

ROADM 区域组网在长途干线网络中面临的挑战

Challenges of ROADM Regional Networking in Long-distance Trunk Network

夏 芸, 宋继恩, 张 渭 (华信咨询设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310052)
Xia Yun, Song Ji'en, Zhang Wei (Huaxin Consulting Co., Ltd, Hangzhou 310052, China)

摘 要:

在阐述组网模式演进的基础上, 简要介绍了 ROADM 区域组网的技术优势。根据区域 ROADM 组网在长途干线建设中的推广应用情况, 深入思考, 重点分析了区域组网带来的新问题和挑战, 并提出了针对性解决思路和建议。

关键词:

ROADM; 区域组网; 长途干线网络
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.10.014
文章编号: 1007-3043(2020)10-0068-06
中图分类号: TN915
文献标识码: A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

On the basis of expounding the evolution of networking mode, the technical advantages of ROADM regional networking are briefly introduced. Based on the application of ROADM regional networking in long-distance trunk line construction, it analyzes the new problems and challenges brought by ROADM regional networking, and the corresponding solutions and suggestions are put forward.

Keywords:

ROADM; Regional networking; Long-distance trunk network

引用格式: 夏芸, 宋继恩, 张渭. ROADM 区域组网在长途干线网络中面临的挑战[J]. 邮电设计技术, 2020(10): 68-73.

1 概述

“中国制造 2025”以加快新一代信息技术与制造业融合为主线, 对网络提出了智能化和云化的要求。同时, 随着以 5G、OTT、三重播放、云计算、物联网等为代表的新型电信业务的兴起, 电信网络加速向宽带化、大连接、动态化、低时延和低成本的方向演进。

作为通信网络最基础的承载, 光传送网顺应宽带爆炸式增长的发展需求, 网络从单波 2.5 Gbit/s、10 Gbit/s、40 Gbit/s 到 100 Gbit/s 只用了十余年时间, 单波

200 Gbit/s、400 Gbit/s 的商用也已排上日程。至此, 单光纤传输能力飞速提升到 10 Tbit/s 量级。同时, 顺应新型业务的灵活调度和智能化管理需求, ROADM 以其调度灵活、交换容量大、时延低、功耗低等特点越来越受到运营商的青睐。ROADM 区域组网在干线传输网络中带来的新问题和挑战, 如 ROADM 区域划分、何时新建一张 ROADM 网、纤芯资源占用多、规划方式改变等等, 下面将提出解决建议。

2 ROADM 区域组网的驱动力及优势

组网模式是网络规划建设中需要重点考虑的议题, 也是影响传送网传送能力的重要因素。随着新业

收稿日期: 2020-09-15

务的出现和新技术的演进,传统组网方式已无法适应传送网的发展需求,新型组网模式应运而生。

2.1 传统组网模式

长期以来,各大运营商的长途干线网络传统采用WDM/OADM技术进行链状系统建设,即线性组网,主要用来承载电信自有业务。线性组网形式给电路的转接调度带来了天然的壁垒,不同系统之间的转接只能通过OTU白光背靠背解决,光层的穿通只能在系统内通过跳纤实现。长途干线网络传统的组网模式如图1所示。图1中,不同字母表示不同的城市机楼,机楼内不同颜色的小圆圈代表不同平台的设备,不同颜色的线条表示不同厂家的系统。以F机楼为例,F点所建设的4条系统设备是物理分离的,当有调度需求时,只能通过手动跳纤的方式打通传输通道。

在新型业务对传送网提出“宽带化、智能化、高效化”要求的当下,可重构光分插复用器(ROADM)设备应运而生。在ROADM引入初期,仍然采用ROADM+线性WDM的组网方式,在原有基础上提升了组网的灵活性,省去了中间节点光层穿通的人工跳纤,但并未打破线性组网模式的传统。

