

文章编号: 1005-0523(2016)03-0106-04

# 基于 SLA 的动态分组算法研究

殷爱茵, 陈冬, 张思瑶, 郑玉虹, 林瑶

(华东交通大学信息工程学院, 江西 南昌 330013)

**摘要:** 提出一种基于 SLA 的动态分组算法, 有效解决系统带宽利用率低下、时延难以保证等问题。算法根据当前网络情况改变轮询周期并且实现下一周期业务的提前授权, 较好的优化了带宽间隙浪费问题。通过 OPNET 对算法进行仿真以及与其它带宽分配方案的比较分析表明该算法具有良好的带宽利用率以及较低的系统时延特性。

**关键词:** 10 G/40 G EPON; 带宽分配; 分组; SLA

中图分类号: TN919

文献标志码: A

DOI: 10.16749/j.cnki.jecjtu.2016.03.017

随着接入网的迅速发展, 无源光网络(passive optical network, PON)因其能够满足各种业务需求的特性成为接入网的首选, 而 10 G/40 G EPON 被视为下一代理想宽带接入网之一, 受到越来越多的研究学者关注<sup>[1]</sup>。其中, 如何合理分配、有效利用带宽作为 10 G/40 G EPON 的研究热点之一, 吸引了众多科研工作者<sup>[2]</sup>。根据大众目前的多业务网络需求, 接入网必须满足语音及视频业务的实时性, 同时要求更低的时延和抖动<sup>[3]</sup>。因此, 为了针对不同接入网用户的多业务需求, 对于动态带宽分配算法(dynamic bandwidth allocation, DBA)的研究是有必要的。EPON 的动态带宽分配算法大多是基于轮询的方式, 经典的轮询算法有 IPACT 算法<sup>[4]</sup>, BGP 算法<sup>[5]</sup>等。然而这些带宽分配算法基本存在轻负载恶化、公平性差、带宽利用率低下以及难以保证时延等问题。近年来, 又有一些新的带宽分配算法被提出用以优化系统<sup>[6-7]</sup>, 所以针对当前动态带宽分配算法存在的问题, 提出一种基于 SLA 的 10 G/40 G EPON 动态分组带宽分配方案。

## 1 业务分组模型

根据以太网差分服务(differentiated services, DiffServ)模型<sup>[8]</sup>, 用户的带宽业务被分为 3 个不同的等级: EF(expedited forwarding)业务、AF(assured forwarding)业务、BE(best effort)业务, 它们的优先级依次降低。EF 业务对应的是固定比特速率的数据流的话音业务, 需保证更低的时延和抖动; AF 业务对应的是可变比特速率的数据流的视频业务, 需保证一定带宽; BE 业务对应的是对时延和抖动没有要求的数据传输业务, 需提供尽力而为的服务。

首先, 为了保证业务带宽分配的公平性, 如图 1 所示, 规定每个 ONU 的最大开窗时隙为  $B_{max}^i$ , 最小开窗时隙为 0。将这三种不同等级的业务分为两组: 组 1 为 EF 业务, 组 2 包括 AF 业务和 BE 业务, 其中 Report 部分包含 ONU 组 2 长度以及剩余组 1 数据的信息。根据 DiffServ 协议, 组 1 的优先

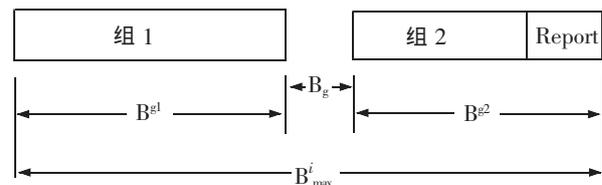


图 1 业务分组模型  
Fig.1 Model of traffic group

收稿日期: 2015-11-30

基金项目: 国家自然科学基金项目(61262079); 2014 年江西省大学生创新项目(20141040402)

作者简介: 殷爱茵(1963—), 女, 教授, 博士, 研究方向为光通信技术。

级高于组 2,因此优先发送组 1 数据,规定组 1 的最大时隙为  $B_{max}^{g1}$ 。

## 2 带宽分配方案设计

假设 10GEPON 系统中包含有  $N$  个 ONU,每一个 ONU 的传输速率为定值  $R_u$ ,且每个上行单元间的保护时隙为  $B_p$ ,由此不难得出 OLT 的最大授权带宽  $B_{max}^{OLT}$  为

$$B_{max}^{OLT} = \frac{\sum_{i=1}^N B_{max}^i}{R_u} + (N-1) \times B_p \quad (1)$$

