

Memoria compartida distribuida

Arquitectura de Computadores

J. Daniel García Sánchez (coordinador)

David Expósito Singh

Javier García Blas

Óscar Pérez Alonso

J. Manuel Pérez Lobato

Grupo ARCOS

Departamento de Informática

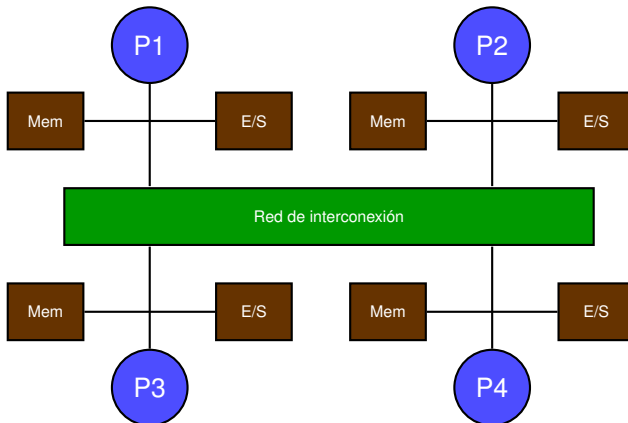
Universidad Carlos III de Madrid

- 1 Introducción a memoria compartida distribuida
- 2 Bases del protocolo de directorio
- 3 Protocolo basado en directorio
- 4 Conclusión

Protocolos de espionaje y escalabilidad

- **Problemas** de protocolos de espionaje.
 - Requiere comunicación con todas las cachés:
 - En cada fallo de caché.
 - En cada escritura de dato compartido.
- ¿Qué **ventaja** tienen los protocolos de espionaje?
 - Ausencia de estructura de datos centralizada.
 - Bajo coste de implementación.
- ¿Qué **inconveniente** tiene los protocolos de espionaje?
 - Ausencia de estructura de datos centralizadas.
 - Comunicaciones limitan la escalabilidad.

Modelo básico de DSM



- Necesidad de eliminar tráfico de coherencia.

Clases de protocolos de coherencia

■ **Espionaje** (*snooping*):

- Cada caché mantiene el estado de compartición de cada bloque que tiene.
- Las cachés accesibles mediante medio de multidifusión (bus).
- Todas las cachés monitorizan si tienen una copia del bloque.

■ **Basados en directorio**:

- El estado de compartición se mantiene en un directorio.
- **SMP**: Directorio centralizado en memoria o en caché de más alto nivel.
- **DSM**: Para evitar cuello de botella se usa un directorio distribuido (más complejo).

Protocolo basado en directorio

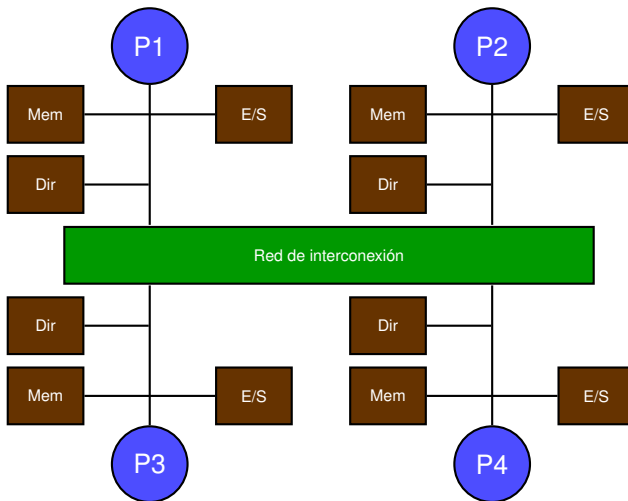
- **Idea:** Mantener el **estado** de cada bloque de caché.
 - ¿Qué cachés tiene copia del bloque?
 - Bits de estado del bloque.

- Multicores con caché externa compartida.
 - **Vector de bits** de longitud igual a número de cores.
 - Indica que cachés privadas pueden tener copia del bloque.
 - Solamente se envía invalidación a cachés marcadas en mapa de bits.
 - Esquema funciona bien dentro de un único multicore.
 - **Ejemplo:** Intel Core i7.