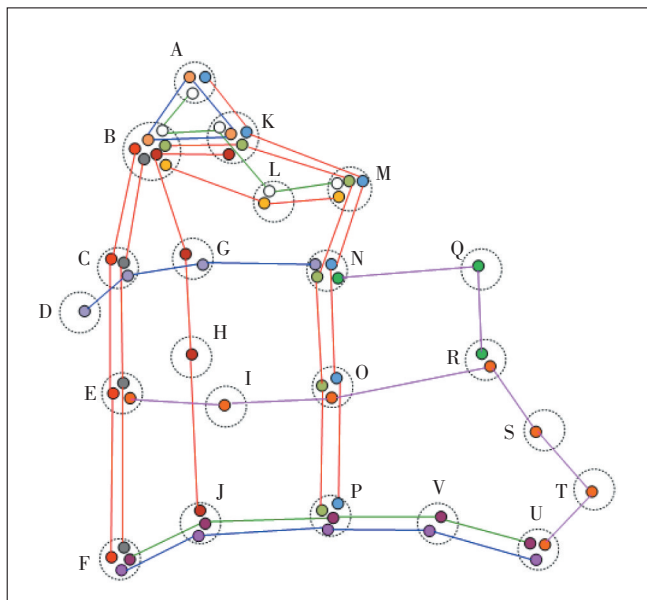


图1 长途干线网络传统的组网模式

2.2 区域组网的推动力

2016年前后,各大运营商开始在长途干线层面推广区域组网的方式组建区域ROADM网络。主要推动力如下:

a) 在DC为核心的时代,DC流量迅猛增长,流向

从南北向往东西向转变,驱动网络架构向MESH化发展。

b) BAT等波长出租业务对业务快速部署、灵活调整提出了更高的要求。线性组网模式无法充分发挥ROADM设备波长可重构的灵活性,网状网才能充分发挥出ROADM技术的优势,满足出租业务动态可调整的需求。

c) 作为综合承载的网络,传送网需要为不同的业务提供基于波长的不同的保护恢复能力,而链状波分系统提供的是基于OLP或者是OMSP的保护。而且从拓扑角度,多维的MESH网络能提供更高的可靠性。

d) 近年来,各大机房的空间、电源、空调等基础资源非常紧张,尤其是枢纽节点,基础资源的瓶颈常常阻滞工程的实施进度,从而影响业务的开通周期。在线性组网模式下,系统边界天然形成了波道转接的壁垒,不同波分系统之间只能通过白光OTU背靠背转接,加剧了基础资源的消耗。而采用ROADM区域组网可从最大程度减少光电转接,从而减少对基础资源的消耗。

2.3 ROADM区域组网的优势

ROADM设备制式有多种类型。其中,方向相关波长相关和方向相关波长无关(C-ROADM)制式不具备自动调度、恢复能力;方向无关波长相关(D-ROADM)制式网管自动调度、恢复能力受限,仅在其余方向有同波道资源情况下才支持;方向无关波长无关(CD-ROADM)制式具备自动调度、恢复能力,波长冲突问题可通过扩展上下路分组模块方式解决,器件成熟度较高;方向无关波长无关竞争无关(CDC-ROADM)制式器件复杂度相对较高,仅个别厂家相对成熟,且成本相对最高,由于MCS单元接口受限,单个节点最多只能支持192波业务上下,接入能力无法满足长途干线传输的需求。因此,ROADM区域组网的建网模式,建议采用方向无关波长无关(CD-ROADM)制式。

ROADM区域组网模式把传送网从传统的点到点的链型系统升级演进为多维度的端到端网络。其优势体现在以下几个方面:

a) 时延可控。采用区域化组网模式,对于时延敏感业务,业务规划可优先选择距离最短路由,并优选性能优良的光缆,从最大程度上减少电转接次数,做到时延可控。

b) 投资可省。采用区域化组网模式,区域内采用

同一厂家设备,减少系统间电层转换,同时,充分发挥 ROADM 技术优势,最大限度地实现光层穿通能力,减少电层中继,不仅有效降低对机房基础资源的占用和消耗,还能控制网络建设成本,弥补网络能力和业务收入的剪刀差。

