

## Směrování - OSPF

---

---

---

---

---

---

---

---

## Směrování podle stavu linek (LSA)

- Link State Algorithm (LSA) – směrování podle stavu linek
- Každý uzel ví jak dosáhnout přímo spojené sousedy: lokální link-state (stav linek)
- Přerušené linky nebo nefungující sousední směrovače jsou detekovány periodickou výměnou „hello“ zpráv
- Každý směrovač šíří vlastní stav linek do všech ostatních uzlů sítě pomocí spolehlivého záplavového doručování
- Znalost stavu linek ze všech uzlů je dostatečná pro konstrukci grafu propojení celé sítě
- Každý uzel vypočte minimální vzdálenost k ostatním uzlům pomocí Dijkstrova algoritmu

---

---

---

---

---

---

---

---

## Spolehlivé záplavové doručování

- Každý uzel generuje periodicky nebo při změně stavu lokální linky Link State pakety (LSP)
- LSP obsahuje:
  - ID uzlu, který LSP generuje
  - Seznam přímo propojených sousedů s cenami přidružených linek
  - Sekvenční číslo tohoto LSP
  - TTL pro toto LSP
- Uzel, který LSP přijme, pošle jej všem svým sousedům, kromě toho, od kterého ji obdržel
- Sekvenční číslo LSP musí být větší, než posledně uloženého LSP od tohoto uzlu
- Přenos LSP musí být spolehlivý
  - Používá se potvrzení, timeouty a opakování přenosu

---

---

---

---

---

---

---

---

## Spolehlivé záplavové doručování

- ❑ Před posláním LSP sousedům snižuje hodnotu TTL
  - Jestliže TTL LSP dosáhlo nuly, posílá je uzel dál s tím, že je to signál pro vyřazení tohoto LSP ze všech uzlů
  - Pomocí TTL se měří stáří lokálně uložených LSP
- ❑ Co se stane, když sekvenční číslo LSP dosáhne maxima?
- ❑ Co se stane když se uzel rychle vypne a zase zapne bez toho, že sousedé detekují výpadek?
  - Uzel si může od souseda vyžádat poslední uložené LSP

---

---

---

---

---

---

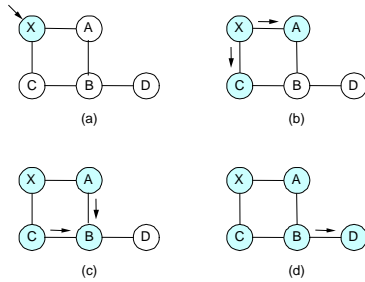
---

---

---

---

## Příklad záplavování




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Dijkstrův algoritmus pro nalezení nejkratší cesty

$N$ : set of nodes in graph  
 $L(i, j)$ : cost of link from node  $i$  to node  $j$  (equal to infinity if no link)  
 Objective: find minimum-cost paths from node  $s$  to every node in  $N$

$M$ : set of nodes examined so far  
 $C(n)$ : cost of path from  $s$  to  $n$

$M = \{s\}$   
 for each  $n$  in  $N - \{s\}$ ,  $C(n) = L(s, n)$   
 while ( $N \neq M$ )  
      $M = M \cup \{w\}$  such that  $C(w)$  is minimum for all  $w$  in  $(N - M)$   
     for each  $n \in (N - M)$   
          $C(n) = \text{MIN} ( C(n), C(w) + L(w, n) )$

---

---

---

---

---

---

---

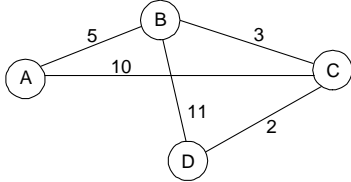
---

---

---

## Algoritmus vyhledávání

- ❑ Specifická realizace Dijkstrova algoritmu
  - Používá potvrzený seznam a pokusný seznam (seznam uzlů podezřelých ...)
  - Oba obsahují seznam n-tic (cíl, cena, následující uzel)
  - Viz následující příklad




