

Universidad Simón Bolívar
Departamento de Computación y T. I

Sistemas de Operación II
CI-4821

Arquitecturas de Hardware en Sistemas Distribuidos.

Prof. Yudith Cardinale
Abril – Julio 2012

Definición de Sistemas Distribuidos

Colección de computadores independientes que se presentan ante los usuarios como un único sistema coherente

- ❖ **Aspecto de hardware: Los computadores son independientes**
- ❖ **Aspecto de software: los usuarios piensan que existe un único sistema**

Definición de Sistemas Distribuidos

Consecuencias de los sistemas distribuidos:

- ❖ **Concurrencia**
- ❖ **Inexistencia de reloj global**
- ❖ **Fallas independientes**

Aspectos de Software: Conceptos

- ❖ **Los sistemas de operación para sistemas distribuidos se dividen en:**
 - **Software débilmente acoplado:**
 - **Permite a los usuarios y máquinas ser fundamentalmente independientes unos de otros**
 - **Los componentes interactúan cuando sea necesario**
 - **Software fuertemente acoplado:**
 - **Se requiere la colaboración de todos los elementos del software para llevar a cabo un objetivo común**
 - **Comunicación intensiva**

Aspectos de Software: Conceptos

- ❖ **SISTEMAS DE OPERACIÓN DISTRIBUIDOS:**
 - **Colección de componentes de software que simplifican las tareas de programación y soportan un alto rango de aplicaciones**
 - **Son modulares y extensibles, lo que implica que se pueden adicionar nuevos componentes en respuesta a nuevas necesidades**
 - **Poseen mecanismos de comunicación y esquemas de protección globales**
 - **Software fuertemente acoplado**
 - **Usados para sistemas homogéneos**

Aspectos de Software: Conceptos

❖ **SISTEMAS PARALELOS:**

- **Buscan obtener máxima velocidad en un problema determinado**
- **Software fuertemente acoplado**

❖ **SISTEMAS DE OPERACIÓN DE REDES:**

- **Conjunto de computadores conectados por una red**
- **Existe autonomía en cada estación**
- **La localización de los objetos no es transparente**
- **Software débilmente acoplado**
- **Usados para sistemas heterogéneos**

Aspectos de Software: Conceptos

- ❖ **SISTEMAS DE OPERACIÓN PARA MULTIPROCESADORES:**
 - **Conjunto de procesadores conectados por un bus**
 - **Existe una sola memoria (memoria compartida)**
 - **Existe un único sistema de operación**
 - **Sincronización con semáforos y monitores**

Aspectos de Software: Conceptos

- ❖ **SISTEMAS DE OPERACIÓN PARA MULTICOMPUTADORES:**
 - **Conjunto de máquinas conectadas por una red**
 - **Desarrollado para multicomputadores homogéneos**
 - **La comunicación se realiza a través de pase de mensajes**

Aspectos de Software: Conceptos

- ❖ **SISTEMAS DE MEMORIA COMPARTIDA DISTRIBUIDA:**
 - **Sobre sistemas multicomputadores, de memoria distribuida, se simula memoria compartida**
 - **Se usan los mecanismos de comunicación y sincronización de sistemas multiprocesadores**

Aspectos de Software: Conceptos

❖ MIDDLEWARES:

- ▢ **Sistemas que toman las ventajas de los sistemas de operación distribuidos (transparencia y facilidad de uso) y los sistemas de operación de redes (escalabilidad y flexibilidad)**
- ▢ **Se monta sobre sistemas de operación locales diferentes**
- ▢ **Integra total heterogeneidad**

Aspectos de Hardware

- ❖ Hardware fuertemente acoplado:
 - El retardo del envío de un mensaje es poco: baja latencia
 - La tasa de transferencia de datos es alta: buen ancho de banda
 - Generalmente son de memoria compartida
- ❖ Hardware débilmente acoplado:
 - Latencia alta
 - Bajo ancho de banda

