Síťování (informativní)

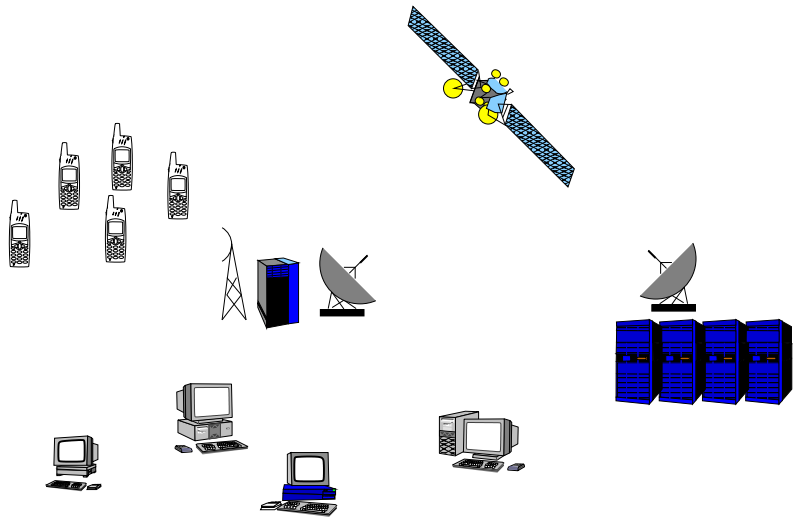
Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

A0B36PR2 – Programování 2

Síťování (informativní)

Co je síťování?



Zdroje

Jiří Peterka,
`http://www.earchiv.cz/i_prednasky.php3`

RFC - Request for Comments,
série poznámek o Internetu.

Martin Majer,
`http://www.root.cz/clanky/sitovani-v-jave-uvod/`

W. Richard Stevens,
UNIX Network Programming.
Prentice Hall.

W. Richard Stevens and Stephen A. Rago,
Advanced Programming in the UNIX Environment.
Addison Wesley.

Motivace

Síťování je z pohledu vývoje aplikace (programování) technická realizace komunikace vzdálených výpočetních systémů.

Komunikace je přirozenou součástí distribuovaných aplikací.

- Aplikace nabízející služby uživateli (např. webový server, databáze).
- Uživatelské aplikace zprostředkovávající uživateli přístup ke službám (např. webový prohlížeč).
- Sdílení zdrojů - distribuované výpočetní systémy.
- Sběr dat (data acquisition) - zpracování dat z mnoha měřících míst, senzorické sítě.
- Distribuované řízení - například kooperující skupina mobilních robotů.

Vývoj aplikace

- Při vývoji aplikace využíváme zpravidla nějakého rozhraní (API) pro realizaci komunikačního spojení se vzdáleným systémem.
- Z tohoto pohledu síťové spojení slouží ke čtení a zápisu posloupnosti bytů.
- Podle typu aplikace je rozhodující:
  - spolehlivost přenosu dat,
  - přenosová rychlost,
  - zpoždění (latence) přenosu,
  - způsob předávání dat,
- Vlastnosti souvisejí s konkrétní realizací síťového spojení a je nutné je respektovat.

Komunikace

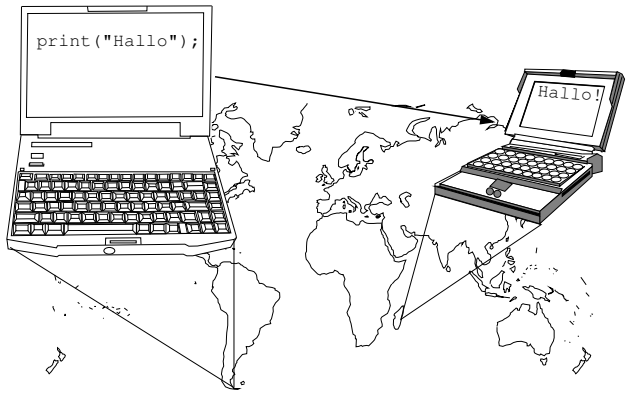
- Komunikace slouží k přenosu informace.
- Přenos informace se děje výměnou zpráv.
- Mechanismus výměny zpráv musí mít definovaná pravidla.
- Typicky lze definovat:
  - zahájení komunikace,
  - předání zprávy,
  - reakce na zprávu,
  - ukončení komunikace.

Protokol

- Způsob komunikace definuje komunikační protokol.
- Protokol definuje:
  - formát zpráv,
  - pořadí výměny zpráv,
  - syntaxi zpráv,
  - sémantiku zpráv,
  - chování při přijmu a vyslání zprávy.

Přenos bitů/bytů

Z uživatelského hlediska jde o přenos obsahu sdělení.



Přenos však vyžaduje další informace související s přenosovou cestou. „Výsledná velikost přenášených dat je vyšší."

Počet účastníku komunikace

Komunikaci může rozdělit podle počtu účastníků.

- Dvou bodové (point-to-point) - jeden přijímací bod, jeden vysílací bod.
  - duplexní přenos - komunikace může probíhat oběma směry současně.
- Vícesměrové - více přijímacích stran, jedna vysílací. Vhodné pro multimediální aplikace, přenos videa, tele-konference.
  - všesměrové - broadcast,
  - vícesměrové - multicast.

My se budeme zabývat převážně dvou bodovou komunikací.

Modely komunikace

Typická síťová aplikace se skládá ze dvou částí:

- Server - reprezentuje služby.
- Klient - reprezentuje poptávku po službě.

Modely komunikace jsou:

- klient/server - klient žádá o službu server. *Webový server, poštovní server, Instant Messaging (IM), vzdálená sezení.*
- peer-to-peer (P2P) - každý účastník vystupuje jako klient i jako server. *Služby sdílení souborů, bittorrent, ...*

Způsoby komunikace

Kritéria dělení komunikace.

