

基于 RSVP 的 QoS 参数控制报文设计与实现

张尧学, 王晓春, 陈 桦

(清华大学计算机科学与技术系, 北京 100084)

摘 要: 本文提出一种高速网络服务质量(QoS)参数的设计与实现方法. 该方法在 Internet 标准 RFC2205 的基础上, 根据不同的多媒体应用类型和服务质量需求, 首先对服务质量进行量化和分类, 然后设计和定义基于 RSVP(Reservation Protocol)的、可供路由器和端系统识别的各类服务质量控制报文, 并设计和实现一种利用这些报文进行 QoS 控制的方法. 这些 QoS 参数控制报文的提出使得 RSVP 协议在广域网上的实现成为可能, 从而提高 Internet 传送多媒体应用的能力.

关键词: 网络; 服务质量; 协议; 路由器

中图分类号: TN393 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112 (2000) 02-0039-04

Design and Implementation of QoS Control Frames Based on RSVP for Internet

ZHANG Yao-xue, WANG Xiao-chun, CHEN Hua

(Dept. of Computer Science and Technology, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: This paper proposes a design and implementation method for Quality of Service (QoS) control frames for Internet. This method is based on RSVP which is a resource reservation setup by protocol standardized by IETF RFC2205. We first give the definition of QoS parameters and then format the control frames of these QoS parameters in this paper. We also implement these control frames and the corresponding management schemes including packet scheduling algorithm and etc in routers, so that it becomes possible to control the QoS and provide integrated services in networks by using the proposed QoS control frames.

Key words: networks; QoS; protocol; router

1 引言

随着网络传输速度的飞速发展, 人们对分布式多媒体应用的需求越来越大. 然而, 除了 ISDN 等宽带网之外, 传统的 Internet 只提供先到先服务 (Best effort) 的转发机制, 无法为用户提供高质量的声音、图像等多媒体传输服务. 为了解决在 Internet 等计算机网上高质量地传输多媒体信息问题, 美国于 1996 年底开始了以提高网络服务质量研究为核心的 Internet II 以及 NGI (下一代 Internet) 等研究项目. IETF (Internet Engineering Task Force) 也成立了专门的工作小组研究多媒体服务质量的定义及相关标准^[4~6].

网络服务质量 (下简称 QoS) 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^[2], 例如传输延迟允许时间、最小传输画面失真度以及声像同步等. 在 Internet 等计算机网络上为用户提供高质量的 QoS 必须解决以下问题:

(1) **QoS 的分类与定义** 对 QoS 进行分类和定义的目的, 在于使网络可以根据不同类型的 QoS 进行管理和分配资源. 例如给实时服务分配较大的带宽和较多的 CPU 处理时间等;

另一方面, 对 QoS 进行分类定义也方便用户根据不同的应用提出 QoS 需求.

(2) **准入控制与协商** 即根据网络中资源使用情况, 允许用户进入网络进行多媒体信息传输并协商其 QoS.

(3) **资源预约** 为了给用户提供满意的 QoS, 必须对端系统、路由器以及传输带宽等相应的资源进行预约, 以确保这些资源不被其它应用所抢用.

(4) **资源调度与管理** 对资源进行预约之后, 是否能得到这些资源, 还依赖于相应的资源调度与管理系统.

至今为止, Shenker 等提出和定义了保证式服务^[6]与负载控制式服务^[5], 本文作者也提出了基于这些服务的 QoS 参数定义方法^[1]. 另外, Braden 等则提出了可用于组广播 (Multicast) 的资源预约协议 RSVP^[4]. 文[7]则提出了基于 RSVP 的端系统 QoS 控制结构框架. 不过, 这些研究都未解决如何实现和提供文[5]与[6]规定服务的问题.

本文以 RSVP 协议为基础, 设计和定义与保证式服务和负载控制式服务相关的 QoS 参数与协议框架, 并将这些协议与 QoS 服务参数应用到路由器 SED-08B^[3] 的操作系统

收稿日期: 1998-10-10; 修订日期: 1999-03-01

基金项目: 国家 973 (G1998030406) 和国家自然科学基金资助课题

AOSR^[10]中,从而使得该路由器能对应多媒体传输和提供相应的保证式服务与负载控制式服务。

2 RSVP 与服务类型

2.1 RSVP

RSVP^[4]是 97 年 9 月通过的 Internet 国际标准.它由多媒体信息的接收端开始进行资源预约,可适用于组广播和点对点通信. RSVP 主要发送两类控制信令: PATH 类信令和 RESV 类信令.其中, PATH 类信令被 IP 协议(IPv4 或 IPv6)或 UDP 协议封装后由源端发送,经路由器后传到接收端并建立多媒体流的传输路径.当接收端收到 PATH 类信令,且需要预约资源时,返回 RESV 类信令,经路由器以软状态(即无连接)方式预约资源.如果资源预约失败,路由器返回 RESV ERROR 信令,以便接收端和源端进行处理.

