

Práctica Nro. 1

Optimización de algoritmos secuenciales

Pautas generales

- Las pruebas se deben realizar en un equipo con sistema operativo Linux nativo (no virtualizado). La virtualización puede alterar el comportamiento y la toma de los tiempos de ejecución, imposibilitando la ocurrencia de los resultados y análisis esperados.
- Al momento de realizar las pruebas, deberá cerrar todo programa que tenga abierto (editores, navegadores etc). Mantenga abierta únicamente una consola/terminal para ejecutar las pruebas.
- En todos los ejercicios con matrices, pruebe con tamaños que sean potencias de 2 (512, 1024, 2048, etc).
- Tener en cuenta que, para poder notar cambios en la ejecución, los algoritmos deben ejecutarse al menos varios segundos (más de 15 segundos si es posible).

Información útil para compilar y ejecutar

- Para compilar en Linux con gcc: `gcc -o salidaEjecutable archivoFuente.c`
- Para ejecutar: `./salidaEjecutable arg1 arg2 ... argN`

Ejercicios

1. El algoritmo *fib.c* resuelve la serie de Fibonacci, para un número N dado, utilizando dos métodos: recursivo e iterativo. Analice los tiempos de ejecución de ambos métodos ¿Cuál es más rápido? ¿Por qué?
Nota: ejecute con N=1..50.
2. El algoritmo *funcion.c* resuelve, para un x dado, la siguiente sumatoria:

$$\sum_{i=0}^{100\,000\,000} 2 * \frac{x^3 + 3x^2 + 3x + 2}{x^2 + 1} - i$$

El algoritmo compara dos alternativas de solución. ¿Cuál de las dos formas es más rápida? ¿Por qué?

3. El algoritmo *instrucciones.c* compara el tiempo de ejecución de las operaciones básicas: suma (+), resta (-), multiplicación (*) y división (/), para dos operandos dados x e y. ¿Qué análisis se puede hacer de cada operación? ¿Qué ocurre si x e y son potencias de 2?
 4. En función del ejercicio anterior analice el algoritmo *instrucciones2.c* que resuelve una operación binaria (dos operandos) con dos operaciones distintas.
 5. Investigue en la documentación del compilador o a través de Internet qué opciones de optimización ofrece el compilador *gcc* (*flag O*). Compile y ejecute el algoritmo *matrices.c*, el cual resuelve una multiplicación de matrices de NxN. Explore los diferentes niveles de optimización para distintos tamaños de matrices. ¿Qué optimizaciones aplica el compilador? ¿Cuál es la ganancia respecto a la versión sin optimización del compilador? ¿Cuál es la ganancia entre los distintos niveles?
 6. Dada la ecuación cuadrática: $x^2 - 4.0000000 x + 3.9999999 = 0$, sus raíces son $r_1 = 2.000316228$ y $r_2 = 1.999683772$ (empleando 10 dígitos para la parte decimal).
 - a. El algoritmo *quadratic1.c* computa las raíces de esta ecuación empleando los tipos de datos *float* y *double*. Compile y ejecute el código. ¿Qué diferencia nota en el resultado?
 - b. El algoritmo *quadratic2.c* computa las raíces de esta ecuación, pero en forma repetida. Compile y ejecute el código variando la constante TIMES. ¿Qué diferencia nota en la ejecución?
 - c. El algoritmo *quadratic3.c* computa las raíces de esta ecuación, pero en forma repetida. Compile y ejecute el código variando la constante TIMES. ¿Qué diferencia nota en la ejecución? ¿Qué diferencias puede observar en el código con respecto a *quadratic2.c*?
- Nota: agregue el flag *-lm* al momento de compilar. Pruebe con y sin opciones de optimización del compilador.
7. Analice los algoritmos *iterstruc1.c* e *iterstruc2.c* que resuelven una multiplicación de matrices utilizando dos estructuras de control distintas. ¿Cuál de las dos estructuras de control tiende a acelerar el cómputo? Compile con y sin opciones de optimización del compilador.
 8. Analice el algoritmo *matrices.c*. ¿Dónde cree que se producen demoras? ¿Cómo podría optimizarse el código? Al menos, considere los siguientes aspectos:
 - Explotación de localidad de datos a través de reorganización interna de matrices A, B o C (según corresponda).
 - El uso de *Setters* y *getters* es una buena práctica en la programación orientada a objetos. ¿Tiene sentido usarlos en este caso? ¿cuál es su impacto en el rendimiento?
 - ¿Hay expresiones en el cómputo que pueden refactorizarse para no ser computadas en forma repetida?

