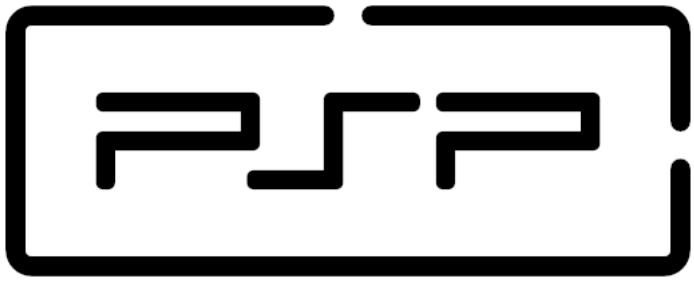


Process and Service Programming

4.3 TCP Sockets

4.3 TCP Sockets

4.3.1. Comunicación cliente/servidor con sockets TCP

Oracle ha resumido el uso de los sockets en un breve tutorial. Todo lo que podemos ver en ese tutorial lo vamos a ir comentando y ampliando en este apartado del tema

Tutorial de Oracle: All about sockets (https://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/sockets/index.html)

La interfaz Java que da soporte a sockets TCP está constituida por las clases **ServerSocket** y **Socket**.

- ServerSocket: es utilizada por un servidor para crear un socket en el puerto en el que escucha las peticiones de conexión de los clientes. Su método `accept` toma una petición de conexión de la cola, o si la cola está vacía, se bloquea hasta que llega una petición.

  El resultado de ejecutar accept es una instancia de Socket, a través del cual el servidor tiene acceso a los datos enviados por el cliente.

- Socket: es utilizada tanto por el cliente como por el servidor. El cliente crea un socket especificando el nombre DNS del host y el puerto del servidor, así se crea el socket local y además se conecta con el servicio.

  Esta clase proporciona los métodos `getInputStream` y `getOutputStream` para acceder a los dos streams asociados a un socket (recordemos que son bidireccionales), y devuelve tipos de datos InputStream y OutputStream, respectivamente, a partir de los cuales podemos construir `BufferedReader` y `PrintWriter`, respectivamente, para poder procesar los datos de forma más sencilla.

Programación de aplicaciones Cliente y/o Servidor

Al crear aplicaciones cliente y servidor puede que nos encontremos con varios escenarios, a saber:

- Si tenemos que programar solo el servidor **deberemos definir un protocolo** de comunicación para usar ese servidor.
- Si tenemos que programar solo el cliente **necesitaremos conocer el protocolo** de comunicación para conectar con ese servidor.
- Si tenemos que programar el cliente y el servidor, tendremos que empezar por **definir el protocolo** de comunicación entre ambos.

> **Herramientas para definir los protocolos**
>
> Dentro de todos los diagramas que ofrece UML, el diagrama de secuencia es el que mejor se adapta para definir los protocolos de comunicación entre clases y las interacciones que se producen.
>
> Para crear estos diagramas existen multitud de herramientas, tanto de escritorio como online. De todas ellas cabe destacar:

- Mermaid Live editor (https://mermaid.live/) que usa una sintaxis en modo texto (https://mermaid-js.github.io/mermaid/#/sequenceDiagram) para definir los diagramas.
- WebSequenceDiagrams (https://www.websequencediagrams.com/) : Más visual y también con una definición textual de los diagramas.
- Visual Paradigm Online (https://online.visual-paradigm.com/drive/#diagramlist:proj=0&dashboard) : Herramienta totalmente visual y con unos resultados más espectaculares.

Estas herramientas son las que tenéis que usar en las actividades en las que se os pida definir un protocolo de comunicación cliente / servidor.

4.3.2. Cliente TCP

Si nos centramos en la parte de comunicaciones, la forma general de implementar un cliente será:

1. Crear un objeto de la clase Socket, indicando host y puerto donde corre el servicio.
2. Obtener las referencias al stream de entrada y al de salida al socket.
3. Leer desde y escribir en el stream de acuerdo al protocolo del servicio. Para ello emplear alguna de las facilidades del paquete java.io.
4. Cerrar los streams.
5. Cerrar el socket.

```java
public class BasicClient {

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        Socket socketCliente = null;
        BufferedReader entrada = null;
        PrintWriter salida = null;

        // Creamos un socket en el lado cliente, enlazado con un
        // servidor que está en la misma máquina que el cliente
        // y que escucha en el puerto 4444
        try {
            socketCliente = new Socket("localhost", 4444);
            // Obtenemos el canal de entrada
            entrada = new BufferedReader(
                    new InputStreamReader(socketCliente.getInputStream()));
            // Obtenemos el canal de salida
            salida = new PrintWriter(
                    new BufferedWriter(
                            new OutputStreamWriter(socketCliente.getOutputStream())), true);
        } catch (IOException e) {
            System.err.println("No puede establecer canales de E/S para la conexión");
            System.exit(-1);
        }
        Scanner stdIn = new Scanner(System.in);

        String linea;

        // El programa cliente no analiza los mensajes enviados por el
        // usuario, simplemente los reenvía al servidor hasta que este
        // se despide con "Adios"
        try {
            while (true) {
                // Leo la entrada del usuario
                linea = stdIn.nextLine();
```

```
35                  // La envia al servidor por el OutputStream
36                  salida.println(linea);
37                  // Recibe la respuesta del servidor por el InputStream
38                  linea = entrada.readLine();
39                  // Envía a la salida estándar la respuesta del servidor
40                  System.out.println("Respuesta servidor: " + linea);
41                  // Si es "Adios" es que finaliza la comunicación
42                  if (linea.equals("Adios")) {
43                      break;
44                  }
45              }
46          } catch (IOException e) {
47              System.out.println("IOException: " + e.getMessage());
48          }
49
50          // Libera recursos
51          salida.close();
52          entrada.close();
53          stdIn.close();
54          socketCliente.close();
55      }
56  }
57
```

