

# 一体化标识网络基于标签转发的 QoS 保证机制

李 玮<sup>1</sup>, 高德云<sup>1</sup>, 秦雅娟<sup>1</sup>, 熊 轲<sup>2</sup>

(1. 北京交通大学 下一代互联网互联设备国家工程实验室, 北京 100044;

2. 北京交通大学 计算机与信息技术学院, 北京 100044)

**摘 要:**一体化网络与普适服务体系是一种全新的“标识分组网络”体系结构。为保证一体化标识网络的服务质量,结合现有 IP 网络的服务质量保证技术,提出了一种基于标签转发的 QoS 保证机制。该机制引入一体化服务质量管理器,能够动态地管理域内资源,实现 QoS 路由;采用流标签转发机制,可实现快速交换和传输;采用接纳控制和资源预留,提高网络资源利用率。经试验证明,所提方法能够为一体化网络上承载的语音、视频等实时多媒体业务提供有效服务质量保证。

**关键词:**一体化网络; QoS; 带宽管理; 资源预留

**中图分类号:** TP393

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1673-629X(2010)11-0001-04

## Label - Forwarding - Based QoS Mechanism for Universal Network

LI Wei<sup>1</sup>, GAO De-yun<sup>1</sup>, QIN Ya-juan<sup>1</sup>, XIONG Ke<sup>2</sup>

(1. National Engineering Laboratory for Next Generation Internet Interconnection Devices,

Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China;

2. School of Computer & Information Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** As a new architecture of identifier packet network, the universal network and pervasive service infrastructure can support varieties of services and applications in the future. In order to provide reliable QoS guarantee for services in the network, investigates QoS guarantee techniques for IP network and proposes a novel QoS guarantee mechanism for universal network. This mechanism can achieve dynamic resource management and realize QoS routing by adopting universal QoS manager in each domain; achieve fast switching and transportation using flow label forwarding technology; and improve the efficiency of resources in the network by employing admission control and resource reservation. And the experiment results confirm that this mechanism can provide QoS guarantee for real-time multimedia applications such as voices and videos effectively in the universal network.

**Key words:** universal identifier network; QoS; bandwidth management; resources reservation

## 0 引 言

随着互联网技术的发展,网络应用也越来越多样化。尽管网络规模和网络带宽不断提高,但仍不能满足人们日益增长的带宽需求。尤其是近年来语音、视频等实时多媒体业务的兴起,对互联网提出了更高的服务要求。传统的 IP 网络只能提供“尽力而为”的服务<sup>[1]</sup>,这对于那些对带宽、时延有特殊要求的应用来说显然不够。因此,服务质量<sup>[2]</sup>(Quality of Service, QoS)

保证一直都是网络研究的一个热点,而提供 QoS 保证也成为下一代互联网的重要特征。

一体化标识网络<sup>[3]</sup>是一种新型的“标识分组网络”,能够支持多种终端、多种方式的接入,旨在从根本上解决网络的安全性、移动性问题,实现服务普适化、网络一体化。如何为网络中的各种业务提供可靠的 QoS 保证是一体化网络的研究重点之一。文中在研究 IP 网络 QoS 技术基础上,结合 IPv6 的流标签<sup>[4~6]</sup>技术,提出了一种基于标签转发的 QoS 机制,能够为一体化网络中的语音、视频等实时多媒体业务提供有效的 QoS 保证。经实验验证,该方案有效可行。

## 1 一体化网络与普适服务体系架构

文献[2]提出的一体化网络与普适服务体系架构

收稿日期:2010-03-25;修回日期:2010-06-10

基金项目:国家 973 重点基础研究发展规划(2007CB307101); 国家 863 高技术研究发展计划(2007AA01Z202)

作者简介:李 玮(1986-),男,河北宣化人,硕士研究生,研究方向为下一代互联网;高德云,副教授,研究方向为下一代互联网、移动互联网和无线传感器网络。

是一种新型的“标识分组网络”。与 OSI 七层网络体系结构和 TCP/IP 的四层结构不同,一体化标识网络采用了一种新型的二层体系结构<sup>[3]</sup>,包括“交换路由层<sup>[7]</sup>”和“普适服务层<sup>[8]</sup>”两大层面。“交换路由层”负责提供一个可信(安全、可靠、可控、可管)的网络平台,支持多元化的网络和终端接入,保证信息交互的可信性和移动性,具有支持普适服务的能力;“普适服务层”负责各种业务的会话、控制和管理,这些业务包括运营商或第三方增值服务提供商提供的各种网络业务,如语音、数据、多媒体业务等,不同的业务由相同的“普适服务层”承载。

