

**"PREDECIR ES MUY DIFÍCIL.
Y SOBRE TODO, EL FUTURO"**

Niels Bohr

Por Mario Piattini

Con este artículo iniciamos una serie en la que presentaremos /as principales líneas de investigación y tendencias de mercado para los sistemas de bases de datos, que se han convertido en uno de los productos estratégicos más importantes para los Sistemas de Información.

Introducción

La historia de las bases se extiende desde mediados de los años sesenta, y se ha caracterizado por su excepcional productividad y su impresionante impacto económico. En efecto, en estos momentos, el mercado de las bases de datos ronda, según diversas fuentes, los 8.000 millones de dólares, con un crecimiento del 20% anual.

A estas cantidades hay que añadir las inversiones que hacen los usuarios en aplicaciones desarrolladas sobre SGBD (piénsese por ejemplo en el crecimiento espectacular de la empresa SAP). Así como las cuantiosas inversiones de los suministradores en **I+D** y *marketing*.

Otro factor que delata el impacto de las bases de datos en la industria es la repercusión de las adquisiciones que se llevan a cabo en esta área (por ejemplo, Ask/Ingres por Computer Associates, o, mas recientemente, la de Ilustra-por parte de Informix), y los fichajes sonados que se hacen de los gurús de bases de datos (por ejemplo, la incorporación de Jim Gray a Microsoft).

Todo esto es debido a que las bases de datos se han convertido en un producto estratégico de primer orden, al constituir el fundamento de los sistemas de información, y soportar la gestión y la toma de decisiones.

Evolución de la gestión de datos

Desde que se empezaron a introducir los ordenadores para automatizar la gestión de las empresas en la década de los sesenta, empleando programas escritos en COBOL, la evolución de los sistemas de información ha tenido una considerable repercusión en la gestión de los datos, al exigirse cada vez mayores prestaciones de la información almacenada en el sistema.

Poco a poco, el centro de gravedad de la informática, que estaba situado en el proceso, se desplazo hacia la estructuración de los datos, siendo actualmente los aspectos relacionados con este tema un eje fundamental alrededor del cual gira una gran parte del conjunto de problemas con los que se enfrenta todo diseñador de un sistema de información.

Se cambia, por tanto, de sistemas orientados hacia el proceso a sistemas orientados hacia los datos, donde estos adquieren el protagonismo, pasando desde el plano más bien oscuro y difuso en el que estaban situados a ocupar un lugar privilegiado en el interés de todo informático.

Surge así, a finales de los sesenta y principios de los setenta, la primera generación de productos de bases de datos en red (basados en lo que posteriormente se conocería por modelos jerárquicos y Codasyl), entre los que destacaron por su impacto el IMS de IBM y el IOMS de Cullinet. Estos productos, si bien resultaban bastante eficientes, presentaban lenguajes procedimentales, que obligaban al programador a navegar (registro a registro) por

la base de datos, y que no disponían de la suficiente independencia físico/lógica, lo que conllevaba una escasa flexibilidad.

Cuando, en 1970, el Dr. Codd propuso el modelo relacional, no podía pensar que lo que se consideraba mas bien una elegante teoría matemática (un "juego", según algunos) sin posibilidad de implementación eficiente en productos comerciales, iba a convertirse en los años ochenta, en un señuelo obligado en la promoción de todo SGBD. Aparece así la segunda generación de productos de bases de datos: ORACLE, DB2, INGRES, INFORMIX, SYBASE, etc. que presentan una mayor independencia físico/lógica, mayor flexibilidad y lenguajes de especificación (que actúan sobre conjuntos de registros). Este tipo de productos se ha ido imponiendo en el mercado y ha sido uno de los principales focos de investigación de los últimos tiempos.

Los trabajos de investigación que se realizaron durante la década de los ochenta se centraron en la optimización de consultas, lenguajes de alto nivel, teoría de la normalización, organizaciones físicas para el almacenamiento de las relaciones, algoritmos para la gestión de memorias intermedias (*buffers*), técnicas de indexación para un acceso asociativo mas rápido (distintas variaciones de los arboles B), sistemas distribuidos, diccionarios de datos, gestión de transacciones, etc. Estas investigaciones han tenido como consecuencia la elevada tasa de transacciones de muchos de los productos actuales que permiten asegurar entornos transaccionales en línea (OLTP) muy eficientes y seguros. También cabe recordar que durante la primera mitad de los ochenta se estandariza el lenguaje SQL (el SQL/ANS se aprueba en 1986), ofreciendo, al cabo de poco tiempo, prácticamente todos los productos una interfaz SQL, aún los no relacionales (sistemas "renacidos").

En los últimos años venimos asistiendo a un avance espectacular en la tecnología de bases de datos. Temas que hasta hace poco parecían exclusivos de laboratorios y centros de investigación, comienzan a aparecer en las ultimas versiones de algunos SGBD y en nuevos productos: bases de datos multimedia, activas, deductivas, orientadas a objetos, seguras, temporales, móviles, paralelas, difusas, etc., véase figura 1.



Figura 1.

Esta nueva generación de bases de datos (La "tercera"), se caracteriza por *"proporcionar capacidades de **gestión de datos** al igual que sus predecesores, permitiendo que grandes cantidades de datos persistentes sean compartidos por muchos usuarios. También proporcionan gestión de objetos, permitiendo tipos de datos mucho más complejos, objetos multimedia, datos derivados, encapsulamiento de /a semántica de los datos, así como otras nuevas capacidades. Algunos proporcionan incluso **gestión de conocimiento**, soportando un gran número de reglas complejas para inferencia automática de información y también para mantener las restricciones de integridad entre datos"*, CATTELL (1991).

Esta misma idea es la introducida por KHOSHAFIAN et al. (1990), que denomina a este nuevo tipo de SGBD "inteligente", definiéndolo como aquel que. *"Gestiona Información de una manera natural, haciendo esta información fácil de almacenar, acceder y utilizar"*. Para ello destaca la necesidad de:

- ◆ Un fuerte soporte para texto, imagen, VOZ, animación y vídeo.
- ◆ Un modelo de datos orientado a objetos, y
- ◆ Un soporte de reglas declarativas para expresar las interrelaciones semánticas entre objetos.

Todos estos avances, tanto en el campo teórico como en el práctico, se apoyan en dos elementos clave de los SGBD, la **arquitectura** y los **modelos de datos**, DE MIGUEL y PIATTINI (1993). Respecto a la arquitectura, las propuestas de ANSI e ISO en sus modelos de referencia han influido positivamente, no sólo en las investigaciones teóricas, sino también en las aplicaciones prácticas. En gran parte de las normas de ISO, y de los productos, subyacen dos principios de los modelos de referencia, la arquitectura a tres niveles y la descripción recursiva de los datos.

En lo que se refiere a los modelos de datos, ha sido el modelo relacional el que ha marcado las líneas de investigación en los últimos veinticinco años y el que, como acabamos de señalar, se ha asentado en la mayoría de los productos actuales¹. Aunque han surgido otros modelos, como los orientados al objeto, que presentan grandes ventajas para determinado tipo de aplicaciones, y cuyos conceptos también se empiezan a incorporar a los sistemas relacionales (extendidos).

Nuevos retos

Aun cuando se podría pensar que la tecnología de las bases de datos ha alcanzado ya su madurez, la tercera generación de bases de datos pone de manifiesto que no se conocen todavía las soluciones a los problemas de las bases de datos de los años 2.000.

Señales de preocupación

El profesor Alejandro Buchmann ha señalado recientemente, en ocasión de las I Jornadas sobre Investigación y Docencia en Bases de Datos celebradas en A Coruña (Galicia), BUCHMANN (1996), que, a pesar del éxito que han experimentado las bases de datos, existen varias señales de preocupación, entre las que destacan que:

- ◆ Los SGBD son monolíticos.
- ◆ Existen mas datos en hojas de calculo que en SGBD.
- ◆ El 50% de datos de producción se encuentran en sistemas heredados (*legacy system*)
- ◆ Los sistemas de gestión de flujos de trabajo (WFM, *Work Flow Management*) no están basados en tecnología de bases de datos. Necesitan bases de datos pero las ubican en la periferia del sistema a través de API (Interfaces de Programación de Aplicaciones).

¹ Según previsiones de IDC, los SGBD orientados al objeto no superarán, este año, el 5% del mercado mundial de bases de datos.

- ◆ Muchas aplicaciones no necesitan más que indexación de ficheros.
- ◆ Los servicios de réplica no escalan por encima de los 10.000 nodos.
- ◆ No se puede combinar datos estructurados y no estructurados. Por ejemplo, sería útil combinar el correo electrónico con una base de datos, y pedir al sistema las direcciones y los pedidos de los clientes que han enviado recientemente un mensaje por correo electrónico.

Cambios en el entorno empresarial

Según Peter Keen de la Hardware Business School (en su obra *Shaping the Future*), una empresa capaz de cumplir sus objetivos en la sociedad actual debe ser "abierta" en el más amplio sentido de la palabra, para lo que debe tener una serie de características generales como son:

- ◆ Flexibilidad organizativa
- ◆ Adaptación al cambio
- ◆ Cobertura
- ◆ Extensiones interempresa
- ◆ Cooperaciones y alianzas
- ◆ Procesos integrados
- ◆ Gestión integrada y consistente

Actualmente las empresas compiten por satisfacer las necesidades de los clientes con la mayor calidad y agilidad posible, ofreciendo servicios y productos diferenciados y competitivos en calidad-precio.

Para todo ello, resulta fundamental el alineamiento de las arquitecturas de los sistemas de información con las estrategias corporativas y los factores críticos de éxito, por lo que los Sistemas de Información deben constituir una herramienta eficaz para tener organizaciones flexibles, contribuyendo al rediseño de los procesos de negocio. Este rediseño lleva a la agilización de la toma de decisiones, facilitando la delegación de funciones y dando lugar a organizaciones más planas, lo que conlleva a procesos más productivos y motivadores.

Las bases de datos, como núcleo de los sistemas de información, se verán por tanto afectadas por estos cambios y deberán ofrecer un soporte adecuado (flexibilidad, menores tiempos de desarrollo, soporte de la incertidumbre, etc.) a la nueva organización.

Una tendencia cada vez más frecuente es la de la globalización y competencia a nivel mundial, que provoca movimientos tanto hacia la integración o fusión (por ejemplo, en el entorno bancario o de seguros) como a la descentralización (grandes empresas que se transforman en unidades independientes). Todo ello repercute fuertemente en la tecnología, que debe ser capaz de ofrecer la integración rápida de bases de datos separadas, protocolos interoperables, distribución de datos, federación, etc.; así como ofrecer una disponibilidad del 100% (sistemas 7 x 24 x 365).

Nuevos tipos de aplicaciones

Las áreas de aplicación de las bases de datos se han ido extendiendo a medida que los avances de los SGBD permitían atender las exigencias de nuevos dominios culturales, científicos, industriales y comerciales.

Los productos de la primera generación de bases de datos proporcionaban soluciones a los problemas de tipo administrativo (gestión de personal, reserva de plazas, etc.), pero resultaban inadecuados para responder a consultas no planificadas como las que lleva consigo la toma de decisiones, debido a la falta de independencia ya mencionada y a sus interfaces de bajo nivel (que impedían su utilización directa por los usuarios finales).

La llegada de los productos relacionales cambia esta situación e incrementa los campos de aplicación de las bases de datos. Sin embargo, en la actualidad todavía existen importantes áreas culturales, científicas o industriales donde la tecnología de las bases de datos apenas ha comenzado a introducirse, debido a las especiales exigencias de este tipo de aplicaciones:

- ◆ **CASE.** La ingeniería del software asistida por ordenador exige gestionar conjuntos de información asociada a todo el desarrollo de un sistema informático, como son la Planificación y control, diseño de la base de datos y de los programas, código fuente, documentación, etc. Este tipo de aplicaciones, similares a las de otras áreas de la ingeniería tiene exigencias especiales respecto a los SGBD que las soporten, como es el control de versiones. facilidades en cuanto a disparadores, almacenamiento de diagramas, matrices, etc.
- ◆ **CAD/CAM/CIM.** La fabricación y el diseño asistido por ordenador es otra área que va a obligar a introducir nuevas facilidades en los SGBD, como alertas y disparadores, para poder gestionar los datos relativos a todas las fases de operación de una planta de producción (código para maquinas herramienta, resultados de test, planificación de la producción, etc.) que estarían almacenados en la base de datos.
- ◆ **SIG.** Los sistemas de información geográfica, mas conocidos por sus siglas inglesas GIS (*Geographical information Systems*), son aplicaciones relativas a datos geográficos, con información codificada de mapas, que se utiliza en investigaciones ambientales y militares, prestación de servicios urbanísticos, etc. Este tipo de tecnología de bases de datos se engloba dentro de la categoría de "**bases de datos espaciales**".
- ◆ **Información Textual.** El tratamiento y recuperación de información textual ha sido realizada hasta ahora por medio de un software específico². La tendencia en estos momentos es a integrar los datos estructurados, propios de la mayoría de bases de datos actuales, con distintos tipos de datos no estructurados, entre ellos información textual.
- ◆ **Aplicaciones científicas.** Uno de los sistemas que más requisitos imponen a los SGBD es el *Earth Observing System*, una colección de satélites que la NASA va a lanzar en 1998, que ayudará a los científicos a estudiar las tendencias de la atmósfera, los océanos y la tierra. Este satélite enviara a la tierra 1 petabyte de información al año. Toda esta información se almacenara en el EOSDIS (*EOS Data and Information System*).
- ◆ **Sistemas médicos.** El personal sanitario necesita información de diverso tipo sobre los pacientes, que además se puede encontrar dispersa por muchos centros. También presentan necesidades (como otros tipos de aplicaciones) de reconocimiento de patrones asociados a imágenes. El almacenamiento de millones de bits necesarios en las aplicaciones de imágenes plantean problemas especiales a Los SGBD que han de manejar eficientemente estos objetos no estructurados. Dentro de los sistemas médicos también cobran gran importancia los temas relativos a la seguridad de las bases de datos.
- ◆ **Publicación digital.** El sector editorial también esta experimentando grandes cambios al poderse archivar libros de forma electrónica, así como combinar texto con audio, vídeo, imágenes gráficas, "anotaciones", etc.
- ◆ **Educación y formación.** También sufrirá cambios este sector, ya que en lugar de las clases asistenciales se potenciara la utilización de paquetes de enseñanza multimedia a distancia así como "aulas y conferencias virtuales". En estos dos últimos tipos de aplicaciones se necesita entregar grandes cantidades de datos en tiempo real, y cobra gran importancia la protección de la propiedad intelectual.

²Denominados, a veces, IRS (*INFORMATION RETRIEVAL SYSTEMS*), Sistemas de Recuperación de la Información, o, más comúnmente, "bases de datos documentales".

- ◆ **Sistemas estadísticos**, que imponen restricciones sobre la seguridad de los datos, y que plantean problemas como el de su tratamiento temporal. A este respecto hay que destacar la gran aceptación que ha tenido el modelo TSQL2 para bases de datos temporales (como extensión del SQL92) y que se está incorporando al SQL3.
- ◆ **Comercio electrónico**. Según fuentes de la Internet Society en 1997 existirán mas de 80 millones de usuarios de Internet (de los cuales medio millón en España) y para 1999 se prevé que esta cifra alcance los 200 millones (4 millones en España). El objetivo de las empresas es proporcionar información sobre, sus productos a clientes en-línea bien directamente bien sea a través de un intermediario (*broker*); lo que conlleva un gran número de participantes en red. Se hace necesario entonces integrar información heterogénea, así como mecanismos seguros de autenticación y transferencia de fondos. También las estrategias de "metering", por las que un cliente paga en función de la utilización que hace de los datos, afectan a la tecnología. En efecto, si queremos acceder información que se encuentra tanto en un servidor de libre distribución como en un servicio comercial, el motor de la base de datos debería en primer lugar tratar de atender nuestras demandas con el de libre distribución, y posteriormente, solo si fuera imprescindible, acudir al servidor comercial, se necesita crear, por tanto, "algoritmos para consultar bases de datos de forma barata",

Avances en el hardware y las comunicaciones

En GARCÍA, GIRÓN y PIATTINI (1996a) y (1996b) presentamos los principales avances en el área de las comunicaciones, como por ejemplo las redes de alta velocidad, que están impactando fuertemente a los sistemas de bases de datos, y también

Recordamos algunas "leyes" que rigen la evolución del hardware:

- ◆ **Ley de Moore**: Capacidad de memoria por chip crece cuatro veces cada tres años
- ◆ **Ley de Hoagland**: La densidad por área magnética crece por diez cada diez años
- ◆ **Ley de Joy**: Los MIPS se duplican cada año y medio
- ◆ **Predicción de Gray**: El ancho de banda típico de 64Kbps de 1990 se convertirá en 100Mbps en el2000.

En la actualidad, los avances en el equipo físico permiten grandes memorias secundarias a precios asequibles. El abaratamiento de memoria principal con el consiguiente incremento de su capacidad ha de introducir cambios importantes en algunos algoritmos de los SGBD, ya que será posible mantener grandes volúmenes de datos en dicha memoria.

Las máquinas que han aparecido en el mercado (con tecnologías RISC, arquitecturas paralelas o masivamente paralelas) también están teniendo un fuerte impacto en los SGBD, que deben adaptarse a este escenario, Así, por ejemplo, para que un SGBD aproveche las posibilidades de una maquina paralela es preciso paralelizar su núcleo (*kernel*) de forma que un mismo proceso se ejecute en varios procesadores.

Otras tecnologías básicas que influyen en estos cambios son: técnicas de compresión/descompresión, digitalizados de audio y vídeo, control adores, monitores, dispositivos de almacenamiento óptico, discos magnéticos paralelos, almacenamiento jerárquico, etc.

Factores y líneas de evolución

Podemos identificar tres factores clave que marcan las líneas de evolución de las bases de datos, DE MIGUEL (1994):

- ◆ **Fundamentos teóricos**, que resultan del trabajo, de los investigadores.
- ◆ **Productos**, que desarrollan los suministradores.
- ◆ **Aplicaciones prácticas**, que demandan los usuarios.

