Laboratorio di Reti di Calcolatori

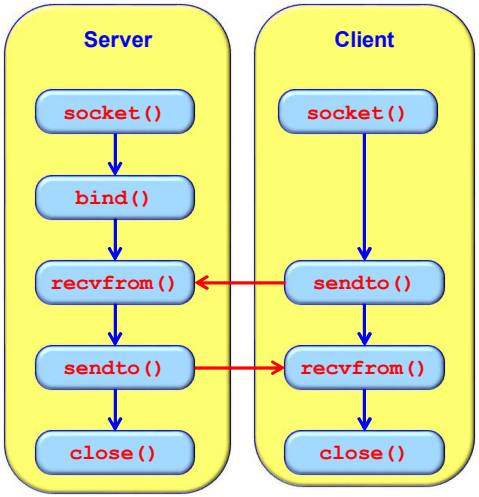
Socket di Berkeley

I socket sono definiti in modo univoco da un insieme di 5 elementi:

- il protocollo utilizzato
- l'indirizzo IP locale
- la porta locale
- l'indirizzo IP remoto
- la porta remota

Basta che uno solo di questi elementi sia differente per rendere diverso il collegamento.

Connessioni UDP



Definizione di un socket

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

Gestisce varie famiglie di socket (anche IPv4 e IPv6).

La famiglia `sa_family` può essere di vario tipo:

`AF_UNIX, AF_NS, AF_IMPLINK, AF_INET, AF_INET6, AF_IPX, AF_IRDA, AF_BLUETOOTH`

Linux supporta 29 tipi differenti di famiglie.

Definizione di un socket AF_INET

Tipo **AF_INET**

```
struct sockaddr_in
{ short int             sin_family; //AF_INET
  unsigned short int    sin_port;
  struct in_addr        sin_addr;
  unsigned char         sin_zero[8];
};


struct in_addr
{ u_int32_t    s_addr;
};
```


Definizione di un socket AF_INET6

Tipo **AF_INET6**

```
struct sockaddr_in6
{ u_int16_t       sin6_family;      //AF_INET6
  u_int16_t       sin6_port;
  u_int32_t       sin6_flowinfo;    //IPv6 flow info
  struct in6_addr sin6_addr;
  u_int32_t       sin6_scope_id;    //scope ID
};


struct in6_addr
{ unsigned char   s6_addr[16];
};
```


Conversione degli indirizzi

pton => Presentation to Network
ntop => Network to Presentation

Queste funzioni consentono di trasformare gli indirizzi IPv4 o IPv6 dal formato compatto (interno) a quello testo leggibile, e viceversa.

```
const char *inet_ntop(int af, const void *src ,
                      char *dst, socklen_t size);


int inet_ntop(int af, const char *src , void *dst);
```


Conversione degli indirizzi

Esempi

```
struct sockaddr_in sa; // IPv4
char ip4[16];

inet_ntop(AF_INET, &(sa.sin_addr),ip4,INET_ADDRSTRLEN);

inet_pton(AF_INET, "192.0.2.1", &(sa.sin_addr));

// INET_ADDRSTRLEN = 16
// 255.255.255.255
```

Conversione degli indirizzi

Esempi

```
struct sockaddr_in6 sa6; // IPv6
char ip6[46];


inet_ntop(AF_INET6,&(sa6.sin6_addr),ip6,INET6_ADDRSTRLEN);

inet_pton(AF_INET6,"2001:d8:b3:1::3490",&(sa6.sin6_addr));

// INET_ADDRSTRLEN6 = 46
// FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:FFFF:255.255.255.255
```


Conversione degli indirizzi

```
int inet_aton(const char *name, struct in_addr *addr)
```

converte un indirizzo IP in formato "xx.xx.xx.xx" nel corrispondente numero esadecimale e lo inserisce nella struttura *addr*.

```
unsigned long inet_addr(const char *name)
```

converte un indirizzo IP in un *unsigned long*

```
char *inet_ntoa(struct in_addr addr)
```

fa l'operazione inversa di `inet_aton()`

Sono funzioni deprecate

Conversione degli indirizzi

```
unsigned short htons(unsigned short int n)
unsigned short ntohs(unsigned short int n)
unsigned long  htonl(unsigned long int n)
unsigned long  ntohl(unsigned long int n)
```

The **htons**() function converts the unsigned short integer *hostshort* from host byte order to network byte order.
The **ntohs**() function converts the unsigned short integer *netshort* from network byte order to host byte order.
The **htonl**() function converts the unsigned integer *hostlong* from host byte order to network byte order.
The **ntohl**() function converts the unsigned integer *netlong* from network byte order to host byte order.

