

文章编号:1001-9081(2008)04-0874-03

基于线性规划的移动数据库广播调度算法研究

陈冬旭,程小辉

(桂林工学院 电子与计算机系,广西 桂林 541004)

(chendongxu@21cn.com)

摘 要:阐述了移动计算通用模型和移动数据库广播技术及发展状况,介绍了移动广播领域中经典的多盘广播调度算法。在多盘广播调度算法的基础上,运用统筹学的线性规划对所要广播的数据进行最优规划,并通过调度算法优化调度。

关键词:移动数据库;线性规划;广播

中图分类号: TP302.1;TP311.13 **文献标志码:** A

Research on scheduling algorithm of broadcast-data in mobile database broadcasts based on linear programming

CHEN Dong-xu, CHENG Xiao-hui

(Department of Electronics and Computer Science, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi 541004, China)

Abstract: The model of mobile computing and the broadcast technology of mobile database were described. A classic multi-disk broadcast scheduling algorithm in mobile broadcast domain was introduced. Based on the scheduling algorithm of multi-disk, linear programming was applied to optimize the design of broadcast data. Furthermore, the schedule was optimized by scheduling algorithm.

Key words: mobile database; linear programming; broadcasts

移动计算技术的发展,使得用户在任何地点任何时间访问信息成为可能,它正逐渐成为一种流行的计算方式。移动数据库广播技术便是利用无线网络的非对称性,由数据库服务器把大多数用户频繁访问的数据(即热点数据)组织起来,以周期性的广播形式提供给移动客户机访问。

1 移动计算系统

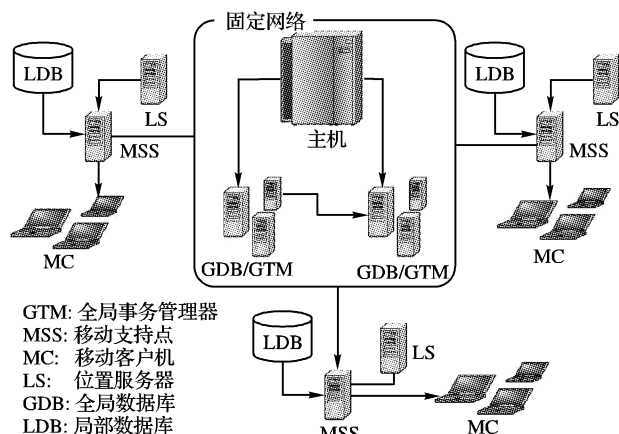


图1 移动计算系统

未来的绝大部分移动计算机都将配备以无线网络为主的移动联网设备,以支持移动用户访问网络中的数据需要。这将是一种更加灵活、复杂的分布计算环境,人们把它称之为移动计算。一个典型的支持移动计算的系统模型如图1。它包括以下计算设备^[1]:1)具有无线通信接口,支持移动计算的

固定主机(MSS);2)移动计算设备(MC);3)全局数据库(GDB)和局部数据库(LDB);4)没有无线通信接口的固定网络;5)位置服务器(LS)。

当移动用户在移动环境下访问数据库,移动计算与数据库技术的有机结合成为一个新的研究领域。移动数据库系统是一种不对称的通信系统(Asymmetric Communication System, ACS),在通常情况下,服务器到客户机的下行通信带宽往往大于客户机到服务器的上行通信带宽,因此服务器端可以通过广播的方式把热点数据传递给移动客户机。

2 移动数据库广播技术

移动数据库广播技术主要研究广播数据的优化调度、索引广播技术、Cache管理与数据预取等。广播数据的优化调度是对热点数据进行选择优化,并给出相应的调度方式;索引广播技术考虑如何为所需广播的数据建立索引,提高客户的访问效率;Cache技术是研究移动客户机如何对数据进行缓存,把最近热点的数据缓存下来,方便下一次的查询访问。

移动数据库广播技术可分为两种基本形式^[2]:一种是基于拉(Pull-based)的方式:服务器响应移动客户机的请求后将移动客户机所请求的数据广播给客户机;另一种方式是基于推(Push-based)的方式:移动客户机一直在监听广播信道,当所需要的数据广播时将其获取。由于移动数据库的通信带宽的不对称性,采用基于拉的方式容易使上行信道拥塞,服务器成为瓶颈;而基于推的方式能使数据广播无需考虑移动用户的数量,具有很好的可扩展性,该方式是本文研究的重点。

收稿日期:2007-10-24;修回日期:2008-02-15。

基金项目:广西壮族自治区自然科学基金资助项目(桂科自0447099);广西壮族自治区教育厅资助项目(200708MS165)。

作者简介:陈冬旭(1980-),男,广西玉林人,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统、数据库技术;程小辉(1961-),男,江西樟树人,教授,主要研究方向:嵌入式系统、计算机网络、数据库技术。

