
Parte VII

Analisi delle prestazioni

Valutazione delle prestazioni

- Tuning dei sistemi
 - Monitoraggio dei sistemi durante il funzionamento
 - Analisi delle criticità
 - Tuning della configurazione
- Progetto di nuovi sistemi
 - Caratterizzazione del carico
 - Modelli di prestazione
 - Confronto e scelta delle soluzioni progettuali
- Capacity planning
 - Modelli di evoluzione del carico
 - Dimensionamento del sistema
 - Pianificazione degli upgrade
 - Analisi estesa a tutto il ciclo di vita del sistema

Misura e modellistica

Approcci complementari

Misura

- Rilevazione durante il funzionamento del sistema
- Fornisce dati affidabili e precisi
- Occorre che il carico sia quello significativo
- Possibile *solo* su sistemi già operativi

Modellistica

- Il modello costituisce un'astrazione del sistema
- Cattura i soli aspetti significativi
- Si ottengono risultati prima che il sistema sia realizzato
- Costi bassi e tempi brevi

Misura

- Monitor
 - Strumenti software per l'analisi delle prestazioni
 - Monitor del sistema operativi
 - Monitor di ambienti applicativi (es. DBMS)
- Generazione del carico
 - Le prestazioni dipendono dal carico
 - Occorrono adeguatezza dei livelli e stabilità
 - Il carico reale raramente ha i requisiti
- Benchmark
 - Carico sintetico rappresentante una situazione reale
 - Specificità rispetto ai contesti applicativi
 - Presenta livelli di parametricità
 - Consente il confronto di sistemi diversi
 - Es. benchmark TPC-C e TPC-W

Modellistica

- Livello di astrazione
 - Definizione degli obiettivi dello studio
 - Scelta di un livello di astrazione adeguato agli obiettivi
 - La rappresentazione dei dettagli è inessenziale
- Analisi strutturale
 - Il modello evidenzia la struttura del sistema
 - Individuazione dei rapporti causa-effetto
 - Valutazione delle azioni correttive
- Approssimazione
 - Dipende dall'astrazione ma non è un problema
 - La scelta è fra un insieme discreto di alternative
- Analisi parametrica
 - Può essere effettuata in modo semplice ed estensivo
 - Esame di un ampio ventaglio di situazioni

Modelli analitici

- Modelli la cui soluzione è calcolabile in modo algoritmico
- Modelli basati su reti di code trattabili matematicamente
- Impongono semplificazioni nella struttura del modello
 - Modalità di servizio (discipline di scheduling)
 - Distribuzione dei tempi di servizio
 - Modalità di arrivo delle richieste
- La struttura del sistema è molto schematizzata
 - Impossibile rappresentare i dettagli
 - Forniscono risultati approssimati

Malgrado le semplificazioni, i modelli analitici presentano notevoli vantaggi

- **Robustezza:** producono risultati attendibili
- **Semplicità:** bassi costi di sviluppo e di calcolo

Modelli di simulazione

Simulatore: programma configurabile che consente di emulare l'evolvere di una situazione reale riproducendone passo per passo lo sviluppo, e consentendo la rilevazione dei relativi indici di prestazioni

- È possibile rappresentare qualsiasi livello di dettaglio
- I costi naturalmente crescono in proporzione
- Lunghe corse di simulazione necessarie per stimare gli indici di prestazione
- Necessario ricorrere a sofisticate tecniche statistiche
- Possibile stimare anche le distribuzioni dei valori degli indici (oltre ai valori attesi)
- I costi precludono l'effettuazione di analisi parametriche

Indici di prestazione

- Grandezze misurabili che quantificano le prestazioni del sistema
- Dipendono dal contesto applicativo e dal punto di vista

Punti di vista

- Amministratore del sistema
 - Guarda allo sfruttamento delle risorse
 - Ottimizza il volume di lavoro svolto
 - Indici: utilizzazioni, throughput
- Utente del sistema
 - Guarda alla qualità del servizio
 - Minimizza i tempi di attesa
 - Indici: tempi di risposta

Utilizzazione delle risorse

Utilizzazione: frazione del tempo in cui una risorsa è utilizzata, cioè impegnata a svolgere lavoro a vantaggio del sistema

Esempio: unità a disco

- Caratteristiche
 - Tempo medio di accesso: 5 ms
 - Velocità di trasferimento: 128 MB/s
 - Dimensione cluster: 32 KB
- Richieste di servizio
 - Richieste al secondo: 50 rich/s
 - Cluster per richiesta: 6 (valore medio)
- Utilizzazione
 - $U_{\text{disk}} = 50 \cdot (0,005 + (6 \cdot 32) / 128000) = 0,325 = 32,5\%$

Tempo di risposta

- Esistono varie definizioni per il tempo di risposta
- La differenza dipende dalla natura del sistema

➤ Sistemi batch

- Tempo di turnaround
- Tempo che intercorre fra la sottomissione di un lavoro e la consegna del relativo risultato

