

## PARTE 13

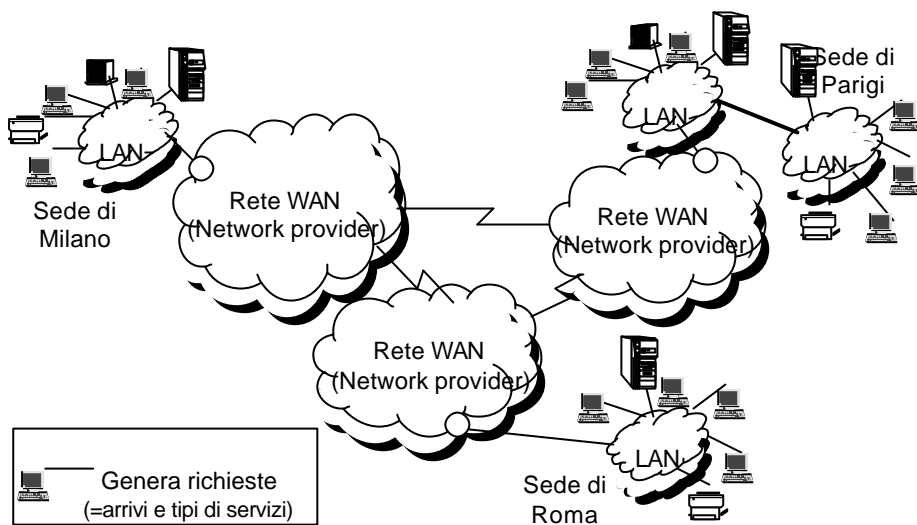
# MISURE E PRESTAZIONI DEI SISTEMI IN RETE

### Obiettivo fondamentale

- Spesso è fondamentale poter definire le **prestazioni** che il progetto o la realizzazione di un sistema in rete è in grado di garantire rispetto a certi “**carichi di lavoro**” (espressi come **arrivi** ed **intensità di lavoro** richiesto)
- Attenzione alla differenza:
  - **Indici di prestazione**
  - **Metriche di prestazione**

# Modulo 1: Tipiche misure di prestazione

## Sistema in rete



## Molteplici indici di prestazione

- Frequenza e tipologia degli arrivi al sistema
- Tempi di risposta (del sistema, di uno o più componenti)
- Tempi di attesa
- Throughput
- Numero di utenti (in coda, nel sistema)
- Utilizzazione
- ...
- Orientati all'utente
- Orientati al sistemista
- Orientati al manager
- ...

## Molteplici metriche di prestazione

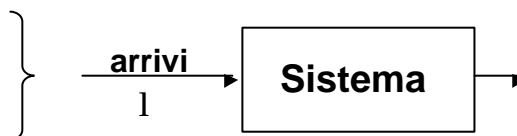
- Tempi puntuali
- Tempi medi di un campione
- Varianza e deviazione standard di un campione
- ...
- Numeri assoluti
- Numeri relativi ad un certo periodo di osservazione
- Percentuali
- ...

# Arrivi

- **Quantità che entrano nel sistema per unità di tempo**
- **Scelta dell'unità di tempo**
  - secondo, minuto, giorno, ecc.
- **Scelta dell'elemento**
  - richieste arrivate, byte da trasmettere, ecc.

– Es.

- connessioni/sec
- hit/sec
- Mbyte/sec



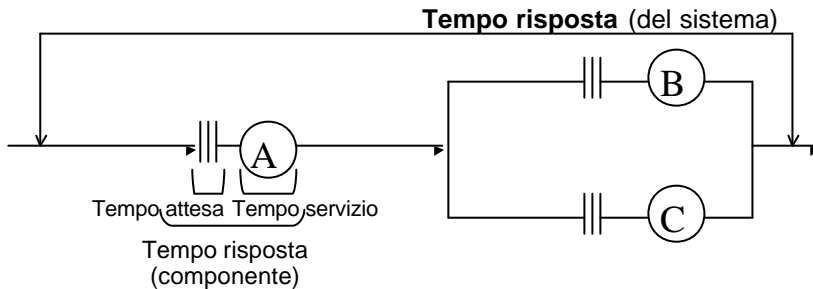
## Tipi di indici di prestazioni (*osservate*)

- **Tempi**
  - Tempo di risposta
  - Tempo di attesa
  - Tempo di servizio
- **Throughput:** *quantità elaborate per unità di tempo*
  - Numero di risposte soddisfatte al giorno
  - Byte trasmessi al secondo
- **Numero:** *tipicamente di utilizzatori (utenti, richieste)*
  - Nell'intero sistema o in qualche componente del sistema
- **Utilizzazione:** *percentuale di utilizzo*
  - Dell'intero sistema o di qualche componente del sistema (es., CPU)

