Počítačové sítě, v. 3.2

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

Lekce 4: Rodina protokolů TCP/IP

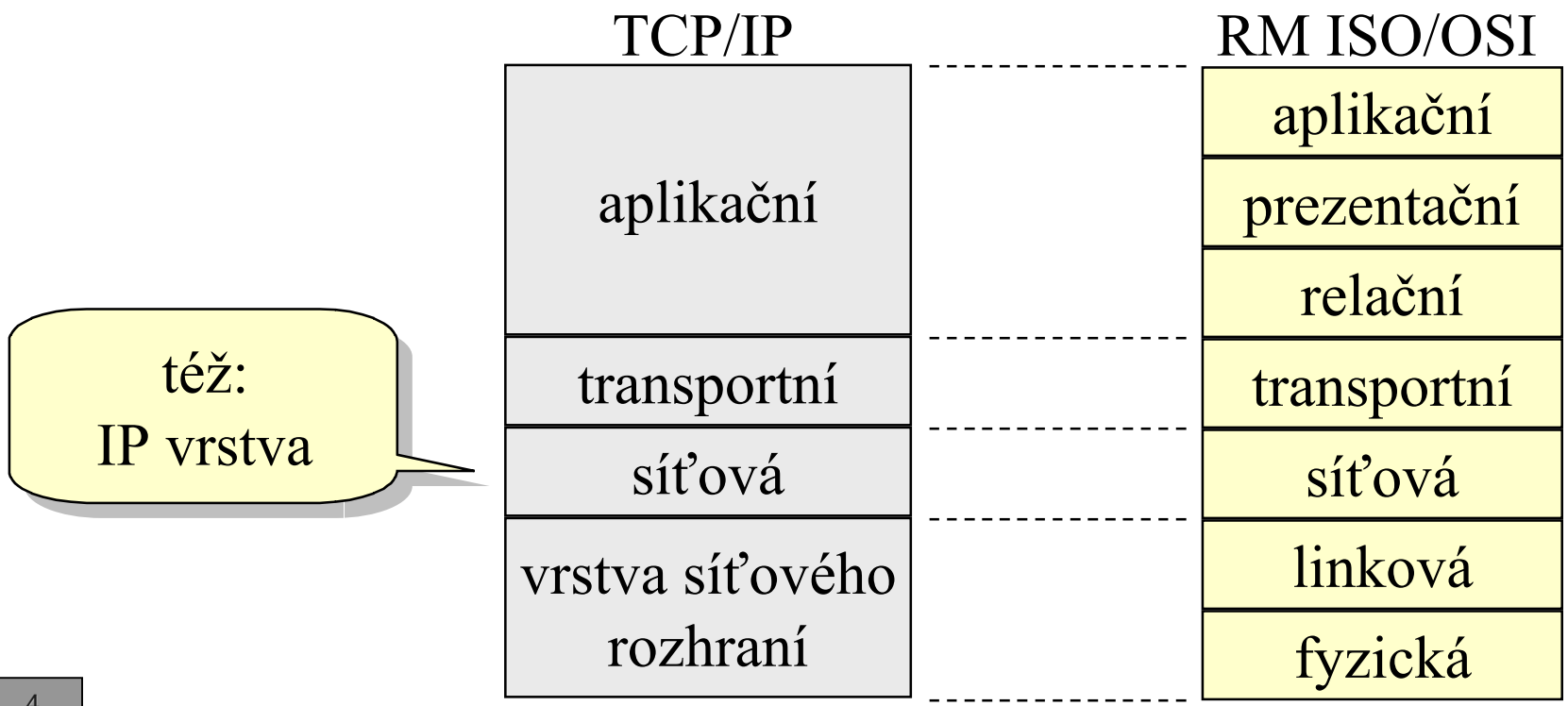
Jiří Peterka, 2006

srovnání RM ISO/OSI

Motto:

Víš-li, jak na to, čtyři vrstvy ti plně postačí.

Nevíš-li, ani sedm ti jich nepomůže ….



co je TCP/IP?

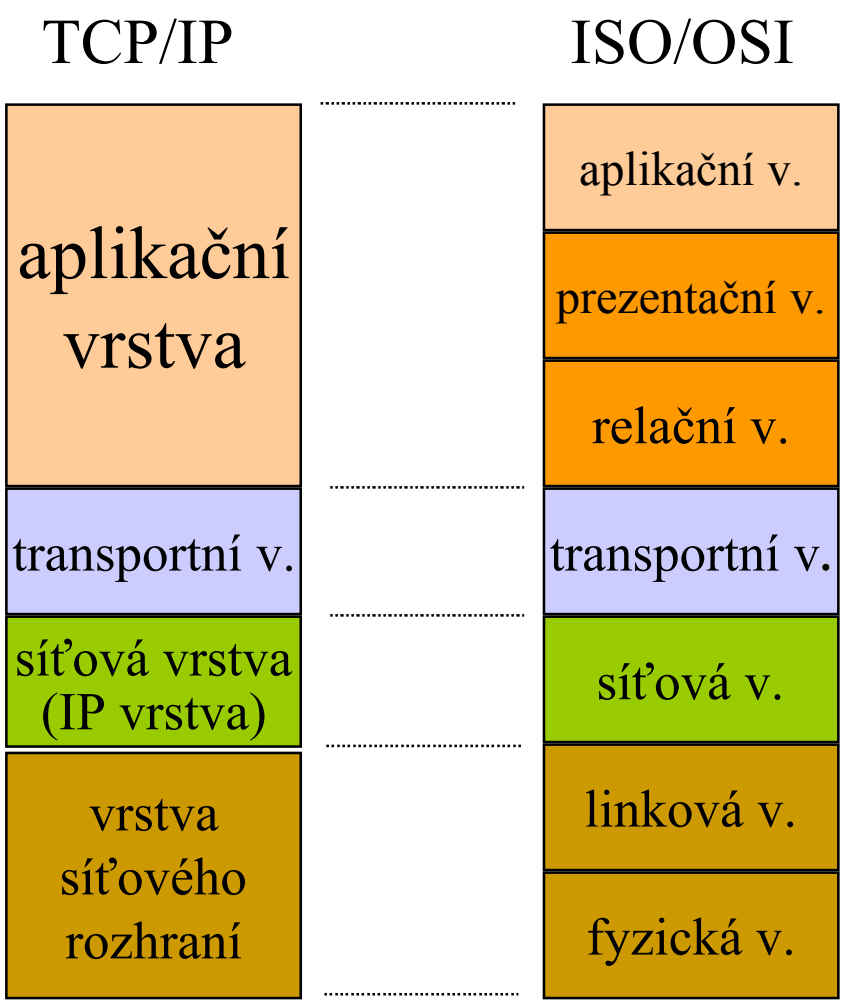
- síťová architektura:
  - obsahuje ucelenou představu o počtu a úloze vrstev
  - obsahuje i konkrétní protokoly
- obvyklé označení:
  - TCP/IP protocol suite (rodina protokolů TCP/IP)
    - součástí je více jak 100 protokolů
- postup vzniku:
  - nejprve: protokoly
  - teprve potom: vrstvy
  - TCP/IP vzniklo v akademickém prostředí
  - prosadilo se i v komerčním prostředí
  - od svého vzniku se změnilo jen relativně málo
    - nikoli zásadně – změny jsou „aditivní“
- dnes:
  - nejpoužívanější síťová technologie
    - nejrozšířenější síťová architektura
    - prosadila se lépe než cokoli jiného (RM ISO/OSI, IPX/SPX atd.)
  - funguje „nad vším“
    - IP over Everything
    - protokoly TCP/IP dokáží fungovat nad každou (linkovou) přenosovu technologií
  - „všechno“ funguje nad IP
    - Everything over IP
    - snad všechny aplikace již byly implementovány (portovány) i nad protokoly TCP/IP a dokáží nad nimi fungovat
- neznamená to že TCP/IP je ideální!!
  - má také řadu nevýhod, nedostatků …

v čem se liší TCP/IP a ISO/OSI?

- v celkovém přístupu autorů
  - **ISO/OSI:** všechno musíme vymyslet sami (nebo alespoň převzít to, co vymysleli jiní, a udělat z toho vlastní standard)
    - příklad: ISO vydává Ethernet jako svůj standard ISO 8802.3
  - **TCP/IP:** to co je rozumné převezmeme a využijeme
    - soustředí se na "provázání" vlastních řešení s cizími
    - řeší např. jak provozovat IP nad Ethernetem
- ve způsobu tvorby nových řešení:
  - **ISO/OSI:** od složitého k jednoduššímu
    - řešení vznikají od začátku jako "dokonalá"
      - nejprve navymýšlí vzdušné zámky, pak musí slevovat
    - nejprve vznikne standard, pak se zkoumá praktická realizovatelnost
  - **TCP/IP:** od jednoduššího ke složitějšímu
    - řešení vznikají nejprve jako "skromná", postupně se obohacují
    - nejprve se řešení ověří, a teprve pak vzniká standard

konkrétně ….

- v pohledu na počet vrstev a způsob jejich fungování
  - jaké služby mají být nabízeny
    - a na jaké úrovni mají být poskytovány
      - kde má být zajišťována spolehlivost
  - jak mají služby fungovat
    - spolehlivost/nespolehlivost, spojovanost/nespojovanost, princip maximální snahy vs. garance kvality služeb, …
  - zda má být ponechána možnost volby
    - mají aplikace právo si vybrat např. mezi spolehlivým a nespolehlivým přenosem?

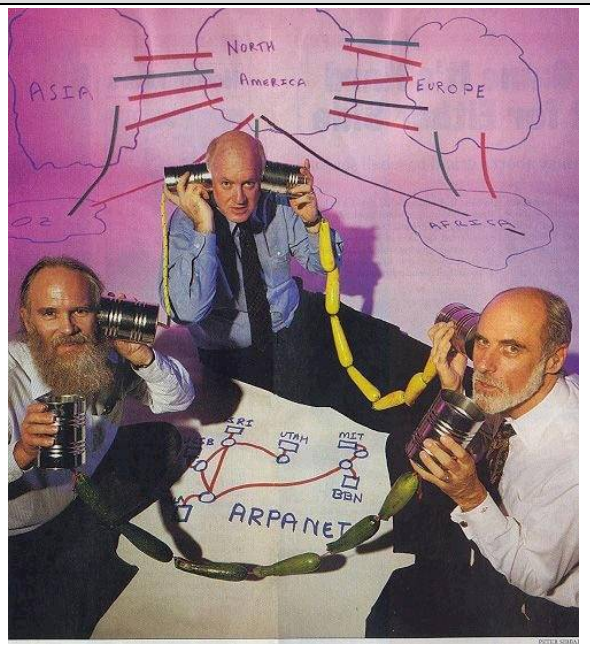


historie vzniku TCP/IP

- souvisí s Internetem (ARPANETem)
  - bylo potřeba v praxi ověřit životaschopnost paketové technologie
    - přepojování paketů
  - byla postavena velká testovací síť
    - ARPAnet (zárodek pozdějšího Internetu)
  - pro zárodečnou síť byl vyvinut "prozatímní" protokol:
    - NCP (Network Control Protocol)
    - protokol NCP nebyl vhodný pro rutinní používání
  - vše financoval DoD (Department of Defense), skrze grantovou agenturu (D)ARPA
    - proto: ARPANET
- další vývoj:
  - když si DoD ověřil životaschopnost paketové technologie,
    - rozhodl se testovací síť nezrušit,
    - ale předat ji akademické sféře do rutinního používání

