

基于移动数据库的嵌入式程序开发研究

陆志平, 周金海, 李玲玉, 张新娄

(南京中医药大学 信息技术学院, 江苏 南京 210046)

摘要:在嵌入式程序的开发过程中,很多情况下需要各种数据的支持,目前常用的方式有两种,一种是通过网络与网络服务器连接从而获得数据,另外一种方式是通过移动数据库在嵌入式设备本地建立数据库,嵌入式移动数据库为大容量的数据的移动存储提供了解决方案。分析嵌入式移动数据库在嵌入式程序开发中需解决的几个关键技术、整个系统及其嵌入式数据库的结构,可以看出移动数据库在开发过程中的功能和重要作用。分析表明嵌入式移动数据库为在移动数据的存储及应用上有着领先的技术优势及发展前景。

关键词:嵌入式移动数据库;嵌入式操作系统;关键技术;系统结构

中图分类号:TP311

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2010)12-0094-05

Research on Application Based on Mobile Database in Embedded Program

LU Zhi-ping, ZHOU Jin-hai, LI Ling-yu, ZHANG Xin-lou

(Information and Technology College, Nanjing University of Chinese
Medicine, Nanjing 210046, China)

Abstract: In the process of embedded program developing, many cases require the support of various data, currently used in two ways, one is connected through the network to network servers to access data, the other way is based on mobile database to establish a database of local in the embedded devices. Embedded mobile database provides a solution for mobile storage of high-capacity data. Analyzes several key technique and the structure of the entire system and embedded database, see the function and an important role in the development of mobile database. The results show that the application of embedded mobile database in mobile data storage has leading technical advantages and developing prospects.

Key words: embedded mobile database; embedded operating system; key techniques; system structure

0 引言

数据库技术是20世纪60年代开始兴起的一门新兴学科,是计算机学科中的一个重要分支。随着计算机在各行业的应用越来越广泛,数据处理显得越来越重要,数据库技术的应用也越来越广泛。数据库在发展的过程中,出现了集中式数据库系统、分布式数据库系统、嵌入式移动数据库系统等各种数据库系统。

移动数据库是指支持移动计算环境的分布式数据库,通常应用在移动电话、掌上电脑、PDA、车载设备等嵌入型设备中。数据库系统与嵌入式操作系统、应用程序集成在一起,运行在以上提到的各种嵌入式设备

上。嵌入式移动数据库涉及多项最新的前沿技术,如数据库技术、移动通讯技术、分布式计算技术等,在研究和应用方面非常活跃。

目前,嵌入式移动数据库技术已经从研究领域向更广泛的应用领域发展,与各种智能设备紧密结合的嵌入式移动数据库技术已经在学术、应用等方面引起了高度的关注。人们将发现,不久的将来,嵌入式移动数据库将无处不在。人们希望随时随地存取任意数据信息的愿望终将成为现实。

1 嵌入式开发环境

嵌入式操作系统作为连接硬件、承载应用的关键平台,具有举足轻重的作用,而针对不同的嵌入式操作系统,开发的环境、语言、接口都有很大的不同。目前市场上的嵌入式操作系统主要有以下几个: Windows Mobile、Linux、Symbian等。

收稿日期:2010-04-14;修回日期:2010-07-22

基金项目:江苏省自然科学基金计划项目(09KJB120002, 08KJD520020)

作者简介:陆志平(1978-),男,江苏南京人,讲师,硕士,研究方向为嵌入式技术开发。

1.1 Windows Mobile

Windows Mobile 是微软为智能移动终端设备使用的操作系统,Windows Mobile 将用户熟悉的桌面 Windows 扩展到了移动设备上。

2004 年,微软在“2004 微软移动开发者大会”上对外推出了其手机操作平台 Windows Mobile。

相对于其他智能操作系统,Windows Mobile 有个最大的优点,就是能实现使用 Windows 操作系统的电脑无缝连接,因为智能手机与电脑进行数据和影音交换的非常多,无缝连接可以更加方便快捷^[1]。

