

多媒体会议系统集成框架的研究和实现

李律松, 李 静

(北京航空航天大学计算机科学与工程学院, 北京 100083)

摘要:为了解决各种异构多媒体会议系统之间难以互通的问题,结合基于应用层组播技术与代理机制设计和实现了能够让各个异构多媒体会议系统相互协同的集成框架。应用代理机制把各个异构系统封装成可以相互通信的协同群组,在Internet物理拓扑基础上部署一个连接各个协同群组的称为覆盖网的虚拟拓扑结构,以此为基础设施在各协同组之间构建数据组播树,实现数据的高效分发,提供各种协同服务和异构接入服务把各种异构系统封装成相互可以通信的协同工作群组。

关键词:多媒体会议系统;应用层组播;代理机制;覆盖网

Research and Implementation on Integration Framework of Multimedia Conference Systems

LI Lvsong, LI Jing

(School of Computer Science and Engineering, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083)

【Abstract】To solve the interaction problem of multimedia conference systems with heterogeneous architectures, a general integrative framework which is based on application level multicast technology and agent mechanism is proposed. The agent mechanism helps the heterogeneous multimedia conference systems form the collaboration groups and communicate with each other. A virtual network topology named overlay network on top of Internet's physical topology is built, then multicast trees upon the overlay are used to distribute data among the collaboration groups. The framework also provides many kinds of collaboration services to integrate various multimedia conference systems.

【Key words】Multimedia conference system; Application level multicast; Agent mechanism; Overlay network

扩大多媒体会议规模有两种办法:(1)纵向扩展,即扩大基于单一解决方案的多媒体会议系统的部署范围和能力,使其尽量适用于各种异构网络和终端用户处理能力;(2)横向扩展,把按照不同解决方案实现的系统互通起来,更好地促进异构系统的用户之间相互交流。

目前很多解决方案并存,各自拥有固定的用户群体,很难让其中某个方案替代其他所有方案。在相当一段时间内,多种方案会同时并存。如果采用纵向扩展的方法,那么尽管单一的某种多媒体会议系统的规模得到扩展,然而根据不同方案构建的会议系统之间仍缺乏互操作性^[1],不同会议系统的用户之间还是难以实现信息共享和协同工作,这就阻碍了多媒体会议在Internet上实现更大规模的部署。相比之下,横向扩展才是最终有效、可行的方法,能够把不同方案扩展成为一个规模更大、适应性更强的解决方案。

在横向扩展中,异构的多媒体会议系统之间可以采用转换网关实现互通。假设有 N 个异构会议系统,则需要 $N \times (N - 1) / 2$ 个转换网关。在仅有两个异构系统需要互通的情况下,采用一对一网关式的办法是合适并且高效的,例如SIP和H.323的转换网关^[2]。当有3个或者3个以上的多种异构系统需要一起协同工作时,特别是 N 较大时,这种办法实现起来工作量相当大,灵活性较低。一个可行的方法是建立一个统一的协同框架把这些异构系统集成起来。该框架能够方便地支持异构网络上的多个异构多媒体会议系统之间的互通,并尽可能地扩展协同工作的规模。

1 集成框架的设计思想

Internet由大量异构的通信子网互联而成,当处于异构网

络中的拥有不同处理能力的异构多媒体会议客户端参加同一个会议时,要求统一的协同框架能识别各个异构客户端的处理能力,并能够对媒体的编解码格式和发送带宽做出智能的调整。框架将使用代理机制把不同多媒体会议系统封装成能够相互通信的协同通信群组,简称协同组。每个协同组需设置一个代理节点,负责感知来自组外的消息,转换成组内的控制命令,并把组内的数据转发给其他协同组,将协同组的通信和协商问题统一成为代理节点间的通信和协商问题^[3]。

为了让协同组之间进行动态的交互,框架中还需要建立起多点传输机制。各个协同组之间根据实际的协同需求动态地建立多点传输通道,实现数据的传输和交换。目前Internet上并非所有路由器都支持IP组播,而且IP组播在可扩展性、可靠性和权限管理等方面还存在一些没有解决的问题。由于应用层组播可以使组通信减小对底层网络的特殊依赖^[4],而且容易实现对QoS的支持,因此比较适合异构网络上的群组通信。框架将使用应用层组播技术来构建分布在Internet上各个协同组之间的多点传输通道,实现协同组之间的组通信。先在原有的底层网络之上通过部署若干个转发服务器的方法形成的一个覆盖网,然后在覆盖网的基础上构建数据组播树,

