Programarea in retea (II)

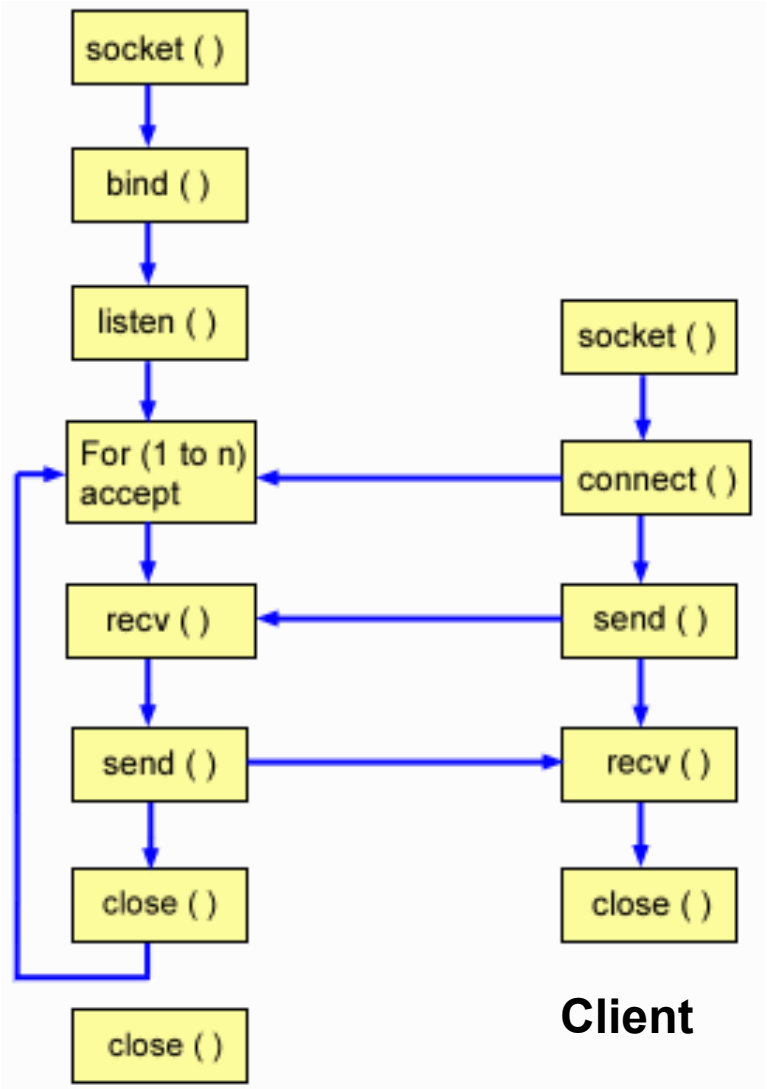
Lenuta Alboaie

adria@info.uaic.ro

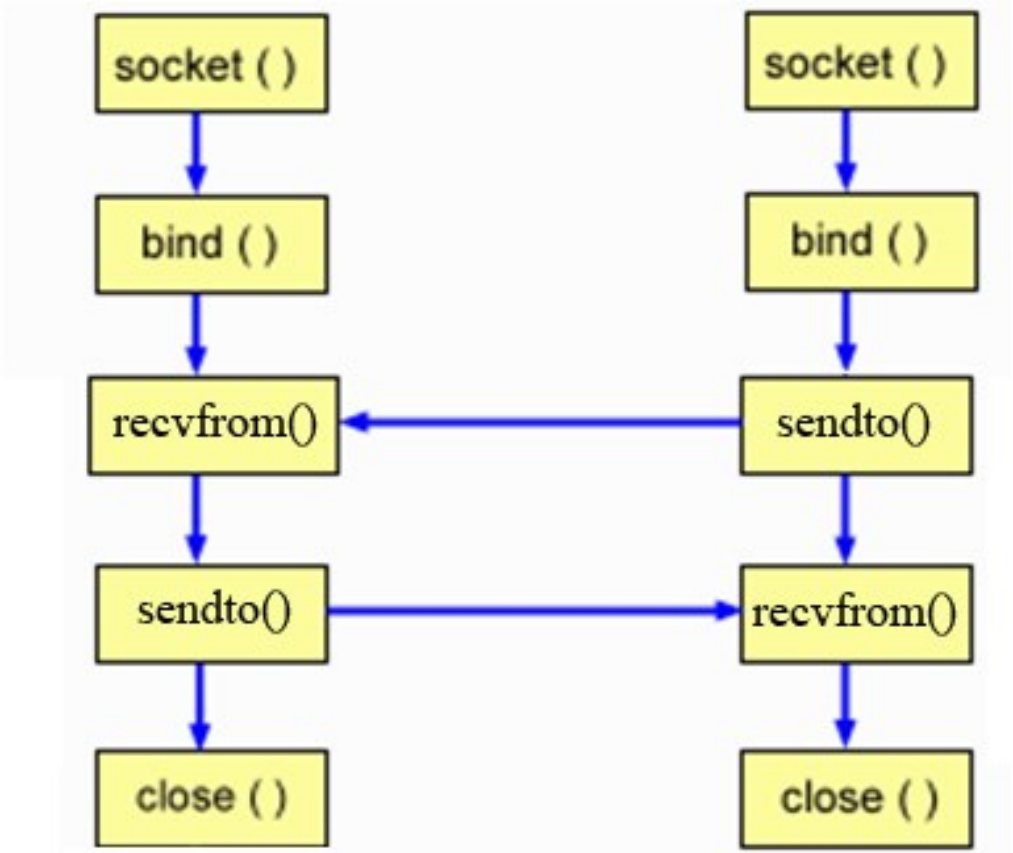
Cuprins

- … sa ne amintim: client/server TCP iterativ - primitive
- Modelul client/server UDP
- Primitive I/O
- Aspecte de programare avansata Internet
- API-ului *socket* – discutii si critici

Model server/client TCP



Client/Server UDP



Client/Server UDP

- Pentru **socket()** se va folosi **SOCK_DGRAM**
- Apelurile listen(), accept(), connect() nu vor mai fi utilizate in mod uzual
- Pentru scriere de datagrame se pot folosi **sendto()** sau **send()** (mai general)
- Pentru citire de datagrame se pot folosi **recvfrom()** sau **recv()**
- Nimeni nu garanteaza ca datele expediate au ajuns la destinatar sau nu sunt duplicate

Client/Server UDP

- Socket-urile UDP pot fi “conectate”: clientul poate folosi connect() pentru a specifica adresa (IP, port) a punctului terminal (serverul) – **pseudo-conexiuni**:
  - Utilitate: trimiterea mai multor datagrame la acelasi server, fara a mai specifica adresa serverului pentru fiecare datagrama in parte
  - Pentru UDP, connect() va retine doar informatiile despre punctul terminal, fara a se initia nici un schimb de date
  - Desi connect() raporteaza succes, nu inseamna ca adresa punctului terminal e valida sau serverul este disponibil

Client/Server UDP

- Pseudo-conexiuni UDP
  - Se poate utiliza shutdown() pentru a opri directionat transmiterea de date, dar nu se va trimite nici un mesaj partenerului de conversatie
  - Primitiva close() poate fi apelata si pentru a elimina o pseudo-conexiune

Alte primitive| I/O

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int send (int sockfd, char *buff, int nbytes, int  flags);
int recv (int sockfd, char *buff, int nbytes, int flags);
```

- Pot fi folosite in cadrul comunicatiilor orientate conexiune sau pentru pseudo-conexiuni

  Apelurile send() si recv() presupun că sunt cunoscute toate elementele unei asocieri, adică a fost efectuat în prealabil un apel connect()
- Primele 3 argumente sunt similare cu cele de la write(), respectiv read()
- Argumentul a patrulea este de regulă 0, dar poate avea si alte valori care precizează condiții de efectuare a apelului
- Cele 2 apeluri returnează la execuție normală lungimea transferului în octeți

Alte primitive| I/O

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int sendto ( int sockfd, char *buff, int nbytes, int flags,
                struct sockaddr *to, int addrlen);
int recvfrom (int sockfd, char *buff, int nbytes, int flags,
                struct sockaddr *from, int *addrlen);
```

