

Análisis de rendimiento y consumo energético para un procesador

Yonatan Fernando Montañez Araque
Escuela de Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia
yonatan2211851@correo.uis.edu.co

Andrés Felipe Jaimes Ojeda
Escuela de Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia
andres2211236@correo.uis.edu.co

Valery Andrea Melchor Suárez
Escuela de Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia
valery2191916@correo.uis.edu.co

Nelson David Mendoza Castellanos
Escuela de Ingeniería de Sistemas
Universidad Industrial de Santander
Bucaramanga, Colombia
nelson2210047@correo.uis.edu.co

Resumen —Este artículo explora la relación entre el tiempo de ejecución de un programa y la cantidad de núcleos presentes en el procesador sobre el cual se está corriendo dicho programa. Para ello se plantean ciertas situaciones en las cuales se observa como la variación de ciertos parámetros influye en el rendimiento del computador. También, se busca comprender, por medio del análisis de un procesador dado, la función que desempeñan algunos de los componentes empleados en el diseño y fabricación de los computadores actuales.

Abstract—This article explores the relationship between the execution time of a program and the number of cores present in the processor on which the program is running. For this purpose, certain situations are presented in which it is observed how the variation of certain parameters influences the performance of the computer. We also seek to understand, through the analysis of a given processor, the role played by some of the components used in the design and manufacture of today's computers.

I. INTRODUCCIÓN

En esta nueva era informática, los recientes avances tecnológicos y el uso continuo de sistemas informáticos exigen equipo de cómputo más rápido y eficiente que supla las diferentes necesidades del público. Como respuesta a tales desafíos, los procesadores de múltiples núcleos han emergido como una alternativa para mejorar la eficiencia, capacidad y procesamiento computacional.

La arquitectura de computadores ha experimentado una evolución bastante enriquecedora en las últimas décadas. Desde los inicios del transistor, pasando por circuitos integrados y chips de silicio, la computación ha sido clave fundamental en el desarrollo de la sociedad moderna.

Esta transición ha sido impulsada por la necesidad de manejar cargas de trabajo cada vez más complejas y exigentes, como el procesamiento de grandes volúmenes de datos en aplicaciones de inteligencia artificial, análisis de big data y

simulaciones científicas. Por consiguiente, los procesadores con múltiples núcleos juegan un papel relevante y fundamental.

Este white paper explora la arquitectura de procesadores con varios núcleos, analizando los beneficios que ofrecen en términos de rendimiento, eficiencia y tiempo de ejecución.

A lo largo de estas páginas, se dará solución a ciertas problemáticas referente a este tipo de arquitectura. Este documento pretende proporcionar una visión técnica y actualizada sobre un aspecto crucial de la informática moderna que está dando forma al futuro de la tecnología digital.

II. PROBLEMÁTICA

A. Planteamiento del problema

La figura 1 muestra un procesador Intel Xeon E3-1285 v6 de 4.10GHz cuyo consumo energético por núcleo está dado por la siguiente expresión:

Intel Xeon E3-1285 v6



Fig. 1. Procesador Intel Xeon E3-1285 v6

$$C_{energetico} = 146,3 \frac{mA}{GHz} (voltaje)^2 \quad (1)$$

$$C_{energetico} = 0,1463 \frac{A}{GHz} (voltaje)^2 \quad (2)$$

Además, el voltaje aplicado para todo el procesador se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$V = \frac{1}{5} \text{ de frecuencia} + 0.6 \quad (3)$$

Donde la frecuencia está dada en GHz.

Con base en la información previamente mencionada y teniendo en cuenta que se parte de un TDP(Potencia de diseño térmico) de 79 W, el voltaje para el procesador dado sería de 1.42 V.

Al realizar un benchmarking se dispone de la siguiente tabla, donde se relaciona la cantidad de núcleos, el número de operaciones realizadas y el CPI promedio por núcleo.

