

Počítačové siete  
Smerovacie (routing) protokoly Internetu  
OSPF (v.2)

# Smerovanie v IP

- routovacie tabuľky
  - adresa siete + maska -> ďalší router (hop) na ceste
  - hľadá sa najlepšia zhoda cieľovej IP adresy a záznamu v tabuľke
- napĺňanie tabuliek
  - staticky, ručne
    - vhodné pre malé siete s pevnou štruktúrou
  - dynamicky
    - pomocou smerovacieho protokolu
    - vhodné pre veľké siete s meniacou sa štruktúrou

# Smerovanie v Internete

- Internet
  - viacero rôzne prepojených chrbticových sietí
  - siete veľkých regionálnych poskytovateľov
    - prepojené (aj s viacerými) chrbticovými sieťami
  - siete veľkých subjektov
    - pripojené často aj k viacerým poskytovateľom
  - siete malých subjektov
    - pripojené k jednému poskytovateľovi

# Smerovanie v IP

- koncové siete
  - záznamy pre vlastné podsiete subjektu
  - default route pre zvyšok Internetu
- chrbticové siete Internetu
  - musia vedieť pre každú IP adresu určiť, cez ktorého regionálneho poskytovateľa alebo inú chrbticovú sieť je dostupná a ako sa tam dostať
    - potreba rozumného pridelovania adries
- siete regionálnych poskytovateľov
  - musia vedieť pre každú IP adresu určiť, ktorému zákazníkovi patrí a ako sa tam dostať, resp. že je dostupná cez chrbticovú sieť

# Smerovanie v Internete

- autonomous system (AS)
  - množina sietí a router-ov so spoločnou smerovacou politikou
- každý AS
  - rieši smerovanie vnútri AS
    - interior gateway protocol (IGP)
  - s pomocou susedných AS rieši smerovanie medzi AS
    - exterior gateway protocol (EGP)

# Princípy smerovacích algoritmov

- distance vector
  - router si udržiava tabuľku najkratších vzdialeností a bezprostredných susedov na ceste ku všetkým cieľom ( $D_x, R_x$ )
  - pravidelne zdieľa so susedmi tabuľku vzdialeností ( $D_x$ )
  - pamätá si naposledy prijatú tabuľku vzdialeností od každého suseda ( $D_s$  pre každého suseda  $s$ )
  - inicializácia  $D_x[y] = \text{inf}$ ,  $R_x[y] = \text{N/A}$  pre všetky  $y$ ,  $D_x[x]=0$ ,  $R_x[x]=x$
  - pri prijatí  $D_s$  od suseda  $s$  prepočíta:

foreach  $y$ :

if  $C_x[s] + D_s[y] < D_x[y]$ :

$D_x[y] = D_s[y] + C_x[s]$

$R_x[y] = s$

# Princípy smerovacích algoritmov

- link state
  - udržiava si stav (a cenu) liniek ku všetkým susedom
  - zdieľa informáciu o bezprostrednom okolí s ostatnými uzlami
  - postupne získa kompletnú informáciu o všetkých linkách v sieti
  - samostatne si vypočíta najkratšie cesty do všetkých destinácií
    - a na základe toho si naplní routovaciu tabuľku

# Counting to infinity problem

- distance vector algoritmy majú problém:
- A – B – C
  - $D_A = \{ A:0, B:1, C:2 \}$
  - $D_B = \{ A:1, B:0, C:2 \}$
  - $D_C = \{ A:2, B:1, C:0 \}$
- Keď A zlyhá, B si to všimne, resetne  $D_B[A]=\text{inf}$  a na základe  $D_C$  si upraví  $D_B[A] = 3$ .
- Následne si C na základe  $D_B$  upraví  $D_C[A] = 4$ , atď.



# OSPF

- Open Shortest Path First
- dnes najčastejšie používaný IGP v Internete
- každý router posiela informácie o stave a cene svojich liniek
  - flooding – pošle susedom, tí pošlú svojim, atď.
- každý router zhromažďí informácie o stave a cene liniek každého iného router-a v oblasti
  - pomocou Dijkstrovho algoritmu určí optimálnu cestu do každej siete v oblasti a do externých sietí – kostru, kde je sám koreňom
  - v prípade viacerých rovnako drahých ciest sa použijú na load-balancing

# OSPF

- area (oblasť)
  - umožňuje členenie siete
  - komunikácia v rámci oblasti sa smeruje len vnútri oblasti
  - vnútorná štruktúra oblasti je skrytá pred zvyškom
  - jedna oblasť je „backbone“ (ID 0.0.0.0)
    - každá oblasť je prepojená s backbone
    - komunikácia medzi oblasťami vždy prechádza cez backbone

# Link-state Database

- orientovaný graf
- uzlami sú router-e a siete
- hrany
  - point-to-point linky medzi router-mi
  - router -> sieť
  - sieť -> router
    - *transit* siete – siete, cez ktoré môžu prechádzať cudzie pakety
    - nie v *stub* sieťach – sieť s iba jedným router-om, cez ktorú teda nemôžu prechádzať cudzie pakety
    - majú cenu 0

