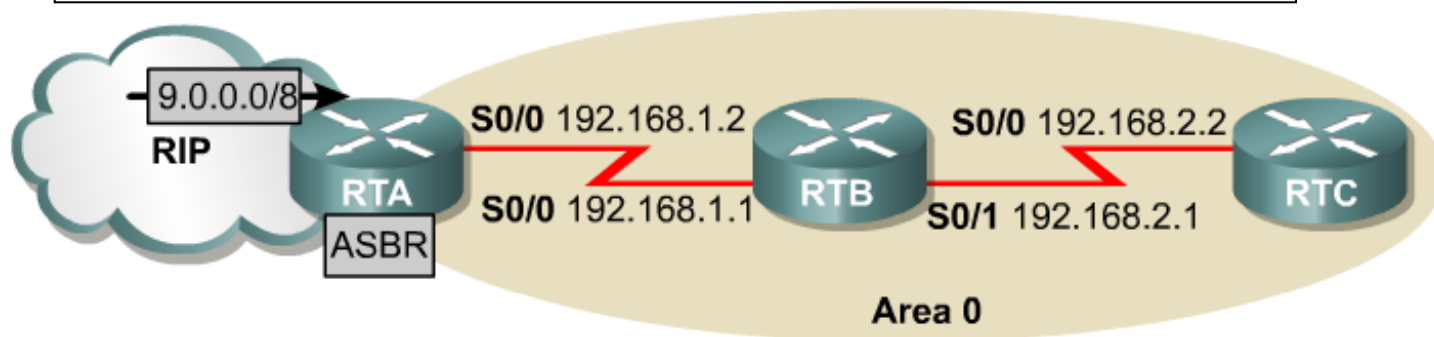


```
RTC#show ip route
<output omitted>
O E2 9.0.0.0/8 [110/20] via 192.168.2.1, 00:00:46, Serial0/0
O   192.168.1.0/24 [110/1171] via 192.168.2.1, 00:03:09, Serial0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0
```

- By default, RTA uses a Type 2 metrics to send external routing information.
- RTB will receive the external RIP routes, including 9.0.0.0/8 from RTA.
- When RTB forwards this route, the metric for the external route remains the same (in this case, 20).

E1 Routes

```
RTB#show ip route
<output omitted>
O E1 9.0.0.0/8 [110/410] via 192.168.1.2, 00:00:05, Serial0/0
C   192.168.1.0/24 is directly connected, Serial0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/1
```



```
RTC#show ip route
<output omitted>
O E1 9.0.0.0/8 [110/1191] via 192.168.2.1, 00:00:47, Serial0/0
O   192.168.1.0/24 [110/1171] via 192.168.2.1, 00:04:50, Serial0/0
C   192.168.2.0/24 is directly connected, Serial0/0
```

- If RTA is configured to use a Type 1 metric with external routes, OSPF will increment the metric value of the external route according to its standard cost algorithm.

Ochrana proti preplneniu LSDB



Parametre príkazu max-lsa

Router (config-router) #

```
max-lsa maximum-number [threshold-percentage] [warning-only] [ignore-time minutes] [ignore-count count-number] [reset-time minutes]
```

Parameter	Description
<i>maximum-number</i>	Maximálny počet cudzích LSA, ktoré si smerovač uloží do svojej LSDB
<i>threshold-percentage</i>	(Nepovinné) Percentáž maximálneho počtu cudzích LSA, pri prekročení ktorej router vygeneruje varovnú hlášku. Štandardne 75 percent.
<i>warning-only</i>	(Nepovinné) Pri prekročení stanoveného maximálneho počtu router len vygeneruje varovanie, avšak nevstúpi do tzv. ignore stavu. Štandardne vypnuté.
ignore-time <i>minutes</i>	(Nepovinné) Udáva interval, počas ktorého bude smerovač ignorovať všetkých susedov, ak je prekročený maximálny počet cudzích LSA. Štandardne 5 minút.
ignore-count <i>count-number</i>	(Nepovinné) Udáva, koľkokrát za sebou smie router prejsť do ignore stavu. Štandardne 5-krát.
reset-time <i>minutes</i>	(Nepovinné) Udáva, po akom čase normálnej prevádzky routera sa vynuluje počítadlo prechodov do ignore stavu. Štandardne 10 minút.

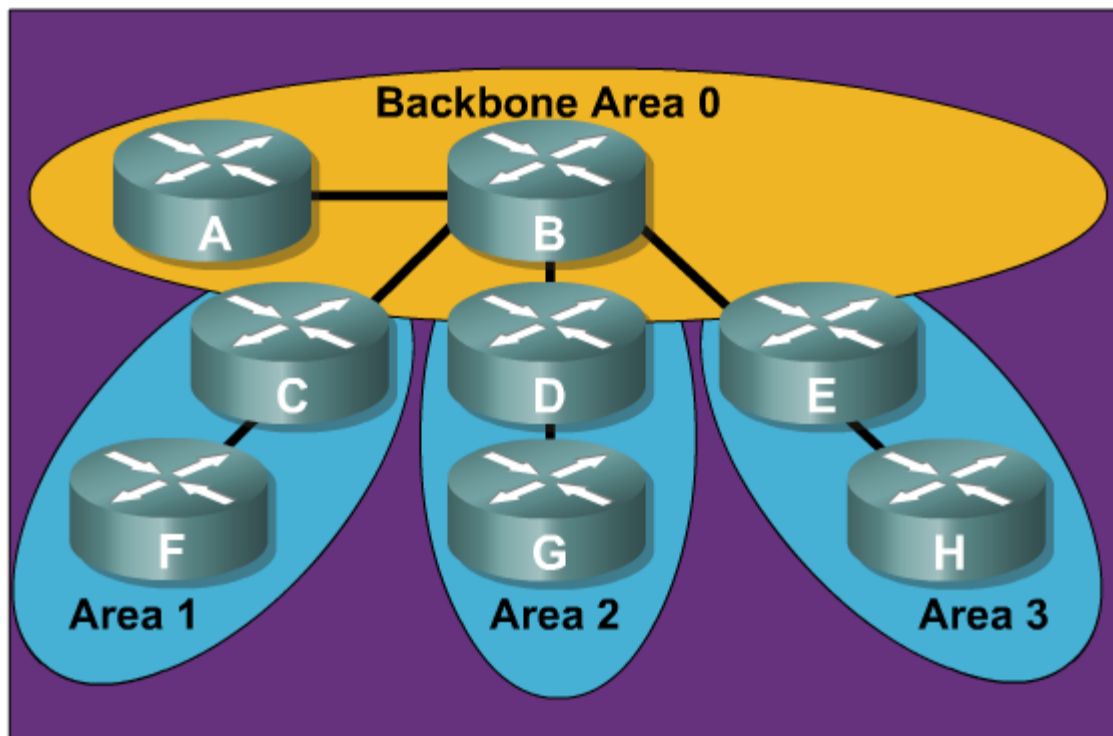
OSPF oblast' (area) a typy OSPF oblastí



Oblasti v OSPF

Význam oblastí v OSPF

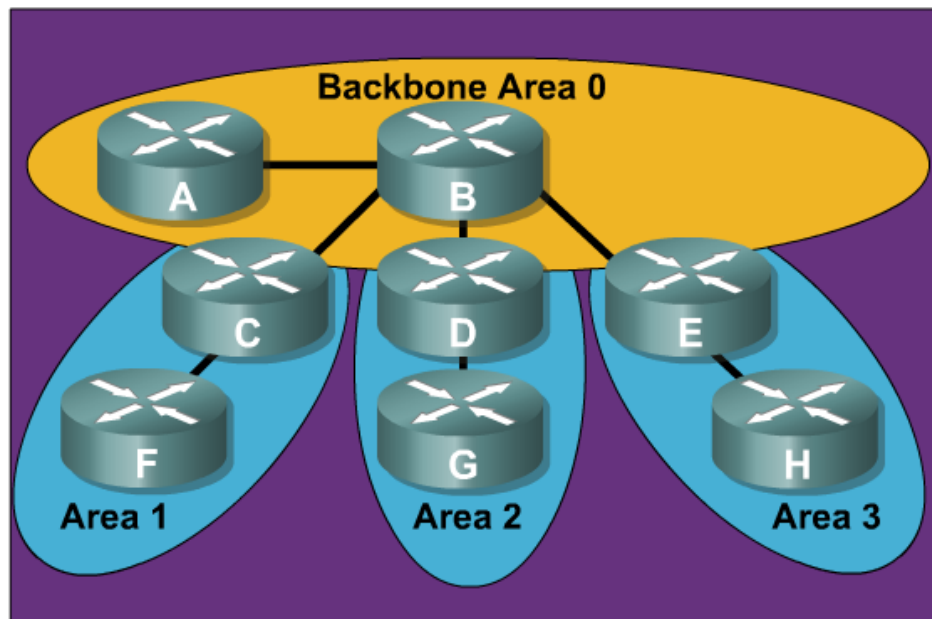
- Zmenšujú počet položiek v smerovacích tabuľkách
- Dôsledky topologickej zmeny sú ohraničené na vnútro oblasti
- Detailné informácie o oblasti sa nešíria za jej hranice
- Použitie oblastí si vyžaduje hierarchický návrh siete



