Transacciones, Recuperación y Control de Concurrencia

Transacciones

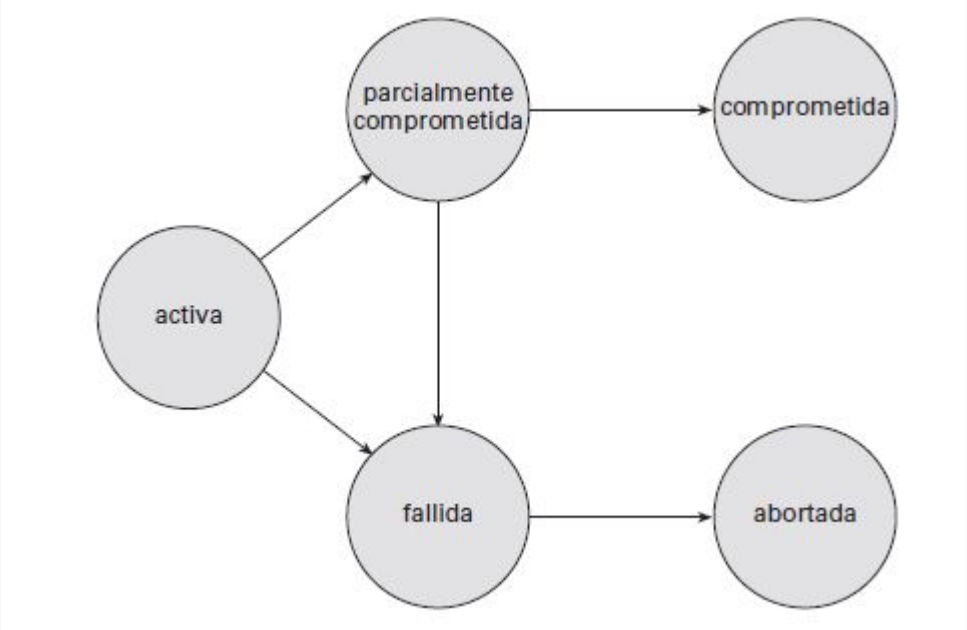
- **Transacción**: colección de operaciones que forman una única unidad lógica de trabajo en una BD

- **Control concurrencia**
  - ✔ Sistemas multiusuario: ejecución intercalada

- **Recuperación**
  - ✔ Para cuando una transacción falla

- **Vida de una transacción**
  - ✔ Inicio
  - ✔ Lecturas/escrituras de elementos de la BD
  - ✔ Final (pueden hacer falta algunas verificaciones)
  - ✔ Confirmación (COMMIT) o anular (ROLLBACK)

Diagrama de transición de estados tx.



Transacciones

Toda transacción debe cumplir el principio ACID

- **Atómica**: se ejecuta todo (commit) o nada (rollback)
  - ✔ Debe garantizarlo el método de recuperación del SGBD
- **Consistente**: pasa de un estado consistente a otro
  - ✔ Debe garantizarlo el programador y el SGBD (restr. int.)
- **aIslada**: no lee resultados intermedios de otras transacciones que no han terminado
  - ✔ Debe garantizarlo el método de control de concurrencia y el programador (ej: usando protocolo bloqueo en 2 fases)
- **Duradera**: si se termina con éxito (commit), los cambios en la BD son estables aunque luego falle otra
  - ✔ Debe garantizarlo el método de recuperación.

Recuperación

- Caídas del sistema durante una transacción
- Errores de ejecución: overflow, división por 0...
- Errores lógicos que violan alguna regla de integridad (definida explícitamente o no) y que dejan inconsistente la BD programador/ABD
- Problemas de concurrencia de transacciones
- Fallos de lectura/escritura en disco
- Problemas físicos y catástrofes: fuego, robos, sabotajes, fallos “humanos”,... medidas de seguridad informática en la empresa.

