Katedra softwarového inženýrství,
Matematicko-fyzikální fakulta,
Univerzita Karlova, Praha

Rodina protokolů TCP/IP,
verze 2.7

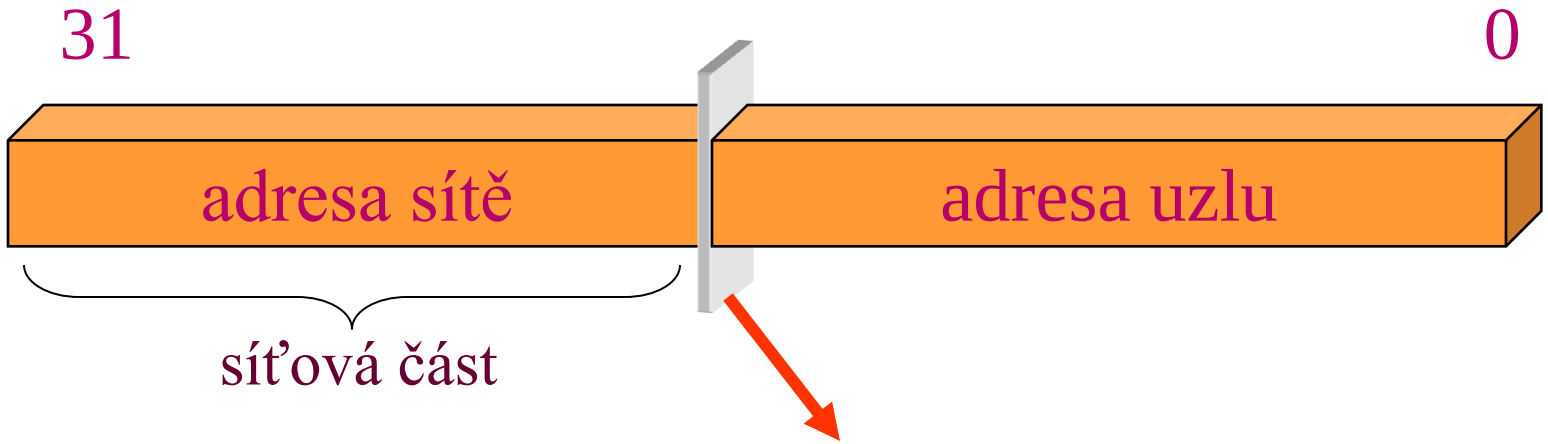
Část 3: IP adresy

Jiří Peterka, 2011

výchozí předpoklady

- každý uzel musí mít unikátní IP adresu
  - aby jej bylo možné rozlišit
  - dnes existují výjimky
    - jde o obecné pravidlo, týká se jen "přímo dostupných uzlů", ne uzlů schovaných za firewally
- rozhodnutí autorů TCP/IP:
  - IP adresy budou abstraktní
    - nebudou mít žádný bezprostřední ekvivalent v linkových adresách
  - IP adresy budou všude stejné
    - i "nad" různými typy linkových adres budou IP adresy stejného typu
      - náročné na převodní mechanismy
  - **IP adresy budou mít 32 bitů**
- IP adresy musí vycházet vstříc potřebám TCP/IP protokolů
- představě katenetového modelu
  - "svět" je složen z:
    - dílčích sítí
    - uzlů (hostitelských počítačů a směrovačů)
- potřebám směrování:
  - směrovací algoritmy se rozhodují na základě příslušnosti přijímajícího uzlu k síti
    - ne na základě "celé" adresy
      - výjimka: host-based route
    - důvod: snaha minimalizovat objem směrovacích tabulek i složitost rozhodování
  - proto musí být možné "extrahovat" z IP adresy identifikaci cílové sítě

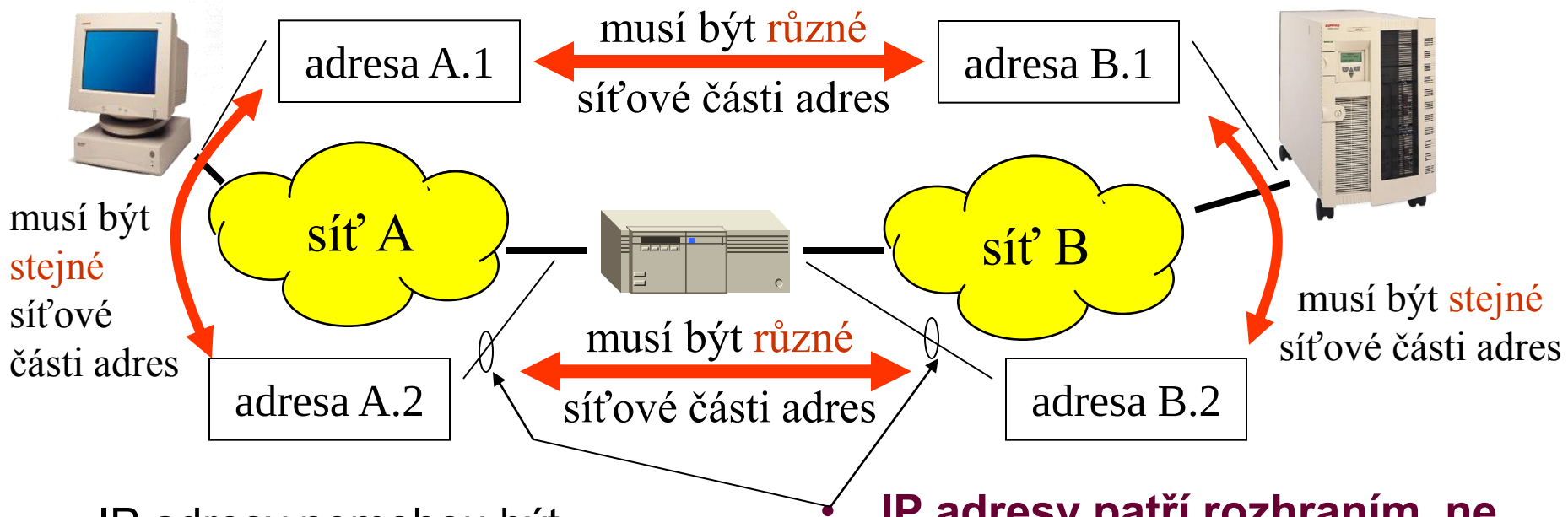
důsledek:



- IP adresy jsou
  - **fyzicky** "jednolité" (každá má 32 bitů)
  - **logicky** dvousložkové, mají
    - **síťovou část** (s **adresou sítě**, identifikující síť jako celek)
    - (relativní) **adresu uzlu** v rámci sítě

- hranici mezi oběma logickými složkami tvoří bitová pozice
  - síťovou část tvoří vyšší bity IP adresy, relativní adresu uzlu zbývající nižší bity
  - **původně**: hranice je pevně dána (ve 3 možných pozicích)
  - **dnes**: hranice je volitelná

způsob přidělování IP adres



- IP adresy nemohou být přidělovány libovolně
  - **musí být respektováno rozdělení na sítě**
  - uzly ve stejné síti musí mít IP adresy se stejnou síťovou částí
  - uzly v různých sítích musí mít IP adresy s různými síťovými částmi

- **IP adresy patří rozhraním, ne uzlům !!!!**
- IP adresy se musí přidělovat po celých blocích
  - se stejnou síťovou částí
- **IP adresy přidělené jedné síti nelze použít v jiné síti !!!!!!!!!!!!!**
  - **nemá proto smysl je vracet**

velikost adresové části IP adres

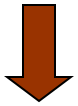
- důsledek dvousložkového charakteru IP adres:
  - každé síti je vždy třeba přidělit celý blok IP adres
    - všechny IP adresy se stejnou síťovou částí, která přísluší dané síti
  - bez ohledu na to, kolik se jich skutečně využije
    - takto přidělené ale nevyužité adresy není možné "přenechat" jiné síti
- příklad:
  - pokud by síťová část měla "napevno" 16 bitů (a adresa uzlů zbývajících 16 bitů), pak by:
    - každá síť by musela dostat přiděleno celkem 2^{16} (tj. 65536) individuálních IP adres (všechny se stejnou síťovou částí)
    - bez ohledu na skutečný počet uzlů v síti !!!!

- autoři TCP/IP museli pečlivě zvažovat, jak volit velikost síťové části IP adresy
- kdyby zvolili pevnou velikost síťové části (např. 16 bitů), hrozilo by:
  - že bude existovat více sítí než kolik připouští síťová část
  - IP adresy se budou přidělovat po příliš velkých blocích

příklad: síť o 2000 uzlech by dostala přiděleno 65536 IP adres, z nich by **97% zůstalo nevyužito** (a bez možnosti využití)

