COMUNICACIONES EN UNIX CON JAVA

El sistema de Entrada/Salida de Unix sigue el paradigma que normalmente se designa como *Abrir-Leer-Escribir-Cerrar*. Antes de que un proceso de usuario pueda realizar operaciones de entrada/salida, debe hacer una llamada a *Abrir* (**open**) para indicar, y obtener permisos para su uso, el archivo o dispositivo que quiere utilizar. Una vez que el objeto está abierto, el proceso de usuario realiza una o varias llamadas a *Leer* (**read**) y *Escribir* (**write**), para conseguir leer y escribir datos. *Leer* toma datos desde el objeto y los transfiere al proceso de usuario, mientras que *Escribir* transfiere datos desde el proceso de usuario al objeto. Una vez que todos estos intercambios de información estén concluidos, el proceso de usuario llamará a *Cerrar* (**close**) para informar al sistema operativo que ha finalizado la utilización del objeto que antes había abierto.

Cuando se incorporan las características a Unix de comunicación entre procesos (IPC) y el manejo de redes, la idea fue implementar la interface con IPC similar a la que se estaba utilizando para la entrada/salida de archivos, es decir, siguiendo el paradigma del párrafo anterior. En Unix, un proceso tiene un conjunto de descriptores de entrada/salida desde donde Leer y por donde Escribir. Estos descriptores pueden estar referidos a archivos, dispositivos, o canales de comunicaciones (*sockets*). El ciclo de vida de un descriptor, aplicado a un canal de comunicación (socket), está determinado por tres fases (siguiendo el paradigma):

- Creación, apertura del socket
- Lectura y Escritura, recepción y envío de datos por el socket
- Destrucción, cierre del socket

La interface IPC en Unix-BSD está implementada sobre los protocolos de red TCP y UDP. Los destinatarios de los mensajes se especifican como direcciones de socket; cada dirección de socket es un identificador de comunicación que consiste en una dirección Internet y un número de puerto.

Las operaciones IPC se basan en pares de sockets. Se intercambian información transmitiendo datos a través de mensajes que circulan entre un socket en un proceso y otro socket en otro proceso. Cuando los mensajes son enviados, se encolan en el socket hasta que el protocolo de red los haya transmitido. Cuando llegan, los mensajes son encolados en el socket de recepción hasta que el proceso que tiene que recibirlos haga las llamadas necesarias para recoger esos datos.

SOCKETS

Los sockets son puntos finales de enlaces de comunicaciones entre procesos. Los procesos los tratan como descriptores de archivos, de forma que se pueden intercambiar datos con otros procesos transmitiendo y recibiendo a través de sockets.

El tipo de sockets describe la forma en la que se transfiere información a través de ese socket.

Sockets Stream (TCP, Transport Control Protocol)

Son un servicio orientado a conexión donde los datos se transfieren sin encuadrarlos en registros o bloques. Si se rompe la conexión entre los procesos, éstos serán informados.

El protocolo de comunicaciones con streams es un protocolo orientado a conexión, ya que para establecer una comunicación utilizando el protocolo TCP, hay que establecer en primer lugar una conexión entre un par de sockets. Mientras uno de los sockets atiende peticiones de conexión (servidor), el otro solicita una conexión (cliente). Una vez que los dos sockets estén conectados, se pueden utilizar para transmitir datos en ambas direcciones.

Sockets Datagrama (UDP, User Datagram Protocol)

Son un servicio de transporte sin conexión. Son más eficientes que TCP, pero no está garantizada la fiabilidad. Los datos se envían y reciben en paquetes, cuya entrega no está garantizada. Los paquetes pueden ser duplicados, perdidos o llegar en un orden diferente al que se envió.

El protocolo de comunicaciones con datagramas es un protocolo sin conexión, es decir, cada vez que se envíen datagramas es necesario enviar el descriptor del socket local y la dirección del socket que debe recibir el datagrama. Como se puede ver, hay que enviar datos adicionales cada vez que se realice una comunicación.

Sockets Raw

Son sockets que dan acceso directo a la capa de software de red subyacente o a protocolos de más bajo nivel. Se utilizan sobre todo para la depuración del código de los protocolos.

Diferencias entre Sockets Stream y Datagrama

Ahora se nos presenta un problema, ¿qué protocolo, o tipo de sockets, debemos usar - UDP o TCP? La decisión depende de la aplicación cliente/servidor que estemos escribiendo. Vamos a ver algunas diferencias entre los protocolos para ayudar en la decisión.

En UDP, cada vez que se envía un datagrama, hay que enviar también el descriptor del socket local y la dirección del socket que va a recibir el datagrama, luego éstos son más grandes que los TCP. Como el protocolo TCP está orientado a conexión, tenemos que establecer esta conexión entre los dos sockets antes de nada, lo que implica un cierto tiempo empleado en el establecimiento de la conexión, que no existe en UDP.

En UDP hay un límite de tamaño de los datagramas, establecido en 64 kilobytes, que se pueden enviar a una localización determinada, mientras que TCP no tiene límite; una vez que se ha establecido la conexión, el par de sockets funciona como los streams: todos los datos se leen inmediatamente, en el mismo orden en que se van recibiendo.

UDP es un protocolo *desordenado*, no garantiza que los datagramas que se hayan enviado sean recibidos en el mismo orden por el socket de recepción. Al contrario, TCP es un protocolo *ordenado*, garantiza que todos los paquetes que se envíen serán recibidos en el socket destino en el mismo orden en que se han enviado.

