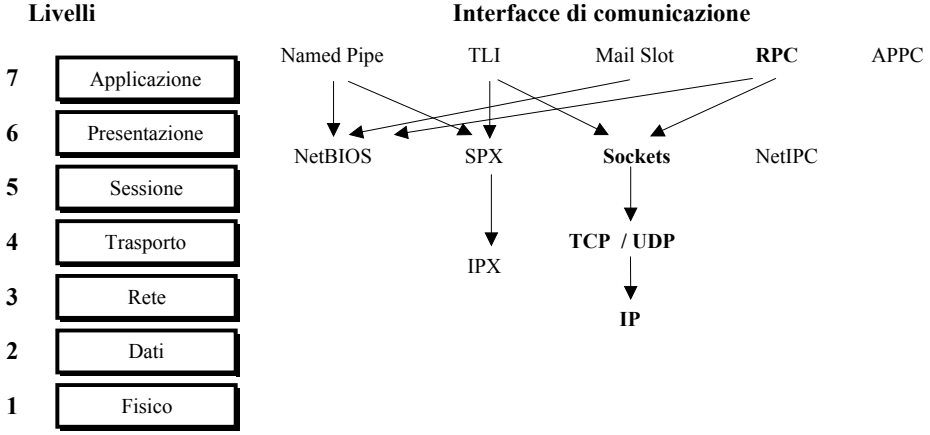
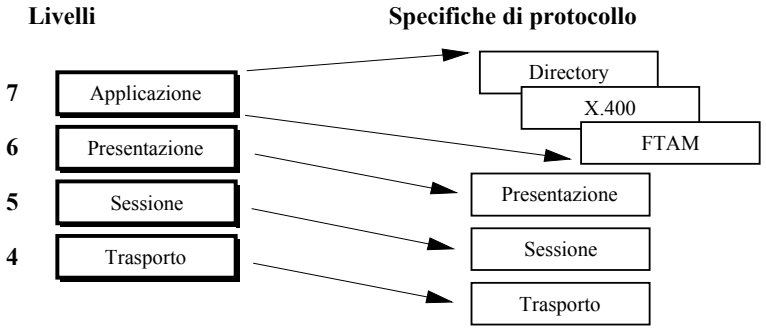
Strumenti di Comunicazione

Livelli di strumenti diversi





Necessità di definire e di diffondere Standard di comunicazione

socket come endpoint per comunicare in modo flessibile, differenziato ed efficiente

UNIX primitive comunicazione/sincronizzazione

In UNIX Berkeley

Socket meccanismo

strumenti di *comunicazioni locali o remote*

con **politiche differenziate**

Alternativa anche locale superando i problemi degli strumenti concentrati (**pipe** solo tra *processi in gerarchia)*
ben integrata con processi e trasparente

SOCKET

- processi UNIX possono **scrivere/leggere** messaggi e stream, molte opzioni

Requisiti

- ***eterogeneità***: la comunicazione fra processi su architetture diverse
- ***trasparenza***: la comunicazione fra processi deve potere avvenire indipendentemente dalla localizzazione fisica
- ***efficienza***: l'applicabilità di questi strumenti limitata dalla sola performance
- ***compatibilità***: i *naive process* (leggono dallo standard input e scrivono sullo standard output e standard error) devono potere lavorare in ambienti distribuiti senza subire alcuna modifica
- ***protocolli di comunicazione*** diversi con convenzioni differenziate

concetto di ***communication domain***
definizione di più semantiche di comunicazione
e di naming
organizzati in **DOMINI di COMUNICAZIONE**

Semantica di comunicazione include
- affidabilità di una trasmissione
- possibilità di lavorare in *multicast*

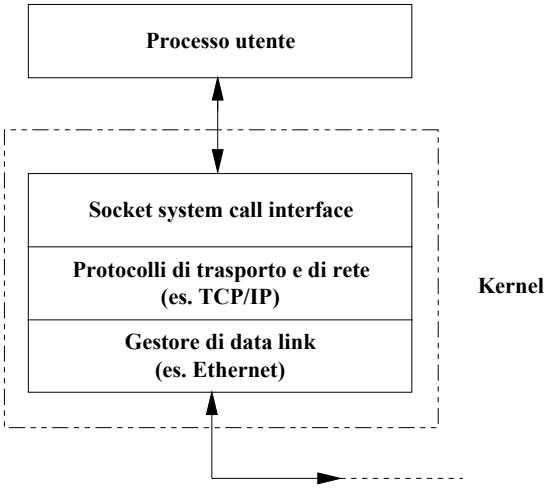
Naming è il meccanismo usato per indicare i punti terminali di una comunicazione

Si sceglie il **dominio** più appropriato mediante un'interfaccia standard

Astrazione unificante **SOCKET**
- comunicazione *in modo omogeneo*
- semantica *uniforme*
  scelta connection-oriented e connectionless
  consistente nei domini

Proprietà differenziate:
- *trasferimento di dati in modo sequenziale*
- *trasferimento dei dati senza duplicazioni*
- *trasferimento dei dati in modo affidabile*
- *mancanza di limiti alla lunghezza del messaggio*
- *invio di messaggi out-of-band*
- *comunicazione connection-oriented o connection-less*

TRASPARENZA nella COMUNICAZIONE



Le socket come **interfaccia omogenea** per i servizi

Socket terminale della comunicazione
Socket descriptor integrato con i file descriptor

USO di protocolli di trasporto diversi
anche altri protocolli, diversi da quello che si considera
uso di suite TCP/IP (sia UDP sia TCP)

Chiamata	Significato
open( )	Prepara un dispositivo o un file a operazioni di input/output
close( )	Termina l'uso di un dispositivo o un file precedentemente aperto
read( )	Ottiene i dati da un dispositivo di input o da un file, e li mette nella memoria del programma applicativo
write( )	Trasmette i dati dalla memoria applicativa a un dispositivo di output o un file
lseek( )	Muove I/O pointer ad una specifica posizione in file /dispositivo
fctl( )	Controlla le proprietà di un file descriptor e le funzioni di accesso
ioctl( )	Controlla i dispositivi o il software usato per accedervi

SOCKET

SERVIZI vari tipi di socket

datagram scambio di messaggi senza garanzie
supporto **best effort**

stream (stream virtuale)
scambio messaggi *in ordine* nei *due sensi*, *senza errori*, *non duplicati*, *out-of-band* *flusso nessun confine di messaggio*

seqpacket (XNS)

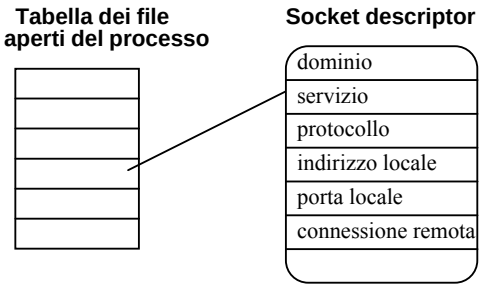
raw (Internet debug)

PROTOCOLLI

anche più **domini di comunicazione**

UNIX (AF_UNIX)
Internet (AF_INET)
XEROX (AF_NS)
CCITT (AF_CCITT) X.25

In ogni dominio ci sono **protocolli** diversi



Combinazioni possibili fra **dominio** e **tipo** con indicazione del protocollo

Tipo socket	**AF_UNIX**	**AF_INET**	**AF_NS**
Stream socket	Possibile	TCP	SPP
Datagram socket	Possibile	UDP	IDP
Raw socket	No	IP	Possibile
Seq-pack socket	No	No	SPP

Protocolli più probabili nello standard Berkeley

AF_INET	Stream	IPPROTO_TCP	TCP
AF_INET	Datagram	IPPROTO_UDP	UDP
AF_INET	Raw	IPPROTO_ICMP	ICMP
AF_INET	Raw	IPPROTO_RAW	(raw)
AF_NS	Stream	NSRPROTO_SPP	SPP
AF_NS	Seq-pack	NSRPROTO_SPP	SPP
AF_NS	Raw	NSRPROTO_ERROR	Error Protocol
AF_NS	Raw	NSRPROTO_RAW	(raw)
AF_UNIX	Datagram	IPPROTO_UDP	UDP
AF_UNIX	Stream	IPPROTO_TCP	TCP

prefisso AF ==> Address Family
simboli PF_UNIX, PF_INET, PF_NS, PF_CCITT
la sigla PF significa *Protocol Family* e coincide completamente con la address family
simboli PF_SNA, PF_DECnet e PF_APPLETALK

NAMING PER LE SOCKET

Nomi logici delle socket (VALIDI LOCALMENTE)
un indirizzo di socket dipende dal dominio
Nomi fisici da associare (end-point VALIDI GLOBALMENTE)
una socket deve essere collegata al sistema fisico ==>
è necessario il **binding**, cioè
legare la socket ad una **porta del nodo**
si realizza una entità detta ***half-association***

half-association

- dominio Internet:

{famiglia indirizzo, indirizzo Internet, numero di porta}
socket collegata ad un *numero di porta*

- dominio UNIX:

{famiglia indirizzo, path nel filesystem, file associato}

- dominio CCITT:

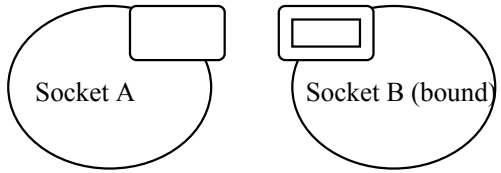
indirizzamento legato al protocollo di rete X.25

Internet
nodi ***{identificatore_rete, identificatore_host}***
numeri di porta all'interno del nodo (port number)
alcuni riservati (*well-known addresses)* per *servizi noti*
FTP è associato il port number 21
In ambito Internet tutti i port number da 1 a 1023 sono riservati al super-user del sistema.

Primitive sulle socket

creazione **socket** in ogni processo
Nome logico LOCALE

s = **socket** (dominio, tipo, protocollo)
```
 int s,          /* file descriptor associato alla socket */
     dominio,    /* UNIX, Internet, etc.  */
     tipo,       /* datagram, stream, etc. */
     protocollo; /* quale protocollo */
```



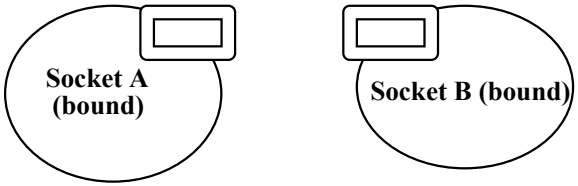
- il client ha creato la socket

- il server ha creato la socket
- il server ha collegato la socket ad un indirizzo

Client e Server in stato di pre-connessione
aggancio al sistema 'fisico': **nodi e porte GLOBALI**

rok = **bind** (s, nome, lungnome)
```
 int rok, s;
 struct  sockaddr *nome;     /* porta locale per la socket */
 int  lungnome;
```

In **Internet** a porte **fisiche** ed **host**
(quindi anche in altre macchine)
===>
Un processo possiede
socket associate a **porte fisiche**
di un nodo



- il client ha creato la socket
- il client ha collegato la socket ad un indirizzo

- il server ha creato la socket
- il server ha collegato la socket ad un indirizzo

Le **socket** con le **porte** formano **half-association**
(interne ad un solo processo)

sufficiente per scembio messaggi scambio datagrammi

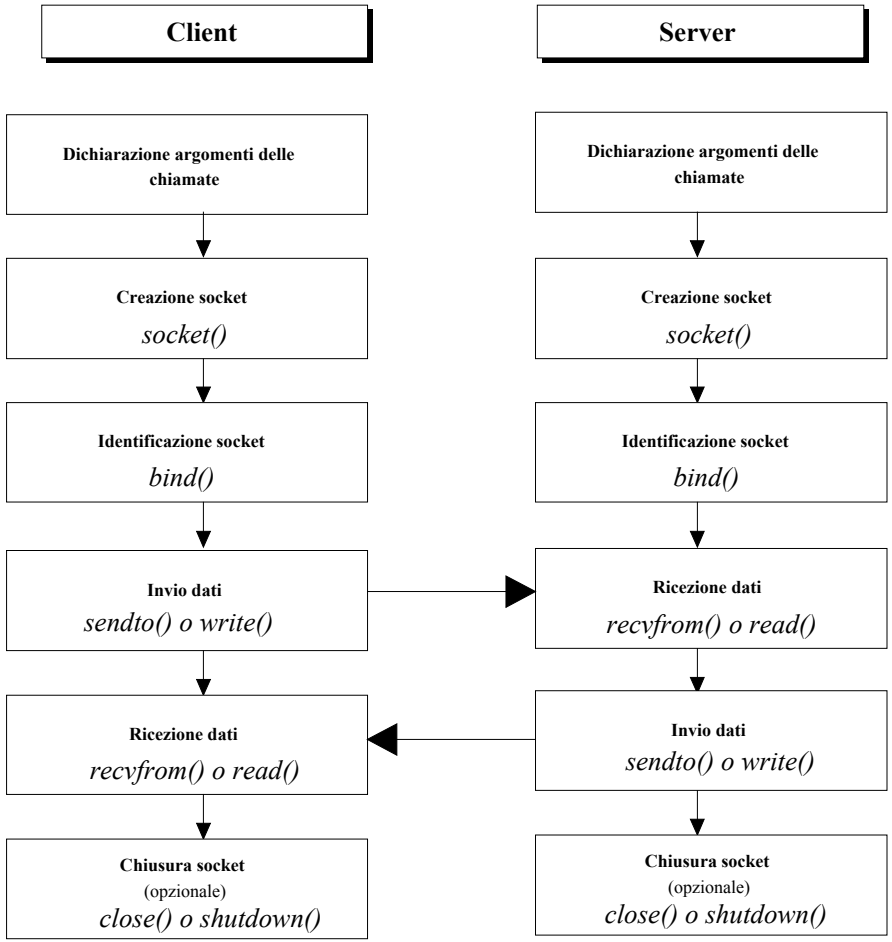
processo Client

- dichiarazione delle variabili di riferimento a socket
- conoscenza dell'*indirizzo Internet* del nodo remoto
- conoscenza della *porta* del servizio da usare

processo Server

- dichiarazione delle variabili di riferimento a socket
- conoscenza della *porta* per il servizio da offrire
- assegnazione di *wildcard address* per l'indirizzo Internet locale (*server multiporta*)

datagrammi



Creazione di una socket datagramma ed uso

```
#include <sys/types.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/socket.h>
s = socket (AF_INET,SOCK_DGRAM,0);
int s;

nbytes = sendto (s, msg, len, flags, to, tolen)
     int s, nbytes;   char *msg;
     int len, flags;
     struct sockaddr_in *to;    int tolen;

nbytes = recvfrom (s, buf, len, flags, from, fromlen)
     int s, nbytes;   char *buf;
     int len,flags;
     struct sockaddr_in *from;      int *fromlen;
```

s == *socket descriptor*
buf == *puntatore al messaggio da spedire*
len == *sua lunghezza*
flags == *flags* attualmente non sono implementati (a parte MSG_PEEK)
to/from == *puntatore all'indirizzo della socket partner*
tolen/fromlen == *sua lunghezza*
nbytes == *lunghezza del messaggio inviato/ricevuto*

Il risultato di ritorno il numero dei byte trasmessi/ricevuti

il flag MSG_PEEK non estrae dalla socket il messaggio

Datagrammi

Lunghezza massima del messaggio
(ad esempio 9K byte o 16K byte)

Uso del protocollo UDP e IP
non affidabile intrinsecamente

A livello utente si può ottenere maggiore affidabilità prevedendo una ritrasmissione dei messaggi

recvfrom ritorna solo un messaggio per volta
per prevenire situazioni di perdita di byte di un messaggio,
len più alto possibile

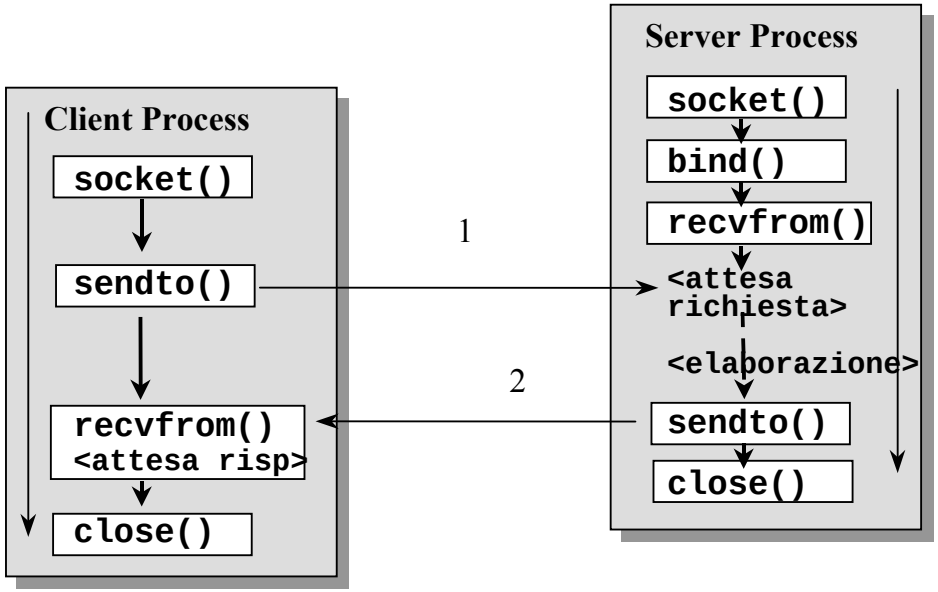
CLIENTE (MITTENTE)

```
struct sockaddr_in *servaddr;
char msg[2000];
int count;
...
count= sendto (s, msg, strlen(msg), 0, servaddr,
                    sizeof(struct sockaddr_in));
```

SERVITORE (RICEVENTE)

```
struct sockaddr_in *clientaddr;
char buffer[BUFFERSIZE];
int count;
...
addrlen=sizeof(sockaddr_in);
count= recvfrom (s, buffer, BUFFERSIZE, 0, clientaddr,
                    &addrlen);
```

Protocollo di uso



per Client e Server realizzati con socket UDP, notiamo:

- **UDP non è affidabile**
  in caso di perdita del messaggio del Client o della risposta del Server, il Client si blocca in attesa indefinita della risposta (utilizzo di timeout?)