On the i386 the host byte order is Least Significant Byte first, whereas the network byte order, as used on the Internet, is Most Significant Byte first.

Socket

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

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

La chiamata `socket()` restituisce un identificatore di *socket*.

Il *socket* viene creato e viene definito sia il suo tipo che il protocollo utilizzato.

L'utilizzo dei descrittori di socket è simile a quello dei file.

Socket

Domain

PF_INET PF_INET6

Type (solo per PF_INET):

SOCK_DGRAM, SOCK_STREAM

Il protocollo dipende dalla famiglia (di seguito per AF_INET):

IPPROTO_UDP, IPPROTO_TCP, IPPROTO_ICMP, IPPROTO_RAW

Socket

Domain:

spesso, al posto di **PF_INET** si usa **AF_INET** (hanno lo stesso valore)

Protocol:

Si può usare **0**, (verrà scelto il protocollo più adatto al tipo indicato)

Bind

```
int bind(int socket,
         struct sockaddr *addr,
         int addrlen);
```

La chiamata **bind()** restituisce zero in caso di successo. La bind serve per inserire i dati locali (indirizzo e porta) nel *socket*.

L'effetto della **bind** è duplice: per il traffico in *input* serve per dire al sistema a chi deve consegnare pacchetti entranti, mentre per il traffico in *output* serve per inserire il mittente nell'intestazione dei pacchetti.

Bind

Nella definizione dell'indirizzo Internet, è possibile usare alcuni valori definiti tramite macro:

INADDR_LOOPBACK
indica l'host stesso (localhost 127.0.0.1).
INADDR_ANY
serve per accettare le connessioni da qualunque indirizzo
INADDR_BROADCAST
serve per mandare messaggi in broadcast
INADDR_NONE
viene restituito da alcune funzioni in caso di errore.

sendto - recvfrom

```
int sendto(int socket, void *buffer, size_t size
   int flags, struct sockaddr *addr, size_t length);

int recvfrom(int socket, void *buffer, size_t size
  int flags, struct sockaddr *addr, size_t *length);
```

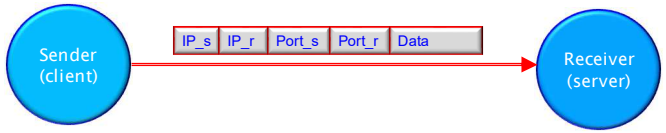
Queste due funzioni operano come la `send()` e la `recv()` ma sono utilizzate per le trasmissioni senza connessione.
Nella `sendto()` deve essere specificato l'indirizzo di destinazione, mentre nella `recvfrom()` il campo indirizzo viene riempito con quello del mittente.

```
int close(int socket);
```

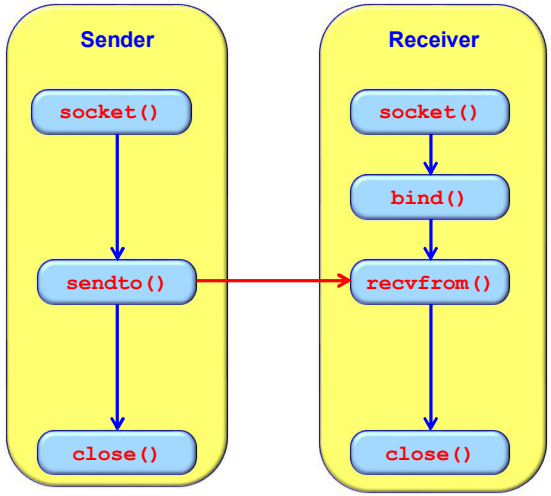
Chiude un socket aperto.

Esempio UDP – sender to receiver

Il seguente programma è il più semplice immaginabile. È composto da un sender che spedisce pacchetti e da un receiver che li riceve. La comunicazione è unidirezionale. Il protocollo usato è UDP.



