

东北大学

硕士学位论文

VoIP服务质量及部署方法研究

姓名：冯斌

申请学位级别：硕士

专业：计算机应用技术

指导教师：王翠荣

20070101

VoIP 服务质量及部署方法研究

摘 要

随着 VoIP 技术的发展和宽带接入业务的逐步普及, VoIP 业务在世界范围内取得了快速的发展。然而, 由于 IP 网络的设计初衷仅是处理非实时数据, 所以并不能满足传输音频和视频这样的实时数据所需的服务质量。如何提高实时性能, 确保通信的 QoS, 成功地部署 VoIP, 是 IP 电话系统的关键技术要求, 也是它的一个技术难点。本文提出了一种资源管理改进算法来改善 VoIP 的服务质量和提高带宽利用, 并且提出了一个详细的成功部署 VoIP 的仿真方法。

本文在对现有的IntServ, Diffserv以及MPLS等解决方案服务模型的基本结构、主要组成部件及QoS实现技术进行的深入研究和分析基础上, 提出了VoIP系统中的资源管理改进算法来改善QoS和提高带宽利用。在提出新的算法之前, 本文阐述了VoIP的一些基本知识以及VoIP的相关协议标准, 重点介绍了VoIP的通信原理、实现方式、系统组成, 并详细分析了影响VoIP QoS的主要因素及其主要QoS技术参数。本文还深入分析了VoIP的两大重要标准H.323, SIP, 以及用于保证VoIP QoS的RSVP协议。

最后, 这篇论文提出了一个详细的成功部署 VoIP 的仿真方法。据调查显示, 只有大约三分之一的 IT 部门推出了成熟的 VoIP 部署方案。用户迟迟不愿部署, 原因主要是 VoIP 会给网络带来负担, 另外在语音质量、可扩展性及服务质量(QoS)等方面也存在问题。而且, 至今还没有一个关于 OPNET 对现有网络上部署 VoIP 的评估的正式的或知名的方法。所以, 本文提出了这个仿真方法, 它可以在购买和部署 VoIP 设备之前, 预知 VoIP 通话的数量, 这个数量与具有所有令人满意的网络服务 QoS 需求的现有网络上的数量相同, 而且还可以为将来的扩展留下足够的空间。

关键词: VoIP; H.323; 资源预留协议; 区分服务; 准入控制

Research on QoS and Deploying Approach Based on VoIP

Abstract

VoIP services obtain rapid increase worldwide with the development of VoIP technology and gradual popularization of broad access. However, designed to handle non-real time data traffic, cannot satisfy the Quality of Service requirement for carrying voice and video. How to improve its real-time capability, guarante QoS of communication and deploy successfully VoIP is a critical technique issue and one of the technique difficulties of VoIP system. In this paper a new algorithm for managing resources in VoIP systems is proposed to improve the quality of service and increase bandwidth utilization and presents a detailed simulation approach for deploying VoIP successfully.

This paper does deep research and analysis towards the basic structure and main components of IntServ, DiffServ and MPLS, and QoS realization technology. Based on this, a new algorithm for managing resources in VoIP systems is proposed to improve the quality of service and increase bandwidth utilization. At first, the paper expounds some essential knowledge of VoIP and relevant protocol about VoIP, mainly introduces the principle of communication, the ways of realization and the constitution of system about VoIP, and elaborates the primary reason which would impact VoIP QoS and its chief QoS technical parameters. This paper also elaborates two important standards of VoIP, H.323 and SIP, and the protocols of RSVP, which are used to ensure VoIP QoS.

Finally, this paper presents a detailed simulation approach for deploying VoIP successfully. According to a survey, one of three of IT department proposed the mature project of deploying VoIP. The reason that the consumer don't want deploy VoIP primarily is the burden VoIP brought. Otherwise VoIP has the problem in quality of voice, expansibility and QoS. Moreover, there is no formal or known approach or methodology as to how OPNET can be used to assess the surport and readiness of an existing network in deploying VoIP. So, we propose this approach, presented the number of VoIP calls that can be sustained by an existing network while satisfying QoS requirements of all network services and leaving adequate capacity for future growth, before the purchase and deployment of VoIP equipment

Keywords: VoIP; H.323; RSVP; DiffServ; Admission Control

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是在导师的指导下完成的。论文中取得的研究成果除加以标注和致谢的地方外，不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包括本人为获得其他学位而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示诚挚的谢意。

学位论文作者签名：冯斌

签 字 日 期：2007.1.14

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者和指导教师完全了解东北大学有关保留、使用学位论文的规定：即学校有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅。本人同意东北大学可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索、交流。

（如作者和导师同意网上交流，请在下方签名；否则视为不同意）

学位论文作者签名：冯斌

导 师 签 名：王翠荣

签 字 日 期：2007.1.14

签 字 日 期：2007.1.14

第一章 绪论

VoIP(Voice over IP)俗称IP电话(Internet Protocol Phone),是利用IP网络实现语音通信的一种先进通信手段,是基于IP网络的语音传输技术。它利用电话网关服务器之类的设备将电话语音数字化,将数据压缩后打包成数据包,通过IP网络传输到目的地;目的地收到这一串数据包后,将数据重组,解压缩后再还原成声音。这样,网络两端的人就可以听到对方的声音。

1.1 VoIP 的技术现状

目前的VoIP设备已从基于PC的初级产品向大规模、高可靠性、高性能的电信级设备发展,在技术上综合了现有电话网已有的信令技术以及“Voice+Fax+Data”功能。现在的设备厂商多数是通过多个IP电话网关来实现PSTN和Internet的互通,从而实现PC-to-Phone, Phone-to-PC和Phone-to-Phone的呼叫,并且语音通信质量也大大改善,能够满足商用的需求。

通过网关等设备组织的VoIP网络,以PSTN作为用户的接入网络,用IP网络代替昂贵的传统长途传输网络,从而大大地降低了通信成本,节省了通话费用。目前提供IP电话服务的运营商主要来自传统电信公司以及大的ISP,它们提供的服务包括IP语音和传真业务。

Internet在我国的发展非常迅猛。截止到2006年6月30日,我国网民人数达到了12300万人,与去年同期相比增长了19.4%,其中宽带上网网民人数为7700万人,在所有网民中的比例接近2/3。我国网站总数达到了788,400个,其中今年上半年增长了9万个,网络国际出口带宽总量则达到214175M,与去年同期相比增长率为159.2%^[1]。这给我国IP电话的发展提供了很大的空间。IP电话低廉的资费价格对用户具有极大的吸引力,因此IP电话现已成为新的竞争热点。

IP技术的出现使服务商和终端用户可以将声音和数据综合起来。数据通信总量将很快超过语音通信总量,并且以不可逆转的趋势增长。数据网络的重要性以及数据网络容量的不断扩展给数据与语音的融合提供了基础。在承载语音方面,VoATM(Voice over ATM)技术、VoFR(Voice over FR)技术以及VoIP技术在不断发展之中,而VoIP以自身的特点在其应用方面有着巨大的潜力。

传统语音通信网与现代的数据通信网的融合,开创了电信业务发展的新纪元,在一个统一的数据网络平台上传输语音、图像、图形、视频数据及多媒体信息己是大势所趋。IP不仅己成为Internet的标准协议,而且己普遍为电信业所接受。未来的Internet将提供可管理的IP服务,使电信网络也能对信息流进行优先级分类,并实施访问控制。IP技术的发展给电信运营商带来了新的机遇和挑战。

1.2 VoIP 的发展前景

IP电话的出现预示着传统的电信业正面临挑战。IP电话要和传统电话竞争,成为语音通信的一种手段,必须解决以下3个问题:一是语音质量应与传统电话相当;二是呼叫和建立连接的方法要简单、方便;三是要有统一的标准,使世界各地各厂家的产品实现互通,并且还应建立相应的计费方法和利益分配机制。由于IP电话具备一定的技术优势和时代特征,一旦上述问题能够较好地解决,IP电话就会对传统电话产生巨大冲击,从而在市场方面占据一席之地。

由于IP电话本身的特性,其所承担的业务主要是长途,因此在全球IP电话市场中,国际IP电话市场将比国内IP电话市场份额要大得多。根据资料显示,我国的电话用户每天净增7万户,用户总数已突破1亿户,全国电话普及率为平均每百人11部。丰富的用户资源为IP电话业务的发展提供了雄厚的基础,传统电话用户在不必更新原有话机的条件下,即可通过连接PSTN和Internet的电话网关服务器拨打IP电话,可在长途尤其是国际长途的通话上节省大量费用。预计我国今后5年电信市场增长率仍高于10%。由此可见,我国长途电话有着巨大的市场空间,同时也为IP电话的发展提供了巨大的市场资源。中国既是一个电信大国,又是一个发展中国家,庞大的电信市场对电信运营者有着极大的吸引力。在国民收入不高的情况下,公众对廉价通信的需求是十分迫切的,因此IP电话在中国的发展前景十分广阔。

1.3 VoIP 服务质量及部署方法研究意义

QoS是指为保证所提供业务的质量达到相应标准而采用的一系列措施的技术总称。即是一种无连接技术,对于每个分组均根据当时网络的状态独立的选路,一个通信过程中的各个分组一般会走不同的路线,经历不同的时延,这对于只要求准确率而对时延没有严格要求的数据业务是合适的,但对于语音、视频等实时通信业务来说显然是有问题的,它们的QoS难以得到保证。在IP网络中,QoS的作用是保证在会话建立和会话过程中,其带宽、包丢失率、延时和抖动处在一定的范围限制内,以保障连接和会话的质量。

VoIP的QoS直接反映了IP电话中语音的质量,包括可懂性、清晰度等方面,也就是说QoS直接反映了VoIP的效果和人们对IP语音的满意程度。衡量VoIP的QoS的主要参数有:带宽、时延、抖动(时延变化)、包丢失(差错效应)、有效性(可靠性)等。带宽是影响语音服务质量的最关键的因素,成为VoIP发展的“瓶颈”,语音质量的不稳定,往往是由于网络带宽的限制。虽然Internet的固有带宽不断的提高,IP技术可将一路电话压缩到8kbps甚至更低,但由于Internet是一个公众信息网络,用户众多,而且数据业务和用户数都在急剧增长,不能保证有足够的带宽用来传输语音包。因此,必须采用一定的措施和技术来保障VoIP的QoS。

由上我们知道VoIP和QoS的联系尤为密切,因为在用户打电话过程中,最关心的就是通话的时延和语音的质量问题,较高的时延和失真的语音都会令用户无法忍受。因此,如何保障VoIP的QoS,是VoIP成功与否的关键技术之一。

随着VoIP QoS技术的发展,现在VoIP的部署正在广泛的开展。但据调查显示,只有大约三分之一的IT部门推出了成熟的VoIP部署方案。用户迟迟不愿部署,原因主要是VoIP会给网络带来负担,另外在语音质量、可扩展性及服务质量等方面也存在问题。VoIP部署对网络研究人员和工程师是一个具有挑战性的任务。现在,OPNET无论在学术上还是在工业上都已经获得了相当可观的普及,但是,至今没有一个关于OPNET对现有网络上部署VoIP的评估的正式的或知名的方法。所以本文提出了一个详细的成功部署VoIP的仿真方法。该方法使用OPNET网络仿真器仿真。我们使用这个方法可以在购买和部署VoIP设备之前,预知VoIP通话的数量,这个数量与具有所有令人满意的网络服务QoS需求的现有网络上的数量相同,而且还可以为将来的扩展留下足够的空间。

1.4 论文主要研究内容和组织结构

本文第二章介绍了VoIP的一些基本知识,重点介绍了VoIP的通信原理、实现方式、系统组成,及VoIP的相关协议标准。并详细分析了影响VoIP QoS的主要因素及其主要QoS技术参数。然后,在现有VoIP QoS保障技术的基础上,分别从语音处理上和IP网络上对VoIP QoS保障技术进行了深入的研究与探讨。

第三章对IntServ, DiffServ以及MPLS的服务模型的基本结构、主要组成部件及QoS实现技术进行了深入研究和分析。之后,提出了VoIP系统中的资源管理的一种改进算法,通过对两个不同的实验拓扑进行仿真来做评估。

第四章提出了一种基于仿真的成功部署 VoIP 的方法。本章还讨论了许多与 VoIP 部

署相关的设计和工程问题。这些问题包括了 VoIP 业务和 QoS 需求的特性、VoIP 流和通话分布、定义将来扩展能力、场景业务的测量和影响。

第二章 VoIP 基本技术

VoIP(Voice Over Internet Protocol)泛指以 IP 为网络层协议的计算机网络中进行语音通信的系统。它属于分组通信的范畴,是以 IP 为标志的网络分组化和以多媒体为目标的网络综合化两大驻留技术融合的结果。因此,VoIP 的内容并不仅仅是 IP 网络承载语音的技术,而是泛指 IP 网络承载多媒体业务的所有相关技术。

2.1 VoIP 基本原理和传输过程

传统的电话网是以电路交换方式传输语音的,要求的带宽为64kbit/s。VoIP是以分组交换网络为传输平台,经过对模拟的语音信号进行压缩、分组等一系列的特殊处理,使之可以采用无连接的UDP(User Datagram Protocol)进行传输。

为了在一个IP网络上传输语音信号,要求包括几个元素和功能。最简单形式的网络由两个或多个具有VoIP功能的设备组成,这些设备通过一个IP网络连接。VoIP模型的基本结构图如图2.1所示^[2]。

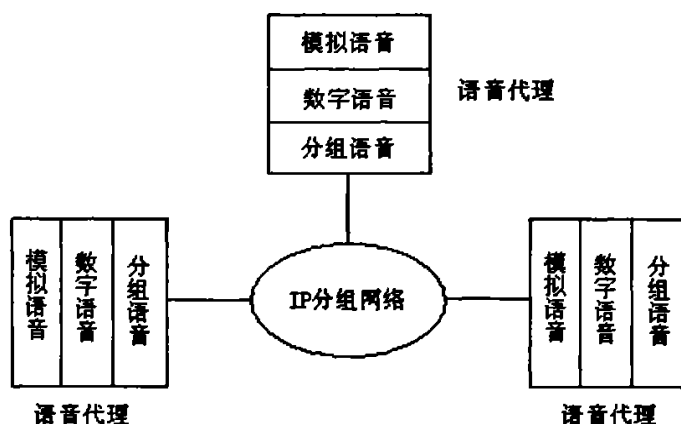


图 2.1 VoIP 的模型结构

Fig. 2.1 Model structure of VoIP

VoIP是建立在IP技术上的分组化、数字化传输技术。其工作基本原理是:通过语音压缩算法对语音数据进行压缩编码处理,然后把这些语音数据按IP等相关协议进行打包,经过IP网络把数据包传输到接收方,再把这些语音数据包串起来,经过解码解压处理后,恢复成原来的语音信号,从而达到由IP网络传送语音的目的。IP电话系统把普通电话的模拟信号转换成计算机可联入因特网传送的IP数据包,同时也将收到的IP数据包转换成声音的模拟电信号。经过IP电话系统的转换及压缩处理,每个普通电话传输速率

约占用8~11kbit/s带宽，因此在与普通电信网同样使用传输速率为64kbit/s的带宽时，IP电话数是原来的5~8倍。

VoIP 设备把语音信号转换成 IP 数据流，并把这些数据流转发到 IP 目的地，IP 目的地把它们转换成语音信号。一般来讲，可以简单地将 VoIP 的通信过程分为下面几个阶段：

(1) 语音—数据转换

语音信号是模拟波形，通过IP方式来传输语音，不管是实时的应用业务，还是非实时应用业务，都要求首先对语音信号进行模数转换。数字化后有利于采用各种语音编码技术。发送端的语音编码器和接收端的语音解码器采用相对应的算法，这样接收端的语音设备才可以还原发送端的语音信号。

(2) 数字化数据—IP分组的转换

在对语音信号进行了数字化后，首先，对语音分组以特定的帧长进行压缩编码。然后，将压缩的帧组成语音包送入网络处理器。最后，网络处理器为语音分组添加分组头、时间戳和其它信息后通过网络传送到另一个端点。

(3) 传送

在这个通道中，全部网络被看成一个整体，持续不断地从输入端接收语音分组，然后在一定时间(t)内将语音分组传送到网络输出端。 t 可以在一个范围内变化，它反映网络传输中的抖动。在网络中的中间节点，检查每个IP数据报附带的寻址信息，并使用这个信息将该数据报转发到目的路径的下一节点。网络链路可以是IP数据流的任何拓扑结构或访问方法。

(4) IP分组—数据转换

接收端VoIP设备接收IP数据并进行处理。接收端提供一个可变长度的缓冲器，用来调节网络产生的抖动。用户可选择缓冲器的大小，小的缓冲器产生延迟较小，但不能调节大的抖动。在数据报的处理过程中，去掉寻址和控制信息，保留原始的语音数据，然后把这个语音数据提供给解码器。解码器模块将经编码的语音数据解压缩后转换成数字化的语音。

(5) 数字化语音—模拟语音转换

播放驱动器将缓冲器中语音样点取出送入声卡，将数字信号转化成模拟信号，通过扬声器按预定的频率播出。

简而言之，语音信号在IP网络上的传送要经过从模拟信号到数字信号的转换、数字

语音封装成IP分组、IP分组通过网络的传送、IP分组的解包和数字语音还原到模拟信号等过程。

整个过程如图2.2所示：

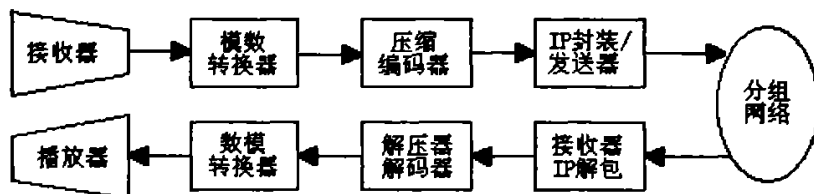


图 2.2 VoIP 系统基本传输过程

Fig. 2.2 Basic transmit process of VoIP system

2.2 VoIP 技术标准

在VoIP系统中，技术标准是十分重要的，尤其是VoIP产品之间的协议。最早的产品都用自己的协议进行通信，通话的双方必须使用同一产品。目前涉及的VoIP相关协议如图2.3所示，本节将对H.323^[3]，SIP(Session Initiation Protocol，会话发起协议)^[4]和MGCP(Media Gateway Control Protocol，媒体网关控制协议)协议体系进行简要介绍。

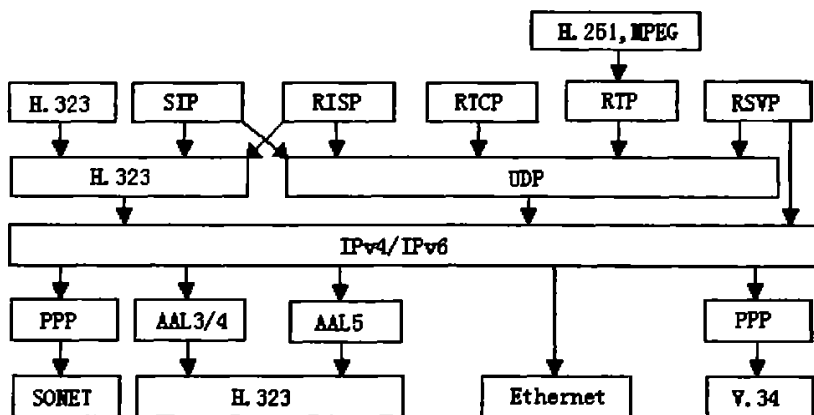


图 2.3 涉及 VoIP 技术的协议

Fig. 2.3 Reference protocol to VoIP technology

2.2.1 H.323 协议

2.2.1.1 H.323的体系结构

H.323建议对其自身的总体体系结构作了详细描述，并与其它几个建议结合成了一个有机的整体。在阅读该建议时，我们应与其它建议结合起来。同样的，在阅读其它建议时，我们也应该一起参考H.323。与H.323有关的建议有许多，但最重要的建议有两个，

分别是H.225.0 和H.245。

H.323的作用范围如图2.4所示。这一体系结构包括了H.323终端、网关、关守，以及多点控制单元(MCU)。H.323的总体目标是实现H.323端点之间的媒体流交换，其中，一个H.323端点可以是一个H.323终端，也可以是一个关守，或是一个MCU。

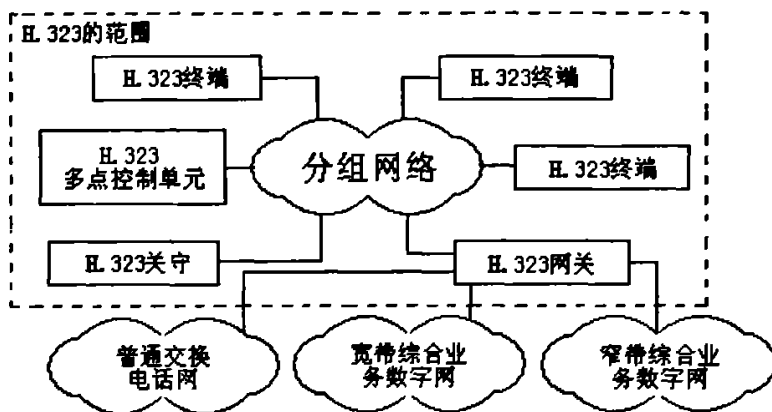


图 2.4 H.323 的范围及 H.323 终端交互

Fig. 2. 4 Scope of H.323 and interoperability of H.323 terminal

H.323终端是与其他H.323端点进行实时通信的端点。一个典型的终端就是一个终端用户通信设备，H.323终端至少要支持一种音频编码，最好是还能够支持其它几种音频/视频编码格式。

网关是在H.323网络和其它类型网络之间提供转换服务的H.323端点。在H.323网络一侧，网关支持H.323信令，并按照H.323的要求接收分组里的信息。在连接电路交换网络的另一侧，网关支持电路交换网络中的信令协议。在H.323网络一侧，网关具有H.323终端的特征。在电路交换网络一侧，网关具有这一网络上的节点的特征。网关两侧信令协议以及媒体格式之间的转换在网关内部进行。这一转换无论对电路交换网中的其他节点，还是H.323网络中的其他端点来说都是透明的。当两个H.323终端间需要通过外部网络，如公用交换电话网，进行通信时，网关还可以充当它们之间的通信管道。

在H.323网络中，关守是一个可选实体。当关守存在时，它可以控制许多H.323终端、网关和多点控制器(MC)。我们在此所提到的控制是指：关守可对来自一个或多个端点的访问进行授权，并可以允许或拒绝端点发来的任何呼叫。关守还可以提供带宽控制服务，结合资源管理技术，有助于保证服务质量。除了上述功能，关守还可以提供地址转换服务，这样就可以在网络中运用别名。

