Reti e Laboratorio III
Modulo Laboratorio III
AA. 2023-2024

docente: Laura Ricci

laura.ricci@unipi.it

Lezione 10
UDP
DATAGRAMPACKET E DATAGRAMSOCKET
3011/2022

TCP ED UDP: CONFRONTO

- in certi casi TCP offre "più di quanto necessario"
  - non interessa garantire che tutti i messaggi vengano recapitati
  - si vuole evitare l'overhead dovuto alla ritrasmissione dei messaggi
  - non è necessario leggere i dati nell'ordine con cui sono stati spediti

- UDP supporta una comunicazione connectionless e fornisce un insieme molto limitato di servizi, rispetto a TCP
  - aggiunge un ulteriore livello di indirizzamento a quello offerto dal livello IP, quello delle porte.
  - offre un servizio di scarto dei pacchetti corrotti.

- uno slogan per UDP:

"Timely, rather than orderly and reliable delivery"

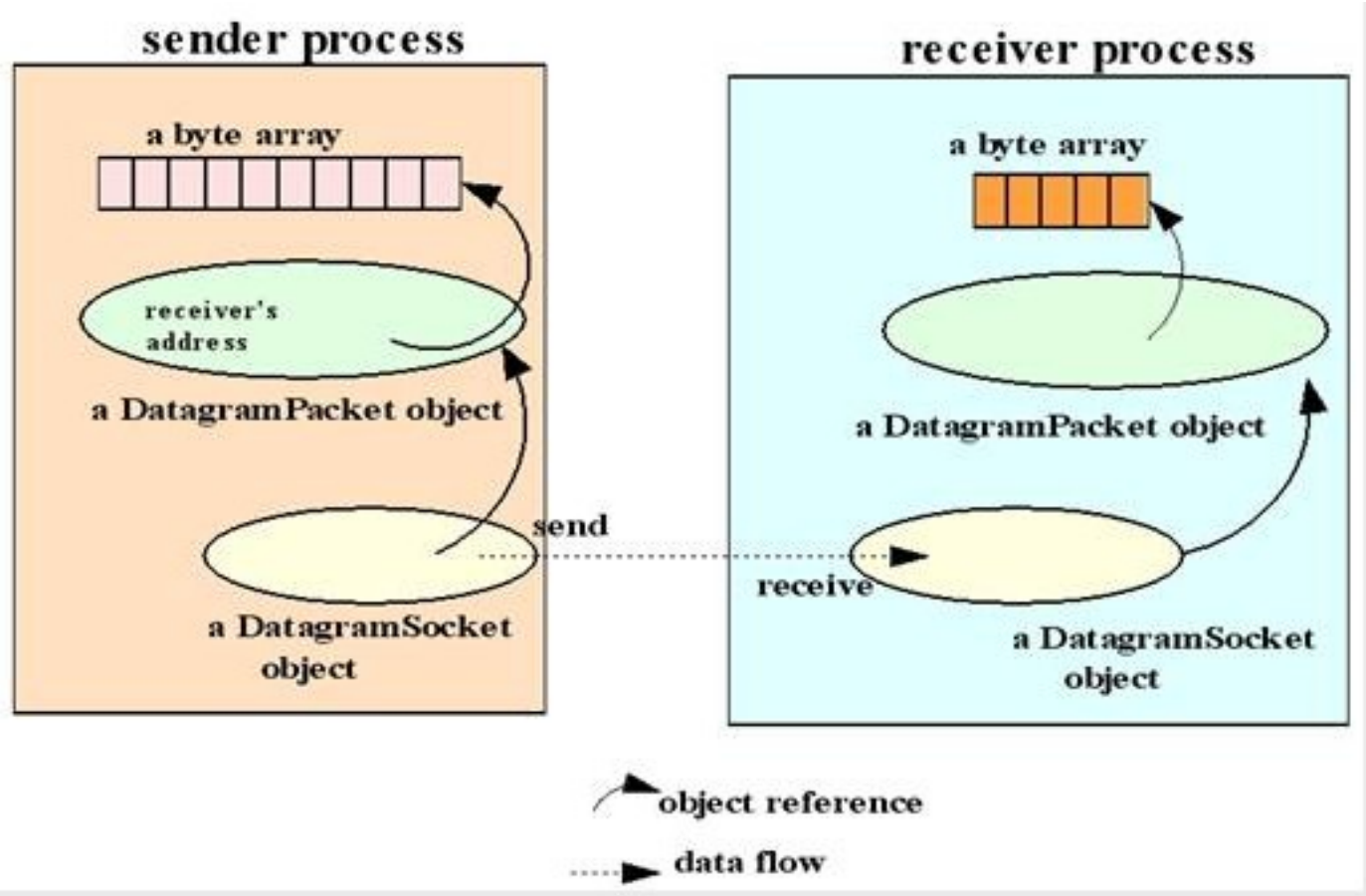
UDP: QUANDO USARLO?

- stream video/audio: meglio perdere un frame che introdurre overhead nella trasmissione di ogni frame
- tutti gli host di un ufficio inviano, ad intervalli di tempo brevi e regolari, un keep-alive ad un server centrale
  - la perdita di un keep alive non è importante
  - non è importante che il messaggio spedito alle `10:05` arrivi prima di quello spedito alle `10:07`
- compravendita di azioni, le variazioni di prezzo tracciate in uno "stock ticker"
  - la perdita di una variazione di prezzo può essere tollerata per titoli azionari di minore importanza
  - il prezzo deve essere controllato al momento della compra/vendita
- alcuni servizi su `UDP`: `DNS`, prime versioni di `NFS`, `TFTP` (retrivial file transfer protocol), alcuni protocolli peer-to-peer

CONNECTION ORIENTED VS. CONNECTIONLESS

- JAVA socket API: interfacce diverse per UDP e TCP
- TCP: Stream Sockets
  - "apertura di una connessione", collegare il client socket al server
- UDP: Datagram Sockets
  - non è richiesto un collegamento prima di inviare una lettera
  - piuttosto è necessario specificare l'indirizzo del destinatario per ogni lettera spedita
  - lettera = pacchetto
    - ogni pacchetto, chiamato DatagramPacket, è indipendente dagli altri e porta l'informazione per il suo instradamento

UDP IN JAVA


sender process
a byte array
receiver's address
a DatagramPacket object
a DatagramSocket object
send
receive
receiver process
a byte array
a DatagramPacket object
a DatagramSocket object
object reference
data flow

IL SERVIZIO DAYTIME IN UDP

- svilupperemo un daytime client
- il client si collega ad un server noto che offre sulla porta nota il servizio daytime: client in `JAVA`, server su porta nota
- specifica del servizio: `RFC 867`
- successivamente svilupperemo il `DayTimeServer`, un server scritto in `JAVA` per il servizio di `DayTime`

DAYTIME UDP CLIENT: "HOW TO DO"

1. aprire il socket: se si sceglie la porta 0 il sistema sceglie una porta libera "effimera"

```
DatagramSocket socket = new DatagramSocket(0);
```

2. impostare un timeout sul socket, opzionale, ma consigliato

```
setSoTimeout(15000)
```

3. costruire due pacchetti: uno per inviare la richiesta al server, uno per ricevere la risposta

```
InetAddress host = InetAddress.getByName(HOSTNAME);
DatagramPacket request = new DatagramPacket(new byte[1], 1, host , PORT);
byte [] data = new byte[1024];
DatagramPacket response = new DatagramPacket(data, data.length);
```

4. mandare la richiesta ed aspettare la risposta

```
socket.send(request);
socket.receive(response);
```

5. estrarre i byte dalla risposta e convertirli in `String`

```
String daytime = new String(response.getData(),0,response.getLength(),"Us-ASCII");
System.out.println(daytime);
```

DAYTIME CLIENT

```
import java.io.*;
import java.net.*;
public class DayTimeUDPClient {
  // RFC-867
  private final static int PORT = 13;
  private static final String HOSTNAME = "test.rebex.net";
  public static void main(String[] args) {
    try (DatagramSocket socket = new DatagramSocket(0)) {
      socket.setSoTimeout(15000);
      InetAddress host = InetAddress.getByName(HOSTNAME);
      DatagramPacket request  = new DatagramPacket(new byte[1], 1, host , PORT);
      DatagramPacket response = new DatagramPacket(new byte[1024], 1024);
      socket.send(request);
      socket.receive(response);
      String daytime = new String(response.getData(),0,response.getLength(),"Us-ASCII");
      System.out.println(daytime);
      }
     catch (IOException ex) {  ex.printStackTrace(); }}}
```

try with resources

```
$Java DayTimeUDPClient
Wed, 23 Nov 2022 22:37:43 GMT
```

DAYTIME UDP SERVER: "HOW TO DO"

