

# Application Research of HQoS in MPLS VPN Network

Jian-Feng Hou<sup>1</sup>, Ming-Kai Ma<sup>2</sup>, Yong Li<sup>1</sup>

1. Xi'an Communication Institute of PLA, Xi'an, China

2. Institute of China Electronic Equipment System Engineering Company, Beijing, China

e-mail h8j4f@tom.com

**Abstract:** Being different from the traditional differ-serv mechanism, HQoS can acquire hierarchical quality of service. In this article, we introduce the principle of HQoS and bring out one application scheme in the scenario of MPLS VPN. We build the real network test environment and carry out the scheme, which is proved to be efficient. The test results show that HQoS can provide better QoS for the high-priority VPN group, the high-priority VPN subscriber and the high-priority traffic. It is a feasible scheme for the the high-priority traffic to acquire end-to-end QoS in MPLS VPN network.

**Key words:** differ-serv; hqos; priority queue

## HQoS 机制在 MPLS VPN 中的应用研究

侯剑锋<sup>1</sup>, 马明凯<sup>2</sup>, 李勇<sup>1</sup>

1 解放军西安通信学院九队, 西安, 中国, 710106

2 中国电子设备系统工程公司, 北京, 中国, 100141

E-mail h8j4f@tom.com

**【摘要】** HQoS 区别于传统的 DS 服务保障体制, 能通过精细的流分类达到分级的区分服务。介绍了 HQoS 的原理, 并提出了它在 MPLS VPN 中的保证 QoS 的具体应用方案。搭建实物测试环境并开展了该方案的测试, 验证了该应用方案的可行性。测试结果证明, HQoS 应用于 MPLS VPN, 能很好地保证高优先级 VPN 用户组、高优先级 VPN 用户以及 VPN 用户内的高优先级的业务流的服务质量。本文为 VPN 中高优先级的流类实现端到端的服务质量保证提出了一种可行的解决方案。

**【关键词】** 区分服务; 分级服务质量; 优先级队列

### 1 引言

VPN 技术能在网络上实现地理上分散的场点之间的互连, 而当前最为流利的三层 VPN 是基于 BGP/MPLS 技术建立的。BGP/MPLS VPN 能在网络层通过 VRF(虚拟路由转发表) 来实现路由信息的隔离。MPLS 利用 LDP(标记分发协议) 建立 LSP(标记交换路径), 它起始且终止于 PE(服务商边缘路由器)。分组在核心网上的传输是基于标签的。

关于 MPLS VPN QoS 的研究依然是当然学术研究的一个热点。传统的 QoS 保障机制对于上行流的处理只能是基于类的区分服务, 运营商无法保证其所有用户的流量的服务质量。随着网络用户数量的持续增长和网络业务的不断丰富, 用户和运营商都希望能够提供区分用户和用户业务的服务, 以获得更好的服务质量和更多的利润<sup>[1]</sup>。

本文提出了将 HQoS 机制应用于 MPLS VPN 中,

它既能为高级用户提供精细化的服务质量保证, 又能够从整体上节约网络运行维护成本, 具有很高的市场需求。

### 2 传统的 QoS 保障机制

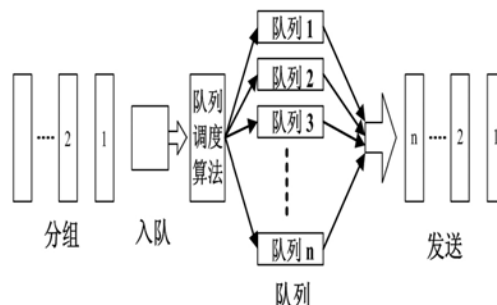


Figure 1. The Traditional QoS Queuing Mechanism

图 1. 传统 QoS 的队列调度原理图

传统的 QoS 是基于端口进行流量调度<sup>[2]</sup>。单个端口

只能区分业务优先级，实现简单流分类的区分服务，但无法区分用户和用户组的业务。只要属于同一优先级的流量，使用同一个端口队列，彼此之间竞争同一个队列资源，无法对端口上单个用户组的单个用户的单个流量进行区分服务。如图1所示。在这种机制下，往往大流量竞争到更多的带宽资源，不能保证用户或助记词组获得公平的服务。比如两个VPN用户，A用户的AF1类流为1M，B用户的AF1类流为100M，在带宽资源有限的情况下（假设AF1类流仅获得5M带宽），A用户的AF1类流几乎会全部丢包，这不是一个公平的服务准则。