- **Blocco del Client**
  anche nel caso di invio di una richiesta a un Server non attivo (errori nel collegamento al server notificati solo sulle socket connesse)

- **UDP non ha flow control**
  se il Server riceve troppi datagrammi per le sue capacità di elaborazione, questi vengono scartati, senza nessuna notifica ai Client

una coda per ogni socket modificabile in lunghezza con l'uso di opzione SO_RCVBUF

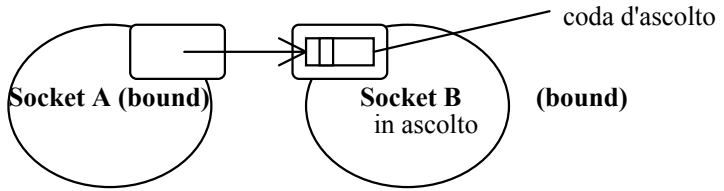
Socket con connessione STREAM socket
per stabilire una CONNESSIONE

PROTOCOLLO DI INIZIALIZZAZIONE

Sincronizzazione CLIENTE/SERVITORE

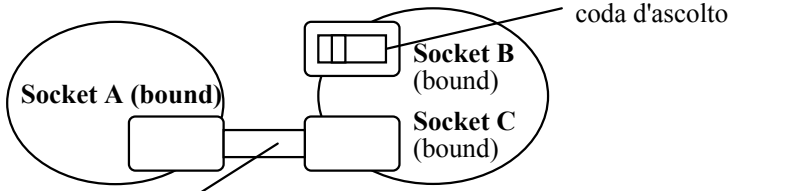
ruolo **attivo/passivo** in **relazione mutua**
- una entità (attiva) richiede la relazione di coppia
- una entità (passiva) accetta la relazione

modello **cliente/servitore**
- una entità (cliente) richiede il servizio
- una entità (server) accetta il servizio e risponde



- il client ha fatto una richiesta di connessione
- il server ha ricevuto una richiesta nella coda d'ascolto

Client e Server al momento della richiesta di connessione

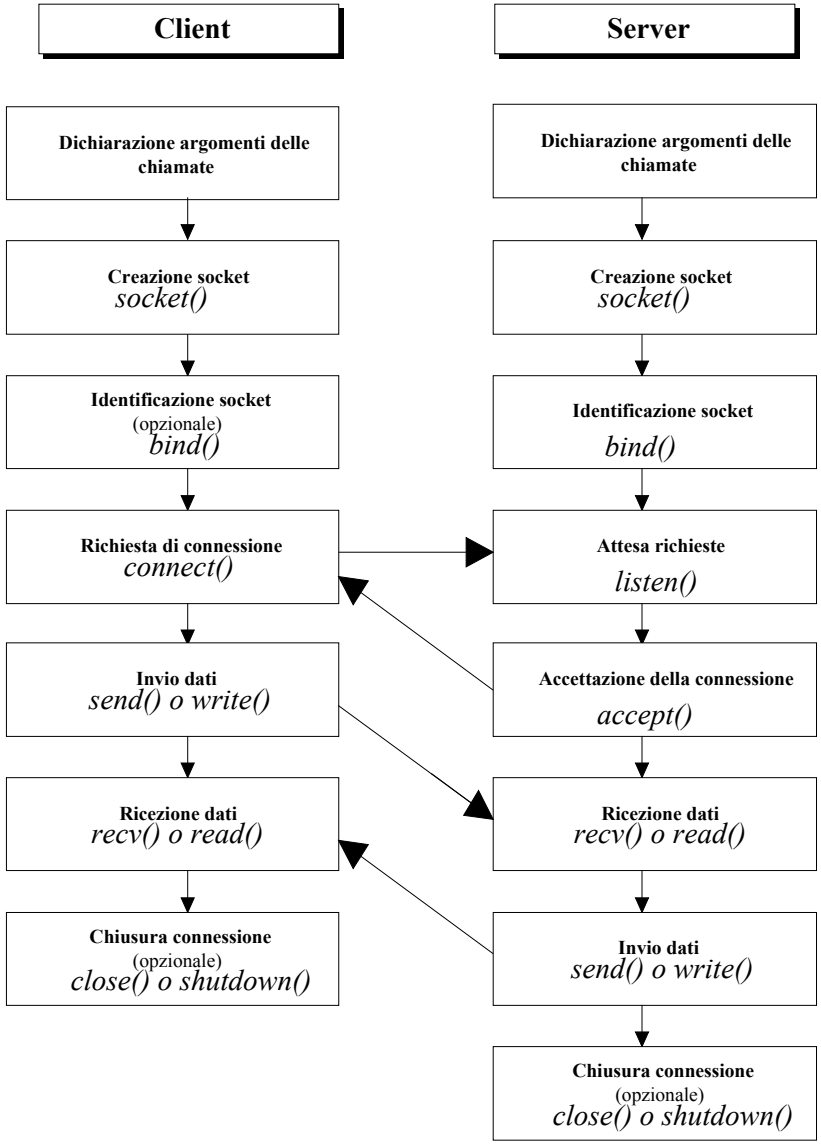


- il server ha accettato la richiesta di connessione
- il server ha stabilito una connessione con il client mediante una nuova socket con le stesse caratteristiche della originale
- la socket originale continua ad ascoltare le eventuali richieste di connessione

Client e Server nello stato di connessione avvenuta

Passi di realizzazione del protocollo

per la connessione



Connessione tra la **attiva** e la **nuova socket**

SOCKET CONNESSE

CONNESSIONE permane fino alla chiusura di una delle due half-association

CANALE VIRTUALE

I processi collegati si possono mandare messaggi (**send, recv**) ma possono fare **read** e **write**

recnum = **read** (s, buff, length);

sentnum = **write** (s, buff, length);

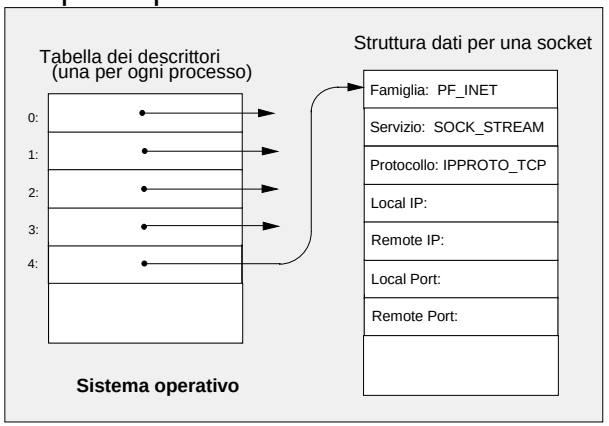
SOCKET usate in modo differenziato

processi naive

Quindi un processo può avere **input/output** ridiretto su una socket e lavorare in remoto

processi più ***intelligenti***

sfruttano la piena potenzialità



Molte possibilità non di default (avanzate)

come ritrovare i dati ***out-of-band***

come realizzare ***attese multiple*** o ***operazioni asincrone***

UNIX - Variabili per socket address

Nomi collegati alle socket

socket address in due tipi di strutture
sockaddr_in (famiglia AF_INET)
sockaddr

```
struct sockaddr {
    u_short         sa_family;
    char            sa_data[14] ;
                    }

struct sockaddr_in   {
    u_short         sin_family;
    u_short         sin_port;
    struct in_addr sin_addr;
/*  char            sin_zero [8]; non usata */
                        }
struct in_addr      {u_long     s_addr};
struct sockaddr_in myaddr;
```

sin_family == famiglia di indirizzamento AF_INET
sin_port == port address
da assegnare prima del binding o
prima della richiesta di connessione
il server deve conoscere l'indirizzo della socket
il client può ottenerlo dalla primitiva
sin_addr == una struttura Internet del nodo remoto

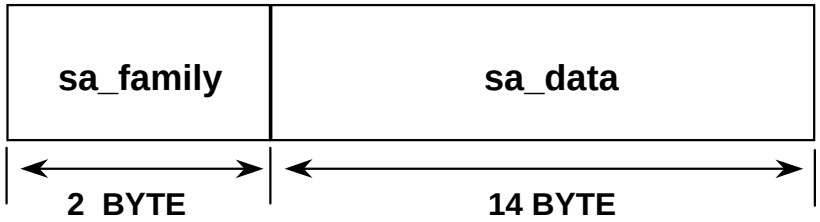
Si vedano i file di inclusione corrispondenti
#include <sys/types.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/socket.h>

RAPPRESENTAZIONE dei NOMI in C

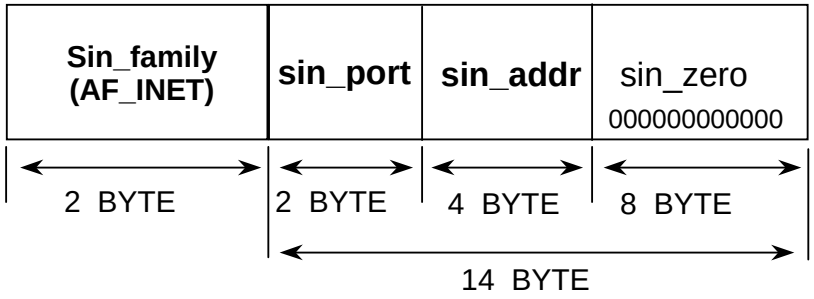
Si usano strutture dati per i nomi fisici
Le funzioni usano tipicamente un puntatore generico ad una locazione

char * in C
void * in ANSI C

struct ***sockaddr***



struct ***sockaddr_in***



NOME in caso di dominio internet

Indirizzo Internet di un Host remoto

NOMI GLOBALI

corrispondenza tra ***nome logico*** di dominio del nodo e
nome fisico Internet di nodo ==>

primitiva *gethostbyname()*
restituisce l'indirizzo Internet e lunghezza

```
#include <netdb.h>
struct hostent * gethostbyname (name)
    char *name;
```

name dichiarato in /etc/hosts
la tabella riporta per ogni nome logico di nodo
indirizzo Internet
(primi 2 bytes per la rete ed 1 per la sottorete, 1 per host)
aliases

```
137.204.56.11    didahp1    hp1
137.204.56.12    didahp2    hp2
137.204.56.13    didahp3    hp3
```

gethostbyname restituisce
un puntatore alla struttura *hostent*
oppure NULL se fallisce

La ricerca avviene solo localmente


```
struct  hostent {
    char    *   h_name;       /* nome ufficiale dell'host */
    char    **  h_aliases;    /* lista degli aliases */
    int         h_addrtype;   /* tipo dell'indirizzo dell'host */
    int         h_length;     /* lunghezza del'indirizzo */
    char    **  h_addr_list;
/* lista degli indirizzi presa dal server dei nomi host */
#define         h_addr        h_addr_list[0]
/* indirizzo dell'host in compatibilità con altre versioni
   La struttura si trova in /usr/include/netdb.h per
   HP-UX v8.0. */
}
```

Esempio di utilizzo

```
#include <netdb.h>
struct hostent *      hp;
struct sockaddr_in  peeraddr;
peeraddr.sin_family=   AF_INET;
peeraddr.sin_port= 22375;

if (hp=gethostbyname(argv[1]) )
    peeraddr.sin_addr.s_addr=
        ((struct in_addr*)(hp->h_addr))-> s_addr;
else /* errore */
```

Utile esercizio

Si possono pensare molte direzioni di estensione, come pensare di fare la ricerca su altri nodi, come sul nodo di servizio, in caso di servizi specificati là.

I sistemi sono andati nel senso della integrazione con il DNS.

Port address per un servizio
getservbyname() restituisce il numero di porta relativo
ad un servizio noto

tabella di corrispondenze fra ***servizi*** e ***porte***
(e ***protocollo***)
file /etc/services

```
echo            7/tcp                   # Echo
systat          11/tcp  users           # Active Users
daytime         13/tcp                  # Daytime
daytime         13/udp                  #
qotd            17/tcp  quote           # Quote of the Day
chargen         19/tcp  ttytst source   # Character
chargen         19/udp  ttytst source   # Generator
ftp-data        20/tcp      # File Transfer Protocol (Data)
ftp             21/tcp      # File Transfer Protocol (Control)
```

utilizzata *prima del bind*
se il client non lo compie,
prima della richiesta di connessione

```
#include <netdb.h>
struct servent *getservbyname (name,proto)
    char *name,*proto;
```
(se TCP è l'unico registrato con quel servizio allora 0)

Esempio
```
#include <netdb.h>
struct servent *sp;    struct sockaddr_in peeraddr;
sp=getservbyname("example","tcp");
peeraddr.sin_port=sp->s_port;
```


Wildcard address per trovare indirizzo Internet locale

Indirizzo in socket address locale INADDR_ANY
interpretato come qualunque indirizzo valido

In caso di workstation con porte multiple
(e più indirizzi Internet)
Il server può accettare le connessioni da ogni indirizzo

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
struct sockaddr_in sin;
sin.sin_addr.s_addr= INADDR_ANY;
<<identificazione della socket>>
```

In questo modo, si possono attendere richieste da qualunque potenziale cliente anche per server con indirizzi di rete multipli

Creazione di una socket

Chiamata *socket()* crea un punto terminale di comunicazione fra processi

{famiglia d'indirizzamento, tipo, protocollo di trasporto}

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int socket (af, type, protocol)
     int af,type,protocol;
```

La primitiva **socket()** restituisce *socket descriptor* o
-1 se la creazione fallisce

protocollo di trasporto anche 0 oppure uno specifico
Uso di *getprotobyname()*
uso del file /usr/include/netinet/in.h

```
int s;
s=socket (AF_INET,SOCK_STREAM,0);
```

aggancio della socket in half-association

La chiamata *bind()* collega alla **socket creata** la **porta**

Il server **deve** legare un port address
prima di accettare connessione
Il client può fare il bind o meno
il sistema assegna un numero di porta fra le libere
il cliente tenta la connessione con la porta del server
Il server risponde ad una richiesta di porta corretta

Half-association per una socket: BIND

```
#include <sys/types.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/socket.h>
int bind ( s, addr, addrlen)
     int s;
     struct sockaddr_in *addr;
     int addrlen;
```

s == socket descriptor che identifica la socket
addr == struttura con indirizzo di porta e
indirizzo internet del nodo stesso
addrlen == la lunghezza di addr

Socket address con sin_port a 0 in alcuni sistemi
porta alla assegnazione automatica
di un numero di porta libero
(*come fare nel caso questo non sia possibile?*)

```
struct sockaddr_in myaddr;
<<assegnazione del socket address>>
bind (ls,&myaddr,sizeof(struct sockaddr_in));
```

