

MPLS VPN 中动态服务质量机制的应用

侯剑锋¹, 马明凯², 李向红³

(1. 中国人民解放军西安通信学院研管大队, 西安 710106; 2. 中国电子设备系统工程公司, 北京 100141;
3. 新华社通信技术局, 北京 100089)

摘要: 在部署 MPLS VPN 时, 接入服务商边缘路由器的各 VPN 场点存在闲置资源, 也可能有突发的带宽资源需求。针对这些问题, 提出一种改进的动态服务质量机制。设计实时流量监测预测模块, 采用 LGP 算法对实时流量的峰值进行高概率预测, 达到动态预留资源的目的。设计闲置资源再分配模块, 把闲置资源用于再分配, 为用户提供定制带宽以外的资源抢占业务。仿真实验表明, 将该机制应用于 MPLS VPN 区分服务中, 能有效提高服务质量。

关键词: 虚拟专用网; 流量预测; 区分服务

Application of Dynamic QoS Mechanism in MPLS VPN

HOU Jian-feng¹, MA Ming-kai², LI Xiang-hong³

(1. Postgraduate Management Unit, Xi'an Communication Institute of PLA, Xi'an 710106;
2. Institute of China Electronic Equipment System Engineering Company, Beijing 100141;
3. Bureau of Communication Technology, Xinhua News Agency, Beijing 100089)

【Abstract】 When MPLS VPN are deployed, there are much free resource at some VPN sites, while there are also outburst bandwidth demand at some other VPN sites. This paper proposes an improved dynamic QoS mechanism. The real-time monitoring module is designed, it uses LGP algorithm to predict the peak value of the real-time traffic with a high probability, and fulfill the reservation of resource dynamically. The free resource reallocation module provides the occupying-opportunity for users by reallocating the free resource. Simulation results show that applying this mechanism in MPLS VPN DiffServ network can improve QoS effectively.

【Key words】 Virtual Private Network(VPN); traffic prediction; DiffServ

1 概述

虚拟专用网(Virtual Private Network, VPN)技术能在网络中实现地理上分散的场点之间的互连。BGP/MPLS VPN 能在网络层通过虚拟路由转发表(VRF)来实现路由信息的隔离。MPLS 利用标记分发协议(LDP)建立标记交换路径(LSP), 它起始且终止于服务商边缘路由器(PE)。分组在核心网上的传输是基于标签的, 它只能通过关联 VPN 的 PE 接口才能进入 VPN, 接口决定应该用 PE 的哪一个 VRF。为了提供可靠的语音、视频和数据传输业务, 服务商必须在 MPLS VPN 核心网内保证服务质量(QoS), 同时要保证 PE-CE(Custome Edge)与 CE-PE 间有一致的转发策略, 一般会把区分服务(DiffServ)或流量工程运用到核心网内, 从而有效地提高端到端的服务质量。

2 传统的QoS DiffServ机制

一般认为, 转发策略是用于在边缘设备上提供接入流量大小控制的一种机制, 它能有效减少网络拥塞。对于语音、电视会议等对时延、抖动和带宽要求比较高的流量, 更需要有在每条链路上有足够的带宽保证, 从而提高端到端的服务质量。正常情况下, 对于超出定制带宽的分组, 会采取拥塞避免措施, 丢弃分组或降低优先级放入缓存。

传统的调度整形机制如图 1 所示, 显示了 PE 通过限速策略控制来自 CE 的流量速率。在定制带宽范围内, 最大限度地满足用户需求。在此基础上实现了基于流类的 DiffServ, 提供了严格的转发策略。

这种方法的缺陷是在 VPN1 流量超过其分配带宽时, 丢包率一般会增大。即使 VPN2 的带宽利用率很低, VPN1 也不会占用 VPN2 的带宽资源。每个 VPN 都可能会在一段时间内, 其流量需求超过其限定带宽。如果能在整条链路上对多个 VPN 流量矩阵进行分析, 就能提前预测各 VPN 用户的实际带宽需求。在此基础上, 将各自的闲置资源预留出来, 再分配给其他有额外资源需求的 VPN。这种全局性的动态分配带宽方案, 将会大大地提高链路利用率。这样不仅可以满足各 VPN 用户合理带宽请求, 还能最大限度地满足某些用户的突发带宽需求^[1-2]。

