

Lekce 1: Základní pojmy a paradigmata počítačových sítí

Jiří Peterka

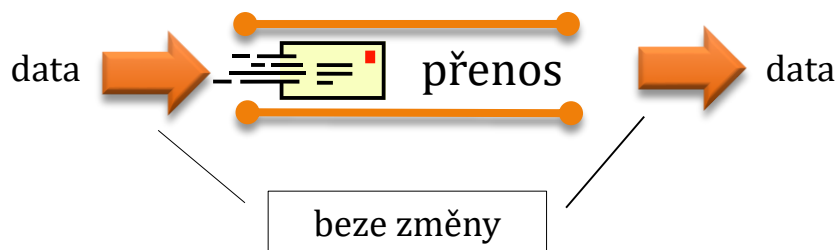
o čem je tato přednáška?

- **o zákonitostech a souvislostech**
 - o věcech, které existují nezávisle na naší vůli
 - např. fyzikální zákony
 - **o principech, postupech, metodách, technikách**
 - co už vymysleli lidé, co je stále ještě obecné a abstraktní, dá se realizovat mnoha různými způsoby
 - např. princip přepojování paketů, metody potvrzování,
 - **o technologiích a protokolech**
 - jak konkrétně implementovat určitý postup, metodu atd.
 - např. technologie Ethernetu, protokol IP,
 - co a jak je definováno (technickými) standardy
 - **o produktech a službách**
 - co už je konkrétně implementováno a někomu nabízeno / někým používáno
 - např. služba Skype, MS Windows (produkt),
- ano,
budeme se
zabývat
- jen v roli
konkrétních
příkladů
- ne
(nebo jen zcela
minimálně)

přenos, zpracování, uchovávání

• přenos:

- „to, co se přenáší, se nemění“
 - mohou se přenášet jednotlivé bity/byty, nebo celé bloky dat
- **zajímá nás:**
 - na jakou vzdálenost se přenáší?
 - jak rychle se přenáší? (přenosová rychlost)
 - jak dlouho trvá přenos jednoho bitu?
 - za jak dlouho je k dispozici přijatý bit?
 - kolik se toho přenesení? (přenosový výkon)
 - kolik užitečných dat se přenesení za delší časový úsek
 - jak spolehlivý je přenos?
 - jak často dochází k chybám či ztrátám?
 - pokud k nějaké chybě/ztrátě dojde, co se děje?
 -



• zpracování:

- „to, co se zpracovává, se nepřenáší“
 - vzdálenost není podstatná
- **zajímá nás:**
 - jak probíhá zpracování
 - podle jakého algoritmu, programu atd.
 - jaký je časový průběh zpracování
 - po jakých kvantech se data zpracovávají
 - po kolika bitech/bytech/slozech
 -



• uchovávání:

- **zvláštní forma zpracování:**
 - nemění obsah, zachovává dostupnost a čitelnost v čase

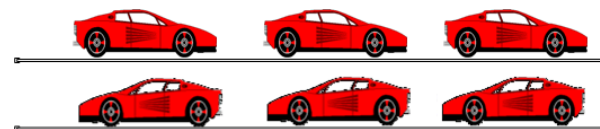
kanál, okruh, spoj

- **(přenosová) cesta, spoj**
 - obecné pojmy, zahrnující všechny varianty prostředků pro přenos
 - bez ohledu na technickou realizaci
 - jejich hlavním atributem je:
 - přenosová kapacita
 - celková schopnost přenášet data
 - dílčími atributy jsou:
 - přenosová rychlost, zpoždění, spolehlivost přenosu, ...
- **(přenosový) kanál**
 - termín ze světa telekomunikací
 - jednosměrná přenosová cesta
- **(přenosový) okruh**
 - obousměrná přenosová cesta
 - okruh může být:
 - skutečný (fyzický)
 - virtuální / emulovaný
 - pouze se chová jako "skutečný" okruh

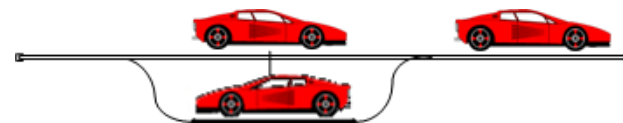
- **simplexní**
 - umožňuje přenos jen v jednom směru
 - například klasické TV a R vysílání
 - "kanál je vždy simplexní"



- **(plně) duplexní**
 - umožňuje přenos v obou směrech, a to současně
 - plně duplexní okruh = umožňuje komunikovat oběma směry současně



- **poloduplexní**
 - umožňuje přenos v obou směrech, ale nikoli současně



uzel, síť, infrastruktura

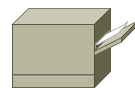
- **kanál, okruh, cesta, spoj**

- „to, co přenáší“

- **uzel:**

- "to, co má smysl propojovat"

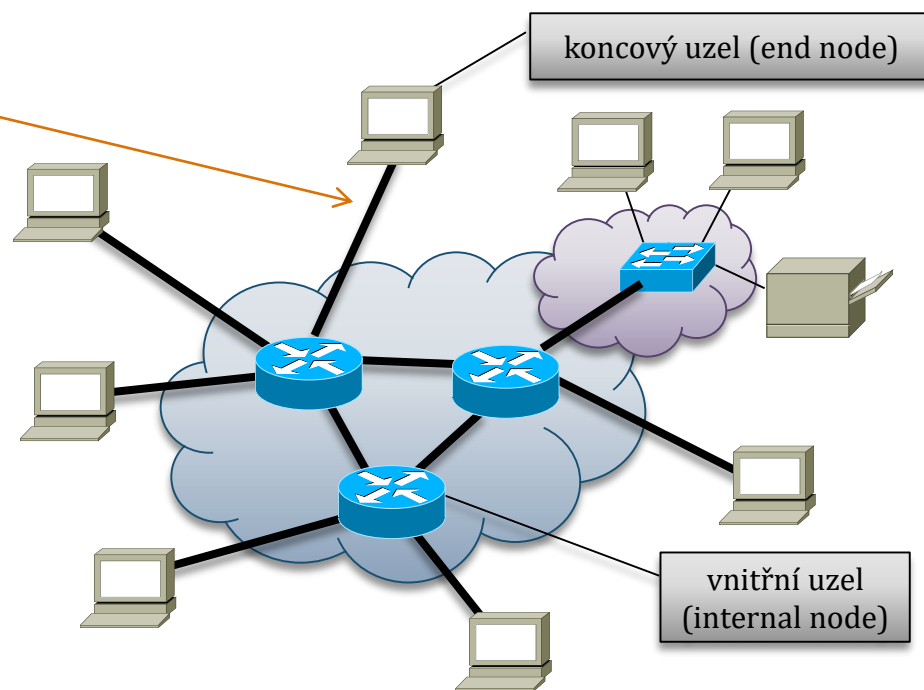
- servery
- (hostitelské) počítače
- terminály
- periferie
 - například tiskárny, plottery, externí disky,
- mobily, PDA
-



- **aktivní síťový prvek**

- „to, pomocí čeho se propojuje“

- například opakovače, přepínače, směrovače, brány,
- v rámci počítačových sítí
- ústředny, brány,
- v rámci telekomunikačních sítí



- **(počítačová, telekomunikační) síť:**

- soustava uzlů, vzájemně propojených pomocí přenosových okruhů / cest / spojů

- **přenosová infrastruktura**

- obecné označení pro sítě, používané pro přenos
 - termín spíše z oblasti telekomunikací

služby, technologie

• sítě poskytují svým uživatelům služby:

