



Počítačové a komunikačné siete

Internet Protocol version 6
(IPv6)

Prednáška 9

Opakovanie minulej prednášky

» IPv4 subnetting

- Net ID, ak PC1 ma IP 20.20.140.20/20
- Broadcast, ak PC2 ma IP 172.16.32.96/26

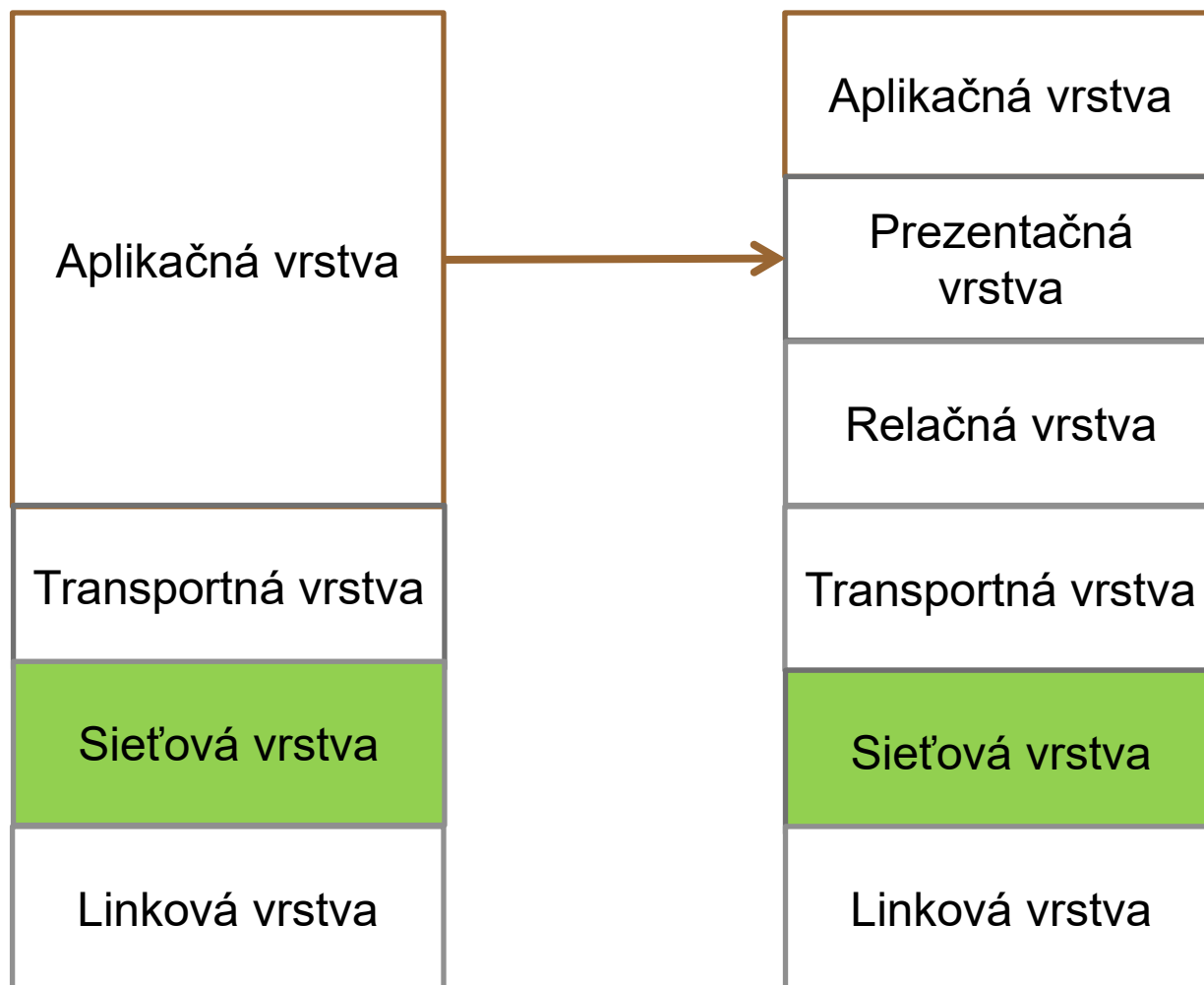
» TCP

- Riadenie toku
- Riadenie zahltenie
- cwnd, rwnd, mss, ssthresh, SS, CA
- ARQ metódy

