Aplikační vrstva

PB002: Základy informačních technologií

Eva Hladká

Slidy připravil: Eva Hladká a Tomáš Rebok

Fakulta informatiky Masarykovy univerzity

jaro 2019

Struktura přednášky

1. Přehled
2. Úvod
3. Základní členění aplikací
   - Komunikační modely – Client-Server vs. Peer-to-peer
   - Přístup k informacím – Pull model vs. Push model
   - Nároky na počítačovou síť – nízké vs. vysoké
4. Vybrané síťové aplikace
   - Jmenná služba – DNS
   - World Wide Web – HTTP
   - Elektronická pošta – SMTP
   - Přenos souborů – FTP
   - Multimediální přenosy v datových sítích

Struktura přednášky

1. Přehled
2. Úvod
3. Základní členění aplikací
   - Komunikační modely – Client-Server vs. Peer-to-peer
   - Přístup k informacím – Pull model vs. Push model
   - Nároky na počítačovou síť – nízké vs. vysoké
4. Vybrané síťové aplikace
   - Jmenná služba – DNS
   - World Wide Web – HTTP
   - Elektronická pošta – SMTP
   - Přenos souborů – FTP
   - Multimediální přenosy v datových sítích

L7. Aplikační vrstva – Přehled

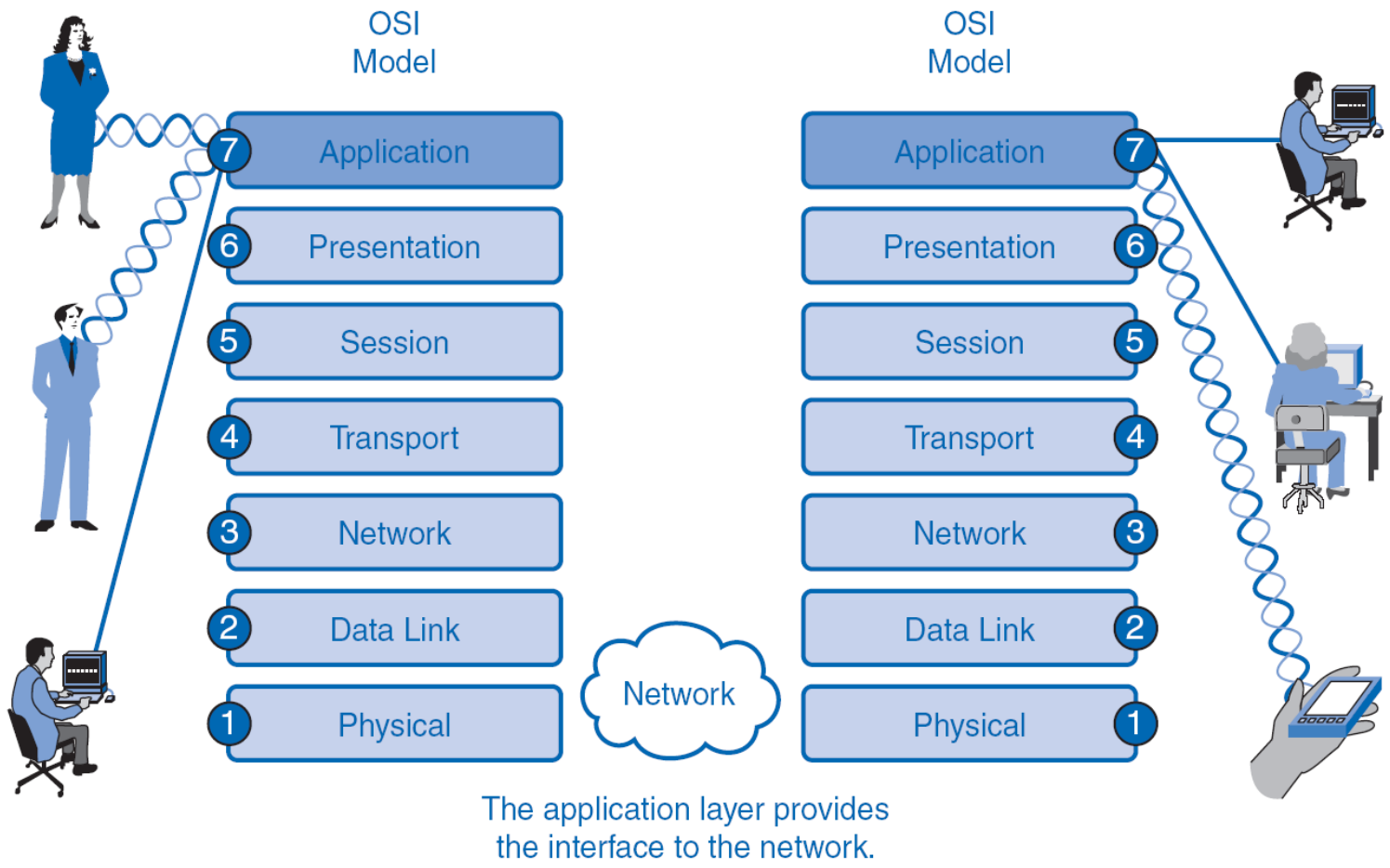
Proč nestačí L4?

- z pohledu sítě stačí, z pohledu uživatele potřebujeme síťové aplikace

Co nás nyní čeká. . .

- představení L7
- základní členění aplikací
- vybrané síťové aplikace

L7 z pohledu sítě – kde se pohybujeme?



- aplikační programy – interface pro uživatele

Struktura přednášky

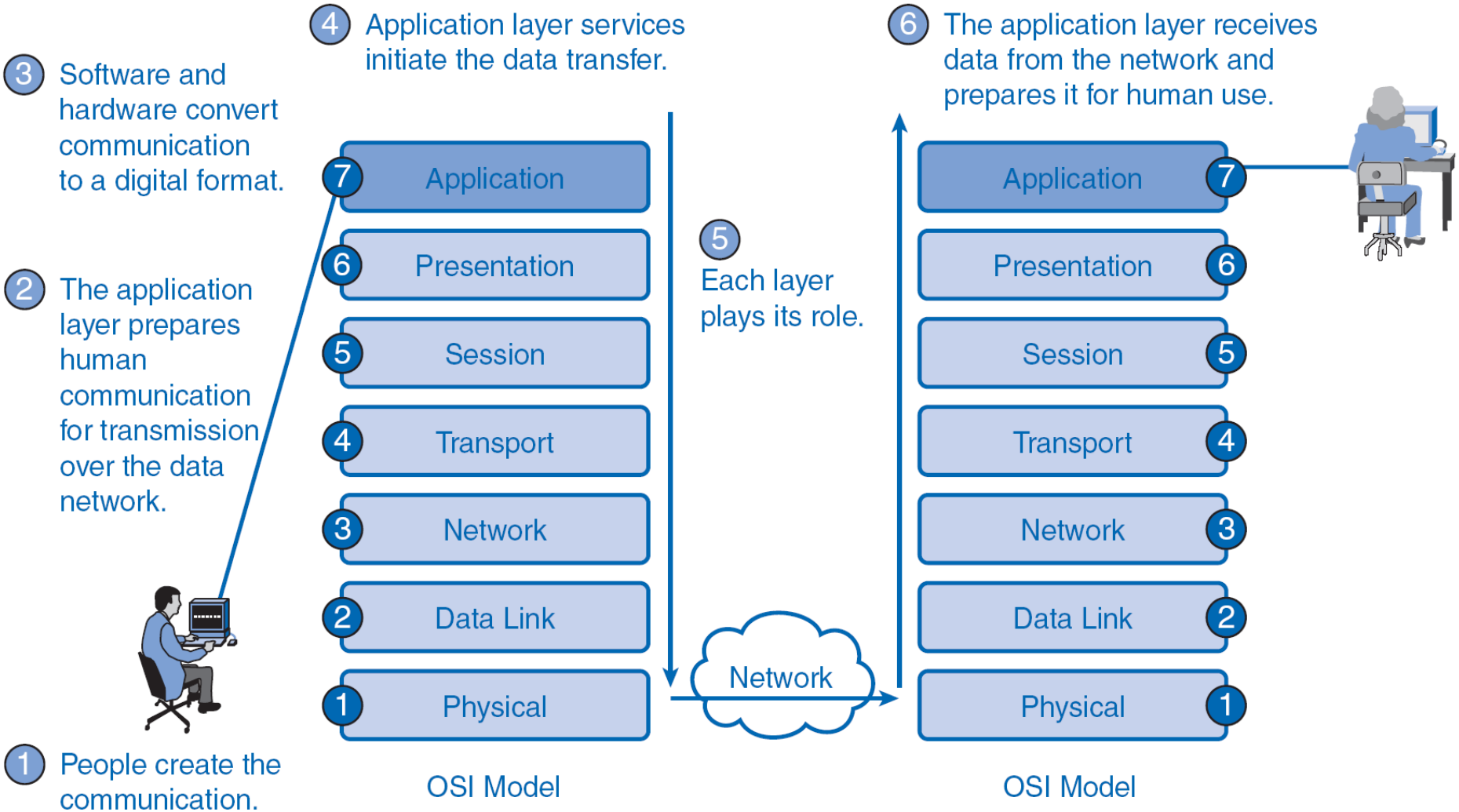
1. Přehled
2. Úvod
3. Základní členění aplikací
   - Komunikační modely – Client-Server vs. Peer-to-peer
   - Přístup k informacím – Pull model vs. Push model
   - Nároky na počítačovou síť – nízké vs. vysoké
4. Vybrané síťové aplikace
   - Jmenná služba – DNS
   - World Wide Web – HTTP
   - Elektronická pošta – SMTP
   - Přenos souborů – FTP
   - Multimediální přenosy v datových sítích