Oblasti v OSPF

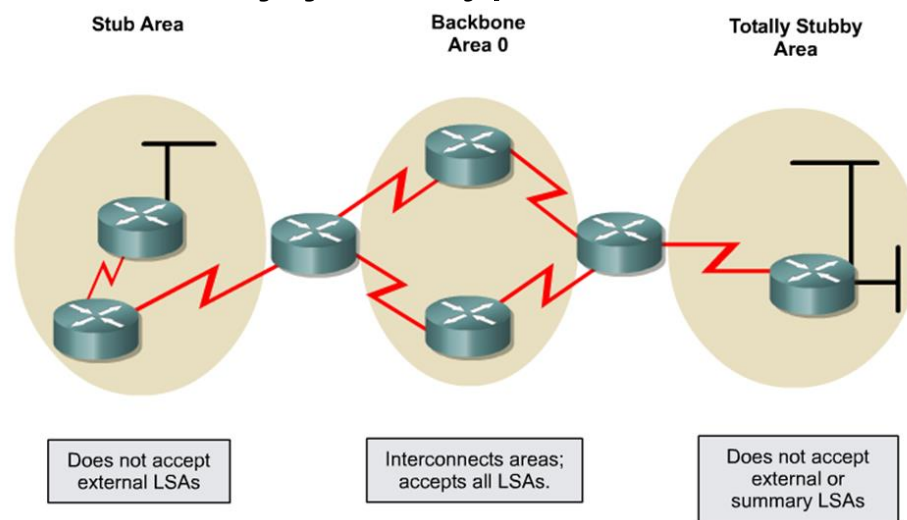
Nová terminológia:

- Backbone Area
 - Chrbticová oblasť, musí mať číslo 0
 - Tzv. Tranzitná oblasť
- Regular Area (regulárna oblasť)
 - Takisto známe ako nechrbticové (nonbackbone) oblasti
 - Všetky musia byť priamo pripojené na Backbone area
- Odporúčania
 - Area nie viac ako 50 smerovačov
 - Jeden smerovač v nie viac ako 3 oblastiach



Oblasti v OSPF

- Nie vždy je potrebné, aby oblasť mala zoznam všetkých sietí
 - Siete z iných oblastí
 - Redistribuované (externé) siete
- Zjednodušenie – zostručnenie – LSDB a smerovacej tabuľky v oblasti sa dá dosiahnuť nastavením jej tzv. typu
- Typy oblastí:
 - Backbone/Regular
 - Stub area
 - Totally stubby area
 - Not-So-Stubby Area (NSSA)
 - Totally stubby NSSA
- Typ oblasti ovplyvňuje, aké smerovacie info sa do nej prepošlú z chrbtice



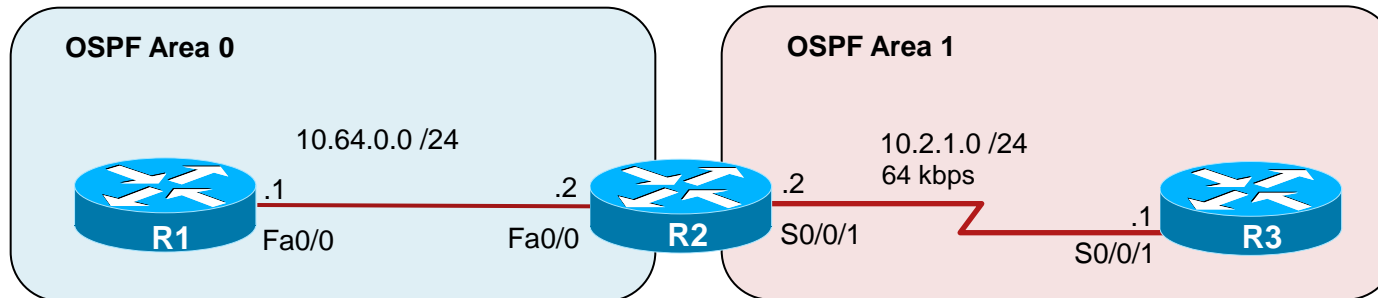
Oblasti v OSPF

- Rôzne typy oblastí v OSPF sú dosiahnuté pomocou vhodného filtrovania a zamieňania LSA, ktoré prechádzajú cez ABR z chrbtice do vybranej oblasti
- Typy oblastí sa používajú iba na nechrbticové oblasti
 - Area 0 je vždy tranzitnou oblasťou a jej typ sa nedá zmeniť
- Typy oblastí slúžia na zjednodušenie LSDB a smerovacích tabuliek len v nechrbticových oblastiach
 - Area 0 vždy bude vidieť interné siete
- Zjednodušenie LSDB a smerovacích tabuliek bude vidno len na interných smerovačoch v nechrbticových oblastiach

OSPF Transit/Regular area

- Tranzitná resp. regulárna oblasť je klasickou oblasťou
 - Má informácie o sieťach z iných oblastí, ale nie o ich topológii
 - Má informácie o ASBR a o externých sieťach
 - Sama môže obsahovať ASBR
- Rozdelenie siete na bežné oblasti umožňuje
 - Sumarizovať siete v danej oblasti voči ostatným oblastiam
 - Izolovať topológiu oblasti pred ostatnými oblasťami
- Konfigurácia viacerých oblastí je triviálna
 - Pri konfigurácii príkazu **network** sa vybraná sieť zaradí do vybranej oblasti
 - ABR musí mať rozhranie v oblasti 0 a v ďalšej oblasti, do ktorej je hraničným smerovačom

Konfigurácia Multi-Area OSPF - Príklad



```
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
R1(config-router)#
```

```
R2(config)# router ospf 50
R2(config-router)# network 10.2.1.2 0.0.0.0 area 1
R2(config-router)# network 10.64.0.2 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)#
```

```
R3(config)# router ospf 100
R3(config-router)# network 10.2.1.1 0.0.0.0 area 1
R3(config-router)#
```

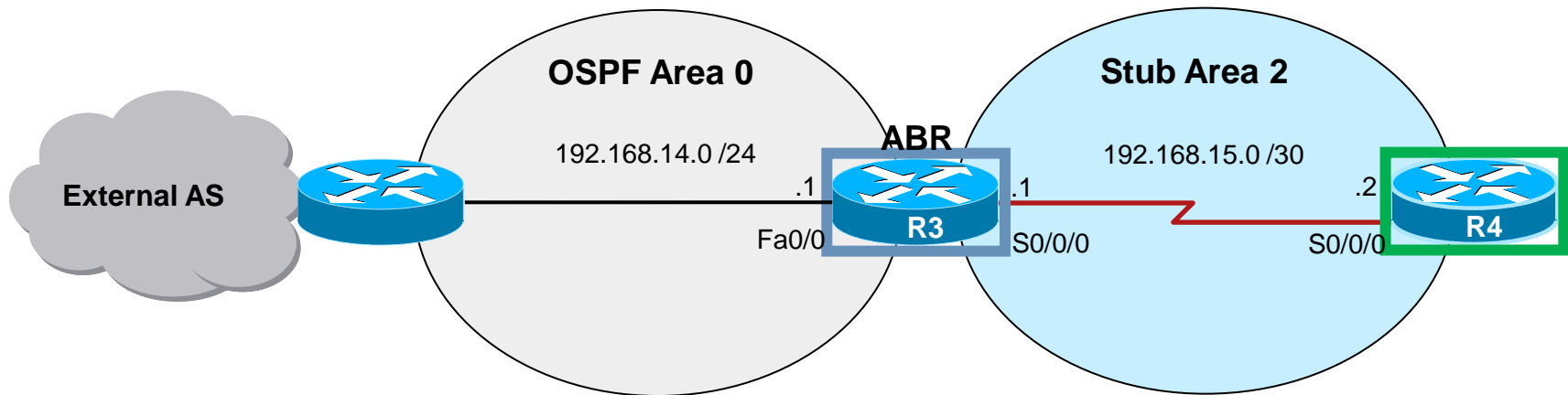
OSPF Stub Area

- **Stub area** je oblasť, ktorá *neakceptuje* a do ktorej sa nepreposielajú LSA4 a LSA5
 - Nemá informácie o ASBR ani o externých sieťach
 - Nemôže obsahovať ASBR
 - Má informácie o sieťach z iných oblastí, ale nie o ich topológii
- Každé LSA5 sa pri preposielaní do stub arey konvertuje na **default route** oznámené cez LSA3
 - Automaticky ABR smerovačom (default cost = 1), alebo
- Výhodná vždy v prípade, že pre danú oblasť nie je podstatné, aké externé siete existujú a cez aké ASBR sa k nim ide
 - Nap. Hub and Spoke (branch offices)
- Konfigurácia Stub
 - Na všetkých smerovačoch v stub oblasti sa musí uviesť príkaz

```
Router(config-router) # area area-id default-cost COST
```

```
Router(config-router) # area area-id stub
```

Príklad konfigurácie Stub Area



```
R3(config)# interface FastEthernet0/0
R3(config-if)# ip address 192.168.14.1 255.255.255.0
R3(config-if)# interface Serial 0/0/0
R3(config-if)# ip address 192.168.15.1 255.255.255.252
R3(config-if)# router ospf 100
R3(config-router)# network 192.168.14.0.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)# network 192.168.15.0.0 0.0.0.255 area 2
R3(config-router)# area 2 stub
R3(config-router)# area 2 default-cost 10
```

```
R4(config-if)# interface Serial 0/0/0
R4(config-if)# ip address 192.168.15.2 255.255.255.252
R4(config-if)# router ospf 100
R4(config-router)# network 192.168.15.0.0 0.0.0.255 area 2
R4(config-router)# area 2 stub
R4(config-router)#
```