Connessioni UDP



Esempio UDP – Sender

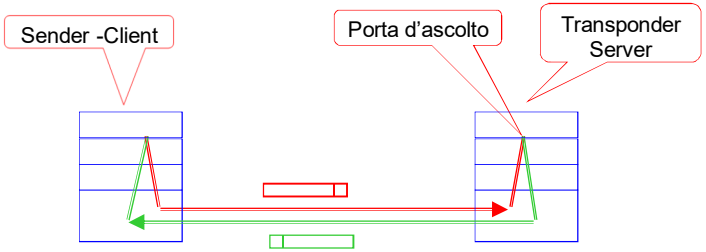
```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <arpa/inet.h>

int main(int argc, char* argv[])
{ int sockfd;
  struct sockaddr_in dest_addr;
  extern int errno;
  int i,n;
  char buffer[100];

  if(argc < 3)
  {  printf("Use: sender IP_dest PORT_dest");
   return 0;
  }
  if((sockfd=socket(PF_INET,SOCK_DGRAM,0)) <0)
  { printf("\nError in socket opening ... exit!");
    return -1;
  }
  memset( &dest_addr, 0, sizeof(dest_addr));
  dest_addr.sin_family = AF_INET;
  inet_pton(AF_INET, argv[1], &(dest_addr.sin_addr));
  dest_addr.sin_port = htons(atoi(argv[2]));

  printf("\nInsert an integer: ");
  scanf("%d",&n);

  for(i=0; i<10; ++i)
  { sprintf(buffer,"%d",i+n);
    printf("sending %s\n",buffer);
    sendto(sockfd, buffer, strlen(buffer)+1, 0, (struct sockaddr *) &dest_addr, sizeof(dest_addr));
  }
}
```

Esempio UDP – Receiver

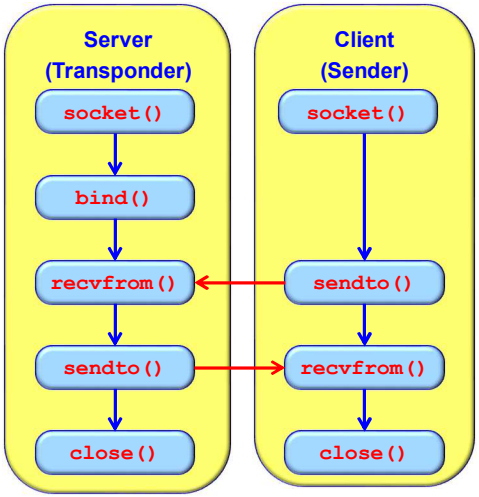
```
* UDP Receiver - Server*/
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <errno.h>

int main(int argc, char* argv[])
{ int sockfd;
  struct sockaddr_in local_addr, remote_addr;
  socklen_t len = sizeof(struct sockaddr_in);
  char buffer[256];
  if(argc < 2)
  {  printf("Use: receiver listening_PORT");
     return 0;
  }
  if((sockfd=socket(PF_INET,SOCK_DGRAM,0)) <0)
  { printf("\nError in socket opening ... exit!");
    return -1;
  }
  memset((char *) &local_addr,0,len);
  local_addr.sin_family = AF_INET;
  //local_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
  local_addr.sin_port = htons(atoi(argv[1]));

  if(bind(sockfd, (struct sockaddr *) &local_addr, sizeof(local_addr))<0)
  { printf("\nBinding error! Error code n.%d \n",errno);
    return -1;
  }
  for(;;)
  { recvfrom(sockfd, buffer, 99,0, (struct sockaddr *) &remote_addr, &len);
    printf("Packet from IP:%s Port:%d msg:%s \n", inet_ntoa(remote_addr.sin_addr),
ntohs(remote_addr.sin_port), buffer);
  }
}
```

Esempio UDP bidirezionale

Il seguente esempio mostra invece una connessione UDP *bidirezionale*. Un modulo (transponder) rimane residente su un host e restituisce al mittente tutto ciò che arriva alla sua porta d'ascolto.



Connessioni UDP



Esempio UDP bidirezionale

```
/* Simple UDP server  with bidirectional connectio

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <errno.h>

int main(int argc, char**argv)
{ int sockfd, n;
  extern int errno;
  struct sockaddr_in local_addr, remote_addr;
  socklen_t len = sizeof(struct sockaddr_in );
  char mesg[1000];

  if(argc < 2)
  { printf("Use: server listening_PORT");
     return 0;
  }
```


```
/* Simple UDP server  with bidirectional connectio*/
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <errno.h>

int main(int argc, char**argv)
{ int sockfd, n;
  extern int errno;
  struct sockaddr_in local_addr, remote_addr;
  socklen_t len = sizeof(struct sockaddr_in );
  char mesg[1000];

  if(argc < 2)
  { printf("Use: server listening_PORT");
     return 0;
  }
  if((sockfd=socket(PF_INET,SOCK_DGRAM,0)) <0)
  { printf("\nError in socket opening ... exit!");
    return -1;
  }

  memset((&local_addr,0,sizeof(local_addr));
  local_addr.sin_family = AF_INET;
  local_addr.sin_port=htons(atoi(argv[1]));
  if(bind(sockfd, (struct sockaddr *) &local_addr,
len)<0)
  { printf("\nBinding error! Error code n.%d \n",errno);
    return -1;
  }

  for (;;)
  { n = recvfrom(sockfd,mesg,999,0,(struct sockaddr *)
&remote_addr,&len);
    mesg[n] = 0;
          printf("From IP:%s Port:%d msg:%s \n",
inet_ntoa(remote_addr.sin_addr),
ntohs(remote_addr.sin_port) , mesg);
          sendto(sockfd,mesg,n,0,(struct sockaddr
*)&remote_addr,len);
  }
}
```

