



Y1785936

声 明

本人郑重声明：此处所提交的硕士学位论文《IMS 中 QoS 机制的研究与实现》，是本人在华北电力大学攻读硕士学位期间，在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果。据本人所知，除了文中特别加以标注和致谢之处外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得华北电力大学或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。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了谢意。

学位论文作者签名: 李艳冠 日 期: 2010.3.13

关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解华北电力大学有关保留、使用学位论文的规定，即：①学校有权保管、并向有关部门送交学位论文的原件与复印件；②学校可以采用影印、缩印或其它复制手段复制并保存学位论文；③学校可允许学位论文被查阅或借阅；④学校可以学术交流为目的，复制赠送和交换学位论文；⑤同意学校可以用不同方式在不同媒体上发表、传播学位论文的全部或部分内容。

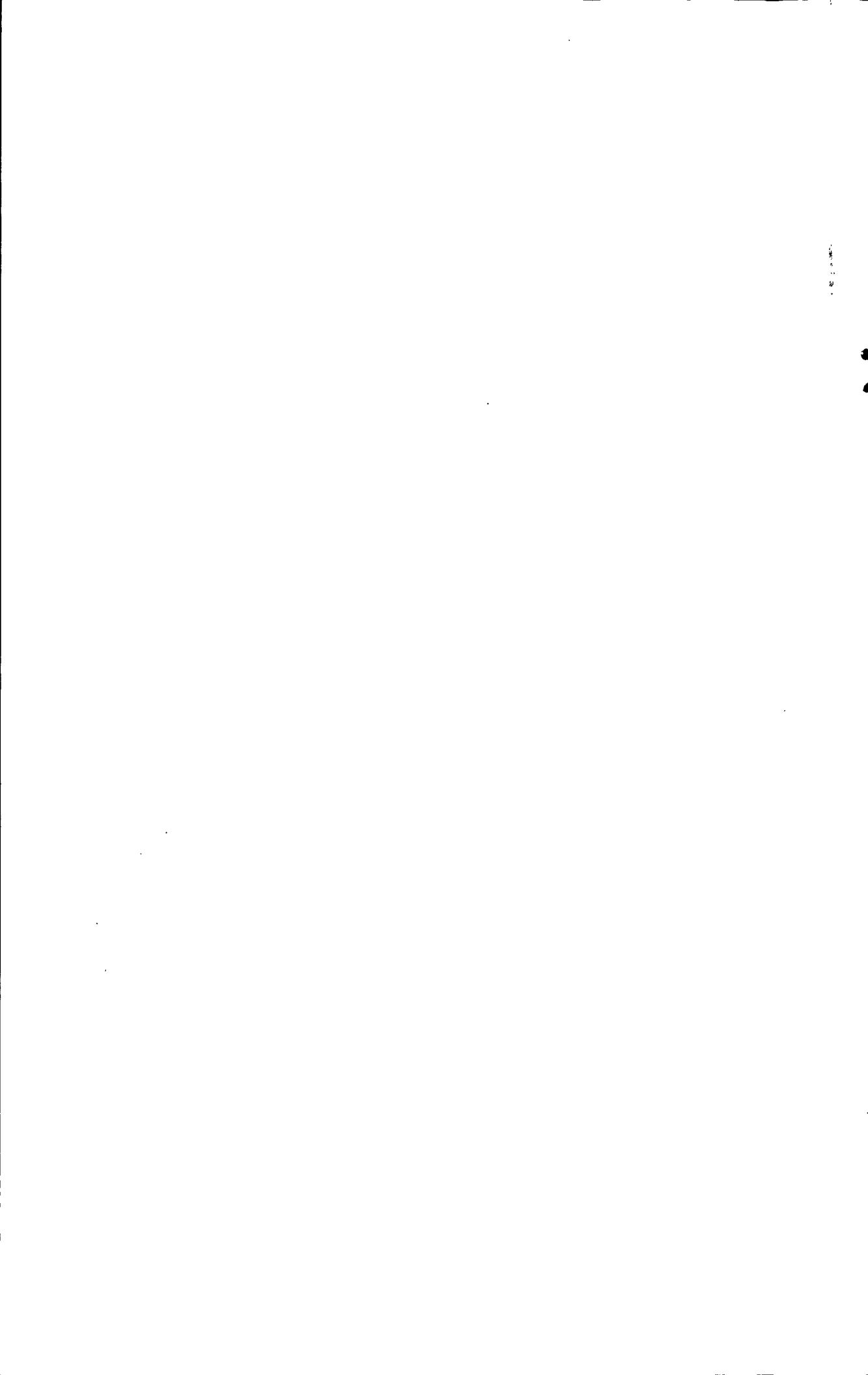
(涉密的学位论文在解密后遵守此规定)

作者签名: 李艳冠

导师签名: 范慧

日 期: 2010.03.13

日 期: 2010.3.13



摘要

IMS(IP 多媒体子系统)由 3GPP 标准化组织在 R5 版本中提出, 是下一代网络核心组成部分之一, 未来的实时多媒体服务对于实时性和延迟的要求很高, 需要 QoS(服务质量)的支持, 为了满足实时多媒体业务的需求, QoS 是 IMS 急需解决的关键问题之一。本文首先介绍了 IMS 体系架构, 分析了 IMS 的 QoS 机制以及无线网络端到端 QoS 信令建立流程。然后对基于策略的管理机制进行了深入分析与研究, 并对 SIP 协议进行了扩展, 且基于 OPNET 构建了仿真实现模型, 着重对策略调度算法进行了仿真研究。本文提出了一种新的基于策略的 QoS 机制, 并设计改进了 PDF(策略决策功能模块)的功能, 最后通过仿真实验验证了方案的可行性, 为今后的具体实现提供了直接的理论参考依据。

关键词: IMS, QoS, SIP, 策略机制

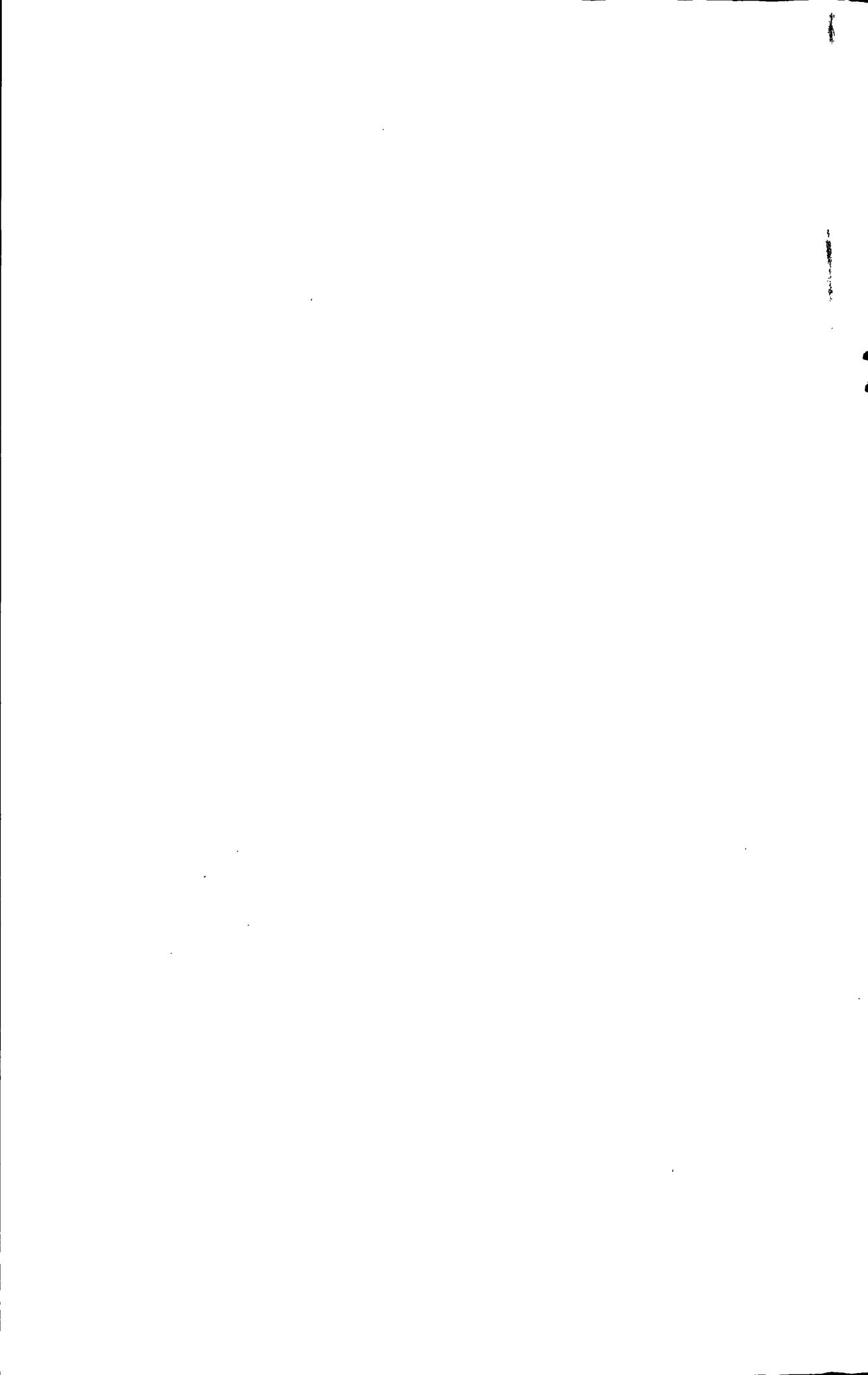
ABSTRACT

IP multimedia subsystem (IMS) was defined in release 5 for the first time by 3GPP, the marked characteristics of which is the SIP-based session controlling and access-irrelevant. In the future, the multimedia services need high quality on real-time and delay. QoS(Quality of Service) guarantee for multimedia services is a serious issue in IMS. This paper introduced the overall architecture of IMS. The policy-based QoS management in IMS and the end-to-end QoS signaling flow in session setup procedure were analyzed. Then policy-based management mechanism of the in-depth analysis and research was taken, and extended the SIP protocol. OPNET-based simulation implementation model was constructed, focusing on the strategy of the Policy scheduling algorithms simulation . The traditional QoS mechanism based on policy is analyzed, and a new QoS mechanism based on policy is proposed. The new mechanism improves the function of PDF (Policy Decision Function). Finally, simulation results verified the feasibility of the scheme for the future provide.

Li Yan-guan (Wireless communication)

Directed by Associate prof. Bao Hui

KEY WORDS: IMS, QoS, SIP, Policy Mechanism



主要符号表

3G	The Third Generation Mobile Communication	第三代移动通信
3GPP	3 Geveration Partnership Project	第三代合作伙伴组织
CIOQ	Combined Input-output Queued	输入输出排队
COPS	Common Open Policy Service	公共开放策略服务
CoS	Class of Service	服务级别
CS	Circuit Switched Domain	电路交换域
CSCF	Call Session Control Function	呼叫会话控制功能
DiffServ	Differentiated Services	区分服务标记
DSCP	DiffServ Code Point	区分服务标记
ETSI	European Telecommunications Standards Institute	欧洲电信标准协会
FGNGN	Focus Group on Next Generation Networks	NGN 专题组
FIFO	First In First Out	先入先出排队算法
FQ	Fair Queuing	公平队列算法
GGSN	Gateway GPRS Support Node	网关 GPRS 支持节点
GPS	General Processor Sharing	广义处理器共享
GPRS	General Packet Radio Service	通用分组无线业务
GSM	Global System Mobile	全球移动通信系统
HSS	Home Subscriber Server	归属用户服务器
I-CSCF	Interrogating-CSCF	询问 CSCF
IETF	Internet Engineering Task Force	因特网工程任务组
IMS	IP Multimedia Subsystem	IP 多媒体子系统
IQ	Input Queued	输入排队
IntServ	Integrated Services	综合服务模型
IP-CAN	IP Connectivity Access Network	IP 接入网
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟电信
ITU-T	ITU-Telecommunication Standardization Sector	ITU 电信标准化组
LDAP	Lightweight Directory Access Protocol	轻量目录访问协议
MGCF	Media Gateway Control Function	媒体网关控制功能

NGN	Next Generation Network	下一代网络
OQ	Output Queued	输出排队
PBN	Policy Based Networking	基于策略网络
PMT	Policy Management Tool	策略管理工具
P-CSCF	Proxy-CSCF	代理 CSCF
PDF	Policy Decision Function	策略决策功能
PDP	Packet Data Protocol	分组数据协议
PEP	Policy Enforcement Function	策略执行功能
PQ	Priority Queuing	优先级排队算法
PS	Packet Switching	分组交换域
PSTN	Public Switched Telephone Network	公共交换电话网络
QoS	Quality of Service	服务质量
RED	Random Early Detection	随机早期检测算法
SBLP	Service Based Local Policy	基于业务的本地策略
S-CSCF	Serving-CSCF	服务 CSCF
SDP	Session Description Protocol	会话描述协议
SGSN	Serving GPRS Support Node	服务 GPRS 支持节点
SIP	Session Initial Protocol	会话初始化协议
SLA	Service Level Agreement	服务等级协定
TCA	Traffic Conditioning Agreement	流量调节协定
TISPAN	Telecommunications and Internet Converged Services and Protocols for Advanced Networking	电信和互联网融合业务及高级网络协议组
ToS	Type of Service	服务类型
UE	User Equipment	用户设备
UMTS	Universal Mobile Telecommunication System	通用移动通信系统
VC	Virtual Clock	虚拟时钟
VoIP	Voice over Internet Protocol	语音 IP 技术
WLAN	Wireless Local Area Network	无线局域网络

目 录

中文摘要

英文摘要

主要符号表

第一章 绪论	1
1.1 研究背景及意义	1
1.2 国内外研究动态	2
1.3 论文内容及章节安排.....	3
第二章 IMS 中 QoS 机制	4
2.1 IMS 系统架构	4
2.1.1 IMS 产生的背景及概念	4
2.1.2 IMS 的架构	4
2.1.3 IMS 的基本功能特点	5
2.2 IMS 中 QoS 机制	6
2.2.1 QoS 机制概述	6
2.2.2 基本功能描述.....	7
2.3 IMS 端到端 QoS 信令建立流程	8
2.3.1 QoS 资源的授权	9
2.3.2 QoS 资源的预留	9
2.3.3 QoS 资源的批准	10
2.4 本章小结	11
第三章 基于策略的管理机制	12
3.1 策略机制概述	12
3.2 策略网管核心内容.....	12
3.2.1 基于策略的网管系统框架.....	12
3.2.2 策略系统协议.....	13
3.2.3 策略管理组件.....	14
3.3 基于策略的 QoS 机制	14
3.3.1 基于策略的 QoS 机制概念及架构.....	14
3.3.2 基于策略的 QoS 管理功能及信令控制.....	15
3.3.3 基于策略的 QoS 机制的改进.....	16
3.4 本章小结	17

第四章 SIP 协议	18
4.1 SIP 协议概述	18
4.1.1 SIP 体系结构	18
4.1.2 SIP 消息格式	19
4.2 IMS 中 SIP 服务器功能	21
4.3 SIP 通信的 QoS 保证方案设计	23
4.4 IMS 中 SIP 协议的扩展	24
4.5 本章小结	26
第五章 策略调度机制及仿真研究	27
5.1 分组排队策略	27
5.1.1 输出排队 (Output Queued, OQ)	27
5.1.2 输入排队 (Input Queued, IQ)	27
5.1.3 输入输出排队 (Combined Input-output Queued, CIQ) ..	27
5.2 策略调度算法及仿真实现	28
5.2.1 OPNET 仿真过程	28
5.2.2 仿真拓扑结构	28
5.2.3 仿真参数设置	29
5.2.4 仿真结果及分析	30
5.3 本章小结	32
第六章 基于策略的 IMS 端到端 QoS 模型及仿真实现	33
6.1 基于策略的 IMS 网络端到端 QoS 实现方案	33
6.1.1 基于策略的 IMS 网络端到端 QoS 机制	33
6.1.2 基于策略的 IMS 网络端到端 QoS 实现模型	34
6.1.3 改进的基于策略的 QoS 机制仿真模型	35
6.2 IMS 核心网络仿真实现	37
6.2.1 仿真拓扑结构	37
6.2.2 仿真参数设置	37
6.2.3 仿真结果及分析	38
6.3 本章小结	41
第七章 结 论	42
参 考 文 献	43
致 谢	45
攻读硕士学位期间发表的学术论文和参加科研情况	46

