

应用组播技术构建校园网视频传输^{*})

许晓宁

(扬州职业大学计算机科学系 扬州 225009)

摘要 组播技术是 20 世纪 90 年代初发展起来的网络传输新技术。本文主要介绍了组播技术的基本原理,描述其机制与特点,并具体说明了利用组播技术传输视频信息的方法和实现过程。

关键词 组播,视频传输,协议

Constructing a Video Transferring of Campus Net Using Multicast Technology

XU Xiao-Ning

(Department of Computer Science, Yangzhou Polytechnic University, Yangzhou 225009)

Abstract Multicast technique is the network that develops at the beginning of 90's to deliver a new technique. This paper mainly introduces a set to sow technical basic principle, describes its mechanism and characteristics, and concretely explains to make use of a set to sow method that the technique delivers the video frequency information and carries out process.

Keywords Multicast, Video transferring, Protocol

1 引言

随着远程教育、视频点播(VOD)、可视电话、视频会议和实时训练的需求不断扩大,传统的数据传送方式已经不能适应应用发展的需要。在构架新的校园网时就必须考虑网络传输的数据量大、时延敏感性强、持续时间长等特点。为了实现最少时间、最小空间的传输和解决视频/音频业务所要求的网络利用率高、传输速度快、实时性强的问题,就要采用不同于传统单播、广播机制的转发技术及 QoS 服务保障机制,而 IP 组播技术是解决这些问题的关键技术。IP 组播(也称多址广播或多播)技术是一种允许一台或多台主机(组播源)发送单一数据包到多台主机(一次的,同时的)的 TCP/IP 网络技术。组播作为一点对多点的通信,是节省网络带宽的有效方法之一。在网络音频/视频广播的应用中,当需要将一个节点的信号传送到多个节点时,无论是采用重复点对点通信方式,还是采用广播方式,都会严重浪费网络带宽,只有组播才是最好的选择。组播能使一个或多个组播源只把数据包发送给特定的组播组,而只有加入该组播组的主机才能接收到数据包。目前,IP 组播技术被广泛应用在网络音频/视频广播、AOD/VOD、网络视频会议、多媒体远程教育、“push”技术(如股票行情等)和虚拟现实游戏等方面。

2 IP 组播组网

组播通信必须依赖于 IP 组播地址,在 IPv4 中它是一个 D 类 IP 地址,范围从 224.0.0.0 到 239.255.255.255,并被划分为局部链接组播地址、预留组播地址和管理权限组播地址三类。其中,局部链接组播地址范围在 224.0.0.0~224.0.0.255,这是为路由协议和其它用途保留的地址,路由器并不转发属于此范围的 IP 包;预留组播地址为 224.0.1.0~238.

255.255.255,可用于全球范围(如 Internet)或网络协议;管理权限组播地址为 239.0.0.0~239.255.255.255,可供组织内部使用,类似于私有 IP 地址,不能用于 Internet,可限制组播范围。

使用同一个 IP 组播地址接收组播数据包的所有主机构成了一个主机组,也称为组播组。一个组播组的成员是随时变动的,一台主机可以随时加入或离开组播组,组播组成员的数目和所在的地理位置也不受限制,一台主机也可以属于几个组播组。此外,不属于某一个组播组的主机也可以向该组播组发送数据包。为了向所有接收主机传送组播数据,用组播分布树来描述 IP 组播在网络中传输的路径。组播分布树有两个基本类型:有源树和共享树。

有源树是以组播源作为有源树的根,有源树的分支形成通过网络到达接收主机的分布树,因为有源树以最短的路径贯穿网络,所以也常称为最短路径树(SPT)。

共享树以组播网中某些可选择的组播路由中的一个作为共享树的公共根,这个根被称为汇合点(RP)。共享树又可分为单向共享树和双向共享树。单向共享树指组播数据流必须经过共享树从根发送到组播接收机。双向共享树指组播数据流可以不经共享树。

逆向路径转发(RPF)是组播路由协议中组播数据转发过程的基础,其工作机制是当组播信息通过有源树时,组播路由器检查到达的组播数据包的组播源地址,以确定该组播数据包所经过的接口是否在有源的分支上,如果在,则 RPF 检查成功,组播数据包被转发;如果 RPF 检查失败,则丢弃该组播数据包。

Internet 组播主干(MBONE)网络由一系列相互连接的子网主机和相互连接支持 IP 组播的路由器组成。它可以看成是一个架构在 Internet 物理网络上层的虚拟网,在该虚拟

^{*} 基金项目:江苏省现代教育技术研究“十一·五”规划课题(编号:2006-R-2393)。许晓宁 副教授,MCSE,主研方向:计算机网络与 Web 应用,虚拟现实技术应用。