Esempio UDP bidirezionale

```
  if((sockfd=socket(PF_INET,SOCK_DGRAM,0)) <0)
  { printf("\nError in socket opening ... exit!");
    return -1;
  }

  memset(&local_addr,0,sizeof(local_addr));
  local_addr.sin_family = AF_INET;
  local_addr.sin_port=htons(atoi(argv[1]));
  if(bind(sockfd, (struct sockaddr *) &local_addr, len)<0)
  { printf("\nBinding error! Error code n.%d \n",errno);
    return -1;
  }

  for (;;)
  { n = recvfrom(sockfd,mesg,999,0,(struct sockaddr *)
&remote_addr,&len);
    mesg[n] = 0;
    printf("From IP:%s Port:%d msg:%s \n",
inet_ntoa(remote_addr.sin_addr),  ntohs(remote_addr.sin_port), mesg);
    sendto(sockfd,mesg,n,0,(struct sockaddr *)&remote_addr,len);
  }
}
```


Esempio UDP bidirezionale

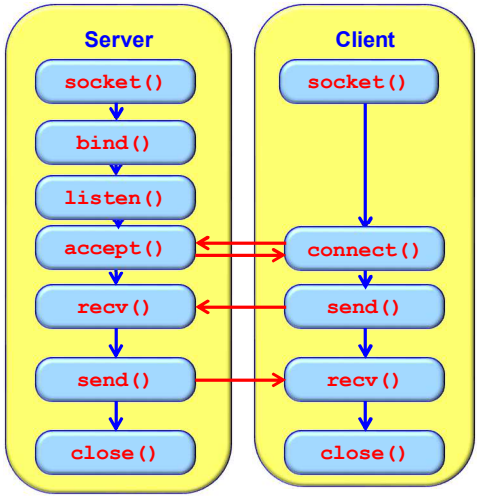
```
/* Simple UDP client */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <arpa/inet.h>

int main(int argc, char**argv)
{ int sockfd, n;
  struct sockaddr_in remote_addr;
  char sendline[1000];
  char recvline[1000];
  socklen_t len = sizeof(struct sockaddr_in);

  if (argc != 3)
  { printf("usage:  UDPclient <remote_IP remote_port>\n");
    return 1;
  }
```


```
  if((sockfd=socket(AF_INET,SOCK_DGRAM,0)) <0)
  { printf("\nError in socket opening ... exit!");
    return -1;
  }

  memset(&remote_addr,0,len);
  remote_addr.sin_family = AF_INET;
  inet_pton(AF_INET, argv[1], &(remote_addr.sin_addr));
  remote_addr.sin_port=htons(atoi(argv[2]));

  while (fgets(sendline, 1000,stdin) != NULL)
  { sendto(sockfd,sendline,strlen(sendline),0,
          (struct sockaddr *)&remote_addr, len);
    n=recvfrom(sockfd,recvline,999,0, (struct sockaddr *)
&remote_addr, &len);
    recvline[n]=0;
    printf("From IP:%s Port:%d msg:%s \n",
inet_ntoa(remote_addr.sin_addr),
ntohs(remote_addr.sin_port) , recvline) ;
  }
}
```

