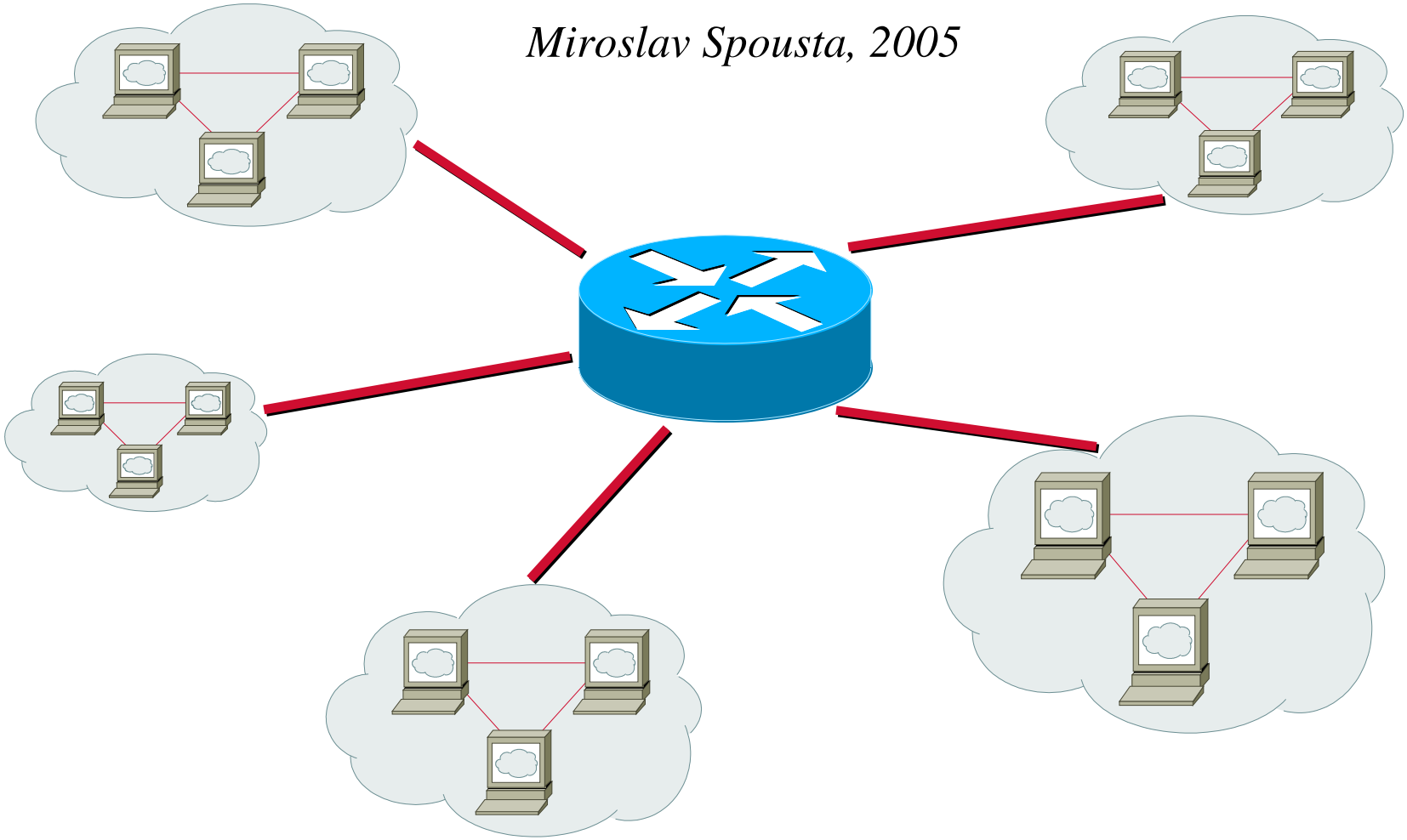
Počítačové sítě II

12. pomocné protokoly, IPv6

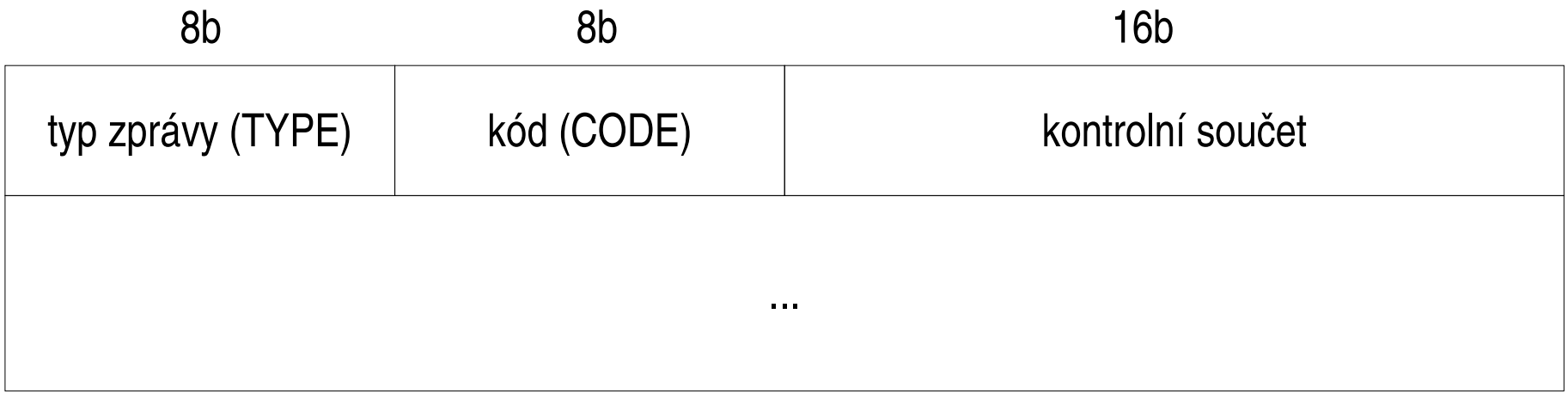
Miroslav Spousta, 2005



ICMP

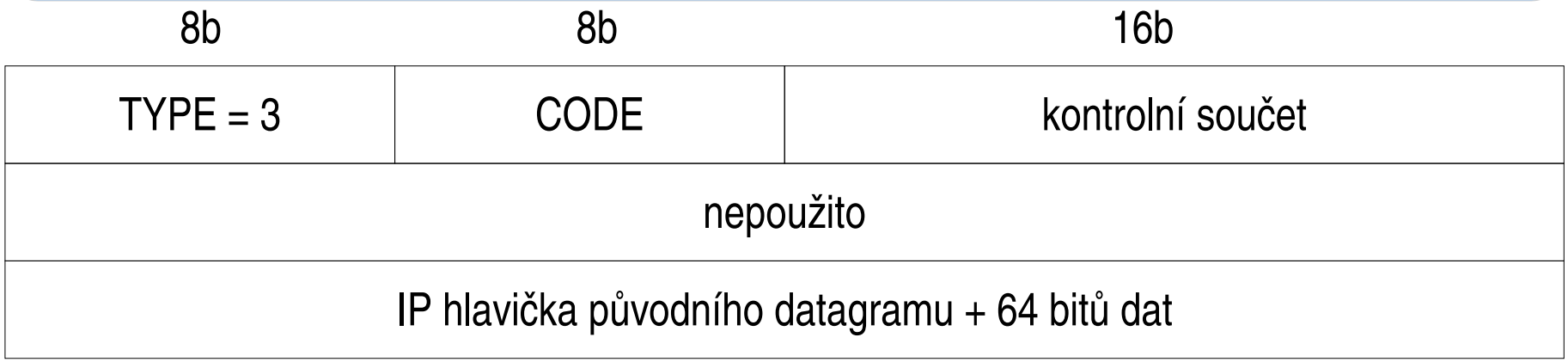
- Internet Control Message Protocol
  - doslova protokol řídicích hlášení
  - RFC 792
- pomocný protokol IP, vlastně součást IP protokolu
  - přenáší se v IP datagramech
  - problémy s ICMP datagramy se nehlásí
- používá se většinou pro informování o nějakém nestandardním stavu při doručování IP datagramů
- generují se např. při zahození datagramu
  - IP se nestará o nápravu
  - ale informuje odesilatele, že se tak stalo
- ICMP zprávy se zpracovávají v IP stacku odesilatele

ICMP



- typ vyjadřuje o jakou zprávu jde
  - echo request, echo reply, redirect, ...
- kód udává parametry konkrétní zprávy
  - např. z jakého důvodu se nepodařilo datagram doručit
- další formát zprávy závisí na typu
- často následuje původní IP hlavička + 64 bitů dat z původního datagramu

ICMP Destination Unreachable



- CODE
  - 0: síť nedostupná (net unreachable) – směrovač nenašel cestu k síti
  - 1: stanice nedostupná (host unreachable) – nelze se spojit se stanicí
  - 2: protokol nedostupný (protocol unreachable)
  - 3: port nedostupný (port unreachable)
  - 4: fragmentace nutná, ale byl nastavený příznak DF (Don't fragment)
  - 5: špatné zdrojové směrování (source route failed)
- 2, 3 od cílové stanice, 0, 1, 4, 5 od směrovače

ICMP Time Exceeded

8b	8b	16b
TYPE = 11	CODE	kontrolní součet
nepoužito		
IP hlavička původního datagramu + 64 bitů dat		

