



Báječný svět počítačových sítí

Část první – Ve znamení konvergence

JIŘÍ PETERKA

V dnešní době jsme svědky výrazného trendu, kterému se říká konvergence. Spočívá v tom, že dříve oddělené světy spojů a počítačů stále více splývají (do tzv. elektronických komunikací), a v rámci toho dochází i ke konvergenci (splývání) počítačových a telekomunikačních sítí.

Počítačové sítě nevznikly a nevyvíjí se ve vakuu, zcela izolovaně od ostatních sítí. Právě naopak, od svého vzniku soupeří zejména s telekomunikačními sítěmi, s nimiž mají počítačové sítě na jedné straně mnoho společného, ale na druhé straně je dělí i řada odlišností. Oba druhy sítí se dnes snaží přenášet digitální data, ale každá to dělá poněkud jiným způsobem a také s jinými náklady.

Historicky přitom oba druhy sítí vychází z různých světů – ze **světa spojů** a **světa počítačů** – které se liší v řadě výchozích předpokladů, pohledů na své okolí i na potřeby svých uživatelů, resp. zákazníků i na celkové fungování sítí a jejich architekturu.

V dnešní době však jsme svědky výrazného trendu, kterému se říká **konvergence**. Spočívá v tom, že dříve oddělené světy spojů a počítačů stále více splývají (do tzv. **elektronických komunikací**), a v rámci toho dochází i ke konvergenci (splývání) počítačových a telekomunikač-

ních sítí. Současně s tím dochází i ke konvergenci služeb, které jsou skrze tyto sítě poskytovány. Názorným příkladem je možnost telefonování po datových sítích (tzv. IP telefonie, resp. VOIP), televizní a rozhlasové vysílání po internetu atd.

A nejen to, konvergence pokračuje i na „vyšších vrstvách“ – dnes již konvergují (splývají) například i operátoři (poskytující telekomunikační služby) a poskytovatelé (poskytující internetové služby). Konvergovat začíná také přístup státu k oběma dosud odděleným oblastem. To se projevuje mimo jiné tím, že místo dvou oddělených koncepcí (Státní informační politiky a Národní komunikační politiky) máme již jen jednu společnou politiku (Státní informační a komunikační politiku). V neposlední řadě máme i jedno společné (konvergované) ministerstvo – Ministerstvo informatiky ČR.

Naše putování světem počítačových sítí proto začneme právě srovnáním výchozí pozice počítačových a telekomunikačních sítí a nastíněním hlavních koncepčních rozdílů mezi nimi.

Kolik je zdrojů?

Klíčem k pochopení hlavních rozdílů mezi počítačovými a telekomunikačními sítěmi je docenění rozdílů mezi světem počítačů a světem spojů, odkud oba druhy sítí pocházejí.

Svět spojů je mnohem starší než svět počítačů. Vznikal v době, kdy nejrůznějších zdrojů, potřebných pro budování a provoz sítí, bylo málo a byly velmi drahé. Jednalo se zejména o přenosové kapacity v nejrůznějších provedení, kterých tehdy bylo opravdu málo. Problémem ovšem byla i malá „výpočetní kapacita“ – třeba kapacita telefonních ústředí a jejich omezené možnosti.

Prakticky všeho se v telekomunikacích tehdy nedostávalo, bylo to drahé, pomalé a nepružné. Proto se také dostupnost zdrojů stala hlavním limitujícím faktorem celkového rozvoje oboru. Obecně to lze shrnout do konstatování, že zájem zákaznické veřejnosti o telekomunikační služby se dlouhou dobu musel podřizovat dostupnosti těchto služeb.

Naproti tomu svět počítačů vznikl v době, kdy zdrojů již bylo podstatně více a brzy přestaly být hlavním limitujícím faktorem. Dnes se svět počítačů pyšní několika fundamentálními zákony, které popisují, jak rychle se objem dostupných zdrojů zvětšuje. Jde například o tzv. **Mooreův zákon**, který říká, že výpočetní kapacita se každých 24 měsíců zdvojnásobí (podrobněji viz box). Nebo **zákon Gilderův**, který se týká přenosové kapacity a říká, že tato roste dokonce třikrát rychleji než kapacita výpočetní!

