

CAPÍTULO 6

BASES DE DATOS NOSQL Y “EN MEMORIA”

CONTENIDO

- 6.1 Introducción
- 6.2 Tipos de bases de datos
- 6.3 Sistemas de bases de datos MPP
- 6.4 ¿Qué es NoSQL?
- 6.5 Bases de datos NoSQL
- 6.6 Modelos de bases de datos NoSQL
- 6.7 Breve historia de NoSQL
- 6.8 Computación “en memoria” (*in memory*)
- 6.9 Bases de datos “en memoria”
- 6.10 Proveedores de soluciones de software de bases de datos
- 6.11 RESUMEN

OBJETIVOS

- Conocer y revisar los fundamentos y características de las bases de datos NoSQL.
- Conocer los diferentes tipos de bases de datos NoSQL.
- Conocer una breve historia de NoSQL y cómo se ha llegado a ellas.
- Entender el concepto de computación “en memoria”, y por extensión, las bases de datos “en memoria” (*in memory*).
- Conocer y comprender el concepto de Hadoop como marco de trabajo y ecosistema de programación y de la gestión de grandes volúmenes de datos.
- Identificar y diferenciar las plataformas más populares de Hadoop.

6.1 INTRODUCCIÓN

El modelo de base de datos relacional ha sido durante las tres últimas décadas, y lo seguirá siendo, muy útil para aplicaciones tradicionales. La popularidad de los paquetes de bases de datos AMP (Servidor Apache HTTP, MySQL y PHP/Python/Perl), junto con las soluciones propietarias, garantiza la supervivencia de las bases de datos tradicionales, evidentemente, superiores a los modelos jerárquicos de archivos planos. El modelo relacional es normalmente fácil de comprender y analizar.

El modelo o paquete LAMP (sistema operativo Linux, Servidor Apache HTTP, MySQL y PHP/Python/Perl) está constituido por componentes de software abierto, que permiten construir un servidor web viable de propósito general. Los restantes paquetes que garantizan la supervivencia de las bases de datos relacionales con software propietario son: WAMP (Microsoft Windows AMP), MAMP (MacOS AMP), SAMP (Solaris), iAMP (seriesi), OAMP (OpenBSD) o FAMP (FreeBSD).

Sin embargo, el modelo relacional no es tan eficaz en las aplicaciones que requieren cantidades masivas de datos y escalables, para la realización de consultas y la analítica de los grandes volúmenes de datos. La naturaleza distribuida de la Web, las grandes transmisiones de datos entre los miles de millones de objetos y sensores (M2M, Internet de las cosas), y las otras grandes fuentes de Big Data obligan a nuevas bases de datos a que sean capaces de analizar esos grandes volúmenes de datos, a gran velocidad y con gran eficacia.

Las bases de datos analíticas de procesamiento paralelo masivo (MPP, Massively Parallel Processing), apoyadas en procesos paralelos y distribuidos, han ido apareciendo en los últimos años y han solucionado poco a poco la manipulación de grandes volúmenes de datos, pero la aparición masiva de datos no estructurados requiere de nuevas herramientas de bases de datos y de Analítica.

Se describirán las bases de datos analíticas más utilizadas en la actualidad: las bases de datos NoSQL y las bases de datos “en memoria” (*in memory*). Se explicarán también las bases de datos MPP de procesamiento paralelo masivo y las bases de datos en caché, cuyas características se encuentran entre las bases

de datos relacionales y las bases de datos analíticas. Asimismo, se describirán las características esenciales de las plataformas más populares y acreditadas, tanto de bases de datos NoSQL como “en memoria”.

El análisis de la avalancha de datos que constituye en estos últimos años el fenómeno de Big Data ha requerido de presupuestos prohibitivos en las organizaciones y empresas, dado que las herramientas tradicionales de gestión de bases de datos relacionales no funcionaban bien para cantidades masivas, y menos aún cuando más del 80% de los datos eran no estructurados.

6.2 TIPOS DE BASES DE DATOS

Las bases de datos utilizadas en la actualidad en organizaciones y empresas se dividen en cuatro grandes categorías: relacionales, heredadas, in memory (“en memoria”), y NoSQL. A esta clasificación clásica es preciso añadirle las bases de datos avanzadas, que son extensión de las bases de datos relacionales, tales como bases de datos MPP y bases de datos de memoria caché. Los sistemas gestores de bases de datos (SGBD) posibilitan el almacenamiento y acceso a los datos, de modo rápido y estructurado. El SGBD de una empresa, es un conjunto de programas que se encargan de administrar y gestionar la información que tiene una base de datos.



Figura 6.1. Categorías de bases de datos

6.2.1 BASES DE DATOS RELACIONALES

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales (SGBDR) se apoyan en datos relacionales y constituyen hoy en día el corazón de la mayoría de las plataformas distribuidas. Algunos ejemplos de soluciones típicas son: Oracle Database versión 12c Release 2 pensada para la nube—, DB2 de IBM, Microsoft SQL Server, SAP Sybase y MySQL.

El mercado de las bases de datos relacionales tradicionales está liderado por Oracle, Microsoft (con los productos SQL Server y Access, IBM, seguido de Teradata, SAP, Sybase e Informix. Entre los proveedores de bases de datos relacionales libres y abiertas (*open source*) destacan MySQL, PostgreSQL y María.

SAP, desde la presentación de su producto HANA (del que hablaremos más tarde en el libro), se está convirtiendo no tanto en un proveedor típico de bases de datos relaciones —que ya lo es, porque compró, en 2010, Sybase, un fabricante muy acreditado de bases de datos— sino en un integrador de bases de datos relacionales, ya que su plataforma HANA es soportada por una base de datos “en memoria”.

Google también ha creado su propia base de datos relacional en la nube, Google Cloud SQL, y está pensada para los desarrolladores de su plataforma como servicio GAE (Google App Engine).

La integración de las bases de datos relacionales con *Big Data* y la infraestructura Hadoop se realiza a través de Sqoop.

Sqoop¹ es una herramienta diseñada para transferir datos entre Hadoop y las bases de datos transaccionales. Se puede utilizar Sqoop para importar datos de un Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacionales, tal como MySQL u Oracle, al sistema de gestión de archivos de Hadoop, conocido como HDFS, y transformar los datos en Map Reduce, que luego exportará de nuevo los datos al sistema RDBMS. Sqoop automatiza la mayoría de estos procesos, apoyándose en la base de datos para describir el esquema de los datos que se han de importar. Utiliza Map Reduce para importar y exportar los datos, que proporcionarán operaciones en paralelo así como tolerancia a fallos.

Scoop permite hacer importaciones masivas de datos con HDFS, Hive y HBase; está desarrollado en Java y usa Map Reduce para transferir datos en paralelo. Trabaja con conectores directos para mejorar el rendimiento a bases de datos como MySQL, Oracle, SQL Server.

Apache Sqoop es un proyecto diseñado para facilitar la importación y exportación de datos entre Hadoop y bases de datos relacionales.

6.2.2 LENGUAJE DE CONSULTA SQL

El lenguaje de consulta estructurada de las bases de datos relacionadas es SQL (Structural Query Language) que permite acceder a la gestión de dichas bases de datos y realizar tareas típicas como: recoger, eliminar, agregar o modificar información.

6.2.3 BASES DE DATOS HEREDADAS (*LEGACY*)

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos Heredadas o Legadas (*legacy*) dependen, normalmente, de Sistemas de Bases de Datos no Relacionales. Existen todavía numerosos ejemplos de la existencia de plataformas prerelacionales, como IMS, IDMS, DataCom, ADABAS, entre otras, con gran presencia todavía en la industria, organizaciones y empresas.

Así, por ejemplo, IMS (Information Management System) es un Sistema de Gestión de Bases de Datos jerárquica, que funciona aún en la infraestructura dorsal de importantes instituciones financieras y grandes organizaciones alrededor del mundo.

Como afirma Soares (2013)², no se asocian, necesariamente, los Sistemas de Gestión de Bases de Datos Heredadas con los Big Data. Sin embargo, es altamente probable que algunos tipos de Big Data residirán eventualmente en estos entornos, los cuales gestionan grandes volúmenes de datos. Por ejemplo, señala Soares, el IBM db2 Analytics Accelerator para Z/OS potencia la aplicación (*appliance*) IBM Netezza para aumentar las velocidades de consulta frente a los Data Warehouse radicados en los mainframes de IBM.

6.2.4 BASES DE DATOS NoSQL

Las bases de datos NoSQL (Not only SQL) son una categoría de Sistemas de Gestión de Bases de Datos que no utilizan SQL como lenguaje de consulta principal. Estas bases de datos no requieren esquemas de tablas fijas y no soportan operaciones Join. Están optimizadas para operaciones de lectura/escritura escalables en lugar de pura consistencia.

Asimismo, constituyen un ecosistema de información y se están convirtiendo en alternativas viables a las bases de datos relacionales para muchas aplicaciones. En el apartado siguiente, dedicado al estudio en profundidad de esta categoría de bases de datos, se clasificarán los diferentes tipos y se citarán y describirán los más populares. Una de las más empleadas, Cassandra, es utilizada en Twitter, Netflix, Cisco, Rackspace, OpenX, Digg, Ooyala. Un clúster de Cassandra tiene 300 TB (terabytes) de datos distribuidos en 400 máquinas.

