

Evolución de las Bases de Datos: de Fijas a Móviles

Paola Delgado Fernández¹, Luis Antonio Gama Moreno²

¹ Universidad Autónoma de Baja California,
Ensenada, Baja California, México.

² Instituto Tecnológico de Zacatepec,
Zacatepec, Morelos.
{ al311352@uabc.mx, lgama@ieee.org }

Resumen. Los sistemas manejadores de bases de datos (SMBD) han estado en constante cambio desde sus orígenes como sistemas manuales para la organización de información, pasando por sistemas mainframes y de escritorio (desktop), hasta la llegada de la computación móvil. Con el surgimiento de las bases de datos móviles, las actividades de mantenimiento y consulta de información pueden ser realizadas en cualquier momento y en cualquier lugar desde un dispositivo móvil (teléfono celular, PDA, etcétera). En este artículo se describe esta evolución, así como las características de cinco manejadores de bases de datos para dispositivos móviles con mayor impacto en el mercado. Asimismo, se presentan sus características con respecto a: soporte de transacciones, compatibilidad con la norma ANSI-SQL92, encriptamiento, conectividad vía JDBC/ODBC entre otros. Y finalmente presentamos una discusión entre los enfoques de sincronización con servidores centrales o motor embebido en las aplicaciones.

Palabras clave: SMBD, Computación móvil, Dispositivos móviles.

1. Introducción

El desarrollo histórico de las bases de datos comienza con la necesidad de organizar información utilizando archivos en papel y sistemas manuales. En 1960 los sistemas comienzan a ser computarizados, lo que lleva al desarrollo del primer sistema de bases de datos, el IMS (Information Management System) de la compañía IBM que permitía al usuario visualizar los datos en forma de árbol jerárquico [17].

Para 1970, el Dr. E.F.Codd [29] propuso el concepto de Bases de Datos Relacional (BDR), basado en los principios matemáticos de la teoría de conjuntos y la lógica predictiva; consistía en el manejo de tablas, filas y columnas utilizando un conjunto de operaciones lógicas. Asimismo, uno de los avances más importantes en los 70's fue el desarrollo de SQL (Structured Query Language), un lenguaje para el manejo de bases de datos relacionales, basado en el álgebra relacional [9].

Sin embargo, el primer producto de BDR comercial fue el SMBD Oracle, lanzado en 1979 al mercado [22]. En esa época las bases de datos relacionales se fueron aceptando y adoptando poco a poco por empresas y organizaciones, ganando popularidad y convirtiéndose en una de las principales herramientas para la gestión de

información. A pesar de la popularidad y fuerza que ganó el uso de los SMBD, la búsqueda de mejores opciones y el desarrollo de nuevas tecnologías llevó al surgimiento de las bases de datos relacionales orientadas a objetos, que más tarde pasarían a ser bases de datos orientadas a objetos [29], aunque solo pocos SMBD adoptaron esta propuesta entre ellos Oracle y PostgreSQL.

Para mediados de 1990 el acceso a una base de datos se logró a través de Internet, lo que abrió camino hacia nuevas áreas de implementación de los SMBDs; además permitió la creación de sitios Web más dinámicos, haciendo que Internet ganara popularidad para el comercio electrónico, sistemas de información, etcétera. En la década de los noventas el auge de Internet y las bases de datos comienza a integrar lenguajes como XML (eXtensible Markup Language) en las aplicaciones, además de que el número de desarrolladores y usuarios aumenta impulsando el uso de los SMBD.

Con el surgimiento de nuevas tecnologías de comunicación inalámbrica y de dispositivos móviles (DM), se logró el desarrollo de la Computación Móvil (CM) que se caracteriza por la independencia en localización, movimiento y plataforma en los dispositivos [2]. Por otra parte, la necesidad de gestionar información desde un ambiente móvil y la popularidad de las bases de datos, motivó al desarrollo de los Sistemas Manejadores de Bases de Datos Móviles (SMBDm). En la figura 1 se describe el desarrollo histórico de los SMBD.

