Lezione 9-bis

ESERCIZI SULLA
MEMORIA VIRTUALE

Algoritmi di avvicendamento

- FIFO (viene sostituita la pagina in memoria presente da piu' tempo)
- LRU (viene sostituita la pagina che non e' usata da piu' tempo)
- LFU (viene sostituita la pagina meno frequentemente utilizzata)
- Seconda chance/CLOCK (varianti di FIFO)
- Working set / PFF numero di frame variabile

Per tutti obiettivo comune:
Minimizzare il numero di page faults

Esercizio 1

- Con riferimento ad un ambiente di gestione della memoria virtuale con paginazione su richiesta, si consideri un processo caratterizzato dalla seguente stringa di riferimenti

  1 0 3 5 6 9 1 19 15 18 9 15 1 3 5 1 9 19 3

- Si illustri il comportamento degli algoritmi FIFO e LRU nel caso siano assegnati al processo 5 frame. Si calcoli il numero di page faults

Soluzione FIFO

1	0	3	5	6	9	1	19	15	18	9	15	1	3	5	1	9	19	3
1	1	1	1	1	9	9	9	9	9				3	3	3	3	3	
	0	0	0	0	0	1	1	1	1				1	5	5	5	5	
		3	3	3	3	3	19	19	19	ok	ok	ok	19	19	1	1	1	ok
			5	5	5	5	5	15	15				15	15	15	9	9	
				6	6	6	6	6	18				18	18	18	18	19	

15 page faults

Soluzione LRU

1	0	3	5	6	9	1	19	15	18	9	15	1	3	5	1	9	19	3
1	1	1	1	1	9	9	9	9	9				9	9			9	
	0	0	0	0	0	1	1	1	1				1	1			1	
		3	3	3	3	3	19	19	19	ok	ok	ok	3	3	ok	ok	3	ok
			5	5	5	5	5	15	15				15	15			19	
				6	6	6	6	6	18				18	5			5	

13 page faults

Esercizio 2

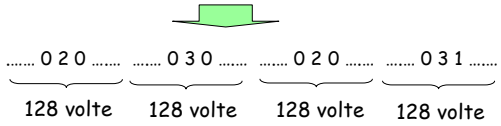
- Supponiamo che il sistema di paginazione usato dal S.O. assegni 3 frame da 512B a ciascun processo e si consideri il seguente programma

```
…
#define N  512
int A[N], C[N];
int i,j;
…
for(i=1; i<=2; i++)
for(j=0; j<N/2; j++)
A[i*j] = A[2*i] + C[2*j];
…
```

1. si determini la stringa dei riferimenti alle pagine della memoria supponendo che un intero si rappresentato con 2B
2. si determini la tabella delle pagine, al termine dell'esecuzione della procedura, nel caso che l'algoritmo di avvicendamento sia (i) FIFO, (ii) LRU

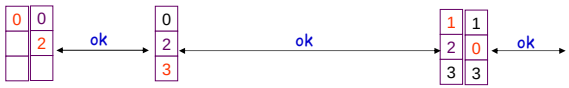
Soluzione

- Gli array A e C occupano 1024B ciascuno, suddivisi in 2 pagine da 512B come segue:
  - A[0..255] alla pagina 0, A[256..511] alla pagina 1
  - C[0..255] alla pagina 2, C[256..511] alla pagina 3
- Riferimenti generati dalla CPU per eseguire A[i*j] = A[2*i] + C[2*j];
  - i=1
    - j=0 0 2 0
    - …
    - j=127 0 2 0
    - j=128 0 3 0
    - …
    - j=255 0 3 0
  - i=2
    - j=0 0 2 0
    - …
    - j=127 0 2 0
    - j=128 0 3 1
    - …
    - j=255 0 3 1

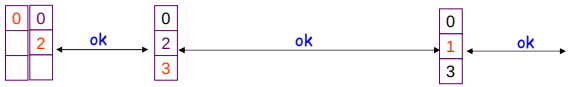


soluzione

..... 0 2 0 .... 0 3 0 .... 0 2 0 .... 0 3 1 .....



FIFO ➔ 5 page fault



LRU ➔ 4 page fault

Esercizio 3

- Nei due casi precedenti:
  - FIFO = 5 page fault
  - LRU = 4 page fault

qual'e' il tempo di accesso effettivo della paginazione su richiesta se il tempo medio di servizio e'
  - 25 millisecondi ($25*10^{-3}$ sec) in caso di page fault
  - 100 microsecondi ($100*10^{-6}$ sec) in caso di pagina presente in memoria?