- Podle způsobu navazování spojení:
  - spojovaná komunikace,
  - nespojovaná komunikace.
- Podle způsobu přenosu data:
  - proudový přenos,
  - blokový přenos.
- Podle kvality přenosu a garance kvality přenosu:
  - spolehlivý,
  - nespolehlivý,
  - s garantovanou kvalitou,
  - bez řízení kvality.

Spojovaná komunikace

Spojovaná komunikace (Connection oriented).
Skládá se ze tří kroků:

1. Obě strany nejdříve navazují spojení.
   Obě strany potvrdí zájem o komunikaci případně upřesní parametry vzájemné komunikace.
2. Vlastní výměna sdělení.
3. Ukončení spojení.

Vlastnosti spojované komunikace

- Součástí komunikace je přechod stavů účastníků.
- Přechody mezi stavy musí být koordinované.
  „Obě strany musí být v kompatibilním stavu, aby se domluvily."
- Musí být ošetřovány nestandardní situace.
  Například rozpad spojení.
- Při přenosu zpráv je zachováno pořadí vysílaných zpráv.
  Přijímací strana obdrží zprávy ve stejném pořadí v jakém je poslala vysílací strana.

Nespojovaná komunikace

- Komunikující strany nenavazují spojení.
  Nedochází k ověřování existence druhé strany.
- Komunikace probíhá zasíláním samostatných zpráv (datagramů).
  Adresování zprávy
- Není nutné komunikaci ukončovat.

Vlastnosti:

- Komunikace je bezstavová.
- Zprávy jsou přenášeny v samostatném bloku dat (datagramu), které jsou samostatně přenášeny.
- Není zaručené pořadí zpráv.

Způsoby přenosu

Proudový přenos (stream)

- Data jsou přenášena po bytech (bitech).
- Data nemusí být přenášena po větších blocích.
- Předpokládá spojovaný typ komunikace.
- Data nejsou adresována.

Blokový přenos

- Data jsou přenášena po blocích.
- Blok je přenesen jako celek.
- Spojovaný i nespojovaný typ komunikace.
- Data jsou adresována podle typu komunikace.

Složky síťování

Propojování systémů se skládá z:

1. přenosového média,
2. řízení přístupu k přenosovému médiu,
3. rozlišení (adresace) fyzického prostředku připojení,
4. přenosových pravidel (*jak jsou data přenášena*),
5. komunikačních pravidel (*jak je definované spojení*),
6. aplikačního rozhraní,
7. aplikačního protokolu.

Síťové modely

- Modely jsou vícevrstvé.
- Vrstva definuje vlastnosti příslušné části komunikace.
- Vrstvený model je abstrakcí jednotlivých stupňů realizace sítě.
- Modely:
  - ISO-OSI - 7-vrstvý obecný model.
  - TCP/IP - 4-vrstvý model, nejpoužívanější v rámci Internetu, základem je jednoduchý protokol IP.

„Pokud víte co děláte, 4 vrstvy stačí, pokud ne, ani 7 vrstev vám nepomůže."

ISO-OSI síťový model

1. Fyzická vrstva - médium (kabel, vzduch), jejím úkolem je přenos bitů po vedení.
2. Linková vrstva - pravidla pro časový multiplex paketů.
3. Síťová vrstva - pravidla pro HW adresování.
4. Transportní vrstva - pravidla pro zasílání paketů.
5. Komunikační vrstva - pravidla pro komunikační spojení mezi dvěma počítači.
6. Prezentační vrstva - síťové API

   („*a mnohem víc, "*).
7. Aplikační vrstva.

TCP/IP síťový model

- Linková vrstva - přenos bitů.
- Síťová vrstva (Internet nebo též IP vrstva) - cesta datagramů z jednoho hosta na jiný.
- Transportní vrstva - TCP zprávy transportní vrstvy.
- Aplikační vrstva - síťová aplikace.

Jednotným prvek modelu TCP/IP je přenosový protokol IP, který má všude (linková vrstva) stejné vlastnosti.

Přenosový protokol IP předepisuje jednotný způsob adresování:

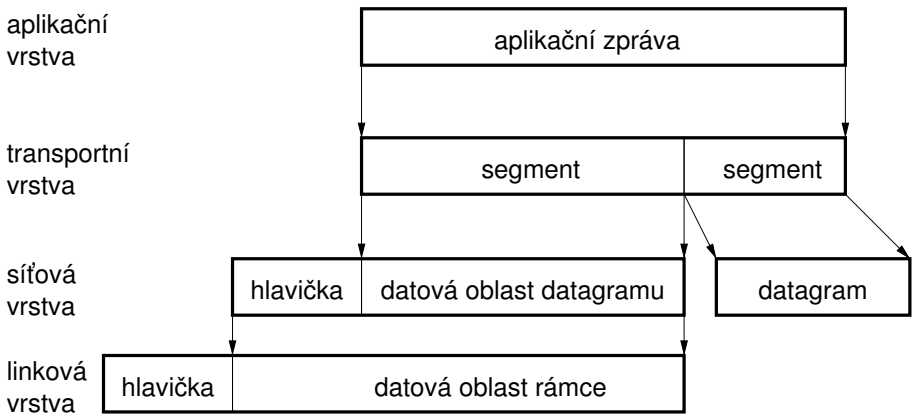
- inet - 32 bitová adresa,
- inet6 - 128 bitová adresa.

Datová jednotka přenosu

Každá vrstva síťového modelu přidává k aplikačním datům informace sloužící k přenosu dat.
Datová jednotka přenosu vrstvy PDU (Protocol Data Unit):

Vrstva	PDU	Popis/Poznámka
Aplikační	Zpráva	Aplikační obsah sdělení.
Transport	Segment	Aplikační zpráva může být rozdělena na několik částí.
Síťová	Datagram/ Paket	Přidává hlavičku s informacemi o zdrojové a cílové adrese a fragmentaci datagramu.
Linková	Rámec	K transportnímu médiu je typicky nutné přistupovat exkluzivně (časový multiplex).

