PCD2018 - 19

PRIMITIVE DI NETWORKING

Le astrazioni di base che abbiamo a disposizione per la comunicazione fra più JVM corrispondono direttamente alle caratteristiche del protocollo TCP/IP:

- Sockets
- Datagrams

SOCKETS

Un `Socket` è una astrazione per la comunicazione bidirezionale punto-punto fra due sistemi.

```
package java.net;
/**
 * This class implements client sockets (also
 * called just "sockets"). A socket is an
 * endpoint for communication between two machines.
 **/
public class Socket implements Closeable;
```

```java
/**
 * Creates a socket and connects it to the specified
 * remote address on the specified remote port.
 * The Socket will also bind() to the local address
 * and port supplied.
 *
 * @param address the remote address
 * @param port the remote port
 * @param localAddr the local address or null for anyLocal
 * @param localPort the local port, o zero for arbitrary
 **/
public Socket(InetAddress address, int port,
  InetAddress localAddr, int localPort)
  throws IOException
```

Speaker notes

possono essere lanciate eccezioni di sicurezza a causa del numero della porta o dell'indirizzo specificato.

Un *client* `Socket` è un socket per iniziare il collegamento verso un'altra macchina.

Un *server* `Socket` è un socket per attendere che un'altra macchina ci chiami.

```
package java.net;
/**
 * A server socket waits for requests to come
 * in over the network.
 **/
public class ServerSocket implements Closeable;
```

```java
/**
 * Create a server with the specified port, listen backlog,
 * and local IP address to bind to.
 *
 * @param port the local port, o zero for arbitrary
 * @param backlog maximum length of the queue of incoming
 *   connections
 * @param bindAddr the local InetAddress the server
 *   will bind to
 **/
public ServerSocket(int port, int backlog,
  InetAddress bindAddr)
  throws IOException
```

Speaker notes

notate che è necessario specificare l'indirizzo cui il socket è collegato; un server può avere più indirizzi IP locali, e si può specificare che sono accettati collegamenti solo per alcuni di essi.

Un `Socket` rappresenta un collegamento attivo.

Lato client, lo diventa appena il collegamento (l'handshake TCP/IP) è completato.

Lato server, viene ritornato quando un collegamento viene ricevuto e completato.

```
/**
 * Listens for a connection to be made to this socket and
 * accepts it. The method blocks until a connection is made.
 *
 **/
public Socket accept() throws IOException
```

Speaker notes

questa chiamata blocca finché non viene ricevuta una connessione. Attenzione: il flusso del programma è ora in mano ad un evento esterno.

Un `Socket` (sia *client* che *server* collegato) ci fornisce un `InputStream` ed un `OutputStream` per ricevere e trasmettere dati nel collegamento.

```
/**
 * Returns an input stream for this socket.
 *
 **/
public InputStream getInputStream()
  throws IOException
```

```
/**
 * Returns an output stream for this socket.
 *
 **/
public OutputStream getOutputStream()
  throws IOException
```

Questi stream sono sottoposti a diverse regole:

- sono thread-safe, ma un solo thread può scrivere o leggere per volta, pena eccezioni
- i buffer sono limitati, ed in alcuni casi i dati in eccesso possono essere silenziosamente scartati

- lettura e scrittura possono bloccare il thread
- alcune connessioni possono avere caratteristiche particolari (per es. urgent data)

Una volta terminato l'uso, il `Socket` va chiuso esplicitamente.

```
/**
 * Closes this socket. Any thread currently blocked in
 * accept() will throw a SocketException.
 **/
public void close() throws IOException
```

Avendo come astrazione della comunicazione gli Stream, la comunicazione via socket ha il difetto di richiedere la definizione esplicita di un confine fra richieste e risposte.

Dallo Stream non possiamo sapere se la richiesta è terminata, e non possiamo segnalare di aver inviato tutta la risposta.

