

Práctica 2.5: Sockets

Objetivos

En esta práctica, nos familiarizaremos con la interfaz de programación de sockets como base para la programación de aplicaciones basadas en red, poniendo de manifiesto las diferencias de programación entre los protocolos UDP y TCP. Además, aprenderemos a programar aplicaciones independientes de la familia de protocolos de red (IPv4 o IPv6) utilizados.

Contenidos

Preparación del entorno de la práctica

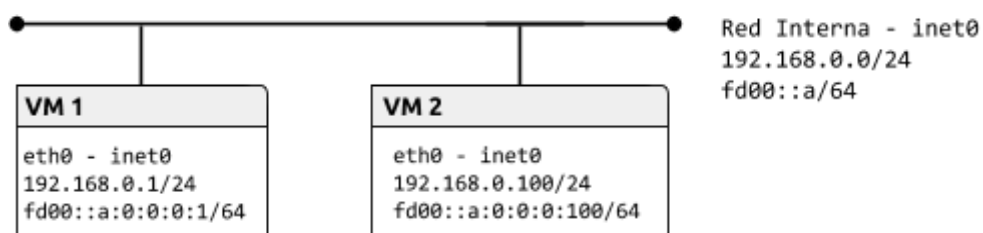
Gestión de direcciones

Protocolo UDP - Servidor de hora

Protocolo TCP - Servidor de eco

Preparación del entorno de la práctica

Configuraremos la topología de red que se muestra en la figura. Como en prácticas anteriores construiremos la topología con la herramienta vtopo1. Antes de comenzar la práctica, configurar los interfaces de red como se indica en la figura y comprobar la conectividad entre las máquinas.



Nota: Observar que las VMs tienen un interfaz de red con pila dual IPv6 - IPv4.

IMPORTANTE:

Las salidas de esta práctica son siempre las mismas que en los ejemplos dados ya que todos los programas tienen el mismo comportamiento pero ejecutandolos de distinta manera. Por tanto solo voy a poner el código de cada ejercicio para no sobrecargar la memoria.

Gestión de direcciones

El uso del API BSD requiere la manipulación de direcciones de red, y traducción de estas entre las tres representaciones básicas: nombre de dominio, dirección IP (versión 4 y 6) y binario (para incluirla en la cabecera del datagrama IP).

Ejercicio 1. Escribir un programa que obtenga todas las posibles direcciones con las que se podría crear un socket asociado a un host dado como primer argumento del programa. Para cada dirección, mostrar la IP numérica, la familia de protocolos y tipo de socket. Comprobar el resultado para:

- Una dirección IPv4 válida (ej. "147.96.1.9").
- Una dirección IPv6 válida (ej. "fd00::a:0:0:0:1").

- Un nombre de dominio válido (ej. “www.google.com”).
- Un nombre en /etc/hosts válido (ej. “localhost”).
- Una dirección o nombre incorrectos en cualquiera de los casos anteriores.

El programa se implementará usando `getaddrinfo(3)` para obtener la lista de posibles direcciones de socket (`struct sockaddr`). Cada dirección se imprimirá en su valor numérico, usando `getnameinfo(3)` con el *flag* `NI_NUMERICHOST`, así como la familia de direcciones y el tipo de socket.

Nota: Para probar el comportamiento con DNS, realizar este ejercicio en la máquina física.

Ejemplos:

```
# Las familias 2 y 10 son AF_INET y AF_INET6, respectivamente (ver socket.h)
# Los tipos 1, 2, 3 son SOCK_STREAM, SOCK_DGRAM y SOCK_RAW, respectivamente
> ./gai www.google.com
66.102.1.147 2      1
66.102.1.147 2      2
66.102.1.147 2      3
2a00:1450:400c:c06::67 10    1
2a00:1450:400c:c06::67 10    2
2a00:1450:400c:c06::67 10    3
> ./gai localhost
::1 10 1
::1 10 2
::1 10 3
127.0.0.1 2 1
127.0.0.1 2 2
127.0.0.1 2 3
> ./gai ::1
::1 10 1
::1 10 2
::1 10 3
> ./gai 1::3::4
Error getaddrinfo(): Name or service not known
> ./gai noexiste.ucm.es
Error getaddrinfo(): Name or service not known
```

```
#include...

int main(int argc, char **argv){
    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result, *ptr;

    char host[NI_MAXHOST];
    char serv[NI_MAXSERV];

    memset(&hints, 0, sizeof(struct addrinfo));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC; //AF_INET para ipv4

    int rc = getaddrinfo(argv[1], NULL, &hints, &result);
```

```

for(ptr = result; ptr != NULL; ptr = ptr->ai_next){
    getnameinfo(ptr->ai_addr, ptr->ai_addrlen, host, NI_MAXHOST,
                NULL, 0, NI_NUMERICHOST);

    printf("%s -- %i -- %i\n", host, ptr->ai_family, ptr->ai_socktype);
}
return 0;
}

