

## TEMA 9. BASES DE DATOS DISTRIBUIDAS

Una base de datos distribuida es una base de datos almacenada en varias computadoras que se comunicarán entre ellas a través de diferentes medios de comunicación, de forma que funcionan como una sola base de datos. La arquitectura del sistema distribuido puede variar en tamaño y función.

Se usa el término sitio para referirse a cada computadora física que contiene una parte de la base de datos distribuida. Un sitio es el conjunto de hardware y software ligados a una unidad central de proceso capaz de soportar aplicaciones informáticas o bien a un conjunto de estas unidades que trabajen conjuntamente sin estar conectadas por líneas exteriores de comunicaciones.

El enlace es el canal de comunicación entre 2 sitios de la red y que provee las capacidades de transferencia de datos.

Una transacción es un proceso que interactúa con el SGBD para llevar a cabo la petición de algún usuario. Las transacciones pueden ser: local (transacción sobre el sitio local, requiere un único agente) o global (transacción sobre varios sitios, requiere varios agentes).

Un agente es un proceso que coopera para ejecutar una transacción en un sitio concreto.

Una base de datos distribuida consiste en un colección de sitios en los que cada uno puede participar en la ejecución de peticiones del usuario, accediendo a los datos de un solo sitio o de varios de ellos.

La diferencia principal entre sistemas de bases de datos centralizados y distribuidos es que en los centralizados los datos residen en una sola localización, mientras que en los distribuidos los datos se encuentran repartidos en varias localizaciones.

Un sistema de bases de datos distribuida (SGBD) es el conjunto de sitios conectados entre sí mediante algún tipo de red de comunicaciones (enlace), en el que cada sitio es un sistema de bases de datos local en sí mismo, pero en el que los sitios trabajarán de forma conjunta para que un usuario de cualquier sitio tenga acceso a los datos de cualquier punto de la red como si de un sistema centralizado se tratara.

El sistema de gestión de bases de datos distribuida (SGBDD) es el software que gestiona el sistema de bases de datos distribuida de igual forma que lo hace el sistema de gestión de bases de datos en los sistemas centralizados.

Un gestor de bases de datos distribuidas puede ser homogéneo (si todos los sistemas de gestión de bases de datos locales de todos los sitios tienen en común los lenguajes de definición de esquemas canónicos, externos y acceso; o bien tienen lenguajes algo distintos pero utilizan solo un subconjunto común de ellos) o heterogéneo (si se trata de sistemas de gestión de bases de datos diferentes).

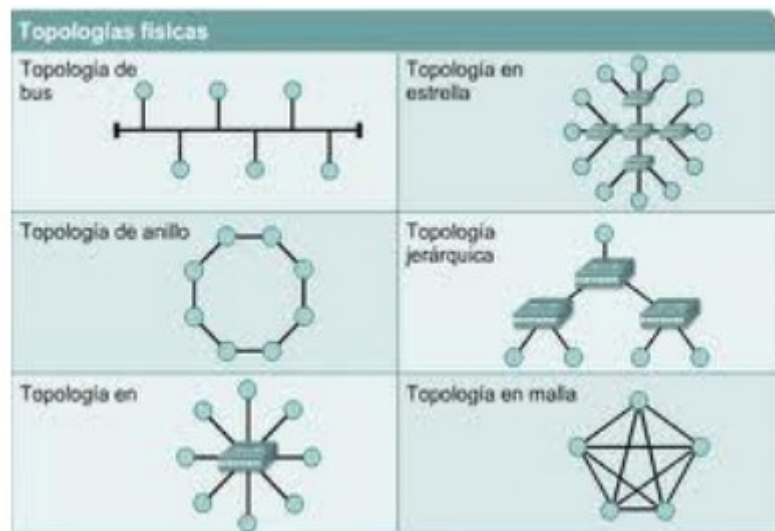
Las bases de datos, según su naturaleza de creación, pueden clasificarse en:

1. Autonómicas: Bases de datos diseñadas como una base de datos distribuida con una cierta distribución/replicación inicial de los datos.

2. Federadas: Bases de datos nacidas de la agregación de bases de datos centralizadas, anteriormente independientes, y que se continuarán gestionando de manera relativamente independiente. Un caso especial son las multibases de datos.

