维普资讯 http://www.cqvip.com

广播环境中的Q可串行化实时并发控制*)

卢 彦[1] 党德鹏[2,3]
(华中科技大学电信系 武汉 430074)[1] (北京师范大学信息学院 北京 100875)[2]
(清华大学计算机科学与技术系 北京 100084)[3]

摘 要 研究了实时广播中的数据一致性问题。传统冲突可串行化并发控制协议对非对称通信的广播环境来说过于严格且不必要。为此,提出使用Q可串行化:形式化定义了Q可串行化,证明了它虽比传统冲突可串行化宽松但能始终保证数据一致性,基于可动态调整串行化顺序的时标段排序方法给出了相应的并发控制协议。实验结果表明:新协议可显著降低平均响应时间,使更多移动实时事务满足截止期要求。

关键词 数据广播,放松可串行化,移动实时并发控制

Real-time Concurrency Control Based QSR in Broadcast Environments

LU Yan[1] DANG De-Peng[2]
(Department of Electronics & Information, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074)[1]
(College of Information Science & Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875)[2]
(Department of Computer Science & Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)[3]

Abstract Real-time Data broadcast is now a popular data dissemination technology in mobile computing systems. The consistency constraint of mobile real-time transactions in broadcast environments is studied. After QSR is proposed formally, the necessary and sufficient conditions QSR are presented. Next, the concurrency control protocol based on time stamp ordering for QSR is described. Finally, experimental results show a substantial performance improvement of the new protocol.

Keywords Data broadcast, Serializability, Real-time concurrency control

1 引言

随着便携计算机及无线通信技术的飞速发展与普及,移动计算已经成为现实[1,2]。最近,出现了许多需要以广播模式发布数据来支持大量并发用户的数据库应用,诸如实时交通信息和导航系统、实时股票交易系统等许多先进的移动信息服务系统,需要使用膝上电脑、掌上电脑等来访问大量的一致且流行的实时数据[2,3]。在广播期间,更新事务会写入数据项的新值,若对更新事务和数据广播的交替执行不加以控制,将导致数据不一致问题。广播环境的一个显著特征是通信的非对称性,由于受客户机与服务器通信的上行带宽的严重限制,传统冲突可串行化并发控制协议显得过于严格而不必要,这就需要我们研究新的适宜于广播环境的高效的并发控制机制[4~6]。

尽管移动计算和数据广播已有很多研究,但实时广播环境中高性能并发控制机制的研究则是一个新热点,相近的研究成果包括文[3~6]。文[3]提出了一种两级一致性模式,将语义相关的数据组成簇,保证簇内数据间的相互一致性,但不同簇中数据间会出现不一致。文[4]讨论了流行性与系统性能的折衷,但不支持事务概念。文[5,6]基于乐观方法提出的可串行化并发控制协议有大量不必要的事务夭折[7,8]。本文提出使用Q可串行化,形式化定义了Q可串行化的概念,证明了它虽比传统冲突可串行化宽松但能始终保证数据一致性,基于可动态调整串行化顺序的时标段排序方法给出了相应的并发控制协议。实验结果表明:新协议可显著降低平均响应时间,使更多移动实时事务满足截止期要求。

2 Q可串行化

定义1 两个操作 a、b 在经历 H_d 中冲突,记作 $conflict(H_d,a,b)$ 当且仅当:

$$(state(H_d<_T a,b)\neq state(H_d<_T b,a))\vee$$
$$(return(H_d,b)\neq return(H_d<_T a,b))\vee$$
$$(return(H_d,a)\neq return(H_d<_T b,a))$$

令 $(a_{t_i}[d]\xrightarrow{H}b_{t_i}[d])$ 表示在 H_d 中 $a_{t_i}[d]$ 出现在 $b_{t_i}[d]$ 的前面。

定义2 若 $t_i,t_j\in T$,今定义 T 上的一个二元关系 C_H 如下:

$$(t_iC_Ht_j),t_i\neq t_j \text{ iff } \exists d\exists a,b(conflict(H_d,a_{t_i}[d],b_{t_j}[d])\wedge(a_{t_i}[d]\xrightarrow{H}b_{t_j}[d]))$$

