IES SERRA PERENXISA

Unidad didáctica 3:
Programación de comunicaciones en red

Curso 2022/2023
“Programación de servicios y procesos”
CFGS Desarrollo de Aplicaciones Multiplataforma

Basado en los materiales formativos de FP propiedad del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
Adaptado por: José Miguel Blázquez – Versión: 1.1

Índice

1. Conceptos básicos en redes de computadores

Con la fuerte expansión que ha tenido Internet se ha generalizado la utilización de redes en las empresas y en nuestros hogares. Hoy en día, para un empresa es totalmente necesario disponer de una red interna que le permita compartir información, conectarse a Internet o incluso ofrecer sus servicios en Internet.

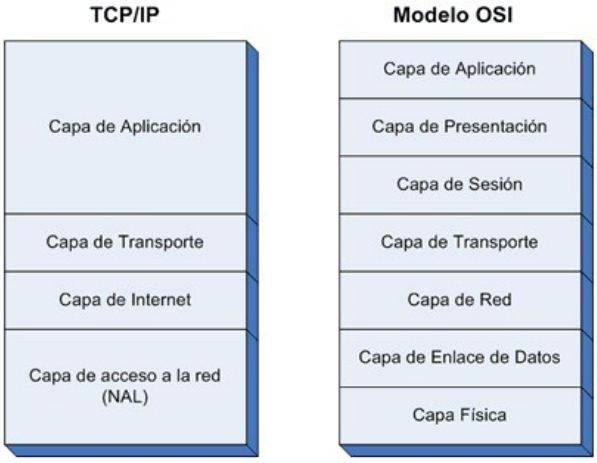
Cada día es más frecuente que las empresas utilicen aplicaciones que se comunican por Internet para poder compartir información entre sus empleados. Por ejemplo, aplicaciones de gestión y facturación que permiten que varias tiendas puedan realizar de forma centralizada la facturación de toda la empresa, gestionar el stock, etc.

A continuación vamos a ver los conceptos más importantes sobre redes, necesarios para más adelante poder programar nuestras aplicaciones. Para ello, primero veremos una pequeña introducción sobre el modelo TCP/IP, los tipos de conexiones que se pueden realizar, así como los modelos más importantes de comunicaciones.

1.1. Arquitectura TCP/IP

En 1969 la agencia ARPA (Advanced Research Projects Agency) del Departamento de Defensa de los Estados Unidos inició un proyecto de interconexión de ordenadores mediante redes telefónicas. Al ser un proyecto desarrollado por militares en plena guerra fría un principio básico de diseño era que la red debía poder resistir la destrucción de parte de su infraestructura (por ejemplo a causa de un ataque nuclear), de forma que dos nodos cualesquiera pudieran seguir comunicados siempre que hubiera alguna ruta que los uniera. Esto se consiguió en 1972 creando una red de conmutación de paquetes denominada ARPAnet, la primera de este tipo que operó en el mundo. La conmutación de paquetes unida al uso de topologías malladas mediante múltiples líneas punto a punto dió como resultado una red altamente fiable y robusta.

ARPAnet fue creciendo paulatinamente, y pronto se hicieron experimentos utilizando otros medios de transmisión de datos, en particular enlaces por radio y vía satélite; los protocolos existentes tuvieron problemas para interoperar con estas redes, por lo que se diseñó un nuevo conjunto o pila de protocolos, y con ellos una arquitectura. Este nuevo conjunto se denominó pila TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), nombre que provenía de los dos protocolos más importantes que componían la pila; la nueva arquitectura se llamó sencillamente modelo TCP/IP.



Comparativa de ambos modelos

A la nueva red global, que se creó como consecuencia de la fusión de ARPAnet con las redes basadas en otras tecnologías de transmisión, se la denominó **Internet**.

La aproximación adoptada por los diseñadores del TCP/IP fue mucho más pragmática que la de los autores del modelo OSI. Mientras que en el caso de OSI se emplearon varios años en definir con sumo cuidado una arquitectura de capas donde la función y servicios de cada una estaban perfectamente definidas, y sólo después se planteó desarrollar los protocolos para cada una de ellas, en el caso de TCP/IP la operación fue a la inversa; primero se especificaron los protocolos, y luego se definió el modelo como una simple descripción de los protocolos ya existentes.

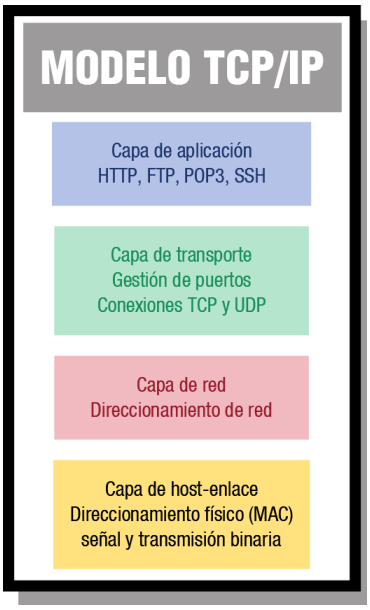
Por este motivo el modelo TCP/IP es mucho más simple que el OSI. También por este motivo el modelo OSI se utiliza a menudo para describir otras arquitecturas, como por ejemplo TCP/IP, mientras que el modelo TCP/IP nunca suele emplearse para describir otras arquitecturas que no sean la suya propia.

El modelo **TCP/IP** tiene **cuatro capas**:

- La capa **host-enlace** (**acceso a la red o acceso al medio**). Esta capa permite comunicar el ordenador con el medio que conecta el equipo a la red. Para ello primero debe permitir convertir la información en impulsos físicos (p.ej. eléctricos, magnéticos, luminosos) y además, debe permitir las conexiones entre los ordenadores de la red. En esta capa se realiza un direccionamiento físico utilizando las direcciones MAC.

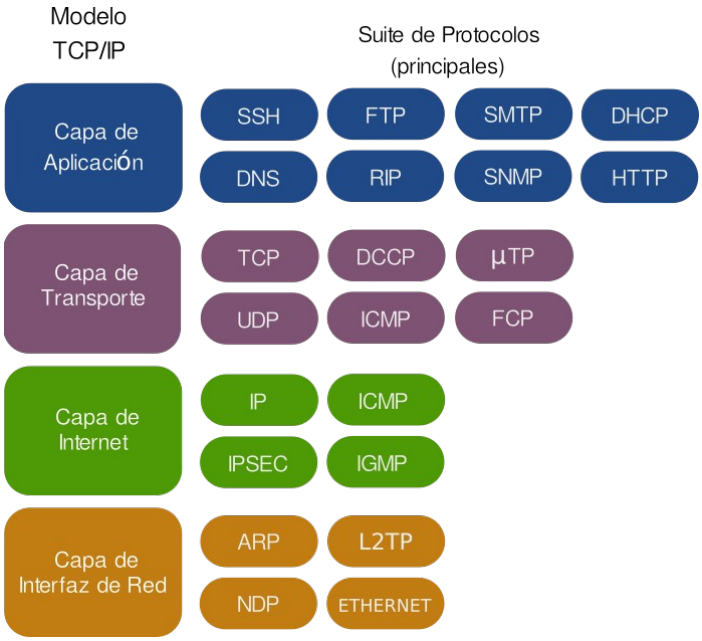
- La capa de **red** (**Internet**). Esta capa es el eje de la arquitectura TCP/IP ya que permite que los equipos envíen paquetes en cualquier red y viajen de forma independiente a su destino (que podría estar en una red diferente). Los paquetes pueden llegar incluso en un orden diferente a aquel en que se enviaron, en cuyo caso corresponde a las capas superiores reordenándolos, si se desea la entrega ordenada.

  La capa de red define un formato de paquete y protocolo oficial llamado IP (Internet Protocol). El trabajo de la capa de red es entregar paquetes IP a su destino. Aquí la consideración más importante es decidir el camino que tienen que seguir los paquetes (encaminamiento), y también evitar la congestión. En esta capa se realiza el direccionamiento lógico o direccionamiento por IP, ya que ésta es la capa encargada de enviar un determinado mensaje a su dirección IP de destino.



- La capa de **transporte**. La capa de transporte permite que los equipos lleven a cabo una conversación. Aquí se definieron dos protocolos de transporte: TCP (Transmission Control Protocol) y UDP (User Datagram Protocol). El protocolo TCP es un protocolo orientado a conexión y fiable, y el protocolo UDP es un protocolo no orientado a conexión y no fiable En esta capa además se realiza el direccionamiento por puertos. Gracias a la capa anterior, los paquetes viajan de un equipo origen a un equipo destino.

