

100G OTN 设备线路侧接口互通技术

丁明吉¹,蒋攀¹,钟震林¹,李恩¹,孟永辉¹,黄誉¹,张明宇^{2*}

(1.中国电子科技集团公司 第三十四研究所,广西 桂林 541004;2.吉林工程技术师范学院 信息工程学院,长春 130052)

摘要:针对 100G 光传送网(OTN)设备前向纠错编码(FEC)技术标准不统一、线路侧接口互联互通困难的问题,首先介绍了针对单一厂家设备的 100G 互通技术原理和缺陷,然后提出一种兼容不同厂家 100G OTN 设备线路侧相干接口的设备技术。在模拟相干光(ACO)功能单元和数字信号处理(DSP)芯片之间引入模/数、数/模及数据预处理模块完成高速模/数、数/模转换功能,通过数据预处理功能分析出信号的厂家类别信息,进行后端 DSP 芯片的选择切换。实验结果表明该设备方案能够兼容不同厂家的 100G OTN 设备。

关键词:偏振复用正交相移键控;前向纠错;数字信号处理;数字相干光;模拟相干光

中图分类号: TN929.11 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-5561(2020)07-0024-04

DOI: 10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2020.07.006

开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Line side interface interworking technology of 100G OTN equipment

DING Mingji¹, JIANG Pan¹, ZHONG Zhenlin¹, LI En¹, MENG Yonghui¹, HUANG Yu¹, ZHANG Mingyu^{2*}

(1.The 34th Research Institute of CETC, Guilin Guangxi 541004, China;

2. School of Information Engineering, Jilin Engineering Normal University, Changchun 130052, China)

Abstract: In view of the problems of nonuniformity of forward error correction coding (FEC) technical standards for 100G optical transmission network (OTN) equipment and difficulties in interconnection of line side interfaces, this paper first introduces the principle and defects of 100G interconnection technology for single manufacturer's equipment, and then proposes a device technology compatible with line side coherent interfaces of several manufacturers' 100G OTN equipment. The module of analog/digital, digital/analog and data pre-processing is introduced between the analog coherent optical (ACO) functional unit and the digital signal processing (DSP) chip to complete the high-speed analog/digital, digital/analog conversion function. Through the data pre-processing function, the manufacturer's category information of the signal is analyzed and the back-end DSP chip is selected and switched. The experimental results show that the equipment scheme can be compatible with 100G OTN equipment of several manufacturers..

Key words: polarization multiplexing-quadrature phase shift keying; forward error correction; digital signal processing; digital coherent optics; analog coherent optics

0 引言

光传输网络(OTN)架构趋向于扁平化发展,IP 数据与光层的融合已是大势所趋,在大数据传输需求的

收稿日期:2019-10-12。

作者简介:丁明吉(1982—),男,山东临沂人,大学本科,高级工程师,研究方向为智能光网络技术、分组传送网技术以及高速光传输技术。主持或参与多项省部级光通信领域科研项目,发表学术论文十多篇,申报或已授权国家发明专利多项。

* 通信作者:张明宇(E-mail: mingyuzmy@jleu.edu.cn)。



背景下,100G 传输系统建设需求量迅速增长。骨干网已全面转入 100G 主导时代,并且以区域为基础的数据中心互连推动 100G 从长途网延伸入城域网。根据 Infonetics Research 的市场调研统计数据,在全球二十几家较大规模的电信运营商中,有 95% 的运营商正在计划或已经部署 100G 光传输网络^[1],这些运营商的主要设备提供商包括阿朗、华为、Ciena、中兴、思科、Infinera、诺西和烽火等公司。