网中,组播源发出的组播信息流可直接在支持 IP 组播的路由器组之间传输,而在组播路由器和非组播路由器组之间要通过点对点隧道技术进行传输。

3 IP 组播路由及其协议

3.1 主机和组播路由器之间的组播技术

因特网组管理协议 (IGMP) 是唯一可选的协议,路由器通过使用该协议与主机进行通信,以了解局域网上的组播组,主机通过向路由器发送消息告诉路由器它希望“听”到哪个组的报文。

3.2 路由协议

对于大型的 IP 组播网,第三层的 IP 路由协议一般要分为域内组播协议和域间组播协议。域内由校园网自行管理,域间通过共同的约定域间组播协议实现域间的组播。

(1) 域内组播路由协议 包括距离向量组播路由协议 (DVMRP)、密集模式独立组播协议 (PIM-DM)、稀疏模式独立协议组播 (PIM-SM)、组播开放最短路径优先协议 (MOSPF) 和基于核心树的组播协议 (CBT) 等。随着技术的进步和市场的选择,其中的 PIM-SM 协议脱颖而出,成为广泛支持的组播协议。该协议的“显示加入”特性只会向需要组播报文的网络传播报文,同时组播源到接收者的网络延迟小,正是这两点因素使之成为域内组播协议的首选。另外,占有市场份额最大的 Cisco 仅支持 PIM-SM 和 PIM-DM,而 PIM-DM 由于其带有“广播”的特点,不适合大型网络,因此 Cisco 也推荐使用该协议作为域内组播协议。

(2) 域间路由协议 多协议的边界网关协议 (MBGP) 对边界网关协议 (BGP) 进行了一些扩展使之适合于多种协议的路由交换,但目前主要用于组播。该协议增加了路由信息的状态,每一条路由可以标记为是单播的还是组播的路由。这样就可以为组播维护其路由信息和状态,解决域间的组播路由问题。

要完成域间组播,除了要使用 MBGP 解决路由问题外,对于 PIM-SM 域互联还要辅助使用 MSDP,该协议如其名字一样主要用于解决不同域之间的组播源的发现问题。通过组播源的发现,域之间可以互相知道存在的每一个域内的组播源,从而建立从组播源到组播接收者的组播分发树。

3.3 对以太网交换机的要求

组播技术的出现对以太网交换机也提出了一定的要求。在堆叠以太网交换机时,如果仅仅把组播报文当作广播报文进行泛洪式传播的话,势必造成局域网中不必要的流量。解决这个问题有两种成熟技术可供选择:IGMP 窃听和 CGMP。它们都是为了解决老式交换机无法知道组播组成员分布的问题。IGMP 窃听是使交换机具有第三层意识,窃听主机和路由器之间发送的 IGMP 消息,从而确定组成员所在的位置。CGMP 则是通过路由器和交换机之间的协议交互而使交换机了解组成员分布,但 CGMP 是 Cisco 的专有协议。

3.4 组播的高层协议

IP 组播不能保证数据的可靠传输,可能会出现报文的丢失、乱序、重复的情况。针对不同类型的应用,人们开发了相应的协议来支持。

(1) 流媒体应用中的常见协议 流媒体的应用是组播重要的应用,譬如音频和视频的播放、视频会议、远程教学等,都属于这一范畴。针对于这种类型的应用有一整套的协议支持。

RTP 是用于 Internet 上针对多媒体数据流的一种传输协

议。它既可以使用单播,也可以使用组播作为下层传输协议。RTP 被设计为一对一或一对多的情况下工作,主要提供了时间信息和实现流同步,通常使用 UDP 来传送数据。RTCP 属于 RTP 协议的一部分,它提供了流量控制和拥塞控制服务。

RTSP 是由 RealNetworks 和 Netscape 共同提出的一个开放的标准,它扩展了现有的 Web 架构,提供了一种可控制的音频、视频的点播服务。它是应用层的协议,与 HTTP 很相似,HTTP 传送 HTML,而 RTP 传送的是多媒体数据。

RSVP 是 Internet 上的资源预留协议,使用 RSVP 预留一部分网络资源(即带宽),能在一定程度上为流媒体的传输提供 QoS。RSVP 技术在可扩展性上备受质疑,因此目前还仅限于小型内部网上使用。

(2) 可靠组播协议 流媒体应用中,对少量丢失组播报文不是很敏感。然而对于数据组播应用来说,组播的可靠性十分重要。如组播报文差错恢复、所有组播接收者收到的报文数量一致、顺序一致、实时性等。这方面的研究是一个热点,目前还没有统一的标准,IETF 正在努力推出标准,也有很多组织在积极地开发自己的协议。

4 利用组播技术传输视频信息

目前在 IP 网上提供视频服务的方式主要有两种:

(1) 完全利用路由器的组播技术,不需另加服务器转发,但会增加路由器负担,有“广播风暴”危险,网络路由协议也需调整。

(2) 利用软件和服务器,在整个 IP 宽带网上叠加一个处理媒体流的叠加网,由叠加网实现点到多点组播、媒体流路由和多点注入等功能。

校园网采用视频服务方式一般为方案(2)。计算机配合专用软件组成服务器,实现实时控制。对于多媒体视频服务器端,必须具有最大效率的发送机制,也就是说,系统能够最大限度地最短时间内响应和满足从多媒体视频接收端送来的视频请求,一次完成指向需求用户所有地址的数据发送,计算机实时控制系统随时监控视频传输的质量,同时自动调整带宽等。当然传输方法的实现能与目前的网络设施兼容。该方案实施过程中,计算机(服务器)时刻监控着系统,达到尽可能好的广播质量和高效率,绝不发生如“广播风暴”等危险。

用 IP 组播实现视频传输的系统由 4 部分组成:即视频发送、视频转发、视频接收、视频控制。

视频发送为预制视频或者称为实时视频,它可以是独立的计算机,也可以与第一级“视频转发”单元共用一台计算机。具体地说,先将视频按 MPEG-1 编码技术进行实时视频压缩,此格式的数码率为 1.5 Mbit/s,图像采用 SIF 格式(352×288),每秒 30 帧,2 路立体声伴音。之所以按 MPEG-1 编码技术进行实时视频压缩,因为通过它压缩后的视频信号质量令人满意,而数码率带宽相对比较窄,有利于 IP 组播(当然也可以用其他编码技术),然后将压缩后的信号送到视频转发端。信号从视频发送连接到视频转发是点到点的传输(此单元属于 IPv4 的通信方式)。

视频转发主要是将从视频发送端发送来的视频信号,通过 IP 网络转发给视频接收端或下一级的视频转发端。它是 IP 组播传输视频信号的核心,视频信号用 IP 组播方式转发,即对一组特定 IP 地址(同一类请求的用户)进行数据传送。视频转发,由转发计算机(服务器)完成。

视频接收是用户的多媒体终端。要求用户的多媒体终端

设备必须能支持 IP 组播。

视频控制的主要功能是对转发站点进行控制,用来建立和管理转发站点上的 IP 组播数据组的传输。控制系统要最大限度地满足完成指向需求用户的数据发送,同时密切注意视频传输的质量。具体地说就是要尽可能多地为同类请求用户发送数据,但要在允许的带宽范围之内。这个带宽是通过计算机实时控制的,计算机实时控制系统随时监控视频传输的质量,自动调整带宽;同时对网络其他各项参数也实现实时监控。可见,视频控制实质上也就是计算机的实时控制。计算机实时控制的好坏直接决定了 IP 组播的效果。

结束语 IP 组播带入了许多新的应用并减少了网络的拥塞和服务器的负担。目前 IP 组播的应用范围还不够大,但它能够降低占用带宽,减轻服务器负荷,并能改善传送数据的质量,尤其适用于需要大量带宽的多媒体应用,如音频、视频等。这项新技术已成为当前网络界的热门话题,并将从根本上

上改变网络的体系结构。

目前,IP 组播技术在商业应用中还面临着一些需要解决的问题,如组播服务的收费方式和方法;组播网络的监控;组播成员的身份认证;如何保证组播的 QoS;采用何种商业模式向用户推销组播服务等。但可以预见的是,人们日益认识到组播技术所带来的优点和长处,组播技术必将成为构建校园网不可缺少的网络技术之一。

