

NSWI184 – Řízení počítačových sítí

Přednáška druhá

Ondřej Zajíček, Kateřina Kubecová

08. října 2025

Přednáška druhá

OSPF úvod

Link State Database

OSPF rozhraní a sousedi

Co je OSPF?

- ▶ **Open Shortest Path First (OSPF)**
- ▶ Link-state routovací protokol
- ▶ Standardizován IETF
 - ▶ RFC 2328 (OSPFv2, IPv4)
 - ▶ RFC 5340 (OSPFv3, IPv6)
- ▶ Široce používán v podnikových sítích

Klíčové vlastnosti OSPF

- ▶ Link-state routovací protokol
- ▶ Používá Dijkstrův algoritmus nejkratší cesty
- ▶ Hierarchický design s oblastmi
- ▶ 24bitová metrika, 16bitové ceny rozhraní
- ▶ Podporuje autentizaci

RIP vs OSPF

Distance Vector (RIP):

- ▶ Udržuje routovací tabulku
- ▶ Sdílí routovací tabulku se sousedy
- ▶ Lokální pohled na síť
- ▶ Pomalejší konvergence
- ▶ Synchronizovaná propagace cesty
- ▶ Potenciál pro routovací smyčky
- ▶ Jednoduchý

Link-State (OSPF):

- ▶ Udržuje databázi topologie
- ▶ Sdílí informace o topologii sítě
- ▶ Globální pohled na síť
- ▶ Rychlá konvergence
- ▶ Transientní routovací smyčky
- ▶ Komplexní

Přehled OSPF

Úkoly OSPF routeru:

- ▶ Objevovat sousedy (hello protokol)
- ▶ Navazovat a udržovat *adjacency* s nimi (neighbor state machine)
- ▶ Udržovat databázi informací o topologii sítě (link state databáze)
- ▶ Inzerovat lokální topologii (link state advertisements)
- ▶ Vyměňovat informací o topologii (LSA flooding procedure)
- ▶ Počítat nejkratší cesty (SPF algoritmus)
- ▶ Identifikátor: Router ID

OSPF oblasti - přehled

- ▶ Oblast - Area
- ▶ Oblast 0: Páteřní oblast (backbone area), povinná
- ▶ Ostatní oblasti: Připojené k páteři
- ▶ Umožňuje agregaci na hranicích oblastí
- ▶ Snižuje velikost routovacích tabulky
- ▶ Omezuje LSA flooding
- ▶ Rychlejší výpočet nejkratších cest
- ▶ Identifikátor: Area ID

Typy OSPF routerů

- ▶ Interní router: Všechna rozhraní ve stejné oblasti
- ▶ Backbone router: Rozhraní v páteřní oblasti 0
- ▶ Area Border Router (ABR): Spojuje více oblastí
- ▶ AS Boundary Router (ASBR): Připojuje k externím sítím

Link State Database

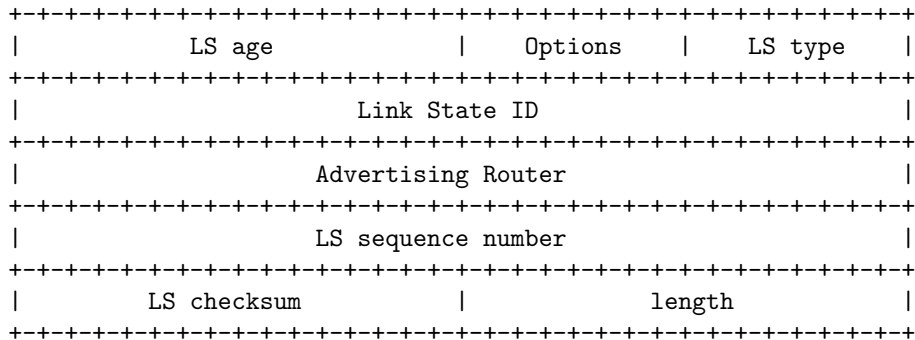
Link State Database (LSDB)

- ▶ Obsahuje všechny LSA pro oblast
- ▶ Synchronizována napříč všemi routery v oblasti
- ▶ Vstup pro SPF algoritmus

Link State Advertisements (LSA)

- ▶ Informační jednotky v Link State databázi
- ▶ Originovány routerem a poté rozšiřovány do oblasti
- ▶ Různé typy pro různé informace

Link State Advertisements



- ▶ LSA identifikovány: Typ, Link State ID, Advertising Router
- ▶ Pole věku (LS age) se vyřazují staré informace
- ▶ Sekvenční číslo k rozhodnutí, které LSA je aktuálnější
- ▶ Kontrolní součet pro detekci poškození

Typy LSA

1. Router LSA: Router a jeho linky
2. Network LSA: Informace o multi-access síti
3. Net-summary LSA: Inter-area routy (z ABR)
4. Rt-summary LSA: Umístění ASBR (z ABR)
5. External LSA: Externí routy
7. NSSA External LSA: Externí routy v NSSA oblastech
8. Link LSA: Výměna informací v rámci linky (OSPFv3)
9. Intra-area prefix LSA: Informace o IP prefixech linek (OSPFv3)