一个关守控制的多个终端、网关以及多点控制器的集合被称为一个域。图2.5展示了

这样的—个域。—个域可以跨越多个网络或子网，域中实体的具体位置可以灵活安排。

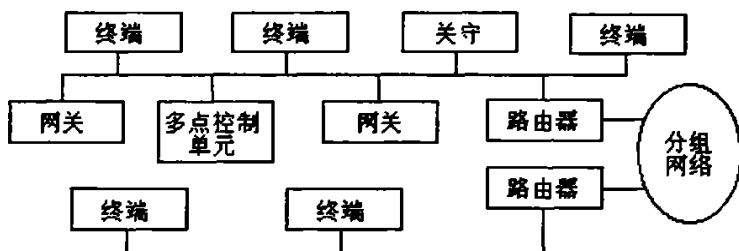


图 2.5 H.323 区域

Fig. 2.5 H.323 zone

MC是一个管理多个终端和网关之间多点会议的H.323端点。通过向与会各方传达能力集信息，MC指示出可被各个实体共享的媒体。不仅如此，当其它端点加入正在进行的会话，或是有端点退出该会话时，MC还可以改变这些资源的配置。MC可以被安置在一个独立的MCU中，也可以与网关、关守或H.323终端等实体结合在一起。每个MC至少拥有一个多点处理器(MP)，MP在MC的控制下工作。对媒体流的处理实际上是由MP直接来完成的，它接收M个输入流，通过交换、混合处理，生成N个输出流。

2.2.1.2 H.323信令概述

下面我们了解一下H.323信令的主要内容，首先让我们先来了解一下H.323的协议栈，如图2.6所示。在图2.6中我们可以发现两个没有讨论过的协议：H.225.0和H.245。实际在H.323端点之间交换的消息就是由这两个协议定义的。它们是通用的协议，可以用于任何一种网络体系结构中。在H.323网络体系结构中，H.225.0和H.245协议的运用方式由H.323建议进行了详细的说明。

音频/视频应用		终端/应用控制		
音频/视频编解码器	实时传输控制协议 (RTP)	H. 225.0 RAS信令	H. 225.0 呼叫信令	H. 245 控制信令
实时传输控制协议 (RTP)				
不可靠传输 (UDP)			可靠传输 (TCP)	
网络层 (网络协议)				
数据链路层				
物理层				

图 2.6 H.323 协议栈

Fig. 2.6 H.323 protocol stack

正如上面提到的, H.323实体间交换的信令消息实际上是由H.225.0和H.245来详细说明的。

其中H.225.0协议包括两个部分。一部分是ITU-T Q.931建议的变体。Q.931是ISDN第三层的规范, 这一部分用于在H.323端点之间建立以及拆除连接。该类信令被称作呼叫信令或是Q.931信令。H.225.0的另一部分被称作注册、许可和状态(RAS)信令^[5]。这一信令用于端点和关守之间, 使关守可以管理其所在域中的端点。

H.245是用于两个或多个端点之间的控制协议。H.245的主要作用是管理H.323与会者之间的媒体流。它可以确保一个实体只发送能够被另一个实体接收和理解的媒体。H.245运行在端点之间的一条或多条逻辑信道上。这些逻辑信道在与会者之间传递媒体流, 它们有许多特性, 例如媒体类型等。

上述三个信令协议: RAS, Q.931和H.245, 可用来建立呼叫、维持呼叫和拆除呼叫。不同协议消息的传递是交替进行的。对此可以这样来理解: 当一个端点想要与另一个端点建立呼叫时, 首先, 源端点使用RAS信令来从一个关守那里获得许可; 然后, 源端点用Q.931信令来建立与目的端点的通信; 最后, 源端点使用H.245控制信令与目的端点协商媒体参数并建立媒体传送。

根据消息的种类或是环境的不同, 可以用不同类型的信道来传递H.323消息。例如: RAS消息在RAS信道上发送; 呼叫信令消息在呼叫信令信道上发送; H.245控制消息在H.245控制信道上发送; 传送数据的媒体流实际上是在一个或多个逻辑信道上发送的。其实, 在IP网络环境中, 一个信道指的就是一个套接字, 包括IP地址和端口号。比方说, 如果一个端点使用一个特定的IP地址和端口号来接收RAS消息, 则所有到达这个IP地址和端口的RAS消息就被认为是到达了端点的RAS信道。

2.2.1.3 RAS信令

RAS信令用在关守及其控制端点之间, 它是关守用来控制其所在域内端点的信令协议。值得注意的是, 在H.323中关守是一个可选实体, 这样, RAS信令也是可选的。如果一个端点想要使用关守提供的服务, 则它必须使用RAS信令。如果端点不使用关守提供的服务, 则那些由关守提供的功能就必须由端点自己来完成。

RAS信令在H.225.0中定义, 它支持如下功能:

- (1) 寻找: 关守让端点找到可以对自己进行控制的关守。
- (2) 登录: 让端点登录到一个特定的关守, 从而加入那个关守所控制的域。
- (3) 注销: 让端点脱离关守的控制, 或让关守删除该端点已有的登录, 把它强行逐

出本域。

(4) 许可：在端点请求访问一个网络并加入某一会话时使用。对许可的请求描述了端点所需的带宽，根据所请求的带宽，关守可以选择接受或是拒绝这一请求。

(5) 带宽改变：在端点向关守请求分配额外的带宽时使用。

(6) 端点位置：关守完成别名到网络地址转换的功能。

(7) 拆线：端点用其来向关守通知它想断开一个特定的呼叫。它也可以被关守用来强制端点断开一个已有的呼叫。

(8) 状态：在关守和端点之间使用，用来通知关守与某一呼叫相关的信息，比如现有的带宽占用。

(9) 资源可用性：用在网关和关守之间，它可以通知关守当前的可用能力。网关还可以用这一消息来通知关守，它的能力已经耗尽，或即将耗尽。

(10) 非标准：这是在端点和关守之间用来传递专用信息的一个机制。当然，这一消息的内容及其功能在H.225.0中没有定义。

2.2.1.4 呼叫信令

在上面我们已经提到过呼叫信令，它的作用是在端点间建立和拆除呼叫。它使用的消息是按H.225.0建议修改过的Q.931消息。初次接触它的人也许会对这一说法表示困惑，因为Q.931是用在综合业务数字网(ISDN)第三层的信令协议，同时在H.225.0建议中又定义了众多的消息。实际上，H.225.0借鉴了Q.931的长处，并简单地对它的消息进行重用，同时为了适应H.323的总体体系结构，又对其作了一些必要的改动，这种做法可以避免大量的协议开发工作。H.225.0没有全盘套用Q.931中的消息，为支持H.323体系结构中的呼叫功能，它只采用了部分必需的消息。表2.1对这些消息分别进行了描述。

H.225.0详细描述了对Q.931消息的改动，以使它们能够用做H.323的呼叫信令。总的来说，对Q.931消息只做了很小的改动。H.225.0并没有在哪个消息中定义额外的新信息；同时，它也没有采纳所有的Q.931消息。H.225.0根据Q.931中定义的信息元素的用法制定了许多规则。例如：H.225.0没有使用传输网络选择信息元素，它目前也没有使用对高层和低层提供兼容性的信息元素。实际上，H.225.0对Q.931所做的改动，就是规定了后者的某些强制性信息元素在H.323网络中应如何使用，即是被禁用还是可选。

表 2.1 呼叫信令消息
Table 2.1 Call signaling messages

消息	功能	备注
激活	由被叫端发送，表明被叫用户已经准备就绪	必须支持
呼叫处理中	被叫端点或关守发送连接消息前发出的临时响应	当被叫端点使用关守时必须使用
连接	表示被叫用户已经接受了发出的呼叫	必须支持
进行中	由被叫端点在连接消息之前发出，可选	通知PSTN互连时由被叫网关使用
初始化	建立呼叫时使用的初始化消息	必须支持
初始化响应	对初始化消息的响应，可选	当与PSTN互连时由网关发出
完全释放	用来结束一个呼叫	不使用Q.931的释放消息
用户信息	用来发送附加的呼叫信息，可选	可在重叠信令中使用
通知	用来向用户呈送消息，可选	主叫和被叫端点都可以使用
状态	对状态询问消息或是不知名消息给以响应	可选，可双向发送
状态询问	发往远端端点，用来询问其当前的呼叫状态	可与RAS的状态消息结合使用
设施	用来完成呼叫重定向或启动一个附加服务	可由双方在任何时候发送

2.2.1.5 H.245控制信令

H.245控制协议是与会者用来建立和控制媒体流的协议。对于有两方参与的直接话音呼叫，这一协议负责确保与会方就发送和接收媒体格式和带宽需求达成一致。H.245并不负责实际媒体的传输，也就是说，在H.245的分组中并没有经过编码的话音样值。实际上，这是RTP的任务。H.245只是管理媒体会话的控制协议。

(1) H.245消息分类

H.245所涉及的是如何从一个端点向另一个端点发送消息。这些消息可以归为四类：

- (a) 请求：请求接收方完成一定的动作并马上给以响应的消息。
- (b) 响应：对请求消息给以应答的消息。
- (c) 命令：要求接收方完成一定动作的消息，不过并不需要给以明确的响应。
- (d) 指示：这类消息仅具有信息特性，接收方不需要完成特定的动作，并且不需要给以响应。

(2) 逻辑信道

H.245通过使用逻辑信道来对媒体流进行处理。一条逻辑信道就是两个端点之间的单向媒体通路。一般地说，在IP环境中，我们可以简单地把逻辑信道看作一个IP地址和端口号的组合，它可以对某一特定媒体类型提供支持。每一个逻辑信道都由其发送方指定一个号码。

H.323中,从发送端到接收端的逻辑信道是单向的,所以在有两方参与的会话中存在着两条逻辑信道。这种把收发分离的方式使得我们的终端有可能以一种格式发送语音,同时以另一种格式接收语音。尽管多数逻辑信道是单向的,但通过仔细阅读H.245建议,我们可以在其中发现一种双向信道。实际上这一实体也是由两条互相关联的逻辑信道所组成。

为了从一个端点到另一个端点建立媒体流,欲传输信息的端点应当打开一条逻辑信道。具体的操作是,发送方向远端端点发送一个消息,其中指明了逻辑信道号和将要发送的媒体的信息,比如说RTP载荷类型。这一消息被称为“打开逻辑信道”消息。如果远端端点愿意接受这一媒体,则它就返回一个肯定的应答,用“打开逻辑信道响应”表示。在这一应答中带有RTP端口,媒体流就由此来发送。

H.245消息在H.245控制信道上传递。我们的每一个端点或网关都会为其参与的每一个呼叫建立一条H.245逻辑信道。

2.2.2 SIP 协议

SIP(Session Initiation Protocol, 会话发起协议)是由IETF(Internet工程任务组)提出的VoIP信令协议。正如其名字所隐含的, SIP用于发起会话,它能控制多个参与者参加的多媒体会话的建立和终结,并能动态调整和修改会话属性,如会话带宽要求、传输的媒体类型(语音、视频和数据等)、媒体的编解码格式、对组播和单播的支持等^[6]。

2.2.2.1 SIP协议的功能

IP电话正在向一种正式的商业电话模式演进, SIP就是用来确保这种演进实现而需要的NGN(下一代网络)系列协议中重要的一员。

SIP被描述为用来生成,修改和终结一个或多个参与者之间的会话。会话中的成员能够通过多播或单播联系的网络来通信。SIP支持会话描述,它允许参与者在一组兼容媒体类型上达成一致。它同时通过代理和重定向请求到用户当前位置来支持用户移动性。SIP不与任何特定的会议控制协议捆绑。

本质上, SIP提供以下功能^[7]:

名字翻译和用户定位:无论被呼叫方在哪里都确保呼叫达到被叫方。执行任何描述信息到定位信息的映射。确保呼叫(会话)的本质细节被支持。

特征协商:它允许与呼叫有关的组(这可以是多方呼叫)在支持的特征下达成一致。例如视频可以或不可以被支持。总之,存在很多需要协商的范围。

呼叫参与者管理：呼叫中参与者能够引入其它用户加入呼叫或取消到其它用户的连接。此外，用户可以被转移或置为呼叫保持。

呼叫特征改变：用户应该能够改变呼叫过程中的呼叫特征。例如，一呼叫可以被设置为“voice-only”，但是在呼叫过程中，用户可以需要开启视频功能。也就是说一个加入呼叫的第三方为了加入该呼叫可以开启不同的特征。

2.2.2.2 SIP实体

SIP网络由4种类型的逻辑实体组成^[9]。每个实体都有其特殊的功能，并且作为客户端(初始化请求)，或者服务器(响应请求)，或者两者都是。一个物理设备可以有两种以上的逻辑功能。以下就是4种类型的SIP逻辑实体。

(1) 用户代理

用户代理(User Agent)分为两个部分：客户端(User Agent Client)，负责发起呼叫；用户代理服务器(User Agent Server)，负责接受呼叫并做出响应。二者组成用户代理存在于用户终端中。

(2) 代理服务器

代理服务器(Proxy Server)，负责接收用户代理发来的请求，根据网络策略将请求发给相应的服务器，并根据收到的应答对用户做出响应。它可以根据需要对收到的消息改写后再转发。

(3) 重定向服务器

重定向服务器(Redirect Server)，在需要时，将用户新的位置返回给呼叫方。呼叫方可根据得到的新位置重新呼叫。

(4) 注册服务器

注册服务器(Registrar)：接收用户端的注册请求，完成用户地址的注册。

以上几种服务器可共存于一个设备，也可以分布在不同的物理实体中。SIP服务器完全是纯软件实现，可以根据需要运行于各种工作站或专用设备中。UAC、UAS、Proxy Server、Redirect Server都是根据在一个具体呼叫事件中各物理实体所扮演的不同角色而确定的，而这样的角色不是固定不变的。一个用户终端在会话建立时扮演UAS，而在主动发起拆除连接时，则扮演UAC。一个服务器在正常呼叫时作为Proxy Server，而如果其所管理的用户移动到了别处，或者网络对被呼叫地址有特别策略，则它将扮演Redirect Server，告知呼叫发起者该用户新的位置。

除了以上部件，网络还需要提供位置目录服务，以便在呼叫接续过程中定位被叫方

(服务器或用户端)的具体位置。这部分协议不是SIP协议的范畴,可选用LDAP(轻量目录访问协议)等。

2.2.2.3 SIP消息及格式

(1) SIP消息的通用格式

SIP协议作为一种信令控制协议,采用SDP作为其描述语言,有点像HTTP格式描述一样,这样封装为SIP格式的消息在网络中传输时,具有HTTP解释机制的服务器可以很容易的改为SIP消息解释器。SIP消息有两种:客户端到服务器的请求(Request)消息;服务器到客户端的响应(Response)消息。每一条信息都具有一个开始行和零个或者多个报头和消息体,其格式如下:

MESSAGE: Start Line

***Message Header1, Message Header2.....**

[Message Body]

SIP消息由一个开始行(Start-Line)、一个或多个字段(Field)组成的消息头、一个标志消息头结束的空行(CRLF)以及作为可选项的消息体(Message Body)组成。

开始行分两种:请求行(Request-Line)和状态行(Status-Line)两种,分属请求消息和响应消息。包含消息类型代码和协议版本。

消息头分四种:通用头(General-header),请求头(Request-header),响应头(Response-header)和实体头(Entity-header)。

(2) SIP请求消息

SIP消息的开始行包含着两种信息,分为请求开始行和状态开始行,是由消息的类型决定的。请求开始行表明了该请求的类型信息,状态开始行则表示一个给定请求的返回成功或者失败的信息。

SIP请求信息是由开始行决定的,请求开始行由SIP方法、请求呼叫地址和SIP版本号构成,其格式如下:

Request Line: SIP Method

Reques-URI

SIP Version

SIP协议定义了七种SIP方法:

INVITE: 用于邀请用户或服务参加一个会话。

ACK: 用于客户机向服务器证实它已经收到了对INVITE请求的最终响应。

OPTIONS: 用于向服务器查询其能力。

BYE: 用户代理客户端用BYE请求向服务器发送释放呼叫请求。

CANCEL: 用于取消一个正在进行的请求。

REGISTER: 用户代理向SIP服务器注册地址信息。

INFO: 是对SIP协议的扩展，用于传递会话中产生的与会话有关的控制信息。

(3) SIP状态消息

开始行的另一种形式是状态开始行，状态开始行包含了一个状态编码，状态编码由三个数字构成，用来表示对SIP请求的返回信息，开始行还包含了一个对返回状态的文本描述信息。在客户端可以由软件将状态编码和描述信息解释并作相应的处理。状态开始行的格式如下所示：

Status Line: SIP Version

SIP Status Code

SIP Reason Phrase

SIP定义的状态编码的值是从100到699之间的整数值，由第一位数决定了该状态的类型。状态的类型一共有六种：

(a) 1XX状态消息，表明该状态携带了某种消息，例如：振铃消息、向前转发消息或者队列排队消息。

(b) 2XX成功状态，表示该请求已经被正确表示并处理。

(c) 3XX重定向状态，表示被呼叫方的地址目前不可用，需查询重定向服务器取得新地址。

(d) 4XX请求失败，表明该用户代理不是被认可的呼叫发起者或者错误的SIP方法。

(e) 5XX服务器故障，表明SIP服务器不支持呼叫发起者或者网关和服务器错误。

(f) 6XX整体故障，表明当前呼叫请求中存在无法处理的错误。

常见的状态编码可以参见IETF制定的SIP标准RFC2543种的描述。

(4) SIP支持的呼叫地址格式

SIP规定的呼叫地址格式有以下几种：

(a) 用户名@主机地址。例如：A@sip.work.com.

(b) 被叫号码@PSTN网关地址。例如：11223344@gateway.sip.com

(c) 普通电话号码。例如：027-88074408.

地址格式当中，最常用的格式为用户名@主机地址，这种地址方式也叫做SIP地址。

2.2.3 MGCP 协议

目前VoIP常用的两大协议是H.323协议和SIP协议，这是构成VoIP网络体系结构的两大基础。随着软交换技术的出现，MGCP协议成为一种新的选择。MGCP全称媒体网关控制协议，是简单网关控制协议SGCP(Simple Gateway Control Protocol)和IP设备控制协议IPDC(Internet Protocol Device Control)相结合的产物。1999年10月IETF制定了正式的版本RFC2705。

MGCP是根据网关分离思想而设计的协议，将媒体变换功能和网关控制功能分离，使网关MG只承担简单的媒体变换功能，复杂的控制功能则由独立的媒体网关控制器MGC完成，包括呼叫选路、管理控制和信令互通等。MGCP协议的出现为快速、灵活、有效地实现VoIP通信创造了条件。

2.2.3.1 MGCP协议模型

- MGCP功能模型可以分为媒体网关MG、媒体网关控制器MGC、信令网关SG^[9]。
- (1) 媒体网关MG：负责媒体变换，以及PSTN和IP两侧通路的连接；
 - (2) 媒体网关控制器MGC：负责根据收到的信令控制媒体网关的连接建立和释放，其功能由VoIP系统中软交换；
 - (3) 信令网关SG：负责信令转换，将时分复用电路方式转换成TCP/IP传送方式。
- 上述功能模块之间的逻辑关系见图2.7。

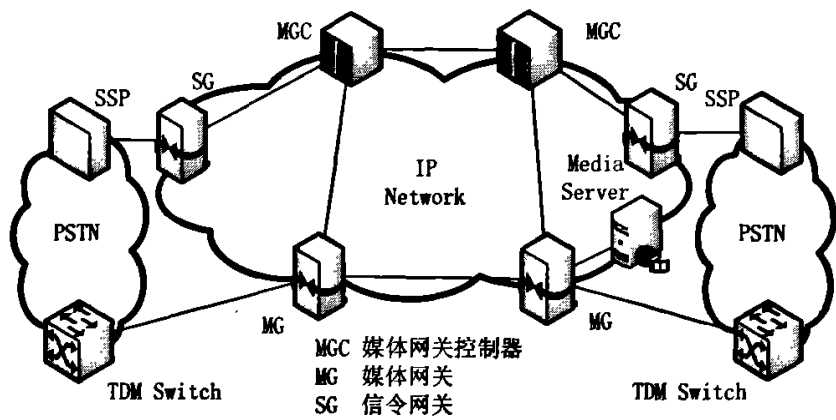


图 2.7 MGCP 协议功能模型

Fig. 2.7 Function model of MGCP protocol

MGCP协议连接模式是由端点(Endpoint)和连接(Connection)两部分组成：

- (1) 端点：指能够接收或者发送一种或者多种媒体流的实体，它可以是物理端点，也可以是虚拟的逻辑端点。物理端点实例可以是一个PSTN接口，虚拟端点可以是语音

内容服务器上的一个信号源。每个MGCP终端上的用户接口对应于一个Endpoint。端点标识和实体名使用大小写不敏感的E-mail地址方式表示，端点标识由“本地名@域名”组成。

(2) 连接：指点与点或点与多点之间的通信关系。一个呼叫可以包含多个连接，它是通过ConnectionID=****来表示。连接可以是点到点连接或多点连接，多点连接则是多个端点之间的关联，它可以通过端点和多点会话相连的方式建立多点连接。当MGC要求在网关某端点上建立连接时，如果网关接受连接，则会将这一个新建立的连接的ConnectionID传给MGC^[10]。

每次通话都是由建立在端点上的连接组成，由唯一的“呼叫标识符”属性(CallID)来标识。该CallID由MG创建，当为一个呼叫建立了多个连接后，这些连接具有相同的CallID，这些连接可以位于相同或不同的媒体网关中。当MGC请求MG创建连接时，媒体网关创建连接标识符，并具有唯一性。图2.8显示出了数字信道端点(EP1和EP2)之间建立呼叫连接过程。

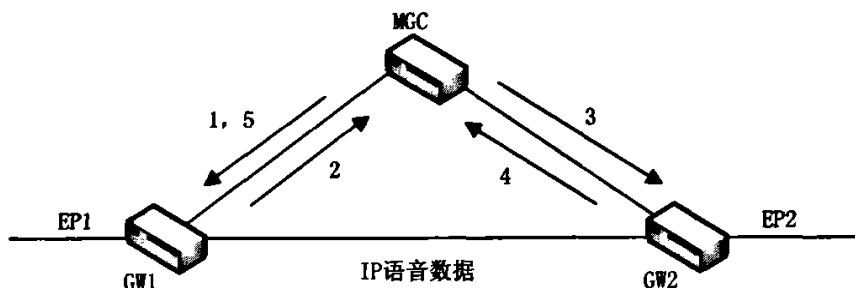


图 2.8 MGCP 呼叫连接

Fig. 2.8 MGCP call connection

第一步，MGC请求网关GW1在端点EP1创建连接；

第二步，GW1为此连接分配资源，向MGC回送响应。响应中提供“会话描述”，给出对端向它发送分组必要的信息，如IP地址、UDP端口和编解码参数等；

第三步，MGC请求网关GW2在端点EP2创建连接，并附带GW1的连接信息；

第四步，GW2为此连接分配资源，向MGC回送响应。响应中提供“会话描述”；

第五步，MGC用“修改连接”命令将GW2的会话描述传给EP1，于是EP1和EP2可进行双向通信。

2.2.3.2 MGCP协议功能

协议主要功能包括：

(1) MG向MGC的注册;

(2) 在MGC的控制下, MG完成呼叫的建立、修改和删除。MGC决定MG应当监测和上报的事件以及应当执行的动作, 如摘挂机、拨号、拍叉、振铃;

(3) MGC对MG的审计。

MGCP规定了完成以上功能的通信过程、分组格式、编码方式、应用编程接口。

2.2.3.3 MGCP协议命令和响应

MGCP协议采用UDP进行传送, 目的是为减少信令的传输时延。MGCP采用SDP协议向网关描述连接参数, 例如媒体IP地址和端口等。

前面提到, MGCP将语音流程控制独立出来, 交由MGC完成。MG仅负责语音信号的转换。MGC是通过和MG彼此交换命令(command)和响应(reponse)来完成的。

