

引用本文:冯平兴,郑美芳,李文翔. NG-PON2 中的周期性动态带宽分配算法[J]. 光通信技术,2022,46(5):11-14.

NG-PON2 中的周期性动态带宽分配算法

冯平兴,郑美芳,李文翔

(成都工业学院 网络与通信工程学院, 成都 611731)

摘要:下一代无源光网络(NG-PON2)中的带宽分配问题是研究的热点之一。针对在网络动态环境中如何根据网络的变化状态合理分配带宽资源的问题,提出了一种具有自适应能力、基于统计的周期性服务质量(SPSQ)的动态带宽分配算法,结合网络资源周期性需求的特点,采用统计的方法对无源光网络中的动态带宽分配问题进行分析。仿真结果表明,该算法能够在传输业务量变化时,适应网络的数据传输情况并提升网络服务质量。

关键词:无源光网络; 周期服务质量; 自适应; 带宽分配; 动态

中图分类号: TN91 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-5561(2022)05-0011-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2022.05.002

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Periodic dynamic bandwidth allocation algorithm in NG-PON2

FENG Pingxing, ZHENG Meifang, LI Wenxiang

(School of Network and Communication Engineering, CDTU, Chengdu 611731, China)

Abstract: The bandwidth allocation problem in the next generation passive optical network (NG-PON2) is one of the research hotspots. Aiming at the problem of how to reasonably allocate bandwidth resources according to the changing state of the network in the dynamic network environment, a dynamic bandwidth allocation algorithm based on statistical periodic quality of service (SPSQ) with adaptive ability is proposed. Combined with the characteristics of the periodic demand of network resources, the dynamic bandwidth allocation problem in passive optical networks is analyzed by statistical method. The simulation results show that the algorithm can adapt to the data transmission of the network and improve the quality of service of the network when the traffic changes.

Key words: passive optical network, periodic quality of service, adaptive, bandwidth allocation, dynamic

0 引言

光通信网络业务需求在过去几年里出现了快速增长,人们对下一代无源光网络(NG-PON2)在功率控制、动态带宽分配等方面已开展相关的研究^[1-5]。未来的业务数据传输将具有更大的波动性,如何合理分配宝贵的带宽资源,实现其最优分配是当前的研究热点之一。随着 NG-PON2 的推广和应用,今后网络终端将会呈现多宿主特性,在光网络的分布环境中,动态调整网络资源可以使网络具有更高的传输性能。因此,动态带宽分配(DBA)成为了 NG-PON2 的关键技

术之一。DBA 根据网络数据的传输状态及特性,在不改变总带宽和保持网络不中断的前提下,自动改变各信道中的带宽分配,从而实现网络资源的优化配置。本文提出一种具有自适应能力、基于统计的周期性服务质量(SPSQ)的 DBA 算法。

1 NG-PON2 资源分析

NG-PON2 具有典型的树型结构特点,该类型网络分布的根节点的工作性能、网络的整体服务质量与用户数量、业务数据类型密切相关,在满足正常网络服务质量和满负荷运行情况下需要分配足够的资源才能保证网络正常运行。然而,用户对网络资源的需求、业务类型往往呈现突发特性和分布不均的特点,如果长期保持高水平的服务质量,势必导致网络资源过度分配,并且存在较为严重的资源浪费现象。

上述问题对于用户类型相对稳定、网络使用习惯相对固定以及网络负荷具有周期分布的地区(如高

收稿日期:2021-07-18。

作者简介:冯平兴(1981—),男,广东东莞人,博士,副教授。主要研究方向为新一代通信系统、光信号传输技术及复杂信号处理技术等,主持了四川省教育厅重点研发项目(自然科学类)“下一代无源光网络 NG-PON2 关键技术研究”。



