



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



Lekce 4: Rodina protokolů TCP/IP

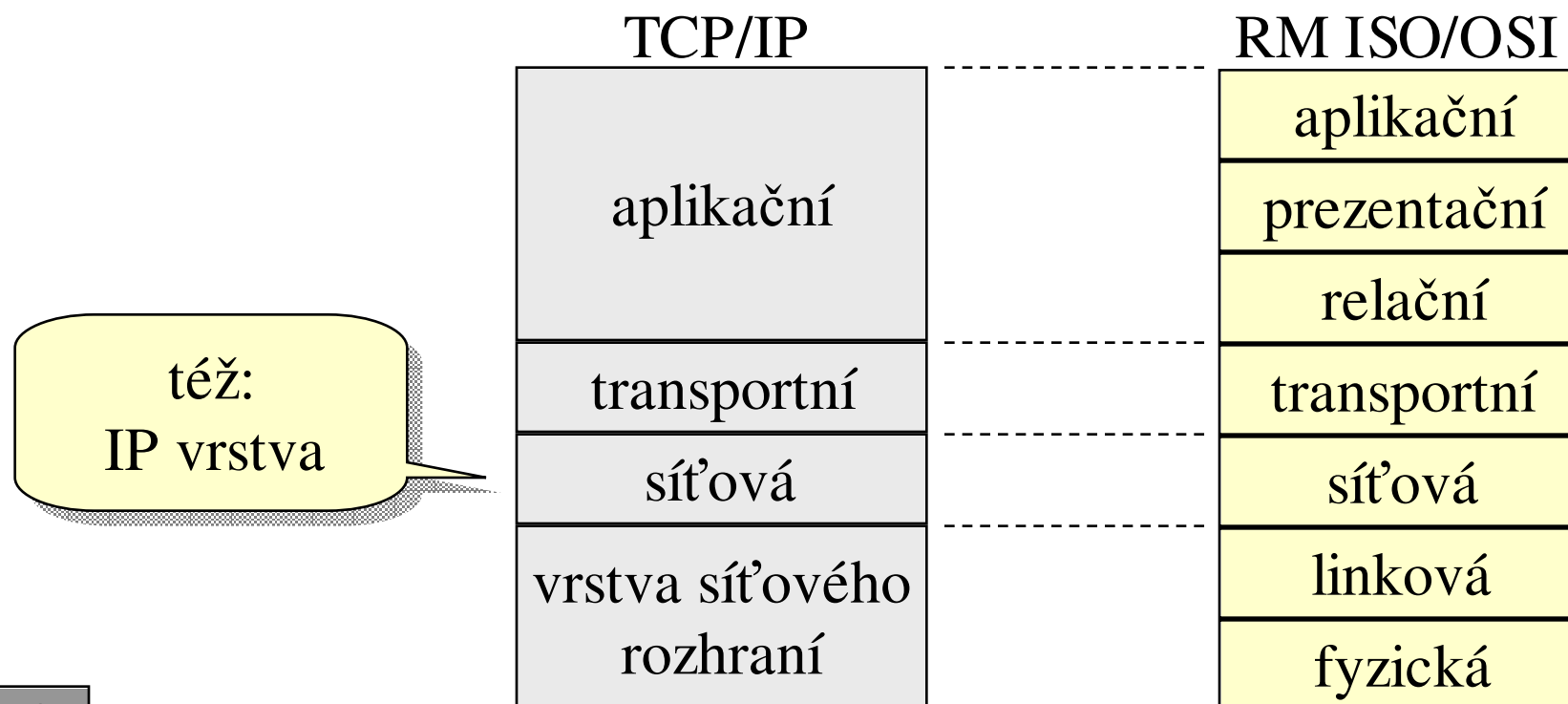
Jiří Peterka, 2005

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?

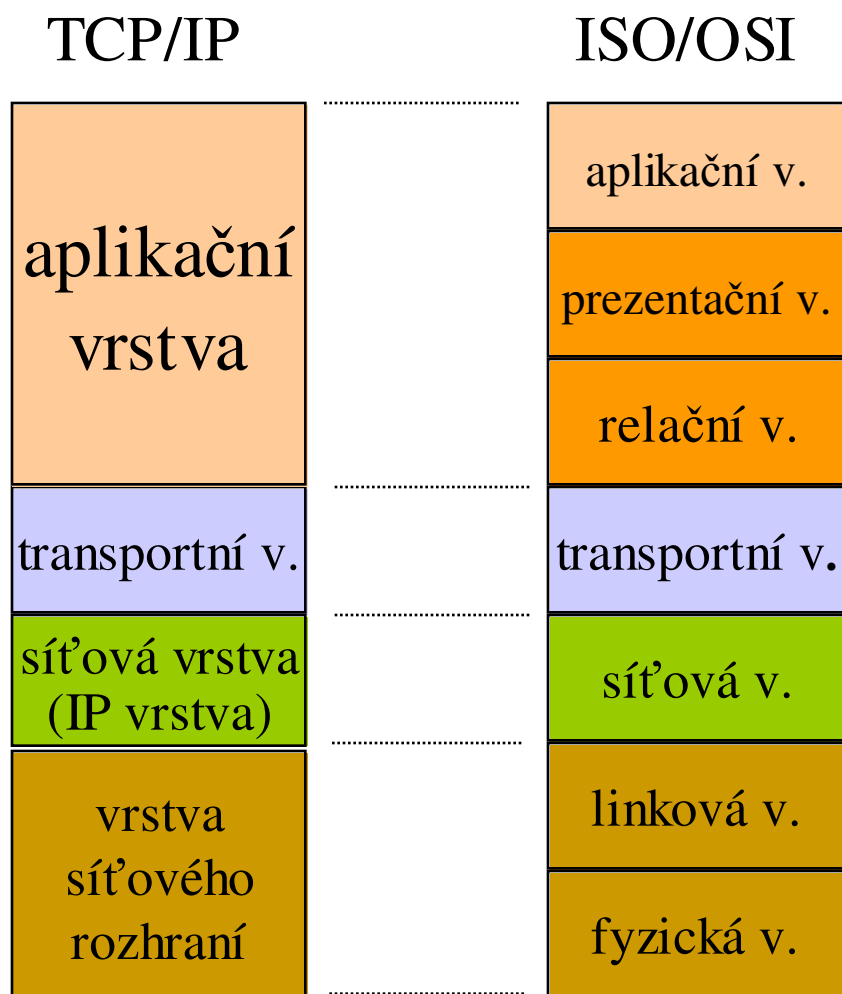
- síťová architektura:
 - obsahuje ucelenou představu o počtu a úloze vrstev
 - obsahuje i konkrétní protokoly
- obvyklé označení:
 - **TCP/IP protocol suite**
(rodina protokolů TCP/IP)
 - součástí je více jak 100 protokolů
- postup vzniku:
 - nejprve: protokoly
 - teprve potom: vrstvy
 - TCP/IP vzniklo 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) přenosovou 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/nespoolehlivost, spojovanost/nespojovanost, princip maximální snahy vs. garance kvality služeb, ...
 - zda má být ponechána možnost volby
 - mají aplikace právo si vybrat např. mezi spolehlivým a nespoolehlivým 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 vznikl zejména v akademickém prostředí



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 ...