Úvod I.

aplikační vrstva:

- poskytuje služby pro *uživatele*:
  - aplikační programy (aplikace) specifické pro požadovaný účel
    - např. elektronická pošta, WWW, DNS, atd. atd.
  - aplikace = hlavní smysl existence počítačových sítí
- zahrnuje *síťové aplikace/programy* a *aplikační protokoly*
  - aplikační protokoly (HTTP, SMTP, atd.) jsou **součástí** síťových aplikací (web, email)
    - nejedná se o aplikace samotné
    - protokoly definují formu komunikace mezi komunikujícími aplikacemi
  - aplikační protokoly definují:
    - typy zpráv, které si aplikace předávájí (*request/response*)
    - syntaxi přenášených zpráv
    - sémantiku přenášených zpráv (jednotlivých polí)
    - pravidla, kdy a jak aplikace zprávy vysílají

Úvod II.


4 Application layer services initiate the data transfer.
6 The application layer receives data from the network and prepares it for human use.
3 Software and hardware convert communication to a digital format.
2 The application layer prepares human communication for transmission over the data network.
5 Each layer plays its role.
1 People create the communication.
7 Application
6 Presentation
5 Session
4 Transport
3 Network
2 Data Link
1 Physical
Network
OSI Model
OSI Model

Struktura přednášky

1. Přehled
2. Úvod
3. Základní členění aplikací
   - Komunikační modely – Client-Server vs. Peer-to-peer
   - Přístup k informacím – Pull model vs. Push model
   - Nároky na počítačovou síť – nízké vs. vysoké
4. Vybrané síťové aplikace
   - Jmenná služba – DNS
   - World Wide Web – HTTP
   - Elektronická pošta – SMTP
   - Přenos souborů – FTP
   - Multimediální přenosy v datových sítích

Základní členění aplikací

Dle využitého komunikačního modelu:

- Client-Server model
- Peer-to-peer model

Dle přístupu k informacím:

- pull model
- push model

Dle nároků na počítačovou síť:

- aplikace s nízkými nároky na přenosovou síť
- aplikace s vysokými nároky na přenosovou síť

Komunikační modely – *Client-Server* vs. *Peer-to-peer* I.

Client-Server

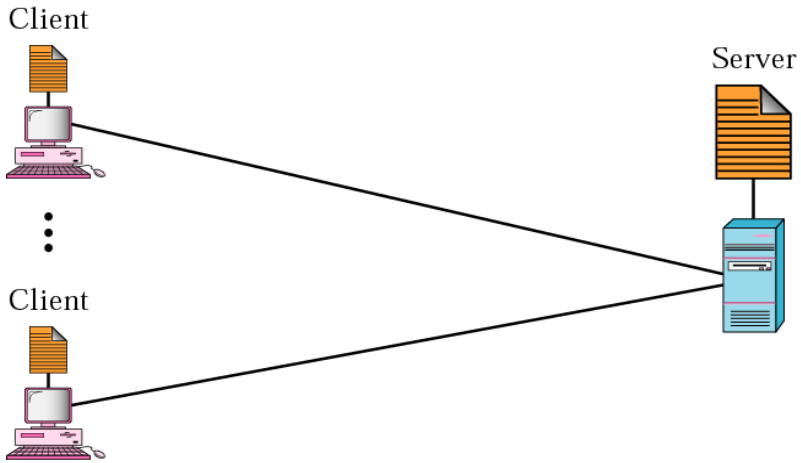
- komunikace iniciována klientem (klient = aplikační program ovládaný uživatelem)
- po ustavení komunikačního kanálu klient zasílá požadavky na server, ten mu odpovídá (mechanismus *request-response*)
- po ukončení komunikace je komunikační kanál uzavřen
- (centralizace zdrojů)
- valná většina aplikací v Internetu (WWW, FTP, DNS, SSH, ...)

Peer-to-peer

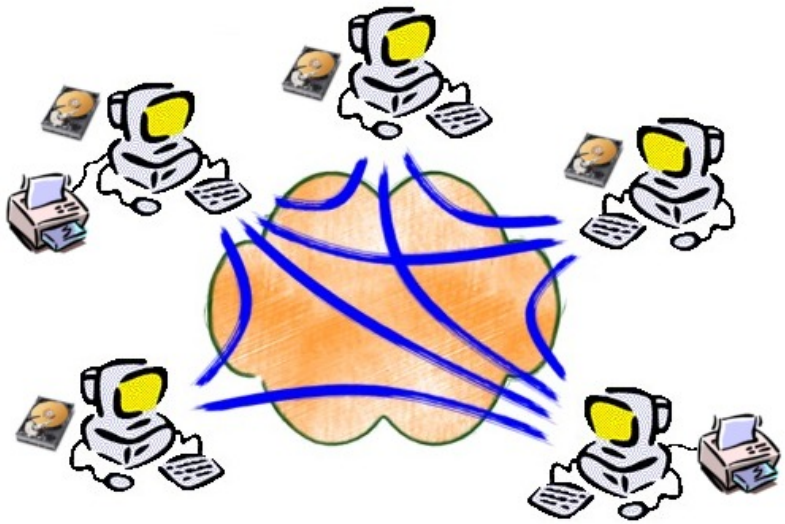
- jednotliví klienti spolu komunikují přímo (uzly jsou si rovnocenné)
- každý uzel poskytuje své zdroje (výpočetní síla, úložná kapacita, atp.) ostatním uzlům
- každý uzel využívá zdrojů poskytovaných ostatními uzly
- (decentralizace zdrojů)
- např. sdílení souborů (Gnutella, G2, FastTrack), Skype, VoIP, atp.

Komunikační modely – *Client-Server* vs. *Peer-to-peer* II.

