Diseño de Bases de Datos

Clase 6

Prof. Pablo Thomas

Rodolfo Bertone

Agenda

- Transacciones
  - Propiedades
  - Estados
- Transacciones monousuarios
  - Atomicidad
  - Protocolos
- Transacciones centralizadas
  - Aislamiento
  - Consistencia
  - Durabilidad

Transacciones

Transacción: colección de operaciones que forman una única unidad lógica de trabajo.

- Propiedades **ACID**
  - **Atomicidad:** todas las operaciones de la transacción se ejecutan o no lo hacen ninguna de ellas
  - **Consistencia:** la ejecución aislada de la transacción conserva la consistencia de la BD
  - **Aislamiento (isolation):** cada transacción ignora el resto de las transacciones que se ejecutan concurrentemente en el sistema, actúa como si fuera única.
  - **Durabilidad:** una transacción terminada con éxito realiza cambios permanentes en la BD, incluso si hay fallos en el sistema

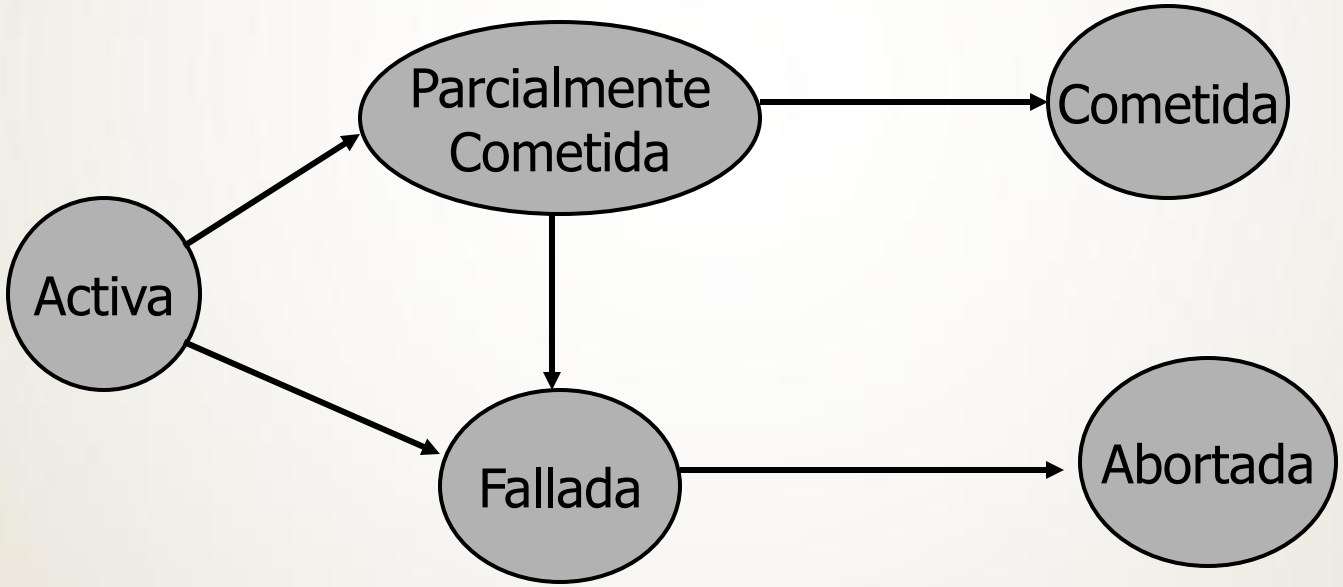
Transacciones

Estados de una transacción

- **Activa:** estado inicial, estado normal durante la ejecución.
- **Parcialmente Cometida:** después de ejecutarse la última instrucción
- **Fallada:** luego de descubrir que no puede seguir la ejecución normal
- **Abortada:** después de haber retrocedido la transacción y restablecido la BD al estado anterior al comienzo de la transacción.
- **Cometida:** tras completarse con éxito.

Transacciones

Diagrama de estado de una transacción



Transacciones

Modelo de transacción

- READ (A, a1)
- a1 := a1 – 100;
- WRITE(A, a1)
- READ (B, b1)
- b1 := b1 + 100;
- WRITE(B, b1)

Diferencia entre READ, WRITE y INPUT, OUTPUT.