c) 网络可靠。采用区域化组网模式,为业务提供多种点对点路由,具备抗多次断纤的能力,网络健壮性较强。同时,依托 ROADM 网络的 WSON 功能,可为业务提供不同等级的保护恢复能力。

d) 流量可调。采用区域化组网模式,利用 ROADM 技术在光层的波长调度能力,依托 WSON 的自动算路功能,规避波长冲突,克服流量浪涌,实现区域内所有业务的自动、灵活的调度,获得高质量和高可靠性的信息流传送。

e) 容量可扩。采用区域化组网模式,能充分发挥 ROADM 的多维能力,线路维度和本地维度均可按需扩容,平滑增加线路方向和上下波数量,解决波长冲突,具备良好的可扩展性。

3 ROADM 区域组网带来的挑战

近年来,各大运营商开始积极部署 ROADM 区域网。ROADM 区域网与传统链状波分系统相比,具有节资增效、调度灵活等优点,但新事物必定会催生新矛盾,ROADM 区域组网也给网络规划设计带来了新的问题和挑战。

3.1 ROADM 区域划分

结合第2章节的内容,从理论上来说,区域越大,能获得的光层穿通受益的可能性就越大。但 ROADM 网络的区域并不能无限大,受以下因素限制。

a) WSON 管理能力的限制:受 CPU、内存以及信息泛洪等因素的限制,主流设备厂家 WSON 网络管理规模一般在 150 个 ROADM 节点左右。超出最大管理能力限制的网络就需要分域管理。分域后,跨域业务的开通和恢复也会更复杂一些。

b) WSS 穿通带来的光层代价:基于 WSS 器件插损较大的特点,多个 ROADM 节点串联会影响业务的 OSNR 性能。一般而言,业务路由经过 6 个 ROADM 节点会引入 0.5 dB 的 OSNR 代价,这会抑制 ROADM 的光穿通能力。

c) 业务恢复耗时:网络规模越大,点到点的可达路由就越丰富,光缆故障时动态恢复所需时间就会越长。在网管 CPU 达到最大能力的情况下,网络规模和

恢复时间呈反比。

目前,ROADM 网络区域划分有 2 种思路:

a) 小型区域网:设计区域内保证任意 2 点业务的主用路由一跳直达,无需电中继。目前,商用 100 Gbit/s 波分系统采用超长距码型,无中继传输距离可达 1 500 km。因此,在省际层面建设区域骨干 ROADM 网,可根据骨干光缆网架构和业务流量流向考虑京津冀区域、长三角区域、珠三角区域等。按照这种“小区域”思路,相比线性组网方式,长途干线网络会节约不少转接 OTU。但随着 DC 化进程,业务格局更加扁平化,东西向流向增加,小区域无法最大程度上发挥 ROADM 的穿通优势。

b) 大型区域网:满足 WSON 管理能力,设计区域尽可能大。在省际层面建设区域骨干 ROADM 网,可根据骨干光缆网架构和业务流量流向考虑华北大区、华南大区、西北大区、西南大区等。按照“大区域”思路,可获得最大的光层穿通受益。但大区域也有弊端,节点方向数变多后会更易引起波长冲突,从而导致因避免波长冲突所带来的路由绕转或中继,降低建网经济性。

ROADM 区域与建网经济性的关系如图 2 所示。如何去寻找建网经济性最佳的区域方案目前业界尚未有统一的计算模型和评价标准。

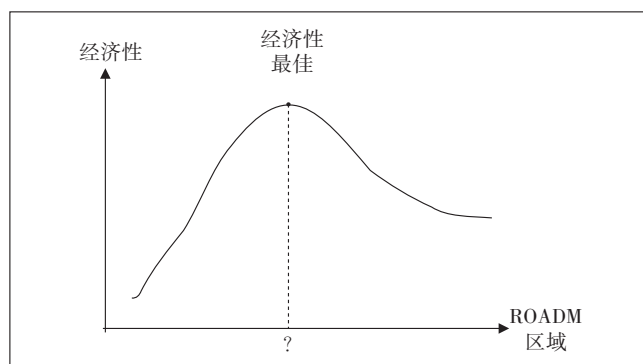


图2 ROADM 区域与建网经济性的曲线关系

结合光缆架构、纤芯性能指标、业务流量流向以及保护恢复要求等多方面因素,进行多区域方案的模拟测算,对比建网成本、保护恢复性能和可扩性,得到最佳的分域方案。对于业务热点省份,还可采取区域相交的方式进行叠加建设。

