

Reti e Laboratorio 3

Modulo Laboratorio 3

AA. 2024-2025

docente: Laura Ricci

laura.ricci@unipi.it

Lezione 8

InetAddress

Stream Sockets for clients

8/11/2024

NETWORK APPLICATIONS

alcune “network killer applications”

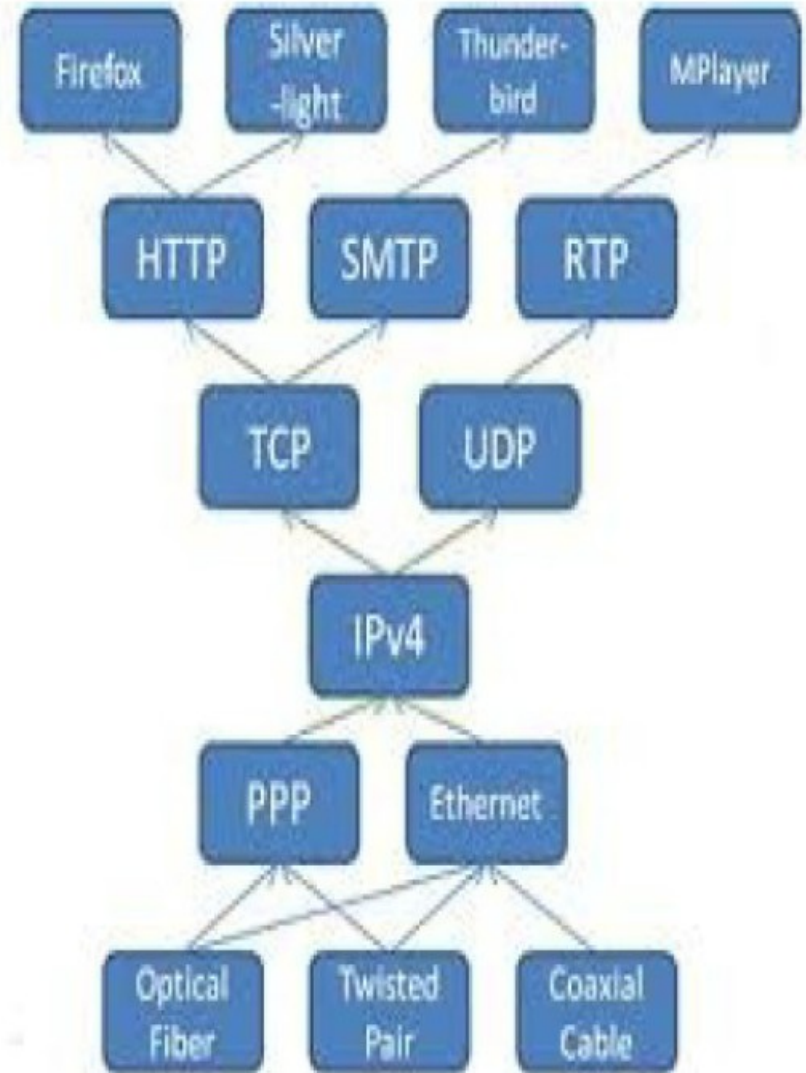
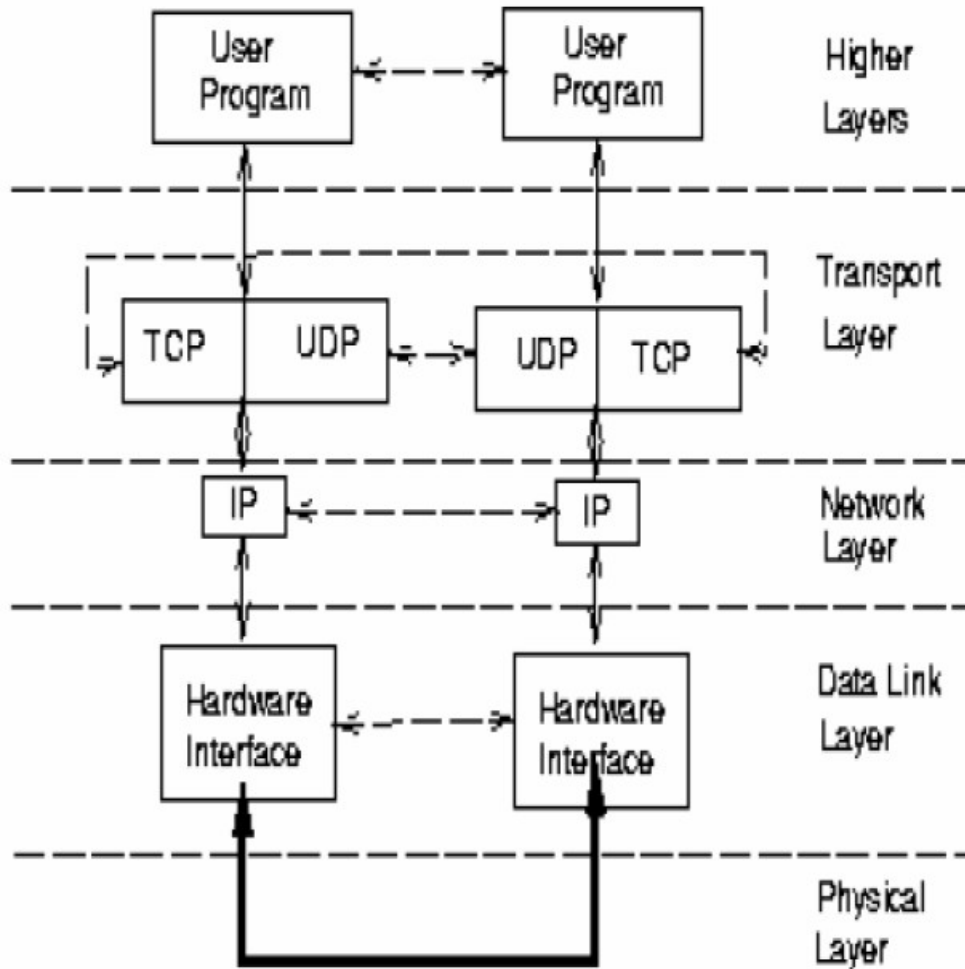
- web browser
- SSH
- email
- social networks
- teleconferences (Skype, Zoom, Meet, Teams,...)
- program development environments: GIT
- collaborative work: Overleaf
- multiplayer games: War of Warcraft
- P2P File sharing: Bittorrent
- blockchain: cryptocurrencies (Bitcoin), supply chain,...
- metaverse, e molte altre....

