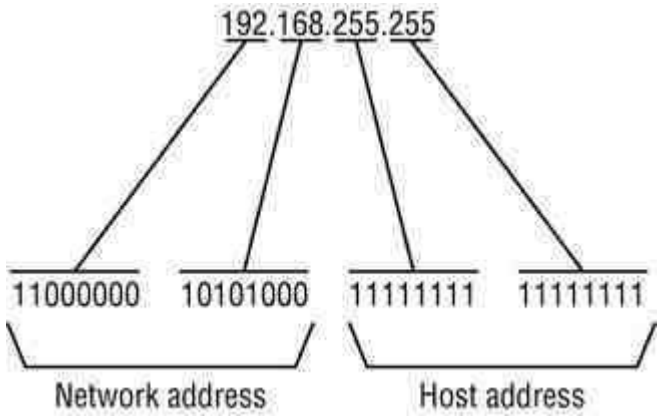
7. prednáška

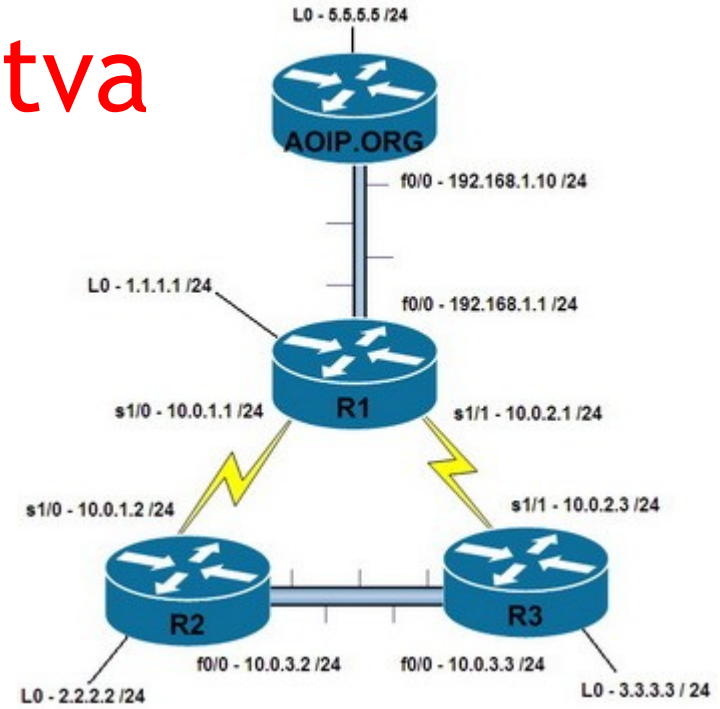
4-bit	8-bit	16-bit	32-bit
Ver.	Header Length	Type of Service	Total Length
Identification		Flags	Offset
Time To Live	Protocol	Checksum	
Source Address			
Destination Address			
Options and Padding			

