

P2P 技术在远程教育系统开发中的应用研究 *)

伍华健

(玉林师范学院数学与计算机科学系 广西玉林 537000)

摘要 视频教学是远程教育开发中的一个子系统,设计上采用基于 P2P 的分布式视频教学系统结构。解决了服务器自身资源的限制,合理使用用户计算机空闲的资源提供部分服务,使得整个系统的能力得到极大的提高。

关键词 P2P, 远程教育, 网络

Application of P2P in Distance Education Network

WU Hua-Jian

(Department of Mathematics and Computer Science, Yulin Normal University, Guangxi Yulin 537000)

Abstract Video education is one of the subsystem in distance education network. This paper introduces an application model of the distributed video education system on Peer to Peer basis. The model resolves the restriction of Server's resources and makes full use of the clients free resources. The whole video education system works efficiently.

Keywords P2P, Distance education, Network

随着计算机网络技术、多媒体技术等现代信息技术的发展,高等教育也发生了崭新的变化,教育形式由单一的面授方式走向多元化。远程教育就是一个例子,在先进的教育/教学理论指导下,以信息技术、多媒体计算机技术和网络通信技术作为教师教学及学生学习、认知的平台,通过教育环境、教学内容、学习工具的数字化,来改变传统教学中教师、教材、教学媒体的作用以及它们与学生之间的关系,促进传统教育观点、教育模式乃至教育组织形式的全面变革,实现一种全新的学习与教学模式。

目前,我们正从事自治区自然科学基金项目“基于宽带网的远程教育支持系统的研究”,在远程教育支持系统中,视频教学子系统是我们建设的一个重要的内容和难点,硬件和软件技术性要求都比较高。我们基于 P2P 的技术开发这系统,它是通过计算机网络传输实现的一种异地远程可视化教学系统。

1 视频教学子系统

视频教学既有面授所具备的形象、简洁、互动的特征,又能解决教师、学生异地教学的问题。视频音频的资源很大,对服务器端网络的带宽、服务器的性能要求很高,严重阻碍了系统的发展。例如,一个比特为 1Mb 的视频节目,如果同时 1000 人访问,那么服务器端的网络带宽必须达到 1Gb,服务器要每秒钟至少发送 1Gb 的数据。能满足这些条件的网络和计算机很少并很昂贵,特别是接受远程教育的用户日益增加,系统难以支持。针对这些问题,现在的解决办法:一是使用服务器群,提高整个流媒体服务系统的性能,网络方面通过增加光纤提高出口带宽;二是使用分布式系统,通过 CDN 技术将流媒体数据分布到各地,用户就近访问。根据以上的解决方法,视频教学系统的实现技术一般用传统 C/S 模式的流媒体服务系统和 IP 多播技术。C/S 模式应用系统易于扩展,处理效率高。但这种模式具有内在缺陷:客户端具有平台相关性,管理复杂,维护困难。IP 多播技术在多点视频数据传

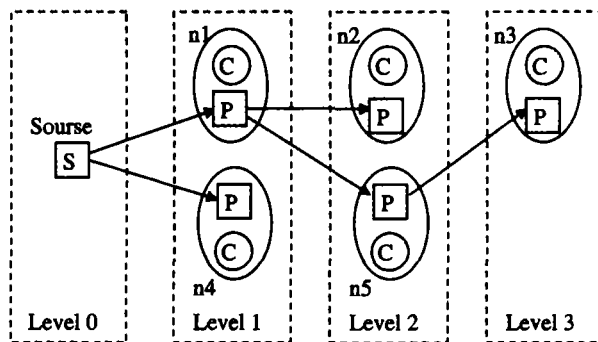
输方面具有很大的优势,是一个不错的选择。但有一个显著缺点:它事先需得到 ISP 的支持,同时不支持对节目进行诸如暂停或快进之类的个性化操纵。然而,这些方法所依赖的硬件成本非常高,系统的复杂度非常大。所以,对现有的视频系统的瓶颈问题必须通过“质”而不是“量”来解决。

将 P2P 技术应用于流媒体系统中是近 2 年来的一个技术热点。P2P 技术利用现有的计算机资源和宽带网络资源推动远程教育的发展,而又能减少流媒体资源的耗费,是远程教育中视频子系统的最佳实现技术。