第一章 绪论

1.1 研究背景及意义

当前随着通信能力的不断提高,通信业务的不断多样化,通信架构中的核心网的 IMS 逐渐成为近几年的研究热点,焦点集中在研究如何使核心网络能够融合固网,移动网络。在网络融合的发展趋势下,IMS 技术为基于 IP 的移动和固定通信融合提供了基础;并被业界认为是网络演进的一个重要阶段,IMS 已经成为基于 SIP 会话的通用平台。IMS 由第三代移动通信伙伴组织(3GPP)在 Release 5 版本中 提出,IMS 是独立于接入技术的提供 IP 多媒体业务的体系架构。

IMS 其显著技术特点是基于 SIP 的会话控制,与接入无关,业务与控制分离。其长处是开放性好、标准化强、能够控制和管理基于 SIP 的业务,并能够进行多种业务的组合。IMS 的主要应用有:给移动用户提供多媒体业务、给企业用户提供融合的企业应用、固定运营商给宽带用户提供 VoIP 业务等。IMS 通过一系列关键机制,如会话协商和管理、服务质量(QoS)和移动性管理等,为用户提供实时的端到端多媒体业务。IMS 是一种能够帮助电信运营商逐步过渡到全 IP 网络的新技术标准,顺应了通信网融合发展的趋势,符合 NGN 的理念。IMS 是未来多媒体通信的发展方向,也是下一代网络最为重要的组成部分^[1]。

IMS概念的提出原因之一,也是IMS系统的一大优势就是可以提供多媒体业务的QoS 保证。而在分组交换域上提供实时多媒体业务存在的主要问题是没有QoS 保证,服务质量只能做到“尽力而为”,也就是说,网络不能为用户的每一次连接所需要的带宽和可以容忍的延迟提供保证^[2]。因此,建立IMS的一个主要目的是给予实时多媒体业务的QoS 保证。IMS的QoS主要包括IP多媒体核心网子系统会话的QoS要求和IP 多媒体子系统信令的QoS要求两个方面。IMS采用了基于策略的QoS管理,把基于策略的网络管理的思想应用到QoS管理中,把定义好的QoS策略存于策略仓库中。策略执行点(PEP)请求策略决策点(PDP),PDP查询策略仓库做出响应。基于策略的QoS机制可分为QoS资源授权、资源预留、QoS约定批准3个环节。本课题从QoS管理策略方面对IMS体系中SIP信令的QoS 保障机制及其实现等进行深入分析与研究,这方面的研究对于IMS网络及相关技术的理解与推广有着很强的理论意义和现实意义。

1.2 国内外研究动态

目前国际上对于 IMS 的研究主要集中在 3GPP、3GPP2 和 ITU-TFGNGN、ETSI TISPAN 等几个标准组织。其中，3GPP 自 R5 提出 IMS 概念以后，又经历了 R6 和 R7 两个版本。R5 版本于 2002 年 6 月冻结，R6 版本于 2004 年 12 月冻结，R7 版本已于 2006 年 6 月制定完。而在 3GPP2 中，与 3GPP 的 IMS 相对应的 MMD 规范目前已经推出 3 个版本，分别是 Rev-0、Rev-A 和 Rev-B^[3,3]。同时，TISPAN 对 IMS 的研究则主要是针对固定接入以及固定网络和移动网络的融合，从 2005 年底到现在开始陆续发布了 NGR1 文档，并已于 2006 年初冻结。由于各标准组织研究的出发点不尽相同，因此，各自在一些功能实体的设置等方面则有所不同，但总体的系统架构和研究目标还保持着一致的方向。

IETF 在 RFC2386 中对 QoS 的描述为：QoS 是网络在传输数据流时要求满足的一系列服务请求，具体可以量化为带宽、延迟、延迟抖动、丢失率、吞吐量等性能指标。IMS 系统的 QoS 不同于传统的 IP QoS，IMS 系统为了提供电信级的业务，要求电信级的端到端 QoS 保证^[4,6]。因此，IMS 网络关注的是业务的 QoS 保证，而传统的 IP QoS 研究的是通用流量的 QoS。3GPP 根据 IETF 定义的策略框架，在 IMS 中提出了基于策略的 QoS 管理控制架构，用于对 QoS 进行策略控制。

基于策略的网络 (PBN- Policy Based Networking) 管理是近年来提出的一种新颖的网络管理架构，其核心思想是通过采用网络运营者定义的高度抽象的策略来管理网络的资源和容量。随着网络规模的扩大和网络应用的不断复杂化，这种管理框架具有简化管理流程、优化资源配置、兼容性更强、扩展性更好等特点^[7]。目前 IETF 通过研究基于策略的网络来管理具有 QoS 保证的多服务 IP 网络。IETF 的策略框架的实例模型包含四个组件：策略管理工具、策略库、策略判决点、策略执行点。基于策略的管理可以确保 IMS 在固定网络和移动网络中实时、非实时业务的互操作性，增强了业务控制能力，保障了会话的 QoS 资源。

3GPP 中还定义了基于 SIP 协议的信令流，用于实现基于会话的多媒体应用的资源预留^[8]。通常，建立一个 IMS 多媒体会话需要三个步骤：1) 会话启动：呼叫与被叫间媒体部分的协商；2) 资源预留：根据网络域的策略在传输层对媒体流所需要的资源进行预留；3) 会话结束。现有的 IMS 端到端的 QOS 机制只对一个单一的域起作用，没有考虑多域间的数据路径、域间互操作等问题；目前 QOS 主要依赖承载网络来实现，本身并没有提供任何的 QOS 功能，也没有考虑多层间的相互合作来提供 QOS。

第二章 IMS 中 QoS 机制

IP 多媒体核心网系统 (IP Multimedia Corenetwork Subsystem) 是由所有能提供多媒体服务的核心网功能实体组成，包括了与信令和承载相关的功能实体的集合。3GPP 根据 IETF 定义的策略框架，在 IMS 中提出了基于策略的 QoS 管理控制架构，对 QoS 进行策略控制。下面针对 IMS QoS 方面构建了 IMS 体系架构，对 IMS 中 QoS 机制进行分析研究，最后分析了会话建立过程中端到端 QoS 控制信令流程。

2.1 IMS 系统架构

2.1.1 IMS 产生的背景及概念

2000 年 3GPP 提出 IMS 的概念，并将其确定为 3GPP R5。IMS 是 3GPP 提出支持移动多媒体业务的体系架构，旨在将互联网与移动通信相融合，从而在任何地点都可以提供即时消息 (IM)、呈现业务 (Presence) 和视频会议等多媒体业务。随后 ETSI TISPAN 在研究 NGN (下一代网络) 总体架构过程中，将 3GPP 定义的 IMS 纳入了 NGN 框架，使其成为 NGN 体系中的一个组成部分，进而为 IMS 成为网络融合的关键技术起到了重要引领作用^[8]。

总体上讲，IMS 是以 IP 承载网络为基础，采用 SIP 的核心控制协议，提供对 IP 多媒体业务控制能力的体系架构，它由多个功能实体组成，主要包括 CSCF (呼叫会话控制功能)、HSS (归属用户服务器)、MGCF (媒体网关控制功能)、应用服务器和智能终端等。IMS 作为 UMTS 分组交换 (PS) 域的扩展，弥补了 PS 域的不足，可以更好的保证多媒体业务的 QoS。同时 IMS 采用基于策略的 QoS 架构及控制机制，与底层的接入和传输网络一起为业务提供端到端 QoS 保证。

2.1.2 IMS 的架构

IP 多媒体子系统中包括呼叫会话控制功能 (CSCF)、归属用户服务器 (HSS)、媒体网关 (MGW) / 媒体网关控制功能 (MGCF)、传输信令网关 (TSGW) 等模块^[9]，呼叫控制功能又分为 3 个类型：P-CSCF、S-CSCF 和 I-CSCF。其中 P-CSCF (代理-呼叫会话控制功能) 的作用类似于 SIP 代理器。IMS 系统采用基于策略的 QoS 管理架构，相关功能实体包括 P-CSCF、策略决策功能 (PDF)、签约信息库 (SPR) 和策略执行功能 (PEP)，PEP 对 GPRS 而言就是 GGSN。PDF 和 PEP 之间采用通用开放策略服务协议 COPS 通过 Go 接口完成资源预留策略的实施^[10]。

下图为 IMS 系统总体架构，接入网 (IP-CAN) 为 GPRS，本课题 IMS 系统架构基于 3GPP R6 版本^[11]，有关 QoS 管理方面参考了 3GPP R7 版本^[5]。

1.3 论文内容及章节安排

IMS承载业务中的QoS机制同时涉及控制平面和用户平面，本课题就是从QoS策略管理方面对IMS体系中基于SIP信令的QoS保障机制及其实现等进行深入研究，主要研究内容如下：

- (1) 构建了IMS总体架构，分析了IMS QoS关键机制，并对IMS端到端QoS进行了详细的分析。
- (2) 分析了基于策略的管理机制，架构了基于策略的QoS机制模型。
- (3) 提出一种新的基于策略的IMS端到端QoS机制，设计改进了IMS中的PDF功能实体，使其能够简化策略控制，并以小型办公网络为模型进行了仿真实现。
- (4) 为了更好的支持改进后的QoS策略机制，对SIP协议进行了扩展，提出了一种基于SIP消息扩展的区分等级的呼叫处理技术。
- (5) 分析了策略调度机制中的分组排队策略，对其典型算法进行了仿真实验。
- (6) 综合对IMS核心网部分进行仿真实现，验证了新的基于策略的QoS机制模型和实现方案的可行性。

本文各章节的主要内容如下：

第一章为绪论，综合介绍了IMS产生的背景及其研究动态，分析了IMS QoS策略机制的基本概念及其目前需解决的问题。

第二章构建了IMS系统总体架构，对IMS的QoS基本机制等进行了深入分析，指出了IMS需解决QoS问题。

第三章对基于策略的管理机制进行了详细的分析，设计改进了IMS中的PDF功能实体，提出一种新的基于策略的IMS端到端QoS机制。

第四章对SIP协议进行了扩展，并根据SIP消息的扩展提出一种区分等级的呼叫处理技术。

第五章分析了策略调度机制中的分组排队策略，并对其典型的调度算法进行了仿真实验。

第六章构建了基于策略的IMS网络端到端QoS实现模型，综合对IMS核心网部分进行仿真实现，验证了新的基于策略的QoS机制模型和实现方案的可行性。

第七章对全文进行了阐述总结，并指出了目前存在的问题以及下一步需要做的工作。

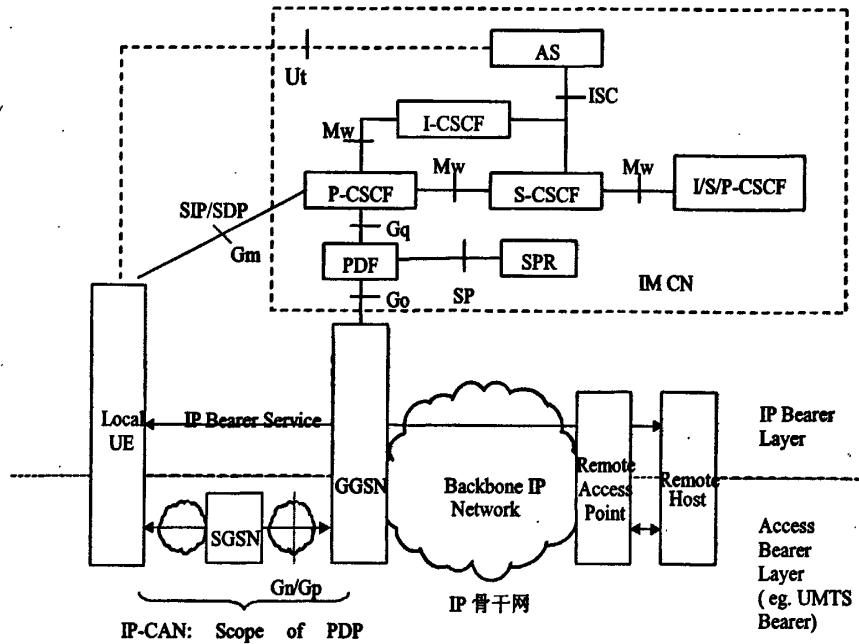


图 2-1 IMS 系统总体架构

IMS 系统根据逻辑管理功能分为控制平面和用户平面^[3]。图中 IM CN 为 IP 多媒体核心网，IP-CAN 为 IP 接入网。

2.1.3 IMS 的基本功能特点

1. IMS 具备统一的网络控制核心^[11, 12]，由 CSCF 统一完成用户的认证鉴权、基于归属地的会话处理以及业务触发功能，与具体的接入方式无关。它简化了网络组织，为降低运营管理成本、构建融合网络架构、提升业务提供能力奠定了基础。
2. 通过执行初始过滤准则，IMS 可以提供丰富的触发信息以及多次业务触发能力，并结合基于 Parlay/OSA（开放的业务架构）/OMA（开放的移动联盟）开放、标准的第三方业务接口，灵活提供多种组合的多媒体业务体验。
3. HSS 是 IMS 体系架构中的重要功能实体，它存储了 IMS 中所有与用户和服务相关的数据，包括用户身份、注册信息、接入参数、业务触发信息等，是运营商实现统一用户数据管理，增强业务提供的灵活性，提高用户的忠诚度，从网络为中心向以客户为中心转变的技术基础。
4. IMS 在采用标准的分层体系架构，强调核心网设备通用化的同时，加大了业务规范化的力度。3GPP 与 OMA 共同合作制定标准化的 IMS 业务规范，包括 Video sharing（视频共享）、PoC（一键通）、IM 等，旨在推动 IMS 业务规模部署、增强业务的互通性，满足运营商组建大规模业务网络的需求。
5. QoS、安全、计费等涉及 IP 环境下网络实际运营的技术难点正在逐步克服，有利于增加运营商对多媒体业务的掌控能力。

综上所述, IMS 保留了电信领域以网络为中心、可运营可管理的特性, 同时借鉴了互联网终端和业务高度智能因而业务提供更为灵活方便的思想, 体系架构分层、开放、功能分离、标准化等下一代网络特征更为明显, 满足电信运营商在 IP 开放环境下、灵活提供丰富的 IP 多媒体业务和业务组合的需要。

2.2 IMS 中 QoS 机制

2.2.1 QoS 机制概述

计算机网络已经渗透到各行各业之中, 越来越多的事务处理和信息传递依赖于网络的正常运转。用户当然希望网络所提供的服务是可靠而有保证的, 然而以太网、PI 网络以及 Internet 的封包传输技术决定了这些网络不能保障传输的可靠性, 也不能按照优先级使用带宽。这就造成了网络服务的不稳定性和不可靠性, 比如 PNIG 的相应时间经常变化, 吞吐量不稳定等问题, 这就需要采用 QoS (Quality of service) 机制以保证网络提供稳定且有保障的服务^[13]。

特别是 IP 网络上语音业务的出现即 VoIP 对 IP 环境中的服务质量 (QoS) 有着了更高的要求。Internet 上的分组话音极大地降低了成本, 使通信产业发生了彻底的变化。但是这些实时多媒体应用所需要的 QoS 远比目前 Internet 可以提供的尽力而为的服务等级保证要高。

然而, Internet 远远不能提供企业所需要的并且已经在其专用网络中习惯的可靠性和性能。商业客户在安全性、可预测性、可测量性等方面得到保证之前, 还不大可能把关键业务的数据、话音和多媒体应用放到公用 PI 网络上。应运而生解决办法就是 QoS。

QoS 是指 IP 的服务质量, 是指 IP 数据流通过网络时的性能^[14]。它的目的就是向用户的业务提供端到端的服务质量保证。它有一套度量指标, 包括业务可用性、延迟、可变延迟、吞吐量和丢包率。采用 QoS 可以解决或改善诸如传输延迟、延迟抖动、包丢失等问题, 从而保证网络的稳定性和可靠性。因此, QoS 在可预测、可测量性方面比传统 PI 有了很大提高, 基本解决了商业用户的需求, 因而势必可以吸引更多的商业用户, 形成一个新的利润增长点, 带来可增值的业务种类。QoS 最大的作用在于能够控制带宽的使用, QoS 可以把带宽优先分配给重要的进程如商务处理程序, 保证这些进程的稳定性。因此可以说 QoS 将是现阶段以及今后促进 PI 网络增长的关键技术。

采用 QoS, 服务提供商就可以通过吸引更多的商业用户、更高价位的业务级别以及更高效的带宽使用等来获得更大的收益。它们还可以通过增强公司业务的区分能力、Better-than-best-effort (优于尽力而为的传输) 的业务和客户化解决方案来获得更大竞争优势^[14]。

尽管 QoS 的研究工作已经进行了一段时间, 但是业界普遍认为目前还未出现一个成熟的体系架构、支持硬件以及相应的操作技术。但无论怎样, 在 IP 网络中保证 QoS