Soluzione

- Complessivamente l'istruzione A[i*j] = A[2*i] + C[2*j] viene eseguita 512 volte
- Ogni volta vengono fatti 3 accessi
- Totale di 1536 riferimenti in memoria.

- EAT = (1 – *p*) x t[accesso alla memoria] + *p* x t[page fault]

FIFO ➔ p=5/1536 = 0.0032

EAT = 0.9968 x $100*10^{-6}$ + 0.0032 x $25000*10^{-6}$

= 179.68 $*10^{-6}$ sec

LRU ➔ p=4/1536 = 0.0026

EAT = 0.9974 x $100*10^{-6}$ + 0.0026 x $25000*10^{-6}$

= 164.74 $*10^{-6}$ sec

Esercizio 4

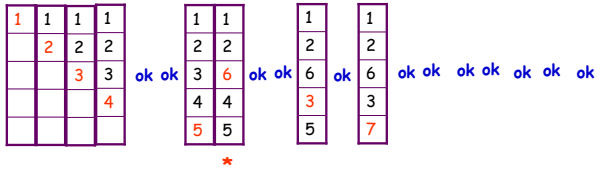
- Considerate la seguente successione di riferimenti di pagine:

  1, 2, 3, 4, 2, 1, 5, 6, 2, 1, 3, 2, 7, 6, 3, 2, 1, 2, 3, 6.

- Determinare il tempo di accesso effettivo della paginazione su richiesta per LRU con 5 blocchi, se:
  - il tempo medio di servizio di un page fault senza salvataggio della pagina avvicendata é di 80 millisecondi ($80*10^{-3}$ sec),
  - il tempo medio di servizio di un page fault con salvataggio della pagina avvicendata è di 140 millisecondi ($140*10^{-3}$ sec)
  - il tempo di accesso alla memoria è di 80 microsecondi ($80*10^{-6}$ sec),
- nell'ipotesi che l'accesso alle pagine 1, 2 , 3 sia sempre in scrittura.

soluzione

1, 2, 3, 4, 2, 1, 5, 6, 2, 1, 3, 2, 7, 6, 3, 2, 1, 2, 3, 6



* Quando la pagina 6 prende il posto della pagina 3, quest'ultima deve essere salvata perche' l'accesso precedente era in scrittura

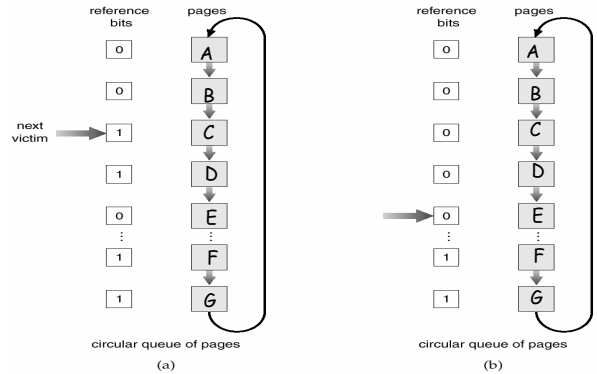
- 1 page fault con salvataggio della pagina sostituita
- 7 page fault senza salvataggio della pagina sostituita
- 12 accessi diretti senza page fault

- EAT = (12/20 * 80 + 7/20 * 80000 + 1/20 * 140000) $*10^{-6}$ sec = 35.048 msec

Clock algorithm

- Implementazione mediante un bit di accesso. (bit=1 se referenziata)
- Si scorrono le pagine presenti nella lista:
- Se bit=1 :
  - Si pone il bit di riferimento a 0.
  - Si lascia la pagina in memoria.
  - Si rimpiazza la pagina successiva (in ordine di clock), in base alle stesse regole.
- Se bit=0
  - Si rimpiazza la pagina

Clock algorithm



- pagina C candidata ad essere eliminata
- bit=1 ➔ C viene salvata e si esamina la pagina D
- bit=1 ➔ D viene salvata e si esamina la pagina E che viene eliminata