➤ Sistemi interattivi

- Tempo di risposta
- Tempo che intercorre fra la sottomissione di una richiesta e la comparsa della risposta

Distribuzione del tempo di risposta

- Del tempo di risposta non basta conoscere il valore medio
- Interessa anche conoscere la variabilità
- La variabilità è legata strettamente alla qualità del servizio

Esempio: operazioni di sportello

- Ufficio postale A
 - Tempo medio per operazione: 440 s
 - Tempo lungo: 1600 s (probabilità 20%)
 - Tempo breve: 300 s (probabilità 80%)
- Ufficio postale B
 - Tempo medio per operazione: 440 s
 - Tempo lungo: 500 s (probabilità 20%)
 - Tempo breve: 425 s (probabilità 80%)

Quale ufficio postale scegliereste?

Media e varianza

- Si considera una variabile aleatoria V che assume valori diversi con probabilità diverse
 - $V_i, i = 1 \dots n$: valori diversi assunti dalla variabile V
 - $P_i, i = 1 \dots n$: probabilità con cui V assume il valore V_i
 - $\sum P_i = 1$

➤ Media (valore atteso)

- $E[V] = \sum P_i \cdot V_i$
- È la somma dei valori assunti pesata con la probabilità

➤ Varianza

- $\text{Var}[V] = \sum P_i \cdot (V_i - E[V])^2$
- Misura gli scarti quadratici rispetto alla media

Media e varianza: esempio

Distribuzione A

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
V_i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Media $E[V] = 15.5$

Varianza $Var[V] = 8.25$

Distribuzione B

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
V_i	2	4	6	8	10	14	18	24	30	39

Media $E[V] = 15.5$

Varianza $Var[V] = 133.45$

La media è la stessa ma le varianze sono molto diverse

Percentili

Il percentile p_r esprime il valore tale che la probabilità che la variabile aleatoria V assuma valori inferiori a p_r è r

$$P[V \leq p_r] = r$$

- I percentili forniscono una caratterizzazione molto efficace delle distribuzioni
- Si tratta di una misura molto più intuitiva della varianza
- Fornisce *una garanzia rispetto alla qualità di servizio*
- Si utilizza spesso nelle specifiche dei sistemi

Esempio

Se $p_{0.90}$ nella distribuzione A vale 19, questo mi garantisce che solo nel 10% dei casi rischio di pagare più di 19

Percentili: esempio

Distribuzione A

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
V_i	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

$p_{0.5} = 16$, $p_{0.7} = 17$, $p_{0.9} = 19$

Distribuzione B

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
P_i	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
V_i	2	4	6	8	10	14	18	24	30	39

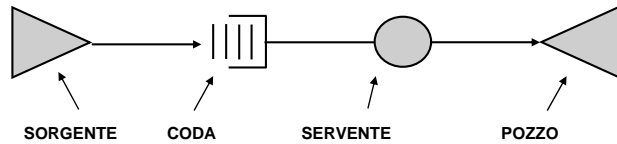
$p_{0.5} = 10$, $p_{0.7} = 18$, $p_{0.9} = 30$

Sistemi di congestione

- I sistemi di elaborazione possono essere trattati come *sistemi di congestione*
- Essi sono costituiti da:
 - Risorse : CPU, dischi, linee, periferiche,...
 - Processi di elaborazione : che si contendono l'uso delle risorse che necessitano
- Alle risorse si creano code (cioè file di attesa), e questo rallenta i processi e incide sulle prestazioni

- *Per le file d'attesa esistono modelli matematici molto interessanti con soluzioni in forma chiusa (formule)*
- *I modelli basati sulle code consentono di trarre conclusioni molto interessanti*
- *Forniscono anche una comprensione strutturale dei sistemi*

Coda isolata



Modella la situazione di congestione nell'accesso ad una risorsa

- **Sorgente:** da cui provengono le richieste di servizio
- **Clienti:** rappresentano le singole richieste di servizio
- **Servente:** eroga il servizio ai clienti
- **Coda:** costituita dai clienti che attendono di essere serviti
- **Pozzo:** dove tornano i clienti una volta serviti

Parametri del problema

$$\lambda = 1 / T_a, \quad \mu = 1 / T_s, \quad \rho = \lambda / \mu = T_s / T_a, \quad T_R = T_s + T_W$$

- λ *Frequenza di arrivo:* frequenza con cui i clienti entrano nel sistema
- T_a *Tempo di interarrivo:* tempo medio che intercorre tra l'arrivo di un cliente e quello del successivo
- μ *Frequenza di servizio:* frequenza con cui i clienti sono serviti
- T_s *Tempo di servizio:* tempo medio necessario a servire un cliente
- ρ *Utilizzazione:* frazione di tempo in cui il servente è impegnato
- T_R *Tempo di risposta:* tempo medio che un cliente passa nel sistema
- T_W *Tempo in coda:* tempo medio che un cliente passa in coda
- L *Lunghezza della coda:* numero medio di clienti nel sistema

Esempio: ufficio postale

Esempio

- *Nell'ufficio postale i clienti arrivano in media al ritmo di un cliente ogni 120 secondi:*
 - $T_a = 120$ s, $\lambda = 1 / T_a = 0,0066$ clienti/s
- *C'è un unico impiegato e il servizio di un cliente richiede in media 80 secondi:*
 - $T_s = 80$ s, $\mu = 1 / T_s = 0,0125$ clienti/s
- *Utilizzazione della risorsa (l'impiegato):*
 - $\rho = \lambda / \mu = T_s / T_a = 0,533 = 53\%$

Cosa possiamo dire sul tempo di risposta e sull'attesa in coda?