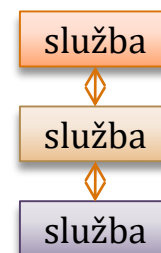
– například:

- **hlasové služby**
 - interaktivní: telefonování
 - pevná telefonie, mobilní telefonie, IP telefonie
 - neinteraktivní: distribuce rozhlasu
 - rozhlasové vysílání, internetová rádia
- **obrazové služby**
 - interaktivní: videokonference
 - neinteraktivní: video na žádost nebo s pevným programovým schématem
 - YouTube vs. TV vysílání
- **služby přenosu zpráv**
 - elektronická pošta, messaging, EDI, ...
- **přenos souborů**
- **vzdálené přihlašování**
- **brouzdání (WWW)**
-

uživatelé (obvykle) ani nepotřebují vědět, jaká konkrétní technologie je využívána pro poskytování jimi využívaných služeb

služby mohou být poskytovány na různé úrovni / vrstvě

- pro koncové uživatele jsou určeny služby na nejvyšší (aplikační) vrstvě
- služba vyšší úrovně využívá ke svému fungování služeb nižší úrovně



příklad: elektronická pošta využívá ke svému fungování službu nižší vrstvy, zajišťující spolehlivý přenos dat mezi dvěma koncovými uzly
tato služba využívá službu ještě nižší vrstvy, zajišťující přenos mezi sousedními uzly

• technologie:

- je konkrétní technické řešení, které umožňuje poskytovat určité služby
 - může být definováno pomocí standardů/doporučení
 - např. Ethernet, Wi-Fi, GSM, 3G/UMTS, x DSL, ATM, ...
 - může být proprietární (zná jen vlastník)
 - např. technologie, použita pro realizaci služby Skype

příklady služeb a technologií

- **služba**

- přístup k Internetu

- v pevném místě

- mobilní přístup k Internetu

- **služba**

- pevná hlasová služba

- mobilní hlasová služba

- **služba**

- IP telefonie

- hlas je přenášen po IP síti

- např. UPC Telefon

- internetová telefonie

- hlas je přenášen po veřejném Internetu

- např. Skype

- **pevné technologie:**

- xDSL (Digital Subscriber Line)

- rodina technologií, využívajících místní smyčky pro vysokorychlostní přenos dat

- ADSL, VDSL, SHDSL,

- PLC (PowerLine Communications)

- technologie pro přenos dat po silových rozvodech (230 V)

- WiMAX (IEEE 802.16)

- technologie pro bezdrátové přenosy

- DOCSIS

- technologie pro datové přenosy skrze kabelové sítě

- **mobilní technologie:**

- NMT, GSM, GPRS, EDGE, CDMA, 3G/UMTS, HSPA, LTE,

- pro poskytování mobilních hlasových či datových služeb

- **hlasové technologie (obecně):**

- VoD (Voice over Data)

- obecné označení pro technologie přenosu hlasu (telefonování) po datových sítích

- VOIP (Voice over IP)

- obecné označení pro technologie přenosu hlasu (telefonování) prostřednictvím protokolu IP

síťová paradigmata

- **paradigma**

- konkrétní představa / názor na to, jak má být něco významného řešeno, jak to má fungovat, co je lepší/efektivnější/vhodnější

- jde o "základní principy"
- jde o odpovědi na základní otázky
-

- **konkrétní paradigmata se mohou týkat:**

- toho, jak přenášet data

- proudový vs. blokový přenos
- přepojování okruhů vs. přepojování paketů
- spojovaný vs. nespojovaný přenos
- spolehlivý vs. nespolehlivý přenos

- toho, co mají nabízet přenosové služby

- garantované vs. negarantované služby
- best effort vs. QoS

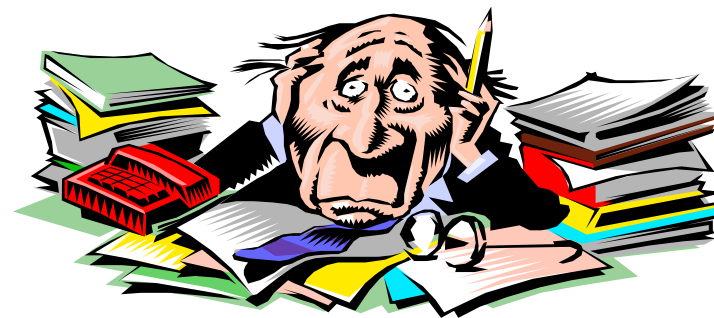
- toho, kam umístit inteligenci

- „chytrá síť“ vs. „hloupá síť“

- toho, jak hospodařit s dostupnými zdroji

- vyhrazená vs. sdílená přenosová kapacita

–



- toho, jak se vyvíjí dostupné zdroje

- přenosová kapacita
 - Gilderův zákon
- výpočetní, přepojovací kapacita
 - Mooreův zákon
-

- toho, co je/není potřeba nějak usměrňovat, řídit, diktovat ...

- regulace vs. liberalizace

–

proudový a blokový přenos

- **jde o to:**

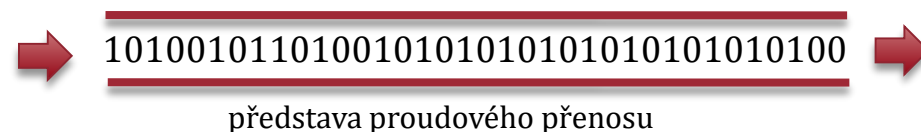
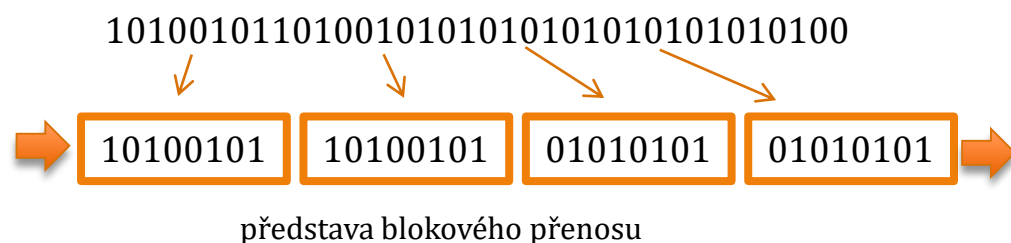
- zda přenášet data jako souvislý proud (bez jakéhokoli logického členění),
- nebo zda tato data nějak členit (do vhodně velkých bloků)

- **proudový přenos**

- přenášená data nejsou nijak členěna
 - tvoří "souvislý proud" (stream)
 - na úrovni bitů, bytů, slov, ...
- představa:
 - přenosová cesta se chová jako roura
 - z jedné strany se do ní data vkládají, z druhé strany z ní ve stejném pořadí zase vystupují
- má smysl / je vhodné:
 - tam, kde je 1 příjemce a 1 odesílatel
 - přenos "bod-bod"
 - odesílatelem je "ten, kdo vkládá"
 - příjemcem je "ten, kdo vyjímá"

