

嵌入式移动数据库现状与发展趋势

吴妮妮 陈蜀宇

(重庆大学软件学院网络技术与管理中心 重庆 400044)

摘要 阐述了嵌入式移动数据库的概况和技术现状,特别针对移动计算的特殊性分析了关键技术的差异与联系,提出了进一步的研究趋势。

关键词 嵌入式移动数据库,移动计算,移动事务处理

Research and Development Trend about Eembed Mobile Data Base

WU Wei-Wei CHENG Shu-Yu

(School of Software Engineering ,Chongqing University ,Chongqing 400044)

Abstract The system and research status about embedded mobile database are surveyed. Especially, the difference and relationship between the key technologies based the particularity in mobile computing environment are analysed. Finally, the possible directions of the future research is proposed.

Keywords Embedded mobile database, Mobile computation, Mobile affair transaction

随着人们对“远程办公”和“电子商务”的需求日益增多以及无线技术和移动计算的高速发展,对数据信息的应用时间、地点、时机、方式和方法等发生了许多全新的变化,大大促进了嵌入式移动数据库技术的快速发展。目前,嵌入式移动数据库已被广泛应用于商务、交通、保险等多个领域,如股市行情分析信息、交通信息等信息的接收与查询等。

1 嵌入式移动数据库

通常,移动数据库^[1]被应用于个人数字助理(PDA)、车载电话等嵌入式设备中,所以移动数据库也称为嵌入式移动数据库(Embedded Mobile Database, EMDb)。EMDb 介于嵌入式设备的操作系统和应用程序之间,为需要数据库功能的应用提供支撑和驱动。

嵌入式移动数据库系统一般由三类节点组成^[2]:服务器(Server)、移动支持节点(Mobile Support Station, MSS)和移动客户机(Mobile Client, MC)。服务器一般为固定节点,每个服务器维护一个本地数据库,服务器之间由可靠的高速互连网络连接在一起,构成一个传统意义上的分布式数据库。MSS 也位于固定的网络中,并有无线联网能力,用于支持一个无线网络单元(cell),该单元内的 MC 可以通过无线链路跟 MSS 通信,从而与整个固定网络连通,也可以接受由 MSS 发送的广播信息。而 MC 则具有移动性(即可以出现在任意一个无线网络单元中)。

目前典型的嵌入式移动数据库产品有 Oracle Lite、Sybase Adaptive Server Anywhere、IBM DB2 Everyplace 和 Microsoft SQL Server 等,国内的一些研究机构也积极开展了这方面的研究并推出了自己的产品。

2 嵌入式移动数据库的关键技术

由于移动环境的特点^[2],对嵌入式移动数据库提出了新

的技术要求。根据这一特点,许多学者对数据库关键技术(如事务处理和复制与缓存技术)开展了研究。

2.1 复制与缓存技术

理想的嵌入式移动数据库应该满足可用性和可伸缩性、移动性、可串行性和可收敛性四个目标^[2],决定了嵌入式移动数据库复制应该是一种异步复制,即系统允许移动工作站在网络断接的情况下,在本地复制数据,进行读写操作。当网络重新连接时,将本地修改的数据上传到网络上的固定主机,同时将固定书记副本上的修改下载本地数据库。在主拷贝更新复制协议的基础上的两级复制机制^[2],是假设移动数据库系统由两部分组成:连接在固定网络中的基节点、通过无线网络和基节点连接的移动节点。基节点维护数据库的一个复制(第一级复制),移动节点也存有数据库的复制(第二级复制)。国防科技大学提出了三级(Three-Tier Replication Architecture, 简称 TTR)复制体系结构^[2],由服务器级复制、空中复制、客户机缓存等三级复制机构构成。

Ding Zhi-ming 等^[3]提出了 TLRSP (Transaction-level Result-set Propagation)模型。在网络断连的情况下,MC 在本地数据库子集进行数据操作和事务处理;当网络恢复连接时,MC 再向数据库服务器提交本地已执行的事务,以此来保证数据的一致性。

同样,因为移动环境的不可靠性,使得客户缓存的作用尤为重要。缓存技术通过在客户机上缓存部分数据,达到减少访问数据库服务器的目的,从而提高了数据库的性能。Daniel Barbara 等^[4]提出了失效报告广播的方法:服务器中一定时间内将更新的数据组织在一起,周期性地广播给 MC。MC 收到广播后,与本地的缓存进行比较。如果它缓存的数据在广播中出现,则 MC 就将该数据项失效。在此基础上,SangKeun Lee 等^[5]提出了 instant-read 模式:MC 上的事务可以及时地读取数据,不需要等待服务器发出的失效报告。这

