

# Sistemi distribuiti

UniShare

Davide Cozzi  
@dlcgold

Gabriele De Rosa  
@derogab

Federica Di Lauro  
@f\_dila

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Introduzione ai Sistemi Distribuiti</b>	<b>3</b>
2.0.1	Stream Communication . . . . .	7
2.0.2	Architettura dei server . . . . .	25
2.1	L'architettura del web . . . . .	26
2.1.1	Tipi di Comunicazione . . . . .	34
2.2	Web Application . . . . .	38
2.2.1	Il Lato Client . . . . .	39
2.2.2	Java Servlet . . . . .	41
2.2.3	Java JSP . . . . .	52
<b>3</b>	<b>HTML + CSS + JS</b>	<b>65</b>
3.0.1	HTML5 . . . . .	68
<b>4</b>	<b>Web Service</b>	<b>69</b>
4.0.1	Web Services Composition . . . . .	75
4.0.2	WSDL . . . . .	77
4.0.3	SOAP . . . . .	81
4.1	RESTful Web Services . . . . .	82

# Capitolo 1

## Introduzione

Questi appunti sono presi a le lezioni. Per quanto sia stata fatta una revisione è altamente probabile (praticamente certo) che possano contenere errori, sia di stampa che di vero e proprio contenuto. Per eventuali proposte di correzione effettuare una pull request. Link: <https://github.com/dlccgold/Appunti>.

Grazie mille e buono studio!

## Capitolo 2

# Introduzione ai Sistemi Distribuiti

In questo corso analizziamo i sistemi distribuiti, alla base di tutte le applicazioni software client/server, in cui è presente una comunicazione tra diversi host.

**Definizione 1.** *Un sistema distribuito è un sistema nel quale componenti hardware e software, collocati in computer connessi alla rete, comunicano e coordinano le loro azioni col passaggio di messaggi. Ogni processo ha quindi una parte di logica applicativa e una di coordinamento.*

**Definizione 2.** *un sistema distribuito è un insieme di elementi autonomi di computazione che si interfacciano agli utenti come un singolo sistema "coerente".*

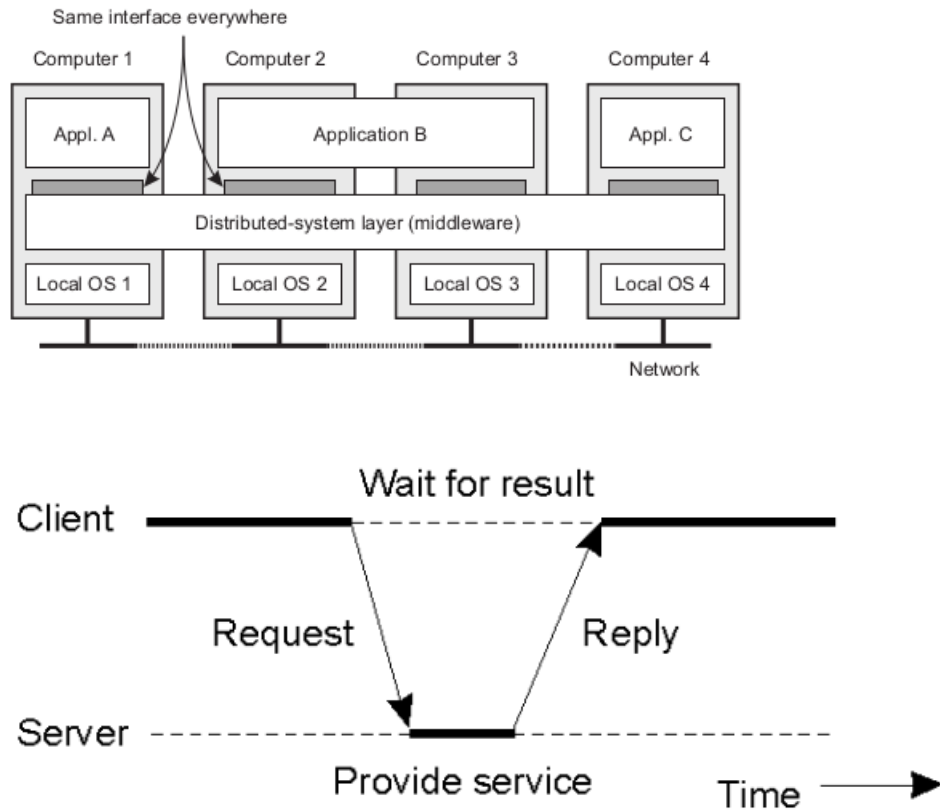
Le unità di computazioni sono dei nodi, i quali possono essere device hardware e/o singoli processi software, autonomi che devono essere sincronizzati e coordinati (programmazione concorrente).

Gli utenti e le applicazioni vedono un singolo sistema, senza conoscere le varie segmentazioni e i nodi presenti, e ciò permette di effettuare la **trasparenza di distribuzione**, ossia si nascondono i dettagli agli utenti che possono ignorare e non possono modificare il servizio.

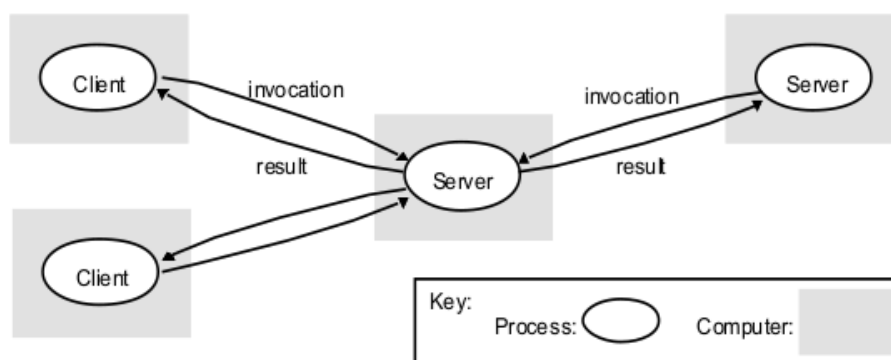
In teoria con ciò si dovrebbe evitare la generazione degli errori, in quanto i nodi sono indipendenti, ma in pratica tutto ciò è difficile da fare.

In un sistema distribuito, in quanto la comunicazione avviene tramite messaggi, non è presente la memoria condivisa e non si ha un clock globale del sistema, ma ogni nodo si gestisce attraverso un clock interno.

Figura 2.1: Rappresentazione dei sistemi distribuiti



Si ha che un client fa una richiesta e il server risponde con un certo risultato (con il conseguente ritardo, a differenza del modello a chiamata di procedura).



Si può accedere a server multipli (cluster con anche bilanciamento del carico) e si può accedere via proxy (dei server "finti" che fungono da concentratori). Un sistema distribuito per comunicare effettua le seguenti operazioni:

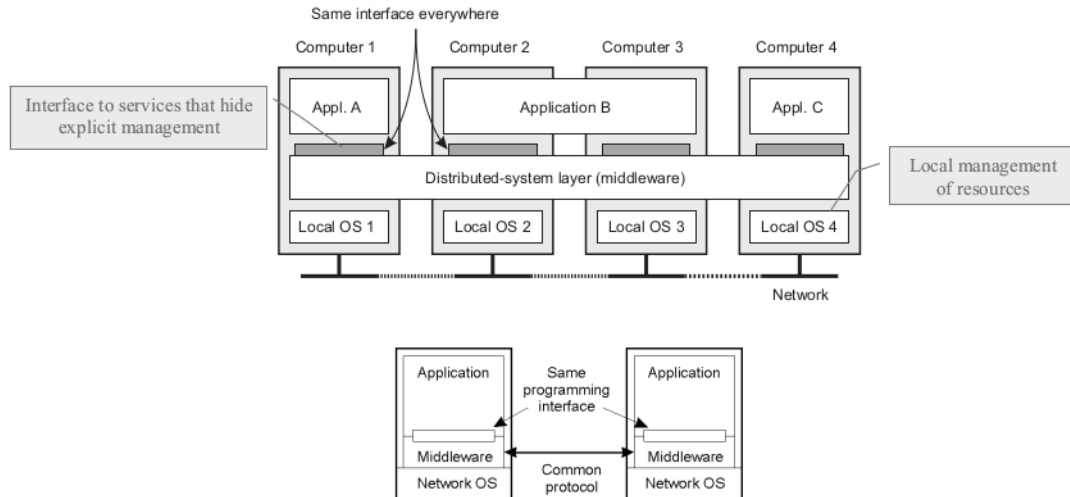
1. **identifica la controparte**, attraverso l'assegnazione di un nome(*naming*)
2. **si accede alla controparte**, attraverso un punto di accesso
3. **si definisce il protocollo**, al fine di stabilire le regole e le procedure per essere in grado di comunicare, senza alcun problema.
4. **si definisce**, che si risolve concordando *sintassi e semantica* per l'informazione da condividere (**quest'ultimo è però ancora un problema aperto**)

Si hanno le seguenti definizioni per quanto riguarda la trasparenza:

- naming, si usano nomi simbolici per identificare le risorse, facenti parte del sistema distribuito.
- access transparency, nascondere le differenze nella rappresentazione delle informazioni e nell'accesso ad un'informazione locale o remota
- location transparency, in cui si nasconde dove è collocata una risorsa sulla rete
- relocation(mobility) transparency, in cui si nasconde se la risorsa è stata trasferita ad un'altra locazione, mentre è in uso.
- migration transparency, in cui si nasconde che una risorsa può essere trasferita
- replication transparency, in cui si nasconde che una risorsa può essere replicata
- concurrency transparency, in cui si nasconde che una risorsa può essere condivisa da molti utenti indipendenti
- failure transparency, in cui si nascondono fallimenti e recovery di una risorsa
- persistence transparency, in cui si nasconde se una risorsa è volatile o memorizzata permanentemente

Figura 2.2: Interfaccia di un sistema distribuito

figura:interfacc:



Da questa trasparenza non si è in grado di nascondere i ritardi e le latenze di comunicazione, ma soprattutto non si è in grado di effettuare una trasparenza completa, per motivi di performance e di latenza dell'operazioni su un sistema distribuito.

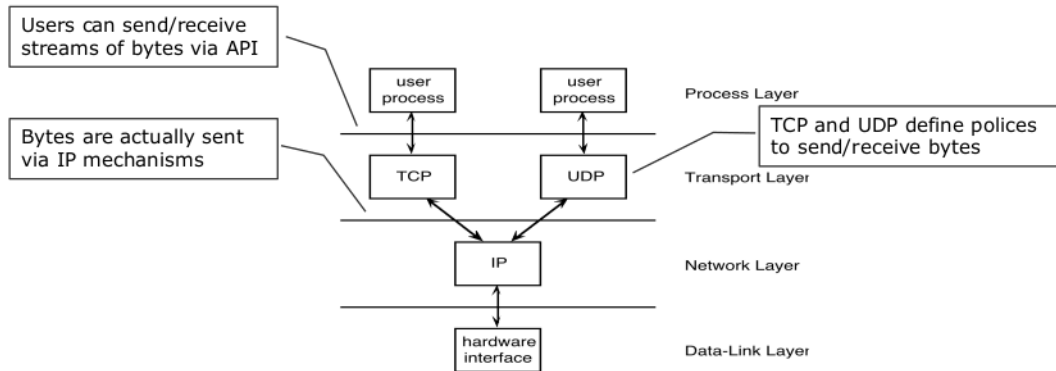
Questa volontà di astrarre le informazioni è alla base dell'ingegneria del software, in cui si separa il *cosa* dal *come*: il cosa si effettua tramite la definizione dell'interfaccia, complete ed indipendenti dalle diverse implementazioni, mentre il come avviene con l'effettiva implementazione delle classi e dei metodi.

Come si vede nella figura, l'interfaccia è unica mentre l'implementazione varia in ogni host locale del sistema distribuito e ciò può essere anche visto come la separazione tra un meccanismo e una politica, ossia come si implementa effettivamente una funzionalità del sistema.

Per poter capire le richieste ed eseguire i processi di comunicazione i due processi devono concordare un protocollo, in cui viene definito il formato, l'ordine di invio e di ricezione dei messaggi tra i diversi disposizioni, e per vedere un esempio di una comunicazione tra i diversi processi si guardi il listato di codice, in cui si implementano sia l'header che l'implementazione del server mentre nel listato di codice si vede l'implementazione del client.

Non forniamo una spiegazione del codice dato che nel corso del corso impareremo come sviluppare ed implementare applicazioni client-server.

Figura 2.3: Immagine a caso



### 2.0.1 Stream Communication

Per la comunicazione tra due host si utilizza il modello ISO/OSI, basato sull'astrazione di cui tutti gli informatici ne dovrebbero conoscere in dettaglio tutti i vari livelli, in cui per mandare dei dati da un host ad un host si parte dal livello di applicazione, su cui si sviluppano ed operano i sistemi distribuiti, per poi andare ai livelli di trasporto, di rete e fisico, necessari per il trasferimento sulla rete delle informazioni, come si nota nella figura .

Ogni processo comunica attraverso canali, in cui vengono gestiti i flussi di dati in ingresso ed uscita, individuabili tramite un intero detto **porta** e noi studiamo le **socket**, particolare canale per la comunicazione in cui non vi è una condivisione della memoria e per potersi connettere da un processo A, il processo B deve conoscere l'host che esegue A e la porta in cui A è connesso.

Le socket possono essere principalmente di due tipi, come i principali protocolli di trasporti:

- **tcp socket**: utilizzano il protocollo TCP, orientato alla connessione, per la comunicazione tra i due processi, prevede un controllo di affidabilità dei messaggi, ossia viene assicurato che i messaggi arrivano nell'ordine previsto all'altro processo ed infine vi è un controllo di flusso e di congestione ma non si hanno garanzie di banda e dei ritardi.

Si utilizzano nelle applicazioni, in cui si deve avere la sicurezza dell'arrivo dei dati come ad esempio nel protocollo HTTP, per la comunicazione web, e nelle chat app come Telegram e Whatsapp.

- **udp socket**: utilizza il protocollo UDP, non affidabile e non orientato alla connessione, in cui viene solo garantito il trasferimento dei dati



stato:fileServer

```
// definizioni necessarie a client e server

#define TRUE 1
#define MAX_PATH 255 // lunghezza massima del nome di un file
#define BUF_SIZE 1024 // massima grandezza file trasferibili per volta
#define FILE_SERVER 243 // indirizzo di rete del file del server
167
// operazioni permesse

#define CREATE 1 // crea un nuovo file
#define READ 2 // legge il contenuto di un file e lo restituisce
#define WRITE 3 // scrive su un file
#define DELETE 4 // cancella un file
174
175 // errori
176
#define OK 0 // nessun errore
#define E_BAD_OPCODE -1 // operazione sconosciuta
#define E_BAD_PARAM -2 // errore in un parametro
#define E_IO -3 // errore del disco o errore di I/O
181
// definizione del messaggio
183
struct message{
    long source; // identità del mittente
    long dest; // identità del ricevente
    long opcode; // operazione richiesta
    long count; // numero di byte da trasferire
    long offset; // posizione sul file da cui far partire l'I/O
    long result; // risultato dell'operazione
    char name[MAX_PATH]; // nome del file
    char data[BUF_SIZE]; //informazione da leggere o scrivere
};

#include <header.h>

void main(void){
    struct message m1, m2; // messaggio in entrata e uscita
    int r; // risultato

    while(TRUE){ // il server è sempre in esecuzione
        receive(FILE_SERVER, &m1); // stato di wait in attesa di m1
        switch(m1.code){ // varî casi in base alla richiesta
            case CREATE:
                r = do_create(&m1, &m2);
                break;
            case READ:
                r = do_read(&m1, &m2);
                break;
            case WRITE:
                r = do_write(&m1, &m2);
                break;
            case DELETE:
                r = do_delete(&m1, &m2);
                break;
            default:
                r = E_BAD_OPCODE;
                break;
        }
        if(r != OK){
            send(FILE_SERVER, &m1);
            continue;
        }
        send(FILE_SERVER, &m2);
    }
}
```

stato:fileClient

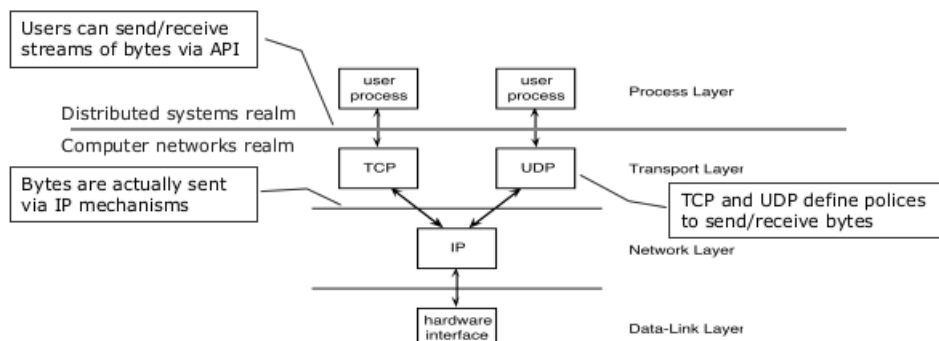
```
#include <header.h>

int copy(char *src, char *dst){ // copia file usando il server
    struct message m1; // buffer del messaggio
    long position; // attuale posizione del file
    long client = 110; // indirizzo del client

    initialize(); // prepara l'esecuzione
    position = 0;
    do{
        m1.opcode = READ; // operazione settata su READ
        m1.offset = position; // scelta la posizione nel file
        m1.count = BUF_SIZE; // byte da leggere
        strcpy(&m1.name, src); // nome file copiato in m1
        send(FILESERVER, &m1); // manda il messaggio al file server
        receive(client, &m1); // aspetta la risposta

        // scrive quanto ricevuto su un file di destinazione
        m1.opcode = WRITE; // operazione settata su WRITE
        m1.offset = position; // scelta la posizione nel file
        m1.count = BUF_SIZE; // byte da leggere
        strcpy(&m1.name, dst); // nome del file sul buffer
        send(FILESERVER, &m1); // manda il messaggio al file server
        receive(client, &m1); // aspetta la risposta
        position += m1.result // il risultato sono i byte scritti
    }while(m1.result > 0); // itera fino alla fine
    return(m1.result >= 0 ? OK : m1.result); // ritorna OK o l'errore
}
```

figure:livelliRete



dalla rete all'applicazione e un controllo minimale degli errori, cosa che lo definisce come un sottoinsieme proprio del protocollo TCP.

Viene utilizzato quando si deve avere un ritardo di trasmissione limitato ed una perdita minimale può non essere un problema, come ad esempio nei file multimediali e/o chiamate via voip.

Nei sistemi distribuiti non è necessario conoscere il funzionamento dei protocolli di trasporto ma basta considerare i servizi offerti e il fatto che si trasferiscono stream di byte, infatti le socket sono delle API(Application Programming Interface) per accedere a TCP o UDP, in quanto due processi nel modello client-server comunicano mediante esso.

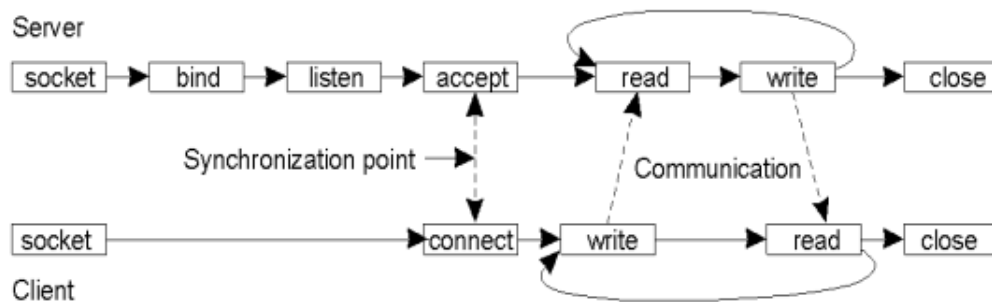
Si hanno delle criticità riguardanti alle socket e al modello client-server:

- gestione del ciclo di vita di cliente e server, attivazione/terminazione del cliente e del server
- identificazione e accesso al server
- comunicazione tra client e server
- ripartizione dei compiti tra client e server, che dipende dal tipo di applicazioni e la scelta influenza le prestazioni in relazione al carico

Quando viene definito l'indirizzo del server, esso può essere una costante, inserito dall'utente oppure inserendo un nameserver su cui si ricava l'indirizzo tramite il DNS(Domain Name Service) e questo comporta un basso livello di trasparenza dato che gli utenti devono conoscere l'indirizzo della rete e soprattutto parsare lo stream di byte nel message voluto.

La comunicazione TCP/IP avviene attraverso flussi di byte, dopo una connessione esplicita, attraverso normali system call read/write: queste due syscall sono sospensive, ossia mettono il sistema in attesa, e utilizzano un buffer per garantire la massima flessibilità, ad esempio la read definisce un buffer per leggere  $N$  caratteri ma potrebbe ritornare dopo aver letto solo  $k < n$  caratteri.

Ci sono molte chiamate diverse per accedere i servizi TCP e UDP:



Primitive	Meaning
<b>Socket</b>	<b>Create a new communication endpoint</b>
<b>Bind</b>	<b>Attach a local address to a socket, set the queue length</b>
<b>Listen</b>	<b>Announce willingness to accept connections</b>
<b>Accept</b>	<b>Block caller until a connection request arrives</b>
<b>Connect</b>	<b>Actively attempt to establish a connection</b>
<b>Write</b>	<b>Send some data over the connection</b>
<b>Read</b>	<b>Receive some data over the connection</b>
<b>Close</b>	<b>Release the connection</b>

Per capire le operazioni e le procedure usate per permettere la comunicazione tra client e server, mostriamo l'implementazione client-server con udp, nel listato 2.4, e quella client-server tramite tcp, nel listato 2.5.