3 基于线性规划的多盘调度算法优化

多盘调度算法是移动数据库广播调度算法中经典的基于推方式的调度算法,它研究的对象是定长数据项。下面将考虑在实际应用中,当数据项长度不固定时,如何运用线性规划理论对变长数据进行盘中分配,以达到优化该调度算法的目的。

3.1 线性规划

线性规划是运筹学的一个重要理论,它所解决的问题主要分为两类:一类是指在一定资源的条件下,如何让任务达到最高产量、最高产值和最大利润。另一类是在任务确定的情况下,如何利用最小的资源完成这个确定的任务。

线性规划数学模型的一般形式^[3]:

- 1) 列出约束条件及目标函数;
- 2) 画出约束条件所表示的可行域;
- 3) 在可行域内求目标函数的最优解:

$$\max z = c_1 x_1 + c_2 x_2 + \cdots + c_n x_n$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \leq b_i, x_j \geq 0; j = 1, 2, \cdots, n$$

其中 a_{ij}, b_i, c_i 为常量, z 为目标函数。

3.2 数据调度策略

数据调度策略可分为平坦调度策略和非平坦调度策略。平坦调度策略中,服务器在一个广播周期里将所需要的数据简单地组合在一起,对每个数据项按照先来先服务(First In, First Out, FIFO)进行顺序广播。在非平坦调度策略中,服务器在广播周期里引进数据的访问概率,在一个广播周期中,各个数据项出现的次数不一定为1,所占的带宽比例也不一样,并且按数据的访问概率分配广播频率,高概率高频率,低概率低频率。

3.3 经典多盘调度算法及优化

常用的非平坦调度策略有倾斜调度、随机调度、多盘调度等。其中经典的多盘调度是按照所要广播数据的访问概率将数据分配到若干个虚拟的“磁盘”上进行广播^[4]。多盘调度算法假设广播的数据项为 d_1, d_2, \cdots, d_n , d_i 数据项的访问概率为 q_i ,且数据项是等长的(广播任何一个数据项的时间为1个时间单位);一个广播周期由 L 个时间单位组成,即每个广播周期能广播 L 个数据项。它的整个调度过程如下:首先在选择数据项时,简单地将所有数据项按照它们的访问概率递减排序,然后分到 K 个盘中。这里假设盘 B_i 的容量为 c_i ,那么盘 B_i 内所有数据项访问概率的平均值为 P_i ^[5]:

$$P_i = \frac{1}{c_i} \sum_{j \in B_i} q_j \quad (1)$$

然后确定盘 B_i 的广播频率 $f_i > 0$,且 $f_1 > f_2 > \cdots > f_K, i = 1, 2, \cdots, K$;最终进行广播调度。

通常情况下,经典多盘调度算法中的“磁盘”容量 c_i 一般是事先固定好,当数据项长度不相等并且要把某个数据项载入盘里时,要么放入,要么不放入,即会出现以下三种情况:

- 1) 盘的剩余空间 > 数据项长度,数据项可以放入盘中;
- 2) 盘的剩余空间 = 数据项长度,数据项可以放入盘中;
- 3) 盘的剩余空间 < 数据项长度,数据项不可以放入盘中,必须进行调整。

为了解决以上情况,引入线性规划理论,在经典多盘调度的基础上假设广播的数据项也为 d_1, d_2, \cdots, d_n ,但数据项不等长(广播任何一个数据项的时间为1个单位的整数倍)分别为 m_1, m_2, \cdots, m_n ,数据项 d_i 的访问概率为 q_i ,一个广播周期为 L 个时间单位。根据式(1),盘 B_i 内所有数据项访问概率

的平均值 p_i 也应为: $p_i = \frac{1}{c_i} \sum_{j \in B_i} q_j$,同时数据广播的主要目标是让访问概率高的数据项具有高的广播频率。即目标函数为:

$$\max z_i = p_i \quad (2)$$

经典多盘调度算法对数据项进行线性规划的模型如下:

$$\begin{cases} a_{11}m_1 + a_{12}m_2 + \cdots + a_{1n}m_n \leq c_1 \\ a_{21}m_1 + a_{22}m_2 + \cdots + a_{2n}m_n \leq c_2 \\ \vdots \\ a_{m1}m_1 + a_{m2}m_2 + \cdots + a_{mn}m_n \leq c_i \\ a_{1n} + a_{2n} + \cdots + a_{mn} = 1; n = 1, 2, \cdots, \text{盘总个数} \end{cases} \quad (3)$$