### 3 HQoS 机制

HQoS 即为分级的区分服务，改进了传统的单一基于流类来实现区分服务体制。HQoS 一般分为 FQ(流队列)、SQ(用户队列)、GQ(用户组队列)和 CQ(类队列)，并通过基于各级的队列调度，实现精细化的区分服务。如图 2 所示，即为 HQoS 实现机制原理图。

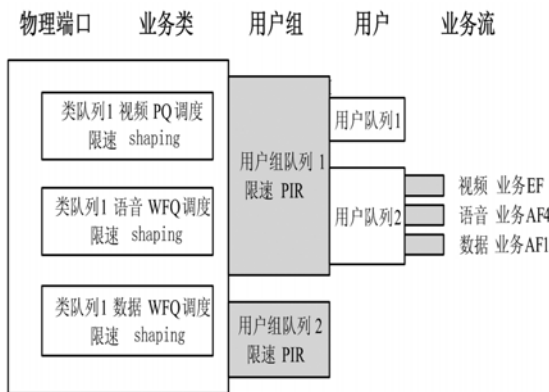


Figure 2.HQoS Mechanism  
图 2. HQoS 机制原理图

其具体实现步骤为：

(1)、针对每个用户的业务流进行队列调度。通过配置保证带宽(CIR)和峰值带宽 (PIR)，HQoS 可以对每个用户进行带宽限制。每个用户都可以细分为 8 个流队列，8 个流队列可以配置 PQ、WFQ 和 LPQ 队列调度；每个流队列可以配置 WRED 丢弃机制；可以配置流量整形的速率。

(2)、对用户进行 SQ 虚拟队列调度。该队列不暂存数据，数据进入和离开队列没有延迟，仅作为层次化调度中的其中一级队列参与输出调度。每个 SQ 固定对应 8 种 FQ 业务优先级，可配置 1—8 个 FQ。空闲 FQ 不能被其它 SQ 利用，即这 1—8 个 FQ 共享该 SQ 的带宽。实际应用中，一个 SQ 对应一个用户 (VLAN、VPN 等)，一个用户可使用 1—8 个 FQ。

每个 SQ 可定义其 CIR 和 PIR。

(3)、HQoS 将多个 SQ 绑定到一个 GQ 实现第三级队列调度。GQ 用来对多个用户的流量进行整体限速。其 PIR 值不要小于 GQ 中所有 SQ 的 CIR 之和，否则单个用户 (SQ) 的流量就无法得到保证。GQ 也是虚拟队列。每个 SQ 最多只能绑定到一个 GQ 内，也可以不绑定 GQ，跨过第三级队列调度。GQ 可以实现流量整形，配置整形速率。

(4)、流量经过三级调度后，要同普通报文同时进入端口中的 CQ。流队列报文入 CQ 时，可以有两种优先级映射方式 Uniform 和 Pipe<sup>[3]</sup>。

Uniform 模型：SQ 中 8 个等级的 FQ，同端口的 CQ，有系统固定的映射关系。

Pipe 模型：SQ 中 8 个等级的 FQ，同端口的 CQ 的映射关系，可以由用户自行配置指定。但 Pipe 模型不会改变报文中自身携带的优先级。

### 4 在 MPLS VPN 的接入 PE 上应用 HQoS

基于 HQoS 的优势，下面我们将讨论它在 MPLS VPN 组网中的应用。通常情况下，不同单位中相同的业务部门有组成 VPN 的实际需求，用以实现资源共享和安全通信等。在这里，把业务部门作为基本的 VPN 用户单位。同时，在同一个单位下不同的业务部门会作为一个整体接入骨干网，我们把一个包括若干个业务部门的单位作为一个用户组来看待。