Uso de transacciones:

- En sistemas monousuario
- En sistemas concurrentes
- En sistemas distribuidos

Transacciones

Que hacer luego de un fallo?

- Re-ejecutar la transacción fallada → no sirve
- Dejar el estado de la BD como está → no sirve

Problema: modificar la BD sin seguridad que la transacción se va a cometer.

- Solución: indicar las modificaciones

Soluciones

- Registro Histórico
- Doble paginación

Registro Histórico

Bitácora

- secuencia de actividades realizadas sobre la BD.
- Contenido de la bitácora
  - <T iniciada>
  - <T, E, Va, Vn>
    - **T:** Identificador de la transacción
    - **E:** Identificador del elemento de datos
    - **Va:** Valor anterior
    - **Vn:** Valor nuevo
  - <T Commit>
  - <T Abort>

Registro Histórico

Las operaciones sobre la BD deben almacenarse luego de guardar en disco el contenido de la Bitácora

Dos técnicas de bitácora

- Modificación diferida de la BD
- Modificación inmediata de la BD

Registro Histórico

Modificación diferida

- Las operaciones write se aplazan hasta que la transacción esté parcialmente cometida, en ese momento se actualiza la bitácora y la BD

Registro Histórico

Dada la siguiente transacción

- < T0 Start >
- < T0, A, 900 >
- < T0, B, 2100 >
- < T0 Commit >

Recién con T0 parcialmente cometida, entonces se actualiza la BD.

- No se necesita valor viejo, se modifica la BD al final de la transacción o no se modifica.

Ante un fallo, y luego de recuperarse:

- REDO (Ti), para todo Ti que tenga un Start y un Commit en la Bitácora.
- Si no tiene Commit entonces se ignora, dado que no llegó a hacer algo en la BD.

Registro Histórico

Modificación inmediata:

- La actualización de la BD se realiza mientras la transacción está activa y se va ejecutando.
- Se necesita el valor viejo, pues los cambios se fueron efectuando.
- Ante un fallo, y luego de recuperarse:
  - REDO(Ti), para todo Ti que tenga un Start y un Commit en la Bitácora.
  - UNDO(Ti), para todo Ti que tenga un Start y no un Commit.

Registro Histórico

Transacción:

- Condición de idempotencia.

Buffers de Bitácora

- Grabar en disco c/registro de bitácora insume gran costo de tiempo → se utilizan buffer, como proceder?
  - Transacción está parcialmente cometida después de grabar en memoria no volátil el Commit en la Bitácora.
  - Un Commit en la bitácora en memoria no volátil, implica que todos los registros anteriores de esa transacción ya están en memoria no volátil.
  - **Siempre** graba primero la Bitácora y luego la BD.

Registro Histórico

Puntos de verificación:

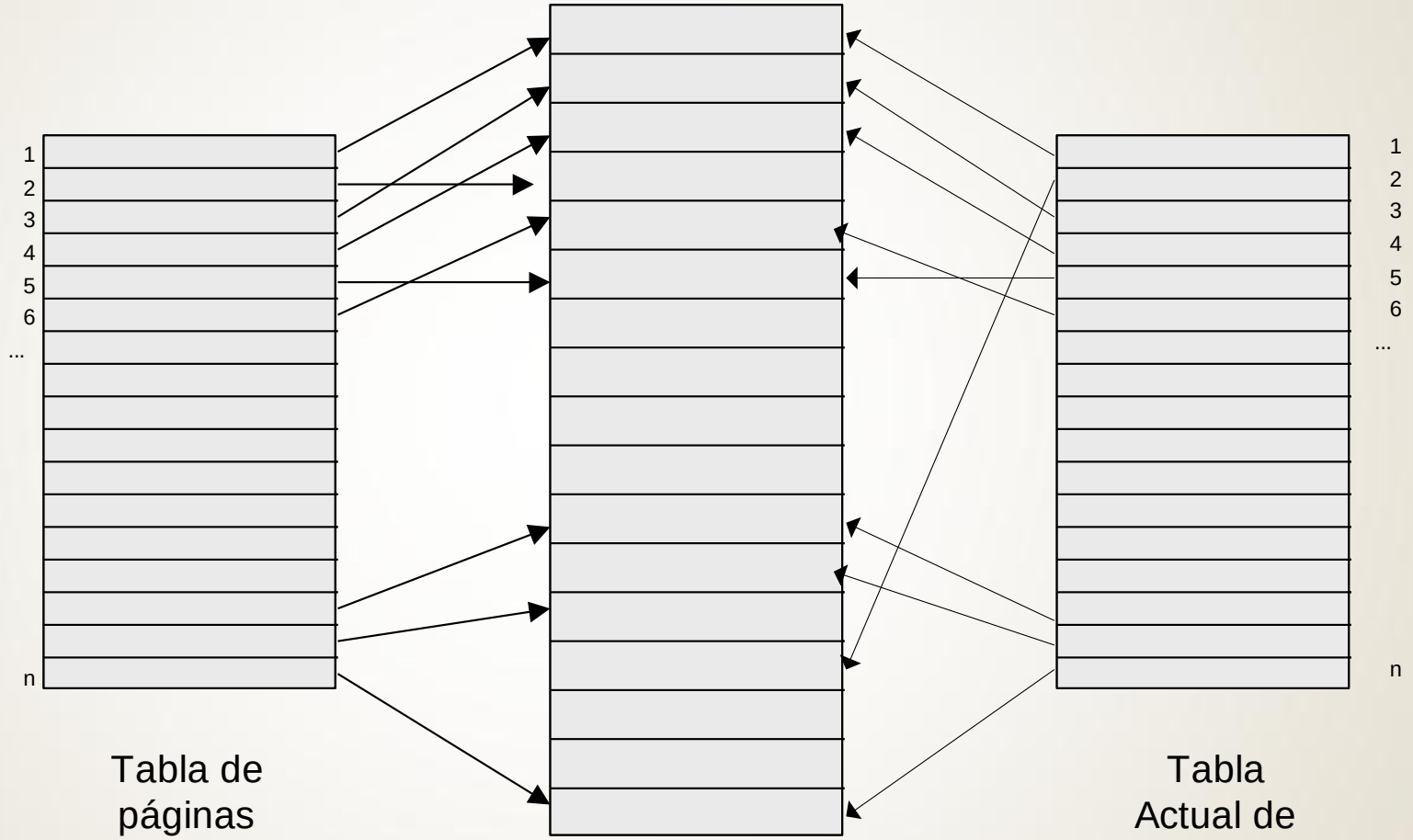
- Ante un fallo, que hacer
  - REDO, UNDO: según el caso
- Revisar la bitácora:
  - Desde el comienzo?: probablemente gran porcentaje esté correcto y terminado.
  - Lleva mucho tiempo.
- Checkpoints (monousario)
  - Se agregan periódicamente indicando desde allí hacia atrás todo OK.
  - Periodicidad?

Doble Paginación

Paginación en la sombra:

- Ventaja: menos accesos a disco
- Desventaja: complicada en un ambiente concurrente/distribuido.
- N páginas equivalente a páginas del SO.
  - Tabla de páginas actual
  - Tabla de páginas sombra

Doble Paginación



Doble Paginación

Ejecución de la operación *escribir*

- Ejecutar **entrada**(X) si página i-ésima no está todavía en memoria principal.
- Si es la primer escritura sobre la página i-ésima, modificar la tabla actual de páginas así:
  - Encontrar una página en el disco no utilizada
  - Indicar que a partir de ahora está ocupada
  - Modificar la tabla actual de página indicando que la i-ésima entrada ahora apunta a la nueva página

Doble Paginación

En caso de fallo y luego de la recuperación

- Copia la tabla de páginas sombra en memoria principal.
- Abort automáticos, se tienen la dirección de la página anterior sin las modificaciones.

Recuperación en caso de Fallo

Ventajas:

- Elimina la sobrecarga de escrituras del log
- Recuperación más rápida (no existe el REDO o UNDO).

Desventajas:

- Sobrecarga en el compromiso: la técnica de paginación es por cada transacción.
- Fragmentación de datos: cambia la ubicación de los datos continuamente.
- Garbage Collector: ante un fallo queda una página que no es mas referenciada.