Los datagramas son bloques de información del tipo *lanzar y olvidar*. Para la mayoría de los programas que utilicen la red, el usar un flujo TCP en vez de un datagrama UDP es más sencillo y hay menos posibilidades de tener problemas. Sin embargo, cuando se requiere un rendimiento óptimo, y está justificado el tiempo adicional que supone realizar la verificación de los datos, los datagramas son un mecanismo realmente útil.

En resumen, TCP parece más indicado para la implementación de servicios de red como un control remoto (*rlogin*, *telnet*) y transmisión de archivos (*ftp*); que necesitan transmitir datos de longitud indefinida. UDP es menos complejo y tiene una menor sobrecarga sobre la conexión; esto hace que sea el indicado en la implementación de aplicaciones cliente/servidor en sistemas distribuidos montados sobre redes de área local.

USO DE SOCKETS

Podemos pensar que un *Servidor Internet* es un conjunto de sockets que proporciona capacidades adicionales del sistema, los llamados *servicios*.

Puertos y Servicios

Cada servicio está asociado a un *puerto*. Un puerto es una dirección numérica a través de la cual se procesa el servicio. Sobre un sistema Unix, los servicios que proporciona ese sistema se indican en el archivo */etc/services*, y algunos ejemplos son:

```
daytime     13/udp
ftp         21/tcp
telnet      23/tcp      telnet
smtp        25/tcp       mail
http        80/tcp
```

La primera columna indica el nombre del servicio. La segunda columna indica el puerto y el protocolo que está asociado al servicio. La tercera columna es un alias del servicio; por ejemplo, el servicio *smtp*, también conocido como *mail*, es la implementación del servicio de correo electrónico.

Las comunicaciones de información relacionada con Web tienen lugar a través del puerto 80 mediante protocolo TCP. Para emular esto en Java, usaremos la clase **Socket**. La fecha (daytime). Sin embargo, el servicio que toma la fecha y la hora del sistema, está ligado al puerto 13

utilizando el protocolo UDP. Un servidor que lo emule en Java usaría un objeto **DatagramSocket**.

LA CLASE URL

La clase URL contiene contructores y métodos para la manipulación de URL (*Universal Resource Locator*): un objeto o servicio en Internet. El protocolo TCP necesita dos tipos de información: la dirección IP y el número de puerto. Vamos a ver como podemos recibir pues la página Web principal de nuestro buscador favorito al teclear:

```
http://www.yahoo.com
```

En primer lugar, *Yahoo* tiene registrado su nombre, permitiendo que se use *yahoo.com* como su dirección IP, o lo que es lo mismo, cuando indicamos *yahoo.com* es como si hubiésemos indicado 205.216.146.71, su dirección IP real.

La verdad es que la cosa es un poco más complicada que eso. Hay un servicio, el *DNS* (Domain Name Service), que traslada *www.yahoo.com* a 205.216.146.71, lo que nos permite teclear *www.yahoo.com*, en lugar de tener que recordar su dirección IP.

Si queremos obtener la dirección IP real de la red en que estamos corriendo, podemos realizar llamadas a los métodos *getLocalHost()* y *getAddress()*. Primero, *getLocalHost()* nos devuelve un objeto **iNetAddress**, que si usamos con *getAddress()* generará un array con los cuatro bytes de la dirección IP, por ejemplo:

```
InetAddress direccion = InetAddress.getLocalHost();
byte direccionIp[] = direccion.getAddress();
```

Si la dirección de la máquina en que estamos corriendo es 150.150.112.145, entonces:

```
direccionIp[0] = 150
direccionIp[1] = 150
direccionIp[2] = 112
direccionIp[3] = 145
```

Una cosa interesante en este punto es que *una* red puede mapear *muchas* direcciones IP. Esto puede ser necesario para un Servidor Web, como *Yahoo*, que tiene que soportar grandes cantidades de tráfico y necesita más de una dirección IP para poder atender a todo ese tráfico. El nombre interno para la dirección 205.216.146.71, por ejemplo, es *www7.yahoo.com*. El DNS puede trasladar una lista de direcciones IP asignadas a *Yahoo* en *www.yahoo.com*. Esto es una cualidad útil, pero por ahora abre un agujero en cuestión de seguridad.

Ya conocemos la dirección IP, nos falta el número del puerto. Si no se indica nada, se utilizará el que se haya definido por defecto en el archivo de configuración de los servicios del sistema. En Unix se indican en el archivo */etc/services*, en Windows-NT en el archivo *services* y en otros sistemas puede ser diferente.

El puerto habitual de los servicios Web es el 80, así que si no indicamos nada, entraremos en el servidor de *Yahoo* por el puerto 80. Si tecleamos la URL siguiente en un navegador:

```
http://www.yahoo.com:80
```

también recibiremos la página principal de *Yahoo*. No hay nada que nos impida cambiar el puerto en el que residirá el servidor Web; sin embargo, el uso del puerto 80 es casi estándar, porque elimina pulsaciones en el teclado y, además, las direcciones URL son lo suficientemente difíciles de recordar como para añadirle encima el número del puerto.

Si necesitamos otro protocolo, como:

```
ftp://ftp.microsoft.com
```

el puerto se derivará de ese protocolo. Así el puerto FTP de Microsoft es el 21, según su archivo `services`. La primera parte, antes de los dos puntos, de la URL, indica el protocolo que se quiere utilizar en la conexión con el servidor. El protocolo *http* (HyperText Transmission Protocol), es el utilizado para manipular documentos Web. Y si no se especifica ningún documento, muchos servidores están configurados para devolver un documento de nombre *index.html*.