158.197.31.4/24

fe80::221:9bff:fe64:db91/64

Sieťová vrstva 2.časť

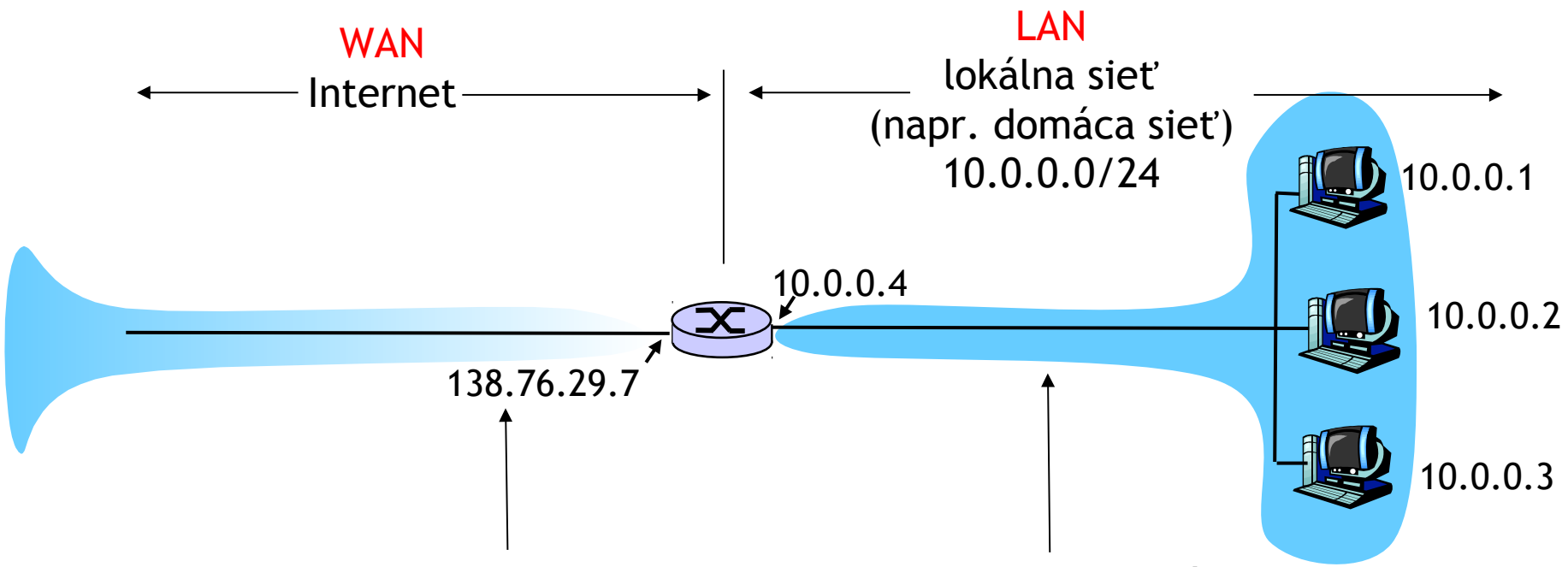




Prehľad prednášky

- NAT – network address translation
- ICMP
- IPv6

NAT: Network Address Translation



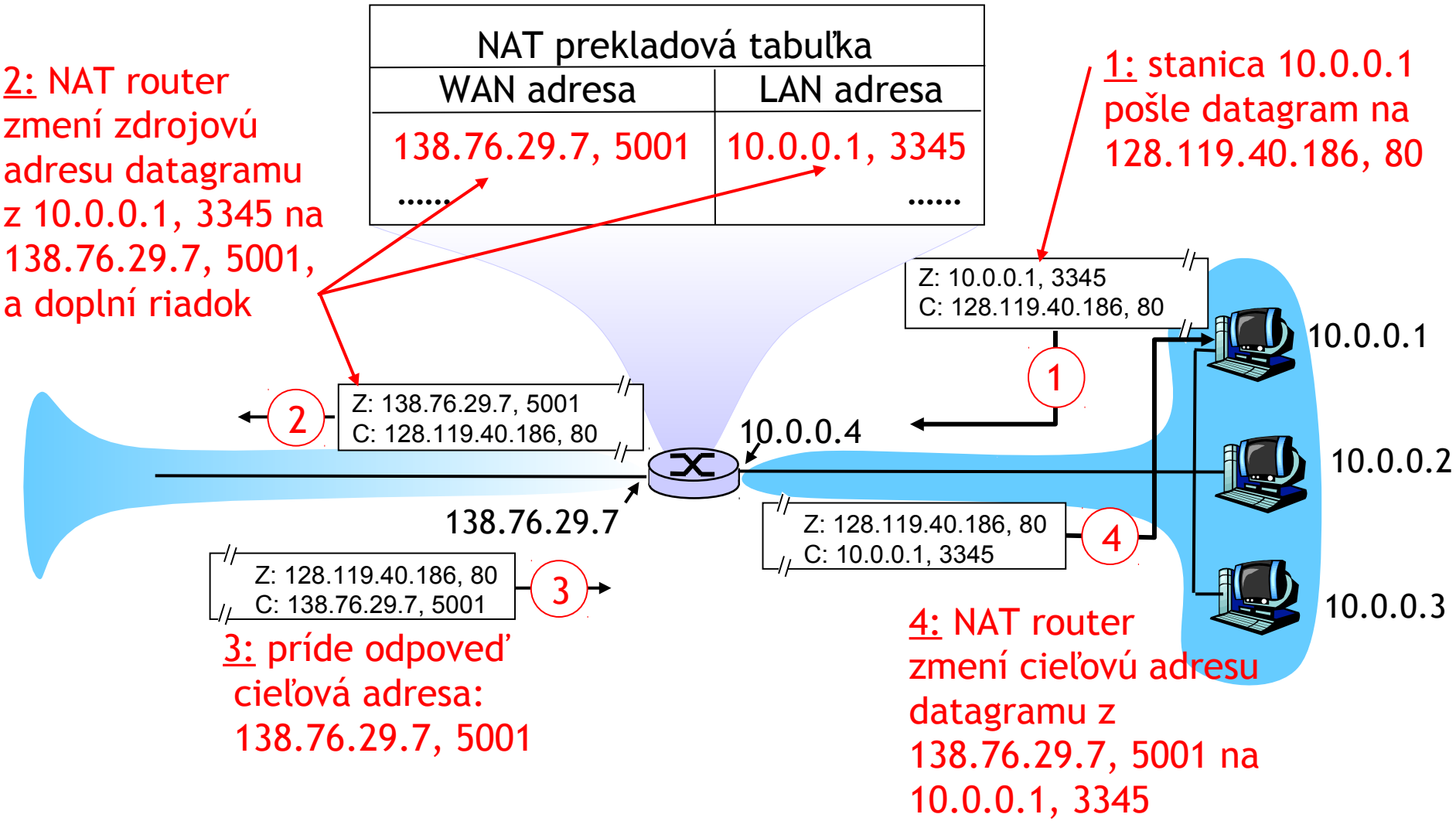
Všetky datagramy *odchádzajúce* z lokálnej siete majú rovnakú zdrojovú WAN IPv4 adresu: 138.76.29.7, rôzne môžu byť zdrojové porty

Datagramy so zdrojovou a zároveň cieľovou IPv4 adresou z vnútra siete 10.0.0.0/24 fungujú tak, ako obvykle

NAT: Network Address Translation

- Motivácia: lokálna sieť sa javí navonok (z internetu) ako jeden počítač s jedinou IPv4 adresou
  - stačí, ak nám provider (napr. Antik) pridelí jednu IPv4 adresu a môžeme pripájať viac počítačov
  - môžeme meniť IPv4 adresy vo vnútri lokálnej sieti bez účasti providera, aj klientov pre naše servery
  - môžem zmeniť ISP bez zmeny vnútornej adresácie v lokálnej sieti
  - zariadenia vo vnútornej sieti nie sú explicitne adresovateľné a viditeľné z vonku – nevieme ich priamo napadnúť (vylepšenie bezpečnosti).