将会是一个重要的发展方向,发展自主 QoS 机制势在必行。

2.2.2 基本功能描述

网络服务质量 QoS 是网络元素 (如应用程序、主机或路由器等) 在一定条件和程度上能够保障它的网络传输和满足流量及业务服务要求的能力,是网络与用户之间以及网络上互相通信的用户之间关于信息传输与共享的质的约定。目前对于 QoS 还没有一个标准的定义,其中一个描述如下:“随着网络上实时业务的逐步增加,在共享网络上要求提供确定的传输服务。这些确定的传输服务要求应用程序和网络基础设施有能力请求、配置和增强数据的传输”^[16]。

QoS 机制本身并不能增加带宽,它只是根据应用的需求来管理网络带宽。在计算机网络上为用户提供高质量的 QoS 必须解决以下问题^[17]:

①准入控制和协商 (Admission control)。根据用户的流量约定、请求的 QoS 和当前网络中资源的使用情况来决定是否允许用户进入网络进行多媒体信息的传输,并协商其 QoS。

②QoS 的分类。对 QoS 进行分类和定义的目的是使网络可以根据不同类型的 QoS 进行管理和分配资源。

③资源预留。为了给用户提供满意的 QoS,必须对传输带宽等相应的资源进行预留,以确保这些资源不被其他应用所强用。

④业务调节。业务调节包括测量 (Metering)、整形 (Shaping) 和标记 (Marking) 等。其目的就是为了确保进入网络边界节点的业务遵守其描述的流量约定。

⑤优先级和调度机制。在进行分组的处理和转发过程中,须为不同应用的分组提供不同的优先级,优先级高的分组优先服务。另外也需为不同优先级的分组提供不同的丢包率,高优先级的包具有较低的丢包率。除此之外,网络节点也必须有一套相关的调度机制,确保应用能获得保证其 QoS 的资源,该机制也须提供一种公平的方法来分配空闲的容量。

⑥排队策略。一个有效的排队策略对 IP 网络来说是非常重要的。

⑦拥塞控制。拥塞产生的原因主要是网络资源不足或业务流分配不平均。前者的解决方法有:开源 (即网络扩容)、截流 (即传统的拥塞控制技术,一般是控制需求)。第二种拥塞则需通过流量工程来解决,流量工程是把业务流映射到网络拓扑上的技术,不严格地讲就是指在显式和缺省的路径上引导业务流量的能力。

⑧QoS 路由、约束路由和基于策略的路由 (PBR)。QoS 路由、约束路由和基于策略的路由是在某种优化条件 (如最大吞吐量或最小时延)、多重约束条件或一定的策略下给出最有可能满足某种 QoS 要求的路由。

2.3 IMS 端到端 QoS 信令建立流程

基于策略的端到端 QoS 保证机制，可分为 QoS 资源授权、资源预留和 QoS 约定批准三个环节。资源建立和 QoS 信令过程的目的，是处理那些为网络实体规定的、用于控制无线网络资源的 QoS 和策略信息。也就是说，无线网络资源的使用是受用户签约信息控制的，这些信息包括 UE 性能、无线网络性能、无线网络资源的有效性、运营商策略、使用什么样的业务等^[18]。

资源建立和 QoS 信令假设一个预先传送的 QoS 请求信令。这可以由应用信令(例如 IMS)或 IP 承载信令实现。应用信令发生在已建立的默认 IP 接入承载资源上。与 LIE 协商媒体组成成分和它们的特性的过程由一个应用功能执行，并且向 PCRF 提供相关的信息。

对于运营商控制的业务(如 IMS)，SAE / LTE 支持网络发起的 SAE 承载建立和网络发起的 SAE 承载修改，即由网络控制 SAE 承载信令并因此负责请求合适的承载 QoS 参数。

资源建立功能包括：网络资源的建立、无线资源的建立、发送针对 LIE 将无线资源绑定到应用层的相关信令、提供已授权的 QoS 组成等。MME / UPE 检查被准许的资源是否符合用户签约中规定的限制，并对网络的无线部分发起一个资源分配。E-UTRAN 负责检查资源的有效性，并且建立所请求的资源并最后通知 UE 对业务的无线资源配置，以及哪些资源连接到哪些 IP 或会话流^[10, 19]。

图 2-2 所示为一个无线网络中的资源建立信令流程^[11]。

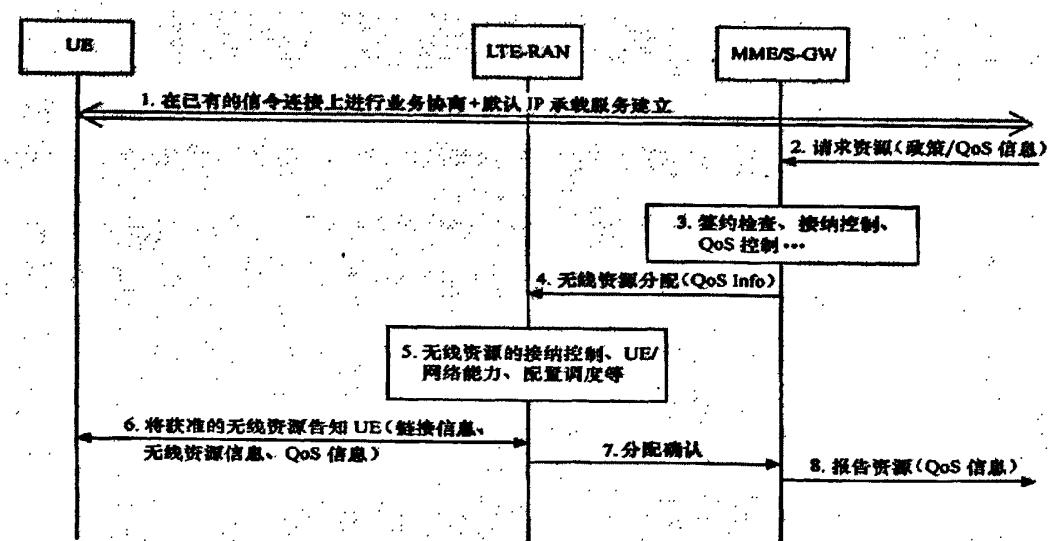


图 2-2 无线网络端到端 QOS 信令建立流程

2.3.1 QoS 资源的授权

IMS 会话建立过程中始发侧的 QoS 授权如图 2-3 所示。

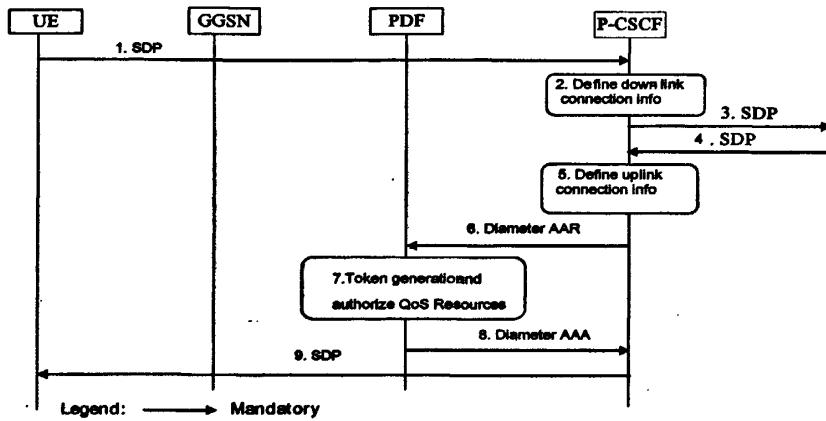


图 2-3 QoS 资源的授权—始发侧 PDF

P-CSCF 收到主叫 UE 在 SIP 信令中定义的 SDP 参数后，识别该会话所需的信息，包括 IP 媒体流的下行链路的 IP 地址、带宽和端口号的 QoS 信息等。然后通过 SIP 信令与被叫 UE 进行交互，获得经过协商的 SDP 参数，并识别该连接所需的信息。P-CSCF 通过 Diameter 协议将 QoS 信息传送给 PDF。PDF 对每个媒体成分进行授权认证，如果 PDF 同意该会话，将会返回一个授权令牌给 P-CSCF。一旦收到会话成功的授权，P-CSCF 通过 SIP 信令将会话的 SDP 参数和授权令牌传递给 UE。此令牌将用于后续的与此会话相关的资源请求过程。同样被叫 UE 也会进行相关的基于策略的授权过程并生成对应的令牌。

2.3.2 QoS 资源的预留

本节描述基于 SBLP 的 QoS 资源的预留过程，如图 2-4 所示。SBLP 是通过 Go 和 Gq 接口交换信息来实现的。Go 和 Gq 接口允许在 AF 和 PDF 之间传递的 SBLP 和 QoS 互通信息，后续 GGSN 会要求这些信息。

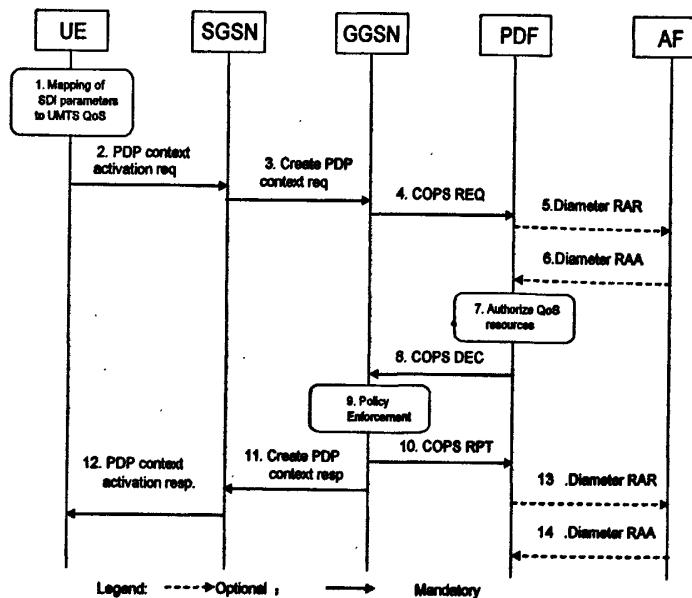


图 2-4 基于 SBLP 的 QoS 资源的预留

当 UE 为媒体激活或者修改 PDP 上下文时，它首先执行从 SDP 参数和应用的要求向 UMTS QoS 参数的映射。UE 发送的 PDP 上下文的激活还会包含收到的授权令牌和流标识符，用作绑定信息，来关联 PDP 上下文的承载和策略信息。接收到 PDP 上下文激活或修改请求时，GGSN 根据授权令牌向 PDF 申请授权信息。PDF 会比较接收到的绑定信息和存储的授权信息，并返回一个授权决策。如果绑定信息被验证是正确的，那么 PDF 将策略决策结果通过 COPS 信令告知 GGSN。这个策略决策结果包含与 PDP 上下文相关的 IP QoS 参数和分组分类器。

GGSN 将授权得到的 IP QoS 参数映射为授权的 UMTS QoS 参数，并且最终 GGSN 会对 UMTS QoS 参数与 PDP 上下文授权得到的 UMTS QoS 参数进行比较。针对该媒体流的授权信息，在 IP 流上强行执行 PDF 的策略决策。如果 PDP 上下文请求中的 UMTS QoS 参数不在 PDF 授权的 QoS 参数范围内，GGSN 将对 PDP 上下文请求中的 UMTS QoS 参数进行降质。在策略控制功能确认后，GGSN 将发送 PDP 上下文激活响应给用户终端，表示有关的资源预留已经完成。在被叫方也将执行类似的过程。

2.3.3 QoS 资源的批准

针对已授权的 IP 流的媒体成分已经分配的 QoS 资源，如果在 PDF 授权时没有被激活，或者媒体成分的媒体 IP 流在资源授权时被保持且随后被激活，那么 PDF 通过执行提交的 QoS 的批准命令，执行最后一个激活的策略决策。会话始发侧和会话终结侧的 QoS 资源的批准过程如图 2-5 所示。

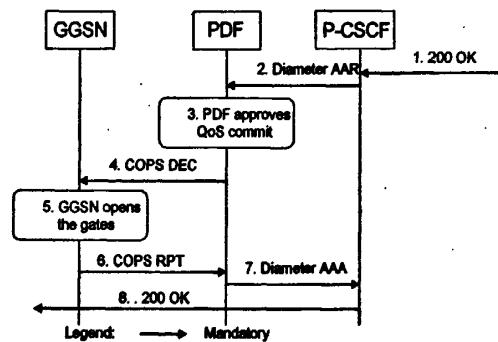


图 2-5 QoS 资源的批准过程

在资源预留过程期间, PDF 发送分组分类器给 GGSN。基于这些分组分类器, GGSN 生成一个门, 对输入和输出的业务流进行策略控制。何时开启这个门是由 PDF 决定的。当门开启的时候, GGSN 就允许业务流通过。开门的命令可能作为对 GGSN 发出的初始授权请求的响应而被发送, 或者作为独立的决策被发送。当 P-CSCF 收到一个 INVITE 请求的 200 OK 响应, 或者在收到已经证实的对话内的一个 UPDATE 请求的 200 OK 响应时, 将触发提交的 QoS 资源的批准过程。当收到这些 200 OK 响应时, PDF 将使用最新收到的 SDP 中的方向属性来决定哪些门控需要打开。完成后, GGSN 将向 PDF 报告该会话的状态。被叫方也完成同样的过程。通过独立的决策, 可以保证用户平面的资源在 IMS 会话最终被接受(即当接收到 SIP 200 OK 消息时)之前不被使用。

2.4 本章小结

从上述流程看, 端到端的多媒体会话采用 SIP 及相关信令进行策略级的服务描述和资源请求, 而在 PDF 和 GGSN 的 PEP 实体间则采用 COPS 协议完成资源预留策略的实施。由于 COPS 协议本身即采用了显式的对象模型描述, 可以方便地引入新的服务模型和网络模型抽象, 因此该机制具有良好的扩展性。

第三章 基于策略的管理机制

3.1 策略机制概述

基于策略的网络是近年来发展的一项关键技术,是网络操作和管理的保证^[20]。策略就是一组管理规则的集合, IETF从两方面对策略进行了定义:策略是用来指导和制定用于现在和未来决策的动作的具体目标或方法,它在一个特定的环境中被实现和执行;策略是对网络资源访问进行管理、控制的一系列规则,由触发策略规则的条件和条件引发的行为两个元素构成。

策略具有如下属性^[21]:

(1) 策略是相对静止的。持久性执行一个动作的一次性的命令不是策略,而且同被管系统状态相比,策略具有相对静止的特征。

(2) 策略以条件的形式定义系统行为的选择。调用的是预先定义的操作或动作,而不是去改变操作自身的功能,如指定执行什么动作,而不是要维持某种状态。

(3) 策略不是独立存在的。策略并不是互相独立,没有关联与关系的。策略之间存在着组合和包含等关系。复杂的策略可以通过简单策略的组合得到,多个策略可以组成策略组,多个策略组可以组成规模更大、结构更复杂的策略组。策略是由于管理目标的存在而产生的,它来自于管理目标、服务等级协定等,可以说管理目标就是高层策略或抽象策略。

策略作为管理员的管理目标,是一个抽象概念,实施这些高层次的目标有赖于各种低层次的网络实体的协助,所以,必须通过某种转换机制将抽象的管理目标与具体的网络实体结合起来。策略可以在不同的层次进行描述,从管理目标到特定设备的配置参数。

策略定义了当策略规则的条件满足时要执行的动作或功能,策略动作的执行可能导致一个或多个操作的执行,这些操作将会影响网络配置、网络流量和网络资源管理等多个方面。策略条件描述了策略动作执行需要满足的先决条件或必须的状态。当与某个策略规则相关的条件求值为TRUE时,策略就会执行相应的动作。

3.2 策略网管核心内容

3.2.1 基于策略的网管系统框架

IETF将策略定义为一系列管理规则的集合,并基于策略提出了一个QoS管理框架(如图3-1),也称为策略控制系统,用于对QoS进行策略控制^[22]。

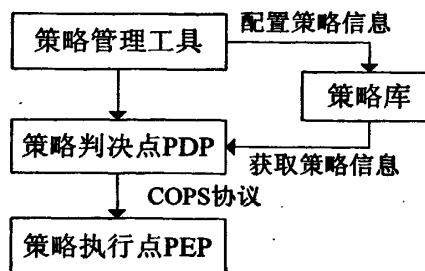


图3-1 基于策略的网络管理框架结构

在这个结构中，策略管理员使用策略管理工具，通过策略配置界面远程维护策略存储器中存储策略的数据库、配置策略及相关信息，监视整个策略控制系统的运行。策略存储器是实现策略统一管理的基础，用来存储策略及相关的各种信息。策略执行点一般位于网络节点上(包括路由器和交换机等)，它通过分组过滤、带宽预留、业务分类等，实际执行策略决策。而策略决策点则一般位于存放策略的策略服务器上，负责根据策略执行者提交的策略请求环节，从策略存储器获取策略，并将策略转化为IP QoS参数返回给策略执行者。由图可知，策略控制系统中还包括两个关键协议：LDAP协议和COPS协议。LDAP协议实现策略决策点对策略存储器中策略信息的存取操作，COPS协议在策略决策点和策略执行点之间采用TCP连接交换策略请求和决策。