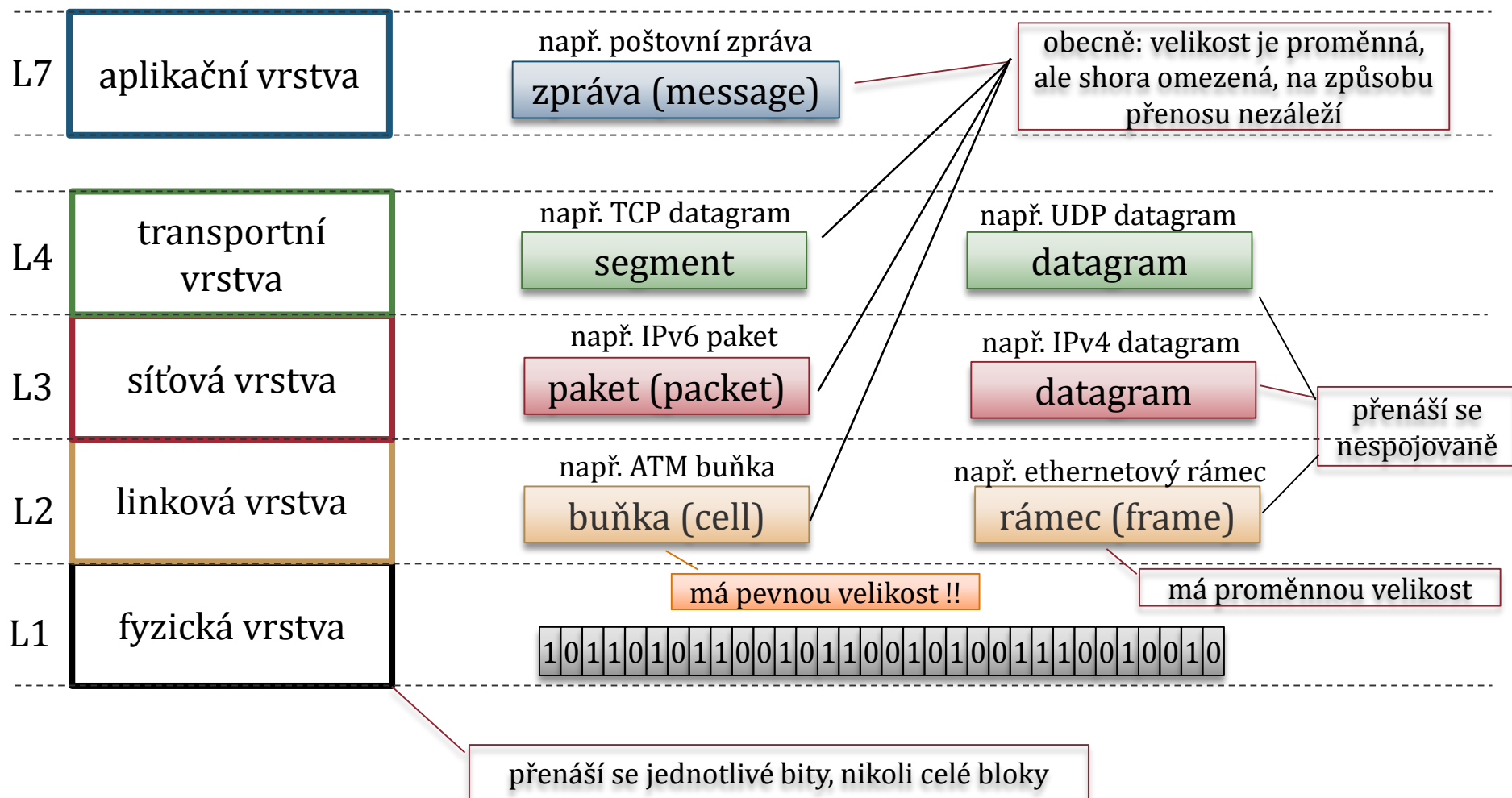
- **blokový přenos**

- data jsou pro potřeby přenosu členěna na vhodně velké celky
 - bloky (odsud: blokový přenos)
- bloky mohou (ale někdy nemusí) být opatřeny údaji, které identifikují odesílatele a příjemce



rámce, buňky, pakety, segmenty, zprávy

- přenášené bloky (u blokového přenosu) se konkrétně pojmenovávají podle vrstvy, na které jsou přenášeny



přepojování okruhů

garantuje podmínky přenosu



- anglicky: **circuit switching**

- jde o:

- obecný princip, jak přenášet data, s efektem vyhrazené přenosové kapacity

- podstata:

- mezi komunikujícími stranami se vytvoří (souvislý) přenosový okruh



- okruh je vyhrazený

- komunikující strany jej mají výhradně ke své dispozici
- pokud jej nevyužijí, jeho kapacita nemůže být přenechána někomu jinému
 - a bez užitku "propadá"

- okruh je přímý

- i když ve skutečnosti prochází přes další uzly, přenášená data se v nich nijak nezdržují
- doba přenosu (přenosové zpoždění) je konstantní a malá

- chová se jako roura

- co se z jedné strany odešle (vloží), to se z druhé strany zase vyjme (vybere)

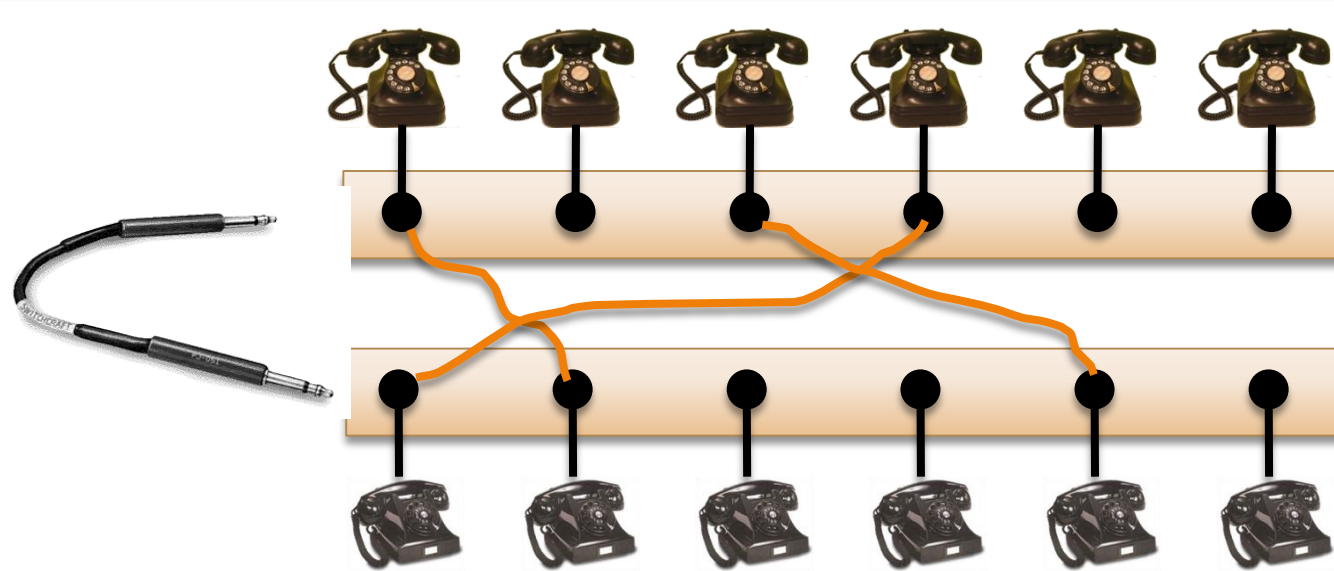
- odesilatelem je "ten, kdo je na jednom konci"
- příjemcem je "ten, kdo je na druhém konci"