Dnes ve světě počítačů spíše převažuje nabídka nad poptávkou a limitujícím faktorem se stává schopnost něco prodat.

Za co se platí?

Ve světě spojů, který od svého vzniku zápasil s nedostatkem zdrojů, rychle zdomácněla praxe, že zákazník platí podle toho, kolik zdrojů je mu dáno k dispozici – bez ohledu na to, nakolik mu poslouží a jaký efekt a užitek mu přinesou. Dodnes je tato praxe k vidění například v telefonní síti, kde volající platí podle počtu provolaných minut.

Naproti tomu ve světě počítačů se již vychází z jiného principu zpoplatnění. Zákazník zde platí spíše podle toho, co skutečně „konzumuje“, resp. jaký přínos mu poskytnutá služba přináší, jaký má pro něj efekt, přínos atd. Konkrétních možností je více, příkladem může být zpoplatnění podle objemu skutečně přenesených dat.

Další možností světa počítačů je paušální způsob zpoplatnění, kdy koncový uživatel platí pevnou cenu bez ohledu na to, kolik „konzumuje“. To ale neznamená přesné napodobení „švédských stolů“, resp. principu „sněž, co můžeš“. Paušálně stanovená cena totiž vždy vychází z určitého předpokladu o průměrném chování zákazníka – a pokud by se významná část reálných zákazníků chovala jinak, poskytování služby by se velmi brzy stalo nerentabilním.

Pokud takové nebezpečí reálně hrozí, poskytovatelé služeb se snaží donutit zákazníky „před-

pokládanému chování“. Děje se tak skrze zavádění různých **Fair Use Policy** (pravidel korektního využití), které nejčastěji spočívají v zavedení konkrétních objemových limitů u paušálně zpoplatněných služeb. Tedy limitů na objem dat, které je možné přenést za určité časové období.



Mooreův zákon

Formuloval jej v roce 1965 Gordon Moore, spoluzakladatel společnosti Intel. Jednalo se o předpověď, kterou na základě tehdy tříleté zkušenosti s vývojem oboru napsal v článku pro časopis Electronics. Původní znění Mooreova zákona hovořilo o tom, že počet tranzistorů na jednotku plochy se zdvojnásobí přibližně každých 12 měsíců. Později byl tento odhad upraven na zdvojnásobení každých 18 měsíců (a ještě později každých 24 měsíců). Počet tranzistorů pak nepřímo vypovídá i o výpočetní kapacitě.

Počet tranzistorů v mikroprocesorech Intel

(podle www.intel.com.)

Procesor	Rok	Počet tranzistorů
4004	1971	2 250
8008	1972	2 500
8080	1974	5 000
8086	1978	29 000
80286	1982	120 000
80386	1985	275 000
80486	1989	1 180 000
Pentium	1993	3 100 000
Pentium II	1997	7 500 000
Pentium III	1999	24 000 000
Pentium 4	2000	42 000 000
Intel Itanium	2002	220 000 000
Intel Itanium 2	2003	410 000 000

Vyhrazení zdrojů ve světě spojů

Jestliže svět spojů vznikl v době, kdy zdrojů bylo opravdu málo, pak by bylo na místě předpokládat, že se s nimi bude hospodařit šetrně a efektivně. Tedy například že jednotlivým zákazníkům (uživatelům) bude přidělováno právě a pouze tolik zdrojů, kolik v daném okamžiku skutečně potřebují – a pokud právě nic nepotřebují, nebude jim přiděleno nic (a oni za to také nebudou muset platit).

Bohužel opak je pravdou. Důvody k tomu je třeba hledat ve skutečnosti, že ještě dlouho po vzniku světa spojů nebyly k dispozici vhodné mechanismy, které by něco takového umožnily. Proto se ve světě spojů a telekomunikačních sítí zavla jiná praxe: uživatelům se vždy přidělí určitý fixní objem zdrojů. Je pak na nich, jak je využijí – zda „hodně“, „málo“ či dokonce „vůbec“. Platit však budou stejně, viz již zmíněný příklad s minutovou cenou hovorného v telefonní síti. Ta je zcela nezávislá na tom, zda účastníci skutečně hovoří nebo mlčí.