  La capa de transporte se encarga de que la información se envíe a la aplicación adecuada (mediante un determinado puerto).



- La capa de **aplicación**. Esta capa engloba las funcionalidades de las capas de sesión, presentación y aplicación del modelo OSI. Incluye todos los protocolos de alto nivel relacionados con las aplicaciones que se utilizan en Internet (por ejemplo HTTP, FTP, TELNET).

1.2. Conexiones TCP/UDP

Como se ha visto anteriormente, la capa de transporte cumple la función de establecer las reglas necesarias para conseguir una conexión entre dos dispositivos.

Desde la capa inferior, la capa de red, la información se recibe en forma de paquetes desordenados y la capa de transporte debe ser capaz de manejar dichos paquetes y obtener un único flujo de datos. Recuerde que la capa de red en la arquitectura TCP/IP no se preocupa del orden de los paquetes ni de los errores, es en la capa de transporte donde se deben cuidar estos detalles.

La capa de transporte del modelo TCP/IP es equivalente a la capa de transporte del modelo OSI, por lo que es el encargado de la transferencia libre de errores de los datos entre el emisor y el receptor, aunque no estén directamente conectados, así como de mantener el flujo de la red. La tarea de este nivel es proporcionar un transporte de datos confiable de la máquina de origen a la máquina destino, independientemente de la red física.

Existen dos tipos de conexiones:

- **TCP** (Transmission Control Protocol). Es un protocolo orientado a la conexión que permite que un flujo de bytes originado en una máquina se entregue sin errores en cualquier máquina destino. Este protocolo fragmenta el flujo entrante de bytes en mensajes y pasa cada uno a la capa de red. En el diseño, el proceso TCP receptor reensambla los mensajes recibidos para formar el flujo de salida. TCP también se encarga del control de flujo para asegurar que un emisor rápido no pueda saturar a un receptor lento con más mensajes de los que pueda gestionar.

- **UDP** (User Datagram Protocol). Es un protocolo sin conexión para aplicaciones que no necesitan la asignación de secuencia ni el control de flujo TCP y que desean utilizar los suyos propios. Este protocolo también se utilizan para las consultas de petición y respuesta del tipo cliente-servidor, y en aplicaciones en las que la velocidad es más importante que la entrega precisa, como las transmisiones de voz o de vídeo. Uno de sus usos es en la transmisión de audio y vídeo en tiempo real (*streaming*), donde no es posible realizar retransmisiones por los estrictos requisitos de retardo que se tiene en estos casos.

De esta forma, a la hora de programar nuestra aplicación tendremos que elegir el protocolo que queramos utilizar según nuestras necesidades: TCP o UDP.

1.3. Puertos de comunicación

Con la capa de red se consigue que la información vaya de un equipo origen a un equipo destino a través de su dirección IP. Pero para que una aplicación pueda comunicarse con otra aplicación es necesario establecer a qué aplicación se conectará. El método que se emplea es el de definir direcciones de transporte en las que los procesos pueden estar a la escucha de solicitudes de conexión. Estos puntos terminales se llaman puertos.

Aunque muchos de los puertos se asignan de manera arbitraria, ciertos puertos se asignan, por convenio, a ciertas aplicaciones particulares o servicios de carácter universal. De hecho, la IANA (Internet Assigned Numbers Authority) determina, las asignaciones de todos los puertos. Existen tres rangos de puertos establecidos:

- ✔ **Puertos conocidos** [0, 1023]. Son puertos reservados a aplicaciones de uso estándar como: 21 – FTP (File Transfer Protocol), 22 – SSH (Secure SHell), 53 – DNS (Servicio de nombres de dominio), 80 – HTTP (Hypertext Transfer Protocol), etc.
- ✔ **Puertos registrados** [1024, 49151]. Estos puertos son asignados por IANA para un servicio específico o aplicaciones. Estos puertos pueden ser utilizados por los usuarios libremente.

- ✔ **Puertos dinámicos** [49152, 65535]. Este rango de puertos no puede ser registrado y su uso se establece para conexiones temporales entre aplicaciones.

Cuando se desarrolla una aplicación que utilice un puerto de comunicación, optaremos por utilizar puertos comprendidos entre el rango 1024-49151.

1.4. Nombres en Internet

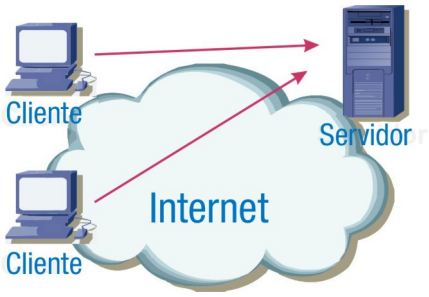
Los equipos informáticos se comunican entre sí mediante una dirección IP como 193.147.0.29. Sin embargo nosotros preferimos utilizar nombres como *www.mec.es* porque son más fáciles de recordar y porque ofrecen la flexibilidad de poder cambiar la máquina en la que están alojados (cambiaría entonces la dirección IP) sin necesidad de cambiar las referencias a él.

El sistema de resolución de nombres (**DNS**) basado en dominios, en el que se dispone de uno o más servidores encargados de resolver los nombres de los equipos pertenecientes a su ámbito, consiguiendo, por un lado, la centralización necesaria para la correcta sincronización de los equipos, un sistema jerárquico que permite una administración focalizada y, también, descentralizada y un mecanismo de resolución eficiente.

A la hora de comunicarse con un equipo, puedes hacerlo directamente a través de su dirección IP o puedes poner su entrada DNS (p.ej. servidor.miempresa.com). En el caso de utilizar la entrada DNS el equipo resuelve automáticamente su dirección IP a través del servidor de nombres que utilice en su conexión a Internet.

1.5. Modelos de comunicaciones

Sin duda alguna, el modelo de comunicación que ha revolucionado los sistemas informáticos es el modelo cliente/servidor. El modelo cliente/servidor esta compuesto por un servidor que ofrece una serie de servicios y unos clientes que acceden a dichos servicios a través de la red.



Por ejemplo, el servicio más importante de Internet, el WWW , utiliza el modelo cliente/servidor. Por un lado tenemos el servidor que alojan las páginas web y por otro lado los clientes que solicitan al servidor una determinada página web.

Otro modelo ampliamente utilizado son los Sistemas de Información Distribuidos. Un Sistema de Información Distribuido esta compuesto por un conjunto de equipos que interactúan entre sí y pueden trabajar a la vez como cliente y servidor. Desde el punto de vista externo es igual que un sistema cliente/servidor ya que el cliente ve al Sistema de Información Distribuido como una entidad. Internamente, los equipos del Sistema de Información Distribuido interactúan entre sí (actuando como servidores y clientes de forma simultánea) para compartir información, recursos, realizar tareas, etc.

2. Sockets TCP

Los sockets son elementos que operan en la capa de transporte y permiten la comunicación entre procesos de diferentes equipos de una red. Un socket es un punto de intercambio por el cual un proceso puede recibir o enviar información.

Tal y como hemos visto anteriormente, existen dos tipos de protocolos de comunicación en la capa de transporte: TCP o UDP. En el protocolo TCP es un protocolo orientado a la conexión que permite que un flujo de bytes originado en una máquina se entregue sin errores en cualquier máquina destino Por otro lado, el protocolo UDP, no orientado a conexión, se utiliza para comunicaciones donde se prioriza la velocidad sobre la pérdida de paquetes.

A la hora de crear un socket hay que tener claro el tipo de socket que se quiere crear (TCP o UDP). En esta sección vamos a aprender a utilizar los sockets TCP y en el siguiente punto veremos los sockets UDP.

Al utilizar sockets TCP, el servidor utiliza un puerto por el que recibe las diferentes peticiones de los clientes. Normalmente, el puerto que usa una aplicación en el servidor es un puerto bajo [1-1023].

Cuando el cliente realiza la conexión con el servidor, a partir de ese momento se crea un nuevo socket que será en el encargado de permitir el envío y recepción de datos entre el cliente/servidor. El puerto se crea de forma dinámica y se encuentra en el rango 49152 y 655335. De ésta forma, el puerto por donde se reciben las conexiones de los clientes queda libre y cada comunicación tiene su propio socket. Recuerda que un socket viene definido por la unión de IP:puerto, por ejemplo: 80.37.52.10:80.