TABLE I
INSTRUCCIONES POR NÚCLEO Y CPI

Núcleos por procesador	Instrucciones por núcleo	CPI
1	1.00E+10	1.0
2	5.00E+9	1.2
4	2.50E+9	1.7

A partir de los datos registrados en la tabla I se busca dar solución a los siguientes planteamientos:

- 1) Encontrar el consumo de poder medio de un programa que se ejecuta en 1, 2 y 4 núcleos asumiendo que cada núcleo opera a 3.7 GHz de Frecuencia.
- 2) ¿Cuál sería el tiempo de ejecución de un programa para 1, 2 y 4 núcleos?
- 3) Teniendo en cuenta las especificaciones que puede encontrar en el sitio del fabricante, para el procesador de la figura 1, cual sería la configuración mínima ideal para usar ese procesador en un servidor (DRAM, Disco Duro, Interfaz de Red, Tamaño del chasis del servidor, fuente de poder). ¿Cuál sería su costo aproximado en dólares?
- 4) A partir de la configuración y organización sugerida en el punto C. ¿hacia que aplicaciones dirigiría la solución? ¿Qué limitaciones arquitecturales tendría?
- 5) ¿Por cual procesador de otro fabricante podría remplazarse, suponiendo que la configuración de su servidor sea compatible?

III. SOLUCIÓN

La solución propuesta consta de una serie de procedimientos e investigaciones que se detallan en el presente texto.

- 1) Para dar solución al primer planteamiento es necesario hacer uso de las ecuaciones (2) y (3) para determinar el consumo de poder energético por cada núcleo, posteriormente se calcula el consumo energético para cada una de las arquitecturas propuestas.
Teniendo en consideración una frecuencia de 3,7 GHz a la cual opera cada núcleo, por medio de la ecuación 3 es posible calcular el voltaje para cada núcleo:

$$V = \frac{1}{5}(3,7) + 0,6 = 1,34 [V] \quad (4)$$

Ahora, teniendo en cuenta la frecuencia de operación y el voltaje para cada núcleo, el consumo energético está dado por:

$$C_{energetico} = 0,1463(3,7)(1,34)^2 = 0,9719 [W] \quad (5)$$

La tabla 2 muestra el consumo energético para cada una de las arquitecturas propuestas:

TABLE II
CONSUMO ENERGÉTICO POR NÚCLEO

Núcleos	Consumo por núcleo [W]	Consumo Total [W]
1	0,9719	0,9719
2	0,9719	1,9436
4	0,9719	3,8876

- 2) CPI: : número medio de ciclos de reloj por instrucción para un programa o fragmento de programa.

Instrucciones por núcleo: Cantidad de instrucciones realizadas por cada uno de los núcleos al ejecutar un programa.

El tiempo de ejecución de un programa es el lapso real que le toma a la CPU realizar una tarea específica. Dicho lapso está relacionado directamente con el número de instrucciones ejecutadas y el CPI promedio del programa; e inversamente proporcional con la frecuencia de reloj. La ecuación que permite obtener el tiempo de ejecución de un programa se muestra a continuación:

$$tiempo = \frac{Número_de_instrucciones * CPI}{frecuencia_reloj} \quad (6)$$

Así, el tiempo de ejecución para 1, 2, y 4 respectivamente se adjuntan en la tabla 3.

TABLE III
TIEMPO DE EJECUCIÓN DE UN PROGRAMA

Número de núcleos	Tiempo de ejecución [s]
1	2,7027
2	1,6216
4	1,1486

- 3) Según datos del fabricante, el procesador Intel® Xeon® E3-1285 v6 cuenta con 4 núcleos y 8 subprocesos, una frecuencia base de 4,10 GHz que puede elevarse hasta 4,50 GHz y un TDP de 79 W.

Para determinar una configuración mínima ideal, se debe considerar cuáles son los requisitos básicos necesarios para que el procesador funcione correctamente y ofrezca un rendimiento adecuado en un entorno de servidor.

La configuración propuesta consta de una memoria DRAM, discos de almacenamiento, interfaz de red,

chasis del servidor y fuente de poder. Tales componentes se exponen a continuación:

A. Memoria DRAM

Dada la compatibilidad del procesador, se optó por una memoria DRAM DDR4 que garantiza mayor eficiencia y velocidad en los procesos, además, incluye tecnología ECC que aumenta la fiabilidad y estabilidad del sistema, además de proveer la integridad de los datos.

