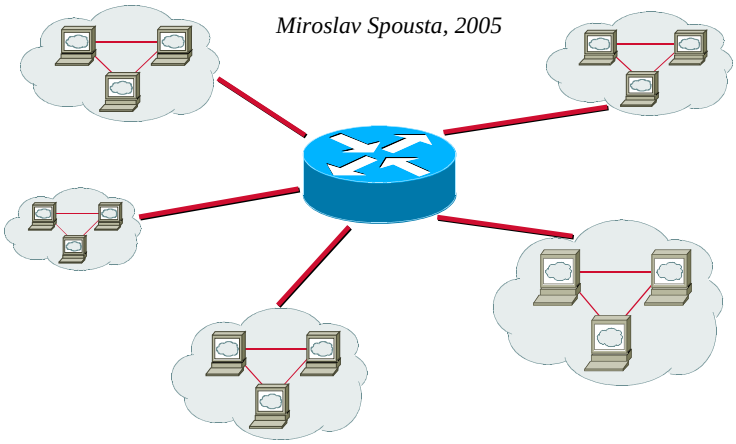
Počítačové sítě II

11. IP verze 4, adresy

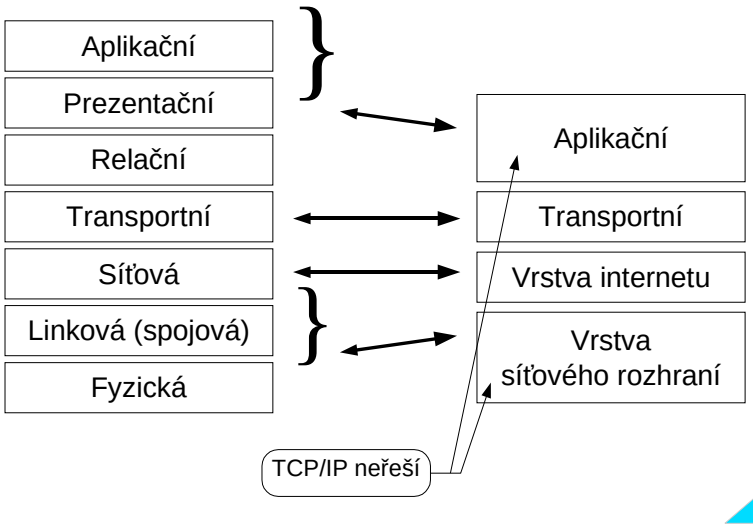
Miroslav Spousta, 2005



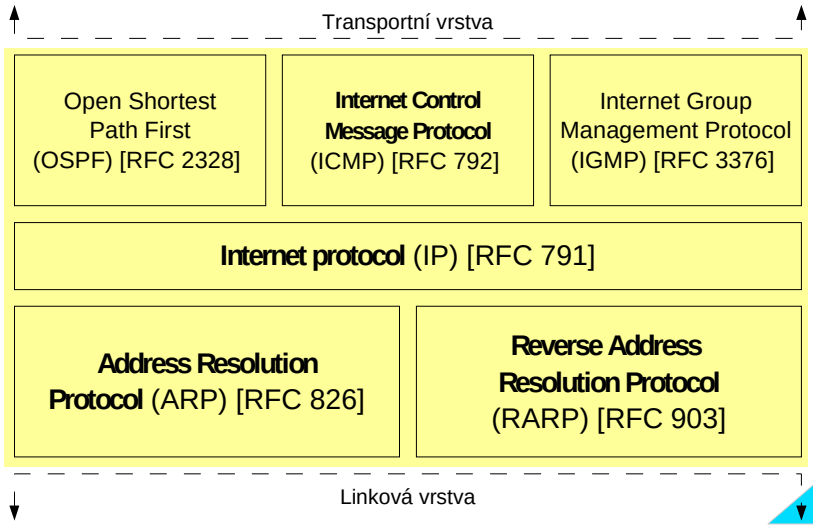
IP verze 4

- základní protokol Internetu, RFC 791
- v současnosti nejrozšířenější síťový protokol
  - součást síťové vrstvy architektury TCP/IP
- první verze (1, 2, 3) se používaly během vývoje v letech 1977 – 1980
- v budoucnu se počítá s nasazením IP verze 6 (IPv6)
  - dnes experimentální sítě, pomalu se prosazují
  - volny.cz
- IPv5 byl streamovací protokol, neujal se
- existují i další verze protokolu IPv7 a IPv8
  - neujaly se