由式(2)得到目标函数为:

$$\max z_i = p_i = \frac{1}{c_i} \sum_{j \in B_i} q_j \quad (4)$$

其中 $a_{mn} = 0, 1; m, i = 1, 2, \cdots, \text{盘总个数}; n = 1, 2, \cdots, \text{数据项个数}$ 。

该线性模型用软件方法的求解过程如图2所示。

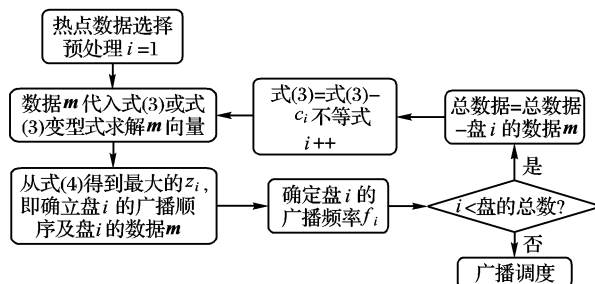


图2 模型求解流程

4 算法优化后实验验证

评价数据广播调度算法好坏的参数主要有两个^[6]:

1) 访问时间。从移动客户机提出数据访问请求开始,到客户机从数据广播中得到结果为止所需的时间。它决定了移动用户查询的响应时间。

2) 调谐时间。在完成一个访问请求期间,移动客户机保持接听广播的总时间。它决定了移动客户机的电源消耗。

对访问时间的优化主要是采用多盘广播调度和基于代价的客户缓存管理。在服务器端主要考虑如何建立广播队列并广播,即进行数据广播调度;移动设备主要考虑如何通过缓存技术来减少查询数据的时间。

假设给定盘数为 $K = 3$,各盘的容量为 $c_1 = 4, c_2 = 5, c_3 = 6$;各盘的相对广播频率: $f_1 = 5, f_2 = 3, f_3 = 1$ 。各数据项和它们的访问概率如表1。

表1 数据项及访问概率分布

数据项	访问概率	数据项	访问概率
$d_1 (m_1 = 1)$	0.35	$d_5 (m_5 = 2)$	0.11
$d_2 (m_2 = 3)$	0.15	$d_6 (m_6 = 1)$	0.11
$d_3 (m_3 = 2)$	0.11	$d_7 (m_7 = 3)$	0.06
$d_4 (m_4 = 3)$	0.11		

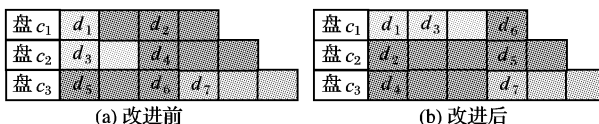


图3 改进前、后数据项的分配

依照经典的多盘调度算法(改进前)以及线性规划后的多盘调度算法(改进后),对数据项进行分配如图3。

对多盘算法改进前根据式(1)得到: $P_1 = 0.125$, $P_2 = 0.044$, $P_3 = 0.047$, $P_{\text{总}} = P_1 + P_2 + P_3 = 0.216$;改进后根据式(4)得: $P'_1 = 0.1425$, $P'_2 = 0.052$, $P'_3 = 0.028$, $P'_{\text{总}} = P'_1 + P'_2 + P'_3 = 0.2225$ 。

从所得到的数据分析,当数据项的长度固定为 1 个时间单位时,改进前后盘 B_i 内所有数据项访问概率的平均值 P_i 没有变化;当数据项不固定长度(单位时间的整数倍)时,改进后数据项访问概率的平均值 P'_i 要优于改进前的 P_i ,因此 $P'_{\text{总}}$ 比 $P_{\text{总}}$ 的值更大。

在经典多盘调度算法中,当给定盘数 K 以及按照访问概率把数据项分配到盘中,各盘的相对广播频率 f_i 正比于该盘平均访问概率的平方根 $\text{sprt}(p_i)$ 即 $f_i \propto \text{sprt}(p_i)$ 时,该广播调度的平均访问时间取得最优值^[4]。通过线性规划对可变量数据项分配改进后,那么广播调度的平均访问时间取得最优值的必要条件是 $f_i \propto \text{sprt}\left(\frac{1}{c_i} \sum_{j \in B_i} q_j\right)$ 。

改进前的调度队列为: $d_1, d_2, d_3, d_5, d_1, d_2, d_4, d_6, d_1, d_2, d_3, d_7$, 其中广播周期 L 为 25 个时间单位。改进后的调度队列为: $d_1, d_3, d_6, d_2, d_4, d_1, d_3, d_6, d_5, d_7$, 其中广播周期 L 为 19 个时间单位。

文献[7]证明了基于 Zipf 多盘调度的平均访问时间为:

$$S = \sum_{i=1}^k \frac{c_i p_i L}{2 f_i} = \frac{L}{2} \sum_{i=1}^k \frac{c_i p_i}{f_i} \quad (5)$$