El paquete **java.net** de Java proporciona la clase **`Socket`** que permite la comunicación por red. De forma adicional, **java.net** incluye la clase **`ServerSocket`**, que permite a un **servidor** escuchar y recibir las peticiones de los clientes por la red. La clase **`Socket`** permite a un **cliente** conectarse a un servidor para enviar y recibir información.

2.1. Servidor

Los pasos que realiza el servidor para realizar una comunicación son:

- ✔ **Publicar puerto**. Se utiliza el comando ServerSocket indicando el puerto por donde se van a recibir las conexiones.

- ✔ **Esperar peticiones**. En este momento el servidor queda a la espera a que se conecte un cliente. Una vez que se conecte un cliente se crea el socket del cliente por donde se envían y reciben los datos.

- ✔ **Envío** y **recepción** de **datos**. Para poder recibir/enviar datos es necesario crear un flujo (stream) de entrada y otro de salida. Cuando el servidor recibe una petición, éste la procesa y le envía el resultado al cliente.

- ✔ Una vez **finalizada** la comunicación se **cierra** el socket del cliente.

Para publicar el puerto del servidor se utiliza la función `ServerSocket` a la que hay que indicarle el puerto a utilizar. Su estructura es:

```
ServerSocket skServidor = new ServerSocket(Puerto);
```

Una vez publicado el puerto, el servidor utiliza la función `accept()` para esperar la conexión de un cliente. Una vez que el cliente se conecta, entonces se crea un nuevo socket por donde se van a realizar todas las comunicaciones con el cliente y servidor.

```
Socket sCliente = skServidor.accept();
```

Una vez recibida la petición del cliente el servidor se comunica con el cliente a través de streams de datos que veremos en el siguiente punto.

Finalmente, una vez terminada la comunicación se cierra el socket de la siguiente forma:

```
sCliente.close();
```

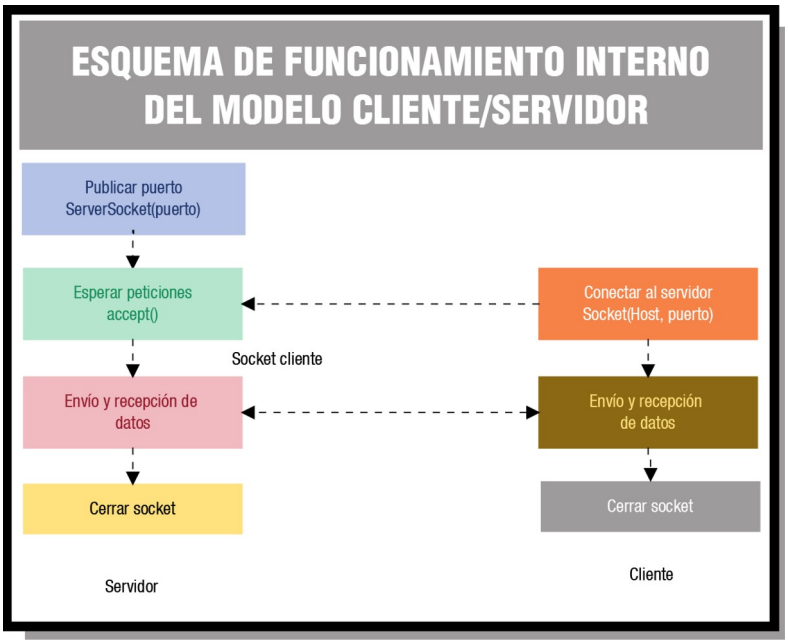
A continuación se muestra el código comentado de un servidor:

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

class Servidor {
    static final int Puerto = 2000;
    public Servidor( ) {
    try {
          // Inicio la escucha del servidor en un determinado puerto
          ServerSocket skServidor = new ServerSocket(Puerto);
          System.out.println("Escuchando el puerto " + Puerto );
          // Espero a que se conecte un cliente y creo un nuevo socket para el cliente
          Socket sCliente = skServidor.accept();
          // Aquí atiendo la petición del cliente ...
          // Cierro el socket
          sCliente.close();
        } catch( Exception e ) {
          System.out.println( e.getMessage() );
        }
    }
    public static void main( String[] arg ) {
          new Servidor();
    }
}
```

2.2. Cliente

Los pasos que realiza el cliente para realizar una comunicación son:

- ✔ Conectarse con el servidor. El cliente utiliza la función Socket para indicarse con un determinado servidor a un puerto específico. Una vez realizada la conexión se crea el socket por donde se realizará la comunicación.
- ✔ Envío y recepción de datos. Para poder recibir/enviar datos es necesario crear un flujo (stream) de entrada y otro de salida.
- ✔ Una vez finalizada la comunicación se cierra el socket.



Para conectarse a un servidor se utiliza la función `Socket` indicando el equipo y el puerto al que desea conectarse. Su sintaxis es:

```
Socket sCliente = new Socket( Host , Puerto );
```

donde Host es un string que guarda el nombre o dirección IP del servidor y Puerto es una variable del tipo int que guarda el puerto. "

Si lo prefiere también puede realizar la conexión directamente:

```
Socket sCliente = new Socket("192.168.1.200", 1500);
```

Una vez establecida la comunicación, se crean los streams de entrada y salida para realizar las diferentes comunicaciones entre el cliente y el servidor. En el siguiente apartado veremos la creación de streams.

Finalmente, una vez terminada la comunicación se cierra el socket de la siguiente forma:

```
sCliente.close();
```

A continuación se muestra el código comentado de un cliente:

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

class Cliente {
    static final String Host = "localhost";
    static final int Puerto=2000;

    public Cliente( ) {
        try{
            // Me conecto al servidor en un detrminado puerto
            Socket sCliente = new Socket( Host, Puerto );

            // TAREAS QUE REALIZA EL  CLIENTE
```

```
            // Cierro el socket
            sCliente.close();

        } catch( Exception e ) {
            System.out.println( e.getMessage() );
        }
    }

    public static void main( String[] arg ) {
        new Cliente();
    }
}
```

2.3. Flujo de entrada y salida

Una vez establecida la conexión entre el cliente y el servidor se inicializa la variable del tipo Socket que en el ejemplo se llama sCliente. Para poder enviar o recibir datos a través del socket es necesario establecer un stream (flujo) de entrada o de salida según corresponda.

Continuando con el ejemplo anterior, a continuación se va a establecer un stream (flujo) de salida llamado fsalida:

```
OutputStream aux = sCliente.getOutputStream();
DataOutputStream fsalida = new DataOutputStream( aux );
```

o lo que es lo mismo,

```
DataOutputStream fsalida = new DataOutputStream(sCliente.getOutputStream());
```

A partir de éste momento puede enviar información de la siguiente forma:

```
fsalida.writeUTF( "Enviar datos");
```

De forma análoga, puede establecer el stream de entrada de la siguiente forma:

```
InputStream aux = sCliente.getInputStream();
DataInputStream fentrada = new DataInputStream( aux );
```

o lo que es lo mismo,

```
DataInputStream fentrada = new DataInputStream(sCliente.getInputStream());
```

A continuación se muestra una forma cómoda de recibir información:

```
String datos = new String();
datos = fentrada.readUTF();
```

2.4. Ejemplos TCP

Para continuar con el ejemplo anterior y poder utilizar los sockets para enviar información vamos a realizar un ejemplo muy sencillo en el que el servidor va a aceptar 3 clientes (de forma secuencial, no concurrente) y le va a indicar el número de cliente que es.

Servidor.java

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

class Servidor {
    static final int Puerto = 2000;

    public Servidor( ) {
    try {
        ServerSocket skServidor = new ServerSocket(Puerto);
        System.out.println("Escucho el puerto " + Puerto );

          for ( int nCli = 0; nCli < 3; nCli++) {
             Socket sCliente = skServidor.accept();
             System.out.println("Sirvo al cliente " + nCli);
             OutputStream aux = sCliente.getOutputStream();
             DataOutputStream flujo_salida= new DataOutputStream( aux );
             flujo_salida.writeUTF( "Hola cliente " + nCli );
             sCliente.close();
        }

        System.out.println("Ya se han atendido los 3 clientes");

          } catch( Exception e ) {
                    System.out.println( e.getMessage() );
          }
     }

     public static void main( String[] arg ) {
          new Servidor();
     }
}
```

De la misma forma, creamos el cliente con el siguiente código:

Cliente.java

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

class Cliente {
    static final String HOST = "localhost";
    static final int Puerto = 2000;

    public Cliente( ) {
        try{
            Socket sCliente = new Socket( HOST , Puerto );
            InputStream aux = sCliente.getInputStream();
            DataInputStream flujo_entrada = new DataInputStream( aux );
            System.out.println( flujo_entrada.readUTF() );
            sCliente.close();
        } catch( Exception e ) {
            System.out.println( e.getMessage() );
        }
    }

    public static void main( String[] arg ) {
          new Cliente();
    }
}
```

3. Sockets UDP

En el caso de utilizar sockets UDP no se crea una conexión (como es el caso de socket TCP) y básicamente permite enviar y recibir mensajes a través de una dirección IP y un puerto. Estos mensajes se gestionan de forma individual y no se garantiza la recepción o envío del mensaje como si ocurre en TCP.