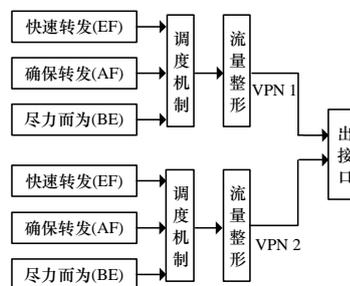


图 1 传统的调度整形机制

基金项目: 国家“973”计划基金资助项目(2007B310804)

作者简介: 侯剑锋(1984—), 男, 硕士研究生, 主研方向: 宽带网络技术; 马明凯, 高级工程师、硕士; 李向红, 工程师、硕士

收稿日期: 2009-06-27 **E-mail:** h8j4f@tom.com

3 LGP算法原理及其在流量预测方面的应用

当前对平稳数据的预测研究主要集中在3种算法上,分别是LMP(Local Maximum Predictor), LGP(Local Gaussian Predictor), LASP(Local Alpha-stable Predictor)。相对而言,LGP算法与LASP算法的预测性能比较理想。LGP算法通过对变量实时数值进行抽样,计算均值和方差,采取对系数调整的方法来达到高概率预测。LASP算法^[3]主要考虑对变量边缘值进行分析,通过边缘的关联度来调整预测准确度。LASP边缘性比较强,只能在短时预测上获得良好性能;LGP算法在流量预测方面有较好的适应性,因此,本文采用LGP算法来进行流量预测。

3.1 LGP算法

LGP算法原理^[4]如下:在抽样时间窗 T_{meas} 内,通过监测研究变量及其变化,取出 N 个抽样值 $B_i(i=1,2,\dots,N)$,然后通过抽样值来推导出研究变量的预测值 R_{ren} ,研究变量的预测值 R_{ren} 满足:

$$R_{ren} = m + a\sqrt{v} \quad (1)$$

其中, m 和 v 分别是在抽样时间窗内的抽样值的均值和方差; a 是系数因子,它控制预测值随抽样值变化的幅度。

在LGP算法的实现过程中,研究变量的实际值 R_m 概率满足下列 $P(\cdot)$ 等式:

$$P(R_m > m + a\sqrt{v}) = 1 - G(a) \quad (2)$$

其中, $P(\cdot)$ 是概率函数; $G(\cdot)$ 是标准正态分布的分布函数。当取不同的 $P(\cdot)$ 值时,如90%,95%,97%,99%,可以对应地推导出相应的 a 值,同时也可以推导出 R_{ren} 。

3.2 LGP算法在流量预测方面的应用

本文随机列出一组离散的数字来代表随机流量的抽样值,研究LGP算法在实际的流量预测领域的应用。流量抽样值如表1所示,其中,数据组是每个对应时刻随机流量的抽样值,它代表在抽样时间窗 T_{meas} 内,每 X 时间间隔内抽样一次的流量大小, N 取20。

表1 流量抽样值

抽样次数 i	抽样值 B_i	抽样次数 i	抽样值 B_i
1	3.1	11	2.1
2	2.8	12	1.9
3	2.4	13	1.8
4	3.7	14	2.5
5	3.5	15	2.6
6	3.1	16	2.9
7	3.6	17	3.3
8	4.1	18	3.6
9	2.3	19	3.0
10	2.6	20	2.7

统计流量均值 m 为

$$m = E(B) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N B_i = 2.88$$

统计流量方差 v 为

$$v = D(B) = E\left\{ [B_i - E(B)]^2 \right\} = 0.376$$

当取 $P(\cdot) = 90\%$ 时,由文献[5]可得系数因子: $a = 1.28$;

推导估计流量值 $R_{ren} = m + a\sqrt{v} = 3.665$ 。同理可得:

(1)当 $P(\cdot) = 95\%$ 时, $a = 1.65$, $R_{ren} = 3.892$;

(2)当 $P(\cdot) = 97\%$ 时, $a = 1.88$, $R_{ren} = 4.033$;

(3)当 $P(\cdot) = 99\%$ 时, $a = 2.33$, $R_{ren} = 4.309$ 。

由上述推导可知,当要保证在一定概率内满足实际流量 R_m 的峰值小于预测流量值 R_{ren} ,需要对参数 a 进行调节。在 a 取2.33时,预测值 R_{ren} 为4.309,实际流量值 R_m 超过预测流量 R_{ren} 值的概率就很小了。另外,要预测的准确度越高,对应的调节参数 a 就越大,预测流量 R_{ren} 值就越大。反之,在需要的预测准确度不高的情况下, a 较小,预测流量 R_{ren} 值就越小。