1. aprire un DatagramSocket su una porta "nota" ("well known port")

```
DatagramSocket socket = new DatagramSocket(13))
```

- porta nota perchè i client devono inviare i packet a quella destinazione
- a differenza di TCP, stesso tipo di socket per il client e per il server

2. creare un pacchetto in cui ricevere la richiesta del client

```
DatagramPacket request = new DatagramPacket(new byte[1024], 1024);
socket.receive(request);
```

3. creare un pacchetto di risposta

```
String daytime = new Date().toString();
byte[] data = daytime.getBytes("US-ASCII");
InetAddress host = request.getAddress();
int port = request.getPort();
DatagramPacket response = new DatagramPacket(data, data.length, host, port)
```

4. inviare la risosta usando lo stesso socket da cui si è ricevuto il pacchetto

```
socket.send(response);
```

DAYTIME UDP SERVER

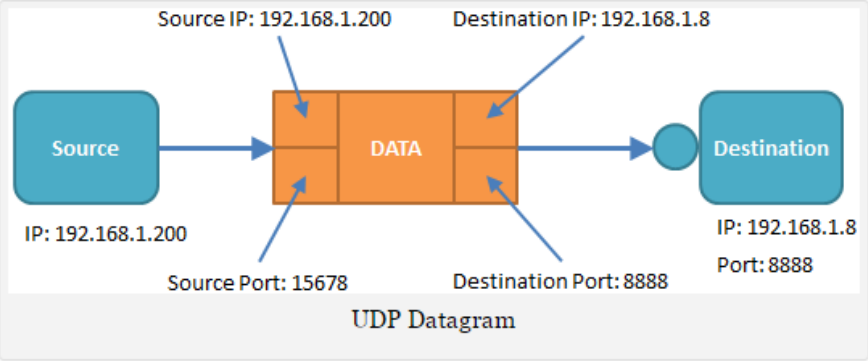
```
import java.net.*; import java.util.Date; import java.io.*;
public class DatTimeUDPServer {
  private final static int PORT = 13;
  public static void main(String[] args) {
    try (DatagramSocket socket = new DatagramSocket(PORT)) {
      while (true) {
        try {
          DatagramPacket request = new DatagramPacket(new byte[1024], 1024);
          socket.receive(request);
          System.out.println("ricevuto un pacchetto da"+request.getAddress()+"
                                                          "+request.getPort());
          String daytime = new Date().toString();
          byte[] data = daytime.getBytes("US-ASCII");
          DatagramPacket response = new DatagramPacket(data, data.length,
                                        request.getAddress(), request.getPort());
          socket.send(response);
        } catch (IOException | RuntimeException ex) {ex.printStackTrace();}
      } }
      catch (IOException ex) { ex.printStackTrace();}}}
```

IL DATAGRAM UDP

- dimensione massima teorica di un pacchetto: 65597 bytes
  - IP header= 20 bytes, UDP header=8 bytes
  - molte piattaforme limitano la dimensione massima a 8192 bytes
- in JAVA un datagram UDP è rappresentato come un'istanza della classe DatagramPacket

UDP Datagram Header Format

Bit #	0 – 7	8 – 15	16 – 23	24 – 31
0	Source Port		Destination Port	
32	Length		Header and Data Checksum	



UDP Datagram

- il mittente deve inizializzare
  - il campo DATA
  - destination IP e destination port
- source IP inserito automaticamente
- source port può essere effimera

DATAGRAMPACKET: 6 COSTRUTTORI

- 2 costruttori per ricevere i dati

```
public DatagramPacket(byte[ ] buffer, int length)
public DatagramPacket(byte[ ] buffer, int offset, int length)
```

- 4 costruttori per inviare dati

```
public DatagramPacket(byte[ ] buffer, int length,
       InetAddress remoteAddr, int remotePort)
public DatagramPacket(byte[ ] buffer, int offset, int length,
       InetAddress remoteAddr, int remotePort)
public DatagramPacket(byte[ ] buffer, int length,  SocketAddress destination)
public DatagramPacket(byte[ ] buffer, int offset, int length,
       SocketAddress  destination)
```

- in ogni caso un riferimento ad un vettore di byte buffer che contiene i dati da spedire oppure quelli ricevuti
- eventuali informazioni di addressing, se il `DatagramPacket` deve essere spedito

RICEVERE DATI: COSTRUZIONE DATAGRAM

```
public DatagramPacket (byte[ ] buffer, int length)
```

- definisce la struttura utilizzata per memorizzare il pacchetto ricevuto.
- il buffer viene passato vuoto alla receive che lo riempie con il payload del pacchetto ricevuto
- se settato l'offset, la copia avviene a partire dalla posizione indicata
- il parametro length
  - indica il numero massimo di bytes che possono essere copiati nel buffer
  - deve essere minore di `buffer.length`, altrimenti viene sollevata eccezione
- la copia del payload termina quando
  - l'intero pacchetto è stato copiato
  - oppure quando length bytes sono stati copiati, se il payload è più grande
  - `getLength` restituisce il numero di bytes effettivamente copiati

INVIARE DATI: COSTRUZIONE DEL DATAGRAM

```
public DatagramPacket(byte[] buffer,int length,InetAddress destination,int port)
```

- definisce il `DatagramPacket` da inviare
- length indica il numero di bytes che devono essere copiati dal byte buffer nel pacchetto, a partire dal byte 0 o da offset
  - solleva un'eccezione se `length` è maggiore di `buffer.length`
  - se il byte buffer contiene più di `length` bytes, questi non vengono copiati
- destination + port individuano il destinatario
- molti altri costruttori sono disponibili
- notare che, per essere memorizzato nel buffer, il messaggio deve essere trasformato in una sequenza di bytes. Per generare vettori di bytes:
  - il metodo `getBytes()`
  - la classe `java.io.ByteArrayOutputStream`

LA CLASSE DATAGRAM SOCKETS: COSTRUTTORI

- `DatagramSocket()` crea un socket e lo collega ad una qualsiasi porta libera disponibile sull'host locale

```
try {DatagramSocket client=new DatagramSocket();//send packets}
```

  - utilizzato generalmente lato client, per spedire datagrammi
  - `getLocalPort( )`per reperire la porta allocata
  - il server può inviare la risposta, prelevando l'indirizzo del mittente (IP+porta) dal pacchetto ricevuto
- `DatagramSocket(int p)` crea un socket e lo collega alla porta specificata, sull'host locale
  - il server crea un socket collegato ad una porta che rende nota ai clients.
  - la porta è allocata a quel servizio (porta non effimera)
  - solleva un'eccezione quando la porta è già utilizzata, oppure se non si hanno i diritti

LA CLASSE DATAGRAM SOCKETS: COSTRUTTORI

- `DatagramSocket`: crea un socket e lo collega ad una qualsiasi porta libera disponibile sull'host locale

```
try {
    DatagramSocket client = new DatagramSocket();
     //send packets }
```

- utilizzato generalmente lato client, per spedire datagrammi
- per reperire la porta allocata utilizzare il metodo `getLocalPort( )`
- esempio:
  - un client si connette ad un server mediante un socket collegato ad una porta anonima.
  - il server preleva l'indirizzo del mittente (IP+porta) dal pacchetto ricevuto e può così inviare una risposta.
  - quando il socket viene chiuso, la porta viene utilizzata per altre connessioni.