El equilibrio entre estas tres fuerzas ha ido cambiando con el paso de los años, y lo que empezó siendo una tecnología de los investigadores con teorías y prototipos, pasó a ser una industria en mano de los suministradores, para acabar centrándose en las necesidades de los usuarios.

Si se rompe este equilibrio y, por ejemplo, los investigadores o los suministradores se olvidan de las necesidades de los usuarios, surgen algunos peligros para el futuro de la bases de datos. En este sentido, Michael Stonebraker en la conferencia VLDB (Very Large Databases) de 1993, se preguntaba si los investigadores en bases de datos a veces no están “*puliendo una bola redonda*” en el sentido de seguir investigando sobre temas ya solventados, por ser los que mejor conocen y mayor aceptación tienen a la hora de ser publicados o conseguir subvenciones. Este experto afirma, STONEBRAKER et al. (1993), que “*Nuestra comunidad [la de bases de datos] está en una encrucijada, en la que podemos continuar en el camino tradicional o explorar el terreno desconocido*”, pero recomienda encarecidamente que “*La investigación en bases de datos en los años noventa debe estar más concentrada en la aplicación que en la tecnología*”.

David Vaskevitch, por su parte, en la conferencia internacional del SIGMOD (*Special Interest Group on Management of Data*) de 1994 se formulaba la pregunta siguiente: “*¿Las bases de datos y su tecnología se encuentran en el centro del mundo de los ordenadores ricos en información del futuro, o, irónicamente, se vuelven irrelevantes justo en el momento en el que llega este futuro?*”.

En cuanto a los productos, cabe destacar la evolución que están sufriendo los SGBD relacionales, que se extienden en numerosas direcciones³ y que pretenden convertirse en “**servidores universales**”, NORMAN y BLOOR (1996). Estos expertos destacan, dentro de esta línea, a Informix/Ilustra con su tecnología de DataBlades, Oracle con el Oracle Universal Server, y Jasmine de Computer Associates.

Por lo que respecta a las aplicaciones, ya hemos presentado en el apartado anterior los requisitos que plantean, sólo queda por destacar la importancia que poseen las bases de datos, como pieza clave dentro de los sistemas abiertos, que cada día son mas demandados por los usuarios en general, y por las Administraciones Públicas, en particular.

Además de las fuerzas que impulsan la evolución de los sistemas de bases de datos, es necesario conocer las líneas a lo largo de las cuales tiene lugar dicha evolución. A este respecto, cabe recordar que el equipo de evaluación de bases de datos del proyecto ESPRIT señaló en 1990 tres dimensiones que continúan siendo validas, véase figura 2:

³Ya se los empieza a conocer por las siglas ERDBMS (Extended Relational Database Management Systems).

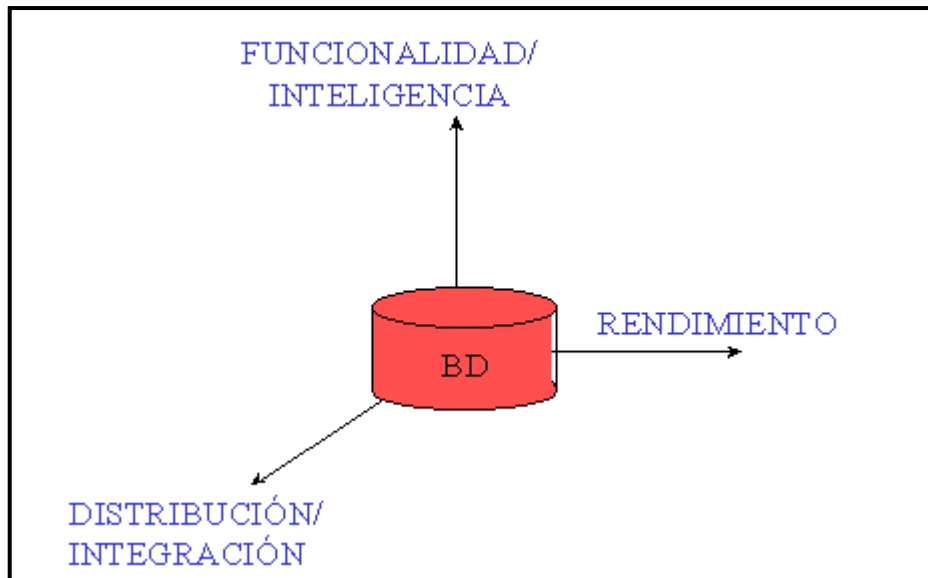


Figura 2.

- ◆ **Rendimiento**, a lo largo de este eje se situarían las bases de datos paralelas, en tiempo real, en memoria principal, maquinas de bases de datos, etc.
- ◆ **Funcionalidad/inteligencia**, en este apartado tendrían cabida bases de datos multimedia, deductivas, activas, orientadas al objeto, difusas, seguras, temporales así como todo lo relacionado con los almacenes de datos (*datawarehouse*) y los repositorios/diccionarios, la explotación o minería de datos (*data mining*) y el OLAP (*Online Analytica/ Processing*). También se encuadrarían en esta línea las investigaciones sobre mejora de la interfaz de los SGBD.
- ◆ **Distribución/integración**, que englobaría temas relacionados con la arquitectura cliente/servidor, bases de datos distribuidas, móviles, federadas, multibases de datos, etc.

Conclusiones

Los sistemas de bases de datos se encuentran difundidos actualmente por multitud de sistemas, existiendo claramente dos perspectivas diferenciadas, BERTRAND (1996):

- ◆ **SGBD “commodity”**, abiertos, fáciles de usar y administrar y que constituyen la base adecuada para paquetes estándar.
- ◆ **SGBD “diferenciadores”**, optimizados para diferentes plataformas, que proporcionan la “ventaja competitiva” y que forman la base para aplicaciones críticas.

Tanto en uno como en otro papel, la tecnología de bases de datos se ve sometida a numerosos cambios tanto desde el punto de vista empresarial como tecnológico.

Las nuevas aplicaciones están llevando hasta el límite a los sistemas de bases de datos disponibles, al incorporar documentos multimedia. imágenes, series temporales, datos activos, grandes cantidades de información (no olvidemos que los datos, al igual que los gases, se expanden hasta llenar el espacio disponible), etc.

Por otro lado la mejora espectacular en el número de instrucciones de máquina ejecutables en un segundo, coste de procesador, coste de la unidad de memoria secundaria y de memoria principal, numero de bits transmitidos por unidad de coste y por segundo, obligan a los SGBD a evolucionar para aprovechar estos avances en el hardware y las comunicaciones.

En este sentido la explosión de Internet, el World Wide Web, y las “autopistas de la información” (*information highWay*), cuya utilización crece a un ritmo vertiginoso, están imponiendo un nuevo escenario para el desarrollo de los sistemas de información. Los sistemas de bases de datos, como elemento clave de los sistemas de información, deben jugar un papel fundamental en esta explosión de información, si no quieren “*ser arrollados en /as autopistas de la información*”, como advertía David DeWitt. En el VLDB de 1995.

En los próximos artículos exploraremos de manera resumida, las principales características de la nueva generación de bases de datos, a lo largo de las tres dimensiones que hemos señalado: incorporación de mayor funcionalidad e inteligencia, mejora del rendimiento, y aumento de la distribución e integración; así como los problemas más importantes a los que se enfrenta su investigación y desarrollo.

BIBLIOGRAFÍA

BERTRAND, E. (1996)

“Estrategias de bases de datos”. En: Actas del DBFORUM’96, Barcelona, 27-28 de marzo, MMI España.

BUCHMANN, A. (1996)

“Bases de datos: QUO VADIS?”. Conferencia en las I Jornadas de investigación y docencia en bases de datos, A Coruña, 26-28 de junio.

CATTELL, R.G.G. (1991)

“What are next-generation database systems?”. En: CACM, octubre, Vol. 34, N2 10, pp. 31-33.

DE MIGUEL, A. (1994)

“Hacia una nueva generación de bases de datos”. En: Actas de la Conferencia Internacional “Sistemas de bases de datos en la frontera del 2.000”, CIEMAT.

DE MIGUEL, A, y PIATTINI, M, (1993)

"Concepción y diseño de bases de datos. Del modelo E/R al modelo relacional". Ed, Rama, Madrid.

GARCÍA, J., FERRANDO, S, y PIATTINI, M, (1996a)

"Redes para Proceso Distribuido: Area local, Arquitecturas, Rendimiento, Banda Ancha", Ed. Rama, Madrid.

GARCÍA, J., FERRANDO, S, y PIATTINI M. (1996a)

."Redes para procesos Distribuido: de Area local, arquitecturas, rendimiento, Banda Ancha". Ed. Rama, Madrid,

GARCÍA, J., FERRANDO, S, y PIATTINI M. (1996b)

“Redes de Alta Velocidad”. Ed. Rama, Madrid.

KHOSHAFIAN et al. (1990)

"Intelligent Database Engines”, En: Database Programming & Design, julio, pp, 56-65,

NORMAN, M. y BLOOR, R. (1996)

“To Universally Serve”, En: Database Programming and Design, Vol.9, N7, julio, pp. 26-35.

SILBERSCHATZ, A., STONEBRAKER, My ULLMAN, J, (eds.)(1996)

"Database Research: Achievements and Opportunities into the 21st Century", En: SIGMOD RECORD, Vol. 25, N° 1, marzo, pp. 52-63,

STONEBRAKER, M., AGRAWAL, R., DAYAL, U., NEUHOLD, E.J. y REUTER, A. (1993)

"DBMS Research at a Crossroads: The Vienna Update". En: Proc. 19th VLDB Conference, 24-27 de agosto, Dublin.

El Futuro de las Bases de datos(II)
Hacia una mayor inteligencia:
Más semántica en las bases de datos.

Por Mario Piattini

En este artículo, Inscrito dentro de la serie en la que estamos analizando el futuro de las bases de datos, abordaremos el incremento de la capacidad semántica de los SGBDs que ya no tratan sólo datos, sino también objetos y conocimiento.

Introducción

Como señalamos en el artículo anterior, una de las dimensiones principales a lo largo de la cual ha evolucionado la tecnología de bases de datos, es la incorporación de mayor funcionalidad e inteligencia. En efecto, podemos ver la evolución de los SGBD como se muestra en las figuras 1 a 5. En primer lugar, figura 1, los sistemas orientados al proceso basados en ficheros no almacenan ningún tipo de información sobre los datos, restricciones, control o proceso; sino que esta información se distribuye en los programas que acceden a los ficheros. Este enfoque clásico presenta, como es de sobra conocido, graves problemas de redundancia y mantenimiento al encontrarse dispersa la “semántica” de los datos en los programas.

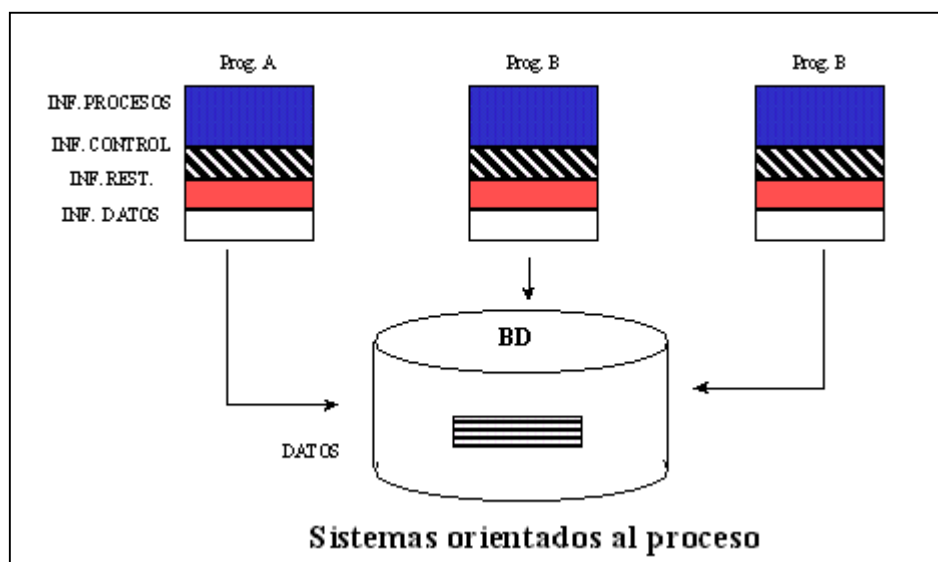


Figura 1.

Con la aparición de los primeros sistemas de bases de datos, figura 2, se produce un avance importante al almacenarse la información sobre los datos (su descripción) en la propia base de datos (en el catálogo o diccionario). Sin embargo, en los primeros SGBD prácticamente todas las restricciones sobre los datos se deben comprobar en los programas. Recordemos que hasta finales de los ochenta los SGBDR no soportaban conceptos como las claves ajenas (FOREIGN KEY), la integridad referencial (REFERENCES...ON UPDATE... ON DELETE...) o las restricciones de verificación (CHECK),

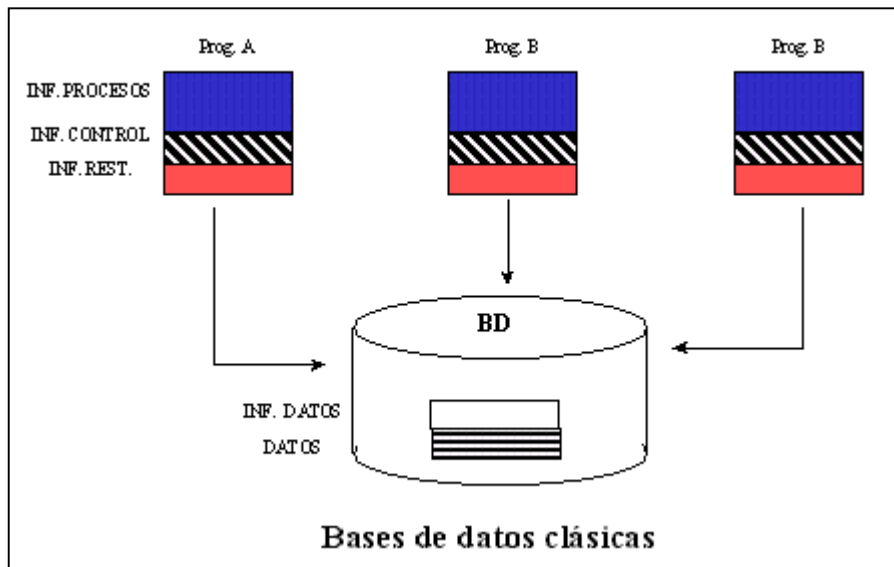


Figura 2.

A medida que los equipos físicos presentan mejores ratios rendimiento/precio y que se mejoran considerablemente los optimizadores de los SGBDR, los productos han incorporado cada vez más información sobre restricciones en el propio catálogo del SGBD, y así, en la actualidad, disponemos de sistemas que permiten definir claves ajenas, restricciones de diferentes tipos (CHECK), aserciones, e incluso dominios. Podríamos denominar a estos sistemas como SGBD semánticos (véase figura 3),

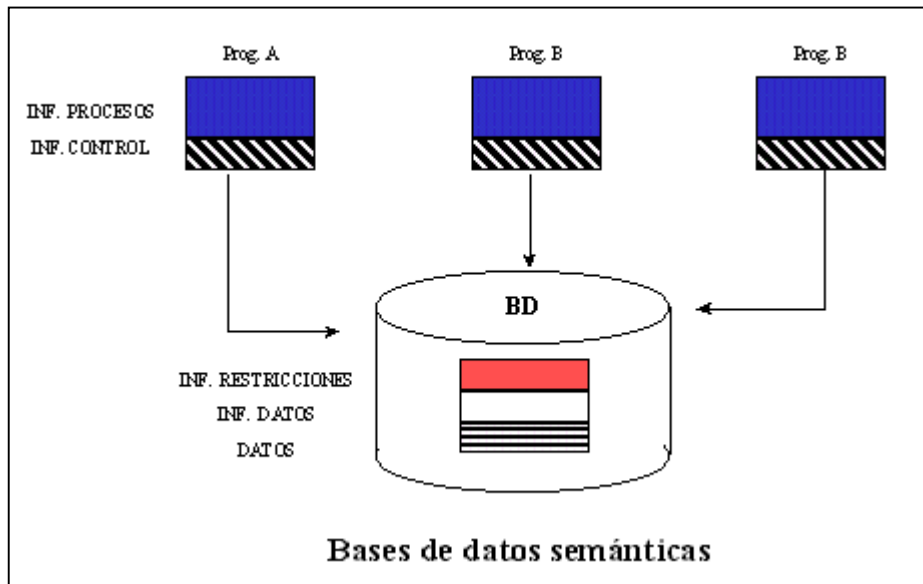


Figura3

También hay que destacar la aparición a principios de los noventa de los SGBD activos en los que, además de la descripción de los datos y las restricciones, se almacena parte de la información sobre el control del sistema, figura 4, ya que los SGBD activos pueden ejecutar acciones sin necesitar la intervención del usuario, para lo que soportan disparadores (*triggers*), reglas, demonios, etc.

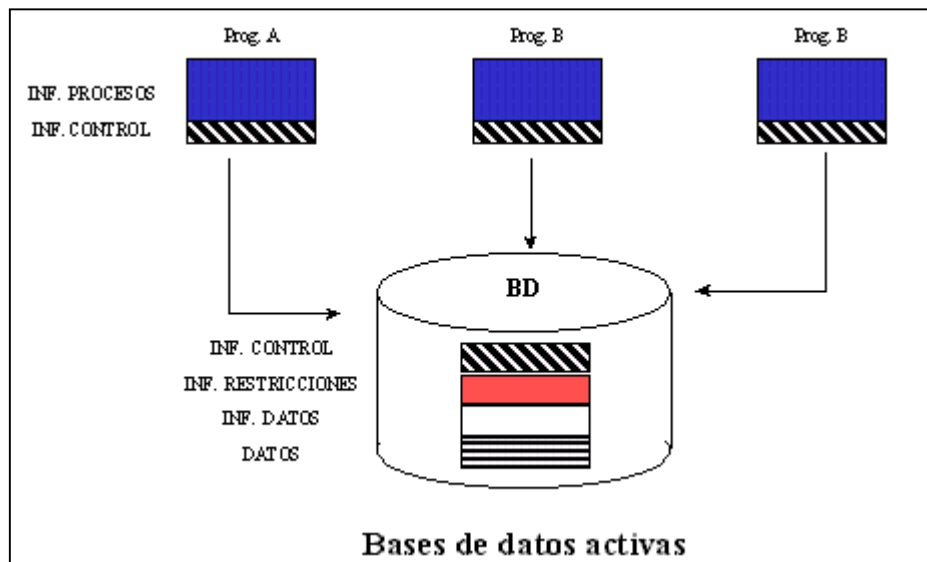


Figura 4.

