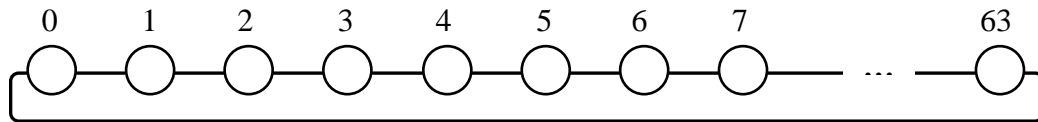


Diseño y gestión de una máquina paralela de memoria distribuida para un centro de cálculo.

Se trata de diseñar una arquitectura paralela de memoria distribuida simple y ficticia para un centro de cálculo en la que se ejecutarán programas paralelos en el que intervienen tanto operaciones de cálculo como mensajes de comunicación entre los diferentes procesos. Además hemos de gestionar su acceso de forma eficiente para rentabilizar su coste en el período establecido.

Caracterización de la arquitectura.

64 nodos de procesamiento. Cada nodo dispone de memoria suficiente para ejecutar los procesos asignados y cada nodo consta de un único procesador. Los nodos están organizados mediante una red de interconexión en anillo y se comunican entre sí a través de enlaces directos con sus nodos vecinos.



Enlaces. Establecen la comunicación entre dos nodos vecinos de la red y de esta manera, cualquier par de nodos de la red puede comunicarse entre sí estableciendo la comunicación a través de los nodos intermedios.

Disponen de un ancho de banda limitado a 1Gbit/seg y se pueden configurar de manera que se establezcan n canales de $1/n$ Gbit/seg. por enlace. Todos los enlaces de la máquina se han de configurar de la misma manera y por tanto todos tendrán el mismo número n de canales con ancho de banda $1/n$ Gbit/seg.

Caracterización de los programas.

De 2 a 16 procesos. Los programas se dividen en procesos totalmente iguales que se ejecutan de forma simultánea. A cada proceso se le asignará un nodo y supondremos que todos los procesos han de comunicarse entre sí.

Los procesos de un programa se han de distribuir en diferentes nodos y los nodos se han de comunicar entre sí a través de la red de interconexión. Para ello es necesario que los nodos asignados al programa estén libres y que los enlaces que unen entre sí dichos nodos dispongan de canales libres. De lo contrario, el programa no se podría ejecutar al no poder realizar las operaciones de comunicación.

Durante la ejecución de un programa, tanto los nodos asignados como los canales utilizados serán de uso exclusivo, por tanto, durante ese tiempo, ningún otro programa podrá utilizarlos.

Tiempo de ejecución ideal. Corresponde al tiempo de ejecución de un programa debido únicamente a las operaciones de cálculo.

Supondremos que todos los procesos que componen el programa son idénticos y se ejecutarán simultáneamente, por tanto el tiempo de ejecución de todos los procesos es el mismo y equivalente al tiempo de ejecución del programa.

Consideraremos que un programa es *corto* si el tiempo de ejecución ideal es inferior a 1 hora y consideraremos que un programa es *largo* si el tiempo de ejecución ideal de sus procesos es igual o superior a 1 hora.

Comunicación. Todos los procesos de un programa se comunican entre sí utilizando la red de interconexión mientras dura su ejecución.

Para poder ejecutar un programa, todos los enlaces que unen entre sí los nodos asignados han de disponer de algún canal libre. Por ejemplo, si un programa tiene tres procesos y los nodos asignados son el 1, 4 y 7, todos los enlaces comprendidos entre el nodo 1 y 7 han de disponer de algún enlace libre.

Tiempo de ejecución real. Es el tiempo de comunicación ideal junto con el coste que conlleva la comunicación cuando hay que atravesar la red de interconexión.

Supondremos que el coste de comunicación es proporcional a las operaciones de cálculo, que será mayor cuanto menor sea el ancho de banda de los canales, y que será mayor cuanto más distancia tengan que recorrer los mensajes. Concretando, aproximaremos el tiempo de ejecución real según la siguiente expresión:

$$Tejecución_real = Tejecución_ideal * [1 + 0,2 * n * (1 + 0,15 * Lmax)]$$

donde n corresponde al número de canales de cada enlace y $Lmax$ corresponde a la distancia entre los procesos más alejados del programa.

Costes

Implementación.

Procesador + memoria = 9.000 Euros. * 64 = 576.000 Euros

Enlaces = 1.500 Euros * 64 = 96.000 Euros

Costes de instalación = 45.000 Euros

Total: 717.000 Euros.

Proyecto

Se trata de gestionar la máquina con el fin de garantizar la calidad de servicio hacia los usuarios. Los usuarios acceden enviando sus programas a ejecutar y esperan que los resultados se obtengan dentro de unos márgenes de tiempo razonables.

Además queremos conseguir que la máquina se rentabilice en dos años, es decir, hemos de calcular cuánto hemos de cobrar a los usuarios por tiempo de ejecución y por procesador para conseguir que el centro de cálculo tenga un balance cero en cuanto a ingresos menos gastos al cabo de dos años. A la hora de evaluar el coste de ejecución se ha de tener en cuenta el *tiempo de ejecución ideal* y este tiempo ha de ser multiplicado por el número de procesadores empleados, ya que no es lo mismo 10 minutos de ejecución en 2 procesadores que esos mismos 10 minutos empleando 8 procesadores.