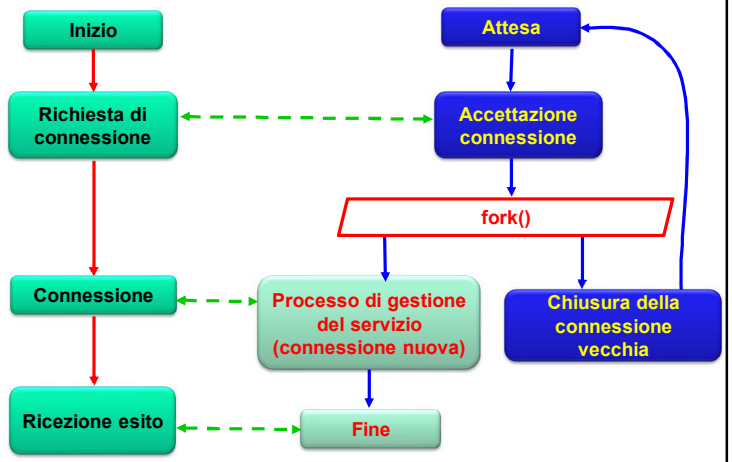

Esempio UDP bidirezionale

```
 if((sockfd=socket(AF_INET,SOCK_DGRAM,0)) <0)
  { printf("\nError in socket opening ... exit!");
    return -1;
  }

  memset(&remote_addr,0,len);
  remote_addr.sin_family = AF_INET;
  inet_pton(AF_INET, argv[1], &(remote_addr.sin_addr));
  remote_addr.sin_port=htons(atoi(argv[2]));

  while (fgets(sendline, 1000,stdin) != NULL)
  { sendto(sockfd,sendline,strlen(sendline),0,
          (struct sockaddr *)&remote_addr, len);
    n=recvfrom(sockfd,recvline,999,0, (struct sockaddr *)
&remote_addr, &len);
    recvline[n]=0;
    printf("From IP:%s Port:%d msg:%s \n",
inet_ntoa(remote_addr.sin_addr),  ntohs(remote_addr.sin_port),
recvline);
  }
}
```


Connessioni TCP



Indirizzamento con Server Multipli



Esempio fork( )

```
 /* fork */

#include <stdio.h>
#include <unistd.h>

int main(int argc, char**argv)
{ int n=0, pid;

  for(; n<5; ++n) printf("%d \n",n);

  pid = fork();

  if (pid == 0)
  { for(; n<10; ++n) printf("%d %d \n", pid, n*2);
    return 0;
  }
  else
  { for(; n<10; ++n) printf("%d %d \n", pid, n*3);
    return 0;
  }
}
```


Lato server – listen( ) – accept( )

```
int listen(int socket, int backlog);
```

La chiamata **`listen()`** abilita il socket a ricevere connessioni, rendendolo quindi un server socket. Il parametro *n* indica quante richieste in sospeso devono essere accodate.

```
int accept(int socket, struct sockaddr *addr,
           socklen_t *addrlen);
```

La chiamata **`accept()`** è bloccante. Non appena arriva una richiesta di connessione, crea un nuovo socket e ne restituisce il descrittore.
Il vecchio socket rimane aperto e non connesso. L'indirizzo restituito è quello di chi ha effettuato la **`connect()`**

Lato client – connect( )

```
int connect(int socket, struct sockaddr *addr,
            int addrlen);
```

La chiamata **`connect()`** inizializza una connessione con un socket remoto. L'indirizzo che viene passato è relativo ad un host remoto.

La **`connect()`** è bloccante, finché non vengono negoziati i parametri della trasmissione (il protocollo è il TCP).
La funzione viene richiamata da un client che vuol connettersi ad un server (il cui socket deve già essere aperto).

send( ) – recv( )

```
int send(int socket, void *buffer, size_t size
         int flags);

int recv(int socket, void *buffer, size_t size,
         int flags);
```

Queste due funzioni operano come la **write()** e la **read()** per i file normali. Sono utilizzate per trasmissioni con connessione.

Client Server TCP - Modulo server

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <errno.h>

int main(int argc, char**argv)
{ int sockfd,newsockfd,n;
  struct sockaddr_in local_addr,remote_addr;
  socklen_t len;
  char mesg[1000];

  if(argc < 2)
  {  printf("Use: server listeing_PORT");
     return 0;
  }
```


Client Server TCP - Modulo server