# Link State Advertisement

- LSA
- vytvára sa pre každý router a každú tranzitnú (transit) sieť
  - každý router generuje LSA za seba
  - jeden určený (designated) router pre sieť generuje LSA za sieť
- obsahuje príslušnú časť (okolie) Link-state DB
  - vrcholy, do ktorých existuje hrana

# OSPF – typy router-ov

- internal router
  - všetky pripojené siete sú súčasťou jednej oblasti
- area border router (ABR)
  - router je pripojený do viacerých oblastí
- backbone router
  - router pripojený do backbone oblasti
- AS boundary router (ASBR)
  - router s pripojením do externých sietí (v inom AS, resp. staticky smerované siete)

# OSPF – typy LSA

- 1 – Router LSA
  - generované každým router-om, šírené v rámci oblasti
  - popisuje stav liniek router-a
- 2 – Network LSA
  - generované pre siete typu broadcast určeným router-om
  - šírené v rámci oblasti
- 3, 4 – Summary LSA
  - generované ABR, šírené v rámci oblasti
  - popisujú cestu do cieľov v iných oblastiach
    - 3 – siete v iných oblastiach
    - 4 – ASBR
- 5 – AS-external LSA
  - generované ASBR, šírené v rámci celého AS
  - popisujú cestu do cieľov mimo AS (t.j. do externých sietí)

# OSPF – adjacency

- informácie router-e neposielajú všetkým susedom, ale len *prilahlým* (adjacent)
- router-e spojené point-to-point linkou sú prilahlé
- router-e pripojené k sieti typu broadcast
  - zvolia si jeden určený router (designated router, DR) a jeden záložný (backup DR, BDR)
  - každý je prilahlý s DR a s BDR
  - DR generuje LSA za sieť

# OSPF protokol

- využíva priamo IP
  - teda nepoužíva služby transportnej vrstvy
  - protokol 89
- multicast adresy
  - 224.0.0.5 – AllSPFRouters (všetky OSPF router-e)
  - 224.0.0.6 – AllDRouters (designated OSPF router)
- typy správ
  - 1 – Hello
  - 2 – Database Description
  - 3 – Link State Request
  - 4 – Link State Update
  - 5 – Link State Ack



# OSPF – hlavička paketu

- version (2)
- type
- length
- router ID
  - typicky 1 IP adresa router-a
- area ID
  - 32bit ID oblasti, 0.0.0.0 = backbone
- checksum
- auth type
- auth data

# OSPF – Hello

- umožňuje vytvorenie a udržiavanie vzťahov so susedmi, voľbu určeného (designated) router-a (DR) pre sieť (typu broadcast) a záložného DR
- router pravidelne posiela
  - na AllSPFRouters multicast
  - resp. unicast-om cez virtuálne linky a v point-to-multipoint sieťach
- obsahuje najmä
  - prioritu routera
  - masku siete
  - DR, BDR
  - zoznam susedov, od ktorých nedávno prišiel Hello

# OSPF – určenie DR a BDR

- určenie BDR
  - uvažuj router-e, ktoré sa deklarujú za BDR a nie DR
  - vyber z nich ten s najvyššou prioritou, router ID
  - ak neexistujú, vyber z non-DR ten s najvyššou prioritou, router ID
- určenie DR
  - vyber router, ktorý sa deklaruje za DR s najvyššou prioritou, router ID
  - ak neexistuje, vyber BDR z predchádzajúceho kroku
- ak sa router stal/prestal byť DR alebo BDR, zopakuje predošlé kroky

# OSPF – Database Description

- po objavení prí'ahlého router-a
  - slúži na synchronizáciu údajov o LSDB
  - na začiatku si pošlú prázdny DD paket
    - určia si roly master/slave (master má väčšie router ID)
  - následne si navzájom posielajú zoznam LSA
    - vždy najprv master pošle časť, slave potvrdí (a pošle svoju časť), atď.
    - ak master nedostane potvrdenie, pošle znovu
  - po skončení obaja vedia, kto z nich má novšie verzie ktorých LSA