基金项目:国家“973”计划基金资助项目“基于先进网络的下一代因特网公共服务环境”(G1999032711);国家“863”计划基金资助项目“网络环境的系统软件核心技术及运行平台”(2001AA113030)

作者简介:李律松(1979-),男,博士生,主研方向:计算机协同工作技术与网络多媒体技术;李静,博士生

收稿日期:2005-12-05 **E-mail:** lilvsong@nlsde.buaa.edu.cn

为协同组提供通信服务。

2 集成框架的体系结构

各个协同组内部是自治的,它们通过转发服务器(下文把转发服务器称为转发节点)形成的覆盖网连接起来。框架的网络拓扑结构是星型结构,如图 1 所示。以转发节点形成的覆盖网为中心,各个代理服务器(下文把代理服务器称为代理节点)和与之对应的协同组呈辐射状分布在 Internet 上。覆盖网的组织与管理关系着信息传输的效率和可靠性。

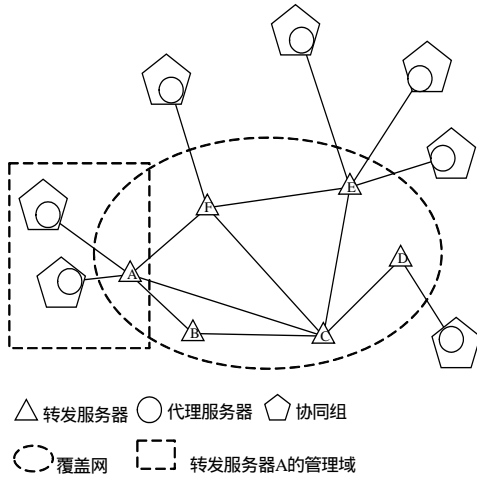


图 1 框架拓扑结构

集成框架的体系结构如图 2 所示。整个框架可以分为 4 个层次,底层是各种异构网络。第 2 层是数据分发层,提供异构网络上异构多媒体会议系统之间的组通信服务和数据处理服务。第 3 层是协同管理层,主要提供各种协同服务和异构接入服务,并负责对各协同组之间的协同工作进行管理。最上层为异构应用层,包括各种异构多媒体会议系统。

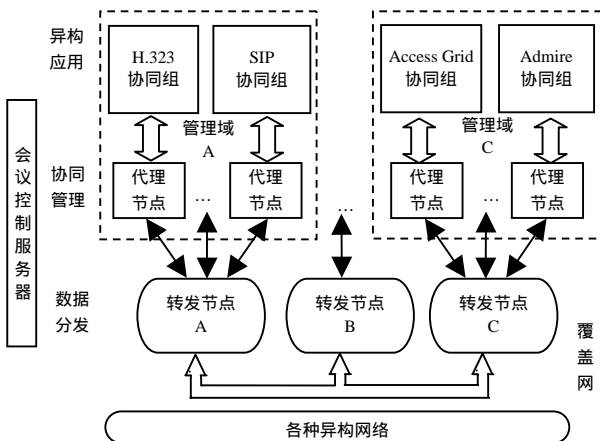


图 2 框架体系结构

数据分发层包括会议控制服务器和转发节点。会议控制服务器为覆盖网的建立提供目录服务,允许转发节点在调用该服务注册自己所在的位置,维护覆盖网的拓扑结构。转发节点部署的原则是:不同的异构网络至少部署一个转发节点。考虑各种多媒体会议系统可能部署的范围和规模,以及转发节点的数据处理能力,灵活地控制节点的数量。每个转发节点可以负责给零个至多个协同组转发数据,该转发节点和其负责的协同组形成了一个域,称为该转发节点的管理域。

协同管理层包括会议控制服务器和各代理节点。会议控制服务器建立总的会议控制机制,在会议开始时和会议进行

中对各个协同组的代理节点进行管理和控制。同时根据当前会议的情况在部分或全部转发节点之间动态创建、维护组播树,从而以应用层组播的方式实现媒体通信。协同组通过代理节点连接到一个转发节点上,并对控制消息和媒体数据进行转发,从而使该协同组接入会议。

