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

Rodina protokolů TCP/IP,
verze 2.3

Část 8: TELNET, FTP a NFS

Jiří Peterka, 2006

připomenutí: aplikace v TCP/IP

- jsou vesměs postaveny na architektuře klient/server
- součástí aplikační vrstvy jsou takové části aplikací, které jsou nutné pro interoperabilitu a "základní fungování" konkrétní služby
  - obdobně jako v RM ISO/OSI
  - např. transport zpráv a souborů
- uživatelské rozhraní již není součástí aplikační vrstvy
  - není svázáno standardy

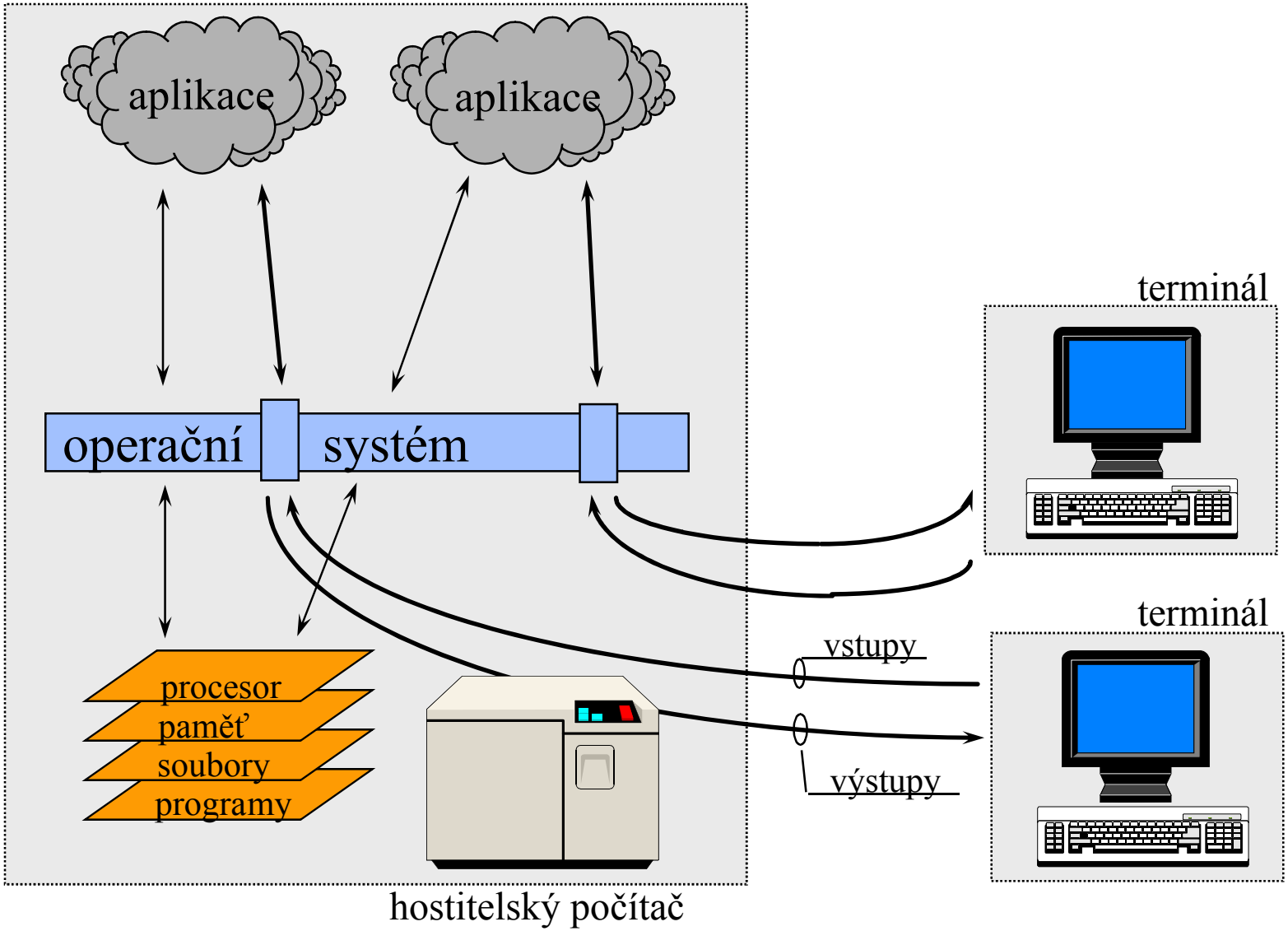
trend k "platformizaci" – původně samostatné služby se stávají nadstavbou nad WWW

- historický vývoj:
  - zpočátku se používaly především tyto aplikace:
    - TELNET
    - přenos souborů (FTP)
    - el. pošta (SMTP, FRC 822)
  - později také:
    - sdílení souborů (NFS)
    - Gopher
    - ….
  - dnes převládá (kromě pošty):
    - **WWW** (jako samostatná aplikace i jako platforma pro provozování dalších aplikací, např. vyhledávacích služeb, adresářů, …)

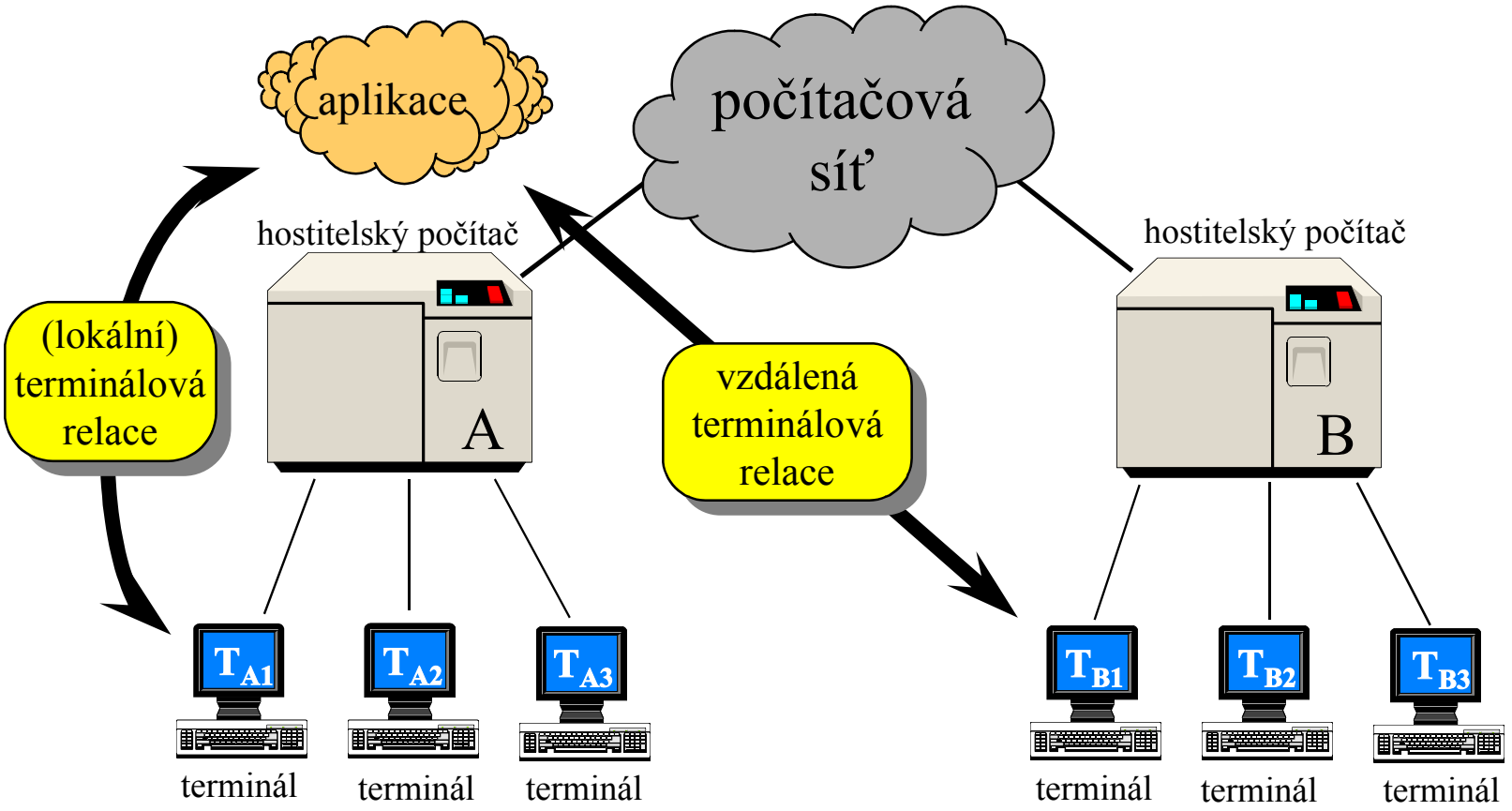
vzdálené přihlašování (remote login)

