

# Research of Mobile Real-Time Database

Nan Yao, Guangwei Shang, Shaoli Quan

State Grid Nanyang Power Supply Company, Nanyang, Henan, China

**Abstract** - This paper mainly introduces the concept of mobile real-time database, composites the mobile and real-time application environment, and analyse the functional requirement of the mobile real-time database. It states the typical application of mobile communication, manufacturing industry, financial industry and so on. And from modules, such as mobile transaction model, data broadcasting strategy, the recovery of mobile database, discusses the key technologies of mobile real-time database.

**Keywords** - real-time database, real-time transaction, mobile real-time database

## 移动实时数据库的研究

尚光伟 姚楠 全少理

国网南阳供电公司，南阳，河南，中国

**摘要** 本文主要介绍了移动实时数据库的概念，综合移动与实时应用环境的特点分析了移动实时数据库功能需求，从移动通信、制造业、金融业等领域阐述了典型应用，并从移动事务模型、移动数据的复制和缓存技术、数据广播策略、移动数据库的恢复等模块讨论了移动实时数据库研究的关键技术。

**关键词** 实时数据库，实时事务，移动实时数据库

### 1. 引言

随着移动通信技术的迅速发展和使用，许多计算结点已经可以在自由移动的过程中保持与网络的连接，于是人们迫切需求能在任何时候、任何地点访问任何数据，这使得原来基于有线网络和固定主机的分布式数据库不再适应。因而，一种更加灵活、复杂的移动数据库技术便应运而生，并迅速成为新的研究热点。移动分布式实时数据库（以下简称移动实时数据库）作为其中一个重要研究方向正引起越来越多的关注。

本文主要介绍了移动实时数据库的概念，功能需求和应用方向，并讨论了移动实时数据库研究的关键技术。

### 2. 移动实时数据库概念

纵观数据库技术发展过程，计算环境和数据库技术基本保持着一种同步发展的态势，它们互相影响，互相促进。计算环境先后经历了集中式、分布式、网络以及目前受到广泛关注的移动计算环境 MCE(Mobile Computing Environment)等多种计算模式。相应地，数据库系统的发展也经历了集中式数据库系统、分布式数据

库系统、B/A/S 多层结构的数据库系统、嵌入式数据库系统和移动数据库系统等多个阶段。

移动计算环境是以分布式计算环境为基础进一步扩展为包含各种移动设备、具有无线通信能力的服务网络。一个典型的移动计算环境结构如图 1 所示，它由移动主机 MH (Mobile Host)、固定主机 FH (Fixed Host)、移动支持基站 MSS (Mobile Support Station) 以及连接它们的有线和无线网络组成。其中，MH 是指有能力通过无线链路 (Wireless Link) 同 MSS 通信的计算机；FH 和 MSS 都是位于固定网络的主机，它们之间的区别是 MSS 具有同 MH 进行通信的无线接口，而 FH 没有。移动主机可以与同一个 MSS 通信的地理区域称为该 MSS 的无线单元 (Wireless Cell)。一 MH 如果驻留在一 MSS 的无线单元内，则该 MH 对于 MSS 来说是本地的。

与基于固定网络的传统分布计算环境相比，移动计算环境具有移动性、频繁断接性、网络条件多样性、网络通信的非对称性、不可靠性、规模易变性及灵活性等特点。这些特点都要求移动数据库系统必须具有比传统客户/服务器及分布式数据库系统高得多的可伸缩性。同

时, 那些传统分布式计算和分布式数据库的研究基于有线网络和固定主机的默认隐含假设, 如固定连接、对等通讯代价、主机节点固定不变等在此也已不再成立。

移动实时数据库可以定义为: 事务和数据可以具有定时特性或显示定时限制、并运行在移动计算环境的数据库管理系统。移动实时数据库是在移动计算环境下的分布式、实时数据库, 其本质特征是实时处理、分布式计算和移动服务, 是这些技术与数据库技术的完善集成 (Seamless Integration)。由于移动实时数据库系统通常被应用在诸如过程控制系统、掌上电脑、PDA、车载设备、飞行装置、移动电话等嵌入式设施中, 因此, 有的又被称为嵌入式移动实时数据库系统。