Con todo esto, Java permite los siguientes cuatro constructores para la clase URL:

```
public URL( String spec ) throws MalformedURLException;
public URL( String protocol,String host,int port,String file ) throws
MalformedURLException;
public URL( String protocol,String host,String file ) throws
MalformedURLException;
public URL( URL context,String spec ) throws MalformedURLException;
```

Así que podríamos especificar todos los componenetes del URL como en:

```
URL( "http","www.yahoo.com","80","index.html" );
```

o dejar que los sistemas utilicen todos los valores por defecto que tienen definidos, como en:

```
URL( "http://www.yahoo.com" );
```

y en los dos casos obtendríamos la visualización de la página principal de *Yahoo* en nuestro navegador.

DOMINIOS DE COMUNICACIONES

El mecanismo de sockets está diseñado para ser todo lo genérico posible. El socket por sí mismo no contiene información suficiente para describir la comunicación entre procesos. Los sockets operan dentro de dominios de comunicación, entre ellos se define si los dos procesos que se comunican se encuentran en el mismo sistema o en sistemas diferentes y cómo pueden ser direccionados.

Dominio Unix

Bajo Unix, hay dos dominios, uno para comunicaciones internas al sistema y otro para comunicaciones entre sistemas.

Las comunicaciones intrasistema (entre dos procesos en el mismo sistema) ocurren (en una máquina Unix) en el dominio Unix. Se permiten tanto los sockets stream como los datagrama. Los sockets de dominio Unix bajo Solaris 2.x se implementan sobre TLI (*Transport Level Interface*).

En el dominio Unix no se permiten sockets de tipo Raw.

Dominio Internet

Las comunicaciones intersistemas proporcionan acceso a TCP, ejecutando sobre IP (*Internet Protocol*). De la misma forma que el dominio Unix, el dominio Internet permite tanto sockets stream como datagrama, pero además permite sockets de tipo Raw.

Los sockets *stream* permiten a los procesos comunicarse a través de TCP. Una vez establecidas las conexiones, los datos se pueden leer y escribir a/desde los sockets como un flujo (stream) de bytes. Algunas aplicaciones de servicios TCP son:

- File Tranfer Protocol, *FTP*
- Simple Mail Transfer Protocol, *SMTP*
- *TELNET*, servicio de conexión de terminal remoto

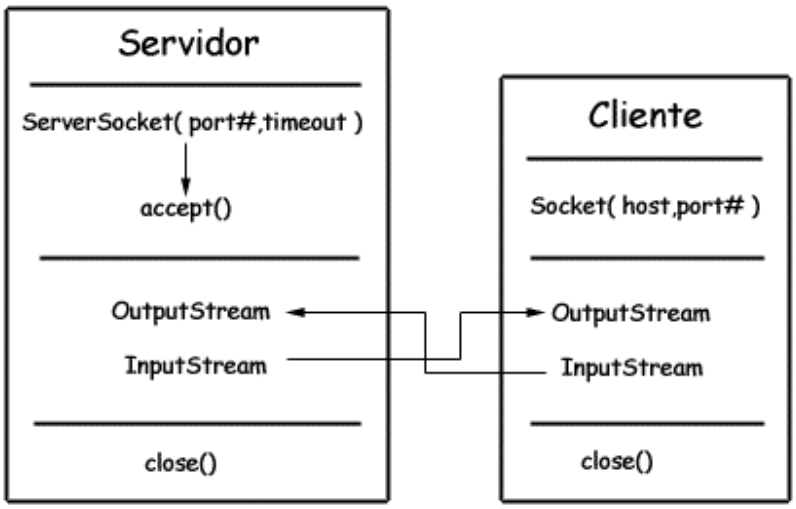
Los sockets *datagrama* permiten a los procesos utilizar el protocolo UDP para comunicarse a y desde esos sockets por medio de bloques. UDP es un protocolo no fiable y la entrega de los paquetes no está garantizada. Servicios UDP son:

- Simple Network Management Protocol, *SNMP*
- Trivial File Transfer Protocol, *TFTP* (versión de FTP sin conexión)
- Versatile Message Transaction Protocol, *VMTP* (servicio fiable de entrega punto a punto de datagramas independiente de TCP)

Los sockets *raw* proporcionan acceso al Internet Control Message Protocol, *ICMP*, y se utiliza para comunicarse entre varias entidades IP.

MODELO DE COMUNICACIONES CON JAVA

En Java, crear una conexión socket TCP/IP se realiza directamente con el paquete **java.net**. A continuación mostramos un diagrama de lo que ocurre en el lado del cliente y del servidor:



El modelo de sockets más simple es:

- El servidor establece un puerto y espera durante un cierto tiempo (**timeout** segundos), a que el cliente establezca la conexión. Cuando el cliente solicite una conexión, el servidor abrirá la conexión socket con el método *accept()*.
- El cliente establece una conexión con la máquina **host** a través del puerto que se designe en **puerto#**
- El cliente y el servidor se comunican con manejadores InputStream y OutputStream

Hay una cuestión al respecto de los sockets, que viene impuesta por la implementación del sistema de seguridad de Java. Actualmente, los applets sólo pueden establecer conexiones con el nodo desde el cual se transfirió su código. Esto está implementado en el JDK y en el intérprete de Java de Netscape. Esto reduce en gran manera la flexibilidad de las fuentes de datos disponibles para los applets. El problema si se permite que un applet se conecte a cualquier máquina de la red, es que entonces se podrían utilizar los applets para inundar la red desde una computadora con un cliente Netscape del que no se sospecha y sin ninguna posibilidad de rastreo.