La legge di Little

- La legge di Little è un legame, che vale in condizioni molto generali, fra le tre grandezze:
 - $\lambda = 1 / T_a$: *Frequenza di arrivo*
 - T_R : *Tempo medio di risposta*
 - L : *Lunghezza media della coda*

$$\lambda T_R = L$$

- Osservando due delle grandezze è possibile dedurre la terza
- Non richiede assunzioni sulle modalità degli arrivi ed ei servizi
- Si assume però che il sistema sia in una *condizione stabile*

Esempio: ufficio postale

Esempio

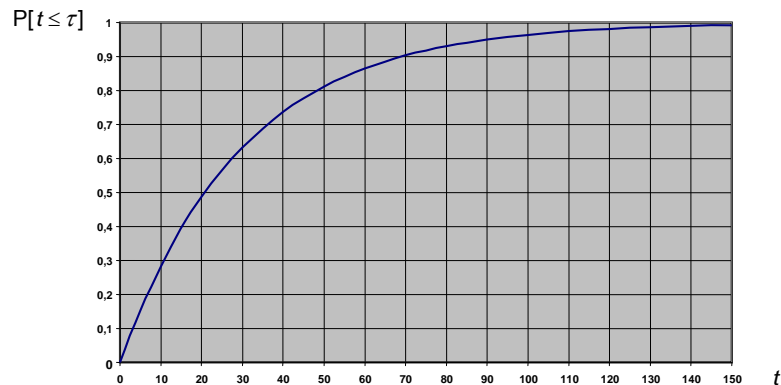
- Arrivando all'ufficio postale noto che in media arriva un cliente ogni 100 secondi:
 - $T_a = 100$ s, $\lambda = 1 / T_a = 0,01$ clienti/s
- Sbirciando all'interno vedo che ci sono 20 clienti:
 - $L = 20$
- Quanto tempo resterò nell'ufficio postale?
- In base alla legge di Little:
$$T_R = L / \lambda = 20 / 0,01 = 2000 \text{ s}$$
- Devo prepararmi ad aspettare oltre mezz'ora

Modalità di arrivo e di servizio

- Per fare affermazioni più precise su cosa succede in una coda occorre precisare non solo i *valori medi*, ma *come sono distribuiti* i tempi di arrivo e di servizio
 - Distribuzione dei tempi di interarrivo (intorno alla media T_a)
 - Distribuzione dei tempi di servizio (intorno alla media T_s)
 - Discipline di servizio (scheduling dei clienti)
- Per alcune distribuzioni è possibile dare soluzioni in forma chiusa, cioè calcolare tramite formula le misure che interessano a partire dai parametri della coda
- Il caso più interessante è quello della *distribuzione esponenziale*

N.B. Benché la distribuzione esponenziale non sempre rappresenti fedelmente la realtà, i relativi modelli si dimostrano notevolmente 'robusti', cioè forniscono risultati molto attendibili

Distribuzione esponenziale



- È una tipica distribuzione per variabili continue (es. tempi)
- Si riscontra in moltissimi casi della vita reale (ad es. tempo tra il passaggio di due veicoli sull'autostrada, etc.)

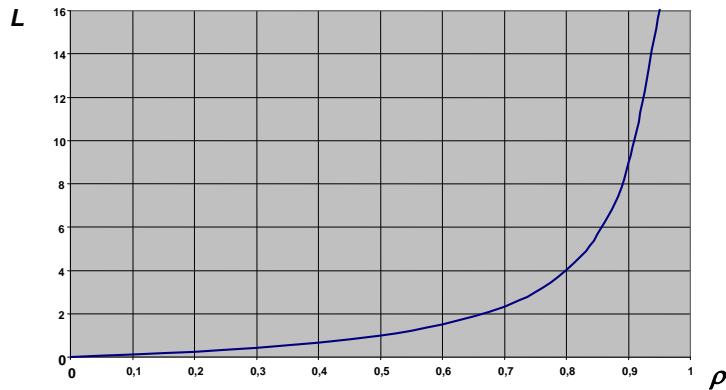
La coda M/M/1

- In questa coda sia i tempi di arrivo che quelli di servizio hanno distribuzione esponenziale
- C'è un unico servente, che opera con disciplina FCFS
- Si hanno risultati in forma chiusa per la lunghezza media della coda L e per il tempo medio di risposta T_R

$$T_R = T_s \frac{1}{1 - \rho} \quad L = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