协议命令主要由连接处理命令和端点处理命令组成, 都在MGC和MG之间传输, 每个命令都有必选和可选两种参数。协议共定义了9个命令。

(1) 端点配置命令(Endpoint Configuration)用于指示网关某端点电路侧的编码特性;

(2) 通知请求命令(Notify Request)用于请求网关监视某端点发生的某些事件, 如有事件发生, 则通知MGC;

(3) 通知命令(Notify)用于通知MGC, 通知它其请求监视的某些事件已发生;

(4) 创建连接命令(Create Connection)MGC利用此命令将某端点和指定的IP地址和UDP端口关联;

(5) 修改连接命令(Modify Connection)MGC用此命令改变先前建立连接的参数, 包含远端连接描述等;

(6) 删除连接命令>Delete Connection)MGC用此命令指示网关删除已有的连接。网关还用此命令报告MGC, 由于故障不能继续维持当前连接;

(7) 审计端点命令(Audit Endpoint)MGC利用此命令获得某端点或者一组端点的详细信息;

(8) 审计连接命令(Audit Connection)MGC用此命令检索端点上指定连接的信息;

(9) 重启动命令(Restart Inprogress)网关用此命令报告呼叫代理, 通知代理某端点或者一组端点退出或投入服务^[11]。

2.3 语音处理上的常用技术

2.3.1 低速率编码压缩技术

运行VoIP的原因之一就是能够利用高效的话音编码,即用较少的比特来表示被传输的语音,从而降低所需的带宽和成本,而且可以减少网络上的延迟和丢包率。采用语音编码技术的初衷是尽可能地使用高效编码方案,从而尽可能地省钱。然而,获得高效的编码,就必须付出一定的代价。虽然带宽和质量之间不存在严格的线性关系,但带宽越小,语音质量就越差,这是不争的事实。因此,选择编码方案就是要在质量与成本之间寻求一个合适的均衡点。

语音编码的要求可用编码器的属性来表示,主要属性有比特率、时延、复杂度和语音质量等4项^[12]。在具体实现中,这些属性往往是有矛盾的,因此必须根据实际应用进行取舍,对各个属性提出折衷的要求,从而确定合适的编码方法。

(1) 低速率语音编码策略

VoIP一般使用ITU-T定义的低速率编码标准,其比特率为5.3~16kbps。低速率编码的基本策略是以语音信号产生的数字模型为基础,提取最能表示语音特征参数,而尽量去掉冗余或者人耳不敏感的信息,同时应运用VAD技术。

(a) 尽量减少语音信号中的冗余度

语音信号主要存在两个方面的冗余度,分别是语音信号幅度分布的非均匀性和样本之间的相关性。非均匀性表现为小幅度语音信号出现的概率大,而大幅度语音信号出现的概率小。非均匀化技术正是针对语音信号的这一特点而提出的,如ADPCM编码算法。语音中存在两种类型的相关性,即样点之间的短时相关性和相邻基音周期之间的长时相关性,利用语音信号的这些相关性,可以实现低速率编码时,也能保持较高的语音编码质量,如线性预测算法就是利用这一原理。

(b) 充分利用人耳的听觉特性减少编码信息

人耳对语音信号的听觉特性表现在三个方面:一是人耳对语音信号的分辨率有限;二是人耳对语音信号某些失真不足很敏感;三是人耳的掩蔽效应(Masking Effect)。因此,低速率高品质语音编码算法的实现就是基于人耳的这些听觉特征。如在对语音信号进行量化时,可以去掉语音信号所携带的相对于人耳来说无法感觉或感觉不是很敏感的信息;利用人耳对语音信号的相位不敏感的特点,在编码时就可以忽略语音的相位信息;在计算合成语音信号与原始语音信号之间的误差时可以考虑掩蔽效应,在语音能量高的

频段, 允许二者的误差大一些, 而在能量较低的频段则小一些。G.723.1编码器中使用的感觉加权滤波器就是利用这一原理。

(2) 低速率语音编码的基本技术

速率在4~16kbit/s的语音编码方案可分为两类: 分析合成AaS(Analysis-and-Synthesis)与合成分析法AbS(Analysis-by-Synthesis)^[13]。AaS法对于9.6~16kbit/s的编码速率非常成功, 但对于低于9.6kbit/s的语音编码, 却不能得到好的语音质量, 这主要是因为:

(a) 对编码的语音信号没有进行分析, 从而无法知道编码的过程是否有效, 即对于重建语音信号的变形没有加以检测和控制。

(b) 在自适应方案中, 对当前帧的分析并没有考虑先前帧的累积误差, 因而误差将会在后续帧中传播。

在AbS方案中, 特别是线性预测合成分析编码方案(Linear Predictive Analysis Synthesis, LPAS)^[14]中, 上述两个问题得到了解决。

(3) VoIP中常用的几种编码器比较

H.323建议的音频编码标准有: G.711、G.722、G.723.1^[15]、G.728^[16]以及G.729^[17], 其中后三种是低速率语音编码器, 都是基于LPAS编码技术的, 常用于VoIP中。LPAS编码器可以分为两类: 前向自适应LPAS编码器和后向自适应LPAS编码器, 其中G.723.1和G.729属于前向自适应编码器, G.728属于后向自适应编码器^[18]。

以上几种编码标准非常合适目前在Internet上实现语音通信, 是目前使用较多和具有相对优势的语音编码压缩技术, 下面给出的表2.2, 对几种编码器算法的比特率、MOS、复杂性(以G.711为基准)和时延(帧大小及前视时间)作了比较。

表 2.2 VoIP 的常用编码器的性能比较
Table 2.2 Performance comparison of VoIP coders

标准	编码类型	比特 (kbps)	MOS	复杂性	时延 (ms)
G.711	PCM	64	4.3	1	0.125
G.726	ADPCM	32	4.0	10	0.125
G.728	LD-CELP	16	4.0	50	0.625
G.729	CSA-CELP	8	4.0	30	15
G.723.1	ACELP	6.3	3.8	25	37.5

2.3.2 静音压缩技术

在电话通信中, 通常两个人进行会话是半双工的, 一方讲话时一方在听, 并且讲话过程中有大量明显的停顿。平均说来, 一方说话的时间和听对方说话的时间大体上各占

一半,即使在说话时也还有停顿间隙,因此任一方对线路的占用率,也就是话音活动度大约只有40%左右。在电路交换中,即使通话者不说话,也要占用64kbps的信道;在分组交换中,利用静音压缩技术,可以检测出双方通话过程中的空闲时段,并在该时段不发送IP数据包或只发送较短的数据包,将部分带宽收回,可以提高带宽利用率。

静音特征信息只需很少几个参数(4字节/帧)来表示。静音压缩编码主要由两个算法组成:语音活动检测(Voice Activity Detection, VAD)和柔和噪声再生(Comfort Noise Generator, CNG)。VAD是用来检测输入的信号是实际语音信号还是背景噪声。如果检测到是语音信号,则对语音信号进行固定速率的编码;如果输入信号被检测为背景噪声,编码器则对其进行更低速率编码。CNG的作用是在语音信号的接收端,重构背景噪声。目前VoIP中常用的编码算法都引入了静音压缩技术,在G.723.1编码器中引入静音压缩技术后,实际的平均编码速率要小于5.3kbit/s。

这一技术的关键就是如何检测不发声状态,即VAD。难点在于如何正确标识讲话何时停止,又何时重新开始。如果判断失误,使用VAD技术常常会产生所谓的“切尾”现象。检测的基本原理是判断话音信号能量。当低于一定门限值就认为是静音状态。

2.3.3 包头压缩技术

自1996年实时传输协议RTP被批准成为正式RFC标准以来,采用RTP承载的多媒体应用日益增多。为了保证近实时性,多媒体业务包的有效载荷一般在20~50字节左右,同样的原因,RTP一般由UDP承载,而一般的IP/UDP/RTP封装结构的包头开销有40字节(20字节IP头+8字节UDP头+12字节RTP头),相对于20~50字节的有效载荷来说,40字节的包头开销太大,这种包头开销对低速链路的影响尤其大,在这种情况下,研究人员纷纷提出了各种包头压缩解决方案,最终产生了RFC2508协议^[19]。

IP RTP分组压缩可以把40字节的IP+RTP+UDP分组头压缩为2到4字节,相应减少点到点链路上每路语音呼叫的带宽需求,分组在链路一端压缩,在另一端解压缩。这种技术又称为cRTP。

要配置RTP分组头压缩,需要串行接口配置接口命令ip rtp header-compression,或配置帧中继接口命令frame-relay ip rtp header-compression。也可以配置ip rtp compression connections命令设置压缩的最大流数目^[20]。由于cRTP对处理器要求较高,所以应该限制压缩的流的数目以防止降低路由器性能。压缩RTP推荐在VoIP呼叫和带宽都较少的低速链路上使用。

2.3.4 前向纠错技术

语音和普通数据不同,丢失一些包不会丢失太多的信息。研究表明丢失3%的包对语音质量几乎不会有影响。一般用户可以容忍5%~8%的丢包率。FEC技术是网关采用的一项保证音质的冗余编码技术。在每次传输语音包时,都携带一个或多个前面的语音包的冗余信息。这样,接收端如果发现当前的包丢失了,就有可能用随后的数据包携带的信息恢复丢失了的语音包。

FEC在VoIP的具体实现是:IP电话发送端每次传输的语音包都包括两部分,当前包的编码信息和这之前的若干个包的冗余信息基。因此,语音编码器的输出也包括两部分:当前语音包编码信息(CI)和以前包冗余编码信息(RI)^[21]。CI和RI的速率都可以随着网络情况而动态调整,即所谓的速率调节能力;当丢失率比较高时,降低CI的编码速率;否则,提高编码速率。编码输出中第 n 个包包含前面第 $n-1$ (甚至更多包,如第 $n-2$ 个,第 $n-3$ 个等)包的RI信息。如果接收端发现第 $n-1$ 个包丢失,那么就可以利用随后收到的第 n 个包(甚至第 $n+1$ 或 $n+2$,...)附带的RI来重构它。冗余信息应该以较低的速率编码,以降低不必要的资源浪费。

实验证实,IP网络上包丢失的过程通常是零星出现的,即连续丢失1个或2个的情况占绝大多数,连续出现3个或更多的丢失的可能性不大。FEC对非连续丢失很有效,因此很适合于IP网络的包丢失情况。FEC可以吸收10%~20%的丢包率,但是FEC要多消耗多达30%的网络带宽。

2.3.5 抖动缓冲策略

网络时延是指一个IP包在网络上传输平均所需的时间,网络抖动是指IP包传输时间的长短变化(延迟抖动)。抖动在发音之间产生随机中断,严重时将影响正常的通话,因此必须采取相应的措施消除抖动。为了防止网络抖动造成失真,就要接收端设置接收缓冲区(抑制抖动缓冲区),对缓冲区中的语音包进行处理,使得这些包经过处理后得到的波形和发送端一样。具体的做法是语音包到达时首先进入缓冲区暂存,系统以稳定平滑的速率将语音包从缓冲区中取出、解压、播放给受话者。

接收端缓冲区将时延抖动转化为语音延迟。过低的缓冲区将导致溢出和数据丢失,从而影响语音质量;过高的缓冲区将增加延迟。缓冲区解决了IP网络时延的不确定性而带宽来的抖动问题,但却加大了总时延,从而对网络性能提出了更高的要求。

2.4 小结

本章阐述了 VoIP 的一些基本知识以及 VoIP 的相关协议标准, 重点介绍了 VoIP 的通信原理、实现方式、系统组成, 并详细分析了影响 VoIP QoS 的主要因素及其主要 QoS 技术参数。本章还深入分析了 VoIP 的两大重要标准 H.323, SIP, 以及用于保证 VoIP QoS 的 MGCP 协议。

第三章 VoIP 服务质量分析

3.1 QoS 的重要性

VoIP的语音传输过程很大一部分(或者全部)是在Internet上面进行的,这是它存在的基础,也是它的梦魇。

Internet能够有如此巨大的发展,IP作为其核心技术起到了决定性的作用。与其他网络技术相比,IP具有许多特点,其中最重要的一个特点是:IP网络在设计时最大限度的降低了应用对网络的依赖性。这一点主要通过无连接、每包独立路由、尽力服务这几个方面来体现。也就是说,IP网络的架构是建立对网络不信任的基础上的,IP的应用主要依靠终端的智能来实现(其他网络,包括TMD, ATM网都建立在一个复杂的、精细控制的网络层上)。

IP的这种设计原则在提供服务质量保证时遇到了极大的困难, QoS问题成为目前IP面临的最重要、最复杂的问题之一, QoS问题集中反映在不能很好的传输实时媒体流。

VoIP的QoS是指VoIP的服务质量,也是指VoIP语音数据流通过网络时的性能。它的目的就是向用户提供端到端的服务质量保证。

最简单地讲, QoS能够对数据包进行合理的排队,对含有内容标识的数据包进行优化,并对其中特定的数据包(比如语音数据包)赋予较高的优先级,从而加速传输的进程,并实现实时交互。由于每种应用系统对网络的要求有所不同,这使得带宽本身并不能解决网络拥塞的问题。

QoS所追求的传输质量在于:数据包不仅要到达其欲传输的目的地址,而且要保证数据包的顺序性、完整性和实时性。

3.2 QoS 解决方案

QoS 问题的解决方案目前已有一部分,而且各种新的方案正在研究中。这些新的方案试图从不同的角度来解决这个问题。一种方案是保证一个给定的会话能够得到资源并且为这个会话预置资源以使其能够优先建立会话。从原理上看,这种解决方案与电路交换很相似,在这种情况下,在被呼叫方响应之前,一个呼叫所需的带宽是预置好了的。

另一种方案是将业务分类为不同的等级或优先级,实时业务(如语音业务)具有高优先级,非实时业务(如电子邮件)具有低优先级。从某些方面来说,这种方法很容易实现,

但它要求没有任何一个应用能彻底地关掉另一个应用。正因为在一个支持语音和数据应用的网络上存在语音业务并不意味着数据业务没有获得合理的资源份额,因此,存在实现合理资源分配技术的需要^[22]。

最后,也许解决 QoS 问题最容易的方法就是提供更多的带宽了。毕竟,带宽不够经常是包延迟或丢失的原因。但是,带宽花费资金,所以必须有效利用带宽。

对于 VoIP 业务的 QoS 保障措施,即实时语音数据在分组交换网络上的传输相对于传统电信服务的服务质量即 QoS 问题,在 VoIP 系统的设计中占有十分重要的地位。在基于 IP 网络上,其传输协议并不是针对实施数据传输的,其 QoS 也采用的是尽力而为的机制,并不区分数据的类别及实时性,所以在传输实时数据时往往 QoS 不尽人意。随着越来越多的实时业务在网络中应用,QoS 问题将成为制约业务扩展的一个瓶颈。因而,如何能在实时语音的传输中保障良好的 QoS 是 VoIP 技术发展的关键。IETF(Internet Engineering Task Force)建议了数种支持 QoS 的技术解决方案,主要有:综合服务(Intserv)^[23]、资源预留协议(RSVP)^[24]、区分服务(DiffServ)^[25]、多协议标签交换(MPLS)^[26]、业务流量工程(Traffic Engineering)^[27]等。

3.3 资源预留协议(RSVP)

在VoIP具体应用中,如果仅使用IP优先级作为表达服务质量需求的手段,还远远不能满足业务需求。RSVP的设计目的是为了满足不同Internet集成业务(IntServ)的需要,它是一种服务质量协议。利用RSVP消息,端点应用程序可以提出数据传送全程必须保留的网络资源(如带宽、缓冲区大小等),同时也确定了沿途各路由器的传输调度策略,以此对每个数据流的QoS逐个进行控制。

3.3.1 RSVP 功能原理

RSVP的一般原理如图3.1所示。为了启动资源预留,发送方首先发出PATH消息,消息中包含数据流标识(即目的地址)以及数据流业务特征,该消息沿着所选路由逐跳传送,通知沿途各路由器准备预留资源。接收方收到此消息后,根据业务特征和所需的QoS计算出所需的资源,回送RESV消息,消息中包含的主要参数就是请求预留带宽。在多点到多点通信的一般情况下,还可指定预留请求对应的发送方以及多个预留请求在某路由器会聚后聚合数据流的预留方式。RESV沿原路返回,沿途各路由器只有收到RESV后才执行资源预留操作。发送方收到RESV消息后,开始发送用户数据流。由于可用资源有保证,该数据流的传送必能达到接收方要求的QoS。

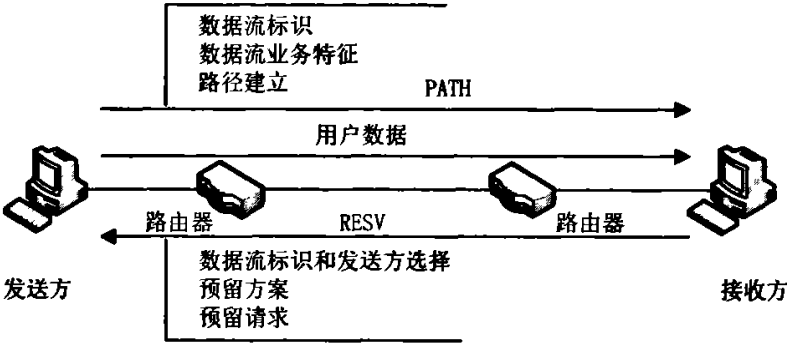


图 3.1 RSVP的一般原理

Fig. 3.1 Basic principle of RSVP

在RSVP中，真正的资源预留是由接收方启动的，这和电信网络的呼叫建立方向正好相反。RSVP采用单向数据流资源预留机制，如果是双向数据流，则两个方向需独立执行上述过程。

3.3.2 RSVP 的消息

RSVP消息由一个公共头部和若干个对象构成。头部格式如图3.2所示。各字段的含义为：

0	1	2	3
Vers	Flags	消息类型	RSVP校验和
发送TTL	保留	RSVP长度	

图 3.2 RSVP消息头部

Fig. 3.2 RSVP message header

- (1) Vers: RSVP版本号。
- (2) Flags: 标志域，尚未定义。
- (3) RSVP核校验和: 为整个RSVP消息的校验和。
- (4) 发送TTL: 消息发送时的IP层TTL值。
- (5) RSVP长度: 包括公共头部和可变长度对象部分的总长度，单位为字节。
- (6) 消息类型: 定义了7个消息，其类型号消息及其作用如表3.1所示。

表 3.1 RSVP 消息
Table 3.1 RSVP message

消息类型编码	消息英文名	消息中文名	消息作用
1	Path	路径	建立保留路径（发送方→接收方）
2	Resv	预留	资源预留请求（接收方→发送方）
3	Path Err	路径错误	通知发送方，路径建立出错
4	Resv Err	预留出错	通知接收方，资源预留出错
5	Path Tear	路径终结	删除路径和预留状态（启动→发送方）
6	Resv Tear	预留终结	删除预留状态（启动→接收方）
7	Resv Conf	预留证实	通知接收方，预留完成

RSVP主要使用以下两种类型的消息：

(1) PATH

发送方主机沿由路由协议确定的单播或多播数据流路由发送RSVP的“PATH”消息。这些PATH消息存储了沿路每一节点的“路径状态”。该状态至少包括上一跳节点的单播IP地址，该地址用于RESV消息反向传输时逐跳(hop-to-hop)选路。除此以外，一个PATH消息还包含发送方模板(Sender Template)和发送方流量指定(Sender Tspec)参数。

(2) RESV

每一接收方主机向上游发送方发出RSVP预留请求“RESV”消息。这些消息必须沿着数据分组将选用的路径反向发送，上溯至发送集合里的所有发送方主机。它们建立并维护沿路每一节点“预留状态”。RESV消息最终必须被发送至发送方主机，以便主机为第一跳路由器建立合适的流量控制参数。

3.3.3 RSVP 的工作过程

作为一种在IP网络中实现资源保留与控制的协议，RSVP提供了一套完整的信令机制。该机制可被用于在网络中为数据流建立一条具有足够带宽的单向通道，从而实现对数据流的可预测性传输。

RSVP的工作过程大致归纳如下：

- (1) 数据源依据应用要求形成对传输数据流的特性描述(TSpec)；
- (2) 数据源将TSpec装入PATH消息发往接收方，PATH消息经过的每个RSVP路由器都生成一条包括前一个路由器描述的路径状态记录；
- (3) 接收方收到PATH消息后，首先确定本次传输所需要的服务类型及相应的资源要求(Rspec)，然后确定对数据流的标记(Filter Spec)。最后以Tspec、Rspec、FilterSpec为

内容形成本次传输内容的数据流描述(FlowSpec);

(4) 接收方将FlowSpec装入RSVP消息沿PATH消息的路由发往数据源;

(5) RSVP路由器收到RESV消息后, 首先进行连接许可测试, 确定资源保留的可行性, 如果可行则保留网络资源并继续向前传送RESV消息, 不可行则向接收方发送错误消息;

(6) 数据源完成资源保留后, 向接收方发送确认消息, 完成资源预留过程;

(7) 数据源与接收方使用RSVP通道进行数据传输;

(8) 结束后, 数据源或接受方使用“拆线”过程释放资源。

3.4 Intserv(综合服务)

3.4.1 概念

Intserv定义了三种服务类型: 保证业务(Guaranteed Services—GS), 保证带宽, 限制延迟, 无分组丢失; 负载受控服务(Controlled-load Services—CLS), 没有固定的时延保证, 给用户提供一种类似在网络欠载情况下的服务, 它是一种定性的指标; 尽力而为服务(Best-Effort), 类似当前Internet在多种负载环境(由轻到重)下提供的尽力而为的业务, 基本上无任何质量保证。

为了实现上述服务, Intserv定义了4个功能部件, 网络中的每个路由器皆需要实现这4个部件:

(1) RSVP: 即资源预留协议, 它是Internet上的信令协议。通过RSVP用户可以给每个业务流(或连接)申请资源预留, 要预留的资源可能包括缓冲器及带宽的大小。

(2) 访问控制(Admission Control): 它基于用户和网络达成的服务协议, 对用户的访问进行一定的监视和控制, 有利于保证双方的共同利益。

(3) 分类器(Classifier): 根据预置的一些规则, 它对进入路由器的每一个分组进行分类。

(4) 队列调度器(Scheduler): 它主要是基于一定的调度算法对分类后的分组队列进行调度服务。

Intserv中的基本元素及其相互关系, 如下图3.3所示:

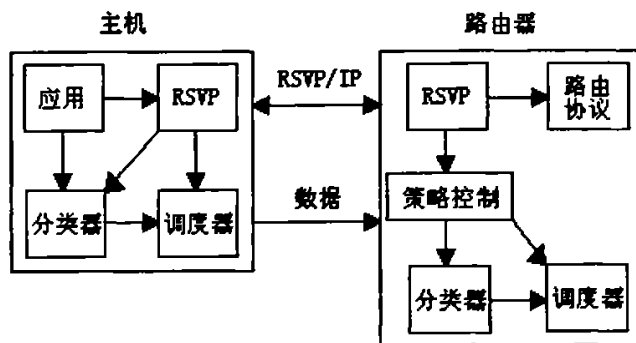


图 3.3 Intserv 中的基本元素及其相互关系

Fig. 3.3 Basic element and correlation in Intserv

该模型的主要思想是模拟面向连接的电路交换提供端到端的服务质量。为此，该模型通常采用面向流的资源预留协议(RSVP)在流传输路径上的每个节点为流预留并维护资源。从这个意义上说，RSVP在Intserv架构里面是一种QoS信令和资源管理的协议。

