

面向多媒体协作应用的基于代理的应用层自适应组播^{*}

杨武勇 史美林

(清华大学计算机科学与技术系 北京100084)

摘要 多媒体协作应用在 Internet 上具有广阔的应用前景,由于 Internet 的异构性和 IP Multicast 目前仍无法在广域范围内得以实现,所以本文提出了一种基于代理的应用层自适应组播框架(Agent-based Application Level Adaptive Multicast,简称 Ag-ALAM),利用现有的 Internet 中的单播和局域范围内的 IP Multicast,并引入移动 Agent 技术来实现 Internet 上的多点数据通信。Ag-ALAM 采用了分层结构和应用层缓存方法,在数据传输过程中可以根据数据转换规则和用户意愿进行自适应的数据传输。

关键词 组播,多媒体协作应用,异构性,移动代理

An Agent-Based Application Level Adaptive Multicast Architecture for Multimedia Collaborative Application

YANG Wu-Yong SHI Mei-Lin

(Department of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract The promising future of multimedia collaborative application has been foreseen, but with the Internet heterogeneity and the nonsupport of IP Multicast in WAN, we present an agent-based application level adaptive multicast architecture (Ag-ALAM) in this paper, which realizes multipoint data communication in the Internet by the Internet unicast, local area IP Multicast and mobile agent technology. Ag-ALAM with layered architecture and application level cache can adaptively data transport according to data transcoding rules and users' desire.

Keywords Multicast, Multimedia collaborative application, Heterogeneity, Mobile agent

1 引言

随着计算机和网络技术的发展,越来越多的新型应用需要可靠的多点数据通信协议的支持以节省网络带宽、提高应用的伸缩性。IP Multicast^[1]是一种为了优化使用网络资源而产生的技术,有着广泛的应用前景。IP 组播通常使用在点对多点工作方式下的应用程序中,如电子文档分发、股票报价、多媒体视频会议、数据报广播、数据报电视等。最近几年有关可靠组播传输协议(Reliable Multicast Transport Protocol, RMTP)研究已经有了很多成果^[2~6]。目前多点组播技术的研究主要集中在以下四个方面:

- 异构性研究:网络终端性能的异构性和网络连接的异构性的研究。

- 公平性研究:协议间公平性(即 TCP 友好的, TCP-

friendly)和协议内公平性研究;

- 可靠性研究:组播不可靠传输下的数据可靠性传输保证的研究;

- 可扩展性研究:网络终端节点规模的有效扩展性研究。

不同的组播应用对服务质量(QoS)有不同要求,不同的上层应用要求不同的可靠组播传输特性,由于组播应用的多样性,导致了不可能存在适用于所有应用的通用的可靠组播。国内缺乏像 Mbone 那样直接支持组播的网络,大部分路由器出于防止 IP 组播分组泛滥的考虑都关闭了组播路由功能。各种组播应用系统为了能在 Internet 上使用,必须由它们自己来实现组播路由来跨越这些障碍。在 Mbone 中,组播是通过隧道技术来实现的:Mbone 由 Internet 上多个组播岛(multicast island)及连接这些孤岛的隧道组成。在组播岛内,数据以组播方式传输,组播岛之间数据的传输依赖于 Internet 单播

^{*} 基金项目:国家自然科学基金(编号:60073011)、国家高技术研究发展计划(编号:2001AA113150)和清华大学985项目资助。杨武勇 博士研究生,主要研究领域为计算机网络与计算机支持的协同工作。史美林 教授,博士生导师,研究领域为计算机网络体系结构,计算机支持的协同工作等。

- Mangold S, Choi S, May P, Klein O, Hiertz G, Stibor L. IEEE 802. 11e Wireless LAN for Quality of Service. In: Proc. European Wireless, Feb. 2002, 18: 32~39
- Braden R, Clark D, Shenker S. Integrated Services in the Internet architecture - an overview. IETF RFC1633, June 1994. S
- Blake S, Black D, Carlson M, Davies E, Wang Z, Weiss W. An architecture for differentiated services. Network Working Group, RFC2475, Dec. 1998
- Clark D D, Fang W. Explicit allocation of best-effort packet delivery service. ACM/IEEE Trans. On Networking, Aug. 1998, 6: 362~373
- Univ. of California at Berkeley. (1997) Network Simulator v. 2 (ns-2). [Online]. Available: <http://www-nrg.ee.lbl.gov/ns-2>
- EDCF source codes. available at: <http://nondot.org/~radoshi/cs444n/>

