

SAPS

Smerovací protokol OSPF

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021

*Katedra počítačov a informatiky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Technická univerzita v Košiciach*



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

Pojmy v OSPF

- Link
 - Rozhranie smerovača
- Link-state
 - Vlastnosti rozhrania (IP adresa/maska, incidencia, rýchlosť, druh siete na rozhraní)
- Link-state ID
 - Unikátny identifikátor, pod ktorým je možné v databáze vyhľadať konkrétny link-state záznam
- Router ID
 - 4B číslo jednoznačne identifikujúce router v autonómnom systéme
 - Môže, ale nemusí zodpovedať nejakej jeho IP adrese

Pojmy v OSPF

- Oblasť (area)
 - Množina sietí a smerovačov, ktorých 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!)
- 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
- Autonomous System Boundary Router (ASBR)
 - Smerovač na rozhraní medzi autonómnym systémom a vonkajším svetom
 - ASBR plní funkcie pre import, filtrovanie a sumarizáciu informácií do OSPF zvonku autonómneho systému

Pojmy v OSPF

■ 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
- Neighborhood je teda vytvorený medzi ktoroukoľvek vzájomne spojenou dvojicou správne nakonfigurovaných a pracujúcich routerov

■ Adjacency

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

Pojmy v OSPF

- Designated Router (DR)
 - Smerovač na multiaccess segmente, ktorý je centrálnym bodom pre výmenu smerovacej informácie: ostatné smerovače na segmente adresujú smerovacie informácie na DR, ktorý ich zasa šíri ostatným smerovačom na segmente a do iných segmentov
 - Jeden DR sa volí dynamicky pre každý multiaccess segment (t.j. pre každú IP sieť na multiaccess segmente)
- Backup Designated Router (BDR)
 - Smerovač na multiaccess segmente, ktorý zálohuje činnosť DR a preberá jeho funkciu v prípade jeho výpadku
 - Nemusí existovať
- Link State Advertisement (LSA)
 - Dátová štruktúra posiellaná v paketoch OSPF protokolu, ktorá prenáša topologickú informáciu
 - Nie je samostatný paket!

Pakety v OSPF

- OSPF má 5 základných druhov paketov
- Hello paket
 - Slúži na objavenie a udržiavanie neighborhood vzťahov so susednými smerovačmi a na voľbu DR/BDR
 - Prenáša informácie, ktoré musia medzi dvojicou susediacich routerov spĺňať isté kritériá
 - Číslo oblasti a jej typ musí byť zhodné
 - Adresa spoločnej siete a jej sieťová maska musia byť zhodné
 - Hello a Dead interval musia byť zhodné
 - Autentifikácia musí byť zhodná
 - 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 4-krát väčší ako Hello interval

Pakety v OSPF

- Database Description Packet (DDP alebo DBD)
 - Paket sa používa pri úvodnej synchronizácii topologických databáz medzi dvojicou routerov
 - Prenáša len „titulky“, „nadpisy“ jednotlivých položiek, nie kompletnú smerovaciu informáciu
 - Presnejšie: V DBD sa prenáša len zoznam Link State ID (databázové kľúče) položiek obsiahnutých v topologickej databáze daného smerovača, spolu s pomocnými informáciami o ich verzii a veku
 - DBD paketmi komunikujú routery vo fáze synchronizácie topologických databáz, kedy si vytvárajú zoznam položiek topologickej databázy, ktoré sú u suseda novšie, resp. ktoré aktuálny router vôbec nemá

Pakety v OSPF

- Link State Request (LSR)
 - Pomocou LSR si router vyžiada konkrétnu položku topologickej databázy od suseda
 - Prenáša požadovaný Link-state ID (databázový kľúč)
- Link State Update (LSU)
 - Prostredníctvom LSU sa prenáša samotá topologická informácia
 - Topologická informácia je vo vnútri LSU obsiahnutá ako jedna alebo niekoľko LSA položiek
- Link State Acknowledgement (LSAck)
 - Slúži na potvrdenie úspešného prijatia konkrétneho LSA
 - V jednom LSAck môže byť potvrdených mnoho LSA

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

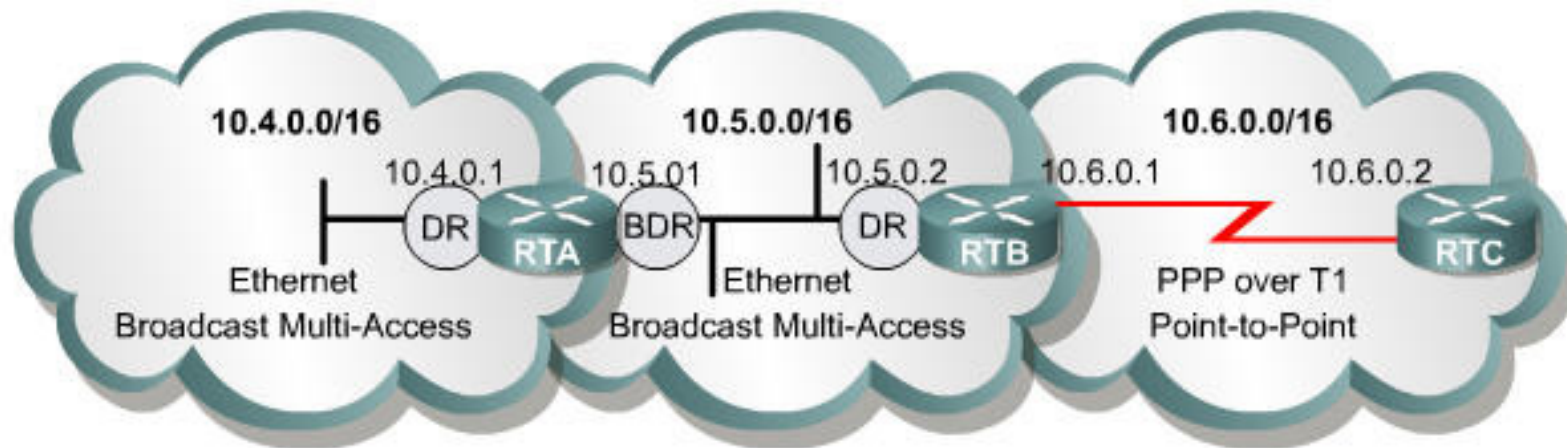
Krok 1 – Lokalizácia susedov a vytvorenie komunikačných vzťahov

