



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



Rodina protokolů TCP/IP, verze 2.7

Část 2: Architektura TCP/IP

Jiří Peterka, 2011

motto

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

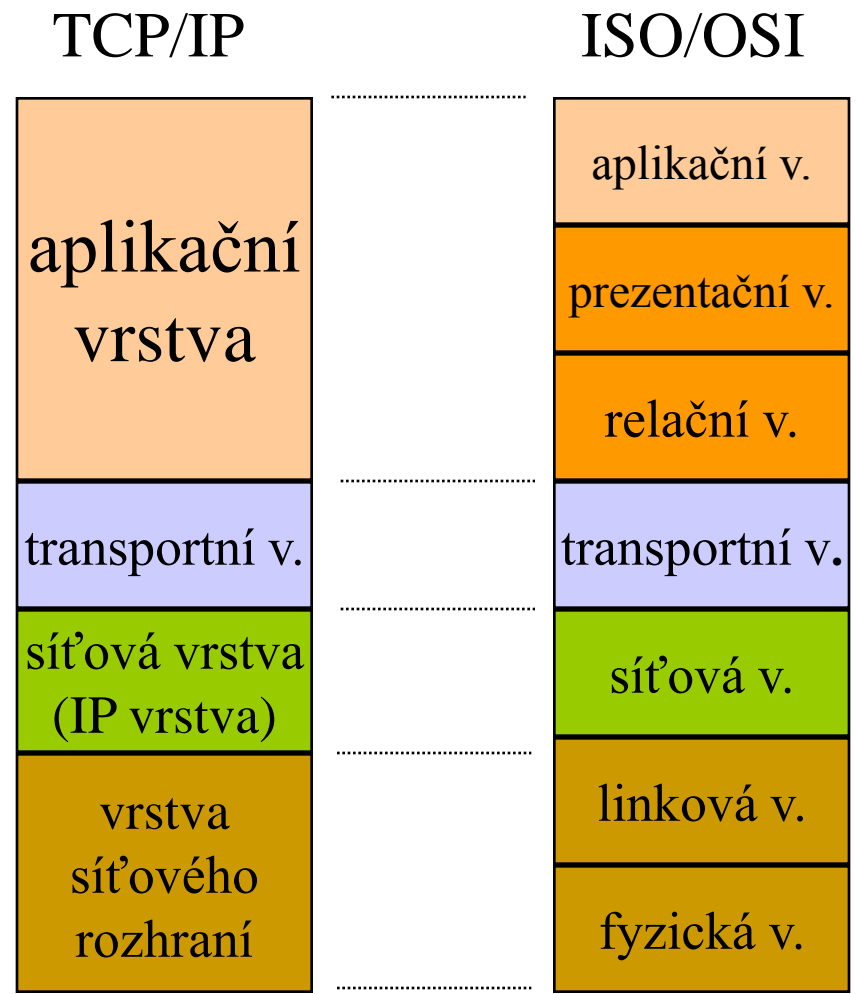
*... nevíš-li, ani sedm ti jich
nepomůže*

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/nespohlivost, spojovanost/nespojovanost, princip maximální snahy vs. garance kvality služeb, ...
 - zda má být ponechána možnost volby
 - mají aplikace právo si vybrat např. mezi spolehlivým a nespohlivým přenosem?



pohled do historie

již při budování sítě ARPANET se uplatnila některá koncepční rozhodnutí - motivována zapojením vojáků - která "vydržela" až do dnešního Internetu a TCP/IP

- nedělat žádný centrální prvek (uzel, ústřednu,)
 - protože nepřítel by jej odstřelil jako první
- *dnešní Internet stále nemá žádný centrální prvek (řídící centrum, ...)*
 - *platí to jak pro technické fungování, tak i pro řízení*
- předem počítat s výpadky a s nespolehlivostí
 - jako kdyby kterákoli část již byla odstřelena či poškozena
- *důsledek: ARPANET (i Internet) jsou řešeny velmi robustně*
 - *mají velmi dobrou schopnost adaptability, dokáží se přizpůsobit podmínkám, ...*

"vydržel" i samotný princip paketového přenosu (packet switching), namísto přepojování okruhů (circuit switching).

důsledky

- obliba **nespojované** (connectionless) komunikace
 - přenosové mechanismy fungují na nespojovaném principu, teprve vyšší vrstvy mohou fungovat spojovaně, resp. komunikovat se svými protějšky na spojovaném principu
- obliba **nespolehlivého** přenosu
 - teze: přenosové mechanismy se mají starat o přenos a dělat jej co nejefektivněji
 - nemají se ohlížet na event. ztráty dat
- fungování na principu **maximální snahy**, ale nezaručeného výsledku (best effort)
 - přenosové mechanismy se maximálně snaží, ale když se jim něco objektivně nedaří, mají právo se na to "vykašlat"

nespojovaná komunikace

- přenosové služby TCP/IP fungují na nespojovaném principu
 - nenavazují spojení, posílají data v dobré víře že příjemce existuje a bude ochoten je přijmout
 - hlavní přenosový protokol síťové vrstvy (protokol IP) je nespojovaný
- výhody:
 - je to bezestavové
 - nemění se stav odesilatele ani příjemce
 - není nutné složitě reagovat na změny v přenosové infrastruktuře, rušením a novým navazováním spojení
 - vše zajistí adaptivní mechanismy směrování
- výhody/nevýhody:
 - je to výhodné pro "řídké" přenosy
 - přenosy menších objemů dat, hodně rozložené v čase
 - není to výhodné pro "intenzivní" přenosy
 - přenosy větších objemů dat v krátkém časovém intervalu
- vyšší vrstvy mohou fungovat spojitě
 - týká se to především jejich komunikace, ne samotného přenosu (na úrovni síťové vrstvy)
 - transportní protokol (TCP) vytváří iluzi spojovaného přenosu

nespolehlivá komunikace

- spolehlivost přenosu

- není nikdy absolutní (100%), je vždy pouze relativní (např. 99%)
 - důvod: již samotné mechanismy detekce chyb nejsou 100%
 - někomu může konkrétní míra spolehlivosti stačit, jinému ne
- zajištění spolehlivosti je vždy spojeno s nenulovou režii
 - spotřebovává to výpočetní kapacitu, přenosovou kapacitu, ...
 - pokud by spolehlivost zajišťovalo více vrstev nad sebou, režie se sčítá (násobí)
 - není to rozumné
 - TCP/IP to nechce dělat, ISO/OSI to dělá

- způsobuje nerovnoměrnosti (nepravidelnosti) v doručování dat

- tím, že se opakuje přenos chybně přenesených dat
- vadí to hlavně u multimediálních přenosů