隧道。

移动 Agent(Mobile Agent)是具有移动特性的智能 Agent,它可以自主地在网络上从一台主机移动到另一台主机,并代表用户完成指定的任务,如检索、过滤和收集信息,甚至可以代表用户进行商业活动。目前在可靠组播技术中采用移动代理的方法还不多见^[7,8]。

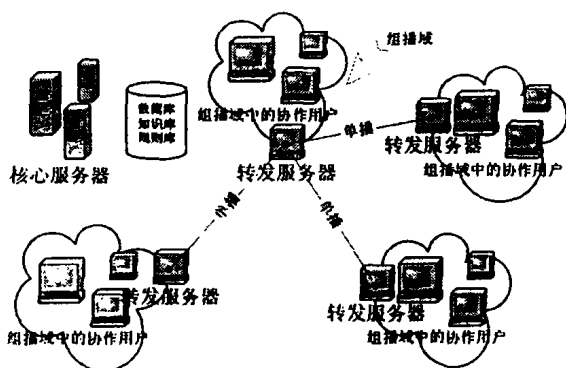
多媒体协作应用系统中的实时协作数据流包括实时交互的文本协作数据流(文字、图形、图像等)和多媒体实时连续数据流(音频、视频流),文本协作数据传送要求有高可靠性和一定程度内的传输延时(准实时性),音频、视频数据流则要求保证其 QoS,即传输延时较小(实时性)和可以接受的丢包概率(可靠性),而 IP 组播通信只提供“尽力而为”的服务,不保证数据传送的可靠性,所以必须由可靠组播拥塞控制通过接收者或其它网络设备提供的显式或隐式信息来推断网络状态、调节发送速率、重传丢失分组,以达到报文的可靠投递。多媒体协作应用中数据传输方面需要解决的两个主要问题是:网络和端系统的异构性以及实时媒体流传输地流量控制,由于网络连接和终端设备的多样性,所有用户可以以不同的网络条件、使用不同的终端设备任意加入或退出多媒体协作应用,协作用户对协作媒体的要求也千差万别,这样,需要根据媒体传输要求、用户意愿和网络条件来进行实时数据流的自适应传输。目前已经有许多可靠组播协议,如可靠组播协议 RMP(Reliable Multicast Protocol)、可扩展可靠组播 SRM(Scalable Reliable Multicast)、基于日志的可靠组播 LBRM(Log-Based Reliable Multicast)和可靠组播传输协议(Reliable Multicast Transport Protocol)等,以及为解决视频传输中网络异构性的问题而提出的 ivs^[9]、NeVit^[10]、目标集分组策略^[11]和接收方驱动的层次组播 RLM(Receiver-driven Layered Multicast)^[12]等多种方法,其中基于层次编码视频源的层次组播机制如 RLM 是当前解决视频组播中异构性问题的主要手段。

由于短期内 IP 组播无法在 Internet 上大规模应用,为了在现有的 Internet 上提供多点数据通信服务,利用目前 Internet 现有的单播功能和局域范围内的 IP 组播功能,在应用层建立一种组播框架,有效地在 Internet 上提供多点数据通信的服务,针对多媒体协作应用,借鉴 MBone 的方法以及移动 Agent 技术特性,本文提出了一种面向于多媒体协作应用(Multicastmedia Collaborative Applications, MMCA)的基于代理的应用层自适应组播(Agent-based Application Level Adaptive Multicast, 简称为 Ag-ALAM)框架。在目前现有的 Internet(IP)的基础上,混合 IP 单播(Unicast)和局域范围内的 IP 组播技术来构建一个覆盖网络,从而在 Internet 上实现组播应用。