- En lugar de ir acumulando directamente sobre la posición $C[i,j]$ de la matriz resultado (línea 72), pruebe usar una variable local individual y al finalizar el bucle más interno, asigne su valor a $C[i,j]$. ¿Esta modificación impacta en el rendimiento? ¿Por qué?

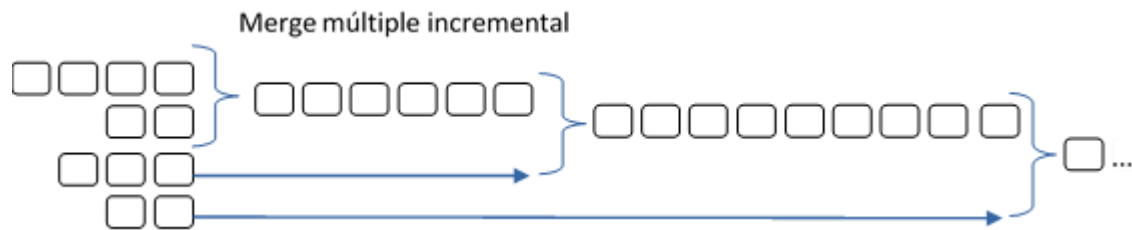
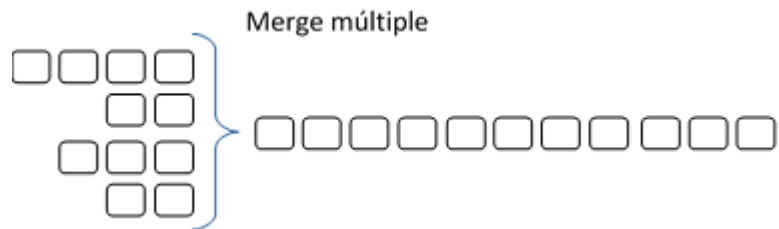
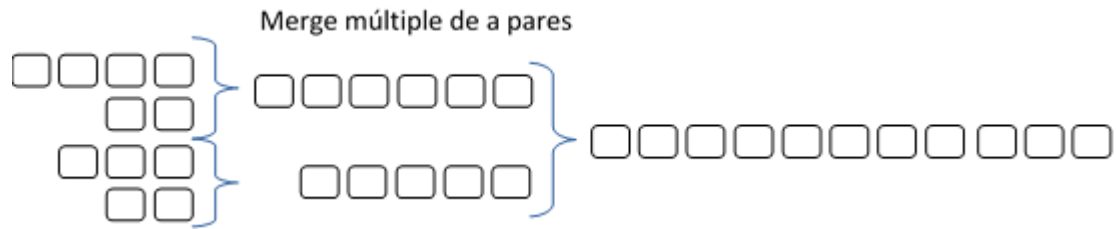
Combine las mejoras que haya encontrado para obtener una solución optimizada y compare los tiempos con la solución original para diferentes tamaños de matrices.

- Analice y describa brevemente cómo funciona el algoritmo *mmbk.c* que resuelve la multiplicación de matrices cuadradas de $N \times N$ utilizando una técnica de multiplicación por bloques. Luego, ejecute el algoritmo utilizando distintos tamaños de matrices y distintos tamaños de bloque. Finalmente, compare los tiempos con respecto a la multiplicación de matrices optimizada del ejercicio anterior. Según el tamaño de las matrices y de bloque elegido, responda: ¿Cuál es más rápido? ¿Por qué? ¿Cuál sería el tamaño de bloque óptimo para un determinado tamaño de matriz? ¿De qué depende el tamaño de bloque óptimo para un sistema?
- Analice el algoritmo *triangular.c* que resuelve la multiplicación de una matriz cuadrada por una matriz triangular inferior, ambas de $N \times N$. ¿Cómo se podría optimizar el código? ¿Se pueden evitar operaciones? ¿Se puede reducir la memoria reservada? Implemente una solución optimizada y compare los tiempos probando con diferentes tamaños de matrices.
- Dado un vector de N elementos de números reales distintos de 0, realice la reducción por cociente consecutivo. Ejemplo:

500	10	6	3	60	2	18	3
500/10 = 50		6/3 = 2		60/2 = 30		18/3 = 6	
50		2		30		6	
50/2 = 25				30/6 = 5			
25				5			
25/5 = 5							
5							

Utilice vectores con N potencias de 2 y se debe minimizar el espacio de almacenamiento.

- Analice el algoritmo *merge_multiple.c* que compara tres métodos diferentes para combinar las listas de un arreglo de listas. A continuación, se describen las versiones en forma gráfica:



¿Qué estrategia alcanza mejor rendimiento? ¿Por qué?

Nota: Al momento de ejecutar, siga las indicaciones al inicio del código fuente.