

An Traffic Control Method Based on Timing Scheduling for Distribution and Consumption Communication Networks

Zhuxin Zhai

Dongguan Power Supply Bureau of Guangdong Power Grid Corporation, Dongguan Guangdong
Email: 359762869@qq.com

Received: May 11th, 2017; accepted: May 28th, 2017; published: May 31st, 2017

Abstract

In the Ethernet Passive Optical Network (EPON), the traffic burst of some kind of services will result in lots of cache occupy in ONU. In order to reduce cache occupy with forwarding the data flow coming from CPE (Customer Premise Equipment) to OLT with high QoS, a traffic control strategy is proposed in this article. The strategy can control the CPEs by the use of PON OLT and schedule the upstream flow from CPE. According to the strategy, the ONU forwards the data in a certain order. According to the strategy, the ONU forwards the data at a certain time point. In the light of simulation results, this traffic control strategy can greatly reduce cache's occupation in ONU and can also guarantee the packet loss which optimizes the transmission quality.

Keywords

Distribution Network, EPON, Traffic Control Strategy, Timing Scheduling

一种基于时序调度的配用电通信网流量控制方法

翟柱新

广东电网有限责任公司东莞供电局, 广东 东莞
Email: 359762869@qq.com

收稿日期: 2017年5月11日; 录用日期: 2017年5月28日; 发布日期: 2017年5月31日

摘要

在以太网无源光网络(EPON)中, 某些业务数据流的突发, 会在ONU产生大量的缓存占用。为了在高质量

转发来自用户终端设备CPE (Customer Premise Equipment)的数据至OLT的前提下,降低ONU的缓冲区占用率,本文提出了一种流量控制方法,将CPE置于PON OLT的控制之下,对CPE上行数据流量进行调度与控制。ONU按照策略所述的CPE传输顺序,沿着PON上行信道依次发送CPE数据至OLT。同时ONU按照策略所述的可以开始向OLT传输的最早时刻,对CPE数据进行转发。仿真表明,该流量控制策略在保证合理丢包率的情况下,大大降低了ONU的缓冲器容量,优化了传输效果。

关键词

配电通信网, EPON, 流量控制策略, 时序调度

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

配用电通信网是智能电网基础设施的关键组件,建设满足配用电业务通信需求的电力通信接入网络,是实现智能电网的重要先决条件。配用电通信网络承载的业务种类多元化,能够承载配电自动化,用户用电信息采集,配用电视频监控等业务。作为配用电通信网接入技术,应在多业务接入,业务的QoS保障,网络和信息的安全等几个方面满足需求,以适应现有及未来各种业务的发展。以太网无源光网络(EPON)技术作为目前在电力通信中被广泛认可并应用的接入网技术,利用光纤作为传输介质,具有高带宽和高QoS保障,与配用电网网络结构一致,不仅能够在上述几个方面很好的符合用户综合业务接入的需求,符合技术发展的方向,而且使基于以太网的接入传输系统成本大大降低[1]。

EPON网络在以太网之上提供多种业务,采用点到多点结构,一根光纤承载上下行数据信号,经过1:N分光器将光信号等分成N路,以光分支覆盖多个接入点或接入用户。EPON在OLT和ONU间采用单根光纤提供对称1.25 Gbps带宽,可传输数据、语音和视频业务。其中,其上行数据流采用时分多址(TDMA)技术,把上行的时间分成了许多的时间片,根据ONU分配的带宽和业务的优先级给ONU的上行数据流分配不同的时间片,每个时间点上光纤上只传送一个ONU的上行数据流。通过OLT和ONU之间协商,避免了ONU上行数据流之间的冲突,不会造成数据丢失[2]。

