Introducción a la programación con sockets en C

Enrique Bonet

Departamento de Informática

Universidad de Valencia

Índice

Introducción

- Para que dos aplicaciones puedan intercambiar información entre sí se necesita:
  - Un protocolo de comunicación común a nivel de red y a nivel de transporte.
  - Una dirección del protocolo de red que identifique a cada uno de los ordenadores.
  - Un número de puerto que identifique la aplicación dentro del ordenador.

Socket (I)

- Concepto abstracto que permite intercambiar información entre dos ordenadores.
- Se define mediante los parámetros:
  - Protocolo de red y de transporte.
  - Dirección de red.
  - Número de puerto.
- Básicamente, es un conector que recibe peticiones de conexión o solicita las mismas.

Socket (II)

- Implementan una arquitectura cliente/servidor.
  - Una aplicación, la aplicación servidor, permanece a la espera de que otras aplicaciones deseen sus servicios:
    - Utilizando un determinado protocolo de red y de transporte.
    - En una determinada dirección de red.
    - En un determinado número de puerto.
  - Otra aplicación, la aplicación cliente, solicita los servicios de la aplicación servidor:
    - Utilizando el mismo protocolo de red y de transporte.
    - Una dirección de red.
    - Un número de puerto.

Creación de un socket (I)

- El primer paso para que cualquier aplicación cliente o servidor pueda comunicarse es crear un socket.
- Se realiza con la función `socket()`.
- Sus parámetros son:
  - Dominio.
  - Tipo.
  - Protocolo.
- El valor devuelto es un entero:
  - >=0 si el socket es creado correctamente.
  - <0 si se produce un error en la creación.

Creación de un socket (II)

- Dominio: Indica el dominio de comunicación que se desea utilizar:
  - PF_INET: Protocolos de Internet versión 4.
  - PF_INET6: Protocolos de Internet versión 6.
  - PF_IPX: Protocolos IPX (Novell).
  - PF_APPLETALK: Protocolos Appletalk.
  - PF_UNIX o PF_LOCAL: Comunicación local.
    - Optimización de PF_INET para aplicaciones de uso local (conexión entre aplicaciones del propio ordenador).
  - ...

Creación de un socket (III)

- Tipo: Tipo de comunicación deseada.
  - SOCK_STREAM: Conexión bidireccional confiable con el flujo de datos ordenados.
  - SOCK_DGRAM: Mensajes no confiables, sin conexión, con una longitud máxima fija.
  - SOCK_SEQPACKET: Conexión bidireccional confiable con el flujo de datos ordenados y datagramas de longitud máxima fija.
  - ...
- No todos los tipos de comunicación deben estar implementados en todos los dominios.

Creación de un socket (IV)

- Protocolo: Selección del protocolo particular que utilizará el conector que deseamos crear.
  - Generalmente un dominio y tipo solo admite un protocolo particular, por lo que solo puede tomar el valor 0.
  - Dominio PF_INET y tipo SOCK_STREAM:
    - Protocolo de transporte TCP.
  - Dominio PF_INET y tipo SOCK_DGRAM:
    - Protocolo de transporte UDP.

Ejemplo (I)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
...
int s;
...
if ((s=socket(PF_INET,SOCK_STREAM,0))<0)
{
    perror(“socket”);
    exit(0);
}
```

Ejemplo (II)

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
...
int s;
...
if ((s=socket(PF_INET,SOCK_DGRAM,0))<0)
{
    perror(“socket”);
    exit(0);
}
```

Cierre de un socket

- Es el último paso cuando se quiere cerrar una conexión.
- El modo de cierre es independiente del dominio, tipo o protocolo que utilice el socket.
- Se realiza con la función `close()`.
- Sus parametros son:
  - Descriptor del socket a cerrar.
- Devuelve:
  - 0 si cierra el socket.
  - <0 si se produce un error.

Ejemplo

```
#include <unistd>
...
int s;
...
if (close(s)<0)
{
  perror(“socket”);
  exit(0);
}
```

Asociación de un socket a un puerto (I)

- Todo socket que actúe como servidor debe asociarse a un puerto.
  - El cliente necesita conocer en que puerto se encuentra disponible el servicio para dirigirse al mismo.
    - Puerto 21 TCP: FTP (Transferencia de archivos).
    - Puerto 22 TCP: SSH (Conexión segura).
    - Puerto 25 TCP: SMTP (Correo electrónico).
    - Puerto 80 TCP: HTTP (Web).
    - Puerto 443 TCP: HTTPS (Web segura).
    - Puerto 53 UDP: DNS (Servidor de nombres).
    - Puerto 123 UDP: NTP (Sincronización de la hora).