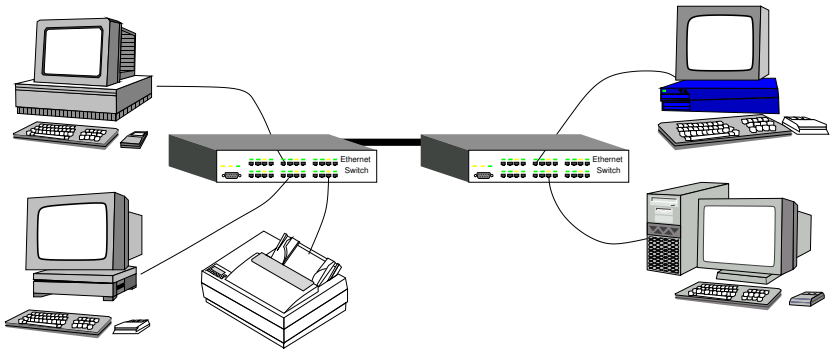
Zapouzdřování datových jednotek



Síť TCP/IP (Internet)

Složena ze soustavy dílčích sítí, které jsou vzájemně propojeny.
Rozlišujeme dva typu uzlů:

- Hostitelský počítač (host) - koncový uzel sítě, má svoji adresu.
- Směrovač (router) - propojuje nejméně dvě IP sítě.



Adresování v TCP/IP a transportní protokoly

- Vrstva IP definuje síťovou adresu síťového rozhraní (host).
- Z pohledu více procesů na hostitelském počítači je výhodné zavést další rozlišovací údaj, (*v rámci transportního protokolu*).
  Nejznámější transportní protokoly jsou
  - UDP - User Datagram Protocol,
  - TCP - Transport Control Protocol.

  Oba protokoly používají číslo portu.
- Adresa je složena z
  1. IP adresy (host address), 32bitů nebo 128bitů,
  2. čísla portu (16bitů).

  Některé IP adresy mají vyhrazené použití, např. 127.0.0.1 - localhost.
  Určité aplikace používají „standardních" portů, 80 - www, 21 - ftp, 23 - telnet, 22 - ssh.

Transportní a aplikační protokoly

- Vrstvený síťový model definuje aplikační vrstvu nad transportní vrstvu.
- Aplikace může být realizace komunikačního protokolu s požadovanými vlastnostmi nad transportním protokolem síťového modulu (TCP/UDP).
- Aplikační protokoly lze dále vrstvit.
- Z pohledu aplikace je pak možné nahlížet na nižší vrstvy aplikačních protokolů jako na transportní vrstvy.

UDP

User Datagram Protocol

- Nespojovaný a nespolehlivý způsob komunikace.
- Blokový přenos zpráv (datagramů).
- Rozšiřuje přenosový protokol IP (RFC 791) síťové vrstvy o číslo portu.

  „Přidává pouze tenkou vrstvu nad IP."
- Přenos každého datagramu je nezávislý.
- RFC 768.

UDP vlastnosti

- Není nutné navazovat spojení, které může být časové náročné

  zvyšuje zpoždění
- Hlavička datagramu je malá.
- Žádná kontrola propustnosti, maximální rychlost přenosu.
- UDP datagram je přenesen najednou.
- Hodí se pro přenos dat, které mohou obsahovat výpadky (*nedoručení zprávy*), ale vyžadující minimalizaci časových zpoždění.

  např. data měřená opakovaně
- Spolehlivost lze řešit v aplikační vrstvě.

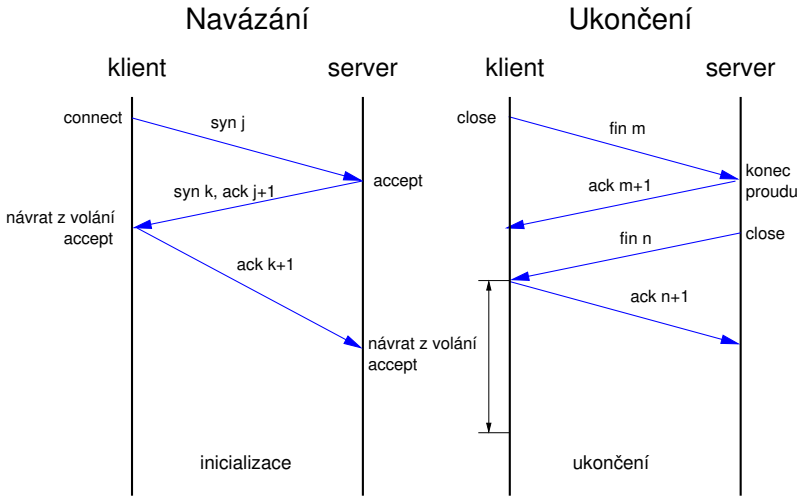
  (opakovaný přenos zpráv)

