

100G WDM/OTN 技术

Research on 100G WDM/OTN Technology and Its Application to Engineering 及工程设计研究

赵小强¹,王迎春²,李 勇²(1. 中国移动通信集团河南有限公司,河南 郑州 450003;2. 中国移动通信集团设计院有限公司,北京 100080)

Zhao Xiaoqiang¹,Wang Yingchun²,Li Yong²(1. China Mobile Group Henan Co.,Ltd.,Zhengzhou 450003,China;2. China Mobile Group Design Institute Co.,Ltd.,Beijing 100080,China)

摘 要:

针对运营商的实际需求,从长距离传输技术、多业务支持能力、基于 ODUk 的电交叉能力、可靠性、在线性能监测等方面分析了 100G WDM/OTN 技术和设备现状,最后对工程设计进行了探讨。

关键词:

100G 系统; OTN; 技术; 工程应用

中图分类号: TN929.1

文献标识码: A

文章编号: 1007-3043(2013)05-0013-05

Abstract:

Based on the actual requirement of operators, it analyzes 100G WDM/OTN technology and equipment condition from the aspects of long distance transmission technology, multi-service supporting capability, electrical cross-connection based on ODUk, reliability and online performance monitoring. Finally it discusses the engineering designing.

Keywords:

100G system; OTN; Technology; Engineering application

0 前言

随着高清晰视频和高速宽带消费类应用不断增加,从 2007 年到 2012 年,IP 总流量增加约 6 倍,导致传送网络海量数据传送的需求日趋增长。100G WDM/OTN 光传送技术由于在传输容量、传输距离、传输性能等方面性能优异、表现突出,无疑是当下光传输领域热门话题之一。

从全球传送网的部署情况来看,10G WDM 技术仍然是主流的干线传输技术,部分运营商迫于带宽压力进行了部分 40G WDM 网络部署。部分运营商如 Verizon 等在 2010 年开始 100G WDM 系统的商用部署,国内三大运营商中国移动、中国电信、中国联通也在 2012 年初启动了多厂家 100G WDM/OTN 系统测试。

在 100G 发展初期,ITU-T、IEEE、OIF 等标准组织已就 100G 接口、模块、调制接收方式、OTU 帧结构进行了标准化定义,促进了整个 100G 产业链的快速成熟,目前全球主要运营商均对 100G WDM 技术投入了更多的关注。例如:中国移动仅在京沪杭间建设了一套 40G WDM 试验段后,即于 2012 年底直接启动了 100G WDM/OTN 设备的招标工作。

本文将针对国内运营商的需求,分析 100G WDM/OTN 技术及目前的产品情况,并对实际工程应用进行研究。

1 100G WDM/OTN 的需求

根据业务的发展情况,100G WDM/OTN 技术可应用于核心路由器之间的接口互联、大型数据中心间的数据交互、城域网汇聚及干线大容量长距离传输等方面,针对以上的应用场景,国内三大运营商对 100G 系

收稿日期:2013-03-06

统的需求大致有以下几点。

a) 传输距离。在省际干线和省内干线应用时,无电中继传输距离至少应满足 1 000 ~ 1 500 km 的传输需求,单跨段的传输距离不少于 140 km 左右;应用在城域网核心层时,无电中继的传输距离要求为 300 ~ 400 km。在省际省内干线上,应至少支持 6 个以上的 ROADM 级联;在城域网中应至少支持 20 个以上的 ROADM 级联。

b) 容量需求。根据现有国内三大运营商 10G/40G WDM/OTN 系统的使用习惯,在省际、省内干线层面,基本都采用 C 波段 80 波系统,部分城域网选用 80/40 波系统;相应的 100G 系统应用,干线层面宜选择 C 波段 80 波系统,波长间隔 50 GHz,城域网也可采用 80/40 波系统,采用 50/100 GHz 的波长间隔。

