

Rodina protokolů TCP/IP verze 3.0

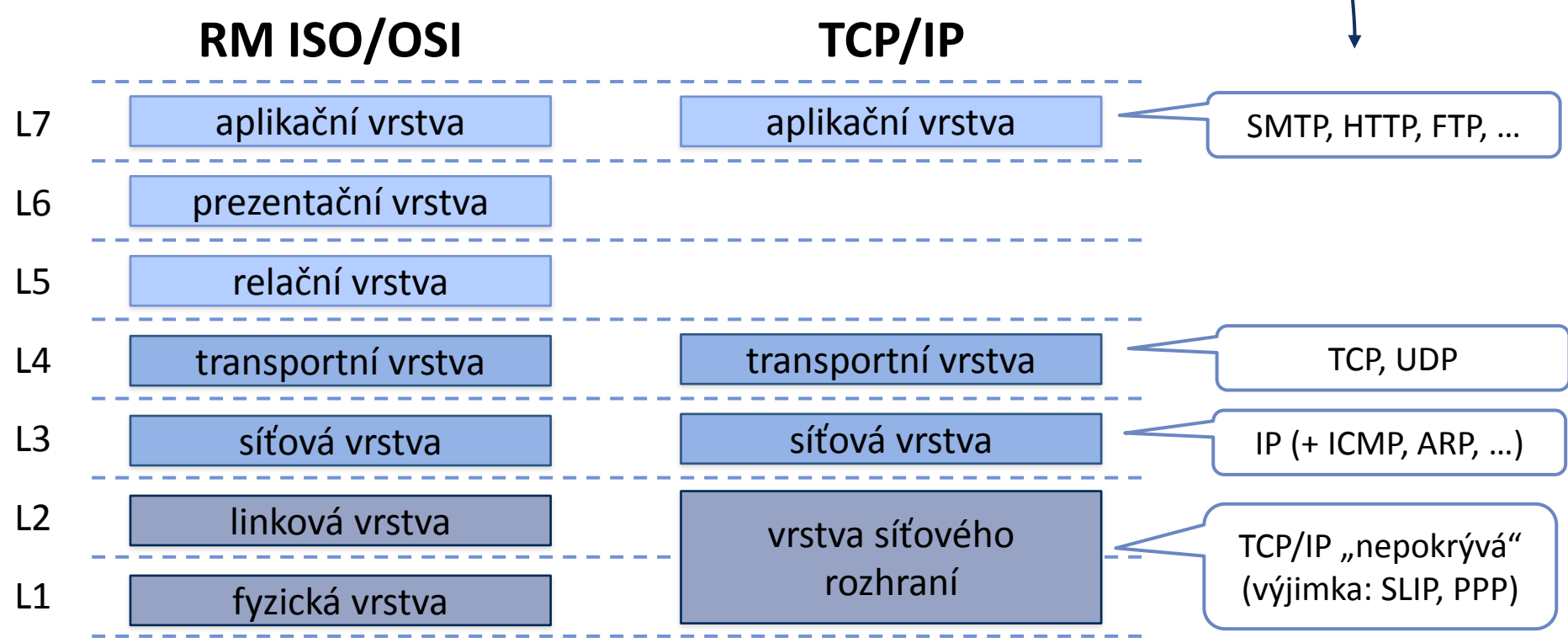
Téma 3: Architektura TCP/IP

Jiří Peterka

TCP/IP je síťovou architekturou

- TCP/IP je „rodinou protokolů“ (Protocol Suite)
- ale podle obvyklé terminologie je **síťovou architekturou**
 - **neboť zahrnuje:**
 - představu o počtu vrstev
 - představu o tom, co má mít která vrstva na starosti
 - konkrétní protokoly

zahrnuje i konkrétní protokoly



• RM ISO/OSI:

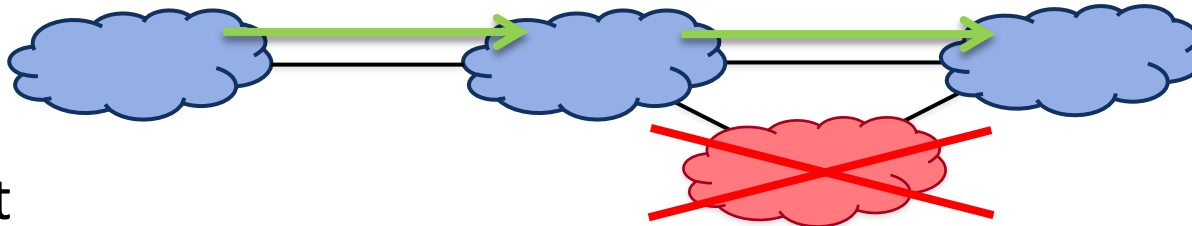
- přístup autorů odtržený od reality
 - nechtěli přebírat jiná řešení
 - například Ethernet
 - chtěli vymyslet všechno sami
 - a to nestíhali, viz absence ISO/OSI protokolů v referenčním rámci
- *„od složitějšího k jednoduššímu“*
 - autoři nejprve vymysleli co nejkompexnější řešení
 - a teprve pak přemýšleli nad tím, zda je realizovatelné
 - následně museli slevovat a hledat implementovatelnou podmnožinu
- vycházeli z představy, že „potřebují někomu něco prodat“
 - proto: preference „bohatých“ služeb
 - spojované, spolehlivé
 - podpora QoS