Čo nás čaká na prednáške

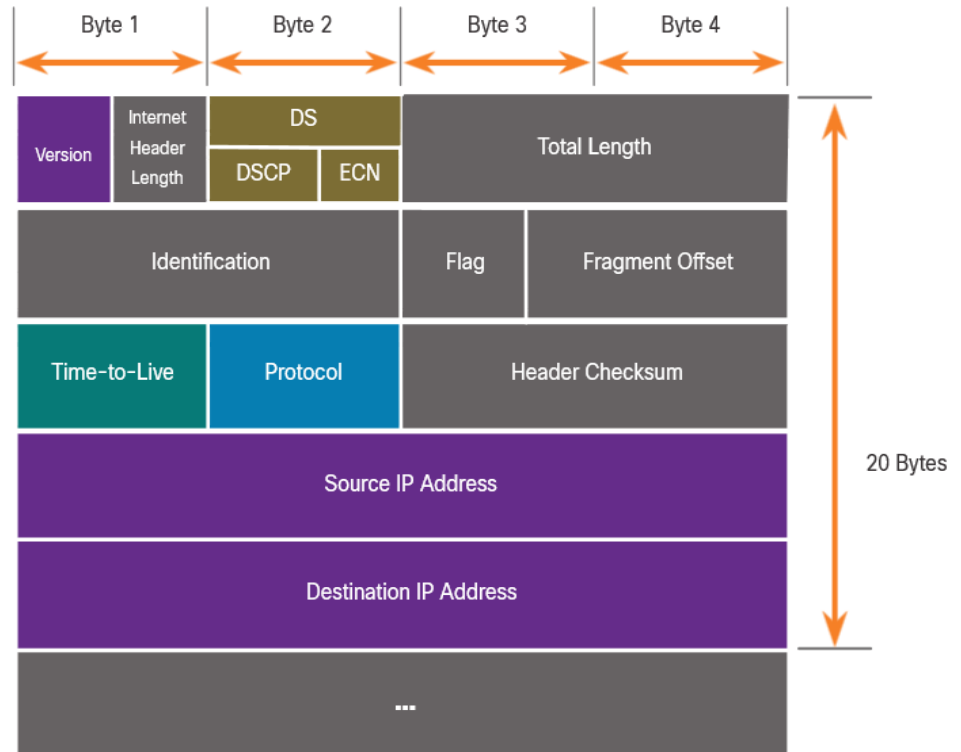
- » IPv6 štruktúra paketu
- » Problémy IPv4
- » IPv6 adresy a rozsahy
- » Autokonfigurácia a NDP
- » IPv6 subnetting
- » Koexistencia IPv4 a IPv6

Sieťová vrstva



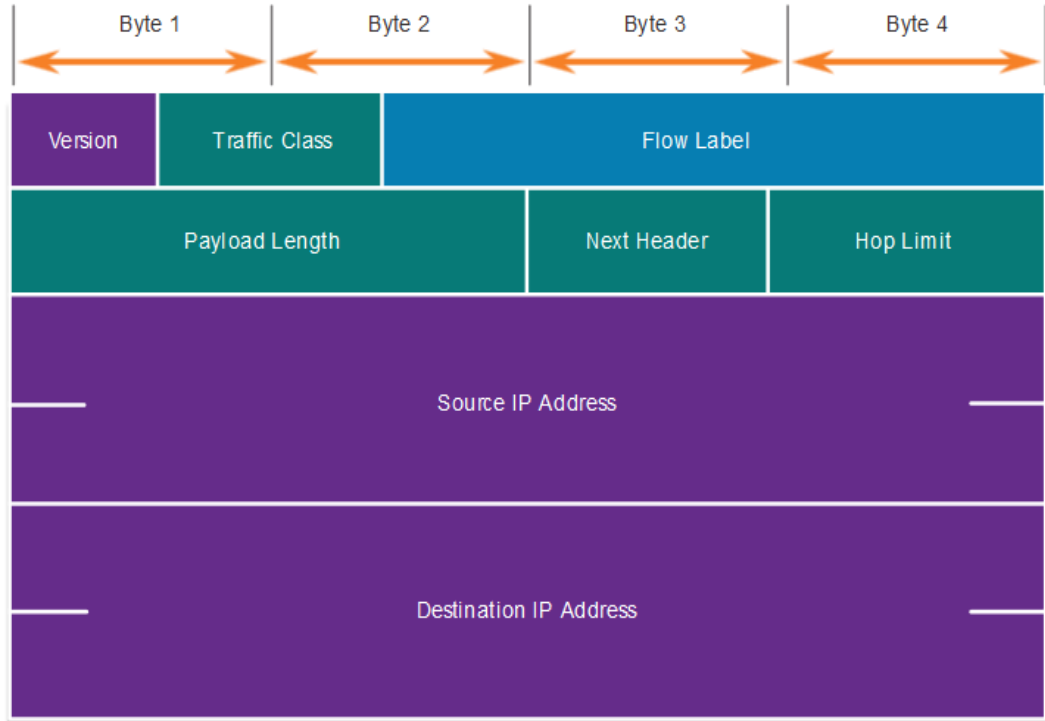
IPv4 paket

- » Version = 0b0100
- » DS = Packet Priority (možno použiť na QoS)
- » TTL = Limituje počet hopov medzi smerovačmi
- » Protocol = Vnorený protokol ako napr. TCP
- » Source IP Address = zdrojový uzol
- » Destination IP Address = cieľový uzol