Para utilizar sockets UDP en java tenemos la clase **`DatagramSocket`** y para recibir o enviar los mensajes se utiliza clase **`DatagramPacket`**. Cuando se recibe o envía un paquete se hace con la siguiente información: mensaje, longitud del mensaje, equipo y puerto.

3.1. Receptor

En el caso de querer iniciar el socket en un determinado puerto se realiza de la siguiente forma:

```
DatagramSocket sSocket = new DatagramSocket(puerto);
```

Una vez iniciado el socket ya estamos en disposición de recibir mensajes utilizando la clase **DatagramPacket**. Cuando se recibe o envía un paquete se hace con la siguiente información: mensaje, longitud del mensaje, equipo y puerto.

A continuación se muestra un código de ejemplo para recibir un mensaje:

```
byte [] cadena = new byte[1000] ;
DatagramPacket mensaje = new DatagramPacket(cadena, cadena.length);
sSocket.receive(mensaje);
```

Una vez recibido el mensaje puede mostrar su contenido de la siguiente forma:

```
String datos = new String(mensaje.getData(),0,mensaje.getLength());
System.out.println("\tMensaje Recibido: " + datos);
```

Finalmente, una vez terminado el programa cerramos el socket:

```
sSocket.close();
```

3.2. Emisor

Por otro lado, para realizar una aplicación emisora de mensajes UDP debe inicializar primero la estructura **DatagramSocket**.

```
DatagramSocket sSocket = new DatagramSocket();
```

Ahora debe crear el mensaje del tipo **DatagramPacket** al que debe indicar:

- ✔ Mensaje a enviar.
- ✔ Longitud del mensaje.
- ✔ Equipo al que se le envía el mensaje.
- ✔ Puerto destino.

A continuación se muestra un ejemplo para crear un mensaje:

```
DatagramPacket mensaje = new DatagramPacket(mensaje, msg_length, host, port);
```

Para obtener la dirección del equipo al que se le envía el mensaje a través de su nombre se utiliza la función getByName de la clase **InetAddress** de la siguiente forma

```
InetAddress Equipo = InetAddress.getByName("localhost");
```

Una vez creado el mensaje lo enviamos con la función **send**():

```
sSocket.send(mensaje);
```

Finalmente, una vez terminado el programa cerramos el socket:

```
sSocket.close();
```

3.3. Ejemplo UDP

A continuación, para aprender a programar con Sockets UDP se va a realizar un ejemplo sencillo donde intervienen dos procesos:

A) **ReceptorUDP**. Inicia el puerto 1500 y muestra en pantalla todos los mensajes que llegan a él.
B) **EmisorUDP**. Permite enviar por líneas de comandos mensajes al receptor por el puerto 1500.

ReceptorUDP.java

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

public class ReceptorUDP {
  public static void main(String args [] ) {
    // Sin argumentos
    if (args.length != 0) {
      System.err.println("Uso: java ReceptorUDP");
    }
    else try{
      // Crea el  socket
      DatagramSocket sSocket = new DatagramSocket(1500);

      // Crea el espacio para los mensajes
      byte [] cadena = new byte[1000] ;
      DatagramPacket mensaje = new DatagramPacket(cadena, cadena.length);

      System.out.println("Esperando mensajes..");
      while(true){
           // Recibe y muestra el mensaje
           sSocket.receive(mensaje);
           String datos=new String(mensaje.getData(),0,mensaje.getLength());
           System.out.println("\tMensaje Recibido: " +datos);
      }
    } catch(SocketException e) {
      System.err.println("Socket: " + e.getMessage());
    } catch(IOException e) {
      System.err.println("E/S: " + e.getMessage()); }
  }
}
```

EmisorUDP.java

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

public class EmisorUDP {
  public static void main(String args [] ) {
    // Comprueba los argumentos
    if (args.length != 2) {
      System.err.println("Uso: java EmisorUDP maquina mensaje");
    }
    else try{
      // Crea el socket
      DatagramSocket sSocket = new DatagramSocket();
```

```
      // Construye la dirección del socket del receptor
      InetAddress maquina = InetAddress.getByName(args[0]);
      int puerto = 1500;

      // Crea el mensaje
      byte[] cadena = args[1].getBytes();
      DatagramPacket mensaje = new DatagramPacket(cadena,args[1].length(), maquina,
puerto);

      // Envía el mensaje
      sSocket.send(mensaje);

      sSocket.close();
    } catch(UnknownHostException e) {
      System.err.println("Desconocido: " + e.getMessage());
    } catch(SocketException e) {
      System.err.println("Socket: " + e.getMessage());
    } catch(IOException e) {
      System.err.println("E/S: " + e.getMessage());
    }
  }
}
```

Para realizar la prueba compilamos el código ejecutando:

```
javac ReceptorUDP.java

javac EmisorUDP.java
```

En un terminal lanzamos el **ReceptorUDP** ejecutando:

```
java ReceptorUDP
```

Y en el otro terminal del sistema lanzamos el **EmisorUDP** varias veces de la siguiente forma

```
java EmisorUDP <equipo> <mensaje>
```

donde equipo es el nombre del equipo o dirección IP del equipo al que se le van a enviar los mensajes. Por ejemplo, a continuación vamos a mandar un mensaje de prueba:

```
java EmisorUDP localhost hola
```

4. Paradigma cliente/servidor

En el mundo de las comunicaciones entre equipos, el modelo de comunicación más utilizado es el modelo cliente/servidor ya que ofrece una gran flexibilidad, interoperabilidad y estabilidad para acceder a recursos de forma centralizada.

El término modelo cliente/servidor se acuñó por primera vez en los años 80 para explicar un sencillo paradigma: un equipo cliente requiere un servicio de un equipo servidor que se lo ofrece.

Desde el punto de vista funcional se puede definir el modelo Cliente/Servidor como una arquitectura distribuida que permite a los usuarios finales obtener acceso a recursos de forma transparente en entornos multiplataforma. Normalmente, los recursos que suele ofrecer el servidor son datos, pero también puede permitir acceso a dispositivos hardware, tiempo de procesamiento, etc.

Los **elementos** que componen el **modelo** son:

- **Cliente**. Es el proceso que permite interactuar con el usuario, realizar las peticiones, enviarlas al servidor y mostrar los datos al cliente. En definitiva, se comporta como la interfaz (front-end) que utiliza el usuario para interactuar con el servidor. Las funciones que lleva a cabo el proceso cliente se resumen en los siguientes puntos:

  - ✔ Interactuar con el usuario.
  - ✔ Procesar las peticiones para ver si son válidas y evitar peticiones maliciosas al servidor.
  - ✔ Recibir los resultados del servidor.
  - ✔ Formatear y mostrar los resultados.

- **Servidor**. Es el proceso encargado de recibir y procesar las peticiones de los clientes para permitir el acceso a algún recurso (back-end). Las funciones del servidor son:

  - ✔ Aceptar las peticiones de los clientes.
  - ✔ Procesar las peticiones.
  - ✔ Formatear y enviar el resultado a los clientes.
  - ✔ Procesar la lógica de la aplicación y realizar validaciones de datos.
  - ✔ Asegurar la consistencia de la información.
  - ✔ Evitar que las peticiones de los clientes interfieran entre sí.
  - ✔ Mantener la seguridad del sistema.

La idea es tratar el servidor como una entidad que realiza un determinado conjunto de tareas y que las ofrece como servicio a los clientes.

La forma más habitual de utilizar el modelo cliente/servidor es mediante la utilización de equipos a través de interfaces gráficas; mientras que la administración de datos y su seguridad e integridad se deja a cargo del servidor.