6.2.5 BASES DE DATOS IN MEMORY (“EN MEMORIA”)

Los Sistemas de Gestión de Bases de Datos *in memory* se apoyan en la memoria principal o central para el almacenamiento de datos. Comparadas con los sistemas tradicionales de gestión de bases de datos, que almacenan datos en disco, las bases de datos “en memoria” están optimizadas en velocidad. En la práctica, estas tecnologías son capaces de enviar a la memoria principal de los sistemas toda la información proveniente de una base de datos para que sea procesada mucho más rápido.

En ese sentido, se están convirtiendo en herramientas muy utilizadas —en ocasiones imprescindibles— en el proceso y análisis de grandes volúmenes de datos “en memoria”. SAP, Oracle, Microsoft, SAS, IBM, y otros grandes también, trabajan en ese sector.

SAP y Oracle lideran el mercado y compiten fuertemente desde dos perspectivas muy diferentes, aprovechándose de su gran red de clientes a lo largo del mundo. Microsoft, a finales de noviembre de 2012, anunció, con ocasión de un evento de bases de datos, la presentación de la tecnología Hekaton, tecnología “en memoria” dispuesta a competir con los otros actores de este mercado y utilizaba el sistema de gestión de bases de datos SQL Server 2012. En el año 2014 Hekaton cambió su nombre por SQL Server 2014 a la que siguió SQL Server 2016.

6.2.5 SISTEMAS DE BASES DE DATOS MPP

Los Sistemas de Bases de Datos de Procesamiento Paralelo Masivo (MPP)³ llevan en vigor décadas y, aunque las arquitecturas del proveedor de la aplicación pueden variar, MPP es el mecanismo más maduro y probado para almacenar y analizar grandes cantidades de datos. Una base de datos MPP distribuye los datos en piezas independientes, gestionadas por almacenamiento independiente, y los recursos de la Unidad Central de Procesamiento (CPU); MPP distribuye los datos múltiples conjuntos de CPU y de espacio en disco. Es el equivalente a decenas y centenas de computadoras personales, cada una de las cuales aloja una pequeña pieza de un conjunto de grandes datos. Esto permite la ejecución de la consulta masiva rápidamente, dado que muchas consultas independientes más pequeñas se están ejecutando simultáneamente, en lugar de una única consulta grande.

Conceptualmente, es igual que tener piezas de datos cargados en múltiples redes, conectadas a computadoras personales alojadas en un mismo hospedaje (host). MPP es el procesamiento de un programa coordinado por múltiples procesadores que trabajan en partes diferentes del mismo, y con cada uno de los procesadores, utilizando su propio sistema operativo y memoria. Normalmente, los procesadores MPP se comunican empleando alguna interfaz de mensajería.

En algunas implementaciones, centenas de procesadores pueden trabajar en la misma aplicación.

En esencia, el procesamiento paralelo se está volviendo muy importante en el mundo de la computación de bases de datos. Esto implica tomar una tarea grande, dividirla en tareas más pequeñas y, a continuación, trabajar con cada una de estas tareas más pequeñas simultáneamente. El objetivo de este enfoque de “divide y vencerás” (divide and conquer) es completar la tarea más compleja en un menor tiempo que lo que hubiera llevado hacerlo en una parte grande completa.

Tres razones están confirmando el uso de procesamiento en base de datos:

- Necesidad de un aumento de velocidad y del rendimiento —los tamaños de las bases de datos se están incrementando, las consultas se están volviendo más complejas (especialmente, en los sistemas de Data Warehouse)— y el software de bases de datos debe hacer frente de alguna forma a las demandas crecientes que se derivan de esta complejidad—.
- Necesidad de la escalabilidad. Las bases de datos crecen rápidamente y las compañías necesitan un medio para escalar (subir sus prestaciones) fácilmente y con el mínimo costo.
- Necesidad de alta disponibilidad. Se refiere a la necesidad de mantener una base de datos y ejecutarla con el mínimo retardo o ninguno. Las compañías necesitan acompañar a los usuarios las 24 horas del día con el uso creciente de la Internet fija y móvil.

Una aplicación conocida de MPP es Kognitio WX2, que utiliza la potencia completa del hardware básico para proporcionar un medio rápido de acceso a volúmenes masivos de datos, sin necesidad de ninguna técnica de indexación. Otras aplicaciones típicas de MPP son Oracle Parallel Server y la base de datos de Greenplum, que funciona bien con MPP.

6.3 BASES DE DATOS NoSQL

Las bases de datos NoSQL (muchos seguidores de NoSQL prefieren llamarlas simplemente herramientas NoSQL) han sido diseñadas para manipular grandes volúmenes de datos de manera muy rápida, y no siguen el modelo entidad-relación típico de las bases de datos tradicionales.

¿Qué es NoSQL?

El movimiento de las bases de datos NoSQL comenzó a llegar en los primeros años del siglo XXO cuando se comenzó a pensar en la necesidad de bases de datos para escalar a la Web y poder llegar a centenas de millones de usuarios, así como a dispositivos conectados, tales como teléfonos inteligentes, tabletas,

sensores, etc. Desde entonces han crecido en popularidad y hoy compiten con las tradicionales bases de datos relacionales e incluso se ha alcanzado la integración de ambos sistemas de gestión de bases de datos.

NoSQL en su origen, arrancó como combinación de dos palabras -No y SQL- (*No SQL*, no acrónimo) para significar a las bases de datos que no utilizan el modelo de datos normalizado de las bases de datos relacionales y, por consiguiente, no siguen el modelo ACID, del que se hablará posteriormente. En otras palabras, no organizan los datos en tablas, filas y columnas. Como su nombre sugiere no utilizan el lenguaje de consultas SQL para acceder a los datos, sino que utilizan lenguajes alternativos adecuados para sus modelos de datos.

En la actualidad, el término NoSQL se ha extendido más y ya significa un término más general, “*Not Only SQL – No Sólo SQL*”, es decir el concepto NoSQL abarca hoy a un gran número de bases de datos que integran las ventajas que ofrecen las tradicionales NoSQL con las derivadas de las bases de datos SQL y las propiedades ACID, así como en ocasiones bases de datos “en memoria”. Por estas razones las clasificaciones de las bases de datos NoSQL no son rígidas y hay modelos que contemplan propiedades de varias categorías de bases de datos, tal es el caso de Cassandra, una de las bases de datos NoSQL más populares que tiene propiedades de bases de datos orientadas a columnas y también de clave-valor.

Las bases de datos NoSQL están diseñadas específicamente para manejar aplicaciones Web, grandes volúmenes de datos y aplicaciones en tiempo real y que requieren velocidad y facilidad para crecer (escalar) en volúmenes de datos; por esta razón son utilizadas, entre muchísimas otras empresas, por los “grandes” de Internet como, Google, Twitter, LinkedIn, Facebook, Amazon, etc. Las bases de datos NoSQL son muy importantes para la analítica de *Big Data*.

Los datos almacenados no requieren estructuras fijas como tablas, normalmente no soportan operaciones Join ni garantizan las características diferenciadoras **ACID** “Atomicity, Consistency, Isolation, Durability” (Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad), aunque al final terminan cumpliendo estas características. Habitualmente, son muy escalables en sentido horizontal, tanto para recursos como para usuarios.

La típica base de datos relacional (Oracle, DB2, MySQL) utiliza tablas y esquemas (agrupaciones de tablas), donde cada tabla tiene filas y columnas; las columnas son el tipo de datos que se desea guardar y las filas son, en sí, cada conjunto de datos. Por ejemplo, los datos de un empleado en una tabla “persona” se guardan en columnas como DNI/pasaporte, nombre, apellidos, fecha de nacimiento, salario, y la forma de consultar los datos es a través de un lenguaje de consultas llamado SQL.

Las bases de datos NoSQL no utilizan SQL, y no existen las tablas tal como se conocen en las bases de datos relacionales, sino que la información se almacena

de modo distinto (clave-valor, por documentos o grafos). Las características principales de las bases de datos NoSQL son:

1. Almacenamiento de gran cantidad de datos.
2. Escalamiento lineal (escalabilidad) sin afectar al rendimiento.
3. Acceso muy rápido.
4. Distribución y manipulación de datos no estructurados.

Las características fundamentales de las bases de datos NoSQL son la carencia de un esquema predeterminado, una alta escalabilidad horizontal sin pérdida de rendimiento y posibilidad de manipulación de grandes volúmenes de datos gran velocidad. Además, funcionan muy bien con hardware estándar de bajo costo.

La ausencia de esquema significa que los datos no tienen una definición de atributos físicos, es decir, cada registro o documento (como se suele denominar) puede contener una información con diferente formato en cada ocasión, que permite almacenar sólo aquellos atributos que interesen, facilitando el polimorfismo de datos (múltiples formas) bajo una misma colección de información. De igual manera, se pueden almacenar estructuras de datos complejas en un solo documento, como puede ser el caso de almacenar la información de un blog (título, cuerpo del texto, fecha, autor/es) junto con los comentarios realizados a las diferentes entradas, y todo ello en un único registro.

La escalabilidad horizontal es la característica que permite aumentar el rendimiento del sistema añadiendo, simplemente, más nodos, sin necesidad de realizar ninguna otra operación excepto indicar cuáles son los nodos disponibles. Muchas bases de datos NoSQL pueden utilizar consultas del tipo Map Reduce, de modo que se pueden ejecutar en todos los nodos a la vez, cada uno de ellos opera sobre una parte de los datos, y luego se reúnen todos los resultados antes de ofrecerlos al cliente.