一体化标识网络引入了接入标识<sup>[7]</sup>(Access Identifier, AID)、路由标识<sup>[7]</sup>(Routing Identifier, RID)、连接标识(Connection Identifier, CID)和服务标识<sup>[8]</sup>(Service Identifier, SID)四种标识。“交换路由层”采用了将代表终端身份信息的 AID 与代表终端位置信息的 RID 相分离的方法,将网络划分为接入层和核心层<sup>[7]</sup>。接入层使用 AID 转发数据,实现各种终端的接入;核心层将 AID 映射为 RID,实现对各种数据的控制管理和交换路由。这种基于标识的分离映射机制,对网络的安全性、移动性、可控可管性提供了很好的支持。“普适服务层”引入了 SID 和 CID 两种标识, SID 用于网络资源与服务的统一描述, CID 用于为服务建立连接,通过 SID 到 CID 的映射,可以实现支持多连接多路径的高效数据传输。

图 1 是一体化标识网络示意图,其中接入交换路由器<sup>[7]</sup>(Access Switching Router, ASR)负责接入层各种终端的接入,为进入核心层的数据包进行 AID 与 RID 的映射;广义交换路由器(General Switching Router, GSR)位于核心层,根据 RID 对数据包进行路由和转发。认证服务器对各种接入终端进行接入控制和鉴权,保证网络的可控可管性。映射服务器存储着接入用户的 AID 与 RID 的映射关系,供 ASR 查询和实现映射。

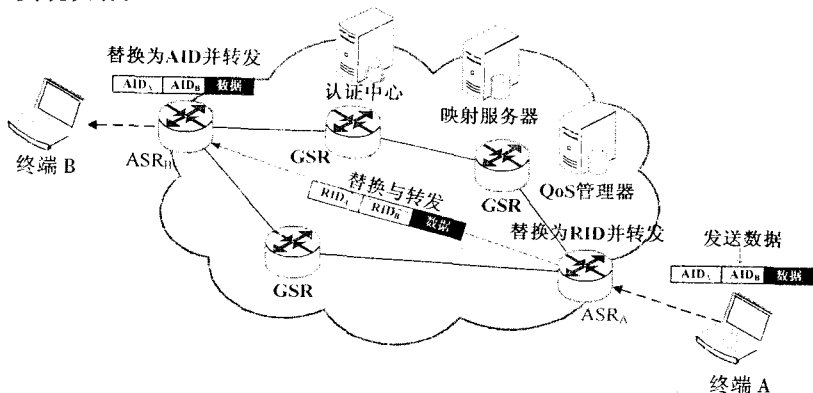


图 1 一体化标识网络示意图

## 2 一体化标识网络的 QoS 机制

### 2.1 系统总体描述

一体化网络的 QoS 保证机制以数据流为基本处理单元,一个数据流可以用源 AID、目的 AID、源端口号、目的端口号组成的四元组唯一描述,为了方便描述,文中将这样的四元组称为“数据流四元组”。在一体化网络的 QoS 机制中,为了对域内数据流进行统一描述,引入了域内全局流标签(Domain Global Flow Label, DGFL)这一概念。DGFL 为 32bit,是对数据流四元组进行哈希运算得到的,存放在数据包的包头,用来唯一标识域内的一个数据流。一体化标识网络的 QoS 机制以 DGFL 为基础,对域内的数据流进行控制管理,并且为其提供一定程度的 QoS 保证。

图 2 是一体化标识网络 QoS 体系示意图,该体系分为“控制管理平面”和“数据交换平面”。一体化网络服务质量管理器(Universal QoS Manager, UQoSM)能够对当前网络中申请 QoS 保证的数据流进行接纳控制,并且计算 QoS 路由;ASR 和 GSR 负责对数据流进行基于 DGFL 的标记转发。由于一体化网络采用了分离映射机制,接入网的用户不能够直接与位于核心网的 UQoSM 通信,所以需要在 ASR 上部署一个 QoS 代理模块,将用户发出的 QoS 请求消息转发至 UQoSM,实现接入网的用户和 UQoSM 之间的间接通信。