在网络系统(包括主机)中,一个 RSVP 信令被看作一个被 5 元组定义的对象,即:

<协议对象,发送主机地址,发送端口,接收主机地址,接收端口>

其中,发送和接收主机的地址可以是 IPv4 或 IPv6.协议对象除了有一个共同的信令头或对象头之外,其它部分由相应的控制信息组成.这些信息有:预约风格、流特性和性能特性描述(QoS 描述)、错误信息描述等.

RSVP 对共同信令头(或对象头)以及预约风格和错误信息描述都有完整的定义.但是,对于所传输多媒体信息的流特性和性能特性来说,由于这些部分直接描述 QoS 并与路由器密切相关,从而未给出相应的定义.本文将在对多媒体信息和 QoS 进行分类的基础上,定义、设计和实现 RSVP 的流特性和性能特性描述对象.

有关 RSVP 的详细描述,请参考文献[4].

2.2 服务类型

IETF 定义了两类服务:保证式服务(Guaranteed Service)和负载控制式服务(Controlled Load Service).保证式服务保证所传输的信息流在所要求的延迟时间内到达,主要用于对时间要求非常严格的多媒体应用.负载控制式服务则并不保证所传输的信息流都在所要求的延迟时间内到达,但其到达的百分比会相当高,对应于 Internet 上广范围的多媒体应用.

3 基于 RSVP 的 QoS 参数定义

文[2]提出了一种 QoS 描述方法,即把 QoS 定义为一个由应用(服务)类型、流量和性能参数、不同媒体流之间的同步度以及反映网络资源使用状况的价格参数等组成的 4 元组:

$$\langle S, F, T, C \rangle$$

其中, S 是描述应用(服务)类型的集合,它包括要求保证式服务 CBR(Constant Bit Rate)类应用,例如高保真音频视频和 RT-VBR(Variable Bit Rate:Real Time)类应用,例如电视会议类实时音频视频.它也包括要求负载控制式服务的 NRT-VBR(Variable Bit Rate:Non Real Time)类应用和 UBR(Unspecified Bit Rate)与 ABR(Available Bit Rate)类应用.

F 是描述信息流的流量特性与性能特性的集合. $F = \langle d, j, l, p, x_0, x_1, i, b \rangle$

其中, d 表示端到端的延迟, j 表示抖动, l 表示丢失率, p 表示允许过度延迟的概率.

参数 d, j, l, p 为信息流的性能特性参数,一般由信息接收端提出. x_0 表示传送分组的峰值速率, x_1 表示传送分组的平均速率, i 表示传送分组的平均周期, b 表示传送分组时的最大突发长度.

参数 x_0, x_1, i, b 表示信息流的流量特性参数,一般为信息发送端,即源端提出.

T 和 C 分别表示信息流之间的同步程度和网络资源的价格参数.

为了利用 RSVP 协议传输这些 QoS 参数,并根据这些参数进行资源预约、调度和准入控制等,本文将进一步给出上述 QoS 参数的基于 RSVP 的实现格式.

4 基于 RSVP 的 QoS 参数实现格式

4.1 RSVP 信令格式

如前所述,RSVP 信令包含五部分,即协议对象、源地址、源端口和接收端地址与接收端口组成.其中,协议对象具有如图 1 所示共同信令头或对象头.图 1 所示信令头为 3 个长 32 比特的字.

	0	1	2	3 (byte)
0	Vers	Flags	Msg_Type	RSVP Checksum
1	Send_TIL		(Reserved)	RSVP length
2	Length (bytes)			Class_Num C_Type

图 1 RSVP 共同信令头

其中,Vers:4 比特,表示 RSVP 版本号;

Flags:4 比特,未定义;

Msg_Type:8 比特,表示 RSVP 报文类型;1 = PATH 类信令,2 = RESV 类信令,3 = PATHERR(路径错误)类信令,4 = RESVERR(预约错误)类信令,5 = PATHTEAR(路径拆除)类信令,6 = RESVTEAR(预约拆除)类信令,7 = RESVCONF(预约确认)类信令.