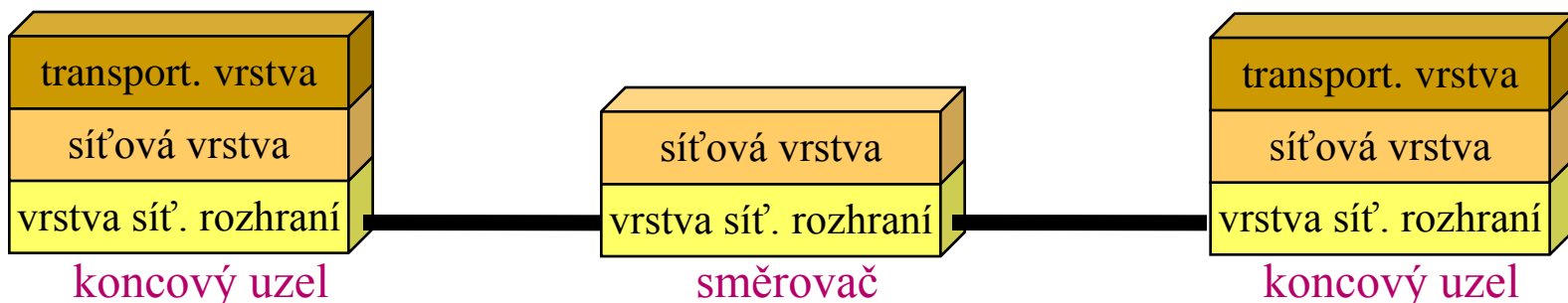
- zvolené řešení v rámci TCP/IP:

- spolehlivost není nikomu vnučována

- každá aplikace si může vybrat:
 - zda vystačí s nespolehlivým přenosem, event. si spolehlivost zajistí sama
 - nebo zda využije spolehlivost kterou nabízí spolehlivý transportní protokol

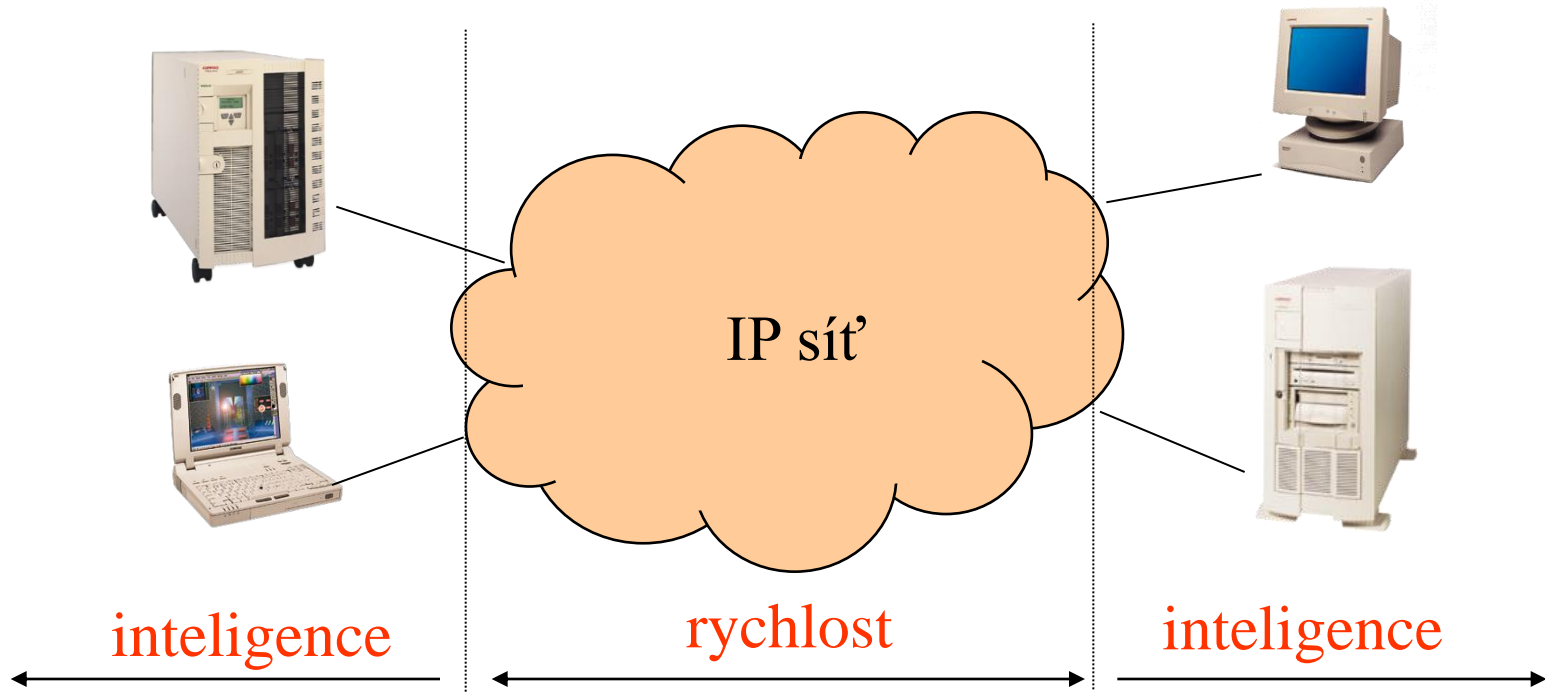
jiný pohled na spolehlivost

- spolehlivost je o tom, kde v síti má být umístěna "intelligence"
 - výpočetní kapacita, logika implementující zajištění spolehlivosti
 - připomenutí: síťová vrstva je ještě ve všech uzlech, transportní již jen v koncových uzlech
- ISO/OSI:
 - intelligence má být v síti
 - spolehlivost musí být řešena na úrovni síťové vrstvy
 - intelligence je ve směrovačích
 - je to drahé a nepružné
 - nedává to možnost výběru
- TCP/IP:
 - intelligence 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
- teze (TCP/IP):
 - **přenosová vrstva se má starat o přenos dat**
 - má to dělat co nejefektivněji
 - nemá se rozptylovat dalšími úkoly (např. zajišťováním spolehlivosti, když to si snáze a lépe zajistí koncové uzly sítě)
 - **zajištění spolehlivosti je úkolem koncových uzlů**



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

pohled do historie II.

- koncepce protokolů TCP/IP vznikala v době, kdy se rodil Internet
 - když se na tehdejší zárodečný ARPANET nabalovaly další sítě
 - byly to sítě, které často fungovaly na jiné technologické platformě
 - používaly různé přenosové technologie, různé adresy, různé přístupy ke spolehlivosti, ke spojovanosti, různé velikosti rámců atd.
- cíl TCP/IP:
 - umožnit plnohodnotné připojení jakýchkoli sítí
 - fakticky: důraz na internetworking
- konkrétně:
 - šlo o to, aby protokoly TCP/IP mohly být používány nad nejrůznějšími přenosovými technologiemi
 - týká se to hlavně protokolu IP
 - výsledek: podařilo se, dnes je možné provozovat IP nad čímkoli
 - **"IP over everything"**
 - bylo třeba přijmout mnoho koncepčních rozhodnutí, které s tím byly spojeny
 - způsob propojení dílčích sítí
 - adresování
 - "viditelnost" specifických vlastností přenosových technologií
 - vazbu na fyzické (linkové) přenosové technologie
 -

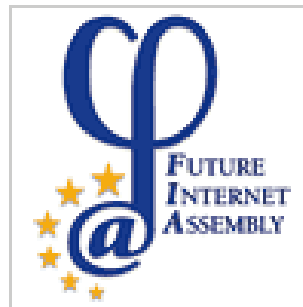
příčiny úspěchu TCP/IP

- vlastní systém adresování
 - zabudovaný do mechanismů fungování
 - umožňuje identifikovat a adresovat uzly (zařízení) i dílčí entity (služby atd.) bez znalosti detailů jejich připojení
 - IP a DNS, nově ENUM ...
 - součástí je systém celosvětové koordinace
 - přidělování IP adres, stromová struktura DNS
 - systém adresování se dokázal upůsobit stále většímu rozsahu sítí
 - výjimka: rozsah adres IPv4, vznik IPv6
- dobrá škálovatelnost
 - původní řešení vzniklo pro sítě s desítkami uzlů
 - dnes funguje pro Internet s miliony uzlů
 - v zásadě beze změny
 - výjimka: IPv4 – IPv6
 - základní rozhodnutí vznikla před 30 lety
 - a dodnes se nemusela měnit
 - změny v TCP/IP byly spíše "inkrementálního" charakteru
 - něco se přidalo

jaký bude Future Internet?