3.4.2 模型的特点

该模型的最大优点是能够提供端到端的QoS保证。但是，由于IP网络本身是无连接的，在一个无连接网络上维护一个面向连接而且要求资源保证的通道不可避免的带来了很大的复杂性。

这些复杂性主要体现在两个方面：

(1) 每个流状态的维护：网络的节点必须为每个流维护状态，包括每个流的识别、状态的更新、状态的建立等，当网络中流的数量大量增加时，会带来扩展性问题，并导致节点设备的复杂性；

(2) 要求路径上的每个节点支持：作为一个端到端的模型，要求在传输路径上的每个节点都支持Intserv相关协议，这种要求与IP网络松散的组织架构和非集中式的运行模式是不相容的，这给Intserv的部署带来很大的困难。

因此，随着IP QoS研究的发展，该模型越来越不能满足IP QoS的要求。但是考虑到集成服务在性能方面的优势，在一定的范围内，通过和其他的QoS机制结合，该模型仍然具有竞争力。

目前的研究主要集中在如何降低该模型的复杂性，提高其可扩展性上，例如，采用基于汇聚流的集成服务、改进的RSVP、以及和区分服务结合等。

3.4.3 Intserv 的性能分析

以RSVP为核心的综合服务模型利用信令机制将QoS服务综合在IP网络中，根据每个

IP流的QoS等级的精确描述, 由具有RSVP功能的路由器中的RSVP和流的接纳控制支持IP的QoS分类, 它允许端用户为每一个数据流提出资源预留请求, 从而确保所需的服务质量。Intserv的主要优点是它较好地适应了不同应用的QoS要求, 如GS业务可满足实时性较高的任务应用, 而适应性应用可使用CL业务, 其他应用可使用BE业务。另外Intserv保留了传统的尽力传送业务, 不需改变现有Internet的转发机制。

但IntServ也存在一些问题。首先, 由于要在每个节点上为每一个流进行资源预留, 并且要建立和拆除路径, 这就要求每个节点都要支持RSVP, 都要维护路由和资源的“软状态”信息, 这样它的可扩展性及鲁棒性差; 其次, 在大型网络中, 路由器端口连接的都是高带宽链路, 而每个数据流预留的带宽都较小, 因此预留请求将消耗路由器大量的CPU资源, 严重制约了路由器的容量; 另外, 它是以每一数据流的大小为基础预留网络资源的, 如果来自一个汇集点(如VoIP网关)的多个数据流都要求相同的资源, Intserv对这些数据流仍是逐个单独处理, 即每个流的RESV信息都必须单独发送。因此, Intserv的应用主要限于企业网和小型ISP网络。

3.5 Diffserv(区分服务)

为改善IntServ的一些不足, IETF提出Diffserv体系结构, 旨在定义一种实施IP QoS且更容易扩展的方式, 以改善Intserv扩展性差的缺点。Diffserv将业务流聚集为不同QoS要求的类, 通过降低一个应用的QoS服务为另一个应用提供较高的QoS服务, 前提是第二个应用的确需要较高QoS而第一个应用并不在意服务降低所带来的差异。如可以降低一些非实时业务(如电子邮件)的QoS服务, 而为一些实时性业务(如VoIP)提供较好的QoS服务。

3.5.1 Diffserv 的体系结构

IPv4的IP头有一个服务类型(TOS)字段, IPv6头也有一个相应的业务类型字段(TC)。Diffserv将其重新命名为DS段^[28]。DS段被分割为一个六比特的区分开的服务码点(DiffServ Code Point, DSCP)字段和一个两比特当前未使用(Current Unused, CU)字段, 如图3.4所示。在网络中, 一个给定IP包的DSCP值被用来根据一个特定的每一跳行为(Per-Hop-Behavior, PHB)来处理数据包。PHB对所有特定码点和方向的包(这类分组被称为特定操作集合)应用特定的转发方式。因此, 核心网络中所需要的只是检查DSCP以及做出相应处理的能力。

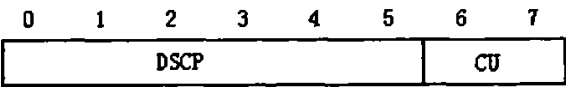


图 3.4 区分开的服务字节

Fig. 3.4 Differentiated service byte

Diffserv体系结构如图3.5所示。这里引入了Diffserv域的概念，一个Diffserv域可以认为是一个能提供Diffserv业务的子网。Diffserv域主要由一些路由器组成，并对这些路由器进行了区分，把位于Diffserv域边界的路由器称为边界路由器(Edge Router, ER)，而把DiffServ域内部的路由器称为核心路由器(Core Router, CR)。边界路由器需要具备的功能有：对业务流的分类、整形、标记和调度；核心路由器需要根据数据包中的DSCP确定对应的每一跳行为，对数据包进行转发。

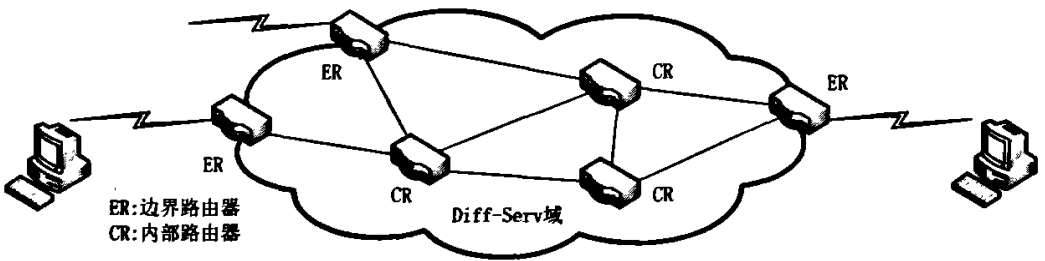


图 3.5 Diffserv体系结构

Fig. 3.5 Architecture of Diffserv

3.5.2 DiffServ 的工作机理

Diffserv通过行为聚集(Behavior Aggregate, BA)和PHB的方式来提供一定程度上的QoS保证。它是在网络边缘把QoS需求相近的各业务流聚集为一个大类，然后由IP分组头标的DSCP来标识，在网络边缘节点实施分类、标记、管理等功能，在网络的核心节点仅仅根据DSCP相关的PHB转发分组，这简化了网络内部节点的结构，这比Intserv可扩展性要大的多。

DiffServ对IP数据流的处理过程为：

- (1) 依据用户与ISP的服务协议，边界路由器对输入的每一数据报进行分类、标记和重整；
- (2) 同一域内的传输节点依据每一数据报的标记值(DSCP)确定对该数据报的处理方式(PHB)；
- (3) 传输节点依据PHB执行对IP数据报的传输操作(分配带宽，插入某一传输队列或丢弃)；

(4) 当IP数据报由一个域进入另一域时，边界路由器依据两域间的服务协议对其更新标记并执行重整操作；

(5) IP数据报穿出Diffserv网络时，出口路由器除掉对数据报的标记。

3.5.3 Diffserv 的 PHB

PHB是一个DiffServ域里的路由器对一个有着给定DSCP值的数据包所作的处理。目前IETF提出四种与DSCP相对应的PHB：

- (1) 加快转发PHB(Expedited Forwarding PHB, EF PHB)：相应的DSCP为101110，它可以实现低时延、低抖动、低丢失率，保证一定带宽的跨越DS域的端到端的服务。
- (2) 确保转发PHB(Assured Forwarding PHB, AF PHB)：与模型实现的服务对应，分成4类，每个AF类有3种丢弃优先级，可使用RED算法来确定，其DSCP推荐值见表3.2^[29]。提供的确保服务AS的原则是无论拥塞与否，保证用户占有预约的最低限量的带宽。
- (3) 默认转发PHB(Default Forwarding PHB, DF PHB)：尽力而为的转发行为，DFPHB采用传统的FIFO队列实现，并赋予最低的队列权重，对应的DSCP是000000。
- (4) 类别选择器PHB(Class Selector PHB, CS PHB)：兼容现有的IPv4ToS字节中IP优先级字段，这里只需考虑网络控制消息情况，其他情况可映射到其他服务中去。CS PHB采用传统的1110队列实现，并赋予比AF PSC更高的队到权重。型如xxx000的DSCP被保留为CS PHB的标记值。

表 3.2 AF 四个等级的 DSCP 推荐值
Table 3.2 DSCP of AF four grades recommend value

DROP PRECEDENCE	CLASS 1	CLASS 2	CLASS 3	CLASS 4
Low	001010	010010	011010	100010
Medium	001100	010100	011100	100100
High	001110	010110	011110	100110

3.5.4 DiffServ 的性能分析

Diffserv实际上就是给业务分组，它在用户和业务网的接口处分组，业务的分组是基于每个数据分组的不同标签。同一级别的业务在该网络中会被聚合起来统一发送，以保证相同的延迟、传输速率、抖动等服务质量参数。

由于Diffserv采用对数据流分类聚集后提供差别服务的方法实现对数据流的可预测性传输，所以对QoS支持粒度决定于传输服务的分级层次，各网络节点中存储的状态信息数量也正比于服务级别的数量而不是数据流的数量。由此Diffserv获得了良好的可扩展

展性。另一方面，由于Diffserv对数据报的分类、标记、重整都在边界路由器中完成，而对网络内部路由器上的需求被抑制到最小。所以现有网络系统也能够以较小的代价实现对Diffserv的支持。正因为这样，区分服务的伸缩性很好。

Diffserv为流的聚集提供QoS保证，较好地解决了Intserv中的规模性问题，但其只是使网络的工作模式变得简单，而把实现的复杂度推向了网络的规划和配置。在一个网络中同时提供几种业务的网络资源规划以及如何将本地业务级联起来形成一个端到端的业务，仍然是一个十分复杂的问题。另外由于Diffserv仍采用了逐跳路由的分组转发方式，对端到端的IP QoS支持显得不足。

3.6 MPLS(多协议标签交换)

MPLS是一种多协议标签转换技术，它兼有第二层交换的分组转发技术和第三层路由选择技术的优点，旨在解决当前使用的分组转发技术所存在的许多问题。MPLS实质是当IP包进入MPLS网络时被分配一个短小、长度固定、具有本地意义、能区别于其它信息流的标签作为MPLS头来封装这个IP包，在MPLS网络所有转发机制都是依据这个标签，该标签告诉分组路径上的交换节点如何处理和转发数据，在离开MPLS网络时解封装MPLS头。

3.6.1 MPLS 包头结构

MPLS包头格式如图3.6所示，包括一个二十比特的标签，一个三比特的扩展域(最初被定义为扩展，现在使用为COS—服务类型域)，一个比特的标签栈指示，还有一个比特的TTL(time-to-live)域，其含义如下：

20	3	1	8
Label	Exp	S	TTL

图 3.6 MPLS的包头格式

Fig. 3.6 MPLS packet header format

- (1) Label 标签值，用来标识数据分组走向。
- (2) Exp 用来保存QoS标识，通常是直接从后面的IP分组的IP优先级位拷贝而来。
当MPLS分组进入队列时，Exp位就可以发挥和IP优先级一样的作用。
- (3) S 栈底标志位。因为栈里通常有多个标签，栈底标签会把S位置1，其他标签S位置0。这样可以通过判别S位识别出栈底。
- (4) TTL 直接对IP TTL头的拷贝。在每一跳都会把TTL减1，这样可以防止环路引

起的无限数据风暴，和IP TTL作用一样。

3.6.2 MPLS 的网络结构与标签交换过程

MPLS有几个核心技术和组件：标签交换路由器(Label Switching Routing, LSR)、标签、标签交换和标签分发等，其中LSR是指实现标签分发并能够根据标签转发分组的交换机或路由器。在一个MPLS网络中，交换路径可以是点到点、多到一、一到多和多到多等路径。

在MPLS体系结构中，定义一种转发等价类(Forwarding Equivalence Class, FEC)，将它们看作是一组以相同的方式、通过相同的路径、以相同的转发处理方式转发的IP分组。在分组转发时将分组分配给特定FEC的操作执行一次，这是当分组进入网络时，在边缘设备上完成的，然后分配给分组的FEC将被编码成一个长度固定的标签。当分组被转发给下一跳时，已经预先为IP分组设置了标签，路径上的下一个设备能够根据被编码的标签(而不是第三层报头信息)转发分组。MPLS的网络结构与标签交换过程见图3.7。

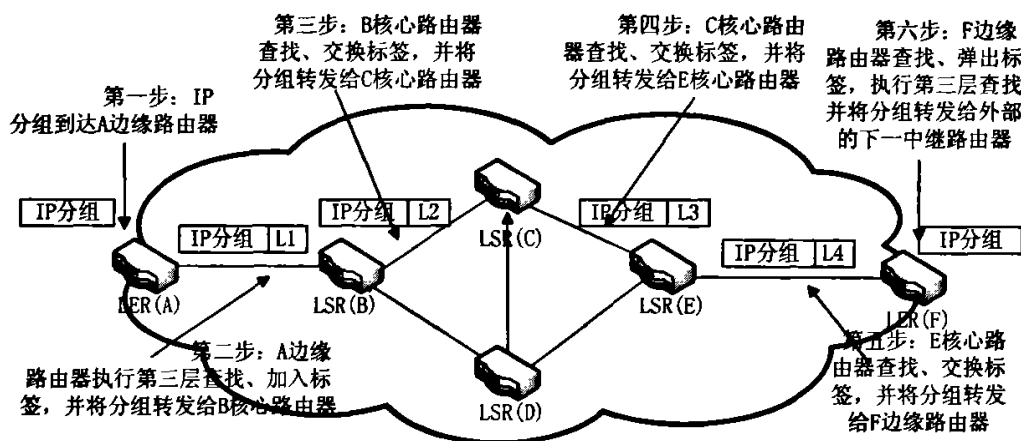


图 3.7 MPLS网络结构与标签交换过程

Fig. 3.7 MPLS network structure and lable exchange process

当IP包进入MPLS网络时，入口LER分析该IP包头，选择适合的MPLS标签进行封装。标签加入指的是在分组进入MPLS域时，给它预先设置标签的操作。要实现这种功能，边缘LSR必须知道分组将被发送到哪里，应该给它加上哪种标签，然后每个LSR都将入站标签换成出站标签。最后在出口LER处解封装MPLS头，转发出IP分组。MPLS的标签分配有两种方式：上游分配和下游分配。

3.6.3 MPLS 性能分析

与通常IP路由相比，MPLS有两个优点。首先，沿途的路由器读取并分析的不必是

每个分组完整的头信息，而只是较短的MPLS标签，可以节省时间；其次，标签的交换在路由器的注册表里留下了可供同一会话中的其他分组跟从的踪迹。一旦第一个分组建立了一条链路，中间点的决策在很大程度上就被省掉了，数据的传输明显加快。

由于MPLS在入口路由器就可以通过标签预先决定数据的转发路径，这使得其在流量工程领域大显身手，并奠定了在未来IP主干网络中的主要地位。由于MPLS的定位在IP骨干网络，因而MPLS保障QoS的主要目标是和现有的IP QoS模型集成，而主干网络中使用DiffServ已经是明显的趋势，因此IETF MPLS工作组将和DiffServ集成作为MPLS标准化的重要任务之一。

3.7 RM 改进算法

目前已经有大量的解决方案来提高通过IP网络接收的语音质量。资源管理和准入控制的算法就是其中的一个。本节提出一个VoIP系统中资源管理(特别是带宽管理)的改进算法，用它来改善QoS和提高带宽利用。

3.7.1 算法提出

VoIP 技术最大的挑战是语音质量。这里有三个因素降低了语音质量，也就是延迟、抖动和包丢失。为了最小化这些因素的消极影响，象 IntServ 和 DiffServ 这样的结构已经被提出。在 IntServ 结构^[30]中，发送真实数据之前，对于每个流必需的资源都要被预留。对于预留方法，一般使用 RSVP 协议。通过在 IntServ 结构中使用 RSVP，QoS 能被保证的非常好，但是这个方法的主要问题是可伸缩性的缺乏。在 DiffServ 结构中，基于它们的传输优先级以不同的服务级别将包分类。在网络中，不同级别的包被分别定位到路由器的队列中，以它们的优先级顺序传输。这个方法是可伸缩的，在它当中没有基于流(per-flow)的机制可以使用。DiffServ 结构的问题是较弱的 QoS 保证，这对于象语音这样的实时服务是不能接受的。

准入控制(Admission Control, AC)算法和资源管理系统是所有提出解决语音 QoS 的方法中最重要的一个^[31-32]。在这些方法中，发送实际的数据之前，通话请求被发送到执行 AC 算法的管理节点，管理器存储这个通话必需的资源。如果网络中的可用资源不够，管理器拒绝这个通话请求，通话被封锁。AC 算法分为两种：分布式的和集中式的。分布式的的算法^[33]中最著名的方法是 RSVP，正如之前提及的，它的主要问题是缺乏可伸缩性。集中式算法^[34]中带宽代理(Bandwith Broker, BB)^[35]是解决方案中重要的一个。在这个方法中，通过 BB 接收到用户请求之后，在可用资源充足的情况下分配给通话请求

服务和对网络路由器进行正确的设置。使用这个方案的困难是配置网络上的所有路由器的开销。另一方面,AC 算法分为基于测量的(Mb)和基于参数的(Pb)两种。在 Mb 算法^[36-38]中,发送实际数据之前,通过发送探测包来探测路径。这些算法的问题是由探测路径引起的探测包负载和呼叫建立延迟。Pb 算法^[39]决定接收或拒绝通话只是以发送者的请求参数为基础,这导致了网络的低利用。因为多数时间实时资源产生业务的速率低于请求峰值速率。在这些时间里,很多为这个资源保留的带宽被浪费。

本文所提出的算法是集中式的,是 Pb 和 Mb 算法的合并。通过实现这个新的算法,我们设法提高带宽的利用和通过减少包丢失率来改善 QoS。在这个方案中,与 BB 系统相反,路由器配置开销较小。我们在算法中加了一个更新阶段来改善 QoS。

3.7.2 算法描述

在我们的方法里,网络被分割成比较小的域,每一个域中有一个资源管理器(RM)。RM 将会保存包含域中资源信息的数据库。RM 将会依据域中可用的资源来决定接收或拒绝新的通话请求。它为被允许的通话计算最佳路径和保留必需的资源。这个方法的一个最重要的特性是,只需要一个网络元素—RM,它可以产生简单的 QoS 信令。在这个解决方案中,网守(GK)—H.323 体系中的一个节点—负责把通话请求传输到 RM。

RM 需要的信息包括网络拓扑和网络上的可用资源。必需的信息能通过 OSPFte^[40]路由协议获得。RM 系统是一个在 H.323 的 GK 后面隐藏的服务。在这个方法中,对客户端和其它网络元素不需要新的接口,这有助于在现有网络中实现这个系统的简单化。

新的算法有两个阶段:准入控制阶段和更新阶段。下面介绍一下这两个阶段。

3.7.2.1 准入控制阶段

资源管理器通过 OSPFte 协议获得网络拓扑信息和可用的资源信息。它根据这些信息产生两个表,分别是 link_table 和 path_table。在 path_table 中,每个源、目的地址对至少有一个路径。在 link_table 中,对于每个链接都有一行信息,它包括带宽、最大可预留带宽、未预留带宽和未使用带宽。

当 RM 接收一个新的通话请求(每一个请求包含源、目的宿地址和请求带宽)时,首先,从 path_table 中提取这个源、目的地址对的现有路径,之后,检查提取路径链接上的带宽满足状态:

$$\text{unused_bw} > 0 \text{ AND } \text{unreserved_bw} \geq \text{requested_bw} \quad (3.1)$$

在这个表达示中,unreserved_bw 是:

$$\text{unreseved_bw} = \text{max_reservable_bw} - \text{reserved_bw} \quad (3.2)$$

从一开始, max_reservable_bw 就等于:

$$\text{max_reservable_bw} = \bar{a} * \text{bw} \quad (3.3)$$

通过把 \bar{a} 的替换成大于 1 的值, 我们使用一个称为“超订(overbooking)”的技术。它的意思是我们为通话保留的带宽总数比链接的实际带宽要大, 它起作用是因为在部分时间里发送者只是使用它们预留带宽的一小部分, 所以, 通过使用这个技术, 我们能提高带宽的利用。另一方面, 我们测量每一个链路上实际的带宽使用量来确定该链路上现有的可用带宽和减少包丢失的概率。

3.7.2.2 更新阶段

在这个算法中, 我们周期性地测量未被使用带宽的实际数量。我们每 500ms 从网络上收集信息和统计。这些信息包括上一个 500ms 中每个路由器传输到连接的链接的比特数。通过使用这个信息我们能计算链接负载:

$$\text{load}(j) = \text{bits}(j) / (500 * \text{bw}) \quad (3.4)$$

我们也能计算基于加权平均表达式的链接新负载:

$$\text{load}(i) = w * \text{load}(i-1) + (1-w) * \text{load}(j) \quad (3.5)$$

$\text{load}(j)$ 是依照上个测量计算的链接负载, $\text{load}(i)$ 是先前的链接负载。我们使用加权平均来适当地作用到突发业务上。我们从链接负载得到每一个链接的 unused_bw :

$$\text{unused_bw} = (0.8 - \text{load}) * \text{bw} \quad (3.6)$$

0.8 是在 DiffServ 结构中为实时业务类(EF)分配的链接带宽的一小部分。我们选择 500ms 作为更新周期是因为小于 1 秒或更多会话会有感应, 所以这个周期一定要小于 1s。另一方面, 短的周期能引起对突发业务的不适当的反应和增加更新信息的开销。

在 link_table 中更新链接信息后, 再一次考虑所有的活动呼叫, 根据它们的更新信息计算新的最优路径。对于每一个通话, 如果新的最优路径和先前的不同, 通话会使用新的最优路径传输来获得更好的质量。在 RM 算法中加入更新阶段可以使结果更正确, 它是以网络测量的实际信息为基础的。另一方面, 某些时候使用“超订”技术能引起拥塞, 加入更新阶段可以避免这个拥塞。

