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

ELEMENTOS DE BASES DE DATOS

Segundo Cuatrimestre 2013

Clase 16: Protocolos de Control de Concurrencia basados en Estampillas

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

Control de Concurrencia

Protocoles

- *Basados en Bloqueos*
  - Protocolos de dos Fases y sus variantes (P2F, P2F Estricto, P2F Riguroso, P2F refinado).
  - Protocolo de Árbol.
- *Basados en Hora de Entrada*
  - Estampillas de Tiempo y Estampilla de Tiempo + Regla de Escritura de Thomas. ☑
  - Validación.
  - Multiversión.

Protocolos basados en hora de entrada

- Los protocolos basados en hora de entrada - PBDHE *(time-stamp)* resuelven los conflictos realizando un esquema de ordenamiento según la *hora de entrada o de inicio de cada transacción*.
- Si a T_i se le asignó una hora de entrada ***ts*** **(T_i)** e ingresa una nueva transacción T_j luego: ***ts*** **(T_i) < *ts* (T_j).**
  - Los PBHE manejan ejecuciones concurrentes de manera que la estampilla de tiempo de cada transacción determine el orden de serializabilidad.
- Además de cada dato Q se mantienen **dos etiquetas de tiempo:**
  - **R-ts (Q)**, la *mayor estampilla de tiempo de una transacción que ejecutó exitosamente un Read (Q).*
  - **W-ts (Q)**, la *mayor estampilla de tiempo de una transacción que ejecutó exitosamente un Write (Q).*

PBHE – Controles

Ti requiere un **Read(Q),** el control consiste:

- Si ***ts***(T_i) < ***W-ts*(Q)** entonces T_i desea leer un valor de Q que ya fue sobrescrito por una transacción más joven. La operación Read es rechazada y T_i *retrocede*
- Si ***ts***(T_i) ≥ ***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))**

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

- Si ***ts***(T_i) < ***R-ts*(Q)** entonces el valor de Q que T_i está produciendo ya fue requerido. La operación Write es rechazada y T_i *retrocede*.
- Si ***ts***(T_i) < ***W-ts*(Q)** entonces T_i está intentando escribir un valor ya obsoleto de Q. La operación Write es rechazada y T_i *retrocede*.
- En otro caso, la operación Write se ejecuta exitosamente y *W-ts*(Q) toma el valor *ts*(T_i).

Planificación 3

T_1	T_2
Read(A);	
	Write(A).
Write(A).	

ts(T_1) < *ts*(T_2)

Q	R-ts	W-ts
<A,	-∞,	-∞>
<A,	*ts*(T_1),	-∞>
<A,	*ts*(T_1), *ts*(T_2)>	

T_1 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.

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).

Estas transparencias proveen sólo una referencia a los temas. Para su estudio debe remitirse a la bibliografía.

PBHE + Regla de Escritura de Thomas

- Es una variación al PBHE.
- Las reglas para la operación Read (Q) no varían.
- Sólo modifica las reglas para la operación Write (Q).
- Elimina retrocesos innecesarios producidos por escrituras obsoletas ignorandolas.
- Planificaciones serializables en este protocolo no lo son bajo otros protocolos.

Para analizar ...

- Los PBHE tienen problemas de:
  - ¿Deadlock?
  - ¿Retrocesos en cascada?
  - ¿Planificaciones no recuperables?
  - ¿Inanición?
- Justificar!

Control de Concurrencia

Protocolos – Otra clasificación

- *Protocolos Pesimistas*
  - Protocolos de dos Fases y sus variantes (P2F, P2F Estricto, P2F Riguroso, P2F Enriquecido)
  - Protocolo de Árbol
  - Estampillas de Tiempo y Estampilla de Tiempo + Regla de Escritura de Thomas.
  - Multiversión
- *Protocolos Optimistas*
  - Validación

Control de Concurrencia Pesimista

- Un **algoritmo pesimista** realiza una ejecución cauta de las tareas.
  - Cada requerimiento de acceso a la base de datos se autoriza cuidadosamente, tomando las acciones apropiadas en ese preciso instante.
  - No se requiere de una segunda etapa de control ya que cada operación fue autorizada antes de hacerse efectiva.

Desventajas

- El chequeo realizado "operación a operación" sobre-carga el sistema y demora la ejecución de las transacciones.

Control de Concurrencia Optimista

- Un algoritmo optimista asume condiciones que simplifican el desarrollo de una tarea.
- Por ejemplo, un esquema de control de concurrencia optimista, en su **primera etapa**, asume que la transacción no tendrá conflictos con otras transacciones concurrentes.
- En una **segunda etapa** del algoritmo, se realiza el control o *validación* para chequear que las condiciones asumidas fueron ciertas. De no ser ciertas, la transacción debe retroceder y ser ejecutada nuevamente.