Normalmente, el trabajo pesado lo realiza el servidor y los procesos clientes sólo se encargan de interactuar con el usuario. En otras palabras, el modelo Cliente/Servidor es una extensión de programación modular en la que se divide la funcionalidad del software en dos módulos con el fin de hacer más fácil el desarrollo y mejorar su mantenimiento.

4.1. Características y modelos

Las **características básicas** de una **arquitectura Cliente/Servidor** son:

- ✔ Combinación de un cliente que interactúa con el usuario, y un servidor que interactúa con los recursos compartidos. El proceso del cliente proporciona la interfaz de usuario y el proceso del servidor permite el acceso al recurso compartido.
- ✔ Las tareas del cliente y del servidor tienen diferentes requerimientos en cuanto al procesamiento; todo el trabajo de procesamiento lo realiza el servidor y mientras que el cliente interactúa con el usuario.
- ✔ Se establece una relación entre distintos procesos, las cuales se pueden ejecutar en uno o varios equipos distribuidos a lo largo de la red.
- ✔ Existe una clara distinción de funciones basada en el concepto de "servicio", que se establece entre clientes y servidores.
- ✔ La relación establecida puede ser de muchos a uno, en la que un servidor puede dar servicio a muchos clientes, regulando el acceso a los recursos compartidos.
- ✔ Los clientes corresponden a procesos activos ya que realizan las peticiones de servicios a los servidores. Estos últimos tienen un carácter pasivo ya que esperan las peticiones de los clientes.
- ✔ Las comunicaciones se realizan estrictamente a través del intercambio de mensajes.

- ✔ Los clientes pueden utilizar sistemas heterogéneos ya que permite conectar clientes y servidores independientemente de sus plataformas.

Entre las principales **ventajas** del esquema Cliente/Servidor destacan:

- ✔ Utilización de clientes ligeros (con pocos requisitos hardware) ya que el servidor es quien realmente realiza todo el procesamiento de la información.
- ✔ Facilita la integración entre sistemas diferentes y comparte información permitiendo interfaces amigables al usuario.
- ✔ Se favorece la utilización de interfaces gráficas interactivas para los clientes para interactuar con el servidor. El uso de interfaces gráficas en el modelo Cliente/Servidor presenta la ventaja, con respecto a un sistema centralizado, de que normalmente sólo transmite los datos por lo que se aprovecha mejor el ancho de banda de la red.
- ✔ El mantenimiento y desarrollo de aplicaciones resulta rápido utilizando las herramientas existentes.
- ✔ La estructura inherentemente modular facilita además la integración de nuevas tecnologías y el crecimiento de la infraestructura computacional, favoreciendo así la escalabilidad de las soluciones.
- ✔ Contribuye a proporcionar a los diferentes departamentos de una organización, soluciones locales, pero permitiendo la integración de la información relevante a nivel global.
- ✔ El acceso a los recursos se encuentra centralizado.
- ✔ Los clientes acceden de forma simultánea a los datos compartiendo información entre sí.

Entre las principales **desventajas** del esquema Cliente/Servidor destacan:

- ✗ El mantenimiento de los sistemas es más difícil pues implica la interacción de diferentes partes de hardware y de software lo cual dificulta el diagnóstico de errores.
- ✗ Hay que tener estrategias para el manejo de errores del sistema.
- ✗ Es importante mantener la seguridad del sistema.
- ✗ Hay que garantizar la consistencia de la información. Como es posible que varios clientes operen con los mismos datos de forma simultánea, es necesario utilizar mecanismos de sincronización para evitar que un cliente modifique datos sin que lo sepan los demás clientes.

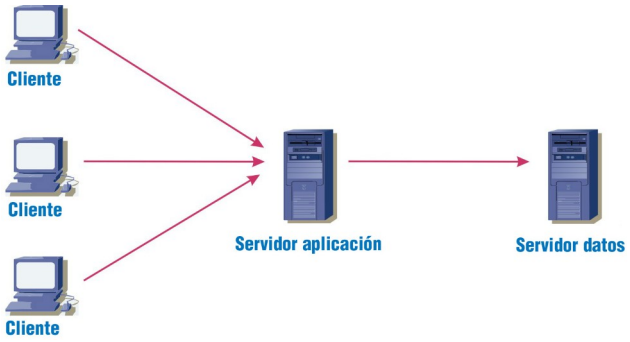
La principal forma de **clasificar** los **modelos Cliente/Servidor** es a partir del **número** de **capas** (tiers) que tiene la **infraestructura** del sistema. De ésta forma podemos tener los siguientes modelos:

- ➢ **1 capa (1-tier)**. El proceso cliente/servidor se encuentra en el mismo equipo y realmente no se considera un modelo cliente/servidor ya que no se realizan comunicaciones por la red.

- ➢ **2 capas (2-tiers)**. Es el modelo tradicional en el que existe un servidor y unos clientes bien diferenciados. El principal problema de éste modelo es que no permite escalabilidad del sistema y puede sobrecargarse con un número alto de peticiones por parte de los clientes.

- ➢ **3 capas (3-tiers).** Para mejorar el rendimiento del sistema en el modelo de dos capas se añade una nueva capa de servidores. En este caso se dispone de:

- **Servidor** de **aplicación**. Es el encargado de interactuar con los diferentes clientes y enviar las peticiones de procesamiento al servidor de datos.
- **Servidor** de **datos**. Recibe las peticiones del servidor de aplicación, las procesa y le devuelve su resultado al servidor de aplicación para que éste los envíe al cliente. Para mejorar el rendimiento del sistema, es posible añadir los servidores de datos que sean necesarios.



➢ **n capas (n-tiers)**. A partir del modelo anterior, se pueden añadir capas adiciones de servidores con el objetivo de separar la funcionalidad de cada servidor y de mejorar el rendimiento del sistema.

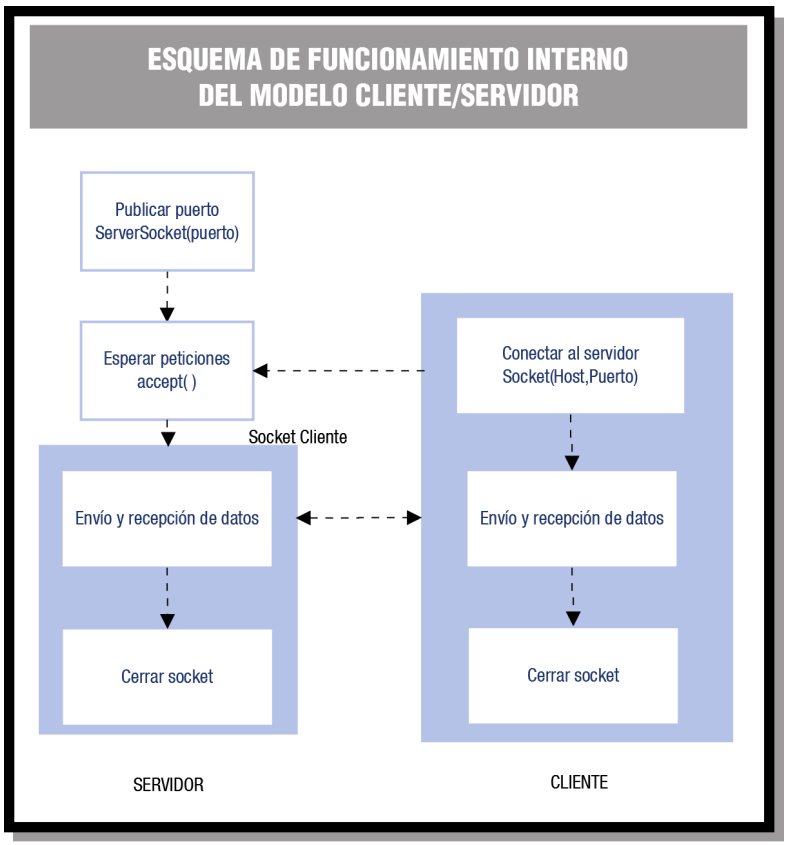
4.2. Programación y ejemplos

De forma interna, los pasos que realiza el **servidor** para realizar una **comunicación** son:

a) **Publicar puerto**. Publica el puerto por donde se van a recibir las conexiones.
b) **Esperar peticiones**. En este momento el servidor queda a la espera a que se conecte un cliente. Una vez que se conecte un cliente se crea el socket del cliente por donde se envían y reciben los datos.
c) **Envío** y **recepción** de **datos**. Para poder recibir/enviar datos es necesario crear un flujo (stream) de entrada y otro de salida. Cuando el servidor recibe una petición, éste la procesa y le envía el resultado al cliente.
d) Una vez **finalizada** la comunicación se **cierra** el socket del cliente.