DECIDERE LA DIMENSIONE DEL DATAGRAMPACKET

- ad ogni socket sono associati due buffers: uno per la ricezione ed uno per la spedizione, gestiti dal sistema operativo, non dalla JVM

```
import java.net.*;

public class udpproofUDP {
public static void main (String args[])throws Exception
        {DatagramSocket dgs = new DatagramSocket( );
         int r = dgs.getReceiveBufferSize();
         int s = dgs.getSendBufferSize();
         System.out.println("receive buffer"+r);
         System.out.println("send buffer"+s); } }
```

- stampa prodotta : **receive buffer 8192 send buffer 8192**
- in generale la dimensione massima di un pacchetto è 64k bytes, ma in molte piattaforme è 8k
- pacchetti più grandi vengono in generale troncati
- safety: DatagramPacket minori di 512 bytes

I METODI SET

`void setData(byte[ ] buffer)`

- setta il payload di "this" packet, prendendo i dati dal buffer

`void setData(byte[ ] buffer, int offset, int length)`

- setta il payload di "this" packet, prendendo dati da una parte del buffer
- utile quando si deve mandare una grande quantità di dati

```
int offset = 0;
DatagramPacket dp = new DatagramPacket(bigarray, offset, 512);
int bytesSent = 0;
while (bytesSent < bigarray.length) {
     socket.send(dp);
     bytesSent += dp.getLength( );
     int bytesToSend = bigarray.length - bytesSent;
     int size = (bytesToSend > 512) ? 512 : bytesToSend;
     dp.setData(bigarray, bytesSent, size);
```

`void setPort(int iport)`

- setta la porta nel datagram

I METODI SET

`void setLength(int length)`

- setta la lunghezza del payload del Datagram

`void setAddress(InetAddress iaddr)`

- setta l'`InetAddress` della macchina a cui il payload è diretto
- utile quando si deve mandare lo stesso Datagram a più destinatari

```
DatagramSocket socket= new DatagramSocket();
 String s = "Really important message";
byte [] data = s.getBytes("UTF-8");
DatagramPacket dp = new DatagramPacket(data, data.length);
 dp.setPort(2000);
 String network = "128.238.5.";
 for (int host =1; host <255; host++)
    {InetAddress remote = InetAddress.getByName(network+host);
     dp.setAddress(remote);
     socket.send(dp);
     System.out.println("sent");}
```

I METODI SET

```
void setSocketAddress(SocketAddress addr)
```

- utile per inviare risposte

```
DatagramPacket input = new DatagramPacket(new byte[8192], 8192);
socket.receive(input);
DatagramPacket output = new DatagramPacket ("Hello
                                here".getBytes("UTF-8"),11);
SocketAddress address = input.getSocketAddress();
output.setSocketAddress(address);
socket.send(output);
```

I METODI GET

`InetAddress getAddress()`
- restituisce l'indirizzo IP della macchina a cui il `Datagram` è stato inviato oppure della macchina da cui è stato spedito

`int getPort( )`
- restituisce il numero di porta sull'host remoto a cui il `Datagram` è stato inviato, oppure della macchina da cui è stato spedito

`byte[] getData()`
- restituisce un byte array contenente i dati del buffer associato al `Datagram`
- ignora offset e lunghezza

`int [] getLength(), int [] getOffset()`
- restituiscono la lunghezza/offset del `Datagram` da inviare o da ricevere

`SocketAddress getSocketAddress()`
- restituisce (IP+numero di porta) del `Datagram` sull'host remoto cui il `Datagram` è stato inviato, o dell'host a cui è stato spedito

INVIARE E RICEVERE DATAGRAM

invio di pacchetti `sock.send (dp)`

- sock è il socket attraverso il quale voglio spedire il Datagram dp

ricezione di pacchetti `sock.receive(dp)`

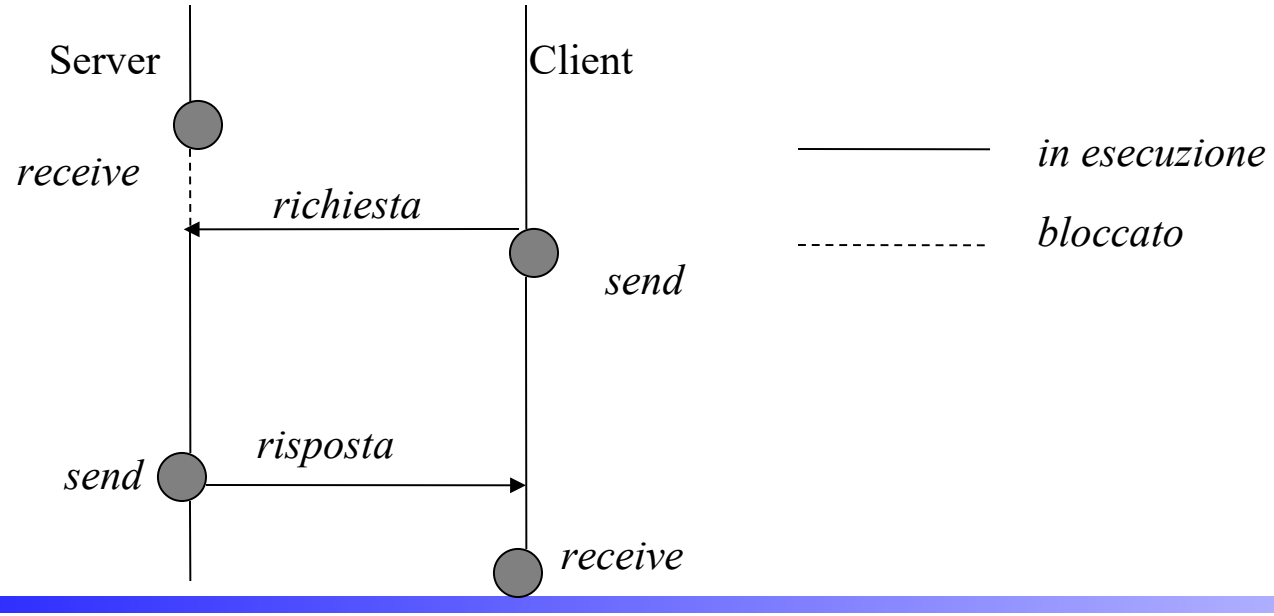
- sock è il socket attraverso il quale ricevo il Datagram dp
- riceve un `Datagram` dal socket
- riempe il buffer associato al socket con i dati ricevuti
- Il `Datagram` ricevuto contiene anche indirizzo IP e porta del mittente

COMUNICAZIONE UDP: CARATTERISTICHE

- send non bloccante nel senso che il processo che esegue la send prosegue la sua esecuzione, senza attendere che il destinatario abbia ricevuto il pacchetto

- receive bloccante il processo che esegue la receive si blocca fino al momento in cui viene ricevuto un pacchetto.

  per evitare attese indefinite è possibile associare al socket un timeout. Quando il timeout scade, viene sollevata una `InterruptedIOException`



GESTIONE BUFFER RICEZIONE

```
import java.net.*;
public class Sender
   { public static void main (String args[]) {
     try
     {DatagramSocket clientsocket = new DatagramSocket();
     byte[] buffer="1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz".getBytes("US-
                                                                ASCII");
      InetAddress address = InetAddress.getByName("Localhost");
      for (int i = buffer.length; i >0; i--) {
          DatagramPacket mypacket = new DatagramPacket(buffer,i,address,
                                                          40000);
          clientSocket.send(mypacket);
          Thread.sleep(200); }
          System.exit(0);}
     catch (Exception e) {e.printStackTrace();}}}
```

DATI INVIATI

Dati inviati dal mittente:

```
Length 36 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
Length 35 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxy
Length 34 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwx
Length 33 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvw
Length 32 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuv
Length 31 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstu

……..

Length 5 data 12345
Length 4 data 1234
Length 3 data 123
Length 2 data 12
Length 1 data 1
```

GESTIONE BUFFER RICEZIONE

```
import java.net.*;
public class Receiver
{public static void main(String args[]) throws Exception {
    DatagramSocket serverSock= new DatagramSocket(40000);
    byte[] buffer = new byte[100];
    DatagramPacket receivedPacket = new DatagramPacket(buffer,
                                                    buffer.length);
    while (true) {
        serverSock.receive(receivedPacket);
        String byteToString = new String(receivedPacket.getData(),"US-
                                                          ASCII");
        int l=byteToString.length();
        System.out.println(l);
        System.out.println("Length " + receivedPacket.getLength() +
                    " data " + byteToString);}}}
```

DATI RICEVUTI

```
100
Length 36 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
100
Length 35 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
100
Length 34 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
100
Length 33 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
…..
100
Length 2 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
100
Length 1 data 1234567890abcdefghijklmnopqrstuvwxyz
```

GESTIONE DATI RICEZIONE

- per ricevere correttamente i dati

  individuare i dati disponibili specificando offset e lunghezza

```
String byteToString =

   new String(receivedPacket.getData(),0,receivedPacket.getLength(),"US-ASCII")
```

- sempre specificare lunghezza ed offset dei dati ricevuti, anche se si utlizzano stream (vedi slide successive)

RECEIVE CON TIMEOUT

- `SO_TIMEOUT` proprietà associata al socket, indica l'intervallo di tempo, in millisecondi, di attesa di ogni receive eseguita su quel socket
- nel caso in cui l'intervallo di tempo scada prima che venga ricevuto un pacchetto dal socket, viene sollevata una eccezione di tipo `InterruptedException`
- metodi per la gestione di time out

```
public synchronized void setSoTimeout(int timeout) throws
                                                SocketException
```

esempio: se ds è un datagram socket,

```
ds.setSoTimeout(30000)
```

associa un timeout di 30 secondi al socket ds.

