

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

ELEMENTOS DE BASES DE DATOS

Segundo Cuatrimestre 2014

Clase 16:
Control de Concurrencia
Estampillas de Tiempo(Parte IV)




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

Control de Concurrencia

Protocolos

- **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.
- **Híbridos**

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

La estrategia “Estampilla de Tiempo”

- A cada transacción se le asigna una **estampilla de tiempo única**.
- Generar planificaciones serializables equivalentes a la serie definida por la estampilla.

Transacción con estampilla menor

→

Transacción con estampilla mayor

Serie equivalente

- Los **conflictos** se resuelven en función de la **“antigüedad”** de cada transacción.
- A diferencia de los protocolos de bloqueo, los conflictos no resuelven con esperas sino con **“retrocesos”**.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Estampillas de Tiempo

- A cada transacción T se le asigna una estampilla $ts(T)$.
- Si a T_i se le asignó una hora de entrada $ts(T_i)$ e ingresa una nueva transacción T_j luego: $ts(T_i) < ts(T_j)$.
- Además de cada dato Q se mantienen **dos etiquetas o estampillas de tiempo de Q** :
 - **$R-ts(Q)$** , 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).
- Sea T_j una transacción con estampilla de tiempo $ts(T_j)$. Si T_j no cumple con las condiciones impuestas por el protocolo, debe retroceder. La falla de T_j es independiente de ella, por lo que T_j vuelve a ingresar al sistema y se le asignará una nueva estampilla $ts'(T_j)$

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

PBHE – Restricciones

T_i 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 $ts(T_i) \geq W-ts(Q)$ entonces la operación Read se ejecuta exitosamente. El valor de $R-ts(Q)$ será el **MAX ($R-ts(Q)$, $ts(T_i)$)**

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 $ts(T_i)$.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación 3

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

$ts(T_1) < ts(T_2)$

| | | |
|---------------------------------------|--------|--------|
| Q | $R-ts$ | $W-ts$ |
| $\langle A, -\infty, -\infty \rangle$ | | |
| $\langle A, ts(T_1), -\infty \rangle$ | | |
| $\langle A, ts(T_1), ts(T_2) \rangle$ | | |

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.

EBD2014_16 - 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 $ts(T_i)$.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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.
- Está basado el concepto de *serializabilidad en vistas*.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Para analizar ...

- Los PBHE tienen problemas de:
 - ¿Deadlock?
 - ¿Retrocesos en cascada?
 - ¿Planificaciones no recuperables?
 - ¿Inanición?
- Justificar!
- En caso de sufrir cualquiera de estas propiedades no deseables, sugerir alguna estrategia de solución.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Control de Concurrencia

Protocolos – Otra clasificación

- **Protocolos Pesimistas**: previenen el problema presuponiendo que va a ocurrir.
 - 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**: considerar el problema después que ocurrió.
 - Validación ⇄

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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” **recarga el sistema y demora la ejecución** de las transacciones, especialmente innecesario si la mayoría de las operaciones son de lectura.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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**.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolo Basado en Validación (PBV)

En la ejecución de una transacción se identifican **2/3 fases**:

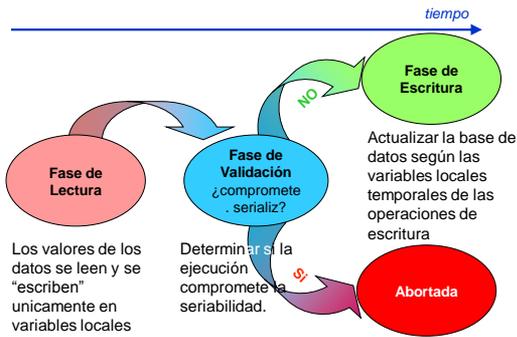
Fase de Lectura – tiene lugar la ejecución de la transacción T_i . Se leen los valores de los diferentes datos y se almacenan en variables locales.

Fase de Validación – se analiza si una transacción "válida" y puede proceder sin violar serializabilidad. Si falla la transacción es abortada

Fase de Escritura (solo para transacciones que escriben) – se llega si se pasó la fase de validación. Se aplican las actualizaciones reales a la base de datos. De lo contrario, la transacción retrocede.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Protocolo Basado en Validación (PBV)



EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

PBV

Características generales:

- Las fases de transacciones distintas que se ejecutan concurrentemente se pueden entrelazar.
- 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**.
- En ejecuciones concurrentes, cualquiera de las tres fases de transacciones distintas se pueden entrelazar.

