



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



Počítačové sítě

v. 3.4

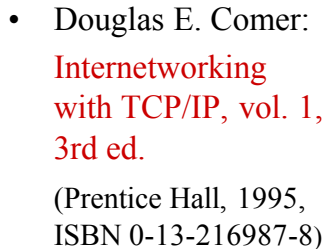
Jiří Peterka, 2009

obsah přednášky – principy (ZS)

- úvod
 - základní paradigmatata světa počítačů a světa spojů
- taxonomie počítačových sítí
 - o dělení počítačových sítí "do škatulek"
- síťové modely a architektury, RM ISO/OSI
 - o historii a koncepci referenčního modelu ISO/OSI
- síťový model TCP/IP
 - podrobněji o rodině protokolů TCP/IP
- základy datových komunikací
 - šířka pásma, modulační a přenosová rychlost, přenosové cesty,
- techniky přenosu dat
 - přenosové protokoly, spolehlivost, řízení toku ...
- přístupové metody
 - techniky přístupu ke sdílenému médiu v sítích LAN, síťová vrstva a směrování
 - hlavní úkoly síťové vrstvy, spojované a nespojované přenosy, spolehlivé a nespolehlivé přenosy, ...
- transportní vrstva
 - hlavní úkoly transportní vrstvy, řešení v ISO/OSI a TCP/IP ...
- aplikační vrstva
 - koncepce aplikační vrstvy ISO/OSI a TCP/IP, hlavní aplikační protokoly ...
- výpočetní model
 - od dávkového zpracování po grid computing ...

obsah přednášky – technologie (LS)

- internetworking
 - propojování sítí na různých úrovních, opakovače, přepínače, směrovače, brány, firewally, ...
- "drátový" Ethernet
 - vývoj Ethernetu od 10 Mbps až po 10 Gbps, od poloduplexní k plně duplexní verzi ...
- "bezdrátový" Ethernet
 - technologie 802.11, Wi-Fi
- ATM, X.25, Frame Relay
 - technologie používané v páteřních sítích
- telefonní síť, ISDN, ADSL ...
 - vývoj telefonní sítě a její využití pro datové přenosy
- mobilní komunikace
 - mobilní sítě a jejich využití pro datové přenosy (GPRS, EDGE, CDMA, 3G/UMTS, ...)
- drátový a bezdrátový broadband
 - xDSL, FTTx, WiMax, HSPA, LTE, ...

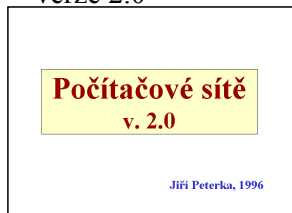


historie přednášky

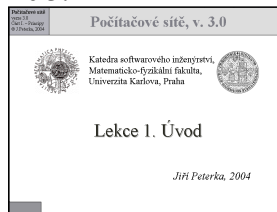
stále dostupné na <http://www.earchiv.cz>,
sekce "*přednášky na MFF UK*"

off-line (PDF):
http://www.earchiv.cz/i_downpredn.php3

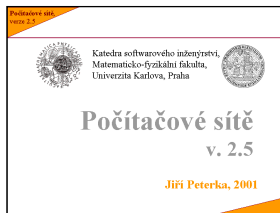
verze 2.0



verze 3.x



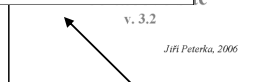
verze 1.0



v. 3.1



v. 3.2



Počítačové sítě
v. 3.3

Jiří Peterka, 2007

verze 2.5

1995

2000

2005

Počítačové sítě, v. 3.4



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

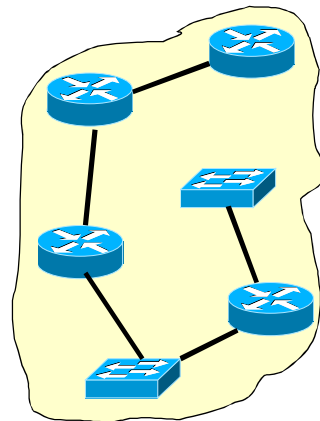
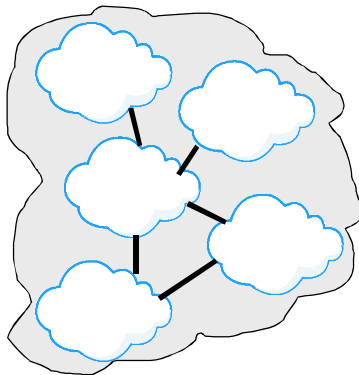


Lekce 1. Úvod

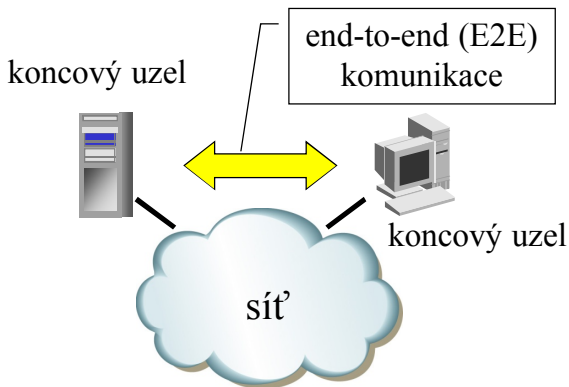
Jiří Peterka, 2009

co je (počítačová) síť?

