



QoS 在 IOS 中的实现与应用

Implementing Quality of Service Using IOS

详解QoS要素 解析QoS命令 完整的配置示例 清晰的配置过程

张国清 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

QoS 在 IOS 中的实现与应用

Implementing Quality of Service Using IOS

张国清 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是一本全面、系统介绍使用 Cisco IOS 实现区分服务模式 QoS 的书籍。全书共分 10 章, 以 QoS 原理、实现及应用为主线, 详细介绍了数据分类的基础知识、数据分类技术、数据标记技术、流量整治与整形技术、队列技术、拥塞管理与拥塞避免技术, 并举例介绍了 QoS 在 IPSec VPN 和 MPLS VPN 中的应用。

本书是一本很实用的技术参考书, 可供网络管理员、网络工程师和高层技术管理人员阅读。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有, 侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

QoS 在 IOS 中的实现与应用 / 张国清编著. —北京: 电子工业出版社, 2010.5

ISBN 978-7-121-10690-3

I. ① Q… II. ②张… III. ①计算机网络—安全技术 IV. ①TP393.08

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 065306 号

策划编辑: 宋 梅

责任编辑: 侯丽平 文字编辑: 谭丽莎

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 14 字数: 328 千字

印 次: 2010 年 5 月第 1 次印刷

印 数: 3 000 册 定价: 36.00 元



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

序

白天正在办公室忙，看见 MSN 在闪烁，点开一看是张国清的消息，他请我为他的新书作序。我和张国清老师大约认识了有七八年的时间，因为都在思科网络技术学院的体系内，见面的机会比较多。后来，我加入了思科公司，而张国清老师还是认真、执著并且充满激情地做着讲师的职业，兢兢业业地为普及网络技术、为培养 IT 人才而努力工作着。

我手上已经有了两本张老师的书，一本是《CCNA 学习宝典》，另一本是《最新 CCNP 认证之 BSCI 宝典》。这两本书的知识结构合理，逻辑清晰，讲述的过程由易到难，层次递进。另外，很多重要的知识点都阐述得很详细，许多命令的参数也都做了详细的解释，对读者继续深入学习很有帮助。通过这两本书可以看出张老师的著书风格，也可以知道这和他多年来在所从事的讲师生涯中养成的良好素养是分不开的。为了能够让学员对课堂内容理解得清晰和透彻，并且能够比较容易理解和掌握，张老师真是进行了非常努力的钻研和总结，付出了非常多的心血。

这次让我作序的是关于 QoS 在路由器和交换机方面应用的书。

路由器是互联网和大型企业网中最重要的网络互联设备。根据应用场景的不同，路由器分成面向骨干网络的高端路由器、面向企业骨干及接入的中端路由器，以及面向家庭和小企业的 SOHO 路由器。随着语音和视频等各种应用的蓬勃开展，网络中的路由器逐渐演变为提供多种服务路由的中枢和控制器。由于网络处理器和专用集成电路的采用，使得一些路由器的工作能力大大增强，可以生成二层和三层 VPN、防火墙功能和 VoIP 等增值业务，并且能提供对语音和视频的 QoS 支持功能。

交换机在企业网中起着顶梁柱的作用。整合数据、语音与视频等多媒体服务对交换机的 QoS 提出了新的要求。传统的数据服务对网络的延时并不敏感，但如果打 IP 电话，网络时延就会导致语音的失真；如果使用视频电话，就会出现图像的停顿不流畅。因此，新型交换机对 QoS 的支持至关重要。

本书全面、系统地介绍了在路由器和交换机上实现区分服务模式 QoS 的步骤和命令，并列出了许多示例来解释如何使用命令实现相应功能。因此，本书的可操作性很强。另外，书中的内容在结构上清晰地体现了思科研发人员实现 QoS 的思路。

我认为这是一本很及时的书，相信它能够给计划参与思科职业认证考试的人员、学生及从事网络工程的技术人员提供非常有力的帮助。



思科系统（中国）网络技术有限公司
中国思科网络技术学院总经理

前言

网络发展到今天，不管是只服务于一个企业的局域网，还是服务于大众的互联网都发生了巨大的变化。这种变化推动着社会信息化飞速向前发展，也使人们的生活质量不断提高，使人们可以时刻享受到由信息技术带来的方便和快乐。

