Algoritmos Paralelos / Laboratorio

Joseline Maria Zevallos Aliaga
joseline.zevallos@ucsp.edu.pe
Universidad Católica San Pablo

1 Multiplicación de Matrices

- Implementando la multiplicación de matrices con 3 bucles se hizo las pruebas con matrices de $200x200, 400x400, 600x600, 800x800y1000x1000$, como se muestra en la Figura1.

```
Matriz de 200x200

tiempo: 0.033175

real    0m0.039s
user    0m0.035s
sys     0m0.002s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul3b.cpp -o 3b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./3b
Matriz de 400x400

tiempo: 0.425989

real    0m0.495s
user    0m0.428s
sys     0m0.006s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul3b.cpp -o 3b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./3b
Matriz de 600x600

tiempo: 1.4363

real    0m1.486s
user    0m1.439s
sys     0m0.009s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul3b.cpp -o 3b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./3b
Matriz de 800x800


tiempo: 4.60301

real    0m4.645s
user    0m4.596s
sys     0m0.024s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul3b.cpp -o 3b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./3b
Matriz de 1000x1000

tiempo: 22.14

real    0m22.258s
user    0m22.047s
sys     0m0.115s
```

Figure 1:

- Implementando la multiplicación de matrices con 6 bucles se hizo las pruebas con matrices de $200x200, 400x400, 600x600, 800x800y1000x1000$como se muestra en la Figura2.

  Cuando se hace la prueba de la multiplicación de matrices de $1000x1000$ se ve que la multiplicación de 6 bucles toma un tiempo de 13.4071 a comparación de la multiplicación de 3 bucles que toma un tiempo mayor a ese que es de 22.14.
  En la multiplicación de 3 bucles debido a la localidad espacial de la cache ocurren muchos caches misses, debido a que se acceden a partes de memoria que la cache no tiene almacenada. En cambio la multiplicación de 6 bucles que se hace por bloques, al hacer esta separación por bloques se va en un orden mas favorable para la cache, produciendo menos cache misses.

```
Matriz de 200x200

tiempo: 0.069378

real    0m0.079s
user    0m0.071s
sys     0m0.003s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul6b.cpp -o 6b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./6b
Matriz de 400x400

tiempo: 0.584316

real    0m0.597s
user    0m0.585s
sys     0m0.007s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul6b.cpp -o 6b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./6b
Matriz de 600x600

tiempo: 1.96061

real    0m1.993s
user    0m1.955s
sys     0m0.017s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul6b.cpp -o 6b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./6b
Matriz de 800x800

tiempo: 4.697

real    0m4.794s
user    0m4.678s
sys     0m0.037s
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ g++ MatMul6b.cpp -o 6b
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ time ./6b
Matriz de 1000x1000

tiempo: 9.31696

real    0m9.512s
user    0m9.229s
sys     0m0.110s
```

Figure 2:

2 Usando Valgrind y Cachegrind

Probando con Valgrind con la opción de Cachegrind se obtuvo lo siguiente:

- Con la multiplicación de matrices de 3 bucles, como se muestra en la Figura3.:

```
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ valgrind --tool=cachegrind ./3b
==10940== Cachegrind, a cache and branch-prediction profiler
==10940== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Nicholas Nethercote et al.
==10940== Using Valgrind-3.14.0.SVN and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==10940== Command: ./3b
==10940==
--10940-- warning: L3 cache found, using its data for the LL simulation.
--10940-- run: /usr/bin/dsymutil "./3b"
warning: no debug symbols in executable (-arch x86_64)
Matriz de 200x200

tiempo: 2.03401
==10940==
==10940== I   refs:      234,795,397
==10940== I1  misses:          5,198
==10940== LLi misses:          2,924
==10940== I1  miss rate:        0.00%
==10940== LLi miss rate:        0.00%
==10940==
==10940== D   refs:      196,220,878  (178,906,985 rd   + 17,313,893 wr)
==10940== D1  misses:        538,088  (    527,949 rd   +     10,139 wr)
==10940== LLd misses:         17,462  (      8,206 rd   +      9,256 wr)
==10940== D1  miss rate:         0.3% (        0.3%     +        0.1%  )
==10940== LLd miss rate:         0.0% (        0.0%     +        0.1%  )
==10940==
==10940== LL refs:           543,286  (    533,147 rd   +     10,139 wr)
==10940== LL misses:          20,386  (     11,130 rd   +      9,256 wr)
==10940== LL miss rate:          0.0% (        0.0%     +        0.1%  )
```