- Susedia sa objavujú navzájom pomocou Hello paketov, ktoré sú buď posielené na adresu 224.0.0.5, alebo podľa konfigurácie na konkrétneho suseda
- Routery skontrolujú, či obsah prijatého Hello paketu zodpovedá požadovaným kritériám. V prípade zhody sa routery považujú za susedov (neighbors)
- Parametre, ktoré sa musia zhodovať:
 - Spoločná sieť a maska
 - Číslo oblasti a jej typ
 - Autentifikácia
 - Hello a Dead Interval
- Ďalšie podmienky, ktoré musia byť splnené, ale nekontrolujú sa explicitne:
 - RID musia byť rôzne
 - MTU musia byť zhodné
- Pokiaľ sú na sieti zvolení DR/BDR, ich IP adresa bude v Hello paketoch takisto uvedená a s nimi bude potrebné naviazať adjacency
- 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

- DR a BDR router je potrebné zvoliť na každom multiaccess segmente
- Každý OSPF router má pre každý multiaccess segment (každé rozhranie) nezávisle konfigurovateľnú prioritu v rozmedzí 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



OSPF routers perform DR and BDR elections only on multiaccess IP networks.

Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz

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

Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz

- Fáza 2-Way
 - Od suseda sme dostali Hello paket a informácie v ňom spĺňajú kritériá, navyše v ňom vidíme vlastné RID.
- Týmito fázami prejdú všetky susedské routery a tieto fázy zodpovedajú kroku 1 a prípadne 2.
- Vo fáze 2-Way sú splnené podmienky na možnosť obojsmernej komunikácie medzi dvojicou routerov, čiže v tejto fáze spravidla aj nastáva voľba DR/BDR, pokiaľ nie sú zvolené.
- Bežní susedia zostávajú vo fáze 2-Way a v dialógu nepokračujú, teda priamo medzi sebou si topologickú informáciu nebudú vymieňať.
- 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.

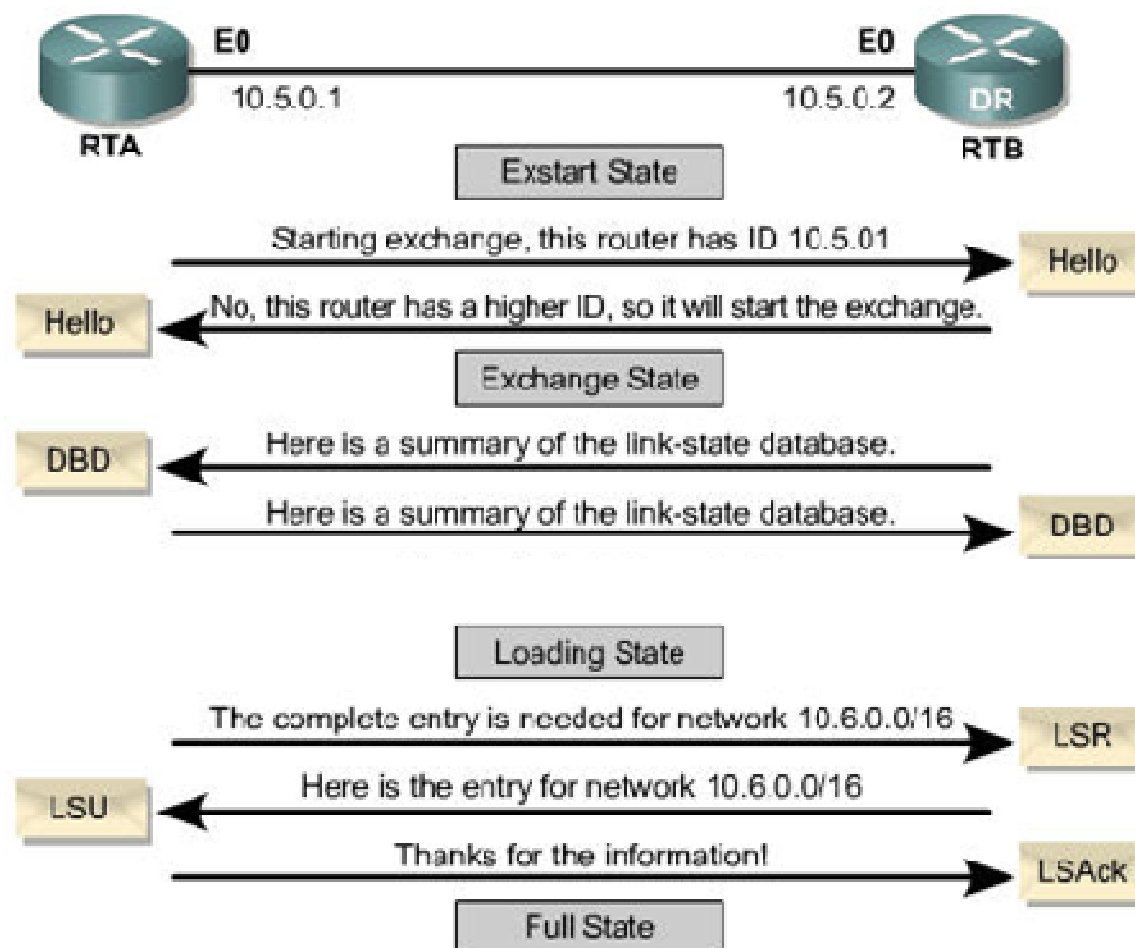
Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz

- Fáza ExStart:
 - Routers si navzájom vymenia prázdne DBD pakety, aby pre účel výmeny topologických databáz zistili, kto z nich bude tzv. Master a kto Slave
 - Master smie zvyšovať sekvenčné číslo v DBD paketoch, Slave je povinný odpovedať na výzvy Mastera opakovaním jeho sekvenčného čísla
- Fáza Exchange:
 - Routers si vymieňajú DBD pakety, v ktorých si navzájom popisujú obsah svojich topologických databáz
 - Na základe informácií v prijatých DBD paketoch si každý router tvorí zoznam LSA, ktoré má sused novšie a ktoré od neho bude chcieť stiahnuť

Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz

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

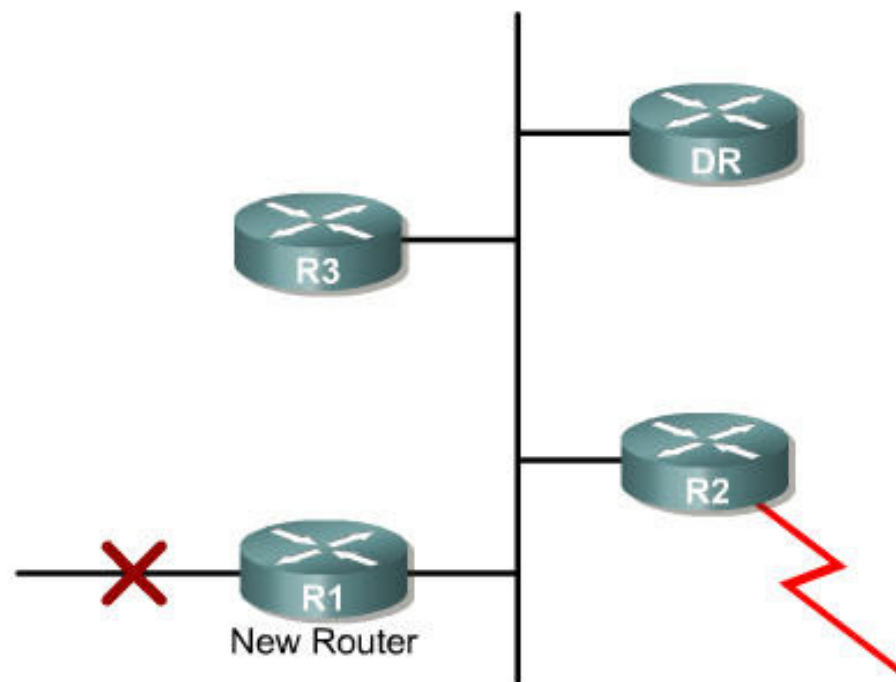
Krok 3 – Synchronizácia topologických databáz



Kroky 4 a 5 – Strom najkratších 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
 - Spočítanie nového stromu najkratších vzdialeností
- 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

Kroky 4 a 5 – Strom najkratších vzdialeností a jeho udržiavanie



The DR acknowledges the receipt of the change and floods the LSU to others on the network using the OSPF multicast address 224.0.0.5.

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

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

Identifikátor smerovača – Router ID

- Na mnohých miestach OSPF protokolu je smerovač identifikovaný unikátnym číslom – tzv. Router ID (RID)
- V LSDB sa RID využíva ako identifikátor pôvodu a obsahu mnohých LSA
- Selekcia RID:
 1. RID špecifikované v konfigurácii OSPF procesu príkazom **router-id**
 2. Ak príkaz router-id nie je prítomný, vezme sa najvyššia IP adresa spomedzi všetkých aktívnych Loopback rozhraní s IP adresou
 3. Ak žiadne aktívne Loopback rozhranie s IP adresou nie je k dispozícii, zoberie sa 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

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
- 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
```

Default route v OSPF

Router (config-router) #

```
default-information originate [always]
```

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

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
```

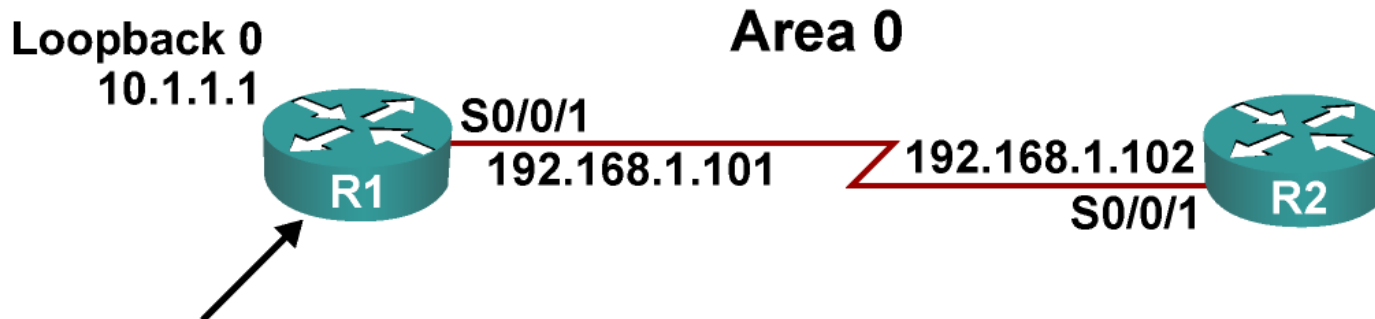
- Definuje druh autentifikácie pre oblasť (v tomto prípade plaintext)

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

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, pre prijatie sa akceptuje ktorýkoľvek

Router (config-router) #

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

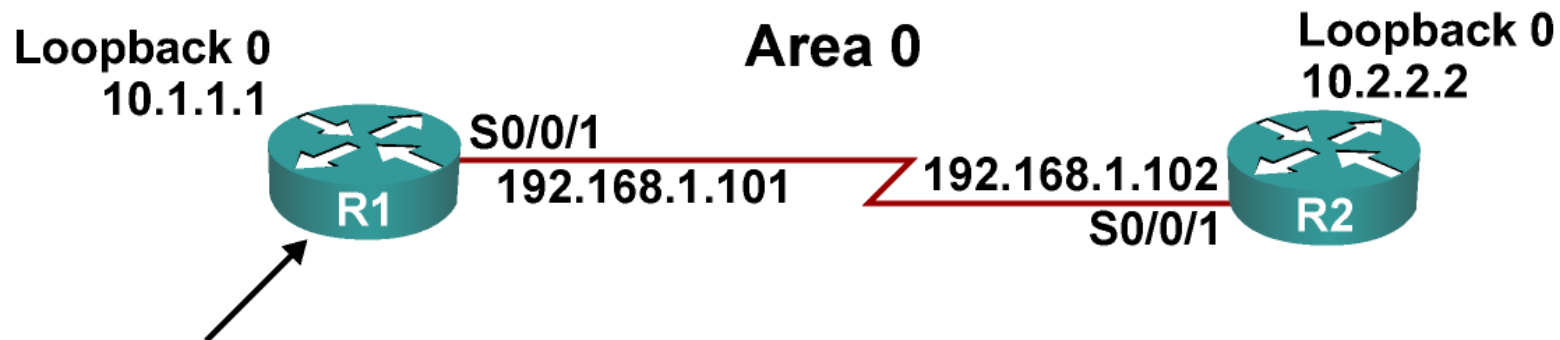
- Definuje druh autentifikácie pre oblasť (v tomto prípade MD5)