NAT: postup

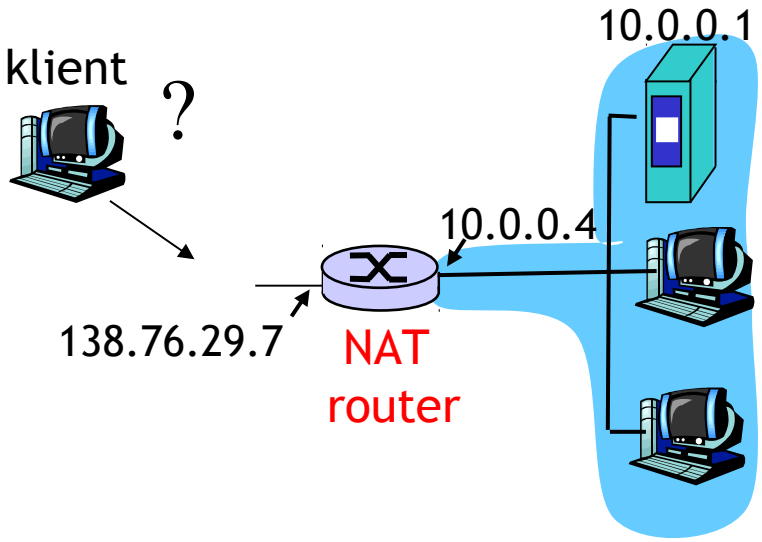

NAT prekladová tabuľka
WAN adresa
LAN adresa
138.76.29.7, 5001
10.0.0.1, 3345
.....
.....
2: NAT router zmení zdrojovú adresu datagramu z 10.0.0.1, 3345 na 138.76.29.7, 5001, a doplní riadok
1: stanica 10.0.0.1 pošle datagram na 128.119.40.186, 80
Z: 10.0.0.1, 3345
C: 128.119.40.186, 80
1
10.0.0.1
10.0.0.2
10.0.0.3
10.0.0.4
138.76.29.7
2
Z: 138.76.29.7, 5001
C: 128.119.40.186, 80
3
Z: 128.119.40.186, 80
C: 138.76.29.7, 5001
4
Z: 128.119.40.186, 80
C: 10.0.0.1, 3345
3: príde odpoveď cieľová adresa: 138.76.29.7, 5001
4: NAT router zmení cieľovú adresu datagramu z 138.76.29.7, 5001 na 10.0.0.1, 3345

NAT: Network Address Translation

- čísla portov môžu byť 0 - 65535
  - S jedinou IPv4 adresou vieme robiť naraz vyše 65000 spojení!
- NAT je kontroverzný:
  - obvykle ako doplnková služba routrov, ktoré by inak mali rozbaľovať iba po tretiu vrstvu
  - dva počítače, každý za iným NATom, nevedia za normálnych okolností priamo komunikovať
    - možnosť, že klient je za NATom, musí byť braná do úvahy pri tvorbe sieťových aplikácií, napr. pri P2P
  - zánik by mal priniesť protokol IPv6

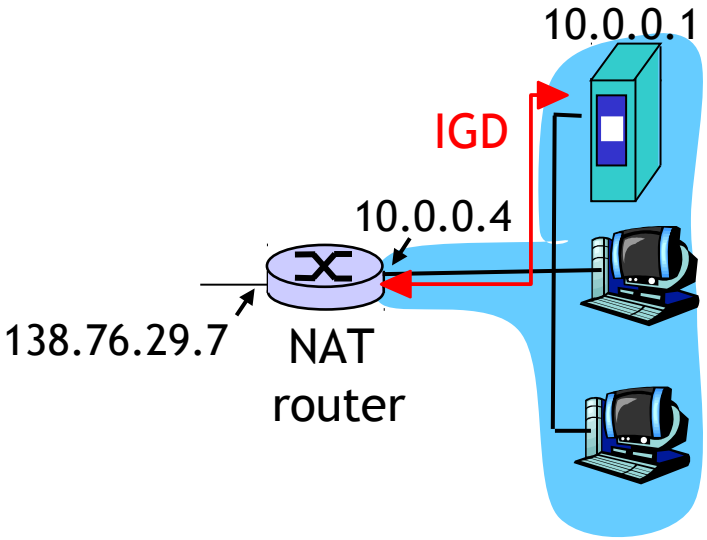
NAT traversal problem

- klient sa chce napojiť na server na adrese 10.0.0.1
  - 10.0.0.1 je lokálna adresa neexistujúca na internete (klient ju nemôže použiť ako cieľovú adresu)
  - jediný viditeľný je WAN port NAT routra: 138.76.29.7
- riešenie 1: statická konfigurácia NATu na preposielanie všetkých požiadaviek na určený port priamo na správny server
  - napr. (138.76.29.7, port 2500) preposielame na (10.0.0.1, port 25000)