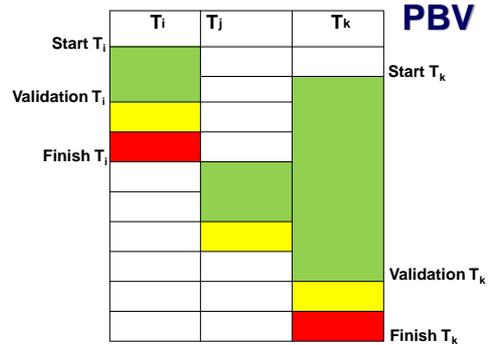
EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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 serializabilidad** 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

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

PBV



EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

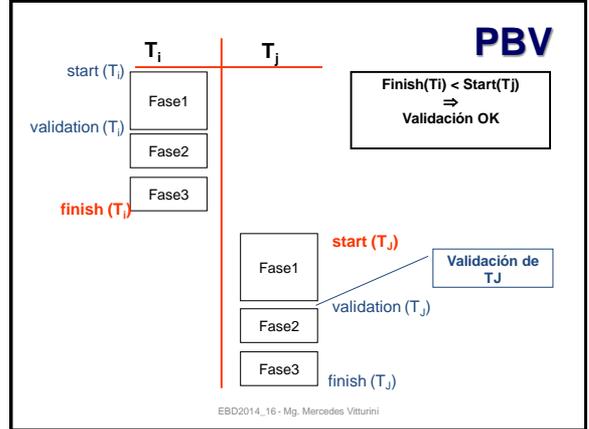
PBV

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.

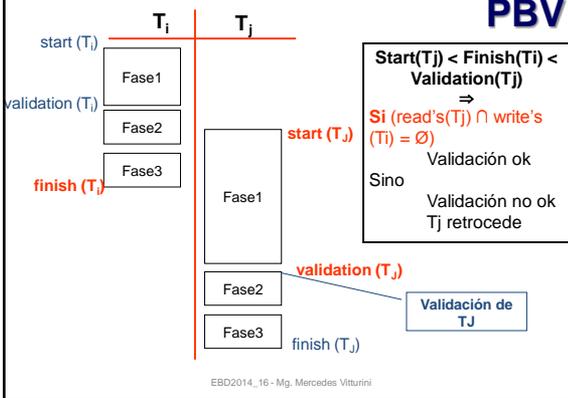
ó
- El conjunto de datos que escribe T_i no tiene intersección con el conjunto de datos que lee T_j , y T_i termina su escritura antes de que T_j empiece su validación (**Start(T_i) < Finish(T_i) < Validation(T_j)**). Esto garantiza que las escrituras de T_i y T_j no se solapen y mantenga el orden de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

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini



EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

PBV



EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación 1 serializable bajo validación

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

Escrituras efectivas después de la validación de T_2 .

$ts(T_1) < ts(T_2)$

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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) |

$ts(T_1) < ts(T_2)$

$Start(T_2) < Finish(T_1) < Validation(T_2)$, pero el conjunto de datos que T_2 lee se interseca con el conjunto de datos que T_1 escribe.
 T_2 retrocede

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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 | |

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

PBV

- Este protocolo es útil y provee mayor grado de concurrencia en la medida que las probabilidades de conflictos entre transacciones concurrentes es 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.



EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Multiversión

- Con cada **ítem de dato Q** se asocia una secuencia de **versiones $\langle Q_1, Q_2, \dots, Q_n \rangle$** .
- 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 $R-ts(Q_k) < ts(T_j)$** .

Multiversión

Supongamos que una transacción T_i . Primero debe identificar la versión Q_k de Q que le corresponde, aquella cuya **estampilla de tiempo de escritura es la más grande estampilla entre las menores 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 $ts(T_i) < R-ts(Q_k)$ entonces la transacción T_i **retrocede**.
 - Si $ts(T_i) = W-ts(Q_k)$ entonces se **sobrescribe** el contenido de Q_k .
 - En otro caso, se crea una **nueva versión** de Q.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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) . | |

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

Asumimos $ts(T_1) < ts(T_2)$
 $\langle Q_k, R-ts(Q_k), W-ts(Q_k) \rangle$

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

Dato Z: $\langle Z_0, 0, 0 \rangle$.
 En 6 se crea una nueva Z:
 $\langle Z_1, ts(T_1), ts(T_1) \rangle$.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación 4: no serializable en múltiples versiones

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

Asumimos $ts(T_1) < ts(T_2) < ts(T_3)$
 $\langle Q_k, R-ts(Q_k), W-ts(Q_k) \rangle$

$\langle X_0, 0, 0 \rangle$ $\langle Y_0, 0, 0 \rangle$ $\langle Z_0, 0, 0 \rangle$
 $\langle Y_1, ts(T_1), ts(T_1) \rangle$
 $\langle X_0, ts(T_1), 0 \rangle$
 $\langle Y_1, ts(T_2), ts(T_1) \rangle$
 $\langle Z_0, ts(T_3), 0 \rangle$

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

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

Planificación 5: no serializable en múltiples versiones

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

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

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

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

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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 .



EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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.

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini

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 15 (ed. 2010).

EBD2014_16 - Mg. Mercedes Vitturini