

## Introducción a la evaluación de rendimiento

- Definiciones y conceptos
- Evaluación del rendimiento
- Comparación del rendimiento
- Comparación del coste
- Relación entre Prestaciones y Coste
- La ley de Amdahl

## Motivación

- Existe la necesidad de medir la potencia/capacidad de los sistemas informáticos.
- Para
  - Comparar
  - Evaluar
  - Diagnosticar
  - Elegir
- Las medidas obtenidas deberían ser
  - Simples
  - Comprensibles
  - Fácilmente comparables (si miden a varios sistemas)
- Es deseable que la medida sea un valor cuantitativo simple:
  - 2Ghz, 500GB, ¿500 MIPS?

## Definiciones y conceptos básicos

- El término *prestaciones* aplicado a un sistema de procesamiento de información indica las facilidades que el sistema es capaz de proporcionar a sus usuarios.
- Un *sistema de procesamiento de información* es un conjunto de hardware (equipos de computo y comunicaciones) y software que es capaz de procesar datos de acuerdo a aplicaciones desarrolladas por los usuarios.
- El término *prestaciones* será empleado para señalar las facilidades que interesa *evaluar* al analizar el rendimiento del sistema.
- El *rendimiento* es el nivel de respuesta de una prestación... aunque ambos términos suelen emplearse de forma indistinta.
- La evaluación de un sistema puede emplearse para
  - La adquisición un nuevo sistema
  - Mejoramiento de un sistema
  - Planeación de capacidades
  - Diseño de un sistema
  - Etc.

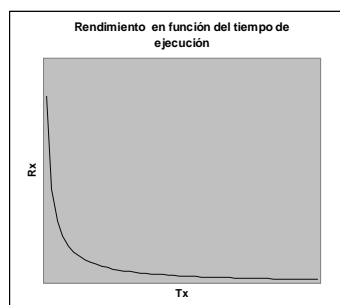
## Introducción a la evaluación del rendimiento

- Una manera simple de comparar dos sistemas informáticos es usar como medida de *prestaciones* el tiempo ( $T$ ) de ejecución de un programa ( $P$ ).
- El tiempo obtenido mide el rendimiento ( $R$ ) del sistema al ejecutar *ese* programa  $P$ .
- El programa de prueba  $P$  debería permitirnos evaluar las prestaciones del sistema informático en todos los aspectos que nos interesan.
  - ¿Es posible construir un programa que ponga a prueba todos los aspectos, que interesa evaluar, en el sistema analizado?
- Otro factor a considerar es el costo del Sistema informático ( $C$ )

## Evaluación del rendimiento

- Una primera aproximación consiste en medir el tiempo en que un programa de prueba es ejecutado en el sistema.
- A menor tiempo de ejecución se asume un rendimiento más alto.
- Tenemos el rendimiento  $R_x$  viene dado por la expresión:

$$R_x = 1 / T_x$$



## Comparación del rendimiento

- Sean dos computadores  $X$  e  $Y$  que tardan respectivamente  $T_x$  y  $T_y$  unidades de tiempo en ejecutar el mismo programa de prueba (**P**).
- Si  $T_x = T_y$  diremos que el rendimiento de ambos computadores es igual o equivalente.
- Si  $T_x < T_y$  podemos afirmar que “ $X$  es más rápido que  $Y$ ”
- Para cuantificar el incremento de rendimiento de una máquina respecto de otra se debe determinar la aceleración (*speedup*).
- Esta viene dada por:

$$A = T_y / T_x$$

- Expresando la aceleración en términos porcentuales se tiene:

$$\frac{T_y}{T_x} = 1 + \frac{n}{100}$$

- Así, podemos decir que : “ $X$  es  $n$  % más rápido que  $Y$ ”
- El rendimiento suele representarse por:  $A$ ,  $A_r$  o  $\Delta A$ .

## Comparación del coste

- Sean dos computadores  $X$  e  $Y$  cuyo costo es respectivamente  $C_X$  y  $C_Y$ .
- Si  $C_X > C_Y$  el incremento del coste de  $X$  con respecto a  $Y$  viene dado por:

$$\text{Incremento} = C_X / C_Y$$

- El incremento en términos porcentuales puede determinarse mediante la siguiente relación:

$$\frac{C_X}{C_Y} = 1 + \frac{n}{100}$$

- "X es un  $n$  % más caro que Y"
- El incremento de coste (o aceleración de coste) suele representarse por:  $A_c$  o  $\Delta C$ .