RSVP Checksum:16 比特,校验值;

Send_TIL:8 比特,被发送信令的 IP TIL 值;

RSVP length:16 比特,以字节形式表示 RSVP 信令;

Length:16 比特,总长,以字节形式表示对象的长度,该长度必须是 4 的倍数;

Class_Num:8 比特,标识对象类型.共定义 19 类信令,包括:0 = Null(空信令),1 = Session(会话信令),2 = Session-group(会话组信令),3 = RSVP-HOP(具有 RSVP 能力的节点),4 = Integrity(加密信令),5 = Time-value(信令报文的刷新周期),6 = Error-spec(错误类型),7 = Scope(指定范围),8 = Style(预约风格),9 = FLOWSPEC(QoS 描述信令,后定义),10 = FILTER-SPEC(具有期望 QoS 的数据包子集),11 = SENDER-TEMPLATE(识别发送端信令),12 = SENDER-TSPEC(发送端流量特性描述),13 = ADSPEC(路由用),14 = POLICY-DATA(管理用),15 = CONFIRM(要求证实接收者信令),30 = DIAGNOSTIC(诊断信令),31 = ROUTE(记录路径),32 = DIAG RESPONSE(诊断响应).

C_Type:与 Class_Num 一起指明具体的信令.例如,信令

SENDER. TEMPLATE 的 C. Type = 1 时,表示该信令的发送端地址为 IPv4 地址, C. Type = 2 时,表示该信令的发送端地址为 IPv6 地址,而 C. Type = 3 时,则表示除了发送端地址为 IPv6 地址之外,信令中还包含有一个相应的流标识.

紧接着 RSVP 信令头的是 RSVP 的对象内容,最后是发送和接收 RSVP 的有关地址.

4.2 QoS 参数信令格式

0	0			1	2	3(byte)
1	信令头					
2						
3	版本号		(未定义)		对象长度(字长)	
4	服务类别		(未定义)		服务数据长度(字长)	
5	参数 ₁ ID		标识		参数 ₁ 长度(字长)	
6	参数 ₂ ID		标识		参数 ₂ 长度(字长)	
7	参数 ₃ ID		标识		参数 ₃ 长度(字长)	
8	分组峰值速率 x_0					
9	分组平均速率 x_1					
10	分组平均周期 I					
11	分组最大突发长度 b					
12	参数 ₄ ID		标识		参数 ₄ 长度(字长)	
13	延迟 d					
14	抖动 j					
15	丢失率 l					
16	允许过度延迟概率 p					
17	参数 ₅ ID		标识		参数 ₅ 长度(字长)	
18	会话 ₁ 目的地址(IPv4)					
19	会话 ₁ 协议ID			会话 ₁ 目的端口		
20	会话 ₂ 目的地址(IPv4)					
21	会话 ₂ 协议ID			会话 ₂ 目的端口		
22	会话 ₁ 与会话 ₂ 同步程度 t					
	...					

图 2 FLOWSPEC 信令格式

RSVP 中与 QoS 参数直接相关的信令有 FLOWSPEC 和 SENDER-TSPEC. 这里,根据第三节给出的 QoS 参数定义 FLOWSPEC 和 SENDER-TSPEC 分别如图 2 和图 3.

图 2 和图 3 信令字长都为 32 比特.源端可使用图 3 的 SENDER-TSPEC 信令把发送方所具有流量特性告知接收方.而接收方则可使用图 2 所示的 FLOWSPEC 向网络和端系统提出 QoS 要求.这里,保证式服务时 FLOWSPEC 中所要求的流特性应至少不小于 SENDER-TSPEC 中所给出的流特性.否则,系统分配给该信息流资源将无法保证接收端所要求的 QoS.

图 3 SENDER-TSPEC 信令格式

0	1	2	3(byte)
0	信令头		
1			
2			
3	版本号	(未定义)	对象长度(字长)
4	服务类别	(未定义)	服务数据长度(字长)
5	参数 ID	标识	参数长度(字长)
6	分组峰值速率 x_0		
7	分组平均速率 x_1		
8	分组平均周期 I		
9	分组最大突发长度 b		