COSTRUZIONE/LETTURA DI VETTORI DI BYTES

- i dati inviati mediante UDP devono essere rappresentati come vettori di bytes
- alcuni metodi per la conversione stringhe/vettori di bytes
  - `Byte[] getBytes()`
    - applicato ad un oggetto String
    - restituisce una sequenza di bytes che codificano i caratteri della stringa usando la codifica di default dell'host e li memorizza nel vettore
  - `String (byte[] bytes, int offset, int length)`
    - costruisce un nuovo oggetto di tipo String prelavando length bytes dal vettore bytes, a partire dalla posizione offset
- altri meccanismi per generare pacchetti a partire da dati strutturati:
  - utilizzare i filtri per generare streams di bytes a partire da dati strutturati/ad alto livello

DATI STRUTTUATI IN PACCHETTI UDP

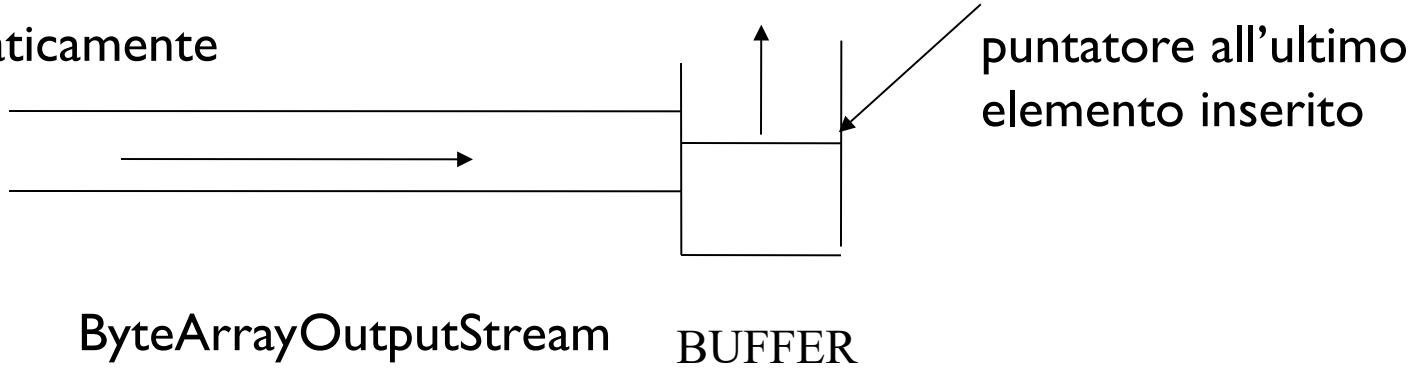
```
public ByteArrayOutputStream ( )
public ByteArrayOutputStream (int size)
```

- gli oggetti istanze di questa classe rappresentano stream di bytes
- ogni dato scritto sullo stream viene riportato in un buffer di memoria a dimensione variabile (dimensione di default = 32 bytes).

```
protected byte buf []
protected int count
```

count indica quanti sono i bytes memorizzati in buf

- quando il buffer si riempie la sua dimensione viene raddoppiata automaticamente

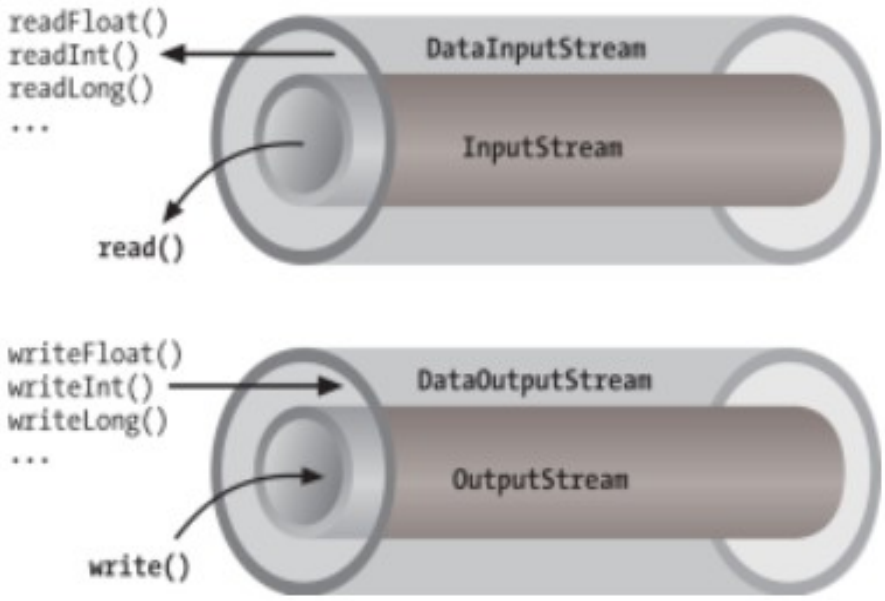


UDP E DATA STREAM

- è possibile collegare ad un `ByteArrayOutputStream` un altro filtro

```
ByteArrayOutputStream baos= new ByteArrayOutputStream();
DataOutputStream      dos = new DataOutputStream(baos)
```

- `DataOutput/InputStream` consente di scrivere dati primitivi sullo stream, la trasformazione in bytes è effettuata automaticamente

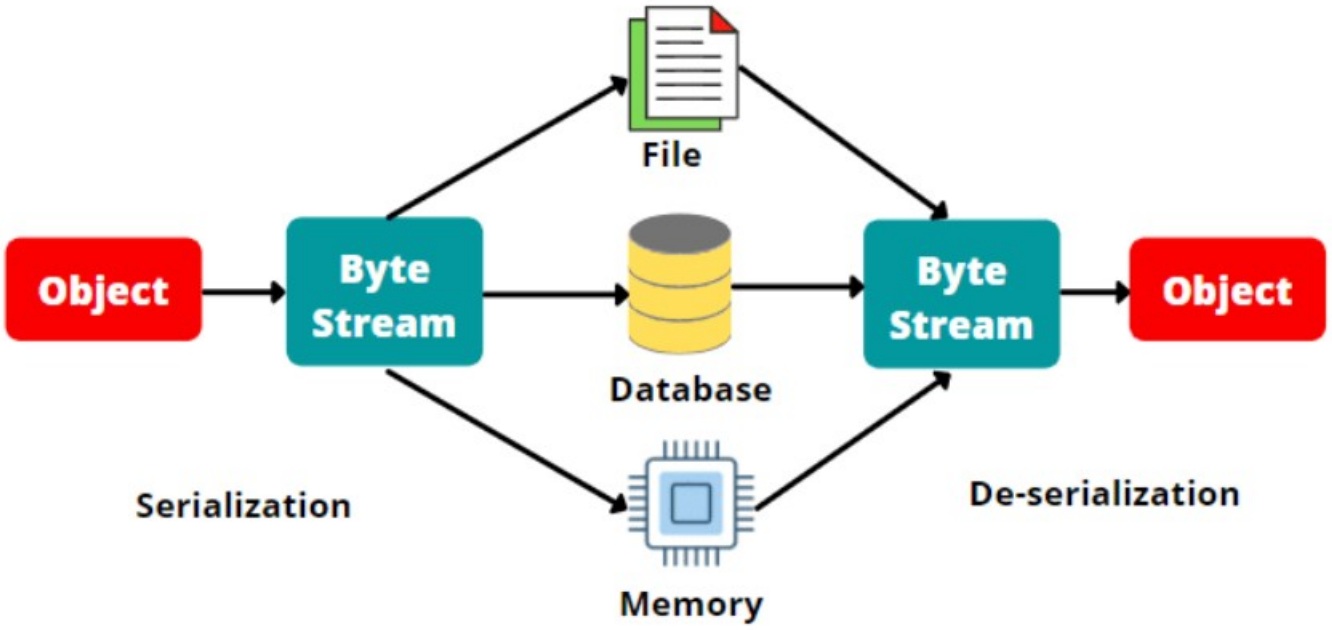


Data streams in java

UDP E SERIALIZZAZIONE

- inviare oggetti in pacchetti?
- usare la serializzaione per genrìerare uno stream di Byte
- collegare l'outputstream generato ad ad un `ByteArrayOutputStream`

```
ByteArrayOutputStream baos= new ByteArrayOutputStream();
ObjectOutputStream    dos = new ObjectOutputStream(baos)
```