Aspectos de Hardware

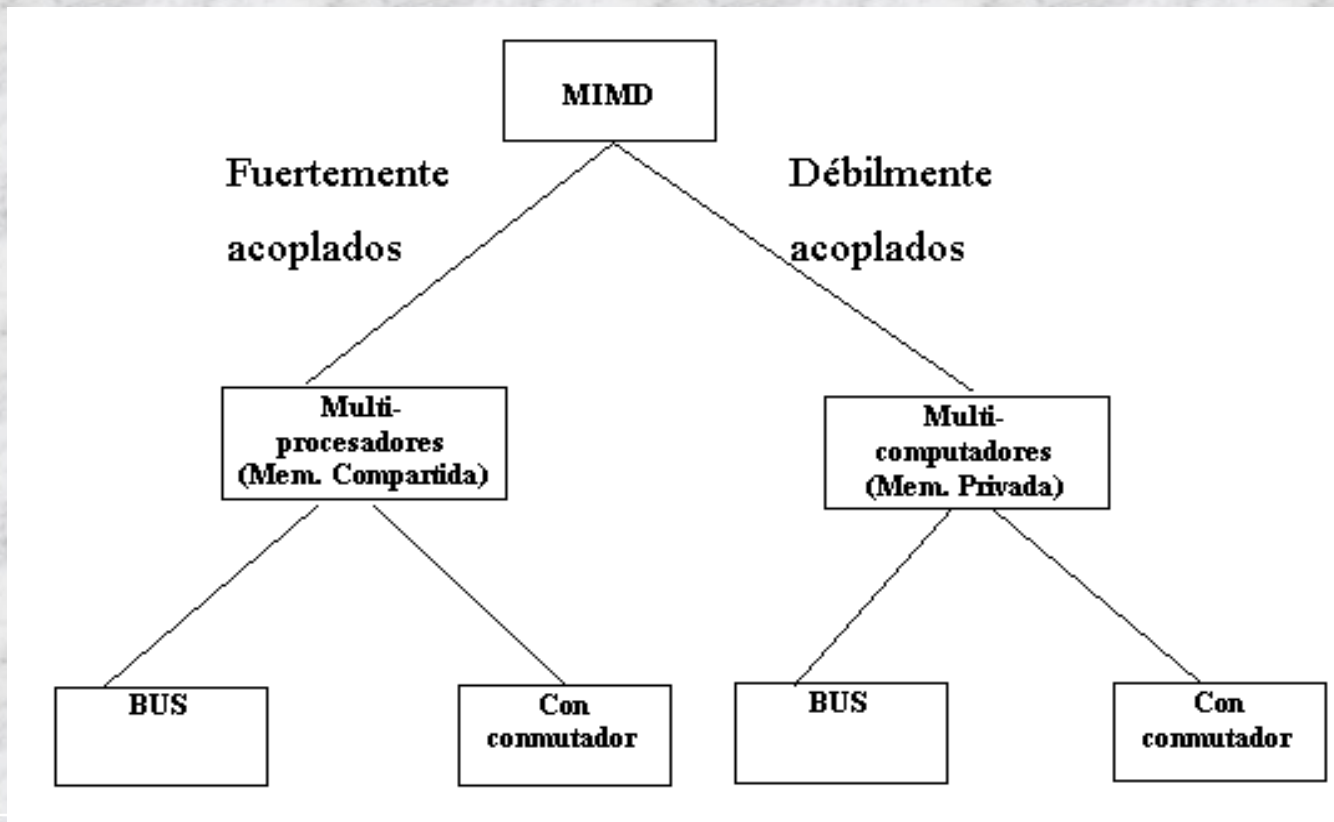
- ❖ Taxonomía de Flynn (1972): - Basada en el Nro. de flujos de instrucciones y en el Nro. de flujos de datos.
 - SISD: Single Instruction, Single Data
 - ▶ Computadores de 1 CPU.
 - SIMD: Single Instruction, Multiple Data
 - ▶ Computadores vectoriales.
 - ▶ Computadores paralelos.

Aspectos de Hardware (cont.)

- MISD: Multiple Instruction, Single Data.
 - ▶ No hay computadores en esta clasificación.
- MIMD: Multiple Instruction, Multiple Data.
 - ▶ Sistemas Distribuidos.
 - ▶ Computadores paralelos.
 - ▶ Clusters de PCs y estaciones de trabajo

Aspectos de Hardware (cont.)