### 3. 移动实时数据库的功能需求

大量移动设备的出现与使用给实时应用带来了新的机遇, 大大拓宽了实时数据库的应用领域, 如公共信息的实时发布系统、实时电子交易系统、移动导航系统等, 但同时也带来了新的挑战。移动实时应用的根本特性是其事务和数据具有移动性和定时特性, 但根据具体应用环境又具有不同的特点, 如可计划性、分布规律性、结构复杂性、可预报性、合作性、不可逆性等。因此, 这类应用包含了丰富的数据和事务语义及复杂的结构, 它们具有许多与传统应用不同的特征。

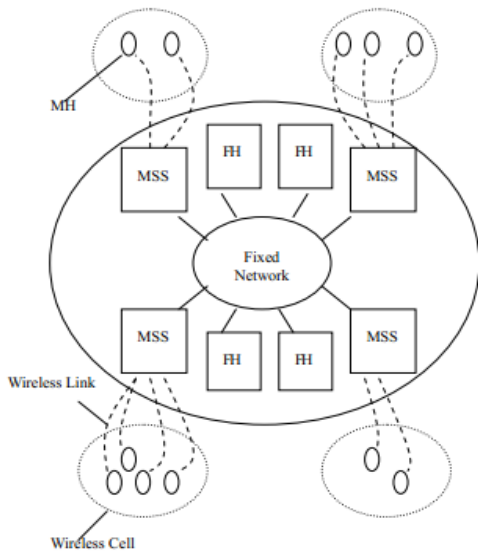


图1 典型移动计算环境结构

综合移动与实时应用环境的特点, 移动实时数据库管理系统的功能需求可概括如下:

(1)具有实时事务管理功能。提供复杂的实时嵌套事

务管理能力, 如根据事务的时间约束提供“识时”的事务预分析策略、“识时”的基于优先级的事务调度策略和并发控制机制等。

(2)具有主动服务功能。提供主动机制监视和探测所嵌入移动设备状态的变化或事件的发生, 并主动作出反应。

(3)支持移动性及位置相关性。MH可以在无线通讯单元内及单元间自由移动, 而且在移动的同时仍然可能保持通讯连接。此外, 应用程序及数据查询可能是位置相关的。因此, 要求移动实时数据库系统支持这种移动性, 解决过区切换问题, 并实现位置相关的查询处理。

(4)支持频繁的断接性。MH由于多种原因经常处于主动或被动的断接状态, 这要求移动主机上运行的事务在断接情况下仍能继续运行, 或者自动进入休眠状态, 而不会因网络断接而撤销。

(5)支持网络条件的多样性。在整个移动计算空间中, 不同的时间和地点连网条件相差十分悬殊。因此, 移动数据库系统应该提供充分的灵活性和适应性, 提供多种系统运行方式和资源优化方式, 以适应网络条件的变化。

(6)支持系统规模的变化。在移动计算环境下, 用户规模比常规网络环境庞大得多, 采用普通的处理方法将导致移动数据库系统的效率极为低下。

(7)支持数据库及其模式的移动抽取及生成。由于MH可嵌入特定环境, 能“即插即用”, 故要求系统必须能进行数据库及其模式的移动抽取及自动生成。

(8)提供完善的安全机制。由于移动计算平台可以远程访问系统资源, 从而带来新的不安全因素。此外, 移动主机遗失、失窃等现象也容易发生, 因此移动数据库系统应该提供比普通数据库系统更强的安全机制。

(9)适应有限的资源。移动设备的电源通常只能维持几个小时, 此外, 移动设备还受通讯带宽、存储容量、处理能力的限制。移动数据库系统必须充分考虑这些限制, 在查询优化、事务处理、存储管理等诸环节提高资源的利用效率。

(10)考虑网络通讯的非对称性。无线网络上行链路的通讯代价与下行链路有很大的差异。这要求在移动数据库的实现中充分考虑这种差异, 采用合适的方式(如数据广播)传递数据。

(11)适应多种嵌入式实时操作系统。移动实时数据库应能支持多种目前流行的嵌入式操作系统, 如Windows CE、Palm OS、QNX等。这样才能使嵌入式移动数据库管理系统不受移动终端的限制。

(12)支持多种连接协议。可以通过串行通信、TCP/IP、红外传输、蓝牙等多种连接方式实现与嵌入式设备和数据库服务器的连接。

(13)提供统一、标准接口。移动实时数据库应提供统一标准接口增强自身的通用性，扩大应用范围。

总之，在移动实时数据库管理系统中需要考虑诸多传统计算环境下不需要考虑的问题，如对断接操作的支持、对跨区长事务的支持、对位置相关查询的支持、对查询优化的特殊考虑以及对提高有限资源的利用率和系统效率的考虑等等。

