

文章编号:1001-9081(2005)07-1685-03

基于 SIP 的域间网络会议系统

单琳伟,山秀明,任 勇

(清华大学 电子工程系,北京 100084)

(shanlw00@mails.tsinghua.edu.cn)

摘 要:在会话初始协议(SIP)和一般网络会议模型的基础上,设计了一种用于域间会议的双层 SIP 网络会议管理系统,并给出了其功能实现。还提出了一个新的 SIP 协议扩展方案。

关键词:会话初始协议;网络会议;集中式管理;分布式管理

中图分类号: TP393.09;TP393.07 **文献标识码:** A

SIP-based inter-domain network conference system

SHAN Lin-wei, SHAN Xiu-ming, REN Yong

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Multimedia network conference is an important network application. The management system of network conference is an emphasis of current research activities. Based on the session initiation protocol and the common network conference models, the article designs a two-layer SIP network conference management system for inter-domain conference and presents the implementation of the functions. The paper presents a new SIP extension too.

Key words: Session Initiation Protocol(SIP); network conference; central management; distributed management

多媒体网络会议是一类重要的电信业务,它可以使召开会议不再受地理位置的限制,并且可以传送文件、图表、声音和图像等多种媒体形式的信息。近年来,随着因特网的迅猛发展,如何在 IP 网络上实现网络会议成为一个重要的研究课题。为了在因特网上实现多媒体会议应用,IETF 在 1999 年 3 月正式提出了会话初始协议(Session Initiation Protocol, SIP)^[1]。作为 IP 网络上的信令协议,SIP 适用于网络电话、网络会议、即时消息和分布式虚拟现实系统等多种多媒体应用,同时它也正在为适应更多的应用而不断扩展。

本文结合已有的一些研究结果和 SIP 协议扩展,设计了一个基于 SIP 的域间网络会议系统。

1 SIP 协议

SIP 协议是一个能创建、更改和结束多媒体会话的应用层信令协议。SIP 能邀请用户加入一个已经存在的会话中(如多播会议),会话中的媒体形式可以增加和更改;SIP 还可以透明地支持用户名映射和重定向服务,从而支持用户的移动性。

SIP 不是一个垂直集成的通信系统。它需要和其他协议共同建立一个完整的多媒体通信框架,例如,为了协商多媒体会话的参数,需要和会话描述协议(Session Description Protocol,SDP)结合。虽然 SIP 需要和其他协议相结合才能为用户提供完整的服务,但是 SIP 基本的功能和操作却不依赖于其他协议。

1.1 网络架构

SIP 定义了四种基本功能实体:

用户代理(User Agent,UA) 用户代理位于通信终端,包括用户代理客户(User Agent Client,UAC)和用户代理服务器(User Agent Server,UAS),UAC 发起请求,UAS 应答请求,因

此 SIP 是一个客户-服务器协议。一般用户同时拥有用户代理客户和用户代理服务器,因此可以同时发起和应答请求。

代理服务器(Proxy) 用户代理服务器位于信令传输路径上,用来将用户代理服务器的请求和应答转发到各自的目的地,功能和路由器类似。它可以在请求应答消息中加入参数或拒绝转发,但是它不能发起请求和应答。代理服务器对于无法识别的信息不进行更改,因此默认支持用户代理服务器的新特性。

注册服务器(Registrar) 注册服务器接受用户的注册请求,并建立用户 SIP 地址和 IP 地址的对应关系。有时也被称为位置服务器(Location server)。

重定向服务器(Redirect Server) 提供重定向功能,即为请求实体返回一个应答,此应答中含有该请求需要被重定向的地址。

SIP 的地址标识使用统一资源标识(Uniform Resource Identifier,URI),最简单的形式是 sip:用户名@主机域名,如 sip:alice@mydomain.com。这种地址形式不依赖于具体的网络 IP 地址,因此具有很大的灵活性,可以方便地和已有网络应用集成。

1.2 SIP 消息

SIP 是一个基于文本的协议,类似于超文本传输协议(HTTP)。

SIP 通信的基本单元是消息,包括请求消息和应答消息。这两种消息都包含一个起始行,一个或多个消息头,一个空行(表示消息头的结束)和可选的消息体。通常一个消息如下所示:

```
generic - message = start - line
* message - header
CRLF
```