异构应用层包含各种异构多媒体系统,例如 H.323 系统、Admire 系统、SIP 系统和 Access Grid 系统等。

3 集成框架的实现

集成框架的实现主要包括会议控制服务器、转发节点和应用层组播的实现。

3.1 会议控制服务器

会议控制服务器负责会议管理、资源管理、用户管理、权限管理等。它对外提供多种服务,主要包括协同服务和异构接入服务。

(1)协同服务包括会议服务、目录服务、协同管理服务等。

1)会议服务创建一个或者多个虚拟会议室,创建会议、修改会议、取消会议等。同时会议控制服务器根据每个会议的参与成员列表,更新转发节点上的订阅表。

2)目录服务用于查询当前有多少个会议,每个会议中有多少个协同组,每个会议中的在线用户列表以及在线用户的状态,并提供每个用户的编解码能力列表。新建的协同组通过目录服务的注册方法,将自己加入到组注册列表中。

3)协同管理服务通过对各种控制信息的处理,提供以下功能:每一个会议中会话的创建、召集、中止;会话中对资源使用的权限控制;媒体数据的接收、发送以及简单的媒体处理。

(2)为了使 H.323 系统、SIP 系统、Admire 系统等各种多媒体会议系统可以接入集成框架进行协同,集成框架针对主流的各种会议系统开发了各种异构接入服务,包括 H.323 服务、SIP 服务和 Admire 服务。异构接入服务主要进行控制命令的转换。异构会议系统集成到本框架后并不改变它们内部特有的协议和数据传输策略。当它们之间相互协作时,需要利用本框架提供的下层服务来实现跨系统的通信。

3.2 转发节点

转发节点负责数据的复制、分发、组成员的管理等,是数据传输的骨干,为各个协同组提供消息路由和转发服务。

转发节点除了处理数据分发外,还提供媒体数据格式转换和媒体数据混合服务。由于不同协同组的用户有着不同的网络带宽和数据处理能力,因此转发节点根据自己的管理域中的协同组数据处理能力的不同来进行相应的媒体数据的编解码转换、多路音频的混合或者多路视频流的混合等处理。

3.3 应用层组播

转发节点之间首先形成一个相对稳定的覆盖网结构,然后以此为基础设施,根据会议主题动态的创建组播树,用于传输会议的数据,包括多媒体数据和控制消息。

组播树是在覆盖网的基础上创建的,树的节点即为覆盖网的转发节点。数据在树的节点之间流动,数据最终的接收者是通过代理节点连接到转发节点上的协同组。

集成框架的实现中使用了两种类型的组播树:有源树和共享树。有源树是以每一个数据发送源为根构建一棵分发树,树节点包括发送源和需要接收该数据节点,媒体流的传输是单向的;共享树是为所有数据发送者和接收者建立一棵树,包含了所有的参与发送和接收的节点,其中的数据传输是双向的。针对这两种树的特点,集成框架以每个会议的发起节点为根来为每一个会议构建一棵用于传输控制信息的共享

树，它包括了所有参与同一会议的转发节点；以每一个媒体信息发送源为根节点，创建有源树。即在同一个会议中存在一棵共享树和若干棵有源树。

在处理能力允许的情况下，每个转发节点可以同时存在于多棵共享树中，也可以存在于多棵有源树中。当转发节点接收到自己管理域中的协同组或者组播树上的其他转发节点发送过来得媒体信息时，首先判断本管理域中是否有协同组订阅了该数据，如果有，则直接转发到该协同组的代理节点，再将数据通过组播树转发给下一个转发节点。

各个协同组之间的媒体通信其实发生在各个转发节点和协同组的代理节点之间。而协同组内部的数据分发机制由各协同组内部遵循的协议来决定。

4 框架的关键技术

集成框架实现的关键技术包括覆盖网和组播树的建立和维护。覆盖网连接了异构网络上的多个协同组，而组播树使得多个协同组之间能够实现高效的多点通信。覆盖网为多棵组播树的建立提供依据，它的组织以健壮不发生分裂为目标，并适当引入一些冗余；组播树用来传输会议中的数据，包括媒体数据和控制消息，它的组织以实现高效的数据分发为目标。覆盖网和组播树都能动态地调整拓扑结构。覆盖网的结构相对稳定，而组播树根据会议和覆盖网的当前状态来调整。

4.1 覆盖网的建立和维护

覆盖网的建立和维护依赖该网中的每个转发节点上部署的覆盖网组织和维护协议。这是一种分布式的创建策略，最终结果是在每个转发节点上都建立一致的整体拓扑视图。

4.1.1 覆盖网中转发节点的加入

覆盖网上的各个节点逐个加入的过程就是覆盖网的创建过程。新的转发节点加入时需要使用会议控制服务器的目录服务注册自己的相关信息，同时通过目录服务获取当前已经存在于覆盖网中的全部转发节点的相关信息。