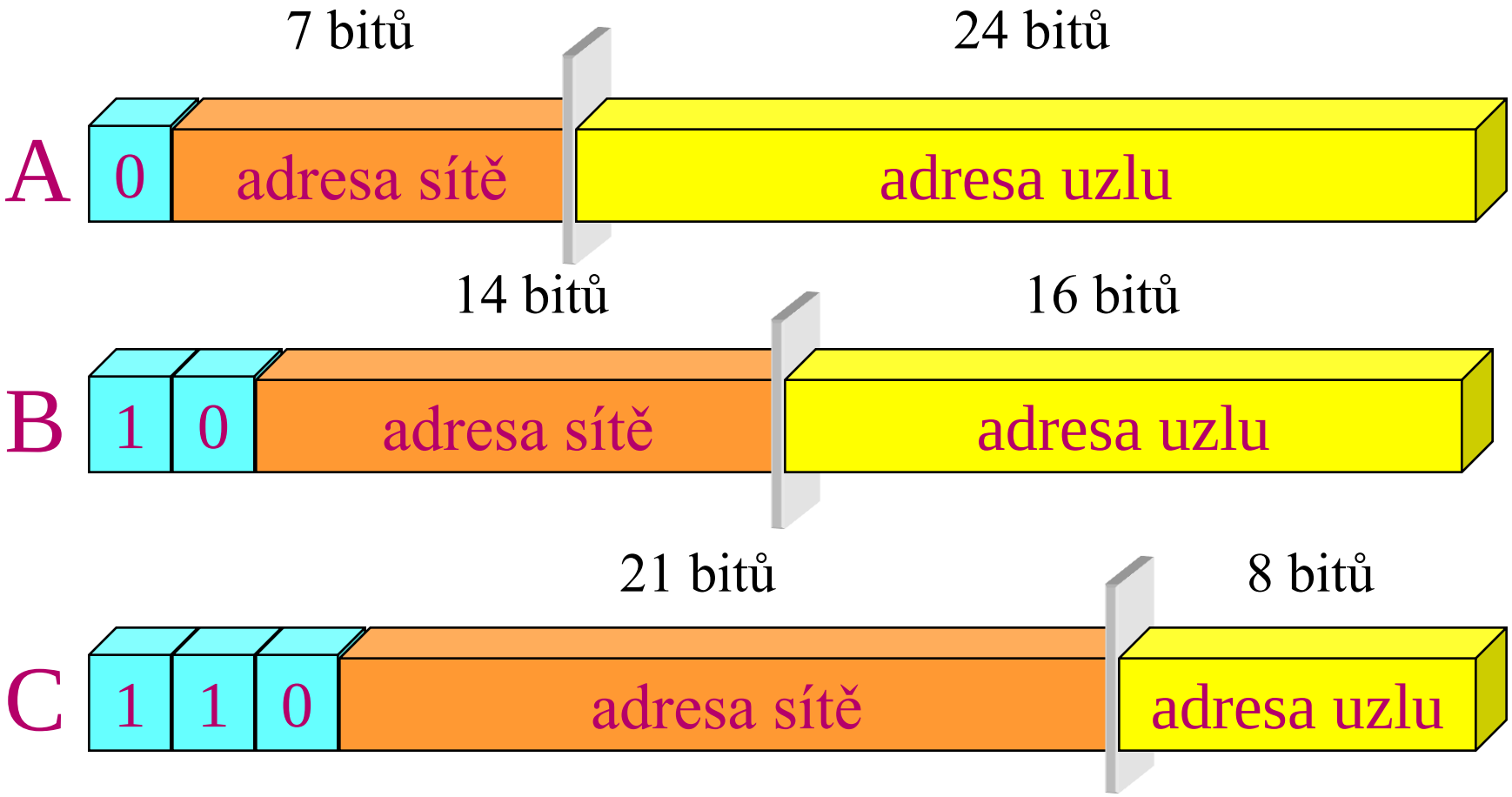
velikost adresové části IP adres

- autoři TCP/IP vyšli z předpokladu že bude existovat:
  - malý počet opravdu velkých sítí
    - vyžadují malou síťovou část, a naopak velkou část pro relativní adresu uzlu
  - střední počet středně velkých sítí
    - měly by mít srovnatelně velkou síťovou i relativní část
  - velký počet malých sítí
    - vyžadují velkou síťovou část, stačí jim malá část pro relativní adresy
- tomu uzpůsobili i velikost síťové části IP adresy
  - má 3 možné polohy, které odpovídají 3 třídám adres
  - **třída A**
    - pro velmi velké sítě, poloha hranice 8:24 (rozděluje 32bitů na 8 a 24)
  - **třída B**
    - pro středně velké sítě, 16:16
  - **třída C**
    - pro malé sítě, 24:8



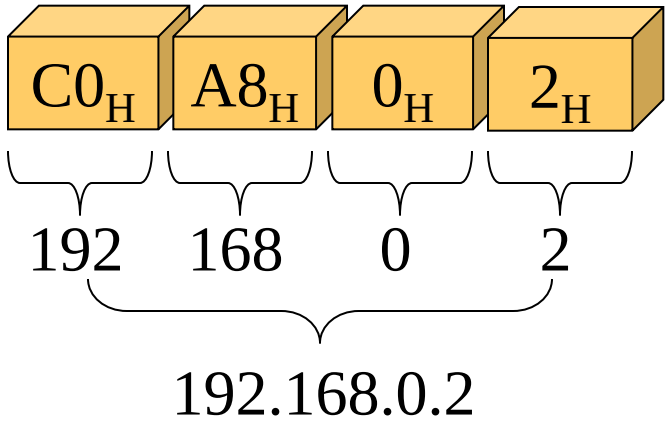
tímto se autoři snažili zmenšit plýtvání s IP adresami

představa IP adres – třídy A, B a C



symbolický zápis IP adres

- IP adresu lze chápat jako jedno velké (32-bitové) binární číslo
  - ale to se špatně zapisuje i čte
- používá se jednotný způsob zápisu:
  - obsah každého bytu je vyjádřen jako desítkové číslo
  - jednotlivé části jsou spojeny tečkou
  - příklad: 193.84.57.34
  - příklad: 147.3.1.3



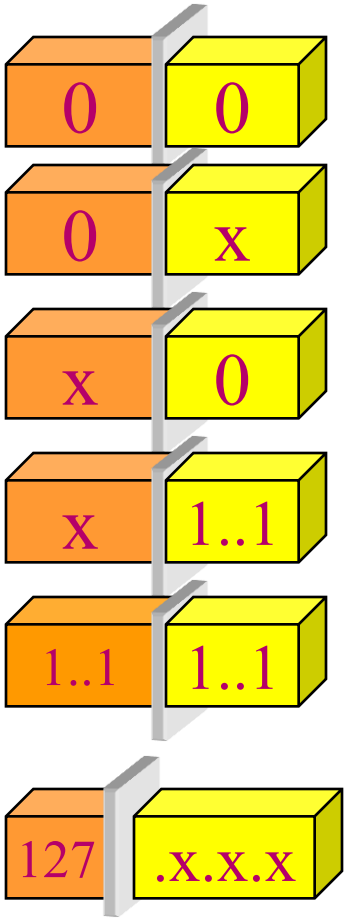
- třída A:
  - od 1.x.x.x do 126.x.x.x
- třída B:
  - od 128.0.x.x do 191.255.x.x
- třída C:
  - od 192.0.0.x do 223.255.255.x

terminologické odbočení

- IP adresy se přidělují po celých blocích
  - odpovídajících adresám se stejnou síťovou částí (stejnou adresou sítě)
    - v případě adres třídy C jde o 256 individuálních IP adres
    - v případě adres třídy B jde o 65536 IP adres
    - .....
- když se řekne "získat jednu adresu třídy C"
  - míní se tím získání 256 individuálních IP adres
    - 256 čísel z množiny všech 32-bitových čísel
  - analogicky pro třídy B a A

fakticky použitelných je jen 254 adres (kromě obou "krajních")

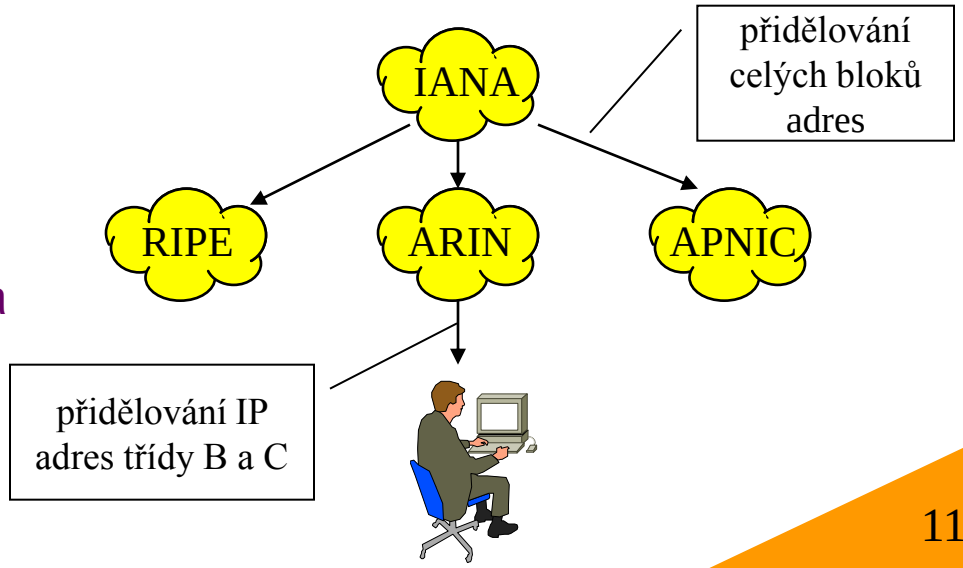
speciální adresy



- existují ještě dvě speciální třídy IP adres:
  - třída D je určena pro tzv. multicasting (skupinový přenos)
    - třídu D tvoří adresy 224.0.0.0 až 239.255.255.255
  - třída E je vyhrazena pro budoucí využití
    - třídu E tvoří adresy 240.0.0.0 až 255.255.255.255
    - třída E nebyla fakticky využita pro rozšíření (IP adresy v IPv6)
- adresy třídy D a E nejsou logicky dvousložkové
  - lze je přidělovat jednotlivě

způsob distribuce IP adres

- zásada:
  - žádná IP adresa nesmí být přidělena dvakrát
    - dnes již existují výjimky
- řešení:
  - bude existovat centrální autorita, která je bude přidělovat
  - původně bylo touto autoritou středisko SRI NIC (při Univ. of Stanford v USA, později přejmenované na IANA)
    - každý zájemce z celého světa žádal přímo SRI NIC, ta přidělovala adresy přímo
    - časem se to stalo organizačně neúnosné
- další vývojové stádium:
  - centrální autoritou se stala organizace IANA
  - IANA přidělovala celé bloky IP adres regionálním "přidělovatelům„ (tzv. **RIR**, **Regional Internet Registry**)
    - RIPE (Evropa)
    - APNIC (Asie a Pacific)
    - Internic (ARIN, v USA)



problém s (původními) IP adresami

- úbytek IP adres byl velký
  - původně se nepočítalo s tak velkým zájmem
  - přidělování po celých třídách (A, B a C) bylo ve většině případů plýtváním
    - přidělovalo se "nejbližší vyšší" kvantum
    - např. pro síť o 1000 uzlech se přidělila 1 adresa třídy B
      - fakticky 65536 IP adres
      - využilo se jen 1000

problémem byla malá "granularita" tříd IP adres (nebylo možné se jemněji přizpůsobit skutečné velikosti sítě)

- IAB začala zvonit na poplach
  - založila v IETF celou oblast (Area) věnovanou řešení tohoto problému
  - vypsala se výzva k předkládání řešení
  - začalo se měřit, jak dlouho adresy ještě vydrží …

začalo hrozit vyčerpání 32-bitového prostoru všech IP adres !!!!