La alta velocidad se consigue porque muchos de los sistemas NoSQL realizan las operaciones directamente en memoria y sólo vuelcan los datos en disco cada cierto período. De esta forma, las operaciones de escritura son muy rápidas. Naturalmente, estas ventajas también entrañan riesgos por la durabilidad de los datos, ya que cualquier fallo (ruptura o apagón) puede originar la pérdida de la escritura o consistencia de los datos. Este riesgo se suele resolver permitiendo que una operación de escritura se realice en más de un nodo antes de validarla como buena o bien disminuyendo el tiempo entre cada volcado de datos.

Las bases de datos NoSQL son idóneas para aplicaciones que requieran de lectura/escritura de grandes volúmenes de datos y necesiten brindar un servicio a miles o millones de usuarios. Por estas razones, las grandes redes sociales como Facebook, Twitter o LinkedIn, o buscadores como Google o Yahoo!, utilizan NoSQL como soporte fundamental de almacenamiento de datos. En

determinadas aplicaciones, se puede recurrir a soluciones híbridas, mezclando bases de datos relacionales SQL y bases de datos NoSQL.

6.3.1 DIFERENCIAS ESENCIALES ENTRE NoSQL Y SQL

En principio, en la mayoría de las bases de datos NoSQL, la gran diferencia es la ausencia del cumplimiento de los principios ACID. Las bases de datos NoSQL se inspiran también en el principio de la computación distribuida *eventual consistency*, que describe cómo muchas bases de datos NoSQL manejan este tema en un entorno paralelo.

Otra diferencia evidente e importante es la ausencia del lenguaje de consulta estándar SQL en la mayoría de las bases de datos NoSQL. Existen numerosos desarrollos e investigaciones sobre el lenguaje SQL (lenguaje de consulta unificado para todas las bases de datos NoSQL), con el objetivo de llegar a convertirse en lenguaje estándar para la comunidad NoSQL.

NoSQL no es un estándar. El movimiento NoSQL tal vez sea el medio para describir la multitud de tecnologías de bases de datos NoSQL. Algunos analistas, consideran que, dada la corta edad del movimiento NoSQL, tal vez no sea todavía el momento para conseguir un estándar ANSI para NoSQL.

6.4 MODELOS DE BASES DE DATOS NoSQL

Las bases de datos NoSQL son ya muy numerosas, y a veces son muy difíciles de clasificar debido a las diferencias entre soluciones. Algunos productos específicos pueden tomar características de varias fuentes, como es el caso de la base de datos Cassandra, una de las más utilizadas, y que tiene propiedades de dos grupos. Pero, en general, se suelen agrupar en las siguientes cuatro grandes categorías:

- Orientadas a clave-valor (key-value).
- Orientada a documentos.
- Orientada a grafos.
- Orientada a columnas y a Big Table.

Estas cuatro grandes tecnologías de bases de datos en el planeta NoSQL —clave-valor, documentos—, que almacenan todas las ventajas de las bases de datos no relacionales, permiten la escalabilidad y la rápida analítica que necesitan las actuales aplicaciones de grandes datos. Es razonable pensar que estas cuatro tecnologías crezcan en popularidad, y que el término NoSQL se implante como una tecnología generalista y, tal vez, se consiga un estándar que englobe todas las actuales tendencias.

Aunque los precursores del movimiento NoSQL son Google Big Table y Amazon Dynamo, ambas son de código cerrado y no están disponibles al público.

6.4.1 BASES DE DATOS CLAVE-VALOR

El modelo clave-valor (key-value) procede del modo de acceso a memoria en la programación en ensamblador (el lenguaje máquina de los procesadores). La dirección de la posición de memoria actúa como el valor que se almacena en esa dirección de memoria. Otro ejemplo típico del modelo clave-valor es el concepto de tabla hash, que tiene una función que transforma la clave en un índice utilizado para encontrar su valor asociado.

Los almacenamientos key-value asocian una clave única (key) al valor que se quiere guardar (value). Varias implementaciones de los almacenamientos key-value tienen funcionalidad adicional, pero a un nivel básico, el key-value sólo requiere una clave y un valor. Este tipo de base de datos suele ser extremadamente rápido y óptimo para una gran cantidad de accesos. Cuando se desee cambiar la estructura de los datos almacenados, simplemente se varía la información que se guarda en los nuevos usuarios y, mediante un simple guión (script), se actualizan los datos existentes; también se pueden tener en cuenta dichos cambios en el momento de la lectura. Su intención es guardar simplemente una gran serie de “claves” con su valor asociado, lo cual da una potente flexibilidad ante datos no estructurados.

La razón de utilizar este patrón (modelo) en programación se debe a una característica: velocidad. Si las comparamos con el modelo relacional, las bases de datos valor-clave son mucho más adecuadas para cumplir el requerimiento de los grandes Big Data masivos. El paradigma ACID (Atomic, Consistent, Isolated, Durable) presente, normalmente, en las bases de datos relacionales no está soportado en muchos sistemas que utilizan una base de datos valor-clave y, por esta razón, utilizan un modelo “eventualmente consistente”, empleado en sistemas distribuidos y procesamiento paralelo.

Las bases de datos NoSQL clave-valor más populares son Riak, Redis, Amazon Dynamo DB, Voldemort, Membase, Dynamite y Tokio Cabinet, Cloudant y Cassandra (posiblemente, esta última sea la base de datos líder en implantación con propiedades de las bases de datos de columna y también de clave-valor).

Cassandra

Esta base de datos está diseñada para entornos distribuidos y utiliza la consistencia eventual; por esta razón, es muy adecuada para replicación en grandes centros de datos basados en la nube. Aunque está basada en el modelo valor-clave, también soporta el concepto de columna y súper columna, esencialmente, para anidar los pares valor-clave que facilitan el modelado de

estructuras de datos más complejas. De este modo, permite también la lectura y actualización de una columna sin recuperar el registro completo.

Está escrita en Java, con lo que funciona sobre cualquier sistema operativo, y utiliza Thrift (un proyecto de Facebook) para serializar y comunicar los datos con programas externos; esto permite usar Cassandra desde prácticamente cualquier lenguaje de programación. Está diseñada para gestionar cantidades muy grandes de datos distribuidos en una gran cantidad de máquinas comunes. Además, ofrece funcionalidad tabular de Big Table permitiendo, de este modo, consultas más complejas que las soportadas por valor-clave. Dispone de un lenguaje de consulta llamado CQL (Cassandra Query Language).

Fue desarrollada por Facebook, que, en 2008, la donó a la Fundación Apache como código abierto, y desde entonces es responsable de su desarrollo. Organizaciones que utilizan Cassandra, además de Facebook, son Netflix, Twitter, Reddit, Digg, IBM, Cisco y Rackspace.

DynamoDB

DynamoDB es una base de datos no relacional que ofrece rendimiento fiable a gran escala. Es una aplicación del servicio AWS (Amazon Web Services) de Amazon y muy utilizada para aplicaciones móviles, de la web, de videojuegos, Internet de las cosas, etc. que necesitan a acceso a datos con baja latencia (velocidades de respuestas muy reducidas). Fue lanzada por Amazon el 18 de enero de 2012. DynamoDB utiliza un modo de base de datos NoSQL, con propiedades de las categorías orientadas a documentos, gráficos y de columnas, entre sus modelos de datos.

Sus grandes ventajas son la escalabilidad, baja latencia, disponibilidad y durabilidad, además de ser un servicio de AWS, uno de los servicios más utilizados a nivel mundial para aplicaciones en la nube. Otra gran ventaja de DynamoDB es que la base de datos puede ser gestionada en muy poco tiempo desde la consola de administración de AWS, lo que garantiza una rápida escalabilidad.

Una característica notable, a resaltar, es que todos los datos se almacenan en discos de estado sólido (DSS) para asegurar que el acceso de datos sea más rápido. Al utilizar la infraestructura de Amazon a nivel mundial, los datos se replican entre los distintos servidores repartidos por el mundo, y así se puede ampliar la disponibilidad. DynamoDB no tiene un esquema fijo; en su lugar cada elemento de datos puede tener un número diferente de atributos. Se pueden usar diferentes tipos de datos como cadenas de caracteres (*strings*), números o conjuntos. Amazon integra Elastic MapReduce, lo que le permite realizar análisis complejos de grandes volúmenes de datos, usando infraestructura Hadoop de *Big Data* sobre AWS

6.4.2 BASES DE DATOS ORIENTADAS A GRAFOS

Las bases de datos de grafos organizan la información en grafos dirigidos. Son óptimas para hacer operaciones de consulta sobre las relaciones entre miembros y son extremadamente rápidas. La información se almacena dividiéndola en trozos más básicos, nodos (chunks) y estableciendo relaciones. Este tipo de base de datos es muy eficiente para el caso de múltiples contactos (Facebook o LinkedIn) o los mensajes propios de Twitter: tuits (tweets) o retuits (retweets).

En la arquitectura de bases de datos orientadas a grafos, los objetos se conocen como nodos y aristas (edges), aunque sirven los roles de entidad-relación de la arquitectura estándar SQL. Los nodos contienen propiedades que describen el dato real contenido en cada objeto. Un diagrama de una base de datos orientada a grafos es muy similar a los diagramas de objetos que utilizamos en programación orientada a objetos.

El principal beneficio de las bases de datos de grafos es, evidentemente, su velocidad en cierto tipo de transacciones, aquellas que implican relaciones, dado que no se requiere el típico procesamiento intensivo Join. Las redes sociales son una de las aplicaciones más evidentes, precisamente, por su estructura de grafos. Su empleo está muy extendido, incluso a la popular y tradicional base de datos DB2 de IBM se le han incorporado propiedades de las bases de datos de grafos.

