Capítulo 5. Programación de aplicaciones de red

Redes de Ordenadores

2º Grado en Ingeniería en Tecnologías de Telecomunicación

Índice

Hora 1
1 API de sockets BSD
2 Sockets TCP
- 2.1 Cliente TCP
- 2.2 Servidor TCP
- 2.3 Detalles de sockets TCP

Hora 2
3 Sockets UDP
- 3.1 Cliente UDP
- 3.2 Servidor UDP
- 3.3 Detalles de sockets UDP

4 Otras funcionalidades del API BSD
5 Excepciones
Hora 3
6 Streams
7 Servidores concurrentes
- 7.1 Sockets no bloqueantes
- 7.2 Selectores
- 7.3 Threads

Índice hora 1

Hora 1
1 API de sockets BSD
2 Sockets TCP
- 2.1 Cliente TCP
- 2.2 Servidor TCP
- 2.3 Detalles de sockets TCP

Hora 2
3 Sockets UDP
- 3.1 Cliente UDP
- 3.2 Servidor UDP
- 3.3 Detalles de sockets UDP

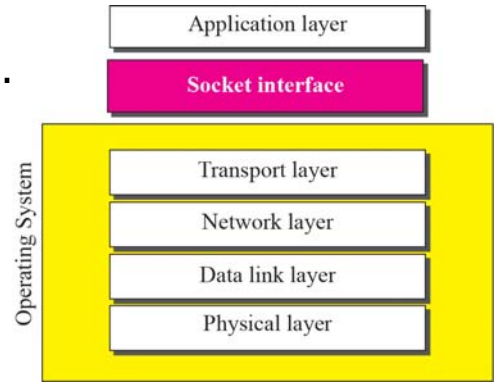
4 Otras funcionalidades del API BSD
5 Excepciones
Hora 3
6 Streams
7 Servidores concurrentes
- 7.1 Sockets no bloqueantes
- 7.2 Selectores
- 7.3 Threads

Objetivos

- Revisar las bases del API de sockets BSD
- Aprender a programar aplicaciones cliente/servidor TCP

1 API de sockets BSD

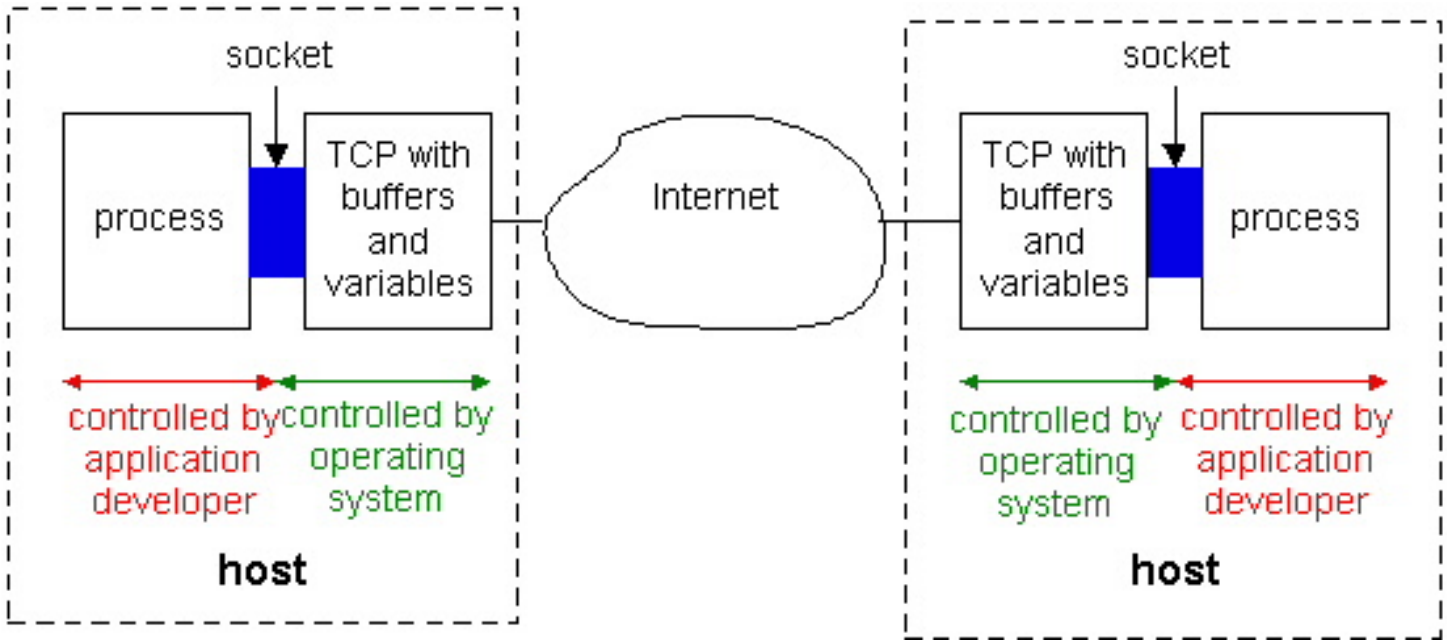
- El API (Application Programming Interface) de sockets BSD es el estándar de facto para el desarrollo de aplicaciones de red en la mayor parte de sistemas operativos (Linux, Windows, MacOSX, etc.) y la mayor parte de lenguajes de programación (C, C++, C#, Java, Python, etc)
- Se distribuyó por primera vez como parte del sistema operativo UNIX BSD4.1, 1981
- Es una librería que provee las funcionalidades para desarrollar aplicaciones que utilicen la familia de protocolos TCP/IP que provee el sistema operativo (kernel).
  - Las aplicaciones trabajan como proceso de usuario.
  - Soporta el paradigma cliente/servidor



