



Dpto. Ciencias e Ingeniería de la Computación
Universidad Nacional del Sur

ELEMENTOS DE BASES DE DATOS

Segundo Cuatrimestre 2013

Clase 15: Protocolos de Control de Concurrencia

Mg. María Mercedes Vitturini
[mvitturi@uns.edu.ar]



Control de Concurrencia (CC)

- Los **protocolos de control de concurrencia** son los mecanismos usados por el DBMS para **garantizar aislamiento** en ejecuciones concurrentes.
- Buscan:
 - Proporcionar **concurrencia**.
 - Generar únicamente **planificaciones serializables**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

PCC basados en bloqueos

Protocolos de Control de Concurrencia Basados en Bloqueos (PBB): controlan el acceso concurrente a un ítem de dato usando **permisos** o **bloqueos (locks)**.

- Existen dos tipos de permisos:
 - **Compartido (Lock-S)**: si una transacción T ha obtenido un bloqueo compartido sobre un dato Q entonces T puede leer el dato pero no escribir Q.
 - **Exclusivo (Lock-X)**: si una transacción T ha obtenido un bloqueo exclusivo sobre un dato Q entonces T puede leer y escribir Q.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolo Basado en Bloqueos

Protocolo Basado en Bloqueos (PBB)

- Imponen como única regla para acceder a un recurso obtener el **lock** apropiado antes.
- Los locks se requieren al **gestor de bloqueos** que determina si lo puede conceder o la transacción debe esperar.
- Los **locks y unlocks** se pueden hacer en cualquier momento.
- Este protocolo genera **planificaciones NO serializables**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolos de Bloqueos de 2 Fases

- **Protocolos de Bloqueos de Dos Fases (PB2F):** requieren que cada transacción realice sus solicitudes de bloqueo y desbloqueo en dos fases:
 - **Fase de Crecimiento:** Una transacción puede obtener nuevos bloqueos pero **no puede liberar ningún** bloqueo.
 - **Fase de Encogimiento:** Una transacción puede liberar bloqueos pero **no puede obtener ningún** bloqueo nuevo.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Variantes al PB2F

- **Protocolo de Bloqueo de Dos Fases (PB2F)**
- Protocolo de Bloqueo de Dos Fases **Estricto (PB2F Estricto)**.
- Protocolo de Bloqueo de Dos Fases **Riguroso (PB2F Riguroso)**.
- Protocolo de Bloqueo de Dos Fases **Refinado (PB2F Refinado)**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Dadas las transacciones:

Ejemplo

$T_1 = \text{read}(A); A = A - 50; \text{write}(A); \text{read}(B); B = B + 50; \text{write}(B);$

$T_2 = \text{read}(A); \text{read}(B); \text{print}(A+B);$

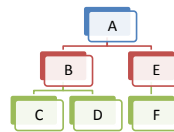
$T_3 = \text{read}(C); \text{read}(D); \text{read}(B); B = B + C + D; \text{write}(B);$

Se pide

- Generar una planificación concurrente *no serializable* bajo el PBB.
- Generar una planificación concurrente bajo **PB2F**. ¿Es serializable? ¿Es serializable en conflictos? Dar la serie equivalente.
- Generar una planificación concurrente bajo **PB2F refinado**. Dar la serie equivalente.
- Generar una planificación concurrente bajo **PB2F riguroso**. Dar la serie equivalente.
- Generar una planificación concurrente bajo alguno de los PB2F que resulte en **deadlock**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolo de Árbol



Protocolo para control de concurrencia basado en bloqueos y libre de deadlock

Protocolos basados en grafos

- Son una alternativa de protocolos para control de concurrencia basados en bloqueos.
- Imponen un **orden parcial sobre el conjunto D de ítems de datos**
 - $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$, forma un grafo no cíclico.
 - Si en D $d_i \rightarrow d_j$ entonces, cualquier transacción que necesite acceder a los datos d_i, d_j , **debe hacerlo respetando ese orden**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolo del árbol

REGLAS

- El único tipo de bloqueo permitido es *lock-X*.
- Dada una transacción T_i , su **primer bloqueo** puede ser sobre cualquier dato.
- Después del primer bloqueo, T_i puede **bloquear un dato Q sólo si T_i bloquea actualmente al padre de Q**.
- Los datos pueden **desbloquearse en cualquier momento**.
- Si T_i **bloqueó y desbloqueó un dato Q, no puede volver a bloquearlo**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

