

光纤到户远端设备的设计与测试

冯先成,李 寒

(武汉工程大学电气信息学院,湖北 武汉 430074)

摘 要: 光纤到户以巨大宽带支持未来所有业务,赢得接入宽带网的最终解决方案. 光纤到户远端设备必须解决数据业务、时分复用业务和有线电视业务的高速传输问题. 首先提出基于以太网的无源光网络实现方案,采用基于 VxWorks 的处理器 850 插板的控制核心、5 个功能模块化(底层驱动模块、系统管理模块、主从通信模块、主备倒换模块、命令行处理模块)的设计方法. 通过采用 broadcom5380、zarlink50114 交换芯片和 teko3701 芯片,光纤到户远端设备不仅实现承载高速的数据业务和 2.048Mb/s 专线业务,而且可以动态地调整逻辑链路的带宽. 吞吐量、时延、丢包率等性能测试结果表明,远端设备具有良好的扩展性、灵活性、移植性,能快速响应用户的各种需求,全面提高用户的服务质量.

关键词: 光纤到户;以太网无源光网络;处理器 850;业务性能

中图分类号: TN913.7

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2869.2012.04.014

0 引 言

面对不断出现的网络新业务和网络带宽的新需求,光纤接入因其具有无限带宽资源、接入距离长达几十公里以上、便于运营和管理、支持业务范围广、技术成熟的特点,已经成为网络接入发展的主要方向. 光纤接入目前最看好的主要是以太网无源光网络(Ethernet Passive Optical Network,以下简称:EPON)光纤接入系统,EPON 技术继承了以太网的低成本、易用性以及光网络的高带宽等特点,是实现光纤接入的众多技术中性价比最好的一种技术,并逐渐被全球运营商广泛采用^[1-2].

光纤接入(Fiber To The X,简称:FTTX)以光网络单元(Optical Network Unit,以下简称:ONU)的所在位置,分为光纤到户(Fiber to The Home,以下简称:FTTH)、光纤到办公室(Fiber to The Office,简称:FTTO)、光纤到大楼(Fiber to The Building,简称:FTTB)、光纤到小区(Fiber to The Zone,简称:FTTZ)和光纤到路边(Fiber to The Curb,简称:FTTC)等方式. FTTH 是将 ONU 安装在家庭用户或企业用户的光纤接入方式. FTTH 的显著特点是不但能提供更大的带宽,而且增强了网络对数据格式、速率、波长和协议的透明性,放宽了对环境条件和供电等要求,简化了安装和维护^[3-4]. FTTH 可以支持现有的各种电信业务(包

括数据、语音、专线等),因此需要 EPON 设备提供各种接口. 光线路终端(Optical Line Terminal,以下简称:OLT)设备需要支持 FE、GE、E1、STM-1 接口;ONU 设备需要支持 FE、E1、POTS 接口. EPON 的拓扑结构如图 1 所示^[5-8].

1 硬件设计

远端设备按功能分为 9 个部分:控制模块、交换模块、UNI 接口模块、ONU 模块、EPON 接口模块、网管调试模块、语音处理模块、电路仿真模块、CATV 模块. FTTH 远端设备如图 2 所示,硬件设计如图 3 所示. 控制模块主要完成对其它业务模块的控制,实现与局端 OLT 控制信息的交互;交换模块实现用户侧业务流的汇聚与管理,实现以太网的二层功能;UNI 接口模块提供与用户侧接入设备的物理接口,包括以太网接口、电话接口、射频(RF)接口;ONU 模块完成控制帧的发送与处理、上下行数据流的分类与管理、各种性能的采集及对 EPON 光接口的发送控制等;EPON 接口模块提供 1000Base-PX10/20 光接口,速率为上/下行 1.25 Gb/s 对称速率,传输距离为 20 km. 网管调试模块完成对交换模块、语音处理模块、电路仿真模块的配置和性能监视;语音处理模块提供对语音业务的编解码、压缩等功能以及对信令信息的处理;电路仿真模块提供 E1 等租用线业务的封装与

收稿日期:2012-03-05

基金项目:湖北省教育厅科研项目(B200915002);武汉工程大学研究生教育创新基金项目(2011-61)

作者简介:冯先成(1968-),男,安徽庐江人,副教授.研究方向:综合宽带接入系统、家庭网络、嵌入式系统的研究.