- existuje více možných pohledů
 - síť je "oblak", její interní struktura není viditelná ani relevantní
 - jde o soustavu vzájemně propojených sítí (katenetový model)
 - jde o množinu vzájemně propojených aktivních prvků (směrovačů, ...)
 -



pohled "sít' je oblak"



- při tomto pohledu se studuje vzájemná komunikace koncových uzlů
 - týká se transportní vrstvy a vyšších vrstev
- podstatný je i způsob fungování sítě/oblaku (směrem navenek)

- role koncových uzlů je dána způsobem provozování aplikací (tzv. výpočetním modelem)
 - některé uzly jsou servery
 - jiné uzly jsou v roli klientů
 - uzly jsou rovnocenné (peers)
 -
- sít' může fungovat různými způsoby:
 - spojovaně / nespojovaně
 - spolehlivě / nespolehlivě
 - na principu přepojování paketů / přepojování okruhů
 - stylem "best effort" / s garancí kvality služeb
 - blokovým / proudovým způsobem
 -

spojovaný/nespojovaný způsob komunikace

spojovaná komunikace

(angl.: *connection oriented*)

1. strany, které komunikují, mezi sebou nejprve naváží spojení
 - domluví se, že vůbec chtějí spolu komunikovat
 - mohou se domluvit i na dalších parametrech vzájemné komunikace
 - v rámci navázání spojení je nalezena (a vyznačena) trasa přenosu
 - mohou být přiděleny i určité zdroje – např. přenosová kapacita
2. pak probíhá vlastní komunikace
 - po trase (cestě), nalezené při navazování spojení
3. na konci je třeba spojení zase ukončit (rozvázat)
 - vrátit přidělené zdroje, zrušit vytyčenou trasu,

nespojovaná komunikace

(angl.: *connectionless*)

- komunikující strany mezi sebou nenavazují žádné spojení
 - neověřují si, že druhá strana vůbec existuje a chce komunikovat
 - není hledána žádná „jedna“ (apriorní) trasa mezi nimi
- vzájemná komunikace probíhá skrze zasílání samostatných „zpráv“ (datagramů)
 - každý datagram je přenášen samostatně
 - vhodná trasa přenosu je pro něj hledána vždy znovu, nezávisle na přenosu ostatních datagramů
- na konci není třeba nic ukončovat (rušit)
 - konec komunikace může být „do ztracena“

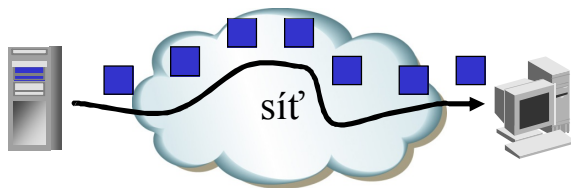
spojovaný způsob komunikace

jde o obecné paradigma komunikace!!!

- spojovaná komunikace je stavová
 - komunikující strany přechází mezi různými stavy
 - minimálně: spojení není navázáno, spojení je navázáno
 - musí být zajištěn korektní (a koordinovaný) přechod mezi stavy
 - nesmí např. dojít k tomu, že jedna strana považuje spojení za navázané a druhá nikoli
 - musí být explicitně ošetřovány nestandardní situace
 - např. výpadek spojení je třeba nejprve detekovat, pak zrušit spojení a navázat nové

každé spojení může
mít (má) své ID

- spojovaná komunikace zachovává „pořadí“
 - při postupném přenosu bloků dat jsou všechny bloky přenášeny stejnou cestou
 - proto: nemůže se měnit jejich pořadí

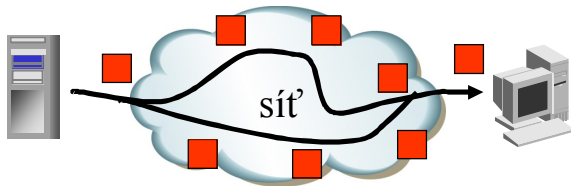


- analogie: telefonní hovor
 - nejprve je nutné navázat spojení
 - vytočit číslo volaného
 - pak probíhá hovor
 - pak je nutné hovor ukončit
 - zavěsit, zrušit spojení, ukončit tarifkaci

nespojovaný způsob komunikace

- nespojovaná komunikace je bezestavová
 - komunikující strany nepřechází mezi různými stavy
 - jejich stav se v průběhu komunikace nemění
 - nemusí být explicitně ošetřovány změny stavů a nestandardní situace
 - jednoduše se pokračuje dále
- bloky dat, přenášené nespojovým způsobem, jsou obvykle označovány jako **datagramy**
 - každý z nich musí ve své hlavičce nést plnou adresu svého příjemce
 - bloky přenášené spojovým způsobem mají v hlavičce identifikátor spojení

- nespojovaná komunikace nemusí zachovávat pořadí
 - každý blok je přenášén samostatně a nezávisle na přenosu ostatních bloků
 - každý blok může být přenášén jinou cestou
 - proto se může měnit pořadí, v jakém jsou doručovány



- analogie: **listovní pošta**
 - každý dopis, vhozený do poštovní schránky, je přenášén nezávisle na ostatních dopisech

proudový / blokový přenos

proudový přenos (angl: streaming)

- komunikující strany si předávají data jako proud bitů/bytů
 - po jednotlivých bitech, bytech či znacích
 - data nemusí být (a nejsou) sdružována do větších celků (bloků)
 - data nemusí být explicitně adresována
 - příjemcem je "ten, kdo je na druhé straně"
 - předpokládá se spojovaný způsob přenosu

blokový přenos

- data se přenáší "po větších kusech", obecně označovaných jako "bloky"
 - každý "blok" se přenáší vždy jako celek
 - přenos může být spojovaný i nespojovaný