scopo del corso è mettervi in grado di sviluppare una semplice applicazione di rete

NETWORK APPLICATIONS

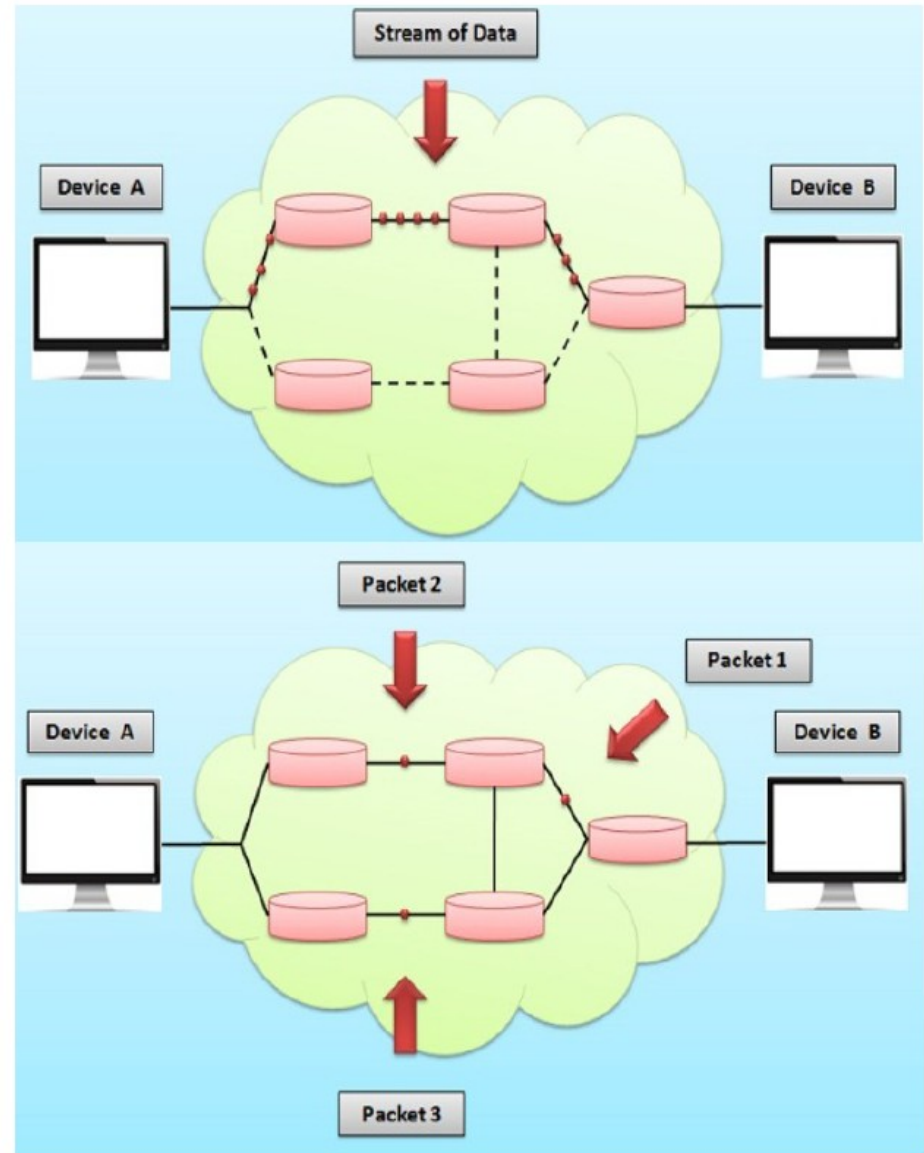
- due o più **processi** (non thread!) in esecuzione su **hosts diversi**, distribuiti geograficamente sulla rete, **comunicano** e **cooperano** per realizzare una funzionalità globale:
 - **cooperazione**: scambio informazioni utile per perseguire l'obiettivo globale, quindi implica comunicazione
 - **comunicazione**: utilizza protocolli, ovvero insieme di regole che i partners devono seguire per comunicare correttamente
- in questo corso utilizzeremo i protocolli di livello trasporto:
 - **connection-oriented**: TCP, Transmission Control Protocol
 - **connectionless**: UDP, User Datagram Protocol

NETWORK LAYERS: DAL MODULO DI TEORIA



TIPI DI COMUNICAZIONE

- Connection Oriented (TCP)
 - come una chiamata telefonica
 - una connessione stabile (canale di comunicazione dedicato) tra mittente e destinatario
 - stream socket
- Connectionless (UDP)
 - come l'invio di una lettera
 - non si stabilisce un canale di comunicazione dedicato
 - ogni messaggio viene instradato in modo indipendente dagli altri
 - datagram socket