Bases de datos NoSQL orientadas a grafos:

- Neo4J. Base de datos de código abierto muy popular. Escrita en Java por la empresa Neotechnology.
- Infinite Graph. Sistema de base de datos distribuida de grafos, desarrollada por Objectivity. Su versión más actual es la 2.1 y está escrita en Java y C++.
- Allegro Graph. Combina base de datos en memoria caché y almacenamiento basado en disco.
- Open Link. Virtuoso y Virtuoso Universal Server. Desarrollado por Open Link Software.
- Hyper Graph DB. Sistema de base de datos muy versátil para un gran número de aplicaciones.
- FlockDB, Vertex BD e InfoGrid. Bases de datos orientadas a nichos de mercado.

6.4.3 BASES DE DATOS ORIENTADAS A COLUMNAS

Las bases de datos orientadas a columnas, también conocidas como Big Table (tabulares) están inspiradas en la tecnología Big Table de Google, que consiste en

un sistema de almacenamiento distribuido para manipulación de datos estructurados, diseñado para escalar a grandes tamaños: petabytes de datos a través de millares de servidores básicos (commodity). Es un mapa ordenado multidimensional, persistente, distribuido y disperso (poco denso). El mapa está indexado por una clave fila, una clave columna y tiempo (timeline, fecha y hora). Cada valor del mapa es una colección (array) ininterrumpida de bytes. Google Big Table define las bases de datos de igual nombre. La razón de su existencia reside en el hecho de que la búsqueda en la Web es el principal negocio de Google y, por esta razón, surge la necesidad de acceder rápidamente a grandes volúmenes de datos distribuidos en un amplio conjunto de servidores. Este es el tipo de aplicaciones que generó el movimiento NoSQL y tecnologías relacionadas como Map Reduce, dado que el modelo relacional no es adecuado. Para ello, Google construyó Big Table pensando en aplicaciones internas, y sólo está disponible para clientes que utilizan la plataforma como servicio GAE (Google App Engine), aunque también se utiliza ampliamente en muchas otras aplicaciones de Google como Google Earth, YouTube y Gmail.

Bases de datos tabulares es otro término utilizado para describir bases de datos Big Table, inspiradas en la tecnología de Google, y que son muy adecuadas para aplicaciones de Big Data en granjas de servidores (centenas o miles de servidores) que contienen miles de CPU. Utiliza una estructura de claves tridimensional que contiene claves fila y columna con fecha y hora (timeline). Una instancia de Map Reduce de Google se emplea para crear y modificar datos almacenados en Big Table.

En ese sentido, una variante son las bases de datos orientadas en el almacenamiento de enormes cantidades de información desestructurada, almacenada de manera distribuida en cientos o miles de clústeres, en localizaciones geográficas que pueden ser distintas. Típicamente basadas en almacenamiento en innovadores sistemas de archivos usan el, cada día más relevante, algoritmo Map Reduce y Google Big Table. Bases de datos populares de esta categoría son:

- Apache HBase. Comparte una estrecha relación con Hadoop, ya que se construye en la parte superior de su sistema de archivos, de igual modo que Google Big table se construye en la parte superior del sistema de archivos de Google (GFS, Google File System). HBase es la versión en código abierto de Big Table. Es una base de datos distribuida de código abierto no relacional, inspirada en el Big Table de Google, y forma parte del proyecto Hadoop del Apache Software Foundation. Está escrita en Java, con lo que es trasladable (portable) a cualquier sistema operativo. Está diseñada para ser una base de datos OLAP (On Line Analytical Processing), por eso, está centrada en el análisis de grandes cantidades de datos y no en procesarlos rápidamente en tiempo real.

Al hablar de HBase, hay que hacer referencia a Hadoop y HDFS. HDFS es el sistema de archivos de HBase y se usa para guardar los archivos de forma distribuida y redundante, a fin de tener un acceso rápido a ellos.

Hadoop es un framework para escribir aplicaciones de tratamiento de datos distribuidos y utiliza a HBase como su base de datos. También, permite hacer trabajos Map Reduce sobre un número ilimitado de nodos HBase, y, por lo tanto, hacer un tratamiento masivo de datos. Los tres productos (Hadoop, HBase y HDFS) son proyectos de código abierto del Apache Foundation.

- **Hypertable.** Es una base de datos tabular inspirada también en Big Table. Está disponible a través de una licencia pública GNU, aunque la empresa Hypertable ofrece también soporte comercial y servicios de consultoría. La base de datos sólo corre en servidores Mac y Linux, no en Windows. Está escrita en C++, pero Hypertable ofrece una Api que soporta como clientes (host) lenguajes que incluyen Java, PHP, Python y Ruby. Hypertable es absolutamente compatible con Hadoop. Algunos clientes de Hypertable son Baidu, el motor de búsqueda chino, eBay, el servicio de cupones Groupon, y el proveedor de correos indio, Rediff.com.
- **Cassandra.** Es una base de datos orientada a columnas, de código abierto, diseñada para gestionar grandes cantidades de datos en muchos servidores comerciales. Es una base de datos distribuida que tiene una gran capacidad de escalamiento lineal. Utiliza un lenguaje propio para realizar consultas CQL (Cassandra Query lenguaje) y funciona como una aplicación Java por la que puede correr en cualquier plataforma que soporte Java.

6.4.4 BASES DE DATOS ORIENTADAS A DOCUMENTOS

Los almacenes de documentos abarcan una amplia colección de formatos y codificación binaria. Los formatos de marcación estándar, tales como XML y JSON, se combinan con formatos propietarios como PDF de Adobe o Word de Microsoft.

Bases de datos orientadas documentos, populares, son Mongo DB y CouchDB que guardan las estructuras de datos en documentos tipo JSON con un esquema dinámico en vez de guardar en tablas como se hace en una base de datos relacional.

Los almacenes de documentos guardan la información como un listado de documentos desestructurados. Al acceder a un documento, se puede ingresar en un número no especificado de campos con sus respectivos valores. Son muy rápidos para recuperar toda la información asociada al documento y tienen un esquema de datos muy flexible. Sin embargo, suelen ser lentos para hacer consultas donde se buscan todos los documentos con un determinado campo, ya

que no suelen tener índices. Guardan documentos heterogéneos, que pueden ser:

1. Textuales XML, formatos JSON, BSON, YAML, con la finalidad de almacenar información con estructura laxa y cambiante.
2. Formatos binarios, como PDF o Word. Ideal para servicios que requieren almacenar transacciones o datos enviados desde dispositivos móviles que usen JSON para intercambiar información. La información se almacena incluyendo, además, una “metainformación” que la encapsula y clasifica por categorías.

MongoDB

Es una base de datos de documentos NoSQL muy utilizada (algunas estadísticas la consideran la número uno del mundo), diseñada para reemplazar a las SQL tradicionales de uso general. Es de código abierto y escrita en C++. Actualmente, está disponible para Windows, Linux y otros sistemas operativos.

Fue diseñada por la empresa 10gen, de Nueva York, que actualmente ofrece consultoría y soporte técnico para MongoDB. Aunque el desarrollo de MongoDB empezó en octubre del 2007, recién se hizo público en febrero de 2009. La intención de MongoDB es proporcionar más funcionalidad que la típicamente proporcionada por las bases de datos NoSQL de tipo clave-valor, permitiendo sistemas de consultas ad hoc e indexación de ciertos valores dentro del documento, manteniendo un rendimiento elevado y facilitando la distribución de la carga en varios servidores. Algunas empresas que utilizan MongoDB son Foursquare, bit.ly, Etsy, The New York Times.

CouchDB

CouchDB es una base de datos NoSQL orientada a documentos y de código abierto -de la Fundación Apache- basada en estándares comunes para facilitar la accesibilidad y compatibilidad Web con una gran diversidad de dispositivos, así como el desarrollo de aplicaciones Web. Está orientada y es muy eficiente en ambientes de la nube (*cloud computing*) y al ser de código abierto, fácil de instalar y desplegar en soluciones de software para empresas. Está basada en tecnologías de implementación para la Web, como HTTP, JSON o JavaScript.

Es una base de datos distribuida que se adapta a entornos de cliente y de servidor, y de otros modelos de datos Soporta características ACID de las bases de datos relacionales por lo que actúa como una verdadera base de datos NoSQL (*Not Only SQL*). Los datos de CouchDB se pueden alojar en varios sistemas, replicados de forma distribuida y se pueden gestionar los datos en remoto y también tenerlos disponibles en local, incluso cuando están *offline*.

6.4.5 BASE DE DATOS *IN MEMORY* CACHÉ

Otro tipo de bases de datos que suele tener propiedades de las tipo NoSQL de datos en memoria, son las bases de datos en memoria caché.

Las bases de datos in memory caché, que utilizan el modelo valor-clave, continúan creciendo en popularidad. Los cachés en memoria son almacenamiento simple, que suelen colocarse entre la base de datos y la aplicación. Se encargan de guardar en caché objetos muy utilizados y objetos costosos de generar. Estos objetos se almacenan ya generados y se pueden recuperar de forma muy rápida.

Memcached

Memcached (<http://www.memcached.org>) es un sistema distribuido de propósito general basado en memoria caché. Se trata de uno de los primeros sistemas de bases de datos con enfoque caché (cached), desarrollado por Brad Fitzpatrick para la influyente red social LiveJournal y presentado en mayo de 2010. Es de código abierto y el software se distribuye con licencia BSD (Berkeley Software Distribution).