Por último, asistimos actualmente a la aparición de sistemas de bases de datos que ofrecen la posibilidad de definir procedimientos almacenados o, incluso, objetos, en los que se encapsula tanto la información sobre la estructura como la relativa al comportamiento. Como podemos observar en la figura 5, este sería el último eslabón en la evolución que han experimentado los SGBD en su afán de incorporar cada vez más semánticas.

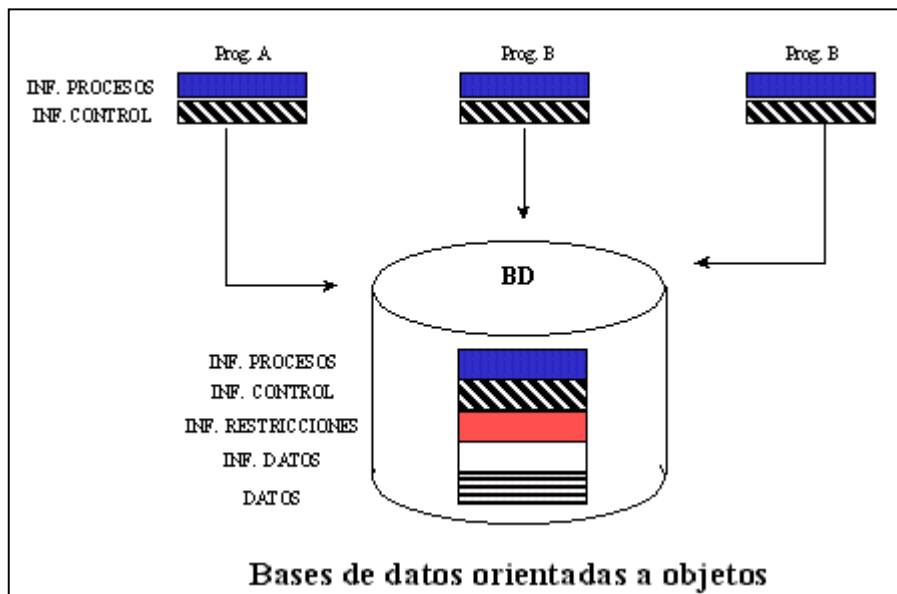


Figura 5.

Se obtienen así sistemas más “inteligentes” capaces de gestionar datos, sino también objetos compuestos y “conocimiento”. En contrapartida, las labores de diseño y administración de los SGBD se complican cada día más, alterando en gran medida las funciones de los administradores y las habilidades que se les requieren.

A continuación analizaremos las principales características y los desafíos más importantes a los que se enfrentan estos nuevos SGBD, señalando una bibliografía bastante reciente en la que el lector puede profundizar en los temas que considere de su interés.

Bases de datos activas

Podemos definir **SGBD activo** como aquel que, cuando se producen ciertas condiciones, ejecuta de forma automática, es decir, sin la intervención del usuario, las acciones especificadas de antemano en la fase de definición -intención- de la base de datos, PIATTINI (1995b). Como recordaran los lectores de *Algoritmo* en el número 11 analizaremos el soporte que ofrece el estándar SQL3 para los disparadores en bases de datos relacionales.

Sin embargo, ni las restricciones y disparadores propuestos para los sistemas relacionales ni, mucho menos, las condiciones ON de Codasyl pueden considerarse como paradigma de los sistemas activos porque carecen de algunas características para ello.

De hecho, a mediados de los años ochenta se inició el desarrollo de distintos prototipos de investigación que permitieron evaluar y profundizar en este tema: Hipac del Xerox Advanced Information Technology, postgres desarrollado en la universidad de Berkeley, Startburst del Almaden Research Center de IBM en San José, Ariel en la Wright State University, Ode de los AT&T Bell Labs. etc.

En estos momentos ya existen algunos trabajos que presentan las dimensiones de un SGBD activo. Véase FRATERNALI Y TANCA (1996) y DIAZ y PATON (1997), e incluso acaba de firmarse un manifiesto para este tipo de sistemas, ACTNET (1996).

Como quizá es el tipo de SGBD más maduro de los que vamos a analizar y del que ya existen productos que soportan en parte su funcionalidad, les dedicaremos una mayor extensión.

Caracterización de los SGBD activos

Siguiendo el estudio de DIAZ y PATON (1997), en un SGBD activo se puede distinguir entre:

Modelo de conocimiento

El modelo de conocimiento describe la situación y la reacción correspondiente, en definitiva específica que se puede decir acerca de las reglas de un SGBD activo. Como sabemos, estas reglas se denominan ECA porque constan de Evento, Condición y Acción: cuando ocurre el **evento** se evalúa la **condición** y si esta se satisface se ejecuta la **acción**. Por ejemplo, ante la subida de un valor bursátil (evento) , si este incremento es superior a un veinte por ciento (condición), emitir órdenes de venta de los títulos (acción).

Por lo que respecta al evento se pueden distinguir las siguientes dimensiones:

- ◆ **Fuente**, que puede ser una operación (p. ej. insertar una fila en una tabla de la base de datos). un envío de mensajes, una gestión de transacciones (COMMIT), una excepción, el reloj (cada fin de mes), una aplicación (dar al botón del ratón).
- ◆ **Granularidad**, que puede ser a nivel de registro (por cada registro se define un evento) o a nivel de conjunto (se define un evento por un conjunto de registros).
- ◆ **Tipo de evento**, que puede ser primitivo (insertar una fila) o compuesto (actualizar el sueldo del empleado y, además, subirle de categoría).
- ◆ **Papel**, que indica si el evento es opcional u obligatorio.

En cuanto a la condición, se puede especificar:

- ◆ **Papel**, si es obligatorio que aparezca la condición o si se contemplan reglas evento-acción.
- ◆ **Ámbito**, que indica si en la condición se puede hacer referencia al estado inicial de la base de datos o al estado en que se encuentra cuando se evalúa la condición.

Para la acción se contemplan las siguientes dimensiones:

- ◆ **Opciones**, es el tipo de tareas que se puede especificar: operación (por ejemplo, un procedimiento SQL). envío de mensajes, actualización de reglas, abortar la transacción, hacer en lugar de, ...
- ◆ **Ámbito**, al igual que en el caso de la condición.

El modelo de conocimiento va asociado a la sintaxis del lenguaje de definición de reglas, a continuación presentamos un ejemplo en una sintaxis genérica:

```
ON UPDATE TO precio OF Producto
WHEN NEW.precio > 100.000
DO UPDATE Descuento
SET va/or = valor * (NEW.precio/OLD.precio)
WHERE Descuento.código = Producto.código;
```

En este caso se define una regla en la que la fuente del evento es la operación de actualización del precio de un producto, la granularidad a nivel de registro y el tipo de evento primitivo. La condición hace referencia al nuevo valor del campo precio y en la acción (que especifica una tarea de actualización del campo valor de la tabla descuento) se referencia tanto al valor antiguo como al nuevo.

Modelo de ejecución

El modelo de ejecución se encarga de realizar un seguimiento de la situación, gestionando el comportamiento activo.

Aunque no existe un modelo estándar, en general se pueden distinguir las siguientes etapas en la ejecución de una regla, véase figura 6:

- ◆ **Señalización**, que trata de la aparición de las ocurrencias del evento
- ◆ **Disparo**, que toma los eventos producidos y dispara las reglas correspondientes
- ◆ **Evaluación**, de las condiciones de las reglas disparadas
- ◆ **Planificación**, indica cómo se procesa el conjunto de reglas
- ◆ **Ejecución**, que lleva a cabo las acciones de las reglas escogidas.

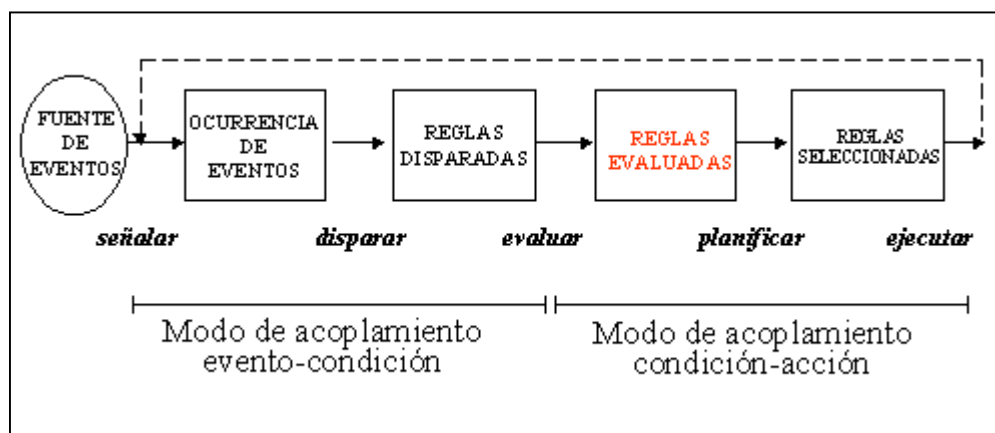


Figura 6.

La primera dimensión dentro del modelo de ejecución es el modo de acoplamiento, que puede ser:

- ◆ **Inmediato**, si la condición (acción) se evalúa (ejecuta) inmediatamente después del evento (condición).
- ◆ **Diferido**, si la condición (acción) se evalúa (ejecuta) en la misma transacción del evento (condición), pero no de forma inmediata, sino que se deja hasta el final de la transacción.
- ◆ **Separado**, si la condición (acción) se evalúa (ejecuta) en una transacción diferente en la que se evalúa el evento (condición). En este caso puede que la ejecución de la acción sea dependiente o no dependiente de la grabación (commit) de la transacción en la que el evento tiene lugar o en la que se evalúa la condición

Otras dimensiones son:

- ◆ **Granularidad**, esto es, si cada evento dispara una regla, o si se asocia un conjunto de eventos a una regla.
- ◆ **Prioridad**, como pueden seleccionarse varias reglas a disparar, suele ser conveniente que los sistemas permitan especificar la prioridad entre reglas de alguna manera: mediante un valor absoluto numérico, prioridad relativa, basada en eventos, prioridad dinámica (p. ej. la mas reciente), ...
- ◆ **Política de efectos netos**, que permite tener en cuenta el resultado global de varias operaciones (por ejemplo, si se modifica un valor y luego se borra, se puede considerar que el efecto neto es un borrado) o cada una de ellas por separado.

- ◆ **Política de consumo**, que permite estipular diferentes modos de combinar eventos primitivos para formar eventos compuestos: reciente, cronológica, continua, acumulativa, etc. véase CHAKRAWARTHY et al. (1994).
- ◆ **Modo de planificación**, que especifica si las reglas se disparan en modo secuencial, paralelo, ...
- ◆ **Modo de gestión de errores**, abortando la transacción, ignorando el error, retrocediendo al estado en el que empieza el procesamiento, ejecutando un programa de contingencia, etc.

El Manifiesto de los SGBDA

Según sus autores (integrantes de la red europea ACT -NET) ya se ha alcanzado un cierto grado de madurez en esta tecnología, lo que sugiere y justifica la publicación de un manifiesto. En este manifiesto, ACTNET (1996), se agrupan las características que deben poseer los SGBDA en tres apartados:

a) Características de los SGBDA

1. *“Un SGBDA es un SGBD”*, por lo tanto debe soportar facilidades para el modelado, lenguajes de consultas, acceso multiusuario, recuperación, etc.
2. *“Un SGBDA tiene un modelo de reglas ECA”* (evento-condición-acción), por lo que se debe extender el LDD (Lenguaje de definición de datos) del SGBD para definir reglas.
 - 2.a) *“Un SGBDA tiene que proporcionar medios para la definición de tipos de eventos”*, tanto primitivos como compuestos.
 - 2.b) *“Un SGBDA tiene que proporcionar medios para la definición de condiciones”*.
 - 2.c) *“Un SGBD tiene que proporcionar medios para la definición de acciones”*.
3. *“Un SGBDA debe soportar la gestión de reglas y la evolución de la base de reglas”*.
 - 3.a) *“Un SGBDA tiene que soportar la gestión de la base de reglas”*, se considera las definiciones ECA como parte de la metainformación del SGBD y de la base de datos. La información almacenada sobre reglas ECA debería ser visible a los usuarios y a las aplicaciones, como otras partes del catálogo.
 - 3.b) *“Un SGBDA tiene que soportar la evolución de la base de reglas”*, no es apropiado que las reglas se encuentren “cableadas” en el SGBD, debiéndose poder modificar las definiciones del evento, condición o acción.
 - 3.c) *“Un SGBDA tiene que soportar la activación y desactivación de reglas”*, desactivar una regla significa que, aunque su definición permanece en la base de reglas, no se dispara ante ocurrencias del evento.

b) características de ejecución de reglas ECA

4. *“Un SGBDA tiene un modelo de ejecución”*
 - 4.a) *“Un SGBDA debe detectar ocurrencias de eventos (situaciones)”*, idealmente debería detectar ocurrencias de eventos de todo tipo de forma automática.

- 4.b) “Un SGBD debe soportar modelos de vinculación”, tanto orientados a ejemplares (se ejecuta una regla para cada ejemplar) como a conjuntos (una ocurrencia de evento se asocia con un conjunto de ejemplares para el que ha ocurrido el evento).
- 4.c) “Un SGBDA debe ser capaz de evaluar condiciones”, se debe poder referenciar en la condición los objetos o conjuntos para los que ha ocurrido el evento.
- 4.d) “Un SGBDA debe ser capaz de ejecutar acciones”, debería ser posible ejecutar acciones como parte de la transacción y someterse a control de concurrencia y recuperación.
5. “*Un SGBDA debe ofrecer modelos de acoplamiento*”, inmediato, diferido, separado con/sin dependencia de grabación (commit).
6. “*Un SGBDA debe implementar modos de consumo*”, como “reciente”, “crónico”, “continuo”, “acumulativo”, pudiendo ofrecer una sola estrategia o varias alternativas.
7. “*Un SGBDA debe gestionar la historia de /os eventos*”, que debe poder ser persistente, esto es, extenderse a lo largo de varias transacciones.
8. “*Un SGBDA debe implementar resolución de conflictos*”, que se produce cuando varias transacciones disparadas pueden ejecutarse en un momento dado, por lo que el especificador de reglas debe tener la oportunidad de definir cómo se resuelven los conflictos.

c) Características de aplicación y usabilidad del SGBDA

9. “*Un SGBDA debería soportar un entorno de programación*”, el SGBDA debe ser “usable” por lo que debe proporcionar herramientas tales como: visualizador de reglas, diseñador de reglas, analizador de la base de reglas, depurador, herramienta de mantenimiento, facilidad para trazabilidad, herramienta de afinamiento del rendimiento, etc.
10. “*Un SGBDA debería ser ajustable*” para que no sufra una degradación del rendimiento en comparación con soluciones equivalentes realizadas sobre SGBD pasivos. También se requiere un diseño físico para los SGBDA.

Además de especificar las características de este tipo de sistemas, en el manifiesto se propone una clasificación de los SGBDA según:

- ◆ Su papel en el sistema de información (monitorizar/controlar)
- ◆ El grado de integración del sistema de información (homogéneo/heterogéneo).

Desafíos y líneas de investigación en los SGBDA

Aunque, como ya se ha señalado, las bases de datos activas empiezan a considerarse maduras, todavía existen múltiples aspectos de investigación en este campo, como, por ejemplo:

- ◆ Mecanismos de verificación de condición; se debe diseñar mecanismos para las reglas que sean lo suficientemente eficientes como para permitir un procesamiento rápido de transacciones.
- ◆ Integración de la verificación de la condición de la regla y su ejecución con el proceso de transacciones.
- ◆ Mecanismos para bloqueo de reglas.
- ◆ Optimización de las reglas.
- ◆ Mejora del poder expresivo de las reglas.

En la actualidad existen todavía pocas aplicaciones reales sobre SGBD activos, y ello se debe en gran parte a la falta de herramientas que soporten estas características en el proceso de desarrollo, tal y como se señala en WIDOM (1994).

El lector interesado en más referencias sobre SGBD activos puede consultar JAEGGER y FREYTAG (1995).

Bases de datos deductivas

Un **SGBD deductivo**¹ es capaz de deducir hechos a partir de la base de datos extensional aplicando axiomas deductivos o reglas de inferencia a esos hechos.

El SGBD deductivo gestiona, por tanto, reglas que definen conocimiento, permitiendo deducir nuevos hechos a partir de los almacenados en la base de datos y de otros derivados. Para ello utilizan la programación lógica como lenguaje de base y generalizan las bases de datos relacionales incorporando conocimiento de forma implícita.

La programación lógica y las bases de datos han ido evolucionando de forma paralela, empezando a confluir durante la década pasada, construyéndose nuevas clases de sistemas, no sólo SGBD deductivos, sino también:

- ◆ **Sistemas de gestión de bases de conocimiento** (KBMS²), que poseen la capacidad de gestionar conocimiento (complejo) en lugar de datos (simples).
- ◆ **Sistemas de bases de datos expertos**, que tienen la capacidad de utilizar experiencia en un dominio particular de aplicación para resolver clases de problemas, accediendo a una gran base de datos.

En todos ellos, la programación lógica se utiliza principalmente como lenguaje de consulta, mientras que la tecnología de base de datos se emplea para asegurar un almacenamiento eficiente y fiable.