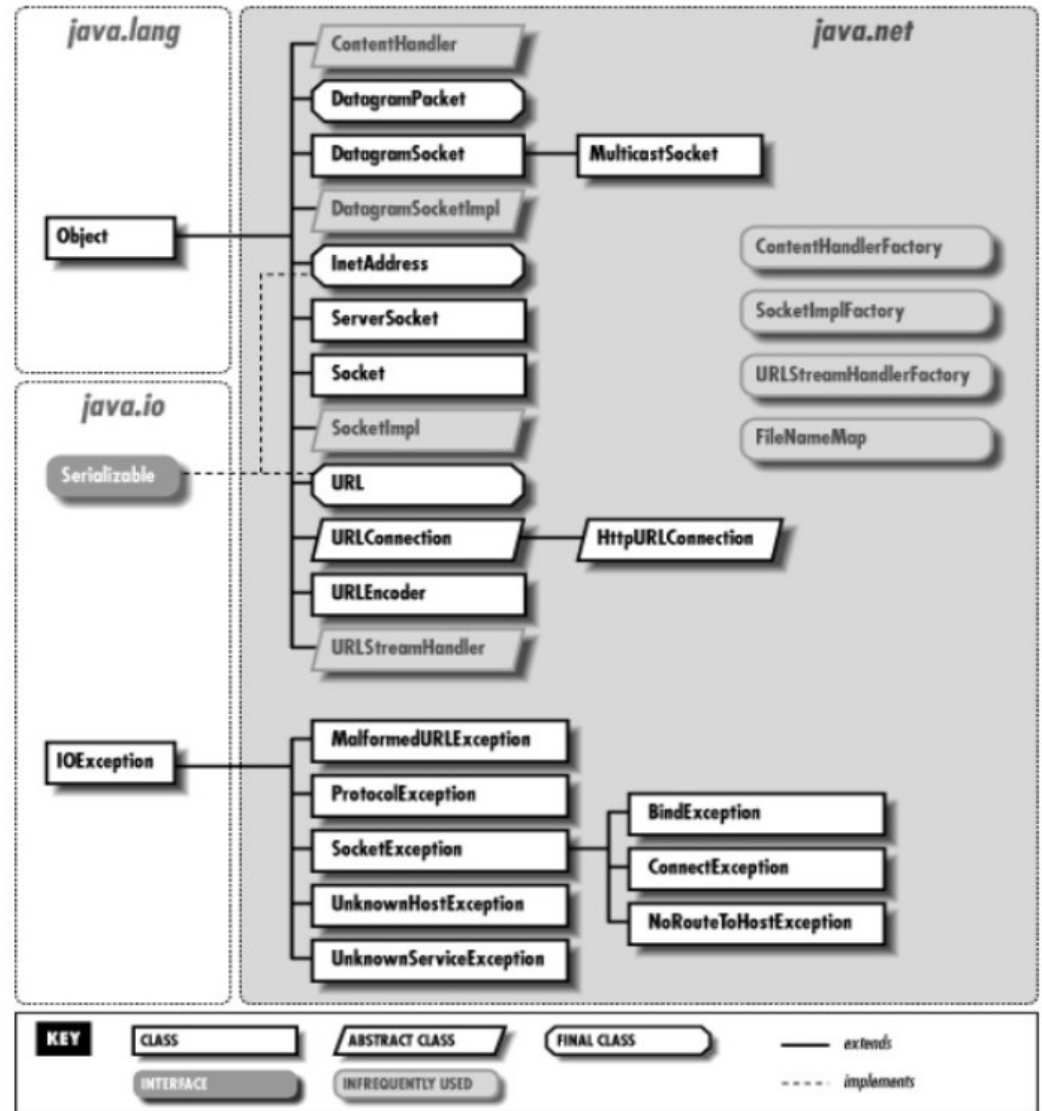
JAVA.NET: NETWORKING IN JAVA

connection-oriented

- connessione modellata come stream
- asimmetrici
 - client side: Socket class
 - server side:
 - ServerSocket class
 - Socket class

connectionless

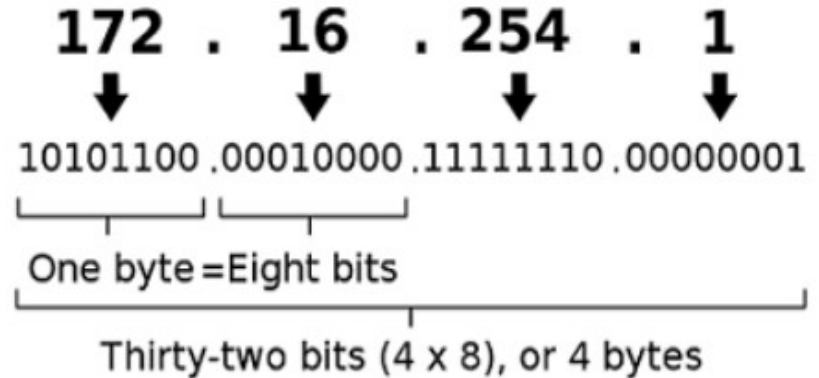
- basata su invio di pacchetti
- simmetrici: sia per il client che per il server
 - DatagramSocket
 - DatagramPacket



IP (INTERNET PROTOCOL) ADDRESS

- **IPV4, 4 bytes:** 2^{32} indirizzi
 - dotted quad form
 - ogni byte interpretato come un numero decimale **senza segno**
 - alcuni indirizzi riservati, loopback address: 127.0.0.0, broadcast 255.255.255.255
- **IPV6, 16 bytes:** 2^{128} indirizzi,
 - 8 blocchi di 4 cifre esadecimali

An IPv4 address (dotted-decimal notation)



An IPv6 address (in hexadecimal)

2001:0DB8:AC10:FE01:0000:0000:0000:0000

↓ ↓ ↓ ↓ | Zeroes can be omitted

2001:0DB8:AC10:FE01::



DOMAIN NAMES

- gli indirizzi IP semplificano l'elaborazione effettuata dai routers, ma sono poco leggibili per gli utenti della rete
- soluzione
 - assegnare un **nome simbolico unico** ad ogni host della rete
 - utilizzare uno spazio **di nomi gerarchico**

`fujih0.cli.di.unipi.it`

(host fuji presente nell'aula H alla postazione 0, nel dominio cli.di.unipi.it)

- livelli della gerarchia separati dal punto
- nomi interpretati da destra a sinistra
- un nome può essere mappato a più indirizzi IP
- indirizzi a lunghezza fissa verso nomi a lunghezza variabili
- **Domain Name System (DNS)** traduce nomi in indirizzi IP