N.B. Sia la lunghezza media della coda L che il tempo medio di risposta dipendono T_R dal livello di congestione ρ , e per $\rho=1$ le formule divergono, perché il sistema non raggiunge l'equilibrio

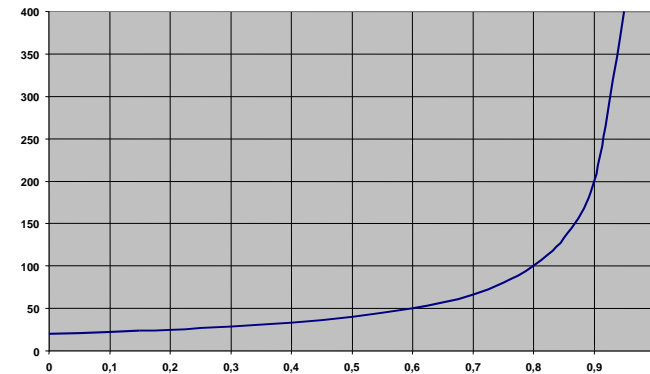
M/M/1: lunghezza media della coda



$$L = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

- La curva ha un asintoto per $\rho = 1$
- La lunghezza della coda si mantiene moderata poi esplose per alti valori della congestione ρ

M/M/1: tempo medio di risposta



$$T_R = T_s \frac{1}{1 - \rho}$$

$$T_s = 20 \text{ s}$$

- La curva ha un asintoto per $\rho = 1$
- Il tempo medio di risposta si mantiene accettabile fino a $\rho = 0.6$ poi esplose per alti valori della congestione ρ

Effetto delle distribuzioni

Un aumento della varianza (cioè del disordine) sia del tempo di arrivo che del tempo di servizio peggiora la situazione

- Per caratterizzare in modo semplice una distribuzione si usa il *coefficiente di variazione* cioè il rapporto tra varianza e quadrato della media

$$C_v[t] = \text{Var}[t] / (E[t])^2$$

- Distribuzione deterministica ($\text{Var}[t] = 0$): $C_v = 0$
- Distribuzione esponenziale ($\text{Var}[t] = \tau^2$): $C_v = 1$

N.B. *La distribuzione esponenziale costituisce lo spartiacque tra le distribuzioni a bassa e ad alta varianza*

La coda M/G/1

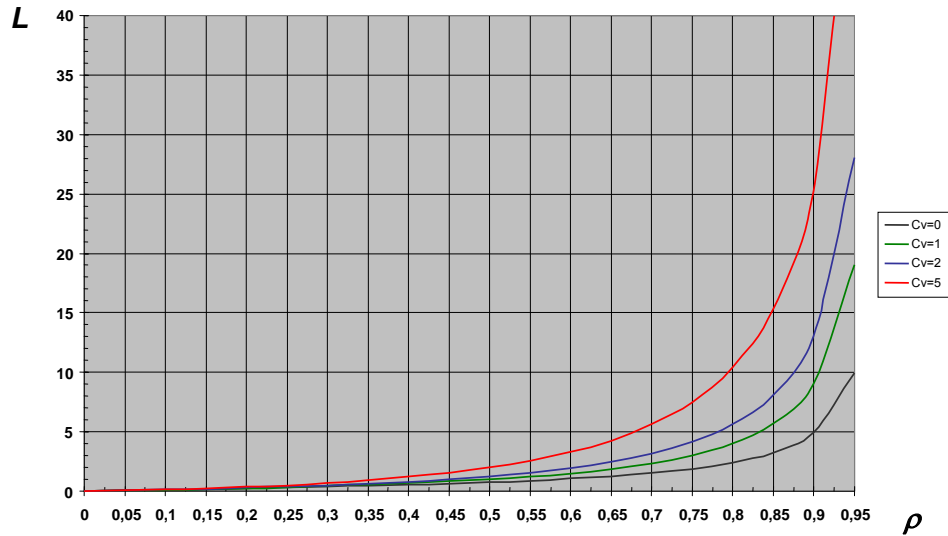
- La distribuzione degli arrivi è esponenziale, ma quella dei servizi è *generale*, con *coefficiente di variazione* C_v
- Senza altre ipotesi si possono dare formule molto interessanti per la lunghezza media della coda L e per il tempo medio di risposta T_R

$$T_R = T_s \frac{1}{1 - \rho} \left[1 - \frac{\rho}{2} (1 - C_v) \right]$$

$$L = \frac{\rho}{1 - \rho} \left[1 - \frac{\rho}{2} (1 - C_v) \right]$$

N.B. *Sono le stesse formule della coda M/M/1, con un fattore correttivo (evidenziato in rosso), che cresce al crescere di C_v*