API de sockets BSD

- El socket es el interfaz entre la aplicación y el sistema operativo que provee la capa de transporte (UDP o TCP)
  - Local a cada máquina
  - Creado por la aplicación
  - Controlado por el sistema operativo
  - Que permite a las aplicaciones enviar y recibir mensajes por la red a otra aplicación corriendo en otra máquina
  - Estará asociado siempre a la pareja [dirección IP, puerto]
    - En el caso de una máquina con varias direcciones IP, el socket podrá hacer referencia a todas o alguna de ellas.
- Revisaremos la programación de sockets en Java, pero es muy similar para otros lenguajes de programación.
  - Para utilizar el API de sockets necesitaremos importar el paquete:
    - import java.net.*;
    - Este paquete incorpora muchas otras funcionalidades como el método URLConnection que implementa el protocolo de la web

API de sockets BSD



- Distingue dos tipos de servicio de transporte vía sockets
  - SOCK_DGRAM: datagramas no fiable – UDP – DatagramSocket()
  - SOCK_STREAM: orientado a stream, fiable – TCP – Socket(), serverSocket()

Llamadas básicas del API sockets BSD

- socket(): crea el socket
- bind(): asocia el socket a un puerto y/o dirección IP local
- listen(): espera pasiva de conexiones
- connect(): inicia la conexión con otro socket
- accept(): acepta una nueva conexión
- write(): escribe datos al socket
- read(): recibe datos del socket
- sendto(): envia datagramas a otro socket UDP
- recvfrom(): lee datagramas del socket UDP
- close(): cierra el socket y con ello la conexión