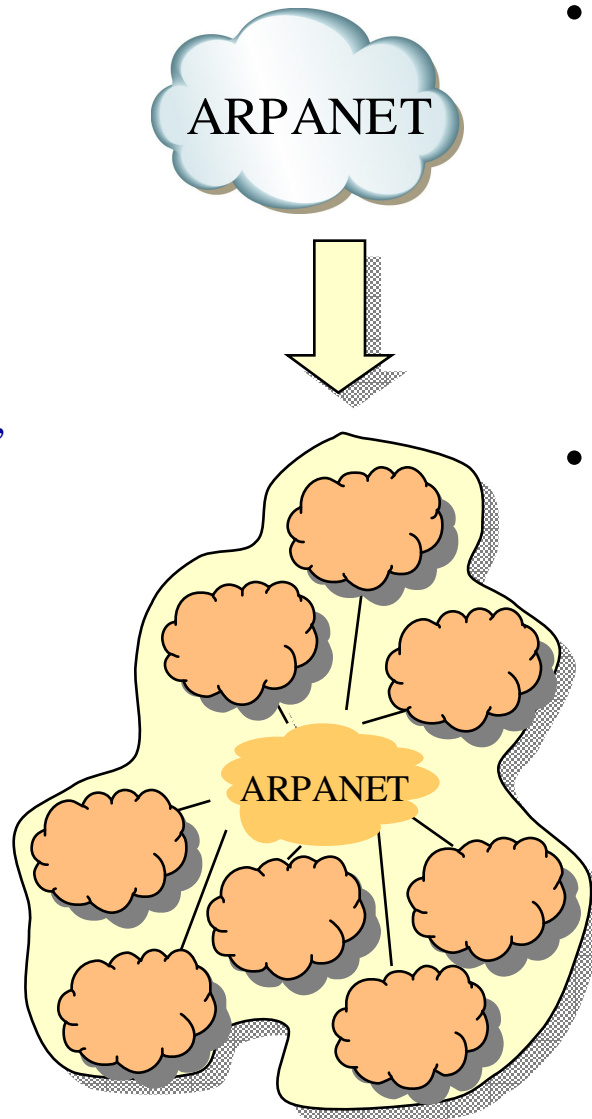
přibližně ve stejné době vzniká i RM ISO/OSI

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

aplikační vrstva

jednotné (základy) aplikací
(email, přenos souborů, remote login ...)

transportní vrstva

jednotné transportní protokoly
(TCP a UDP)

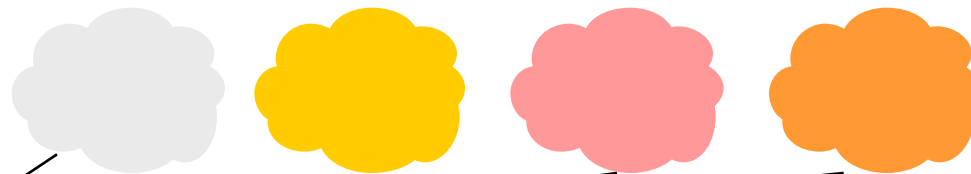
síťová vrstva

jednotný přenosový protokol (IP)

TCP/IP definuje

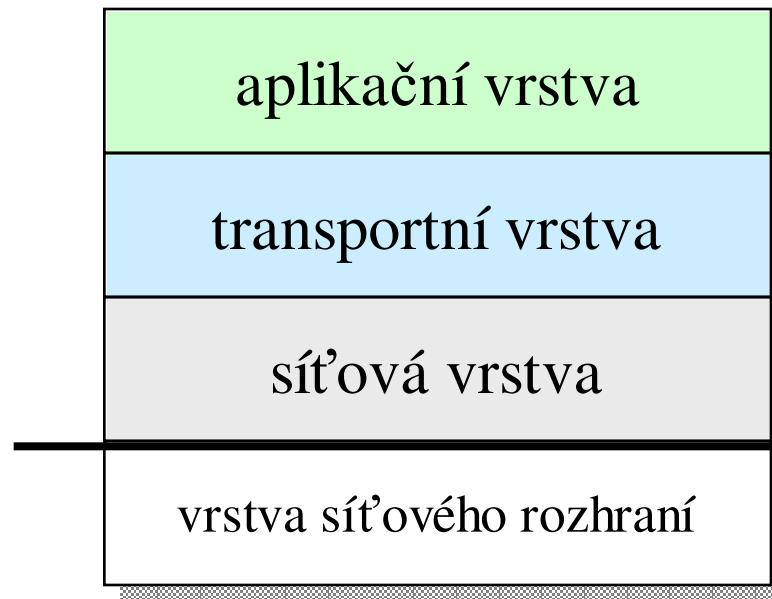
vrstva síťového
rozhraní

TCP/IP nedefinuje



různé sítě a přenosové
technologie

Vrstva síťového rozhraní (Network Interface Layer)



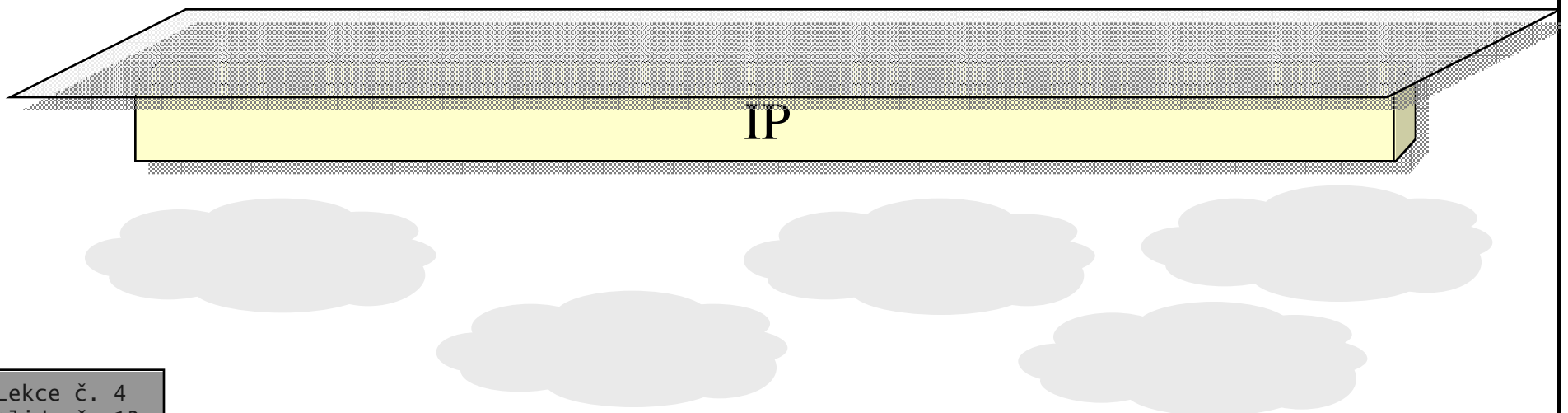
- zahrnuje „vše pod síťovou vrstvou“
- TCP/IP tuto vrstvu samo nijak nenaplňuje
 - tj. nespécifikuje svoje vlastní přenosové technologie na nejnižších vrstvách!!!!

