BASES DE DATOS

CLASE 8

Transacciones

- Hasta ahora se ha visto:
  - Cómo diseñar una BD
  - Cómo manipular una BD
- Para poder confiar en la información almacenada en una base de datos es necesario asegurar que la misma no contenga errores
  - ¿Qué sucede si las operaciones fallan antes de completarse?
  - ¿Qué sucede si varios usuarios quieren trabajar al mismo tiempo con los mismos datos?

Transacciones

- Las operaciones de **lectura** no causan problemas
- Potencialmente, las operaciones de **escritura** pueden causar problemas:
  - Una operación compleja se interrumpe en un momento indeterminado
  - Varios usuarios concurrentemente tratan de hacer operaciones sobre los mismos datos

Transacciones

- Una transacción es una secuencia de operaciones que forman una **unidad lógica de trabajo**
  - **Objetivo**: garantizar la consistencia de la BD a pesar de los fallos del sistema y de la ejecución concurrente
  - Una transacción se debe realizar enteramente o no realizarse → no puede quedar incompleta
    - Si finaliza → sus efectos quedan en la BD
    - Si se anula → sus efectos no quedan en la BD

Transacciones

- Ejemplo de transacción: transferencia bancaria entre dos cuentas

READ (cuenta2.saldo)

cuenta2.saldo = cuenta2.saldo – importe

WRITE (cuenta2.saldo)

READ (cuenta1.saldo)

cuenta1.saldo = cuenta1.saldo + importe

WRITE (cuenta1.saldo)

Transacciones

- Ejemplo de transacción: transferencia bancaria entre dos cuentas
  - Saldos iniciales: cuenta1 = $2000, cuenta2 = $1000
  - Se realiza una transferencia de $100 y el proceso se efectúa sin problemas:
    - Saldos finales: cuenta1 = $2100, cuenta2 = $900
  - Se podría dar el caso de que se produjera un fallo luego de actualizar el saldo de la cuenta2 pero antes de actualizar el saldo de la cuenta1
    - Se “pierden” $100 → Inconsistencia

Transacciones

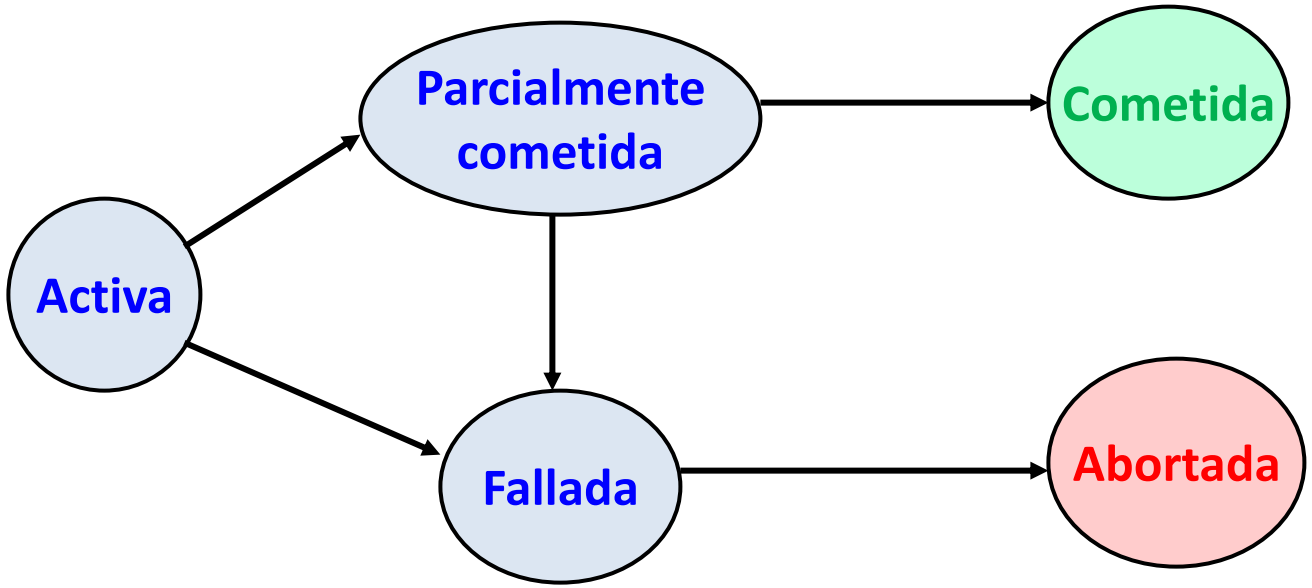
- Propiedades **ACID**
  - **Atomicidad**: una transacción debe ser una unidad atómica de trabajo. O todas las operaciones de la transacción se ejecutan o no lo hacen ninguna de ellas
  - **Consistencia**: la ejecución aislada de la transacción conserva la consistencia de la BD (lleva a la BD de un estado consistente a otro consistente)
  - **Aislamiento** (***Isolation***): cada transacción ignora el resto de las transacciones que se ejecutan concurrentemente en el sistema, c/u actúa como 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) se ha cometido parcialmente y se garantiza que nunca abortará