# Tempi

- Tempo di risposta
  - Tempo di servizio
  - Tempo di attesa
- del sistema
  - di un sottosistema
  - di un componente

**MISURE (tipiche): msec, msec, sec, ...**



## Principali misure di prestazione

- **Tempo di risposta** (*Response time*)
  - Il tempo trascorso dall'inizio della richiesta al completamento della risposta
  - Tipiche misure della scala temporale: secondi, minuti, ecc.
- **Tempo di latenza** (*Latency time*)
  - Il tempo trascorso dall'inizio della richiesta all'inizio della risposta



**Qual è il tempo di risposta  
e di latenza della richiesta?**

# Misure di prestazioni

- **Misure puntuali**

→ Riferite ad una richiesta  $x_i$

- **Misure cumulative**

→ Riferite ad un campione di richieste:  $x_1 \dots x_n$

**Media** 
$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

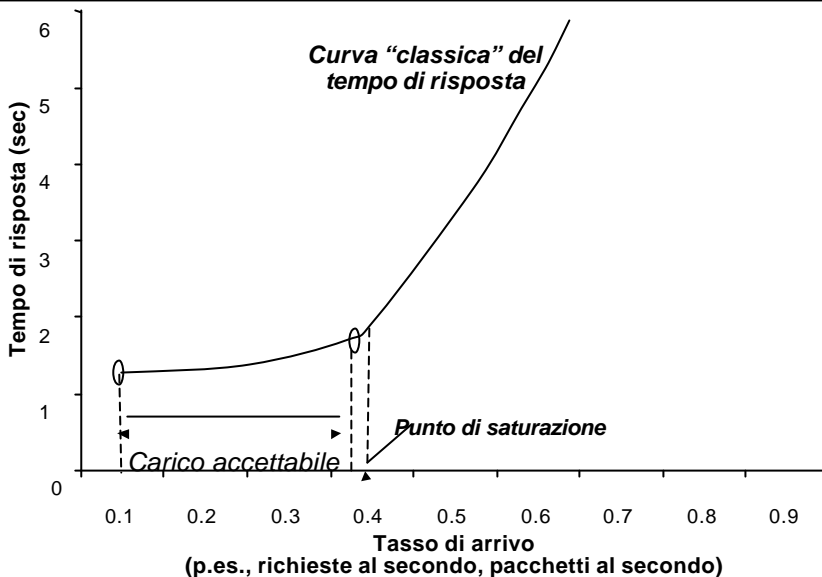
**Varianza** 
$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- **Misure all'andamento**