3.7.3 算法仿真

我们用 OPNET 网络仿真器来检验所提出的算法的有效性。首先, 设计必需的网络节点和模型来验证 RM 的性能。之后, 收集网络必需的统计, 评估结果。

为了制作适当的模型来测试新的算法, 测试拓扑必需设计三个节点。每个节点必需包含一个节点模型和能确定节点功能进程模型。第一个也是最重要的节点是 RM。它的

节点模型和进程模型在图 3.8 和图 3.9 中描述。OPNET 中的每一个节点被描述成节点模型，它带有一个节点模型和处理器模块的进程模型。

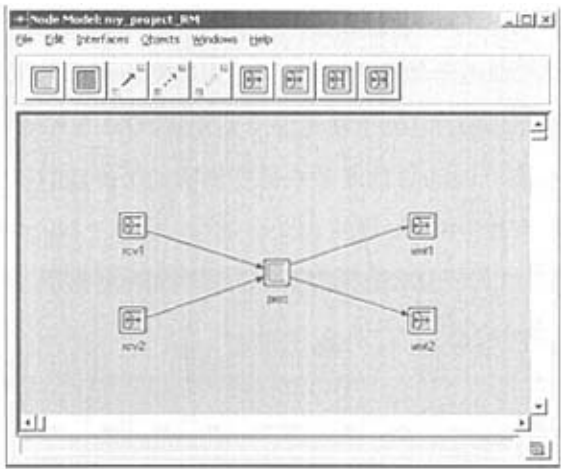


图 3.8 RM节点模型

Fig. 3. 8 RM node model

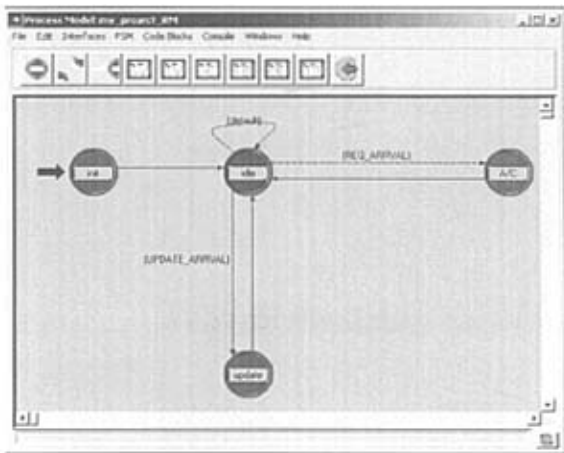


图 3.9 RM处理器模块的进程模型

Fig. 3. 9 Process model of RM processor module

RM 的节点模型由大量的接收者和发送者模块组成。这些模块的数量由 RM 接近的节点决定。每对接收者和发送者模块被称为一个信道。在这个模型中主要的模块是处理器模块，它的功能由一个进程模型确定。

如图 3.9 能看到，这个模型有两个主要的状态：AC 和更新，对应算法的两个阶段。第二个节点是路由器，它的负责路由数据和控制数据包。路由器的节点模型由一个处理器模块，大量连接路由器和邻近节点的信道和一个每隔 500ms 产生的包含这个路由

器传输的比特数的源模块组成。我们需要模拟网络的第三个节点是外围节点，它们发送和接收数据包。

设计完必需的节点，现在就能模拟网络。除了我们这里提到的节点外，还要设计两个链接模型，一个连接路由器的是 2Mbps，一个连接路由器和外围节点的是 64Kbps。在网络模型中，测试拓扑(如图 3.10 所示)由 8 个路由器，40 个外围设备和一个 RM 组成。外围设备产生峰值率等于 64kbps 的业务，但是如前面所提到的，大部分时间产生业务的实际速率都小于这个峰值时间。

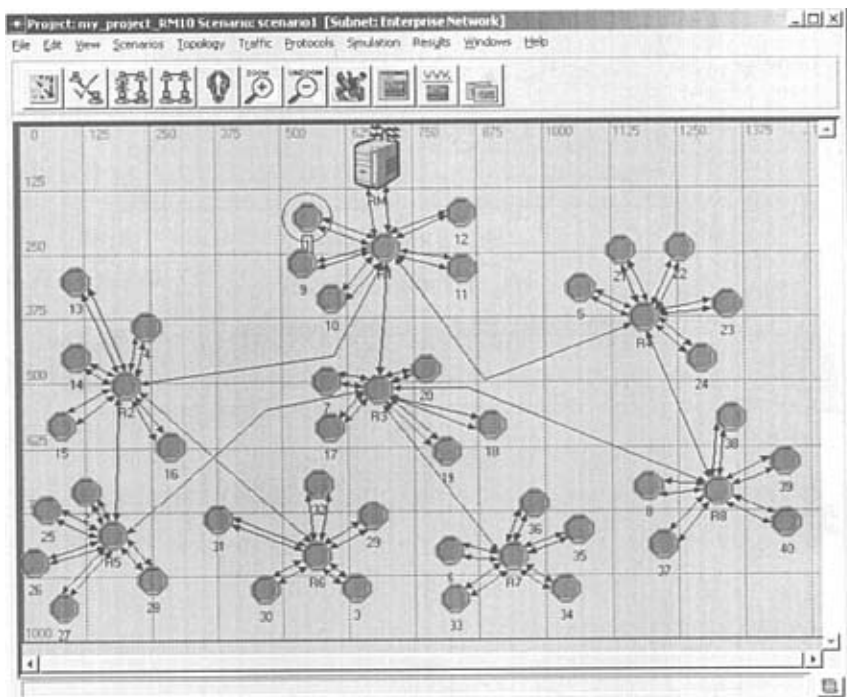


图 3.10 测试拓扑

Fig. 3.10 Test topology

3.7.4 仿真结果

网络模型的仿真结果和收集的统计在图 3.11 中描述。这个图显示测试拓扑瓶颈链接的吞吐量。在图 3.11 中的这个链接是连接 R1 和 R2 的链接。从这个图的图表中，带宽利用的数量能够由下面这个表达式计算：

$$u=(p*s)/b \quad (3.7)$$

u : 实际使用的 bw 的一部分(带宽利用)

p : 单位时间接收的包数量

- s: 以 bits 表示的包大小
- b: 总的带宽

从图 3.11 可以得出: p 大部分时间是在 120packets/s 到 125packets/s 之间, 包大小为 16kb/s, 总带宽为 2M/s。对于图 3.10 描述的测试拓扑, 由表达式(3.7)可得出, u 数量大部分时间是 96%, 有时是 100%。为了进行精确的比较, 我们进行拓扑中没有 RM 的仿真。这个对于瓶颈链接吞吐量的仿真结果如图 3.12 所示。从图中可看出 p 的值为 115.7packets/s。由表达示 3.7 得出, 在没有 RM 的测试拓扑中的瓶颈链接的带宽利用是 92%。这样, 我们能断定, 加入 RM 的拓扑结果在瓶颈链接的带宽利用上提高了 4%到 8%。

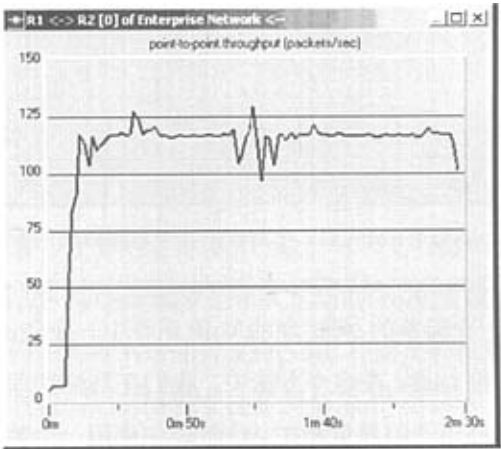


图 3.11 带有RM的第一个测试拓扑的瓶颈链路吞吐量

Fig. 3.11 Throughput of bottleneck link in first test topology with RM

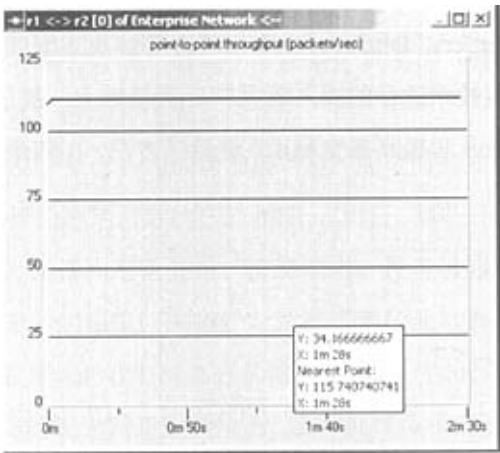


图 3.12 没有RM的测试拓扑中瓶颈链路的吞吐量

Fig. 3.12 Throughput of bottleneck link in test topology without RM

为了确定这个结果，我们对别的带有 RM 的测试拓扑进行仿真。在这个新的拓扑中，我们获得 98% 的瓶颈链接带宽利用(如图 3.13 所示)。图 3.13 中大约 30 秒时吞吐量的突然下降可能是因为呼叫请求的减少。有一点我们必需注意，在表达示 3.5 中最佳结果的依据是“w”。第一个拓扑最佳结果是把 w 替换为 0.5 获得的，第二个是 0.6。

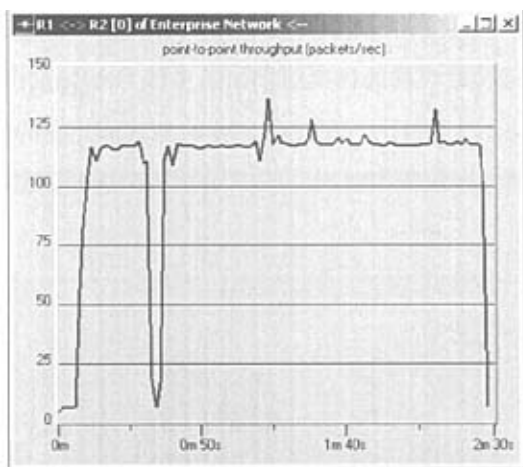


图 3.13 带有RM的第二个测试拓扑中瓶颈链路的吞吐量

Fig. 3.13 Throughput of bottleneck link in second test topology with RM

在本节中，提出了一个简单的、可扩展的 VoIP 系统中一个资源管理。它是在 Diff-Serv 结构中使用的，用来改善 QoS。在这个方法中，我们在资源管理算法中加入了一个新的阶段—更新阶段—来提高语音的质量和在 AC 阶段中使用一个称为“超订”的技术来提高带宽利用。

3.8 小结

本章在对现有的 IntServ, DittServ 以及 MPLS 等解决方案服务模型的基本结构、主要组成部件及 QoS 实现技术进行的深入研究和分析基础上，提出了 VoIP 系统中的资源管理改进算法来改善 QoS 和提高带宽利用。使用该方法，在瓶颈链接的带宽利用上提高了 4%到 8%。

第四章 VoIP 部署仿真方法

最近, IP 网络上的 VoIP 部署正在广泛开展。VoIP 部署对网络研究人员和工程师是一个具有挑战性的任务。本章提出了一个详细的成功部署 VoIP 的仿真方法。该方法使用 OPNET 网络仿真器仿真。现在, OPNET 无论在学术上还是在工业上都已经获得了相当可观的普及, 但是, 没有一个关于 OPNET 对现有网络上部署 VoIP 的评估的正式或知名的方法。在购买和部署 VoIP 设备之前, 我们的方法可以预知 VoIP 通话的数量, 这个数量能和具有令人满意的所有网络服务 QoS 需求的现有网络上的数量相同, 而且还可以为将来的扩展留下足够的空间。本章详细描述了一个网络拓扑和基本元素的 OPNET 仿真模型、场景与 VoIP 业务的建模和表示方法, 及不同的仿真配置。

4.1 方法提出

现在, 许多网络管理者都想把语音和数据网络合并和统一到一起, 使它具有非常大的吸引力和较低的成本, 而且很容易的运行、管理和维护。然而, 在部署一个新服务时, 如在现有网络上加入 VoIP, 许多网络管理者、设计者和工程师都要面对相同的, 有时也是具有挑战性的问题。VoIP 的 QoS 需求是什么? 新的 VoIP 负载对当前运行的网络服务和应用有什么影响? 我们的现有网络能否支持 VoIP 和满足标准的 QoS 需求? 如果能, 在升级现有网络硬件之前我们的网络能支持多少个 VoIP 电话?

目前, 大部分商业工具都是以测试数据网络中多媒体应用的性能为中心。而针对 VoIP 的工具却很少, 而且这些工具大部分在对现有网络上部署 VoIP 的评估都使用两种相同的方法。一个方法是先进行网络测试, 再预测网络支持 VoIP 的完备性。网络完备性的预测是基于对健康网络的评估。第二个方法是把真实的 VoIP 业务导入到现有的网络, 测试随之而来的延迟、抖动和丢失。

现在的商业工具都没有提出一个成功部署 VoIP 的全面的步骤或方法。特别是没有给出对现有网络所能支持的通话总数的任何预测, 而且还要考虑到重要的设计和工程元素。这些元素包括 VoIP 流量和通话分布、扩展能力、性能极限、对现有网络服务和应用的影响和 VoIP 场景业务的影响。本文针对这些重要的元素展开工作, 介绍一个基于仿真的方法。这个方法是用 OPNET 网络仿真器来实现的。OPNET 包含了大量的商业上可用的网络元素, 有不同的现实网络配置能力。这使得对现实网络环境的仿真逼近现实。

4.2 网络拓扑

我们仿真的小型企业典型网络拓扑如图4.1所示。网络是基于以太网的，两个Layer-2 Ethernet交换机由一个路由器相连。路由器是Cisco 2621，交换机是3Com Superstack 3300。交换机1连接一层网络、二层网络和两个服务器，而交换机2连接3层网络和四个服务器。每一层的网络基本上都是一个连接职工PC机的带有工作组和打印机服务的共享以太网。为了隔离广播和多播业务，这个网络做成VLAN来使用。一共有五个VLAN存在，所有的VLAN都是基于端口的。交换机1设定它有三个VLAN：VLAN1包括数据和文件服务器，VLAN2包括1层网络，VLAN3包括2层网络。交换机2设定有两个VLAN：VLAN4包含E-Mail、HTTP、Web、缓存代理服务器和防火墙，VLAN5包含3层网络。

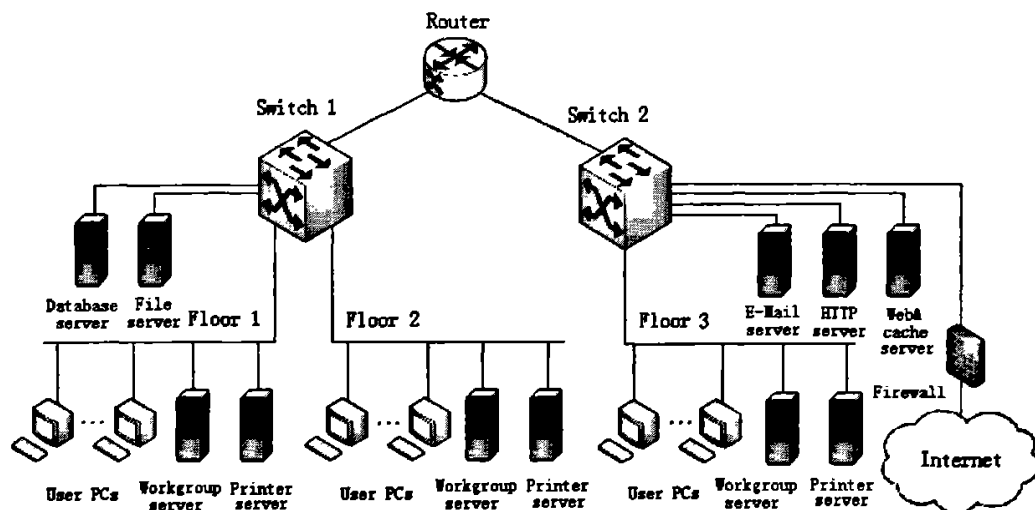


图 4.1 小型企业的逻辑图

Fig. 4.1 Logical diagram of a small enterprise

首先我们要研究和处理大量的 VoIP 部署的问题。这些问题将会放入仿真中来确定网络所能支持的实际的 VoIP 通话数量。

4.2.1 网络测试

我们必需做测试来确定现有网络的业务负载、利用率和流量。这是至关重要的一步，因为它潜在地影响我们仿真的结果。对于象路由器、交换机和链接这样的网络元素来说必需做网络测试。通过使用测试工具可以获得无数类型的测量和统计结果。为了得到适当的评估，网络测试必需持续很长一段时间，最少要 24 小时一个周期。为了确保在包括高峰时间在内的所有时间的良好 QoS，我们必需考虑网络负载和利用的极坏情况。每一个网络的高峰时间不同，它完全取决于网络所提供的业务和服务的种类。表 4.1 给出

了上一网络拓扑中连接到路由器和两个交换机所有方向上链路的业务高峰时间利用的一个概括。这些标准的结果将会用到我们的仿真研究中。

表 4.1 峰值流量测量
Table 4.1 Peak-rate traffic measurements

Link	Bit rate (Mbps)	Packet rate (pps)	Utilization
Router↔Switch1	9.11	812	9.44%
Router↔Switch2	9.99	869	9.99%
Switch1↔Floor1	3.05	283	6.1%
Switch1↔Floor2	3.19	268	6.38%
Switch1↔File Server	1.89	153	1.89%
Switch1↔DB Server	2.19	172	2.19%
Switch2↔Floor3	3.73	312	7.46%
Switch2↔Email Server	2.12	191	2.12%
Switch2↔HTTP Server	1.86	161	1.86%
Switch2↔Firewall	2.11	180	2.11%
Switch2↔Proxy	1.97	176	1.97%

从表中我们可以发现，流入和流出的数据速度是相同的。背景业务的流入和流出是影响 VoIP 端到端延迟的关键因素。当一个单一的 VoIP 通话的流入和流出数率是对称的，端到端延迟可以不是对称的，它取决于每一个通话流向的路径，最重要的是链路、路由器和交换机等网络元素上呈现的流入和流出业务。后面我们将会演示在 OPNET 中怎样生成对称和非对称的背景业务。

4.2.2 VoIP 流量和通话分布

对于成功地部署 VoIP，一定要搜集当前通话量和框架的统计。确定通话终端的位置也是非常重要的。例如，源和目的地，及相应的路径或流量。这有助于我们确定通话的分布和通话是内部的还是外部的。通话的分布必需包括一层、一个建筑、一个部门或一个组网内部和外部通话的百分比。作为一个好的容量计划测量标准，它被推荐以在一周或一个月最忙时业务的 VoIP 电话通话分布为基础。这将确保在所有时间对所有 VoIP 通话给以最高的 QoS 支持。当这样的本地统计与计划的额外通话合并，我们就能预测到现有网络在最坏情况下 VoIP 业务负载。图 4.2 描述我们要研究的基于最坏情况和 VoIP 将来扩展计划的企业通话分布情况。图中，通话分布作为一个概率树被描述。

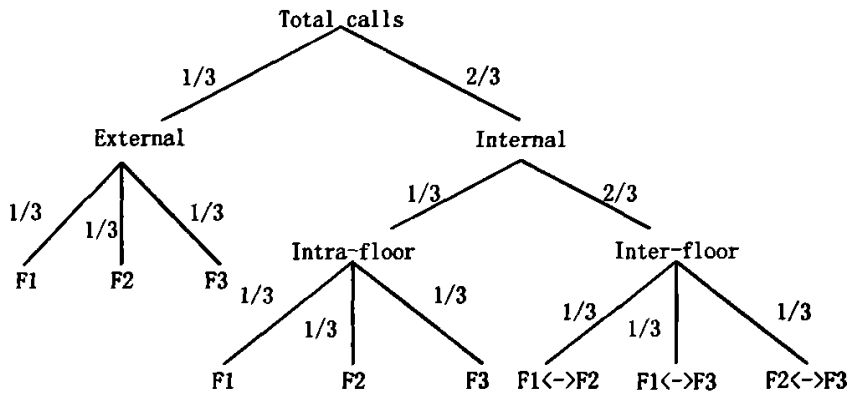


图 4.2 描述 VoIP 通话分布的概率树

Fig. 4.2 Probability tree describing the VoIP call distribution

4.2.3 VoIP 业务特性，需求和假定

我们假设所有的VoIP电话是一个端到端的会话，没有电话会议。对于部署VoIP，网络中要加入一个gatekeeper或CallManager节点^[41-43]。作为一个工程和设计问题，这些节点在网络中的放置也是至关重要的。我们将会在后面处理这个问题。其它的硬件需求，包括一个VoIP客户终端，它能成为一个单独的VoIP设备，例如，IP电话机或一个典型的具有VoIP功能的PC机或工作站。一个具有VoIP功能的工作站运行VoIP软件，例如IP SoftPhones^[44-45]。

VoIP应用中G.714单向端到端包延迟最大总数为150ms^[46]。200ms的延迟也是可以接受的^[47]。我们能把延迟最少分解为三个不同的有作用的成分^[48]，它们是：①发送方编码、压缩和打包延迟；②网络中的传播、发送和排序延迟；③在接收方缓存、解压、解包、解码和重放延迟。编码是指把A/D信号转换成采样。打包是指把采样封装成IP包。在G.711中，延迟由①引起，编码和打包分别为1ms和20ms。因此，就压缩而言，在源端它有一个固定的25ms延迟。③所产生的延迟在接收方包括抖动缓存器延迟。抖动延迟最多是两个包，例如40ms。当接收方的解压和解码处理延迟增加时，在接收方我们能获得一个总的45ms的固定延迟。因此，②由网络引起的延迟不超过(150-25-45)或80ms。

一个单向的VoIP通话必需的带宽是64kbps。G.711编码器采样每个音频数据包为20ms。因此，每秒钟要传输50个这样的数据包。为了每秒种有8000个采样，每一个包包含160个音频采样。每个包以一个以太网帧被发送。每个包的长度为160字节，再加上附加的协议层包头。这些包头包括RTP+UDP+IP+Ethernet，大小分别为12+8+20+26。因此，总的226字节或1808比特单向需要每秒传送50次或90.4kbps。对于双向，单一通话对于一个对称业务所需带宽为100pps或180.8kbps。

贯穿本章,我们假定端到端的音频通话且没有音频会议是可实现的。我们也忽略关守(gatekeeper)所产生的信令流量。我们的研究和设计是以VoIP通话业务的最坏情况为基础的。关守产生的信令流量只在音频通话之前和通话结束时产生。这个流量比起现实的音频通话流量是相对有限的,也很小。总之,对于已经确立的正在进行的通话,VoIP通话期间关守不产生信令流量^[49]。

4.2.4 扩展能力

本文中,我们将确保为将来扩展保留25%的可用网络能力。简单的说,我们将平均地应用所有路由器、交换机和交换式以太网链路的网络资源。然而,对于每一个网络资源,这个百分比实际上是可变的,它依赖当前的利用率和必需的扩展能力。在我们的仿真方法中,网络资源这种利用的保留在配置一个新的服务之前完成,而且只是使用多余的能力来调查将被配置的新服务的网络支持。

4.2.5 前期网络评估和修改

在这个设计阶段,我们评估现有网络和确定基于现有网络业务负载和将要配置的新服务需求,是否任何即时的更改是必需的。对于网络即时的更改包括增加和植入新的服务器或设备,升级PC机和重新计算沉重的利用链接。作为一个好的升级规则,拓扑的改变一定要保持最小,最好是不改。过度设计网络和过早升级都是比较昂贵的。

基于以上描述的现有业务负载,连接路由器和交换机的所有链路和连接服务器和交换机的所有链路都未被充分使用。在这个阶段,如果任何一个链路超负利用,例如30-50%,网络工程师将会把链路增到1Gbps。至于1层、2层和3层的共享链接,这些链路的转换和重新计算必需谨慎的确定。首先,不要把每一层的交换网络转换为共享以太网。然而,共享以太网由于以太网级冲突升级贫乏。最重要的是,共享以太网提供零QoS,对于实时和延迟敏感的应用不被推荐,因为它在繁重的负载情况下和当它遭受到强烈脉冲突发通信量时带来了过多的可变的反应时间^[50]。为了不断地维持VoIP QoS,我们使用交换式的快速的全双工以太网网络。

基于上面描述的部署VoIP的硬件要求,两个新的节点一定要加入到现有的网络中:一个VoIP网关和一个关守(gatekeeper),如图4.3所示。当一个网络设计生成,对于这两个节点的适当放置是必需的。因为大多用户是在1层和2层,直接和交换机1连接,把关守和交换机1相连是为了使业务本地化。对于VoIP网关,我们把它和交换机2直接相连是为了平衡交换机上的工程负荷。为了排除失败的单一点问题,不把这些节点放到相同的