Está diseñada para usar en aplicaciones web de alta velocidad, aliviando la carga de la base de datos. Su fuerza se basa en su extrema sencillez, sólo soporta guardar unos objetos (que deben ser una cadena) o retirar un objeto, y ésta es una acción muy rápida. Normalmente, Memcached se usa como una capa entre la base de datos de la aplicación y la propia aplicación. Los resultados de la aplicación se guardan en Memcached y son retirados a la base de datos, reduciendo la cantidad de impactos. La API de Memcached está disponible para la mayoría de los lenguajes populares. Algunas empresas que utilizan Memcached son Wikipedia, WordPress.com, Flickr, Craigslist, Facebook, Twitter, YouTube, Reddit, Playdom y Zynga.

6.4.6 LAS BASES DE DATOS NOSQL EN LA EMPRESA

Las bases de datos NoSQL (“Not only SQL”) son una categoría de Sistemas de Gestión de Bases de Datos que no utilizan SQL como lenguaje de consulta principal. No requieren esquemas de tablas fijas y no soportan operaciones Join. Asimismo, son óptimas para operaciones de lectoescritura escalables en lugar de pura consistencia.

En ese sentido, constituyen un ecosistema de información y se están convirtiendo en alternativas viables a las bases de datos relacionales para muchas aplicaciones. En la tabla 6.1 se recogen las diferentes categorías de bases de datos NoSQL y los nombres de las más populares, junto con aplicaciones sobresalientes.

Clave-Valor	Documentos	Gráficos	Columnas
Redis	MongoDB	Neo4J	BigTable (Google)
MemcacheDB	CouchDB	Infinite Graph	Apache Hbase
Voldemort		OrientDB	Cassandra
Membase		InfoGrid	SimpleDB
Riak		Virtuoso	Cloudera
VoltDB			Amazon DynamoDB

Tabla 6.1. Categorías de bases de datos NoSQL

6.5 BREVE HISTORIA DE NoSQL

A medida que aumentaba el éxito de los servicios en línea en Internet (Google o Amazon), necesitaban nuevos medios de almacenamiento de cantidades masivas de datos a través de un número creciente e incalculable de servidores, de modo que cada uno de estos servicios comenzó a crear una plataforma de software que pudiera realizar estas tareas. Google construyó Big Table y Amazon construyó Dynamo.

Estos gigantes de Internet publicaron sus trabajos en artículos y, a partir de ellos, muchas otras compañías comenzaron a desarrollar sus propias herramientas o a ampliar las ya creadas. El resultado fue un ejército de bases de datos NoSQL, específicamente diseñadas para correr en miles de servidores.

Estas plataformas de software de nueva era (incluyendo Cassandra, HBase y Riak) reconstruyeron el paisaje de las bases de datos, ayudando a muchos otros gigantes de Internet como Facebook, Twitter o LinkedIn, y también a empresas grandes y pequeñas, incluidas las familiares.

Las tecnologías de Google⁴ incluyeron plataformas de software como the Google File System, Map Reduce y Big Table. Google inventó Map Reduce e inspiró la plataforma Hadoop. Big Table ayudó al lanzamiento de NoSQL.

Las bases de datos NoSQL crecieron a la par que las de las grandes empresas de Internet como Google, Amazon, Facebook o Twitter. El término NoSQL se remonta a 1998, cuando Carlo Strozzi utilizó el término para referirse a una base de datos que había diseñado. Posteriormente, Eric Evans, ingeniero de Rackspace (uno de los grandes proveedores de la nube), introdujo el término de nuevo.

6.6 COMPUTACIÓN “EN MEMORIA” (IN MEMORY)

La computación “en memoria” (in-memory, IMC) es una tecnología que mezcla hardware y software con el propósito de acelerar de modo espectacular la búsqueda, escritura o lectura de información en una base de datos. Es una arquitectura distinta de la tradicionalmente usada para procesar la información en una computadora y reduce considerablemente los tiempos de proceso, sobre todo cuando se trata de grandes volúmenes de datos. Permite analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real, facilitando la toma de decisiones negociadas.

6.6.1 TECNOLOGÍA “EN MEMORIA”

Desde un punto de vista práctico, la tecnología “en memoria” es una base de datos “en memoria”. Los grandes proveedores de software comenzaron a lanzar sus soluciones a lo largo de 2010. SAP lanzó SAP HANA, integrado con Soluciones de Business Object y con sistemas hardware de IBM, HP, Fujitsu y Cisco. Oracle lanzó también el sistema de ingeniería (Engineered System) con hardware y software de Business Intelligence en memoria; su solución se denomina Oracle Exalytics in Memory. QlickView, SAS, Software AG y Sybase son otros grandes proveedores de soluciones de Inteligencia de Negocios que han lanzado herramientas “en memoria”.

Esta tecnología es un Sistema de Gestión de Bases de Datos que utiliza la memoria principal de la computadora como almacenamiento de datos en lugar de emplear los sistemas de almacenamiento en disco de las bases de datos tradicionales. Es decir, las bases de datos de tecnologías “en memoria” almacenan los datos en dispositivos de memoria volátil, como memorias flash o discos de estado sólido (SSD), y la propia memoria central o principal. Su idea fundamental es la capacidad de realizar cálculos en tiempo real sin tener que efectuar las lentas operaciones de disco durante la ejecución de una consulta.

Tipos de tecnologías “en memoria”

Existen dos grandes categorías de tecnologías “en memoria”: tecnologías puras y tecnologías *just in time*.

Tecnologías *in memory* puras

En esencia, las tecnologías “en memoria” puras son aquellas tecnologías que cargan el modelo de datos en la memoria RAM antes de que se pueda ejecutar cualquier consulta por parte de los usuarios. Un ejemplo de un producto que utiliza esta tecnología es QlickView.

Tecnologías *in memory just in time* (JIT)

A diferencia de la anterior, esta tecnología (JIT) sólo carga en la RAM la parte de los datos necesaria para una consulta particular. Un ejemplo de un producto de BI que utiliza este tipo de tecnología es Sisense. In memory just in time consiste en un motor de almacenamiento en caché inteligente, que carga los datos seleccionados en la memoria RAM y los libera de acuerdo con los patrones de uso. Este enfoque tiene ciertas ventajas evidentes:

- Se tiene acceso a muchos más datos que pueden caber en la RAM en un momento dado.
- Es más fácil tener una memoria caché compartida por varios usuarios.
- Es más fácil para crear soluciones que se distribuyen a través de varias máquinas.

La capacidad fundamental de las bases de datos en columnas para acceder sólo a determinados ámbitos o partes de los campos es lo que hace que la tecnología in memory JIT sea tan poderosa. De hecho, el impacto de la tecnología de base de datos en columnas es tan grande que muchos las confunden.

La combinación de esta tecnología y una estructura de base de datos de columnas ofrece el rendimiento de la tecnología in memory pura con la escalabilidad de los modelos basados en disco; y, por lo tanto, es una base ideal para los depósitos de datos de gran escala y/o de rápido crecimiento.

La diferencia esencial entre ambos tipos de memoria reside en que en las tecnologías JIT sólo se carga en la RAM la parte de los datos necesaria para una consulta particular.

6.6.2 PROVEEDORES DE TECNOLOGÍA “EN MEMORIA”

Las tecnologías “en memoria” (in memory) se han desplegado en soluciones de numerosos proveedores, como ya hemos comentado anteriormente. Al igual que sucedía con los programas de Gestión de Bases de Datos y Analítica de Negocios, cada proveedor ofrece soluciones diversas y a costos diferentes, por lo que será necesario un análisis y estudio exhaustivo de las soluciones de cada proveedor.

Uno de los proveedores cuyas soluciones han tenido mayor impacto, y está teniendo gran penetración, es SAP, con su herramienta HANA, y las soluciones de fabricantes de hardware como IBM, HP, Cisco o Fujitsu. Oracle, con Exalytics, es otro proveedor para considerar, máxime cuando es el fabricante, por excelencia, de bases de datos. Otros grandes proveedores de tecnologías “en memoria” de soluciones propietarias son SAS, como fabricante de soluciones de Analítica de Negocios; Sybase, otro gran fabricante de bases de datos; QlickView, uno de los proveedores más reconocidos en herramientas y soluciones de Inteligencia de Negocios y Software AG9, otro distribuidor de software de Analítica de Negocios.

Los proveedores de software abierto (open source) están desarrollando aplicaciones de Inteligencia de Negocios basadas en tecnologías de Big Data. Tanto Jaspersoft como Pentaho, los proveedores más influyentes en software de Inteligencia de Negocios de código abierto, ofrecen herramientas de analítica que proporcionan soluciones de tecnologías de Big Data como “en memoria”, “NoSQL” y, lógicamente, Hadoop, espina dorsal de las tecnologías Big Data en código abierto.

6.6.3 ANALÍTICA “EN MEMORIA”

La velocidad es la principal ventaja de la computación en memoria, ya que las empresas pueden realizar consultas y analizar la información en breves períodos, incluso en tiempo real, en lugar de los largos lapsos que se emplean en los sistemas de bases de datos tradicionales cuando se manipulan grandes volúmenes de datos. Dado que los procesadores pueden realizar las búsquedas y consultas en tiempos muy cortos, las organizaciones pueden tener mucha más flexibilidad a la hora de acceder y aprovechar la información.

Además de la velocidad, la tecnología “en memoria” traerá beneficios en múltiples áreas, aunque se han de destacar los ahorros en costos, el aumento de eficiencia y una mayor visibilidad inmediata a nivel de toda la empresa. Por otra parte, facilitan la analítica de medición inteligente, que permite a las empresas utilizar los datos obtenidos para acciones como previsión de la demanda, visualización de la rentabilidad de los segmentos del cliente e implementación de nuevos productos.