- CODE
  - 0: Time to Live Exceeded – TTL kleslo na nulu (příliš mnoho směrovačů po cestě)
  - 1: Fragment Reassembly Time Exceeded – vypršel čas na sestavení datagramu z fragmentů; pokud nedošel fragment 0, nic se neposílá
- TTL brání zacyklení
  - je nutné vždy při skoku ve směrovači přepočítat kontrolní součet IP hlavičky
- kód 0: od směrovače, kód 1: od stanice

traceroute, tracepath

- zasílání zpráv od směrovače, pokud TTL klesne na 0 se dá využít pro stopování cesty datagramů sítí
- nastavíme TTL na 1 a vyšleme datagram k cíli
- vrátí se nám od prvního směrovače => zjistíme adresu prvního směrovače
- nastavíme TTL na 2, ...
- běžně se používá TTL kolem 64
- počet přeskoků („hopů“) z ČR do USA běžně kolem dvaceti
- traceroute a tracepath jsou programy, které zjišťují cestu k cíli
- traceroute používá UDP pakety, případně může používat ICMP echo request datagramy

traceroute, tracepath

```
traceroute to 195.113.31.123 (195.113.31.123), 30 hops max, 38 byte packets
 1  s1.chello.upc.cz (62.24.84.1)  86.565 ms  48.663 ms  21.908 ms
 2  cz-prg01a-ra2-ge0-0-0-v20.aorta.net (213.46.172.9)  17.375 ms  14.643 ms  5.852 ms
 3  at-vie01a-rd1-pos-1-0-0.aorta.net (213.46.160.53)  10.940 ms  25.298 ms  11.238 ms
 4  at-vie02a-ri1-pos-4-0.aorta.net (213.46.173.6)  12.161 ms  27.251 ms  11.681 ms
 5  Wien1.ACO.net (193.171.16.162)  24.182 ms  12.473 ms  12.142 ms
 6  195.113.179.149 (195.113.179.149)  13.623 ms  15.295 ms  11.803 ms
 7  r92-r41-oc48.cesnet.cz (195.113.156.126)  14.339 ms  13.646 ms  13.179 ms
 8  geovc-cesnet.pasnet.cz (195.113.69.53)  12.408 ms  35.663 ms  41.404 ms
 9  geruk-geovc.pasnet.cz (195.113.68.237)  12.076 ms  13.161 ms  13.301 ms
10  flor-ruk.pasnet.cz (195.113.69.118)  12.803 ms  13.360 ms  12.571 ms
11  karlingw-c.karlin.mff.cuni.cz (195.113.31.130)  12.472 ms  12.701 ms  12.412 ms
12  k5gw.karlin.mff.cuni.cz (195.113.31.137)  12.682 ms  12.995 ms  12.428 ms
13  atrey.karlin.mff.cuni.cz (195.113.31.123)  13.067 ms  12.311 ms  19.759 ms
```

ICMP Parameter Problem

8b	8b	16b
TYPE = 12	CODE	kontrolní součet
pointer	nepoužito	
IP hlavička původního datagramu + 64 bitů dat		

- nastala „jiná chyba“ a datagram byl zahozen
  - např. chybná data v hlavičce
- pokud je CODE = 0, pointer ukazuje do původního datagramu, kde nastala chyba

ICMP Source Quench

8b	8b	16b
TYPE = 4	CODE = 0	kontrolní součet
nepoužito		
IP hlavička původního datagramu + 64 bitů dat		

- směrovač je zahlcen a musí zahazovat datagramy
- za každý zahozený datagram vygeneruje tuto zprávu
- může generovat zprávy i dříve (datagramy mohou být doručeny, i když pro ně byla vygenerovaná zpráva Source Quench
- jedná se vlastně o žádost o snížení toku dat, které generuje zdrojová stanice
- neexistuje inverzní zpráva (zahlcení pominulo)

ICMP Redirect

8b	8b	16b
TYPE = 5	CODE	kontrolní součet
adresa nové brány (gateway)		
IP hlavička původního datagramu + 64 bitů dat		

- CODE
  - 0: přesměrovat datagramy pro síť
  - 1: přesměrovat datagramy pro stanici
  - 2: přesměrovat datagramy pro TOS a síť
  - 3: přesměrovat datagramy pro TOS a stanici
- pokud první směrovač zjistí, že stanice má lepší cestu k danému cíli, pošle tuto zprávu
- filtrovat na vnějších rozhraních sítě!

ICMP Echo Request/Echo Reply

8b	8b	16b
TYPE = 8/0	CODE = 0	kontrolní součet
identifikátor		sequence number
data...		

- žádost o odpověď (TYPE = 8) je vyslána k cíli
- cílový uzel zamění adresy, přepíše TYPE na 0 odešle zpět (data zůstávají stejná)
- umožňuje detekovat:
  - funkčnost IP stacku cílové stanice
  - počet hopů, MTU po cestě (nastavením velikosti dat)
  - RTT (Round Time Trip) – doba přenosu dat tam a zpět

ping

```
qiq@bug:~$ ping -s 5000 195.113.31.123
PING 195.113.31.123 (195.113.31.123) 5000(5028) bytes of data.
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=1 ttl=53 time=892 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=3 ttl=53 time=114 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=4 ttl=53 time=578 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=5 ttl=53 time=154 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=6 ttl=53 time=133 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=7 ttl=53 time=122 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=8 ttl=53 time=103 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=9 ttl=53 time=100 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=10 ttl=53 time=99.3 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=11 ttl=53 time=103 ms
5008 bytes from 195.113.31.123: icmp_seq=12 ttl=53 time=105 ms
--- 195.113.31.123 ping statistics ---
12 packets transmitted, 11 received, 8% packet loss, time 11010ms
rtt min/avg/max/mdev = 99.376/227.984/892.493/248.939 ms
```

