

CLASIFICACION DE COMPUTADORES PARALELOS

1st Ednan Josué Merino Calderón
Universidad de las Fuerzas Armadas
Sangolquí, Ecuador
ejmerino@espe.edu.ec

2nd Angelo Patricio Sánchez Sarabia
Universidad de las Fuerzas Armadas
Sangolquí, Ecuador
apsanchez9@espe.edu.ec

3rd Justin Joshua Villarroel Barreno
Universidad de las Fuerzas Armadas
Sangolquí, Ecuador
jjvillarroel1@espe.edu.ec

I. RESUMEN

Los computadores paralelos son sistemas que utilizan múltiples unidades de procesamiento para realizar tareas simultáneamente, lo que aumenta la capacidad de procesamiento y la velocidad. Hay tres tipos de arquitecturas en computadores paralelos:

- **Memoria Compartida:** Varios procesadores comparten una memoria centralizada, facilitando la comunicación y el intercambio eficiente de datos. Ideal para aplicaciones con alta interacción entre procesadores y grandes volúmenes de datos compartidos.
- **Memoria Distribuida:** Compuesto por nodos de procesamiento conectados por una red. Cada nodo tiene su propia memoria local, y los procesadores se comunican a través de la red. Útil para tareas independientes que se ejecutan en paralelo en diferentes nodos.
- **Híbridos:** Combinan características de memoria compartida y distribuida. Tienen múltiples nodos con memoria local y comparten una memoria global. Esto permite flexibilidad en el diseño de algoritmos y equilibrio entre eficiencia de comunicación y capacidad de compartir datos.

Además de existir aplicaciones realmente funcionales para cada tipo de arquitectura de estos computadores, dando a cada uno una mejora significativa y dejando en claro el rol que ocupan estos.

II. INTRODUCCIÓN

En la era de la computación avanzada, el procesamiento paralelo se ha convertido en una técnica esencial para abordar problemas complejos y de gran escala. Los computadores paralelos, que emplean múltiples procesadores para ejecutar tareas simultáneamente, han demostrado ser fundamentales en diversas aplicaciones científicas y comerciales. Este artículo se centra en la clasificación de computadores paralelos, abordando tres categorías principales: computadores de memoria compartida, computadores de memoria distribuida y computadores híbridos. Además, se exploran ejemplos de supercomputadores tanto comerciales como de investigación, destacando su utilidad y aplicaciones específicas, con un enfoque en el hardware involucrado.

A. Objetivos

- Proporcionar una descripción detallada de los conceptos y características fundamentales de los computadores de memoria compartida, memoria distribuida y híbridos.
- Presentar ejemplos relevantes de supercomputadores comerciales y de investigación, explicando sus arquitecturas y capacidades.
- Analizar la utilidad de cada tipo de computador paralelo en diversos campos, subrayando las aplicaciones donde su uso es más significativo.
- Examinar los componentes de hardware clave en cada tipo de computador paralelo, destacando las innovaciones tecnológicas que los hacen efectivos.

III. MARCO TEÓRICO

A. Computadoras de Memoria Compartida

La memoria compartida es una forma de memoria del ordenador a la que pueden acceder varios programas con diferentes niveles de privilegio. A menudo se utiliza para facilitar la comunicación entre diferentes partes de un sistema operativo o entre diferentes procesos que se ejecutan en el mismo ordenador. [1]

La memoria compartida para software es un tipo de memoria que puede ser compartida por múltiples aplicaciones o procesos con la intención de proporcionar comunicación entre aplicaciones o evitar copias redundantes de datos. [2]

La memoria compartida puede implementarse de diferentes maneras, dependiendo de la plataforma de hardware y software. La forma más común de memoria compartida es un bloque de memoria de acceso aleatorio (RAM) al que puede acceder cualquier proceso con los permisos adecuados. Otras formas de memoria compartida son los archivos mapeados en memoria y los objetos compartidos anka.[1]

La memoria compartida es una forma eficiente de comunicarse entre procesos, ya que los datos no tienen que ser copiados de un proceso a otro. Sin embargo, también introduce una serie de peligros potenciales, ya que cualquier proceso con acceso a la memoria compartida puede modificarla. Por ello, hay que tener mucho cuidado para garantizar que la memoria compartida se utilice de forma segura y controlada. [1]