Herramientas para simular clientes genéricos

Si sólo tenemos que desarrollar un servidor y no tenemos o no queremos hacer un cliente para las pruebas, tenemos varias herramientas que nos ayudan a hacer de clientes genéricos, útiles para una gran variedad de servidores, incluso para servidores estándar como FTP, HTTP, etc.

La primera herramienta es una aplicación y un protocolo de nivel de aplicación de TCP/IP, es la herramienta `Telnet` .

Esta herramienta suele venir instalada en los sistemas GNU/Linux y OS X. Sin embargo en los sistemas Windows viene deshabilitada por defecto.

Os dejo un enlace al artículo de Xataka **Telnet: qué es y cómo activarlo en Windows 10 (https://www.xataka.com/basics/telnet-que-como-activarlo-windows-10)** .

Es importante que lo activéis tanto en clase como en el aula.

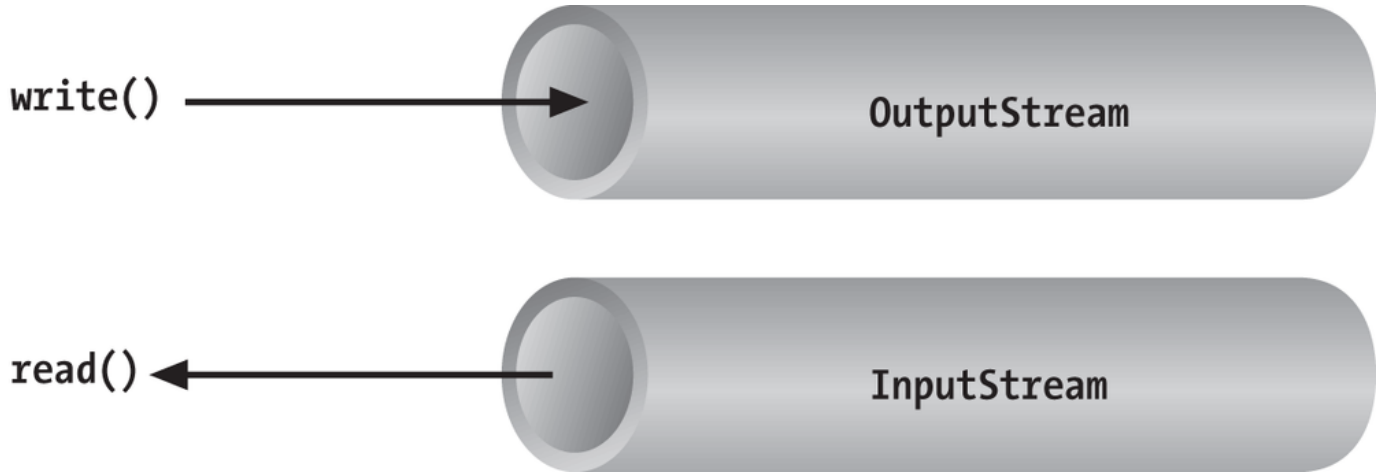
La segunda herramienta es NetCat. Es una herramienta muy versátil y potente, ya que no sólo puede hacernos de cliente, sino que también puede servir como servidor.

Como muchas otras herramientas, esta también viene instalada de serie en GNU/Linux y OS X, pero no en Windows. Su uso en los sistemas de Microsoft es algo más controvertido ya que el sistema la detecta como un virus y tenemos que habilitar su uso en el *Guardian* del SO.

Os dejo también un enlace a este artículo de IONOS **¿Qué es Netcat y cómo funciona? (https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/herramientas/netcat/)**

Streams para E/S en los sockets

Si vemos ejemplos en Internet o en tutoriales, podemos observar que hay dos formas mayoritarias de enviar y recibir la información a través de los streams que proporciona un socket.



En cualquier caso, a través de los streams enviamos bytes, que es la forma más básica de generar información, bien sea a través de la red o entre procesos.