LA CLASSE INETADDRESS

```
public class InetAddress extends Object implements Serializable
```

- può gestire sia indirizzi IPv4 che IPv6
- usata per incapsulare in un unico oggetto di tipo InetAddress
 - l'indirizzo IP numerico: `byte[] address`
 - il nome di dominio per quell'indirizzo: `String`
- la classe non contiene alcun costruttore,
- allora, come posso creare oggetti di tipi InetAddress?
 - si utilizza **una factory con metodi statici**
 - i metodi si connettono al DNS per risolvere un hostname, ovvero trovare l'indirizzo IP ad esso corrispondente: necessaria una connessione di rete
 - possono sollevare `UnknownHostException`, se non riescono a risolvere il nome dell'host

LA CLASSE INETADDRESS

getByName() lookup dell'indirizzo di un host

```
import java.net.*;
public class FindIP {
    public static void main (String[] args) {
        try {
            InetAddress address = InetAddress.getByName("www.unipi.it");
            System.out.println(address);
        } catch (UnknownHostException ex) {
            System.out.println("Could not find www.unipi.it"); } } }
```

\$ java FindIP
www.unipi.it/131.114.21.42

getLocalHost() lookup dell'indirizzo locale

```
import java.net.*;
public class MyAddress {
    public static void main (String [] args)
    {try {
        InetAddress address = InetAddress.getLocalHost();
        System.out.println(address);
        } catch (UnknownHostException ex) {
            System.out.println("Could not find this computer's address"); }}}
```

\$java MyAddress
DESKTOP-R5C46F3/192.168.1.196



LA CLASSE INETADDRESS

- `getAllByName()` lookup di tutti gli indirizzi di un host

```
import java.net.*;
public class FindAllIP {
    public static void main (String[] args) {
        try { InetAddress [] addresses = InetAddress.getAllByName("www.repubblica.it");
            for(InetAddress address:addresses)
                { System.out.println(address); }
        } catch (UnknownHostException ex) {
            System.out.println("Could not find www.repubblica.it");}}}
```

```
$ java FindAllIP
www.repubblica.it/18.66.196.45
www.repubblica.it/18.66.196.118
www.repubblica.it/18.66.196.94
www.repubblica.it/18.66.196.112
```

INETADDRESS: CACHING

- i metodi descritti **effettuano caching** dei nomi/indirizzi risolti
 - l'accesso al DNS è un'operazione potenzialmente molto costosa
 - nomi risolti con i dati nella cache, quando possibile (di default: per sempre)
 - anche i tentativi di risoluzione non andati a buon fine in cache
- permanenza dati nella cache:
 - 10 secondi se la risoluzione non ha avuto successo, spesso il primo tentativo di risoluzione fallisce di un time out...
 - tempo illimitato altrimenti
 - problemi: indirizzi dinamici
- controllo dei tempi di permanenza in cache

```
java.security.Security.setProperty("networkaddress.cache.ttl", "0");
```
- per i tentativi non andati a buon fine: `networkaddress.cache.negative.ttl`

CACHING DI INDIRIZZI IP: "UNDER THE HOOD"

```
import java.net.InetAddress; import java.net.UnknownHostException;
import java.security.*;
public class Caching {
    public static final String CACHINGTIME="0";
    public static void main(String [] args) throws InterruptedException
    {Security.setProperty("networkaddress.cache.ttl",CACHINGTIME);
        long time1 = System.currentTimeMillis();
        for (int i=0; i<1000; i++){
            try {System.out.println(
                InetAddress.getByName("www.cnn.com").getHostAddress());}
            catch (UnknownHostException uhe)
                { System.out.println("UHE");} }
        long time2 = System.currentTimeMillis();
        long diff=time2-time1; System.out.println("tempo trascorso e'"+diff);}}
```

CACHINGTIME=0 tempo trascorso è 545

CACHINGTIME=1000 tempo trascorso è 85



INETADDRESS: FACTORY METHODS

- metodi statici di una classe che restituiscono oggetti di quella classe
- i seguenti metodi contattano il DNS per la risoluzione di indirizzo/hostname

```
static InetAddress getLocalHost() throws UnknownHostException
```

```
static InetAddress getByName (String hostname) throws UnknownHostException
```

```
static InetAddress [] getAllByName (String hostName)  
throws UnknownHostException
```

```
static InetAddress getLoopBackAddress()
```

- i seguenti metodi statici costruiscono oggetti di tipo InetAddress, ma non contattano il DNS (utile se DNS non disponibile e conosco indirizzo/host) e non danno nessuna garanzia sulla correttezza di hostname/IP, UnknownHostException sollevata solo se l'indirizzo è malformato

```
static InetAddress getByAddress(byte IPAddr[]) throws UnknownHostException
```

```
static InetAddress getByAddress (String hostName, byte IPAddr[])  
throws UnknownHostException
```

INETADDRESS: INSTANCE METHODS

- la classe `InetAddress` ha moltissimi “metodi di istanza” che possono essere utilizzati sull'istanza di un oggetto `InetAddress` (costruito con uno dei metodi della `Factory`)

`boolean equals(Object other)`

`byte [] getAddress()`

`String getHostAddress()`

`String getHostName()`

`boolean isLoopBackAddress()`

`boolean isMulticastAddress()`

`boolean isReachable()`

`String toString ()`

... e molto altri (vedere le API)

INETADDRESS: INSTANCE METHODS

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

public class InetAddressInstance {

public static void main (String[] args) throws IOException {

    InetAddress ia1 = InetAddress.getByName("www.google.com");

    byte [] address = ia1.getAddress();

    System.out.println(Arrays.toString(address));

    System.out.println(ia1.getHostAddress());

    System.out.println(ia1.getHostName());


    System.out.println(ia1.isReachable(1000));

    System.out.println(ia1.isLoopbackAddress());

    System.out.println(ia1.isMulticastAddress());

