



VoIP 系统在下一代网络中的 QoS 保障^{*}

彭红姣, 刘尚东, 陈夏梅

(南京邮电大学计算机学院 南京 210003)

摘要: 针对 VoIP 系统的质量问题, 将 3GPP IMS 中基于业务的网络策略控制机制融入 VoIP 的 QoS 保障中, 以 SIP 作为信令协议, 提出具有 QoS 能力的 SIP VoIP 系统网络功能结构、QoS 分层控制模型。详细分析了其 QoS 呼叫控制过程, 给出了扩展的 SIP 代理服务器和 UE 的功能要求以及路由器对 QoS 信息的支持。新增策略决策功能模块能力, 详细分析了上述功能实体之间接口的作用和交互的 QoS 信息。通过在 VoIP 系统 SIP-QoS 代理服务器的各 QoS 功能模块和原型系统中的应用, 验证了模型的可行性和有效性。

关键词: IP 语音通信; 下一代网络; 服务质量; 会话启动协议

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.08.011

QoS Guarantee for Next Generation Network in the VoIP System

Peng Hongjiao, Liu Shangdong, Chen Xiamei

(School of Computer Science & Technology, Nanjing University of Posts and Telecommunication, Nanjing 210003, China)

Abstract: For the QoS of VoIP system, integrating the service based mechanism of network policy control within 3GPP IMS into QoS of VoIP, the SIP was adopted as signaling protocol. The function architecture with QoS capabilities and model of layered QoS control was proposed. Based on the investigation of QoS calling control process, a SIP delegate, feature requirement of UE and router with QoS information were introduced. The module armed with policy decision ability was created. The QoS interacting messages between interfaces of all modules were studied. Through utilizing the suggested mechanism in QoS modules and prototype of VoIP SIP-QoS delegating server, feasibility and availability were validated.

Key words: VoIP, NGN, QoS, SIP

1 引言

网络技术的大力发展,催生了 VoIP 技术,打破了传统的语音通话模式,自 VoIP 出现以来,开发了许多即时网络语音软件,利用 IP 网络提供实时语音和视频服务的低成本和未来的发展前景也吸引了网络服务提供商的关注,电话会议、视频流传输、互动游戏、远程学习等实时交互式的

音频/视频应用迅速增长;各大企业、组织机构等在信息化建设过程中,除了电话、邮件等传统通信方式外,为了实现办公成本的最低化^[1],部署 IP 电话可大量节省内部通信费用;同时,随着移动互联网骨干网对 IP 电话的支持、Wi-Fi 入网限制的解除,要求下一代网络即使在重网络负载情况下,也能够适当减少承载呼叫数量的同时仍有效承载语音业务等,VoIP 业务受到新一轮的青睐,智能手机用户在

^{*} 江苏省自然科学基金资助项目(No.BK2011754),南京邮电大学实验室建设与设备管理研究课题基金资助项目(No.2012XSG08)



通信模式中有了更多的选择,可以利用互联网发送和接收语音数据。但由于 IP 网络设计的初衷针对的是数据业务,而非实时应用,不能提供严格的 QoS 保障,VoIP 通信中还会出现时延、抖动、分组丢失等现象,影响 VoIP 语音质量。因此,如何在 IP 网络上提供令人满意的实时语音服务仍然是当前研究的难点问题。

目前已有诸多文献对 VoIP 的 QoS 问题进行了多方面的研究。参考文献[2~5]中对影响 VoIP 语音的原因和语音质量局部改善的方法进行了比较多的讨论。从传输层面考虑,参考文献[6]研究使用改进的 TCP 友好控制机制(TFRC),在基于 UDP 的 VoIP 应用中融入流量控制机制,公平地处理携带小分组的语音流和其他数据流,解决网络拥塞的问题,从而保障 VoIP 的服务质量;参考文献[7]研究当网络拥塞时,应用随机早期检测 RED 算法,进行三维量化分析,控制数据分组的时延、抖动、分组丢失率,低成本地提高 VoIP 的通话质量;参考文献[8]提出在下一代网络中,应用实时传输协议(RTP)以及应用层信令控制协议(RTCP),通过两者之间的配合来确保最低限度的语音数据分组丢失,得到 IP 语音的最小分组丢失率;参考文献[9]通过对 RTP/RTCP 的应用扩展,在接入网络异构融合情况下,对 VoIP 系统进行智能切换,以解决由于异构网络和终端性能的不稳定以及用户需求的实时变化而导致的通话连续性差的问题。另一方面,参考文献[10]探讨了在网关或会话管理/呼叫会话控制功能中,采用合适的呼叫准入控制(CAC)策略,以增强对 VoIP 的 QoS 控制。参考文献[11]从信息安全的角度,提出了一种针对低时延需求的实时 VoIP 系统语音分组的信息伪装模型,是一种比较新的研究角度。