新加入的转发节点应该与覆盖网中已有的 2 个或 2 个以上的转发节点建立逻辑链路，以避免意外事件导致孤立节点的出现，并且任意相邻的 2 个转发节点之间应该建立 2~3 条逻辑链路，以维持整个覆盖网的稳定性，也有利于在后面创建组播树时选取最优的 1 条路径。其中多条逻辑链路可能会共享同一条物理链路。这些拓扑信息都会通过目录服务发送到会议控制服务器，会议控制服务器将在一个规定的时间内以网内广播的形式通知覆盖网中所有其他转发节点更新其已有的覆盖网拓扑视图。

当覆盖网中所有的转发节点都已经保存有新的转发节点加入后的拓扑视图后，则表示这个新的转发节点成功加入。初始得到的拓扑并不是最优化的，也并不能保证覆盖网的健壮性。因此在成功接入系统后转发节点需要周期性的运行优化过程对覆盖网进行调整。

4.1.2 覆盖网中转发节点退出

转发节点退出分为正常退出和意外退出两种情况。

(1)正常退出时，与退出节点直接相连的节点会检测到退出消息，将退出节点从自己的路由表中删除，最先检测到该信息的节点通过覆盖网广播这一消息，让所有节点更新路由表信息。

(2)节点意外退出时，其直接连接的节点不会检测到退出消息，需要采取周期性的心跳报文进行存活检测。为了减小检测的代价，周期性的检测只在直接相连的节点间进行。每个节点都与多个邻居保持连接，某个节点的退出并不会在覆

盖网中造成孤立节点。

4.2 组播树的建立和维护

由于组播树在覆盖网的基础上生成，其创建和维护都依赖覆盖网的组织和管理。

4.2.1 组播树的建立

同一棵组播树上的转发节点和这些转发节点的管理域中的协同组构成一个组播组。每个组播组在建立时，会议控制服务器都会赋予它一个全局唯一的主题号，并在覆盖网中广播这个主题号，要接收该主题数据的协同组在接到广播信息后，构造一个应答，表示订阅该主题，并将该应答交由转发节点提交会议控制服务器，转发节点本身也将记录这一信息。

为每个会议创建一个消息组播组和若干个数据组播组。在本框架中每个会议用唯一的 ID 标识，每个组播组用其在会议的 ID 和该组播组的主题号来联合标识。

当一个会议开始时，首先需要创建一个消息组播组。管理域中包含发起会议的协同组的转发节点 D 会在覆盖网上广播一条包含会议 ID、组播组的主题号和根路径的消息，如图 3 所示。在最初根路径里只有节点 D 本身。节点 E 收到此消息后，会检查组播组的主题是否与自己的管理域中的协同组订阅的主题相匹配。如果匹配，则将订阅该主题的协同组在列表中进行登记以便转发数据。同时，节点 E 按照逆序逐个尝试与根路径中的转发节点建立连接，当与节点 D 成功建立连接后即加入组播树，然后节点 E 在广播消息的根路径中加上自身的记录，并将其广播出去。这时节点 D 的根路径加上节点 E 构成节点 E 的根路径。如果节点 E 中没有与组播组的主题相匹配的协同组，则节点 E 只是简单地将收到的消息广播出去。由于覆盖网是连通的，最终所有包含与组播组的主题相匹配协同组的节点将建立一棵树，这即为此消息组播组对应的共享组播树。

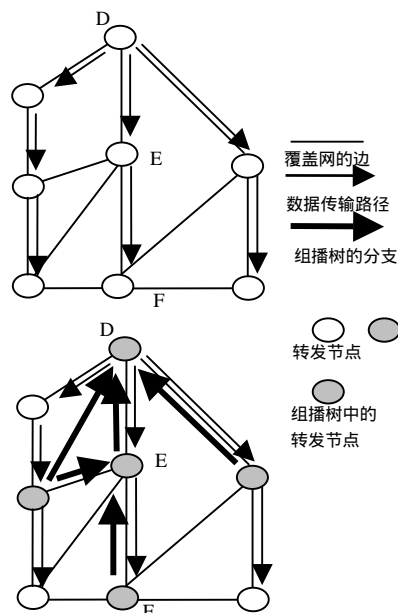


图 3 覆盖网与基于覆盖网的组播树

不管发起节点的管理域中是否包含与组播组的主题相匹配的协同组，它都将加入共享组播树，并作为共享组播树的初始根结点；但在系统运行过程中它并不是必需的，在共享组播树创建成功之后，它可以随时退出。共享组播树在创建

(下转第 211 页)