čerpání IPv4 adres v čase

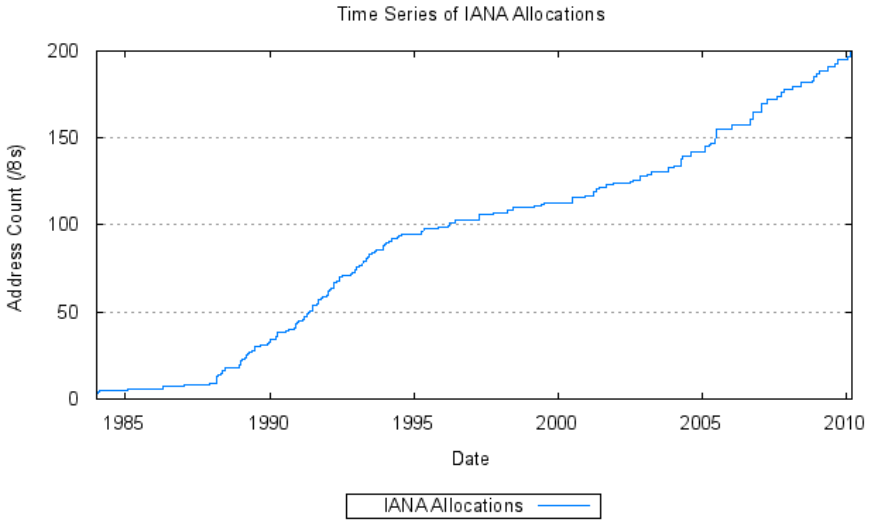
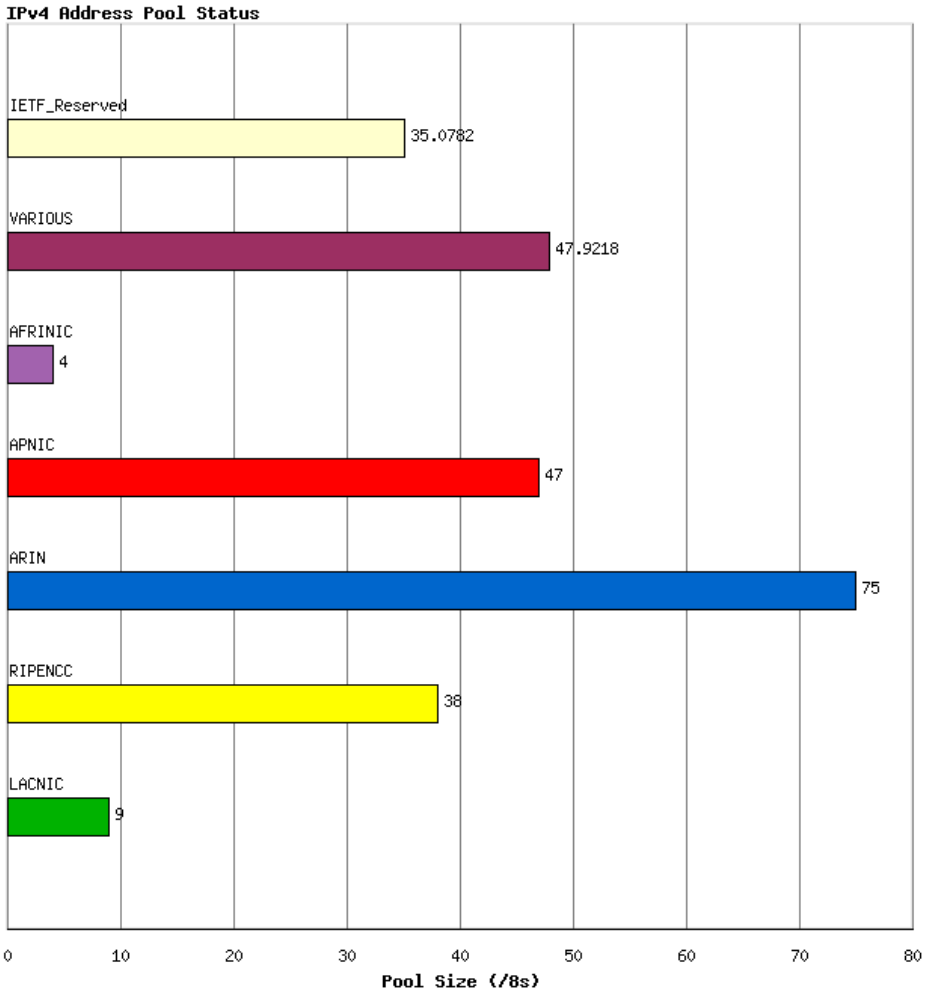


Figure 6 - Cumulative IANA Address allocations



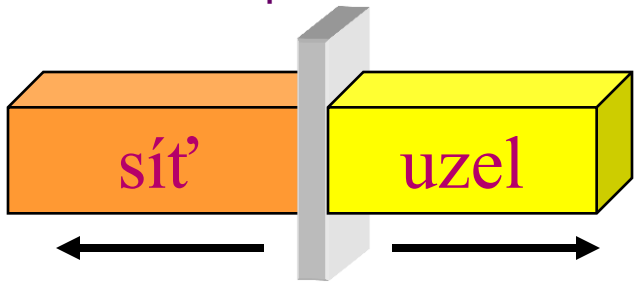
- jednotkou na grafu jsou CIDR bloky prefixem 8 bitů
  - tj. obdoba 1 adresy třídy A, resp. 2^{24} IP adres
- zdroj: Jeff Houston, www.potaroo.net
- vyčerpání IPv4 prostoru:
  - **na úrovni IANA: 1.2.2011 !!!!!!**
  - **na úrovní RIR: odhad 10.7.2011**

přehled řešení problému

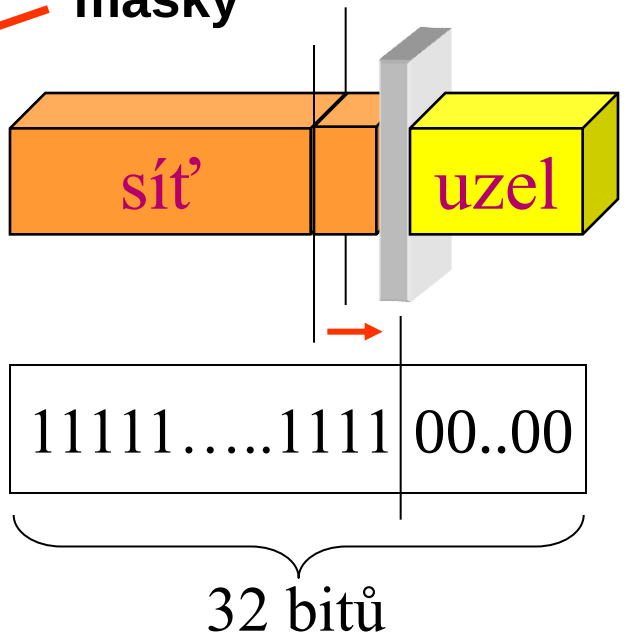
- "okamžité" řešení:
  - přidělovat IP adresy v násobcích "největších nižších" kvant
    - příklad: síť, 1000 uzlů
    - dříve: dostala by 1 xB
    - nyní: dostane 4-8 x C
    - problém: bobtnají směrovací tabulky
  - **subnetting**
    - další (lokální) dělení skupin IP adres v podsítích
      - s jediným vstupním bodem
      - viditelnost je pouze lokální
- dočasná řešení
  - **privátní IP adresy**
    - možnost použít stejné adresy vícekrát, v privátních sítích
    - "prostupnost" mezi veřejnou a privátní sítí může být řešena:
      - na aplikační vrstvě, pomocí firewallů
      - na síťové vrstvě, pomocí **překladu IP adres** (**NAT/PAT**)
  - **CIDR** (Classless Interdomain Routing)
    - možnost přidělovat IP adresy po libovolných kvantech
      - které jsou mocninou 2
- "definitivní" řešení
  - **IPv6**
    - 128-bitové adresy

možnost zjemnění granularity

- princip řešení:
  - jemnější "granularitu" tříd IP adres by bylo možné dosáhnout posunem hranice (bitové pozice) mezi síťovou částí a relativní adresou uzlu
- problém:
  - původní mechanismy práce s IP adresami na to obecně nebyly připraveny
    - některé ano, ale nešlo se na to spoléhat

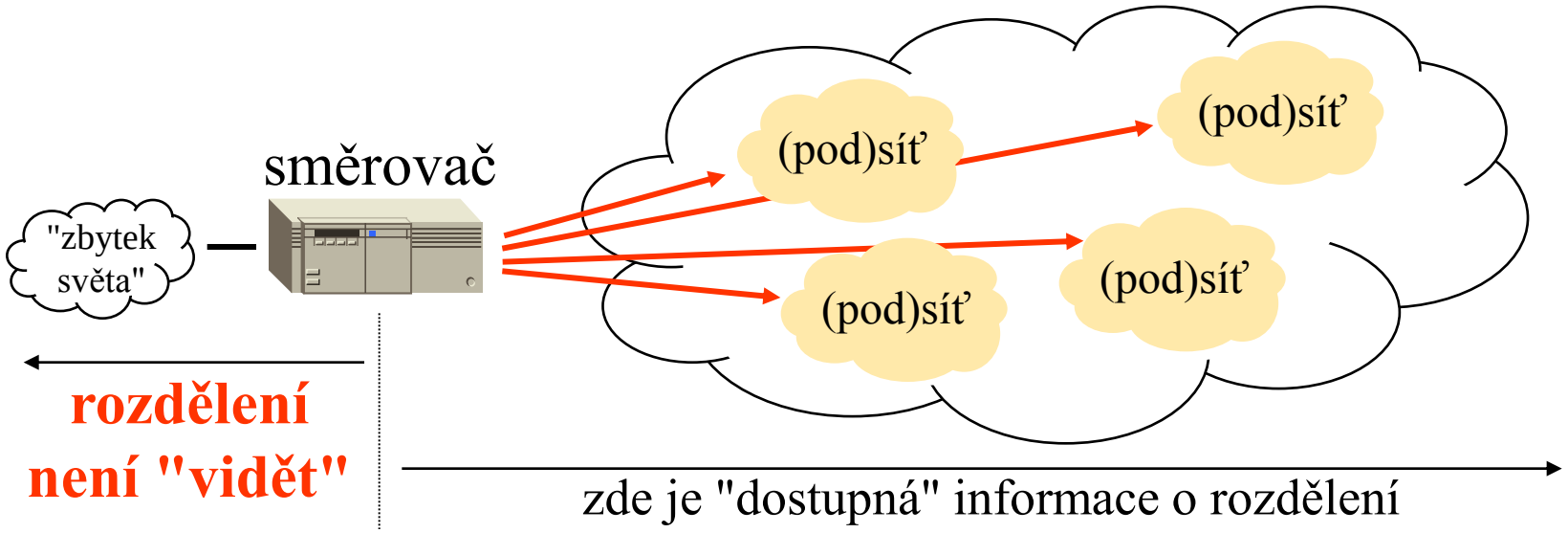


- nutnost použití masky:
  - u tříd je hranice (bitová pozice) určena nejvyššími bity
  - jemnější nastavení hranice musí být určeno jiným způsobem – pomocí tzv. **masky**



princip subnetting-u

- idea:
  - hranice (bitová pozice) se posune směrem k nižším bitům
    - tj. adresy uzlů se rozdělí na několik skupin
      - velikosti mocniny 2, aby to byl posun o celé bitové pozice
    - použijí se masky
    - **vše se udělá někde "izolovaně" (v rámci jedné soustavy dílčích sítí)**
      - **a informace o tomto rozdělení není šířena "do světa"**

