

基于 SIP 协议的分布式会议系统管理框架

孟颖达¹, 徐 恪²

(1. 清华大学软件学院, 北京 100084; 2. 清华大学计算机系, 北京 100084)

摘要: 已有的会议系统框架大多针对小规模场景。在互联网中, 会议系统的控制机制必须能够支持大规模分布式的用户分布。该文提出了一种基于 SIP 协议的可扩展分布式高可用会议系统管理框架, 实现对大规模会议的有效控制。通过将会议的控制功能进行分布式部署, 在分布的区域中使用备份机制, 增强了系统的可靠性, 减轻了网络中不稳定情况对系统的影响。

关键词: 视频会议; SIP 协议; 会议控制

Scalable and Distributed Conference Management Framework Based on SIP Protocol

MENG Ying-da¹, XU Ke²

(1. Software School, Tsinghua University, Beijing 100084; 2. Department of Computer Science, Tsinghua University, Beijing 100084)

【Abstract】 Most conference frameworks focus on small-scale cases, but in Internet, conference management must support huge amounts of distributed users. This paper purposes a scalable and distributed SIP-based control framework with high reliability, which can efficiently manage large-scale applications. It distributes the management components among the participants, and introduces a backup mechanism, which increases the reliability of the whole system and reduces the impact of instability to the system.

【Key words】 video conference; SIP protocol; conference control

视频会议系统在电信行业已经出现多年, 不同的网络环境产生了相应的会议系统机制。在传统的视频会议系统中, 往往需要专用的网络和硬件设备, 通过高性能硬件对音频视频等多媒体进行实时处理并传输。这一类系统已经发展得比较成熟, 但是应用部署的成本比较高, 而且不同厂商的产品之间的兼容性无法保证。技术的发展和新技术的产生为视频会议的研究和应用带来了新的机遇和挑战。利用现有的处理环境, 配以相应的软件, 就能实现基本的视频会议。软件实现方式在视频会议系统中的作用越来越突出, 并有取代硬件实现方式占据主导地位的趋势。会议系统设计的主要问题包括控制框架和媒体流传输 2 方面。本文主要针对管理控制框架进行讨论和分析。会议系统的管理控制包括会议的初始化、用户加入离开会议、发言控制、会议结束等。SIP 协议^[1]是 IETF 提出的建立多媒体会话的标准, 支持音频视频的特性描述、即时消息的传送、事件通知等。基本的 SIP 协议是针对点对点的多媒体会话, 因此不支持多方参与的会议系统。

1 SIP 协议及相关研究

SIP 具有以下特点:

(1) SIP 协议是 IETF 提出的信令控制协议, 用于多媒体会话的协商、建立和控制。随着对协议的研究扩展, SIP 已成为 3GPP 的 IP 多媒体子系统和 IETF 所采纳的会话控制标准。

(2) SIP 具有 SDP, text, XML 等多种格式的报文描述媒体能力, 具有良好的可扩展性, 可以同即时消息、通知服务等很好地结合起来。

(3) SIP 中的 URI 对用户及网络资源进行标识, 格式类似电子邮件地址。SIP UA 使用这种地址格式向 SIP 中的注册服务器进行注册, 一个 SIP 用户可以同时注册多个地址, 实现

呼叫的重定向并支持用户的移动性。

(4) SIP 重用一些比较成熟的互联网服务和协议(如 DNS, RTP 等)对 SIP 基础设施提供支持。

因此, 使用 SIP 进行会议系统控制信令的研究和开发逐渐增多。基于 SIP 的会议系统的信令框架目前分为 2 大类: 分散式架构和中心控制式架构。

(1) 在分散式架构中, 与会者通过全连接方式相互连接, 没有中心管理控制的角色, 在加入会议时通过任何一个会议成员的邀请与其他所有会议成员建立连接。这种架构适用于与会者数量较少的即时场景, 比如家庭会议。文献[2-3]介绍的都是分散式结构, 其中, 文献[3]是基于 SIP 协议的。

(2) 中心控制式架构则设置了具有一定权限的中心控制角色, 对会议进行管理控制, 包括用户加入会议管理、身份验证、授权、通知等功能。这种架构又可分为集中式和分布式 2 种。集中式将所有的管理功能集中在一个会议服务器上, 分布式中管理功能按照区域分散在多个会议服务器上。从会议规模的可扩展角度来看, 分布式架构更具优势。文献[4]提出了一种应用于大规模企业的会议系统管理模型, 分析比较了 IETF 的几种方案^[5], 并在此基础上进行了扩展, 除了媒体混合器, 还将会议管理和会议策略进行了分布式部署, 使得会议规模进一步扩大。文献[4]的方案主要针对企业应用, 在部署上需要设置一些固定的区域 focus, 但作为互联网环境中一种完全自组织的会议系统, 则无需这些 focus。