- přenášená data

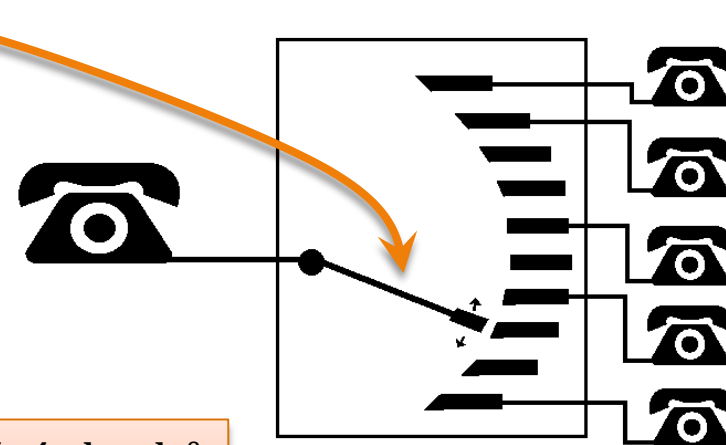
- nemusí být členěna na jakékoli celky, ale mohou být přenášena jako proud
 - pak jde o: proudový přenos
- mohou být členěna na logické celky (bloky)
 - pak jde o: blokový přenos

používá se hlavně v telekomunikacích

představa přepojování okruhů



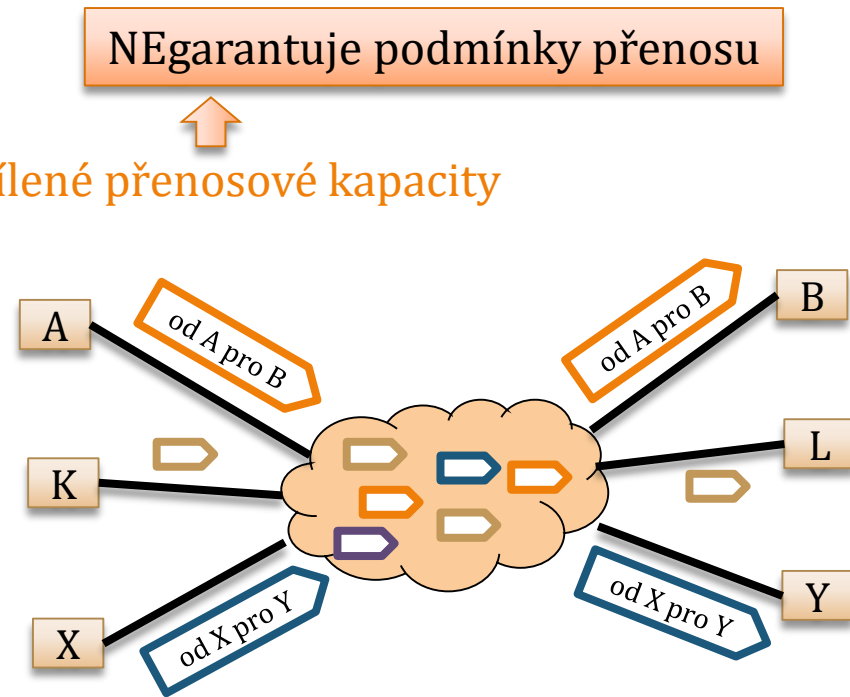
- **původně:**
 - docházelo k mechanickému spojování kontaktů (zástrčky/zdířky, relé, ...)
 - tomu se také říkalo: **komutace**
- **dnes:**
 - přepojování zajišťují elektronické obvody
- **ale: stále se hovoří o "komutaci"**
 - komutace okruhů
 - komutované připojení



telefonní síť dodnes pracuje na principu přepojování okruhů

přepojování paketů

- **anglicky: packet switching**
- **jde o:**
 - obecný princip, jak přenášet data, na bázi sdílené přenosové kapacity
- **podstata:**
 - žádná přenosová kapacita se nevyhrazuje
 - ale zůstává společná
 - odesílatel předá odesílaná data k doručení
 - musí být členěna na bloky (např. na pakety) a opatřena identifikací příjemce
 - proudový přenos zde nemá smysl
 - k přenosu se přijímají bloky (pakety) od všech odesílatelů
 - manipuluje se vždy s celými bloky (pakety)
 - odsud "přepojování paketů"
 - rozhoduje se podle identifikace příjemce, kterou si každý blok nese
 - ve své hlavičce



- k přenosu jednotlivých bloků (paketů) se vždy využívá celá dostupná přenosová kapacita
 - pro všechny různé odesílatele, pro všechny různé příjemce
 - proto musí být jednotlivé bloky (pakety) označeny identifikací odesílatele a příjemce

od X pro Y

historická odbočka

- přepojování paketů bylo (ve své době) velmi revoluční myšlenkou
 - která se objevila v 60. letech minulého století/tisíciletí
 - v důsledku „šoku ze Sputniku“ (1957)
 - USA se lekly, že je někdo technologicky předbíhá, začaly rozvíjet vědu
 - požadavkem byla větší robustnost a odolnost (proti poruchám a výpadkům)
 - důsledek: nepřenášet data jako jeden velký proud (pomocí přepojování okruhů),
 - ale „rozbít“ je na menší částí (bloky, pakety) a ty přenášet samostatně
 - přepojování paketů navrhl Paul Baran z Rand Corporation (1964)
 - termín „paket“ a „přepojování paketů“ poprvé použil Donald Davies, v listopadu 1965

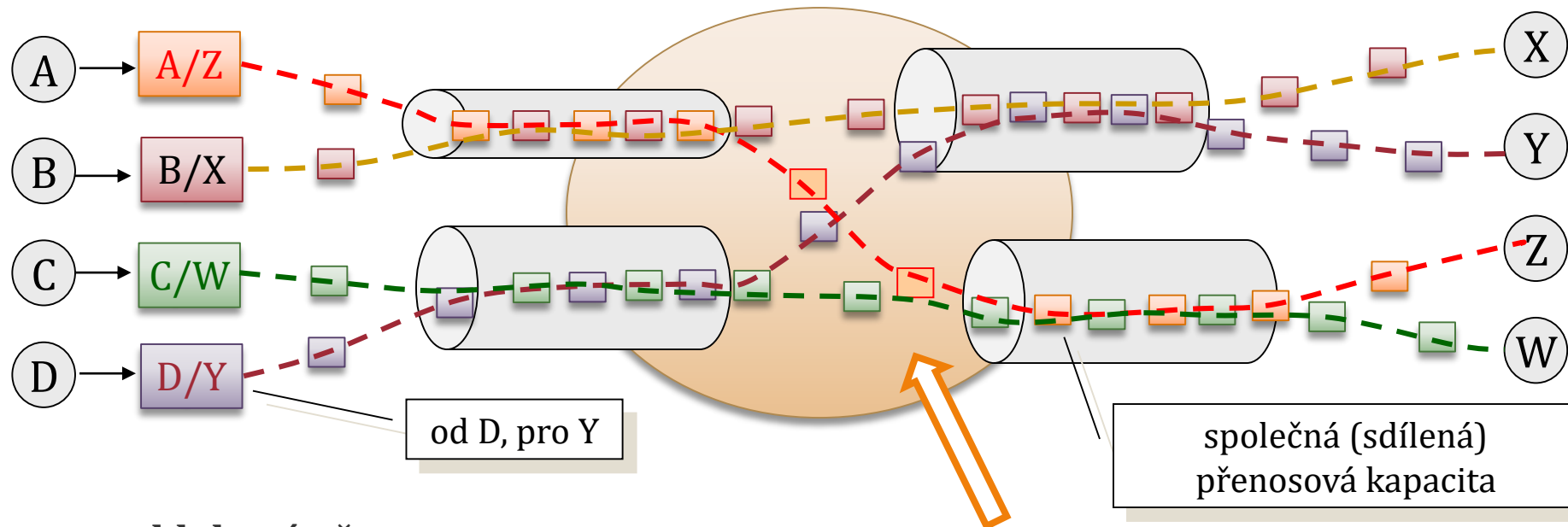


- tuto myšlenku bylo třeba někde ověřit
 - vzniká síť **ARPANET**
 - pro otestování smysluplnosti přepojování paketů
 - dopadlo kladně: bylo ověřeno, že přepojování paketů funguje a je efektivní
 - další osud sítě **ARPANET**
 - po otestování nebyla zrušena, ale předána „na hraní“ akademické komunitě
 - časem z ní „vyrostl“ dnešní celosvětový Internet
 - ARPANET byl jeho první zárodečnou sítí