Nelle socket udp, protocollo in cui si implementa un sottoinsieme delle funzionalità delle tcp, si effettua la creazione della socket, sia nel client che nel server, e poi subito incomincia la comunicazione mentre nelle socket tcp si effettua prima un handshake a tre vie per settare la connessione tra client e server e poi incomincia la comunicazione.

```
byteLetti read(socket, buffer, dimBuffer);
```

con:

- byteLetti = byte effettivamente letti
- socket = canale da cui leggere

Figura 2.4: Implementazione socket con protocollo udp

udpSocket
-----------

```
from socket import *

" Define address of the Server"
serverName = 'localhost'
serverPort = 12033

"Create a socket"
clientSocket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)
message = input("Insert a text: ")

"Send the message to the udp Server"
clientSocket.sendto(message.encode(), (serverName, serverPort))

"Receive the new message from the udpServer"
modifiedMessage, serverAddress = clientSocket.recvfrom(2048)

print("We have receive " + modifiedMessage.decode() + " bytes")

"Close the udp Client socket"
clientSocket.close()

from socket import *

"Define the server Port"
serverPort = 12033
serverSocket = socket(AF_INET, SOCK_DGRAM)#Create a socket
serverSocket.bind(('', serverPort))#Bind a socket to a port
print("Server is ready to receive")

#Loop where client can contact the server
while 1:
    " Receive a message from client Socket"
    message, clientAddress = serverSocket.recvfrom(2048)
    lengthMessage = str(len(message.decode()))
    "Send a message to a client socket"
    serverSocket.sendto(lengthMessage.encode(), clientAddress)
    "Close a socket "
    serverSocket.close()
serverSocket.close()
```

Figura 2.5: Implementazione socket con protocollo tcp

tcpSocket
-----------

```
import socket

"Define the server's address"
serverName = 'localhost'
serverPort = 12000

"Create a socket and try the connection to server address"
clientSocket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
clientSocket.connect((serverName, serverPort))

message = input("Inserisci un testo: ")
"Send data to server"
clientSocket.sendto(message.encode(), (serverName, serverPort))

"Receive data from server socket"
modifiedMessage, address = clientSocket.recvfrom(2048)
print("I have receive from the server the text" + modifiedMessage.decode())

"Close the client socket"
clientSocket.close()

import socket

"Create a socket and bind to a port "
serverSocket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
serverSocket.bind(('localhost', 12000))

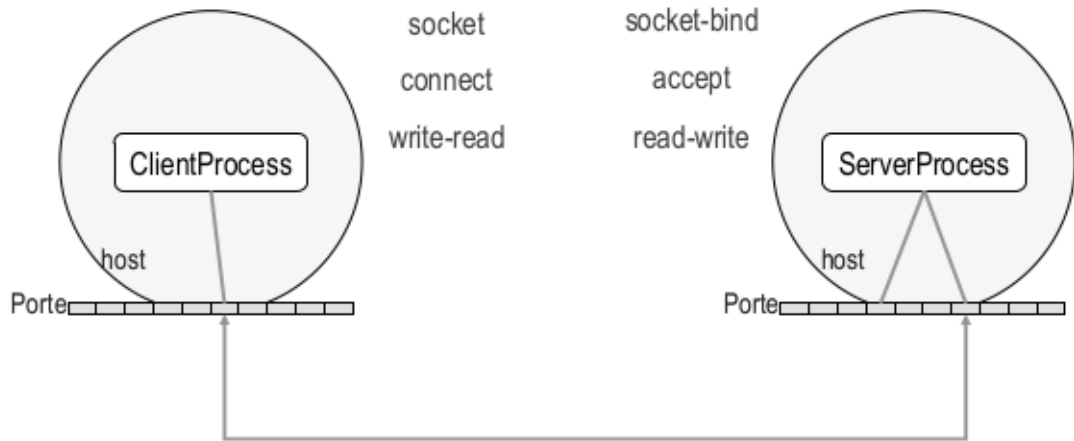
"Give the server able to accept at least 10 client connections"
serverSocket.listen(10)

while True:
    "Accept a socket and receive byte from clientSocket"
    (clientSocket, address) = serverSocket.accept()
    message, address = clientSocket.recvfrom(2048).decode()
    print address
    modifiedMessage = message.upper()

    "Send byte to a client socket"
    serverSocket.sendto(modifiedMessage.encode(), address)

    "Close the server Socket" 13
    serverSocket.close()
serverSocket.close()
```

Figura 2.6: DIF A XASO



- buffer = spazio di memoria dove trasferire i byte letti
- dimBuffer = dimensione del buffer = numero max di caratteri che si possono leggere

Dopo aver mostrato come si implementano le socket in Python, per rendere semplice e facilmente comprensibile quali sono le funzionalità e come si definiscono le socket, analizziamo come vengono fatte con il linguaggio Java, usato nel corso, utilizzando alcune classi che costituiscono un'interfaccia ad oggetti delle system call, su cui sono definite tutte le operazioni delle socket:

```
java.net.Socket
java.net.ServerSocket
```

Queste classi accorpano funzionalità e mascherano alcuni dettagli con il vantaggio di semplificarne l'uso e come ogni framework è necessario conoscerne il modello e il funzionamento per poterlo usare efficacemente.

I costrutti principali di queste due classi si possono trovare facilmente nella documentazione Java e negli esempi fatti a lezione, trovabili facilmente sul corso elearning.

Vediamo ora un esempio di un server `java:tcpServer`, scritto in Java che accetta una connessione da un client e manda uno stream di dati, e di un client `java:tcpClient` che legge lo stream di bytes, con un esempio simile a quello fatto in python per spiegare le fasi del TCP socket.

Quindi per il server si avrà la situazione `img:javaServer` mentre nel client si verifica `img:javaClient`.

Figura 2.7: Semplice implementazione TCP server in Java

java:tcpServer

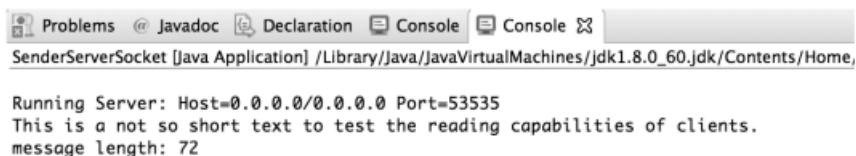
```
java.net.Socket  
java.net.ServerSocket
```

Figura 2.8: Semplice implementazione TCP client in Java

java:tcpClient

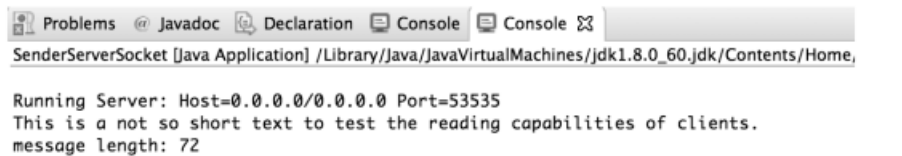
```
java.net.Socket  
java.net.ServerSocket
```

Si nota facilmente che il seguente modello di client non funziona nella maniera corretta, per cui si introducono i **lazy server** che mandano pochi byte per volta con un piccolo ritardo, come si nota nel listato 2.9

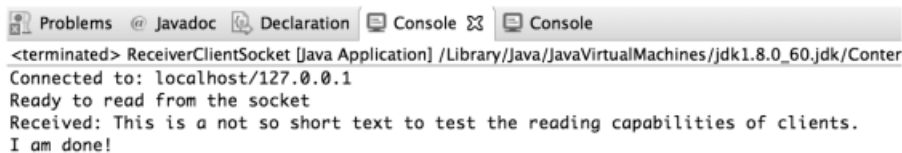


```
Problems Javadoc Declaration Console Console  
SenderServerSocket [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home,  
Running Server: Host=0.0.0.0/0.0.0.0 Port=53535  
This is a not so short text to test the reading capabilities of clients.  
message length: 72
```

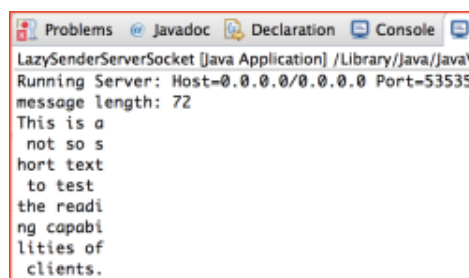
e per il client:



```
Problems Javadoc Declaration Console Console  
SenderServerSocket [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home,  
Running Server: Host=0.0.0.0/0.0.0.0 Port=53535  
This is a not so short text to test the reading capabilities of clients.  
message length: 72
```



```
Problems Javadoc Declaration Console Console  
<terminated> ReceiverClientSocket [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Conter  
Connected to: localhost/127.0.0.1  
Ready to read from the socket  
Received: This is a not so short text to test the reading capabilities of clients.  
I am done!
```



```
Problems Javadoc Declaration Console Console  
LazySenderServerSocket [Java Application] /Library/Java/JavaV  
Running Server: Host=0.0.0.0/0.0.0.0 Port=53535  
message length: 72  
This is a  
not so s  
hort text  
to test  
the readi  
ng capabi  
lities of  
clients.
```



Figura 2.9: Implementazione server Lazy

java:lazyServer

```
package serverWriter;

import java.io.PrintWriter;
import java.net.ServerSocket;
import java.net.Socket;

public class LazySenderServerSocket {

    final static String message = "This is a not so short text to test the r
        + " If they are not so smart, they will catch only part
    final static int chunk = 9; // number of bytes sent every time

    public static void main(String[] args) {
        try {
            Socket clientSocket;
            ServerSocket listenSocket;

            listenSocket = new ServerSocket(53535);
            System.out.println("Running Server: " + "Host=" + listen
                + listenSocket.getLocalPort());

            while (true) {
                clientSocket = listenSocket.accept();

                PrintWriter out = new PrintWriter(clientSocket.g
                System.out.println("message length: " + message.

                int i;
                for (i = 0; i < message.length() - chunk; i +=
                    System.out.println(message.substring(i,
                    Thread.sleep(1000);
                    out.write(message.substring(i, i + chunk
                    out.flush();

                }
                System.out.println(message.substring(i, message.
                out.write(message.substring(i, message.length())
                out.flush();
                clientSocket.close();
            }
        } catch (Exception e) {
            e.printStackTrace();
        }

    }
}
```

Per un'applicazione socket si ha le seguenti componenti:

1. **client** con l'architettura che è concettualmente più semplice di quella di un server, spesso è un'applicazione convenzionale in cui si hanno solo effetti sull'utente client e non comporta problemi di sicurezza.
2. **server**: crea una socket, gli assegna una porta nota ed entra in ciclo infinito in cui alternare: attesa di una richiesta, soddisfa la richiesta ed invio la risposta.  
L'affidabilità di un server è strettamente dipendente dall'affidabilità della comunicazione tra lui e i suoi client, del resto però la modalità *connection-oriented* determina l'impossibilità di rilevare interruzioni sulle connessioni e la necessità di prevedere una connessione (una socket) per ogni comunicazione.

Ci sono diverse tipologie di server implementabili in un modello client-server:

- iterativi, in cui viene soddisfatta una richiesta alla volta
- concorrenti processo singolo, in cui viene simulata la presenza di un server dedicato
- concorrenti multi-processo, in cui vengono creati server dedicati ad ogni client.
- concorrenti multi-thread, in cui vengono creati dei thread specifici per ogni client.

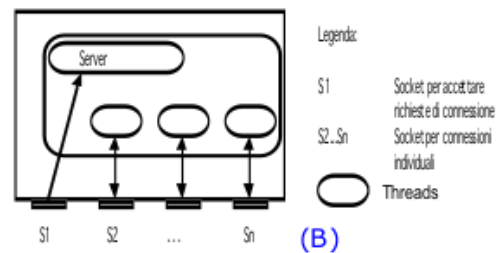
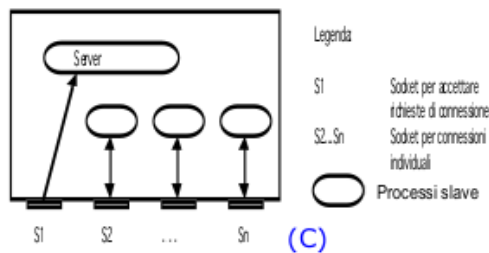
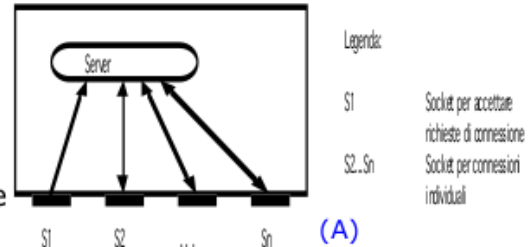
Vediamo come progettare un server iterativo. Al momento di una richiesta di connessione il server crea una socket temporanea per stabilire una connessione diretta con il client: le eventuali ulteriori richieste per il server verranno accodate alla porta nota per essere successivamente soddisfatte.

Gli svantaggi sono che viene servito un cliente alla volta, il server impedisce l'evoluzione di molti client e non si ha la scalabilità per cui la risoluzione a questi problemi è la programmazione concorrente.

Un server concorrente può gestire più connessioni client.

La sua realizzazione può essere

- simulata con un solo processo  
(A) in C: funzione *select*  
in Java: uso *Selector*  
che restituiscono i canali *ready*  
(B) in Java: uso dei *Thread*
- reale creando nuovi processi slave  
(C) in C: uso della funzione *fork*



In java si ha anche il **multiplexing** dove:

- i **channel** possono operare sia in modalità bloccante che non bloccante. In modalità non bloccante (dove solo canali stream-oriented, come socket e pipe, possono essere usati) il channel non mette mai il thread invocato in sleep. L'operazione richiesta o viene completata completamente o ritorna che nulla è stato fatto
- si hanno classi speciali per java, come *ServerSocketChannel*, *SocketChannel* e *DatagramChannel* e si usano i selector, permettendo un controllo più fine dei socket channels.

Un Selector è un multiplexor di oggetti *SelectableChannel* e viene creato con:

```
Selector selector = Selector.open();
```

I selector vengono poi registrati col metodo *register*:

```
channel.configureBlocking(false);
SelectionKey key = channel.register(selector, SelectionKey.OP_READ);
```

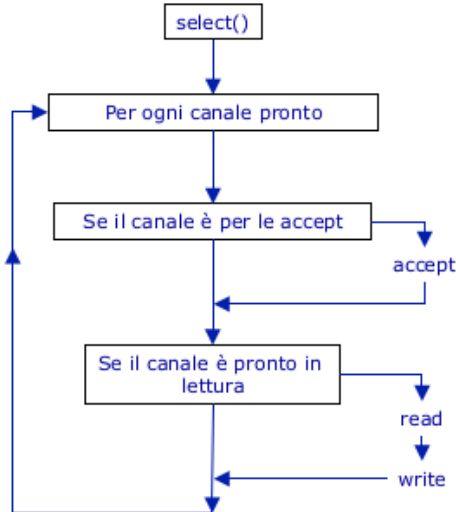
Con le seguenti *SelectionKey*:

```
SelectionKey.OP_CONNECT // quando un client tenta di connettersi al server
SelectionKey.OP_ACCEPT // quando il server accetta la connessione del client
SelectionKey.OP_READ // quando il server è pronto a leggere dal canale
SelectionKey.OP_WRITE // quando il server è pronto a scrivere sul canale
```

In generale ecco lo pseudo-codice per un server non bloccante:

```
create SocketChannel;
create Selector;
associate the SocketChannel with the Selector;
while(true) {
    waiting events from the Selector;
    event arrived;
    create keys;
    for each key created by Selector {
        check the type of request;
        isAcceptable:
            get the client SocketChannel;
            associate that SocketChannel with the Selector;
            record it for read/write operations
            continue;
        isReadable:
            get the client SocketChannel;
            read from the socket;
            continue;
        isWriteable:
            get the client SocketChannel;
            write on the socket;
            continue;
    }
}
```

ovvero:



In java:

```
import java.io.IOException;
import java.io.PrintWriter;
import java.net.InetAddress;
import java.net.Socket;
import java.util.Scanner;

public class SenderClient {
    private Socket socket;
    private Scanner scanner;

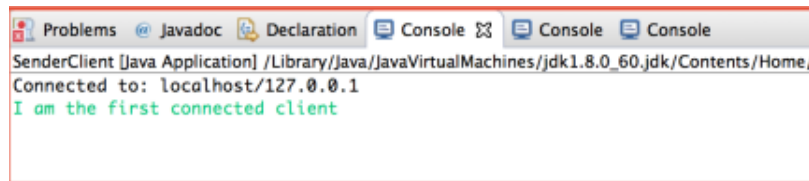
    private SenderClient(InetAddress serverAddress,
        int serverPort) throws Exception {
        this.socket = new Socket(serverAddress, serverPort);
        this.scanner = new Scanner(System.in);
    }

    private void start() throws IOException, InterruptedException {
        String input;
        PrintWriter out = new PrintWriter(this.socket.getOutputStream(), true);
        while (true) {
            input = scanner.nextLine();
            if (input.contentEquals("exit"))
```

```
        break;
    out.print(input);
    out.flush();
}
System.out.println("Client terminate.");
socket.close();
}

public static void main(String[] args) throws Exception {
    SenderClient client = new SenderClient(InetAddress.getByName(args[0]),
        Integer.parseInt(args[1]));

    System.out.println("Connected to: " + client.socket.getInetAddress());
    client.start();
}
}
```



Vediamo come farlo in modo concorrente:

```
package SelectorExample;

import java.io.IOException;
import java.net.InetSocketAddress;
import java.nio.ByteBuffer;
import java.nio.CharBuffer;
import java.nio.channels.SelectionKey;
import java.nio.channels.Selector;
import java.nio.channels.ServerSocketChannel;
import java.nio.channels.SocketChannel;
import java.nio.charset.Charset;
import java.nio.charset.CharsetDecoder;
import java.util.Iterator;
import java.util.Set;
```

```
public class ConcurrentServer {

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        Selector selector = Selector.open();
        ServerSocketChannel server = ServerSocketChannel.open();
        server.bind(new InetSocketAddress("localhost", 53535));
        // set the channel in non blocking mode
        server.configureBlocking(false);
        // register the channel with the selector or the accept operation
        server.register(selector, SelectionKey.OP_ACCEPT);

        // Infinite server loop
        while (true) {
            // Waiting for events
            selector.select();
            // Get keys
            Set<SelectionKey> keys = selector.selectedKeys();
            Iterator<SelectionKey> i = keys.iterator();

            // For each keys...
            while (i.hasNext()) {
                SelectionKey key = (SelectionKey) i.next();

                // Remove the current key
                i.remove();

                if (key.isAcceptable()) // a client required a connection
                    acceptClientRequest(selector, server);

                if (key.isReadable()) // ready to read
                    readClientBytes(key);
            }
        }

        private static void acceptClientRequest(Selector selector,
            ServerSocketChannel server) throws IOException {
            // get client socket channel
            SocketChannel client = server.accept();
            // Non Blocking I/O
            client.configureBlocking(false);
        }
    }
}
```

```
    // recording to the selector (reading)
    client.register(selector, SelectionKey.OP_READ);
    return;
}

private static void readClientBytes(SelectionKey key) throws IOException {
    SocketChannel client = (SocketChannel) key.channel();

    // Read byte coming from the client
    int BUFFER_SIZE = 256;
    ByteBuffer buffer = ByteBuffer.allocate(BUFFER_SIZE);
    try {
        if (client.read(buffer) == -1) {
            client.close();
            return;
        }
    } catch (Exception e) {
        // client is no longer active
        e.printStackTrace();
        client.close();
        return;
    }

    // Show bytes on the console
    buffer.flip(); // set the limit to the current position and then set
                  // the position to zero
    Charset charset = Charset.forName("UTF-8");
    CharsetDecoder decoder = charset.newDecoder();
    CharBuffer charBuffer = decoder.decode(buffer);
    int port = client.socket().getPort();
    System.out.println(port + ": " + charBuffer.toString());
    return;
}
}
```



```

Problems Javadoc Declaration Console Console Console
SenderClient [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home/
Connected to: localhost/127.0.0.1
I am the first connected client

Problems Javadoc Declaration Console Console Console
SenderClient [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home/
Connected to: localhost/127.0.0.1
I am the second connected client

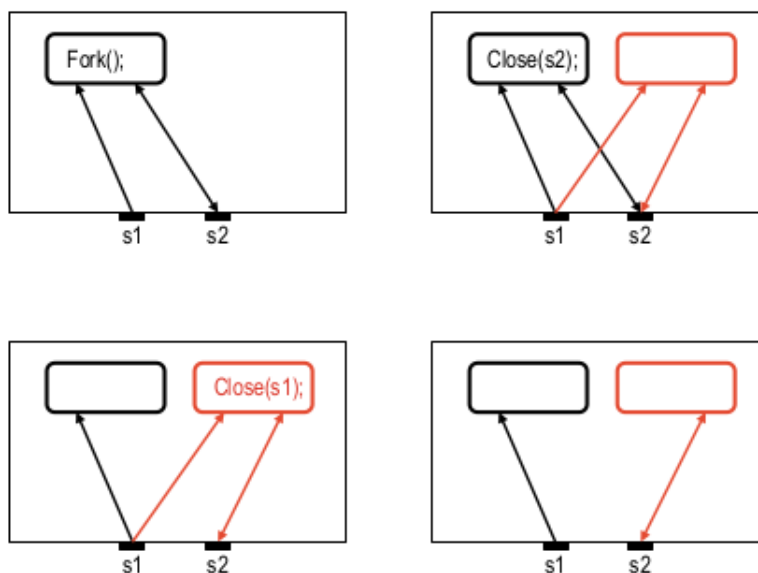
Problems Javadoc Declaration Console Console Console
ConcurrentServer [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home/
63845: I am the first connected client
63846: I am the second connected client

Problems Javadoc Declaration Console Console Console
<terminated> SenderClient [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home/
Connected to: localhost/127.0.0.1
I am the first connected client
exit
Client terminate.

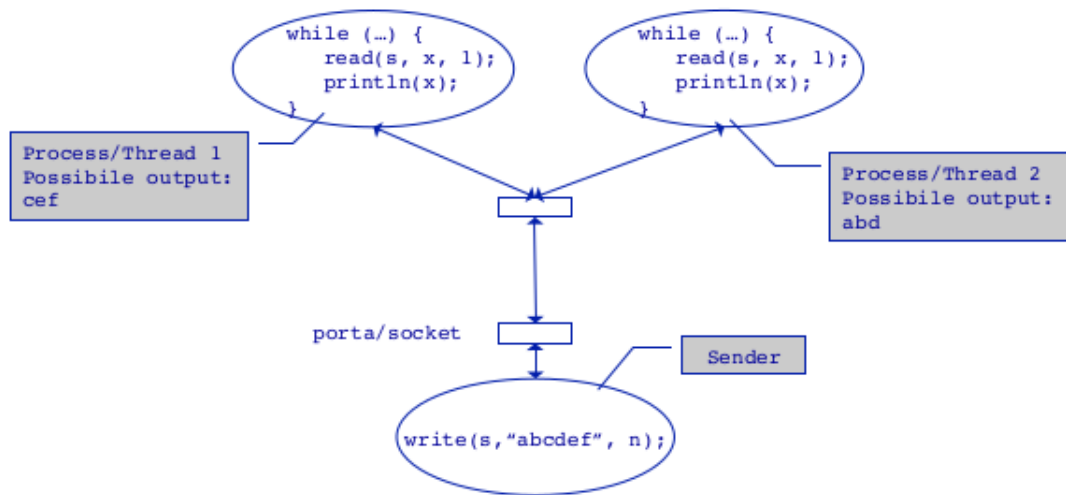
Problems Javadoc Declaration Console Console Console
SenderClient [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home/
Connected to: localhost/127.0.0.1
I am the latest client

Problems Javadoc Declaration Console Console Console
ConcurrentServer [Java Application] /Library/Java/JavaVirtualMachines/jdk1.8.0_60.jdk/Contents/Home/
63845: I am the first connected client
63846: I am the second connected client
63872: I am the latest client
    
```