- 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
-

↑ ano
ne

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

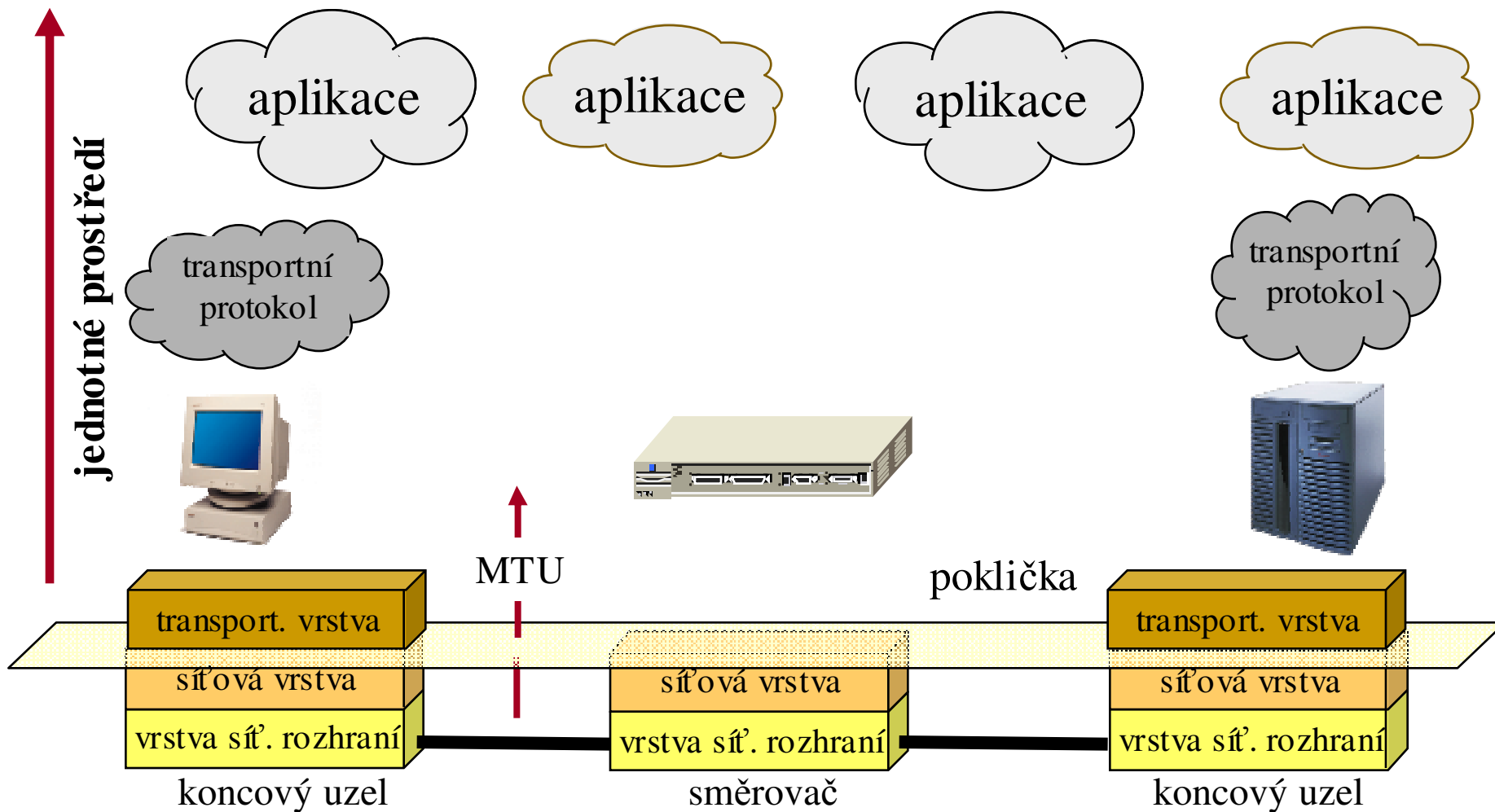
dilema pokličky – další otázky

- jak by měla vypadat "jednotná poklička" 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

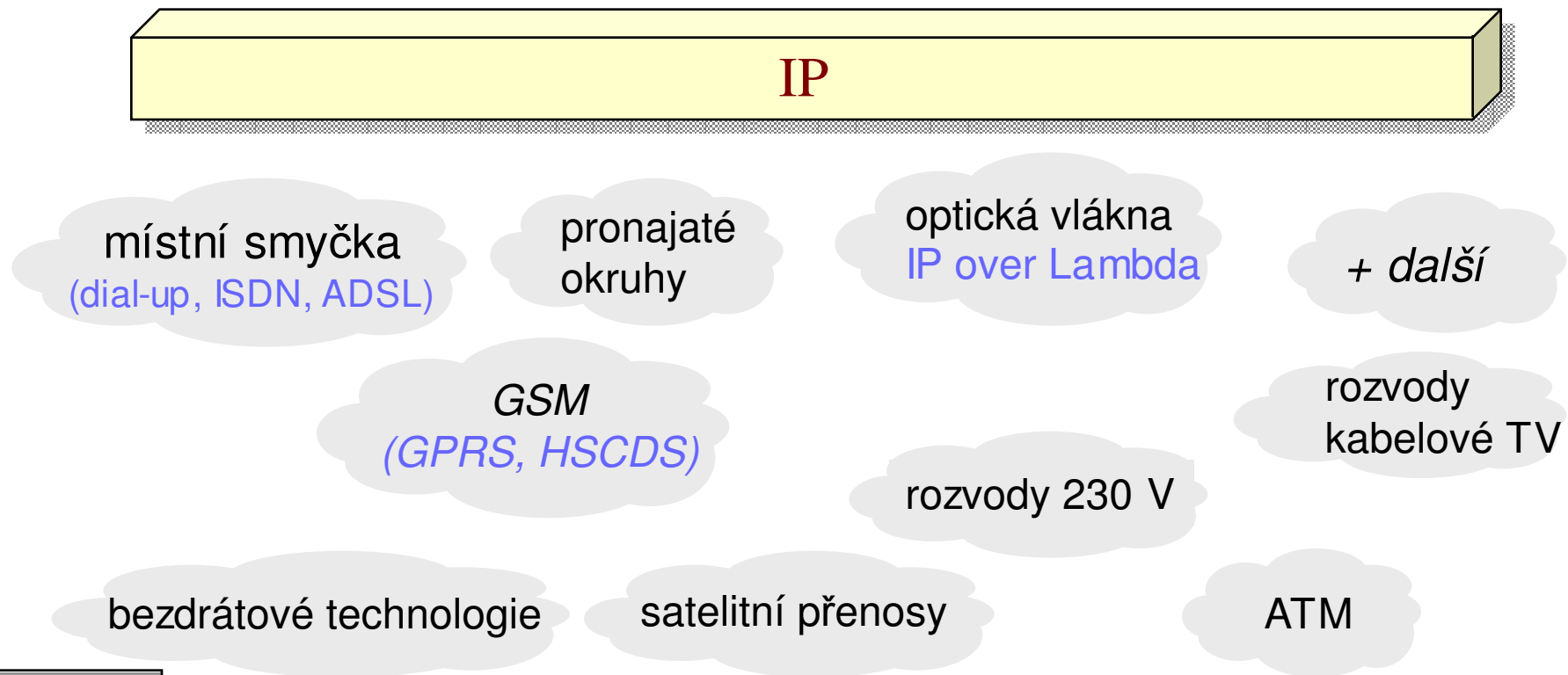
- autoři TCP/IP se rozhodli pro "jednotnou pokličku", která zastírá konkrétní specifika jednotlivých IP sítí
- fakticky jde o jednotnou nadstavbu, kterou tvoří:
 - přenosový protokol IP, který má všude stejné vlastnosti a všude poskytuje stejné služby
 - je nespojovaný, nespolehlivý, funguje na principu 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 "sít'ovou 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