Recuperación

- Para que el sistema se pueda recuperar ante fallos se necesita grabar cada operación con la BD en un fichero LOG (bitácora). *Checkpoints*.
  - ✔ se escribe en el fichero LOG antes que en la BD
  - ✔ el fichero LOG debe estar en memoria estable

- Por cada operación se escribe un reg. en LOG
  - ✔ <**comienza-transacción**, numt>
  - ✔ <**escritura**, numt, id_dato, val_viejo, val_nuevo>
  - ✔ <**lectura**, numt, id_dato, valor>
  - ✔ <**termina_transacción_con_éxito**, numt>
  - ✔ <**punto_comprobación**, numt, numc>

Problemas de concurrencia

- La ejecución concurrente de transacciones puede dar lugar a problemas:
  - Problema de la actualización perdida
  - Problema de leer una actualización temporal (*lectura sucia*)
  - Problema del resumen incorrecto
  - Problema de la lectura no repetible

Problemas de concurrencia

- Sol. trivial: cada transacción se ejecuta en exclusión mutua. ¿Cuál sería la granularidad? ¿BD? ¿Tabla? ¿Tupla? ¿Atributo?

- La solución trivial no es válida: muy restrictiva
  - ✔ Se supone que las BDs se pensaron para que varios usuarios/aplicaciones accedieran a la vez

- Hay que intercalar acciones pero que el resultado sea como en exclusión mutua

Control de concurrencia:
planes serializables

- Dadas las transacciones T1, T2, ... Tn,
  - ✔ T1 compuesto por operaciones $O_{11}, O_{12}, .. O_{1\,m1}$
  - ✔ T2 compuesto por operaciones $O_{21}, O_{22}, .. O_{2\,m2}$
  - ✔ ... Tn compuesto por operaciones $O_{n1}, O_{n2} .. O_{n\,mn}$

- Un plan de ejecución concurrente de las transacciones sería:
  - ✔ Ej: $O_{11}, \underline{O_{21}}, O_{n1}, O_{n2}, O_{12}, \underline{O_{22}}, \ldots, O_{1\,m1}, \underline{O_{2\,m2}}, \ldots, O_{n\,mn}$
  - ✔ Una intercalación de todas las operaciones O_{ij} donde para todo i, O_{i1} se ejecuta antes que O_{i2} ... antes que $O_{i\,mi}$

- Un plan es serializable si su resultado es el mismo que el producido por alguno de los posibles planes seriales de T1, T2,...Tn
  - ✔ Ej:opers. de T2, opers. T1, opers. Tn, ..., opers. de T3

Serializabilidad

- Aparte de ACID, queremos que las transacciones sean serializables.
- Determinar si un determinado plan es serializable es un problema NP-completo.
- Solución: Imponer restricciones a la libre intercalación de operaciones entre transacciones
  - ✔ Técnicas pesimistas: se impide realizar ciertas operaciones si son sospechosas de producir planes no serializables: BLOQUEOS (*lock*) y MARCAS DE TIEMPO (*time-stamping*)
  - ✔ Técnicas optimistas: no imponen restricciones pero después se comprueba si ha habido interferencias

Técnicas de bloqueo (lock)

- A cada elemento de datos o gránulo X de la BD se le asocia una variable
  - ✔ operación lock_exclusivo(X): deja bloqueado al que lo pide si otro ya tiene cualquier lock sobre X
  - ✔ operación lock_compartido(X): deja bloqueado al que lo pide si otro ya tiene un lock exclusivo sobre X
  - ✔ operación unlock(X): libera su lock sobre X
- Antes de leer X □ lock_compartido(X)
- Antes de escribir (leer) X □ lock_exclusivo(X)
- Si no se va a leer o escribir más □ unlock(X)

Protocolo de Bloqueo en dos fases

- Una transacción sigue el protocolo de bloqueo en dos fases si nunca hace un lock después de haber hecho algún unlock.
  - ✔ Fase de crecimiento: se solicitan locks
  - ✔ Fase de devolución: se realizan unlocks
- Solamente este protocolo de bloqueo garantiza la serializabilidad de transacciones
- Sin embargo, existe riesgo de deadlock !!
  - ✔ Prevención de deadlocks
  - ✔ Detección y recuperación de deadlocks

Deadlocks

- **Deadlock (o abrazo mortal o interbloqueo)**

Cuando una transacción T1 está bloqueada esperando a que otra T2 libere un lock, la cual también está bloqueada esperando a que T1 libere uno de sus lock. Se puede generalizar para N transacciones.