收稿日期:2005-01-07;修订日期:2005-03-18 基金项目:国家自然科学基金资助项目(90304005)

作者简介:单琳伟(1977-),男,黑龙江牡丹江人,博士研究生,主要研究方向:无线互联网、网络安全、信令协议; 山秀明(1944-),男,黑龙江明水人,博士生导师,主要研究方向:混沌、复杂系统、非线性科学及其在通信中的应用; 任勇(1963-),男,黑龙江哈尔滨人,教授,主要研究方向:混沌、复杂系统、非线性科学及其在通信中的应用。

[message - body]
start - line = Request - Line / Status - Line

RFC3261^[2]上定义了6种基本的请求消息(表1)。

表1 6种基本的请求消息

SIP 请求消息	描述
INVITE	邀请一个终端用户参加会话
ACK	用于对 INVITE 成功应答的回应
OPTIONS	请求获得一个服务器的能力
BYE	终止连接或会话
CANCEL	终止一个终端用户的请求或搜索
REGISTER	向注册服务器登记终端用户的位置

文献[2]中定义了6类不同的应答消息,用3个数字组成的代码来表示对请求的处理,表2给出了6类应答消息的简单介绍。消息头提供了该消息进一步的信息,使得该消息能被正确处理。消息体对所建立的会话进行描述,包括协商编码种类、媒体流类型、传输速率等。默认状态下,该部分由SDP协议实现。

一个SIP请求和它的所有应答组成了一个SIP事务处理(Transaction)。不同种类的事务处理用来完成不同的协议功能。例如,一个INVITE请求及其应答完成了呼叫建立的功能。

SIP对话(Dialog)是指在两个终端用户间建立一个持续的连接,用来为事务处理建立联系并排序。事务处理可以存在于一个SIP对话的内部和外部,并用来建立和结束对话过程。例如,在网络电话中,INVITE事务处理在建立呼叫的同时也创建了用户间的一个对话,而BYE事务处理则结束了呼叫和对话联系。

SIP呼叫(Call)在高层概念上并不简单对应于一个SIP对话,因为一个单独的呼叫可能包括多个用户和设备间的通信过程,如网络会议呼叫,这些独立的连接分别需要各自的SIP对话,因此呼叫能包含多个对话。SIP消息中包括一个呼叫标识区(Call-ID),用来在应用层的呼叫概念上连接多个对话和事务处理。

表2 6类应答消息

代码	描述	示例
1xx	信息上的表示:如收到了请求消息,正在处理请求消息等	100 正在尝试,180 正在呼叫
2xx	表示成功:成功的接收、理解和处理	200 成功
3xx	表示需刷新:需要做进一步的努力来完成请求	302 暂时离开
4xx	客户端出现了错误:请求消息的语法错误或者不被此服务器支持	404 未发现
5xx	服务器出现了错误:服务器无法完成一个正确的请求	501 未执行
6xx	全局错误:请求无法在任何服务器完成	603 退回

2 网络会议模型

2.1 一般网络会议模型

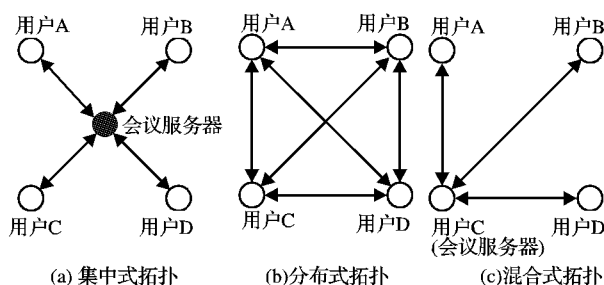


图1 网络会议的拓扑结构

在IP网络上的多媒体会议系统中,各个参与方之间的连接关系包含了信令和媒体两个方面,信令可以由SIP等信令

协议实现,而媒体流可以用实时传输协议(RTP)等实现。因此,网络会议模型可以基于信令和媒体流的拓扑关系分类。一般将信令拓扑称为控制拓扑,而媒体流拓扑称为媒体拓扑。