Control de Concurrencia Optimista

- Los algoritmos optimistas deben utilizar esquemas de actualización diferidos de la base de datos.
  - Los nuevos valores se almacenan como una "lista de intenciones", pero no son actualizados inmediatamente.
  - Si la transacción supera la *validación*, las escrituras son efectivamente realizadas en una tercera *fase de escritura*.
- Una transacción que no supera la validación, debe retroceder. Esta operación es más costosa que en otros esquemas ya que la transacción se completo parcialmente.
- No existe posibilidad de deadlocks puesto que una transacción nunca espera por otra.

Protocolo Basado en Validación (PBV)

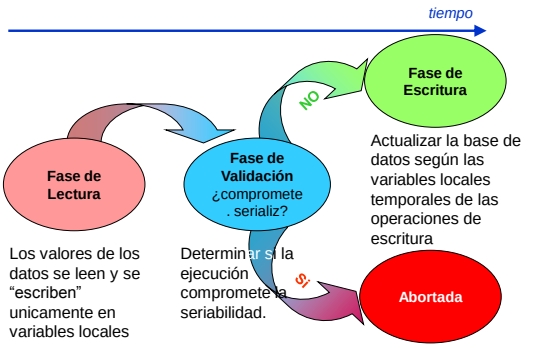
En la ejecución de una transacción se identifican **3 fases**:

Fase de Lectura – tiene lugar la ejecución de la transacción T_i. Se leen los valores de los diferentes datos y se almacenan en variables locales.

Fase de Validación – se analiza si se pueden "escribir" en la base de datos sin violar serializabilidad las variables locales temporales que contienen los resultados de las operaciones de escritura.

Fase de Escritura – se llega sólo si se pasó la fase de validación. Se aplican las actualizaciones reales a la base de datos. De lo contrario, la transacción retrocede.

Protocolo Basado en Validación (PBV)



PBV

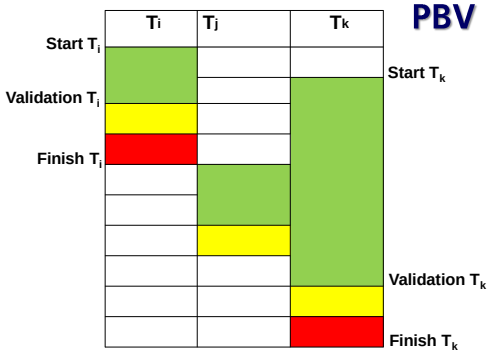
Características generales:

1. Las fases de transacciones que se ejecutan concurrentemente se pueden entrelazar.
2. Cada transacción pasa por estas fases y en ese orden.
   – Una transacción de lectura tiene solamente las fases de lectura y validación,
   – mientras que una transacción que actualiza contiene las tres fases.
3. En ejecuciones concurrentes, cualquiera de las tres fases de transacciones distintas se pueden entrelazar.

PBV

- Cada transacción T_i tiene asociadas tres *estampillas* de tiempo:
  – **Start(T_i)** la hora en que T_i comenzó a ejecutarse.
  – **Validation(T_i)** la hora en que T_i terminó su fase de lectura y comenzó su fase de validación.
  – **Finish(T_i)** la hora en que T_i terminó su fase de escritura.
- El orden de seriabilidad está determinado por la estampilla de tiempo de validación ($ts(T_i)$=validation(T_i))
  – Si **validation (T_i) < validation (T_j)** en la serie equivalente T_i precede a T_j

PBV



PBV

La **prueba de validación para T_j** requiere que para cada transacción T_i con ***ts*(T_i) < *ts*(T_j)** se cumpla una de las siguientes condiciones:

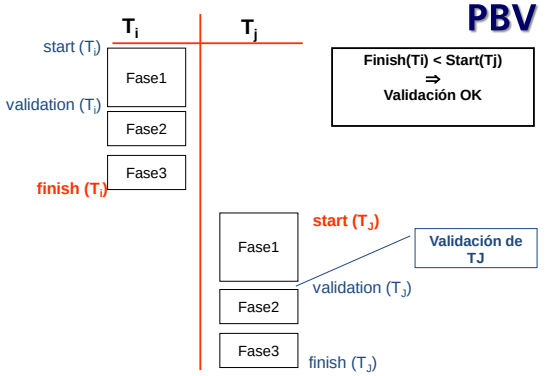
- **Finish(T_i) < Start(T_j)**: T_i terminó su ejecución antes que T_j comenzó (en serie). Entre ellas se ejecutaron en serie.