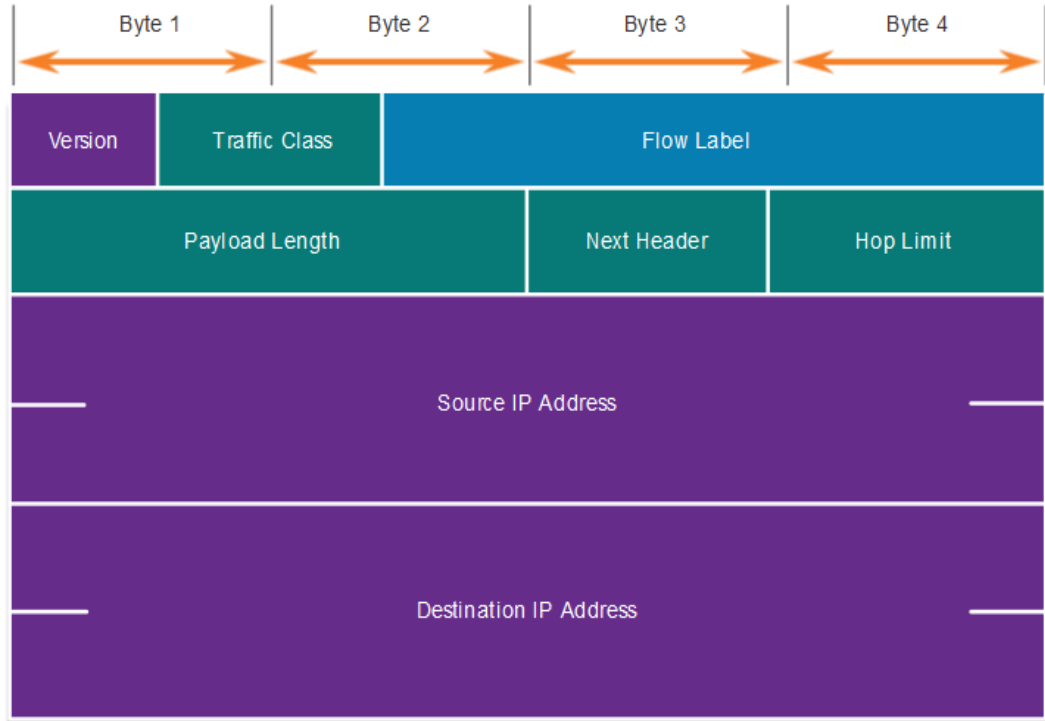
IPv6 paket

- » IPv6 paket jednoduchší, nie menší
- » Pevná dĺžka paketu 40B
- » 16B adresy
- » Niektoré polia premenované
- » Polia odstránené z IPv4:
 - Flags
 - Fragment Offset
 - Header Checksum



IPv6 paket

- » Version = 0b0110
- » Traffic Class = Priority
- » Flow Label = možnosť spracovať paket podľa priradenia k toku
- » Payload Length = dĺžka vnorených dát (Total Length z IPv4)
- » Next Header = Vnorený protokol (Protocol z IPv4)
- » Hop Limit = Max. počet hopov medzi smerovačmi (TTL IPv4)



Problémy IPv4

- » Nedostatok verejných IPv4 adries ($\sim 4 \times 10^9$)
- » Rastúca komplexnosť smerovacích tabuliek
- » Globálna dostupnosť
- » NAT
- » IoT

IPv6

- » Väčší adresný priestor ($\sim 340 \times 10^{36}$)
- » Hierarchické adresovanie
- » Eliminácia NAT
- » Jednoduchšie spracovanie paketov
- » E2E fragmentácia = žiadna fragmentácia paketov smerovačmi po trase
- » Žiadny broadcast