```
 if((sockfd=socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0)) <0)
  { printf("\nErrore nell'apertura del socket");
    return -1;
  }
  memset((char *) &local_addr,0,sizeof(local_addr));
  local_addr.sin_family = AF_INET;
  local_addr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY);
  local_addr.sin_port = htons(atoi(argv[1]));

  if(bind(sockfd, (struct sockaddr *) &local_addr,
sizeof(local_addr))<0)
  { printf("\nErrore nel binding. Errore %d \n", errno);
    return -1;
  }

  listen(sockfd,5);
```


Client Server TCP - Modulo server

```
  for(;;)
  { len = sizeof(remote_addr);
    newsockfd = accept(sockfd,(struct sockaddr *) &remote_addr, &len);

    if (fork() == 0)
    { close(sockfd);
      for(;;)
      { n = recv(newsockfd,mesg,999,0);
        if(n==0) return 0;
        mesg[n] = 0;
        printf("\nPid=%d: received from %s:%d the following: %s\n",
getpid(), inet_ntoa(remote_addr.sin_addr),
ntohs(remote_addr.sin_port), mesg );
        send(newsockfd,mesg,n,0);
      }
      return 0;
    }
    else
      close(newsockfd);
  }
}
```

Client Server TCP - Modulo client

```
/* Simple TCP client */

#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>
#include <arpa/inet.h>
#include <errno.h>

int main(int argc, char**argv)
{ int sockfd,n;
  struct sockaddr_in local_addr, dest_addr;
  char sendline[1000];
  char recvline[1000];

  if (argc != 3)
  { printf("usage:  client IP_address <Port\n");
    return 1;
  }
```


Client Server TCP - Modulo client

```
 sockfd=socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0);

  memset( &dest_addr, 0, sizeof(dest_addr));
  dest_addr.sin_family = AF_INET;
  dest_addr.sin_addr.s_addr = inet_addr(argv[1]);
  dest_addr.sin_port = htons(atoi(argv[2]));

  connect(sockfd, (struct sockaddr *) &dest_addr,
sizeof(dest_addr));

  while (fgets(sendline,999,stdin) != NULL)
  { send(sockfd,sendline,strlen(sendline),0);
    n=recv(sockfd,recvline,999,0);
    recvline[n]=0;
    printf("\nPid=%d: received from %s:%d the following: %s\n",
getpid(), inet_ntoa(dest_addr.sin_addr),
         ntohs(dest_addr.sin_port), recvline );
   }
}
```


RAW socket

I socket di tipo **SOCK_DGRAM, SOCK_STREAM** eliminano le intestazioni, passando soli i dati di livello di trasporto.

I socket di tipo **SOCK_RAW** permettono invece di accedere direttamente alle frame ethernet ricevute.

```
int sockfd;
sockfd = socket(AF_PACKET,SOCK_RAW,ETH_P_ALL);
// all frame
```

```
int sockfd;
sockfd = socket(AF_PACKET,SOCK_RAW,ETH_P_IP);
// only IP packets
```


Ethernet header

Struttura dell'intestazione ethernet

```
struct ethhdr {
    unsigned char  h_dest[ETH_ALEN];  /* destination eth addr   */
    unsigned char  h_source[ETH_ALEN];   /* source ether addr  */
    __be16     h_proto;       /* packet type ID field   */
} __attribute__((packed));
```

IP header

```
struct iphdr {
#if defined(__LITTLE_ENDIAN_BITFIELD)
    __u8   ihl:4,
           version:4;
#elif defined (__BIG_ENDIAN_BITFIELD)
    __u8   version:4,
           ihl:4;
#else
#error "Please fix <asm/byteorder.h>"
#endif
    __u8   tos;
    __u16  tot_len;
    __u16  id;
    __u16  frag_off;
    __u8   ttl;
    __u8   protocol;
    __u16  check;
    __u32  saddr;
    __u32  daddr;
    /*The options start here. */
};
```


UDP header

```
struct udphdr {
    u_short  uh_sport;      /* source port */
    u_short  uh_dport;      /* destination port */
    short    uh_ulen;       /* udp length */
    u_short  uh_sum;        /* udp checksum */
};
```


TCP header

```
struct tcphdr {
    __u16   source;
    __u16   dest;
    __u32   seq;
    __u32   ack_seq;
#if defined(__LITTLE_ENDIAN_BITFIELD)
    __u16   res1:4,
            doff:4,
            fin:1,
            syn:1,
            rst:1,
            psh:1,
            ack:1,
            urg:1,
            ece:1,
            cwr:1;
...
```


TCP header

```
...
#elif defined(__BIG_ENDIAN_BITFIELD)
    __u16   doff:4,
            res1:4,
            cwr:1,
            ece:1,
            urg:1,
            ack:1,
            psh:1,
            rst:1,
            syn:1,
            fin:1;
#else
#error  "Adjust your <asm/byteorder.h> defines"
#endif
    __u16   window;
    __u16   check;
    __u16   urg_ptr;
};
```