3.2.2 策略系统协议

1. COPS协议

COPS (Common Open Policy Service) 是IETF为了统一QoS管理而专门提出的一个新协议，于2001年1月形成标准RFC2748^[23]。COPS用于实现策略决策点PDP和策略执行点PEP之间请求一应答方式(Request-response)的策略信息的通信。该协议使用TCP作为传输层协议，采用客户/服务器的模式通信。在该模式中，PEP发送策略请求、策略更新和策略删除信息给远端PDP，PDP将其决定返回给PEP。请求/决策的声明被客户和服务器共享，PEP发出的策略请求被远端PDP存储直到被PEP删除，同时，对于已经在PDP存储的请求声明，PDP可以在任何时候异步产生策略决策。另外COPS允许PDP主动向PEP发送配置信息或当配置不再适用时将其从客户中删除。COPS具有较强的扩展性，不需要修改COPS协议本身就能支持不同的客户特定信息。该协议还提供了报文级的安全，可以进行认证、重发保护和维护报文的完整性。

2. LDAP协议

LDAP (Lightweight Directory Access Protocol)协议遵循X.500协议的数据模式，是一种客户机—服务器协议，它使用户存储在目录服务器上的信息实现标准化。PMT与PR和PDP与PR之间采用LDAP协议进行信息传输。大多数目录和相关产品都采用该协议存取策略以及用户和资源信息。

3.2.3 策略管理组件

1. 策略决策点

策略决策点 PDP 是策略服务器中对支持策略管理的网络设备进行直接管理的部分。PDP 主要具有以下功能：了解现有网络设备中所设置的策略，能判定网络设备所使用的策略，并能配置和修改设备中的策略；与网络设备协商，接收来自策略执行点 PEP 的策略服务请求，查询相关策略，经过推理和冲突检测后最终决定对不同策略服务请求的处理；检测策略的实施情况以及策略实施的可行性。

2 策略执行点

策略执行点 PEP 是将策略在网络设备上进行实现的部件。网络设备要利用策略进行管理，必须通过 PEP 将策略信息配置到相应的网络设备上。根据网络设备中是否支持策略管理可将其分为两大类：一类支持策略管理，一类则不支持策略管理。PEP 接收来自设备的策略服务请求。例如，当接收到有资源预留请求的 RSVP 消息时，PEP 将策略服务请求发往与其对应的 PDP，PDP 根据请求中的相关参数查询相关的策略，通过推理，决定是否执行相关的策略，并把决定发往 PEP。如果设备支持策略管理，PEP 可直接进行设备的配置。如果设备不支持策略管理，则需要在 PEP 中增加策略代理部件，策略代理负责将策略指令转化为现有设备支持的网络操作命令。策略代理与网络设备之间的管理仍可沿用现有的网管设备与协议，如 SNMP 协议等。

3 策略管理工具

策略管理工具 PMT (Policy Management Tool) 为网络管理人员提供了对策略和相关信息的进行输入、修改、查找、浏览和删除的工具^[24]。PMT 从策略存储仓库中读取策略和策略信息供管理员浏览和修改，当一条策略制定、修改或删除之后，PMT 对策略的有效性（或静态冲突）进行判定，并可将判定的结果显示给管理员。若策略有效，则由管理员下达指令完成策略的存贮并显示策略库更新后的信息，同时向 PDP (Policy Decision Point) 发送策略更新的消息，以保证 PDP 能及时对策略进行更新；若策略无效，则显示错误信息。

3.3 基于策略的 QoS 机制

3.3.1 基于策略的 QoS 机制概念及架构

3GPP 依据 IETF 定义的策略框架^[25]，提出了 IMS 网络基于策略的控制架构，如图所示：

IMS 中的 P-CSCF 功能体负责多媒体会话中被访网络的资源管理和授权。策略判决功能 (PDF) 是 P-CSCF 的逻辑模块，相当于策略判决点 PDP^[18]。由于 PDF 功能体位于信令通路中，而 GGSN 位于用户数据平面，在 PDF 对策略级的 QoS 进行协商和授权的过程中，PEP 需要对

PDF的资源授权请求进行检验。PDF采用COPS协议通过Go接口和GGSN中的PEP功能模块进行策略信息交互。对于符合策略规则的用户会话流，PDF生成跨越多个PDP语境(每个语境对应一组QoS profile)的SIP会话的授权令牌，UE以此令牌标识后续发往GGSN的IP多媒体会话流并获得相应级别的服务。GGSN作为IMS网络的边缘路由器，对IP流的QoS进行管理。GGSN的IP承载服务管理器中包含有策略执行点PEP的逻辑功能模块。PEP采用GGSN中的选通(Gate)功能模块进行基于策略的接纳控制，通过分类和流量控制等机制确保为只有经过PDF授权的IP流分配资源并打开数据流通道。对未授权的IP数据流则关闭通道，不予传输^[22]。IP承载服务管理器可以通过翻译/映射功能体将IP层资源需求信息映射到IMS承载服务级，进一步完成设备级的配置，最终保证策略规则规定的QoS要求得以正确实施。

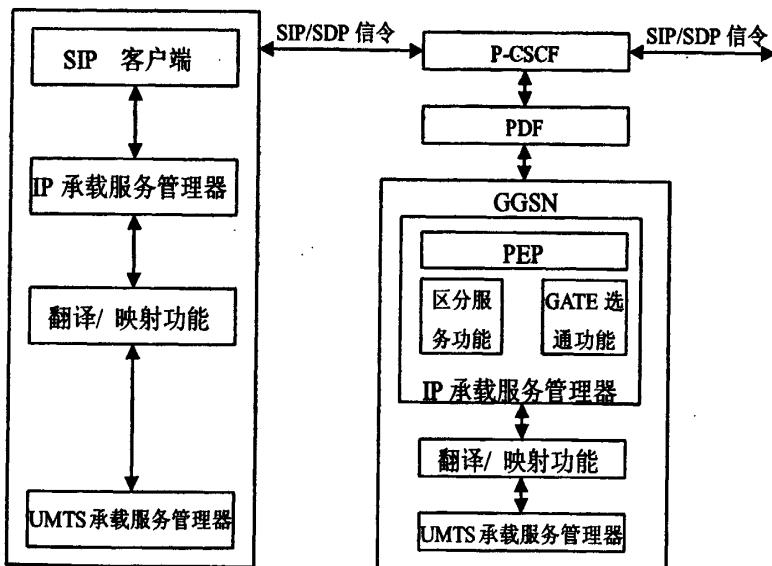


图3-2 IMS基于策略的QoS架构

3.3.2 基于策略的QoS管理功能及信令控制

IMS 基于策略的管理结构在对 QoS 管理中要实现以下功能^[26]：

- 承载授权；
- QoS 承诺批准；
- QoS 承诺删除；
- 承载释放的指示；
- 承载丢失/修复指示；
- 授权撤销；
- 计费标识符的交换。

IMS 基于策略的管理结构为达到满足上述功能, 主要实现了三个阶段的机制和信令控制:

1. 基于策略 QoS 资源授权的实现方案和信令机制:当 PDF 被告知一个新会话将要建立时, 资源认证过程将被触发。PDF 在此过程中将依据用户的 QoS 请求和网络情况做出决策, 对 SDP 中描述的 IP 流进行记录并且授权。如果认证成功, 将发送给用户一个认证令牌, 此令牌将用于后续的与此会话相关的资源请求过程。
2. 基于策略 QoS 资源预留的实现方案和信令机制:GGSN 将授权得到的 IP QoS 参数映射为授权的 UMTS QoS 参数, 确保主叫用户等待被叫用户响应时, 网络资源可以满足该用户的要求。
3. 基于策略 QoS 承诺批准的实现方案和信令机制:一旦被叫用户接听, 网络确保先前预留的资源可以提供给该用户, 同时, 计费进程也被启动。

3.3.3 基于策略的 QoS 机制的改进

基于策略的QoS网络管理模式, 主要提供两种^[27]: 外购 (Outsourcing) 模式和提供 (Provisioning) 模式。

策略外购模式主要用于PEP请求一个即时性的策略决策。当网络中某一事件发生时, PEP需向PDP发出策略请求, PDP根据当前网络状态及PEP的请求来决策所需要应用的策略并将决策出的策略发送到PEP去执行, 此时网络事件与策略请求是同时发生的。这种模式其通讯协议为COPS-RSVP (COPS usage for RSVP)。过程如图3-3所示。

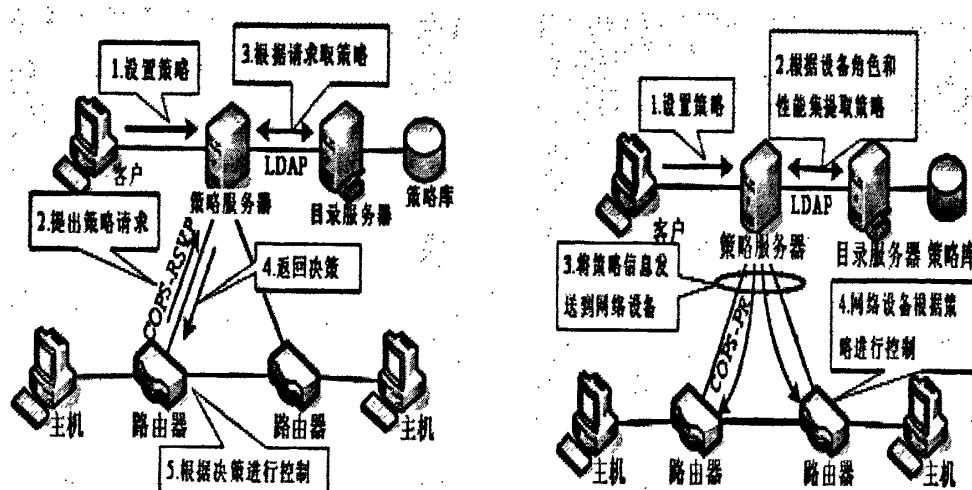


图3-3 外购模型和提供模型过程

3GPP中的PDF, 作为策略的判决功能实体, 负责解释应用层的服务策略、将策略传递给执行这些策略的相应指令、对SIP代理(如IMS中的P-CSCF)提出的媒体信道的请求授权。策略判决功能模块PDF负责根据从P-CSCF获得会话和媒体相关的信息指定策略, 负责解释应用层的服务策略, 将策略传递给执行这些策略的相应指令, 对SIP代理提出的媒体信

道的请求授权。为了提高服务的实时性以及减少时延, 实现会话控制层与传输层的协作、提高服务的实时性以及减少时延, 本文对PDF的结构做了修改, 在PDF中增加了策略调度模块, 具体功能结构图如图所示。

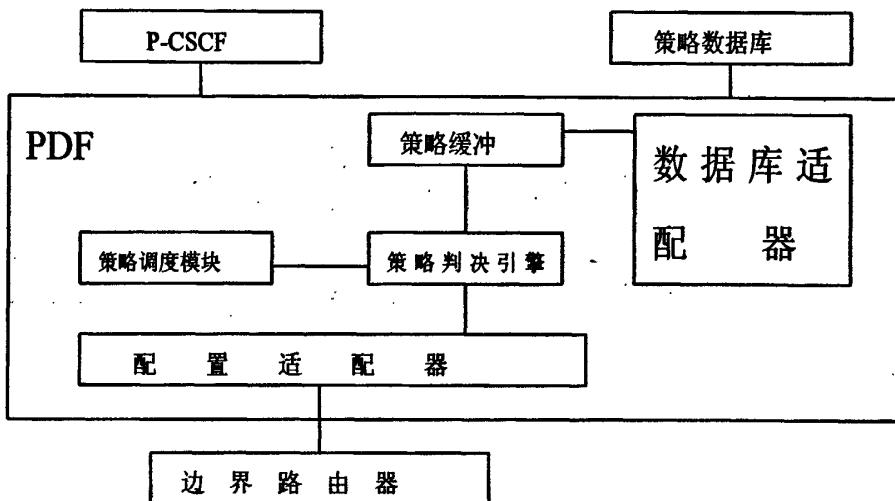


图3-4 改进的PDF结构功能图

策略调度模块主要用于监测网路负载、实时收集精确的传输网络状态信息、通过测量传输网络的特性(如:带宽、延迟、拥塞以及丢包率)管理网络资源的使用; 了解现有网络设备中所设置的策略, 能根据网络中发生的事件判定网络设备应当使用的策略, 并能配置和修改设备中的策略; 检测修改或添加的策略是否与现有的策略相冲突; 检测策略的实施情况以及策略实施的可行性。

在策略调度模块中采用集中式的资源管理机制, 通过一个集中策略数据库来实现域间策略交换、基于分布式服务的策略代理和本地策略存储。当策略判决引擎接收到策略判决请求时, 查询策略调度模块, 然后根据允许控制、授权信息与验证信息做出判决。同时, 在一个实时服务中, 如果用户需要改变当前服务的QoS水平(如:传输速度、延时等), 则只要通过用户设备向PDF发送附带改变服务策略请求的SIP信息, PDF通过访问策略调度模块可以快速、自动地对传输资源做出重新分配。策略调度模块将简化策略控制, 提高对用户呼叫做出判决的速度, 支持实时端到端策略的修改, 对正在进行的应用会话的资源管理, 实现了实时端到端策略的修改, 对正在进行的应用会话的资源管理, 提高了实时性能、减少了延时。

3.4 本章小结

本章讨论了基于策略的网络机制在 QoS 方面的应用, 深入研究了当前基于策略的 QoS 机制, 在此基础上, 提出了一种新的基于策略的 IMS 端到端 QoS 机制, 实现端到端 QoS 服务的基于策略的网络管理系统的整体框架, 新机制的提出提高了服务的实时性以及减少了时延。

第四章 SIP 协议

4.1 SIP 协议概述

SIP(Session Initiation Protocol)协议是由 IETF 的 MMUSIC Multiparty Multimedia Session Control 工作组于 1997 年 7 月提出的，是应用层的控制协议，能建立、调整和终止多媒体的呼叫和会话^[28]。目的是为了在 PI 网络上建立完整的通信服务体系，经过几年的讨论和实际应用，1999 年成为建议标准即 RFC2543(SIP 版本 1)，2002 年改进后成为 RFC 3261(SIP Version2)。

SIP 是 EITF 标准进程的一部分，它是在诸如 SMTP(简单邮件传送协议)和 HTTP(超文本传送协议)基础之上建立起来的。它用来建立，改变和终止基于 PI 网络的用户间的呼叫。为了提供电话业务它还需要结合不同的标准和协议：特别是需要确保传输(TRP)，与当前电话网络的信令互连，能够确保语音质量(RSVP)，能够提供目录(LDAP)，能够鉴权用户(RADIUS)等等。

SIP 模式的优点是与 Internet 紧密结合，适于开发新的、与互联网结合的语音应用；其缺点是在组网、管理、运营、计费方面的考虑还有待成熟，在与传统 PSTN 网的互联互通方面对一些非正常情况的处理还有待完善。

4.1.1 SIP 体系结构

按逻辑功能区分，SIP 系统由 4 种元素组成^[29]：用户代理，SIP 代理服务器，重定向服务器以及 SIP 注册服务器。

SIP 用户代理：又称为 SIP 终端，是 SIP 系统中的最终用户，在 RFC3261 中将它们定义为一个应用。根据它们在会话中扮演的角色的不同，又可分为用户代理客户机(UAC)和用户代理服务器(UAS)两种。其中前者用于发起呼叫请求，后者用于响应呼叫请求。

SIP 代理服务器(SIP Proxy Server)：是一个中间元素，它既是一个客户机又是一个服务器，具有解析名字的能力，能够代理前面的用户向下一跳服务器发出呼叫请求。然后服务器决定下一跳的地址。

重定向服务器(Redirect Server)：是一个规划 SIP 呼叫路径的服务器，在获得了下一跳的地址后，立刻告诉前面的用户，让该用户直接向下一跳地址发出请求而自己则退出对这个呼叫的控制。

SIP 注册服务器(SIP Register Server)：用来完成对 UAS 的登录，在 SIP 系统的网元中，所有 UAS 都要在某个登录服务器中登录，以便 UAC 通过服务器能找到它们。

