

计算机会议环境的信息扩散模型分析(

丁伟 潘建平 龚俭 顾冠群
东南大学计算机科学与工程系, 南京 210096

摘要 在基于网络的计算机会议环境中, 信息扩散技术是和信息压缩技术同样重要的改善会议性能的手段。本文根据分布处理的思想分别提出了面向局域网环境和面向广域网环境的分布式扩散方式, 它们与传统的全线性集中式扩散方式相比在扩散时间上有着阶数意义上的改善。文中详细地介绍了各方案, 并利用扩散平衡树进行了有关的数量分析, 同时还介绍了上述方案在其它网络环境中的应用。

关键词 计算机网络, 计算机会议, 群通信, 信息扩散模型

1 引言

计算机会议系统[1, 2]的最大特点是同等可视(What You See Is What I See, WYSIWIS[3])。在一般情况下, 计算机会议系统至少应该提供白板(Whiteboard)和指针(Telepointer)等会议资源[4], 可对这些资源及主持人、发言者以及白板和指针的使用权限进行有效的管理和控制。另外, 这种会议系统还该能够能够将某个参与者的应用窗口(包括静态的图纸、照片和动态的图形等)在一定的控制下变为会议的应用窗口, 使之能同步地出现在每个与会者的屏幕上。与此同时, 计算机会议系统还应能提供基于多媒体的多点投递服务[5]。

在一个计算机会议的进行过程中, 为了保证同等可视, 需要将大量重复的会议信息和控制信息传递到所有与会者的屏幕上, 这对低层的通信信道的压力是很大的, 也是影响会议系统效率的主要瓶颈。提高会议系统的效率可以通过以下几个方面实现:

使用高速的通信信道和新型网络运输协议;
对会议信息, 尤其是对多媒体信息, 进行压缩;
采用高效的信息扩散模型扩散会议信息。

由于目前对多媒体信息的压缩技术, 尤其是对声音信息的压缩技术还不够成熟, 这使得计算机会议系统在远程网上的使用受到很大的限制。这也是目前在世界范围内, 还没有一个非常成功的能够运行在甚低速信道上()广域网络的多媒体(主要指对语音的支持)会议系统的主要原因之一。

从会议信息扩散的角度来看, 由于目前所有的计算机会议系统均是在点到点通信协议(如TCP/IP)的支持下实现的, 对于一个有多个与会者参与的会议, 为了保证同等可视, 它们一般均采用单信息源逐一发送的线性信息扩散方式, 这也是影响效率的重要原因, 即使在局域网或交换局域网这样的高速环境下, 当与会者数目较多时, 这种线性的扩散方式会给会议效率带来很大的影响。采用高效的群通信协议(如XTP协议[6]支持)环境支持会议系统固然是提高效率的有效手段, 但从目前形势看用这样的群通信协议在从局域网到广域网的所有网络环境中替代以Internet所使用的TCP/IP为代表的点到点通信协议还需要很长的时间。为此本文从压缩信息扩散时间的角度来探索提高会议性能的方法。

2 扩散方式分析

消息源是需要向网络中的其它结点发出消息的结点。会议系统总是要求网络尽快地将消息扩散到所有有关的结点。不同的会议系统可能会采用不同的扩散方式。原则上讲这种扩散方式可分为串行和并行两类, 串行方式指消息源逐一地向其它结点发送消息, 只有当向一个结点的发送结束后, 才开始向另一个结点发送, 在这种方式下各结点收到消息的时间会有较大差距; 并行方式指消息源同时在多个连接上向所有结点分别发送消息。相比之下, 线性方式实现简单, 控制容易, 但扩散周期较长; 并行方式的实现和控制较为复杂, 但扩散周期相对较短。当然, 无论采用何种方式, 无论是在远程网环境还是在局域网环境, 扩散时间均与信道中可为会议系统使用的有效带宽密切相关, 在广域网中, 它还与拓扑结构有关。另一方面, 会议信息的扩散范围为逻辑实体的集合, 有可能跨越多个子网, 因此面向子网的广播对于会议系统来说并不是一个有效的信息扩散方式。以下的分析假设所有结点均是连通的。