M/G/1: lunghezza media della coda



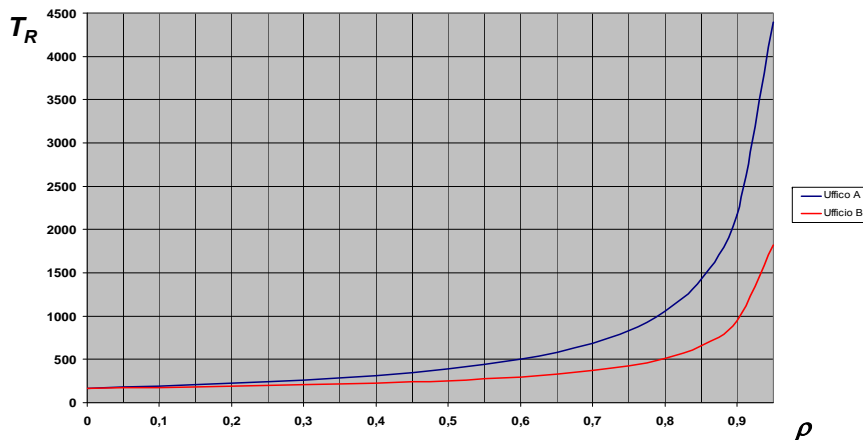
Esempio: ufficio postale

Esempio

- Negli uffici postali il servizio di un bollettino richiede 60 s
- Nell'ufficio **A** la distribuzione delle richieste di servizio è:
 - 1 bollettino con probabilità 80%
 - 10 bollettini con probabilità 20%
- Nell'ufficio **B** la distribuzione delle richieste di servizio è:
 - 1 bollettino con probabilità 5%
 - 2 bollettini con probabilità 10%
 - 3 bollettini con probabilità 85%
- In entrambi gli uffici il tempo di servizio medio è di 168 s
- Ma i coefficienti di variazione sono sensibilmente diversi:

Ufficio A : $C_v = 1.65$	Ufficio B : $C_v = 0.033$
---------------------------------	----------------------------------

Esempio: tempi di risposta



Con l'impiegato impegnato al 90% nell'ufficio **A** si attende in media oltre 36 minuti, mentre nell'ufficio **B** meno di 16

Reti di code

- I risultati sulle code isolate possono si estendono alle reti di code
- Il sistema di elaborazione è rappresentato come un insieme di risorse (CPU, dischi, linee, etc.), a ciascuna delle quali nel modello corrisponde una coda
- I clienti sono i processi, oppure le unità di lavoro: ad esempio le transazioni in un sistema bancario
- Ciascun 'cliente' richiede una percentuale d'uso da ciascuna risorsa: ad es. X secondi di CPU e Y accessi a disco
- In base alla *profilo del carico* ed alla *configurazione del sistema* è possibile determinare:
 - L'utilizzazione delle risorse
 - La lunghezza delle code che si creano alle varie risorse
 - I tempi di attesa, ed il tempo di risposta complessivo

Esempio: profilo del carico

Esempio

- Un sistema bancario gestisce transazioni
- L'intensità del carico λ è espressa in transazioni/s
- Ci sono 4 tipi diversi di transazioni
- Per ciascun tipo si determina:
 - La richiesta complessiva di CPU (riferito ad una CPU campione)
 - Gli accessi a ciascuno dei dischi (dipendono dalla allocazione dei file)
- Si stima la frequenza relativa di ciascun tipo di transazione
- Si calcolano le richieste medie a ciascuna risorsa come somma pesata

Esempio: caratterizzazione del carico

Tipo di transazione	Frequenza	CPU 500 MHz	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4
T1	0,1	2	20	40	3	1
T2	0,3	1,5	0	10	5	0
T3	0,2	1,2	10	30	0	2
T4	0,4	5	20	10	5	2
Media		2,89	12	17	3,8	1,3

- Le richieste comprendono l'overhead del sistema operativo
- La richiesta di CPU è riferita ad una CPU campione
- Per i dischi si parla di accessi, per passare ai tempi occorre specificare le caratteristiche dei dispositivi
- Si assume un trasferimento di 8 KB per accesso a disco

Esempio: configurazione del sistema

Esempio

- Si prevede di adottare la seguente configurazione:
 - 4 CPU da 2 GHz
 - Disk 1: $t_{acc} = 4.8\ ms$, $t_{trasf} = 8\ ms$
 - Disk 2: $t_{acc} = 4.8\ ms$, $t_{trasf} = 8\ ms$
 - Disk 3: $t_{acc} = 5,2\ ms$, $t_{trasf} = 10\ ms$
 - Disk 4: $t_{acc} = 5,2\ ms$, $t_{trasf} = 10\ ms$
- Il tempo di accesso ai dischi fa riferimento a tempi di seek medi, sommati al latency, che dipende dal dispositivo
- I tempi di trasferimenti dipendono dalla velocità di rotazione e dalla densità di registrazione