- další vývoj:
  - na zárodečný ARPANET se začaly nabalovat další sítě
    - postupně vznikl Internet
  - pro rutinní provoz ARPANETu/Internetu bylo třeba vyvinout nové "rutinní" protokoly
- protokoly TCP/IP byly vyvíjeny jako „definitivní“ řešení pro vznikající Internet
  - peníze na vývoj protokolů TCP/IP poskytl DoD (ministerstvo obrany USA)
  - specifikace jsou „volné“ (PD, veřejné vlastnictví)
    - (v USA): když už daňoví poplatníci jednou zaplatí, nemusí to platit podruhé
  - vlastní návrh vznikal zejména v akademickém prostředí

lidé kolem TCP/IP



- ústřední postavou byl **Vinton G. Cerf**
  - do r. 1972 postgraduální student na UCLA
  - od r. 1972 docent na Stanfordu
  - pořádá síťové semináře (účastní se např. Robert Metcalfe, Jack Haverty a další)
  - na těchto seminářích se pod vedením Vintona Cerfa a Roberta Kahna postupně zrodily protokoly TCP/IP
- později se stal zakladatelem a šéfem Internet Society
  - pracoval také (jako senior vicepresident) v MCI a Worldcom-u
- dnes:
  - je šéfem organizace ICANN (chairman)
  - spolupracuje s NASA na "InterPlanetary Internet-u"
  - od září 2005 pracuje pro Google (jako "Chief Internet Evangelist")

Internet Society

ICANN

historie vzniku TCP/IP

- **1973:** představa TCP/IP poprvé prezentována veřejnosti (konference v UK)
- **1974:** koncepce TCP/IP publikována v IEEE Transactions on Computers (Cerf, Kahn)
- **1977:** první praktické zkoušky
- **1978-9:** TCP/IP získává dnešní podobu
- **1980:** DoD akceptuje protokoly TCP jako perspektivní
- **1982:** DoD přikazuje použití TCP/IP u všech sítí, nově připojovaných k Internetu
- **1.1.1983:** celý Internet přechází na protokoly TCP/IP
  - směrování protokolu NCP bylo ukončeno/zastaveno

- 1983-1986: nástup protokolů TCP/IP do praxe
  - DoD (ARPA) nechává implementovat protokoly TCP/IP u komerční firmy
    - BBN (Bolt, Beranek& Newman)
  - DoD (ARPA) financuje začlenění TCP/IP do BSD Unixu, který je distribuován (zdarma) americkým univerzitám
    - Berkeley Software Distribution
  - protokoly TCP/IP jsou postupně implementovány i v dalších operačních systémech …

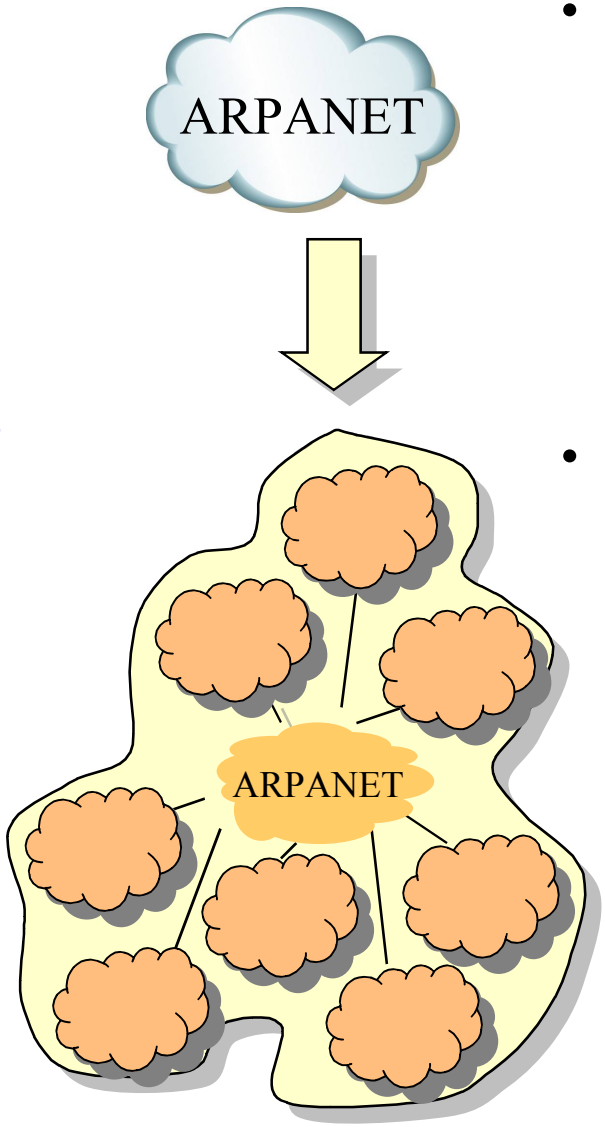
přibližně ve stejné době vzniká i RM ISO/OSI

filosofie, uplatněná při vzniku TCP/IP

- co bylo požadováno ještě po původním ARPANETu:
  - nesmí to mít žádnou centrální část
    - tu by nepřítel zničil jako první
    - důsledek: bude to mít decentralizovaný charakter, dnes naplněno existencí providerů a autonomním charakterem jejich sítí
  - musí to být velmi robustní
    - tak aby to aspoň nějak fungovalo, když nepřítel část sítě odstřelí
    - důsledek: preferují se nespolehlivé a nespojované přenosové mechanismy
      - protokol IP funguje nespolehlivě a nespojovaně
- co bylo požadováno po "rutinních" protokolech (TCP/IP):
  - internetworking
- co **nebylo** požadováno ani po TCP/IP:
  - zabezpečení
    - nebyl požadavek na zajištění důvěrnosti dat
    - jen velmi malé požadavky na identifikaci a autentizaci uživatelů
  - mobilita
    - v době vzniku byly počítače "nepřenosné"
  - (různá) kvalita služeb
    - aby různé přenosy mohly mít různou prioritu, různé parametry přenosu atd.
  - ….

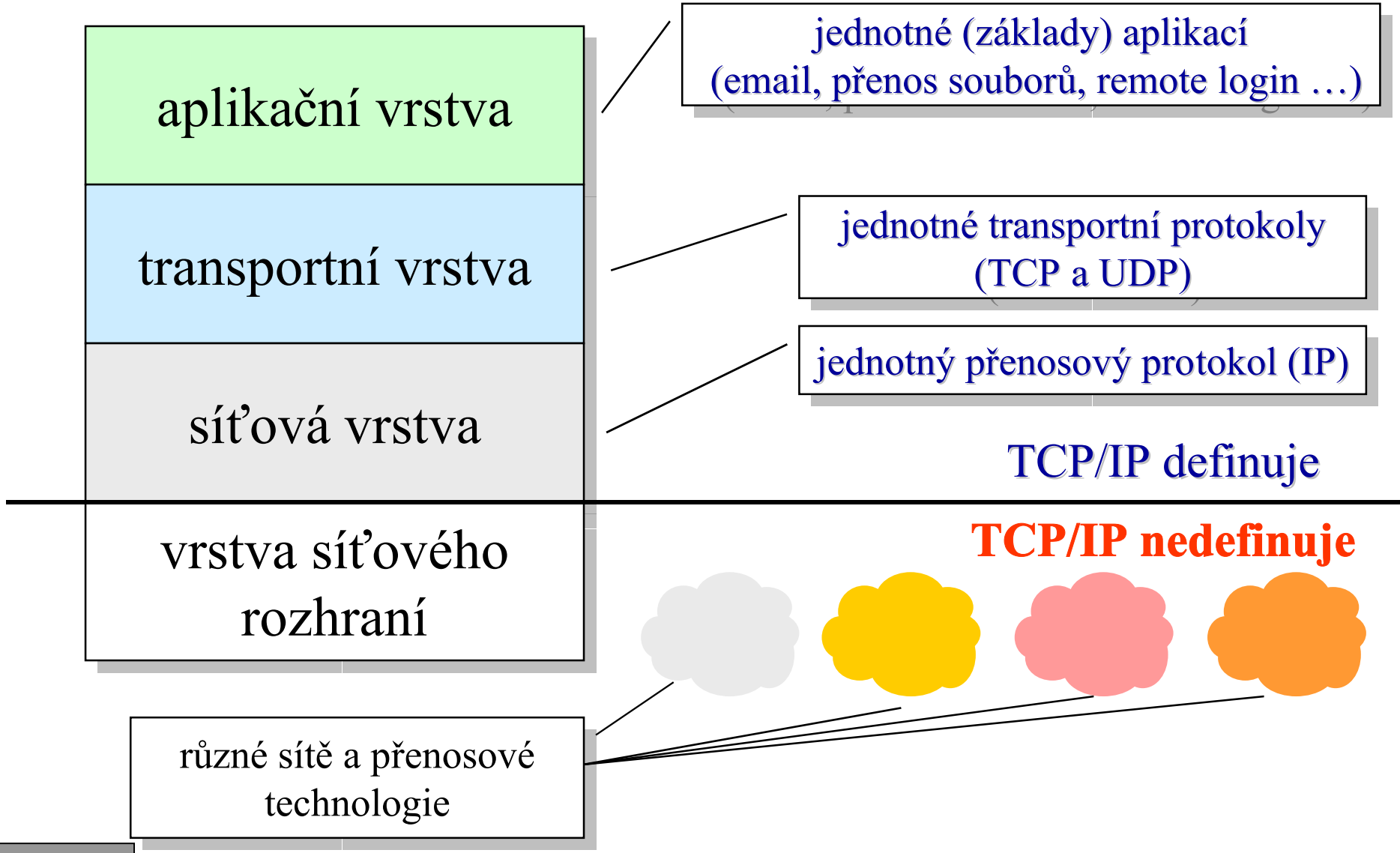
důraz na internetworking

- proč byl položen důraz na „internetworking“?
  - internetworking = vzájemné propojování sítí
  - když TCP/IP vznikalo, ARPANET už existoval, a byl velký zájem o připojení k němu
  - o připojení k ARPANETu usilovaly sítě různého typu (s různými síťovými technologiemi)

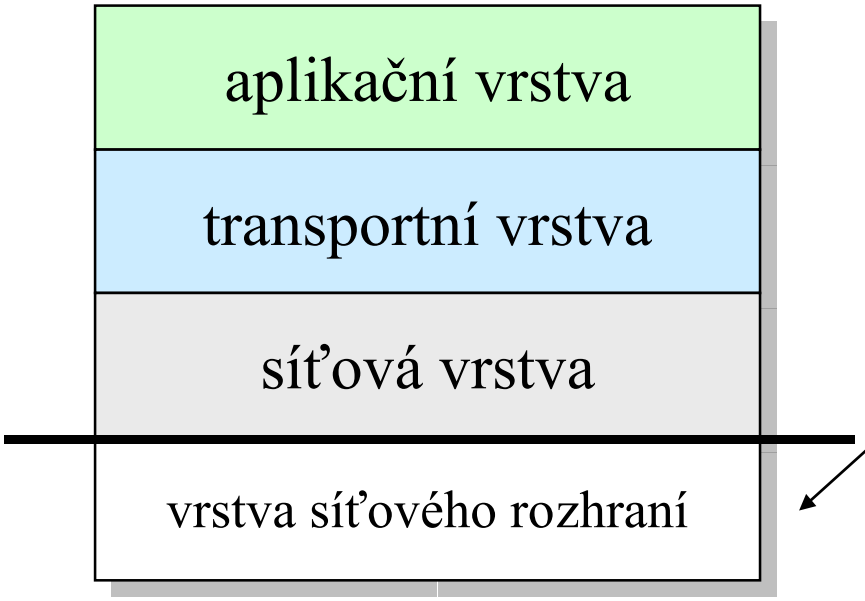


- TCP/IP je řešeno tak, aby:
  - šlo snadno připojovat dříve samostatné sítě
  - bylo možné propojit i sítě fungující na různých (odlišných) linkových technologiích
- postupným připojováním dalších sítí k zárodečnému ARPANETu vzniká vlastní Internet!!!
  - ještě později (1. polovina 90. let) se Internet otevírá komerčnímu světu

vrstvy TCP/IP



vrstva síťového rozhraní (Network Interface Layer)



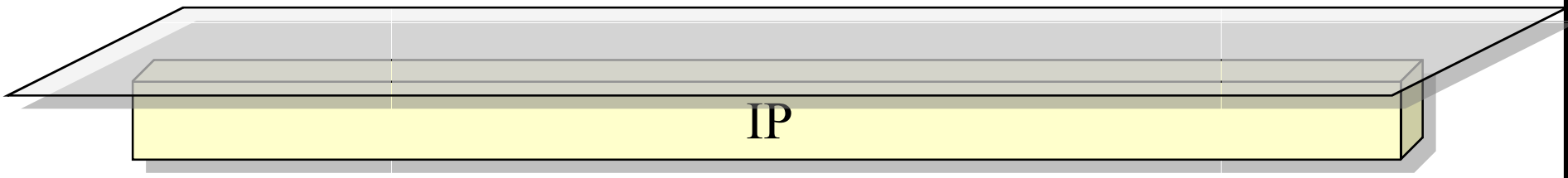
- zahrnuje „vše pod síťovou vrstvou“
- TCP/IP tuto vrstvu samo nijak nenaplňuje
  - tj. nespecifikuje svoje vlastní přenosové technologie na nejnižších vrstvách!!!!