Vrstvy TCP/IP



Síťová vrstva TCP/IP



IP: Nespojovanost

- IP je nespojovaný protokol (není třeba předem navazovat spojení)
  - obrovská výhoda: bezestavovost: jednodušší architektura síťových prvků
  - vhodné pro řídké přenosy (většina datových přenosů)
  - spojovaný přenos mohou zajišťovat vyšší vrstvy
- každý datagram (paket) je samostatná jednotka
  - k cíli cestuje nezávisle na ostatních
  - po cestě může vzniknout potřeba paket rozdělit (pokud to linková vrstva vyžaduje)
  - jednotlivé fragmenty se stávají pakety a opět cestují nezávisle na sobě
  - sestavení framentů provede cílový uzel

IP: Nespolehlivost

- IP je nespolehlivý protokol
  - není zaručeno dodání ani zachování obsahu paketů
  - pakety mohou přijít v jiném pořadí, než byly odeslány, případně mohou přijít vícekrát
  - spolehlivost není nikdy 100%, bývá spojena s nemalou režií
- nespolehlivost umožňuje jednodušší přenosovou architekturu
  - nespolehlivost vadí u multimédií, jinak lze poškozená data poslat znovu
  - spolehlivost mohou zajišťovat vyšší vrstvy (TCP)
  - IP protokol nekontroluje korektnost dat (kontrolní součet je jen pro IP hlavičku)

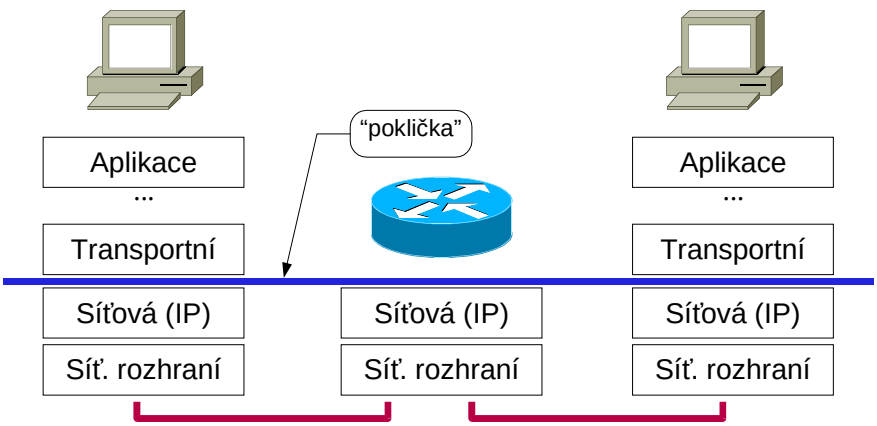
Maximální snaha

- princip maximální snahy (best effort)
  - ale nezaručeného výsledku
  - snaha vyhovět všem požadavkům, pokud je to možné
  - není-li, může s daty nakládat jak uzná za vhodné
  - ale musí se ke všem chovat stejně
  - problém s multimediálními přenosy, částečné řešení je navýšení přenosové kapacity
- alternativní k QoS (Quality of Service)
  - zajišťují, že služba bude mít předem určené vlastnosti
  - vhodné pro multimediální přenosy

Pokličkа

- IP bylo vyvinuto jako jednotná nadstavba nad síťovými technologiemi
  - umožňuje fungovat nad mnoha rozličnými síťovými technologiemi
  - od Ethernetu po ATM
  - IP protokol tvoří „pokličku“, pod kterou není vidět
  - výjimka: síťová vrstva bere ohled na maximální velikost linkového rámce
- důsledek: IP používá adresy nezávislé na linkových adresách
  - musí existovat převodní mechanismy (protokoly ARP, RARP)
  - adresy vyjadřují pohled na svět skrz brýle TCP/IP:
  - skládají se z adresy sítě a adresy počítače v rámci sítě

Představa pokličky



Adresace

- každý uzel má právě jednu unikátní adresu
  - v ideálním případě, směrovač má více adres, některé počítače nemají unikátní adresu
- adresy jsou abstraktní, všude stejné (nezávislé na linkových adresách)
- adresy mají 32 bitů, zapisují se desítkově po bajtech
- skládají se z části označující síť a z části označující uzel v dané síti
  - vychází z pohledu TCP/IP na propojení sítí
  - každé dva uzly jsou propojeny přes řetězec sítí a směrovačů