2005 年以前，网络服务主要是浏览网页、数据传输（上传和下载）、从服务器（数据库）中查询并获取数据。而今天，网络上除了有这些传统的业务外，还增加了很多新型业务，如实时音频业务、Web 多媒体应用、实时视频业务、交互式音频业务、交互式视频业务、交互式数据业务等。这么多种业务在同一个网络平台上运行，势必会互相产生影响，甚至是干扰，导致某些业务不能达到其应该具备的业务质量。用专业术语来说，就是这种业务的服务质量不满足要求。例如，一个 IP 电话业务的语音总是断断续续，这就是服务质量不满足要求的例子。

另外，虚拟私有网络（VPN）的广泛部署，也需要运营商和客户携手共同考虑如何保证客户能够获得端到端的服务质量，而运营商从中可以开辟新的业务增长点。

服务质量的英文名称为 Quality of Service，简称 QoS。它是指网络提供更高优先服务的一种能力，包括专用带宽、抖动控制和延迟（用于实时和交互式流量情形）、丢包率的改进，以及不同 WAN、LAN 和 MAN 技术下的指定网络流量等，同时确保为每种流量提供的优先权不会阻碍其他流量的进程。

QoS 是网络用来解决网络延迟和阻塞等问题的一种技术。在正常情况下，如果网络只用于特定的无时间限制的应用系统，并不需要 QoS，如 Web 应用或 E-mail 应用等。但是对关键应用和多媒体应用就十分必要。当网络过载或拥塞时，QoS 能确保重要业务数据不延迟、不丢弃，保证网络的高效运行，如 IP 电话的数据既不能延迟也不能丢弃。

QoS 还是一种网络安全技术。当路由器或交换机接收到流量非常大的攻击网络内某服务器的数据时，可以使用 QoS 技术对这种有害的数据流进行限制，把它的流量限制在比较低的水平上，以至于不能对网络内的服务器构成威胁，如限制 DDOS 攻击、蠕虫病毒等。

越来越多的路由器和交换机都装上了 QoS 功能，因此网络设计人员和网络管理人员有必要学习 QoS 技术，在实际工作中灵活使用该技术，以保证网络的高效、安全运行。

本书以弹性带宽管理（下载限速）为例说明 QoS 技术的实用性。如接口总带宽为 10Mbps，允许总的最大下载速度为 1000KB/s，每个连接最大下载速度为 200KB/s。

（1）当带宽使用率较低时。如果带宽有空闲，则下载速度最大可以达到 200KB/s。200KB/s 是下载的峰值速度，即使带宽只有一个人在使用，也不会超过这个峰值速度，并且总的下载所占的带宽不超过 1000KB/s。

（2）当带宽有一定的使用率时。如果带宽有一定的使用率，则每个人的下载速度都会降低，因为总的下载带宽不允许超过 1000KB/s。

如果掌握了 QoS 技术，程序开发人员也可以为依赖服务质量的应用程序附加带宽控制功能。例如，你用 Windows Media Player 看网上电影，同时用 BT 狂下东西，这时你看的电影就会卡，但假如 Windows Media Player 有了带宽控制功能，系统就会划分出一部分网络带宽

专供看电影使用，以保证网上电影的流畅，但 BT 的下载速度就会受到限制。当然，现在没有程序支持这种功能，这只是从 QoS 角度设想出来的。因为从 OSI 理论来讲，应用程序不应该管理带宽，带宽的管理应该是在网络层面上考虑的因素。

所有网络，无论是大型企业网络、ISP 的网络，还是中、小型公司网络，都能利用 QoS 的某些方面获得最佳效率。由各种网络平台构成的大型企业网络必须提供端到端 QoS 解决方案，这就要求为不同的技术采用不同的 QoS 配置；ISP 要求网络有良好的扩展性和性能，而且其承载的数据也不同于以前了，有了实时应用数据，就需要用 QoS 区分出不同的数据，为不同的客户提供有区分的服务等级；在中、小型公司网络中，管理员必须面对日益增长的应用程序，QoS 可以使管理员区分不同的应用，以更有效的方式利用购买的电信链路。

