光电器件研究与应用

用于以太网的 40 Gbit/s CFP 光模块设计

熊青松[1,2],张武平[1,2],陈晋敏[1,2]
(1. 光纤通信技术和网络国家重点实验室,湖北 武汉 430074; 2. 武汉电信器件有限公司,湖北 武汉 430074)

摘要:为了满足传输容量日益增长的需求和降低通信系统的成本,介绍了一种用于城域网的 40 Gbit/s CFP(百吉比特可热插拔)光模块,该模块采用波分复用技术来实现 4 路不同波长的 10 Gbit/s 载波信号在一根光纤中传输。它主要由发射单元、接收单元和控制单元 3 大部分组成。重点介绍了各个部分的工作原理及具体设计方案,按照 IEEE 802.3.ba 标准对样机进行了测试,结果表明该模块满足 40 Gbit/s 以太网的应用要求。

关键词:IEEE 802.3ba 标准;粗波分复用;发射单元;接收单元;控制单元
中图分类号:TN256 **文献标志码**:A **文章编号**:1005-8788(2012)04-0049-03

Design of 40 Gbit/s CFP optical modules for Ethernet

Xiong Qingsong[1,2], Zhang Wuping[1,2], Chen Jinmin[1,2]
(1. State Key Laboratory of Optical Communication Technologies and Networks, Wuhan 430074, China;
2. Wuhan Telecommunication Device Co., Ltd., Wuhan 430074, China)

Abstract: This paper presents a 40 Gbit/s CFP optical module used in the Metropolitan Area Network (MAN). Consisting of receiving unit, transmitting unit and control unit, this module realizes the transmission of four lines of 10 Gbit/s carrier signals with different wavelengths in a single fiber by using the WDM technology. Then it describes the working principles of the above three parts and their specific design schemes and conducts the relevant tests on the prototype by IEEE 802.3ba standard. The results show that this module fully satisfies the application requirements of 40 Gbit/s Ethernet.

Key words: IEEE 802.3ba standard; CWDM; transmitting unit; receiving unit; control unit

0 引 言

随着高清视频和高速数据业务的迅速发展,人们对带宽的要求越来越高,现有的 10 Gbit/s 以太网已经表现出局限性,下一代高速以太网的出现成为发展的必然趋势[1-3]。IEEE 802.3ba 标准,即 40 Gbit/s/100 Gbit/s 以太网标准已于 2010 年 6 月 17 日正式获批,它支持 40 Gbit/s 和 100 Gbit/s 的以太网帧传送,同时确立了主干网络、铜缆布线、多模光纤和单模光纤通信的物理层规范,以减轻未来核心网络带宽的"瓶颈"问题。

基于 IEEE 802.3ba 40 G BASE-LR4 规格的 40 Gbit/s CFP(百吉比特可热插拔)光收发模块,适应了如今数据中心日益增加的带宽需求,它在单模光纤上传输的数据是传统 10 Gbit/s 光模块的 4 倍,传输距离能达到 10 km[4-5]。同时,研究 40 Gbit/s CFP 技术也可以更好地为设计 100 Gbit/s CFP 服务。本文从 40 Gbit/s 光收发模块的基本工作原理入手,分析整个模块的硬件电路和软件控制的实现方式。通过对模块的光性能测试验证了40 Gbit/s 光模块应用于 40 Gbit/s 光传输网络的可行性。

1 40 Gbit/s CFP 光模块的工作原理

40 Gbit/s CFP 光模块是可热插拔的客户端光模块,其中 40 Gbit/s BASE-LR4 基于 1 310 nm CWDM(粗波分复用)技术,在单模光纤上的传输距离达 10 km。频率间隔基于 ITU-T G.694.2 规范,使用 1 270、1 290、1 310 和 1 330 nm 4 个波长,每个波长通道的速率为 10.312 5 Gbit/s。文章后面提到的 40 Gbit/s CFP 光模块均为在单模光纤中传输的模式,支持 40 Gbit/s 以太数据在 4 个波长上以每个波长 10.312 5 Gbit/s 的速率传输,最后采用 WDM(波分复用)技术将 4 个波长的光信号复合在一根单模光纤上传输。40 Gbit/s CFP 光模块主要应用于城域网,可将输入的电信号转换成光信号输出,以实现较长距离的传输,同时也能将接收到的光信号转换成电信号输出。

40 Gbit/s CFP 光模块主要由 3 部分组成:发射单元、接收单元和控制单元。它的基本功能框图如图 1 所示。发射单元由 LD(激光器)、LD 驱动器和 CDR(时钟数据恢复)电路组成。输入模块的 4 对 10.3125 Gbit/s差分电信号经过CDR电路再整