在网络会议中存在的拓扑关系(包括控制拓扑和媒体拓扑)有三种。集中式拓扑如图1(a)所示,即存在一个集中实体(会议服务器),每个参与方都只和该实体建立连接。分布式拓扑如图1(b)所示,此时各参与方两两之间直接进行连接,不需要集中实体。混合式拓扑如图1(c)所示,与集中式拓扑不同的是,这里的集中实体由一个终端用户(设备)担任,这种拓扑适用于ad hoc网络等没有独立的集中实体的情况。以上三种拓扑可能在多个层次上共存,另外还可能使用单播和多播等不同的传输模式。例如,一个网络会议可能使用集中式的控制拓扑,在其中的拨出(Dial-out)过程采用多播方式;媒体拓扑中也可以采用集中式,并对于参与方到会议服务器的媒体流使用单播,以利于服务器的认证和处理,而对于会议服务器到各个参与方的媒体流使用多播,以提高传输效率。

2.2 域间网络会议模型

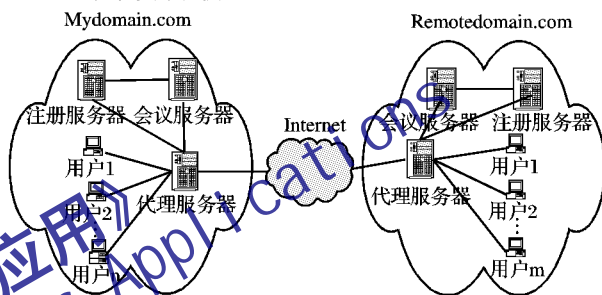


图2 域间网络会议系统组成

文献[3]中提出了多种基于SIP的网络会议模型,分别定义了它们的信令流程并指出了优缺点。文献[4]中从高层提出了集中式和混合式控制拓扑的SIP网络会议的设计要求,主要内容包括会议创建、结束、参与者管理、会议状态信息等方面。文献[5]介绍了基于SIP的多方会议的建立框架,描述了体系结构,术语和协议组成等内容。文献[6]中定义了网络会议中SIP的呼叫控制特性以及集中式和混合式SIP网络会议的工作过程。文献[7]中描述了基于SIP的集中式网络会议的设计要素和实现,提出了一种基于SIP的集中式网络会议的具体实现结构SIPCONF,并分析了此方案的性能。

在以上研究工作的基础上,本文提出一种基于SIP的域间网络会议方案(图2)。此方案适用于多个域的情况,每个域内有一个会议服务器,域间会议支持由多个会议服务器之间的协作来完成。这样可以在每个域内采用集中式方案,从而利于网络的控制和管理(特别是有利于媒体流的处理),而在域间则采用分布式的方案,以提高网络会议模型的可扩展性。

本方案中的代理服务器是无状态的,即不保存连接的任何信息,因此可以提高代理服务器的工作效率。注册服务器可以用来提供SIP地址和IP地址的对应。会议服务器的主要功能是完成网络会议的创建、撤消,用户信息发布和维护网络会议状态等功能。

由于本方案中代理服务器是无状态的,而注册服务器功能不变,因此在下面的讨论中将使用简化的系统模型,如图3所示(虚线表示逻辑连接)。事实上,会议服务器可以和注册

服务器结合,从而集中网络的状态信息。

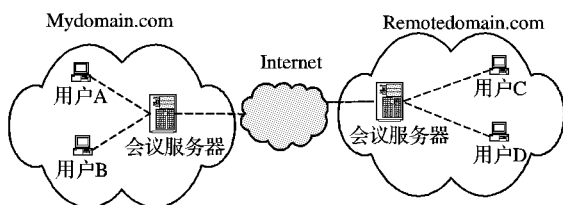


图 3 域间网络会议系统简化模型

3 基于 SIP 的域间网络会议系统

基于 SIP 的域间网络会议系统实现了网络会议管理的基本功能^[4]。

3.1 创建会议

创建会议的过程由会议的一个成员发起,不妨假设由用户 A(sip:alice@mydomain.com)发起会议(图 4)。发起会议的过程由注册(REGISTER)事务处理实现。用户 A 通过注册事务处理向本域的会议服务器注册要创建的会议。