由于 QoS 技术如此重要并被广泛地部署在网络中，所以网络管理者、网络工程师及高层技术管理人员必须掌握 QoS 技术。在读者建议下，经过一段时间的准备后，笔者写了这本系统介绍 QoS 的书。

全书共分 10 章，章节的顺序与在网络中部署 QoS 的步骤一致，建议读者按顺序阅读，这样可以更清楚地理解 QoS。其中，第 1 章为服务质量概述；第 2 章为 QoS 与标识字段；第 3 章为数据的分类与标记；第 4 章为流量整治；第 5 章为队列及拥塞管理；第 6 章为拥塞避免技术；第 7 章为流量整形；第 8 章为链路优化技术；第 9 章为 IPSec VPN 应用 QoS；第 10 章为 MPLS VPN 应用 QoS。本书附录有 642-642 考试真题练习，并提供了练习答案，希望对读者有所帮助。

《圣经》中有一个词——“荣神益人”，希望本书能达到此效果。

本书由张国清编著，参加编写工作的还有胡朝华、王澜和张运欣。

欢迎读者给出对本书的评论，任何建议或意见、批评可以使用以下方式告知作者。

博客地址：<http://gooltsing.cublog.cn>；作者信箱：gooltsing@sina.com。

编著者

2010 年 5 月于北京

语 法 约 定

本书使用的命令语法约定如下：

- (1) 黑体字代表命令；
- (2) 正体字代表命令中的参数；
- (3) 斜体字代表命令中的参数变量；
- (4) 大括号 “{ }” 表示其中的参数或变量是必选项；
- (5) 中括号 “[]” 表示其中的参数或变量是可选项；
- (6) 竖线 “|” 表示隔开的参数或变量任选其一。

目 录

第 1 章 服务质量概述	1
1.1 决定 QoS 的因素	1
1.2 端到端 QoS 服务模式	2
1.2.1 尽力而为服务模式	2
1.2.2 集成服务模式	2
1.2.3 区分服务模式	3
1.2.4 DS 与 PHB	4
1.3 区分服务模式的结构模型	4
1.4 IOS 的 QoS 特性	6
1.4.1 实现 QoS 的 IOS 工具	6
1.4.2 实现 QoS 的流程	7
1.5 本章小结	8
第 2 章 QoS 与标识字段	9
2.1 帧与标识字段	9
2.1.1 ISL 帧的格式与 QoS	9
2.1.2 802.1q 帧的格式与 QoS	10
2.2 IPv4 报文头与 QoS	11
2.2.1 IPv4 报文头的结构	11
2.2.2 IPv4 ToS 字段	12
2.3 DSCP	13
2.3.1 ToS 与 DSCP	14
2.3.2 类别选择码	14
2.3.3 DSCP 值	14
2.3.4 保证转发服务	15
2.3.5 无阻碍转发服务	15
2.3.6 其他定义	16
2.4 IPv6 报文头与 QoS	16
2.5 MPLS 标签与 QoS	16
2.6 DSCP/CoS/IP Pre.映射	17
2.6.1 CoS-to-DSCP	17
2.6.2 DSCP-to-CoS	17
2.6.3 IP-Precedence-to-DSCP	19
2.7 默认对应关系总结	19
2.8 本章小结	20

第 3 章 数据的分类与标记	21
3.1 分类流程	21
3.2 边界及边界信任	22
3.2.1 启用交换机的 QoS 功能	23
3.2.2 信任 CoS	24
3.2.3 信任 DSCP	24
3.2.4 信任 IP Precedence	25
3.2.5 信任 IP 电话	25
3.2.6 启用被信任边界特性	26
3.2.7 为交换机端口设置默认 CoS 值	26
3.2.8 查看端口 QoS 状态	27
3.2.9 设置 QoS 域边界端口的信任特性	27
3.3 使用 MQC 分类	29
3.3.1 class-map 命令	29
3.3.2 class-map 示例	29
3.3.3 policy-map 命令	32
3.3.4 policy-map 示例	32
3.3.5 service-policy 命令	34
3.3.6 MQC 应用示例	34
3.3.7 class-map 嵌套	35
3.3.8 policy-map 嵌套	36
3.3.9 检查配置的命令	37
3.4 使用 NBAR 分类	38
3.4.1 PDLM	38
3.4.2 PDLM 类型	39
3.4.3 MQC 与 NBAR	40
3.4.4 使用 MQC 配置 NBAR 的步骤	40
3.4.5 NBAR 应用示例	41
3.4.6 NBAR 的一些局限	43
3.5 本章小结	43
第 4 章 流量整治	44
4.1 令牌桶	44
4.2 令牌桶原理	45
4.2.1 单桶单速	46
4.2.2 双桶单速	46
4.2.3 双桶双速	46
4.3 CAR	47
4.3.1 CAR 语法通式	48
4.3.2 限速访问列表	49