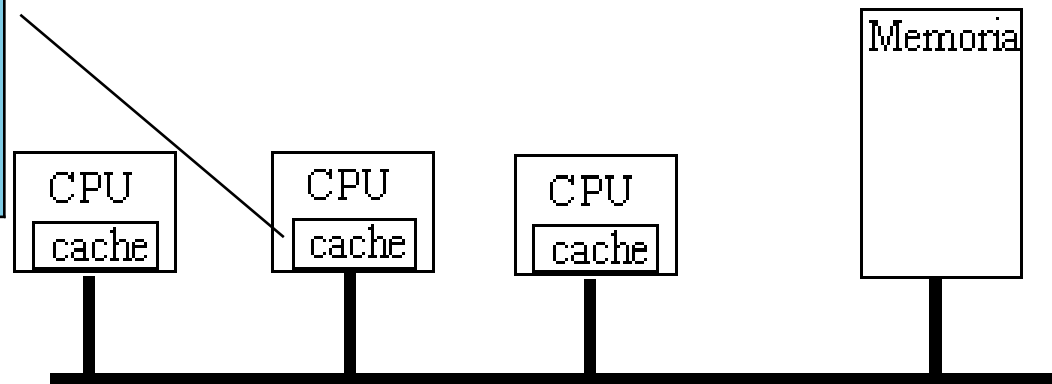
- ❖ Clasificación de Tanenbaum para los Sistemas MIMD.



Aspectos de Hardware (cont.)

▮ Multiprocesadores basados en Buses:

Alivia la sobrecarga del bus y aumenta el rendimiento



- ▶ Problema con el cache: Posibilidad de Memoria Incoherente
- ▶ Solución:
 - Cache de escritura (write-through cache)
 - Cache Monitor (snoopy cache)
 - Software de consistencia

Aspectos de Hardware (cont.)

□ Multiprocesadores basados en conmutadores:

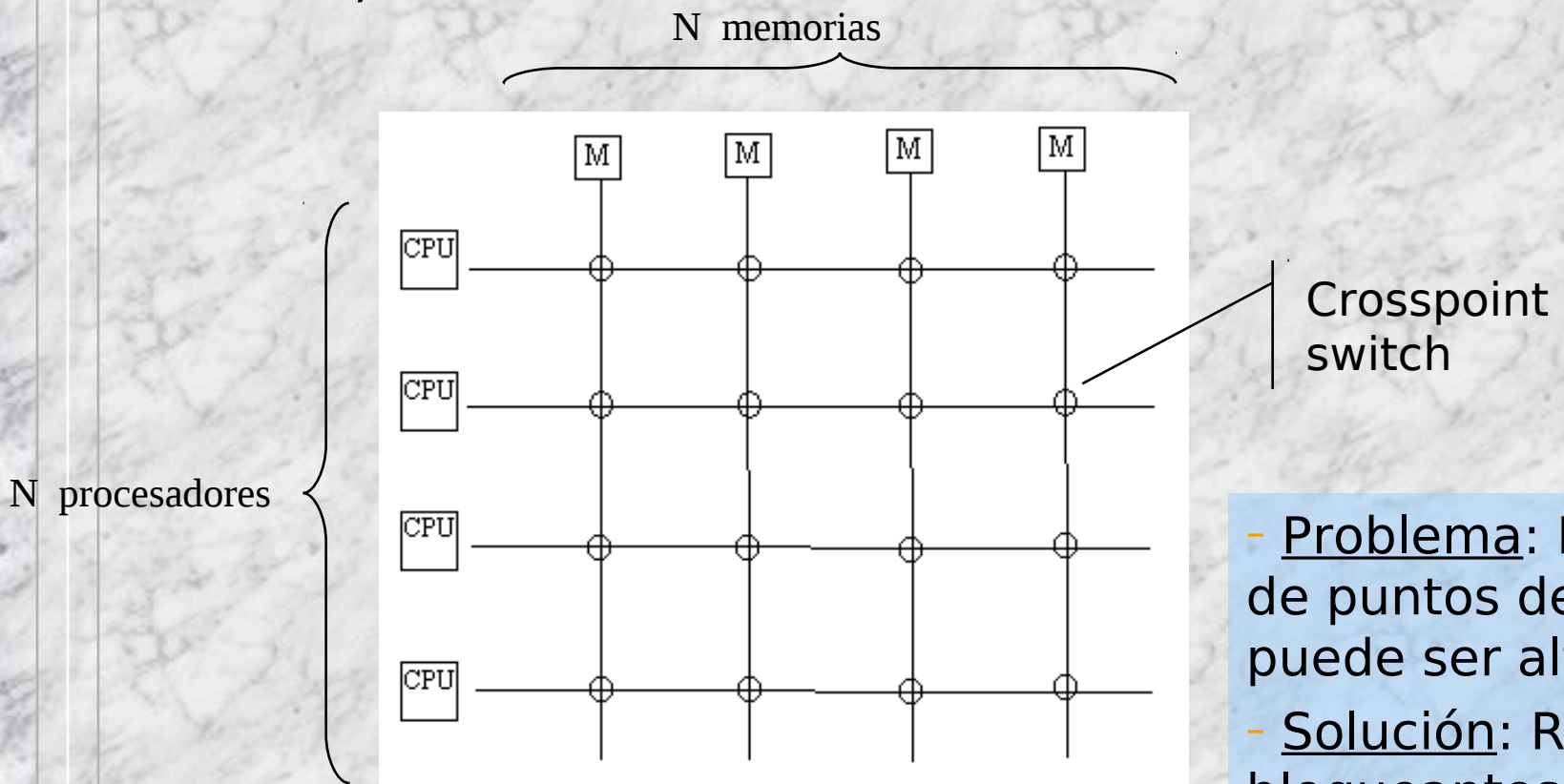
Útil para conectar alrededor de 64 procesadores