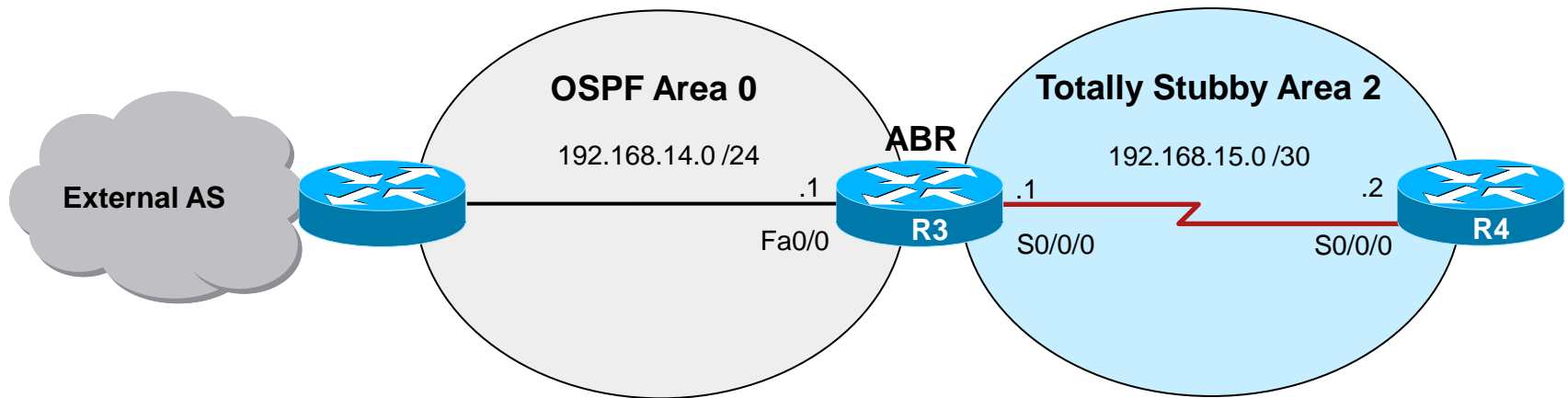
OSPF Totally Stubby Area

- **Totally Stubby area** je oblasť, do ktorej sa nepreposielajú LSA3, LSA4 a LSA5 a ktorá neakceptuje LSA4 a LSA5
 - Nemá info o ASBR, externých sieťach, ani o sieťach z iných oblastí
 - Nemôže obsahovať ASBR
 - Má info len o intra area cestách
 - Funkcionalita totally stubby oblasti spočíva v dodatočnej činnosti ABR
- Každé LSA3 a LSA5 sa pri preposielaní do totally stubby arey konvertuje na **default route** oznámené cez LSA3
 - Default cost = 1, zmena ako pri stuby
- Výhodná vždy v prípade, že daná oblasť má jediný ABR
- Konfigurácia
 - Všetky vnútorné smerovače v totally-stubby oblasti sa konfigurujú **rovnako ako pri stubby**
 - ABR (**a jedine on!**) sa konfiguruje príkazom

```
Router(config-router) #area area-id stub no-summary
```

- No-summary zastaví flooding LSA3 a LSA4 (summary LSA) do oblasti

Konfigurácia Totally Stubby Area

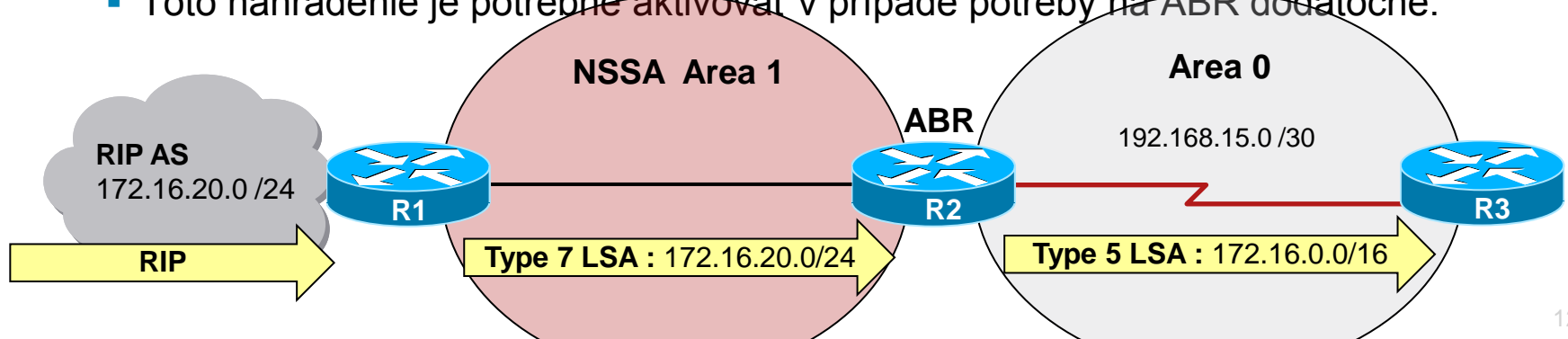


```
R3(config)# interface FastEthernet0/0
R3(config-if)# ip address 192.168.14.1 255.255.255.0
R3(config-if)# interface Serial 0/0/0
R3(config-if)# ip address 192.168.15.1 255.255.255.252
R3(config-if)# router ospf 100
R3(config-router)# network 192.168.14.0.0 0.0.0.255 area 0
R3(config-router)# network 192.168.15.0.0 0.0.0.255 area 2
R3(config-router)# area 2 stub no-summary
R3(config-router)#
```

```
R4(config-if)# interface Serial 0/0/0
R4(config-if)# ip address 192.168.15.2 255.255.255.252
R4(config-if)# router ospf 100
R4(config-router)# network 192.168.15.0.0 0.0.0.255 area 2
R4(config-router)# area 2 stub
R4(config-router)#
```

OSPF NSSA a Totally Stubby NSSA

- V istých prípadoch je potrebné mať oblasť, ktorá má charakter stubby alebo totally stubby oblasti, avšak v ktorej je potrebné mať ASBR
 - Redistribúcia statických smerov, alebo smerov z iných smerovacích protokolov
 - Vhodné pri pripájaní na ISP
- Klasické (totally) stubby oblasti podobnú konšteláciu nepovoľujú
- Pre tieto účely slúžia NSSA resp. NSSA Totally Stubby oblasti
 - Sú takmer presnými protažskami oblastí typu Stubby (no LSA 4 a 5) resp. Totally Stubby (no LSA3, 4, 5)
 - Pripúšťajú však existenciu ASBR, ktorý importuje externé smery do OSPF
- Externé smery sa v NSSA oblasti prenášajú ako špecializované LSA7, ktoré sa na ABR preložia do LSA5 a prenášajú ďalej
- Pomerne významným rozdielom voči bežným stubby oblastiam je, že ABR síce do NSSA odfiltruje (LSA3), LSA4, LSA5, avšak nenahradí ich default route prenesenou cez LSA3 automaticky.
 - Toto nahradenie je potrebné aktivovať v prípade potreby na ABR dodatočne.



OSPF NSSA oblasti

- Konfigurácia NSSA

- Všetky vnútorné smerovače v NSSA oblasti sa konfigurujú príkazom

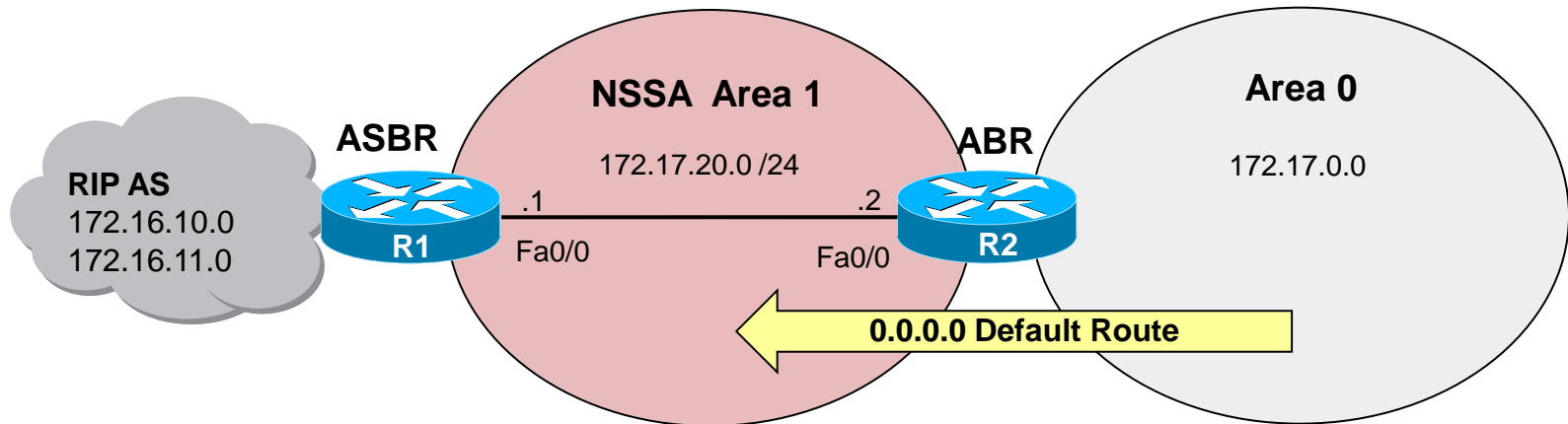
```
Router(config-router)#area area-id nssa
```

- ABR sa konfiguruje príkazom

```
Router(config-router)#area area-id nssa [no-summary]  
[default-information-originate] [no-redistribution]
```

- **no-summary**: neprepošle LSA3 (vytvára NSSA totally stubby oblasť, inak len NSSA s preposielaním LSA3)
 - **default-information-originate**: odfiltrované LSA nahradí default route. Význam iba na NSSA ABR alebo NSSA ASBR
 - **no-redistribution**: externé smery získané redistribúciou na A(S)BR sa nebudú redistribuovať do danej NSSA oblasti