- Sunt folosite pentru comunicatii neorientate conexiune
- La sendto() si recvfrom() elementele pentru identificarea nodului la distanță se specifică în apel, prin ultimele 2 argumente
- Cele 2 apeluri returnează la execuție normală lungimea transferului în octeți

Alte primitive| I/O

```
#include <sys/uio.h>
ssize_t readv (int fd, const struct iovec *iov, int iovcnt);
ssize_t writev (int fd, const struct iovec *iov, int iovcnt);
```

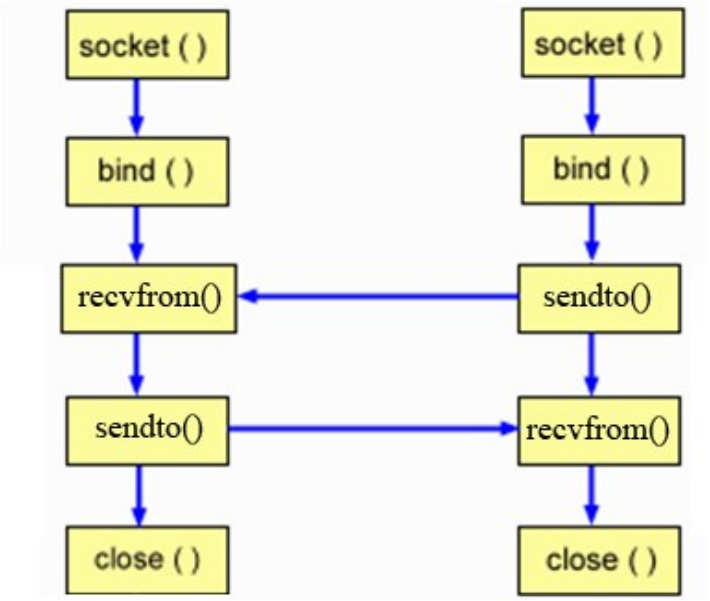
– Mai generale decit read()/write(), ofera posibilitatea de a lucra cu date aflate in zone necontigue de memorie

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
ssize_t  recvmsg (int s, struct msghdr *msg, int flags);
ssize_t  sendmsg (int s, const struct msghdr *msg, int flags);
```

– Receptioneaza/transmite mesaje extragindu-le din structura *msghdr*

DEMO

Exemplu de server/client UDP



Server UDP Client UDP

Alte primitive|informatii

- **getpeername()** – returneaza informatii despre celalalt capat al conexiunii

```
#include <sys/socket.h>
int getpeername (int sockfd, struct sockaddr *addr,
                 socklen_t *addrlen);
```

- **getsockname()** – returneaza informatii asupra socketului(local) specificat –> (adresa la care este atasat)

```
#include <sys/socket.h>
#include <sys/types.h>
int getsockname( int sockfd, struct sockaddr * addr,
                 socklen_t * addrlen);
```

Programare retea avansata

- Optiuni atasate socket-urilor
  - **getsockopt()** si **setsockopt()**
- Multiplexare I/O

Primitive|optiuni

- Optiuni atasate *socke*t-urilor
  - Atribute utilizate pentru consultarea sau modificarea unui comportament, general ori specific unui protocol, pentru unele (tipuri de) *socke*t-uri
  - Tipuri de valori:
    - Booleene (*flag*-uri)
    - Mai “complexe”:

      int, timeval, in_addr, sock_addr, etc

Primitive|optiuni

- **getsockopt()** – consultarea optiunilor

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int getsockopt (int sockfd, int level, int optname, void *optval,
                socklen_t *optlen);
```

Numele, valoarea si lungimea optiunii

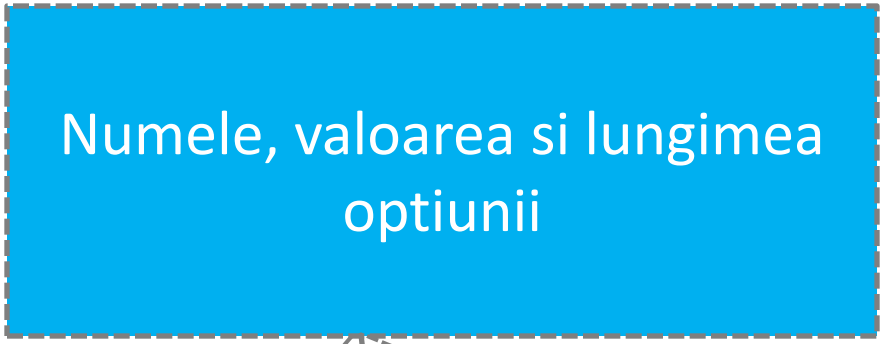
***Level* -** indica daca optiunea este generala sau specifica unui protocol

