NSWI184 – Řízení počítačových sítí

Přednáška prvá

Ondřej Zajíček, Kateřina Kubecová

01. října 2025

Přednáška první

Organizace předmětu

Jak fungují počítačové sítě

Statický routing

Dynamický routing

Protokol Routing Information Protocol

Forma, kontakty

- přednášky a cvičení (2/2)
- website: `https://nswi184.jmq.cz/`
- Ondřej Zajíček: santiago at crfreenet dot org
- Kateřina Kubecová: katerina dot kubecova at nic dot cz

Podmínky zápočtu

Pro úspěšné započtení je nutné předvést **nasimulování a routing sítě dle vylosovaného zadání.** Losování proběhne přibližně v polovině listopadu, předvedení dle domluvy. **Není nutné chodit na cvičení, ale bude se vám to velmi hodit.**

Podmínky zkoušky

Zkouška je ústní s písemnou přípravou, **open-book a open-RFC**. Cílem je přednesené látce rozumět, nikoli ji ovládat perfektně zpaměti. Na začátku zadáme otázky, vy si rozmyslíte odpovědi, případně dohledáte v literatuře, a pak si o tom popovídáme.

Očekávaný plán semestru

1. Úvod, formality, opakování L2 a L3, úvod do RIP
2. Dokončení RIP, úvod do OSPF
3. Pokročilé OSPF
4. Babel
5. Path vector routing: BGP Basics
6. Path vector routing: BGP Inter-AS Routing
7. *děkanský den, neučí se*
8. Pokročilé BGP
9. Zabezpečujeme síť, ladíme problémy
10. IPv4
11. Tunely
12. Pokročilé L2+ technologie: VLAN, VxLAN, MPLS
13. Sítě pro koncové uživatele

Jednoúčelová linka

L7: Aplikační vrstva

- Odesílatel a příjemce datového toku

L1: Fyzická vrstva

- Surová data $\longleftrightarrow$ signál

Linka s více účastníky

L7: Aplikační vrstva

- Odesílatel a příjemce datového toku / zpráv
- `socket`, `bind`, `connect` $\rightarrow$ filedescriptor

L2: Linková vrstva

- Zprávy $\longleftrightarrow$ rámce
- Ethernet (ATM, PPP, Token Ring, ...)

L1: Fyzická vrstva

- Surová data $\longleftrightarrow$ signál

Víceúčelová linka s více účastníky

L7: Aplikační vrstva

- Odesílatel a příjemce datového toku
- `socket`, `bind`, `connect` $\rightarrow$ filedescriptor

L4: Transportní vrstva

- Datový tok $\longleftrightarrow$ pakety
- TCP, UDP, SCTP, QUIC, ...

L2: Linková vrstva

- Pakety $\longleftrightarrow$ rámce
- Ethernet (ATM, PPP, Token Ring, ...)

L1: Fyzická vrstva

- Surová data $\longleftrightarrow$ signál

Propojení více sítí

L7: Aplikační vrstva

- Odesílatel a příjemce datového toku
- `socket`, `bind`, `connect` $\rightarrow$ filedescriptor

L4: Transportní vrstva

- Datový tok $\longleftrightarrow$ pakety
- TCP, UDP, SCTP, QUIC, ...

L3: Síťová vrstva

L2: Linková vrstva

- Pakety $\longleftrightarrow$ rámce
- Ethernet, Wi-Fi, PPP, LoRaWAN, ...

L1: Fyzická vrstva

- Surová data $\longleftrightarrow$ signál

Síťová vrstva

- Pakety od linkové vrstvy
- Lokální provoz $\Longrightarrow$ předat transportní vrstvě
- **Najít správného souseda blíž k cíli**
- Vrátit linkové vrstvě s novým cílem

Terminologie zpráv

- **L7: Aplikační vrstva** - zprávy
- **L4: Transportní vrstva** - datagramy, segmenty (TCP)
- **L3: Síťová vrstva** - pakety
- **L2: Linková vrstva** - rámce

Identifikace síťových prvků: Ethernet

MAC adresy

- `42:53:3c:95:42:36` (6 bajtů)
- Unikátní v rámci jedné sítě
- Rozsahy globálně přiděleny *výrobcům síťových karet*
- Speciální významy bitů v prvním bajtu: 0bxxxx xxLM
  - M: 0 = unicast, 1 = multicast/broadcast (poslat všem)
  - L: 0 = globally assigned, 1 = locally assigned

Identifikace síťových prvků: Internet Protocol

Aktuální verze protokolu: IPv6

- `2001:db8:2e0:3::1`
- `3fff:a:bb:ccc:dddd::42`
- Prefix: `2001:db8:10::/44` = rozsah `2001:db8:10::` až `2001:db8:1f:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff`
- Globální rozsah: `2000::/3`, přidělován organizovaně
- Speciální adresy:
  - Prázdná adresa: `::`
  - Localhost: `::1/128`
  - Dokumentace: `2001:db8::/32`, `3fff::/20`
- Unique Local Address: `fc00::/7`
- Link Local Address: `fe80::/64`
- Multicast: `ff00::/8`