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
```

314P_077

LSA a ich typy



OSPF databázy

- OSPF si udržiava tri databázy:
 - Adjacency Database (**show ip ospf neighbor**)
 - Databáza susedov a komunikačných vzťahov medzi nimi
 - Link-state Database (**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

Číslovanie LSA

- Každý LSA v LSDB má vlastné sekvenčné číslo veľké 4 B
- Číslovanie ľubovoľného LSA začína od konštanty 0x80000001 a končí hodnotou 0x7FFFFFFF
 - Hodnota 0x80000000 je vyhradená a nepoužitá.
- OSPF router pošle každých 30 minút všetky LSA zo svojej LSDB kvôli ich obnove
 - Pri každom tomto rozposielaní sa príslušné sekvenčné číslo každého LSA inkrementuje.
- 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 posielat' znovu so sekvenčným číslom 0x80000001.
- Ak router prijme viaceré inštancie toho istého LSA, musí určiť, ktoré je novšie. LSA s vyšším sekvenčným číslom sa považuje za novšie.

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. Ich autori v momente dosiahnutia veku 1800 sekúnd vygenerujú nové LSA.

```
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
```

- 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   106         0x80000006   0x00D3B1 5
192.168.1.253   192.168.1.253   58          0x80000007   0x009D92 5
```

Operácie pri spracovaní LSA

Typy Link State Advertisement (LSA) štruktúr

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

314P_064

LSA Type 1: Router LSA

- LSA1 si generuje každý router v oblasti sám za seba
 - LSA1 obsahuje zoznam rozhraní smerovača s ich vlastnosťami
- Autor LSA1 je v ňom identifikovaný svojím RID v poli Link-state ID
- LSA1 sa rozposiela do celej oblasti, neprechádza však cez ABR do iných oblastí
- Link ID (identifikátor siete na rozhraní) závisí na type spojenia

Typy spojení v LSA Type 1

Link Type	Popis	Link ID
1	Point-to-point spojenie so susedným routerom	RID susedného routera
2	Rozhranie do tranzitnej siete	IP adresa DR v danej sieti
3	Rozhranie do stub siete	IP číslo/maska siete
4	Virtual link	RID virtuálne susedného routera

LSA Type 2: Network LSA

- 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 obsahuje IP adresu DR v danej sieti (na toto pole sa odvoláva pole Link ID v LSA1 všetkých členských routerov)

LSA Type 3: Summary LSA (IP network)

- LSA3 generuje ABR za príslušnú oblasť
 - LSA3 obsahujú potenciálne sumarizovaný zoznam IP sietí v danej oblasti, avšak bez dodatočnej topologickej informácie (efektívne distance-vector)
 - Sumarizácia štandardne nie je zapnutá, LSA3 teda obsahujú jednoducho zoznam IP sietí v danej oblasti
- LSA3 sa za normálnych okolností rozposielajú do celého autonómneho systému, teda do všetkých oblastí
- Link-state ID obsahuje IP adresu samotnej ohlasovanej podsiete, maska je obsiahnutá v ďalšom poli paketu

LSA Type 4: Summary LSA (ASBR)

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

LSA Type 5: External LSA

- LSA5 generuje ASBR
 - V LSA5 sa prenášajú informácie o vonkajších sieťach, t.j. sieťach mimo nášho autonómneho systému
- Link-state ID obsahuje IP adresu vonkajšej siete