Client-Server



Peer-to-peer



Komunikační modely – *Client-Server*

Tenký (*Thin*) vs. Tlustý (*Fat*) klient

Tenký (Thin) klient

- aplikace, u nichž se na straně klienta vykonává minimum aplikační logiky (většina se vykonává na straně serveru)
  - větší hardwarové nároky na stranu serveru a na komunikaci
- \+ jednodušší, menší nároky na HW (může tak být levnější)
- − menší škálovatelnost (příliš mnoho práce dělá server), většinou vyšší objemy přenášených dat, existence *Single point of failure* (server)
- *příklad:* vzdálené terminály

Tlustý (Fat) klient

- přesný opak tenkého klienta – většina aplikační logiky se vykonává na straně klienta
  - větší hardwarové i softwarové nároky na klienta
- \+ menší nároky na server (⇒ dobrá škálovatelnost), většinou nižší objem přenesených dat, možnost práce *offline*
- − komplexní provedení i instalace, značná spotřeba lokálních zdrojů (CPU, paměť, disk)
- *příklad:* Firefox

Přístup k informacím – *Pull model* vs. *Push model*

Pull model

- přenos dat iniciován klientem (forma požadavek-odpověď)
- např. webové prohlížeče
- *vlastnosti:*
  - asymetrický datový tok
  - rozmanité požadavky na propustnost

Push model

- přenos dat iniciován serverem automaticky na základě znalosti uživatelova profilu (požadavků)
- např. streaming multimedií (IPTV)
- *vlastnosti:*
  - jednosměrný datový tok
  - definované (a stálé) požadavky na propustnost (a zpoždění, jitter, atp.)

Nároky na počítačovou síť – nízké vs. vysoké

Základní parametry sítě pohledem aplikací:

- *ztrátovost (loss)* – pravděpodobnost ztráty (poškození) přenášených dat
- *propustnost (bandwidth)* – objem přenesených dat za časovou jednotku
- *časová omezení (timing)* – *zpoždění (delay)* (doba nutná pro přenos dat po síti) a *kolísání zpoždění (jitter)*

Application	**Data Loss**	**Bandwidth**	**Time sensitive?**
file transfer	no loss	elastic	no
electronic mail	no loss	elastic	no
Web documents	no loss	elastic	no
real-time audio/video	loss-tolerant	audio: few Kbps to 1Mbps video: 10's Kbps to 5 Mbps	yes: 100's of msec
stored audio/video	loss-tolerant	same as interactive audio/video	yes: few seconds
interactive games	loss-tolerant	few Kbps to 10's Kbps	yes: 100's msecs
financial applications	required	elastic	yes and no

Struktura přednášky

1. Přehled
2. Úvod
3. Základní členění aplikací
   - Komunikační modely – Client-Server vs. Peer-to-peer
   - Přístup k informacím – Pull model vs. Push model
   - Nároky na počítačovou síť – nízké vs. vysoké
4. Vybrané síťové aplikace
   - Jmenná služba – DNS
   - World Wide Web – HTTP
   - Elektronická pošta – SMTP
   - Přenos souborů – FTP
   - Multimediální přenosy v datových sítích

Vybrané síťové aplikace

- *Jmenná služba – DNS*
- *World Wide Web – HTTP*
- *Elektronická pošta – SMTP*
- *Přenos souborů – FTP*
- *Multimediální přenosy – RTP, RTCP*

Jmenná služba – DNS

Domain Name System (DNS) – služba pro překlad doménových jmen na IP adresy a zpět

- např. `aisa.fi.muni.cz` ↔ `147.251.48.1`

V začátcích Internetu řešeno za pomocí tzv. **host** souborů

- soubory s dvojicemi *doménové jméno, IP adresa*
- neškálovatelné řešení
  - s růstem Internetu nemožné mít tyto soubory (obsahující doménová jména celého Internetu) na každém uzlu
  - navíc v nich vyhledávat, aktualizovat, ...

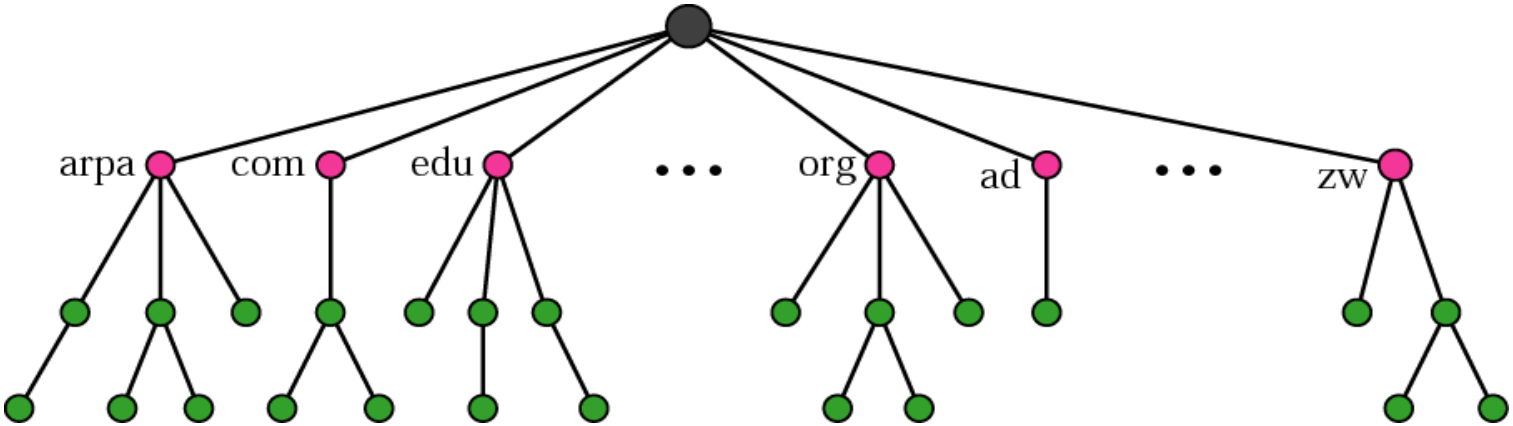
⇒ **Domain Name System (DNS)**

Jmenný prostor

- *Jmenný prostor* ≈ způsob pojmenování předmětných entit
- 2 základní varianty:
  - *plochý jmenný prostor* – jména bez jakékoliv vnitřní struktury
    - např. `mujRouterDomaVBrne`
    - hlavní nevýhoda: nemožnost využití ve velkém systému (nutnost centrální kontroly pro zamezení duplicit)
  - *hierarchický jmenný prostor* – jména s hierarchickou vnitřní strukturou
    - jména sestávají z několika částí, každá s definovaným významem
    - např. `mujRouter.DomaVBrne.cz`
    - hlavní výhoda: možnost decentralizace správy (přidělování a kontroly) jmen
      (zodpovědnost vždy za určitou (pod)část doménového jména)

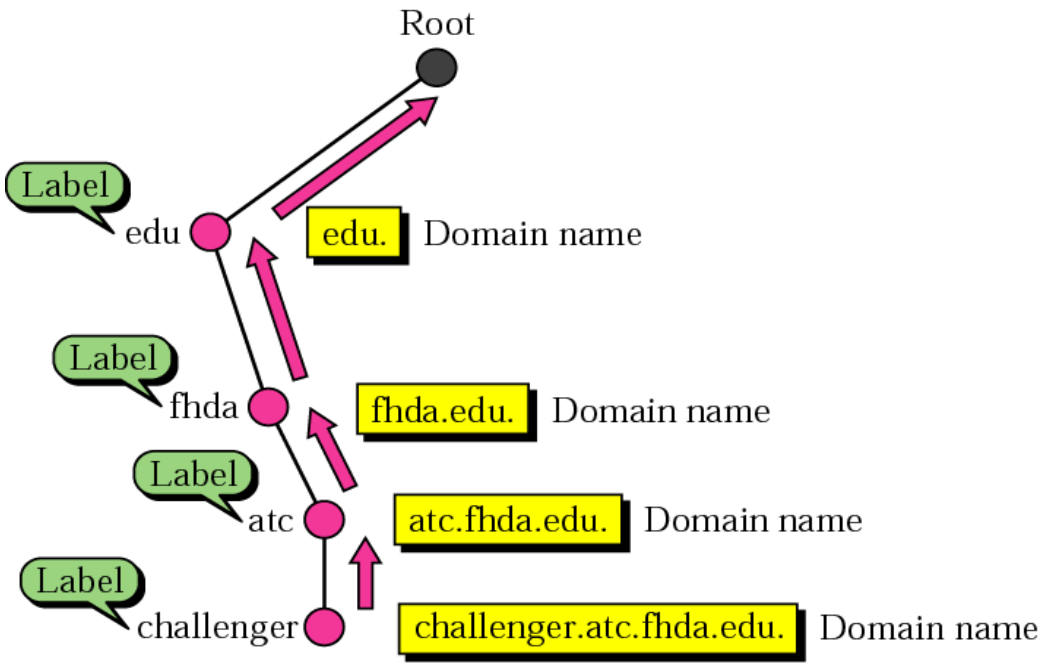
Jmenný prostor Internetu I.

