

doi:10.13756/j.gtxyj.2014.03.014

光通信系统与网络技术

EPON 链路的数据采集系统设计与实现

蒋明洋¹, 黄 俊¹, 谢 虎²

(1. 重庆邮电大学 信号与信息处理重点实验室, 重庆 400065; 2. 上海欣诺通信技术有限公司, 上海 201613)

摘要:介绍了 EPON(以太网无源光网络)链路数据采集的总体框架,提出了实现 EPON 链路数据采集的解决方案,深入讨论了硬件和软件的模块设计,重点分析了 EPON 加密算法和帧的封装格式。经验证,该设计能实时高效地采集到指定数据。

关键词:以太网无源光网络; 数据采集; 协议帧; 链路层

中图分类号: TN87 **文献标志码:** A **文章编号:** 1005-8788(2014)03-0042-03

System design and implementation of EPON-based data acquisition

Jiang Mingyang¹, Huang Jun¹, Xie Hu²

(1. Key Lab of Signal and Information Processing, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China; 2. Sino-Telecom Technology Co., Ltd., Shanghai 201613, China)

Abstract: This paper introduces the framework of EPON and proposes the solution to its link data acquisition. Furthermore, it discusses in-depth the module design of the hardware and software and analyzes the encryption algorithm for EPON and the package format of the protocol frame. It is verified that this design can efficiently acquires the specified real-time data.

Key words: EPON; data acquisition; protocol frame; link layer

0 引 言

EPON(以太网无源光网络)融合了以太网和 PON(无源光网络)的优点,在物理层采用 PON 接入技术,在链路层采用以太网协议^[1]。它具有成本低、带宽高和承载业务丰富等优点,将成为主流的宽带接入技术。EPON 设备间的互通性被视为 EPON 接入技术是否成熟的关键,因此 EPON 链路的数据采集成为实现 EPON 的一项重要技术。由于 EPON 采用点到多点拓扑结构,上行采用点到点时分多址方式,下行采用加密广播方式,因此传统的 EPON 测试仪无法直接接入 EPON 系统内部或者无法采集到加密的下行数据。本文设计并实现了一种 EPON 链路的数据采集系统,能够以并接的方式采集到 EPON 链路数据,运用智能学习软件设计思想实现下行加密数据的解密。

1 系统总体设计思想

EPON 采用 PON 技术,物理链路由光纤承载。为了使设备能够接入 EPON 内部,我们采用 X 型光耦合器从 EPON 中分出部分信号光。图 1 所示为系统总体框图。光耦合器既可以位于 OLT(光线路终端)与分光器之间,也可以位于分光器与 ONU(光网络单元)之间。硬件平台将上下行的光信号转

换成 EPON 数据帧,通过千兆网口发送到协议帧解析平台。协议帧解析平台具有智能学习功能,能够获取到每个 ONU 的传输密钥,并对 OLT 下行到每个 ONU 的数据进行解密。此外,协议帧解析平台还可以将硬件平台所提供的 EPON 数据帧封装保存为以太网帧格式。

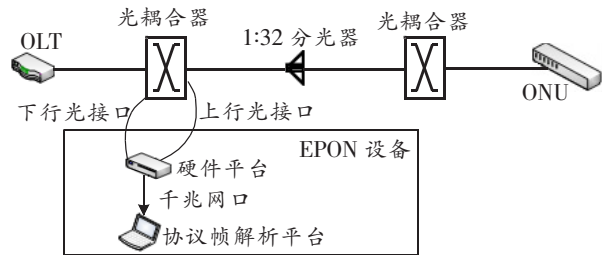


图 1 系统总体框图

2 系统硬件设计

系统硬件设计框图如图 2 所示。系统硬件主要分为三个模块:控制处理模块、交换处理模块和协议帧处理模块。控制处理模块采用 CS8022 芯片,其作用为控制管理和将 EPON 链路传输的光信号还原成 EPON MAC(媒体访问控制)帧。交换处理模块采用 BCM53284 芯片,用来实现 MAC 层数据和物理层数据的相互转化、连接检测、自协商、全/半双工设置和 CRC(循环冗余码校验)检测等。X86 硬件平台

采用 IEI 公司的 IMBA-Q670,主要完成下行数据的解密和以太网成帧等功能。系统硬件中还包括其他起着辅助作用的外围器件,如 FLASH(闪存)、SDRAM(同步动态随机存取存储器)和 ExSDRAM 等。

