

# Clúster Kabré + OpenMP + OpenMPI

---

## IC-6600 Sistemas Operativos

**Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Central Cartago**

**Escuela de Computación, Ingeniería en Computación**

**I Semestre 2019**

**Prof. Ing. Esteban Arias Méndez**

La base formal de la ingeniería informática cree que la metodología de proveer un medio de hacer trabajos paralelos de cualquier tipo fue inventada por Gene Amdahl de IBM, que en 1967 publicó lo que ha llegado a ser considerado como el libro blanco inicial de procesamiento paralelo: la ley de Amdahl que describe matemáticamente el aceleramiento que se puede esperar paralelizando cualquier otra serie de tareas realizadas en una arquitectura paralela.

---

# INTRODUCCIÓN

---

El término clúster se aplica a los conjuntos o conglomerados de ordenadores unidos entre sí normalmente por una red de alta velocidad y que se comportan como si fuesen una única computadora.

La tecnología de clústeres ha evolucionado en apoyo de actividades que van desde aplicaciones de supercómputo y software para aplicaciones críticas, servidores web y comercio electrónico, hasta bases de datos de alto rendimiento, entre otros usos.

El cómputo con clústeres surge como resultado de la convergencia de varias tendencias actuales que incluyen la disponibilidad de microprocesadores económicos de alto rendimiento y redes de alta velocidad, el desarrollo de herramientas de software para cómputo distribuido de alto rendimiento, así como la creciente necesidad de potencia computacional para aplicaciones que la requieran.

Simplemente, un clúster es un grupo de múltiples ordenadores unidos mediante una red de alta velocidad, de tal forma que el conjunto es visto como un único ordenador, más potente que los comunes de escritorio.

Los clústeres son usualmente empleados para mejorar el rendimiento o la disponibilidad por encima de la que es provista por un solo computador típicamente siendo más económico que computadores individuales de rapidez y disponibilidad comparables. de interfaces gráficas que permitan interactuar de forma más natural al usuario del juego con el sistema.

OpenMP es una extensión de lenguaje para expresar operaciones de datos en paralelo (generalmente, matrices en paralelo sobre loops). MPI es una biblioteca para el paso de mensajes entre procesos de nada compartido.

OpenMP es un nivel más alto de abstracción, ya que su propósito es exponer la concurrencia y el flujo de datos del programa al compilador. Por el contrario, la concurrencia MPI es implícita (todos los procesos son paralelos), y los mensajes establecen la estructura de flujo de datos de la computación.

Aunque es común pensar que OpenMP se trata solo de memoria compartida, no hay nada que impida que una implementación de OpenMP use MPI para operar a través de procesos y hosts. OTOH, la dualidad de la memoria compartida y el paso de mensajes significa que las implementaciones de MPI a menudo aprovechan la memoria compartida para los rangos en el mismo nodo.

OpenMP es una plataforma de programación que permite paralelizar el código en un sistema de memoria compartida homogéneo (por ejemplo, un procesador de múltiples núcleos). Por ejemplo, uno podría poner en paralelo un conjunto de operaciones sobre un procesador de múltiples núcleos donde los núcleos comparten memoria entre sí. Esta memoria incluye memoria caché, RAM, memoria de disco duro, etc., y la comunicación es fácil y relativamente barata.

Open MPI (basado en la interfaz de paso de mensajes) también es una plataforma de programación, pero en su lugar ofrece la capacidad de paralelizar el código a través de un sistema distribuido (no) homogéneo (por ejemplo, un supercomputador). Por ejemplo, es posible paralelizar un programa completo a través de una red de computadoras o nodos, que se comunican a través de la misma red. Dado que estos nodos son esencialmente computadoras, tienen su propio diseño de memoria y su propio conjunto de núcleos (consulte la descripción de OpenMP). La comunicación entre nodos, en comparación con los sistemas de memoria compartida, puede ser difícil y generalmente es costosa.

---

# PROYECTO

---

Usted debe usar 3 configuraciones de clúster usando 2, 4 y 8 nodos del Clúster Kabré del Laboratorio Nacional de Computación Avanzada, CNCA, del Centro Nacional de Alta Tecnología, CeNAT. Aquí usará el Sistema Operativo Linux que corre dicho Clúster.