- *Jmenný prostor Internetu* – **doménový jmenný prostor (Domain Name Space)**
  - varianta hierarchického uspořádání
  - struktura invertovaného stromu
  - maximální počet úrovní = 128



Jmenný prostor Internetu II.

- každému uzlu přidělena tzv. *jmenovka (label)* a *doménové jméno (domain name)*
  - *label* – řetězec (max. 63 znaků) popisující daný uzel
    - jmenovka kořenového uzlu je prázdný řetězec
  - *domain name* – sekvence jmenovek (oddělená znakem .) od daného uzlu ke kořenovému
    - plné doménové jméno vždy končí znakem .



Domény v Internetu

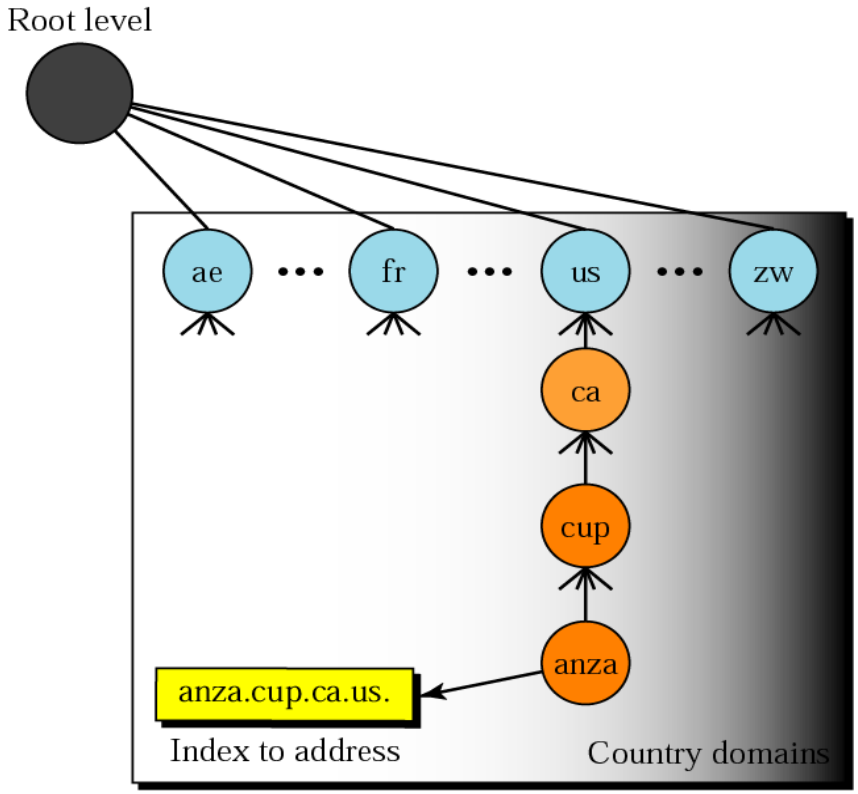
Základní domény – Tabulka I.

Label	Description
com	Commercial organizations
edu	Educational institutions
gov	Government institutions
int	International organizations
mil	Military groups
net	Network support centers
org	Nonprofit organizations

Domény v Internetu

Národní domény

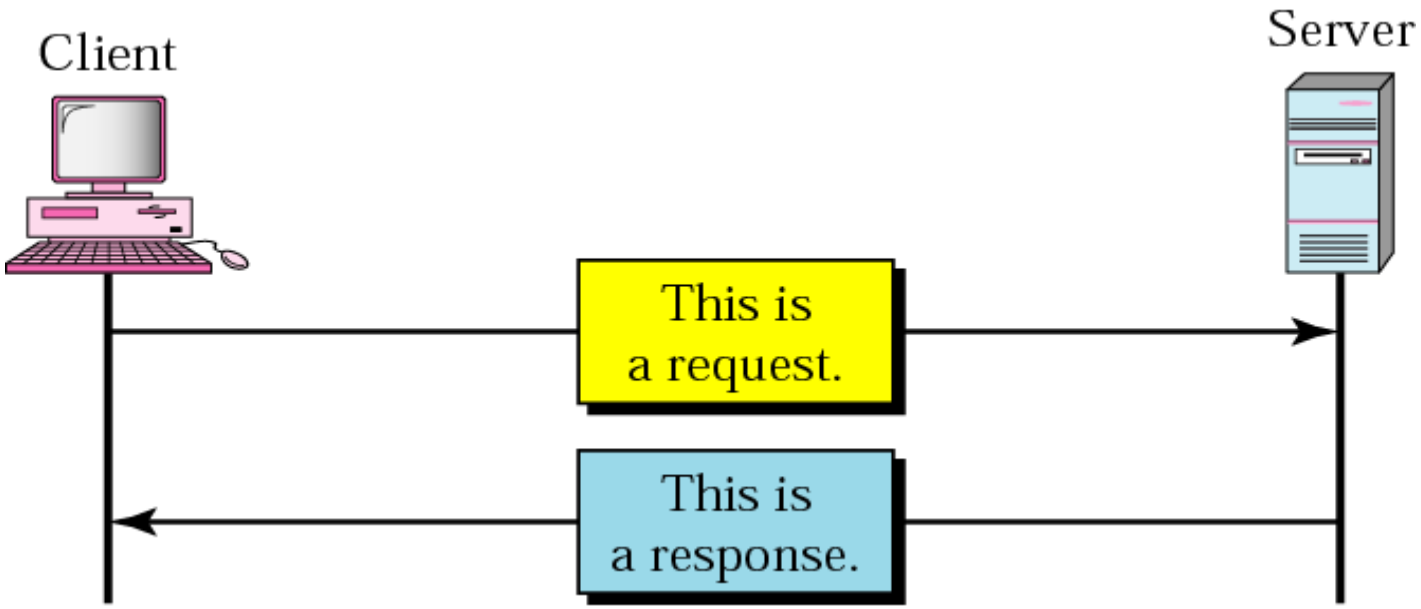
Národní domény (*Country Domains*) definují uzly podle jejich příslušnosti ke státu. Na první úrovni jsou využity dvoupísmenné zkratky státu (`cz`, `sk`, `ca`, `us`, ...)



World Wide Web – HTTP

HyperText Transfer Protocol (HTTP) – protokol pro přístup k datům na World Wide Webu (WWW)

- přenášená data mohou být ve formě textu, hypertextu, audia, videa, atp.
- základní idea: klient vysílá požadavek, WWW server zasílá odpověď
  - komunikace TCP protokolem na portu 80