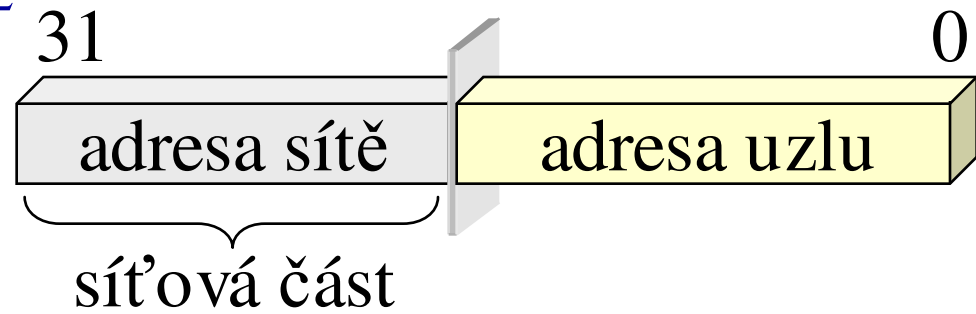
Dnešní stav: IP over Everything

- 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



IP adresy

- problém:
 - přenosové technologie nižších vrstev používají značně různorodé adresy
 - např. Ethernet používá 48-bitové adresy, ARCnet 8-bitové atd.
 - protokol IP nepřijímá 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



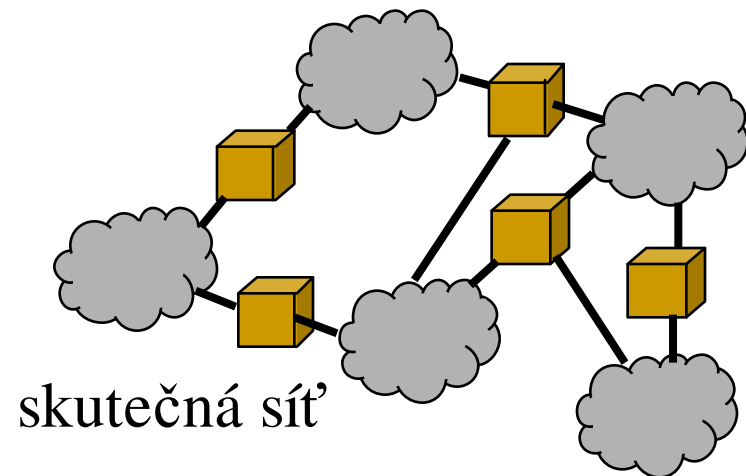
Katenetový model

- 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

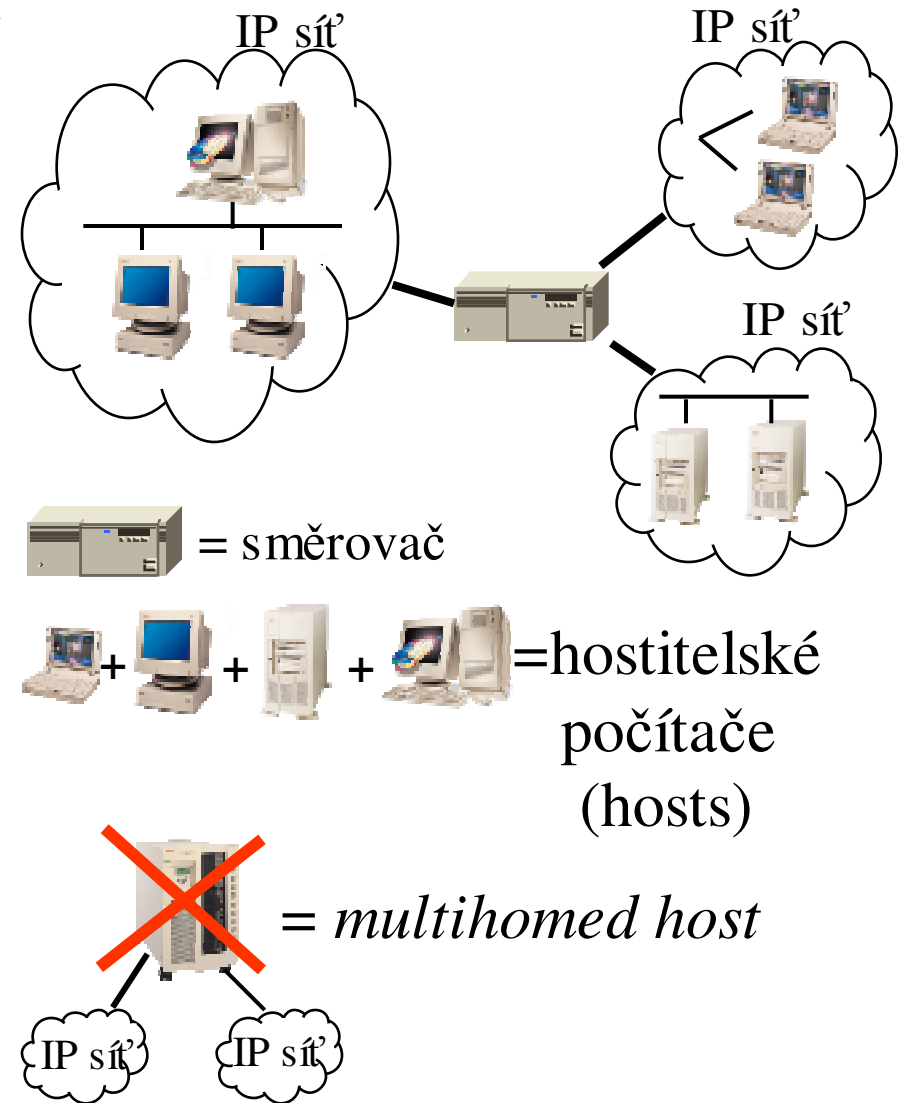


skutečná síť



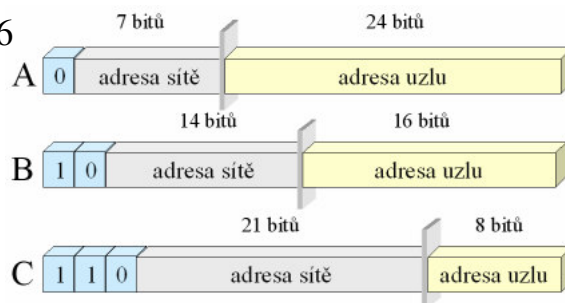
Hostitelské počítače vs. směrovače

- 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

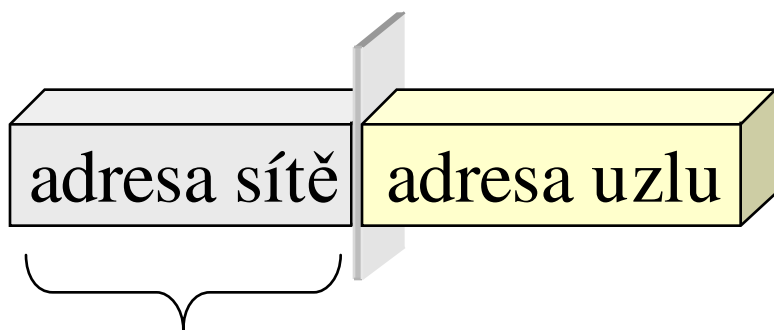
- autoři TCP/IP vyšli z předpokladu že bude existovat:
 - **malý počet opravdu velkých sítí**
 - vyžadují malou síťovou část, a naopak velkou část pro relativní adresu uzlu
 - **střední počet středně velkých sítí**
 - měly by mít srovnatelně velkou síťovou i relativní část
 - **velký počet malých sítí**
 - 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. 1 x B:
 - fakticky 65536 (2^{16}) různých IP adres (se stejnou síťovou částí)
 - např. 1 x 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 1 x B (65 536 adres)
 - později: dostal 4-8 x 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 roztržitosti přidělených IP adres
 - komplikace při směrování a udržování směrovacích tabulek
- začalo hrozit nebezpečí vyčerpání všech IP adres