- proč?
  - předpokládá, že zde se použije to, co vznikne někde jinde (mimo rámec TCP/IP), například:
    - Ethernet
    - Token Ring
    - ATM
  - nepovažuje za potřebné znovu vyvíjet řešení, která již existují a fungují
    - byť je vyvinul "někdo jiný"
  - TCP/IP se zabývá pouze tím, jak tyto již existující technologie co nejlépe využít
    - jak nad nimi provozovat protokol IP
    - výjimka: protokoly SLIP a PPP (pro 2-bodové spoje)

pro srovnání: RM ISO/OSI považuje za potřebné převzít "cizí" řešení a přijmout je jako vlastní standardy!!!

filosofie TCP/IP – síťová vrstva

- přenosové technologie (z vrstvy síťového rozhraní) mají svá specifika
  - různé způsoby adresování, různou velikost přenášených rámců, různých charakter poskytovaných služeb
- síťová vrstva všechny tyto přenosové technologie "zastřešuje"
  - vytváří nad nimi "pokličku"
- "pokličku" tvoří protokol IP
  - hlavní přenosový protokol síťové vrstvy v TCP/IP
- otázka:
  - jak má tato poklička vypadat?
    - jaký má být protokol IP?



dilema pokličky

Autoři TCP/IP se museli rozhodnout, zda:

– vytvoří jednotnou nadstavbu nad soustavou vzájemně propojených sítí

- přenosový protokol na úrovni síťové vrstvy (IP protokol), který bude mít všude stejné vlastnosti a poskytovat stejné služby
- stejné adresování
- ….

ano

ne

vyšší vrstvy mohou být jednotné, nemusí se zabývat odlišnostmi

– nebo zda nadstavba nebude všude stejná

- tj. protokol IP bude mít v různých sítích různé vlastnosti, resp. nabízet různé služby
- ….

ne

ano

umožňuje to dosahovat maximální možné efektivnosti, přizpůsobením se specifickým vlastnostem přenosových mechanismů

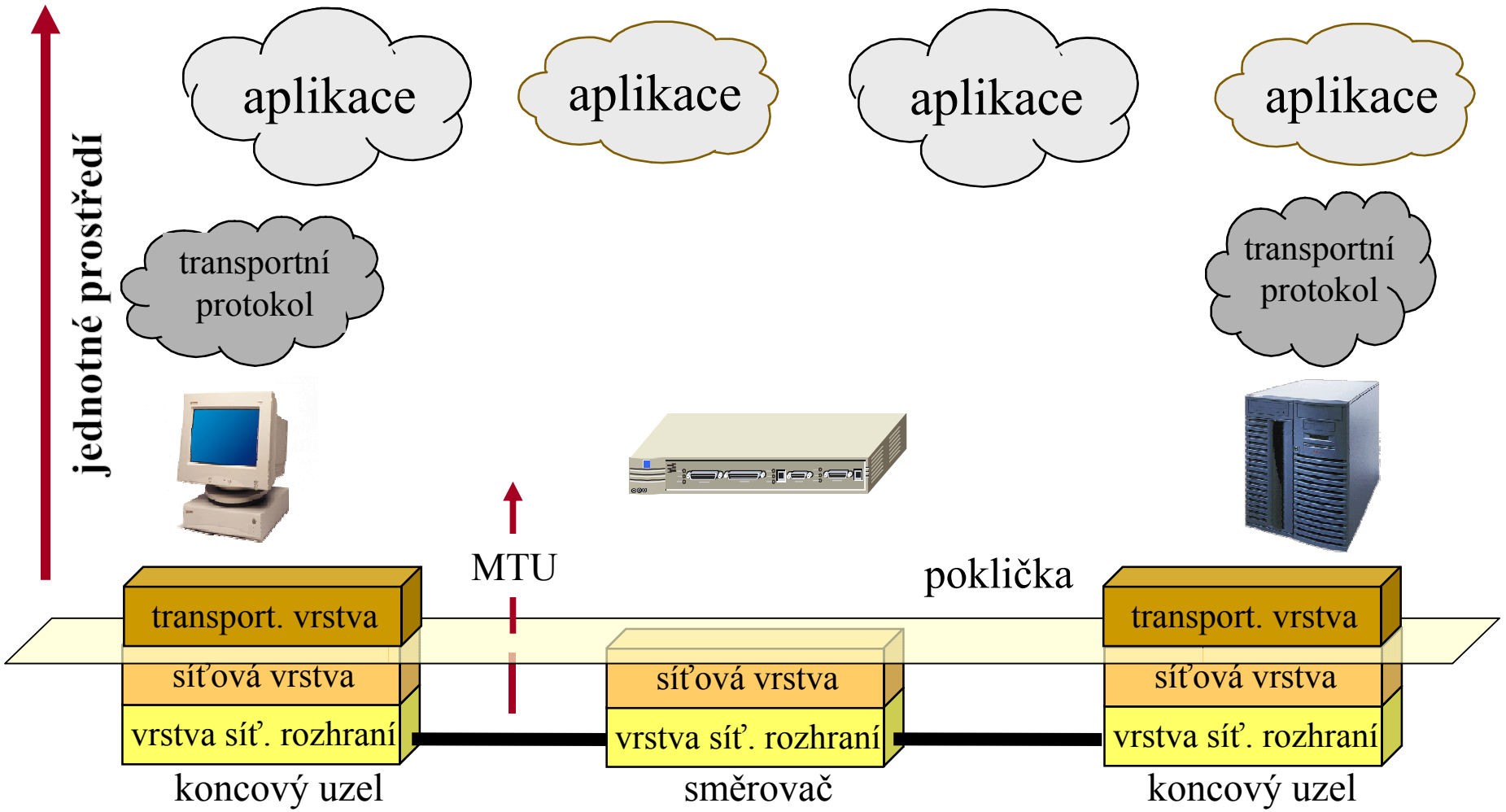
dilema pokličky – další otázky

- jak by měla vypadat "jednotná pokličkа" nad přenosovými protokoly nižších vrstev?
  - z hlediska adresování (charakteru a logiky používaných adres)?
  - z hlediska spojovaného/nespojovaného způsobu fungování?
  - z hlediska spolehlivého/nespolehlivého způsobu fungování
  - z hlediska garance kvality služeb?
- výchozí předpoklady/úvahy:
  - přenosová část by měla hlavně přenášet data
    - a ne se starat o další věci
  - je výhodnější, když inteligence bude soustředěna až do koncových uzlů
    - a nikoli do přenosové části sítě
  - řešení by mělo být decentralizované a maximálně robustní
  - řešení by mělo maximálně podporovat internetworking
  - …..

výsledek – zvolená koncepce

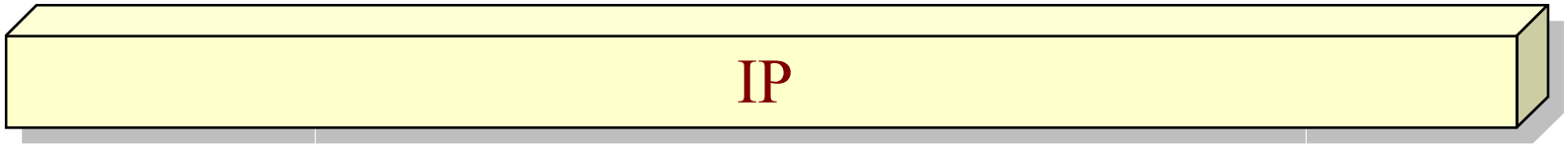
- autoři TCP/IP se rozhodli pro "jednotnou pokličku", která zastírá konkrétní specifika jednotlivých IP sítí
- fakticky jde o jednotnou nadstavbu, kterou tvoří:
  - přenosový **protokol IP**, který má všude stejné vlastnosti a všude poskytuje stejné služby
    - je nespojovaný, nespolehlivý, funguje na principu maximální snahy
  - jednotné adresování
    - virtuální 32-bitové adresy (nemají žádný reálný vzor), tzv. **IP adresy**
      - tyto adresy by měly vyhovovat "pohledu na svět", který má TCP/IP – že svět je tvořen dílčími sítěmi a hostitelskými počítači (a směrovači)
      - IP adresy mají "síťovou část", identifikující síť jako celek, a dále "uzlovou část", identifikující uzel v rámci sítě
  - převodní mechanismy, které překládají mezi fyzickými (linkovými) adresami a virtuálními IP adresami
    - protokoly ARP, RARP, ….
- existuje ale jedna výjimka:
  - IP protokol i vyšší vrstvy "vidí" maximální velikost linkového rámce (skrz parametr MTU, Maximum Transfer Unit) a měli by jej respektovat
    - tak aby nedocházelo ke zbytečné fragmentaci při přenosech

představa pokličky



dnešní stav: IP over Everything

- protokol IP (protokol síťové vrstvy) dokáže fungovat "nad čímkoli"
  - nad jakýmkoli přenosovým mechanismem, který dokáže (fyzicky) přenášet data
- protokolům vyšších vrstev vytváří jednotné prostředí pro jejich fungování



místní smyčka
(dial-up, ISDN, ADSL)

pronajaté okruhy

optická vlákna
IP over Lambda

+ další

GSM
(GPRS, HSCDS)

rozvody kabelové TV

rozvody 230 V

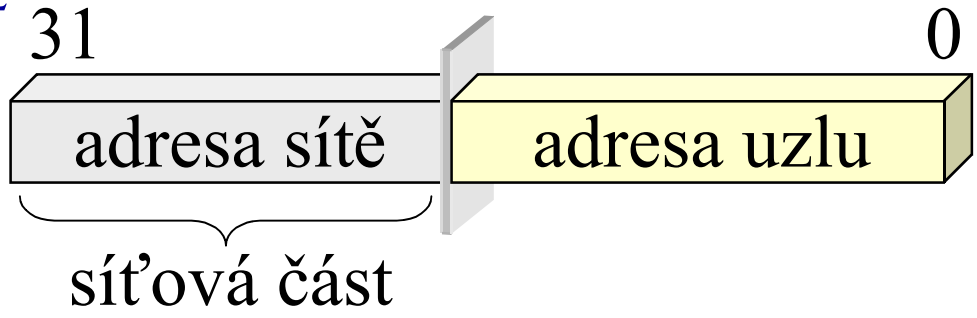
bezdrátové technologie

satelitní přenosy

ATM

IP adresy

- problém:
  - přenosové technologie nižších vrstev používají značně různorodé adresy
    - např. Ethernet používá 48-bitové adresy, ARCnet 8-bitové atd.
  - protokol IP nepřejímá žádnou a koncepcí adresování na úrovni nižších vrstev.
  - protokol IP zavádí vlastní (ryze abstraktní) adresy v rozsahu 32 bitů
    - tzv. IP adresy
    - nemají bezprostřední vzor v žádném systému adresování na nižší úrovni
- IP adresy jsou logicky dvousložkové
  - obsahují síťovou část
    - adresu dílčí sítě
  - a relativní část
    - relativní adresu uzlu v rámci sítě
- dvousložkový charakter vychází z představy tzv. katenetového modelu
  - směrování probíhá primárně podle síťové části adresy
    - a teprve v rámci cílové sítě podle (relativní) adresy uzlu