La mayoría de los multiprocesadores comerciales son del tipo (Uniform Memory Access): todos los procesadores tienen

igual tiempo de acceso a la memoria compartida. [3] En la arquitectura UMA los procesadores se conectan a la memoria a través de un bus, una red multietapa o un conmutador de barras cruzadas (crossbar) y disponen de su propia memoria caché. [3]

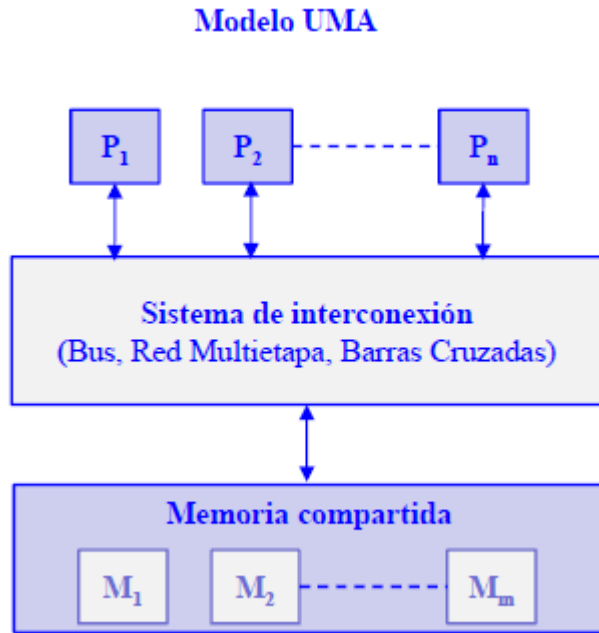


Fig. 1: Modelo UMA

1) *Ejemplo de computadoras de memoria compartida:* Existen actualmente muchos ejemplos de multiprocesadores simétricos de memoria compartida en el mercado.

Procesador	Núcleos	Frecuencia	Caché	Memoria	Precio	Año
SPARC T3	16	1.65 GHz	6 MB L2	128 GB DDR3	18600\$	2010
Intel Xeon W3690	6	3.46 GHz	12 MB L3	24 GB DDR3	999\$	2011
MIPS32 1074k	4	1.5 GHz	32+32KB L1	-	-	2010
ARM Cortex A15	4	2 GHz	-	-	-	-
AMD Opteron 6100	12	2.5GHz	12MB L3	-	1500\$	2010

Fig. 2: Tabla comparativa de modelos SMP en el mercado.

Algunos procesadores o computadores mostrados en el cuadro 1 son ideales para el procesamiento de simulaciones complejas, análisis de datos y complejidades en su tiempo.

B. Computadoras de Memoria Distribuida

Cada procesador tiene su propia memoria local y se comunica con otros procesadores a través de una red. Los sistemas de computación de memoria distribuida son aquellos en los que cada procesador dispone de su propia memoria local, y se comunican entre sí mediante una red. Esta arquitectura es comúnmente empleada en entornos de procesamiento paralelo, donde múltiples procesadores ejecutan diferentes tareas de manera simultánea [5]. Existen dos tipos principales de sistemas de memoria distribuida o multicomputadoras. El primero consiste en una única computadora con múltiples

CPU's que se comunican a través de un bus de datos. El segundo tipo involucra múltiples computadoras, cada una con su propio procesador, conectadas mediante una red de interconexión que puede variar en velocidad. En los sistemas multicomputadoras de memoria distribuida, se emula una memoria compartida. Para ello, se emplean mecanismos de comunicación y sincronización propios de los sistemas multiprocesadores. En cualquier máquina paralela, el hecho de contar con varios procesadores implica la necesidad de un mecanismo que permita la comunicación entre ellos.