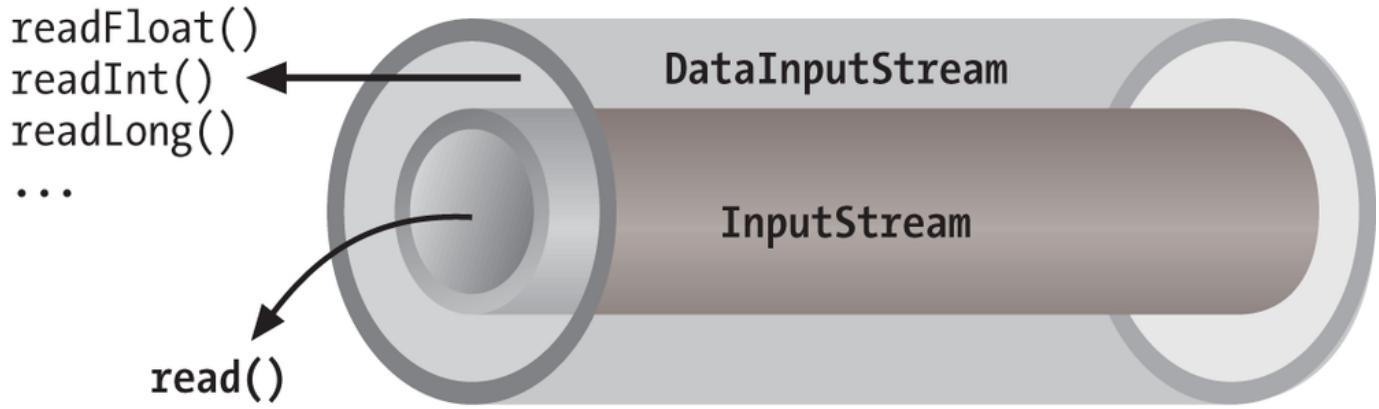
Como es complicado gestionar a nivel de bytes toda la información que queremos enviar o recibir, usamos `Decorators` o `Wrappers` para enviar tipos de datos de un nivel de abstracción mayor.

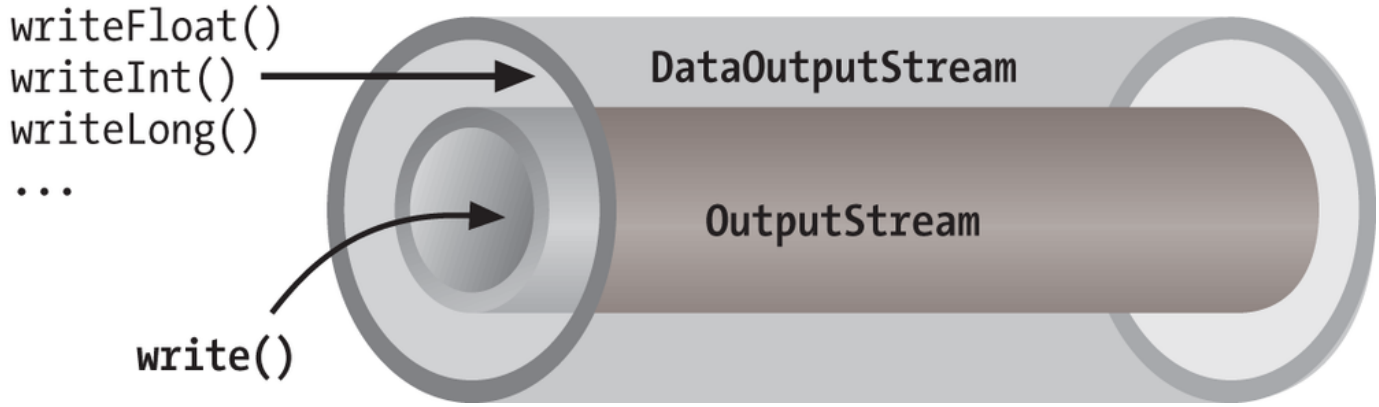
En los temas anteriores, cuando hemos tenido que intercambiar información entre procesos, hemos estado usando BufferedReader y PrintWriter. Estas clases trabajan a nivel de Strings, y son muy útiles cuando lo que queremos intercambiar a través de los streams son cadenas de texto.

> En los protocolos de comunicaciones, más del 90% de la información que se intercambia, a nivel de protocolo, es en formato texto.

Sin embargo, puede haber ocasiones en las que nos interese trabajar con tipos de datos.

`DataInputStream` y `DataOutputStream` proporcionan métodos para leer y escribir Strings y todos los tipos de datos primitivos de Java, incluyendo números y valores booleanos.





DataOutputStream codifica esos valores de forma independiente de la máquina y los envía al stream de más bajo nivel para que los gestione como bytes. DataInputStream hace lo contrario.