ICMP Timestamp

8b	8b	16b
TYPE = 13/14	CODE = 0	kontrolní součet
identifikátor		sequence number
čas odeslání (zdroj)		
čas příjmu (cíl)		
čas odeslání (cíl)		

- odesilatel zaznamená čas odeslání
- příjemce čas přijetí a čas odeslání zpět
- slouží k zjištění doby přenosu dat k cílové stanici

ICMP Router Discovery Protocol

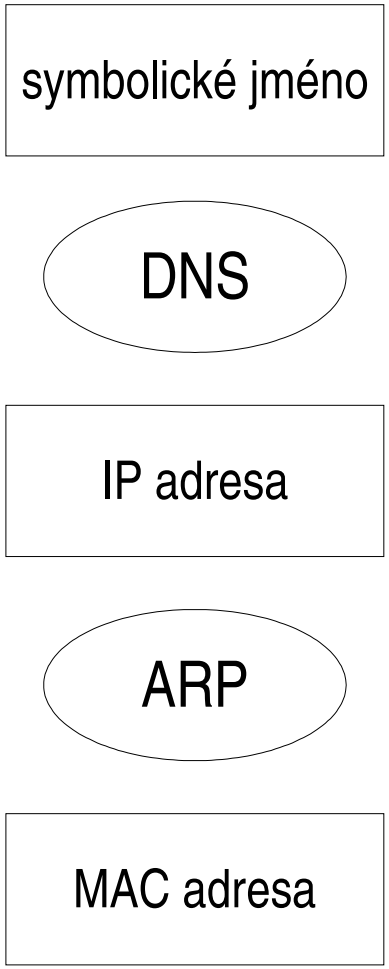
8b	8b	16b
TYPE = 9	CODE = 0	kontrolní součet
počet adres	velikost adresy (2)	životnost (s)
Router address 1		
Preference 1		
Router address 2		
Preference 2		

- RFC 1256
- 9: Router Advertisement
  - inzerování adresy směrovače, směrovač periodicky (nebo na žádost) inzeruje svoji adresu v síti a posílá ji na broadcast/multicast adresu všem připojeným uzlům
- 10: Router Solicitation
  - žádost stanice o adresu směrovače
  - jednoduchý datagram s TYPE = 10

ICMP

- další zprávy ICMP:
  - v dnešní době zastaralé, nahrazené RARP, BOOTP, DHCP
- 17/18: Address Mask Request/Reply
  - žádost o masku sítě
- 14/15: Information Request/Reply
  - žádost o adresu sítě

Překlad adres



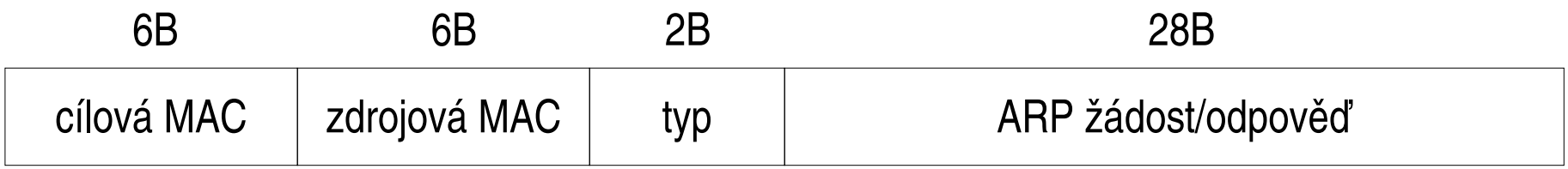
- MAC adresy jsou přiřazeny zařízení, používají se k adresaci na linkové úrovni, jsou závislé na zařízení, slouží k rozlišení uzlu v rámci *lokální sítě*
- IP adresy jsou *univerzální v celé síti*, nezávislé na použité síťové technologii
- komunikující uzlel má obě adresy, je potřeba mít mechanismus, jak zajistit převod mezi adresami
- Address Resolution (IP => MAC)
- Reverse Address Resolution (MAC => IP)

ARP

- Address Resolution Protocol
- protokol, který dokáže zjistit MAC adresu uzlu, pokud známe IP adresu
- kdy se to hodí? Směrujeme datagramy na určitý uzel (koncovou stanici nebo směrovač) v lokální síti, neznáme její linkovou (MAC) adresu
- dynamický, distribuovaný protokol, schopný reagovat na změny v síti
  - informace se podle potřeby obnovují
  - překladová tabulka obsahuje většinou pouze dočasné položky
- pokud chce stanice znát MAC adresu jiného počítače v dané síti, vyšle linkový broadcast – ARP dotaz
- stanice, která rozpozná svoji IP adresu odpoví linkovým unicastem – ARP odpověď