Transacciones

- Estados de una transacción



Transacciones

- Si una transacción falla → debe retroceder
  - Se debe tener especial cuidado con las escrituras externas
  - Ejemplo: una transacción emite mensajes por pantalla / impresora, pero luego se produce un fallo:
    - Las escrituras externas realizadas no pueden borrarse → quedan mensajes fuera del sistema de BD
  - Deben aplazarse este tipo de escrituras hasta que la transacción haya cometido

Transacciones

- Una transacción que falla y retrocede, llega entonces al estado de abortada
- Una transacción abortada se puede:
  - Reiniciar: se intenta volver a ejecutar la transacción cuando el error no depende de la lógica de la misma (ya sea de hardware o de software)
  - Cancelar: se cancela la transacción si el fallo se debió a un error interno lógico de la misma

Transacciones

- Entornos de transacciones
  - **Sistemas monousuario**
    - Un sólo usuario con una única transacción
  - **Sistemas concurrentes**
    - Varios usuarios simultáneos, c/u con múltiples transacciones a la vez
  - **Sistemas distribuidos**
    - BD residente en varios servidores → mayor complejidad

Fallos

- Causas de los fallos
  - Caída del sistema de BD
    - Software
    - Hardware
    - Catástrofes
  - Problemas con la ejecución de transacciones
    - Lógica de la transacción
    - Bloqueos entre transacciones

Fallos

- Almacenamiento
  - Se debe conocer con precisión las posibilidades de pérdida de información del sistema de BD → se necesita una correcta elección de los **tipos de almacenamiento**
    - Volátil: la información no sobrevive a las caídas del sistema
    - No volátil → la información sobrevive a las caídas del sistema. Puede perderse ante fallas de hardware
    - Estable → en teoría, la información nunca se pierde
      - Sistemas UPS
      - Replicación en varios medios no volátiles independientes

Fallos

- Clasificación
  - Cuando el fallo sucede en una transacción que sólo ejecuta operaciones de lectura → fallo sin pérdida de información
    - La transacción debe abortarse, pero la consistencia de la BD no se ve afectada
  - Cuando el fallo sucede en una transacción que involucra escrituras de datos → fallo con pérdida de información
    - Se debe asegurar la consistencia de la BD

Fallos

- Procedimiento ante fallos
  - ¿Reiniciar o cancelar?
    - De acuerdo al **momento** y **tipo de error** que se produzca durante la ejecución de una transacción, se puede resolver volver a ejecutar o no la transacción
    - Pero en cualquiera de los casos se debe asegurar que la transacción es abortada con anterioridad, para mantener la consistencia de datos
  - ¿Cómo abortar?
    - ¿Qué parte de la transacción se había ejecutado al momento del error?