100G 光传输技术客户侧光传送单元颗粒 4 (OTU4)、100G 以太网(100GE)光收发接口如 100G 封

装可插拔模块(CFP)、CFP2 和 CFP4 等已完成标准化,不涉及传输损伤补偿,各厂家模块可实现兼容。对于 100G 线路侧相干光模块实现技术及电接口技术规范,光互联论坛(OIF)中有明确定义,主要包括集成式收发光组件、软件管理接口和模块机械电气特性等,OIF 推荐的光调制方式为基于偏振复用正交相移键控(PM-QPSK)调制,前向纠错编码(FEC)技术则推荐了冗余度在 18%~20%的软判决纠错编码(SD-FEC)^[2]。而对于长途单波长 100G 相干传输的 FEC 编码算法并未做明确要求,只是建议采用更高编码增益的 SD-FEC。为此,国内外各 100G 设备厂商在满足商业应用的前提下,均按自身需求独立研发 FEC 编解码算法,导致 100 Gb/s 系统线路侧接口传输速率覆盖 112~128 Gb/s 的范围且互联互通存在困难。针对单一厂家设备的 100G 互通技术原理和缺陷,本文提出一种能够灵活兼容不同厂家 100G OTN 设备线路侧接口的互通技术。

1 针对单一厂家设备的 100G 互通技术原理和缺陷

针对单一厂家设备的 100G 互通技术方案如图 1 所示,主要包括模拟相干光(ACO)功能模块和数字信号处理(DSP)芯片单元。

1.1 模拟相干光(ACO)功能模块

图 1 中的 100G 线路侧接收设备(A 厂家)功能组成框图是当前主流的 100G 线路侧设备/板卡实现方案,主要由 ACO 功能模块和 DSP 芯片单元两部分组成。ACO 功能模块实现的主要功能如下:

①对外发送。全波段可调激光器产生的光源输入到调制器,四路线性驱动器输出的二进制数据(来自前端 DSP 芯片)也输入到调制器,完成对信号的调制。调制后的信号为一 100G 相干光信号,经光纤链路发送到对端的 100G 线路侧 OTN 设备。

②本地接收。全波段可调激光器发出的光束进入 90°混频器作为相干光源,线路侧的 100G 输入光信号(来自对端 100G 线路侧 OTN 设备)进入 90°混频器与相干光源进行干涉。混频后产生的模拟光信号经平衡接收机转换得到 4 路模拟电信号,该 4 路模拟电信号发送到后端 DSP 芯片进行后续功能处理。

1.2 DSP 芯片单元

DSP 芯片单元是 100G 相干光传输系统中最核心、最关键的器件,其性能的好坏直接决定了系统性能能否实现^[3]。目前,全球范围内仅 NEL、Clarify 以及