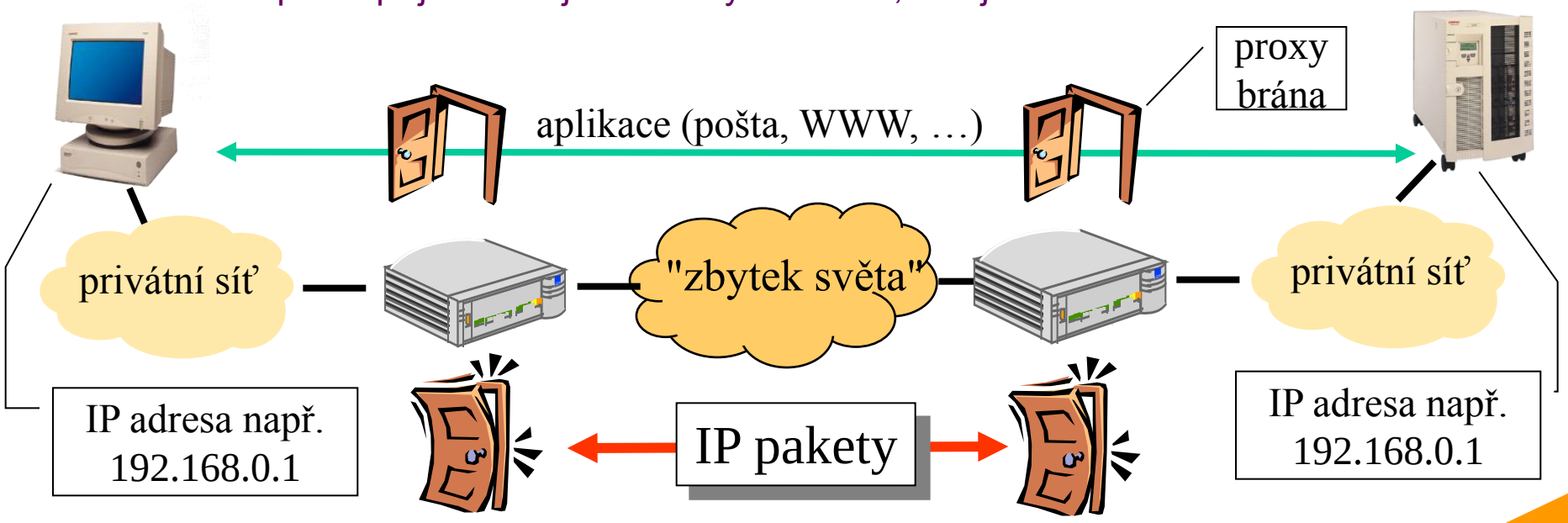


smysl subnettingu

- jde o možnost využít 1 síťovou adresu (třídy A, B či C) pro více sítí
  - jinak by to musely být samostatné síťové adresy
  - příklad:
    - díky subnettingu 4 malé sítě vystačí dohromady s 1xC (256 individuálních adres)
    - bez subnettingu by spotřebovaly 4xC (4x256, tj. 1024 individuálních IP adres)
- lze ale využít jen tam, kde soustava sítí má jeden vstupní bod
  - neboť informace o rozdělení (pomocí masky) není šířena "do světa"
    - a kdyby bylo více vstupních bodů, nevědělo by se který z nich vybrat
- není to problémem tam, kde má soustava sítí stromovitou strukturu
  - subnetting lze použít v podstromu

privátní IP adresy

- co brání vícenásobnému použití IP adres?
  - to, že by směrovací algoritmy nevěděly, kam doručovat IP pakety
- idea: tam, kde nebude existovat přímá komunikace (nutnost směrovat) by se adresy mohly opakovat
  - tato situace nastává v sítích bez přímé IP konektivity ("**privátních sítích**"), které jsou odděleny od "ostatního světa" vhodnou bránou (firewallem)
    - "prostup" je zde zajištěn na vyšší vrstvě, než je vrstva síťová!!



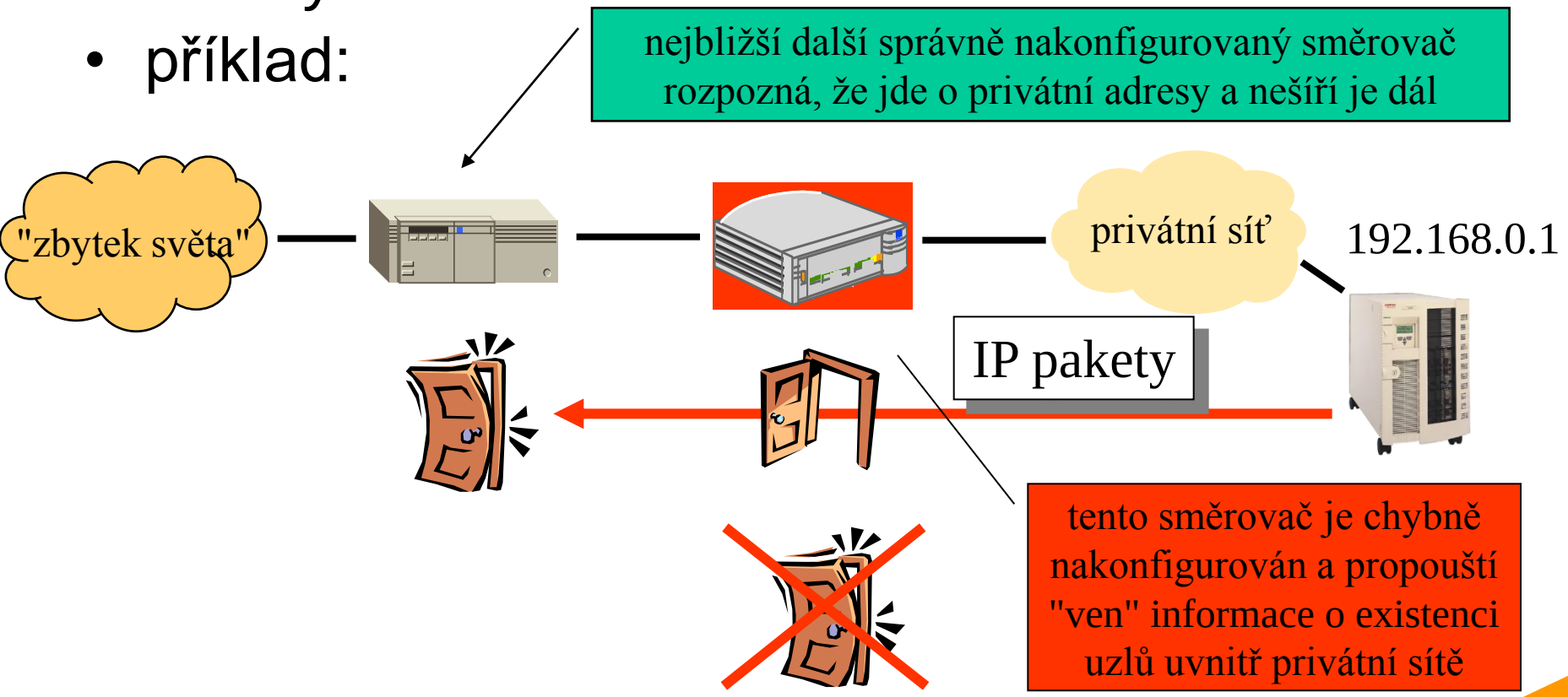
privátní IP adresy

- podmínka fungování:
  - na hranicích privátních sítí je třeba zastavit šíření směrovacích informací
    - "ohlašujících" existenci uzlů uvnitř privátních sítí
- důsledek:
  - v privátních sítích lze použít v zásadě libovolné IP adresy
    - uvnitř jedné privátní sítě musí být jednoznačné
    - v různých privátních sítích mohou být použity stejné IP adresy
- doporučení:
  - nepoužívat úplně libovolné IP adresy, ale takové, které byly k tomuto účelu vyhrazeny (RFC 1597)
  - jsou to adresy:
    - 1x síťová adresa třídy A:
      10.0.0.0 – 10.255.255.255
    - 16x adresa třídy B:
      - 172.16.0.0 – 172.31.255.255
    - 256x adresa třídy C
      - 192.168.0.0 – 192.168.255.255

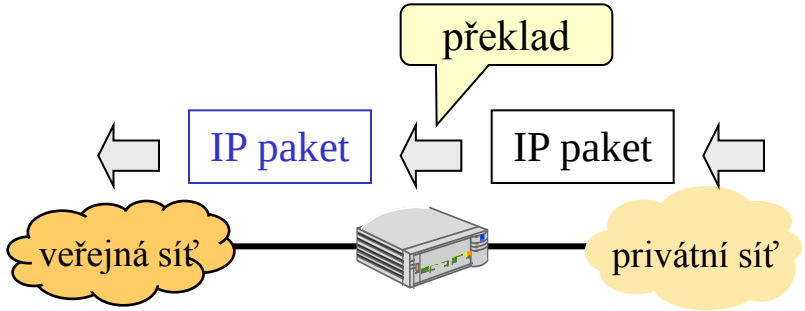
je vhodné používat i tam, kde síť není (nechce, nebude) připojena k Internetu

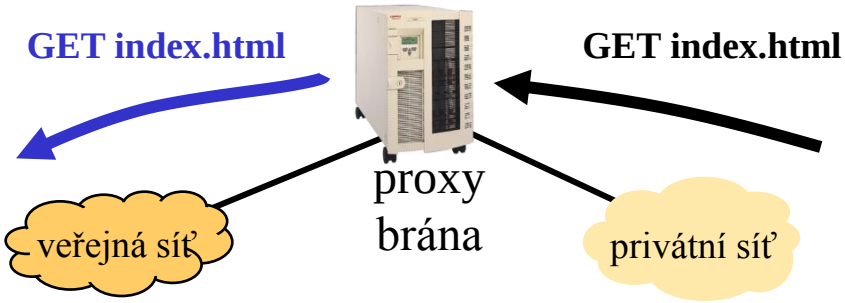
privátní IP adresy

- proč je vhodné používat v privátních sítích vyhrazené ("privátní") IP adresy, a ne libovolné IP adresy?
- příklad:



jak zajistit "průchod" z/do privátních sítí?



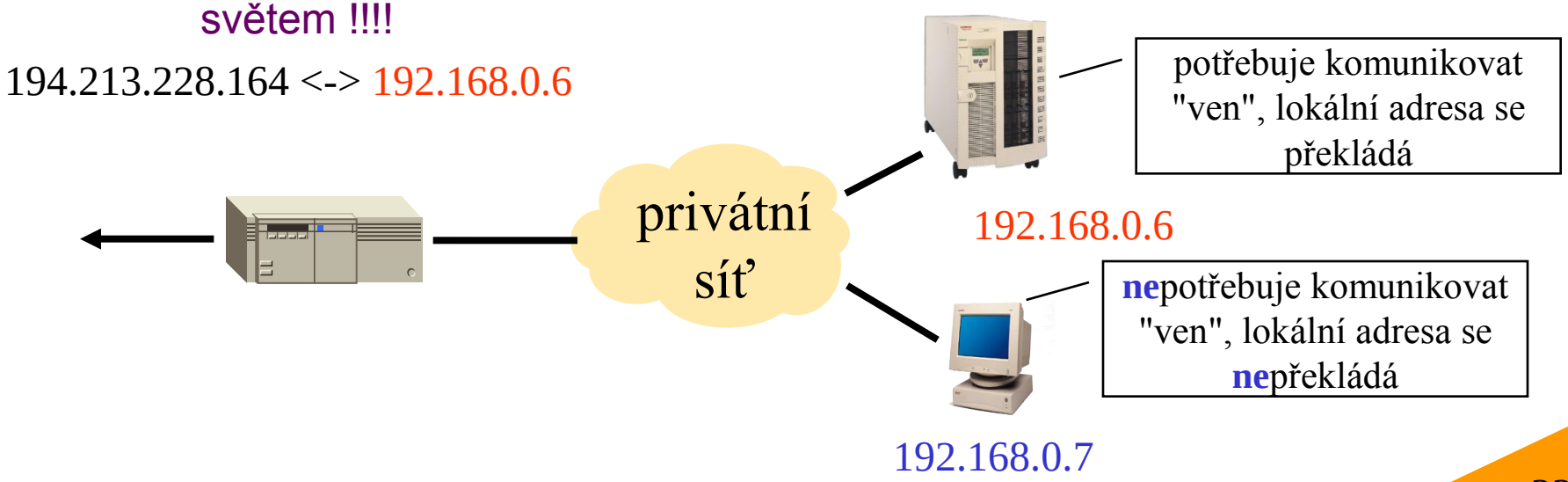


- na síťové vrstvě
  - dochází k průběžnému překladu mezi "veřejnými" a "privátními" IP adresami
    - NAT – Network Address Translation
  - pro aplikace není překlad viditelný
    - aplikace není nutné speciálně nastavovat
  - řešení je "aplikačně nezávislé"
    - funguje (obecně) pro všechny aplikace
      - ale pro některé speciálnější aplikace fungovat nemusí
        - » pokud vkládají zdrojové adresy do nákladové části IP paketů, kde nejsou překládány