BYTE ARRAY OUTPUT STREAMS

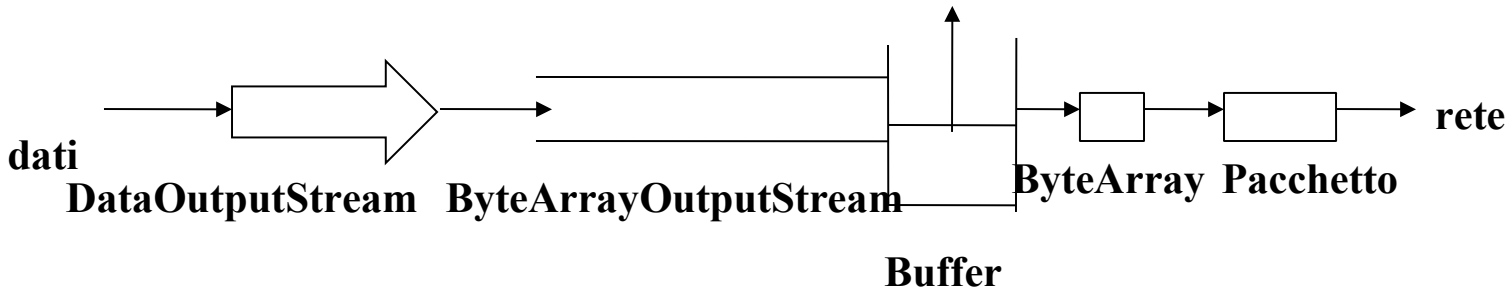
- ad un `ByteArrayOutputStream` può essere collegato un altro filtro

```
ByteArrayOutputStream baos= new ByteArrayOutputStream ( );
DataOutputStream      dos = new DataOutputStream (baos)
```

- i dati presenti nel buffer B associato ad un `ByteArrayOuputStream` baos possono essere copiati in un array di bytes

```
byte [ ] barr = baos.toByteArray( )
```

Flusso dei dati:

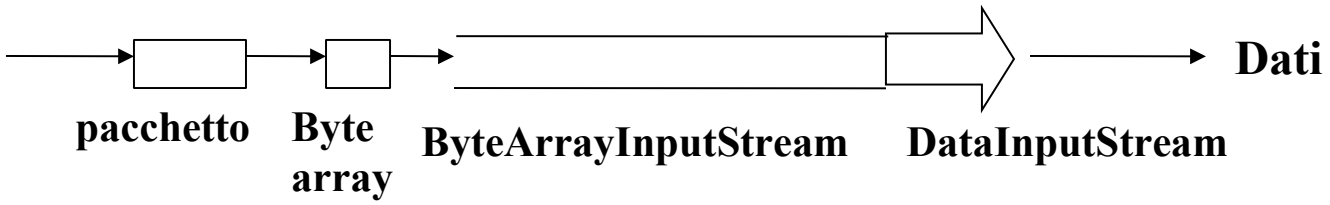


BYTE ARRAY INPUT STREAMS

```
public ByteArrayInputStream ( byte [ ] buf )
public ByteArrayInputStream ( byte [ ] buf, int offset,
                              int length )
```

- creano stream di byte a partire dai dati contenuti nel vettore di byte buf.
- il secondo costruttore copia length bytes iniziando alla posizione offset.
- è possibile concatenare un `DataInputStream`

Flusso dei dati:



LA CLASSE BYTEARRAYOUTPUTSTREAM

metodi per la gestione dello stream:

- `public int size( )` restituisce count, cioè il numero di bytes memorizzati nello stream (non la lunghezza del vettore buf!)
- `public synchronized void reset( )` svuota il buffer, assegnando 0 a count. tutti i dati precedentemente scritti vengono eliminati.

```
baos.reset ( )
```

- `public synchronized byte toByteArray ( )` restituisce un vettore in cui sono stati copiati tutti i bytes presenti nello stream.
  - non modifica count
  - il metodo `toByteArray` non svuota il buffer.

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

Ipotesi semplificativa: non consideriamo perdita/riordinamento di pacchetti:

```
import java.io.*;
import java.net.*;
public class multidatastreamsender{
   public static void main(String args[ ]) throws Exception
    {// fase di inizializzazione
      InetAddress ia=InetAddress.getByName("localhost");
      int port=13350;
      DatagramSocket ds= new DatagramSocket();
      ByteArrayOutputStream bout= new  ByteArrayOutputStream();
      DataOutputStream dout = new DataOutputStream (bout);
      byte [ ] data = new byte [20];
      DatagramPacket dp= new DatagramPacket(data,data.length, ia , port);
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

```
for (int i=0; i< 10; i++)
   {dout.writeInt(i);
   data = bout.toByteArray();
   dp.setData(data,0,data.length);
   dp.setLength(data.length);
   ds.send(dp);
   bout.reset( );
   dout.writeUTF("***");
   data = bout.toByteArray( );
   dp.setData (data,0,data.length);
   dp.setLength (data.length);
   ds.send (dp);
  bout.reset(  ); } } }
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

Ipotesi semplificativa: non consideriamo perdita/riordinamento di pacchetti

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

public class multidatastreamreceiver
  {public static void main(String args[ ]) throws Exception
    {// fase di inizializzazione
    FileOutputStream fw = new FileOutputStream("text.txt");
    DataOutputStream dr = new DataOutputStream(fw);
    int port =13350;
    DatagramSocket ds = new DatagramSocket (port);
    byte [ ] buffer = new byte [200];
    DatagramPacket dp= new DatagramPacket
                                    (buffer, buffer.length);
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

```
for (int i=0; i<10; i++)
    {ds.receive(dp);
     ByteArrayInputStream bin= new ByteArrayInputStream
                                        (dp.getData(),0,dp.getLength());
    DataInputStream ddis= new DataInputStream(bin);
    int x = ddis.readInt();
    dr.writeInt(x);
    System.out.println(x);
    ds.receive(dp);
    bin= new ByteArrayInputStream(dp.getData(),0,dp.getLength());
    ddis= new DataInputStream(bin);
    String y=ddis.readUTF( );
    System.out.println(y); }}}
```

BYTE ARRAY INPUT/OUTPUT STREAMS

- nel programma precedente, la corrispondenza tra la scrittura nel mittente e la lettura nel destinatario potrebbe non essere più corretta
- esempio:
  - il mittente alterna la spedizione di pacchetti contenenti valori interi con pacchetti contenenti stringhe
  - il destinatario alterna la lettura di interi e di stringhe
  - ma se un pacchetto viene perso: il destinatario scritture/letture possono non corrispondere
- realizzazione di UDP affidabile: utilizzo di ack per confermare la ricezione + identificatori unici

CONCLUSIONI: STREAM ARE EVERYWHERE!