#### 4. 移动实时数据库的典型应用

移动实时数据库技术的许多特性都与信息时代的需求特点相吻合，因此具有广泛的应用领域。下面我们列举移动实时数据库典型应用，以说明研究移动实时数据库技术的必要性。

##### (1)移动通信领域

大量的移动通信设备如手机、掌上电脑、PDA 等的出现为面向专门应用领域的嵌入式移动实时数据库提供了广阔应用空间和潜在市场前景。如移动用户可通过无线网络接受各种各样的公共信息，如实时股票行情、天气状况和交通信息等。

##### (2)股票交易系统

在股票交易过程中，需要主动实时地捕捉股票价格的变动信息、分析股票价格走势、及时做出决策、快速响应众多用户的查询要求，所以必须建立以主动实时数据库服务器为核心的股票价格监测器、分析器，提高系统效率。而且，未来的股票交易还应能支持移动用户通过移动设备随时随地进行。

##### (3)信息家电

信息家电（如机顶盒、WebTV、网络冰箱、网络空调等）近年来取得了快速发展，其个性化、区域化以及季节化特点为支持特定应用的嵌入式移动实时数据库提供了较大的发展空间。据估计，未来 10 年是信息家电发展的黄金时期，以机顶盒（能接收数字电视信号，并能通过 Internet 双向传递数字化信息）为例，估计 10 年间总量可达到 1 亿~1.5 亿台，总市场需求将达到 900 亿~1500 亿元。

##### (4)空中交通管制系统

空中交通管制包括融合航迹分发服务器、接收服务器以及应急指挥席位和部分附属设备。空中飞行器在移动过程中不断向所属地区发送雷达信号，而雷达中心的实时数据库系统负责完成实时数据收集、存储及传输，

可更有效地保障空中交通管理的安全可靠，提高发生意外事故的紧急处理能力。

##### (5)全球定位系统

全球定位系统(GPS) 是用于导航和定位的通信系统，它由空中卫星、地面跟踪监测站、地面卫星数据注入站、地面数据处理中心和数据通讯网络等部分组成，已广泛应用于农业、林业、水利、交通、航空、测绘、安全防范、军事、电力、通讯、城市管理等部门。移动实时数据库系统可作为其应用支撑平台和信息平台的一部分，对增强其定位的准确性和时效性具有很重要的价值。

##### (6)军事作战指挥系统

现代战争就是电子信息的对抗。在这种战争中，只有快速且有效地获取各种战场信息，才有可能获得战争的胜利。未来的战争环境应是每一个战士都配备有可以接受、采集并处理实时数据的先进电子设备，并且可以向固定网络信息服务器发送已加密的信息，从而形成一种灵活的立体作战环境，大大提高了作战能力。

(7)位置相关查询。位置相关查询是移动实时数据库应用中最具特色也是最吸引人之处。旅游者可以通过随身携带的移动设备查询许多信息，如最近的餐厅在哪里，怎样去最近的医院、天气及实时交通状况如何等等。与传统的数据库查询不同的是，上述查询的结果是与位置相关的，同样一个问题在不同的地理位置得到的回答可能是不同的。

此外，移动实时数据库技术还在零售业、制造业、金融业、医疗卫生等领域展现了广阔的应用前景。

#### 5. 移动数据库的研究重点

移动数据库是分布式数据库的一个新的研究方向，虽然目前取得了一定的成果，但由于许多条件的限制，大多数研究只是处于理论探索和局部实验模拟阶段。目前已对移动数据库的多个方面进行了一些探索，如移动事务模型、移动数据的复制和缓存技术、数据广播策略、移动数据库的恢复等。

##### (1)移动事务模型

移动实时事务不同于传统事务，传统的 ACID 特性已不能很好地描述移动事务，需为移动实时事务寻找更好的模型。KT (Kangaroo Transaction) 模型引入了“Hop”属性来描述移动事务随着计算机从一个基站移动到另一个基站，且事务的移动性通过分裂事务来获得。但若事务在发生过区切换时进行分裂，其事务原子性不能保证。CLUSTER 模型将数据库分为多个“Cluster”，并为此定

义了两级一致性来处理频繁地、可预见、变化的断接性。为支持移动计算，该模型将移动事务分为强事务和弱事务。对于强事务必须严格遵守可串行化标准，而弱事务（处于断接状态在移动主机执行事务）允许存取局部缓存不一致数据，且局部提交。若出现不一致，则通过执行补偿事务进行恢复。Reporting & Co-transaction 模型通过引入了 Reporting 和 Co-transaction 事务的概念，提出一种开放的嵌套事务模型来描述移动计算机与基站计算机事务的交互。该模型的缺点是不支持弱连接和断接状态时操作。此外，还有 PROMOTION 模型，Semantic-based 模型、IOT 模型等。