3 全连通环境下的分布式串行传播

这是一个比较理想的传播环境, 它假设会议环境中任何两个结点之间均可直接到达, 无需经过其它结点转发, 而且任何两点间的传播延迟相同。目前实际中比较类似的环境是高带宽的局域网或交换局域网环境, 以及全连通的内部交换阵列等。

在上述假设的情况下, 常用的扩散方法是: 消息源依次向其它结点发出消息。如果

网络中参与扩散通信的结点个数为 n ，消息源为“结点”，则整个扩散过程由“”，“”，“”共 $n-1$ 次消息传递构成，每次消息传递的延迟为单位时间。则从消息源向第一个结点发出消息到所有结点获得该消息的“网络扩散延迟”为 $n-1$ ，表示 n 个结点组成的扩散网络中消息源向其它结点进行扩散的时间复杂形为 $O(n)$ ，或记作 $n-1$ 。

可以看出上述的扩散方式是完全线性的串行传播。如果在消息源发送消息的同时，让一些已经接收到消息的结点将所得消息转发给另外一些尚未获悉该消息的结点，则整体扩散延迟应有较大改善。本小节从该简单原理出发，定性定量地讨论该环境下的最佳扩散方法。

为了表示改进方法相对于一般方法在网络扩散延迟意义上的改善程度，特别引进“改进效率”这一概念，它在数值上等于一般方法与改进方法扩散延迟的比值，其中表示所考虑扩散网络的结点个数。

3.1 扩散平衡树

如果采用双消息源进行扩散，即让第一个从消息源处获得消息的结点充当扩散环境中的第二消息源，它们同时采用串行方式进行扩散，简单分析证明这种方式的改进效率为 2 。

图 1 扩散平衡树的例子

然而，由于串行扩散方式自身的限制，在将这种“转发”的思想扩展到任意个消息源时，改进效率并不等于 2 。然而，在这种扩散方式下， n 个时间片内，结点之间的传播过程可构成一棵“阶扩展平衡树”。

定义 (扩散平衡树)

孤立结点为“阶扩散平衡树”；

若 T 是以 S 为根结点的“阶扩散平衡树”，连接和将获得根结点 (或) 的 n 阶扩散平衡树”

；当且仅当由 1) 和 2) 以及有限次使用 2) 得到的才是“扩散平衡树”。

图 1 中给出了阶、阶和阶扩散平衡树的例子，图中 S 点表示原始的消息源，弧上的数字表示相应结点之间信息的扩散在第 n 个时间片内完成。

3.2 扩散平衡树的性质

根据扩散平衡树的特点，可以获得下面几个结论。

引理 1 若 T 为阶扩散平衡树，则其结点个数为 2^n 。

证明 (使用对阶数的数学归纳法)

奠基 由定义 1)，阶扩散平衡树 (孤立结点) 的结点数为 1 。

归纳 设当时，阶扩散平衡树的结点个数为 2^{n-1} 。

推步 当时，根据定义 2)，阶扩散平衡树由 2 个阶扩散平衡树合并构成，并且没有引入新的结点，根据合归纳假设，阶扩散平衡树的结点数为 $2 \times 2^{n-1} = 2^n$ 。

阶扩散平衡树的结点个数为 2^n 。

这就是所要证明的。

引理 2 若 T 为阶扩散平衡树，则其扩散延迟为 $2^n - 1$ 。

证明 (使用对阶数的数学归纳法)

奠基 由定义 1)，阶扩散平衡树的扩散延迟为 0 。

归纳 设时，阶扩散平衡树的扩散延迟为 $2^{n-1} - 1$ 。

推步 当时，不失一般性，可以令消息源为 S ，它在第 n 个单位时间里将消息传递给 2 个结点。之后和各自独立地向和内部的结点扩散。则整个扩散延迟可以表达为 $2 \times (2^{n-1} - 1) + 1 = 2^n - 1$ 。