• TCP/IP

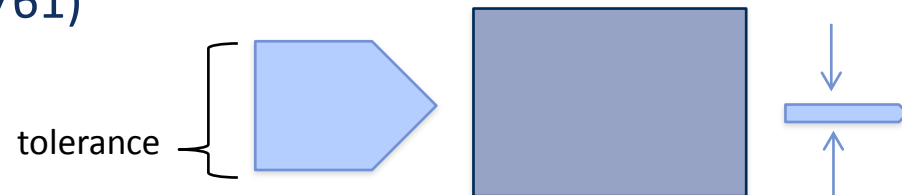
- přístup autorů velmi realistický
 - ochota přebírat „cizí“ řešení
 - např. Ethernet od IEEE
 - soustředili se na to, jak „cizí“ řešení využít co nejlépe
 - např. jak vkládat IP pakety do Ethernetových rámců
- *„od jednoduššího ke složitějšímu“*
 - nejprve se navrhne jednoduché řešení
 - realizovatelnost je podmínkou standardizace
 - postupně se rozšiřuje a zdokonaluje
 - pokud je o ně zájem
 - pokud je to reálné, použitelné

v TCP/IP vše opačně

- decentralizovaný (distribuovaný) charakter
 - absence centrálních prvků, které by byly „single point of failure“
 - důsledek: i když je část sítě mimo provoz, zbývající části mohou stále fungovat



- robustnost
 - schopnost překonat ne zcela ideální podmínky
 - schopnost vyrovnat se s výpadky, chybami
 - projevuje se i v preferenci nespolehlivého a nespojovaného přenosu
 - tolerance vůči nedokonalostem
 - **princip robustnosti** (též: **Postel's Law**):
 - *“be conservative in what you do, be liberal in what you accept from others”*
 - jinými slovy: *toleruj chyby na vstupech, ale sám je na výstupech nedělej*
 - původně formulováno pro TCP (RFC 761)
 - později filosofie celého TCP/IP



„základní rysy“ TCP/IP

- důraz na efektivnost
 - autoři TCP/IP nemuseli nikomu nic prodávat (myslet na komerční aspekty)
 - proto kladli hlavní důraz na efektivnost přenosových mechanismů sítě

- důsledky:

- předpoklad paketového přenosu
 - přenosu dat na principu přepojování paketů
 - které je efektivnější než přepojování okruhů
 - ale které nevychází vstříc multimediálním službám

důsledek ARPANETu a NCP

- paradigma „hloupá síť, chytré uzly“

vlastní rozhodnutí autorů

- přenosová síť má být hloupá – ale maximálně efektivní
 - má se maximálně soustředit na svůj hlavní úkol (core business): přenos dat
 - nemá se rozptylovat dalšími úkoly (jako je třeba zajištění spolehlivosti)

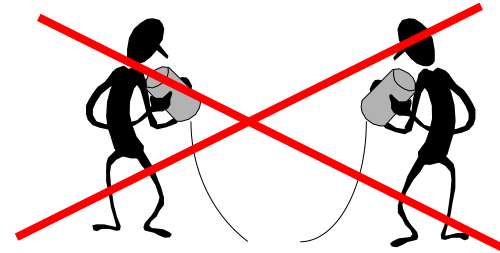
- konkrétní důsledky:

- preference nespojovaných přenosů
- preference nespolehlivých přenosů
- preference principu best effort (před podporou QoS)
- demokracie / možnost volby: **když někdo chce něco jiného, má možnost**

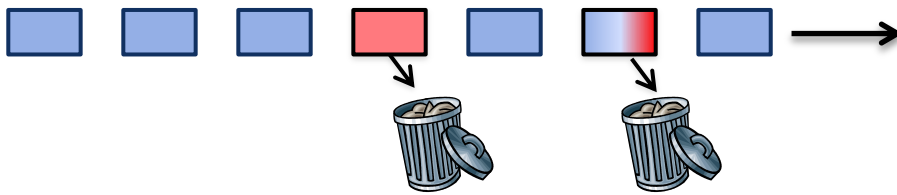
protokol IP je:

- nespojovaný
- nespolehlivý
- best effort

- (hlavní) přenosové služby TCP/IP fungují na nespojovaném principu
 - nenavazují spojení, posílají data v dobré víře, že příjemce existuje a bude ochoten je přijmout
 - přenosový protokol síťové vrstvy (protokol IP) je nespojovaný
- výhody:
 - je to bezstavové
 - 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
 - které hledají nejvhodnější trasu pro každý paket v každém „přestupním“ uzlu (směrovači)
 - je to výhodné pro "řídké" přenosy
 - přenosy menších objemů dat, hodně rozložené v čase
- nevýhody:
 - není to výhodné pro "intenzivní" přenosy
 - přenosy větších objemů dat v krátkém časovém intervalu
 - různé pakety mohou být přenášeny různými cestami
 - a být doručovány v různém pořadí
 - možnost volby:
 - vyšší vrstvy si mohou zvolit spojovaný způsob přenosu
 - skrze volbu protokolu TCP