z historie Internetu

Na počátku byl ARPANET

představa přepojování paketů



- pouze blokový přenos**

- data musí být přenášena po blocích
 - paketech, rámcích, buňkách
- přenášené bloky dat musí být opatřeny vhodnou identifikací příjemce a odesílatele

od X pro Y

- variabilní zpoždění**

- 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

- přepojovací logika**

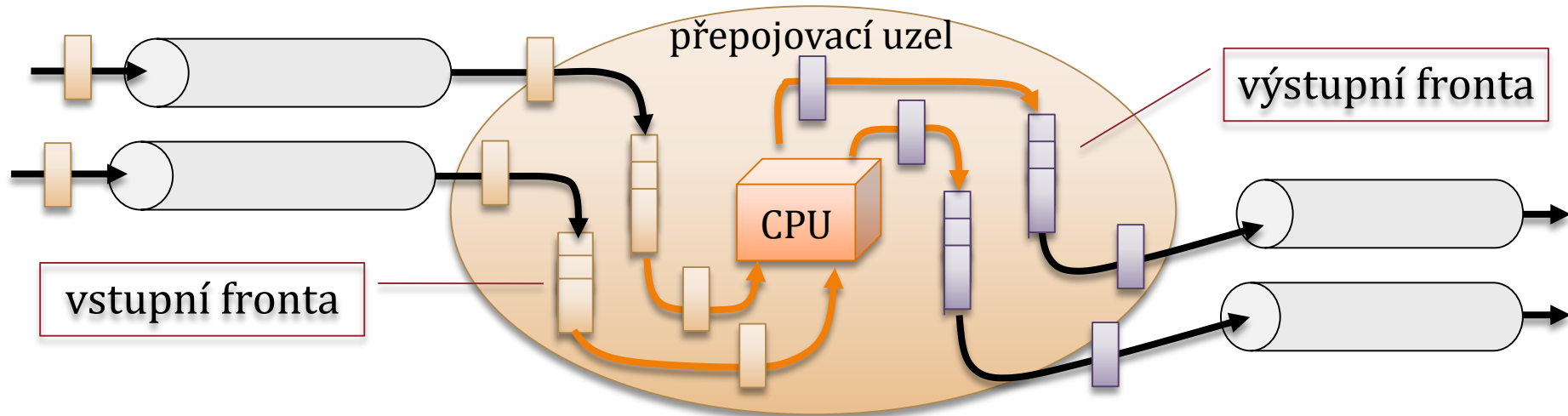
- rozhoduje o tom, kudy a kam bude konkrétní blok (paket) předán

- srovnání:**

- zpoždění při přenosu je podstatně větší než u přepojování okruhů
- zpoždění není rovnoměrné
 - na rozdíl od přepojování okruhů
- zpoždění není predikovatelné

mechanismus Store&Forward

- jde o: způsob fungování přepojovacího uzlu při přepojování paketů



- **STORE**

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

- procesor (CPU)

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

- **FORWARD**

- procesor rozhodl, že daný blok má být předán dál (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"

spojovaný vs. nespojovaný přenos

• spojovaný přenos

- angl.: **connection oriented**
- 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/nemusí být vyhrazeny i určité zdroje – např. přenosová kapacita
- pak probíhá vlastní přenos dat
 - po trase (cestě), nalezené při navazování spojení
- na konci je třeba spojení zase ukončit (rozvázat)
 - vrátit přidělené zdroje, zrušit vytyčenou trasu,

• nespojovaný přenos

- 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“ (tzv. 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 (rozvazovat, rušit)
 - konec komunikace může být „do ztracena“

spojovaný přenos

- jde o obecné paradigma přenosu, ale také vzájemné komunikace!!!

- funguje „stavově“

- 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
 - deadlock, uváznutí
 - musí být explicitně ošetřovány nestandardní situace
 - např. výpadek spojení je třeba nejprve detekovat, pak zrušit spojení a navázat nové



- přenášené bloky dat obsahují (ve své hlavičce) identifikátor spojení
 - a jsou přenášeny podle tohoto ID
- **spojovaná komunikace zachovává „pořadí“**
 - při postupném přenosu jednotlivých bloků dat jsou všechny přenášeny stejnou cestou
 - proto: nemůže se měnit jejich pořadí



spojovaným způsobem funguje např. hlasová služba v telefonní síti



nespojovaný přenos

- jde o obecné paradigma přenosu, ale také vzájemné komunikace!!!

- funguje „bezestavově“

- komunikující strany *NEpřechází* mezi různými stavy

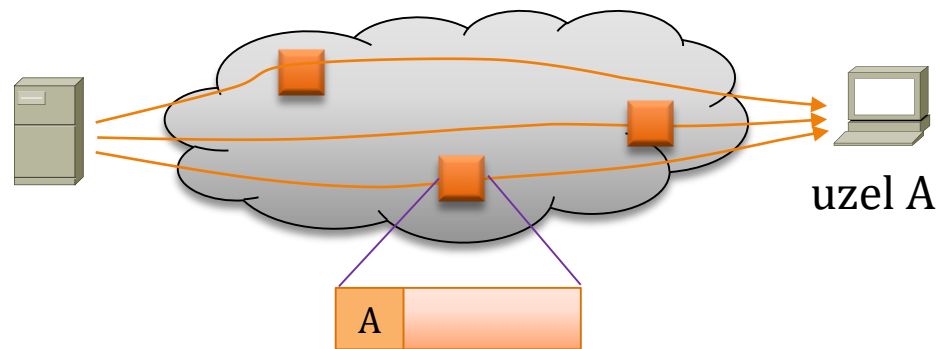
- jejich stav se v průběhu komunikace nemění

- *NEmusí být explicitně ošetřovány změny stavů a nestandardní situace*

- jednoduše se pokračuje dále

- terminologie:

- bloky dat, přenášené nespojovaným způsobem, jsou často označovány jako **datagramy**



- každý blok v sobě nese plnou adresu svého příjemce

- ne ID spojení – to není navazováno

- **nespojovaná komunikace nemusí (nutně) zachovávat pořadí**

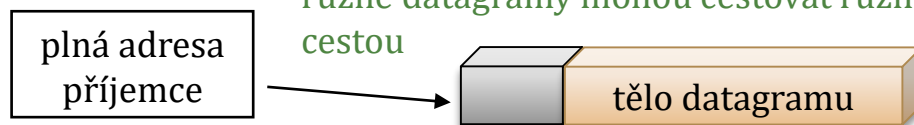
- každý blok je přenášen samostatně a nezávisle na přenosu ostatních bloků
- každý blok může být přenášen jinou cestou

