

基于 IPv6 Flow-Aware 的 QoS 转发机制

顾 军, 张 瑾, 夏士雄

(中国矿业大学计算机科学与技术学院, 徐州 221008)

摘要: 随着互联网的发展, 边缘宽带接入设备已成为制约网络应用的瓶颈之一。如何加快边缘网络的报文转发处理, 提供更好的服务质量(QoS), 是当前端到端 QoS 研究的重要问题。该文介绍了流交换技术, 描述了 IPv6 报文流的处理过程, 分析了 IPv6 的 QoS 功能, 给出了基于 IPv6 Flow-Aware 的边缘宽带接入路由器的框架结构, 定义了相关组件的功能, 探讨了面向流的智能报文丢弃策略。

关键词: 服务质量; IPv6 流感知; 流交换; 边缘宽带接入路由器; 报文丢弃策略

QoS Forwarding Mechanisms Based on IPv6 Flow-Aware

GU Jun, ZHANG Jin, XIA Shi-xiong

(School of Computer Science & Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008)

【Abstract】 With the development of Internet, edge broadband access device is becoming one of bottlenecks restricting network applications. How to forward packets more quickly and provide better quality of service in edge network is very important for end-to-end QoS. This paper introduces the flow switching technology, describes the processing of IPv6 packet flow, and analyzes the QoS features of IPv6. It proposes a frame structure of edge broadband access router based on IPv6 flow-aware and defines the relevant functions of components in router. An intelligent packet discard policy is discussed.

【Key words】 quality of service (QoS); IPv6 flow-aware; flow switching; edge broadband access router; packet discard policy

未来的网络应该是一个无边界的网络, 允许用户随时随地的接入。因此, 业务网络必然向边缘化网络发展, 作为边缘化的接入设备不但要求满足不同的接入方式, 而且应该具备视频、语音和数据的处理功能, 同时兼备 QoS 技能, 能够很好地感知网络变化以及控制网络流量, 为网络提供高质量的接入服务。随着运营商在网络建设中对 IPv6 的需求越来越清晰, 相关的标准也在形成之中, 边缘化接入设备对 IPv6 的支持也很现实。

本文针对互联网的发展对边缘宽带接入设备的 QoS 要求, 利用 IPv6 对数据流的支持功能, 研究基于 Flow-Aware 的 QoS 转发机制, 为解决互联网宽带接入的瓶颈问题和 QoS 保证提供了一个研究思路。

1 流交换技术

1.1 第三层交换技术

当今网络业务流量呈几何级数爆炸式增长, 并且业务流模式改变为更多的业务流跨越子网边界, 穿越路由器的业务流也大大增加, 传统路由器低速、复杂所造成的网络瓶颈凸现出来。第三层交换技术^[1]的出现, 很好地解决了局域网中业务流跨网段引起的低转发速率、高延时等网络瓶颈问题。第三层交换技术将第二层交换机和第三层路由器两者的优势结合成为一个有机的整体, 利用第三层协议中的信息来加强第二层交换功能的机制, 是新一代路由和交换技术。第三层交换设备的应用领域已经从最初的骨干层、汇聚层一直渗透到边缘的接入层。

目前主要存在两类第三层交换技术: 第 1 类是报文到报文交换, 每一个报文都要经历第三层处理, 并且数据流转发是基于第三层地址的; 第 2 类是流交换, 它不在第三层处理所有报文, 只分析流中的第一个报文, 完成路由处理, 并基

于第三层地址转发, 流中的后续报文使用一种或多种捷径进行处理, 此类技术的设计目的是加快线速路由。与报文到报文交换产品相比, 流交换方法显得更复杂和难以理解。在动态网络环境下, 成功地标识、建立、管理和撤消大量的流需要哪些措施, 仍然是一个有待研究的问题。

1.2 基于 IPv6 的流交换技术

IPv6 报头中定义了一个称为“流标签(flow label)”的字段用于识别数据流身份, 实现对“流”的支持。流标签由源结点分配, 属于同一个业务流的数据报文必须具有相同的源地址、目的地址、优先级和流标签。

当一个路由器接收到一个未知的、非零流标签的数据报文时, 路由器将其看作是一个流标签为 0 的普通报文来处理。路由器需要检测下一跳的接口, 以及其他可能的动作, 如修正跳到跳选项报头, 优化路由选项报头中的指针和地址, 根据数据报文的优先级决定进入哪个队列进行排队等。然后路由器将记录上述处理结果, 作为流标签状态信息(包括路由及资源等信息)存储到高速缓存中, 并且利用源地址结合流标签作为查询高速缓存相应流标签状态信息的关键字^[2], 见图 1。

属于同一个业务流的数据报文采用相同的流标签, 当路由器检测到相同的流标签时, 根据该流标签及源地址生成高速缓存流标签状态信息查询关键字, 找出高速缓存中的相关流标签的状态信息, 采用相同的路径发出去, 不需要为每一