- cílem je možnost "používat aplikace na dálku"
  - uživatel je na místním počítači, ale aplikace běží na vzdáleném počítači
- týká se aplikací fungujících na bázi výpočetního modelu "host/terminál"
  - typicky: starších aplikací fungujících ve znakovém režimu
  - aplikací které ani nemusí počítat s tím že fungují v prostředí sítě
- podmínka:
  - aplikace musí podporovat tzv. terminálové relace
    - musí své výstupy posílat "skrz OS" na terminál a své vstupy přijímat "skrz OS" z terminálu
      - takto se děje např. v prostředí UNIXu
    - nesmí "jít napevno" do videoRAM a klávesnicového bufferu
      - jako v MS DOS
  - také operační systém musí podporovat terminálové relace

představa výpočetního modelu host/terminál



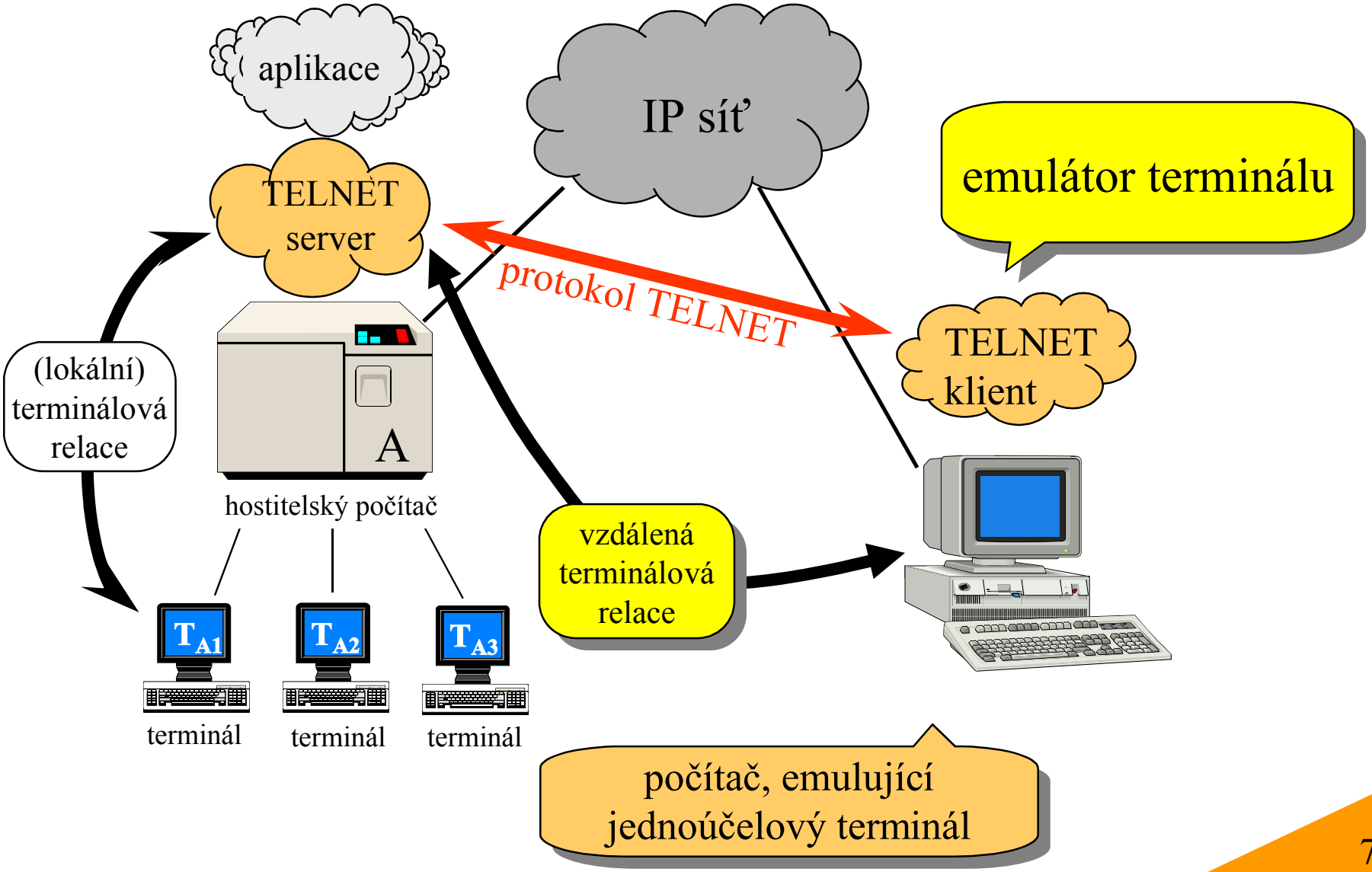
představa terminálové relace



vzdálené přihlašování v TCP/IP

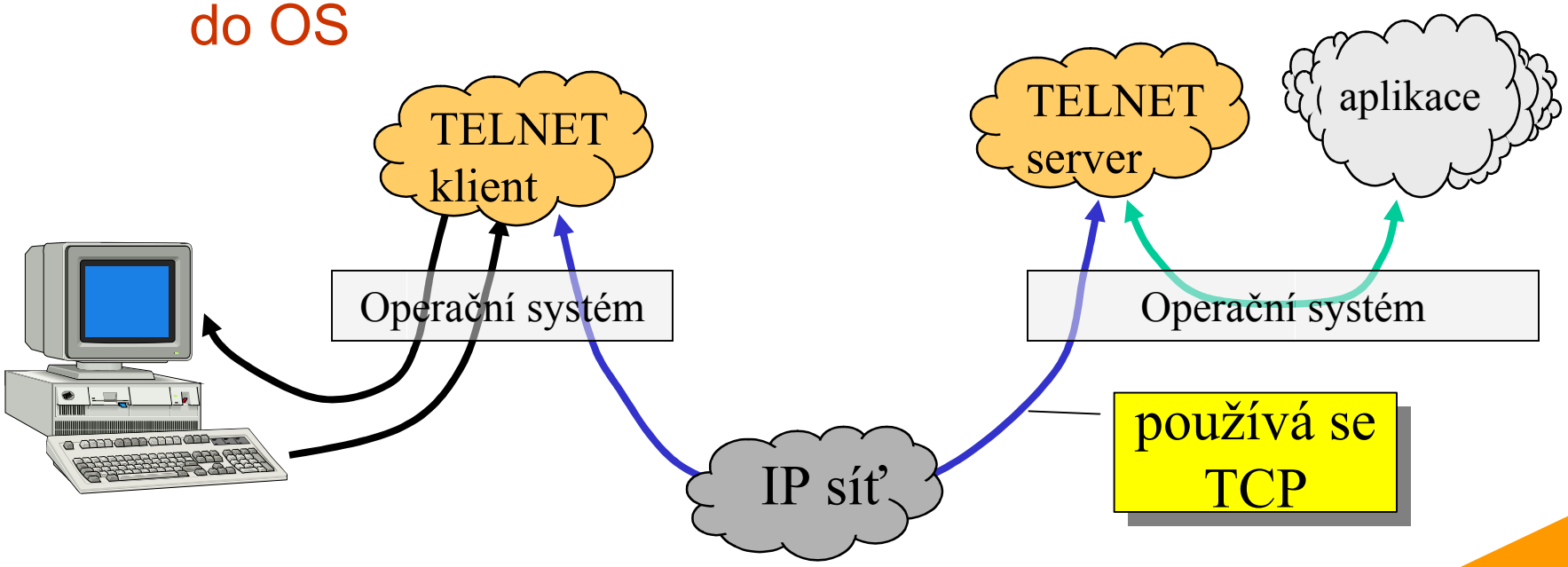
- TELNET
  - "hlavní" prostředek pro realizaci vzdáleného přihlašování v rámci TCP/IP, snaží se být maximálně univerzální
    - snaží se nevázat na konkrétní systémové prostředí (nebýt závislý na operačním systému)
    - podporuje terminálové relace mezi různými platformami
      - na straně uživatele počítá i s terminálovou emulací
    - ... nabízí jen jednoduché služby, a nikoli např. možnost automatického přihlašování apod.
  - podporuje pouze znakové uživatelské rozhraní
- rlogin
  - vzniknul v prostředí BSD Unixu
  - je vázán na prostředí Unixu (BSD Unixu), a podporuje tzv. "trusted hosts"
    - dokáže si některé informace "vytáhnout" ze svého okolí (např. jméno uživatele a jeho heslo) ....
    - ... a pak je využít, např. pro automatické přihlášení uživatele na vzdáleném počítači
- ICA (WinFrame, MS Terminal Server)
  - nové řešení, podporuje grafiku
- částečně také:
  - systém X Window

terminálová emulace vs. TELNET



TELNET - principy

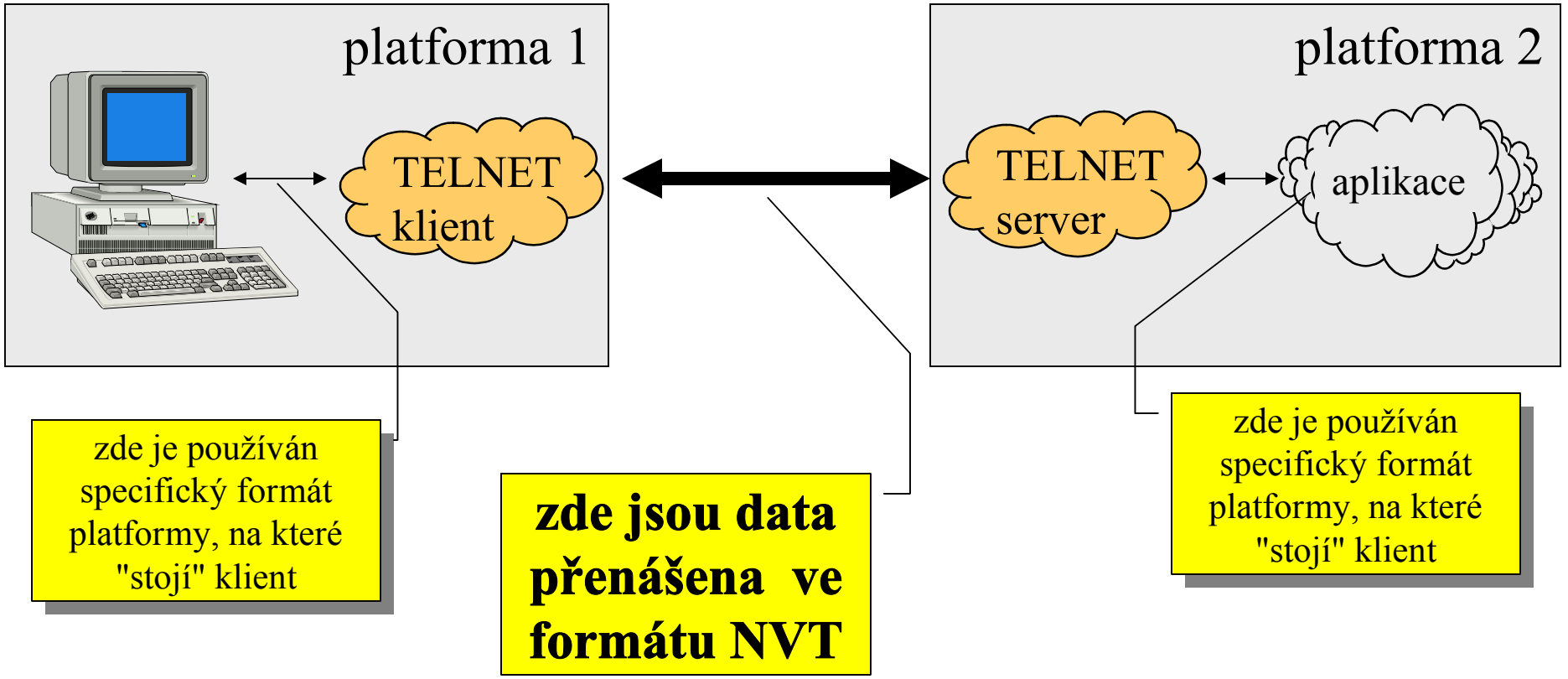
- TELNET server je realizován na aplikační úrovni
  - jako systémová úloha - démon, a nikoli “uvnitř” OS
  - výhoda: snazší modifikace
  - nevýhoda: ne každý OS tomu vychází vstříc
  - nevýhoda: je to méně efektivní než přímé zabudování do OS