ó

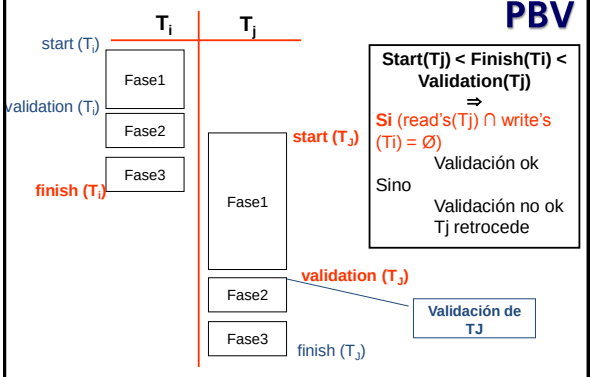
- El conjunto de datos que escribe T_i no tiene intersección con el conjunto de datos que lee T_j, **y** T_i termina su escritura antes de que T_j empiece su validación **(Start(T_j) < Finish(T_i) < Validation(T_j))**. Esto garantiza que las escrituras de T_i y T_j no se solapen y mantenga el orden de serializabilidad.

Estas transparencias proveen sólo una referencia a los temas. Para su estudio debe remitirse a la bibliografía.

PBV



PBV



Planificación 1 serializable bajo validación

T_1	T_2
Read(B)	
	Read(B)
	B:=B-50
	Read(A)
	A:=A+50
Read(A)	
(Validate)	
Display(A+B)	
	(Validate)
	Write(B)
	Write(A)

Escrituras efectivas después de la validación de T_2.

$ts(T_1) < ts(T_2)$

Planificación 2 no serializable bajo validación

T_1	T_2
Read(B)	
Read(C)	
	Read(A)
Read(A)	
(Validate)	
Write (B,C)	
	Read(B)
	(Validate)
	Write(B)
	Write(A)

$ts(T_1) < ts(T_2)$

Start(T2) < Finish(T1) < Validation(T2), pero el conjunto de datos que T2 lee se intersecta con el conjunto de datos que T1 escribe.
T2 retrocede

Ejercicio

- Analizar la siguiente planificación bajo el protocolo de validación
- Indicar si alguna transacción retrocede.
- Dar la serie equivalente

T_i	T_j	T_k
read (A)		
read (B)		
		read (B)
validation		
write (A)		
	read (C)	
		read (D)
	read (D)	
		validation
		write (A)
	read (B)	
	validation	

PBV

- Este protocolo es útil y provee mayor grado de concurrencia en la medida que las probabilidades de conflictos entre transacciones concurrentes sea baja.
- Es un esquema de control de concurrencia optimista que permite el desarrollo inicial de las transacciones, realizando los retrocesos cuando no se supere la etapa de validación.
- Los esquemas basados en validación previenen de retrocesos en cascada.

Estas transparencias proveen sólo una referencia a los temas. Para su estudio debe remitirse a la bibliografía.

Esquemas Multiversión

- Los esquemas de control de concurrencia vistos hasta ahora aseguran seriabilidad según uno de los siguientes paradigmas:
  - –Demorar una operación.
  - –Abortando una transacción.

Otra propuesta:

- Los esquemas multiversión, cada **Write(Q)**, *si es exitoso*, crea una nueva copia de Q, mientras que en cada operación **Read(Q)**, el sistema selecciona que copia de Q será leída.

Multiversión

- Con cada **ítem de dato Q** se asocia una secuencia de versiones **<Q_1,Q_2, … , Q_n>.**
- Para cada versión **Q_k** se tienen tres ítems de dato:
  - –**Content**: es el valor de la versión de Q.
  - –***R-ts*(Q_k)**: la mayor estampilla de tiempo de una transacción que leyó exitosamente la versión Q_k.
  - –***W-ts*(Q_k)**: la estampilla de tiempo de la transacción que creó la versión de Q_k.
- Un Write(Q) *exitoso* eventualmente crea una nueva versión de **Q**. Los valores de *R-ts* y *W-ts* de la nueva versión se inicializan con $ts(T_i)$.
- El valor de *R-ts* se actualiza si una transacción T_j lee el contenido de **Q_k** y $R\text{-}ts(Q_k) < ts(T_j)$.

Multiversión

Supongamos que una transacción T_i realiza una operación Read o Write. Sea **Q_k** la versión de Q cuya **estampilla de tiempo de escritura** es la más grande estampilla menor o igual a $ts(T_i)$.

1) Si T_i realiza un **Read(Q),** entonces el valor retornado es el contenido de la versión Q_k.
2) Si T_i realiza un **Write(Q)**, entonces tenemos tres casos:
   - Si $ts(T_i) < R\text{-}ts(Q_k)$ entonces la transacción T_i retrocede.
   - Si $ts(T_i) = W\text{-}ts(Q_k)$ entonces se sobreescribe el contenido de Q_k.
   - En otro caso, se crea una nueva versión de Q.