Directorio centralizado y escalabilidad

- Un directorio centralizado evita broadcast pero
 - Se convierte en cuello de botella.
 - Problema de escalabilidad con número de procesadores.
- **Solución: Directorio distribuido.**
 - Distribuir el directorio con la memoria.
 - Cada directorio tiene información de la memoria local asociada.
 - Siempre se sabe a qué directorio ir.
 - Distintas peticiones de coherencia van a distintos directorios.

Direcotrio distribuido



- 1 Introducción a memoria compartida distribuida
- 2 Bases del protocolo de directorio
- 3 Protocolo basado en directorio
- 4 Conclusión

Directorio

- Operaciones básicas.
 - Tratamiento de fallo de lectura.
 - Tratamiento de escritura en un bloque compartido limpio.
- El directorio debe mantener el **estado de cada bloque**:
 - **Compartido**: Uno o más nodos tienen el bloque en caché y el valor en memoria está actualizado.
 - **No cacheado**: Ningún nodo tiene una copia del bloque.
 - **Modificado**: Solamente un nodo tiene copia del bloque en caché y lo ha escrito.
 - Valor en memoria no actualizado.
- **Además**:
 - Mapa de bits con información de nodos que tienen copias del bloque.

Mensajes

Mensaje	Fuente	Destino	Contenido	Función
Fallo lectura	Caché local	Directorio local	P,A	P tiene fallo de lectura en A. Pedir dato y P compartidor.
Fallo escritura	Caché local	Directorio local	P,A	P tiene fallo de escritura en A. Pedir dato y P propietario.
Invalidación	Caché local	Directorio local	A	Invaldar A en todas las cachés.
Invalidación	Caché local	Directorio remota	A	Invaldar copia compartida.
Captación	Directorio local	Caché remota	A	Capta bloque. Estado a compartido.
Captación/ Ininvalidación	Directorio local	Caché remota	A	Capta bloque. Invalida bloque.
Respuesta valor dato	Directorio local	Caché local	D	Devolver valor a directorio.
Post-escritura dato	Caché remota	Directorio local	A,D	Post-escritura de dato.

P → **Nodo**, **A** → **Dirección**, **D** → **Dato**

- 1 Introducción a memoria compartida distribuida
- 2 Bases del protocolo de directorio
- 3 Protocolo basado en directorio
- 4 Conclusión

Transición de estados

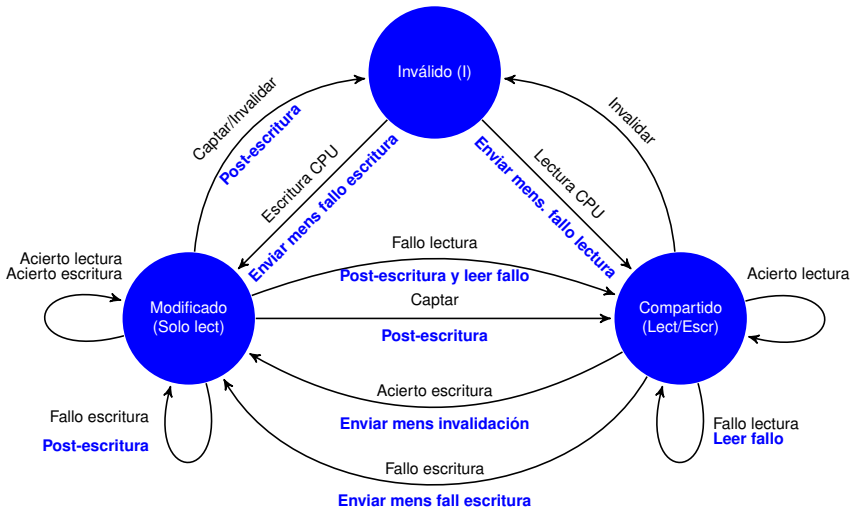
■ En chips multicore:

- La **coherencia interna** se mantiene mediante **directorio centralizado**.
- El **mismo directorio** puede actuar como **directorio local** en **DSM**.

■ Implementación del protocolo:

- Transición de estados de **caché local**.
 - Envían peticiones a **directorio local**.
- Transición de estados del **directorio**.