TELNET – základní problém

- ***"každý terminál je jiný"***
- liší se:
  - v rozsahu schopností
  - v parametrech
  - v režimu fungování
    - znakový
    - celoobrazovkový
    - formulářový
- s odlišnostmi terminálů se lze vyrovnat přizpůsobením stylem "každý s každým"
  - ... nebo přes společný mezistupeň, s přizpůsobením typu "každý s jedním" a "jeden s každým"
  - v případě TELNETu jde hlavně o tvar, v jakém se mají data přenášet TCP/IP sítí
- TELNET zavádí jeden, pevně daný mezistupeň: **virtuální terminál NVT** (Network Virtual Terminal)
  - NVT má vždy stejné vlastnosti
  - reálné terminály se mu přizpůsobují (jsou mapovány z/do NVT)
  - NVT především definuje formát skutečně přenášených dat

TELNET - představa



vlastnosti NVT

- NVT je “společným jmenovatelem” ...
  - ... povinným minimem, které musí “umět” všechny reálné terminály
  - NVT odpovídá jednoduchému řádkovému terminálu
- TELNET obsahuje mechanismy, pomocí kterých se klient se serverem mohou dohodnout “na lepším”
  - jde o tzv. options
- NVT odpovídá jednoduchému znakovému terminálu, tj.:
  - data jsou členěna na řádky
  - data jsou přenášena po znacích
  - komunikuje se pouze polo-duplexně
  - používá se lokální echo
- původní představa:
  - **NVT odpovídá klávesnici a tiskárně**

vlastnosti NVT

- pro přenos využívá spolehlivé přenosové služby TCP (ale jen poloduplexním způsobem)
  - přenos je znakově orientovaný
  - a vždy 8-bitový (tj. jednotlivé znaky se přenáší vždy v 8 bitových bytech)
  - ... ale standardně se předpokládá přenos 7-bitových ASCII znaků
    - je povinnost zobrazovat 95 tisknutelných ASCII znaků (s kódy 32 až 127)
    - ... a povinnost interpretovat znaky NULL, CR a LF
    - dále je přesně definován význam znaků BEL, BS, HT, VT, FF (ale jejich interpretace není povinná)
  - ostatní znaky nemají mít žádný efekt
  - požaduje se, aby klávesnice byla schopna generovat všech 128 ASCII znaků
  - znak, kterým je zakončena řádka (resp. znaky), musí TELNET klient nahradit dvojicí znaků CR a LF
    - klient server naopak nahradí CR a LF takovým znakem (znaky), které na jeho straně představují zakončení řádky
  - přenos 8-bitových znaků je jedním z volitelných režimů (options)

TELNET - řídící příkazy

- NVT počítá i s implementací řídících mechanismů
  - např. pro přerušení právě probíhajícího programu, pomocí CTRL+C)
- ...a k tomu potřebuje přenášet řídící příkazy, povely atd.
  - řídící příkazy mají zásadně znakovou povahu (tvoří je řídící znaky)
- pro zajištění transparence se používá prefixace (uvození) speciálním znakem IAC (Interpret As Command), s kódem 255
  - případný výskyt znaku IAC v datech se řeší jeho zdvojením.
- řídící příkazy jsou trojího druhu:
  - editační příkazy:
    - umožňují mazat znak a řádku
  - řídící příkazy:
    - umožňují přerušit probíhající proces, zastavit jeho výstup ...
  - “dohadovací” příkazy:
    - umožňují oběma stranám dohodnout se na případných rozšířeních oproti NVT

TELNET - rozšíření

- umožňují oběma stranám dohodnout se na jiném, než co vyplývá z pevně daných vlastností NVT, např.:
  - zda budou komunikovat v plném duplexu,
  - že přenášená data budou odesílána po řádcích s možností jejich lokální editace
  - že budou používat vzdálené echo
  - jakou velikost displeje budou používat
  - jaký způsob budou řízení toku využívat
  - ……
- zásada: použití rozšíření je dobrovolné
  - kterákoli strana má právo navrhnout použití konkrétního rozšíření (tj. jak klient, tak i server)
  - druhá strana má právo použití rozšíření odmítnout
- k "dohadování" slouží samostatné příkazy:
  - **WILL** ("*já chci používat rozšíření ….*")
    - odpověď: DO vs. DON'T
  - **DO** ("*chci abys ty používal rozšíření ….*")
    - odpověď: WILL vs. WON'T

TELNET - rozšíření

- přesná specifikace jednotlivých rozšíření (číselný kód, sémantika) není apriorně uzavřena (omezena)
  - nová rozšíření mohou vznikat postupně (a být definována prostřednictvím dokumentů RFC)
  - existuje dokonce i mechanismus pro “rozšiřování rozšíření”
- další příklad rozšíření: výměna informací o konkrétním typu terminálu
  - umožňuje aplikacím lépe přizpůsobit svůj výstup možnostem terminálu (např. přímým nastavováním kurzoru na zadanou pozici apod.)
- pro jednotlivá rozšíření může dojít k podrobnějším “licitacím”
  - TELNET jejich průběh nespecifikuje
  - ... je definován až samotným rozšířením (a může tedy být pro něj specifický)
  - TELNET definuje pouze způsob zajištění transparence dat při další “licitaci”

vzdálené přihlašování vs. práce se soubory

- cíl:
  - "*chci pracovat se souborem, který se nachází na jiném počítači*"
  - přesněji: chci zpracovávat obsah vzdáleného souboru, pomocí aplikace, která běží na "mém" uzlu
- !!!... účelem není dostat se do role vzdáleného terminálu jiného uzlu … !!!
  - pak by byl soubor zpracováván aplikací běžící na vzdáleném počítači

přenos vs. sdílení souborů

- přenos souborů:
  - jde o **netransparentní řešení**
    - uživatel/aplikace si **uvědomuje**, že soubor se nachází na vzdáleném počítači
    - uživatel/aplikace **musí** explicitně **znát umístění** souboru na vzdáleném počítači
    - uživatel/aplikace **musí explicitně podnikat** určité kroky ke zpřístupnění souboru
  - typicky: vzdálený soubor se celý přenese na "místní" počítač a zde se zpracuje
- označuje se jako "file transfer"
  - v rámci TCP/IP řeší protokol **FTP (File Transfer Protocol)**

- sdílení souborů:
  - jde o **transparentní řešení**
    - uživatel/aplikace si **neuvědomuje**, že soubor se nachází na vzdáleném počítači
    - uživatel/aplikace **nemusí** explicitně **znát umístění** souboru na vzdáleném počítači
    - uživatel/aplikace **nemusí podnikat** žádné explicitní kroky ke zpřístupnění souboru
  - typicky: vzdálený soubor se "chová" ("tváří") jako místní soubor, a také se s ním jako s místním pracuje
- označuje se jako "file sharing"
  - v rámci TCP/IP řeší protokol **NFS (Network File System)**

problémy přenosu a sdílení souborů

- protokoly pro přenos a sdílení se musí vyrovnat s mnoha úskalími, typu:
  - rozdílnost v pohledu na soubory, jejich jména, přípony ....
  - vlastnictví souborů, jejich atributy
  - .....
- problém je i se zajištěním vícenásobného přístupu k souborům
  - lze použít "obecné" techniky typu:
    - uzamykání celých souborů či jejich částí
    - replikace
    - ponechat vše na uživateli
    - .....
- řešení je snazší u netransparentního přístupu (file transfer)
  - kde lze požadovat po uživateli, aby rozdílnosti vyřešil vlastním rozhodnutím
    - například aby zadal atributy místního souboru, do kterého má být přenesen (zkopírován) obsah vzdáleného souboru

protokol FTP (File Transfer Protocol)

- je starší než rodina protokolů TCP/IP
  - pochází již z roku 1971 (vznikl nad protokolem NCP)
  - teprve později “portován” nad přenosové protokoly TCP/IP
  - .... přesněji nad protokol TCP
- protokol FTP vzniknul v době, kdy se operační systémy a platformy lišily více než dnes
  - mj. ve velikosti slov, znázornění znaků, např.:
  - někdo umisťoval čtyři 9-bitové znaky do jednoho 36-bitového slova
  - jiný OS umístil do 36-bitového slova pět 7-bitových znaků
  - .....

musí se mu říci, co bude přenášet (zvolit jeden z režimů)

- dnes ale většina těchto "dávných" vlastností není podporována
  - protože mezitím došlo ke značnému sjednocení
- jediný významnější pozůstatek:
  - snaha konvertovat text při jeho přenosu mezi různými platformami
    - například kódování, konce řádek, …
- FTP pracuje ve dvou režimech:
  - **textovém** – provádí konverze
    - implicitně
  - **binárním** – konverze neprovádí

FTP – textové přenosy

- FTP zavádí jednotný formát dat pro potřeby přenosu
  - veškeré konverze z/do tohoto formátu ponechává na koncových uzlech
  - umožňuje ale oběma stranám dohodnout se v konkrétním případě na jiném formátu (kvůli větší efektivnosti přenosu)
- FTP přenáší data zásadně jako 8-bitové byty
- pro text používá FTP stejný formát, jako protokol TELNET:
  - jednotlivé znaky přenášeny v 8 bitech
  - konec řádky = CR+LF
  - kódování ASCII
- alternativní možností je použití kódu EBCDIC, použití nestandardní velikosti bytu atd.