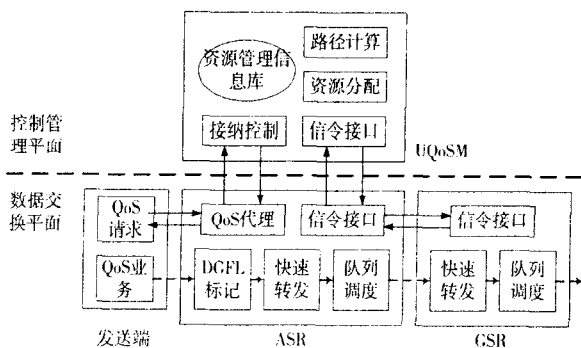


图 2 一体化网络 QoS 体系

### 2.2 控制管理平面

“控制管理层面”的主体是 UQoSM,主要有以下四项功能:资源管理、接纳控制<sup>[9,10]</sup>、QoS 选路和资源预留。

#### 2.2.1 资源管理

UQoSM 维护一个域内链路资源信息库(Domain Link Information Base, DLIB),用于对域内资源进行实时、动态的控制与管理。DLIB 中存储了当前域内所有链路的可用带宽、时延等信息,这些信息可以通过 OSPF 的数据库得到。

### 2.2.2 接纳控制

UQoSM 负责对申请 QoS 保证的业务进行接纳控制,可以根据用户的级别(高级用户或普通用户)、QoS 请求的具体参数(带宽、最小时延等),以及当前 DLIB 中的可以资源,尝试计算能够保证其服务质量的最佳 QoS 路径。如果当前网络中的资源能够满足用户提出的 QoS 要求,则根据数据流四元组,为该业务分配 DGFL 标签,并将其存储在 DGFL 映射表中;如果当前网络资源不足,为了防止网络拥塞,则拒绝用户的 QoS 请求。

### 2.2.3 QoS 选路

在接纳控制过程中,UQoSM 要为申请 QoS 保证的业务计算能够满足其服务质量要求的最佳 QoS 路径,这就涉及到 QoS 选路机制。文中所使用的 QoS 路由算法为 SAMCRA<sup>[11,12]</sup>(Self-Adaptive Multiple Constraints Routing Algorithm)算法,该算法能够在网络中计算出同时满足多个 QoS 约束(如时延、带宽、抖动等)的最优路径,从而从路由层面为数据流提供 QoS 保证。使用 QoS 选路机制,能够将流量分配到资源利用率较低的链路上,防止传统路由算法带来的多个流汇聚到同一条链路上所造成的拥塞,从而提高整个网络的资源利用率。

### 2.2.4 资源预留

UQoSM 能够根据计算得到的 QoS 路径,以显式路由的方式将资源预留消息发送到 QoS 路径上所有的网络节点,告知该路径上的路由器为申请 QoS 保证的数据流配置队列、预留带宽资源,建立起一条能够满足用户 QoS 需求的虚通道,从而为业务提供端到端的 QoS 保证。

## 2.3 数据交换平面

“数据交换平面”的任务是实现基于 DGFL 的快速转发。这一功能由三个功能模块来完成:DGFL 标记模块、队列配置管理模块和快速转发模块。

### 2.3.1 DGFL 标记模块

DGFL 标记模块位于核心网边缘的 ASR 上,它能够根据数据流四元组对进入核心网的数据包进行匹配,为属于具有 QoS 保证的流的数据包添加 DGFL 标签,以便 QoS 路径上的路由器能够根据 DGFL 标签对该流的数据包进行快速转发。

### 2.3.2 队列配置管理模块

队列配置管理模块位于所有的 ASR 和 GSR 上,能够根据资源预留消息为申请 QoS 保证的数据流配置特定的队列,预留带宽,并添加相应的过滤器。过滤器能够从所有接收到的数据包中将拥有 QoS 保证的数据包分离出来,放入预先配置好的队列进行转发。

这些队列通过配置不同的队列规则、限定带宽、转发优先级以及调度算法,从物理上实现网络节点对数据流的 QoS 保证。同时,该模块还负责对该网络节点所有的队列进行管理,包括队列的添加、删除、变更等。

### 2.3.3 快速转发模块

快速转发模块同样位于所有的 ASR 和 GSR 上,用于实现基于 DGFL 的快速转发。该模块维护一个类似路由表的 DGFL 快速转发表,其中存储着拥有 QoS 保证的数据流的 DGFL 值与该流的下一跳标识。当数据包到达路由器后,该模块能够根据数据包所携带的 DGFL 值,查询快速转发表,获取下一跳标识以及其他转发该数据包所需要的信息,然后将数据包放入预先配置好的队列中进行转发。