2 P2P 在视频教学系统中的应用

2.1 PeerCast 模型

P2P 模式是在现有的媒体服务系统基础上改变 C/S 模式下的服务方式和传输路径。P2P 模式服务系统把同时请求同一媒体的用户以就近原则归一组,然后以这个组作为“结点”形成一棵树。图 1 是一个 P2PStreaming 的树状结构图,在这棵树中,子节点从父节点获取数据。如图 1 中, n_1 和 n_4 从 s 获取数据, n_2 和 n_5 从 n_1 节点获取数据, n_3 从 n_5 节点获取数据。



$N = \{n_1, n_2, n_3, n_4, n_5\}$, P: Peering Layer, C: Application Client
图 1 PeerCast 模型

*)广西自然科学基金资助项目:基于宽带网的远程教育支持系统的研究(合同编号:桂科基 0342060)。伍华健 硕士,副教授,主要研究领域为计算机理论与应用。

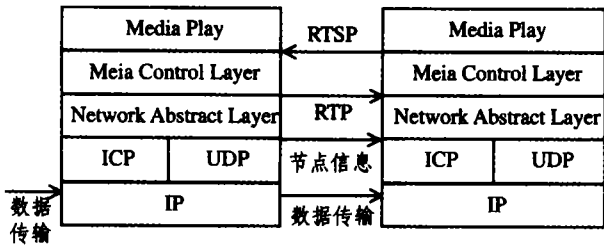


图2 3层软件结构

2.2 P2P 技术特点

P2P 网络是一种具有较高扩展性的分布式系统结构,其对称概念是指网络中的物理节点在逻辑上具有相同的地位。P2P 技术的实质在于将互联网的集中管理模式引向分散管理模式,将内容从中央单一节点引向网络的边缘,从而充分利用互联网中众多终端节点所蕴涵的处理能力和潜在资源。相对于传统的集中式客户/服务器(C/S)模型,P2P 弱化了服务器的概念,系统中的各个节点不再区分服务器和客户端的角色关系,每个节点既可请求服务,也可提供服务。节点之间可以直接交换资源和服务,而不必通过服务器。P2P 系统最大的特点就是用户之间直接共享资源。

2.3 基于 P2P 的视频教学系统体系结构

我们设计 P2P 系统的节点由 3 层软件结构来支持媒体的应用:网络构造层、媒体传输层、媒体播放层。如图 2,网络构造层负责建立和维护节点,确定媒体传输层数据接收的上级节点和下传的下级节点。它处在 TCP/IP 网络结构的应用层。

媒体传输层负责对接收到的数据进行缓存,并且作为服务器把数据传送到媒体播放层和下一个节点。网络构造层提供上级节点的 URL,媒体传输通过 URL 接收数据,整个节点树对于媒体传输层是透明的。

媒体播放层负责对节点接收到的媒体进行播放,媒体播放层并不关心媒体的来源,因此可以采用现有的媒体播放器进行播放。

2.4 关键技术

2.4.1 网络节点的设置

媒体服务器:将媒体文件按设定的方式分割成固定的视频段,分段存贮;建立索引文件。

索引服务器:记录登录用户的信息以及主节点、副节点的信息(包括节点的 IP 地址和端口以及计算机性能和出口带宽等相关信息),在用户请求媒体文件时返回媒体文件的各片段的地址值。

逻辑覆盖网络:每个用户按兴趣请求媒体文件归类,就近加入网络,并与自己相邻的一组邻居节点通过端到端连接构成一个共同兴趣的逻辑覆盖的网络。对等节点之间的内容查询和内容共享都是直接通过相邻节点广播接力传递,同时每个节点会记录搜索轨迹,以防止搜索环路产生。

主节点:选择一个在计算能力、内存、带宽、网络滞留时间等指标最优的节点作为主节点,负责响应和转发各节点的查询请求,负责从其父节点(上一层)获取媒体资源,同时负责维护更新本组各节点信息和各节点所拥有媒体资源信息。当副节点失效时,重新挑选一个节点作为新的副节点。