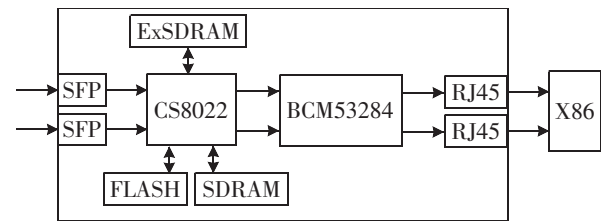


图 2 硬件设计框图

2.1 控制处理模块

控制处理模块是硬件设计的核心模块,主要用于 EPON 协议帧的采集、控制和管理其他模块。该模块芯片采用科缔纳公司推出的第二代四端口 OLT 芯片,完全符合 IEEE 802.3ah 标准和中国电信企业标准 V3.0^[2]。CS8022 具备先进的流量管理、标记、调度、WRED-TD(基于重复响应的加权随机检测)和缓存管理能力。图 3 所示为 CS8022 内部结构框图。

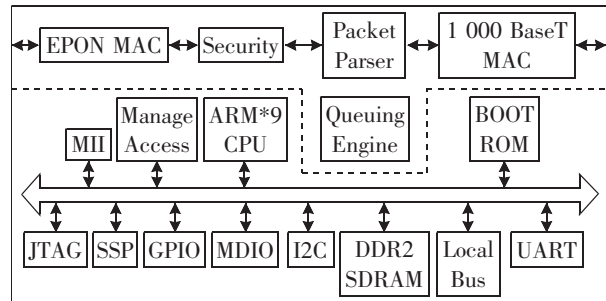


图 3 CS8022 内部结构框图

从图 3 可以看出,CS8022 内部结构可用虚线分为两大部分,虚线以上为数据通道,虚线以下为控制管理部分。EPON MAC 模块的功能在上行和下行方向有所不同:在上行方向,将来自光收发模块的比特流转换成 MAC 帧格式的数据流^[3];在下行方向,将 MAC 帧格式的数据流转换成适合于光纤链路传输的数据流,交由光收发模块发出。Security 部分支持 128 bit AES(高级加密标准)算法和三重搅动算法。数据通道的其他部分主要实现数据包分类、VLAN(虚拟局域网)处理、流量管理和队列调度等。控制管理部分基于 ARM9 系列嵌入式处理器实现网络管理、用户配置和数据通道管理等功能,它还提供 UART 管理口、I2C 接口、JTAG 接口和存储器控制接口等。

2.2 交换处理模块

交换处理模块采用 BCM53284,它是由 BCM 公

司推出的集成多层交换芯片,集成了多种外围接口,包括 24 个 10/100 Mbit/s 和两个 10/100/1 000 Mbit/s 以太网口。BCM53284 采用 65 nm CMOS(互补金属氧化物半导体)工艺,集成了数据包缓存区、PHY 收发器、MAC、地址管理和无阻塞交换结构,具备 17 Gbit/s SerDes(串行器/解串器)的高输出性能。其设计符合 IEEE 802.3TM 和 IEEE 802.3X 规范,能够满足对数据进行交换处理的需求。

2.3 协议帧处理模块

信息处理模块是数据帧解析的核心模块,它将监控 EPON 数据流量,提取每个 ONU 的加密密钥,并利用密钥对每个 ONU 数据进行解密,最终还原为以太网帧。在 1 Gbit/s EPON 系统中,上下行带宽为对称 1.25 Gbit/s,要求硬件具备较高的处理性能和较快的数据读写速度,因此该模块采用 IEI 公司的 IMBA-Q670 工业主板。它支持 Intel 酷睿系列 I7/I5/I3 处理器,并配有 4 个 210-pin 1 333/1 066 MHz 双通道 DDR3 SDRAM,采用 Intel 82583V PCIe 控制器支持千兆以太网接口,能够满足数据处理的性能要求。

3 协议帧解析平台设计

硬件平台将上行和下行信号光还原成 EPON 协议帧,但是 EPON 协议帧与以太网帧之间仍存在巨大的差别,用户无法直接使用 EPON 协议帧进行数据分析。根据 IEEE 802.3ah 规定,为保证数据安全,OLT 发送给 ONU 的下行数据需要使用加密算法进行加密,加密区间为 MAC 地址域之后到 FCS(帧检验序列)校验域之前^[4]。虽然 EPON 数据链路层采用以太网协议,但以太网帧与 EPON 帧具有不同的前导码格式。因此,为实现 EPON 链路的数据采集,下文将对 EPON 加密算法、EPON 协议帧的封装和软件设计进行深入分析。

3.1 EPON 加密算法及密钥的产生和更新

目前,EPON 数据加密算法主要有 AES 算法和三重搅动算法^[5],但是 AES 算法属于美国的国家标准加密算法,不符合中国的《商用密码管理条例》。中国电信企业标准中提出了三重搅动算法,它是在单重搅动的基础上发展出的一种加密算法,并规定了由 OAM(操作维护管理)的拓展协议承载密钥的产生和更新。

为防止恶意用户截取其他用户的信息,增强用户数据安全性能,中国电信企业标准中规定了三重搅动密钥产生和更新机制。OLT 向 ONU 送一

个密钥更新请求,ONU 收到请求后向 OLT 回复一个包含新密钥及其索引的通知消息,同时 ONU 会保存新旧密钥。在更新密钥完成后 OLT 会使用新密钥对信息进行加密,而 ONU 则根据数据帧中的密钥索引利用对应密钥对信息进行解密。