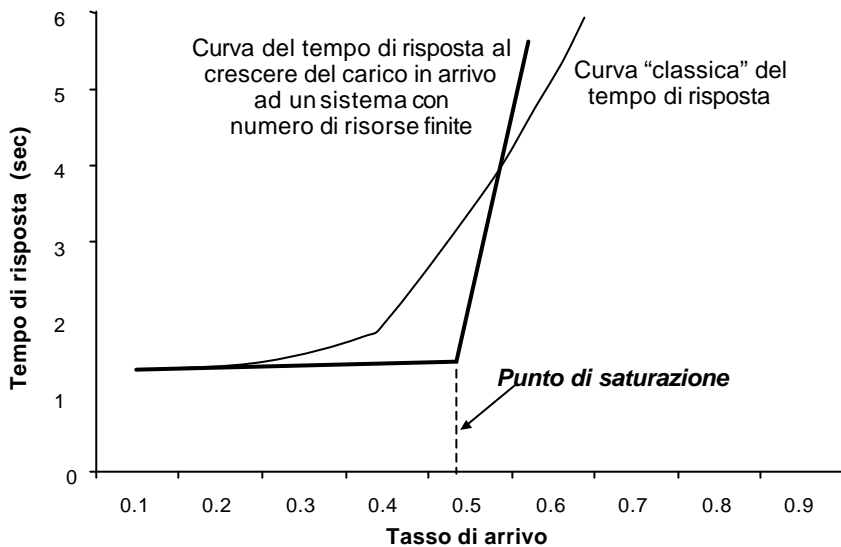
→ Rispetto a qualche altro indice

**Es., tempo di risposta rispetto alla frequenza degli arrivi**

## Curva del tempo di risposta



## Curva del tempo di risposta (sistema con numero di risorse finite)

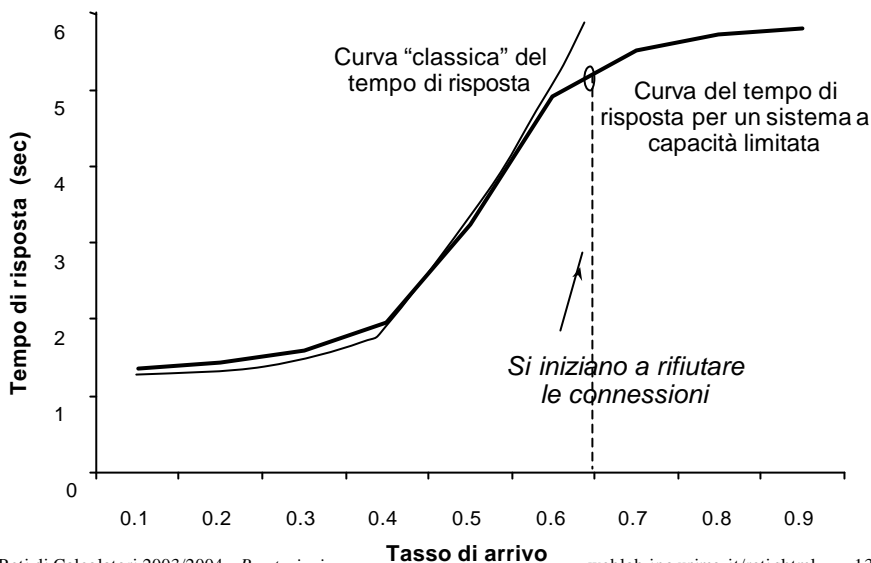


Reti di Calcolatori 2003/2004 – Prestazioni

weblab.ing.unimo.it/reti.shtml

13.13

## Curva del tempo di risposta (sistema a capacità limitata)



Reti di Calcolatori 2003/2004 – Prestazioni

weblab.ing.unimo.it/reti.shtml

13.14

# Throughput

- **Throughput (=produttività)**  
**Quantità elaborate dal sistema per unità di tempo**
- **Scelta dell'unità di tempo**
  - secondo, minuto, giorno, ecc.
- **Scelta dell'elemento da misurare**
  - richieste arrivate, byte da trasmettere, ecc.
  - **Es.**
    - connessioni/sec
    - hit/sec
    - Mbyte/sec



## Relazione tra arrivi e throughput

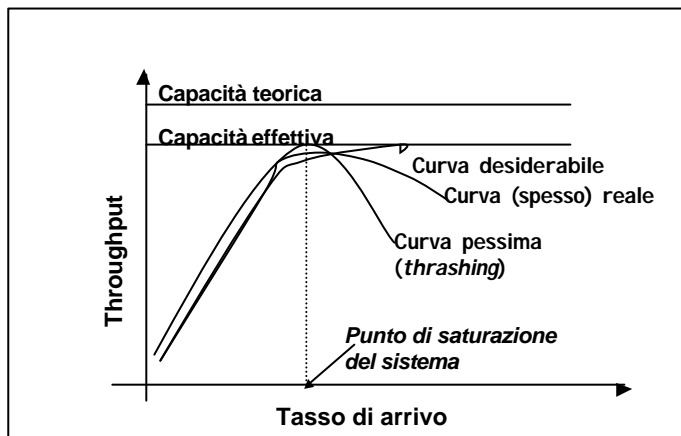
- Entrambi sono espressi come **quantità in un intervallo di tempo**
- Il throughput cresce proporzionalmente al crescere del tasso di arrivo (anche se è possibile esprimere tassi di arrivo e throughput in base a metriche diverse)



- **Nel caso in cui si utilizzasse la stessa metrica, si osserverebbe: arrivi=throughput**  
**Con due importanti eccezioni. Quali?**
  - Il sistema non ha raggiunto lo stato stabile
  - Il sistema è "saturato" (=arrivi oltre la capacità del sistema)