Los SGBD deductivos se puede implementar añadiendo al SGBD facilidades para almacenar y gestionar reglas, extendiendo el procesador de consultas del SGBD o acoplando un SGBD con un sistema Prolog. Aunque, normalmente, en lugar de utilizar un lenguaje como Prolog (que procesa una tupla a la vez) se suele emplear un lenguaje relacional declarativo denominado DATALOG, que es poco procedimental y orientado a conjuntos, lo que lo hace mas adecuado para bases de datos. Sintácticamente el DATALOG es muy parecido al Prolog, existiendo en la actualidad diferentes versiones, véase GARDARIN y V ALDURI EZ (1989).

Este tipo de lenguajes resulta muy útil para hacer consultas de tipo recursivo, siendo clásica la de los ancestros de una persona (conociendo que los padres de una persona son sus ancestros, así como los padres de los ancestros).

¹También denominado “inferencial”, “basado en lógica” o “experto”.

² Knowledge Base Management Systems

Desde los años ochenta se ha desarrollado numerosos prototipos de SGBD deductivos, como RDL (desarrollado en el INRIA), el LDL (del MCC), el EKS (ECRC), KAPPA (ICOT), etc. Sin embargo, todavía no existen productos comerciales que puedan incluirse en esta categoría, aunque algunas de sus nociones se van incorporando en la nueva generación de SGBD relacionales.

Como vemos, la investigación de SGBD de reglas para gestionar el conocimiento, se ha centrado tradicionalmente en dos áreas, por un lado, los SGBD activos y, por otro, los SGBD deductivos. En un futuro no muy lejano se espera que ambos tipos de sistemas converjan, como se muestra en la figura 7, GARDARIN (1992).

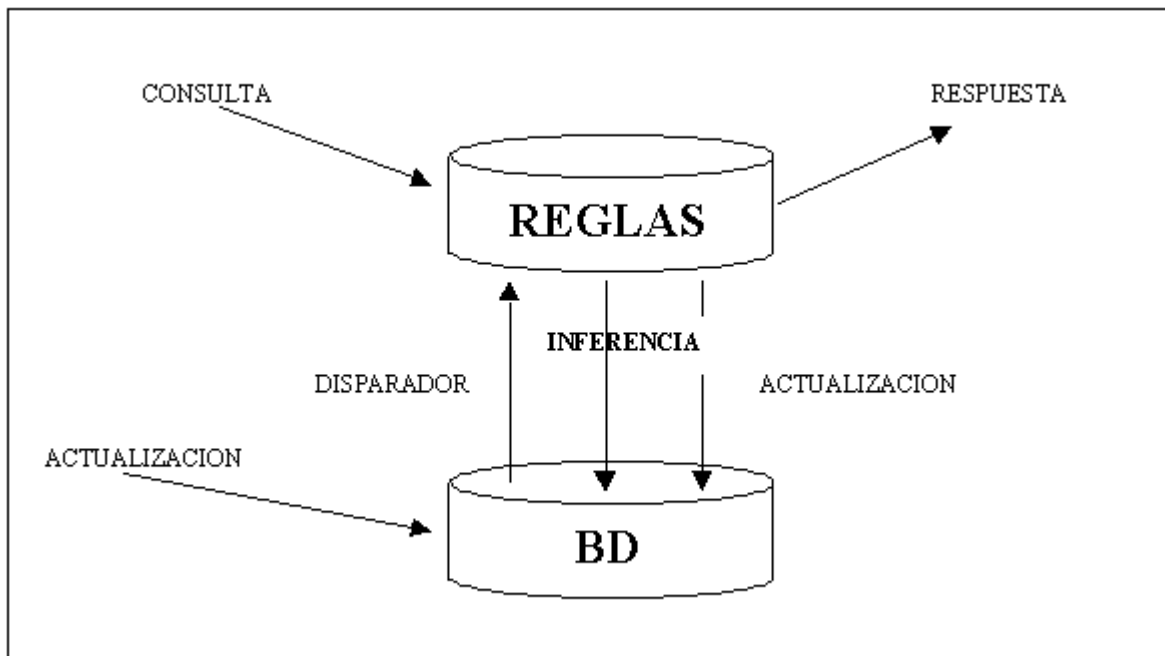


Figura 7

Bases de datos orientadas al objeto

Este tipo de sistemas ya lo hemos expuesto con un cierto grado de detalle en el número 4 de *Algoritmo*, en el que presentamos las dos principales tendencias en este campo: Extender los SGBD relacionales o proponer nuevos sistemas de gestión de bases de objetos (SGBO) “puros”.

De momento, el mercado parece que está respondiendo mejor a las extensiones de los SGBD relacionales, que permiten a las empresas salvaguardar las inversiones existentes. Aunque hay que reconocer que los SGBO están evolucionando de forma muy considerable, sobre todo debido a la extensión del lenguaje Java (un SGBO es el lugar “natural” para almacenar objetos Java) y del mercado *Web*, DICK (1997).

También hay que destacar la aparición de un número cada vez mayor de herramientas de conectividad entre los mundos relacional y orientado a objeto, BANCILHON (1996), que incluyen:

- ◆ Interfaces de programación orientada a objetos sobre motores relacionales.
- ◆ Herramientas de conversión de esquemas relacionales a esquemas OO y viceversa.
- ◆ Herramientas de migración de esquemas, bases de datos y aplicaciones relacionales a OO y viceversa.
- ◆ Herramientas que aseguran la interoperabilidad de bases de datos relacionales y bases de objetos.

Algunos aspectos en los que se considera necesaria una mayor investigación, según KOTZ-DITRICH y DITRICH (1995), son: lenguajes de consulta y de optimización, combinar acceso declarativo y acceso navegacional, soportar completamente la funcionalidad de los objetos compuestos, acceso a los metadatos, almacenamiento de los servicios (métodos) en la base de datos, definición dinámica de clases, mecanismos para definir restricciones y disparadores, gestión de la extensión de las clases y soporte de vistas.

Por lo que respecta a los estándares para bases de datos orientadas a objetos, PIATTINI (1995c) y (1996), cabe destacar que en la última reunión del grupo ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 celebrada en Madrid en febrero de este año (1997) se presentó un plan que, en caso de que se cumpla, llevaría a aprobar el SQL3 (las partes *Foundation*, *Bindings*, *Persistent Stored Modules* y *Object*) como norma internacional en diciembre de 1998.

En cuanto al ODMG, la última versión (1.2) se aprobó en diciembre de 1995, y en estos momentos se está trabajando en la creación de una especificación de vinculación para Java, así como en la convergencia entre el OQL y el SQL3.

Conclusiones

Los SGBD han ido evolucionando con el fin de incrementar su capacidad semántica, por lo que la información sobre los datos control y procesos, que se encontraba dispersa en los programas ha ido migrando hacia el servidor de datos, propugnando la aparición de nuevos tipos de sistemas como son las bases de datos activas, deductivas y orientadas a objetos.

De estas nuevas tecnologías, los SGBD activos son los más maduros, tanto desde un punto de vista científico como comercial, aunque todavía no existen productos que implementen todas las funcionalidades de un sistema activo. Los SGBD deductivos surgen de la confluencia entre el campo de las bases de datos y la Inteligencia Artificial, y a pesar de haber experimentado un gran avance a nivel académico y de investigación, no terminan por dar el salto a la arena comercial.

Por lo que respecta a las bases de datos orientadas a objetos, ya existen varios productos en el mercado, pero todavía no se encuentran del todo resueltos algunos aspectos teóricos (como su formalización). También hay que destacar que, por el momento, parecen tener mejor aceptación en el mercado los SGBDR extendidos que los SGBO “puros”.

En el próximo artículo terminaremos de explorar la dimensión de “funcionalidad” en las bases de datos del futuro, analizando los SGBD multimedia, temporales, seguros y difusos.

El Futuro de las Bases de datos(III)
Hacia una mayor inteligencia:
Tratamiento de datos multimedia,
Del tiempo, de la seguridad de la incertidumbre.

Por Mario Piattini

En este artículo, que complementa al anterior, analizamos algunos tipos de SGBD que aparecen como resultado de las investigaciones que se vienen desarrollando en la actualidad con el fin de dotar a las bases de datos de una mayor funcionalidad.

Introducción

Los sistemas de bases de datos más conocidos en la actualidad, los relacionales, se caracterizan por gestionar de manera eficiente datos formateados (tipo numérico, carácter, fecha, etc.) con un moderado grado de seguridad (confidencialidad, integridad y disponibilidad). Sin embargo, las aplicaciones que están surgiendo para atender a nuevos tipos de negocio requieren:

- ◆ Soportar tipos de datos más sofisticados (voz, vídeo, imagen, texto, etc.),
- ◆ Tratar la dimensión temporal,
- ◆ Garantizar una mayor seguridad, y
- ◆ Manejar datos imprecisos.

Por todo ello, diversas instituciones académicas y laboratorios de fabricantes de SGBD están trabajando con el fin de ampliar las capacidades de los sistemas de bases de datos y adecuarlos así a estas necesidades.

A continuación presentaremos, de manera muy resumida, las características de los SGBD multimedia, temporales, seguros y difusos, remitiendo al lector interesado en profundizar en algunos de estos temas a la bibliografía referenciada.

Bases de Datos Multimedia

En la actualidad se está desarrollando toda una serie de aplicaciones que incorporan el tratamiento de datos multimedia (televisión interactiva, sistemas de información geográficos, enciclopedias electrónicas, aplicaciones musicales, etc.). Si las bases de datos no quieren “quedarse fuera” de este tipo de aplicaciones deben soportar el tratamiento de los datos multimedia de una manera eficiente.

Hay que tener en cuenta que este tipo de datos presenta algunas características especiales:

- ◆ Los datos multimedia son muy grandes y voluminosos, por lo que a pesar del avance del hardware, no parece probable que se mantengan en discos magnéticos. Se necesita un nuevo nivel de memoria, conocido como “memoria terciaria”, por ejemplo *juke boxes* de discos compactos.
- ◆ Estos nuevos tipos de datos, llevan consigo operaciones que requieren una implementación muy eficiente.
- ◆ Los datos multimedia presentan restricciones en la velocidad de entrega; por ejemplo, los objetos de un vídeo se deben recuperar a una velocidad constante.

- ◆ Para cada tipo de dato multimedia, debe definirse la calidad de servicio deseada, cómo se degrada, que se hace ante una degradación, etc.
- ◆ Se necesita un nuevo tipo de interfaces, para visualizar de forma gráfica, espacial, y poder realizar consultas a la base de datos basándose en la forma, color u otras características de los objetos.

Los SGBD actuales no están concebidos, sin embargo, para manejar grandes cantidades de datos en dispositivos como CD-ROM o videodiscos. En general, podemos afirmar que el modelo relacional no es el más adecuado para soportar los datos multimedia, aunque en la actualidad la mayor parte los productos ofrecen la posibilidad de definir BLOBs (*Binary Large Objects*.) para almacenar texto, vídeo, sonido, etc. Con este mecanismo no es posible expresar la semántica asociada a los objetos multimedia ni realizar accesos por determinados componentes de estos.

Aunque no existen propuestas universalmente aceptadas sobre qué componentes o características debe poseer un SGBD multimedia, en GHAFOOR (1995) se propone un interesante modelo de referencia, que se muestra en la figura 1. Según esta arquitectura, un SGBD multimedia consta de tres niveles:

- ◆ Nivel de SGBD monomedia, que proporcionan las funcionalidades esenciales para gestionar un medio particular.
- ◆ Nivel de gestión/composición multimedia, que permite integrar los monomedia para componer documentos multimedia, así como coordinar los diferentes SGBD monomedia en caso de que estuviesen distribuidos.
- ◆ Nivel de interfaz de usuario, que ofrece diversas facilidades para presentación y visualización de imágenes, vídeo, etc. así como varios lenguajes de consulta.

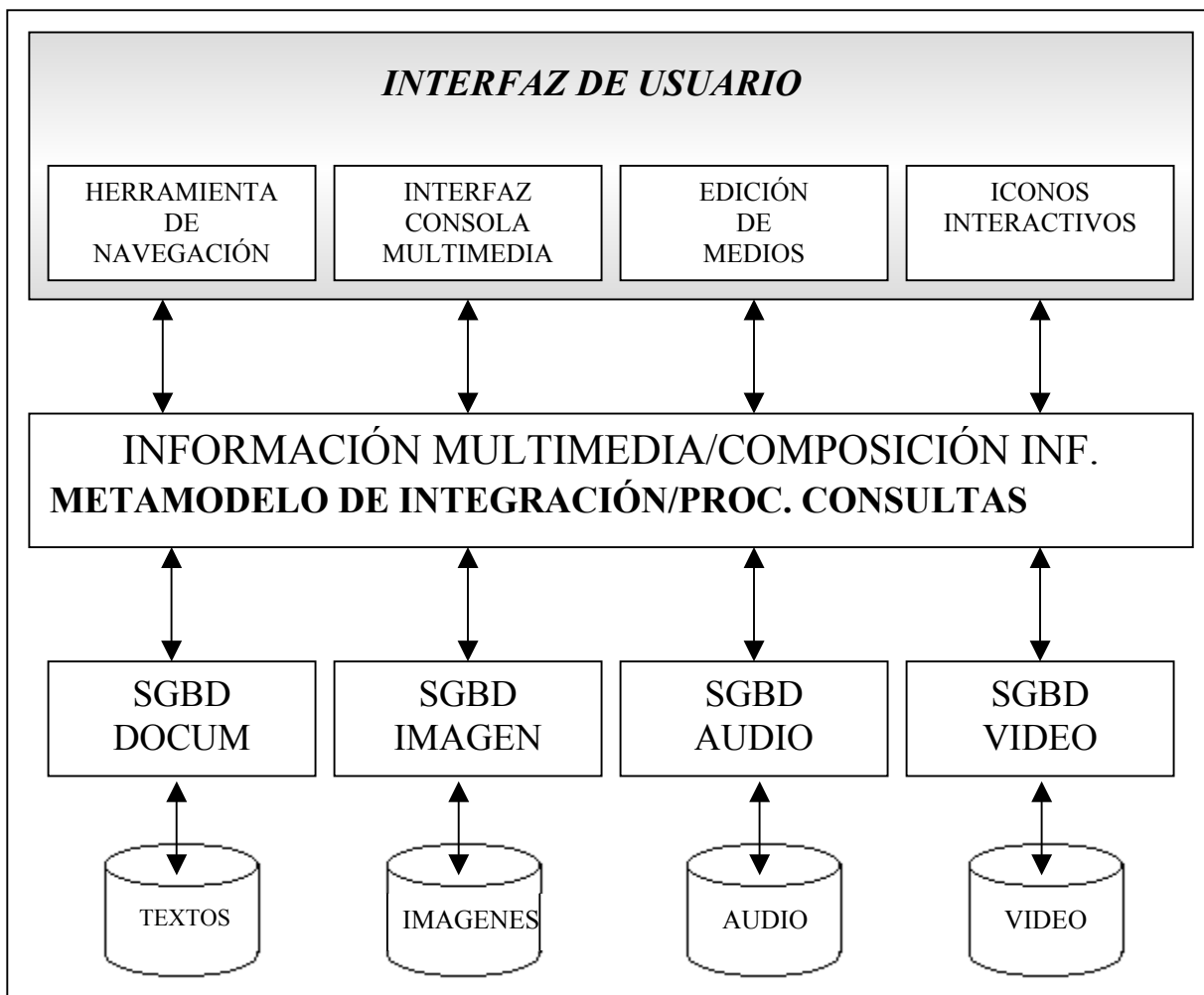


Figura 1.- Modelo de referencia para SGBD multimedia, GHAFOOR (1995)

Además de estándares de comprensión (JPEG, MPEG, etc), desde el punto de vista de las bases de datos cabe destacar el esfuerzo conjunto que llevan a cabo ISO/IEC y ANSI para la definición del SQL/MM PIATTINI (1996a). De acuerdo con las directrices de la última reunión de ISO/IEC JTC1/SC21/WG3 celebrada en Madrid en enero de este año (1997), el SQL/MM es probable que se apruebe como norma internacional a partir de 1999, empezando por las partes que corresponde en a bases de datos documentales (sistemas de recuperación de información) y espaciales (sistemas de información geográficos); dejándose para una segunda etapa las relativas a imagen, vídeo, estructuras matemáticas y musicales.

Entre los principales desafíos a los que se enfrentan los investigadores en este área cabe destacar:

- ◆ Encontrar modelos que permitan describir la estructura de los objetos, y sobre los que puedan definirse lenguajes de acceso especializados. En estos momentos parece que los modelos orientados a objetos son los más adecuados para este fin.
- ◆ Desarrollar técnicas de modelado formales para la información multimedia, en especial para vídeo e imagen.
- ◆ Elaborar métodos y modelos que permitan especificar los requisitos de integración y sincronización de los medios.
- ◆ Diseñar potentes técnicas de indización, búsqueda y organización de los datos multimedia, sobre todo por lo que se refiere a consultas basadas en contenido.

A modo de ejemplo examinemos este último aspecto. La recuperación basada en contenido implica un mayor procesamiento que las recuperaciones simples (en las cuales basta prácticamente la compresión y la descompresión de los objetos) y plantea requisitos especiales. Así, por ejemplo, se deben desarrollar tipos de indización que permitan recuperar objetos “por semejanza”, JAGADISH (1995). En este tipo de índices los objetos se hacen corresponder con puntos de un espacio multidimensional, de forma que objetos similares quedan ubicados próximos en este espacio, y las consultas se expanden en regiones da tamaño apropiado al grado de tolerancia deseado.

Bases de Datos Temporales

De manera general, en las bases de datos temporales se suelen distinguir dos aspectos importantes: la gestión de la historia y la gestión de versiones. En estos últimos años se ha logrado un consenso en cuanto a la semántica de la historia, pero no a la gestión de versiones, para la que existen muchas propuestas en el contexto de los sistemas de diseño asistido por ordenador e ingeniería de software.

En un sentido más estricto, se conocen como bases de datos temporales aquellas que gestionan la historia, pudiendo contemplar dos dimensiones del “tiempo”:

- ◆ **Tiempo válido**, en el que un hecho es verdadero en el mundo real (con independencia de su registro en la base de datos).
- ◆ **Tiempo de transacción**, durante el cual el hecho estuvo presente en la base de datos.