- dosavadní vývoj byl „inkrementální“ (až na IPv6).
Je ale takovýto vývoj udržitelný dlouhodobě?
 - pro „Future Internet“ – s časovým horizontem 10 až 15 let
- názor: **ano, je**
 - „evoluční“ vývojová linie
 - říká, že i nadále bude možné vystačit s víceméně inkrementálním vývojem
- názor: **ne, není**
 - „clean slate“ varianta
 - je třeba začít znovu,
 - „od čistého stolu“
 - říká, že potenciál inkrementálních změn se už vyčerpal a je třeba přijít se zcela novým řešením



příčiny úspěchu TCP/IP

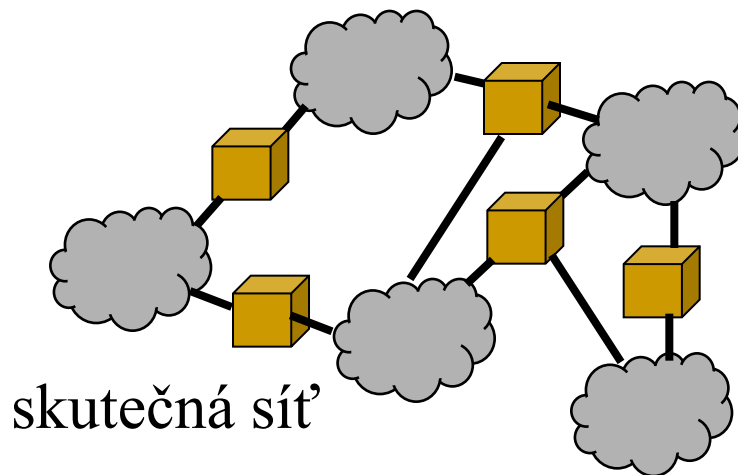
- podpora internetworkingu a směrování
 - protokoly TCP/IP vychází dobře vstříc vzájemnému propojování sítí
 - obsahují další protokoly pro podporu práce směrovačů
 - ICMP, hierarchické směrování (IGP, EGP)
- nezávislost na fyzických (linkových) technologiích
 - protokoly TCP/IP (hlavně IP) dokáží běžet nad každou přenosovou technologií nižších vrstev
 - "IP over everything"
- univerzálnost, dobrá podpora aplikací
 - lze využít pro všechny aplikace
 - byť některým s evychází vstříc méně
 - aplikacím není vnucováno, co a jak mají používat
 - volba TCP vs. UDP
 - výsledek:
 - "Everything over IP"
- otevřený, neproprietární charakter
 - standardy jsou otevřené a přístupné každému
 - proces vzniku standardů je otevřený

koncepte TCP/IP:katenetový model

- TCP/IP předpokládá že "svět" (internetwork, internet) 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.
 - jedinou podmínkou je souvislost grafu
 - "katenet" je "řetězec" – ten je jakousi minimální podmínkou pro souvislost celé soustavy sítí
 - možné je i redundantní propojení