Vediamo anche una rappresentazione della chiamata di sistema fork:



La lettura/scrittura su una socket da parte di più processi determina un problema di concorrenza: accesso ad una risorsa condivisa (mutua esclusione). Si ha quindi;



Si hanno quindi 2 modelli:

1. **mono processo (iterativo e concorrente)**, dove gli utenti condividono lo stesso spazio di lavoro. È adatto ad applicazioni cooperative che prevedono la modifica dello stato (lettura e scrittura)
2. **multi processo**, dove ogni utente ha uno spazio di lavoro autonomo. È adatto ad applicazioni autonome o che non modificano lo stato del server (sola lettura)

## 2.0.2 Architettura dei server

Per la gestione dei thread (che in java sono classi) esistono diversi **design pattern**:

- **un thread per pattern**, dove il *thread coordinatore* rileva la presenza di un nuovo client, lo connette ad un nuovo thread il quale:
  - decodifica la richiesta
  - chiama la funzione servente che la soddisfa
  - torna in ciclo per leggere una nuova richiesta

**un thread per richiesta**, dove un *thread coordinatore* riceve una richiesta e genera un thread per processarla. Questo nuovo thread:

- decodifica la richiesta
  - chiama la funzione servente che la soddisfa
  - termina
- **un thread per servente**, dove ogni servente ha un proprio thread e una coda. Il coordinatore riceve una richiesta e lo inserisce nella coda del servente giusto. Ogni thread servente legge ciclicamente una richiesta dalla propria coda e la esegue
  - **una pool di thread**, dove, dato che la creazione di un thread è costosa, il costo viene ammortizzato facendo gestire ad ogni thread molte richieste. Questo *pool di thread* viene creato all'avvio del sistema e le richieste gli vengono assegnate man mano.

## 2.1 L'architettura del web

Per comunicare attraverso internet si utilizza un modello client-server usando principalmente il protocollo **HTTP**, attraverso l'esecuzione delle sue operazioni **request** e **response**: la prima indica la richiesta di un oggetto web, come ad esempio un immagine e un file html, da parte del client verso il server mentre la seconda è la risposta da parte del server verso il client.

Nell'architettura di Internet il client viene realizzato mediante un browser, come ad esempio firefox, programma che fornisce la possibilità di navigare sul web, attraverso l'interpretazione del codice con cui sono espresse le pagine web, costituita da diversi oggetti identificati da un URL, mentre il server viene fornito da un Web Server, come ad esempio Apache.

L'URL identifica un oggetto nella rete e specifica come interpretare i dati ricevuti attraverso il protocollo, è formato dai seguenti elementi:

- nome del protocollo
- indirizzo IP dell'host
- porta del processo
- cammino/percorso dell'host
- identificatore della risposta

rappresentata nel seguente modo

`protocollo://indirizzo_IP[:porta]/cammino/risorsa`

La parte testuale dei documenti viene espressa da HTML, per contenuti ed impaginazione, da CSS per il rendering grafico mentre attraverso XML e JSON specifichiamo i dati e la loro struttura nel documento.

Si possono avere anche dati multimediali (foto, audio, etc...) con l'encoding MIME per definirne il formato (plain, html per i testi, jpeg, gif per le immagini, etc..) mentre la dinamicità delle pagine web viene data da linguaggi di programmazione come Javascript, VBScript, Java/applet ....

Vi sono diversi protocolli web, in cui si definiscono le regole di comunicazioni tra varie tipologie di applicazioni, come ad esempio HTTP, FTP (File Transfer Protocol) e SMTP (Simple Mail Transfer Protocol); questi esempi di protocolli utilizzano il protocollo di trasporto TCP ed utilizzano delle porte note: 80 per HTTP, 20 per FTP e 25 per SMTP.

Per ora si hanno due versioni del protocollo HTTP, definite in maniera standard:

1. **http1.0: RFC 1945**

2. **http1.1: RFC 2068**

HTTP è **stateless** in quanto il server non mantiene informazioni sulle precedenti richieste, per cui si devono sempre fornire le informazioni necessarie per cui i siti web per avere informazioni utilizzano i cookie, che analizzeremo alla fine di questo paragrafo.

Si ha che le *request response* hanno la stessa struttura, in ASCII con un formato testo leggibile, ad esempio:

```
GET /somedir/page.html HTTP/1.1
Host: www.someschool.edu
Connection: close
User-agent: Mozilla/4.0
Accept: text/html, image/gif, image/jpeg
Accept-language: fr
```

Con la prima riga si rappresenta la request line mentre nelle altre sono rappresentati l'header con le opzioni.

Nel protocollo HTTP si hanno diverse tipologie di metodi e richieste, le principali sono le seguenti:

- **GET:** metodo HTTP, in cui viene restituita una rappresentazione di una risorsa web, senza effetti sul server, utile per ottenere pagine html ed immagini.

Figura 2.10: Tipologie di richieste HTTP

fig:httpMethod

		cache	safe	idempotent
OPTIONS	represents a request for information about the communication options available on the request/response chain identified by the Request-URI			✓
GET	means retrieve whatever information (in the form of an entity) is identified by the Request-URI	✓	✓	
HEAD	identical to GET except that the server MUST NOT return a message-body in the response	✓	✓	
POST	is used to request that the origin server accept the entity enclosed in the request as a new subordinate of the resource identified by the Request-URI in the Request-Line			
PUT	requests that the enclosed entity be stored under the supplied Request-URI			✓
DELETE	requests that the origin server delete the resource identified by the Request-URI			✓
TRACE	is used to invoke a remote, application-layer loop- back of the request message			✓

- **POST**: metodo HTTP, in cui vengono comunicati i dati da far elaborare al server oppure si crea una nuova risorsa, subordinata all'URL. Ogni richiesta POST causa degli effetti sul server, quindi non può venire gestita la richiesta da una cache e l'utilizzo tipico è quello per processare delle FORM html e di modificare dati presenti in un database.
- **HEAD**: viene utilizzato spesso in fase di debugging ed è simile al metodo get ma in questo metodo viene restituito soltanto l'head della pagina web.

Nel complesso tutte le tipologie di richieste HTTP si notano nella figura 2.10 mentre il formato di una richiesta http si vede nella figura 2.11.

fig:httpMethod

fig:httpStructure

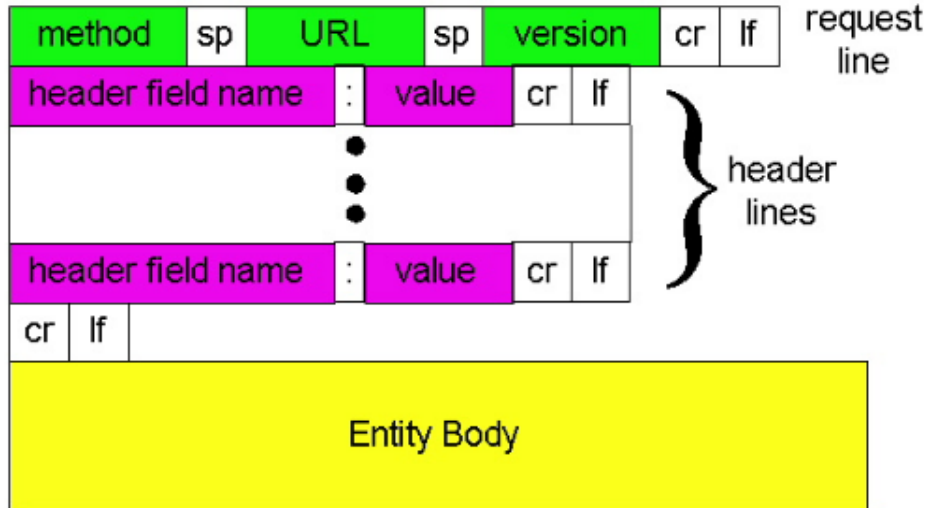
vediamo ora un esempio di risposta http:

```
HTTP/1.1 200 OK
Connection: close
Date: Thu, 06 Aug 1998 12:00:15 GMT
Server: Apache/1.3.0 (Unix)
Last-Modified: Mon, 22 Jun 1998
...
Content-Length: 6821
Content-Type: text/html
data data data data data ...
```

In molte applicazioni web il client e il server comunicano per un periodo esteso, in cui il client effettua una serie di richieste a cui il server risponde, in

Figura 2.11: Formato di una richiesta HTTP

fig:httpStructure



maniera intermittente oppure ogni tot periodo di tempo, per cui lo sviluppatore dell'applicazione deve decidere quale interazione deve avvenire tra ogni richiesta, ossia se usare la stessa connessione TCP oppure crearne sempre una nuova; la scelta comporta due diverse tipologie di utilizzo del protocollo HTTP, che si può estendere anche ai altri protocollo di livello applicativo:

- **connessione non persistente:** quando il server manda l'oggetto richiesto viene chiusa la connessione TCP, quindi successive interazioni tra lo stesso client e server richiedono la creazione e la chiusura di una nuova connessione TCP, con un aggravio di RTT, il tempo per mandare un pacchetto da client e server, per ogni richiesta solo per stabilire una nuova connessione TCP tra i due soggetti della comunicazione.
- **connessione persistente:** modalità usata di default dal protocollo HTTP, ma non per forza dagli altri protocolli, in cui al termine di una richiesta HTTP viene lasciata aperta la connessione TCP tra client e server, per cui ogni successiva richiesta tra essi non richiede la creazione di una nuova connessione, con conseguente maggiore efficienza e velocità del sistema.

Ovviamente la connessione TCP non viene lasciata aperta all'infinita, in quanto tipicamente un server HTTP in caso di mancato utilizzo dopo un certo ammontare di tempo la chiude, per raggiungere una maggiore efficienza di memoria occupata.

Esistendo due diverse versioni del protocollo HTTP vi sono due diverse tipologie di client:

Figura 2.12: HTTP Header codes

http:headerCode

- 200 OK**
  - Successo, oggetto richiesto più avanti nel messaggio
- 301 Moved Permanently**
  - L'oggetto richiesto è stato spostato. Il nuovo indirizzo è specificato più avanti (Location:)
- 400 Bad Request**
  - Richiesta incomprensibile al server
- 404 Not Found**
  - Il documento non è stato trovato sul server
- 505 HTTP Version Not Supported**

- Client HTTP 1.0: Server chiude connessione al termine della richiesta
- Client HTTP 1.1: mantiene aperta la connessione oppure chiude se la richiesta e quindi contiene Connection: close, al fine di poter fare una connessione non persistente.

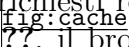
nella figura <sup>http:headerCode</sup>2.12 alcuni esempi di codici, usati per stabilire il tipo di risposta effettuata da HTTP ed è importante saperli, per capire cosa è avvenuto quando riceviamo, come client, la risposta HTTP.

Nonostante il protocollo HTTP è di tipo stateless, per i siti web è comodo poter identificare una persona, al fine di poter monitorare le abitudini, limitare l'accesso e personalizzare i contenuti, per cui sono stati introdotti i **cookies**, usati di default da tutti i siti.

I cookie prevedono 4 componenti: una header line nel messaggio di risposta HTTP, un header line nel messaggio di richiesta HTTP, un file di cookie tenuto nel sistema dell'utente e utilizzato dal browser, infine un database back-end nel sito web.

Per capire come funzionano i cookie guarda la figura <sup>fig:cookie</sup>2.13, in cui si suppone che Susan accede al sito di Amazon per la prima volta, utilizzando nel header *Set - cookie* : 1678.

Nonostante i cookie semplificano le procedure di riconoscimento dell'utente, come ad esempio si ha la possibilità di usare un'applicazione e-mail senza doversi ogni volta registrare, ci sono alcuni aspetti negativi riguardo alla privacy, dato che tramite i cookies ed informazioni ottenute sull'account di un utente, un sito web è in grado di sapere molto sull'utente e può vendere a terze parti, cosa che un utente vorrebbe sicuramente evitare.

La web cache, chiamata anche server proxy, è un rete in grado di soddisfare le richieste per conto di un web server e possiede un suo storage sul disco, per tenere le copie degli oggetti richiesti recentemente, per cui si può configurare, come si nota nella figura  2.12, il browser affinché ogni richiesta HTTP venga dirottata alla web cache, in cui in caso vi sia già una copia dell'oggetto viene subito mandata al browser, senza contattare il web server, altrimenti la web cache effettua una HTTP request al web server e dopo aver ottenuto l'oggetto lo salva internamente e lo manda, tramite una HTTP response, al browser che lo ha richiesto; come si può notare la web cache agisce sia da client che da server, infatti quando interagisce con il browser è un server mentre quando comunica con il web server agisce come un client e solitamente viene acquistata ed installata da un provider ISP.

La cache ha avuto un notevole utilizzo nel campo di internet per due ragioni:

- può ridurre il tempo di risposta di una richiesta client, in particolare se il collegamento tra client e web cache possiede una banda più potente del collegamento tra client e server e solitamente ciò avviene, e se si ha un alto tasso di possesso dell'oggetto richiesto da parte della cache, al fine di evitare continue richieste al web server.
- riduce il traffico sul link di accesso ad internet di una compagnia e/o istituzione, con la possibilità di evitare un upgrade della banda, con notevoli risparmi di costi.

Questa riduzione del traffico fornisce un guadagno anche agli utilizzatori delle applicazioni web dato che vi è un miglioramento delle prestazioni.

Nonostante la cache riduca il tempo di risposta, introduce il problema sulla integrità della copia dell'oggetto rispetto a quella nel web server ma per risolvere il protocollo prevede un meccanismo, chiamato **conditional GET**, che permette alla cache di verificare se l'oggetto presente nel suo storage interno è aggiornato.

Un messaggio HTTP request prevede questo meccanismo in caso il messaggio usa il metodo GET ed include l'header **If-modified-since**, per cui la cache manda l'oggetto richiesto in caso in cui l'header if-modified-since coincide con il valore del header last-modified.

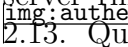
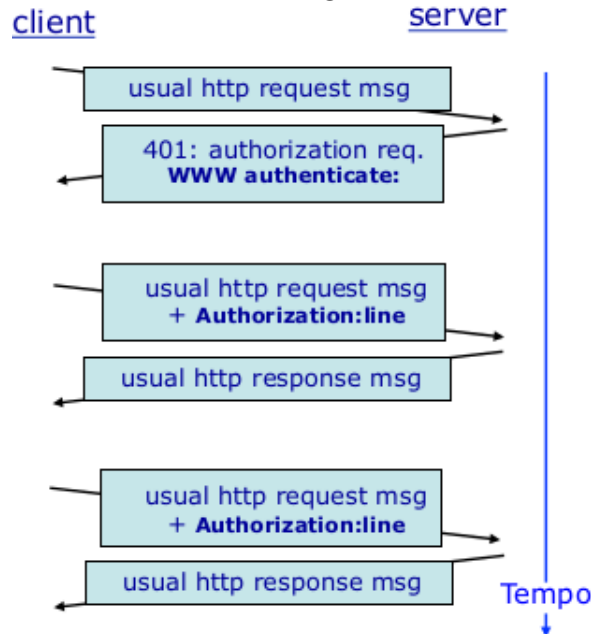
Per gestire l'accesso ai documenti sul server, dato che http è stateless, si deve verificare ogni richiesta e le informazioni necessarie all'autenticazione si trovano nell'header (*authorization: line*) senza le quali il server rifiuta la connessione (*www authenticate:*), come si nota nella figura  2.13. Quindi ricapitolando:



Figura 2.13: HTTP authentication



img:authentication

- **applicazione:**

- invia i messaggi come stream di byte al servizio di trasporto
- legge lo stream di byte dal servizio di trasporto e ricostruisce i messaggi

si ha quindi un unico messaggio:

```
GET /index.html HTTP/1.1<CR><LF>Host:
www.unimib.it<CR><LF>User-agent: Mozilla/4.0<CR><LF><CR><LF>
```

- **servizio UDP:**

- scompone lo stream di byte ricevuto in segmenti
- invia i segmenti, secondo una politica, ai servizi network

invia un messaggio così scomposto:

```
GET /index.html
HTTP/1.1<CR><LF>Host: ww
w.unimib.it<CR><LF>U
ser-agent: Mozilla/4
.0<CR><LF><CR><LF>
```

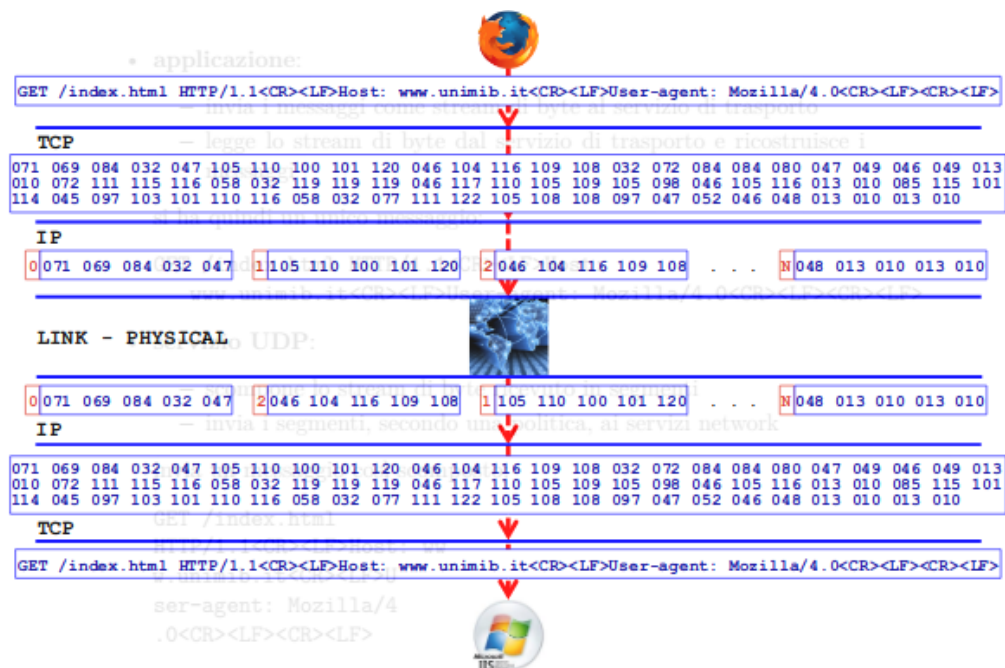
- **servizio TCP:** scompone e invia come UDP e ogni segmento viene numerato per garantire
  - riordinamento dei segmenti arrivati
  - controllo delle duplicazioni (scarto dei segmenti con ugual numero d'ordine)
  - controllo delle perdite (rinvio dei segmenti mancanti)

invia un messaggio così scomposto, con la numerazione del pacchetto all'inizio:

```

0GET /index.html
1HTTP/1.1<CR><LF>Host: ww
2w.unimib.it<CR><LF>U
3ser-agent: Mozilla/4
4.0<CR><LF><CR><LF>
    
```

come in figura:

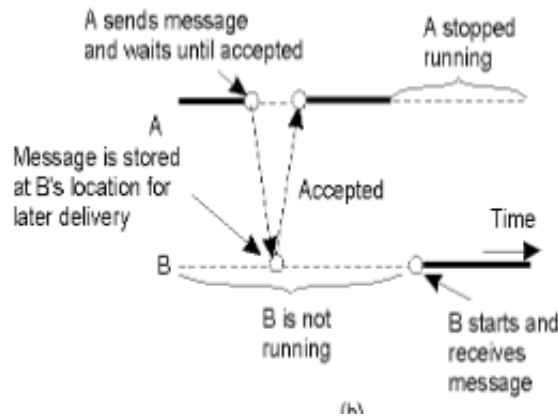


### 2.1.1 Tipi di Comunicazione

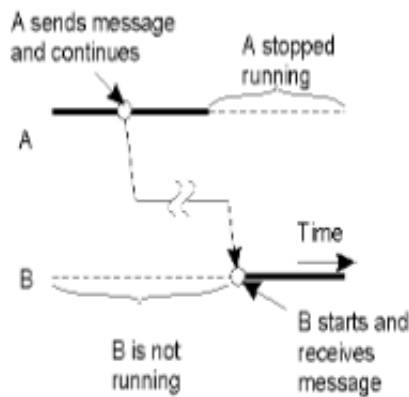
Si hanno 3 tipi di comunicazione:

- **comunicazione asincrona**
- **comunicazione persistente**, dove il middleware memorizza i dati fino alla consegna del messaggio al destinatario e non è necessario che i processi siano in esecuzione prima e dopo l'invio/ricezione dei messaggi. Si divide in:

– sincrona:

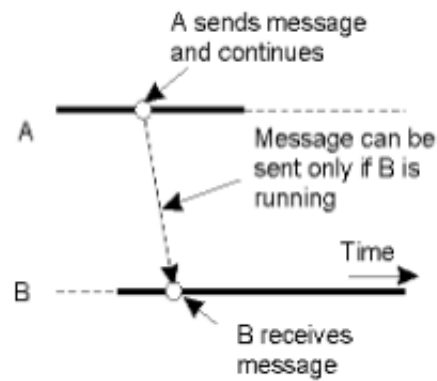


– asincrona:

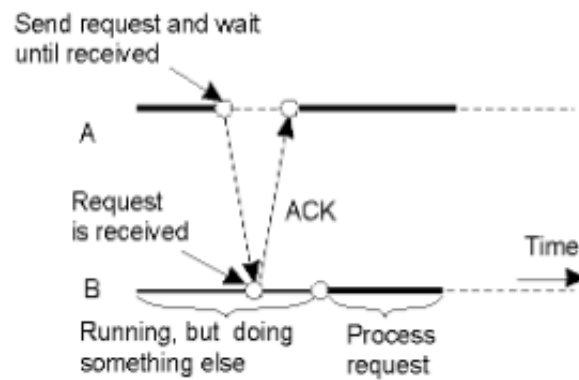


- **comunicazione transiente**, ovvero se il destinatario non è connesso i dati vengono scartati. Si divide in:

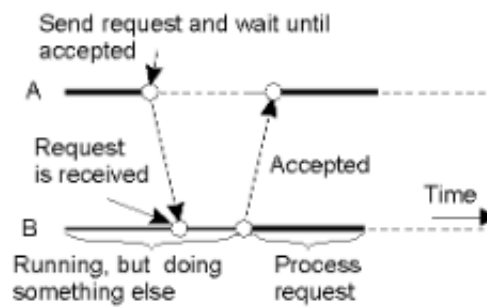
– asincrona:



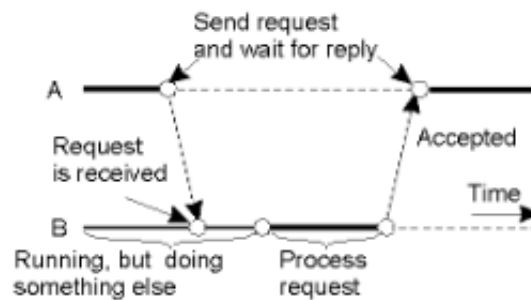
- sincrona Receipt-based:



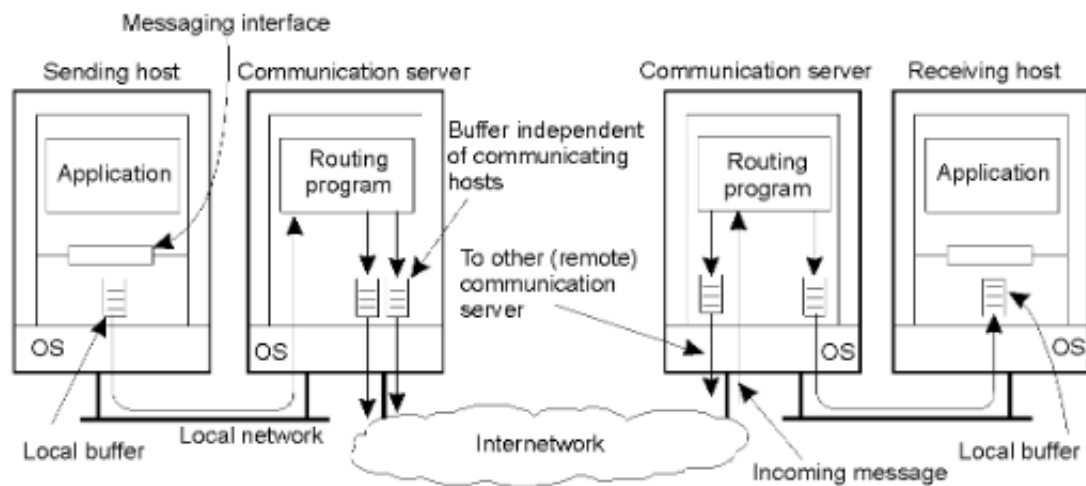
- sincrona delivery-based:



- sincrona response-based:

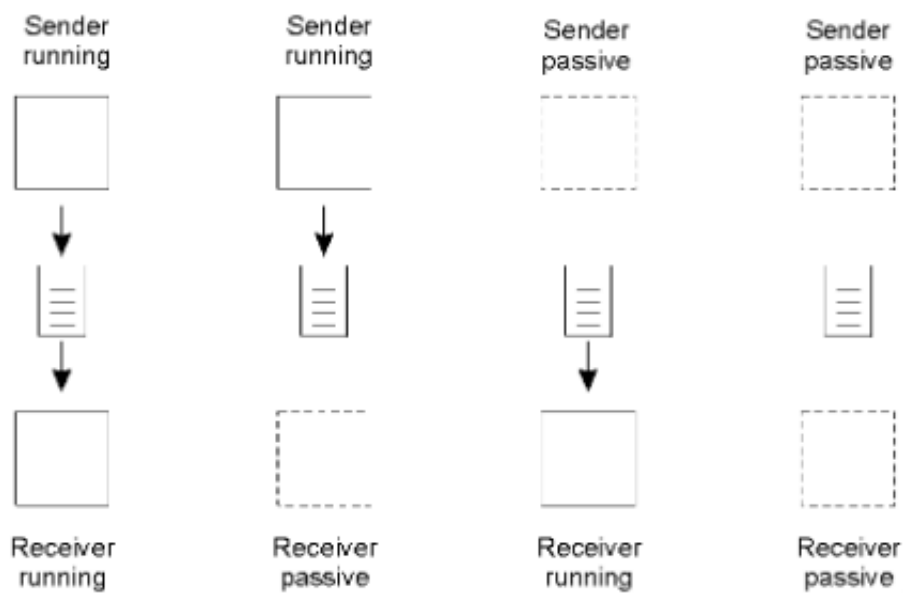


Vediamo un'immagine che spiega l'organizzazione generale di un sistema di comunicazione dove i vari hosts sono connessi attraverso la rete:

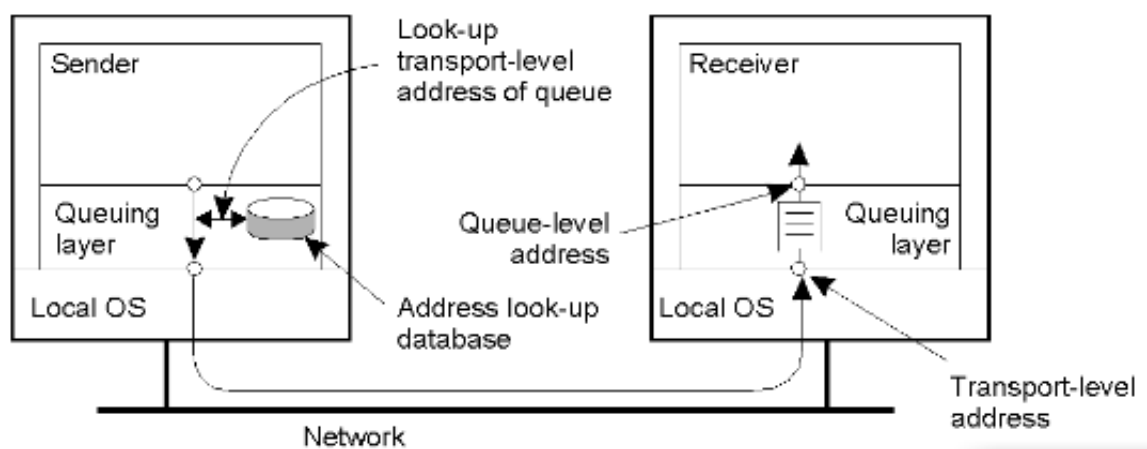


### Comunicazione Persistente message-oriented

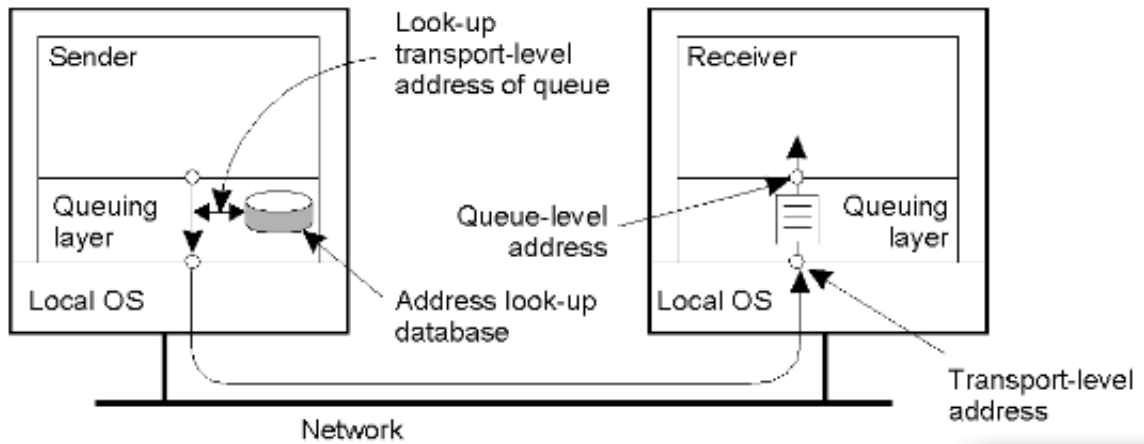
Si ha innanzitutto il **message-queueing model**. In questo caso si ha uno storage intermediario dei messaggi che non richiede né il sender né il receiver attivi durante la trasmissione:



Primitive	Meaning
<b>Put</b>	<b>Append a message to a specified queue</b>
<b>Get</b>	<b>Block until the specified queue is nonempty, and remove the first message</b>
<b>Poll</b>	<b>Check a specified queue for messages, and remove the first. Never block.</b>
<b>Notify</b>	<b>Install a handler to be called when a message is put into the specified queue.</b>



con i routers:



## 2.2 Web Application

Innanzitutto in un'applicazione web si ha l'adozione del protocollo HTTP. Si hanno dei limiti però nel protocollo HTTP a caratteri:

- **lentezza:** occorre tradurre e ritradurre i dati
- **uso di HTML per input e output**
- **uso di payload di tipo MIME**, quindi uso di interpreti esterni

Si hanno inoltre conversazioni senza stato (memoria), quindi ogni richiesta è un messaggio autonomo e per creare sessioni di lavoro (legare più richieste tra loro) occorre includere informazioni con mezzi espliciti, con *cookie* o *campi nascosti*.

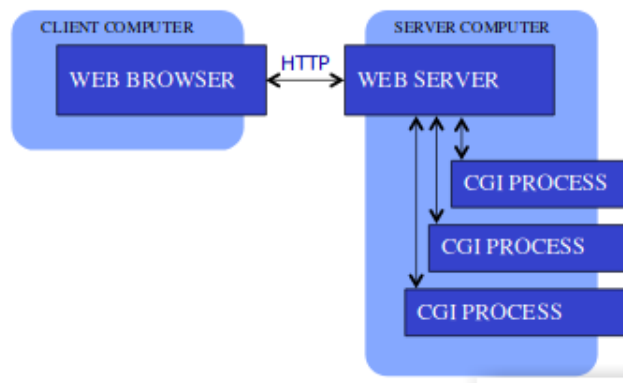
Per realizzare una applicazione, il **Web Server** si fa aiutare da un **Application Server**. Un Application server è caratterizzato dal protocollo di interazione con il Web Server e l'interazione col client è sempre HTTP.

Lo sviluppo lato server si può avere sia con linguaggi compilati che con script interpretati. Nel caso di programmi compilati (un linguaggio qualsiasi che supporti l'integrazione col web server, C++, Java...) il web server si limita ad invocare, su richiesta del client, un eseguibile. Nel caso di esecuzione di script, il web server ha al suo interno un motore, *engine*, in grado di interpretare il linguaggio di scripting usato (PHP, python, Perl...). In questo caso si perdono performances ma si guadagna una maggior semplicità di scrittura dei programmi.

Si hanno 3 step:

1. URL definisce un naming globale
2. GTTP fornisce un modello tipo RPC basato su socket e permette di invocare programmi sul server
3. CGI (*Common Gateway Interface*) permette al server di attivare un programma e di passargli le richieste e i parametri provenienti dal client

Ovvero:



Il processo CGI implementa un interprete per il linguaggio utilizzato coi vantaggi della portabilità, dell'utilizzo di strutture ben definite. Inoltre viene usato per programmare solo le logiche delle applicazioni. Tutto ciò si implementa con Java/Servlet, python e PHP.

### 2.2.1 Il Lato Client

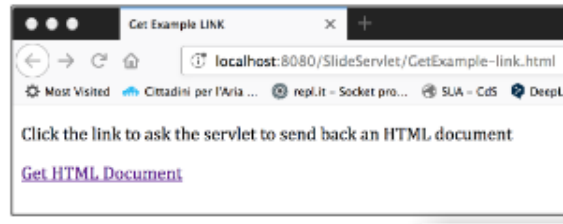
Lato client si possono fare request **link-based** con il parametro *action*:

```

<body>
  <p>Click the link to ask the servlet to send back an HTML document</p>
  <a href="http://localhost:8080/SlideServlet/GetHTTPServlet">
    Get HTML Document
  </a>
</body>
  
```

Si ha quindi una richiesta del tipo: *GET /path/name HTTP:1.1*





Si possono fare richieste **form-based**:

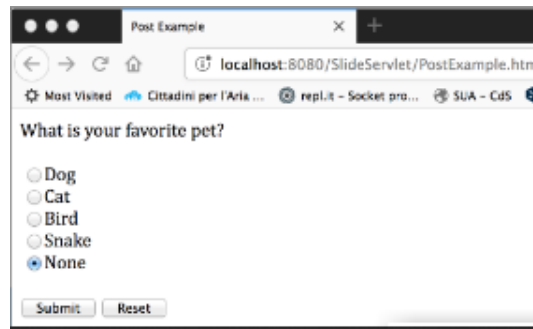
```
<form ACTION="http://localhost:8080/SlideServlet/GetHTTPServlet"
      METHOD="GET">
  <p>Click the button to have the servlet send an HTML document</p>
  <input TYPE="submit"VALUE="Get HTML Document">
</form>
```

Si ha quindi una richiesta del tipo: *GET /path/name HTTP:1.1*



Si ha anche che i dati possono essere inviati tramite un **FORM**:

```
<form ACTION="http://localhost:8080/SlideServlet/PostHTTPServlet"
      METHOD="POST">
  What is your favorite pet?<br><br>
  <input TYPE="radio"NAME="animal"VALUE="dog">Dog<br>
  <input TYPE="radio"NAME="animal"VALUE="cat">Cat<br>
  <input TYPE="radio"NAME="animal"VALUE="bird">Bird<br>
  <input TYPE="radio"NAME="animal"VALUE="snake">Snake<br>
  <input TYPE="radio"NAME="animal"VALUE="none"CHECKED>None
  <br><br><input TYPE="submit"VALUE="Submit">
  <input TYPE="reset">
</form>
```



### 2.2.2 Java Servlet

Le **Java Servlets** sono piccole applicazioni Java residenti sul server, per esempio *apache/Tomcat*. Una servlet è un componente gestito in modo automatico da un *container* o *engine* e ha un'interfaccia che definisce il set di metodi (ovviamente (ri)definibili). Si ha quindi maggior semplicità e standardizzazione ma maggior rigidità del modello. Il container controlla le servlet (attiva/disattiva) in base alle richieste dei client. Inoltre le servlets sono residenti in memoria, mantengono uno stato (sono oggetti java) e consentono le interazioni tra di loro.

Si quindi la differenza tra **stateless** e **statefull**. HTTP non prevede persistenza, è quindi stateless e quindi non si possono mantenere informazioni tra un messaggio e i successivi e non si possono identificare i client. Si mantiene lo stato della conversazione con le servlet, con i cookies che sono informazioni memorizzate sul client che permettono di gestire le sessioni e con *HTTPSession* che è gestito automaticamente dal container (con cookie o riscrittura delle URL).

Ogni servlet implementa l'interfaccia:

```
javax.servlet.Servlet
```

con 5 metodi:

```
// init inizializza il server
void init(ServletConfig config)

/* ServletContext restituisce i parametri di inizializzazione e
il ServletContext che dà accesso all'ambiente */
ServletConfig getServletConfig()

// service è invocato per gestire le richieste dei client
void service(ServletRequest request, ServletResponse response)
```

```
// getServletInfo restituisce informazioni tipo autore e versione
String getServletInfo()

/* la destroy è chiamata quando la servlet termina
(es: per chiudere un file o una connessione con un database) */
void destroy()
```

L'interfaccia è solo la dichiarazione dei metodi che, per essere utilizzabili, devono essere implementati in una classe. no presenti due classi astratte, cioè che implementano i metodi dell'interfaccia in modo che non facciano nulla.

```
javax.servlet.GenericServlet

javax.servlet.http.HttpServlet /* che definisce
                                metodi per l'uso in ambiente web */
```

Questo semplifica la scrittura delle servlet vere e proprie in quando basta implementare (ridefinendoli) solo i metodi che interessano.