查找快速转发表和查找路由表的过程类似,但是快速转发表中存储的是等长 DGFL 值,只要通过等长匹配,就能够找到对应的转发条目;而路由表中存储的是地址前缀,需要通过最长前缀匹配,才能找到对应的转发条目。因此,查找快速转发表相对于查找路由表,时间消耗更少。这一优势在路由条目繁多的核心路由器上尤为凸显。

## 3 QoS 服务过程

图 3 为一体化网络中的 QoS 服务过程,该过程分为三个阶段:申请阶段、服务阶段、撤销阶段。

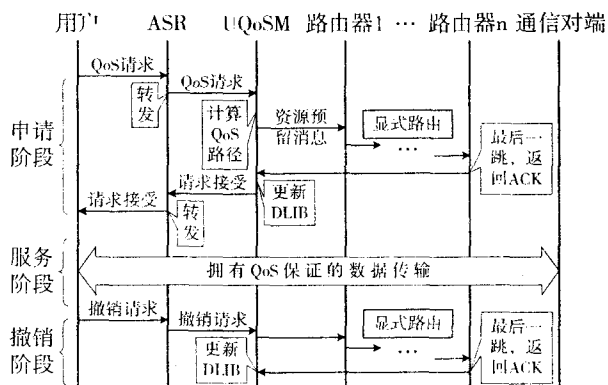


图 3 一体化网络 QoS 服务过程

### 3.1 申请阶段

用户向其所接入的 ASR 发送 QoS 请求,请求消息包括用户与对端的 AID 以及业务所需要保证的带宽、时延等信息。ASR 收到 QoS 请求后,将请求信息中的 AID 替换为 RID,然后由 QoS 代理模块转发至 UQoSM。

UQoSM 收到来自 ASR 的请求信息后,根据 DLIB 中的当前资源状况和链路状态,以及用户请求的资源,计算能够满足用户需求的 QoS 路径。如果不能得到这样的 QoS 路径,则向 ASR 发送请求拒绝消息,表明

当前网络不能为该用户提供所申请的 QoS 保证,该消息由 QoS 代理模块转发至用户;如果 UQoSM 能够计算得到满足用户需求的 QoS 路径,则将用户请求的数据流四元组进行哈希运算,得到一个 DGFL 值,并且将该 DGFL 值和刚刚计算得到的 QoS 路径存入 QoS 路径数据库中,进行管理。

然后, UQoSM 采用显式路由的方式,发送资源预留消息,通知 QoS 路径上的路由器配置队列、预留资源。资源预留消息携带着 DGFL 值、QoS 路径上每一跳的 RID 和需要预留的带宽资源。QoS 路径上的路由器收到资源预留消息后,队列配置模块将为数据流配置队列并限定带宽,同时,快速转发模块将 DGFL 值与下一跳 RID 存入快速转发表,之后,该路由器会将配置消息转发至下一跳路由器。这样,资源预留消息遍历 QoS 路径上的每一跳路由器。在这一步的处理上, ASR 的 DGFL 标记模块还需要将 DGFL 值与相应的数据流四元组保存在一个映射表中,以便数据包来到时,根据数据流四元组为其添加对应的 DGFL 标签。

当 QoS 路径上的最后一跳路由器收到资源预留消息并成功配置后,会向 UQoSM 发送一个 ACK 消息,表明 QoS 虚通道已经建立。UQoSM 收到该消息后,更新 DLIB 中的信息,同时向用户所接入的 ASR 发送包含 DGFL 信息的请求接受消息,由 QoS 代理模块转发至用户。用户收到后,即开始服务阶段。

### 3.2 服务阶段

服务阶段主要是用户与对端的通信过程。用户发送的数据包到达 ASR 后, DGFL 标记模块根据数据流四元组对其进行匹配,将拥有 QoS 保证的数据包过滤出来,并在其包头添加 UQoSM 分配好的 DGFL 标签,然后递交给快速转发模块处理。

快速转发模块收到数据包后,根据包头的 DGFL 值,查找快速转发表,得到转发该数据包所需要的信息后,执行入队操作,将数据包放入之前配置好的队列进行转发。QoS 路径上的其他路由器都将对该数据包进行同样的处理,从而保证数据包按照计算得到的 QoS 路径进行路由,直到数据包正确到达通信对端。