IPv6 adresy

» IPv6 adresa 128b = 16B

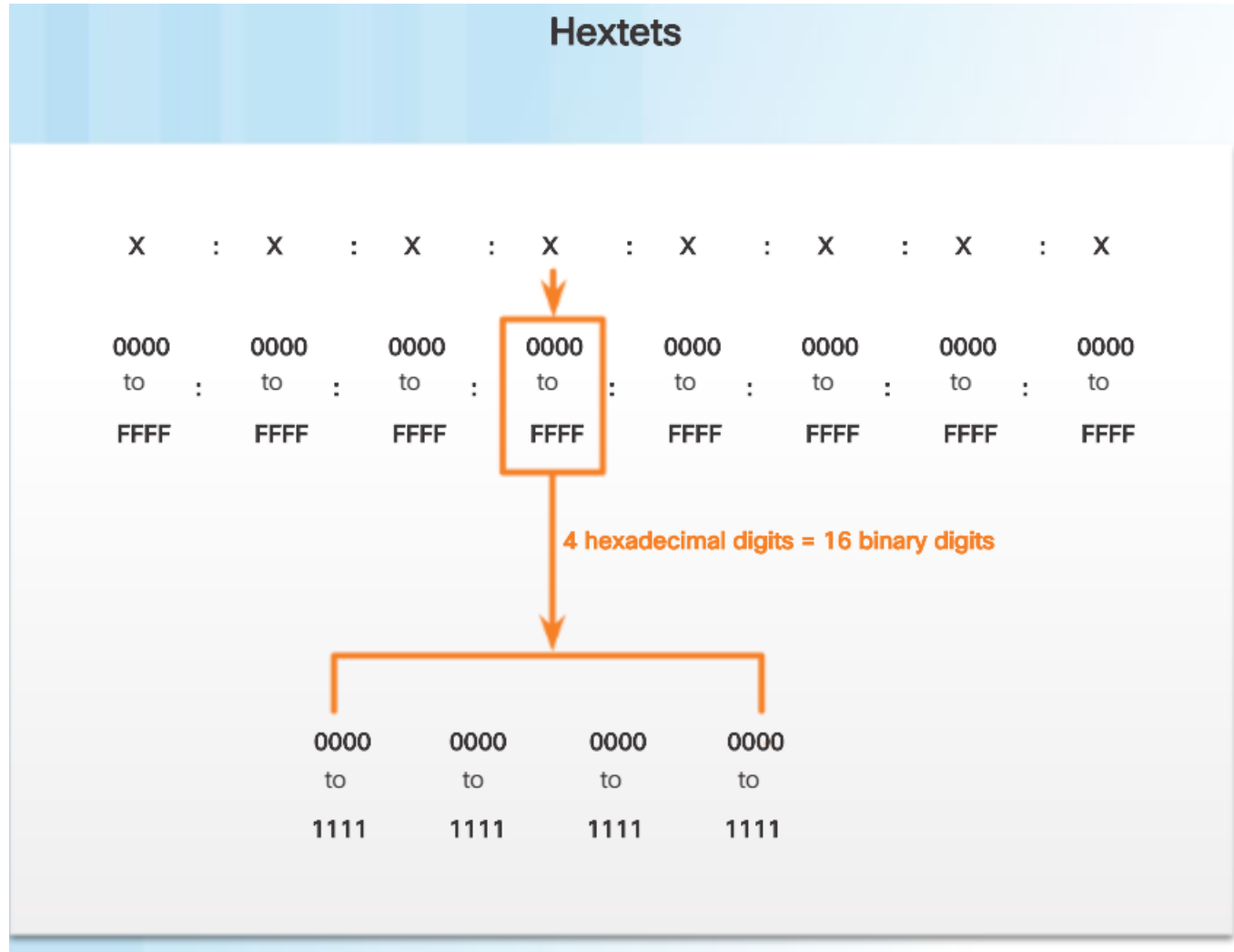
» Hexadecimal zápis, „hextety“ oddelené „:“

2001:0db8:0000:1111:0000:0000:0000:0200

» Povolené aj skrátené tvary, pri dodržaní 2 pravidiel:

- Vynechanie 0 na začiatku hextetu
- Náhrada nulových hextetov cez „::“

IPv6 adresy



IPv6 adresy

» Plný tvar

2001:0db8:0000:1111:0000:0000:0000:0200

» Vynechanie 0 na začiatku hextetu

2001:db8:0:1111:0:0:0:200

» Nahradenie jedného neprerušeného sledu nulových hextetov

2001:db8:0:1111::200

IPv6 adresy

» Aké sú skrátené tvary pre adresu?

2001:0db8:cafe:0000:0000:002e:0000:7334

IPv6 adresy

» Aké sú skrátené tvary pre adresu?

2001:0db8:cafe:0000:0000:002e:0000:7334

» Riešenie

2001:db8:cafe:0:0:2e:0:7334

2001:db8:cafe::2e:0:7334

IPv6 adresy

» Je skrátený tvar adresy správny?

2001:0db8:0000:00a3:abcd:0000:0000:1234

2001:db8::a3:abcd::1234

IPv6 adresy

» Je skrátený tvar adresy správny?

2001:0db8:0000:00a3:abcd:0000:0000:1234

2001:db8::a3:abcd::1234

» Riešenie

– Nie „::“ môže byť v adrese iba raz

2001:db8:0:a3:abcd::1234

IPv6 adresy

» Použitie v URL, alebo zápisoch spolu s portom sa ohraničí “[]”

```
https://[2001:db8:a3:abcd::1234]/  
[2001:db8:a3:abcd::1234]:443
```

» Zápis aj s identifikáciou sieťového rozhrania

```
2001:db8:a3:abcd::1234%2
```

IPv6 rozsahy adries

- » Unicast
 - » Multicast
 - » Anycast
-
- » Každé rozhranie môže mať niekoľko IPv6 adries, nie iba jednu ako v IPv4.