Speaker notes

non è semplice distinguere fra una interruzione della connessione e la sua chiusura regolare, quindi non si può usare come segnale.

pcd2018.sockets.HelloServer

```
try (
  ServerSocket serverSocket = new ServerSocket(portNumber);
  Socket socket = serverSocket.accept();
  PrintWriter out = new PrintWriter(
    socket.getOutputStream(), true);
  BufferedReader in = new BufferedReader(
    new InputStreamReader(socket.getInputStream()));
)
```

Speaker notes

Dichiariamo le risorse di cui abbiamo bisogno usando la sintassi `try-with-resources`. Tutte queste risorse implementano `AutoCloseable` e verranno automaticamente chiuse all'uscita dal blocco try.

```
{
  String inputLine;
  System.out.println("Received data.");
  while ((inputLine = in.readLine()) != null) {
    System.out.println("Received: " + inputLine);
    out.println("Hello " + inputLine);
  }
  System.out.println("Server closing.");
}
```

Speaker notes

Notate che entriamo nel blocco solo dopo aver ricevuto dati dal socket: la chiamata `Socket.accept()` nella dichiarazione delle risorse è bloccante, e quando arriviamo qui in realtà è sufficiente leggere dallo stream quanto ricevuto. Uscendo dal blocco, tutte le risorse, socket compreso, vengono rilasciate.

Il protocollo fra client è server è "linea di testo terminata da `\n`".

Appena il server riceve il carattere di a capo (e non prima), `BufferedReader::readline` ritorna ed il server risponde.

pcd2018.sockets.HelloClient

```
try (
  Socket socket = new Socket("127.0.0.1", portNumber);
  PrintWriter out = new PrintWriter(
    socket.getOutputStream(), true);
  BufferedReader in = new BufferedReader(
    new InputStreamReader(socket.getInputStream()));
) {
  System.out.println("Connected, sending " + args[0]);
  out.println(args[0]);
  System.out.println("Got back: " + in.readLine());
}
```

Speaker notes

Anche qui costruiamo le risorse per poi usarle. La chiamata bloccante è il `socket.getOutputStream()` che richiede di collegare il client socket all'indirizzo indicato. Dopodiché, all'interno del blocco implementiamo il protocollo: invio di una riga terminata da `\n`, e ricezione di una riga allo stesso modo.

DATAGRAMS

Un `Datagram` è un'astrazione per l'invio di un pacchetto di informazioni singolo verso una destinazione o verso più destinazioni.

Il concetto di connessione è diverso rispetto al socket, e non c'è garanzia di ricezione o ordinamento in arrivo.

```
package java.net;
/**
 * Datagram packets are used to implement a connectionless
 * packet delivery service.
 **/
public final class DatagramPacket
```

```
/**
 * Constructs a DatagramPacket for receiving packets.
 *
 * @param buf buffer for holding the incoming datagram
 * @param length the number of bytes to read.
 **/
public DatagramPacket(byte[] buf, int length)
```

Speaker notes

The length argument must be less than or equal to buf.length.

```
/**
 * Constructs a DatagramPacket for receiving packets.
 *
 * @param buf the packet data
 * @param length the packet length
 * @param address the destination address
 * @param the destination port number
 **/
public DatagramPacket(byte[] buf, int length,
  InetAddress address, int port)
```

Speaker notes

The length argument must be less than or equal to buf.length.

Un `DatagramPacket` è pur sempre un pacchetto UDP, quindi soggiace alle stesse limitazioni:

In particolare, la dimensione massima è di 64Kb.

Protocollo	MTU (bytes)
IPv4 (link)	68
IPv4 (host)	576
IPv4 (Ethernet)	1500
IPv6	1280
802.11	2304

Speaker notes

MTU: Maximum transmission unit, la dimensione massima che si può inviare in un solo pacchetto senza frammentazione. In caso di frammentazione, il pacchetto è considerato ricevuto solo se tutti i frammenti sono ricevuti. 1500 è la cifra tipica per Ethernet su rame. Il requisito di 68 bytes viene dalla RFC 791.

Per inviare o ricevere abbiamo una sola classe, senza distinzione di operatività.

```
package java.net;
/**
 * Constructs a datagram socket and binds it to the
 * specified port on the local host machine.
 *
 * @param port the port to use
 **/
public DatagramSocket(int port) throws SocketException
```

Possiamo "connettere" una `DatagramSocket` già creata ad un indirizzo, ma il significato è diverso.

```
/**
 * Connects the socket to a remote address for this
 * socket. When a socket is connected to a remote address,
 * packets may only be sent to or received from that
 * address. By default a datagram socket is not connected.
 *
 * @param address the remote address for the socket
 * @param port the remote port for the socket.
 **/
public void connect(InetAddress address, int port)
```