4.3.3	限速访问列表的通配符掩码	49
4.3.4	限速访问列表示例	50
4.3.5	使用 CAR 限速的案例	50
4.3.6	检查 CAR 配置的命令	52
4.4	使用 MQC 整治流量	54
4.4.1	命令及步骤	54
4.4.2	Policed-DSCP Map	55
4.4.3	MQC 用法示例	55
4.4.4	MQC 流量整治案例	56
4.4.5	双速多行为示例	63
4.4.6	基于 NBAR 的流量整治	63
4.4.7	基于带宽百分比的流量整治	64
4.4.8	三级分层流量整治	65
4.4.9	集合整治器	69
4.5	本章小结	69
第 5 章	队列及拥塞管理	70
5.1	先进先出队列	70
5.2	优先队列	71
5.2.1	原理	71
5.2.2	配置命令	72
5.2.3	配置示例	73
5.3	自定义队列	74
5.3.1	原理	74
5.3.2	轮询发送数据量	74
5.3.3	配置命令	76
5.3.4	配置示例	77
5.4	加权公平队列	78
5.4.1	基于数据流的加权公平队列	78
5.4.2	基于分类的加权公平队列	80
5.5	低延迟队列	84
5.5.1	原理	84
5.5.2	配置命令	85
5.5.3	配置示例	85
5.6	RTP 优先队列	88
5.7	交换机上的队列	89
5.7.1	交换机的 QoS 结构	89
5.7.2	队列及拥塞管理	90
5.7.3	入队列	90
5.7.4	出队列	94

5.8 本章小结	98
第 6 章 拥塞避免技术	99
6.1 随机早期检测	99
6.2 丢弃概率	99
6.3 加权随机早期检测	100
6.4 平均队列长度	100
6.5 基于流的 WRED	101
6.6 遵从区分服务的 WRED	102
6.7 配置 WRED	102
6.7.1 在物理接口上启用 WRED	102
6.7.2 在 VC 接口上启用 WRED	103
6.7.3 配置基于流的 WRED	104
6.7.4 启用遵从区分服务的 WRED	104
6.8 明确拥塞通知与 WRED	110
6.8.1 原理概述	110
6.8.2 配置 ECN	111
6.9 本章小结	113
第 7 章 流量整形	114
7.1 流量整形的优点	114
7.2 流量整形技术	114
7.3 通用流量整形	114
7.3.1 配置 GTS 的基本命令	115
7.3.2 GTS 利用 ACL 整形	115
7.3.3 帧中继的 GTS	115
7.3.4 检查流量整形的命令	116
7.4 基于分类的流量整形	117
7.4.1 配置 CBTS 的命令	117
7.4.2 配置示例	118
7.5 帧中继流量整形	121
7.5.1 帧中继流量整形使用的命令	121
7.5.2 FR 流量整形配置示例	122
7.5.3 帧中继流量整形与 RTP 优先队列	125
7.5.4 帧中继流量整形与 LLQ	126
7.5.5 帧中继流量整形与 PVC 优先队列	129
7.6 基于 MQC 的帧中继流量整形	131
7.6.1 命令语法	131
7.6.2 配置示例	132
7.7 本章小结	132