3.2 何时新建一张 ROADM 网

在线性组网时代,对于何时新建系统,业界有着统一的标准。波分系统波道满配 80 波后,波道利用率

达到一定门限值,即可立项招标、新建波分系统。而采用ROADM区域组网的建设模式后,这个问题就值得探讨了。这是因为ROADM网络的一大优点就是可平滑扩容线路方向和本地上下波数量,具有良好的可扩展性。图3以某一节点为例阐释了ROADM设备的扩容,灰色色块表示扩容的线路方向和本地上下路模块。

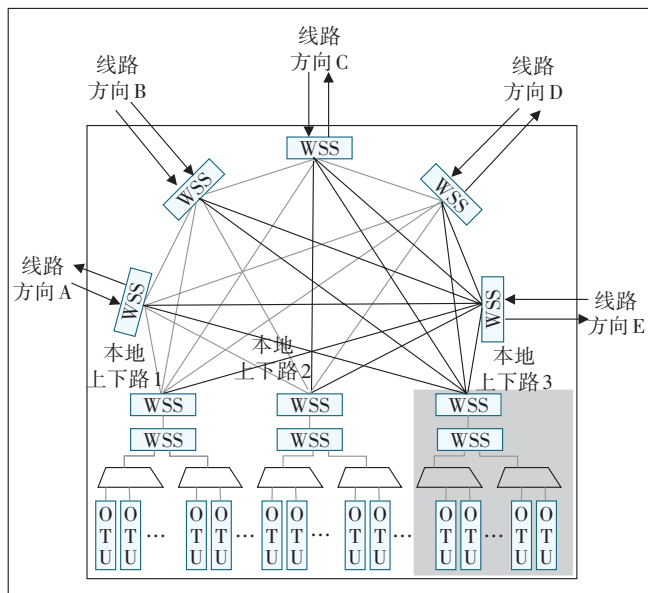


图3 ROADM网络良好的可扩展性

WSS作为ROADM技术的核心器件,其端口数就成为ROADM网络的扩容瓶颈。目前,成熟商用的WSS器件达到了20维。那么一旦某个城市节点的

WSS端口用完了,这张网是不是就必须新建了呢?其实,WSS端口的瓶颈可以通过在这个城市机楼再增加一端平行节点设备来突破,两端节点设备通过WSS器件互联实现互通,如图4所示。图4中灰色色块代表新增设备和板卡。通过一对WSS板卡完成的互通,并不是全交叉连接的,平行节点之间连接带宽只有80个波长,互通受限。因此,并不推荐无限制地去扩展WSS维度。

考量一张ROADM网络是否已扩满,除了WSS维度,还需要考虑网络中节点最大交叉容量、全网波道利用率等因素。从业务安全角度出发,防止单节点失效带来的业务故障,节点交叉容量不宜过大,建议不超过200T。从波长冲突角度出发,为避免冲突的中继变波长,ROADM网络应轻载运行,全网的波道利用率不宜过大,建议不超过60%。因此,一张ROADM能否继续扩容,是否需要新建平面,需要结合上述因素综合考虑。

3.3 纤芯资源耗费巨大

采用CD-ROADM模式建设区域ROADM网,满足业务的保护恢复要求,光缆纤芯资源消耗惊人。以某运营商北京—武汉光缆为例,2013年和2015年利用2芯光缆各建设了1条80×100 Gbit/s的链状系统,2017年采用ROADM区域组网的方式,使用了6芯,2019年使用8芯,如图5所示。