Speaker notes

non è un controllo di sicurezza: semplicemente l'invio ad un indirizzo diverso è un errore, ed un pacchetto ricevuto da un indirizzo diverso viene scartato.

```
/**
 * Sends a datagram packet from this socket. The
 * DatagramPacket includes information indicating the data
 * to be sent, its length, the IP address of the remote host,
 * and the port number on the remote host.
 *
 * @param p the DatagramPacket to be sent
 **/
public void send(DatagramPacket p) throws IOException
```

```
/**
 * Receives a datagram packet from this socket. When this
 * method returns, the DatagramPacket's buffer is filled
 * with the data received. The datagram packet also
 * contains the sender's IP address, and the port number
 * on the sender's machine.
 *
 * @param p the DatagramPacket to be sent
 **/
public void receive(DatagramPacket p) throws IOException
```

Speaker notes

blocca fino alla ricezione del messaggio. Se il messaggio è più lungo del buffer, viene troncato.

```
/**
 * Closes this datagram socket.
 *
 * Any thread currently blocked in receive() upon this
 * socket will throw a SocketException.
 *
 * @param p the DatagramPacket to be sent
 **/
public void close()
```

Speaker notes

come tutte le risorse di questo tipo, va chiusa in quanto occupa risorse di sistema operativo.

Con i Datagram la logica del protocollo è differente.
Abbiamo a disposizione:

- la dimensione del messaggio nota (e quindi l'informazione di ricezione completa)
- la possibilità di inviare messaggi a più indirizzi contemporaneamente (multicast)

Ma rispetto ai Socket, perdiamo:

- l'affidabilità: non c'è né garanzia né segnale di consegna
- la reciprocità: c'è una sola direzione; la risposta richiede mettersi in ascolto
- la dimensione: messaggi grossi subiscono una forte penalità di affidabilità

pcd2018.sockets.EchoServer

```
public void run() {
  byte[] buf = new byte[256];
  DatagramPacket packet = new DatagramPacket(buf, buf.length);
  System.out.println("Server setup. Receiving...");
  try {
    socket.receive(packet);
    String received = new String(
      packet.getData(), 0, packet.getLength());
    System.out.println("Received: " + received);
  } catch (IOException e) { e.printStackTrace();
  } finally { socket.close(); }
}
```

Speaker notes

Implementando la ricezione come un `Runnable`, possiamo ripeterne l'esecuzione.

pcd2018.sockets.EchoClient

```
DatagramSocket socket = new DatagramSocket();
byte[] buf = args[0].getBytes();
InetAddress address = InetAddress.getByName("localhost");
DatagramPacket packet = new DatagramPacket(
  buf, buf.length, address, PORT);
socket.send(packet);
socket.close();
```

Speaker notes

Il client è molto più semplice, anche perché non deve attendere una risposta.

URL

Già dalla prima versione Java include nativamente una classe per interagire con risorse web.

Speaker notes

molto del suo design riflette il tempo in cui è stata pensata, e non è più pratico ad oggi.

```
package java.net;
/**
 * Class URL represents a Uniform Resource Locator, a
 * pointer to a "resource" on the World Wide Web.
 **/
public final class URL
```

Una URL ha un formato complesso ed in grado di esprimere molte cose (protocolli, porte richieste, indirizzi remoti, file, jar, ecc.)

```
/**
 * Creates a URL object from the String representation.
 **/
public URL(String spec) throws MalformedURLException
```

Possiamo ottenere da una URL direttamente lo stream ottenuto dalla richiesta GET

```
/**
 * Opens a connection to this URL and returns an
 * InputStream for reading from that connection.
 **/
public InputStream openStream() throws IOException
```

pcd2018.sockets.UrlGet

```
BufferedReader reader = new BufferedReader(
  new InputStreamReader(
  new URL("https://httpbin.org/get").openStream()));
String line;
while ((line = reader.readLine()) != null) {
  System.out.println(line);
}
```

Se vogliamo invece effettuare una richiesta POST dobbiamo esplicitamente richiederlo ottenendo la `connection` dalla URL e segnalando che desideriamo usarla a scopi di output.

```
/**
 * Returns a URLConnection instance that represents a
 * connection to the remote object referred to by the URL.
 **/
public URLConnection openConnection() throws IOException
```

```
package java.net;
/**
 * The abstract class URLConnection is the superclass of
 * all classes that represent a communications link
 * between the application and a URL.
 **/
public abstract class URLConnection;
```

```
/**
 * Sets the value of the doOutput field for this
 * URLConnection to the specified value.
 **/
public void setDoOutput(boolean dooutput)
```

```
/**
 * Returns an output stream that writes to this connection.
 **/
public OutputStream getOutputStream() throws IOException
```