- na aplikační vrstvě
  - na rozhraní mezi veřejnou a privátní sítí je proxy brána
    - má dvě síťová rozhraní, do veřejné i privátní sítě
    - není prostupná na síťové vrstvě
    - často je proxy brána součástí firewallu
  - pro aplikace uvnitř privátní sítě je toto řešení viditelné
    - aplikace musí být nastaveny tak, aby používaly proxy bránu
  - řešení je "aplikačně závislé"
    - pro každou aplikaci musí být (samostatná) proxy brána

NAT – Network Address Translation

- překládá (mění "za chodu") IP adresy (RFC 1631)
  - používá se na rozhraní mezi privátní sítí a veřejným Internetem
    - překládá lokální (privátní, vícenásobně použitelné) adresy na veřejné (unikátní) adresy
  - poskytuje zabezpečení
    - lokální adresy "nejsou vidět" z veřejné sítě
  - šetří IP adresy
    - pokud jen část lokálních uzlů potřebuje komunikovat s vnějším světem !!!!



varianty NAT-u

pokud: vztah mezi "vnitřními" a "vnějšími" IP adresami je 1:1

statický NAT

- vztah mezi "vnitřními" a "vnějšími" IP adresami je pevně dán
  - má statický charakter
- vnitřní uzly mohou být přístupné z vnější sítě
  - lze využít například při "stěhování" mezi ISP
    - bez nutnosti měnit IP adresy dle CIDR

dynamický NAT

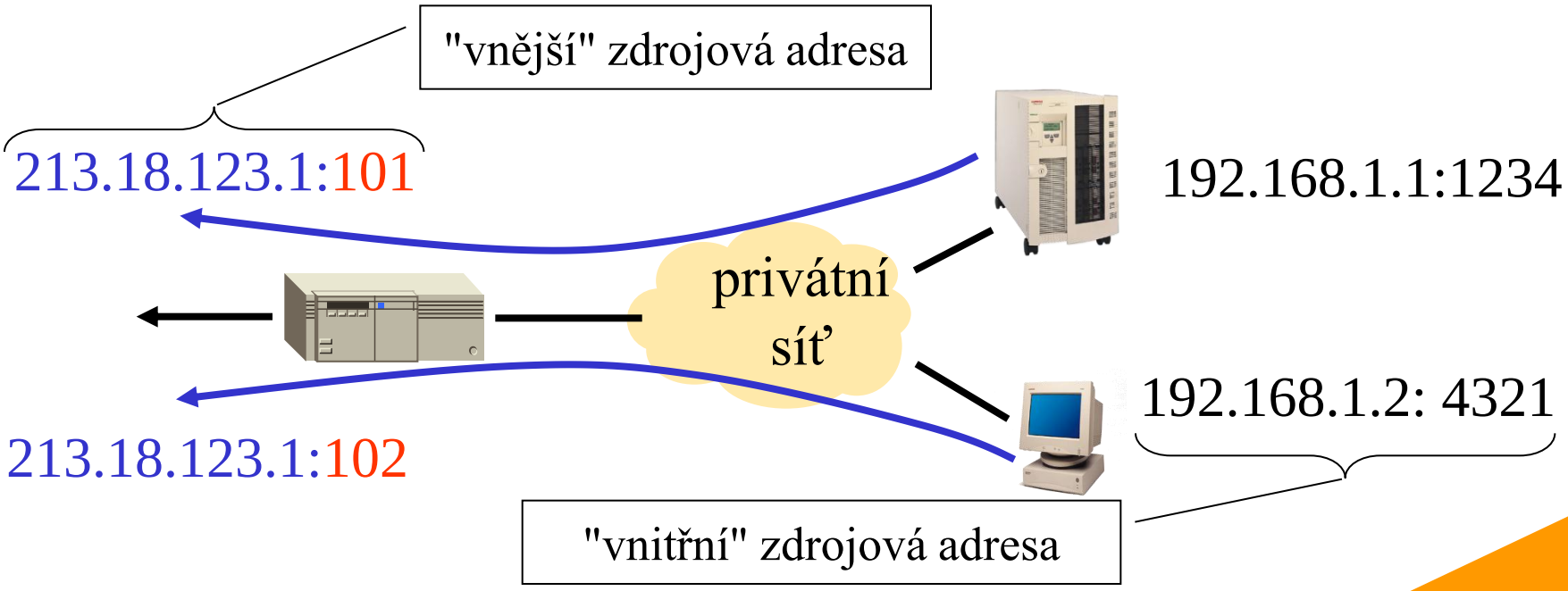
- "vnitřním" IP adresám jsou přiřazovány "vnější" IP adresy dynamicky, podle potřeby
  - vnitřní uzly nejsou obecně dostupné z vnějšku
  - lze ušetřit "vnější" IP adresy
    - pokud některé vnitřní uzly nepotřebují

varianty NAT-u, PAT

pokud: vztah mezi "vnitřními" a "vnějšími" IP adresami je 1:N

"overloading", alias: PAT (Port Address Translation)

- všechny "vnitřní" IP adresy se mapují do 1 vnější IP adresy
  - "rozlišující" informace se uchovávají v číslech portů

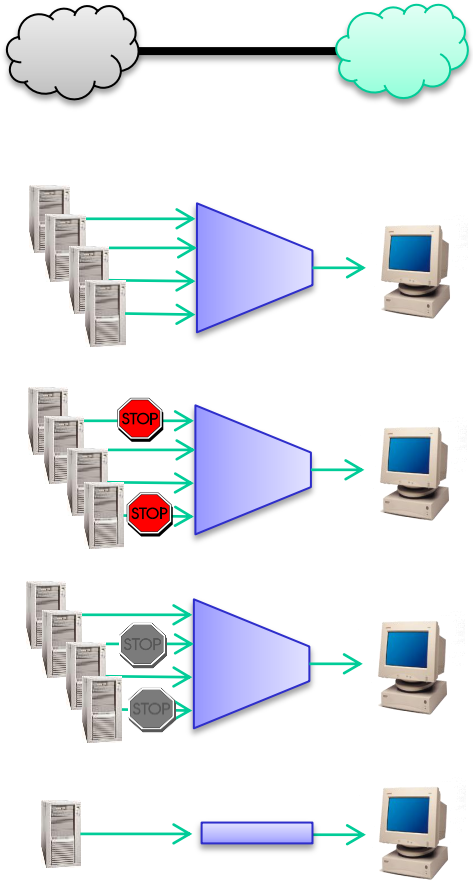


výhody NAT/PAT

- overloading, PAT, též: NAT 1:N
  - dokáže využít 1 veřejnou adresu pro "hodně" uzlů v privátní síti
  - používají to ISP (Internet Service Provider) u některých služeb
    - např. Eurotel Data Nonstop přes APN internet
    - dříve ADSL
- nebezpečí (pro NAT obecně):
  - nelze navazovat spojení směrem dovnitř
  - pro některé aplikace/služby nemusí NAT fungovat vůbec
    - pro takové, které přenáší IP adresy i jinde než v hlavičce (kde o tom NAT neví a nemůže adresy měnit – např. IPSEC)
  - "inteligentní NAT"
    - snaží se rozpoznat konkrétní protokoly, které skrz něj prochází, a mění IP adresy i v těle IP paketů

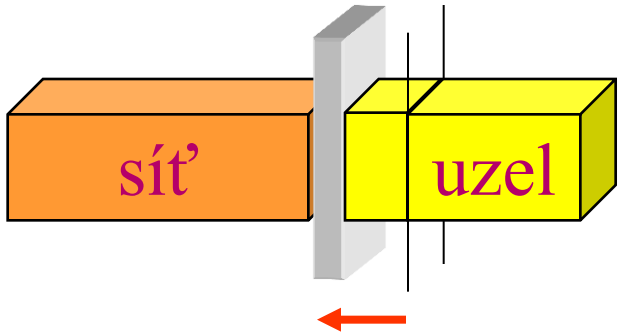
jiná klasifikace NATů

- představa:
  - odeslání dat v vnitřní sítě vzniká „dočasný průchod“ skrze NAT
    - NAT si pamatuje vazbu mezi vnitřní a vnější adresou (i porty)
      - ale jen po omezenou dobu!!!!
  - klasifikace je založena na tom, kdo (z vnější strany) může využít tento dočasný průchod, pro přenos dat „dovnitř“
- full cone:
  - jakmile je „dočasný průchod“, může ho využít kterýkoli vnější uzel
- IP restricted cone:
  - „dočasný průchod“ mohou využít jen některé vnější uzly
    - podle IP adres, proto „IP restricted“
- port restricted cone:
  - „dočasný průchod“ mohou využít jen některé vnější uzly
    - podle čísel portů, proto „port restricted“
- symmetrical NAT
  - „dočasný průchod“ může využít jen vnější uzel, kterému byla odeslána původní data