IPv6 rozsahy adries

» Unicast

- **Global Unicast Address (GUA)** – unikátna a platná globálne, ako „public“ IPv4, smerovateľná v Internete
- **Link Local Address (LLA)** – na pripojenie v lokálnom segmente a platná iba tam, nesmerovateľná v Internete
- *Unique Local Address (ULA)* – zriedkavé použitie, smerovateľná iba v organizácii a nie v Internete, podobné „private“ IPv4

IPv6 rozsahy adries

- » **Global Unicast Address (GUA)**

2000::/3

- » **Link Local Address (LLA)**

fe80::/10 (reálne
fe80::/64)

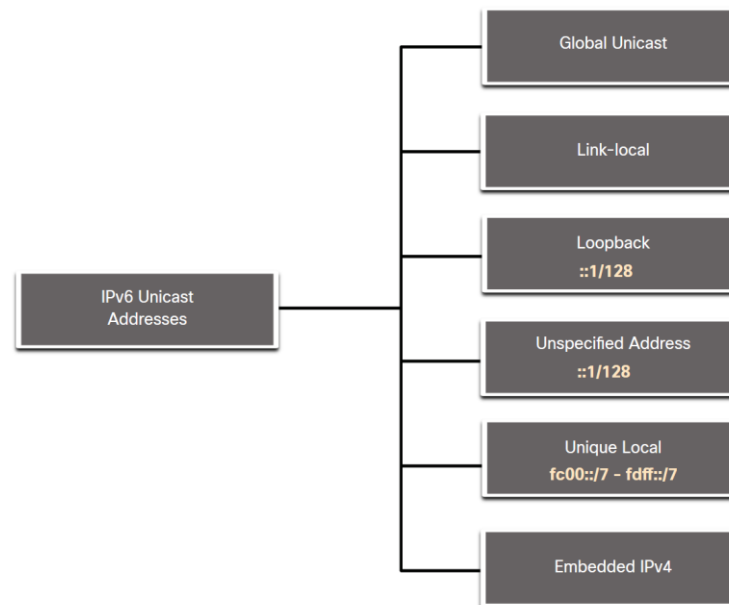
- » **Loopback** ::1/128

- » *Unique Local Address (ULA)*

fc00::/7

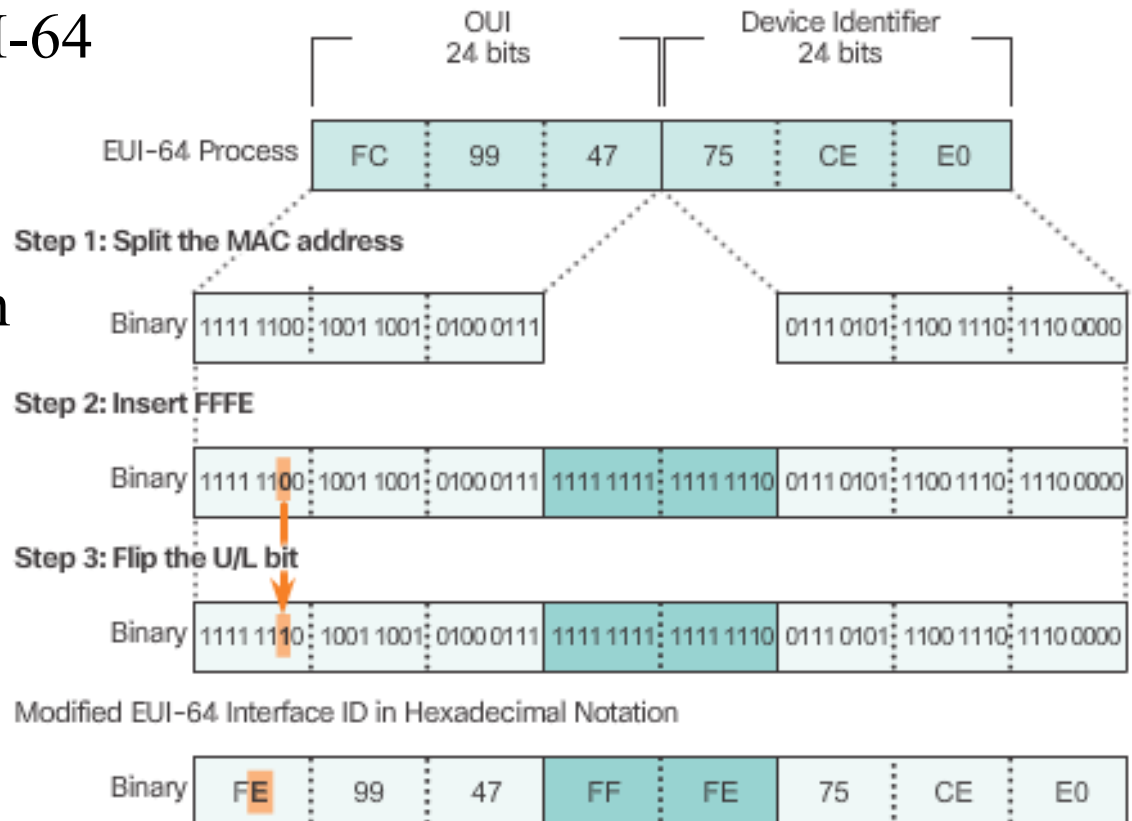
- » **Multicast address**

ff00::/8 (najčastejšie
ff02::/16)