Así, podemos trabajar con DataInputStream y DataOutputStream a partir de los streams que nos proporcionan los sockets

```java
// Código en el cliente
DataInputStream dis = new DataInputStream(socket.getInputStream());
dis.readDouble();

// Código en el servidor
DataOutputStream dos = new DataOutputStream(socket.getOutputStream());
dis.writeDouble(number);
```

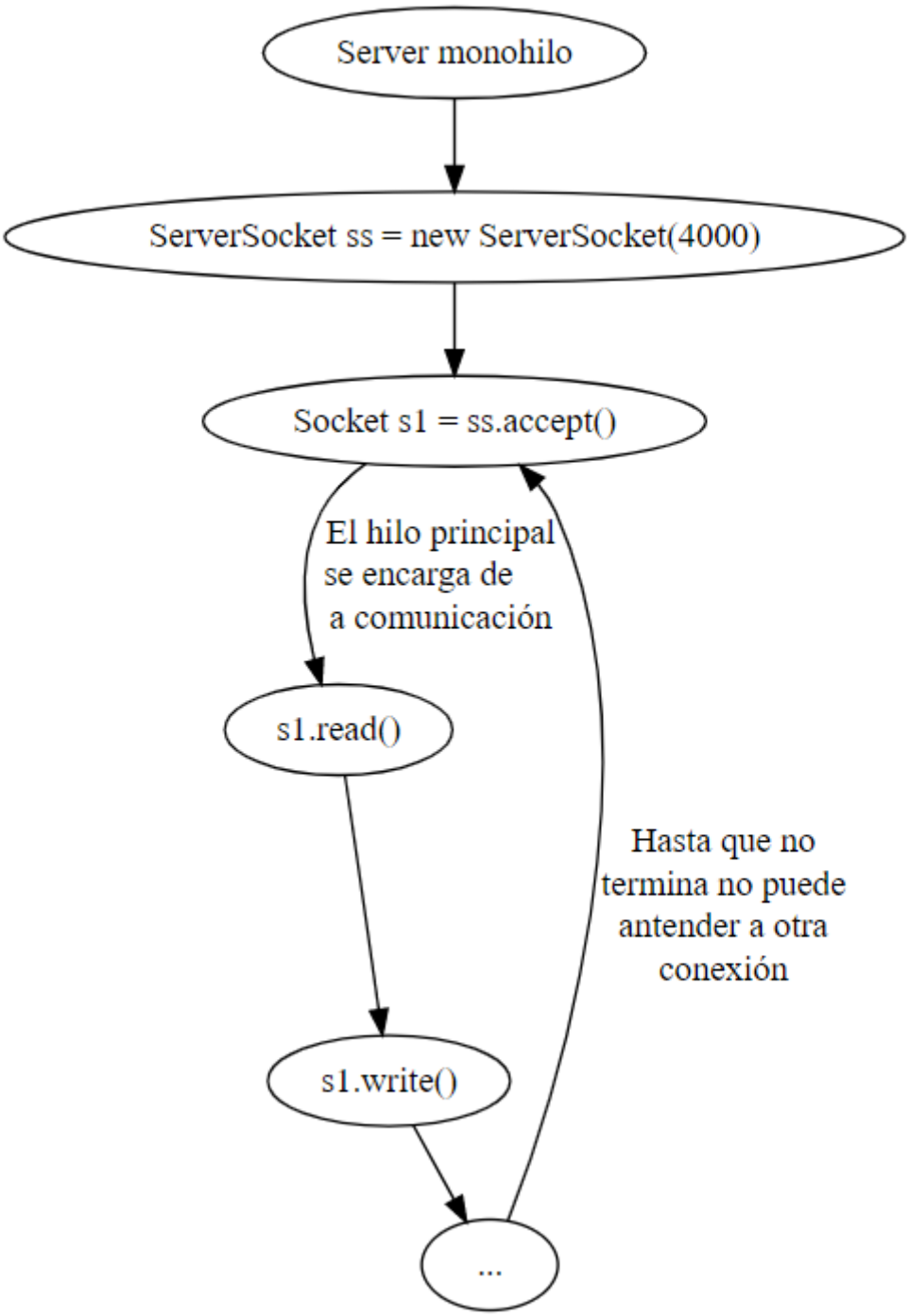
Los métodos `readUTF()` and `writeUTF()` de DataInputStream y DataOutputStream leen y escriben un String de caracteres Unicode usando la codificación UTF-8.

> **Elige un método y usa siempre el mismo**
>
> Es muy importante no mezclar diferentes wrappers en el mismo sistema. Aunque todos acaban utilizando el InputStream y el OutputStream, las codificaciones y la forma de enviar la información no es la misma.
>
> Por lo que, si usas DataInputStream en el cliente para leer, debes usar DataOutputStream en el servidor para enviar. Además de usar los métodos complementarios para la lectura y escritura, por ejemplo readInt / writeInt.