---

---

---

---

---

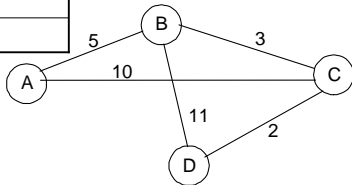
---

---

---

## Postup vytváření směrovací tabulky pro uzel D

| Krok | Potvrzený seznam                            | Pokusný seznam        |
|------|---|-----------------------|
| 1    | (D,0,-)                                     |                       |
| 2    | (D,0,-)                                     | (B, 11, B), (C, 2, C) |
| 3    | (D, 0, -), (C, 2, C)                        | (B, 11, B)            |
| 4    | (D, 0, -), (C, 2, C)                        | (B, 5, C), (A, 12, C) |
| 5    | (D, 0, -), (C, 2, C), (B, 5, C)             | (A, 12, C)            |
| 6    | (D, 0, -), (C, 2, C), (B, 5, C)             | (A, 10, C)            |
| 7    | (D, 0, -), (C, 2, C), (B, 5, C), (A, 10, C) |                       |




---

---

---

---

---

---

---

---

## Klady a zápory LSA

- ❑ Rychlé ustálení po změně topologie
- ❑ Více robustní než RIP
  - Předchází problému čítání do nekonečna
- ❑ Vyžaduje ukládání LPS v každém uzlu (týká se rozšiřitelnosti)
  - OSPF se proto používá pouze pro interní směrování (omezení z důvodu škálovatelnosti – rozšiřitelnosti)

---

---

---

---

---

---

---

---

## Protokol OSPF

- ❑ Open Shortest Path First (OSPF) – RFC 2328
- ❑ Nejvýznamnější směrovací protokol pro interní směrování
- ❑ Používá zprávy:
  - Hello – vyhledání souseda
  - Database Description – přenos databáze sousedovi
  - Link State Request – požadavek na zaslání databáze (synchronizace)
  - Link State Update – oprava topologie (router, network, network summary, ASBR summary, AS external LSA)
  - Link State Acknowledgement – potvrzení opravy topologie

---

---

---

---

---

---

---

---

## Protokol OSPF

- ❑ Další vlastnosti:
  - Ověřování pravosti přenášených zpráv
  - Zavedení směrovacích oblastí – řešení problému rozšiřitelnosti
  - Vyrovnávání zátěže – využívání více cest se stejným ohodnocením mezi dvěma uzly
  - Směrování podle TOS (Type of Service)
  - Adresování pomocí skupinového adresování (multicast)
  - Přímé použití IP (protokol 69)
  - Import RIP a EGP cest do své databáze
  - Rozsáhlé směrovací tabulky

---

---

---

---

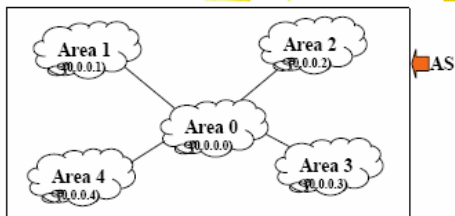
---

---

---

---

## OSPF oblasti



- ❑ Autonomní oblast rozdělena do několika oblastí – hierarchické směrování – škálovatelnost
- ❑ Každá oblast má přiřazeno číslo (32 bitů – a.b.c.d)
  - Páteřní oblast (oblast 0) je 0.0.0.0

---

---

---

---

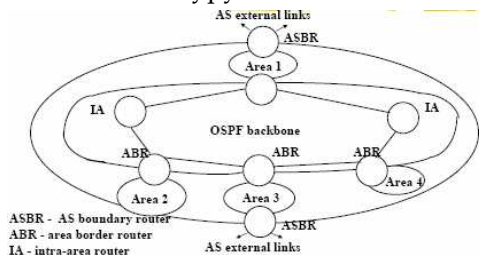
---

---

---

---

## OSPF typy směrovačů



- ASBR – AS Boundary Router
- ABR – Area Border Router
- IA – Intra Area router
- Všechny směrovače mají tutéž topologickou databázi
- Znají topologii uvnitř oblasti

---

---

---

---

---

---

---

---

## Formát záhlaví OSPF

| 0              | 8    | 16                  | 31 |
|----------------|------|---------------------|----|
| Version        | Type | Message length      |    |
| SourceAddr     |      |                     |    |
| Area Id        |      |                     |    |
| Checksum       |      | Authentication type |    |
| Authentication |      |                     |    |
|                |      |                     |    |

---

---

---

---

---

---

---

---

## Typy OSPF zpráv

- Hello – vyhledání souseda
- Database Description – přenos databáze sousedovi
- Link State Request – požadavek na zaslání databáze (synchronizace)
- Link State Update – oprava topologie
  - Route LSA
  - Network LSA
  - Network Summary LSA
  - ASBR Summary LSA
  - AS External LSA
- Link State Acknowledgement – potvrzení opravy topologie