Para garantizar un mayor desempeño y un rendimiento adecuado del servidor, se seleccionó una capacidad de 16 GB distribuida en dos unidades de 8 GB cada una, lo anterior con el objetivo de aprovechar al máximo las características del procesador, ya que dispone de dos canales de memoria. La figura 2 muestra una memoria DRAM con las características antes mencionadas.



Fig. 2. Memoria DRAM DDR4 ECC 2400MHz 8GB

B. Almacenamiento

Dado que los discos de estado sólido(SSD) ofrecen tiempos de acceso y velocidades de lectura/escritura significativamente mejores que los discos HDD, se optó por un disco SSD con interfaz SATA III de al menos 512 GB, lo suficiente para levantar el sistema operativo y almacenar datos y aplicaciones principales. Además, como método de almacenamiento extra se seleccionó un disco HDD de 2 TB que brinda mayor espacio de almacenamiento y un registro de backups.

Las figuras 3 y 4 muestran un disco SSD y HDD respectivamente.

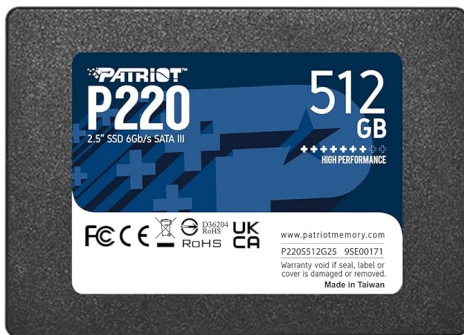


Fig. 3. Disco de estado sólido 512GB



Fig. 4. Disco duro HDD 1TB

C. Interfaz de red

La figura 5 señala una tarjeta de red Gigabit Ethernet (1 Gbps), la cual fue seleccionada, ya que proporciona el patrón mínimo para servidores modernos, brindando velocidades de red adecuadas para la gran mayoría de aplicaciones, además, de una conexión RJ45 estándar.

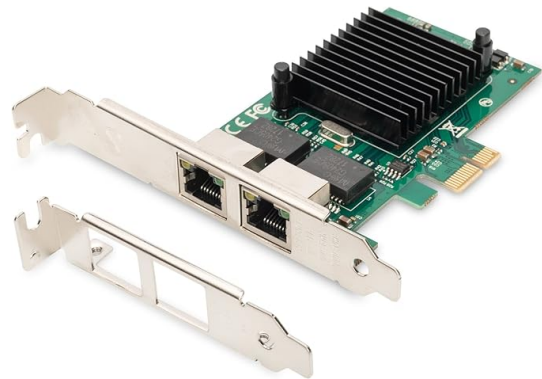


Fig. 5. Tarjeta de red

D. Chasis del servidor

Teniendo en cuenta los requerimientos se escogió un chasis en forma de rack de 2U, el cual funciona para espacios limitados y permite una buena ventilación y gestión de cableado y componentes. Tal chasis se observa en la figura 6.



Fig. 6. Rack 2U

E. Fuente de poder

La fuente de poder es uno de los componentes esenciales en el montaje de un servidor, por tanto, se seleccionó una fuente de entre 500 W y 600 W, con la capacidad suficiente para alimentar todos los componentes de servidor. También, es esencial contar con una certificación 80 PLUS que garantice la eficiencia energética y la fiabilidad. La figura 7 muestra tal fuente de poder.



Fig. 7. Fuente de poder 550W

Todos los componentes antes mencionados, brindan una configuración mínima para un servidor empleando el procesador Intel Xeon E3-1285 v6, teniendo en cuenta un balance entre costo y rendimiento. Los siguientes son los precios promedio dados en dólares para los componentes seleccionados.

- a) Memoria DRAM \$60.0 c/u
- b) Almacenamiento
 - i) Disco de estado sólido SSD de 512GB \$40.0
 - ii) Disco HDD de 1TB \$45.0
- c) NIC Gigabit Ethernet(1 Gbps) \$50.0
- d) Chasis rack 2U \$120.0
- e) Fuente de poder \$70.0
- f) Procesador \$450.0

Para un total aproximado de \$1,195.