副节点:选择一个在计算能力、内存、带宽、网络滞留时间等指标次优的节点作为副节点,维护主节点上的用户信息表的备份。当主节点失效时,由副节点取代为主节点,并挑选另一个节点为副节点。

普通节点:既向其他节点索取媒体文件片段,又向其他节点传送自己拥有的媒体片段。当然,主节点和副节点首先也是一个普通节点。

2.4.2 传输策略设计:传播树的构成

传输树的构造如图 3。

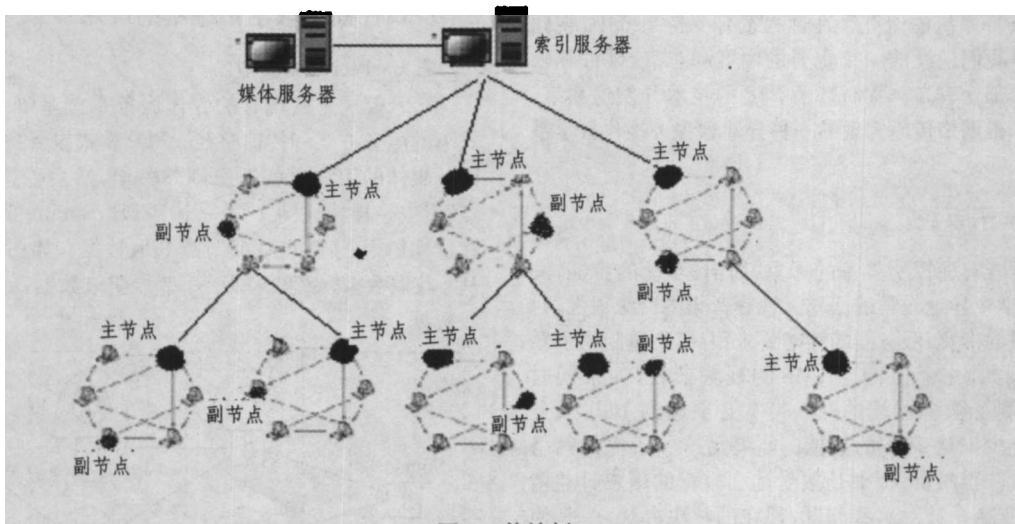


图3 传输树

(1)第 0 组是源节点,即媒体服务器和索引服务器,是唯一的。

(2)节点 P_n 在第 i 组(层),所有拟从 P_n 取得数据的节点: $P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jn}$ 以就近原则归入第 $j = i + 1$ 组(层), P_n 按先入为主的原则暂时作为主节点,同时从 $P_{j1}, P_{j2}, \dots, P_{jn}$ 中选出副节点。

(3)根据用户的加入和退出,依据各节点的计算能力、内存、带宽、网络滞留时间等指标动态地调整主节点和副节点,

使传输树达最优完全树。

数据的传播路径引入了冗余,同一组内媒体不由一个组播树来完成转发,而是不同的视频段由不同的生成树来完成转发,以达到结构平衡负载。例如,在某个组(逻辑覆盖网络)中主节点从父节点获取两个(或多个)stripes,每个 stripes 构建自己的组播树,这样做到一个节点仅在一个组播树中作为转发节点,在其余组播树中作为叶节点。当一个节点失效时,只影响一小部分节点。同时,每个节点会记录搜索轨迹,以防

止搜索环路的生产。如图 4, p1 主节点获得两个 stripes, 对于节点 p2 的 stripes1 组播树沿着细线先送到 p3, p4, 再送到 p5, p6; 对于节点 p3 的 stripes, 组播树沿着粗线先送到 p4, p6, 再送到 p2, p5。通过多个组播树结构传送, 可以使每个节点都参与转发媒体, 降低了对单个节点带宽的要求。