Debe proponer e implementar un pequeño programa paralelizable en C/C++ o un lenguaje soportado por la plataforma OpenMP y ejecutarlo en el clúster utilizándola. Deberá correr dicho programa en cada una de sus configuraciones de nodos dada en el Clúster. Para trabajar entre nodos podría requerir utilizar adicionalmente OpenMPI.

Deberá hacer una comparación entre las configuraciones de clúster por cantidad de nodos realizada y describir cada una en referencia a los tiempos de ejecución obtenidos, los nodos y más datos relevantes.

Deberá hacer múltiples pruebas (al menos 10 de cada una) y corridas del código en cada una de las posibles configuraciones tomando los tiempos en cada caso y tabulando dicha información, luego promediándola para hacer una tabla comparativa y justificar los resultados según los comportamientos y sus propias observaciones.

Acá se aconseja algún programa que tarde varios minutos en ejecución en una máquina convencional como su computadora de trabajo, para que puedan observarse las diferencias en la duración de tiempos entre cada configuración. Para tal fin, indique en la documentación el tiempo que tarda el programa en su computadora personal y brinde las características técnicas de la misma. El programa que vaya a ejecutarse debe ser altamente paralelizable para que se pueda configurar su corrida en 2, 4 y 8 nodos respectivamente para el clúster y analizar los cambios y mejoras presentadas.

El programa por implementar debe ser diferente y único para cada pareja de trabajo en el curso.

Deberán además mostrar pruebas de acceso, fechas y pruebas de ejecución con el usuario de cada miembro del grupo en el clúster y los datos propios de cada una de sus propias máquinas.

Deberá buscar un programa que le permita calcular la cantidad de flops que corren sus máquinas de trabajo, y cada una de las configuraciones de clúster

que configurará. Para cada una deberá haber descrito la configuración física de cada uno de los componentes de las computadoras, incluidas las propias: con marca, procesadores, tipo, memoria RAM: tipo, cantidad y velocidad, tipo de disco duro, cantidad y tipos de memoria caché, etc.

Finalmente, debe de generar la documentación del trabajo realizado en un formato de artículo científico, presentando y explicando el trabajo realizado, con un mini marco teórico sobre todas las herramientas empleadas, datos sobre el clúster Kabré, indicar datos principales de los equipos de trabajo utilizados, el detalle del programa empleado, las tablas de las corridas y tomas de datos, sus gráficos, fórmulas, tablas, cálculos realizados y demás, referencia al material de apoyo, etc... para generar toda clase de conclusiones y observaciones pertinentes a cerca de las configuraciones de 2, 4 y 8 nodos del clúster de alto rendimiento usado. Para tal fin use el formato IEEE para artículos en conferencias en hoja tamaño carta (<https://www.ieee.org/conferences/publishing/templates.html>).

En el artículo no se incluyen las pruebas de acceso al clúster por parte de cada miembro, para esto agregará un archivo de reporte de apéndice separado en PDF de documentación con todos los aspectos indicados, fotos de trabajo, pruebas y evidencias de trabajo y demás datos no relevantes para el artículo científico, pero si para demostrar su trabajo. Debe enviar ambos archivos en PDF en la entrega digital.

En este enlace encontrará material sobre el clúster del CeNAT, <https://github.com/CNCA-CeNAT/EV-HPC-2017>

Material adicional de referencia: <https://www.youtube.com/watch?v=nE-xN4Bf8XI>, y videos siguientes.

---

# ENTREGA

---

## **Disposiciones generales**

Los fraudes en cualquier actividad llevada a cabo durante el semestre implicarán que se perderá el curso y se reportará la nota mínima. Además, se enviará una carta al expediente del estudiante. Podría haber defensa del proyecto de forma individual.

El trabajo es en parejas de 2 máximo.

La fecha de entrega máxima será el martes 4 de Junio antes de las 12 media noche. Pueden entregar el trabajo en cualquier fecha anterior.

Enviar la documentación al correo: [earias@ic-itcr.ac.cr](mailto:earias@ic-itcr.ac.cr), además de su artículo y su reporte ambos en PDF, NO enviar archivos comprimidos, deberá además copiar a su compañero de trabajo en el correo y toda la documentación.