基金项目: 中国矿业大学青年科研基金资助项目(004492)

作者简介: 顾 军(1977 -), 男, 讲师、硕士, 主研方向: 计算机网络与通信, 服务质量控制技术; 张 瑾, 讲师、硕士研究生; 夏士雄, 教授、博士

收稿日期: 2006-12-20 **E-mail:** jgu@cumt.edu.cn

个数据报文重新选择路由,大大提高了数据报文的转发效率,降低了端到端的延迟^[2],如图2所示。

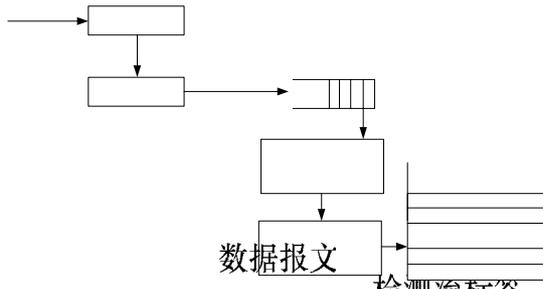


图1 IPv6 流中第1个数据报文的处理

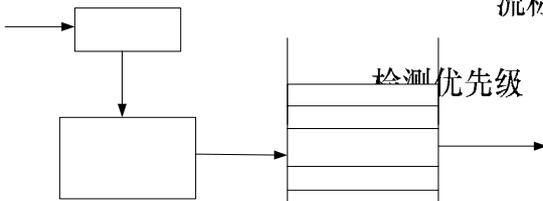


图2 IPv6 流中后续数据报文的处理

2 基于 IPv6 Flow-Aware 的 QoS 转发机制

2.1 IPv6 的 QoS 功能

IPv6 基本报头固定为 40B,其中新定义了两个字段——流量类别(traffic class)和流标签(flow label)实现对 QoS 的处理。流量类别代替了 IPv4 中的“Type of Service”字段,有助于处理实时数据以及任何需要特别处理的数据。发送节点和转发路由器可以使用该字段识别和分辨 IPv6 数据包类别和优先级。流标签不仅可以用来标识数据流,方便数据报文的转发,更重要的是可以利用流标签的 20 比特空间携带与服务要求相关的数据报特征和参数,实现不同服务质量要求的区分服务和应用。由于数据流身份信息包含在 IPv6 报头中,因此即使是经过 IPsec 加密的数据报文也可以获得 QoS 支持。流标签的结构设计和使用并不固定,主要可以从两方面考虑:面向流和面向资源^[3]。

IPv6 引入扩展报头的概念,把选项从 IP 报头移到净荷中,可以消灭或大量减少选项对性能的冲击。除了规定必须由每个转发路由器进行处理的跳到跳选项(hop-by-hop option)之外,IPv6 报文中的选项对于中间路由器是不可见的。这样的处理减轻了路由器的处理开销,加快了数据报文的转发^[4]。而且,通过对 IPv6 的扩展报头选项进行设计也可以达到控制 QoS 的目的。比如,Roberts 在[TIA 1019]中提出了一种利用跳到跳选项实现 IPv6 QoS 信令的结构设计^[5],可以携带用户对有效速率(available rate, AR)、保证速率(guaranteed rate, GR)、优先级(precedence)、延迟(Delay)、突发(burst tolerance)等性能参数的要求,见图 3。初始发送时,发送者将预期的网络 QoS 性能参数填入第 1 个 IPv6 报文的跳到跳选项对应的字段中,如 AR=100 是初始的协商速率(negotiate rates),GR=5 是报文传输必须保证的最低速率,只能由发送者设定和修改。报文沿路径转发的过程中,中间路由器可以根据实际的网络状况对 QoS 参数进行修改。在图 3 中,当中间路由器发现实际可用的速率达不到初始的

100 时,依次调整为 AR=50 和 AR=35。接收端最终确定可以达到的有效速率为 AR=35,这也是整个链路最低有效传输速率。如果 AR 的值小于保证速率 GR,那么这次数据传输就无法正常进行。接收端将会把实际的网络 QoS 状况以 QoS 跳到跳选项的方式通知发送者,供发送者参考和确认,以便决定后续数据报文实际的 QoS 性能。