阶扩散平衡树的扩散延迟为 $2^n - 1$ 。

这就是所要证明的。

将引理 1 代入引理 2，可推出下述定理。

定理 若网络的结点个数为 n ，在全连通串型环境下按扩散平衡树的结构进行消息扩散，则其扩散延迟为 $2^n - 1$ ，也就是 $O(2^n)$ 。

图 2 改进效率图示比较

3.3 扩散平衡树方法的改进效率

结点数
一般方法
改进方法
改进效率

0
0
-
2
1
1
1
4
3
2
1.5
8
7
3
2.3
16
15
4
3.75
32
31
5
6.2

表 1 改进效率列表比较

依据定义，改进效率为。图2 和表1 给出了一般方法与平衡树算法的扩散时间比较。

3.4 扩散平衡树的动态生成规则

根据引理1，扩散平衡树的结点个数总是2的整数次幂个，但在实际应用中，与会的扩散结点数可能是任意个且随时会在会议进行中动态变化。因此需要有一种方法，能够给出上述情况下，扩散平衡树的生成方法，下面便是一个这样的方法。

规则（扩散平衡树的动态生成）

按次序为每个需要扩散的结点编号，消息源为，以后依次为；

如果某结点的编号为奇数，则其父结点为；如果为偶数，则若其次除以后（除以）为，其父结点为根结点，若其次除以后（除以）为某奇数，其父结点为。

图 3 阶扩散平衡树的动态生成

图3中给出了阶的扩散平衡树，其中结点的标识是进入平衡树的相对顺序。从图中可以看出任意阶的扩散平衡树均是由两个阶的扩散平衡树通过互连根结点而构成的，而且这种关系具有递归性，即对于任意，阶扩散平衡树由个阶扩散平衡树通过逐级两两互连结点构成。当时，，这意味着任意阶的扩散平衡树均是以阶扩散平衡树为元素构造而成的。实际上，当结点个数为到之间时，总可以有多个扩散平衡树满足扩散时间为，上述方法所构造的扩散平衡树的主要特点是让个扩散结点中的个构成一个棵完整的阶扩散平衡树，而其余的点则根据上述递归原理，由小而大地逐级构造而成，这样的生成方式具有一些很好的性质。

性质1（平衡性） 在动态过程的任何时刻进入扩散模型的结点都不会改变在其之前先进入模型的结点之间的扩散关系；

性质2（对称性） 在平衡树从阶向阶过渡的过程中，新结点进入平衡树时与周围结点的扩散关系在任何时刻都可从已存在的阶平衡树中的对称结点处获得；

性质3（平稳性） 后进入模型的结点有可能比先进入的结点先获得消息，但这种不公平性仅为，不会随着结点数据的增加明显增加。

由于上述规则在新结点加入时只为其指定父结点，而不改变任何在此之前业已确定的传播结构，因此平衡性得以保证。对称性和平稳性可从图3中看出。

图 4 广域网拓扑示例

图 5 扩散树生成过程

在普通拓扑的广域网环境下，会议信息的扩散结构与网络的拓扑结构密切相关，同时信息扩散的瓶颈是广域网的信道。图4给出了一个常见的广域网拓扑，在这样的环境中，一般来说如果有效带宽相等，则任何两段信道上的传输延迟相等（与距离等因素无关）。此时，最佳的扩散方式应是使会议信息以最少的转发次数到达多个目标结点。

如果扩散集合给定，则可用以下方式进行扩散：

从消息源路由信息中找到各结点的扩散路径(路由信息为此类网络的必备信息)；
根据上述信息建立信息扩散树；
合并树中相同的结点。

图5给出了由等个结点构成的系统，以为源点的扩散树的生成过程。

在扩散树生成后，如果树中某结点需要向个结点传播，则可同时启动个进程同时进行传播，每个进程使用不同的信道。这样如果以信息在一条信道上的传输时间为单位时间，则整体扩散时间为扩散树的层数。当新结点加入时，可将其先连到根结点，然后进行合并。

虽然从理论上讲，在局域网环境下也可采用这种多进程的并行扩散方式，但由于目前局域网的带宽与广域网相比要高几个数量级，因此在性能允许的范围内前者能支持的与会者人数要比后者多很多，采用并行方式意味着要在一台主机上建立大量的连接，这对源结点所在主机的硬件处理能力和软件支持平台的可靠性都提出了很高的要求，而要在普通的工作站或微机上采用这种并行方式进行信息扩散并保证会议效率和可靠性的话，就必须以牺牲与会结点的数量为代价。所以，在局域网环境中应主要使用串行方式。当然，如果会议系统支持，还可以采用串并混用的方式。