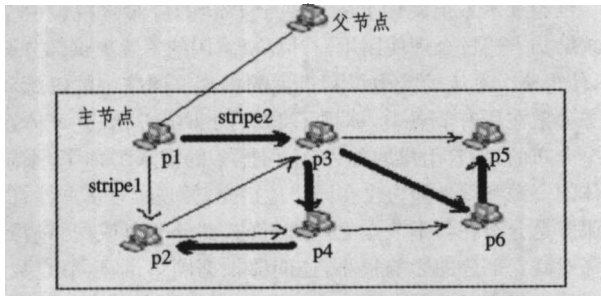


图 4 传播树

构造并优化传输树时要遵循下面 3 个原则：

- (1) 在相同的节点性能下, 对包的丢失、包延迟方面, 完全树最优;
- (2) 在完全树的情况下, 带宽越大的节点处于越上层, 整体性能提高;
- (3) 相同任务路由最近的节点处于同一组, 组内的包丢失、包延迟性能提高。

2.4.3 传输节点种子的选择

假设存储某片段 stripe 的节点有 S_1, S_2, \dots, S_k , 用 b_i 表示 S_i 的带宽, d_i 表示 S_i 与用户之间最短路的跳跃数, n_i 表示与 S_i 连接的用户数, 则可用公式: $U_i = b_i / (n_i * d_i)$ 表示 S_i 可供用户共享的平均带宽。

S_i 节点的缓存大小估计值为:

$$M_i = L * E(N) = L * (1 - p_1) \sum_{r=1}^{\infty} (r * p_{r-1})$$

其中 L 表示传输的数据块大小, $E(N)$ 表示需要在缓存内暂存的数据包格式的数学期望, p_r 表示数据包延时 $(r-1)$ 个包到达的概率, p_1 表示每个数据包丢失的平均概率。

对 S_1, S_2, \dots, S_k 按 U_i, M_i, CPU 和网络滞留时间(小)来进行字典排序。可选择性能较好的节点作为传输种子, 其余的作为备用种子。这样可做到: ①性能好的节点优先被选用, 可均衡系统负载; ②距离近的节点优先被选用, 实现就近原则; ③计算能力强的、缓存大的和网络滞留时间短的点优先被选用, 减轻网络负荷; ④连接少的节点优先被选用, 避免集中请求带宽大的节点而出现热区问题。

2.4.4 树的动态调整

随着节点的加入和退出, 会出现带宽小、性能差的节点处于较高层的节点中, 传输多播树不能保持最优完全树状态, 因此需要在过程中进行动态调整: ①处于较高层的、带宽小的、性能差的节点往下沉; ②主节点调整, 依据各节点的计算能力、内存、带宽、网络滞留时间等指标动态地调整主节点; ③副节点调整, 选择空闲带宽最大的节点为副节点。

2.4.5 节点失效的处理

当正在传输的节点突然离线或停止共享, 以及网络的波动, 会造成下载速度的下降。为确保传输正常, 引入动态监控机制: ①当父节点失效, 及时从上一组中选出新的父节点; ②当主节点失效, 副节点代替主节点, 并选出新的副节点; ③组内传输中间某个节点失效, 及时重新选择新的组播树, 或直接主节点继续获取资源; ④当种子连接的速度下降, 小于视频

播放速度, 及时从备用种子选出若干新种子, 与该种子共同承担下载任务。

2.4.6 缓存策略

S_i 节点的缓存采用循环队列结构来存储数据包, 缓存中的数据采用先进先出(FIFO)的策略。 S_i 节点把收到的数据读入缓存, 通过丢弃已播放的内容腾出空间, 来暂存未播放的内容。 S_i 节点的缓存大小估计值为:

$$M_i = L * E(N) = L * (1 - p_1) \sum_{r=1}^{\infty} (r * p_{r-1})$$

在缓存的管理体制中采用滑动窗口技术, 缓存区的空间能够暂存由于网络影响而迟到的数据包。

3 系统设计与实现

本系统设计考虑采用带超级节点的 P2P 结构, 利用超级节点来存储目录信息、接受查询请求, 将搜索到的视频提供者地址返回给用户节点, 然后在视频需求者与提供者之间建立自连接, 来进行多媒体数据流的传输。基于 P2P 的分布式视频教学系统结构如图 5 所示。