用户终端程序往往需要包括用户代理客户机和用户代理服务器。代理服务器、重定向服务器和注册服务器可以看作是公众性的网络服务器。在 SIP 中还经常提到“定位服务器”的概念，但是定位服务器不属于 SIP 服务器。SIP 独立于低层协议，一般使用 UDP

等无连接的协议，而采用自己的应用层可靠性机制来保证消息的可靠传输。

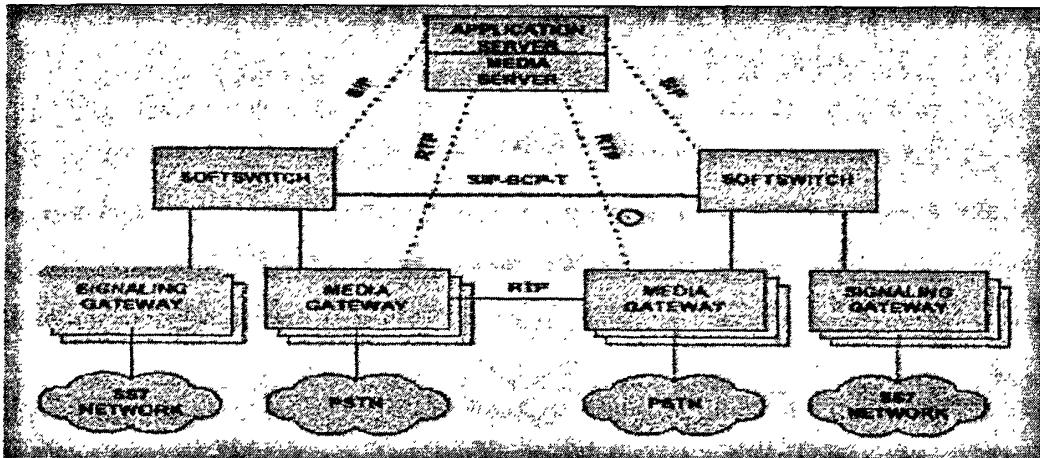


图 4-1 SIP 体系结构图

4.1.2 SIP 消息格式

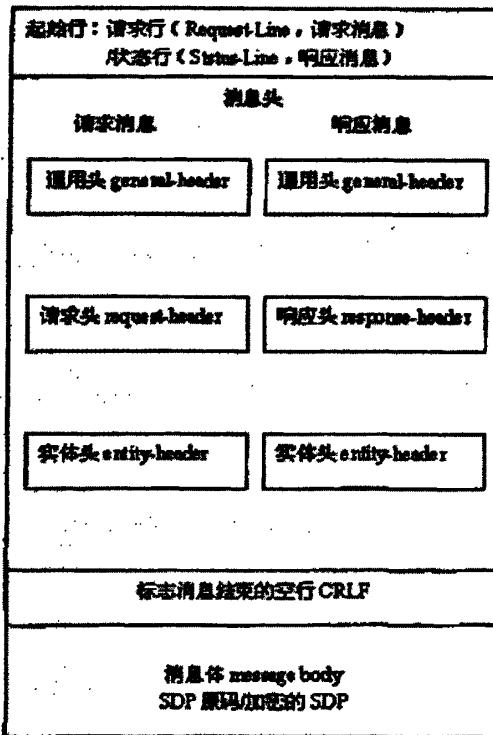


图 4-2 SIP 消息格式

一个 SIP 消息由一个请求行、几个消息头，一个空行和一个消息体构成，其中消息体是可选的，有些消息中不要求消息体^[30]。请求消息和响应消息的格式略有不同，具体区别见图 4-2 所示。

以下是 SIP 请求消息和响应消息举例：

1. 请求消息

```
INVITE SIP:02220002@100. 1. 0. 25;user=phone SIP/2.0
Via:SIP/2.0/UDP 100.1.0.252
From:< SIP:02120001@100. 1. 0. 25;user=phone>;tag=1981486230
To:< SIP:02220002@100. 1. 0. 25;user=phone>
Call-ID:37339738000100. 1. 0. 252
CSeq:1 INVITE
Contact: < SIP:02120001@100. 1. 0. 252;user=phone;transport=udP
User-Agent:Cisco ATA v2.11 ata186 (0803a)
Expires:300
Content-Length:245
Content-Type:application/sdp
v=0
0=02120001 573 573 IN IP4 100. 1. 0. 252
s=ATA186 Call
c=IN IP4 100. 1. 0. 252
t=0 0
m=audio 10000 RTP/AVP 0 4 8 101
a=rtpmap:0 PCMU/8000/1
a=rtpmap:4 6723/8000/1
a=rtpmap:8 PCMA/8000/1
a=rtpmap:101 telephone-event/8000
a=fmtp:101 0-15
```

2. 响应消息：

```
SIP/2.0 100 Trying
Via:SIP/2.0/UDP 100.1.0.252
Call-ID:3733973800@100. 1. 0. 252
From:< SIP:02120001@100. 1. 0. 25;user=phone>;tag=1981486230
To:< SIP:02220002@100. 1. 0. 25;user=phone>
CSeq: 1 INVITE
Content-Length: 0
```

消息头部字段分为：通用头部字段、实体头部字段、请求头部字段、响应头部字段。重要的头部字段如下：

Called	用于标识本次呼叫，该标识必须保证唯一
Contact	用于给后续的消息提供联系地址
CSeq	消息序号，用于判断消息是否重发
From	用于提示消息的发起方
To	用于提示消息的接受方
record-route	用于指定后续消息的路由
via	用于标识请求消息的路径，判断消息是否循环

SIP 的头域不是不变的，在 SIP 信息包的传送过程中，许多 Header Field 将被 Proxy 所修改。

4.2 IMS 中 SIP 服务器功能

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。这些会话包括因特网多媒休会议，因特网(或任何 IP 网络)电话呼叫和多媒休发布。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^[31]：

a. 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。

b. 特征协商：

它允许与呼叫有关的组(这可以是多方呼叫)在支持的特征上达成一致(注意：不是所有方都能够支持相同级别的特征)。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。

c. 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。

d. 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，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。

SIP 中有两个要素。SIP 用户代理和 SIP 网络服务器。用户代理是呼叫的终端系统元素，而 SIP 服务器是处理与多个呼叫相关联信令的网络设备。用户代理本身具有客户机元素(用户代理客户机 UAC)和服务器元素(用户代理服务器 UAS)。客户机元素初始呼

叫而服务器元素应答呼叫。这允许点到点的呼叫通过客户机-服务器协议来完成。SIP 服务器元素提供多种类型的服务器。有三种服务器形式存在于网络中：SIP 有状态代理服务器，SIP 无状态代理服务器和 SIP 重定向服务器。由于呼叫者未必知道被呼叫方的 IP 地址或主机名，SIP 服务器的主要功能是提供名字解析和用户定位。可以获得的是 email 形式的地址或与被呼叫方关联的电话号码。使用该信息，呼叫者的用户代理能够确定特定服务器来解析地址信息-这可能涉及网络中很多服务器。

SIP 代理服务器接收请求，决定将这些请求传送到何处，并且将它们传送到下一服务器（使用下一跳路由原理）。在网络中可以有多跳。有状态和无状态代理服务器的区别是有状态代理服务器记住它接收的入请求，以及回送的响应和它转送的出请求。无状态代理服务器一旦转送请求后就忘记所有的信息。这允许有状态代理服务器生成请求以并行地尝试多个可能的用户位置并且送回最好的响应。无状态代理服务器可能是最快的，并且是 SIP 结构的骨干。有状态代理服务器可能是离用户代理最近的本地设备，它控制用户域并且是应用服务的主要平台。

重定向服务器接收请求，但不是将这些请求传递给下一服务器而是向呼叫者发送响应以指示被呼叫用户的地址。这使得呼叫者可以直接联系在下一服务器上被呼叫方的地址。

SIP 是一个分层结构的协议，这意味着它的行为根据一组平等独立的处理阶段来描述，每一阶段之间只是松耦合。SIP 的最底层是语法和编码。它的编码使用增强 Backus-Nayr 形式语法(BNF) 来规定。

第二层是传输层。它定义了网络上一个客户机如何发送请求和接收响应以及一个服务器如何接收请求和发送响应。所有的 SIP 元素包含传输层。

第三层是事务层。事务是 SIP 的基本元素。一个事务是由客户机事务发送给服务器事务的请求（使用传输层），以及对应该请求的从服务器事务发送回客户机的所有响应组成。事务层处理应用层重传，匹配响应到请求，以及应用层超时。任何用户代理客户机 (UAC) 完成的任务使用一组事务产生。用户代理包含一个事务层，有状态的代理也有。无状态的代理不包含事务层。事务层具有客户机组成部分（称为客户机事务）和服务器组成部分（称为服务器事务），每个代表有限的状态机，它被造来处理特定的请求。

事务层之上的层称为事务用户 (TU)。每个 SIP 实体，除了无状态代理，都是事务用户。当一个 TU 希望发送请求，它生成一个客户机事务实例并且向它传递请求和 PI 地址，端口，和用来发送请求的传输机制。一个 TU 生成客户机事务也能够删除它。当客户机取消一个事务时，它请求服务器停止进一步的处理，将状态恢复到事务初始化之前，并且生成特定的错误响应到该事务。这由 CANCEL 请求完成，它构成自己的事务，但涉及要取消的事务。

SIP 通过 EMAIL 形式的地址来标明用户地址。每一用户通过等级化的 URL 来标识，

它通过诸如用户电话号码或主机名等元素来构造(例如:SIP :usercompany. com)。因为它与 EMAIL 地址的相似性, sip URLs 容易于用户的 EM 帐户 JL 地址关联。

SIP 提供它自己的可靠性机制从而独立于分组层, 并且只需不可靠的数据包服务即可。SIP 可典型地用于 UDP 或 TCP 之上。

4.3 IMS 中 SIP 协议的扩展

3GPP 在 IMS 中既不定义新的 SIP 消息, 也不定义私有的 SIP 包头, SIP 通过引入 RFC3428 中定义的 message 方法来扩展, 并且为某些 SIP 扩展需要给予特定的支持。最终确定的扩展如下所示(定义在 IETF RFC 中) [32]:

1. 压缩

因为无线接口是稀有资源, 因而 IMS 会话中有效地使用带宽是需要的。因此, 对流媒体和信令消息进行压缩很必要。在 IMS 中, 对 SIP 信令的压缩(Sig Comp)是必须支持的, UE 和 P-CSCF 完成 SIP 消息的压缩和解压缩。

2. 安全

在 IMS 中使用 AKA 完成对用户的鉴权, AKA 是 3GPP 的特定的鉴权机制, 它基于存储在 ISIM 和网络中的共享密钥。AKA 参数会映射给 SIP 使用的 HTTP-Digest 验证。而且, IMS 需要对经过空中接口从 UE 传送过来的消息进行完整性检查。因此, UE 和 P-CSCF 需要支持根据 IP 安全协议(IPSec)规定的完整性保护。不过, IPSec 加密目前在 IMS 中不需要使用, 而这些都是针对同一个 IMS 网络域内的安全机制, 对于不同域之间的安全机制, 目前暂时没有相应的标准制定。

3. 重新制定的 CSCF 路由

IMS 提供业务是由归属网络运营商控制的, 即使对于漫游用户也一样。这样, 对于发起和终止会话, 必须保证会话信令传输。

归属网络中 S-CSCF 负责发起业务;

P-CSCF 是 IMS 中 UE 的第一个和最后一个接触点, SIP 完成此需求必须要有业务路由发现、路径头机制和松散路由功能。

4. 私有包头

IMS 需要在 UE 和 CSCF 之间或 CSCF 与 CSCF 之间将一些移动网特定信息在消息中传输。例如, Cell-ID、访问网络名称或计费标识, 这些消息在所谓的私有包头中传送。

5. 预置条件

IMS 重视 UE 资源管理。当媒体同道的资源被建立起来防止了媒体受阻而达到了期望的 QoS 时, 这就需要确保通知接收方。因此, 所有必须资源的可用性是建立会话的前提。实现的解决方案是基于 SDP 提供/回答机制以及相关的 SIP 和 SDP 预置条件扩展。预置条件扩展的使用导致了特定的 SIP 呼叫流程。IMS 通过使用位于 GGSN 和 P-CSCF 之

间的 Go 接口，完成对媒体资源的策略控制。

6. 网络发起的呼叫释放

在移动网络中，有时需要网络释放一个正在进行的呼叫，例如，无线覆盖的缺乏、预付费账户空或者管理原因等。从网络侧发出一个 BYE 请求给 UE 就可以解决这个问题。但是这不符合 SIP 原则，那就是代理服务器不允许发 BYE 消息。但是，由于缺乏更好的解决方法，因此，IETF 接受了 3GPP 的需求和该解决方案。

对 SIP 的一些头部进行了一些参数扩展，例如对 WWW-authenticate。头部进行了参数扩展，定义了一个新的 auth-param 参数字段，用在对 REGISTER 请求的 401 响应中，此字段又包括 integrity-key 和 cipher-key 两个具体参数等。

对 SIP 协议中的消息体 MIME 类型增加了“application/3gpp-ims+xml”类型，即 3GPP IM CN subsystem XML body} version 1，同时约定了此类型的内容不允许发送到 3GPP 的网络以外。

同时针对移动网无线接口的特点，对 SIP 定时器的取值进行了调整。例如，RFC 3261 中对 T1 (RTT) 定时器默认设置为 500ms，而在移动网络中，对于设计无线接口的部分，如 CSCF 到 UE 以及 UE 的处理上，则将 T1 的默认设置为 2s；而对于核心网不涉及无线接口处理的各功能实体之间还保留其默认值为 500ms。对于 T2 和 T4 定时器的取值也存在同样的处理。在网络功能实体之间的默认值仍然为 4s 和 5s，而在 CSCF 到 UE 以及 UE 的处理上则分别取值为 16s 和 17s。

此外，对于有些标准，如 RFC 3320 “Signaling Compression (Sig Comp)”，在移动网络中，在 IP Multimedia Client 与 CSCF 功能实体之间被要求采用，以便节省有限的无线带宽。

4.4 SIP 通信的 QoS 保证方案设计

由于 SIP 具有简洁高效、可扩展性和适用性好、能够使 IMS 灵活便捷地支持广泛的 IP 多媒体业务、可与现有固定 IP 数据网平滑对接的特性，因此 3GPP 定义的 IMS 中统一采用 SIP 协议进行控制^[33]。但是，我们也注意到目前的 SIP 消息所携带的 QoS 参数相当少，目前的 SIP 消息中携带的 QoS 参数只有编解码器(codec)和速率(bit-rate)，因此不可能使用户获得想要的 QoS 水平。

根据 SIP 协议可扩展性好的特性，我们对 SIP 协议做了一些扩展^[34]：在 SIP 消息中增加了 TI (Trafficin Formation) 和 SI (Sensitivity Information) 字段。其中 TI 字段体现了流量的类型(包括带宽、包的大小)；SI 字段体现了用户所想要得到的服务质量的水平(包括：端到端的延时、延时抖动、最大丢包率)。针对 SIP 消息，依据 RFC2543 消息类型和处理流程，扩展了 SIP 方法和头域，以使 SIP 协议支持 QoS 策略管理机制。

QoS REQUEST 方法是 SIP UA 向 SIP 服务器进行协商服务优先级时使用的方法。QoS

WITHDRAW方法是SIP UA用来撤销服务优先级设定的。它撤销了包含在QoS info头域中指定的服务优先级。SIP头域的扩展格式:语法格式: QoS info: " desired / release" = "Service Level", " desired" 头域选项是QoS REQUEST方法用于设置服务优先级请求的。" release" 头域选项是QoS WITHDRAW 方法和200 OK响应消息, 用来撤销服务优先级协商的。语法格式:QoS mark: " ok /no", QoS mark包括在传送到SIP消息解析器的请求和响应消息之中。

通过对 SIP 协议的扩展, 实现传输层与应用层间基于资源预留的相互协作, 使得用户设备可以准确的表达用户所需要的服务水平, 从而为不同域间的 QoS 的相互转换成为可能。