- trasmissione connection oriented: una connessione viene modellata con uno stream.

  invio di dati scrittura sullo stream

  ricezione di dati lettura dallo stream

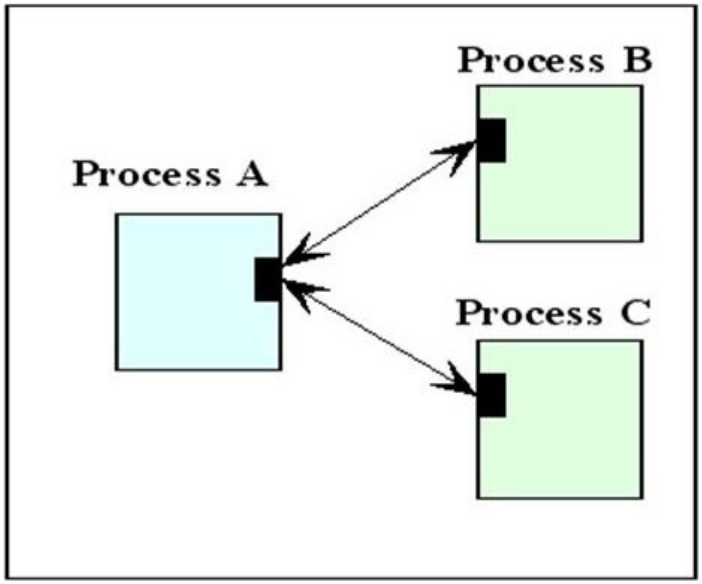
- trasmissione connectionless: stream utilizzati per la generazione dei pacchetti:

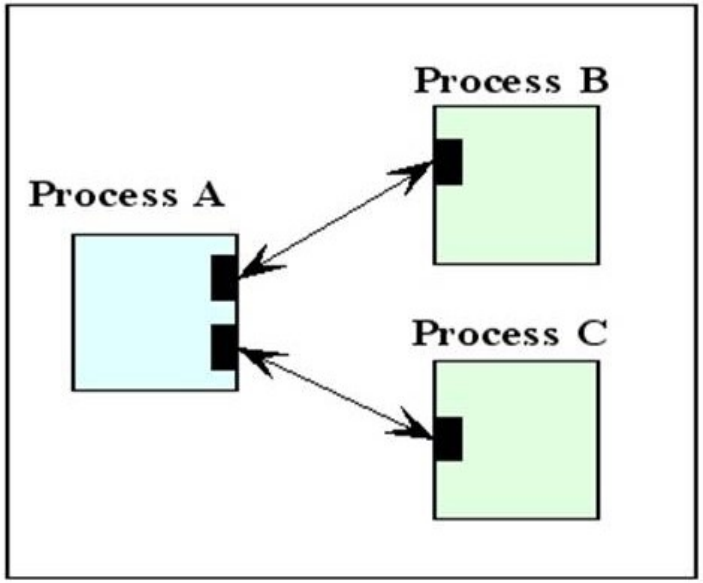
  `ByteArrayOutputStream`, consentono la conversione di uno stream di bytes in un vettori di bytes da spedire con i pacchetti UDP

  `ByteArrayInputStream,` converte un vettore di bytes in uno stream di byte.

CONCLUSIONI: SOCKET UDP

- possibile usare lo stesso socket per spedire pacchetti verso destinatari diversi
- processi (applicazioni) diverse possono spedire pacchetti sullo stesso socket in questo caso l'ordine di arrivo dei massaggi è non deterministico, in accordo con il protocollo UDP
- ...maè possibile anche utilizzare socket diversi per comunicazioni diverse

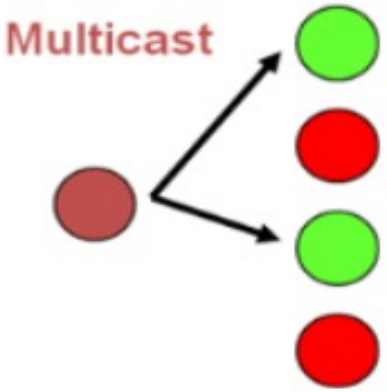


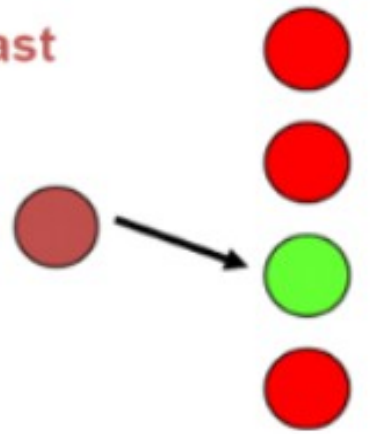


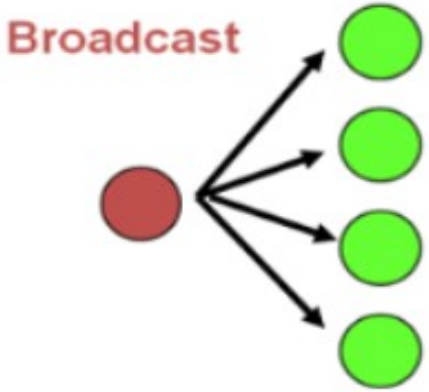
MULTICASTING

- inviare dati da un host ad un insieme di altri nodi
  - non tutti gli host della rete: solo quelli che hanno espresso interesse ad unirsi ad un gruppo di multicast
- esempi:
  - diverse applicazioni usano IP multicasting per notificare/scoprire dinamicamente i servizi in una rete, senza usare DNS o terze parti
- la maggior parte del lavoro viene svolto dai router ed è trasparente al programmatore
  - i router assicurano che il pacchetto spedito dal mittente sia consegnato a tutti gli host interessati
  - usa `Time-To-Live` IP: massimo numero di router che il datagramma può attraversare
  - il problema maggiore è che non tutti i router supportano il multicast

