

基于 MPLS 实现 IPv6 网络 QoS 的新机制

黄迎春, 李向丽, 邱保志

(郑州大学信息工程学院, 郑州 450052)

摘要:通过分析 IPv6 的 QoS 特性以及 DiffServ 和 MPLS 技术, 提出了在 MPLS 平台下通过 TC 字段实现 IPv6 网络 QoS 的新机制。该机制简化了网络结构设计, 更容易提供端到端的 QoS。试验结果表明, 新机制可以充分利用网络资源, 优化网络性能。

关键词: IPv6; QoS; 多协议标签交换; 区分服务

Implementation of IPv6 Network QoS Based on MPLS

HUANG Yingchun, LI Xiangli, QIU Baozhi

(School of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450052)

【Abstract】 According to the analysis of IPv6's QoS properties, DiffServ and MPLS, a new mechanism of QoS achievement in IPv6 network based on MPLS is proposed by using the traffic class field in IPv6 header. The new mechanism can simplify the network structure design and conveniently provide end-to-end QoS. The simulation results show it can optimize resource utilization and network performance.

【Key words】 IPv6; QoS; MPLS; DiffServ

当今 Internet 是基于传统的 TCP/IP 技术, 仅能够提供尽力而为的服务, 没有明确的时间和可靠性传送保障。这对于传统的数据业务是充分的, 但是对带宽、传输延时、延时抖动等特性较为敏感的多媒体、电子商务等实时业务来说, 就需要采取其它措施保障这些应用的服务质量(QoS)。

解决这个问题最简单的方法是增大带宽, 但由于代价昂贵, 并且单靠增加带宽容量并不能完全解决上述问题。于是各种 QoS 技术应运而生, 如综合服务(IntServ)^[1]、区分服务(DiffServ)^[2]、多协议标签交换(MPLS)^[3]、主动队列管理机制(AQM)等。

下一代 Internet 协议 IPv6, 是作为 IPv4 的替代协议而设计的。IPv6 除了可以有效地解决 Internet 网络地址的危机外, 它在开始设计时就考虑了对 QoS 的支持技术, 因此, IPv6 在提升网络整体性能和为各种应用提供 QoS 方面有巨大潜能。本文结合 IPv6 分组中的业务流类型(TC)字段和 MPLS 技术, 提出了实现 IPv6 网络 QoS 的新机制。

1 当前 IPv6 网络的 QoS 实现

在 IPv6 中主要利用 TC 和流标签两个字段进行 QoS 控制。通过使用 TC 字段、信源节点和转发路由器可以确定并区分不同类型或者不同优先级的 IPv6 分组, 并对分组进行相应处理, 从而保证能够达到用户满意的 QoS; 流标签是一个 20bit 的字段, 信源可以通过流标签标识出一系列分组, 要求路由器对其进行特殊处理, 并且同一个业务流的所有数据包采用相同的流标签, 这样当路由器检测到相同流标签的时候就采用相同的路径转发出去, 而不需要为每一个数据包重新选择路由。目前对流标签字段的详细定义还处于草案阶段。

由于 IPv6 和 IPv4 的相似性, 在 IPv4 下存在的大部分 QoS 控制策略仍然可以应用到 IPv6 网络, 其中, DiffServ 和 MPLS 是目前最有前途的 QoS 技术, 现在主流的网络路由器也都支持这两种机制。

1.1 DiffServ 模型

DiffServ 是由 IntServ 发展而来的, 它的核心思想是“边

缘分类, 内部转发”。DiffServ 的主要特点是域的内部节点是无状态的, 它只对分组进行简单的调度转发, 而流状态信息的保存与流监控机制等的实现只在域的边界节点进行; DiffServ 采用聚集传输控制模式, 服务的对象是流聚集而不是单流, 单流信息只在域边界保存和处理。

在 DiffServ 域中, 所有经过同一条链路并且要求同样的区分服务行为的 IP 分组组成一个行为聚合体(BA)。在 DiffServ 域的入口节点, 分组被分类, 并根据它们的 BA 在分组包头的区分服务标记域中打上一个区分服务标记(DSCP), 区分服务标记域定义为 IPv4 分组包头的 ToS 字段或 IPv6 分组包头的 TC 字段的前 6 位。在域内每个节点, DSCP 被用来选择逐跳行为(PHB), PHB 决定了分组的时序和丢弃优先级处理。具有共同的有序限制的 BA 组成一个有序聚合体(OA)。PHB 服务于 BA, 而 PHB 调度分类(PSC)服务于 OA; PHB 包含了调度和丢弃处理, 而 PSC 只涉及调度。