Java incorpora clases que permiten englobar varios de estos pasos

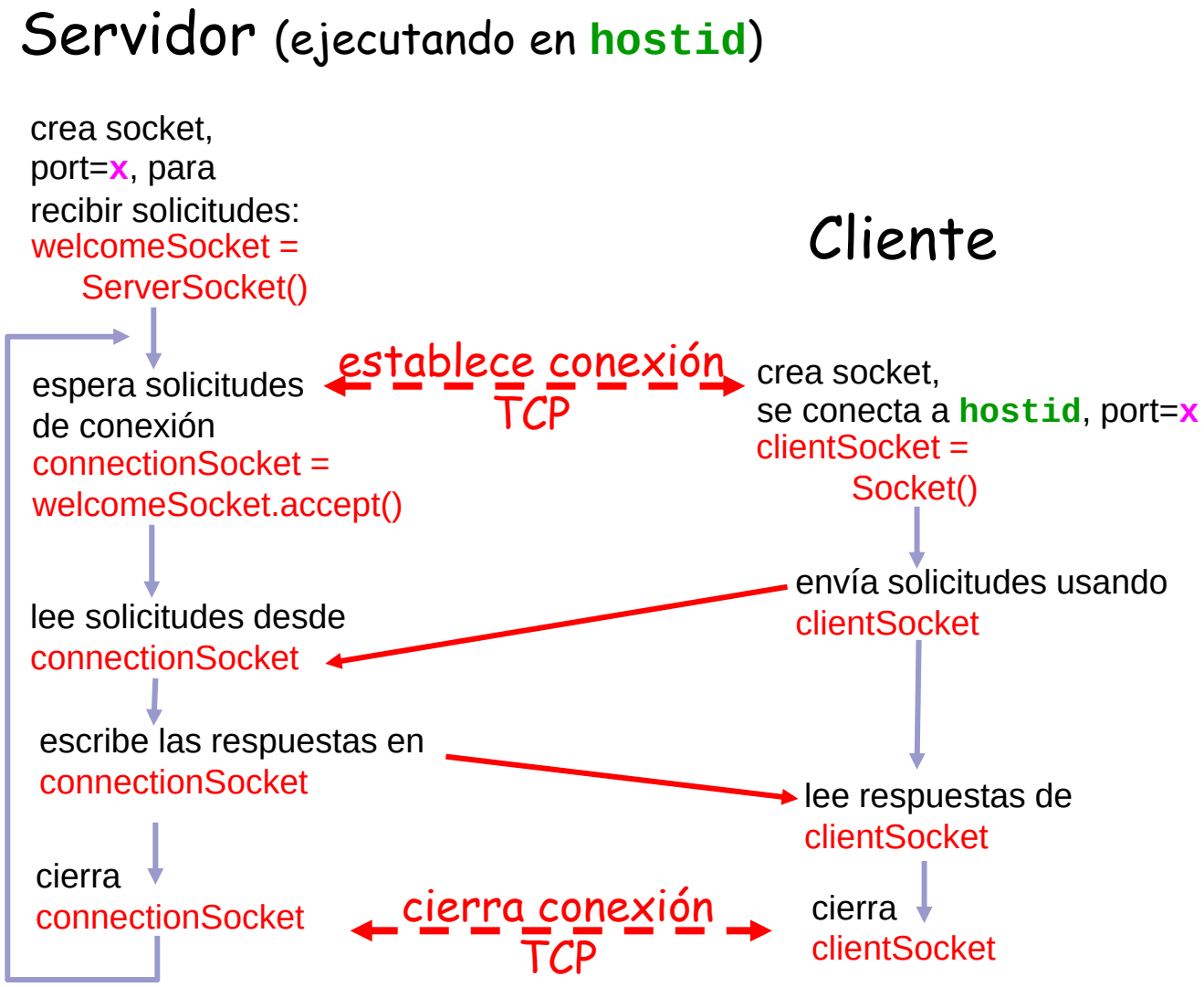
2 Sockets TCP

- Para la aplicación, TCP permite transferir bytes de manera confiable, en orden (“un tubo”), entre el cliente y el servidor.
- Una conexión TCP unirá un cliente y un servidor
- El servidor
  - Crea un **socket servidor**
  - Queda a la escucha sobre ese socket servidor, esperando conexiones de clientes
  - Cuando recibe la conexión de un cliente, crea un nuevo **socket de conexión** que permitirá la comunicación con ese cliente.
    - Esto permitirá al servidor establecer varios sockets secundarios simultáneamente para comunicarse con varios clientes
- El cliente
  - Crea un **socket cliente**, especificando la dirección IP y puerto del servidor al que se quiere conectar
  - Al crear el socket, el cliente establece automáticamente la conexión TCP con el servidor