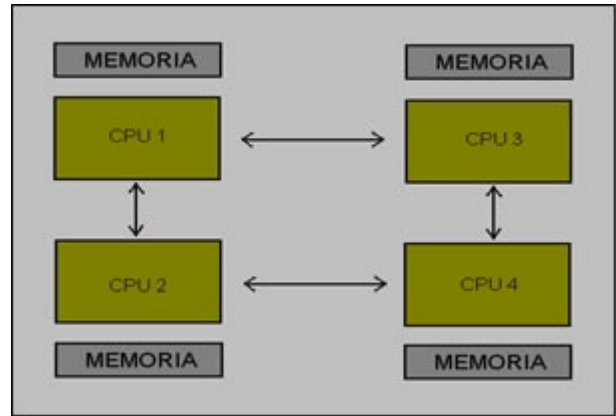


Fig. 3: Memoria Distribuida

1) Principios:

- **Memoria Local:** Cada procesador (o nodo) tiene su propia memoria local y no puede acceder directamente a la memoria de otros nodos. Esto evita los problemas de contención de memoria y escalabilidad que se encuentran en los sistemas de memoria compartida.
- **Comunicación por Mensajes:** Los nodos se comunican entre sí mediante el envío y la recepción de mensajes a través de una red de interconexión. Las bibliotecas de paso de mensajes como MPI (Message Passing Interface) son comúnmente utilizadas para facilitar esta comunicación.
- **Red de Interconexión:** Los nodos están conectados mediante una red de alta velocidad que permite el intercambio rápido de datos. Esta red puede ser una topología específica, como malla, toroide, hipercubo, entre otros, que influye en la latencia y el ancho de banda de la comunicación.
- **Paralelismo Explícito:** La programación en sistemas de memoria distribuida requiere que los desarrolladores expliciten el paralelismo en sus aplicaciones, descomponiendo los problemas en tareas independientes que pueden ser ejecutadas en diferentes nodos.

2) Ejemplos de Computadores (Supercomputadores) Comerciales y de Investigación:

- **IBM Blue Gene:**
 - *Descripción:* Una serie de supercomputadores desarrollados por IBM con una arquitectura de memoria distribuida.

- *Aplicaciones:* Utilizado en investigaciones científicas avanzadas, como simulaciones biológicas y estudios climáticos.
- *Características:* Cada nodo en Blue Gene tiene su propia memoria y los nodos están conectados a través de una red de alta velocidad [7].

- **Cray XT5 (Jaguar):**

- *Descripción:* Un supercomputador desarrollado por Cray Inc., utilizado en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge.
- *Aplicaciones:* Utilizado para investigaciones en áreas como la física de altas energías, ciencias climáticas, y dinámica de fluidos computacional.
- *Características:* Consiste en miles de nodos, cada uno con su propio conjunto de memoria y procesadores AMD Opteron [8].

- **Apache Hadoop Cluster:**

- *Descripción:* Aunque no es un supercomputador en sí, Hadoop es una arquitectura de computación distribuida utilizada para el procesamiento de grandes volúmenes de datos en paralelo.
- *Aplicaciones:* Utilizado en análisis de big data, motores de búsqueda y redes sociales.
- *Características:* Los nodos en un clúster de Hadoop tienen memoria distribuida y se comunican mediante el sistema de archivos distribuido Hadoop (HDFS) [10].

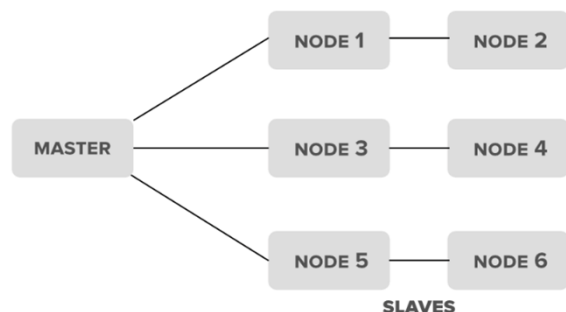


Fig. 4: Apache Hadoop Cluster

- **Tianhe-2 (MilkyWay-2):**

- *Descripción:* Un supercomputador desarrollado por la Universidad Nacional de Tecnología de Defensa en China.
- *Aplicaciones:* Utilizado para simulaciones científicas, análisis de big data y desarrollo de inteligencia artificial.
- *Características:* Arquitectura de memoria distribuida con miles de nodos interconectados a través de una red de alta velocidad [?].