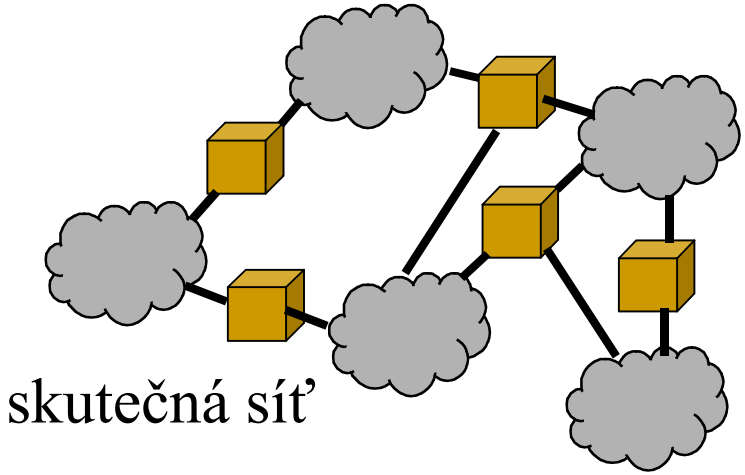


katenetový model

- TCP/IP předpokládá že "svět" je tvořen soustavou dílčích sítí
  - chápaných jako celky na úrovni síťové vrstvy, tzv. IP sítí
  - dílčí sítě jsou vzájemně propojeny na úrovni síťové vrstvy
    - pomocí směrovačů (dříve nazývaných IP Gateways, dnes: IP Routers)
  - toto propojení může být libovolné
    - může být stylem "každý s každým", nebo "do řetězce" apod.

"katenet" je "řetězec" – ten je podmínkou pro souvislost celé soustavy sítí

představa katenetu



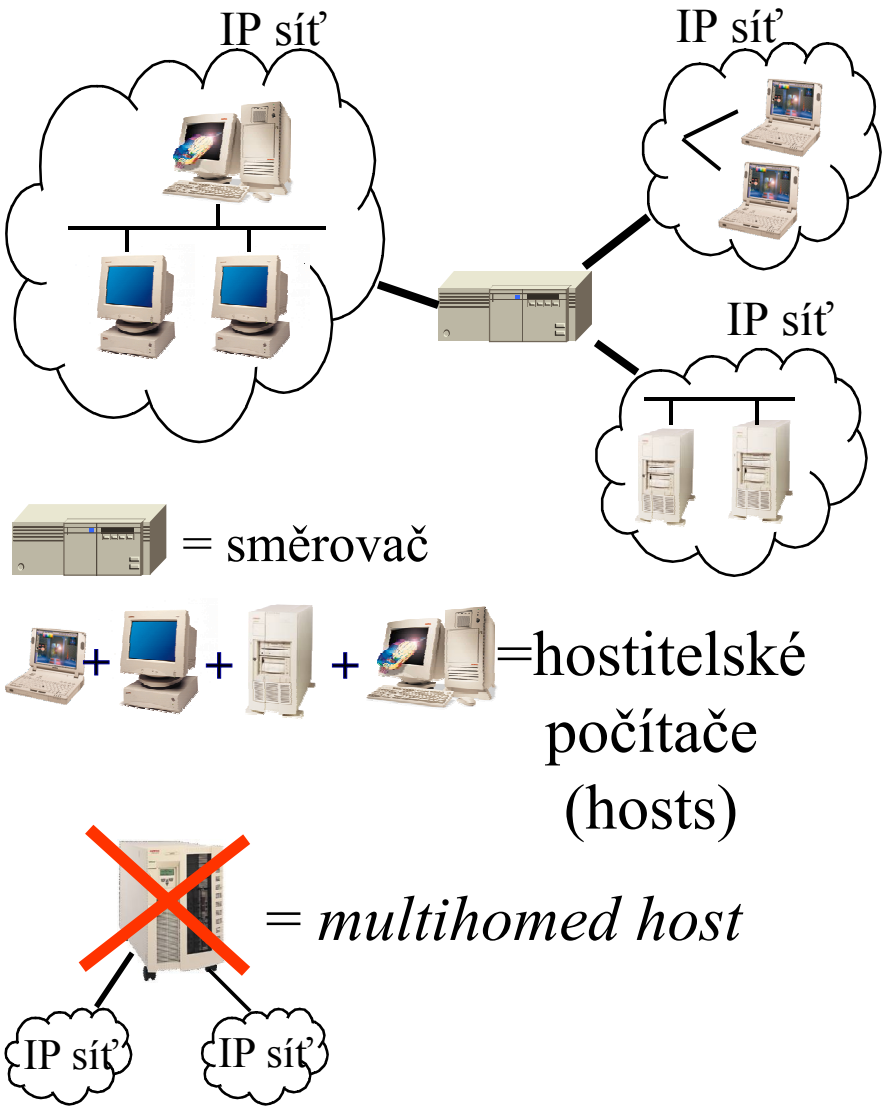
skutečná síť

= IP síť

= IP směrovač (router]

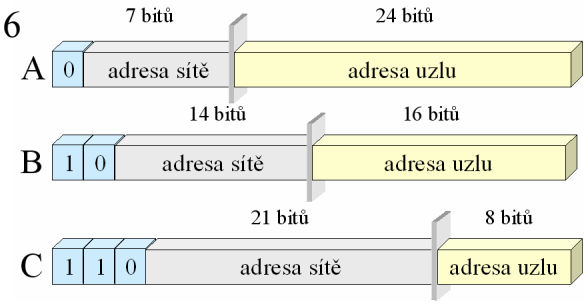
hostitelské počítače vs. směrovače

- TCP/IP předpokládá, dva typy uzlů v síti:
  - hostitelské počítače (**host computers**)
    - tj. koncové uzly, např. servery, pracovní stanice, PC, různá zařízení (tiskárny, …)
    - jsou připojeny jen do jedné IP sítě (mají jen jednu síťovou adresu)
  - směrovače (**IP Routers**)
    - jsou připojeny nejméně do dvou IP sítí
    - zajišťují "přestup" (směrování)
- teze:
  - každý uzel by měl mít přiřazenu celosvětově unikátní síťovou adresu
    - tzv. **IP adresu**
  - **přesněji**: každé rozhraní by mělo mít vlastní adresu
    - směrovač má nejméně 2 IP adresy (podle počtu svých rozhraní)



původní "hospodaření" s IP adresami

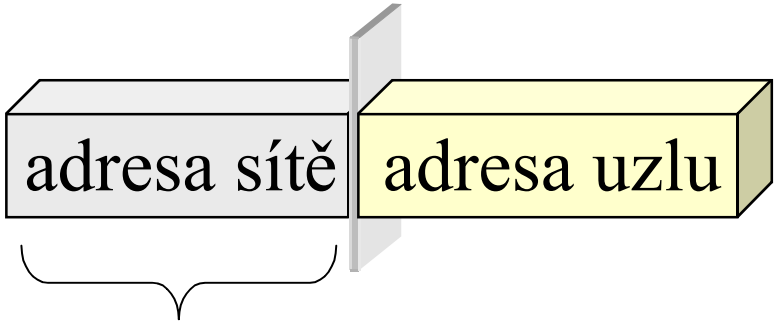
- autoři TCP/IP vyšli z předpokladu že bude existovat:
  - malý počet opravdu velkých sítí
    - vyžadují malou síťovou část, a naopak velkou část pro relativní adresu uzlu
  - střední počet středně velkých sítí
    - měly by mít srovnatelně velkou síťovou i relativní část
  - velký počet malých sítí
    - vyžadují velkou síťovou část, stačí jim malá část pro relativní adresy
- tomu uzpůsobili i velikost síťové části IP adresy
  - 3 možné varianty, 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



- (původní) způsob přidělování IP adres:
  - vždy se přidělila celá třída adres
  - např: 1x B:
    - fakticky 65536 (2^{16}) různých IP adres (se stejnou síťovou částí)
  - např. 1x C:
    - fakticky 256 (2^{8}) různých IP adres
  - pokud takto přidělené adresy nebyly využity, nešlo je už "vzít zpět" a přidělit někomu jinému!!
- důsledek: vedlo to k plýtvání IP adresami
  - příklad: když někdo chtěl 1000 IP adres, dostal 1xB (65 536 adres)
  - později: dostal 4-8x C (4-8x256 IP adres, ale to zase způsobovalo jiné problémy
    - se směrovacími tabulkami

problém s IP adresami

- původně navržený systém tříd A, B a C nepočítal s dnešní velkou poptávkou po IP adresách
  - docházelo k plýtvání IP adresami
    - nejmenší "kvantum" je 256 IP adres (1x třída C)
  - a ke značné roztříštěnosti přidělených IP adres
    - komplikace při směrování a udržování směrovacích tabulek
- začalo hrozit nebezpečí vyčerpání všech IP adres



tzv. CIDR prefix

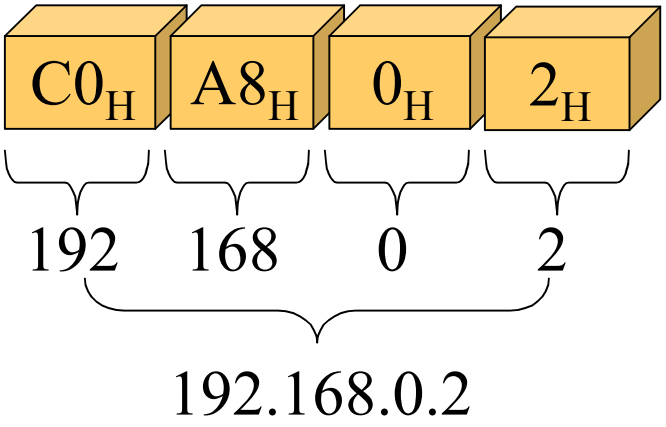
(říká, kolik bitů tvoří síťovou část)

- objevila se dočasná řešení, která zmírňují problém
  - subnetting
    - umožňuje "dále dělit" již jednou přidělené třídy IP adres
  - CIDR (Classless Inter-Domain Routing)
    - umožňuje přidělovat IP adresy po libovolně velkých kvantech (2^n)
  - privátní IP adresy
    - umožňují opakované použití stejných IP adres
    - například v privátní síti schované za firewallem
- vzniklo i definitivní řešení celého problému:
  - nová verze protokolu IP
    - IP verze 6, s IP adresami velikosti 128 bitů