- proto se může měnit pořadí, v jakém jsou doručovány

- ani se dopředu nezjišťuje, zda příjemce vůbec existuje

virtuální okruhy vs. datagramová služba

- **přepojování okruhů má vždy spojovaný charakter !!!!**
 - je to dáno jeho podstatou, nelze to změnit
- **přepojování paketů může fungovat jak spojovaně, tak i nespojovaně !!!**
- **virtuální okruhy**
 - označení pro spojovaný způsob fungování přepojování paketů
- **princip:**
 - při navazování spojení se cesta vytyčí pouze virtuálně (logicky)
 - nikoli fyzicky, jako u (skutečného) přepojování okruhů
 - proto „virtuální okruhy“
 - v jednotlivých přestupních bodech se pouze „poznačí“, kudy tato cesta vede
 - vyznačená cesta (virtuální okruh) dostane přidělený vhodný identifikátor
 - VCI, Virtual Circuit Identifier
 - každý blok přenášených dat (paket) nese ve své hlavičce identifikátor virtuálního okruhu
 - podle toho je přenášen – vždy po stejném (jediném) virtuálním okruhu
- **datagramová služba**
 - označení pro nespojovaný způsob fungování přepojování paketů
- **princip:**
 - odesílatel ani nezjišťuje, zda příjemce vůbec existuje a zda s ním chce komunikovat
 - a jen mu odesílá jednotlivé datagramy
 - každý jednotlivý blok dat (datagram) v sobě nese úplnou adresu svého příjemce
 - každý uzel, přes který datagram prochází, se podle této adresy rozhoduje, kudy ho pošle dál
 - pokaždé se rozhoduje znovu, jen podle momentální situace, a bez ohledu na předchozí historii
 - pokud se změní podmínky (například průchodnost přenosových cest), může rozhodnutí dopadnout jinak
 - různé datagramy mohou cestovat různou cestou



spolehlivý vs. 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, jak se zachovat?
- **varianta: postarat se o nápravu**
 - 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)
- **výsledkem je:**
 - spolehlivá přenosová služba
 - resp. spolehlivý přenos
- **varianta: nechat to být, pokračovat dál ...**
 - ten, kdo přenáší, nepovažuje za svou povinnost postarat se o nápravu
 - když už se něco pokazí či ztratí
 - a jednoduše pokračuje dál
 - poškozená data zahodí
- **výsledkem je:**
 - nespolehlivá přenosová služba
 - resp. nespolehlivý přenos

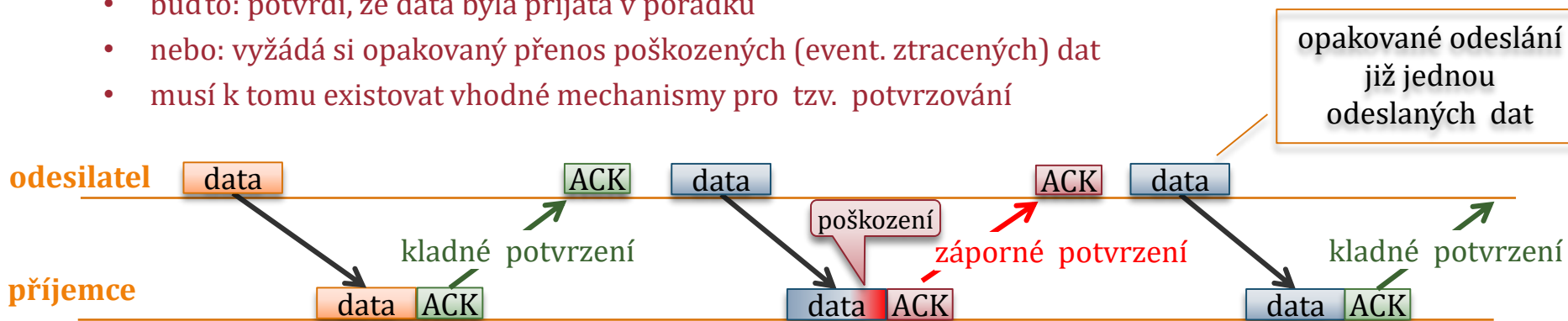
jaký to má smysl?

nezahazuje nic sám, o své vůli
(ale jen to, co už se poškodilo)

princip zajištění spolehlivosti

• skrze potvrzování / žádosti o opakování přenosu

- příjemce musí detekovat, že přijatá data jsou poškozena
 - vyžaduje vhodné mechanismy detekce chyb (parita, kontrolní součty, CRC)
- příjemce informuje odesílatele o výsledku:
 - buďto: potvrdí, že data byla přijata v pořádku
 - nebo: vyžádá si opakovaný přenos poškozených (event. ztracených) dat
 - musí k tomu existovat vhodné mechanismy pro tzv. potvrzování



• otázka:

- dokáží detekční mechanismy detekovat skutečně všechny chyby a poškození?

• odpověď:

- nedokáží, detekují jen některé
 - nejlepší je CRC (Cyclic Redundancy Check)
 - detekuje „většinu“ chyb (99,99999%)

• důsledek:

- spolehlivost není absolutní, ale vždy jen relativní
 - má vždy jen určitou míru/velikost

• „vyšší spotřeba zdrojů“

- je zapotřebí větší výpočetní kapacita
 - na detekci, na generování potvrzení, ...
- je větší spotřeba přenosové kapacity
 - posílají se potvrzení
 - některá data se přenáší opakovaně

• důsledek opakovaných přenosů:

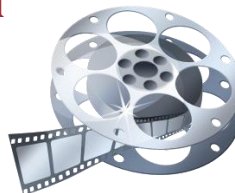
- narušuje se plynulost doručování dat
 - vznikají prodlevy

proč nespolehlivé přenosy?

- **jaký smysl mají nespolehlivé přenosové služby?**
 - kdo by používal takové přenosové služby, které občas ztrácí data, a nenamáhají se to napravit?
- **argumenty proti spolehlivým přenosům:**
 - jsou drahé
 - 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
- **argumenty pro nespolehlivé přenosy**
 - jsou levnější/efektivnější
 - pokud je spolehlivost požadována, lze ji zajistit na vyšších úrovních (vrstvách)
 - kde to může být levnější/výhodnější
 - zejména výpočetní kapacita je výrazně levnější v koncových uzlech než ve vnitřních uzlech sítě (směrovačích)
 - pokud je spolehlivost zajišťována na vyšších vrstvách, nemá smysl ji zajišťovat současně i na nižších úrovních
 - zbytečně se sčítá, případně násobí
 - některým aplikacím více vadí nerovnoměrnost v doručování jejich dat
 - než občasná chyba v těchto datech či jejich výpadek

požadavky aplikací a služeb

- **multimediální aplikace**
 - např. přenos živého zvuku a obrazu
- **vyžadují:**
 - **pravidelnost doručování**
 - co nejmenší kolísání zpoždění při přenosu (angl: jitter)
 - **co nejmenší celkové zpoždění při přenosu (angl. latency)**
 - platí pouze pro interaktivní služby
 - například telefonování: do 200 ms
 - neinteraktivní služby snesou i podstatně větší zpoždění
- **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
- **datové aplikace**
 - např. přenos souborů, email, WWW
- **nevyžadují:**
 - ani malé zpoždění,
 - ani pravidelnost doručování
 - spíše kladou důraz na celkovou efektivnost
- **proč?**
 - protože jednotlivé části přenášených dat nejsou zpracovávány průběžně, ale až po doručení poslední části
 - např. zpracování souboru, emailu
 - protože nepracují s „bezprostřední interaktivitou“
 - jako např. telefonie
 - u WWW jen „reakční doba“



garantované vs. negarantované služby

- **přenosy (přenosové služby) mohou fungovat různými způsoby**

- z pohledu toho, jak se chovají vůči přenášeným datům

- **garantované přenosové služby**

- garantují, že bude vždy dostatek zdrojů pro přenos (všech) právě přenášených dat

- dostatek přenosové i přepojovací kapacity

- jak toho dosáhnout?