    System.out.println(InetAddress.getByAddress(new byte[]{127,0,0,1}).isLoopbackAddress());

    System.out.println(InetAddress.getByAddress(new byte[] {(byte)225,(byte)255,(byte)255,
        (byte)255}).isMulticastAddress());}}
```



```
$ Java InetAddressInstance
[-114, -6, -76, -124]
142.250.180.132
www.google.com
true
false
false
true
true
```


UN PROGRAMMA UTILE: SPAM CHECKER

- diversi servizi monitorano gli spammers: **real-time black-hole lists** (RTBLs)
 - ad esempio: `sb1.spamhaus.org`
 - mantengono una lista di indirizzi IP che risultano, probabilmente, degli spammers
- per identificare se un indirizzo IP corrisponde ad uno spammer:
 - inversione dei bytes dell'indirizzo IP
 - concatena il risultato a `sb1.spamhaus.org`
 - esegui un DNS look-up
 - la query ha successo se e solo se l'indirizzo IP corrisponde ad uno spammer
- SpamCheck richiede a `sb1.spamhaus.org` se un indirizzo IPv4 è uno spammer noto
 - es una query DNS su `17.34.87.207.sb1.spamhaus.org` ha successo se l'indirizzo è uno spammer

UN PROGRAMMA UTILE: SPAM CHECKER

```
import java.net.*;
public class SpamCheck {
    public static final String BLACKHOLE = "sbl.spamhaus.org";
    public static void main(String[] args) throws UnknownHostException
    { for (String arg: args) {
        if (isSpammer(arg)) {
            System.out.println(arg + " is a known spammer.");
        } else {
            System.out.println(arg + " appears legitimate."); }}}
    private static boolean isSpammer(String arg) {
        try { InetAddress address = InetAddress.getByName(arg);
            byte [ ] quad = address.getAddress();
            String query = BLACKHOLE;
            for (byte octet : quad) {
                int unsignedByte = octet < 0 ? octet + 256 : octet;
                query = unsignedByte + "." + query;
            }
            InetAddress.getByName(query);
            return true;
        } catch (UnknownHostException e) { return false; }}}}
```