吴妮妮 硕士研究生,主要从事嵌入式软件、软件工程等研究工作;陈蜀宇 教授,博士生导师,主要从事嵌入式操作系统、数字终端、信息安全等研究工作。

种模式避免了 MC 上的事务被延迟执行的问题。为了克服失效报告广播技术的缺点,Chong-Sun Hwang 等^[2]提出了 non-period broadcasting 策略,但当数据更新较多时,使用该策略也存在在极端环境下(更新数据过多或过少)会降低系统事务处理能力,浪费通信带宽的问题。针对这个缺点,Shao Xiong-kai 和 Lu Yan-sheng^[5]提出了 DPBUR(Dynamic Periodic Broadcasting Report of Updating)策略。

另外,Borisy. Chan 等^[6]提出了新的缓存管理架构,他们认为以数据页为单位管理缓存并不适应移动计算的要求,并将缓存粒度分为三个不同的层次进行讨论。

2.2 移动事务处理

事务管理是嵌入式移动数据库的核心技术,主要用于维护数据的一致性,支持多用户的并发访问。嵌入式数据库系统中的事务处理必须充分考虑移动环境的限制和移动事务本身的特点,并提供对移动客户机断接操作的支持。根据移动计算环境的特点,移动事务处理具有移动性、长事务、易错性和异构性这几个特点^[2]。根据移动事务的这些特点,大部分事务模型都放松了 ACID 特性^[7],支持移动事务在断接状态下的阻塞执行,采用可适应性事务提交协议和恢复机制。目前,具有代表性的移动事务模型如下:

(1) Kangaroo 事务模型

Kangaroo Transaction(KT)使传统事务中的每个事务都由一系列读写操作构成,引入了“分割事务”的概念。当事务迁移时,迁移事务被分割成可串行的子事务,这些子事务可单独执行。随着进一步的研究,提出了改进模型,嵌套事务或者分割事务是可选择的,但保存点或分割点必须通过预提交操作明确指定。

(2) Clustering 事务模型

该模型是灵活的双层一致性事务模型,解决了频繁的断接操作的问题。将语义上相关或者相近的数据对象组合成簇,在簇内维护严格的一致性。而对于簇与簇之间要求不同簇的一致性,簇间一致性等级依赖于簇间网络连接状况。

(3) 可变一致性事务处理模型

该模型使即使是弱一致性应用也可能在必要的时候要求严格的一致性。为了满足这种应用的需求,文^[7]中提出了一种可变一致性的事务处理模型 VCSR。VCSR 系统中采用弱一致性复制策略,每个复制服务器都维护有数据库的一个完整复制,且都支持查询与更新操作。允许各个复制之间存在暂时的不一致,且对于要求严格一致性的应用执行强事务,而对于不要求严格一致性的应用执行弱事务。

除了上面提到的三种事务模型外,还可采用预写的方式来提高嵌套事务处理模型中的并行度,避免回滚和补偿操作。另外,文^[8]中针对移动事务访问系统中的并发控制和数据访问问题,提出了一种分层的并发控制算法;文^[9]中提出了一种能够增加移动工作站和固定主机上的数据可用性的移动事务处理模型,该模型在处理长事务时无需阻塞或者中断其它短事务;文^[10]中提出了一种可以提高本地数据库自治性的移动事务处理协议,当服务器向 MC 发送数据时,服务器也一并发送该数据与数据库中其它数据项的相关信息(如数据项之间的依赖关系)。在移动事务中还存在这样的问题:当服务器在广播数据时,如果数据更新事务也在服务器上同时执行,并且修改了被广播的数据项的值,这时在 MC 上的移动事务有可能获得不正确的数据值,则有 3 种 predeclaration-based 事务处理方法^[11]。

2.3 广播技术

由于移动环境中网络通信的不对称性,在嵌入式移动数据库中采用了广播技术^[12]:把许多移动单元都想获取的热点(hot spot)信息数据集中起来,按一定的策略以广播的方式周期进行发送。这一技术不但满足移动客户机的数据请求需要,而且可满足移动单元的数据刷新要求,可以使服务器支持大量的客户机,并且大大节省通信开销。

Acharya 等^[12]在不对称的通讯环境中引入广播磁盘(Broadcast Disks)的概念,其它的许多算法都以此为基础,加以改进。广播磁盘技术的研究分为服务器端(中心数据库服务器)和移动客户机端(移动单元)两部分。服务器端主要考虑广播数据的组织策略,客户机端则主要考虑 Cache 的管理,以及如何利用 Cache 技术进一步减少访问数据库响应时间的策略。