电力通信网的规模不断壮大及电网智能化应用向配用电侧延伸,配用电通信网络中接入的设备不断增加,网络的规模也在不断扩大,配电业务也将在原来的基础上发展和扩充,电力数据通信中的突发大数据流以及视频类业务给配用电通信网带来巨大的流量冲击,使得内部网络节点的堵塞。针对这种情况,实现配用电通信网业务流量的有效管控,可以缓解流量阻塞,降低传输时延,优化传输效果,从而提高业务质量。对于EPON系统而言,作为一种接入技术,必须使用流量控制技术以提供更好的服务质量的支持[3]。

文献[4]提出了一个有流量控制功能的EPON系统,其流量控制功能是用来处理交换机中的拥塞,平衡数据流在交换机中的传输压力,使数据流可以在尽可能小的延迟内得到处理的一种控制方法,在实际应用中可以按照用户的实际需求进行带宽的动态分配。文献[5]提出了采用一种PAUSE的拓展机制,根据不同的LUD来区分不同的PAUSE操作实体,利用它可以很好的解决由于缓冲区拥塞而发生帧丢失的问题,文献[6]分析了在以太网无源光网络系统中支持服务等级协定的必要性,根据双速率三色标记器原理,提出了基于光网络单元的逻辑链路标识进行流量控制的方案,解决用户业务流量控制相关问题。

本文研究了一种用于配用电通信网的 EPON 网络流量控制方法,通过将用户终端设备 CPE (Customer Premise Equipment)置于 PON OLT 的控制之下,对 CPE 上行数据流量进行调度与控制,降低在 ONU 的缓冲区占用率,使得 ONU 在降低缓冲器容量的情况下,仍然可以高质量的转发来自 CPE 的数据至 OLT,降低了 ONU 缓冲器的能量消耗。利用这种机制,PON 上的 OLT 不仅可以对 ONU 的传输接入进行控制,而且决定了 CPE 何时向其相连的 ONU 传送上行数据。确保 CPE 数据在发送至 ONU 后可以不被阻塞的发送至 OLT,减少在 ONU 处的缓冲流量,降低 ONU 的能量消耗。

首先,为每个 ONU 和每个 CPE 设置一个上行传输窗口,每个 CPE 在 ONU 上行传输总窗口中都有自己的子窗口,每个 CPE 上行传输子窗口各自独立,互不关联。根据窗口的尺寸大小,对 CPE 流量进行调度,ONU 按照计算所得的 CPE 传输顺序,沿着 PON 上行信道依次发送 CPE 数据至 OLT。同时 ONU 按照计算所得的可以开始向 OLT 传输的最早时刻,对 CPE 数据进行转发。

本文组织如下:第一章构建 EPON 网络模型;第二章对传输时延进行分析;第三章对导致的 ONU 缓存占用进行分析;第四章提出基于上行传输窗口的 CPE 流量时序调度策略;第五章给出仿真结果;第六章给出结论。

2. EPON 网络模型

在一个 PON 无源光网络中,如图 1 所示,主要由光线路终端 OLT、无源光分配网络 ODN、光网络单元 ONU 和用户终端设备 CPE 四个部分组成。一个安装于中心控制站的 OLT 通过 ODN 与多个安装于用户安装场所的 ONU 相连,每个 ONU 又与多个 CPE 相连,CPE 接入终端用户的网络需求。其中,OLT 提供语音、数据、视频业务网络的互联接口,并实现网络管理的主要功能;ONU 负责向 CPE 提供所需的业务接口。ODN 负责连通 OLT 与所属的 ONU,其主要功能是完成光信号功率的分配。各个终端用户发送上行数据至 ONU,ONU 对来自 CPE 的以太网数据进行缓存,并在 OLT 分配的上行传输窗口中向上行方向发送[7] [8]。

