

Métricas de rendimiento

Lección 6

Prof.Ing. Fabián Zamora Ramírez

CE-4301 Arquitectura de Computadores I

Área de Ingeniería en Computadores

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Agenda

① Principio de localidad

② Bechmarking

③ Ley de Amdahl

Principio de localidad

- **Localidad temporal:** elementos utilizados recientemente probablemente sean re-utilizados en el futuro cercano.
- **Localidad espacial** Cuando se utiliza un elemento, es probable que los elementos adyacentes también sean utilizados.

Desempeño

La cantidad de trabajo realizado por un sistema computacional

Desempeño

La cantidad de trabajo realizado por un sistema computacional

Término aplica de manera diferente según el campo:

- **ISP**: Calidad de imagen
- **Memorias**: Accesos a memoria por segundo
- **CPU's**: Medida de la tasa en que los programas son ejecutados (IPC, CPI, MIPS)

Desempeño

La cantidad de trabajo realizado por un sistema computacional

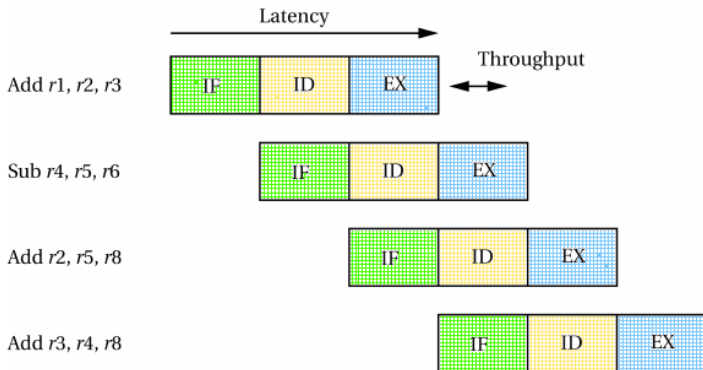
Término aplica de manera diferente según el campo:

- **ISP**: Calidad de imagen
- **Memorias**: Accesos a memoria por segundo
- **CPU's**: Medida de la tasa en que los programas son ejecutados (IPC, CPI, MIPS)

Punto de vista microscópico:

- **Latencia**: Tiempo requerido para ejecutar una instrucción desde inicio hasta finalización.
- **Flujo de instrucciones** (throughput): Tasa de finalización de instrucciones.

Desempeño



Otras métricas de evaluación

- **Costo:** Puede referirse tanto a costo de compra del procesador, como a costo en términos de área de silicio requerida para implementarlo (VLSI).
- **Potencia y Energía:** Características clave de un CPU. Deben ser medidas por programas específicos.

Características no métricas

- **Predictibilidad:** Sistemas de tiempo real. Predecir el tiempo de ejecución es tarea complicada (pipeline, memoria, etc).
- **Seguridad:** Inmesurable. Que no se detecten fallas en el dispositivo/sistema **no indica** que no puedan existir.

Benchmark

Es benchmark es un instrumento para comparar el desempeño de varios sistemas en aplicaciones **reales**.

Representa un recurso de software para **evaluar un sistema** y discriminar la mejor opción para el diseño.

Varios tipos de benchmarks: SPEC, EEMBC, BDTi, **Drystone**

Top 500 sistemas computacionales más potentes

Rank	Site	System	Cores	Rmax [TFlop/s]	Rpeak [TFlop/s]	Power [kW]
1	National Supercomputing Center in Wuxi China	Sunway TaihuLight - Sunway MPP, Sunway SW26010 260C 1.45GHz, Sunway NRCPC	10,649,600	93,014.6	125,435.9	15,371
2	National Super Computer Center in Guangzhou China	Tianhe-2 [MilkyWay-2] - TH-1VB-FEP Cluster, Intel Xeon E5-2692 12C 2.200GHz, TH Express-2, Intel Xeon Phi 3151P NUDT	3,120,000	33,862.7	54,902.4	17,808
3	Swiss National Supercomputing Centre (CSCS) Switzerland	Piz Daint - Cray XC50, Xeon E5-2690v3 12C 2.6GHz, Aries interconnect, NVIDIA Tesla P100 Cray Inc.	361,760	19,590.0	25,326.3	2,272
4	DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory United States	Titan - Cray XK7, Opteron 6274 16C 2.200GHz, Cray Gemini interconnect, NVIDIA K20x Cray Inc.	560,640	17,590.0	27,112.5	8,209
5	DOE/NNLS/LLNL United States	Sequoia - BlueGene/Q, Power BQC 16C 1.60 GHz, Custom IBM	1,572,864	17,173.2	20,132.7	7,890
6	DOE/SC/LBNL/NERSC United States	Cori - Cray XC40, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Aries interconnect Cray Inc.	622,336	14,014.7	27,880.7	3,939
7	Joint Center for Advanced High Performance Computing Japan	Oakforest-PACS - PRIMERGY CX1640 M1, Intel Xeon Phi 7250 68C 1.4GHz, Intel Omni-Path Fujitsu	556,104	13,554.6	24,913.5	2,719