Adresace

- směrovače se rozhodují na příslušnosti cílové adresy daného paketu k síti
  - tedy ne na základě celé adresy cílového uzlu
  - zmenšuje směrovací tabulky, zjednodušuje směrování
- je třeba umožnit z adresy extrahovat síťovou část a číslo počítače v síti
- adresy jsou fyzicky jednolité (32 bitové), logicky dvojsložkové
- původně bylo z adresy možné zjistit přímo rozdělení
  - rozlišovaly se tzv. třídy adres
- dnes se rozlišení uvádí explicitně (maskou, příp. počtem bitů)
  - např 194.113.31.128/26 nebo 194.113.31.128/255.255.255.192

Přidělování IP adres

- IP adresy nemohou být přidělovány nahodile
  - musí být respektováno rozdělení na sítě (celkovou topologii)
  - uzly ve stejné síti musí mít stejnou síťovou část adresy
  - uzly v různých sítích musí mít různou síťovou část adresy
- IP adresa patří rozhraní uzlu, ne celému uzlu
- IP adresy se musí přidělovat po celých blocích (po sítích)
- jak rozdělit adresu (po kolika bitech?)
  - raději více malých sítí nebo málo velkých sítí?
  - zamezit zbytečnému plýtvání IP adresami (musí se přidělovat po sítích)

Přidělování IP adres

- je potřeba více adres uzlů než adres sítí. Kde zvolit hranici?
- pevná hranice (např. 16 bitů) by nevyhovovala
  - pro síť s 200 počítači by bylo přiděleno 65534 adres
- výsledné rozdělení:
  - 126 sítí velkých, v každé z nich až 16 miliónů adres uzlů (2^24-2)
  - 16384 sítí středních, v každé z nich maximálně 65534 adres uzlů (2^16-2)
  - více než dva milióny sítí malých (2^21), v každé maximálně 254 adres uzlů (2^8-2)
  - v dobách počátku Internetu se to zdálo rozumné
  - dneska nepoužitelné (došlo k vyčerpání rozsahů)

Třídy adres IPv4

Další třídy adres

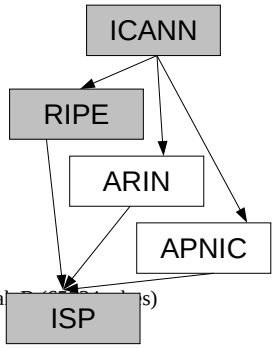
- kromě tříd A, B, C existují ještě další speciální třídy adres
- třída D, která je určená pro multicasting
  - 224.0.0.0 – 239.255.255.255
- třída E, která je oficiálně určená pro budoucí použití
  - 240.0.0.0 – 255.255.255.255
- adresy D a E nejsou dvojsložkové (přidělují se po 1)
- v rámci sítě existují adresy se speciálním významem
  - adresující všechny počítače v síti, danou síť, atd.

Speciální adresy

0	0	tento počítač
0	x	počítač v této síti
x	0	tato síť jako celek
x	1...1	všechny počítače v síti (broadcast)
1...1	1...1	všechny počítače v této síti (broadcast)
127	0.0.1	loopback (rozhraní, které nejde ven)

Problém s vyčerpáním adres

- každá adresa je přidělena maximálně jednou
  - v Internetu nesmí existovat dva uzly se stejnou adresou
- adresy přiděluje centrální autorita
  - distribuce ICANN -> RIPE (ARIN, APNIC) -> ISP
  - ICANN přiděluje celé bloky, RIPE přiděluje adresy B a C
- došlo k velkému plýtvání
  - každý žadatel dostal aspoň rozsah C (254 adres)
  - kdokoliv potřeboval více dostal více rozsahů C nebo rozsa[illegible]s)
  - adresy začaly docházet, co s tím?