Fallos

- Procedimiento ante fallos
  - El problema se encuentra en que se efectúan cambios en la BD **sin la seguridad** de que la transacción va a finalizar correctamente
  - La solución implica llevar el control de las modificaciones que se efectúan en la BD
  - Esta tarea es responsabilidad del SGBD
    - Ante un fallo, una serie de métodos de recuperación de integridad permite la restauración de la consistencia de la BD

Fallos

- Procedimiento ante fallos
  - Los **métodos de recuperación de integridad** llevan a cabo diferentes tareas, que se pueden dividir en:
    - Acciones llevadas a cabo durante el procesamiento normal de la transacción que permite la recuperación ante fallos
    - Acciones llevadas a cabo después de ocurrir el fallo para restablecer el contenido de la BD a un estado que asegure las propiedades ACID
  - Se va a analizar los siguientes métodos:
    - Bitácora (log)
    - Doble paginación (paginación en sombra)

Bitácora

- La recuperación basada en bitácora mantiene un registro histórico en donde almacena la secuencia de actividades realizadas sobre la BD
- El gestor de recuperación del **SGBD** es el responsable de:
  - Identificar las transacciones → nro correlativo único
  - Controlar la ejecución de transacciones
  - Administrar el archivo de registro (bitácora)
  - Usar los algoritmos de recuperación

Bitácora

- Contenido de la bitácora
  - <Ti Start> se escribe antes de que empiece a ejecutar la transacción i. Indica que la transacción está activa
  - <Ti, E, Va, Vn>
    - **Ti**: Identificador de la transacción
    - **E**: Identificador del elemento de datos
    - **Va**: Valor anterior
    - **Vn**: Valor nuevo
  - <Ti Commit> → transacción parcialmente cometida
  - <Ti Abort> → transacción abortada

Bitácora

- Las operaciones deben almacenarse antes en la bitácora, y luego si realizarse sobre la BD
- ¿Qué pasa si una transacción comienza y se produce un fallo antes de que se escriba en la bitácora la sentencia <Ti Commit> o la sentencia <Ti Abort>?
- ¿Cómo se asegura que la bitácora se guarda efectivamente en disco?

Bitácora

- Alternativas de recuperación con bitácora
  - **Modificación diferida de la BD**
    - La base de datos se cambia recién cuando la transacción finaliza
  - **Modificación inmediata de la BD**
    - Ante un cambio, primero se guarda en la bitácora, y luego inmediatamente se lleva a la BD

Bitácora

- Modificación **diferida** de la BD
  - Demora todas las escrituras
  - Si el sistema se cae antes de que la transacción finalice su ejecución → se ignora la bitácora
  - Si la transacción se aborta → se ignora la bitácora
  - Si la transacción está parcialmente cometida → se usa la bitácora para las escrituras diferidas
  - No es necesario guardar los valores anteriores

Bitácora

- Modificación **diferida** de la BD
  - Ejecución de una transacción **Ti**
    - Antes de empezar: <Ti Start>
    - Para cada escritura: <Ti, E, Vn>
    - Al finalizar: <Ti Commit>
    - Escritura de la bitácora en **memoria estable**
    - Escritura diferida de las modificaciones en la BD

Bitácora

- Modificación **diferida** de la BD
  - Para el ejemplo de la transferencia entre dos cuentas:
    - <T0 Start>
    - <T0, cuenta2.saldo, 900>
    - <T0, cuenta1.saldo, 2100>
    - <T0 Commit>

Bitácora

- Modificación **diferida** de la BD
  - Si se produjera un fallo, al recuperarse:
    - Toda transacción iniciada pero sin <Ti Commit> no realizó ningún cambio → es ignorada
    - Toda transacción iniciada y con <Ti Commit> puede haber hecho cambios, e incluso haber dejado una inconsistencia → es ejecutada nuevamente
      - **REDO(Ti) → IDEMPOTENCIA**

