

基于 P2P 网络的 AVL 索引树范围查询研究

刘金岭

(江苏淮阴工学院 计算机工程学院, 江苏 淮阴 223003)

摘 要: 介绍了一种基于 P2P 网络环境下的多维数据范围查询的通用架构, 构造了一个虚拟的基于空间划分的层次树, 以保证相关查询区域的探索尽量发生在同层节点之间, 减轻了上层节点的查询负担, 从而避免了树根结点的瓶颈问题, 有效地降低了更新代价. 模拟试验证明了该方法的有效性.

关键词: AVL 树; 范围查询; 节点; 分布式; 索引

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2011)02-0011-04

Study of the AVL-index Tree Range Query Based on P2P Networks

LIU Jin-ling

(Computer Engineering Faculty, Huaiyin Institute of Technology, Huaiyin 223003, China)

Abstract: This paper introduces a common architecture of the multi-dimensional data range queries based on the P2P network and constructs a virtual hierarchical tree based on space division which ensures that the exploration of the relevant query regions occurred between the nodes in the same layer as far as possible. Thereby the query burden of the upper node will be reduced and the bottlenecks of the root node can be avoided which will reduce the updating cost effectively. Through the simulations the method has been proved to be effective.

Key words: AVL tree; range query; nodes; distributed; Index

1 引言

多属性的复杂查询是多维数据研究的重点和难点^[1]. 近几年, 对基于 P2P 系统的动态网格环境下多属性查询的问题有一些研究, 文献[2]针对 Kademlia 算法在查询效率和高速缓存策略方面存在的不足, 采用快表技术和加权设置策略对该算法进行改进, 避免了在高刷新频率缓存中查询效率低下的问题. 文献[3]结合 P2P 相邻节点的路径选择与 Internet 中的路由器选路具有的相似性, 给出了资源路由表查找法. 文献[4]提出了数据空间划分, 但他们都受到下列限制: 只能支持某些类型查询, 过高的维护开销, 在数据分布倾斜的情况下执行, 忽视了不同的数据对象之间不均匀的机会. 文献[5]提出了 P2P 环境下的一种基于 B+Tree 的搜索算法, 该算法能够支持区域搜索, 但没有考虑属性查询. 而传

统的数据管理中, 大多数数据索引结构又都是基于数据空间划分出来的, 这些索引结构具有并发性好、易扩展等优点, 但是这些集中式的索引结构很难被移植到 P2P 系统中. 文献[6]是基于 CAN 的索引系统, 它是把数据影射到多维数据空间, 然后直接进行多维数据查询. 本文把传统数据库中处理数据查询的索引结构引入到 P2P 系统中, 以实现分布环境下的数据查询处理.

2 分布式 AVL 索引树

本文涉及一种称为分布式 B 树索引的架构, 使得任何基于空间数据层次划分的索引结构都能被影射到该分布式 B 树索引上, 以实现 P2P 系统中基于数据索引的查询处理.

定义 1 如果一棵二叉平衡(AVL)树满足:

(1) 根节点在第 0 层, 其余各节点(包括虚节

收稿日期: 2009-12-29; 修回日期: 2010-03-20

基金项目: 淮安科技计划项目(HAG09061); 淮阴工学院重点基金项目(HGA0907)

4 AVL 索引树查询

当在某一节点发出一个数据查询的命令 r , r 中的每个属性所限定的可能是某个值或者是属性值域的一段区间, AVL 索引树将检测所有和查询区域 r 相交的节点, 通常可能会存在着很多节点和查询区域相交, 所以, 查询将会被发送到多个节点处。

具体算法为:

AVL 索引树算法

- (1) if $r \cap y$ 管理区域 $\neq \Phi$
- (2) if y 是 x 的子孙 then
- (3) 查询发送到 y ;
- (4) else
- (5) if y 是 x 祖先 then
- (6) x 在路由表中查找邻居节点 z ;
- (7) if 节点 z 存在且 z 在以 y 为根的子树的另一边 then
- (8) x 直接把 r 送给 z ;
- (9) if $r \cap z$ 所在分支诸节点管理的索引区域 $= \Phi$ then
- (10) r 将通过父子链发送到 y 进行离散数据对象的搜索;
- (11) end if
- (12) else
- (13) x 将 r 发送给 x 的父节点 w ;
- (14) w 将 r 发送给 y 子树的另一边;
- (15) end if
- (16) end if
- (17) end if
- (18) else
- (19) y 必定落在 x 的某个祖先 u 的另一个分支上并且 $u \cap r \neq \Phi$;
- (20) do while
- (21) r 转发到以 u 为根的子树的另一个分支上的节点 t ;
- (22) until y 是 x 的祖先或孩子节点;
- (23) end if

下面用例子说明 AVL 索引树查询的过程。

例 1 假设节点 h 发出一个区域查询 r , 如图 3(a) 阴影部分所示, AVL 索引树查询的步骤如下:

- (1) h 执行本地查询;
- (2) 因为节点 h 所管理的索引区域与 r 不相交, 可以通过查询 Upsidepath 域来找到与 r 相交的祖先节点 a ;
- (3) h 把查询 r 发送到以 a 为根的子树另一边的邻居节点 j ;
- (4) 在执行本地查询时, 检测到 j, j', f' 和 c

都和查询 r 相交;

(5) 将查询 r 发送到数据节点 j', f' 以及 f, c 为根的子树的另一边的邻居节点 g ;

(6) 在 g 处进行离散数据区查询, 并且 g 将查询 r 发送到 g' ;

(7) 由于 g, f 子树不能完全包含查询 r , 还需要执行 c 节点的离散数据搜索查询;

(8) 子树 c 完全包含了查询 r , AVL 索引树查询结束。

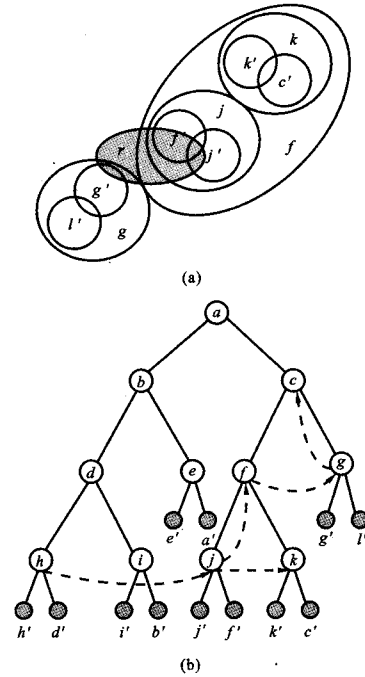


图 3 AVL 索引查询实例图

5 算法及实验分析

本文对 AVL 索引树查询处理的主要性能指标包含以下两项:

(1) 查询处理延时: 在处理一个查询时, 从发出查询开始到获取所需要查询结果时的时间间隔称为查询处理延时, 分布环境中, 网络延时远远大于本地处理所需时间, 因此, 本文取路由节点的跳转次数 (hop) 作为衡量查询延时的指标。

(2) 查询处理代价: 分布式系统中, 网络的带宽资源是有限的, 查询处理代价即查询处理时对于带宽资源的消耗。我们以查询处理过程中的 AVL 索引树中消息总数和被访问的节点数量作为衡量查询处理代价的指标。

5.1 算法分析

设 AVL 索引树根为 n , 且有 N 个节点, 则给定区域查询 r 有如下三种情形:

(1) 如果 r 被 AVL 索引树所包含,则需要做从上到下的子树遍历与搜索;

(2) 如果 r 不能被 AVL 索引树所包含,则需要通过“Upsidepath”找到包含该查询的祖先节点,用一个消息把查询发送到以这个祖先为根的子树的另一边,其有效查询为当前这棵子树的孩子子树;