Esercizio 5

- Data la seguente sequenza di riferimenti di pagine

  1, 2, 3, 4, 2, 1, 5, 6, 2, 1, 3, 2, 7, 6, 3, 2, 1, 2, 3, 4

Determinare quanti page fault avvengono utilizzando il clock algorithm con 5 frame e lancetta dell'orologio posizionata sul primo elemento

soluzione

1	2	3	4	2	1	5	6	2	1	3	2	7	6	3	2	1	2	3	4
1	1	1	1	1	1*	1*	1	1	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1*	1
	2	2	2	2*	2*	2*	2	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2
		3	3	3	3	3	6	6	6	6	6	6	6*	6*	6*	6*	6*	6*	6
			4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	3*	3*	3*	3*	3*	3
						5	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	4
				ok	ok			ok	ok		ok		ok	ok	ok	ok	ok	ok	
(0)						(1)				(2)		(3)							(4)

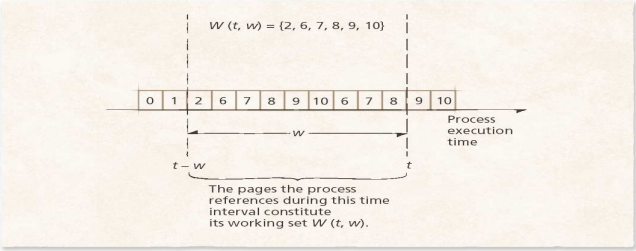
9 P.F. !!

- (0) all'inizio clock = 1
- (1) pag 1 e 2 bit=1 ➔ si portano bit=0 e si avvicenda pagina 3 ➔ clock =4
- (2) clock = 5
- (3) clock = 1
- (4) pag 1, 2, 6, 3 bit=1 ➔ si portano bit=0 e si avvicenda pagina 7 ➔ clock =1

Working set

Il modello basato su working set cerca di favorire i processi che realizzano il principio di localita' temporale

Il working set di un processo $W(t, w)$, e' l'insieme delle pagine referenziate dal processo nell'intervallo di tempo $[t - w, t]$



Esercizio 6 / soluzione

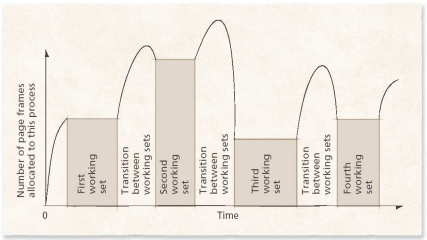
Si studi l'andamento dell'algoritmo basato su working set W(t,w) con w=5 per la seguente stringa di riferimento alle pagine di memoria e si determini la minima e la massima dimensione del w.s.

1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 4, 5, 6, 4, 5, 6

w=5 w=5

t=12 t=18

W(1,5) = {1}	d=1
W(2,5) = {1,2}	d=2
W(3,5) = {1,2,3}	d=3
W(4,5) = {1,2,3}	
W(5,5) = {1,2,3}	
... ...	
W(12,5) = {1,2,3}	d=3
W(13,5) = {1,2,3,4}	d=4
W(14,5) = {1,2,3,4,5}	d=5
W(15,5) = {2,3,4,5,6}	d=5
W(16,5) = {3,4,5,6}	d=4
W(17,5) = {4,5,6}	d=3
W(18,5) = {4,5,6}	d=3
... ...	
W(21,5) = {4,5,6}	d=3



Esercizio 7

Determinare il numero di page faults per l'algoritmo del working set con w=5 per le seguenti stringhe di riferimenti in memoria

S1 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 4, 5, 6, 4, 5, 6

S2 1, 4, 1, 3, 2, 6, 1, 2, 3, 5, 4, 2, 3, 2, 4, 6, 5, 6, 1, 5, 3

In entrambi casi:

4 riferimenti alle pagine 1, 2 e 3

3 riferimenti alle pagine 4, 5 e 6

Soluzione

Stringa S1

- * W(1,5) = {1}
- * W(2,5) = {1,2}
- * W(3,5) = {1,2,3}
- W(4,5) = {1,2,3}
- W(5,5) = {1,2,3}
- ... ...
- W(12,5) = {1,2,3}
- * W(13,5) = {1,2,3,4}
- * W(14,5) = {1,2,3,4,5}
- * W(15,5) = {2,3,4,5,6}
- W(16,5) = {2,3,4,5,6}
- W(17,5) = {3,4,5,6}
- W(18,5) = {4,5,6}
- ... ...
- W(21,5) = {4,5,6}