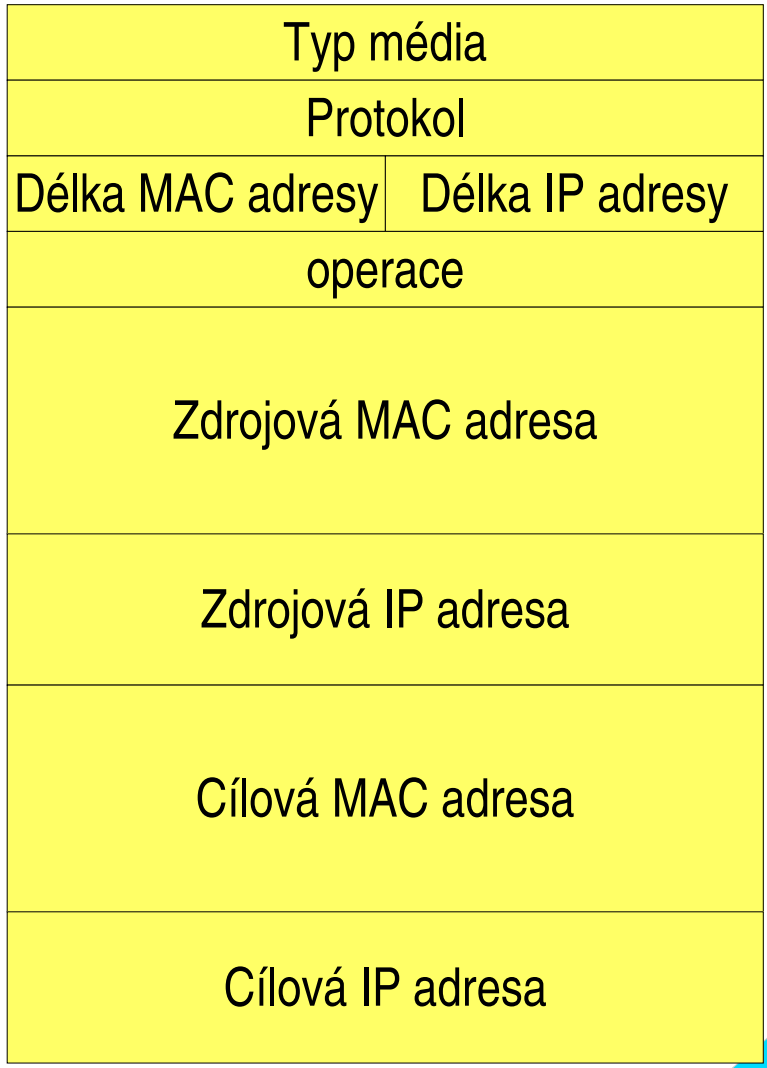
ARP

- ARP pracuje na vrstvě „mezi“ linkovou a síťovou
  - používá rámce linkové (tedy nikoli IP), ale přenáší IP adresu
  - v Ethernetu používá typ rámce 0x0806 (IP používá 0x0800)
- žádost vyšle IP vrstva když zjistí, že je potřeba odeslat rámec a není známá MAC adresa příjemce
  - vyšle se jen jeden ARP dotaz, i když rámců v k vyslání je víc



ARP

- typ média: Ethernet: 1, ATM: 16
- protokol: pro IP 0x0800
- délka MAC adresy: 6
- délka IP adresy: 4
- operace: request: 1, response: 2
- zdrojová MAC a IP adresa
  - adresy odesilatele žádosti nebo toho, kdo odpovídá
- cílová MAC a IP adresa
  - adresa příjemce (v případě žádosti je MAC adresa broadcast (všechny 1)



ARP algoritmus

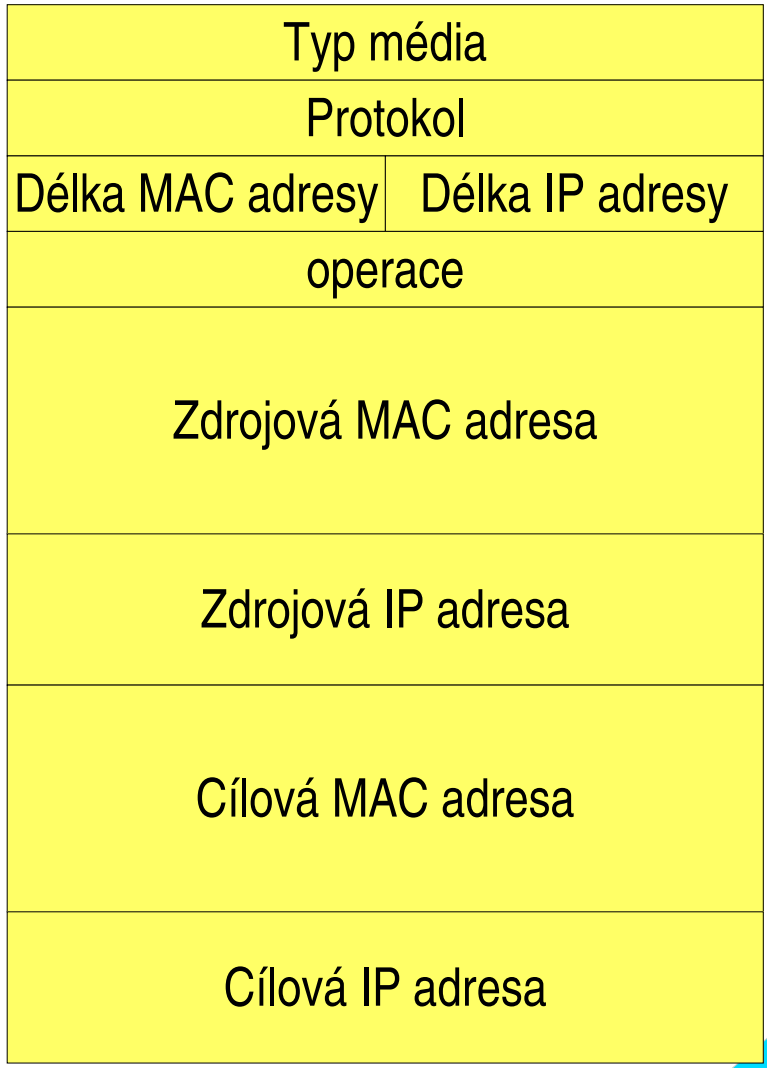
- počítač chce poslat data (IP datagram) jinému počítači v síti
  - potřebuje zjistit MAC adresu příjemce
  - podívá se do cache, je-li tam položka => OK
  - není, musí se použít ARP protokol
- vyšle rámec s broadcast cílovou MAC adresou (a s vyplněnými ostatními)
- příjemce zkontroluje, jedná-li se o jeho IP adresu, ne => rámec zahodí
- vyplní svoji MAC adresu a prohodí páry adres, aby odpovídaly odesilateli/příjemci
- odešle rámec zpět (unicastem)
- do ARP tabulky si přidá adresu tazatele (pravděpodobně s ním bude komunikovat)