因此,所有 ONU 的业务组 2 允许的最大时隙  $B_{max}^{g2}$  为

$$B_{max}^{g2} = \frac{[B_{max}^{OLT} - B_{max}^{g1} - (N-1) \times B_p] \times W^i \times R_u}{\sum_{i=1}^N W^i} \quad (2)$$

其中: $W^i$  是为每一个 ONU 的分配因子,该分配因子与 ONU 的业务服务等级 SLA 相关,当所有 ONU 的 SLA 相等时,它们的分配因子  $W^i$  也相等,故有

$$B_{max}^{g2} = \frac{[B_{max}^{OLT} - B_{max}^{g1} - (N-1) \times B_p] \times R_u}{N} \quad (3)$$

在 OLT 结束对 ONU 组 1 的授权之后,OLT 继续对 ONU 组 2 进行授权,当 ONU 组 2 数据请求带宽小于组 2 数据所允许的最大时隙  $B_{max}^{g2}$  时,其授权时隙  $G^i$  为

$$G^i = R^i \quad (R^i < B_{max}^{g2}) \quad (4)$$

当 ONU 组 2 数据请求带宽大于组 2 数据所允许的最大时隙  $B_{max}^{g2}$  时,其授权时隙为

$$G^i = B_{max}^{g2} \quad (R^i > B_{max}^{g2}) \quad (5)$$

其中: $R^i$  代表各 ONU 的组 2 数据所请求的时隙带宽。

在一个完整的上行传输过程中,每个轮询周期内,ONU 的数据按照业务等级分组发送,其发送的窗口大小对优先级最高的 EF 业务的实时性没有产生影响。

如图 2 所示, $T_e$  代表 OLT 接收前一周期数据的结束时间, $T_s$  代表 OLT 接收下一周期数据的开始时间。当 ONU 完成数据业务的分组之后,发送包含待发送的组 1 和组 2 数据的大小以及组 1 到达时间的 Report 消息。为了减少空闲时间、有效的利用带宽,OLT 在接收到组 2 开始的 Report 信息之后,若 ONU 仍然有剩余组 1 数据待发送,则向 ONU 发送 Gate 帧,而 ONU 在接收该 Gate 信息之后在  $T_x$  发送下一周期的组 1 数据。其中下一周期发送时间, $T_x$  计算公式为

$$T_x = T_e + B_p - \frac{1}{2} RTT \quad (6)$$

其中  $RTT$  为环路延时。

## 3 仿真与分析

### 3.1 仿真模型

使用 OPNET 网络软件对其进行建模仿真,并与静态和其他动态 DBA 进行分析比较。OPNET 是一款功能丰富强大的网络仿真工具,能够对网络系统结构、协议模型、性能参数、QoS 服务质量进行设计、建模、分析和管理的,充分的满足了大型复杂网络的仿真需求。为了有效模拟真实情况,建立一个包含 16 个 ONU 的模型。ONU 到 OLT 的距离设置为 5~20 km,上行与下行速率均是  $10 \text{ Gbit} \cdot \text{s}^{-1}$ ,轮询周期设为 2 ms。其中 OLT 的中心模块 server 节点进程结构如下图所示。其工作流程为:在 Init 状态下接收数据帧或控制帧,当接收到帧

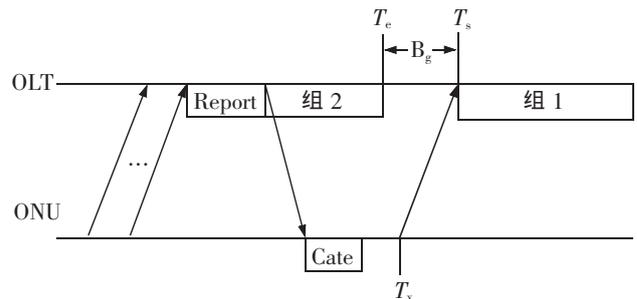


图 2 数据传输示意图  
Fig.2 Diagram of data transmission

后,进入 Start 状态,由于接收到的帧类型不同其进入的进程也不同;如果接收到的是数据帧,则表示 ARRIVAL 被激活,业务数据被发送到 Rcv\_pkt 进程,完毕后返回 Idle 并且等待下一帧;如果接收到的是控制帧,则表示 REQUEST 被激活,控制帧进入 Request,完毕后返回 Idle 并且等待下一帧。其中等待处理的所有数据帧及控制帧都缓存在 Idle 队列中。