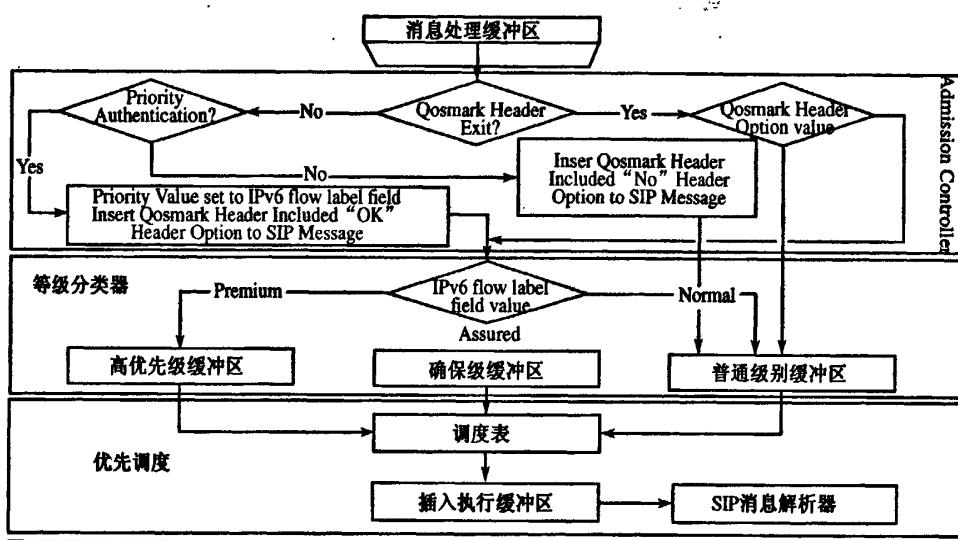


图 4-3 基于 SIP 扩展的呼叫处理流程

下面我们通过一个例子来分析 SIP 协议扩展后的优势。假设目前有一个视频呼叫用户通过接入网络注册到 IMS 的核心网上, 但是它所使用的设备不支持视频。因此, 当 S-CSCF 收到一个去往该用户的视频呼叫时, 它就会在通知被叫用户之前通知呼叫方改变他的呼叫特性(视频)。这样就减少了网络的信令负载。在注册请求到达核心网的 S-CSCF 之前, 所有的边界代理都能从这个请求获得有用的信息, 也可以添加与所作的策略修改有关的信息, 从而在不增加交换新的更新的策略时所附加的负载的情况下实现相互间的策略协商。这就意味着, 尽管操作者间的静态 SLA 将通过实现配置好的方法交换信息, 但是基于时间的策略可以通过 SIP 信令实现动态的交换, 并且不会增加信令流量。根据时间和网络的负载的情况, 我们可以通过 SIP 信令为不同的服务动态交换资源分配策略。由于不同的网络对各自的网络元素的配置可以不同, 因此这些动态交换的信息对于实现不同网络间的策略的一致起重要的作用。并且, 根据注册请求的 SIP 信令中所携带的有用信息, PDF 通过查询策略调度模块来决定对用户需求的资源的分配, 真正的实现了对会话策略的审查, 而不仅仅被作为服务授权实体来使用。

4.5 本章小结

由于SIP信令本身的局限性, SIP消息中携带的QoS参数只有编解码器(codec)和速率(bit-rate), 不能满足PDF和使用户获得想要的服务质量, 本章根据SIP协议可扩展性好的特性, 对SIP协议做一些扩展, 以实现传输层与应用层间基于资源预留的相互协作, 使得用户设备可以准确的表达用户所需要的服务水平, 从而为不同域间的QoS的相互转换成为可能。

第五章 策略调度机制及仿真研究

5.1 分组排队策略

在分组到达某个网络节点之后，经过存储，再转发到下一节点。分组调度实现对链路带宽的管理，是指按照一定的规则来决定从等待队列中选择哪个分组进行发送，使得所有输入业务流能够按照预定的方式共享输出链路带宽。它影响的主要性能参数包括带宽分配、时延和时延抖动等，是实现网络服务质量控制的核心技术之一。根据分组在系统中的存储位置，可以有三种排队策略^[36]。

5.1.1 输出排队 (Output Queued, OQ)

输出排队 (Output Queued, OQ)：一个分组到达输入接口时，被立即经过交换机构转移到相应的输出接口队列进行缓存。这种排队方式在概念上比较容易理解，分组在发送前排队，由调度算法进行调度输出。由于分组仅在输出接口排队等待发送而无需在交换机构中经历延迟，其性能分析比较容易进行。因此，大多数理论研究成果均是针对输出排队模型的。

其缺点是，要求交换机构有很高的加速比。在最坏情况下，所有的入接口都可能有分组要转移到同一输出接口。因此，交换机构需要以N倍 (输入接口的个数) 于接口单链路速率的速率工作，而且需要输出端有较大的缓冲。

5.1.2 输入排队 (Input Queued, IQ)

输入排队 (Input Queued, IQ)：把分组首先存储在输入接口中，交换机构只需以线速实现交换即可，因而可以极大地降低所需的加速比、具有良好的可扩展性。但是，可能会发生各个输入接口争用交换机构的情况，并存在 (Head of Line) 阻塞问题，在输出端口数较多时最多可以达到 58% 的吞吐率，而周期性的 HOL 可能导致性能的大幅度降低。

为了处理这个问题，需要引入复杂的交换机构调度机制以仲裁各输入接口的请求。由于分组在输入接口会因为等待交换机构可用而被延迟，系统的行为变得难以分析。这需要引入复杂的交换机构调度机制以仲裁各输入接口的请求。由于分组在输入端口会因为等待交换机构可用而被延迟，系统的行为变得难以分析。

5.1.3 输入输出排队 (Combined Input-output Queued, CIOQ)

输入输出排队 (Combined Input-output Queued, CIOQ)：将上面两种排队方式结合起来，就形成了输入输出排队策略。这种排队方式综合了输入排队和输出排队的优点，既不需要很大的加速比，便于扩展，又可以有效地避免拥塞。但这种排队策略尚处在研究阶段，还有许多问题需要解决。

5.2 策略调度算法及仿真实现

5.2.1 OPNET 仿真过程

OPNET采用面向对象的建模方法来反映实际网络的结构和组成，提供了三层建模机制，以网络模型、节点模型和进程模型来实现对网络行为的描述^[36]。通过OPNET提供的向导编辑器完成对三层模型的建立。利用OPNET Modeler仿真大体可以分成如下步骤。

- (1) 创建和配置网络模型：通过OPNET提供的向导和各相关编辑器，完成场景的建立、网络拓扑结构、网络设备的选择以及协议标准的配置。
- (2) 配置业务：网络业务模型的建立是通过选择网络上运行的应用业务类型来完成的，为仿真的网络配置业务量。
- (3) 设置要收集的统计量：统计量是用来对所仿真网络进行性能测量和评价的依据，通过选择配置OPNET提供的各种统计参数，完成收集统计量的工作。
- (4) 运行仿真：确定仿真时间和种子数量，运行仿真以得到仿真网络运行的性能数据。
- (5) 调试及再次仿真：通过分析仿真结果，找出与所研究问题理论分析结果或目标网络的差距，进一步修改优化网络仿真模型及各项参数，再次运行仿真，以达到更满意的网络性能指标。
- (6) 分析结果：根据仿真结果，可利用OPNET集成的分析工具，将仿真结果以曲线图表的形式显示出来，使对仿真结果的分析更方便更直观，为网络的设计和优化提供了强有力的依据。

5.2.2 仿真拓扑结构

为了检验策略调度算法的有效性，我们进行了大量的仿真实验。实验中在单独验证策略调度算法时为便于比较采用的是双色标记方案，所仿真的网络拓扑结构如图所示，source0、source1 为发送端，dest 为接收端，router1、router2 为路由器，发送端 source0 产生低丢弃优先级业务，source1 产生高丢弃优先级业务。

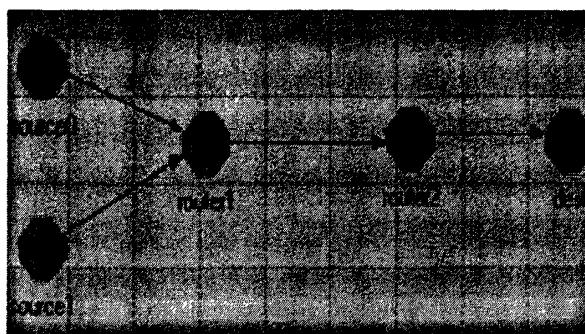


图 5-1 网络拓扑结构图

由网络拓扑结构可以看出：网络拥塞是发生在由节点接入到路由器相连的骨干链路处的，因此在路由器中搭建队列管理模块，来实现拥塞控制。

队列管理模块包括两个主要功能^[37,39]：

(1) 分组入队的管理，采用什么样的分组丢弃策略来选择入队的分组，即主动队列管理算法；

(2) 分组出队的管理，即分组的调度。

因此，队列管理模块对分组的处理流程，可以用图 5-2 来描述：

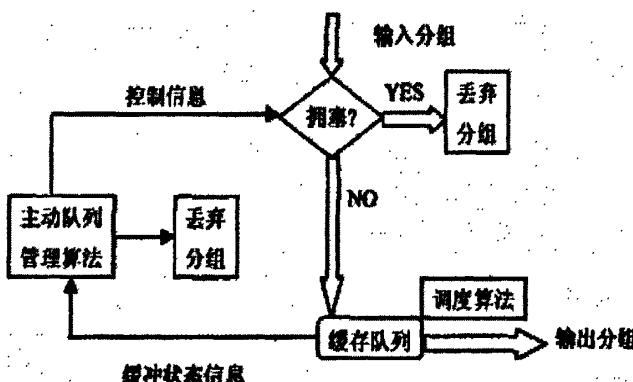


图 5-2 分组处理流程图

5.2.3 仿真参数设置

FIFO是最基本的队列调度算法，它按照数据分组进入队列的先后次序将分组传输出去。FIFO的最大优点在于队列管理简单，实现方便，最大时延由最大队列深度来决定，只要能够保证队列长度较短，就可以获得较小的延迟。

M/M/m 排队模型是排队论中的一种模型，由先进先出 (FIFO) 的缓冲区组成，代表呼叫相继到达间隔时间为负指数分布，服务时间为负指数分布，有 m 个并联 (并行) 处理器/服务器 (窗口) 的排队服务系统模型。一般可分 m=1 和 m>1 的情况。M/M/1 是最基本的模型，是一个等待系统，它满足以下条件：

(1) 输入过程：呼叫源无限，呼叫单个到来且相互独立，在一定时间内到达数服从泊

松分布，到达过程是平稳的；

(2) 排队规则：单对列队长不受限，先到先服务；

(3) 处理机构：单处理器（单窗口），各呼叫处理时间相互独立，服从相同的负指数分布。

M/M/1 队列由先进先出 (FIFO) 的缓冲区组成，数据包的到达服从泊松分布，平均延时和队列长度平均时间有如下公式：

$$\text{数据包平均延时: } W_s = \frac{1}{\mu C - \lambda} \quad (1)$$

$$\text{队列长度平均时间: } L_s = \frac{\lambda}{\mu C \left(1 - \frac{\lambda}{\mu C}\right)} \quad (2)$$

5.2.4 仿真结果及其分析

实验中使用的网络拓扑结构如图 5 所示，其链路带宽都为 2MBps，链路延时为 0，分组大小都为 1024bits，缓冲区大小为 100Packets，其处理速率为 1024bits，发送端数据信息到达服从泊松分布，仿真时间为 1 小时，实际运行时间为分别为 0.06sec。

$m=1$ ，平均包长度 $(1/\mu)$ 为均值为 9000b/s 的泊松分布，服务容量 (C) 为 9600b/s。改变数据包到达的平均间隔时间 $(1/\lambda)$ ，得图 5-3 $(1/\lambda = 1.0)$ 、图 5-4 $(1/\lambda = 2.5)$ 。

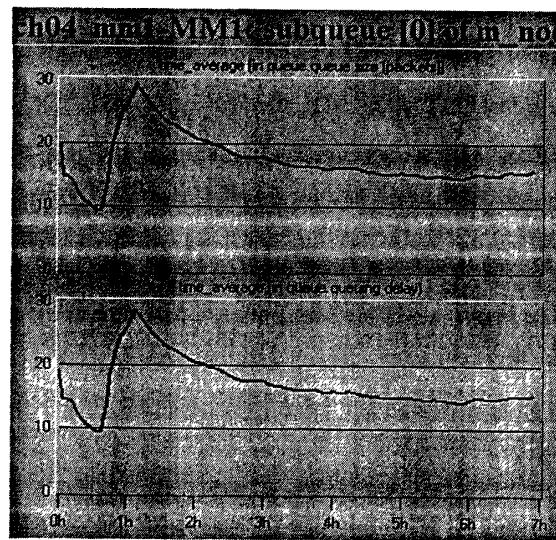
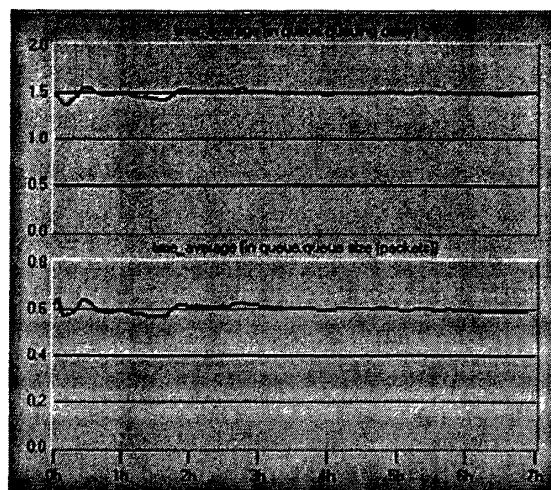


图 5-3 $1/\lambda = 1.0$

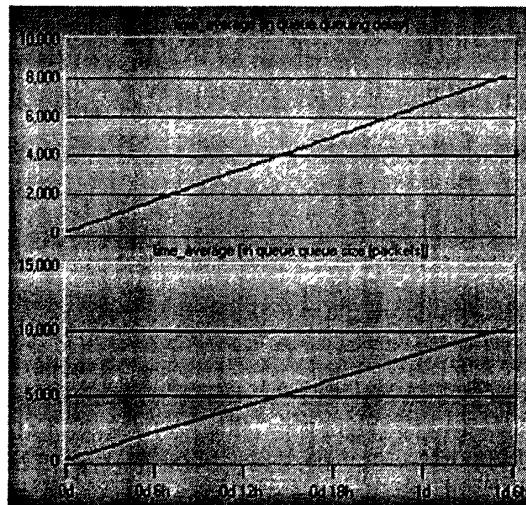
图5-4 $1/\lambda = 2.5$

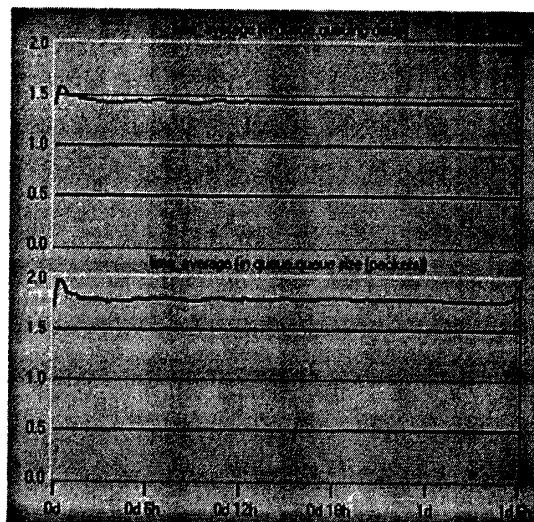
从图5-3、图5-4这两个图形对比以及公式(1)、公式(2)，验证了在其他条件都不改变的情况下，稳态下数据包平均延时W和队列长度平均时间L随平均间隔时间的增加而降低，并且从图5-3和图5-4我们也可以看出，系统是稳定的。

在 $m=1$, $1/\mu$ 为9000b/s, C 为9600b/s, $1/\lambda \leq 15/16$ 时，可得图5-5。此结果是因为：数据包的平均到达速率和数据包的平均大小结合起来超过了队列的服务容量，队列不再稳定，趋于无限长，这种情况可以通过增加服务器来改善。

$1/\mu$ 仍为9000b/s, C 为9600b/s, $1/\lambda$ 为0.8, 改变服务器 m 数量($m > 1$)，可得到图5-6。经多次验证可知，增加服务器的数量，可以使队列很快稳定，并且随着服务器数量的增加， W_s 和 L_s 都快速减少。

图5-6与图5-5相比，增加了服务器 m 的个数，并且只增加了一个。这样，对于队列的处理速度会加快，有利于队列的稳定，并且几乎是数据包到达就即时处理。但是，增加服务器个数在理论方面和模拟仿真中容易实现，现实中可能要考虑费用等因素。

图5-5 $m=1$ $1/\lambda = 0.8$

图5-6 $m=2 \quad 1/\lambda = 0.8$

用类似的方法，多次仿真可以得出：在 m 、 C 、 $1/\lambda$ 不变的情况下，改变平均数据包长度 $1/\mu$ ，平均包长度 $1/\mu$ 减小， W_s 和 L_s 也随之减小；在 m 、 $1/\mu$ 、 $1/\lambda$ 不变的情况下，改变服务容量 C 的大小，随着服务容量 C 的减小， W_s 和 L_s 增加。