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>
```

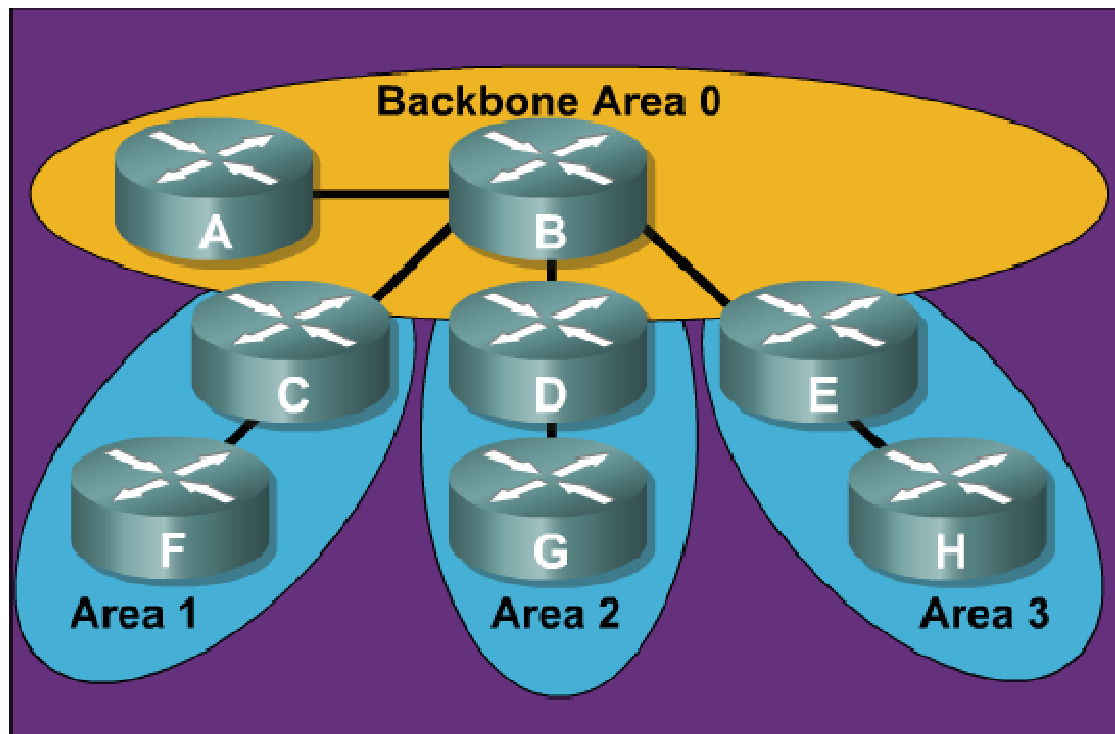
Typy OSPF oblastí



Oblasti v OSPF

Význam oblastí v OSPF

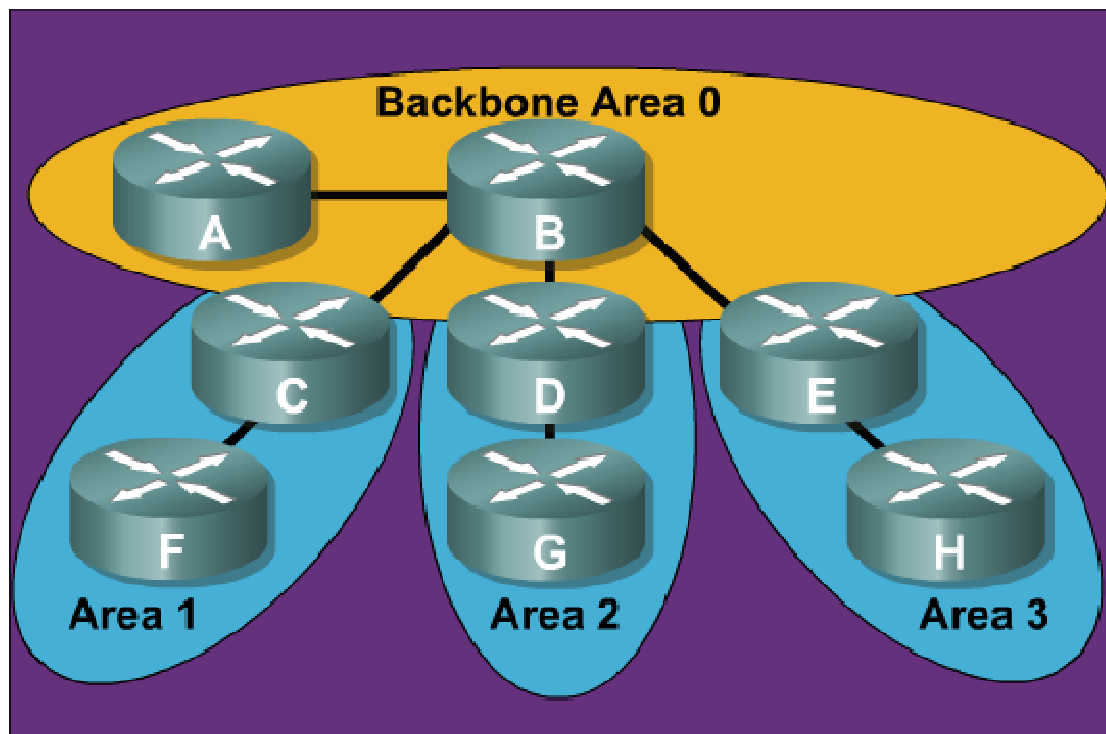
- Minimalizujú počet položiek v smerovacích tabuľkách
- Dôsledky topologickej zmeny sú ohraničené na vnútro oblasti
- Detailné informácie o oblasti sa nešíria za jej hranice
- Použitie oblastí si vyžaduje hierarchický návrh siete



Oblasti v OSPF

Nová terminológia:

- **Transit Area**
(tranzitná oblasť)
Známa tiež ako
Backbone Area 0
- **Regular Area**
(regulárna oblasť)
Takisto známe ako
nechrbticové
(nonbackbone) oblasti



Oblasti v OSPF

- Rôzne typy oblastí v OSPF sú dosiahnuté pomocou vhodného filtrovania a zamieňania LSA, ktoré prechádzajú cez ABR do vybranej oblasti
- Typy oblastí:
 - Transit/Regular
 - Stubby
 - Totally stubby
 - NSSA (Not-So-Stubby Area)
 - NSSA Totally stubby

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

OSPF Stubby Area

- Stubby 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 stubby arey konvertuje na default route oznámené cez LSA3
- Výhodná vždy v prípade, že pre danú oblasť nie je podstatné, aké externé siete existujú a cez aké ASBR sa k nim ide
- Konfigurácia
 - Na všetkých smerovačoch v stubby oblasti sa musí uviesť príkaz

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

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
 - 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
- 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
```

OSPF NSSA a NSSA Totally Stubby

- 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
- Klasické (totally) stubby oblasti podobnú konšteláciu nepovoľujú
- Pre tieto účely slúžia NSSA resp. NSSA Totally Stubby oblasti
 - Sú takmer presnými protějškami oblastí typu Stubby resp. Totally Stubby
 - 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
 - no-redistribute: externé smery získané redistribúciou na A(S)BR sa nebudú redistribuovať do danej NSSA oblasti

Výber najkratšej cesty v OSPF

- Preferencia ciest
 - O, IA, E1 (N1), E2 (N2)
- Intra-area cesty
 - Platí prirodzený princíp najkratšej cesty
- Inter-area cesty medzi oblasťami
 - 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

Výber najkratšej cesty v OSPF

- Cesty do externých sietí, Typ 1
 - 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
- Cesty do externých sietí, Typ 2
 - Celková cena cesty je daná jedine cenou cesty od ASBR do externej cieľovej siete
 - 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

Sumarizácia v OSPF



Sumarizovanie sietí v oblastiach

- V OSPF sa nezávisle od seba konfigurujú dva druhy sumarizácií
 - Sumarizácia sietí v oblastiach
 - Sumarizácia externých sietí získaných redistribúciou
- Sumarizácia sietí v oblastiach sa zásadne konfiguruje na príslušných ABR, a to príkazom

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

- not-advertise: daná pokrývajúca sieť a jej komponenty sa neprepošlú do ostatných oblastí (budú skryté)
- Príkaz je možné opakovane použiť a sumarizovať na rôzne siete podľa potreby

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

Konfigurácia OSPF na NBMA sieťach



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. Typický Ethernet.
 - Non-Broadcast Multi-Access
 - Šírenie broadcastov a multicastov si zabezpečuje sám odosielateľ. Vyžaduje sa plná konektivita DR/BDR so všetkými ostatnými routermi. Typický Frame Relay s vhodne zostavenými virtuálnymi okruhmi.
 - Point-to-Point
 - Broadcasty a multicasty, ako aj plná konektivita sú implicitne vyriešené.
 - Point-to-Multipoint
 - Efektívne sa jedná o kolekciu point-to-point spojení zastrešenú jedným logickým rozhraním