## Curva del throughput



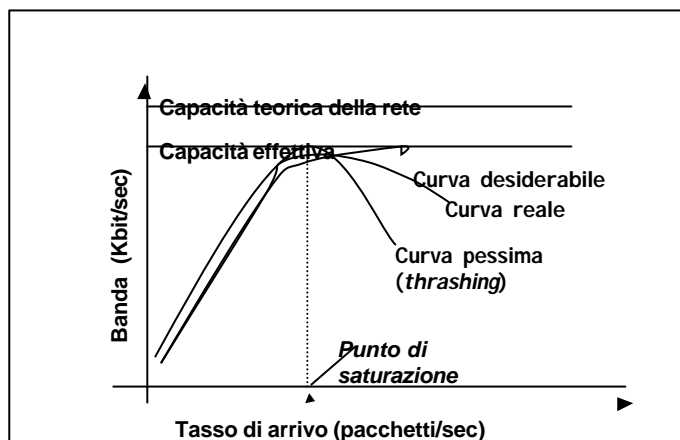
## Parte 13

### Modulo 2: Applicazione alle reti

# Banda e Latenza

- **Banda (*throughput*)**
  - Dati trasmessi per unità di tempo
  - Applicazione: **singolo link, end-to-end**
  - Notazione
    - KB =  $2^{10}$  bytes
    - Mbps =  $10^6$  bits per second
- **Latenza (*tempo*)**
  - Tempo per inviare un messaggio dal punto A al punto B
  - Applicazione: **one-way, round-trip time (RTT)**
  - Componenti
    - Latenza = Propagazione + Trasmissione + Accodamento
    - Propagazione = Distanza / c
    - Trasmissione = Dimensione / Banda

## Banda della rete (*throughput*)



Misure: **bit/sec** (e multipli) per trasmissione dati su rete  
**byte/sec** (e multipli) per disco, server, ecc.

## Banda vs. Latenza

- **Importanza relativa**

- 1-byte: 1ms vs 100ms domina 1Mbps vs 100Mbps
- 25MB: 1Mbps vs 100Mbps domina 1ms vs 100ms

- **Con banda infinita**

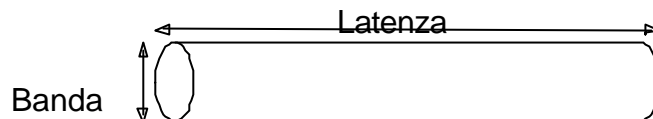
- Il RTT “domina”
  - $\text{Throughput} = \text{TransferSize} / \text{TransferTime}$
  - $\text{TransferTime} = \text{RTT} + 1/\text{Banda} \times \text{TransferSize}$
- Un file da 1-MB trasmesso in un link da 1-Gbps equivale ad un pacchetto di 1-KB trasmesso in un link da 1-Mbps link

## Prodotto: Latenza x Banda

- **Ammontare dei dati “in volo” o “nel tubo”**

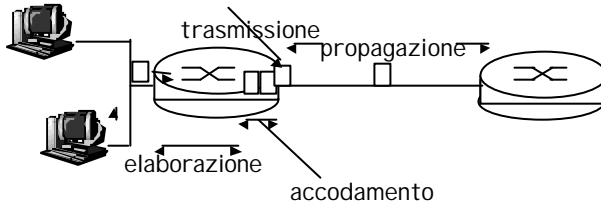
- Esempio

$$100\text{ms} \times 45\text{Mbps} = 0.1\text{s} \times 5625\text{Bps} = 562\text{KByte}$$



## Ritardi nella trasmissione (1/2)

- I pacchetti sperimentano quattro tipi di ritardo nella trasmissione da un punto all'altro della rete (ovvero per completare un hop)
  - **Elaborazione**: controllo errori, scelta link di uscita (router)
  - **Accodamento**: al link di uscita del router in attesa di essere trasmesso (dipende dal livello di congestione)
  - **Trasmissione**
  - **Propagazione**



## Ritardi nella trasmissione (2/2)

### Ritardi di trasmissione

$R$  = banda del link (es., 100Mbps)

$L$  = dimensione del pacchetto (bit)

Tempo di trasmissione per inviare il pacchetto nel link =  $L/R$

### Ritardi di propagazione (nel mezzo fisico)

$d$  = lunghezza del link fisico

$s$  = velocità di propagazione nel mezzo

(es.,  $\sim 2 \times 10^8$  m/sec)

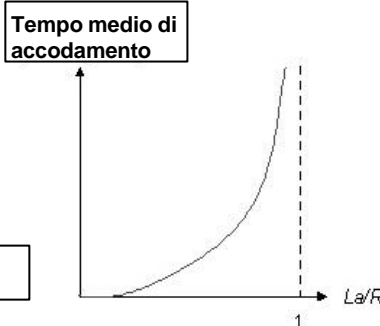
Ritardo di propagazione nel link =  $d/s$