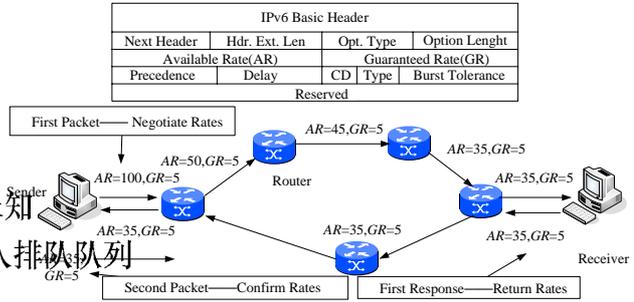


图3 IPv6 QoS信令

2.2 IPv6 Flow-Aware 边缘宽带接入路由器

相对于骨干网核心路由器的高速接口,边缘宽带接入路由器的低速、灵活和丰富的业务接口是必备的常规武器,丰富的业务接口可以充分满足不同用户组网的需求,灵活的部署和灵活接入可以充分保护用户的现有投资。

为了适应未来网络的发展,边缘宽带接入路由器的性能提升是不可忽视的。在边缘接入路由器中引入 IPv6 流交换技术,实施基于 Flow-Aware 的 QoS 转发机制^[6-7],将边缘网络构建成 Flow-Aware 网络,见图 4。这个设计思路不但可以解决边缘接入设备的瓶颈问题,而且和 IPv4 向 IPv6 的演进策略一致,有利于减少运营商部署 IPv6 的成本,加快 IPv6 网络的发展。

基于 Flow-Aware 的边缘宽带接入路由器不但可以提高数据转发速率,而且可以为用户提供有效的 QoS 保证,实现面向用户的个性化的服务定制和 QoS 管理。利用 IPv6 流标签可以很方便地对不同用户的各种业务流进行标识,通过报头中 QoS 参数选项的设计可以保证用户对服务质量的要求被边缘宽带接入路由器接受和处理,通过 Flow-Aware 路由器中的 QoS 组件可以实现用户业务流的 QoS 控制。

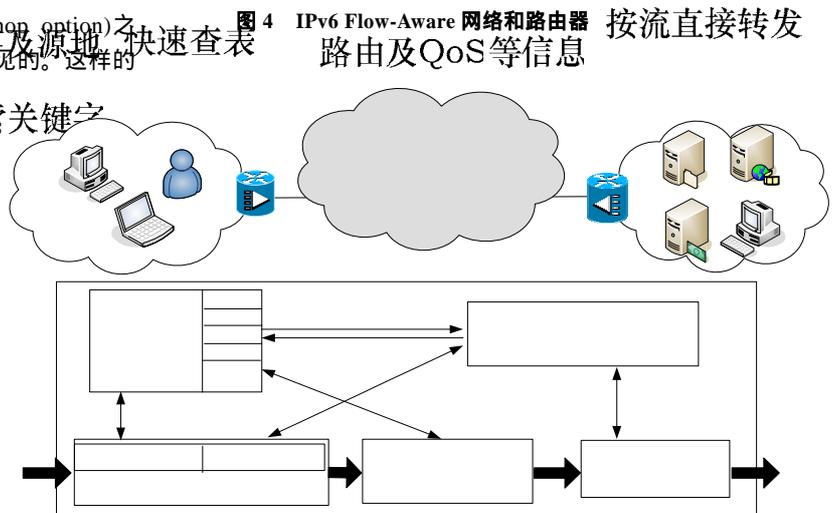


图4 IPv6 Flow-Aware 网络和路由器按流直接转发路由及 QoS 等信息

如图 4 所示,Flow-Aware 路由器包括 5 个功能组件。

(1) 报文处理单元(packet handling unit, PHU): 负责接收和分析进入的 IPv6 报文,获取 IPv6 流标识信息和 QoS 相关

信息并传送给流注册中心(FRC),同时从FRC接受指令,丢弃具有指定流标识的数据报文,配合QoS控制的实现。

(2)流注册中心(flow register center, FRC):负责对新到的IPv6报文按流分类,完成流信息的注册和管理。作为Flow-Aware路由器的核心组件,FRC要与PHU,R&F以及CL交互信息和协同工作。

(3)路由和转发(routing & forwarding, R&F):实现基于IPv6流交换的Flow-Aware路由。

(4)调度与排队(schedule & queue, S&Q):负责将报文在路由器中按一定的策略暂时排队,然后再按一定的调度策略把报文从队列中取出,从接口上发送出去。排队管理在发生拥塞时能够真正地控制分组(包括丢弃分组),可以根据优先级丢弃机制区别不同的业务,并为同一个队列中不同业务类型的分组提供不同的丢弃和延迟特性。

(5)控制逻辑(control logic):负责决定在FRC中增加或删除流,通过检测输出队列缓冲区的负载水平来控制PHU的报文丢弃行为。

2.3 面向流的报文丢弃策略

由于数据流、语音流和视频流在网络中混合传输对网络稳定影响很大,而且这些应用均是在网络边缘上发起,因此需要边缘宽带接入路由器能够对不同的业务流进行区分,并按照不同优先级进行不同的带宽分配。