Gilderův zákon

Formuloval jej hi-tech vizionář a novinář George Gilder ve své knize „Telecom“ z roku 2000. Říká, že přenosová kapacita roste třikrát rychleji než výpočetní kapacita.

Vzhledem k Mooreově zákonu se tedy zdvojnásobuje asi každých 6–8 měsíců (podle www.gildertech.com).



Důležité je také to, že fixní objem zdrojů se ve světě spojů přiděluje výlučně konkrétnímu zájemci, resp. se pro něj vyhrazuje. To je na jedné straně pozitivní v tom, že pro dotyčného zákazníka je dostupnost těchto zdrojů garantována (může se spolehnout na to, že je má k dispozici). Telekomunikační sítě tedy typicky poskytují služby s garantovanými parametry.

Na druhou stranu je to i negativní – vyhrazené, ale fakticky nevyužívané zdroje již nemohou být přenechány nikomu jinému (a jde tudíž o neefektivní hospodaření s těmito zdroji). Nevýhodné je pro zákazníka i to, že musí platit za objem vyhrazených zdrojů a tedy za maximum toho, co může potenciálně využít – a nikoli za to, co skutečně využívá. To dále ve světě spojů cenu koncových služeb zvyšuje.

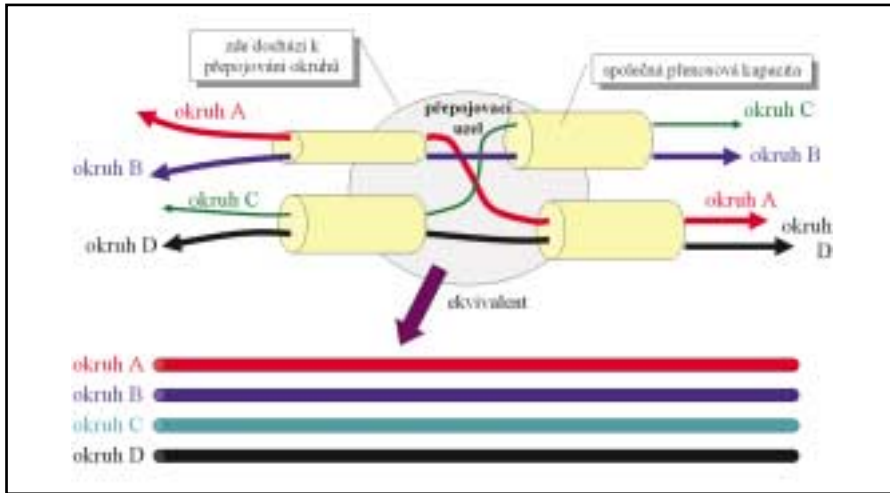
Dodnes je tento přístup patrný na vytáčeném připojení k internetu (tzv. dial-up): je úplně jedno, zda připojený uživatel internetu právě něco přenáší či nikoli. Za své připojení platí stále stejně (podle minut) a stále blokuje linku, přes kterou se nemůže k internetu připojit nikdo jiný.

Pravdou je také to, že svět spojů od začátku využíval cenu také jako prostředek regulace poptávky. Ta většinou výrazně převyšovala nabídku a právě zvyšováním ceny poskytovatelé dokázali poptávku efektivně snižovat.

Princip přepojování okruhů

Po technické stránce se ve světě spojů právě popsaný způsob hospodaření se zdroji realizoval a stále realizuje prostřednictvím tzv. **přepojování okruhů** (anglicky: *circuit switching*).

Okruhem se rozumí obousměrná přenosová cesta mezi dvěma body, s určitou konkrétní kapacitou. V rámci jednoho přenosového média



Představa přepojování okruhů.

(například koaxiálního kabelu, optického vlákna apod.) může být vytvořeno více takovýchto přenosových okruhů, resp. jejich dílčích úseků, s tím, že každému je pevně vyhrazena určitá přenosová kapacita. Tam, kde se přenosová média „scházejí“ (v přepojovacích uzlech), dochází k potřebnému pospojování (propojení) úseků jednotlivých okruhů, a to způsobem, který naznačuje obrázek. Výsledný efekt je takový, jako kdyby celý okruh vůbec nebyl přerušovaný, ale byl naopak souvislý, procházel příslušným přepojovacím uzlem a pokračoval dále. Po celé své „trase“ tak má vždy stejnou „šířku“ (vyhrazenou kapacitu).