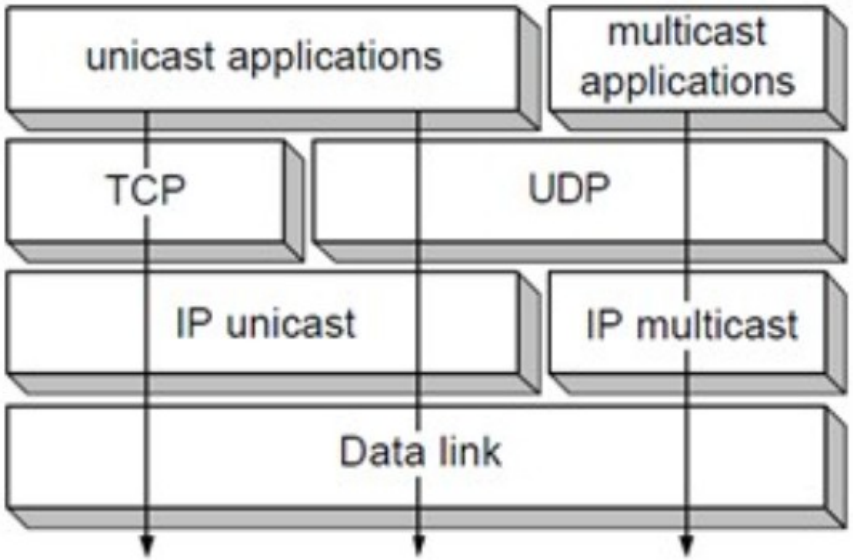
UNICASTING/MULTICASTING/BROADCASTING





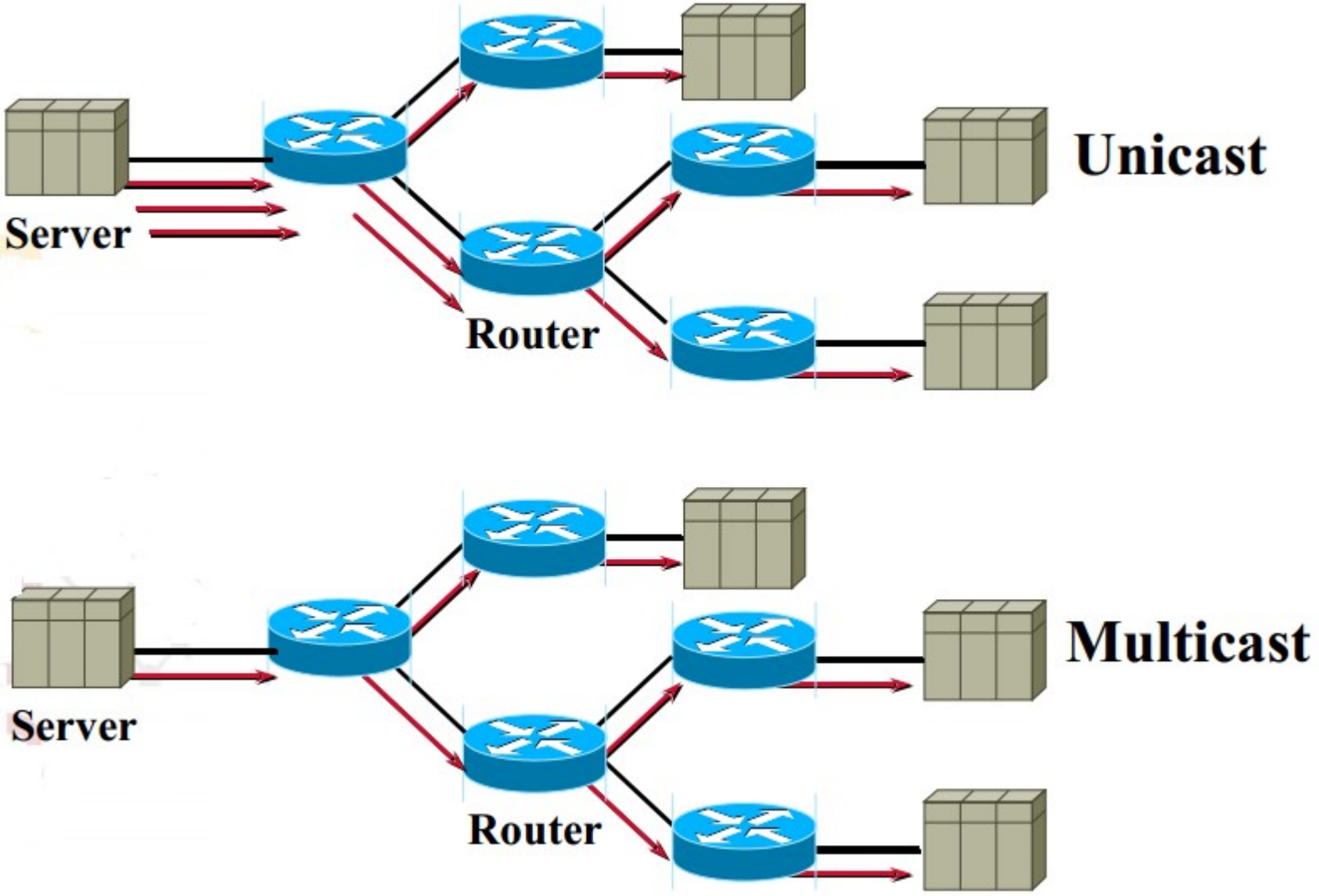


MULTICAST E PROTOCOL STACK



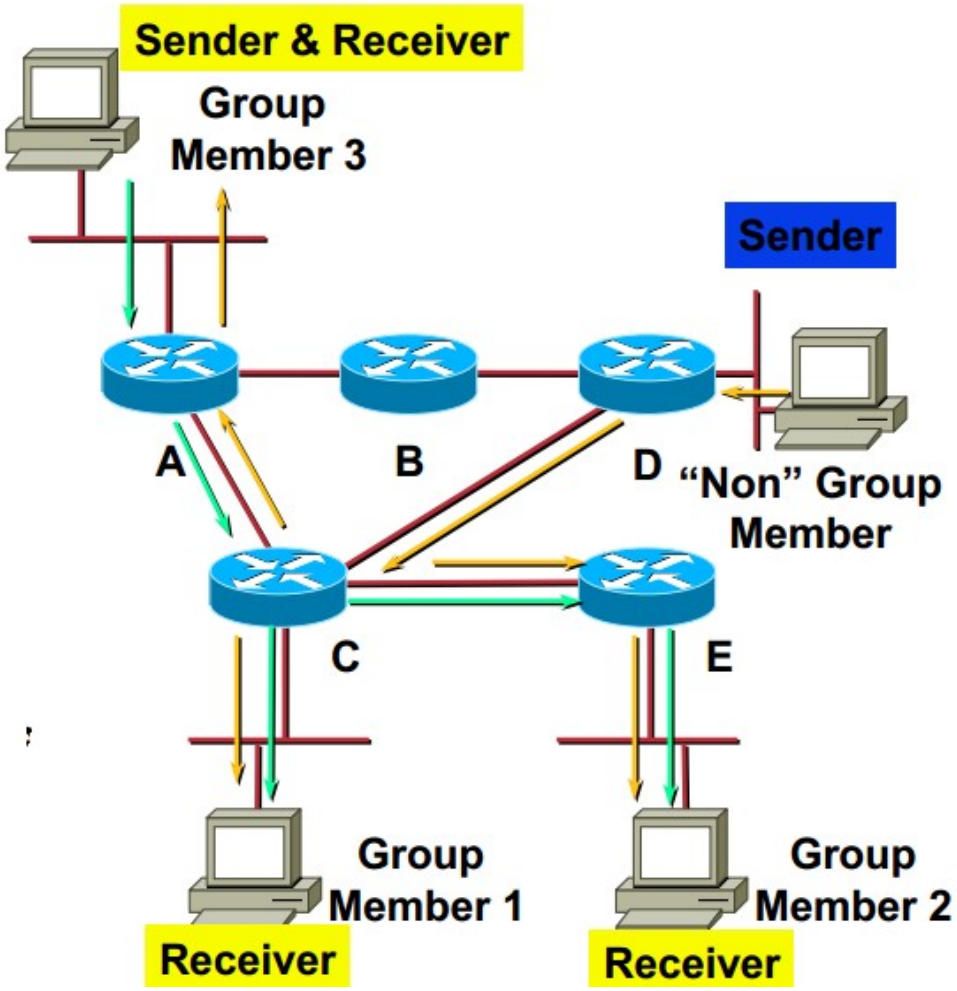
- IP multicasting utilizza UDP
- non esiste multicast TCP!

UNICAST VERSO MULTICAST



GRUPPI MULTICAST

- IP multicast basato sul concetto di gruppo
  - insieme di processi in esecuzione su host diversi
- tutti i membri di un gruppo di multicast ricevono un messaggio spedito su quel gruppo
- mentre non occorre essere membri del gruppo per inviare i messaggi su di esso
- gestiti a livello IP dal protocollo IGMP



MULTICAST API

deve contenere almeno primitive per:

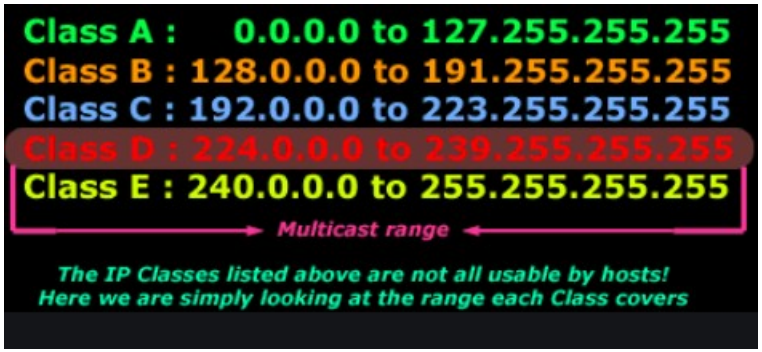
- unirsi ad un gruppo di multicast
- lasciare un gruppo
- spedire messaggi ad un gruppo
  - il messaggio viene recapitato a tutti i processi che fanno parte del gruppo in quel momento
- ricevere messaggi indirizzati ad un gruppo

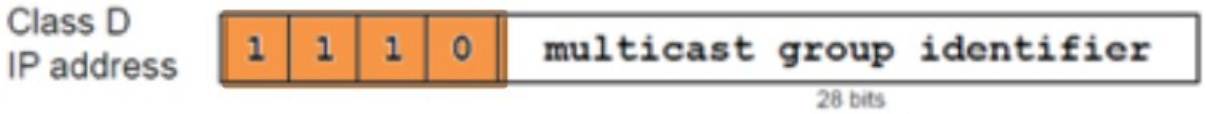
Il supporto deve fornire

- uno schema di indirizzamento per identificare univocamente un gruppo.
- un meccanismo che registri la corrispondenza tra un gruppo ed i suoi partecipanti (IGMP)
- un meccanismo che ottimizzi l'uso della rete nel caso di invio di pacchetti ad un gruppo di multicast

SCHEMA DI INDIRIZZAMENTO MULTICAST

- basato sull'idea di riservare un insieme di indirizzi IP per il multicast
- IPV4: indirizzo di un gruppo è un indirizzo in classe D
  - [224.0.0.0 – 239.255.255.255]





i primi 4 bit del primo ottetto = 1110

i restanti bit identificano il particolare gruppo

IPV6: tutti gli indirizzi di multicast iniziano con FF o 1111 1111 in binario

MULTICAST: CARATTERISTICHE

- utilizza il paradigma connectionless (UDP):
  - sarebbere richieste n×(n-1) connessioni per un gruppo di n applicazioni, se si usa la comunicazione connection oriented
- comunicazione connectionless adatta per il tipo di applicazioni verso cui è orientato il multicast
  - trasmissione di dati video/audio: invio dei frames di una animazione.
  - è più accettabile la perdita occasionale di un frame piuttosto che un ritardo costante tra la spedizione di due frames successivi
- si perde la affidabilità della trasmissione, ma esistono librerie JAVA non standard che forniscono multicast affidabile
  - garantiscono che il messaggio venga recapitato una sola volta a tutti i processi del gruppo
  - possono garantire altre proprietà relative all'ordinamento con cui i messaggi spediti al gruppo di multicast vengono recapitati ai singoli partecipanti