Se basan en:

- ▶ Dividir la memoria en módulos
- ▶ Conectar los CPUs a la memoria a través de conmutadores

Aspectos de Hardware (cont.)

- ▶ Usando un conmutador de cruceta (crossbar switch)

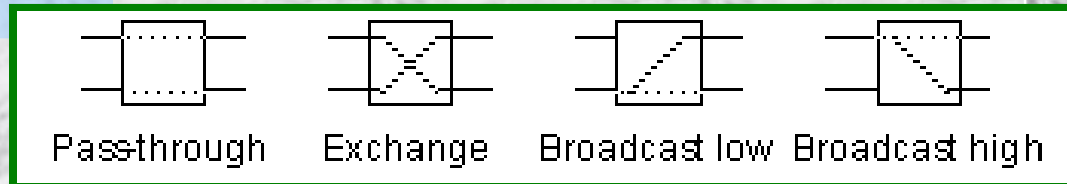
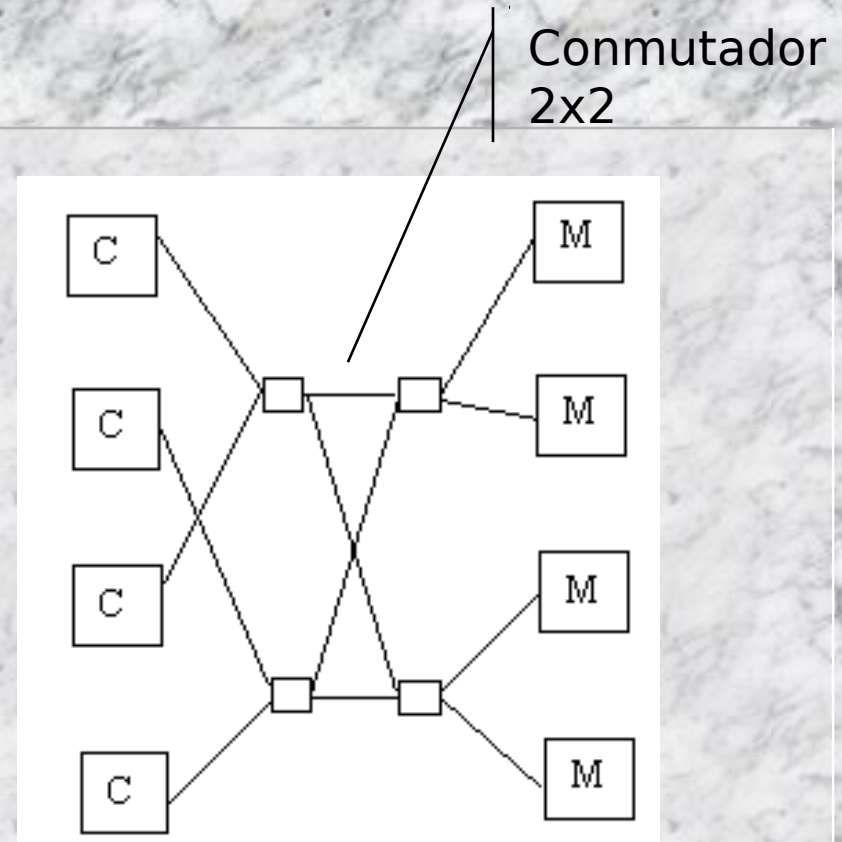