平坦广播调度和多盘广播调度下访问时间的比较如表 3。

表 3 多种调度方式下访问时间的比较

调度方式	周期	平均访问时间/s
平坦广播调度	15	15/2 = 7.5000
多盘广播调度	25	6.9875
优化后的多盘广播调度	19	6.7735

(上接第 873 页)

3) 含唯一零值属性为核属性。只有 $\{c\}$ 。

4) 属性约简。删除含 $c = 0$ 的元素。

$$M_{c'} = \begin{bmatrix} & & & & \\ 0 \wedge 0 \wedge 1 & & & & \\ & & & 0 \wedge 0 \wedge 1 & \\ & & 0 \wedge 0 \wedge 1 & & \end{bmatrix}$$

只剩下 $0 \wedge 0 \wedge 1$, 整体值为 0, 而 c 逻辑值为 1, 为了保证整体值不变, 必要有一个 0 和 c 的组合, 即得到属性约简为 $\{a, c\}, \{b, c\}$ 。

这个结果与用其他方法的结果完全相同。

5 算法特点

相对根据定义 6、定义 9 得到文献[3]中信息系统的属性约简和完备决策表的属性相对约简而言, 本文根据推论 1 与定理 5 得到的属性约简与属性相对约简具有以下特点: 一是属性约简后的关系矩阵与最初关系矩阵之间元素比较由原来每次属性约简都要进行一次比较变成只需要比较一次; 其次所关心的矩阵元素由原来的全部变成只关心整体为 0 的元素; 此外约简过程不需要每次重新构造新的关系矩阵, 而是通过一种新的关系矩阵表示方法, 根据零值不可变的条件直接求出所有的属性约简和属性相对约简, 过程简单, 在这个步骤

中又充分利用了运算特点。

5 结语

本文介绍了移动计算的系统模型, 描述了移动数据库广播关键技术以及数据调度策略。在总结非平坦调度策略中经典多盘调度算法的基础上, 运用统筹学的线性规划对所要广播的数据进行最优规划并通过该调度算法优化调度。通过实验, 减少了广播数据的平均访问时间, 改进后的多盘调度算法对数据广播调度的访问时间有较好的优化效果, 能更好地进行数据广播。

参考文献:

- [1] IMIELINSKI T, BADRINATH B R. Mobile wireless computing: challenges in data management[J]. Communications of the ACM, 1994, 37(10): 18-28.
- [2] LIU CHUAN-MING, LIN KUN-FENG. Disseminating dependent data in wireless broadcast environments[J]. Distributed and Parallel Databases, 2006, 22(1): 1-25.
- [3] 刘天禄. 统筹学概论[M]. 北京: 中国商业出版社, 2004.
- [4] HUNG H-P, HUANG J-W, HUANG J-L, et al. Scheduling dependent items in data broadcasting environment[C]// Proceedings of the 2006 ACM Symposium on Applied Computing. New York: ACM, 2006: 1177-1181.
- [5] 潘海琴. 移动环境中数据广播相关技术的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2004.
- [6] 何新贵. 特种数据库技术[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 50-58.
- [7] 胡虚怀. 移动计算环境中数据广播调度算法的研究[J]. 湖南理工学院学报, 2005, 18(2): 79-82.

6 结语

本文主要就文献[3]所提的属性约简的矩阵方法的两个主要问题: 一是每次属性约简都要构造新的关系矩阵, 二是判定一个属性是否可约简需要进行关系矩阵所有元素之间进行比较, 在理论上证明了关系矩阵元素随属性变化而变化之间的关系, 由此通过给出一种关系矩阵的新表示和引入唯一零值属性概念使得信息系统的属性约简和属性相对约简得到简化。同时还就该方法与区分矩阵方法进行了对比分析。

参考文献:

- [1] PAWLAK Z. Rough Sets[J]. International Journal of Information and Computer Science, 1982, 11(5): 341-356.
- [2] PAWLAK Z. Rough sets and intelligent data analysis[J]. Information Sciences, 2002, 147(1/4): 1-12.
- [3] GUAN J W, BELL D Z, GUAN Z. Matrix computation for information systems[J]. Information Sciences, 2001, 131: 129-156.
- [4] 张文修, 吴伟志, 梁吉业, 等. 粗糙集理论和方法[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [5] 刘清. 粗糙集及 Rough 推理[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [6] 王国胤. 粗糙集理论与知识获取[M]. 西安: 西安交通大学出版社, 2001.
- [7] 苗夺谦, 胡桂荣. 知识约简的一种启发式算法[J]. 计算机研究与发展, 1999, 36(6): 681-684.