```

Protocolo UDP - Servidor de hora

Ejercicio 2. Escribir un servidor UDP de hora de forma que:

- La dirección y el puerto son el primer y segundo argumento del programa. Las direcciones pueden expresarse en cualquier formato (nombre de host, notación de punto...). Además, el servidor debe funcionar con direcciones IPv4 e IPv6.
- El servidor recibirá un comando (codificado en un carácter), de forma que ‘t’ devuelva la hora, ‘d’ devuelve la fecha y ‘q’ termina el proceso servidor.
- En cada mensaje el servidor debe imprimir el nombre y puerto del cliente, usar `getnameinfo(3)`.

Probar el funcionamiento del servidor con la herramienta Netcat (comando `nc` o `ncat`) como cliente.

Nota: Dado que el servidor puede funcionar con direcciones IPv4 e IPv6, hay que usar `struct sockaddr_storage` para acomodar cualquiera de ellas, por ejemplo, en `recvfrom(2)`.

Ejemplo:

Servidor	Cliente
<pre>\$./time_server :: 3000 2 bytes de ::FFFF:192.168.0.100:58772 2 bytes de ::FFFF:192.168.0.100:58772 2 bytes de ::FFFF:192.168.0.100:58772 Comando no soportado X 2 bytes de ::FFFF:192.168.0.100:58772 Saliendo...</pre>	<pre>\$ nc -u 192.168.0.1 3000 t 10:30:08 PMd 2014-01-14X q ^C \$</pre>

Nota: El servidor no envía ‘\n’, por lo que se muestra la respuesta y el siguiente comando (en negrita en el ejemplo) en la misma línea.

```

#include ...

int main(int argc, char **argv){

    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result;

    memset(&hints, 0, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC;
    hints.ai_socktype = SOCK_DGRAM;
    hints.ai_flags = 0;

```

```

getaddrinfo(argv[1], argv[2], &hints, &result);

int s = socket(result->ai_family, result->ai_socktype, 0);

bind(s, result->ai_addr, result->ai_addrlen);

char buf[2];
char host[NI_MAXHOST];
char serv[NI_MAXSERV];

struct sockaddr_storage client_addr;
socklen_t client_addrlen = sizeof(client_addr);

while(1){
    int bytes = recvfrom(s, buf, 2, 0,
                        (struct sockaddr *) &client_addr, &client_addrlen);
    buf[1] = '\0';

    getnameinfo((struct sockaddr *) &client_addr, client_addrlen,
                host, NI_MAXHOST, serv, NI_MAXSERV, NI_NUMERICHOST|NI_NUMERICSERV);

    printf("%i bytes de %s - %s\n", bytes, host, serv);

    time_t t = time(NULL);
    struct tm *info = localtime(&t);
    char str[50];

    if(buf[0] == 't'){
        int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%T", info);

        sendto(s, str, bytesT, 0, (struct sockaddr *)&client_addr, client_addrlen);
    }
    else if(buf[0] == 'd'){
        int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%A, %d %B %Y", info);

        sendto(s, str, bytesT, 0, (struct sockaddr *)&client_addr, client_addrlen);
    }
    else if(buf[0] == 'q'){
        printf("Saliendo...\n");
        exit(0);
    }else{
        printf("Comando no valido -> Insertelo de nuevo.");
    }
}
return 0;
}