## Relación entre prestaciones y coste

- Para realizar un análisis que combine los aspectos de rendimiento y costo se pueden comparar las siguientes cantidades:

$$\frac{\text{Rendimiento}_x}{\text{Coste}_x} \text{ vs. } \frac{\text{Rendimiento}_y}{\text{Coste}_y}$$

- Si  $T_X=16$ ,  $T_Y=20$  y  $C_X=3600$   $C_Y=3000$ .

$$\frac{R_x}{C_x} = \frac{1}{T_x \times C_x} = \frac{1}{16 \times 3600} = \frac{1}{57600} = 1,7361e-5$$
$$\frac{R_y}{C_y} = \frac{1}{T_y \times C_y} = \frac{1}{20 \times 3000} = \frac{1}{60000} = 1,6667e-5$$

X tiene una mejor relación rendimiento/costo que Y

- Si  $T_X=16$ ,  $T_Y=20$  y  $C_X=3600$   $C_Y=2800$ .

$$\frac{R_x}{C_x} = \frac{1}{T_x \times C_x} = \frac{1}{16 \times 3600} = \frac{1}{57600} = 1,7361e-5$$
$$\frac{R_y}{C_y} = \frac{1}{T_y \times C_y} = \frac{1}{20 \times 2800} = \frac{1}{56000} = 1,7857e-5$$

Y tiene una mejor relación rendimiento/costo que X

## Notas

---

- Hemos empleado  $R_x = I / T_x$  como medida del rendimiento del sistema.
- Pero este índice puede ser determinado también a través de otras medidas.
  - ... y evidentemente dará diferentes valores
- En general depende de cada estudio en particular

## Coste de una mejora

---

- ¿Cual es la mejora obtenida al mejorar un componente en un computador?
- Adición de componentes:
$$\Delta C = (Coste\ Original + Coste\ Compn) / Coste\ Original$$
- Reemplazo:
$$\Delta C = (Coste\ Original - Coste\ Ant\ Compn + Coste\ Nuevo\ Compn) / Coste\ Original$$
- Reemplazo sin reutilización
$$\Delta C = (Coste\ Original + Coste\ Nuevo\ Compn) / Coste\ Original$$
- Con este enfoque la comparación del *Rendimiento/Coste* de las configuraciones original y nueva está muy influenciado por el costo original del sistema.

## Rendimiento/Coste de una mejora

- Sea un computador que emplea un tiempo  $T$  en ejecutar un programa de evaluación.
- Consideremos dos alternativas de mejora de un componente con costes  $C_1$  y  $C_2$  y tiempos  $T > T_1$  y  $T > T_2$  respectivamente.
- La comparación de rendimientos se hará tomando en cuenta  $T_1$  y  $T_2$
- La comparación de costes se hará tomando en cuenta los costes  $C_1$  y  $C_2$ .
- Se deja de lado el costo del sistema completo
- El análisis de rendimiento/coste se realizaría con:

$$\frac{R_1}{C_1} \text{ vs. } \frac{R_2}{C_2} \Leftrightarrow \frac{1}{T_1 \times C_1} \text{ vs. } \frac{1}{T_2 \times C_2}$$

- Aún así el análisis no es suficientemente adecuado  
*¿Cuanto influye el recurso mejorado en el tiempo total de respuesta?*

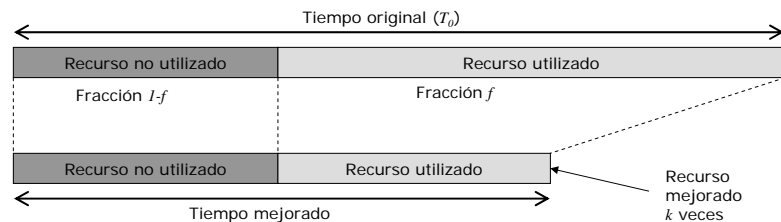
## Ley de Amdahl: Introducción (I)

- Frecuentemente solo se mejoran algunos de los componentes de un sistema informático y no todo el sistema.
- Es necesario acotar el *incremento de prestaciones* obtenido en un sistema como consecuencia de la mejora de uno o varios de sus componentes, para analizar el impacto de esta mejora.
- Esta mejora, representada como incremento de rendimiento o capacidad, dependerá de la calidad de las mejoras efectuadas y del tiempo en que éstas se utilicen.