FTP – představa a přenos souborů

- FTP implicitně chápe soubor jako dále nestrukturovaný (bez vnitřní struktury) - označováno jako **file structure**
  - alternativně je schopen se na něj dívat jako na posloupnost stejně velkých záznamů (records) - **record structure**
  - nebo jako na množinu stránek (které mohou tvořit nespojitý soubor) - **page structure**

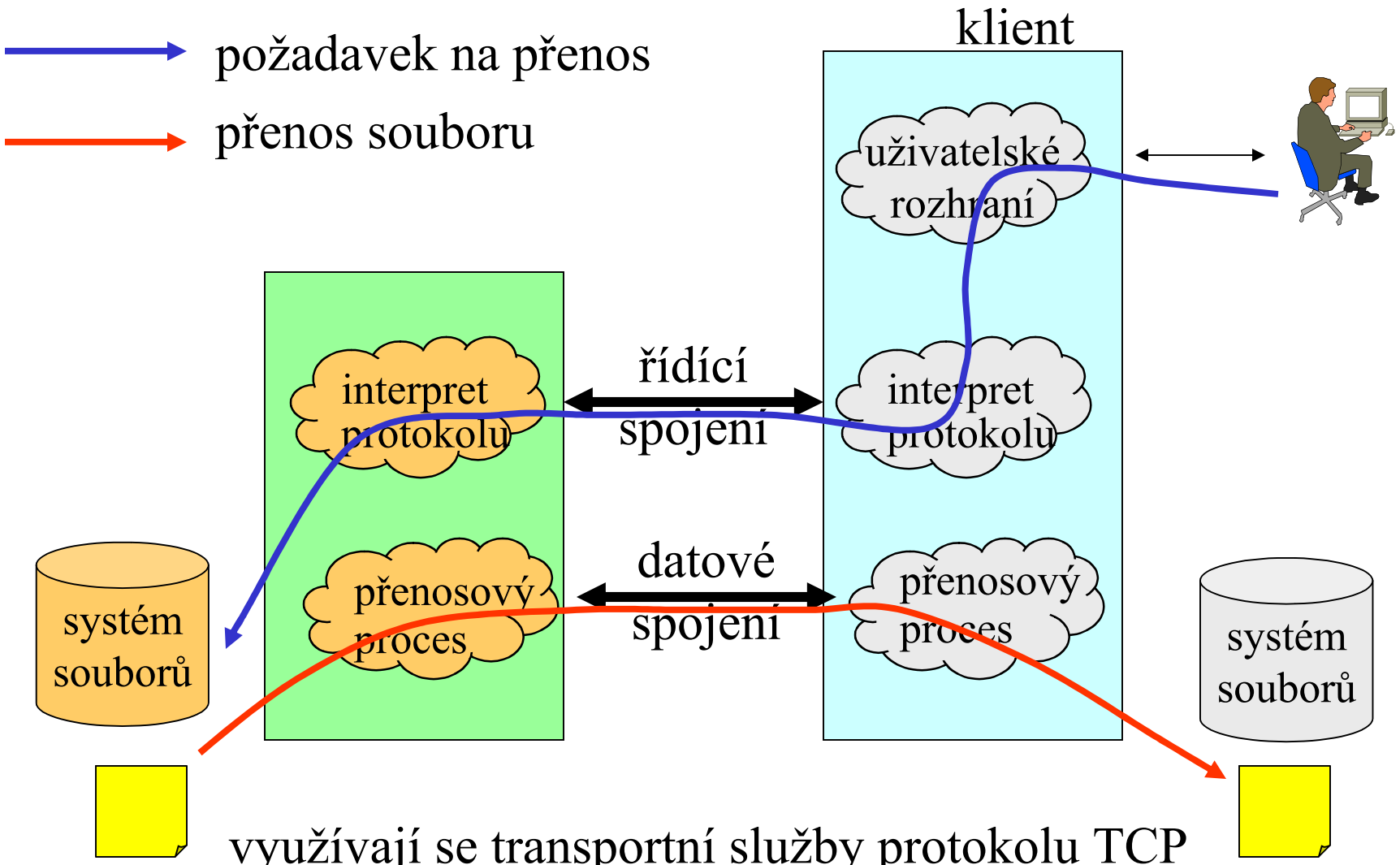
dnes se již nepoužívá

- implicitně je obsah souboru přenášen jako spojitý proud dat (tzv. **stream mode**)
  - alternativou je blokový režim (**block mode**), při kterém je možné vkládat mezi bloky "zarážky", a po ev. výpadku spojení se k nim vracet
  - další alternativou je zhuštěný režim (**compressed mode**), kdy je používána jednoduchá metoda komprese (eliminující opakující se znaky)

FTP - implementace

- vychází z modelu klient/server
  - klient je typicky aplikačním programem
  - server obvykle systémovým procesem (démonem, rezidentním programem apod.)
  - návrh protokolu je uzpůsoben možnosti úsporné implementace (takové, která si nárokuje většinu systémových zdrojů až v okamžiku jejich skutečné potřeby)
- zajištění potřebných funkcí v rámci FTP je rozděleno mezi dva subjekty:
  - interpret protokolu (**PI, Protocol Interpreter**)
  - přenosový proces (**DTP, Data Transfer Process**)
- interpret protokolu existuje trvale,
  - přenosový proces vzniká až na základě konkrétního požadavku
- používají se dvě různá spojení:
  - **řídící** (pro přenos příkazů)
  - **datové** (pro přenos souborů)

implementace protokolu FTP



datové a řídící spojení

- oddělení datového a řídícího spojení je výhodné:
  - kvůli zajištění transparence
  - kvůli možnosti přerušit probíhající přenos
  - kvůli možnosti signalizovat konec souboru
    - uzavření datového spojení signalizuje konec souboru
    - lze přenášet soubory které během přenosu narůstají
- definice FTP (RFC) požaduje aby datové spojení bylo 1 pro všechny přenášené soubory
  - v praxi se pro každý přenášený soubor používá 1 (samostatné, nové) datové spojení
- řídící spojení "přežívá" po celou dobu relace, datová spojení se mění
- řídící spojení iniciuje (navazuje) klient
  - ze svého (dynamicky přiděleného) portu na port 21
    - ruší se až explicitním příkazem
- datové spojení iniciuje (navazuje) server
  - ze svého portu 20 na port klienta, ze kterého bylo navázáno řídící spojení
  - **passive-mode**: datové spojení nenavazuje server, ale klient
    - kvůli firewallům, které neakceptují žádosti o otevření spojení vedoucí dovnitř na "náhodný" port

uživatelé a FTP

- FTP je “user aware” -
  - uvědomuje si existenci uživatelů
- server při přístupu k místním souborům vždy vystupuje jménem konkrétního uživatele
  - FTP potřebuje mechanismy pro přihlášení uživatele a jeho autentikaci (ověření identity)
- uživatelé se v rámci "FTP relace" musí identifikovat
  - musí se přihlásit místním uživatelským jménem a prokázat platným heslem
- anonymní FTP
  - konvence: má-li být něco veřejně přístupné, uživatelé se hlásí jako "anonymous"
    - a heslo není významné, obvykle se požaduje emailová adresa kvůli statistikám