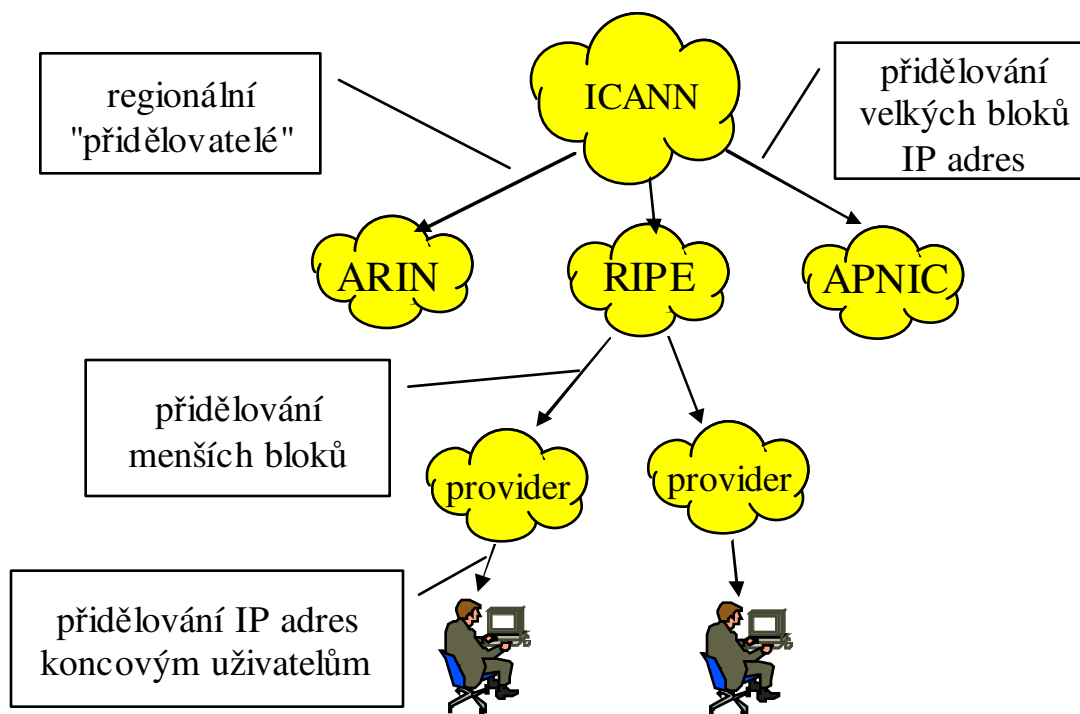
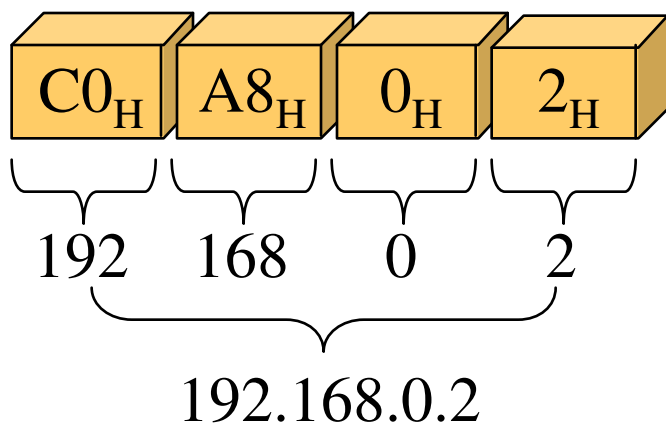
tzv. CIDR prefix
(říká, kolik bitů tvoří síťovou část)

- 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

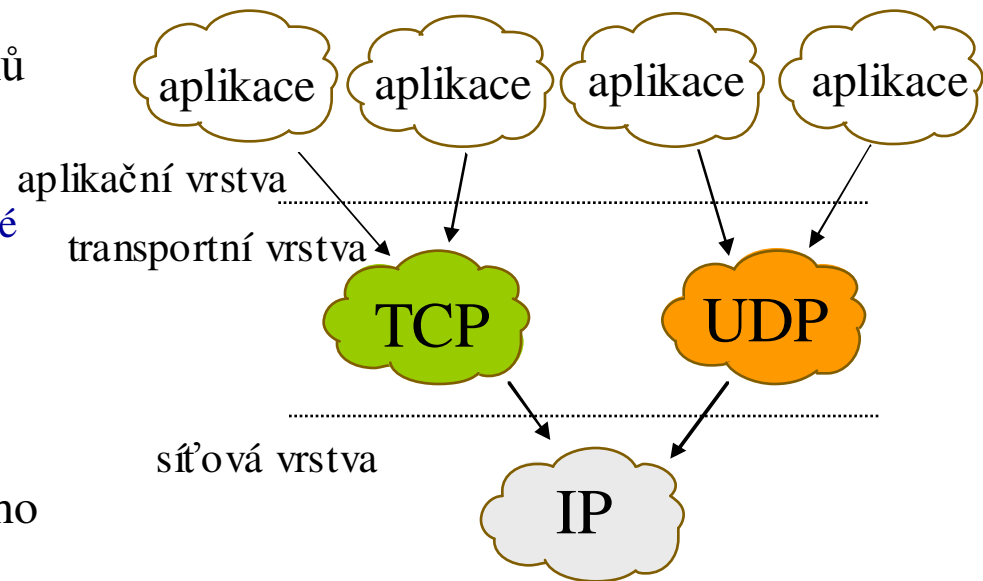
- otázka:
 - má IP fungovat spolehlivě, nebo nespolehlivě?
- výchozí úvaha:
 - přenosová část by měla hlavně přenášet data
 - a ne se starat o další věci
 - je výhodnější, když si spolehlivost zajistí až koncové uzly
 - a nikoli přenosová část sítě
 - proč?
 - někdo (některé aplikace) nemusí spolehlivost 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!!!

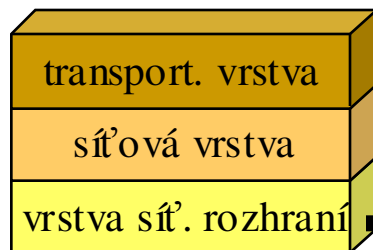


- protokol **UDP** (User Datagram Protocol)
 - zajišťuje nespojovaný a nespolehlivý přenos
 - je jen „lehkou nadstavbou“ nad síťovou vrstvou, nemění povahu přenosových služeb síťové vrstvy
- protokol **TCP** (Transmission Control Protocol):
 - zajišťuje spolehlivý a spojovaný přenos
 - „tváří se“ jako proud (stream), který přenáší jednotlivé byty

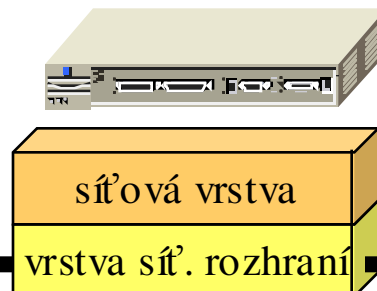
SMTP FTP Telnet HTTP RPC rlogin ... DNS SNMP TFTP BOOTP DHCP RPC NFS XDR ...