ONU 中心模块 buffer 的进程结构如下图所示,与 OLT 相类似,一部分是处理数据帧,另一部分是处理控制帧,它们分别由 ARRIVAL 和 GRANT 负责激活。在 Init 状态下开始接收数据帧或控制帧,由帧类型的不同进入不同的进程。Buffer 将用户发送的数据帧排队处理,而 Grant 则是响应从 OLT 发送的控制帧,完毕后,数据帧和控制帧都要返回到 Idle。

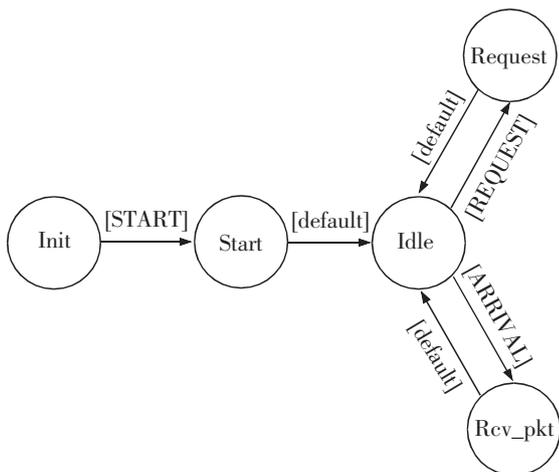


图3 OLT server 进程结构  
Fig.3 Process structure of OLT server

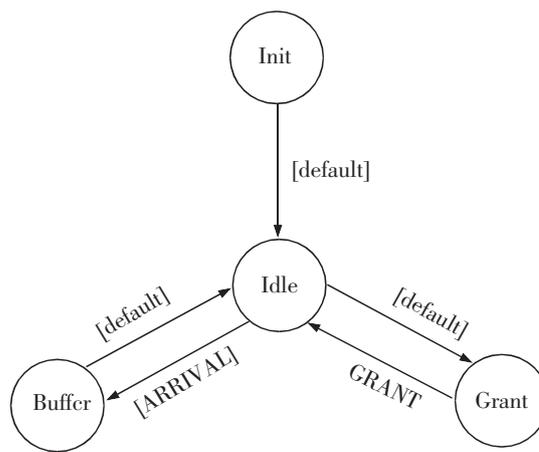


图4 ONU buffer 进程结构示意图  
Fig.4 Process structure of ONU buffer

### 3.2 仿真结果分析

通过对系统进行建模之后,将方案添加在模型中进行仿真并且与静态带宽分配算法和动态带宽分配算法在 ONU 平均时延和队列长度以及网络平均吞吐量方面进行了比较分析。图5是系统平均吞吐量结果比较示意图。从图中可以看出,系统的吞吐量随着负载的增加而迅速增大,3种方案在负载为0.9的时候吞吐量增长速度放缓,其中静态带宽分配几乎没有增长,而本方案的算法和 IPACT 动态带宽分配算法仍有增长的趋势,两者基本保持一致性,但是提出的方案能够拥有更高的吞吐量也说明在系统重负载的情况之下,带宽利用率有明显提高。