TCP

Transmission Control Protocol

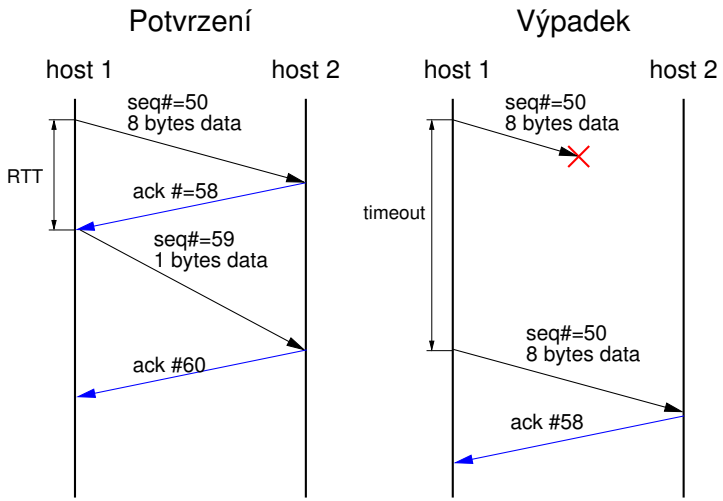
- Spojovaný způsob komunikace - dochází k výměně řídicích zpráv, (*vyžaduje model klient/server pro navázání spojení*).
- Dvou bodové obousměrné spojení.
- Proudový přenos zpráv - zachování pořadí. *Pipelined přenos s vyrovnávací pamětí, zapsaná data nemusí být ihned poslána.*
- Tok dat je řízen - nemůže dojít k zahlcení přijímací strany, (*řízení toku je realizováno potvrzení příjetí*).
- Spolehlivost přenosu je zajištěna potvrzováním přijatých dat. *Řídicí zpráva ACK potvrzující příjem zprávy (packetu).*
- Spojení je udržováno kontrolními zprávami i v případě, že nedochází k přenosu aplikačních dat (*detekce rozpadu spojení*).
- RFC - 793, 1323, 2018, 2581.

TCP navazování a ukončování spojení



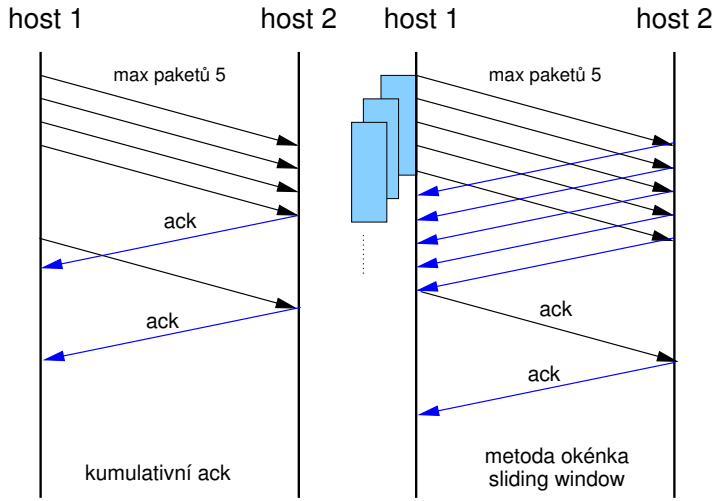
Klient po přijetí poslední *fin* zprávy posílá po určitou dobu na každý další *fin ack*.

TCP potvrzování a přeposílání



seq# - pořadí prvního bytu v posílaném paketu proudu dat.

TCP řízení toku dat



TCP - Potvrzování přijatých data

- Potvrzení přijetí každého vyslaného paketu musí být přijato v daném časovém intervalu (TCP timeout).
- Data jsou posílána za sebou, současně se čeká na více potvrzení.
- Doba přenosu zprávy (paketu) tzv. Round Trip Time RTT (RTT) - doba přenesení vlastních dat a potvrzovací zprávy.
  - Závisí na konkrétním zatížení sítě.
  - TCP timeout může být příliš krátký pro konkrétní RTT.

  lze nastavit
- Využívá se kumulativních *ack* potvrzení více přijatých paketů najednou.
- V případě obousměrné komunikace jsou *ack* potvrzení přenášena s daty ve společném paketu.

TCP řízení toku proudu

- Vysílací strana využívá přijatých ACK k řízení toku dat, aby nedocházelo k přehlcovaní přijímací strany (sítě).
  - Problém řízení toku se uplatňuje při pomalém zpracování na přijímací straně.
  - V případě nedostatečné kapacity sítě, dochází k zahlcování sítě, vedoucí k delším zpožděním a případně ke ztrátám paketů.
    konečná velikost vyrovnávací paměti směrovačů
- Velikost okénka pro maximální počet přenášených se dynamicky mění, podle zatížení koncových bodů spojení.

Poznámka - spolehlivost přenosu:
garantovaná, ale ne zas tak moc, větší stupeň garance lze dosáhnout dalšími aplikačními úrovněmi.

HTTP

- HTTP - HyperText Transfer Protocol pro webové aplikace.
- Aplikační protokol nad přenosovým protokolem TCP z rodiny protokolů TCP/IP.
- Klient/Server model komunikace:
  - client - webový prohlížeč, žádá o webové objekty, které chce zobrazit.
  - server - webový server, posílá webové objekty jako odpověď na žádost.
- Bezstavová komunikace, request/response model.
- HTTP 1.0: RFC 1945, HTTP 1.1:RFC 2068.

HTTP - request/response

Postup vyřízení žádosti o webový objekt (HTML stránka):

1. Klient iniciuje TCP spojení k serveru.
2. Server přijímá TCP spojení (spojení je navázáno).
3. Klient posílá HTTP zprávu s žádostí o webový objekt.
4. Server posílá HTTP zprávu s webovým objektem.
5. Klient přijímá HTTP zprávu s webovým objektem.
6. Server uzavírá spojení.

Navazování spojení (TCP handshaking) řeší transportní vrstva, při navazování zpravidla dojde k výměně několika zpráv.

TCP protokol je potvrzovaný, server uzavírá spojení, až když klient potvrdí příjem zprávy. Potvrzení opět řeší transportní vrstva.

HTTP 1.1

Přístup uzavírání spojení je neefektivní, neboť HTML stránky typicky obsahují více webových objektů, jakými jsou například obrázky, tím se zvyšuje zpoždění získání kompletního obsahu stránky.
Řešení HTTP 1.1:

- TCP spojení je udržováno a využíváno pro poslání více webových objektů.
- Klient posílá více žádostí najednou, tzv. řetězení dotazů (pipelining).
  Klient před odesláním dalšího dotazu nemusí čekat na odpověď.
- Důsledkem je snížení počtu přenášených zpráv.