**$s$  e  $R$  sono quantità  
molto differenti!**

## Ritardi di accodamento al nodo

- $R$ =banda del link (bps)
- $L$ =lunghezza del pacchetto (bit)
- $a$ =tasso medio di arrivi di pacchetti al nodo

$$\text{Intensità del traffico} = (L \cdot a)/R$$



- $(L \cdot a)/R \sim 0$ : i ritardi medi di accodamento sono piccoli o nulli
- $(L \cdot a)/R \rightarrow 1$ : i ritardi diventano grandi
- $(L \cdot a)/R > 1$ : arriva più “lavoro” di quanto possa essere elaborato. I tempi di attesa tendono all'infinito!  
(in realtà, con buffer limitati, si iniziano a perdere pacchetti)

## La “scommessa” del packet switching

- Ipotesi
  - Link da 1 Mbps
  - Ciascun utente richiede tipicamente 0.1 Mbps quando trasmette sul link
  - Ciascun utente è attivo per circa il 10% del tempo
- Quanti utenti può supportare il “circuit switching”?
- Quanti utenti può supportare il “packet switching”?

**10 utenti**

**Con 35 utenti, la probabilità che più di 10 stanno trasmettendo contemporaneamente è pari a: 0.0004**

## Tipi di applicazioni video

Video = sequenza di frame, trasmessi in streaming

1/4 formato NTSC =  $(352 \times 240)$  pixel

$(352 \times 240 \times 24)/8 = 247.5$  KB

30 frame al secondo (fps) = 7500 KBps = 60 Mbps

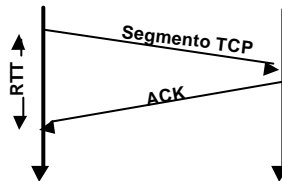
## Parte 13

### Modulo 3: Esempio applicazione al TCP

# Round Trip Time e Timeout

## Come stabilire il valore del timeout in trasmissioni TCP?

- *Timeout troppo breve*: si effettuano ritrasmissioni non necessarie
- *Timeout troppo lungo*: reazione lenta alla perdita di segmenti
- Timeout deve essere maggiore del **Round Trip Time (RTT)**



**Il problema è che il RTT varia dinamicamente  
sulla base delle condizioni della rete (molto variabili)**

## Scelta del Timeout (1/2)

### Come stimare il valore del RTT?

**SampleRTT**: misura del tempo trascorso dalla trasmissione del segmento alla ricezione del suo ACK

- Ignora ritrasmissioni, segmenti con ack cumulativi
- SampleRTT varia dinamicamente → usare media pesata

### **EstimatedRTT: media pesata per stimare RTT**

$$\text{EstimatedRTT}(t) = (1-x) \cdot \text{EstimatedRTT}(t-1) + x \cdot \text{SampleRTT}(t)$$

- Exponential Weighted Moving Average (**EWMA**)
- L'influenza dei campioni passati diminuisce in modo esponenziale
- Valore di **x** compreso tra 0 e 1

## Scelta del Timeout (2/2)

**Scelta del timeout:**

**Valore del RTT stimato più un margine di errore**

$$\text{Timeout}(t) = \text{EstimatedRTT}(t) + 4 * \text{Deviation}(t)$$

dove:

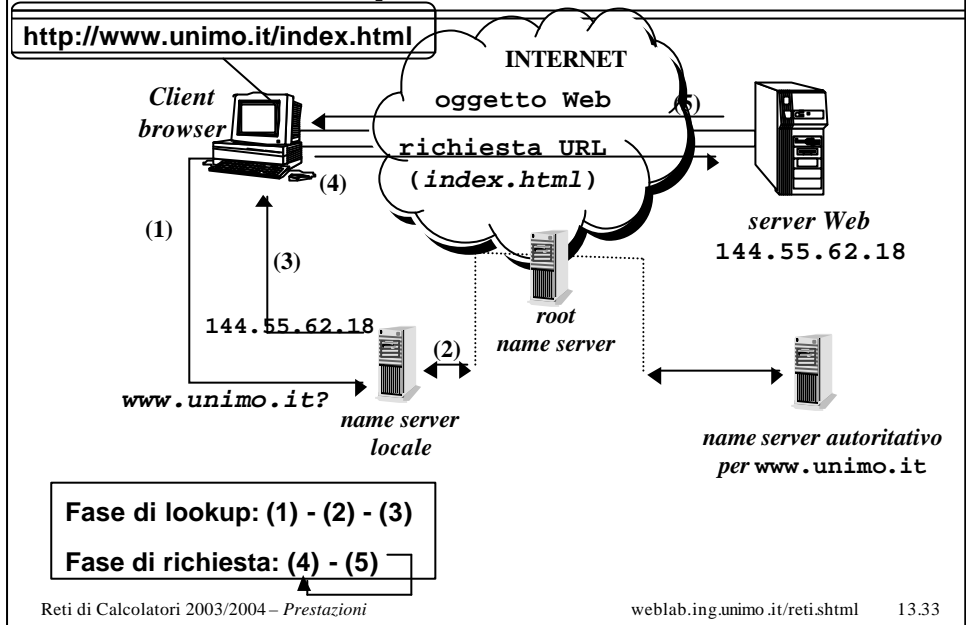
$$\begin{aligned} \text{Deviation}(t) = & (1-x) * \text{Deviation}(t-1) + \\ & x * \text{abs}(\text{SampleRTT}(t) - \text{EstimatedRTT}(t)) \end{aligned}$$

