Fondamenti di Informatica

per la Sicurezza

a.a. 2006/07

Cenni di sistemi operativi

Stefano Ferrari

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO
DIPARTIMENTO DI TECNOLOGIE DELL'INFORMAZIONE

Motivazioni

Il sistema operativo (SO) è un insieme di programmi che:

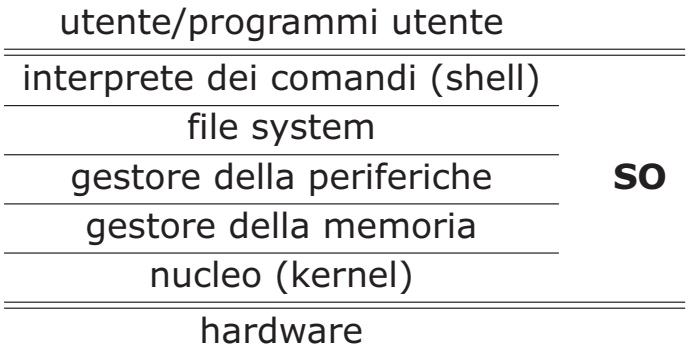
- gestiscono l'hardware;
- forniscono un'interfaccia semplificata all'utente ed ai programmi utente verso l'hardware.

Il SO è utile perché:

- l'uso diretto dell'HW non è agevole;
- i programmi dovrebbero essere riscritti se si cambiasse l'HW;
- la gestione della macchina è trasparente per l'utente.

Modello a buccia di cipolla

Il modello di SO più diffuso ha una struttura modulare a strati (modello a buccia di cipolla):



Ogni strato fornisce un'astrazione (macchina virtuale) agli strati più esterni.

Kernel

Il kernel:

- è lo strato a contatto diretto con la CPU (se si cambia HW, solo il kernel va modificato);
- gestisce l'uso della CPU da parte dei programmi;
- permette ad ogni processo (programma+dati)/utente di considerarsi unico utilizzatore della CPU.

Gestore della memoria

Il gestore della memoria:

- fornisce uno spazio virtuale di indirizzamento;
- protegge dati/istruzioni;
- maschera la collocazione fisica (e.g., swap);
- controlla la sovrapposizione degli spazi di memoria associati ai vari programmi.

Gestore delle periferiche

Il gestore delle periferiche:

- fornisce una visione semplificata delle periferiche;
- fornisce ai programmi delle primitive ad alto livello per l'uso delle periferiche;
- gestisce i conflitti nell'uso delle periferiche (ogni programma "vede" un insieme di periferiche dedicate).

File system

Il file system:

- è uno strato dedicato ad una classe di periferiche peculiari;
- organizza i dispositivi di memoria di massa;
- gestisce la corrispondenza tra locazione fisica e identificatore del file;
- gestisce i permessi di uso dei file.

Shell

L'interprete dei comandi (shell):

- è il modulo accessibile all'utente (tramite le periferiche);
- interpreta i comandi dell'utente;
- si occupa del caricamento e dell'esecuzione dei programmi.

Rete

La connessione di rete non è stata considerata: quando il modello è stato formulato, la rete veniva vista come una una funzionalità aggiuntiva esterna al SO.

La rete può essere considerata semplicisticamente come una periferica particolare.

Tuttavia, l'appartenenza ad una rete di calcolatori è un aspetto che investe i vari strati del SO.

Tipi di SO

I SO si possono classificare a seconda delle loro caratteristiche:

- monoutente monoprogrammato;
- monoutente multiprogrammato;
- multiutente multiprogrammato.

Fra i sistemi multiprogrammati sono diffusi:

- time-sharing (i processi usano alternativamente la CPU per un quanto di tempo);
- real-time.

Inoltre, ci sono sistemi dedicati.

Parallelismo

L'architettura di von Neumann prevede un'esecuzione sequenziale dedicata.

Alcune operazioni, però, possono essere eseguite in parallelo.

Il parallelismo può essere individuato a diversi livelli:

- dati (esempio: cambiare la luminosità a tutti i pixel dell'immagine);
- istruzioni (a=b+c e z =1);
- programmi (lettore mp3 e word processing).

Parallelismo: motivazioni

I principali motivi a supporto del parallelismo sono:

- **efficienza**: mentre un processo attende un input, può lasciare l'uso della CPU ad un altro;
- **interattività**: l'interazione con l'utente richiede brevi, ma frequenti intervalli di utilizzo della CPU;
- **sincronizzazione/cooperazione**: si può semplificare la descrizione di molti programmi utilizzando attività concorrenti, aumentando anche l'efficienza della CPU (e.g., modello produttore-consumatore).

Processo

Un processo (entità dinamica) è un programma (entità statica) in esecuzione.