5 QoS 参数控制报文的实现

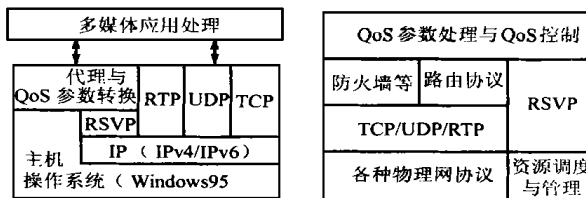
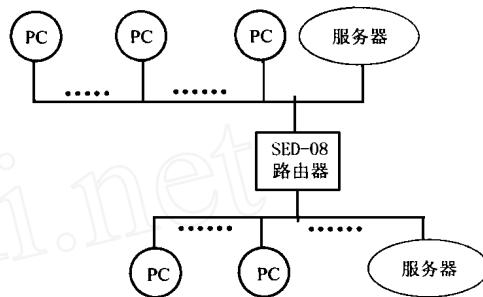
5.1 实现环境与模型

本文提出的 QoS 参数控制报文的实现环境如图 4.

在图 4

中,端系统 PC 机使用 Windows 95 操作系统和 Winsock 通信机制, SED-08B 路由器是作者

自己开发的



(a) 主机端系统软件结构 (b) 路由器软件结构

图 5 QoS 参数控制报文实现的软件结构

具有 QoS 参数控制功能的路由器^[3,9].

图 4 所示环境的软件结构模型如图 5.

图 4 和图 5 所示环境与模型构成一个端到端的 QoS 控制和协商系统.而且,该系统是基于 TCP/IP 协议的,从而可直接扩展到 Internet 中.下面进一步介绍端主机系统与路由器系统的实现结构与工作过程.

5.2 端主机系统的实现结构与工作过程

根据图 5(a)给出的端主机系统软件层次结构,图 6 给出了端主机系统的模块结构.

端主机系统主要由两部分组成,即传统 Internet 通信部分和 QoS 控制部分.其中,传统的 Internet 通信部分提供 Internet 上数据传输与控制服务, QoS

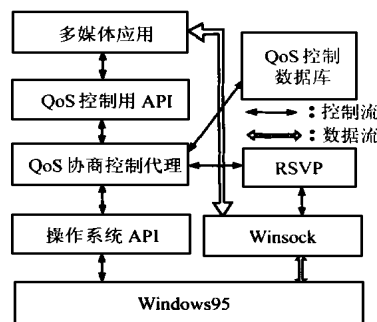


图 6 端主机系统的软件模块构成

控制部分则基于本文第 3 节和第 4 节中所定义的 QoS 控制报文参数,协商和控制不同应用媒体流的服务质量.端主机系统 QoS 控制的工作过程如下:

- (1) 用户通过 QoS 协商界面提出多媒体应用的 QoS 要求,例如延迟时间、丢失率等.
- (2) 用户启动多媒体应用程序,该程序通过 Winsock 机制与接收方建立路由.
- (3) 由接收方启动 RSVP 协议向路由器传送 SENDER-TSPEC 信令和 FLOWSPEC 信令等,进行资源预约.

(4) 等待路由器资源预约结果的同时, 预约端系统中的 CPU、缓冲区等资源。

(5) 如路由器与端系统中资源预约成功, 则应用程序执行, 否则取消本次应用。

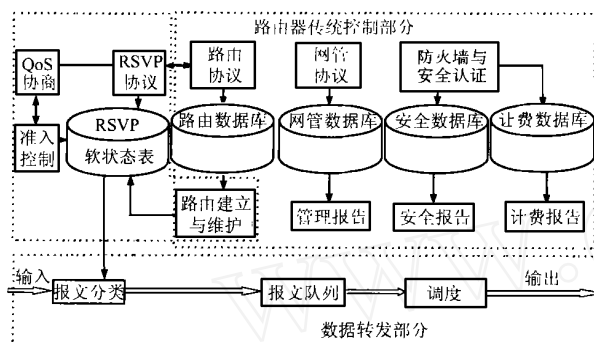


图 7 SED-08 系列路由器的软件模块构成

5.3 具有 QoS 控制的路由器模块结构与工作过程

图 7 给出了 SED-08 系列路由器的模块结构。该结构由三部分组成, 即数据转发部分, QoS 控制部分, 路由、安全、网管等传统路由器控制部分。本路由器与传统路由器相比, 在数据转发部分中增加了报文分类与调度两大部分 (传统路由器为先到先转发机制) 以及 QoS 控制部分, 从而可根据第三和第四节中定义的基于 RSVP 的 QoS 参数控制报文, 给不同类型的媒体流分配相应的资源和提供满意的 QoS。

路由器与 QoS 控制和资源调度有关的工作过程如下:

(1) 首先由 RSVP 协议传送的 SENDER、TSPEC 信令和 FLOWSPEC 信令等向路由器提出相应的 QoS 需求。

(2) 路由器收到 QoS 需求之后由准入控制模块检查当前可利用的资源和检查同时到达的不同多媒体流的优先级, 以确定是否给该媒体流建立相应的 RSVP 软状态。

(3) 如果路由器中有足够的资源支持用户的 QoS 要求, 则准入控制模块允许相应的 RESV 类信令通过, 并建立相应的传送路径 (软状态)。否则, 准入控制模块将调用 QoS 协商模块发出相应信令要求降低 QoS 要求, 如果协商不成功, 准入控制模块将拒绝为该媒体流建立传送路径。

(4) 如果路由器中已为相应媒体流建立了软状态, 即 FLOWSPEC 等信令中 QoS 参数都已置入 RSVP 软状态表中, 报文分类模块和调度模块就可对到达数据报文进行分类和调度。

5.4 讨论

按照上述定义和实现环境, 对 IP 电话和 FTP 报文进行同时传输时的 QoS 控制。由于环境限制, 在实验环境上只实现了 2 路 IP 电话和 6 个用户同时进行 FTP 传输操作。在没有进行 QoS 控制时, 实验显示, 当 FTP 的用户数增加到 3 个时, IP 电话的语音已出现明显的断续现象, 到了用户几乎无法接听的地步。然而, 当用本文所给出的 QoS 参数报文进行控制之后, 在用户达到 6 个、以太网传输速率达到 4Mbps 的情况下, 2 路 IP 电话的语音传输质量仍然很好。当然, 这要求在端系统和路由器上都装载 QoS 控制程序。

对于不提供 QoS 控制功能, 或不支持本文提出的 QoS 参数的路由器, 本文提出的方法不能提供 QoS 控制功能。

6 小结

本文提出和定义了能够在网络上为用户提供 IETF 定义的保证式服务 (Guaranteed Service) 与负载控制式服务 (Controlled Load Service) 的 QoS 参数, 并根据该定义设计了基于 RSVP 的 QoS 参数控制报文 FLOWSPEC 等。利用这些控制报文, QoS 参数可由 RSVP 协议从端系统传送到网络中有关传输路径的各个路由器中, 并建立软状态和控制路由器中资源分配和管理。另外, 本文还给出了一种基于 Windows 95 的端系统和 SED-08 路由器系列等设备构成的端到端 QoS 控制报文的实现方法。该方法已经经过权威测试, 证实了其有效性^[9]。

参考文献

- [1] 张尧学, 盖峰. QoS 控制与成组广播 MBone. 电子学报, 1995, 23 (10): 32 ~ 36
- [2] 陈桦, 张尧学. Multimedia QoS Classification and Negotiation Manager. Chinese Journal of Electronics, Jan. 1998, 7(1): 44 ~ 48
- [3] 张尧学等. SED-08 路由器. 高技术通信, 1997, 7(10): 32 ~ 34
- [4] R. Braden and et al. Resource Reservation Protocol (RSVP) — Version 1, Functional Specification. IETF RFC2205, Sept. 1997
- [5] J. Wroclawski. Specification of the Controlled Load Network Element Service. IETF RFC2211, Sept. 1997
- [6] S. Shenker and et al. Specification of Guaranteed Quality of Service. IETF RFC2212, Sept. 1997
- [7] T. P. Barzilai and et al. Design and Implementation of an RSVP Based Quality of Service Architecture for an Integrated Service Internet. IEEE JSAC, April. 1998, 16(3): 397 ~ 413
- [8] A. Eberle and et al. Switzerland: a QoS Communication Architecture for Workstation Clusters. Proc. ACM ISCA '98, Spain, June. 1998
- [9] 国家安全部信息技术产品测评认证中心. 清华桑达高速路由器 SED-08B 版本 1.0 测试认证报告. 1998, 6
- [10] 马洪军, 张尧学等. 一个主动式路由器操作系统: AOSR. 计算机研究与发展, 1999, 6



张尧学 1956 年 1 月生, 工学博士, 清华大学计算机系教授, 博士生导师。主要研究方向为计算机网络, 包括网络路由器、网络协议工程、服务质量控制方法与网络操作系统等。E-mail: ZYX@sun475.cs.tsinghua.edu.cn



王晓春 1968 年 10 月生, 清华大学计算机系博士生, 主要研究方向为计算机网络中服务质量的控制方法等。