Proxy ARP

- některý prvek v síti (směrovač) odpovídá na ARP dotazy za uzel, který je „skrytý“ za ním
- odpovídá svojí adresou (a datagramy poté směruje správným směrem)
- vlastně rozšiřuje lokální síť přes směrovač
- směrovač v síti „není vidět“

RARP

- Reverse Address Resolution Protocol
- IP adresa bývá na uložena v konfiguračním souboru na disku
  - MAC bývá v ROM na síťové kartě (nebo ekvivalentu)
  - vzniká problém s bezdiskovými stanicemi – znají MAC, ale ne IP adresu
- formát rámce stejný jako u ARP, ale operace je 3 pro request, 4 pro response
- typ v ethernetovém rámci je 0x8035



IPv6

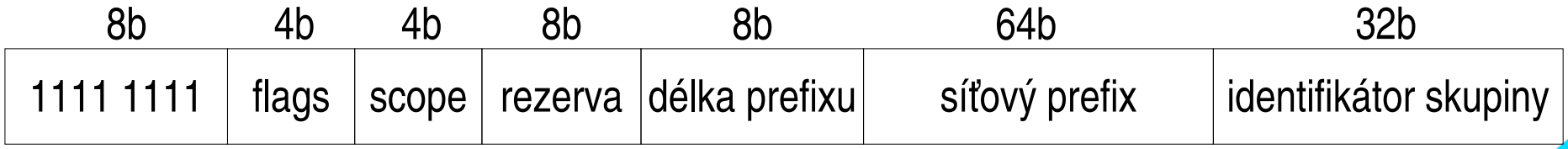
- nejnovější protokol, ve fázi testování
- řeší:
  - vyčerpání adres
  - zabezpečení (povinně implementované)
  - mobilitu
- adresy IPv4: 2^32 (něco přes čtyři miliardy)
  - reálně použitelné jen asi dvě miliardy
  - počet přestal stačit (mobilní telefony, PDA, mnoho zařízení, které by bylo vhodné(?) připojit k Internetu (ledničky, ...), auta)
  - dočasná řešení způsobují komplikace (NAT)
  - Asie dostala málo adres IPv4
  - bylo nutno rozšířit adresy
  - rozhodovalo se, zda budou 64bitové nebo 128 bitové

Adresy IPv6

- 128 bitů dlouhé
  - to je hodně: každý člověk na zemi by jich mohl mít 4 miliardy
  - mělo by vystačit na dlouhou dobu (nebude-li se plýtvat)
- zapisují se jako osm šestnáctibitových čísel
  - např. 2001:0700:0230:0003:0000:0000:0000:0001
- adresa se může zkrátit vynecháním spojitého úseku nul (jen jedenkrát v adrese)
  - 2001:700:230:3::1
- IPv6 nemá broadcast adresy, používají se
  - unicasty (jednomu příjemci)
  - multicasty (více příjemcům)
  - anycasty (jednomu, nejbližšímu příjemci)