## Parte 13

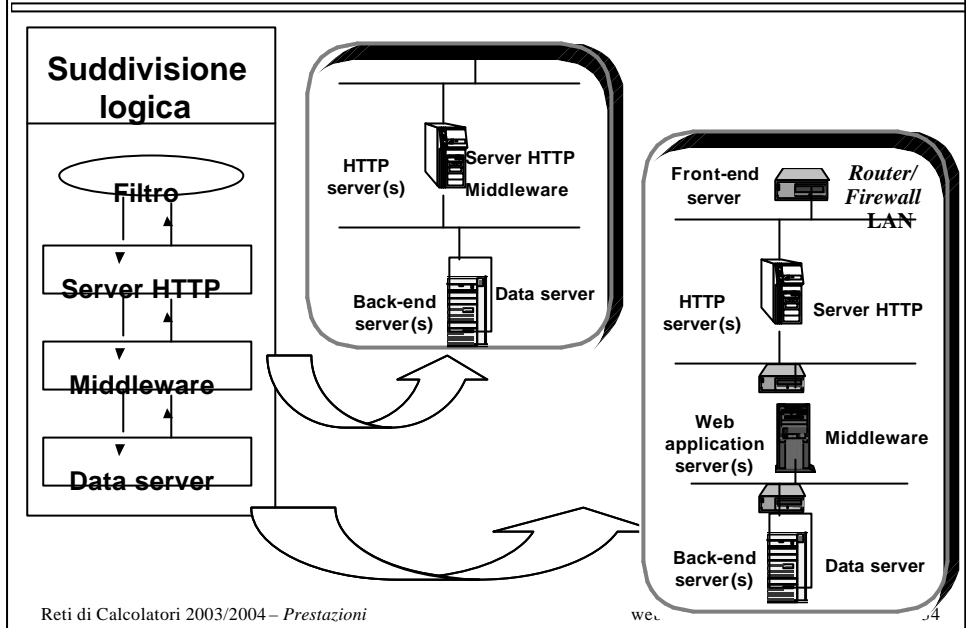
**Modulo 4:  
(Alte) prestazioni dei sistemi  
di “siti Web popolari”**



# Richiesta per una risorsa Web

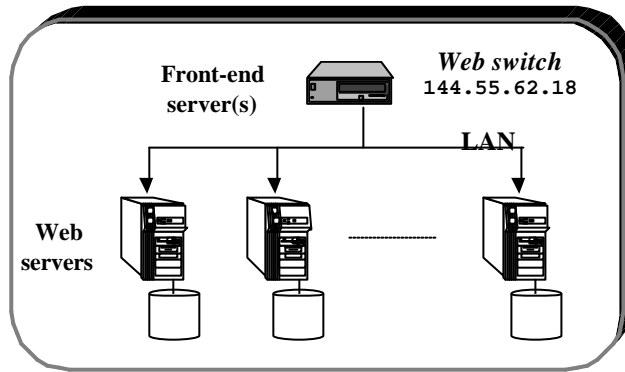


# Evoluzione dei siti Web



## *Per far fronte a molte richieste ...*

**Nel caso di risorse statiche o volatili:**



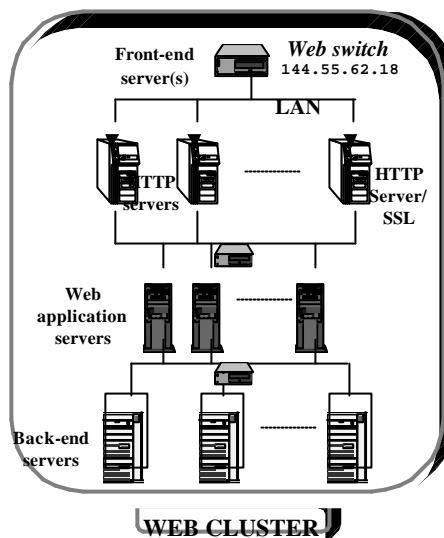
## **Architettura di un sito → *Web cluster***