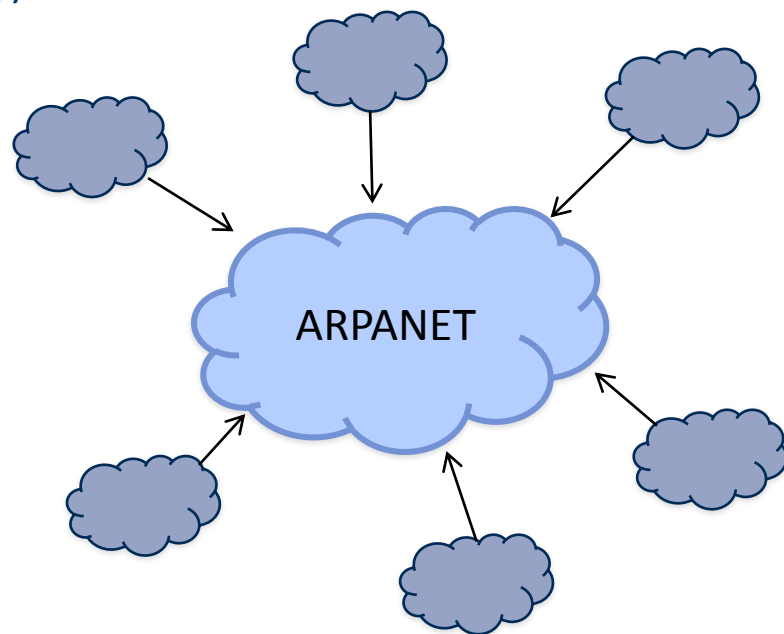


- (hlavní) přenosové služby TCP/IP fungují nespolehlivě
 - když se nějaká data při přenosu poškodí nebo ztratí, nepovažují za svou povinnost postarat se o nápravu
 - přenosový protokol síťové vrstvy (protokol IP) funguje nespolehlivě
- výhody:
 - nenarušuje to plynulost přenosu
 - při nápravě se narušuje opakováním již uskutečněného přenosu
 - plynulost požadují hlavně multimediální aplikace
 - „datovým“ aplikacím je to jedno
 - nenese to režii, spojenou se zajištěním spolehlivosti
 - s potvrzováním, s nutností opakování přenosů,
- nevýhoda:
 - data se mohou poškodit/ztratit
- související aspekty:
 - spolehlivost není absolutní
 - ale relativní – má vždy určitou míru
 - různé aplikace mohou požadovat různou míru spolehlivosti
- možnost volby:
 - aplikace si mohou zajistit spolehlivost samy
 - na aplikační vrstvě
 - aplikace mohou využít protokol TCP
 - který funguje spolehlivě



- best effort = všem datům je při přenosu měřeno stejně
 - nerozlišuje se, o jaká data jde – a se všemi se nakládá stejně
 - když se nedostává zdrojů (přenosové kapacity,), jsou všechny přenosy kráceny stejně
 - alternativou k best effort je podpora QoS (Quality of Service)
- výhody:
 - nevadí to „počítačovým“ aplikacím
 - jako je přenos souborů, email,
 - přenosové mechanismy (protokoly) mohou být jednodušší
 - příklad: protokol IP
 - přenosová infrastruktura (sít) může být levnější a rychlejší
 - důsledky:
 - Internet se mohl rozvíjet snáze, rychleji a levněji (než kdyby se snažil podporovat QoS)
- nevýhody:
 - vadí to multimediálním aplikacím
 - přenosu zvuku a obrazu
 - přenosové mechanismy (protokoly) musí být složitější
 - přenosová infrastruktura (sít) je dražší a pomalejší
- možné řešení:
 - podporu QoS lze přidat dodatečně
 - technická řešení jsou standardizována
 - ale je to problematické
 - „moc to nefunguje“

- další ze „základních rysů“ TCP/IP
 - internetworking = vzájemné propojování sítí (do větších celků, internet-ů)
- bylo to důležité již v době, kdy protokoly TCP/IP vznikaly
 - na bázi TCP/IP fungoval zárodečný ARPANET
 - ale na něj se chtěly napojovat další sítě, které již existovaly a využívaly různé technologie (na úrovni fyzické a linkové vrstvy)
- proto:
 - autoři TCP/IP měli v zadání: umožnit snadné napojování takovýchto sítí na „zárodečný“ ARPANET
 - tímto postupem (postupným „nabalováním“ nakonec vznikl dnešní Internet
 - zvolené řešení: vyšší vrstvy (počínaje vrstvou síťovou) budou maximálně nezávislé na nejnižších vrstvách
 - fungování vyšších vrstev nebude využívat žádná specifika nižších vrstev
 - adresování (na síťové vrstvě a vyšších) bude abstraktní, nezávislé na nižších vrstvách



- důraz na internetworking měl konkrétní důsledky pro TCP/IP
- koncepce síťové vrstvy
 - je „transparentní pokličkou“
 - zakrývá specifika nižších vrstev
 - je abstraktní
 - používá abstraktní (IP) adresy
 - které nemají přímé ekvivalenty v linkových adresách
 - od nižších vrstev očekává jen nezbytné minimum
- „nenaplnění“ vrstvy síťového rozhraní
 - TCP/IP sám nepokrývá tuto vrstvu
 - nedefinuje žádné protokoly, které by měly být používány na této vrstvě
 - a předpokládá, že budou použity „takové technologie, jaké existují“
 - například Ethernet od IEEE
 - výjimkou jsou:
 - protokol SLIP (Serial Line IP)
 - protokol PPP (Point-to-Point Protocol)
 - určeny pro dvoubodové spoje
 - kde i nasazení Ethernetu je overkill