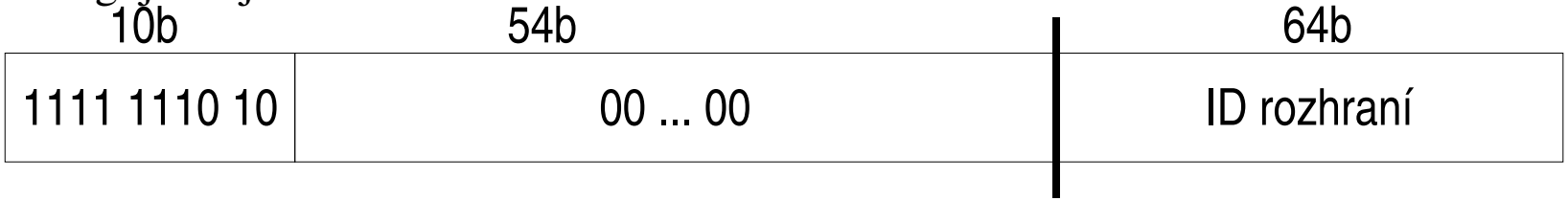
Třídy adres IPv6

- multicast a anycast adresy mají definován dosah (scope):
  - link-local: platí v jednom subnetu
  - site-local: platí v jedné privátní síti
  - global: platí v Internetu
- prefixy se používají podobně jako u CIDR IPv4
- loopback adresa ::1/128
- nedefinovaná adresa (uzel nemá přidělenou adresu) ::/128
- multicast (skupinová) adresa
  - FF00::/8

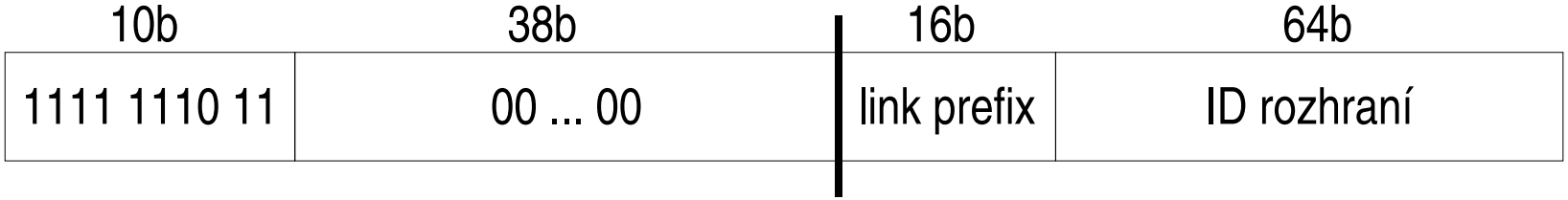


Třídy adres IPv6

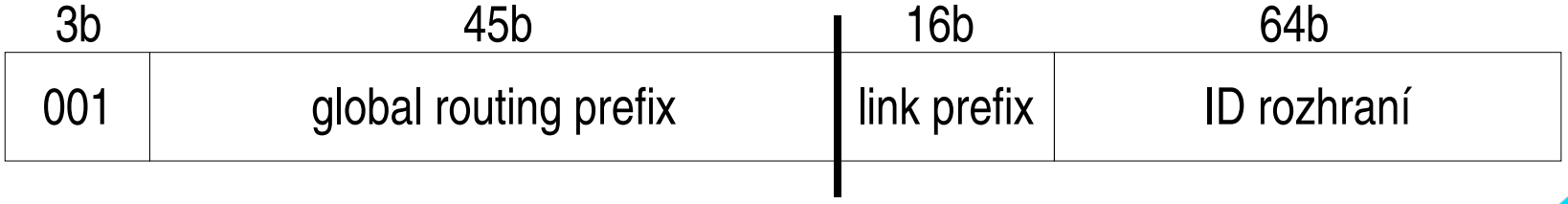
- individuální lokální adresa segmentu: FE80::/10
  - funguje na jedné síti



- individuální lokální adresa místní: FEC0::/10
  - nesmí do Internetu, je určena pro soustavu sítí pod jednou správou