SOCKET MULTICAST

`Java.net.MulticastSocket`

- estende `DatagramSocket`
- socket su cui ricevere i messaggi da un gruppo di multicast
- effettua overriding dei metodi esistenti in `DatagramSocket` e fornisce nuovi metodi per l'implementazione di funzionalità tipiche del multicast

```
import java.net.*;
import java.io.*;
public class multicast
    {public static void main (String [  ] args)
          {try
                {MulticastSocket ms = new MulticastSocket( );}
          catch (IOException ex) {System.out.println("errore"); }
          }}
```

UNIRSI AD UN GRUPPO MULTICAST

```
import java.net.*;
import java.io.*;
public class multicast
  {public static void main (String [ ] args)
     {  try {MulticastSocket ms = new MulticastSocket(4000);
             InetSocketAddress
                     ia=InettAddress.getByName("226.226.226.226");
             ms.joinGroup (ia);
             }
      catch (IOException ex) {System.out.println("errore"); }}}
```

- `joinGroup` necessaria nel caso si vogliano ricevere messaggi dal gruppo di multicast
- lega il multicast socket ad un gruppo di multicast: tutti i messaggi ricevuti tramite quel socket provengono da quel gruppo
- `IOException` sollevata se l'indirizzo di multicast è errato

RICEVERE PACCHETTI DA MULTICAST

```
import java.io.*;  import java.net.*;
public class provemulticast {
public static void main (String args[]) throws Exception
    { byte[] buf = new byte[10];
      InetAddress     ia = InetAddress.getByName("228.5.6.7");
      DatagramPacket  dp = new DatagramPacket (buf,buf.length);
      MulticastSocket ms = new MulticastSocket (4000);
      ms.joinGroup(ia);
      ms.receive(dp);    } }
```

- se attivo due istanze di provemulticast sullo stesso host (la reuse socket settata true) non viene sollevata una `BindException`
- l'eccezione verrebbe invece sollevata se si utilizzasse un `DatagramSocket`
- servizi diversi in ascolto sulla stessa porta di multicast
- non esiste una corrispondenza biunivoca porta-servizio

JAVA API PER MULTICAST

- ogni socket multicast ha una proprietà, la reuse socket, che se settata a true, da la possibilità di associare più socket alla stessa porta

- nelle ultime versioni è possibile impostarne il valore

```
try   {sock.setReuseAddress(true);}
catch (SocketException se) {…}
```

- nelle prime versioni di JAVA la proprietà era settata per default a true

CONCLUSIONI

- TCP: trasmissione vista come uno stream continuo di bytes provenienti dallo stesso mittente

- UDP: trasmissione orientata ai messaggi: "preserves message boundaries"
  - `send`, riceve `DatagramPacket`
  - socket come una mailbox: in essa possono essere inseriti messaggi in arrivo da diverse sorgenti (mittenti) o i messaggi inviati a diverse destinazioni
  - ogni ricezione si riferisce ad un singolo messaggio inviato mediante una unica send.
    - dati inviati dalla stessa send non possono essere ricevuti in receive diverse

ASSIGNMENT: JAVA PINGER

- PING è una utility per la valutazione delle performance della rete utilizzata per verificare la raggiungibilità di un host su una rete IP e per misurare il round trip time (RTT) per i messaggi spediti da un host mittente verso un host destinazione.
- lo scopo di questo assignment è quello di implementare un server PING ed un corrispondente client PING che consenta al client di misurare il suo RTT verso il server.
- la funzionalità fornita da questi programmi deve essere simile a quella della utility PING disponibile in tutti i moderni sistemi operativi. La differenza fondamentale è che si utilizza UDP per la comunicazione tra client e server, invece del protocollo ICMP (Internet Control Message Protocol).
- inoltre, poichè l'esecuzione dei programmi avverrà su un solo host o sulla rete locale ed in entrambe i casi sia la latenza che la perdita di pacchetti risultano trascurabili, il server deve introdurre un ritardo artificiale ed ignorare alcune richieste per simulare la perdita di pacchetti

PING CLIENT

- accetta due argomenti da linea di comando: nome e porta del server. Se uno o più argomenti risultano scorretti, il client termina, dopo aver stampato un messaggio di errore del tipo `ERR -arg x`, dove x è il numero dell'argomento.

- utilizza una comunicazione UDP per comunicare con il server ed invia 10 messaggi al server, con il seguente formato:

  `PING seqno timestamp`

  in cui seqno è il numero di sequenza del `PING` (tra `0-9`) ed il timestamp (in millisecondi) indica quando il messaggio è stato inviato

- non invia un nuovo `PING` fino che non ha ricevuto l'eco del `PING` precedente, oppure è scaduto un timeout.

PING CLIENT

- stampa ogni messaggio spedito al server ed il RTT del ping oppure un * se la risposta non è stata ricevuta entro 2 secondi
- dopo che ha ricevuto la decima risposta (o dopo il suo timeout), il client stampa un riassunto simile a quello stampato dal `PING UNIX`

```
---- PING Statistics ----
10 packets transmitted, 7 packets received, 30% packet loss
round-trip (ms) min/avg/max = 63/190.29/290
```

- il `RTT` medio è stampato con 2 cifre dopo la virgola

PING SERVER

- è essenzialmente un echo server: rimanda al mittente qualsiasi dato riceve
- accetta un argomento da linea di comando: la porta, che è quella su cui è attivo il server + un argomento opzionale, il seed, un valore long utilizzato per la generazione di latenze e perdita di pacchetti. Se uno qualunque degli argomenti è scorretto, stampa un messaggio di errore del tipo `ERR -arg x`, dove x è il numero dell'argomento.
- dopo aver ricevuto un `PING`, il server determina se ignorare il pacchetto (simulandone la perdita) o effettuarne l'eco. La probabilità di perdita di pacchetti di default è del `25%`.
- se decide di effettuare l'eco del `PING`, il server attende un intervallo di tempo casuale per simulare la latenza di rete
- stampa l'indirizzo `IP` e la porta del client, il messaggio di `PING` e l'azione intrapresa dal server in seguito alla sua ricezione (`PING` non inviato, oppure `PING` ritardato di `x ms`).

PING SERVER

```
java PingServer 10002 123
128.82.4.244:44229> PING 0 1360792326564 ACTION: delayed 297 ms
128.82.4.244:44229> PING 1 1360792326863 ACTION: delayed 182 ms
128.82.4.244:44229> PING 2 1360792327046 ACTION: delayed 262 ms
128.82.4.244:44229> PING 3 1360792327309 ACTION: delayed 21 ms
128.82.4.244:44229> PING 4 1360792327331 ACTION: delayed 173 ms
128.82.4.244:44229> PING 5 1360792327505 ACTION: delayed 44 ms
128.82.4.244:44229> PING 6 1360792327550 ACTION: delayed 19 ms
128.82.4.244:44229> PING 7 1360792327570 ACTION: not sent
128.82.4.244:44229> PING 8 1360792328571 ACTION: not sent
128.82.4.244:44229> PING 9 1360792329573 ACTION: delayed 262 ms
```

PING CLIENT

```
java PingClient localhost 10002
PING 0 1360792326564 RTT: 299 ms
PING 1 1360792326863 RTT: 183 ms
PING 2 1360792327046 RTT: 263 ms
PING 3 1360792327309 RTT: 22 ms
PING 4 1360792327331 RTT: 174 ms
PING 5 1360792327505 RTT: 45 ms
PING 6 1360792327550 RTT: 20 ms
PING 7 1360792327570 RTT: *
PING 8 1360792328571 RTT: *
PING 9 1360792329573 RTT: 263 ms
---- PING Statistics ----
10 packets transmitted, 8 packets received, 20% packet loss
round-trip (ms) min/avg/max = 20/158.62/299
```

JAVA PINGER

Invocazione corretta client/server:

```
java PingClient
Usage: java PingClient hostname port
java PingServer
Usage: java PingServer port [seed]
```

Invocazione non corretta client/server:

```
java PingClient atria three
ERR - arg 2
java PingServer abc
ERR - arg 1
```