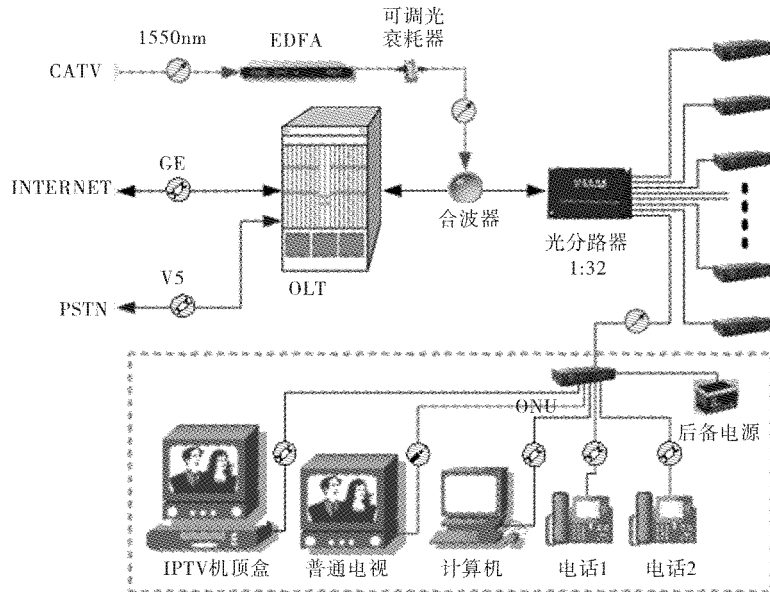


图 1 EPON 的拓扑结构

Fig. 1 Topology structure of EPON

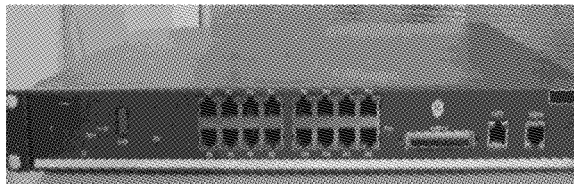


图 2 FTTH 远端设备

Fig. 2 Far-end equipment of FTTH

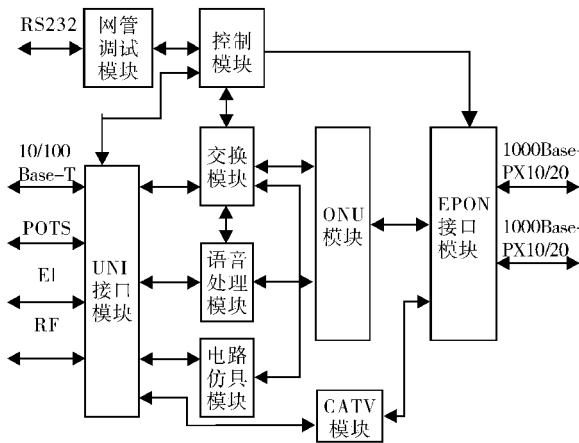


图 3 远端设备的硬件设计

Fig. 3 Hardware design of far-end equipment

解封装以及 E1 时钟的提取; CATV 模块实现下行广播光信号的接收与射频 (RF) 信号的产生。

2 工作原理

2.1 FTTH 远端设备的工作原理

FTTH 远端设备的工作原理如图 4 所示。

下行方向, 在有线路保护的条件下, 设计 2 块光模块, 系统在初始化时, 会指定一路光模块工作, 另一路光模块关闭。当光纤线路被切断时, 将产生 LOS 告警, 使 MUX 倒换到另一路光模块, 同

时复位 3701/3711 模块, 使其重新测距, 并通过 GPIO 口报告给 MPC850 插板。正常工作时, 下行光信号通过光模块把光信号转变为电信号, 两路电信号通过 MUX 模块, 二选一进入到 3701/3711 模块, 电信号通过 3701/3711 模块分为两路: 一路通过 GMII/MII 口发送到 BCM5380 交换芯片, 然后转发到各个 FE 口, 用来提供高速的数据业务, 另一路通过一个 MII 口发送到 TDM 插板, 转发成 2M 数据输出, 用来提供 E1 业务。

在上行方向, 上行的以太网数据通过 BCM5380 交换芯片转发到 3701/3711 模块的 GMII/MII, 然后发送到 EPON 口, 2M 数据在 TDM 插板上转换成以太网数据包后, 通过 3701/3711 模块的 MII 口发送。

MPC850 插板主要对 BCM5380 交换芯片和 TDM 插板进行管理。局端下行发送的控制帧将会被转发到 BCM5380 交换芯片的 MII 口, 通过 DM9000 模块将交换芯片的 MII 口和 MPC850 插板的 Host Bus 连接起来。MPC850 插板收集到的各模块信息组装成管理数据帧上行发送到局端。