En los sistemas tradicionales de almacenamiento de información basados en disco, la información se extrae de los sistemas operacionales y luego se estructura en sistemas independientes de almacenamiento de datos analíticos que pueden aceptar consultas. Esto implica que las aplicaciones operacionales están desconectadas de los entornos analíticos, por lo que se generan retrasos considerables en los procesos de recolección de datos y en su disponibilidad para la toma de decisiones, sobre todo cuando los datos son grandes.

En los sistemas con tecnología “en memoria”, los datos operacionales se contienen en una única base de datos capaz de manejar todas las actualizaciones y transacciones rutinarias y, al mismo tiempo, permitir el análisis de los datos en tiempo real. Esta tecnología hace posible el procesamiento de grandes volúmenes de datos transaccionales en la memoria principal del servidor, con el fin de ofrecer resultados inmediatos a partir de su análisis. Además, los tiempos requeridos para la actualización de las bases de datos disminuyen drásticamente y el sistema puede manejar un mayor número de consultas de modo simultáneo.

6.6.4 MÁQUINAS PARA PROCESAMIENTO “EN MEMORIA”

El procesamiento in memory involucra indudablemente la utilización de hardware de servidor especializado, configurado y certificado para el software de base de datos “en memoria”, que veremos posteriormente, e incluso con el software preinstalado. Además de la caída en los precios de las RAM de alta capacidad, las soluciones in memory se han hecho populares, porque eliminan el acceso a los discos. El procesamiento “en memoria” genera tiempos de respuesta hasta 10.000 veces mayores y se pueden procesar datos a una velocidad de 100 GB por segundo, lo que posibilita un rango mucho más amplio de aplicaciones. Se debe tener en cuenta que el procesamiento in memory involucra la utilización de hardware de un servidor especializado, configurado para el software en cuestión e, incluso, con el software preinstalado.

6.7 BASES DE DATOS “EN MEMORIA”

La computación o tecnología “en memoria” permite el procesamiento de cantidades masivas de datos en memoria central para proporcionar resultados inmediatos en el análisis y transacciones. Los datos que se procesan idealmente son datos en tiempo real, es decir, que están disponibles para su procesamiento o análisis inmediatamente después de que se han creado. Estas tecnologías han sido posibles gracias a los avances en el diseño y construcción de nuevas memorias centrales.

La capacidad de la memoria principal en los servidores se ha ido incrementando continuamente a lo largo de los años, mientras que los precios caían drásticamente. Hoy es posible disponer en las empresas de servidores de varios terabytes de memoria central. Estas características de aumento de la capacidad y reducción del costo han hecho posible la viabilidad y la posibilidad de aumentar la cantidad de datos de negocios en la memoria.

En el esquema tradicional de almacenamiento en filas se recorren todos los registros, de modo que el acceso a disco es un problema en grandes volúmenes de datos, ya que el almacenamiento en fila obliga a recuperar la información de todas las columnas. En el caso del almacenamiento en columnas, se recorren todos los registros, pero sólo se procesa la información necesaria (es decir, las columnas necesarias).

La actual generación de bases de datos relacionales (RDBMS) está optimizada para almacenamiento en disco duro. Las bases de datos “en memoria” (in memory) se basan en el procesamiento de los datos en memoria principal.

6.7.1 USO DE LA MEMORIA CENTRAL COMO DATA WAREHOUSE

La razón principal para utilizar la memoria principal como Data Warehouse de una base de datos se debe a que el acceso a la memoria central es mucho más rápido que al disco (figura 6.2).

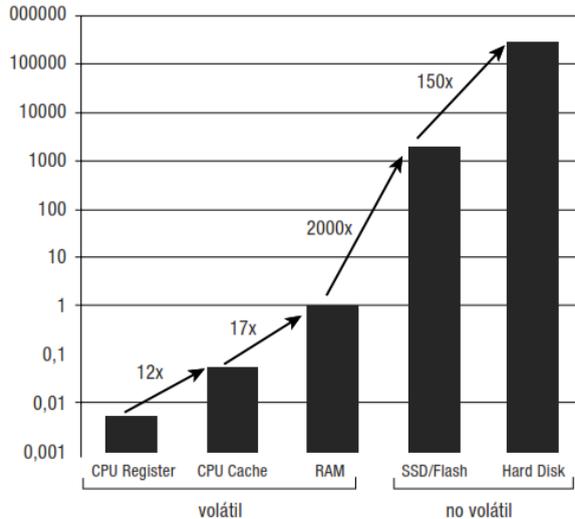


Figura 6.2. Tiempos de acceso de diferentes tipos de almacenamiento en relación a la RAM

Fuente: IBM (2012): SAP in-Memory Computing on IBM eX5 Systems

La memoria principal (RAM) es el tipo de almacenamiento más rápido que puede contener una cantidad significativa de datos. Aunque los registros de la CPU y la caché son más rápidos de acceso, su uso está limitado al procesamiento real de los datos. Los datos en memoria principal se pueden acceder más de 100.000 veces más rápido que a un disco duro, tal como se observa en el diagrama de la figura 6.2 (algunos datos típicos son la velocidad de acceso a un disco duro, que ronda los 5 milisegundos, mientras que en la RAM es de 80 nanosegundos, es decir, una diferencia de cerca de 100.000 veces). Aun utilizando discos de estado sólido y memoria flash/SSD no-volátil, que es 100 veces más rápida que los discos duros tradicionales, estaríamos 1.000 veces más lentos que usando RAM.

La razón fundamental es que la memoria principal se conecta directamente a los procesadores a través de un bus de muy alta velocidad, mientras que los discos duros se conectan a través de una cadena de buses. Comparado con el mantenimiento de los datos en disco, el mantenimiento de los datos en memoria

principal no sólo reduce drásticamente el rendimiento de la base de datos, sino también el tiempo de acceso.

Ahora bien, las bases de datos en memoria cumplen el conjunto de requerimientos que garantizan la fiabilidad de las transacciones procesadas. Dicho de otra manera, cumplen la ya citada cuaterna clásica de requisitos de una base de datos, ACID: Atomicidad, Consistencia, Aislamiento (Isolation) y Durabilidad:

- Atomicidad. Las transacciones han de ser atómicas; es decir, si falla una transacción parcial, la transacción completa fallará y dejará el estado de la base de datos inalterable.
- Consistencia. La consistencia de una base de datos debe ser preservada de las transacciones que ejecuta.
- Aislamiento. Asegura que ninguna transacción puede interferir en otra.
- Durabilidad. Después de que una transacción ha sido confirmada debe permanecer confirmada.

Las tres primeras propiedades las cumplen las bases de datos “en memoria”, pero ¿qué sucede con la durabilidad cuando se produce una pérdida de energía eléctrica? La memoria principal es volátil, por consiguiente, se perderían los datos durante un fallo eléctrico. Para hacer los datos persistentes, se necesitará que residan en un dispositivo de almacenamiento no-volátil, como un disco duro, memoria SSD o flash.

Para resolver el inconveniente anterior, las bases de datos “en memoria” utilizan un tipo de almacenamiento por páginas. Cuando una transacción cambia los datos, las páginas correspondientes se marcan y se escriben en almacenamiento no-volátil a intervalos regulares. Adicionalmente, las transacciones generan una entrada (registro: log), que se escribe en el almacenamiento no-volátil, garantizando que todas las transacciones sean permanentes. De este modo, en el caso de un fallo, se recupera la última página almacenada y se vuelven a aplicar las transacciones, ya que una transacción no termina antes de que el log haya sido escrito en el almacenamiento persistente, cumpliendo con el requisito de durabilidad. Después de un fallo, la base de datos se reiniciará igual que una base de datos basada en disco. En otras palabras, la base de datos puede ser restaurada en memoria exactamente en el mismo estado que antes del fallo.

6.7.2 Almacenamiento por columnas

La segunda propiedad importante que caracteriza una base de datos “en memoria” es la reducción considerable (minimización) del movimiento de datos dentro de la base de datos y la aplicación correspondiente.

Las bases de datos relacionales organizan datos en tablas que contienen los registros de datos. La diferencia entre almacenamiento basado en filas y columnar (basado en columnas) es el modo en que se almacenan los datos. En el esquema tradicional de almacenamiento en filas, se recorren todos los registros, de modo que el acceso a disco es un problema en cantidades masivas de datos, ya que el almacenamiento por filas obliga a recuperar la información de todas las columnas, mientras que en el almacenamiento por columnas sólo se recorren los registros que contienen la información necesaria. Esto significa que el que funciona por columnas permite una mejor comprensión de datos y su almacenamiento en la memoria principal se hace más accesible y más rápido.

6.7.3 Paralelismo en sistemas multinúcleo

La técnica conocida como “divide y vencerás” (divide et impera), muy utilizada en programación de computadoras, es de gran aplicación en bases de datos. Consiste en que un problema grande o complejo se resuelve dividiendo el problema en otros más pequeños y fáciles de resolver. El caso de procesamiento de grandes cantidades de datos deviene en un problema complejo que se resuelve dividiendo esas grandes cantidades de datos en trozos (chunks) más pequeños, que se pueden procesar en paralelo.

La idea es que la consulta de un conjunto de datos se divida en subconjuntos, tantos como núcleos o procesadores se puedan disponer, y la consulta se realiza en paralelo con un procesador multinúcleo⁵. De este modo, el tiempo necesario para la consulta total se reducirá en un factor equivalente al número de procesadores que trabajen en la consulta (por ejemplo, en un procesador de 20 núcleos, el tiempo necesario será una vigésima parte del tiempo que se necesita en el caso de un solo núcleo).