představa katenetu

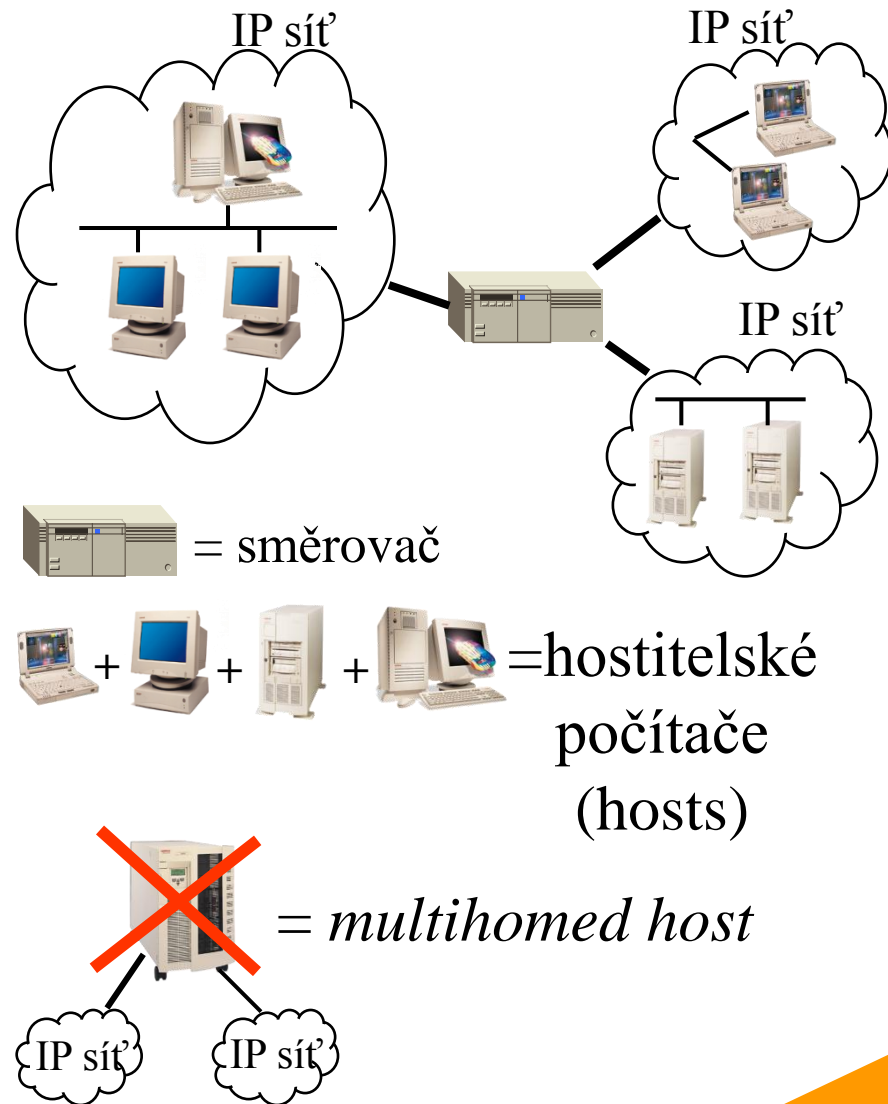


skutečná síť

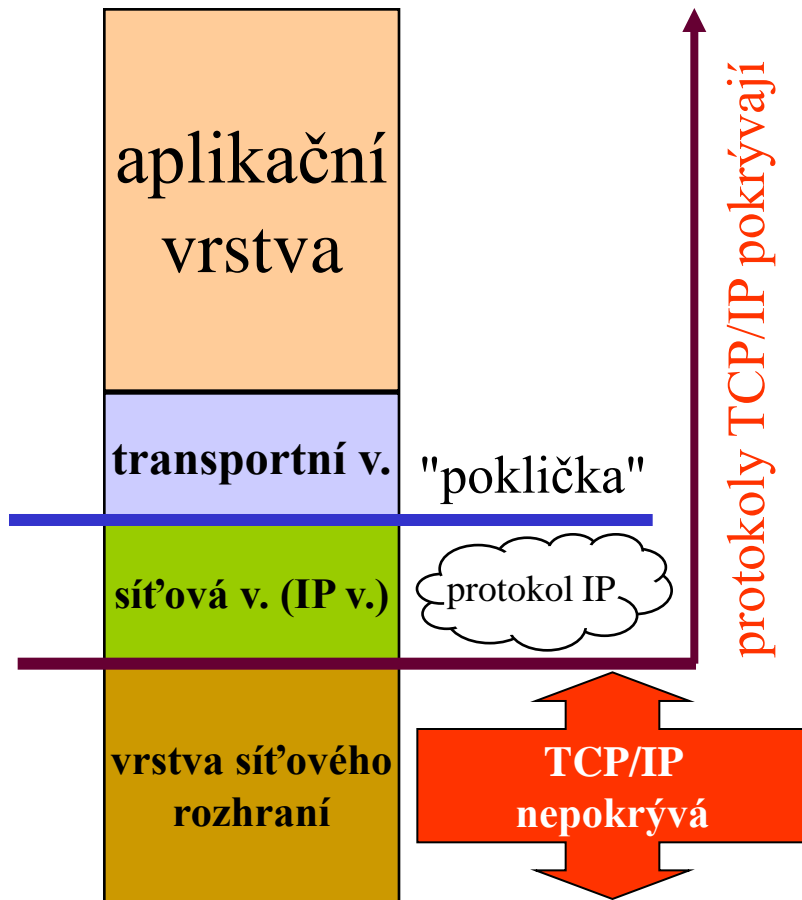


hostitelské počítače vs. směrovače

- 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, dříve nesprávně IP Gateways)**
 - jsou připojeny nejméně do dvou IP sítí
 - zajišťují "přestup" (směrování)
- **teze:**
 - **oba typy uzlů by se neměly prolínat**
 - směrovače by neměly plnit další funkce
 - hostitelské počítače by neměly fungovat jako směrovače
 - v podobě tzv. multihomed-hosts, kdy jsou připojeny do více sítí současně



vrstva síťového rozhraní



- TCP/IP se nezabývá tím, co je pod úrovní síťové vrstvy
 - přesněji: sám nedefinuje protokoly které fungují "pod" síťovou vrstvou (na úrovni vrstvy síťového rozhraní)
 - jde např. o Ethernet, ATM, Token Ring, FDDI, Frame Relay ...
 - zaměřuje se pouze na to, jak propojit síťovou vrstvou s vrstvou síťového rozhraní
 - např. jak provozovat IP nad Ethernetem, nad ATM ...
 - jak překládat IP adresy na linkové adresy (a naopak)
 - protokoly ARP a RARP
- výjimka: protokoly SLIP a PPP
 - definují způsob přenosu po dvoubodových spojích
 - zasahují do vrstvy síťového rozhraní
- důsledek:
 - **nezávislost na fyzické (linkové) přenosové technologii**

síťová vrstva: 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

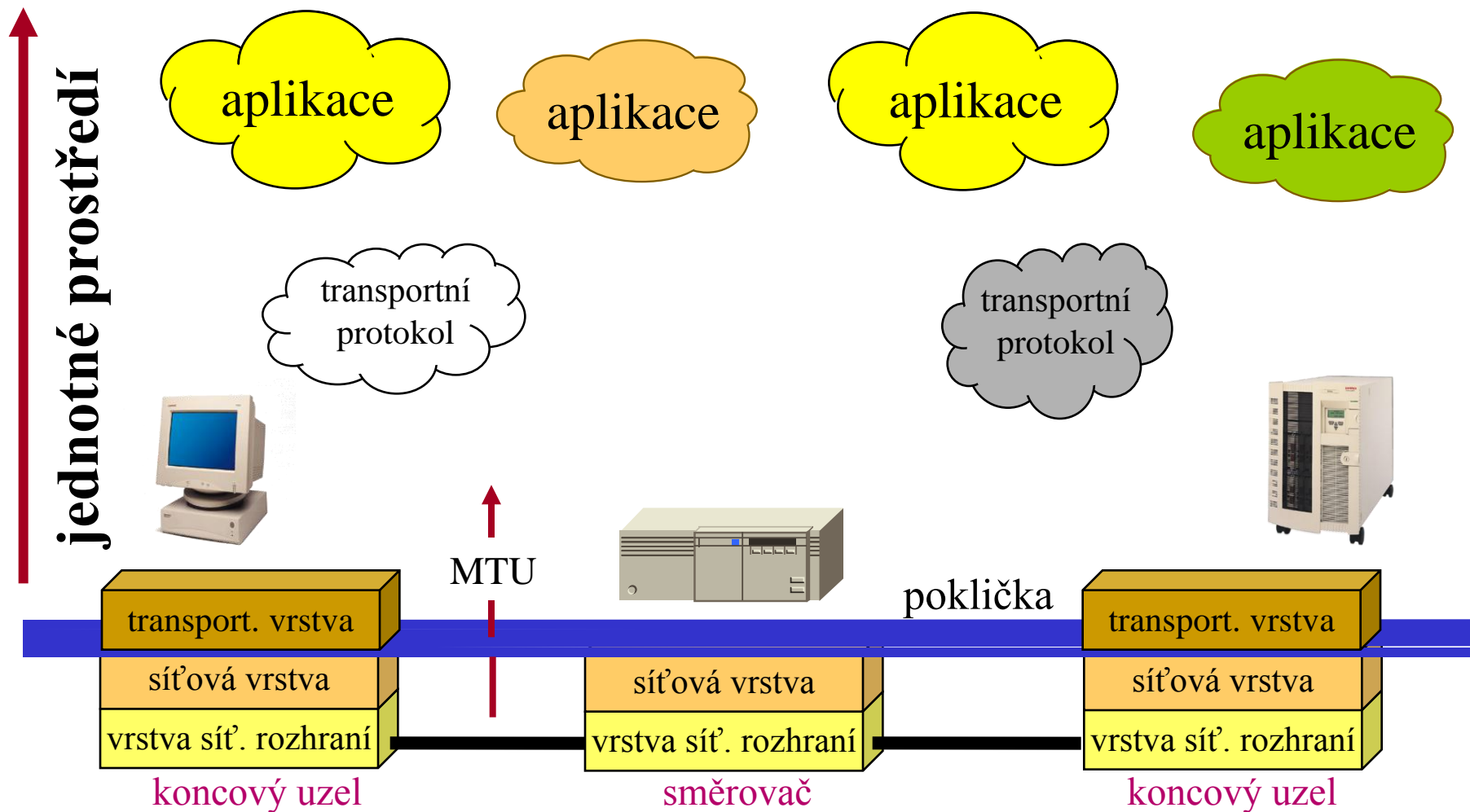
ne

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

výsledek – koncepce síťové vrstvy

- 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
- 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