CLIENT - Richiesta di connessione

Il processo **client** richiede una connessione con

```
#include <sys/types.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/socket.h>
#include <errno.h>
int connect (s, addr, addrlen)
    int s, addrlen;
    struct sockaddr_in *addr;
```

s == socket descriptor
addr == puntatore al socket address remoto
addrlen == lunghezza di questa struttura

Casi di errore in errno:

- EISCONN: una socket non può essere connessa più volte per non duplicare association
- ETIMEDOUT: tentativo di connessione in time-out: la coda d'ascolto del server è piena o non creata
- ECONNREFUSED: impossibilità di connessione

connect() sincrona
se non modalità asincrona *nonblocking I/O*
Connect() può anche fare il **bind**() automaticamente
Il **client** al successo della connect() usa la connessione
sperando che il tutto sia andato a buon fine (?)

```
struct sockaddr_in *peeraddr;
<< assegnazione del socket address remoto >>
s=socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0);
connect(s,&peeraddr,sizeof(struct sockaddr_in));
```


SERVER - Attesa di richieste di connessione

Dopo il bind, il server deve preparare una **coda** di accettazione per le **richieste** di connessione dei client

primitiva *listen()*
si crea la coda per il socket descriptor
la connessione viene stabilita solo dopo l'accodamento di una richiesta di un client

la socket **deve** essere collegata alla porta dal sistema

```
<<nessun file incluso>>
int listen (s,backlog)
    int s,backlog;
```

s == socket descriptor
backlog == intero fra 1 e 20
massimo numero di richieste in coda (consigliato <=5)

Evento *richiesta non accodata*
segnalato **solo** al **processo client** (ETIMEDOUT)
non segnalato al ***server***

Variabile globale segnala il tipo di errore dalla chiamata
file /usr/include/errno.h
sistema *errno* ==> valore EINVAL

```
<< preparazione argomenti >>
s = socket (AF_INET,SOCK_STREAM,0);
    << identificazione della socket >>
listen (s,5);
```

SERVER - Accettazione di una richiesta di connessione

Il **server** accetta le richieste di connessione

primitiva *accept()* ==>

si crea una nuova socket per la connessione e si fornisce il socket descriptor relativo

La ***nuova socket***:

- *ha una semantica di comunicazione come la vecchia*
- *ha lo stesso port address della vecchia socket*
- *è connessa alla socket del client*

La primitiva **accept() sincrona**
(a meno di modalità di tipo nonblocking I/O)

```
#include <sys/types.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/socket.h>
int accept (ls, addr, addrlen)
    int ls, *addrlen;  struct sockaddr_in *addr;
```

ls == socket descriptor
altri parametri passsati per indirizzo
addr == indirizzo del socket address connesso
addrlen == la lunghezza espressa in byte
Area in spazio utente per la socket

La accept() non offre la possibilità di filtrare le richieste devono essere accettate tutte oppure nessuna

Sono possibili ***errori*** (vedi errno)

```
#include <errno.h>
extern int errno;
```


Esempio

```
struct sockaddr_in peeraddr;
<< allocazione del socket address ed inizializzazione dell'area
    di memoria associata: socket, bind, listen >>
addrlen=sizeof(sockaddr_in);
s=accept(ls, &peeraddr, &addrlen);
```

Invio e Ricezione di dati sulla connessione

Uso dei socket descriptor come file descriptor UNIX
read() / write() e *send() / recv()*

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
int send (s, msg, len, flags)
    int s;   char *msg;    int len,flags;
int recv (s, buf, len, flags)
    int s;   char *buf;    int len,flags;
```

s == socket descriptor
buf /msg == puntatore al messaggio
len == lunghezza del messaggio
flags == opzioni di comunicazione

- ***flags*** send():
  - *0 per un funzionamento normale,*
  - *MSG_OOB per un messaggio out-of-band.*
  - *MSG_DONTWAIT nessuna attesa (e errore se non completamento).*
- ***flags*** recv():
  - *0 per un funzionamento normale,*
  - *MSG_OOB per un messaggio out-of-band,*
  - *MSG_PEEK per una lettura non distruttiva dallo stream*

Il risultato della primitive rappresenta il numero di byte rispettivamente inviati o ricevuti (-1 se fallimento)

chiamate sincrone
(a meno delle modalità nonblocking I/O)

```
char buf[30]="Messaggio di prova";
int count;
count=send(s,buf,30,0);
.......
count=recv(s,buf,5,0);
```

***I messaggi* sono realmente inviati a primitiva terminata?**
==> i dati sono bufferizzati dal protocollo di trasporto TCP: non è detto che siano immediatamente inviati. Solo alla prima comunicazione 'vera' otteniamo indicazioni

Soluzione ==> messaggi di *lunghezza pari al buffer*
o si comanda il flush del buffer

***Come preservare i messaggi* in ricezione?**
==> ogni receive restituisce i dati pronti: *stream mode* TCP non implementa marcatori di fine messaggio

Soluzioni ==> messaggi a *lunghezza fissa*
messaggi a *lunghezza variabile*
si alternano un messaggio a lunghezza fissa e uno vero e proprio variabile in lunghezza
il primo contiene la lunghezza del secondo

Chiusura di una socket di Connessione

Primitiva *close()*
int **close** (s)
int s;

La chiamata close() decrementa il contatore dei processi referenti al socket descriptor
il chiamante non lavora più con quel descrittore
dopo un intervallo di tempo controllato da un'opzione avanzata (SO_LINGER)

vedi **demon** che ha creato la connessione e passa al server il socket descriptor
il demon deve chiudere la socket

```
int sd;
sd=socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0);
.......
close(sd);
```

Alla chiusura, ogni messaggio nel buffer è spedito, mentre ogni dato non ricevuto viene perduto

shutdown() più elegante per abbattimento della connessione per una migliore gestione delle risorse

Le operazioni di chiusura sono garanzie di collegamento con il pari sul canale

Shutdown

Per chiudere una connessione in uno solo dei due versi
la trasmissione passa da full-duplex ad half-duplex

tutti i processi che usano lo stesso socket descriptor

<<primitiva locale: nessun inclusione>>
int ***shutdown*** (s,how)
int s, how;
s == socket descriptor della socket
how == direzione

0 non si **ricevono** più dati, ma si può trasmettere al pari
send() (e ogni scrittura successiva) ritorna con -1 ed il processo pari riceve SIGPIPE
*(importante in caso **non bloccante**)*

1 si possono ricevere i dati dalla socket
senza **ulteriori trasmissioni** di dati
abbattimento graceful della connessione
Il processo collegato alla connessione alla lettura riceve end-of-file

2 entrambi gli effetti

Esempio di chiusura di un canale di trasmissione di una socket ed invia *end-of-file* al processo remoto

```
int s;          /* socket descriptor aperto su stream*/
                shutdown (s,1);
```


Considerando il protocollo sottostante
In TCP

CLOSE
la ***close*** (fd) segnala la immediata intenzione di
non fare più operazioni sullo stream =>

tutti i dati dell'altra direzione in attesa non vengono ricevuti e il ricevente ottiene una fine del file =>
deve fare una close

I segmenti non ancora trasmessi dalla parte di chi chiude possono essere buttati via
I segmenti non ancora trasmessi dalla parte del pari possono essere buttati via e non trasmessi

SHUTDOWN
la ***shutdown*** (fd, 1) segnala la intenzione di
non fare **più invii** sullo stream =>

il ricevente è avvertito da una fine del file =>
può fare anche molte ricezioni
può fare anche molti invii
decide quando fare la shutdown dal suo verso

si attua una chiusura dolce e
i segmenti non ancora trasmessi dal pari possono essere inviati ed effettivamente ricevuti

Trasparenza di comunicazioni fra processi

Uso di write() e read() al posto delle send() e recv()

#include <unistd.h>
ssize_t ***write*** (fileds,buf,nbytes)
ssize_t ***read*** (fileds,buf,nbytes)
    int fileds;
    char *buf;
    size_t nbytes;

trasparenza della comunicazione

Prima **close**() dei file descriptors 0,1,2

Uso di **fork**() di un comando locale
dopo aver creato tre socket
con socket descriptor *stdin, stdout e stderr*

Poi **exec**()
Il processo locale naif è così
connesso ad un processo remoto

Funzioni ausiliarie

obiettivo portabilità

Manipolazione interi

Quattro funzioni di libreria per convertire da formato di rete in formato interno per interi (lunghi o corti)

/ trasforma un intero da formato esterno in interno */*
    shortlocale = **ntohs**(shortrete);
    longlocale = **ntohl**(longrete);

/ trasforma un intero da formato interno in esterno */*
    shortrete = **htons**(shortlocale);
    longrete = **htonl**(longlocale);

Manipolazione indirizzi IP

Conversione tra indirizzi IP a 32 bit e corrispondente notazione col punto decimale (ascii: "123.34.56.78")

inet_addr() converte l'indirizzo dalla forma con punto decimale
        indirizzo = **inet_addr**(stringa);
  stringa contiene l'indirizzo in formato punto decimale
  risultato *indirizzo* IP a 32 bit
inet_ntoa() esegue la funzione inversa
        stringa = **inet_ntoa**(indirizzo);
  indirizzo indirizzo IP a 32 bit (cioè un *long integer)*
  risultato *stringa* di caratteri con indirizzo in forma con punto

FUNZIONI che non richiedono fine stringa (solo blocchi di byte)

bcmp (addr1, addr2, length)
bcopy (addr1, addr2, length)
bzero (addr1, length)

memset (addr1, char, length)
memcpy (addr1, addr2, length)
memcmp (addr1, addr2, length)

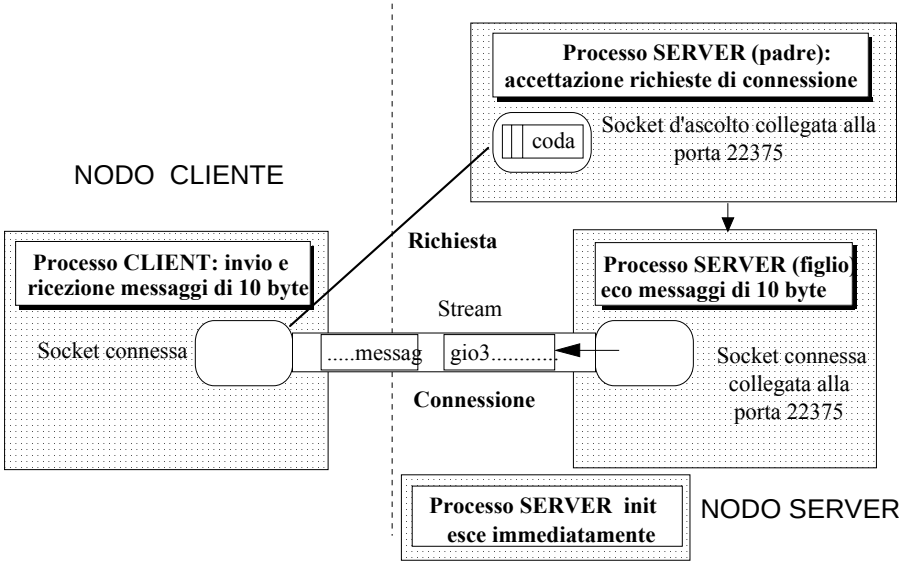
Principali chiamate dell'interfaccia socket
di kernel dal BSD 4.2

Oltre alle funzioni viste sopra,
(si sperimenti la gethostbyname per il nodo locale)
si vedano le azioni

Chiamata	Significato
socket( )	Crea un descrittore da usare nelle comunicazione di rete
connect( )	Connette la socket a una remota
write( )	Spedisce i dati attraverso la connessione
read( )	Riceve i dati dalla connessione
close( )	Termina la comunicazione e dealloca la socket
bind( )	Lega la socket con l'endpoint locale
listen( )	Socket in modo passivo e predispone la lunghezza della coda per le connessioni
accept( )	Accetta le connessioni in arrivo
recv( )	Riceve i dati in arrivo dalla connessione
recvmes( )	Riceve i messaggi in arrivo dalla connessione
recvfrom( )	Riceve i datagrammi in arrivo da una destinazione specificata
send( )	Spedisce i dati attraverso la connessione
sendmsg( )	Spedisce messaggi attraverso la connessione
sendto( )	Spedisce i datagrammi verso una destinazione specificata
shutdown( )	Termina una connessione TCP in una o in entrambe le direzioni
getsockname*( )*	Permette di ottenere la socket locale legata dal kernel (vedi parametri *socket, sockaddr, length*)
getpeername*( )*	Permette di ottenere l'indirizzo del pari remoto una volta stabilita la connessione (vedi parametri *socket, sockaddr, length*)
getsockopt( )	Ottiene le opzioni settate per la socket
setsockopt( )	Cambia le opzioni per una socket
perror()	Invia un messaggio di errore in base a errno (stringa su stderr)
syslog()	Invia un messaggio di errore sul file di log (vedi parametri *priority, message, params*)

Si sperimentino le primitive non note (e note)

Esempio con CONNESSIONE e PARALLELISMO



/* CLIENT */

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <stdio.h>
#include <netdb.h>

char *ctime();          /* routine di formattazione dell'orario */
int ricevi ()           /* routine di ricezione di un messaggio*/

int s;                  /* socket descriptor */
struct hostent *hp;     /* puntatore alle informazioni host remoto */
long timevar;           /* contiene il ritorno dalla time() */
struct sockaddr_in myaddr_in;       /* socket address locale */
struct sockaddr_in peeraddr_in;     /* socket address peer */
```

```
main(argc, argv)
int argc;  char *argv[];
{    int addrlen, i;
     char buf[10];/* L'esempio scambia messaggi da 10 bytes */

if (argc != 3)    {
     fprintf(stderr, "Uso: %s <host remoto> <nric>\n", argv[0]);
     exit(1);      }

/* azzera le strutture degli indirizzi */
memset ((char *)&myaddr_in, 0, sizeof(struct sockaddr_in));
memset ((char *)&peeraddr_in, 0, sizeof(struct sockaddr_in));

/* assegnazioni per il peer address da connettere */
peeraddr_in.sin_family = AF_INET;
/*richiede informazioni a proposito del nome dell'host
  passato alla chiamata */
hp = gethostbyname (argv[1]);
if (hp == NULL) {
     fprintf(stderr, "%s: %s non trovato in /etc/hosts\n",
               argv[0], argv[1]);
     exit(1); }
peeraddr_in.sin_addr.s_addr =
               htonl(((struct in_addr *)(hp->h_addr))->s_addr);

/*definisce il numero di porta senza la chiamata
  getservbyname(): non registrato in  /etc/services
```


