

Solucions Problemes Encarregats (7.2 i 7.7)

Problema 7.2 de la col·lecció

Un sistema experimental es gestiona amb memòria virtual sota paginació amb algorisme de reemplaçament LRU. Aquest sistema té 64 Kb de memòria virtual i 8 Kb de memòria física. Les pàgines tenen 1 Kb de mida. La taula de pàgines està carregada sempre a memòria física, ocupant l'últim marc de pàgina. Supposeu que una certa aplicació és ubicada dins l'espai lògic en les següents adreces:

- El codi del programa es situa en el rang d'adreces: 0000h - 03FFh
- Les dades del programa es situen en el rang d'adreces: 0400h - 47FFh

Dins les dades del programa hi ha una matriu que en alt nivell ha estat declarada com:

```
int MAT[32][256];
```

Aquesta matriu s'emmagatzema a memòria a partir de l'adreça base 0400h. Tingueu en compte que els enters es codifiquen en 16 bits. La resta de variables del programa, així com la pila, s'emmagatzemen a partir de l'adreça 4400h. Considereu la següent part del codi de l'aplicació:

```
for (i=0; i<32; i++)  
  for (j=0; j<256; j++)  
    MAT[i][j] = i+j;
```

on:

- El compilador reserva dos registres del processador per les variables i i j.
- La taula de pàgines abans de començar a executar l'anterior codi indica que a memòria física només tenim la pàgina corresponent al codi de l'aplicació.

Es demana que contesteu els següents apartats, que fan referència a l'execució d'aquest codi:

1. Quins elements de MAT es porten a memòria física en la primera falla de pàgina que es produeix?
2. Indiqueu, justificant-ho raonadament, el nombre total de fallades de pàgina que es produiran.
3. En alguns llenguatges, com ara FORTRAN, els elements de les matrius es guarden en posicions consecutives però per COLUMNES en lloc de per files. Considerant aquesta altra manera d'emmagatzemar les matrius, quins elements de MAT es portarien a memòria física en la primera fallada de pàgina?
4. Considerant l'emmagatzematge per columnes, indiqueu, justificant-ho raonadament, el nombre total de fallades de pàgina que es produirien.

Solució

1. Una línia de MAT ocupa $256 \times 2 \text{ bytes} = 512 \text{ bytes} = 1/2 \text{ pàgina}$.
Per tant, al carregar 1 pàgina agafarà 2 files de la matriu.
2. MAT té 32 files, que ocuparan $32/2 \text{ pàgines} = 16 \text{ pàgines}$.
Per tant, tindrem 16 fallades, 1 per pàgina.

3. Una columna de MAT té 32×2 bytes = 64 bytes = 1/16 de pàgina.
Per tant, al carregar 1 pàgina agafarà 16 columnes de la matriu.
 4. 1 filera = 256 columnes = 16 x 16 columnes = 16 pàgines MV.
Recorregut filera 0: 16 x (1 miss i 15 hits).
Recorregut filera 1: 16 x (1 miss i 15 hits).
...
Si la matriu capigués a la MP a partir de la filera 1 serien tot hits, però la matriu ocupa 16 pàgines i la MP 8, de forma que en arribar a la meitat de la filera 0 es reemplacen les pàgines ja carregades.
- Total: 16 (1 per cada 16 columnes) x 32 fileres = 2^9 = 512 miss.

Problema 7.7 de la col·lecció

Considereu el següent codi escrit en ensamblador del MIPS, en què a l'etiqueta A li correspon l'adreça 0x10010000.

```

la      $s0, A
li      $s1, 0
li      $s2, 4096
for:
    bge  $s1, $s2, fi
    addu $t0, $s1, $s1
    addu $t0, $s0, $t0
    lh   $t1, 0($t0)      #Accés a dades
    lh   $t2, 1024($t0)   #Accés a dades
    addu $t2, $t2, $t1
    sh   $t2, 1024($t0)   #Accés a dades
    sh   $t2, 4096($t0)   #Accés a dades
    addiu $s1, $s1, 1
    b    for
fi:

```

Suposant que el sistema de memòria té les pàgines de mida 1 KB i que té un TLB de 4 entrades (amb reemplaçament LRU), respongueu les següents preguntes:

- a) Indiqueu el nombre de pàgines diferents accedides per a cadascun dels accessos a dades de memòria (instruccions en negreta).
- b) Calculeu el nombre de fallades de TLB en tot el bucle.
- c) Es voldria minimitzar el nombre de fallades de TLB. En aquest sentit, indiqueu quin és el nombre mínim de fallades de TLB que hi ha d'haver. Indiqueu quin seria el mínim nombre d'entrades de TLB necessàries per a minimitzar el nombre de fallades de TLB.
- d) Repeteix l'apartat anterior, però en lloc de considerar les pàgines de 1 KB considereu ara de 4 KB

Solució apartats a-c:

- El bucle realitza 4096 iteracions ($i=0..i=4095$).
- Les adreces accedides són: $2i$, $1024+2i$, $1024+2i$ i $4096+2i$.
- Donat que les pàgines són de 1024 bytes, hi haurà un canvi de pàgina cada 512 iteracions.

- Dividirem doncs l'anàlisi en trams de 512 iteracions (8 trams) tal com mostra la taula següent.
- La taula mostra el número de pàgina accedida relatiu a la primera pàgina (per evitar posar el VPN sencer).
- S'indica amb (M) els miss de TLB.
- S'inquen en **negreta** els miss que serien evitables si el TLB fos més gran.

(1 pàgina = 1024 bytes)

adreça	i=0..511	512..1023	1024..1535	1536..2047	2048..2559	2560..3071	3072..3583	3584..4095
2i	0(M)	1	2	3	4	5	6	7
1024+2i	1(M)	2(M)	3(M)	4(M)	5(M)	6(M)	7(M)	8(M)
1024+2i	1	2	3	4	5	6	7	8
4096+2i	4(M)	5(M)	6(M)	7(M)	8(M)	9(M)	10(M)	11(M)

- a) La taula mostra les pàgines accedides per cada accés, que en total són 12 (de la 0 a la 11).
- b) 17 miss.
- c) Com a mínim hi haurà 12 miss, un per pàgina. Amb un TLB de 6 entrades seria suficient.
- d) (1 pàgina = 4096 bytes)

adreça	i=0..1535	1536..2047	2048..3583	3584..4095
2i	0(M)	0	1	1
1024+2i	0	1	1	2
1024+2i	0	1	1	2
4096+2i	1(M)	1	2	2

- Mínim 3 fallades de TLB (s'accedeixen 3 pàgines diferents)
- Amb un TLB de 2 entrades seria suficient.