součásti síťové vrstvy

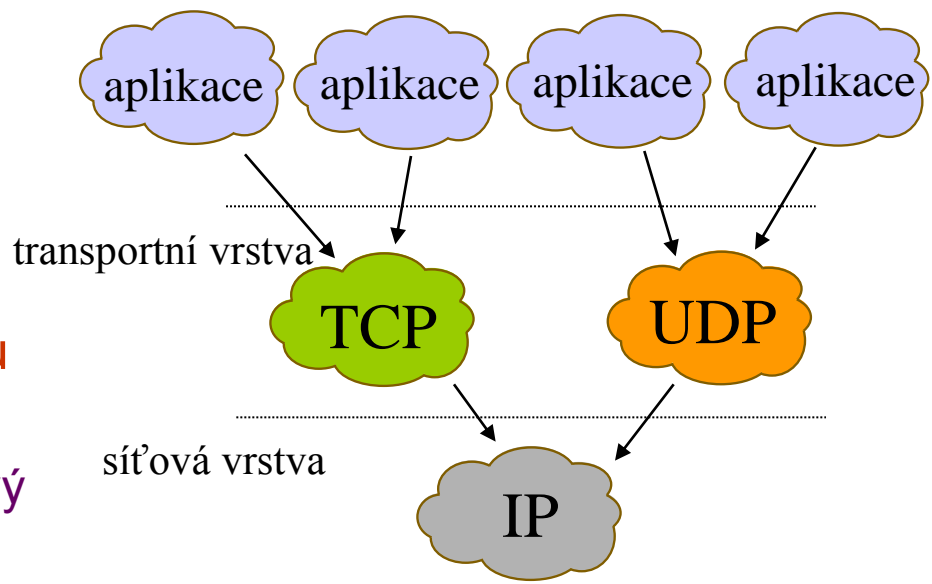
- v síťové vrstvě jsou "zabudovány":
 - síťové adresy
 - 32-bitové abstraktní adresy
 - nevychází z linkových adres
 - převodní mechanismy, které překládají mezi fyzickými (linkovými) adresami a virtuálními IP adresami
 - protokoly ARP, RARP,
 - mechanismy fragmentace
 - vazba na MTU
 - protokoly na podporu fungování síťové vrstvy
 - protokol ICMP
 - "posel špatných zpráv"
 - zajišťuje informování o nestandardních situacích
- se síťovou vrstvou úzce souvisí:
 - protokoly podporující směrování a výměnu aktualizací o stavu sítě
 - RIP, OSPF, IGP, EGP, ...
 - mechanismy přidělování IP adres
 - mechanismy překladu mezi symbolickými doménovými jmény a IP adresami
- do síťové vrstvy byly nově přidány také
 - mechanismy překladu adres
 - NAT
 - koncept privátních IP adres
 - mechanismy dělení adres a sdružování adres
 - subnetting, supernetting, CIDR
 - bezpečnostní mechanismy
 - IPSec
 - podpora mobility
 - Mobile IP

koncepce transportní vrstvy

- realizuje "end-to-end" komunikaci
 - nabízí dva transportní protokoly
- TCP (Transmission Control Protocol)
 - funguje spojovaně
 - vyžaduje navázání/ukončení spojení ..
 - od aplikace přebírá data po bytech
 - jako "bytový proud"
 - ale sám data přenáší po blocích, jako tzv. TCP segmenty
 - funguje spolehlivě
 - zajišťuje spolehlivý přenos
 - používá kontinuální potvrzování a selektivní opakování
 - je velmi adaptivní
 - dokáže se průběžně přizpůsobovat různým podmínkám přenosu
 - přenosové zpoždění, rozptyl zpoždění atd.
 - je velmi komplikovaný
 - velký a složitý kód, ...
- UDP (User Datagram Protocol)
 - je pouze jednoduchou nadstavbou nad síťovým protokolem IP
 - jeho kód je malý a jednoduchý
 - funguje nespojovaně
 - nenavazuje spojení
 - funguje nespolehlivě
 - od aplikace přebírá data po blocích
 - a vkládá je do svých "datagramů"
 - UDP datagramů, User datagramů
- transportní vrstva zajišťuje multiplex/demultiplex
 - adresuje entity v rámci jednotlivých uzlů
 - pomocí čísel portů

koncepce transportní vrstvy

- "realizuje demokracii":
 - přenosové mechanismy do úrovně síťové vrstvy fungují nespolehlivě
 - na úrovni transportní vrstvy jsou dva alternativní protokoly
 - UDP, nespojovaný, nespolehlivý
 - TCP, spojovaný, spolehlivý
 - aplikace si mohou samy vybrat, zda budou používat TCP nebo UDP