aplikační vrstva

transportní vrstva

síťová vrstva

vrstva síťového rozhraní



TCP/IP nepokrývá výjimka: SLIP, PPP

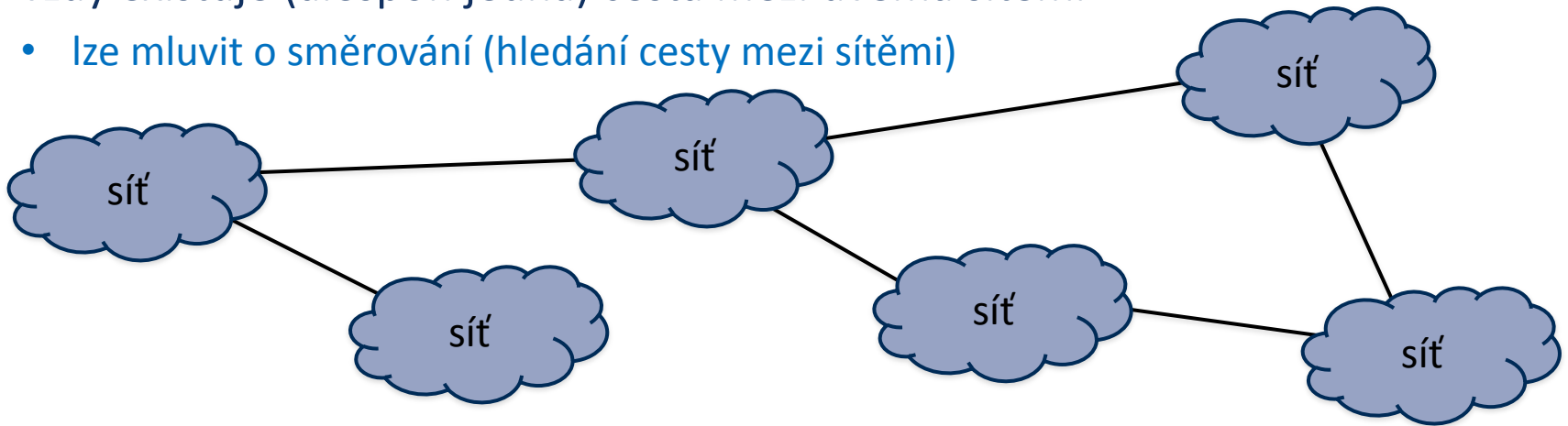


specifika použité technologie

- rodina protokolů (síťová architektura) TCP/IP je v praxi velmi úspěšná
 - projevuje se to i skrze dva výrazné trendy
- **IP over Everything**
 - slogan, zdůrazňuje že protokol IP dnes může „běžet“ nad (prakticky) jakoukoli linkovou technologií
 - že byl „portován“ na všechny dostupné linkové technologie
 - že IP pakety lze „balit“ do všech linkových rámců, buněk atd.
 - například (IP pakety lze přenášet po):
 - Ethernetu, Token Ringu, ARCnetu
 - linkové technologie sítí LAN
 - ISDN, xDSL, kabelu/CATV, PLC, modemovém spojení
 - „pevné“ technologie
 - GSM, GPRS, EDGE, UMTS, LTE,
 - „mobilní“ technologie
- **Everything over IP**
 - slogan, zdůrazňuje že (prakticky) všechny aplikace dokáží fungovat nad protokolem IP
 - že jsou „portovány“ nad protokol IP
 - i když původně předpokládaly jiné prostředí a infrastrukturu
 - a protokol IP pro ně není příliš vhodný
 - (nad IP lze provozovat) například:
 - přenos hlasu
 - technologie VOIP, služby IP telefonie
 - přenos obrazu
 - technologie IPTV, služby OTT (Over the Top)
 -

jak se TCP/IP dívá na svět?

- koncepce protokolů TCP/IP vychází z představy, že svět je tvořen dílčími sítěmi, které jsou mezi sebou (nějak) propojeny
 - ve smyslu:
 - jednotlivé sítě mají svou „identitu“ (síťovou adresu, resp. síťovou část adresy)
 - lze mluvit o příslušnosti uzlů k určité síti
 - vždy existuje (alespoň jedna) cesta mezi dvěma sítěmi
 - lze mluvit o směrování (hledání cesty mezi sítěmi)

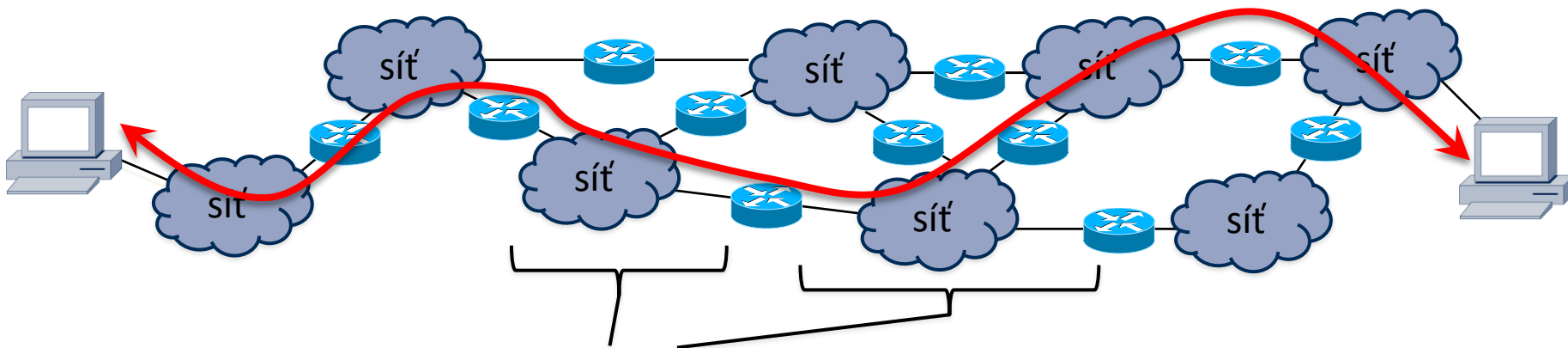


- tato představa odpovídá tzv. **katenetovému modelu**
 - „katenet“ ve smyslu řetězec, posloupnost,
 - alternativou by mohla být:
 - jedna jediná (plochá) síť
 - několik samostatných sítí, ale bez vzájemného propojení



• připomenutí:

- síťová vrstva přenáší **síťové pakety**
- jednotlivé pakety přenáší přes mezilehlé uzly až k jejich koncovým příjemcům
 - mezi jednotlivými sítěmi, přes **směrovače** (router-y)
- k tomu musí zajistit: **směrování** (routing)
 - jako volbu/hledání správného směru dalšího přenosu



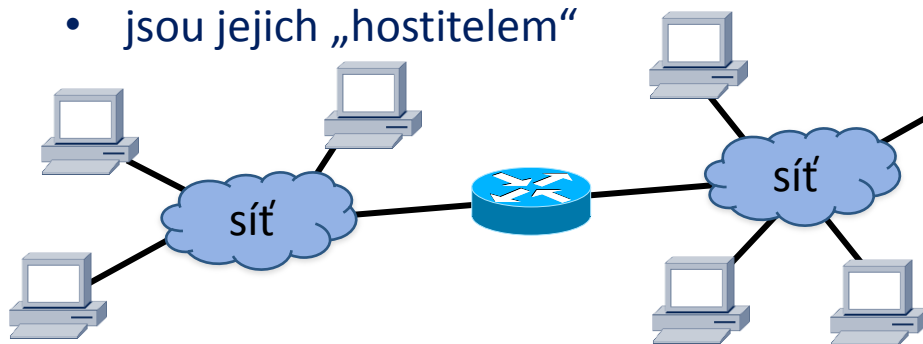
- pro každý jednotlivý „přeskok“ využívá služeb linkové vrstvy (vrstvy síť. rozhraní)
 - a zde použité linkové technologie (např.: Ethernetu, PPP, ATM,)
 - různé linkové technologie používají různé (linkové) adresy a mohou se výrazně lišit:
 - například v maximální velikosti linkového rámce
 - mohou fungovat spojovaně/nespojovaně, spolehlivě/nespolehlivě
 - mohou pracovat s prioritami či jinými formami QoS