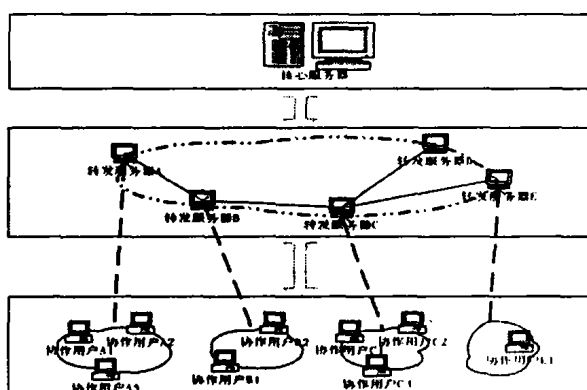
2 基于代理的应用层自适应组播

2.1 Ag-ALAM 框架

我们把能够支持 IP 组播的局部范围称为组播域(Multicast Area),如局域网等,各个组播域之间通过单播协议(如 TCP、UDP)进行数据传送,这样就在 Internet 上实现了多点数据通信。在组播数据传输过程中,我们把一次完整的通讯活动称为组播会话,每个组播会话都有一个唯一的创建者。Ag-ALAM 框架是基于分层模式的,分为三种层次:核心服务器(Core Server)、转发服务器(Transmit Server)和协作用户(Collaborative User)。全局范围内存在一个或多个核心服务器,主要提供转发服务器和协作用户的登记、维护和管理等功能;每一个应用中一个组播域中有且仅有一个转发服务器,转发服务器管理和维护本地组播域中的协作用户,创建、维护和管理组播会话,并与其它组播域的转发服务器交互,通过转发服务器之间的单播数据通道,将组播数据从一个组播域传送到另一个组播域中,从而在 Internet 上建立了一个树状的覆盖网络。如图1所示即为 Ag-ALAM 框架。



(a) Ag-ALAM 框架



(b) Ag-ALAM 层次图

图1

由于 Internet 的异构性和多媒体协作应用中协作用户的动态性和多样性(协作用户端系统的多样性和协作用户加入应用的多样性),再加上协作用户的数量非常庞大,多媒体协作应用产生的数据流量非常大,所以在 Internet 上需要对多媒体协作应用进行流量控制和协作数据的自适应传输。目前在应用层实现组播一般采用两种方法,在每一个组播域中显式地设置一个转发服务器,或者通过自组织的方案,在同一个组播域中选取一个代表作为转发服务器,这两种方法中,前一种方法比较简单,鲁棒性好,但是灵活性较差,第二种方法有

较强的灵活性,但是实现时复杂度大一些。由于在多媒体协作应用系统中,协作用户的绝对数目虽然很大,但是加入各个具体的协作应用的用户却不太太多,而且协作应用中的协作用户流动性很大,协作用户可以任意加入和退出协作应用、加入和退出组播会话,所以我们采用第二种方法来实现转发服务器。一般在多媒体协作应用系统中每个应用的协作用户不是很多,因此我们在每个组播域中动态地推举出一个协作用户作为转发服务器,它不仅作为协作用户参与应用,还要充当转发服务器的角色;一个应用的所有转发服务器之间构造一棵共

享组播树,组播数据沿着该共享组播树进行数据传输,这样,转发服务器可以动态调整,不仅保证了系统灵活性,同时也提高了资源利用率。

为了能实时地获取网络状态,调整组播传输数据的效率,我们引入了移动 Agent 技术来实现转发服务器的功能,所以也把转发服务器称为组播 Agent。移动 Agent(Mobile Agent)是一类特殊的 Agent,它除了具有智能 Agent 的最基本特性:反应行、自治性、导向目标性和针对环境性外,还具有移动性,即它可以在网络上从一台主机自主地移动到另一台主机,代表用户完成指定的任务。移动 Agent 能有效地降低分布式计算中的网络负载、提高通信效率。组播 Agent 有两种状态:休眠状态(inactive)和激活状态(active),通过一定的条件,组播 Agent 可以相互转换两种状态。每个协作用户的应用系统中都运行着一个组播 Agent,但是每个组播域中有且仅有一个组播 Agent 是处于激活状态,其它的在同一个组播域中的组播 Agent 均处于休眠状态。组播 Agent 处于激活状态时担任本组播域中的转发服务器,需要维护和管理本地组播域中的用户列表,还要与其它组播域的转发服务器交互,转发组播数据。组播 Agent 对协作用户是透明的,协作用户不知道底层的协作数据的分发和管理。移动 Agent 的通信手段很多,在 Ag-ALAM 中我们主要采用采用了三种方法:移动 Agent/服务 Agent 的通信(C/S 模式)、移动 Agent/移动 Agent 的通信(peer-to-peer 模式)、组通信(匿名通信方式),组播 Agent 通信语言采用了 XML 语言,具有很好的开放性和可扩展性。