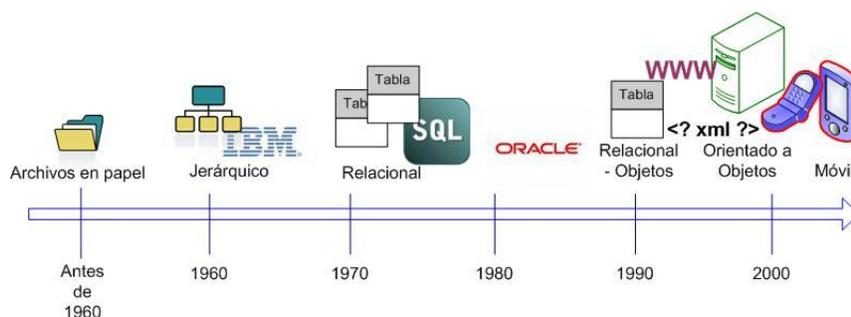


Fig. 1. Desarrollo histórico de los SMBD

En el campo de los SMBDm, se han desarrollado importantes aplicaciones, desde versiones limitadas para ejecutarse en un DM para después sincronizarse con el servidor central, hasta productos que van inmersos (embebidos) en las aplicaciones. En [21] se describe Oracle Lite, un SMDBm con una arquitectura cliente/servidor, dirigido a dispositivos con plataforma de Windows Mobile, Symbian OS y Linux. En [11] se describe IBM DB2 Everyplace Database Edition, que es una base de datos móvil de alto rendimiento, se integra con IBM WebSphere Everyplace Access e IBM WebSphere Everyplace Server; es una base de datos relacional para plataformas PalmOS y Windows CE. En [18] se describe MSSQL CE, base de datos compacta diseñada para admitir una gran lista de dispositivos inteligentes y Tablets PC; utiliza la sintaxis de SQL para las consultas y permite su integración con Microsoft SQL Server 2005. En [24] se describe PointBase, un SMDBm desarrollado en Java y por lo tanto compatible con J2ME, el cual se ofrece en cuatro versiones: Embedded, Micro,

Server y UniSync. En [27] se describe SQL Anywhere, SMDm que provee de tecnología para el intercambio y gestión de datos desde un dispositivo móvil; diseñado para plataformas Windows Mobile 5 y 6 (PocketPC y Smartphone).

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección dos se presenta el estado del arte de las tecnologías asociadas con los SMDm. En la sección tres se describe la arquitectura y características de cinco de los SMDm más comerciales hoy día. En la sección cuatro se lleva a cabo una discusión y tabla comparativa de estos SMDm y finalmente las conclusiones.

2 Estado del Arte

2.1 Tecnologías Inalámbricas

Desde el surgimiento de las tecnologías inalámbricas como medio de comunicación e interacción entre dispositivos, su mejoramiento y avances han sido constantes. Han permitido transmitir información desde puntos que no se creían accesibles y mejorar la comunicación entre dispositivos móviles y fijos.

Entre las principales tecnologías está LMDS (Local Multipoint Distribution Service) [23], que es una conexión bidireccional de punto a multipunto, es de banda ancha y para la cual es necesario tener licencia; permite los servicios de telefonía, datos, televisión multicanal y servicios interactivos multimedia. Por otro lado Wi-Max (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es una tecnología de banda ancha de rápido despliegue, punto a multipunto y económica ya que no requiere de cableado. Permite la conexión de múltiples usuarios, los cuales deben instalar una antena para la recepción de señal y da acceso a servicios de voz (VoIP), datos y video [1]. Una de las tecnologías inalámbricas más populares es Wi-Fi (Wireless Fidelity) la cual permite la interconexión de varios dispositivos (Computadoras personales, agendas electrónicas, etcétera) de manera local, tiene como ventaja que no requiere de cableado y que permite la movilidad en el área de cobertura, además de que trabaja en las bandas libres de 2,4 y 5 GHz; solamente requiere de un punto de acceso para el área y una tarjeta Wi-fi en cada equipo [8]. Por otro lado, el Internet vía Satélite [10] o Satelital está basado en el acceso a la red a través del intercambio de ondas electromagnéticas a frecuencias muy altas con un satélite en órbita geoestacionaria, aproximadamente a 36000 Km. Se requiere de una antena para captar la señal y un módem "DVB" para decodificarla, estos se conectan a través de cable coaxial, y para enviar datos se requiere de una red telefónica o utilizar el mismo satélite. Una tecnología utilizada para la comunicación de corto alcance son las ondas infrarrojas [14], su uso es limitado pero puede encontrarse en computadoras portátiles e impresoras. Otra tecnología inalámbrica de corto alcance es Bluetooth [28], la cual surgió para sustituir el uso de cables en las redes logrando la conexión de dispositivos móviles y de hardware como impresoras, escaners y cámaras digitales a una computadora para permitir el intercambio de información. El único requisito es estar dentro del alcance de la red.

2.2 Cómputo Móvil

El cómputo móvil [12], también conocido como cómputo nómada, es el resultado de reunir en un mismo ambiente dispositivos móviles de distintas capacidades físicas, como memoria y energía, que a través de una conexión inalámbrica acceden a una red para intercambiar información y compartir recursos, ofreciendo a los usuarios movilidad y portabilidad. Ganó popularidad gracias al surgimiento de poderosas tecnologías de comunicación inalámbrica como el Bluetooth, Wi-Fi y Wi-Max.