Il dinamismo è espresso da:

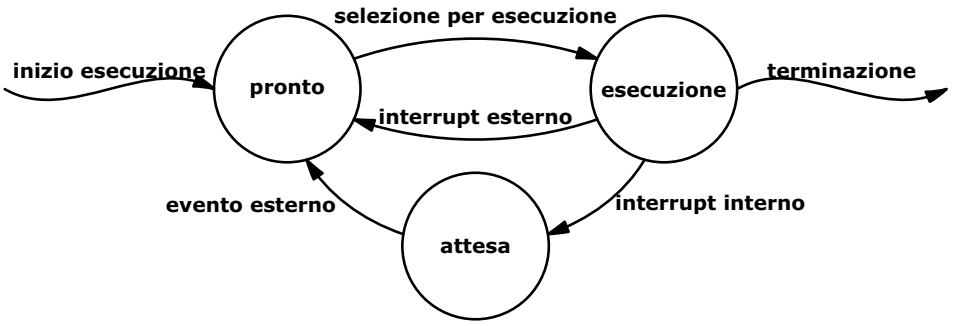
- evoluzione dei dati;
- flusso di esecuzione.

Ad ogni programma possono corrispondere più processi (figli): ognuno afferisce a diverse sezioni del programma (processo padre).

Stati di un processo (1)

Un processo si trova in uno dei seguenti tre stati:

- pronto — ready (coda dei processi pronti)
- esecuzione — running (uso della CPU)
- attesa — waiting (code delle periferiche)



Stati di un processo (2)

Il processore viene utilizzato a turno dai processi in esecuzione, ciclando fra i tre stati:

- la transizione da pronto a esecuzione avviene quando il processo prende uso della CPU (scheduler);
- transita da esecuzione a pronto quando lo scheduler gli toglie l'uso della CPU (e.g., quando scade il suo quanto di tempo, evento esterno da gestire);
- passa da esecuzione a attesa quando il processo deve attendere un evento (e.g., carattere da tastiera);
- passa da attesa a pronto quando l'evento atteso si è verificato.

Classificazione dei processi

I processi si dividono in due categorie:

- I/O bound, caratterizzati da frequenti operazioni di I/O (e.g., programma di scrittura);
  - lunghi periodi di attesa di eventi esterni intervallati da brevi elaborazioni;
- CPU bound, che fanno calcoli (e.g., simulazione);
  - lunghi periodi di calcolo intervallati da brevi operazioni di I/O.

Multiprogrammazione

La multiprogrammazione è vantaggiosa perché:

- sfrutta i tempi morti;
  - mentre un processo attende un carattere da tastiera, la CPU può continuare ad eseguire un programma di puro calcolo;
- esegue lo switch tra processi già in memoria;
  - l'operazione di cambio di contesto (salvataggio dei valori dei registri del processo che lascia la CPU e ripristino di tali valori per il processo che subentra) è relativamentre veloce perché avviene per processi che sono già in memoria centrale.

Politiche di scheduling

L'obiettivo dello scheduling è la massimizzazione dell'utilizzo della CPU.

I più diffusi algoritmi di scheduling sono:

- round robin: ad ogni processo è assegnata la CPU per un quanto di tempo prefissato (sufficientemente grande rispetto al tempo di cambio del contesto);
- priorità statica: priorità fissata alla creazione dei processi in base alle loro caratteristiche (altà priorità per i processi interattivi, bassa priorità per i processi CPU bound);
- priorità dinamica: la priorità può essere modificata durante l'esecuzione dei processi.

Vantaggi della concorrenza

L'esecuzione concorrente di processi ha diversi vantaggi, tra i quali:

- aumento del tempo di utilizzo effettivo della CPU;
- suddivisione dei processi su più CPU o su più calcolatori;
- condivisione (controllata) delle stesse risorse.

Problemi della concorrenza

Le interazioni tra processi concorrenti possono causare due problemi:

- **starvation (morte per inedia):** processi di priorità più elevata possono ritardare indefinitamente l'esecuzione di un processo a bassa priorità;
- **deadlock (blocco infinito):** se due processi richiedono entrambi una risorsa (o un risultato) occupata dall'altro, nessuno dei due processi può terminare.

  Esempio: un idraulico ed un elettricista devono rifare gli impianti di una casa, ma entrambi esigono che sia prima sistemato l'altro impianto.

Processi concorrenti

La concorrenza tra processi assume la forma di:

- competizione per le risorse, quando i processi devono svolgere compiti differenti, con lo scopo di portare a termine il loro compito il prima possibile;
- cooperazione, quando i compiti che devono portare a termine sono tra loro correlati (per esempio, spooling di stampa); in questo caso si presentano problemi di:
  - sincronizzazione delle attività: sono necessari dispositivi per controllare l'ordinamento degli eventi (semafori);
    Esempio: non versare l'acqua se non c'è sotto il bicchiere;
  - comunicazione: serve per lo scambio di dati tra i processi (memoria condivisa, messaggi).