Asociación de un socket a un puerto (II)

- Se realiza con la función `bind()`.
- Su sintaxis es:

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

- struct sockaddr no se utiliza, se utiliza en su lugar struct sockaddr_in:
  - Necesidad de incluir la cabecera:

```
#include <netinet/in.h>
```

Asociación de un socket a un puerto (III)

- sockfd: Socket creado con anterioridad.
- addr: Puntero a la estructura sockaddr_in convertida a sockaddr mediante una conversión forzada de tipo (cast).
- addrlen: Tamaño de la estructura apuntada por el puntero addr.
- Devuelve:
  - 0 si sucede correctamente.
  - <0 si ocurre un error.

Asociación de un socket a un puerto (IV)

- La estructura sockaddr_in tiene los campos:

```
struct in_addr
{
   unsigned long int s_addr;
};
struct sockaddr_in
{
   int sin_family;
   unsigned short int sin_port;
   struct in_addr sin_addr;
};
```

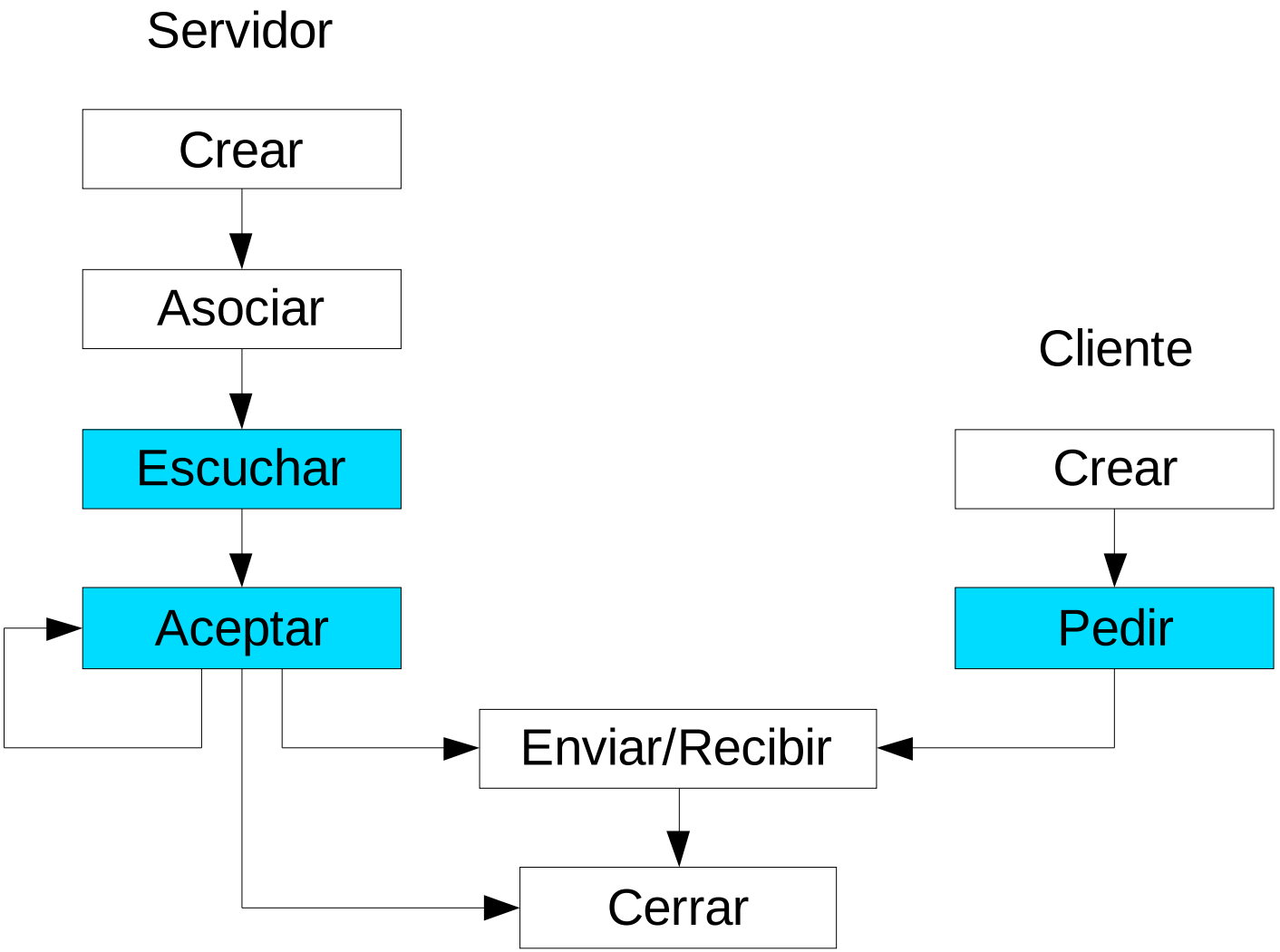
Asociación de un socket a un puerto (V)