Bitácora

- Modificación **inmediata** de la BD
  - La actualización de la BD se realiza mientras la transacción está activa y se va ejecutando
  - Se necesita el valor anterior, ya que los cambios se van efectuando sobre la BD
    - <Ti, E, Va, Vn>

Bitácora

- Modificación **inmediata** de la BD
  - Para el ejemplo de la transferencia entre dos cuentas:
    - <T0 Start>
    - <T0, cuenta2.saldo, 1000, 900>
    - <T0, cuenta1.saldo, 2000, 2100>
    - <T0 Commit>
  - Durante la ejecución se irá almacenando la bitácora y actualizando la BD

Bitácora

- Modificación **inmediata** de la BD
  - Si se produjera un fallo, al recuperarse:
    - Toda transacción iniciada pero sin <Ti Commit> puede haber hecho cambios, e incluso haber dejado una inconsistencia → debe deshacerse
      - **UNDO(Ti)**
    - Toda transacción iniciada y con <Ti Commit> puede haber hecho cambios, e incluso haber dejado una inconsistencia → es ejecutada nuevamente
      - **REDO(Ti)**

Bitácora

- Puntos de verificación
  - Revisar la bitácora desde el comienzo
    - Lleva mucho tiempo
    - Probablemente gran porcentaje esté correcto y terminado
  - Es posible agregar puntos de verificación de forma periódica → desde allí hacia atrás está todo correctamente realizado
    - <checkpoint>
    - ¿Periodicidad?