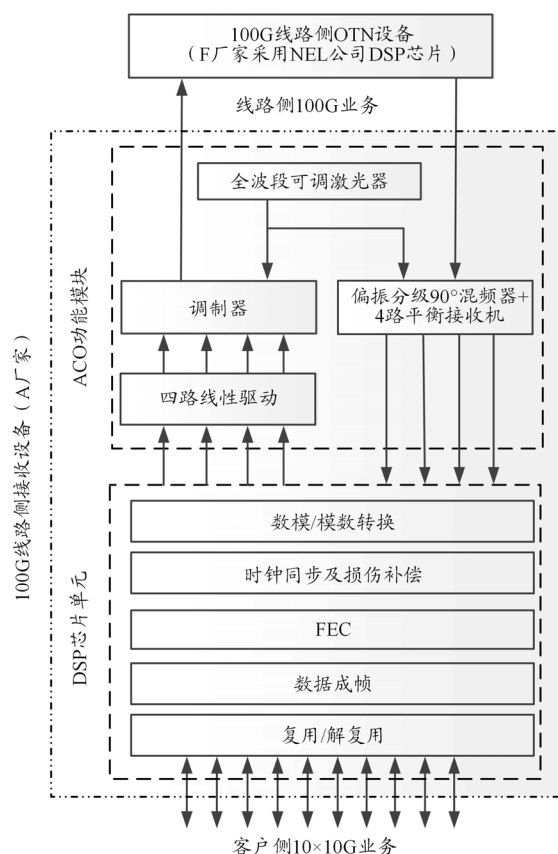


图 1 针对单一厂家设备的 100G 互通技术原理框图

Acacia 共 3 个公司具备提供 100G 专用 DSP 芯片的能力,其中 Acacia 公司的 DSP 芯片都是自己使用,主要销售成熟的系列高速光模块产品,并不对外销售芯片级的产品。为此,华为、中兴、阿郎和烽火等主流 100G 设备制造商的设备主要使用 NEL 和 Clarify 2 个公司的专用 DSP 芯片实现高速模/数、数/模转换、FEC 编解码及各类损伤的算法补偿等功能。DSP 芯片厂家和具体型号的不同导致 FEC 编解码及各类损伤补偿算法等功能的实现存在差异,使得不同厂家 100G 线路侧 OTN 设备互联互通十分困难。

本方案采用和对端 100G 线路侧 OTN 设备(F 厂家)同型号的专用高性能 DSP 处理芯片(如 NEL 公司某型号 DSP 芯片),实现高速数/模、模/数转换、时钟同步及各类线路传输损伤的补偿、FEC 编解码、数据封装成帧以及复用/解复用等功能。通过采用完全相同的 DSP 芯片及对应的 FEC 编解码、色散/偏振模色散补偿算法等,A 厂家研制的 100G 线路侧设备能够实现和 F 厂家 100G OTN 设备线路侧相干接口的互联互通,满足现有 100G 光网络中针对特定厂家传输设备的线路侧替代性通信应用需求。

综上所述,针对单一厂家设备的 100G 设备方案通过采用与需要互通的 100G OTN 设备完全一样的专用 DSP 芯片和对应的 FEC 编解码及线路传输损伤补偿算法等,能够实现与特定厂家 100G OTN 设备线路侧相干接口的互通。但该设备技术的应用具有较大的局限性,即设备类型单一,通用性较差,不适用于需要与多个厂家 100G OTN 设备线路侧相干接口互通的应用场景。为此,本文提出一种兼容不同厂家线路侧接口的 100G 设备方案,并依托科研项目进行了设备样机和接口互通功能的测试验证。

2 兼容不同厂家线路侧接口的 100G 互通技术

本方案在 ACO 功能单元和 DSP 芯片之间引入高速模/数、数/模转换及数据预处理模块完成模/数、数/模转换功能,并通过数据预处理功能分析出信号的厂家类别信息,进而根据厂家类别信息进行后端 DSP 芯片的选择切换。

具体的设备技术方案如图 2 所示,主要包括 ACO 功能模块、高速模/数、数/模转换及数据预处理模块和 DSP 芯片单元。

2.1 ACO 功能模块

ACO 功能模块实现的主要功能主要由对外发送方向、本端接收方向两部分组成,分别完成对信号的调制和光/电转换,其工作原理前文已介绍,此处不再赘述。

2.2 高速模/数、数/模转换及数据预处理模块

该功能模块主要完成模/数、数/模转换功能,并通过数据预处理功能分析接收光信号的厂家类别信息,进而根据厂家类别信息进行后端 DSP 芯片的选择切换。具体实现过程包括:

①对外发送。首先,根据对端连接的 100G OTN 设备类型,明确设备生产厂家及具体型号等信息,确定即将采用的 DSP 芯片单元。如对端设备为 F 厂家产品,则选择 DSP-1 芯片单元。然后,根据确定采用的 DSP-1 芯片单元,高速模/数、数/模转换及数据预处理模块打开与该芯片的数据链路,从该 DSP-1 芯片单元接收的数据经高速数/模转换得到 4 路模拟电信号,并发送至 ACO 功能模块中的线性驱动器进行后续处理。