Konfigurácia NSSA Area

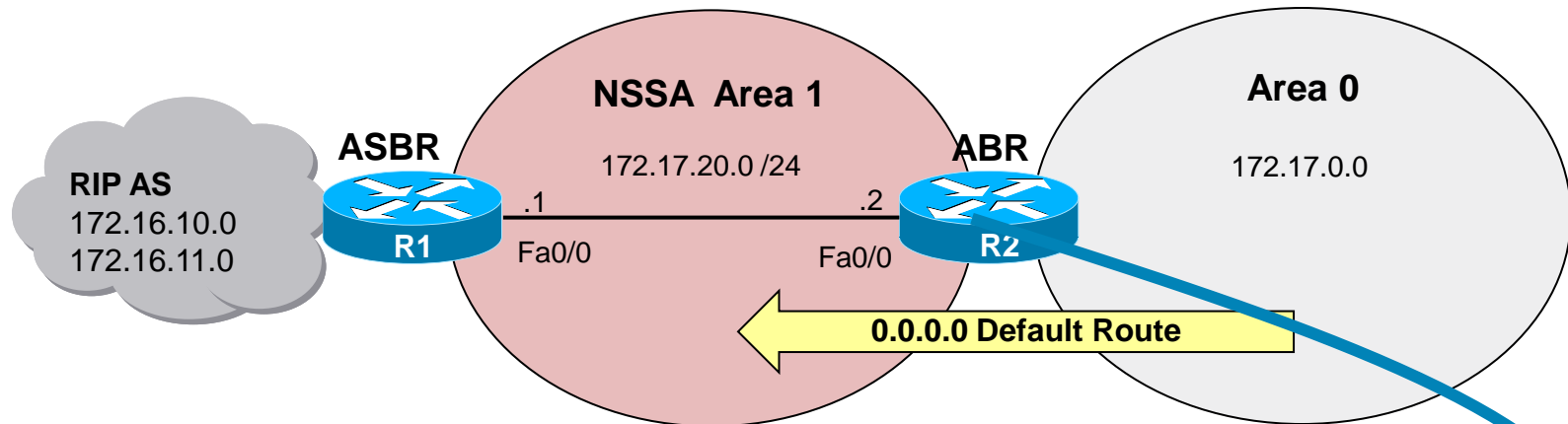


```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# redistribute rip subnets
R1(config-router)# default metric 150
R1(config-router)# network 172.17.0.0 0.0.255.255 area 1
R1(config-router)# area 1 nssa
R1(config-router)#
```

```
R2(config)# router ospf 10
R2(config-router)# summary-address 172.16.0.0 255.255.0.0
R2(config-router)# network 172.17.20.0 0.0.0.255 area 1
R2(config-router)# network 172.17.0.0 0.0.255.255 area 0
R2(config-router)# area 1 nssa default-information-originate
R2(config-router)#
```


Konfigurácia Totally Stubby NSSA Area

- Neakceptuje LSA 3, 4, 5
- Pozná iba intra area cesty a default route (0.0.0.0)
- Default route vkladané automaticky na ABR



```
R1(config)# router ospf 10
R1(config-router)# redistribute rip subnets
R1(config-router)# default metric 150
R1(config-router)# network 172.17.0.0 0.0.255.255 area 1
R1(config-router)# area 1 nssa
R1(config-router)#
```

```
R2(config)# router ospf 10
R2(config-router)# summary-address 172.16.0.0 255.255.0.0
R2(config-router)# network 172.17.20.0 0.0.0.255 area 1
R2(config-router)# network 172.17.0.0 0.0.255.255 area 0
R2(config-router)# area 1 nssa no-summary
R2(config-router)#
```

Ako OSPF generuje Default Route?

- Závisí od typu Area.
- Štandardná area:
 - Smerovače automaticky **negenerujú** default route
 - **Musí** byť použitý príkaz **default-information originate**
- V stub a totally stubby area:
 - ABR **automaticky** generuje summary LSA 3 link-state ID 0.0.0.0
 - Príkaz **default-information originate** nie je potrebný
 - Platí aj keď ABR nemá default route
- V NSSA area:
 - ABR môže generovať default route, ale je to defaultne zakázané
 - Je potrebné zapnúť príkazom **area area-id nssa default-information-originate**
- V totally stubby NSSA:
 - ABR **automaticky** generuje default route

Zhrnutie typov oblastí v OSPF (1)

- **Stub oblasť** nevidí externé siete. Je vhodná, ak
 - nemá vlastný východ z AS,
 - zvyčajne jeden vstup/výstup z oblasti
 - ak viaceré ABR s generovaním def. route, suboptimálny routing je akceptovateľný
 - nemá alebo nepotrebuje uprednostniť rôzne ABR pre rôzne externé siete dostupné cez backbone
- **Totally stubby** oblasť nevidí ani externé siete, ani siete z iných oblastí. Je vhodná, ak
 - spĺňa kritériá, aby bola stubby, a navyše
 - nemá alebo nepotrebuje uprednostniť rôzne ABR pre rôzne siete z iných oblastí
 - Typicky: oblasť s jediným ABR
- **NSSA a NSSA Totally stubby** oblasť sa používa, ak
 - spĺňa kritériá pre stubby resp. totally stubby, a navyše
 - potrebujeme v jej vnútri redistribuovať smery do OSPF

Zhrnutie typov oblastí v OSPF (2)

Typ oblasti	Akceptuje cesty vnútri oblasti - O siete	Akceptuje cesty z iných oblastí - O IA siete	Akceptuje externé cesty - O E1 / O E2	Môže obsahovať ASBR	Cisco proprietárne
Regulárna (aj backbone)	Áno	Áno	Áno	Áno	Nie
Stubby	Áno	Áno	Nie	Nie	Nie
Totally Stubby	Áno	Nie	Nie	Nie	Áno
NSSA	Áno	Áno	Nie	Áno	Nie
NSSA TS	Áno	Nie	Nie	Áno	Áno

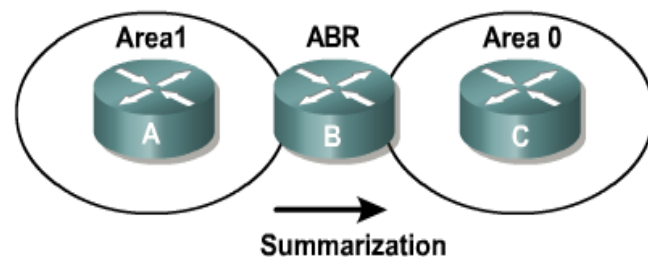
Sumarizácia v OSPF



Prestávka, cvičenie 3-2

Sumarizovanie sietí

- Sumarizovanie = vyjadrenie viacerých sietí v jednom LSA
- Sumarizovanie priamo ovplyvňuje BW, pamäť a CPU smerovačov potrebných na beh OSPF procesu a držanie DB
- Nepriamo:
 - Ak zlyhá linka siete ktorá je sumarizovaná, alebo často mení stav (flapping), topo zmena sa do iných oblastí neprenáša
 - Tým zabráňujeme neustálemu prepočítavaniu OSPF procesu
- Predpokladom dobrej sumarizácie je samozrejme kontinuálny blok adries



Routing Table for B		LSAs Sent to Router C	
0	172.16.8.0 255.255.255.0	IA 172.16.8.0 255.255.248.0	
0	172.16.9.0 255.255.255.0		
0	172.16.10.0 255.255.255.0		
0	172.16.11.0 255.255.255.0		
0	172.16.12.0 255.255.255.0		
0	172.16.13.0 255.255.255.0		
0	172.16.14.0 255.255.255.0	IA 172.16.16.0 255.255.252.0	
0	172.16.15.0 255.255.255.0		
0	172.16.16.0 255.255.255.0		
0	172.16.17.0 255.255.255.0		
0	172.16.18.0 255.255.255.0		
0	172.16.19.0 255.255.255.0		

- Interarea summary link carries mask.
- One or more entries can represent several subnets.

Typy sumarizovania v OSPF

- V OSPF sa nezávisle od seba konfigurujú dva druhy sumarizácií
 - Sumarizácia sietí v oblastiach
 - Zmysel len na ABR, ktorý vytvára Type LSA 3 z LSA1 a 2 pre inter area LSU
 - Sumarizácia externých sietí získaných redistribúciou
 - Zmysel len na ASBR, ktorý vytvára Type LSA 5
 - Na interných smerovačoch môžeme sumarizovať len cesty vkladané do routing table, nie LSDB položky
 - Distribute-list v smere in
- Pri nekorektnej sumarizácii na viacerých ABR alebo ASBR môže výsledok viesť k neoptimálnemu smerovaniu
- Ako metrika sumarizovanej cesty sa použije **najnižší** cost zo sumarizovaných ciest
 - Rozpor oproti RFC, ktorý požaduje najvyšší cost s pomedzi sumarizovaných
 - Pri OSPFv3 (IPv6) je to už OK

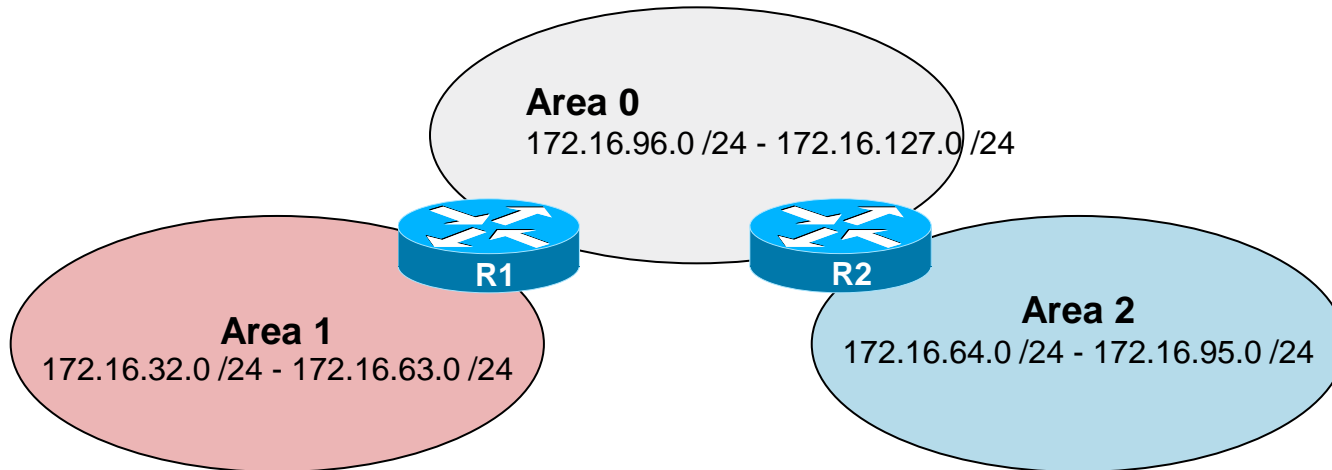
Sumarizovanie sietí v oblastiach

- Sumarizácia sietí v oblastiach sa zásadne konfiguruje na príslušných ABR, a to príkazom

```
Router(config-router)#area area-id range SIEŤ MASKA [not-advertise | advertise] [cost COST]
```