- Problema: El Nro. de puntos de cruce puede ser alto: N^2
- Solución: Redes bloqueantes (ej. Red Omega)

Aspectos de Hardware (cont.)

▶ Usando una Red Omega

- Nro. de etapas: $\log_2 N$
- Nro. de conmutadores por etapa: $N/2$
- Nro. Total de conmutadores: $N/2 * \log_2 N$
- Problema: Retardo



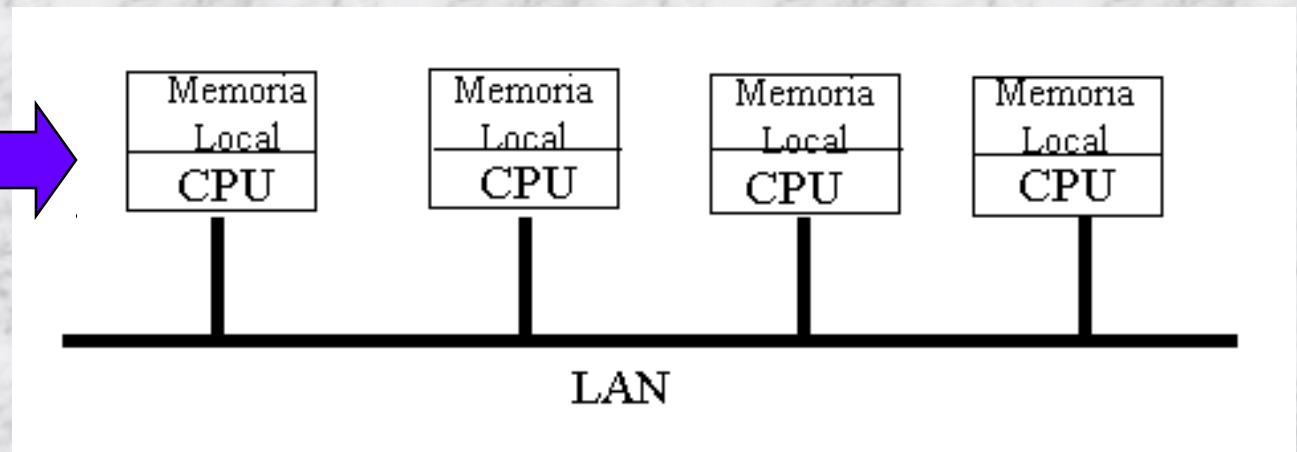
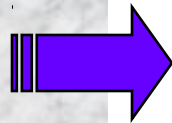
Aspectos de Hardware (cont.)

- ▶ Usando un Sistema jerárquico o Acceso no uniforme a Memoria (NUMA)
 - Cada CPU tiene su memoria local
⇒ Acceso rápido a su propia memoria y lento a la memoria de otros CPUs
 - Otro Problema: Distribución de los programas y Datos para que los accesos sean rápidos.

Aspectos de Hardware (cont.)