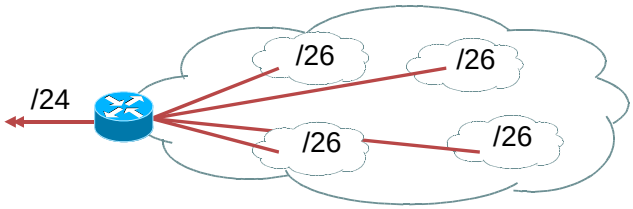
Řešení vyčerpání adres

- zapomenout na třídy a hranici adresa sítě/adresa uzlu v síti posouvat libovolně (po bitech)
- původní mechanismy práce s adresami na to nebyly připravené
  - tedy spoléhaly na třídy adres
- je nutné zavést tzv. masku sítě
  - jednoznačně určuje rozhraní adresy sítě/uzlu
  - udává se buď počtem bitů nebo přímo jako maska (pro operaci AND)
  - např 194.113.31.128/26 nebo 194.113.31.128/255.255.255.192

194.113.31.129	AND	255.255.255.192	=	255.255.255.128

Subnetting

- rozdělení původního rozsahu sítě na několik částí
  - proto subnetting
  - např. jedna adresa třídy C na 4 podsítě (maska /26)
- rozdělení se provede v rámci jednoho subjektu
  - navenek se síť tvářit jako jediná síť třídy C
  - je možné použít, pokud sítě mají jeden společný vstupní bod (např ISP)

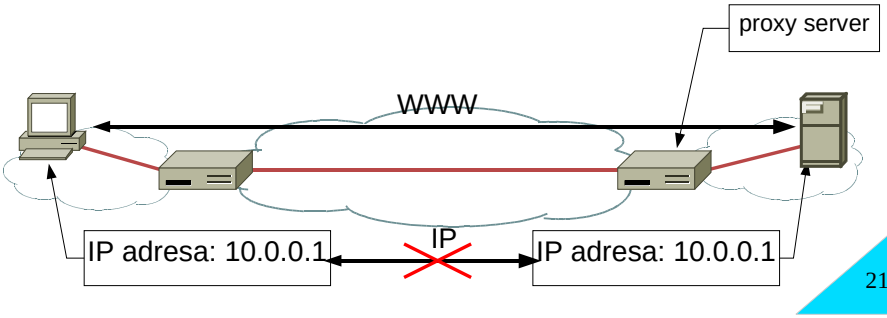


Další metody

- dnes už se nepřidělují celé třídy, ale jen jejich části
- výrazně se omezila spotřeba adres IPv4
- principiální řešení to ale není (stále je shora omezen počet aktivních uzlů maximálním počtem adres IPv4)
- konečné řešení má přinést IPv6 (podstatně více adres)
- rozvinuly se i další metody vedoucí k úspoře adres:
  - CIDR (Classless InterDomain Routing
  - použití privátních IP adres
  - NAT (Network Address Translation)

Privátní adresy

- uzly v Internetu musí mít unikátní IP adresy, aby mohly komunikovat
  - směrovače musí mít jasno, kam mají pakety pro daný uzel přeposílat
- tam, kde není nutná přímá komunikace, je možné adresy opakovat
  - např. u počítačů za firewallem nebo aplikačním proxy serverem
  - takové uzly mohou mít speciální, tzv. privátní adresy



Privátní adresy

- speciální vyhrazené adresy, které nepatří do Internetu (RFC 1597)
- smí se vyskytovat **pouze** uvnitř privátních sítí, nesmí projít skrz router
- router ani nesmí šířit směrovací informace o těchto adresách vně sítě
- teoreticky by v privátní síti bylo možné použít libovolné IP adresy
  - ale není to vhodné (nešlo by rozlišit, zda je cílový uzel uvnitř privátní sítě nebo vně)
- privátní adresy je vhodné použít i u sítě, která není připojena k Internetu

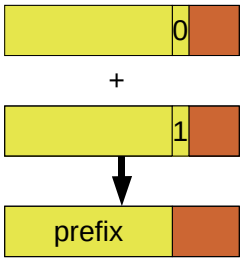
1 x třída A: 10.0.0.0 – 10.255.255.255
16 x třída B: 172.16.0.0 – 172.31.255.255
256 x třída C: 192.168.0.0 – 192.168.255.255

CIDR

- Classless InterDomain Routing, také supernetting
- původně platilo: co jeden záznam v tabulce, to jedna adresa třídy A, B, C
- podobné jako subnetting, ale hranice se posouvá opačným směrem
  - je možné přidělit více podsítí najednou
- do směrovacích tabulek se zaznamenávají kromě adresy také masky sítě
- v podstatě se jedná o slučování „sousedních“ sítí
- síťová část je označena jako „prefix“
- tak vznikne tzv. CIDR blok
- IP adresy se dnes přidělují po CIDR blocích

