

NSWI184 – Řízení počítačových sítí

Přednáška první

Ondřej Zajíček, Kateřina Kubecová

01. října 2025

Přednáška první

Organizace předmětu

Jak fungují počítačové sítě

Jak funguje routing

Routing Information Protocol

Forma, kontakty

- ▶ přednášky a cvičení (2/2)
- ▶ website: <https://nswi184.jmq.cz/>
- ▶ Ondřej Zajíček: [santiago at crfreenet dot org](mailto:santiago@crfreenet.org)
- ▶ Kateřina Kubecová: [katerina dot kubecova at nic dot cz](mailto:katerina@kubecova.nic.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

Jednoučelová 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 → 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` → `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 → 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 $\implies$ 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)
- ▶ Rota: 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 / complexity 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
- ▶ RIPv6 (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 ruta 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 (ruta se stane nedosažitelnou)
- ▶ Garbage collection time: 240 s (nedosažitelná ruta odstraněna z tabulky)
- ▶ Ruta 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