6 page faults

Stringa S2

- * W(1,5) = {1}
- * W(2,5) = {1,4}
- W(3,5) = {1,4}
- * W(4,5) = {1,4,3}
- * W(5,5) = {1,4,3,2}
- * W(6,5) = {4,1,3,2,6}
- W(7,5) = {1,3,2,6}
- W(8,5) = {3,2,6,1}
- W(9,5) = {2,6,1,3}
- * W(10,5) = {6,1,2,3,5}
- * W(11,5) = {1,2,3,5,4}
- W(12,5) = {2,3,5,4}
- W(13,5) = {3,5,4,2}
- W(14,5) = {5,4,2,3}
- W(15,5) = {4,2,3}
- * W(16,5) = {2,3,4,6}
- * W(17,5) = {3,2,4,6,5}
- W(18,5) = {2,4,6,5}
- * W(19,5) = {4,6,5,1}
- W(20,5) = {6,5,1}
- * W(21,5) = {5,6,1,3}

11 page faults

Esercizio 8

- Supponiamo che il sistema di paginazione utilizzato dal sistema operativo assegni 3 frame (blocchi di memoria) da 512B a ciascun processo e che l'algoritmo di sostituzione delle pagine sia LRU.
- Prendiamo in considerazione il seguente programma:

```
...
#define N 512
int a[N];
int i;
...
for (i=0; i < N/2; i++)
a[i] = a[2*i] + a[N-i-1];
...
```

- Si risponda ai seguenti quesiti:
  - se la dimensione di un intero è 4B, qual è il numero di page faults ?
  - In tal caso, se il tempo medio di servizio di un page fault é di 25 millisecondi ($25*10^{-3}$ sec) ed il tempo di accesso alla memoria di 100 microsecondi ($100*10^{-6}$ sec), qual è il tempo di accesso medio della paginazione su richiesta?

soluzione

Le pagine sono da 512B e ogni intero è 4B (128 elementi a pagina):

0	1	2	3
a[0] … a[127]	a[128] … a[255]	a[256] … a[383]	a[384] … a[511]

for (i=0; i < N/2; i++) a[i] = a[2*i] + a[N-i-1];

i = 0,… 63	a[2*i] -> 0 a[N-i-1] -> 3 a[i] -> 0	64 volte
i = 64,…127	a[2*i] -> 1 a[N-i-1] -> 3 a[i] -> 0	64 volte
i = 128,…191	a[2*i] -> 2 a[N-i-1] -> 2 a[i] -> 1	64 volte
i = 192,…255	a[2*i] -> 3 a[N-i-1] -> 2 a[i] -> 1	64 volte

Totale riferimenti = 768

soluzione

0	3	0	…	…	1	3	0	…	…	2	2	1	…	…	3	2	1	…	…
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3
	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1
					1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
					ok	ok	ok			ok	ok	ok	ok		ok	ok		ok	ok	ok	ok

- 6 page fault
- 762 riferimenti validi

EAT = (6/768 * $25*10^{-3}$ + 762/768 *$100*10^{-6}$) sec = $0.294*10^{-3}$

Esercizio 9

- In un s.o. con paginazione su richiesta occorrono:
  - 8 msec in caso di p.f. senza salvataggio della pagina avvicendata
  - 20 msec in caso di p.f. con salvataggio della pagina avvicendata
  - 100 nsec in caso di pagina presente in memoria
- Supponendo che il 70% delle volte e' necessario salvare la pagina avvicendata, determinare il massimo valore del p.f. rate p per ottenere un EAT al piu' di 200 nsec

soluzione

$EAT = p\ T_{pf} + (1-p)\ T_{am} < 0.2*10^{-6}$

$EAT = p\ (\ 0.7 * 20 + 0.3 * 8)\ *10^{-3} + (\ 1-p\ ) * 0.1\ *10^{-6} =$

$1000p\ (1.4 + 2.4\ )*10^{-6} + (\ 1-p\ ) * 0.1\ *10^{-6}\ =$

$3800p\ *10^{-6} + 0.1\ *10^{-6}\ - 0.1\ p\ *\ 10^{-6} < 0.2*10^{-6}$

$3799.9p < 0.1$

$p < 0.1/3799.9 = 0.000026 = 2.6\ 10^{-5}$

(26 p.f. ogni 10000 riferimenti)