Figure 3:

- Con la multiplicación de matrices de 6 bucles, como se muestra en la Figura4.:

```
MacBook-Pro--de-Joss:matrixMult3b-6b Joss$ valgrind --tool=cachegrind ./6b
==11023== Cachegrind, a cache and branch-prediction profiler
==11023== Copyright (C) 2002-2017, and GNU GPL'd, by Nicholas Nethercote et al.
==11023== Using Valgrind-3.14.0.SVN and LibVEX; rerun with -h for copyright info
==11023== Command: ./6b
==11023==
--11023-- warning: L3 cache found, using its data for the LL simulation.
--11023-- run: /usr/bin/dsymutil "./6b"
warning: no debug symbols in executable (-arch x86_64)
Matriz de 200x200

tiempo: 4.13469
==11023==
==11023== I   refs:      463,897,554
==11023== I1  misses:          5,309
==11023== LLi misses:          2,954
==11023== I1  miss rate:        0.00%
==11023== LLi miss rate:        0.00%
==11023==
==11023== D   refs:      382,417,686  (280,707,165 rd   + 101,710,521 wr)
==11023== D1  misses:         78,480  (     70,854 rd   +       7,626 wr)
==11023== LLd misses:         17,472  (     10,722 rd   +       6,750 wr)
==11023== D1  miss rate:         0.0% (        0.0%     +         0.0%  )
==11023== LLd miss rate:         0.0% (        0.0%     +         0.0%  )
==11023==
==11023== LL refs:            83,789  (     76,163 rd   +       7,626 wr)
==11023== LL misses:          20,426  (     13,676 rd   +       6,750 wr)
==11023== LL miss rate:          0.0% (        0.0%     +         0.0%  )
```

Figure 4:

El BlockSize representa el tamaño del bloque que debe calcularse para cada iteración. Esto no debería ser más grande que el tamaño de la matriz. Así también se hizo la prueba con diferentes tamaño de bloque:

- BlockSize = 80 con una matriz de 200x200.

```
Matriz de 200x200

tiempo: 3.94182
==997==
==997== I   refs:      459,984,522
==997== I1  misses:          5,253
==997== LLi misses:          2,958
==997== I1  miss rate:        0.00%
==997== LLi miss rate:        0.00%
==997==
==997== D   refs:      378,088,341  (278,209,461 rd   + 99,878,880 wr)
==997== D1  misses:        167,319  (    159,692 rd   +       7,627 wr)
==997== LLd misses:         17,465  (     10,721 rd   +       6,744 wr)
==997== D1  miss rate:         0.0% (        0.1%     +         0.0%  )
==997== LLd miss rate:         0.0% (        0.0%     +         0.0%  )
==997==
==997== LL refs:           172,572  (    164,945 rd   +       7,627 wr)
==997== LL misses:          20,423  (     13,679 rd   +       6,744 wr)
==997== LL miss rate:          0.0% (        0.0%     +         0.0%  )
```

Figure 5:

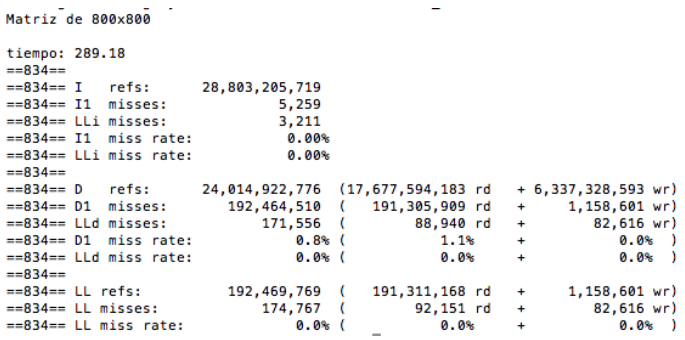
- BlockSize = 60 con una matriz de 800x800.

```
Matriz de 800x800

tiempo: 283.827
==699==
==699== I   refs:      28,839,764,745
==699== I1  misses:             5,313
==699== LLi misses:             3,199
==699== I1  miss rate:           0.00%
==699== LLi miss rate:           0.00%
==699==
==699== D   refs:      24,049,342,284  (17,697,451,937 rd   + 6,351,890,347 wr)
==699== D1  misses:       123,987,704  (   123,152,720 rd   +       834,984 wr)
==699== LLd misses:           171,495  (        88,926 rd   +        82,569 wr)
==699== D1  miss rate:            0.5% (           0.7%     +           0.0%  )
==699== LLd miss rate:            0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
==699==
==699== LL refs:          123,993,017  (   123,158,033 rd   +       834,984 wr)
==699== LL misses:            174,694  (        92,125 rd   +        82,569 wr)
==699== LL miss rate:             0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
```

Figure 6:

- BlockSize = 64 con una matriz de 800x800.

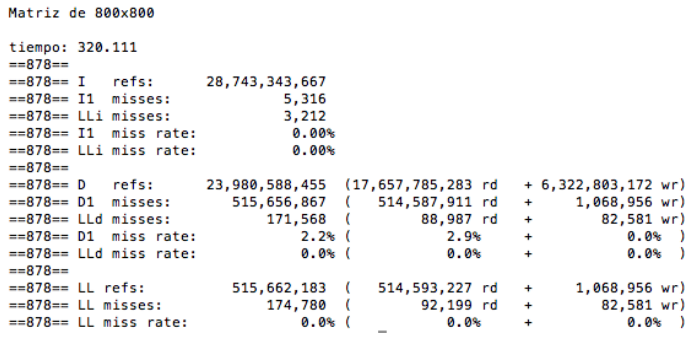


```
Matriz de 800x800

tiempo: 289.18
==834==
==834== I   refs:      28,803,205,719
==834== I1  misses:             5,259
==834== LLi misses:             3,211
==834== I1  miss rate:           0.00%
==834== LLi miss rate:           0.00%
==834==
==834== D   refs:      24,014,922,776  (17,677,594,183 rd   + 6,337,328,593 wr)
==834== D1  misses:       192,464,510  (   191,305,909 rd   +     1,158,601 wr)
==834== LLd misses:           171,556  (        88,940 rd   +        82,616 wr)
==834== D1  miss rate:            0.8% (           1.1%     +           0.0%  )
==834== LLd miss rate:            0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
==834==
==834== LL refs:          192,469,769  (   191,311,168 rd   +     1,158,601 wr)
==834== LL misses:            174,767  (        92,151 rd   +        82,616 wr)
==834== LL miss rate:             0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
```

Figure 7:

- BlockSize = 72 con una matriz de 800x800.