HTTP příklad

```
1  ui112$ telnet lynx1 80
2  Trying 147.32.85.85...
3  Connected to lynx1.felk.cvut.cz.
4  Escape character is '^]'.
5  GET /pte/plan.html HTTP/1.0
6
7  HTTP/1.1 200 OK
8  Date: Sun, 26 Nov 2006 12:26:31 GMT
9  Server: Apache/2.0.58 (FreeBSD) DAV/2 PHP/5.1.4 SVN/1.3.1
       mod_ssl/2.0.58 OpenSSL/0.9.7e-p1
10 Last-Modified: Wed, 22 Nov 2006 14:12:49 GMT
11 ETag: "1cfe0-d8f-8bb3ba40"
12 Accept-Ranges: bytes
13 Content-Length: 3471
14 Connection: close
15 Content-Type: text/html
16
17
18 <html lang="cs" dir="LTR">
19 <head>
20 <meta http-equiv="Content-type" CONTENT="text/html;
       charset=iso-8859-2">
```


Soket

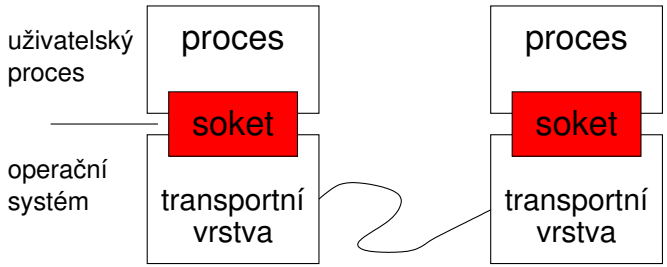
Soket je objekt, který propojuje aplikaci s nějakým „síťovým" protokolem.

- 1981 BSD4.1 Unix.
- Soket je softwarová komponenta.
- Soket je obecný objekt komunikace mezi dvěma procesy.

  Není omezen pouze na TCP/IP.
- Soket API konvertuje obecnou aplikační vrstvu na specifický protokol transportní vrstvy.
- Soket API definuje operace nad soketem (primitiva).
- Soket reprezentuje koncový bod komunikace.

Soket - aplikace a OS

Síťové rozhraní patří mezi sdílené prostředky, proto přístup k němu řídí OS.



Vytvoření soketu

Příklad vytvoření soketu

Volání vrací deskriptor na objekt soketu.

```
int socket(int domain, int type, int protocol)
```

Součástí definice soketu je:

- doména (domain) - komunikace, například lokální, inet, isdn, link, route. Specifikuje rodinu použitelných protokolů.
- typ (type) - specifikuje sémantiku komunikace, např. proud (stream), datagram, raw.
- protokol - specifikace protokolu, typicky je však vybrán podle domény a typu (0).

Soket a TCP/IP

- Dva základní transportní protokoly TCP a UDP.
- Plná specifikace soketu (ve spojení):
  - protokol,
  - lokální adresa,
  - vzdálená adresa (může být na témže hostu).
- Adresa se skládá z IP adresy a čísla portu.

Příklad obsahu Soket deskriptoru

```
Family:        PF_INET
Service:       SOCK_STREAM
Local IP:      147.32.85.234
Remote IP:     147.321.85.85
Local Port:    55515
Remote Port:   22
```


Základní primitiva soketu

- create - vytvoření soketu.
- bind - přiřazení portu soketu na lokální adrese.
- connect - iniciace spojení na vzdálený soket.
- listen - čekání na iniciaci spojení.
- accept - přijmutí spojení.
- send - poslání zprávy.
- receive - přijmutí zprávy.
- shutdown - uzavření spojení.
- close - uvolnění soketu.

Z pohledu vlastní komunikace jsou nejdůležitější primitiva send a receive.
Ostatní souvisí s navazováním a ukončováním spojení.

Soket a klient/server

TCP protokol vyžaduje model komunikace klient/server.

1. Server očekává žádost o spojení.
2. Klient navazuje spojení se serverem.
3. Po navázání spojení probíhá komunikace.
4. Uzavření komunikace.

Soket serveru čekající na žádost o spojení není aktivní (neprobíhá komunikace). Říkáme, že je v pasivním režimu.
Soket je

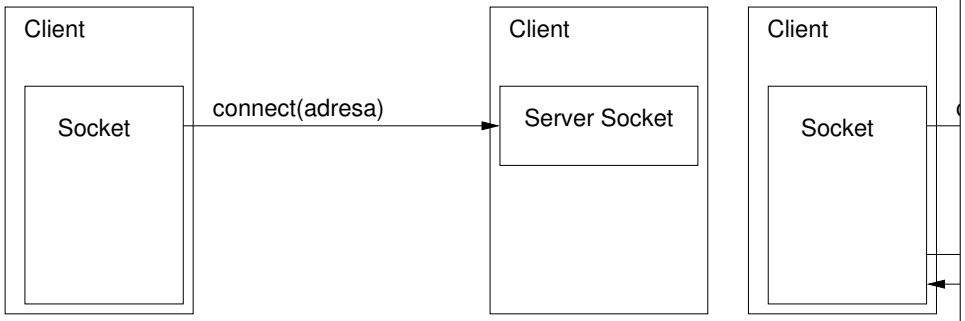
- aktivní - slouží k inicializaci spojení a komunikaci.
- pasivní - čeká na příchozí spojení.

Nepřipojený soket konvertujeme na pasivní soket primitivem `listen`. Alternativně používáme tzv. *Serverový soket*.

Accept - přijmutí spojení

Primitivum `accept` způsobí:

1. čekání na příchozí žádost o spojení,
2. příjem spojení, vrací nový soket deskriptor.