Jiný pohled na spolehlivost

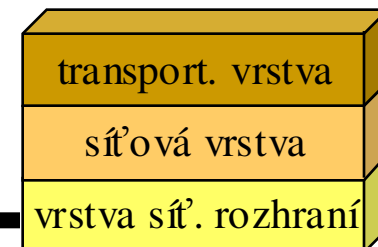
- způsob zajištění spolehlivosti je také o tom, kde v síti má být umístěna "inteligence"
 - výpočetní kapacita, logika implementující zajištění spolehlivosti
 - připomenutí: síťová vrstva je ještě ve všech uzlech, transportní již jen v koncových uzlech
- ISO/OSI:
 - inteligence má být v síti
 - spolehlivost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



koncový uzel



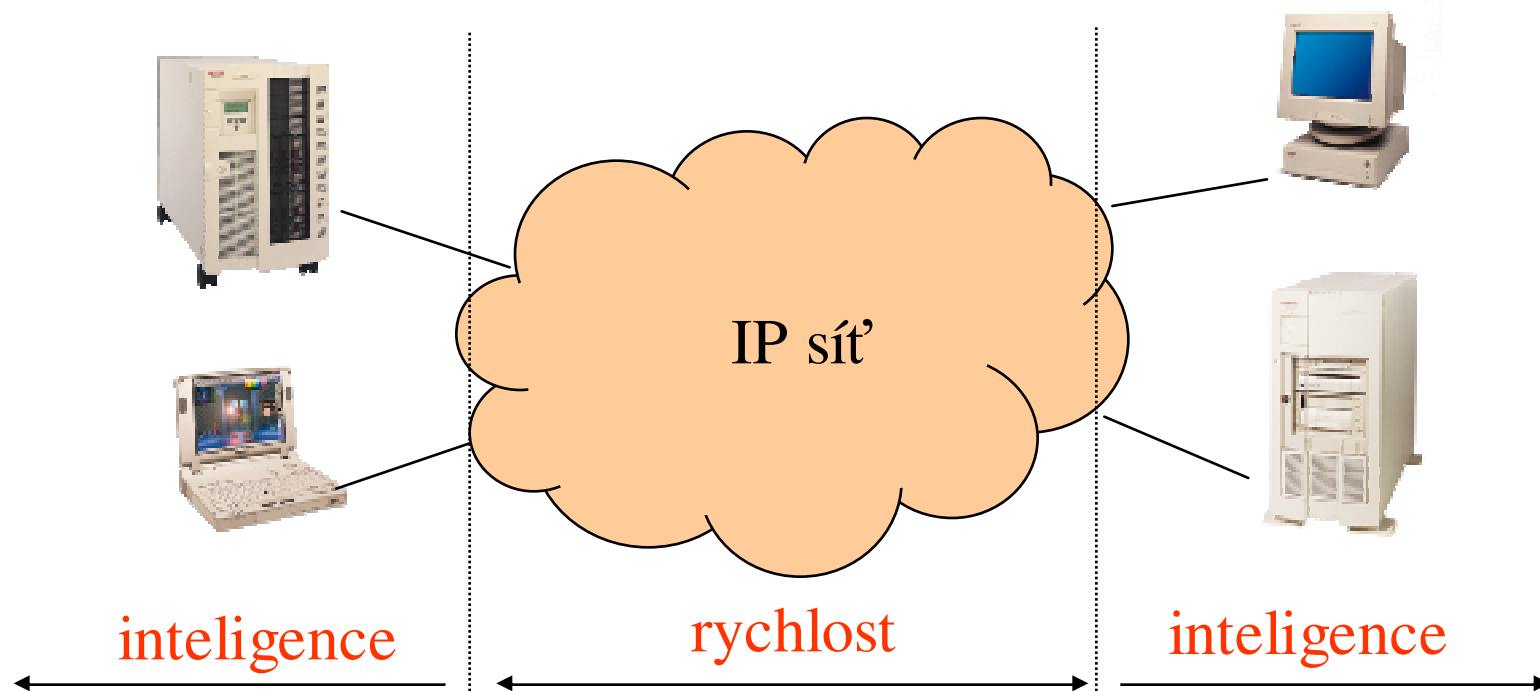
směrovač



koncový uzel

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

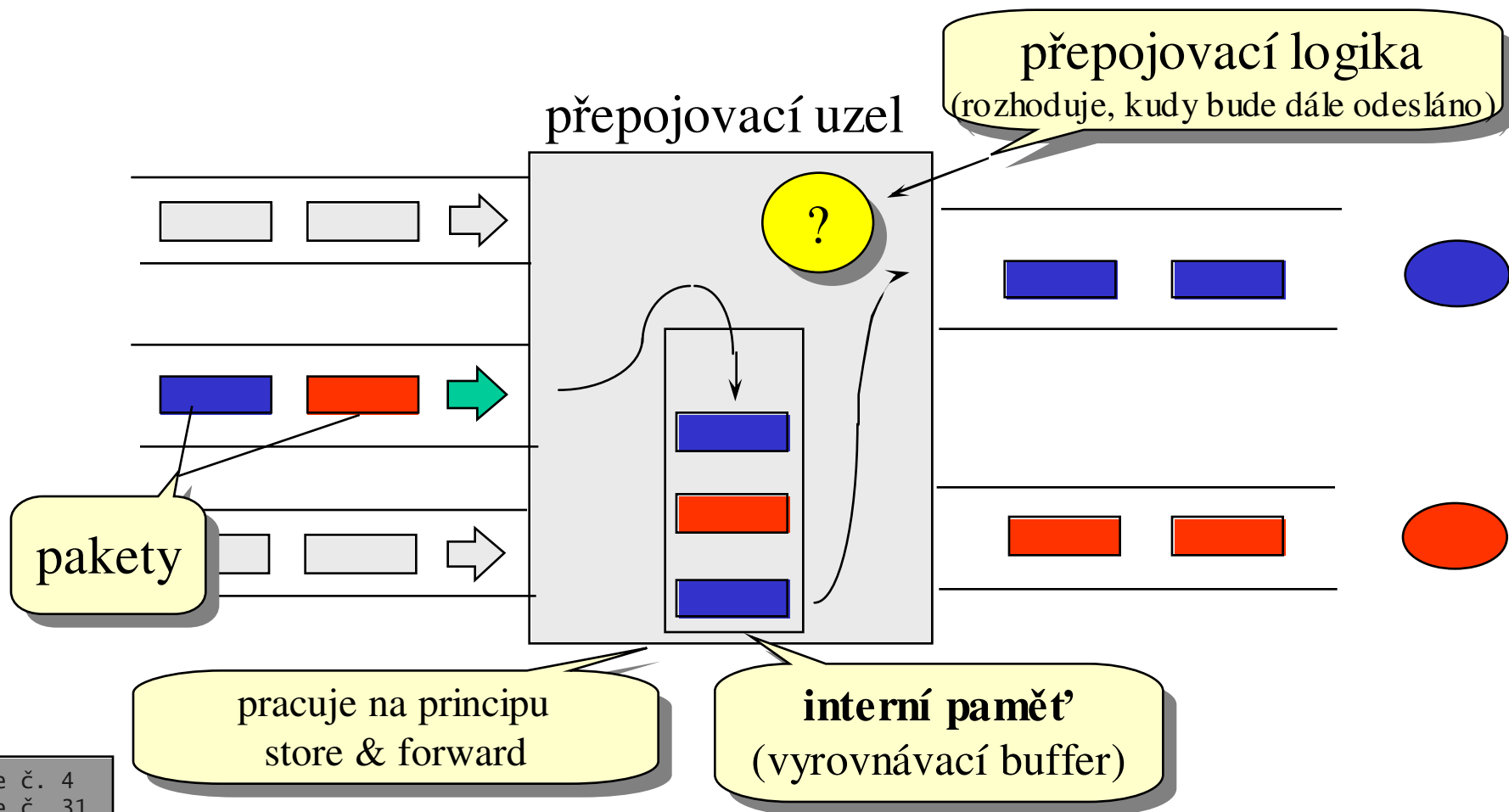


Princip maximální snahy

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

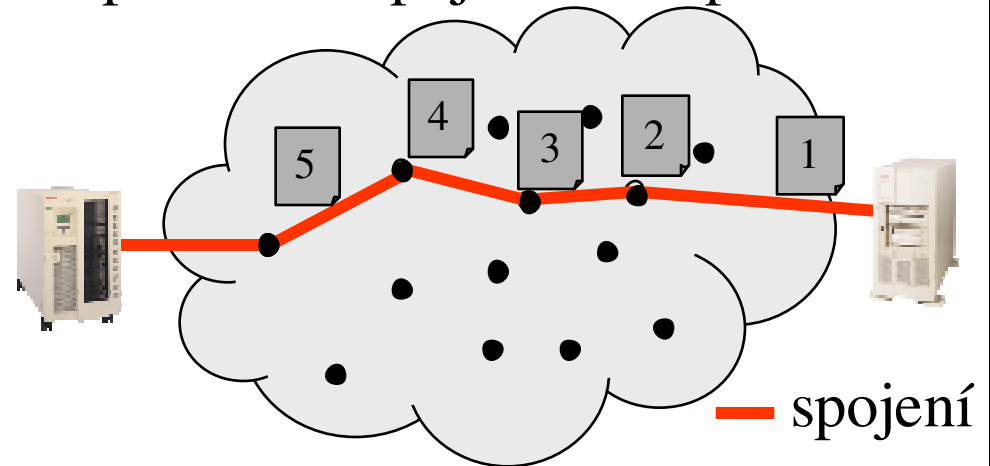


Filosofie TCP/IP

- 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
 - odesílatel má jistotu, že příjemce existuje a je ochoten přijímat data
 - v případě výpadku/změny topologie musí být spojení detekováno změna, poté ukončeno existující spojení a navázáno nové

představa spojovaného přenosu

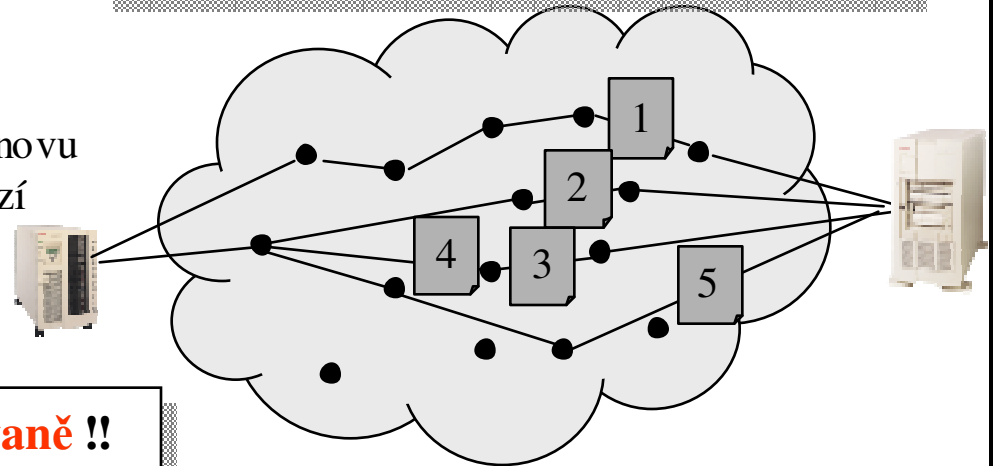