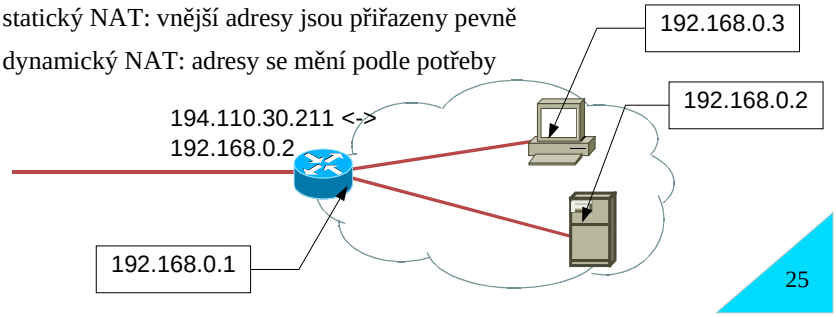
CIDR

- dokonce CIDR umožňuje zmenšit objem směrovacích tabulek
  - zvláště u páteřních směrovačů, které by jinak musely obsahovat položku pro každou síť v Internetu
  - dochází ke sdružování záznamů se stejným prefixem
  - další zmenšení: autonomní systémy
- IP adresy se stávají závislými na připojení
  - neboli sítě již nemohou mít libovolné adresy
  - při změně ISP se změní IP adresa
- opět zamezilo velkému plýtvání s adresami



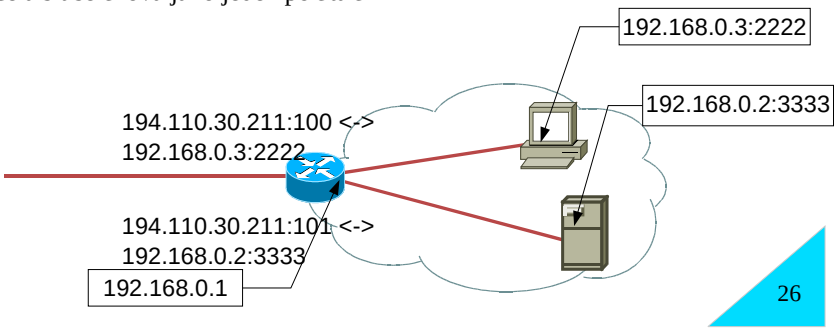
NAT

- Network Address Translation neboli překlad adres
  - v privátní síti můžeme použít privátní adresy (vyhrazené rozsahy)
- brána přepisuje adresy v hlavičce IP na „vnější“ adresy Internetu (1:1)
  - pro pakety obráceným směrem musí přepsat adresy zpět
- pro počítače, které nekomunikují se světem nepotřebujeme vnější adresy
- statický NAT: vnější adresy jsou přiřazeny pevně
- dynamický NAT: adresy se mění podle potřeby



PAT

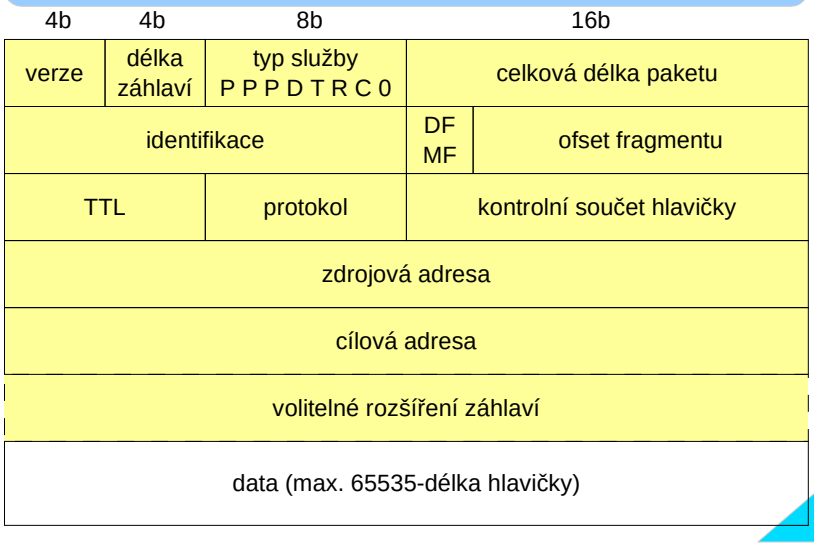
- Port Address Translation neboli překlad portů
- podobné jako NAT, ale překládá se zpravidla na jednu vnější adresu (1:N)
- jednotlivé spojení se rozlišují číslem portu
  - na vyšší (transportní) úrovni
- celá síť se chová jako jeden počítač