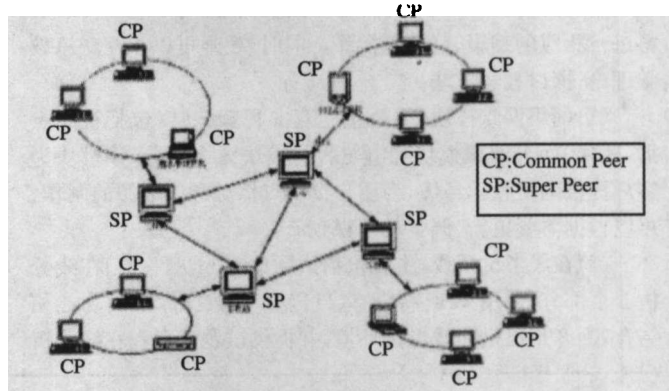


图 5 基于 P2P 的分布式视频教学系统结构图

在该 P2P 系统框架结构中, 各分布视频节点 Peer 通过相应的网关和路由器连接在一起, 可以看作是一个人的虚拟服务器。每一个分布的视频节点 Peer 既可以作为虚拟服务器的一部分来提供音、视频内容, 又可以向这个虚拟服务器提出请求, 然后在中间件——P2P 应用程序的帮助下, 从具体的某个节点处获得视频流来进行播放。应用模型如图 6 所示。

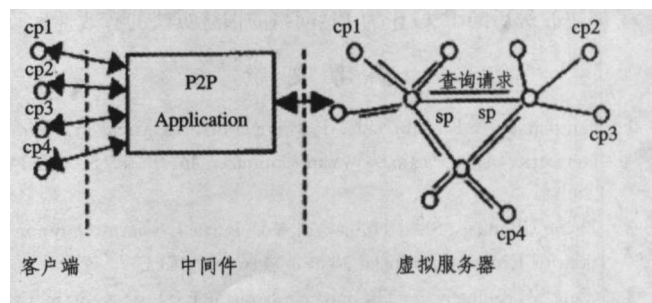


图 6 应用模型

该系统以 Windows XP 为系统平台, 通过 SUN 公司的 JXTA 提供的一组开放的 P2P 协议进行设计。JXTA 是针对原有 P2P 系统的缺陷而设计的一种现代 P2P 分布计算机的网络编程和计算机平台。它把 P2P 应用中的一些共同的东西抽象出来, 进行标准化, 具有如下的优越性: 互操作性、轻易互联、无缝地提供服务, 平台无关性, 独立于开发语言, 独立于平台, 独立于网络传输协议; 无处不存性, 只要有数字心脏, JXTA 就可实现。

JXTA的主要技术是:通过 Peer 元素组建 Peer Group;提供一套通用服务、协同工作的 Peer 集合;通过 Pipe 通道传输 Message;由一个 XML 结构文档 Advertisement 来命名、描述或发布一个资源。JXTA 技术实际上就是一组协议,每一种协议定义参加协议的各个成员间如何交换信息。其中 PDP(Peer Discovery Protocol)是核心协议之一,具有网络发现、被动发现、瀑布式发现、通过集合点发现;使用 PRP(Peer Resolver Protocol)协议来向其他 Peer 发出通用查询消息,并获得查询结果;通过 PIP(Peer Information Protocol)获知其他 Peer 的状态、运行时间、负载、能力等;通过 PMP(Peer membership protocol)协议使 Peer 能自己组成一个或加入一个 Peer 组;通过 PBP(Peer Biding Protocol)协议使 Peer 能建立一个或多个连接管道。

本系统远程教育软件平台在内容方面主要实现以下几个功能模块。

(1)教学资料模块:主要包括教学大纲模块、课件下载模块、教学理论模块,该模块主要是针对教师的应用。教师可以根据需要上传教学大纲、课件等相关资料,并对上传的资料进行相应的编辑、修改等操作。同时,教师可以相互交流教学理论,探讨教学方法。

(2)网络课堂模块:主要包括双向视频课堂(包括视频点播)模块、网上课程模块和电子教材模块 3 个部分,该模块为客户提供网络教学环境,为用户提供点播源和广播源的制作,可以根据需要更新、调整教学视频流。

(3)在线考试模块:主要包括试题集锦、试题答案、在线分析 3 个部分,采用 ASP 将脚本、HTML 和数据库访问功能相结合,为客户提供在线考试环境,并提供试题答案和在线分析

