Sistemi Operativi
16 febbraio 2011
Compitino A

Si risponda ai seguenti quesiti, giustificando le risposte.

1. Si descriva l'algoritmo di scheduling della CPU in Linux moderno.

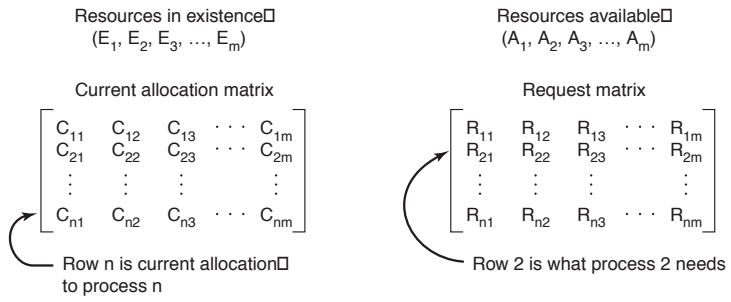
   Risposta: L'algoritmo di scheduling di Linux moderno gira in tempo costante, O(1), ed è adatto ai sistemi SMP (Symmetric MultiProcessing). Lo scheduling è con prelazione ed è basato su due classi di priorità: real time (0–99) ed altri processi (100–140). A valori numerici più bassi corrispondono priorità più alte ed a priorità più basse corrispondono quanti più lunghi (in modo da favorire i processi interattivi). Ogni processore mantiene una coda di esecuzione (runqueue) con due liste di task: attivi e scaduti. Un task è attivo se non ha terminato il suo quanto, altrimenti è scaduto; le due liste sono ordinate secondo la priorità dei task e lo scheduler sceglie il task attivo di maggior priorità. Quando l'array attivo si svuota, i due array si scambiano di ruolo. Mentre i task real-time hanno priorità statica, gli atri task hanno priorità dinamica basata su un valore nice +5 o -5, a seconda del grado di interattività: per esempio, per favorire i processi interattivi, tempi di attesa più lunghi sui dispositivi di I/O danno un bonus di -5. La priorità dinamica di un task viene ricalcolata quando passa da attivo a scaduto.

2. Si consideri un sistema su cui vengono eseguiti 10 processi con prevalenza di I/O e un processo con prevalenza di elaborazione. Supponiamo che i primi processi richiedano un'operazione di I/O ogni millisecondo di elaborazione della CPU e che ciascuna di tali operazioni sia completata in 10 millisecondi. Si assuma inoltre che il tempo necessario per il cambio di contesto sia di 0.1 millisecondi e che tutti i processi siano operazioni a lungo termine. Si calcoli l'utilizzo della CPU in presenza di scheduler RR se il quanto di tempo è pari a 10 millisecondi.

   Risposta: Nei primi 11 ms la CPU serve i 10 processi $B_1,\ldots B_{10}$ per 1 ms ciascuno più 1 ms totale di attività di context switch. All'istante 11 si ha 0,1 ms di context switch, poi parte il processo A per 10 ms; nel frattempo $B_1,\ldots B_{10}$ completano la loro attività di I/O e tornano in coda ready. Dunque ripartono $B_1,\ldots B_{10}$ e si arriva all'istante 32,1. Poi riparte A fino a 42,2 ecc. Il comportamento è ciclico con durata del ciclo di 21,1 ms. All'interno di tale ciclo la CPU è utilizzata per 20 ms, mentre 1,1 ms sono impiegati per l'attività di context switch. Quindi la percentuale di utilizzo della CPU è data da $\frac{20}{21,1} \cong 0,95$, ovvero, il 95%.

3. Si descriva l'algoritmo di rilevazione dello stallo basato sulla matrice di allocazione delle risorse, nel caso di più risorse per ogni classe.

   Risposta: Si tratta di un algoritmo per la rilevazione dello stallo. Le strutture dati utilizzate dall'algoritmo di rilevazione dello stallo sono le seguenti, dove E_i rappresenta il numero di risorse esistenti della classe i, A_i rappresenta il numero di risorse disponibili della classe i, C_{ij} il numero di risorse della classe j allocate al processo i e R_{ij} il numero di risorse della classe j che il processo i può ancora richiedere al sistema:



   L'invariante che deve valere ad ogni istante (per ogni $j = 1,\ldots,m$) è la seguente proprietà:

$$\sum_{i=1}^{n} C_{ij} + A_j = E_j$$

   ovvero, la somma delle risorse allocate a tutti i processi più quelle disponibili deve essere uguale al numero di risorse totali per ogni classe. A questo punto l'algoritmo funziona come segue:

   1. imposta Finish[i] a false per ogni i = 1,..., n

2. cerca un i tale che $R[i] \leq A$, ossia $\forall j : R_{ij} \leq A_j$
3. se esiste tale i:
   - Finish[i] viene impostato a true (ad indicare che il processo può eseguire fino alla terminazione con tutte le risorse necessarie)
   - $A = A + C[i]$ (cioè $A_j = A_j + C_{ij}$ per ogni j, ovvero, le risorse del processo selezionato vengono restituite al sistema)
   - si riprende dal punto 2
4. altrimenti, se esiste i tale che Finish[i] = false, allora P_i è in stallo.

