Memoria condivisa distribuita (DSM)

Sommario

- Introduzione e motivazioni
- Modelli di DSM
- Problema della coerenza

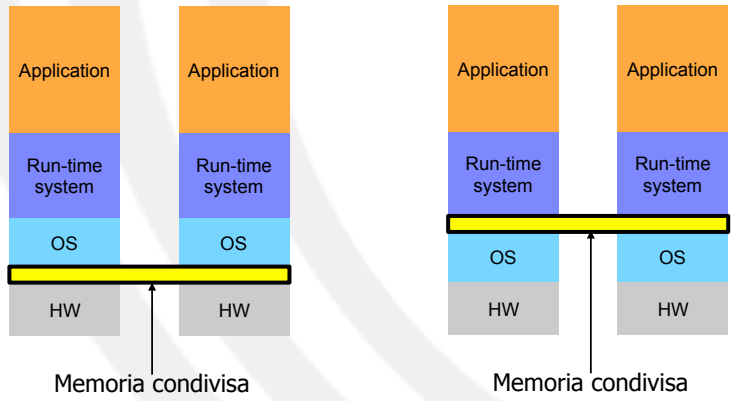
Introduzione

- Multicomputer
  - Facili da costruire
  - Difficili da programmare
- Multiprocessor
  - Difficili da costruire
  - Facili da programmare
- Vorremmo qualcosa facile da costruire e facile da programmare
  - Distributed Shared Memory

Introduzione

- Distributed shared memory [Li 86, Li 89]
  - Realizzazione dello schema a memoria condivisa in ambiente distribuito
  - Ottenibile con “modeste” penalità nelle prestazioni
    - In particolare in sistemi debolmente accoppiati
- Motivazioni
  - Astrazione più semplice dello scambio di messaggi
  - Sfrutta la località dei riferimenti a memoria
  - Scalabile (no bus comune)
- DSM vs. scambio di messaggi
  - Una buona implementazione di message-passing è (in genere) più efficiente di DSM!

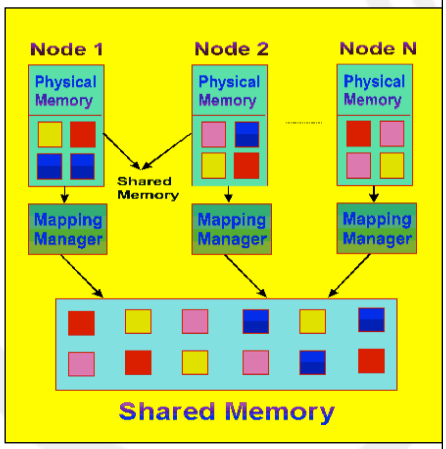
Introduzione



True Shared memory *DSM*

Schema concettuale

- Spazio di indirizzamento suddiviso in pagine
- Ogni host possiede un certo numero di pagine locali
- Accessi a pagine remote (ma apparentemente locali) gestite dal *Mapping Manager*
  - Strato SW che mappa accessi allo spazio condiviso in accessi alla memoria fisica
- Simile al concetto di memoria virtuale nei S.O. tradizionali



DSM: problemi

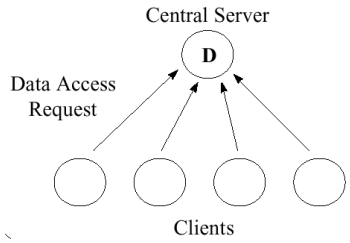
- Performance basse
- Tutti gli studi su DSM mirano a
  - Diminuire il traffico di rete
  - Ridurre la latenza tra il momento in cui si richiede una pagina e il momento in cui la pagina diventa disponibile

DSM – Approcci

- Due dimensioni:
  - Uso di migrazione di dati
  - Uso di repliche di dati
- 4 possibilità:
  - Server centrale “di memoria” (central server)
  - Migrazione dei dati (data migration)
  - Replica in lettura (read replication)
  - Replica completa (full replication)

Server di memoria

- Un server centrale mantiene tutte le pagine dati
  - Ritorna i dati in caso di lettura
  - Effettua le modifiche in caso di scrittura
- Importante evitare scritture duplicate
  - Ottenibile “numerando” le richieste
- I compiti del server possono essere suddivisi su più server tramite partizionamento statico