- area-id**: oblasť, ktorá obsahuje sumarizované siete
 - not-advertise**: daná pokrývajúca sieť a jej komponenty sa neprepošlú do ostatných oblastí (budú skryté)
 - advertise**: rozsah sa bude preposielať ako Lsa 3
 - cost**: cena pre sumarizovanú cestu. Defaultne nastavená na *najnižšiu* cenu z cien sumarizovaných ciest
- Príkaz je možné opakovane použiť a sumarizovať na rôzne siete podľa potreby

Príklad pre Inter-Area sumarizáciu



```
R1(config)# router ospf 100
R1(config-router)# network 172.16.32.1 0.0.0.0 area 1
R1(config-router)# network 172.16.96.1 0.0.0.0 area 0
R1(config-router)# area 0 range 172.16.96.0 255.255.224.0
R1(config-router)# area 1 range 172.16.32.0 255.255.224.0
R1(config-router)#
```

```
R2(config)# router ospf 100
R2(config-router)# network 172.16.64.1 0.0.0.0 area 2
R2(config-router)# network 172.16.127.1 0.0.0.0 area 0
R2(config-router)# area 0 range 172.16.96.0 255.255.224.0
R2(config-router)# area 2 range 172.16.64.0 255.255.224.0
R2(config-router)#
```

Sumarizovanie externých sietí

- Sumarizácia externých sietí sa zásadne konfiguruje na ASBR príkazom

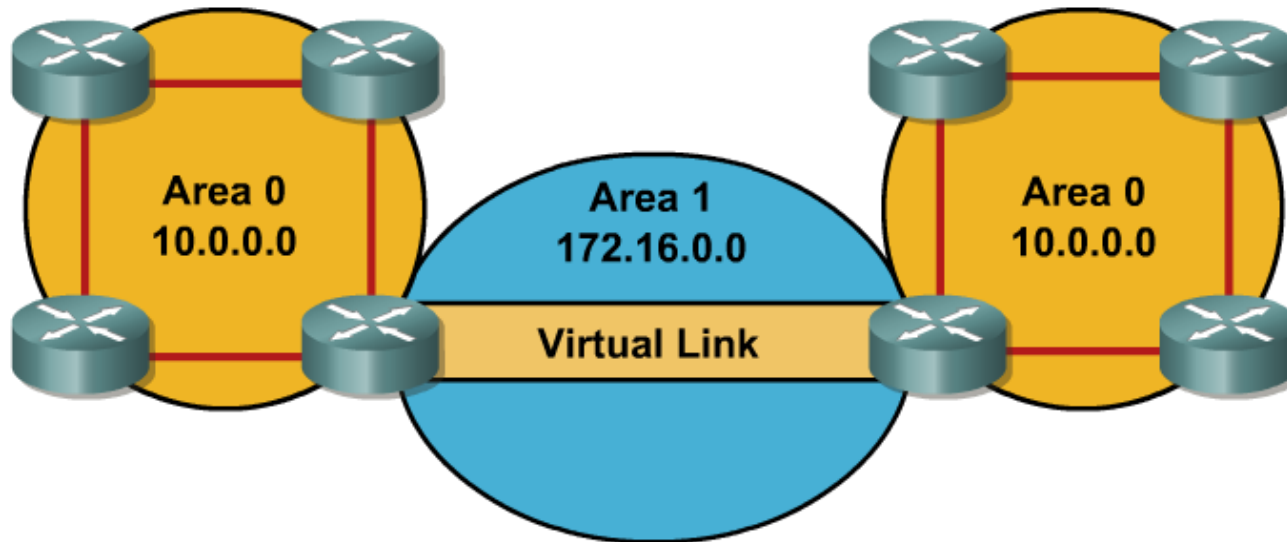
```
Router(config-router)#summary-address SIEŤ MASKA [not-advertise]
```

- Použitie je analogické ako použitie sumarizácie sietí v oblastiach

OSPF Virtual Link

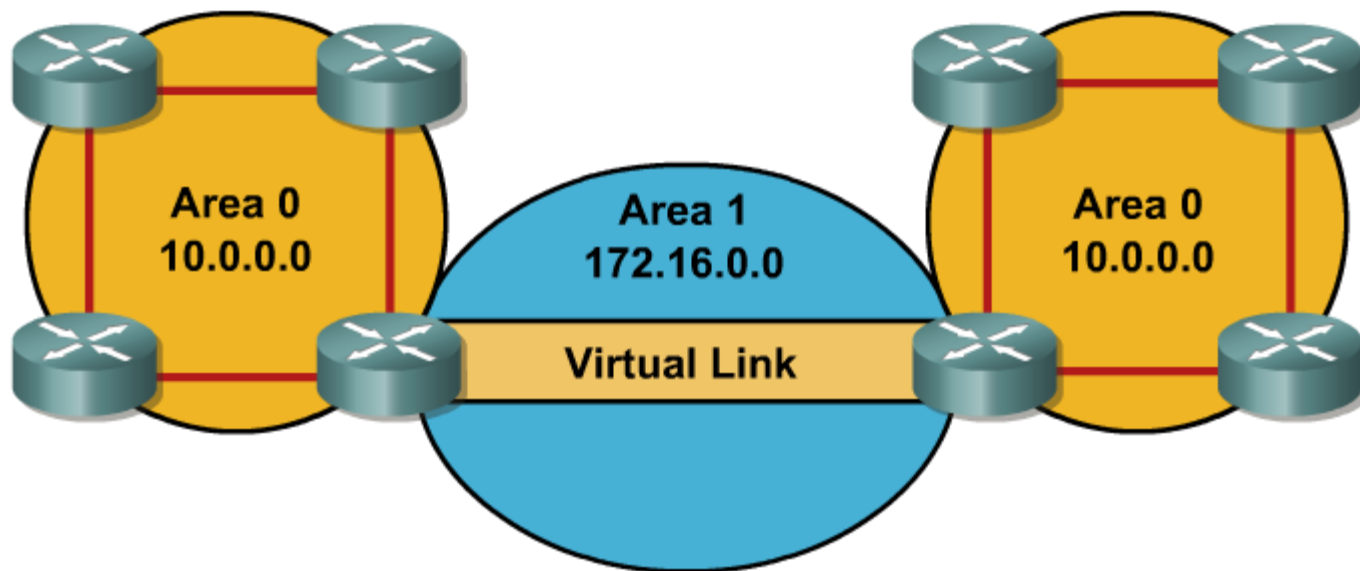


OSPF Virtual Link



- Virtual link sa používa na pripojenie:
 - Istej oblasti k oblasti 0 cez inú, medziľahlú oblasť
 - Riešenie situácií, kde buď došlo k tzv. rozdeleniu chrbtice (backbone partitioning) alebo kde nie je možné zariadiť, aby istá oblasť mala fyzickú konektivitu s ABR v oblasti 0
- Medzi smerovačmi A a B sa vytvorí logické spojenie
 - OSPF pakety si posielajú adresne, žiadne tunelovanie
- Virtual link nemôže prechádzať cez viaceré tranzitné oblasti alebo stub oblasti
- Virtual link sa má využívať len v nevyhnutných prípadoch

OSPF Virtual Link a LSA



- LSA sa bežne obnovujú každých 30 minút a expirujú každých 60 minút
- LSA prenášané cez virtual link majú nastavený príznak DoNotAge (DNA)
- Tento príznak znižuje nepotrebné preposielanie LSA cez virtual link
- Hello pracuje ako nad bežnou linkou

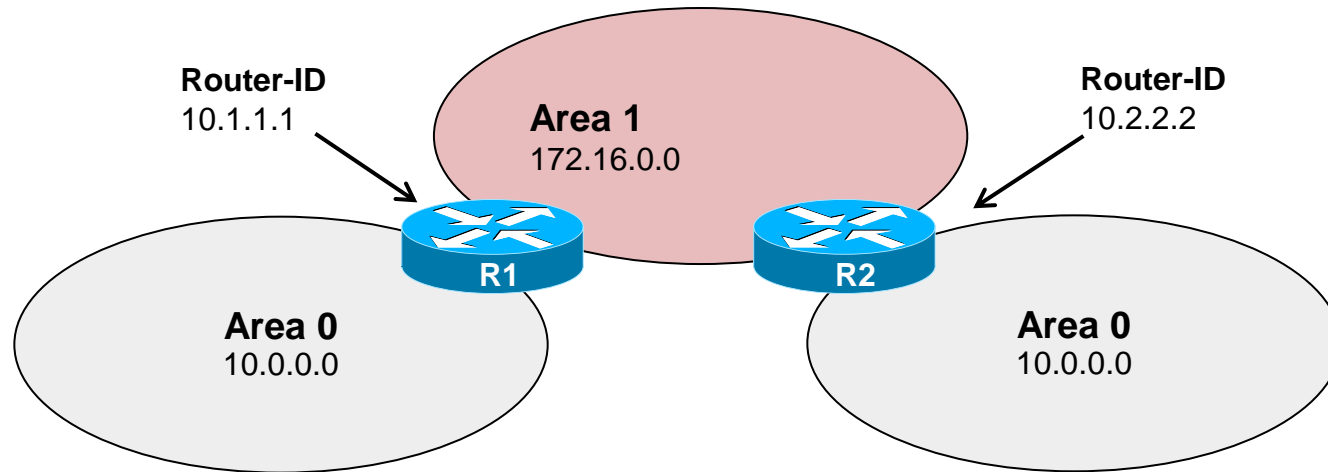
Konfigurácia Virtual Link

Router (config-router) #

```
area transit-area-id virtual-link router-id  
[authentication [message-digest | null]] [hello-interval  
seconds] [retransmit-interval seconds] [transmit-delay  
seconds] [dead-interval seconds] [[authentication-key key]  
| [message-digest-key key-id md5 key]]
```