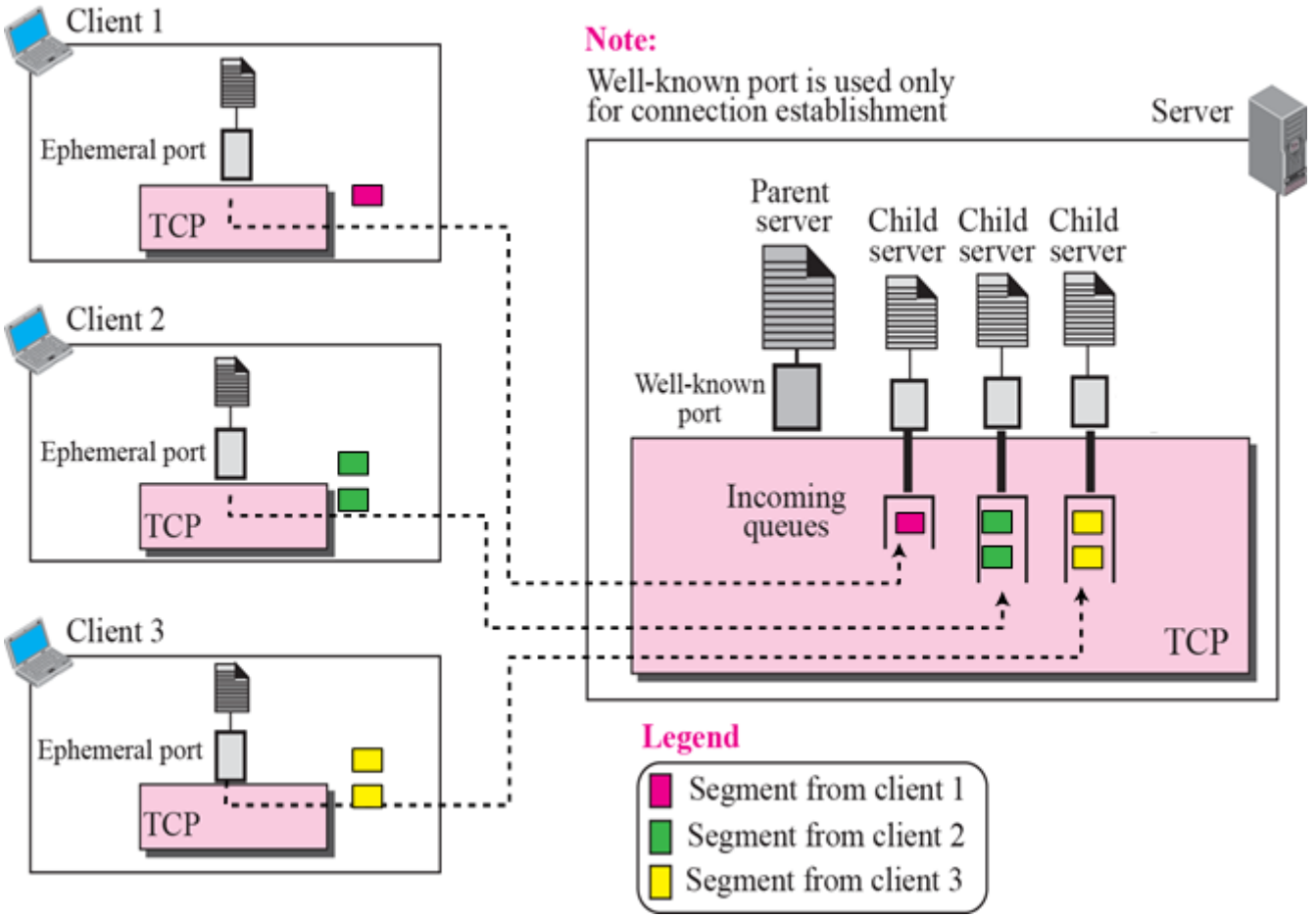
Sockets TCP

- Clases Java relacionadas con sockets TCP:
  - java.net.Socket: socket general y socket cliente
  - java.net.ServerSocket: socket servidor