- potřebné zdroje (přenosová a přepojovací kapacita) musí být dopředu vyhrazeny

- podle maxima požadavků na přenos!!!

- přenosová infrastruktura musí být dimenzována na součet maxim !!!

- jak realizovat?

- pomocí přepojování okruhů
 - to vyhrazuje kapacitu pro jednotlivé přenosové okruhy

„Best Effort“

- **negarantované přenosové služby**

- NEgarantují, že vždy bude dostatek zdrojů pro přenos všech dat

- nevýhoda:

- může se stát, že v některých situacích (časových okamžicích) nebude dostatek zdrojů pro přenos všech dat

- pak se musí některé požadavky krátit



- **výhoda:**

- přenosovou infrastrukturu lze dimenzovat podle průměru požadavků

- jak realizovat?

- pomocí přepojování paketů
 - kapacita zůstává společná

je to levnější !!!

princip „Best Effort“

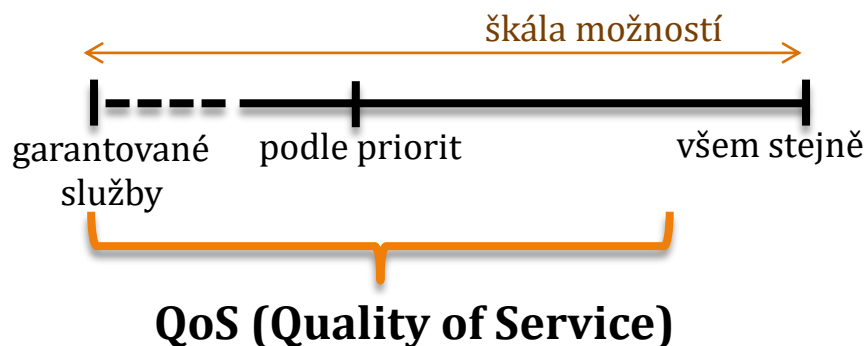
- **u negarantovaných služeb:**
 - co dělat, když se nedostávají zdroje pro zpracování paketu?
 - přenosová kapacita
 - nelze přenést !
 - kapacita front
 - nelze zařadit do fronty !
 - výpočetní kapacita
 - nelze zpracovat !
 - rozhodnout, kam dále poslat
- **(jediné možné) řešení**
 - některé pakety je nutné zahodit
- **otázka**
 - ale které ??????
 - podle čeho mezi nimi vybírat?
- **možnosti**
 - nevybírat a krátit rovnoměrně
 - princip „Best Effort“
 - krátit podle priorit
- **princip „Best Effort“**
 - „*maximální snaha ale nezaručený výsledek*“
 - je to obecné paradigma, netýká se jen přenosu
- **podstata:**
 - přenosová síť měří všem datům stejně
 - ke všem se chová stejně
- **fungování:**
 - dokud jí stačí zdroje, přenosová síť vyhoví všem požadavkům na přenos
 - odsud: **maximální snaha**
 - ale pokud jí zdroje nestačí, přenosová síť krátí všechny požadavky na přenos (tj. zahazuje bloky dat) rovnoměrně
 - bez ohledu na jakákoli další kritéria
- **u přepojování paketů**
 - nelze predikovat, kdy zdroje dojdou
 - proto: **nezaručený výsledek**

Quality of Service (QoS)

- **společné označení pro „cokoli jiného“, než je Best Effort**

- **jakékoli jiné fungování přenosové sítě, než na principu „Best Effort“**

- fakticky: které něco garantuje, nebo které rozlišuje mezi různými druhy provozu a nabízí jim různé „zacházení“



- **principiální možnosti realizace:**

- **garantovat**

- „absolutní QoS“, garantuje stejné podmínky vždy, bez ohledu na ostatní přenosy

- **upřednostňovat**

- „relativní QoS“, zajišťuje jiné (lepší) podmínky než pro jiné druhy přenosu
 - obvykle: systém priorit

- **QoS na principu rezervace zdrojů**

- **má-li požadované podmínky garantovat, musí k tomu vždy mít dostupné zdroje**

- zdroje musí být předem vyhrazeny, resp. rezervovány
- je to velmi podobné jako přepojování okruhů
 - a stejně neekonomické/neefektivní

- **QoS na principu prioritizace**

- **nemá za cíl garantovat podmínky**

- nepotřebuje rezervovat (vyhrazovat) žádné zdroje
- vlastně jen jinak hospodaří s těmi zdroji, které má běžně k dispozici
 - přiděluje je podle priorit

- **a také je negarantuje**

- pokud by všechny přenosy měly stejnou prioritu, stává se z toho Best Effort

příklady

- **protokoly TCP/IP**
 - fungují negarantovaným způsobem, stylem Best Effort
 - podporu QoS lze zavést dodatečně
 - na principu rezervace: IntServ, Integrated Services
 - na principu prioritizace: DiffServ, Differentiated Services
 - ale je to problematické
 - nelze realizovat ve veřejném Internetu
- **(sítový) protokol IP**
 - funguje nespojovaně, nespolehlivě
- **(transportní) protokol UDP**
 - funguje nespojovaně, nespolehlivě
 - stejně jako protokol IP
- **(transportní) protokol TCP**
 - funguje spojovaně, spolehlivě
 - tj. odlišně od IP i UDP
- **Ethernet**
 - funguje nespojovaně, nespolehlivě, stylem Best Effort
- **X.25 (protokol pro veřejné datové sítě)**
 - funguje spojovaně, spolehlivě
- **ATM**
 - funguje spojovaně, nespolehlivě
 - dokáže fungovat stylem Best Effort i nabízet různé varianty QoS
 - na principu rezervace zdrojů
 - garantuje „maximum“
 - garantuje „minimum“
 -
- **Frame Relay**
 - funguje spojovaně, nespolehlivě
 - nabízí QoS
 - na principu rezervace
 - garantuje „minimum“

svět spojů vs. svět počítačů

- **svět spojů (a telekomunikací) je podstatně starší než svět počítačů**
 - oba světy se výrazně liší v mnoha aspektech, které určují charakter jimi budovaných a používaných sítí
 - oba světy si tradičně budovaly jiné (samostatné a oddělené) sítě
 - což je značně neefektivní a neekonomické



- **svět spojů (a telekomunikací)**
 - **telekomunikační sítě:**
 - vychází z paradigmatu „chytré sítě“
 - nejčastěji fungují na principu přepojování okruhů
 - dokáží nabízet garantované přenosové služby
 - podporují QoS
 - jsou dimenzovány „podle maxima“
 - přenáší data spojovaným a spolehlivým způsobem

- **svět počítačů**
 - **počítačové sítě:**
 - vychází z paradigmatu „hloupé sítě“
 - nejčastěji fungují na principu přepojování paketů
 - fungují stylem Best Effort
 - bez podpory QoS
 - jsou dimenzovány „podle průměru“
 - přenáší data (nejčastěji) nespojovaným a nespolehlivým způsobem

teprve v poslední době dochází ke konvergenci (snaze budovat společné sítě)