Las diferentes topologías de una base de datos distribuida son:

- Coste de instalación: Coste de unir físicamente los sitios del sistema.
- Coste de comunicación: Coste económico y el tiempo de mandar un mensaje de un sitio a otro.
- Fiabilidad: Mide la frecuencia con la que un enlace o sitio falla.
- Disponibilidad: Grado con el que los datos pueden ser accedidos a pesar de fallos de algún enlace o sitio.
- Frecuencia y volumen de datos que se debe acceder.



Los componentes de las bases de datos distribuidas son:

- Catálogos: Se almacena el esquema global y esquemas externos de los usuarios ligados a la base de datos.
- Coordinador de transacciones: Coordina la ejecución de varias transacciones, locales y globales, iniciadas en ese sitio.
- Diccionario de datos.
- Administrador de transacciones.
- SGBD local respectivo.
- Administrador de la base de datos.

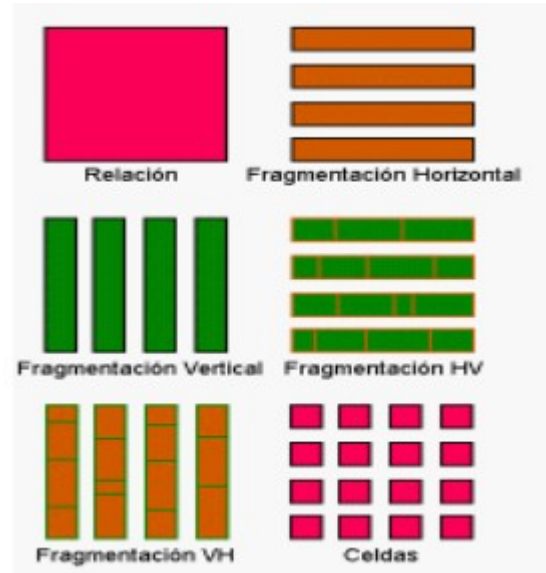
Las características de las bases de datos distribuidas son:

- Distribución de los datos.
- Flexibilidad de los datos.
- Control distribuido y compartición de datos.

- Fiabilidad y disponibilidad.
- Desempeño de consultas.
- Coste, fallos y procedimiento.

El diseño de las bases de datos distribuidas consiste en:

- Replicación de datos.
- Fragmentación de datos.
  - Horizontal:  $R = r_1 \cup r_2 \cup \dots \cup r_n$
  - Vertical:  $R = r_1 \otimes r_2 \otimes \dots \otimes r_n$
  - Mixta



El diseño de bases de datos distribuidas contiene las siguientes características:

- Transparencia del nombrado y Autonomía local.
- No dependencia de un sitio central.
- Operación continua.
- Independencia con respecto a la localización, la fragmentación, al equipo, al sistema operativo, a la red y al SGBD.
- Independencia de réplica.
- Procedimiento distribuido de consultas.
- Manejo distribuido de transacciones.

El administrador de transacciones tiene como tarea fundamental la transformación de una consulta de alto nivel en otra equivalente que se ejecute con una estrategia más eficiente. Si se tratara de un sistema centralizado, solamente se centraría en encontrar la mejor expresión de la consulta entre todas las equivalentes, pero en sistemas distribuidos también tendrá que equilibrar: el intercambio de datos entre las diferentes localidades, y la elección del orden de las operaciones relacionales y el mejor sitio para procesar los datos.

Los objetivos del procesador de consultas se encuentra el transformar la consulta de alto nivel proporcionada por los usuarios en una estrategia eficiente de ejecución expresada en un lenguaje de bajo nivel sobre las bases de datos locales. Escogerá la traducción que minimiza el consumo de recursos.

Un sistema distribuido puede sufrir los mismos tipos de fallos que un sistema centralizado, además de los añadidos con la distribución (fallo de un sitio, fallo de la

conexión de red, pérdida de mensajes y división en la red). Existen distintos métodos de recuperación de fallos:

- Si hay réplicas en el sitio recuperado, hay que actualizarlos antes de que ninguna consulta puede acceder a los datos sin actualizar.
- Si hay transacciones ejecutándose en un sitio y éste falla, estas transacciones tienen que abortarse tan pronto como se pueda.
- Si el sitio ha caído es un servidor central para algún subsistema, debe lanzarse una elección para determinar el nuevo servidor.