从图5可看出,网络建设模式改变后,纤芯资源占用飞速增长,主要有以下2方面原因:一方面是业务保

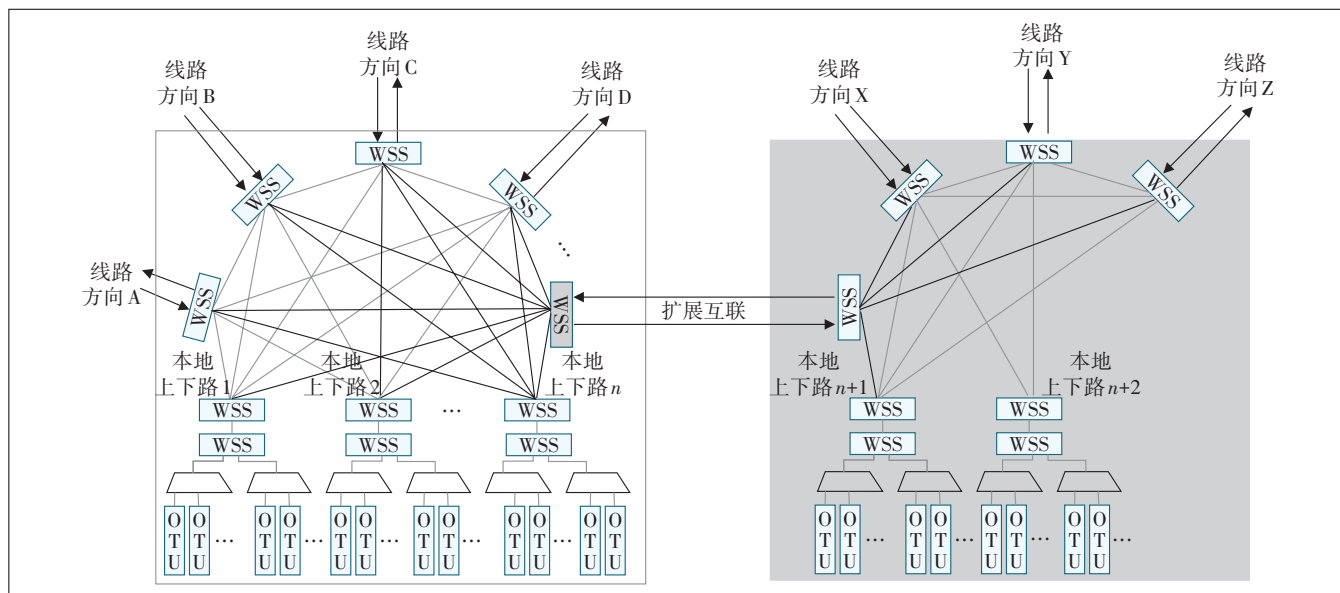


图4 扩展城市节点维度的方法

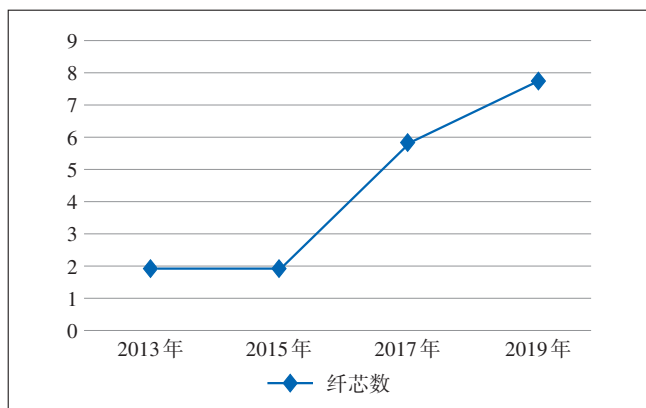


图5 某光纤纤芯资源消耗曲线图

护恢复方式的改变,从链状系统的1:N保护到区域ROADM网的1:1恢复,网络中用于保护恢复的波道资源变多了,增加了纤芯的消耗;另一方面,由于光自带的波长一致性属性,波长冲突势必会存在一些波长碎片,导致波长资源的浪费,变相增加了纤芯消耗。