**Tecnologia Reti/Sist.Op.**

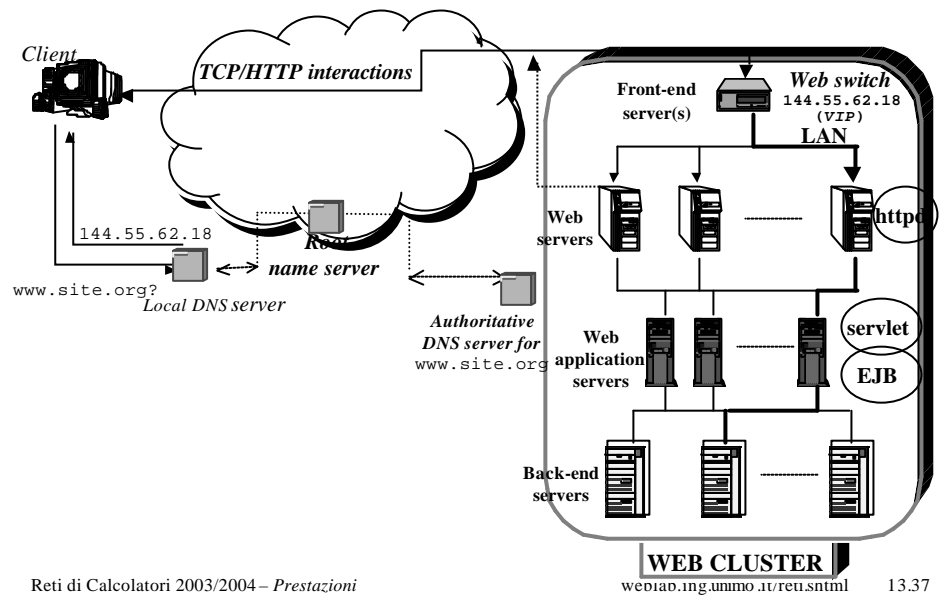
**Tecnologia Web server**

**Tecnologia Middleware**

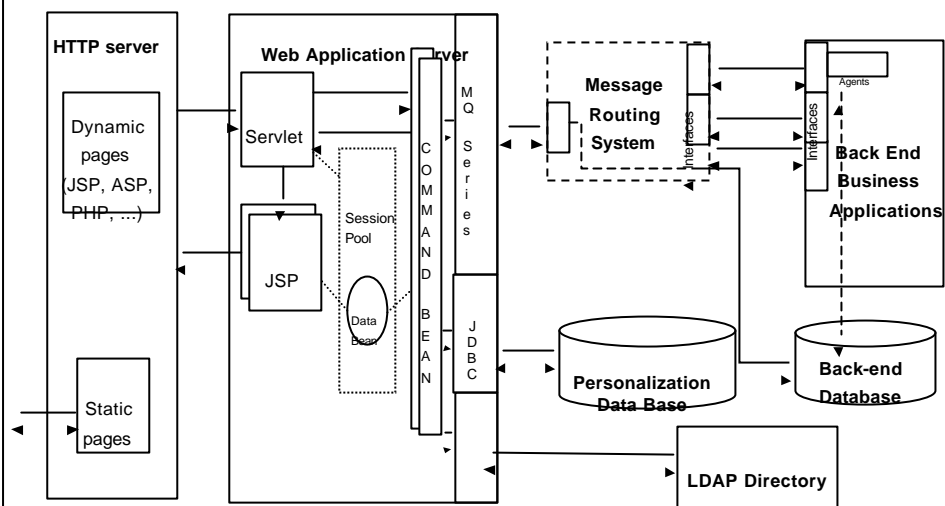
**Tecnologia Database  
e/o Gestionali**