c) 传输能力需求。新建的 100G WDM/OTN 系统应符合现网已有的光纤类型和相关指标,局(站)设置也应兼顾现有网络情况,应与现存的 10G/40G 类似,便于工程建设和维护管理,即最好与现有的波分系统架构和设计原则一致;对于个别情况,适当考虑将现有的波分系统进行升级,则 100G WDM/OTN 系统设计能与现有的 10G、40G 系统相一致,在衰减、色散、PMD 等方面受限较少。

d) 接口需求。需要支持多种业务接口,方便直接承载多种业务,尤其是各种数据类业务。

e) 组网及保护需求。用原有的 SDH、MSTP 等技术来组网已经不能适应大颗粒业务发展需求,但相应的 SDH、MSTP 组网和保护等功能需要迁移至底层的 WDM 系统上,基于电层交叉的 OTN 可以实现此功能,使 WDM/OTN 具备了组网功能和多种保护技术。因此,100G WDM/OTN 在满足长距离传输、大带宽、承载多种业务等诸多需求外,还需要支持各种组网技术和保护技术。

f) 大容量多颗粒交叉矩阵需求。容量的增加会相应提高对业务的适应能力,为了满足多种业务的灵活调度,需支持多种颗粒、大容量的电层交叉能力,保证实现灵活调度管理。

g) 带宽灵活扩容需求。100G WDM/OTN 系统建设和扩容时间较长,为了快速满足业务需求,要求系统可以提供带宽池,实现带宽灵活扩容或改造。

h) 成本及功耗。100G WDM/OTN 系统大规模商用的话,成本宜控制在 10G 系统的 5 倍以内;功耗、集成度等方面也需要有一定的优势。

2 100G WDM/OTN 技术及设备现状简介

2.1 长距离传输技术

2.1.1 先进的调制技术和相干接收技术

PM-QPSK 光调制方式是目目前主流厂家采用的主要调制技术,即在发送侧采用偏振复用+QPSK 进行调制,降低传输波特率,提升 OSNR 容限和抗非线性能力,接收端采用相干接收,并采用 ADC+DSP 处理,在电域补偿色散和 PMD,提升系统的色散容限和 PMD 容限,基本满足了长距离传输性能。当前主流设备厂家均支持该项技术。

2.1.2 高性能的 FEC 纠错技术

各个厂商根据自身能力,采用了不同的编码方式,分为硬判决(HD)和软判决(SD)2 种方式:硬判决主要依据阈值对信号进行判定,而软判决则通过一定的算法,进一步对接收信号进行处理和综合判定,提高了判决能力,实现更好的传输性能。另外,硬判决应用较早,2010 年有正式商用产品发布;软判决 2012 年推出了相应的商用产品,有少量应用。目前,主流厂家有一半采用硬判决、一半采用软判决方式,个别厂家同时支持 2 种方式。

2.1.3 主流厂家提供的传输系统性能

目前,各主流厂家提供的传输系统性能如表 1。

表 1 主流厂家 100G WDM/OTN 长距离传输能力

性能	100G PDM-QPSK (HD)(G.652/G.655)	100G PDM-QPSK (SD)(G.652/G.655)
传送距离/km	14×22/12×22	18×22/16×22
CD 容限/(ps/nm)	40 000	40 000
DGD 容限/ps	75	100
B2B OSNR(EOL)/dB	13.5 ~ 14	12.5 ~ 13
工程设计值 OSNR(EOL)/dB	18 ~ 18.5 (超过 12 段增加 0.5)	17 ~ 17.5 (超过 12 段增加 0.5)

目前各个厂家基本都可满足 1 000 ~ 1 500 km 的传输能力,基本满足省际省内干线工程应用。

从以上指标可以看出:100G 系统采用了相干 PDM QPSK 码型技术,其最大特点是色度色散和 DGD 不受限,系统设计主要受限的参数为光纤衰减,因此在新建系统中,不需要配置 DCM 模块,系统设计相比 10/40G 更简单。

2.2 多业务支持能力

为了适应多种业务接入和便于网络管理,ITU-T 制定了 OTN 的相关规范,以保证 100G OTN 能够迅速完成任何类型 100G 数据传输,并规范了 100GE 数据业