Sockets TCP

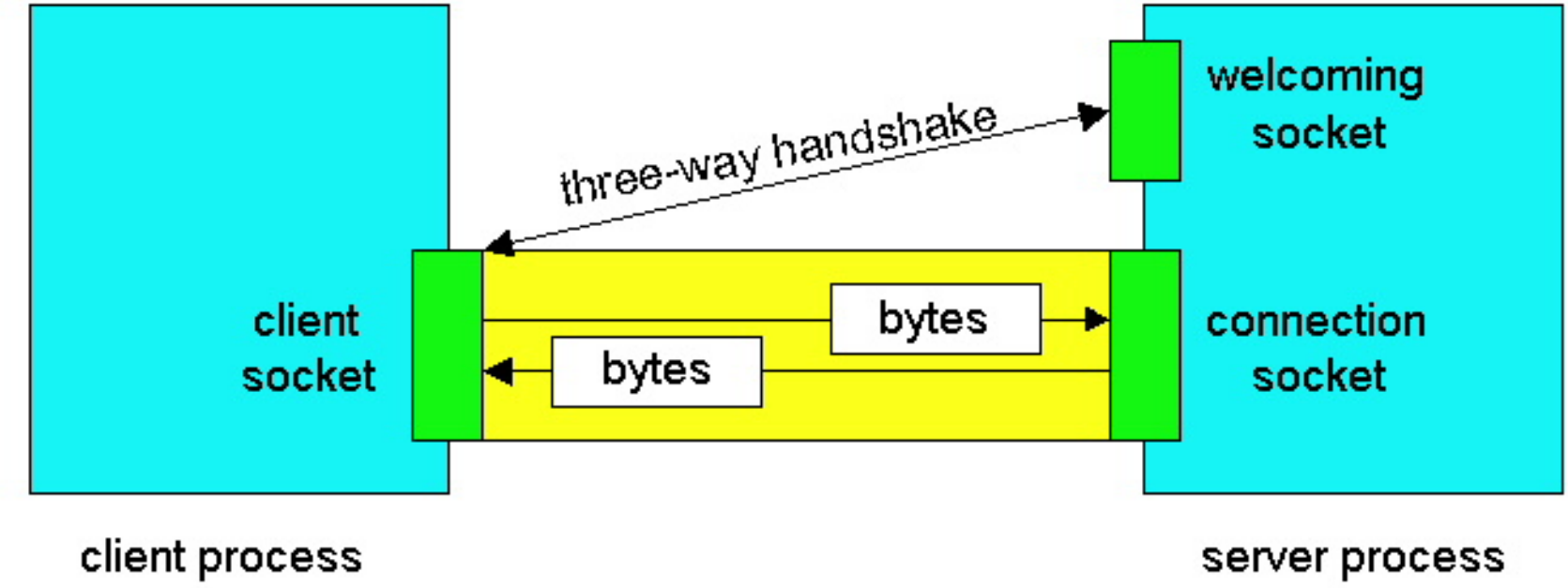

Servidor (ejecutando en hostid)
crea socket, port=x, para recibir solicitudes: welcomeSocket = ServerSocket()
espera solicitudes de conexión connectionSocket = welcomeSocket.accept()
lee solicitudes desde connectionSocket
escribe las respuestas en connectionSocket
cierra connectionSocket
establece conexión TCP
Cliente
crea socket, se conecta a hostid, port=x clientSocket = Socket()
envía solicitudes usando clientSocket
lee respuestas de clientSocket
cierra clientSocket
cierra conexión TCP

Sockets TCP


Client 1
Ephemeral port
TCP
Client 2
Ephemeral port
TCP
Client 3
Ephemeral port
TCP
Note:
Well-known port is used only for connection establishment
Server
Parent server
Child server
Child server
Child server
Well-known port
Incoming queues
TCP
Legend
Segment from client 1
Segment from client 2
Segment from client 3