这种流量预测算法将在下文的基于动态预留带宽的服务质量机制中用到。

4 基于动态预留带宽的服务质量机制

LGP算法能较好地由随机变量的抽样值来预测未来某段时间内的流量上限。从理论分析角度来看,流量上限的估计准确度,取决于抽样值的数量 N 、抽样时间间隔 X 以及参数因子 a 的选取。如果把这种机制用到MPLS VPN组网技术的PE对接入CE的带宽分配上,可以实现动态的带宽预留。

新机制添加了实时流量监测预测模块和闲置资源再分配模块,可以在保证各VPN场点有基本的服务带宽外,还提供VPN场点间抢占闲置带宽的服务。从客户角度来讲,他们或许会为自己抢占了带宽而付出一定的资金,但能满足其特定时间段内的高带宽需求,比额外去订制高带宽要更经济。

从服务提供商角度看,他们并没有提供额外的带宽,但却收到了额外的报酬。因此,这种添加了流量预测模块资源再分配模块的应用,是很有意义的。改进的调度整形机制见图2。

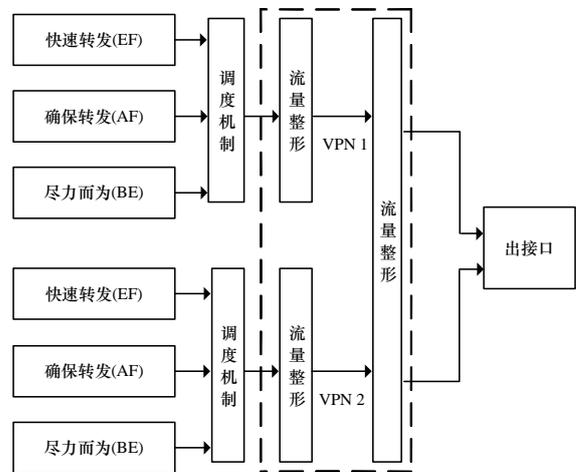


图2 改进的调度整形机制

改进的流量整形机制在对各VPN场点的流量整形之后又在全局范围内进行流量整形。其主要功能在于一方面监视各VPN场点的流速率,从而完成对 R_{ren} 的动态调节;另外也根据调节后的 R_{ren} 值来给各VPN场点动态预留带宽。当某VPN场点闲置带宽不变时,实时监测其流量矩阵;当某VPN场点闲置带宽增加后,立即被用于其他有资源需求的VPN;当某VPN场点带宽需求增大时,收回用于其他VPN的资源,满足其合理的带宽需求。这样可以最大限度地满足各用户的业务需求,最大化链路利用率。

5 实验与分析

本文通过优化前后的比较来验证改进后的调度整形机制

的性能。为简化实验步骤,这里只列举2个VPN场点,都分别通过各自的CE接入同一个PE。CE-PE间都用10 Mb/s以太网口链接,其中,VPN1和VPN2都订制的是5 Mb/s的业务,同时各VPN均有EF,AF,BE3种服务类型。

5.1 改进前的测试

在没有应用流量预测机制时,2个VPN都严格通过PE的限速5 Mb/s来进行队列调度和流量调节。因为本文的目的就是为了说明在部分VPN链路资源闲置、部分VPN满负荷时怎样最大化地利用资源的问题,所以这里假设VPN1当前流量带宽为3.5 Mb/s,有闲置带宽,而VPN2的带宽需求为7 Mb/s。VPN1中流量分类分别为1.2 Mb/s(EF),0.7 Mb/s(AF)和1.6 Mb/s(BE),VPN2中的流量分类分别为1.4 Mb/s(EF),2.5 Mb/s(AF)和3.1 Mb/s(BE),队列机制均为3:2:1。在这种情况下,分别发送3个EF数据包、2个AF数据包、1个BE数据包。改进前的基于类的资源分配情况见图3。