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

aplikační vrstva

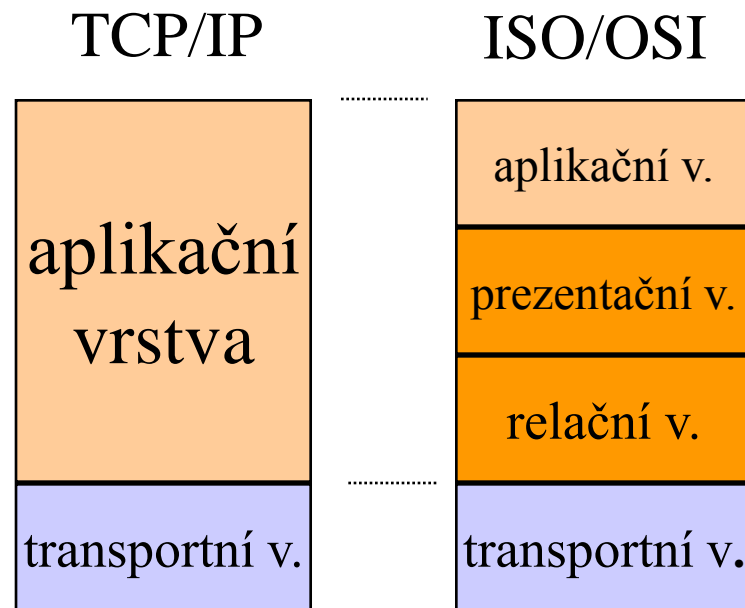
TCP

UDP

transportní vrstva

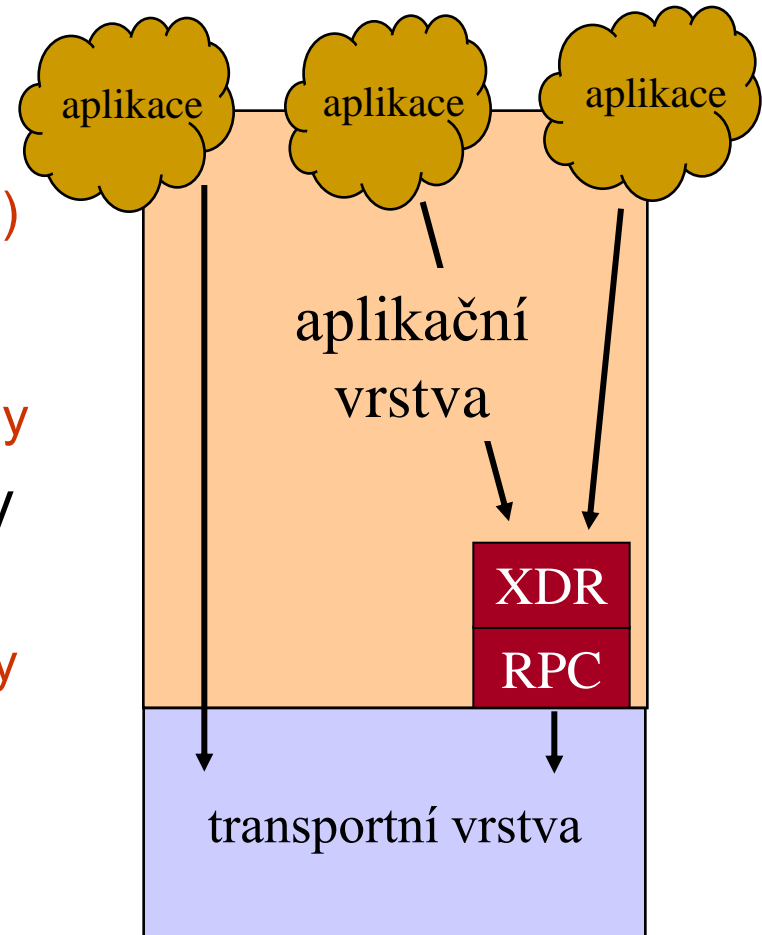
prezentační a relační služby v TCP/IP

- 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 !!!!)

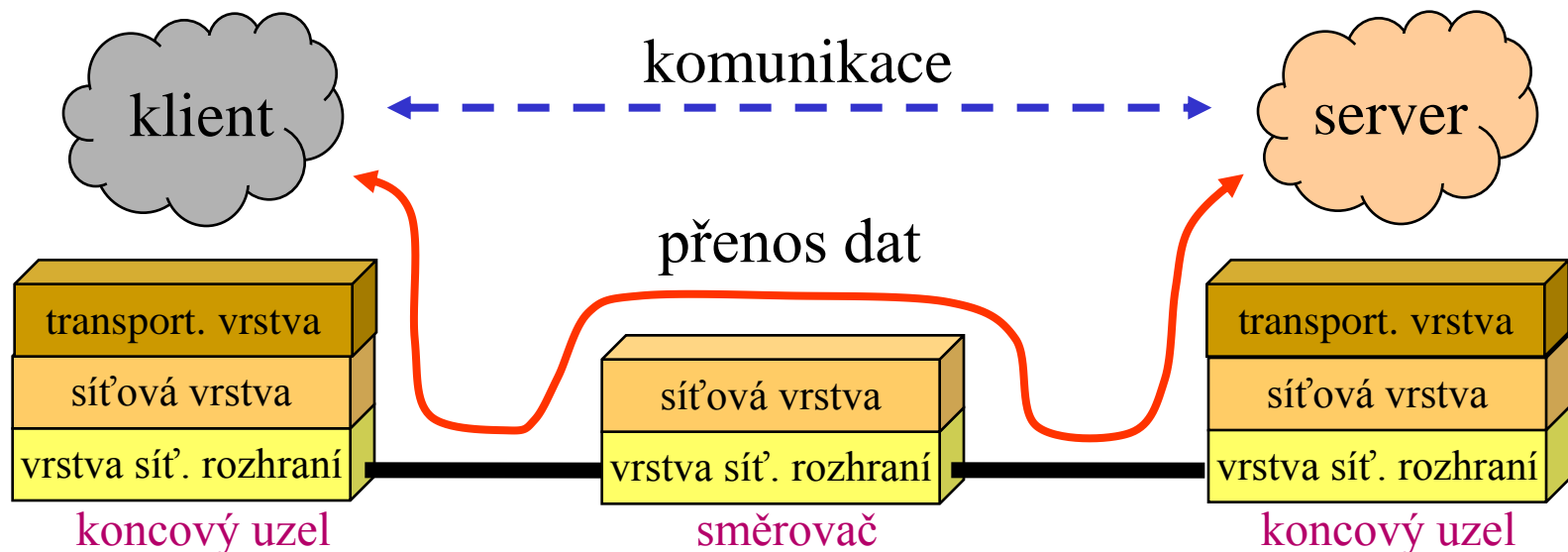


aplikace v TCP/IP

- 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)
 - WWW (HTML, HTTP,)
 - on-line komunikace (chat, IRC, ICQ, messengery, ...)
 - princip maximální snahy je pro ně stále ještě akceptovatelný
 - byť ne ideální
- později se objevují "multimediální" aplikace
 - "audio over IP"
 - rozhlasové vysílání
 - VOIP
 - Voice over IP, IP telefonie
 - IPTV
 - TV over IP, TV na žádost po IP
 - pro tyto aplikace princip "maximální snahy" není optimální, ale ještě postačuje, důležitá je hlavně disponibilní přenosová kapacita
- dochází k "platformizaci" aplikací
 - původně samostatné aplikace se přesouvají do role nadstavby na platformě jiné aplikace
 - nejčastěji WWW

aplikace v TCP/IP

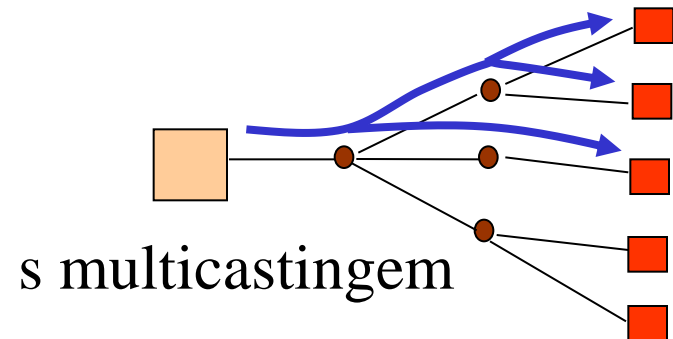
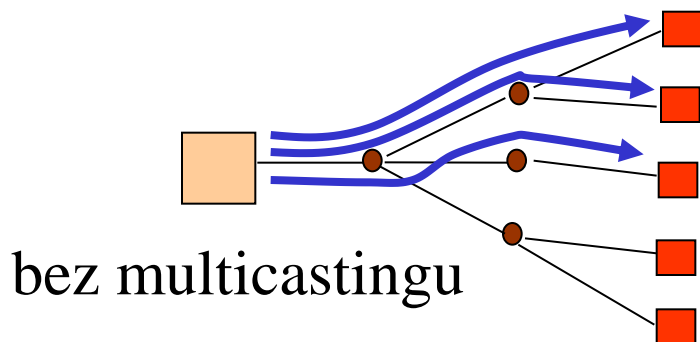
- prakticky všechny (obvyklé) aplikace v rámci TCP/IP jsou založeny na architektuře client/server
 - servery poskytující "veřejné" služby jsou dostupné na tzv. dobře známých portech (well-known ports)
 - přenosové mechanismy TCP/IP jsou uzpůsobeny komunikaci stylem 1:1 (mezi 1 serverem a 1 klientem)



