Prestazioni dei calcolatori

Gli attuali calcolatori hanno caratteristiche diverse, che li rendono adeguati a compiti diversi come elaborazioni di testi , grafica, elaborazioni numeriche.

Per capire come si comporta un calcolatore rispetto al compito che deve eseguire, si valutano le sue prestazioni.

Bisogna sapere quindi rispondere alla domanda

- Come si valutano le prestazioni di un calcolatore?

Sapendo valutare le prestazioni di un calcolatore, si può rispondere a domande come:

- Data un'applicazione come si sceglie il calcolatore più adatto?
- Come si determina l'efficienza di un programma rispetto ad una specifica architettura?

La ragione principale per cui si vogliono valutare le prestazioni di un calcolatore è per sapere quanto efficientemente si comporta rispetto alle computazioni che si vogliono eseguire.

Sebbene le case produttrici forniscano dati sulle prestazioni, un'analisi più mirata permette di ottenere misure più accurate rispetto allo specifico compito che si vuole eseguire. Infatti la velocità di un calcolatore dipende dal programma che si deve eseguire e, in particolare un calcolatore può dare ottime prestazioni su una classe di problemi e andare molto male su un'altra.

Inoltre se le prestazioni che ci si aspetta sono più basse di quello che dovrebbe essere, allora probabilmente per ottenere computazioni efficienti si può migliorare l'algoritmo e verificare se aumentano le prestazioni.

Valutare le prestazioni di un calcolatore è un compito difficile, perché molti fattori influenzano le prestazioni e la loro valutazione.

Si può misurare il tempo necessario ad eseguire le operazioni elementari, come addizioni, moltiplicazioni e divisioni, ma è difficile usare queste misure per valutare computazioni più complesse, ad esempio la simulazione del comportamento del flusso di un fluido in una tubatura.

Si possono calcolare le migliori prestazioni che si spera di raggiungere, ma calcolare quelle che effettivamente si raggiungono è un altro conto.

È quindi fondamentale capire quali fattori influenzano le prestazioni.

Fattori che influenzano le prestazioni

Possiamo distinguere i diversi fattori che contribuiscono alla valutazione delle prestazioni, elencando le operazioni che vengono eseguite:

- tempo di esecuzione della CPU per
    - operazioni tra registri
    - operazioni tra numeri interi
    - operazioni in virgola mobile
    - operazioni tra stringhe
- tempo di accesso in memoria per leggere/scrivere dati
    - in cache
    - in memoria principale
    - su disco (memoria secondaria)
- dimensione della memoria
- intervento del sistema operativo
- influenza del compilatore
- operazioni di I/O
- tempi per la comunicazione, in particolare per processori multicore e calcolatori paralleli

Misura delle prestazioni

Il **tempo** è la misura più naturale per le prestazioni di un calcolatore.

Infatti è naturale definire il calcolatore più veloce nel portare a termine una certa quantità di lavoro come quello che presenta le migliori prestazioni.

Ma il tempo può essere definito in modi diversi a seconda di come viene conteggiato.

Nella sua definizione più semplice il **tempo di esecuzione** o **elapsed time** (tempo trascorso) è rappresentato dalla **latenza** per il completamento di un lavoro, includendo accessi a disco, accessi in memoria, attività per l'I/O, interventi del sistema operativo e qualsiasi altro compito sia necessario eseguire per completare il lavoro.

L'elapsed time si calcola come differenza tra il tempo d'inizio di un processo e il tempo in cui il processo e terminato.

Poiché i calcolatori usano la multiprogrammazione, la CPU non si dedica esclusivamente all'esecuzione di un processo, ad esempio mentre attende il completamento di operazioni I/O si dedica ad un altro programma.

Per cogliere questo aspetto si definisce il **tempo di CPU** che non include il tempo di attesa per l'I/O e per l'esecuzione di altri programmi.

Il **tempo di CPU** può essere ulteriormente suddiviso in:

- **tempo utente** (user time) quantità di tempo in cui la CPU è attiva per un dato programma
- **tempo di sistema** (system time) quantità di tempo in cui il sistema operativo esegue i compiti richiesti dal programma

Bisogna notare che:

tempo di esecuzione (elapsed time) **> tempo di CPU** = tempo utente + tempo di sistema

Un'altra misura delle prestazioni è data dal **throughput** cioè dalla quantità di lavoro svolto in un determinato tempo.