2.2 加入应用

协作用户参加多媒体协作应用必须经过身份验证,登录 Ag-ALAM 的核心服务器,从核心服务器中获取各应用的信息,包括应用主题、应用类型、应用发起者、应用生存时间等等;根据协作用户的意愿来选择参加的应用。用户加入应用后,在本地组播域中通过 IP Multicast 进行组播 Agent 呼叫,如果在一定时间内没有收到组播 Agent 应答,该用户则成为该应用在本地组播域中的第一个协作用户,激活组播 Agent,成为本地组播域中的转发服务器,并向核心服务器登记,否则该协作用户的组播 Agent 处于休眠状态,记住转发服务器并向转发服务器注册登记,转发服务器将该协作用户加入到本地用户列表中。

2.3 组播会话管理

协作用户之间的组播数据交互必须建立组播会话(由发送方创建组播会话,接收方加入组播会话),然后才能进行数据通信。任意组播域中的授权用户(我们把加入应用后的协作用户称为授权用户)可以向其所在的组播域的转发服务器提出一个创建申请,若申请成功,则在本地转发服务器中生成一个组播会话注册项,并向所有参加该应用的转发服务器广播。组播会话注册项按照 XML 语言来定义,包括一个组播会话的必要信息:会话 ID、会话创建者、会话描述、源组播 Agent 地址和端口、数据转发协议、自适应策略、访问安全策略、可靠组播级别(级别0最高)、实时性级别(级别0最高)等等。图2为组播会话注册项的一个例子。转发服务器之间通过类似 gossip^[13]的协议互相传播组播会话信息,并在本地组播域中广播组播会话,授权用户根据需要加入组播会话;本地转发服务器接收到加入组播会话的请求后根据组播会话的访问安全策略来判定该授权用户是否允许加入,如果是肯定的,则会生成一个加入组播会话项发送给源转发服务器,将该授权用户加入到该组播会话的用户列表中。当组播会话的创建者关闭该会

话或源转发服务器出现异常(网络故障、程序异常等等)时,则关闭该组播会话,所有加入该组播会话的用户退出该会话。

```
(MulticastAgentSession id="session1")
  (Creator user="Beaker Yang"/>)
  (Creator ip="166. 111. 68. 194"port="8865"/>)
  (Description)
    An session for White Board.
  (/Description)
  (MulticastAgent ip="166. 111. 68. 197"port="8547"/>)
  (Transmit protocol-name="RMTP"/>)
  (AdaptMech name="SRM"params="..."/>)
  (AccessPolicy name="norestrict"/>)
  (ReliaMulticastPrioty level="0"/>)
  (RealtimePrioty level="1"/>)
(/MulticastAgentSession)
```

图2 组播会话注册项的 XML 定义

2.4 共享组播树

为了在 Internet 上进行多点数据通信,必须将 Ag-ALAM 中的所有转发服务器有效地组织起来,建立一棵共享组播树,在其上进行组播数据的转发和管理。在多媒体协作应用中,一个协作用户既可以是数据发送者(简称为数据源),也可以是数据接收者(简称为接收者);协作用户在应用过程中是动态变化的,转发服务器也是动态可变的,因此,要有一种适当的方法来获取当前网络状态的实时信息,便于实时更新和调整共享组播树。在 Ag-ALAM 中我们利用组播 Agent 来获取网络信息:组播 Agent 之间会周期性的发送资源探测报文,资源探测/反馈报文中主要包含源和目标节点之间的 RTT、当前传输的最大视频层次和二者之间的报文丢失率等信息。对于多数据源的多点数据通信中,建立一棵最优的共享组播树是一个 NP 困难问题,所以我们必须依赖启发式的算法来快速地获得近似最优解。

设 G 为加入一个协作应用的所有协作用户的集合, Ω 为该应用中的所有转发服务器的集合。对任意 $n_i \in \Omega$,存在一个阈值限制 $k_i \geq 1$,该值由该转发服务器接入 Internet 的网络链路和转发服务器的计算能力所决定的。树 T 包含 Ω 中的所有元素,对于任意 $n_i \in T$,有 $consume(n_i) \leq k_i$, $consume(n_i)$ 函数为转发服务器 n_i 需要消耗的性能的度量, $Cost(T) = \sum Cost(n_i, n_j)$, $Cost$ 函数是对网络上一段连接的度量,可以是两点间的传输延时,也可以是其它诸如瓶颈带宽等,或者是它们之间的复合结果,我们的目的就是构造共享组播树 T ,使得 $Cost(T)$ 最小。为此,我们采用了一种简单但很实用的启发式算法来建立 Ag-ALAM 的共享组播树:

I. T 为空集,第一个希望加入 T 的节点 n_i 不作比较,直接加入 T ;

II. 其它任意希望加入 T 的节点 n_i ,在 T 中找到 $Cost(n_i, n_j)$ 最小的节点 n_j ,并且 $consume(n_i) \leq k_i$,则将 n_i 连接到 n_j ,否则,再找 $Cost$ 函数较小的次优节点,依此类推,如果穷尽,则算法失败,该节点 n_i 无法加入到 T 中;

III. 如果所有节点都加入到 T 中,则结束,否则转 I。

在具体实现中我们用两个节点之间的单播延时作为 $Cost$ 函数的参数计算,将节点当前连接的边限制和转发服务器的性能及带宽上限作为消耗值的度量,这样当树外的节点要加入到树 T 时,它总是和距离它最近或次近的节点连接,从而保证了加入节点的连接位置到其它节点的费用最小或次小。

由于多媒体协作应用的多样性和动态性,以及 Internet 网络的动态性,我们必须考虑转发服务器的退出共享组播树和发生网络拥塞或某些节点丢包率严重的情况。对于树 T 的节点 n_i 退出时一般采用两种方法:一种方法是将节点 n_i 的

子节点树连接到它的父节点上,另一种方法是让节点 n_i 的子节点树上的所有节点再各自独立地重新加入到树 T 中;为了提高效率,在 Ag-ALAM 中我们采用了第一种方法。利用组播 Agent 的资源探测功能,Ag-ALAM 能准实时地发现转发服务器的异常和网络拥塞的情况,当发生网络拥塞时,由核心服务器向树 T 上的所有节点发送重新建立共享组播树 ReCreateSMTree 的消息,原树 T 上的所有节点在随机延时一段时间后重新加入该应用的共享组播树。

2.5 数据传输

Ag-ALAM 的数据传输模式比较简单,转发服务器接收本地组播域中的组播数据,并将组播数据通过单播方式沿与之相连接的共享组播树中的相邻节点发送,其它转发服务器接收到数据后,不仅向本地组播域转发,还继续沿共享组播树上的相邻转发服务器发送组播数据。

Ag-ALAM 为每一个协作应用建立一棵共享组播树,协作用户必须加入组播会话后才能发送和接收数据,转发服务器将根据组播会话的属性沿共享组播树依次传送组播数据。在多媒体协作应用中,协作用户加入了组播会话后,可以根据自己的意愿接收或者暂停接收数据源发送的组播数据,一个组播会话只有一个数据源和多个接收者,对于该组播会话的组播数据传送则成为以数据源所在的组播 Agent 为根节点,依次沿子节点传送的树状模式。为了节省网络资源,提高效率,组播 Agent 收集、登记本地协作用户参加的组播会话及其对该组播会话数据应用的情况等,并且将该组播会话的应用情况(即是否有协作用户加入该组播会话和接收该组播会话数据)实时地向其父节点报告,其父节点汇总本地和其所有子子树上的情况后再向上一级递交,依此类推,直到数据源所在的根节点,这样就建立了一个类似于路由表的转发节点表;当转发服务器接收到组播数据时,将通过组播会话标示来查找转发节点表,只传送给需要接收该数据的转发服务器,即根据其子节点的情况来转发,如果孩子树上所有的协作用户均不接收该组播数据,将不向该子节点转发,否则向有数据接收者的子节点传送该组播数据。