Planificación 3: Serializable en múltiples versiones

	T_1	T_2
1.	Read(X);	
2.	Write(X);	
3.		Read(X);
4.		Write(Y).
5.	Read(Y);	
6.	Write(Z).	

Asumimos $ts(T_1)<ts(T_2)$

<Q_k, *R-ts*(Q_k), *W-ts*(Q_k)>

Dato X: <X_0,0,0>.
En 1 se lee X_0.
<X_0, $ts(T_1)$, 0>.
En 2 se crea una nueva X_1:
<X_1, $ts(T_1)$, $ts(T_1)$>.
En 3 se lee con éxito X_1 :
<X_1, $ts(T_2)$, $ts(T_1)$>.

Dato Y: <Y_0,0,0>.
En 4 se crea una nueva Y:
<Y_1, $ts(T_2)$, $ts(T_2)$>.
En 5 se lee con éxito Y_0:
<Y_0, $ts(T_1)$, 0>.
En el momento que entró T_1 existía Y_0, no Y_1.

Dato Z: <Z_0,0,0>.
En 6 se crea una nueva Z:
<Z_1, $ts(T_1)$, $ts(T_1)$>.

Planificación 4: no serializable en múltiples versiones

Asumimos $ts(T_1)<ts(T_2)<ts(T_3)$

<Q_k, *R-ts*(Q_k), *W-ts*(Q_k)>

T_1	T_2	T_3
W(Y);		
R(X);		
	R(Y);	
		R(Z);
W(Z).		
	W(X).	
		W(Y).

<X_0,0,0> <Y_0,0,0> <Z_0,0,0>
<Y_1, $ts(T_1)$, $ts(T_1)$>
<X_0, $ts(T_1)$, 0>
<Y_1, $ts(T_2)$, $ts(T_1)$>
<Z_0, $ts(T_3)$, 0>

Aborta T_1 por Z: $ts(T_1)<ts(T_3)$.
Aborta T_2 pues leyó Y escrito por T_1.

Planificación 5: no serializable en múltiples versiones

Asumimos $ts(T_1)<ts(T_2)$

<Q_k, *R-ts*(Q_k), *W-ts*(Q_k)>

T_1	T_2
R(X);	
	R(X);
	W(Y).
R(Y);	
W(X).	

<X_0,0,0> <Y_0,0,0>
<X_0, $ts(T_1)$, 0>
<X_0, $ts(T_2)$, 0>
<Y_1, $ts(T_2)$, $ts(T_2)$>
<Y_0, $ts(T_1)$, 0>
Aborta T_1 por X: $ts(T_1) < ts(T_2)$.

Estas transparencias proveen sólo una referencia a los temas. Para su estudio debe remitirse a la bibliografía.

Multiversión basado en hora de entrada

- Las versiones que no se usan más se pueden borrar.
- Si dos versiones Q_k y Q_j tienen una *W-ts* menor que la estampilla de tiempo de la transacción más antigua del sistema, entonces se puede borrar la versión más antigua entre Q_k y Q_j.

Propiedades de Multiversión

+ Las **lecturas** nunca fallan y nunca tienen que esperar.
+ Esto es muy útil en sistemas con mayoría de operaciones de lecturas que escrituras.
+ Causa menos abortos que otros esquemas aunque los conflictos se resuelven por retrocesos, no por esperas.
– Leer un dato implica actualizar su hora de entrada (por lo tanto, requiere dos accesos potenciales a disco en lugar de uno).
– El DBMS debe ocuparse de tareas de garbage collector. En ese caso, la misma puede ser eliminada.

Bloqueo + Multiversión

- Timestamping tiene mejor comportamiento en situaciones de lectura solamente.
- Si la probabilidad de conflictos es alta los protocolos basados en bloqueos se comportan mejor.
  – Es mejor esperar que hacer que una transacción retroceda.

Bloqueo + Multiversión

- Algunas implementaciones de control de concurrencia usan un compromiso interesante de ambas propuestas:
  – Dividen las transacciones en transacciones de lectura y transacciones de lectura/actualización.
  – Si una transacción es de lectura/actualización usan el protocolo de dos fases.
  – Las transacciones de lectura se ejecutan usando multiversión.

Temas de la Clase de Hoy

- Protocolos de control de concurrencia
  – Basados en Estampillas de Tiempo
    - Protocolo de Validación
    - Protocolo Multiversión
  – Clasificación

- **Bibliografía**
  – "Database System Concepts" – A. Silberschatz. Capítulo 16.

Estas transparencias proveen sólo una referencia a los temas. Para su estudio debe remitirse a la bibliografía.