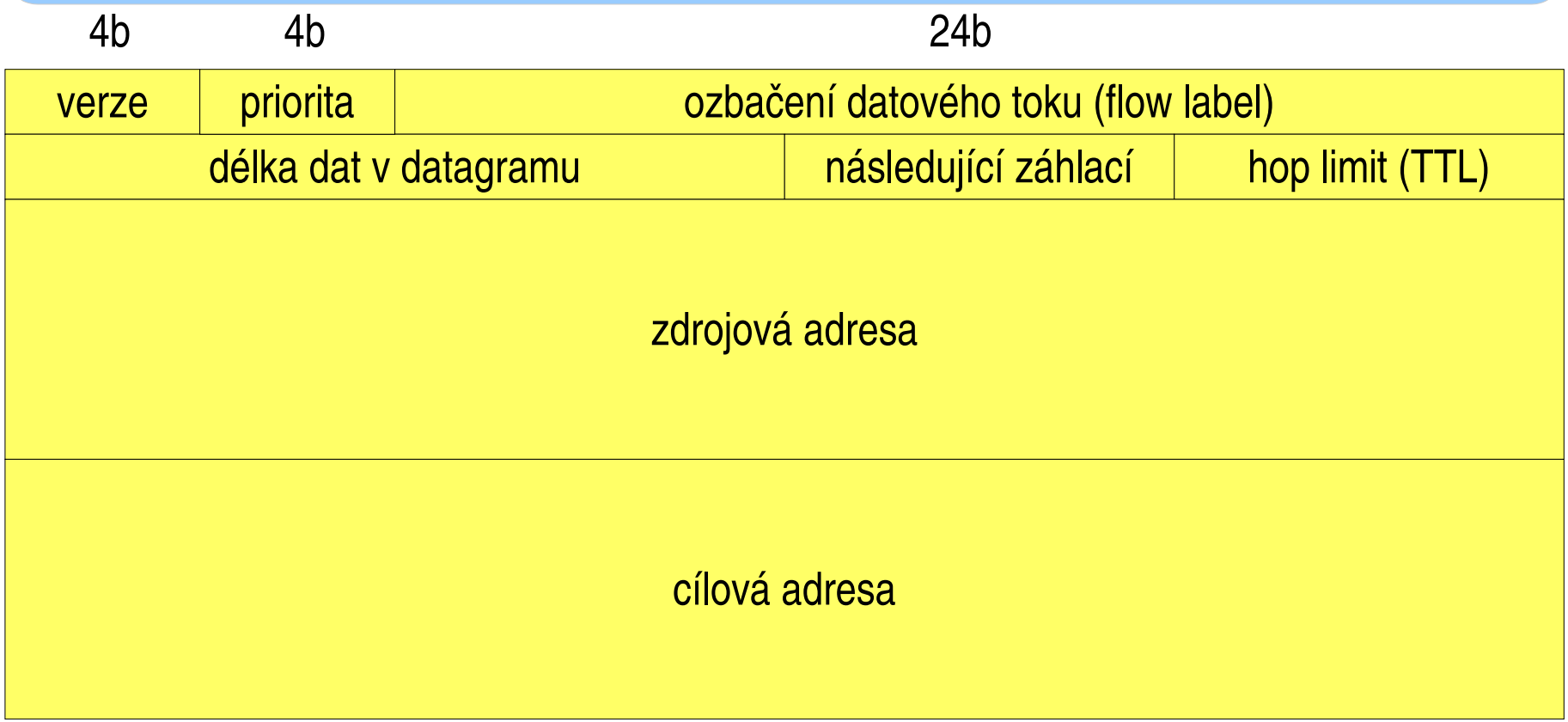
- individuální globální adresa: 001/3
  - unikátní v Internetu



Autokonfigurace adres IPv6

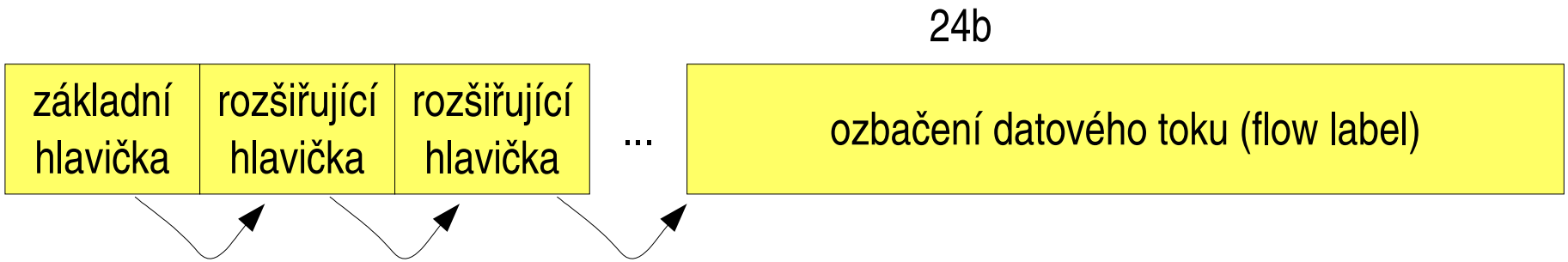
- použije se síťová část adresy
  - ta se zjistí pomocí odposlechu, router solicitation, router advertisement
- k ní se připojí unikátní část (ID rozhraní)
  - musí být unikátní na dané podsíti
  - většinou se získá z MAC adresy
- EUI-64: Extended Unique Identifier
  - do MAC adresy se vloží 0xFFFE

Formát datagramu IPv6



- verze: 6, priorita+flow label: pro QoS, délka dat: doplňkové hlavičky a data
- následující záhlaví: typ následující za povinným záhlavím, případně číslo transportního protokolu, top limit: jako TTL v IPv4

Formát datagramu IPv6



- základní hlavička je co nejjednodušší
  - je pevné délky
  - neobsahuje kontrolní součet
  - neobsahuje pole umožňující fragmentaci (označení a sestavení fragmentů)
- rozšiřující hlavičky (záhlaví)
  - šifrování
  - informace pro směrovače po cestě
  - možnosti pro cílovou stanici
-

IPv6 a fragmentace

- minimální MTU je 1280B
  - v IPv4 to bylo 576
- k fragmentaci po cestě nedochází
  - fragmentuje pouze vysílající stanice
  - pokud je potřeba po cestě fragmentovat, pošle se ICMPv6 zpráva (Packet Too Big) vysílající stanici a datagram se zničí
  - jako kdyby všechny datagarmy měly nastaven flag DF
- „plné“ implementace mají používat Path MTU discovery
- jednoduché implementace mají generovat datagramy max. velikosti 1280B