Vediamo la classe *HttpServlet*. Questa classe implementa *service* in modo da invocare i metodi per servire le richieste dal web. Si hanno:

- *doGet()*, *doHead()*, *doDelete()*, *doOptions()*, *doPost()* e *doTrace()* con i vari metodi HTTP
- due parametri: *HttpServletRequest* e *HttpServletResponse*
- le eccezioni: *ServletException* e *IOException*

nche i parametri sono stati adattati al protocollo HTTP, cioè consentono di ricevere(inviare) messaggi HTTP leggendo(scrivendo) i dati nell'head e nel body di un messaggio. Si ha che:

- all'interfaccia *HttpServletRequest* viene passato un oggetto da service, l'interfaccia contiene la richiesta del client e estende *ServletRequest*
- all'interfaccia *HttpServletResponse* viene passato un oggetto da service, contiene la risposta per il client ed estende *ServletResponse*

Vediamo i metodi principali:

```
String getParameter(String name) /* Restituisce il valore
                                dell'argomento name */
```

```

Enumeration getParameterNames() /* Restituisce l'elenco
                                dei nomi degli argomenti */

String[] getParametersValues(String name) /* Restituisce i valori
                                           dell'argomento name */

Cookie[] getCookies() //Restituisce i cookies del server sul client

void addCookie(Cookie cookie) /* Aggiunge un cookie
                               nell'intestazione della risposta */

HTTPSession getSession(boolean create) /* Una HTTPSession
                                         identifica il client e
                                         viene creata se create=true */

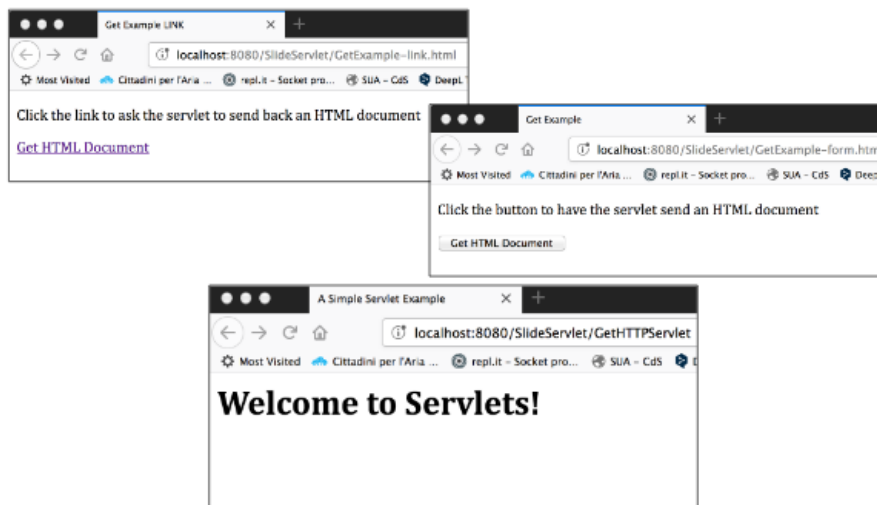
void setContentType(String type) /* Specifica il tipo MIME della
                                   risposta per dire al browser come
                                   visualizzare la risposta
                                   Es: "text/html" dice che è html */

ServletOutputStream getOutputStream() /* Restituisce lo stream di
                                         byte per scrivere la risposta */

PrintWriter getWriter() /* Restituisce lo stream di
                          caratteri per scrivere la risposta */

```

qualche immagine:



vediamo lato client una pagina HTML con un URL alla risorsa servlet

```
<DOCTYPEhtml>
<html>
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>GetExample LINK</title>
</head>
<body>
  <p>Click the link to ask the servlet to send back an HTML document</p>
  <a href="http://localhost:8080/SlideServlet/GetHTTPServlet">
    Get HTML document</a>
</body>
</html>
```

vediamo nel caso del form, con il metodo di invio GET e la servlet che processa il form:

```
<DOCTYPEhtml>
<html>
<head>
<metacharset="UTF-8">
<title>GetExample</title>
</head>
<body>

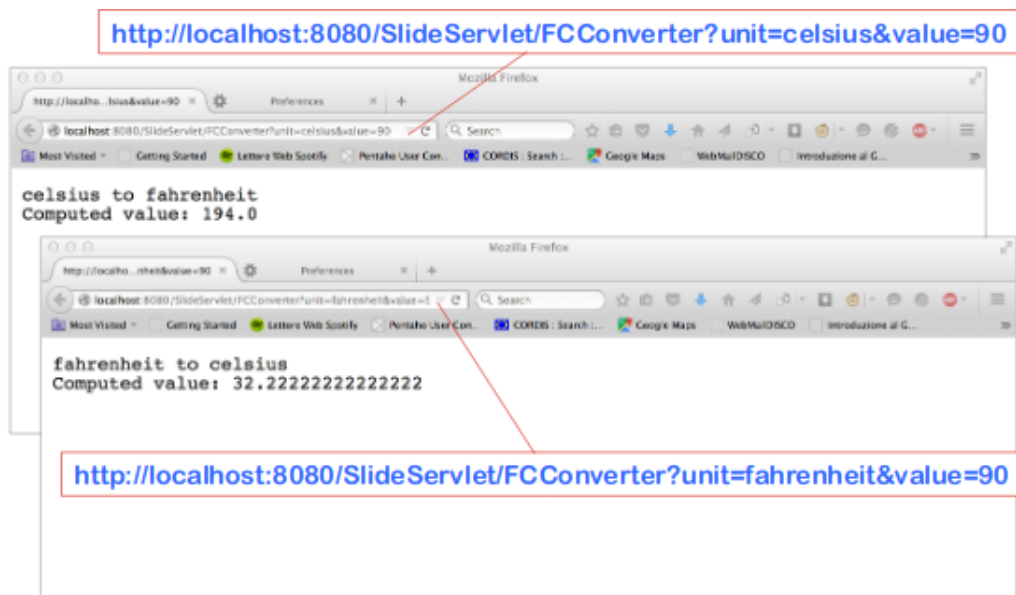
<form action="http://localhost:8080/SlideServlet/GetHTTPServlet"
      method="GET">
  <p>Click the link to ask the servlet to send back an HTML document</p>
  <input type="submit" value="Get HTML Document">
</form>
</body>
</html>
```

avendo lato server:

```
// da Internet e WWW - How to program, Dietel&Dietel, Prentice Hall
// Creating and sending a page to the client
```

```
public class GetHTTPServlet extends HttpServlet {
    public void doGet(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response)
        throws ServletException, IOException {
        PrintWriter output;
        response.setContentType( "text/html" ); // contenttype
        output = response.getWriter(); // getwriter
        // create and send HTML page to client
        StringBuffer buf = new StringBuffer();
        buf.append( "<html><head><title>\n" );
        buf.append( "A Simple ServletExample\n" );
        buf.append( "</title></head><body>\n" );
        buf.append( "<H1>Welcome to Servlets!</H1>\n" );
        buf.append( "</body></html>" );
        output.println( buf.toString() );
        output.close(); // closePrintWriterstream
    }
}
```

vediamo un esempio lato server che converte Celsius e Fahrenheit:



```
public class FCCConverter extends HttpServlet {
    private String convertCtoF(Double celsius) {
        Double fahrenheit;
        fahrenheit = ((celsius * 9) / 5) + 32;
        return Double.toString(fahrenheit);
    }

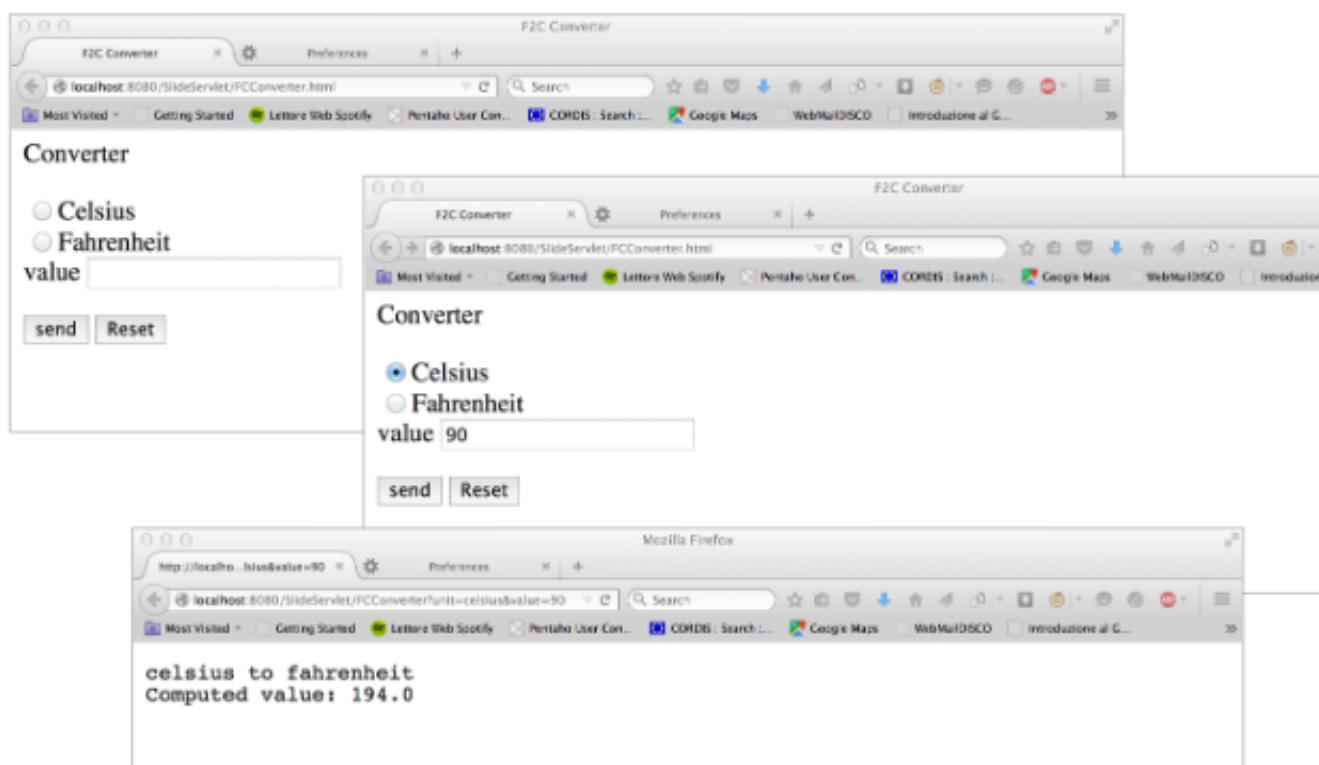
    private String convertFtoC(Double fahrenheit) {
        Double celsius;
        celsius = (fahrenheit - 32) * 5 / 9;
        return Double.toString(celsius);
    }

    protected void doGet(HttpServletRequest request,
                          HttpServletResponse response)
        throws ServletException, IOException {
        String result;
        String unit=request.getParameter("unit");
        Double value = Double.parseDouble(request.getParameter("value"));

        if(unit.equals("fahrenheit")) {
            response.getWriter().append("fahrenheit to celsius \n");
            result=convertFtoC(value);
        } else {
            response.getWriter().append("celsius to fahrenheit \n");
            result = convertCtoF(value);
        }

        response.getWriter().append("Computed value: ").append(result);
    }
}
```

con i form:



```

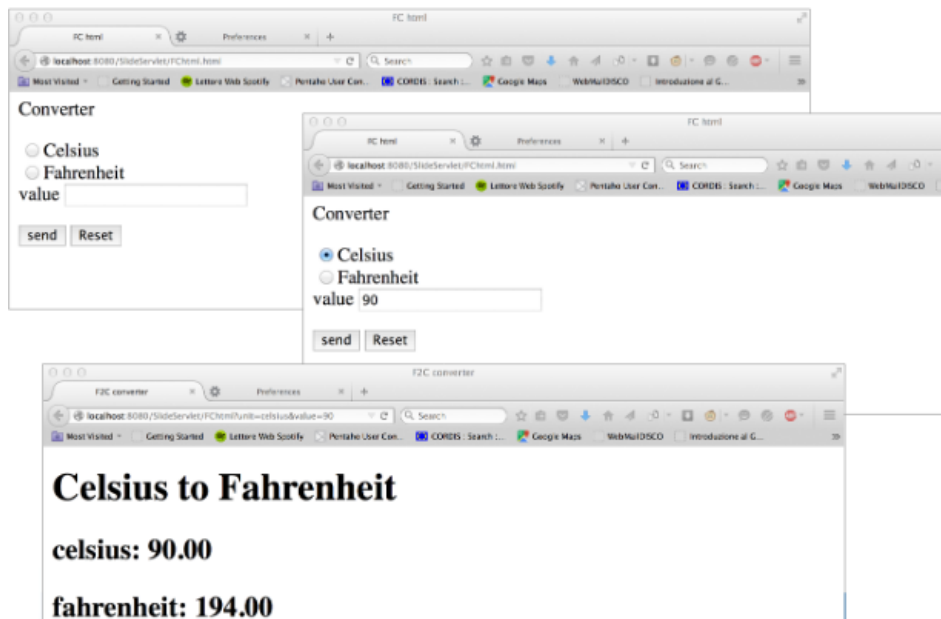
<!DOCTYPEhtml>
<html>
<head>
<meta charset="UTF-8">
<title>F2C Converter</title>
</head>
<body>

<form action="http://localhost:8080/SlideServlet/FCConverter"
      method="GET">
  Converter <BR><BR>
  <input type="radio" name="unit" value="celsius">Celsius<BR>
  <input type="radio" name="unit" value="fahrenheit">Fahrenheit<BR>
  value <input type="text" name="value"><BR><BR>
  <input type="submit" value="send">
  <input type="reset">
</form>
</body>
</html>

```

volendo anche una risposta HTML:





con la servlet:

```
import java.io.IOException;
import java.text.DecimalFormat
import javax.servlet.ServletException;
import javax.servlet.annotation.WebServlet;
import javax.servlet.http.HttpServlet;
import javax.servlet.http.HttpServletRequest;
import javax.servlet.http.HttpServletResponse;

@WebServlet("/FCHtml")
public class FCConverter extends HttpServlet {

    private Double convertCtoF(Double celsius) {
        Double fahrenheit;
        fahrenheit = ((celsius * 9) / 5) + 32;
        return fahrenheit;
    }

    private Double convertFtoC(Double fahrenheit) {
        Double celsius;
        celsius = (fahrenheit - 32) * 5 / 9;
        return celsius;
    }
}
```

```

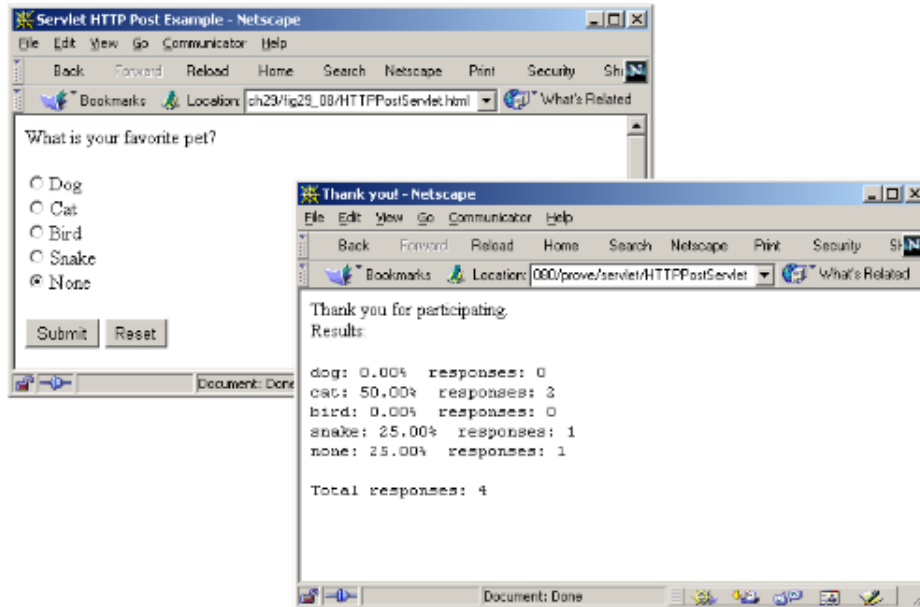
protected void doGet(HttpServletRequest request,
                      HttpServletResponse response)
                      throws ServletException, IOException {
    String unit=request.getParameter("unit");
    Double value = Double.parseDouble(request.getParameter("value"));
    Double result;
    StringBuffer buf = new StringBuffer();

    buf.append( "<!DOCTYPE html>\n" );
    buf.append( "<html>\n<head>\n<title>F2C converter </title>\n</head>\n<body>\n" );
    if(unit.equals("fahrenheit")) {
        buf.append("<h1> Fahrenheit to Celsius </h1>\n");
        result=convertFtoC(value);
    } else {
        buf.append("<h1> Celsius to Fahrenheit </h1>\n");
        result=convertCtoF(value);
    }
    DecimalFormat twoDigits = new DecimalFormat( "#0.00" );
    buf.append("<h2>" + unit + ": " + twoDigits.format( value ) + "</h2>\n");
    buf.append("<h2>");
    if( unit.equals("fahrenheit")) {
        buf.append("celsius: ");
    } else {
        buf.append("fahrenheit: ");
    }

    buf.append( twoDigits.format( result ) );
    buf.append( "</h2>\n" );
    buf.append( "</body>\n</html>" );
    response.getWriter().append(buf);
}
}

```

Vediamo anche un esempio di POST:



```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta charset= "UTF-8" >
<title>Post Example</title>
</head>
<body>
  <form action= "http://localhost:8080/SlideServlet/PostHTTPServlet"
    method= "POST" >
    What is your favorite pet?<br>
    <br> <input type= "radio" name= "animal" value= "dog" >Dog<br>
    <input type= "radio" name= "animal" value= "cat" >Cat<br> <input
      type= "radio" name= "animal" value= "bird" >Bird<br> <input
      type= "radio" name= "animal" value= "snake" >Snake<br> <input
      type= "radio" name= "animal" value= "none" checked>None <br>
    <br>
    <input type= "submit" value= "Submit" > <input type= "reset" >
  </form>
</body>
</html>
```

con la seguente servlet lato server:

```
public class HTTPPostServlet extends HttpServlet {
    // definisco l'elenco degli animali
    private String animalNames[] = {
        "dog",
        "cat",
        "bird",
        "snake",
        "none"
    };

    public void doPost(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response)
        throws ServletException, IOException {
        int animals[] = null, // contatori di preferenze
            total = 0; // totale delle preferenze espresse
        // i dati sono memorizzati nel file "survey.dat"
        File f = new File("survey.dat"); // apro o creo il file
        if (f.exists()) { // leggo il file e lo assegno a animals
            animals = ...
            // conto quante sono le risposte date in precedenza
            for (int i = 0; i < animals.length; ++i)
                total += animals[i];
        } else // creo un nuovo array di contatori
            animals = new int[5];
        // leggo il messaggio con la nuova preferenza
        String value = request.getParameter("animal");
        ++total;
        // aggiorno il totale delle risposte
        // determino quello votato e aggiorno il suo contatore
        for (int i = 0; i < animalNames.length; ++i)
            if (value.equals(animalNames[i]))
                ++animals[i];
        // scrivo i nuovi contatori sul file e lo chiudo
        ObjectOutputStream output =
            new ObjectOutputStream(new FileOutputStream(f));
        output.writeObject(animals);
        output.flush();
        output.close();
        // calcolo le percentuali
        double percentages[] = new double[animals.length];
        for (int i = 0; i < percentages.length; ++i)
            percentages[i] = 100.0 * animals[i] / total;
    }
}
```

```

    // costruisco l'head del messaggio di risposta
    response.setContentType("text/html"); // content type
    // predispongo alla scrittura del body del messaggio
    PrintWriter responseOutput = response.getWriter();
    // uso un Buffer di servizio per costruire la pagina
    StringBuffer buf = new StringBuffer();
    buf.append("<html>\n<title>Thank you!</title>\n");
    buf.append("Thank you for participating.\n");
    buf.append("<br>Results:\n<pre>");
    DecimalFormat twoDigits = new DecimalFormat("#0.00");
    for (int i = 0; i < percentages.length; ++i) {
        buf.append("<br>" + animalNames[i] + ": ");
        buf.append(twoDigits.format(percentages[i]));
        buf.append("% responses: " + animals[i] + "\n");
    }
    buf.append("\n<br><br>Total responses: " + total);
    buf.append("</pre>\n</html>");
    // scrivo la pagina nella risposta
    responseOutput.println(buf.toString());
}
}

```

Vediamo cosa succede quando si esegue una servlet. Si crea innanzitutto un'istanza della servlet, condivisa da tutti i client e ogni richiesta genera un Thread che esegue la *do* appropriata. Una servlet viene creata dal container quando viene effettuata la prima chiamata. Viene invocato il metodo *init()* per inizializzazioni specifiche e viene distrutta con *destroy()* quando non ci sono servizi in esecuzione o in base ad un timer specifico. Container e richieste dei client devono sincronizzarsi sulla terminazione in quanto potrebbe esserci ancora in esecuzione la *service()*, inoltre bisogna tener traccia dei thread in esecuzione, progettare il metodo *destroy()* in modo da notificare lo **shutdown** e attendere il completamento del metodo *service()* e progettare i metodi lunghi in modo che verifichino periodicamente se è in corso uno shutdown e comportarsi di conseguenza.

### 2.2.3 Java JSP

**Java Service Pages** (analogamente a ASP, *Micorsoft Active Server Page* con VBScript e JScript) è una tecnologia per la creazione di applicazioni web. Specifica l'interazione tra un contenitore/server ed un insieme di "pagine" che presentano informazioni all'utente. Le pagine sono costituite da tag

tradizionali (HTML, XML, WML, ...) e da tag applicativi che controllano la generazione del contenuto. Rispetto ai servlet, facilitano la separazione tra logica applicativa e presentazione. Java Server Pages (JSP) separano la parte dinamica delle pagine dal template HTML statico e il codice si include nei tag `<% ... %>`.

Vediamo un esempio semplice, una pagina che visualizza "Grazie per la scelta di *Internet Guida Pratica*" quando ci si connette all'URL `http://host/OrderConfirmation.jsp?ti`.

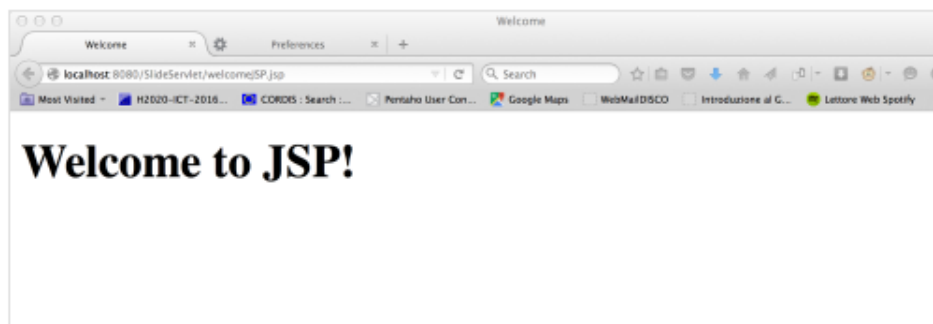
La pagina conterrà:

Grazie per la scelta di `<i> <%= request.getParameter("title") %> </i>`

La pagina viene convertita automaticamente in una servlet java la prima volta che viene richiesta.