首先,为 ONU 设置一个上行传输窗口,其次,为每个 CPE 设置一个子窗口,且每个 CPE 上行传输子窗口各自独立,互不关联。各参数设置如下, V_1 表示 CPE 上行传输比特率。 V_2 表示 ONU 上行传输比特率。 E 表示一个 ONU 所连的 CPE 个数。 ε_x 表示 CPE 和其相连的 ONU 之间的单方向传播时延。 λ 表示 OLT 和 ONU 之间的单方向传播时延。 w_x 表示 CPE C 的上行传输窗口。 S 表示最大数据包尺寸。 $t1_x$ 表示 CPE C 开始上行传输的时刻(在本专利中为零时刻)。 $t2_x$ 表示 CPE C 数据流量开始到达 ONU 的时刻。

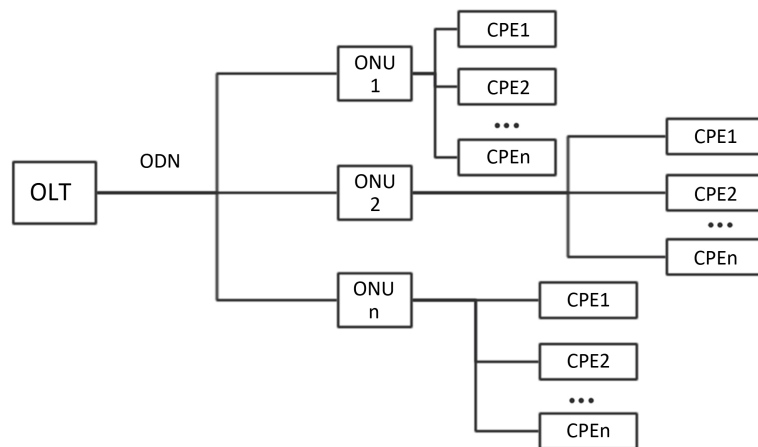


Figure 1. EPON Network Structure
图 1. EPON 网络结构示意图

$t3_x$ 表示 ONU 完成对 CPE C 数据流量的接收的时刻。 $t4_x$ 表示 ONU 开始上行传输 CPE C 数据流量的时刻。 $t5_x$ 表示 ONU 完成对 CPE C 数据的上行传输的时刻。 $t(N)$ 表示 ONU 开始依次传输 CPE 数据流量的时间。

3. 传输时延分析

计算连接到某个 ONU 的单个 CPE X 的总传输时间。

将 CPE 开始向上行信道发送消息的时刻设为零时刻。数据包大小为 W_x 的 CPE 数据需要通过 CPE→ONU 段和 ONU→OLT 段共两段。数据包的最后一位到达 ONU 后, 该数据包的第一个位可以由 ONU 传输到 OLT。设 S 表示最大的数据包大小(位)。用 $t2_x$ 表示 CPE 数据开始到达 ONU 时的时刻(并且开始占用缓冲区空间), 即,

$$t2_x = t1_x + \varepsilon_x$$

ONU 完成接受最后一个数据包的时刻,

$$t3_x = t2_x + \frac{W_x}{V_1}$$

ONU 完成发送最后一个数据包的时刻,

$$t5_x = t3_x + \frac{S}{V_2}$$

单个 CPE, 整个传输时间表示为 $T = t5_x + \lambda$ 。为了能够使 ONU 在时刻 $t5_x - S/V_2$ 开始传输最后一个数据包, 所有先前的数据包必须已经由 ONU 在时刻 $t5_x - M/V_2$ 之前发送完毕。那么, ONU 应当此时开始上行传输。

$$t4_x = t5_x - \frac{W_x}{V_2}$$

则 ONU 可以在时刻 $t5_x$ 之前完成了 W_x 位数据包的 CPE 数据传输。

4. 缓存占用分析

计算单个 CPE 传输在 ONU 处产生的缓存占用。

从 CPE X 上行传输第一个数据包到达 ONU 的时刻 $t2_x$ 开始, 缓冲区占用以速率 V_1 (bit/s) 增长, 持续到 ONU 开始上行传输的时刻 $t4_x$ 。从时刻 $t4_x$ 开始, 当 ONU 开始上行传输时, ONU 的缓冲区占用以速率 $(V_2 - V_1)$ 开始下降, 持续到时刻 $t3_x$ (ONU 完成所有的 CPE 数据接收)。从时刻 $t3_x$ 到时刻 $t5_x$, 缓冲区以速率 V_2 下降。一般情况下, $V_2 > V_1$, 当 ONU 开始发送 CPE 数据时, 在时刻 $t4_x$ 产生的最大缓冲区占用为 $P_{\max,x}$,