组播 Agent 在网络中漫游,检测网络状况,了解相邻转发服务器之间的链路情况,根据用户的意愿、协作数据的语义分析和数据变换规则,组播 Agent 对协作数据进行处理和变换,使其能满足不同条件的用户群体对媒体质量的要求。组播 Agent 对数据处理的策略是特定于媒体类型的。下面我们给出组播 Agent 对视频层次传输进行的数据处理策略。层次视频组播 RLM 中,基本层中的帧独立编码,不依赖于任何其它的帧,增强层中的帧依赖于低层次的帧,而同一层中的帧之间的依赖关系则不确定。假设数据源 V_0 产生 L 个视频层次,各层速率分别为 r_1, r_2, \dots, r_L , 在共享组播树的中间节点 V_i 上,其父节点 V_{i-1} 到 V_i 的当前带宽为 BW_{i-1} , V_i 到与其相邻的子节点上的当前带宽分别为 $BW_{out}^1, BW_{out}^2, \dots, BW_{out}^n$, 那么对 V_i 的第 j 个子节点有: $\sum_{k=0}^{L_j} r_k \leq BW_{out}^j < \sum_{k=0}^{\max(L, L_{j+1})} r_k, C_j = (BW_{out}^j - \sum_{k=0}^{L_j} r_k) / r_{j+1}$, 其中 $r_0 = 0, 1 \leq j \leq n, C_j$ 为剩余带宽和更上一层视频层速率之比 ($0 \leq C_j < 1$); 由此我们可以计算出 V_i 到它的第 j 个子节点可输出的最高视频层次为 L_i , 记为 L_i^j ($0 \leq L_i^j \leq L$), 同理可以计算出 V_i 所接收到的最高视频层次 L_{in} 。那么转发服务器 V_i 向其第 j 个相邻的转发服务器转发视频数据时,对于低于或等于 L_i^j 层的视频数据将完全传送,高于 L_i^j+1 层

的视频数据将不会传送,而对于 L_i^j+1 层的数据将根据 C_j 的值,丢弃 C_j 百分比的数据帧来传送。

2.6 差错恢复

Ag-ALAM 是在应用层进行数据语义分析和数据转发的,所以我们采用了端到端的可靠传输。组播会话的其中一个属性为可靠组播优先级 (ReliaMulticastPrioty, RMP), RMP 从 0 到 9, 数据传输可靠性的要求逐渐降低, RMP=0 时,要求 Ag-ALAM 的数据可靠传输, RMP=9 时,则对该组播会话的可靠性不作要求,即对丢失的数据不作处理。多媒体协作应用中数据流主要有音频流、视频流以及文本协作数据流(主要包括文字、图形、图像等协作数据), 文本协作数据流要求可靠的数据传输并保证全局有序一致, 音频/视频流的数据传输则根据协作用户对媒体质量的要求来决定数据传输可靠性。在 Ag-ALAM 中,转发服务器是由组播 Agent 实现的,所以转发服务器的数据缓冲区中有一份完整的文本协作数据备份和最新的一段音/视频数据(音频/视频数据量比较大,数据缓冲区不可能无限大,所以只能存储一定时间段的音频/视频数据)。当数据接收者发现一个数据丢失时,将根据组播会话中的 RMP 级别进行判断,如果丢失率在允许范围内则不处理,否则将发送一个数据恢复请求,本地组播 Agent 接收到这个请求后,将首先在自己的缓冲区中查找,若存在相应的数据,则进行本地重传,否则这个请求就沿着共享组播树中的上一级转发服务器转发,依此类推,直到数据被恢复或者超过一定的时间界限(音频/视频数据要求很高的实时性,若重传数据的时间花销太大,将不能满足其实时性的要求)为止。

2.7 退出应用

当协作用户退出应用时,将会处理下面两种情况:(1)是否为数据源,如果不是,则向本地转发服务器发送退出应用 (Requst_quit_app) 的消息,然后退出,否则是数据源时,则关闭由其创建的组播会话,并向本地转发服务器发送关闭组播会话消息 (Close_session_message), 所有该组播会话的转发服务器收到该消息后在本地组播域广播和沿共享组播树转发,转发服务器将删除组播会话列表中的该项记录;(2)是否为转发服务器,若是,则向核心服务器发送转发服务器退出应用 (Requst_TS_quit_app) 的消息,若本地组播域中已没有其它协作用户,则沿共享组播树发送该转发服务器退出树的消息,其它转发服务器接收到该消息后修改节点转发表,若本地组播域中还有其它协作用户,则在本地组播域中广播本地转发服务器退出应用 (TS_quit_message) 的消息,本地协作用户中的休眠组播 Agent 协商并激活其中之一,使其成为本地转发服务器,然后向核心服务器和其它转发服务器发送修改转发服务器消息 (Change_TS_message)。当加入一个应用的所有协作用户都退出该应用后,核心服务器将在应用列表中删除该应用记录。