- konkrétní označení "bloku dat" je závislé na:
 - vrstvě, kde k přenosu dochází
 - způsobu, jakým je přenášen
 - velikosti bloku
- **paket** (angl.: **packet**)
 - blok dat, přenášený na úrovni síťové vrstvy
 - velikost je proměnná, ale shora omezená
- **rámec** (angl.: **frame**)
 - blok dat, přenášený na úrovni linkové vrstvy
 - velikost je proměnná, ale shora omezená
- **buňka** (angl.: **cell**)
 - malý blok fixní velikosti
 - obvykle přenášený na úrovni linkové vrstvy
- **datagram**
 - paket, přenášený nespojovaným způsobem
- ~~zpráva~~
 - ~~blok dat na úrovni síťové vrstvy, bez omezení velikosti~~
- **zpráva** (angl.: **message**)
 - blok dat, přenášený na úrovni aplikační vrstvy

spolehlivý/nespolehlivý přenos

- pozorování:
 - přenosy nejsou nikdy ideální, vždy může dojít k nějakému poškození přenášených dat
 - včetně jejich úplné ztráty
 - otázka:
 - když už k něčemu dojde, kdo se má postarat o nápravu?
 - varianta: **spolehlivá přenosová služba**
 - ten, kdo data přenáší, považuje za svou povinnost postarat se o nápravu
 - vyžaduje to:
 - rozpoznat, že k chybě došlo (detekce chyb)
 - vyžádat si nový přenos dat (skrze vhodné potvrzování)
 - varianta: **nespolehlivá přenosová služba**
 - ... nepovažuje za svou povinnost postarat se o nápravu
 - poškozená data jednoduše zahodí a pokračuje dál
- jaký smysl mají nespolehlivé přenosové služby?***
- se zajištěním spolehlivosti je vždy spojena nenulová režie
 - stojí to výpočetní i přenosovou kapacitu
 - zajištění spolehlivosti výrazně nabourává pravidelnost doručování dat
 - tím, jak se chybně přenesená data musí posílat znovu
 - spolehlivost není nikdy absolutní
 - vždy je relativní, konkrétní aplikace mohou požadovat vyšší spolehlivost
 - pak je výhodnější pokud si ji zajistí samy
 - některým aplikacím více vadí nerovnoměrnost v doručování, než občasná chyba v datech
 - například přenosu živého hlasu a obrazu

best effort / QoS

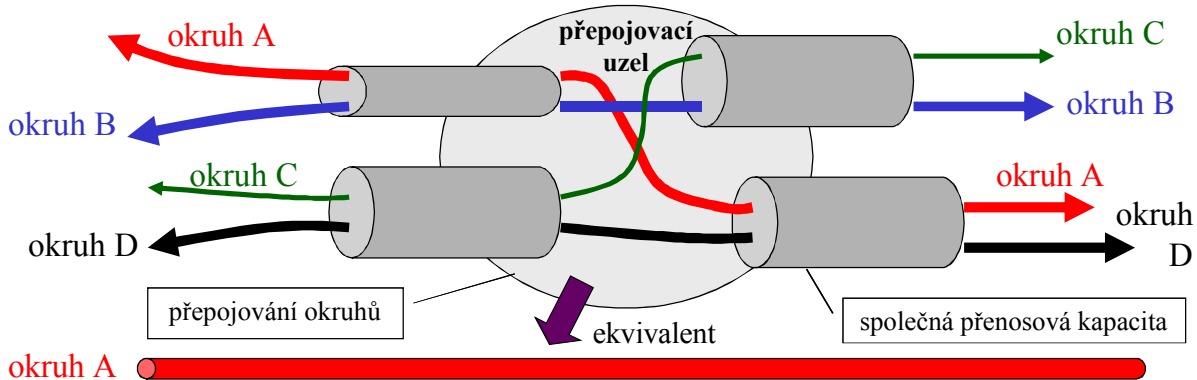
- co by bylo optimální řešení?
 - pokud by se pro každý jednotlivý přenos dala domluvit (a dodržet) individuální "kvalita přenosu"
 - co do latence, rozptylu zpoždění, chybovosti, ztrátovosti atd.
- **"best effort"**
 - takový způsob přenosu, kdy to NEJDE, a kdy naopak platí že *"všem datům je měřeno stejně"*,
 - všechna jsou přenášena stejně, se stejnými parametry
 - přenos má negarantovaný charakter
 - síť se snaží vyhovět všem požadavkům na přenos, dokud její zdroje stačí
 - jakmile zdroje přestávají stačit, jsou požadavky kráceny – **všechny stejně!!!**
- **QoS** (Quality of Service)
 - obecné označení pro variantu, kdy přenosová síť dokáže rozlišovat mezi jednotlivými přenosy a nabízet jim různou "kvalitu přenosu" (QoS)
 - tj. *"různým přenosům může být měřeno různě"*
 - QoS může představovat garanci parametrů přenosu
 - pak se řeší na principu rezervace zdrojů
 - potřebné zdroje jsou rezervovány (vyhrazeny) jen pro příslušný přenos, nikdo jiný je nemůže využívat
 - QoS nemusí představovat žádnou garanci (ale jen "přednost")
 - pokud se QoS řeší formou prioritizace
 - tj. některé přenosy mají přednost před jinými

princip přepojování okruhů

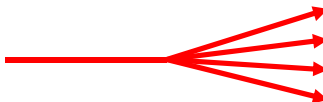
- anglicky: **circuit switching**
- obecně: jde o způsob přenosu
- používá se:
 - **hodně ve světě spojů**
 - funguje takto například veřejná telefonní síť
 - **málo ve světě počítačů**
 - fungují tak mj. sériové komunikace
- podstata:
 - týká se přidělování (dostupné, disponibilní) přenosové kapacity sítě
- z celkové dostupné přenosové kapacity se „vyřízne“ tolik, o kolik si komunikující strany řeknou
 - takto „vyříznutá“ přenosová kapacita je komunikujícím stranám přidělena do výlučného použití
 - pokud ji nevyužijí, nemůže být „přepuštěna“ někomu jinému, kdo by ji potřeboval
 - je jim garantována
 - **a je také uživatelům náúčtována**
- výsledný efekt:
 - komunikující strany mají mezi sebou „přímé spojení“
 - analogii „souvislého kusu drátu“
 - toto „přímé spojení“ má všude stejnou (a garantovanou) přenosovou kapacitu