本文从另一种视角,根据下一代网络(NGN)对 VoIP 业务的需求,对 VoIP 系统中的 QoS 保障的研究从端用户的角度出发,分析 NGN 的分层结构及其 QoS 关键技术,参照 IETF、ITU-T、ETSI、3GPP 等组织制定的相关标准规范和建议草案,对基于 SIP-VoIP 系统的 QoS 保障技术进行了较为系统的研究和探讨,根据分级分层 QoS 技术的思路,着重理解各层 QoS 之间的关系,探寻它们是如何通过层间映射形成的,重点关注网络 QoS 的导出,针对网络 QoS 的实现,研究如何根据 NGN 的分层体系结构,确定 QoS 能力在 NGN 系统中的分布。并参照 IMS 网络结构标准^[12~14],研究 VoIP 会话的 QoS 分层控制以及关键网元的 QoS 能力。

2 下一代网络 QoS 关键技术

NGN 根据业务和传送分离的思想将网络分为业务层和传送层,每个层都有 3 个平面:管理平面、控制平面和用户平面。每个平面包含的与 QoS 相关的功能以及与网络分层的层关系如图 1 所示。

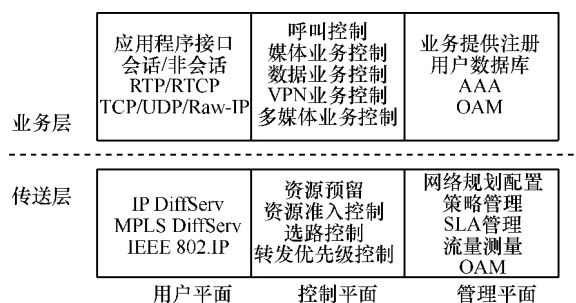


图 1 NGN 中与 QoS 相关的功能和基本分层模型

NGN 中 QoS 的关键技术包括 QoS 分类、网络传送技术、数据处理技术、控制和信令技术及资源静态配置技术。

所谓控制和信令技术,属于控制平面的功能,包括业务层控制和网络层控制,使用控制信令在控制实体之间交换 QoS 请求和协商信息。业务层控制信令和网络层控制信令通常称之为水平 QoS 信令,业务层和网络层之间交换层间 QoS 映射信息的信令通常称之为垂直 QoS 信令。通常业务层 QoS 信令可在已有的会话控制协议(如 H.323 或 SIP)中扩展必要的 QoS 信息构成;网络层 QoS 信令在传送控制实体之间交互,主要功能是预留网络资源或判定是否有足够的预留资源,IntServ 中的 RSVP 就是一个候选的网络层 QoS 信令。

3 SIP-VoIP 系统 QoS 功能设计

当前基于 SIP 的 VoIP 系统中,SIP 代理服务器的功能只是完成业务层的会话/呼叫控制,没有对 IP 网络承载层控制的交互能力。而 IP 网络中的策略服务器,决定关于 IP 网络层服务质量和资源控制的策略,它的策略配置需要策略管理者(一般就是网络管理员)来操作,并没有和业务层紧密关联,扩展性和灵活性较差。为此,3GPP 提出了基于业务的本地策略(service based local policy, SBLP)控制机制,也就是在体系结构中将会话/呼叫控制功能和资源预留决策功能有机地结合起来,通过 SIP 代理服务器和策略服务器的交互,完成对 IMS 多媒体业务承载层资源使用的授权和控制,从而保证 IMS 会话的服务质量。