3 性能评测与分析

我们在 Ag-ALAM 的基础上实现了一个多点多媒体协作系统 TmStar^[14]。TmStar 提供音频、视频的实时多媒体交互,智能白板的协同编辑和修改以及即时消息等服务,并将它集成到 workflow 管理系统去,从而进一步加强了对同步和异步两种协作模式的支持。TmStar 的测试环境是在 Intranet 上的三个局域网,它们之间通过主干网进行通信,主干网带宽为 100Mbps,在局域网内到用户桌面的带宽为 10Mbps,同时架构了一个无线局域网,与 Intranet 相连,该无限局域网为单跳

环境,无需再转发,如图3。

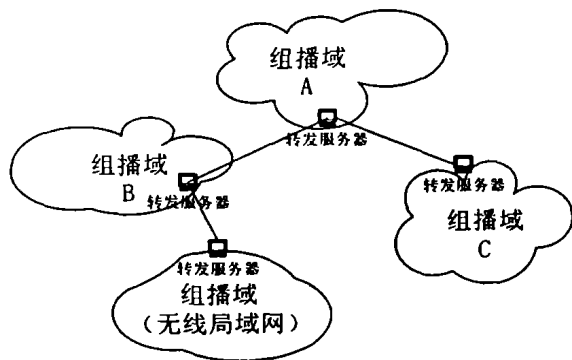


图3 TmStar 测试环境

为了验证 Ag-ALAM 框架的传输可靠性和实时性以及基于语义的自适应传输能力,我们主要测试了在不同数据发送率的情况下的丢包率和端到端延时。为了模拟 Internet 的动态性、突发性、随机性,我们在测试时设置了两种干扰:内部干扰和外部干扰。内部干扰就是在程序的网络接收模块中随机地丢弃一定比率的数据包(该比率可以动态设置),外部干扰就是在每个局域网内使用一个干扰源,干扰源总是向另一个局域网中发送固定比特率的数据流。我们发现随着数据发送率的增加,在达到网络实际带宽之前,数据丢包率很低($\leq 5\%$),而且基本能通过一级转发服务器的数据重传就可保证数据的可靠传输,当超过网络带宽之后,通过转发服务器的数据处理,能保证文本协作数据的可靠传输,而视频流、音频流数据则根据分层原则和实时性要求自适应丢弃数据包,从而避免了网络崩溃。当我们逐步加大内部干扰中的丢包率时,协作数据总从本地组播 Agent 或上一级组播 Agent 中将数据恢复,当丢包率超过40%时才感受到端到端延时的明显增加(超过一秒),如图4、图5所示。

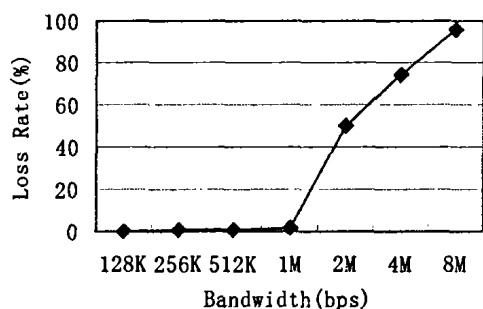


图4 发送率和丢包率之间关系

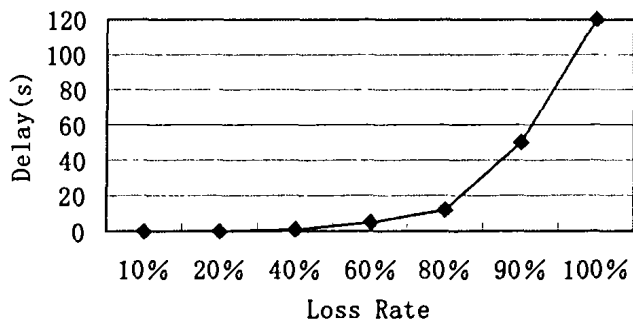


图5 丢包率变化对端到端延时的影响

对于 Ag-ALAM 的一棵共享组播树 $T(\Omega, E)$, 其中 Ω 是树中所有节点的集合, E 是树中所有边的集合, $|\Omega| = N, |$