等相关内容。

(4)疑难解答模块:主要包括视频交流、专题讨论、疑难分析 3 个子模块,学生可以提出相关的问题,教师针对学生提出的问题进行分析探讨,同时教师可以针对相关专题进行讨论研究,充分体现网络教学的互动性。

结论 本系统设计上采用基于 P2P 的分布式视频教学系统结构。通过合理使用用户计算机空闲的资源提供部分服务,使得整个系统的能力得到极大的提高。网络中的资源和服务分散在所有节点上,体现了 P2P 的非中心化;整个体系是全分布的,随着用户的加入,不仅服务的需求增加了,系统整体的资源和服务能力也在同步地扩充,体现了可扩展性;由于服务是分散在各个节点之间进行的,部分节点或网络遭到破坏对其它部分的影响很小,还能够根据网络带宽、节点数、负载等变化不断地做自适应式的调整,体现了健壮性;由于每个节点既是服务器又是客户机,更好地实现了整个网络的负载均衡。随着用户的增加,系统容量扩大,带宽资源增加,系统能力也不断地增强。

参 考 文 献

- 1 魏苏林,等.基于 P2P 模式的新型视频点播系统.微计算机信息,2005(12)
- 2 葛苏慧,等. IP 多播技术在网络教学系统中的应用探究.教育信息化,2005(10)
- 3 方炜,等.基于 P2P 的流媒体应用及其关键算法研究.计算机应用与软件,2005(5)
- 4 易光华,等.基于对等网络的 VOD 模型研究.网络安全技术与应用,2005(2)

(上接第 165 页)

从实验结果看,用改进后的 PSO 对 BP 进行训练能够避免由于 PSO 本身的缺陷导致在 BP 训练过程中不能更好地找到最小解,减少了训练时间,能够有效地进行全局寻优,使得出的误差更小。

结论 本文分析了 PSO 算法的早熟现象,并进行了改进。改进后的 PSO 算法被用于 BP 网络的训练,在克服局部极小,加快收敛速度方面有显著的效果。通过 IRIS 问题验证了使用改进后的 PSO 作为 BP 网络的训练算法的有效性。

参 考 文 献

- 1 van den F B, Engelbrecht AP. Cooperative Learning in Neural Networks using Particle Swarm Optimizer. In: Proc. SAICSIT, 2000
- 2 Zhang Chunkai, Shao Huihe, Li Yu. Particle Swarm Optimization for Evolving Artificial Neural Network. IEEE
- 3 Clerc M, Kennedy J. The Particle Swarm- Explosion, Stability, and Convergence in A Multidimensional Complex Space [J]. IEEE Trans. on Evolutionary Computation, 2002, 6 (1):58~73
- 4 Kennedy J, Eberhart R C. Particle Swarm Optimization. Proc. IEEE International conference on Neural Networks, 1995. 1942~

1948

- 5 Shi Y H, Eberhart RC. Empirical study of particle swarm optimization [A]. In: Proceedings of IEEE International Congress on Evolutionary Computation [C]. USA: IEEE, 1999. 6~9
- 6 Yang J M, Kao C Y. A robust evolutionary algorithm for training neural networks [J]. Neural Computing and Application, 2001, 10(3):214~230
- 7 Van den B F, Engelbrecht A P, Training Product Unit Networks Using Cooperative Particle Swarm Optimizers [C]. In: Proc. of the third Genetic and Evolutionary Computation Conference, 2001
- 8 Maniezzo V. Genetic evolution of the topology and weight distribution of neural networks. IEEE Trans. Neural Networks, 1994, 5(1):39~53
- 9 周弛,高海兵,高亮,等.粒子群优化算法[J].计算机应用研究,2003,(12):7~12
- 10 李孝安,张晓绩.神经网络与神经计算机导论[M].西北工业大学出版社,1995
- 11 侯志荣,吕振肃.基于 MATLAB 的粒子群优化算法及其应用[J].计算机仿真,2003,20(10):68~70
- 12 王岁花,冯乃勤,等.一类新颖的粒子群优化算法[J].计算机工程与应用,2003(13):109~110