IPv6 autokonfigurácia

- » ID rozhrania
 - Modified EUI-64
 - Random
- » Stateless address autoconfiguration (SLAAC)



IPv6 autokonfigurácia

- » Pri množstve adries, ktoré môže mať 1 rozhranie nie je manuálna konfigurácia škálovateľná
- » Autokonfigurácia náhradou za DHCP z IPv4
 - LLA autokonfigurácia adresy
 - GUA autokonfigurácia adresy

IPv6 autokonfigurácia

- » LLA autokonfigurácia adresy (SLAAC)
 - Link-local prefix FE80::/64
 - Interface ID vygenerovane Modified EUI-64 / random
- » Overenie konfliktov pomocou NDP Duplicate Address Detection

IPv6 autokonfigurácia

- » GUA autokonfigurácia adresy
 - SLAAC (podobne ako pri LLA)
 - Prefix z RA správy
 - Interface ID z Modified EUI-64 / random
 - LLA smerovača ako default gateway
- » Overenie konfliktov cez NDP Duplicate Address Detection

IPv6 autokonfigurácia

- » GUA autokonfigurácia adresy
 - SLAAC a bezstavové DHCPv6
 - SLAAC adresa z RA
 - LLA smerovača ako default gateway
 - DHCPv6 na ostatné, napr. adresa DNS, NTP, ...
- » Overenie konfliktov cez NDP Duplicate Address Detection

IPv6 autokonfigurácia

» GUA autokonfigurácia adresy

- Stavové DHCPv6 - všetko iba z DHCPv6 servera
- Rovnaké ako DHCP v IPv4
- Proces a správy:
 - SOLICIT – multicast na `ff02::1:2`
 - ADVERTISE
 - REQUEST
 - REPLY

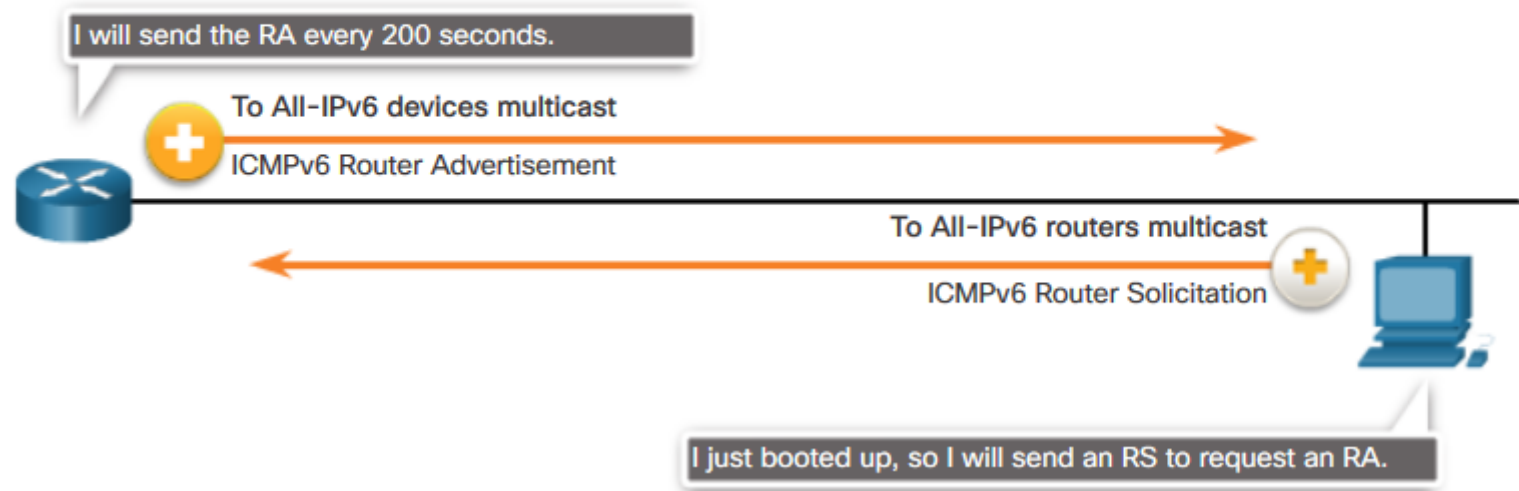
» Overenie konfliktov cez NDP Duplicate Address Detection