开发人员可以使用 Visual Studio 集成环境来开发包括面向 Pocket PC、Smartphone 以及其他基于 Windows CE .NET 平台的应用程序。可以使用 Visual C# 或 Visual Basic 来编写在 .NET Compact Framework 上运行的托管应用程序,开发环境还提供仿真程序,让程序员可以在开发计算机上运行和调试代码,如果没有智能设备,可以使用仿真技术在不离开 Visual Studio 集成开发环境的情况下创建和测试智能设备应用程序^[2]。

1.2 Linux

近年来,Linux 以自由、免费、开放源代码的特点,加上 IBM、SUN 等支持,Linux 在操作系统市场异军突起,服务器版的 Linux、桌面版的 Linux、嵌入式 Linux 已经广泛地投入应用,基于 Linux 的应用和应用开发渗透到各个领域,一部分手机厂商借机推出了 Linux 手机。

Linux 最大的特点是开放源代码,开放源代码有一个好处是允许手机制造商根据实际情况,有针对性地开发适合自己手机的 Linux 操作系统,这样既能让产品有特色,又能避免受制于人,还能够满足用户多方面的应用^[3]。到现在,手机的应用就由通话和简单的邮件传输,发展到 Web 浏览和拍照摄影、照片编辑、动画播放等多个方面。

采用的应用于智能手机上的 Linux 操作系统和用于电脑上的 Linux 操作系统是一个系统。Linux 操作系统资源占用率较低,而且性能比较稳定,运行速度快。在 JAVA 在手机上应用越来越广的时候,Linux + JAVA 的应用方式,能够给用户极大的拓展空间。

1.3 Symbian

由诺基亚、摩托罗拉和爱立信等几家联手组建的 Symbian 平台,是智能手机市场中应用最广泛的操作系统。

Symbian 是一个实时性、多任务的纯 32 位操作系统,具有功耗低、内存占用少等特点,非常适合手机的使用;支持 GPRS、蓝牙、SyncML,以及 3G 技术。与微

软产品不同的是,Symbian 将移动设备的通用技术,也就是操作系统的内核,与图形用户界面技术分开,能很好地适应不同方式输入的平台,也可以使厂商可以为自己的产品制作更加友好的操作界面,这也是 Symbian 系统不同于别的手机操作系统的主要原因^[4]。现在为这个平台开发的 java 程序已经非常多。用户可以通过安装这些软件,扩展手机功能。

Symbian 的开发环境可以从 nokia 的论坛上下载 Carbide. c + +,支持 C + + 语言,具有强大的开发能力和功能扩展。

2 嵌入式移动数据库

目前,主要的嵌入式移动数据库系统有 Oracle Lite、Sybase、SQL Server Mobile 等。

2.1 Oracle Lite

Oracle Lite 是 Oracle 在移动数据库上的产品。它可运行在 Plam OS、Pocket PC、Symbian OS 和 Win CE 等平台上。

Oracle 移动数据库通过 Oracle 移动服务器和后台 Oracle 数据库服务器同步。如果使用 Oracle Lite 移动研发工具来创建应用程式则移动服务器会自动为这个应用程式生成同步逻辑。Oracle Lite 支持所有基于 TCP/IP 的网络上的同步,包括 HTTP、CDPD(单元数字包数据 cellular digital packet data)、802.11b 无线局域网等^[5]。另外 Oracle 移动服务器支持非同时的同步。在高峰期每个设备只是把同步内容提交到一个队列中然后退出。异步操作是可扩展解决方案的关键。

在 MIDP(Mobile Information Device Profile,是为类似手机和 PDA 这样的无线通讯领域的嵌入式设备上的 Java 语言制订的规范)平台上 Oracle 提供 SODA(Simple Object Database Access),这个产品是基于 RMS(Record Management System)的。SODA 实际上是支持 MIDP 设备的面向对象数据库。它允许存储、搜索和恢复类似 JavaBean 的数据对象^[6]。