Sin embargo, la computación móvil sigue enfrentándose a grandes retos, principalmente de infraestructura, ya que los dispositivos aún presentan ciertas deficiencias en el rendimiento de energía, en la capacidad de procesamiento, de memoria y conectividad.

2.2.1 Dispositivos móviles

Entre los dispositivos móviles de mayor interés para los usuarios se encuentran los teléfonos celulares e inteligentes. Un teléfono celular comúnmente se compone de un CPU, memoria, memoria flash para almacenamiento, conexión a red y batería aunque últimamente llevan incluido características como GPS, cámara fotográfica, reproductor de música y video [20]. Por otra parte, los teléfonos inteligentes están comenzando a trabajar con procesadores multi-núcleo, aunque el principal enfoque de diseño es el consumo de energía. Los procesadores multi-núcleo ofrecen una funcionalidad asimétrica que permite al dispositivo apagarse y encenderse dinámicamente para reducir el consumo de energía. Todos estos avances en los teléfonos móviles permiten que se pueda manejar más datos en ellos, pero requieren de mejores soluciones para la administración de información [20].

Los dispositivos móviles presentan las siguientes desventajas:

- Desconexiones frecuentes debido a que los clientes móviles no permanecen conectados de manera continua en una misma red, algunas veces porque el dispositivo es encendido y apagado, otras veces porque el cliente decide desconectarse para conectarse a otra red.
- Presentan limitaciones en los recursos de energía, teniendo muchas veces una cantidad de carga limitada.
- El tamaño de la pantalla que tienen algunos de los dispositivos muchas veces es muy pequeña y la información no es desplegada de la mejor manera.

3 Manejadores de bases de datos para dispositivos móviles

Una base de datos se define como un conjunto de tablas relacionadas entre sí, que permiten almacenar una gran cantidad de datos de manera estructurada. Estos datos constituyen un recurso esencial para todas las organizaciones [4]. Se puede considerar a una base de datos como un contenedor o depósito de un conjunto de archivos de datos computarizados, sobre los cuales un usuario puede realizar gran cantidad de

operaciones: agregar nuevos archivos, insertar datos, recuperar o consultar datos, hacer modificaciones y eliminar datos [7].

Las bases de datos móviles se consideran las bases de datos de nueva generación, ya que van dirigidas a sistemas informáticos portátiles como computadoras personales y dispositivos móviles que se conectan con las estaciones base (servidores) mediante redes de comunicación digitales inalámbricas, además deben funcionar mientras estén desconectadas de la red a diferencia de los sistemas de bases de datos fijos. Las bases de datos móviles utilizan técnicas especiales para la administración de memoria debido a la capacidad de almacenamiento limitada con la que cuentan los dispositivos móviles [3, 26]. Además, el hecho de que se almacenen en el teléfono móvil o computadora personal permite a los usuarios realizar operaciones sobre la información sin necesidad de estar conectados a una red, y sincronizar o consultar datos de los servidores en el momento que se tenga acceso a una conexión inalámbrica [13, 26]. Todas las funcionalidades de una base de datos y las comunicaciones inalámbricas las provee un SMBDm [15], cuya arquitectura es descrita en la figura 2.

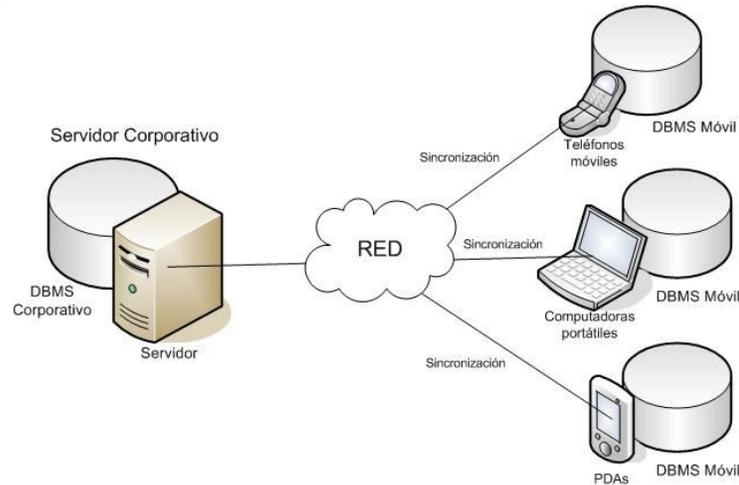


Fig. 2. Sistema de Bases de Datos Móvil

A continuación se describen cinco de los SMBDm más comerciales, sus características, arquitectura, etc.