1.2 MPLS 基本原理

当一个特定的分组进入 MPLS 网络时, 入口标签交换边缘路由器(LER)首先将数据流映射到某个特定的转发等价类(FEC), FEC 是网络中沿相同路径进行转发的一类分组的集合。分组所属的 FEC 用一个短的固定长度的值进行编码, 即所谓的“标签(Label)”。当分组被转发到下一跳时, 标签也随它一起向前传送; 分组在被下一跳转发之前就已经标记了。在随后的各跳中, 标签交换路由器(LSR)将不再分析分组的网络层包头, 而是将分组的标签作为下一跳和新标签表的索引, 旧标签将被新标签取代, 同时分组被转发到下一跳。标签在分组包头中的结构如图 1 所示。MPLS 提供了一个便于实现流量工程的面向连接环境。在 MPLS 的转发机制中,

基金项目: 河南省科技攻关基金资助项目(324220066)

作者简介: 黄迎春(1977 -), 男, 硕士生, 主研方向: 计算机网络服务质量; 李向丽、邱保志, 副教授

收稿日期: 2006-06-08 **E-mail:** hyc24@163.com

一旦分组被指定到一个 FEC 上,那么后面的 LSR 将不再对报头进行分析;所有的转发都由标签驱动。这与传统的网络层转发相比,除相对地简化转发、提高转发速度外,易于实现显式路由、流量工程、QoS 和 VPN 等功能。

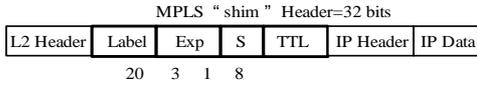


图 1 MPLS "shim" header

2 实现 IPv6 网络 QoS 的新机制

IPv4 是 Internet 的基础协议。IPv4 包头定义了 8bit 的服务类型(ToS)字段,它允许发送方根据业务流类型对分组进行分类和优先级划分。然而 ToS 字段并没有得到很好的定义,从而现在的网络设备要么忽略 ToS 字段,对所有的 IPv4 分组同等处理,要么依赖其它机制向用户提供 QoS,例如 IntServ 和 DiffServ。IPv6 定义的 TC 字段试图解决这个缺陷。TC 字段能够让发送方按优先级划分属于特定业务流的分组,并且让 ISP 根据分组的优先级对它们提供相应的 QoS,而不是依赖如 IntServ 或 DiffServ 这样的机制。

最初的 IPv6 规范 RFC1883^[4] 详细定义了 TC 字段的含义,本文主要参考它定义的 TC 字段。根据 RFC1883, TC 字段值对应的流被分为两大类:拥塞可控流和非拥塞可控流。拥塞可控流指以减小发送速率响应拥塞的流,非拥塞可控流是那些有稳定发送速率并需要相对固定传送延时的流。在 RFC1883 中,分别定义了 8 种类型的拥塞可控流(TC 字段值从 0-7)和 8 种类型的非拥塞可控流(TC 字段值从 8~15)。

在 IPv6 网络中,发送方可以直接根据流的不同特性,在其所属分组的 TC 字段提供不同的优先级信息,这样分组一进入网络,路由器根据 TC 字段的值就能够决定对分组的调度和排队处理,因此 ISP 能够很容易地提供端到端的 QoS。而 DiffServ 模型需要改写 TC 字段,所以分组的原始优先级信息在出 DiffServ 域后就丢失了,这在一定程度上增加了提供端到端 QoS 的难度。

但是 TC 字段不能影响分组流经的路径,所以在网络节点或链路失效和拥塞期间,甚至具有高优先级的分组都得不到带宽保证;MPLS 能够强迫分组流经一个特殊的路径,并且与约束路由相结合的时候,能够保证 FEC 的带宽,但是 LSR 不能提供与分组优先级相对应的排队、丢弃等方面的处理。在 MPLS 网络平台中,提出根据 IPv6 分组的 TC 字段建立由 TC 推导出 LSP 优先级和调度优先级的 LSP(TC-LSP)。

在 TC-LSP 方案中,一条单一的 LSP 与一个优先级对应。在建立 LSP 时加入优先级粒度,优先级由请求建立 LSP 的分组的 TC 字段值决定,LSP 一旦建立,则只有 TC 字段值与 LSP 优先级相匹配的分组才能够沿此 LSP 转发。TC-LSP 方案的结构如图 2 所示,它可以分为二个交互的过程。