- Donde:
  - sin_family: Protocolo de comunicación del socket, debe corresponder con el que se uso para crear el socket.
  - sin_port: Puerto al que se asocia el socket.
  - sin_addr.s_addr: Dirección de red en la que se pone a la escucha el socket (127.0.0.1, 147.156.1.1, etc.).
    - Si se desea que escuche todas las direcciones de red del ordenador se utiliza la constante INADDR_ANY.

Ejemplo

```
 ...
 int s;
 struct sockaddr_in dir;
 ...
 dir.sin_family=PF_INET;
 dir.sin_port=htons(puerto);
 dir.sin_addr.s_addr=htonl(INADDR_ANY);
if (bind(s, (struct sockaddr *)&dir,
          sizeof(struct sockaddr_in))!=0)
{
  perror("bind");
  exit(0);
}
```

Diferencias entre TCP y UDP



Escucha de un puerto TCP

- Un socket TCP asociado a una dirección y puerto es puesto en escucha con la función `listen()`.
- Sus parámetros son:
  - Descriptor del socket a poner a la escucha.
  - Tamaño de la cola de aceptación de peticiones.
- Devuelve:
  - 0 si se ejecuta de forma correcta.
  - <0 si se produce un error.

Ejemplo

```
 ...
 int s;
 ...
if (listen(s, 5)!=0)
{
  perror("listen");
  exit(0);
}
```

Servidor TCP (I)

- Acepta las peticiones de conexión con `accept()`.
- Sus parámetros son:
  - Socket asociado a la dirección y puerto y puesto a la escucha.
  - Estructura que contendrá la dirección y puerto del cliente del que se acepta la conexión.
  - Puntero al tamaño de la estructura.

Servidor TCP (II)

- Valor devuelto:
  - >=0 Identificador del socket donde se ha aceptado la conexión.
    - Al aceptar una conexión se crea un nuevo socket que es el que atiende la conexión.
    - El socket original que escuchaba la dirección y puerto permanece inalterado después de aceptar la conexión.
  - <0 Error en la aceptación de la conexión.

Ejemplo

```
 ...
 int sock, sock_conectado, tam;
 struct sockaddr_in dir;
 ...
 tam=sizeof(struct sockaddr_in);
if ((sock_conectado=accept(sock, (struct
        sockaddr *)&dir, &tam))<0)
{
  perror("accept");
  exit(0);
}
```

Cliente TCP

- Solicita la conexión mediante `connect()`.
- Sus parámetros son:
  - Descriptor del socket que se utiliza para la conexión.
  - Estructura con la dirección y puerto al que se desea conectarse.
  - Longitud de la estructura anterior.
- Valor devuelto:
  - 0 si la conexión se realiza de forma correcta.
  - <0 si se produce un error.

Ejemplo

```
  ...
  int sock;
  struct sockaddr_in dir;
  ...
  dir.sin_family=PF_INET;
  dir.sin_port=htons(13);
  if (inet_aton("147.156.1.1",&dir.sin_addr)==0)
  {
     perror("inet_aton");
     exit(0);
  }
if (connect(sock, (struct sockaddr *)&dir, sizeof(struct sockaddr_in))<0)
{
     if (errno==ECONNREFUSED) /* Servicio no disponible */
          ...
     else /* Otro error */
     {
          perror("connect");
          exit(0);
     }
}
```

Recepción / Envío de datos en TCP

- Se suele realizar con las funciones `read()` (para leer datos) y `write()`(para escribir datos).
- Sus parámetros son:
  - Descriptor del socket conectado.
  - Buffer donde almacenar los datos a leer o que contiene los datos a escribir.
  - Tamaño máximo de los datos a leer o tamaño de los datos a escribir.
- Valor devuelto:
  - <0 si sucede un error.
  - >=0 con el número de datos leídos o escritos.
    - Generalmente el valor 0 en lectura indica que se ha cerrado la conexión.