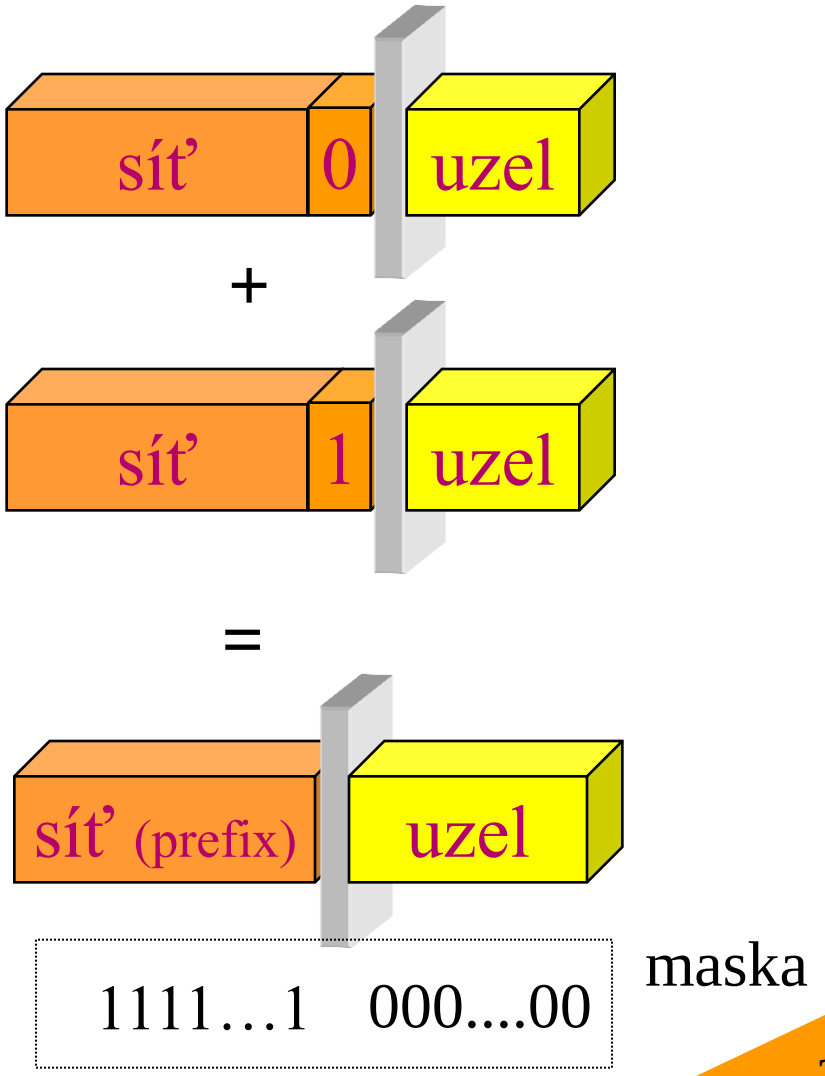
mechanismus CIDR
Classless InterDomain Routing

- řeší problém úbytku IP adres
  - umožňuje přidělovat koncovým sítím "přesně velké" skupiny IP adres
    - v zásadě to nahrazuje původní systém tříd A, B a C
- řeší problém nárůstu směrovacích tabulek
  - dosud platilo: co 1 síťová adresa třídy A, B nebo C, to jedna položka ve směrovací tabulce
    - směrovací tabulka se prohledává při každém rozhodnutí o volbě směru
- princip mechanismu CIDR
  - je v zásadě inverzní k subnettingu
    - také se tomu říká **supernetting**
  - předpokládá posun hranice (bitové pozice) mezi síťovou částí a adresou uzlu směrem "doleva" (k vyšším bitům)



princip CIDR-u

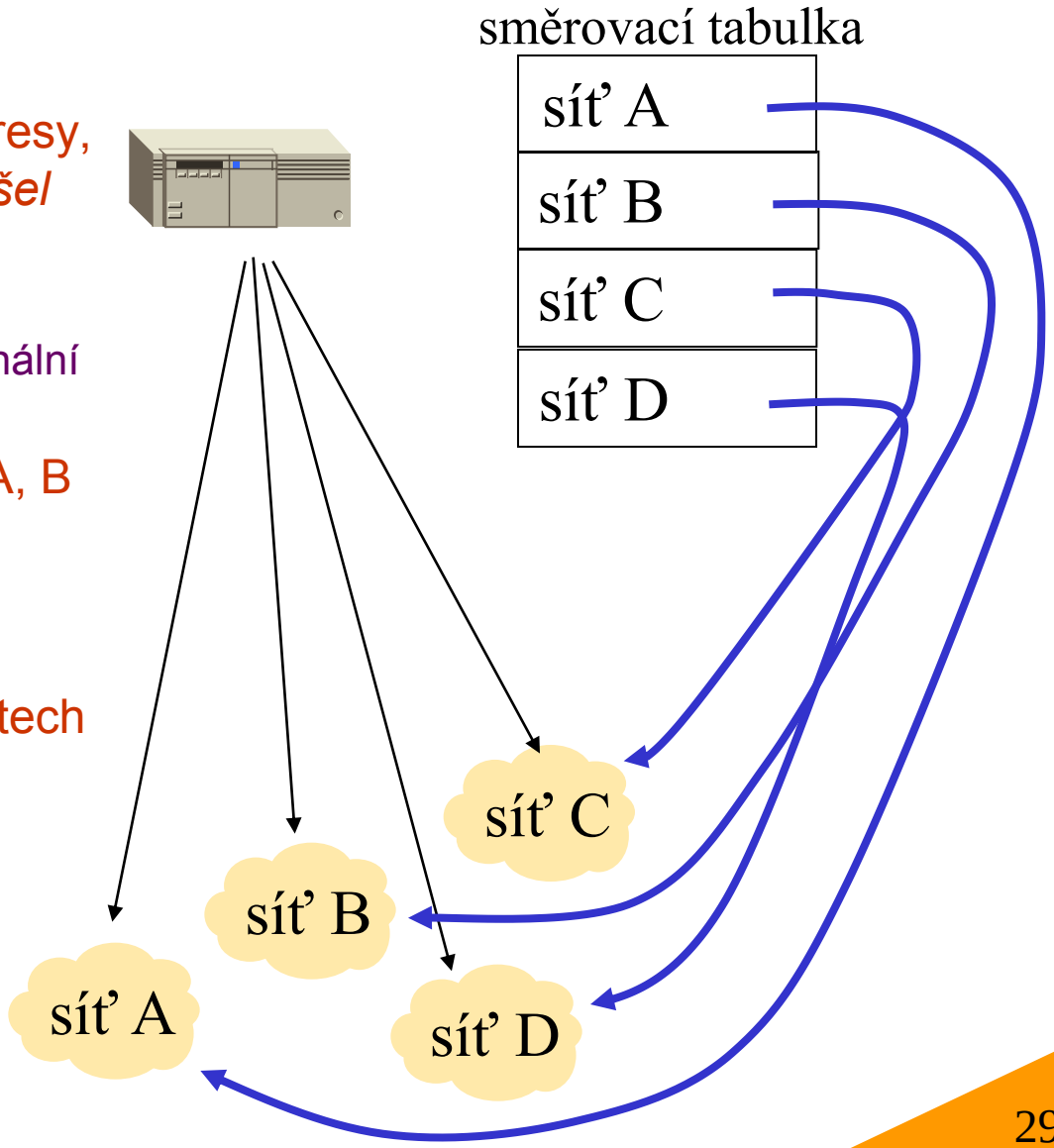
- dochází k tzv. agregaci
  - slučování "sousedních" síťových IP adres
  - vzniká 1 výsledná "agregovaná" adresa (adresa supernet-u)
- síťová část je nyní označována jako "prefix"
  - a jeho velikost je vyjadřována v počtu bitů (síťové části)
- **adresy jsou dnes přidělovány zásadně jako tzv. CIDR bloky**
  - např. **194.213.228/24** je CIDR blok odpovídající 1 dřívější síťové adrese C (má 24 bitů prefixu, zbývá 8 na adresu uzlu)



problém směrovacích tabulek

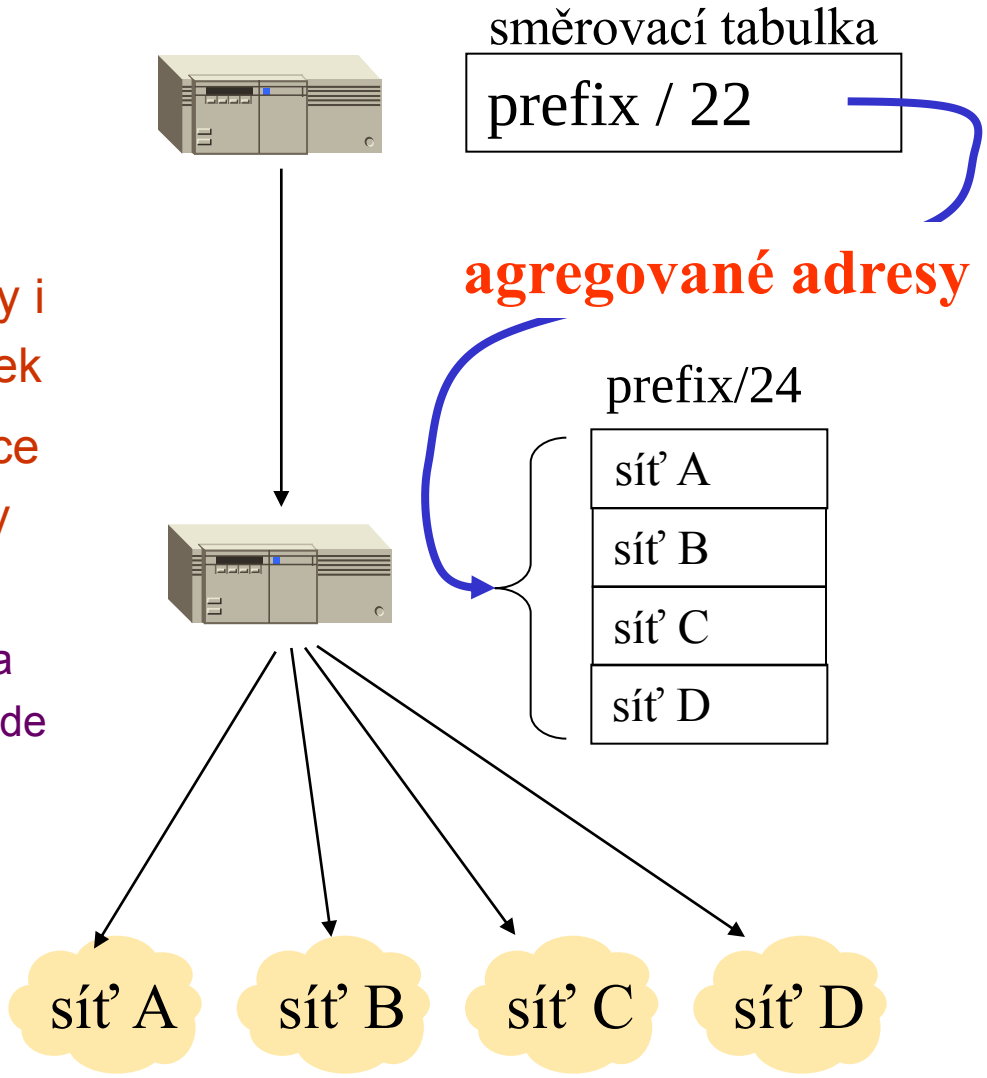
- dříve platilo:
  - přidělovaly se celé síťové adresy, a to systémem "*kdo první přišel …*"
    - nebyl v tom žádný systém, kromě distribuce mezi regionální přidělovatele
  - pro každou síťovou adresu (A, B nebo C) musela být ve směrovacích tabulkách samostatná položka
  - směrovačům v páteřních částech Internetu začaly přetékat směrovací tabulky

IP adresy byly nezávislé na způsobu připojení !!



agregace směrovacích informací

- CIDR bloky umožňují agregovat (slučovat) i směrovací informace
  - jakoby: slučovat dohromady i položky směrovacích tabulek
  - detailní směrovací informace nemusí být zbytečně šířeny "do světa"
    - mohou zůstat lokalizována tam, kde jsou zapotřebí, kde vznikají a kde se mění