在带宽有限的情况下，若干个用户组接入 PE 通过的总流量  $t$  满足：

$$\sum_{k=1}^8 \sum_{j=1}^{\infty} \sum_{i=1}^{\infty} T_{ijk} = t$$

这里， $i$  为用户组编号， $j$  为用户编号， $k$  为流类； $i, j, k$  均为正整数， $k \leq 8$ 。为方便表述，在下面的分析中，仅取其中  $k = 1, 2, 3$  的情况，且假定其对应的的流类分别为 EF, AF2, AF1；用户组编号取  $i = 1, 2$ ；用户编号取  $j = 1, 2$ 。

在传统的 QoS 保障机制下，这里 EF 流一般采用 PQ 队列，可以对该队列进行限速。一般情况下，只能通过调节 WFQ 队列间的调度权重  $r_1$  来分配带宽资源<sup>[4]</sup>：

$$\sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 T_{ij2} : \sum_{j=1}^2 \sum_{i=1}^2 T_{ij3} = r_1 \quad (1)$$

基于 HQoS 的区分服务机制，可以调节用户组权重  $r_2$ ，同一用户组下的不同用户权重  $r_3$ ，及同一用户下不同流类的权重  $r_4$  来实现精细化的服务质量保证：

$$T_{1jk} : T_{2jk} = r_2 \tag{2}$$

$$T_{i1k} : T_{i2k} = r_3 \tag{3}$$

$$T_{ij2} : T_{ij3} = r_4 \tag{4}$$

由以上分析可知，公式(1)是基于简单流分类的DS机制，它只能对流类的优先级来实现区分服务，通过调节 $r_1$ 来实现<sup>[5]</sup>。公式(2) (3) (4)是基于复杂流分类的HQoS机制，它能实现用户组之间、用户之间以及流类之间的精细化的区分服务，通过调节 $r_2$ 、 $r_3$ 、 $r_4$ 来实现。

前面提到，在MPLS VPN组网中，通常一个VPN场点对应一个用户，多个VPN用户组成一个用户组。在保护VPN用户组的服务质量的前提下，既能保护好单个VPN用户的服务质量，又可以保证特定VPN用户内的不同优先级的业务流的服务质量，我们可以采用HQoS机制来实施策略。

### 5 测试环境

在本测试环境中，我们使用了华为的NE80系列路由器一台、SPRINT公司的测试仪器SMARTBIT 6000一台（含千兆网卡一块），华为交换机S3026一台，测试用电脑一台，网线五根（光纤2根，双绞线3根），测试软件为SRPINT公司SMARTFLOW。为简化试验步骤，测试用流模型中仅设置了三种类型的业务流，路由通告的四个网段分别对应于四个VPN用户和两个用户组，具体如表1所示。

Table 1. Test Flow Model  
表 1. 测试流模型

用户组	用户	源网段	AF1	AF2	EF
Group1	VPN1	91.8.1.64/28	2M	2M	3M
	VPN2	91.8.1.65/28	1M	6M	3M
Group2	VPN3	91.8.1.66/28	1M	1M	2M
	VPN4	91.8.1.67/28	2M	4M	3M

## 6 性能分析

### 6.1 传统的 QoS 保障机制

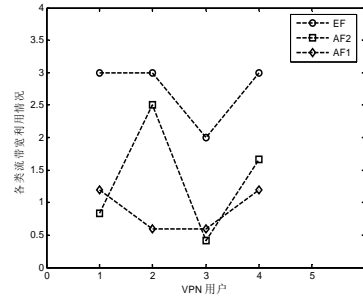


Figure 3. The Bandwidth Utilization in Traditional QoS Mechanism  
图 3. 传统 QoS 机制下各类流占用带宽情况

在传统的区分服务保障机制下，上行流到达路由器时，通过端口识别，区分出不同流类别，对不同的类队列采取不同的调度算法，从而实现基于流类的区分服务。在本测试中，路由器优先保证四个VPN用户的EF流，再通过WFQ调度，来根据权重 $r_1=3:2$ 来分配剩余带宽资源。

由图可知，在路由器仅根据业务优先级来区分服务的时候，流量大的业务要获得更大的带宽资源。如VPN1中的AF2流量远小于VPN2中的AF2流量，也占用了较少的资源，这显然是不公平的。因为在网络中，不能简单通过带宽需求来分配带宽，更要考虑不同用户之间的公平性。同理，流量大的用户或用户组获得了较多的带宽资源，这也有悖于公平性。