Vediamo un altro esempio:

```
<%@ page language="java" contentType="text/html; charset=UTF-8"
    pageEncoding="UTF-8"%>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN" "http://
www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
<title>Welcome</title>
</head>
<body>
    <h1><%= "Welcome to JSP!" %></h1>
</body>
</html>
```



Vediamo gli elementi di una JSP:

- **template text:** le parti statiche
- **commenti:** `<%- questo e' un commento ->`

- **direttive:** `<%@ direttiva ... di compilazione %>`
- **azioni in XML:** `<tag attributes> body </tag>`
- **elementi di scripting:**
  - istruzioni nel linguaggio specificato nelle direttive
  - sono di tre tipi: scriptlet, declaration, expression

Approfondiamo il discorso direttive. Si hanno:

- **page:** sono liste di attributi/valori e valgono per la pagina dove sono inseriti:

```
<%@ page import="java.util.*" buffer="16k" %>
<%@ page import="java.math.*, java.util.*" %>
<%@ page session="false" %>
```

- **include:** permette di includere in compilazione pagine HTML e JSP:

```
<%@ include file="copyright.html" %>
```

- **taglib:** che dichiara tag definiti dall'utente implementando opportune classi:

```
<%@ taglib uri="TableTagLibrary" prefix="table"%>
<table:loop> ... </table:loop>
```

Si hanno nello specifico delle direttive JSP:

- **forward:** determina l'invio della richiesta corrente, eventualmente aggiornata con ulteriori parametri, all'URL indicata:

```
<jsp:forward page="login.jsp" %>
  <jsp:param name="username" value="user" />
  <jsp:param name="password" value="pass" />
</jsp:forward>
```

- **include:** invia dinamicamente la richiesta ad una data URL e ne include il risultato:

```
<jsp:include page="login.jsp" %>
```

- **useBean:** localizza ed istanzia (se necessario) un javaBean nel contesto specificato. Il contesto può essere:

```
<jsp:useBean id="cart" scope="session" class="ShoppingCart" />
```

Vediamo gli elementi di scripting:

- **declaration:** della forma `<%! declaration [declaration] ...%>` indicano le variabili e i metodi usati nella pagina e valgono per la durata della servlet:

```
<%! int[] v= new int[10]; %>
```

- **expression:** della forma `<%= expression %>`. Indica una espressione nel linguaggio di scripting che viene valutata e sostituita con il risultato:

```
<p>La radice di 2 vale <%= Math.sqrt(2.0) %></p>
```

- **scriptlet:** della forma `<% codice %>` sono frammenti di codice che controllano la generazione della pagina, valutati alla richiesta. Le variabili valgono per la singola esecuzione. Ciò che viene scritto sullo stream di output sostituisce lo scriptlet:

```
<table>
<% for (int i=0; i< v.length; i++) { %>
    <tr><td> <%= v[i] %></td></tr>
<% } %>
</table>
```

vediamo un esempio di uso di dati dinamici:

```
<%@ page language="java" contentType="text/html;
    charset=UTF-8" pageEncoding="UTF-8"%>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN"
    "http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=UTF-8">
<title>Uso di JSP</title>
</head>
<body BGCOLOR="#FDF5E6" TEXT="blue" >
<CENTER>
<TABLE BORDER=5 BGCOLOR="#EF8429">
  <TR><TH CLASS="TITLE">
```



```

    Using JavaServer Pages</TABLE>
</CENTER> <BR>
Some dynamic content created using various JSP mechanisms:
<UL>
  <LI><B>Expression.</B><BR>
    Your hostname: <%= request.getRemoteHost() %>.
  <LI><B>Scriptlet.</B><BR>
    <% out.println("Attached GET data: " + request.getQueryString()); %>
  <LI><B>Declaration (plus expression).</B><BR>
    <%! private int accessCount = 0; %>
    Accesses to page since server reboot: <%= ++accessCount %>
  <LI><B>Directive (plus expression).</B><BR>
    <%@ page import = "java.util.*" %>
    Current date: <%= new Date() %>
</UL>
</body>
</html>

```

Un altro esempio:

```

<%@ page language= "java" contentType= "text/html;
  charset=UTF-8" pageEncoding= "UTF-8" %>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01
  Transitional//EN" "http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html>
<head>
<meta http-equiv= "Content-Type" content= "text/html; charset=UTF-8" >
<title>Uso di JSP</title>
<link rel= "stylesheet" href= "My-Style-Sheet.css" type= "text/css" >
</head>
<body bgcolor= "#FDF5E6" text= "blue" >
  <center>
    <table border= "5" bgcolor= "#EF8429" >
      <tr>
        <th class= "title" > Using JavaServer Pages </th>
      </tr>
    </table>
  </center>
<br> Some dynamic content created using various JSP mechanisms:
<ul>
  <li><b>Expression.</b><br> Your hostname:

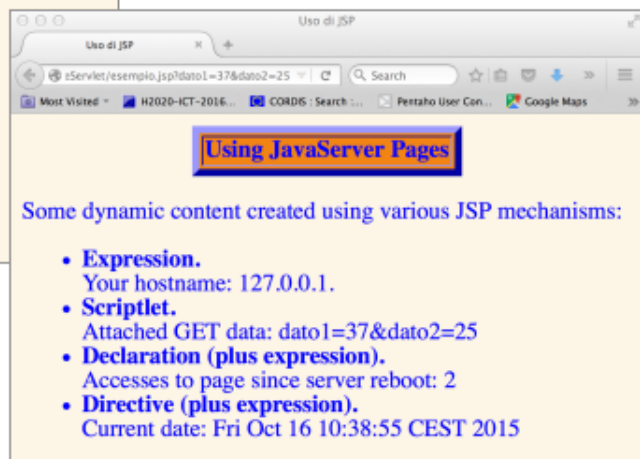
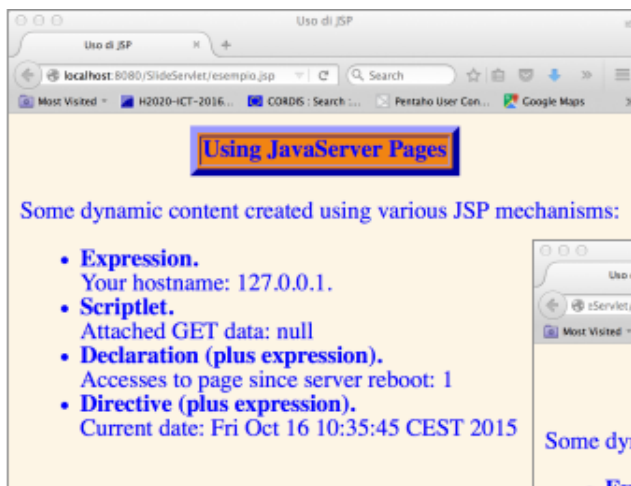
```

```

<%=request.getRemoteHost()%>. </li>
<li><b>Scriptlet.</b><br>
  <%= out.println("Attached GET data: " +
    request.getQueryString()); %></li>
<li><b>Declaration (plus expression).</b><br>
  <%!private int accessCount = 0;%>
  Accesses to page since server reboot:
  <%=++accessCount%> </li>
<li><b>Directive (plus expression).</b><br>
  <%@ page import= "java.util.*" %> Current date: <%=new Date()%> </li>
</ul>
</body>
</html>

```

ottenendo:



vediamo un esempio di JSP con form HTML:

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<meta charset="UTF-8">

```

```

<title>JSP Example</title>
</head>
<body>
<form action="http://localhost:8080/SlideServlet/FC.jsp"
      method="GET">
  Converter <BR><BR>
  <input type="radio" name="unit" value="celsius">Celsius<BR>
  <input type="radio" name="unit" value="fahrenheit">Fahrenheit<BR>
  value <input type="text" name="value" ><BR><BR>
  <input type="submit" value="send">
  <input type="reset">
</form>
</body>
</html>

```



che in JSP diventa:

```
<%@ page language="java" contentType="text/html; charset=UTF-8" pageEncoding="UTF-8"%>
<!DOCTYPE html PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN"
    "http://www.w3.org/TR/html4/loose.dtd">
<html><head><meta http-equiv="Content-Type"
    content="text/html; charset=UTF-8">
<title>F2C converter</title></head>
<body>
    <%@ page import = "java.text.DecimalFormat" %>
    <% Double result;
    String unit = request.getParameter("unit");
    Double value=Double.parseDouble(request.getParameter("value")); %>
    <h1> <% if( unit.equals("fahrenheit")) { %>
        <%= "Fahrenheit to Celsius" %>
        <% result=(value - 32)*5/9;
        } else { %>
        <%= "Celsius to Fahrenheit" %>
        <% result=((value * 9) / 5) + 32; } %>
    </h1>
    <% DecimalFormat twoDigits = new DecimalFormat( "#0.00" ); %>
    <h2> <%= unit %> : <%= twoDigits.format(value) %> </h2>
    <h2> <% if( unit.equals("fahrenheit")) { %>
        <%= "Fahrenheit: " %>
        <% result=(value - 32)*5/9;
        } else { %>
        <%= "Celsius: " %>
        <% result=((value * 9) / 5) + 32; } %>
        <%= twoDigits.format( result ) %>
    </h2>
</body>
</html>
```

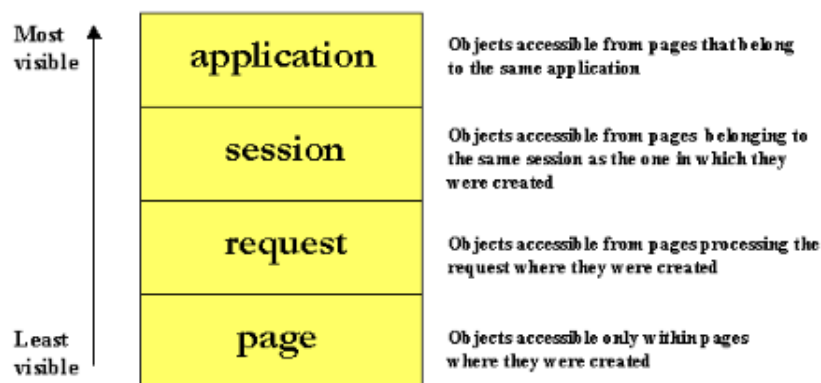
Vediamo gli elementi di scripting. Un linguaggio di scripting ha lo scopo di interagire con gli oggetti java e gestire le eccezioni java. SI hanno 9 oggetti impliciti, gli elementi delle servlet:

1. requeste
2. response
3. out
4. page
5. pageContext
6. session
7. application
8. config
9. exception

Gli oggetti possono essere creti in 3 modi:

1. implicitamente usando le direttive JSP
2. esplicitamente con le azioni
3. direttamente usando uno script (raro)

Gli oggetti hanno un attributo che ne definisce lo "scope":



che accede ad un oggetto HttpSession. Per esempio si ha:

- memorizzazione:

```
<% Foofoo = new Foo(); session.putValue("foo",foo); %>
```

- recupero:

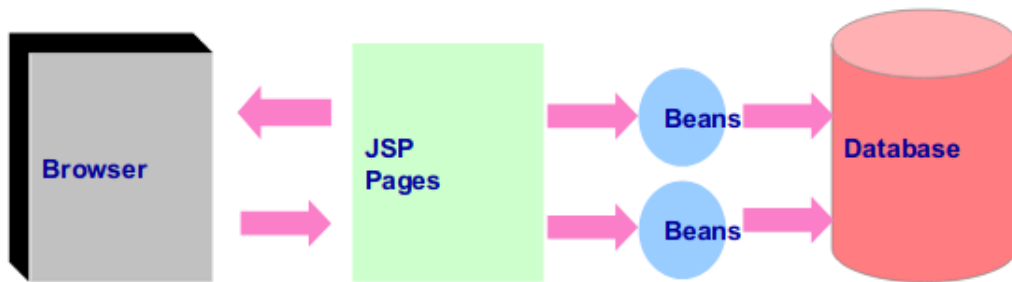
```
<% FoomyFoo = (Foo) session.getValue("foo"); %>
```

- esclusione di una pagina dalla sessione:

```
<%@ page session="false" %>
```

Parliamo ora del **pattern Model View COntrol (MVC)** per la separazione tra dati, controllo e visualizzazione. Si ha che:

- il client richiede via HTTP un file .JSP
- il file .JSP viene interpretato e accede a componenti lato-server (Java Beans, Servlet) che generano contenuti dinamici
- il risultato viene spedito al client in forma di pagine HTML



Un **bean** è una classe che segue regole precise:

- ha un costruttore senza parametri
- dovrebbe avere campi (property) protetti *private*
- i metodi di accesso ai campi (property) sono *set* e *get*, quindi *setXxx* e *getXxx/isXxx* (xxx = property)

per esempio:

```
class Book{
    private String title;
    private boolean available;
    void setTitle(String t) ...;
    String getTitle() ...;
    void setAvailable(boolean b) ...;
    boolean isAvailable () ...;
}
```

Vediamo le azioni per utilizzare un bean:

- **inizializzazione**, ovvero accedere ad un bin:

```
jsp:useBean id="user" class="com.jguru.Person" scope="session" />
<jsp:useBean id="user" class="com.jguru.Person" scope="session">
  <% user.setDate(DateFormat.getDateInstance( ).format(new Date()));
  //etc.. %>
</jsp:useBean>
```

- **accedere alle proprietà**:

```
<jsp:getPropertyname="user" property="name" />
<jsp:setPropertyname="user" property="name" value="jGuru" /
><jsp:setPropertyname="user" property="name"
  value="<%=expression %>" />
<jsp:useBean id="Attore" class="MyThread" scope="session"
  type="Thread"/>
```

Lo scope determina la vita di un bean e:

- **page** è lo scope di default: viene messo in *pageContext* ed acceduto con *getAttribute*
- **request** viene messo in *ServletRequest* ed acceduto con *getAttribute*
- per **session e application** si ha che se non esiste un bean con lo stesso id, ne viene creato uno nuovo

Inoltre si ha che il type permette di assegnare al bean una superclasse e che al posto della classe si può usare il nome del bean.

Vediamo un esempio di bean:

```
<%@ page import= "itis.mvc.CounterBean" %>
<jsp:useBean id= "session_counter" class= "itis.mvc.CounterBean"
  scope= "session" />
<jsp:useBean id= "app_counter" class= "itis.mvc.CounterBean"
  scope= "application" />
<%
  session_counter.increaseCount();
  synchronized (page) {
    app_counter.increaseCount();
  }
%>
```

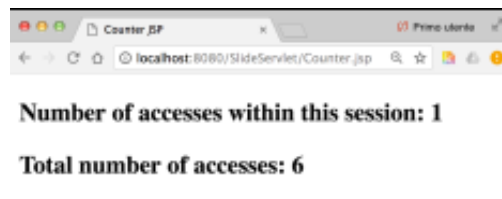
```

<h3>
  Number of accesses within this session:
  <jsp:getProperty name= "session_counter" property= "count" />
</h3>
<p></p>
<h3>
  Total number of accesses:
  <%
    synchronized (page) {
  %>
  <jsp:getProperty name= "app_counter" property= "count" />
  <%
    }
  %>
</h3>

public class CounterBean {
  //declare a integer for the counter
  private int count;

  public int getCount() {
    //return count
    return count;
  }
  public void increaseCount() {
    //increment count
    count++;
  }
}

```



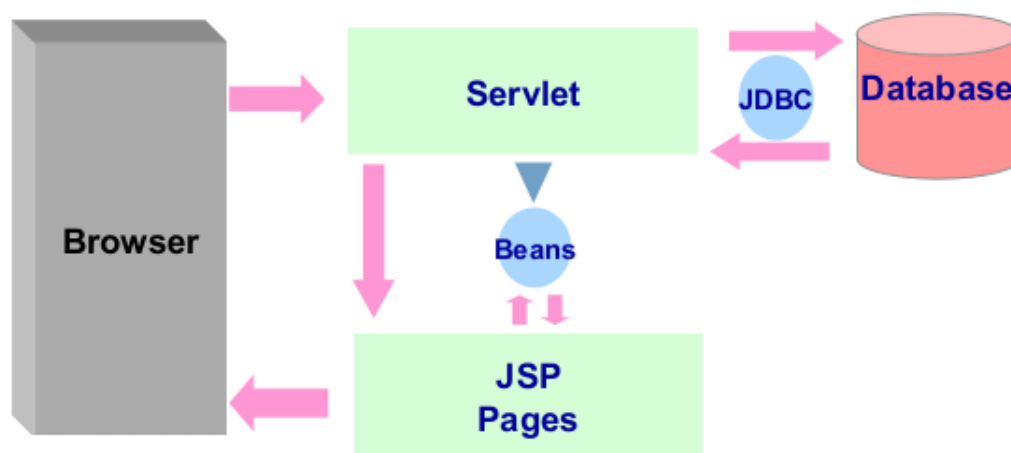


## MVC2

La richiesta viene inviata ad una Java Servlet che

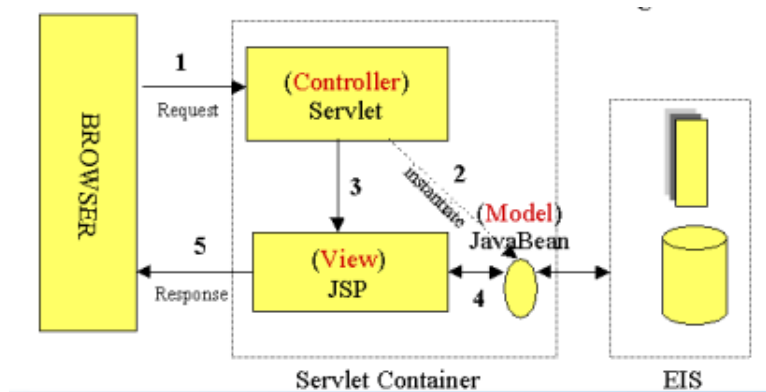
- genera i dati dinamici richiesti dall'utente
- li mette a disposizione della pagina jsp come Java "Beans"

e la servlet chiama una pagina .jsp che legge i dati del beans e organizza la presentazione in HTML che invia all'utente:



L'MVC (*Model View Control*) è formato da tre tipi di oggetti, che prima erano considerati un tutt'uno, incrementando così flessibilità e riutilizzo:

1. il Model è l'**application object**
2. il View e la **presentazione a schermo**
3. il Controller è la componente che definisce con l'interfaccia utente risponde all'input



## Capitolo 3

# HTML + CSS + JS

Il linguaggio **HTML** è un linguaggio di markup, per dare struttura ai contenuti web, utilizzato per annotare un documento in maniera tale che l'annotazione sia sintatticamente distinguibile dal testo per diverse finalità:

- di presentazione, in cui si definisce come visualizzare il testo al quale sono associate.
- procedurali, in cui si definiscono istruzioni per programmi che elaborino il testo associato.
- descrittive, in cui si etichettano semplicemente parti del testo, al fine di disaccoppiare la struttura dalla presentazione del testo spesso.

Un esempio di una pagina html si nota nella figura [3.1](#) listato:htmlExample

Il **CSS**(Cascading Style Sheets) è un linguaggio per dare uno stile ai contenuti web e la sua specifica viene definita dal W3C(World Wide Web Consortium), un suo esempio si trova nella figura [3.2](#) css:example mentre il DOM(Document Object Model) è un interfaccia neutrale rispetto al linguaggio e alla piattaforma usata al fine di consentire l'accesso e la modifica dinamica di contenuto, struttura e lo stile di un documento web, come si nota nella figura [3.3](#) dom:example.

Ogni nodo può essere caratterizzato da attributi per facilitarne l'identificazione, la ricerca, la selezione:

- un **identificatore univoco**, anche se il DOM non garantisce l'unicità
- una **classe** che indica l'appartenenza ad un insieme che ci è utile definire

Le **media query** possono essere viste come particolari selettori capaci di valutare le capacità del device di accesso alla pagina (schermi, stampanti,

Figura 3.1: Html example

listato:htmlExampl

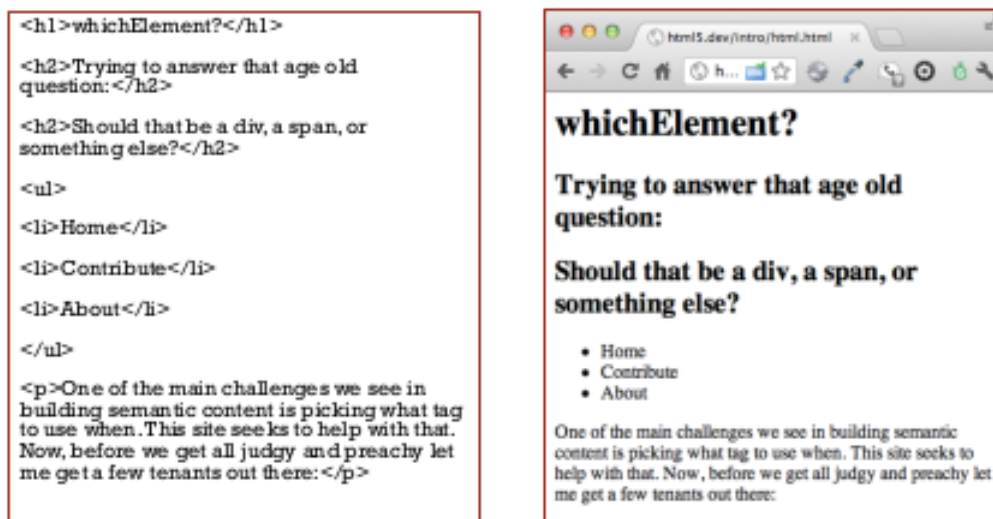
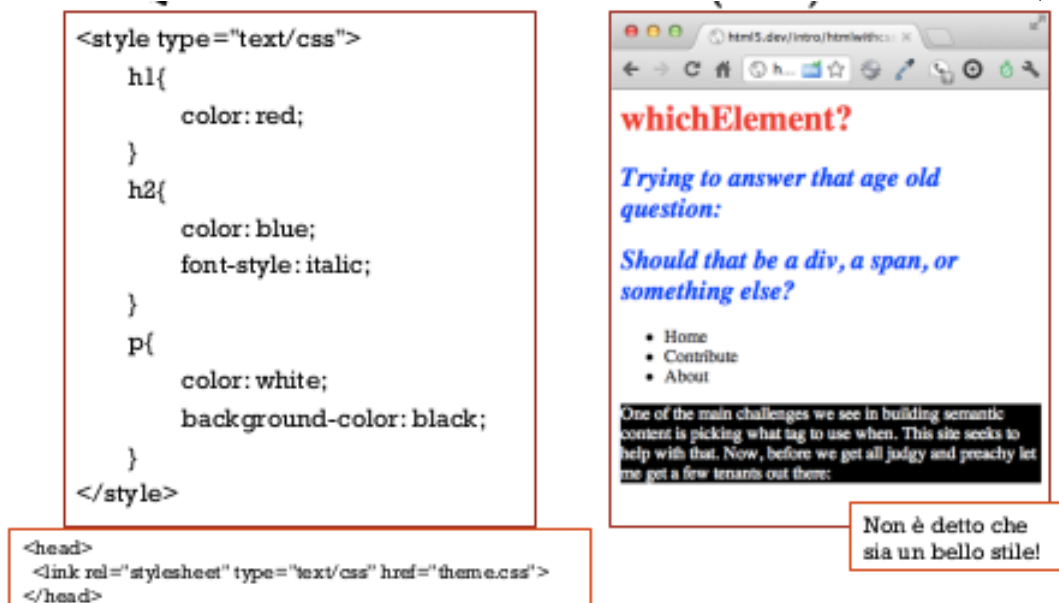


Figura 3.2: Css example

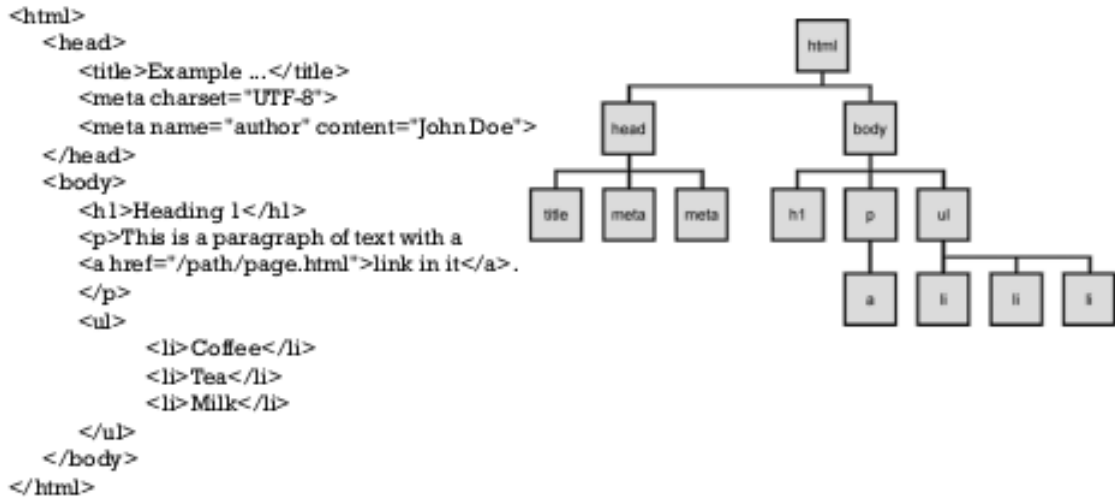
css:example



Non è detto che  
sia un bello stile!

Figura 3.3: Dom example

dom:example



text-to-speech), controllando le dimensioni del device o della finestra, l'orientamento dello schermo e la risoluzione. Vediamo un esempio:  
*se la pagina è più larga di 480 pixel (e si sta visualizzando sullo schermo), applica determinati stili agli elementi con id "leftsidebar" (un menu) e "main" (la colonna centrale):*