$$P_{\max,x} = (t4_x - t2_x)V_1 = W_x - \frac{V_1}{V_2}(W_x - S)$$

与单个 CPE X 相连的 ONU 的缓存区占用变化方程为,

$$P_x(t) = \begin{cases} V_1(t - t2_x) & t \in [t2_x, t4_x] \\ P_{\max,x} - (V_2 - V_1)(t - t4_x) & t \in [t4_x, t3_x] \\ S - V_2(t - t3_x) & t \in [t3_x, t5_x] \end{cases}$$

其余情况为 0。对于多个 CPE 连接到一个 ONU 上的情况，ONU 的缓存区占用变化方程为每个 CPE 产生的缓存占用的叠加，

$$P(t) = \sum_x P_x(t)$$

5. CPE 流量时序调度策略

本文提出一种基于上行传输窗口的 CPE 流量时序调度策略：

第一步：在每个 CPE 上行传输窗口各自独立的情况下，每个 CPE X 在 ONU 上行传输窗口中都有自己的子窗口，其中 $c=1,2,\dots,N$ 。首先为 ONU 设置上行传输窗口大小，并为其所连 CPE 设置上行传输子窗口大小。

第二步：计算传输顺序。ONU 按照计算所得的 CPE 传输顺序，沿着 PON 上行信道依次发送 CPE 数据至 OLT。

CPE1 与 CPE2 与同一个 ONU 相连，CPE 与 ONU 距离较近，ONU 与两个 CPE 之间的往返传播时延基本相同。若 CPE1 和 CPE2 的上行传输子窗口大小满足下列不等式，其中 W_1, W_2 表示 CPE1 和 CPE2 的上行传输子窗口大小， $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ 分别表示 ONU 与 CPE1, CPE2 之间的往返传播时延。

$$W_1 < W_2 + 2 \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2}}$$

则 ONU 首先传输 CPE1 的流量数据，其后传输 CPE2 的流量数据，可以使得总传输实验最短。即，对于上行传输子窗口较小的 CPE 的流量数据，ONU 应先行发送。即在 ONU→OLT 段，ONU 的传输顺序为 $c=1, c=2, \dots, c=N$ ， $W_1 \leq W_2 \leq \dots \leq W_N$ 。

第三步：计算 ONU 可以开始向 OLT 传输的最早时刻。ONU 按照计算所得的 CPE 传输时刻，沿着 PON 上行信道发送 CPE 数据至 OLT。在上行传输子窗口各自独立的情况下，

对于来自 1 个 CPE 的数据流量，ONU 的最早开始传输时刻为：

$$t4_x = t5_x - \frac{W_x}{V_2}$$

对于来自 2 个 CPE 的数据流量，ONU 的最早开始传输时刻为：

$$t(2) = \max\left(t4_1, t4_2 - \frac{W_1}{V_2}\right)$$

对于来自 3 个 CPE 的数据流量，ONU 的最早开始传输时刻为：

$$t(3) = \max\left(t(2), t4_3 - \frac{W_1 + W_2}{V_2}\right)$$

对于来自 E 个 CPE 的数据流量，ONU 的最早开始传输时刻为：

$$t(N) = t(N-1) + \max\left(0, t4_N - t(N-1) - \frac{\sum_{x=1}^{N-1} W_x}{V_2}\right)$$

其中 $t(N)$ 表示 ONU 与 N 个 CPE 相连，其最早开始转发 CPE 数据流量的时刻， $X=1,2,\dots,N$ 。 W_x 表示 CPE X 的上行传输子窗口大小， V_2 表示 ONU 上行传输比特率。