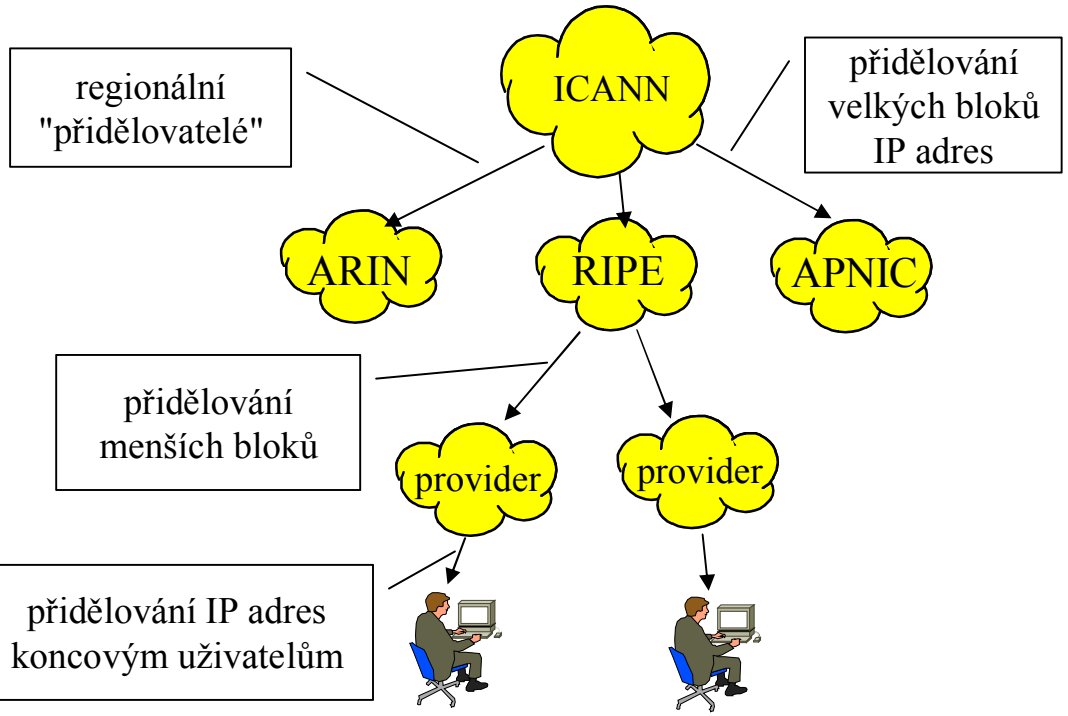
jedna z velmi mála zásadnějších změn v TCP/IP

IP adresy – distribuce a zápis

- IP adresy jsou 32-bitové
  - lze je 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



- původně:
  - IP adresy se koncovým uživatelům přidělovaly centrálně
    - bez ohledu na způsob jejich připojení
- dnes:
  - IP adresy přiděluje svým zákazníkům provider
    - IP adresy jsou závislé na způsobu připojení, při změně providera se musí měnit



filosofie TCP/IP – spolehlivost, nebo nespolehlivost?

- spolehlivá přenosová služba
  - když zjistí že nějaká data jsou poškozena/ztracena, považuje za svou povinnost postarat se o nápravu
    - typicky: vyžádá si nový přenos již jednou přenesených dat, v očekávání že opakovaný přenos již dopadne dobře
  - se zajištěním spolehlivosti je spojena určitá režie
    - přenosová režie: spotřebovává se další přenosová kapacita
    - časová režie: nějakou dobu to trvá, způsobuje to zpoždění v přenosu, nerovnoměrnosti v doručování
    - výpočetní režie: uzly musí mít dostatečnou inteligenci na zajištění všeho potřebného
- nespolehlivá přenosová služba
  - sama z vlastní iniciativy nezpůsobuje žádná poškození/ztráty dat
    - vyvíjí maximální snahu o korektní přenos
  - jakmile ale zjistí, že došlo k nějaké chybě/poškození/ztrátě, nepovažuje za svou povinnost postarat se o nápravu
    - předpokládá, že pokud bude náprava zapotřebí, postará se o ni někdo jiný
      - vyšší vrstvy
    - má právo zahodit poškozená data (ignorovat ztrátu) a pokračovat dál
  - není s tím spojena žádná režie
    - je to rychlé, efektivní …

filosofie TCP/IP – protokol IP

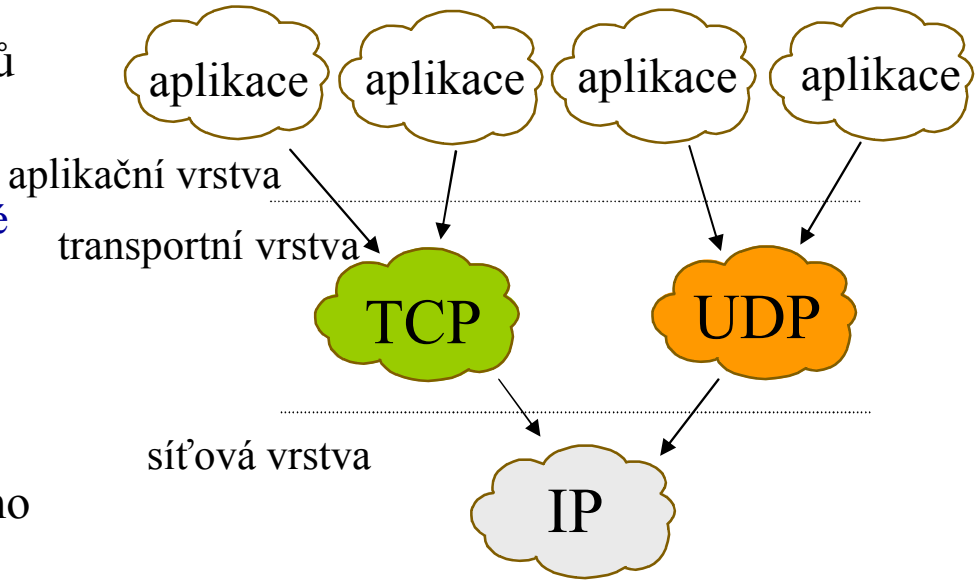
- otázka:
  - má IP fungovat spolehlivě, nebo nespolehlivě?
- výchozí úvaha:
  - přenosová část by měla hlavně přenášet data
    - a ne se starat o další věci
  - je výhodnější, když si spolehlivost zajistí až koncové uzly
    - a nikoli přenosová část sítě
  - proč?
    - někdo (některé aplikace) nemusí spolehlivost potřebovat, a dá přednost rychlému a pravidelnému přenosu
    - protože k zajištění spolehlivosti je třeba výpočetní kapacita, a ta je lacinější v koncových uzlech než „uvnitř“ sítě
  - spolehlivost je vždy relativní (nikoli 100%), někomu by nemusela postačovat míra „zabudované“ spolehlivosti a musel by si ji zajišťovat sám a znovu
    - a to by bylo neefektivní, protože režie spojená se zajištěním spolehlivosti na každé vrstvě by se sčítala, či dokonce násobila!

- řešení v rámci TCP/IP:
  - přenosová část (síťová vrstva, protokol IP) funguje pouze nespolehlivě
  - mechanismy zajišťující spolehlivost jsou implementovány až v transportní vrstvě
    - ale jako volitelná možnost (tj. není povinnost je využívat!!!)
  - aplikace si mohou vybrat, zda chtějí spolehlivý či nespolehlivý přenos

protokol IP je
- nespolehlivý
- nespojovaný

filosofie TCP/IP – transportní vrstva

- řeší komunikaci koncových účastníků (end-to-end communication)
  - sama využívá nespojovaný a nespolehlivý přenos na úrovni síťové vrstvy
- sama alternativně nabízí:
  - spojovaný a spolehlivý přenos
  - nespojovaný a nespolehlivý přenos
- aplikace si mohou vybrat dle vlastního uvážení!!!
  - protokol UDP (User Datagram Protocol)
    - zajišťuje nespojovaný a nespolehlivý přenos
    - je jen „lehkou nadstavbou“ nad síťovou vrstvou, nemění povahu přenosových služeb síťové vrstvy
  - protokol TCP (Transmission Control Protocol):
    - zajišťuje spolehlivý a spojovaný přenos
    - „tváří se“ jako proud (stream), který přenáší jednotlivé byty



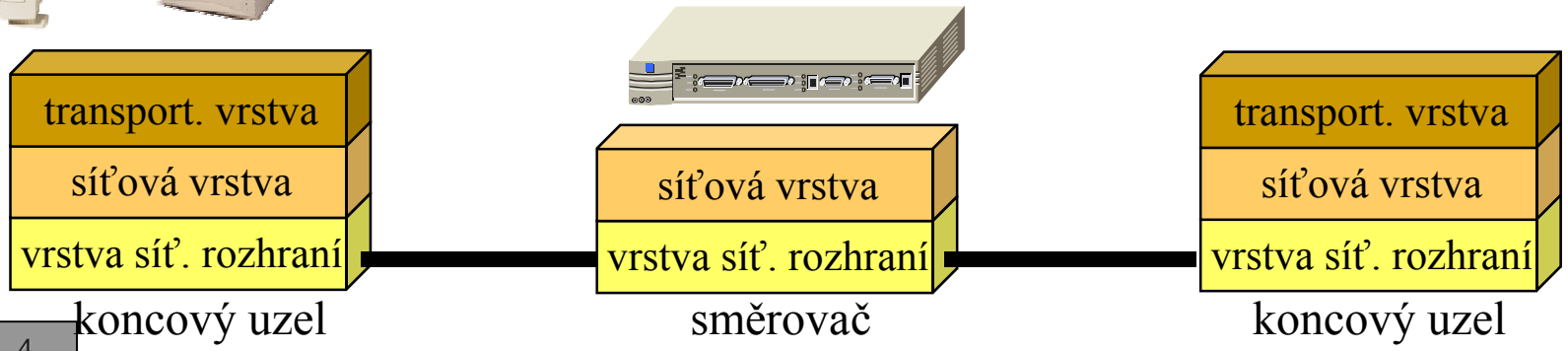
SMTP FTP Telnet HTTP RPC rlogin … DNS SNMP TFTP BOOTP DHCP RPC NFS XDR …

TCP | **UDP**

jiný pohled na spolehlivost

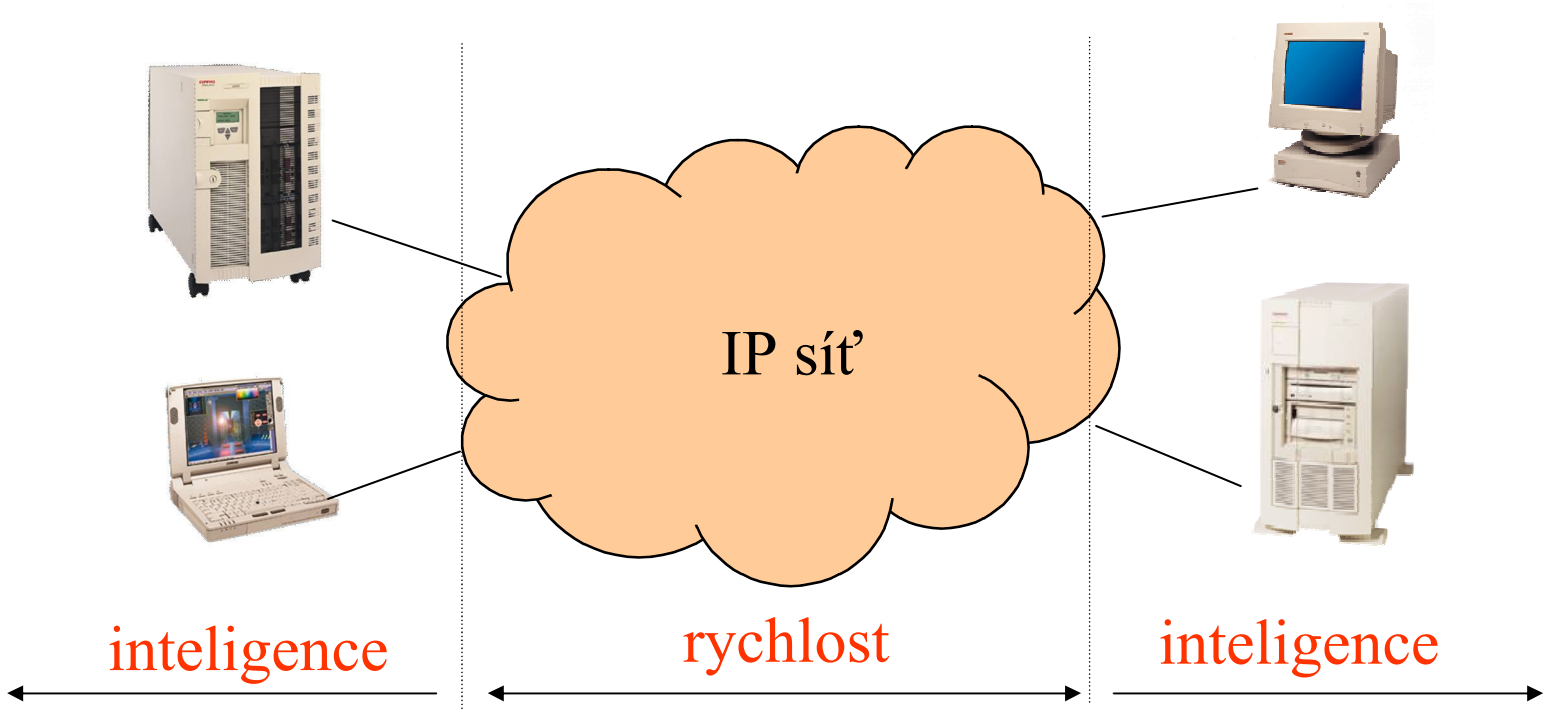
- způsob zajištění spolehlivosti je také o tom, kde v síti má být umístěna "inteligence"
  - výpočetní kapacita, logika implementující zajištění spolehlivosti
    - připomenutí: síťová vrstva je ještě ve všech uzlech, transportní již jen v koncových uzlech