Información extraída de **Learning Java, 4th Edition - O'Reilly (https://www.oreilly.com/library/view/learning-java-4th/9781449372477/ch12s01.html)**

4.3.3 Servidor TCP

La forma de implementar un servidor será:

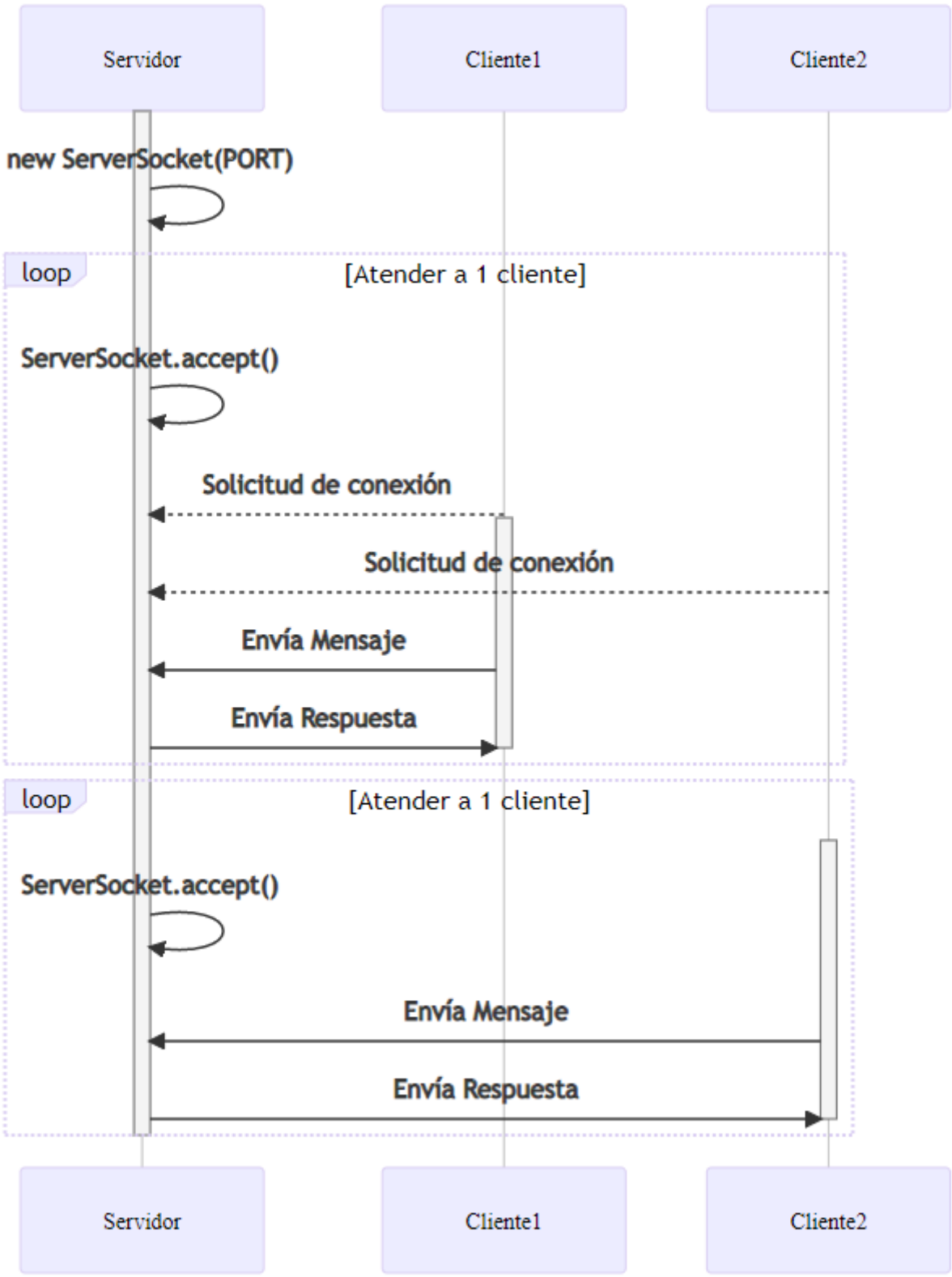


1. Crear un objeto de la clase ServerSocket para escuchar peticiones en el puerto asignado al servicio.
2. Esperar solicitudes de clientes
3. Cuando se produce una solicitud:
   - Aceptar la conexión obteniendo un objeto de la clase Socket
   - Obtener las referencias al stream de entrada y al de salida al socket anterior.
   - Leer datos del socket, procesarlos y enviar respuestas al cliente, escribiendo en el stream del socket.Para ello emplear alguna de las facilidades del paquete java.io.
4. Cerrar los streams.