- TCP/IP předpokládá, že existují jen 2 typy uzlů:

- **koncové uzly** (host computers, hostitelské počítače)

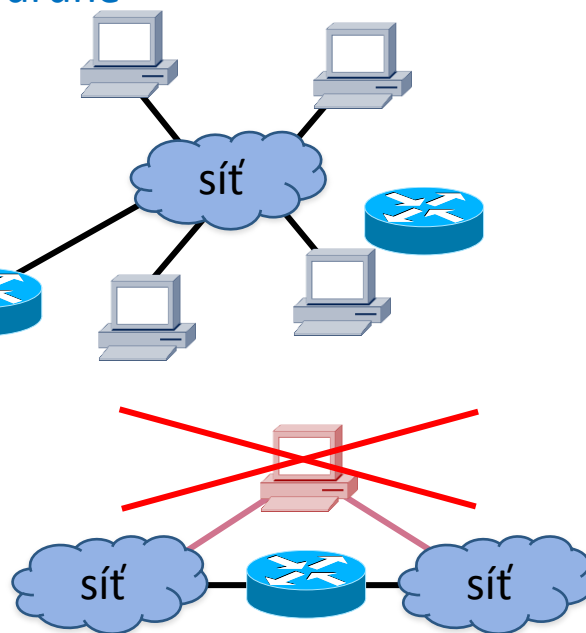


- jsou připojené jen k jedné síti
- slouží (pouze) potřebám uživatelů
 - jako servery, jako pracovní stanice,
- „hostitelské“ proto, že „hostí“ zdroje
 - jako jsou aplikace, data, zařízení
 - jsou jejich „hostitelem“



- **směrovače** (routers)

- jsou připojeny do dvou či více sítí
- slouží (pouze) potřebám směrování
 - zajišťují „přestup“ z jedné sítě do druhé



- nedoporučuje: tzv. **multihomed host**

- uzel, který by současně fungoval jako směrovač i jako hostitelský počítač
 - dnes se připouští připojení host. počítačů do více sítí kvůli rozkladu zátěže či zálohování

- při vzniku koncepce TCP/IP připadaly v úvahu 2 možnosti:

a) nezakrývat specifika linkových technologií

- tj. umožnit vyšším vrstvám, aby využívaly specifické schopnosti konkrétních linkových technologií
- výhoda:
 - např. vyšší efektivnost, ...
- nevýhoda:
 - vyšší vrstvy nefungují všude stejně, musí se přizpůsobovat

b) volit síťovou vrstvu jako „jednotnou pokličku“

- tj. zakrýt všechna specifika nižších vrstev, vytvořit jednotné (stejně) prostředí pro vyšší vrstvy
- výhoda:
 - vyšší vrstvy se nemusí přizpůsobovat/měnit
- nevýhoda:
 - nelze využít specifické výhody konkrétních linkových technologií
 - pokud takové existují

aplikační vrstva

transportní vrstva

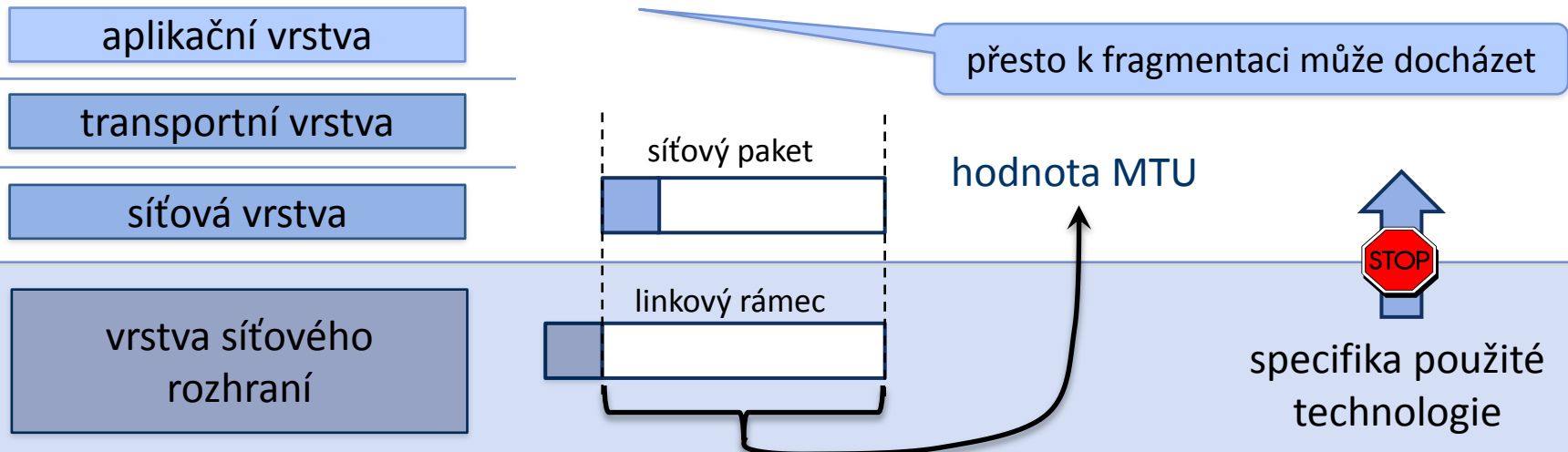
síťová vrstva

vrstva síťového
rozhraní



specifika použité technologie

- nakonec se prosadila varianta b: **jednotná poklička**
 - specifika linkových technologií jsou zakryta, využívá se jen minimum přenosových schopností, které by měla podporovat každá technologie
 - přesto:
 - **jednu odlišnost nelze / nemá smysl „zakrývat“: velikost linkového rámce**
 - proto:
 - existuje výjimka (z pravidla, že všechna specifika jsou zakryta):
 - vyšší vrstvy „vidí“ parametr **MTU** (Maximum Transmission Unit)
 - ten udává, kolik bytů se vejde do „nákladové části“ linkového rámce
 - podle něj vyšší vrstvy „porcují“ data k přenosu na menší části – aby se ještě vešly to linkového rámce, a nedocházelo k tzv. **fragmentaci** (nutnosti rozdělení na části)