2.2 FTTH 远端设备的软件设计

2.2.1 远端设备的软件模块 FTTH 远端设备的软件开发采用嵌入式实时多任务操作系统 VxWorks^[9]。操作系统采用 Tornado 开发工具, 为开发 VxWorks 应用系统提供集成开发环境^[10-11]。如图 5 所示, FTTH 远端设备的软件设计遵循功能模块化设计思想, 根据系统实现的任务, 将软件设计分为 5 个功能模块: 底层驱动模块、系统管理模块、主从通信模块、主备倒换模块、命令行处理模块。

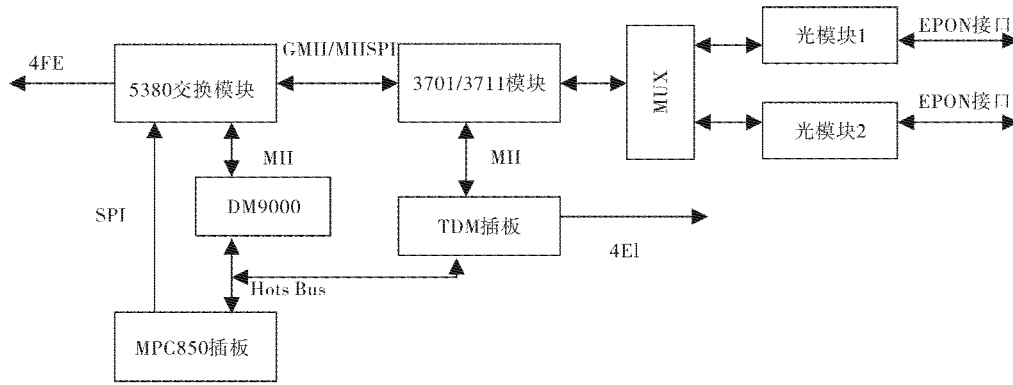


图4 FTTH远端设备的工作原理

Fig. 4 Far-end equipment principle

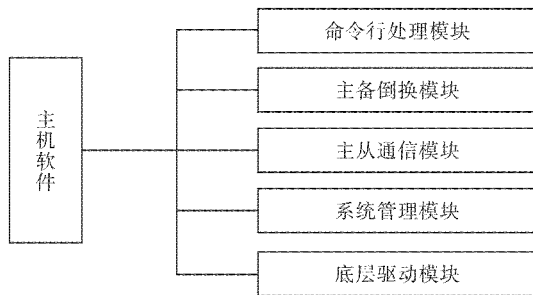


图5 远端设备的软件模块化设计

Fig. 5 Software module of far-end equipment

2.2.2 远端设备的软件设计 底层驱动软件提供各种硬件的驱动程序、ONU 核心控制软件与OLT 核心控制软件的通信处理通道,为上层应用软件提供稳定可靠的链路层通信,使系统运行稳定;核心控制软件驻留在 MPC850CPU 上,是实现与控制系统功能的主体,是整个软件系统的核心,同时负责对 BCM5380 交换芯片和 TDM 插板进行控制、管理和维护,并向命令行网管系统提供管理维护接口(包括串口命令行接口和 Telnet 命令行接口,实现不同方式的管理和维护,满足不同用户对不同安全程度和网络规模的需求);命令行网管软件负责提供用户对设备的操作、维护和管理。如图6所示。

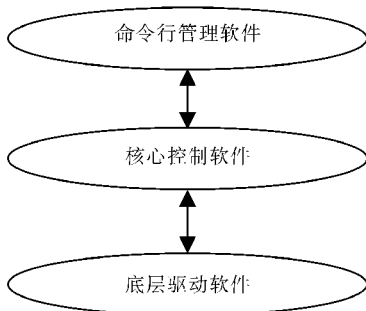


图6 系统功能软件

Fig. 6 Software system of far-end equipment

FTTH 远端设备的主机软件包括核心控制软件和命令行网管软件。主机软件流程如图7所示。主要完成对本地 BCM5380 交换芯片、TDM 业务的配置和管理。局端可以对远端设备进行远程配置管理,远端设备上报本地配置信息及告警信息等。

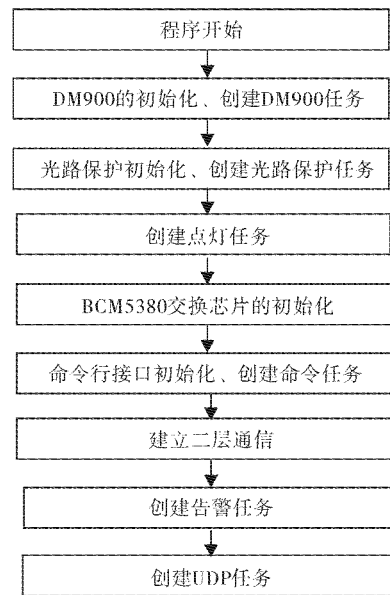


图7 主机软件流程图

Fig. 7 Program chart of host software

3 测试

通过将 FTTH 远端设备接入到 EPON 局端设备、EPON 局端设备接入 IP 网络,测试 FTTH 系统的业务性能。FTTH 远端设备的性能测试,主要是以太网业务性能、E1 业务性能和光路保护倒换等关键指标的测试^[12-13]。