řídící jazyk FTP

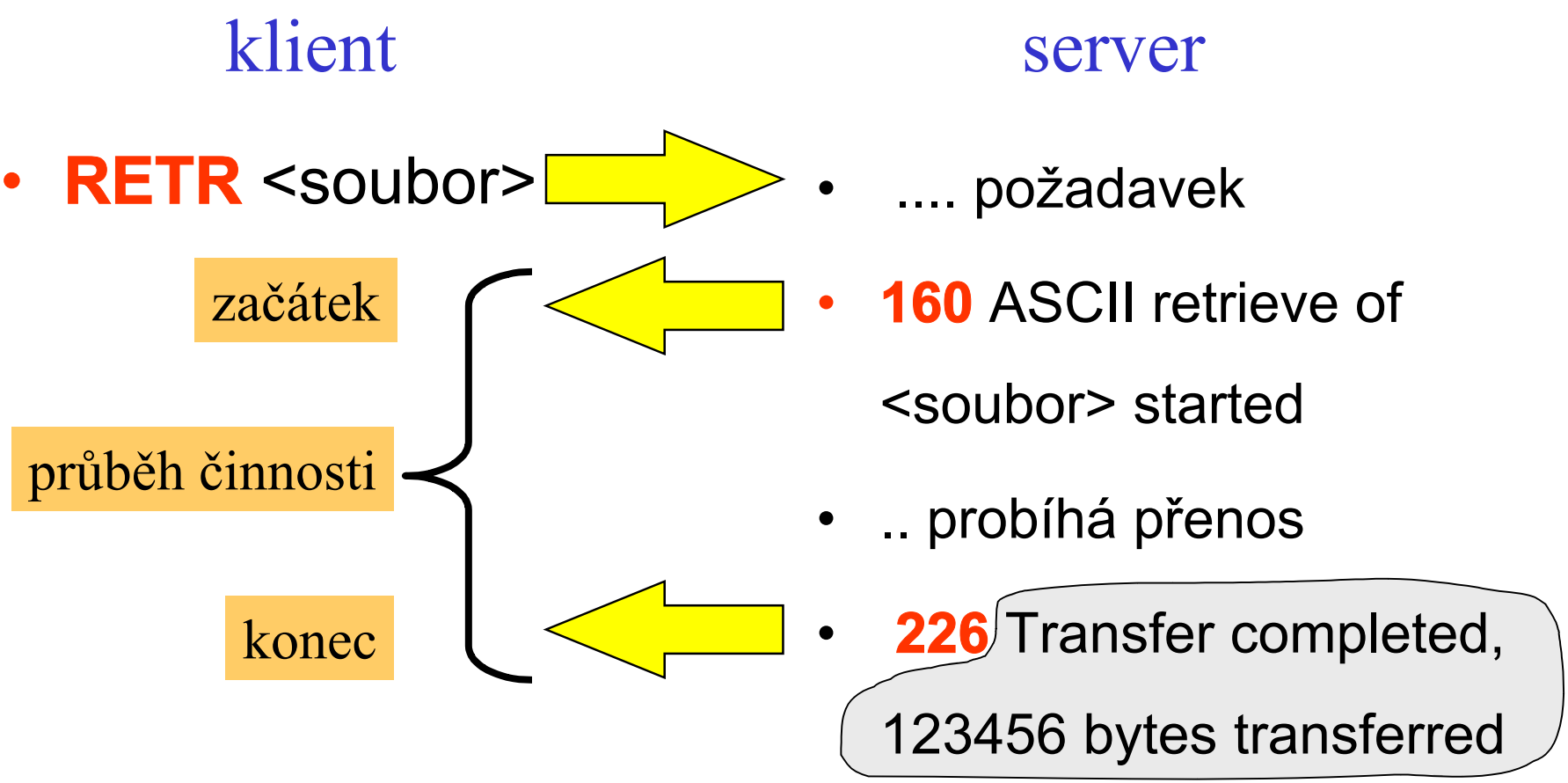
- FTP definuje vlastní řídící jazyk
  - příkazy řídícího jazyka jsou přenášeny řídícím spojením
- řídící příkazy mají textovou povahu, a jsou přenášeny ve stejném tvaru, jakou předpokládá protokol TELNET
  - resp. pro jejich přenos mohou být využívány již existující implementace TELNETu
- příkazy lze rozdělit na:
  - **řízení přístupu** (access control commands) - např. pro zadání uživatelského jména a hesla
  - **nastavení parametrů** přístupu (transfer parameter commands) - např. pro změnu implicitních čísel portů, pro nastavení režimu přenosu apod.
  - **výkonné příkazy** (FTP service commands) - pro vlastní přenos souborů, rušení, přejmenovávání atd., pro přechody mezi adresáři apod.

odpovědi na příkazy FTP

- každý příkaz vyvolá alespoň jednu odpověď
- odpovědi mají číselný charakter (s textovým komentářem)
- odpovědi tvoří trojmístné číslo:
  - první číslice vyjadřuje celkový charakter odpovědi
  - druhá číslice upřesňuje odpověď
  - třetí ještě blíže specifikuje
- hierarchický charakter odpovědí vychází vstříc různé inteligenci procesů, které je vyhodnocují
  - “hloupý” klient či server se může spokojit jen s první číslicí
  - “chytrý” klient (server) využije všechny číslice

1xx	**předběžná kladná odpověď** (akce byla zahájena, budou ještě další odpovědi)
2xx	**kladná odpověď**
3xx	**prozatímní odpověď** (jsou nutné další příkazy)
4xx	**dočasná záporná odpověď** (nepodařilo se, ale je vhodné opakovat)
5xx	**trvalá záporná odpověď** (nepodařilo se a nemá smysl opakovat)

příklad


klient
server
• RETR <soubor>
• .... požadavek
začátek
• 160 ASCII retrieve of <soubor> started
průběh činnosti
• .. probíhá přenos
konec
• 226 Transfer completed, 123456 bytes transferred
textový komentář – generování lze vypnout

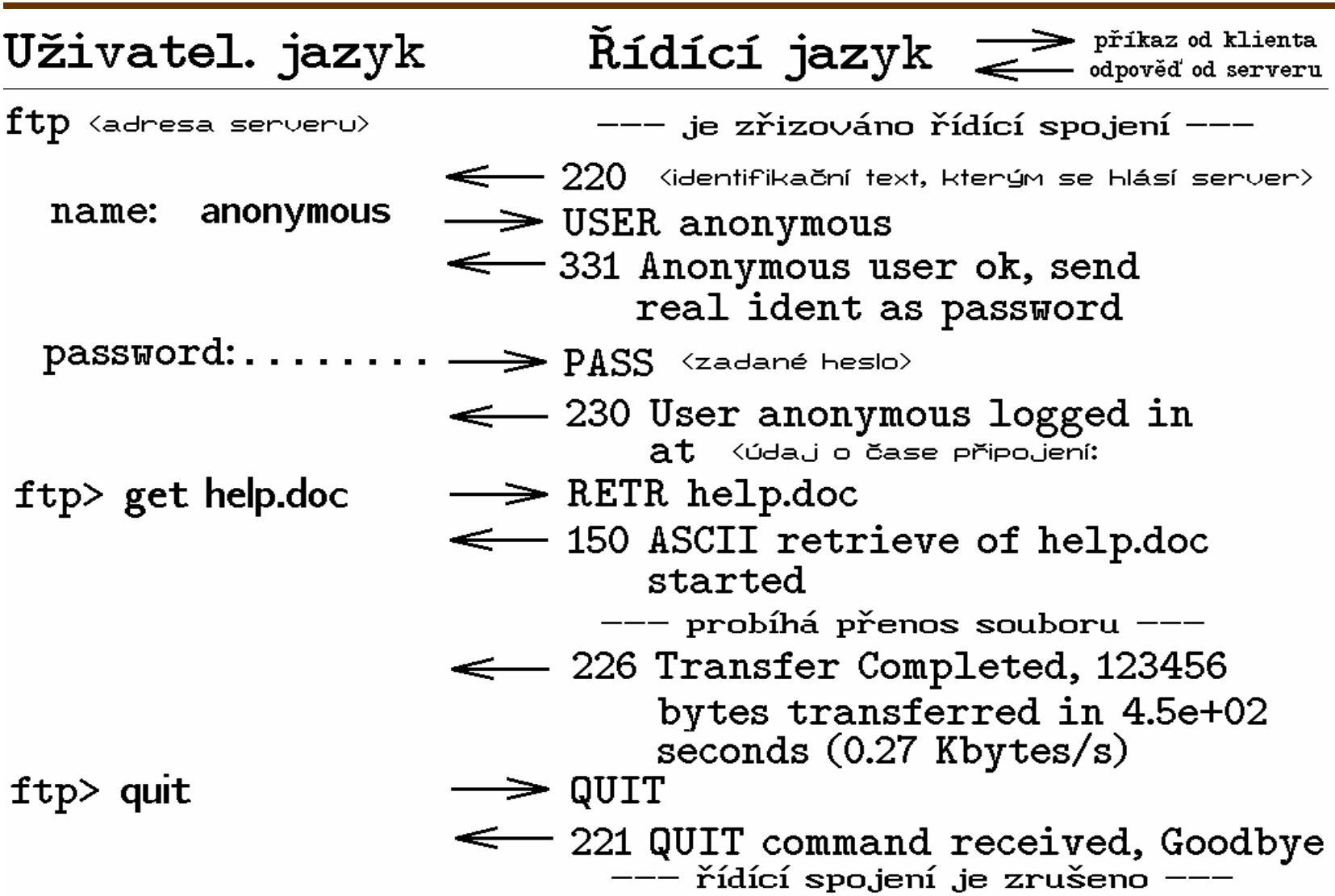
řídící vs. uživatelský jazyk

- pevně definován a závazný je řídící jazyk
  - příkazy řídícího jazyka mohou být vysílány “ručně”, pomocí TELNETu (na porty FTP)
- v praxi je na straně klienta vždy implementováno nějaké uživatelské rozhraní (řádkové, grafické, ...)
  - toto rozhraní může nabízet uživateli v podstatě jakýkoli "uživatelský" (řídící) jazyk
    - a překládat jej do řídícího jazyka