通常广播调度的研究被分为两个邻域^[13]:基于拉的方式(pull-based)和基于推的方式(push-based)。基于拉的算法^[13]可以使一个性能指标 stretch(请求响应时间除以被请求的数据项的大小)最小化。Vaidya 和 Hameed 为 push-based 的系统推出了最优化期望访问时间的公式,提出了广播调度问题与分组公平队列相关的观点。

当需要发送的热点信息较多时,移动单元为了接受自己所需的数据,有可能需要等待较长的时间,这就降低了移动单元的数据处理能力。为了解决这一问题,可采用将数据信息分割到不同的广播频道的方法^[14]。另外,在多通道广播技术中,需要通过不同的无线信道发送索引目录信息。Agustinus Borgy Walayo 等^[14]对索引目录发送的方式进行研究,并提出了三种不同的方法。

2.4 移动查询处理和优化

在移动计算环境中,存在与位置相关信息的查询和更新。为了有效地支持移动查询,在 EMDB 系统结构中,固定网络中间设立位置服务器。这些位置服务器彼此互联,并且通过固定网络与 MSS 联接。文^[2]中介绍了位置更新策略和位置相关查询优化,文^[15]中提出基于组缓冲的单点查询算法和基于代价的多点连接算法两种基本查询算法。

在实际应用中,用户可能需要访问跟它们地理位置相关的应用和数据,如查找陌生地方的信息、当地生活方式等数据信息。文^[16]中对位置相关数据(LDD)的管理进行了研究,提出了位置相关查询近似回答模型和位置相关查询处理模型,以及基于语义的位置相关数据管理。

移动查询优化技术是指在传统分布式数据库查询优化技术的基础上,利用多种方法消除带宽多样性、断接等因素造成的影响,使查询引擎能够根据当前可采用网络条件采取恰当的优化策略。文^[17]中将移动 Agent 引入移动数据库的查询中,对移动数据库查询进行优化。文^[18]中提出了 data windowing 方法,该方法能最大限度地使用缓存中的数据,从而实现数据库查询的最优化。

在移动计算环境中,许多信息都是快速持续变化的,如移动用户的地址等。针对这个情况,有一个简单的策略是:当 MC 移动时,实时向服务器报告它目前的位置。但在实际情况(如移动设备电量有限,频繁的通信会很快消耗完所有电量)中,该策略并不适用。文^[19]中进行了对持续的范围信息查询(Continuous Range Queries)的研究。

2.5 其它技术

2.5.1 Agent 技术

移动计算环境的特点,使传统的客户/服务器(C/S)模式不能满足移动计算的需要。将 Agent 技术引入到移动计算中,特别是移动数据库系统中,不仅可以大幅减少无线通信网络上的通信流量,还可以支持客户机的断接操作。Agent 实际上是一个主动的程序实体,它由某个源计算机产生后,就脱离该计算机的控制而自行执行。它可以在网络中漫游,逐个访问各个相关的服务器,也可以和其它 Agent 交互协作,直到完成用户赋予它的任务。

许多研究者都认识到:移动代理为解决信息的高效利用和复杂的分布式计算提供了一种符合现有网络特点的新思路。在文[7]中,提到一种基于代理的访问异构移动网络框架,通过数据访问代理和应用代理之间的协作来进行交互并执行事务。

2.5.2 数据安全

许多应用领域的嵌入式设备是系统中数据管理或处理的关键设备。同时,嵌入式设备又具有较高的移动性、便携性和非固定的工作环境等特点。这些都是嵌入式移动数据库的安全问题。

目前的安全措施有对 MC 进行认证,以防止没注册的 MC 进行欺骗性接入;对无线路径加密,以防止第三方盗用;对移动用户提供身份保护,以防止用户位置泄密或被跟踪等^[20]。

3 发展趋势

近年来,嵌入式移动数据库的研究取得不少进展,以下几个趋势值得关注:

①嵌入式移动数据库管理系统。由于移动设备的资源限制问题以及移动计算的特点,DBMS 除了必须具有很好的选择复制的能力外,还需要 DBMS 能充分实现系统的可定制性,能使用户对数据库进行零管理。所以,嵌入式移动数据库的管理系统也是一个值得研究的方向。

②数据库内核。由于移动计算机等智能设备的内存大小限制,使得其存储的数据十分有限,因此数据库的内核大小是实用中的一个关键问题。目前,大多数采取的方法是牺牲数据库的功能,以此来换取小的内核。如何使数据库在拥有小的内核的基础上,又能拥有完善的功能,是一个需要研究的方向。