Ejemplo

```
 ...
 #define TAM 100
 ...
 int sock, n;
 char buffer[TAM];
 ...
if ((n=read(sock, buffer, TAM))<0)
{
  perror("read");
  exit(0);
}
```

Recepción de datos en UDP

- Se realiza con las funciones `recvfrom()`o `recv()`.
- Sus parámetros son:
  - Descriptor del socket.
  - Buffer donde almacenar los datos a leer.
  - Tamaño máximo de los datos a leer.
  - Opciones de envío, generalmente valor 0 (ninguna opción).
  - Puntero a la estructura de datos que contendrá la dirección y puerto que envió los datos (solo en `recvfrom()`).
  - Puntero a la longitud de la estructura de datos anterior (solo en `recvfrom()`).
- Valor devuelto:
  - <0 si sucede un error.
  - >=0 con el número de datos leídos o escritos.

Envío de datos en UDP

- Se realiza con las función `sendto()`.
- Sus parámetros son:
  - Descriptor del socket.
  - Buffer con los datos a enviar.
  - Tamaño de los datos a enviar.
  - Opciones de envío, generalmente valor 0 (ninguna opción).
  - Puntero a la estructura de datos que contiene la dirección y puerto donde enviar los datos.
  - Longitud de la estructura de datos anterior.
- Valor devuelto:
  - <0 si sucede un error.
  - >=0 número de bytes escritos.

Ejemplo

```
  #define TAM 100
  ...
  int sock;
  struct sockaddr_in dir;
  char buffer[TAM];
  ...
  dir.sin_family=PF_INET;
  dir.sin_port=htons(13);
  if (inet_aton("147.156.1.1",&dir.sin_addr)==0)
  {
    perror("inet_aton");
    exit(0);
  }
if (sendto(sock, buffer, strlen(buffer), (struct sockaddr *)&dir,
        sizeof(struct sockaddr_in))<0)
{
    perror("connect");
    exit(0);
}
```

Comprobación del estado de un socket (I)

- Se realiza con las función `select()`.
- Sus parámetros son:
  - Entero con el valor, incrementado en una unidad, del descriptor del socket más alto de cualquiera de los conjuntos que se desea comprobar.
  - Conjunto de sockets a comprobar para lectura.
    - En los sockets de tipo SOCK_STREAM también se modifica si llega una petición de conexión a un socket.
  - Conjunto de sockets a comprobar para escritura.
  - Conjunto de sockets a comprobar para excepciones.
  - Limite de tiempo antes de que termine la espera de comprobación.

Comprobación del estado de un socket (II)

- Valor devuelto:
  - <0 si sucede un error.
  - =0 Ningún socket ha cambiado su estado.
  - >0 Número de sockets cuyo estado ha cambiado.
- Si algún conjunto no desea comprobarse puede ponerse NULL.
- Si desea que el tiempo de comprobación sea infinito puede ponerse NULL.

Comprobación del estado de un socket (III)

- Los sockets a comprobar se introducen en el conjunto que se declara como:
  `fd_set conjunto;`
- Para borrar el conjunto, insertar sockets, etc., se utilizan las funciones:
  - `FD_ZERO(&conjunto)`: Inicializa el conjunto.
  - `FD_SET(socket,&conjunto)`: Añade el socket al conjunto.
  - `FD_CLR(socket,&conjunto)`: Borra el socket del conjunto.
  - `FD_ISSET(socket,&conjunto)`: Comprueba si el socket se encuentra en el conjunto.

Comprobación del estado de un socket (IV)

- El limite de tiempo se comprueba con una estructura:

```
struct timeval{
   unsigned long int tv_sec;
   unsigned long int tv_usec;
};
```

- La función `select()`:
  - Deja en la estructura el tiempo que restaba hasta la finalización del tiempo de espera indicado.
  - Modifica los conjuntos dejando en ellos tan solo los sockets modificados.
    - La función `FD_ISSET()` permite ver cuales existen en el conjunto devuelto.

Ejemplo

```
...
int sock,n;
fd_set conjunto;
struct timeval timeout;
...
FD_ZERO(&conjunto);
FD_SET(sock, &conjunto);
timeout.tv_sec=1;
timeout.tv_usec=0;
if ((n=select(sock+1, &conjunto, NULL, NULL,
  &timeout)) < 0)
{
   perror("select");
  exit(0);
}
```