务的适配。

OTN的特性使它支持任何数字信号的传输,与具体客户业务无关。根据G.805建议对通用功能模型描述,OTN边界位于光通道/客户侧适配层之间,汇集各种独立端口的数据,提供所需要的带宽并执行具体的服务处理。因此,100G WDM/OTN系统应能支持多种颗粒的业务接口,目前主流厂家可支持的业务种类见表2。

表2 100G支持的业务种类及类型

业务种类	业务类型
SDH业务/POS/ATM业务	STM-16、STM-64、STM-256
SONET业务	OC-48、OC-192、OC-768
以太网业务	FE、GE、10GE WAN、10GE LAN、100GE
SAN 存储业务	FC100、FC200、FC400、FC800、FC1200
	ESCON
	FICON、FICON Express
OTN业务	OTU1、OTU2、OTU2e、OTU3、OTU4
视频及其他业务	DVB-ASI、SDI、FDDI

2.3 基于ODUk的电交叉能力

根据G.872建议要求,OTN能够提供光通道承载客户信号的传送、复用、路由、管理、控制和生存等功能,具有一定的组网能力。OTN具备ODUk的电层交叉能力,可实现对业务的灵活调度和多种保护恢复技术。

随着80×100G的线路容量提升,相应的节点交叉能力也需大幅提高,否则无法充分发挥OTN的调度灵活性;反之,如果仅提升节点容量,而不提升线路容量,则浪费调度容量和设备功耗、成本等。

根据100G的线路容量,电交叉能力应至少在10T以上,但受限于目前的技术实现,主流设备厂家的交叉能力基本为3.2T~6.4T,虽然个别厂家有10T以上的设备,但尚未完全商用,电交叉能力仍需进一步提升。

由于承载业务颗粒种类较多,目前100G主流设备厂家支持基于ODU1/2/2e/3/3e2/4/flex的无阻塞交叉,为实现业务灵活调度、保护恢复等功能提供了物理基础。

采用OTN电层交叉结构,可保证客户侧、线路侧分离,共享线路带宽,有效提高网络带宽利用率。目前主流厂商提供的100G OTN线路口均采用波长可调谐的OTU,并配合支线路分离技术,可实现共享带宽池的目标,保证了带宽的灵活调度,降低了建设的复杂性和运维压力,同时也保护了运营商投资。

2.4 可靠性

100G WDM/OTN的容量巨大,网络和设备的可靠性直接影响业务质量,因此在可靠性方面比10G、40G要求更高,目前主流厂家均具有相对完善的可靠性(见表3)。

表3 100G WDM/OTN支持的保护技术

网络级保护	光层保护	光通道 1+1 保护、复用段 1+1 保护
	电层保护	通道共享保护、通道 1+1 保护、通道 1:N 保护、环网保护
	基于 GMPLS 控制平面的保护与恢复	ASON
设备级保护		主控板 1+1 保护、电源板 1+1 保护、交叉板保护

2.5 在线性能监测

100G波道性能的实时监测是业界公认的技术难题,也是影响100G规模部署的三大关键问题之一,尤其是在省际干线上,100G的性能实时监测与网络安全密切相关。从目前各个设备厂家情况来看,有部分厂家可实现在线OSNR的性能监测,但各个厂家的实现机理不尽相同,监测性能的参数和准确性也有一定的差别。

总之,100G WDM/OTN技术和设备基本成熟,可以进行商用,但各个设备厂家的能力、商用化情况等存在一定差别,同时100G WDM/OTN在技术方面仍有一定的改善空间,比如交叉能力、集成化程度、功耗等,仍是下一步重点关注的问题。

3 100G WDM/OTN的工程设计

100G WDM/OTN技术相对成熟,推动了现网应用的可行性,随着中国移动100G OTN招标的启动,100G WDM/OTN系统的工程设计研究也相应提上日程。

3.1 100G WDM/OTN传输系统能力设计

3.1.1 纯100G新建系统

对于新建的100G网络,由于100G WDM/OTN对色散、PMD的无限制,使它的系统设计比10G、40G更简单,重点需要关注衰耗和非线性指标,可根据仿真计算的OSNR和Q值来估算是否满足系统传输要求;传输距离较长时,为避免入纤功率过高带来的非线性影响,建议适当控制入纤功率。