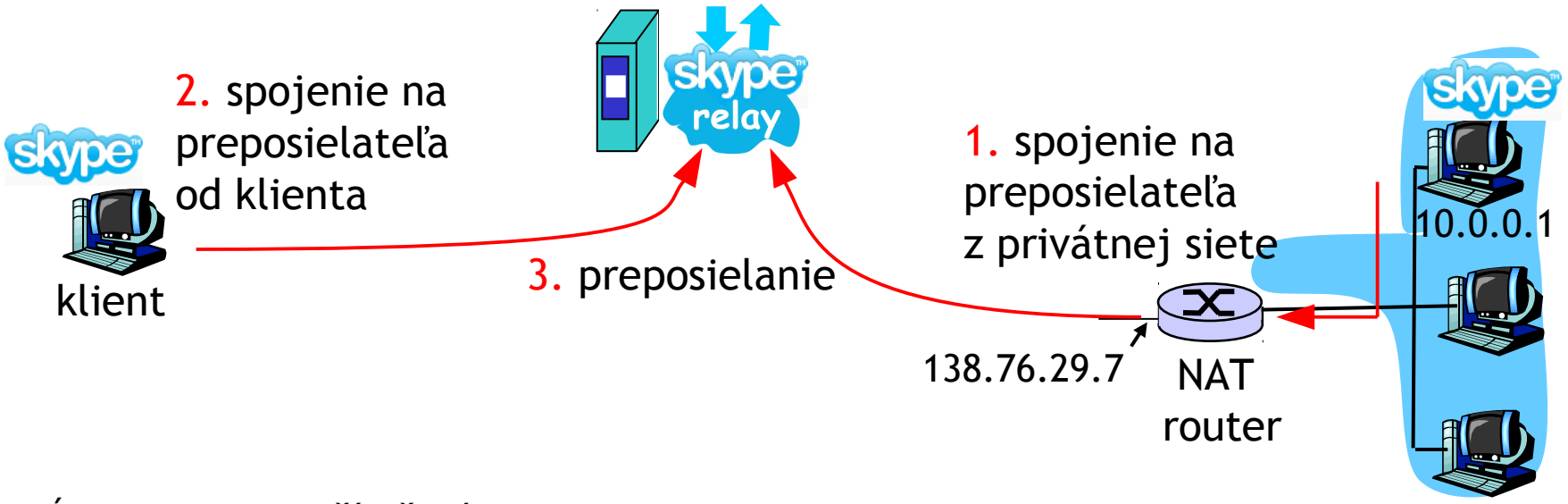
NAT traversal problem

- riešenie 2: Univerzálny Plug and Play (UPnP) Internet Gateway Device (IGD) protokol. Umožňuje stanici v lokálnej sieti:
  - zistiť verejnú IP adresu NAT routra (138.76.29.7)
  - zistiť existujúce mapovania portov
  - pridávať/odoberať mapovania portov (na daný čas)



NAT traversal problem

- riešenie 3: relaying/preposielanie (napr. v Skype)
  - príjemca hovoru vytvorí spojenie na preposielateľa
  - externý klient sa tiež napojí na preposielateľa
  - preposielateľ preposiela datagramy komunikácie



Prehľad prednášky

- NAT – network address translation
- ICMP
- IPv6

ICMP: Internet Control Message Protocol

- používaný stanicami a routrami na výmenu sieťových informácií
  - hlásenie chýb: nedostupná stanica, sieť, port, protokol
  - echo request/reply (používané programom ping)
- sieťová vrstva "nad" IP:
  - ICMP správy vo vnútri IPv4 datagramov
- ICMP správa: typ, kód, plus prvých 8 bajtov IP datagramu, ktorý spôsobil vytvorenie správy

Typ	Kód	popis
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest. host unreachable
3	2	dest. protocol unreachable
3	3	dest. port unreachable
3	6	dest. network unknown
3	7	dest. host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

Skúste si ping

- ping -t 3 adresa (unix), -i (windows)
  - Time To Live = 3
- ping -b broadcastováAdresa (unix)
  - pingujeme všetkých v našej sieti
- ping -s veľkosť adresa, -l (windows)

  nastavíme veľkosť ICMP paketu (bez hlavičky) (keď je výsledný paket väčší ako MTU, nastáva IP fragmentácia)

Traceroute a ICMP

- Pošleme sériu UDP segmentov k cieľu (alebo TCP či ICMP)
  - prvé 3 majú TTL =1
  - druhé 3 majú TTL=2, atď.
  - nepravdepodobné číslo portu
- Keď datagram vyslaný s TTL=n dôjde k n-tému routru:
  - router zahodí datagram
  - pošle na zdrojovú adresu ICMP správu "TTL expired" (type 11, code 0)
  - IP datagram s ICMP správou má zdrojovú adresu routra, ktorý ju posielal
- Keď príde ICMP správa, vypočítame RTT

Ukončenie

- UDP segment môže dôjsť až k cieľu
- Cieľová stanica vráti ICMP správu "port unreachable" (type 3, code 3)
- Keď odosielateľ dostane túto správu, končí