令 C_H^* 为 C_H 的传递闭包,即:

$$(t_iC_H^*t_j) \text{ if } [(t_iC_Ht_j)\vee\exists t_k(t_iC_Ht_k\wedge t_kC_H^*t_j)]$$

H 是(冲突)可串行化的当且仅当:$\forall_t\in T\rightarrow(tC_H^*t)$。

令 H 中关系 C_H 对应的关系图(即串行图),记作 S_H,依

*)本文研究得到国家自然科学基金(No. 60221120246)、国家重点基础研究项目(973)(No. G1999032704)基金、中国博士后科学基金(No. 2003034146)资助。**卢 彦** 硕士生,主要研究方向为高等信息系统、移动与嵌入式通信。**党德鹏** 副教授,主要研究方向包括移动与嵌入式计算、高等数据库。

维普资讯 http://www.cqvip.com

据定义 2 有定理 1[9]。

定理 1 H 是(冲突)可串行化的当且仅当 S_H 中无环,即 H 是(冲突)可串行化经历的充分必要条件是其中的提交事务不构成冲突关系的圈。

定义 3 事务集 $T=T_u \cup T_r$(其中 T_u 表示 T 中更新事务的集合,T_r 表示 T 中只读事务的集合)的一个执行经历 H 是 Q 可串行化的,当且仅当:

$\forall t \in T_r(\forall t' \in (t \cup T_u) \rightarrow (t' C_H^* t'))$。

定理 2 事务集 $T=T_u \cup T_r$(其中 T_u 表示 T 中更新事务的集合,T_r 表示 T 中只读事务的集合)的一个执行经历 H 是 Q 可串行化的,当且仅当:$\forall_t \in T_r \quad S_{H_{\{t\} \cup T_u}}$ 中无环。

证明:依定义 3,与定理 1 同理,定理 2 显然成立。

定理 3 Q 可串行化(QSR)比传统冲突可串行化(ISR)宽松。

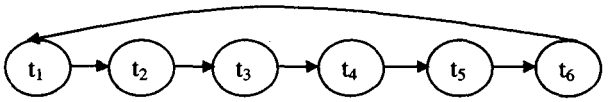

图 1 H'的串行图 $S_{H'}$

证明:执行经历 H 是可串行化的当且仅当 H 的可串行化图 S_H 中无环。另一方面,若 S_H 中无环则 $\forall_t \in T_r$ $S_{H_{\{t\} \cup T_H}}$ 中必然无环,依据定义 3,H 必是 Q 可串行化的;然而,可串行化图中有环的执行经历却也可能是 Q 可串行化的。如下执行经历 H':$r_{t_1}[x]w_{t_2}[x]w_{t_2}[y]w_{t_3}[y]r_{t_3}[y]w_{t_3}[z]r_{t_4}[z]r_{t_4}[a]w_{t_5}[a]w_{t_5}[b]r_{t_6}[b]w_{t_6}[c]r_{t_1}[c]$,$S_{H'}$ 中有环(如图 1 所示),然而依据定义 3 H'是 Q 可串行化的。也就是说,可串行化经历都是 Q 可串行化的,但是存在不是冲突可串行化的 Q 可串行化执行经历。证毕。

定理 4 Q 可串行化能使各并发事务读取、产生内部一致性状态,保证数据库内部一致性。

证明:依定义 1、定义 2、定义 3,显然成立。

3 基于 Q 可串行化的并发控制协议 QBCC-TO

更新事务执行于服务器并更新数据库中的对象,且在服务器端维护一个控制信息表,用于帮助客户判定是否 Q 可串行化,在每个广播循环中,服务器广播各个数据对象以及控制信息表。令 T_{cu} 表示前一个广播循环中提交事务的集合。

当每一个事务 t 提交时做如下处理:

1)给 t 分派当前时标 $I_t(t)$;

2)$\forall_d \in D_w(t)$令:$I_w(d)=I_t(t)$,并将$(d, I_w(d))$写入数据库;