▢ Multicomputadores basados en Buses:

Estaciones
de Trabajo



- ▶ Ventaja frente a esquemas anteriores: sólo hay que resolver los problemas de comunicación entre CPUs y no entre CPUs - Memoria.

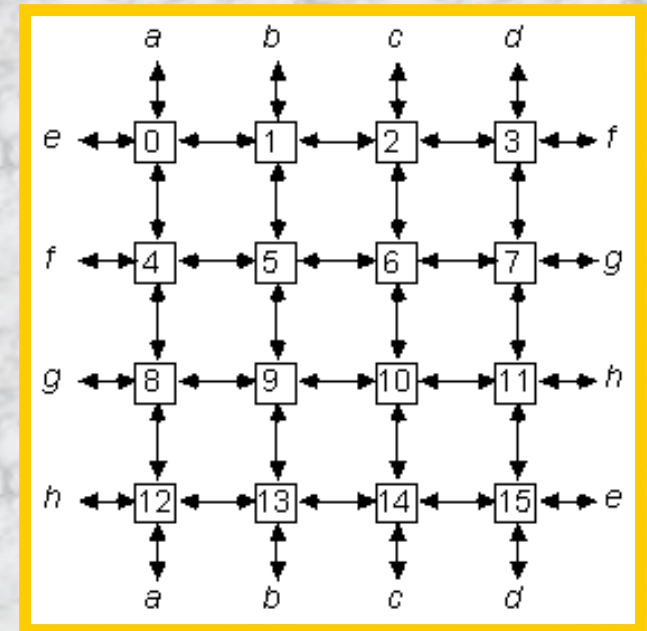
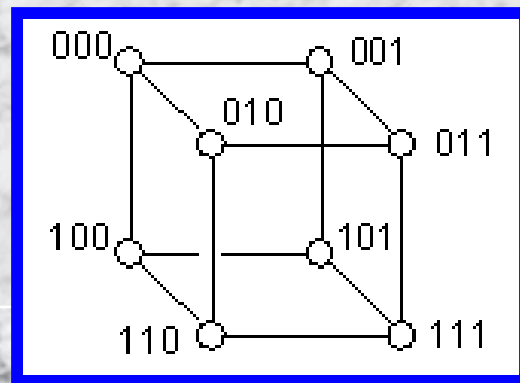
Aspectos de Hardware (cont.)

Multicomputadores con conmutadores:

▶ Malla (Parsytec)

- El último elemento en una fila está conectado al primero en la próxima.

▶ Hipercubos (Ncube)



Aspectos de Hardware (cont.)

- Multicomputadores con conmutadores:
 - ▶ MPPs (Massively Parallel Processors)
 - ▶ Clusters
- Multicomputadores heterogéneos conectados con conmutadores
 - ▶ Clusters Heterogéneos

Aspectos de Hardware (cont.)

▮ Massively Parallel Processors

- ▶ Computadores paralelos con cientos de procesadores
- ▶ Top 500

Aspectos de Hardware (cont.)

Massively Parallel Processors (TOP 6-Nov 11)

- ❖ RIKEN Advanced Institute for Computational Science (AICS), K computer, SPARC64 VIIIfx 2.0GHz, Tofu interconnect/Fujitsu, Japan, 705024 procs, 10510 Tflops, Cluster, Linux, Custom Interconnect, Research
- ❖ Tianhe-1A, National Supercomputing Center in Tianjin, NUDT YH MPP, Xeon X5670 6C 2.93 GHz, NVIDIA 2050/NUDT, China, 186368 procs, 2566 Tflops, MPP, Linux, Proprietary Network, Research
- ❖ Jaguar, DOE/SC/Oak Ridge National Laboratory, Cray XT5-HE Opteron 6-core 2.6 GHz /Cray Inc., United States, 224162 procs., 1759 Tflops, MPP, Linux, Proprietary Network, Research

Aspectos de Hardware (cont.)

