

Algoritmi di sostituzione delle pagine

Quando avviene il **page fault** il SO deve scegliere la pagina da rimuovere dalla memoria per far spazio alla pagina mancante.

L'algoritmo ottimo di sostituzione delle pagine è facile da descrivere, ma impossibile da realizzare:

Durante il Page Fault, vengono etichettate tutte le pagine con il numero di istruzioni da eseguire prima che vengano referenziate, quindi occorre rimuovere quella con il numero più grande, ma è **impossibile** perché il sistema operativo non sa quando ciascuna pagina verrà referenziata di nuovo.

Not Recently Used(NRU):

Ad ogni pagina vengono associati due bit:

- **R** impostato nel caso la pagina è referenziata
- **M** Viene impostato quando la pagina viene scritta

Quando il processo è avviato il SO imposta a 0 tutti i bit di pagina, ad ogni impulso di clock viene azzerato il bit R, così da distinguere le pagine non usate recentemente. Durante il Page Fault, il SO controlla le pagine e le categorizza nelle 4 possibili combinazioni. E' l'algoritmo elimina una delle pagine con il valore più basso, poiché significa che è non stata usata da molto tempo. Le performance sono adeguate, ma non ottimali.

First In First Out:

Il SO ha una lista con tutte le pagine in memoria: la più recente in coda e la meno recente in testa, quando ci sta un Page Fault la pagina in testa è rimossa e la nuova pagina è aggiunta in coda. Algoritmo poco usato perché non tiene conto dell'importanza di una pagina.

Second Chance:

Variante del FIFO ed è progettata per migliorare le decisioni di sostituzione, ogni pagina ha un bit di riferimento impostato ad 1 quando viene acceduta, quando ci sta un Page Fault viene letta la pagina in testa e se il bit è impostato ad 1 allora la pagina riceve una seconda chance di rimanere nella lista venendo spostata in fondo e impostando il bit a 0, se la pagina in testa ha un bit a 0 allora viene sostituita con la nuova pagina.

Inefficiente perché le pagine sono sempre in movimento nella coda, conviene usare una lista circolare.

Least Frequently Used(LSU):

Approssimazione dell'algoritmo ottimo, osserva le pagine usate più frequentemente e ipotizza che continueranno ad essere referenziate, al contrario delle pagine non utilizzate da molto tempo. Quando si verifica un Page Fault viene buttata la pagina inutilizzata da più tempo. E' fattibile, ma non è economico.

Esiste anche una versione con un contatore a 64 bit che viene incrementato dopo ogni istruzione, viene eliminata la pagina con il valore del contatore più basso.

**Not Frequently Used (NFU):

Un altro algoritmo implementato via software, ogni pagina è associata ad un contatore, ad ogni interruzione di clock il SO scansiona tutte le pagine in memoria e per ogni pagina il bit R è sommato al contatore.

I contatori così hanno il numero di riferimenti fatti a ciascuna pagina, verrà sostituita la pagina con il contatore più basso.

Però ci sta la possibilità che il SO elimini pagine ancora utili, rispetto a pagine che hanno finito la loro esecuzione.

Aging:

Ogni pagina ha un contatore impostato a 0 e un valore, una stringa di bit uguale a 0. A intervalli regolari i valori vengono aggiornati facendo lo **shift da destra del valore del contatore**. Se il contatore di una pagina sta a 0 significa che nell'intervallo non è stata referenziata, altrimenti è stata referenziata. Il bit del contatore viene poi fatto tornare a 0.

I valori vengono aggiornati regolarmente e quando ci sta un Page Fault viene sostituita la pagina che ha il valore minore all'interno della memoria.

Working Set

Tecnica utilizzata nei sistemi operativi per gestire la memoria virtuale in modo efficiente, riducendo il numero di page fault.

Il Working Set è l'insieme delle pagine che un processo sta usando in un determinato intervallo di tempo

1. Monitoraggio dell'Uso delle Pagine:

- Il sistema operativo tiene traccia delle pagine di memoria utilizzate da ciascun processo.
- Ogni volta che una pagina viene acceduta, il suo timestamp di accesso viene aggiornato.

2. Calcolo del Working Set:

- Periodicamente, il sistema operativo **esamina i riferimenti di memoria di un processo nell'intervallo Δ per determinare il working set corrente.**
- Le pagine che sono state accedute entro questo intervallo sono considerate parte del working set.

3. Gestione della Memoria:

- Se il working set di un processo cresce troppo, potrebbe indicare che il processo ha bisogno di più memoria. Il sistema può decidere di allocare più frame di memoria a quel processo.
- Se il working set diminuisce, il sistema operativo può deallocare alcune pagine e utilizzare quei frame per altri processi.

4. Sostituzione delle Pagine:

- **Le pagine che non fanno più parte del working set possono essere candidate per la sostituzione.**
- Quando una nuova pagina deve essere caricata in memoria e non ci sono frame liberi, il sistema operativo può scegliere di rimuovere una pagina non inclusa nel working set corrente.

WS Clock

Nell'algoritmo **clock** inseriamo **tutte le pagine in una lista circolare** a forma di orologio con **una lancetta che punta alla pagina più vecchia.**

Quando ci sta un **Page Fault** si controlla il bit R della pagina a cui punta la lancetta se:

- 0, la **pagina è sostituita con la nuova pagina** e lancetta si muove sulla successiva posizione.
- 1, esso viene **azzerato** e la lancetta si muove alla successiva posizione fino a che non trova una pagina con il bit $R = 0$

E' estremamente simile al Second Chance.

Nel **WSClock** ad ogni Page Fault la lancetta punta alla pagina da esaminare:

- Se il bit **$R = 1$** , la **pagina è stata appena usata e il bit viene messo a 0.**
- Se il bit **$R = 0$** e la **pagina non è nel working set ed esiste una copia nel disco ($M=0$)**, la **pagina può essere sovrascritta dalla nuova.**

- Se il bit **R = 0** e la pagina non è nel Working Set e non ci sta un copia sul disco (**M=1**), per evitare un cambiamento del processo viene schedulata la scrittura sul disco e la lancetta passa alla pagina successiva.

Cosa succede se la lancetta torna al punto di partenza senza aver trovato nessuna pagina da rimuovere?

Esistono due possibilità:

- **E' stata programmata una o più scritture:** Dal momento che sono state programmate delle scritture sul disco, al termine di attività di scrittura ci sarà almeno una pagina "Pulita" (**M = 0**). La prima pagina "Pulita" verrà eliminata.
- **Non sono presenti richieste di scrittura:** Significa che tutte le pagine sono nel Working Set e non ci sono pagine "Pulite", allora la vittima sarà la pagina corrente che verrà scritta sul disco.