Neighbor Discovery Protocol

- » NDP má podobnú funkciu ako ARP a ICMP v IPv4
- » NDP definuje 5 ICMPv6 správ, 4 dôležité pre IPv6 autokonfiguráciu
 - Router Solicitation
 - Router Advertisement
 - Neighbor Solicitation
 - Neighbor Advertisement
 - Redirect

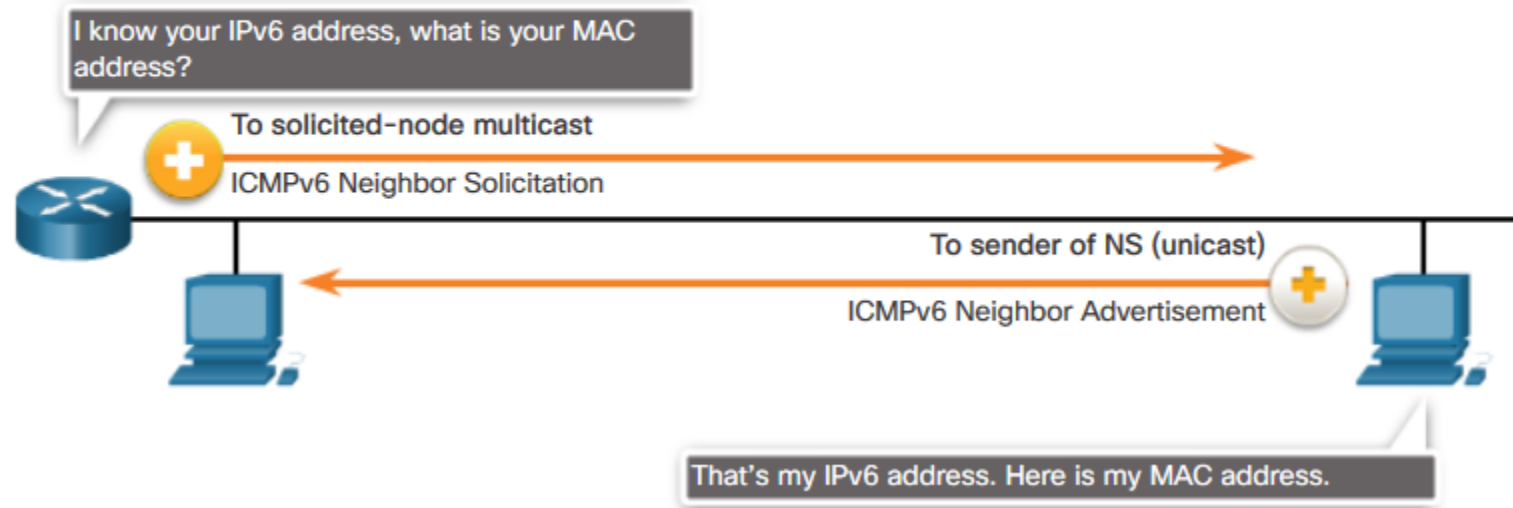
Neighbor Discovery Protocol

Messaging Between an IPv6 Router and an IPv6 Device



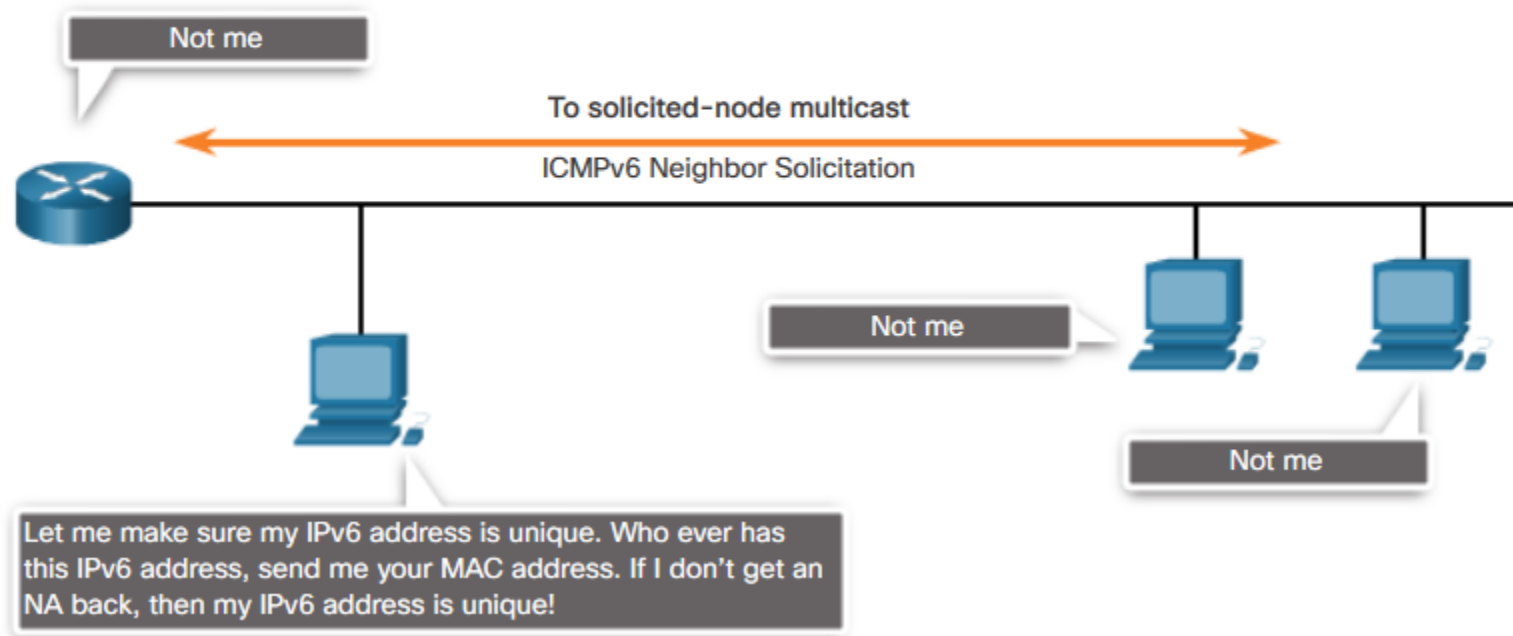
Neighbor Discovery Protocol

Messaging Between IPv6 Devices



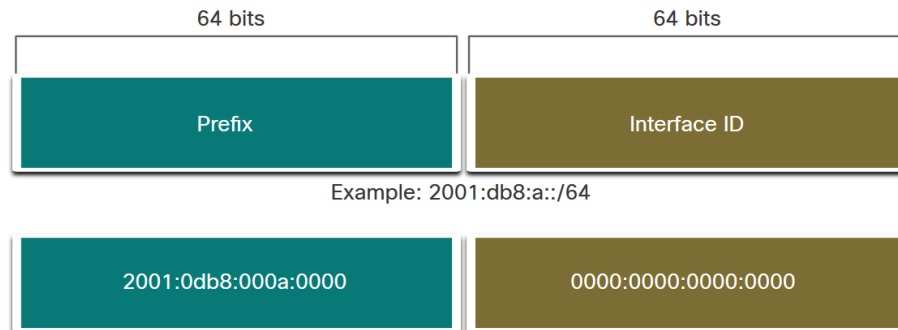
Neighbor Discovery Protocol

Duplicate Address Detection (DAD)



IPv6 subnetting

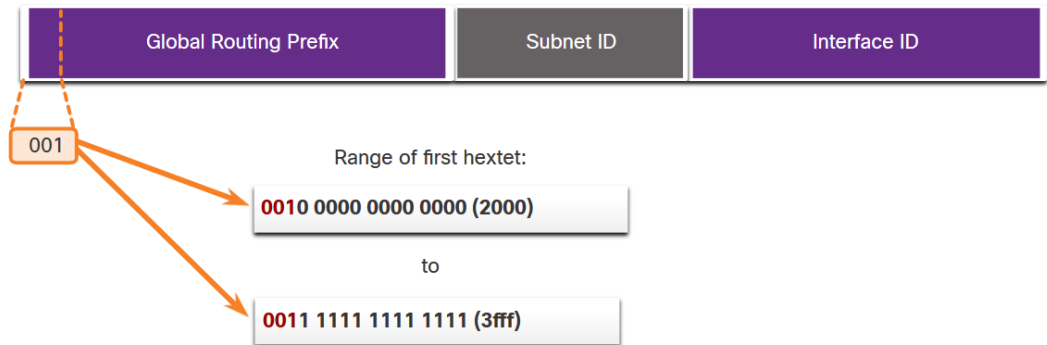
» Triviálne oproti IPv4 – dôrazné odporúčanie používať iba subnet prefix /64



IPv6 subnetting

» GUA subnetting

- Global routing prefix (48b=6B)
- Subnet ID (16b=2B)
- Interface ID (64b=8B)



Koexistencia IPv4 a IPv6

» Mechanizmy na prechod k IPv6

- **Dual stack** – IPv4 aj IPv6 na zariadeniach fungujú v rovnakom čase
- Tunneling – transport IPv6 paketov zabalených v IPv4 paketoch cez IPv4 sieť
- Translation – NAT64 podobne ako RFC1918 privátne adresy v IPv4

IPv6 bezpečnosť

- » Dual stack a zabudnuté / žiadne IPv6 pravidlá na FW
- » NDP jednoducho zneužiteľné
- » Lokálne zabezpečenie (First hop)
 - IPv6 Snooping / ND Inspection
 - RA Guard
- » Alebo NDP nahradiť Secure Neighbor Discovery (SEND)

Zhrnutie prednášky

- » IPv6 paket
- » IPv6 adresy
- » NDP
- » Modified EUI-64
- » Autokonfigurácia



Otázky?