### 3.3 撤销阶段

服务阶段完成后,用户需要发送撤销请求,以便网络回收资源,为其他用户服务。撤销过程和申请过程基本相同,只是 QoS 撤销请求消息中只包含 DGFL 信息。UQoSM 收到撤销请求后,根据 DGFL 值找到相应的 QoS 路径,同样以显式路由的方式发送资源撤销消息,令路径上的路由器撤销之前配置的队列。最后, UQoSM 收到对资源撤销的 ACK 消息后,更新 DLIB。至此,一体化网络中的一次 QoS 服务过程结束。

## 4 功能测试

为了证明文中提出的方案切实可行,本节在图 4 所示的拓扑上部署了一体化标识网络 QoS 保证系统,并对其功能进行了测试。

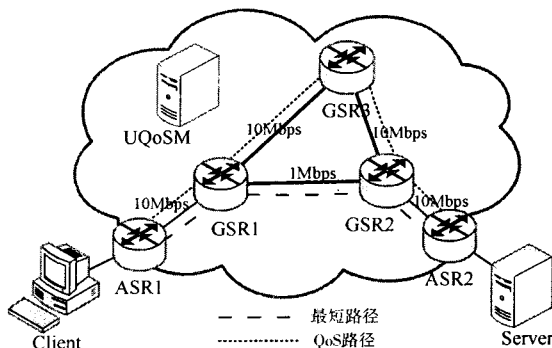


图 4 一体化网络 QoS 机制测试环境

图 4 中, Server 为接入到一体化标识网络的视频服务器,能够提供高清视频点播服务,用户 Client 向 Server 请求某个视频服务,所需带宽约为 5Mbps。为了模拟实际网络的拥塞情况, GSR1 与 GSR2 之间的链路带宽被设置为 1Mbps,成为影响整个网络吞吐量的一条瓶颈链路,其他链路带宽均为 10Mbps。这时,如果 Client 不申请 QoS 保证,根据传统路由机制,视频流在 Server 与 Client 之间选择最短路径进行传输,即 Server→ASR2→GSR2→GSR1→ASR1→Client,这条路径包括了一条瓶颈链路,带宽不能满足业务需求,视频的服务质量将受到严重影响。这种情况下, Client 可以向网络提出 QoS 请求, UQoSM 根据 SAMCRA 算法为其计算出 QoS 路径,即 Server→ASR2→GSR2→GSR3→GSR1→ASR1→Client,并且在该路径上为视频流配置队列、预留资源。当视频服务开始后, ASR 将对视频流的数据包添加 DGFL 标签, QoS 路径上的路由器将根据 DGFL 标签进行转发。实验证明,该方法有效可行。

## 5 结束语

在一体化标识网络 QoS 机制中,引入了服务质量管理器 UQoSM,能够有效地管理域内资源;采用接纳控制策略,保证已经申请 QoS 保证的数据流的服务质量;采用 QoS 路由算法,提高网络资源利用率;采用域内全局流标签的方法,根据 DGFL 值区分不同的数据流,而不仅仅是通过优先级来对数据流进行区分,从而可以实现比区分服务更加精细的区分粒度。并且,这种机制采用控制管理平面与数据交换平面相分离的思想,与集成服务相比,不需要网络为维护资源预留状态而传输大量的维护信息,降低了路由器的开销,拓展性

(下转第 9 页)

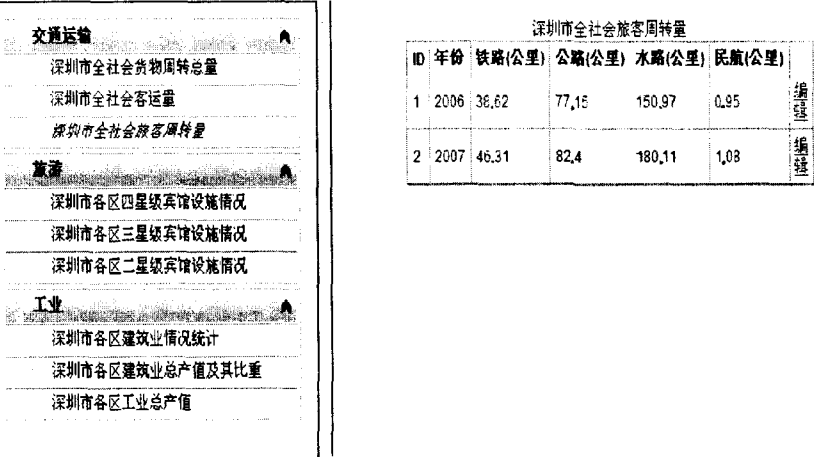


图 4 系统数据操作人员 B 页面

文中借助 JSF 技术,研究并构建了基于 JSF 框架的权限管理系统,提出并实现了利用 JSF 表现层技术实时获得权限进而动态生成满足权限要求的页面。能够高效地保证系统权限管理更为科学、快捷和准确。利用本方案已完成某市城市专题数据维护系统的开发。现在该系统正在使用,并得到用户好评。