# Interazione con un'architettura Web cluster

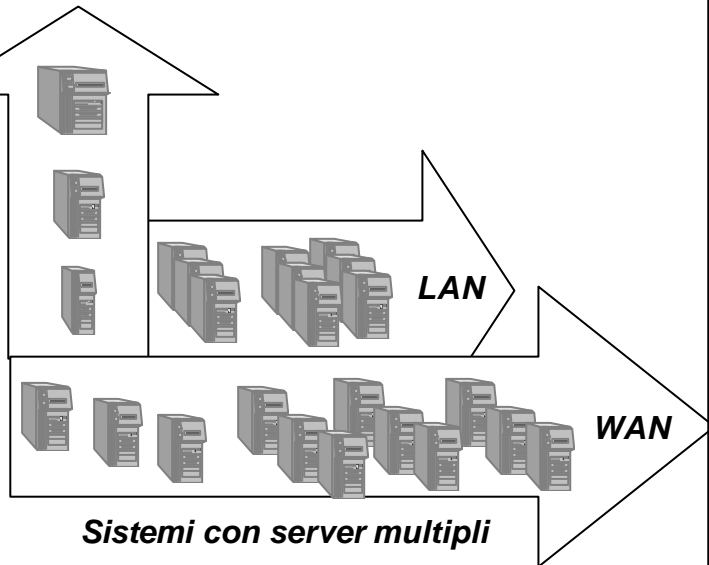


# Una tipica architettura di un sito Web

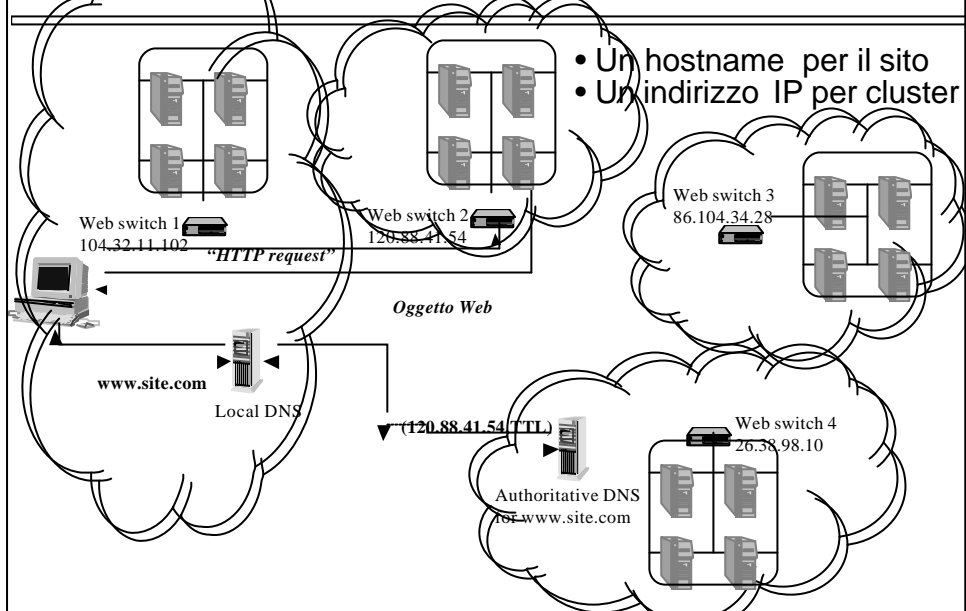


# Come aumentare le prestazioni dei siti Web

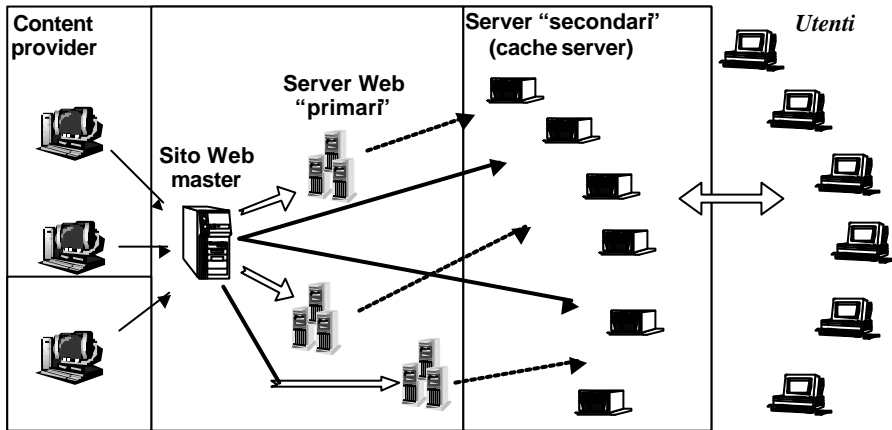
- **Interventi HW**
- **Interventi SW**
  - sist. oper.
  - server Web



## Web multi- cluster



## Oltre alla replica: il *caching*



## Architettura per siti "molto popolari"