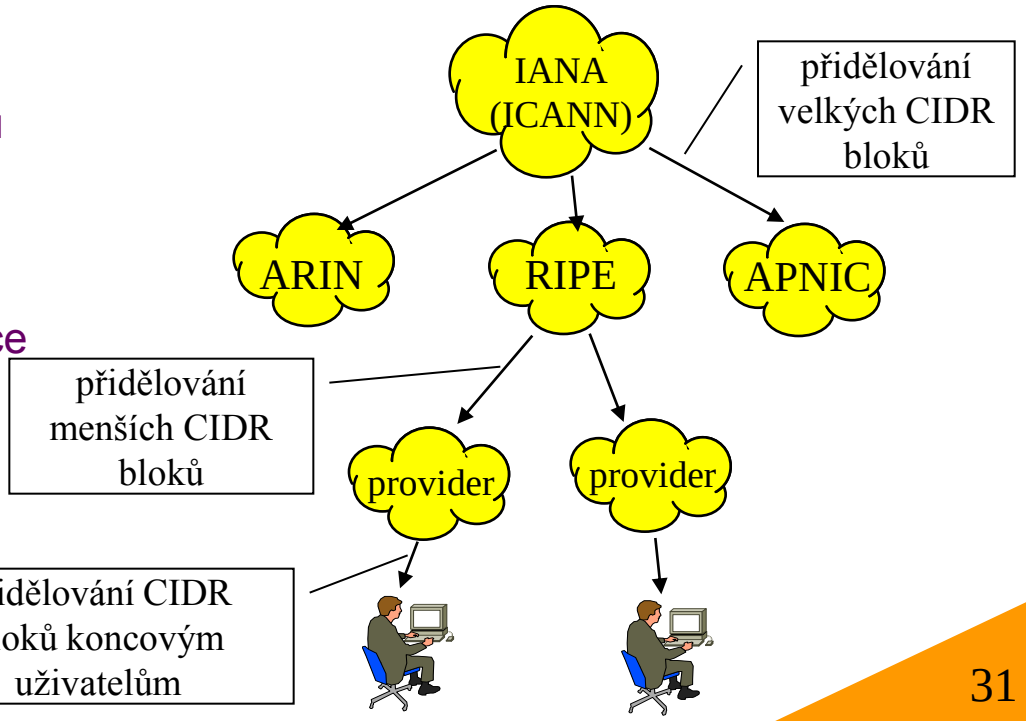
pozor:
IP adresy se stávají závislými na způsobu připojení !!!!

důsledky mechanismu CIDR

- šetří se IP adresami
  - byl dále zpomalen úbytek adres
    - ale příčina problému nebyla odstraněna
- šetří se směrovací tabulky
  - umožnilo to redukovat jejich objem, tím zrychlit směrování
    - ale nepostačuje, tabulky jsou již tak neúnosně velké
    - jsou nutná ještě jiná řešení, např. autonomní systémy (zavádí další stupeň agregace směrovacích informací)

při změně providera musí uživatelé změnit IP adresy svých uzlů !!!

- musel se změnit způsob distribuce IP adres
  - **"přidělovatelem" nyní musí být jednotliví provideři (ISP)**
    - musí se registrovat u regionálních přidělovatelů



ISP vs. RIPE

- RIPE (Réseaux IP Européens) http://www.ripe.net/
  - je regionální přidělovatel IP adres (RIR) pro Evropu
  - jednotliví ISP se u něj registrují, aby mohli dostávat přidělení CIDR bloky IP adres
    - a platí mu příspěvky na provoz
  - v kategoriích: extra large, large, medium, small, very small
    - podle toho mohou dostat různě velké CIDR bloky
    - extra large platí 6750 EUR ročně, extra small 2000 EUR ročně
  - registrace je podle zemí, kde jsou IP adresy využívány
    - za ČR jsou registrováni i zahraniční ISP
    - např. Tiscali (Extra Large), Český Telecom (small), Eurotel (extra small), Holy See - Vatican City State (extra small)

IPv6 – základní principy

- IPv6 rozšiřuje původní 32-bitový adresový prostor IPv4 na 128-bitový
  - ale není to zdaleka jediná změna
  - IPv6 mění řadu dalších aspektů a vlastností IPv4
    - napravuje různé nedostatky, nedomyšlenosti, věci které se neosvědčily, …
    - např. multicast místo broadcastu, ….
  - IPv6 přidává řadu nových vlastností
    - např. podporu QoS, podporu bezpečnosti, mobilitu, …
    - anycast, …
  - IPv6 není radikálním (zásadním) odklonem od dosavadních principů fungování IP a TCP/IP
- změny týkající se adresování:
  - větší adresový prostor
  - hierarchické členění adresového prostoru
    - a hierachické přidělování IP adres
  - eliminace "obezliček"
    - jako např. NAT/PAT, …
  - lepší podpora multicastu
    - v IPv6 je povinný
  - zavedení anycast-u
  - možnost autokonfigurace a přečíslování
  - lepší řešení fragmentace a defragmentace
  - lepší podpora mobility
  - …

přechod z IPv4 na IPv6

- původní předpoklad:
  - bude to (muset být) velmi brzy
- dnešní situace:
  - "dočasná" řešení uspěla natolik, že potřeba přechodu na IPv6 byla oddálena
    - časový horizont je neurčitý
  - nejdále s přechodem jsou akademické sítě
- kompatibilita:
  - zpětná ano
    - zařízení IPv6 je schopné komunikovat se sítí IPv4
  - dopředná ne
    - zařízení IPv4 není schopné komunikovat se sítí IPv6
- jak je realizována zpětná kompatibilita?
    - strategie koexistence sítí IPv4 a IPv6
  - "dual-stack"
    - zařízení podporuje současně IPv4 i IPv6
  - překlad
    - směrovače s "dual-stack": překládají požadavky mezi IPv4 a IPv6
  - tunelování
    - pakety IPv6 jsou tunelovány (zapouzdřovány, vkládány do) paketů IPv4 a prochází skrz síť IPv4

unicast, multicast a broadcast

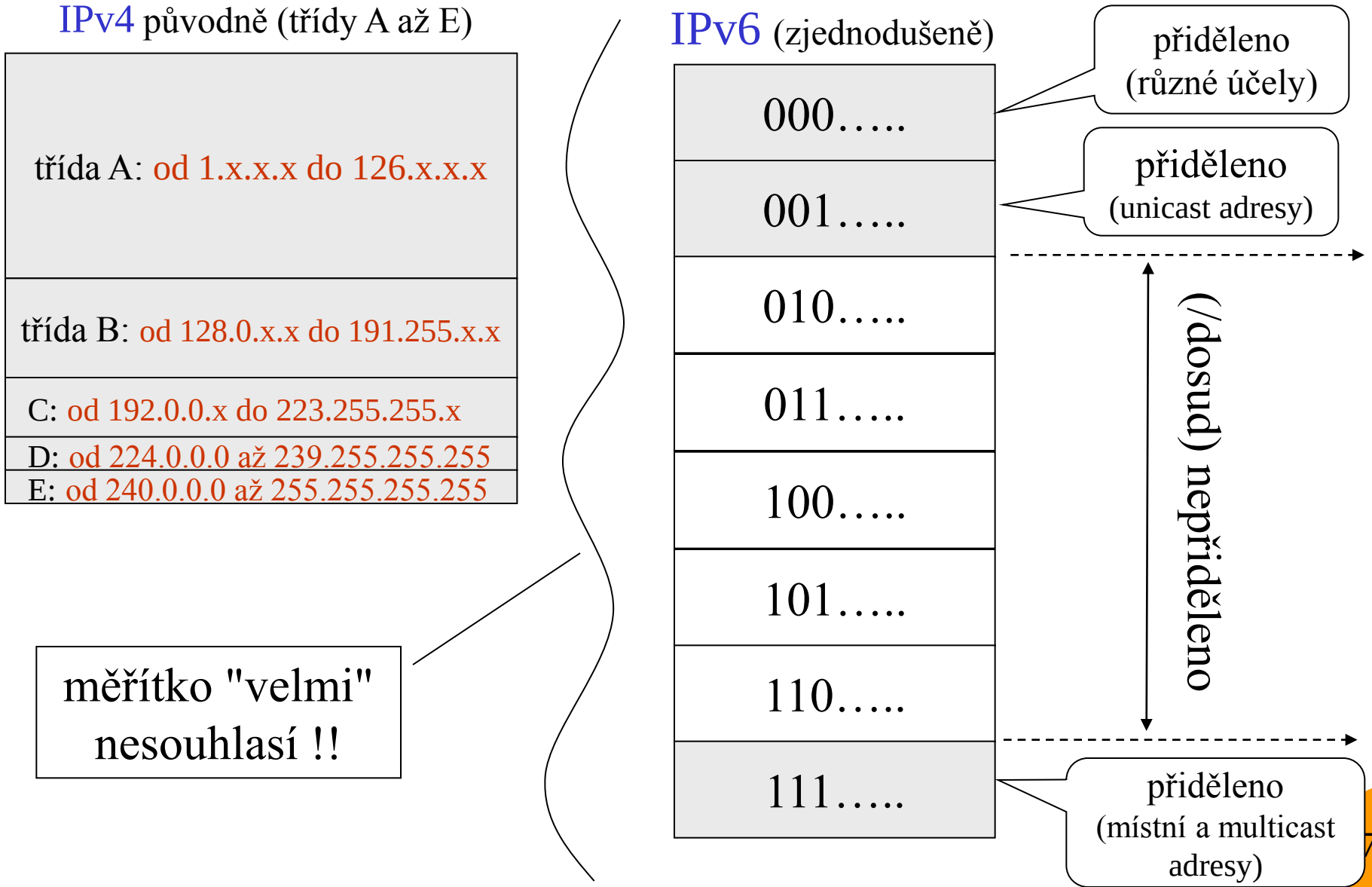
- IPv4:
  - unicast
    - označují právě jeden uzel
      - přesněji: právě jedno síťové rozhraní
    - původně třídy A,B a C
      - dnes adresy dle CIDR
  - multicast
    - označují skupiny uzlů
    - původně třída D
    - implementace je volitelná a skutečná podpora mizivá
  - broadcast
    - označuje všechny uzly (v síti)
      - relativní adresu uzlu tvoří samé 1
    - s šířením IP broadcastů byly/jsou problémy
- IPv6:
  - unicast
    - přidělují se způsobem který připomíná spíše CIDR než třídy A, B a C
  - multicast
    - nahrazuje broadcast v IPv4
    - jeho podpora v IPv6 je povinná !!!
  - anycast
    - jedna IP adresa může být přiřazena více uzlům současně
    - reagovat (ozvat se) by měl vždy ten uzel, který je "nejblíže"

symbolický zápis IPv6 adres

- *straight-hex*
  - každé slovo se zapíše jako (4-místné) hexadecimální číslo
  - např.: **805B:2D9D:DC28:0000:0000:FC57:D4C8:1FFF**
- *leading zero suppressed*
  - nulová slova se zkrátí na jedinou číslici
  - např.: **805B:2D9D:DC28:0:0:FC57:D4C8:1FF**F
- *zero-compressed*
  - nulová slova se zcela vynechají
  - např.: **805B:2D9D:DC28::FC57:D4C8:1FFF**
- *mixed notation*
  - posledních 32 bitů se zapíše jako u IPv4
    - pro tzv. "embedded IPv4 adresy
  - např. **::212.200.31.255**