Server di memoria

- Vantaggi
  - Facile da implementare
  - Meccanismi di sincronizzazione relativamente consolidati
- Svantaggi
  - La maggior parte dei riferimenti a dati sono remoti
  - Soggetto a colli di bottiglia

Migrazione dei dati

- Concetto
  - I dati risiedono dove vengono usati più spesso
  - Quando viene fatto riferimento a dati “off-site”, questi vengono migrati presso il sito richiedente
    - Granularità tipica: blocco o pagina
- Un solo processo alla volta può accedere ad un dato condiviso
  - Protocollo “lettore singolo/scrittore singolo”

Migrazione dei dati

Client	Host remoto
Se il blocco non è locale, determina la sua locazione e invia la richiesta	
	Riceve la richiesta ed invia il blocco
Riceve la risposta ed accede ai dati	

- Come individuare i blocchi?
  - Processo server tiene traccia della locazione dei dati (directory)
  - Broadcast
  - Informazioni locali presso i vari nodi

Migrazione dei dati

- Vantaggi
  - In caso di alta località di riferimento, la maggior parte degli accessi è locale
    - Infatti trasferisco blocchi/pagine di memoria, non singoli dati
  - Sincronizzazione relativamente facile
- Svantaggi
  - Rischio di thrashing inter-nodo
    - Blocchi migrati tra nodi diversi
    - Soluzione tramite timeout (garantire un minimo numero di accessi locali prima della migrazione)
  - Possibili colli di bottiglia nei server

Approcci basati su replicazione

- Nell'approccio basato su migrazione solo le thread di un singolo host possono accedere allo stesso blocco
  - Copia unica di un blocco
- Replicare i dati permette di avere più accessi simultanei sui dati stessi, riducendo il costo medio delle operazioni di accesso
- Due diversi gradi di replicazione:
  - In lettura (read replication)
  - Totale (full replication)

Read replication

- Memorizzazione di copie multiple di blocchi in sola lettura
  - Protocollo “lettori multipli/scrittore singolo”
  - Schema conveniente se numero di read >> numero di write
- In caso di accesso in scrittura a un blocco tutte le altre copie vengono invalidate (o aggiornate)

Read replication

- Ogni blocco ha un “possessore” che lo memorizza in modo permanente
  - e questa è l’unica copia modificabile
- Necessaria individuazione delle copie di un blocco
  - Soluzioni
    - Il nodo possessore tiene una traccia dei nodi che ne hanno una copia
    - Uso di una lista distribuita dei nodi che ne hanno una copia

Read replication

- Lettura

Client	Host remoto
Se il blocco non è locale, determina la sua locazione e invia la richiesta	
	Riceve la richiesta ed invia copia del blocco
Riceve il blocco; modifica i permessi della copia in scrittura come READ-ONLY;	
Accesso ai dati	

Read replication

- Scrittura

Client	Host remoto
Se il blocco non è locale, determina la sua locazione e invia la richiesta	
	Il possessore del blocco riceve la richiesta ed invia copia del blocco
Riceve il blocco; invalida tutte le altre copie	
	Chi possiede una copia del blocco riceve invalidazione e invalida blocco
Accesso ai dati	

Read replication

- Vantaggi
  - Lettura tipicamente ad elevata località
  - Sincronizzazione relativamente facile
  - Consistenza per costruzione
- Svantaggi
  - Richiede invalidazione di copie
  - Possibile carico elevato per i possessori di pagine “popolari”
  - Scritture locali solo per il possessore della pagina

Full replication

- Estensione del read replication
- Più nodi possono accedere in lettura e scrittura a blocchi condivisi
  - Protocollo “lettori multipli/scrittori multipli”
- Richiede meccanismi di consistenza!
  - Simile al caso di file replicati

Full replication – Sequencer

- Un modo per garantire consistenza è quello di *sequenzializzare* le scritture
  - Utilizzo di un sequencer (processo in esecuzione su uno degli host)
  - Quando un processo cerca di scrivere nella memoria condivisa, la modifica viene inviata al sequencer
    - Assegna un numero progressivo alla modifica e lo comunica agli altri nodi via multicast
  - Ogni processo processa scritture in ordine progressivo (senza salti)

Full replication – Sequencer

Client	Sequencer	Host remoto
In caso di scrittura, invia il dato		
	Riceve il dato, incrementa il contatore e lo invia agli altri processi	
Riceve l'ACK e aggiorna la memoria locale		Riceve il dato e aggiorna la memoria locale