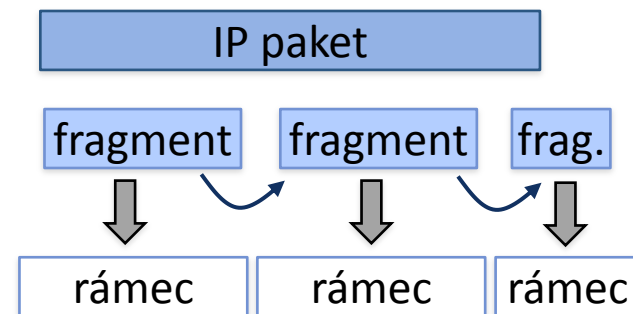
- síťová vrstva má jen 1 přenosový protokol: **IP** (Internet Protocol)
 - přenáší bloky označované jako pakety: **IP pakety**
 - funguje:
 - nespojovaně
 - nenavazuje spojení, díky tomu funguje bezestavově
 - nespolehlivě
 - nestará se o nápravu, pokud dojde k poškození nebo ztrátě dat
 - stylem best effort
 - všem datům měří stejně, nepodporuje QoS, nerozlišuje mezi přenášenými daty
 - je **minimalistický, nabízí jen „holý přenos“**
 - důsledek paradigmatu: „hloupá síť, chytré uzly“
 - a představy, že přenosová část sítě má pouze přenášet data, ale nic jiného
 - negarantuje, že:
 - data vůbec přenesou (důsledek nespolehlivosti)
 - data stihne přenést včas (nejpozději za dobu t)
 - data bude přenášet pravidelně (se stejným přenosovým zpožděním/latencí)
 - data doručí ve správném pořadí (důsledek nespojovaného charakteru)

proto jsou označovány také jako **IP datagramy** !!

protokol IP se nehodí pro multimediální přenosy

podpora fragmentace

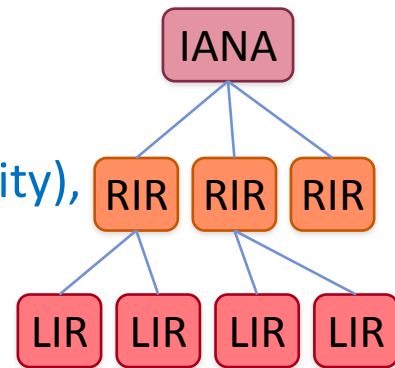
- protokol IP musí mít zabudovanu podporu fragmentace
 - možnost rozdělit „příliš velký paket“ na menší části (fragmenty), tak aby se vešly do linkových rámců
 - zahrnuje:
 - označení jednotlivých fragmentů
 - tak, aby se poznalo, že „patří k sobě“
 - identifikaci pořadí / posloupnosti
 - aby se vědělo, jak jdou fragmenty „za sebou“ a který z nich je poslední
 - minim. velikost paketu, který vždy projde bez fragmentace: IPv4: 576 B, IPv6: 1280 B
 - umožňuje:
 - nefragmentovat
 - odmítnout fragmentaci, pokud by k ní mělo dojít
 - fragmentovat pakety přímo u odesilatele
 - pokud není respektována hodnota parametru MTU
 - fragmentovat pakety „po cestě“
 - ve směrovačích, které pracují s cestami s menším MTU
 - sestavit z přijatých fragmentů původní (větší) paket
 - možnost „poskládat“ fragmenty – pokud došly všechny



umožňuje jen IPv4
(IPv6 nikoli)

dělá vždy až
koncový příjemce

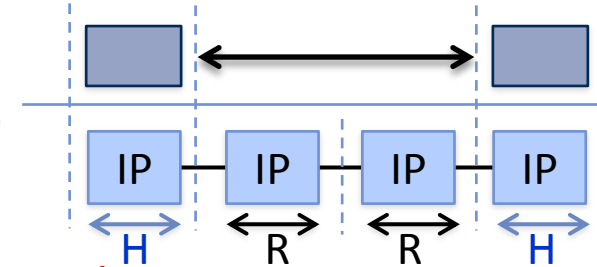
- používá jednotné adresování
 - abstraktní **IPv4 adresy** (32 bitů) – nejsou nijak závislé na linkových (HW) adresách
 - jsou logicky dvousložkové:
 - mají síťovou část (určuje síť jako celek)
 - mají relativní část (určuje relativní adresu uzlu v rámci sítě)
- s tím souvisí i celý systém distribuce IP adres
 - centrální přidělovatel (IANA, Internet Assigned Numbers Authority),
 - regionální přidělovatelé (RIR, Regional Internet Registries)
 - lokální přidělovatelé (LIR, Local Internet Registries)
- dále pravidla pro alokaci (přidělování IP adres „po kvantech“)
 - třídy A, B a C (i D a E)
 - koncept subnettingu a supernettingu
 - koncept privátních IP adres
 - mechanismus CIDR (Classless InterDomain Routing)
- dnes také:
 - **IPv6 adresy** (128 bitů), systém distribuce a přidělování



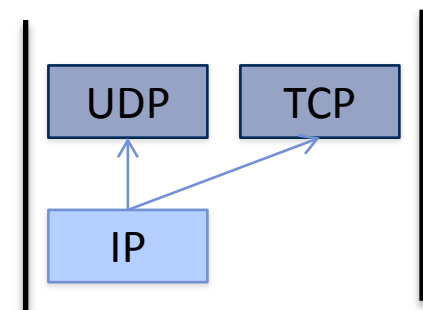
také pravidla přidělování IP adres hostitelským počítačům a směrovačům