Se fosse registrato nel nodo cliente avremmo:

```
  struct servent *sp;
/* puntatore alle informazioni del servizio */

  sp = getservbyname ("example", "tcp");
  if (sp == NULL) {
  fprintf(stderr,"%s: non trovato in /etc/services\n",argv[0]);
  exit(1); }
  peeraddr_in.sin_port = htons (sp->s_port);
*/

peeraddr_in.sin_port = htons(22375);

/* creazione della socket */
s = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
if (s == -1) {
     perror(argv[0]);
     fprintf(stderr, "%s: non posso creare la  socket\n", argv[0]);
     exit(1); }

/* No bind(): il numero di porta del client assegnato dal sistema.
     Il server lo conosce alla richiesta di connessione; il processo
     client lo ricava con la primitiva getsocketname()
Modificare nel caso non si abbia questa feature */
/*tentativo di connessione al server remoto */
if ( connect (s, &peeraddr_in, sizeof(struct sockaddr_in)) == -1)
{    perror(argv[0]);
     fprintf(stderr, "%s: impossibile connettersi con il server \n",
               argv[0]);
     exit(1);
}
/* lo stream è stato ottenuto in modo completo (!?) */
```

```
addrlen = sizeof(struct sockaddr_in);
if ( getsockname (s, &myaddr_in, &addrlen) == -1)
    {   perror(argv[0]);
        fprintf(stderr, "%s: impossibile leggere il socket address\n",
                argv[0]);
        exit(1); }

/* scrive un messaggio iniziale per l'utente */
time(&timevar);
printf("Connessione a %s sulla porta %u alle %s",
        argv[1], ntohs(myaddr_in.sin_port), ctime(&timevar));

/* Il numero di porta espresso in byte in formato interno:
   conversione nel formato host mediante ntohs(). Per
   alcuni host i due formati coincidono (sistemi HP-UX),
   maggiore portabilità
*/

sleep(5); /* attesa che simula un'elaborazione */

/* NON C'È PRESENTAZIONE DEI DATI
   Invio di messaggi al processo server remoto
   Si mandano un insieme di interi successivi
   *buf=i pone i primi 4 byte del vettore buf uguali alla
   codifica dell'intero in memoria
   Il server rispedisce gli stessi messaggi al client (senza
   usarli)
   Aumentando il numero e la dimensione dei messaggi,
   potremmo anche occupare troppa memoria dei gestori di
   trasporto =>
   sia il server che il client stabiliscono un limite alla
   memoria associata alla coda delle socket */
```



```
/* invio di tutti i messaggi */
for (i=1; i<=atoi(argv[2]); i++) {
    *buf = htonl( i );
    if ( send (s, buf, 10, 0) != 10)
        {   fprintf(stderr, "%s: Connessione terminata per errore",
                    argv[0]);
            fprintf(stderr, "sul messaggio n. %d\n", i);
            exit(1);
        }                       }

/*Shutdown() della connessione per successivi invii
  (modo 1): Il server riceve un end-of-file dopo le richieste e
  riconosce che non vi saranno altri invii di messaggi */

if ( shutdown (s, 1) == -1) {
        perror(argv[0]);
        fprintf(stderr, "%s: Impossibile eseguire lo shutdown\
 della socket\n", argv[0]);
        exit(1); }

/*Ricezione delle risposte dal server
  Il loop termina quando la recv() fornisce zero, cioè la
  terminazione end-of-file.  Il server la provoca quando
  chiude il suo lato della connessione*/

while (ricevi (s, buf, 10) )
    printf("Ricevuta la risposta n. %d\n", ntohl( *buf)  );
/* Per ogni messaggio ricevuto, diamo un'indicazione locale */

/* Messaggio per indicare il completamento del programma. */
time(&timevar);
printf("Terminato alle %s", ctime(&timevar));
}
```

```
int ricevi (s, buf, n)
  int s; char * buf; int n;
{ /* ricezione di un messaggio di specificata lunghezza
  da una socket */
int i, j;
/*Il ciclo interno verifica che la recv() non ritorni un
  messaggio più corto di quello atteso (n=10 byte)
  recv ritorna appena vi sono dati e non attende tutti i
  dati richiesti
  Il loop interno garantisce la ricezione fino al decimo byte
  per permettere alla recv successiva di partire sempre
  dall'inizio di una risposta

while (i = recv (s, buf, n, 0))
{    if (i == -1) {
          perror(argv[0]);
          fprintf(stderr, "%s: errore nella lettura delle risposte\n",
                    argv[0]);
          exit(1); }
     while (i < 10) {
          j = recv (s, &buf[i], n-i, 0);
          if (j == -1) {
               perror(argv[0]);
               fprintf(stderr, "%s: errore nella lettura delle risposte\n",
                    argv[0]);
               exit(1); }
          i += j; }
}
/* Per messaggi di piccola dimensione la
  frammentazione è improbabile, ma con dimensioni
  superiori (già a qualche Kbyte) il pacchetto può venire
  suddiviso dai livelli sottostanti, e una ricezione parziale
  diventa più probabile. In ogni caso, in ricezione
  dobbiamo sempre aspettare l'intero messaggio, se questo
  è significativo */
```


/* SERVER **con parallelismo*/**

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <signal.h>
#include <stdio.h>
#include <netdb.h>

long timevar;          /* contiene il valore fornito da time() */
int s;                 /* socket descriptor */
int ls;                /* socket per la listen()*/
struct hostent *hp;    /* puntatore all' host remoto */
struct sockaddr_in myaddr_in; /* per il socket address locale */
struct sockaddr_in peeraddr_in;/* per il socket address peer */

main(argc, argv)
int argc;  char *argv[];
{    int addrlen;

/* Azzera le strutture degli indirizzi */
memset ((char *)&myaddr_in, 0, sizeof(struct sockaddr_in));
memset ((char *)&peeraddr_in, 0, sizeof(struct sockaddr_in));

/* Assegna la struttura d'indirizzo per la listen socket. */
myaddr_in.sin_family = AF_INET;
/*Il server ascolta su un qualunque suo indirizzo
  (wildcard address), invece che sul suo indirizzo di rete.
  Convenzione per server connessi a più reti: consente di
  attendere richieste su ogni rete
 ==> maggiore portabilità del codice */

myaddr_in.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
/* assegna il numero di porta */
myaddr_in.sin_port = htons(22375);
```

```
/* Crea la socket d'ascolto. */
ls = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
if (ls == -1) {
     perror(argv[0]);
     fprintf(stderr, "%s: impossibile creare la socket.\n", argv[0]);
     exit(1); }

/* Collega la socket all'indirizzo fissato */
if ( bind (ls, &myaddr_in, sizeof(struct sockaddr_in)) == -1) {
     perror(argv[0]);
     fprintf(stderr, "%s: impossibile eseguire il collegamento.\n",
          argv[0]);
     exit(1); }

/* Inizializza la coda d'ascolto richieste (massimo 5 pendenti)*/
if ( listen (ls, 5) == -1) {
     perror(argv[0]);
     fprintf(stderr, "%s: impossibile l'ascolto sulla socket\n",
               argv[0]);
     exit(1); }
```

/*Inizializzazione completata.
Il programma crea un processo daemon. La chiamata setsid() sgancia il processo dal terminale di controllo e lo stacca dal gruppo del processo padre (il processo diventa leader di una nuova sessione non collegata a nessun terminale**) */**

```
setsid();              /* Unix System V */

switch (fork()) {
case -1:/* Impossibilità di creazione di un processo figlio. */
     perror(argv[0]);
     fprintf(stderr, "%s: impossibile creare un daemon.\n", argv[0]);
     exit(1);
```



```
case 0:  /* FIGLIO e schema di processo DEMONE */
/*Il demone entra in un loop di attesa e, ad ogni
  richiesta, crea un processo figlio per servire la
  chiamata. Il daemon chiude lo stdin e lo stderr, mentre
  lo stdout è assunto come ridiretto ad un file di log per
  registrare gli eventi di esecuzione*/
    close(stdin);
    close(stderr);

/*Il segnale SIGCLD è ignorato (SIG_IGN) per evitare di
  mantenere processi zombi per ogni servizio eseguito
  Il daemon non deve occuparsi degli zombies */
   signal(SIGCLD, SIG_IGN);
   for (;;) {
     addrlen = sizeof(struct sockaddr_in);
```

/***accept()** bloccante in attesa di richieste di connessione Completa fornendo l'indirizzo del chiamante e la sua lunghezza, oltre che un socket descriptor per la connessione instaurata */

```
     s = accept (ls, &peeraddr_in, &addrlen);
     if ( s == -1) exit(1);
```

```
    switch (fork()) {
    case -1:
/* Non è possibile generare un figlio ed allora esce */
        exit(1);
    case 0:
/* Esecuzione del processo figlio che gestisce il
   servizio */
        server();  /* ulteriore figlio per il servizio */
        exit(0);

    default:
/* Il processo daemon chiude il socket descriptor e
   termina (potrebbe tornare ad accettare ulteriori
   richieste). Questa operazione consentirebbe al daemon
   di non superare il massimo dei file descriptor ed al
   processo figlio fare una close() effettiva sui file  */
        close(s);        }
}

default: /* processo INIZIALE */
/*Il processo iniziale esce per lasciare libera la console
   */
        exit(0); }
}
```



```
char *inet_ntoa(); /* routine formattazione indirizzo Internet */
char *ctime();    /* routine di formattazione dell'orario ottenuto da
                        una time () */
int ricevi ();

/* procedura SERVER: routine eseguita dal processo
figlio che il daemon crea per gestire il servizio
Si ricevono alcuni pacchetti dal processo client, si
elaborano e si ritornano i risultati al mittente; inoltre
alcuni dati sono scritti sullo stdout */
server()
{ int reqcnt = 0;     /* conta il numero di messaggi */
  char buf[10];       /* l'esempio usa messaggi di 10 bytes */
  char *hostname;     /* nome dell'host richiedente */
  int len, len1;

/* Chiude la socket d'ascolto ereditata dal processo daemon */
close (ls);

/*Cerca le informazioni relative all'host connesso
   mediante il suo indirizzo Internet
   Primitiva gethostbyaddr() */
hp = gethostbyaddr ((char *) & ( ntohl( peeraddr_in.sin_addr) ,
          sizeof (struct in_addr),  peeraddr_in.sin_family);

if (hp == NULL)  hostname = inet_ntoa (peeraddr_in.sin_addr);
/* Non trova host ed allora assegna l'indirizzo formato Internet */
 else
{  hostname = hp->h_name;      /* punta al nome dell'host */ }
 /*stampa un messaggio d'avvio*/
   time (&timevar);
   printf("Inizio dal nodo %s porta %u alle %s",
   hostname, ntohs(peeraddr_in.sin_port), ctime(&timevar));
```

```
/*Loop  di ricezione messaggi del cliente
  Uscita alla ricezione dell'evento di shutdown del
  processo client, cioè all'evento  fine del file ricevuto
  dal server
  Si possono anche assegnare opzioni avanzate alla socket,
  come, ad esempio, la chiusura ritardata per offrire più
  sicurezza ai dati (SO_LINGER) */

while (ricevi (s, buf, 10) )
{    reqcnt++; /* Incrementa il contatore di messaggi  */
     sleep(1);   /* Attesa per simulare l'elaborazione dei dati */
     /*Invio della risposta al cliente  per ogni messaggio*/
     if ( send (s, buf, 10, 0) != 10)
     {printf("Connessione a %s abortita sulla send\n", hostname);
      exit(1);     }
/* sui dati mandati e ricevuti non facciamo nessuna
  trasformazione */
}
/*Il loop termina se non vi sono più richieste da servire
  La close() può avere un effetto ritardato per attendere la
  spedizione di tutte le risposte al processo client.
  Questa modalità avanzata può permettere al processo
  server di rilevare l'istante di cattura dell'ultima risposta
  e stabilire così la durata della connessione */
close (s);
/* Stampa un messaggio di fine. */
time (&timevar);
printf("Terminato %s porta %u, con %d messaggi, alle %s\n",
     hostname, ntohs(peeraddr_in.sin_port),
     reqcnt, ctime(&timevar));
}
```

Si modifichi il processo server per aggiungere indicazioni di tempo nei messaggi *dal servitore al cliente* e *viceversa* per temporizzare la durata delle operazioni

Primitive sospensive

Una primitiva sospensiva interrotta da un segnale deve essere riattivata dall'inizio

vedi schema seguente (errno == **EINTR** verifica tale evento)