交换机上也是非常可靠的和容错的。例如，如果交换机2失效，只有外部和网络的通话受到影响。把网关包含成交换机1的VLAN1的一员，交换机1包括数据库和文件服务器。这使gatekeeper从1层和2层的多播和广播业务中隔离出来。另外，网关能本地接近数据库和文件服务器来记录电话呼叫和创建电话呼叫日志。另一方面，为了使网关能从3层和交换机2的服务器的多播和广播业务中隔离开，我们为网关创建一个单独的VLAN。

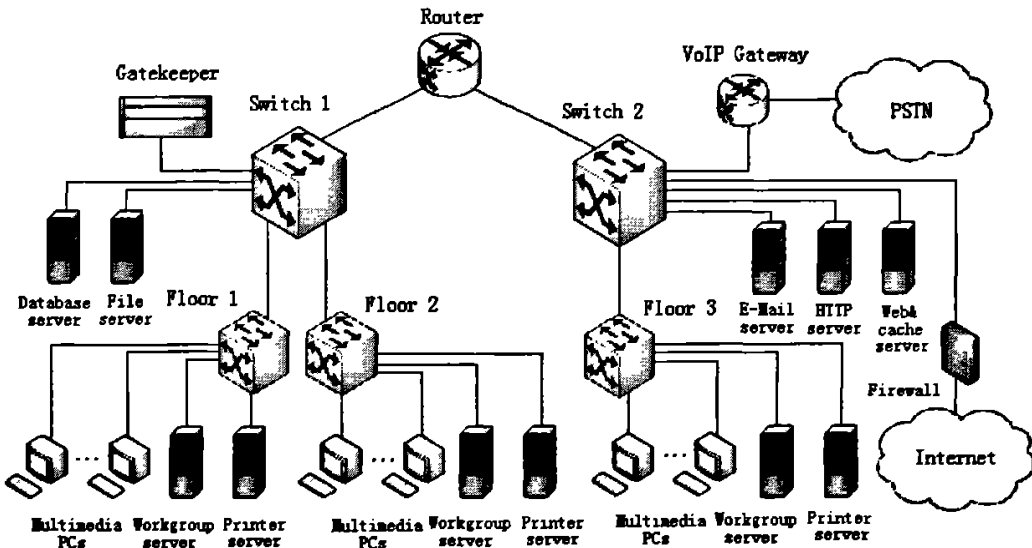


图 4.3 VoIP 组件的网络拓扑

Fig. 4.3 Network topology with VoIP components

4.3 仿真方法

我们的仿真方法使用MIL3's OPNET Modeler仿真工具包，10.0版本^[51]。OPNET Modeler包含了大量商业上可用网络元素模型，有不同的现实网络配置功能。这使得现实网络环境的仿真接近现实。其它的OPNET特色包括GUI接口、全面的网络协议和模型库、所有模型的代码、图形结果和统计等。这一节详细地描述仿真模型、业务模型、不同的仿真配置和仿真结果。

4.3.1 网络建模

我们所研究的现有网络的仿真模型如图4.4所示。在OPNET中，许多提供商特定的模型都包含在预先定义的库中。然而，一些我们需要的特殊设备，如Cisco 2621路由器和3Com superstack3 3300以太网交换机，在我们的网络里是不可用的。因此，我们网络中的路由器和交换机由普通的路由器和以太网交换机所代替。VoIP网关由以太网工作站模拟。企业的服务器由以太网服务器模拟。所有的网络元素由100Base-T链路连接。

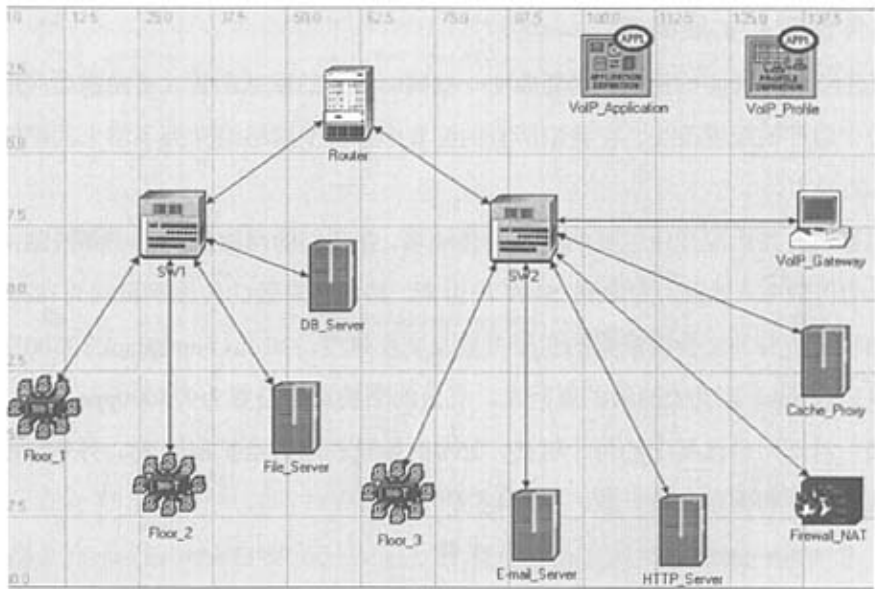


图 4.4 组网拓扑

Fig. 4.4 Organization network topology

每层网络作为一个子网被建模，它们被一个以太网交换机和用来模拟网内用户行为的三个以太网工作站套封，如图4.5所示。当这些工作站中的两个作为通话的参与者时，另一个工作站产生子网的背景业务。例如，1层的以太网工作站标记为F1_C1、F1_C2和F1_C3。F1_C1是发送VoIP源，F1_C2是接收VoIP会话的接收者，F1_C3是背景业务的接收者和源。注意：每个子网的模型不完全表示每一个子网多媒体PC机或电话机。我们的仿真方法是一个自动的方法，因为仿真被配置成每两秒钟自动产生三个通话。我们的方法和模型不会对内部核心网络的内在节点和链路的性能有影响。只是对连接层子网工作站和其它内部层交换机的边缘链路的利用和编队延迟有影响。在每次仿真运行的结束时单独检查这些边缘链接的健康状态。

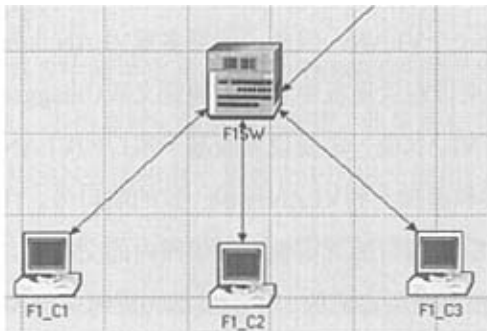


图 4.5 层子网模型

Fig. 4.5 Floor subnet model

4.3.2 组件配置和扩展因素

为了生成一个现实的模型，需要改变一些网络组件的默认配置。下面描述应用于网络中的每个组件的配置改变。在我们所有的配置中，每个网络组件为了将来的扩展都会预留25%的能力。

路由器—在路由配置中主要的参数是传输率。在我们的网络里，Cisco2621路由器有25000pps的传输率。然而，考虑到25%扩展因素，路由器有效的传输率设置为18750pps。

交换机—所有的交换机配置的主要参数是交换速度，3Com Superstack3 3300交换机的速度是1.3Mpps。因为25%的扩展因素，有效的交换速度设置为975000pps。

链接—对于网络模型中的每个链接，25%的场景利用留给扩展因素。另外，每一个链接的端口设置和网络参数一致，如图4.6所示。

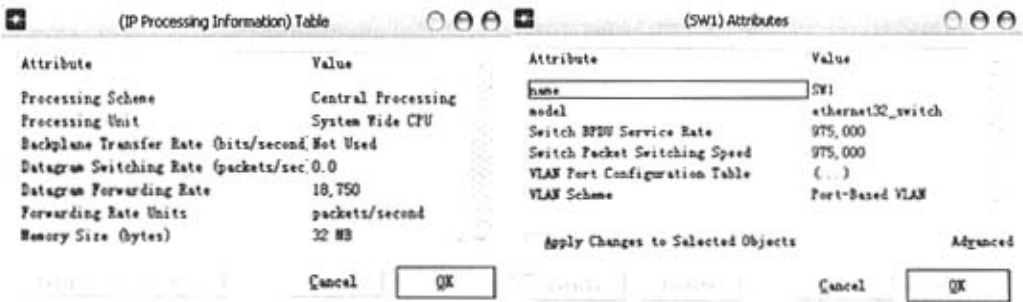


图 4.6 路由器(左)和交换机(右)的属性配置

Fig. 4. 6 Configuring the attributes of router (left) and the swiches (right)

4.3.3 VLAN 配置

改进后的网络拓扑包括了六个VLAN。为了正确的反应现实网络中的业务行为，要把这些VLAN合并到网络模型中。一般，VLAN能在任何一个支持这个特性的交换机上定义。在OPNET中，VLAN都是基于端口实现的，例如，必须联系每一个VLAN的端口。一个端口也正确地隶属于一个VLAN。因此，如果多重VLAN业务必需携带一个端口，那么，在交换机的VLAN端口配置面板中它必需被定义成Untagged Trunk Link。

对于每一个交换机，VLAN项一定要设置成基于端口的VLAN。那么，一个VLAN端口配置面板必需被创建和添加上和VLAN标识一致的端口号。作为一个例子，图4.7显示了网内交换机SW1的VLAN端口配置面板。对于网内的交换机，所有的端口使用相同的VLAN，这个VLAN是整个网所定义的。下图显示一层网络交换机F1SW的VLAN端口配置面板。

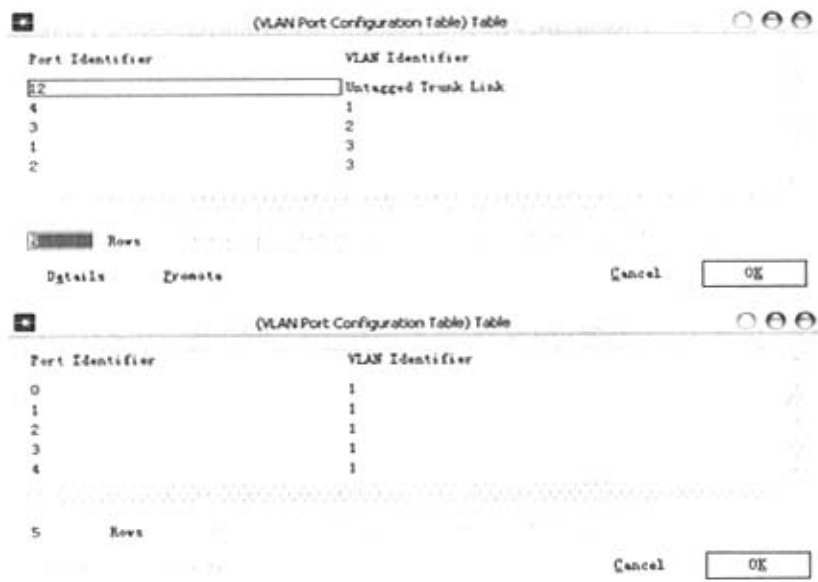


图 4.7 SW1(上)和 FISW(下)的 VLAN 配置

Fig. 4.7 VLAN configuration for SW1 (top) and for FISW (bottom)

值得注意的是，直接连接路由器的端口12描述成一个Untagged Trunk Link，因为它把所有的VLAN业务带到路由器，这个路由器把它们路由到VLAN目的地。这个配置对于路由器处理从它经过的从一个端口到另一个不同的端口的业务是足够的，例如，从1层到3层的业务。然而，对于把业务流路由回相同的端口这个配置是不够的，这个业务流是1层和2层间的特有的业务流。为了使这样的流可能，它要求把路由器配置为单臂(one-armed)路由器。这样，OPNET要求激活特殊端口的混合模式。ARP也响应这个端口模式，端口应改为always。

进一步工作之前，必需测试一下模型中VLAN的配置。特别是必需测试路由器对VLAN之间业务流的响应。一个测试计划是在两个不同的VLAN间定义某一个会话对，观察路由器的行为。在OPNET中，一个会话对是两个不同的VLAN间的一个业务流。会话对可以在一个电子数据表中简单定义，之后在OPNET中通过选择业务菜单中的Import Conversation Pairs来导入。当仿真时，如果适当配置，业务流和总数在两个不同的VLAN间的每个链接上传送，VLAN必需和电子数据表中的定义流相匹配。

4.3.4 业务建模

上面我们已经正确配置了网络模型，现在转向网络中传输的业务。我们先模拟现有的当前场景业务流，然后模拟部署VoIP新业务。

4.3.4.1 场景业务

为了模拟VoIP介入前已经存在的网络中的业务，我们已获得的业务测量都在电子数据表格格式中描述，所以它能导入到OPNET中。这里需重要提及到的是，业务测量都是在节点对的连接之间，如表4.2所示的那样。比较理想的是，我们必需在任意两个连接的节点间定义一个会话对。

因为当分析网络能力时只考虑场景业务的峰值，我们只创建包括峰值时间的场景业务电子数据表。场景业务信息是以表4.1所示的现有网络业务测量为基础的。电子数据表由OPNET导入，如表4.2所示。对于OPNET，场景业务的电子数据表格式的单位必需被改变为Mbits/s和平均包大小。场景业务期限设置为2小时。在所有下面介绍的仿真运行中，这个期限不会超过8分钟。正如我们之前讨论的那样，每一层子网所指定的工作站，如F1_C3，被用来产生和接收场景业务。

表 4.2 峰值期间背景流量的电子表格表示

Table 4.2 Spreadsheet representation of peak-period background traffic

#Source Name	Destination Name	Avg Pkt Size	0-2hours	
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.Floor_1.F1_C3	0.010776	3.05	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.Floor_2.F2_C3	0.011904	3.19	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.Floor_3.F3_C3	0.011952	3.73	End Data
Enterprise Network.Floor_1.F1_C3	Enterprise Network.Router	0.010776	3.05	End Data
Enterprise Network.Floor_2.F2_C3	Enterprise Network.Router	0.011904	3.19	End Data
Enterprise Network.Floor_3.F3_C3	Enterprise Network.Router	0.011952	3.73	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.DB_Server	0.012736	2.79	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.File_Server	0.012352	1.89	End Data
Enterprise Network.DB_Server	Enterprise Network.Router	0.012736	2.79	End Data
Enterprise Network.File_Server	Enterprise Network.Router	0.012352	1.89	End Data
Enterprise Network.Cache_Proxy	Enterprise Network.Router	0.011192	1.97	End Data
Enterprise Network.E-mail_Server	Enterprise Network.Router	0.011096	2.12	End Data
Enterprise Network.Firewall_NAT	Enterprise Network.Router	0.01172	2.11	End Data
Enterprise Network.HTTP_Server	Enterprise Network.Router	0.011552	1.86	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.Cache_Proxy	0.011192	1.97	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.E-mail_Server	0.011096	2.12	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.Firewall_NAT	0.01172	2.11	End Data
Enterprise Network.Router	Enterprise Network.HTTP_Server	0.011552	1.86	End Data

4.3.4.2 VoIP业务

VoIP的application和profile设置—OPNET中模拟VoIP业务的一个方法—是使用预先定义的音频应用。OPNET中的一个应用是任务的集合，每一个任务定义一系列的阶段。每一个阶段依次在两个端点间发生，都有一个可配置的业务行为。当定义一个应用时，每个任务的开始时间和持续时间都已经设置好。虽然Task Definition用来定义和配置任务，但应用也可以使用Application Definition定义和配置。在预先定义应用的实例中，基本的任务已经定义，但通常会给用户一些弹性来设置它们的性能。例如，在预先定义应用的实例中，可配置的参数在图4.8(a)中显示。一个重要的参数是Encoder Scheme，它被设置为G.711。另一个重要的属性是Voice Frames per Packet。在OPNET术语中，音频帧是一个32个音频采样的集合，每个采样是8bit；例如，每个音频帧大小为32字节。然而，在我们采用的标准中，每一个VoIP包有一个160字节的负载。因此，我们设置Voice Frames per Packet属性为5。我们第三个值得关注的属性是Symbolic Destination Name。因为我们要简要讨论，这个象征性的名字用来定义VoIP通话的目的节点。

定义和配置完VoIP应用后，我们必需设定方法让工作站来实现这个应用。通常，一个网络工作站的行为通过它的Profile定义，Profile是所有应用的集合，每个应用能设置用来控制它们的开始和结束时间，除了它们的可重复性(repeatability)之外。Profile能通过Profile Definition被定义和配置。在我们的实例中，我们只需要重新定义和配置一个profile，也就是VoIP_Profile。然后，产生VoIP通话的层子网工作站将会配置来支持这个profile，如我们上面规定的。规定的工作站包括F1_C1，F2_C1和F3_C1。

当配置profile时，必须注意，我们的目的是网络支持VoIP的能力，例如，现有网络所能支持的能满足VoIP QoS的最大通话数量。这可以通过当监测VoIP延迟和网络能力或带宽的极限或范围时在网络中不断增加通话来完成。当这些极限有一个到达，最大的通话数量就会产生。查看已经丢失的包和观察发送和接收业务之间的错配能反应出网络带宽的限度。

在OPNET中，我们需要配置profile来加入固定速率的重复会话。开始时应用profile必需被配置来建立一个通话，然后每两秒钟加入一个通话。这样，就必须在VoIP_Profile定义时包括VoIP应用，如图4.8(b,c)所示。我们让VoIP业务的Start Time Offset在60秒之后开始，第一个通话在10秒后开始。这意味着，从仿真开始，第一个通话产生要在70秒之后。为了持续产生通话，VoIP应用的重复性设置为Unlimited，它的inter-repetition设为2秒，如图4.8(d)所示。

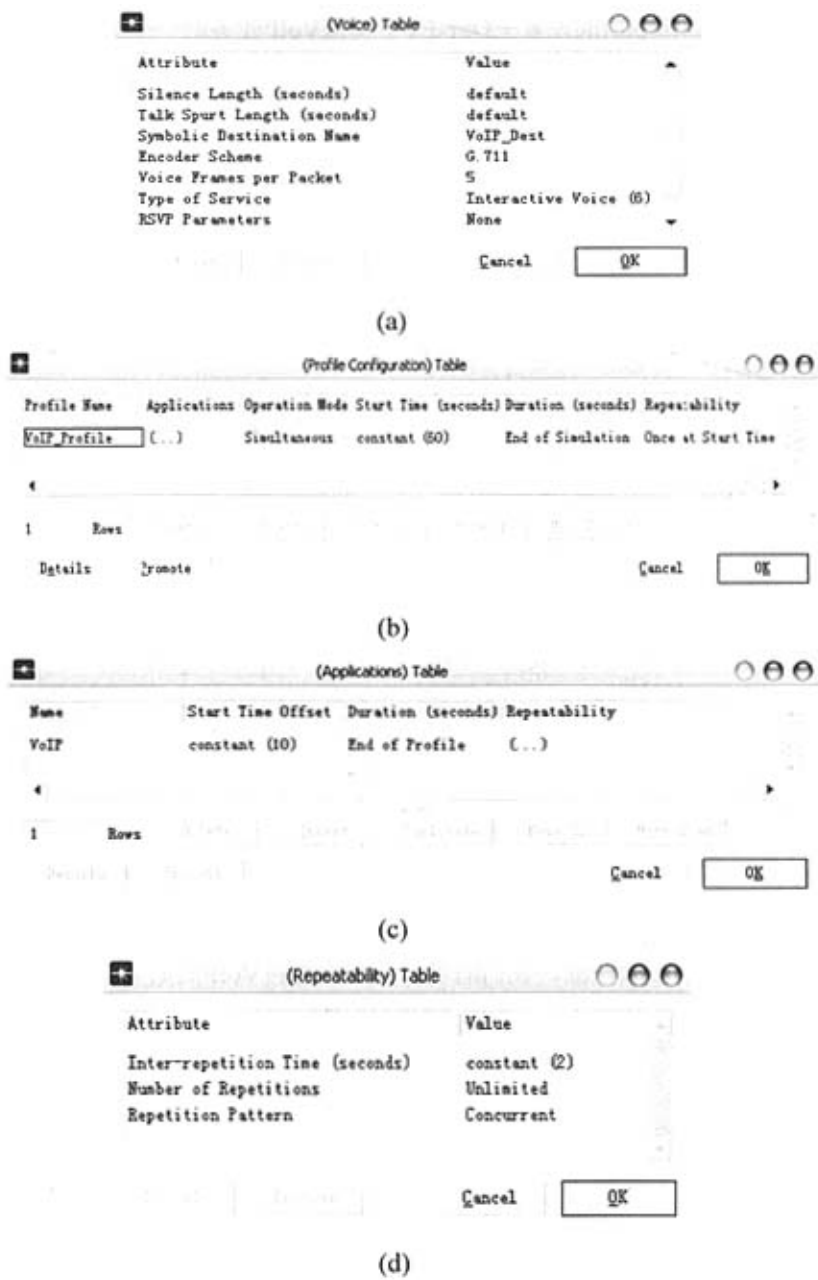


图 4.8 语音 Application 和 Profile 设置

Fig. 4.8 Voice Application and Profile settings

4.3.4.3 产生基于通话分布的VoIP业务

每层子网为VoIP通话设计的F1_C1、F2_C1和F3_C1工作站被配置支持VoIP_Profile。这可通过在每个的工作站的支持profile列表中加入这个profile来完成。另外，必需设置每个工作站的目的地参数，这样通话分布率才能实现。对于具有有效目的地资格的工作

站，它的客户端地址属性应被设为唯一的值。之后，在Application Destination Preferences面板中加入象征性的名字VoIP_Dest，如图4.9(a)所示。为了定义实际的目的地和通话分布率，一系列实际的名字被映射到每一个象征性的名字。例如，图4.9(b)显示实际名字列表，它映射到F1_C1的VoIP_Dest象征性名字。F1_C1是1层的发送工作站。图4.9(b)也显示了用来通话分配的选择权重。在这个实例子中，选择权重是以图4.2显示的概率分布树为基础的。