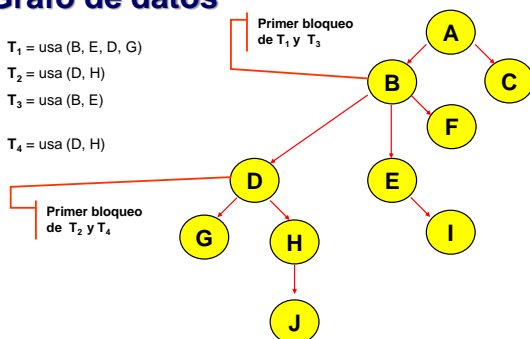
Grafo de datos

$T_1 = \text{usa}(B, E, D, G)$

$T_2 = \text{usa}(D, H)$

$T_3 = \text{usa}(B, E)$

$T_4 = \text{usa}(D, H)$



EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación Serializable

| T_1 | T_2 | T_3 | T_4 |
|--|-------------------------------------|------------------------|--|
| Lock-X(B) | Lock-X(D) Lock-X(H) Unlock(D) | | |
| Lock-X(E) Lock-X(D) Unlock(B) Unlock(E) | | Lock-X(B) Lock-X(E) | |
| Lock-X(G) Unlock(D) | Unlock(H) | | Lock-X(D) Lock-X(H) Unlock(D) Unlock(H) |
| Unlock(G) | | Unlock(E) Unlock(B) | |

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Análisis del protocolo del árbol

Ventajas

- Asegura **serializabilidad en conflictos** y está libre de deadlocks.
- Combina secuencias de bloqueos y desbloqueos, "*aumentando la concurrencia*".

Desventajas

- No está libre de **retrocesos en cascada y planificaciones no recuperables**.
- Requiere que se bloqueen datos que no se necesitan, "*disminuye la concurrencia*".

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Implementación de Bloqueos

- El **gestor de bloqueos** es un proceso independiente al que las transacciones envían sus pedidos de lock.
- Mantiene una estructura de datos llamada *tabla de locks* para tener registro de lock cedidos y pendientes.
- Esta tabla generalmente se implementa como una tabla hash en memoria.
- A un pedido de bloqueo contesta con un mensaje de *'grant'*. Eventualmente ante un **deadlock** envía un mensaje de rollback.
- Las transacciones que solicitan un bloqueo se quedan en espera.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolos basados en Estampilla de Tiempo



Protocolo para control de concurrencia basado en la Hora de Entrada de cada transacción

Protocolos basados en hora de entrada

- Los **protocolos basados en hora de entrada (time-stamp)** resuelven los conflictos realizando un **esquema de ordenamiento según la hora de entrada u hora de inicio de cada transacción**.
- Cuando T_i ingresa, se le asigna una hora de entrada $ts(T_i)$. Si luego ingresa una nueva transacción T_j entonces:

$$ts(T_i) < ts(T_j).$$

- ¿Cómo de implementar este esquema?
 - Usando el *reloj del sistema*.
 - Usando un *contador lógico*.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolos basados en hora de entrada (PBHE)

- En los protocolos basados en hora de entrada (PBHE), se manejan las ejecuciones concurrentes de manera que *las estampillas de tiempo de las transacciones determinan el orden de serializabilidad*.
- Esto es, si $ts(T_i) < ts(T_j)$ entonces el sistema debe asegurar que la planificación producida *sea equivalente a la planificación serie en la cual T_i precede a T_j* .

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

PBHE

- El protocolo PBHE requiere que **para cada dato Q** se mantengan **dos etiquetas de tiempo**:
 - **R-ts(Q)**, registra la *mayor etiqueta de tiempo de una transacción que ejecutó exitosamente un Read(Q)* (esto es, la lectura más reciente).
 - **W-ts(Q)**, mantiene la *mayor etiqueta de tiempo de una transacción que ejecutó exitosamente un Write(Q)* (esto es, la escritura más reciente).
- Las etiquetas de tiempo de Q: R-ts(Q) y W-ts(Q) potencialmente se pueden actualizar cada vez que se realiza un Read(Q) o un Write(Q).

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

PBHE – Controles de Lectura

Supongamos que T_i desea realizar un **Read(Q)**, el control consiste:

- Si $ts(T_i) < W-ts(Q)$ entonces T_i necesita leer un valor de Q que ya fue escrito. Por lo tanto, la operación Read es **rechazada**, la transacción T_i *retrocede*.
- Si $ts(T_i) \geq W-ts(Q)$ entonces la operación Read **se ejecuta exitosamente**. El valor de $R-ts(Q)$ será el MAX ($R-ts(Q), ts(T_i)$)



EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

PBHE – Controles de Escritura

Supongamos que T_i requiere un **Write(Q)**, control:

- Si $ts(T_i) < R-ts(Q)$ entonces el valor de Q que T_i está produciendo fue requerido previamente y el sistema asumió que nunca se produciría. Por lo tanto, la operación Write es **rechazada** y la transacción T_i *retrocede*.
- Si $ts(T_i) < W-ts(Q)$ entonces T_i está intentando escribir un valor obsoleto de Q. Por lo tanto, la operación Write es **rechazada** y la transacción T_i *retrocede*.
- En otro caso, la operación Write se ejecuta **exitosamente** y $W-ts(Q)$ toma el valor $ts(T_i)$.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación 1