---

---

---

---

---

---

---

---

## Určení ceny (ohodnocení) linky

- Nejjednodušší (často používané)
  - Všechny linky mají stejnou cenu – směrování s minimálním ohodnocením
- Cena linky – převrácená hodnota kapacity
  - 10Mb linka má 100 krát vyšší cenu než 1Gb linka
- Cena linky – zpoždění linky
  - 250ms satelitní spojení má 10 krát větší cenu než 25ms pozemní linka
- Cena linky – využití linky
  - Linka s 90% využitím má 10 krát vyšší cenu než linka s 9% využitím
  - Může způsobit oscilace
- Žádný z těchto způsobů není optimální pro všechny sítě

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vyhledávání sousedství

- Používají se zprávy typu Hello
- Jsou generovány pro všechna rozhraní, obsahují
  - IP adresu a masku pro toto rozhraní
  - Hello interval (platnost)
  - Seznam sousedů jejichž Hello pakety vysílač již slyšel
- Posílány na IP adresu 224.0.0.5 každých 10s
- Nepřijme-li se Hello zpráva od souseda 40s – zrušení sousedství

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Nabízení stavu linek (OSPF Link State Advertisements)

- Existují různé typy LSA – pro dosažení směrovače, sítě, oblasti
- LSA typu 1 – nabízí cenu linek mezi směrovači
- Používají TOS pro vytvoření více ohodnocení pro jednu linku (Type of Service) – není příliš využíváno

|                          |         |         |                 |        |
|--------------------------|---------|---------|-----------------|--------|
| LS Age                   |         | Options |                 | Type=1 |
| Link state ID            |         |         |                 |        |
| Advertising router       |         |         |                 |        |
| LS sequence number       |         |         |                 |        |
| LS checksum              |         | Length  |                 |        |
| 0                        | Flags   | 0       | Number of links |        |
| Link ID                  |         |         |                 |        |
| Link data                |         |         |                 |        |
| Link type                | Num_TOS | Metric  |                 |        |
| Optional TOS information |         |         |                 |        |
| More links               |         |         |                 |        |

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Výměna LSA

- ❑ Typy LSA (cíle, cena, následující uzel)
  1. Router Link -
  2. Network Link -
  3. Summary Link to Network through ABR -
  4. Summary Link to AS Boundary Router -
  5. External Link -
- ❑ Podmínky šíření LSA
  - Nalezen nový soused
  - Ztráta spojení se sousedem (výpadek linky)
  - Změna ceny linky
  - Implicitní opakování po 30 min.
- ❑ Spolehlivé šíření
  - Číslování, časové značky, ACK

---

---

---

---

---

---

---

---

## Synchronizace databáze

- ❑ V broadcast sítích si směrovače vyměňují příliš mnoho LSA zpráv a ACK potvrzení
- ❑ Řešení problému je výběr Designated Router (DR) – vybraný směrovač
- ❑ DR je vybírán algoritmem výběru, založeným na
  - První směrovač připojený do broadcast sítě
  - Směrovač s nejvyšší IP adresou na segmentu
- ❑ Pro zvýšení spolehlivosti se také vybírá Backup Designated Router (BDR) – záložní vybraný směrovač – jako horká záloha

---

---

---

---

---

---

---

---

## Synchronizace databáze

- ❑ Funkce DR
  - DR inicializace LSA databáze – přidání nového směrovače na segmentu způsobí
    - DR posílá do nového směrovače **database description packet**
    - Nový směrovač posílá **link-state request** se seznamem LSA které nemá nebo jsou zastaralé
    - DR posílá do nového směrovače celou svoji LSA – **link-state update**
  - DR posílají LSA pomocí multicastu všem směrovačům na lokálním segmentu:
    - Když jakýkoliv směrovač obdrží nebo generuje nový LSA a chce je poslat ostatním směrovačům na segmentu vysílá **link-state-update** DR a BDR na adresu 224.0.0.6
    - DR zprávu posílá ostatním na adresu 225.0.0.5

---

---

---

---

---

---

---

---

## Synchronizace databáze

- DR generuje **network LSA** pro subsítě, na kterých je DR
  - Ostatní směrovače subsítě generují pouze **router LSA**
  - V **network LSA** jsou všechny **router LSA** směrovačů připojených k subsíti. První je od DR.

---

---

---

---

---

---

---

---