参考文献

- 李炜. IP 组播路由协议的研究与实现. 中国工程科学, 2002, 14(1)
- 姚文杰,等. 组播技术在数字视音频监控系统中的应用. 微型电脑应用, 2001, 17(9)
- 王诗成,等. 基于区域网通信技术的研究. 电子技术, 2001(12)
- 谭云兰. Internet 的组播与组播路由实现. 计算机与现代化, 2001(3)
- 潘继军. 基于 ARM 的嵌入式系统实验分析. 微计算机信息, 2006(5)
- Bertino E, Ferrari E, et al. The Specification and enforcement of authorization constraints in workflow management system. ACM Transactions on Information and System Security, 1999, 2(1): 65~104
- Ferraiolo D, Sandhu R, Gavrila S, Kuhn R D, Chandr- amouli R. Proposed NIST standard for role-based access control. ACM Transactions on Information and System Security, 2001, 4(3): 60~110
- Oh S, Park S. Task-role-based access control model. Journal of Information System, 2003, 28(7): 533~562
- Botha A R, Eloff P H. Separation of duties for access control in workflow environments. IBM Systems Journal, 2001, 40(3): 666~682
- Thomas R K, Sandhu R. Task-based authorization control (TBAC): a family of models for active and enterprising-oriented authorization management. Database Security, XI: Status and Prospects, Lin Y T, Qian S, Editors, London: Chapman and hall Press, 1997, 166~181
- Thomas K R, Sandhu R. Task-based authorization control (TBAC): a family of models for active and enterprise-oriented authorization management. In: Proceedings of the IFIP WG11.3 Workshop on Database Security, 1997. 77~93
- Wu Shengli, Amit S, John M, et al. Authorization and access control of application data in workflow systems. Journal of Intelligent Information Systems, 2002, 18(1): 71~94
- Evans G N, Mason-Jones R, Towill D R. The scope paradigm of business process reengineering. Business Process Management Journal, 1999, 5(2): 121~156
- Bertino E, Ferrari E, Atluri V. Specification and enforcement of authorization constraints in workflow management systems. ACM Transactions on Information and System Security, 1999, 2(1): 65~104
- Ahn J G, Sandhu R. Role-based authorization constraints specification. ACM Transactions on Information and System Security, 2000, 3(4): 43~54
- Henricksen K, Indulska J. Modeling context information in pervasive computing systems. In: Proceedings of the First International Conference, Springer Verlag, 2002, 167~180
- Simon T R, Zurko E M. Separation of duty in role-based environments. In: Proceedings of ACM on Computer Foundations Workshop, 1997. 43~55
- Son H J, Oh S K, Choi H K, et al. GM-WTA: an efficient workflow task allocation method in a distributed execution environment. Journal of System and Software, 2003, 67(3): 165~179
- Nitsche U, Holbein R, Morger O, et al. Realization of a context-dependent access control mechanism on a commercial platform. In: Proceedings of the 14th International Information Security Conference, 1998. 160~170
- Atluri V, Hong W-K. An authorization model for workflows. In: Proceedings of the 5th European Symposium on Research in Computer Security, 1996. 44~64
- Van der Aalst W M P. A reference model for team-enabled workflow management systems. Data & Knowledge Engineering, 2001, 38(3): 335~363
- 王小明, 赵宗涛, 郝克刚. 工作流带权角色与周期时间访问控制模型. 软件学报, 2003, 14(11): 1841~1848
- Liu N, Grosz B N, Feigenbaum J. A logic-based approach to distributed authorization. ACM Transactions on Information and System Security, 2003, 6(1): 128~171
- 王小明, 赵宗涛, 马建峰. 一种新的 RBAC 角色协同关系及其 Petri 网模型[J]. 电子学报, 2003, 31(2): 225~227

(上接第 104 页)

4 相关工作比较

典型的基于角色的工作流访问控制模型是文[8]提出的基于任务的访问控制 TBAC,它使不同的任务步被不同的用户执行,实现了简单的任务执行职责分离。但是它不能有效表达任务授权的上下文相关约束。文[15]提出的工作流授权模型实现了任务授权与任务执行同步,但没有考虑工作流任务执行上下文对授权安全性的影响,不支持角色层次结构和用户组及其层次结构,也不具有职责分离机制。文[18]提出了基于团队的访问控制,其团队概念与本文的用户组概念相似,但不具有层次结构,因此无法对组织层次结构进行有效建模。上述工作流访问控制模型中均把许可赋值给角色,任务也赋值给角色,而且两类赋值是互不相关的。在任何情况下,工作流任务执行上下文对角色获得许可没有直接约束,用户通过激活角色从而获得角色包含的全部许可执行相应的任务,因此它们是以角色为粒度的上下文无关访问控制,没有真正实现最小权限授权策略。本文提出的 WfCAC 模型较好地实现了工作流上下文相关访问控制,具有良好的职责分离机制,支持否定用户授权,也支持许可粒度上的工作流访问控制。

小结 本文以基于角色的访问控制为基础,引入用户组概念,提出了工作流上下文相关访问控制模型 WfCAC。在 WfCAC 模型中,用户分配给用户组,用户组分配给角色,任务也分配给角色,根据任务执行上下文把许可分配给任务。当某工作流任务被 WfMS 调度执行时,用户组的用户激活其享有的角色并通过相应的任务获得满足当前工作流上下文约束的许可,从而完成任务执行。角色能够获得的许可根据任务执行上下文环境和任务执行历史动态确定,从而较好地实现了最小权限授权策略和基于历史的访问控制,并支持任务级和任务实例级职责分离策略。工作流访问控制上下文获取和授权信牌推导高效算法, WfCAC 模型与 WfMS 的有效集成方法等都是十分有意义的研究课题,有待进一步研究。

参考文献

- Workflow Management Coalition. The workflow reference model Tech Rep: TC00-1003, 1995. <http://www.wfmc.org/standard/docs/tc003v11.dbf>
- Workflow Management Coalition. Workflow security considerations - white paper: [technical report WFMC-TC-1019]. issue 1, 1998. <http://www.wfmc.org>