Speaker notes

la chiusura di questo stream segnala che abbiamo completato la costruzione della richiesta. Non significa necessariamente che siano stati inviati i byte scritti finora, o che comincino ad essere inviati solo ora.

pcd2018.sockets.UrlPost

```
URL url = new URL(https://httpbin.org/post);
URLConnection connection = url.openConnection();
connection.setDoOutput(true);

PrintWriter writer = new PrintWriter(
  connection.getOutputStream());
writer.println("test=val");
writer.close();
```

```
BufferedReader reader = new BufferedReader(
  new InputStreamReader(connection.getInputStream()));
String line;
while ((line = reader.readLine()) != null) {
  System.out.println(line);
}
```

ESEMPIO COMPLETO

Tema: realizzare un server che gestisce il gioco di TicTacToe fra due giocatori.

Realizzare quindi un client che gioca scegliendo una casella libera a caso.

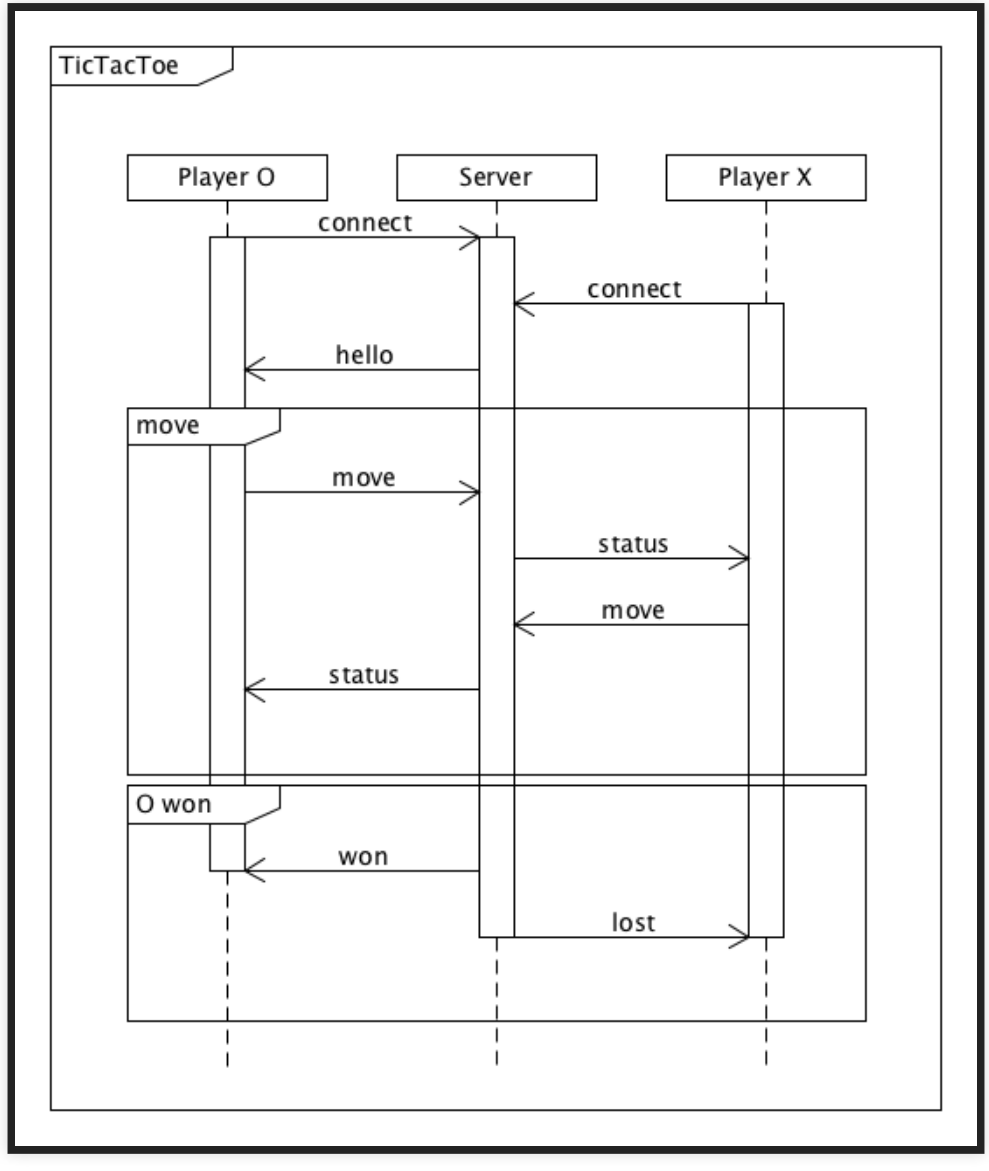
Il server deve:

- rispondere alla prima connessione salutando il primo giocatore
- rispondere alla seconda connessione salutando il secondo giocatore

- richiedere la mossa da ciascun giocatore al suo turno mostrandogli lo stato del gioco
- individuare la conclusione della partita e chiudere le connessioni

Il client deve:

- collegarsi al server
- interpretare la risposta con lo stato della partita
- effettuare una mossa a caso fra quelle legali


TicTacToe
Player O
Server
Player X
connect
connect
hello
move
move
status
move
status
O won
won
lost

pcd2018.sockets.ToeClient

```
try (
  Socket socket = new Socket("127.0.0.1",
    ToeServer.PORT_GAME);
  PrintWriter out = new PrintWriter(
    socket.getOutputStream(), true);
  BufferedReader in = new BufferedReader(
    new InputStreamReader(socket.getInputStream()));) {
  System.out.println("Connected.");
  String line;
  boolean done = false;
  while (!done && (line = in.readLine()) != null) {
```

Speaker notes

dopo il setup delle risorse, iniziamo un loop che verrà ripetuto fino a conclusione della partita.

```
if (line.startsWith("PLAYER")) {
  // gestiamo una mossa
  line = in.readLine(); // prima riga
  line = in.readLine(); // seconda riga
  line = in.readLine(); // terza riga
  line = in.readLine(); // mosse disponibili
  String[] split = line.split("\\s");
  String move = split[rnd.nextInt(split.length)];
  out.println(move);
  out.flush();
```

Speaker notes

Il protocollo con il server prevede che al giocatore che deve muovere siano presentate uno schema del piano di gioco in tre righe e un elenco di mosse disponibili separato da spazi. Il client usa quest'ultima informazione per scegliere a caso una fra le mosse disponibili.

```
  } else if (line.startsWith("Hello")) {
    // partita iniziata
    System.out.println(line);
  } else {
    // partita finita
    done = true;
    System.out.println(line);
  }
```

Speaker notes

gli altri casi del protocollo sono il saluto iniziale che comincia con `"Hello"`, e la conclusione della partita che comincia con un messaggio differente dai due precedenti.

pcd2018.sockets.ToeServer

```
class GameServer implements Runnable {

  int port;
  Socket[] sockets = new Socket[2];
  PrintWriter[] outs = new PrintWriter[2];
  BufferedReader[] ins = new BufferedReader[2];
  Game game = new Game();
```

Speaker notes

Dichiariamo le risorse necessarie: due socket e due coppie di stream.

```
try (ServerSocket serverSocket = new ServerSocket(port);) {
  // attendi che i giocatori si colleghino
  connectPlayers(serverSocket);
  // dai al primo giocatore la situazione iniziale
  GameResult status = game.status();
  outs[0].println(status);
  outs[0].flush();
```

Speaker notes

creiamo il collegamento iniziale, attendendo il primo giocatore.

```
// finché la partita non è conclusa...
while (!status.end) {
  // attendi la mossa dal giocatore
  String move = ins[status.next].readLine();
  // eseguila
  status = game.move(status.next, Integer.parseInt(move));
  if (!status.end) {
    // informa l'altro giocatore
    outs[status.next].println(status);
    outs[status.next].flush();
  }
}
```

Speaker notes

la classe Game guida la selezione del giocatore corrente, agendo sullo stream corrispondente. Si ripete finché la partita non è conclusa.

```
// comunica il risultato
System.out.println(status);
if (status.valid) {
  outs[status.next].println("You won.");
  outs[(status.next + 1) & 0x1].println("You lost.");
  System.out.println("Player " + (
    status.next == 0 ? "O" : "X") + " won.");
} else {
  outs[0].println("Tied.");
  outs[1].println("Tied.");
  System.out.println("The game is a tie.");
}
```

Speaker notes

alla conclusione, si comunica il risultato ad entrambi gli stream.

```
// chiudi le risorse
outs[0].close();
outs[1].close();
ins[0].close();
ins[1].close();
sockets[0].close();
sockets[1].close();
```

Speaker notes

e si chiudono tutte le risorse.