APERTURA DE SOCKETS

Si estamos programando un ***cliente***, el socket se abre de la forma:

```
Socket miCliente;
miCliente = new Socket( "maquina",numeroPuerto );
```

Donde `maquina` es el nombre de la máquina en donde estamos intentando abrir la conexión y `numeroPuerto` es el puerto (un número) del servidor que está corriendo sobre el cual nos queremos conectar. Cuando se selecciona un número de puerto, se debe tener en cuenta que los puertos en el rango 0-1023 están reservados para usuarios con muchos privilegios (*superusuarios* o *root*). Estos puertos son los que utilizan los servicios estándar del sistema como *email*, *ftp* o *http*. Para las aplicaciones que se desarrollen, asegurarse de seleccionar un puerto por encima del 1023.

En el ejemplo anterior no se usan excepciones; sin embargo, es una gran idea la captura de excepciones cuando se está trabajando con sockets. El mismo ejemplo quedaría como:

```
Socket miCliente;
try {
    miCliente = new Socket( "maquina",numeroPuerto );
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

Si estamos programando un ***servidor***, la forma de apertura del socket es la que muestra el siguiente ejemplo:

```
Socket miServicio;
try {
    miServicio = new ServerSocket( numeroPuerto );
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

A la hora de la implementación de un servidor también necesitamos crear un objeto socket desde el ServerSocket para que esté atento a las conexiones que le puedan realizar clientes potenciales y poder aceptar esas conexiones:

```
Socket socketServicio = null;
try {
    socketServicio = miServicio.accept();
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

CREACION DE STREAMS

Creación de Streams de Entrada

En la parte cliente de la aplicación, se puede utilizar la clase **DataInputStream** para crear un stream de entrada que esté listo a recibir todas las respuestas que el servidor le envíe.

```
DataInputStream entrada;
try {
    entrada = new DataInputStream( miCliente.getInputStream() );
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

La clase **DataInputStream** permite la lectura de líneas de texto y tipos de datos primitivos de Java de un modo altamente portable; dispone de métodos para leer todos esos tipos como: *read()*, *readChar()*, *readInt()*, *readDouble()* y *readLine()*. Deberemos utilizar la función que creamos necesaria dependiendo del tipo de dato que esperemos recibir del servidor.

En el lado del servidor, también usaremos **DataInputStream**, pero en este caso para recibir las entradas que se produzcan de los clientes que se hayan conectado:

```
DataInputStream entrada;
try {
    entrada =
        new DataInputStream( socketServicio.getInputStream() );
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

Creación de Streams de Salida

En el lado del cliente, podemos crear un stream de salida para enviar información al socket del servidor utilizando las clases **PrintStream** o **DataOutputStream**:

```
PrintStream salida;
try {
    salida = new PrintStream( miCliente.getOutputStream() );
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

La clase **PrintStream** tiene métodos para la representación textual de todos los datos primitivos de Java. Sus métodos *write* y *println()* tienen una especial importancia en este aspecto. No obstante, para el envío de información al servidor también podemos utilizar **DataOutputStream**:

```
DataOutputStream salida;
try {
    salida = new DataOutputStream( miCliente.getOutputStream() );
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

La clase **DataOutputStream** permite escribir cualquiera de los tipos primitivos de Java, muchos de sus métodos escriben un tipo de dato primitivo en el stream de salida. De todos esos métodos, el más útil quizás sea *writeBytes()*.

En el lado del servidor, podemos utilizar la clase **PrintStream** para enviar información al cliente:

```
PrintStream salida;
try {
    salida = new PrintStream( socketServicio.getOutputStream() );
} catch( IOException e ) {
    System.out.println( e );
    }
```

Pero también podemos utilizar la clase **DataOutputStream** como en el caso de envío de información desde el cliente.

CIERRE DE SOCKETS

Siempre deberemos cerrar los canales de entrada y salida que se hayan abierto durante la ejecución de la aplicación. En la parte del cliente:

```
    try {
        salida.close();
        entrada.close();
        miCliente.close();
    } catch( IOException e ) {
        System.out.println( e );
        }
```

Y en la parte del servidor:

```
    try {
        salida.close();
        entrada.close();
        socketServicio.close();
        miServicio.close();
    } catch( IOException e ) {
        System.out.println( e );
        }
```

MINIMO CLIENTE SMTP

Vamos a desarrollar un mínimo cliente SMTP (*simple mail transfer protocol*), de forma que podamos encapsular todos los datos en la aplicación. El código es libre de modificación para las necesidades que sean; por ejemplo, una modificación interesante sería que aceptase argumentos desde la línea de comandos y también capturase el texto del mensaje desde la entrada estándar del sistema. Con estas modificaciones tendríamos casi la misma aplicación de correo que utiliza Unix. Veamos el código de nuestro cliente, smtpCliente.java:

```
import java.net.*;
import java.io.*;

class smtpCliente {
    public static void main( String args[] ) {
        Socket s = null;
        DataInputStream sIn = null;
        DataOutputStream sOut = null;

        // Abrimos una conexión con breogan, el servidor, en el puerto 25
        // que es el correspondiente al protocolo smtp, e intentamos
        // abrir los streams de entrada y salida
        try {
            s = new Socket( "breogan",25 );
            sIn = new DataInputStream( s.getInputStream() );
            sOut = new DataOutputStream( s.getOutputStream() );
        } catch( UnknownHostException e ) {
            System.out.println( "No conozco el host" );
        } catch( IOException e ) {
```