5.3 本章小结

为了对QoS提供保证，一个基本的目的就是能为各业务流提供区分服务和公平性保证，而分组调度机制正是实现这一目的的一种基本技术，策略调度算法不仅是保证服务质量的重要手段，而且也是网络本身参与拥塞控制的方式之一。

本章重点研究了分组排队策略，并通过OPNET Modeler10.0对策略调度算法中的MM1排队模型进行了仿真实现，本文的分析及研究结果，为进一步的算法分析和优化提供了有力的依据，为模型和调度算法在网络中的具体应用提供了直接的理论参考。

第六章 基于策略的 IMS 端到端 QoS 模型及仿真实现

6.1 基于策略的 IMS 网络端到端 QoS 实现方案

6.1.1 基于策略的 IMS 网络端到端 QoS 机制

基于策略的QoS机制作为一项近年发展起来的技术,对提高网络性能有很大的帮助。而IMS中的QoS主要依靠承载网络来实现,本身并没有相应的机制,由于策略判决模块PDF在基于策略的网络管理中具有重要作用,因此,如何设计PDF成为影响服务质量QoS的关键问题。

虽然有很多的研究机构和个人对基于策略的QoS管理进行了研究,但尚未形成统一的标准,而由于IMS中实体功能的问题及QoS从高层目标向低层设备命令的映射等问题一直没有得到很好的解决。目前,国内有一些单位也进行了基于策略的QoS管理的研究,如吉林大学等,提出了以资源预留机制为基础的PDF设计,但由于资源预留机制本身可扩展性差的特点,此种方法有待改进;而南京理工大学提出的基于网格资源的QoS管理策略改进了策略管理工具,而对策略管理工具的实现并未完备,还没考虑到PMT与PDP之间的交互问题。

本文将针对现有系统的缺点,对IMS实体的功能做了改进:

策略判决功能模块PDF负责根据从P-CSCF获得会话和媒体相关的信息指定策略,负责解释应用层的服务策略,将策略传递给执行这些策略的相应指令,对SIP代理提出的媒体信道的请求授权^[38]。为了提高服务的实时性以及减少时延,本文对PDF的结构做了修改,在PDF中增加了策略调度模块,具体功能结构图如图2所示。

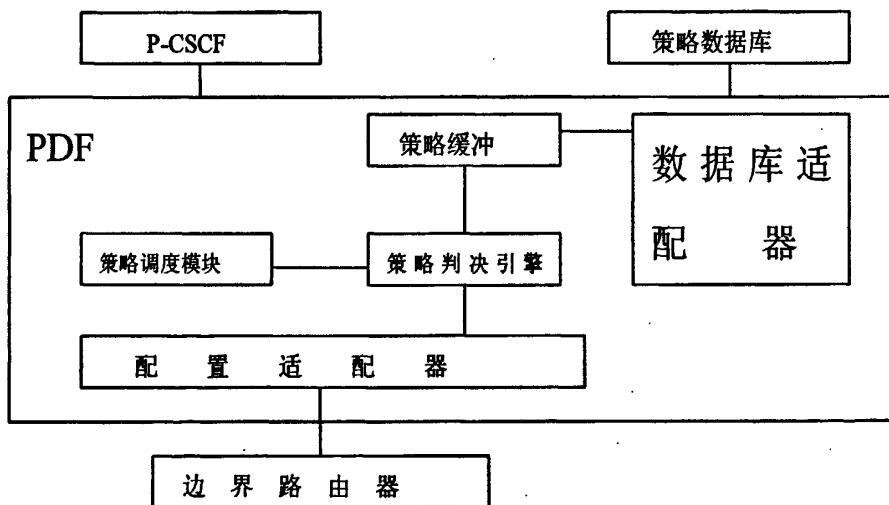


图6-1 改进的PDF结构功能图

策略调度模块主要用于监测网路负载、实时收集精确的传输网络状态信息、通过测量传输网络的特性(如:带宽、延迟、拥塞以及丢包率)管理网络资源的使用;了解现有网络设备中所设置的策略,能根据网络中发生的事件判定网络设备应当使用的策略,并能配置和修改设备中的策略;检测修改或添加的策略是否与现有的策略相冲突;检测策略的实施情况以及策略实施的可行性。

在策略调度模块中采用集中式的资源管理机制,通过一个集中策略数据库来实现域间策略交换、基于分布式服务的策略代理和本地策略存储。当策略判决引擎接收到策略判决请求时,查询策略调度模块,然后根据允许控制、授权信息与验证信息做出判决。同时,在一个实时服务中,如果用户需要改变当前服务的QoS水平(如:传输速度、延时等),则只要通过用户设备向PDF发送附带改变服务策略请求的SIP信息,PDF通过访问策略调度模块可以快速、自动地对传输资源做出重新分配。策略调度模块将简化策略控制,提高对用户呼叫做出判决的速度,支持实时端到端策略的修改,对正在进行的应用会话的资源管理,实现了实时端到端策略的修改,对正在进行的应用会话的资源管理,提高了实时性能、减少了延时。

6.1.2 基于策略的IMS网络端到端QoS实现模型

通过OPNET Modeler 来仿真一个小型货物代理的公司的网络,并收集部分相关参数来测量感兴趣的网络性能^[39]。

某公司拥有1个24台终端和1台策略服务器的星型拓扑网络,由于业务增长的需要,现在需要增加视频业务,用OPNET Modeler 快速建立所需的公司网络拓扑,选择适当的统计量,并进行离散事件仿真,最后分析仿真结果,以便检测现有的公司网络能否适应新的业务要求。根据问题描述,利用OPNET Modeler 建立工程,创建一个场景反映公司早期业务配置的星型网络,如图6-2所示:

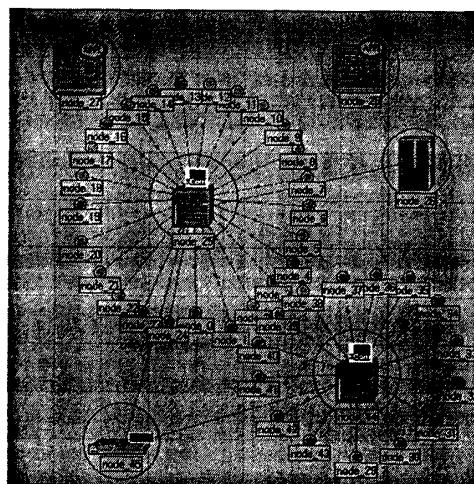


图6-2 公司网络拓扑结构

图6-2中24台终端以10BASE2T链路通过集线器(Hub)连接到服务器,策略服务器中增加了策略调度模块,在此场景中配置相应的业务,收集统计量局域网的延迟时(Ethernet Delay)并进行仿真,得到的仿真结果如图6-3所示。从图6-3中看出,原有业务下网络延迟平均为4 ms,网络延迟时间为毫秒级。

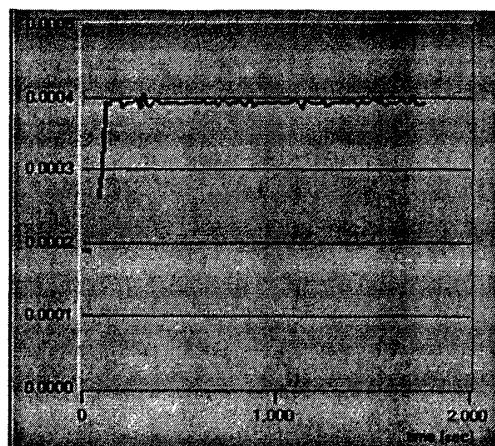


图6-3 原有业务下网络延迟时间图

6.1.3 改进的基于策略的 QoS 机制仿真模型

根据公司业务发展需要,要求增加视频业务,新增一个场景添加新的业务要求并进行仿真,对其进行延迟时间的收集。

在原有拓扑结构的基础上增加了个1节点的小型星型网络,由路由器连接,比较在已存在的网络上增加新的负载对网络造成的影响。

如图6-4所示,网络在新增后的负载为红线所示:

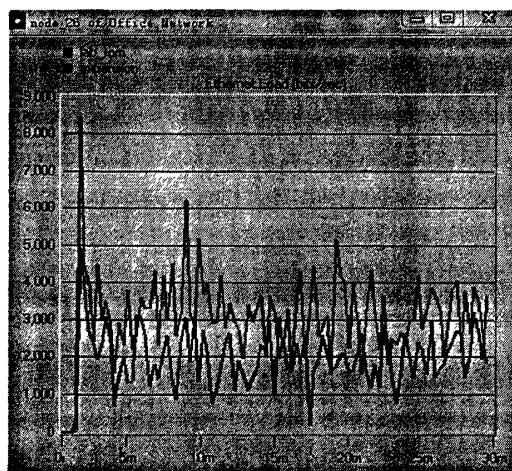


图6-4 网络负载比较结果

网络上增加新的负载后分开显示的结果：

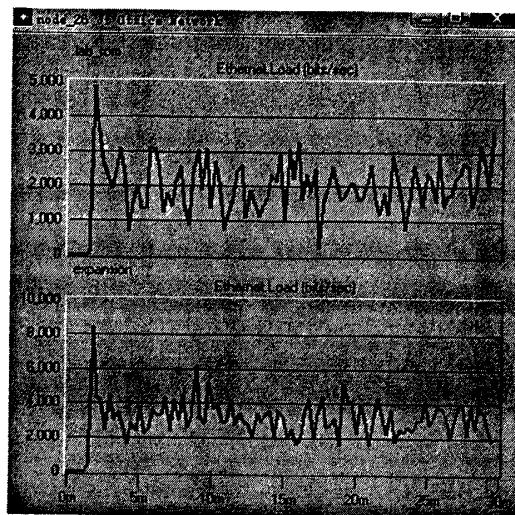


图 6-5 分开显示负载比较结果

可以看出，虽然扩展场景的负载比原场景较高，但整体上看负载变化仍然比较平稳，并未出现单调递增的趋势，因此可以说网络上增加新的负载后依然可以平稳运行。

再来观察全局网络延时，可知，尽管网络扩展后服务器负载增加，但网络延时并未发生明显变化，与上次分析得到的结论相同，大约为 4MS。如图 6-6 所示：

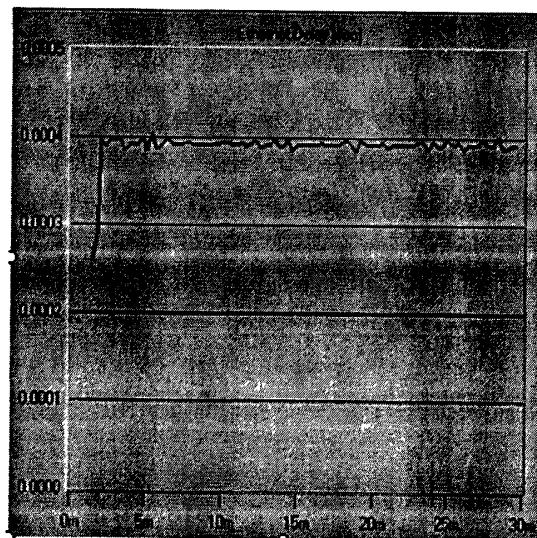


图 6-6 全局网络延时

6.2 IMS 核心网络仿真实现

6.2.1 仿真拓扑结构

仿真模型只考虑了 IMS 核心承载网部分，包括简单的核心网络、各业务服务器和终端节点。核心网络包括 SGSN、GGSN 和 IP 电话网，SGSN 与 GGSN 之间、IP 骨干网中都采用策略服务模型，其中 SGSN、GGSN 以及路由器作为边缘路由器。为了验证业务 QoS 的影响，将添加了策略调度模块的服务器作为核心业务服务器，不同业务在此竞争带宽。仿真模型如图 6-7 所示：

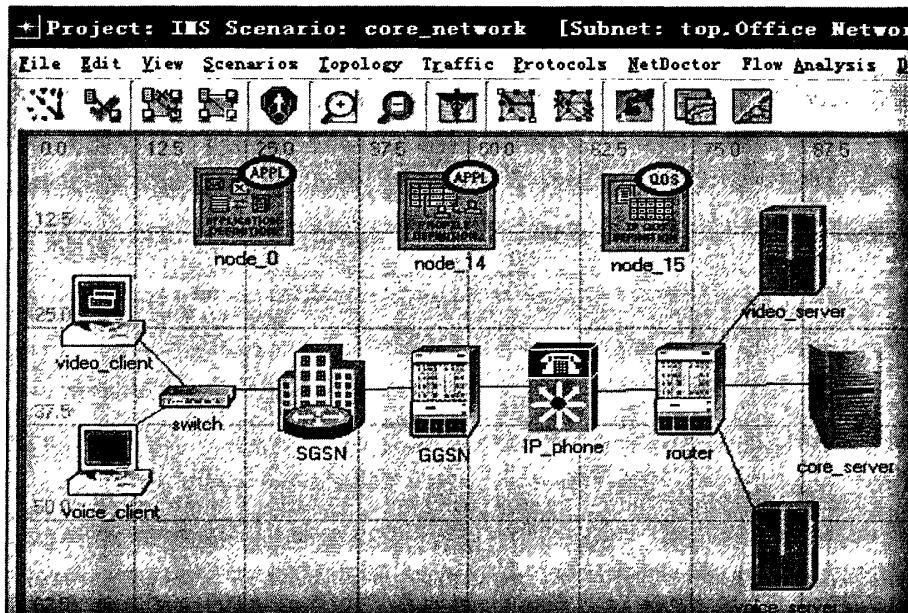


图 6-7 IMS 核心网仿真拓扑结构图

6.2.2 仿真参数设置

OPNET 的仿真过程在第五章中已经有叙述，下面是对仿真的一些参数设置。仿真试验中场景的业务配置相同，分为语音、视频两种，其中语音的速率为 0.500Mbps，视频速率为 1.20Mbps。No QoS 场景中没有 QoS 保证，但业务的速率与另外两个场景中相同，以方便与有 QoS 保证的场景做比较。不同场景中各队列缓冲区均为 1Mbytes。各场景的缓冲区管理算法都采用的是 M/M/1 队列算法，两个控制阈值 min_{th} 和 max_{th} 分别为 100 和 200。每个场景中的其他参数设置如表 6-8 所示。

场景及参数		客户端	Voice	Video
No QoS	队列长度(pkts)	500	500	
M/M/1	平均包长度	9000b/s	9600b/s	
	平均间隔时间	2.5	1.5	
	队列长度(pkts)	1000	1000	

表6-8 各场景的参数设置

本次仿真收集的统计量有网络全局变量和节点的统计量，包括网络丢包速率、各客户端的数据包接收速率和端到端延迟。配置好各种参数以后，开始运行仿真，每个场景的总仿真时间为600秒，即模拟执行600秒的仿真。为防止各业务在同一起始时间发生冲突，所有业务开始的时间分散设定在100-110秒之间。

6.2.3 仿真结果及分析

对网络的全局统计变量有数据包的丢包速率，表征在不同QoS机制下网络整体的性能特点；各业务终端的仿真结果包括与其服务器之间数据包端到端延迟以及各客户端数据流量，表征新的QoS策略机制下对各客户端业务的影响。