představa přepojování okruhů



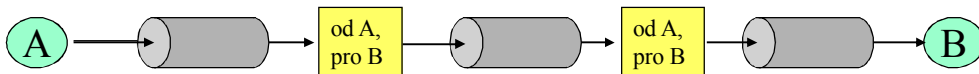
- přenášená data se „nikde nezdržují“
 - nejsou nikde uchovávána (ani dočasně)
 - důsledkem je **velmi malé přenosové zpoždění** (které lze předem odhadnout)
 - důsledkem je **rovnoměrné přenosové zpoždění**
 - to vyhovuje multimediálním přenosům
- jednosměrné okruhy (tzv. kanály) se mohou rozvětňovat
 - vést od jednoho odesílatele k více příjemcům současně
- přenášená data není nutné explicitně adresovat
 - příjemcem je vždy „ten, kdo je na druhém konci ...“
- data lze přenášet po bytech i po blocích
 - lze realizovat tzv. **proudový přenos** (tj. po bytech) i **blokový přenos** (po blocích)



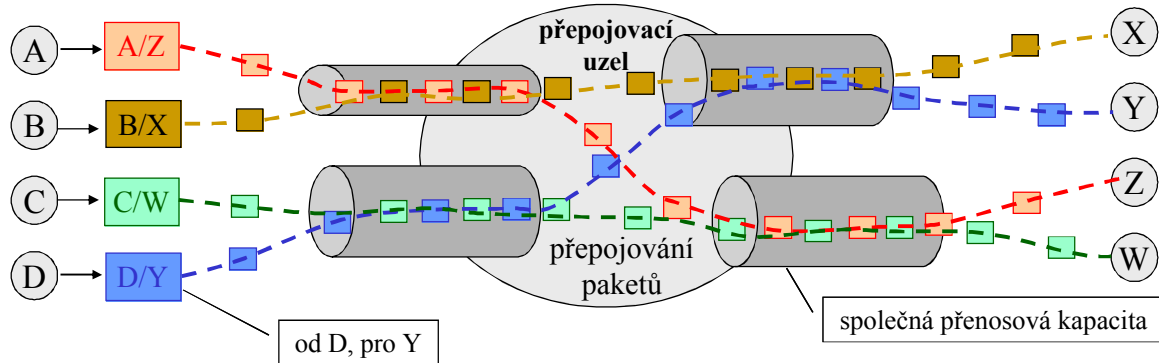
princip přepojování paketů

anglicky: **packet switching**

- používá se:
 - **hodně ve světě počítačů**
 - používají jej (prakticky) všechny datové sítě
 - **méně ve světě spojů**
 - tzv. veřejné datové sítě
- podstata:
 - **dostupná (disponibilní) přenosová kapacita se ponechá vcelku**
 - nikomu se z ní nic nevyhrazuje
 - **k jednotlivým přenosům se využívá vždy celá dostupná přenosová kapacita**
 - pro všechny různé odesilatele, pro všechny různé příjemce
 - **důsledek:**
 - přenášená data musí být opatřena identifikací odesilatele a příjemce
 - **důsledek:**
 - nelze přenášet jednotlivé byty (a každý opatřovat vhodnou identifikací)
 - tj. proudový přenos lze pouze emulovat
 - **smysl má pouze blokový přenos** – tj. přenos bloků (paketů, rámců, buněk, ...),
 - které už se vyplatí opatřit identifikací příjemce a odesilatele
 - **standardně jde o přenos charakteru "best effort"**



představa přepojování paketů



- data musí být přenášena po blocích
 - paketech, rámcích, buňkách
 - smysl má pouze blokový přenos
- přenášené bloky dat musí být opatřeny vhodnou identifikací příjemce a odesílatele
- přenášené bloky dat se v přepojovacích uzlech mohou zdržet různou dobu
 - záleží to na souběhu všech datových bloků v daném přepojovacím uzlu, od všech odesílatelů
- to nelze nikdy předem odhadnout
- důsledek:
 - **přenosové zpoždění je podstatně větší než u přepojování okruhů**
 - **přenosové zpoždění není rovnoměrné**
 - na rozdíl od přepojování okruhů
 - typickým datovým přenosům to nevadí, problém je s multimediálními přenosy

virtuální okruhy vs. datagramová služba

- přepojování paketů může fungovat dvěma různými způsoby



- tato varianta se označuje jako
„**virtuální okruh**“

- protože „emuluje“ přepojování okruhů
 - ale nevyhrazuje se žádná přenosová kapacita

- **naváže se spojení**

- tomu se přiřadí vhodný identifikátor
 - jednotlivé pakety pak mají ve své hlavičce tento identifikátor
- všechny pakety jsou přenášeny po stejné cestě