第 8 章 链路优化技术	134
8.1 报文头压缩	134
8.1.1 RTP 报文头压缩	134
8.1.2 配置 RTP 报文头压缩	135
8.1.3 查看 RTP 压缩信息	137
8.1.4 TCP 报文头压缩	138
8.1.5 配置 TCP 报文头压缩	138
8.1.6 查看 TCP 压缩信息	139
8.1.7 基于分类的报文头压缩	140
8.2 帧的拆解与交错	142
8.2.1 拆解与交错概述	142
8.2.2 连载延迟	143
8.2.3 支持 LFI 的链路	143
8.2.4 在帧中继上应用 LFI	143
8.3 PPP 多链路捆绑	147
8.3.1 配置串行接口 MLP	147
8.3.2 启用 LFI 特性	148
8.3.3 检查 MLP 状态	149
8.4 本章小结	149
第 9 章 IPSec VPN 应用 QoS	150
9.1 IPSec VPN	150
9.2 IPSec VPN 模式	150
9.2.1 传输模式	150
9.2.2 隧道模式	151
9.3 保存 ToS 字段值	152
9.4 使用报文头参数分类	152
9.5 应用实例	152
9.5.1 对 ESP 数据应用 QoS	152
9.5.2 使用 Pre-classify 特性	156
9.5.3 GRE+IPSec 隧道模式	159
9.5.4 基于站点的 VPN 与 QoS 策略	162
9.6 本章小结	168
第 10 章 MPLS VPN 应用 QoS	169
10.1 MPLS 网络模型	169
10.2 数据分类与 EXP 字段	169
10.3 MPLS QoS 策略	170
10.4 MPLS QoS 专用命令	170
10.5 MPLS QoS 隧道模式	170

10.5.1 统一模式及实现	171
10.5.2 管道模式及实现	178
10.5.3 短管道模式及实现	184
10.6 本章小结	189
附录 A 642-642 考试真题练习	190
附录 B 642-642 考试真题练习答案	206
参考文献	207

第 1 章

服务质量概述

服务质量 (Quality of Service, QoS) 是网络 (互联网) 传输质量和服务可用性的度量。服务可用性是 QoS 的重要基础要素。成功实现 QoS 的前提是网络基础构造必须高度可靠。

进一步理解 QoS, 它是指网络为某特定数据流提供优良服务 (满足或超过业务要求的服务质量) 的能力。承载数据流的底层网络技术包括帧中继、ATM、以太、SONET/SDH 和 PTN 网络等。QoS 利用以下特性提供优良的、更可预知的网络服务:

- 提供专用带宽;
- 降低丢包率;
- 管理和避免网络拥塞;
- 对网络流量整形 (shaping);
- 设置数据优先级。



1.1 决定 QoS 的因素

端到端 (end-to-end) QoS 是指从网络一端到另一端的 QoS, 这种 QoS 是全程的 QoS, 不是点到点的。端到端 (end-to-end) QoS 也是指网络能够为特定数据提供所要求服务质量的能力。决定这种能力的因素有以下几种。

(1) 带宽 (Bandwidth) —— 带宽描述了网络设备的接口或网络链路在单位时间 (秒) 内发送或传送的比特量。带宽越大表示单位时间内传送的数据量越大, 越能够保证服务质量。

(2) 丢包率 (Loss) —— 指未被接收到的数据包占总发送数据包的比率。丢包率是网络可靠性的一个参数。如果网络高度可靠, 则在非拥塞情况下丢包率应该是 0。在拥塞情况下, 如果使用了 QoS, 则 QoS 将决定选择丢弃哪些数据包来缓解拥塞。

(3) 延迟 (Delay) —— 一个数据包从发送端被发送出去到达接收端所经历的有限时间。如语音, 它的延迟就是指从讲话者说出口, 到接听者听到声音这段时间。如果延迟过大, 超过了规定值, 就表明网络所提供的服务质量低, 不能满足业务要求。

(4) 抖动 (Jitter) —— 也称延迟变量 (delay variation), 用来描述不同数据包在端到端传输中的不同延迟。如一个数据包从源端到目的端用时 100ms, 而其后的数据包经由同一条路径时却花费 125ms, 那么抖动就是 25ms。终端设备上的应用软件, 如 Media Player, 可以使

用缓冲区来弥补由抖动造成的质量下降,但它不能补偿数据包到达时间的瞬时变化,这也会造成缓冲区的过载或欠载运行,导致业务质量降级。如在网上看电影时,视频播放仍然不够流畅。

网络对任何组织都是非常重要的。它承载着大量的应用,包括实时语音、高质量视频和对延迟敏感的数据等,这就要求网络必须能够通过管理带宽、延迟、抖动和丢包率等参数提供可预测、可管理,甚至有时是可保证的服务。