- **Prevención de deadlocks**
  - ✔ Cada transacción obtiene todos los locks al principio y si no puede entonces no obtiene ninguno. Problema de **livelock** (inanición de algunas transacciones que pueden no obtener todos los que necesiten)
  - ✔ Los elementos de la BD están ordenados de alguna manera y los lock hay que obtenerlos en dicho orden. Los programadores deben controlarlo !!

Deadlocks

Detección y recuperación de deadlocks

- ✔ A medida que se piden y conceden los lock se construye un grafo de las transacciones que están esperando a otras. Si existe un ciclo en dicho grafo: deadlock. Hay que proceder a abortar a alguna de las transacciones.
  Problema de livelock si se aborta siempre a la misma!

Técnicas de marcas de tiempo (time-stamping)

- **Un timestamp es un identificador asignado a cada transacción TS(T). Indica la hora de comienzo de la transacción T. A cada elemento X de la BD se le asigna el timestamp de la última transacción que lo ha leído (TS_lect(X)) y escrito (TS_escr(X))**

- Si una transacción T quiere escribir en X
  - ✔ si TS_lect(X) > TS(T) entonces abortar
  - ✔ si TS_escr(X) > TS(T) entonces no escribir y seguir
  - ✔ en otro caso escribir y TS_escr(X):=TS(T)

Técnicas de marcas de tiempo (time-stamping)

- Una transacción T quiere leer de X
  - ✔ si TS_escr(X) > TS(T) entonces abortar
  - ✔ si TS_escr(X) <= TS(T) entonces leer de X y TS_lect(X):=máximo(TS(T),TS_lect(X))

- Garantiza serializabilidad y ausencia de deadlocks. Puede haber livelock (si se aborta siempre a la misma transacción)

Técnicas optimistas

- No se realizan comprobaciones **ANTES** de ejecutar las operaciones (pedir locks, comprobar timestamps), sino al acabar toda la transacción (fase validación)
- Durante la ejecución de la transacción se trabaja con copias
- Hay tres fases en un protocolo optimista:
  - ✔ Fase de lectura
  - ✔ Fase de validación
  - ✔ Fase de escritura
- Es bueno cuando no hay muchas interferencias entre transacciones (por eso son “optimistas”)

Recuperación en Oracle

- Redo logs (cíclicos)
- Archive logs (consolidación de redo logs)
- Backups
  - ✔ Mirrors
  - ✔ Export: Incremental, acumulativo (colección de incrementales), total
- Recuperación basada en cambios, tiempo, paso-a-paso (basado en archive logs), completa

Control de concurrencia en ORACLE (1)

Lectura consistente: garantiza que se lean los datos tal y como estaban al inicio de la transacción, sin impedir que otras transacciones los cambien.

- ✔ Implícitamente con SELECT .. FROM T,R ... (lo garantiza sobre las tuplas de T,R,...)
- ✔ Explícitamente con SET TRANSACTION READ ONLY; (lo garantiza sobre las tuplas de todas las tablas hasta el fin de transacción.)
  - ❖ Debe ser la primera instrucción de la transacción
  - ❖ No permitirá hacer ningún INSERT, DELETE o UPDATE en dicha transacción

Control de concurrencia en ORACLE (2)

- LOCKs
  - ✔ Explícitamente con LOCK TABLE T IN x MODE
    - ❖ x indica si sobre todas/algunas tuplas de T en modo compartido/exclusivo)
  - ✔ Implícitamente con cada operación (según cláusula WHERE)
    - ❖ UPDATE, DELETE, INSERT. Se bloquean las tuplas insertadas, borradas o actualizadas (al ser una transacción no finalizada)
    - ❖ SELECT...FROM T FOR UPDATE OF atr. Se bloquean las tuplas seleccionadas

Control de concurrencia en ORACLE (3)

- No hay UNLOCK explícitos en ORACLE!!
  - ✔ Se realiza un UNLOCK implícito de todos los LOCK con cada COMMIT o ROLLBACK (implícitos o explícitos)

Pregunta:
¿Cómo conseguir que las transacciones en ORACLE sigan el protocolo en dos fases, o lo que es lo mismo, sean serializables?

¡Gracias!