Příkladem sítě, která funguje na právě popsaném principu, je již zmiňovaná telefonní síť. Rolí přepojovacích uzlů, které zajišťují vlastní přepojování okruhů, plní telefonní ústředny. Každý přenosový okruh v telefonní síti je využit pro přenos jednoho telefonního hovoru. Vzniká (je tzv. sestaven příslušným propojením na ústřednách) s vytočením čísla volaného, existuje a je zpoplatněn po celou dobu trvání hovoru, bez ohledu na aktivitu jeho účastníků (zda právě hovoří či nikoli), a je zrušen ukončením (zavěšením) hovoru.

V analogové telefonní síti měl každý takový okruh šířku 3,1 kHz, v dnešní digitální telefonní síti pak rychlost 64 Kb/s. Jen pro dokreslení efektivity, resp. neefektivnosti: v mobilních sítích postačuje přenosová rychlost 12 až 13 Kb/s s nezhoršenou kvalitou přenosu hovoru, v rámci tzv. IP telefonie pak rychlost ještě nižší.

Výhody a nevýhody přepojování okruhů

Předností přepojování okruhů je již popisovaná garance přenosové kapacity. Ta je pro celý okruh a po celou dobu jeho existence skutečně vyhrazena právě a pouze pro tento okruh. Současně je to ale i nevýhoda – pokud není takto vyhrazená kapacita fakticky využita, nemůže být přepuštěna (přenechána) někomu jinému.

Dalším charakteristickým rysem je, že data přenášená přes takový okruh se nikde „nezdržují“. Nikde se totiž po cestě neukládají, a tak je doba jejich přenosu dána v zásadě jen dobou šíření signálu přes příslušné médium. Tato doba

svou jako odesílatele) a pak předat k odeslání přes vhodnou přenosovou cestu.

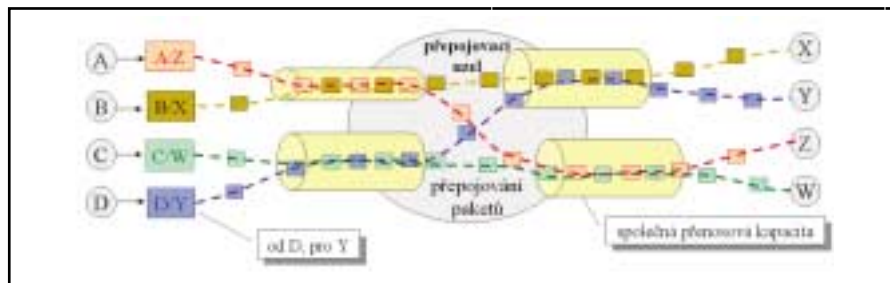
U přepojování okruhů taková povinnost není a data zde nemusí být „balena“ do paketů (i když mohou). Jejich příjemcem je totiž vždy „ten, kdo je na druhém konci okruhu“. U přepojování paketů je tomu jinak. Každý paket musí obsahovat nějakou identifikaci svého příjemce.

Mechanismus Store&Forward

Zpět ale k samotnému přepojování paketů: každá přenosová cesta se vždy naplno (celou svou kapacitou) věnuje přenosu jednotlivých paketů, v takovém pořadí, v jakém jí jsou předkládány. Taková přenosová cesta přitom již může ústít do cílového uzlu, kam některé pakety směřují. Jindy tomu tak ale není a přenosová cesta ústí jen do dalšího přepojovacího uzlu (v praxi např. do tzv. směrovače), do kterého mohou vstupovat i další přenosové cesty a stejně tak z něj další přenosové cesty zase vystupují. V tomto přepojovacím uzlu pak dochází k vlastnímu „přepojování paketu“ – k jejich přijímání z jednoho směru, k rozhodnutí o jejich dalším směřování a k následnému předání k dalšímu přenosu v takto zvoleném (odchozím) směru.

Podrobnosti zachycuje další obrázek, na kterém je znázorněno fungování příslušných přepojovacích uzlů, zajišťujících přepojování paketů. Jde o princip označovaný jako **store&forward**.