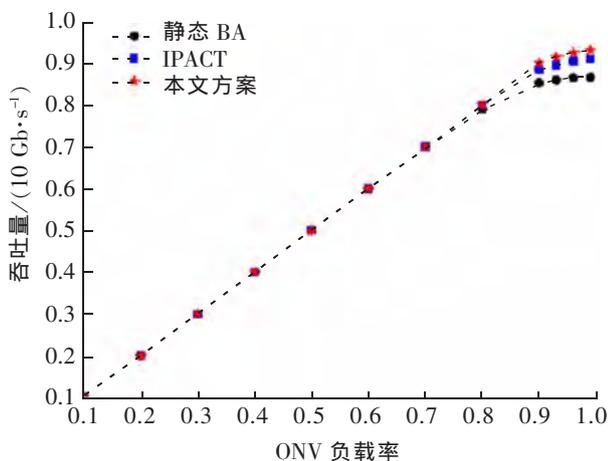


图5 平均吞吐量结果比较  
Fig.5 Comparison of average throughput

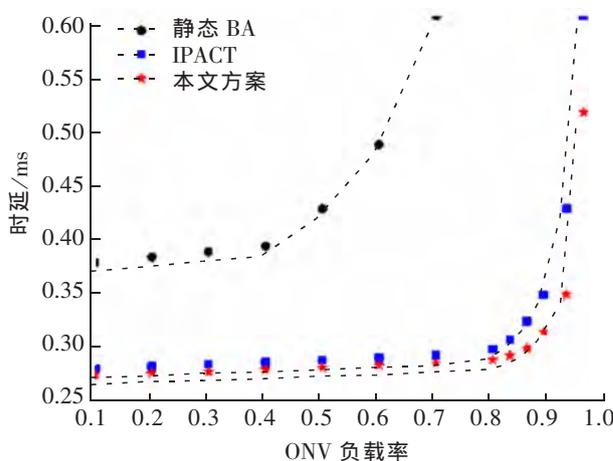


图6 时延特性比较  
Fig.6 Comparison of time delay

图 6 是系统平均时延的结果比较示意图。从图中可以看出,三者都有随着负载增加而时延增长的趋势,其中静态带宽分配算法的表现最差,在平均负载为 0.4 时的时延就开始急剧增加;而其他动态带宽分配算法和本方案的时延均在负载达到 0.9 时才急剧增加,并且本方案提出的分配算法较其他动态带宽分配算法平均时延较低,表现优于 IPACT 动态带宽分配算法。通过仿真对比,基于 SLA 的动态带宽分配方案具有以下特点:

- 1) 能够根据网络环境动态改变轮询周期,有效的进行带宽的分配,避免了无谓的带宽浪费;
- 2) 方案不仅能够保证高优先级业务的带宽需求及 QoS,还充分考虑了中、低优先级业务的公平性问题。将剩余带宽按照中、低优先级业务的优先级对其进行分配,有效地保障中、低优先等级用户的权利;
- 3) 对于下一周期业务的提前授权也减少了带宽的浪费,能够在当前周期结束之后以最短的时间开始下一周期的业务授权传输,将剩余带宽再次进行有效的利用,避免了更多的贷款浪费。

#### 4 结束语

提出的基于 SLA 的动态分组算法不仅在 10 G/40 G EPON 系统的轻负载恶化、公平性差的问题上表现良好,还通过动态调整不同业务的带宽授权来进行带宽优化,另外对于下一周期业务的提前授权也起到了提高带宽利用率的作用,有效的保证了系统传输的质量以及性能,使得系统能够满足用户多业务的网络需求。经过对算法的仿真结果分析,证明算法在网络吞吐量和实时时延方面具有一定的优势。本算法能够更好地满足用户实时业务需求,有效提高网络资源的利用率。

#### 参考文献:

- [1] 殷爱菡,王胜凯. 基于改进的 AES 算法的 EPON 安全方案研究[J]. 华东交通大学学报,2013,30(4):35-39.
- [2] ANAKA M,TAKEMOTO M,TAKAHASHI A,et al. Dynamic bandwidth allocation algorithm with fairness in 1G/10G coexistence EPON system[J]. IEICE Transactions on Communications,2009,92(3):819-827.
- [3] SHAMI A,BAI XIAOFENG,ASSI C M,et al. Jitter performance in Ethernet passive optical networks[J]. Journal of Lightwave Technology,2005,23(4):1745.
- [4] KRAMER G,MUKHERJEE B,PESAVENTO G. IPACT a dynamic protocol for an Ethernet PON(EPON)[J]. IEEE Communications Magazine,2002,40(2):74-80.
- [5] MA M,ZHU Y,CHENG T H. A bandwidth guaranteed polling MAC protocol for Ethernet passive optical networks[C]//INFOCOM 2003, Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications, IEEE Societies,2003:22-31.
- [6] 朱婉莹,何荣希,杨帅. EPON 中节能动态带宽分配算法[J]. 光通信技术,2014,38(011):35-38.
- [7] 解朝晨,孙强. EPON 中的一种新型动态带宽分配算法[J]. 光通信技术,2011,35(2):1-3.
- [8] 江文静,蔡祥宝. DiffServ 队列调度算法研究[J]. 计算机技术与发展 ISTIC,2015,25(4):85-88.

## Research on Dynamic Grouping Algorithm Based on SLA

Yin Aihan, Chen Dong, Zhang Siyao, Zheng Yuhong, Lin Yao

(School of Information Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** This study proposes a dynamic grouping algorithm based on SLA, which can effectively solve the problems of low bandwidth utilization rate and difficulty in guaranteeing delay. The proposed algorithm could make dynamic change according to actual condition and realize the authorization in advance of the next cycle, thus optimizing the bandwidth time slot. By simulating the algorithm with OPNET, comparing with other schemes, it proves that the algorithm has the better bandwidth utilization and characteristics of lower system time delay.

**Key words:** 10 G/40 G EPON; bandwidth allocation; grouping; SLA

(责任编辑 姜红贵)