5. Cerrar los sockets.

```java
public class BasicServer {

    public static final int PORT = 4444;

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        // Establece el puerto en el que escucha peticiones
        ServerSocket socketServidor = null;
        try {
            socketServidor = new ServerSocket(PORT);
        } catch (IOException e) {
            System.out.println("No puede escuchar en el puerto: " + PORT);
            System.exit(-1);
        }

        Socket socketCliente = null;
        BufferedReader entrada = null;
        PrintWriter salida = null;

        System.out.println("Escuchando: " + socketServidor);
        try {
            // Se bloquea hasta que recibe alguna petición de un cliente
            // abriendo un socket para el cliente
            socketCliente = socketServidor.accept();
            System.out.println("Conexión aceptada: " + socketCliente);
            // Establece canal de entrada
            entrada = new BufferedReader(
                    new InputStreamReader(socketCliente.getInputStream()));
            // Establece canal de salida
            salida = new PrintWriter(
                    new BufferedWriter(
                            new OutputStreamWriter(socketCliente.getOutputStream())), true);

            // Hace eco de lo que le proporciona el cliente, hasta que recibe "Adios"
            while (true) {
                // Recibe la solicitud del cliente por el InputStream
                String str = entrada.readLine();
                // Envía a la salida estándar el mensaje del cliente
                System.out.println("Cliente: " + str);
                // Le envía la respuesta al cliente por el OutputStream
                salida.println(str);
                // Si es "Adios" es que finaliza la comunicación
                if (str.equals("Adios")) {
                    break;
                }
            }

        } catch (IOException e) {
            System.out.println("IOException: " + e.getMessage());
        }
        salida.close();
        entrada.close();
        socketCliente.close();
        socketServidor.close();
    }

}
```

Quedando la secuencia de acciones entre el cliente y el servidor de la siguiente manera



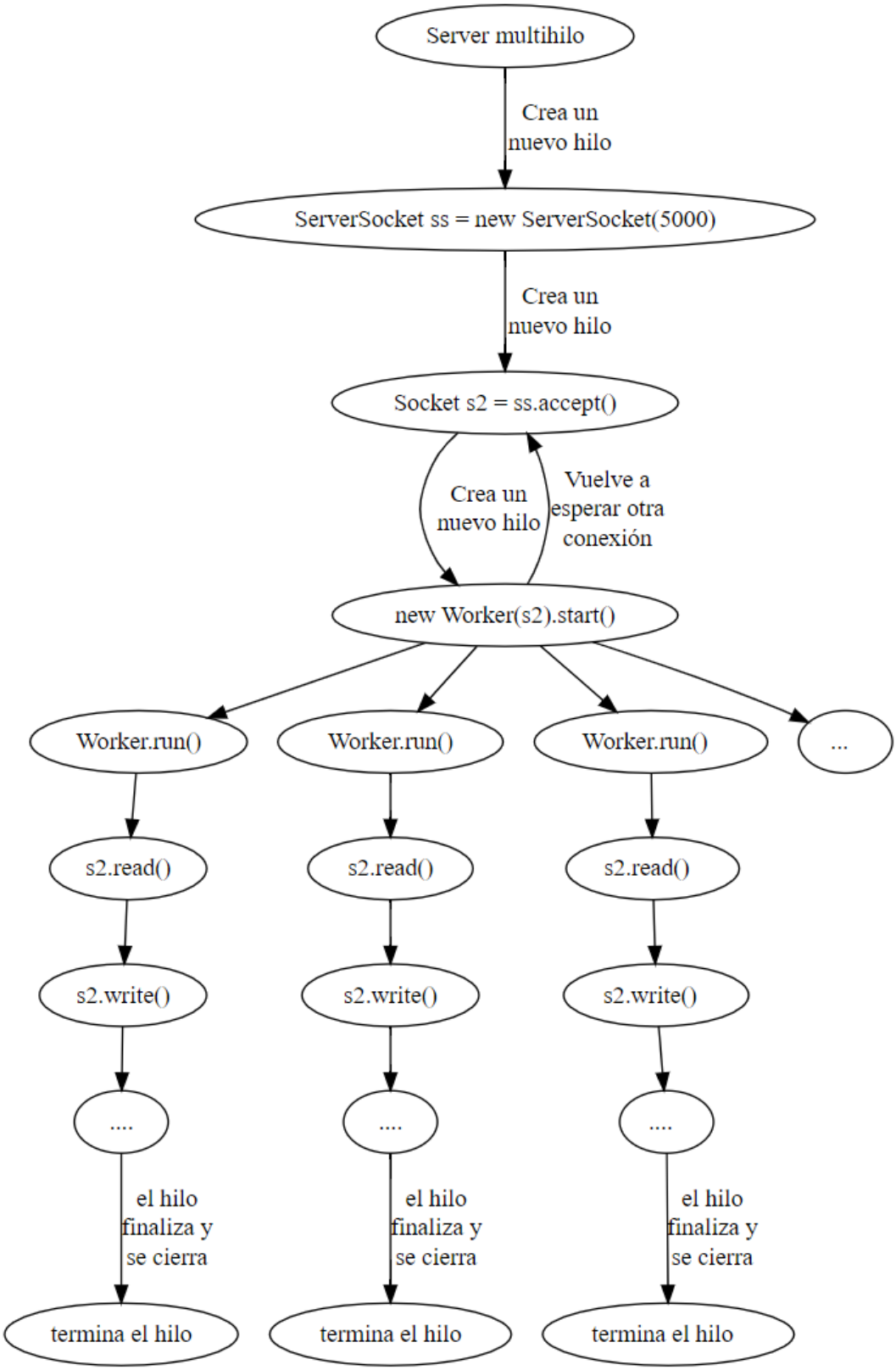
El servidor monohilo se encarga de realizar las operaciones de E/S con el cliente. Hasta que no acaba no puede hacer otro `accept` y atender a otro cliente.