2.2 Sybase ianywhere

Sybase ianywhere 支持多种平台,包括 Linux、WinCE、Palm OS 和 Symbian 等嵌入式操作系统,具有强大的多 RDBMS(关系型数据库管理系统)同步解决方案、JDBC 和 ODBC 连接功能。

Sybase 在其数据库解决方案 SQL Anywhere Studio 中发布了 UltraLite 选项。UltraLite 是具有真正平台独立性的移动数据库,可以创建用于小型设备(例如手机、手持式计算机和嵌入式设备)的自定义解决方案。通过 UltraLite,开发者可以在嵌入式设备上记录和访问所需的数据,甚至在没有与网络通信的情况下也可

以如此。如果是较大的 SQL Anywhere 解决方案的一部分,可以实现以同步为中心的解决方案,该解决方案以适时和可靠的方式传递任务关键信息。作为 SQL Anywhere 部署的一部分,UltraLite 可以下载实时数据更新到远程和移动 UltraLite 数据库客户端^[7]。通过使用 MobiLink 服务器,可以将移动设备上的数据和网络上的统一数据源进行同步。

2.3 SQL Server Mobile

SQL Server Mobile 是一种功能全面的压缩数据库,能够支持广泛的智能设备。智能设备包括运行 Microsoft Windows CE、Microsoft Mobile Pocket PC 2003、Microsoft Mobile Version 5.0 Pocket PC 或 Microsoft Mobile Version 5.0 Smart Phone 的所有设备。增强的设备支持能力使得开发人员能够在许多设备上使用相同的数据库功能^[8]。

SQL Server Mobile 可以单独安装在智能设备上。远程数据访问(RDA)与合并复制确保可以将来自 SQL Server 数据库的数据传递到支持的设备上的 SQL Server Mobile。可以脱机操作这些数据,并在以后将其同步到服务器。

SQL Server Mobile 和 Microsoft .NET Compact Framework 通过使用 Microsoft Visual Studio .NET 集成在一起。这样可以简化支持的设备的数据库应用程序开发。通过使用 SQL Server Mobile 数据访问接口来管理公共语言运行时代码,移动软件开发人员可以利用断开连接方案的脱机数据管理能力来生成高度可扩展的应用程序^[9]。

3 嵌入式移动数据库的应用研究

3.1 系统设计结构

在嵌入式程序的开发过程中,整个系统的设计可以分为三层,其结构图如图 1 所示:远程层由移动数据库和应用程序组成,同步层由同步服务器和相应的同步脚本组成,统一数据库层可以由目前常见的企业级数数据库组成。

移动数据库可以使用参照数据库和应用程序源代码来生成关系数据库引擎,该引擎仅包含应用程序所使用的那些功能。每个查询都采用一个完整的访问计划进行存储,以便快速执行;执行需要的任务时需要的代码内置到了移动数据库引擎中。

3.2 移动数据库提供的功能

移动数据库能提供以下的功能:

表:一个移动数据库文件可以保存许多表。表中的列的数量和类型在设计时就固定下来,但每个表可以有任意数量的行(最大为 64 K)。每一行都有每一

列的一个条目。如果某条目没有包含任何值,则使用特殊的 NULL 条目。当设计数据库时,每个表应代表一个不同的项目类型,比如客户、雇员等等。

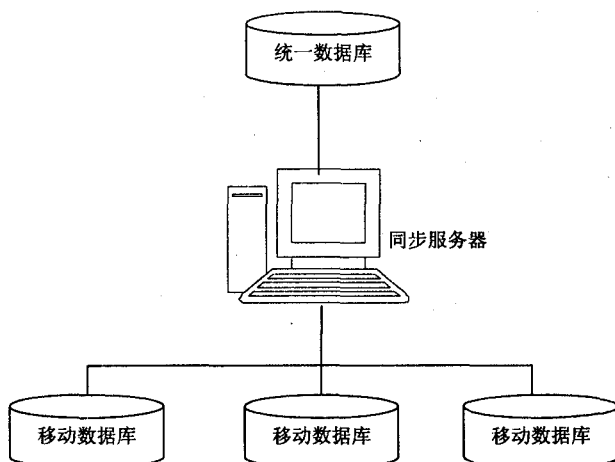


图 1 系统设计结构图

数据类型:移动数据库可以保存范围广泛的数据类型,以及缺省值和 NULL 值。

索引:关系数据库表中的行并没有排序。可以创建索引,以便按顺序访问行,并对数据进行快速访问。

键:每个表都有一个称为主键的特殊索引。主键列中的条目必须具有唯一性。外键将一个表中的数据与另一个表中的数据联系起来。外键列中的每个条目必须与另一个表的主键中的一个条目相对应。在两个表之间,主键和外键确保数据库具有参照完整性。

事务和恢复:移动数据库具有提交和回退功能,以及在出现设备故障时的自动恢复功能,可确保事务要么完全执行,要么根本不执行。

安全性:移动数据库通过提供用户鉴定和数据库加密以及在同步期间进行加密的功能,构建安全的应用程序。

3.3 移动数据库的数据体系结构

移动数据库是类似于统一数据库的关系数据库,但是规模较小。移动数据库是具有真正平台独立性的移动数据库,旨在创建用于移动设备的自定义解决方案^[10]。不过,除了作为数据库,移动数据库还提供了完整的数据库管理系统,如图 2 所示的数据、管理和开发层。

开发层:移动数据库支持各种编程接口,避免锁定到一个部署平台、开发工具或 IT 基础结构产品集。

数据管理层和同步客户端:可以使用也称为运行时或称为引擎的单独进程连接到移动数据库。进程控制连接和数据访问请求。它们还包括一个链接移动数据库和企业后端系统的内置双向同步客户端。

数据层:此层是作为文件或一系列数据记录存储

的本地数据存储库。

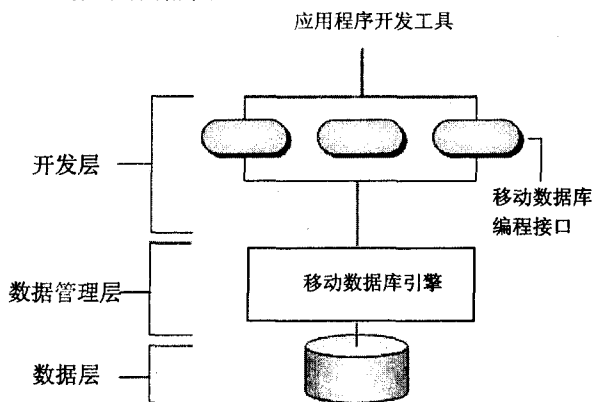


图 2 移动数据库体系结构

4 嵌入式移动数据库在嵌入式开发中需解决的关键技术

移动数据库在嵌入式程序的开发中必须解决好数据同步技术、查询优化与执行技术、数据安全性等问题。

4.1 数据同步技术

移动数据库的一个显著特点是移动终端之间以及与服务端之间的连接是一种弱连接,即低带宽、长延迟、不稳定和经常性的断开。

同步的设计用途是在间歇性地与一个或多个统一数据源连接的许多个远程应用程序之间同步数据。在同步应用程序中,远程客户端是移动数据库,而统一数据源是所支持的兼容 ODBC 的关系数据库之一,例如 SQL Anywhere、Oracle、Microsoft SQL Server 或 IBM DB2 等。此体系结构可以使用同步服务器 API 进行扩展,使得实际上在服务器端对于同步目标没有任何限制。

在所有同步应用程序中,同步服务器是同步过程的关键。同步通常是在移动数据库端连接到同步服务器时开始的。同步期间,嵌入式设备上的移动数据库端可以上载自上一次同步以来对远程数据库所做的更改。同步服务器收到这些数据时即会更新统一数据库,然后便可将统一数据库中的更改下载到远程数据库。

在设计同步系统中,需要注意的是主键是标识不同数据库(移动数据库和统一数据库)中相同行的唯一方式并且也是检测冲突的唯一方式^[11]。因此,同步应用程序必须遵守以下规则:

- (1) 每个要同步的表都必须有一个主键。
- (2) 绝不要更新主键的值。
- (3) 主键在所有已同步的数据库中都必须是唯一

的。

4.2 查询优化与执行技术

优化实质上就是为查询生成一个合适的访问计划。当对每个查询完成语法分析之后,优化程序将对该查询进行分析,并决定一个使用尽可能少的资源来计算结果的访问计划^[12]。如果在应用程序中使用游标,优化将在游标打开时开始。

一个语句从标注阶段开始到其执行结束要经过以下的几个阶段:

(1) 标注阶段:当数据库服务器收到一个查询时,它将使用分析器对该语句进行分析,然后将其转换为查询的代数表示形式,也称为分析树。

(2) 查询重写阶段:在此阶段中,查询将进行迭代语义转换。虽然查询仍以加标注的分析树的形式表示,但已应用了诸如连接排除、DISTINCT 排除和谓词重写等重写优化。此阶段中的语义转换根据语义转换规则执行,这些规则启发式地应用于分析树表示。

(3) 优化阶段:优化阶段使用查询的另一种内部表示形式,即查询优化结构,此结构通过分析树构建。

(4) 计划构建阶段:计划构建阶段将利用最佳访问计划并构建用于执行查询的查询执行计划的相应最终表示形式。

(5) 执行阶段:将使用前一阶段中构建的查询执行计划计算查询的结果。

优化程序的功能是将某些 SQL 语句(SELECT、INSERT、UPDATE 或 DELETE)转换成由各种关系代数运算符(连接、重复排除、联合等)组成的有效访问计划。访问计划中的运算符在结构上可能与初始 SQL 语句不同,但访问计划的各种运算符计算出的结果在语义上与 SQL 所请求的结果等效。

访问计划包括一个由关系代数运算符所组成的树,这些运算符从树叶开始,它们使用查询的基本输入(通常为表中的各行)并自下而上对各行进行处理,以便树根生成最终结果。

这些不同关系代数运算符可以有多种实现。例如,嵌套循环连接、合并连接和散列连接这三种不同的内连接。其中的每个运算符在特定环境中都有其各自的优点。查询优化程序会对一些参数进行分析以做出选择,这些参数包括高速缓存中表数据的数量、连接谓词的特征及选择性、输入到连接的顺序以及从中输出的顺序、可用于执行连接的内存量以及各种其它因素。

4.3 数据的安全性

嵌入式设备由于便携性比较好,会经常变换工作场地,如移动电话、掌上电脑等设备。并且缺省情况下,移动数据库在磁盘上没有经过加密。当使用诸如

十六进制编辑器这样的查看工具时,数据库中的文本和二进制列是直接可读的。这样随之而来存在很多不安全的隐患。如被盗窃或丢失等。所以,为了提高安全性,对数据进行安全处理是必不可少的,可以考虑采用以下一些方法来保证数据的安全性:

(1)登录认证:对用户进行认证,防止非法用户的登录。

(2)模糊处理:此选项用于防止对数据库中的数据进行不经意地访问。它提供的安全措施没有高度加密那么多。模糊处理对性能的影响最小。用户不需要提供相应的连接参数。不需要任何特殊配置就可以在设备上使用简单的模糊处理。

(3)高度加密:对数据库进行高度加密,例如可使用 AES 128 位算法对移动数据库进行高度加密,该算法用来对付技术高超而又决意要非法获取数据访问权的情况,使用高度加密确实可以提高安全性,但同时也会明显影响性能^[13]。

(4)加密通信流:同步服务器的同步流可使用公共/专用密钥加密流数据。为便于部署,可以在创建移动数据库时将证书嵌入其中。

5 结束语

近年来,嵌入式操作系统发展迅猛,例如 google 公司的手机操作系统 Android 从 08 年 8 月面世到现在 18 个月里取得的飞速发展。每日销售的 Android 手机数量超过 10 万部,Android 目前有超过 5 万个可用程序,超过 18 万的程序开发者。各类嵌入式操作系统对移动数据库系统的支持为移动数据库的发展开辟了巨大的发展空间。