长途干线光缆主要是36~48芯数,ROADM网络的纤芯需求激增对光缆网造成了较大的压力。要缓解压力,应上层网络的需求推动,光缆网的建设步伐需要加快,建设思路和规模也需要适当调整,但鉴于光缆的建设周期较长,建议可先行通过拓展C波段以获取更大的系统容量。目前,主流厂家都具备了96波ROADM的能力,较80波系统容量提升了20%。在后续的ROADM网络建设中,建议适时引入96波ROADM平台。

3.4 网络规划设计方式转变

随着光网络向智能化演进,网络规划方式也发生了深刻的变化,从人工方式转变为软件自动方式。在链状组网时代,网络规划设计人员首先调研网络现状,搜集并更新波分系统现状的波道组织图,之后针对业务需求进行路由和波道资源分配,形成波道组织图和路由表,最终考虑资源缺口和一定的网络冗余需求形成网络建设方案,如图6所示。这种网络规划方式以人工为主,需投入较多人力。当业务需求有变动时,就必须进行波道组织重排,工作量较大,在重复性

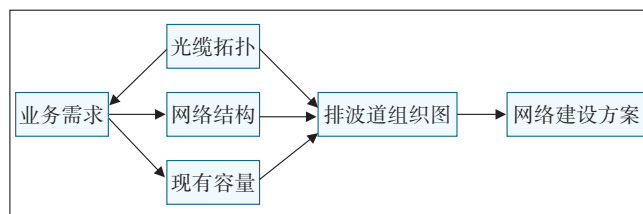


图6 传统的人工规划方式

多次重排后也很难保证百分百无误。

在区域组网时代,上述的人工方式就不适用了。需综合考虑路由策略、光层穿通、保护恢复、波长一致性等各种因素,突破了规划设计人员的脑力极限,就必须要求规划软件参与进来。规划设计人员只需在软件中进行路由策略、路由个性化需求和保护恢复方式的设置,软件自动会进行路由和资源分配,通过模拟仿真后,自动输出网络建设方案,如图7所示。这种网络规划方式对于规划设计人员来说,省时省力。当业务需求有变动时,也可以快速响应。但网络建设方案的合理性就特别依赖规划软件内嵌的算法,规划设计人员暂时无法对方案的合理性进行科学的分析和评价。目前,在方案制定过程中最常用的是设备厂家研发的软件,缺乏第三方的公正性。

为了提升网络建设方案的科学性、合理性和公正性,避免过分依赖设备厂家,建议引入第三方规划软件,同步进行规划,规划结果可相互校验,对比分析,从而得出最终的网络建设方案,如图8所示。近年来,规划设计服务提供商为了提升自身的咨询服务能力,致力于开发基于ROADM的规划工具。为形成完整的数据闭环,规划工具可以进一步打通与现网数据接口、提供校验设备厂家方案等功能。待规划工具成熟后,就能作为第三方规划软件更好地完善网络规划流程,提升网络规划的合理性。