因此,要保证 VoIP 端到端的 QoS,有必要设计一个具

有 QoS 分层控制能力的 SIP VoIP 应用系统,将 SIP 服务器和策略服务器的功能相结合,借鉴 IMS 中的 SBLP 控制机制,利用应用层呼叫控制信令、网络层资源预留信令以及两者之间交换信息的垂直信令(用于授权和策略的信令),将用户的 QoS 需求在会话中得到实现,从而保证 VoIP 的服务质量。控制的简要过程如下。

(1)针对将要进行的 IP 电话,主叫用户设备(UE)通过 SIP/SDP 信令机制协商媒体特性和 QoS 预置条件(如要求为会话预留资源的方向、强度等)。

(2)根据 SBLP 机制,对 UE 商定的各个媒体流,SIP proxy 提取 QoS 相关的 SDP 参数、策略决策功能对相应的 IP 流进行 QoS 资源授权,并产生授权令牌。

(3)UE 利用 RSVP 信令对协商确定的媒体执行资源预留操作,通过授权令牌,策略决策功能对请求预留的资源和授权的 QoS 资源进行比较,决定是否允许该资源预留过程进行。

(4)预留资源成功后,通过 SIP/SDP 信令对协商的预置条件进行确认,UE 双方得到成功预留资源的通知,进行后续会话建立。

满足上述设计要求的 SIP VoIP 网络功能结构如图 2 所示。其中,QoS 能力服务器是 VoIP QoS 控制的核心,它由扩展的 SIP proxy 和策略决策功能组成,具有 QoS 协商、控制和决策能力。在大规模网络环境中,VoIP 系统可能涉及多个网络域,甚至多个运营域,因此,更一般地说,网络中会有多个 QoS 能力服务器,如图 3 所示。这些服务器之间相互协作,并通过策略决策功能对相应域的传送层进行控制。

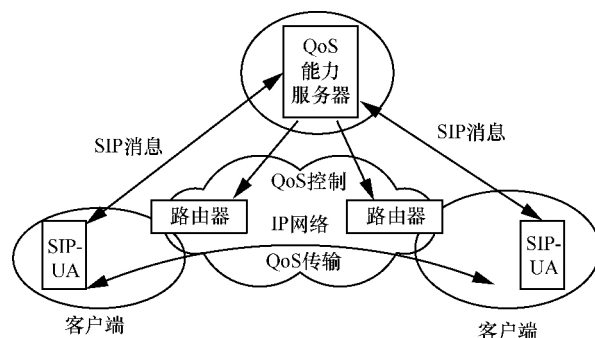


图 2 SIP 环境下 VoIP 网络功能结构

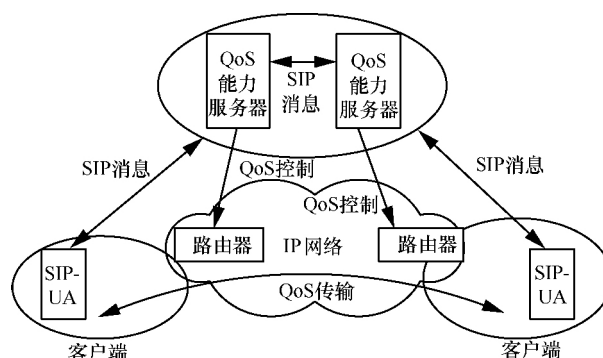


图 3 多域 SIP VoIP 网络功能结构

随着未来移动网络向全 IP 方向发展,上述体系结构不但适用于固定网络,也适用于移动核心网络。考虑到每个功能实体的功能划分,并引入 IMS 的接口,进一步可以得到包含具体功能实体和相关接口的 QoS 控制能力 SIP-VoIP 网络系统结构,如图 4 所示。

