Universidad de Granada

decsai.ugr.es

# Tema 6

## Sistemas distribuidos de Bases de Datos

DECSAI

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia Artificial

# Introducción

- Tradicionalmente, un procesador y varios dispositivos de almacenamiento.
- La *distribución* del proceso se debe a:
  - funcionalidad
  - geografía
  - autonomía
  - fiabilidad
  - escalabilidad

# Introducción

- Un SGBDD se compone de *nodos* (*localidades*):
  - el nodo es un SGBD
  - los nodos pueden trabajar aisladamente o intercambiar datos
- *Base de datos distribuida* = virtual = lógica
- Tipos: *homogéneo*, *heterogéneo*.
- Transparencia.

# Índice

- Características
- Transparencia
- Diseño
- Recuperación
- Control de concurrencia

# Características

Para un usuario debe ser igual trabajar contra un sistema distribuido que contra un sistema aislado

# Características

- Conceptos:
  - **Sección posterior**: SGBD
  - **Sección frontal**: aplicaciones (en el SGBD o fuera)
- **Administrador de Comunicaciones de Datos** (DC)

# Características

- Procesamiento distribuido:
  - un caso: cliente/servidor
    - aplicaciones en un servidor, SGBD en otro (mejores tiempos)
    - servidor exclusivo para SGBD (mejor rendimiento)
    - cliente exclusivo para aplicaciones (mejor adaptado)
    - varios clientes acceden al mismo servidor
    - varios servidores tras un mismo cliente
    - usuarios de un nodo pueden acceder a datos de otro nodo

# Características

- Procesamiento distribuido:
  - un caso: cliente/servidor
    - aplicaciones en un servidor, SGBD en otro (mejores tiempos)
    - servidor exclusivo para SGBD (mejor rendimiento)
    - cliente exclusivo para aplicaciones (mejor adaptado)
    - varios clientes acceden al mismo servidor
    - varios servidores tras un mismo cliente
    - usuarios de un nodo pueden acceder a datos de otro nodo

# Características

- Ventajas:
  - **uso compartido de datos** (departamentos, divisiones, …)
  - **fiabilidad y disponibilidad**: aislamiento ante fallos, redundancia (requiere detección de fallos y reintegración)
  - **Agilización de consulta**: dividir consultas en subconsultas para distintos nodos

# Características

- Desventajas:
  - Coste de desarrollo de software
  - Mayor probabilidad de error
  - Mayor tiempo de procesamiento
  - Tiempo de la red de comunicación

# Transparencia

- Es lo mismo trabajar contra un SGBD que contra un SGBDD.
- Niveles:
  - red
  - nombres de datos
  - copia y fragmentación
  - localización de fragmentos y copias
  - actualizaciones

# Transparencia... de red

- Ocultar los detalles de la distribución de la información en la red.
- Concepto relacionado (opuesto): *autonomía local*

# Transparencia... de asignación de nombres

- Cada elemento, un solo nombre.
- Una posibilidad, un *asignador de nombres centralizado*:
  - cuello de botella,
  - sensible a caídas,
  - poca autonomía local
- Otra posibilidad, *prefijo de nodo*:
  - mayor autonomía local, menor transparencia de red

# Transparencia… de copia y fragmentación

- La replica es beneficiosa:
  - lectura sobre datos locales,
  - objeto accesible si una de sus copias lo está
- Transparente al usuario en el acceso (implica actualización de todas las copias)

# Transparencia… de copia y fragmentación

- Fragmentación:
  - Horizontal (a nivel de instancia)
  - Vertical (a nivel de esquema)
- *Fragmento*: sub-relación obtenida mediante proyección y/o selección
- Es necesaria una nomenclatura unificada, por ejemplo:

```
nodo<refnodo>.<relacion>.f<idfrag>.r<idcopia>
```

# Transparencia... de localización

- La nomenclatura unificada viola la transparencia de red.
- Se usan *alias* simples que el sistema traduce a nomenclatura unificada.
- Requiere de un *esquema de asignación de nombres*.

# Transparencia... de actualizaciones

- Todas las copias deben actualizarse.
- El problema está relacionado con el problema de actualización de vistas.