"telekomunikační" síťové paradigma

aneb: „chytrá síť, hloupá koncová zařízení“

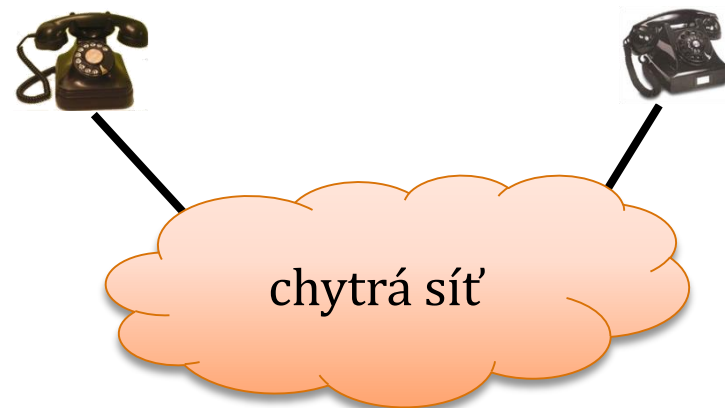
- představa "světa spojů":

- maximum funkcí má zajišťovat již sama síť
 - veškerá inteligence je soustředěna do sítě
- koncová zařízení mohou být velmi jednoduchá
 - "hloupá", bez vlastní inteligence
 - bez nutnosti nastavování, konfigurace, ...
- síť (typicky) funguje na principu přepojování okruhů
 - nabízí garantovaný charakter služeb
 - QoS
 - preferuje spolehlivé a spojované služby

- příklady:

- telefonní síť
- počítačová síť se servery uvnitř sítě, na koncích počítače NC
- cloud computing

příklady konvergence



- výhody:

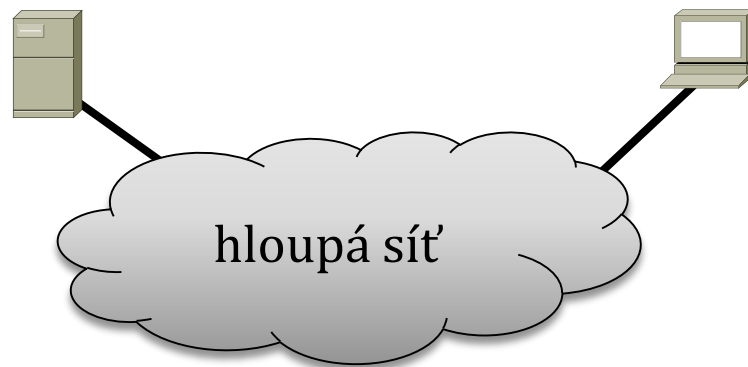
- snazší (centrální) management
- koncová zařízení mohou být "blbovzdorná"
-

- nevýhody:

- prvky, realizující inteligenci sítě, jsou obvykle jednoúčelové, a proto drahé
 - např. směrovače, brány, ...
- je to složité, těžkopádné ...

"počítačové" síťové paradigma

aneb: „hloupá síť, chytré uzly“



- **představa "světa počítačů":**

- přenosová síť se má soustředit na svůj „základní byznys“
 - má hlavně přenášet data, co nejrychleji a nejefektivněji
 - už 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

- **příklady:**

- celosvětový Internet
 - je spíše „minimalistický“ co do způsobu fungování svých přenosových služeb

- **předpoklad:**

- přenosová síť bude fungovat nespojovaně, nespolehlivě, na principu "best effort"
 - nejjednodušším možným způsobem
- žádné „další funkce“
 - jako např. zabezpečení apod.

- **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
 - příklad: tzv. veřejná datová síť (VDS)
 - vlastníkem je operátor, uživatelem se může stát kdokoli, kdo je ochoten za to zaplatit
 - vlastník (VDS) sítě má snahu prodávat co "nejbohatší" služby
- **proto je tendence 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 QoS)

- **ve světě počítačů:**

- **vlastník a provozovatel často splývají, nebo se provoz sítě 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 nic prodávat, naopak chce síť sám používat
- **přednost dostává koncepce "hloupá síť, chytré uzly"**
 - inteligence se soustřeďuje do koncových uzlů, přenosová síť je max. jednoduchá
- **příklad: Internet a protokoly TCP/IP**
 - IP je velmi jednoduchý a přímočarý
 - nespolehlivý, nespojovaný, best effort, ...

hospodaření s dostupnými zdroji

- **připomenutí: dostupné (disponibilní) zdroje**
 - jsou zejména: přenosová kapacita (kapacita přenosových okruhů) a přepojovací kapacita (kapacita vnitřních uzlů sítě, přes které prochází přenášená data, souvisí s jejich výpočetní kapacitou)
- **svět spojů a telekomunikací**
 - vychází z předpokladu, že dostupných zdrojů je málo
 - ne tolik, aby se dostalo na všechny současně
 - 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“ jsou 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 (počítačových sítí)**
 - vychází z předpokladu, že zdrojů je dostatek
 - resp. že dostupnost zdrojů není hlavním omezujícím faktorem
 - prodává hlavně „využití zdrojů“, resp. „poskytnuté služby“
 - tedy efekt (pro zákazníka)
 - zpoplatňuje uživatele podle „skutečné konzumace“
 - např. podle objemu skutečně přenesených dat
 - nebo paušálně

efektivnější, vede na lacinější služby

tendence k neefektivnosti, služby jsou drahé

jak se vyvíjí zdroje ve světě počítačů?

- **Mooreův zákon:**

- výpočetní kapacita se zdvojnásobuje každých 18 (24) měsíců

- formuloval Gordon Moore, spoluzakladatel Intelu, v roce 1965

- jako předpověď, v článku pro časopis Electronics

- na základě 3leté 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

- **důsledek:**

- cena počítače o stejné "výpočetní síle" klesne na polovinu každých 18 (24) měsíců



- **"diskový zákon"**

- paměťová kapacita se zdvojnásobuje každých 12 měsíců

- kapacita pro uchovávání dat

- **Gilderův zákon:**

- přenosová kapacita se ztrojnásobuje každých 12 měsíců

- formuloval George Gilder, hi-tech vizionář, novinář ... v roce 1993

- ve své knize Telecosm

- srovnání:

- přenosová kapacita roste ještě mnohem rychleji, než výpočetní kapacita



regulace vs. liberalizace

- **světy spojů a počítačů se liší i v pohledu na to, co a jak má či nemá být regulováno**
 - souvisí to s odlišnou historií a tradicí, i s odlišným pohledem na dostupnost zdrojů
- **svět spojů je podstatně starší**
 - vznikal v době, kdy možnost komunikace byla považována za strategickou záležitost
 - stát ji chtěl mít ve svých rukou
 - **proto tendence k regulaci**
 - stát direktivně rozhodoval o tom, kdo může poskytovat jaké služby, i komu a za jaké služby
 - cenová regulace, jiné než tržní ceny
 - **existence monopolů**
 - představa: monopol bude nejlépe rozvíjet služby i infrastrukturu
 - **postupně dochází k liberalizaci**
 - končí monopol, šanci dostávají další hráči
 - alternativní operátoři
 - z dříve monopolního operátora je tzv. **inkumbent**
- **svět počítačů je podstatně mladší**
 - vznikal v době, kdy už byl dostatek zdrojů, a možnost komunikace nebyla považována za strategickou
 - stát již nevnímá počítačové komunikace jako strategické
 - **není tendence k regulaci**
 - od počátku liberalizováno
 - **spíše:**
 - potřeba standardizace a koordinace
 - někdo musí „sjednocovat“ technická řešení a nejrůznější parametry, aby byla možná kompatibilita a interoperabilita