冯平兴,郑美芳,李文翔:NG-PON2 中的周期性动态带宽分配算法

校、金融机构等场所)尤其突出。特别是对于周期性存在非高峰时段的网络,传统的网络资源分配方法并非完全适合,其性能可能会大幅度降低。因此,在网络规模日渐扩展的趋势下需要寻求一种更为有效的网络资源分配方式。

假设某个光网络存在 $K=(k_1, k_2, \dots, k_i)$ 个用户集,在可分配带宽资源 f 的情况下将带宽划分为 i 个子带宽,那么每个用户理论上平均分配的带宽^[11]为

$$\Delta f = \frac{f}{i} \quad (1)$$

然而,实际的网络环境较为复杂,如果对用户进行固化的网络资源分配,其结果不仅导致传输效率低,甚至对网络资源造成极大的浪费。在 NG-PON2 中,为了资源的优化利用,每个用户可以获得不同的子带宽,其资源的优化分配如图 1 所示。然而,在同一时刻,每个子带宽只能分配到一个用户上。资源调度是根据子带宽传输信道的状况、用户排队的当前状态和既定的算法对网络资源实现优化分配。

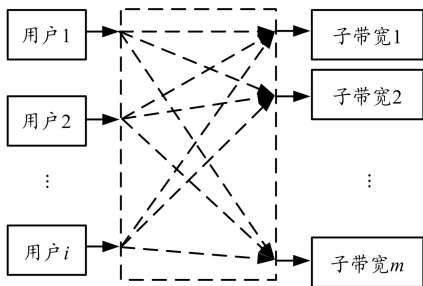


图 1 NG-PON2 资源的优化分配

假设在任意时刻, $A_i(m)$ 和 $N_i(m)$ 分别为用户 i 在子带宽 m 上的信道增益和信道噪声功率,那么该信道的信噪比(SNR)可以表示为

$$SNR_i(m) = \frac{|A_i(m)|^2}{N_i(m)} \quad (2)$$

假定在任意时隙给用户的功率分配向量^[12] $p=[p(1), p(2), \dots, p(n)]^T$, 其中 $p(n)$ 是第 n 个时隙的发射功率,因而可以得到用户 u_i 在子带宽和功率分配向量的作用下对应的数据速率为

$$u_i^p(n) = \log_2[1 + \delta p(n) SNR_i(m)] \quad (3)$$

其中, δ 为与系统期望误码率(BER)水平相关的系数, $\delta = -\frac{1.5}{\ln(5BER)}$ 。

在网络环境相对稳定的条件下系统容量矩阵可以表示为

$$U = \begin{bmatrix} u_1(1) & u_2(1) & \cdots & u_n \\ u_1(2) & u_2(2) & \cdots & u_n(2) \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ u_1(m) & u_2(m) & \cdots & u_n(m) \end{bmatrix} \quad (4)$$

假设存在一个资源分配矩阵 $A_{n \times n}[a_{i,j}]$, 在分配过程中作如下约束:

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{子带宽 } j \text{ 分配到用户 } i \text{ 时} \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (5)$$

于是在某个时刻,网络总体用户获取的传输速率矢量 $R=[r_1, r_2, \dots, r_n]$, r_i 为每个用户对应的传输速率矢量为

$$r = \Delta f \cdot \text{diag}[AU] \quad (6)$$

其中, A 为一个元素是 0-1 的矩阵。由于网络资源分配目标函数是用户和网络传输速率相关的联合函数^[13], 因此网络资源分配与调度的任务是尽最大努力调整子带宽分配矩阵 A 。

然而,随着用户数的增多,为了得到一个期望解,搜索 A 将会引起庞大的计算量。此外,除受到信道影响因素外,网络系统容量还与信号功率有关,因此需要计算出系统发射功率,这导致在实际的计算中遇到极大的困难,从而有一定的应用局限。