- se síťovou vrstvou úzce souvisí (a patří do ní):
 - „pomocné“ protokoly
 - např. **ICMP** (Internet Control Message Protocol)
 - „posel špatných zpráv“ – slouží pro sdělování nestandardních situací
 - například že konkrétní paket nelze doručit, že neexistuje cesta atd.
 - zajišťuje některé další funkce
 - například „poučuje“ hostitelské počítače o správném směrování
 - slouží utilitám PING a Traceroute
 - **ARP** (Address Resolution Protocol) a **RARP** (Reverse ARP)
 - pro převod mezi síťovými a linkovými adresami, oběma směry
 - ale jen tam, kde je k dispozici broadcast na linkové vrstvě
 - **NAT** (Network Address Translation)
 - pro překlad IP adres (mezi veřejnými a privátními IP adresami)
 - se síťovou vrstvou souvisí i protokoly pro směrování
 - **RIP** (Routing Internet Protocol), **OSPF** (Open Shortest Path First)
 - volitelně další mechanismy a protokoly:
 - **IPSec** (IP Security, pro zabezpečené přenosy), **Mobile IP** (pro podporu mobility)

- připomenutí:
 - transportní vrstva je první vrstvou, kterou mají koncové uzly „plně ve své moci“
 - která je implementována až v koncových uzlech (hostitelských počítačích, H)
 - která není implementována ve vnitřních uzlech sítě (směrovačích, R)
 - transportní vrstva zajišťuje end-to-end komunikaci
 - komunikaci mezi koncovými uzly (hostitelskými počítači)



- proto:
 - transportní vrstva je první (a současně poslední) možností, kdy (kde) změnit způsob fungování přenosových služeb
 - reprezentovaných fungováním síťového protokolu IP



- zvolené řešení: jen 2 varianty
 - obě „krajní“ (extrémní)

a) „neměnit nic“

- transportní protokol UDP
 - nespojovaný a nespolehlivý
 - stejně jako protokol IP
 - je to velmi jednoduchý protokol

b) „změnit všechno“

- a) transportní protokol TCP
 - a) spojovaný a spolehlivý
 - a) na rozdíl od protokolu IP
 - b) velmi složitý a komplexní protokol

• **UDP (User Datagram Protocol)**

- je pouze jednoduchou („lehkou“) nadstavbou nad protokolem IP
 - funguje stejně jako protokol IP:
 - **nespojovaně**: nenavazuje spojení, data mohou cestovat jinými cestami
 - **nespolehlivě**: nestará se o nápravu poškozených či ztracených dat
 - **na principu best effort**, bez podpory QoS: všem datům měří stejně
- přenáší bloky dat, označované jako **UDP datagramy**
 - „datagramy“ kvůli nespojovanému způsobu fungování
 - velikost UDP datagramů:
 - volitelná – ale musí se vejít do IP datagramu (max. $2^{16} = 65535$ bytů včetně hlavičky)
 - max. 65507 bytů dat nákladové části
 - +8 bytů UDP hlavička, +20 bytů hlavička IP paketu
 - v praxi typicky mnohem menší (dáno konkrétní implementací TCP/IP)
 - často max. 8196 bytů
- řeší:
 - práci s porty
 - rozlišování různých entit v rámci každého uzlu
 - **neřeší**:
 - spolehlivost
 - řízení toku (aby odesílatel nezahltl příjemce)
 - předcházení zahlcení (aby nedošlo k zahlcení přenosové části sítě)

data „porcuje“ aplikace, UDP je dostává už po blocích

- **TCP (Transmission Control Protocol)**

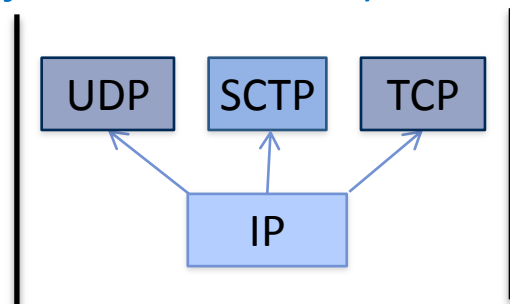
- je velmi složitým protokolem
- je velmi adaptabilní, dokáže se přizpůsobit odlišným podmínkám
 - dokáže fungovat stejně dobře v sítích LAN i WAN
 - i při diametrálně odlišné latenci / přenosovém zpoždění
- mění způsob fungování protokolu IP
 - IP funguje nespojovaně, TCP funguje **spojovaně**
 - IP funguje nespolehlivě, TCP funguje **spolehlivě**
- přenáší **TCP segmenty**
 - jejich velikost si určuje protokol TCP sám
- řeší řadu věcí, které IP ani UDP neřeší (ani řešit nemusí)
 - zajištění spolehlivosti
 - používá kontinuální potvrzování, metoda okénka, volba timeoutů,
 - řízení toku
 - skrze metodu okénka
 - předcházení zahlcení
 - dočasný přechod na jednotlivé potvrzování

vytváří iluzi
bytového proudu

sám si „porcuje“
data z bytového
proudu, dle MTU

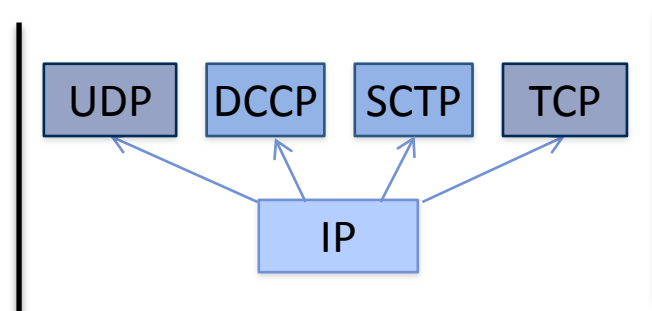
- řeší:
 - práci s porty
 - rozlišování různých entit
v rámci každého uzlu

