

文章编号:1001-9081(2006)09-2175-03

分级统筹分配令牌参数的流量整形算法

涂文伟, 张 进, 张兴明

(国家数字交换系统工程技术研究中心, 河南 郑州 450002)

(tw@ mail. ndsc. com. cn; tu. wenwei@ gmail. com)

摘 要:在区分服务网络中,流量整形是提供 QoS 保证的一项重要技术,通常用于规整用户系统向网络提交的数据流。提出了一个新的流量整形架构——分级统筹令牌参数分配(HHTPA)整形器,在边缘路由器上通过分级整形、统筹实时更新令牌桶参数,动态分配剩余带宽,达到对用户数据进行流量整形和提高带宽利用率的目的,使得为高优先级服务预留但未使用的带宽也可被低优先级的服务使用。

关键词:令牌桶; Diff-Serv; 流量整形; 带宽共享

中图分类号: TN915.6 **文献标识码:** A

Traffic shaping algorithm with holistic and hierarchical token parameters allocation

TU Wen-wei, ZHANG Jin, ZHANG Xing-ming

(National Digital Switching System Engineering & Technological R&D Center, Zhengzhou Henan 450002, China)

Abstract: Traffic shaping is an important technique to guarantee QoS in a network that provides Differentiated Services. It is commonly used to regulate the traffic which is sent to the network from users. We proposed a new architecture of traffic shaper named HHTPA(Holistic and Hierarchical Token Parameters Allocation). It works in edge router to dynamically allocate the unused bandwidth through hierarchical shaping and allocating the token parameter as a whole. It improves the utilization rate of bandwidth. In this architecture, lower QoS classes can utilize the extra bandwidth previously saved for higher QoS traffic classes.

Key words: token bucket; Diff-Serv; traffic shaping; bandwidth sharing

0 引言

在支持汇聚数据的区分服务(Diff-Serv)网络中,QoS 保证是一个很重要的功能。为了满足各个不同连接的 QoS 要求,在边缘接入路由器需要一个包含接入控制,流量管理,服务调度的 QoS 的机制。当收到一个接入请求,基于当时网络的状态、流量的特性和 QoS 服务等级的要求,接入控制部分将决定是否准许接入请求。流量管理则是确保提交的流量是否同它预定的参数一致。最后,服务调度决定数据流的服务顺序,从而不同 QoS 服务等级的用户数据流能够完成不同的连接。

在 Diff-Serv 网络中,流量整形是提供 QoS 保证的一项重要技术,通常用于规整用户系统向网络提交的数据流。Diff-Serv 网络同用户之间有服务等级协议(Service Level Agreement, SLA)和服务调整协议(Traffic Conditioning Agreement, TCA),如果用户的数据流违反上述协议,订购的服务等级将不能得到保证,甚至拒绝服务。为了避免不符合条件的数据包被提交到网络中来。用户可以用整形器来改变用户数据的一些临时特性参数。一般我们所指的漏斗桶算法或者令牌桶算法都是针对单级别的数据流的算法。在 Diff-Serv 网络中,不同等级的服务在速率、突发比特量、时延上并不一样,对各种等级的服务类型分别设置一个独立的流量整形器,则无法实时有效地分配用户的带宽,这对用户系统来说

是不合理的。在这篇论文中,我们将讨论多等级的汇聚数据流的流量整形功能。

1 令牌桶流量整形器的基本原理

令牌桶算法在桶里装的是令牌(见图 1)而不是分组,令牌生成器以每秒 ρ 个令牌的速度不断生成令牌,并把它放在深度为 ρ 个令牌的令牌桶中。假设每个令牌获准传输固定数量的字节,如果令牌桶装满,新生成的令牌将被丢弃。同时,未调节的分组流会到达,被放入最大长度为 L 的分组队列中。如果分组提供的分组数超过队列可以存储的数量,超过的分组将被丢弃。

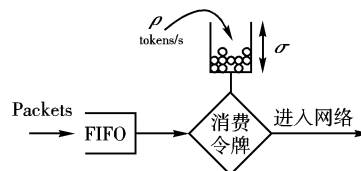


图 1 采用令牌桶算法的突发整形技术

由于突发性的输入流往往导致拥塞的发生,因此获得令牌的分组将被快速地输出,使得突发性的输入流得以迅速地疏导。

假设突发数据到达时,令牌桶是满的。设突发长度为 S 秒,其容量为 σ 字节,令牌产生速率为 ρ bps,数据的峰值速率

收稿日期:2006-03-31; 修订日期:2006-06-02 基金项目:国家 863 计划资助项目(2001AA121011)