Prehľad prednášky

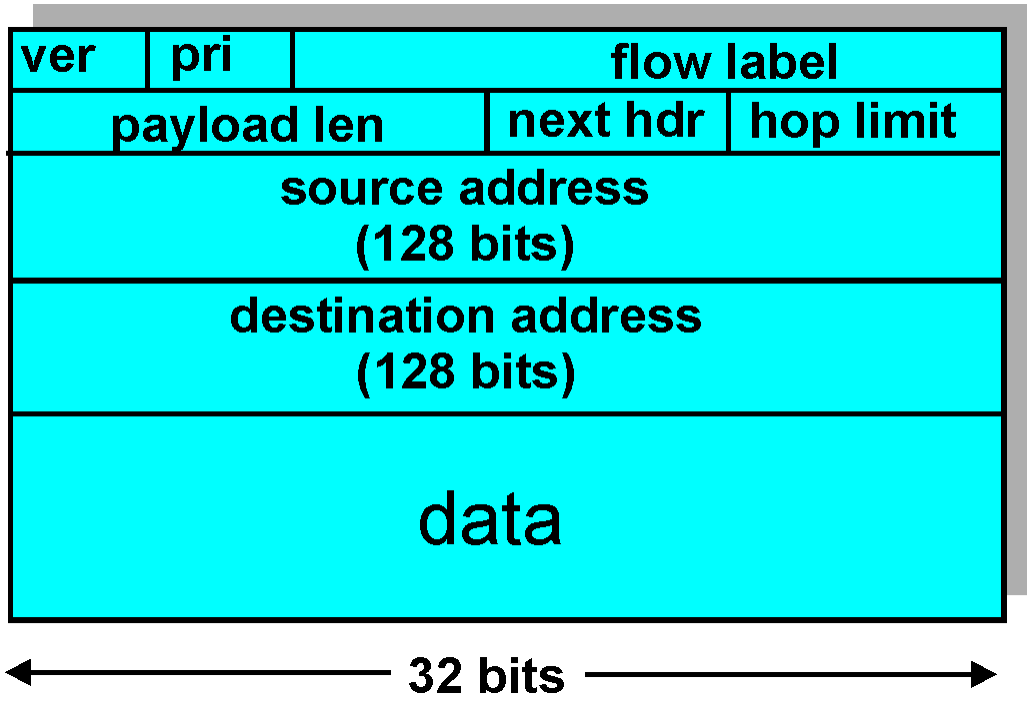
- NAT – network address translation
- ICMP
- IPv6

IPv6

- úvodná motivácia (1992-1995): 32-bitové adresy budú čoskoro všetky vyčerpané
  - prišiel však CIDR a presadil sa NAT
- ďalšia motivácia:
  - formát hlavičky umožňuje rýchlejšie spracovanie a smerovanie
  - hierarchické prideľovanie adries
  - podpora anycastu a lepšia podpora multicastu
  - autokonfigurácia koncových zariadení
  - lepšie riešenie mobility
- formát hlavičky datagramu IPv6:
  - presne 40 bajtová hlavička (žiadne voliteľné časti hlavičky), ale možnosť ďalších doplňujúcich hlavičiek
  - fragmentácia už len vo voliteľnej hlavičke vytvorenej odosielateľom (nie routrami)

IPv6 hlavička

Priorita (traffic class): identifikuje prioritu datagramu
Flow label: identifikácia toku dát
Next header: identifikácia rozširujúcej hlavičky alebo protokolu "vyššej vrstvy" v dátach

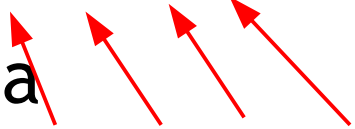


Niektoré zmeny oproti IPv4

- *Kontrolný súčet :* zrušený ako redundantný
  - kontrolné súčty sa robia v transportnej aj spojovej vrstve
  - netreba kontrolovať na routroch (šetríme čas)
- *Options:* nahradené ďalšími hlavičkami.
  - V časti "Next Header" sa môže namiesto identifikácie transportného protokolu dať identifikácia "ďalšej špeciálnej IP hlavičky"
- *ICMPv6:* nová verzia ICMP
  - nové typy správ, napr. "Packet Too Big"
  - funkcie na riadenie multicastu (namiesto IGMP)
  - riadenie autokonfigurácie

IPv6 adresy

- úplný výpis všetkých bitov (hexadecimálne po dvoch bajtoch v slove)
  - fe80:0000:0000:0000:0221:5cff:fe64:d39a
- s odstránenými úvodnými nulami slov
  - fe80:0:0:0:221:5cff:fe64:d39a
- vynechané nulové sekvencie
  - fe80::221:5cff:fe64:d39a
- mixovaná notácia
  - fe80::221:5cff:254.100.211.154