```
            System.out.println( e );
            }

        // Si todo está inicializado correctamente, vamos a escribir
        // algunos datos en el canal de salida que se ha establecido
        // con el puerto del protocolo smtp del servidor
        if( s != null && sIn != null && sOut != null )
            {
            try {
                // Tenemos que respetar la especificación SMTP dada en
                // RFC1822/3, de forma que lo que va en mayúsculas
                // antes de los dos puntos tiene un significado especial
                // en el protocolo
                sOut.writeBytes( "MAIL From: froufe@arrakis.es\n" );
                sOut.writeBytes( "RCPT To: froufe@arrakis.es\n" );
                sOut.writeBytes( "DATA\n" );
                sOut.writeBytes( "From: froufe@arrakis.es\n" );
                sOut.writeBytes( "Subject: Pruebas\n" );
                // Ahora el cuerpo del mensaje
                sOut.writeBytes( "Hola, desde el Tutorial de Java\n" );
                sOut.writeBytes( "\n.\n" );

                // Nos quedamos a la espera de recibir el "Ok" del
                // servidor para saber que ha recibido el mensaje
                // correctamente, momento en el cual cortamos
                String respuesta;
                while( ( respuesta = sIn.readLine() ) != null )
                    {
                    System.out.println( "Servidor: "+respuesta );
                    if( respuesta.indexOf( "Ok" ) != -1 )
                        break;
                    }

                // Cerramos todo lo que hemos abierto
                sOut.close();
                sIn.close();
                s.close();
              } catch( UnknownHostException e ) {
                System.out.println( "Intentando conectar: "+e );
            } catch( IOException e ) {
                System.out.println( e );
                }
            }
        }
    }
```

SERVIDOR DE ECO

En el siguiente ejemplo, vamos a desarrollar un servidor similar al que se ejecuta sobre el puerto 7 de las máquinas Unix, el servidor *echo*. Básicamente, este servidor recibe texto desde un cliente y reenvía ese mismo texto al cliente. Desde luego, este es el servidor más simple de los simples que se pueden escribir. El ejemplo que presentamos, ecoServidor.java, maneja solamente un cliente. Una modificación interesante sería adecuarlo para que aceptase múltiples clientes simultáneos mediante el uso de threads.

```
import java.net.*;
import java.io.*;

class ecoServidor {
    public static void main( String args[] ) {
        ServerSocket s = null;
        DataInputStream sIn;
        PrintStream sOut;
        Socket cliente = null;
        String texto;

        // Abrimos una conexión con breogan en el puerto 9999
        // No podemos elegir un puerto por debajo del 1023 si no somos
        // usuarios con los máximos privilegios (root)
        try {
            s = new ServerSocket( 9999 );
        } catch( IOException e ) {
            }

        // Creamos el objeto desde el cual atenderemos y aceptaremos
        // las conexiones de los clientes y abrimos los canales de
        // comunicación de entrada y salida
        try {
            cliente = s.accept();
            sIn = new DataInputStream( cliente.getInputStream() );
            sOut = new PrintStream( cliente.getOutputStream() );

            // Cuando recibamos datos, se los devolvemos al cliente
            // que los haya enviado
            while( true )
                {
                texto = sIn.readLine();
                sOut.println( texto );
                }
        } catch( IOException e ) {
            System.out.println( e );
            }
        }
    }
```

CLIENTE/SERVIDOR TCP/IP

Mínimo Servidor TCP/IP

Veamos el código que presentamos en el siguiente ejemplo, minimoServidor.java, donde desarrollamos un mínimo servidor TCP/IP, para el cual desarrollaremos después su contrapartida cliente TCP/IP. La aplicación servidor TCP/IP depende de una clase de comunicaciones proporcionada por Java: **ServerSocket**. Esta clase realiza la mayor parte del trabajo de crear un servidor.

```
import java.awt.*;
import java.net.*;
import java.io.*;
```

```
class minimoServidor {
    public static void main( String args[] ) {
        ServerSocket s = (ServerSocket)null;
        Socket s1;
        String cadena = "Tutorial de Java!";
        int longCad;
        OutputStream s1out;

        // Establece el servidor en el socket 4321 (espera 300 segundos)
        try {
            s = new ServerSocket( 4321,300 );
        } catch( IOException e ) {
            System.out.println( e );
            }

        // Ejecuta un bucle infinito de listen/accept
        while( true ) {
            try {
                // Espera para aceptar una conexión
                s1 = s.accept();
                // Obtiene un controlador de archivo de salida asociado
                // con el socket
                s1out = s1.getOutputStream();

                // Enviamos nuestro texto
                longCad = sendString.length();
                for( int i=0; i < longCad; i++ )
                    s1out.write( (int)sendString.charAt( i ) );

                // Cierra la conexión, pero no el socket del servidor
                s1.close();
            } catch( IOException e ) {
                System.out.println( e );
                }
            }
        }
    }
```

Mínimo Cliente TCP/IP

El lado cliente de una aplicación TCP/IP descansa en la clase **Socket**. De nuevo, mucho del trabajo necesario para establecer la conexión lo ha realizado la clase **Socket**. Vamos a presentar ahora el código de nuestro cliente más simple, minimoCliente.java, que encaja con el servidor presentado antes. El trabajo que realiza este cliente es que todo lo que recibe del servidor lo imprime por la salida estándar del sistema.