NAT/PAT

- výhody:
  - využívá jen jednu adresu/málo adres
  - bezpečnost(?): nelze navazovat spojení směrem dovnitř
- problémy:
  - nelze navazovat spojení směrem dovnitř (P2P)
    - FTP přenáší data směrem ke klientovi
  - problém se službami/protokoly, které přenáší adresy i jinde než v hlavičkách
    - např. IPSec
  - řešení: rozpoznávat provoz a snažit se měnit informace i v paketech
- NAT boří jeden ze základních principů fungování TCP/IP: *minimální intervence* (přenášející vrstva se nestará o to, co přenáší)

Datagram IP



IP datagram

- verze: 4
- délka záhlaví: po 4B, typicky 20B (bez rozšíření), max. 60B
- typ služby (ToS – Type of Service): priority a kvality služby
  - různá kritéria, nedoporučuje se používat více než dvě najednou
  - dnes se používá pro QoS (Quality of Service) – kód DSCP
- celková délka: v bajtech (včetně záhlaví)
- identifikace: pro podporu fragmentace, jednoznačně identifikuje datagram
- flags: 3 bity 0 DF MF, DF = nefragmentovat, MF = následují fragmenty
- číslo fragmentu: pozice od začátku původního datagramu
- TTL (Time To Live): počítadlo, dekrementuje se po průchodu směrovačem, pokud dosáhne 0, datagram se zahodí. Brání nekonečnému bloudění datagramu sítí (např. pri chybné konfiguraci)

ToS

Aplikace	min. zpoždění	max. propustnost	max. spolehlivost	min. cena	hodnota (hex)
telnet	1	0	0	0	10
FTP příkazy	1	0	0	0	10
FTP data	0	1	0	0	08
SMTP příkazy	1	0	0	0	10
SMTP data	0	1	0	0	08
DNS dotaz	1	0	0	0	10
SNMP	0	0	1	0	04
BOOTP	0	0	0	0	00
NNTP	0	0	0	1	02

IP datagram

- číslo protokolu: udává, který protokol se má použít na zpracování dat

Protokol	Popis	Číslo protokolu
ICMP	chybové zprávy IP	1
IGMP	řízení skupin	2
IP v IP	tunelování IP v IP	4
TCP	spolehlivý transportní protokol	6
UDP	nespolehlivý tranportní protokol	9
ESP	IPSec šifrování	50
AH	IPSec integrita	51
OSPF	směrovací protokol	89

IP datagram

- zabezpečení záhlaví: jedničkový doplňek hlavičky IP
- zdrojová, cílová adresa: IP adresy
- volitelné možnosti:
  - zdrojová cesta, zabezpečení
  - různá délka, ale v násobcích 4B (32bitů)
  - nepoužívá se (náročné na zpracování ve směrovačích), směrovače zahazují
- data: vlastní data vyšší vrstvy
  - nejsou zabezpečeny kontrolním součtem (je úkolem vyšší vrstvy!)

Fragmentace

- velikost IP datagramu může být až 65535 bajtů
- ale liková vrstva může mít podstatně menší MTU (Maximum Transmission Unit) – maximální velikost rámce
  - např. u Ethernet je to 1500B (+ hlavička a patička Ethernetu)
- je nutné datagram rozdělit do několika menších, které je možné přenést linkovým rámcem
- potřeba rozdělit datagram může vzniknout i po cestě k cíli (při přechodu z jedné technologie na jinou)
- fragmentaci provádí po cestě směrovače
  - pokud to není zakázané nastavením bitu DF (Don't Fragment)
  - v IPv6 provádí fragmentaci pouze zdrojová stanice
- fragmenty sestavuje ***vždy*** až koncová stanice

Fragmentace

- stanice i směrovač znají MTU jen pro lokální síť, nemohou vědět, jaká bude po cestě k cíli
- popsaný způsob umožňuje opětovnou fragmentaci fragmentů
- sítě by měly přenést aspon 576B nefragmentovaných (512B užitečných)