```

Ejercicio 3. Escribir el cliente para el servidor de hora. El cliente recibirá como argumentos la dirección del servidor, el puerto del servidor y el comando. Por ejemplo, para solicitar la hora, `./time_client 192.128.0.1 3000 t`.

```

#include ...

int main(int argc, char *argv[]) {
    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result;

    if (argc < 3) {
        fprintf(stderr, "Usage: %s host port msg...\n", argv[0]);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    /* Obtain address(es) matching host/port */

    memset(&hints, 0, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC; /* Allow IPv4 or IPv6 */
    hints.ai_socktype = SOCK_DGRAM; /* Datagram socket */
    hints.ai_flags = 0;

    getaddrinfo(argv[1], argv[2], &hints, &result);

    int socketUDP = socket(result->ai_family, result->ai_socktype, 0);

    freeaddrinfo(result);

    char buf[2];
    char host[NI_MAXHOST];
    char serv[NI_MAXSERV];

    struct sockaddr_storage client_addr;
    socklen_t client_addrlen = sizeof(client_addr);

    sendto(socketUDP, argv[3], 2, 0, result->ai_addr, result->ai_addrlen);
    printf("Comando enviado: %s\n", argv[3]);

    if(*argv[3]=='t' || *argv[3] == 'd'){
        char s[50];
        int bytes = recvfrom(socketUDP, s, sizeof(s), 0, (struct sockaddr *)
                                &client_addr, &client_addrlen);

        s[bytes] = '\0';

        printf("%s\n", s);
    }

    exit(EXIT_SUCCESS);
}

```

Ejercicio 4. Modificar el servidor para que, además de poder recibir comandos por red, los pueda recibir directamente por el terminal, leyendo dos caracteres (el comando y ‘\n’) de la entrada estándar. Multiplexar el uso de ambos canales usando `select(2)`.

```

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

```

```

#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <signal.h>
#include <time.h>

#include <netdb.h>
#include <sys/select.h>

int main(int argc, char **argv){

    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result;

    memset(&hints, 0, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC;
    hints.ai_socktype = SOCK_DGRAM;
    hints.ai_flags = 0;

    getaddrinfo(argv[1], argv[2], &hints, &result);

    int s = socket(result->ai_family, result->ai_socktype, 0);

    bind(s, result->ai_addr, result->ai_addrlen);

    char buf[2];
    char host[NI_MAXHOST];
    char serv[NI_MAXSERV];

    struct sockaddr_storage client_addr;
    socklen_t client_addrlen = sizeof(client_addr);

    fd_set set;

    while(1){
        FD_ZERO(&set);
        FD_SET(0, &set);
        FD_SET(s, &set);
        int cambios = select(s+1, &set, NULL, NULL, NULL);
        if(cambios){
            if(FD_ISSET(s, &set)){
                int bytes = recvfrom(s, buf, 2, 0, (struct sockaddr *)
                                     &client_addr, &client_addrlen);

                buf[1] = '\0';

                getnameinfo((struct sockaddr *) &client_addr, client_addrlen,
                            host, NI_MAXHOST, serv, NI_MAXSERV, NI_NUMERICHOST|NI_NUMERICSERV);

                printf("%i bytes de %s - %s\n", bytes, host, serv);

                time_t t = time(NULL);
                struct tm *info = localtime(&t);
                char str[50];

                if(buf[0] == 't'){
                    int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%T", info);

```

```

        sendto(s, str, bytesT, 0 ,(struct sockaddr *)&client_addr,
                client_addrlen);
    }
    else if(buf[0] == 'd'){
        int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%A, %d %B %Y", info);

        sendto(s, str, bytesT, 0 ,(struct sockaddr *)&client_addr,
                client_addrlen);
    }
    else if(buf[0] == 'q'){
        printf("Saliendo...\n");
        exit(0);
    }else{
        printf("Comando no valido -> Insertelo de nuevo.");
    }
}
if(FD_ISSET(0, &set)){
    int bytes = read(0, buf, sizeof(buf));
    buf[bytes] = '\0';

    printf("%i bytes de la consola.\n", bytes);

    time_t t = time(NULL);
    struct tm *info = localtime(&t);
    char str[50];

    if(buf[0] == 't'){
        int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%T", info);

        write(1, str, bytesT);
    }
    else if(buf[0] == 'd'){
        int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%A, %d %B %Y", info);

        write(1, str, bytesT);
    }
    else if(buf[0] == 'q'){
        printf("Saliendo...\n");
        exit(0);
    }else{
        printf("Comando no valido -> Insertelo de nuevo.");
    }
}
}
}
return 0;
}