```
$java SpamCheck 23.45.65.88 141.250.89.99
127.0.0.2
```

```
23.45.65.88 appears legitimate.
141.250.89.99 appears legitimate.
127.0.0.2 is a known spammer
```



IL PARADIGMA CLIENT/SERVER

servizio:

- software in esecuzione su una o più macchine
- fornisce l'astrazione di un insieme di operazioni

client:

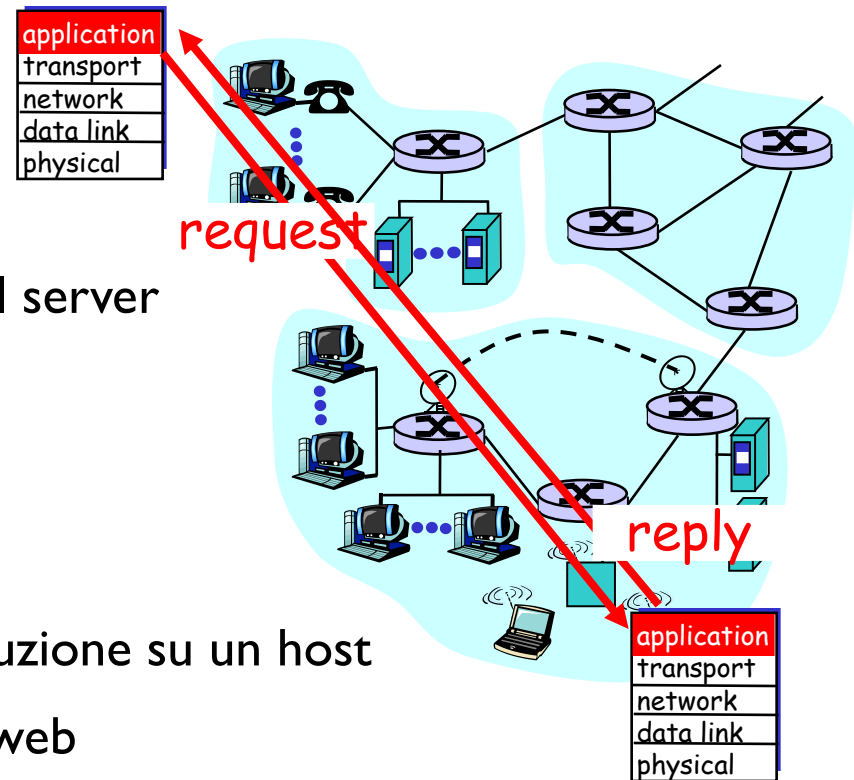
- un software che sfrutta servizi forniti dal server

web client browser

e-mail client mail-reader

server:

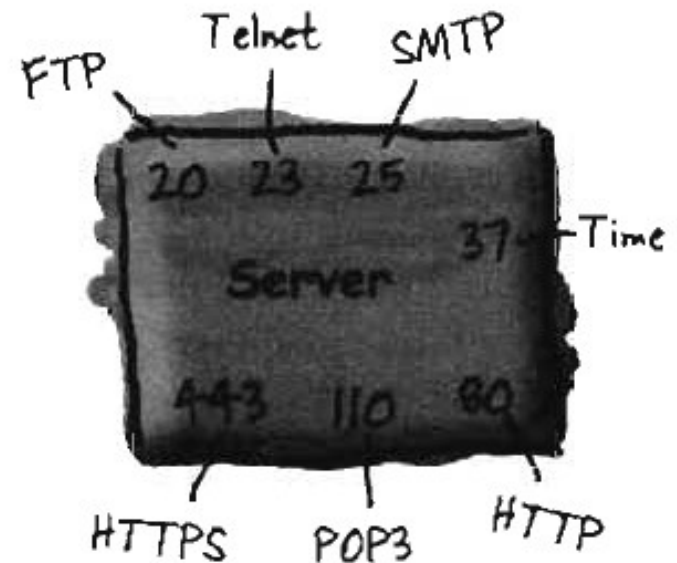
- istanza di un particolare servizio in esecuzione su un host
- ad esempio: server Web invia la pagina web richiesta, mail server consegna la posta al client



IDENTIFICARE I SERVIZI

- occorre specificare:
 - l'host, tramite indirizzo IP (la rete all'interno della quale si trova l'host + l'host all'interno della rete)
 - la porta individua un servizio tra i tanti servizi (es: e-mail, ftp, http,...) attivi su un host
- ogni servizio individuato da una porta
 - intero tra 1 e 65535 (per TCP ed UDP)
 - non un dispositivo fisico, ma un'astrazione per individuare i singoli servizi (processi)
- porte 1-1023: riservate per well-known services.

Well-known TCP port numbers
for common server applications



A server can have up to 65536
different server apps running,
one per port

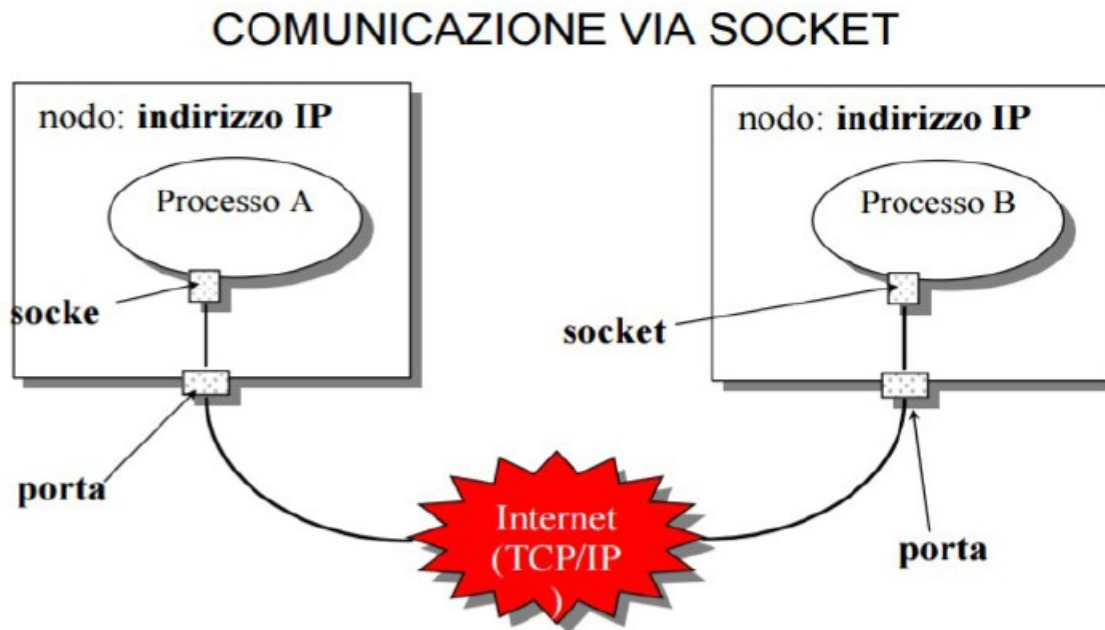
CONNETTERSI AD UN SERVIZIO

- socket: uno standard per connettere dispositivi **distribuiti, diversi, eterogenei**
- termine utilizzato in tempi remoti in telefonia.
 - la connessione tra due utenti veniva stabilita tramite un operatore
 - l'operatore inseriva fisicamente i due estremi di un cavo in due ricettacoli (sockets)
 - un socket per ogni utente



SOCKET: UNO “STANDARD” DI COMUNICAZIONE

- una presa “standard” a cui un processo si può collegare per spedire dati
- un endpoint sull'host locale di un canale di comunicazione da/verso altri hosts
- introdotti in Unix BSD 4.2
- collegati ad una **porta locale**



COME IL CLIENT ACCEDE AD UN SERVIZIO

- per usufruire di un servizio, il client apre un socket individuando
 - host + porta che identificano il servizio
 - invia/riceve messaggi su/da uno stream
- in JAVA: **java.net.Socket**
 - usa codice nativo per comunicare con lo stack TCP locale
- crea un **socket** su una porta effimera e tenta di stabilire, tramite esso, una connessione con l'host individuato da `InetAddress`, sulla porta `port`.
- se la connessione viene rifiutata, lancia una eccezione di IO

```
public socket (String host, int port) throws
```

```
UnknownHostException, IOException
```

come il precedente, l'host è individuato dal suo nome simbolico: interroga automaticamente il DNS)

PORT SCANNER

- ricerca quale delle prime 1024 porte di un host è associata ad un servizio

```
import java.net.*;
import java.io.*;
public class LowPortScanner {
    public static void main(String[] args) {
        String host = args.length > 0 ? args[0] : "localhost";
        for (int i = 1; i < 1024; i++) {
            try {
                Socket s = new Socket(host, i);
                System.out.println("There is a server on port " + i + " of " + host);
                s.close();
            } catch (UnknownHostException ex) {
                System.err.println(ex);
                break;
            } catch (IOException ex) {
                // must not be a server on this port
            }
        }
    }
}
```

```
$java LowPortScanner
```

```
There is a server on port 80 of localhost
There is a server on port 135 of localhost
There is a server on port 445 of localhost
There is a server on port 843 of localhost
```


PORT SCANNER: ANALISI

- il client richiede un servizio tentando di creare un socket su ognuna delle prime 1024 porte di un host
 - nel caso in cui non vi sia alcun servizio attivo, il socket non viene creato e viene invece sollevata un'eccezione
- il programma precedente effettua 1024 interrogazioni al DNS, una per ogni socket che tenta di creare, impiega molto tempo
- come ottimizzare il programma? utilizzare un diverso costruttore
 - `public Socket(InetAddress host, int port) throws IOException`
 - viene utilizzato l' `InetAddress` invece del nome dell'host per costruire i sockets
 - costruire l'`InetAddress` invocando `InetAddress.getByName` una sola volta, prima di entrare nel ciclo di scanning

MODELLARE UNA CONNESSIONE MEDIANTE STREAM

- una volta stabilita una connessione il client e server si scambiano dei dati.
- la connessione è modellata **come uno stream**.
- per associare uno stream di input o di output ad un oggetto di tipo socket:

```
public InputStream getInputStream () throws IOException
```

```
public OutputStream getOutputStream () throws IOException
```

- invio di dati: client/server leggono/scrivono dallo/sullo stream
 - un byte/una sequenza di bytes
 - dati strutturati/oggetti: in questo caso è necessario associare dei filtri agli stream
- ogni valore scritto sullo stream di output associato al socket viene copiato nel *Send Buffer* del livello TCP
- ogni valore letto dallo stream viene prelevato dal *Receive Buffer* del livello TCP

INTERAGIRE CON IL SERVER TRAMITE SOCKET

- client implementato in JAVA, server in qualsiasi altro linguaggio
 - aprire un socket `sock` sulla porta su cui è attivo il servizio
 - utilizzare gli stream per la comunicazione con il servizio
- occorre conoscere il protocollo ed il formato dei dati scambiati, che sono codificati in un formato interscambiabile
 - testo
 - JSON
 - XML
- possibile conoscere il formato dei dati scambiati interagendo con il server tramite il protocollo `telnet`

DAYTIME PROTOCOL (RFC 867)

- aprire una connessione sulla porta 13, di (NIST: National Institute of Standards and Technology) verso il servizio DayTime
 - > telnet time.nist.gov

```
60621 24-11-07 17:02:42 00 0 0 873.9 UTC(NIST) *  
  
Connection to host lost.  
  
C:\Users\ricci>
```

Format: JJJJJ YY-MM-DD HH:MM:SS TT L H msADV UTC(NIST) OTM

- JJJJJ: Modified Julian Date (days since Nov 17, 1858)
- TT: 00 means standard time and 50 means daylight savings time
- L: indicates whether a leap second will be added (1) or subtracted (2)
- H: health of the server (0: healthy; 1: up to 5 seconds off; ...)
- msADV: how long (ms) it estimates it's going to take for the response to return
- UTC (NIST): time-zone constant string
- OTM: almost a constant (an asterisk)

DAYTIME PROTOCOL CLIENT

```
import java.io.*; import java.net.*;
public class TimeClient {
    public static void main(String[] args) {
        String hostname = args.length > 0 ? args[0] : "time.nist.gov";
        Socket socket = null;
        try {
            socket = new Socket(hostname, 13);
            socket.setSoTimeout(15000);
            InputStream in = socket.getInputStream();
            StringBuilder time = new StringBuilder();
            InputStreamReader reader = new InputStreamReader(in, "ASCII");
            for (int c = reader.read(); c != -1; c = reader.read()) {
                time.append((char) c); }
            System.out.println(time);
            } catch (IOException ex) { System.out.println("could not connect to
                time.nist.gov");
        } finally {
            Stampa:
            if (socket != null) {
                try {
                    socket.close();
                } catch (IOException ex) { // ignore }}}}}
        }
```

DAYTIME PROTOCOL CLIENT

```
import java.io.*; import java.net.*;
public class TimeClient {
    public static void main(String[] args) {
        String hostname = args.length > 0 ? args[0] : "time.nist.gov";
        Socket socket = null;
        try {
            socket = new Socket(hostname, 13);
            socket.setSoTimeout(15000);
            InputStream in = socket.getInputStream();
            StringBuilder time = new StringBuilder();
            InputStreamReader reader = new InputStreamReader(in, "ASCII");
            for (int c = reader.read(); c != -1; c = reader.read()) {
                time.append((char) c); }
            System.out.println(time);
            } catch (IOException ex) { System.out.println("could not connect to
                time.nist.gov");
        } finally {
            if (socket != null) {
                try {
                    socket.close();
                } catch (IOException ex) { // ignore } } } } } IOException)
        }
```

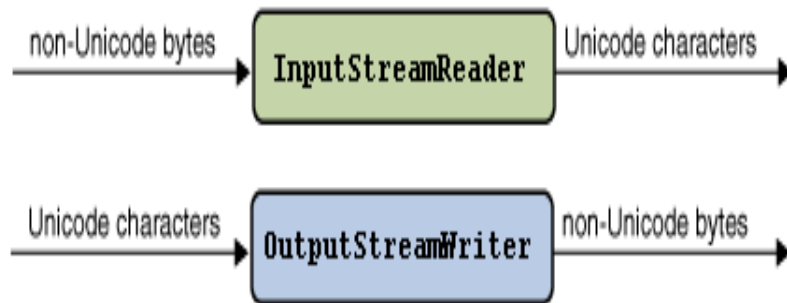
NOTA: setSoTimeout(<ms>): setta un timeout sul socket

- previene attese indeterminate di risposte dal server
- solleva SocketTimeoutException (è una



DAYTIME: LEGGERE CARATTERI

- utilizza InputStreamReader
- istanziato su un InputStream
- parametro
 - codifica dei caratteri presenti sullo stream di byte (ASCII, UTF-8, UTF-16,...)
- traduce caratteri esterni nella codifica interna Unicode



```
.....  
InputStream in =  
    socket.getInputStream();  
  
StringBuilder time = new  
    StringBuilder();  
  
InputStreamReader reader = new  
    InputStreamReader(in, "ASCII");  
  
for (int c=reader.read();c != -1;  
    {  
    time.append((char) c);  
    }  
  
.....
```

HALF CLOSED SOCKETS

- `close()`: chiusura del socket in entrambe le direzioni
- half closure: chiusura del socket in una sola direzione
 - `shutdownInput()`
 - `shutdownOutput()`
- in molti protocolli: il client manda una richiesta al server e poi attende la risposta