World Wide Web – HTTP

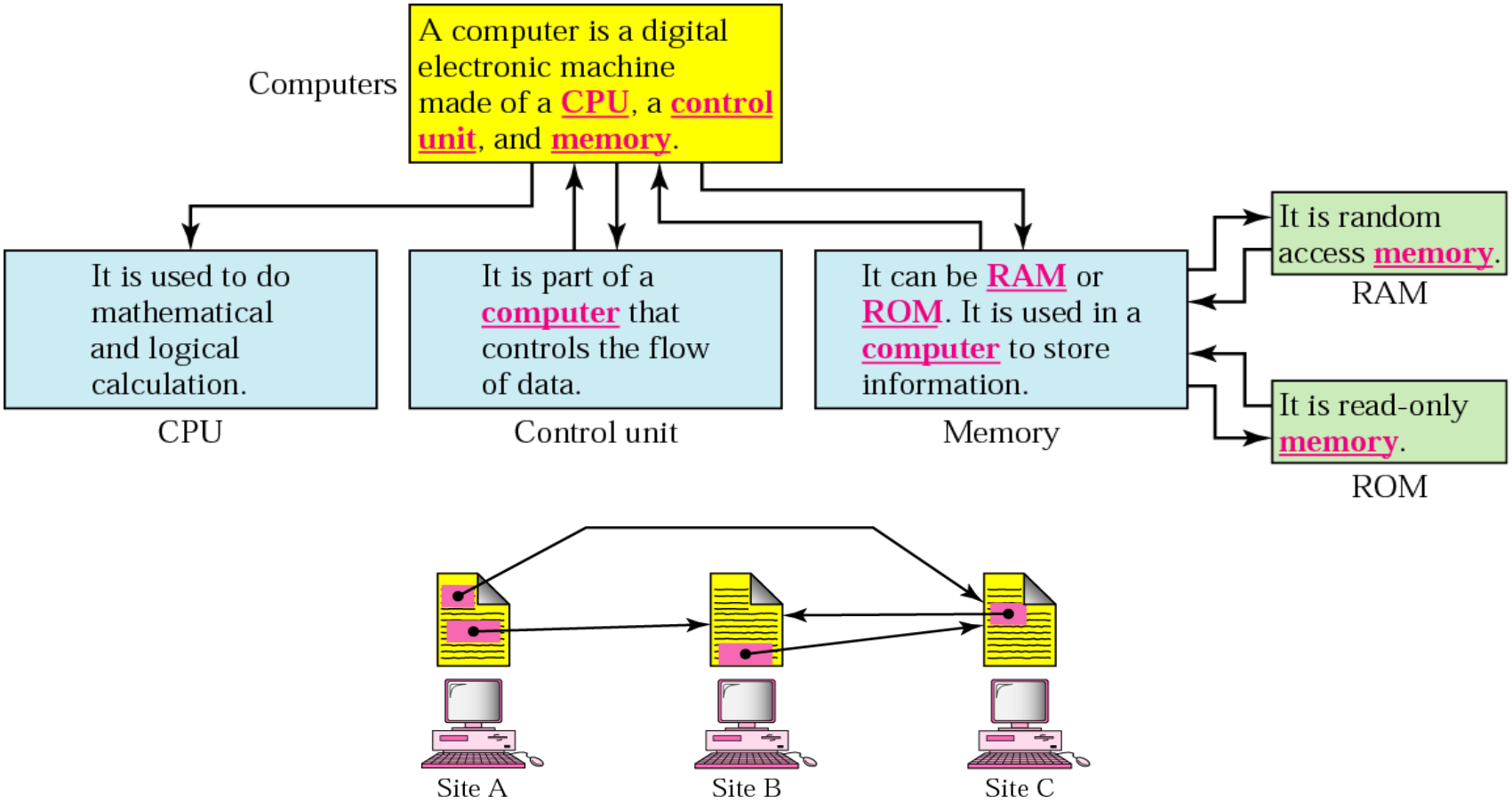
Hypertext

Co je to hypertext?

World Wide Web – HTTP

Hypertext

Co je to hypertext?

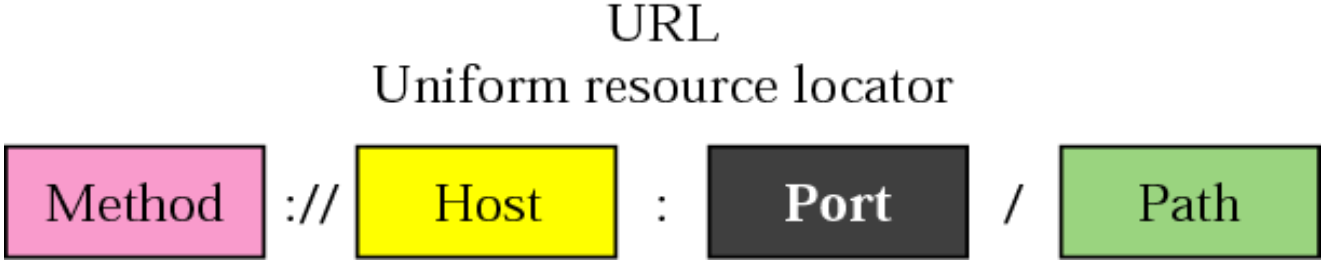


World Wide Web – HTTP

Uniform Resource Locator (URL)

Součástí požadavku je tzv. *Uniform Resource Locator (URL)*

- standardní mechanismus pro specifikaci čehokoliv na Internetu
- definuje zdroj, který chce klient získat
- součástí URL je:
  - *method* – metoda (protokol), který má být využit pro přístup k odkazovanému zdroji
  - *host* – uzel, kde se odkazovaná informace nachází (kde má být vyhledána)
  - *port* – volitelná součást, pokud je využit jiný než standardní port
  - *path* – cesta, kde se odkazovaná informace nachází (+ případně další informace (parametry))



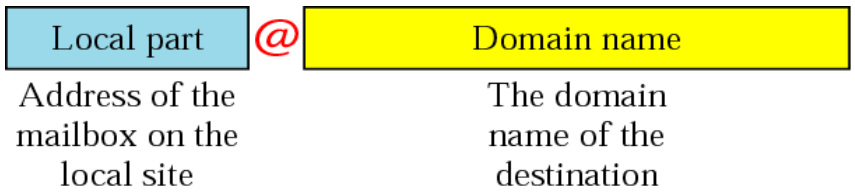
World Wide Web – Dokumenty

Základní kategorie WWW dokumentů:

- *statické* – na serveru uložené dokumenty s pevným obsahem
  - např. HTML dokumenty
- *dynamické* – neexistují v předem definovaném formátu; jsou tvořeny webovým serverem dle požadavků klienta
  - např. CGI skripty
- *aktivní* – serverem poskytnuté programy spouštěné na straně klienta
  - např. JAVA aplikace