```
import java.awt.*;
import java.net.*;
import java.io.*;

class minimoCliente {
    public static void main( String args[] ) throws IOException {
        int c;
        Socket s;
        InputStream sIn;
```

```
        // Abrimos una conexión con breogan en el puerto 4321
        try {
            s = new Socket( "breogan",4321 );
        } catch( IOException e ) {
            System.out.println( e );
            }

        // Obtenemos un controlador de archivo de entrada del socket y
        // leemos esa entrada
        sIn = s.getInputStream();
        while( ( c = sIn.read() ) != -1 )
            System.out.print( (char)c );

        // Cuando se alcance el fin de archivo, cerramos la conexión y
        // abandonamos
        s.close();
        }
    }
```

SERVIDOR SIMPLE DE HTTP

Vamos a implementar un servidor de HTTP básico, sólo le permitiremos admitir operaciones GET y un rango limitado de tipos MIME codificados. Los *tipos MIME* son los descriptores de tipo para contenido multimedia. Esperamos que este ejemplo sirva como base para un entretenido ejercicio de ampliación y exploración porque, desde luego, lo que no pretendemos es inquietar a los Consejos de Dirección de Microsoft o Netscape.

La aplicación va a crear un **ServerSocket** conectado al puerto 80, que en caso de no tener privilegios para su uso, podemos cambiar, por ejemplo al 8080; y después entra en un bucle infinito. Dentro del bucle, espera dentro del método *accept()* del ServerSocket hasta que se establece una conexión cliente. Después asigna un flujo de entrada y salida al socket. A continuación lee la solicitud del cliente utilizando el método *getRawRequest()*, que devolverá un *null* si hay un error de entrada/salida o el cliente corta la conexión. Luego se identifica el tipo de solicitud y se gestiona mediante el método *handlget()* o *handleUnsup()*. Finalmente se cierran los sockets y se comienza de nuevo.

Cuando se ejecuta el programa completo, se escribe en pantalla lo que el navegador cliente envía al servidor. Aunque se capturan varias condiciones de error, en la práctica no aparecen. El ampliar este servidor para que soporte una carga de millones de visitas al día requiere bastante trabajo; no obstante, en la computadora en que estoy escribiendo esto, no se enlenteció demasiado con una carga de hasta diez entradas por segundo, lo que permitiría alrededor de un millón de visitas al día. Se podría mejorar mediante el uso de threads y control de la memoria caché para gestionar esas visitas, pero eso ya forma parte del ejercicio sobre el que se puede trabajar.

El código fuente de nuestro mini servidor de HTTP se encuentra en el archivo TutHttp.java, que reproducimos a continuación:

```
import java.net.*;
import java.io.*;
import java.util.*;

// Clase de utilidades donde declaramos los tipos MIME y algunos gestores
// de los errores que se pueden generar en HTML
class HttpUtilidades {
    final static String version = "1.0";
    final static String mime_text_plain = "text/plain";
    final static String mime_text_html = "text/html";
    final static String mime_image_gif = "image/gif";
    final static String mime_image_jpg = "image/jpg";
    final static String mime_app_os = "application/octet-stream";
    final static String CRLF = "\r\n";

    // Método que convierte un objeto String en una matriz de bytes.
    // Java gestiona las cadenas como objetos, por lo que es necesario
    // convertir las matrices de bytes que se obtienen a Strings y
    // viceversa
    public static byte aBytes( String s )[] {
        byte b[] = new byte[ s.length() ];
        s.getBytes( 0,b.length,b,0 );
        return( b );
        }

    // Este método concatena dos matrices de bytes. El método
    // arraycopy() asombra por su rapidez
    public static byte concatenarBytes( byte a[],byte b[] )[] {
        byte ret[] = new byte[ a.length+b.length ];
        System.arraycopy( a,0,ret,0,a.length );
        System.arraycopy( b,0,ret,a.length,b.length );
        return( ret );
        }

    // Este método toma un tipo de contenido y una longitud, para
    // devolver la matriz de bytes que contiene el mensaje de cabecera
    // MIME con formato
    public static byte cabMime( String ct,int tam )[] {
        return( cabMime( 200,"OK",ct,tam ) );
        }

    // Es el mismo método anterior, pero permite un ajuste más fino
    // del código que se devuelve y el mensaje de error de HTTP
    public static byte cabMime(int codigo,String mensaje,String ct,
        int tam )[] {
        Date d = new Date();
        return( aBytes( "HTTP/1.0 "+codigo+" "+mensaje+CRLF+
               "Date: "+d.toGMTString()+CRLF+
               "Server: Java/"+version +CRLF+
               "Content-type: "+ct+CRLF+
               ( tam > 0 ? "Content-length: "+tam+CRLF : "" )+CRLF ) );
        }

    // Este método construye un mensaje HTML con un formato decente
```

```
    // para presentar una condición de error y lo devuelve como
    // matriz de bytes
    public static byte error( int codigo,String msg,String fname)[] {
        String ret = "<BODY>"+CRLF+"<H1>"+codigo+" "+msg+"</H1>"+CRLF;

        if( fname != null )
            ret += "Error al buscar el URL: "+fname+CRLF;
        ret += "</BODY>"+CRLF;
        byte tmp[] = cabMime( codigo,msg,mime_text_html,0 );
        return( concatenarBytes( tmp,aBytes( ret ) ) );
        }

    // Devuelve el tipo MIME que corresponde a un nombre de archivo dado
    public static String mimeTypeString( String archivo ) {
        String tipo;

        if( archivo.endsWith( ".html" ) || archivo.endsWith( ".htm" ) )
            tipo = mime_text_html;
        else if( archivo.endsWith( ".class" ) )
            tipo = mime_app_os;
        else if( archivo.endsWith( ".gif" ) )
            tipo = mime_image_gif;
        else if( archivo.endsWith( ".jpg" ) )
            tipo = mime_image_jpg;
        else
            tipo = mime_text_plain;
        return( tipo );
        }
    }