- tato varianta se označuje jako
„**datagramová služba**“

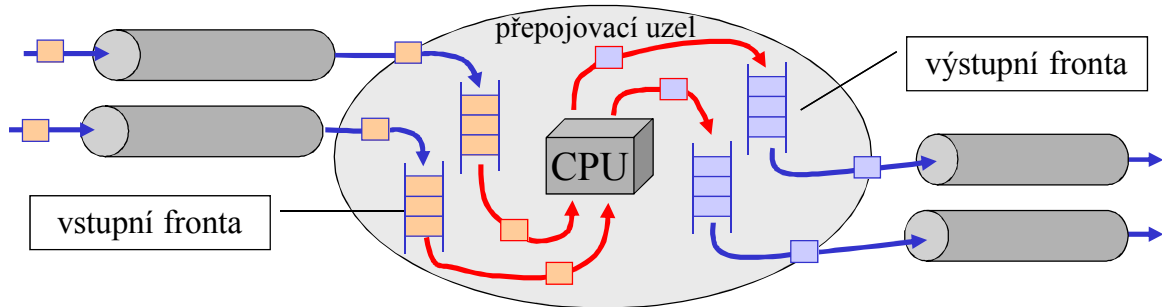
- protože napodobuje přenos poštovních zásilek (datagramů)

- **nenavazuje se spojení**

- každý blok dat (paket) v sobě nese plnou adresu svého cíle (příjemce)
- různé pakety mohou být přenášeny různou cestou
 - není zaručeno pořadí doručování

mechanismus Store&Forward

(způsob fungování přepojovacího uzlu při přepojování paketů)



- **STORE**

- na vstupu se každý blok nejprve celý načte a uloží do vstupní fronty (bufferu)

- **processor (CPU)**

- postupně načítá jednotlivé bloky ze vstupních front a rozhoduje, co s nimi provést dále

- **FORWARD**

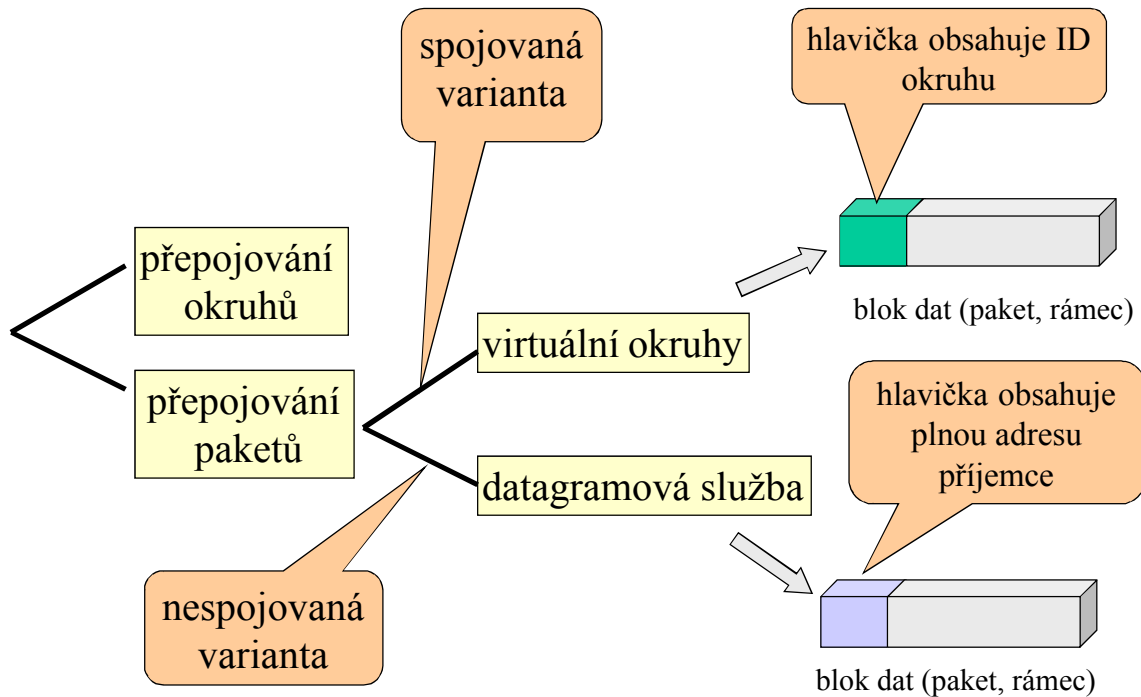
- procesor rozhodl, že daný blok má být předán dále (forwarded) v určitém výstupním směru
- je zařazen do příslušné výstupní fronty (bufferu), kde čeká až bude moci být odeslán

- **důsledek:**

- nelze předem odhadnout, jak dlouho se konkrétní datový blok zdrží při průchodu přepojovacím uzlem
 - záleží to na souběhu s ostatními bloky, na velikosti front, na rychlosti procesoru přepojovacího uzlu atd.
- kvůli tomu je přenosové zpoždění nerovnoměrné
 - může být i "značně nerovnoměrné"

přepojování okruhů	přepojování paketů
funguje pouze spojovaně	může fungovat spojovaně i nespojovaně spojovaná varianta: tzv. virtuální okruhy , nespojovaná varianta: tzv. datagramová služba
přenos může mít proudový i blokový charakter	může mít pouze blokový charakter (proudový nepřipadá v úvahu)
přenos má garantovaný charakter (přenosové zpoždění je velmi malé, rozptyl přenosového zpoždění je malý)	přenos má charakter "best effort" (doplnění QoS je problematické)
... ale je to drahé ...	... je to efektivní
data se nikde po cestě "neukládají" (nepoužívá princip "store&forward")	data se po cestě ukládají (bufferují) (používá se store&forward, i cut-through)
používá se hlavně ve světě spojů funguje tak telefonní síť a ISDN (B-kanály)	používá se hlavně ve světě počítačů fungují tak síť pro přenos dat (počítačové sítě)

