

Lezione 9-bis

ESERCIZI SULLA MEMORIA VIRTUALE

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

1

marco lapeagna

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**

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

3

marco lapeagna

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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

2

marco lapeagna

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

15 page faults

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

4

marco lapeagna

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?

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

9

marco lapeagna

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.

$$EAT = (1 - p) \times t[\text{accesso alla memoria}] + p \times t[\text{page fault}]$$

$$\begin{aligned} \text{FIFO} \rightarrow p &= 5/1536 = 0.0032 \\ EAT &= 0.9968 \times 100 \times 10^{-6} + 0.0032 \times 25000 \times 10^{-6} \\ &= 179.68 \times 10^{-6} \text{ sec} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LRU} \rightarrow p &= 4/1536 = 0.0026 \\ EAT &= 0.9974 \times 100 \times 10^{-6} + 0.0026 \times 25000 \times 10^{-6} \\ &= 164.74 \times 10^{-6} \text{ sec} \end{aligned}$$

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

10

marco lapeagna

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 è 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.

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

11

marco lapeagna

soluzione

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

ok ok ok ok ok ok

*

* Quando la pagina 6 prende il posto della pagina 3, quest'ultima deve essere salvata perch'e' 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

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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

12

marco lapeagna

Clock algorithm

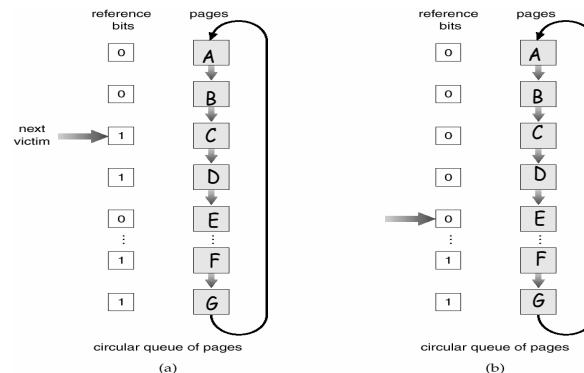
- Implementazione mediante un bit di accesso. (bit=1 se referenziata)
- Si scorrono le pagine presenti nella lista:
- Se bit=1:
 - Si pone il bit di riferimento a 0.
 - Si lascia la pagina in memoria.
 - Si rimpiazza la pagina successiva (in ordine di clock), in base alle stesse regole.
- Se bit=0
 -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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

13

marco lapeagna

Clock algorithm



9-bis. Esercizi su memoria virtuale

14

marco lapeagna

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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

15

marco lapeagna

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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

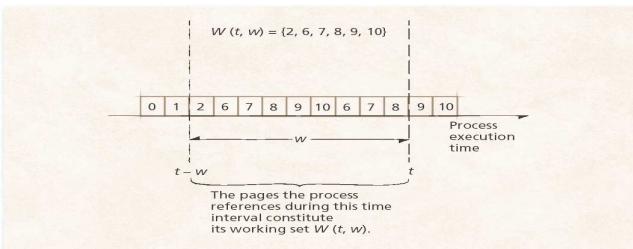
16

marco lapeagna

Working set

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

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



9-bis. Esercizi su memoria virtuale

17

marco lapeagna

Esercizio 6 / soluzione

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

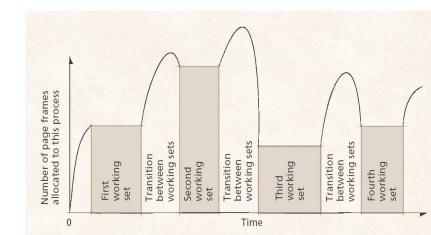
1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 4, 5, 6, 4, 5, 6

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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

18

marco lapeagna



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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

19

marco lapeagna

Soluzione

Stringa S1

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

6 page faults

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

20

marco lapeagna

Stringa S2

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

11 page faults

Esercizio 8

- Supponiamo che il sistema di paginazione utilizzato dal sistema operativo assegna 3 frame (blockchi 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 è 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?

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

21

marco lapeagna

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	Totale riferimenti = 768
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	

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

22

marco lapeagna

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	3	1	1	1	1	1	1	1	1

ok ok ok ok ok ok ok ok ok ok ok ok ok ok

- 6 page fault
- 762 riferimenti validi

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

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

23

marco lapeagna

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 è necessario salvare la pagina avvicendata, determinare il massimo valore del p.f. rate p per ottenere un EAT al più di 200 nsec

9-bis. Esercizi su memoria virtuale

24

marco lapeagna

soluzione

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



$$EAT = p (0.7 * 20 + 0.3 * 8) * 10^{-3} + (1-p) * 0.1 * 10^{-6} = \\ 1000p (1.4 + 2.4) * 10^{-6} + (1-p) * 0.1 * 10^{-6} = \\ 3800p * 10^{-6} + 0.1 * 10^{-6} - 0.1 p * 10^{-6} < 0.2 \cdot 10^{-6}$$



$$3799.9p < 0.1$$



$$p < 0.1 / 3799.9 = 0.0000026 = 2.6 \cdot 10^{-5}$$

(26 p.f. ogni 10000 riferimenti)