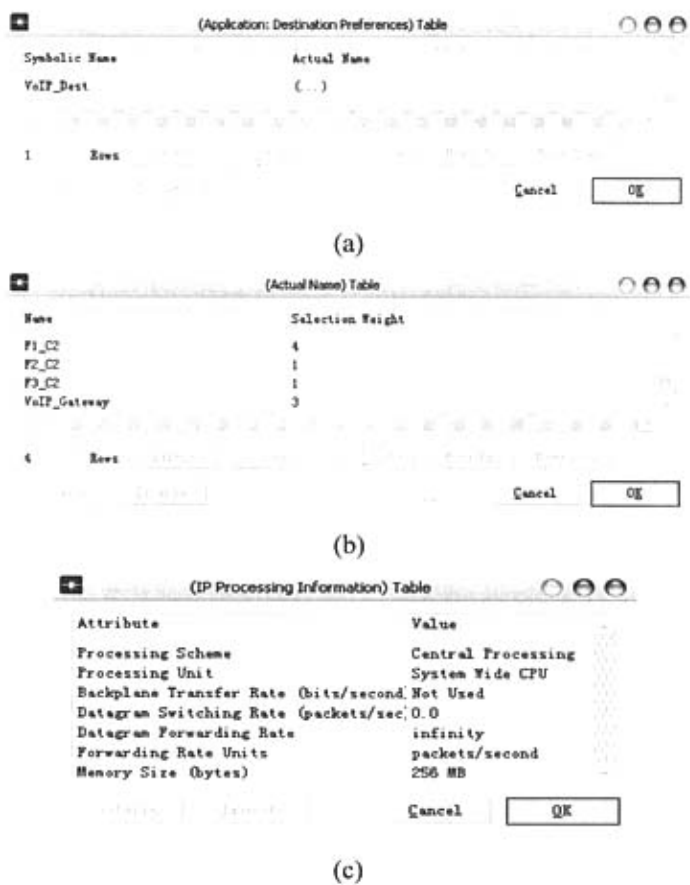


图 4.9 VoIP 工作站的设置

Fig. 4.9 Settings of VoIP workstations

VoIP业务将会通过层内工作站产生和接收。因为我们只对确定网络延迟和支持VoIP通话的能力感兴趣，所以我们取消任何子网工作站引起的延迟。我们也取消对带有宽瓶颈的工作站的处理。因此，我们通过改变工作站的Data-gram Forwarding Rate属性来设置每个工作站的处理速度为infinity，如图4.9(c)所示。这个属性是工作站IP Processing Information面板中的一个属性。

4.3.5 仿真结果

仿真开始之前，设置OPNET获取各种网络元素的曲线图结果，包括VoIP业务、路由器、交换机和链路。在这一节中，我们显示VoIP业务、路由器和某些链路的曲线图结果。

我们设置OPNET仿真运行的持续时间为8分钟。OPNET默认的场景业务产生开始时间为从仿真运行开始时间后的40秒。VoIP业务在70秒开始，在这个时间，三个VoIP双向通话初始化完成。之后，每两秒加入三个VoIP通话。仿真8分钟结束时，产生了3+

$(\frac{7*60+58-70}{2})*3=615$ 个通话。这就必需传输每秒产生的61500个数据包。因为仿真在8分钟后停止，最后三个通话在7分58秒加入。

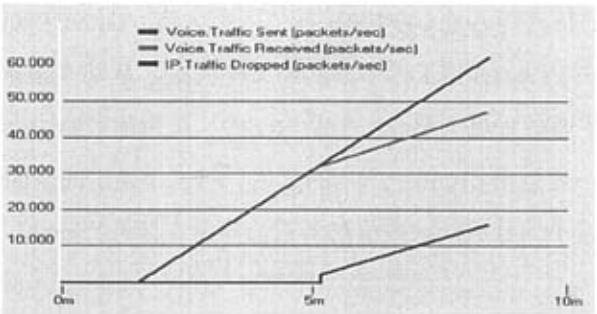
4.3.5.1 VoIP业务

图4.10显示了VoIP业务和每两秒加入的VoIP通话的端到端延迟。图4.10(a)显示了发送、接收和丢失的总的VoIP业务总数。图4.10(b)显示的是图4.10(a)的放大版本，主要集中在发送和接收业务之间的错配区域。从图4.10(a)中我们可以清楚的看到，在仿真运行结束时产生的VoIP业务总数非常接近61500pps。实际上，仿真结果提供61429pps。

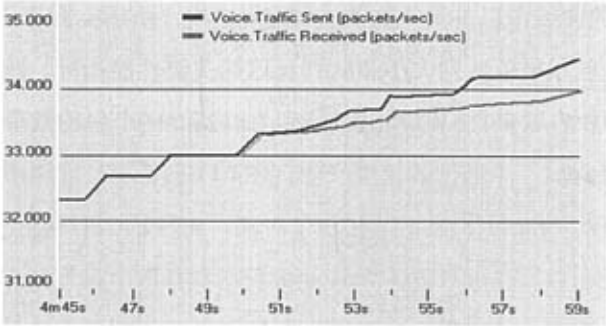
我们能通过检测网络带宽或延迟范围确定网络能支持的通话总数。首先研究带宽范围。图4.10(a,b)清楚地显示不是所有发送出的VoIP包都被接收；例如，在业务发送和接收之间有一个错配。图4.10(b)明显地捕获了每两秒钟三个通话的增加和这些增加是怎么以300pps线性重复的。我们通过检查X和Y轴确定能支持的通话数量。检查仿真运行时间的X轴，能清楚地看到4分50秒最后三个通话的成功加入。下一个增加是在4分50秒，这里导致一个错配。对于音频通话的最后一个成功增加，它发生在4分48秒，我们得到一个业务量(看Y轴)是33000pps或330个VoIP通话。我们也能通过计算直到最后三个通话成功加入前有多少个通话已经被加入来得到通话的相同数量。这产生

$3+(\frac{4*60+48-70}{2})*3=330$ 个通话。

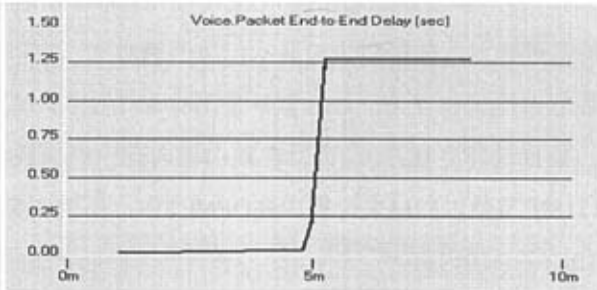
图4.10(c)显示了相应的VoIP端到端延迟，这个延迟不应该超过80ms。图中，4分54秒仿真时间前，延迟小于80ms，在这个时间，延迟接近峰值。我们能计算出网络所能支持的满足80ms限制的VoIP通话的数量。计算得出通话的数量为 $3+(\frac{4*60+54-70}{2})*3=339$ 个通话。因此，我们能根据这些仿真结果推断网络所能支持的音频通话数量被网络带宽限制的要比延迟多。所以，基于仿真，网络所能支持的VoIP通话数量为330个通话。



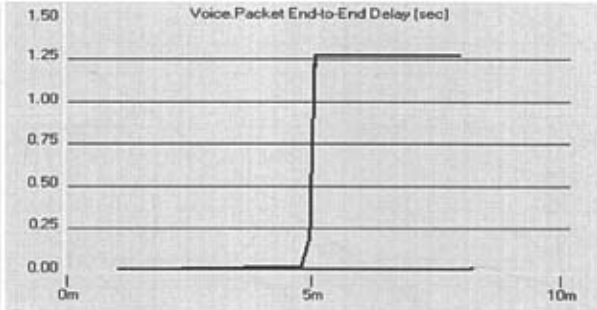
(a)



(b)



(c)



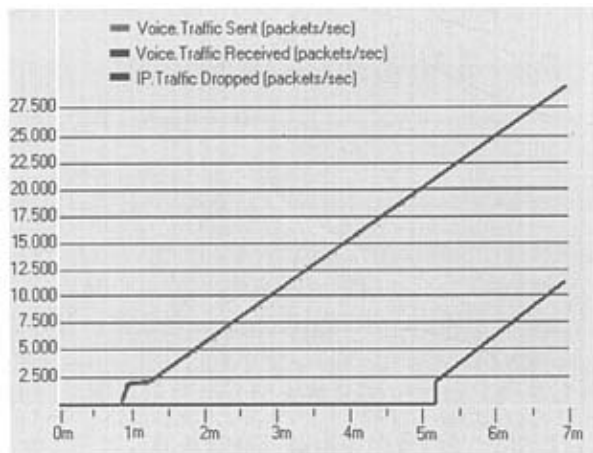
(d)

图 4.10 VoIP 流量和网络延迟
Fig. 4.10 VoIP traffic and network delay

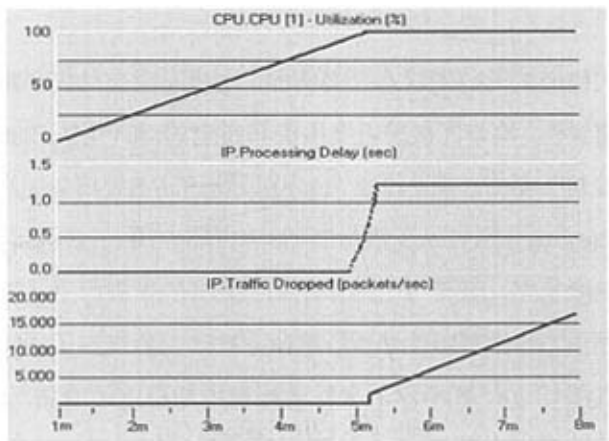
图4.10(c)所示的仿真延迟是一个100采样值的最大值。OPNET默认延迟配置是100采样平均值模式。图4.10(d)描述了一个不同的采样模式，是以“all values”采样和绘制的。图4.10(d)描述了两种延迟类型。一个是内部的、层内通过路由器的VoIP包的延迟。这些是较大的延迟，类似图4.10(c)中所示的延迟。第二个是层间包的延迟，他们不通过路由器。这些是比较小的延迟，这些值的多数都停留在接近2.5ms。

4.3.5.2 路由器

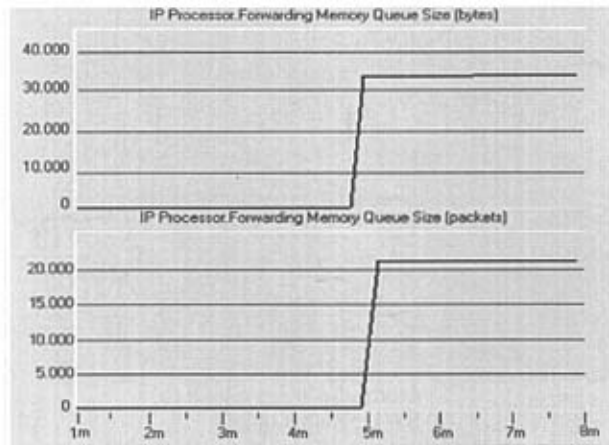
路由器对所研究的网络是一个重要的成分。研究它的健康状态、性能和行为是必需的。图4.11中显示的曲线图以大量重要的关键健康指标为结果。图形显示了IP业务、CPU利用、处理延迟、包和字节队列大小和队列延迟等关键性能指标。图4.11(a)确认场景业务在40秒开始，30秒内以来自SW1和SW2分别为812和869个包的数量单调增加。在70秒时，VoIP业务以每两秒三个通话的速度产生。图4.11(a)显示，被路由器处理的IP业务持续上升直到4分40秒。图4.11(b)显示了在这个时间，相应的CPU利用已经接近100%。这是路由器的饱和处理点，在这点上，VoIP业务发送和接收之间发生错配。在这点之后，路由器缓存开始迅速加载新的通话，结果导致包丢失，如图4.11(a)所示。包丢弃发生在25秒之后，正好是5分15秒。在这点，路由器推进队列的32M内存是完全足够的，如图4.11(c)所示。相应的队列延迟，如图4.11(d)显示，急剧地增加，它以大约1.25秒的延迟持续上升。这个延迟能被检验和理论上地近似，使用M/M/1/B排队模型，如 β/μ ， μ 是包的数量， μ 是路由器推进速度18750。存储在路由器内存中的包数量 β ，如图4.11(c, d)所示，能通过用1518字节除以32M来计算。在OPNET中，不管实际的包大小是多少，路由器一个包占用1518字节的内存。



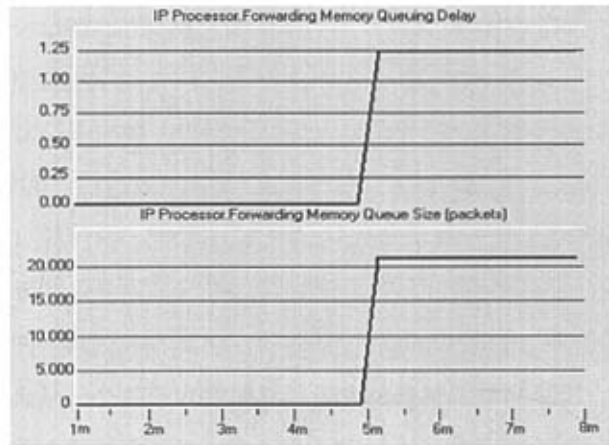
(a)



(b)



(c)

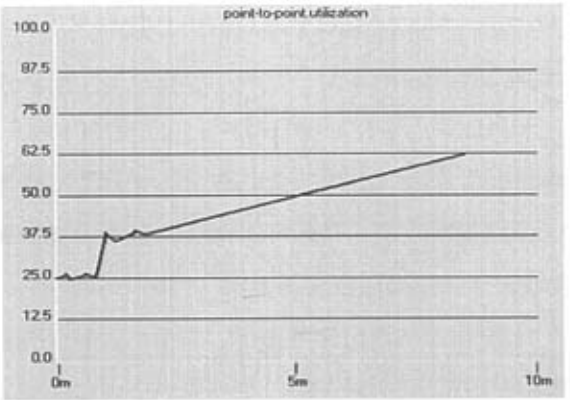


(d)

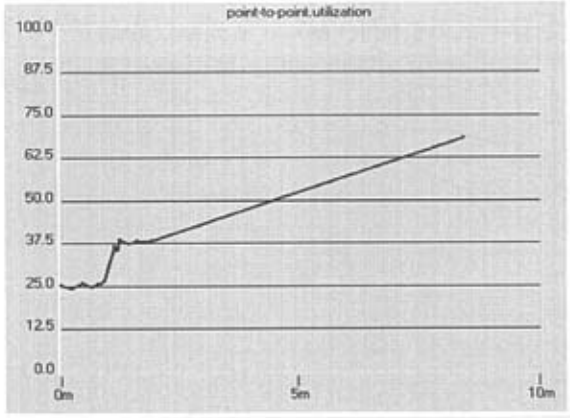
图 4.11 路由器的关键健康指示器
Fig. 4.11 Key health indicators for the router

4.3.5.3 链接

在网络中检查关键链接的健康状态是必需的。连接同层交换机和路由器的上行和下行链接有非常大的重要性。检查连接层内交换机和指定的对产生VoIP业务可信赖的工作站的上行和下行链接是必要的。图4.12(a, b)分别显示了从SW1和SW2到路由器的上行链接曲线图。图4.12(c, d)分别显示了路由器到SW1和SW2的下行链接曲线图。我们发现，链接一般都是健康状态，甚至每个链接附加上25%的扩展因素。正如我们在仿真运行时描述的，链接利用25%，在40秒时当场景业务被产生后提高了10%。因为VoIP电话是每两秒产生，所以图4.12(a, b)所示的上行链接利用是稳定地增加。然而，相应的下行链接利用不是稳定地增加，当在4分40秒路由器接近它的饱和点时是相当的平稳。



(a) SW1→Router uplink



(b) SW2→Router uplink

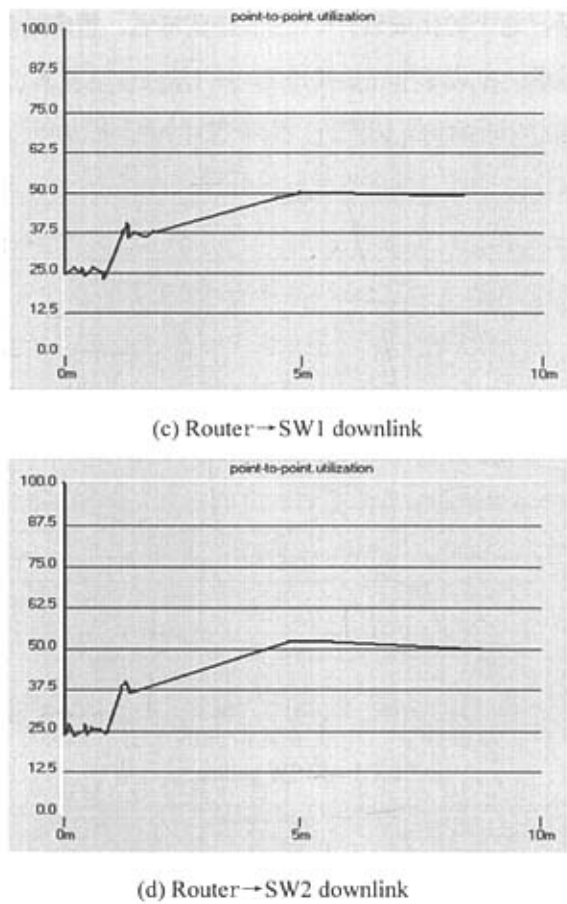
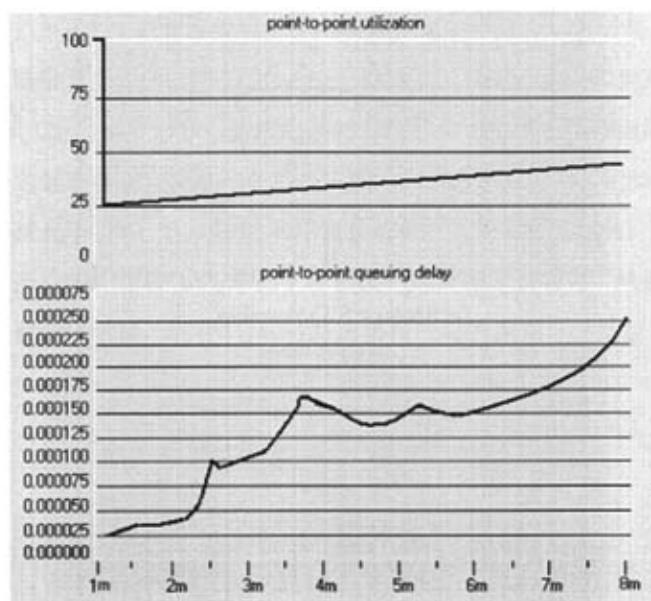


图 4.12 路由器和交换机间链路的利用率

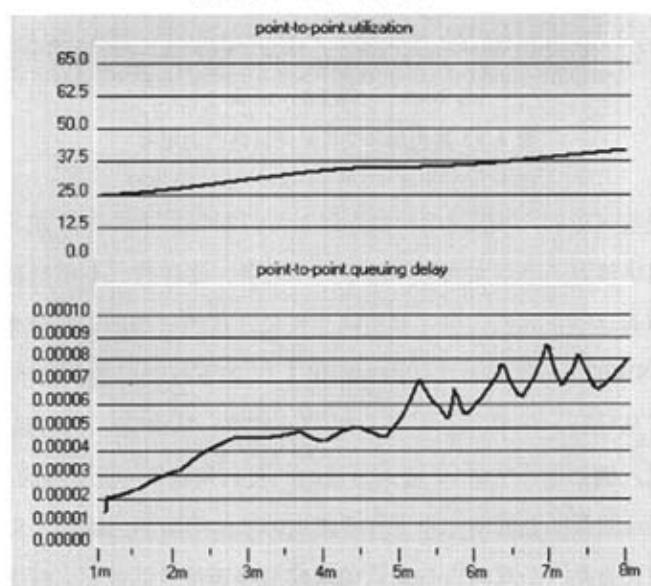
Fig. 4.12 Utilization of router↔switch links

正如我们先前讨论的，每层网络模型不能正好反映每层多媒体PC机。为了自动操作仿真运行，层网络接近三个以太网工作站来产生业务。这样的一个模型是足够的，我们用它来长时间照看这些指定的工作站和层间交换机连接的链路的健康状态。图4.13显示连接F1_C1和F1SW的上行链路和连接F3SW和F3_C2的下行链路的利用率和相应的排队延迟。这描述了从1层F1_C1初始到3层F3_C2终止的单行VoIP通话的边缘链接。图形显示对于最坏情况，例如当产生615个通话总量时，我们只获得一个15%的利用增加和在上行链路上0.23ms的排队延迟增加和下行链路上0.06ms的增加，或两个总的0.29ms的延迟。这个延迟被认为是一个双向VoIP通话的现实边缘链接排队延迟。在这个图形中，仿真时间70秒时，对两个链接会产生一个0.02ms的延迟。我们在下面示范，对于306个通话的稳定仿真，这个仿真没有包丢失，产生排队延迟和边缘链接利用都很小。实际上，对于边缘上行链路和下行链路，我们获得一个5%的额外利用和一个0.05ms的排队延迟。

对于一个单向VoIP通话，这个转化成只有0.1ms的排队延迟，考虑到对于一个边缘上行链路的延迟和另一个对于一个边缘下行链路的延迟。



(a) F1_C1→F1SW uplink



(b) F3_C2→F3SW downlink

图 4.13 层子网边缘链路

Fig. 4.13 Floor subnet edge links

4.3.6 仿真环境和精确性

我们的OPNET仿真是在实验室一台普通电脑上执行的。它的操作系统Windows XP, 处理器是Celeron(R), CPU为1.70GHz, 内存为256M。仿真用了15个小时, 产生了722, 000, 000个事件, 执行的平均速度为每秒13878个事件。这个仿真时间是可能减少的, 通过在仿真开始时配置更多通话的产生, 比如说300, 之后以每2秒三个通话的速度慢慢地增加通话。另外, 我们也可以在更早的时间停止仿真, 比如用6分钟取代原来的8分钟。

为了获得仿真结果的精确性(精密的置信度), 根据Pawlikowski, Law和Kelton介绍的指导方针, 我们把仿真复制五份, 分别在OPNET上以不同的初始值运行^[52-53]。OPNET的伪随机数发生器是以有安全许可的BSD算法为基础的, 如, 没有涉及到随机数字流的重叠, 任意的整数成为初始值。每个仿真产生了非常相似的图形结果, 和我们先前说明的仿真结果一样, 它们都产生相同的所能支持的通话总量。

4.3.7 最后仿真运行

基于上面的仿真结果, 现有网络在满足吞吐量、反应时间和包丢失率的VoIP QoS的情况下能支持330个通话。在上面的仿真业务中, 音频通话以每两秒的时间增加。我们执行一个最终的仿真运行, 在仿真开始时, 也就是说70秒之后, 一次加入330个通话。我们让仿真执行的时间延长一些, 比方说5分钟。之后我们检查每个网络元素的健康状态。在这个实验里, 支持330个通话的仿真是不成功的。这个仿真结果显示, 在业务发送和接收之间的错配和延迟超过80ms。然而, 一个306个音频通话的成功仿真显示出了正常的结果: 没有包丢失, 端到端延迟为2.25ms, 路由器和交换机的CPU和链路得到足够的利用。为了计算边缘链路从相同的工作站因为产生VoIP业务所产生的额外排队延迟, 0.10ms的延迟不得不从2.25ms中减去。这样, 有效的端到端网络延迟为2.15秒。

在最初初始的三个通话产生之后, 同时产生303个通话的配置如图4.14所示。对于三层网络中指定的发送工作站的每个VoIP应用业务如图4.8所示的被配置, 除了图4.8(d), 它的属性已经在图4.14中改变。图4.14显示, 每个工作站将会一次产生101个通话, 因此, 一次产生的通话总数是 $3+101*3=306$ 个。