QoS 就是用于达到这一目标的技术和工具。QoS 的目标是形成一个聚合的、对于用户来说透明的网络,在这个聚合的网络平台上,各种数据共存且并不公平地竞争网络资源,加上重要应用的数据被网络设备赋予较高的优先级或得到优先服务,这样这些应用的服务质量就不会降低至不可用的地步了。



1.2 端到端 QoS 服务模式

QoS 服务模式 (Service Model) 用于描述端到端 QoS 的能力,在如何使应用程序发送数据和网络以什么方式转发数据上,不同模式之间是不同的。有以下 3 种服务模式可供选择。

1.2.1 尽力而为服务模式

尽力而为服务模型 (Best-Effort Service Model) 是最简单的服务模型。其实,IP 网络从其诞生那天就是提供这种服务的,只是那时还没有 QoS 的概念罢了。使用网络的应用程序可以在它认为必须的时候随时发出任意数量的数据,而且不需要事先获得批准,也不需要通知网络。网络尽最大的可能性来发送报文,但对时延、可靠性等性能不提供任何保证,而网络设备也不区分数据,没有大小、优先之说,哪个数据先到就先为哪个数据服务。尽力而为服务是现在 Internet 的默认服务模型,它适用于绝大多数网络应用场合,如 FTP、E-Mail 等。

Cisco IOS 实现这种服务的方法是 FIFO 队列 (先进先出队列)。

随着 IP 网络的广泛应用,网络上的应用也越来越多,不同的应用对带宽、延迟、抖动和丢包率等的要求是不同的,因此,当网络不出现拥塞时各种应用都能正常使用,但如果出现拥塞,那些对服务质量要求高的应用势必会受到影响,尽力而为的服务模式显然不能满足这种情况下的要求,这就要求网络必须能够为应用提供服务质量。例如,当某用户发送大量数据时,如果没有 QoS 机制,在其后的其他用户的少量数据也必须等待。如果采用了 QoS 机制,网络设备可以把后面的少量数据先于前面的大量数据发送出去,从而可避免少量数据等待时间过长。

1.2.2 集成服务模式

集成服务模式 (Integrated Service Model) 是一种多服务模式 (Multiple Service Model),即它可以满足多种 QoS 需求。它的主要特征是应用程序在发送报文前,需要使用特定的信令向网络设备申请特定的服务。应用程序把自己要发送的数据简要状态 (profile) 通知给网络,描述数据状态的参数包括带宽、时延等。应用程序收到网络的确认信息才开始发送数据,即网络已经为这个应用程序的数据保留了网络资源。应用程序发出的数据也应控制在流量参数描述的范围以内。

网络收到应用程序的资源请求后,执行许可控制 (Admission control) 检查,即基于应用

程序的资源申请和网络可用的资源情况,判断是否为应用程序分配资源。一旦网络为应用程序分配了网络资源,只要应用程序的流量在参数描述的范围,网络将承诺满足应用程序的 QoS 需求。

网络按照 5 个参数划分数据流 (data flow): 源地址、源端口号、目标地址、目标端口号和传输层协议,为每个数据流维护一个状态,并基于这个状态执行报文的分类、流量监管和智能排队来实现对应用程序的 QoS 承诺。

IntServ 模式依赖资源预留协议 (Resource Reservation Protocol, RSVP) 为每一个数据流请求并保留网络资源。RSVP 是第一个标准 QoS 信令协议,不是一个路由协议。它按照路由协议规定的的路径为报文申请预留资源,在路由发生变化后,它会按照新路由进行调整,并在新的路径上申请预留资源。RSVP 只在网络节点之间传递 QoS 请求,它本身不完成 QoS 的实现,而是通过其他技术来完成 QoS 要求的实现。

RSVP 可以完成 2 种服务类型请求 (假设在从源到目的路径上的所有网络设备都支持 RSVP): 一种是严格保证服务,用于严格保证延迟和带宽的端到端业务;另一种是可控负载服务,用于在轻负载或中度负载的网络上提供比尽力而为更好的或低延迟的服务。