Přepojovací uzel fungující na tomto principu nejprve každý přijatý paket uloží do vstupní vyrovnávací paměti (vstupního bufferu, resp. vstupní fronty). Odtud také ono „store“ v jeho názvu (z anglického „uložit“). Přepojovací uzel, resp. jeho interní procesor (CPU) pak postupně vybírá jednotlivé pakety ze vstupních front, rozhoduje se, jak s nimi naložit (kterým směrem je předat dál, případně zda je např. nezahodit) a pak toto své rozhodnutí naplňuje. Pokud již vybral určitý odchozí směr, uloží paket do výstupní fronty, spojené s tímto odchozím směrem. Zde pak paket



Představa přepojování paketů.

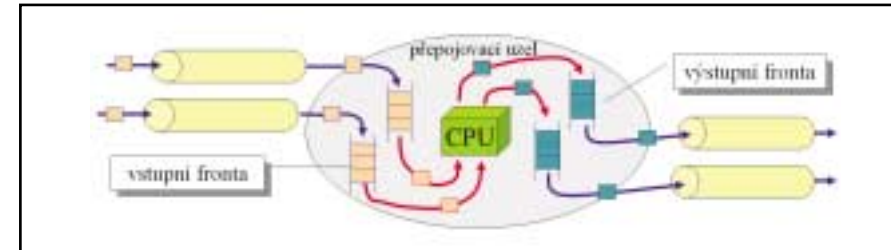
kteří také chtějí využít k přenosu svých dat stejnou přenosovou cestu.

Má-li také sdílení fungovat, nesmí dojít k „promíchání“ dat od různých odesílatelů v rámci jedné (nerozdělené) přenosové cesty. Proto každý odesílatel musí svá data vhodně „zabalit“ do balíčku, kterému se nejčastěji říká paket. Tento paket musí opatřit adresou příjemce (a také

čeká, než na něj dojde řada (vzhledem ke kapacitním možnostem přenosové cesty v odchozím směru). Následně je skutečně odeslán (předán dál, anglicky: „forwarded“, odsud druhá část názvu tohoto způsobu fungování).

Přenosové zpoždění a jeho rozptyl

Doba, po kterou trvá přenos dat na principu přepojování paketů, je vždy větší než u přepojování



Představa mechanismu Store&Forward.

okruhů. Je to dáno tím, že data přenášená ve formě paketů se po cestě různě ukládají (do vyrovnávacích pamětí, resp. front v přepojovacích uzlech) a čekají na své další zpracování. U přepojování okruhů se data takto nikde neukládala (nemusela být ani „balena“ do paketů a mohla být přenášená i po jednotlivých bytech).

Nepříjemné je také to, že nelze dopředu určit, jak dlouho se určitý paket zdrží v přepojovacím uzlu. To totiž nezáleží jenom na něm, resp. na jedné dvojici komunikujících stran, které si navzájem posílají nějaké počty paketů. Vzhledem ke sdílení přenosových cest (i přepojovacích uzlů) zde obecně záleží i na ostatních přenosech, neboli na tom, jak intenzivně či naopak málo intenzivně spolu komunikují jiné uzly. Z pohledu jedné komunikující dvojice je proto nutné považovat dobu přenosu (přes síť s přepojováním paketů) spíše za statistickou, ne-li přímo náhodnou veličinu.

Uživatelé internetu to často pocítují na vlastní kůži, asi nejvíce při brouzdání WWW stránkami. Někdy totiž přitékají rychleji a jindy zase mnohem pomaleji – podle toho, jak moc či málo právě „stahují“ či „odesílají“ ostatní uživatelé.

Míra sdílení, agregace

Sdílení, ke kterému dochází v sítích s přepojováním paketů, má velkou výhodu v efektivnějším hospodaření s přenosovými kapacitami i dalšími zdroji. Projeví se to i v odlišném přístupu ke zpoplatnění zákazníka: zatímco v sítích s přepojováním okruhů zákazník platí za to, co je mu potenciálně dostupné (co je mu vyhrazeno, bez ohledu na využití), v sítích s přepojováním paketů platí za to, co aktuálně využívá. Důsledkem jsou mnohdy výrazně nižší ceny, což lze doku-

Průměrné rychlosti ADSL s agregací 1 : 50 (12/2004)

	256/64	512/128	1 024/256
Avonet	204	380	–
Contactel	–	382	757
Czech On Line (Volný)	–	355	531
České Radiokomunikace	185	313	–
Český Bezdruž	–	–	652
GTS	168	253	579
IPEX	–	268	–
Nextra	188	409	517
Tiscali	–	325	472
Průměr všech měření	168	355	616
% z objednané rychlosti	65 %	69 %	60 %

Pokud proběhlo méně než 50 měření u dané služby a ISP, nejsou výsledky vzhledem k malému vzorku dat uváděny

mentovat třeba na rozdíl cen za telefonování přes klasickou telefonní síť a po internetu.