Los pasos que realiza el **cliente** para realizar una **comunicación** son:

a) **Conectarse** con el **servidor**. El cliente se conecta con un determinado servidor a un puerto específico. Una vez realizada la conexión se crea el socket por donde se realizará la comunicación.
b) **Envío** y **recepción** de **datos**. Para poder recibir/enviar datos es necesario crear un flujo (stream) de entrada y otro de salida.
c) Una vez **finalizada** la comunicación se **cierra** el socket.



Vamos a ver un ejemplo sencillo en el que el servidor va a aceptar 3 clientes (de forma secuencial, no concurrente) y le va a indicar el número de cliente que es:

servidor.java

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

class Servidor {
    static final int Puerto=2000;

    public Servidor( ) {
    try {
        ServerSocket sServidor = new ServerSocket(Puerto);
        System.out.println("Escucho el puerto " + Puerto );

        for ( int nCli = 0; nCli < 3; nCli++) {
             Socket sCliente = sServidor.accept();
             System.out.println("Sirvo al cliente " + nCli);
             DataOutputStream flujo_salida = new DataOutputStream(sCliente.getOutputStream());

             flujo_salida.writeUTF( "Hola cliente " + nCli );
             sCliente.close();
        }
            System.out.println("Se han atendido los clientes");
        } catch( Exception e ) {
            System.out.println( e.getMessage() );
        }
    }

    public static void main( String[] arg ) {
        new Servidor();
    }
}
```

5. Optimización de sockets

A la hora de utilizar **sockets** es muy importante **optimizar** su funcionamiento y garantizar la **seguridad** del sistema. Como la información reside en el servidor y existen múltiples clientes que realizan peticiones, es totalmente indispensable permitir que la aplicación cliente/servidor cuente con las siguientes **características** que detallaremos más adelante:

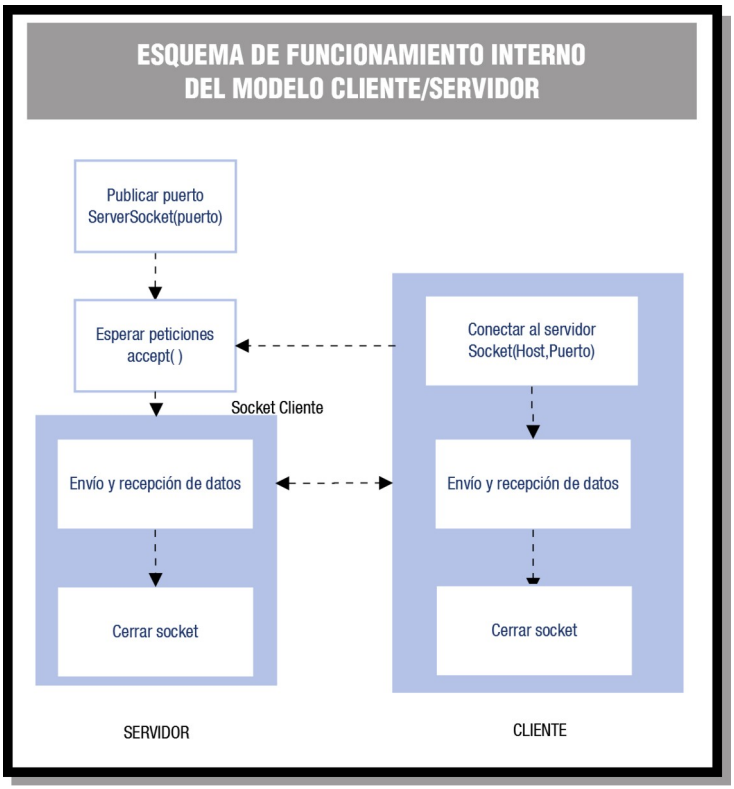
- ✔ Atender **múltiples peticiones simultáneamente**. El servidor debe permitir el acceso de forma simultánea para acceder a los recursos o servicios que éste ofrece.

- ✔ **Seguridad**. Para asegurar el sistema, como mínimo, el servidor debe ser capaz de evitar la pérdida de información, filtrar las peticiones de los clientes para asegurar que éstas están bien formadas y llevar un control sobre las diferentes transacciones de los clientes.

- ✔ Por último, es necesario dotar a nuestro sistema de mecanismos para **monitorizar** los tiempos de respuesta de los clientes para ver el comportamiento del sistema.

5.1. Atención de múltiples peticiones simultáneas

Si observamos la siguiente figura, cuando un servidor recibe la conexión del cliente (accept) se crea el socket del cliente, se realiza el envío y recepción de datos y se cierra el socket del cliente finalizando la ejecución del servidor.

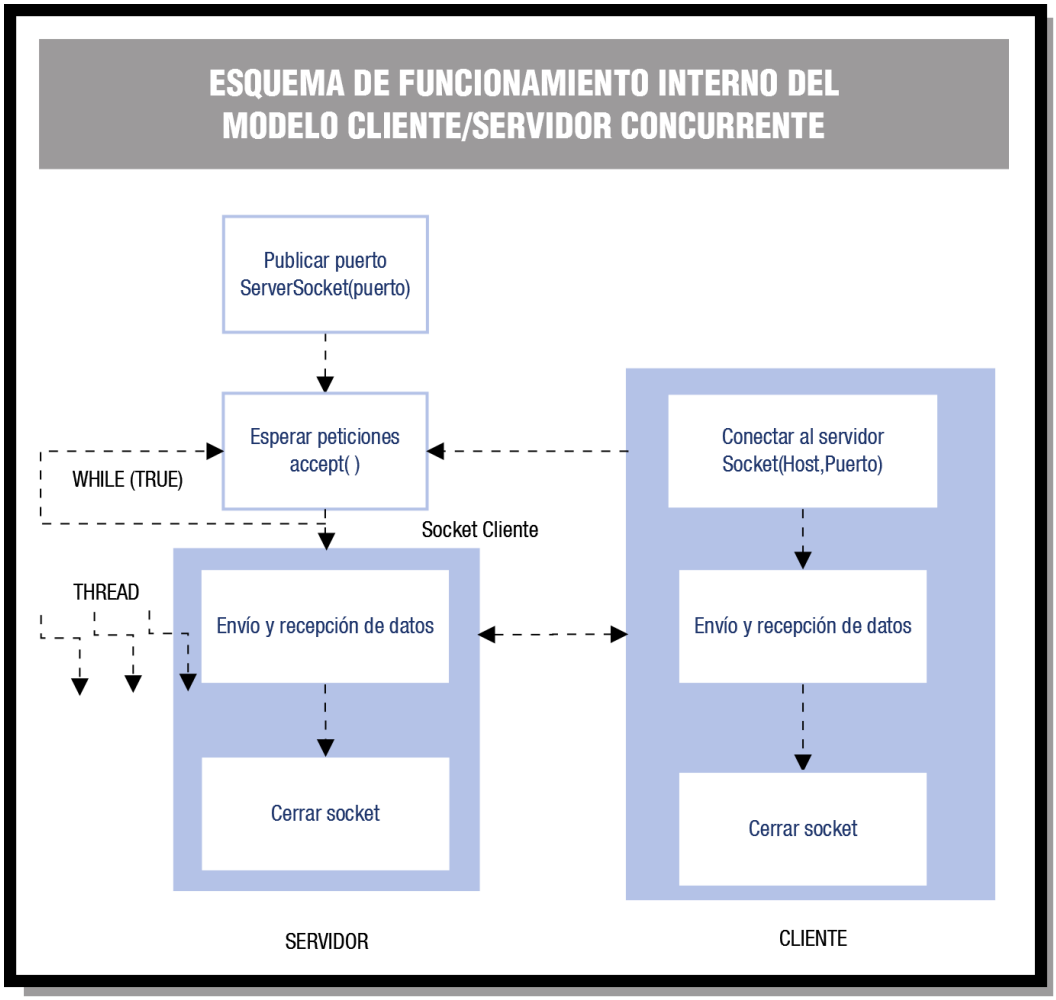


Como el objetivo es permitir que múltiples clientes utilicen el servidor de forma simultánea es necesario que la parte que atiende al cliente (zona coloreada de azul) se atienda de forma independiente para cada uno de los clientes. Para ello, en vez de ejecutar todo el código del servidor de forma secuencial, vamos a tener un bucle while para que cada vez que se realice la conexión de un cliente se cree una hebra de ejecución (thread) que será la encargada de atender al cliente. De ésta forma, tendremos tantas hebras de ejecución como clientes se conecten a nuestro servidor de forma simultánea.

De forma resumida, el código necesario es:

```
while(true){
   // Se conecta un cliente
   Socket skCliente = skServidor.accept();
   System.out.println("Cliente conectado");

// Atiendo al cliente mediante un thread (Servidor debe poder arrancar como un hilo)
   new Servidor(skCliente).start();
}
```

Y a continuación puede ver su representación de forma gráfica:



5.2. Threads

Para resolver técnicamente el problema de la atención simultánea creando un hilo debemos definir la clase que herede de Thread (o que implemente Runnable):

```
class Servidor extends Thread{

    public Servidor() {
        // Inicialización del hilo
    }

    public static void main( String[] arg ) {
          new Servidor().start();
    }

    public void run(){
      //tareas que realiza el hilo
    }
}
```

donde:

- La función `public Servidor` permite inicializar los valores iniciales que recibe el hilo (constructor).
- La función `run()` es la encargada de realizar las tareas del hilo.
- Para iniciar el hilo se crea el objeto `Servidor` y se activa mediante:

```
new Servidor().start();
```

5.3. Ejemplos

Si se añade al código anterior la utilización de sockets, tal y como se ha visto anteriormente, se obtiene un servidor que permite atender múltiples peticiones de forma concurrente:

Servidor.java

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

class Servidor extends Thread{
    Socket skCliente;
    static final int Puerto=2000;

    public Servidor(Socket sCliente) {
        skCliente=sCliente;
    }

    public static void main( String[] arg ) {
        try{
            // Inicio el servidor en el puerto
            ServerSocket skServidor = new ServerSocket(Puerto);
            System.out.println("Escucho el puerto " + Puerto );

            while(true){
              // Se conecta un cliente
              Socket skCliente = skServidor.accept();
              System.out.println("Cliente conectado");
              // Atiendo al cliente mediante un thread
              new Servidor(skCliente).start();
            }
       } catch (Exception e) {;}
    }


    public void run(){
       try {
          // Creo los flujos de entrada y salida
          DataInputStream fentrada = new DataInputStream(skCliente.getInputStream());
          DataOutputStream fsalida= new DataOutputStream(skCliente.getOutputStream());

          // ATENDER PETICIÓN DEL CLIENTE
          fsalida.writeUTF("Se ha conectado el cliente de forma correcta");

          // Se cierra la conexión
          skCliente.close();
          System.out.println("Cliente desconectado");

       } catch( Exception e ) {
            System.out.println( e.getMessage() );
       }
    }
}
```

Lógicamente, el funcionamiento del cliente no cambia ya que la **concurrencia** la realiza el **servidor**. A continuación podemos ver un ejemplo básico de un cliente:

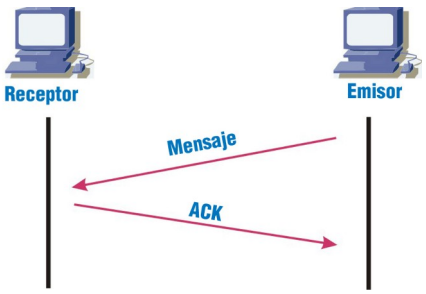
Cliente.java

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

class Cliente {
    static final String HOST = "localhost";
    static final int Puerto=2000;

    public Cliente( ) {
        try{
            Socket sCliente = new Socket( HOST , Puerto );
            // Creo los flujos de entrada y salida
            DataInputStream fentrada = new DataInputStream(skCliente.getInputStream());
            DataOutputStream fsalida= new DataOutputStream(skCliente.getOutputStream());

            // TAREAS QUE REALIZA EL CLIENTE
            String datos = fentrada.readUTF();
            System.out.println(datos);

            sCliente.close();

        } catch( Exception e ) {
            System.out.println( e.getMessage() );
        }
    }

    public static void main( String[] arg ) {
          new Cliente();
    }
}
```

5.4. Pérdida de información

La pérdida de paquetes en las comunicaciones de red es un factor muy importante que hay que tener en cuenta ya que, por ejemplo, si se envía un fichero la pérdida de un único paquete produce que el fichero no se reciba correctamente.

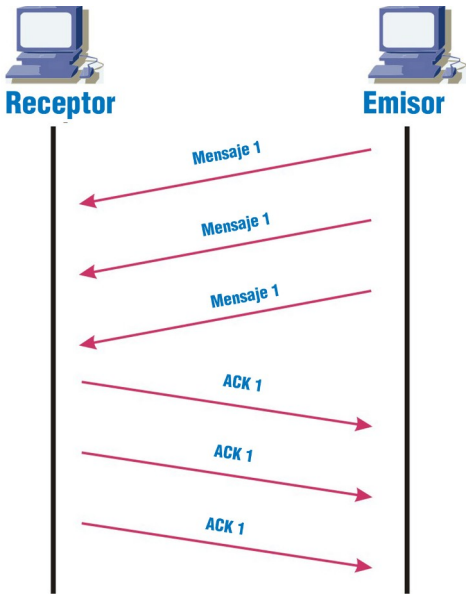
Para evitar la pérdida de paquetes en las comunicaciones, cada vez que se envía un paquete el receptor envía al emisor un paquete de confirmación ACK (acknowledgement).



En el caso que el mensaje no llegue correctamente al receptor el paquete de confirmación no se envía nunca. El emisor cuando transcurre un determinado tiempo considera que el paquete se ha producido un error y vuelve a enviar el paquete.

Este método, aunque efectivo, resulta bastante lento ya que para enviar un nuevo paquete debe esperar el ACK del paquete anterior por lo que se produce un retardo en las comunicaciones.

Una mejora importante del método anterior consiste en permitir al emisor que envíe múltiples paquetes de forma sin necesidad de esperar los paquetes de confirmación. De esta forma el emisor puede enviar N paquetes de forma simultánea y así mejorar las comunicaciones.



Como una de las características de las redes es que es posible que los paquetes no lleguen ordenados, ni los paquetes ACK lleguen ordenados o, simplemente que se pierda algún mensaje en el camino, es necesario llevar un control sobre los paquetes enviados y los confirmados.

Para llevar un control de los paquetes enviados se utiliza un vector en el que se indica si un determinado paquete se ha enviado correctamente o no. Lógicamente, como los paquetes pueden llegar de forma desordenada, perderse paquetes,... es posible encontrar en el vector de configuración múltiples combinaciones como la siguiente:

Vector de ACK (estado inicial)

Mensaje	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ACK	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0

Como puede ver en el ejemplo anterior, los mensajes 0, 1, 4, y 5 han llegado correctamente. Por lo tanto para poder retransmitir más mensajes se desplaza el vector de derecha a izquierda con los mensajes enviados correctamente hasta llegar al primer mensaje no enviado correctamente (en el ejemplo el 2). De esta forma siguiendo el ejemplo propuesto el vector queda de la siguiente forma:

Vector de ACK (desplazado)

Mensaje	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ACK	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

Ahora el sistema ya puede enviar los mensajes 10 y 11 mientras que espera la confirmación de los demás mensajes.

Como ha podido observar, el tamaño del vector influye muy estrechamente en el rendimiento del sistema ya que cuando mayor sea el vector más mensajes se pueden enviar de forma concurrente. Lógicamente, existe la limitación de la memoria RAM que ocupa el vector.

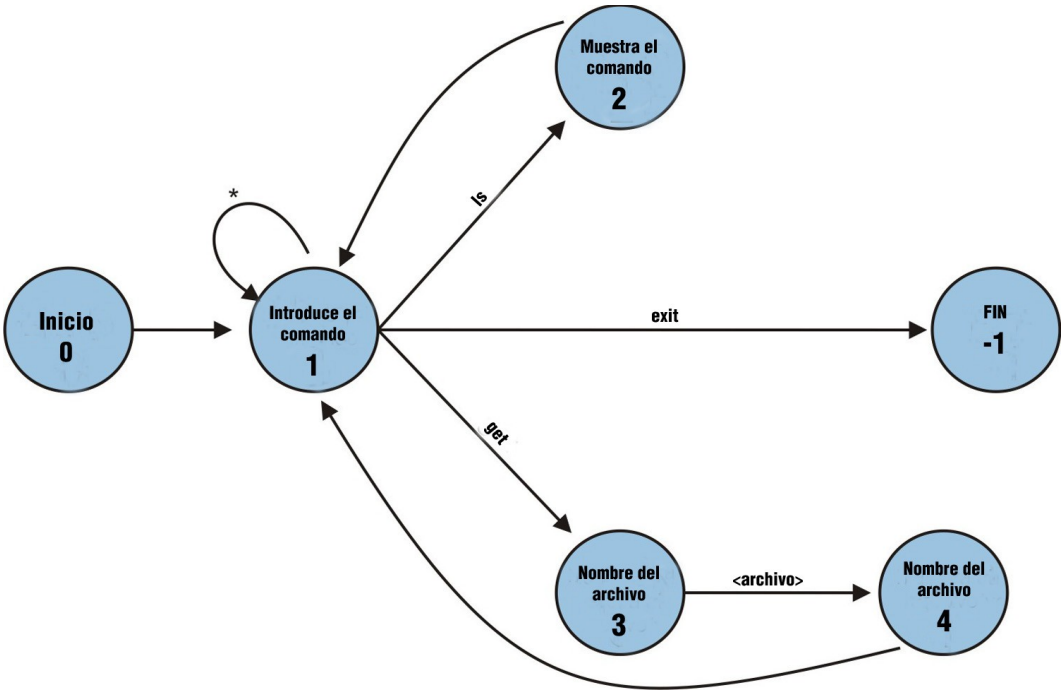
5.5. Transacciones

Uno de los principales fallos de seguridad que se producen en la programas clientes/servidor es que el cliente pueda realizar:

- **Operaciones no autorizadas**. El servidor no puede procesar una orden a la que el cliente no tiene acceso. Por ejemplo, que el cliente realice una solicitud de información a la que no tiene acceso.

- **Mensajes mal formados**. Es posible que el cliente envíe al servidor mensajes mal formados o con información incompleta que produzca un error de procesamiento del sistema llegando incluso a dejar "colgado" el servidor.

Para evitar cualquier problema de seguridad es muy importante modelar el flujo de información y el comportamiento del servidor con un diagrama de estados o autómata. Por ejemplo, en la siguiente figura puede ver que el servidor se inicia en el estado 0 y directamente envía al cliente el mensaje "*Introduce el comando:"*



El cliente puede enviar los comandos:

- *ls* que va al estado 2 mostrando el contenido del directorio y vuelve automáticamente al estado 1.
- *get* que le lleva al estado 3 donde le solicita al cliente el nombre del archivo a mostrar. Al introducir el nombre del archivo se desplaza al estado 4 donde muestra el contenido del archivo y vuelve automáticamente al estado 1.
- *exit* que le lleva directamente al estado donde finaliza la conexión del cliente (estado -1).
- Cualquier otro comando hace que vuelva al estado 1 solicitándole al cliente que introduzca un comando válido.

Para poder seguir el comportamiento del autómata el servidor tiene que definir dos variables *estado* y *comando*. La variable *estado* almacena la posición en la que se encuentra y la variable *comando* es el comando que recibe el servidor y el que permite la transición de un estado a otro.

Cuando se utilizan autómatas muy sencillos como es el caso del ejemplo, es posible modelar el comportamiento del autómata utilizando estructuras **`case`** e **`if`**.

En el caso de utilizar autómatas grandes la mejor forma de modelar su comportamiento es mediante una tabla cuyas filas son los diferentes estados del autómata y la columna las diferentes entradas del sistema.

5.6. Ejemplos

A continuación, a modo de ejemplo, se muestra la estructura general para implementar el diagrama de transiciones del ejemplo anterior:

```
int estado=1

do{
    switch(estado){

    case 1:
        fsalida.writeUTF("Introduce comando (ls/get/exit)");
        comando = fentrada.readUTF();

        if(comando.equals("ls")){
           System.out.println("\tEl cliente quiere ver el contenido del directorio");
           // Muestro el directorio
           estado=1;
           break;
        }else if(comando.equals("get")){
           // Voy al estado 3 para mostrar el fichero
           estado=3;
           break;
        }else
           estado=1;
           break;

    case 3://voy a mostrar el archivo
        fsalida.writeUTF("Introduce el nombre del archivo");
        String fichero = fentrada.readUTF();
        // Muestro el fichero
        estado=1;
        break;
    }

    if(comando.equals("exit")) estado = -1;

} while(estado!=-1);
```

5.7. Monitorizar tiempos de respuesta

Un aspecto muy importante para ver el comportamiento de nuestra aplicación Cliente/Servidor son los tiempos de respuesta del servidor. Desde que el cliente realiza una petición hasta que recibe su resultado intervienen dos tiempos:

- **Tiempo** de **procesamiento**. Es el tiempo que el servidor necesita para procesar la petición del cliente y enviar los datos.

- **Tiempo** de **transmisión**. Es el tiempo que transcurre para que los mensajes viajen a través de los diferentes dispositivos de la red hasta llegar a su destino.

Para **medir** el **tiempo** de **procesamiento** tan sólo se necesitar medir el tiempo que transcurre en el procesamiento de la solicitud del cliente. Para medir el tiempo en milisegundos necesario para procesar la petición de un cliente puedes utilizar el siguiente código:

```
import java.util.Date;

long tiempo1 = (new Date()).getTime();

// Procesar la petición del cliente

long tiempo2 = (new Date()).getTime();

System.out.println("\t  Tiempo = " + (tiempo2 - tiempo1) + " ms");
```

Para **medir** el **tiempo** de **transmisión** es necesario enviar a través de un mensaje el tiempo del sistema y el receptor comparar su tiempo de respuesta con el que hay dentro del mensaje. Lógicamente, para poder comparar los tiempos de respuesta de dos equipos es totalmente necesario que los relojes del sistema estén sincronizados a través de cualquier servicio de tiempo (NTP: Network Time Protocol). En equipos Windows la sincronización de los relojes se realiza automáticamente y en equipos GNU/Linux se realiza ejecutando el siguiente comando:

/usr/sbin/ntpdate -u 0.centos.pool.ntp.org

Otra forma de **calcular** el **tiempo** de **transmisión** es utilizar el **comando ping**.

5.8. Ejemplos

A continuación, vamos a ver un ejemplo en el que se calcula el tiempo de trasmisión de datos entre una aplicación Cliente y Servidor. Para ello, el servidor le va a enviar al cliente un mensaje con el tiempo del sistema en milisegundos y el cliente cuando reciba el mensaje calculará la diferencia entre el tiempo de su sistema y el del mensaje.

Servidor.java

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

class Servidor {
    static final int Puerto=2000;

    public Servidor( ) {

        try {
           // Inicio el servidor en el puerto
           ServerSocket sServidor = new ServerSocket(Puerto);
           System.out.println("Escucho el puerto " + Puerto );

           // Se conecta un cliente
           Socket sCliente = sServidor.accept(); // Crea objeto
           System.out.println("Cliente conectado");

           // Creo los flujos de entrada y salida
           DataInputStream fentrada = new DataInputStream(sCliente.getInputStream());
           DataOutputStream fsalida= new DataOutputStream(sCliente.getOutputStream());

           // CUERPO DEL ALGORITMO
           long tiempo1 = (new Date()).getTime();
           fsalida.writeUTF(Long.toString(tiempo1));

           // Se cierra la conexión
           sCliente.close();
           System.out.println("Cliente desconectado");
```

```
        }catch( Exception e ) {
          System.out.println( e.getMessage() );
        }
    }

    public static void main( String[] arg ) {
        new Servidor();
    }
}
```

Cliente.java

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

class Cliente {
    static final String HOST = "localhost";
    static final int Puerto=2000;

    public Cliente( ) {
       String datos = new String();
       String num_cliente = new String();

       // para leer del teclado
       BufferedReader reader = new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));

       try{
          // Me conecto al puerto
          Socket sCliente = new Socket( HOST , Puerto );

          // Creo los flujos de entrada y salida
          DataInputStream fentrada = new DataInputStream(sCliente.getInputStream());
          DataOutputStream fsalida = new DataOutputStream(sCliente.getOutputStream());

          // CUERPO DEL ALGORITMO
          datos = fentrada.readUTF();
          long tiempo1 = Long.valueOf(datos);
          long tiempo2 = (new Date()).getTime();
          System.out.println("\n El tiempo es:"+(tiempo2-tiempo1));

          // Se cierra la conexión
          sCliente.close();

       }catch( Exception e ) {
         System.out.println( e.getMessage() );
       }
    }

    public static void main( String[] arg ) {
        new Cliente();
    }
}
```