shrnutí



odbočení: požadavky aplikací

multimediální aplikace

- např. přenos živého zvuku a obrazu
- vyžadují:
 - pravidelnost doručování
 - malý rozptyl přenosového zpoždění (angl: **jitter**)
 - často i malé přenosové zpoždění (**latence**)
 - např. telefonování do 200 ms
- proč?
 - protože jednotlivé části přenášených dat jsou zpracovávány průběžně
 - zvuk je přehráván, obraz zobrazován ...
 - nerovnoměrnosti v doručování způsobují nerovnoměrnosti ve zpracování
 - analogie „trhaného zvuku“ či měnící se rychlosti posunu filmového pásu
- vhodné je přepojování okruhů

datové aplikace

- např. přenos souborů, email, WWW ...
- nevyžadují:
 - ani malé přenosové zpoždění,
 - ani pravidelnost doručování
- proč?
 - protože jednotlivé části přenášených dat jsou zpracovávány až po doručení poslední části
 - např. zpracování souboru, emailu
 - protože nepracují s „bezprostřední interaktivitou“
 - jako např. telefonie
 - u WWW jen „reakční doba“
- vhodné je přepojování paketů

jiný pohled

přepojování okruhů (dokáže QoS)

- dokáže garantovat parametry přenosů
 - přenosovou kapacitu
 - přenosové zpoždění a jeho rovnoměrnost
- jak toho dosahuje?
 - na principu rezervací
 - tím že vyčlení a přidělí danému přenosu zdroje podle MAXIMA jeho požadavků
 - ... a také si nechá platit za všechny vyhrazené zdroje, nikoli podle jejich skutečného využití
- nevýhoda:
 - síť je nutné dimenzovat s ohledem na MAXIMUM požadavků
 - pokud by součet požadavků převyšoval možnosti (kapacitu) sítě, musí být některé požadavky odmítnuty

přepojování paketů (styl "best effort")

- nedokáže garantovat parametry přenosů
 - fakticky je garantuje pouze tehdy, pokud mu stačí zdroj
 - přenosová kapacita, výpočetní kapacita
 - jakmile součet všech požadavků překročí objem dostupných zdrojů, má právo požadavky krátit – a také to dělá!!!
 - při krácení nerozlišuje mezi jednotlivými požadavky
 - všem krátí stejně
- výhoda:
 - zdroje sítě stačí dimenzovat podle PRŮMĚRU (průměrné zátěže)
 - platí se podle skutečně využitých služeb

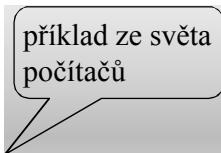
jiný pohled – dostupnost zdrojů

- svět spořů (telekomunikací) vznikl a vyvíjel se na předpokladu, že
**dostupných zdrojů (přenosové kapacity, ...) je málo,
a je třeba omezovat jejich spotřebu**
- důsledky:
 - zavedla se opatření, regulující poptávku
 - vysoké ceny
 - zpoplatnění podle času (po který jsou zdroje pro zákazníka vyhrazeny)
- paradox:
 - princip přepojování okruhů je poněkud ve sporu s nedostatkem zdrojů
 - zdroje se uživatelům přidělují "výlučně" (vyhrazují), navíc podle maxima požadavků
 - místo toho aby se nedostatkové zdroje sdílely a dimenzovaly podle "průměru"
- vysvětlení:
 - v době, kdy telekomunikace vznikaly, ještě nebyly nástroje (techniky) pro efektivnější využití zdrojů
 - přepojování paketů, sdílení, ...

"telekomunikační" síťové paradigma

"chytrá síť, hloupé uzly"

- představa "světa spojů":
 - veškerá inteligence (a funkce) je soustředěna do sítě
 - ta obvykle funguje spojovaně, spolehlivě, nabízí QoS (garantované služby)
 - koncová zařízení mohou být velmi jednoduchá
 - "hloupá", bez vlastní inteligence
- příklady:
 - telefonní síť
 - počítačová síť se servery uvnitř sítě, na koncích počítače NC

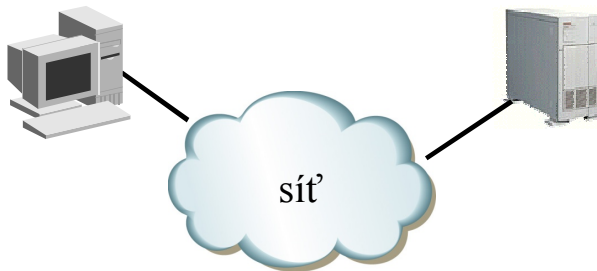


- výhody:
 - snazší (centrální) management
 - koncová zařízení mohou být "blbovzdorná"
 -
- nevýhody:
 - prvky, realizující inteligenci sítě, jsou obvykle jednoúčelové, a proto drahé
 - např. směrovače, brány, ...
 - je to složité, těžkopádné ...

"počítačové" síťové paradigma

"hloupá síť", chytré uzly"

- představa "světa počítačů":
 - přenosová síť se má soustředit na svůj "core business"
 - má hlavně přenášet data, co nejrychleji a nejefektivněji
 - už se nemá zdržovat dalšími funkcemi
 - veškerá inteligence (a funkce) je soustředěna do koncových uzlů
 - typicky: univerzálních počítačů
 - zde se "další funkce" realizují snáze a efektivněji, a lze je také lépe přizpůsobit konkrétním potřebám



- předpoklad:
 - přenosová síť bude fungovat nespojovaně, nespolehlivě, na principu "best effort"
 - nejjednodušším možným způsobem
- výhody:
 - celkově efektivnější a pružnější řešení
 - lze snáze přizpůsobovat měnícím se potřebám, stačí změnit chování koncových uzlů

jiný pohled: hloupá vs. chytrá síť

ve světě spojů:

- vlastníkem a uživatelem sítě jsou různé subjekty
 - ten, kdo síť vlastní a provozuje (operátor) nebývá současně jejím uživatelem
- tzv. veřejná datová síť (VDS): uživatelem se může stát kdokoli, kdo je ochoten za to zaplatit
 - vlastník (VDS) sítě má snahu prodávat co "nejbohatší" služby
- proto má tendenci volit řešení "chytrá síť, hloupé uzly"
 - budovat "inteligentní síť", nabízející co nejvíce funkcí
- psychologický prvek:
 - vlastník sítě se bojí prodávat nespolehlivou přenosovou službu
 - bojí se: "kdo by si koupil službu, která zahazuje přenášené pakety?"
 - proto VDS typicky funguje spolehlivě (a také spojovaně, často nabízí i nabízí QoS)

ve světě počítačů:

- vlastník a provozovatel často splývají, nebo provoz sítě se neodehrává na ryze komerční bázi,
 - příklad: Internet
- při volbě koncepce sítě rozhodují spíše technické faktory, než faktory komerční
 - vlastník sítě není tlačěn k tomu, aby prodával co nejdokonalejší služby
 - nemusí prodávat nic
- přednost dostává koncepce "hloupá síť, chytré uzly"
 - inteligence se soustřeďuje do koncových uzlů, přenosová síť je maximálně jednoduchá
- příklad: protokoly TCP/IP
 - síťový protokol IP je velmi jednoduchý a přímočarý
 - nespolehlivý, nespojovaný, best effort, ...
 - teprve transportní protokol TCP zajišťuje spolehlivý (a spojovaný) přenos

myšlenka konvergence (infrastruktury)

- světy spojů a počítačů si tradičně budovaly oddělené přenosové sítě, šité na míru vlastním požadavkům
 - svět spojů: "chytré" síť, fungující na principu přepojování okruhů
 - svět počítačů: "hloupé" síť, fungující na principu přepojování paketů
- důsledek:
 - bylo to (a stále je) neefektivní
- myšlenka:
 - **proč raději nebudovat (a neprovozovat) jen jednu síť, pro potřeby obou světů?**
- problém:
 - požadavky obou světů jsou značně odlišné, je těžké jim vyhovět současně
 - a zachovat rozumnou efektivitu fungování

1. pokus o konvergenci:
 - **síť ISDN (Integrated Services Digital Network)**
 - pochází ze světa spojů
 - navrženo pro potřeby světa spojů
 - potřeby světa počítačů nezohledněny
 - možné očekávání: svět počítačů se přizpůsobí?
 - jako „konvergované řešení“ ISDN neuspělo
2. pokus o konvergenci:
 - **síť ATM (Asynchronous Transfer Mode)**
 - vzniklo ve světě spojů, za účasti světa počítačů
 - snaží se vycházet vstříc potřebám obou světů
 - výsledek je velmi komplikovaný a neefektivní (těžkopádný ...)
 - jako „konvergované řešení“ ATM uspělo jen v páteřních sítích
 - ne všude a ne vždy
 - hlavně u telekomunikačních operátorů

třetí pokus o konvergenci (infrastruktury)

- „konvergovaným řešením“ bude protokol IP
 - „Internet Protocol“ z rodiny protokolů TCP/IP
 - jde o řešení vzniklé ve světě počítačů, zohledňuje jeho potřeby
 - příliš nezohledňuje potřeby světa spojů
- výhody:
 - protokol IP funguje „nad vším“ (IP over Everything)
 - nad jakoukoli přenosovou infrastrukturou
 - „všechno“ funguje nad IP (Everything over IP)
 - (prakticky) všechny aplikace a protokoly vyšších vrstev dokáží fungovat nad protokolem IP
 - IP je jednoduchý a efektivní
 - nespolehlivý, nespojovaný,
- nevýhody:
 - IP funguje stylem „best effort“, nepodporuje QoS (kvalitu služeb)
 - nevychází moc vstříc multimediálním přenosům
 - snahy zavést do něj dodatečně podporu QoS jsou komplikované, drahé a moc se nedaří

problém se v praxi řeší spíše „hrubou silou“: zvyšováním disponibilních zdrojů (přenosové a výpočetní kapacity).

Tím není problém odstraněn, ale je snižována četnost jeho výskytu.

konvergence operátorů a služeb

- proces konvergence byl tradičně vnímán jako splývání přenosových sítí
 - tj. infrastruktury
- dnes má podstatně širší význam
 - neboť dochází ke konvergenci (sjednocování) i v dalších oblastech
- konvergence operátorů:
 - telekomunikační operátoři
 - poskytují telekomunikační služby
 - ISP, internetoví provideři
 - poskytují datové (internetové) služby
 - poskytovatelé dalších služeb
 - poskytovatelé obsahu

stále více splývají, zákazníci chtějí (a mají) jen jednoho dodavatele
- konvergence služeb
 - na trhu se objevují nabídky integrující služby ze světa spojů i ze světa počítačů
 - obvykle: hlasové, datové a internetové služby (tzv. "triple play")
 - jsou řešené jedním společným způsobem, přes jednu přípojku, typicky na bázi IP
 - objevují se nové způsoby poskytování tradičních služeb
 - datová (internetová) telefonie
 - VOIP (H.323, SIP, ...)
 - distribuce TV a R signálů
 - IPTV
 - objevují se zcela nové služby
 - „zpožděná televize“
 - video on demand
 -

regulace vs. liberalizace

- svět spojů tradičně působí v silně regulovaném prostředí
 - regulace** = někdo „shůry“ stanovuje, kdo a jak smí budovat a provozovat sítě, poskytovat služby, za jakých podmínek atd.
 - včetně regulace koncových cen
 - původně:**
 - regulováno je vše
 - existuje odvětvový regulátor, v ČR Český telekomunikační úřad
 - typicky: v konkrétních oblastech existuje exkluzivita (monopol)
 - důvody pro regulaci
 - představa nedostatku zdrojů
 - chápaní telekomunikací jako strategické oblasti, kde stát chce prosazovat své zájmy
 -
 - s postupem času:
 - něco je uvolněno (vyňato z regulace) - tzv. **liberalizováno**
 - v ČR byly veřejné datové služby (včetně Internetu) liberalizovány k 1.7.1995
 - dnešní snaha:
 - regulovat jen to, co je nezbytně nutné
 - v liberalizovaných odvětvích budou účinkovat (působit) pravidla hospodářské soutěže
 - a ten kdo dohlíží na jejich dodržování, v ČR ÚOHS
 - perspektiva**
 - neregulovat nic
 - všude budou působit pouze pravidla hospodářské soutěže