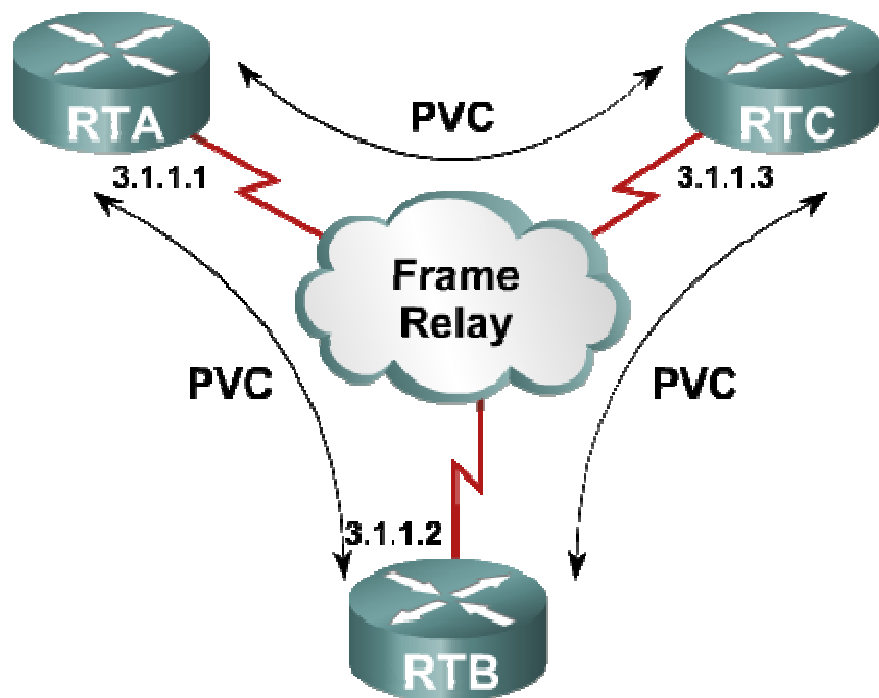
Režimy činnosti OSPF nad NBMA siet'ami

- RFC 2328 špecifikuje pre NBMA tieto režimy:
 - Nonbroadcast (NBMA)
 - Point-to-multipoint
- V Cisco implementácii existujú pre NBMA ďalšie:
 - Point-to-multipoint nonbroadcast
 - Broadcast
 - Point-to-point
- 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}]
```

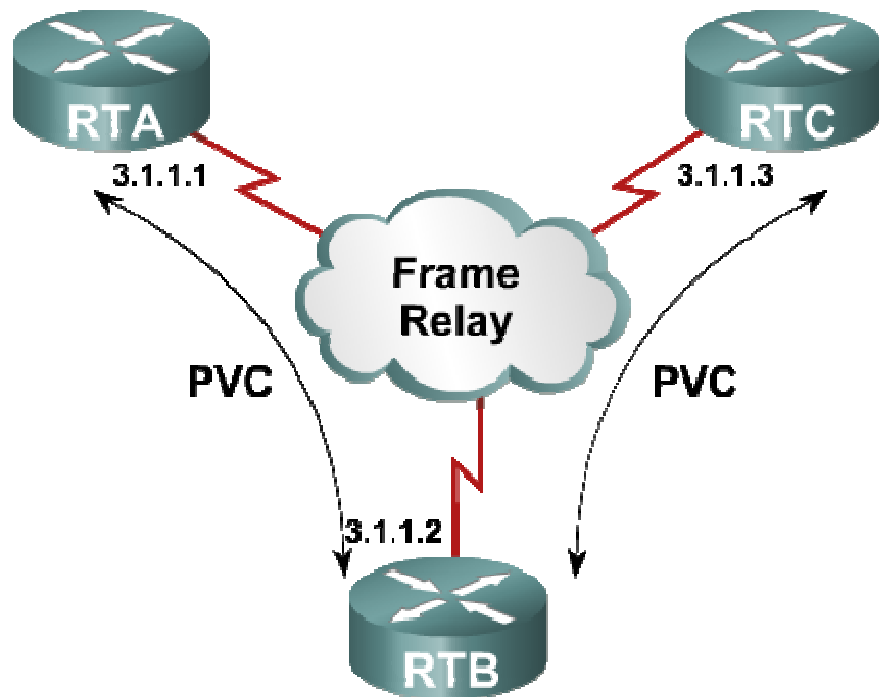
RFC-kompatibilný režim Nonbroadcast



- Všetky smerovače spája spoločná IP sieť
- Susedia musia byť konfigurovaní ručne
- Spomedzi smerovačov sa vyberá DR a BDR
- DR a BDR musia mať úplnú konektivitu so všetkými smerovačmi
- Tento režim sa bežne používa vo full-mesh topológiách

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

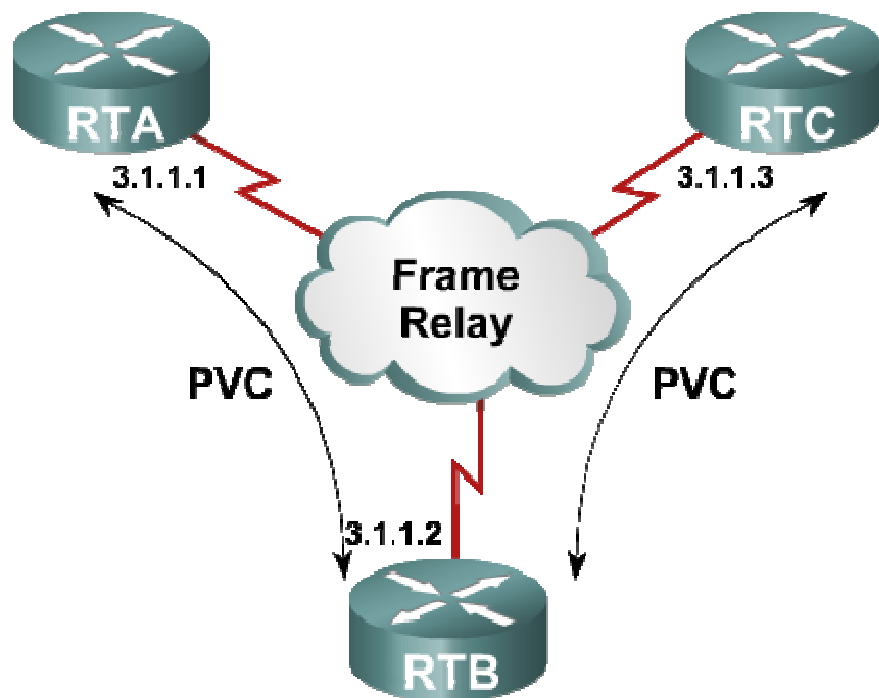
RFC-kompatibilný režim Point-to-Multipoint



- Všetky smerovače spája spoločná IP sieť
- Susedia sú objavovaní dynamicky pomocou multicastovo adresovaných hello paketov
- 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)

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

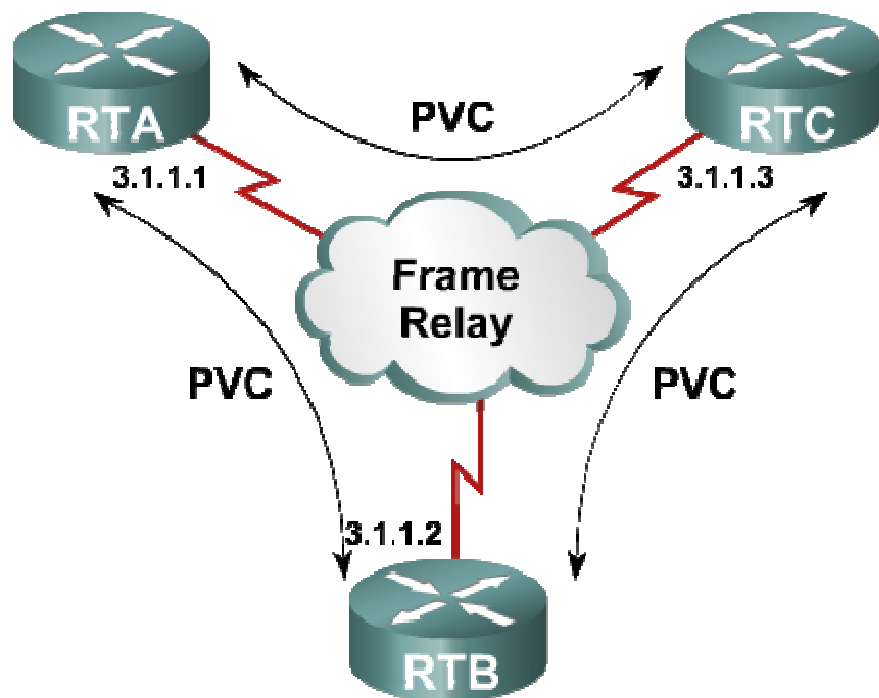
```
-----
```