- původně:
 - jen 2 „extrémní“ varianty: TCP („všechno“), UDP („nic“)
- později:
 - různě „vyladěné“ varianty protokolu TCP
 - používají různé postupy/algoritmy/metody při zajištění spolehlivosti, řízení toku, předcházení zahlcení atd.
 - TCP Tahoe, TCP Reno, TCP NewReno, TCP Vegas,
- v poslední době:
 - snaha zavést jemnější škálu transportních protokolů (než jen 2 „extrémní“)
 - protokol **SCTP** (Stream Control Transmission Protocol)
 - funguje spolehlivě (stejně jako TCP)
 - funguje spojovaně (ale jinak než TCP)
 - přenáší data po blocích (messages), podobně jako UDP
 - podporuje více proudů (streams) současně (TCP jen 1 proud/stream)
 - podporuje multihoming
 - dokáže využít více síťových rozhraní, pokud je uzel má
 - předchází zahlcení (podobně jako TCP)



definuje RFC 2960 (říjen 2000), nově RFC 4960

- škála transportních protokolů se dále rozšiřuje
- protokol **DCCP (Datagram Congestion Control Protocol)**
 - přenáší datagramy (jako UDP)
 - data členěná na bloky
 - funguje spojovaně (jako TCP)
 - čísluje přenášené datagramy
 - funguje nespolehlivě (jako UDP)
 - ale poskytuje informaci o doručení datagramu (doručen, zahozen, zpožděn)
 - předchází zahlcení (jako TCP)
 - nabízí více algoritmů pro předcházení zahlcení
 - podporuje multihoming (jako SCTP)
 - podporuje mobilitu
 - neřídí tok (jako UDP)
- do budoucna: **SCPS-TP**
 - Space Communications Protocol Standard Transport Protocol**
 - pro meziplanetární komunikaci, kde je extrémně velké přenosové zpoždění



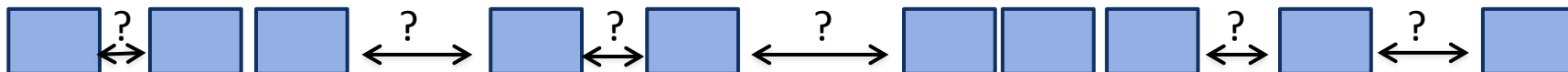
definuje RFC 4340
(březen 2006)

aplikace v TCP/IP

- původně malý rozsah aplikací:
 - 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 prosadily další aplikace:
 - síťové noviny (news, netnews, USENET)
 - sdílení souborů (NFS)
 - Gopher, WWW (HTML, HTTP,)
 - on-line komunikace (chat, IRC, ICQ, messengery, ...)
- časem dochází k "platformizaci" aplikací
 - přežívají jen některé aplikace
 - hlavně WWW a el. pošta
 - ostatní ztrácí svou identitu a „skrývají se“ se jiné aplikace
 - jakoby se stávají nadstavbou nad těmi aplikacemi, které zůstaly
 - původně samostatné aplikace se přesouvají do role nadstavby na platformě jiné aplikace
 - nejčastěji WWW, případně elektronická pošta

pro všechny tyto „počítačové“ aplikace je způsob fungování TCP/IP (hlavně princip best effort, bez podpory QoS) stále ještě akceptovatelný - byť ne ideální

- v době vzniku protokolů TCP/IP se nepočítalo s multimediálními aplikacemi a jejich potřebami
 - zajistit/garantovat nízkou latenci a nízký jitter (pravidelnost doručování)
- bylo zvoleno řešení na bázi **síťové neutrality**
 - přenosová síť je „neutrální“ k přenášeným datům, nerozlišuje je a ke všem se chová stejně
 - na principu best effort: **nedokáže zajistit rychlost ani pravidelnost doručování dat !!**



- **výhoda:**
 - značně to zjednodušilo návrh přenosových protokolů (IP, UDP, TCP)
 - zlevnilo to implementaci TCP/IP infrastruktury
 - celého Internetu
- **nevýhoda:**
 - vadí to multimediálním aplikacím, které časem také přešly na TCP/IP
 - „Everything over IP“
 - i telefonování (VOIP), videokonference, distribuce R a TV signálu (IPTV),

- jsou připravena řešení pro dodatečné zavedení podpory QoS
 - **DiffServ** (Differentiated Services): na principu priorit
 - jednotlivé bloky dat (pakety) se mohou „hlásit“ k různým úrovním priority
 - **IntServ** (Integrated Services): na principu rezervace a garance
 - konkrétní přenosy (spojení) si vyžádají vyhrazení určité přenosové kapacity
 - v zásadě: návrat k přepojování okruhů)
- problém:
 - tato řešení se v praxi (moc) neosvědčila
 - jsou velmi komplikovaná a nákladná, dají se nasadit jen v privátních sítích
 - v rámci celého Internetu nelze jejich nasazení očekávat
- jiná řešení:
 - techniky jako client buffering
 - kompenzuje nepravidelnost doručování, vhodné pro neinteraktivní aplikace
- (v praxi) nejjednodušší řešení:
 - **předimenzování** (navyšování přenosové i další kapacity)
 - ale jinak nechat způsob fungování přenosových služeb beze změn !!!!

princip OTT (Over the Top)

- pro poskytování multimediálních služeb (nad TCP/IP) dnes existují dva různé přístupy
- „privátní“:
 - aplikace, poskytující multimediální služby, je provozována pouze v privátní části TCP/IP sítě, kde je pro ni vyhrazena potřebná kapacita a vytvořeny další podmínky
 - takto fungují např. služby IPTV (O2 TV) či UPC Telefon
 - dokáží fungovat „garantovaným“ způsobem
- OTT (Over the Top)
 - aplikace je provozována „nad“ veřejným Internetem
 - v souběhu s dalším provozem ve veřejném Internetu
 - bez jakýchkoli opatření (QoS)
 - takto funguje např. YouTube, Hulu, Netflix, GoogleTV, Skype,
 - mohou fungovat jen „negarantovaným“ způsobem