- je to výhodné pro nárazové přenosy větších objemů dat
- není to vhodné při častějších změnách v topologii či stavu sítě
 - kdy je nutné explicitně ošetřovat tyto změny
- jde o stavový způsob fungování
 - mění se stav komunikujících stran

Filosofie TCP/IP - nespojovanost

- nespojovaný způsob přenosu
 - datové pakety (tzv. datagramy) jsou přenášeny bez toho, že by se navazovalo jakékoli spojení s příjemcem
 - odesílatel 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
- 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

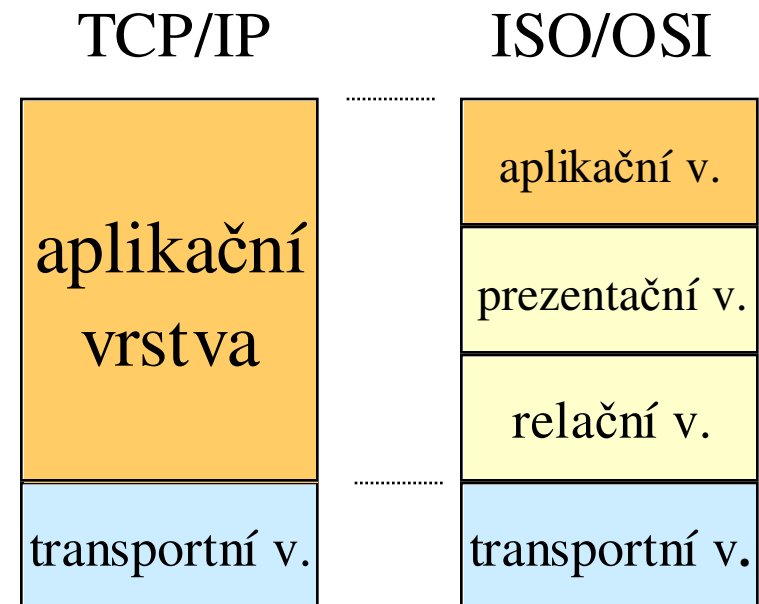
protokol **UDP** funguje **nespojovaně**,
TCP **spojovaně** (emuluje spojovaný
způsob fungování) !!



protokol **IP** funguje **nespojovaně** !!

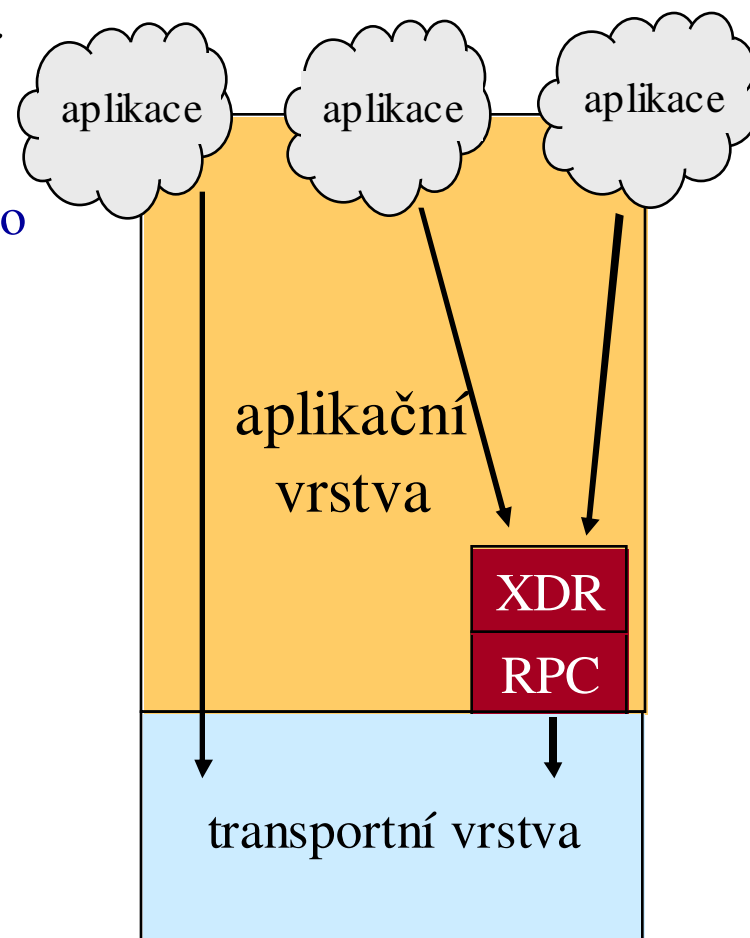
Filosofie TCP/IP - sdílení mechanismů

- 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 ponese 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 nese 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 smysl
 - **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 !!!!)