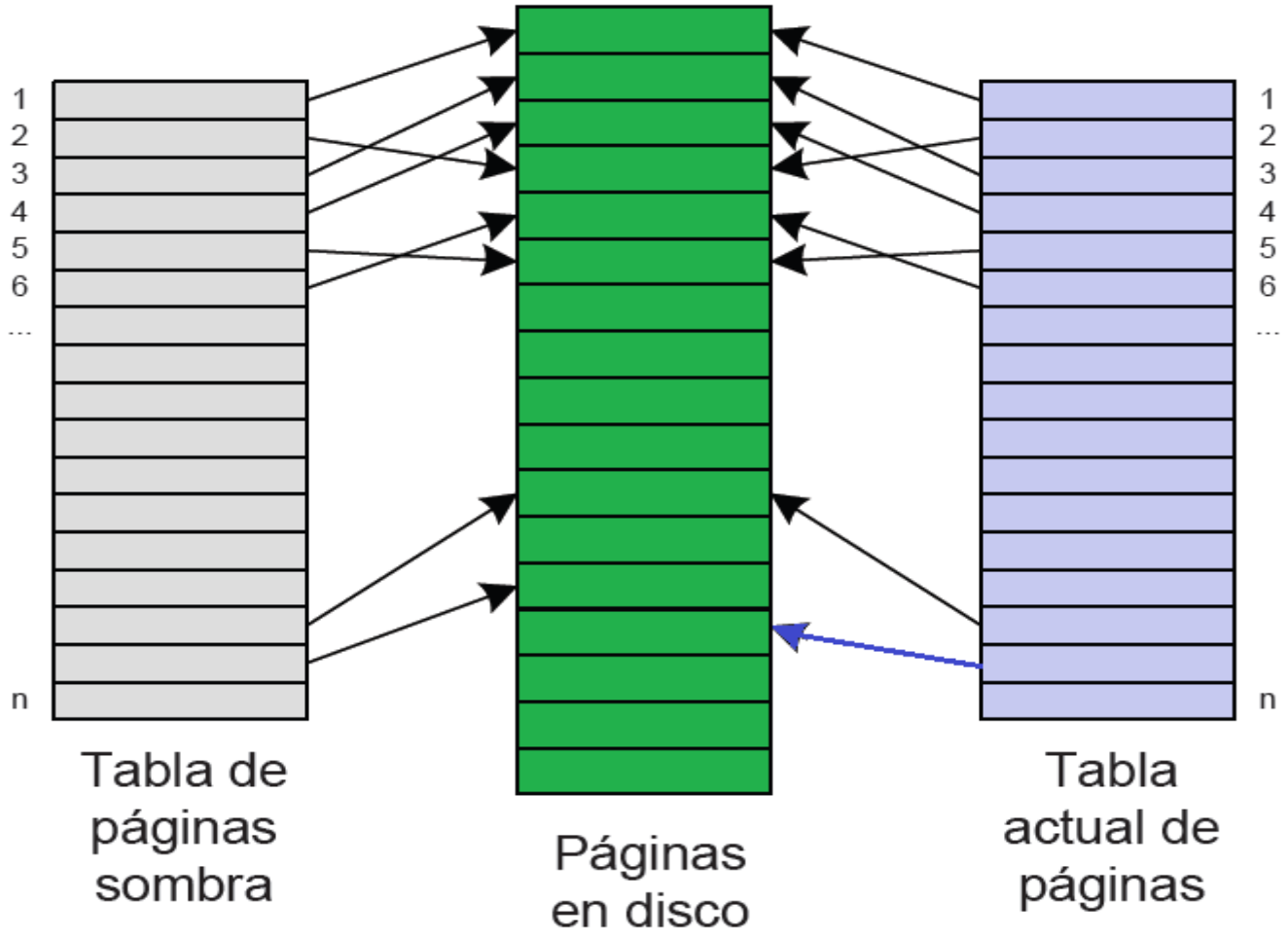
Bitácora

- Puntos de verificación
  - Ante un fallo se revisa sólo desde el último <checkpoint> en adelante
  - ¿Cuándo se colocan?
    - Entornos monousuario → períodos de inactividad
    - Entornos concurrentes → más complejo

Doble paginación

- La técnica de doble paginación consiste en dividir la BD en una determinada cantidad de bloques de longitud fija
- Estos bloques se numeran y se denominan nodos o páginas
- Durante la vida de una transacción se mantienen dos tablas de páginas:
  - Tabla actual → memoria volátil
  - Tabla sombra → almacenamiento estable

Doble paginación



Doble paginación

- Método de trabajo
  - Al iniciar una nueva transacción se genera una nueva página apuntada por la **tabla actual**
  - La **tabla de páginas en sombra** mantiene un puntero a la página que contiene el estado anterior de los datos involucrados en la transacción
  - Al comienzo, antes de ejecutar la primera operación de la transacción, ambas tablas son iguales
  - Durante la ejecución de la transacción sólo se modifica la tabla actual

Doble paginación

- Método de trabajo
  - Dada una transacción que realiza una escritura sobre la BD:
    - Se obtiene desde la BD el nodo a escribir
    - Se modifica el dato en memoria principal y se graba en disco, en un nuevo nodo → la tabla actual de páginas referencia al nuevo nodo
    - Si la operación finaliza correctamente:
      - Se modifica la referencia de la tabla de páginas en sombra para que apunte al nuevo nodo
      - Se libera el nodo viejo

Doble paginación

- Método de trabajo
  - Dada una transacción que realiza una escritura sobre la BD:
    - ¿Qué sucede si se produce un fallo o la caída del sistema?
      - No es posible garantizar que la escritura del nuevo nodo fue exitosa
      - Se recupera el estado anterior de la BD desde la tabla de páginas en sombra, que seguro es correcta

Doble paginación

- Método de trabajo
  - La tabla de páginas en sombra → estado anterior de cualquier transacción que estuviera activa en el momento de la caída del sistema
  - Así, no es necesario disponer de una operación UNDO(Ti) → se cuenta con la dirección de la página anterior sin las modificaciones
    - ABORT automáticos

Doble paginación

- Ventajas
  - Elimina la sobrecarga de escrituras de la bitácora
  - Recuperación más rápida → no existe REDO/UNDO
- Desventajas
  - División de la BD en páginas
  - Sobrecarga
  - Fragmentación
  - Garbage Collector
  - Complicada en ambientes concurrentes / distribuidos