3.1 PointBase

PointBase Inc. comenzó a operar en 1998, desarrollando SMBDs de footprint pequeño y dirigidos a dispositivos móviles [19]. La compañía desarrolló hasta la versión 4.7 de PointBase Micro, que fue lanzada al mercado en el año 2003 [24]; en ese mismo año DataMirror Mobile Solutions compró PointBase Inc y continuó con el desarrollo de nuevas versiones del SMBD, iniciando con la versión 4.8 lanzada en el año 2004 [6] hasta que IBM adquirió DataMirror en el año 2007. Desde entonces,

PointBase Micro ha pasado por varias versiones, de la 5.1 a la 5.7 que es la última versión disponible hoy día del manejador [5].

PointBase Micro tiene el mejor soporte CLDC/MIDP [13]. Es un manejador de base de datos relacional muy pequeño con soporte de SQL y está optimizada para la plataforma de Java-J2ME. En la figura 3 se puede apreciar la capa de software que PointBase Micro implementa.

Las principales características de PointBase Micro son:

- Es portable, permite su ejecución en distintas plataformas.
- Footprint pequeño, menor a 45 KB para J2ME CLDC/MIDP y menor a 90 KB para CDC (Connected Device Configuration).
- Utiliza un subconjunto de SQL 92 para realizar consultas.
- La API se deriva de JDBC para MIDP.
- Es compatible con distintos Sistemas Operativos: Palm OS, Windows CE/Pocket PC, RIM OS y Symbian OS.



Fig. 3. Arquitectura de PointBase

PointBase provee de dos APIs para la versión Micro:

- JDBC API para J2SE & J2ME/CDC.
- Subconjunto de JDBC API para J2ME/MIDP.

PointBase Micro utiliza la segunda API, también conocida como LiteAPI (descrita en la figura 4). Fue escrita para proveer al usuario de una interfaz de bases de datos en J2ME/MIDP que es muy similar a JDBC. Las clases que conforman a la API están localizadas en el paquete *com.pointbase.me*. La diferencia entre la LiteAPI y la API para JDBC dirigida a plataformas J2SE y J2ME/CDC está en las clases tipo Fecha que son utilizadas para representar los tipos de datos de SQL DATE, TIME, TIMESTAMP y DECIMAL; esta diferencia se debe a que las clases e interfaces del paquete *java.sql* no están disponibles para J2ME/MIDP; LiteAPI usa DATE, TIME y TIMESTAMP de la clase *java.util.Date* y para valores decimales utiliza *com.pointbase.me.Decimal* [24].

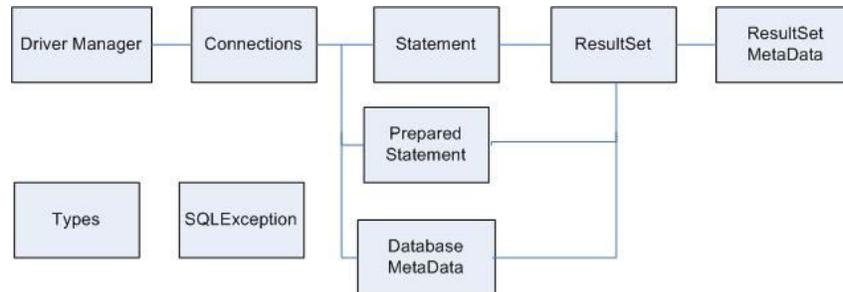


Fig. 4. API Lite de PointBase Micro

3.2 SQLAnywhere

Es una base de datos móvil relacional que provee de tecnología para el intercambio y la gestión de datos desde un dispositivo móvil. Está diseñado para dispositivos con plataforma Windows Mobile 5 para Pocket PC y Smartphone, y Windows Mobile 6. SQL Anywhere tiene soporte para la interfaz ADO.NET, .NET OLE DB y ODBC; además permite usar cualquier lenguaje como: .NET, incluyendo C# y Visual Basic .NET para escribir procedimientos y funciones [27]. Como se muestra en la figura 5, su arquitectura es de tipo Cliente – Servidor, cuenta con un footprint pequeño, menor a 150 KB, permite conexiones simultáneas y utiliza el sistema Mobilink Synchronization, que es un conjunto de tecnologías para la sincronización entre sistemas fijos y usuarios móviles [25].