在嵌入式移动数据库开发中,J2ME、C++、Microsoft 的 Visual studio 等开发技术为嵌入式程序的开发提供了强劲有力的支持,整合了移动数据库的客户端能够管理各类嵌入式设备上的复杂数据,并能在需要时和统一服务器同步。在任何时间,任何地点的自

由访问不仅方便了用户的使用,提高商业服务的水平,而且降低了运行成本。

随着智能移动终端的普及,各类应用程序的需求将呈爆炸式的增长。对数据的存储和处理要求也将越来越高,传统的文件处理已经显得力不从心,移动数据库的大容量、高性能、数据交换性等优势也越来越明显,在嵌入式程序的开发中,嵌入式数据库将作为数据存储处理的主要工具。

参考文献:

- [1] 魏格利,莫思,福特. Microsoft Mobile 移动开发宝典[M]. 张大威,译. 北京:清华大学出版社,2008.
- [2] Boling D. Windows CE6.0 开发者参考[M]. 何宗键,译. 北京:机械工业出版社,2009.
- [3] 吴士力,刘奇,朱兰. 嵌入式 Linux 应用开发全程解析与实战[M]. 北京:机械工业出版社,2010.
- [4] 莫里斯. Symbian OS 架构手册—手机操作系统设计与演进[M]. 陈广辉,译. 北京:人民邮电出版社,2008.
- [5] Loney K. Oracle Database 10g 完全参考手册[M]. 张立浩,尹志军,译. 北京:清华大学出版社,2006.
- [6] Mahmoud H Q. Wireless Java[M]. 北京:清华大学出版社,2002.
- [7] Berson A, Anderson G. Sybase and Client/Server Computing[M]. 2nd ed. 美国:世界图书出版公司,1999.
- [8] Andy Wigley. Microsoft Mobile Development Handbook[M]. 美国:Oversea Publishing House,2007.
- [9] 周书民,张天太,许志文. 嵌入式移动数据库的数据同步及其应用[J]. 微计算机信息,2007,23(5-2):79-80.
- [10] 冯玉芬. 嵌入式移动数据库的应用研究[J]. 嵌入式软件应用,2008,24(8-2):95-96.
- [11] 陈舒,姜宁康. 基于多方面完整性检测的移动数据库同步机制[J]. 计算机应用,2009,29:184-186.
- [12] 冯本勇. 数据库查询优化技术探讨[J]. 石家庄理工职业学院学术研究,2008,3(4):12-13.
- [13] 叶峰,袁家斌. AES 加密算法的密钥搜索量子线路设计[J]. 西南交通大学学报,2010,45(2):303-305.
- [10] 陈丹,罗忠何,华灿精. 细粒度分层编码技术综述[J]. 小型微型计算机系统,2002,23(8):1018-1021.
- [11] 李平,唐昆,肖嵩. 基于 Ad hoc 网络的联合多描述分层编码新方法[J]. 计算机应用研究,2008,25(2):572-574.
- [12] Farber N, Girod B. Robust H.263 compatible video transmission for mobile access to video servers[J]. Proc. Int. Conf. Image Processing, 1997,2(10):73-76.
- [7] Castro M, D ruschel P, Kermarrec A M, et al. SplitStream: High-bandwidth content distribution in a cooperative environment[C]// In: IPTPS'03. Berkeley: [s. n.], 2003.
- [8] 昌庆江,邹静娴,纪志成. 多描述分层编码技术的研究[J]. 数字电视与数字视频,2005(6):16-18.
- [9] 肖方明,郁梅,蒋刚毅,等. 基于宏块分裂的多描述视频分层编码方法研究[J]. 浙江大学学报(理学版),2005,32(5):523-538.

(上接第 11 页)

ACM NOSSDAV. Miami: [s. n.], 2002.