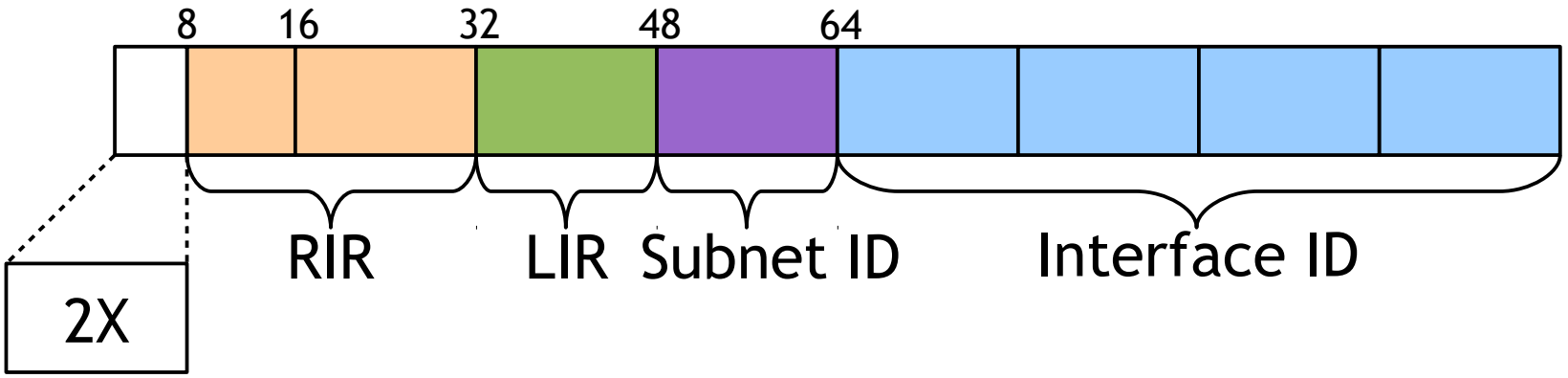
Niektoré špeciálne IPv6 adresy

- nešpecifikovaná lokálna IP adresa
  - ::/128 resp. 0:0:0:0:0:0:0:0/128 (analógia 0.0.0.0 z IPv4)
- loopback, localhost
  - ::1/128 resp. 0:0:0:0:0:0:0:1/128 (analógia 127.0.0.1 z IPv4)
- reprezentácia IPv4 adries v IPv6 notácii (IPv4-mapované adresy v SIIT [RFC 2765]) – v praxi sa nepoužíva
  - napr. ::ffff:158.197.31.4/128
- lokálne adresy fe80::/10 – novinka!
  - fe8X, fe9X,feaX,febX – IPv6 adresy v lokálnej sieti
  - IPv4 analógia nie je
- site-local (lokálna sieť sídla/organizácie) fec0::/10 – zrušené!

Niektoré špeciálne IPv6 adresy

- unique-local (unikátne privátne adresy) fc00::/7 (fcXX, fdXX)
  - takmer analógia sietí 10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12, 192.168.0.0/16
  - sieťový prefix tvorený z MAC adresy a dátumu – vysoká pravdepodobnosť unikátnosti! (RFC 4193)
- broadcast – zrušený!
  - analógia 255.255.255.255/32 a broadcastových adries sietí napr. 158.197.35.255/24
- multicastové adresy ff00::/8 (ffXX:hocičo)
  - analógia triedy D: 224.0.0.0/4
- globálne (celosvetové adresy) 2000::/3
  - 2XXX:hocičo a 3XXX:hocičo
  - najčastejšie 2001:hocičo
  - UPJŠ IPv4: 158.197.0.0/16
  - UPJŠ IPv6: 2001:4118:400/48

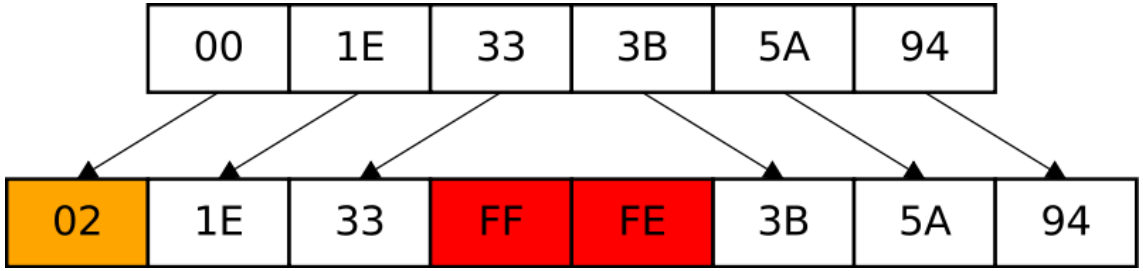
Štruktúra globálnych unicastových IPv6 adries



- RIR – IANA + regionálni registrátori (RIPE NCC, ARIN, APNIC, AFRINIC, LACNIC)
- LIR – lokálni registrátori prideľujú siete s prefixom dlhým 48-56 bitov
- Subnet ID – podsieť organizácie (65 535 alebo 256 možných podsietí)
- Interface ID – identifikátor rozhrania (sieťovej karty)

Interface ID

- máme k dispozícii $2^{64} \sim 10^{18}$ adries zariadení v jednej podsieti
- IPv6 EUI-64
  - odvodenie z MAC adresy (48 bitov na 64 bitov)



- Privacy extensions for stateless address autoconfiguration in IPv6
  - náhodné koncovky pravidelne menené

Nastavovanie IPv6 adresy

- ručne (hlavne servery s DNS AAAA záznamami)
- automatizovane
  - prideľovanie default routra
    - SLAAC (stateless address autoconfiguration) (RFC 2462)
  - prideľovanie sieťovej časti
    - SLAAC
    - stavový DHCPv6 – vrátane nejakého identifikátora rozhrania (nebráni to stanici dodať si ďalšie identifikátory podľa ľubovôle)
  - prideľovanie rekurzívnych lokálnych DNS serverov
    - DHCPv6 alebo DHCP(v4) ak máme dual-stack
    - od novembra 2010 aj cez SLAAC (RFC 6106)
  - prideľovanie identifikátora rozhrania
    - stanica si ho prideľuje sama (EUI 64 alebo privacy extensions)
    - a/alebo ho dostane od stavového DHCPv6