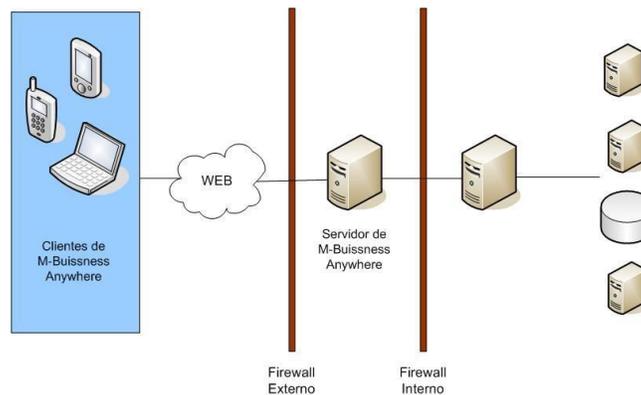


Fig. 5. Arquitectura de SQLAnywhere

3.3 DB2 EveryPlace

Desarrollada por la compañía IBM, DB2 Everyplace Database Edition es una base de datos móvil de alto rendimiento, que permite ampliar el alcance de las aplicaciones y datos empresariales a dispositivos móviles como asistentes digitales personales y teléfonos inteligentes. Tiene un reducido consumo de espacio y una de sus ventajas es que se integra con la gama de productos de informática móvil de IBM WebSphere Everyplace Access y WebSphere Everyplace Server.

Esta base de datos es relacional y está dirigida para plataformas PalmOS y Windows CE [11]. Utiliza una arquitectura Cliente – Servidor (ver Figura 6) y ofrece gran cantidad de productos de acuerdo a las necesidades de desarrollo que se tengan.

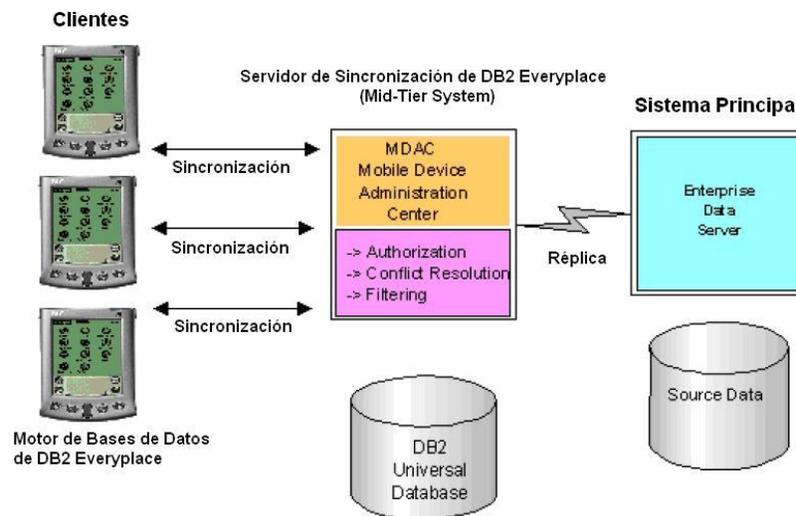


Fig. 6. Arquitectura de DB2 Everyplace

3.4 Oracle Lite

Este SMDm trabaja con una arquitectura Cliente – Servidor, descrita en la figura 7. El Cliente incluye un footprint pequeño de 1 Mb, optimizado para dispositivos de mano, computadoras portátiles y ambientes reducidos, además que cuenta con soporte multiusuario. Oracle Lite funciona sobre Windows Mobile, PocketPC, Symbian OS, y Linux. Utiliza SQL 92, procedimientos almacenados en Java, C++ y lenguajes basados en .NET como C#; cuenta con soporte de triggers, ODBC, JDBC y ADO .Net.

El Servidor Oracle Database Lite Mobile Server es necesario para permitir a los usuarios móviles sincronizar la información con la base de datos principal. La sincronización es uno de los principales elementos de la base de datos de Oracle.

Es una solución completa, que nos permite el despliegue de información sin conexión, ofrece métodos de administración y sincronización de dispositivos, además de una base de datos relacional segura, ligera y compatible con SQL [21].