□ Massively Parallel Processors (TOP 6-Nov 11)

- ◆ Nebulae, National Supercomputing Centre in Shenzhen (NSCS) Dawning TC3600 Blade System, Xeon X5650 6C 2.66GHz, Infiniband QDR, NVIDIA 2050/Dawning, China 120640 procs., 1271 Tflops, Cluster, Linux, Infiniband, Research.
- ◆ TSUBAME 2.0, GSIC Center, Tokyo Institute of Technology, HP ProLiant SL390s G7 Xeon 6C X5670, Nvidia GPU, Linux/Windows /NEC/HP, Japan, 73278 procs., 1192 Tflops, Cluster, Linux, Infiniband, Academic.
- ◆ Cielo, DOE/NNSA/LANL/SNL, Cray XE6, Opteron 6136 8C 2.40GHz, Custom/Cray Inc., United States, 142272 procs., 1110 Tflops, MPP, Linux, Custom Interconnect, Research

Aspectos de Hardware (cont.)

□ CLUSTERS

- ▶ Computadoras genéricas unidas por red de alta velocidad y bajo retardo
- ▶ Clusters y MPP dominan la lista TOP500

□ Cómo construir clusters:

- ▶ Conjunto de estaciones de trabajos, PCs
- ▶ En Racks

- ▶ Sin Disco (Diskless)
- ▶ Con Disco

Aspectos de Hardware (cont.)



Cluster Miranda, Lab. CAR, USB

Aspectos de Hardware (cont.)

- ❖ Ventajas de los clusters:
 - Alto rendimiento
 - Alta disponibilidad
 - Balance de carga
 - Mejor relación costo/beneficio
 - Escalabilidad
 - Reutilización
 - Disponibilidad de herramientas Open source (Ej. Gluster, MOSIX, etc.)

Los Sistemas Distribuidos proveen:

- ❖ *Transparencia*
- ❖ *Concurrencia*
- ❖ *Compartimiento de recursos*
- ❖ *Inexistencia de un reloj global*
- ❖ *Integrar heterogeneidad*
- ❖ *Fallas Independientes*
- ❖ *Ejemplos: Internet, Intranets, Computación móvil, Computación Ubicua.*

Aspectos del Diseño de los SOD

HETEROGENEIDAD

- ❖ Importante en: redes, hardware, sistemas de operación, lenguajes de programación e implementaciones de diferentes desarrolladores
- ❖ Se puede proveer con una capa *middleware*.

Aspectos del Diseño de los SOD

COMPARTIMIENTO DE RECURSOS

- ❖ Importante para reducir costos y por necesidades específicas
- ❖ Se requiere de administradores de recursos para acceder, manipular y actualizar los recursos en forma confiable y consistente

Aspectos del Diseño de los SOD

TRANSPARENCIA

- ❖ No debe hacer distinciones entre recursos locales y remotos
- ❖ Debe facilitar la movilidad del usuario
- ❖ Puede ser alcanzada en dos niveles:
 - Ocultar la distribución a los Usuarios
 - Haciendo que el sistema luzca transparente a los programas

Aspectos del Diseño de los SOD

TRANSPARENCIA

❖ Tipos de Transparencia:

- De localización: esconde dónde se localizan los recursos
 - Los usuarios no pueden indicar la ubicación de los recursos de hardware o software
 - ~~machine1: proc.c~~
- De acceso: esconde diferentes representaciones de datos y cómo son accedidos los recursos
 - Permite acceder los recursos locales y remotos empleando las mismas operaciones

Aspectos del Diseño de los SOD

TRANSPARENCIA

▮ De concurrencia

- ▶ Los usuarios no deben notar la existencia de otros cuando accedan a un mismo recurso.

▮ De paralelismo

- ▶ Ideal: Los programadores y usuarios no necesitan indicar en forma explícita cómo se van a distribuir sus procesos y datos (El Sistema de Operación se ayuda con el compilador).