```
for (;;)
{ int g,   len = sizeof (from);
  g=accept (f, (struct sockaddr *)&from, &len);
  if (g < 0) { if (errno != EINTR)  syslog(LOG_ERR, ..."p);
                  continue; } /* necessità di ripetizione primitiva */
 ...  /* altro codice in caso di successo */
 }
```

STREAM socket e CONNESSIONI

Giocano più **modelli di interazione**

modello **attivo/passivo** per connessione

una entità (attiva) richiede la relazione di coppia
una entità (passiva) accetta la relazione

requisiti?

- Conoscenza reciproca
- Richiesta attiva deve precedere quella passiva

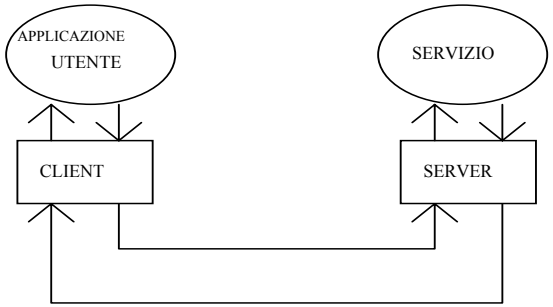
modello **cliente/servitore**

una entità (cliente) richiede il servizio
una entità (server) accetta il servizio e propone la risposta

È possibile?

- che un client richieda il servizio e non il server
- che il servizio si possa fornire a più clienti insieme
- che si instauri un canale tra cliente e servitore per una molteplicità di richieste di servizio

Modelli CLIENTE SERVITORE



FAIRNESS Problema generale di come rispondere alle richieste in modo giusto

Modelli di SERVIZIO

Per una classificazione dei servizi

servizio **sequenziale** vs **concorrente**
servizio **con** vs **senza connessione**
servizio **con** vs **senza stato**

servizio sequenziale o iterativo

il servitore considera le richieste una alla volta
ritardi nel servizio stesso ai clienti

servizio concorrente

il servitore serve più richieste insieme
maggiore complessità progettuale del server
NON è necessario il parallelismo nel server

servizio senza connessione

(usando UDP) costo basso, ma ***si devono realizzare ordinamenti e reliability***

servizio con connessione

(usando TCP) ***costo superiore della realizzazione***

servizio senza stato (stateless server)

il servitore considera le richieste e le dimentica appena fornite
problemi nella gestione di richieste replicate senza rieseguire il servizio

servizio con stato (stateful server)

il servitore tiene traccia dello stato di interazione dei servizi con i clienti
maggiore complessità progettuale del server
NON facile decidere lo stato in concorrenza

Server concorrente/sequenziale

Distinguiamo dal punto di vista cliente

- ***tempo di elaborazione*** *(**di servizio**) di una richiesta* ***T_S***
  tempo impiegato dal server per una richiesta isolata
- ***tempo di risposta*** *osservato dal cliente* ***T_R***
  $T_R = T_S + 2\,T_C + T_Q$;
  T_C tempo di comunicazione medio
  T_Q tempo di accodamento medio
  ritardo totale tra la spedizione della richiesta e l'arrivo della risposta dal server

*Con **lunghe code di richieste**, il tempo di risposta può diventare anche molto maggiore del tempo di elaborazione della richiesta*

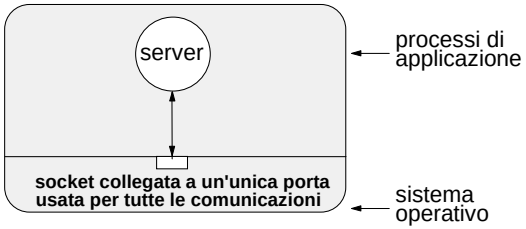
Server sequenziale

una richiesta alla volta e accoda le altre richieste

Tralasciando il tempo di comunicazione, se
N è la lunghezza della coda ==>
T_R (medio) = (**N/2+1) * *T_S***

Soluzione:

- limitare la lunghezza della coda
- le richieste a coda piena vengono rifiutate



Un server sequenziale può servire un traffico di **K** clienti con **R** richieste/secondo, se la richiesta mediamente ha un tempo di elaborazione minore di **1/ RK**

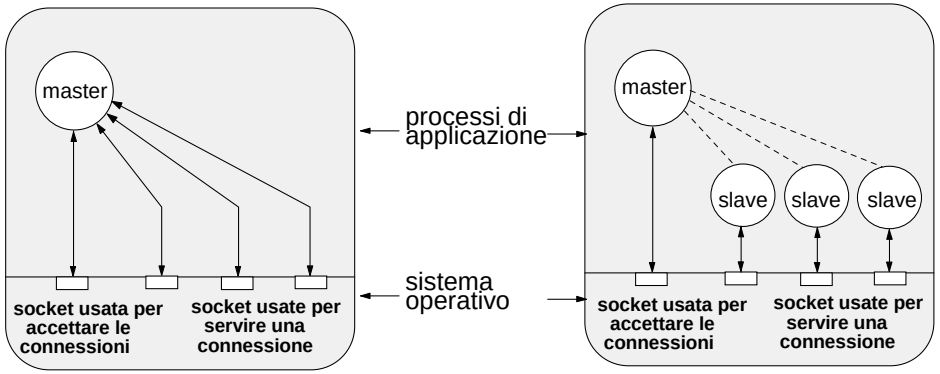
Server concorrenti

Concorrenza può migliorare il **tempo di risposta**:

- se la risposta richiede un **tempo** di **attesa** significativo di I/O o di **sospensione** del servizio con possibilità di interleaving;
- se le richieste richiedono **tempi di elaborazione** molto variabili;
- se il server è eseguito in un **multiprocessore**, cioé con servizi in reale parallelismo

$T_R = T_S + 2\,T_C + T_Q + T_I + T_G$;
T_C tempo di comunicazione medio
T_Q tempo di accodamento medio (trascurabile)
T_I tempo di interleaving con altri servizi concorrenti
T_G tempo di generazione di un eventuale servitore

Sono possibili **schemi diversi di realizzazione** di un server di qesto tipo

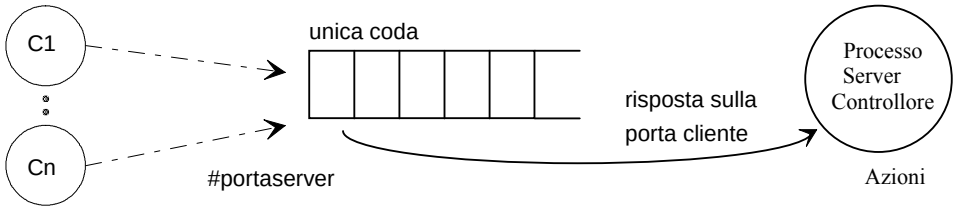


Caso 1: Server sequenziale o iterativo

una richiesta alla volta (con connessione o meno)I tempi di risposta al servizio aumentano ==> ***servizi brevi***

1a) server sequenziale senza connessione

servizi *senza stato (che introduce ritardi) e non soggetti a guasti*

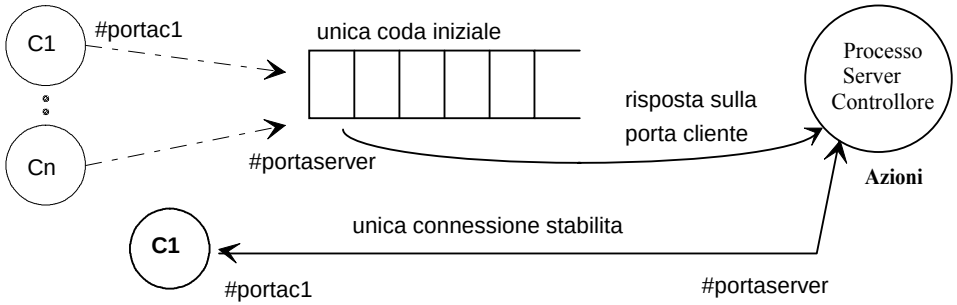


1b) server sequenziale con connessione

servizi *con requisiti di reliability limitando lo stato (uso di TCP)*

difficile realizzazione pratica

overhead delle azioni di controllo della connessione



Caso 2: Server concorrente

più richieste alla volta

2a) *SERVER PARALLELO:*

uso di processi multipli, un master server

*generazione di **processi interni** per ogni servizio*

massimo parallelismo per servizi non interferenti

Si deve garantire che il costo di generazione del processo non ecceda il guadagno ottenuto

Soluzione con **processi creati in precedenza** che consentano di essere velocemente smistati al servizio necessario

numero prefissato di processi iniziali e altri creati su necessità e mantenuti per un certo intervallo

2b) Un unico server, che gestisce la concorrenza

servizi devono condividere lo stato

uso di asincronismi interni

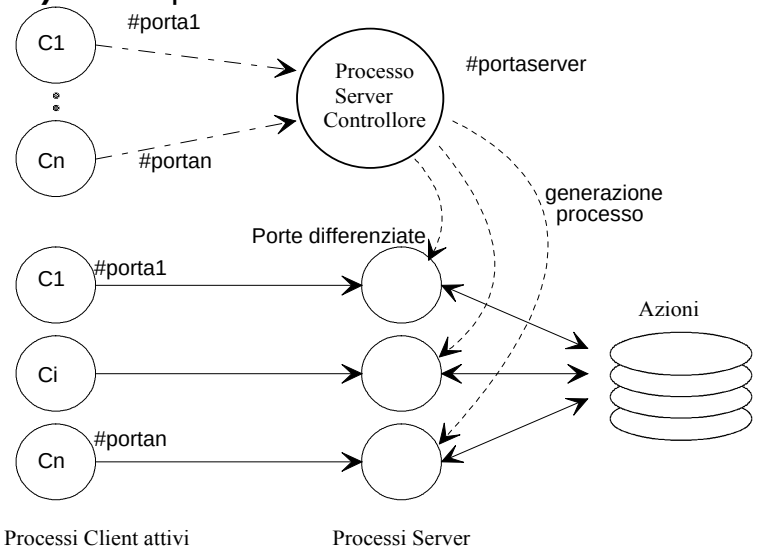
con connessione

più processi, generati dal server per i servizi contemporanei

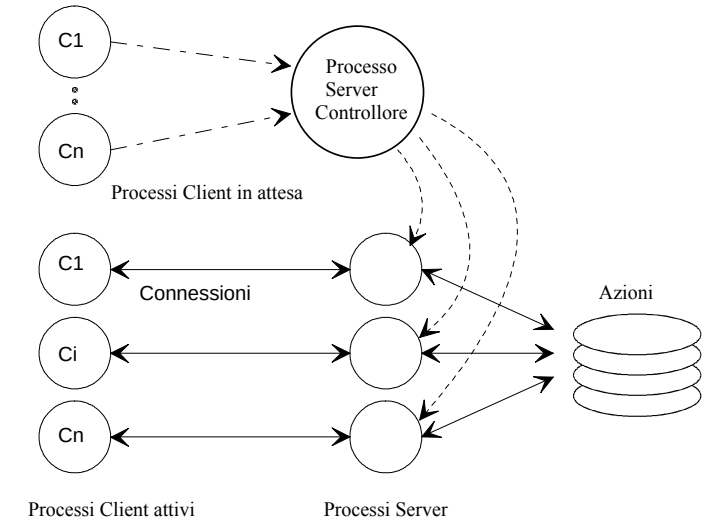
senza connessione

più processi ciascuno con una porta privata del cliente

2a) Server parallelo senza connessione



2a) Server parallelo con connessione



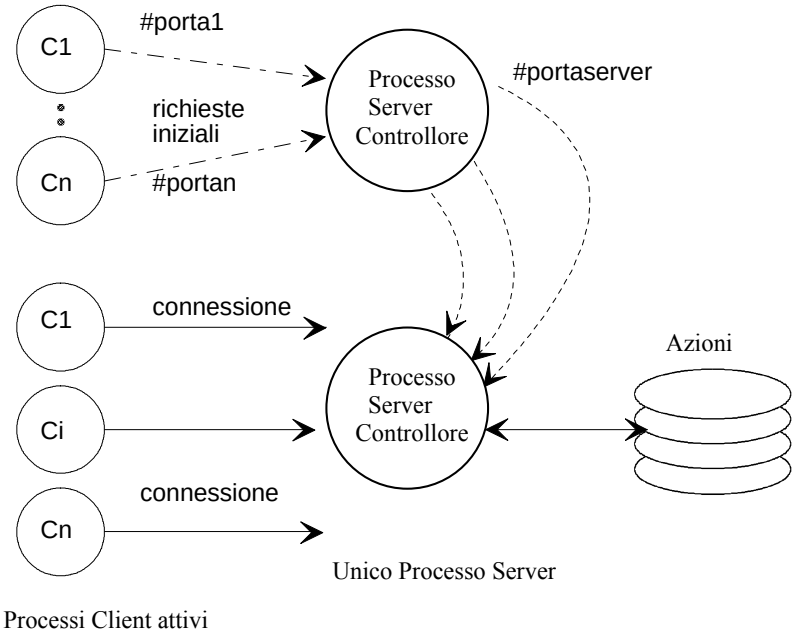
Un canale unico e un processo per ogni servizio

2b) ***SERVER concorrente non parallelo***

in caso di connessione e stato (limitati)
realizzato con un unico processo che produce effetti di concorrenza

l'unico **processo master** deve considerare tutte le richieste ed servirle al meglio (mantenendo le connessioni)

Facciamo il caso di connessione (ma anche senza)



Necessità di rispondere in modo veloce alle richieste successive e sollecitazioni

Progetto

I sistemi operativi tradizionali (a processi pesanti) e TCP/IP portano a considerare la concorrenza tra diverse connessioni, più che sulle singole richieste

		Tipo di comunicazione	
		con connessione	senza connessione
SERVER	sequenziale iterativo	servizi poco pesanti e affidabili	**Molto diffusi: per servizi poco pesanti nonaffidabili solitamente stateless**
	concorrente singolo processo	Il singolo processo facilita condivisione dati tra richieste diverse Servizi poco pesanti e affidabili	Poco usati
	concorrente multi processo	**Molto diffusi: servizi pesanti e affidabili es. Server Web**	Costo fork non rende questa classe conveniente (a meno di pesantissime operazioni di I/O)

In Unix un Server concorrente si può ottenere generando un processo nuovo per ogni richiesta di servizio (server concorrente multi processo) con molto overhead

Alternative:
Processi Leggeri (soluzioni a thread)
(linux pthread)
Server concorrenti singolo processo
(con multiplexing dell'I/O e di I/O signal driven)

Ricezione eventi multipli

attesa contemporanea di eventi di I/O su più socket descriptor (o file)

legata alla gestione **di più eventi** all'interno di uno stesso processo
per ovviare ai problemi causati da **singole operazioni bloccanti (lettura) o con attese di completamento**

PRIMITIVA select

select()

blocca il processo in attesa di **almeno un** evento fra più eventi attesi possibili (range da **0** a **soglia** intera)
anche per un predeterminato intervallo

attesa multipla globale

sincrona o con durata massima (time-out)
bloccante o meno

condizioni del tipo

- **evento di *lettura*: operazione possibile**
  - in una socket sono presenti dati da leggere *recv()*
  - in una socket passiva c'è una richiesta (OK *accept()*)
  - in una socket connessa si è verificato un end of file
  - in una socket si è verificato un errore
- **evento di *scrittura*: operazione completata**
  - in una socket la connessione è completata *connect()*
  - in una socket si possono spedire altri dati con *send()*
  - in una socket connessa il pari ha chiuso (SIGPIPE)
  - in una socket si è verificato un errore
- **condizioni eccezionali: errore o urgenza**
  - arrivo di dati *out-of-band*,
  - inutilizzabilità della socket, *close()* o *shutdown()*

#include <time.h>

int **select** (nfds, readfds, writefds, exceptfds, timeout)
 size_t nfds ; */* numero di eventi attesi: limite superiore */*
 int *readfds, *writefds, *exceptfds;
 const struct timeval *timeout;

La chiamata esamina gli eventi per i file descriptors specificati nelle maschere readfds, writefds, exceptfds. Queste maschere sono codificate con bit a 1

9	8	**7**	6	**5**	**4**	3	2	1	0	file descriptor
0	0	**1**	0	**1**	**1**	0	0	0	0	maschera

I bit della maschera corrispondono ai file descriptor
si esaminano solo i file descriptor il cui bit è ad 1
fds[(f / BITS_PER_INT)] & (1<<(f % BITS_PER_INT))
Al ritorno della chiamata le tre maschere sono modificate in relazione agli eventi per i corrispondenti file descriptor
1 se evento verificato, 0 altrimenti

azione bloccante fino al timeout
Se timeout NULL (0) == >
attesa indefinita di un evento (**sincrona** con il primo)
*se punta ad una struttura con un **tempo** ==>*
intervallo di **time-out**
alla scadenza, si ritorna 0 e si cancellano le maschere
Massimo intervallo di attesa 31 giorni

azione non bloccante
polling dei canali se timeout ad una struttura con tempo 0

Nei file di inclusione
struct timeval {
 long *tv_sec*; /* secondi */
 long *tv_usec*; /* e microsecondi */
};

Eventi di lettura/scrittura sbloccano la select
si possono *o trattare tutti*
o uno solo
si può selezionare un ordine del servizio

- la **scrittura successiva** potrebbe portare ad azioni di ritardo per questioni di bufferizzazione

- la **indicazione di lettura**, potrebbe, a volte, non portare a lettura immediata (recv con risultato -1)
  si suggerisce di farne una serie fino a risultato OK
  alla fine, si può ottenere una *lettura vuota* (0 byte):
  questa, in caso di socket connesse in stream, indica che il canale è stato chiuso dal partner
  (o un guasto ha chiuso il nodo)

Macro definite in */usr/include/stdio.h* o altri file

```
typedef long fd_mask;
#define NFDBITS (sizeof(fd_mask) * 8)
                    /*  8 bit in un byte */

#define howmany(x,y)   (((x)+((y)-1))/(y))

typedef struct fd_set {
    fd_mask
    fds_bits[howmany(FD_SETSIZE,NFDBITS)];
              } fd_set; /* definizione della maschera */

/*  macro per inserire un file descriptor nella maschera,
    per togliere, per verificare la presenza ed per azzerare
    la maschera */

#define FD_SET(n,p)
((p)->fds_bits[(n)/NFDBITS] |= (1<<((n)% NFDBITS)))

#define FD_CLR(n,p)
((p)->fds_bits[(n)/NFDBITS] &=~(1<<((n)% NFDBITS)))

#define FD_ISSET(n,p)
    ((p)->fds_bits[(n)/NFDBITS]&(1<<((n)% NFDBITS)))

#define FD_ZERO(p)
    memset((char *) (p), (char) 0,sizeof(*(p)))
```

Ci sono altre funzioni ausiliarie utili. Si vedano le funzioni **bcopy** e **bzero** e **memset**, **memcpy**, **memcmp** per lavorare su blocchi di memoria utente

Esempio di uso della **select**() e macro di manipolazione delle **relative maschere**

```
#include <stdio.h>
do_select(s)
    int s;   /* socket descriptor */
{struct fd_set read_mask, write_mask;
/* dichiarazione delle maschere */
int nfds;   int nfd;
for (;;) {
/* azzera la maschera */
    FD_ZERO(&read_mask);
    FD_ZERO(&write_mask);
    FD_SET(s,&read_mask);
/* inserisce il file descriptor nella maschera */
    FD_SET(s,&write_mask);
    nfds=s+1;
    nfd=select  (nfds,&read_mask,&write_mask,NULL,
                        (struct timeval*)0);
    if (nfd==-1)
/* per select generali, potrebbe essere timeout*/
        {perror("select: condizione inattesa."); exit(1);}
    if (FD_ISSET(s,&read_mask)) do_read(s);
/*cerca il file descriptor nella maschera*/
    if (FD_ISSET(s,&write_mask)) do_write(s);
    }
}
```

Esempio di Server Concorrente con connessioni

```
#define LEN 100
typedef struct {long len; char name[LEN]; } Request ;
typedef struct { long value; long errno; /* 0 successo */
                 } Response ;
typedef int HANDLE;

int recv_request  (HANDLE h, Request *req)
/* funzione  di ricezione di una intera richiesta */
{ int r_bytes, n;
  int len = sizeof *req;

  for (r_bytes = 0; r_bytes < len; r_bytes += n)
     { n = recv (h, ((char *) req) + r_bytes, len - r_bytes, 0);
       if (n <= 0) return n; }
/* Decodifica len  */
  req->len = ntohl (req->len);
  return r_bytes;
}

int send_response (HANDLE h, long value)
/* funzione  di invio al cliente di una risposta */
{ Response res; size_t w_bytes;
     size_t len = sizeof res;
  res.errno = value == -1 ? htonl (errno) : 0;
  res.value = htonl (value);
  for (w_bytes = 0; w_bytes < len; w_bytes += n)
     { n = send (h, ((char *) &res) + w_bytes, len - w_bytes, 0);
     if (n <= 0) return n; }
  return w_bytes;
}
```



```
HANDLE create_server_endpoint (u_short port)
/* funzione di attesa di richeste di canale */
{ struct sockaddr_in addr; HANDLE h;
  h = socket (PF_INET, SOCK_STREAM, 0);
  memset ((void *) &addr, 0, sizeof addr);
  addr.sin_family = AF_INET;
  addr.sin_port = htons (port);
  addr.sin_addr.s_addr = INADDR_ANY;
  bind (h, (struct sockaddr *) &addr, sizeof addr);
  listen (h, 5);
  return h;
 }

long action  (Request *req);
/* azione qualunque di servizio */
{ ... }

long handle (HANDLE h) {
/* per ogni possibile evento da parte di un cliente
  connesso, si esegue la funzione handle
  in questa funzione si riceve la richiesta (letture pronta)
  si attua l'azione e
  si invia la risposta
*/
struct Request req; long value;
if (recv_request (h, &req) <= 0)   return 0;
     /* azione */
value = action (&req);
return send_response (h, value);
}
```