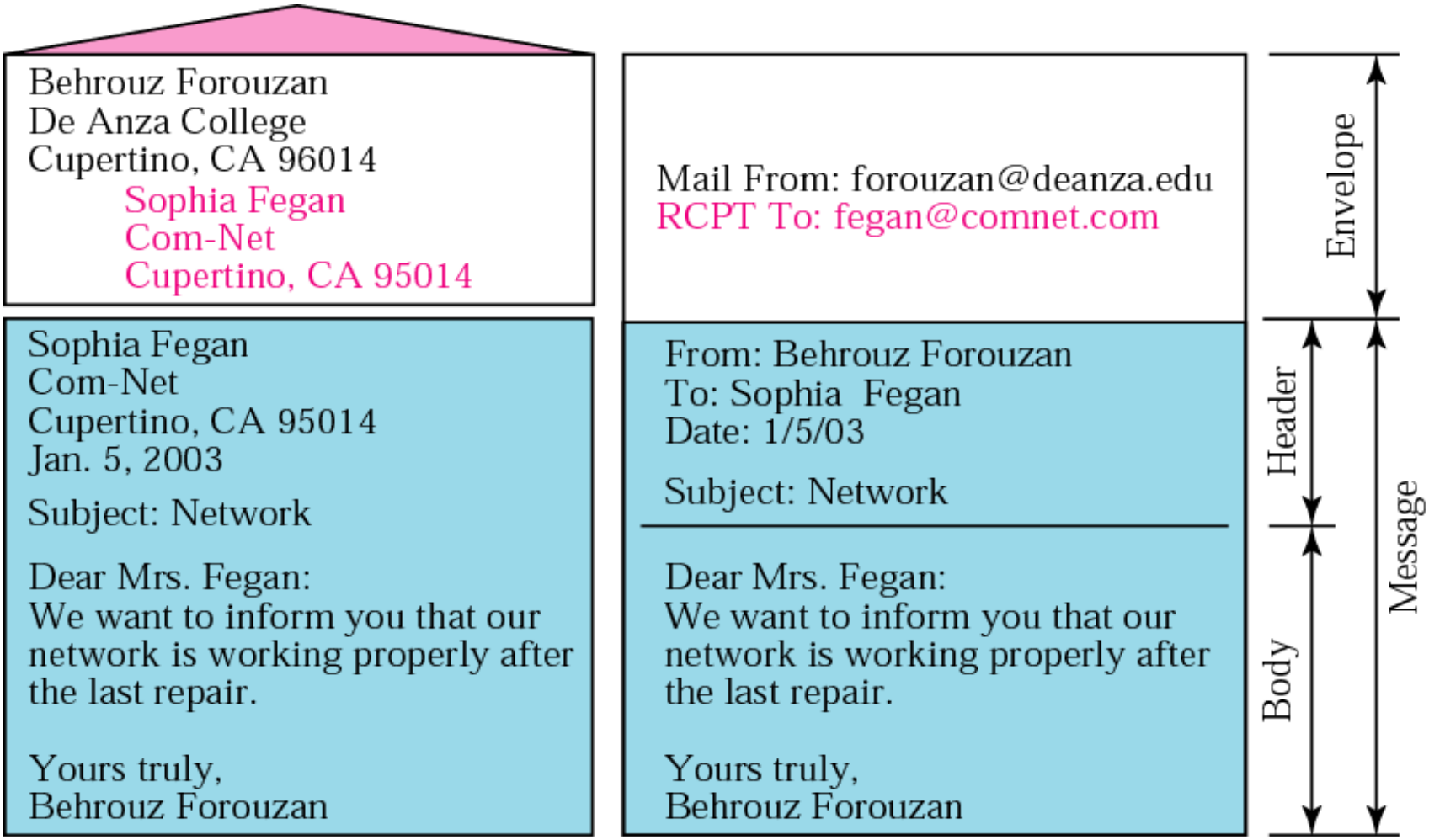
Elektronická pošta – SMTP

- **Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)** – standardní mechanismus pro posílání elektronické pošty (*electronic mail, email*) v Internetu
- struktura SMTP emailové zprávy:
  - *obálka (envelope)* – obsahuje adresu odesílatele, adresu příjemce a další případné informace
  - *vlastní zpráva (message)* – dělí se na hlavičky a tělo zprávy
    - hlavičky – definují odesílatele, příjemce, předmět zprávy, ...
    - tělo zprávy – vlastní přenášená zpráva
- *emailové adresy:*
  - skládají se z tzv. *lokální části* a *doménového jména*
    - lokální část definuje jméno souboru, kam je doručována pošta předmětného uživatele (tzv. *mailbox*)
    - doménové jméno dané organizace
  - doručení emailu probíhá na základě emailových adres uvedených v **obálce zprávy**



Elektronická pošta – SMTP

Příklad emailové zprávy



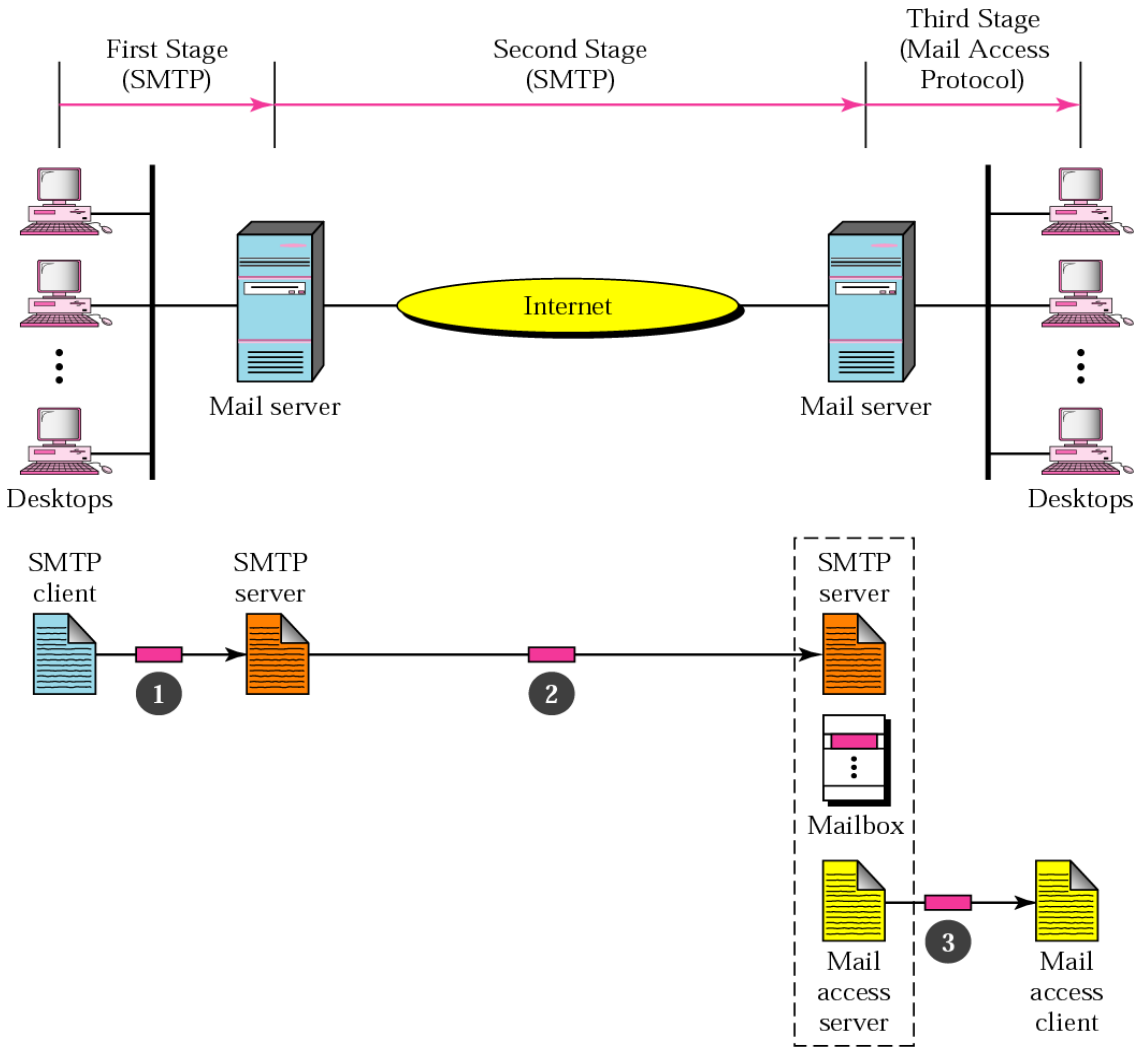
Elektronická pošta – Doručení elektronických zpráv

Doručení elektronické zprávy se skládá ze 3 fází:

1. *doručení emailu lokálnímu poštovnímu serveru (mailserveru)*
   - poštovní klient (*Mail Transfer Agent, MTA*) ustaví TCP spojení (port 25) s poštovním serverem
   - po předání zprávy (s využitím SMTP protokolu) spojení uzavře
2. *předání emailu cílovému poštovnímu serveru*
   - lokální mailserver předá emailovou zprávu cílovému mailserveru (SMTP protokolem)
3. *předání/čtení emailu cílovým poštovním klientem*
   - iniciováno cílovým uživatelem (poštovním klientem) s využitím protokolu *POP3* či *IMAP4*