收稿日期:2012-02-03
作者简介:熊青松(1986-),男,河南信阳人,硕士研究生,主要研究方向为高速光纤通信模块。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

形、再定时后，由 LD 驱动电路接收，驱动 LD 发出带有数据调制信号的 4 路不同波长的激光，然后通过 WDM 器将 4 路光信号合为一路输出。接收单元由探测器、二级放大器（主放大器）和 CDR 电路组成。在模块的接收端，解复用器将一路40 Gbit/s光信号分成 4 路不同波长的10.312 5 Gbit/s光信号，并通过探测器将其转换成 4 路微弱的电信号。微弱的电信号首先经过前置放大器放大，然后由主放大器接收并对前置放大器放大后的信号进行二级放大，输出电信号，从而完成光/电转换。控制电路部分通过内部通信接口实现对激光器的 APC（自动功率控制）、消光比补偿、发射部分软关断和接收部分带宽调整的智能控制，通过外部通信接口可以与上位机通信，完成模块的相关工作状态检测量的实时监控上报。

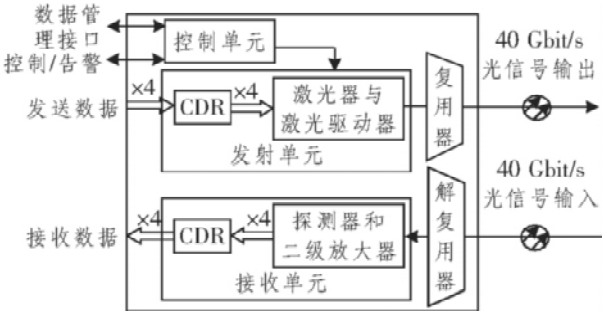


图 1　CFP 光模块的功能框图

2　40 Gbit/s CFP 光模块系统的总体设计方案

40 Gbit/s CFP 光模块的总体设计主要是解决发射单元、接收单元和控制单元的实现问题。下面分别介绍各单元的具体设计方法。

在发射单元，选用 10 Gbit/s DML（直接调制激光器）作为 TOSA（光发射组件），激光器的驱动电路集成在驱动芯片内。激光驱动器接收差分输入数据并为激光器提供偏置电流和调制电流。由于半导体激光器的斜效率会随温度的变化而不同，所以需要 APC 和消光比补偿电路来实现稳定的激光器平均光功率。激光器中的 PD（光电二极管）监测 LD 的光输出功率大小，并将监控 PD 的输出值反馈给 MCU（微控制器），MCU 通过检测到的反馈值来控制偏置电流 I_{Bias} 输出，从而调节偏置电路使 LD 始终保持恒定的光功率输出。同时，为了避免高速 PCB（印刷电路板）上其他线路对信号线的干扰，在布线时对信号采用差分信号线传输。

接收单元主要由 PIN（光电二极管）与 TIA（跨阻放大器）封装在一起的光探测器和限幅放大器组成，从而完成光/电转换。4 个不同波长的探测器分别接收来自相应波长的光信号，并将其转换成具有一定幅度的电信号，然后经过限幅放大器对信号功率进行逐级放大，同时由 CDR 电路提取时钟和恢复信号，对接收到的信号动态建立判决值以使数据恢复并输出。

控制单元采用 MCU 芯片，通过采集各个相应端口的数字信息实现对各个通道的电压、温度、激光器偏置电流、输入光功率和接收光功率的实时监控和上报，以实现如下 3 大功能：(1) 与系统上位机进行通信；(2) 模块内部模拟和数字信息的提取、检测、上报和告警；(3) 模块内部各个参数设置的智能化控制。

3　测试结果分析

根据上述 40 Gbit/s CFP 光模块各单元的设计方案，成功研制了 40 Gbit/s CFP 光模块样机，并根据 IEEE 802.3ba 的测试标准，利用误码仪、光功率计、光可变衰减器、示波器和直流稳压源等仪器搭建测试台位，进行了模块的光性能测试。测试台位框图如图 2 所示，其中路径 1（见图中虚线）为对光模块发射部分的测试，利用光功率计和示波器分别记

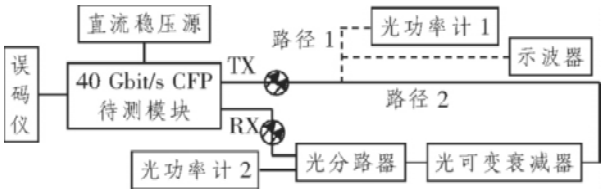


图 2　40 Gbit/s CFP 光模块测试台位框图

录 4 个通道的光功率值以及光眼图；路径 2（见图中实线）为对光模块接收部分的测试，利用 40 Gbit/s CFP 收发一体模块的自发自收功能分别对各接收通道的接收性能进行测试，得到不同温度下各通道的测试结果。表 1 给出了在 25 ℃、电压 3.3 V 和比特率 10.312 5 Gbit/s 的测试条件下，各通道的测试结果。