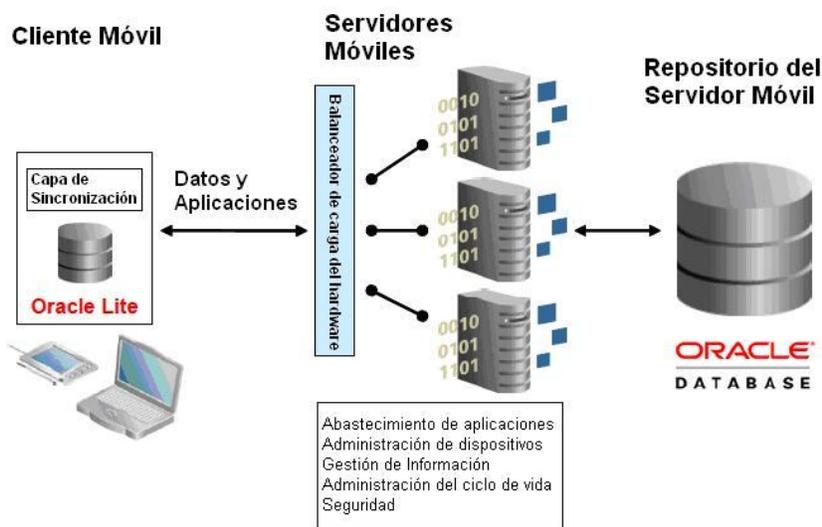


Fig. 7. Arquitectura de Oracle Lite

3.5 MSSQL CE

Desde que inició, SQL Server Compact Edition ha sufrido una serie de cambios y ha pasado por varias versiones, comenzando con SQL Server CE que se incluía en SQL Server 2000; con el lanzamiento de SQL Server 2005 al mercado, SQL Server CE cambió de nombre a SQL Server 2005 Mobile Edition, que estaba dirigido a Smartphones y PDAs [16].

MSSQL CE en su versión 2005 es una base de datos compacta que necesita menos de 2 MB de espacio en disco y solo 5 MB de memoria. Presenta gran variedad de funciones y fue diseñada para admitir una gran lista de dispositivos inteligentes y Tablets PC. Cuenta con un motor de base de Datos compacto y un sólido optimizador de consultas, permite el acceso a datos remotos y replica de mezcla para sincronizar datos; utiliza un subconjunto de sintaxis de SQL para las consultas, y se integra fácilmente con Microsoft SQL Server 2005 [18]. La arquitectura está formada por un entorno de desarrollo, un Cliente y el Servidor (ver Figura 8), a diferencia de la nueva versión del manejador, que utiliza una arquitectura embebida. El entorno de desarrollo incluye el equipo en donde se desarrollan las aplicaciones, el cual debe tener Microsoft Visual Studio 2005 con .NET Compact Framework. El entorno Cliente se compone de uno o varios dispositivos compatibles en donde se implementa la aplicación y SQL Server Compact Edition, la sincronización puede ser a través de

Microsoft ActiveSync o de la red. El entorno servidor está formado por uno o varios equipos en los que se ejecutan los servicios de Microsoft Internet Information Server (IIS) y una instancia de Microsoft SQL Server o datos propagados para un origen de datos heterogéneo. IIS es necesario para el intercambio de datos entre Servidores y clientes [18].

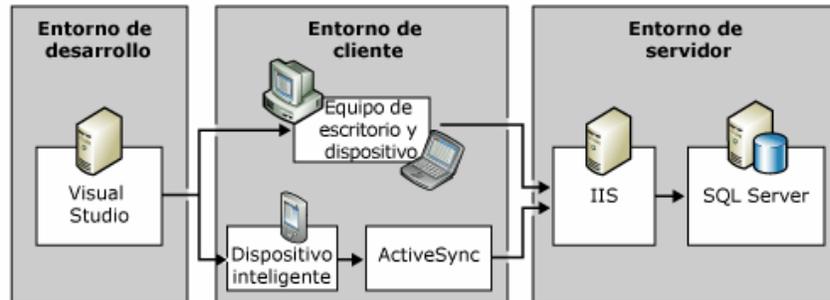


Fig. 8. Arquitectura de MSSQL CE

Actualmente está disponible la versión de SQL Server 2008, que ofrece una nueva solución de Compact Edition, la versión 3.5 Service Pack 1, la cual permite la instalación de una pequeña base de datos SQL Server en un dispositivo móvil con plataforma Windows Mobile. Esta última versión de MSSQL CE es una base de datos servidor SQL *embebido*, gratuito, ideal para la construcción de aplicaciones independientes y que ocasionalmente están conectadas; está dirigido a dispositivos móviles, computadoras de escritorio y clientes Web.

4. Discusión

Las bases de datos se han convertido en una de las herramientas para la administración de información más utilizadas por empresas, instituciones y personas. Sin embargo, la necesidad de movilidad llevó al desarrollo de los SMBDm, permitiendo trabajar con la información almacenada en los grandes servidores corporativos o de información institucional a distancia, utilizando la tecnología inalámbrica y dispositivos móviles como medios.

Las grandes empresas como ORACLE, IBM, Microsoft, entre otras; han comenzado a ofrecer sus productos en plataformas que permiten su uso en teléfonos celulares, agendas personales, etcétera; son soluciones completas, que permiten el manejo de gran cantidad de información utilizando recursos de almacenamiento, procesamiento y energía limitados, características que distinguen a los dispositivos móviles.