Elektronická pošta – Doručení elektronických zpráv

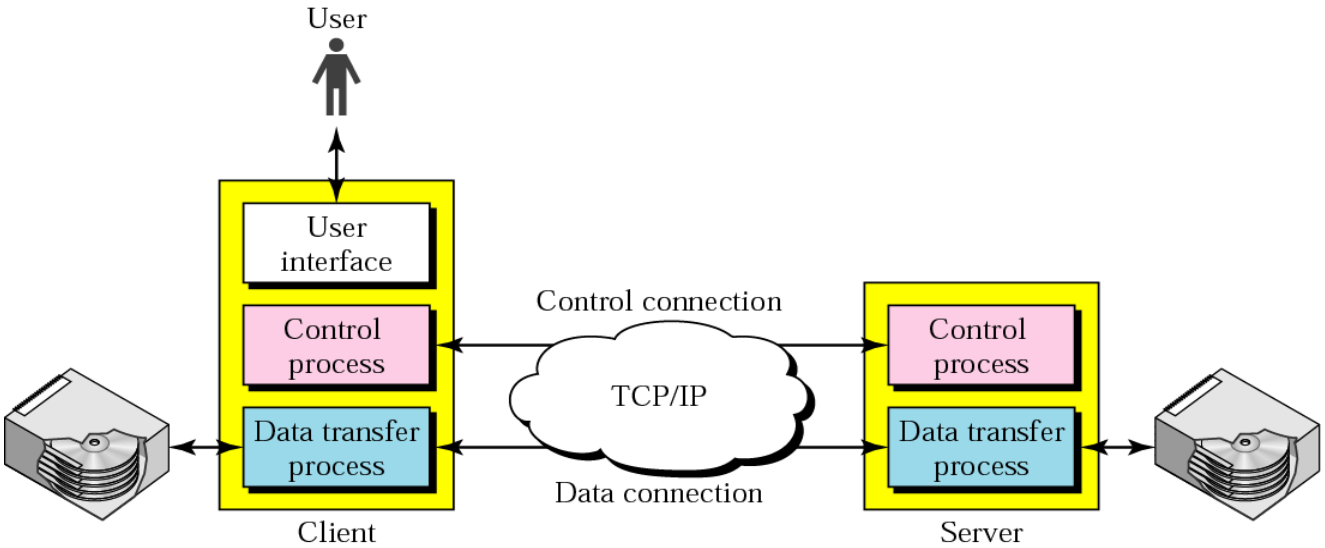
Ilustrace doručení emailové zprávy



Přenos souborů – FTP

File Transfer Protocol (FTP) – standardní mechanismus Internetu určený pro přenos souborů mezi uzly

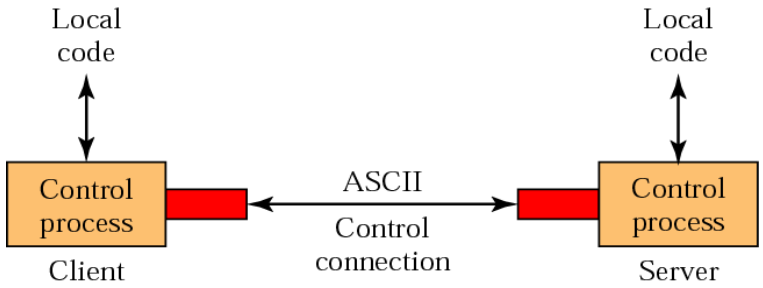
- oproti jiným *klient-server* aplikacím FTP klient s FTP serverem ustavuje **dvě samostatná TCP spojení**
  - řídící zprávy zasílány tzv. *out-of-band*
  1. *řídící spojení* (TCP, port 21)
     - udržováno po celou dobu ustavené relace
  2. *datové spojení* (TCP, port 20)
     - otevíráno/zavíráno pro každý přenášený soubor



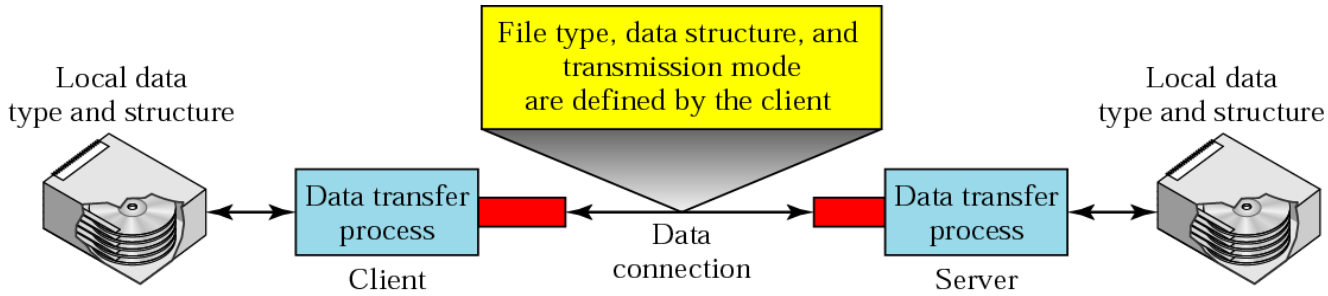
Přenos souborů – FTP

Řídící vs. datová komunikace

- *řídící komunikace* – přenos požadavků klienta a odpovědí serveru
  - domluva na parametrech spojení
    - typ souboru (textový vs. binární), vnitřní struktura souboru (obvykle bez struktury) a přenosový mód (proudový, blokový, komprimovaný)
    - nezbytné pro překonání heterogenity komunikujících stran



- datová komunikace



Multimediální přenosy – Úvod

Multimédia a datové sítě

- posun od využití sítě pro přenos statických dat (emaily, dokumenty, obrázky, . . .) k přenosu dynamických dat (přenosy audia&videa)
- vyžadují relativně velké objemy přenášených dat
- specifické nároky na přenos (chybovost, latence, jitter, atp.)
  - požadavky na přenos zásadně ovlivňují možnosti zpracování

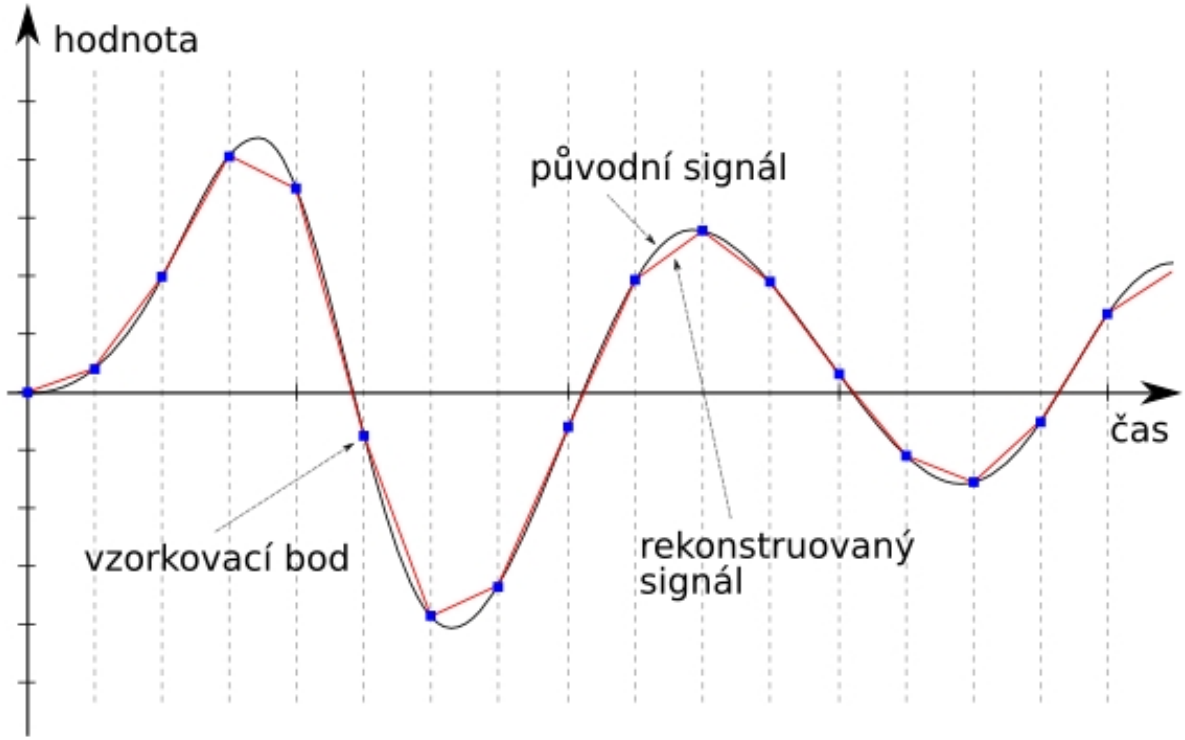
Aplikace multimediálních přenosů:

- Streaming uloženého audia/videa
- *Streaming live audia/videa*
  - doručování multimediálního obsahu, který vzniká živě během streamování
- *Videokonference, Internetová telefonie*
  - aplikace požadující zcela konkrétní vlastnosti přenosu (např. minimální end-to-end zpoždění)
  - jednoznačný požadavek na interaktivitu

Zpracování zvuku

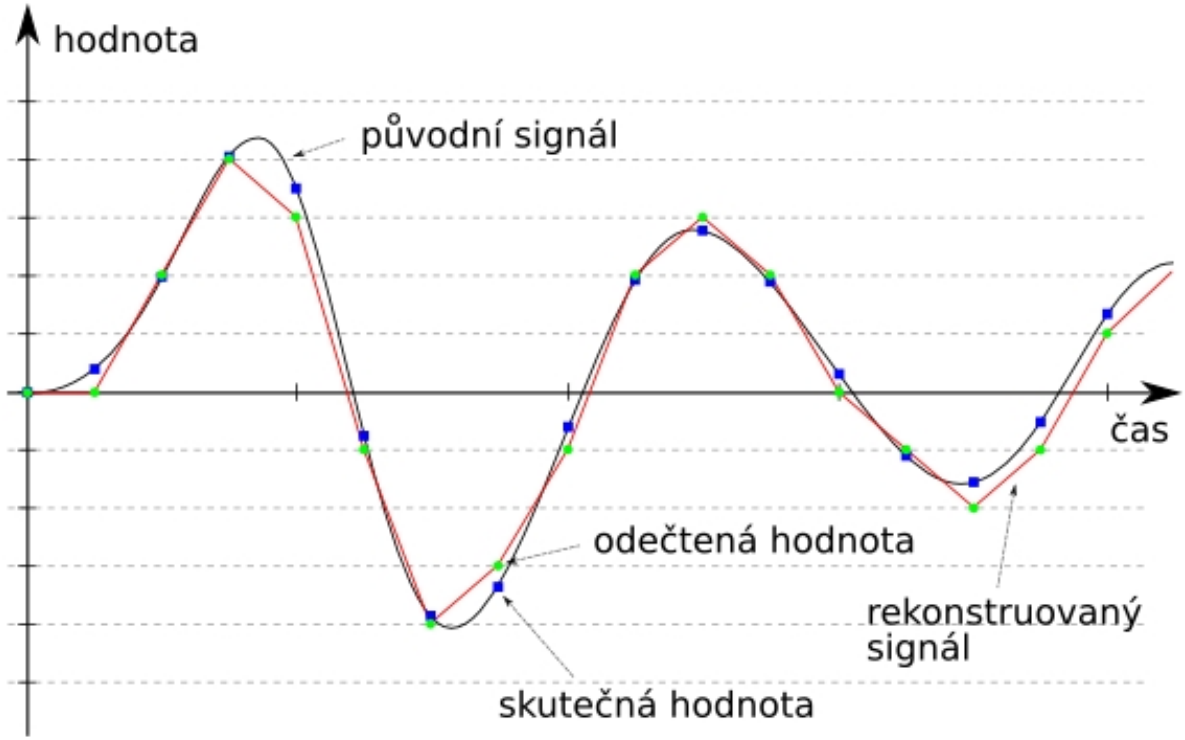
- *zvuk* – podélné mechanické vlnění v látkovém prostředí (vzduch), které je schopno vyvolat v lidském uchu sluchový vjem
  - akvizice mikrofonem $\Rightarrow$ analogový signál spojitý v čase
- zpracování zvuku:
  - vzorkování a kvantování – převod analogového signálu do digitálního
  - zpracování digitálních dat – použití filtrů (ekvalizace, odstranění šumu/echa, atp.)
  - komprese – snížení datového objemu
    - pro audio data není nezbytná (objem audio dat je relativně malý)
    - MP3 (MPEG audio layer 3), OGG, WMA (Windows Media Audio), RA (Real Audio), ...

Zpracování zvuku – vzorkování



- *vzorkování* = **odebírání vzorku signálu** v definovaných časových intervalech (*vzorkovací frekvence*)
  - převádí spojitý časový průběh signálu na diskrétní reprezentaci

Zpracování zvuku – kvantování



- *kvantování* = diskrétní reprezentace **hodnoty intenzity zvuku** v okamžiku odebíraných vzorků
  - rozdělení svislé osy zvukové křivky na diskrétní hodnoty

Zpracování obrazu

- *obraz* – elektromagnetické vlnění s velmi úzkou šířkou spektra (viditelné světlo) odražené od objektů v okolí a dopadající na světlocitlivě buňky sítnice oka
  - akvizice videokamerou $\Rightarrow$ sekvence diskrétních obrázků
- zpracování obrazu:
  - vzorkování a kvantování – převod analogového elektromagnetického vlnění do digitálního signálu
    - při akvizici obraz rozdělen na diskétní vzorky (typicky 768×576 bodů, 1920×1080 bodů, atp.)
    - úkolem kvantování je ohodnotit barvu/jas/intenzitu jednotlivých bodů
    - *framerate* = počet obrazových snímků za sekundu pro zachování iluze pohybu (typicky 25 fps)
  - zpracování digitálních dat – úpravy jasu, vyvážení bílé, atp.
  - komprese – snížení datového objemu
    - u video dat nezbytná (velké objemy oproti audio datům)
    - pro účely minimalizace end-to-end latence však může být výhodnější využít nekomprimované video (např. uncompressed HD)
    - MJPEG, MPEG, DV, HD, ...

Přenosy multimediálních dat – transportní protokoly

TCP

- zajištění bezchybnosti přenosu je na úkor zvýšení end-to-end latence
- zajištění férovosti nedovoluje dostatečnou šířku pásma na vytížených linkách

UDP

- nemá režii spojenou s ověřováním (a zajišťováním) bezchybnosti přenosu
- minimalistický, efektivnější, rychlejší
  - minimálně navyšuje latenci přenosu
- $\Rightarrow$ vhodný pro přenos multimediálních dat
  - výhodný zejména pro interaktivní přenosy
  - využíván v drtivé většině případů (až na speciální výjimky)

Přenosy multimediálních dat – přenosová síť

- Internet poskytuje best-effort službu
- vzhledem k využití UDP protokolu je zapotřebí vyrovnat se s chybovostí přenosu
  - avšak i s dalšími neduhy – latence, jitter

Struktura přednášky

1. Přehled
2. Úvod
3. Základní členění aplikací
   - Komunikační modely – Client-Server vs. Peer-to-peer
   - Přístup k informacím – Pull model vs. Push model
   - Nároky na počítačovou síť – nízké vs. vysoké
4. Vybrané síťové aplikace
   - Jmenná služba – DNS
   - World Wide Web – HTTP
   - Elektronická pošta – SMTP
   - Přenos souborů – FTP
   - Multimediální přenosy v datových sítích

Rekapitulace – Aplikační vrstva

- poskytuje služby pro uživatele
  - rozhraní mezi uživatelem a počítačovou sítí
- aplikace lze členit dle nejrůznějších hledisek
  - klient/server vs. peer-to-peer, pull vs. push model, nároky na počítačovou síť, atp.
- příklady stěžejních aplikací a aplikačních protokolů Internetu:
  - jmenná služba (DNS)
  - World-Wide-Web (HTTP)
  - elektronická pošta (SMTP)
  - přenos souborů (FTP)
  - multimediální přenosy (RTP/RTCP)
- *další informace:*
  - PA159: Počítačové sítě a jejich aplikace I. (doc. Hladká)
  - PA160: Počítačové sítě a jejich aplikace II. (prof. Matyska)
  - PV188: Principy zpracování a přenosu multimédií (doc. Hladká, dr. Liška, Ing. Šiler)
  - atd.