Los mismos principios se aplicarán a sistemas multiprocesadores. Un sistema con 10 procesadores de 10 núcleos se puede considerar como un sistema de 100 núcleos, por lo que un proceso de datos se puede dividir en 100 subconjuntos procesados en paralelo.

En la actualidad, IBM está investigando el particionado de datos y la escalada o escalabilidad que se requerirá a medida que aumenta el volumen de grandes datos. Para acomodar la memoria y los requerimientos de la potencia de cálculo dentro de los límites de un único servidor, IBM recomienda que los datos se dividan en subconjuntos y se sitúen en un clúster o agrupación de servidores, formando una base de datos distribuida con un enfoque de escalabilidad. Estas particiones pueden residir en servidores independientes dentro del clúster.

6.7.4 Bases de datos de memoria comerciales

En la actualidad existen varios proveedores —normalmente los grandes fabricantes de bases de datos tradicionales—tales como SAP, Microsoft, IBM y Oracle.

SAP HANA

SAP ha sido uno de los primeros grandes fabricantes de software en apostar por la tecnología de computación in memory. Está desarrollando toda una nueva gama de soluciones y aplicaciones avanzadas caracterizadas, entre otras cosas, por disponer de una gran capacidad analítica en tiempo real sobre grandes volúmenes de datos.

De hecho, la propuesta de SAP ha sido diseñar HANA (SAP HANA)⁶, que es una solución que combina, en un dispositivo, elementos de software y elementos de hardware seleccionados por cada fabricante para reunir los requisitos técnicos exigidos por SAP para su certificación. Fabricantes como Fujitsu, Cisco, HP o IBM han comenzado a comercializar sus soluciones para SAP in Memory Appliance, incorporando servidores, sistemas operativos y sistemas de gestión o administración de archivos de elección.

En esencia, HANA es una aplicación (appliance) que permite acceder y analizar, en tiempo real, los datos transaccionales y analíticos de una compañía, en un entorno único y sin afectar al rendimiento de dichos sistemas o aplicaciones.

SAP HANA procesa y analiza de forma eficaz grandes volúmenes de datos (Big Data) gracias a la utilización combinada de las capacidades de tecnología “en memoria”, bases de datos en columna, compresión de datos y procesamiento en paralelo, junto con funcionalidades como servicios de replicación y modelización de datos.

Estas herramientas analíticas avanzadas aprovechan las ventajas de las últimas innovaciones tecnológicas, tales como procesadores multinúcleo (multi core), la capacidad de memoria ampliada y avanzada o los discos de estado sólido (SSD, Solid State Drive). Por ejemplo, en el caso de IBM, la aplicación incorpora servidores corporativos IBM System eX5, que proporcionan un elevado nivel de rendimiento y escalabilidad.

Un caso de estudio muy reconocido de aplicación de SAP HANA, por el impacto del cliente, es el de la NBA. La Asociación Nacional de Baloncesto de Estados Unidos eligió la plataforma SAP HANA y las herramientas de Business Intelligence de este desarrollador de software para ofrecer a los aficionados la posibilidad de consultar estadísticas en tiempo real sobre su popular competición de liga. Los seguidores de la NBA pueden acceder fácilmente a los datos estadísticos desde cualquier dispositivo.

SAP HANA Cloud

La tecnología in memory de SAP se extiende hacia la nube para facilitar la creación de aplicaciones web que hagan uso de Analítica Avanzada y cálculos sobre grandes volúmenes de datos. La primera oferta de SAP en la plataforma de la nube, Amazon AWS, desde finales de octubre de 2010. La fuerte apuesta de SAP por los entornos in memory y cloud computing ha dado como resultado la combinación de ambas tecnologías para proporcionar a sus clientes SAP HANA Cloud, una nueva plataforma en la nube que pretende cubrir un espacio de creciente demanda.

SAP HANA Cloud ya está disponible en Amazon AWS, lo que significa que cualquier cliente de esta plataforma podrá hacer uso de la base de datos “en memoria” para sacar el máximo partido a la información que maneje. A este acercamiento se le ha denominado SAP HANA One y se encuentra en modalidad de pago por uso.

Oracle

Oracle, el proveedor de referencia en bases de datos, presentó a finales de 2012 su nueva versión, Oracle Database 12c, considerada en su presentación como la primera base de datos multitenancy del mundo. Entre las principales capacidades que se le han incorporado, destaca su capacidad de integrar bajo una sola BBDD múltiples memorias, procesadores y BBDD de distintas aplicaciones, con los objetivos claros de reducción de costos y simplificación de la gestión. Es, según el fabricante, cinco veces más escalable que las bases de datos tradicionales, donde cada BBDD se gestiona de forma separada y cuenta con sus propios sistemas de memoria y procesador.

La última versión de su máquina de computación “en memoria” es Exadata X3, que gestiona bases de datos con tecnología in memory e incorpora una capacidad de hasta 26 TB de DRAM en un solo rack. Exadata X3 también incorpora memoria flash de hasta 22 TB, junto con los sistemas tradicionales, con el propósito de mejorar la velocidad y el rendimiento a la hora de procesar información en tiempo real. Para obtener la máxima performance al menor costo, implementa una jerarquía de memoria masiva que mueve automáticamente todos los datos activos a las Flash y RAM, al mismo tiempo que mantiene los datos menos activos en los discos de bajo costo.

Microsoft

Microsoft ha anunciado también una solución de tecnologías “en memoria” en bases de datos SQL Server. Es el proyecto Hekaton (proviene del griego, que significa “cien”), que pretende conseguir multiplicar por 100 el rendimiento en determinadas transacciones. Realiza la misma funcionalidad de las bases de datos “en memoria”.

La arquitectura de esta nueva distribución se basa en diversos principios: está optimizado para el acceso de los datos a la memoria principal, las consultas a las bases de datos se aceleran gracias a una compilación directa en código máquina, aporta una mayor escalabilidad en función de los núcleos de cada sistema y está construido en el interior de SQL Server.

6.8 PROVEEDORES DE SOLUCIONES DE SOFTWARE DE BASES DE DATOS

En la actualidad, el mercado se centra en bases de datos relacionales SQL, bases de datos NoSQL y bases de datos NewSQL, además de las estudiadas en el apartado anterior (bases de datos “en memoria”). Las bases de datos NewSQL son bases de datos híbridas, que tienen características de los diferentes grupos.

6.8.1 Proveedores de Sistemas de Bases de Datos Relacionales (SGBDR)

Son las bases de datos tradicionales existentes en casi todas las organizaciones y empresas. Los proveedores son desarrolladores comerciales de software clásicos y acreditados. La lista no es muy numerosa, dado que el mercado lo controlan proveedores de software tradicionales e históricos.

- **Oracle.** Es uno de los proveedores de Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales más antiguo, fiable y utilizado. Se accede a consultas a través del lenguaje SQL y funciona en casi todos los sistemas operativos Windows, Unix, Linux, Mac OS, etcétera. En marzo de 2017 anunció la última versión *Oracle 12c Release 2 (12.2)*, disponible en todas las modalidades: en la nube o en el servicio *Oracle Cloud at Customer* (en el que un servidor Oracle se instala en el CPD del cliente, pero éste contrata los servicios con todas las ventajas de la nube) y *on premise* (en los servidores de la propia empresa). Incluye mejoras y numerosas y nuevas características, además de incorporar la tecnología de bases de datos *in memory*.

En 2018 la versión 12c ha pasado a denominarse 18c. También disponible en la nube y en las instalaciones del cliente. Aporta la novedad de incluir técnicas de aprendizaje automático (*machine Learning*). Oracle también comercializa la versión Oracle NoSQL Database que se oferta en opción *freemium* (en modalidad *open source* y propietario).

- **Microsoft SQL Server.** Es el gestor de bases de datos de Microsoft y es un competidor directo de Oracle.
- **DB2.** Sistema de Gestión de Bases de Datos Relacional de IBM muy extendida en empresas y organizaciones. Es una base de datos muy antigua y consolidada.
- **Microsoft Access.** Es un SGBDR idóneo para pequeñas organizaciones. Está incluido en el paquete (suite) Microsoft Office.

- **PostgreSQL.** Sistema de Gestión de Base de Datos Relacional orientada a objetos de código fuente y gratuito, publicada bajo licencia BSD. Está dirigida por una comunidad de desarrolladores PGDG (PostgreSQL Global Development Group).
- **Teradata.** Se destaca por su capacidad de almacenamiento y de análisis de datos. Integra con soluciones de Big Data, donde Teradata es una gran especialista.
- **SAP Sybase.** Destaca por su escalabilidad y rendimiento, junto con la facilidad de integración con otras herramientas de software de SAP, tales como ERP o CRM.
- **Maria DB y MySQL.** Son dos Sistemas de Gestión de Bases de Datos Relacionales de código abierto (open source) y muy implantadas en empresas, especialmente PYMES.

6.8.2 Proveedores de Sistemas de Bases de Datos NoSQL

Se clasifican en los siguientes tipos:

Los proveedores más populares de bases de datos NoSQL según las categorías de bases de datos son:

- **Clave-Valor:** Redis, Aerospike, Riak, Oracle NoSQL, Microsoft Azure Table Storage.
- **Orientadas a documentos:** MongoDB, CouchDB, eXist-db, MarkLogic Server, Elastic Search.
- **Grafos:** Neo4j, OrientDB, GraphDB, Infinite graph.
- **Orientadas a columnas:** Apache Cassandra, Apache Hbase, ScyllaDB.