- Príkaz na vytvorenie virtual link
 - Oba endpointy sú identifikované svojím **RID** a nie IP adresou a musia byť v spoločnej oblasti, cez ktorú sa vytvára virtual link
 - Dobrý dôvod používať príkaz **router-id**
 - Táto spoločná oblasť nesmie byť typu stub a analogická
 - Oba endpointy sa týmto príkazom automaticky stávajú členmi oblasti 0 a teda nadobúdajú funkciu ABR
 - Ak je v oblasti 0 aktivovaná autentifikácia, platí aj pre virtual link!
 - Keďže virtual link nemá vlastné sieťové rozhranie, všetky obvyklé parametre rozhrania sa špecifikujú nepovinnými parametrami priamo v príkaze

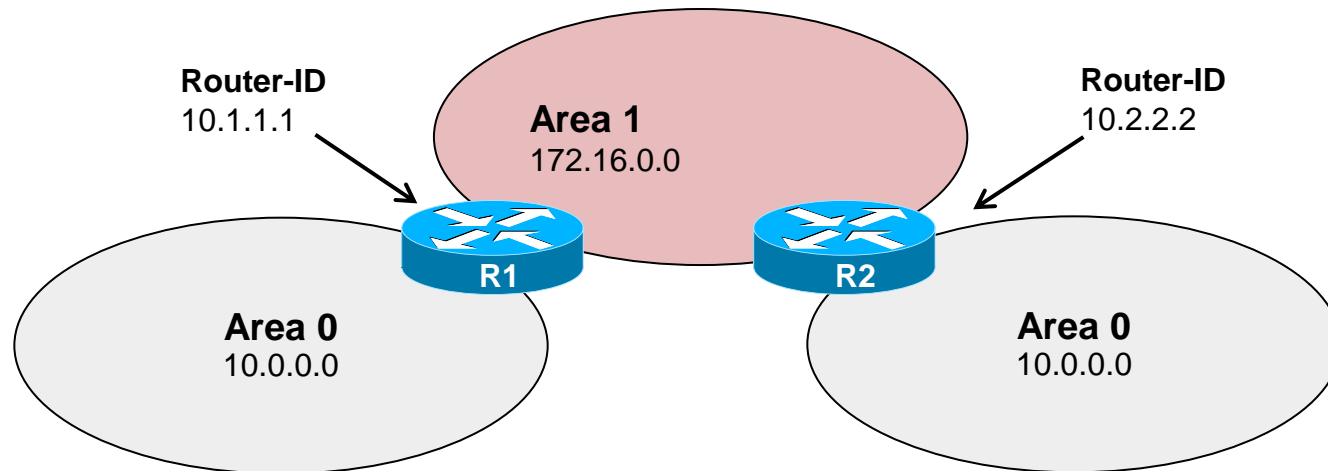
Príklad Virtual-Link



```
R1(config)# router ospf 100
R1(config-router)# network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 1
R1(config-router)# network 10.0.0.0 0.0.255.255 area 0
R1(config-router)# area 1 virtual-link 10.2.2.2
R1(config-router)#
```

```
R2(config)# router ospf 100
R2(config-router)# network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 1
R2(config-router)# network 10.0.0.0 0.0.255.255 area 0
R2(config-router)# area 1 virtual-link 10.1.1.1
R2(config-router)#
```

Overenie Virtual-Link



```
R1# show ip ospf virtual-links
```

```
Virtual Link OSPF_VL0 to router 10.2.2.2 is up
```

```
Run as demand circuit
```

```
DoNotAge LSA allowed.
```

```
Transit area 1, via interface Serial0/0/1, Cost of using 781
```

```
Transmit Delay is 1 sec, State POINT_TO_POINT,
```

```
Timer intervals configured, Hello 10, Dead 40, Wait 40, Retransmit 5
```

```
Hello due in 00:00:07
```

```
Adjacency State FULL (Hello suppressed)
```

```
Index 1/2, retransmission queue length 0, number of retransmission 1
```

```
First 0x0(0)/0x0(0) Next 0x0(0)/0x0(0)
```

```
Last retransmission scan length is 1, maximum is 1
```

```
Last retransmission scan time is 0 msec, maximum is 0 msec
```

```
R1#
```


Druhy sietí v OSPF

**Konfigurácia OSPF na
NBMA sieťach**



Prestávka, cvičenie 3-3

Druhy OSPF sieťových technológií

- OSPF rozlišuje viaceré typy sieťových technológií
 - Broadcast
 - Šírenie broadcastov a multicastov si zabezpečuje sieť sama.
 - Je dodržaná plná konektivita všetkých routerov.
 - DR a BDR sú potrebné
 - Typický Ethernet.
 - Point-to-Point
 - Broadcasty a multicasty, ako aj plná konektivita sú implicitne vyriešené.
 - DR a BDR nie sú potrebné

Druhy OSPF sieťových technológií

- OSPF rozlišuje viaceré typy sieťových technológií
 - **Non-Broadcast Multi-Access**
 - Šírenie broadcastov a multicastov si zabezpečuje sám odosielateľ.
 - Vyžaduje sa plná konektivita všetkých routerov navzájom, inak môžu nastať problémy s dosiahnuteľnosťou next hop routerov.
 - DR a BDR môžu byť potrebné
 - Typické pre ATM, X.25. Často používané vo Frame Relay, avšak je nutné doladiť IP/DLCI mapovanie.
 - OSPF vníma NBMA ako bežnú BMA sieť
 - Problém voľby DR/BDR pri Hub and Spoke, kde nie je plná konektivita každý s každým
 - Default časovače sú Hello: 30s, Dead:120s
 - **Point-to-Multipoint**
 - Efektívne sa jedná o kolekciu point-to-point spojení zastrešenú jedným logickým rozhraním.
 - Typické pre Frame Relay.

Druhy OSPF sieťových technológií

- Druh siete v OSPF ovplyvňuje to,
 - či je potrebné susedov vymenovať, alebo či sa objavajú automaticky pomocou multicastových Hello paketov
 - ako sa v LSDB modeluje vzájomné prepojenie routerov
- Broadcast a Nonbroadcast
 - Ak Broadcast, susedia sa objavujú automaticky
 - Ak Nonbroadcast, susedov **treba vymenovať**
- Point-to-* a Multiaccess
 - Ak Point-to-*, LSDB modeluje spoločnú sieť medzi routermi ako prepojenie každého s každým (iba LSA1)
 - Ak Multiaccess, LSDB modeluje spoločnú sieť medzi routermi ako samostatný uzol, s ktorým sú všetky členské routery prepojené (t.j. LSA2)

Režimy činnosti OSPF nad NBMA sieťami

- Je päť režimov činnosti Cisco OSPF nad NBMA sieťami
 - V zhode s RFC 2328 (RFC compliant):
 1. Nonbroadcast (NBMA)
 2. Point-to-multipoint
 - V Cisco implementácii existujú pre NBMA ďalšie:
 1. Point-to-multipoint nonbroadcast
 2. Broadcast
 3. Point-to-point
- Režim činnosti sa špecifikuje na konkrétnom rozhraní príkazom **ip ospf network**
 - Niektoré módy vyžadujú došpecifikovanie susedov

Špecifikácia režimu činnosti OSPF nad NBMA

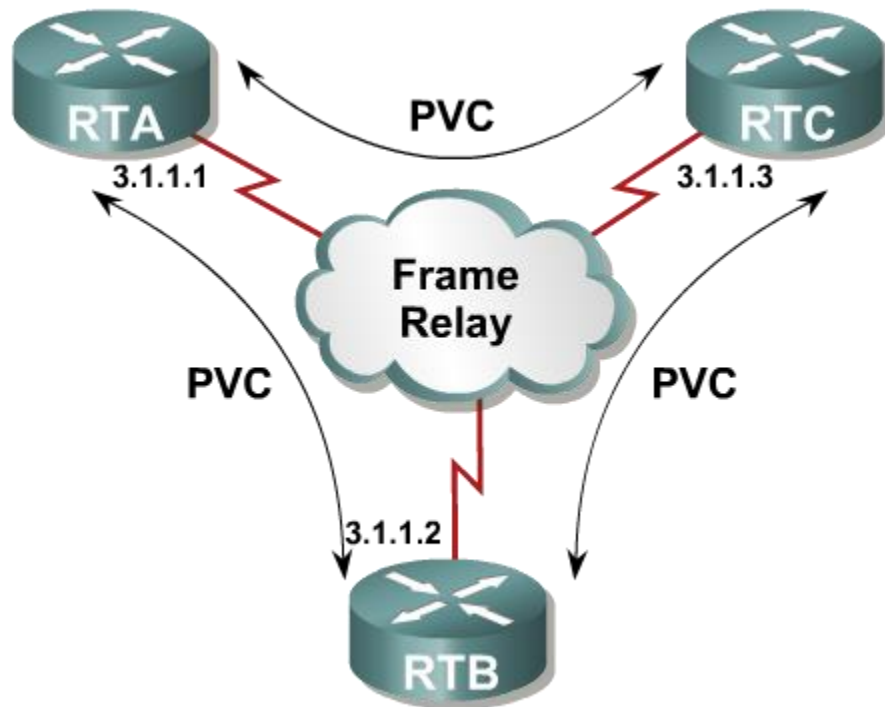
- Režim činnosti sa špecifikuje na konkrétnom rozhraní príkazom

Router(config-if) #

```
ip ospf network [{broadcast | non-broadcast | point-to-  
multipoint [non-broadcast] | point-to-point}]
```

- Default OSPF režimy pre Frame Relay:
 - Fyzický interface je v režime **non-broadcast**
 - Multipoint subinterface je v režime **non-broadcast**
 - Point-to-point subinterface je v režime **point-to-point**