因为VPN1不存在抢占带宽,所以在2次测试中均不对其进行研究。

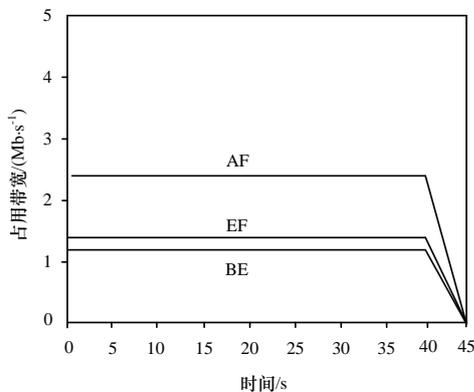


图3 改进前的基于类的资源分配情况

在测试中,根据权重不同,各种业务占用的带宽也不同,其中权重最高的EF占用带宽1.4 Mb/s,AF占用带宽2.4 Mb/s,BE占用带宽1.2 Mb/s。可以看出,现存的区分服务机制也只是将数据包分类着色、区分优先级。在出口带宽有限的情况下,再怎么区分,也不能提高转发速率和链路利用率(这里只涉及边缘网络的接入策略,不涉及核心网络的转发策略)。

5.2 改进后的测试

本测试是在改进前测试的基础上,引入了实时流量监测预测模块和闲置资源再分配模块之后进行的,研究了各流类的服务质量保证情况。沿用3.2节中的流量矩阵,把它作为对VPN1的当前流量的抽样值,并用 $P(\cdot)=95\%$ 时的预测最大需求带宽 $R_{ren}=3.892$ Mb/s作为给VPN1的预留带宽。此时给VPN2的预留带宽为 $R_{ren}=6.108$ Mb/s,它抢占了VPN1的部分带宽资源。而当前VPN1和VPN2的实际流量大小、流量分类和队列机制均与改进前相同,这里重点考察VPN2的抢占带宽情况。

改进后的基于类的资源分配情况如图4所示。

在测试中发现,VPN2抢占了VPN1的闲置带宽,抢占的带宽和VPN2订制的带宽一同用于业务数据的转发,根据权重不同,权重高的EF数据包依旧保证全额转发,占用带

宽为1.4 Mb/s,AF数据包也全部转发,占用带宽为2.5 Mb/s,BE数据包占用带宽由之前的1.2 Mb/s增至2.208 Mb/s。从而可以看出,引入动态预留带宽机制的PE能最大化地利用现有资源,并一定程度上满足了VPN用户的突发带宽需求。

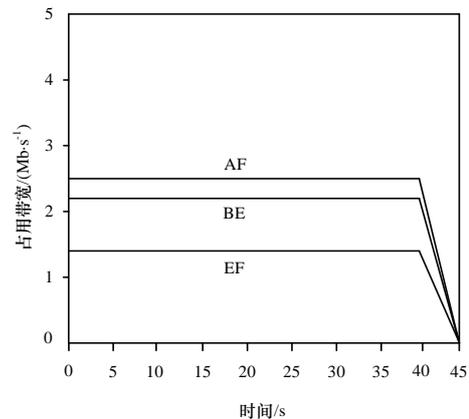


图4 改进后的基于类的资源分配情况

6 结束语

本文介绍了LGP算法的原理及其在流量预测方面的应用,并将该算法用于网络实时流量预测。在现有的保证服务质量的机制上,提出一个VPN场点抢占其他VPN场点带宽资源的方法。

由于它是基于动态的带宽资源再分配,因此抢占行为不会影响到被抢占VPN的订制带宽资源保证。这种动态的资源分配方式,是通过对流量抽样后进行高斯预测实现的,能提供较高的符合度,可以为一段时间内VPN的突发流量提供很好的服务质量保证。

参考文献

- [1] Hachimi M E, Breton M A, Bennani M. Efficient QoS Implementation for MPLS VPN[C]//Proc. of the 22nd International Conf. on Advanced Information Networking and Applications Workshops. [S. l.]: IEEE Computer Society, 2008.
- [2] Jia Yuxiao, Guerrero M, Kabranov O. Dynamic Resource Allocation in QoS-enabled/MPLS Supported VPN and Its Linux Based Implementation[C]//Proc. of CCECE'02. Winnipeg, Canada: [s. n.], 2002.
- [3] Yang Tingzhou, Jia Yuxiao, Kabranov O, et al. A New Service Model for Differentiated Services Architecture[C]//Proc. of the 21st Biennial Symposium on Communications. Kinston, Canada: [s. n.], 2002.
- [4] 盛 骤, 谢式千, 潘承毅. 概率论与数理统计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [5] Jia Yuxiao, Guerrero M, Kabranov O. Design and Testbed Implementation of Adaptive MPLS-DiffServ Enabled Virtual Private Networks[C]//Proc. of CCECE'03. Montréal, Canada: [s. n.], 2003.

编辑 顾姣健