作者简介:涂文伟(1984-),男,福建漳浦人,硕士研究生,主要研究方向:网络接入控制; 张进(1979-),男,江苏镇江人,博士研究生,主要研究方向:网络测量; 张兴明(1963-),男,河南新乡人,教授,主要研究方向:IP 宽带网络。

为 M bps, 则

$$MS = \sigma + \rho S$$

即突发长度

$$S = \sigma / (M - \rho)$$

表明在开始时, 可按峰值速率 M 连续发送 S 秒, 然后按照速率 ρ 继续发送, 直到结束。

对于有多个服务等级的 Diff-Serv 网络, 一个简单的方法就是让每个等级的数据流可以用一个独立的整形器来调整, 但是, 这样的做法对用户是不公平的。比如视频流 (设为 $class_1$) 的峰值速率 B_p 可以比它的平均速率 B_a 高出 10 倍, 为了防止丢失, 网络节点要为视频流分配的带宽不能小于这个峰值速率, 但是, 这种分配过于保守, 因为每个流在整个传送过程中带宽的占用率应该更接近于平均速率而非峰值速率, 如果能在传输的过程中能够动态调整带宽的分配, 用户则能更合理地利用带宽, 比如用户需要提交另外一个数据流 (设为 $class_2$ 且它的优先级比前面的 $class_1$ 的低), 那么, 如果用户能够利用 $class_1$ 的未用的带宽来传送 $class_2$ 的数据的话, 对用户来说是更加合理的, 明显地, 独立的流量整形器不具备这样的弹性空间, 这里我们提出分级统筹令牌参数分配整形器 (HHTPA) 来解决这个问题。

2 分级统筹流量整形结构

在上面讨论的令牌桶整形器只能应用于单一服务等级的流量, Diff-Serv 网络提供三种大类的业务服务: (1) 尽力而为服务 (Best Effort Service); (2) 优质服务 (Premium Service); (3) 确定性服务 (Assure Service)。在这一节, 我们将考虑在 Diff-Serv 网络中三种等级业务服务等级的情况, 在 S. Floyd, V. Jacobson 提出的基于类排队的整形算法 (Class Based Queue: CBQ) 中; 它根据流的特性将流分到某一服务类中, 为每个服务类分配一个令牌桶, 采用轮询算法来决定发送哪一

个类的数据, 但是, 由于所有服务类中待发送的数据的管理是相当混乱的, 这将带来很大的时延和抖动。这对于实时的业务来说是不可接受的。

对于用户来说, 可能会频繁增加或者删除一个连接, 而 CBQ 整形算法无法细化到流的管理, CBQ 整形算法适用于流量汇聚特性变化不大且不需要针对每个流进行整形的情况下。对于实时多媒体业务量陡增的具体网络环境, CBQ 整形算法无法满足要求, 同时, 该算法是事先设定占用带宽百分比来共享链路带宽, 这样对用户来说无法灵活使用闲置带宽资源。

2.1 结构描述

为了适应实时多媒体业务量陡增的具体网络环境, 同时保留链路带宽共享的特性, 本文提出了分级统筹分配令牌参数 (HHTPA) 的概念。首先, 该流量整形器分为两级。第一级, 将入站数据基于流归到不同的服务类, 在这一级, 为每个流设置一个令牌桶整形器。同一个服务类的数据进入下一级都要由流队列管理模块统一管理。第二级, 为每个服务类创建一个类令牌桶, 分组出站前通过数据出站管理模块和类令牌桶统一控制。对于每一级的令牌参数, 采用统筹集中分配的策略, 第一级采用时间函数的方式来配置令牌参数 ρ , 第二级则采用条件触发叠加的方式来分配参数 ρ , 具体的分配算法见下节。

如图 2 所示, 在前端, 设计一个 FBC, 用于区分不同的流, 并将流归入不同的服务类。我们同时给每个流设计一个 FIFO, 但是 FIFO 中分组的调离要受令牌的控制。实际上是对每个流设计一个令牌桶整形器。每一个 FIFO 分组都经过一个流队列管理模块。对应每一个类, 有一个类整形器, 类整形器的构建如图, 由传统的令牌桶整形器加一级令牌分配模块构成。整个整形器的后端, 有一个出站数据调度模块。