```

@media screen and (min-width: 480px){
  #leftsidebar {width: 200px; float: left;}
  #main {margin-left:216px;}
}

```

In CSS si ha il termine *cascading* perché esistono potenzialmente diversi stylesheet:

- l'autore della pagina in genere ne specifica uno (il modo più comunemente inteso) o più d'uno
- il browser ne ha uno, o un vero e proprio CSS o simulato nel loro codice
- il lettore, l'utente del browser, ne può definire uno proprio per customizzare la propria esperienza

Dei conflitti sono quindi inevitabili per cui è necessario definire un algoritmo per decidere quale stile vada applicato a un elemento.

Si ha il seguente ordine di importanza dei seguenti fattori associati alle regole:

1. **importanza** (flag specifico *!important* per un attributo)

2. **specificità** (per esempio, *id* > *class* > *tag*)
3. **ordine nel sorgente** (il più “recente” vince)

Il browser non è solamente un banale visualizzatore di pagine scritte in HTML, è un vero e proprio ambiente di sviluppo (in particolare contiene un interprete Javascript e vari strumenti di debug, ma ne parleremo più avanti) che fornisce numerose funzionalità abilitanti inoltre l'impostazione di HTML e CSS separa nettamente il contenuto dalla modalità di visualizzazione.

Esistono numerosi “front-end framework”, dai più sofisticati ai più semplici, naturalmente open source, ad esempio:

- **bootstrap**
- **foundation**
- **skeleton**

### 3.0.1 HTML5

HTML5 ha introdotto nuovi **elementi semantici** per la strutturazione delle pagine, per esempio:

- **article**
- **section**
- **aside**
- **header**
- **footer**

Introduce inoltre nuovi **elementi di input e multimediali**, widget per input search, email, url, number, tel, ma anche range, date ..., anche se il supporto a tutto ciò da parte dei browser non è uniforme.

L'HTML dovrebbe non contenere informazione di presentazione, riservata ai CSS, quindi senza stili definiti “in linea” e senza l'uso di tag come <font>, <b>, <i> ma dovrebbe solo occuparsi delle informazioni da volere rappresentare nel file web.

HTML5 sia più leggibile. In generale, a parte essere una notazione più concisa e che richiede meno definizioni di classi, le gerarchie di contenuti più leggibili e analizzabili in fase di progettazione, manutenzione e debug.

# Capitolo 4

## Web Service

I **web services** stabiliscono un metodo per standardizzare la comunicazione, che viene basata su documenti *XML*. Questo sistema si basa sulla **SOA**, *Software Oriented Architect*. Un servizio offre servizi e funzionalità a clients indipendenti inoltre i servizi devono:

- fornire una descrizione per essere individuati e selezionati
- devono fornire l'accesso mediante un protocollo noto
- supportare la composizione per provvedere a soluzioni complesse
- soddisfare i bisogni lato business del cliente e i requisiti di dominio

Un **servizio** è *un'entità software che può essere trovata e invocata da altri sistemi software*. Il *W3C* ci fornisce una definizione per **web service**:

*Un web service è un'applicazione software identificata da un URI, con interfacce e binding (associazione interfaccia-protocollo-formato dei dati) che possono essere definiti descritti e scoperti da artefatti XML. Un web service supporta l'interazione diretta con altri software tramite lo scambio di messaggi XML tramite protocolli basati su Internet*

si possono avere altre due definizioni:

1. *i web services sono applicazioni self-contained e self-described che possono essere pubblicate, localizzate e richiamate attraverso il web*
2. *le applicazioni web services sono componenti web incapsulate e debolmente accoppiate che possono collegarsi a vicenda dinamicamente*

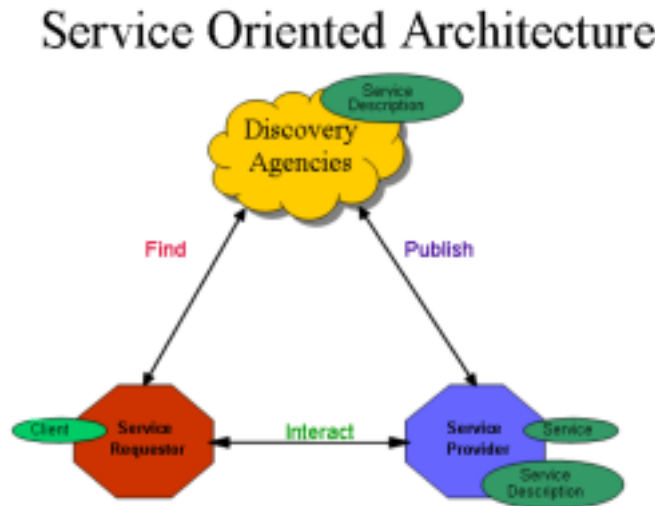
Si hanno le seguenti caratteristiche chiave:

- **software as service:** infatti sono distribuiti come flussi di servizi e permettono un accesso universale da qualsiasi piattaforma
- **dynamic business interoperability:** infatti nuove partnership possono essere costruite dinamicamente e automaticamente dato che i web services assicurano una completa interoperabilità tra sistemi
- **accessibility:** infatti i servizi internet possono essere decentralizzati, distribuiti in giro per il mondo e vi si può accedere con molti device
- **efficiency:** infatti i business possono concentrarsi sui task cruciali e sul valore aggiunto dei loro prodotti, senza doversi concentrare sullo sviluppo lento e costoso del software. I web services costruiti da applicazioni per usi interni possono essere facilmente esposti per l'utilizzo esterno, permettendo uno sviluppo incrementale fondato su web services scritti in un linguaggio semplice anche da debuggare e fixare
- **universally agreed specifications:** infatti i web services si basano su specifiche universali per scambio di dati, messaggi, scoperta di servizi, descrizione delle interfacce e orchestrazione dei processi business
- **legacy integration:** infatti si ha una grande agilità e flessibilità dall'incrementare l'integrazione di sistemi legacy
- **new market opportunity:** infatti la grande dinamicità dei web services si adatta facilmente al dinamismo del business
- **l'indipendenza dei web services,** infatti sono *componenti indipendenti* con:
  - un'**interfaccia nota**, dotata di un linguaggio di descrizione standard (es. WSDL) e di una possibile gestione automatica da parte del middleware
  - un **punto di accesso unico**, caratterizzato dall'uso di URI (URL/URL) e dal possibile sviluppo di name services (es. UDDI)
  - lo **scambio di dati basato su messaggi**, con l'uso di un formato standard (es. XML), superando il classico scambio di parametri

I web services sono consistenti con i principi della SOA dove si hanno:

- i **web service component** ovvero *service* e *service descriptor*
- i **web service roles** ovvero *service provider*, *service brokers* *service requestors*

- le **web services operations** ovvero *publish*, *find* e *interact*



si hanno le seguenti peculiarità dei web services:

- componenti pubblici ("scopribili", interfacce pubbliche)
- componibilità (orchestrazione e coreografia di servizi composti e coordinati)
- descrizioni semantiche (scoperta, composizione, raccomandazione di servizi, ...)
- QoS (sicurezza, disponibilità, performance, context awareness)
- organizzazione dei sistemi:
  - p2p (application managed)
  - ESB (middleware managed)
  - grid (given model)

e i seguenti problemi:

- descrizione funzionale e QoS
- composizione, orchestrazione, coreografia
- semantica
- infrastruttura (naming, gestione dei servizi, ...)

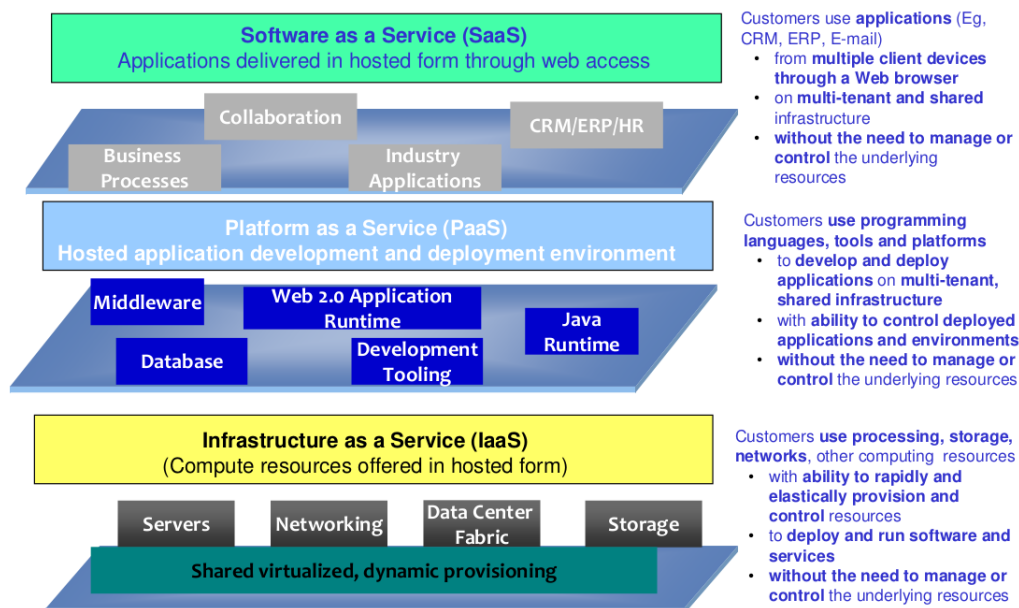


- ingegneria del software (sviluppo e deploy)
- servizi per servizi (servizio di scoperta globale, reputazione, sicurezza, ...)
- business (modelli economici e di organizzazione, processi, ...)

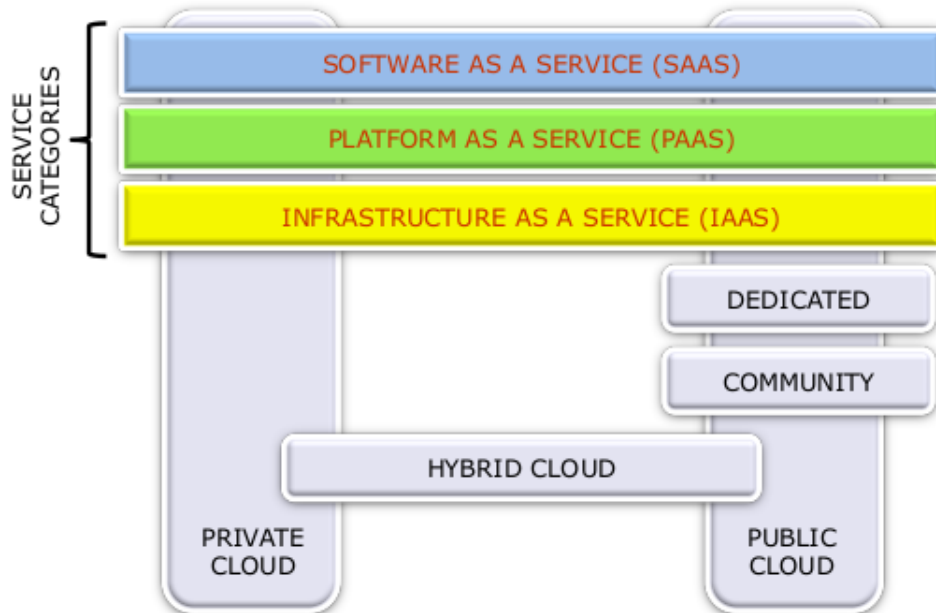
Vediamo una definizione per **web semantic**: *il web semantic è un'estensione del web attuale nel quale l'informazione è fornita con un significato ben definito, permettendo una migliore cooperazione tra computer e persone*  
Si ha quindi:

- cooperazione fra siti web, risorse e servizi per lo scambio di documenti e informazioni
- l'uso di linguaggi semantici, per l'ontologia e per "intelligent agents":
  - RDF: Resource Description Framework
  - OWL: Web Ontology Language
- lo sviluppo di metaservizi per supportare la scoperta di servizi come:
  - registri di metadati (ovvero descrizioni semantiche ricercabili)
  - matchmaking (ovvero servizi che forniscono la corretta risposta ad una richiesta dell'utente)

Analizziamo ora lo **XaaS stack**:

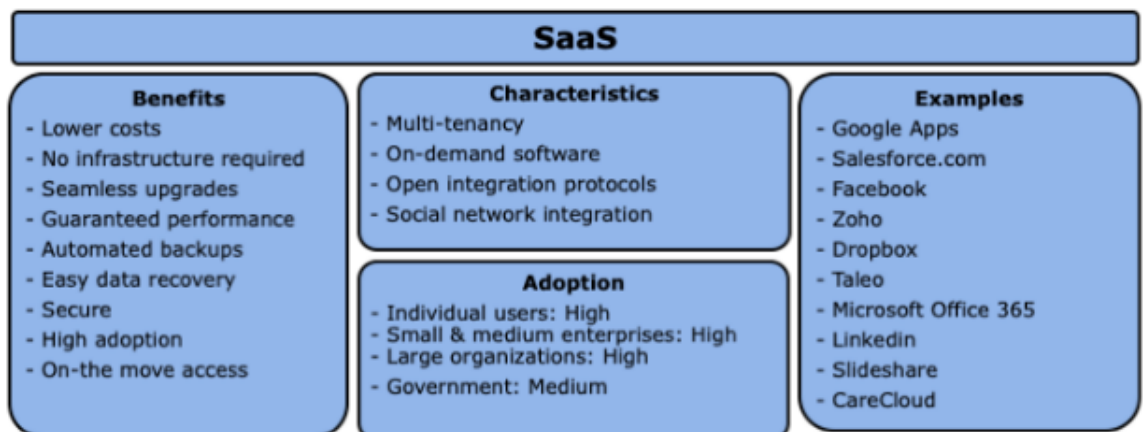


parte della **cloud computer architecture**:

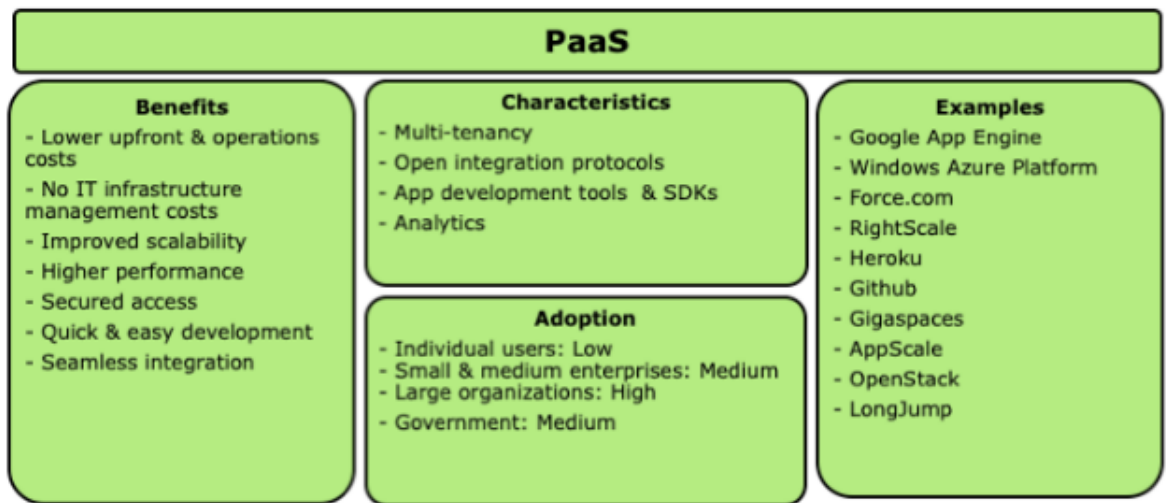


analizziamo ora le tre categorie di servizi:

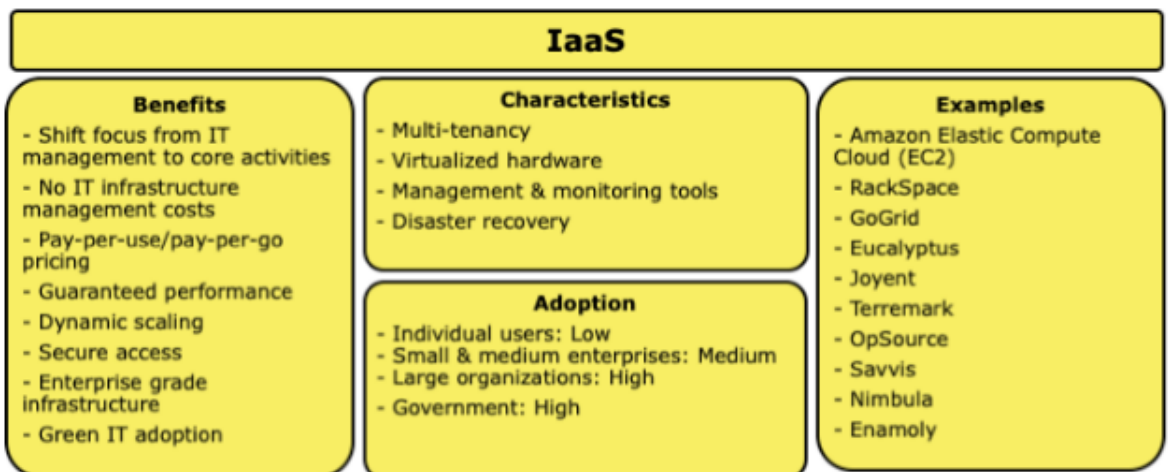
1. **Software delivery model, SaaS (Software as a Service)** che fornisce all'utente un'applicazione software completa. Il cloud service provider gestisce l'infrastruttura cloud (servers, network, operating systems, storage and application software) lasciando ignaro l'utente di questo processo. Si fornisce un'interfaccia utente semplice e multiplatforma, accessibile universalmente



2. **Platform delivery model, Paas (Platform as a Service)** che fornisce all'utente gli strumenti per sviluppare e fare il deploy di applicazioni sul cloud usando i developer tools, le APIs e librerie software fornite dal provider del cloud. Il cloud service provider gestisce l'infrastruttura cloud (servers, network, operating systems, storage and application software) mentre l'utente sviluppa e deploia



3. **Infrastructure delivery model, IaaS (Infrastructure as a Service)** che fornisce all'utente di occuparsi delle risorse di memoria e computazione sotto forma di macchine virtuali gestite dall'utente mentre il provider del cloud gestisce l'infrastruttura. Si ha il paradigma *pay-per-use/pay-as-you-go*:



### 4.0.1 Web Services Composition

Si hanno innanzitutto i **business processes**, *un insieme di attività logicamente collegate per raggiungere un obiettivo ben definito*:

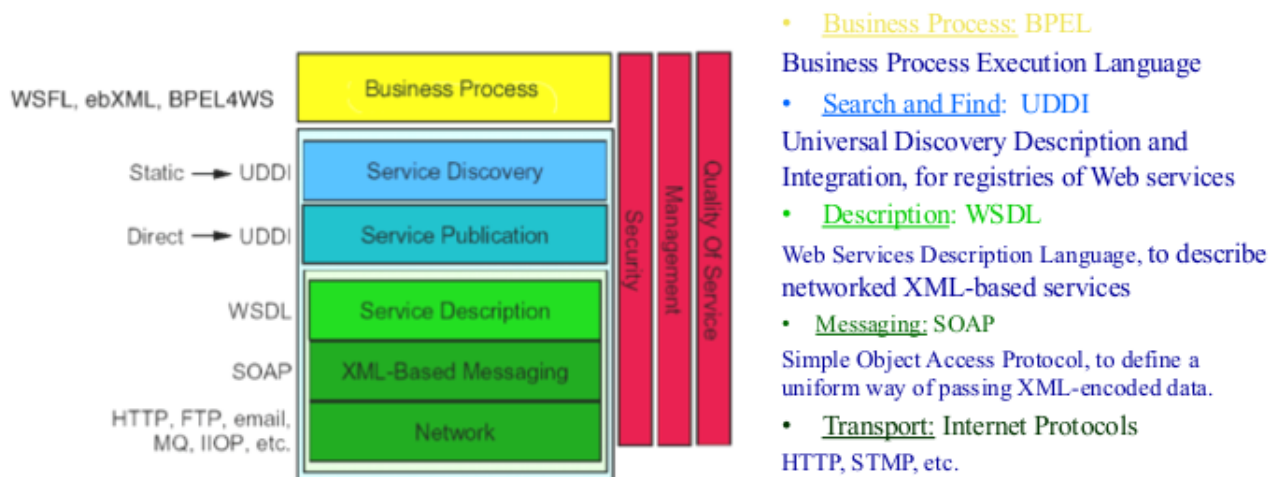
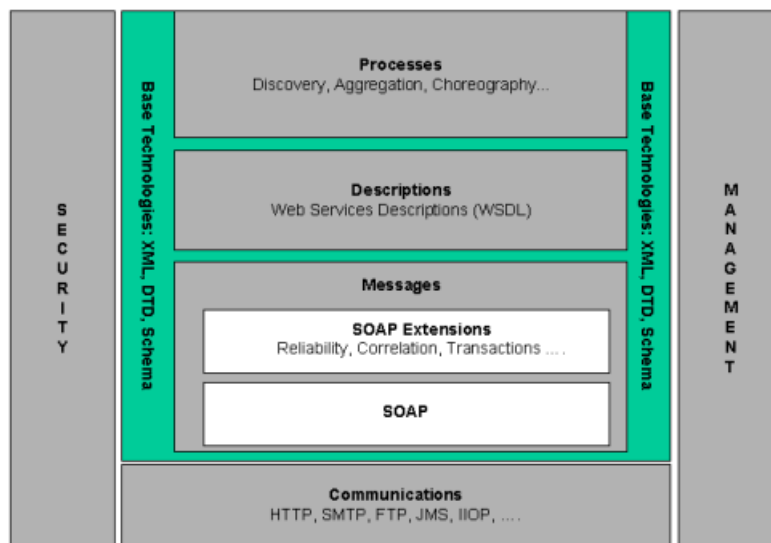
- può prevedere particolari output al completamento e l'avvio a particolari condizioni
- può includere interazione fra i partecipanti
- durata variabile, in genere long term
- varie attività manuali e/o automatiche
- distribuito e personalizzato per le varie aziende
- solitamente una singola istanza viene eseguita per mesi o anni

Un **workflow** è *una sequenza di step a cui sono sottoposti oggetti fisici e informazioni. Includono attività, punti di decisione, varie strade, regole, ruoli.*

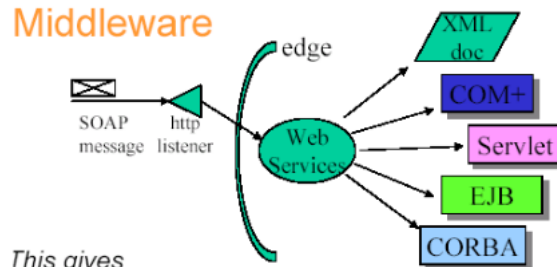
I service provider offrono le funzionalità che un workflow richiede dai business partner in un processo business. I service provider forniscono un'interfaccia pubblica in formato WSDL e la composizione del web service consiste in un insieme di servizi interconnessi che a sua volta può essere usato come nuovo servizio in un'altra composizione. Le operazioni devono essere compatibili per garantire il successo della composizione di servizi.

si definiscono anche:

- **orchestrazione**: che descrive come i web services possono interagire tra loro a livello messaggi, includendo la logica business e l'ordine di esecuzione delle interazione sotto il controllo di un singolo endpoint
- **coreografia**: che descrive la sequenze dei messaggi che possono coinvolgere più parti. Definisce lo stato condiviso delle interazioni fra businesses



### Middleware



This gives

- Direct web access to CORBA and EJB objects

No one-size-fits-all solution!

### 4.0.2 WSDL

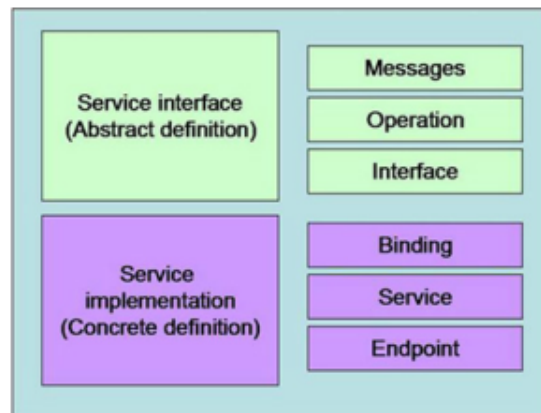
È il *Web Service Description Language* e indica dove e come accedere al servizio. È un linguaggio basato su XML usato per descrivere i web services e come accederci. WSDL è simile a Java Interfaces o CORBA IDL.

WSDL, che è raccomandato dal W3C, descrive 4 pezzi critici di dati:

1. informazioni sull'interfaccia che descrive tutte le operazioni disponibili pubblicamente
2. dichiarazione dei tipi di dato per tutti i messaggi di richiesta e risposta
3. informazione sul binding a livello di trasporto
4. informazioni sull'addressing per localizzare il servizio

Il modello concettuale del WSDL 2.0 si divide in due parti:

1. **parte astratta:** che consiste in:
  - una descrizione di un web service in termini di messaggi che manda/riceve attraverso (tipicamente tipizzati secondo W3C XML Schema)
  - dei patterns di scambio di messaggi che definiscono sequenza e cardinalità dei messaggi
  - un'operazione che associa un pattern di scambio di messaggi a uno o più messaggi
  - un'interfaccia che raccoglie le operazioni in un formato per il trasporto
2. **parte concreta:** che consiste in:
  - i binding specificano il formato di trasporto delle interfacce
  - l'endpoint di un servizio associa indirizzi network con un binding
  - un servizio raggruppa gli endpoint che implementano un'interfaccia comune



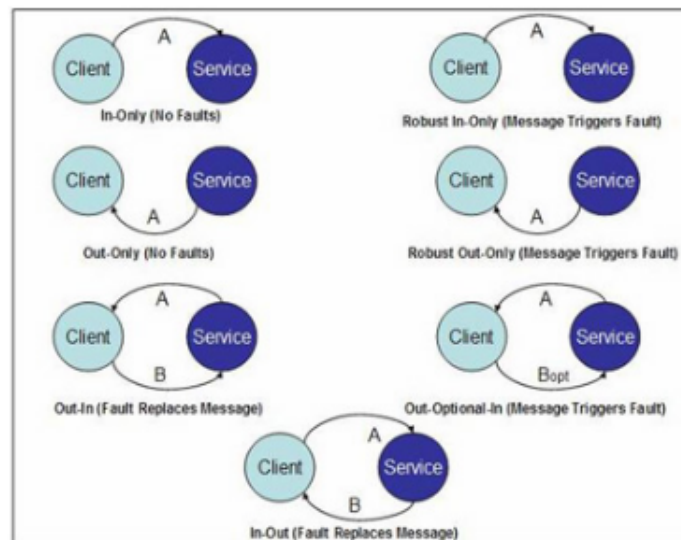
Si hanno 4 tipi di operazioni WSDL:

1. **one-way**: operazione riceve un messaggio e non risponde
2. **request-response**: operazione riceve una richiesta e risponde
3. **solicit-response**: operazione può mandare una richiesta e attende una risposta
4. **notification**: operazione può mandare una richiesta e non attende una risposta

e si hanno delle regole per la propagazione dei fallimenti in merito a:

- **gestione dei fallimenti:**
  - WSDL specifica la propagazione dei fallimenti, non la loro generazione
  - la propagazione è definita come il tentativo best effort di trasmettere il messaggio di errore al giusto destinatario
  - la generazione di un fallimento termina lo scambio
  - bindings, features etc potrebbero sovrascrivere la semantica di una propagazione degli errori ma è una procedura **fortemente sconsigliata**
- **un fallimento che sostituisce un messaggio:**
  - qualsiasi messaggio dopo il primo del pattern può essere sostituito con un messaggio di fallimento, che deve avere la stessa direzione e lo stesso nodo destinatario del messaggio che sostituisce

- se non c'è un modo di arrivare al destinatario, il fault viene scartato
- **un messaggio che scatena l'errore:**
  - qualsiasi messaggio, primo incluso, può scatenare un messaggio di fallimento in risposta
  - ogni destinatario può propagare l'errore e deve propagare al massimo un fallimento per messaggio di errore
  - la direzione del messaggio di errore è l'inversa di quella del messaggio di arrivo
  - il messaggio di errore deve essere mandato a colui che ha mandato il messaggio che ha scatenato l'errore
  - se non c'è un modo di arrivare al destinatario, il fault viene scartato
- **nessun fallimento:** dove nessun errore deve essere propagato





description: The root of any WSDL 2.0 file.

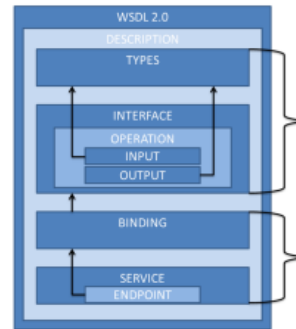
types: The specification of the data types that are to be exchanged between the provider of the service and the consumer.

interface: The description of the operations available in the web service and what messages should be exchanged between the provider and the consumer for each operation (request / response). This element is also used for describing any possible fault message.

binding: The description of how you can access the service over the network. This is usually binding the web service to the HTTP protocol.

service: The description of where the service can be accessed over the network, it usually contains an URL leading to the service.