Gestione della memoria centrale

Il gestore della memoria è il modulo di sistema operativo che fornisce ad ogni processo uno spazio di indirizzamento virtuale.

Per ottimizzare l'utilizzo della memoria, il gestore della memoria consente:

- il caricamento di un programma a partire da un qualsiasi indirizzo;
- il caricamento in memoria (fisica) solo di porzioni di programma o dati;
- la condivisione di istruzioni da parte di processi differenti (generati dallo stesso programma).

Spazio di indirizzamento

La memoria disponibile per un programma può essere descritta in termini di:

- spazio logico: è lo spazio di indirizzamento virtuale in cui gli indirizzi delle celle partono da 0;
- spazio fisico: è lo spazio di indirizzamento del dispositivo di memoria.

Rilocabilità del codice

La rilocazione della memoria:

- è realizzata dal gestore della memoria;
- consiste in un mappaggio degli indirizzi da logici a fisici;
- permette di eseguire un processo in qualsiasi zona della memoria fisica;
- definisce lo spiazzamento di un processo: indirizzo fisico della cella 0 dello spazio logico.

Rilocazione

La rilocazione può essere:

- statica, quando lo spiazzamento viene calcolato al momento del linking;
- dinamica, quando:
  - i programmi vengono caricati in memoria con gli indirizzi calcolati da 0;
  - il contenuto di un particolare registro (registro base) viene aggiunto ad ogni istruzione.

Rilocazione dinamica

La rilocazione dinamica:

- è necessaria in sistemi multiprogramma;
- richiede la disponibilità di apposito HW;
- può essere effettuata separatamente su dati e istruzioni mediante due registri base (diversi processi possono avere lo stesso registro base istruzioni).

Memoria virtuale

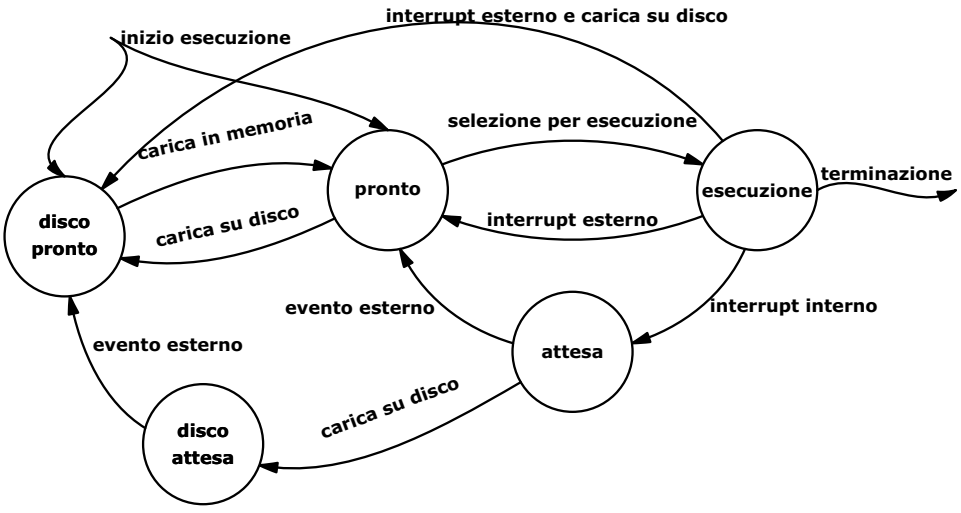
La memoria è una risorsa preziosa.

Generalmente, si dispone di meno memoria di quanta ne sarebbe necessaria ai processi attivi.

La memoria virtuale è una tecnica che consente di ampliare lo spazio di indirizzamente usando una parte della memoria di massa (swap) per coprire la mancanza di memoria centrale.

Se un processo richiede più memoria di quanta ne sia disponibile al momento, il gestore della memoria salva i dati di uno dei processi in attesa nell'area di swap, liberando così la memoria da essi occupata.

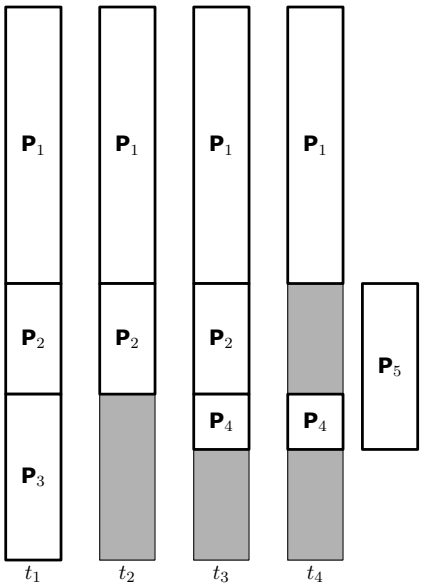
Stati di un processo con swapping



Frammentazione

Il gestore della memoria assegna la memoria disponibile ai programmi che devono essere eseguiti.