El catálogo es el elemento del sistema que contiene la información de la base de datos y los datos necesarios para el control distribuido de los mismos en los diferentes sitios. Las formas de almacenamiento de un catálogo son:

- Centralizada: Se almacenaría una sola copia del catálogo en un solo sitio central, pero depende de un sitio central.
- Réplicas completas: Se almacena una copia en cada sitio, pero tiene una falta de autonomía.
- Dividido: Cada sitio almacena el catálogo de su contenido local. El catálogo global se obtendrá de la unión de todos los catálogos, pero las operaciones no locales serían muy costosas por las búsquedas necesarias en los sitios buscando en los respectivos catálogos hasta localizar el que deseamos.
- Combinación de centralizado y dividido: Cada sitio mantiene su propio catálogo local y además un sitio central único mantiene una copia global centralizada. Mejora el dividido, pero viola la no dependencia de un sitio central, ya que se accede al unificado y de él se obtiene la dirección.

La propiedad de atomicidad de una transacción en los SGBDD es mucho más complicada, pues varios sitios pueden estar participando en la ejecución de esa transacción. Las actividades de la transacción pueden tener lugar en diferentes sitios y puede ser difícil de mantener un orden de tiempo entre las acciones. Por tanto, el control de la concurrencia generalmente está basada en el bloqueo.

El protocolo de cierre consiste en 2 fases:

- Fase 1: Considerando una transacción T iniciada en un sitio S, invoca transacciones en otros sitios, cada una ejecutándose en un sitio diferente. La subtransacción del sitio local se denota como  $C_i$  y se denomina coordinadora. Las otras subtransacciones se denominan participantes. Cada subtransacción  $T_i$  de T decide si cerrar o abortar.  $C_i$  envía un mensaje de “preparado-para-el-cierre” a todos los sitios en los que se está ejecutando una  $T_i$ , tras lo que  $T_i$  le responde a  $C_i$  con un mensaje de “voto-de-cierre” o “voto-de-aborto”.
- Fase 2: Se basa en la información recibida de la fase 1, pues  $C_i$  determina si T puede cerrarse o no. De acuerdo a esto,  $C_i$  envía mensajes de cerrar o abortar T a todos los sitios  $T_i$ . Luego T no podrá cerrar si hay algún sitio que votó abortar.

Con un protocolo de marca de tiempo, a cada transacción  $T_i$  se le asocia una marca de tiempo  $ST(T_i)$  cuando entra al sistema. Si  $T_i$  entra al sistema antes que  $T_j$ , entonces  $ST(T_i) < ST(T_j)$ . Las marcas de tiempo se conforman a partir de una secuencia creciente de enteros. El protocolo gestiona la ejecución concurrente, de modo que sea equivalente a una determinada ejecución serial. Dicha ejecución se define por el orden creciente de las marcas de tiempo.

La serialización se garantiza de las siguientes formas:

- Una transacción  $T_i$ , que tenga una marca de tiempo  $ST(T_i)$ , no puede leer o escribir en  $X$  si  $ST(T_i) < STE(X)$  (Tiempo de escritura, la marca de tiempo más alta poseída por alguna transacción que tenga que escribir en el registro).
- Una transacción  $T_i$  con una marca de tiempo  $ST(T_i)$ , no puede escribir en un registro de  $X$  con tiempo de lectura  $STL(X)$  si  $ST(T_i) < STL(X)$  (tiempo de lectura, la marca de tiempo más alta poseída por alguna transacción que tenga que leer en el registro).

En la gestión de concurrencia tenemos:

- Un coordinador único (fácil implementación, manejo sencillo del interbloqueo con prevención o detección del interbloqueo, cuello de botella en las peticiones de actualización, y vulnerabilidad de modo que ante caída se elige otro coordinador) o coordinador múltiple.
- Protocolo mayoritario (mayor dificultad de implementación pues requiere muchos más mensajes para bloqueo y desbloqueo, y manejo de interbloqueo teniendo el fallo de interbloqueo en situaciones de transacciones par) o protocolo parcial (favorece bloqueos compartidos) pudiendo ser los bloqueos compartidos (se pide al bloqueo del ítem al manejador del sitio que contiene la réplica del ítem que deseamos) o bloques exclusivos (solicitan el bloqueo a todos los sitios que tienen réplica del ítem requerido).