// Esta clase sirve para que nos enteremos de lo que está haciendo
// nuestro servidor. En una implementación real, todos estos mensajes
// deberían registrarse en algún archivo
class HTTPlog {
    public static void error( String entrada ) {
        System.out.println( "Error: "+entrada );
        }

    public static void peticion( String peticion ) {
        System.out.println( peticion );
        }
    }

// Esta es la clase principal de nuestro servidor Http
class TutHttp {
    public static final int puerto = 80;
    final static String docRaiz = "/html";
    final static String fichIndice = "index.html";
    final static int buffer = 2048;
    public static final int RT_GET=1;
    public static final int RT_UNSUP=2;
    public static final int RT_END=4;

    // Indica que la petición no está soportada, por ejemplo POST y HEAD
    private static void ctrlNoSop(String peticion,OutputStream sout) {
        HTTPlog.error( "Peticion no soportada: "+peticion );
        }
```

```
// Este método analiza gramaticalmente la solicitud enviada con el
// GET y la descompone en sus partes para extraer el nombre del
// archivo que se está solicitando. Entonces lee el archivo que
// se pide
private static void ctrlGet( String peticion,OutputStream sout ) {
    int fsp = peticion.indexOf( ' ' );
    int nsp = peticion.indexOf( ' ',fsp+1 );
    String fich = peticion.substring( fsp+1,nsp );

    fich = docRaiz+fich+( fich.endsWith("/") ? fichIndice : "" );
    try {
        File f = new File( fich );
        if( !f.exists() )
            {
            sout.write( HttpUtilidades.error( 404,
                "No Encontrado",fich ) );
            return;
            }

        if( !f.canRead() )
            {
            sout.write( HttpUtilidades.error( 404,
                "Permiso Denegado",fich ) );
            return;
            }

        // Ahora lee el archivo que se ha solicitado
        InputStream sin = new FileInputStream( f );
        String cabmime = HttpUtilidades.mimeTypeString( fich );
        int n = sin.available();
        sout.write( HttpUtilidades.cabMime( cabmime,n ) );
        byte buf[] = new byte[buffer];
        while( ( n = sin.read( buf ) ) >= 0 )
            sout.write( buf,0,n );

        sin.close();
    } catch( IOException e ) {
        HTTPlog.error( "Excepcion: "+e );
        }
    }

// Devuelve la cabecera de la solicitud completa del cliente al
// método main de nuestro servidor
private static String getPeticion( InputStream sin ) {
    try {
        byte buf[] = new byte[buffer];
        boolean esCR = false;
        int pos = 0;
        int c;

        while( ( c = sin.read() ) != -1 )
            {
            switch( c ) {
                case '\r':
                    break;
                case '\n':
                    if( esCR )
                        return( new String( buf,0,0,pos ) );
```

```
                    esCR = true;
                // Continúa, se ha puesto el primer \n en la cadena
                default:
                    if( c != '\n' )
                        esCR = false;
                    buf[pos++] = (byte)c;
                }
            }
        } catch( IOException e ) {
            HTTPlog.error( "Error de Recepcion" );
            }
        return( null );
        }

    private static int tipoPeticion( String peticion ) {
        return( peticion.regionMatches( true,0,"get ",0,4 ) ?
            RT_GET : RT_UNSUP );
        }

    // Función principal de nuestro servidor, que se conecta al socket
    // y se embucla indefinidamente
    public static void main( String args[] ) throws Exception {
        ServerSocket ss = new ServerSocket( puerto );
        while( true )
            {
            String peticion;
            Socket s = ss.accept();
            OutputStream sOut = s.getOutputStream();
            InputStream sIn = s.getInputStream();

            if( ( peticion = getPeticion( sIn ) ) != null )
                {
                switch( tipoPeticion( peticion ) ) {
                    case RT_GET:
                        ctrlGet( peticion,sOut );
                        break;
                    case RT_UNSUP:
                    default:
                        ctrlNoSop( peticion,sOut );
                        break;
                    }
                HTTPlog.peticion( peticion );
                }
            sIn.close();
            sOut.close();
            s.close();
            }
        }
    }
```

CLASES UTILES EN COMUNICACIONES

Vamos a exponer otras clases que resultan útiles cuando estamos desarrollando programas de comunicaciones, aparte de las que ya se han visto. El problema es que la mayoría de estas clases se prestan a discusión, porque se encuentran bajo el directorio `sun`. Esto quiere decir que son implementaciones Solaris y, por tanto, específicas del Unix Solaris. Además su API no está garantizada, pudiendo cambiar. Pero, a pesar de todo, resultan muy interesantes y vamos a comentar un grupo de ellas solamente que se encuentran en el paquete **sun.net**

Socket

Es el objeto básico en toda comunicación a través de Internet, bajo el protocolo TCP. Esta clase proporciona métodos para la entrada/salida a través de streams que hacen la lectura y escritura a través de sockets muy sencilla.

ServerSocket

Es un objeto utilizado en las aplicaciones servidor para escuchar las peticiones que realicen los clientes conectados a ese servidor. Este objeto no realiza el servicio, sino que crea un objeto Socket en función del cliente para realizar toda la comunicación a través de él.

DatagramSocket

La clase de sockets datagrama puede ser utilizada para implementar datagramas no fiables (sockets UDP), no ordenados. Aunque la comunicación por estos sockets es muy rápida porque no hay que perder tiempo estableciendo la conexión entre cliente y servidor.

DatagramPacket

Clase que representa un paquete datagrama conteniendo información de paquete, longitud de paquete, direcciones Internet y números de puerto.

MulticastSocket

Clase utilizada para crear una versión multicast de las clase socket datagrama. Múltiples clientes/servidores pueden transmitir a un grupo multicast (un grupo de direcciones IP compartiendo el mismo número de puerto).

NetworkServer

Una clase creada para implementar métodos y variables utilizadas en la creación de un servidor TCP/IP.

NetworkClient

Una clase creada para implementar métodos y variables utilizadas en la creación de un cliente TCP/IP.

SocketImpl

Es un Interface que nos permite crearnos nuestro propio modelo de comunicación. Tendremos que implementar sus métodos cuando la usemos. Si vamos a desarrollar una aplicación con requerimientos especiales de comunicaciones, como pueden se la implementación de un cortafuegos (TCP es un protocolo no seguro), o acceder a equipos especiales (como un lector de código de barras o un GPS diferencial), necesitaremos nuestra propia clase **Socket**.

Vamos a ver un ejemplo de utilización, presentando un sencillo ejemplo, servidorUDP.java, de implementación de sockets UDP utilizando la clase **DatagramSocket**.