Bind - nastavení adresy

Přiřadí soketu lokální adresu (IP, port).

- Nastavení IP adresy je užitečné v případě více síťových rozhraní.
  - TCP Server přijímá spojení pouze z nastavené síťové adresy (sítě).
  - TCP Client posílá datagramy přes nastavené síťové rozhraní.
- Server nastavuje port na „standardní" hodnotu (80 http, 22 ssh. ...), tak aby se klient mohl připojit.
- TCP klient nemusí nastavovat port.
- V případě, že není adresa ani port specifikován vybere OS volnou hodnotu.

Čísla portů

BSD rozdělení:

- 1-1023 - BSD rezervované,
- 1024-5000 - BSD dočasné porty, s krátkou dobou použití, např. spojení s webovým serverem,
- 5001-65535 - BSD servery, neprivilegované.

IANA: Internet Assigned Numbers Authority

- 0-1023 - IANA známé porty,
- 1024-49151 - IANA registrované porty,
- 49152-65535 - IANA dynamické nebo privátní porty.

TCP Příklad

Příklad server

```
servsock=sock();
bind(servsock, port);
listen(servsock);
//servsock je v pasivním režimu
sock=accept(servsock);
//spojení navázáno
msg=receive(sock);
send(sock, msg2);
close(sock);
```

Příklad klient

```
sock = sock();
add = address(
        servip, port);
connect(sock, add);
//spojení navázáno
send(sock, msg);
msg = receive(sock);
close(sock);
```


UDP soket

- UDP komunikace neobsahuje spojení mezi serverem a klientem.
- Vysílací strana explicitně stanovuje cílovou IP adresu a port.
- Přijímací strana musí získat IP adresu a port vysílací strany z přijatého datagramu.
- Vysílaná data mohou být:
  - přijata v jiném pořadí (datagramů),
  - ztracena.

Server čeká, že něco přijme od nějakého klienta.

UDP Příklad

Příklad server

```
sock=sock();
bind(sock, port);
//sock je připraven na přijmutí dat
od klienta
msg=receive(sock);
clAdd = address(msg);
//poslání dat na klientovu adresu
sendTo(sock, msg2, clAdd);
close(sock);
```

Příklad klient

```
sock = sock();
add = address(
        servip, port);
//poslání dat na adresu serveru
sendTo(sock, msg, add);
//doufám, že mne server vyslyší a
pošle odpověď
msg = receive(sock);
close(sock);
```

Server může komunikovat s více klienty prostřednictvím jediného soketu (multiplexing).

Ukládání vícebytových hodnot

Hodnoty nastavení adresy musí respektovat *network byte order*, 32 bitová IP adresa, 16 bitový port.

Příklad

Struktura `sockaddr_in` BSD implementace soketů.
Pole bytů `InetAddress` v Javě.

Pořadí ukládání bytů:

- Big-Endian - nejvýznamnější byte je uložen na nejnižší adrese *Motorola, Sparc*.
- Little-Endian - nejméně významný byte je uložen na nejnižší adrese *Intel x86*.
- Network byte order: Big-Endian.

Modely vstupně/výstupních operací (I/O)

Obsluha více klientů jediným serverovým procesem souvisí se zvoleným I/O modelem.

- Blokovaný/neblokovaný přístup k I/O datům.
- Model obsluhy více vstupně/výstupních událostí synchronní I/O multiplexing.
- Asynchronní (signálový) I/O model.

Modely nejsou limitovány pro síťové programování jsou to obecné přístupy, které lze použít při řešení aplikace realizující vstupně výstupní operace.

Blokované I/O operace

Proces je blokován dokud není I/O operace dokončena nebo nenastane neočekávaná událost.

- Voláním `receive` je předáno řízení procesu jádru operačního systému.
- Proces není rozvrhován.
- Návrat z volání je proveden pokud
  - operace byla dokončena,
  - nastala neočekávaná událost, např. rozpad TCP spojení.

Soket v základním nastavení pracuje v blokovaném režimu.

Neblokované I/O operace

- Okamžitý návrat z volání I/O operace.
- V případě, že není možné operaci vykonat, končí volání chybou.
- Proces může opakovaně volat `receive` dokud není zpráva přijata.
- Jedná se o aktivní čekání, tzv. *polling*.

Pro extrémně zatížené servery s mnoha I/O operacemi, může polling zvýšit propustnost. Zpravidla pokud je CPU maximálně zatížen zpracování I/O operací.

Časované blokované I/O operace

- Kombinace blokované a neblokované operace.
- Návrat z volání je proveden pokud
  - operace byla dokončena,
  - nastala neočekávaná událost, např. rozpad TCP spojení,
  - vypršel časový limit na dokončení operace.
- Konkrétní rozhraní (implementace) mohou být různé a různě efektivní.
  - The Portable Operating Systems Interface (POSIX), Single UNIX Specification,
  - Windows,
  - kqueue, epoll, /dev/poll - libevent, libev.
  - Java - java.nio.channels.

I/O multiplexing

Synchronní multiplexing pracuje s množinou soketů (I/O deskriptorů). Jádro uvědomuje proces, že jedna nebo více I/O podmínek je splněna.

- `select` - systémové volaní prověřující, který ze zadaných I/O deskriptorů je připraven pro čtení, zápis nebo vyžaduje ošetření výjimečného stavu.
- `poll` - systémové volání prověřující, který z I/O deskriptorů je připraven pro I/O operaci.

Obě volání pozastavují vykonávání procesu do doby splnění I/O podmínek, výskytu chyby nebo uplynutí stanoveného časového limitu.

Asynchronní I/O

Jádro OS uvědomuje proces o událostech na I/O kanálu.
Uvědomění je realizováno generování signálu `SIGIO`.