```

Ejercicio 5. Convertir el servidor UDP en multi-proceso siguiendo el patrón *pre-fork*. Una vez asociado el socket a la dirección local con `bind(2)`, crear varios procesos que llamen a `recvfrom(2)` de forma que cada uno atenderá un mensaje de forma concurrente. Imprimir el PID del proceso servidor para comprobarlo.

```

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <signal.h>
#include <time.h>

#include <netdb.h>

int main(int argc, char **argv){

    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result;

    memset(&hints, 0, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC;
    hints.ai_socktype = SOCK_DGRAM;
    hints.ai_flags = 0;

    getaddrinfo(argv[1], argv[2], &hints, &result);

    int s = socket(result->ai_family, result->ai_socktype, 0);

    bind(s, result->ai_addr, result->ai_addrlen);

    char buf[2];
    char host[NI_MAXHOST];
    char serv[NI_MAXSERV];

    struct sockaddr_storage client_addr;
    socklen_t client_addrlen = sizeof(client_addr);

    int i;
    for(i = 0; i < 2; i++){
        pid_t pid = fork();

        if(pid == 0){
            while(1){
                int bytes = recvfrom(s, buf, 2, 0, (struct sockaddr *) &client_addr,
                                     &client_addrlen);

                buf[1] = '\\0';

                getnameinfo((struct sockaddr *) &client_addr, client_addrlen, host,
                             NI_MAXHOST, serv, NI_MAXSERV, NI_NUMERICHOST|NI_NUMERICSERV);

                printf("%i bytes de %s - %s. [PID = %i]\\n", bytes, host, serv,
                       getpid());

                time_t t = time(NULL);
                struct tm *info = localtime(&t);
                char str[50];

                if(buf[0] == 't'){

```



```

        int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%T", info);

        sendto(s, str, bytesT, 0, (struct sockaddr *)&client_addr,
               client_addrlen);
    }
    else if(buf[0] == 'd'){
        int bytesT = strftime(str, sizeof(str), "%A, %d %B %Y", info);

        sendto(s, str, bytesT, 0, (struct sockaddr *)&client_addr,
               client_addrlen);
    }
    else if(buf[0] == 'q'){
        printf("Saliendo...\n");
        exit(0);
    }else{
        printf("Comando no valido -> Insertelo de nuevo.");
    }
}
}
else{//Padre
    //wait(); //No se pone porque no se crea otro hijo (No concurrente)
}
}
return 0;
}

```

Protocolo TCP - Servidor de eco

TCP nos ofrece un servicio orientado a conexión y fiable. Una vez creado el socket, debe ponerse en estado LISTEN (apertura pasiva, `listen(2)`) y a continuación quedarse a la espera de conexiones entrantes mediante una llamada `accept(2)`.

Ejercicio 6. Crear un servidor TCP de eco que escuche por conexiones entrantes en una dirección (IPv4 o IPv6) y puerto dados. Cuando reciba una conexión entrante, debe mostrar la dirección y número de puerto del cliente. A partir de ese momento, enviará al cliente todo lo que reciba desde el mismo (eco). Comprobar su funcionamiento empleando la herramienta Netcat como cliente. Comprobar qué sucede si varios clientes intentan conectar al mismo tiempo.

Ejemplo:

Servidor	Cliente
<pre>\$./echo_server :: 2222 Conexión desde fd00::a:0:0:0:1 53456 Conexión terminada</pre>	<pre>\$ nc -6 fd00::a:0:0:0:1 2222 Hola Hola Qué tal Qué tal ^C \$</pre>

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

```

#include <sys/socket.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <signal.h>
#include <time.h>

#include <netdb.h>

int main(int argc, char **argv){

    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result;

    memset(&hints, 0, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC;
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;
    hints.ai_flags = 0;

    getaddrinfo(argv[1], argv[2], &hints, &result);

    int s = socket(result->ai_family, result->ai_socktype, 0);

    bind(s, result->ai_addr, result->ai_addrlen);

    listen(s, 5);

    char buf[500];
    char host[NI_MAXHOST];
    char serv[NI_MAXSERV];

    struct sockaddr_storage client_addr;
    socklen_t client_addrlen = sizeof(client_addr);

    while(1){
        int f_cliente = accept(s, (struct sockaddr *) &client_addr, &client_addrlen);

        getnameinfo((struct sockaddr *) &client_addr, client_addrlen,
                    host, NI_MAXHOST, serv, NI_MAXSERV, NI_NUMERICHOST|NI_NUMERICSERV);
        printf("Conexion desde Host: %s Puerto: %s\n", host, serv);

        int c;
        while(c = recv(f_cliente, buf, sizeof(buf), 0)){
            buf[c] = '\0';
            printf("Mensaje: %s\n", buf);
            send(f_cliente, buf, c, 0);
        }
        close(f_cliente);
    }
    return 0;
}

```

Ejercicio 7. Escribir el cliente para conectarse con el servidor del ejercicio anterior. El cliente recibirá

la dirección y el puerto del servidor como argumentos y, una vez establecida la conexión con el servidor, le enviará lo que el usuario escriba por teclado. Mostrará en la consola la respuesta recibida desde el servidor. Cuando el usuario escriba el carácter 'Q' como único carácter de una línea, el cliente cerrará la conexión con el servidor.