Si può verificare una situazione in cui vi è sufficiente memoria disponibile, ma non essendo contigua non può essere utilizzata.



Paginazione

Si suddivide la memoria (sia fisica che logica) in blocchi di ugual dimensione (pagine).

Ad ogni processo si allocano solo un numero intero di pagine.

In questo modo:

- si guadagna la possibilità di allocare zone non contigue di memoria;
- si può attenuare il problema della frammentazione della memoria.

Segmentazione

La segmentazione è una tecnica basata sulla suddivisione della memoria usata da un programma a secondo il tipo di informazione contenuta:

- segmento codice;
- segmento dati;
- segmento pila.

Ogni segmento viene trattato in modo indipendente dal gestore della memoria.

Permette la condivisione dello stesso segmento codice da parte di più processi.

File system

Presenta all'utente e ai programmi una visione semplificata ed omogenea dei dispositivi per la memoria di massa:

- attraverso un'organizzazione logica (directory, volumi);
- mediante operazioni sui dati memorizzati, quali:
  - il recupero;
  - la cancellazione;
  - la modifica;
  - la copia.

Dati e metadati

Oltre ai dati ed i programmi degli utenti, la memoria di massa deve memorizzare anche informazioni che riguardano il file system stesso:

- aree libere o allocate;
- directory.

Allocazione

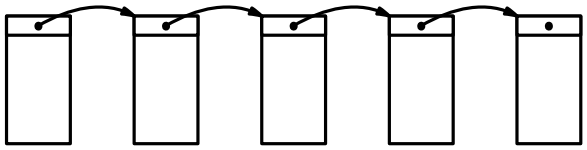
L'allocazione dello memoria di massa condivide i problemi di allocazione della memoria centrale.

Per esempio:

- frammentazione;
- allocazione contigua (supporti write-once);
- allocazione a blocchi (supporti riscrivibili).

Allocazione a lista concatenata

Un file è una concatenazione di blocchi.

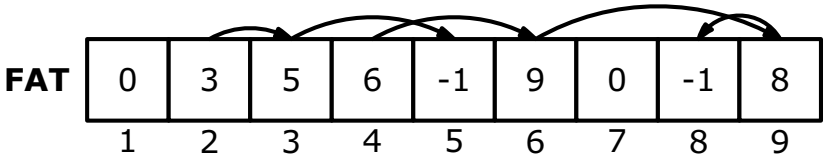


Ciò comporta che:

- una porzione di ogni blocco è impegnata dalla posizione fisica del blocco seguente;
- l'accesso al blocco N-esimo richiede l'accesso a $N - 1$ blocchi;
- il danneggiamento di un blocco impedisce di recuperare il resto del file.

File Allocation Table

La File Allocation Table (FAT) è una mappa di allocazione dei blocchi della memoria di massa.



Ogni elemento della mappa contiene uno fra i seguenti valori:

- l'identificatore di blocco vuoto;
- la posizione del prossimo blocco del file;
- l'identificatore di ultimo blocco.

Svantaggi della FAT

L'approccio basato su FAT comporta i seguenti svantaggi:

- per essere efficiente, la FAT deve stare in memoria;
- l'accesso al blocco N-esimo richiede N accessi in memoria centrale (più uno in memoria di massa);
- la dimensione della FAT cresce più che linearmente con la dimensione del dispositivo.

  Esercizio: Quanto occupa la FAT di un disco da 20 GiBi, con blocchi da 2 KiBi?

  - Il disco dato ha $10 \cdot 2^{20}$ blocchi: la FAT avrà $10 \cdot 2^{20}$ elementi.
  - Ciascun elemento richiede almeno 24 bit, quindi la FAT occuperà non meno di 30 MiBi.

Allocazione indicizzata

Con l'allocazione indicizzata, ogni file è descritto da un blocco detto blocco indice.

Il blocco indice contiene l'elenco dei blocchi che compongono il file.

L'approccio può essere gerarchizzato (indicizzazione multilivello):

- nei file piccoli, il blocco indice punta ai blocchi dati;
- nei file grandi, il blocco indice punta a blocchi indice di livello inferiore.

Solo i blocchi indice dei file aperti devono stare in memoria.

File system di rete

I sistemi distribuiti presentano problemi aggiuntivi nei seguenti campi:

- denominazione dei file;
- accesso remoto trasparente all'utente;
- consistenza dei dati;
- sicurezza.