Celá věc má ale jeden háček. Velmi totiž záleží i na míře sdílení, neboli na tom, kolik aktivních uživatelů se právě dělí o jednu společnou přenosovou kapacitu. Pokud jich je „rozumně“ málo, pak žádný z nich nepocítuje nějaké významnější dopady sdílení. Pokud jich je ale příliš mnoho, už se navzájem omezují a toto omezení mohou pocítovat dosti zásadním způsobem.

Lze to přirovnat k využití silnic. Princip přepojování okruhů by odpovídal situaci, kdy každé auto (či spíše každá autobusová linka apod.) má pro sebe vyhrazen jeden jízdní pruh, kterým nesmí jezdit nikdo jiný. Něco takového je ale nesmírně nákladné. Princip přepojování paketů naopak odpovídá tomu, že všechna auta jezdí po jedné společné silnici (bez ohledu na počet pruhů). Pokud je poměr počtu aut k počtu a délce silnic odpovídající, pak nedochází k výraznějším dopravním zácpám. Běda ale, jak tento poměr příliš naroste – pak vznikají samé zácpy, doprava se zpožďuje a může dojít až k úplnému zahlacení.

Stanovení „odpovídajícího“ poměru přitom není jednoduché ani u silnic, ani u sítí s přepojováním paketů. U silnic záleží zejména na tom, kolik je aut a jak moc s nimi lidé jezdí. V případě sítí záleží jak na počtu uživatelů, tak i na jejich chování.

Konkrétním příkladem, kde se **míra sdílení** (často označovaná také jako **stupeň agregace**) projevuje velmi významně, jsou vysokorychlostní přípojky k internetu a z nich asi nejvíce přípojky na bázi ADSL. Ty, které jsou určeny pro domácnosti, mají obvykle agregaci 1 : 50. Pro spíše příležitostné využití koncovými uživateli to celkem stačí, ale při intenzivnějším využívání (například při pravidelném stahování z výměnných sítí) už

nikoli. Poskytovatelé příslušných služeb proto začali na těchto případech uplatňovat dosti striktní Fair Use Policy (viz výše), právě proto, aby příslušným způsobem ovlivnili chování uživatelů.

I přes tato opatření naše ADSL přípojky vykazují v praxi dosti nízkou propustnost. Tzv. efektivní (skutečně dosahovaná) přenosová rychlost se pohybuje jen někde kolem 50 až 60 procent rychlosti nominální, neboli té, kterou uvádí poskytovatel služby (a myslí to jako rychlost „maximální“, byť to tak mnohdy neříká).

districom
The Security Software Distribution Company



Kaspersky® Anti-Virus Personal Pro 5.0 CZ

byl speciálně navržen pro domácí uživatele vyžadující nejnovější technologie ochrany proti počítačovým virům.

Společnost Kaspersky Lab implementovala do této verze nejméně dostupné technologie pro poskytnutí kompletní ochrany pro domácí PC a operační systémy Windows 98/ME, Windows 2000/NT/XP a MS Outlook, Outlook Express poštovní klienty.

Software disponuje moderními prostředky "behavior blocker" a "integrity checker", které vyžadují update antivirové databáze Kaspersky a rovněž umožňují vysoký stupeň odhalení podzvětného chování nainstalovaných programů. Tyto technologie byly dosud dostupné pouze pro korporátní klienty.