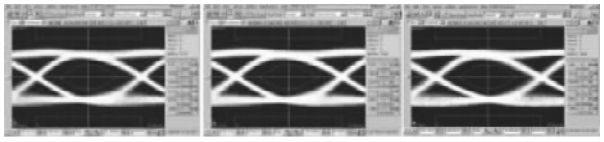
表 1　25 ℃时不同通道的测试参数

测试项目	测试要求	通道 1	通道 2	通道 3	通道 4
平均输出光功率/dBm	−7～2.3	−0.7	−1.1	−0.7	−1.1
消光比/dB	＞3.5	5.0	5.0	5.0	5.0
接收灵敏度/dBm	＜−11.5	−15.5	−14.5	−15.4	−15.5

由表 1 可知，25 ℃时，在相同的测试条件下，每

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

个通道的平均输出光功率、消光比和接收灵敏度值完全满足 IEEE 802.3ba 的测试要求。同时观察眼图可知，4 个通道在同一温度下的眼图基本一致。由于篇幅限制，本文只给出通道 1 在－5、25 和 70 ℃时的示波器眼图，如图 3 所示，其具体参数如表 2 所示。



(a) -5 ℃ (b) 25 ℃ (c) 70 ℃

图 3 通道 1 在不同温度下的光眼图

表 2 不同温度下通道 1 的光眼图参数

温度 ℃	－5	25	70
平均输出光功率/dBm	－4.10	－3.77	－3.71
消光比/dB	5.04	4.99	5.03
交叉点(%)	51.44	51.46	49.44

由上面 3 个不同温度下的眼图及其具体参数可以看出，在－5、25、70 ℃3 个温度下，平均输出光功率、消光比和交叉点的变化很小，消光比最大变化幅度＜0.05 dB，交叉点也都在 50%左右，说明光眼图在不同温度下比较稳定，这主要是因为模块中的 APC 电路和消光比补偿电路起到了很大的作用。

4 结束语

40 Gbit/s/100 G bit/s 以太网作为高速以太网技术，能够满足不断出现的高带宽网络应用业务的需求，有效地促进传输速率升级，从而使得骨干网充满了活力[1]。目前 40 Gbit/s 系统已经逐步进入规模化商用阶段，CIR(通信产业研究机构)报告预计 2016 年全球 40 Gbit/s 以太网市场将达到 51 亿美元[6]。文章中我们研究了传输系统客户端的 40 Gbit/s CFP 光模块的基本实现方案，并对 40 Gbit/s CFP 光模块样机按照 IEEE 802.3ba 标准进行了测试，结果表明其光接口性能完全符合高速以太网要求，并且传输距离能达到 10 km。随着高带宽业务的不断增长，相信 40 Gbit/s CFP 光模块将有广阔的应用前景。

参考文献：

[1] 张小丹，程丹. 40 G/100 G 以太网关键技术的研究与应用 [J]. 光通信技术，2011，(4)：1-4.

[2] John D ' AMBROSIA . 4 0 Gigabit Ethernet and 1 0 0 Gigabit Ethernet: The Development of A Flexible architecture [J]. IEEE Commun Mag, 2009, 47(3): 8-14.

[3] 傅珂，马志强. 40 Gb/s /100 Gb/s 以太网 IEEE 802.3ba 标准研究 [J]. 光通信技术，2009，(11)：12-15.

[4] 胡毅，丁国庆. 40 Gb/s 光模块的技术分析 [J]. 光通信技术，2003，(2)：15-18.

[5] IEEE 802.3ba-2011, 40 Gb/s and 100 Gb/s Ethernet Task Force [S].

[6] SHAFAL Farhad . 4 0 G and 1 0 0 G Ethernet [EB / OL]. http://www.bladenetwork.net/userfiles/file/PDFs/WP_40G_.2009-06-18.

如何写科技论文的引言？

科技论文的引言是简要说明研究的主要目的、范围，即为什么写这篇论文以及要解决什么问题；前人在本课题相关领域内所做的工作和尚存的知识空白，作简要的历史回顾和现在国内外情况的横向比较；理论基础、技术路线、实验方法和手段，以及选择特定意见方法的理由；预期研究结果及意义。

引言部分一般分为 3～4 个层次：(1)由研究背景、意义、发展状况等内容组成，其中还包括某一研究领域的文献综述；(2)提出目前尚未解决的问题或急需解决的问题，从而引出自己的研究动机与意义；(3)说明自己研究的具体目的与内容；(4)可以介绍一下论文的组成部分。篇幅不宜过长，500 字以内即可。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net