

Rendimiento

Arquitectura y Organización de Computadoras II

Ticiano J. Torres Peralta

REV2021

Que es Rendimiento?

Cuando decimos, “Una computadora rinde mejor que otra.” ¿A que nos estamos refiriendo?



Que es Rendimiento?

Cual de todos estos aviones tiene el mejor rendimiento?

Airplane	Passenger capacity	Cruising range (miles)	Cruising speed (m.p.h.)
Boeing 777	375	4630	610
Boeing 747	470	4150	610
BAC/Sud Concorde	132	4000	1350
Douglas DC-8-50	146	8720	544

Que es Rendimiento?

Cual de todos estos aviones tiene el mejor rendimiento?

Airplane	Passenger capacity	Cruising range (miles)	Cruising speed (m.p.h.)	Passenger throughput (passengers x m.p.h.)
Boeing 777	375	4630	610	228,750
Boeing 747	470	4150	610	286,700
BAC/Sud Concorde	132	4000	1350	178,200
Douglas DC-8-50	146	8720	544	79,424

Que es Rendimiento?

- 1) Como usuario individual, estas mas interesado en reducir el tiempo de respuesta, también conocido como el **tiempo de ejecución (execution time)**.
- 2) Como administrador de un centro de computo, estas mas interesado en incrementar la cantidad de trabajos completados en un tiempo definido, conocido como **ancho de banda**.

Tiempo de Ejecución

Definición:

$$\text{Rendimiento}_x = \frac{1}{\text{Tiempo de Ejecución}_x}$$

Tiempo de Ejecución

Entre computadoras:

$$\text{Rendimiento}_X > \text{Rendimiento}_Y$$

$$\frac{1}{\text{Tiempo de Ejecución}_X} > \frac{1}{\text{Tiempo de Ejecución}_Y}$$

$$\text{Tiempo de Ejecución}_X < \text{Tiempo de Ejecución}_Y$$

Tiempo de Ejecución

Rendimiento relativo:

$$Rendimiento_X = \frac{1}{Tiempo\ de\ Ejecución_X}$$

$$Rendimiento_Y = \frac{1}{Tiempo\ de\ Ejecución_Y}$$

$$\frac{Rendimiento_X}{Rendimiento_Y} = \frac{Tiempo\ de\ Ejecución_Y}{Tiempo\ de\ Ejecución_X} = n$$

Tiempo de Ejecución

Unidades de la medida tiempo de ejecución:

- Como el tiempo de ejecución se mide en relación a un programa, podemos decir que las unidades son:

$$\frac{\textit{segundos}}{\textit{programa}}$$

Tiempo de Ejecución

El tiempo de ejecución, también conocido como la respuesta del programa, fue establecida como una medida de tiempo pero a veces depende de que estamos midiendo. Definamos algunos términos:

- Wall Clock Time (Tiempo de Respuesta o Tiempo Transcurrido): Tiempo total para completar la tarea. Incluye accesos a disco, accesos de memoria, actividades de entrada/salida, operaciones del sistema operativo.
- CPU Time (Tiempo de Ejecución del CPU o Tiempo del CPU): Tiempo que el CPU pasa haciendo cálculos para nuestro programa. Por lo general es un porcentaje del Wall Clock Time, con un máximo potencial de ser igual al Wall Clock Time.

Tiempo de Ejecución

- Tiempo del CPU del Usuario: Tiempo que el CPU pasa en nuestro programa.
- Tiempo del CPU del Sistema: Tiempo que el CPU pasa haciendo tareas del sistema operativo relacionados con nuestro programa.

Tiempo de Ejecución

En linux:

- Los sistemas basados en UNIX tienen un comando, llamado time, para medir estas métricas:

```
90.7u 12.9s 2:39 65%
```

- Tiempo del CPU del Usuario: 90.7 segundos
- Tiempo del CPU del Sistema: 12.9 segundos
- Wall Clock Time (Tiempo transcurrido): 2 minutos y 39 segundos
- Porcentaje del Wall Clock que es CPU time: 65 %

Rendimiento del CPU

Factores de rendimiento del CPU:

Estamos interesados en el CPU time para un programa. La formula mas simplificada para representar esta medida es la siguiente:

CPU time para un programa = total ciclos de reloj para un programa x periodo del ciclo

$$CPU\ time\ para\ un\ programa = \frac{total\ ciclos\ de\ reloj\ para\ un\ programa}{frecuencia\ del\ reloj}$$

Rendimiento del CPU

Rendimiento de una instrucción:

La formula anterior no hace referencia a la cantidad de instrucciones en el programa. Como un programa es una secuencia de ejecución de instrucciones y cada instrucción toma tantos ciclos para completar, podemos definir lo siguiente:

$$\text{Total ciclos de reloj para un programa} = \sum_{i=1}^I \text{Ciclos por Instruccion}_i \times \text{Total Instrucciones}_i$$

Esta formula es muy difícil de resolver en términos prácticos. Una versión simplificada es:

$$\text{Total ciclos de reloj para un programa} = \text{Promedio de ciclos por instruccion} \times \text{Total instrucciones en un programa}$$

Rendimiento del CPU

Promedio de ciclos por instrucción:

Esta medida, aunque sea una aproximación, es una media muy importante y se interpreta como el promedio de ciclos que toman las instrucciones para completarse. Es conocida simplemente como el CPI.

Es una buena métrica para compara dos implementaciones diferentes de un ISA, esto es porque la cantidad de instrucciones permanece constante.

Por ejemplo, si en una nueva implementación, osea una nueva generacion de CPU, se compila el mismo programa que se compila en la implementación previa, el resultante objeto (binario) es exactamente igual en las dos implementaciones. Si el CPI de la nueva implementación es igual o mas alto que el otro, tenemos un problema.

Ecuación Clásica de Rendimiento

Podemos combinar lo previo discutido en lo que se conoce como la ecuación clásica de rendimiento del CPU:

$$CPU\ time = Total\ Instrucciones \times CPI \times Periodo\ del\ Reloj$$

$$CPU\ time = \frac{Total\ Instrucciones \times CPI}{Frecuencia\ del\ Reloj}$$

Ecuación Clásica de Rendimiento

Componente	Afecta que?	Como?
Algoritmo	Total Instrucciones, CPI	Determina la cantidad de instrucciones del programa fuente y por ende la cantidad de instrucciones ejecutadas a nivel procesador. También puede afectar el CPI, favoreciendo instrucciones mas lenta o mas rápidas Por ejemplo, si el algoritmo mas divisiones, tendrá un CPI mas alto.
Lenguaje de Programación	Total Instrucciones, CPI	Afecta el total de instrucciones porque las frases escritas en lenguaje de alto nivel tienen que ser traducidas a su equivalente a nivel procesador. Puede afectar CPI porque un lenguaje, por ejemplo, que usa mucho la abstracción de datos (C++, Java) usaran mucho el llamado indirecto, que incrementa el CPI.
Compilador	Total Instrucciones, CPI	La eficiencia del compilador afecta tanto el total de instrucciones como el CPI, dado que el mismo gobierna como se efectúa la traducción desde un lenguaje de alto nivel al del procesador. El rol del compilador puede ser muy complejo y también su efecto en el CPI.
ISA	Total Instrucciones, CPI, Frecuencia de Reloj	Afecta los tres aspectos del rendimiento del CPU, dado que define las instrucciones disponibles, la complejidad de la instrucción y por ende la limitaciones en la frecuencia de reloj.