Analisi dei colli di bottiglia

- Dal profilo del carico e dalla configurazione si possono calcolare le utilizzazioni relative dei dispositivi
- Queste sono le utilizzazioni che essi hanno per ciascuna transazione tipo
- Le utilizzazioni relative mantengono i loro rapporti al crescere dell'intensità del carico

- La risorsa che ha la più alta utilizzazione relativa è detta *collo di bottiglia*
- Quando l'intensità del carico sale, essa satura per prima
- Il collo di bottiglia condiziona le prestazioni di tutto il sistema
- L'individuazione dei colli di bottiglia consente di apportare al sistema le necessarie azioni correttive

Analisi dei colli di bottiglia: esempio

Intensità Transazioni/min	UTILIZZAZIONI				
	4 CPU 2 GHz	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4
10	0,03	0,03	0,04	0,01	0,00
50	0,15	0,13	0,18	0,05	0,02
100	0,30	0,26	0,36	0,10	0,03
200	0,60	0,51	0,73	0,19	0,07
300	0,90	0,77	1,09	0,29	0,10

- Il collo di bottiglia è chiaramente Disk 2, seguito da Disk 1
- Molto scarichi sono Disk 3 e Disk 4
- Le 4 CPU a 2 GHz reggono bene fino a 300 transazioni/min
- Si dovrebbero riallocare i file

Calcolo del tempo di risposta

- Una volta calcolate le utilizzazioni per una data intensità di carico, è possibile stimare i tempi di risposta
- Il tempo di risposta di ciascun tipo di transazione non è altro che la somma dei tempi che la transazione spende nelle code corrispondenti alle varie risorse
- Se non ci sono distribuzioni strane dei tempi di servizio, le code possono essere trattate come code M/M/1, e risolte utilizzando le relative formule
- Per ogni 'visita' che il cliente (la transazione) fa alla coda, egli accumula il relativo tempo tempo di risposta
- Ad esempio la transazione T_3 fa 30 visite al disco 2, e 'paga' altrettante volte il tempo di risposta della relativa coda

Tempi di risposta: esempio

- Con 100 transazioni/min i tempi di risposta alle code sono:

Intensità Transazioni/min	TEMPI DI RISPOSTA ALLE CODE (secondi)				
	4 CPU 2 GHz	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4
100,000	0,258	0,017	0,020	0,017	0,016

- Calcolando il numero di visite che T_3 fa a ciascun disco:

TEMPI COMPLESSIVI SPESI DA T3 ALLE CODE					
CPU	Disk 1	Disk 2	Disk 3	Disk 4	Totale
0,258	0,172	0,603	0,000	0,031	1,064

Tuning dei sistemi

- Sintomo evidente del problema sono in generale *tempi di risposta insoddisfacenti*
- Occorre però *individuare le cause*, prima di poter intervenire correttamente
- Un primo passo può essere l'*analisi delle utilizzazioni*
- Si individuano i *colli di bottiglia* e si progettano *le azioni correttive*

Tipologia delle azioni correttive

- Ridistribuire il carico per livellare le utilizzazioni
- Modificare le modalità di servizio
- Potenziare le risorse, con azioni dirette e indirette

Congestione della CPU

- Non è circostanza comune, anche se molti interventi 'alla cieca' consistono in un potenziamento della CPU
- Occorre quindi analizzare con cura se il problema è proprio questo, e individuare i processi 'consumatori'

Possibili azioni:

- Potenziamento della CPU: aumentare la frequenza può essere costoso, considerare anche eventuali opzioni sulle cache L2 e L3
- Piattaforma multi-CPU: la potenza di calcolo scala bene a causa dell'alto numero di processi e di thread
- Load balancing: i sistemi operativi ed alcuni ambienti applicativi gestiscono il load balancing

Congestione dei dischi (1)

- Una prima linea di intervento non richiede alcun investimento in nuovi acquisti, ma una semplice riorganizzazione
- Le azioni interessano sia i singoli dischi che il loro insieme

Possibili azioni:

- Deframmentazione: la frammentazione causa aumenti del numero di accessi e del tempo medio di seek
- Riallocazione dei file: conviene allocare i file più acceduti in cilindri contigui per minimizzare i tempi di seek
- Distribuzione del carico: discende dal raffronto delle utilizzazioni dei diversi dischi: si possono bilanciare spostando i file sui dischi con minore utilizzazione

Congestione dei dischi (2)

- Se le azioni di riallocazione non sono sufficienti occorre potenziare il sottosistema di I/O
- Due tipi di azioni possibili:
 - Sostituire i dischi con altri di migliori caratteristiche: ha senso solo se sono veramente obsoleti
 - Aumentare il numero di dispositivi, ridistribuendo fra loro i file in modo bilanciato
- Considerare anche il possibile ricorso a dischi RAID

Attenzione a non creare altri colli di bottiglia

- I bus di I/O possono diventare colli di bottiglia
- Attenzione a posizionare i dischi sui bus IDE
- I dischi con connessione seriale punto-punto scalano in maniera molto efficace