$\Omega| = N - 1; G$ 为所有协作用户的集合, $|G| = M$ 。协作用户 k 发送数据到达所有协作用户的总延时为 $D_k = \sum T_i + \sum T_j$, 其中 T_i 为转发服务器 i 的传输延时, T_j 为除转发服务器外的协作用户 j 的延时。我们认为组播域内的网络状况远远好于广域范围内, 有 $BW_{wide} \leq BW_{local}$, 可以将局域网内的传输延时忽略, 从而有平均延时为:

$$\bar{D} = \sum W_i T_i / \sum W_i,$$

W_i 为转发服务器 i 的权重。Ag-ALAM 有两种极端情况: 1) 当每个组播域中只有一个用户时, Ag-ALAM 将成为点对点传输的应用, 2) 当所有协作用户均在同一个组播域时, 将成为一个简单的局域网应用。在 Ag-ALAM 中, 端到端延时主要是由广域范围上的单播信道数据传输和转发服务器进行数据处理和变换造成的, 所以 Ag-ALAM 适用于多媒体协作应用这种类型的应用, 即适用于在广域范围内, 用户总数目很多, 每个应用的用户数不太大的应用。

总结 本文提出了一种基于代理的应用层自适应组播 (Ag-ALAM) 框架。它的基本思想是: 在局域范围内采用高效率的 IP Multicast 进行数据传输, 每个组播域中通过自组织方式设置一个转发服务器, 转发服务器之间通过单播信道进行数据传输, 从而在 Internet 范围内实现多点数据通信; 同时结合移动 Agent 的特性, 在 Ag-ALAM 中引入组播 Agent, 由组播 Agent 在网络中漫游来收集建立共享组播树及其传输过程中所需要的网络状态信息。Ag-ALAM 采用了分层结构和应用层数据缓存方法, 分担了数据一致性和可靠性处理的负担, 转发服务器根据组播会话的语义和要求以及用户意愿自适应地进行数据处理和变换, 提供不同的数据表现。

参考文献

- Deering S. Host extensions for IP multicasting. RFC1112[EB/OL]. 1989
- John C, Lin S P. RMTP: a reliable multicast transport protocol. In: Proc. of the IEEE Infocom'96. San Francisco, CA: IEEE, 1996. 1414~1424
- Sally F, Van J, McCanne S, et al. A reliable multicast framework for light-weight sessions and application level framing. In: Proc. of the ACM SIGCOMM'95. Boston, MA: ACM, 1995. 342~356
- Speakman T, Farinacci D, Lin S, et al. PGM reliable transport protocol specification, 1998. <http://www.globe.com.net/ietf/draft/draft-speakman-pgm-spec-02.html>
- Papadopoulos C, Varghese G. An error control scheme for large scale multicast applications [A]. In: Proc. of the IEEE infocom [C], March. 1998; 1188~1196
- Obraczka K. Multicast Transport Protocols: A Survey and Taxonomy [J]. IEEE Communication Magazine, Jan. 1998. 94~102
- Amir E. An agent-based approach to real-time multimedia transmission over heterogeneous environments [Ph D dissertation]. California University at Berkeley, California, 1998
- Hild S G, Bischof J H. Agent based multicast routing. IBM research report, RZ2975(#93021), 1997
- Jean-chrysostome B, Turletti T, Wakeman I. Scalable feedback control for multicast video distribution in the internet. In: Proc. SIGCOMM'94, University College of London, London, UK, 1994. 58~67
- Busse I, Deffner B, Schulzrinne H. Dynamic qos control of multimedia applications based on RTP. Computer Communications, 1996, 19(1): 49~58
- Shun Yan- Cheung, Ammar M H, Li Xue. On the use of destination set grouping to improve fairness in multicast video distribution. In: Proc. IEEE Infocom'96, San Francisco, CA, 1996. 553~560
- Canne S M, Jacobson V, Vetterli M. Receiver-driven layered multicast. In: Proc. of SIGCOMM'96. Stanford, CA, 1996. 117~131
- Pelc A. Fault-tolerant Broadcasting and Gossiping in Communication Networks, Networks, 28(5), Oct. 1996
- 张少华, 史美林, 杨武勇. TmStar-基于组播的集成服务的多点协作系统研究. In: [第三届全国 CSCW 暨第一届全国 AIN 学术会议]. 2002. 7