- ISO/OSI:
  - inteligence má být v síti
    - spolehlivost musí být řešena na úrovni síťové vrstvy
      - inteligence je ve směrovačích
      - je to drahé a nepružné
    - nedává to možnost výběru
- TCP/IP:
  - inteligence má být v koncových uzlech
    - spolehlivost je řešena až v transportní vrstvě
      - je to lacinější, pružnější
    - umožňuje to, aby si aplikace vybíraly zda spolehlivost chtějí či nechtějí



hloupá síť vs. chytré uzly

- jiná interpretace:
  - přenosová část sítě (IP síť) má být "hloupá"
    - ale efektivní, má co nejrychleji a nejefektivněji plnit své základní úkoly
  - "chytré" mají být koncové uzly
    - inteligence má být soustředěna do koncových uzlů

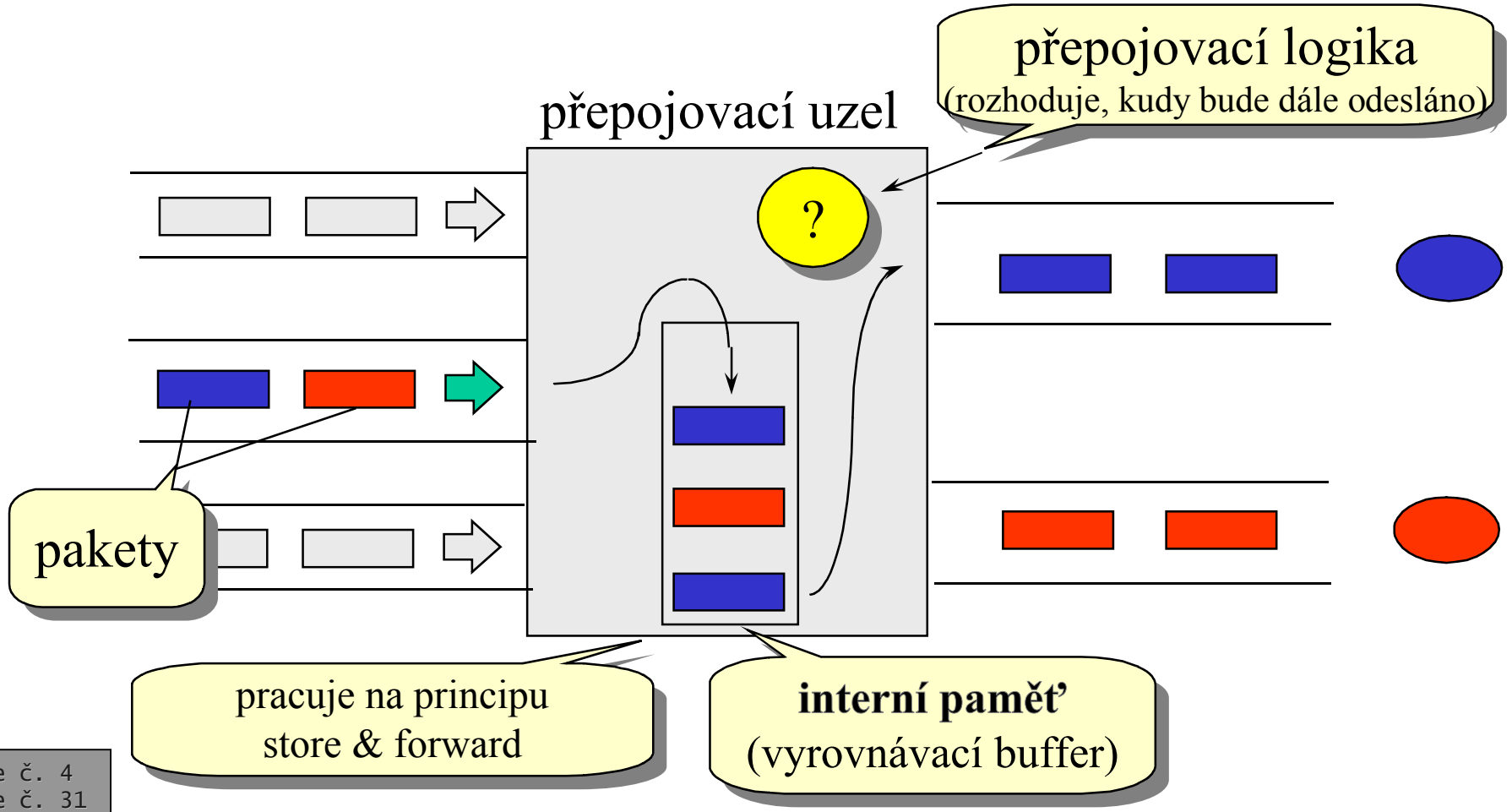


princip maximální snahy

- anglicky"best effort"
  - přenosová část sítě se maximálně snaží vyhovět všem požadavkům, které jsou na ni kladeny
  - pokud se jí to nedaří, má právo krátit požadavky (limitovat, ignorovat je, nevyhovět jim, …)
    - např. pozdržet přenášené pakety do doby, než je bude moci zpracovat
    - může i zahazovat pakety, které vůbec nedokáže zpracovat
  - dělá to rovnoměrně vůči všem požadavkům
    - "měří všem stejně", nepracuje s prioritami
- je to celková filosofie TCP/IP
  - je praktickým důsledkem použití paketového přenosu a přístupu ke spolehlivosti
- alternativa:
  - garance služeb (QoS, Quality of Service)
    - QoS nabízí telekomunikační sítě
- výhoda:
  - sítě fungující na principu "best effort" jsou mnohem efektivnější (i ekonomicky) než sítě nabízející QoS
    - kdyby Internet poskytoval QoS, byl by mnohem dražší než dnes a méně rozvinutý
- nevýhoda:
  - vadí to multimediálním přenosům

příčina – princip paketového přenosu

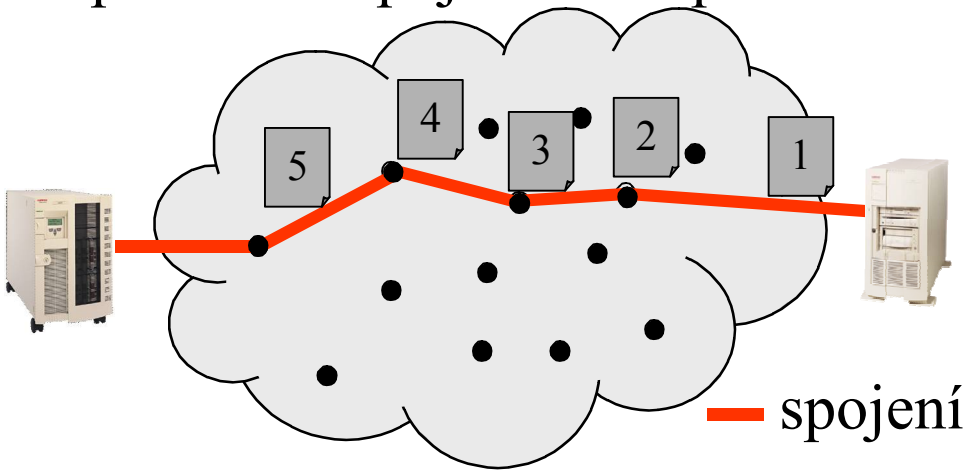
- problém: kapacita přepojovacího uzlů i "odchozích směrů" je omezena. Pokud součet požadavků překročí dostupnou kapacitu, má uzel právo zahazovat pakety které nedokáže zpracovat!!!!



filosofie TCP/IP - spojovanost nebo nespojovanost?

- spojovaný způsob přenosu
  - před samotným přenosem dat dojde k navázání spojení mezi příjemcem a odesilatelem
    - včetně vytyčení trasy spojení
    - všechna data pak cestují stejnou trasou
    - pořadí přenášených paketů se nemění
    - odesilatel má jistotu, že příjemce existuje a je ochoten přijímat data
    - v případě výpadku/změny topologie musí být spojení detekována změna, poté ukončeno existující spojení a navázáno nové

představa spojovaného přenosu



- je to výhodné pro nárazové přenosy větších objemů dat
- není to vhodné při častějších změnách v topologii či stavu sítě
  - kdy je nutné explicitně ošetřovat tyto změny
- jde o stavový způsob fungování
  - mění se stav komunikujících stran

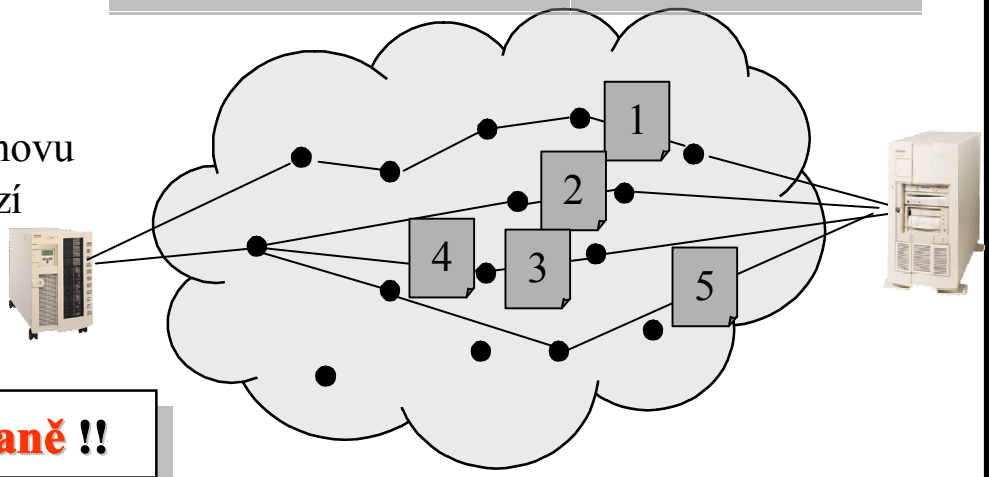
filosofie TCP/IP - nespojovanost

- nespojovaný způsob přenosu
  - datové pakety (tzv. datagramy) jsou přenášeny bez toho, že by se navazovalo jakékoli spojení s příjemcem
    - odesilatel ani neví, zda příjemce existuje a je ochoten data přijmout
  - každý paket (tzv. datagram) je přenášen samostatně, nezávisle na ostatních
    - vždy se pokaždé znovu hledá jeho cesta k cíli
      - provádí se tzv. směrování, vždy znovu v každém uzlu kudy paket prochází
    - není zaručeno pořadí doručování paketů

protokol IP funguje nespojovaně !!