SLAAC + DHCPv6

- stanica si nastaví lokálnu adresu fe80::niečo
- stanica si overí unikátnosť cez detekciu duplicitných adries (typ paketu ICMPv6 na fe02::1:ffxx:xxxx) a prípadne nastaví inú
- stanica vyšle “router solicitation” (typ paketu ICMPv6)
- router mu zašle “router advertisment“ (typ paketu ICMPv6) s adresou brány a prípadnými ďalšími parametrami
  - ak príznak M=1 a O=0, má sa ešte použiť stavové DHCPv6
  - ak príznak M=0 a O=1, má sa ešte použiť bezstavové DHCPv6
  - ak príznak M=0 a O=0, v sieti sa nenachádza DHCPv6
- stavové DHCPv6 : stanica požiada o celú IPv6 adresu a ostatné parametre
- bezstavové DHCPv6 : stanica má sieťový prefix z “router advertisment” paketu a ďalšie parametre, hlavne lokálne rekurzívne DNS servery má získať z DHCPv6 serveru

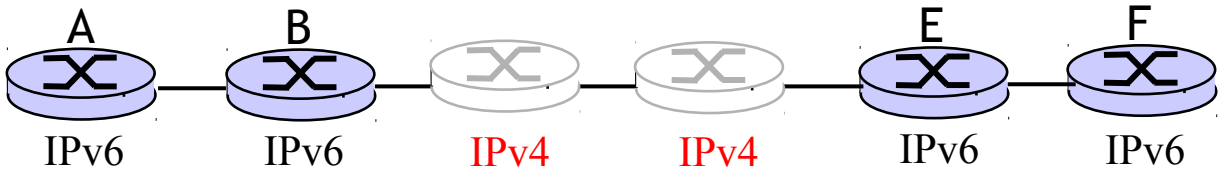
Prechod od IPv4 k IPv6

- Nemôžeme všetky zariadenia vymeniť naraz
  - žiaden “flag day” = “deň D”
  - Ako má sieť fungovať s pomiešanými IPv4 a IPv6 routrami?
- riešenia:
  - dual-stack: zariadenia zvládajú IPv4 aj IPv6
  - bezstavový preklad: SIIT, NAT64, TRT, BIH, SOCKS64
  - tunelovanie: IPv6 prenášaný ako telo IPv4 datagramu cez IPv4 routre: server/broker, 6to4, 6rd, 6over4, ISATAP, Teredo

Tunelovanie

Logický pohľad:

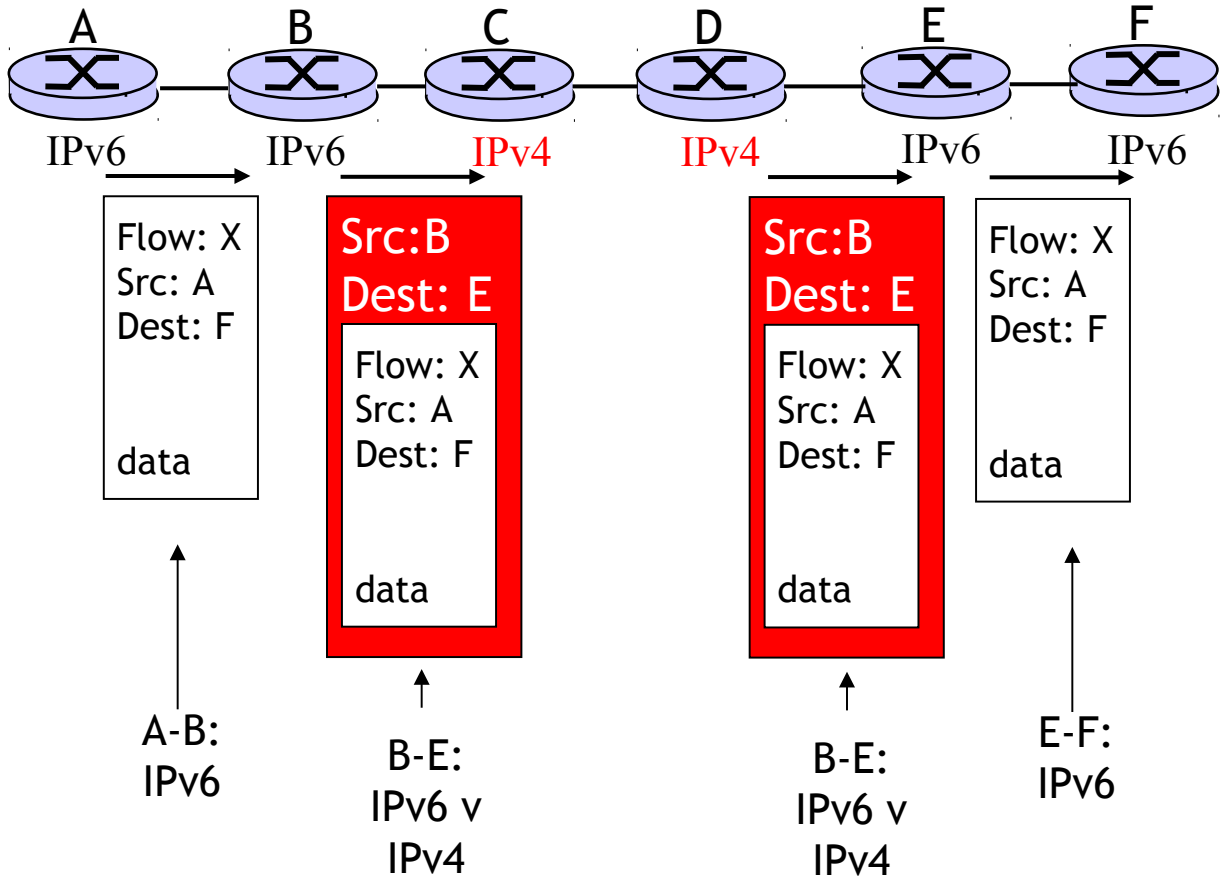
Fyzický pohľad:



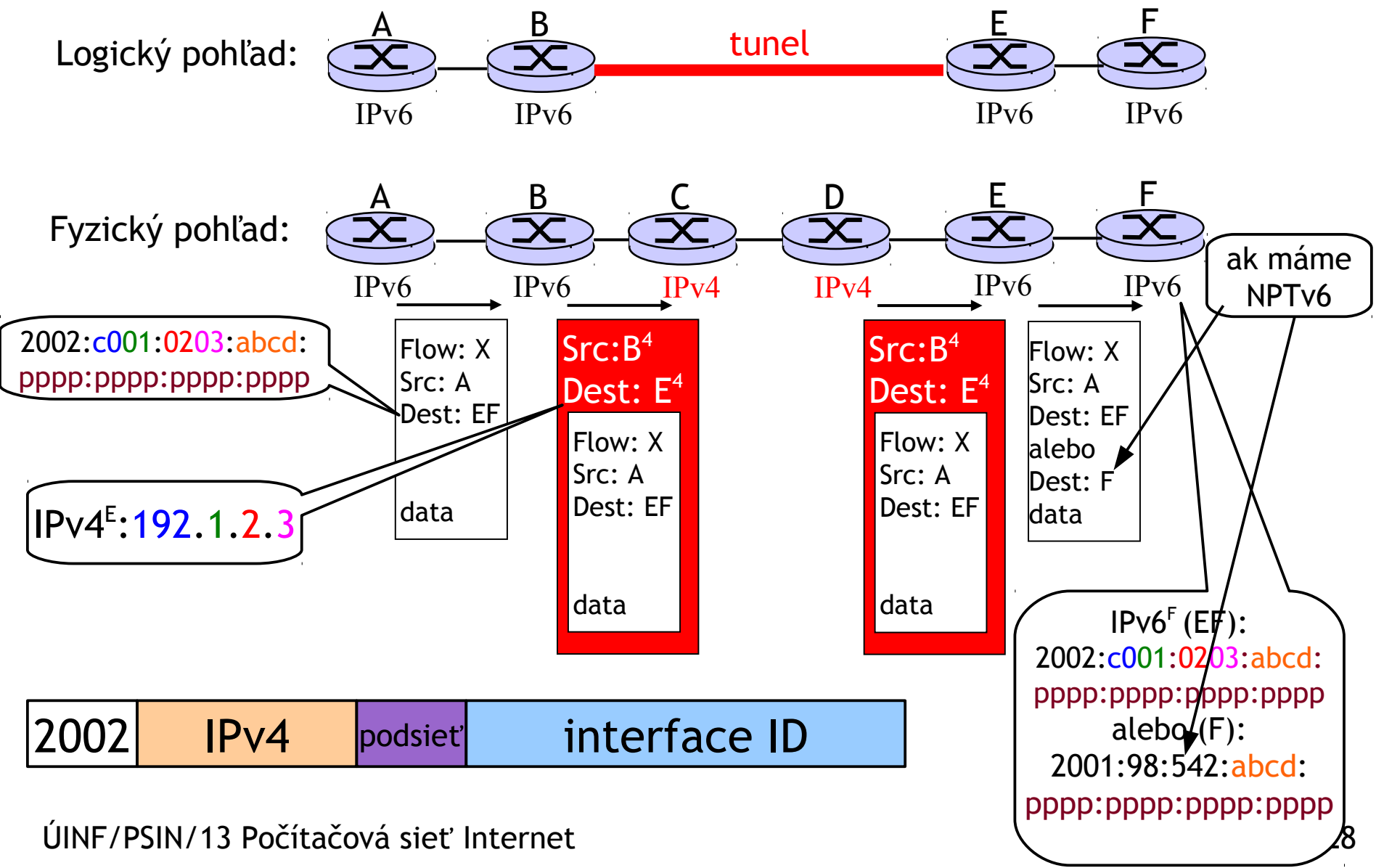
Tunelovanie (cez konfigurovaný tunel)

Logický pohľad:

Fyzický pohľad:



Tunelovanie [RFC 3056] (6to4)



Zhrnutie

- NAT
- ICMP
- IPv6

Ďakujem za pozornosť

Modifikované slajdy z knihy:

Computer Networking: A Top Down Approach ,
4th edition.
Jim Kurose, Keith Ross
Addison-Wesley, July 2007.