Las dos dimensiones son ortogonales, y permiten distinguir de esta manera cuatro tipos de SGBD, según soporten:

- ◆ Ninguna dimensión: SGBD “instantáneos” (*snapshots*), como son los productos relacionales más difundidos en la actualidad,
- ◆ Sólo tiempo válido,
- ◆ Sólo tiempo de transacción,
- ◆ Ambas dimensiones: sistemas bitemporales.

Por otro lado, cabe destacar el modelo de datos subyacente sobre el que se constituye el SGBD temporal. Así, por ejemplo, se han investigado varios modelos temporales tanto para SGBDR (*Temporally D-Data Model*, *Accounting Data Model DM/T*, *Historical Data Model*, etc.) como para sistemas orientados al objeto (*OSAM*/T*, *OVM*; *TEOM*; *TIGUKAT*; *TOODM*, etc.), e incluso ya empiezan a aparecer propuestas sobre SGBD temporales deductivos.

En cuanto a lenguajes de consultas temporales, existen varias propuestas (HQL, HSQL, TDM, Temp. SQL, TOSQL, OQL/T, TMQL, TOOSQL, TQL, etc.) pero el que más consenso ha logrado es, sin duda, el TSQL2. Este lenguaje nace en 1994 añadiendo tablas temporales al SQL-92, SNODGRASS et al. (1994). En julio de 1995 se aprobó incluir los conceptos y funcionalidades del TSQL2 como una nueva parte del SQL3 (*SQL/Temporal*). En estos momentos se discute si la próxima versión del TSQL debe basarse en SQL3 teniendo en cuenta o no la parte del SQL/Temporal, o incluso si se debe considerar el OQL del ODMG. En la figura 2 se muestran las posibilidades de evolución del TSQL teniendo en cuenta las distintas versiones del lenguaje SQL.

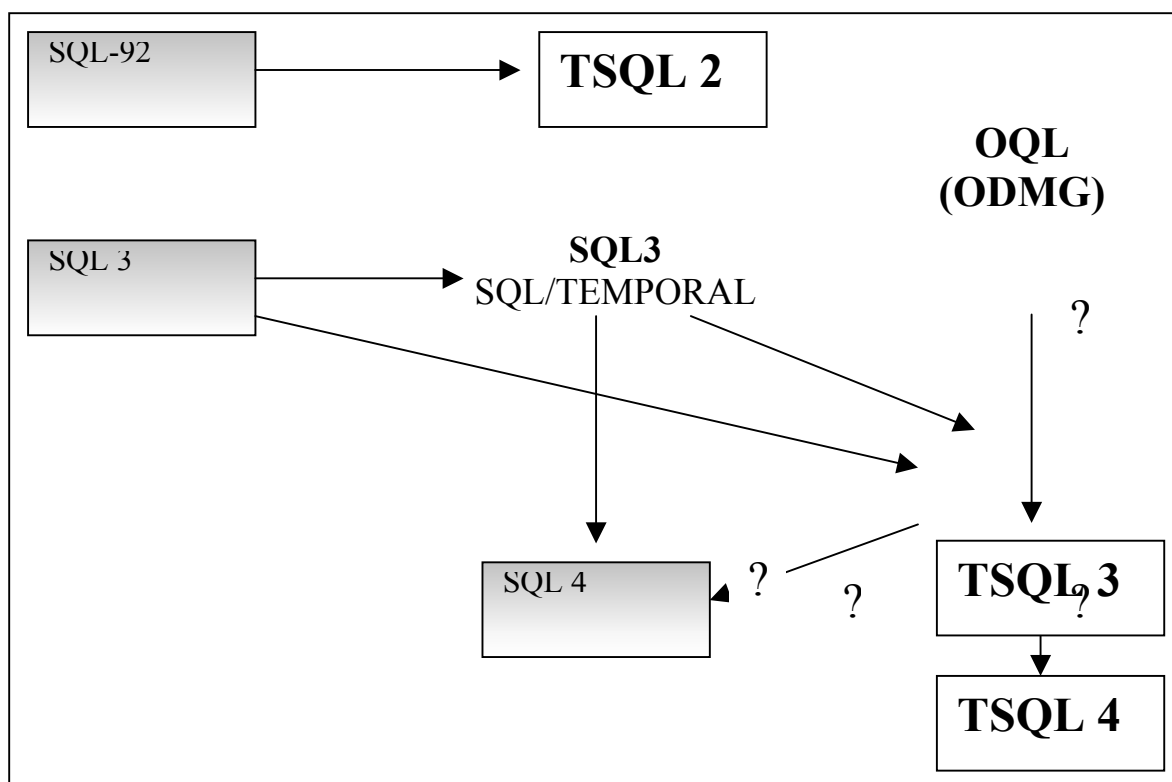


Figura 2. Relaciones entre las distintas versiones del lenguaje estándar SQL y los lenguajes temporales TSQL, SEGEV et al. (1995).

También hay que tener en cuenta, como señalan SEGEV et al. (1995), que existen aplicaciones que van más allá de las tareas típicas administrativas que plantean nuevos desafíos a los SGBD temporales.

- ◆ Sistemas de información geográficos (SIG), en los que el tiempo es un concepto fundamental en aplicaciones de ciencia, biofísicas, políticas, sociales, económicas, etc.
- ◆ Planes de tratamientos médicos.
- ◆ Monitorización ecológica.
- ◆ Aplicaciones de gestión de series temporales (hay que destacar que las bases de datos temporales no se centran en los requisitos específicamente expuestos por la gestión de series temporales).
- ◆ Multimedia, aplicaciones de gestión de vídeo.

El rendimiento es un factor crítico para este tipo de aplicaciones, y resulta un elemento clave a tener en cuenta a la hora de implantar SGBD temporales, ya que se trata de bases de datos muy grandes. Algunos sistemas proponen almacenar de forma separada los datos históricos (que crecen continuamente) de los datos actuales (de tamaño estable).

Por otro lado hay que tener en cuenta que los predicados temporales (por ejemplo, SOLAPAR) son más difíciles de optimizar. También se ha investigado sobre combinaciones temporales (*time-equijoin*, *event-join*, *contain-join*, *temporal natural join*, etc.).

Por último, un trabajo muy importante para mejorar el rendimiento de bases de datos temporales ha consistido en el desarrollo de nuevas técnicas de indexación: *Append-only tree*, *Checkpoint Index Monotonic B tree*, *time-Split B-Tree*, *Mixed Media R-Tree*, *time Index*, *SR-Tree*, etc.

Bases de Datos Seguras

En el número de diciembre de ALGORITMO tratamos varios aspectos relacionados con el problema de la seguridad, presentando también los SGBD “seguros” o “multinivel” relacionales.

También señalamos que en estos momentos se está investigando sobre todo en dos aspectos: SGBDOO multinivel y metodológicas de diseño para bases de datos seguras, aspectos que ampliaremos en los siguientes apartados.

SGBD Orientados a objetos multinivel

En OLIVIER y VON SOLMS (1994) se presenta una taxonomía para este tipo de sistemas, basada en distintos parámetros a tener en cuenta a la hora de diseñar un modelo de seguridad para los SGBDOO:

A) Semántica de la clasificación

Apartado en el que se incluyen dos aspectos importantes:

A.1.- Modelo subyacente, que es el modelo sobre el que se basa la clasificación. Puede ser de tres tipos:

- a) Niveles explícitos, si se asignan -explícitamente- niveles de confidencialidad a las entidades y de autorización a los sujetos.
- b) Listas de control de acceso, asociadas a las entidades que contienen los identificadores de los sujetos que están autorizados a accederlas.
- c) Capacidades, esto es, identificadores no falsificables que poseen los sujetos, que podrán acceder a una determinada entidad en función de su capacidad.

A.2.- Interpretación de la protección, indica que es lo que se protege:

- a) El dato, en cuyo caso hablamos de “protección de acceso”.
- b) El hecho de que el dato existe, “protección de existencia”.

B).- Clasificación estructural

Este apartado considera la influencia de la estructura de los datos en la clasificación de las entidades:

B.1. -Entidades protegibles, que pueden ser objetos, servicios y atributos de objetos, clases, servicios y atributos de clases, etc. Existen dos opciones a destacar:

- a) Todas las características del objeto tienen el mismo nivel de sensibilidad: “objeto mononivel”.

- b) Los atributos y servicios de un objeto pueden clasificarse de forma individual, en cuyo caso hablamos de “objeto multinivel”.

B.2. -Instanciación de la clasificación, parámetro que especifica cómo y cuando se clasifican las entidades; existiendo, por lo que respecta a los objetos, al menos, tres posibilidades:

- a) Clasificar la clase y aplicar esta clasificación a todos los objetos (ejemplares de la misma).
- b) Clasificar todas las características del objeto en el momento en que se instancia.
- c) Especificar reglas que determinen la sensibilidad del objeto.

B.2. -Restricciones de interrelación, que afectan a las entidades relacionadas por interrelaciones de agregación, instanciación, herencia, niveladas (asociaciones), etc. Las restricciones pueden ser:

- a) Obligatorias, si se tienen que cumplir como resultado de elecciones tomadas con anterioridad o por ser inherentes a la estructura.
- b) Adicionales, otras que el modelo prescribe, por ejemplo, a fines de simplificación.

C. – Clasificación dinámica

Esta sección abarca tres aspectos importantes:

C 1.- Flujo de autorización, que trata de los casos y los modos en los que la autoridad de un sujeto se ve influida por activaciones del servicio que actúa en su lugar.

C2. -Flujo de sensibilidad, aborda la sensibilidad de los mensajes en el sistema.

C3.- Restricciones del flujo de información, que se aplican dinámicamente con el fin de asegurar que la información, una vez “desencapsulada” del objeto, sigue sin estar expuesta a accesos no autorizados.

Metodologías para diseño de bases de datos seguras

Aunque existen algunas propuestas para extender el modelo E/R con el fin de poder especificar el nivel de seguridad de las entidades y atributos de una base de datos, véase SMITH (1991); la aportación en estos momentos más importante, a nuestro juicio, la constituye la metodología MOMT, MARKS et al. (1996). Esta metodología, que como su nombre indica esta basada en OMT de Rumbaugh, consta también de tres fases: análisis, diseño del sistema y diseño del objeto.

En la fase de análisis se describe el sistema desde tres puntos de vista:

- ◆ El modelo de objetos que representa los aspectos estructurales y que pretende controlar ciertos tipos de inferencias no autorizadas.
- ◆ El modelo dinámico que representa los aspectos de control de las aplicaciones.
- ◆ El modelo funcional que representa los aspectos transformacionales.

Durante la fase de diseño del sistema se diseña la base de datos multinivel y, durante la fase de diseño de objetos se determinan los detalles del sistema.

Bases de Datos Difusas

Comentábamos en un número anterior de algoritmo, véase PIATTINI (1996b), el problema que plantea la información desconocida/incompleta y su representación por medio de valores nulos en las bases de datos. Dentro de la misma línea que pretende tratar con datos y consultas imprecisas, también se han introducido los denominados Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales Difusos (FRDBS¹), basados en la teoría de conjuntos difusos.

Un conjunto difuso es un conjunto de elementos en el que cada uno tiene un valor (entre 0 y 1) que indica el grado de pertenencia al conjunto. Así, se puede considerar que los valores de los atributos en un dominio o las tuplas a una relación tienen asociado un grado de pertenencia. En VILA et al. (1994) se puede encontrar una definición formal de base de datos difusa.

Aunque a alguno le suene a ciencia-ficción, este tipo de bases de datos resultan muy útiles ya que, como señala PARSONS (1996), *“casi toda la información que manejamos acerca del mundo real es incompleta, imprecisa, Incierta o vaga²”*.

Otra aplicación de estas teorías, puede ser la integración de consultas difusas en SGBD tradicionales (precisas), proporcionando una gran flexibilidad y superando el carácter restrictivo de los lenguajes de consultas actuales, BOSCH et al. (1994).

Este tipo de sistemas necesita, como es lógico, ampliar los fundamentos teóricos de modelos como el relacional, a la vez que hace imprescindible extender los lenguajes, basados en cálculo o en álgebra relacional.

¹ *Fuzzy Relational Database Systems.*

² Este autor distingue entre estos conceptos.

Conclusiones

Los sistemas de bases de datos han evolucionado hacia un mayor grado de funcionalidad, respondiendo a las necesidades de un nuevo tipo de aplicaciones que debe ser capaz de gestionar no solo datos formateados, sino también imagen, vídeo, gráficos, estructuras espaciales, etc.

Otra dimensión que resulta fundamental incorporar en las bases de datos es la temporal, debiendo ofrecer el SGBD nuevos mecanismos que soportar grandes volúmenes de datos sobre los que se puedan efectuar operaciones de tipo temporal.

También hay que tener en cuenta que existen ciertas aplicaciones, como en los entornos militares, médicos, etc. que presentan unos requisitos de seguridad muy fuertes, para los que los fabricantes ofrecen SGBD seguros.

Por otra parte, las bases de datos difusas ponen de manifiesto (al igual que las bases de datos deductivas que comentábamos en el artículo anterior) la necesidad de integrar técnicas de Inteligencia Artificial con bases de datos; parece que el camino indica que puede llegarse en un futuro no muy lejano a una teoría unificada, que se percibe como una necesidad en determinadas áreas.

Por Mario Piattini

En los artículos anteriores profundizamos en la dimensión de la funcionalidad de los nuevos tipos de SGBD, que aumentan cada día más su “inteligencia”. En este artículo seguimos nuestro viaje por las bases de datos del futuro, resumiendo los principales problemas y retos que existen en otra dimensión: el rendimiento, que constituye el objeto de Investigación de las bases de datos paralelas, en tiempo real y en memoria principal.

Introducción

Las aplicaciones tradicionales tienen cuatro requisitos principales, SILBERSCHATZ et al. (1990):

- ◆ Eficiencia en el acceso y modificación de datos
- ◆ Fiabilidad, entendida como la capacidad de los datos para sobrevivir a fallos hardware Control de acceso (consistencia, concurrencia)
- ◆ Persistencia,

que los SGBD han conseguido satisfacer en gran medida. En efecto, la década pasada se ha caracterizado por las bases de datos relacionales, que trajeron consigo lenguajes de alto nivel, optimizadores y la teoría de la normalización, así como la gestión de transacciones y seguridad.

Sin embargo, las aplicaciones que se diseñan actualmente exceden en algunas ocasiones las facilidades ofrecidas por los SGBD relacionales. Así, por ejemplo, los datos almacenados en bases de datos crecen de forma exponencial, (según OVUM en los próximos 5 años se multiplicarán por 10). Podemos afirmar que, de la misma manera que los gases, los datos se expanden hasta llenar todo el espacio disponible. Así, por ejemplo, si hace diez años calificábamos como muy grande (VLDB¹) una base de datos de 1 gigabyte (10^9). hoy en día ya se habla de Terabytes (10^{12}) en bases de datos como las de algunos grandes almacenes o empresas de mensajería; y empieza a asomarse el "petabyte" (10^{15}) en bases de datos científicas, que almacenan datos provenientes de satélites.

Según previsiones de WINTER (1994), suponiendo un descenso del precio de disco del 35% anual, en el año 2000 superaremos los 100 Terabytes. Esto unido a la complejidad cada vez mayor de los propios datos², ha obligado a los fabricantes de SGBD a idear nuevos tipos de sistemas que aprovechen recursos de hardware más potentes, como las máquinas de procesamiento paralelo.

También las nuevas aplicaciones requieren mejores y más precisos tiempos de respuesta, lo que puede conseguirse con bases de datos en memoria principal y bases de datos en tiempo real. Por otro lado, cobran cada vez más importancia la optimización de consultas, que si bien se encuentra muy bien estudiada para bases de datos relacionales, no sucede lo mismo para los nuevos tipos de SGBD.

En los próximos apartados revisamos, muy brevemente, las principales características de estos nuevos sistemas de bases de datos, así como los retos que deben vencer para poder implantarse definitivamente en el mercado; remitiendo al lector interesado en profundizar en algún tema concreto a la correspondiente bibliografía.

¹ VLDB = *Very Large DataBase*

² Según Forrester Research, los datos tabulares que actualmente suponen aproximadamente un 70% del total, para el año 1999 no supondrán nada más que un 20%, siendo el resto de tipo multimedia (vídeo, imagen, sonido, etc.)

Bases de datos paralelas

El primer SGBD paralelo fue Teradata a mediados de la década pasada, que también fue la primera en superar la barrera del teradato, en 1992 con la base de datos de Wal-Mart. A finales de los ochenta, la versión 6 de Oracle también disponía de soporte SMP³ (multiprocesamiento simétrico) para procesamiento de transacciones y de cluster para máquinas Vax de Digital. En 1991 Oracle y nCube publicaron resultados de 1000TPS y el resto de los fabricantes también crearon versiones paralelas como Ingres sobre máquinas Sequent o Informix, que reescribió su motor para adecuarse a estas nuevas arquitecturas.

En cuanto al hardware que soporta una base de datos, RUDIN (1995), clasifica los equipos físicos de forma descendente en función de su madurez (que al mismo tiempo refleja una ordenación ascendente en cuanto a escalabilidad) de la siguiente manera:

Mainframes - SMP - Clusters - MPP

El SMP es la tecnología más madura, utilizada para entornos críticos OLTP, con bases de de 10 a 100 Gb, y con un centenar de usuarios. Hay que tener en cuenta que en los sistemas SMP los procesadores comparten memoria.

Mientras que MPP⁴ (procesamiento masivamente paralelo) es más escalable, se emplea para procesos analíticos complejos, con bases de datos a partir de los 300Gb y a las que pueden acceder varios miles de usuarios. Estos sistemas se encuentran bajamente acoplados y son más difíciles de implementar.

Hay que tener en cuenta, de todas maneras, que la escalabilidad de un sistema puede considerarse en tres aspectos:

- ◆ Potencia de CPU (número de CPU por nodo, número de nodos)
- ◆ Interconexión (bando de ancha, incremento de latencia de los mensajes)
- ◆ Espacio de disco y E/S (número de discos por canal de E/S, número de canales de E/S por nodo, etc.)