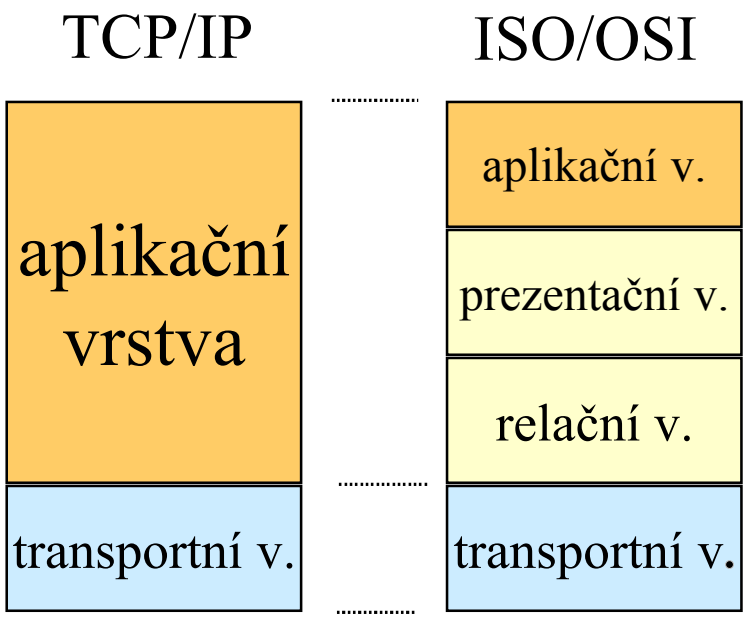
- je to výhodné tam, kde dochází k častějším změnám v síti
  - nebo je lze očekávat
- je to vhodnější pro méně intenzivní přenosy více rozložené v čase
  - kde se mohou více uplatnit změny v síti

protokol UDP funguje nespojovaně, TCP spojovaně (emuluje spojovaný způsob fungování) !!



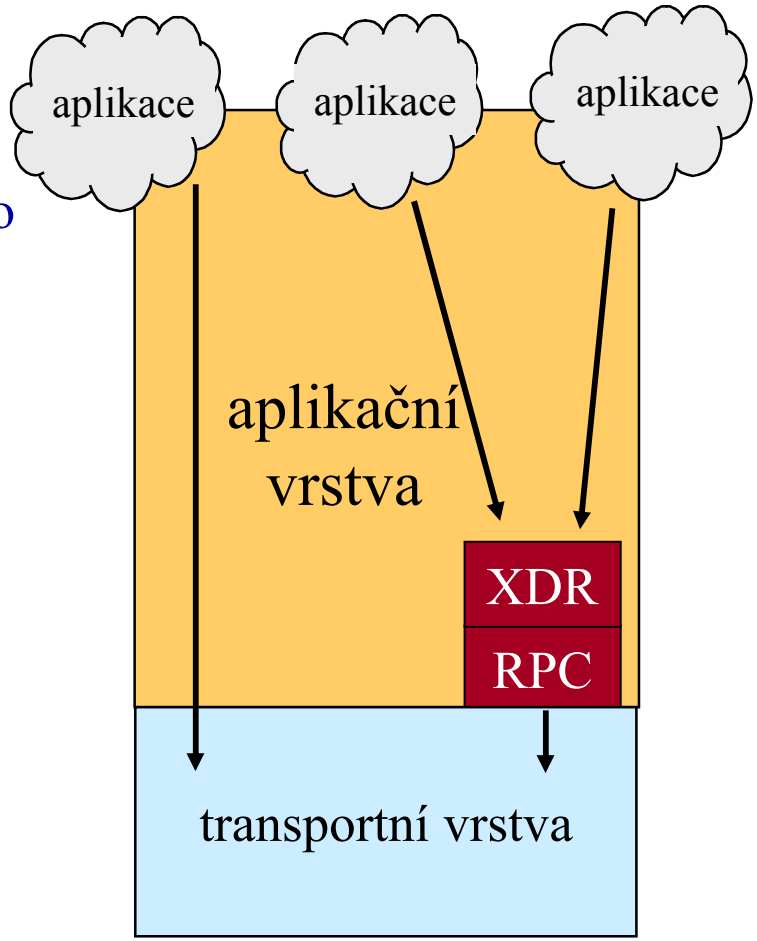
filosofie TCP/IP - sdílení mechanismů

- když se někde musí implementovat nějaké mechanismy, jak mají být řešeny?
  - například mechanismy pro vedení relací, konverze apod.
- RM ISO/OSI: tak, aby je měli všichni k dispozici
  - sdíleně, tj. jako samostatné vrstvy
    - a režii těchto mechanismů pak ponesou všichni (i ti, kdo je nepoužívají)
- TCP/IP: tak, aby režii nenesli ti, kdo je nechtějí používat
  - ne-sdíleně, tj. zabudovávají se přímo a pouze do těch aplikací, které je skutečně potřebují
    - režii nenese ten, kdo mechanismy nepotřebuje
- důsledek:
  - ISO/OSI má samostatnou prezentační a relační vrstvu
    - vychází z předpokladu že prezentační a relační služby budou potřebovat všechny aplikace
    - pak mají samostatné vrstvy smyl
  - TCP/IP nemá samostatné vrstvy
    - vychází z předpokladu, že prezentační a relační služby budou potřebovat jen některé aplikace
    - pak nemá smysl dělat samostatné vrstvy
    - aplikace, které tyto služby potřebují, si je musí realizovat samy



výjimka: RPC a XDR

- aplikační protokol NFS používá ke svému fungování prezentační a relační služby
  - protokol RPC (Remote Procedure Call) pro relační služby)
  - protokol XDR (eXternal Data Representation) pro prezentační služby
- tyto protokoly jsou implementovány jako vícenásobně využitelné
  - jako samostatné moduly, jejichž služby může využívat každá aplikace která chce
    - a naopak nemusí ta aplikace, která nechce (a v tom případě nenese jejich režii !!!!)

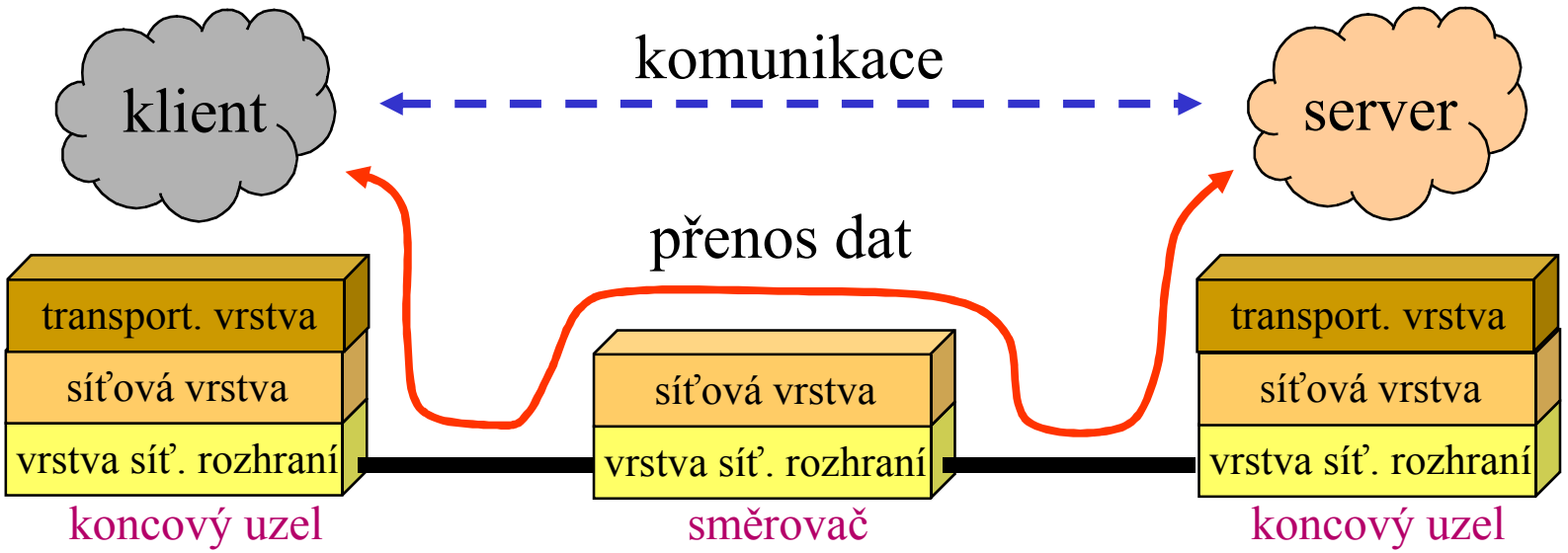


aplikace v TCP/IP

- původně:
  - elektronická pošta (SMTP, RFC 822)
  - přenos souborů (FTP)
  - vzdálené přihlašování(TELNET, rlogin)
    - těmto aplikacím dobře vyhovovalo fungování sítě "na principu maximální snahy, ale nezaručeného výsledku"
- později se objevily a prosadily nové aplikace:
  - news
  - sdílení souborů (NFS)
  - Web (HTML, HTTP, ….)
  - on-line komunikace (IRC, chat, ..)
    - pro tyto aplikace princip "maximální snahy" není optimální, ale ještě postačuje, důležitá je hlavně disponibilní přenosová kapacita
- dnes se prosazují také aplikace "multimediálního" charakteru, např.:
  - VOIP (Voice over IP)
    - internetová telefonie, "hlas přes IP"
  - VOD (Video on Demand)
    - přenos obrazu na vyžádání
  - audio on demand
  - "živé vysílání"
    - TV a rozhlasu
  - on-line hry
  - …..
    - pro tyto aplikace je princip "maximální snahy" velmi nevhodný, potřebovaly by zajistit kvalitu služby (QoS)

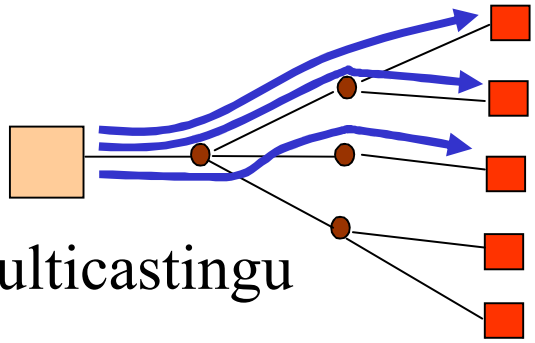
aplikace v TCP/IP

- prakticky všechny aplikace v rámci TCP/IP jsou založeny na architektuře client/server
  - servery poskytující "veřejné" služby jsou dostupné na tzv. dobře známých portech (well-known ports)
  - přenosové mechanismy TCP/IP jsou uzpůsobeny komunikaci stylem 1:1 (mezi 1 serverem a 1 klientem)