3)将 $I_t(t)$、$D_w(t)$插入控制信息表。

每个处于读阶段的移动事务被分配一个时标段,用于记录事务执行中的暂时 Q 可串行化顺序。开始时,移动 r 的时标段 $I_t(r)$被初始化为$[0,+\infty]$,即整个时标区间。随着移动事务的执行,其时标段被调整到反映该移动与各个已经提交事务之间的依赖关系。令 $B_t(r)$与 $B_u(r)$表示一个移动事务 r 的时标段上、下限,如果时标段出现 $B_t(r)>B_u(r)$,则夭折 r。

对 $\forall d \in D_r(r)$ $d \in C$,从缓存中读取 d 且令 $R(r)=R(r) \cup \{d\}$,$I_i(r)=I_i(r) \cap [I_w(d)+1,+\infty]$。对 $\forall d \in D_r(r)$ $d \in C$,等待数据广播。在广播数据对象期间,$\forall d \in D_r(r)$ $d \notin C$,从广播中读取 d 并按既定缓存策略予以缓存,令 $R(r)=R(r) \cup \{d\}$,$I_i(r)=I_i(r) \cap [I_w(d)+1,+\infty]$;对 $\forall d \in D_r(r)$ $d \in C$,刷新缓存。令 T_{cu} 表示前一个广播循环中提交的事务集,在广播控制信息期间如下调整移动 r 的时标段:

$$\forall t \in T_{cu}((D_u(t) \cap R(r) \neq \Phi) \wedge (I_t(t)>B_l(r)) \Rightarrow (I_i(r)=I_i(r) \cap [0, I_t(t)-1])。$$

该协议在移动客户和服务器之间提供了很高的自治性。在移动客户端,移动无需与服务器通信而读取流行且一致的数据对象,一旦移动读取了所有请求的数据,无需与服务器通信而提交。该协议的另一个优点是可以灵活调整移动与对应事务间的 Q 可串行化顺序。不管已经提交事务所写的数据对象是在移动的读前或读后广播的,移动与更新事务的 Q 可串行化顺序可以灵活调整,从而避免不必要的夭折,改进了性能。另外,该协议还可更早检测到移动与更新事务的数据冲突,从而更早重启动事务。

4 性能评价

由于现有的方法中,仅文[6]提出的方法 NBCC 可保证数据一致性并且支持事务概念,我们以实验模拟对新算法 QBCC-TO 和 NBCC 的性能进行了比较。实验中采纳目前数据广播研究中普遍使用的模型及参数设置[3~6,10](见表 1),其中时间单位为位时 bit-time,即传输一位所需时间。模型由一个服务器、一个客户机以及传递数据对象和需要的控制信息的广播磁盘组成。移动客户仅处理移动只读事务,而更新事务在服务器端处理。移动只读事务的截至期赋为:当前时间+宽松系数 * 预测执行时间。其中,预测执行时间是事务长度、平均操作间延迟、广播周期的函数,宽松系数均匀分布于 2~10 之间。事务访问的数据对象均匀分布于数据库中。数据库设置得较小以加强数据冲突来模拟热点效果。为了比较两种方法的性能,依次改变客户事务长度、服务器端事务到达率等,并分别统计超截止期移动实时事务的比率。为了提高试验数据的可靠性,每次包括 2000 个事务且一直运行到全部事务成功提交,但仅统计后 1000 个事务的相关数据。

表 1 实验参数设置

参数项	默认设定值
客户端事务长度	8
服务器端事务长度	12
服务器端事务到达率	1 个/3×10^5 bit-times
数据库中数据对象数	600
数据对象大小	1kB
服务器端读操作概率	0.75
客户端操作间延迟	64k bit-times
客户端事务间延迟	128k bit-times
客户端重启动延迟	32 bit-times

图 2 绘出了服务器端事务到达率变化时两种协议的事务超截止期率。由于服务器事务到达率增加时,数据冲突可能性增大、事务重启动数增加、事务响应时间也增大,因此,当两种协议的事务超截止期率随着服务器事务到达率增加时而增大,但是 QBCC-TO 的事务超截止期率相对小而且增加得慢。图 3 给出了客户端事务长度变化时两种协议的事务超截止期率。当移动事务长度增加时,两种事务的超截止期率都增加,这是因为读更多数据对象的移动事务必须等待更多广播循环数、有更长的事务跨度,从而夭折重启动后更难满足截止期。另外,由于随着事务长度的增加,与移动事务共存的服务器端