3.1 QoS 控制过程

图 4 中,UE 提供 IP 承载服务管理功能,使用 IP 层信令向远程终端提供端到端 QoS。假定 IP 骨干网具有 RSVP

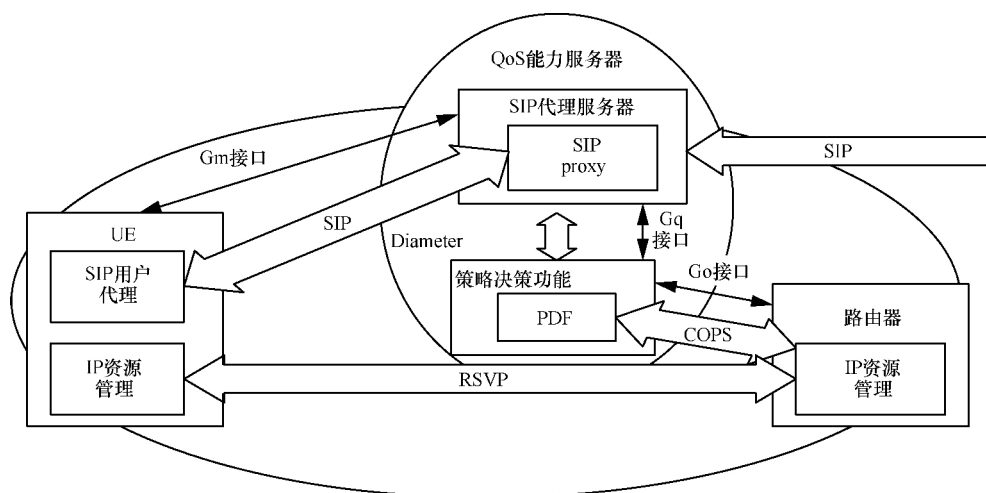


图 4 具有 QoS 控制能力的 SIP VoIP 网络



和/或 DiffServ 能力,支持 SBLP 控制及授权令牌。UE 和路由器支持 RSVP 信令,路由器不透明转发 RSVP 消息。

UE 通过 SIP/SDP 信令协商应用层的媒体和 QoS 需求,并获得授权令牌和流标识符,UE 中的 IP 资源管理功能负责通过使用合适的协议(如 RSVP)发起 QoS 资源预留请求,创建一个 RSVP 会话,在其 path 消息中携带授权令牌和流标识符作为绑定信息,传送给路由器,以找到颁发授权令牌的 PDF 及已授权的 QoS 资源。而路由器中的 IP 资源管理功能包含策略执行点(PEP)和 DiffServ 网络边缘节点功能。路由器通过 Go 接口与 PDF 进行通信,Go 接口用来传输两个实体之间的策略相关数据和策略决策,在此接口可使用 COPS 协议。SIP proxy 处理 SIP 呼叫会话控制信令,向 PDF 请求授权令牌,并提取 QoS 相关信息转发给 PDF,请求 PDF 对 QoS 资源进行授权。PDF 是一个独立的功能实体,SIP proxy 和 PDF 之间使用 Gq 接口进行通信,该接口使用 Diameter 协议。

3.2 功能实体能力

图 4 中,QoS 控制过程的功能实体包括 UE、SIP proxy、PDF 和路由器,分别具有以下功能。

(1)UE

在业务层控制功能上,除了常规的 SIP-UA(用户代理)的功能外,还必须支持 SIP 关于 QoS 支持的扩展方法 PRACK、UPDATE,头部扩展 Rseq/Rack,invite/183 中的选项(100rel,precondition)以及 SDP offer/answer 模型。在传送层控制功能上,除了常规的媒体编解码和 RTP/IP 传送功能外,还必须具有资源预留功能,可通过 RSVP 信令发起和执行资源预留,支持绑定机制,在 RSVP 消息中携带授权令牌和流标识符,以支持路由器的 SBLP 执行点功能。

(2)SIP proxy

除了常规 SIP proxy 的功能外,需要支持 SIP 关于 QoS 支持的扩展方法、扩展头部和 SDP offer/answer 模型。还需支持 SBLP 功能,通过 Go 接口与 PDF 交换基于业务的策略建立信息,即 SIP 呼叫流中的 SIP 会话控制和 SDP 会话/媒体描述信息,以支持 PDF 进行 QoS 资源的授权。支持绑定机制,从 PDF 请求授权令牌。必须装备 Diameter 客户端功能。

(3)策略决策

在这里,PDF 通过 Gq 接口,从 SIP proxy 获取基于业务的策略建立信息,然后做出策略决策。执行 SBLP 决策点功能,对 SIP 会话授权 QoS 资源。通过 Go 接口与路由器交

换资源预留决策信息,为路由器请求的资源预留做出最终策略决定。对每个来自 SIP proxy 请求的 SIP 会话产生授权令牌。装备 Diameter 服务器功能。