Sockets TCP

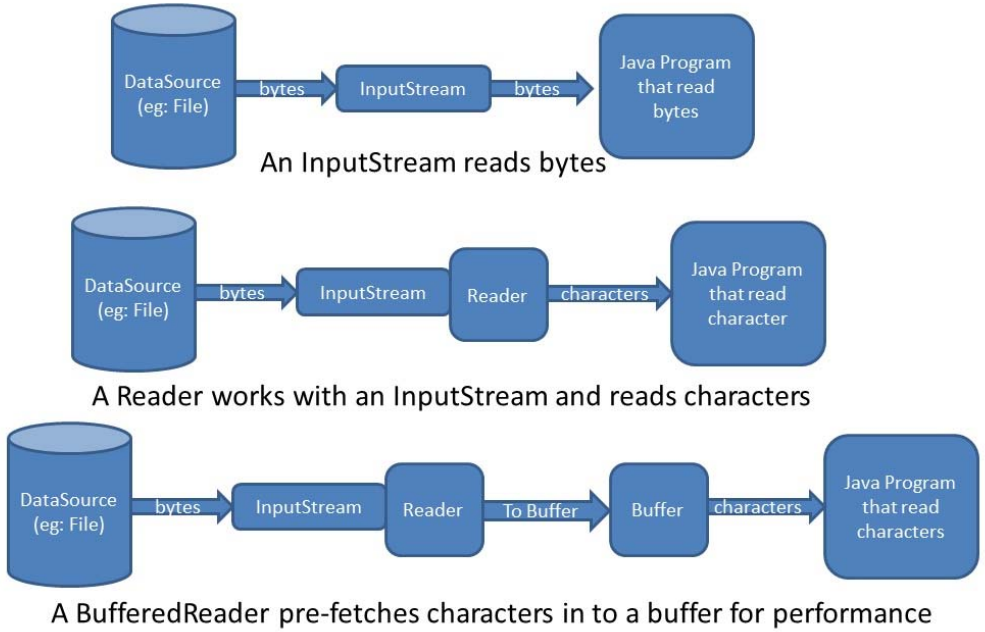
- 2 tipos de sockets en el lado de servidor
  - Socket servidor
  - Socket de conexión generado a partir del socket servidor



Streams

- Un stream es un flujo de bytes bidireccional.
- Se puede decidir separar el stream en sus dos sentidos:
  - Input stream: interfaz para introducir bytes en el stream.
    - `.getInputStream()`
  - Output stream: interfaz para leer bytes del stream.
    - `.getOutputStream()`
- El socket TCP provee un stream de bytes con los datos intercambiados con la red, pero un stream puede asociarse también a un fichero, entrada por teclado, etc. (cualquier fuente/destino de bytes)
- Sin embargo UDP no da un interfaz a nivel de byte sino a nivel de paquete sin fiabilidad, por lo que no es posible asociarlo a un stream.
- En java los streams se implementan en el paquete:
  - import java.io.*;

Stream de entrada



- Manejándolo como bytes
  - DataInputStream() es una clase que permite leer cualquier tipo de formato de datos (int, char, etc.) sobre un stream de bytes
    - Método .readBytes() nos permitirá leer una secuencia de bytes

Stream de entrada

- Manejándolo como texto
  - InputStreamReader() es una clase que convierte un stream de bytes en un stream de caracteres imprimibles (texto)
    - Por defecto supondrá caracteres ASCII (1byte-1carácter)
    - Se le puede especificar el charset: ASCII, UTF-8, etc.
      - InputStreamReader(stream-entrada, charset)
    - Permite lectura carácter a carácter con el método .read()
  - BufferedReader() es una clase que implementa un buffer de forma que permite leer bytes a bloques de un stream (mejora eficiencia). Lo asociaremos al anterior para leer secuencias de caracteres.
    - Nos va a permitir leer a líneas de texto del stream finalizadas por un salto de línea, .readLine()
    - new BufferedReader(new InputStreamReader(stream-entrada));