3) Utilidad de los Computadores de Memoria Distribuida:

- **Escalabilidad:** Los sistemas de memoria distribuida son altamente escalables, lo que permite añadir más

nodos para aumentar la capacidad de procesamiento sin problemas significativos de contención de memoria.

- **Rendimiento:** Permiten el procesamiento de tareas altamente paralelizables de manera eficiente, lo que es crucial para aplicaciones científicas y de ingeniería que requieren grandes capacidades de cálculo.
- **Flexibilidad:** Estos sistemas pueden ser configurados y optimizados para una variedad de aplicaciones específicas, desde simulaciones científicas hasta procesamiento de datos a gran escala.
- **Tolerancia a Fallos:** La arquitectura de memoria distribuida puede ser más tolerante a fallos, ya que la falla de un nodo no necesariamente afecta a los demás nodos del sistema.

C. Computadores Híbridos

Combinación entre las computadoras analógicas y las digitales. Se utilizan sobre todo para el control de procesos y robótica. Las computadoras híbridas fueron desarrolladas para complementar la flexibilidad de las computadoras digitales con la velocidad de las computadoras analógicas. Los usuarios necesitan tener conocimientos en computación analógica y digital. [11]

La sección análoga de las computadoras híbridas se usa para dar soluciones aproximadas, lo cual es luego obtenido en la sección digital. Las últimas computadoras híbridas no permiten hacer búsquedas sobre las tablas, presentando la ventaja sobre las computadoras análogas ya que estas no pueden simularlo fácilmente. [12]

La salida de la sección análoga de la computadora híbrida es editada por la sección digital e impresa de la forma más conveniente. Se necesitan métodos para convertir un formulario de analógico a digital y viceversa, los mismos métodos son utilizados para interrelacionar un computador digital del mundo físico. [12]

1) Propósito General:

- Pueden procesar Información de negocios con la misma facilidad que procesan fórmulas matemáticas complejas.
- Pueden almacenar grandes cantidades de información y los grandes programas necesarios para procesarla. Debido a que las computadoras de aplicación general son tan diversas la mayor parte de las empresas actuales las utilizan.

2) Propósito Especial:

- Tienen muchas de las características de las Computadoras de uso general pero se dedican a tareas de procesamiento muy especializados.
- Se diseñan para manejar problemas específicos y no se aplican a otras actividades computarizadas. Por ejemplo, las computadoras de aplicación especial pueden diseñarse para procesar exclusivamente datos numéricos o para controlar completamente procesos automatizados de fabricación.
- Un simulador es un ejemplo de las computadoras de uso específico y puede ser un simulador de vuelo, de

entrenamiento y en otros campos como la enfermería, la tecnología del cuarto de operaciones, la administración de plantas nucleares, los vuelos espaciales, el atletismo, la exploración marina, etc.

Actualmente se puede encontrar aplicaciones de la computadoras en todos los campos de la actividad humana que son importantes para todas las personas porque nos hacen el trabajo más fácil y rápido; algunos de ellos requieren computadoras diseñadas para un propósito específico. Las computadoras híbridas se pueden encontrar en:

- **Investigación científica:** se utiliza la computadora como instrumento para la resolución de cálculos matemático, recuentos numéricos, etc.
- **Aplicaciones técnicas:** son aplicaciones en la que se usa la computadora como herramienta para facilitar diseños de ingeniería, diseños de productos comerciales, trazados de planos, etc.
- **Sistemas de control:** consisten en mecanismos en control remoto diseñado para su uso en domicilios particulares e industriales. Como por ejemplo electrodomésticos, encender o apagar las luces, descongelar el frigorífico, poner en marcha la cafetera, regular la calefacción o aire acondicionado, etc.

D. Ejemplos y Aplicaciones Enfocados en el Hardware

E. Centros de datos y servicios en la nube

Una gran variedad de centros de datos y proveedores de servicios en la nube han adoptado configuraciones híbridas para ofrecer un rendimiento óptimo a sus clientes, además de mejorar la seguridad de sus datos privados. Por ejemplo:

- **Microsoft Azure** (anteriormente Windows Azure y Azure Services Platform) es la plataforma de computación en la nube creado por Microsoft para construir, probar, desplegar y administrar aplicaciones y servicios utilizando su infraestructura global.