```
import java.net.*;
import java.io.*;
import sun.net.*;

// Implementación del servidor de datagramas UDP. Envía una cadena
// tras petición
//
class servidorUDP {
    public static void main( String args[] ) {
        DatagramSocket s = (DatagramSocket)null;
        DatagramPacket enviap,recibep;
        byte ibuffer[] = new byte[100];
        String cadena = "Hola Tutorial de Java!\n";
        InetAddress IP = (InetAddress)null;
        int longitud = sendString.length();
        int puertoEnvio = 4321;
        int puertoRecep = 4322;
        int puertoRemoto;

        // Intentamos conseguir la dirección IP del host
        try {
            IP = InetAddress.getByName( "bregogan" );
        } catch( UnknownHostException e ) {
            System.out.println( "No encuentro al host breogan" );
            System.exit( -1 );
            }

        // Establecemos el servidor para escuchar en el socket 4322
        try {
            s = new DatagramSocket( puertoRecep );
        } catch( SocketException e ) {
            System.out.println( "Error - "+e.toString() );
            }

        // Creamos un paquete de solicitud en el cliente
        // y nos quedamos esperando a sus peticiones
        recibep = new DatagramPacket( ibuffer,longitud );
        try {
            s.receive( recibep );
        } catch( IOException e ) {
```

```
            System.out.println( "Error - "+e.toString() );
            }

        // Creamos un paquete para enviar al cliente y lo enviamos
        sendString.getBytes( 0,longitud,ibuffer,0 );
        enviap = new DatagramPacket( ibuffer,longitud,IP,puertoEnvio );
        try {
            s.send( enviap );
        } catch( IOException e ) {
            System.out.println( "Error - "+e.toString() );
            System.exit( -1 );
            }

        // Cerramos el socket
        s.close();
        }
    }
```

Y también vamos a implementar el cliente, clienteUDP.java, del socket UDP correspondiente al servidor que acabamos de presentar:

```
import java.net.*;
import java.io.*;
import sun.net.*;

// Implementación del cliente de datagramas UDP. Devuelve la salida
// de los servidores
//
class clienteUDP {
    public static void main( String args[] ) {
        int longitud = 100;
        DatagramSocket s = (DatagramSocket)null;
        DatagramPacket enviap,recibep;
        byte ibuffer[] = new byte[100];
        InetAddress IP = (InetAddress)null;
        int puertoEnvio = 4321;
        int puertoRecep = 4322;

        // Abre una conexión y establece el cliente para recibir
        // una petición en el socket 4321
        try {
            s = new DatagramSocket( puertoRecep );
        } catch( SocketException e ) {
            System.out.println( "Error - "+e.toString() );
            }

        // Crea una petición para enviar bytes. Intenta conseguir
        // la dirección IP del host
        try {
            IP = InetAddress.getByName( "depserver" );
        } catch( UnknownHostException e ) {
            System.out.println( "No encuentro el host depserver" );
            System.exit( -1 );
            }

        // Envía una petición para que responda el servidor
        try {
```

```
            enviap = new DatagramPacket( ibuffer,ibuffer.length,
                IP,4322 );
            s.send( enviap );
        } catch( IOException e ) {
            System.out.println( "Error - "+e.toString() );
            }

        // Consigue un controlador de archivo de entrada del socket y lee
        // dicha entrada. Creamos un paquete descriptor para recibir el
        // paquete UDP
        recibep = new DatagramPacket( ibuffer,longitud );

        // Espera a recibir un paquete
        try {
            s.receive( recibep );
        } catch( IOException e ) {
            System.out.println( "Error - "+e.toString() );
            System.exit( -1 );
            }

        // Imprimimos los resultados de lo que conseguimos
        System.out.println( "Recibido: "+recibep.getLength()+" bytes" );
        String datos = new String( recibep.getData(),0 );
        System.out.println( "Datos: "+datos );
        System.out.println( "Recibido por puerto: "+recibep.getPort() );

        // Cerramos la conexión y abandonamos
        s.close();
        }
    }
```

La salida que se producirá cuando ejecutemos primero el servidor y luego el cliente será la misma que reproducimos a continuación:

```
%java clienteUDP
Recibido: 17 bytes
Datos: Hola Tutorial de Java!

Recibido por puerto: 4322
```