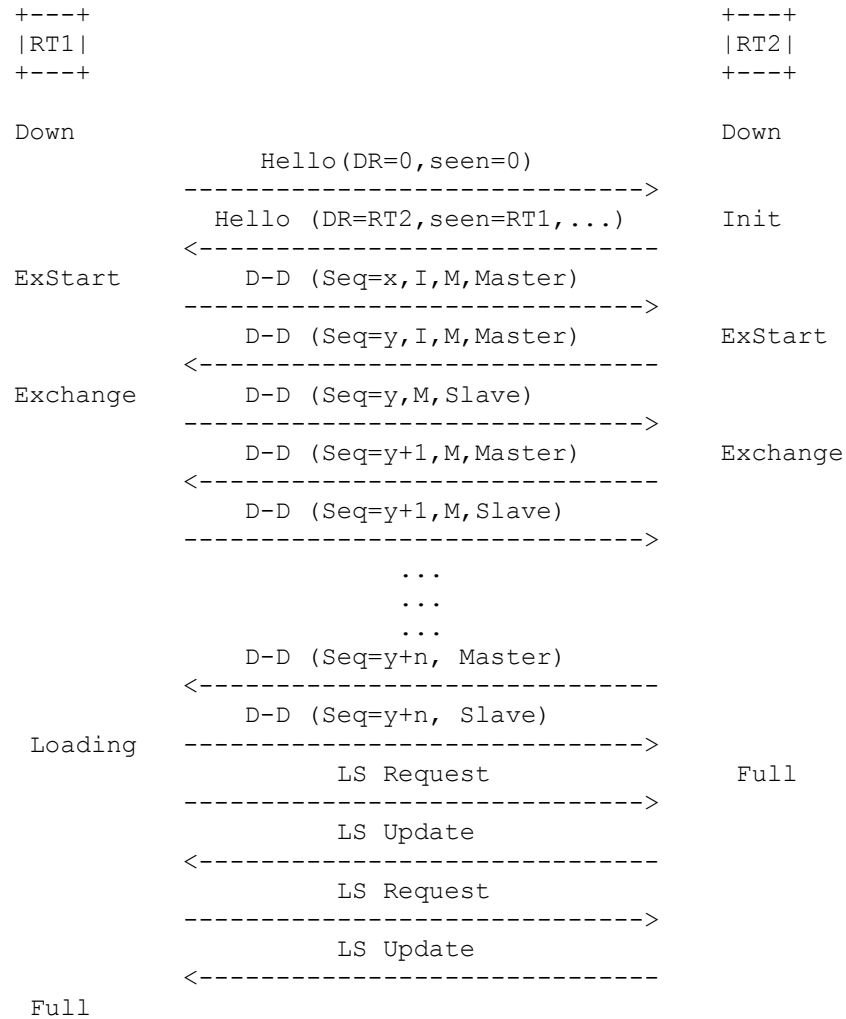
# OSPF – Database Description

- posielajú sa
  - multicast-om na AllSPFRouters v point-to-point sieťach
  - unicast-om v ostatných prípadoch
- obsahujú najmä
  - indikáciu Master/Slave, indikáciu začiatku a konca
  - DD sequence number
    - inkrementuje master po 1, slave používa na potvrdenie
  - zoznam LSA hlavičiek

# OSPF – Link State Request

- po zistení zoznamu nových/novších LSA v databáze príahlého suseda
  - sériou Link State Request paketov si router vyžiada obsah príslušných LSA
  - odpovede dostane v podobe Link State Update paketov
- LSR obsahuje zoznam
  - LS type, LS ID, Advertising router
- LSU obsahuje
  - počet LSA, zoznam LSA

# OSPF – LSR/LSU



# OSPF – Routing Table

- typ cieľa
  - router, sieť
- ID cieľa
  - router ID, adresa siete
- maska siete
- oblasť
- typ cesty
  - intra-area, inter-area, external type 1, external type 2
- cena
- cena typu 2
  - pre externé cesty typu 2 – cena typu 2 je vyššia ako akákoľvek cena typu 1
- množina next hop a advertising router



# OSPF – LSA hlavička

- LS age
- LS type
- Link State ID
  - router LSA (1) – router ID
  - network LSA (2) – IP adresa DR
  - sieť v inej oblasti (3) – adresa siete
  - ASBR (4) – router ID
  - externá sieť (5) – adresa siete
- advertising router
  - router ID router-a, ktorý je zdrojom LSA
- sekvenčné číslo (od  $-2^{31}+1$  do  $2^{31}-1$ )
- kontrolný súčet

# OSPF – Router LSA

- typ router-a
- pre každú linku
  - typ
  - Link ID (router ID suseda, IP adresa DR, adresa stub siete)
  - doplňujúci údaj (IP adresa routera, maska stub siete)
  - cena

# OSPF – Network LSA

- generuje DR pre sieť
- obsah
  - maska siete
  - pre každý priľahlý router (+DR)
    - router ID

# OSPF – Summary LSA

- Link State ID
  - pre siete v inej oblasti – adresa siete
  - pre ASBR – router ID
- obsah
  - maska siete (pre typ 4 = 0)
  - cena

# OSPF – AS external LSA

- maska siete
- typ ceny (1 = rovnaké jednotky ako interné ceny, 2 = jednotky „vyššieho rádu“)
- cena
- IP adresa routera pre externú sieť
  - 0.0.0.0 = použiť router generujúci túto LSA

# OSPF – flooding

- LSA sa generujú
  - pravidelne
  - pri zmene
- posielajú sa v Link State Update paketoch
  - v sieťach typu broadcast na AllDRouters
    - DR a BDR na AllSPFRouters
- potvrdzujú sa v Link State Acknowledgement paketoch

# OSPF – flooding

- po prijatí novšej LSA
  - uloží sa novšia LSA
  - prepošle sa priľahlým susedom
  - potvrdí sa odosielateľovi
- ak po odoslaní odosielateľ nedostane potvrdenie, pošle LSA znovu

# OSPF – Link State Ack

- potvrdzuje prijatie Link State Update pri flooding-u
  - obsahuje zoznam LSA hlavičiek prijatých LSA