Exemplu:

```
len = sizeof (optval);
getsockopt (sockfd, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR, &optval, &len);
```

Primitive|optiuni

- **setsockopt()** – setarea optiunilor




```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int setsockopt (int sockfd, int level, int optname, void *optval,
                socklen_t *optlen);
```

Returneaza:

- 0 = succes
- -1 = eroare: EBADF, ENOTSOCK, ENOPROTOOPT,...

Primitive|optiuni

Optiuni generale

- Independente de protocol
- Unele suportate doar de anumite tipuri de socketuri (SOCK_DGRAM, SOCK_STREAM)
  - **SO_BROADCAST**
  - **SO_ERROR**
  - **SO_KEEPALIVE**
  - **SO_LINGER**
  - **SO_RCVBUF, SO_SNDBUF**
  - **SO_REUSEADDR**
  - **SO_OOBINLINE**
  - …

[http://www.beej.us/guide/bgnet/output/html/multipage/setsockoptman.html]

Primitive|optiuni

- **SO_BROADCAST** (boolean)
  - Activeaza/dezactiveaza trimiterea de date in regim broadcast
  - Utilizata doar pentru SOCK_DGRAM
  - Previne anumite aplicatii sa nu trimita in mod neadecvat *broadcast*-uri

- **SO_ERROR** (int)
  - Indica eroarea survenita (similara lui errno)
  - Poate fi folosita cu primitiva getsockopt()

- **SO_KEEPALIVE** (boolean)
  - Folosita pentru SOCK_STREAM
  - Se va trimite o informatie de proba celuilalt punct terminal daca nu s-a realizat schimb de date timp indelungat
  - Utilizata de TCP (e.g., telnet): permite proceselor sa determine daca procesul/gazda cealalta a picat

Primitive|optiuni

- **SO_LINGER** (struct linger)
  - Controleaza daca si dupa cit timp un apel de inchidere a conexiunii va astepta confirmari(ACK-uri) de la punctul terminal
  - Folosita doar pentru socket-uri orientate-conexiune pentru a ne asigura ca un apel close() nu va returna imediat
  - Valorile vor fi de tipul:

```
struct linger {
   int l_onoff;      /* interpretat ca boolean */
   int l_linger;     /* timpul in secunde*/
}
```

  - **l_onoff = 0:** *close*() returneaza imediat, dar datele netrimise sunt transmise
  - **l_onoff !=0** si **l_linger=0:** *close*() returneaza imediat si datele netrimise sunt sterse
  - **l_onoff!=0** si **l_linger !=0:** *close*() nu returneaza pina cind datele netrimise sunt transmise (sau conexiunea este inchisa de sistemul remote)

Primitive|optiuni

- **SO_LINGER – Exemplu**

```
int result;
struct linger lin;
lin.l_onoff=1 ;  /*0 -> l_linger este ignorata */
lin.l_linger=1; /* 0 = pierderea datelor; nonzero= asteptare pina
                   se trimit datele */
result= setsockopt( sockfd,
                    SOL_SOCKET,
                    SO_LINGER,
                    &lin, sizeof(lin));
```

Primitive|optiuni

- **SO_RCVBUF/SO_SNDBUF** (int)
  - Modifica dimensiunile *buffer*-elor de receptionare sau de trimitere a datelor
  - Utilizate pentru SOCK_DGRAM si SOCK_STREAM

- **Exemplu**:

  int result; int buffsize = 10000;

  result= **setsockopt** (s, SOL_SOCKET, SO_SNDBUF, &buffsize, sizeof(buffsize));