(4)路由器

对于路由器,这里要求它支持 RSVP 信令,支持对绑定机制的处理,从 UE 接收 RSVP 信令中的授权令牌和流标识符。支持 SBLP 执行点功能,通过 Go 接口与 PDF 交换决策请求响应消息,支持 COPS 协议。

3.3 QoS 功能模块设计

前面提出的具有 QoS 控制能力的 SIP VoIP 网络设计思想,在实现上应用在 VoIP 系统 SIP-QoS 代理服务器的各 QoS 功能模块和原型系统中,确定了 SIP 代理服务器 QoS 功能模块能力,并按照面向对象设计方法,设计其对象类图,如图 5 所示。

类图中标识了各个接口,接口上各个类之间传递的信息及其关系如下。

(1)SIP 通信处理层

接口 1~3:对应于 SIP 通信处理类的处理。由外部收到的 SIP 消息都转换成基类 SipMessage 类,然后根据不同的 SIP 消息,如果是 invite 消息则由 SipInviteMessage 类处理,是 183 消息则由 Sip183Message 类处理。

(2)QoS 控制管理层

接口 4~5:SipServerQoSFilter 类的输入信息。对 SipInviteMessage 类的 invite 消息以及 Sip183Message 类的 183 消息进行处理,提取出消息中的 QoSData 数据,并通过内部接口把 QoSData 数据交给策略调度 PdfDispatch 类。

接口 6~7:PdfDispatch 调度类收到 QoSData 数据后,转交给 PDF 中的会话管理功能 PdfSessionManager 类处理。PdfSessionManager 类根据 QoSData 数据内容,进行令牌的分配以及 QoSData 数据的处理。

接口 8、10:PdfTokenManager 类创建唯一令牌,将该令牌保存在 QoSData 类中,并将此数据作为会话决策保存在 PdfSessionManager 类中。

接口 9、11:PdfQoSDataManager 类对 QoSData 数据进行授权,生成授权的 QoS 资源,保存在 QoSData 类中,并将授权的 QoS 数据作为会话决策保存在 PdfQoSDataManager 类中。