参考文献:

[1] Burns E,Horwat J. An Introduction to JavaServer Faces[EB/OL]. 2004-08-02. <http://java.sun.com/j2ee/jaserver-faces/jsfintro.html>.  
[2] McClanahan C, Burns E, Kitain R. JavaServer Faces Specification 1.1[S/OL]. 2004-08-02. <http://java.sun.com/>

(上接第 4 页)  
较好。

参考文献:

[1] 杨 勇,王雪晶,陈良臣. QoS 在 IP 中的研究和应用[J]. 计算机技术与发展, 2007, 17(5): 33-36.  
[2] 林 闯,王元卓,任丰原. 新一代网络 QoS 研究[J]. 计算机学报, 2008, 31(9): 1525-1535.  
[3] 张宏科,苏 伟. 新网络体系基础研究——一体化网络与普适服务[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 593-598.  
[4] 李 茹,王春峰,黄晓璐,等. IPv6 流标签提供的服务质量支持[J]. 计算机科学, 2004, 31(4): 8-13.  
[5] 易 侃,王志坚. 基于 IPv6 的标签交换体系结构的研究[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(6): 227-229.  
[6] Sun Qiong, Huang Xiaohong, Ma Yan. IPv6 end-to-end QoS provision in heterogeneous networks using aggregated flow label[C]// in Proceedings of WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering(CSIE 2009). Los Angeles, United States: IEEE Computer Society, 2009:

j2ee/javaserverfaces/.  
[3] 汤琪亮,高海锋. JavaServer Faces 技术在网络开发中的应用[J]. 计算机工程与设计, 2006, 27(10): 1895-1898.  
[4] 侯雅楠. Sun JSF 的诱人特性[J]. 中国计算机报, 2004, 1304: 2-4.  
[5] 邝文清,郭跟成. 基于 JSF 框架 Web 应用开发的研究[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(12): 272-275.  
[6] 李 仲,杨宗凯,刘 威. 一种基于 RBAC 的实现动态权限管理的方法[J]. 计算机技术与发展, 2006, 16(10): 1-4.  
[7] Sandu R S, Coyne E J, Feinstein H L. Role based access control mcxtels[J]. IEEE Computer, 1996, 29(2): 38-47.  
[8] 杨振宇,耿玉水,王新刚. 基于 B/S 模式可复用的用户权限管理的设计与实现[J]. 计算机应用与软件, 2007, 24(6): 123-125.  
[9] 王 峰,江勤绕,俞欢军. 基于 JSF 框架的信息管理系统的设计和实现[J]. 计算机工程与设计, 2007, 28(21): 5221-5224.  
[10] 暴志刚,胡艳军,顾新建. 基于 Web 的系统权限管理实现方法[J]. 计算机工程, 2006, 32(1): 169-170.  
[11] JBoss Community. RichFaces Developer Guide[EB/OL]. 2009. <http://www.jboss.org/richfaces/docs/referenceguide.html>.  
438-441.  
[7] 董 平,秦雅娟,张宏科. 支持普适服务的一体化网络研究[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 599-606.  
[8] 杨 冬,周华春,张宏科. 基于一体化网络的普适服务研究[J]. 电子学报, 2007, 35(4): 607-613.  
[9] 高文宇,陈松乔,王建新. IP 网络接纳控制研究评述[J]. 计算机科学, 2004, 31(9): 6-10.  
[10] Farooq M O, Aziz S. Admission Control and Multipath Routing Algorithm for Differentiated Services Based Networks[C]// 2009 International Conferences on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems. New York: IEEE, 2009: 359-366.  
[11] Van Mieghem P, De Neve H, Kuipers F. Hop-by-hop quality of service routing[J]. Computer Networks, 2001, 37: 407-423.  
[12] De Neve H, Van Mieghem P. TAMCRA: a tunable accuracy multiple constraints routing algorithm[J]. Computer Communications, 2000, 23: 667-679.