②本地接收。首先,从上游 ACO 功能模块中的平衡接收机单元接收到 4 路模拟电信号进行高速模/数转换得到数字电信号。然后,解析接收到的数字电信号,判别数据业务来自的厂家设备类别和板卡型号,确定后续处理步骤采用的 DSP 芯片单元,如数据业务

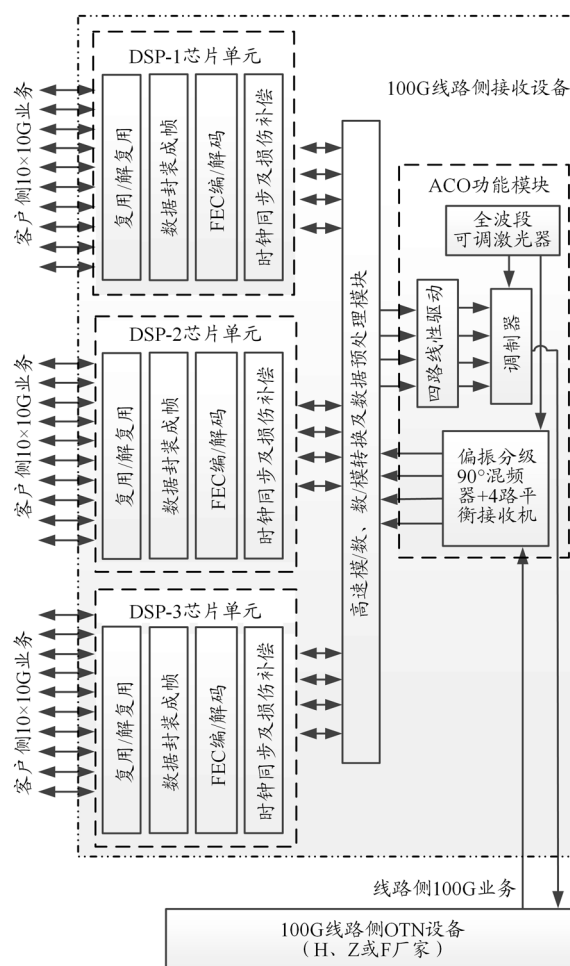


图 2 兼容不同厂家线路侧接口的 100G 互通技术原理框图

来自 F 厂家的设备,则选择 DSP-1 芯片单元,将数字电信号发往确定的 DSP 芯片单元进行后续的业务处理。

2.3 DSP 芯片单元

DSP 芯片单元是本技术方案中最核心的器件,通过采用 NEL 和 Clarify 公司几种通用型号的 100G 专用 DSP 芯片产品,能够有针对性地实现与不同厂家(主流厂家如 H、Z 和 F 等厂家)100G OTN 设备线路侧相干接口的兼容互通。DSP 芯片单元主要实现时钟同步及各类线路传输损伤的补偿、FEC 编/解码、数据封装成帧和复用/解复用等功能。

①对外发送。DSP 芯片单元用户侧完成各种客户业务(如 10 路 10G SDH/OTN/以太网业务)的接入复用、成帧封装以及 FEC 编码等处理,然后将处理后的数字信号送到高速模/数、数/模转换及数据预处理模块单元进行高速数/模转换等后续处理。

②本地接收。DSP 芯片单元从高速模/数、数/模转换及数据预处理模块单元接收经过高速模/数转换的

数字信号,对该数字信号进行时钟同步、各类线路传输损伤补偿、FEC 解码、数据解封装及解复用等功能处理,最终在用户侧得到 10 路 10G SDH/OTN/以太网或 1 路 100GE 等类型客户业务的输出。