Cabe recordar que antiguamente se hablaba de “máquinas de bases de datos” de propósito específico, pero que no tuvieron mucho éxito, viéndose superado por el gran avance de los procesadores, memoria y discos convencionales.

En cuanto a las distintas arquitecturas para **bases de datos distribuidas**, que pueden desarrollarse sobre las máquinas paralelas, se clasifican en tres grandes grupos:

- ◆ Memoria compartida (*shared memory*), en la que todos los procesadores pueden acceder a todos los módulos de memoria y todos los discos. Su principal ventaja es la sencillez, al compartir los procesadores la meta-información (diccionario/directorio de datos) y la información de control de concurrencia. En cuanto a los inconvenientes podemos citar problemas de escalabilidad, coste y disponibilidad.
- ◆ Disco compartido (*shared disk*), en la que todos los procesadores pueden acceder a toda la base de datos, los nodos no "poseen" ciertos sectores de disco, pero sí tienen un acceso exclusivo a su memoria principal. En este caso se consigue una mayor flexibilidad a costa de cierta sobrecarga de comunicación al tener que coordinarse los nodos para compartir los datos.
- ◆ Nada compartido (*shared nothing*). En sistemas que no comparten nada, cada procesador tiene un acceso exclusivo a su memoria principal y a un subconjunto de discos. Esta arquitectura es muy escalable, pero necesita un buen diseño, así como una planificación de capacidad y gestión de sistemas más sofisticadas.

En general, las bases de datos paralelas permiten obtener muchas ventajas en prácticamente todas las operaciones de una base de datos: recorrido de tablas, creación de índices, recuperación, carga de datos etc. Es quizás el procesamiento de consultas paralelo, la cuestión más estudiada, existiendo numerosos trabajos que indican cómo obtener los máximos beneficios tanto del **paralelismo inter-consulta** (por el que varias consultas pueden ejecutarse independientemente en múltiples procesadores) , como el **paralelismo intra-consulta** (en el que partes independientes de una consulta se ejecutan de forma paralela en varios procesadores). -.

Dos cuestiones muy importantes para obtener mejores tiempos de respuesta son el particionamiento y la ubicación de los datos. En DeWITT y GRAY (1992) se resume las principales estrategias de particionamiento que van desde la distribución de los registros entre los fragmentos siguiendo un *round-robin*, hasta una particionamiento por *hash* o por rango (este último agrupa registros con atributos similares).

A pesar de los avances experimentados en los últimos años, quedan todavía muchos desafíos para los fabricantes de SGBD paralelos, (HASAN et al., 1996; ÖZSU y VALDURIEZ, 1996; SELINGER, 1993):

Balaneo de carga de trabajo, tanto de forma estática como durante la ejecución. Esto implica refinar la optimización, recogida de estadísticas, estimación, simulación, técnicas de redistribución y reencaminamiento de mensajes. Esto también conlleva elaborar modelos que tengan en cuenta el compromiso entre espacio y tiempo de proceso, ya que si se reparte el cálculo en un número mayor de procesadores se obtiene más memoria a costa de mayor comunicación.

Optimización independiente de la formulación de la consulta.

Coexistencia de consultas complejas, procesamiento por lotes (batch), y OLTP.

Planificación (scheduling) “just in time”, ya que los recursos de la máquina pueden cambiar cuando se está ejecutando la consulta, por lo que se hacen necesarias revisiones dinámicas de las decisiones de planificación.

Máquinas heterogéneas; normalmente se consideran todos los nodos de una máquina paralela como idénticos pero se debe tener en cuenta la diversidad de máquinas que suponen nuevos tipos de optimización como minimizar el coste monetario de una respuesta de usuario dado un límite de tiempo.

Modelos de datos no relacionales. Todos los productos actuales de bases de datos paralelas son relacionales, pero hay que soportar también extensiones procedimentales, bases de datos activas u orientadas a objetos, lo que obliga a cambiar los modelos y algoritmos de optimización de consultas paralelas.

Modelos de transacciones avanzados, como los modelos de flujo de trabajo (workflow).

Una sola imagen del sistema a efectos de gestión y servicio del sistema (copias de seguridad, recuperación, mantenimiento, diagnóstico de problemas, ...)

Este último aspecto es muy importante, ya que la administración de bases de datos paralelas suele ser muy compleja, sobre todo por lo que respecta a llevar a cabo copias de seguridad y recuperación de forma concurrente.

³ *Symmetric Multi Processing.*

⁴ *Massively Parallel Processing.*

importante, gestionar los recursos de forma adecuada, lo que resulta difícil ya que el conjunto de objetos que lee una aplicación depende de la entrada del usuario.

Bases de datos en memoria principal

En los sistemas de gestión de bases de datos en memoria principal (MMDB⁷) toda o una parte importante de la base de datos se ubica en memoria principal lo que elimina (o al menos disminuye) la necesidad de operaciones de entrada/salida.

Se podría diferenciar así entre los SGBD residentes en memoria, respecto a las bases de datos actuales que serían residentes en disco (DRDB⁸). En efecto, la filosofía de las bases de datos en memoria es justamente la contraria a la de las bases de datos actuales, en las los datos residen en disco y en el momento de accederlos son llevados (transitoriamente) a memoria principal. En las bases de datos en memoria principal, los datos suelen residir en memoria, aunque puedan tener una copia de seguridad en disco.

Este cambio viene propiciado por la disminución del precio de la memoria y el aumento de densidad de los chips. A pesar de esto, en la realidad lo que se tendrá a medio plazo en las empresas, será una mezcla de bases de datos en memoria principal con otras en las que los datos no entren completamente en memoria (aunque pueda identificarse un conjunto de datos "caliente", accedidos frecuentemente, y puedan residir en memoria principal).

Este tipo de sistemas hacen que tengan que replantearse algunos conceptos de las bases de datos actuales como son:

- ◆ Las estructuras de índices (árboles B), que se encuentran diseñadas para acceso a disco, por lo que este tipo de indización desaparece y se imponen otros nuevos, como en las bases de datos orientadas a objetos, en las que se puede convertir los identificadores de los objetos a punteros en memoria (*swizzling*). También se están proponiendo nuevos mecanismos de indización como los "árboles T" (en los que se almacenan los punteros a los datos pero nunca datos), listas de punteros, etc.
- ◆ Los bloqueos devienen menos importantes al ser el acceso más rápido, por lo que la pequeña granularidad utilizada en los SGBD tradicionales (a nivel de fila) puede no presentar tantas ventajas y se propone trabajar con granularidades más altas (a nivel de tabla).
- ◆ La grabación (*commit*) de transacciones, que en los SGBD en memoria se lleva a cabo utilizando pequeñas porciones de memoria principal "estable", en "grupos" de transacciones que se van acumulando.
- ◆ Tampoco son necesarios mecanismos de agrupamiento (*clustering*) de objetos, ya que estos se agrupan de forma dinámica al migrar a disco.

⁷ *Main Memory DataBases.*

⁸ *Disk Resident Databases.*

Procesamiento de consultas

Los nuevos tipos de bases de datos necesitan que se mejore y se profundice considerablemente en todos los componentes que participan en la optimización de consultas (IOANNIDIS, 1996).

Así, por ejemplo, el procesamiento de consultas en SGBDOOO presenta algunas cuestiones que lo hacen más difícil que para los SGBDR, (CLUET y DELOBEL, 1992; ÖZSU y BLAKELEY, 1995):

- ◆ Sistema de tipos, que mientras que en los SGBDR es simple (relación), en los SGBDO es más complejo.
- ◆ Encapsulamiento de los métodos con los datos, que hace más difícil estimar el coste de ejecución de un método que el acceso a un dato, y permitir que el optimizador de consultas rompa el encapsulamiento y acceda a la información de forma directa.
- ◆ En los sistemas de bases de objetos las técnicas para optimizar las combinaciones (*join*) no tienen la importancia que poseen en las relacionales, ya que se tienen referencias a los objetos. Así, se han propuesto diversas técnicas de indexación, como las relaciones de soporte de acceso, que constituyen la materialización de cadenas de referencia recorridas frecuentemente.
- ◆ Objetos compuestos y herencia. Los objetos compuestos se acceden mediante “expresiones de camino” que es un tema difícil para optimizar, al igual que el acceso a lo largo de una jerarquía de generalización.
- ◆ Modelos de objetos, que varían bastante de uno a otro, lo que hace que las técnicas que sirven para un modelo no se puedan aplicar a otros.

En SGBD multimedia también la optimización de consultas presenta grandes retos debido especialmente a la indización de este tipo de bases de datos, CHAUDHURI y GRAVANO (1996).

También hemos comentado la importancia de la optimización en las bases de datos paralelas, que plantean numerosos retos que se describen en HASAN et al. (1996).

Conclusiones

Gada vez aparecen con más frecuencia nuevos tipos de aplicaciones que sobrepasan los límites de los SGBD actuales y que empujan a los investigadores y a los fabricantes a concebir nuevos tipos de sistemas de gestión de bases de datos.

En cuanto al soporte de bases de datos muy grandes, parece que la solución más viable para obtener tiempos de respuesta aceptables la constituyen los SGBD paralelos, que ya llevan algunos años en el mercado.

Por otra parte, existen bases de datos como las de tiempo real en las que se sacrifica la máxima utilización de recursos (que se busca en los sistemas tradicionales) por una ejecución oportuna. En este tipo de sistemas la medida del rendimiento no es el tiempo de respuesta, sino más bien el porcentaje de transacciones que terminan dentro del plazo de tiempo.

En estos dos tipos de SGBD así como en las bases de datos en memoria principal, la interacción con el sistema operativo es muy importante ya que se precisa una buena coordinación entre ambos tipos de sistemas.

Por Mario Piattini

En este artículo, se tratan distintos aspectos sobre la distribución e integración de datos: bases de datos distribuidas, federadas, móviles, multibases de datos, bases de datos y Web, etc.

Introducción

En los últimos años asistimos a un avance espectacular de las comunicaciones (véase GARCÍA et al. 1996 y 1997). Así, por ejemplo, se van reemplazando las redes Ethernet de 10Mbps por redes FDDI de 100 Mbps, a la vez que se despliegan redes ATM. Cuando esta tecnología se combina con la de bases de datos, aparecen nuevos retos y dificultades que deben ser superados si se pretende construir sistemas de información eficaces y eficientes de cara al futuro.

Por ejemplo, un “fenómeno” que está suponiendo una auténtica revolución incluso en la forma de hacer negocios y de concebir los sistemas informáticos lo constituye la difusión de las “infopistas¹” (Internet y el WWW, *World Wide Web*²). Varias empresas ya diseñan sus servidores de información teniendo en cuenta el contexto de Internet/Web.

Por otro lado, en MADNICK (1993) se destaca la necesidad de investigar en tecnologías de integración, especialmente:

- ◆ Arquitecturas cliente/servidor
- ◆ Adquisición de la semántica de los datos, que permita reconciliar las diferencias entre definiciones de distintas bases de datos
- ◆ Calidad de datos, se ha hecho más énfasis en la calidad de los programas de aplicación, o en la construcción que en la calidad de los datos.
- ◆ Semántica de evolución, las bases de datos autónomas evolucionan de forma independiente no sólo su contenido sino también su semántica.

Existen también entornos distribuidos que demandan cada día mayores prestaciones, existiendo ya sistemas que necesitan replicación en varias decenas de miles de nodos. Ello lleva consigo que sea necesaria la administración y la operación remota de bases de datos dispersas, y que se deba lograr la integración con entornos de administración y redes (SNMP).

Por último, cabe destacar la aparición de un nuevo paradigma denominado “**informática móvil**” o “**computación nómada**” (piénsese la difusión que han experimentado los teléfonos móviles) que obliga a considerar a usuarios que no están permanentemente conectados a la base de datos, sino que se conectan de forma ocasional y que, por tanto, no son tan “controlables” como en bases de datos tradicionales.

En este artículo resumiremos los principales retos a los que se enfrentan las tecnologías de bases de datos que pretenden satisfacer estas nuevas demandas: bases de datos distribuidas, federadas, multibases de datos, bases de datos móviles, etc.

¹ Aunque muchos autores las denominan “autopistas de la información”, preferimos el termino “infopistas” porque creemos que es más coherente.

² Aunque para algunos estas siglas estan empezando a significar “World Wide Wait”

debido a los atascos que se producen a determinadas horas del día.

Bases de datos distribuidas

A finales de la década pasada ya empezaron a aparecer los primeros productos de bases de datos que soportaban capacidades de distribución, entre sistemas del mismo fabricante en un principio, y que luego se han ido extendiendo hasta abarcar a diversos tipos de SGBD.

Temas como la optimización de consultas que tiene como objetivo, en un entorno de bases de datos distribuidas, maximizar el paralelismo y minimizar el tráfico de la red, fueron ampliamente investigados a nivel teórico en los ochenta y principios de los noventa. Otro aspecto importante fue la implementación de la gestión de transacciones mediante el protocolo 2PC (*Two -phase commit*), y la aparición de algoritmos avanzados de gestión de datos replicados.

Otro avance para los SGBD que funcionan en arquitecturas cliente/servidor (la mayoría según las últimas estadísticas) fue la incorporación de facilidades para crear procedimientos almacenados (que residen en la base de datos) y que permiten disminuir el número de datos y mensajes intercambiados entre cliente y servidor.

En un primer momento el concepto de base de datos distribuida se centró en sistemas que permitían a los usuarios acceso transparente e integrado a una colección de bases de datos. Así se les exigía transparencia:

- ◆ De red (distribución)
- ◆ De replicación
- ◆ De fragmentación
- ...

Como una extensión natural al concepto de independencia entre datos y aplicaciones que marcó la arquitectura ANSI/SPARC.

Actualmente parece que la transparencia e integración (que nunca se han conseguido en su totalidad) pueden ser requisitos incompatibles con la autonomía y heterogeneidad, que van ganando un mayor peso. En efecto, podemos clasificar los SGBD de acuerdo a tres dimensiones, véase figura 1.

- ◆ **Distribución:** en la que se considera que los datos pueden estar distribuidos físicamente entre múltiples nodos, o bien almacenados en uno sólo (BD centralizadas).
- ◆ **Autonomía:** que se refiere al control de la distribución e indica el grado en el que un SGBD puede operar de forma independiente. Así, se puede hablar de un sistema altamente integrado (en el que los usuarios disponen de una sola imagen de la base de datos), o de un sistema semiautónomo, (en el que los SGBD operan de forma independiente pero que han sido diseñados para participar en una federación), o, por último, de un sistema completamente autónomo (multibases de datos).
- ◆ **Heterogeneidad:** a distintos niveles: plataforma (hardware, sistema operativo, protocolos de comunicación), SGBD (modelos y lenguajes), semántica de la base de datos (conflictos a nivel extensional e intensional), etc.

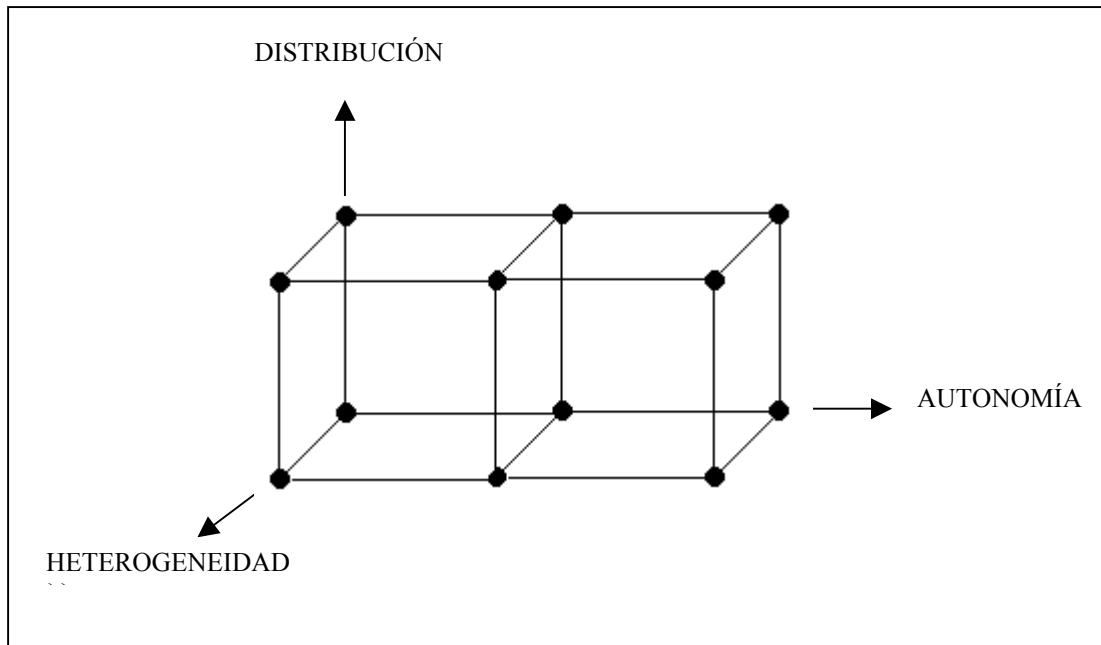


Figura 1.- Distintas posibilidades de SGBD distribuidas, ÖZSU y VALDURIEZ (1991)

Como se puede observar en la figura esta tres dimensiones son ortogonales, y permiten clasificar los distintos tipos de SGBD distribuidos.

Los productos comerciales existentes soportan principalmente SGBD distribuidos homogéneos y, en algunos casos, heterogéneos dentro del mismo modelo (relacional, por ejemplo, Oracle con DB2 y SYBASE) o entre diferentes modelos (por ejemplo, UniSQL, que permite integrar relacional y orientado a objetos). Los sistemas federados y de multibase de datos, que tratamos en el próximo apartado, se encuentran todavía en una fase de investigación, aunque existen ya diversos prototipos.