③数据库可靠性。嵌入式移动数据库的应用越来越广泛,其功能也将不再限于简单的添加数据、删除数据等操作,尤其是在移动事务处理中,MC 可能不只同一个服务器进行数据处理。因此,如何提高数据库可靠性也是一个需要研究的方向。

④数据库安全性。嵌入式移动数据库不同于其它数据库,MC 可以在不同的地方、不同的网络中出现或者消失,带来了一些新的安全问题。因此,安全性也是一个重要的研究方向。

⑤数据库可移植性。目前,市场上的大多数嵌入式移动数据库都是针对某一个具体的操作平台或应用开发的,如何使嵌入式移动数据库能在各个平台上安全地跨平台操作,为嵌入式移动数据库的研究提出了新的挑战。因此,嵌入式移动数据库的可移植性也是一个需要研究的方向。

结束语 在嵌入式移动数据中还需要考虑诸多传统计算

环境下不易出现的问题,如查询优化的特殊考虑、提高有限资源的利用率、系统效率等,能够有效解决这些问题的复制/缓存、移动事务处理等技术仍在不断地发展和完善,它们也会进一步地促进嵌入式移动数据库技术的发展。

参考文献

- 1 曾宪权,冯玉东. 移动数据库技术研究与应用. 计算机时代, 2004(10)
- 2 何新贵,唐常杰,李霖,等. 特种数据库技术. 北京:科学出版社, 2000. 37~79
- 3 Ding Z M, Meng X F, Wang S. A novel conflict detection and resolution strategy based on TLRS in replicated mobile database systems. IEEE, 2001
- 4 邵雄凯,卢炎生,程学先. 动态调整移动数据库中失效报告时间窗口的大小. 计算机研究与发展, 2004, 41(7)
- 5 Shao X-K, Lu Y-S. Maintain cache consistency of mobile database using dynamical periodical broadcast strategy. In: Proc. of the Second International Conference on Machine Learning and Cybernetics, 2003
- 6 Chan B Y, Antonto SI*, Leong H V. A framework for cache management for mobile databases: Design and Evaluation. Distributed and Parallel Databases, 2001, 1(10): 23~57
- 7 徐进辉,徐明. 移动数据库事务处理模型研究. 计算机工程与科学, 2004, 26(4)
- 8 周艳芳,庄成三,刘丽丽. 移动数据库访问系统中的事务管理. 计算机应用, 2004, 24(3)
- 9 Madria S K, Bhargava B. A transaction model to improve data availability in mobile Computing. IEEE Distributed and Parallel Database, 2001, 10: 127~160
- 10 Chung II Y, Bhargava B, Mahoui M, et al. Autonomous transaction processing using data dependency in mobile environments. In: Proc. of the Ninth IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing System (FTDCS'03), 2003
- 11 Lee S K, Hwang C S, Kitsaregawa M. Using predeclaration for efficient read-only transaction processing in wireless data broadcast. IEEE Trans on Know and Data Eng. 2003, 25(6)
- 12 孙元超,邵时. 嵌入式移动数据库的客户机端 cache 管理. 计算机工程, 2004, 30(9)
- 13 王磊. 移动数据库中广播技术的研究: [硕士论文]. 华东师范大学, 2003
- 14 Walayo A B, Srinivasan B, Taniar D. A taxonomy of broadcast indexing schemes for multi channel data dissemination in mobile databases. In: IEEE Proc. of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Application (AINA'04), 2004
- 15 于玲. 移动数据库关键技术研究: [硕士论文]. 哈尔滨: 黑龙江大学, 2003
- 16 陈良刚. 移动计算环境中位置相关数据管理: [博士论文]. 上海: 复旦大学, 2003
- 17 李荣鑫,饶泓,陈炼,等. 基于移动 Agent 的移动数据库查询优化. 计算机与现代化, 2003(12)
- 18 Pisharath J, Choudhary A, Kandemir M. Data Windows: A Data-Centric Approach for Query Execution in Memory-Resident Databases. In: IEEE Proc. of the Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition, 2004. 1530~1591
- 19 Cai Y, Hua K A. Managing Continuous Range Queries in Mobile Database. In: IEEE, 2002
- 20 李鸣. 移动数据库的技术分析和应用介绍. 科技创业月刊, 2002(10)
- 21 胡志奇. 数据库安全与加密技术研究. 计算机与现代化, 2003(11)
- 22 王彤,王良. 嵌入式移动数据库的综述和评价. 计算机工程, 2001, 27(12)
- 23 Shepard S J. Embedded Database Can Power Emerging World of Information To Go. In: IEEE IT Proc. 2000