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

netýká se VOIP a IPTV, to jsou služby s přenosy typu 1:1



problém multimedialních aplikací

- potřebují dostávat svá data:
 - s malým zpožděním
 - s pravidelným zpožděním
 - 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)
- "hrubá síla"
 - princip "best effort" se nemění, pouze se předimenzují dostupné kapacity
 - tak aby nedocházelo ke kapacitním problémům – tak často

problém bezpečnosti

- přenosové mechanismy TCP/IP neposkytují žádné zabezpečení
 - nebylo to "v původním zadání"
 - ARPANET (budoucí Internet) byl tehdy spíše privátní sítí, jeho uživatelé byli "hlídáni" jinak
 - uživatelé byli "dobře známí"
 - spíše se aplikovala "fyzická bezpečnost"
 - ochrana budov, zařízení atd.
 - přenášená data nejsou žádným způsobem chráněna proti "odposlechu"
 - nejsou šifrována ani jinak kódována či chráněna
 - chybí tzv. důvěrnost
 - nejsou ani chráněna proti ztrátě či změně
 - při nespolehlivému přenosu
 - chybí tzv. integrita
- 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:
 - časem byl vypracován celý framework (rámeček) pro zajištění bezpečnosti ještě na úrovni síťové vrstvy

IP Security (IPSec)

- je to celý rámec (framework)
 - nejde o (jeden) konkrétní protokol
 - ale o soustavu vzájemně provázaných opatření a dílčích protokolů
 - nejde o jeden internetový standard
 - je definován několika RFC
 - funguje na síťové úrovni!!!!
- IPSec původně vznikl pro IPv6
 - ale začal se používat i pro stávající IPv4
- IPSec zajišťuje:
 - důvěrnost
 - šifruje přenášená data
 - integritu
 - že přenášená data nejsou při přenosu změněna
- umožňuje:
 - aby si komunikující strany dohodly algoritmy a klíče pro zabezpečení svých přenosů
- chrání
 - i proti některým druhům útoků
 - např. "replay attack"
- má dva režimy fungování:
 - transport mode
 - "zabezpečovací údaje" se vloží přímo do IP datagramu
 - do jeho hlavičky a za ni
 - tunnel mode
 - IP datagram se vloží do jiného (zabezpečeného) datagramu

IP verze 6

- 197x:
 - rozhodnutí o 32-bitových IP adresách, IPv4
 - tehdejší představa:
 - ARPANET může mít až tisíce uzlů
 - dnes: Internet má miliony uzlů
- 198x/9x:
 - začíná hrozit nebezpečí vyčerpání 32-bitového adresového prostoru
 - IAB začíná problém řešit
 - vzniká samostatná oblast (area) v rámci IETF
- dočasná řešení - usilují zpomalit úbytek IP adres
 - přísnější způsob přidělování IP adres
 - subnetting
 - privátní IP adresy
 - mechanismus CIDR
- dočasná řešení významně uspěla v oddálení problému
 - nebezpečí vyčerpání se stalo méně akutní
- současně se začalo pracovat na "definitivním" řešení
 - zjištění: 32-bitové adresy jsou v protokolu IP tak hluboce "zakořeněny", že není zvětší adresový prostor
 - ještě v rámci téhož IP (IPv4)
 - je nutné vyvinout zcela nový protokol IP !
 - s větším adresovým prostorem, ale i dalšími změnami
- dnes používaný protokol IP je verze 4
 - IPv4
- nový protokol IP je verze 6
 - IPv6
 - IPv5 neexistuje
- IPnG (IP – The Next Generation)
 - obecné označení pro všechny návrhy, které se sešly v rámci IETF při hledání nové verze
 - IPv6 je jeden z protokolů IPnG
 - někdy se bere IPv6=IPnG

koncepce IPv6

- používá adresy v rozsahu 128 bitů
 - celkem 340'282'366'920'938'463'463'374'607'431'768'211'456 unikátních IPv6 adres
 - každý dnes žijící člověk by mohl dostat na 4 miliardy adres,
 - každé zrnko písku na plážích světa by mohlo dostat na 2128 různých adres
 - na každý čtvereční mikrometr zemského povrchu by připadlo na 5000 adres IPv6
 -
 - 128- bitový adresový prostor je hierarchicky členěn
 - multicast adresy, lokální adresy pro sítě a segmenty, pro ISP, "IPv4 embedded"....
- má nový formát IP datagramu
 - "IPv6 datagramu"
- nabízí různé strategie přidělování IP adres
 - včetně možnosti, aby si uzel sám určil svou vlastní IP adresu
 - podle toho, jak je naadresováno jeho okolí
- podporuje hierarchické směrování, bezpečnost, kvalitu služeb (QoS), ...
 - nemá broadcast, má unicast, multicast a nově také "anycast"

TCP/IP a mobilita

- mobilita
 - IP adresy nejsou "mobilní"
 - nelze je přenášet mezi sítěmi
 - směřuje se na základě IP adres, podle jejich síťové části
 - nelze jen tak "vytrhnout" jednotlivé IP adresy z jejich "mateřské" sítě
 - protokol IP vznikl v době, kdy počítače nebyly přenosné, nebyl požadavek na mobilitu
- řešení mobility:
 - přidělení nové IP adresy v nové síti
 - BOOTP, DHCP atd.
 - skrze agenty a tunely
 - "na původním místě" zůstane agent, který vše přeposílá "skrze tunel" tam, kde se uzel právě nachází
 - jinak
- IP Mobility Support
 - "Mobile IP"
 - RFC 2002 a další (3220, 3344)
 - princip fungování:
 - metoda "agentů"
 - pakety jsou směrovány na původní místo, odkud jsou následně přeposílány na nové místo
 - pro vyšší vrstvy je to neviditelné
 - vzdálené zařízení nemusí Mobile IP podporovat
 - vše zařizuje agent, mobilní zařízení o tom neví
 - je to určeno pro "příležitostnou mobilitu"
 - např. pohyb 1x za týden
 - nikoli pro "častou mobilitu", jako např. v mobilních sítích, roaming apod.
 - mobilní zařízení musí mít staticky přiřazenou IP adresu