řídící jazyk	uživatelský jazyk
RETR	GET
STORE	PUT
LIST	DIR
CWD	CD

typické pro řádkové klienty

příklad

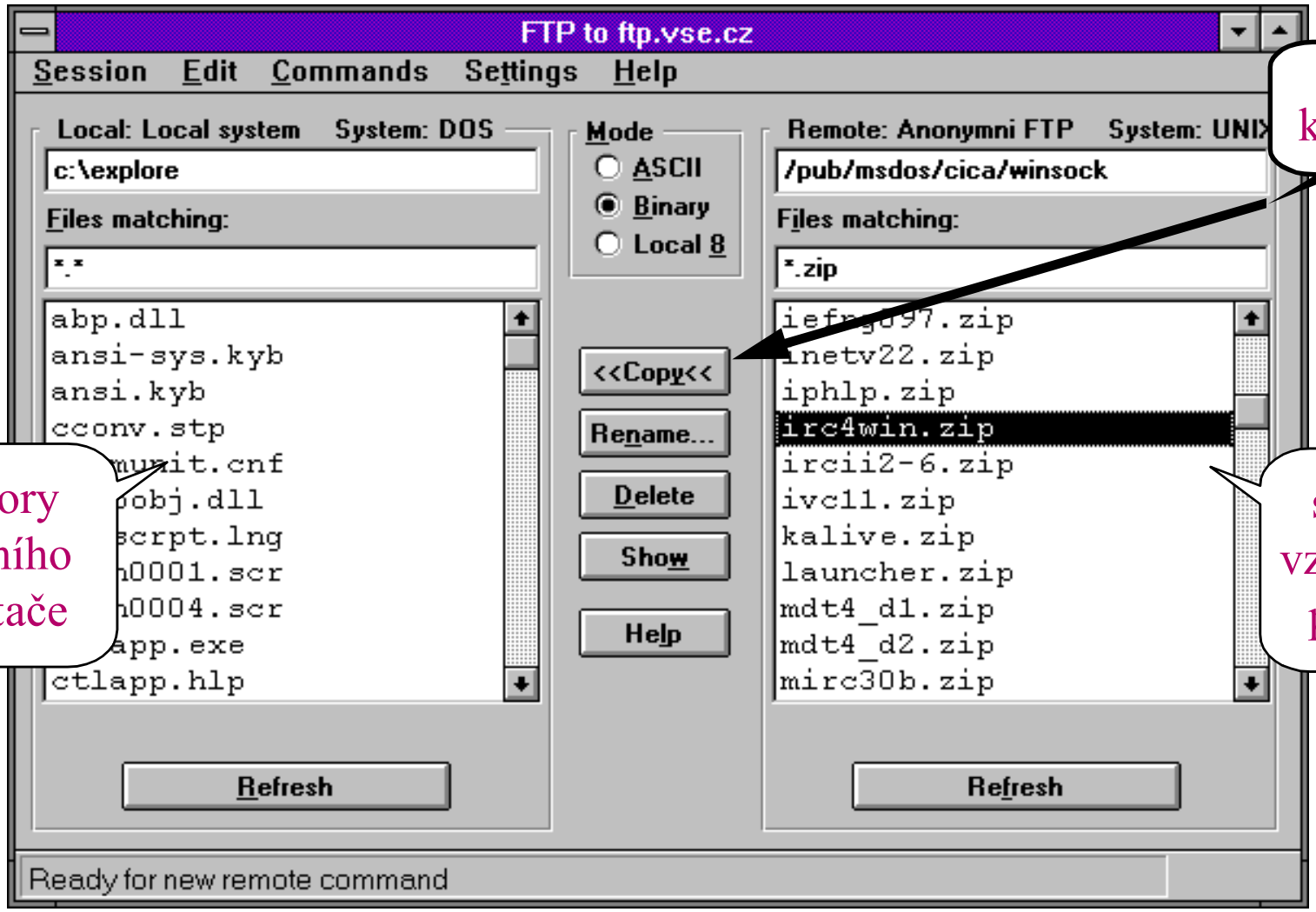

Uživatel. jazyk
Řídící jazyk
příkaz od klienta
odpověď od serveru
ftp <adresa serveru>
--- je zřizováno řídící spojení ---
220 <identifikační text, kterým se hlásí server>
name: anonymous
USER anonymous
331 Anonymous user ok, send real ident as password
password:.....
PASS <zadané heslo>
230 User anonymous logged in at <údaj o čase připojení:
ftp> get help.doc
RETR help.doc
150 ASCII retrieve of help.doc started
--- probíhá přenos souboru ---
226 Transfer Completed, 123456 bytes transferred in 4.5e+02 seconds (0.27 Kbytes/s)
ftp> quit
QUIT
221 QUIT command received, Goodbye
--- řídící spojení je zrušeno ---

příklad (řádkový klient)

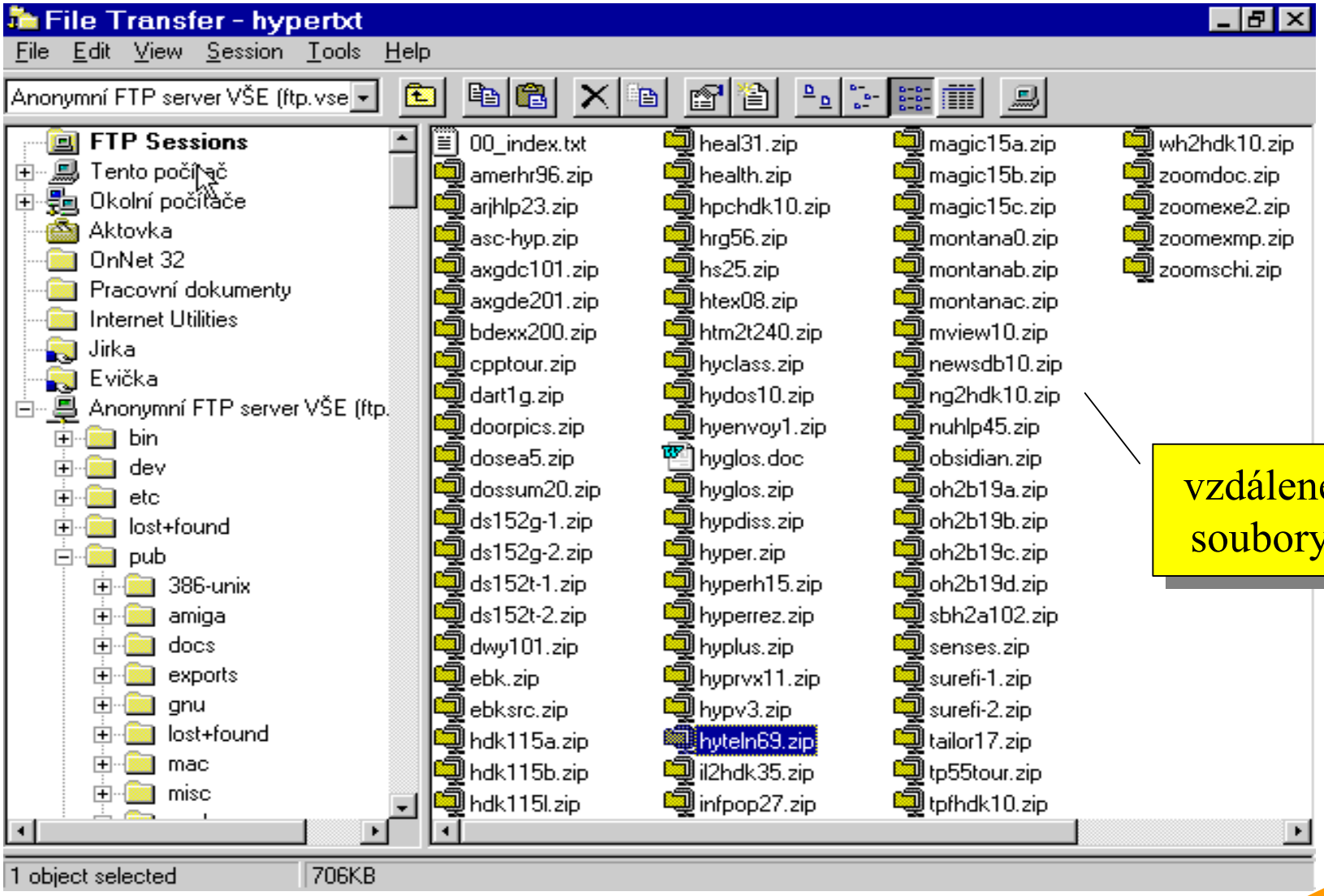
```
C:\WINAPPS\FTPW.EXE
230-
230-    Welcome, archive user!  This is an experimental FTP server.  If
230-    you have any unusual problems, please report them via e-mail to
230-                        ftp-admin@vse.cz
230-
230-    >>>  Please do not complain about limit on number of users  <<<
230-    >>>  and other restrictions.                                <<<
230-
230-
230-
230-
230-
230-
230 Guest login ok, access restrictions apply.
ftp>dir
Listen on port 3341
200 PORT command successful.
150 Opening ASCII mode data connection for /bin/ls.
total 30
d--x--x--x   2 0        0             512 Sep 29  1994 bin
d--x--x--x   2 0        0             512 Feb  4  1993 dev
d--x--x--x   3 0        0             512 Jan 26  1993 etc
drwx------   2 0        0            8192 Feb 21  1993 lost+found
drwxrwxr-x  23 0        106          1024 Nov 29 12:18 pub
drwxrwxr-x   2 999      106           512 Nov 29 14:56 upload
d--x--x--x   7 0        0             512 Apr 30  1996 usr
drwx--x--x   2 1002     1002          512 Oct  3 08:03 warez
226 Transfer complete.
ftp>
```

Příkaz uživatele pro vypsání obsahu adresáře

příklad (grafický klient)



příklad (grafický klient)



vzdálené soubory

TFTP – Trivial FTP

- existují situace, kdy protokol FTP není nejvýhodnější:
  - např. pro tzv. bootstrap bezdiskových stanic je příliš složitý
  - pro některé jednoduché OS je problém jej implementovat
- v rámci rodiny TCP/IP existuje “ořezaná” verze FTP pod názvem **TFTP** (Trivial FTP)
  - používá se hlavně pro "natažení" tzv. boot image při startu bezdiskových stanic
- využívá přenosových služeb protokolu UDP (FTP využívá TCP)
  - TFTP si spolehlivost zajišťuje sám,
    - využívá jednotlivé potvrzování
    - přenáší data po blocích velikosti 512 bytů
- TFTP nezná pojem uživatele
  - nezajišťuje žádné přihlašování na vzdáleném počítači
    - ponechává na implementaci, jak se vyřeší přístupová práva.
    - Obvykle: pro TFTP dostupné je to, co je dostupné pro všechny uživatele
- TFTP nezajišťuje na vzdáleném počítači žádné systémové akce typu ls, cwd, rm apod.
  - nezná pojem aktuálního adresáře
- uživatel musí explicitně zadat úplnou přístupovou cestu k souboru, který má na mysli (a musí jej znát)