Kaspersky Anti-Virus Personal Pro obsahuje v provozní ceně roční aktualizace virových databází a 24 hodinovou technickou podporu výrobce.



www.distrib.com.cz

Požadavky aplikací	Požadavek na spolehlivost přenosu	Požadavek na nízké zpoždění (latence)	Požadavek na pravidelnost doručování (jiter)	Požadavek na přenosovou kapacitu
elektronická pošta	maximální	minimální	minimální	minimální
přenos souborů	maximální	minimální	minimální	střední
www	maximální	střední	minimální	střední
vzdálené přihlašování	maximální	střední	střední	minimální
přenos hlasu/zvuku na vyžádání	minimální	minimální	maximální	střední
přenos obrazu/videa na vyžádání	minimální	minimální	maximální	maximální
IP telefonie (interaktivní přenos hlasu)	minimální	maximální	maximální	minimální
videokonference (interaktivní přenos obrazu)	minimální	maximální	maximální	maximální

Maximální snaha vs. kvalita služeb

Služby telekomunikačních sítí, které fungují na principu přepojování okruhů, jsou na jedné straně sice výrazně dražší, ale na straně druhé mají garantovanou úroveň kvality – ať již jde o celkovou propustnost či o přenosové zpoždění a jeho rozptyl. Lze se na to dívat také tak, že každému (přenosu) dají to, oč si řekne a co si také zaplatí.

Naproti tomu lacinější síť s přepojováním paketů využívají sdílení a díky tomu dokáží být (i výrazně) lacinější. Platí za to ovšem daní v podobě toho, že jejich služby nemají garantovanou kvalitu. Ta se mění v závislosti na celkové zátěži. Není přitom vyloučeno ani to, že některé požadavky na přenos paketů vůbec nebude možné uspokojit a příslušné pakety pak bude nutné zahodit.

Pokud už k takové situaci dojde a nějaký paket musí být zahozen, je „oběť“ vybírána víceméně náhodně. Síť na principu přepojování paketů totiž standardně nerozlišují různé přenosy mezi sebou, ve smyslu, že by některým dávaly přednost před jinými. V rámci sdílení se ke všem chovají stejně a totéž platí i v kritických situacích – pakety k zahození se pak také vybírají rovnoměrně, bez ohledu na to, komu patří.

V praxi se tento způsob fungování označuje jako princip „**maximální snahy**“ (anglicky: *best effort*): dokud na to dostupné zdroje stačí, jsou všechny požadavky uspokojovány stejně a v úplné míře. Síť se tedy snaží, jak jen může. Jakmile ale dostupné zdroje přestávají stačit, musí dojít ke krácení – a všem přenosům je opět kráceno stejně (v tom smyslu, že pakety k zahození se vybírají bez ohledu na to, komu patří).

Alternativou k principu maximální snahy je takový přístup, kdy se rozlišují různé druhy přenosů a podle toho je s nimi také různě nakládáno. Může to být zařízeno třeba tak, že existuje několik úrovní priority. Přenosy na vyšší úrovni priority mají vždy přednost před přenosy na nižší úrovni. Když se pak začne nedostávat nějakých zdrojů, jsou přednostně kráceny přenosy na nižší úrovni priority. Nebo to může být zařízeno tak, že určité konkrétní přenosy mají skutečně garantované podmínky, obdobně jako u přepojování okruhů.

Obecně se tento přístup označuje jako **zajištění kvality služeb**, zkratkou „**QoS**“ (z anglického: *Quality of Service*). V praxi má častěji podobu „různé kvality služeb pro různé druhy přenosů“ než garantovaných parametrů přenosu. Konkrétním příkladem z praxe mohou být již zmi-

ňované Fair Use Policy, uplatňované u některých ADSL přípojek. Některé z nich jsou řešeny tak, že když uživatel přečerpá svůj datový limit, všechny jeho přenosy získají nižší prioritu a musí tak dávat přednost přenosům ostatních uživatelů. Většinou se to projeví výrazným poklesem propustnosti (efektivní rychlosti), mnohdy až na hranici nepoužitelnosti. Alternativou je, že zákazník si za nadlimitní data příplatí a ta se pak přenáší s původní prioritou.

Spolehlivé a nespolehlivé přenosy

S principem maximální snahy i kvalitou služeb souvisí také otázka toho, jak má přenosová část sítě zareagovat, když dojde k poškození, úplné ztrátě či dokonce k zahození nějakého paketu. V této situaci existují dvě základní možnosti:

- Postarat se o nápravu, typicky vyžádáním si opakovaného zaslání poškozeného (ztraceného) paketu. Tato varianta bývá označována jako **spolehlivý přenos**.