Ejemplo:

Servidor	Cliente
<pre>\$./echo_server :: 2222 Conexión desde fd00::a:0:0:0:1 53445 Conexión terminada \$</pre>	<pre>\$./echo_client fd00::a:0:0:0:1 2222 Hola Hola Q \$</pre>

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <unistd.h>
#include <string.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result;

    if (argc < 3) {
        fprintf(stderr, "Usage: %s host port msg...\n", argv[0]);
        exit(EXIT_FAILURE);
    }

    /* Obtain address(es) matching host/port */

    memset(&hints, 0, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC; /* Allow IPv4 or IPv6 */
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM; /* Datagram socket */
    hints.ai_flags = 0;

    getaddrinfo(argv[1], argv[2], &hints, &result);

    int socketTCP = socket(result->ai_family, result->ai_socktype, 0);
    connect(socketTCP, (struct sockaddr *)result->ai_addr,
            result->ai_addrlen);

    char buf_out[256];
    char buf_in[256];
    int c;

    while(1){
        c = read(0, buf_out, sizeof(buf_out));
        buf_out[c] = '\0';

        send(socketTCP, buf_out, c, 0);
    }
}
```

```

        if(buf_out[0] == 'q'){
            printf("conexion terminada.");
            break;
        }

        c = recv(socketTCP, buf_in, sizeof(buf_in), 0);
        buf_in[c] = '\0';
        printf("[OUT]: %s\n", buf_in);
    }

    close(socketTCP);

    exit(EXIT_SUCCESS);
}

```

Ejercicio 8. Modificar el código del servidor para que acepte varias conexiones simultáneas. Cada petición debe gestionarse en un proceso diferente, siguiendo el patrón *accept-and-fork*. El proceso padre debe cerrar el socket devuelto por `accept(2)`.

```

#include <sys/types.h>
#include <sys/socket.h>
#include <netdb.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <signal.h>
#include <time.h>

#include <netdb.h>

int main(int argc, char **argv){

    struct addrinfo hints;
    struct addrinfo *result;

    memset(&hints, 0, sizeof(hints));
    hints.ai_family = AF_UNSPEC;
    hints.ai_socktype = SOCK_STREAM;
    hints.ai_flags = 0;

    getaddrinfo(argv[1], argv[2], &hints, &result);

    int s = socket(result->ai_family, result->ai_socktype, 0);

    bind(s, result->ai_addr, result->ai_addrlen);

    listen(s, 5);

    char buf[500];
    char host[NI_MAXHOST];

```

```

char serv[NI_MAXSERV];

struct sockaddr_storage client_addr;
socklen_t client_addrlen = sizeof(client_addr);

while(1){
    int f_cliente = accept(s, (struct sockaddr *) &client_addr,
                           &client_addrlen);

    pid_t pid = fork();
    if(pid == 0){
        getnameinfo((struct sockaddr *) &client_addr, client_addrlen,
                    host, NI_MAXHOST, serv, NI_MAXSERV, NI_NUMERICHOST|NI_NUMERICSERV);
        printf("Conexion desde Host: %s Puerto: %s\n", host, serv);

        while(1){
            int c = recv(f_cliente, buf, sizeof(buf), 0);
            buf[c] = '\0';

            if(buf[0]=='q' && strlen(buf)==2){
                fprintf(stdout, "Conexion con PID: %i terminada...\n", getpid());
                break;
            }

            send(f_cliente, buf, c, 0);

            printf("Gestiona PID: %i, Mensaje: %s\n", getpid(), buf);
        }
        close(f_cliente);
    }
    else{
        close(f_cliente);
    }
}
return 0;
}

```

Ejercicio 9. Añadir la lógica necesaria en el servidor para que no quede ningún proceso en estado *zombie*. Para ello, se deberá capturar la señal SIGCHLD y obtener la información de estado de los procesos hijos finalizados.