Primitive|optiuni

- **SO_REUSEADDR** – (boolean)
  - Permite atasarea la o adresa(port) deja in uz
    - nu incalca regula de asociere unica realizata de bind
  - Folosita pentru ca un *socket pasiv* sa poata folosi un port deja utilizat de alte procese

Stare 1

```
Active connections (including   servers)
Proto Recv-Q Send-Q  Local Address Foreign Address (state)
tcp        0      0    *.2000       *.*             LISTEN
```

Stare 2

```
Proto Recv-Q Send-Q  Local Address Foreign Address (state)
tcp 0 0 192.6.250.100.2000 192.6.250.101.4000 ESTABLISHED
tcp 0 0 *.2000 *.* LISTEN
```

- Daca *daemon*-ul care asculta la portul 2000 este *killed*, incercarea de restart a *daemon*-ului va esua daca SO_REUSEADDR nu este setat

Exemplu

```
int optval = 1;
setsockopt (sockfd, SOL_SOCKET, SO_REUSEADDR, &optval, sizeof(optval));
bind (sockfd, &sin, sizeof(sin) );
```

Primitive|optiuni

Optiuni specifice protocolului IP

- **IP_TOS** permite setarea cimpului “Type Of Service” (e.g., ICMP) din antetul IP
- **IP_TTL** permite setarea cimpului “Time To Live” din antetul IP

Exista si optiuni pentru IPv6.(RFC 2460,2462)

-**IPV6_V6ONLY, …**

Primitive|optiuni

Optiuni specifice protocolului TCP

- **TCP_KEEPALIVE** seteaza timpul de asteptare daca SO_KEEPALIVE este activat
- **TCP_MAXSEG** stabileste lungimea maxima a unui segment (nu toate implementarile permit modificarea acestei valori de catre aplicatie)
- **TCP_NODELAY** seteaza dezactivarea algoritmului Nagle (reducerea numarului de pachete de dimensiuni mici intr-o retea WAN; TCP va trimite intotdeauna pachete de marime maxima, daca este posibil) – utilizata pentru generatori de pachete mici (e.g., clienti interactivi precum *telnet*)

Multiplexare I/O

- Posibilitatea de a monitoriza mai multi descriptori I/O
  - Un client TCP generic (e.g., *telnet*)
  - Un client interactiv (e.g., *ftp*, *scp*, *browser Web*,…)
  - Un server care poate manipula mai multe protocoale (TCP si UDP) simultan
  - Rezolvarea unor situatii neasteptate (i.e. caderea unui server in mijlocul comunicarii)
- Exemplu: datele citite de la intrarea standard trebuie scrise la un socket, iar datele receptionate prin retea trebuie afisate la iesirea standard

Multiplexare I/O| solutii

- Utilizarea mecanismului neblocant folosind primitivele **fnctl()** / **ioctl()**
- Utilizarea mecanismului asincron
- Folosirea **alarm()** pentru a intrerupe apelurile de sistem lente
- Utilizarea unor *procese*/*thread*-uri multiple (*multitasking*)
- Folosirea unor primitive care suporta verificarea existentei datelor de intrare de la descriptori de citire multipli: **select()** si **poll()**

Multiplexare I/O| solutii

- Utilizarea mecanismului neblocant folosind primitiva **fnctl()**
  - Se seteaza apelurile I/O ca neblocante

```
int flags;
flags = fcntl ( sd, F_GETFL, 0 );
fcntl( sd, F_SETFL, flags | O_NONBLOCK);
```

  - Daca nu sunt date disponibile un apel read() va intoarce -1 sau daca nu este suficient spatiu in *buffer* un apel write() va intoarce -1 (cu eroarea EAGAIN)

Multiplexare I/O| solutii

Utilizarea mecanismului neblocant folosind primitiva **ioctl()**

```
#include <sys/ioctl.h>
ioctl (sd, FIOSNBIO, &arg);
```

-arg este un pointer la un int
-Daca int are valoare 0, socketul este setat in mod blocant
-Daca int are valoare 1, socketul este setat in mod neblocant

Daca socketul este in mod neblocant, urmatoarele apeluri sunt afectate astfel:

- accept() – daca nu este prezenta nici o cerere, *accept*() returneaza cu eroarea EWOULDBLOCK
- connect() – daca conexiunea nu se poate stabili imediat, *connect*() returneaza cu eroarea EINPROGRESS
- recv() – daca nu exista date de primit, *recv*() returneaza -1 cu eroarea EWOULDBLOCK
- send() – daca nu exista spatiu in buffer pentru ca datele sa fie transmise, *send*() returneaza -1 cu eroarea EWOULDBLOCK

Multiplexare I/O| solutii

Trimiterea si receptarea datelor in mod asincron

- **Problema**: In conditiile in care *socket*-urile sunt create implicit in mod blocant (I/O), cum s-ar putea instiinta procesul atunci cind se intimpla “ceva” la un socket?
- **Socket**-urile **asincrone** permit trimiterea unui semnal (SIGIO) procesului
- Socket-urile asincrone permit utilizatorului separarea “*procesarilor socket*” de alte procesari
- Generarea semnalului SIGIO este dependenta de protocol

Multiplexare I/O| solutii

Trimiterea si receptarea datelor in mod asincron

- Pentru TCP semnalul SIGIO poate aparea cind:
  - Conexiunea a fost complet stabilita
  - O cerere de deconectare a fost initiata
  - Cererea de deconectare a fost realizata complet
  - *shutdown()* pentru o directie a comunicatiei
  - Au aparut date de la celalalt punct terminal
  - Datele au fost trimise
  - Eroare

Multiplexare I/O| solutii

Trimiterea si receptarea datelor in mod asincron

- Pentru UDP semnalul SIGIO apare cind:
  - Se receptioneaza o datagrama
  - Apare o eroare
- Putem permite proceselor sa realizeze alte activitati si sa monitorizeze transferurile UDP

Multiplexare I/O| solutii

Trimiterea si receptarea datelor in mod asincron

- **Implementarea**
  - *Socket*-ul trebuie setat ca fiind asincron

```
#include <sys/unistd.h>
#include <sys/fcntl.h>
int fcntl (int s, int cmd, long arg)
```

Exemplu:

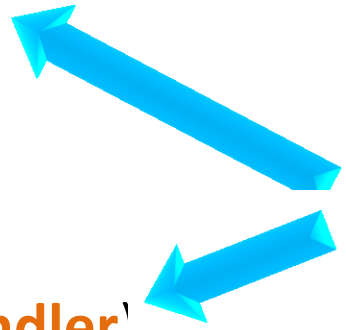
```
int sd = socket(PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
fcntl (sd, F_SETFL, O_ASYNC);  /* setarea asincrona  I/O */
```

Multiplexare I/O| solutii

- Utilizarea alarmelor

```
while(…){
    signal (SIGALRM, alarmHandler);
    alarm (MAX_TIME);
    read (0,…);

    signal (SIGALRM, alarmHandler);
    alarm (MAX_TIME);
    read (tcpsock,…);...
}
```



Functie scrisa de programator

Multitasking

Servere concurente – per-client process

Servere concurente pre-forked

- Se creeaza un numar de procese copil imediat la initializare, fiecare proces liber interactionind cu un anumit client

Servere concurente pre-threaded

- Ca mai sus, dar se folosesc *thread*-uri (fire de executie) in locul proceselor (vezi POSIX *threads* –pthread.h)
- Exemplu: serverul Apache

Probleme:

- Numarul de clienti mai mare decit numarul de *procese/thread*-uri
- Numarul de *procese/thread*-uri prea mare fata de numarul de clienti
- *OS overhead*

..... (curs viitor)

Multiplexare I/O| solutii

Probleme care apar:

- Folosind apeluri **neblocante**, se utilizeaza intens procesorul
- Pentru **alarm(),** care este valoarea optima a constantei **MAX_TIME?**

Multiplexarea I/O|select()

- Permite utilizarea apelurilor blocante pentru un set de descriptori (fisiere, pipe-uri, socket-uri,…)
- Suspenda programul pana cand descriptori din liste sunt pregatiti de operatii de I/O

```
#include <sys/time.h>
#include <sys/types.h>
#include <unistd.h>
  int select (int nfds,
              fd_set *readfds,
              fd_set *writefds,
              fd_set *exceptfds,
              struct timeval *timeout);
```

Valoarea maxima a descript. plus 1

Multimea descriptorilor de citire, scriere, exceptie

Timpul de asteptare

Multiplexarea I/O|select()

Manipularea elementelor multimii de descriptori (tipul **fd_set**) se realizeaza folosindu-se macrourile:

FD_ZERO (fd_set *set);	Sterge multimea de descriptori din set.
FD_SET (int fd, fd_set *set);	Adauga descriptorul fd in multimea set.
FD_CLR (int fd, fd_set *set);	Sterge descriptorul fd din multimea set.
FD_ISSET(int fd, fd_set *set);	Testeaza daca descriptorul fd apartine sau nu multimii set.