- Nechat to být a pokračovat dál. Tato varianta se označuje jako **nespolehlivý přenos**.

Při posuzování spolehlivosti je vhodné si uvědomit, že ji lze zajistit na různých úrovních. Mohou si ji například zajistit až jednotlivé aplikace, jež asi nejlépe ví, které části dat skutečně potřebují a které naopak mohou postrádat. Stejně tak ale může být spolehlivost zajišťována již přenosovou částí sítě.

Zajímavé je, že telekomunikační síť ze světa spojů obvykle zajišťují spolehlivost bez ohledu na to, zda jí aplikace požadují či nikoli. Naopak přenosové síť ze světa počítačů buď fungují nespolehlivě (v tom smyslu, že se nestarají o nápravu), nebo dávají aplikacím vybrat, zda spolehlivost chtějí nebo nechtějí. Není totiž těžké si domyslet, že se zajištěním spolehlivosti je spojena určitá časová i další režie, nutná na opakovaný přenos ztracených či poškozených dat. To pak zhoršuje (zvyšuje) jak přenosové zpoždění, tak i pravidelnost doručování. Multimediální přenosům jako například přenos hlasu a obrazu přitom občasná ztráta či poškození nějakých dat vadí podstatně méně než nepravidelnost jejich doručování.

Například u přenosu hlasu (telefonování) se obvykle uvádí, že i při ztrátě až 20 procent dat je přenášený hovor stále ještě dostatečně srozumitelný. Naopak při zvýšení přenosového zpoždění nad 400 až 500 milisekund přestává být služba použitelná kvůli příliš dlouhým prodlevám. Lidé si

pak začínají skákat do řeči v domněni, že druhá strana nic neslyšela nebo vůbec nereaguje.

Požadavky aplikací

Obecně lze říci, že různé aplikace a služby mají různé požadavky na přenosovou část sítě (viz tabulka). Například přenosu souborů či elektronické pošty vyhovuje chování sítě na principu maximální snahy (*best effort*) a nevádí jim ani vyšší přenosové zpoždění. Stejně tak pro ně nehraje roli ani pravidelnost doručování jednotlivých paketů, protože stejně čekají až na ten poslední (v rámci daného souboru či zprávy). O to více pak dokáží ocenit efektivnost datových přenosů, ve smyslu nízkých nákladů – a proto jim plně vyhovují síť s přepojováním paketů, fungující na principu maximální snahy, bez podpory kvality služeb. Příkladem takové sítě může být celosvětový internet.

Naproti tomu multimediální přenosy (hlavně přenosy hlasu a obrazu) jsou na celkové zpoždění a pravidelnost doručování velmi citlivé. Nejlépe jim dokáží vyhovět síť fungující na principu přepojování okruhů – což je další z důvodů, proč se tyto síť historicky ve světě spojů tak prosadily. Síť s přepojováním paketů, fungující na principu maximální snahy (*best effort*) jim naopak tolik nevyhovují.

Konvergované síť a přístup hrubou silou

Dnešní konvergence světa spojů a světa počítačů směřuje k tomu, aby se používaly pouze síť fungující na principu přepojování paketů, nejlépe jen na principu maximální snahy (*best effort*). Tedy takové síť jako celosvětový internet. To, že příliš nevychází vstříc potřebám některých aplikací, hlavně těch multimediálních, lze řešit podporou kvality služeb (QoS) v těchto sítích. To je možné a existují na to i dostupné standardy specifikující, jak to dělat. Problém spočívá v tom, že je vše nákladné, málo efektivní a také organizačně nesmírně náročné – pokud by se to mělo dělat v něčem tak rozsáhlém, jako je dnešní internet.

Proto se v praxi uplatňuje spíše jiný přístup, který by bylo možné označit jako „přístup hrubou silou“. Spočívá v tom, že se příslušné zdroje, hlavně přenosové kapacity těchto sítí, „hodně nafouknou“ (předimenzují), aby se co nejvíce snížila četnost stavu, kdy už tyto zdroje dochází a je třeba některé přenosy omezovat. Kupodivu je to jednodušší a často i lacinější než „dokonalé“ řešení v podobě podpory kvality služeb. 5 0106/FEL □