IOS 使用智能队列机制实现可控负载的 QoS 服务。与 RSVP 联合,能够提供保证速率服务 (为应用程序保留需要的带宽) 和控制流量服务 (即便在拥塞时也能保证低延迟和高流量)。

IntServ 的缺点如下所示。

- 在数据包所经由的路径上的所有设备,包括 PC,都必须具备识别和发送 RSVP 信令的能力。
- 沿途每台设备上预留的资源是“软预留”,需要定期刷新,如果刷新数据包中途丢失,则有可能造成预留的资源因没有及时刷新而超时。而且当流量变化时需要重新请求预留资源。
- 维持“软预留”状态、许可控制需要内存空间,数据流越多,需要的内存空间越大,从而增加了网络接点的复杂性。
- 沿途每一台路由器需要为每一个流维护一个状态信息,当成千上万的流通过网络核心时,网络的扩展性就成了问题。

1.2.3 区分服务模式

1998 年底时, IETF 的“DiffServ 工作组”提交了 2 份文档,即 RFC2474 和 RFC2475,这 2 份文档奠定了区分服务模式 (Differentiated Service Model) 的基础。在文档里,工作组说“很明显,需要一种相对简单的、粗略的、能为互联网上的数据提供有区别服务类别的方法,支持各种应用程序和特定业务的要求”,这表明了工作组的工作目标。有区分的服务对互联网协议 (IP) 的增强在于它扩展了服务区别能力,因为它不需要每一跳设备都发送和处理 RSVP 信令,也不需要维护流状态。这种服务既可以是端到端的,也可以是作用域内的 (Intra-domain)。

区分服务模式的基本构成如下所示。

- 在网络边界设置 IP 报文头中的某些比特 (IPv4 的 TOS 字段和 IPv6 的 Traffic Class 字段),即标记 (marking) 数据。边界可以是自治系统边界、管理边界或者是主机。
- 网络内的节点使用这些比特决定如何转发数据包。
- 在网络边界调整 (conditioning) 被标记的数据包使其与服务或规则所要求的一致。

它的构成也体现了它的工作原理，即每个服务的要求和规则是根据管理策略设置的，网络节点使用分类器根据标记比特选择数据包，与缓冲区管理和数据包调度机制一起对不同的数据包采取不同的处理行为。

1.2.4 DS 与 PHB

RFC2474 主要包含 2 个部分：定义 IP 报文头字段，称之为 DS（Differentiated Service）字段；定义每跳行为（Per-hop Behaviors, PHB），即如何处置数据包。

DS 字段与 IPv4 报文头中的 ToS 字段或 IPv6 报文头中的 Traffic Class 字段相同，其中 6 比特用做区分服务代码点（Differentiated Service Codepoint, DSCP），最后 2 比特当前不用（Currently Unused, CU），如图 1-1 所示。

网络中的节点会根据 DSCP 选择 PHB。

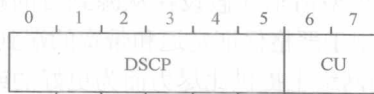


图 1-1 DS 字段的定义

PHB 定义了网络节点如何处置数据包的指导性建议，如默认 PHB 的 DSCP 值应该为 0；可以使用各种队列；既可以单独使用 PHB，也可以组合多个 PHB 一起使用。

PHB 是 DS 节点应用于特定 DS 行为集合的外部可见转发行为的描述。称具有相同 DSCP 值的数据为一个行为集合（Behavior Aggregates, BA）。“转发行为”在这里是一个概括性的概念，具体来说，它包括队列、调度、流量整治与整形等。保留链路的某些带宽就是一个最简单的 PHB 例子。



1.3 区分服务模式的结构模型

RFC2475 定义了 DS 的结构模型，其主要内容包括：

- DS 作用域（Differentiated Services Domain）的定义（边界节点、内部节点、入口节点和出口节点）；
- 流量分类；
- 流量调整（测量、标记、整形、丢弃）；
- 流量调整器和多字段分类器的位置；
- PHB；
- 组播的考虑；
- 安全和隧道方面的考虑。

区分服务模式的结构模型体现了区分服务模式实现 QoS 的理念。DS 区域（DS-region）由一个或多个 DS 作用域（DS-domain）构成，如图 1-2 所示。每一个作用域都使用 DSCP 和 PHB。