2 基于 SPSQ 的 DBA 算法

由于设备性能较以往有了大幅度的提高,在网络环境一定的条件下,有线网络数据传输通路可以粗略认为是无差错链路,因此带宽的公平分配可以作为服务质量的一个间接衡量指标^[14-15]。在网络环境一定和遵从服务公平性原则的前提下,算法的主要目标是对每个用户分配等额的服务时间或者业务带宽。

假设在某个时刻 t , 网络分配给第 i 个用户的子带宽集为 $f_i^{(t)}$, 根据网络分配原则可以得到: $f_i^{(t)} \cap f_j^{(t)} = \emptyset$, $\forall i \neq j$, 因而在时刻 t , 网络用户所需的数据传输速率为

$$r_i(t) = \sum_{k \in f_i} u_i(k, t) \Delta f \quad (7)$$

相应地,假定用户 u_i 的平均等待时间为 $t_{w,i0}$ 。为了评价网络服务质量,可以引入具有凸性分布的函数 $U_i(t_{w,i})$ 作为评价指标,等待的时间越长用户所获取的网络服务质量就越差。因此, $\frac{\partial U_i(t_{w,i})}{\partial t_{w,i}}$ 是具有向上凸的曲线分布函数^[16], 设用户平均所获得的比特率 b_i 为

$$b_i = \frac{1}{t_{w,i}} \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{B_i[n]}{N} \quad (8)$$

其中, $B_i[n]$ 是在时间段 $[0, nt_{w,i}]$ 内所传递的比特数, N 为工作时段内划分的时间段。设 $Q_i[n]$ 为用户在时刻 $nt_{w,i}$ 所对应的比特数, 那么用户 u_i 所消耗的平均等待时间为

冯平兴,郑美芳,李文翔:NG-PON2 中的周期性动态带宽分配算法

有良好的先验性参数分布特性。因此,随着网络负荷的增长,其网络延时增加变得逐渐缓慢。在较高网络负荷的情况下,相比于 FUNS-DBA 算法,SPSQ-DBA 算法的网络延时性能具有显著的优势。

图6为2种算法在信道利用率方面的性能对比图。可以看出,随着网络负荷的增加,2种算法的信道利用率逐渐降低;相比之下,由于本文所提算法

是在网络资源统计的基础上建立的网络资源分配与参数预测流程,且统计的参数根据网络使用需求进行相应的学习和调整,具有一定的自适应性,因此其信道的利用率相对更高。

图7为2种算法在归一化负荷下在丢包率方面的性能对比图。可以看出,在较低网络负荷条件下,2种算法的丢包率基本一致;然而,随着网络负荷的增

长,FUNS-DBA 算法的丢包率性能明显降低。因此,本文提出的算法能更好地适应网络的变化,相应的服务质量也较好。

4 结束语

本文根据基于网络资源需求具有周期性分布的特性,提出了与之相应的 SPSQ 的带宽分配算法策略,该算法能够适应较长时间间隔内的网络需求变化。实验结果表明:在网络需求相对稳定的情况下,本文提出的 SPSQ-DBA 算法不仅能有效分配网络资源,还能

提高网络资源的利用率,改善网络服务质量,这对网络资源的回收,减少带宽过度分配有着重要的参考意义。

参考文献:

- [1] CHENG L, MAO S, ZHAO C, et al. Three-port dual-wavelength- band grating coupler for WDM-PON applications[J]. IEEE Photonics Technology Letters, 2021, 33(3): 159–162.
- [2] WEY J S, NESSET D, VALVO M, et al. Physical layer aspects of NG-PON2 standards—part1: optical link design [Invited][J]. IEEE/OSA Journal of Optical Communications & Networking, 2016, 8(1): 33–42.
- [3] ALAELDDIN F Y M, NEWAZ S H S, AL-HAZEMI F, et al. Grant management procedure for energy saving TDM-PONs [J]. Optical Fiber Technology, 2018, 40: 118–129.
- [4] HABERMAN S, NIEMEIJER G, JANSEN A, et al. Dynamic bandwidth allocation for addressable content [J]. Orthopedics & Traumatology, 2018, 38(4): 1739–1742.
- [5] 徐赞昊,沈建华.一种改进的 TWDM-PON 架构方案及带宽分配算法[J]. 光通信技术,2017,41(2): 17–20.
- [6] 荆倩,沈三民.一种改进的光网络动态上行带宽分配算法研究[J]. 光通信研究,2020(5): 11–15.
- [7] 蒋春蕾.一种 PTN 与 OTN 联合组网的带宽分配机制研究 [J]. 光通信技术,2017,41(2): 1–4.
- [8] 李正杰,谢军伟,张浩为,等.基于集中式 MIMO 雷达的功率带宽联合分配算法[J]. 系统工程与电子技术,2020,42(5): 79–87.
- [9] WANG W, GUO W, HU W. Dynamic wavelength and bandwidth allocation algorithms for mitigating frame re ordering in NG-EPON [J]. Journal of Optical Communications & Networking, 2018, 10(3): 220–223.
- [10] BUTT R A, ASHRAF M W, FAHEEM M, et al. A survey of dynamic bandwidth assignment schemes for TDM-Based passive optical network[J]. Journal of Optical Communications, 2018, 32: 186–189.
- [11] CHOUDHURY P K. Enhanced noise tolerance for 10 Gb/s Bi- directional cross-wavelength reuse colorless WDM-PON by using spectrally shaped OFDM signals[J]. Optical Fiber Technology, 2018, 42: 6–10.
- [12] SHIH D M, LUSIS A J. The roles of PON1 and PON2 in cardiovascular disease and innate immunity [J]. Current Opinion in Lipidology, 2009, 20(4): 288–292.
- [13] HATTA S, TANAKA N, SAKAMOTO T. Low latency dynamic bandwidth allocation method with high bandwidth efficiency for TDM-PON[J]. NTT Technical Review, 2017, 15(4): 117–121.
- [14] 宋丽华,王海涛,张国敏,等.基于时延 Max-Min 相似的多路径公平带宽分配[J]. 计算机应用研究,2017,34(6): 1830–1834.
- [15] 何蓉,谢辉,方旭明. FiWi 网络比例公平和 QoS 感知的分级动态带宽分配机制[J]. 电子与信息学报,2017,39(6): 1409–1416.
- [16] 刘庆利,卢美玲,潘成胜. AOS 中基于 QoS 业务的跨层带宽分配方法[J]. 计算机工程与设计,2020,41(6): 36–41.
- [17] 华夏渝,郑骏,胡文心. 基于云计算环境的蚁群优化计算资源分配算法[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),2010(1): 127–134.

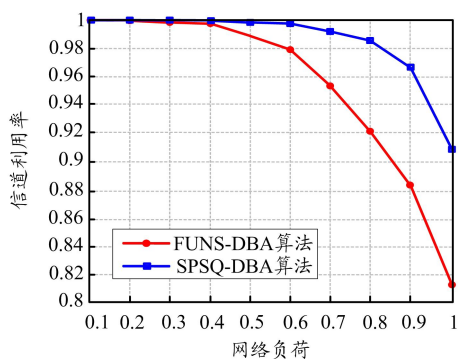


图6 归一化负荷下的网络利用率分析

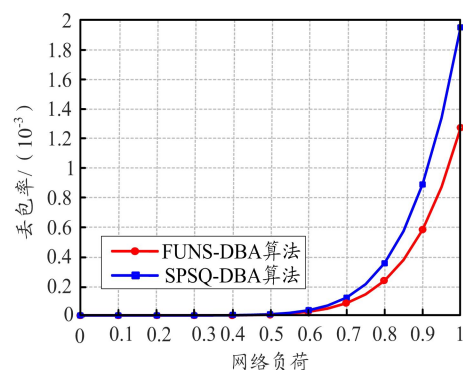


图7 归一化负荷下的丢包率分析