Protokol NFS (Network File System)

- protokol pro transparentní sdílení souborů (file sharing)
  - v rámci TCP/IP není jediný, ale je nejrozšířenější
- má jiný původ než "klasické" protokoly TCP/IP
  - pochází od firmy Sun Microsystems (původně byl proprietárním řešením)
  - posléze byl NFS předložen IAB (IETF) ke standardizaci
  - dnes je standardem (RFC 1094) a jeho specifikace jsou public domain
- vznikl v prostředí Unixu (SunOS, na bázi BSD Unixu)
  - je ale koncipován jako otevřený (jako univerzální síťové rozšíření systémů souborů na různých platformách)
- není vázán ani na SunOS, ani na Unix jako takový
  - dnes je implementován snad na všech platformách
- připouští, aby klient i server stáli na různých platformách

Protokol NFS (Network File System)

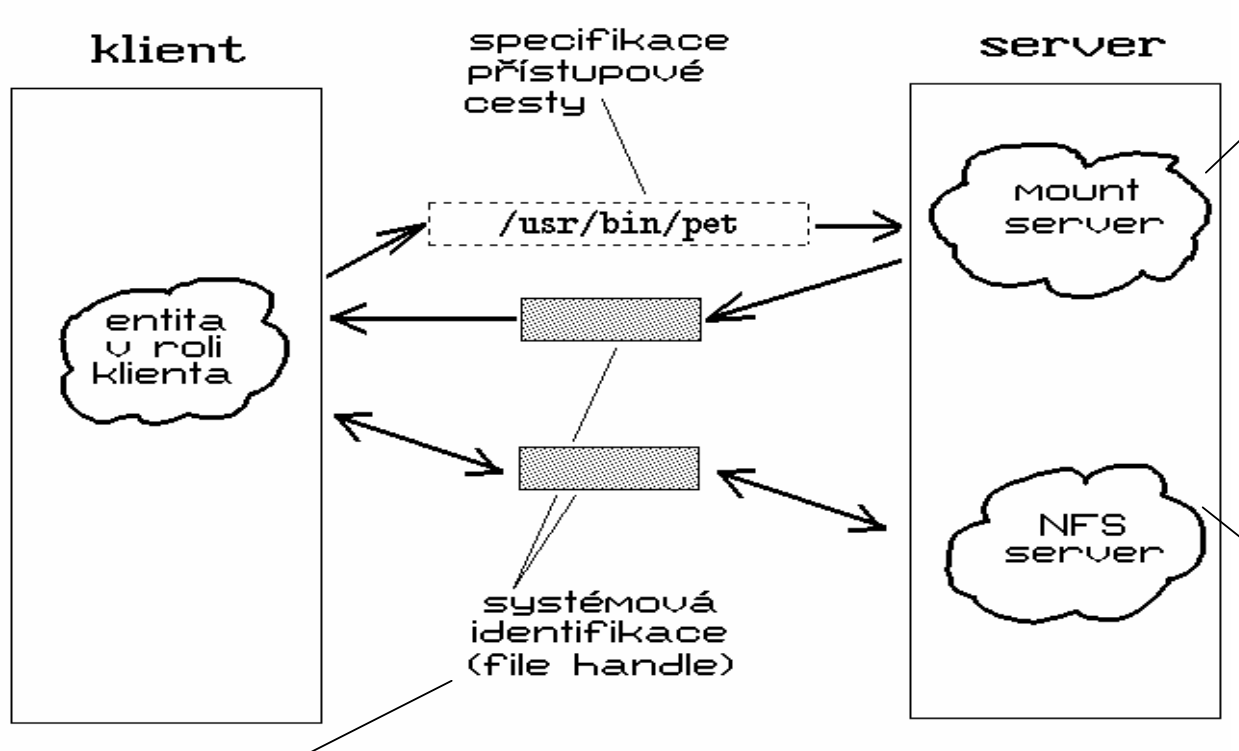
- NFS je bezestavovým protokolem
  - každý jednotlivý požadavek klienta vůči serveru je "uzavřený", před a po provedení příkazu se server nachází ve stejném stavu
  - velmi to zjednodušuje zajištění korektnosti komunikace klienta a serveru (reakci na nestandardní situace, výpadky, ..)
- bezestavovost NFS je klíčem k **velké robustnosti NFS**
  - není nutné ošetřovat různé výpadky a singularity
- bezestavový charakter připouští pouze použití **idempotentních** operací mezi klientem a serverem *(takových, které lze vícekrát opakovat se stejným efektem)*
  - nelze např. používat příkazy typu "*pošli mi další část souboru XY*"
  - mohou to být pouze příkazy typu "*pošli mi M bytů souboru XY, počínaje bytem N*"

důvod úspěšnosti NFS

problémy kolem NFS

- je možné realizovat všechny požadavky na přístup k souborům pomocí idempotentních operací?
  - NE, nelze např. provést OPEN (otevření), a soubor ponechat otevřený, obdobně pro CLOSE
  - NFS řeší tak, že pro potřeby vyřízení každého jednotlivého požadavku soubor nejprve otevře, a pak jej zase ihned zavře
- některé případy nelze obejít
  - jako u OPEN a CLOSE
  - např. APPEND (přidání za aktuální konec souboru)
    - **NFS řeší zákazem takovýchto operací**
- NFS si klade za cíl být použitelný na různých platformách
  - nemůže se proto vázat na konvence žádné specifické platformy
  - při odkazech na soubory nemůže používat specifikace přístupových cest typu /usr/bin/neco.txt (které jsou závislé na platformě)
    - **přístupové cesty sestavuje vždy až klient** podle místních konvencí, server používá vždy jen "jednorozměrná" jména souborů a adresářů
  - počáteční "přimontování" (mount) části adresářového stromu není bezestavové
    - **NFS řeší vyčleněním do tzv. MOUNT SERVERU**

představa



dělá to, co **NENÍ** bezestavové

dělá to, co **JE** bezestavové

klient a server při vzájemné komunikaci používají systémové identifikace souborů (a adresářů) – tzv. file handle

systémová identifikace - handle

- pro odkazy na konkrétní soubory se v rámci NFS používají tzv. systémové identifikace (file handles)
  - pro klienta je handle identifikátorem (dále nedělitelnou posloupností bitů)
  - pro server handle obsahuje tři složky, identifikující
    - systém souborů
    - soubor
    - instanci souboru
- systémová identifikace (handle) jednoznačně identifikuje buď soubor, nebo adresář
  - systémové identifikace přiděluje server, klient je pouze používá
  - systémové identifikace mají absolutní povahu (a nikoli relativní, NFS nezná pojem aktuálního adresáře)
- systémová identifikace (handle) je ukazatelem na jedno konkrétní místo v rámci systému souborů serveru
  - když klient vlastní systémovou identifikaci adresáře, může si vyžádat výpis jeho obsahu
  - součástí výpisu je seznam znakových řetězců, popisujících jednotlivé soubory a podadresáře
  - klient si může vyžádat na serveru systémovou identifikaci zadaného souboru v adresáři (či identifikaci podadresáře) ....
    - ... serveru přitom musí předat systémovou identifikaci adresáře, a znakový řetězec popisující soubor či podadresář

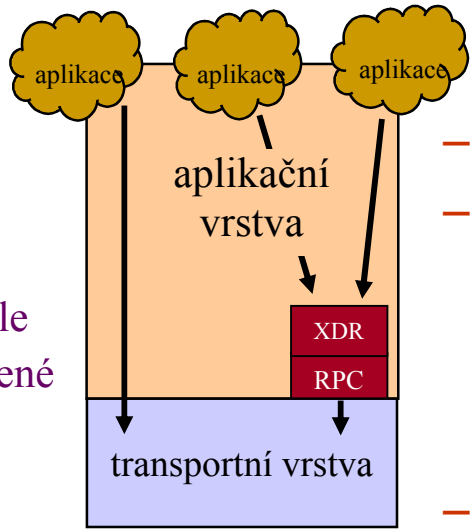
MOUNT server

- klient musí získat alespoň jeden vstupní bod do systému souborů serveru (alespoň jednu systémovou identifikaci)
  - pak má k dispozici prostředky pro procházení celého stromu (systému souborů serveru)
- poskytnutí "prvního" handle ale není v silách NFS serveru
  - vyžaduje specifikaci přístupové cesty
- **první handle poskytuje MOUNT server !!**

- MOUNT server řeší další činnosti, které také nemůže zajišťovat NFS server
  - vede evidenci zpřístupňovaných (exportovaných) adresářových stromů
  - počáteční "přimontování" adresářového stromu
    - včetně ověření identity uživatele a jeho přístupových práv
- MOUNT server je typicky řešen na aplikační úrovní
  - nezáleží na jeho rychlosti
  - NFS server bývá součástí jádra a je optimalizován na rychlost

implementace NFS

- poprvé významněji použit koncept tzv. vzdáleného volání procedur
  - prostřednictvím protokolu RPC - Remote Procedure Call)
  - jde v zásadě o změnu na úrovni programování
    - programátor nemusí řešit asynchronní komunikaci, ale pouze volá předem připravené procedury knihovního charakteru
- implementace RPC je řešena tak, že může být využita i samostatně
  - mimo implementaci NFS