1) *Conceptualización de Modelos Climáticos:* Los modelos climáticos son herramientas computacionales que simulan el comportamiento del clima de la Tierra a través de ecuaciones matemáticas basadas en las leyes de la física, la química y la biología. Estos modelos son esenciales para entender y predecir el clima y sus variaciones, ayudando a mitigar los efectos del cambio climático y a planificar para el futuro.

Ejemplos de Supercomputadores para Modelos Climáticos

- **Summit (Oak Ridge National Laboratory):** Summit es uno de los supercomputadores más potentes del mundo, diseñado por IBM. Utiliza una arquitectura híbrida que combina CPUs y GPUs, permitiendo un procesamiento masivo de datos. Es utilizado para modelos climáticos avanzados que requieren simulaciones a gran escala y alta resolución temporal y espacial.
- **Gaea (NOAA):** Gaea, operado por la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), es un supercomputador especializado en simulaciones climáticas. Utiliza una arquitectura de memoria distribuida y compartida,

permitiendo simulaciones detalladas del clima global y regional.

- **Fugaku (RIKEN, Japón):** Fugaku, desarrollado por RIKEN y Fujitsu, es uno de los supercomputadores más rápidos del mundo. Su arquitectura híbrida permite simulaciones climáticas complejas y detalladas, proporcionando datos cruciales para la investigación climática global.

Los modelos climáticos tienen diversas aplicaciones esenciales, tales como:

- **Predicción del Clima y el Tiempo:** Permiten prever fenómenos meteorológicos como tormentas, huracanes y sequías, mejorando la precisión de los pronósticos y permitiendo una mejor preparación ante eventos extremos.
- **Estudios del Cambio Climático:** Ayudan a entender los efectos del cambio climático a largo plazo, proporcionando datos sobre el aumento del nivel del mar, cambios en los patrones de precipitaciones y temperatura, y sus impactos en ecosistemas y sociedades.
- **Planificación y Mitigación:** Asisten a gobiernos y organizaciones en la planificación y mitigación de los efectos del cambio climático, informando políticas ambientales, estrategias de adaptación y desarrollo sostenible.
- **Investigación Científica:** Proporcionan una plataforma para la investigación en ciencias atmosféricas, oceanográficas y terrestres, facilitando estudios interdisciplinarios y colaborativos.

El hardware para modelos climáticos incluye componentes avanzados que permiten realizar simulaciones complejas y detalladas:

- **Procesadores de Alto Rendimiento:** Utilizan CPUs y GPUs de última generación que ofrecen una capacidad de cálculo extremadamente alta, esencial para procesar las ecuaciones matemáticas complejas de los modelos climáticos.
- **Redes de Interconexión de Alta Velocidad:** Redes como InfiniBand y Omni-Path permiten la rápida transferencia de datos entre nodos de cómputo, reduciendo la latencia y mejorando la eficiencia de las simulaciones distribuidas.
- **Almacenamiento Masivo y Rápido:** Los modelos climáticos generan enormes cantidades de datos. Sistemas de almacenamiento de alta capacidad y velocidad, como SSDs y almacenamiento distribuido, son cruciales para gestionar y analizar estos datos de manera eficiente.
- **Aceleradores de Hardware:** GPUs y FPGAs se utilizan para acelerar tareas específicas dentro de los modelos climáticos, como el procesamiento de gráficos y cálculos matemáticos intensivos, mejorando el rendimiento y reduciendo los tiempos de simulación.

IV. RESULTADOS DE APRENDIZAJE

- **Análisis de ingeniería:** La capacidad de identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en su especialidad; elegir y aplicar de forma adecuada métodos analíticos, de cálculo y experimentales ya establecidos;

reconocer la importancia de las restricciones sociales, de salud y de seguridad, ambientales, económicas e industriales.

- **Comunicación y trabajo en equipo:** Capacidad para comunicar eficazmente información, ideas, problemas y soluciones en el ámbito de ingeniería y con la sociedad en general.