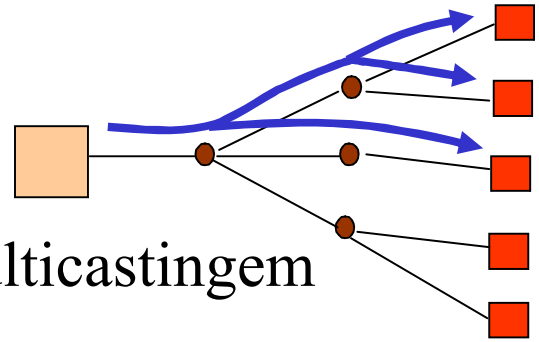


problém distribučních aplikací

- s postupem času se objevily i takové aplikace, pro které je fungování přenosových mechanismů TCP/IP principiálně nevhodné
- "distribuční služby" = videokonference, vysílání rozhlasu a TV, ….
  - potřebují dopravovat stejná data od 1 zdroje k více příjemcům současně
    - tzv. **multicasting** (event. broadcasting)
  - přenosové mechanismy TCP/IP to neumí !!!
    - přenosové mechanismy počítají s přenosem 1:1 (od jednoho zdroje k jednomu příjemci)
    - pokus: služba MBONE (nepříliš úspěšná)
    - řeší se až v rámci IPv6 a IP Multicast Initiative



bez multicastingu



s multicastingem

problém multimediálních aplikací

- potřebují dostávat svá data:
  - s malým zpožděním (latence)
  - s pravidelným zpožděním (jitter)
    - s pravidelnými odstupy mezi sebou
- týká se to například přenosu živého obrazu či zvuku
  - aplikace VOIP, TV vysílání, rozhlas, video-on-demand
- problém je s fungováním přenosových mechanismů TCP/IP na principu "*maximální snahy, ale nezaručeného výsledku*"
  - byla by zapotřebí podpora QoS (kvality služeb)
    - QoS je v zásadě "protipólem" principu maximální snahy
- možná řešení:
  - "**kvantitativní**": zvyšování disponibilní kapacity
    - fungování na principu "maximální snahy …" zůstává
    - zlepšení je statistické
      - je menší pravděpodobnost, že bude muset dojít ke krácení požadavků
    - týká se:
      - přenosových kapacit (tj. linek)
      - "přepojovacích kapacit" (směrovačů, switchů)
  - "**kvalitativní**": zavedení podpory QoS
    - fungování na principu "maximální snahy …" je nahrazeno jiným způsobem fungování
    - zlepšení je garantované
      - ale drahé a obtížné

QoS v TCP/IP – možné přístupy

- prioritizace
  - různým druhům přenosů se přiřadí různé priority a je s nimi nakládáno odlišně
    - přenosy s vyšší prioritou dostávají "kvalitnější obsluhu" (a příděl zdrojů) na úkor přenosů s nižší prioritou
  - příklady řešení:
    - DiffServ (Differentiated Services)
    - MPLS (MultiProtocol Label Switching)
- rezervace
  - pro potřebu konkrétních přenosů si lze vyhradit (rezervovat) požadované zdroje a ty pak využívat
    - týká se i vyhrazení přenosové kapacity, přepojovací kapacity atd.
  - příklady řešení:
    - IntServ (Integrated Services)
    - RSVP (Resource Reservation Protocol)
      - zajišťuje "vyhrazení" zdrojů na úrovni síťové vrstvy, na úkor protokolu IP

podporu QoS lze poskytovat:

- "per flow": pro každý jednotlivý jednosměrný tok dat mezi dvěma aplikacemi
- "per aggregate": pro celé skupiny toků

problém bezpečnosti

- přenosové mechanismy TCP/IP neposkytují žádné zabezpečení
  - nebylo to "v původním zadání"
  - přenášená data nejsou žádným způsobem chráněna proti "odposlechu"
    - nejsou šifrována ani jinak kódována či chráněna
  - nejsou ani chráněna proti ztrátě
    - u nespolehlivých přenosů
- předpoklad:
  - pokud nějaká aplikace potřebuje určitou míru zabezpečení, musí si ji zajistit sama
- jde o stejný "kompromis" jako u spolehlivosti:
  - buďto poskytnout zabezpečení všem (i těm kteří jej nepotřebují), nebo si jej bude muset každý zájemce udělat sám
    - teze: přenosové mechanismy by měly hlavně přenášet data, ne se starat o další funkce …
- důsledek:
  - přenosová infrastruktura je jednodušší, rychlejší a také lacinější
    - oproti stavu, kdy by fungovala zabezpečeným způsobem
- praxe:
  - zabezpečení se řeší na aplikační úrovni
- IPSEC:
  - framework (rámec) pro zajištění bezpečnosti na úrovni síťové vrstvy

IPv6, mobilita

- IPv6
  - řeší problém nedostatku IP adres
    - pracuje se 128-bitovými adresami
  - podporuje řadu dalších vlastností/funkcí
    - např. QoS
    - zabezpečení
    - autokonfigurace
    - směrování (source routing, …)
    - místo broadcastu má multicast a anycast
- mobilita
  - IP adresy nejsou "mobilní"
    - nelze je přenášet mezi sítěmi
- řešení mobility:
  - přidělení nové IP adresy v nové síti
    - DHCP atd.
  - skrze agenty a tunely
    - "na původním místě" zůstane agent, který vše přeposílá "skrze tunel" tam, kde se uzel právě nachází
  - je vůbec mobilita zapotřebí?

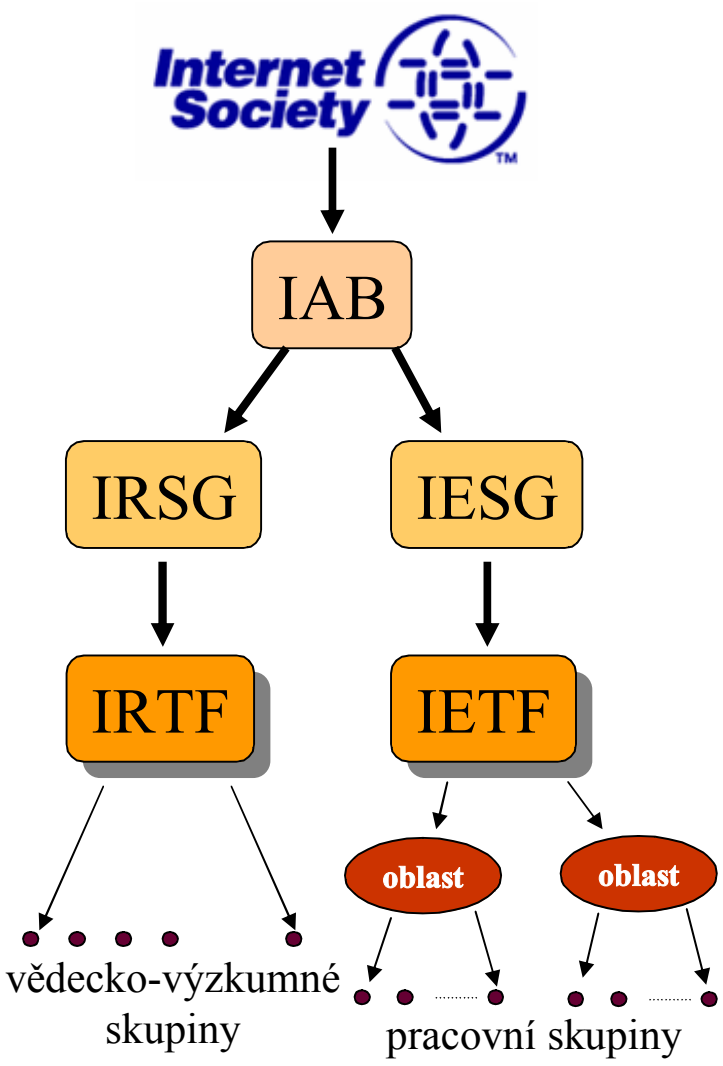
filosofie "vývoje" TCP/IP

- schopnosti služeb a přenosových protokolů TCP/IP se vyvíjí stylem "od jednoduššího ke složitějšímu"
  - postupným zdokonalováním
  - začíná se s minimem funkcí, teprve postupně se přidávají další schopnosti a vlastnosti, pokud se ukáže jejich potřeba a realizovatelnost
- tomu je přizpůsoben i standardizační proces – než se něco stane standardem, musí to prokázat
  - reálnou implementovatelnost
    - alespoň 2 nezávislé implementace
  - funkceschopnost
    - musí existovat provozní zkušenosti s pilotním nasazením
- příklad: elektronická pošta
  - vznikla jako jednoduchá služba pro přenos čistě textových zpráv
  - postupně byla obohacena o další možnosti (přílohy, formátování, národní abecedy atd. – standard MIME)

standardizace TCP/IP

- standardy TCP/IP jsou skutečně otevřené
  - i když nikdo pořádně neví, co to přesně znamená
  - nejsou „v rukou“ jediné firmy
  - vznikají (jsou přijímány) na základě všeobecného konsensu
- specifikace těchto protokolů jsou veřejným vlastnictvím
  - za jejich využití se neplatí žádné licenční poplatky
  - texty specifikací mají povahu volně šiřitelných dokumentů (dokumentů RFC)
- technická řešení, která jsou předmětem standardů, vznikala původně v rámci „sdružení“ IETF (Internet Engineering Task Force)
  - dosti volné společenství odborníků, zainteresovaných na vývoji TCP/IP
- dnes tato řešení vznikají u komerčních firem, které je předkládají ke standardizaci
  - snaží se je prosadit jako internetový standard
  - IETF je nyní pouze posuzuje a vybírá mezi nimi

standardizační orgány pod ISOC



- ISOC: (http://www.isoc.org)
  - zastřešuje, reprezentuje vůči jiným organizacím a orgánům
- IAB: (http://www.iab.org)
  - řídí standardizační práci, přijímá strategická rozhodnutí, formálně vydává dokumenty RFC
- IESG,IRSG:
  - "Steering Groups", řídí práci IETF a IRTF, které mají velmi "volnou organizaci"
    - "vnáší řád do chaosu" (kompenzují to, že samotné IETF a IRTF nemají žádné řádné formální členství ….)

shrnutí standardizačního procesu

http://www.isoc.org

- standardy vydává ISOC
  - formálně IAB
- ISOC nemá statut standardizační organizace
  - její standardy nemají statut standardů **de jure**
  - jde o standardy **de facto**
    - přesto jsou v praxi velmi důsledně dodržovány
  - standardy týkající se TCP/IP jsou publikovány formou dokumentů RFC (STD)

http://www.w3c.org

- výjimkou jsou standardy týkající se WEB-u
  - např. k HTML, XML, CSS, PICS, PNG
  - ty vydává konsorcium W3C jako svá doporučení
    - candidate recommendation
    - proposed recommendation
    - recommendation
  - je dohoda o tom, že relevantní doporučení W3C budou publikovány též jako dokumenty RFC

srovnání TCP/IP a RM ISO/OSI

- ISO/OSI a jeho součásti vznikají stylem „od složitého k jednoduššímu“
  - nejprve se požaduje hodně, a pak se musí ubírat
  - vznikají problémy s kompatibilitou „podmnožin“
- k přijetí standardu není nutné ověření praktické realizovatelnosti
- standardy ISO jsou prodávány a jsou opravdu hodně drahé
  - uplatňuje se strategie: *„chci abys dodržoval moje standardy, a musíš mi nejprve hodně zaplatit, abych ti vůbec řekl v čem spočívají“*
  - výsledek tomu odpovídá ☹

- TCP/IP vzniká stylem „od jednoduchého ke složitějšímu“
  - nejprve se přijme jednodušší řešení, pak se ev. přidává
  - existuje záruka kompatibility alespoň na úrovni „společného minima“
- pro přijetí standardu je nutné ověření praktické realizovatelnosti
  - dokonce i praktické provozní zkušenosti
- standardy TCP/IP (i související dokumenty) jsou dostupné volně a zdarma
  - uplatňuje se strategie: *„když chci něco prosadit, musím k tomu maximálně usnadnit přístup“*
  - tato strategie funguje ☺