6. 仿真

为了检验本文所提 EPON 流量控制方法的有效性, 通过 OPENT 软件搭建 EPON 网络模型进行仿真验证。参数设置如下:

该 EPON 系统中包含 16 个 ONU, 每一个 ONU 与 8 个 CPE 相连, 总共 128 个 CPE。CPE 与 ONU 之间的上行传输比特率为 80 Mbps。ONU 与 OLT 之间的上行传输比特率为 2 Gbps。ONU 缓冲区大小为 15 Mbyte。

为了模拟实际 EPON 系统中的数据源, 仿真中采用了服从一定数据包数量的数据源。CPE 各自独立生成数据包, 每次仿真过程至少发送 108 个数据包。

此外, 流量突发等级的变化也会影响缓冲占用情况, 使用 L 参数表示流量突发等级, 该参数分别取值为 0.5、0.7 和 0.9, 分别表示突发性低的流量, 突发性一般的流量和突发性高的流量。

在经过长时间的 EPON 系统运行后, 得到 CPE 缓冲区占用变化情况如图 2 (取各 CPE 所产生的缓存占用的最大值), ONU 缓冲区占用情况如图 3 (为各 CPE 缓存占用之和), 从左至右, 流量突发性等级分别为 0.5、0.7 和 0.9。

我们从这些图中观察到, 在不加入任何流量控制机制的情况下, 随着 CPE 持续不断的发送数据包, 流量负载不断增加, 缓冲区占用缓慢的增加, 直到某个负载值, 然后急剧增加。该负载值的取值取决于流量的突发等级。如果低于此负载值对应的缓冲区占有率就可以满足需求, 则需要在此负载值时, 降低发送流量的速率, 否则会导致大量占用缓冲区的情况。在突发性等级较高的情况下, 需要尽早的降