1. Soket nastavíme na signálově-řízené I/O (volání `fcntl` nebo `ioctl`).
2. Nastavíme ovladač signálu.
3. Pokud není datagram připraven voláním `receive` proces pokračuje v činnosti.
4. Jádro generuje signál *SIGIO* v okamžiku, kdy je datagram připraven.

Některé systémy rozlišují:

- *Generování signálu v okamžiku, kdy může být I/O operace zahájena, např. čtení ze soketu.*
- *Generování signálu pokud je I/O operace dokončena.*

Asynchronní I/O je možné také řešit registrací takzvaných call-back funkcí (příklad viz SAX parsování).

I/O operace a paralelní programování

Modely I/O operací lze vhodně doplnit mechanismy paralelního programování.

Příklad kombinace paralelního programování

- Multiplexing více klientských spojení na straně serveru lze řešit vytvořením více procesů nebo vláken.
- Místo aktivního čekání nebo asynchronních I/O operací je výhodné použít více vláken, které zpravidla vede na efektivnější využití CPU a je přehlednější než asynchronní zpracování.

Síťování a paralelismus (vlákna)

Doporučení pro běžné aplikace, pokud to programové prostředí dovoluje.

- *TCP server realizuje obsluhu klienta samostatným vláknem, Boss/-Worker model.*
- *UDP server komunikující prostřednictvím jediného soketu je výhodné realizovat multiplexem I/O operací.*
- *Klient, u kterého je soket jedním z mnoha generátorů událostí, realizujeme více vláknově.*
- *Asynchronní model I/O operací je typický v embedded aplikacích.*
  - *Nárůst výpočetních výkonu embedded procesorů vede na používání OS s podporou paralelismu (pseudoparalelismu).*
- *Aktivnímu čekání se snažíme pokud možno vyhnout.*

Čtení proudu

Proud je „nekonečná" posloupnost bytů.

- Jediné čtení zprávy z proudu, může vrátit celou zprávu nebo pouze jediný byte.
- Aplikační protokol musí definovat jak rozpoznat zprávu
- Identifikace začátku a konce zprávy je zpravidla kontextově závislá (stavová komunikace).
- TCP proud používáme jako „spolehlivého" kanálu pro přenos zpráv definované délky (např. HTTP).

Příklad

První dva byty obsahují velikost *n* zprávy v bytech. Začátek následující zprávy se nachází v proudu o *n* bytů dále.

- V případě chybné detekce nebo nepřijetí zprávy včas
  - ukončujeme spojení,
  - pokusíme se identifikovat začátek další zprávy.

SLIP - Serial Line Internet Protocol, RFC 1055.

Sokety v Javě

Lesson: All About Sockets

http://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/sockets/index.html

- UDP soket `java.net.DatagramSocket`
- TCP sokety:
  - `java.net.ServerSocket`
  - `java.net.Socket`
- Adresa
  - `String host, int port`,
  - `java.net.InetAddress`.
  - `java.net.SocketAddress`.

UDP soket

- Datová jednotky `java.net.DatagramPacket`.
  - `DatagramPacket(byte[] buf, int length)`
  - `DatagramPacket(byte[] buf, int length, InetAddress address, int port)`
  - `byte[] getData()`
- Primitiva
  - **connect**`(InetAddress address, int port)`
  - **bind**`(SocketAddress addr)`
  - **disconnect**`()`
  - **close**`()`
  - **receive**`(DatagramPacket p)`
  - **send**`(DatagramPacket p)`
    Cílová adresa je součástí datagramu.

TCP soket

- Server soket primitiva
  - **bind**`(SocketAddress endpoint)`
  - `Socket` **accept**`()`
  - **close**`()`
- Soket (klientský) primitiva
  - **connect**`(SocketAddress endpoint)`
  - **connect**`(SocketAddress endpoint, int timeout)`
  - **bind**`(SocketAddress bindpoint)`
    Jaké rozhraní a jaký port chceme použít pro spojení (null).
  - **close**`()`
  - Zápis a čtení je realizováno proudy.
    - `OutputStream getOutputStream()`
    - `InputStream getInputStream()`

Ošetření výjimečných stavů

Mechanismem výjimek `java.net.SocketException`, resp. `java.io.IOException`.

- `BindException`
- `ConnectException`
- `NoRouteToHostException`
- `ProtocolException`
- `SocketException`
- `SocketTimeoutException`
- `UnknownHostException`

Popis činnosti

- Jednoduchý *telnet* server s dvěma příkazy.
  - `time` pošle aktuální čas serveru.
  - `bye` ukončení spojení.
- Textově orientované spojení.
- Po navázání spojení (TCP) musí klient poslat uživatelské jméno a heslo.

Definice protokolu

1. Po navázání spojení server posílá výzvu 'Username:'.
2. Klient odpovídá posláním uživatelského jména zakončeného znakem '\n'.
3. Server posílá výzvu 'Password:'.
4. Klient odpovídá posláním hesla zakončeného znakem '\n'.
5. Server odpovídá zprávou 'Welcome\n'.
6. Klient může posílat serveru příkazy v libovolném pořadí.

Definice protokolu - příkazy

- Příkaz se skládá ze jména příkazu a znaku konce řádky '\n'.
- Server odpovídá textovou zprávou závislou na příkazu, ukončenou '\n'.
- Příkazy:
  - Žádost o zaslání aktuálního času.
    1. Klient: 'time\n'.
    2. Server: posílá aktuální čas ve formátu 'time is: E M d hh:mm:ss zzz yyyy\'.
  - Ukončení spojení.
    1. Klient: 'bye\n'.
    2. Server: posílá konec proudu a zavírá soket.