En la Tabla 1 se muestran las principales características de los SMBDm comerciales de mayor uso; estos productos pertenecen a grandes compañías de desarrollo de Software y/o especializadas en el desarrollo de SMBD.

Tabla 1. SMBDm más importantes y sus principales características.

	Pointbase Micro	SQL Anywhere	DB2 Everyplace	Oracle Lite	MSSQL CE
Soporte SQL 92	Subconjunto	Si	Subconjunto	Si	Si
Transacciones	Si	No especifica	Si	Si	Si
Sincronización Inalámbrica	Si	Si	Si	Si	Si
Encriptación SSL	Si	No especifica	No especifica	Si	Si
JDBC	Si	No especifica	Si	Si	Si
ODBC	No	No especifica	Si	Si	Si (ADO.NET)
Conexiones simultaneas	Si	Si	Si	Si	Si
Motor Embebido	Si	No	No	No	Si en versión 3.5

La selección de un sistema manejador de bases de datos móvil depende en gran medida de las necesidades del usuario a quien va dirigida la aplicación o sistema y las características de los dispositivos móviles con los que se trabajará.

En todo caso, si ya cuenta con algún SMBD "fijo" de las compañías ya citadas, la mejor opción es adquirir la versión del mismo para el dispositivo móvil; por cuestiones de compatibilidad y facilidad de configuración, por ejemplo Oracle Lite para versiones de ORACLE, o DB2 Everyplace de IBM, etcétera. Por otra parte, si la plataforma de desarrollo utilizada es Microsoft, lo mejor es usar MSSQL CE o SQL Anywhere, soluciones completas para plataformas .NET, aunque la segunda es un poco más limitada. Si desarrolla en la plataforma de Java, PointBase Micro es una solución excelente ya que la base de datos puede estar embebida en las aplicaciones, debido al footprint pequeño, es compatible con J2ME y es fácil de implementar. Por otra parte la nueva versión de MSSQL CE, incluida en SQL Server 2008, es una solución más para aplicaciones que requieren de una base de datos embebida, ya que es ligera y permite el manejo de gran cantidad de información, además que su compatibilidad con los productos de Microsoft la hace una opción interesante.

Una característica importante que presentan todos los SMBDm (ver Tabla 1), es el uso de un subconjunto del lenguaje SQL, que es uno de los principales para el manejo de bases de datos. Además la posibilidad de sincronizar de manera inalámbrica la información de nuestro dispositivo móvil con los grandes servidores, permite la movilidad de los usuarios así como la disponibilidad y actualización constante de la información.

Sin duda, las ventajas de poder manipular una base de datos desde un dispositivo móvil son muchas; manejos de inventario sin necesidad de cables, consultas de expedientes o información importante de clientes, pedidos, alumnos; administración de recursos, ventas, compras y transacciones; agendas telefónicas y un sin fin de aplicaciones más, que sin duda facilitan en gran medida las actividades diarias de empresarios, trabajadores y usuarios.

5. Conclusiones

La necesidad de mantener organizada y almacenada la información de manera persistente, llevó al surgimiento de las bases de datos, que en sus inicios se basaban en sistemas manuales para la administración de archivos en papel; poco a poco los avances tecnológicos llevaron a estos sistemas a las computadoras, comenzando así el desarrollo de los grandes sistemas manejadores de bases de datos, que seguimos utilizando actualmente. Además del Internet y el surgimiento de lenguajes de programación que permitían una mejor manipulación de los SMD, el cómputo móvil influyó de manera importante en el desarrollo de aplicaciones para el manejo de información, ya que la necesidad de gestionar datos se trasladó a las plataformas móviles, surgiendo así los sistemas manejadores de bases de datos móviles o SMDm.

En este artículo se presentaron cinco manejadores de bases de datos móviles con características ideales para clientes en movimiento. Provenientes de compañías como Microsoft, Oracle e IBM que comenzaron a desarrollar sus productos dirigiéndolos a plataformas móviles, para ofrecer soluciones completas a corporativos, empresas y usuarios que comenzaban a involucrar dispositivos móviles para la realización de sus actividades diarias. Asimismo, se presentaron sus principales características con respecto a: soporte de transacciones, compatibilidad con la norma ANSI-SQL92, encriptamiento, conectividad vía JDBC/ODBC entre otros.

Sin duda la tendencia al uso de los dispositivos móviles seguirá creciendo, el desarrollo de nuevas y mejores SMDm continuará y la movilidad seguirá tomando parte de nuestras vidas, por lo que el desarrollo de aplicaciones para dispositivos móviles presenta nuevos retos en los próximos años.