V OSPFv3 typ zahrnuje informaci o dosahu (scope)

LSA Scope

- ▶ Globální (External LSA)
- ▶ Per-area
- ▶ Per-link (Link LSA)

Typy OSPF rozhraní

- ▶ Broadcast: Ethernet, WiFi
- ▶ Point-to-Point (PtP): dvoubodové spoje, sériové linky
- ▶ Non-broadcast Multiple Access (NBMA)
- ▶ Point-to-Multipoint (PtMP)
- ▶ Stub rozhraní

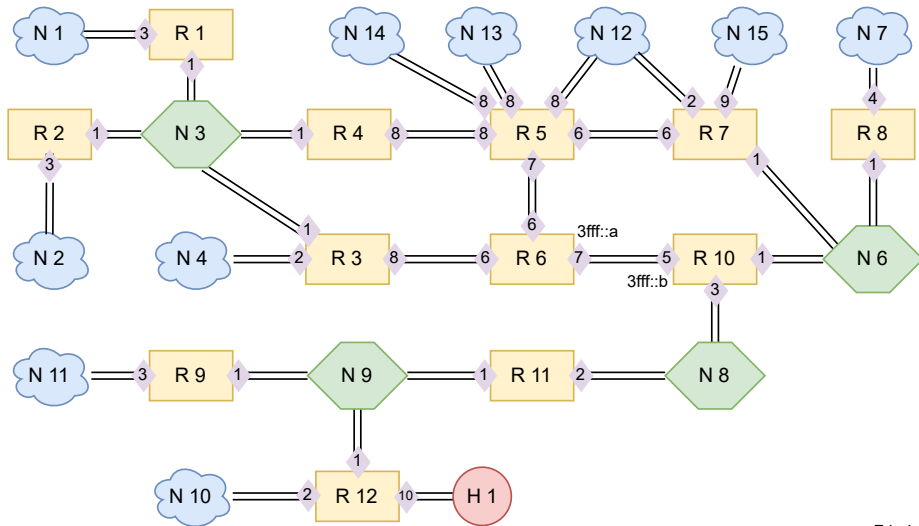
Router a Network LSA

- ▶ Router LSA obsahuje seznam linek a jejich metrik
- ▶ Linky referencují navazující LSA
- ▶ Network LSA obsahuje seznam připojených routerů (Router IDs)

4 typy linek:

1. PtP linka k routeru
2. Linka do multi-access sítě
3. Stub network
4. (Virtual link)

Příklad topologie

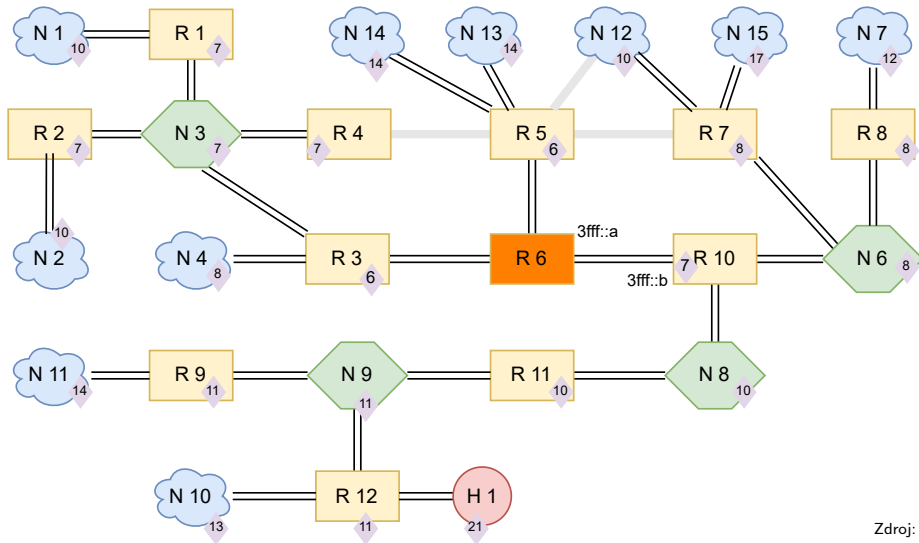


Zdroj: RFC 2328

SPF Algoritmus (Dijkstra)

- ▶ Označit všechny Router/Network LSA jako nedosažitelné
- ▶ Umístit router jako kořen SPF stromu
- ▶ Označit jeho LSA jako dosažitelnou ve vzdálenosti 0
- ▶ Postupně zpracovávat nejbližší dosažitelné LSAs
- ▶ Udatovat vzdálenosti referencovaných LSAs
- ▶ Zpětná kontrola, zda referencovaný LSA odkazuje na zpracovávaný LSA
- ▶ Postupně vybudovat celý SPF strom, vzdálenosti a cesty ke všem cílům
- ▶ Sestavit routovací tabulku s nejlepšími cestami
- ▶ Opakovat po každé změně topologie