Ley de Amdahl

Permite obtener la ganancia en el desempeño debido a la mejora en una característica determinada.

La ley de Amdahl puede servir como una guía para determinar cuál será la mejora **real** y cómo distribuir los recursos para tener una mejor relación costo-desempeño.

Ley de Amdahl

Depende de dos factores:

1 $Fraction_{enhanced}$

La fracción del tiempo de computación en el computador **original** que se puede ver beneficiado de la mejora.

2 $Speedup_{enhanced}$

La ganancia producto de la ejecución en modo "mejorado". Esto es, qué tan rápido ejecutaría la tarea si la mejora se aplicara a todo el sistema.

Finalmente:

$$Speedup_{Overall} = \frac{Execution\ time_{old}}{Execution\ time_{new}} = \frac{1}{(1 - Fraction_{enhanced}) + \frac{Fraction_{enhanced}}{Speedup_{enhanced}}}$$

Ley de Amdahl

Ejemplo

Supongamos que se desea mejorar un procesador utilizado para un servidor Web. El nuevo procesador es **10 veces más rápido** en tiempo de computación para la aplicación de servidor Web que el procesador antiguo. Asumiendo que el procesador **original** está **ocupado** un **40%** del tiempo y el **60%** del tiempo **esperando** por dispositivos de Entrada/Salida ¿Cuál es la ganancia total producto de incorporar la mejora?

Ley de Amdahl

Ejemplo

Supongamos que se desea mejorar un procesador utilizado para un servidor Web. El nuevo procesador es **10 veces más rápido** en tiempo de computación para la aplicación de servidor Web que el procesador antiguo. Asumiendo que el procesador **original** está **ocupado** un **40%** del tiempo y el **60%** del tiempo **esperando** por dispositivos de Entrada/Salida ¿Cuál es la ganancia total producto de incorporar la mejora?

$Fraction_{enhanced} =$,

Ley de Amdahl

Ejemplo

Supongamos que se desea mejorar un procesador utilizado para un servidor Web. El nuevo procesador es **10 veces más rápido** en tiempo de computación para la aplicación de servidor Web que el procesador antiguo. Asumiendo que el procesador **original** está **ocupado** un **40%** del tiempo y el **60%** del tiempo **esperando** por dispositivos de Entrada/Salida ¿Cuál es la ganancia total producto de incorporar la mejora?

$$Fraction_{enhanced} = 40\% = 0.4,$$

Ley de Amdahl

Ejemplo

Supongamos que se desea mejorar un procesador utilizado para un servidor Web. El nuevo procesador es **10 veces más rápido** en tiempo de computación para la aplicación de servidor Web que el procesador antiguo. Asumiendo que el procesador **original** está **ocupado** un **40%** del tiempo y el **60%** del tiempo **esperando** por dispositivos de Entrada/Salida ¿Cuál es la ganancia total producto de incorporar la mejora?

$$Fraction_{enhanced} = 40\% = 0.4, Speedup_{enhanced} =$$

Ley de Amdahl

Ejemplo

Supongamos que se desea mejorar un procesador utilizado para un servidor Web. El nuevo procesador es **10 veces más rápido** en tiempo de computación para la aplicación de servidor Web que el procesador antiguo. Asumiendo que el procesador **original** está **ocupado** un **40%** del tiempo y el **60%** del tiempo **esperando** por dispositivos de Entrada/Salida ¿Cuál es la ganancia total producto de incorporar la mejora?