4.3.4 Servidor multihilo

Si queremos que un servidor pueda atender varias peticiones de forma simultanea, debemos usar hilos para dotarle de esa capacidad.

El flujo básico ahora cambiaría para adaptarse a este formato

```text
while (true) {

    Aceptar la conexión obteniendo un objeto de la clase Socket;

    Crear un thread para que se encargue de la comunicación con ese cliente, es decir,
    para que gestione el socket obtenido en el accept.;
}
```



El servidor multihilo crea un nuevo hilo que se encarga de las operaciones de E/S con el cliente. Mientras tanto puede esperar la conexión de nuevos clientes con los que volverá a hacer lo mismo.

El servidor multihilo se ayuda de una clase `Worker` que hereda de Thread, pudiendo así ejecutarse concurrentemente con el hilo principal.

Esta clase `Worker` es la encargada de realizar toda la comunicación con el cliente y el servidor. Para poder hacerlo, en su constructor recibe el Socket que se crea cuando se recibe la conexión de un cliente `ServerSocket.accept()`.

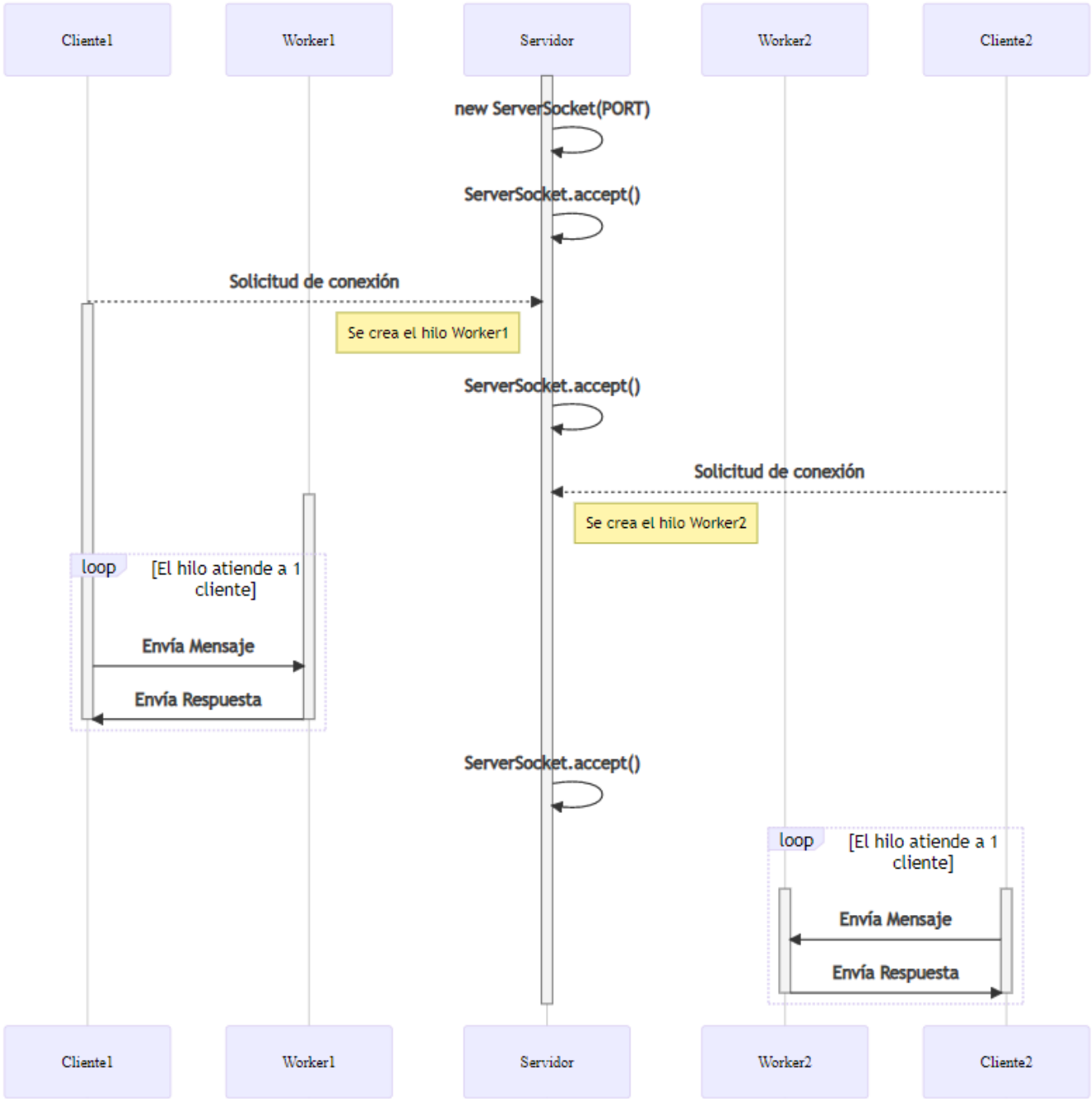
```java
public static final int PORT = 4444;
public static void main(String[] args)  {
    // Establece el puerto en el que escucha peticiones
    ServerSocket socketServidor = null;
    try {
        socketServidor = new ServerSocket(PORT);
    } catch (IOException e) {
        System.out.println("No puede escuchar en el puerto: " + PORT);
        System.exit(-1);
    }

    Socket socketCliente = null;

    System.out.println("Escuchando: " + socketServidor);
    try {

        while (true) {
            // Se bloquea hasta que recibe alguna petición de un cliente
            // abriendo un socket para el cliente
            socketCliente = socketServidor.accept();
            System.out.println("Conexión aceptada: " + socketCliente);
            // Para seguir aceptando peticiones de otros clientes
            // se crea un nuevo hilo que se encargará de la comunicación con el cliente
            new Worker(socketCliente).start();
        }

    ...
}
```