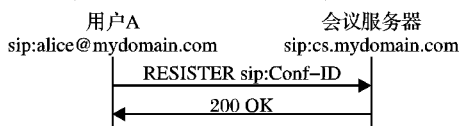


图 4 创建会议

这里的 Conf-ID 是所创建会议的标识,可以由用户 A 指定,也可以按照“conf-随机数@本域域名”的方式自由生成。在注册消息中,用“Expire”表示会议估计持续的时间。

3.2 会议信息更新

由于会议信息需要在所有会议服务器间共享,而 IETF 没有定义任何会议信息共享的消息机制,因此本文提出一种新的 SIP 扩展——CONFUPDATE 事务处理(图 5)实现这个功能。此事务处理只能在会议服务器之间进行,用来更新全局的会议信息。

CONFUPDATE 事务处理周期性地执行,但是当会议服务器的会议信息发生变化时,则需要立即执行。更新周期需要在开销和信息同步需求间折中,这里默认为 300 秒。

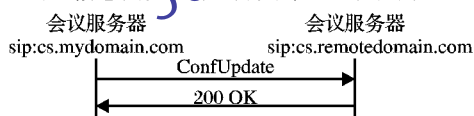


图 5 更新会议信息

CONFUPDATE 消息定义如下:

```
CONFUPDATE sip: conf-all@ cs. remotedomain. com SIP/2.0
Via: SIP/2.0/UDP cs. mydomain. com; branch = z9hG4bK3343d1
Max-Forwards: 70
To: < sip: conf-all@ cs. remotedomain. com >; tag = 78524545
From: < sip: conf-all@ cs. mydomain. com >; tag = d4643df32
Call-ID: k3143id034ksereree
CSeq: 151 CONFUPDATE
Contact: < conf-99823@ cs. remotedomain. com >;
Event: conference-update
Accept: application/sdp, message/sipfrag
Subscription-State: active; duration = 300
Content-Length: ...
< mode-info state = "update"
  entity = "sip: conf-all@ cs. mydomain. com" >
  < conference-info entity = "conf-99823@ mydomain. com" >
    < user uri = "sip: alice@ mydomain. com"
      display-name = "Alice" >
  ...
```

```
</user>
...
</conference>
...
</mode-info>
```

3.3 会议信息的预订和通知

用户使用预订(SUBSCRIBE)和通知(NOTIFY)消息^[8]从本域服务器得到当前的会议信息(图 6)。

预订消息请求对会议消息获得通知。事件消息头需要包含在预订消息中。需要注意的是,如果使用“sip: conf-all@本域域名”作为请求参数,则要求预定所有的会议信息;如果使用特定的会议标识作为请求参数,则只返回指定的会议信息。