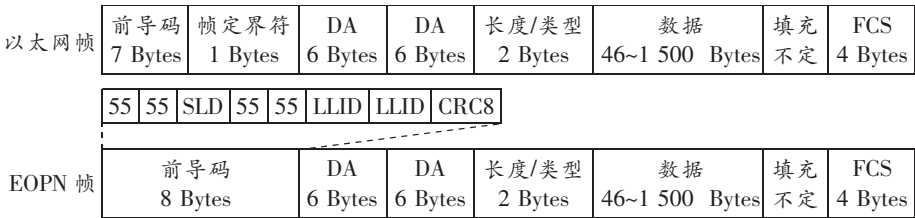


图 4 以太网帧和 EPON 帧结构

EPON 采用 802.3 标准规定的帧格式,下行帧为复合帧,包含多个变长数据包、同步标签和多个 ONU 的数据。上行帧分为若干时隙,每个 ONU 侦听时隙标志,在属于自己的时隙上将数据发送出去,时隙结束时关闭发送^[6]。

3.3 软件逻辑设计

软件处理流程主要分为帧过滤模块、分析解密模块和数据过滤模块。在帧过滤模块中,用户可以通过配置 LLID(逻辑链路标识)和 MAC 地址对数据进行过滤。分析解密模块会判断数据帧是否为密钥更新请求,若是,则到密钥库读取密钥,然后对数据进行解密。在数据过滤模块中,用户可以根据多种配置方案实现特定数据帧的提取。如果该数据包不符合各过滤模块的要求,则将被丢弃,如图 5 所示。

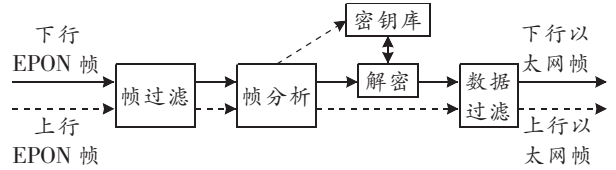


图 5 软件处理流程

4 设计验证

设计验证采用上海欣诺通信技术有限公司研发的 EPA2000 软件。EPA2000 是一款协议分析专业软件,它严格遵守 IEEE 802.3 标准和中国电信对 EPON 的企业标准。将本设计采集处理后的 EPON 数据输入 EPA2000 进行分析,结果如图 6 所示。由图可以看出,本设计系统成功地采集到 EPON 链路上的 MPCP Gate 消息、MPCP Report 消息和 TCP 协议帧。EPA2000 能正确解析数据,说明经本设计系统采集到的 EPON 链路数据已经被成功地转换成以太网数据,设计具有正确性。

3.2 以太网帧与 EPON 帧格式

EPON 是以太网和 PON 融合的技术,EPON 继承了以太网的优点,在链路层采用以太网协议,但是在数据帧的格式上两者仍然存在一定的差异,如图 4 所示。

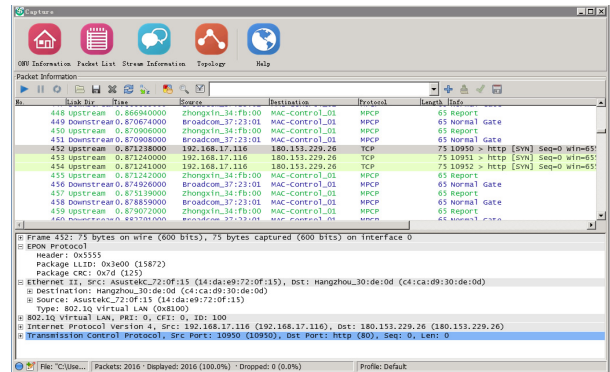


图 6 EPON 链路采集数据分析结果

5 结束语

传统 EPON 协议帧采集方法和 EPON 测试仪为了采集到网络中的数据,往往通过设计一个 ONU 模拟与 OLT 通信来实现。但二者所能采集到的数据仅为自身与 OLT 的交互信息,无法采集和解密网络中其他 ONU 与 OLT 通信的数据。本文设计实现的 EPON 链路数据采集系统能弥补二者的不足,能为 EPON 测试设备、EPON 协议分析设备和 EPON 监控设备等提供稳定可靠的解决方案。

参考文献:

[1] IEEE 802.3-2003, Ethernet in the First Mile Study Group. Presentation Materials & IEEE Draft P802.3ahTM/D3.0 [S].

[2] 中国电信集团. 中国电信 EPON 设备技术要求 V2.1 [R]. 北京: 中国电信集团, 2011.

[3] 曹铮, 谭钦红, 宛鹏飞, 等. 基于 ARM9 的 EPON OLT 硬件设计与实现 [J]. 光通信技术, 2011, 35 (5): 44-47.

(下转第 66 页)