```
int main   (int argc, char *argv[])
/* servitore concorrente con connessione */
{ u_short port   = argc > 1 ? atoi(argv[1]) : 10000;
     /* Porta di listen per connessioni */
/* attesa di richieste di connessione */
   HANDLE listener = create_server_endpoint(port);
   HANDLE maxhp1 = listener + 1;
   /* numero corrente di possibili socket da verificare */
   fd_set read_hs, temp_hs;
   FD_ZERO(&read_hs);  FD_ZERO(&temp_hs);
   FD_SET(listener, &read_hs);  FD_SET(listener, &temp_hs);
   temp_hs = read_hs;

  for (;;)
{ HANDLE h;
     select (maxhp1, &temp_hs, 0, 0, 0);
/* verifica delle richieste presenti */
     for (h = listener + 1; h < maxhp1; h++)
/* richieste sulle connessioni */
      { if (FD_ISSET(h, &temp_hs))
            if  (handle (h) == 0)
          /* Chiusura della connessione da parte del cliente */
              { FD_CLR(h, &read_hs);  close(h); }
      }
/* richieste di nuove connessioni */
     if (FD_ISSET(listener, &temp_hs)) {
                    h = accept (listener, 0, 0);
                    FD_SET(h, &read_hs);
                    if (maxhp1 <= h) maxhp1 = h + 1; }
     temp_hs = read_hs;
  }
}
```


Servitore Multiplo (multiservizio)

Possibilità di un unico servitore per più servizi

Vantaggi: un unico collettore attivo che si incarica di smistare le richieste

Il **servitore multiplo** può

- **portare a termine** completamente i servizi per richiesta
- **incaricare** altri processi del servizio
  (specie in caso di connessione e stato)
  e **tornare al servizio** di altre richieste

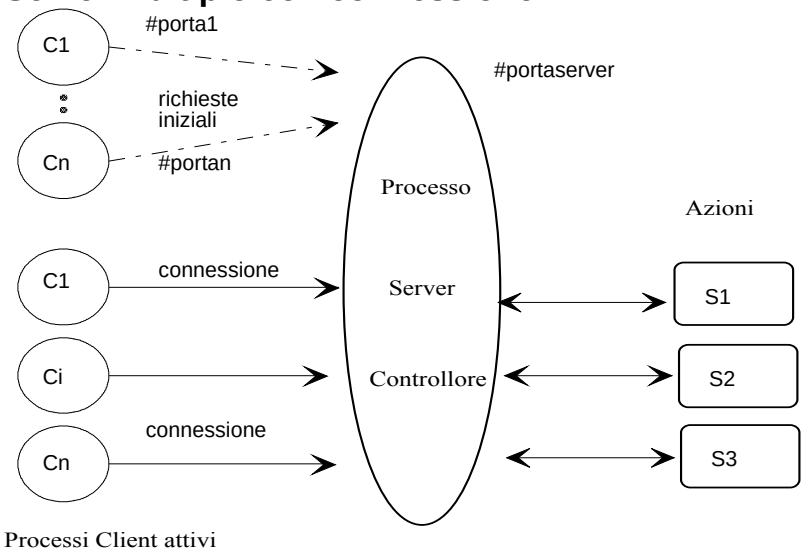
Unico processo master per molti servizi
riconosce i servizi e attiva il servizio stesso
Un master può ricevere più richieste

- servire direttamente la richiesta
- generare un processo a parte

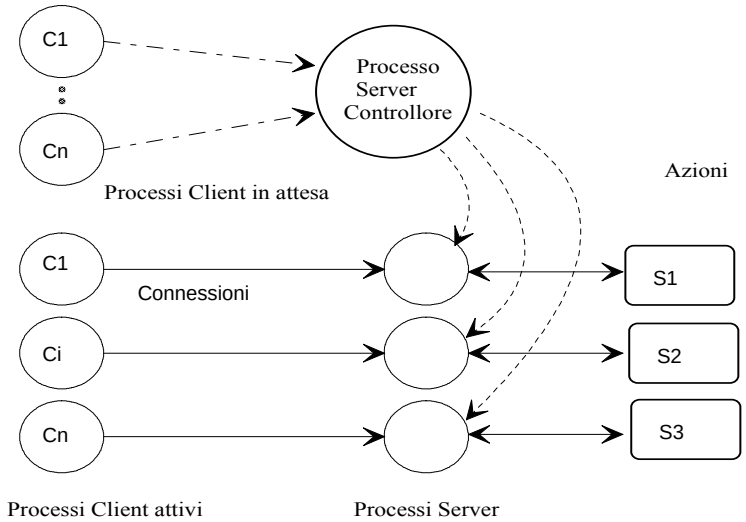
Vedi BSD UNIX inetd (/etc/services)
inetd
alcuni servizi sono svolti in modo diretto (interno)
altri sono invece delegati a processi creati su richesta

Problemi:
Il server può diventare il **collo di bottiglia** del sistema
Necessità di decisioni rapide e leggere

Server multiplo con connessione



Server multiplo con processi interni



Esempio di file di configurazione del demone INETD

```
# @(#)inetd.conf 1.24 92/04/14 SMI
# Configuration file for inetd(8).  See inetd.conf(5).
#
# To re-configure the running inetd process, edit this file, then
# send the inetd process a SIGHUP.

# Internet services syntax:
#  <service_name> <socket_type> <proto> <flags> <user>
                        <server_pathname> <args>
#
# Ftp and telnet are standard Internet services.
ftp         stream  tcp  nowait  root      /usr/etc/in.ftpd    in.ftpd
telnet      stream  tcp  nowait  root      /usr/etc/in.telnetd in.telnetd
#
# Tnamed serves the obolete IEN-116 name server protocol.
#
# Shell, login, exec, comsat and talk are BSD protocols.
shell       stream  tcp  nowait  root      /usr/etc/in.rshd in.rshd
login       stream  tcp  nowait  root      /usr/etc/in.rlogind in.rlogind
exec        stream  tcp  nowait  root      /usr/etc/in.rexecd in.rexecd
talk        dgram   udp  wait    root      /usr/etc/in.talkd in.talkd
#
# Finger, systat and netstat give out user information which may be
# valuable to potential "system crackers."  Many sites choose to disable
# some or all of these services to improve security.
finger      stream  tcp  nowait  nobody  /usr/etc/in.fingerd in.fingerd
#
#systat     stream  tcp  nowait  root  /usr/bin/ps             ps -auwwx
#netstat    stream  tcp  nowait  root  /usr/ucb/netstat       netstat -f inet
#
# Time service is used for clock syncronization.
time        stream  tcp  nowait  root  internal
timedgram   udp wait root internal
#
```

```
# Echo, discard, daytime, and chargen are used primarily for testing.
echo        stream    tcp   nowait    root  internal
echo        dgram     udp   wait      root  internal
discard     stream    tcp   nowait    root  internal
discard     dgram     udp   wait      root  internal
daytime     stream    tcp   nowait    root  internal
daytime     dgram     udp   wait      root  internal
#
# RPC services syntax:
#  <rpc_prog>/<vers> <socket_type> rpc/<proto> <flags> <user>
                    <pathname> <args>
#
# Rexecution usually obtained in other ways.
#rexd/1       stream   rpc/tcp   wait  root     /usr/etc/rpc.rexd  rpc.rexd
#
# Rquotad serves UFS disk quotas to NFS clients.
rquotad/1     dgram    rpc/udp  wait root      /usr/etc/rpc.rquotad rpc.rquotad
#
# Rstatd is used by programs such as perfmeter.
rstatd/2-4        dgram      rpc/udp    wait root  /usr/etc/rpc.rstatd     rpc.rstatd
#
# The rusers service gives out user information.
rusersd/1-2       dgram      rpc/udp    wait root  /usr/etc/rpc.rusersd  rpc.rusersd
#
# The spray server is used primarily for testing.
sprayd/1          dgram      rpc/udp    wait root  /usr/etc/rpc.sprayd   rpc.sprayd
#
# The rwall server lets anyone on the network bother everyone on your machine.
walld/1           dgram      rpc/udp    wait root  /usr/etc/rpc.rwalld   rpc.rwalld
#
# rpc.cmsd is a data base daemon which manages calendar data backed
# by files in /usr/spool/calendar
100068/2-3        dgram      rpc/udp    wait root  /usr/etc/rpc.cmsd     rpc.cmsd

# Sun ToolTalk Database Server
100083/1          stream     rpc/tcp    wait root  /usr/etc/rpc.ttdbserverd
                                                                    rpc.ttdbserverd
```


Dalla parte del cliente

anche concorrenza dalla parte del cliente
per ottenere i vantaggi di servizi multipli

a) soluzione parallela

possibilità di generare più processi (slave) che gestiscono ciascuno una diversa interazione con un server

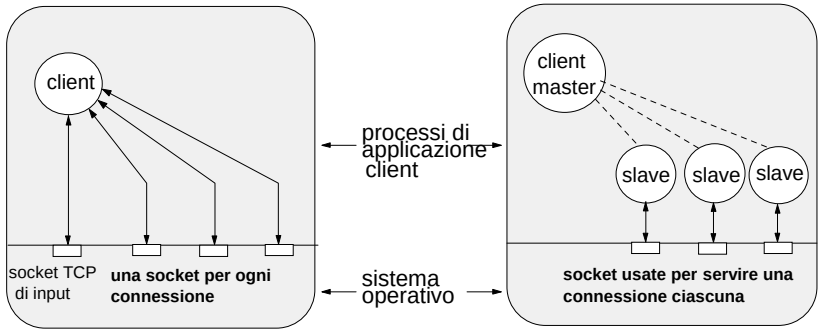
possibilità di interagire con più server contemporaneamente (multicast)

come interagire con il server in modo appropriato?
condivisione di socket?

b) soluzione concorrente

possibilità che il cliente unico gestisca più interazioni
necessità di asincronismo

uso di select e politiche di servizio opportune



Gestione opzioni per Stream Socket

funzioni primitive per configurare socket

getsockopt() / setsockopt()

leggere e fissare le modalità di utilizzo delle socket
(tipicamente il valore del campo vale o 1 o 0)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
    char optval = 1;
int getsockopt (s, level, optname, optval, optlen)
    int s,level,optname, *optlen;
int setsockopt (s, level, optname, &optval, optlen)
    int optlen;
```

s == socket descriptor legato alla socket
level == livello di protocollo per socket SOL_SOCKET
optname == nome dell'opzione
optval == puntatore ad un'area di memoria per valore
optlen == lunghezza (o puntatore) quarto argomento

Opzioni	Descrizione
SO_DEBUG	abilita il debugging (valore diverso da zero)
SO_REUSEADDR	riuso dell'indirizzo locale
SO_DONTROUTE	abilita il routing dei messaggi uscenti
SO_LINGER	ritarda la chiusura per messaggi pendenti
SO_BROADCAST	abilita la trasmissione broadcast
SO_OOBINLINE	messaggi prioritari pari a quelli ordinari
SO_SNDBUF	setta dimensioni dell'output buffer
SO_RCVBUF	setta dimensioni dell'input buffer
SO_SNDLOWAT	setta limite inferiore di controllo di flusso out
SO_PCVLOWAT	limite inferiore di controllo di flusso in ingresso
SO_SNDTIMEO	setta il timeout dell'output
SO_RCVTIMEO	setta il timeout dell'input
SO_USELOOPBACK	abilita network bypass
SO_PROTOTYPE	setta tipo di protocollo

Riutilizzo del socket address (STREAM)

Opzione **SO_REUSEADDR** modifica bind()

Il sistema tende a non ammettere più di un utilizzo di un indirizzo locale
con l'opzione, si convalida l'indirizzo di una socket **senza controllare la unicità di associazione**

Socket con wildcard address per una porta in uso
Controllo al momento della connessione

Protocollo	Coda di rx	Coda di tx	Indirizzo locale	Indirizzo remoto	Stato della connessione
TCP	0	0	*.2000	*.*	ASCOLTO

netstat segnala demone sulla porta 2000 all'indirizzo Internet * (wildcard address)
Un processo client richiede una connessione

Proto-collo	Coda di rx	Coda di tx	Indirizzo locale	Indirizzo remoto	Stato cns
TCP	0	0	137.204.57.33.2000	137.204.57.32.4000	STABILITA
TCP	0	0	*.2000	*.*	ASCOLTO

Il processo demone originale continua ad attendere sulla socket legata alla porta 2000 ed al wildcard address
Se termina, il riavvio necessita **SO_REUSEADDR**
Senza, il processo tenta il collegamento alla porta 2000 con wildcard address ==> bind() errore ==>
già presente una connessione per lo stesso socket address

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

Controllo periodico della connessione

Il protocollo di trasporto può inviare messaggi di controllo periodici per analizzarne lo stato di una connessione (**SO_KEEPALIVE**)

Se problemi ==>
connessione è considerata abbattuta
i processi avvertiti da un **SIGPIPE** *chi invia dati*
da **end-of-file** *chi li riceve*

Verifica ogni 2 ore secondi e reset dopo 6 minuti di tentativi
opzione in dominio Internet tipo boolean

Utilizzo di servizi di routing non standard

opzione **SO_DONTROUTE** in dominio Internet
i messaggi scavalcano i servizi di routing e sono diretti all'interfaccia di rete per trovare il cammino

Dimensioni buffer di trasmissione/ricezione

Opzioni **SO_SNDBUF** e **SO_RCVBUF**
Aumento della dimensione buffer di trasmissione ==>
invio messaggi più grandi senza attesa
massima dimensione possible 65535 byte

```
int result;  int buffersize=10000;
result=setsockopt (s, SOL_SOCKET, SO_RCVBUF,
                   &buffersize, sizeof(buffersize));
```


Azioni eseguite alla chiusura di socket

Con opzione **SO_LINGER** si influenzano i messaggi in caso di **close**

struttura di dati *linger* in /usr/include/sys/socket.h:

```
struct linger {  int l_onoff;
                 int l_linger;  /* attesa in sec */}
```

l_onoff	l_linger	Graceful/Hard Close	Chiusura Con/ Senza attesa
0	don't care	G	Senza
1	0	H	Senza
1	valore > 0	G	Con

valore di default l_onoff 0
disconnessione graceful
NON abbiamo controllo della memoria

chiusura hard della connessione
l_linger a **0**
ogni dato non inviato è perso

chiusura graceful della connessione
l_onoff ad **1** e l_linger **valore positivo**
la chiamata close() avviene dopo la trasmissione di tutti i dati nel buffer

L'opzione non influenza lo shutdown()

IPC fra processi locali

dominio Internet processi locali
opzione **SO_LOOPBACK**
IP usa loopback locale per i dati

Ricezione messaggi out-of-band in linea

Opzione in recv() per ricevere messaggi out-of-band
Opzione **SO_OOBLINE**
dato out-of-band nello stream di normale ricezione
non sono necessarie letture con flag

Analisi del tipo della socket

Opzione **SO_TYPE** (getsockopt)
si può risalire al tipo di socket

Analisi degli errori

Opzione **SO_ERROR** (getsockopt)
variabile globale **so_error**
leggere e cancellare errore su una socket

Broadcasting

Opzione **SO_BROADCAST**
messaggi broadcast
spedizione in Internet
datagrammi broadcast attraverso una socket

Primitive messaggi modo Scatter/Gather

Primitive *writev()* e *readv()* per *scatter/gather I/O*
scrittura/lettura da buffer non contigui
Incapsulamento delle informazioni a livello applicativo senza delegarlo ai protocolli di trasporto
le primitive richiedono i dati già incapsulati
operazioni di compattazione (scrittura)
frammentazione nei buffer (lettura)

Struttura dati utilizzata per contenere i buffer non contigui presente nel file <sys/uio.h>:

```
struct iovec   {
    caddr_t iov_base;      /* indirizzo base di un buffer */
    int iov_len;           /* dimensione del buffer */
                }
```

Le due primitive:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/uio.h>

int readv (s, iov, iovcount)
int writev (s, iov, iovcount)
    int s;
    struct iovec iov[];
    int iovcount;
```

s == socket descriptor
iov == puntatore al primo dei buffer di tipo iovec
iovcount == numero di buffer
ritorno il numero di byte effettivamente letti o scritti

L'effetto di queste chiamate è quello di leggere o scrivere questi buffer **uno per volta** fino al termine

Esecuzione sequenziale e atomica

Esempio:
trasmissione di byte preceduti da una testata di informazioni

classiche chiamate read() e write()

```
struct info header;
char buffer[200];
< imposta le informazioni in header >
< trasmissione unica di un messaggio alla volta >
if (write(s,header,sizeof(header))!=sizeof(header))
        return(-1)
if (write(s,buffer,200)!=200) return(-1)
.....
```

uso di funzioni di scatter/gather I/O