### 6.2 HQoS 保障体制

在这种服务机制保障下，PE可以首先基于用户组进行限速，在Group1的业务优先级高于Group2的情况下，将有限的带宽资源按照一定权重对各个用户组进行分配。从而保证优先级高的用户组得到较多的带宽资源。另外，在同一个用户组Group1下的两个用户VPN1和VPN2又有着不同的业务优先级。这时通过对用户进行限速能实现高优先级的用户能得到较多的带宽资源。在一些关键业务，对丢包要求比较高的业务，可能通过配置FQ（流队列）到CQ（类队列）的强制映射来实现服务质量保证。

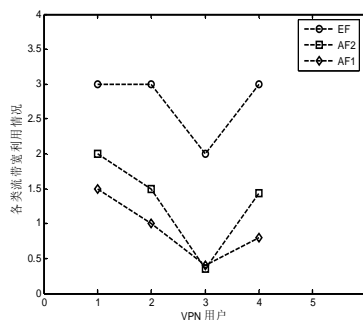


Figure 4. The Bandwidth Utilization in HQoS Mechanism  
图 4 基于 HQoS 的区分服务

由上图可知,较低的用户组 Group2 仅占用了 8M 带宽。在 Group1 内,优先级较高的用户 VPN1 占用了 6.5M 带宽,而优先级较低的用户 VPN2 仅占用了 5.5M 带宽。这解决了基于不同用户组和不同用户的区分服务问题。这种精细化的区分服务体制保证下,高优先级的用户组 Group1 占用了 12M 带宽,而优先级在同一个 VPN 内的不同类别的流量,因优先级不同,具有不同的队列调度权重。因为在 Group1 内的 VPN1 语音流区别于其它普通的语音流,对 QoS 有着更高的要求,在这里,通过策略使 VPN1 内的 AF2 类流映射到 EF 类中去。可以选择基于 Uniform 的模式,或基于 Pipe 的模式。二者的区别在于,Uniform 模式不仅使关键语音流获得高优先级的转发行为,还修改了其优先级字段,而 Pipe 模式仅仅使其获得高优先级的转发行为,不改变其优先级字段。

## 7 结论

HQoS 机制改进了传统的基于简单流分类的区分服务机制,不再笼统地把所有的业务流当成一个流量源来处理。它通过精细的复杂流分类,在区分用户和用户组的前提下,实现带宽资源的合理分配,有效解决了当前网络中出现的“不公平”现象。通过试验测试证明,HQoS 机制保证了高优先级用户组、高优先

级用户以及高优先级流类的服务质量。通过将 HQoS 应用到 MPLS VPN 组网中,可以有效解决 PE 网络用户侧拥塞情况下的服务质量保证问题。结合骨干网上的简单流分类,本文也为 VPN 中高优先级的业务流实现端到端的服务质量保证提出了一种可行的解决方案。

## References (参考文献)

- [1] Zhou Shihong, Wang Wendong, Cheng Shirui, Research of QoS in MPLS VPN network[J]. Computer Engineering and Application, 2003,5. P9-12. 邹仕洪,王文东,程时端, MPLS VPN 支持 QoS 的研究[J]. 计算机工程与应用,2003,5.P9-12.
- [2] S.Blake,D.Black,M.Carlson,etc. An Architecture for Differentiated Services. RFC 2475,Dec1998.
- [3] Luc De Ghein. MPLS Fundamentals[M]. Cisco Press. 2005,8:414-417
- [4] Dongli Zhang, Dan Ionescu. Qos Performance Analysis in Deployment of DiffServ-aware MPLS Traffic Engineering[C]// Proc. of the 8th ACIS International Conference on Software Engineering, Ottawa,Canada.2007,1.P963-967
- [5] Mohamed EL Hachimi, Marc-Andre Breton, Maria Bennani. Efficient Qos implementation for MPLS VPN[C]// Proc. of the 22st International Conference on Advanced Information Networking and Applications-Workshops. 25-28 March 2008, IEEE Computer Society.P259 – 263.