现有的会议系统框架没有考虑系统可靠性保证, 基本没

作者简介: 孟颖达(1982 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 网络多媒体应用; 徐 恪, 副教授、博士

收稿日期: 2007-01-30 **E-mail:** mengyd04@mails.tsinghua.edu.cn

有故障处理和恢复。在互联网环境中,主机、网络连接的变动较大,会议成员可以随时退出会议,也可能由于主机或网络连接故障而与会议断开,这些都对会议系统造成一定的影响,严重时会导致整个会议无法继续进行。

针对上述会议系统中存在的问题,本文提出一种基于 SIP 协议的可扩展分布式高可用会议系统管理框架,使用 SIP 协议实现系统中的控制信令,实现对大规模会议的有效控制。

2 本文方案

本会议系统针对只需要传输会议成员当前发言的媒体流的场景,在会议开始之前对会议进行策略设定,并在传输中使用统一的音视频编解码格式。它基于已有的 SIP 实体,针对会议系统的应用对现有 SIP 协议进行了相应的修改。

2.1 方案介绍

每一个会议都有 URI 与之对应,即会议主席的 URI。在加入会议时,用户向会议 URI 发送加入会议请求。

根据 SIP 中域的概念,因为每个用户在进入系统前都必须向某个注册服务器注册,所以该用户属于这个注册服务器所在的域。每个域可看作是有高速连接的 LAN,域内代理是一个会议中的某个会议成员,其负责所在域内所有会议成员的管理、会议信息的通知、媒体流发送配置,并与其他域的域内代理保持连接、进行信息交换。

会议主席需要保存会议信息,包括会议策略、各个域的域内代理列表、与会者列表。在域内代理中也保存有同样的信息。域内代理列表包括所有域的当前域内代理信息,其表项内容包含所在域的域名和该域域内代理主机地址。为提高系统部署的灵活性,没有在各个区域预先设置 focus。

会议主席及域内代理的功能部分分为 3 个模块:会议成员管理,域内代理管理,会议通知管理。会议成员管理处理用户加入/退出会议、进行身份认证、将会议成员分配到相应的域内代理(仅在会议主席中执行)、访问域内代理列表、对会议成员列表进行操作。域内代理管理负责域内代理的选择和分配、和其他域内代理进行信息的交互、对域内代理列表和会议成员列表进行访问更新操作。会议通知管理向会议成员发送会议状态信息的通知,例如与会者列表、当前发言的会议成员和发言主题等。

域内代理的组成如图 1 所示。

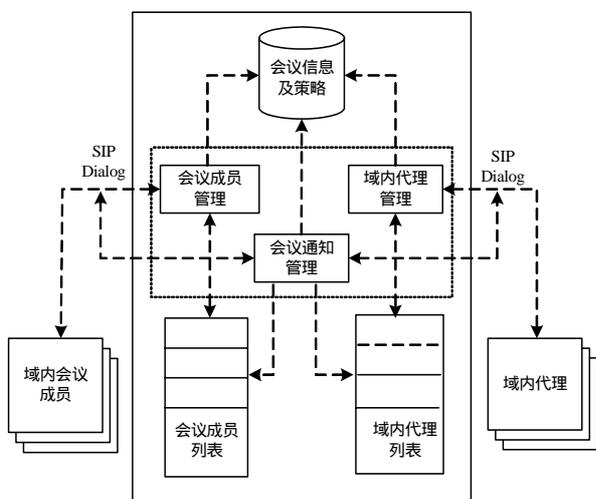


图 1 域内代理的组成

会议主席加入会议后,其他用户才可以加入会议。用户

向会议 URI 发送加入会议请求,成功加入后,如果来自该用户注册 URI 所在的域内会议成员数量超过设定的上限,则主席从这个域中选择一个会议成员作为域内会议代理。之后当同一个域的用户加入会议时,其申请首先发送到主席处,主席察看这个域的域内代理,然后将用户重定向到该域内代理,使用户与其建立连接。

每个域内代理都保存了其他域内代理列表,所有的域内代理互相连接形成一个全连接网。在域内代理中维护本域内的与会者列表,并将这些与会者列表发送给会议主席,使主席可以获得各个域的与会者列表,集中得到整个会议的与会者列表。像这样将会议成员分散到不同的域内代理可以避免主席负载过大。域内代理定时发送探查消息,消息中包含本域内当前所有与会者列表,这样每个域内代理也保存有整个会议的与会者列表。会议成员如果要查看所有与会者,就向域内代理发送请求,域内代理会向其发送整个会议的与会者列表。