```
struct iovec iov[2];
struct info header;
char buffer[200];
< imposta le informazioni in header >
< senza caricare i dati in  un  buffer ad-hoc >
iov[0].iov_base = (char *)&header;
iov[0].iov_len = sizeof(header);
iov[1].iov_base = buffer;
iov[1].iov_len = 200;
if (writev (s,&iov[0],2) != sizeof(header)+200) return(-1)
.........
```


Scambio di dati con modalità asincrona

Possiamo essere interessati a socket le cui operazioni non blocchino

A default => modello sincrono delle socket

Socket asincrone

Socket asincrone gestite con **select** o con un **gestore del segnale** di completamento della operazione

SIGIO segnala un cambiamento di stato della socket (ad esempio per l'arrivo di dati)

SIGIO ignorato dai processi che non hanno definito un gestore

gestore di SIGIO robusto per situazioni inaspettate

select() per determinare quale condizione si sia verificata **o gestore opportuno**

Segnale e consegna

SIGIO socket asincrona

Attributo FIOASYNC con primitiva *ioctl()*

#include <sys/ioctl.h>

int **ioctl** (int filedesc, int request, ... /* args */)

filedescr == file descriptor

request == tipo di attributo da assegnare

poi == valori da assegnare all'attributo

parametro *process group* del processo alla socket asincrona. Primitiva ioctl() attributo SIOCSPGRP

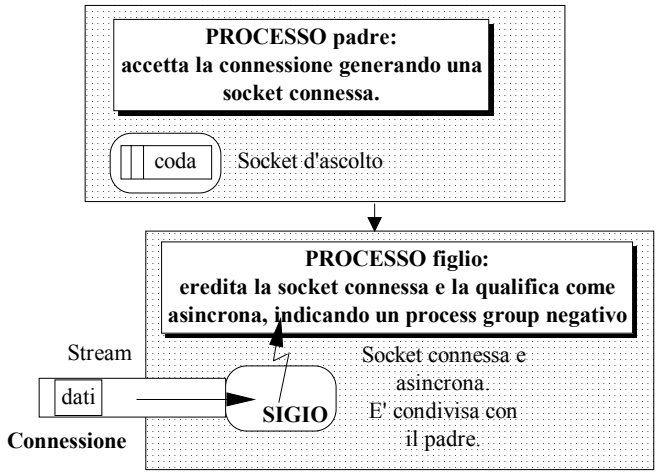
Consegna di SIGIO:

ioctl (filedescr, SIOCSPGRP,&flag) ***flag***

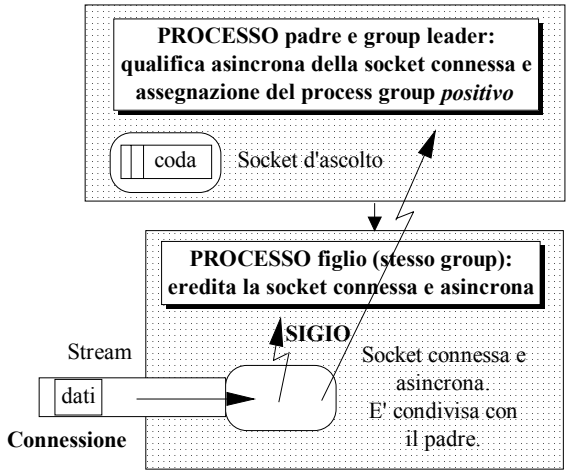
valore ***negativo*** ==> segnale per il processo con pid uguale al process group

valore ***positivo*** ==> segnale arriva a tutti i processi del process group

Segnale e consegna
Segnale SIGIO e consegna al processo



Valore **negativo**
Consegna SIGIO al solo processo del gruppo



Valore **positivo**
Consegna di SIGIO a tutti i processi del gruppo

Due esempi di socket asincrone con consegna del segnale al singolo processo ed al gruppo di processi:

```
int ls;         /* socket d'ascolto */
int flag=1;
/* valore per FIOASYNC per socket asincrona */
int handler; /* gestore delle I/O sulle socket */

signal(SIGIO,handler);
if (ioctl (ls,FIOASYNC,&flag)== -1) {
     perror("non posso rendere asincrona la socket");
     exit(1);                              }
flag= - getpid();     /* identificatore di processo negativo */
if (ioctl (ls,SIOCSPGRP,&flag)     == -1)
{ perror("non si assegna il process group alla socket");
  exit(1);     }
```

Le opzioni sono poco standard.
Per Linux:

```
int flag, ret;

#ifdef __linux__
  flag = fcntl (s, F_GETFL);
  if (fcntl (s, F_SETFL, flag | FASYNC ) == -1)
       {  perror("fcntl failed");
          exit(-1);}
  flag = -getpid();
  if (fcntl (s, F_SETOWN, flag) == -1)
       {  perror("fcntl F_SETOWN)"); exit (-2);}
#endif
```

Nonblocking I/O (per la stessa azione)

Primitive bloccanti
anche modificata con primitiva ioctl()
parametro FIONBIO
valore 0 / 1
modalità **bloccante** / **non bloccante**

chiamate modificate

- ***accept()***
  restituisce errore di tipo EWOULDBLOCK
- ***connect()***
  condizione d'errore di tipo EINPROGRESS
- ***recv() e read()***
  condizione d'errore di tipo EWOULDBLOCK
- ***send() e write()***
  condizione d'errore EWOULDBLOCK

Esempio di assegnazione dell'attributo non bloccante

```
#include <sys/ioctl.h>
int s;          /* socket descriptor */
int arg=1;   /* valore per la qualifica non blocking */
ioctl(s,FIONBIO,&arg);
ioctl(s,FIOASYNC,&arg);
```

Funzionamento **non bloccante** delle primitive anche mediante chiamata *fcntl()*

FCNTL () dedicata al controllo dei file aperti

FCNTL

```
#include <fcntl.h>
int fcntl  (fileds, cmd, .../* argomenti */)
     int fileds;  /* descrittore del file */
     int cmd;
     /* argomenti */

if (fcntl  (descr, F_SETFL, FNDELAY) < 0)
{ perror("non si riesce a rendere asincrona la socket");
  exit(1);    }
```

anche O_NDELAY

I comandi hanno significati diversi in

System V
- **O_NDELAY**
  le chiamate read(), recv(), send(), write() senza successo immediato ritornano un valore 0.
  Possibile problema: equivale alla condizione di end-of-file sulle socket
- **O_NONBLOCK** (POSIX.1 standard, System V vers.4)
  Le chiamate senza successo immediato ritornano -1 e la condizione d'errore EAGAIN

BSD
- **FNDELAY, O_NONBLOCK**
  le chiamate read(), recv(), send(), write() senza successo immediato ritornano con valore -1 e la condizione d'errore EWOULDBLOCK

Nonblocking I/O

Primitive bloccanti a default

Per asincronismo

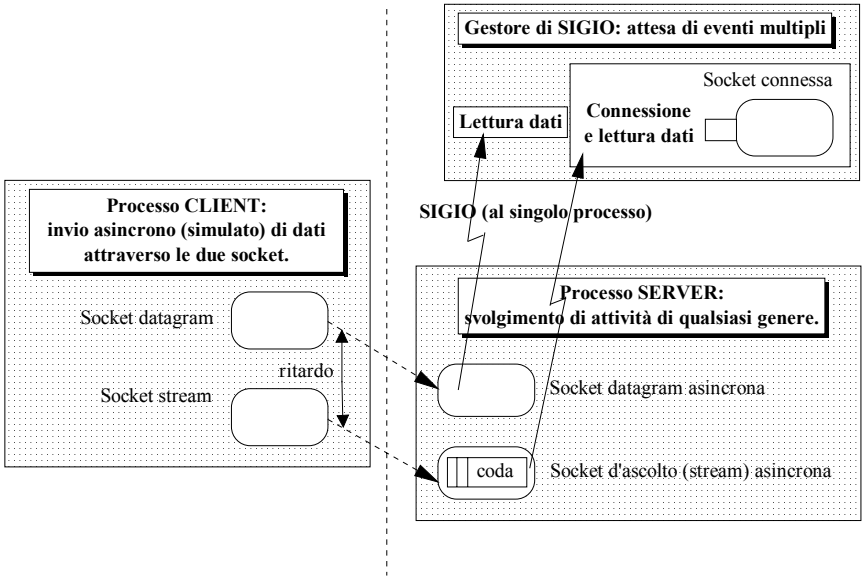
uso primitiva ioctl() con FIOSNBIO a valore 1

recvfrom(), recv(), read(), sendto(), send() e write()

condizione d'errore (-1) di tipo EWOULDBLOCK

Anche con uso di fcntl()

flags O_NDELAY oppure O_NONBLOCK



Processo server con socket asincrone

(manca la gestione del segnale SIGIO)

- *Assegnazione di un **gestore per SIGIO***
- *Assegnazione della address family*
- *Assegnazione di un **indirizzo Internet** locale wildcard*
- ***Preparazione della datagram socket***
  - Assegnazione del numero di porta
  - Creazione della datagram socket
  - Collegamento al socket address
  - Qualifica di **asincronismo**
- ***Preparazione della stream socket***
  - Assegnazione del numero di porta
  - Creazione della stream socket
  - Collegamento al socket address
  - Qualifica di **asincronismo**
  - Creazione della coda d'ascolto

Gestore di SIGIO

- Notifica all'utente dell'arrivo del segnale
- Prepara la **maschera** con i socket descriptor delle datagram e stream socket
- Esegue una **select** con time-out pari a zero
- A secondo della maschera, sceglie **datagram** e/o **stream** per leggere e visualizzare i dati

```
/*  SERVER  */
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <signal.h>
#include <stdio.h>
#include <netdb.h>
int  ds;                          /* datagram socket descriptor */
int  ss;                          /* streams socket descriptor  */
struct hostent *hp;               /* puntatore all' host remoto */
struct sockaddr_in myaddr;        /* socket address locale */
struct sockaddr_in peeraddr_in; /* socket address remoto */

int  io_handler();    /* gestore del segnale SIGIO */

main(argc, argv)
int  argc;  char  *argv[];
{    struct sigvec vec;
/* Assegna la struttura per la notifica dell'evento */
vec.sv_handler = (int *) io_handler;
vec.sv_mask = 0;
vec.sv_flags = 0;
if ( sigvector (SIGIO, &vec, (struct sigvec *) 0) == -1)
          perror(" sigvector(SIGIO)");
myaddr.sin_family =         AF_INET;
myaddr.sin_addr.s_addr =  INADDR_ANY;
myaddr.sin_port =           22373;
ds = socket (myaddr.sin_family, SOCK_DGRAM, 0);
if (ds == -1) {   perror(argv[0]);
               printf("%s: Non datagram socket\n", argv[0]);
               exit(1); }
```



```
/* Attribuisce la qualifica di asincrona alla socket */
set_up_async (ds);
myaddr.sin_port = 22374;
ss = socket(myaddr.sin_family, SOCK_STREAM, 0);
if (ss == -1) {   perror(argv[0]);
               printf("%s: Non stream socket\n", argv[0]);
               exit(1); }
set_up_async (ss);
if (listen(ss, 5) == -1 ) {perror(argv[0]);
                    printf("%s: impossibile ascolto \n", argv[0]);
                    exit(1); }
printf(" Il Server entra in un loop infinito.\n\n");
for (; ; ) {}  /* questo loop simula qualunque esecuzione*/
}
/*
 *   SET_UP_ASYNC(S) la socket s diventa asincrona
 */
set_up_async(s)
int  s;
{    int  flag = 1;
if (bind (s, &myaddr, sizeof(myaddr)) == -1) {
          perror(" impossibile collegare indirizzo a socket\n");
exit(1);}

/* Assegna lo stato di asincrona alla socket */
if (ioctl (s, FIOASYNC, &flag) == -1) {
          perror(" non posso qualificare asincrona la socket ");
          exit(1); }

/* Il process group viene posto negativo per la consegna del
segnale al solo processo */
     flag = -getpid();
     if (ioctl (s, SIOCSPGRP, &flag) == -1)
          { perror("can't get the process group.");      }
}
```

```
/*
 *  IO_HANDLER() gestore del segnale SIGIO
*/
#include <sys/param.h>
#define BPI 32                          /* bit per intero */
#define DONT_CARE   (char *) 0
#define BUFLEN     100
io_handler ()
{    struct fd_mask { u_long fds_bits[NOFILE/BPI+1];};
/* NOFILE  è il massimo numero di descrittori per processo */
      struct fd_mask readmask;
      int  numfds, count, s;
      char     buf[BUFLEN];
      struct timeval {
                unsigned long   tv_sec;       /* secondi */
                long                tv_usec;     /* microsecondi */
                        } timeout;

memset (buf, 0, BUFLEN);   printf(" SIGIO ricevuto!\n\n");
FD_ZERO(&readmask);
FD_SET(ds, &readmask);
FD_SET(ss, &readmask);
timeout.tv_sec = 0;  timeout.tv_usec = 0;

if ((numfds = select (ss + 1, &readmask, DONT_CARE,
      DONT_CARE, &timeout))  < 0)
                {perror("select fallita ");  exit(1);    }
if (numfds == 0) {  printf("condizione inattesa.\n");
                        exit(1); }
/* si trattano i possibili casi in sequenza */
if (FD_ISSET(ds, &readmask)) {
      count = recvfrom (ds, buf, BUFLEN, 0, &peeraddr_in,
                        sizeof(struct sockaddr_in ));
      buf[count] = '\0'; printf(" ricevuto datagram: %s\n\n", buf);}
```



```
if (FD_ISSET(ss, &readmask)) {
      s=accept (ss, &peeraddr_in, sizeof(struct sockaddr_in ));
      if (s == -1 ) {    perror(" accettazione fallita "); exit(1); }
      printf(" accettazione di richiesta di connessione\n");
      count = recv(s, buf, BUFLEN, 0);
/* la ricezione è bloccante, anche se per correttezza
   dovrebbe non esserlo in un server come questo */
      if (count == -1 ) {perror(" errore di ricezione") ;
                              exit(1);}
      buf[count] = '\0';
/* i dati si devono stampare come stringa */
      printf(" ricevuti dalla stream socket i dati: %s\n\n", buf);
      printf(" Server terminato!\n");
      exit(0); }
}
```

Processo client

- *Lettura degli argomenti di chiamata*
- *Assegnazione della address family*
- *Acquisizione dell'indirizzo Internet host remoto*
- *Preparazione della **datagram socket***
  - Creazione della datagram socket
  - Assegnazione del numero di porta per il servizio remoto
- ***Invio di messaggio** attraverso la datagram socket*
- ***Attesa di 5 secondi***
- *Preparazione della **stream socket***
  - Assegnazione numero di porta del servizio remoto
  - Creazione della stream socket
  - Richiesta di connessione alla stream socket remota
- **Invio di dati** attraverso la stream socket

/* **CLIENT** */

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <stdio.h>
#include <netdb.h>
int  ds;  int  ss;  struct hostent *hp;  struct servent *sp;
struct sockaddr_in myaddr_in;  /* socket address locale */
struct sockaddr_in peeraddr_in;      /* socket address remoto */

main(argc, argv)
int  argc; char   *argv[];
{    int  addrlen;
if (argc != 4) {  fprintf(stderr,"Usage:  %s <host remoto>\
 <dati datagram> <dati stream> \n\n", argv[0]);
                exit(1); }
peeraddr_in.sin_family = AF_INET;
```



```
hp = gethostbyname (argv[1]);
if (hp == NULL) {fprintf(stderr, "%s: %s non in /etc/hosts\n",
                        argv[0], argv[1]);    exit(1); }
peeraddr_in.sin_addr.s_addr =
        ((struct in_addr *)(hp->h_addr))->s_addr;
ds = socket (AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
if (ds == -1) {   perror(argv[0];
                  fprintf(stderr, "%s: no datagram socket\n", argv[0]);
                  exit(1); }
peeraddr_in.sin_port = 22373;
if (sendto (ds, argv[2], strlen(argv[2]), 0, &peeraddr_in,
                        sizeof(struct sockaddr_in )) == -1)  {
        fprintf(stderr, "%s: invio Datagram fallito. ", argv[0]);
        perror(argv[0]);      exit(1); }
printf(" %s : Messaggio Datagram inviato. \n", argv[0]);

sleep(5);    /* attesa per simulare asincronismo del client*/

ss = socket (AF_INET, SOCK_STREAM, 0);
if (ss == -1) {   perror(argv[0]);
                  fprintf(stderr, "%s: No stream socket\n", argv[0]);
                  exit(1); }
peeraddr_in.sin_port = 22374;
if (connect (ss, &peeraddr_in, sizeof(struct sockaddr_in )) == -1)
{    perror(argv[0]);
     fprintf(stderr, "%s: impossibile connettersi\n", argv[0]);
     exit(1); }
/* consegna del segnale SIGIO al server */
if (send (ss, argv[3], strlen(argv[3]), 0)) == -1)  {
        fprintf(stderr, "%s: invio Stream fallito. ", argv[0]);
        perror(argv[0]);      exit(1); }
     printf("%s : Dati stream inviati. Fine Cliente\n", argv[0]);}
```