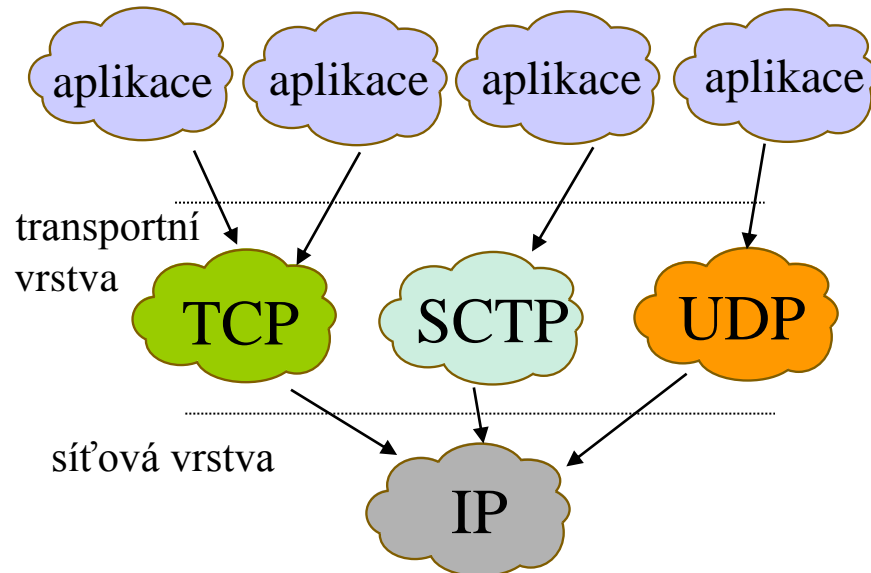
NGN a IMS

- NGN (Next Generation Networking) je koncept "ze světa spojů",
 - velmi široký pojem, zastřešuje trendy ke kterým dochází v sítích světa spojů
 - cílem těchto trendů je to, aby na všechny služby (včetně multimediálních) stačila jedna síť, fungující na paketovém principu a s podporou kvality služeb
 - **postavení na IP protokolu (all-IP)**
 - mimo jiné předpokládá přechod hlasu na IP (VOIP) a použití protokolu SIP pro navazování spojení a signalizaci
 - názor: je to čtvrtý pokus o konvergenci, pocházející ze světa spojů a inspirovaný Internetem a protokoly TCP/IP
- IMS (IP Multimedia Subsystem): jedna z konkrétních NGN architektur
 - definovaná od ETSI a 3GPP (z "mobilního světa")
 - usiluje o vytvoření jednotné platformy pro poskytování služeb, která by "překryla" jak pevné sítě tak i mobilní sítě 3G, a nabízela možnosti dnešního broadbandu

SCTP

(Stream Control Transmission Protocol)

- nový transportní protokol
 - z roku 2000, ~~RFC 2960~~, RFC 4960
- idea:
 - TCP a UDP jsou dva extrémy
 - TCP: "všechno najednou"
 - spolehlivý, spojovaný, předchází zahlcení, řídí tok, bytový proud, ...
 - UDP: "holé minimum"
 - nespolehlivý, nespojovaný, bez ochrany proti zahlcení, blokový přenos
 - je vhodné mít k dispozici i "něco mezi nimi"
 - vybrat si míru spolehlivosti,
 - plus podporu "novějších potřeb", jako je:
 - multihoming a podpora redundantních cest
 - multistreaming,
 - možnost určit parametry přenosu (timeout, opakování,



- původně:
 - SCTP vznikl jako specializovaný transportní protokol pro přenos krátkých zpráv v rámci signalizace
- později:
 - SCTP se stal univerzálním transportním protokolem
- dnes:
 - teprve se stává součástí TCP/IP stacku na různých platformách

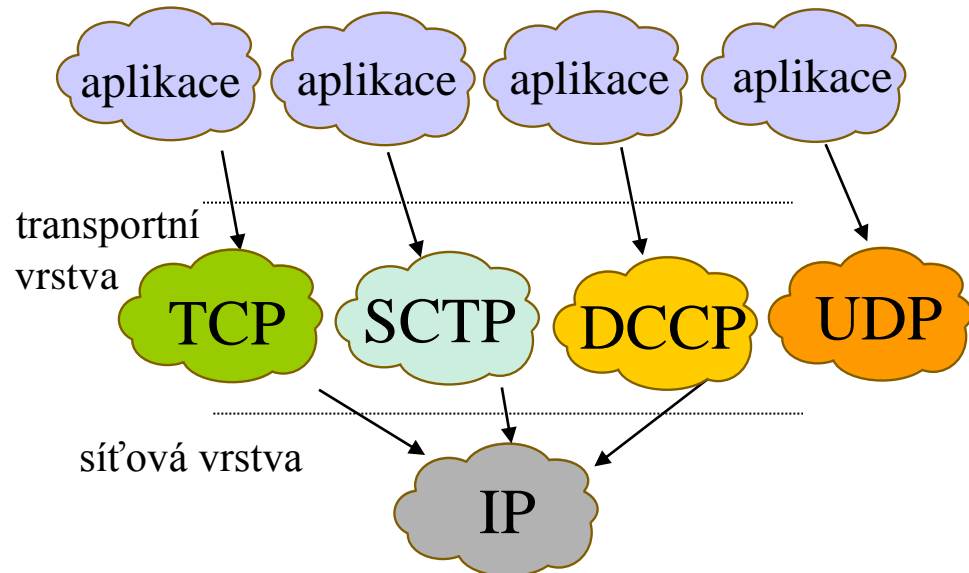
SCTP - vlastnosti

- multi-homing
 - TCP vytváří spojení mezi <IP,port> a <IP,port>
 - pokud má koncový uzel více rozhraní (je "multihomed"), musí se vybrat právě jedno rozhraní (jedna IP adresa) !!!
 - pokud spojení přes toto rozhraní přestane fungovat, je uzel nedosažitelný
 - SCTP dokáže využít všechna rozhraní, která jsou k dispozici
 - dokud funguje alespoň jedno, je uzel stále dostupný
- zabudovaná ochrana proti útokům (SYN-flooding)
 - používá 4-fázový handshake, plus další mechanismy ochrany
- vždy je zajišťována ochrana proti zahlcení
- multi-streaming
 - TCP vytváří jen jeden proud, data jsou vždy doručována v pořadí
 - když se v něm "něco zasekne", jsou pozdržena i další ("následující") data
 - SCTP dokáže pracovat s více proudy
 - až 64K proudů
 - i když se v jednom "něco zasekne", ostatní přenáší data nezávisle na ostatních
- členění na zprávy
 - TCP nijak nečlení přenášená data
 - je to "byte stream protocol"
 - příjemce musí "rekonstruovat" původní členění
 - SCTP zachovává původní členění (různě dlouhých zpráv)
 - je to "packet stream protocol"

DCCP

(Datagram Congestion Control Protocol)

- další nový transportní protokol, zajišťuje:
 - přenos datagramů
 - jako UDP
 - spojovaný přenos
 - jako TCP
 - nespolehlivý přenos
 - jako UDP
 - předchází zahlcení
 - na výběr je více variant ochrany před zahlcením
 - jedna z nich jako v TCP
 - potvrzení o doručení
 - odesílatel se dozví, jak "dopadl" jeho datagram
 - zda byl řádně doručen, zahozen, zpožděn kvůli zahlcení apod.
 - ale nikdy se neposílá znovu



- další vlastnosti:
 - neřídí tok
 - nemá žádné "okénko"
 - čísluje přenášené datagramy
 - nikoli byty
 - má zabudovanou podporu pro multihoming a mobilitu