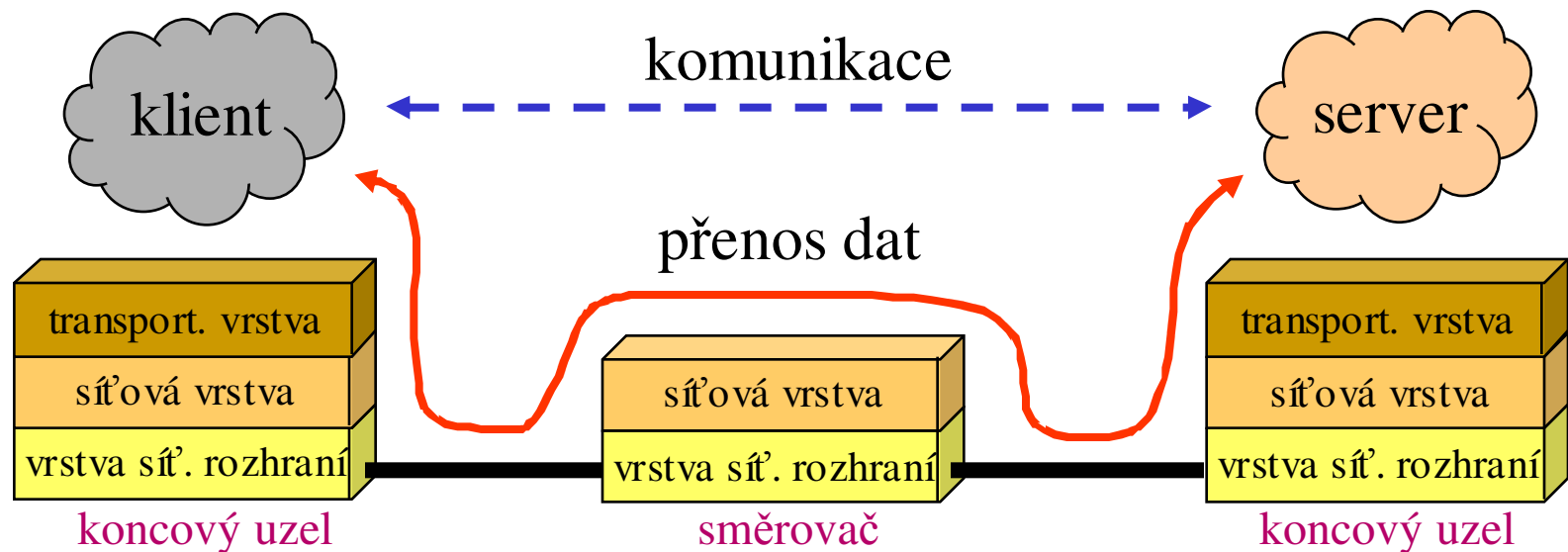


Aplikace v TCP/IP

- 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 "multi mediálního" 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)

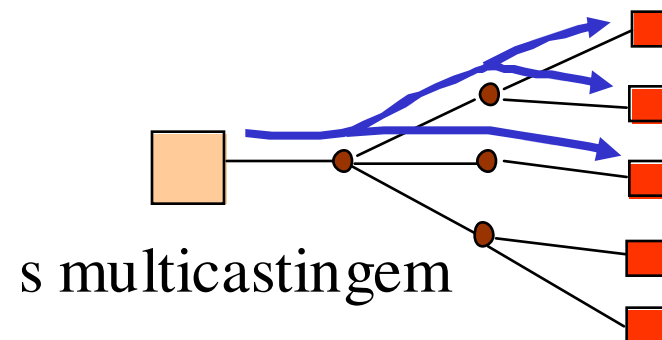
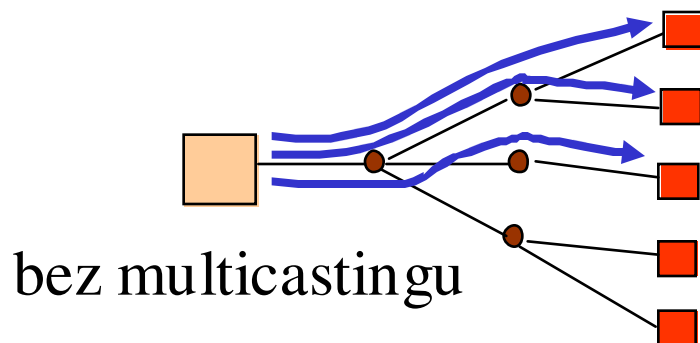
Aplikace v TCP/IP

- 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



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 přiděl 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
 - 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?

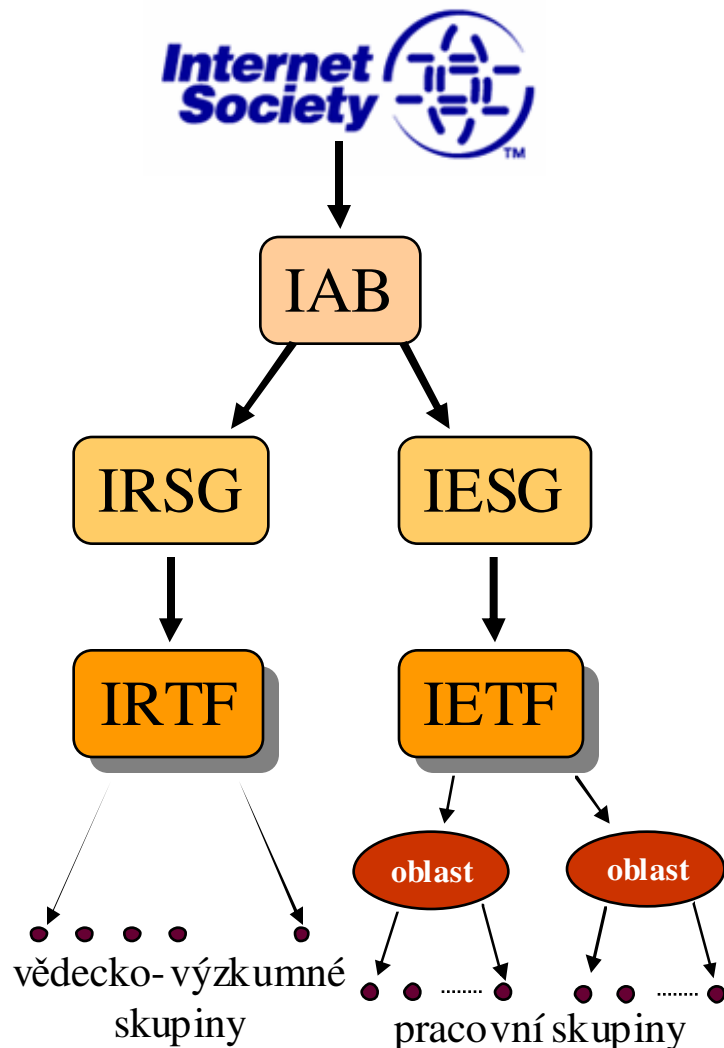
Filosofie "vývoje" TCP/IP

- 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>



<http://www.w3c.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)
- 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 dodržel 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 😊