预订后会议服务器将周期性地发送通知消息通知当前地会议信息。会议信息包含在 SDP 中。

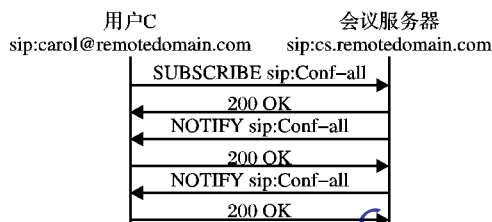


图 6 会议信息的预订和通知

3.4 参加会议

参加会议的方式有两种,一种是用户主动加入,另一种是第三方介绍加入。

主动加入时,用户通过通知消息得到要加入的会议地址,使用 INVITE 事务处理实现加入过程(图 7)。

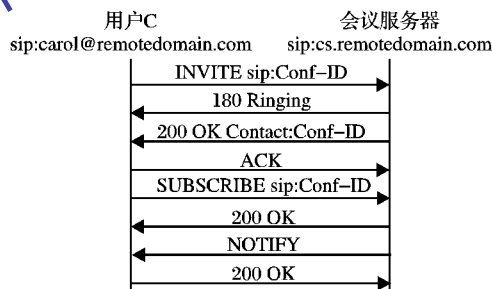


图 7 用户主动加入会议

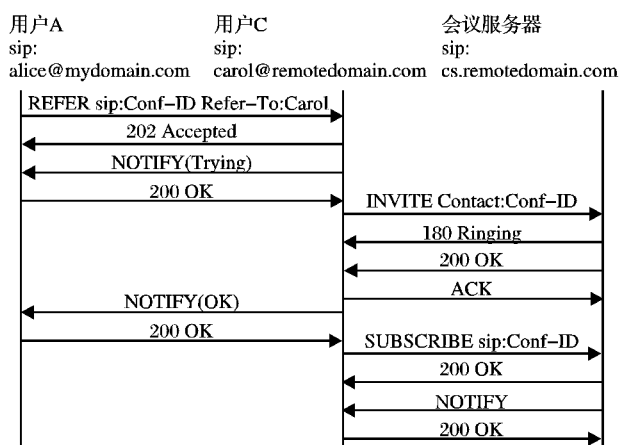


图 8 介绍加入会议

第三方介绍加入是指由已参与会议的用户介绍未参与此会议的用户加入,使用 REFER 事务处理^[9]过程(图 8)。在 REFER 事务处理过程中,消息的接收者应当用消息中提供的信息来与第三方通信,如果成功应答,则表明接收者可以与第三方通信。

(下转第 1706 页)

取两个节点 i, j 之间的中心点 C_0 。以 C_0 为圆心, $r/2$ 为半径作圆, 如果圆 C_0 与 A, B 有交集, 则停止; 否则, 以 $C_1 (C_1') = C_0 \pm \sqrt{2}r$ 为圆心, $r/2$ 为半径作圆, 如果 C_1, C_1' 与 A, B 有交集, 则停止; 否则, 继续以 $\sqrt{2}r$ 为半径进行平移, 直到平移后的圆与 A, B 有交集为止。

小圆(“半径为 $r/2$ ”的圆)平移半径选择为 $\sqrt{2}r$, 可以保证相邻圆有一定的交集区域。最后需要布设的干线节点数目为“半径为 $r/2$ ”的圆的个数加 1。相邻圆的交集区域是干线节点可选区域。

通过 θ 视区扫描的方式, 顺序得到各干线节点的实际可行位置。如果不能得到某个点的位置, 即交集区域不存在同时满足与两个方向分别视通的点, 那么, 需要修改前序节点位置。如果仍然不能得到理想结果的话, 可以减小小圆的平移半径, 平移半径减小意味着需要更多的干线节点, 代价就相应提高了。

5 相对的业务中心

如果网络已经满足抗毁性要求并且不存在饱和割集, 那么多余的干线节点如何布置呢? 文献[4, 7]中考虑了这样一个问题: 在图的某条边上(包含图的顶点)选择一个或多个位置, 使得在这些地方布置干线节点时, 尽可能优化。文献中的方法存在着很大的局限性, 并且算法复杂度很高。本文提出通过寻找网络的相对的业务中心的办法, 求得近似优化解, 大大减少计算复杂度, 并且能从一定意义上满足实际需求。

虚拟小区(Virtual Cell, VC)法是获取业务中心的一种近似方法。以虚拟小区 VC 为基本结构单元, 将通信地域均匀地划分为一系列大小一定的正六边形, 每个正六边形区域代表一个 VC 单元。如图 5 所示。

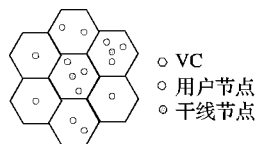


图 5 虚拟小区法得到业务中心

不妨假设每个用户节点接入的用户数量是均匀的, 计算每个小区的用户密度, 在用户密度最大的小区内布设干线节点。我们引入小区

负荷因子的概念, 来表征每个小区的用户密度。

设: 用户节点总数 = U , 干线节点总数 = B , 小区 i 内用户节点数 = U_i , 小区 i 内干线节点总数 = B_i 。则定义:

1) 每干线节点平均负荷 $L = U/B$;

2) 小区负荷因子 $F_i = U_i - B_i \times L$ 。

小区负荷因子 F_i 表征每个小区对干线节点的敏感程度, F_i 越大的小区, 越需要布设干线节点。干线节点一般布设在小区的**中心或满足与小区内多数用户节点能够视通的位置。