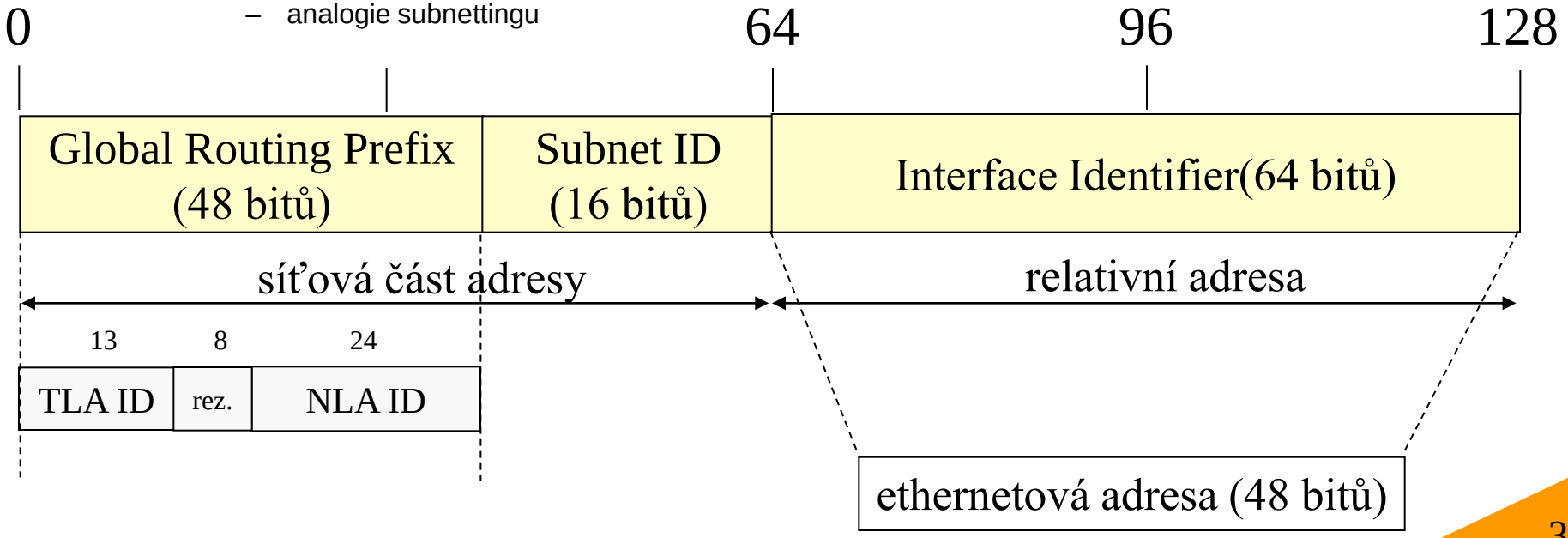
IPv4 adresy - např.: 192.168.1.1

rozdělení adresových prostorů

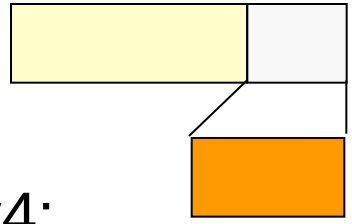


IPv6 unicast adresy

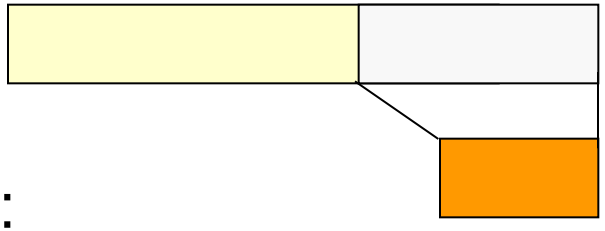
- jsou logicky dvousložkové
  - relativní část adresy má 64 bitů
    - "Interface Identifier"
  - síťová část adresy má dvě části
    - Global Routing Prefix
      - identifikuje koncového zákazníka (site)
    - Subnet ID:
      - rozlišuje (pod)sítě u zákazníka
      - analogie subnettingu
- Global Routing Prefix
  - je definováno jeho dělení, pro
    - TLA (Top-Level Aggregators)
      - velké regionální přidělovatele IP adres, jako je RIPE, ARIN, APNIC, …
    - NLA (Next-Level Aggregators)
      - typicky ISP, přidělují adresy zákazníkům
  - v praxi se nerespektuje
    - RFC 3587 fakticky **zrušilo** toto dělení



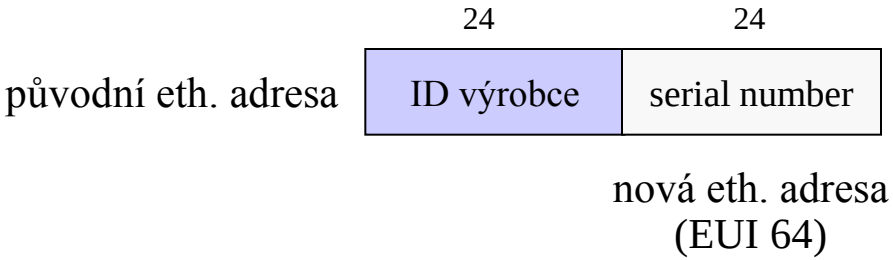
IPv6 Interface Identifier



- IPv4:
  - relativní část adresy měla typicky méně jak 48 bitů
    - nejčastější linkovou adresou byla 48-bitová ethernetová adresa
  - bylo nutné složité převádění mezi relativní částí síťové adresy a linkovou adresou
    - např. protokolem ARP (Address Resolution Protocol)



- IPv6:
  - relativní část adresy má 64 bitů
    - umožňuje to snadno "namapovat" na 48-bitové ethernetové adresy
  - předpokládá se ale použití "větších" ethernetových adres, *modified EUI-64*
    - *vychází z rozšířených ethernetových adres*
      - "64-bit extended unique identifier", od IEEE
      - mají 24 bitů na výrobce, 40 na serial number

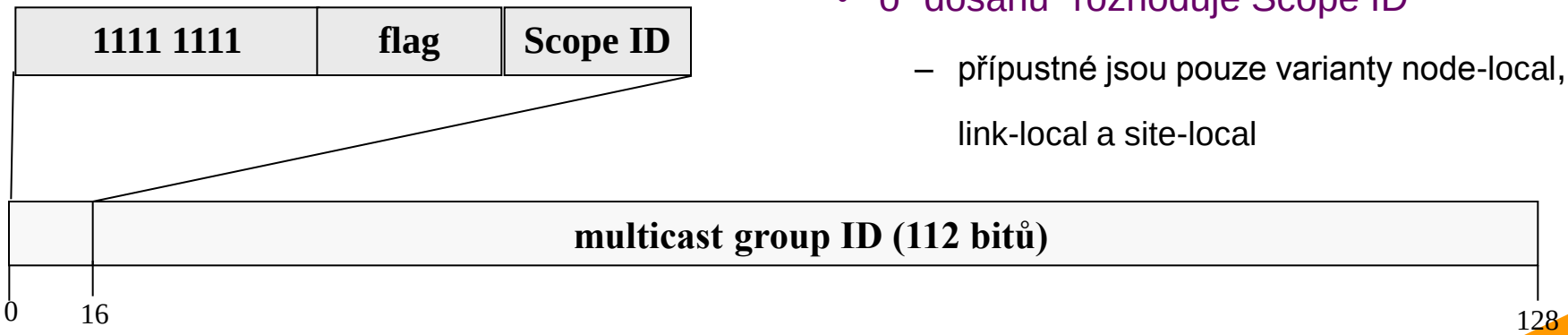


vyhrazené adresy v IPv6

- adresy začínající na FE (1111 1110) jsou vyhrazeny jako privátní
  - FE::cokoli
- dělí se na:
  - "site-local"
    - jsou přenášeny jen v rámci soustavy sítí zákazníka (site)
      - nejsou šířeny k jeho ISP a dále
    - začínají na FEC, FED, FEE, FEF
  - "link-local"
    - směrovače je vůbec nepropouští, používají se jen v rámci daného segmentu/spoje
    - začínají na FE8, FE9, FEA, FEB
- loopback
  - ::1
    - resp. 0:0:0:0:0:0:0:1
- nespecifikovaná IP adresa
  - ::
    - resp. 0:0:0:0:0:0:0:0
  - používá ji např. uzel, který se teprve dotazuje na svou IP adresu
- vnoření (embedded) IPv4 adresy
  - adresy IPv4, chápané jako adresy IPv6
  - doplní se zleva samými nulami
    - např. ::192.168.1.1

skupinové (multicast) adresy IPv6

- začínají na FF
  - jsou logicky jednosložkové
  - obsahují 4-bitový příznak
    - flag - říká např. zda je adresa přidělena trvale nebo dočasně
  - obsahují 4-bitový příznak "dosahu"
    - scope ID
      - node-local, link-local, site-local, organization-local, global, …



- některé multicast adresy jsou dopředu vyhrazeny:
  - **FF0x:0:0:0:0:0:1** zahrnuje všechny uzly
    - o "dosahu" rozhoduje Scope ID
      - přípustné jsou pouze varianty node-local a link-local
    - fakticky nahrazuje broadcast
  - **FF0x:0:0:0:0:0:2** zahrnuje všechny směrovače
    - o "dosahu" rozhoduje Scope ID
      - přípustné jsou pouze varianty node-local, link-local a site-local

autokonfigurace v IPv6

- v IPv4 je nutné explicitně přidělovat IP adresy
  - "pevně"
    - nastavením v konfiguraci uzlu
  - "na žádost"
    - uzel si řekne jinému uzlu (serveru) o svou IP adresu
    - pomocí protokolů jako je DHCP, BOOT, RARP
- v IPv6 je možné, aby si uzel určil svou IP adresu sám
  - skrze tzv. **autokonfiguraci**
  - výrazně to usnadňuje správu sítě
- lze i hromadně přečíslovávat
  - ***device renumbering***
  - princip:
    - se síťovým prefixem, který uzel dostane přidělen, je spojen časový limit (lease). Po jeho vypršení si uzel musí vyžádat nový

- postup autoconfigurace
  - uzel si zvolí dočasnou "link-local" IP adresu
    - pro relativní část adresy (Interface Identifier) vezme např. svou linkovou adresu
      - nebo něco jiného
  - uzel otestuje, zda je zvolená "link-local" adresa unikátní
    - snaží se kontaktovat případné sousedy se stejnou IP adresou
      - pokud jeho adresa není unikátní, zkusí zvolit jinou
  - uzel kontaktuje místní směrovače
    - pomocí mechanismů pro "router solicitation"
  - od směrovačů si vyžádá další informace
    - např. komu si má říci o svou "definitivní" IP adresu
    - nebo jak rozšířit "link-local" adresu na "site-local" a používat ji nadále
    - …