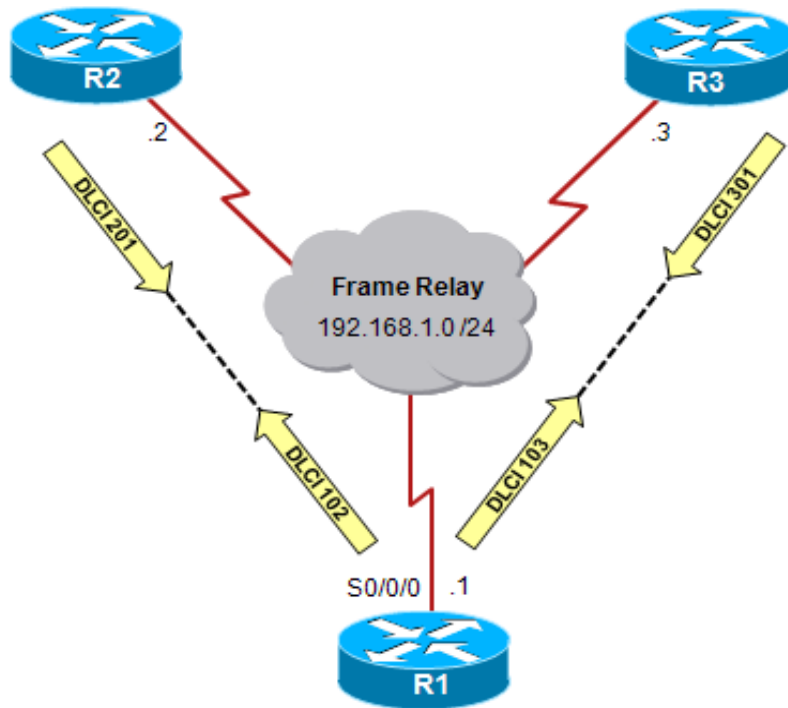
RFC-kompatibilný režim Nonbroadcast



- OSPF emuluje „broadcast“ správanie
- Všetky smerovače spája spoločná IP sieť
- Susedia **musia byť konfigurovaní ručne** – **OSPF sa ani len nepokúsi posielat' multicasty!**
- Spomedzi smerovačov sa **vyberá** DR a BDR
 - Pri „partial mesh“ je vhodné ovplyvniť voľbu
- Všetky smerovače musia mať plnú konektivitu navzájom
 - Inak treba doladiť mapovanie IP/DLCI!!
- Vhodné pre full alebo partial mesh topo

```
RTB(config-if)#ip ospf network non-broadcast
-----
RTB(config-router)#network 3.1.1.0 0.0.0.255 area 0
RTB(config-router)#neighbor 3.1.1.1 [priority]
RTB(config-router)#neighbor 3.1.1.3 [priority]
```

Non-Broadcast režim cez FR partial-mesh



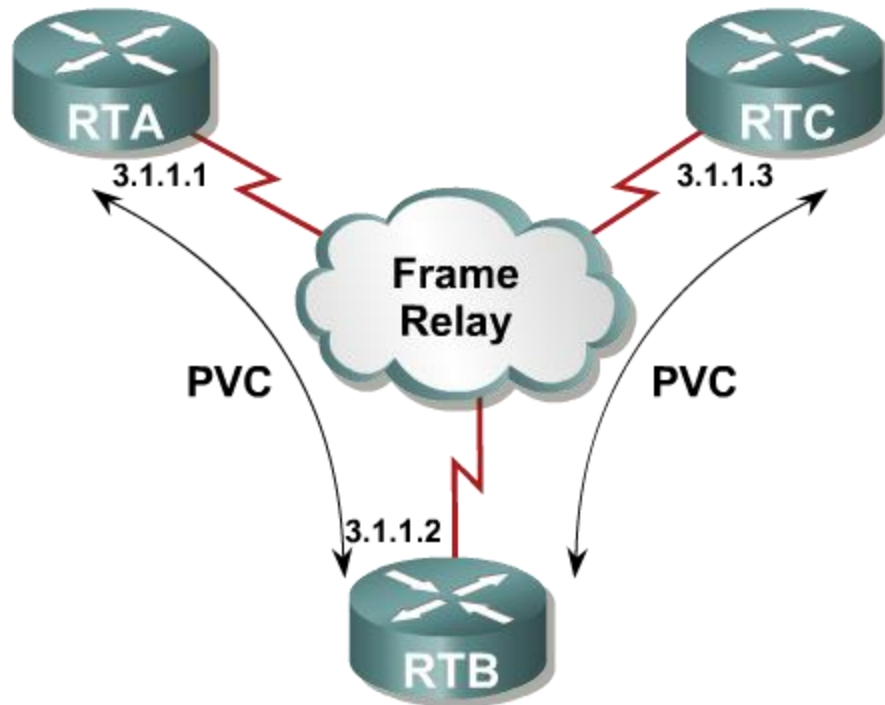
- V režime nonBroadcast, príkaz *neighbor* je vyžadovaný len na Hub smerovači
 - Na spoke je voliteľné

Zabezpečí, že
R1 bude DR

```
R1(config)# interface S0/0/0
R1(config-if)# ip ospf network non-broadcast
R1(config-if)# exit
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)# neighbor 192.168.1.2 priority 0
R1(config-router)# neighbor 192.168.1.3 priority 0
```

Dorobiť prioritu na fyzických rozhraniach

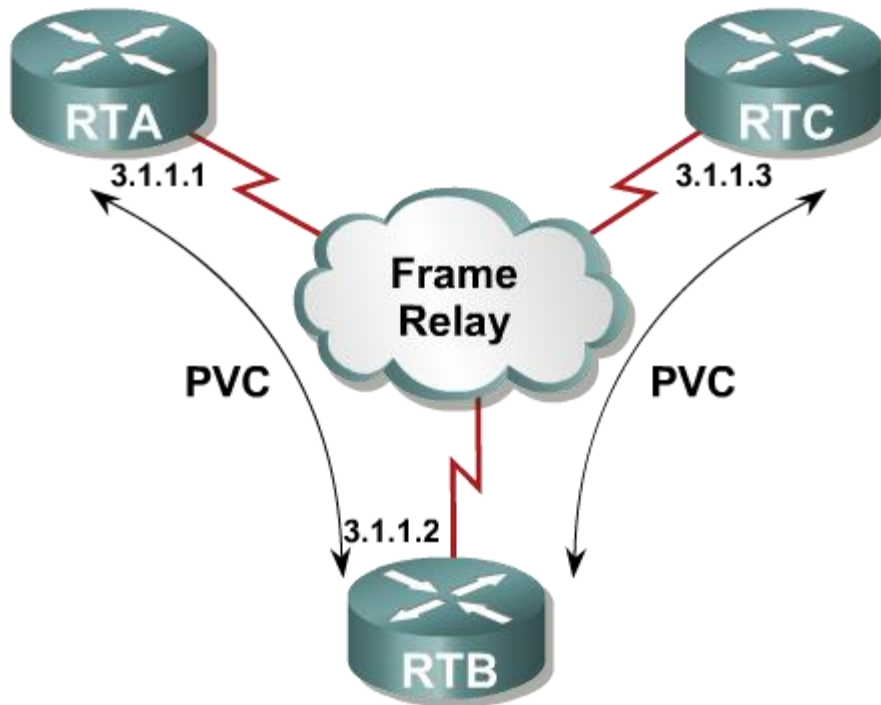
RFC-kompatibilný režim Point-to-Multipoint



- Smerovač vníma prepoje ako point-to-point
- Všetky smerovače spája spoločná IP sieť
- Susedia sú objavovaní **dynamicky** pomocou multicastovo adresovaných hello paketov
 - Flooding simulovaný replikovaním LSU per PVC (technológia to musí podporovať)
 - DLCI mapovania musia mať príznak broadcast
- DR a BDR sa **nevolia**
- Obvykle používané v partial-mesh alebo hub-and-spoke topológiách

```
RTB(config-if)#ip ospf network point-to-multipoint
-----
RTB(config-router)#network 3.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

Cisco režim Point-to-Multipoint Non-broadcast



- Cisco rozšírenie nad RFC-kompatibilným režimom point-to-multipoint
- Všetky smerovače spája spoločná IP sieť
- Susedia musia byť definovaní **staticky**
 - Rovnako ako pri nonbroadcast režime
- DR/BDR sa **nevolia**
 - Rovnako ako pri point-to-multipoint režime
- Používa sa v špeciálnych prípadoch, keď nie je možné alebo žiaduce susedov objaviť automaticky
 - napr. ATM a CLIP, vypnuté/nepodporované inArp vo FR)

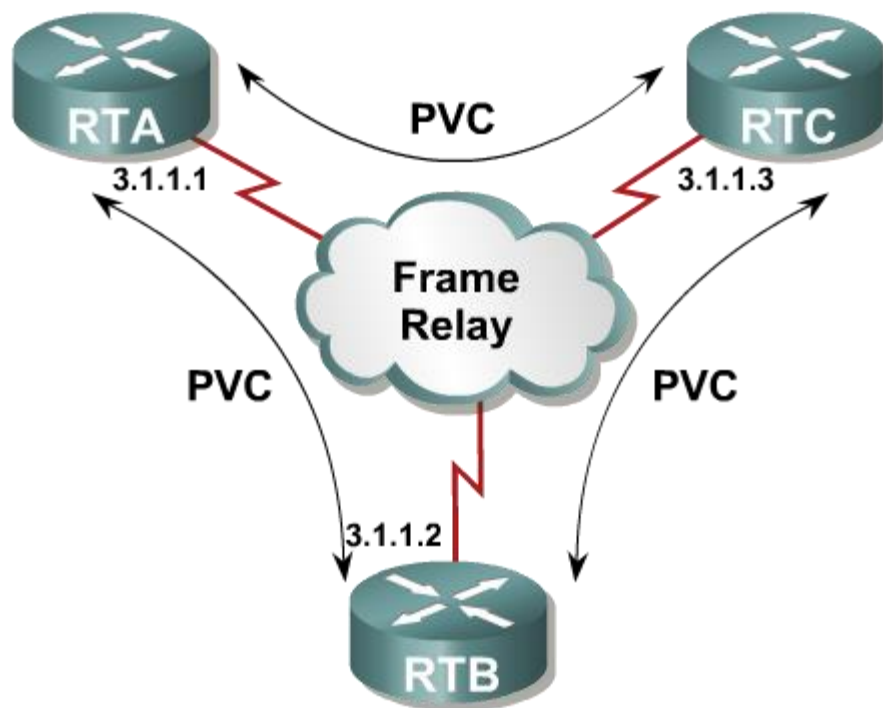
```
RTB(config-if)#ip ospf network point-to-multipoint non-broadcast
```