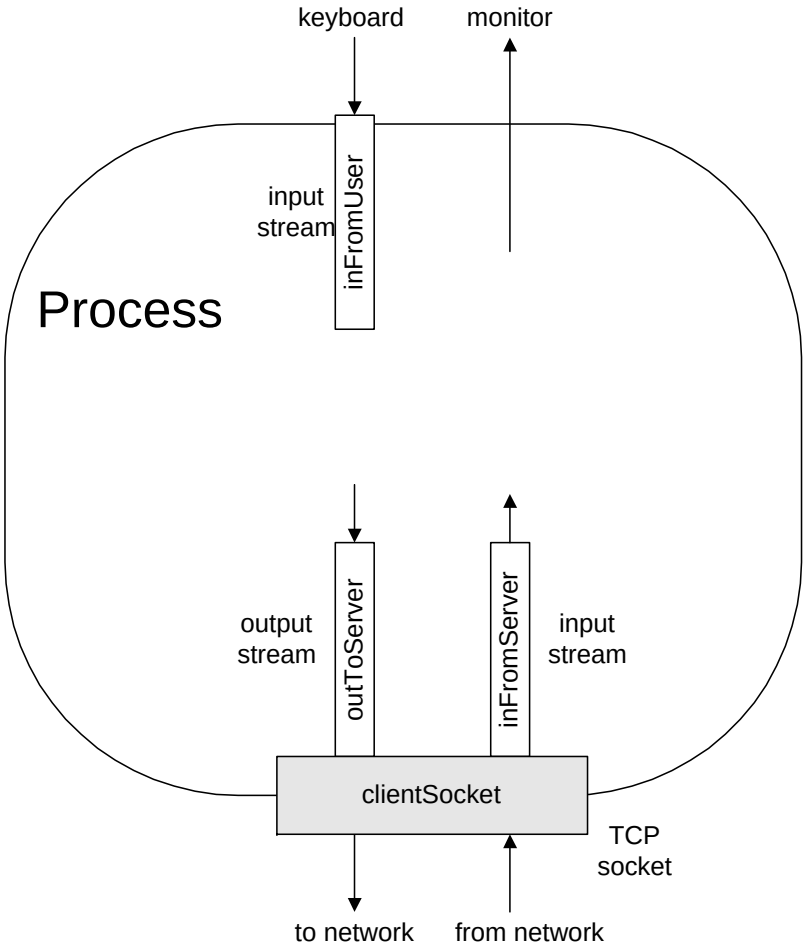
Stream de salida

- Manejándolo como bytes
  - DataOutputStream()
    - Método .writeBytes()

- Manejándolo como texto
  - OutputStreamWriter()
    - Método .write() de un carácter
  - BufferedWriter()
    - Método .write() de múltiples bytes
    - Métedo .newLine() para introducir el salto de línea

Ejemplo de aplicación cliente-servidor TCP

1. El cliente lee una línea desde el dispositivo de entrada estándar (stream inFromUser) y lo envía al servidor a través de un socket (stream outToServer)
2. El servidor lee la línea desde un socket
3. El servidor convierte la línea a mayúsculas, y la devuelve al cliente
4. El cliente lee la línea modificada que lee desde el socket (stream inFromServer) y la imprime en pantalla



2.1 Cliente TCP

```
import java.io.*;
import java.net.*;
class TCPClient {
     public static void main(String argv[]) throws Exception
     {
          String sentence;
          String modifiedSentence;

          //Crea input stream (de texto) asociado al teclado
          BufferedReader inFromUser = new BufferedReader(new
    InputStreamReader(System.in));
          //Crea el socket cliente y conecta al servidor
          Socket clientSocket = new Socket("server.com", 6789);
          //Crea output stream (de bytes) asociado al socket
          DataOutputStream outToServer = new
    DataOutputStream(clientSocket.getOutputStream());
          //Crea input stream (de texto) asociado al socket
          BufferedReader inFromServer = new BufferedReader(new
    InputStreamReader(clientSocket.getInputStream()));
          //Lee una línea de teclado
          sentence = inFromUser.readLine();
          //Envía la línea al servidor
          outToServer.writeBytes(sentence + '\n');
          //Lee la línea devuelta por el servidor
          modifiedSentence = inFromServer.readLine();
          System.out.println("FROM SERVER: " + modifiedSentence);
          //Cierre del socket
          clientSocket.close();
     }
}
```