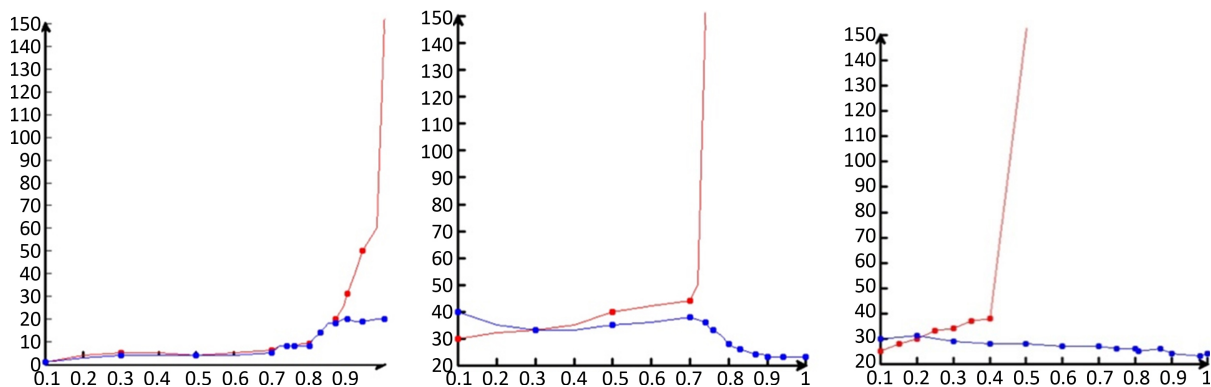


Figure 2. CPE buffer occupancy

图 2. CPE 缓冲区占用图

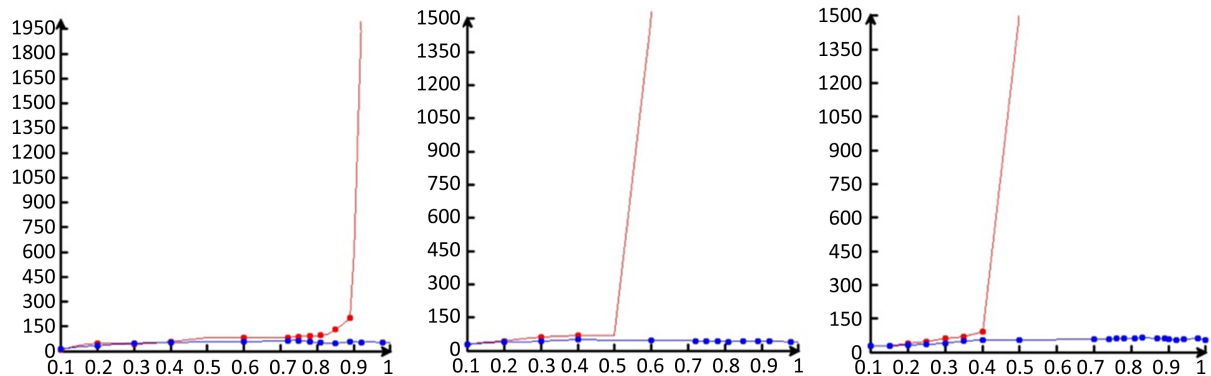


Figure 3. ONU buffer occupancy

图 3. ONU 缓冲区占用图

低流量发送速率，以避免导致缓冲急剧增加的现象。

我们可以观察到，在使用该流量控制方法后，在突发性等级较低时($L = 0.5$)，ONU 缓冲区占用仍然随着流量负载的增加而不断增加，但是速度有所放缓，直到达到上文所提负载值，缓冲区占用急剧增加的情况有所缓解。在突发性等级较高时($L = 0.7$ 和 $L = 0.5$)，ONU 缓冲区占用不仅增速放缓，甚至有所下降。

7. 结论

以太网无源光网络(EPON)技术是目前在电力通信中被广泛认可并应用的接入网技术。本文将 CPE 置于 PON OLT 的控制之下，提出了一种基于上行传输窗口的 CPE 流量时序调度策略，实现控制从每个 CPE 到其连接的 ONU 的上行数据流。使得 ONU 按照计算所得的 CPE 传输顺序，沿着 PON 上行信道依次发送 CPE 数据至 OLT。同时使得 ONU 按照计算所得的 CPE 开始向 OLT 传输的最早时刻，上行传输。该流量控制策略在保证合理丢包率的情况下，大大降低了 ONU 的缓冲器容量，优化了传输效果。

参考文献 (References)

- [1] 程远, 石丰琦, 樊强. 基于 EPON 的配网自动化通信技术研究[J]. 电力系统通信, 2012(12): 6-11.
- [2] 梁芝贤, 王剑, 唐万理. 智能配电网 EPON 技术应用研究及网络设计[J]. 电力系统通信, 2012, 33(2): 85-90.
- [3] 尹宝青. EPON 系统中 QoS 问题的研究[C]//武汉市人民政府, 湖北省通信学会, 武汉通信学会, 武汉市第二届学术年会. 通信学会 2006 年学术年会论文集. 武汉: 信息通信, 2006: 3.
- [4] 杨俊, 刘海, 黄德修. EPON 中特殊交换和流量控制的实现[J]. 光学与光电技术, 2004, 2(3): 61-64.
- [5] 焦名圣. EPON 的一种流量控制方法[J]. 光通信技术, 2004, 28(9): 12-14.
- [6] 刘炜, 熊中柱, 梁凡. EPON 系统支持 SLA 的流量管理机制研究[J]. 电视技术, 2011, 35 (7): 71-73.
- [7] 刘册, 胡晓曦. EPON 系统多业务承载调度机制的研究[J]. 电信科学, 2009, 25(9): 58-61.
- [8] 吴金秀, 胡善岳. EPON 下行机制流量排程研究[J]. 实验室研究与探索, 2014(3): 123-126.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: csa@hanspub.org