$ts(T_1) < ts(T_2)$

| T_1 | T_2 |
|-------------------|--------------|
| 1. Read (B) | 2. Read (B) |
| | 3. B:=B-50 |
| | 4. Write (B) |
| | 5. Read (A) |
| 6. Read (A) | |
| 7. Display (A+B) | |
| | 8. A:=A+50 |
| | 9. Write (A) |
| 10. Display (A+B) | |

$\langle Q, R-ts(Q), W-ts(Q) \rangle$

$\langle B, -\infty, -\infty \rangle$

$\langle B, ts(T_1), -\infty \rangle$ (1)

$\langle B, ts(T_2), -\infty \rangle$ (2)

$\langle B, ts(T_2), ts(T_2) \rangle$ (4)

$\langle A, -\infty, -\infty \rangle$

$\langle A, ts(T_2), -\infty \rangle$ (5)

$\langle A, ts(T_2), -\infty \rangle$ (6)

$\langle A, ts(T_2), ts(T_2) \rangle$ (9)

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación 2

$ts(T_1) < ts(T_2)$

| T_1 | T_2 |
|------------------|----------------|
| 1. Read (B) ; | |
| | 2. Read (B) ; |
| | 3. B:=B-50 ; |
| | 4. Write (B) ; |
| | 5. Read (A) ; |
| | 6. A:=A+50 |
| | 7. Write (A) ; |
| 8. Read (A) ; | |
| 9. Display (A+B) | Display (A+B) |

$\langle Q, R-ts(Q), W-ts(Q) \rangle$

$\langle B, -\infty, -\infty \rangle$

$\langle B, ts(T_1), -\infty \rangle$ (1)

$\langle B, ts(T_2), -\infty \rangle$ (2)

$\langle B, ts(T_2), ts(T_2) \rangle$ (4)

$\langle A, -\infty, -\infty \rangle$

$\langle A, ts(T_2), -\infty \rangle$ (5)

$\langle A, ts(T_2), ts(T_2) \rangle$ (7)

En (8) se determina que T_1 debe retroceder pues necesita leer un valor que ya fue sobre-escrito.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Análisis del PBHE

- Asegura que para cualquier par de instrucciones **Read** y **Write** que están en conflicto se ejecuten según el orden de entrada.
- Garantiza **seriabilidad de conflictos**.
- Está libre de **deadlocks** pues las transacciones nunca esperan.
- No está libre de **retrocesos en cascada** y de generar **planificaciones no recuperables**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

PBHE

- Planificaciones posibles mediante el Protocolo de Bloqueo de Dos Fases no son posibles bajo el Protocolo de Ordenamiento por Hora de Entrada (y viceversa). ¿Por qué?
- Cuando no se explicita el orden de entrada, se asignará como hora de entrada a cada transacción el **instante previo a su primera instrucción**.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación 3

| T ₁ | T ₂ |
|----------------|----------------|
| Read (A) ; | |
| Write (A) . | Write (A) . |

$ts(T_1) < ts(T_2)$
 $\langle A, -\infty, -\infty \rangle$
 $\langle A, ts(T_1), -\infty \rangle$
 $\langle A, ts(T_1), ts(T_2) \rangle$

T₁ intenta escribir un valor obsoleto de A; por lo tanto, deberá retroceder.

Usando el Protocolo de Ordenamiento por Hora de Entrada existen casos con retrocesos innecesarios.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Regla de Escritura de Thomas

Supongamos que T_i realiza un Write(Q). Control:

• Si $ts(T_i) < R-ts(Q)$ entonces el valor de Q que T_i está produciendo fue requerido previamente y el sistema asumió que nunca se produciría. Por lo tanto, la operación Write es rechazada y la transacción T_i retrocede.

• Si $ts(T_i) < W-ts(Q)$ entonces T_i está intentando escribir un valor obsoleto de Q. Por lo tanto, esta operación puede ser ignorada.

• En otro caso, la operación Write se ejecuta exitosamente y W-ts(Q) toma el valor ts(T_i).

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

PBHE + Regla de Escritura de Thomas

- Es una variante al PBHE.
- Las reglas para la operación Read no varían.
- Se modifican las reglas para la operación Write.
- Se eliminan retrocesos innecesarios producidos por escrituras obsoletas.
- Planificaciones serializables en este protocolo no lo son bajo otros protocolos.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Para pensar ...

- Los protocolos de estampilla de tiempo pueden tener problemas de:
 - Deadlock?
 - Retrocesos en cascada?
 - Planificaciones no recuperables?
 - Inanición?

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini

Temas de la Clase de Hoy

- Protocolos de control de concurrencia
 - Basados en Bloqueos
 - Protocolos de Dos Fases y Variaciones – Ejemplos
 - Protocolo de Árbol.
 - Basados en Hora de Entrada
 - Time Stamping,
 - Time Stamping + Regla de Escritura de Thomas.
- Bibliografía
 - “Database System Concepts” – A. Silberschatz. Capítulo 16.

EBD2013_15 - Mg. Mercedes Vitturini