Entornos Concurrentes

Entorno con BD centralizada

- Varias transacciones ejecutándose simultáneamente compartiendo recursos.
- Deben evitarse los mismos problemas de consistencia de datos
- Transacciones correctas, en ambientes concurrente pueden llevar a fallos

Entornos Concurrentes

Seriabilidad

- Garantiza la consistencia de la BD

```
T0 Read (a)
    a:= a – 50
    Write (a)
    Read ( b )
    b := b + 50
    Write ( b )
```

```
T1 Read (a)
    temp := a * 0,1
    a:= a – temp
    Write (a)
    Read ( b )
    b := b + temp
    Write ( b )
```

- Resolver T0, T1 o T1, T0 se respeta A+B
- Ahora bien T0 T1 <> T1 T0

Entornos Concurrentes

Planificación: secuencia de ejecución de transacciones

- Involucra todas las instrucciones de las transacciones
- Conservan el orden de ejecución de las mismas
- Un conjunto de m transacciones generan m! planificaciones en serie
- La ejecución concurrente no necesita una planificación en serie.

Entornos concurrentes

```
READ(A)
A := A – 50
WRITE(A)
                READ(A)
                TEMP := A *  0.1
                A := A – TEMP
                WRITE(A)
READ(B)
B := B + 50
WRITE(B)
                READ(B)
                B := B + TEMP
                WRITE(B)
```

A + B se conserva

```
READ(A)
A := A – 50
                READ(A)
                TEMP := A *  0.1
                A := A – TEMP
                 WRITE(A)
                 READ(B)
WRITE(A)
READ(B)
B := B + 50
WRITE(B)
                 B := B + TEMP
                WRITE(B)
```

A + B no se conserva

Entornos Concurrentes

Conclusiones

- El programa debe conservar la consistencia
- La inconsistencia temporal puede ser causa de inconsistencia en planificaciones en paralelo
- Una planificación concurrente debe equivaler a una planificación en serie
- Solo las instrucciones READ y WRITE son importantes y deben considerarse.

Entornos Concurrentes

Conflicto en planificaciones serializables

- I1, I2 instrucciones de T1 y T2
  - Si operan sobre datos distintos. NO hay conflicto.
  - Si operan sobre el mismo dato
    - I1 = READ(Q) = I2, no importa el orden de ejecución
    - I1 = READ(Q), I2 = WRITE(Q) depende del orden de ejecución (I1 leerá valores distintos)
    - I1 = WRITE(Q), I2 = READ(Q) depende del orden de ejecución (I2 leerá valores distintos)
    - I1 = WRITE(Q) = I2, depende el estado final de la BD
- I1, I2 está en conflicto si actúan sobre el mismo dato y al menos una es un write. Ejemplos.

Entornos Concurrentes

Definiciones

- **Una Planificación S se transforma en una S´ mediante intercambios de instrucciones no conflictivas, entonces S y S´ son *equivalentes en cuanto a conflictos*.**
- Esto significa que si
  - S' es consistente, S también lo será
  - S' es inconsistente, S también será inconsistente
- **S´ es serializable en conflictos si existe S/ son equivalentes en cuanto a conflictos y S es una planificación serie.**

Control de Concurrencia

Métodos de control de concurrencia

- Bloqueo
- Basado en hora de entrada

Control de Concurrencia

Bloqueo

- Compartido *Lock_c*(dato)(solo lectura)
- Exclusivo *Lock_e*(dato) (lectura/escritura)
- Las transacciones piden lo que necesitan.
- Los bloqueos pueden ser compatibles y existir simultáneamente (compartidos)

Control de Concurrencia

Una transacción debe:

- Obtener el dato (si está libre, o compartido y solicita compartido)
- Esperar (otro caso)
- Usar el dato
- Liberarlo.

```
T1  a → b
    Lock_e(a)
    Read ( a )
    a := a – 50
    Write (a)
    Unlock ( a )
    Lock_e(b)
    Read ( b )
    b := b + 50
    Write ( b )
    Unlock ( b )
```

```
T2   a + b
    Lock_c(a)
    Read ( a )
    Unlock ( a )
    Lock_c(b)
    Read ( b )
    Unlock ( b )
```

T1 → T2 o T2 → T1 en serie, no genera problemas

Control de Concurrencia

Si se ejecutan en orden verde, azul, celeste

Que pasa con los resultados

Se pueden llevar los bloqueos de T2 ambos al comienzo.