- 4) La solución planteada anteriormente representa una configuración base para un servidor, el cual trabaja de

manera óptima con aplicaciones de servidor de nivel bajo e incluso medias.

Esta propuesta funciona bastante bien en servidores de administración y gestión de archivos, pues la combinación de RAM y un disco SSD proporcionan velocidad de lectura y escritura de datos, así como un acceso rápido y ágil a los mismos.

Como host de base de datos pequeñas y medianas, el servidor es capaz de mantener la integridad de los datos, proporcionar tiempos de respuesta rápidos y establecer conexiones entre los clientes y la base.

Otra aplicación que puede ser ejecutada por este servidor, es la de correo electrónico para empresas pequeñas o medianas, pues su memoria EEC ayudan a gestionar múltiples cuentas de correo y tráfico de correos sin interrupciones. Además, su conectividad permite la administración de correos de forma ágil y rápida. Si bien estas tareas son desarrolladas de manera sencilla, a nivel de arquitectura el servidor queda corto cuando se requiere procesar cantidades de datos muy grandes o realizar un tratamiento intensivo de datos. Estas actividades requieren mayor cantidad de almacenamiento y una DRAM lo suficientemente rápida que permita procesar la información sin afectar la funcionalidad del servidor.

A medida que una empresa crece, la cantidad de usuarios también aumenta y las peticiones al servidor son cada vez más, por tanto, esta solución funciona con empresas pequeñas o medianas con un número moderado de usuarios. En caso contrario, es necesario escalar el servidor para satisfacer la demanda y no afectar la experiencia de los usuarios.

- 5) Para realizar un cambio de procesador es necesario tener en consideración aspectos relevantes tales como la compatibilidad de las memorias, el costo del nuevo procesador y la compatibilidad que se tiene con los componentes previamente seleccionados. Así, teniendo en cuenta la funcionalidad para la cual está siendo utilizado el procesador, se optó por un chip AMD EPYC™ 7262 diseñado para servidores. El cual tiene compatibilidad con DRAM DDR4, tiene 8 núcleos y 16 subprocesos para una mayor eficiencia y multitarea, también presenta una frecuencia base de 3,2 GHz que se eleva hasta 3,4 GHz, además, el costo promedio del procesador ronda los \$500.0 permitiendo un cambio entre procesadores sin llegar a afectar el costo o la funcionalidad para la cual fue diseñado el servidor. La figura 8 muestra un procesador AMD EPYC™ 7262.



Fig. 8. AMD EPYC™ 7262

IV. CONCLUSIONES

- Las diferentes tablas expuestas a lo largo del artículo, muestran como el tiempo de ejecución de cierto programa disminuye a medida que se aumenta la cantidad de núcleos en el procesador.
- Si bien el aumento en la cantidad de núcleos aumenta la productividad y el desarrollo de multitarea, no necesariamente disminuye el tiempo de ejecución, pues se va a priorizar la cantidad de programas en ejecución y no el tiempo de ejecución de los mismos.
- A medida que se aumentan los núcleos es un procesador, también aumenta el consumo energético, pues cada núcleo es un procesador que requiere de cierto consumo energético para realizar sus funcionalidades, al aumentar la cantidad de núcleos el consumo por núcleo se va acumulando uno tras otro.
- Al momento de armar un equipo, es importante que la elección de componentes a usar debe estar alineada con las necesidades específicas de las aplicaciones que el equipo va a soportar. Así como conocer la arquitectura base de los componentes y poder garantizar la compatibilidad al momento de ensamblar el equipo.

REFERENCES

- [1] D. A. Patterson, and J. L. Hennessy, Computer organization and design: The hardware/software interface, 4th ed., Morgan Kaufmann., London, 1955.
- [2] Intel Corporation. (n.d.). Intel® Xeon® E3-1285 v6 Processor (8M Cache, 4.10 GHz) Product Specifications. Recuperado el 22 de junio de 2024, de <https://ark.intel.com/content/www/us/en/ark/products/97486/intel-xeon-e3-1285-v6-8m-cache-4-10-ghz.html>
- [3] AMD. (n.d.). AMD EPYC™ 7262. Recuperado el 22 de junio de 2024, de <https://www.amd.com/en/products/cpu/amd-epyc-7262>