# Diseño

- *Catálogo global*: contiene los metadatos sobre la distribución.
- Una posibilidad: en un solo nodo. ¡Vulnerable!
- Otra posibilidad: copias en todos los nodos. ¡Poco eficiente!
- Solución: catálogo distribuido (cada nodo tiene información de sus objetos, las copias y los fragmentos)

# Diseño: las 12 reglas de Date

- Autonomía local
- Independencia de nodo central
- Operación continua
- Independencia con respecto a la localización
- Independencia con respecto a la fragmentación
- Independencia de réplica
- Procesamiento distribuido de consultas

# Diseño… Ejemplo de procesamiento distribuido

- N1.EMP, 5000 registros, 80 B / registro
- N2.DEPTO, 30 registros, 40 B / registro
- Nodo N3 ejecuta la operación

```
SELECT #emp, EmpName, DeptoName FROM EMP
e, DEPTO d WHERE e.#dpto=d.#dpto
```

  - EMP y DEPTO a N3: 401200 B transferidos
  - EMP a N2 (400000 B), resolver allí y enviar a N3 el resultado (200000 B)
  - DPTO a N1 (1200 B), resolver allí y enviar a N3 el resultado (200000 B)

# Diseño: las 12 reglas de Date

- Autonomía local
- Independencia de nodo central
- Operación continua
- Independencia con respecto a la localización
- Independencia con respecto a la fragmentación
- Independencia de réplica
- Procesamiento distribuido de consultas
- Manejo distribuido de transacciones

# Diseño: las 12 reglas de Date

- Autonomía local
- Independencia de nodo central
- Operación continua
- Independencia con respecto a la localización
- Independencia con respecto a la fragmentación
- Independencia de réplica
- Procesamiento distribuido de consultas
- Manejo distribuido de transacciones
- Independencia con respecto al equipo

# Diseño: las 12 reglas de Date

- ...
- Independencia con respecto del S. O.
- Independencia con respecto de la red
- ...

# Diseño: las 12 reglas de Date

- Independencia con respecto del SGBD:
  - diversos SGBD entienden el mismo estándar de lenguaje pero permiten variaciones:
    - la traducción la realiza una *compuerta* (programa que hace que un SGBD actúe como otro distinto para permitir la conexión)
    - si un usuario accede por un SGBD concreto, la transparencia garantiza que verá toda la BDD como se ve en su SGBD de entrada
    - es responsabilidad de su SGBD proveer de la compuerta

# Diseño... Compuertas

- Debe incluir protocolos para el intercambio de información con el otro SGBD (de manejo y de resultados)
- Actuar como servidor para el otro SGBD
- Proveer correspondencia de tipos
- Proveer correspondencia de dialectos SQL
- Proveer correspondencia de *feedback*
- Proveer correspondencia de diccionarios
- Proveer de protocolos de dos fases para las transacciones compatible
- Proveer de bloqueo de datos en el SGBD de destino

# Recuperación

- Dos gestores:
  - *Gestor de transacciones distribuidas*
  - *Gestores de transacciones locales*
- Todos colaboran para que las transacciones globales sean correctas.
- Cada nodo tiene:
  - Gestor local de transacciones
  - *Coordinador de transacciones*