6.2.3.1 网络丢包速率

图6-9(a) (b)为网络的实时丢包速率，其中包括No QoS、M/M/1队列调度算法下策略调度机制服务模型两个场景的仿真结果。

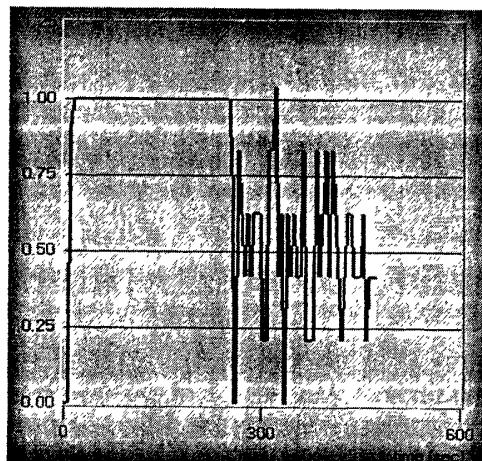


图6-9(a) No QoS网络实时丢包速率

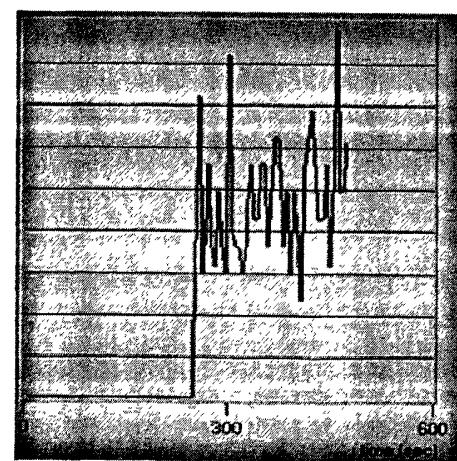


图6-9(b) 基于策略网络实时丢包速率

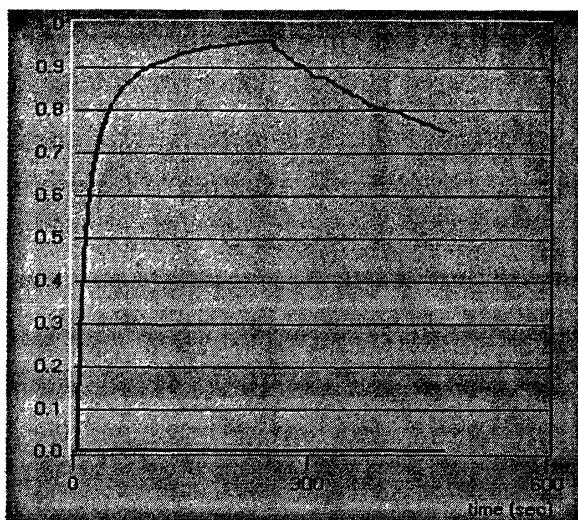


图6-10 网络平均丢包速率

在该试验模式中，本文比较了基于QoS的调度策略同无QoS调度策略的传统网络的丢包速率。我们通过任务提交仿真模块产生了一个任务队列，其中所有的任务长度用1000-2000之间的一个随机数表示。由于在现实场景当中，存在着一些复杂的实际情况，任务长度也相对较长，所以其往往需要较高的CPU速度以及其他较高的QoS参数。所以假设那些对QoS需求比较高的任务的长度较其他任务长度稍长，但仍然大体上符合随机分布的特性。其任务需求的QoS参数值用10-100之间的随机数来表示。我们根据设定不同任务序列长度，分别进行100次独立的调度仿真，以获得100次仿真的平均效果。

图6-10显示基于新策略的网络丢包速率明显小于No QoS场景的，基本无任何丢包情况发生（当然为理想情况），这说明有QoS保证机制的网络丢包速率明显小于没有QoS机制的网络，丢包速率越小表示网络的吞吐量越大，网络性能越好。

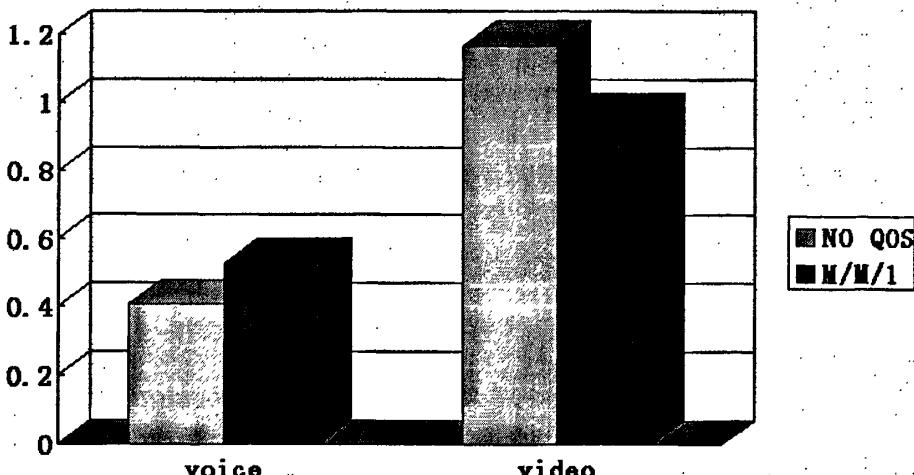


图6-11 各终端的数据接收速率

图6-11中不但显示了某一种业务在场景中的数据丢包速率对比情况，还显示了

不同业务在相同场景中的接收速率对比情况，同时还可以计算出每个场景中网络总体流量基本持平，分别为1.68Mbps、1.70Mbps。

No QoS场景中由于视频数据接收速率很大，所以占用很大的带宽，相比之下语音业务所占用的带宽就比较小，这说明网络在不能区分对待业务流时，阻隔恶意数据流的能力很小。而在基于策略的QoS场景中除了视频业务减少以外，语音业务的流量有不同程度的增加，语音业务流量基本持平，这是因为在这两个场景中它都是最高优先级，因此都得到了较好的服务，视频业务由于权重值较高，因此分享到的带宽有所提高，而总体业务流量也较无QoS场景的要高，在有策略管理的网络中，权重分配带宽，保证业务数据有序、平稳传输。

6.2.3.2 终端的端到端延迟

客户端与其服务器之间数据包的端到端延迟如图6-11所示，图中同时包括No QoS、M/M/1队列调度算法下策略调度机制服务模型两个场景的仿真结果。

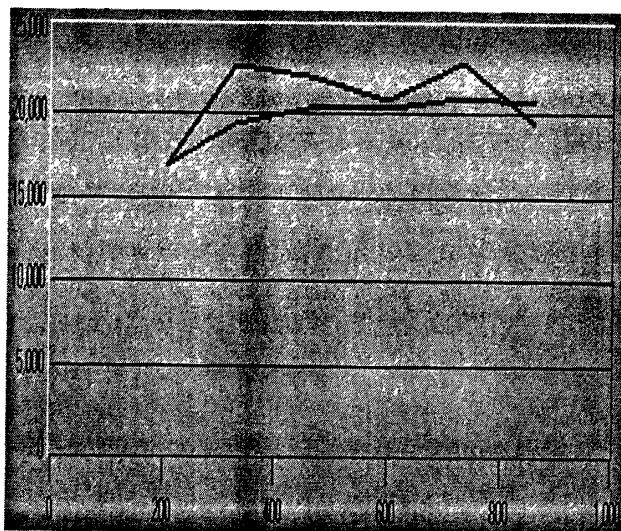


图6-11 视频业务端到端延迟

图6-11显示在有QoS保证的机制下视频业务的延迟最小也最稳定，如图红线所示，即抖动相对较小。较好的说明了QoS机制对业务和网络性能的显著影响，合理的QoS机制不但可以很好的保证业务的QoS要求，还能改善网络的整体性能。视频业务的响应时间得到了很大程度的降低，降幅平均值达几秒，由于视频业务在以后通信中占的比重越来越大，虽然相比语音业务它们的延迟比较大，但在实验网络条件下端到端延迟已经得到了很大的改进。在优先保障语音业务通畅的同时，视频业务的延迟小而且稳定，确保IMS在网络中实时、非实时业务的互操作性，增强了业务控制能力，保障了QoS的会话资源。

6.3 本章小结

本章提出并论述了一种新的基于策略QoS保证的IMS网络实现方案，对其采用的端到端QoS机制进行了分析，提出了新的改进方案，在策略判决服务器中增加了策略调度模块。策略调度模块将简化策略控制，提高对用户呼叫做出判决的速度，支持实时端到端策略的修改，对正在进行的应用会话的资源管理，实现了实时端到端策略的修改，对正在进行的应用会话的资源管理，提高了实时性能、减少了延时。

最后结合策略调度算法对IMS核心承载网部分进行了综合仿真实验，实验结果显示该方案能够较好的保证不同业务的QoS，进一步改善了网络的性能。为今后的实际应用与具体实现提供了直接的理论参考依据。

第七章 结 论

IMS承载业务中的QoS管理功能同时涉及控制平面和用户平面。本课题就是从QoS管理策略方面对IMS体系中SIP信令的QoS保障机制及其实现等进行深入研究，通过理论分析和仿真实验对策略调度机制中的分组排队策略进行了仿真实验。在对IMS控制层QoS机研究的基础上，提出了一种新的基于策略的IMS端到端QoS机制，设计改进了IMS中的PDF功能实体，使其能够简化策略控制，为今后的实际应用与具体实现提供了直接的理论参考依据。本文主要完成了以下工作：

- (1) 构建了基于策略的IMS系统总体架构，对IMS中基于策略的QoS管理机制以及端到端QoS信令流程进行了分析，指出IMS急需解决QoS问题。
- (2) 提出一种新的基于策略的IMS端到端QoS机制，设计改进了IMS中的PDF功能实体，使其能够简化策略控制，并以小型办公网络为模型进行了仿真实现。
- (3) 对SIP协议进行了扩展，并根据SIP消息的扩展提出一种区分等级的呼叫处理技术。
- (4) 通过OPNET构建了策略调度算法仿真实现模型，对典型的策略调度算法的特性进行了仿真研究，研究结果为调度算法在网络中的具体应用提供了直接的理论参考，为进一步的算法分析和优化提供了有力的依据。
- (5) 提出并详细论述了一种具有端到端QoS保证的IMS网络实现方案，并设计改进了一个策略调度模型，以更好的满足IMS业务的QoS需求。

但是，本文在QoS资源管理的研究过程中，还存在着一些局限与不足：

文中QoS端到端策略机制主要是从理论上进行分析与说明，没有建立相应的实用系统。在策略调度算法的研究当中，调度算法的验证是基于实验室仿真环境的，并不能完全反映出真实环境中的种种情况。

在IMS基于策略的QoS管理体系中，由于对所有进入IMS的业务流都要进行策略控制，这对IMS负载能力提出了非常高的要求。因此，解决IMS基于策略的QoS管理中服务器集群的负载共享和负载均衡问题也是很重要的。

针对以上研究中的局限性，下一步的研究工作重点主要为：

- 1) 建立完整的QoS实用系统，对QoS的分类模型及其相应机制进行验证，争取将其应用到实际网格环境当中，以提供用户端到端的QoS保证。
- 2) 将基于策略的QoS的管理机制部署到实际的网络环境当中，在实际应用中验证一个网络实体负责监视网络的负荷，精确的网络实时性能状态(如带宽等)，动态管理网络的资源。

参考文献

- [1] 3GPP TS 23.228, IP Multimedia Subsystem (IMS) (Release 6) [S]. V6.3.0 2004.6
- [2] 邢燕霞, 赵慧玲. 基于IMS的网络融合分析 [J]. 电信科学, 2005.3: 1~5
- [3] 3GPP TS 23.207. End-to-End QoS Concept and Architecture (Release 6) [S]. V6.6.0, 2005
- [4] 3GPP TS 29.208. End-to-end Quality of Service (QoS) Signaling flows (Release 6) [S]. V6.6.1, 2006
- [5] 3GPP TS 29.207. Policy control over go interface (Release6) [S]. V6.5.0, 2005
- [6] 3GPP TS 29.208. End-to-end Quality of Service (QoS) Signaling flows (Release 6) [S]. V6.6.1, 2006
- [7] 李雷, 忻展红. IMS基于策略的QoS管理分析 [J]. 世界电信2007, 6
- [8] 3GPP TS 23.207. End-to-End QoS Concept and Architecture (Release 6) [S]. V6.6.0, 2005
- [9] 张同须等. 3G IP多媒体子系统IMS—融合移动网与因特网 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006
- [10] 3GPP TS 29.208. End-to-end Quality of Service (QoS) Signaling flows (Release 6) [S]. V6.6.1, 2006
- [11] 3GPP TS 23.228. IP Multimedia Subsystem (IMS) (Release7) [S]. V7.4.0, 2006
- [12] De Gouveia F.C, Magedanz T. A framework to improve QoS and mobility management for multimedia applications in the IMS [J]. IEEE (ISM05), 2005
- [13] 赵佳玉, 鲍慧. IP网络的QoS实现技术 [J]. 电力系统通信, 2004, 25(12)
- [14] 谭启超, 魏芳, 李鹏飞. IMS中QOS的研究 [J]. 中国多媒体通信, 2007, 1~2
- [15] 胡乐明, 曹磊, 陈洁. IMS技术原理及应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2006
- [16] 徐晓字, 张惠民. 一种新的基于策略的端到端移动QoS体系架构 [J]. 北京邮电大学学报, 2004, 12 (6)
- [17] 赵生岗, 鲍慧. IMS中基于策略的QoS管理机制 [J]. 电力系统通信, 2007, 28(10): 47~50
- [18] 赵生岗, 鲍慧. IMS网络端到端QoS机制及实现模型研究 [J]. 通信学报增刊, 2007, 28(8A): 210~214
- [19] 沈洪波, 诸鸿文, 庄炜. WCDMA IP多媒体子系统中基于策略的QoS管理 [J]. 电信科学, 2004, 20(8): 10~13
- [20] 李东瑀, 张万强, 纪阳. IMS中基于策略的网络管理研究 [J]. 移动通信, 2006, 30(3): 41~44

- [21] 朱海娟, 叶海建. 基于策略的QoS网络管理的研究与PDP的设计[J]. 水利电力机械, 2006, 8 (8)
- [22] R Braden, D Clark, S Shenker. Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview[S]. IETF RFC 1633, 1994
- [23] 刘尧, 鹿光. IMS网络端到端QoS控制机制研究[J]. 解放军理工大学学报, 2008, 8
- [24] Heinanen J, Guerin R. A Single Rate Three Color Marker. www.ietf.org, 1999
- [25] 3GPP. TS 23. 107 . Quality of Service concept and architecture [s]. 3GPP Release 6, 2005
- [26] Kavitha S. Golconda, Fusun Ozguner. A Comparison of Static QoS-based Scheduling Heuristics for a Meta-Task with Multiple QoS Dimensions in Heterogeneous Computing. Proceedings of the 18th International Parallel and Distributed Processing Symposium (IPDPS'04).
- [27] 林晖, 万晓榆, 樊自甫. 基于IMS的E2E QoS控制机制[J]福建师范大学学报(自然科学版), 2007, 7(4)
- [28] J. Rosenberg, et al. SIP: Session Initiation Protocol. RFC 3261, 2002. 6
- [29] 赵鹏等译. IMS: 移动领域的IP多媒体概念和服务[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005
- [30] TS 24. 229-2003: IP Multimedia Call Control Protocol based on SIP and SDP, Stage 3 3GPP
- [31] TS 24. 228-2003: Signalling flows for the IP multimedia call control based on Session Initiation Protocol (SIP) and Session Description Protocol (SDP), Stage 3 3GPP
- [32] J. Rosenberg, H. Schulzrinne Columbia U.G. Camarillo, A. Johnston etc. "SIP: Session Initiation Protocol", RFC 3261, June 2002
- [33] LD.D. Curcio and M. Lundan. SIP call setup delay in 3G networks. In The Seventh IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC 02), Taormina/ Giardini Naxos, Italy, July 2002.
- [34] 蒋莉莉, 李坤. SIP多媒体通信QoS问题研究[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(14)
- [35] 姚正林, 刘金刚. 一种UMTS核心网中CAC算法[J]. 微电子学与计算机, 2003, 20(8): 6~9, 65
- [36] 陈敏. OPNET网络仿真[M]. 北京: 清华大学出版社. 2004
- [37] 贾小娇, 方红雨, 李晓辉. 基于OPNET 的M/M/m 队列仿真[J]. 通信技术, 2008, 12(41)
- [38] John Scott. Social Network Analysis[M]. Newbury Park CA, 1992 Sage Editor.
- [39] 李馨, 叶明. OPNET Modeler网络建模与仿真[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2006

致 谢

在研究生生活即将结束之际，首先感谢我的导师鲍慧副教授，本论文工作是在鲍慧老师的亲切关怀和悉心指导下完成的。在这两年多的时间里，鲍慧老师从生活上给予了我热情而真诚的关怀与帮助，在学习上给予了我正确的指引，从全局把握我的研究工作，并对我的论文工作提出了许多建设性的建议。鲍慧老师渊博的学识、严谨的治学态度，以及待人接物的态度都深深地影响了我，将使我终身受益，她的谆谆教诲我将永远铭记在心。

其次，我要感谢我的家人，不断给我鼓励和支持，使我能够集中精力进行研究工作。感谢所有在学习和生活上给予我关心与帮助的老师、同学和朋友们！

最后，感谢论文审稿老师的辛勤工作，感谢参加答辩会的全体老师和同学！

攻读硕士学位期间发表的学术论文和参加科研情况

- [1] 鲍慧, 李艳冠, 徐芳琴. IMS 中新的基于策略的 QoS 机制分析 [J]. 通信技术, 2009, 42(6): 90~92
- [2] 李艳冠, 鲍慧. IMS 中基于策略的 QoS 机制分析 [J]. 中国多媒体通信, 2009, 71(5): 24~26
- [3] 徐芳琴, 鲍慧, 李艳冠. IMS 网络端到端安全机制的研究 [J]. 中国多媒体通信, 2009, 34(3)