Y esta sería una implementación estándar de un worker

```java
public class Worker extends Thread {

    private Socket socketCliente;
    private BufferedReader entrada = null;
    private PrintWriter salida = null;

    ....

    @Override
    public void run() {
        try {
            // Establece canal de entrada
            entrada = new BufferedReader(new InputStreamReader(socketCliente.getInputStream()));
            // Establece canal de salida
            salida = new PrintWriter(new BufferedWriter(new OutputStreamWriter(socketCliente.getOutputStream())), true)

            // Realizamos la comunicación entre servidor y cliente
            // **** ES LO QUE CAMBIA EN CADA EJERCICIO ****

            // Hacemos una recepción de información desde el cliente
            String mensajeRecibido = entrada.readLine();
            System.out.println("<-- Cliente: " + mensajeRecibido);

            // Hacemos un envío al cliente
            String mensajeEnviado = "Mensaje enviado desde el servidor al cliente";
            salida.println(mensajeEnviado);
            System.out.println("--> Cliente: " + mensajeEnviado);
```

```
28          }
29          ....
30  }
```

Quedando ahora la secuencia de acciones entre el cliente y el servidor de la siguiente manera



Ejecución de múltiples clientes desde línea de comandos

Para poder lanzar varias aplicaciones java a la vez, la forma más correcta de hacerlo es desde una terminal de comandos. Esto nos permite poder pasarle argumentos a todas las clases, no sólo a la que está marcada como *principal* en el proyecto.

Aquí tenemos dos posibilidades, **ejecutar las clases individualmente**, tal y como hacemos desde el IDE o bien **lanzar las clases desde un archivo JAR**.

En ambos casos, necesitamos haber compilado y construido el proyecto (*F11 ó Shift+F11 en Netbeans*).

Ejecución de clases individuales

- Lo primero, tal y como se ha indicado anteriormente, debemos tener las clases compiladas.
- A continuación, al igual que hacíamos con los procesos, debemos ubicarnos en la carpeta `build/classes` del proyecto.
- Desde ahí, ejecutaremos

  ```
  build/classes$ java psp.actividades.U4AX_ClaseServidor 5566
  ```

  los valores que ponemos a continuación del nombre de la clase son los parámetros que la clase recibirá en el args[] de su método main.

  y para la clase o clases que no sean las principales

  ```
  build/classes$ java psp.actividades.U4AX_ClaseSCliente localhost 5566
  ```

  Si queremos lanzar más de un cliente, repetiremos el comando desde otra ventana de comandos.

Lanzar las clases desde un archivo JAR

- Lo primero, tal y como se ha indicado anteriormente, debemos tener el proyecto construido
- A continuación, y a diferencia del caso anterior, debemos ubicarnos en el directorio donde esté el archivo JAR. Si no lo hemos movido, estará en la carpeta `dist` del proyecto.
- Desde ahí, ejecutaremos, **para la clase principal del proyecto**

  ```
  dist$ java -jar U4AX_ProyectoClienteServidor.jar 5566
  ```

  ```
  dist$ java -cp U4AX_ProyectoClienteServidor.jar psp.actividades.U4AX_ClaseServidor 5566
  ```

  los valores que ponemos a continuación del nombre de la clase son los parámetros que la clase recibirá en el args[] de su método main.

  y para la clase o clases que no sean las principales

  ```
  dist$ java -cp U4AX_ProyectoClienteServidor.jar psp.actividades.U4AX_ClaseCliente localhost 5566
  ```

  Si queremos lanzar más de un cliente, repetiremos el comando desde otra ventana de comandos.