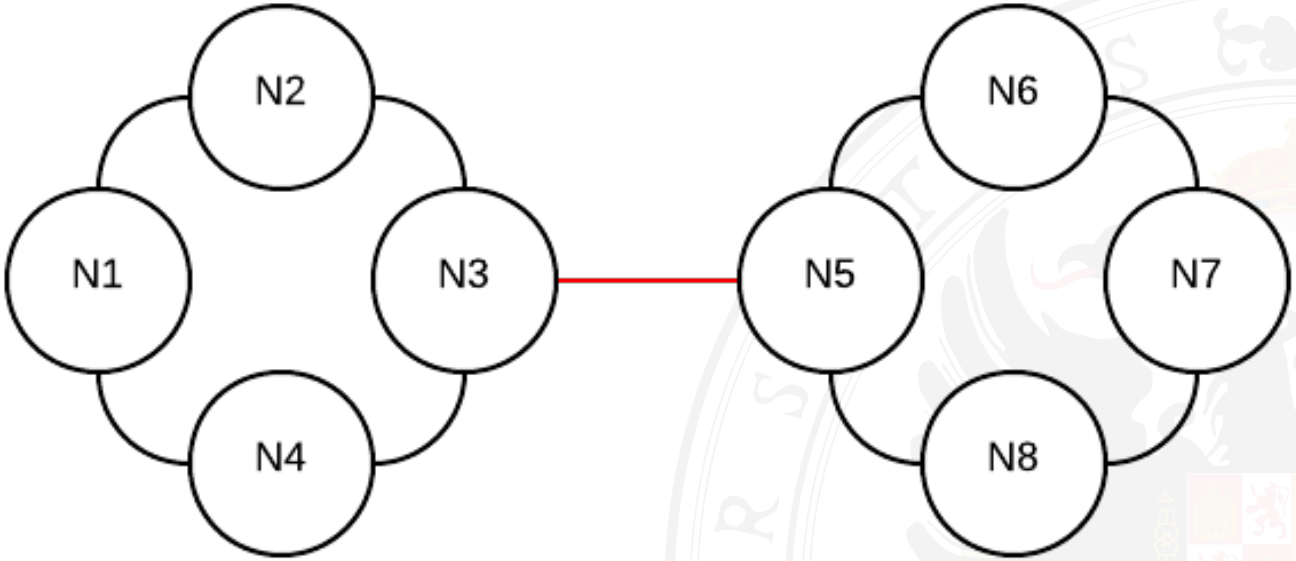
# Recuperación... Robustez

- Los fallos del SGBDD en su totalidad son los mismos que los de un SGBD además de:
  - fallo total en una localidad (nodo)
  - interrupción de línea de comunicación
  - pérdida de mensajes
  - fragmentación de red
- La detección temprana es esencial.
- La reintegración debe ser automática

# Recuperación... Robustez

- ¿Qué hacer cuando un nodo no responde?
  - Si contiene información repetida, actualizar el catálogo y eliminar referencias
  - Si había transacciones activas en el nodo, abortarlas (prevenir bloqueos)
  - Si el nodo era un distribuidor (nombre, copias, concurrencia), designar otro nodo para sustituirle

# Recuperación... Robustez



# Recuperación... Protocolos de compromiso

- Cuando se ejecutan transacciones distribuidas es necesario el compromiso (ejecutada o abortada para todos)
- Dos tipos de protocolo:
  - En dos fases
  - En tres fases

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en dos fases

- T transacción en el nodo Ni con coordinador Ci
- Fase 1:
  - Ci añade “Preparar T” al log y graba
  - Ci envía “Preparar T” a todas las localidades Nj con agente
  - Si el gestor de transacciones de Nj:
    - no puede cumplir la sub-transacción, anota “No T” en su log y envía mensaje “Abortar T” a Ci
    - puede cumplir la sub-transacción, anota “T lista” en su log y graba y envía mensaje “T lista” a Ci

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en dos fases

- Fase 2:
  - Cuando los Nj han respondido al “Preparar T” de Ci o después de un intervalo de tiempo, Ci decide:
    - si recibe el “T lista” de todos los Nj, se anota “ejecutar T” en el log y se graba, y se ejecuta
    - si no recibe algún “T lista”, se anota “abortar T” en el log y se graba
  - A continuación, se envía la decisión a todos los Nj

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en dos fases

- Gestión de fallos:
  - en nodo participante: cuando se recupera, debe revisar todos sus agentes interrumpidos
    - si hay un “Ejecutar T”, realiza un *redo(T)*
    - si hay un “Abortar T”, realiza un *undo(T)*
    - si no hay entradas sobre T, la transacción fue abortada por no responder a tiempo a “preparar T”
    - hay un registro “T lista”, debe consultar al coordinador Ci para ver el estado final de T:
      - si Ci está activo, le responderá sobre el estado
      - si Ci no está activo, preguntará a los otros nodos

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en dos fases

- Gestión de fallos:
  - en una línea de comunicación: un nodo sólo puede interpretar que ha ocurrido lo anterior de modo que se aplica todo lo anterior
  - fragmentación de red:
    - si el coordinador y los nodos están en el mismo fragmento, no existe problema
    - si no están en el mismo fragmento, se pierden mensajes y se aplica todo lo anterior.

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en tres fases

- T transacción en el nodo Ni con coordinador Ci
- Fase 1: igual a la del protocolo en dos fases
- Fase 2:
  - si Ci recibe un “Abortar T” de cualquier Nj o no le responden en un plazo, se aborta la transacción igual que en el protocolo en dos fases
  - si Ci recibe un “T lista” de todos los Nj, anota un “Preejecutar T” y graba, y envía un mensaje “Preejecutar T” a los Nj informando de que todos están listos
  - cada Nj que recibe el mensaje, anota “Preejecutar T”, graba y responde con “Registrado” pero espera.