此外由于每个与会者都可以是信息源，因此会议信息的扩散系统应包括棵扩散树，同时无论是采用串行扩散还是采用并行扩散，其扩散模型对信息源都应保持相对稳定，这些树应在会议开始前生成。在实现中每个结点只需记录下扩散模型中与自身有关的部分，比如可采用一张有个入口的表来指定从对应消息源收到消息时需要转发的目标结点。该表在会议开始前生成，“迟到者”的加入只会使表的内容扩展，而不会改变表中已有的内容。

5 其它环境

上面的讨论实际上是面向单纯的局域网或广域网环境的，对于同时涉及局域和广域两种网络环境和会议，可以在每个局域网中指定一个代理，广域网中的消息扩散只在代理之间采用并行方式进行，而在局域网中则采用以代理为消息源的串行扩散。

在星型网中，无论那个结点是消息源，均应首先将消息传递给中心结点并由中心结点负责扩散，而扩散的方式则可根据信道、与会人数等因素决定。

6 结 论

高效的信息传播，特别是对于多媒体计算机会议系统支持，一直是我们进行计算机网络协议机制研究的重点。本文提出并分析了在局域、广域、星型和混合等各种网络环境中对计算机会议的消息进行扩散的最佳方式，这种扩散方式不仅可以用于计算机会议，还可以用于任何基于消息扩散的网络应用中，比如网络管理，路由[5, 7]，资源和服务的命名和查找等。信息扩散模型的深入研究，不仅能够提高现有会议系统性能，而且对于新型高性能网络协议支持多点投递的协议机制研究[6]也是具有很大帮助的。

参考文献

Tanigawa, H, Arikawa, T, Massaki, S and Shimamura, K. 'Personal multimedia-multipoint teleconference system', In Proceedings of IEEE INFOCOM 91, pp. 1127-1134, April 9-11 1991

Watabe, K, Sakata, S, Maeno, K, Fukuoka, H and Ohmori, T. 'Distributed multiparty desktop conferencing system: MERMAID', In Proceedings of CSCW, pp. 27-38, October 7-10 1990

Stefik, M, Bobrow, D G, Foster, G, Lanning, S and Tatar, D. 'WYSIWIS revised: Early experiences with multiuser interfaces', ACM Trans on Office Information Systems, Vol. 5, No. 2, pp. 147-167, December 1987

潘建平, 丁伟等, 计算机会议系统白板和指针的研究, 小型微型计算机系统, 17卷4期, 1996年4月

Kompella, V, Pasquale and Polyzos, G. 'Multicasting routing for multimedia communications', IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 1, No. 3, pp.

计算机会议环境的信息扩散模型分析_丁伟+潘建平+龚俭+顾冠群.txt

286-292, June 1993

Strayer, T. ed, Xpress Transport Protocol Specification Revision 4.0, XTP-95-20, XTP Forum, March 1995

见: 顾冠群, 潘建平等译《快捷运输协议4.0版(中文版)》, XTP-96-08, XTP论坛, 1996年5月

Berry, L. 'Graph theoretic models for multicast communications', In Traffic theories for new telecommunications services ITC Specialists Seminar, pp. 55-99, September 1989

Analysis of Information Diffusion Models for Computer Conference

DING Wei, PAN Jianping, GONG Jian, GU Guanqun
Computer Dept. of Southeast University, Nan Jing 210096

Abstract The technologies of information diffusion and compression for network-based computer conference are the same important to improve the performance of the whole conference system. This paper introduces some novel diffusion approaches based on distributed processing under the local and wide area network environments. And these approaches have the magnitude improvement over the conventional full-linear concentrated diffusion ones on diffusion span time. Different scenarios are detailed in this paper and the related analysis using diffusion balance tree also exist. Some applications of these approaches under different network environments are illustrated.

Key Words Computer Network, Computer Conference, Group Communication, Information Diffusion Models

(本文部分工作受国家自然科学基金和江苏青年科技基金的支持。丁 伟, 博士, 副教授, 主要研究计算机网络及应用。潘建平, 博士生, 研究高速计算机网络及协议。龚 俭, 博士, 教授, 主要研究计算机网络和开放分布处理。顾冠群, 博士生导师, 研究领域包括计算机网络, 分布式处理和计算机集成制造。