Ampliamento della memoria (3)

- Problemi sui dischi possono essere risolti anche con interventi sulla memoria
- Memoria più ampia significa anche buffer cache più ampia
- Aumenta la probabilità che un accesso a disco trovi i dati nella buffer cache
- Diminuiscono quindi, anche in misura molto rilevante, gli accessi ai dischi
- I DBMS gestiscono anche una loro cache interna: in genere conviene cedere memoria ai DBMS

Quello in memoria centrale è quasi sempre il migliore investimento che possiamo fare per migliorare le prestazioni di un sistema di elaborazione

Benchmark

Un benchmark è un campione di carico, costruito allo scopo di misurare le prestazioni di un sistema mentre lo elabora

- Un *benchmark* è utile soprattutto perché consente di confrontare le prestazioni di sistemi diversi
- I benchmark, per la loro stessa natura sono rappresentativi di specifici contesti applicativi, dei quali simulano situazioni di carico tipiche

Esempio

Sono molti diffusi benchmark per il confronto di computer desktop per applicazioni home e di automazione di ufficio: BapCo, Ziff Davies, Winstone....

BAPCO SYSmark 2004 SE

- Per valutare piattaforme desktop di Personal Computing
- Realizzati da BAPCO, consorzio non-profit cui partecipano tutti i principali costruttori (Intel, AMD, Microsoft, HP, Toshiba etc.).
<http://www.bapco.com>
- Previsti due diversi profili di utenza, con gruppi di operazioni:
 - **Internet Content Creation:** 3D creation, 2D creation, Web publication
 - **Office Productivity:** Communication, Document creation, Data analysis
- Simulato l'alternarsi dell'utente tra diverse *applicazioni reali*
- Indice di prestazione: *tempo complessivo per eseguire una serie predefinita di operazioni* (rispetto ad un sistema base predefinito)
- Prestazioni a livello di profilo e di gruppo

BAPCO MobileMark 2005

- Per sistemi laptop
- Misura sia le prestazioni che la durata della batteria
- Previsti diversi profili di utenza:
 - **DVD playback**
 - **Wireless browsing**
 - **Office productivity**
 - **Reader**
- Simulato l'alternarsi dell'utente tra diverse *applicazioni reali*
- Indice di prestazione: *tempo complessivo a disposizione per eseguire un determinato mix di operazioni*
- Prestazioni a livello di profilo e indice pesato

BAPCO WebMark 2004

- Misura le prestazioni di piattaforme client per applicazioni Internet
- Diverse tipologie di accessi per cui sono simulati siti campione
- **Information processing**
 - **Portal:** portale aziendale, entry point ai servizi per i dipendenti
 - **Reserch:** attività di navigazione alla ricerca di informazioni
 - **Training:** attività di e-learning e training online
- **Commercial transactions**
 - **Purchasing:** acquisto di prodotti da siti di e-commerce
 - **Finance:** servizi informativi e di intermediazione finanziaria
 - **Marketplace:** intermediazione commerciale
- Indice di prestazione: *tempo di risposta per transazioni elementari definite nei vari contesti*
- Prestazioni a livello di contesto e indice pesato

Benchmark per server

- Misurano le prestazioni di sistemi server nei principali contesti applicativi (principalmente Web e DataBase)
- Il sistema comprende i vari strati di un'architettura a più livelli:
 - Piattaforma Hardware
 - Sistema operativo
 - Web e/o DataBase server
 - Applicazione
- Richiedono esperimenti complessi e molto costosi
 - Allestimento di sistemi complessi e costosi
 - Predisposizione di sistemi per la generazione del carico
- **TPC** (*Transaction Processing Performance Council*)
- **SPEC** (*Standard Performance Evaluation Corporation*)

Principali benchmark TPC

- **TPC** (*Transaction Processing Performance Council*), organizzazione indipendente in cui sono rappresentati i principali costruttori
<http://www.tpc.org>
- Benchmark per vari tipi di contesti applicativi
- **TPC-C**: simula un contesto applicativo dove i clienti eseguono transazioni predefinite su di un base di dati.
- **TPC-H**: simula un contesto applicativo di un sistema di supporto alle decisioni, secondo standard industriali consolidati
- **TPC-R**: come TPC-H ma con una consistente componente di transazioni predefinite che possono essere ottimizzate
- **TPC-W**: simula un contesto applicativo di un sistema Web per l'elaborazione di transazioni, è lo standard industriale per le applicazioni di e-business

Il benchmark TPC-C

- Specifica in dettaglio la struttura di un tipico database aziendale (magazzini, ordini, clienti, etc.)
- Specifica i parametri estensionali del database (n. di clienti,...)
- Specifica le modalità di popolazione del database
- Definisce cinque tipi di transazioni:
 - New-Order
 - Payment
 - Order-Status
 - Delivery
 - Stock-Level
- Specifica le regole con cui devono essere svolti gli esperimenti
- Specifica le regole di calcolo del costo dei sistemi