Transición de estados de caché individual



Entrada no cacheada

- El valor de memoria está actualizado.
- **Peticiones:**
 - **Fallo de lectura:**
 - Se envía dato de memoria a nodo peticionario.
 - Nodo peticionario es el único en estado compartido.
 - Estado pasa a compartido.
 - **Fallo de escritura:**
 - Se envía dato de memoria a nodo peticionario.
 - El bloque se pasa a estado exclusivo.
 - Nodo peticionario es el propietario.

Entrada compartida

- El valor de memoria está actualizado.
- **Peticiones:**
 - **Fallo de lectura:**
 - Se envía el dato de memoria al nodo peticionario.
 - El nodo peticionario se añade al conjunto de nodos de la entrada.
 - **Fallo de escritura:**
 - Se envía el dato de memoria al nodo peticionario.
 - Se envían mensajes de invalidación al conjunto de nodos de la entrada.
 - Se activa en el conjunto solamente el nodo peticionario.
 - Se pasa a estado exclusivo.

Entrada exclusiva

- El valor del bloque se encuentra en caché en el nodo identificado por el conjunto (nodo propietario).
- **Peticiones:**
 - **Fallo de lectura:**
 - Se envía mensaje de captación a propietario.
 - Se escribe dato en memoria.
 - Se envía dato a nodo peticionario.
 - Se añade nodo peticionario a conjunto de nodos.

Entrada exclusiva

■ Peticiones:

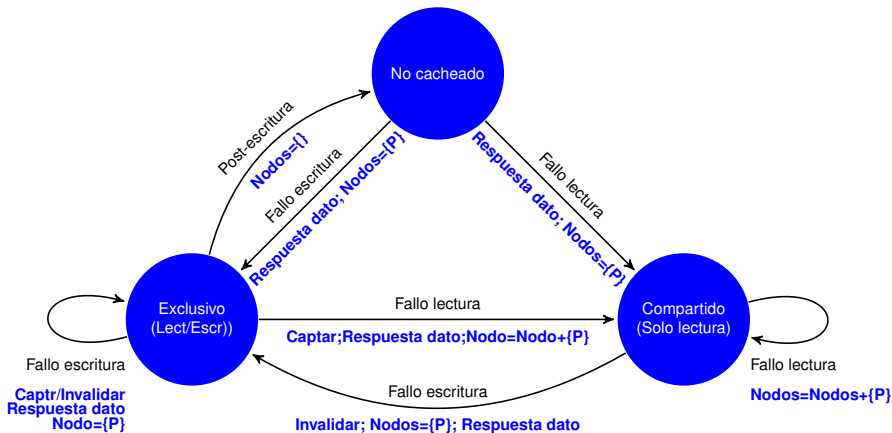
■ Post-escritura:

- Ocurre cuando el propietario hace post-escritura del bloque.
- El bloque pasa a estado no cacheado.
- Se vacía el conjunto de la entrada.

■ Fallo de escritura:

- El bloque tiene nuevo propietario.
- Se invalida bloque en antiguo propietario y se obtiene valor.
- Se envía valor a nodo peticionario.
- Se activa en el conjunto solamente el nuevo peticionario.

Transición de estados del directorio



- 1 Introducción a memoria compartida distribuida
- 2 Bases del protocolo de directorio
- 3 Protocolo basado en directorio
- 4 Conclusión

Resumen

- Problemas de escalabilidad en protocolos de espionaje.
- Alternativas de protocolos basados en directorio:
 - Directorio centralizado en SMP.
 - Directorio distribuido en DSM.
- En chips multicore:
 - Coherencia interna mediante directorio centralizado.
 - Usado como directorio local en DSM.

Referencias

- **Computer Architecture. A Quantitative Approach**
5th Ed.
Hennessy and Patterson.
Secciones: 5.4.

- **Ejercicios recomendados:**
 - 5.9, 5.10, 5.11, 5.12.

Memoria compartida distribuida

Arquitectura de Computadores

J. Daniel García Sánchez (coordinador)

David Expósito Singh

Javier García Blas

Óscar Pérez Alonso

J. Manuel Pérez Lobato

Grupo ARCOS

Departamento de Informática

Universidad Carlos III de Madrid