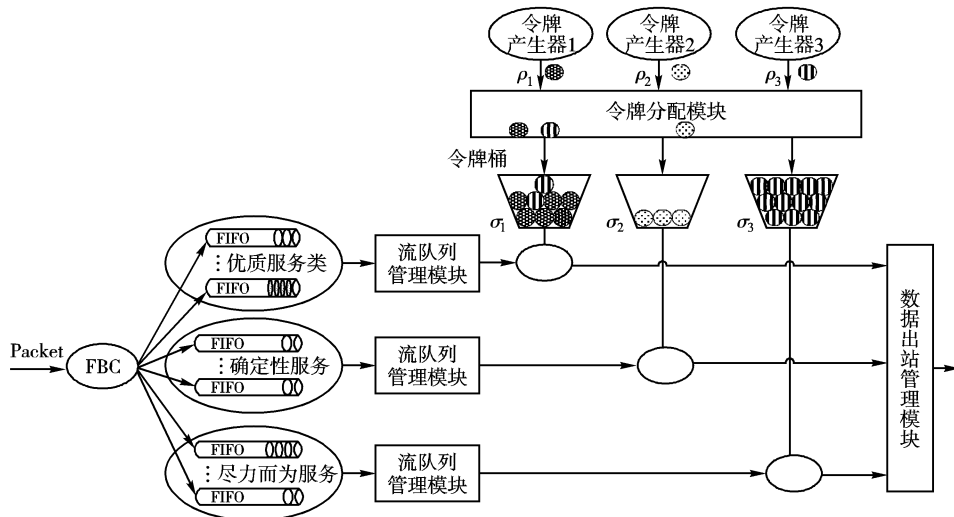


图 2 HHTPA 流量整形算法结构示意图

2.2 令牌分配算法

设对应于优质服务类中的流队列的令牌桶参数为 ρ_{pi} 、 σ_{pi} (表示 p 类第 i 队列, 后面的含义类似); 对应于确定性服务类的流队列的令牌桶参数为 ρ_{ai} 、 σ_{ai} ; 对应于尽力而为服务类的流队列的令牌桶参数为 ρ_{bi} 、 σ_{bi} 。每个类整形器的参数分别为 (ρ_p, σ_p) 、 (ρ_b, σ_b) 、 (ρ_a, σ_a) 。另设, 每个流队列在 t 时刻的大小为 $Q_{xi}(t)$ (表示 x 类第 i 队列, 后面的含义相同), 每

个流的占用的带宽主要通过参数 ρ_{xi} 来分配带宽, 对应于下面提出的算法, σ_{xi} 参数一般影响队列的出 σ_{xi} 越大, 对应的流越有可能提前调离出去。

在数据出站管理模块中, 严格遵循优先级出站的原则, 如果优质服务类有分组等待出站, 先调离优质服务类的分组, 等优质服务类无分组以后再查询确定性服务类是否有数据等待出站, 如果有, 则调离分组, 当优质服务类、确定性服务类都无

分组等待调离时,再查询尽力而为服务类,如果有,则调离分组,每一个分组调离时都要进行重新查询。因此,当某类数据出站时,其他类的数据是不占用带宽资源的,为了更有效地利用带宽,我们在令牌产生器与令牌池之间设计一个令牌分配器。

令牌分配器的算法如下:在令牌池未满的情况下,产生的令牌全部放入相应的令牌池,用于保证该类数据可能发生的突发要求。令牌池装满后,新产生的令牌可用于传输数据,因此,只要在所有类令牌桶中有待发送的分组,分组就会被调离系统,新产生的令牌将被分组消耗,而不是丢弃。这样就可以实现类之间的链路带宽共享。

对于流队列,在系统初始化时,给它的令牌参数 ρ 分配一个缺省值 $\rho_{xi_default}$,系统开始运行后,流队列的令牌参数由下式决定:

$\rho_{xi} = \rho_{xi}(t) + \rho_{xi_default}$, ρ_{xi} 为某一类第 i 个流的 ρ 参数 (它为时间 t 的单调不减函数),同时,系统的 ρ_{xi} 要满足下式:

$$\sum_{i=0}^n \rho_{xi} \leq \rho_x, \quad \rho_x \text{ 为服务类 } x \text{ 的 } \rho \text{ 参数}$$

该级令牌桶的算法如下:

```

If ( $Q_{xi}(0) \leq \sigma_{xi}$ )
// 时刻  $t = 0$ 
{ 分组调离;
}
Else
{  $t$  开始计时;
 $\rho_{xi} = \rho_{xi}(t) + \rho_{xi\_default}$ ;
// 参数  $\rho_{xi}$  开始在满足  $\sum_{i=0}^n \rho_{xi} \leq \rho_x$  的前提下增加,
// 直到流队列的数据传送完毕
}
{  $t = 0$ ;
 $\rho_{xi} = \rho_{xi\_default}$ ;
// 流队列数据传送完毕,复位计时器和流队列  $\rho$  参数
}