目前主流设备厂家的无电中继传输距离基本能达到1000~1500km,单跨段传输能力可达到42dB,但站间距离控制在80km左右为宜,超过100km会大大减少无电中继距离,相应增加投资和建设维护难度。

由于主要受限于衰减,为了延长无电中继的传输距离,针对需要部署 OLP 的段落,建议采用基于复用段的 OLP 保护方式,避免采用多个光放段级联部署 OLP 方式(由于 OLP 盘给线路带来额外插损,多个级联会严重影响 100G 的传输性能)。

3.1.2 10G 和 100G 混传系统

10G 与 100G 混合传输系统需同时考虑 10G 和 100G 的需求,针对不同的应用场景,有着不同的策略。

a) 省际干线。一般有 8~12 个跨段,传输距离长,受限因素多,因此采用混传方式有非常大的传输代价,应尽量避免混传场景。

b) 省内干线。一般有 5~8 个跨段,相对来说,有比较大的传输代价。在必要的时候,10G 与 100G 可混合传输,但需要提前做好波道规划。

c) 本地/城域网。一般有 1~4 个跨段,传输代价相对较小。混传时需要规划好波道,并预留一定的系统 OSNR 余量。

3.1.3 40G 和 100G 混传系统

40G 与 100G 混合传输时,无论传输距离如何,都不存在任何 OSNR 传输代价,可以任意进行混合传输;但 100G 与其他 40G 编码混合传输时,光层的传输距离主要受限于 40G 系统,40G 的编码方式对光纤的色散、DGD 要求较高,但在站点部署时,由于 100G 的 OSNR 容限要比 40G 系统高 1.5 dB 左右,OTM 到 OTN 站之间的距离要充分考虑到 100G 的传输能力;因此在系统设计时,DCM 按照 40G 要求部署,OSNR 按照 100G 要求部署,同时提前做好波道规划。

总之,由于 100G 系统实现的传输技术与 10G、40G 区别较大,为了保证传输系统性能,同时节约系统综合

成本,建议最好不采用多种速率混传方案。

3.2 100G 的网络保护和恢复设计

虽然 100G WDM 的网络保护技术多种多样,但在实际工程应用中,采用较多的主要有如下几种。

3.2.1 光缆层面:光复用段保护(OMSP)技术

由于 100G 采用相干技术,CD 和 DGD 容限不再是瓶颈,而衰减变成制约 100G 传输距离的主要因素,因此对于需要在光缆层面部署保护方式时,最合适的方式是 OMSP 保护(见图 1)。

3.2.2 通道层面:SNCP 保护和客户侧 1+1 保护技术

对于带电层交叉的 100G 设备,在通道层面成熟可靠并广泛应用的保护技术是 SNCP 保护,通过电层交叉实现对主备用路由的切换(见图 2)。

对于不带电层交叉或主备用路由采用异厂家设备组网时,光通道可采用图 3 所示的客户侧 1+1 保护方式。

当然,在对网络的可靠性要求较高时,可引入基于 GMPLS 控制平面的保护与恢复,该技术虽然经过实验室测试,但在国内现网应用经验较少,实际部署前应充分论证其技术的可行性。

3.3 100G WDM 与 100G OTN

100G WDM 指传统的点到点 WDM 系统,不支持电层交叉;而 100G OTN 则指具有 OTN 帧结构并基于电层交叉的设备。两者主要有如下区别。

a) 由于 100G 单波容量较大,业务种类繁多,而且目前大部分的业务颗粒仍主要以 2.5G、10G 等为主,100G 的 WDM 系统需要配置多种 TMUX 板卡才能满足业务需求,配置复杂因此支持多种业务接口的 OTN 是很好的解决方案。