LSP 的建立。当 LER 接受 LSP 建立请求时,它利用约束路由由计算满足要求的 LSP 路径,再利用适当的信令(如 RSVP-TE)建立 LSP,同时将 FEC 到下一跳标签转发表(ILM)和入口标签表(ILM)的更新发送给入口 LER 和核心 LSR。

分组在 LSR 中的转发。对于入口 LER,流量调节单元根据网络之间或网络与用户之间的服务等级协定,对收到的业务流进行测量,监视用户是否遵守服务等级协定,并根据测量结果对业务流进行整形、丢弃和标记等处理。然后 QoS 映射单元可以采用与文献[5]相同的方法,将调度信息(由 TC 字段值决定)和丢弃优先级信息(由前面处理的结果决定)映射进

MPLS "shim"头的 EXP 域,或者将调度信息映射到标签中,而 EXP 保存丢弃优先级信息。最后入口 LER 查询 FTN 表,根据分组所属的 FEC 得到标签并依照它携带的调度和丢弃优先级信息将分组转发到下一跳。对于核心 LSR,它根据分组的入口和标签查询 ILM 表,得到新标签和出口信息,并根据标签中的调度和丢弃优先级信息在出口转发分组。

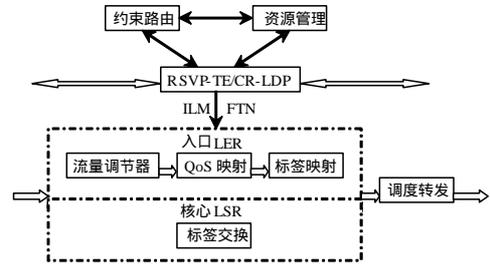


图 2 TC-LSP 方案结构

TC-LSP 中的 LSP 对应了优先级,这样就能方便地实现流量工程。它可以确保对高优先级 LSP 的建立请求进行优先响应,并始终沿最优路径建立,另外可以允许它们抢占低优先级 LSP 的资源;当 LSP 需要重新路由时(如在链路或网络节点发生故障发生之后),优先级高的 LSP 拥有寻找替换路径的优先权。由于在整个分组的传输过程中,分组的 TC 字段保持不变,并由它确定 LSP 的优先级和调度优先级,因此在分组跨越多个 MPLS 域时,很容易实现服务的一致性,可操作性更强。由于 TC 字段提供的优先级信息和 DiffServ 中的 DSCP 有类似作用,TC-LSP 方案可以引入 DiffServ 模型中的大部分成熟的功能模块,因此只要在 LER 上做少量改动,就可以部署 TC-LSP,具有可行性。

3 新机制的模拟实现和性能对比

在 NS2 环境下,对 TC-LSP 方案进行简单的模拟实验。实验的拓扑结构如图 3 所示,源终端为 S1 和 S2, D1 和 D2 为目的终端,另外 5 个网络节点为 LSR,所有链路的延时均为 10ms,路径 P1: L1-L2-L5 与路径 P2: L1-L3-L4-L5 分别有 0.4Mbps 和 0.8Mbps 的有效带宽。业务流以 0.6Mbps 的恒定速率从 S1 向 D1 发送,假设流的一部分为音频流(TC 字段值为 15),另外一部分为视频流(TC 字段值为 8),它们各占一半,速率均为 0.3Mbps。

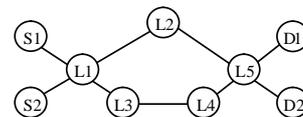


图 3 实验拓扑结构

对于目前普遍应用的网络环境,普通路由协议(如 RIP、OSPF 等)会选择节点 S1 和 D1 之间最近的路径 P1,所有分组经过该路径传送到目的节点,而不会考虑传输路径的有效带宽,所以会造成部分分组丢失。在 MPLS 机制中,只有路径 P2 的带宽满足业务流的需求,所以 LSP 沿此路径建立,流的分组经过该 LSP 进行标签转发。对于 TC-LSP 方案,因为它在建立 LSP 时加入了优先级粒度,并对具有高优先级 LSP 的建立请求优先响应,所以能够区分具有不同优先级的业务,对于 TC=15 的语音流,TC-LSP 机制将沿跳数更少的路径 P1 建立 LSP;而对于视频流,在音频流的 LSP 建立后只有路径 P2 满足它的带宽需求,故 LSP 沿 P2 建立。这样能够有效使用网络资源,均衡负载。以上 3 种情况在丢包率和平均端到端延时的实验结果如表 1 所示。(下转第 122 页)