(3)COPS 协议处理层

处理 COPS 端口上的入 TCP 请求。对每个请求,创建 CopsReq 类。

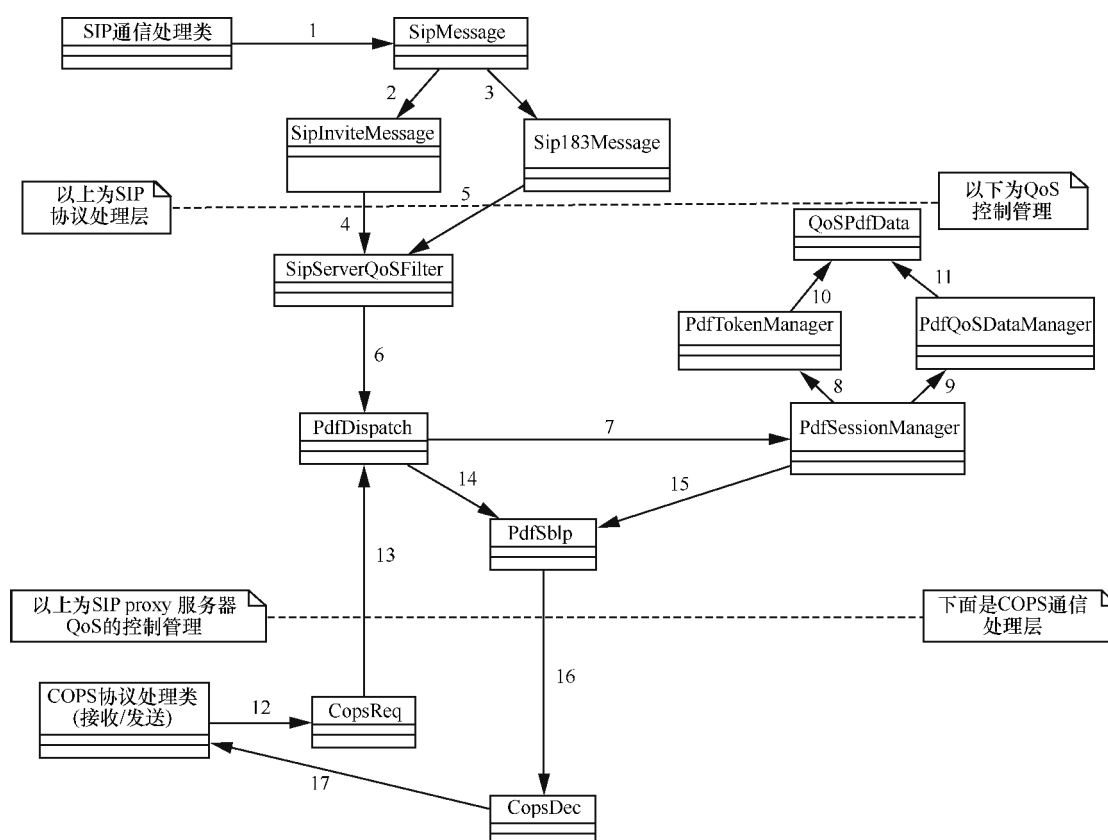


图 5 QoS 功能模块对象类

接口 12: 路由器通过 Go 接口向 SIP 代理服务器发送请求决策的请求, RSVP 信令 PATH 消息中包含授权令牌、流标识符和为每个流请求预留的资源信息, COPS 协议处理类接收到以后, 生成 COPS 请求 CopsReq 类。

接口 13: 生成的 CopsReq 类将资源预留请求及授权令牌、流标识符发送给 PdfDispatch 调度类处理。

接口 14: PdfDispatch 调度类收到该请求后, 转交给 PDF 的 SBLP 决策控制 PdfSblp 类处理。

接口 15~17: PdfSblp 类根据 CopsReq 类中的授权令牌和流标识符, 从 PdfSessionManager 类中获取 QoSPdfData 类中的授权数据, 即每个流的最大授权速率和所属 QoS 类型, 比较 QoSPdfData 中的授权数据和 CopsReq 中的资源请求数据, 判断是否允许请求, 然后将决策结果交给 CopsDec 类, CopsDec 类生成 COPS 决策响应, 通过 Go 接口将决策结果返回给路由器。

3.4 系统的验证分析

下一代网络以提供融合的语音、数据、视频、流媒体等综合业务为主要目标, 其灵活的业务创新能力和运营商级的质量保障成为发展的关键, 作为 IP 网络发展产物的

VoIP, 其接受程度不断攀升, 骨干网上的 VoIP 亦越来越多, 提供高质量的 VoIP 成为下一代网络语音业务未来发展的大势所趋, 可能成为 NGN 演进过程中首推开展商业运营的一个应用形式, IMS 在固网与移动网络的融合之路上日益成熟, 其传送、控制与应用分开的分层结构, 对 QoS 的支持模式, 为 VoIP 在下一代网络中的 QoS 保障技术提供了切实可行的参照。

上述理论架构应用在 VoIP 系统 SIP-QoS 代理服务器设计方案中, 对 SIP VoIP 系统中的 QoS 进行分层控制, 使用 SIP 会话控制、资源预留控制和策略控制的协同 QoS 控制技术, 综合考虑水平和垂直两个方向交互的信令过程, 在此基础上, 构建出具有 QoS 能力的 SIP 代理服务器的系统设计方案和策略构造方法^[15], 如图 6 所示。

图 6 中, 策略决策功能 (PDF) 作为 SIP 代理服务器中的一个新增功能模块同扩展的提取会话信息的功能模块 QoS 过滤器一起, 构成 SIP proxy 的 QoS 功能。这里的高级 SIP proxy 除了常规 SIP proxy 的功能外, 还具有过滤 SIP 信令中的 QoS 资源相关信息的功能以及提取会话 SDP 参数的功能, 如源/目的地址、端口号等, 转发给 PDF。策略控制

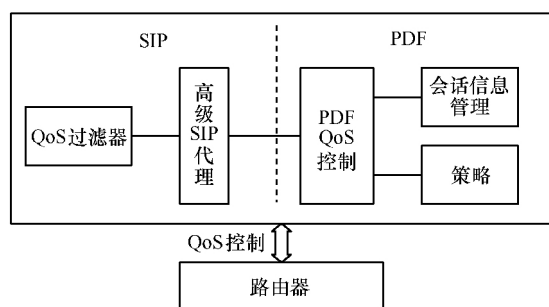


图6 SIP代理服务器QoS功能设计

功能接收 SIP proxy 转发过来的 QoS 信息,进行 QoS 资源的授权以及产生授权令牌。根据授权令牌和授权的 QoS 资源,对会话提供 QoS 的控制。