2.2 可靠性保证

增强系统的可靠性、降低会议成员变动对系统造成的影响,可采用以下方法:

当域内会议成员达到会议策略中需要设置备份代理的数量时,域内代理选择域内一个会议成员作为备份代理。域内代理向其发送消息,通知其作为备份代理,同时向域内会议成员发送消息,通知备份代理的存在。域内代理定期向备份代理发送其他域的域内代理列表,以保证域内代理离开会议之后备份代理可以迅速与其他域内代理建立连接,成为新的域内代理。

当某个域内代理主动离开会议时,需要在离开之前向域内用户发送消息,让他们与备份代理建立连接,并向主席发送更换域内代理消息,同时与其他域的域内代理断开连接。备份代理根据与域内代理同步备份的全体代理列表,与其他代理建立连接。这里还可以提前进行域间更新,例如,在域内代理要主动离开时,首先向其他域内代理发送本域的域内代理更新消息,将本域代理更新为备份代理,然后断开同其他域内代理的连接。可能出现的问题是,更新全体代理列表的同时新的域内代理失效,没有与其他域内代理建立连接。这时,这个域内的用户需要重新加入会议。

域内代理因故障离开时,备份代理检查到域内代理失效,首先向会议主席发送域内代理更新消息,更新会议主席中保存的本域代理。备份代理还要根据保存的域内会议成员名单与他们一一建立连接,从而恢复本域内会议成员与会议的连接。备份代理根据域内代理失效前最后一次同步的全体代理列表,与其他域内代理建立连接。其他域内代理收到连接请求后,更新自己的全体代理列表。如果所有的域内代理都同时失效,则所有用户只能向会议主席发送请求,加入会议,但这种情况很少发生。

域内代理更新后,再根据域内会议成员数量决定是否选择新的备份代理。如果需要,域内代理定时将信息发给备份代理进行备份。

从后文的模拟测试可以看出,引入备份机制能够在域内代理发生故障时,使该域的其他会议成员在较短的时间内重新加入会议,提高了系统的可靠性。而在实现备份的同时,只是在域内代理之间、域内代理和备份代理之间增加了少量的信令交互,这些信令都只是轻量级的 SIP 消息,不会对系统的整体性能造成明显影响。

2.3 基于 SIP 信令的会议控制

下面具体说明如何使用 SIP 协议实现上述信令控制。

(1) 加入会议

来自域 b 的与会者 B1 向会议主席发送 INVITE 消息。会议主席首先同 B1 建立连接, 然后查看域 b 有没有域内代理:

1) 如果有, 向 B1 发送 REFER 消息, 使 B1 同 b 域的域内代理建立连接;

2) 如果没有, 检查来自域 b 的会议成员数量是否超过会议策略中设定的上限: 如果超过, 将 B1 作为域 b 的域内代理, 进行域内代理分配; 如果没有超过, 则检查会议主席直接负责的会议成员数量是否超过会议策略中设定的上限。

(2) 域内代理的分配

B5 为从域 b 加入会议的第 5 个用户, 假设来自同一个域的用户达到 5 个就分配域内代理。主席选择最近加入会议的 B5 作为域内代理, 向其发送 INFO 消息, 通知他作为域 b 的域内代理, 并将其加入域内代理列表, INFO 消息中包含其他域内代理信息。然后主席向来自域 b 的其他会议成员发送 REFER 消息, Refer-to 首部中包含域内代理 B5 的 URI。域 b 的其他会议成员由此与 B5 建立连接, 与主席断开连接。B5 还要根据从主席处接收到的域内代理列表同其他域内代理建立连接。

(3) 域内备份代理设置

如果来自域 b 的会议成员已经超过会议策略中设定的上限, 则域内代理选取一个域中的会议成员作为域内备份代理, 并向其发送 INFO 消息。随后备份代理向域内代理发送 SUBSCRIBE 消息, 订阅域内代理上的信息: 其他域内代理列表和本域内会议成员列表。域内代理通过 NOTIFY 消息定期将备份信息发送给备份代理。

3 性能模拟评测

为了测试新方法的性能, 本文进行了模拟。测试比较了本方案与传统方案的性能, 包括加入会议时延和故障恢复时间。模拟时设置了 10 个域, 测试环境的参数设置如下: 域内信令传输时延为 3 ms, 域间信令传输时延为 50 ms, 会议主席单独处理的会议成员数量为 25, 需要设置域内代理的会议成员数量为 5, 需要设置域内备份代理的域内会议成员数量为 3。图 2、图 3 为模拟结果。