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en tres fases

- Fase 3:
  - Ci espera a recibir un número de “Registrado”, anota un “Ejecutar T”, graba, envía un “Ejecutar T” a los Ni y ejecuta
  - Nj anota “Ejecutar T”, graba y ejecuta
- Antes de enviar “T lista”, cualquier Nj puede abortar enviando el mensaje correspondiente
- El mensaje “Preejecutar T” es un compromiso del coordinador de terminar la transacción.

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en tres fases

- Fallo en nodo participante: cuando se recupera, debe revisar todos sus agentes interrumpidos
  - si hay un “Ejecutar T”, realiza un *redo(T)*
  - si hay un “Abortar T”, realiza un *undo(T)*
  - hay un registro “T lista” y ningún “Abortar T”, debe consultar al coordinador Ci para ver el estado final de T:
    - si Ci responde con un “Preejecutar T”, el nodo continua con el protocolo donde se quedó
    - si Ci responde con un “Ejecutar T”, se realiza un *redo(T)*
  - si Nj tiene un “Preejecutar T” y ningún “Abortar T” ni “Ejecutar T”, se consulta con Ci.

# Recuperación...
## Protocolo de compromiso en tres fases

- Fallo en coordinador:
  - se escoge uno nuevo entre los participantes
  - el nuevo coordinador Ci' pregunta a los participantes por el estado local de T
  - Los estados de cada nodo son: ejecutada, abortada, lista, preejecutada, no lista
  - Ci' decide:
    - si hay algún “Ejecutada”, se ejecuta
    - si hay algún “Abortada”, se aborta
    - si hay algún “Preejecutada”, se envían mensajes “Preejecutar T”
    - en cualquier otro caso, se aborta

# Recuperación...

## Protocolo de compromiso en tres fases

- Fallo en coordinador:
  - el protocolo es incompatible con fragmentación (dos coordinadores con decisiones contradictorias)
  - el protocolo requiere de un número *k* de nodos activos

# Control de concurrencia

- Transacciones locales y distribuidas no pueden interferir entre sí.
- Dos tipos (recordatorio del tema 5):
  - Ordenar por hora de llegada
  - Mecanismo de bloqueo en dos fases

# Control de concurrencia...

## Orden por hora de entrada

- Control de concurrencia basado en horas:
  - Problema: conflictos implican retrocesos
  - Para evitarlo, se retrasan las lecturas hasta que no provoquen problemas (combinando con el protocolo de dos fases)

# Control de concurrencia...

## Protocolos de bloqueo

- Peticiones de bloqueo
- Esquemas sin réplicas:
  - Hay un gestor de bloqueo local
  - Cuando un nodo Ni recibe una solicitud de bloqueo de un átomo a por parte de un Nj para una transacción dada en un modo, que es incompatible con los actuales, se pospone.
  - Cuando un nodo bloqueado se libera, el gestor debe comunicar a Nj

# Control de concurrencia...

## Protocolos de bloqueo

- Enfoque de coordinador único:
  - Gestiona todas las peticiones
  - Admite replicación por lo que la lectura se realiza en una de las copias, y la escritura en todas
  - Es sencillo de implementar (sólo dos mensajes) y en el manejo del bloqueo (se aplica el mismo algoritmo de bloqueo en dos fases centralizado)
  - Tiene desventajas: cuello de botella y vulnerabilidad (por un solo nodo)

# Control de concurrencia...

## Protocolos de bloqueo

- Protocolo de mayoría:
  - Modificación del esquema sin réplica
  - Cuando se desea bloquear el átomo *a*, debe enviar mensajes a más de la mitad de los nodos en los que se replica.
  - Cada gestor responde si puede o no garantizar.
  - Si no se garantizan todas las peticiones, se posterga.
  - Evita el problema del control central

# Control de concurrencia...
## Protocolos de bloqueo

- Protocolo de mayoría:
  - Tiene defectos:
    - Muchos más mensajes en la red
    - Alta probabilidad de interbloqueo

# Control de concurrencia...

## Protocolos de bloqueo

- Protocolo preferencial:
  - Similar al de mayoría pero con preferencia a las solicitudes de bloqueo compartido sobre las de exclusivo:
    - lectura: se solicita a algún nodo que tenga una copia
    - escritura: se solicita a todos los nodos que tengan copia

# Control de concurrencia...

## Protocolos de bloqueo

- Protocolo de copia primaria:
  - Cada conjunto de copias tiene una copia primaria en un nodo concreto.
  - Se solicita el bloque al nodo de la copia primaria
  - Para lectura, se lee la copia primaria
  - Para escritura, la copia primaria se encarga de actualizar las demás