Agradecimientos. Este trabajo está soportado por el proyecto “Suite de Servicios para Usuarios de Dispositivos Móviles (SUSEDIM)” clave 886.08-P financiado por la DGEST, y ha sido desarrollado durante el XXI Verano Científico de la AMC y el XIV Verano de la Investigación Científica del Programa DELFIN.

6. Referencias

1. Andrews, J.G., Ghosh, A., Muhamed, R.: *Fundamentals of WiMAX*. Prentice-Hall (2007)
2. Bagrodia, R., Chu, W.W., Keinrock, L., Popek, G.: *Vision, Issues and Architecture for Nomadic Computing*. In: IEEE, *Personal Communications*, Volume 2, Issue 6, pp. 14–27 (1995)
3. Barbará, D.: *Mobile Computing and Databases – A Survey*. In: IEEE *Transactions on knowledge and data engineering*. Volume 11, No. 1 (1999)
4. Batni, C., Navathe, S.B., Ceri, S., García, A.V. M., Romero Ibancos, D.: *Diseño conceptual de BD*. Addison Wesley/ Diaz de Santos (2004)
5. *DataMirror An IBM Company.: PointBase Embedded Developer’s Guide Version 5.7* (2007)
6. *DataMirror Mobile Sol. Inc: PointBase System Guide Version 4.8* (2004)

7. Date, C.J.: Introducción a los Sistemas de Bases de Datos. Prentice Hall 7ª Edición. México (2001)
8. Ferro, E., Potorti, F.: Bluetooth and WI-FI Wireless Protocols: A Survey and a Comparision. In: IEEE Wireless Communications, Volume 12, Issue 1, pp 12 – 26 (2004)
9. Groff, G.R., Weinberg, P.N.: The Complete Reference SQL. McGraw-Hill, Second Edition (2002)
10. Hu, Y, Li, O.K.: Satellite-based Internet: a tutorial. In: IEEE, Communication Magazine, Volume 39, No. 3, pp. 154 – 162 (2001)
11. IBM: IBM WebSphere Everyplace Suite v1.1 (2000)
12. Imielinski, T., Korth, H.F.: Mobile Computing Chapter 1. Introduction to Mobile Computing, Kluwer Academic Publishers (1996)
13. Juntao Yuan, M.: Enterprise J2ME Developing Mobile Java Applications. Prentice Hall, USA (2007)
14. Kahn, J.M., Barry, J.R.: Wireless Infrared Communications. In: Proceedings of the IEEE, Volume 85, No. 2 (1997)
15. Kumar, V.: Mobile Databases Systems. Computer Science and Informatics University of Missouri. Wiley – Interscience (2006)
16. Leiter, C., Wood, D., Cierkowski, M., Boettger, A.: Beginning Microsoft SQL Server 2008 Administration (2009)
17. McGee, W.C.: The information management system IMS/VS. Part 1: General Structure and Operation. In: IBM System Journal (1977)
18. Microsoft Corporation: Información General de SQL Server 2005 Compact Edition. MSDN (2009)
19. Newswire, P.R.: PointBase Extends 100% Pure Java Database to Include Devices Internet Appliances and Embedded Servers (1999)
20. Nori, A.K.: Mobile and Embedded Databases. In: ACM International Conference on Management of Data (2007)
21. Oracle: Oracle Database Lite 10Gr3. Technical White Paper (2008)
22. Oracle: Oracle Timeline, <http://www.oracle.com/timeline/index.html>
23. Papazian, P.B., Hufford, G.A., Achatz, R.J., Hoffman, R.: Study of the Local Multipoint Distribution Service Radio Channel. In: IEEE Transactions on Broadcasting, Volume 43, Number 2 (2008)
24. PointBase: Micro Developer's Guide. Version 4.7 (2003)
25. Reyna, A., Gama-Moreno, L.: Manejador de Archivos Embebido para Dispositivos Móviles. Tesis de Maestría. Inst. Tec. de Zacatepec (2005)
26. Silbershatz, A., Korth, H.F., Sudarshan, S.: Fundamentos de Diseño de Bases de Datos. McGrawHill 5ª Edición. Madrid (2006)
27. SQL Anywhere 11 and Microsoft .NET: A whitepaper from Sybase iAnywhere. Whitepaper (2008)
28. Tanebaum, A.S.: Redes de Computadoras. Cuarta Edición, Pearson – Prentice Hall (2003)
29. Ward, P., Dafoulas, G.: Database Management Systems. Thomson, Middlesex University Press (2006)