Consideramos únicamente el cobro por *tiempo de ejecución ideal* ya que el tiempo real depende de nuestra arquitectura y de nuestras decisiones a la hora de distribuir los procesos sobre los nodos.

El objetivo principal es atender el máximo número de programas posible manteniendo siempre el *Tiempo de Servicio* (desde que se realiza el envío hasta que se reciben los resultados) dentro de unos márgenes establecidos. Cuando un usuario envía un programa a la máquina, existirá una alta probabilidad de que los procesadores estén ocupados ejecutando otros programas que fueron enviados con anterioridad, por tanto el programa deberá esperar su turno en un sistema de colas (*Tiempo en Cola*). En definitiva, el tiempo de servicio equivale al tiempo en cola del programa enviado sumado al tiempo de ejecución.

Los márgenes establecidos para el tiempo de servicio son:

- 12 horas para los programas cortos.
- 36 horas para los programas largos.

y para considerar una calidad de servicio aceptable, el 95% de los programas enviados ha de cumplir los márgenes indicados anteriormente.

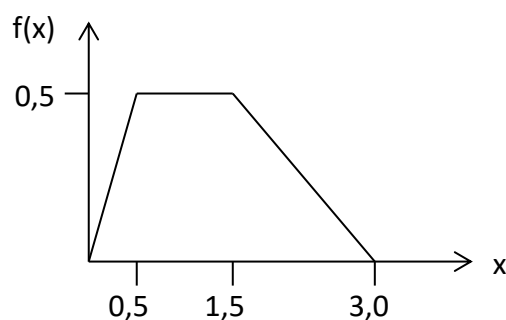
Aquellos programas que no sean servidos en el tiempo establecido no conllevarán coste alguno para el usuario.

Para ello es necesario decidir cómo ha de ser el funcionamiento de las colas de acceso a la máquina. Habrá que estudiar los siguientes casos:

- Una única cola con acceso a todos los nodos.
 - Todos los programas entran en la misma cola y salen en el orden de llegada. Cualquier programa puede acceder a cualquier nodo de la arquitectura.
- Dos colas con acceso exclusivo a una parte de la arquitectura
 - Los programas acceden a una de las dos colas en función de sus características. Los programas salen de la cola en orden de llegada, pero cada cola da acceso únicamente a un conjunto determinado de nodos.
 - A una de las colas van los programas cortos y con cierto rango en el número de procesos y a la otra van el resto.
- Dos colas con acceso alternativo a todos los nodos.
 - Los programas acceden a una de las dos colas en función de sus características y salen en orden de llegada pero alternando ambas colas. Cualquier programa puede acceder a cualquier nodo de la arquitectura.
 - A una de las colas van los programas cortos y con cierto rango en el número de procesos y a la otra van el resto.

Especificaciones

- Utilizaremos una distribución personalizada para simular los tiempos de ejecución ideal de los programas con los siguientes parámetros:



- Utilizaremos la distribución Entera Binomial con $\text{trials} = 14$ y $\text{probability} = 0.5$ que nos define valores enteros aleatorios entre 0 y 14 para simular la cantidad de procesos de los programas (hay que sumar 2 para que salga de 2 a 16).
- Utilizaremos la distribución Exponencial para simular los intervalos de llegada entre programas, cuya media hemos de definir nosotros.
- Hemos de tener en cuenta que la media de los intervalos de llegada es tres veces superior en período laborable nocturno de 9 de la noche a 9 de la mañana y todo el día en sábados y en domingos (dicho de otra manera la tasa de trabajos que llegan a lo largo del tiempo es tres veces menor).

Objetivos

Hemos de definir el sistema de gestión de acceso y contabilidad de nuestra máquina, para atender el máximo número de procesos por unidad de tiempo, manteniendo la calidad de servicio y rentabilizando nuestro centro de cálculo consiguiendo que el balance de ingresos y gastos en los dos primeros años sea cero.

En otras palabras, el sistema estará mejor gestionado, cuanto menor sea la media de la distribución Exponencial que simula los intervalos de llegada de los procesos (mayor sea la tasa de llegada) manteniendo siempre el 95% de los tiempos de servicio dentro de los márgenes establecidos y cuanto menor sea el coste que tengamos que cobrar a nuestro usuarios que nos permita rentabilizar el centro de cálculo.

Ambos aspectos están estrechamente relacionados, ya que cuanto más eficiente sea nuestra gestión de acceso más usuarios podremos atender y más ocupada tendremos nuestra máquina (dinero que ingresamos) permitiendo a su vez bajar los precios.

Partes en las que se puede dividir el desarrollo del proyecto

- *Gestión de colas de acceso.* Cómo se ha de gestionar la llegada de procesos a la máquina antes de asignar los procesadores.
- *Asignación de procesos a procesadores (Mapeo) + canales (Enrutamiento).* Buscando la mayor localidad posible, es decir, que los procesos estén lo más cercanos posible, en función de la disponibilidad de procesadores y canales.
- *Representación gráfica de resultados, testeo y evaluación de alternativas.* Probar diferentes alternativas de gestión de colas obteniendo gráficas automáticas que ayuden a interpretar los resultados y a tomar decisiones.