Ahora bien, dentro de los SGBD distribuidos, todavía quedan para los fabricantes varios retos por superar, que frenan en algunas ocasiones la difusión de este tipo de sistemas:

- ◆ Problemas de escalamiento de red. No existen demasiados estudios sobre el rendimiento de las bases de datos distribuidas sobre grandes redes. Faltan modelos complejos que permitan simular el rendimiento teniendo en cuenta todos los parámetros necesarios.
- ◆ Diseño de bases de datos distribuidas. Aunque ya en 1983 Ceri y Pelagatti publicaron un libro sobre bases de datos distribuidas en el que se abordaba su diseño, todavía sigue siendo necesaria una mayor investigación, por ejemplo, en lo relativo al particionamiento mixto (vertical y horizontal) y su relación con la ubicación de los fragmentos. También es necesario que estas técnicas se encuentren soportadas por las herramientas CASE.
- ◆ Procesamiento de consultas distribuidas, se necesita mejorar los modelos de coste para la optimización global de consultas.
- ◆ Procesamiento de transacciones distribuidas, por ejemplo, como señalan ÖZSU y VALDURIEZ (1991), en cuanto al escalado de los algoritmos de gestión de transacciones.
- ◆ Integración con sistemas operativos distribuidos ya que muchas veces el SGBD distribuido no sabe aprovechar los recursos que le brinda el SO distribuido; y, en el peor de los casos, estos dos sistemas se solapan e interfieren.

Bases de datos federadas y multibases de datos

Como señala HSIAO (1992) existen varias razones que han incrementado la necesidad de los SGBD federados:

- ◆ La sustitución de las prácticas tradicionales de procesamiento de datos por bases de datos.
- ◆ La proliferación de bases de datos heterogéneas en las empresas, en las que a veces cada departamento tiene su propio gestor de bases de datos
- ◆ La compartición de datos de diversas bases de datos en la empresa
- ◆ La consolidación de recursos software, hardware y de personal
- ◆ La necesidad de mantener la autonomía de las bases de datos locales.

Este último requisito es clave en los sistemas de gestión de multibases de datos, y puede concretarse en:

- ◆ **Autonomía de diseño:** no realizar ningún cambio a los SGBD locales.
- ◆ **Autonomía de ejecución:** cada SGBD local mantiene un control total sobre la ejecución de transacciones en su localidad.
- ◆ **Autonomía de comunicación:** los SGBD locales no son capaces de coordinar las acciones de las transacciones globales que se ejecutan en varias localidades.

La solución más empleada hasta el momento para cubrir las necesidades mencionadas anteriormente consiste en implementar pasarelas (*gateways*) entre pares de SGBD, que se encargan de traducir las consultas en el lenguaje de un sistema al otro. Pero no se soporta la gestión de transacciones, control de concurrencia y recuperación de manera conjunta.

Cuando hay varios sistemas de bases de datos en uso, con diferentes modelos y lenguajes que tienen que coexistir, esta solución no suele ser la más adecuada. Además, hay que tener en cuenta la dificultad que supone para un usuario acostumbrado a un sistema centralizado, acceder a datos almacenados en distintos sistemas. Para ello existen dos soluciones ampliamente admitidas:

- ◆ Construir un “frontal” (front-end) sobre los sistemas existentes, que soporta un único modelo de datos y sólo un lenguaje de consulta.
- ◆ Crear una vista temporal con los datos pertinentes a la consulta del usuario.

En BRIGHT et al. (1992) se ofrece una taxonomía de las diferentes soluciones para la compartición de información global, que puede verse en la figura 2, que además de las características que definimos en el apartado anterior, tiene en cuenta el enfoque de diseño escogido, que puede ser:

- ◆ Esquema global. Esta opción sigue la filosofía de bases de datos distribuidas, y coloca un nivel global por encima de los esquemas externos locales, aunque a diferencia de las bases de datos distribuidas, este nivel global puede integrar esquemas de diferentes modelos de datos.

- ◆ Lenguaje de multibases de datos. En esta aproximación se transfiere parte de la responsabilidad de la integración a los usuarios, ofreciéndole nuevas funciones y otras extensiones a lenguajes que permiten manipular la representación de los datos.

TIPO	NIVEL DE INTERFAZ GLOBAL AL SGBD LOCAL	TIPOS DE NODO LOCAL	¿BD GLOBAL?	MÉTODO DE INTEGRACIÓN GLOBAL
MULTIBD GLOBAL	INT.USUARIO	BD HETEROGENEAS	SI	ESQUEMA GLOBAL
BD FEDERADA	INT.USUARIO	BD HETEROGENEAS	SI	GLOBAL PARCIAL
LENG. MULTIBD	INT.USUARIO	BD HETEROGENEAS	SI	FUNC. DE LENG.
LENG. MULTIBD HOMOGENEO	INT.USUARIO Y FUNCIONES	BD HETEROGENEAS	NO	FUNC. DE LENG.
SISTEMAS INTEROPERATIVOS	APLICACION SOBRE SGBD	CUALQUIER FUENTE DE DATOS	NO	NO INTEGRACIÓN GLOBAL

Figura 2.- Diferentes opciones para compartición de información, BRIGHT et. Al. (1992)

Estos mismos autores resumen más de cuarenta proyectos que estudian los diferentes tipos de sistemas de bases de datos federadas y multibases de datos.

En general, esta área todavía requiere una gran investigación, y podemos destacar los siguientes importantes desafíos:

- ◆ Integrar sistemas que no soportan el concepto de transacción tal cual se entiende en los SGBD relacionales, como los sistemas CAD, e incluso los sistemas de recuperación de la información.
- ◆ Diseñar e implementar nuevos modelos de transacciones, como los de flujos de trabajo, en los que las dependencias entre tareas puede ser mas compleja que la soportada por un modelo de transacción tradicional.
- ◆ Soportar la definición y comprobación de restricciones globales
- ◆ Incluir diferentes tipos de datos multimedia, ÖZSU (1997).

Bases de datos móviles

Como señalabamos en la introducción, estamos asistiendo a cambios tan revolucionarios en las comunicaciones como la expansión de las comunicaciones celulares, LAN (redes de área local) inalámbricas, servicios de satélites, extensión de los ordenadores portables (como los PDA, Personal Digital Assistant, palmtop, laptop, etc.) que ofrecen a los usuarios “móviles” la posibilidad de acceder a la información en cualquier momento y desde cualquier lugar. Se crea así un nuevo paradigma denominado por algunos “computación nómada”.

Algunos aspectos a tener en cuenta a la hora de diseñar e implementar SGBD móviles, son los siguientes:

- ◆ Desconexión, No hay que olvidar que los terminales móviles están a menudo desconectados y que esta desconexión no se considera un fallo como en los sistemas tradicionales, sino que, en todo caso, se podrían ver como “fallos planificados”.
- ◆ Pequeño tamaño y peso de los terminales, que entre otras cosas hace necesario buscar protocolos y algoritmos eficientes en “energía”, debido a las restricciones de baterías que presentan este tipo de equipos. Es imprescindible tambien llegar a conseguir un equilibrio entre memoria y disco, por ejemplo, las técnicas de comprensión permiten ahorrar disco pero al descomprimir la información se consume CPU y, por tanto, energía.

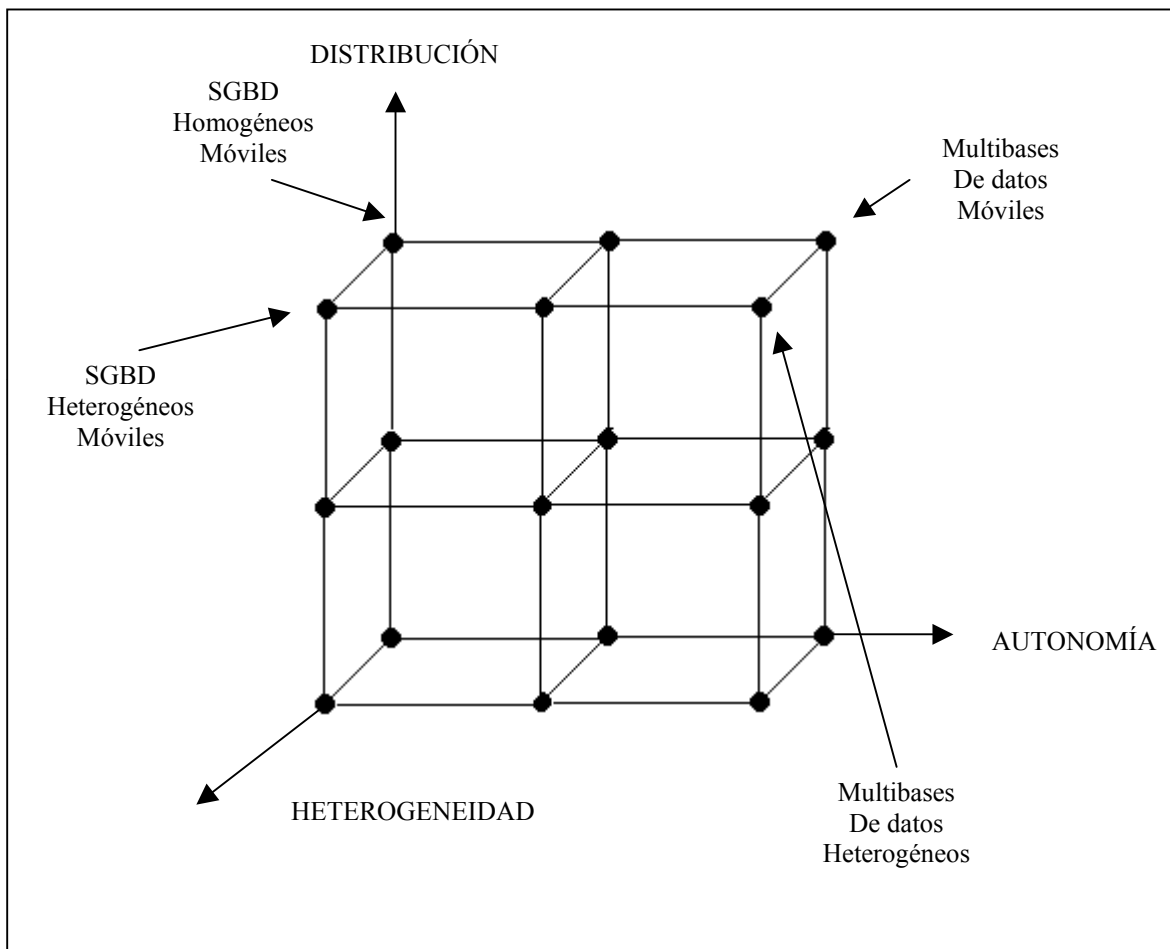


Figura 3.- SGBD móviles como extensión de los SGBD distribuidos.

Bases de datos e infopistas

En la actualidad prácticamente todos los fabricantes anuncian sus productos como “La mejor bases de datos para Web”, a la vez que han aumentado sus entornos de desarrollo siguiendo esta línea.

Sin embargo, todavía existen numerosos problemas asociados a la comunicación entre las bases de datos y la red, por ejemplo a la hora de pasar variables de form a HTML a procedimientos-SQL. E incluso la Web ofrece un mayor alcance al usuario a través de un entorno heterogéneo, lo cual no siempre resulta fácil de gestionar.

Como señala BANCILHON (1996) la Web añade una nueva dimensión a tres bases de datos, aportando tres elementos:

- ◆ Nueva tecnología de IGU (Interfaces Gráficas de Usuario), mediante los visualizadores (*browsers*).
- ◆ Nuevo modelo cliente/servidor (protocolo HTTP)
- ◆ Un mecanismo de hiperenlaces entre bases de datos.

En principio, resulta evidente que los SGBD (Sistemas de Gestión de Bases de Objetos) soportan mejor los datos multimedia y la programación orientada a objetos, por lo que son más adecuados para trabajar en entornos Web, pero no siempre se muestran capaces de escalar y soportar las transacciones manteniendo un buen rendimiento.

Otra ventaja, como señala REILLY (1997), de los SGBD orientados a objetos es la posibilidad de que los clientes mantengan en memoria caché los objetos almacenados en la base de datos, lo que mejora considerablemente el rendimiento al pasar los datos directamente de la base de datos al servidor Web.

Uno de los temas que más atención recibe en los últimos años es el diseño de sistemas hipermmedia con bases de datos. A este respecto, el profesor Tomas Isakowitz de la Universidad de Nueva York señalaba, en la conferencia BIWIT'97 celebrada en Biarritz el verano pasado, que existen tres posibilidades de diseño:

- ◆ Construir el entorno Web sobre la base de datos.
- ◆ Diseñar el Web para que interactúe con la base de datos.
- ◆ Diseñar ambos (Web y base de datos) de forma conjunta.

En estos últimos dos casos hace falta utilizar metodologías específicas de las que existen varias propuestas, y entre las que destaca la de este experto, denominada RMM. En esta metodología, ISAKOWITZ et al. (1995), véase figura 4, además de las fases típicas (de estudio de factibilidad y modelado conceptual utilizando el ME/R) presentes en todo método de diseño de bases de datos, se modifican algunas fases y se añaden otras para cubrir específicamente la problemática hipermedial. Así, en el análisis de requisitos no se abordan sólo los relativos a la información, sino también los de navegación. Además, después del diseño conceptual en el modelo E/R se procede a estudiar de que manera la información de las entidades se presentará a los usuarios, y como será el acceso a las mismas. Posteriormente se diseñan los caminos que permiten la navegación hipertextual, y se procede al diseño de protocolo de conversión, consistente en transformar cada elemento de los diagramas RMDM3 en objetos de la plataforma final. También se procede al diseño de la interfaz de usuario y al del comportamiento en tiempo de ejecución, este último atañe a la implementación de los mecanismos navegacionales, de enlace, backtracking, etc.

³ Relationship Management Data Model, extensión del E/R con primitivas para modelar cómo se presenta la información y cómo se navega.

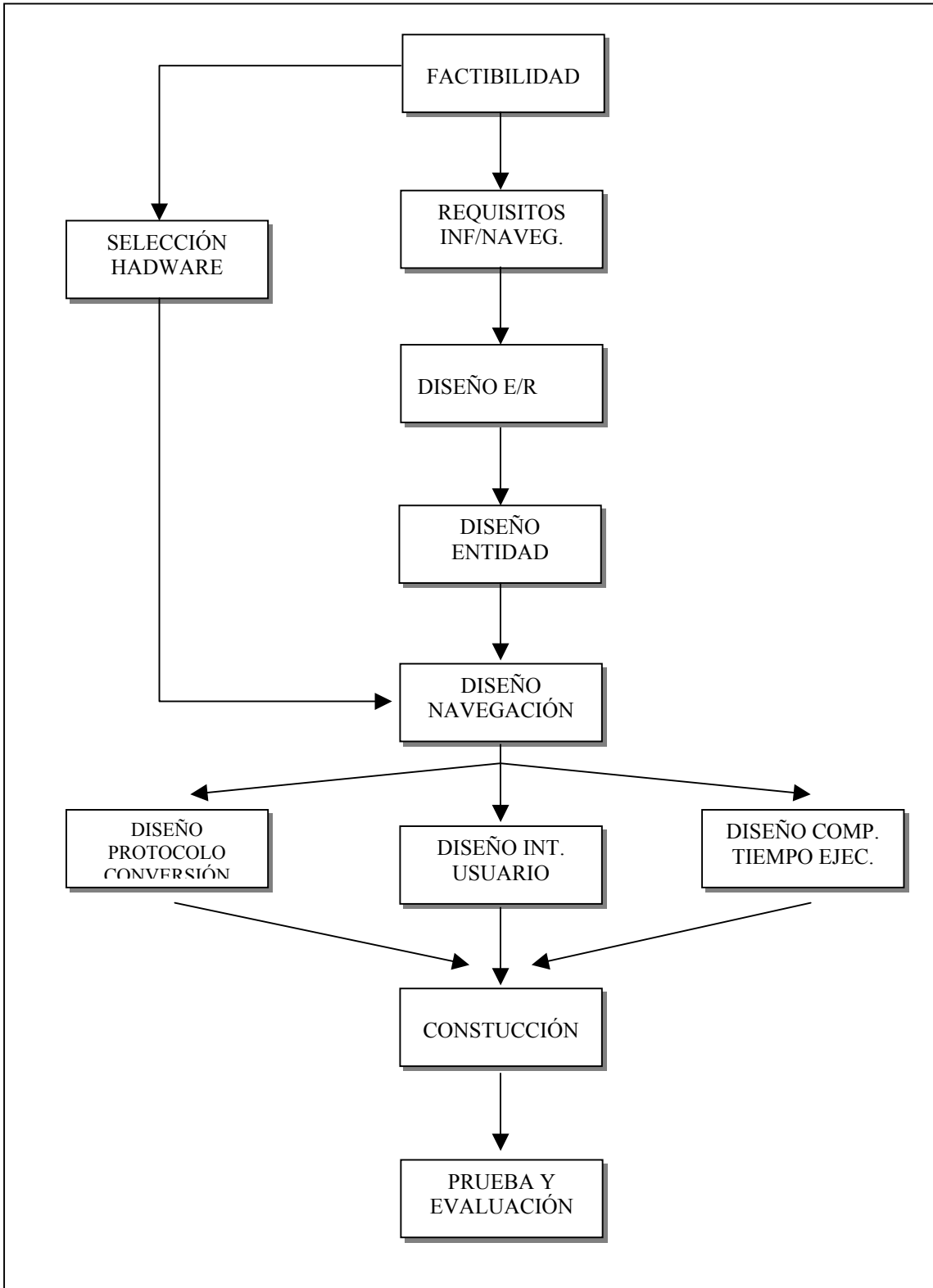


Figura 4.- Metodología RMM, ISAKOWITZ et. Al. (1995)

Conclusiones

Las bases de datos se enfrentan por un lado a un entorno tecnológico cada vez más heterogéneo, y, por otro, a unas demandas empresariales más exigentes que determinan sus líneas de evolución.

Para afrontar estos nuevos retos, se requiere un mejor aprovechamiento de las facilidades que brindan las comunicaciones, así como la gestión de un mayor número de tipos de datos y una mayor flexibilidad en los modelos.