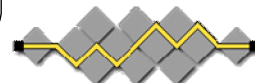
regulace vs. liberalizace

- svět počítačů stojí tradičně mimo regulaci
 - počítačové sítě naráží na regulaci jen tam, kde potřebují využít něco ze světa spojů
 - např. pronajmout si přenosové cesty (přes veřejná prostranství) pro budování rozlehlých sítí
 - např. poskytovat své služby veřejně, ne pouze pro vlastní potřebu
- přesto svět počítačů potřebuje něco „regulovat“ (koordinovat, na celosvětové úrovni)
 - přidělování IP adres
 - TLD domény systému DNS
 - standardy
 -
- regulační orgány „světa počítačů“ vznikaly spíše samovolně
 - díky praktické potřebě
- Internet:
 - původně byla „regulace“ v rukou vlády USA
 - ARPA, NSF
 - dnes v rukou sdružení ICANN
 - standardy řeší IETF a W3C

snahy ITU (WSIS)
změnit "rozložení sil"



ICANN



I E T F



základní filosofický rozdíl

svět spojů

- vychází z předpokladu, že dostupných zdrojů je málo
 - ne tolik, aby se dostalo na všechny současně
 - např. přenosová kapacita, výpočetní kapacita,
- prodává hlavně „vyčlenění zdrojů“
 - nechává si platit za to, že uživateli vyčlení k výhradnímu využití určité zdroje
 - v jakém rozsahu?
 - na jak dlouho?
 - nezajímá se o to, jak „hodně“ či „málo“ byly vyčleněné zdroje skutečně využity
 - efektivnost ponechává na uživateli/zákazníkovi
 - garantuje dostupnost vyčleněných zdrojů
- zpoplatňuje uživatele podle vyčleněných zdrojů
 - po minutách/hodinách
 - v závislosti na charakteru a velikosti poskytnutých zdrojů

svět počítačů

- vychází z předpokladu, že zdrojů je dostatek
 - resp. že dostupnost zdrojů není hlavním omezujícím faktorem
- prodává hlavně „využití zdrojů“, resp. „poskytnuté služby“
 - dosažení efektivnosti je úkolem poskytovatele služby
 - nikoli uživatele/zákazníka
- zpoplatňuje uživatele podle „skutečné konzumace“
 - např. podle objemu skutečně přenesených dat
 - nebo paušálně

tendence k neefektivnosti,
služby jsou drahé

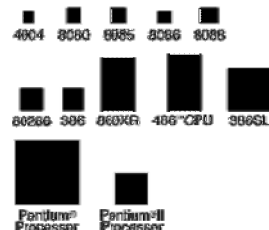
efektivnější, vede na
lacinější služby

jak se vyvíjí dostupnost zdrojů? (ve světě počítačů ...)

Mooreův zákon

- formuloval Gordon Moore, spoluzakladatel Intelu, v roce 1965
 - jako předpověď, v článku pro časopis Electronics
 - na základě 3-leté zkušenosti
- říká:
 - původně: počet tranzistorů na jednotku plochy se zdvojnásobí přibližně každých 12 měsíců
 - za stejnou (nižší) cenu
 - později: zdvojnásobí se každých cca 18 měsíců
 - dnes spíše: každých 24 měsíců
- očekává se, že to bude platit cca do roku 2017

nepřímo vypovídá o nárůstu
výpočetní kapacity



intel.	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

jak se vyvíjí dostupnost zdrojů?

- Gilderův zákon
 - formuloval George Gilder, hi-tech vizionář, novinář ...
 - ve své knize Telecosm
- říká:
 - přenosová kapacita roste třikrát rychleji než výpočetní kapacita
 - vzhledem k Mooreově zákonu: zdvojnásobuje se cca každých 6-8 měsíců
- Metcalfův zákon
 - formuloval Robert Metcalfe, otec Ethernetu, podnikatel, novinář
 - týká se síťového efektu
- říká:
 - užitek sítě roste se čtvercem počtu jeho uživatelů



závěrečné shrnutí

svět spojů	svět počítačů
preferuje přepojování okruhů	preferuje přepojování paketů
garantuje kvalitu služeb	funguje na principu „best effort“
výrazně preferuje spolehlivé služby	dává na výběr mezi spolehlivými a nespolehlivými službami
preferuje spojované služby	dává na výběr mezi spojovanými a nespojovanými službami
soustřeďuje inteligenci do sítě, předpokládá „hloupé“ uzly	soustřeďuje inteligenci do koncových uzlů
očekává multimediální přenosy	očekává (obecné) datové přenosy
zpoplatňuje uživatele podle spotřeby zdrojů	zpoplatňuje uživatele podle efektu (užitku)
působí v (silně) regulovaném prostředí	působí (nejčastěji) v plně liberalizovaném prostředí
je hodně konzervativní, má velkou setrvačnost	je pružný, snáze se a rychleji se přizpůsobuje změnám