3.1 以太网业务性能测试

以太网性能测试如图8所示,其中 NMS 是网络管理系统,ODN 是光分路器,网络分析仪 1 和网络分析仪 2 完成以太网数据的收发监测。

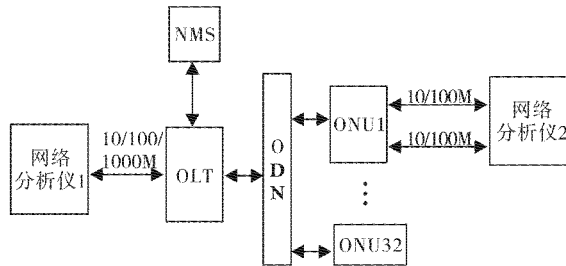


图 8 EPON 以太网性能测试图

Fig. 8 Ethernet capability test of EPON

3.1.1 1:1 吞吐量测试过程 按照图 8 连接设备、仪表;待 ONU 正常工作后将 OLT 的 GE 上联口和 ONU 以太网口均设为自协商模式,利用网络分析仪 1 发送 100 Mb/s 的下行流量、网络分析仪 2 发送 100 Mb/s 的上行流量,分别观测并记录仪的接收情况,结果如表 1 所示。

表 1 显示 EPON 的吞吐量大于 90%,其上行传输效率平均 94%,下行传输效率平均达到 99%。

表 1 上/下行以太网吞吐量

Table 1 Throughput of upstream/downstream

帧长/B	64	128	256	512	1 024	1 280	1 518
上行吞吐量/(Mb/s)	90.93	93.13	93.75	95	95	95	95.13
下行吞吐量/(Mb/s)	95.859 38	97.578 13	98.671 88	99.296 88	99.609 38	99.687 50	99.765 63

3.1.2 1:1 时延测试过程 按图 8 连接设备,待 ONU 注册成功且工作正常;将 OLT 的 GE 上联口和 ONU 的以太网口均设为自协商模式,利用网络分析仪 1 发送 200 Mb/s 的下行流量、网络分析

仪 2 发送每端口 100 Mb/s 的上行流量;利用 7 个典型包长分别测试 10 s,分别记录系统上行和下行平均延时,结果如表 2 所示。

表 2 上/下行以太网时延

Table 2 Ethernet latency of upstream/downstream

帧长/B	64	128	256	512	1 024	1 280	1 518
上行时延/us	578	580	590	608	649	674	693
下行时延/us	57	63	79	109	168	199	256

从表 2 可以看出,下行方向由于采用连续通信方式,时延指标和普通以太网的测试指标基本一致,上行方向由于采用突发通信方式,而且有 32 个 ONU 共享上行带宽,时延比普通以太网要大一些,上行延时均应 <1 ms,下行延时均应 <0.5 ms。

3.1.3 1:1 长期丢包率测试过程 按图 8 连接设备、仪表;待 ONU 正常工作后,将 OLT 的 GE 上联口和 ONU 的以太网口均设为自协商模式,利用网络分析仪测试丢包率,分别观测并记录,结果如表 3 所示。

表 3 上/下行以太网丢包率

Table 3 Ethernet frame loss of upstream/downstream

帧长/B	64	128	256	512	1 024	1 280	1 518
上行丢包率/%	9.11	6.81	6.01	4.91	4.85	4.74	4.62
下行丢包率/%	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05

表 3 显示上/下行以太网丢包率 <10⁻⁹。

测试结果表明:被测试设备的吞吐量,都能达到 95 Mb/s;被测试设备在一定流量下单端口的转发平均时延小于 1 ms;单端口的丢包率约为 0。

3.2 E1 业务性能测试

按照图 9 连接设备、仪表;在 OLT 和 ONU 之间配置 2.048 Mb/s 通路,并进行环回链接;设置数字信号分析仪和系统同步;启动数字信号分析仪,测试 E1 业务通路长时误码性能。测试结果表明 24 小时 E1 业务无误码。