```
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



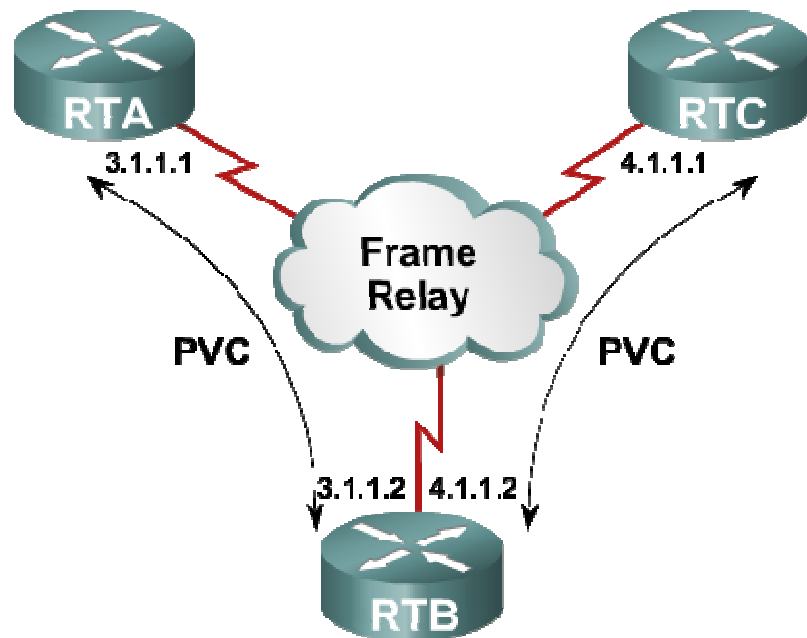
- Prinúti WAN rozhranie správať sa ako LAN
- Všetky smerovače spája spoločná IP sieť
- Susedia sú objavovaní dynamicky pomocou multicastovo adresovaných hello paketov
- Spomedzi smerovačov sa vyberá DR a BDR
- Vyžaduje si full-mesh topológiu

```
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 subinterfejsov spojených spoločným VC 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

```
RTB (config) #interface serial 0/0.1
RTB (config-subif) #ip address 3.1.1.2 255.255.255.0
RTB (config-subif) #interface serial 0/0.2
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

314P_063

Použitie príkazu `neighbor` v OSPF

Router (config-router) #

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

- Statické definovanie susedov v OSPF
 - `poll-interval`: Interval posielania Hello paketov 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 sieťach