Full replication

- Vantaggi
  - Accessi tipicamente locali
  - Colli di bottiglia meno probabili (broadcast scritture)
- Svantaggi
  - Sincronizzazione complessa
  - Sequencer può essere collo di bottiglia

Consistenza della memoria

- Se più host possono scrivere sorgono problemi di consistenza della memoria
  - Esistono copie multiple di un valore
  - Problema in caso di scrittura e lettura successiva
- Una memoria è consistente (*coherent*) se il valore ritornato da una lettura è sempre il valore che il programmatore si aspetta

Meccanismi di consistenza

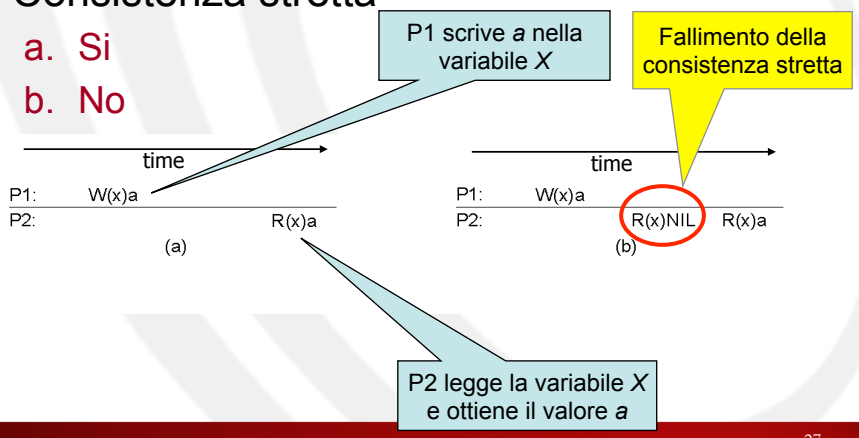
- Necessari meccanismi di consistenza
- Modelli di consistenza
  - Consistenza stretta (*strict consistency*)
  - Consistenza sequenziale (*sequential consistency*)
  - Consistenza causale (*causal consistency*)
  - Consistenza debole (*weak consistency*)
  - …

Consistenza stretta

- Come se ci fosse una copia unica
- Ogni lettura di X ritorna il valore memorizzato dall'ultima scrittura di X
- Modello ideale impossibile da implementare
  - Esperienza mostra che i programmatori possono fare a meno della consistenza stretta
    - Sezioni critiche, mutua esclusione, semafori, …
    - Programmi paralleli scritti bene devono essere indipendenti dalla velocità relativa dei processori e dall'interleaving delle istruzioni

Consistenza stretta: esempio

- Consistenza stretta
  a. Si
  b. No



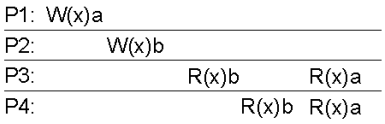
Consistenza sequenziale

- Il risultato di ogni esecuzione è identico al caso in cui le operazioni siano eseguite dai processi in “qualche” ordine sequenziale [Lamport 79]
  – Riferimenti a memoria viste nello stesso ordine da tutti i processi
- Le operazioni di un singolo processo devono apparire nell’ordine specificato dal programma

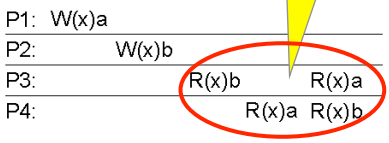
Consistenza sequenziale Esempio

a. Consistenza sequenziale
b. Consistenza non-sequenziale

P3 e P4 leggono e vedono un ordine diverso



(a)

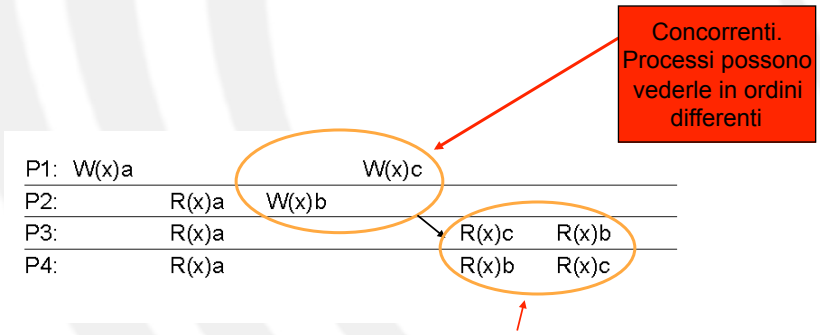


(b)