L'algoritmo richiede $O(m \times n^2)$ operazioni per decidere se il sistema è in stallo.

4. Si consideri il classico problema di concorrenza dei lettori e scrittori che accedono ad una base di dati comune. Si fornisca una soluzione fair basata su monitor, assumendo che l'istruzione signal( ) risvegli *tutti* i processi in attesa.

   Risposta:

```
monitor DataBase
    condition dbFree;
    integer nreader, waitreader, waitwriter;
    boolean readerturn, writer;

    procedure writerEnter();
        begin
            waitwriter := waitwriter +1;
            while(nreader>0 or (waitreader>0 and readerturn) or writer)
                 do wait(dbFree);
            waitwriter := waitwriter-1;
            writer := true;
        end;

    procedure writerExit();
        begin
            writer := false;
            readerturn := true;
            signal(dbFree);
        end;

    procedure readerEnter();
        begin
            waitreader := waitreader +1;
            while(writer or (waitwriter>0 and not(readerturn)))
                 do wait(dbFree);
            waitreader := waitreader-1;
            nreader := nreader +1;
        end;

    procedure readerExit();
        begin
            nreader := nreader-1;
            readerturn := false;
            if(nreader=0) then signal(dbFree);
        end;

    nreader := 0;
    writer := false;
    waitreader := 0;
```

```
    waitwriter := 0;
    readerturn := true;
end monitor;
```

5. Si elenchino i servizi dei sistemi operativi.

   Risposta: I servizi offerti dai sistemi operativi sono i seguenti:

   - esecuzione dei programmi: caricamento dei programmi in memoria e loro esecuzione;
   - operazioni di I/O: il sistema operativo deve fornire un modo per condurre le operazioni di I/O, dato che gli utenti non possono eseguirle direttamente;
   - manipolazione del file system: capacità di creare, cancellare, leggere, scrivere file e directory;
   - comunicazioni: scambio di informazioni tra processi in esecuzione sullo stesso computer o su sistemi diversi collegati da una rete (implementati attraverso *memoria condivisa* o *passaggio di messaggi*);
   - individuazione di errori: garantire una computazione corretta individuando errori nell'hardware della CPU o della memoria, nei dispositivi di I/O, o nei programmi degli utenti.

6. (a) Si consideri la tecnica di allocazione della memoria basata su paginazione. Si descrivano le tecniche di implementazione della tabella delle pagine.

   (b) Si consideri uno spazio di indirizzi logico di 32 bit con dimensione di ciascuna pagina di 4KB e dimensione della memeoria fisica di 512 MB. Quante voci sono presenti nella tabella delle pagine, nel caso di

   1. tabella delle pagine a 1 livello;
   2. tabella delle pagine a 2 livelli.

   Risposta:

   (a) Per ridurre l'occupazione della tabella delle pagine, si può paginare la tabella delle pagine stessa. In questo modo si ottengono delle implementazioni a due o più livelli grazie alle quali si possono tenere in memoria soltanto le entry relative alle pagine effettivamente utilizzate dai processi. Ovviamente, dato che ogni livello è memorizzato in RAM, la conversione dell'indirizzo logico in indirizzo fisico può necessitare di diversi accessi alla memoria che rallentano notevolmente il sistema. Per ovviare a ciò si fa uso dei registri associativi (TLB) ed al caching degli indirizzi di pagina, riducendo così drasticamente l'impatto degli accessi multipli.

   Nel caso di spazi di indirizzamento molto grandi, può essere utile avere un'implementazione della tabella delle pagine nota come tabella delle pagine invertita. In questo caso c'è una sola tabella nel sistema con un'entry per ogni frame, non per ogni pagina logica. Ogni entry consiste nel numero della pagina (virtuale) memorizzata in quel frame, con informazioni riguardo il processo che possiede la pagina. In questo modo diminuisce la memoria necessaria per memorizzare la page table, ma aumenta il tempo di accesso alla tabella. Questo schema è usato su diversi RISC a 32 bit (PowerPC), e tutti quelli a 64 bit (UltraSPARC, Alpha, HPPA, . . .), ove una page table "classica" occuperebbe diversi petabyte (es: a pagine da 4k: $8 \times 2^{52} = 32$PB per ogni page table). Per ridurre i tempi di ricerca nella tabella invertita, si usa una funzione di hash per limitare l'accesso a poche entry (1 o 2, solitamente) nella risoluzione di un indirizzo logico.

   (b) L'indirizzamento all'interno di una pagina di 4KB=2^{12} byte richiede 12 bit. Quindi il numero di pagine logiche sarà pari a $2^{32-12} = 2^{20}$. Ciò significa che il numero di voci presenti nella tabella delle pagine sarà 2^{20} sia nel caso di una tabella delle pagine a 1 livello che nel caso di una tabella delle pagine a 2 livelli.