## (2)数据复制与缓存

数据复制的主要目的是提高分布式数据库的可用性、可靠性以及访问性能。而缓存技术是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。传统的复制技术主要考虑在服务器之间的复制，并假设服务器是经常连接且复制位置固定不变。传统的缓存技术要求客户机保持与服务器的连接以维护缓存的一致性。因此对于经常断接且位置经常变化的移动客户机来说，必须研究和开发新的数据复制与缓存策略。

Coda 系统详细分析了现有数据复制技术在移动计算环境中存在的问题，并针对移动客户机频繁断接的特点，提出了一种两级复制机制。它假设移动数据库系统由两类结点组成：基结点与移动结点。每个基结点联结在固定网络中，都维持数据库的一个复制（第一级复制）。而移动结点有时通过无线网络与基结点相连，有时处于断接状态，它们也保存数据库的复制（第二级复制）。Coda 系统是一种支持移动计算的分布式文件系统。与上述两级复制机制不同，Coda 使用两种不同而又互补的机制来获得高度可用性。一是服务器复制，允许文件卷在多个服务器上拥有读写复制；另一个是客户机缓存，允许客户机在断接时通过访问本地缓存完成用户请求。

## (3)数据广播

由于移动客户机经常处于断接状态，而且与服务器的通信（特别是客户机向服务器发送信息的上行信道）的网络带宽也很有限，因此数据库服务器可将大多数用户频繁访问的数据（热点数据）组织起来，以周期性的广播形式提供给移动客户机访问。这种数据发布方式称为数据广播技术。

移动数据广播的相关技术已引起了广泛的研究，主要表现在广播模式、广播调度策略和广播组织方式等方面。广播模式分为“静态”模式和“动态”模式。在“静

态”模式下，服务器按预定的内容进行数据广播而不考虑移动用户的需求，而“动态”模式如“按需”广播模式是分配给移动用户少量的上行带宽上传其需求，然后服务器按此需求动态进行数据组织并广播。“混合”广播模式则是静态和动态广播模式的结合，如基于广播盘的数据调度策略，该策略有利于移动客户较快获得高频数据。已有关于移动数据广播组织方式的研究几乎都是采用基于 B+树的索引结构。B+树是为因记录的频繁查、增、删而减少访问磁盘的次数而设计的一种索引结构，它有利于提高磁盘的访问效率。

## (4)移动查询处理

移动计算环境的查询处理包括两种类型：一种是仅仅涉及到数据库内容；另一种是可能涉及到位置相关数据或与移动主机移动方向相关。在移动计算环境中，位置相关信息的更新与查询是一个重要应用，查询处理的其他研究还包括减少查询位置数据的费用，节约电源等。

## (5)移动数据库的恢复

由于移动计算不安全因素较之固定主机更多，如碰撞、移动过程中强磁场的干扰、整台电脑的遗失或失窃，此外，无线网络的可靠性也远不如固定网络，因此移动数据库的故障恢复问题比传统的分布式环境更加难以解决，有关此方面的研究还是刚刚开始。

## 6. 结束语

本文对实时数据库的发展和研究现状做了总结，并指出了随着移动通信技术的发展移动实时数据库和事务处理的研究领域。

## 参考文献

- [1] Yunsheng Liu. Advanced Database Technology. Version 1. Beijing: National Defence Industry Press, 2001
- [2] U. Dayal, B. T. Blaustein, A. P. Buchmann, et al. The HiPAC project: combining active database and timing constraints. ACM SIGMOD Record, 1988, 17(1): 51~70.
- [3] N. W. Paton, O. Díaz. Active database systems. ACM Computing Surveys, 1999, 31(1): 63~103
- [4] R. Rifaat, S.L. Argue. Developing an engineering database for rural underground distribution projects. in: P. Kindred, D. Harley, eds. IEEE Western Canada Conference on Computer, Power and Communications Systems in a Rural Environment. Regina, Sask, Canada. 1991. New York: IEEE Computer Society Press, 1991. 171~178
- [5] S. Fowler, R. Karinthi. Remote access to CAD databases using an information sharing system, Computers in Industry, 1996, 29(1-2):