Consistenza causale [Hutto&Ahamad 90]

- Scritture correlate causalmente devono essere viste nello stesso ordine da tutti i processi
- Scritture concorrenti possono essere viste in ordini diversi da diversi processori
- Bisogna tenere traccia della dipendenza delle operazioni
  - Richiede overhead

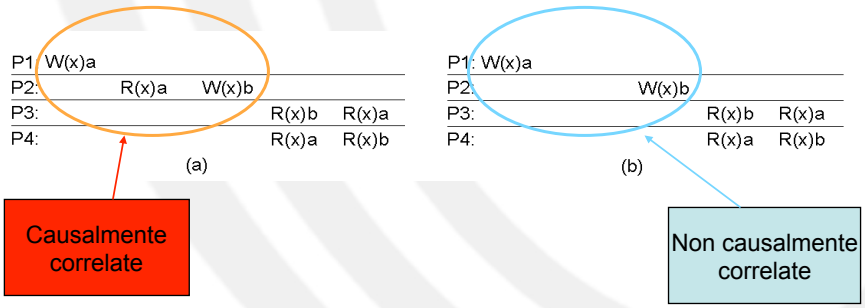
Consistenza causale: esempio



Consistente causalmente, ma non sequenzialmente

Consistenza causale: esempio

a. Consistenza non causale
b. Consistenza causale

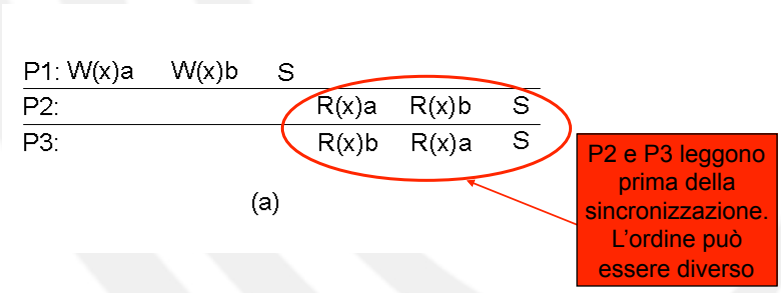


Consistenza debole [Dubois 88]

- Utilizza variabili di sincronizzazione
  - Quando una sincronizzazione viene effettuata, tutte le scritture precedenti alla sincronizzazione vengono esportate verso le altre macchine e tutte le scritture di queste ultime vengono importate
- Accesso alle variabili di sincronizzazione consistente in modo sequenziale (comunicato in broadcast, accesso atomico)
- Nessun accesso a una variabile di sincronizzazione è permesso fino a che tutte le scritture precedenti non sono state completate da altre parti
- Nessun accesso ai dati (R/W) è permesso fino a che tutti gli accessi precedenti a variabili di sincronizzazione sono stati effettuati
  - Sincronizzazione permette di avere ultimi dati aggiornati

Consistenza debole: esempio

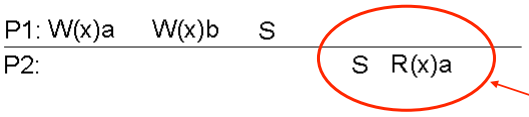
- Sequenza valida di eventi per la consistenza debole



(a)

Consistenza debole: esempio

- Sequenza non valida di eventi per la consistenza debole



(b)

P2 si sincronizza prima di leggere. Quindi deve leggere il valore b e non a!!!

Riassunto Modelli Consistenza

Consistenza	*Descrizione*
Stretta	Importa l'ordine assoluto di tempo degli accessi condivisi
Sequenziale	Tutti i processi vedono gli accessi condivisi nello stesso ordine. Gli accessi non sono ordinati nel tempo
Causale	Tutti i processi vedono accessi condivisi correlati causalmente nello stesso ordine
	(a) Modelli di consistenza senza operazioni di sincronizzazione
Consistenza	*Descrizione*
Weak	Dati condivisi consistenti solo dopo una sincronizzazione
Release	Dati condivisi consistenti solo in uscita da una sezione critica
Entry	Dati condivisi relativi ad una regione critica sono resi consistenti all'ingresso della sezione critica
	(b) Modelli di consistenza con operazioni di sincronizzazione