Implementace

Implementaci rozdělíme na třídy:

- `ParseMessage` - realizuje čtení a zápis textové zprávy z/do proudu.
  - Obsah textové zprávy může začínat a nebo končit zadanou sekvencí znaků.
- `Server` - otevírá serverový soket na zadaném portu, po přijetí klienta vytváří ovladač klientského spojení.
- `ClienHandler` - realizuje obsluhu klientského spojení v samostatném vlákně.
- `Client` - testovací klient, který se připojí k serveru na zadané adrese a portu.

  Pošle uživatelské jméno, heslo a žádost o aktuální čas, který vypíše na obrazovku (pouze časový údaj) a skončí. Vše proběhne bez interakce uživatele.

ParseMessage

```
1  class ParseMessage {
2    void write(String msg) throws IOException {
3      out.write(msg.getBytes());
4    }
5    String read(String startStr, String endStr) throws
       IOException {
6      byte[] start = startStr.getBytes();
7      byte[] end = endStr.getBytes();
8      int sI = 0; int eI = 0; byte r;int count = 0;
9      while((sI < start.length)
10         && ((r = (byte)in.read()) != -1)) {
11       sI = (r == start[sI]) ? sI+1 : 0;
12     }
13     while ((eI < end.length) && (count < BUFFSIZE)
14         && ((r = (byte)in.read()) != -1)) {
15       buffer[count++] = r;
16       eI = (r == end[eI]) ? eI+1 : 0;
17     }
18     return new String(buffer, 0,
19         count > end.length ? count-end.length : 0);
20   }
21 }
```

ClientHandler 1/3

```
1  class ClientHandler extends ParseMessage implements
       Runnable {
2    static final int UNKNOWN = -1;
3    static final int TIME = 0;
4    static final int BYE = 1;
5    static final int NUMBER = 2;
6    static final String[] STRCMD = {"time", "bye"};
7
8    static int parseCmd(String str) {
9      int ret = UNKNOWN;
10     for (int i = 0; i < NUMBER; i++) {
11       if (str.compareTo(STRCMD[i]) == 0) {
12         ret = i;
13         break;
14       }
15     }
16     return ret;
17   }
18
19   Socket sock; //klientský soket
20   int id; //číslo klientu
```


ClientHandler 2/3

```
1  ClientHandler(Socket iSocket, int iID) throws IOException
       {
2    sock = iSocket;
3    id = iID;
4    out = sock.getOutputStream();
5    in = sock.getInputStream();
6  }
7  public void start() { new Thread(this).start(); }
8  void log(String str) {System.out.println(str)};
9
10 public void run() {
11   String cID = "client["+id+"] ";
12   try {
13     log(cID + "Accepted");
14     write("Login:");
15     log(cID + "Username:" + read("", "\n"));
16     write("Password:");
17     log(cID + "Password:" + read("", "\n"));
18     write("Welcome\n");
```


ClientHandler 3/3

```
1  ... //run pokračování
2  boolean quit = false;
3  while (!quit) {
4   switch(parseCmd(read("", "\n"))) {
5    case TIME:
6      write("time is:"+ new Date().toString() + "\n");
7      break;
8    case BYE:
9      log(cID + "Client sends bye");
10     quit = true;
11     break;
12   default:
13     log(cID + "Unknown message, disconnect");
14     quit = true;
15     break;
16  } }
17 sock.shutdownOutput(); sock.close();
18 } catch (Exception e) {
19   log(cID + "Exception:" + e.getMessage());
20   e.printStackTrace();
21 } } }
```


Server

```
1  public class Server {
2    public Server(int port) throws IOException {
3      int i = 0;
4      ServerSocket servsock = new ServerSocket(port);
5      while (true) {
6        try {
7          new ClientHandler(servsock.accept(), i++);
8        } catch (IOException e) {
9          System.out.println("IO error in new client");
10       } }
11   } // Server()
12
13   public static void main(String[] args) {
14     try {
15       new Server(args.length > 0 ?
16           Integer.parseInt(args[0]) : 9000);
17     } catch (Exception e) {
18       e.printStackTrace();
19     }
20   }
21 }
```

Client 1/2

```
1  public class Client extends ParseMessage {
2    Socket sock;
3    public static void main(String[] args) {
4      Client c = new Client(
5          args.length > 0 ? args[0] : "localhost",
6          args.length > 1 ? Integer.parseInt(args[1]) : 9000
7          );
8    }
9
10   Client(String host, int port) {
11     try {
12       sock = new Socket();
13       sock.connect(new InetSocketAddress(host, port));
14       out = sock.getOutputStream();
15       in = sock.getInputStream();
```


Client 2/2

```
1  //Client konstruktor pokračování
2  write("user\n");
3  read("", "Password:");
4  System.out.println("Password prompt readed");
5  write("heslo\n");
6  read("", "Welcome\n");
7  write("time\n");
8  out.flush();
9  System.out.println("Time on server is " + read("time is:",
       "\n"));
10 write("bye\n");
11 sock.shutdownOutput();
12 sock.close();
13 System.out.println("Communication END");
14 } catch (Exception e) {
15    System.out.println("Exception:" + e.getMessage());
16 }
17 } }
```


Ukázka činnosti

Příklad Telnet

```
1  oredre$ java Telnet
2  Login:telnet
3  Password:tel
4  Welcome
5  time
6  time is:Tue Nov 28 09:56:49
       CET 2006
7  time
8  time is:Tue Nov 28 09:56:50
       CET 2006
9  bye
```

Příklad Server

```
1  oredre$ java Server
2  client[0] Accepted
3  client[0] Username:telnet
4  client[1] Accepted
5  client[1] Username:user
6  client[1] Password:heslo
7  client[1] Client sends bye
8  client[0] Password:tel
9  client[0] Client sends bye
```

Příklad Klient

```
1  oredre$ java Client
2  Password prompt readed
3  Time on server is Tue Nov 28 09:56:40 CET 2006
4  Communication END
```