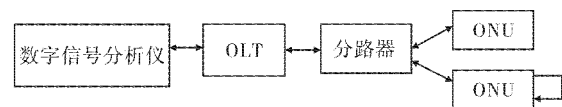


图 9 E1 业务误码性能测试图

Fig. 9 Error code capability test of E1 service

3.3 光路保护倒换测试

按照图 10 连接 OLT 和 ONU,ONU 会通过光口 1 完成注册,通过 Smartbit 发送上下行 100 Mb/s 的数据流;拔掉主用或备用光纤,观察设备能否自动完成在主用光路和备用光路间的识别和倒换、数据能否恢复;拔掉光路 1 或光路 2,观察 ONU 能

否自动完成在光口1和光口2间的识别和倒换、数据能否恢复。

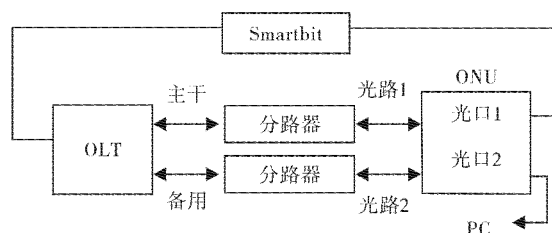


图10 光路保护倒换测试图

Fig. 10 Protection switching test of optical path

测试结果表明拔掉光路1或光路2,ONU能够自动完成在光口1和光口2间的识别和倒换,数据能够恢复。

4 结 语

本文基于处理器850设计FTTH远端设备,对以太网、E1业务性能和光路保护倒换的关键指标进行测试,并对实验结果进行分析和讨论。FTTH远端系统解决了在光纤上传输综合业务,实现三网融合,适应当前接入宽带网的发展,具有很强的实用价值。FTTH远端设备采用模块化的硬件、软件设计,具有较大的扩展性、灵活性、移植性,可生产多样化的远端设备,快速响应用户的各种需求,全面提高用户的服务质量。

参考文献:

[1] 冯先成,李寒,罗帆,等. 光纤到户(FTTH)的ODN

工程设计及测试[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(8):171-173.

[2] 钟秀芳,李树明,邵岩,等. EPON技术应用与产品现状分析及探讨[J]. 信息通信技术,2009(1):51-57.

[3] 陈光武,杨菊花,范多旺. EPON的性能分析及优化[J]. 光电工程,2007,34(7):116-120.

[4] 陈斌. EPON在有线网双向改造中的应用[J]. 广播与电视技术,2006(10):120-121.

[5] 张文,吴娟. EPON体系结构及应用分析[J]. 光通信技术,2006(10):18-19.

[6] 夏俊. EPON宽带接入技术及其应用前景[J]. 有线电视技术,2005(22):23-25.

[7] 胡保民,刘德明,黄德修. EPON:下一代宽带光接入网[J]. 光通信研究,2002(5):22-25.

[8] 张继东,陶智勇. EPON的发展现状与关键技术[J]. 光通信研究,2002(1):26-30.

[9] 冯先成,韵湘,胡煌球. 一种适用于LAN及中高速Internet接入的PON系统[J]. 光通信研究,2001(2):8-12.

[10] 张传浩. 电信级以太无源光网络接入理论与实验研究[D]. 武汉:华中科技大学,2009.

[11] 易志雄. 基FTTX+Cable架构的多媒体宽带接入系统研究[D]. 武汉:华中科技大学,2005.

[12] 冯先成. 网络交换机集群管理技术的应用研究[J]. 武汉化工学院学报,2006,28(3):43-47.

[13] 冯先成,李寒,罗帆,等. DRZ和CRSZ的40GDWDM系统的性能测试[J]. 武汉工程大学学报,2011,33(7):98-103.

Design and test of fiber to the home far-end equipment

FENG Xian-cheng, LI Han

(School of Electrical and Information Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: Fiber to the home (FTTH) with huge broadband supports all future business, and wins the final solution of broadband network. FTTH far-end equipment must solve high speed transmission of data service, time division multiplexing service and cable television service. The realization scheme of ethernet passive optical network was put forward, which was based on the core of VxWorks MPC850 control board, designed with five function modules (driver module, system management module, communication module, main/standby switch module, command line processing module). By broadcom5380, zarlink50114 switching chip and teko3701 chip, FTTH far-end equipment realized bearing high-speed data service and 2.048Mb/s line service, and could dynamically adjust the logical link bandwidth. Based on the throughput, delay, packet loss rate and other performance test, the result shows that far-end equipment has good scalability, flexibility, portability, quickly responses to the various needs of users, and comprehensively improves the quality of user service.

Key words: fiber to the home; ethernet passive optical network; powerpc850; service capability

本文编辑:苗 变