Hemos repasado algunas características importantes de nuevos tipos de SGBD que pretenden conseguir una mayor distribución, integración e interoperabilidad de las bases de datos. Toda esta tecnología se verá además fuertemente afectada por los desarrollos que experimenten arquitecturas como CORBA y, en general, los sistemas de objetos distribuidos, ÖZSU et al.(1994).

Por Mario Piattini

Este artículo, con el que finaliza la serie que hemos dedicado a analizar el futuro de los SGBD, presenta algunas reflexiones sobre la madurez de las distintas tecnologías de bases de datos y las principales tendencias en el sector.

Introducción

Como hemos ido analizando a lo largo de esta serie de artículos, la combinación de nuevos entornos y nuevas áreas de aplicación está presionando a la tecnología de bases de datos para que ofrezca nuevas funcionalidades.

Se necesitan sistemas que sean capaces de manejar elevados volúmenes de datos, ya que estamos asistiendo a una verdadera "explosión de la información", KORTH y SILBERSCHATZ (1997), como resultado de:

- ◆ Bajo coste de los equipos
- ◆ Bajo coste de acceso a Internet
- ◆ Disponibilidad de interfaces simples y fáciles de usar.

Por esta razón, se están investigando sistemas como los de bases de datos paralelas o en memoria principal que sean capaces de ofrecer mejores tiempos de respuesta. También se requieren sistemas más inteligentes a la hora de "explotar" la información que contienen los datos; una línea de evolución en este sentido, que trataremos en una próxima serie de artículos, la constituyen los almacenes de datos (*datawarehouses*) con la tecnología asociada para su explotación (*datamining*), que parecen que consiguen ofrecer lo que desde siempre viene prometiendo la tecnología de bases de datos: acceso fácil a información de calidad en el momento preciso.

Por otra parte, la necesidad de almacenar datos de diferentes tipos, más complejos y variados, está impulsando la incorporación de la tecnología de objetos a las bases de datos, ya sea con la aparición de nuevos SGBD "orientados a objetos puros", como en enfoques híbridos (objeto-relacional) que extienden los productos relacionales más difundidos. También asociada a esta necesidad aparecen las bases de datos multimedia.

Otra importante extensión que demandan los usuarios es la incorporación del tiempo como un elemento de primera clase del sistema.

También es necesario que las bases de datos se acerquen más al mundo impreciso del usuario, y que soporten nociones de igualdad aproximada, tolerancia a inconsistencia derivada de diversas fuentes de información, tratamiento de la incertidumbre, lógica difusa, etc.

No hay que olvidar asimismo que las bases de datos operaran en entornos cada vez más heterogéneos y que deberán poder comunicarse y colaborar no sólo con otras bases de datos, sino también con otros tipos de sistemas.

Todo ello produce cambios en la "maquinaria" de los SGBD, y como señala SELINGER (1993), los desafíos que los sistemas de bases de datos del año 2000 deben afrontar en este sentido son los siguientes:

- ◆ Fiabilidad, técnicas de autoverificación y autoreparación.
- ◆ Operación continua, sin tener que parar el sistema debido a caídas o reorganizaciones.
- ◆ Gestión de sistemas automática y copias de seguridad incrementales.

- ◆ Mecanismos de concurrencia elevada que permitan consultas y OLTP sobre los mismos datos, al mismo tiempo, sin interferencias.

Madurez de la tecnología

Como señala DE MIGUEL (1994), el grado de madurez de una tecnología puede medirse de acuerdo a tres planos:

- ◆ Plano científico, es decir, la investigación dedicada a la tecnología.
- ◆ Plano industrial, esto es, en cuanto al desarrollo de productos que empleen la tecnología por parte de suministradores.
- ◆ Plano comercial, es decir, la aceptación que tiene la tecnología y su utilización por parte de los usuarios.

En la tabla que se muestra a continuación se refleja la situación de las distintas tecnologías de bases de datos que hemos analizado en esta serie de artículos, respecto a su madurez en los planos antes mencionados. No se trata de establecer un "ranking" de las diversas tecnologías, sino más bien de ofrecer de manera resumida nuestra opinión respecto a las mismas.

TECNOLOGÍA BD	CIENTIFICO	INDUSTRIAL	COMERCIAL
Relacionales	★★★★	★★★★	★★★★
Paralelas	★★★	★★	★★
Tiempo Real	★★	★	-
Memoria Principal	★★	★	-
Activas	★★★	★★★	★★
Deductivas	★★★	★	-
OO	★★★	★★★	★
Multimedia	★★★	★★	★★
Temporales	★★★	-	-
Seguras	★★	★★	-
Difusas	★	-	-
Dist. Hom	★★★	★★★	★
Federadas	★★★	★	-
MultiBD	★★	★	-
Móviles	★★	-	-
Almacenes de datos	★	★★★	★

Tabla1.- Madurez de las tecnologías de bases de datos

Como puede apreciarse en la tabla pensamos que son en la actualidad las bases de datos relacionales y algunas de sus extensiones (activas, multimedia, paralelas, distribuidas homogéneas y orientadas a objetos) las que más madurez presentan al menos en los planos científico e industrial.

Sinergia entre tecnologías

Aunque hemos analizado, con el fin de facilitar la exposición, cada una de las tecnologías de bases de datos por separado, en la realidad se encuentran combinadas varias de ellas en un solo prototipo o producto.

Algunos ejemplos en este sentido podrían ser:

- ◆ Las bases de datos difusas y las deductivas, que pueden utilizar el mismo lenguaje lógico. De hecho, también se pueden aplicar algunas técnicas de ambas tecnologías a los almacenes de datos.
- ◆ Las temporales y las de tiempo real, ya que ambas tratan con el "tiempo", ÖZSOYOGLU y SNODGRASS (1995).
- ◆ Las bases de datos en tiempo real y las de memoria principal, ya que los datos deben estar en memoria para cumplir las restricciones de tiempo.
- ◆ La orientación al objeto y las bases de datos federadas y multibases de datos, ya que la tecnología de objetos simplifica la integración de bases de datos heterogéneas y otros componentes.
- ◆ Las geográficas y temporales, que también tienen en común muchos tipos abstractos y funciones, incluso se elabora en la actualidad bibliografía conjunta. AL-TAHA, K.K. et al. (1993).
- ◆ Las bases de datos multimedia y las paralelas, ya que las primeras al llevar a cabo análisis basado en contenido, consumen muchos recursos y la tecnología de paralelización puede ser la única que asegura tiempos de respuesta razonables.
- ◆ Las activas y las de tiempo real, que se conocen por las siglas ARTDB (Active and Real Time Databases), véase BERNDSSON y HANSSON (1995).
- ◆ Las paralelas y las distribuidas que pueden explotar técnicas análogas de paralelismo inter e intraconsultas, existiendo revistas específicas como la "*Distributed and Parallel Databases*".
- ◆ Las orientadas a objetos y las deductivas, de las que se vienen celebrando hace algunos años las conferencias conocidas como DOOD (*Deductive Object-Oriented Database*).
- ◆

Tendencias

En cuanto a las tendencias de mercado, según todos los estudios parece que los SGBD relacionales mantendrán a medio y corto plazo su posición hegemónica.

Por otro lado, aunque los SGBD orientados a objetos crecen a ritmos increíbles todavía están lejos de ocupar una parte significativa del mercado. Según las previsiones de IDC no llegarán a más del 5 % del mercado.

Estas estimaciones fueron ratificadas recientemente por el profesor Sergio Miranda en la conferencia BIWIT'97, MIRANDA (1997), en la que presentó la clasificación de SGBD que se muestra en la figura 1, (basada en las ideas expuestas por Michael Stonebraker), pronosticando que si en la actualidad el mercado de los SGBD orientados a objetos "puros". (SGBDOO) supone casi la centésima parte de los relacionales (SGBDR), y los SGBD relacional-objeto (SGBDRO) no llegan a la mitad de los SGBDOO, en el futuro la proporción de los SGBDOO se mantendría respecto a los SGBDR, pero los SGBDRO supondrían el doble que los SGBDR.

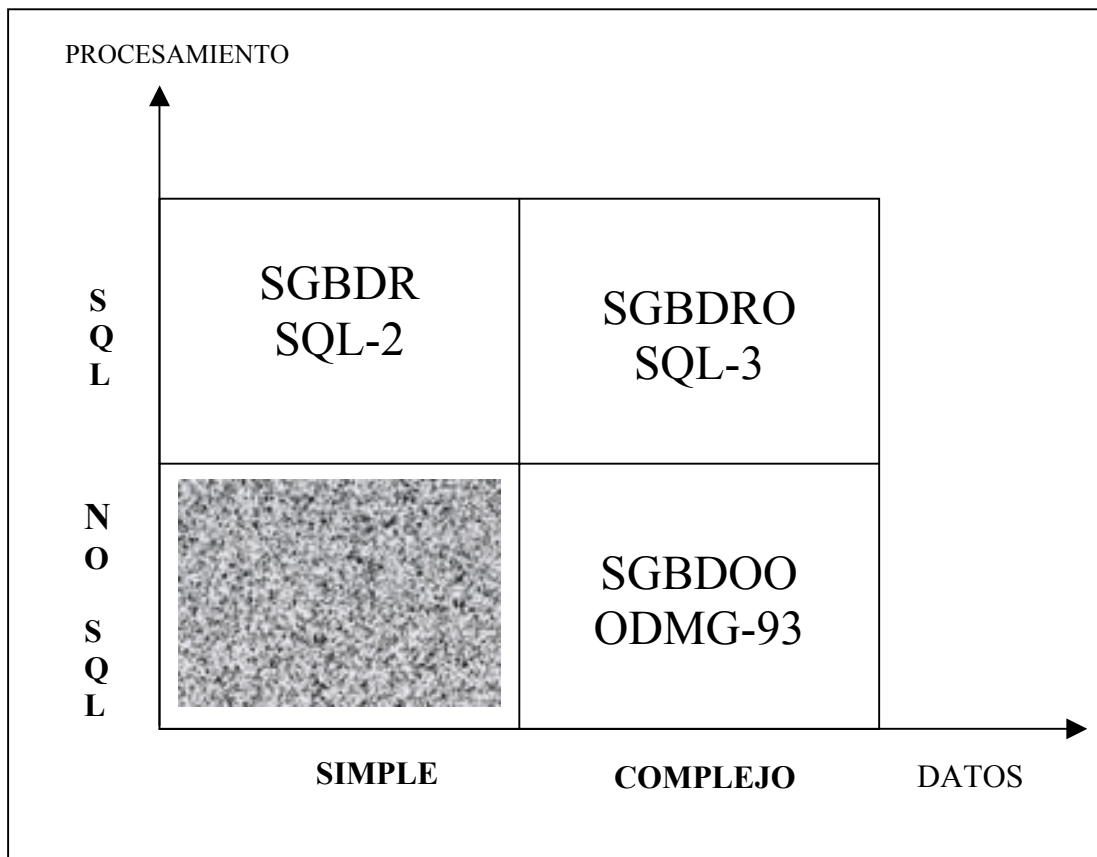


Figura 1.- SGBDR vs SGBDOO

Otra tendencia que se anuncia hace un par de años en el campo de las bases de datos es la sustitución gradual de los SGBD “monolíticos” actuales, por un conjunto de funcionalidades desagrupadas (por ejemplo, seguridad, concurrencia, integridad, lenguaje de consulta, etc.) como propanen los servicios comunes de la arquitectura CORBA¹. En este sentido BLAKELEY (1996) anuncia que “*las aplicaciones podrán tener las ventajas de la tecnología de las bases de datos sin tener que mover los datos de su lugar de origen a un BGBD ... se definirá una colección de interfaces abiertas y extensibles que saquen factor común y encapsulen porciones ortogonales y reutilizables de funcionalidad de BGBD*”. De realizarse esta visión, diversos sistemas (como el correo electrónico) podrían beneficiarse de la tecnología de bases de datos, y ésta a su vez no se vería desplazada de ciertas áreas como sucede en la actualidad, sino que tendría un campo de aplicación mucho mayor, se conseguiría “llevar la tecnología de BD a las masas”.

Repercusiones de las nuevas tecnologías de bases de datos

No queríamos terminar estos artículos sobre el futuro de las bases de datos sin hacer algunas breves reflexiones sobre las repercusiones que pueden tener las nuevas tecnologías que analizamos, tanto en el personal dedicado a la administración, diseño y desarrollo de bases de datos, como en la propia organización.

Personal

Administradores de bases de datos

Sin duda, los avances experimentados por las bases de datos en estos últimos años han afectado a los administradores de bases de datos más que a ninguna otra función. Recientemente, varios expertos reunidos por la revista Database Programming & Design con motivo de su décimo aniversario, ofrecieron reflexiones acerca del futuro de la profesión del administrador de bases de datos, DOWNGIALLO, E. et al. (1997).

¹ Conocidos por las siglas COSS (Common Object Service Specifications).

Algunas predicciones adelantadas por este grupo de expertos en la función de administración son:

- ◆ Transformación de la profesión de administrador en funciones más especializadas, por ejemplo, en bases de datos distribuidas y dimensionamiento de redes, o en "almacenes de datos" (*datawarehouses*).
- ◆ La formación continuada será una necesidad todavía más acuciante, que le permitirá estar al día y poder juzgar las nuevas tecnologías, desde el punto de vista de su utilidad en la empresa en la que trabaje.
- ◆ El administrador utilizará Internet para obtener consejos de otros administradores y asistir a conferencias en-línea.
- ◆ Se profesionalizará aún más con la aparición de métricas de productividad y calidad de servicio.
- ◆ Se diferenciara entre administradores orientados al negocio y administradores orientados a la implementación.
- ◆ Se potenciarán las habilidades de comunicación humana.
- ◆ Será necesario un mayor conocimiento de las comunicaciones y los sistemas operativos. Piénsese en los nuevos entornos que ya comentamos: Unix, NT, PC, NC (*Network Computers*), TV, teléfonos, arquitecturas a tres niveles (clientes, servidores WEB, servidores de datos), etc.
- ◆ Mayor automatización de las funciones de administración, al disponer de un mayor número de herramientas más perfeccionadas que las disponibles en la actualidad. Estas herramientas contarán además con interfaces multimedia, que las harán más fáciles de utilizar.

Diseñadores

Un problema fundamental que presentan todas las nuevas tecnologías de bases de datos es la inexistencia de metodologías de diseño. Se están proponiendo extensiones de metodologías basadas en el modelo E/R o en técnicas de orientación a objetos, pero realmente pocas metodologías permiten abordar con unas mínimas garantías el diseño de las nuevas bases de datos.

A este respecto cabe destacar la metodología IDEA desarrollada dentro del proyecto ESPRIT Chimera, y de la que se ha publicado recientemente un interesante libro, CERI y FRATERNALI (1997), esta metodología permite diseñar bases de datos orientadas a objetos, deductivas y activas, y se encuentra soportada por un entorno compuesto de varias herramientas gráficas.

Desarrolladores.

También los desarrolladores necesitan nuevos entornos, orientado a objetos y multimedia, que faciliten su labor. Quizás el cambio más importante que experimentaran será el desarrollo de aplicaciones basado en componentes, que ya ha aparecido con los "*data blades*" de Informix-Illustra, "*data cartridges*" de Oracle, "*data extenders*" de DB2, etc.

Organización

Por lo que respecta a las empresas, pueden esperar a que todas las tecnologías anteriores maduren, o contribuir activamente a su maduración, en cuyo caso podrían conseguir una clara ventaja competitiva respecto al resto de empresas de su sector. Sea cual sea la postura que adopten, tienen que irse preparando para el proceso de transferencia de la tecnología actual de bases de datos de segunda generación a la nueva tecnología de tercera generación, proceso que no será fácil y que dependerá en gran medida de la cultura de la empresa y del sector en que opere.

En este proceso es imprescindible tener en cuenta los efectos que puede llegar a tener en la organización la introducción de todas estas nuevas tecnologías. No hay que olvidar que la empresa puede verse como un “móvil” de tres componentes en delicado equilibrio: organización y cultura, tecnología y procesos de negocio, VALOR (1994); por lo que no podemos introducir demasiados cambios en el componente tecnológico sin que se modifiquen la cultura y los procesos de negocio de la empresa.

Por último la empresa debe ser sumamente cuidadosa a la hora de aplicar todas estas nuevas tecnologías que se nos vienen encima, ya que en muchas ocasiones vienen propulsadas por la necesidad que tienen los distribuidores de vender, la prensa de hacer publicidad y los consultores de conseguir nuevos trabajos y clientes, más que como respuestas a verdaderas necesidades.

Conclusiones

Las bases de datos terminarán siendo como el teléfono: fáciles de usar (en cuanto interfaces, rendimiento, etc.), conectado con cualquier otra cosa alrededor del mundo, con estándares reconocidos en todas partes, consistentes y fiables y con mayores funcionalidades. Las nuevas tecnologías de bases de datos permitirán hacer realidad aplicaciones hoy en día inimaginables tanto por el volumen de datos que manejarán (serán auténticas VLDB²) como por las facilidades para su explotación.

Este campo es uno de los más importantes de las tecnologías de la información, y aunque es verdad que se ha recortado los fondos para investigación básica en informática, la parte correspondiente a bases de datos ha aumentado o se ha consolidado a pesar de estos recortes. E incluso se ha imprimido un carácter más precompetitivo y comercial a la investigación, lo que puede favorecer su implantación en las empresas.

No hay que olvidar que la tecnología no es un fin en sí mismo, sino que debe ser un medio para conseguir un fin. Por lo que tiene que ser evaluada en términos de su habilidad para satisfacer las necesidades de los usuarios.

Esperamos que las ideas de esta serie de artículos, y la bibliografía que se ha incluido, sirvan para que el lector interesado puede profundizar en el tema que más le interese. Téngase en cuenta que algunas opiniones expresadas pueden que no soporten el paso del tiempo, ya que como nos demuestran los avances experimentados en los últimos años, adivinar el futuro en nuestro campo es una tarea harto difícil; como decía Niels Bohr: *“Predecir es muy difícil y sobre todo el futuro”*.

Lo que sí podemos asegurar es que nos espera un futuro lleno de nuevas ideas a aplicar y nuevos retos por resolver, por lo que nuestro trabajo será aún más interesante.

²Very Large DataBases