此外,为了更好的散热设计和功耗特性,DSP 芯片单元组中仅被选用的 DSP 芯片单元处于正常工作状态,其它的 DSP 芯片单元设计为低功耗待机状态。

基于图 2 所示的方案,课题组开展了实际项目设备样机研制,并按照图 3 搭建了功能指标测试环境进行系统测试验证,测试过程如下:10G 误码仪发送测试数据到信源模块的用户侧 10G 接口,经复用处理后从线路侧 100G 相干接口输出。信源模块后接光放大器、80 km G.652 标准光纤以及可通过分光器连接的光网络综合测试仪,最后将光信号送到 100G 设备线路侧接口。收到的 100G 相干光信号经处理后从设备用户侧 10G 接口输出到 10G 误码仪的接收口,形成信号闭环,进行误码测试。

图 3 中信源模块选用主流厂家(包括光通信设备制造商 H、Z 及 F 公司)100G 线路侧板卡作为线路侧

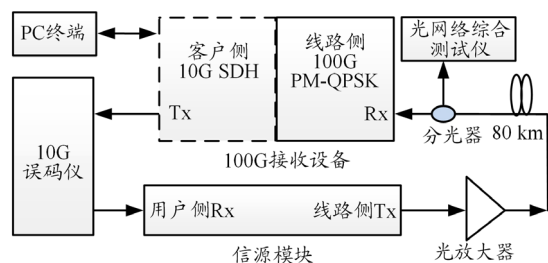


图 3 兼容不同厂家线路侧接口的 100G 设备测试系统

100G PM-QPSK 信号源,测得的误码率均低于 10^{-12} 。试验结果表明:本文提出的兼容不同厂家线路侧接口的 100G 设备方案切实可行,有助于解决现有 100G 光网络中不同厂家 100G OTN 设备线路侧相干接口互联互通困难的问题。

3 结束语

本方案提供了一种实现不同厂家 100G 线路侧相干接口互通的方法,兼容的厂家数量可以根据需要灵活调整,推荐设备形态为框式插板设备,设备易于组装,配置灵活。与传统 100G OTN 设备线路侧接口互通技术相比,本技术方案采用高速模/数、数/模转换及数据预处理模块完成模/数、数/模转换功能,并通过数据预处理功能分析光信号的厂家类别等信息,进而根据厂家类别信息进行后端 DSP 芯片的选择切换。通过研制单台设备即可实现与多个厂家 100G OTN 设备线路侧相干接口的兼容互通,设备集成度高、通用性好,简化了设备型谱,应用前景广阔。

参考文献:

- [1] 王德斌,苏绍,璩周靖. 100G OTN 信号中 GFP 载荷的解析[J]. 光通信技术,2018,42(8):30-32.
- [2] CHIU A, CHOUDHURY G, CLAPP G, et al. Network design and architectures for highly dynamic next-generation IP-over-optical long distance networks[J]. Journal of Lightwave Technology, 2016, 27(12): 1878-1890.
- [3] CLAPP G, SKOOG A, LEHMEN A V, et al. Architectures and Protocols for Highly Dynamic IP-over-optical Networks[J]. Journal of Lightwave Technology, 2016, 27(11): 1745-1752.

新书推荐

《室外可见光通信与智能交通》是国家重点研发计划项目“可见光通信关键技术”研究团队的集体成果,是国之重器出版工程系列书之一。作者徐正元教授是中国科学技术大学博士生导师,无线光通信与网络研究中心主任,中国科学院无线光电通信重点实验室主任,国家特聘专家,国家“973”计划项目首席科学家。

本书介绍了面向智能交通的室外可见光通信关键技术,系统地阐述了室外可见光通信的应用背景与相关标准化进展。在对复杂的道路交通场景下可见光传输的信道特征和面临的主要挑战进行讨论的基础上,详细地介绍了室外可见光通信的系统架构、信号检测与智能交通网络等方面的相关知识,反映了该技术在未来智能交通系统中具有巨大的应用前景。

本书涵盖丰富的理论与实用技术,图文并茂,简明易懂,适合从事智能交通、通信、计算机网络、电子工程研究的技术人员和科研人员阅读,也可供高等院校和研究机构相关专业的师生参考。