2.2 Servidor TCP

```
import java.io.*;
import java.net.*;
class TCPServer {
     public static void main(String argv[]) throws Exception
     {
          String clientSentence;
          String capitalizedSentence;

          //Crea el socket servidor en cierto puerto y se queda a la escucha
          ServerSocket welcomeSocket = new ServerSocket(6789);
          //Bucle infinito esperando conexiones de clientes
          while(true) {
               //Espera conexión de un cliente, y cuando la hay genera un socket secundario asociado al cliente
               Socket connectionSocket = welcomeSocket.accept();
               //Crea un input stream (de texto) asociado al socket secundario
               BufferedReader inFromClient = new BufferedReader(new
    InputStreamReader(connectionSocket.getInputStream()));
               //Crea un output stream asociado (de bytes) al socket secundario
               DataOutputStream  outToClient = new
    DataOutputStream(connectionSocket.getOutputStream());
               //Lee la línea que mada el cliente
               clientSentence = inFromClient.readLine();
               //Convierte la línea a mayúsculas
               capitalizedSentence = clientSentence.toUpperCase() + '\n';
               //Escribe la línea hacia el cliente
               outToClient.writeBytes(capitalizedSentence);
          }
     }
}
```

2.3 Detalles de sockets TCP

- Creación y conexión del socket (java.net.Socket).
  - Al llamar al constructor se crea el socket y si se indica la dirección y puerto del servidor ya se conecta con la máquina y puerto indicados.
  - Constructores:
    - Socket()
    - Socket(InetAddress dir, int puerto)
    - Socket(InetAddress dir, int puerto, InetAddress dirLocal, int puertoLocal)
    - Socket(String nombre, int puerto)
    - Socket(String nombre, int puerto, InetAddress dirLocal, int puertoLocal)
  - Métodos
    - void bind(SocketAddress bindpoint)
    - void connect(SocketAddress endpoint)
    - void connect(SocketAddress endpoint, int timeout)

Detalles de sockets TCP

- Creación del socket servidor (java.net.ServerSocket)
  - Al llamar al constructor se crea el socket servidor y si se indica el puerto ya se asocia a ese puerto.
  - Constructores:
    - ServerSocket()
    - ServerSocket(int puerto)
    - ServerSocket(int puerto, int backlog)
      - backlog: Número de máximo de conexiones pendientes que aceptará el socket.
    - ServerSocket(int puerto, int backlog, InetAddress dirIP)
      - dirIp: Dirección por la que va a aceptar conexiones (en caso de que la máquina del servidor tenga más de una dirección IP).
  - Métodos:
    - void bind(SocketAddress endpoint)
    - void bind(SocketAddress endpoint, int backlog)
    - Socket accept()
      - Devuelve un Socket conectado al cliente que realizó la conexión.

Resumen

- API de sockets BSD: librería para el desarrollo de aplicaciones de red
  - Socket: interfaz entre la aplicación y el sistema operativo para intercambiar información por la red
- Clases básicas para el desarrollo de aplicaciones TCP
  - java.net.Socket: socket general y socket cliente
    - Socket(InetAddress dir, int puerto)
      - Crea un socket cliente, y lo conecta con cierta dirección IP y puerto destino (realia el proceso de conexión TCP)
  - java.net.ServerSocket: socket servidor
    - ServerSocket(int puerto)
      - Crea un socket servidor escuchando en determinado puerto

Referencias

- [Forouzan]
  - Capítulo 2, “Application Layer”, sección 2.7
- Manual en línea Java 1.6, http://docs.oracle.com/javase/6/docs/api/overview-summary.html
- “All About Sockets” (Tutorial Oracle Java), http://docs.oracle.com/javase/tutorial/networking/sockets/index.html
- “I/O Streams” (Tutorial Oracle Java), http://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/io/streams.html
- “Socket Programming in Java: a tutorial,” http://www.javaworld.com/javaworld/jw-12-1996/jw-12-sockets.html