```
RTB(config-router)#network 3.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

```
RTB(config-router)#neighbor 3.1.1.1 cost 10
```

```
RTB(config-router)#neighbor 3.1.1.3 cost 20
```

Cisco režim Broadcast



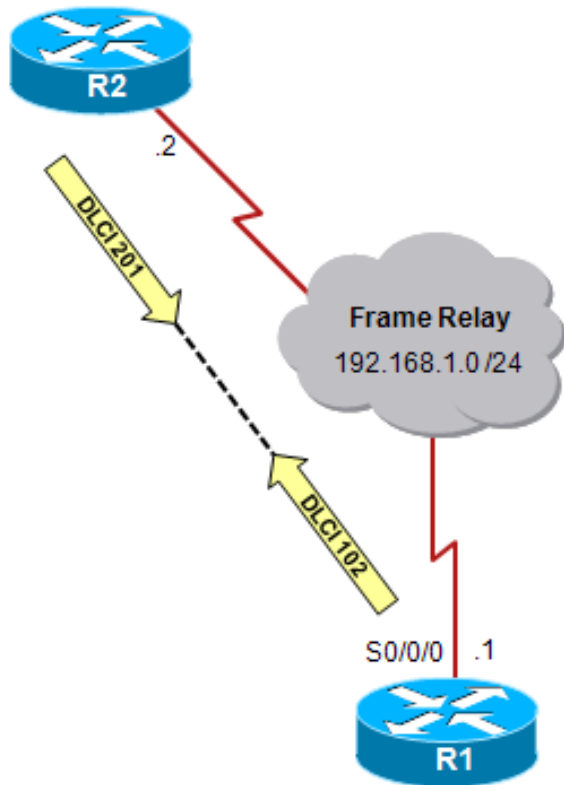
- Prinúti WAN rozhranie správať sa ako LAN
- Všetky smerovače spája spoločná IP sieť
- Susedia sú objavovaní **dynamicky**
 - Pomocou multicastovo adresovaných hello paketov
- DLCI mapovania musia mať príznak broadcast
- Spomedzi smerovačov sa **vyberá** DR a BDR
- Vyžaduje si full-mesh topológiu
- „Znásilnené“ riešenie

```
RTB (config-if) #ip ospf network broadcast
```

```
-----
```

```
RTB (config-router) #network 3.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

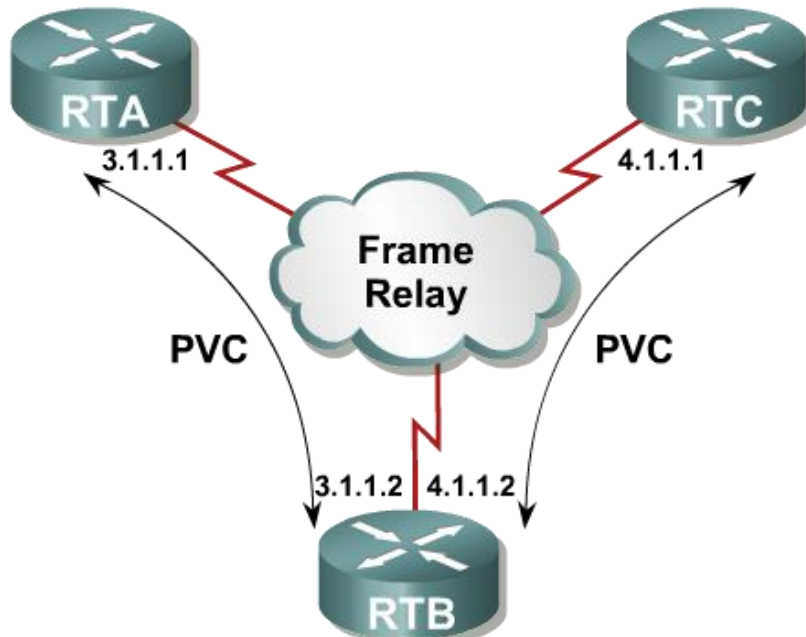
Cisco režim Point-to-Point



- Každý pár (sub)interfejsov spojených spoločným VC
 - Každé je samostatná IP sieť
- DR/BDR sa **nevolia**
- Používa sa výlučne na topológiách s point-to-point povahou
- Správanie a aplikácie zodpovedajú použitiu OSPF na fyzických point-to-point rozhraniach

```
R1(config)# interface S0/0/0
R1(config-if)# ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
R1(config-if)# encapsulation frame-relay
R1(config-if)# ip ospf network point-to-point
R1(config-if)# exit
R1(config)# router ospf 1
R1(config-router)# network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
R1(config-router)#
```

Cisco režim Point-to-Point - subinterfaces



- Príkaz `ip ospf network point-to-point` nie je treba pri subinterfejsoch zadávať
 - Berie sa ako default typ správania

```
RTB(config)#interface serial 0/0.1 point-to-point
RTB(config-subif)#encapsulation frame-relay
RTB(config-subif)#frame-relay interface-dlci DLCI_NUMBER
RTB(config-subif)#ip address 3.1.1.2 255.255.255.0
RTB(config-subif)#interface serial 0/0.2 point-to-point
RTB(config-subif)#encapsulation frame-relay
RTB(config-subif)#frame-relay interface-dlci DLCI_NUMBER
RTB(config-subif)#ip address 4.1.1.2 255.255.255.0
-----
RTB(config-router)#network 3.1.1.0 0.0.0.255 area 0
RTB(config-router)#network 4.1.1.0 0.0.0.255 area 0
```

Porovnanie režimov OSPF nad NBMA

OSPF Mode	NBMA Preferred Topology	Subnet Address	Hello Timer	Adjacency	RFC or Cisco
Broadcast	Full or Partial Mesh	Same	10 sec	Automatic DR/BDR Elected	Cisco
Nonbroadcast (NBMA)	Full or Partial Mesh	Same	30 sec	Manual Configuration DR/BDR Elected	RFC
Point-to-Multipoint	Partial-Mesh or Star	Same	30 sec	Automatic No DR/BDR	RFC
Point-to-Multipoint Nonbroadcast	Partial-Mesh or Star	Same	30 sec	Manual Configuration No DR/BDR	Cisco
Point-to-Point	Partial-Mesh or Star, Using Subinterface	Different for Each Subinterface	10 sec	Automatic No DR/BDR	Cisco

Režimy OSPF nad NBMA - Zhrnutie

NBMA Modes	Description
non-broadcast (RFC-compliant)	<ul style="list-style-type: none">• One IP subnet.• Neighbors must be manually configured.• DR and BDR are elected.• DR and BDR need to have full connectivity with all other routers.• Typically used in a full- or partial-mesh topology.
point-to-multipoint (RFC-compliant)	<ul style="list-style-type: none">• One IP subnet.• Uses a multicast OSPF hello packet to automatically discover the neighbors.• DR and BDR are not required. The router sends additional LSAs with more information about neighboring routers.• Typically used in a partial-mesh or star topology.
point-to-multipoint nonbroadcast (Cisco proprietary)	<ul style="list-style-type: none">• If multicast and broadcast are not enabled on the VCs, the RFC-compliant point-to-multipoint mode cannot be used, because the router cannot dynamically discover its neighboring routers using the hello multicast packets; this Cisco mode should be used instead.• Neighbors must be manually configured.• DR and BDR election is not required.
broadcast (Cisco proprietary)	<ul style="list-style-type: none">• Makes the WAN interface appear to be a LAN.• One IP subnet.• Uses a multicast OSPF hello packet to automatically discover the neighbors.• DR and BDR are elected.• Full- or partial-mesh topology.
point-to-point (Cisco proprietary)	<ul style="list-style-type: none">• Different IP subnet on each subinterface.• No DR or BDR election.• Used when only two routers need to form an adjacency on a pair of interfaces.• Interfaces can be either LAN or WAN.

Zhrnutie typov a odporúčania

- MultiAccess/Point-to-(Multi)Point
 - MA: Volí sa DR/BDR, pamäťová náročnosť je nižšia (pseudonode LSA2)
 - Pt(M)P: Nevolí sa DR/BDR, pamäťová náročnosť je vyššia
- Broadcast/Non-Broadcast
 - B: Susedia sa objavia automaticky
 - NB: Susedov treba definovať príkazom **neighbor**
- Vhodnosť použitia:
 - BMA: Typicky pre Ethernet, WiFi, pre FR nevhodné
 - NBMA: Pre ATM, X.25, menej výhodné na FR
 - PtMP: Výhodné pre FR
 - PtMP NB: Špeciálne aplikácie
 - PtP: Len pre point-to-point spojenia (tunely, sériové linky)

Použitie príkazu `neighbor` v OSPF

Router (config-router) #

```
neighbor ip-address [priority number] [poll-interval  
number] [cost number] [database-filter all]
```

- Statické definovanie susedov v OSPF
 - **priority**: Špecifikuje prioritu suseda pre DR a BDR. Def. je 0
 - **poll-interval**: Interval posielania Hello paketov, aj v prípade, že sused je neaktívny (neozval sa po dobu Dead Interval)
 - **cost**: platné len pre point-to-multipoint.
 - Definovanie vzdialenosti ku konkrétnemu susedovi, keďže nie je možné diferencovanie na jednom rozhraní
 - **database-filter all**: zakáže odosielať akékoľvek LSA susedovi
- Pomôcka:
 - [Nonbroadcast Needs Neighbors](#)

OSPF v NBMA siet'ach

- Ak sa používa OSPF nad hub-and-spoke topológiou s takým typom OSPF siete, kde sa volí DR/BDR, je dôležité upraviť prioritu spoke routerov na 0
 - Je potrebné, aby sa nezúčastňovali volieb DR/BDR, pretože sa nevidia navzájom a všetci sa prehlásia za DR alebo BDR

```
Spoke_Router(config-if) # ip ospf priority 0
```