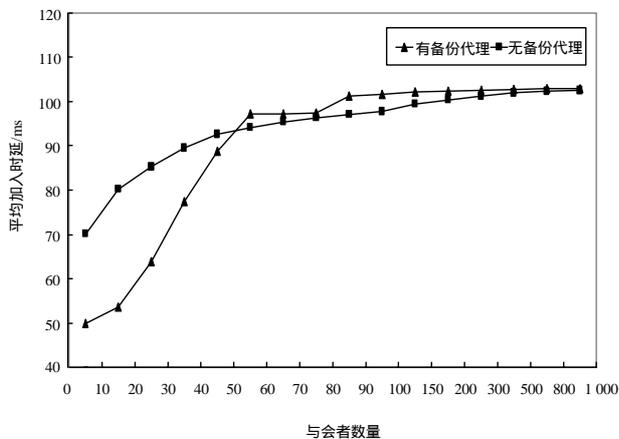


图 2 加入会议时延

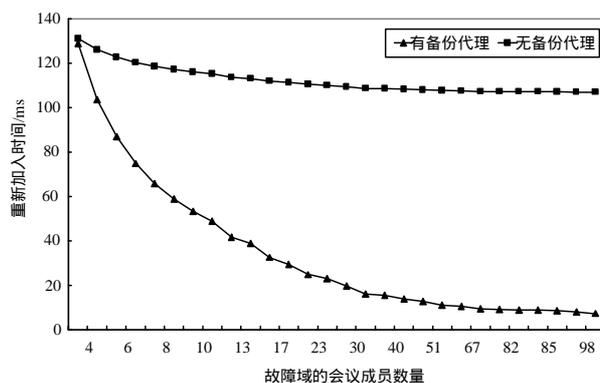


图 3 域内 focus/域内代理失效时域内成员的恢复时延

根据图 2, 同文献[4]的方案相比, 本方案在用户数量较少时(小于 60), 平均加入时延更小, 随着用户数量的增加, 二者的加入时延相差不多。由于本方案为每个域设定需要设置域内代理的会议成员数量, 只有超过这一门限值或超过主席单独处理的门限值时, 才设置域内代理, 因此会议成员较少的域内不会设置代理, 减少了信令传递次数及用户加入会议的时延。与会成员数量增加到一定程度、每个域都设置了域内代理之后, 加入过程与传统方案基本相同, 所需的加入时间也大致相同。从图 3 可以看出, 某一域内代理出现故障时, 随着域内成员的增多, 如果没有备份代理, 重新加入时间远大于设置备份代理时所需的时间。无备份代理所需时间随着域内成员的增加趋近于 108 ms, 而设置备份代理所需的时间趋近于 9 ms。

在实际应用中, 可以根据情况对会议策略中的参数进行调整, 比如设置域内代理的会议成员数量上限, 以及根据会议主席的负载能力设置其单独处理的会议成员数量。

4 结束语

已有的会议系统方案中, 有些针对小规模即时会议, 无需复杂的控制, 有些虽然是针对大规模会议, 但需要设置固定设备, 而且缺乏故障恢复等可靠性机制。为此, 本文提出了一种基于 SIP 协议的可扩展分布式高可用会议系统管理框架, 将会议的控制功能进行了分布式部署, 会议成员被分配到多个域中, 由域内代理实施控制, 从而实现对大规模会议的有效控制, 域内设置的备份代理也增强了系统的可靠性。

参考文献

- [1] Rosenberg J, Schulzrinne H, Camarillo G. SIP: Session Initiation Protocol[S]. IETF RFC 3261. 2002.
- [2] Chen Ling, Luo Chong, Li Jiang, et al. DigiParty: A Decentralized Multi-party Video Conferencing System[C]//Proc. of IEEE Int'l Conference on Multimedia and Expo.. Taiwan, China: [s. n.], 2004.
- [3] Lennox J, Schulzrinne H. A Protocol for Reliable Decentralized Conferencing[C]//Proc. of ACM NOSSDAV'03. USA: [s. n.], 2003.
- [4] Rosenberg J. A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol[S]. IETF RFC 4353. 2006.
- [5] Cho Y H, Jeong M S, Nah J W, et al. Policy-based Distributed Management Architecture for Large-scale Enterprise Conferencing Service Using SIP[J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2005, 23(10): 2069-2084.