维普资讯 http://www.cqvip.com

事务数增加，从而更长的事务跨度增加了与服务器端更新事务数据冲突的可能性。从图中可以看到，NBCC 对移动事务长度更敏感，当移动事务包含多个读操作时，性能急剧下降。而 QBCC-TO 的超截止期率小得多。

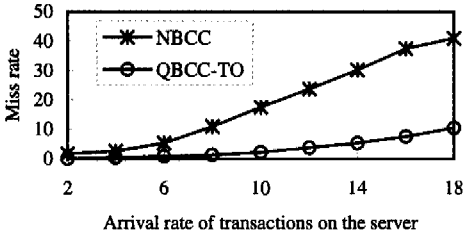

图 2　服务器事务到达率变化时的性能比较

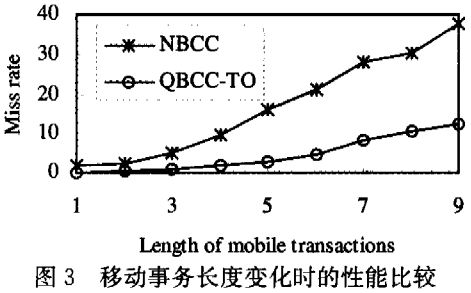

图 3　移动事务长度变化时的性能比较

结论　本文研究了数据广播环境中的一致性问题。提出使用 Q 可串行化，给出了相应的并发控制协议 QBCC-TO。实验结果表明，QBCC-TO 协议能有效改进移动事务的平均响应时间，更好地满足数据广播环境中高性能事务处理的要求。数据广播涉及许多挑战性问题，我们拟进一步研究移动客户缓存、频繁断接等的处理。

参 考 文 献

1　Madria S K, Mohania M, Bhowmick S S, Bhargava B. Mobile data and transaction management. Information Sciences, 2002, 14(1): 279～309

2　Barbara D. Mobile computing and databases—A survey. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1999, 11(1): 108～117

3　Pitoura E, Bhargava B. Maintaining consistency of data in mobile systems. In: Proc. of the 15th Int'l Conf. on D istributed Computing System s. 1999. 404～ 413

4　Pitoura E. Supporting read only transactions in w ireless broadcasting. In: Proc. of the DEXA '99Workshop on Mobility in Databases and D istributed Systems. 2001. 111～118

5　Acharya S, Franklin M, Zdonik S. Dissem inating updates on broadcast disks. In: The VLDB Conf. India, 1998

6　Dang Depeng, Liu Yunsheng. Concurrency control in real-time broadcast environments. The Journal of System and Software, 2003, 68(2): 137～144

7　Lindstrom J, Raatikajnen K. Dynamic Adjustment of Serialization Order Using Timestamp Intervals in Real-Time Databases. In: IEEE Sixth Intl. Conf. on Real-Time Computing Systems and Applications, Dec. 1999. 13～20

8　Kung H T, Robinson J T. On Optimistic Methods for Concurrency Control. ACM Transaction on Database Systems, 1981, 6(2): 213～226

9　Ramamritham K, Calton P. A Formal Characterization of Epsilon Serializability. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 1995, 7(6): 997～1007

10　Chen G C, Lee S Y. An analytic model for performance analysis of concurrency control strategies in mobile environments. The Computer Journal, 1999, 42(6): 184～196

（上接第 54 页）

3000 时，SVM 方法比 Naïve Bayes 方法在 *F-score* 指标上高出 3.26%。同时，也可以看到使用 SVM 方法进行 Email 分类时，当特征数大于 600 时，分类效果的提高不再明显。这就说明了在使用 SVM 分类时只要能找出主要的关键特征，就能获得非常好的垃圾邮件过滤能力，从而能大大地提高分类的效率。因此，实验验证了基于 SVM 的 Email 自动分类方法是一种有效的分类方法。