6.8.3 Proveedores de bases de datos NewSQL

Son bases de datos híbridas que utilizan un nuevo paradigma: características de las bases de datos NoSQL pero con aplicación de las características de las bases de datos tradicionales SQL. Las variantes son las que se han creado desde el principio con este concepto (VoltDB, ToroDB, MemSQL, etcétera) y las que se han adaptado a este requisito, como es el caso de MySQL Cluster.

CASO DE ESTUDIO

Cuadrante mágico de Gartner: Operational Database Management Systems (noviembre 2017)

El estudio anual de proveedores de software de Sistemas de Gestión de Bases de Datos, conocido como Cuadrante Mágico de Bases de Datos de la consultora Gartner, se presentó el 2 de noviembre de 2017 con el título Operational

Database Management System (OPDBMS). En este estudio, Gartner destaca que el mercado opta por soluciones en la nube (cloud) y la inclusión de técnicas de aprendizaje automático (Inteligencia Artificial) e integración de flujos continuos de datos (streaming). Otra característica destacada por el mercado es la inclusión de bases de datos relacionales y no relacionales. Además, los productos OPDBMS incluyen su integración con aplicaciones de negocios, tales como ERP y CRM, y la incorporación de datos de Internet de las cosas.

Otra característica muy importante que destaca Gartner en el informe de bases de datos para 2018 es que el término NoSQL significa “no relacional”, pero que en la actualidad los sistemas de bases de datos relacionales (DBMS o SGBD en español) han añadido o están añadiendo propiedades de NoSQL y los sistemas específicos de bases de datos NoSQL han añadido o están a punto de añadir propiedades de bases de datos relacionales. En otras palabras, y según Gartner, el término NoSQL ya no es un elemento diferenciador del tipo de base de datos. SQL es un lenguaje de acceso a datos pero ya se puede utilizar para acceder a datos en cualquier SGBD, sea relacional o no relacional. Dos ejemplos que destaca en el Cuadrante Mágico de 2017 son los proveedores MarkLogic y Data Stax, que incorporan un lenguaje SQL o similar a SQL.

Los once proveedores de sistemas operacionales de Sistemas de Gestión de Bases de Datos Operacionales seleccionados por Gartner, para el año 2018, en las cuatro categorías clásicas de los cuadrantes mágicos son los siguientes:

Líderes

- Microsoft
- Oracle
- SAP
- Amazon Web Services
- IBM

Aspirantes (Challengers)

- Mark Logic
- Inter Systems

Actores de nicho

- EnterpriseDB
- Data Stax
- MapR

Visionarios

- Google

Destacaremos tres casos sobresalientes por su innovación: Amazon Web Services —su gran ventaja es que el servicio Amazon RDS (Relational Data Service) ofrece motores de bases de datos relacionales para MariaDB, Microsoft SQL Server, MySQL, Oracle y PostgreSQL, además claro de su propia base de datos Amazon DynamoDB—; Google (ofrece los servicios Cloud Spanner RDBMS, Cloud Data Store y Cloud BigTable, y soporta plataformas de datos como MySQL y PostgreSQL); MapR (es una plataforma comercial para tratamiento de Big Data, pero Gartner considera su potencia y eficacia para gestionar motores de Sistemas de Gestión de Bases de Datos).



Figura 6.3 Cuadrante mágico de Gartner 2017 de Sistemas de Gestión de Bases de Datos Operacionales (proveedores recomendados para 2018)

Fuente: www.gartner.com

6.9 RESUMEN

Las bases de datos utilizadas en la actualidad en organizaciones y empresas se dividen en cuatro grandes categorías: relacionales, heredadas, in memory (“en memoria”) y NoSQL. A esta clasificación clásica es preciso añadirle las bases de

datos avanzadas, extensión de las bases de datos relacionales, tales como bases de datos MPP y bases de datos de memoria caché.

- Las bases de datos analíticas que sirven para la gestión de los grandes volúmenes de datos (Big Data) se dividen en dos grandes categorías: bases de datos NoSQL y **bases de datos “en memoria” (in memory)**.
- Una base de datos NoSQL (“Not only SQL”) es la siguiente generación de bases de datos, que tiene las siguientes propiedades: no relacional, distribuida, código abierto (open source) y escalable horizontalmente: <http://nosql-database.org/>
- Las bases de datos NoSQL se clasifican en cuatro grandes categorías: clave-valor, grafos, documentos y tablas (BigTable)/columnas.
- Existe una verdadera pléyade de oferta de bases de datos NoSQL, la mayoría de código abierto, aunque también algunas de código propietario. Cassandra, Hive, CouchDB, MongoDB son algunas de las numerosas bases de datos existentes. Las bases de datos “en memoria” se basan en las tecnologías de computación “en memoria”.
- La computación in memory es una tecnología que permite el procesamiento de cantidades masivas de datos en memoria principal, para proporcionar resultados inmediatos de las transacciones y del análisis.
- Para conseguir el rendimiento deseado, la computación “en memoria” se apoya en tres conceptos fundamentales:
 - Mantenimiento de los datos en la memoria para aumentar la velocidad de acceso a ellos.
 - Minimizar el movimiento de los datos para potenciar el concepto de almacenamiento en columna, compresión y ejecución de cálculos al nivel de base de datos.
 - Utilizar la técnica de “divide y vencerás” (divide and conquer): aprovechar (potenciar) la arquitectura multinúcleo de los modernos procesadores y de los servidores multiprocesador, mediante técnicas distribuidas que proporcionarán mejores resultados que un único servidor.
- Los tres grandes proveedores de computación que ofrecen plataformas de bases de datos in memory son SAP, con su herramienta HANA, Oracle, con sus herramientas Exadata y Exalytics y Microsoft. Aunque IBM, HP y EMC ofrecen soluciones hardware-software para estas bases de datos “en memoria”.
- El origen de Hadoop se remonta a sendos artículos publicados por Google en octubre de 2003 (GFS) y diciembre de 2004 (MapReduce).

- Se describían en ellos técnicas para la indexación de información en la Web, su distribución en miles de nodos y su presentación al usuario como un conjunto significativo. Las dos técnicas eran GFS y Map Reduce.
- En 2001, Doug Cuttings presenta el proyecto Nutch un motor de búsqueda open source.
- Se integra en Nutch las técnicas de Google a partir de 2004.
- En 2006, Cutting, presenta Hadoop como extensión de Nutch y comienza a trabajar en Yahoo!.
- Yahoo! presenta la primera versión de Hadoop
- Hadoop se compone de MapReduce, sistema de archivos HDFS y Hadoop Common.
- Hadoop Distributed File System (HDFS) es un sistema robusto de archivos que asegura que los datos se repliquen con redundancia a través del clúster y que el proceso de cálculo no se interrumpa, incluso en el supuesto de que alguna parte del sistema pueda fallar, en la cadena de procesamiento de datos.
- Otras herramientas fundamentales para la programación de Hadoop son Pig, Hive, Hbase, Sqoop, Flume y Zookeeper.

Definiciones de bases de datos (Gartner)

En el cuadrante mágico de bases de datos, Gartner define al principio del informe su interpretación de los términos base de datos y sistemas de gestión de bases de datos.

Base de datos. Es una colección de datos que pueden estar en múltiples formatos y puede ser almacenada en algún medio (por ejemplo, unidades de disco duro, memoria flash, unidades de estado sólido (SSD) y/o DRAM).

DBMS (SGBD). Es un sistema de software completo utilizado para definir crear, gestionar (administrar), actualizar y consultar una base de datos. De acuerdo a esta definición, Gartner resalta que los DBMS proporcionan interfaces a programas y herramientas independientes que soportan y gobiernan el rendimiento de una variedad de tipos de cargas concurrentes.

NOTAS

¹ Sqoop.apache.org/docs/1.4.0-incubating/SqoopUserGuide.html. En este documento se especifica el funcionamiento para el arranque y movimiento de datos entre bases de datos y Hadoop.

² Sunil Soares (2003). *Big Data Governance. An Emerging Imperative*. Boise. MC Press Online, p. 244.

³ Las siglas MPP (Massively Parallel Processing”, también se suelen traducir por: “Procesamiento masivamente paralelo”

⁴ En la revista *Wired* y en su edición electrónica, se publica el 5 de diciembre de 2012 una historia del nacimiento del movimiento NoSQL (www.wired.com/wiredenterprise/2012/12/couchdb) desde sus orígenes vinculados a la base de datos CouchDB, cuyo creador Damian Katz, confiesa que se inspiró en Lotus Note, una plataforma de colaboración desarrollada originalmente en las décadas de los 70 y 80.

⁵ Fuentes de Intel anunciaron en noviembre de 2012, que estaban trabajando en la preparación de un procesador de 48 núcleos para teléfonos y tabletas lo que permitiría a los dispositivos móviles inteligentes convertirse en supercomputadores portátiles o de bolsillo. Según anunciaron se denominará Computador Cloud de un solo chip (Single-chip Cloud Computer, SCC). Evidentemente si se consigue este procesador, significa que la computación en memoria y las bases de datos en memoria se podrán implementar en dispositivos móviles tan pronto vaya aumentando el tamaño de la memoria central de los mismos.

⁶ HANA según sus creadores es un nombre, y el producto HANA SAP, pero en ocasiones se suele considerar acrónimo de “High Performance ANalytic Appliance”