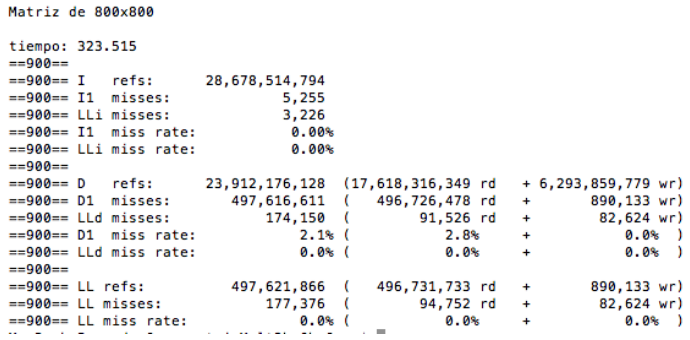


```
Matriz de 800x800

tiempo: 320.111
==878==
==878== I   refs:      28,743,343,667
==878== I1  misses:             5,316
==878== LLi misses:             3,212
==878== I1  miss rate:           0.00%
==878== LLi miss rate:           0.00%
==878==
==878== D   refs:      23,980,588,455  (17,657,785,283 rd   + 6,322,803,172 wr)
==878== D1  misses:       515,656,867  (   514,587,911 rd   +     1,068,956 wr)
==878== LLd misses:           171,568  (        88,987 rd   +        82,581 wr)
==878== D1  miss rate:            2.2% (           2.9%     +           0.0%  )
==878== LLd miss rate:            0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
==878==
==878== LL refs:          515,662,183  (   514,593,227 rd   +     1,068,956 wr)
==878== LL misses:            174,780  (        92,199 rd   +        82,581 wr)
==878== LL miss rate:             0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
```

Figure 8:

- BlockSize = 84 con una matriz de 800x800.



```
Matriz de 800x800

tiempo: 323.515
==900==
==900== I   refs:      28,678,514,794
==900== I1  misses:             5,255
==900== LLi misses:             3,226
==900== I1  miss rate:           0.00%
==900== LLi miss rate:           0.00%
==900==
==900== D   refs:      23,912,176,128  (17,618,316,349 rd   + 6,293,859,779 wr)
==900== D1  misses:       497,616,611  (   496,726,478 rd   +       890,133 wr)
==900== LLd misses:           174,150  (        91,526 rd   +        82,624 wr)
==900== D1  miss rate:            2.1% (           2.8%     +           0.0%  )
==900== LLd miss rate:            0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
==900==
==900== LL refs:          497,621,866  (   496,731,733 rd   +       890,133 wr)
==900== LL misses:            177,376  (        94,752 rd   +        82,624 wr)
==900== LL miss rate:             0.0% (           0.0%     +           0.0%  )
```

Figure 9:

- BlockSize = 128 con una matriz de 800x800.

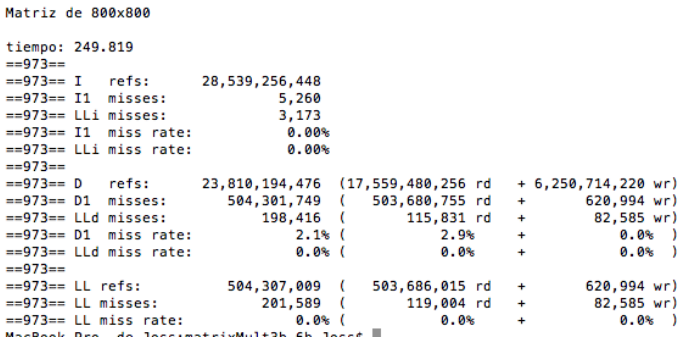


Figure 10:

Se nota una diferencia cuando se va ir aumentando el tamaño del bloque, el tiempo va ir reduciendo. Al momento de realizar la multiplicación de matrices de 6 bucles se va ir incrementando el tamaño de bloques y se va a poder repartir mejor los datos.
Como se ve en las imágenes la cantidad de instrucciones ejecutadas va ir disminuyendo cada vez que se va ir aumentando la cantidad de bloques, así como también va ir disminuyendo la lectura de la cache. En la parte de los cache misses se nota que va ir aumentando cada que se va ir aumentando el tamaño de bloques.

3 Conclusiones

En la memoria cache al utilizarla con una gran cantidad de datos tiene un efecto de mejora muy significativa, optimizando el tiempo de ejecución del programa. Así, se puede ver que la diferencia de cache misses de la multiplicación de 6 bucles que es en bloques con respecto a la multiplicación de 3 bucles corresponde a casi mas de la mitad.