```
try ( Socket connection = new Socket("www.somesite.com", 80)){
    Writer out = new OutputStreamWriter(
        connection.getOutputStream(), "8859_1");
    out.write("GET / HTTP 1.0\r\n\r\n");
    out.flush();
    connection.shutdownOutput();
    // read the response
} catch (IOException ex) { ex.printStackTrace(); }
```

- scritture successive sollevano una `IOException`

COSTRUZIONE SOCKET SENZA CONNESSIONE

- costruttore senza argomenti e connessione successiva

```
try {  
    Socket socket = new Socket();  
    // setta opzioni Socket, ad esempio timeout  
    SocketAddress address= new InetSocketAddress ("time.nist.gov", 13);  
    socket.bind(connect(address));  
    // utilizza il socket  
} catch (IOException ex) {System.out.println(err); }}
```

- InetSocketAddress: costruttori

```
public InetSocketAddress (InetAddress address, int port);  
public InetSocketAddress(String host, int port);  
public InetSocketAddress (int port);
```

REPERIRE INFORMAZIONI SU UN SOCKET

- metodi getter

public InetAddress getAddress()

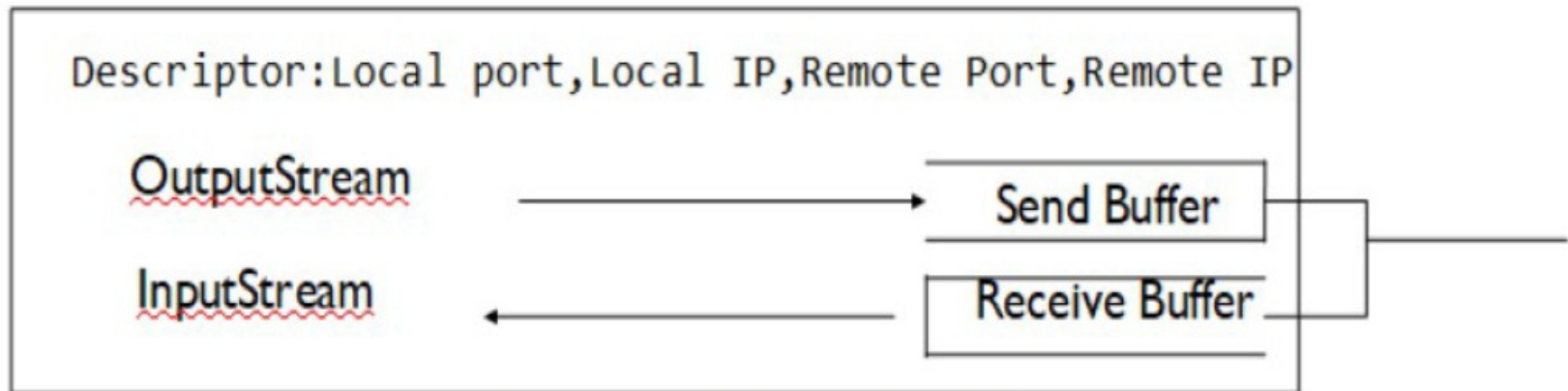
public int getPort()

public InetAddress getLocalAddress()

public int getLocalPort()

} indirizzo e porta
host remoto

} indirizzo e porta
host locale



Struttura del Socket TCP

REPERIRE INFORMAZIONI SU UN SOCKET

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

public class SocketInfo {
public static void main(String [] args)
{ for (String host: args) {
    try {
        Socket theSocket = new Socket (host, 80);
        System.out.println("Connected to "+theSocket.getInetAddress()
            +" on port"+ theSocket.getPort()+ " from port "
            + theSocket.getLocalPort() + " of"
            + theSocket.getLocalAddress());
    } catch(UnknownHostException ex) {
        System.out.println("I cannot find"+host);}
    catch(SocketException ex) {
        System.out.println("Could not connect to"+host);}
    catch(IOException ex) { System.out.println(ex);}}}}
```

```
$ java SocketInfo www.repubblica.it www.google.com
Connected to www.repubblica.it/18.66.196.94
on port 80 from port 56261 of/192.168.1.146
Connected to www.google.com/142.250.180.164
on port 80 from port 56262 of/192.168.1.146
```

RIASSUNTO

identificazione di un servizio con cui comunicare, occorre individuare:

- la **rete** all'interno della quale si trova l'host su cui è in esecuzione il processo
- l'**host** all'interno della rete
- il **processo** in esecuzione sull'host
- rete ed host: identificati da di Internet Protocol, mediante indirizzi IP
- processo: identificato da una **porta**, rappresentata da un intero da 0 a 65535
- ogni comunicazione è quindi individuata dalla **seguente 5-upla**:
 - il protocollo (TCP o UDP)
 - l'indirizzo IP del computer locale (client *sky3.cm.deakin.edu.au*, *139.130.118.5*)
 - la porta locale esempio: 5101
 - l'indirizzo del computer remoto (server *res.cm.deakin.edu.au* *139.130.118.102*),
 - la porta remota: 5100 {tcp, *139.130.118.102*, 5100, *139.130.118.5*, 5101}

ASSIGNMENT 5

Il log file di un web server contiene un insieme di linee, con il seguente formato:

```
150.108.64.57 - - [15/Feb/2001:09:40:58 -0500] "GET / HTTP 1.0" 200 2511
```

in cui:

- 150.108.64.57 indica l'host remoto, in genere secondo la dotted quad form
- [data]
- "HTTP request"
- status
- bytes sent
- eventuale tipo del client "Mozilla/4.0....."
- scrivere un'applicazione `WebLog` che prende in input il nome del log file (che sarà fornito) e ne stampa ogni linea, in cui ogni indirizzo IP è sostituito con l'hostname
- sviluppare due versioni del programma, la prima single-threaded, la seconda invece utilizza un thread pool, in cui il task assegnato ad ogni thread riguarda la traduzione di un insieme di linee del file. Confrontare i tempi delle due versioni.