```
<description>
...
<types>
...
</types>
<interface>
...
</interface>
<binding>
...
</binding>
<service>
...
</service>
</description>
```



The XML namespace for WSDL 2.0 itself.

The namespace of your web service. You could choose any namespace for this, but it is a convention to use the URI pointing to the WSDL of the service.

The prefix for the targetNamespace. This attribute should be set the same as the targetNamespace, using the same URI. By means of this you can refer to the target namespace by using this namespace prefix (tns).

The Schema Target Name Space URI. This should point to the URI of the XML schema's namespace. This will be used in the **types** element of your WSDL for declaring your web service types.

The WSDL SOAP URI. You will be using this namespace in the **binding** element of your WSDL.

The SOAP URI of the SOAP version that will be declaring the in the web service described by your WSDL.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8" ?>
<description
  xmlns = "http://www.w3.org/ns/wsdl"
  targetNamespace = "http://yoursite.com/MyService"
  xmlns:tns = "http://yoursite.com/MyService"
  xmlns:stns = "http://yoursite.com/MyService/schema"
  xmlns:soap = "http://www.w3.org/ns/wsdl/soap"
  xmlns:soap = "http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope"
>
...
</description>
```

The **types** element describes the different data types that will be used by the service.

A web service will usually have one or many input type, one or many output type and one or many fault type.

And if the web service has many functions (operations) declares, each one could have their own set of input type, output type and fault type.

Data types could be declares in any language as long as the web service supports it, but they are usually specified **XML Schema**.

```
<types>
<xs:schema
  xmlns:xs = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  targetNamespace = "http://yoursite.com/MyService/schema"
  xmlns = "http://yoursite.com/MyService/schema" >
  <xs:element name="checkServiceStatus" type="tCheckServiceStatus" />
  <xs:complexType name="tCheckServiceStatus" >
    <xs:sequence>
      <xs:element name="checkDate" type="xs:date" />
      <xs:element name="serviceName" type="xs:string" />
    </xs:sequence>
  </xs:complexType>
  <xs:element name="checkServiceStatusResponse" type="xs:double" />
  <xs:element name="dataError" type="xs:string" />
</xs:schema>
</types>
```

### Binding

The **name** attribute defines the name of the binding. With this name you can reference it when defining a service endpoint. Every binding name must be unique within the WSDL 2.0 target namespace.  
The **interface** attribute defines the name of one of the already defined interfaces.  
The **type** attribute defines which message format is going to be used. In this example is SOAP.  
The **soap:protocol** attribute defines the underlying transport protocol. In this example messages are going to be transported using HTTP.

```
<binding name = "myServiceInterfaceSOAPBinding"
  interface = "tns:myServiceInterface"
  type = "http://www.w3.org/ns/wsdl/soap"
  soap:protocol = "http://www.w3.org/2003/05/soap/bindings/HTTP/">
  <operation ref = "tns:checkServiceStatusOp"
    soap:mep = "http://www.w3.org/2003/05/soap/mep/soap-response"/>
  <fault ref = "tns:dataFault"
    soap:code = "soap:Sender"/>
</binding>
```

#### Operation

The **ref** attribute of the operation element references a specific operation (already defined in the interface section).  
The **soap:mep** attribute defines the message exchange pattern for SOAP

#### Fault

The **ref** attribute defines which fault (already defined in the interface section) will be referring.  
The **soap:code** attribute of the fault element defines the fault code that will trigger sending this fault message.

### Service

The **name** attribute defines the name of the service. Every service name must be unique within the target namespace.  
The **interface** attribute defines the name of the interface (previously defined in the interface section) that the service endpoints will be about.

```
<service name = "myService"
  interface = "tns:myServiceInterface">
  <endpoint name = "myServiceEndpoint"
    binding = "tns:myServiceInterfaceSOAPBinding"
    address = "http://yoursite.com/MyService"/>
</service>
```

#### Endpoint

The **name** attribute defines the name for the endpoint which must be unique within the services.  
The **binding** attribute specifies which already defined binding this endpoint will be using.  
The **address** attribute specifies the physical address where the service will be available

### 4.0.3 SOAP

**SOAP** protocollo basato su XML per consentire a componenti software e applicazioni di comunicare tramite protocolli internet standard (HTTP, SMTP, ...). Inoltre:

- è stateless
- è one-way (richiesta/risposta, può passare per intermediari, no multi-cast)
- ignora la semantica dei messaggi scambiati
- l'effettiva interazione deve essere scritta nel documento SOAP
- ogni pattern di comunicazione deve essere implementato dai sistemi sottostanti

provvede un modo standard di strutturare messaggi XML:

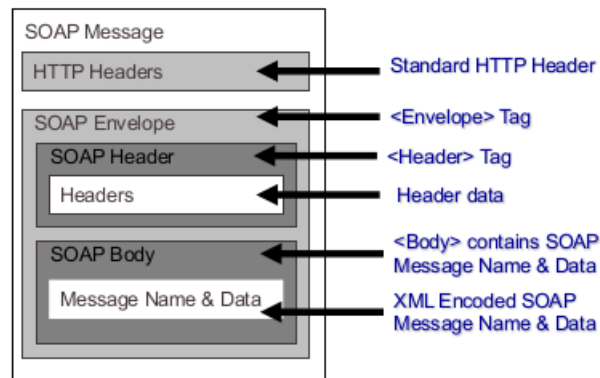
- applicazione delle specifiche XML
- si affida a XML Schema e XML Namespaces

Inoltre è legato da linguaggi/piattaforme, è semplice e estensibile, passa dati strutturati e tipizzati.

Serve ad accedere a registri ed invocare servizi. Inoltre sono gli endpoint a definire la semantica.

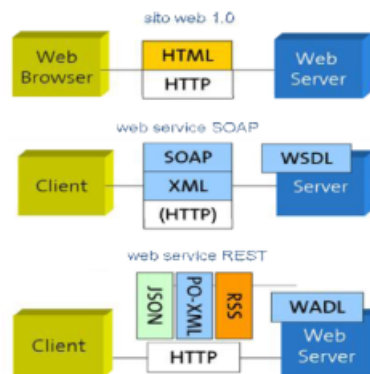
Vediamo le componenti di un **messaggio SOAP**:

- **SOAP envelope** che definisce contenuti messaggio (cos'è, a chi è indirizzato, se è opzionale/obbligatorio)
- **SOAP header** (*opzionale*) che presenta le seguenti caratteristiche:
  - flessibile, può essere processato dai nodi intermediari
  - contiene informazioni su come processare il messaggio: routing, impostazioni d'invio, autorizzazioni, transazioni ...
- **SOAP body** che è il messaggio effettivo che viene consegnato e processato. Contiene informazioni su chiamate e risposte



## 4.1 RESTful Web Services

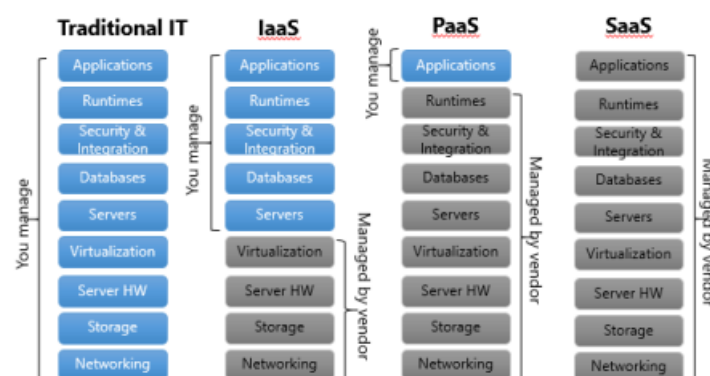
Vediamo innanzitutto un paragone tra REST e SOAP:



e vediamo le varie differenze:

- Transport protocol
    - REST:** HTTP
    - SOAP:** several protocols (e.g., HTTP, TCP, SMTP)
  - Message format
    - REST:** several formats (e.g., XML-SOAP, RSS, JSON)
    - SOAP:** XML-SOAP message format (Envelope, Header, Body)
  - Service identifiers
    - REST:** URI
    - SOAP:** URI and WS-addressing
  - Service description
    - REST:** Documentazione Testuale or Web Application Description (WADL)
    - SOAP:** Web Service Description Language (WSDL)
  - Service composition
    - REST:** Mashup
    - SOAP:** BPEL
  - Service discovery
    - REST:** no standard support
    - SOAP:** UDDI
- Language

e si ha lo **XaaS (Everything as a Service)**:



La maggior parte dei servizi fornisce Web APIs. Si ha l'uso delle chiamate di procedura HTTP a tunnel (?) inoltre operazioni e dati hanno una semantica sconosciuta.

I sistemi distribuiti devono essere basati su un modello condiviso. WSDL/-SOAP sono sistemi tradizionali che devono concordare sull'uso di API comuni. Inoltre i sistemi WSDL/SOAP SOA devono concordare su diversi messaggi. REST semplifica questi accordi:

- i sostantivi sono necessari per nominare le risorse di cui si può parlare
- i verbi sono le operazioni che possono essere applicate alle risorse nominate
- i tipi di contenuto definiscono quali rappresentazioni di informazioni sono disponibili

REST (REpresentational State Transfer) è uno stile architetturale (una definizione di ruoli e funzionalità che permette di relazionare gli elementi) per sistemi distribuiti. Si ha che:

- le risorse sono definite da URI
- le risorse sono manipolate tramite rappresentazioni (desiderate: campo Accept; restituite: campo Content-Type; specificate con MIME)
- ci sono più rappresentazioni per una risorsa
- si hanno messaggi autodescrittivi e stateless
- lo stato dell'applicazione è guidato dalla manipolazione di risorse
- si ha l'hypermedia per controllare il comportamento dell'applicazione:
  - transizioni di stato del client avvengono tramite links
  - link determinati e forniti dal server
- i principi REST si addicono ai componenti architetturali del web: URI e HTTP ( si usano quindi GET, POST, DELETE, PUT, HEAD, OPTIONS di HTTP)

Inoltre il client mantiene lo stato attraverso i link essendo stateless.

Si hanno diversi vantaggi:

- è scalabile
- si ha un basso accoppiamento tra le risorse: no informazioni di sessione condivise
- il caching migliora le prestazioni

- il load balancing è più facile perché si hanno meno stati di comunicazione
- è semplice perché si ha meno software specializzato
- si ha l'identificazione tramite meccanismi standard
- si ha un uso completo e corretto protocollo HTTP
- si ha un meccanismo leggero e stratificato per integrazione di dati e servizi
- si ha una piattaforma distribuita e guidata dagli hypermedia

Se un sistema rispetta tutti questi vincoli è RESTful, altrimenti può essere più o meno RESTful. Inoltre:

*REST is not a set of laws or even a specification. It's a style!*

**pagina 53**