Příklad topologie po spočítání SPF



Zdroj: RFC 2328

OSPF rozhraní a sousedi

- ▶ Každá oblast má seznam rozhraní
- ▶ Každé rozhraní má seznam sousedů

Typy OSPF sítí

Broadcast síť (Ethernet)

- ▶ Volba Designated Router (DR)
- ▶ Backup Designated Router (BDR)
- ▶ DROthers navazují adjacency pouze s DR a BDR
- ▶ Wait timer pro odložení volby DR: 40 s

Point-to-Point síť

- ▶ Není potřeba volba DR/BDR
- ▶ Přímá adjacency mezi dvěma routery
- ▶ Jednodušší konfigurace a provoz
- ▶ Může být použit i pro reálné broadcast síť

Volba DR/BDR

- ▶ Redukce počtu adjacencies z $O(n^2)$ na $O(n)$
- ▶ Zodpovědnost za originaci Network-LSA
- ▶ Volba routeru s nejvyšší prioritou (0-255)
- ▶ Router ID jako tie breaker
- ▶ BDR pro plynulý přechod při výpadku DR

Stavy rozhraní

- ▶ Down: Rozhraní není funkční
- ▶ PtP: Přímé spojení mezi routery
- ▶ Waiting: Volba DR/BDR na multi-access sítích
- ▶ DR Other: Ani DR ani BDR na multi-access síti
- ▶ Backup: Backup Designated Router
- ▶ DR: Designated Router

Typy OSPF paketů

- ▶ Hello: Detekce a údržba sousedů
- ▶ Database Description (DBDes): Souhrn LSDB (hlavičky LSA)
- ▶ Link State Request (LSReq): Požadavek na specifické LSA
- ▶ Link State Update (LSUpd): Přenos LSA
- ▶ Link State Acknowledgment (LSAck): Potvrzení přijetí

Hlavička OSPF paketů

```
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|  Version #  |      Type      |      Packet length      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     Router ID                                     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     Area ID                                     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|      Checksum      | Instance ID | AuType      |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     Authentication                                     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
|                                     Authentication                                     |
+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+-----+
```

Hello protokol

- ▶ Zjišťuje a udržuje sousedy
- ▶ Hello interval: 10 s
- ▶ Dead interval: 4x Hello interval
- ▶ Musí se shodovat: Area ID, Prefix, Hello/dead interval
- ▶ Seznam známých sousedů
- ▶ Kontrola obousměrné konektivity
- ▶ Multicast adresa: AllSPFRouters (224.0.0.5, FF02::5)

Stavy sousedů

- ▶ Down: Počáteční stav
- ▶ Init: Hello přijato
- ▶ 2-Way: Obousměrná komunikace
- ▶ ExStart: Inicializace výměny
- ▶ Exchange: Výměna database description paketů
- ▶ Loading: Vyžádání chybějících LSA
- ▶ Full: Synchronizované databáze

Iniciální synchronizace

- ▶ Exchange: Routers si na střídačku posílají Database descriptions
- ▶ Loading: Routers už si vyměnily souhrn databáze, ale ještě ne všechna LSA
- ▶ Router obdrží LSA hlavičku v Database description packetu
- ▶ Zkontroluje stav LS databáze
- ▶ LSA nové → pošle zpět LSA request

LSA request list

- ▶ Seznam LSA, které chci získat od souseda
- ▶ Při odeslání requestu přidat LSA do request listu
- ▶ Při přijetí update odebrat LSA z request listu
- ▶ Retransmit interval – opakované odeslání LSA requestu z request listu
- ▶ Prázdný request list → přechod z Loading do Full

LSA flooding procedure

- ▶ Router obdrží LSA update
- ▶ Zkontroluje stav LS databáze
- ▶ LSA nové → updatovat db, potvrdit, šířit dále
- ▶ LSA stejné → jen potvrdit
- ▶ LSA starší → poslat zpátky novější

LSA retransmission list

- ▶ Seznam LSA, které chci doručit sousedovi
- ▶ Při odeslání update přidat LSA do retransmission listu
- ▶ Při přijetí potvrzení (LSAck) odebrat LSA z retransmission listu
- ▶ Retransmit interval – opakované odeslání LSA z retransmission listu
- ▶ Přijetí LSA update – implicitní potvrzení
- ▶ Nevyužívá se pro LSA zasílané jako reakce na LSA request

Stárnutí a rušení LSA

- ▶ LSA RefreshTime (30 min)
- ▶ LSA MaxAge (60 min)
- ▶ MaxAge removal
- ▶ LSInfinity cost
- ▶ Premature aging
- ▶ Sequence number rollover
- ▶ Sequence number promoting