$$Fraction_{enhanced} = 40\% = 0.4, Speedup_{enhanced} = 10$$

Ley de Amdahl

Ejemplo

Supongamos que se desea mejorar un procesador utilizado para un servidor Web. El nuevo procesador es **10 veces más rápido** en tiempo de computación para la aplicación de servidor Web que el procesador antiguo. Asumiendo que el procesador **original** está **ocupado** un **40%** del tiempo y el **60%** del tiempo **esperando** por dispositivos de Entrada/Salida ¿Cuál es la ganancia total producto de incorporar la mejora?

$$Fraction_{enhanced} = 40\% = 0.4, Speedup_{enhanced} = 10$$

$$Speedup_{overall} = \frac{1}{0.6 + \frac{0.4}{10}} = \frac{1}{0.64} \approx 1.56$$

Ejercicio

Se ha diseñado un computador para adquisición y procesamiento digital de audio sobre una señal de un micrófono. El sistema está conformado por un CPU y un ADC, más la interfaz necesaria para la comunicación entre ambos. El CPU tiene un rendimiento de 2 ciclos por instrucción y trabaja a una frecuencia de 1 MHz. El tiempo de ejecución total de la aplicación es de 50ms y este se divide en tiempo de computación y tiempo de conversión A/D. La aplicación de procesamiento digital tiene 10000 instrucciones. La administración desea hacer una mejora al sistema y se le ha consultado a usted como Ingeniero en Computadores que aconseje sobre qué aspecto se debería mejorar en el sistema. **a) ¿Qué opciones tiene para mejorar en el sistema?**

Ejercicio

Se ha diseñado un computador para adquisición y procesamiento digital de audio sobre una señal de un micrófono. El sistema está conformado por un CPU y un ADC, más la interfaz necesaria para la comunicación entre ambos. El CPU tiene un rendimiento de 2 ciclos por instrucción y trabaja a una frecuencia de 1 MHz. El tiempo de ejecución total de la aplicación es de 50ms y este se divide en tiempo de computación y tiempo de conversión A/D. La aplicación de procesamiento digital tiene 10000 instrucciones. La administración desea hacer una mejora al sistema y se le ha consultado a usted como Ingeniero en Computadores que aconseje sobre qué aspecto se debería mejorar en el sistema. **a) ¿Qué opciones tiene para mejorar en el sistema?** Se han reducido las opciones de mejora a las siguientes 2: reducir en un 50% el tiempo de conversión del ADC o Aumentar al doble la frecuencia de operación del sistema. **b) De las anteriores, ¿cuál opción da la mayor mejora en el sistema?**

Ejercicio

Se ha diseñado un computador para adquisición y procesamiento digital de audio sobre una señal de un micrófono. El sistema está conformado por un CPU y un ADC, más la interfaz necesaria para la comunicación entre ambos. El CPU tiene un rendimiento de 2 ciclos por instrucción y trabaja a una frecuencia de 1 MHz. El tiempo de ejecución total de la aplicación es de 50ms y este se divide en tiempo de computación y tiempo de conversión A/D. La aplicación de procesamiento digital tiene 10000 instrucciones. La administración desea hacer una mejora al sistema y se le ha consultado a usted como Ingeniero en Computadores que aconseje sobre qué aspecto se debería mejorar en el sistema. **a) ¿Qué opciones tiene para mejorar en el sistema?** Se han reducido las opciones de mejora a las siguientes 2: reducir en un 50% el tiempo de conversión del ADC o Aumentar al doble la frecuencia de operación del sistema. **b) De las anteriores, ¿cuál opción da la mayor mejora en el sistema?** Si el costo de mejora del ADC es de \$7000 y el del CPU es de \$5000, **c) ¿Qué opción recomendaría?**

Ley de Amdahl: Consecuencias y Corolarios

La mejora incremental en el rendimiento, por una mejora de solamente una porción de la computación (algoritmo / programa / tarea), disminuye entre más mejoras se agregue.

Referencias



J Hennesy and David Patterson (2012)

Computer Architecture: A Quantitative Approach. 5th Edition. Elsevier – Morgan Kaufmann. [Cap 1]



Jeferson González G. (2017)

Material de clase: Arquitectura de computadores I.

Sitios web recomendados

- Top 500 sistemas computacionales más potentes:
www.top500.org