## Ley de Amdahl: Introducción (II)

- Sea un computador que tarda en ejecutar un programa un tiempo original  $T_0$ .
- Se desea reducir ese tiempo mejorando una de las partes del computador.
- Sea  $f$  la fracción del tiempo  $T_0$  durante la cual el programa hace uso exclusivo de un recurso del sistema.
- Se tiene:

$$T_0 = T_0 \times (1-f) + T_0 \times f$$



## Ley de Amdahl

- Si se mejora el recurso  $f$  en un factor de  $k$  el tiempo mejorado será:

$$T_{\text{mejorado}} = T_0 \times (1-f) + \frac{T_0 \times f}{k}$$

- El incremento en el rendimiento obtenido depende de la fracción de tiempo que el recurso es empleado.
- Si dividimos el tiempo original entre el tiempo mejorado tenemos:

$$A = \frac{T_0}{T_{\text{mejorado}}} = \frac{T_0}{T_0 \times \left( (1-f) + \frac{f}{k} \right)}$$

$$A = \frac{1}{1-f + \frac{f}{k}}$$

**Ley de Amdahl\***

- Si  $f=0$  entonces  $A=1$ , no se consigue ninguna aceleración.
- Si  $f=1$  entonces  $A=k$ , la aceleración global es equivalente al factor de mejora.

\* Gene Amdahl, "Validity of the Single Processor Approach to Achieving Large-Scale Computing Capabilities", AFIPS Conference Proceedings, (30), pp. 483-485, 1967.

## Ley de Amdahl (cont.)

- Si el factor de mejora  $k$  se hace muy grande, se tiene:

$$\lim_{k \rightarrow \infty} A = \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{1}{1 - f + \frac{f}{k}} = \frac{1}{1 - f}$$

El incremento global de prestaciones está limitado por las operaciones que no están afectadas por la mejora en el sistema.

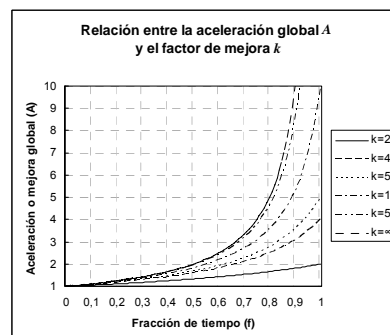
- Ej: Se mejora el procesador principal de un sistema, que es utilizado el 95% del tiempo.
  - La aceleración más alta que se puede conseguir es  $1/0,05=20$
  - Empleando un procesador **2** veces más rápido la mejora del sistema es de  $1/(0,05+0,95/2) = \mathbf{1,91}$
  - Empleando un procesador **50** veces más rápido la mejora del sistema es de solo  $1/(0,05+0,95/50) = \mathbf{14,49}$

## Ley de Amdahl (cont.)

- Esta ley también puede emplearse para determinar la fracción de tiempo que un recurso es empleado si se conocen los valores de  $k$  y  $A$ .

$$f = \frac{k \times (A - 1)}{A \times (k - 1)}$$

- Comportamiento de la aceleración en función de distintos valores de  $f$ .





## Ley de Amdahl – Caso general

- Si se mejoran  $n$  recursos del sistema en factores  $k_1, k_2, \dots, k_n$  y cada uno de ellos se emplea en fracciones de tiempo  $f_1, f_2, \dots, f_n$  respectivamente, se tiene:

$$A = \frac{1}{f_o + \sum_{i=1}^n \frac{f_i}{k_i}}, \text{ con } f_o = 1 - \sum_{i=1}^n f_i$$

- Aceleración de A en función de dos factores de mejora  $k_1$  y  $k_2$  con valores máximos 10 y 5 y fracciones de utilización de 60% y 30% respectivamente.