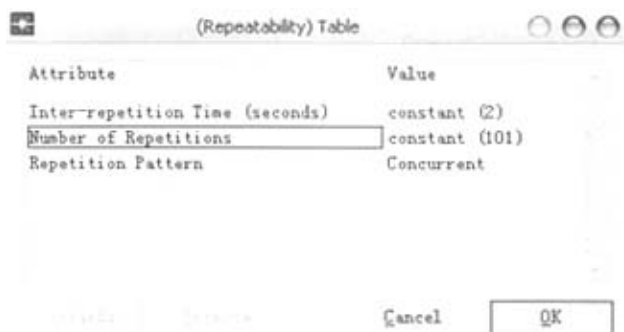


图 4.14 产生 306 个通话的重复面板

Fig. 4.14 Repeatability table to generate 306 calls

4.4 设计和工程结论

从对仿真结果和所研究网络的观察，得出以下的网络设计和工程结果：

(1) 保留25%扩展因素的现有网络在满足VoIP QoS要求和不影响现有网络服务或应用性能的情况下能支持306个通话。

(2) 对于306个通话，能遇到2.15ms的网络延迟。

(3) 所有网络资源都支持25%的安全扩展因素。

(4) 网络主要的瓶颈是路由器。如果所研究的企业期望在不久的将来扩大，例如，超过306个通话的需求，必需更换路由器。路由可以替换为普通的Layer-3 Ethernet交换机，这样，可以缓解路由器从1层到2层发送层间通话。在过早地改变其它网络组件之前，我们必需找出通过替换路由器能支持多少个VoIP通话。

(5) 支持VoIP的网络能力受网络吞吐量的限制要比延迟的限制多。这是因为我们研究的现有网络很小，没有大量中间节点。如果我们有一个大范围的LAN或WAN，网络延迟限制将会成为重要的因素。

4.5 小结

本章介绍了一个详细的评估网络对于VoIP的完备性和支持的OPNET仿真方法。该方法能帮助网络研究人员和设计者确定在网络上部署VoIP之前多少个适当的VoIP能够执行。用这样的方法，在部署VoIP之前，在满足所有现有和新网络服务、保留足够扩展能力的情况下，预测网络所能支持的VoIP通话的数量。另外，本章讨论了许多与VoIP部署相关的设计和工程问题。这些问题包括VoIP业务和QoS需求的特性、VoIP流和通话分布、定义将来扩展能力、场景业务的测量和影响。

第五章 结论与展望

5.1 结论

本文介绍了VoIP的通信原理、实现方式、系统组成,并详细分析了影响VoIP QoS的主要因素及其主要QoS技术参数。还深入分析了VoIP的两大重要标准H.323, SIP, 以及用于保证VoIP QoS的RSVP协议。并对IntServ, Diffserv以及MPLS的服务模型的基本结构、主要组成部件及QoS实现技术进行了深入研究和分析。

本文提出了VoIP系统中的资源管理(特别是带宽)的一种改进算法,来改善QoS和提高带宽利用。这个新的RM算法通过对两个不同的实验拓扑进行仿真来做评估。结果显示瓶颈链接的带宽利用有4%~8%的改进。

最后,本文提出了一个详细的成功部署 VoIP 的基于 OPNET 的仿真方法。这个方法可以在购买和部署 VoIP 设备之前,预知 VoIP 通话的数量,这个数量与具有所有令人满意的网络服务 QoS 需求的现有网络上的数量相同,而且还可以为将来的扩展留下足够的空间。

5.2 展望

本文提出的RM改进算法中,最重要的是路由器中的最佳路径方法。在某些方面,它也能通过其它的方法实现,例如通过使用MPLS协议。在以后的工作中,通过其它的方法来实现改进算法中的最佳路由方法。

在VoIP的部署仿真中,本文只考虑了点对点的音频通话。作为将来的工作,我们要注重实现重要的VoIP应用,如,VoIP会议及即时消息。同样作为将来的工作,我们要观察评估部署其它流行的实时网络服务,如多媒体、视频和Web会议等部署的网络支持和完备性。

另外,由于本人水平有限,我们的VoIP部署仿真方法中没有用到QoS解决方案和本文提出的改进算法。在将来的工作中,我们要把VoIP的QoS解决方案和资源管理改进算法用到VoIP的部署仿真方法中,更全面的进行VoIP部署性能研究。

参考文献

1. CNNIC, 第十八次中国互联网络发展状况统计报告[R],
www.cnnic.cn/html/Dir/2006/07/19/3994.htm, July, 2006
2. Mark, Iller. Strategies for the Converged Network [M], Hungry Minds, February 15, 2000
3. ITU-TR ec. H.323, Visual telephone systems and equipment for local area networks which provide a non-guaranteed quality of service [S], Geneva , Switzerland, May 1996
4. Handley M., Schulzrinne H., et al. SIP:Session Initiation Protocol [S], RFC 2543 , March 1996
5. Asim Karim. H.323 and Associated Protocols, <http://www.hut.fi/~ttoivan/index4.html>, Dec. 1999
6. Prasad, Hurni. A Scalable Distributed VoIP Conferencing Using SIP [A], Proceedings of the Eighth IEEE Symposium on Computers and Communications [C], ISCC 2003, 2003, pt.1, vol.1, p 608-13
7. Tam, Goh. Session Initiation Protocol [M], Industrial Technology, Dec. 2002
8. Alan B . Understanding the Session Initiation Protocol [J], Artech House, January 15, 2001
9. M.Arango, A.Dugan, I.Elliott, et al. Media Gateway Control Protocol (MGCP) Version 1.0 [S], IETF RFC2705, October 1999
10. N.Greene, B.Rosen, M.Ramalho, et al. Media Gateway Control Protocol architecture and Requirements [S], IETF RFC 2805, April 2000
11. 龚双瑾, 刘波. 下一代电信网的关键技术[M], 北京: 国防工业出版社, 2003, 241-25
12. 靡正琨. IP 网络电话技术[M], 北京: 人民邮电出版社, 2000
13. 黄永峰. 因特网语音通信技术及其应用[M], 北京: 人民邮电出版社, 2002
14. Wong, W.T.K., Mack, R.M.; Cheetham, B.M.G; Sun, X.Q., Low Rate Speech Coding for Telecommunications [J], BT Technology Journal, v 14, n 1, Jan. 1996, p 28-44
15. ITU-T Rec. G.723.1. Speech coders: dual rate speech coder for multimedia communicationst ransmitting at 5.3 and 6.3kbit/s [S], 1996
16. ITU-T Rec.G .728.Coding of Speech at 16kbit/s using low-delay code excited linear prediction [S], 1992
17. ITU-T Rec. G.729. Coding of Speech at 8kbit/s using Conjugate Structure Algebraic-Excited Linear Prediction (CS-AELP) [S], 1996

18. Uyless Black. VoIP over IP [M], 北京: 人民邮电出版社, 2000
19. Casner S., Jacobson V., et al. Compressing IP/UDP/RTP Headers for Low-Speed Serial links [S], RFC 2508, February 1999
20. Jonathan Davidson, Tina Fox. Deploying Cisco Voice over IP Solutions [M], 北京: 人民邮电出版社, 2003
21. 王琦, 马跃, 喻炜. VoIP 中为保证语音质量所采用的关键技术[J], 中国数据通信, Vol.4, No.2, 2002, 25-29
22. Daniel Collins. VoIP 技术与应用[M], 北京: 人民邮电出版社, 2003
23. Braden R., et al. Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview [S], RFC 1633, June 1994
24. Braden R., et al. Resource ReSerVation Protocol(RSVP)-Version 1 Functional Specification [S], RFC 2205, September 1997
25. Blake S., Black D., et al. An Architecture for Differentiated Services [S], RFC 2475, December 1998
26. Rosen E., Viswanathan A., et al. Multiprotocol Label Switching Architecture [S], RFC 3031, January 2001
27. Awduche D., Malcolm J., et al. Requirements for Traffic Engineering Over MPLS [S], RFC 2702, September 1999
28. Nichols, Kathleen, et al. Definition of the Differentiated Services Field(DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers [S], RFC 2474, December 1999
29. Heinane J., Blaker F., et al. Assured Forwarding PHB Group [S], RFC 2597, June 1999
30. J.Wroclawski, The Use of RSVP with IETF Integrated Services [S], RFC 2210, September 1997
31. K.Mase , Y.Toyama , A.Bilhaj , Y.Suda, QoS Management for VoIP Networks with Edge-to-Edge Admission Control [J], GLOBECOM 2001-IEEE Global Telecommunications Conference, no.1, Nov 2001, pp.2556-2560
32. C.Prehofer, H.Muller, and J.Glasmann, Scalable Resource Management Architecture for VoIP [A], 5th International Conference on Protocols for Multimedia Systems [C], PROMS 2000, Cracow, October 2000
33. P.Pan, and H.Schulzrinne, YESSIR: A Simple Reservation Mechanism for the Internet [J], ACM Computer Communication Review, Vol.29, No.2, Apr.1999, p 89-101
34. H.Zhang, Providing Guaranteed services without Perflow Management [A], SIGCOMM'99 [C], Boston, US, Oct.1999

35. Overview of Bandwidth Broker System' [EB/OL],
<http://www.ittc.ukans.edu/~kdrao/845/index.html>, May 2001
36. G.Bianchi, A.Capone, and C.Petrioli, Throughput Analysis of End-to-End Measurement-based Admission Control in IP [A], in Proceeding IEEE INFOCOM [J], Tel Aviv, Israel, March 2000, Vol.3, p 1461-1470
37. Mase, K.; Kobayashi, H., An efficient end-to-end measurement based admission control for VoIP networks [A], 2004 IEEE International Conference on Communications (IEEE Cat. No.04CH37577) [C], 2004, Vol.4, p 1877-81
38. el Allali H, Heijenk G, Lo A, Niemegeers I. A measurement-based admission control algorithm for resource management in Diffserv IP networks [A], 2006 IEEE 17th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (IEEE Cat. No. 06TH8881) [C], 2006, p 5
39. M.Yang, Y.Huang, J.Kim,M.Lee, T.Suda , M.Daisuke, An End-to-End Qos Framework with On-Demand Bandwidth Reconfiguration [J], IEEE INFOCOM 2004, Hong Kong, March 2004
40. D.Katz, K.Kompella, and D.Yeung. Traffic Engineering (TE) extensions to OSPF version2 [S], RFC 3630, Sep.2003
41. Goode B. Voice over Internet Protocol (VoIP) [A], Proceedings of the IEEE [C], v90, n9, Sept. 2002, p 1495-517
42. Davies, Dan. VoIP (Voice over Internet Protocol) [J], Pulp and Paper Canada, v106, n5, May 2005, p 15
43. Jiang W, Schulzrinne H. Towards Junking the PBX: deploying IP telephony [A]. In Proceedings of ACM 11th International Workshop on Network and Operating System Support for Digital Audio and Video [C], Port Jefferson, NY, June 2001, p 177 - 185
44. Jiang W, Koguchi K, Schulzrinne H. QoS evaluation of VoIP end-points [J], International Conference on Communications, v 3, 2003, p 1917-1921
45. Avaya Inc. Avaya IP voice quality network requirements, <http://www1.avaya.com/enterprise/whitepapers>, 2001
46. Recommendation H.323. Packet-based multimedia communication systems [EB/OL], ITU, 1997
47. James JH, Chen B, Garrison L. Implementing VoIP: a voice transmission performance progress report [J], IEEE Communications Magazine, v 42, n 7, July 2004, p 36-41
48. Markopoulou A, Tobagi F, Karam M. Assessing the quality of voice communications over internet backbones [J], IEEE/ACM Transaction on Networking v 11, n 5, October

- 2003, p 747-760
49. CAIDA, <http://www.caida.org/tools/taxonomy>, April 2004
50. Riley S, Breyer R. Switched, Fast, and Gigabit Ethernet (3rd edn) [M], Macmillan Technical, New York, 2000
51. OPNET Technologies, <http://www.mil3.com>
52. Pawlikowski K, Jeong H, Lee J. On credibility of simulation studies of telecommunication networks [J], IEEE Communications Magazine, v 40, n 1, January 2002, p 132-139
53. Law A, Kelton W. Simulation Modeling and Analysis (2nd edn) [M], McGraw-Hill, New York, 1991

致 谢

在论文完成之际，谨向为我在研究生学习和生活期间倾注了大量心血的老师和提供了大量帮助的同学表示深深的谢意。

首先我要向王翠荣教授表示崇高的敬意。本文的研究工作是在我的导师王老师的精心指导和悉心关怀下完成的，在我的学业和论文的研究工作中无不倾注着王老师辛勤的汗水和心血。王老师在科研和工作中严谨治学，勇于创新，无私奉献的精神使我受益匪浅。在此论文完成之际，我向王老师致以深深的敬意！并对长期以来对我的悉心培养和关怀表示最真诚的感谢！

在学习和科研期间，我还得到了许多老师、同学和师兄弟的热情关心和大力帮助，在此也深表感谢！并向所有关心和帮助过我的领导、老师、同学和朋友表示由衷的谢意！

其次，我要深深地感谢我的父母和亲人们，他们的关心、支持和鼓励是我最大的学习动力和幸福的源泉，在我成长的每一个足印里，都倾注了他们的心血和汗水，再次感谢我的亲人们！

最后，衷心感谢在百忙之中审阅论文和参加答辩的各位专家、教授！

作者: 冯斌
学位授予单位: 东北大学

相似文献(10条)

1. 期刊论文 李锋, 徐磊, LI Feng, XU Lei 基于MPLS区分服务的Linux流量控制的实现 -微计算机信息2008, 24(15)

Linux提供了强大的流量控制功能来给流量进行分类和区分, 该论文针对Linux内核中的流量控制机制进行分析, 结合区分服务模型, 提出一个针对MPLS区分服务的Linux流量过滤器实现方案。

2. 学位论文 陈彦 集成服务中资源预留协议的研究及其原型系统的实现 2001

该论文着重研究了集成服务体系中的关键组成部分——资源预留协议(RSVP)的协议机制及其实现。在国内外现有研究的基础之上, 提出了一种应用程序与RSVP协议的接口改进方法, 并实现了一个集成服务的原型系统。该论文的第一章介绍了QoS协议的产生与研究现状, 尤其是IntServ/RSVP体系的国内外研究情况, 提出该论文研究的必要性; 第二章讨论了集成服务的实现框架模型, 分析了集成服务要求下的资源调度策略以及调度策略对通信量参数的影响; 第三章重点分析了RSVP协议的特点, 包括其优势与缺陷, 并与ATM的QoS控制功能实现进行比较; 第四章详细分析了集成服务原型系统各个模块的实现; 第五章提出了针对集成服务及RSVP的缺陷的改进方法; 第六章讨论了RSVP协议与其他服务体系或协议结合的使用; 最后是总结和对未来工作的设想。

3. 期刊论文 范亚芹, 王琳珠, 任姣姣, FAN Ya-qin, WANG Lin-zhu, REN Jiao-jiao 基于移动IP网络端到端的QoS保证

方法 -吉林大学学报(信息科学版) 2008, 26(2)

针对移动IP网络, 由于资源有限、有效带宽不可预测、差错率高等原因造成的QoS(Quality of Service)问题, 提出了在移动IP网络中的QoS保证方法。该方法将资源预留协议(RSVP:Resource Reservation Protocol)和区分服务(DiffServ:Differentiated Services)协议相结合, 采用映射技术, 实现了在移动IP上提供端到端的QoS保证机制, 从而解决了传统移动IP网络中端到端通信时扩展性差的问题, 与原有网络相比, 其通信质量提高了30%。

4. 学位论文 陈嘉明 基于区分服务的VoIP语音质量的研究 2004

近年来, Internet技术和应用获得始料不及的发展。IP网中传输的信息已由单纯的文本数据演变到丰富多彩的多媒体信息(如语音、图像图形、实时视频等)作为因特网上的电话服务, IP电话已被视为电话网络发展的新时代, 并成为下一带网络(NGN)的发展目标之一。虽然IP电话有众多发展优势, 它也存在一些阻碍其发展的劣势, 其中主要体现在IP网络上的并不十分理想的语音质量。由于IP网络的设计初衷仅是处理非实时数据, 只能提供“尽力而为”服务, 所以并不能满足传输音频和视频这样的实时数据所需的服务质量。如何提高实时性能, 确保通信的QoS, 是IP电话系统的关键技术要求, 也是它的一个技术难点。该文以基于H323的IP电话为研究对象, 从应用层和网络层两个方面来探讨如何保证VoIP的质量, 希望能在现有网络基础上为用户提供优质的VoIP服务。文中首先阐述了IP电话的技术背景和发展前景, 分析了影响IP电话服务质量的典型因素, 主要是时延、抖动以及丢包率。从应用层和网络层两个方面去讨论提高VoIP的QoS的方法。在应用层上通过收集RTP/RCTP提供的网络信息, 估计出当前网络的状态, 是否存在阻塞, 从而采取尽可能的措施改进质量。在网络层上讨论了当前几种在网络层上提供QoS的技术以及它们存在的缺点。着重分析了区分服务(Diffserv)的体系结构, 提出了只在网络的瓶颈上的路由器实现Diffserv, 既减少了对现有网络的改动, 又能为VoIP等实时性较强的通信流提供一定的QoS。最后在网络模拟器NS2上进行了仿真并分析了结果。

5. 期刊论文 王海涛 Internet区分服务模型及其实现策略 -现代有线传输2002(1)

区分服务模型是IETF提出的用于在Internet上支持QoS的重要机制。首先说明了区分服务模型提出的背景, 然后讨论了区分服务模型的技术特点和研究现状, 最后详细阐述了区分服务研究和实现的各个方面, 并对区分服务的应用前景提出了一些看法。

6. 学位论文 邓娜 区分服务域中Bandwidth Broker的应用研究 2003

根据需要, 人们提出了服务质量(QoS)的概念, 这给解决传统模型不支持实时业务的问题带来了希望。从OSI不同层次看QoS, 会有不同的定义。该文仅仅讨论网络层的QoS定义。该文深入研究了区分服务域中BandwidthBroker的模型, 找到该模型体系结构存在的一些问题和困难, 分析了基于因特网区分服务域的BB系统的可行性。提出了基于区分服务域的BB支持的保证QoS服务的模型QGuaranteedModelbasedonBBof DiffServ, 并把BB技术与现有网络层中的路由算法有机地结合起来, 提出了一种新的QoS路由算法, 该算法可以在不改变现有互联网络体系结构基础上更好的支持实时业务, 与尽力而为模型一起共同支撑互联网业务。

7. 期刊论文 徐洪峰, 张海, 龙海, 丁玉琴 网络服务质量体系 -考试周刊2007(21)

本文主要描述当前Internet中发展在结构、体系和协议上的服务质量(QoS), 在短期的被提议的QoS的标准方法已经开始实施。我们关注网络QoS目前的发展水平, 主要是建立在区分服务的原理上。在现实当中我们设法去执行这些结构时会遇到以下几个问题: QoS的问题、提供QoS的网络监控和终端用户接受控制QoS。

8. 学位论文 陈文军 基于H. 323协议的VoIP网络的QoS研究与设计 2005

随着Internet的发展, VoIP(VoiceoverIP)已逐渐取得广泛应用。但IP网络尽力而为的承载业务方式已经难以保证VoIP这样的实时数据业务的服务质量, 于是, QoS(QualityofService)控制和管理对于VoIP已愈发显得重要, 也是计算机网络长期以来的研究焦点之一。

IETF(InternetEngineeringTaskForce)已经建议了很多服务模型和机制, 以满足QoS的需求, 其中比较有名的有: 综合业务模型(IntServ)、区分业务模型(DiffServ)。IntServ/RSVP利用RSVP信令协议在端到端之间预留带宽和缓冲区等资源, 从而确保所需的服务质量; 而作为目前最有发展前途的IP网络QoS支持技术的DiffServ, 将具有相同特性的数据流聚合, 以向用户提供若干种类的服务。而将两种机制结合引入到H. 323协议中, 则可以更有效的享有资源并且能提供有保证的服务。

本文主要论述了QoS的体系结构, VoIP技术的基本原理以及两种协议H. 323和SIP, 介绍了几种QoS控制实现技术: 报文分类、接纳控制、QoS路由、队列管理等。最后, 围绕H. 323对QoS的要求和应用, 分别叙述了H. 323系统的区分服务以及协议应用; 利用网守阶层模型和邻居、后备网守实现系统的负载均衡, 建立一种基于RTCP报告反馈的质量控制策略, 根据网络状况动态调整服务质量参数; 并且使用Winsock2GQOSAPI编程实现了RSVP会话建立和QoS协商过程; 最后, 通过线程池和Socket管理模型来对网守的系统资源进行有效利用。

9. 期刊论文 魏航, 杨学良 IP宽带网络服务质量保证部署的实用研究 -计算机应用2004, 24(1)

给出了对IP宽带网络从间接QoS和直接QoS两个角度进行QoS部署的一般性思路。对于间接QoS, 给出了通过MPLS流量工程进行流量平衡的一般性建议; 对于直接施用QoS机制的方式, 提出了在网络核心部署高效率的区分服务, 通过Pass-through的方式对用户端的RSVP信令给予支持方法, 并给出了一些相关概念和工程实施的建议。

10. 学位论文 张香芸 IPv6下的服务质量(QoS)保证技术研究 2006

随着互联网络的高速发展, 越来越多的实时业务在网络中传输, 这些业务对数据传输的带宽、延时、抖动都有更高的要求。目前的基于IPv4的Internet只提供“尽力而为”(Besteffort)服务, 因此这种服务机制已经难以满足要求。IPv4网络将向着IPv6网络的方向发展, 同时, 各种现有网络服务也必将会转移到IPv6上运行。提供可靠的网络服务和保证服务质量是未来IPv6网络发展中需要解决的关键问题。

IPQoS的研究目标是有效地为用户提供端到端的服务质量控制或保证。由于IPv6和IPv4的相似性, IPv4下的QoS保证技术已经获得比较好的发展, 因此在IPv6大规模部署之前, 可以先借鉴IPv4QoS的成果, 将集成服务模型、区分服务模型以及MPLS等QoS技术应用到IPv6网络中来。近几年的研究表明网络路由算法对实现网络保证质量的服务起到了非常关键的作用, 对QoS路由的研究已经成为QoS研究领域中的一个非常重要的研究方向。由于基于多个约束条件建立的网络模型可以更准确地反映实际的QoS路由选择问题, 所以本文主要研究IPv6网络环境中的多约束QoS路由算法。

本文首先介绍了IPv6的特点和实现IPQoS的关键技术，并对各种技术存在的问题做了总结；然后探讨了流量类别、流标签字段以及逐跳选项扩展报头和路由扩展报头在QoS保证中的应用，提出了利用逐跳选项扩展报头实现集成服务模型的方法；接着针对目前关于QoS的研究主要着眼于调度、拥塞控制和资源预留，而对QoS路由研究得较少的情况，将研究重点放在QoS路由技术上。分析了QoS路由与QoS框架的关系，研究了已有的多约束QoS路由算法，在IPv4扩散算法的基础上，提出了一种IPv6网络环境中的基于选择性扩散法的多约束QoS路由算法。算法中利用IPv4选择性扩散法的基本思想减少探测包的数量并避免产生路由回路，利用流标签字段唯一标识业务流并加速包分类，利用逐跳选项扩展报头记录QoS请求并完成接入控制，利用路由报头记录探测包的转发路径并提供确认包的返回路径。该算法既保留了IPv4扩散算法的优点，同时克服了IPv4扩散算法的缺点，又能适应IPv6网络环境。最后本文利用NS-2仿真软件对该算法进行了仿真并得出结论，该算法可以大大减少探测包的数量，因此减轻了网络负担。

本文链接：http://d.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y1220224.aspx

授权使用：东北师范大学图书馆(dbsdt)，授权号：e1749992-1fe6-4d55-8a3c-9eef01485730

下载时间：2011年5月26日