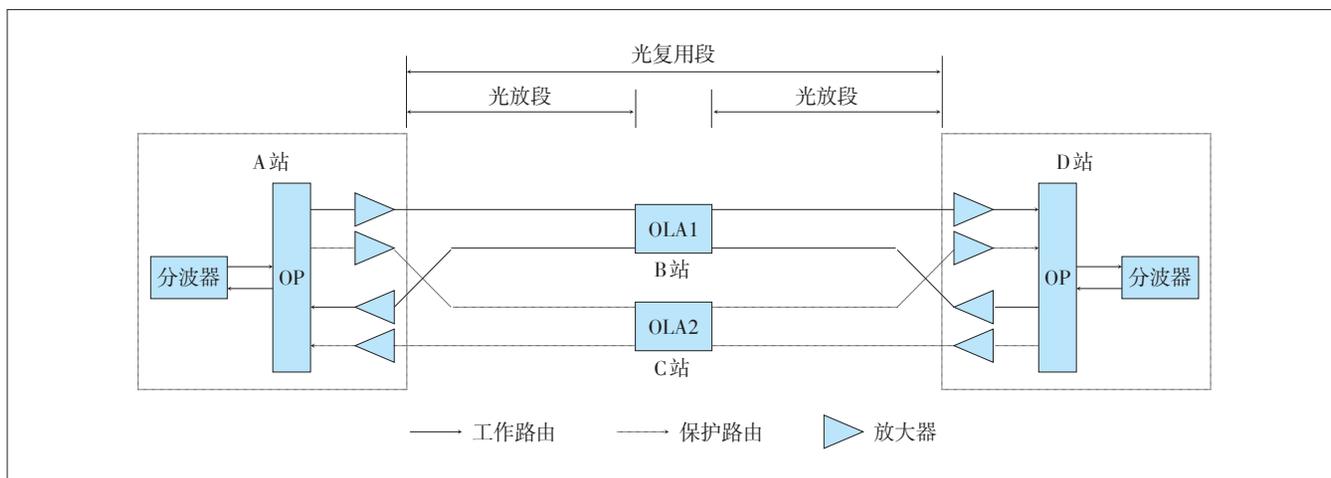


图 1 OMSP 保护示意图

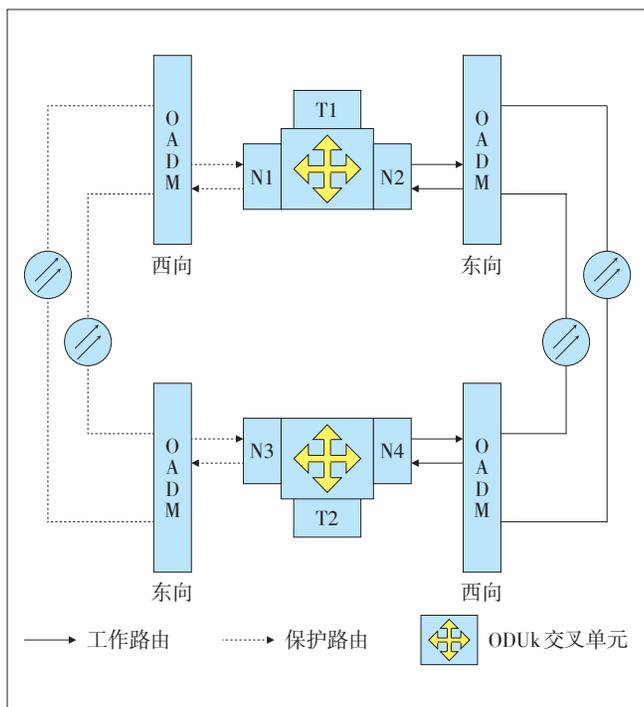


图2 SNCP保护示意图

b) 由于100G OTN支持波长可调谐、支线路分离的OTU,在组网和网络规划方面的灵活性大大增加,可根据需求先期部署带宽池,后期根据业务端口需求配置相应的支路板卡,即可快速满足业务需求,使工程建设和扩容变得简单易行;同时,一旦业务颗粒发生变化,OTN也可通过快速更换支路板卡满足业务需求变更,同时原有的带宽还可以再利用,在快速响应业务的同时,也充分利用了已有资源,节约了投资。

c) 网络保护方面,100G WDM主要依据光层进行保护,而100G OTN除支持基于光层的多种保护外,也支持基于电层的多种保护和恢复,SNCP和客户侧OLP 1+1保护相比而言有一定优势,电层保护的倒换速度快、安全可靠,同时可依靠多种判决原则进行倒换,相对应的光层就相对要差些,不过基于客户侧1+1保护方式可实现不同设备厂家组网时的保护,而SNCP只能在同一厂家内部实现。