Invio/ricezione dati out-of-band (STREAM)

In caso di connessione, problema di informazioni urgenti
segnalazione out-of-band
I dati out-of-band usano un'area indipendente da quella utilizzata per i dati normali (1 solo byte)

Uso di un canale *logicamente indipendente* dal canale normale utilizzato dalla connessione
TCP ha un *solo canale* di segnalazione out-of-band
si recapitano messaggi di un *solo byte*

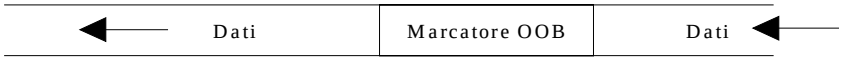
Il messaggio out-of-band è in **sequenza** nello **stream consegnato** al destinatario **indipendentemente** dai dati normali

DEFAULT
Uso di send() e recv() con opzione MSG_OOB
flussi distinti a livello utente
send() con MSG_OOB anche bloccante
recv() con MSG_OOB non bloccante ricezione **a polling**
errore **EINVAL** se il dato non disponibile
anche uso di select per ottenere il valore

Senza dovere fare polling, si può anche segnalare un gestore dei dati urgenti:
Due metodi di segnalazione
1 se abilitato **SIGURG** (ioctl con SIOCSPGRP), all'arrivo dei dati viene invocato il **gestore del segnale**
2 se il processo è bloccato su una select(), la **select esce** con la maschera degli eventi eccezionali

Trattamento Dati Urgenti

Esiste un *marcatore logico* nello stream per indicare il punto legato alla *condizione eccezionale*



Esempio

```
#include <signal.h>
int onurg();      /* gestore dei dati out-of-band */
int pid,s;
signal (SIGURG,onurg);
/* associa il gestore dell'evento al segnale SIGURG */

pid=-getpid();
if (ioctl (s,SIOCSPGRP,&pid)<0) {
     perror("ioctl(SIOCSPGRP)");
     exit(1); }
/* notifica il segnale solo al processo in questione */
.....
```

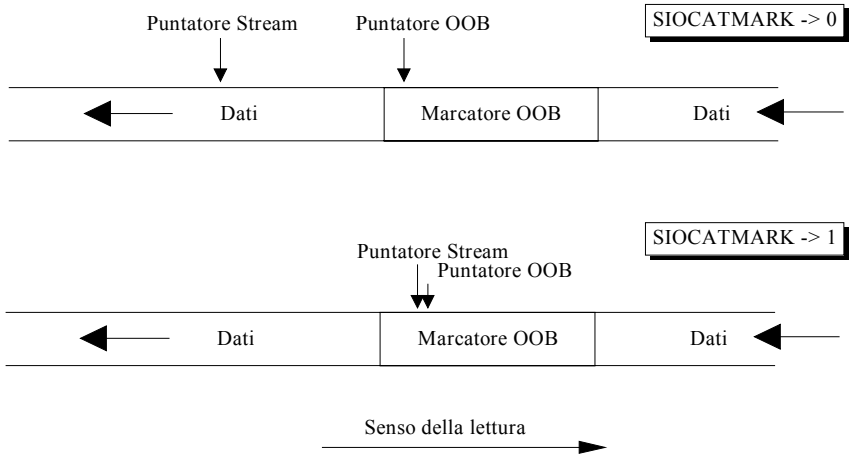
Forzatura e Recupero dei dati in linea
Opzione **SO_OOBINLINE** (setsockopt) forza
un solo flusso anche a livello utente
il dato out-of-band è letto con normale recv()
Non si deve oltrepassare il marcatore
recv restituisce la distanza tra l'attuale puntatore dello stream di dati al puntatore del byte out-of-band
recv() successive non possono più leggerlo

Uso di ioctl() con opzione SIOCATMARK

Il puntatore del byte out-of-band viene raggiunto dal puntatore di lettura nel buffer di ricezione

Se restituisce 0 le prossime letture portano a dati precedenti la segnalazione out-of-band

Se 1 il puntatore ad out-of-band è stato raggiunto



Segnalazione out-of-band

per ignorare tutti i dati presenti nello stream di byte fino al puntatore del byte out-of-band

Il processo può svuotare il buffer di ricezione fino al raggiungimento di tale puntatore

Esempio di svuotamento del flusso

```
onurg()
{  int atmark;  char mark;  char flush[100];

while(1) {
/* ciclo di attesa del raggiungimento del puntatore del
   byte out-of-band */

  if (ioctl (s,SIOCATMARK,&atmark) < 0) {
   /* s socket descriptor */
                perror("ioctl(SIOCATMARK)");
                return;                          }
  if (atmark) break;
   /* se è 1 esce: ha raggiunto il byte out-of-band */

  if (read (s, flush, sizeof(flush))<=0) return;
   /*condizione d'errore sulla lettura: si ignora la lettura */


     }
recv (s,&mark,1,MSG_OOB);
/* riceve il byte out-of-band per decodificarlo.*/
printf("ricevuto messaggio OOB: %c\n",mark);
return;
}
```

Gestione *commit*

Scambio di una serie di dati

Alla ricezione si elabora solo al mark out-of-band

Gestione avanzata Datagram Socket

Broadcasting

setsockopt()
opzione SO_BROADCAST

la specifica di broadcast permette di indicare nel socket address un indirizzo Internet che consenta un indirizzo di multicast

Problemi di sovraccarico della rete

Socket address di default

Non si deve specificare l'indirizzo della socket remota
sendto() e sendmsg() producono errore se chiamate con un indirizzo destinatario diverso da zero
Uso di *recv() o read()*

Specifica in *connect()* con due indirizzi speciali
INADDR_ANY
socket connessa all'interfaccia per comunicazioni di tipo loopback (locale)
INADDR_BROADCAST
solo con i nodi presenti sulla rete locale

L'effetto della connect() consiste in una semplice registrazione dell'indirizzo di socket
si può ripetere più volte per variare il socket address di default

Esempio di socket datagram con broadcast

```
#define MYPORT  24000
int on =1;
struct sockaddr sin;
/* socket datagramma */
s=socket(AF_INET, SOCK_DGRAM, 0);
/* The socket is marked broadcast  */
setsockopt(s, SOL_SOCKET, SO_BROADCAST,
                    &on, sizeof (on));

/* numero di porta per la socket  */
sin.sin_family =            AF_INET ;
sin.sin_addr.s_addr =    IN ADDR_ANY;
sin.sin_port =              MYPORT;
bind(s, (struct sockaddr*)&sin, sizeof (sin));
```

In caso di invio la destinazione deve essere opportuna:
INADDR_BROADCAST (definito in <netinet/in.h >)

```
#define INADDR_BROADCAST      (u_long)0xffffffff
```

In caso di rete con submask bisogna tenere conto dell'eventuale ridefinizione del broadcast
Il valore si verifica usando la **ifconfig** del device di rete

```
 se ridefinito come "137.204.57.255"
broadaddr_in.sin_family  =      AF_INET;
broadaddr_in.sin_port    =      htons( PEER_PORT);
broadaddr_in.sin_addr.s_addr= inet_addr("137.204.57.255");
if ((sendto(s,mess,10,0,&broadaddr_in,sizeof(broadaddr_in)))<0)
      perror("ERRORE GRAVE. No broadcast");
printf("Send broadcast avvenuta\n");
```

Primitive messaggi: modo Scatter/Gather

Scambiare dati provenienti da buffer non contigui

Oltre a readv() e writev()
anche *recvmsg()* e *sendmsg()*

```
#include sys/socket.h
struct msghdr {
     caddr_t msg_name;
/* indirizzo socket remota (opzionale con socket connessa)
  */
  int       msg_namelen;    /* dimensione indirizzo */
  struct iovec *    msg_iov;
/* vettore di buffer non contigui */
  int       msg_iovlen;
/* numero di elementi nel vettore msg_iov */
  caddr_t msg_accrights;    /* diritti d'accesso */
  int msg_accrightlen;      /*lunghezza campo */
                }
```

Due nuove primitive:

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

s == socket descriptor
msg == puntatore alla struttura msghdr
flag == per send() e recv()

Atomicità

uso di molte chiamate send() con datagrammi
possono arrivare al destinatario fuori ordine

Unica chiamata sendmsg()
buffer non contigui vengono incapsulati
in un unico messaggio

Gestione sincrona di eventi multipli

Uso della chiamata select()
differenza sugli eventi che provocano il ritorno della funzione

- in lettura:
  - *recv asincrona*: ioctl con FIONREAD restituisce il numero di bytes disponibili,
- eventi eccezionali:
  - all'arrivo dati out-of-band,
  - socket non utilizzabile (close o shutdown)

Scambio di dati con modalità asincrona

Esempio di processi comunicanti in modo asincrono

Specifiche di IPC nel Dominio UNIX

Solo comunicazione locale

le socket in dominio Internet hanno prestazioni inferiori a le socket locali
overhead di protocollo IP

Identificazione della socket

```
#include <sys/un.h>
struct sockaddr_un {
    short sun_family;
    u_char sun_path[92];
    }
```

sun_family == ***AF_UNIX***
sun_path == *path name*
Si noti la **identità del servitore** (attraverso il nome di file)

Ad esempio

```
struct sockaddr_un myaddr;
    myaddr.sun_family = AF_UNIX;
    strcpy(myaddr.sun_path,"/tmp/c");
```

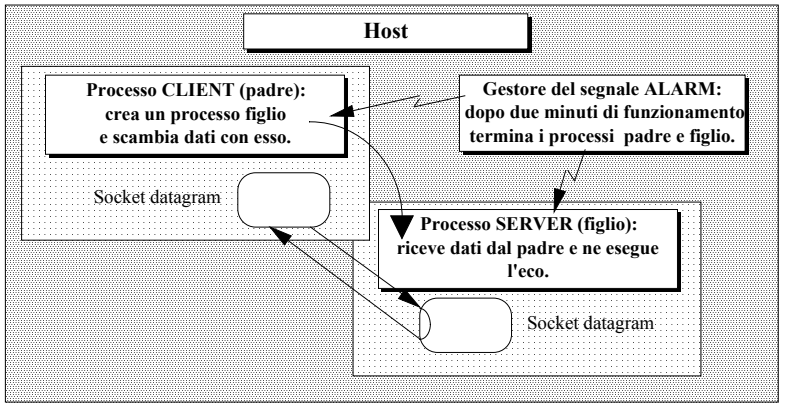
bind() con un *inode* corrispondente al path name
Collegamento ad un file
Uso di chiamata *unlink()* oppure cancellare il file mediante il comando *rm*

Attenzione: *a volte, mescolare domini diversi provoca problemi*


```
#define SOCKET_PATH /tmp/myserver
struct sockaddr_un servaddr;

servaddr.sun_family=AF_UNIX;
strcpy(servaddr.sun_path,SOCKET_PATH);
s=socket(AF_UNIX,SOCK_DGRAM,0);
bind(s,&servaddr,sizeof(struct sockaddr_un));
.....
close(s);
unlink(SOCKET_PATH);
```

Esempio di **server** e **client**



Processi locali con datagram socket

Il server attende un numero di messaggi da 2000 bytes ciascuno e, una volta arrivati, ne esegue l'eco
Il server ha un time-out per terminare dopo 2 minuti

* Processo SERVER */

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/un.h>
#include <stdio.h>
#include <signal.h>
#include <netdb.h>
#define bzero(ptr, len)  memset((ptr), NULL, (len))
/* azzerare strutture */
int  timeout();

main( argc, argv)
int argc;  char *argv[];
{    int  sock,    slen, rlen, expect;
     unsigned char   sdata[5000];
     struct  sockaddr_un servaddr;        /* indirizzo del server */
     struct  sockaddr_un from;
     int  fromlen;
signal (SIGALRM, timeout);
alarm ((unsigned long) 120);   /* assegnazione time-out */
if ((sock = socket(AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0)) < 0)
     { perror("server: socket");        exit(1); }
bzero(&servaddr, sizeof(servaddr));
servaddr.sun_family = AF_UNIX;
strcpy(servaddr.sun_path,argv[1]);
if (bind (sock, &servaddr, sizeof(servaddr)) < 0)
     { close(sock);   perror("server: bind");  exit(2);}
```



```
expect = atoi (argv[2]) * 2000;
while (expect > 0)
{fromlen = sizeof(from);
  rlen = recvfrom (sock, sdata, 2000, 0, &from, &fromlen);
  if (rlen == -1) {perror("server : recv\n");   exit(3);}
  else {
      expect -= rlen;
      printf("server : ricevuti %d bytes\n", rlen);
      slen = sendto (sock, sdata, rlen, 0, &from, fromlen);
/* risponde al mittente */
      if (slen <0) {perror ("server : sendto\n"); exit (4);  }
       }
}
unlink(argv[1]);
/* unlink() serve a rendere disponibile l'inode per la prossima
esecuzione */
close(sock);
printf("Server terminato.\n");
exit(0);}

timeout()    /* gestore del timeout per evitare blocchi indefiniti */
{    printf( "server: tempo di attesa scaduto.\n" );
     fprintf(stderr, "fermo il processo server\n");
     exit(5);}
```

Il processo server viene impegnato dalla attesa

Il processo client esegue una fork()
per creare un processo slave che esegue il servizio
L'utente non deve lanciarlo in background

/* Processo CLIENT */

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netinet/in.h>
#include <sys/un.h>
#include <stdio.h>
#include <signal.h>
#include <netdb.h>
#define bzero(ptr, len)  memset((ptr), NULL, (len))
int  timeout();

main( argc, argv)
    int argc;     char *argv[];
{    int  sock;
     int  j, slen, rlen, fromlen;
     unsigned char   sdata[2000];          /* invio dati */
     unsigned char   rdata[2000];          /* dati ricevuti */
     struct  sockaddr_un servaddr;         /* indirizzo del server */
     struct  sockaddr_un clntaddr;         /* indirizzo del client */
     struct  sockaddr_un from;

if (argc!=4) { fprintf(stderr,"Uso: %s <clientpath>  <serverpath> \
<N messaggi>\n",argv[0]);exit(1);  }
signal (SIGALRM, timeout);
alarm ((unsigned long) 120);
/* crea un processo servitore per ricevere i dati */
printf("Client : fork del server\n");
if (fork() == 0 ) {
     execl("./suudp", "suudp", argv[2], argv[3], 0 );
     printf("impossibile eseguire ./suudp.\n");
     exit(1); }
```



```
/* Inizializza il messaggio da spedire */
for (j = 0; j < sizeof(sdata); j++)     sdata[j] = (char) j;
if ((sock = socket (AF_UNIX, SOCK_DGRAM, 0)) < 0) {
              perror("client: socket");      exit(2); }

/*Il client esegue il bind ad una socket in modo che il server
  possa acquisire il suo indirizzo e rispondere ai messaggi */
bzero(&clntaddr, sizeof(clntaddr));
clntaddr.sun_family = AF_UNIX;
strcpy(clntaddr.sun_path, argv[1]);
if (bind (sock, &clntaddr, sizeof(clntaddr)) < 0)
          {close(sock); perror("client: bind"); exit(3);    }
bzero(&servaddr, sizeof(servaddr));
servaddr.sun_family = AF_UNIX;
strcpy(servaddr.sun_path, argv[2]);
for (j = 0; j < atoi(argv[3]); j++)
{    sleep(1);
     slen = sendto (sock, sdata, 2000, 0,
              (struct sockaddr *) &servaddr, sizeof(servaddr));
     if (slen<0) {     perror("client: sendto");      exit(4);       }
     else {   printf("client : inviati %d bytes\n", slen);
              fromlen = sizeof(from);
              rlen = recvfrom (sock, rdata, 2000, 0, &from, mlen);
              if (rlen == -1) { perror("client: recvfrom\n");
                                exit(5); }
              else printf("client : ricevuti %d bytes\n", rlen);}     }
     sleep(1);     unlink(argv[1]);      close(sock);
     printf("Client terminato.\n");    exit(0);}
timeout()
{printf( "client: tempo di attesa scaduto.\n" );
     fprintf(stderr, "fermo il processo client\n");      exit(6);}
```