Multiplexarea I/O|select()

Pentru timpul de asteptare se foloseste structura definita in **sys/time.h:**

```
struct  timeval {
   long  tv_sec;/* secunde*/
   long  tv_usec;/* microsecunde*/
   }
```

- Daca timeout este NULL, select() va returna imediat
- Daca timeout este !=0 specifica intervalul de timp in care select() va astepta

Multiplexarea I/O|select()

Un descriptor de socket este gata de citire daca:

- Exista octeti receptionati in *buffe*r-ul de intrare (se poate face read() care va returna >0)
- O conexiune TCP a receptionat FIN (read() returneaza 0)
- *Socket*-ul e *socket* de ascultare si nr. de conexiuni complete este nenul (se poate utiliza accept())
- A aparut o eroare la *socket* (read() returneaza –1, cu errno setat) – erorile pot filtratate via getsockopt() cu optiunea SO_ERROR

Multiplexarea I/O|select()

Un descriptor de *socket* este gata de scriere daca:

- Exista un numar de octeti disponibili in buffer-ul de scriere (write() va returna > 0)
- Conexiunea in sensul scrierii este inchisa

  (incercarea de write() va duce la generarea SIGPIPE)
- A aparut o eroare de scriere (write() returneaza –1, cu errno setat) – erorile pot fitratate via getsockopt() cu optiunea SO_ERROR

Multiplexarea I/O|select()

- Un descriptor de socket este gata de exceptie daca:
  - Exista date *out-of-band* sau *socket*-ul este marcat ca *out-of-band* (curs viitor optional☺)
  - Daca capatul *remote* a socket-ului TCP a fost inchis in timp ce date erau pe canal; urmatoarea operatie de read/write va intoarce ECONNRESET

Multiplexarea I/O|select()

select() poate returna

- Numarul descriptorilor pregatiti pentru o operatiune de citire, scriere sau exceptie
- Valoarea 0 – timpul s-a scurs, nici un descriptor nu este gata
- Valoarea –1 in caz de eroare

Utilizarea lui **select()** – pasii generali:

- Declararea unei variabile de tip **fd_set**
- Initializarea multimii cu **FD_ZERO()**
- Adaugarea cu **FD_SET()** a fiecarui descriptor dorit a fi monitorizat
- Apelarea primitivei **select()**
- La intoarcerea cu succes, verificarea cu **FD_ISSET()** a descriptorilor pregatiti pentru I/O

Demo
Exemplu de utilizare a primitivei **select()**

Socket-uri BSD|utilizare

- Serviciile Internet (serviciile folosesc *socket*-urile pentru comunicarea intre *host*-uri *remote*)
  - Exemplu de aplicatii distribuite
    - World Wide Web
    - Accesul *remote* la o baza de date
    - Distribuirea de *task*-uri mai multor *host*uri
    - Jocuri on-line
    - …

Socket-uri BSD|critici

API-ul bazat pe socket-uri BSD are o serie de limitari:

- Are o complexitate ridicata, deoarece a fost proiectata sa suporte familii de protocoale multiple (dar rar folosite in practica)
- Nu este portabila (unele apeluri/tipuri au alte denumiri/reprezentari pe alte platforme; numele fisierelor - *antet.h* depind de sistem)
- Exemplu: la WinSock descriptorii de *socket* sunt pointeri, in contrast cu implementarile Unix care folosesc intregi

Rezumat

- … sa ne amintim: client/server TCP iterativ - primitive
- Modelul client/server UDP
- Primitive I/O
- Aspecte de programare avansata Internet
- API-ului *socket* – discutii si critici

Intrebari?