总之,100G OTN比WDM具有不可比拟的优势,在前期规划、建设、后期维护等各方面都有一定优势,

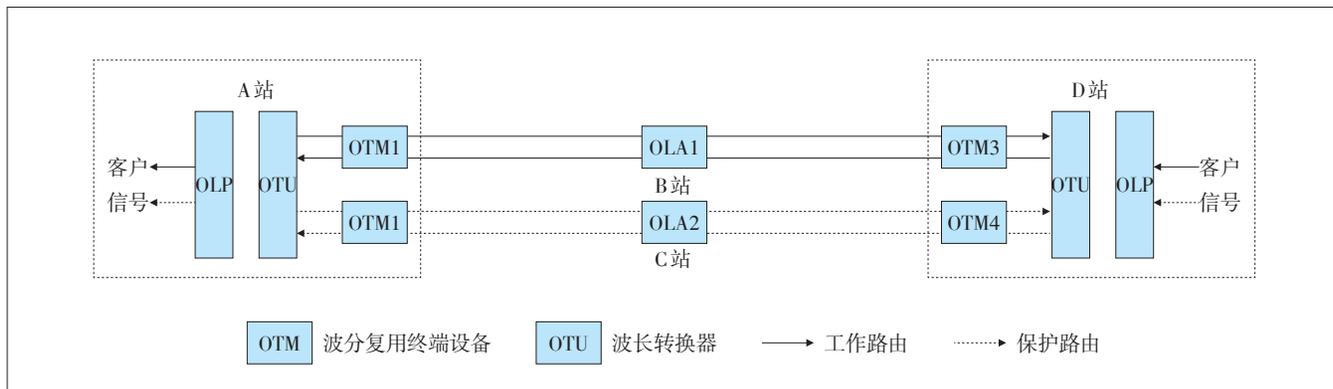


图3 客户侧1+1的光通道保护示意图

但100G WDM的成熟度要比100G OTN略胜一筹,因此,在确保设备厂家的100G OTN设备成熟时,建议优选100G OTN进行网络建设。

4 结束语

100G OTN毕竟是新生产物,某些方面仍有待进一步完善,如相应的测试仪表尚未成熟、100G的在线监测和维护管理有待进一步提高。但总的看来,100G OTN设备基本成熟,可以规模部署。

参考文献:

[1] 100G WDM传输技术[J]. 通信技术与标准,2011(4).

[2] 一种EXFO 100G测试的设计和实现[EB/OL]. [2012-11-05]. <http://www.dzsc.com/data/html/2011-8-28/95119.html>.

[3] 基于FPGA的100G光传送网设计[EB/OL]. [2012-11-05]. <http://wenku.baidu.com/view/71e0c405b52acfc789ebc928.html>.

[4] 汤瑞,赵文玉,吴庆伟,等. 40G/100G标准化现状及发展趋势[J]. 邮电设计技术,2011(4).

作者简介:

赵小强,工程师,主要从事传输网工程的规划建设和管理工作;王迎春,高级工程师,主要从事有线传输技术和网络的研究及工程设计工作;李勇,高级工程师,主要从事有线传输技术和网络的研究及工程设计工作。

100G WDM/OTN技术及工程设计研究

作者: [赵小强](#), [王迎春](#), [李勇](#)
作者单位: [赵小强\(中国移动通信集团河南有限公司, 河南 郑州 450003\)](#), [王迎春, 李勇\(中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080\)](#)
刊名: [邮电设计技术](#)
英文刊名: [Designing Techniques of Posts and Telecommunications](#)
年, 卷(期): 2013(5)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ydsjjs201305005.aspx