6 结语

本文提出了干线节点的站址优化布设算法, 整个优化过程实际上是一个图的连通与图的分离不断作用的结果。图的连通是为了提高网络的抗毁性和业务承载能力(吞吐量), 为了提高这些网络性能指标, 必须找出性能瓶颈——割集。去掉割集, 也即图的分离, 在分离子图之间增加链路, 将必然提高网络的性能。本文提出了 LWF 的概念, 用于衡量链路的重要程度, LWF 越大对网络的贡献也就越大。

参考文献:

- [1] NEWPORT KT, VARSHNEY PK. Design of Survivable Communications Networks under Performance Constraints [J]. IEEE Transactions on Reliability, 1991, 40(4): 433-440.
- [2] 段炼. 虚拟小区多层蜂窝技术在战术通信中的应用[J]. 装甲兵工程学院学报, 2002, 16(2): 33-37.
- [3] 孙京市. 某专用移动通信网网络规划技术研究[D]. 西安电子科技大学, 2004.
- [4] 吴文虎, 王廷德. 图论的算法与程序设计[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [5] TSEN FP, SUNG TY, LIN MY. Finding the most vital edges with respect to the number of spanning trees [J]. IEEE Transactions on Reliability, 1994, 43(4): 600-602.
- [6] 陈勇, 胡爱群. 通信网中链路重要性的评价方法[J]. 电子学报, 2003, 31(4): 573-575.
- [7] MINIEKA E. 网络和图的最优化算法[M]. 李家滢, 赵关旗, 译. 北京: 中国铁道出版社, 1984.

(上接第 1687 页)

3.5 离开会议

正常离开会议有两种情况, 一种是用户主动离开, 另一种是会议服务器使用户离开。这两种情况都用 BYE 事务处理实现, 不同之处是, 前一种情况由用户发起, 后一种情况由本域的会议服务器发起。

如果用户由于特殊原因离开会议(如断电), 本域的会议服务器将通过通知事务处理中的“200 OK”判断出用户已经不存在, 经过多次确认后, 删除此用户的信息。

3.6 删除会议

如果会议注册时间到达, 会议服务器将向此会议的第一个用户请求重新注册, 如果第一个用户已经离开, 则向第二个用户发出请求。如果用户拒绝注册, 或者会议中已经没有任何成员, 会议服务器将删除此会议。

4 结语

基于 SIP 的网络会议是目前 IP 网络会议研究的一个热点, 本文提出了一种基于 SIP 的域间网络会议系统。此系统避免了在很大的网络范围内广播会议信息, 可以在域内处理大量的信令信息和媒体流信息, 因此比集中式的网络会议系统有更好的可扩展性, 比分布式的网络会议系统更利于管理。另外,

由于此系统的模型基于实际网络分层管理的架构, 因此更利于实际应用。该文还提出了一种新的 SIP 协议扩展, 用来在多个会议服务器之间更新会议信息。

参考文献:

- [1] HANDELY M, SCHULZRINNE HH, SCHOOLER E, et al. RFC 2543, SIP: session initiation protocol [S], IETF, 1999.
- [2] ROSENBERG J, SCHULZRINNE H, CAMARILLO G, et al. RFC 3261, SIP: Session Initiation Protocol [S], IETF, 2002.
- [3] ROSENBERG J, SCHULZRINNE H. Models for multiparty conferencing in SIP [Z], Internet Draft, IETF, 2002.
- [4] LEVIN O, EVEN R. High Level Requirements for Tightly Coupled SIP Conferencing [Z], Internet Draft, IETF, 2004.
- [5] ROSENBERG J. A Framework for Conferencing with the Session Initiation Protocol [Z], Internet Draft, IETF, 2004.
- [6] JOHNSTONAND A, LEVIN O. Session Initiation Protocol Call Control - Conferencing for User Agents [Z], Internet Draft, IETF, 2004.
- [7] SINGH K, NAIR G, SCHULZRINNE H. Centralized Conferencing using SIP [A]. Internet Telephony Workshop [Z], 2001.
- [8] ROACH A. RFC 3265, Session Initiation Protocol (SIP) - Specific Event Notification [S], IETF, 2002.
- [9] SPARKS R. The SIP refer method [Z]. Internet Draft, IETF, 2002.