为了能够保证特定应用具有可用带宽,IETF提出了综合服务模型(integrated services, IntServ),其基本思想是在传送数据之前,根据业务的QoS需求进行网络资源预留,从而为该数据流提供端到端的QoS保证。IntServ通常采用面向流的资源预留协议(RSVP),在流传输路径上的每个节点为流预留并维护资源。这种模型的优点是能提供端到端的绝对的QoS保证,但由于预留是基于每个流而进行的,节点中要保留每个流的状态信息,导致核心路由器负担太重,因此可扩展性很差,实现很困难^[8]。

事实上,只要用户请求的多媒体流不超过链路的有效带宽,就不会影响业务的正常开展,当出现链路带宽负载加重的情况时,通过采取一种智能丢包策略可以达到比较好的效果^[6]。考虑图5中的情形:一个用户同时请求了3个不同的视频流(video flow),带宽要求分别为5Mbit/s,3Mbit/s和5Mbit/s,而实际可用链路带宽只有10Mbit/s,这就意味着数据包会丢失。由于所有的流的优先级相同,因此数据报文的丢失将会降低所有流的质量,随着影响的加大甚至会使得每个流都不可用。因为Flow-Aware路由器是按流处理报文的,能够很容易判断每个报文属于哪个流,所以可以集中选择属于同一个流的报文进行丢弃,有效地减少受影响的流的数目。最简单的方法是选择最后(Latest)进入的流,此外还可以研究其他的选择策略。面向流的智能丢包策略与RSVP相比,实现更简单,灵活性更好。

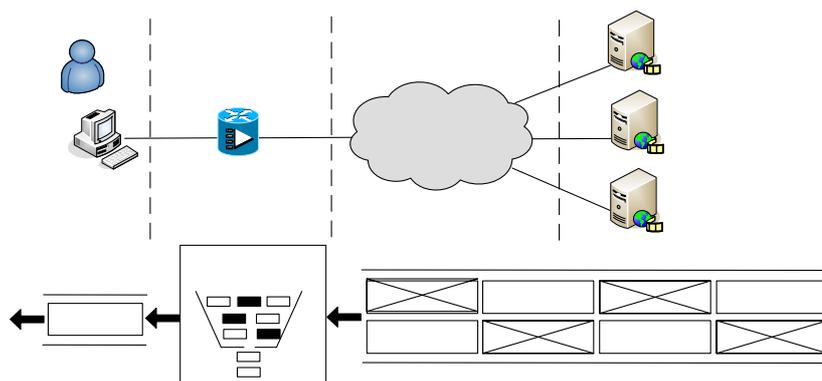


图5 面向流的报文丢弃

3 结束语

“三网合一”是未来网络融合的发展趋势,要求边缘宽带接入路由器能够提供智能业务综合接入和QoS保证。基于IPv6 Flow-Aware的QoS转发机制融合了IPv6的QoS功能和流交换技术,提出的IPv6 Flow-Aware路由器组件框架可以很好地实现用户业务流的QoS控制。

参考文献

- 1 Cisco 及网络技术. 详细讲解第三层交换技术[EB/OL]. (2004-05). <http://www.net130.com/2004/5-13/23136.html>.
- 2 蔡茂国, 杨淑更, 黄海峰, 等. 基于IPv6的多媒体通信策略[J]. 计算机工程与应用, 2002, 38(5): 139-141.
- 3 Jee R B, Malhotra S P, Mahaveer M. A Modified Small Bandwidth Use of the IPv6 Flow Label for Providing an Efficient Link to User Service Using a Hybrid Approach[R]. IPv6 Working Group Internet Draft, (2002-04). draft-banerjee-flowlabel-ipv6-qos-03.txt.
- 4 Deering R, Hindon R. Internet Protocol Version 6(IPv6) Specification[S]. RFC 2460, 1998-12.
- 5 Roberts L. QoS Signaling for IP QoS Support[R]. Internet Draft [TIA 1039], 2005-06.
- 6 Dreiholz T, Smith A, Adams J L. Realizing a Scalable Edge Device to Meet QoS Requirements for Real-time Content Delivered to IP Broadband Customers[C]//Proc. of the 10th IEEE International Conference on Telecommunications, Papeete/Tahiti, French. 2003-02.
- 7 Dreiholz T I, Jsselmuiden A, Adams J L. Simulation of an Advanced QoS Protocol for Mass Content[C]//Proc. of the 2nd International Conference on Performance Modeling and Evaluation of Heterogeneous Networks, Ikley, West Yorkshire/ United Kingdom. 2004-07.
- 8 卞玉存, 顾君忠. 基于Internet的端到端QoS控制技术分析[J]. 计算机工程, 2001, 27(11): 112-114.
- 9 Dreiholz T. Flow Routing Project Page[EB/OL]. (2005-11). <http://tdrwww.iem.uni-due.de/dreiholz/flowrouting/>.