La metrica è tpmC: numero di transazioni New-Order al minuto

Benchmark SPEC

- **SPEC** (*Standard Performance Evaluation Corporation*), organizzazione indipendente in cui sono rappresentati i principali costruttori
<http://www.tpc.org>
- Benchmark per vari tipi di contesti applicativi
- **CPU**: simula carichi di tipo CPU bound.
- **Graphics/Application**: per applicazioni grafiche pesanti
- **HPC/OMP**: per piattaforme parallele di High Performance Computing
- **Java Client/Server**: per contesti applicativi Java2EE
- **Mail Server**: per server di posta elettronica
- **Network File System**: per file server
- **Web Server**: per web server

Affidabilità

- L'affidabilità costituisce un aspetto importante nella caratterizzazione della qualità dei sistemi
- L'affidabilità si misura quantitativamente mediante lo MTBF

MTBF (Mean Time Between Failures) rappresenta il tempo medio che intercorre tra due guasti consecutivi del sistema

- L'affidabilità delle componenti del sistema (es. dischi, CPU, linee etc.) è a sua volta caratterizzata tramite il MTBF
- È possibile calcolare l'affidabilità di sistemi complessi a partire da quella delle loro componenti

MTBF (Mean Time Between Failures)

- Rappresenta l'intervallo di tempo medio che intercorre tra il verificarsi di due guasti consecutivi

ES

MTBF = 500 Khr = $500.000 / (24 \cdot 365) \approx 57$ anni

Ciò non significa che, considerato un utilizzo medio di soli 5 anni, uno possa stare tranquillo!

- Per riportare quest'informazione in termini più facilmente percettibili occorre fare anche un'ipotesi sulla distribuzione temporale dei guasti
- L'ipotesi più verosimile è quella di una distribuzione esponenziale, cioè che i guasti siano generati da un processo di Poisson
- Del resto l'esperienza insegna che questa distribuzione è riscontrata molto spesso processi di questo tipo (arrivi dei clienti ad una coda etc.)

Affidabilità dei dischi

- MTBF (*Mean Time Between Failures*) τ
- Distribuzione *esponenziale* della probabilità di guasto
- Probabilità che un guasto si verifichi in periodo lungo T :

$$P_1[0, T] = 1 - e^{-T/\tau}$$

- Se si hanno n dischi, e si considera che i loro guasti siano indipendenti lo MTBF diminuisce di un fattore n : $\tau_n = \tau / n$
- Probabilità che si guasti uno qualsiasi degli n dischi in un periodo lungo T :

$$P_n[0, T] = 1 - e^{-nT/\tau}$$

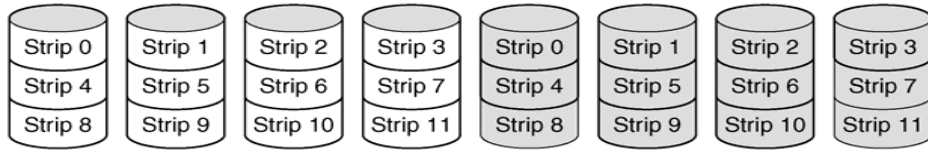
Affidabilità dei dischi: esempio

ES

- In un sistema ci sono 100 dischi, il loro ciclo di vita è di 5 anni
- Il tipo di dischi utilizzato ha un MTBF di 10^6 ore, cioè circa 100 anni.
- La probabilità che un dato disco si guasti in cinque anni, cioè durante la sua vita operativa, ($T/\tau = 0.05$) è circa $5 \cdot 10^{-2}$.
- La probabilità che un qualsiasi disco dei 100 si guasti durante i 5 anni ($T/\tau = 5$) è oltre il 99%, cioè quasi una certezza.

Occorre assolutamente costruire sottosistemi di dischi che migliorino l'affidabilità sfruttando la ridondanza

RAID Level 1



- Ciascun disco è duplicato da un altro disco 'ombra': *shadowing*
- Ogni scrittura interessa sia un disco che al sua ombra
- Ottime prestazioni soprattutto in lettura: molte possibilità di bilanciare il carico
- Supportato anche da vari Sistemi Operativi (Es. Windows 2000 e Windows XP)

Pro: eccellente resistenza ai guasti

Contro: occorre aumentare lo spazio su disco del 100%

Affidabilità di RAID 1

ES

- Un sottosistema RAID 1 ha 100+100 dischi
- Il tipo di dischi utilizzato ha un un MTBF di 10^6 ore, cioè circa 100 anni.
- Si suppone che un disco guasto sia sostituito entro 5 ore
- La perdita dei dati si ha solo se il suo disco ombra si guasta nelle 5 ore
- La probabilità che nella vita operativa (5 anni) ci siano guasti è altissima (oltre il 99%)
- La probabilità che durante un guasto il secondo disco si guasti nelle 5 ore necessarie a sostituire il primo è di $5 \cdot 10^{-6}$