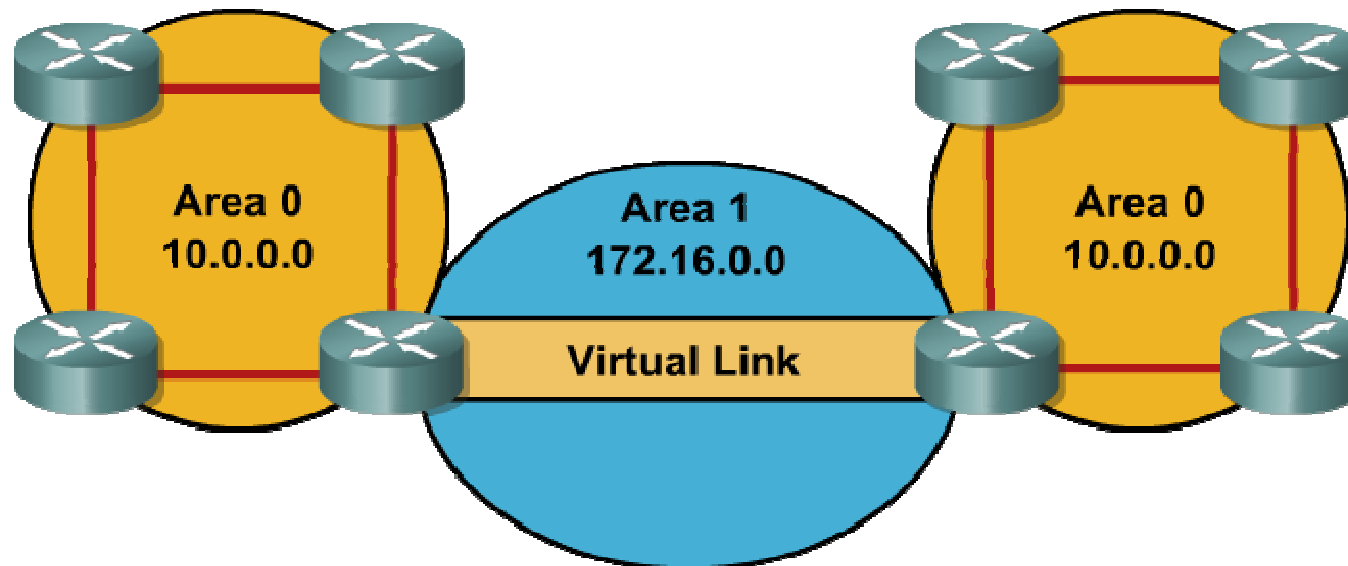
- Ak sa používa OSPF nad hub-and-spoke topológiou a takým typom siete, kde sa volí DR/BDR, je dôležité upraviť prioritu spoke routerov na 0
 - Je potrebné, aby sa nezúčastňovali volieb DR/BDR, pretože sa nevidia navzájom a všetci sa prehlásia za DR alebo BDR

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

OSPF Virtual Link

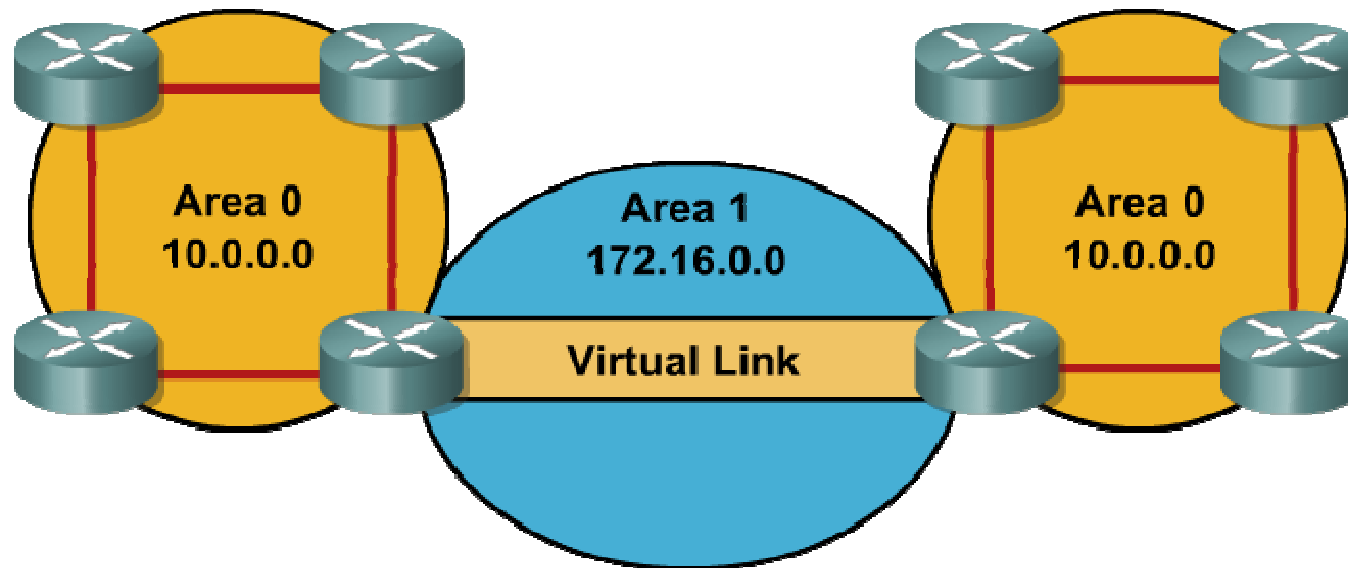


OSPF Virtual Link



- 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 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

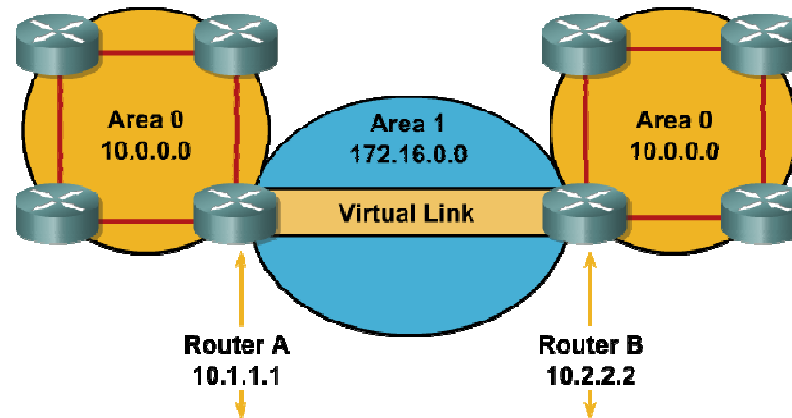
Konfigurácia Virtual Link

Router (config-router) #

```
area 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 musia byť v spoločnej oblasti, cez ktorú sa vytvára virtual link
 - Táto spoločná oblasť nesmie byť typu stub a analogická
 - Oba endpointy sa týmto príkazom automaticky stávajú členmi oblasti 0 a teda nadobúdajú funkciu ABR
 - Keďže virtual link nemá vlastné sieťové rozhranie, všetky obvyklé parametre rozhrania sa špecifikujú nepovinnými parametrami priamo v príkaze

Konfigurácia a overenie virtual link



```
Router ospf 1000
network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 1
network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
area 1 virtual-link 10.2.2.2
```

```
Router ospf 1000
network 172.16.0.0 0.0.255.255 area 1
network 10.0.0.0 0.255.255.255 area 0
area 1 virtual-link 10.1.1.1
```

```
RouterA#sh 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
```

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 minutes.
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.