

PRÁCTICA 6: SISTEMAS DE CÓMPUTO DE ALTA PERFORMANCE

Bibliografía de Referencia:

- [1] “Advanced Computer Architecture and Parallel Processing” H.El-Rewini, M.Abd-El-Barr.
- [2] “Supercomputers – Prestige Objects or Crucial Tools for Science and Industry?” H.W. Meuer, H. Gietl. http://www.top500.org/files/Supercomputers_London_Paper_HWM_HG.pdf
- [3] Poster TOP500, Junio de 2022. Se puede encontrar en el sitio del TOP500 (<https://top500.org/>) o también sin registrarse desde la sección descargas de la cátedra.
- [4] M. J. Flynn, K. W. Rudd “Parallel Architectures”. ACM Computing Surveys, 28: 67-70, 1996.
- [5] “DSP”, revista electrónica avanzada, 2013

1) Dibuje un diagrama basado en la clasificación de Flynn. Ubique en este diagrama los siguientes tipos de sistemas: procesador escalar, procesador superescalar, procesador con SMT, VLIW, DSP, Vector Processors, SMP, NUMA, MPP, Clústeres y Grids. Describa las características más importantes de cada una de estas arquitecturas en términos de: arquitectura de memoria, tipo de interconexión (donde corresponda), factores limitantes de la potencia de cómputo, y las aplicaciones típicas que encuentra.

2) Sistemas SIMD

- a) ¿Qué diferencia las arquitecturas vectoriales de los Array Processors?
- b) ¿Qué ventajas y desventajas caracterizan a las arquitecturas vectoriales?
- c) Si bien estos sistemas dominaron el cómputo de altas prestaciones durante la década del ‘80, a lo largo de la década siguiente cayeron progresivamente en desuso. Enuncie algunas razones posibles para este proceso.
- d) ¿Cuáles son los nichos en los que se utilizan los conceptos de la filosofía SIMD? ¿Qué características tienen los conjuntos de datos manejados? Mencione algunas tecnologías recientes basadas en esta idea.

3) Sistemas basados en Unidades de Procesamiento Gráfico (GPU).

- a) ¿Pueden encuadrar estos sistemas en alguna partición de la clasificación de Flynn?
- b) ¿Para qué tipos de procesamiento fueron originalmente diseñadas estas arquitecturas y qué características tienen los conjuntos de datos utilizados en estas aplicaciones (considere grado de paralelismo, ancho de banda de memoria, organización de los datos, etc.)? Analice qué repercusiones tienen estas características en la arquitectura de los sistemas GPU.
- c) La utilización de sistemas basados en GPU para realizar procesamientos en campos más amplios que el original recibe el nombre de GP-GPU (General Purpose GPU). ¿Qué tipo de problemas pueden ser acelerados mediante el uso de estas arquitecturas? ¿Qué tipo de granularidad de datos admiten?
- d) Describa a grandes rasgos los sistemas basados en GPU: arquitectura de un sistema formado por CPU + GPU, relación entre ambos, modelo de programación (donde se programa, donde se ejecuta), etc.

4) ¿Qué es un clúster Beowulf? ¿Qué tipo de componentes utiliza? Describa el hardware, software y redes típicamente utilizados para construir este tipo de sistema de cómputo. Opine: ¿le parece que la construcción de este tipo de sistema es una alternativa viable para una institución como la universidad? ¿Qué ventajas y desventajas presenta frente comprar un sistema dedicado?

5) Lea el artículo de la referencia bibliográfica [2] y responda:

a) ¿Qué métrica se utiliza para comparar las computadoras del TOP500? ¿Qué es LINPACK?

b) ¿Cuáles son las ventajas y desventajas del benchmark utilizado por el TOP500?

c) ¿Qué otros benchmarks alternativos existen? ¿Qué diferencias tienen?

d) *"In 1986, the most powerful supercomputer in the world was the famous Cray2, available for roughly US\$ 22 million at that time. Last year, Apple released their iPad2 tablet computer, the performance of which is two-thirds of Cray2's performance, but the price of which is only US\$ 500."*

De acuerdo con la proyección a futuro que se hace en el texto, ¿cuántos años aproximadamente toma para que el desempeño de una notebook de buena calidad alcance a la computadora en la última posición del TOP500? ¿Y a la primera? ¿Por qué tomarse la molestia de construir estos sistemas colosales? ¿Quiénes son los usuarios de estos sistemas?