- Puede ocurrir DEADLOCK
- Una de las dos debe retroceder, liberando sus datos.

Control de Concurrencia

Conclusiones:

- Si lo datos se liberan pronto → se evitan posibles deadlock
- Si los datos se mantienen bloqueados → se evita inconsistencia.

Control de Concurrencia

Protocolos de bloqueo

- Dos fases
  - Requiere que las transacciones hagan bloqueos en dos fases:
    - Crecimiento: se obtienen datos
    - Decrecimiento: se liberan los datos
  - Garantiza seriabilidad en conflictos, pero no evita situaciones de deadlock.
  - Como se consideran operaciones
    - Fase crecimiento: se piden bloqueos en orden: compartido, exclusivo
    - Fase decrecimiento: se liberan datos o se pasa de exclusivo a compartido.

Control de Concurrencia

Protocolo basado en hora de entrada

- El orden de ejecución se determina por adelantado, no depende de quien llega primero
- C/transacción recibe una HDE
  - Hora del servidor
  - Un contador
- Si HDE(Ti) < HDE(Tj), Ti es anterior
- C/Dato
  - Hora en que se ejecutó el último WRITE
  - Hora en que se ejecutó el último READ
  - Las operaciones READ y WRITE que pueden entrar en conflicto se ejecutan y eventualmente fallan por HDE.

Control de Concurrencia

Algoritmo de ejecución:

- **Ti Solicita READ(Q)**
  - HDE(Ti) < HW(Q): rechazo (solicita un dato que fue escrito por una transacción posterior)
  - HDE(Ti) ≥ HW(Q): ejecuta la operación leer y se establece HR(Q)=Max{HDE(Ti), HR(Q)}
- **Ti solicita WRITE(Q)**
  - HDE(Ti) < HR(Q): rechazo (Q fue utilizado por otra transacción anteriormente y supuso que no fue cambiaba)
  - HDE(Ti) < HW(Q): rechazo (se intenta escribir un valor viejo, obsoleto)
  - HDE(Ti) > [HW(Q) y HR(Q)]: ejecuta y HW(Q) se establece con HDE(Ti).
- **Si Ti falla, y se rechaza entonces puede recomenzar con una nueva hora de entrada.**

Control de Concurrencia

Casos de Concurrencia. Granularidad

- A registros caso más normal
- Otros casos
  - BD completa
  - Áreas
  - Tablas

Otras operaciones conflictivas

- Delete(Q) requiere un uso completo del registro
- Insert(Q) el dato permanece bloqueado hasta la operación finalice.

Registro Histórico en entornos concurrentes

Consideraciones del protocolo basado en bitácora

- Existe un único buffer de datos compartidos y uno para la bitácora
- C/transacción tiene un área donde lleva sus datos
- El retroceso de una transacción puede llevar al retroceso de otras transacciones

Retroceso en cascada

- Falla una transacción → pueden llevar a abortar otras
- Puede llevar a deshacer gran cantidad de trabajo.

Registro Histórico en entornos concurrentes

Durabilidad

- Puede ocurrir que falle Ti, y que Tj deba retrocederse, pero que Tj ya terminó. Como actuar?
- Protocolo de bloqueo de dos fases: los bloqueos exclusivos deben conservarse hasta que Ti termine.
- HDE, agrega un bit, para escribir el dato, además de lo analizado, revisar el bit si está en 0 proceder, si está en 1 la transacción anterior no termino, esperar....

Registro Histórico en entornos concurrentes

Bitácora

- Similar sistemas monousuarios
- Como proceder con checkpoint
  - Colocarlo cuando ninguna transacción esté activa. Puede que no exista el momento.
  - Checkpoint<L> L lista de transacciones activa al momento del checkpoint.
- Ante un fallo
  - UNDO y REDO según el caso.
  - Debemos buscar antes del Checkpoint solo aquellas transacciones que estén en la lista.