▮ Frente a fallas: esconde la falla y recuperación de un recurso

Aspectos del Diseño de los SOD

FLEXIBILIDAD

- ❖ Posibilidad de que el sistema pueda ser extendido de varias formas.
- ❖ Kernel Monolítico vs. Microkernel
 - Kernel Monolítico (Sprite):
 - Proporciona todos los servicios en cada máquina.
 - SO tradicional al que se le agregan capacidades de red.
 - Ventajas: Rendimiento (cada servicio se resuelve localmente)

Aspectos del Diseño de los SOD

FLEXIBILIDAD

□ Microkernel (Amoeba):

- ▶ El kernel hace lo menos posible:
 - Comunicación entre procesos
 - Administración y planificación de procesos de bajo nivel.
 - Administra la memoria
 - I/O de bajo nivel.
- ▶ Las otras funciones las ofrecen servidores a nivel usuario.
- ▶ Ventajas:
 - Es más flexible gracias a su modularidad.
 - Los servicios son alcanzables por todos los clientes.
 - Se puede agregar, modificar o eliminar un servicio sin tener que detener todo el sistema.

Aspectos del Diseño de los SOD

CONFIABILIDAD

- ❖ Si una máquina falla, otra se puede encargar de su trabajo.
- ❖ Aspectos:
 - Disponibilidad (fracción del tiempo que el sistema es usable). Principios de diseño:
 - ▶ No debe requerir el funcionamiento simultáneo de un número sustancial de componentes críticos.
 - ▶ Redundancia de software y de hardware

Aspectos del Diseño de los SOD

CONFIABILIDAD

- Consistencia e Integridad.
 - ▶ Protección contra la alteración o corrupción
- Confidencialidad.
 - ▶ Proteger los recursos contra el acceso no autorizado.
- Tolerancia a fallas y recuperación.
 - ▶ Ocultar las fallas a los usuarios. El sistema debe continuar funcionando cuando se enfrente a fallas, aunque sea de manera degradada.
 - ▶ La degradación debe ser proporcional a las fallas
 - ▶ Se debe proveer detección y enmascaramiento de fallas

Aspectos del Diseño de los SOD

RENDIMIENTO

- ❖ Cuando se ejecuta una aplicación en un Sistema Distribuido, no debe parecer peor que su ejecución en un único procesador.
- ❖ Métricas:
 - Tiempo de Respuesta
 - Throughput (Número de trabajos por hora)
 - Utilización del Sistema
 - Cantidad de la capacidad de la red consumida.

Aspectos del Diseño de los SOD

RENDIMIENTO

- ◆ Aspectos a considerar en el diseño:
 - Comunicación (más por el tiempo de procesamiento de los mensajes que por el traslado del mismo).
 - Tomar en cuenta el tamaño del grano de los cálculos.
 - ▶ Tipos:
 - Grano grueso: Trabajos que involucran grandes cálculos, bajas ratas de interacción y pocos datos.
 - Grano fino.
 - ▶ Es recomendable distribuir los cálculos de grano grueso.

Aspectos del Diseño de los SOD

ESCALABILIDAD

- ❖ Capacidad del Sistema para adaptarse a un incremento de la carga del servicio, adaptarse a la comunidad de usuarios y permitir la integración de recursos adicionales.
- ❖ Su rendimiento debe degradarse con mayor moderación que el de un sistema no escalar.
- ❖ Sus recursos deben llegar a un estado de saturación más tardío que en un sistema no escalar.

Aspectos del Diseño de los SOD

ESCALABILIDAD

- ❖ Se mide en 3 dimensiones:
 - Tamaño: cuán fácil puede soportar crecimiento en usuarios y recursos
 - Geográfica: qué tan lejos pueden estar los usuarios
 - Administrativa: qué tan fácil se controlan los recursos incluso con diferentes organizaciones administrativas participantes

Aspectos del Diseño de los SOD

ESCALABILIDAD

- ❖ Principios para diseñar sistemas a gran escala
 - No deben emplearse esquemas de control central ni recursos centrales (Servidores, tablas o algoritmos centralizados)
 - >> Cuellos de Botella
 - Deben ser sistemas abiertos que permitan:
 - ▶ Inclusión de recursos a la red
 - ▶ Introducción de servicios y reimplementación de los existentes
 - ▶ Independencia de proveedores

Aspectos del Diseño de los SOD

CONSISTENCIA

- ❖ De actualización
- ❖ En la replicación
- ❖ Del cache
- ❖ En las fallas
- ❖ De reloj
- ❖ En la interfaz con el usuario