(3) 如果根节点包含了查询结果,那么查询只要被发送到根即可。

综上所述,通过并发式搜索,系统保证查询过程 hop 数的代价为 $O(\log N)$ 。

5.2 查询效率分析

试验采用网络模拟器 NS2 27 进行模拟实验,操作系统为 Linux Red Hat 8. NS2 是离散事驱动的网络仿真器,可以对多种网络进行有效的仿真^[7]。其试验结果都是采用 AVL 索引树查询处理(记为 AQUE)与 CAN 的性能对比,索引的查询效率用跳转次数(hop)来衡量,即找到每个结果的跳转次数。本文对给定的查询区域(4~20)和搜索半径(搜索半径 r 分别取为 0.1, 0.05, 0.01),对 AVL 索引树查询 AQUE 和 CAN 查询效率进行比较。

从图 4 试验结果可以看出, AQUE 的查询效率不受数据维度的影响,而 CAN 只有在数据维数较高的情况下才能获得较好的性能,这是因为在 CAN 中每个节点的邻居节点个数会随着维数的增加而增加,因此查询效率会随着维数的增长而逐渐提高,但是其查询效率会随着网络规模的增大而降低。

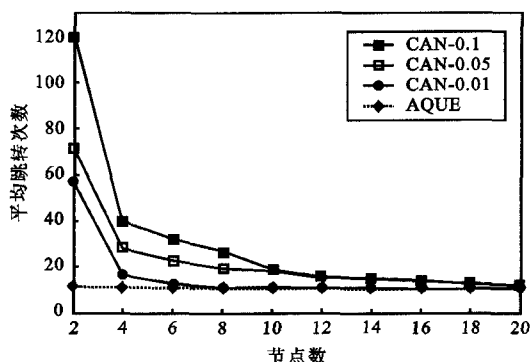


图4 范围查询效率比较

5.3 均衡负载讨论

当插入数据分布偏斜时,需要进行负载均衡。图5中给出了负载均衡调整图,可以看出 AVL 索引树进行负载均衡和网络重构时的消息不多,每当插入大约1 000个数据时有一条额外的负载均衡消息。其原因是大部分情况下只在一个小分支上进行网络重构。

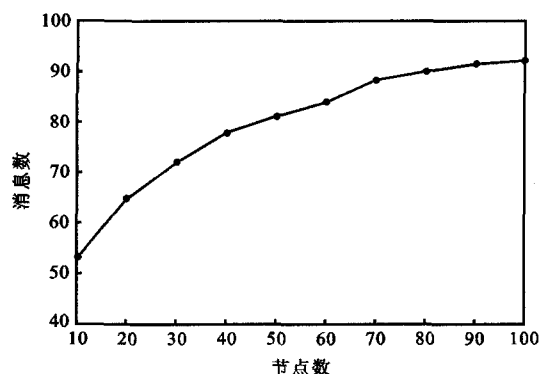


图5 负载均衡图

5.4 负载分布

通过进一步试验可以发现,在均匀数据分布情况下, CAN 是较好的,但在偏斜数据分布的查询中,系统的负载分布很不均衡,大约有 80% 的数据集中在 10% 的节点上,说明了 CAN 只适合做精确查询处理,而无法有效地执行多维数据的范围查询。

6 结束语

本文给出了分布式环境下支持多维数据范围查询的通用架构,实现了一个虚拟的基于子空间划分的层次树,索引架构定义的查询算法 AQUE 可以有效地处理多维数据的范围查询,保证了查询可以从树的任意位置开始,而不会像集中式环境下的层次树,需要从根结点出发逐层查询,从而避免了树根节点引起的系统性能瓶颈问题。而网络重构也可以有效地均匀负载。

参考文献:

- [1] 刘金岭. 多维数据的复杂查询聚集算法研究[J]. 计算机应用. 2008, 28(7): 1689-1691.
- [2] 杨丞, 张刚林, 刘光灿, 等. 一种针对 P2P 网络优化的 Kademlia 路由算法[J]. 微电子学与计算机, 2009, 26(9): 136-138.
- [3] 马慧, 徐孟春, 张德文, 等. 基于资源路由表的 P2P 资源查找机制研究[J]. 微电子学与计算机, 2007, 24(4): 169-173.
- [4] Chawathe Y, Ramabhadran S, Ratnasamy S, et al. A case study in building layered DHT applications[C]// Proceedings of SIGCOMM 2005. Philadelphia: SIGCOMM, 2005: 97-108.
- [5] 鞠大鹏, 黎明, 胡进锋, 等. 一种 P2P 环境下的 B+ 树索引管理算法[J]. 计算机研究与发展, 2005, 42(8): 1438-1444.

(下转第 19 页)

7 结束语

表 1 中针对上节设计所需带内带外性能要求,从滤波器设计阶数角度与其他两种设计结构进行了对比.

表 1 各结构需要滤波器阶数对比

结构	滤波器阶数
单级对折 FIR	64
单级多相 FIR	64
改进多级半带 FIR	34

注:以上阶数仅为 IQ 基带插值单路滤波所需阶数.

从表 1 中可以得知通过多级设计可以大幅降低设计阶数的需求.

表 2 中则从上述所需阶数的设计实现结果上对最终资源上的三种结构进行了对比,可见优化后结构虽然与多相滤波器比相对复杂,需要逻辑资源有所增加,但对 FPGA 相对紧张的 DSP 块及片内 RAM 使用数量大大减少,有利于单片 FPGA 上的阵列数字信号处理实现.对于表 2 需要注意以下几点:(1)表中数据为 IQ 基带插值总资源消耗;(2)表中实现基于 Altera Stratix II 系列 FPGA,当使用 18×18 乘法器时,资源消耗等同于用 2 个 9×9 乘法

表 2 各结构消耗 FPGA 资源对比

结构	DSP 块	组合逻辑	寄存器	ROM/bit
单级对折 FIR	128	1 394	2 750	0
单级多相 FIR	32	192	272	768
多级半带 FIR	4	445	687	90

(上接第 14 页)

[6] Sahin O D, Gupta A, Agrawal D, et al. A peer-to-peer framework for caching range queries[C]//Proc of IC-DE, Piscataway, NJ:IEEE,2004:165-176.

[7] 曾碧卿,陈志刚,吴锐珍. P2P 网络支持复杂多维数据搜索的范围查询算法[J]. 计算机工程,2007,33(11):71-

器^[7]; (3)后综合时逻辑及寄存器会优先使用 DSP 块内寄存器资源,使得对比数据失真,故资源消耗全部为前综合时数量.

参考文献:

[1] 万能,王江宏,郭亮,等. LTE 中变速率 FIR 滤波器的 FPGA 实现[J]. 微电子学与计算机,2009,26(11):63-69.

[2] Richard G Lyons. Understanding Digital Signal Processing[M]. 2nd ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice-Hall, 2004.

[3] Vaidyanathan P P. Multirate Systems and Filter Banks [M]. Englewood Cliffs, N J: Prentice-Hall, 1993.

[4] 何建标,王宏远,郭跃,等. 一种基于 FPGA 的 FIR 滤波器实现结构[J]. 微电子学与计算机,2008,25(3):47-50.

[5] Alan N. Willson. Desensitized Half-band Filters [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems, 2010,57(1):152-167.

[6] Parks T W, McClellan J H. Chebyshev approximation for nonrecursive digital filters with linear phase[J]. IEEE Trans Circuit Theory, 1972, 19(2): 189-194.

[7] Altera Corp. StratixII Device Handbook[M]. San Jose: Altera Corporation, 2008.

作者简介:

沈志男,(1983—),博士研究生. 研究方向为现代通信信号处理和现代数字信号处理.

王宏远男,(1946—),教授,博士生导师. 研究方向为图像通信、图像信号处理和现代数字信号处理.

72,85.

作者简介:

刘金岭男,(1958—),教授. 研究方向为数据库、数据仓库及数据挖掘.