V. CONCLUSIONES

- Cada tipo de arquitectura es fundamental para ciertos tipos de sectores de software como se muestra en la información recolectada, viendo que para operaciones más comerciales se utilizan en su mayoría la arquitectura de memoria compartida, a comparación de la arquitectura de memoria distribuida, ocupada en su mayoría en lugares empresariales, tales como bancos o en sistema de gestión empresarial.
- Los computadores de memoria distribuida representan una arquitectura fundamental en la computación paralela, permitiendo la solución de problemas extremadamente complejos que requieren una gran capacidad de procesamiento. Al distribuir la memoria entre múltiples nodos, se mejora significativamente la escalabilidad y el rendimiento del sistema. Una ventaja clave de los sistemas de memoria distribuida es su mayor tolerancia a fallos. La falla de un nodo individual no interrumpe necesariamente el funcionamiento del sistema completo, lo que aumenta la fiabilidad y la robustez de las operaciones paralelas.
- Los computadores híbridos representan una solución avanzada y versátil en el ámbito de la computación paralela. Al combinar las ventajas de los sistemas de memoria compartida y distribuida, estos computadores ofrecen una flexibilidad y escalabilidad excepcionales, permitiendo abordar una amplia gama de aplicaciones complejas.

REFERENCES

- [1] Sallie. (2023, mayo 12). Memoria compartida - Definición y explicación. TechEdu. <https://techlib.net/techedu/memoria-compartida/>
- [2] Rouse, M. (2024, mayo 5). Memoria compartida. Techopedia.com. <https://www.techopedia.com/es/definicion/memoria-compartida>
- [3] Redes de interconexion para sistemas multiprocesadores. (1983). Microprocessors and Microsystems, 7(10), 491. [https://doi.org/10.1016/0141-9331\(83\)90555-0](https://doi.org/10.1016/0141-9331(83)90555-0)
- [4] De memoria compartida, 1. Introducción al Procesamiento Paralelo 2. Estructura de Los Multiprocesadores. (s/f). Tema 8: Multiprocesadores de memoria compartida y distribuida Tema 8: Multiprocesadores de memoria compartida y distribuida. Ucm.es. Recuperado el 26 de julio de 2024, de <http://www.fdi.ucm.es/profesor/jjruiz/EC-IS/Temas/Tema>
- [5] De memoria compartida, 1. Introducción al Procesamiento Paralelo 2. Estructura de Los Multiprocesadores. (s/f). Tema 8: Multiprocesadores de memoria compartida y distribuida Tema 8: Multiprocesadores de memoria compartida y distribuida. Ucm.es. Recuperado el 26 de julio de 2024, de <https://www.fdi.ucm.es/profesor/jjruiz/ec-is/temas/Tema>
- [6] IBM blue gene. (s/f). IBM.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de <https://www.ibm.com/history/blue-gene>
- [7] Cunoticias. (s/f). Cray Jaguar: características del superordenador. Cunoticias.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de <https://www.cunoticias.com/retro/cray-jaguar-caracteristicas-del-superordenador.php>

- [8] Pastor, J. (2013, junio 9). Tianhe-2, la supercomputadora china que bate todos los récords. Xataka.com; Xataka. <https://www.xataka.com/otros/tianhe-2-la-supercomputadora-china-que-bate-todos-los-records>
- [9] Hadoop Cluster. (2019, abril 12). Databricks. <https://www.databricks.com/glossary/hadoop-cluster>
- [10] (S/f-b). Ilimit.com. Recuperado el 26 de julio de 2024, de <https://ilimit.com/blog/importancia-arquitectura-distribuida/>
- [11] EcuRed. (s.f.). Computadora híbrida - EcuRed. https://www.ecured.cu/Computadora_h%C3%ADrida
- [12] Que es una computadora híbrida. (2018, 31 julio). Proyecto Escolar. <https://eduardoserrano.wordpress.com/que-es-una-computadora-hibrida/>
- [13] Corvo, H. S. (2019, 16 diciembre). Computadoras híbridas: características, tipos, ventajas, ejemplos. Lifeder. <https://www.lifeder.com/computadoras-hibridas/>
- [14] ¿Qué es una computadora híbrida? - Términos y definiciones de ciberseguridad. (s.f.). <https://www.vpnunlimited.com/es/help/cybersecurity/hybrid-computer>