Alcune misure delle prestazioni

Nel tempo sono state proposte diverse unità di misura delle prestazioni che colgono particolari aspetti.

MIPS Million **I**nstructions **P**er **S**econd, *milioni di istruzioni per secondo*
La misura MIPS non si dimostra affidabile per diversi motivi:

- il MIPS può variare su un dato calcolatore a secondo del programma, infatti ogni programma può contenere una diversa proporzione di istruzioni di diverso tipo, ognuna delle quali può essere più o meno lunga da eseguire
- il MIPS non è utile per il confronto di processori diversi con repertori di istruzioni diversiil MIPS può variare in modo inversamente proporzionale alle prestazioni.

Un esempio del secondo punto è rappresentato dal confronto tra un processore dotato di un'istruzione complessa ma lenta e un altro che esegue lo stesso lavoro usando 20 istruzioni più semplici e veloci. Il tempo totale può essere circa lo stesso, mentre il valore di MIPS differisce per un fattore 20

Un esempio dell'ultimo punto è rappresentato dal confronto tra una macchina dotata di hw per le operazioni in virgola mobile e una macchina che utilizza una routine sw per l'esecuzione delle operazioni in virgola mobile. La prima ha MIPS più basso rispetto alla seconda, ma impiega meno tempo a eseguire le operazioni in virgola mobile.

In conclusione, il MIPS può dare un'immagine non veritiera delle prestazioni, in quanto non considera il tempo di esecuzione.

MOPS Million **O**perations **P**er **S**econd , *milioni di operazioni per secondo*
Il MOPS fornisce la velocità di un calcolatore in termini di operazioni eseguite, quindi in termini di operandi gestiti per secondo, senza considerare se tali operandi siano nei registri, nella cache o nella memoria principale.
Se le istruzioni macchina contengono un solo operando, allora MIPS e MOPS coincidono; se invece un'istruzione fa riferimento a due, tre o più operandi, allora per tali macchine i MOPS hanno valori più grandi.

MFLOPS ***M****illion* ***F****loating* ***P****oint* ***O****perations* ***P****er* ***S****econd*

Il MFLOPS indica il numero di operazioni in virgola mobile eseguite in un secondo dalla CPU.

La valutazione delle prestazioni di un calcolatore attraverso la misura dei MFLOPS non fornisce indicazioni sulle capacità di elaborazione della CPU e dipende sia dalla macchina che dal programma, infatti:

- non tutte le operazioni sono in virgola mobile, ad esempio le operazioni che controllano i cicli
- non si considera il tipo di operazione in virgola mobile.

La legge di Amdhal

La legge di Amdhal è stata proposta da nel 1967 da Gene Amdahl allo scopo di valutare l'incremento di prestazioni ottenibile da un sistema di elaborazione multiprocessore.
Essa ha in realtà una portata più generale, rispetto alla sua formulazione originale, e può essere utilizzata anche per valutare l'incremento di prestazioni di un sistema in funzione dell'incremento di prestazioni di una sua componente.

La legge permette di evidenziare che il miglioramento delle prestazioni ottenibile a fronte della modifica di una data componente o caratteristica è limitato dal fatto che la caratteristica migliorata viene usata solo per una frazione di tempo.

Distinguendo:

- Tc tempo nel quale opera la componente in questione
- Tnc tempo in cui non opera la componente, ma opera il resto del sistema
- Tn tempo dopo l'introduzione del miglioramento
- Tv tempo prima dell'introduzione del miglioramento

Si ha che il tempo di esecuzione dopo l'introduzione del miglioramento è:

$$Tn = Tc/(\text{quantità miglioramento}) + Tnc =$$

$$= Tv\ (Tc/(\text{quantità miglioramento}) + Tnc\ )$$

La legge di Amdhal permette di definire l'accelerazione o speed-up S che si ottiene utilizzando una caratteristica modificata:

$$S = Tv/Tn =$$

$$= 1/\ (Tc/(\text{quantità miglioramento}) + Tnc\ )$$