6) Mida el desempeño de su computadora personal usando el LINPACK. ¿Cómo se compara con los sistemas modernos? ¿Cuál fue el último año en el que su equipo hubiera sido una de las máquinas de TOP500?

7) La supercomputadora Tianhe-2A (primera en el ranking TOP500 en el periodo 2013-2015 y actualmente en la novena posición) tiene un consumo aproximado de 18,4 MW. Así presentada esta cifra es un tanto abstracta, por lo que intentaremos bajarla a la tierra con un experimento mental. Sabiendo que la supercomputadora ocupa completamente un salón de 720m², responda:

a) ¿Cuántos vatios por metro cuadrado disipa Tianhe-2A?

b) ¿Cuántas estufas eléctricas hogareñas (digamos, de 1.5kW c/u) por metro cuadrado que es necesario colocar en la misma habitación para igualar el consumo de Tianhe-2A?

Imagínese ahora a usted mismo en ese cuarto junto a la computadora (o equivalentemente, junto a las estufas) y empezará a desear que hubiera ventanas para abrir (no las hay). A partir de lo anterior podrá comprender por qué el sistema utiliza aproximadamente 7 MW adicionales con el único fin de mantenerse refrigerado, llevando el consumo total a 24 MW.

A la luz de lo anterior podrá apreciar mejor la razón de ser del GREEN500 (<https://www.top500.org/lists/green500/>). Responda:

c) ¿Qué es el GREEN500? ¿Qué índice de desempeño se utiliza para comparar los sistemas en este ranking?

d) ¿En qué posición del GREEN500 de Junio de 2022 está Tianhe-2?

e) ¿En qué posición del TOP500 de Junio de 2022 se encuentra el sistema que está en la primera posición de la GREEN500 del mismo mes?

f) ¿Cómo se compara la computadora cuyo desempeño midió en el ejercicio 6 contra los equipos en la lista del GREEN500?

8) Examinando las gráficas de la evolución histórica de las computadoras en el TOP500 que se pueden encontrar en la referencia [3]:

- a) ¿Qué tipos de arquitectura paralela desaparecieron de la lista del TOP500 con el correr de los años? ¿Qué ocurrió con los procesadores vectoriales? ¿Por qué razón se extinguieron?
- b) ¿Qué arquitecturas de procesador perdieron relevancia y cuáles ganaron? ¿Cuál es la arquitectura dominante en la actualidad?
- c) ¿Cuál es la tendencia en el uso de coprocesadores? ¿Qué tipo de sistemas se utilizan como coprocesador? Determine qué líneas de productos de NVIDIA e Intel son utilizadas como coprocesadores en los sistemas del TOP500.
- d) ¿Qué sistemas operativos utilizan estos sistemas?

9) Estudios realizados durante la vida útil de un sistema de cómputo de alta performance construido en 2002 en el Los Alamos National Laboratory indican que en promedio sus 4096 procesadores tuvieron una tasa de averías (definida como una falla del hardware, software, alimentación, red, etc.) de aproximadamente 0,25 averías por cada año y por cada procesador.

- a) Calcule el tiempo medio entre averías de este supercomputador.
- b) Los sistemas actuales cuentan con una cantidad de procesadores mucho mayor. Suponiendo que fuera posible, ¿qué tiempo medio entre fallas tendría un sistema de 705.024 procesadores (cantidad de procesadores de una supercomputadora del TOP500 de 2014 que tiene una arquitectura semejante a la de Los Alamos) construido con la misma tecnología que el sistema de Los Alamos?
- c) Evalúe las consecuencias de que falle un nodo del clúster durante una simulación, si en un caso típico esta última puede tomar varios días y hasta semanas en completarse. ¿Es satisfactorio simplemente arrancar una simulación de nuevo cada vez que hay un problema?
- d) Discuta: ¿Qué soluciones se le ocurren para resolver el problema de la falibilidad de los nodos en sistemas de cómputo cada vez más grandes?

10) Realice una breve comparación entre sistemas de cómputo de alta performance (HPC), datacenters y Warehouse-scale computers (WSC), indicando las principales diferencias y similitudes.