不同 Email 特征表示在基于 SVM 的 Email 自动分类中的比较实验表明，由于综合方法在领域知识特征中增加了词频特征，削弱了对领域关键词的依赖，同时可以弥补词频特征表示方法容易忽略类别特征词语的缺陷，进而提高了分类的平均 *F-score*。当 Email 全文(All)和 Email 标题(Subject)实现分类时，与词频方法和本文方法相比，本文方法将平均 *F-score* 分别提高了 11.88%和 12.28%，从而达到了 87.32%和 80.33%的平均 *F-score*。基于领域知识的 Email 综合特征表示方法在分别对 Email 全文(All)和 Email 标题(Subject)进行分类时，结果表明 Email 全文(All)比 Email 标题(Subject)约高出 7%，说明了全文比标题含有更多的信息，反过来也说明了标题已具有很强的信息量。

结束语　Email 自动分类方法的选择和特征表示是困扰 Email 分类研究的瓶颈问题之一。针对已有 Email 分类方法和特征表示存在的不足，提出了一种基于 SVM 和领域综合特征的 Email 自动分类方法。在分类方法的选择上，我们选择了 SVM，它具有训练样本小、学习速度快、易于扩展等特点，并对 SVM 学习算法中的核函数和参数选择进行了探讨；同时在 Email 的特征表示上，将领域知识引入 Email 特征表示中，以克服词频特征表示方法难以准确表示 Email 主要内容的缺陷，并在此基础上提出了一种综合领域知识和词频的特征表示方法，用于 Email 分类中。通过实验，验证了基于 SVM 和领域综合特征的 Email 自动分类方法能有效地提高 Email 自动分类处理的准确性，具有很强的实用性。

然而在领域知识的获取上采用了人工总结的方式，在一定程度上影响了它在不同应用领域之间的适应性。因此，在今后工作中将考虑引入基于机器学习的信息抽取方法，自动获取领域知识，从而提高本方法的可适应性。

参 考 文 献

1　Bagga N A. Email classification for contact centers. In: Proc. of the 2003 ACM symposium on applied computing. Melbourne, Florida, 2003. 789～792

2　Sahami M, Dumais S, Heckerman D, et al. A Bayesian approach to filtering junk email. In: Proc. of AAAI Workshop on Learning for Text Categorization. Madison Wisconsin, 1998. 55～62

3　Segal J K B L R, Crawford J. Spamguru: An enterprise anti-spam ltering system. In: Proc. of First Conference on Email and Anti-Spam(CEAS), 2004

4　Sakkis G, Androutsopoulos I, Paliouras G, et al. A Memory-Based Approach to Anti-Spam Filtering for Mailing Lists. Information Retrieval, 2003, 6(1): 49～73

5　Clark J, Koprinska I, Poon J. A Neural Network Based Approach to Automated E-Mail Classification. Web Intelligence, 2003. 702～705

6　Secker A, Freitas A, Timmis J. AISEC: An Artificial Immune System for E-mail Classification. In: Proc. of the Congress on Evolutionary Computation, IEEE. 2003. 131～139

7　Klmit B, Yang Y. The Enron Corpus: A New Dataset for Email Classification Research. ECML04. Pisa, Italy: 2004

8　Manco G, Masciari E, Ruffolo M, et al. Towards an Adaptive Mail Classifier. AIIA, 2002. 2002

9　Diao Y, Lu H, Wu D. A Comparative Study of Classification-based Personal Email Filtering. In: PAKDD'00. Kyoto, Japan, 2000. 408～419

10　Vapnik V N. 统计学习理论的本质. 张学工，译. 北京：清华大学出版社，2000

11　RFC822 http://www. faqs. org/ rfcs/ rfc822. html 2005-5-19

12　http://www. csie. ntu. edu. tw/～cjlin/libsvm 2005-5-19

13　Sebastiani F. Machine Learning in Automated Text Categorization. ACM Computing Surveys, 2002, 34(1): 1～47

14　Androutsopoulos I, Koutsias J, Chandrinos K V, et al. An Experimental Comparison of Naive Bayesian and Keyword-Based Anti-Spam Filtering with Encrypted Personal E-mail Messages. In: Proc. of the 23rd Annual International ACM SIGIR, Athens, Greece, 2000. 160～167

15　http://www. aueb. gr/users/ion/data/PU123ACorpora. tar. gz 2005-5-19

16　http://forums. us. dell. com/supportforums? ～ck=mn 2005-5-19