```

2.3 性能分析

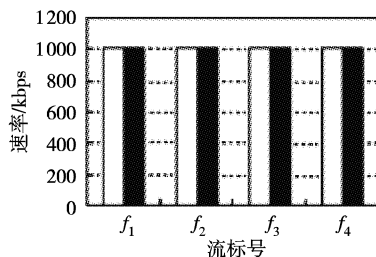


图3 流队列满载时输入输出带宽

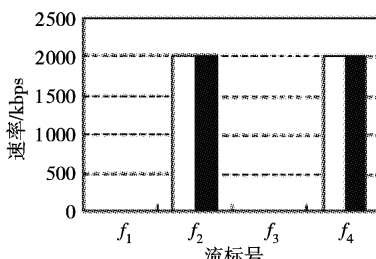


图4 带宽借用效果

在令牌桶整形器中,带宽的控制主要由 ρ 来控制,在该整形器中,类令牌桶的 ρ 在相应的令牌池满的条件下可以叠加

复用,实现类之间的带宽共享。关于服务类内部不同流的带宽共享问题,我们编制 HHTPA 整形程序进行测试 (这里取

$\rho_{xi}(t) = 100t$ 且必须满足 $\sum_{i=0}^n \rho_{xi} \leq \rho_x$), 由于每个类的情况都一样,我们只测试其中的一类。测试中,共发送四个分组流队列: f_1, f_2, f_3, f_4 。每个流队列的令牌参数 $\rho_{xi_default} = 1000\text{kbps}$, 类令牌桶的令牌参数 $\rho_x = 4000\text{kbps}$, 从图3可以看出,当每一个流队列都满载时,每个流队列对带宽公平共享。从图4可以看出,在 f_1, f_3 不用带宽的情况下,不用的带宽可以被 f_2, f_4 完全利用。图5所示一旦输入带宽超过类的总带宽,系统将会进行调节,充分利用类的总带宽,但会抑制过分超出的流的带宽。

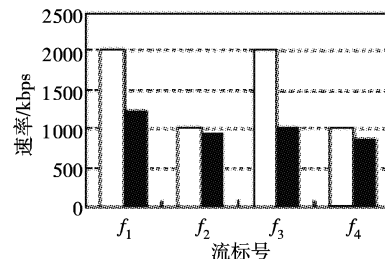


图5 额定带宽限制效果

3 结语

本文在 CBQ 的基础上,针对其不能动态调整带宽分配,无法细化到流的管理问题,在保持其链路带宽共享的基础上,通过分级的,集中管理令牌参数分配的方法,对每个数据流设置一个令牌参数 ρ_{xi} 可变的令牌桶,细化对流的管理,实现同一服务类内部带宽的共享,对于不同的服务类,通过在令牌产生器和令牌池之间增加一级令牌分配器,集中统一类间的令牌分配,充分提高了带宽的利用率。对于用户来说,这样更有利于用户向网络提交数据。待研究的工作是找到一个优化的时间函数 $\rho_{xi}(t)$ 。

参考文献:

- [1] FLOYD S, JACOBSON V. Link-sharing and Resource Management Models for Packet Networks[J]. IEEE/ACM Transactions on Networking (TON), 1995, 3(4):365-386.
- [2] GIBBENS R, KELLY F, KEY P. A decision-theoretic approach to call admission control in ATM networks[J]. IEEE Journal of Selected Areas in Communication, 1995, 13(6):1101-1114.
- [3] BECHLER M, RITTER H, SCHÄFER G, et al. Traffic Shaping in End Systems Attached to QoS-supporting Networks[A]. IEEE Computer Society: IEEE Symposium on Computers and Communications [C]. Washington: IEEE Computer Society, 2001.296-301.
- [4] LEE TH. Correlated Token Bucket Shapers for Multiple Traffic Classes[A]. IEEE 60th Vehicular Technology Conference VTC2004-Fall [C], 2004, 7:4672-4676.
- [5] CHIMENTO PF. Standard Token Bucket Terminology[DB/OL]. <http://qbone.internet2.edu/bb/Traffic.pdf>, 2000-05
- [6] XUEAND F, YOO SJB. Self-similar Traffic Shaping at the Edge Router in Optical-switched Networks[A]. IEEE ICC[C], 2002. 2449-2453.
- [7] IETF. RFC2475. An Architecture for Differentiated Services[S]. Reston, USA, The Internet Society, 1998.
- [8] 陈彪,姚庆栋. 用户基于流的 QoS 调度[J]. 电路与系统学报, 2003, 8(6):29-33.