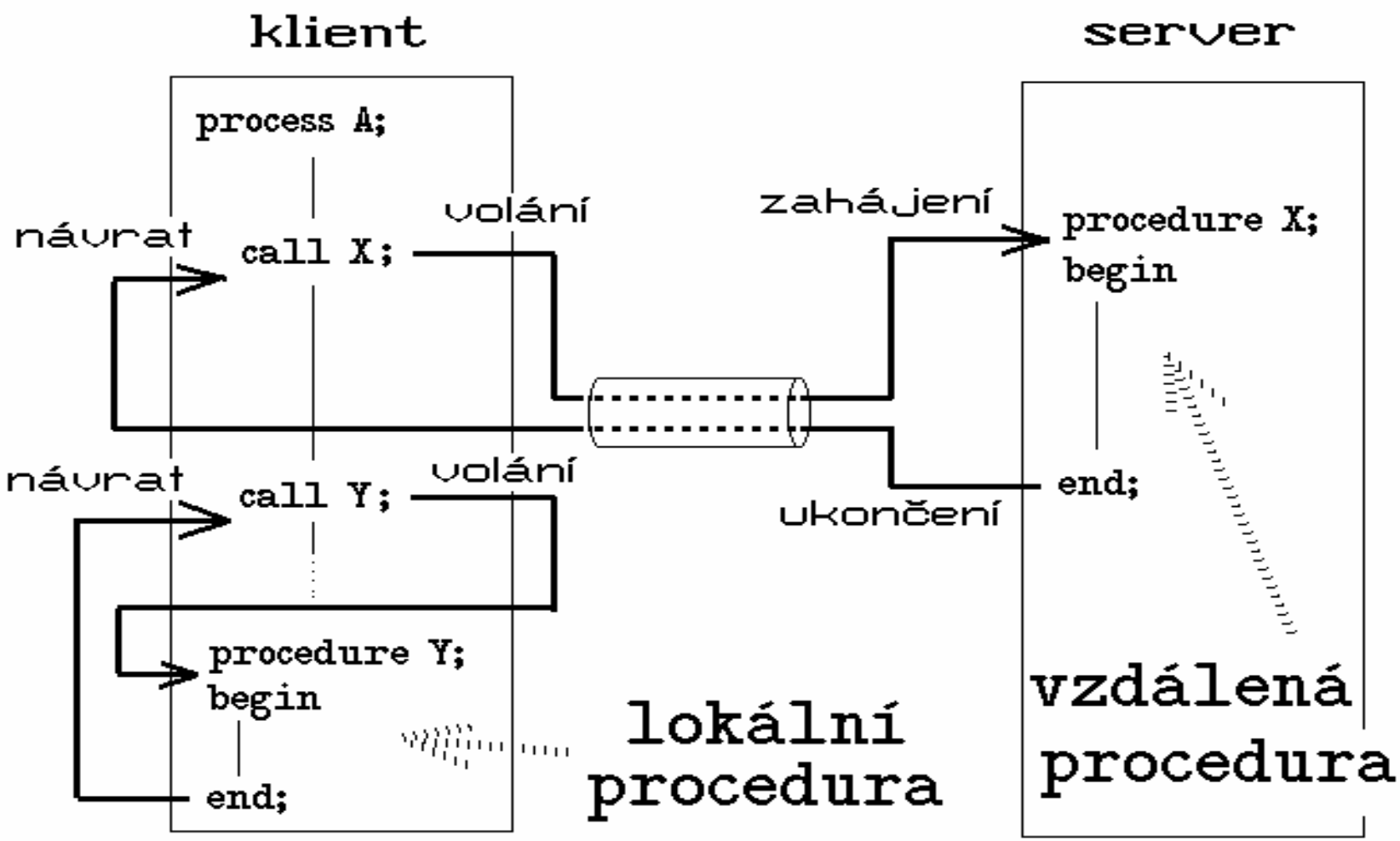
- dále je využit také protokol XDR (eXternal Data Representation)
  - samostatný standard, který definuje společný přenosový mezitvar
  - je standardem v rámci TCP/IP
  - definuje jednotný způsob reprezentace přenášených dat, nezávislý na konkrétní architektuře příjemce a odesilatele
  - definuje jazyk pro nezávislý popis těchto dat
- také XDR je implementováno samostatně, jako RPC

RPC – Remote Procedure Call

- klasické řešení (bez RPC):
  - klient zformuluje svůj požadavek, sestaví jej do tvaru zprávy a odešle
    - klient čeká (na asynchronní událost - příchod zprávy s odpovědí) - např. je suspendován
  - zpráva s odpovědí přichází, klient je aktivován
- důsledky:
  - klient si uvědomuje, že:
    - pracuje v distribuovaném síťovém prostředí
    - některé akce probíhají na vzdáleném počítači (předem neznámou rychlostí)
  - klient se musí přizpůsobovat asynchronní povaze komunikace
    - posílat zprávy, čekat na odpovědi, ...
    - **nezapadá to do zásad strukturovaného programování !!!**

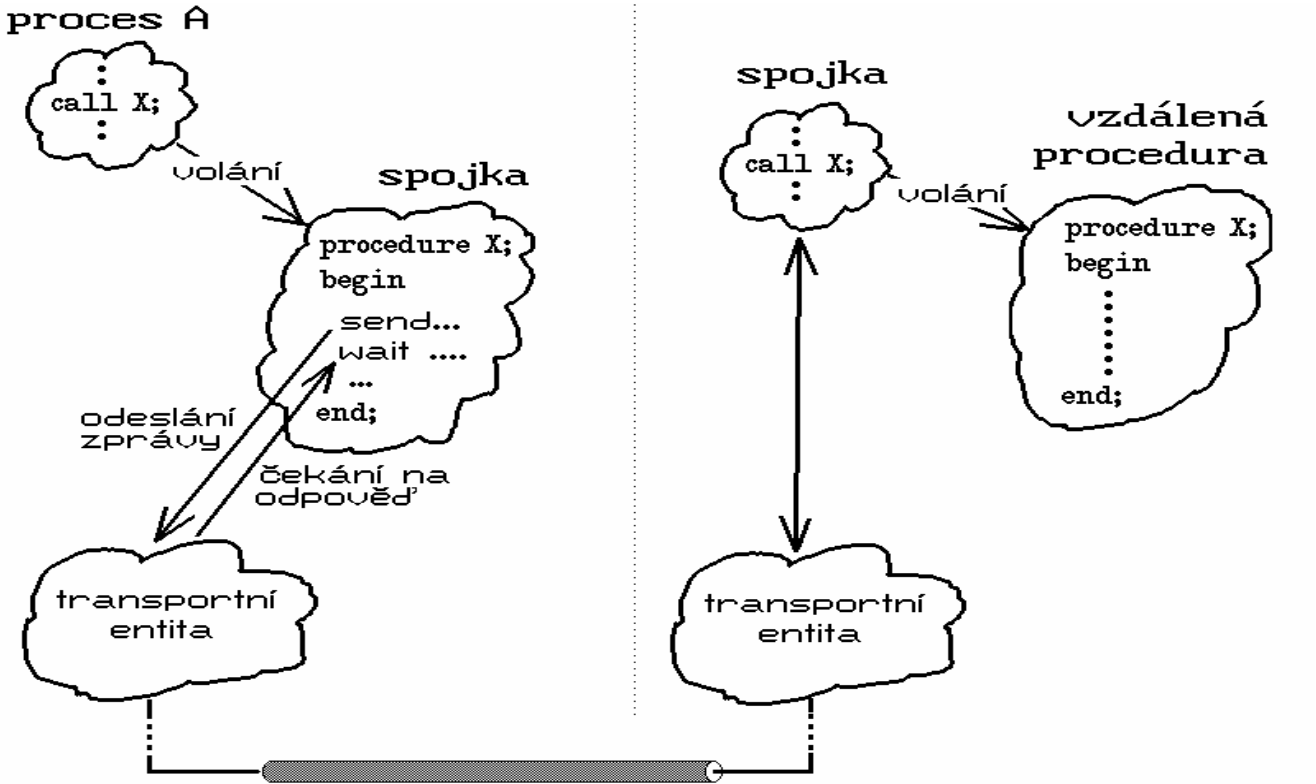
- řešení s RPC:
  - RPC vytváří klientovi iluzi, že všechny akce probíhají “u něj”, a mají formu volání lokálních procedur
    - každá akce končí v okamžiku výstupu (návratu) z příslušné procedury - klient se pak nemusí explicitně zabývat čekáním
    - klient předává parametry operací jako parametry volané procedury
      - a nikoli jako data, vkládaná do zpráv dle zásad příslušného komunikačního protokolu
  - klient si nemusí uvědomovat, že pracuje v prostředí sítě
- výhody:
  - výrazné zjednodušení implementace klienta (i serveru)
    - v podstatě je pod klienta “podstrčena” další vrstva (vrstva RPC), která přijímá požadavky na volání procedur, “balí” je do zpráv a zprostředkovává jejich skutečné provedení na jiném uzlu
    - klient tak volá procedury, které jsou ve skutečnosti prováděny na vzdáleném uzlu

RPC – představa fungování



princip implementace RPC

- klient ve skutečnosti volá procedury (podprogramy)
  - charakteru knihoven
    - jsou součástí implementace mechanismu RPC
  - tyto procedury se označují jak **spojky** (stubs) ...
    - ... a komunikují s partnerskými spojkami (stubs) na druhé straně, které pak skutečně zajistí požadované volání



předávání parametrů v RPC

- spojky (stubs) přebírají své vstupní parametry takovým způsobem, jaký je v daném prostředí při volání procedur obvyklý
  - a převádí do takového tvaru, který je vhodný pro jejich odeslání druhé straně
    - provádí tzv. **marshalling, serializing**
  - při příjmu výsledků analogicky převádí získané odpovědi na výstupní parametry

značně netriviální, viz např. převod pointrů

- pro potřeby implementace jsou všechny vzdálené procedury koncipovány tak, aby měly právě jeden parametr
  - odkaz na datovou strukturu, ve které jsou všechna vstupní data
- pro přenos se tato data převádí do jednotného přenosového formátu
  - je předem stanoven, a všechny implementace RPC mu musí rozumět