4 结束语

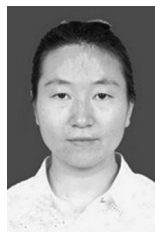
随着 Internet 技术的快速发展以及对 NGN 的进一步研究,各种业务和应用不断产生。VoIP 技术从出现以来,已发展成为最有发展前景的技术之一。本文探讨了目前 IP 网络中解决 QoS 问题的已有研究以及 NGN 的 QoS 关键技术,重点关注 3GPP IMS 中基于业务的网络策略控制方式,引入 VoIP 的 QoS 控制中,从水平和垂直方向,设计了 SIP VoIP 系统中的 QoS 分层控制模型,并给出其功能实体的功能要求以及适用的应用信令和接口,分析了其中的呼叫控制、资源预留和网络策略进行 QoS 控制的过程,给出了详细的 QoS 资源授权和资源预留决策规则。端到端 QoS 控制在具体应用上的研究涉及业务层、控制层和传送层,对控制层面的 QoS 技术应用在 VoIP 上进行研究,给出了设计方案,应用在 VoIP 系统 SIP-QoS 代理服务器的各 QoS 功能模块和原型系统中,使其支持 QoS 的能力得到了增强。

参考文献

- 1 李理,刘磊.基于 VoIP 的企业网分析与配置.信息通信,2011(2):107~108
- 2 徐山峰.基于 SIP 协议的 VoIP 系统的 QoS 机制的研究.现代电子技术,2010(9):58~62
- 3 梁锦华.基于 IP 网络的语音实时数据 QoS 问题及其保障措施.科技广场,2011(9):67~70
- 4 刘冰.提高 VoIP 语音通信质量方法的研究.计算机时代,2013(7):17~18
- 5 巴刚,罗卫兵,迟晓刚等.基于 SIP 协议的 VoIP 系统及其 QoS 研究.信息科技,2011(8):197~198
- 6 曹龄兮,李建华,姜悦.基于 TCP 友好控制机制的 VoIP QoS 研究.计算机应用,2006,26(9):2196~2198

- 7 王笑妍.队列管理算法对 VoIP QoS 的提高.信息技术,2013(1):68~71
- 8 Hruby M, Olsovsky M, Kotocova M. Emerging new trends in transmission of real time application (VoIP) to NGN by RTP. International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 2013,3(5):226~231
- 9 李钦德,周文安,马飞等.基于 RTP/RTCP 的 VoIP 智能切换技术的实现方法研究.计算机科学,2011,38(2):68~71
- 10 Hoque M A, Afroz F. Call admission control QoS issue for VoIP. Communication Systems Software and Middleware and Workshops, Bangalore, India, 2008:757~761
- 11 Tian H, Zhou K, Jiang H, et al. An M-sequence based steganography model for voice over IP. Proceedings of 2009 IEEE International Conference on Communications (ICC '09), Dresden, Germany, 2009
- 12 3GPP TS 29.208 (V6.7.0). End-to-End Quality of Service (QoS) Signalling Flows, 2007
- 13 3GPP TS 29.209 (V6.8.0). Policy Control over Gq Interface, 2011
- 14 3GPP TS 23.207 (V11.0.0). End-to-End Quality of Service (QoS) Concept and Architecture, 2012
- 15 彭红姣.VoIP 系统 SIP-QoS 代理服务器设计方案.计算机技术与发展,2013,23(11):213~215

[作者简介]



彭红姣,女,南京邮电大学博士生,南京邮电大学计算机学院实验师,主要研究方向为计算机网络与通信、计算机技术及应用、虚拟化与云计算。



刘尚东,男,东南大学博士生,南京邮电大学计算机学院讲师,主要研究方向为网络安全。



陈夏梅,女,南京邮电大学计算机学院工程师,主要研究方向为计算机应用技术。

(收稿日期:2014-06-10)