Přidělování IP adres

- IANA, ICANN (top-level)
- RIR = Regional Internet Registry: RIPE, ARIN, APNIC, LACNIC, AfriNIC
- RIPE má dále LIR = Local Internet Registry
- LIR standardně dostane /29 blok, z něj přiděluje svým zákazníkům
- Lze požádat o PI blok mimo LIR rozsahy (standardně /48), nelze dále dělit

Autonomní systém

- Část Internetu pod jednou správou
- Identifikace - autonomous system number (ASN)
- ASN přidělují taktéž RIR

Router - vrstvy

- Data plane - packet forwarding
- Control plane - routing protocols: OSPF, BGP, ...
- Management plane - SSH, SNMP, Netconf, ...

Router - tabulky

- Routing information base (RIB)
- Forwarding information base (FIB)
- Routa: prefix $\rightarrow$ interface, next hop
- Metric, cost, preference, ...
- Best route selection
- Longest Common Prefix matching

Statický routing

- Manuálně spravovaná tabulka v každém routeru
- Běžné u domácích routerů a malých sítí
- Neumí pružně reagovat na změny

Dynamický routing

- Každý síťový prvek provozuje nějaký **routing protocol**
- Různé druhy protokolů podle druhu použití a způsobu fungování ...
- ... dle nasazení
  - Uvnitř jednoho AS (RIP, OSPF, Babel, IS-IS, BGP)
  - Mezi AS (BGP)
- ... dle algoritmu
  - Distance Vector (RIP, Babel)
  - Path Vector (BGP)
  - Link State (OSPF, IS-IS)
- ... dle velikosti / komplexity sítě
  - Malé sítě (RIP)
  - Střední až velké sítě (OSPF, IS-IS, Babel)
  - Internet (BGP)

RIP - Routing Information Protocol

- Jeden z nejstarších routovacích protokolů
- Vyvinut v 80. letech pro malé sítě
- Jednoduchý a nenáročný
- Distance Vector algoritmus

RIP Historie

- RIPv1 (1988, RFC 1058)
- RIPv2 (1993, RFC 2453) - classless addressing, autentizace
- RIPng (1997, RFC 2080) - IPv6

Jak RIP funguje

Distance Vector algoritmus

- Každý router udržuje routovací tabulku
- Inicializuje tabulku lokálními routami
- Pravidelně ohlašuje celou tabulku sousedům
- Když obdrží update od souseda, připočte k metrikám cenu rozhraní
- Pokud je nová routa lepší než stávající, nahradí ji
- Distribuovaný Bellman-Ford algoritmus

RIP metrika

Počet hopů jako metrika

- Malý rozsah platných hodnot
- Maximální metrika: 15
- Metrika 16 = nedosažitelné
- Cena rozhraní může být i vyšší než 1

RIP aktualizace

- Celá směrovací tabulka odeslána každých 30 sekund
- ... nebo na požadavek od souseda (inicializace)
- Okamžité aktualizace při změnách topologie
- Explicitní oznamování nedosažitelných rout
- Split horizon pro prevenci smyček

RIP časovače

- Update time: 30 s (pravidelné aktualizace)
- Triggered update time: 1-5 s (aktualizace při změně)
- Timeout time: 180 s (routa se stane nedosažitelnou)
- Gagbage collection time: 240 s (nedosažitelná routa odstraněna z tabulky)
- Routa se taky může stát nedosažitelnou i okamžitě dle stavu linky

Counting to Infinity

- Vznik smyček v důsledku asynchronní povahy protokolu
- Propagace staré metriky souběžně s propagací nedosažitelnosti
- Routery se navzájem ‘klamou’ ohledně dosažitelnosti
- Postupné zvyšování metriky až po dosažení maxima
- Obecný problém distance vector protokolů

Prevence smyček

Mechanismy pro prevenci smyček

- Triggered updates: Snižují časové okno pro souběh
- Split Horizon: Neinzerovat trasy zpět ke zdroji
- Split Horizon with Poison Reverse: Inzerovat jako nedosažitelnou
- Hold-down time: Ignorovat aktualizace po výpadku routy
- Nízká maximální metrika: Omezuje celkovou dobu ‘counting to infinity’

Implementační detaily

- Zprávy posílány jako UDP
- Porty 520 (RIPv2) a 521 (RIPng)
- 2 typy zpráv: request, response
- Sekevence bloků s pevnou strukturou
- Posílány jako multicast i unicast

RIP autentizace

Zabezpečení RIP zpráv

- Autentizace plaintext heslem
- MD5 autentizace (RFC 2082)
- SHA-1 autentizace (RFC 4822)
- Správa klíčů
- Sekvenční čísla

Výhody RIP

- Jednoduché na pochopení a implementaci
- Nízké požadavky na CPU a paměť
- Minimální prostor k chybám
- Ilustrativní distance vector protocol

Nevýhody RIP

- Pomalá konvergence
- Omezeno na 15 hopů
- Neefektivní využití linky
- Absence potvrzování a flow control
- Problém counting-to-infinity