4 结束语

2016年,各大运营商开始在长途干线网络部署ROADM区域网,标志着过去十余年WDM系统建设思

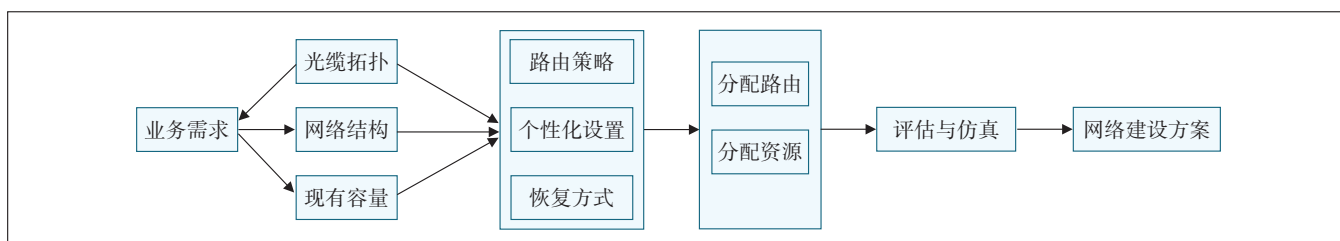


图7 区域ROADM网络的规划方式

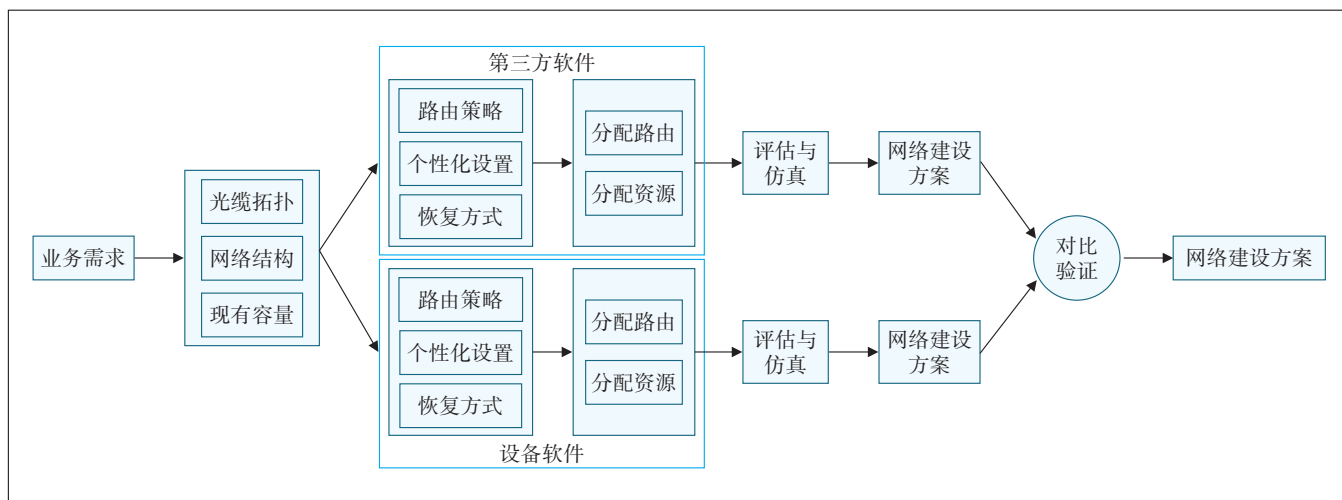


图8 最理想的区域ROADM网络规划方式

路的转变和突破。与电信网络应用的其他交换或交叉连接技术相比,ROADM技术最大的优势是低成本和高效率,同时WSON控制平面的引入让ROADM网更加健壮、更加灵活。新思路和新设备的实施必然会带来一些与现状的矛盾和碰撞。本文基于ROADM网络建设中面临的现实问题,深入分析区域网建设带来的挑战并抛砖引玉,提出解决思路。最终,在从业人员共同努力下,不断完善传输网规划思路、设计方法、设备制式和运维方式,推动光传送网迈入智能、高效、随愿的快车道。

参考文献:

- [1] 王鹏,李峥,张传熙. ROADM网络规划设计方法研究[J]. 邮电设计技术,2018(4):12-17.
- [2] 叶胤,袁海涛,江树臻. ROADM和OTN技术在干线传输网络的应用研究[J]. 电信技术,2016(11).
- [3] 袁海涛,张国新,周鹤. ROADM技术在骨干传送网的组网策略研究[J]. 邮电设计技术,2018(4):17-22.
- [4] 张传熙,王鹏,刘乘龙. ROADM智能网保护恢复方式探讨[J]. 邮电设计技术,2018(9):76-81.
- [5] 黄海清,李维民. ROADM结构与技术的演进[J]. 光通信技术,2012(10):8-10.
- [6] 范璐璐,于嘉. 基于ROADM技术的本地OTN网络部署策略研究[J]. 通信技术,2018,51(5):1132-1135.
- [7] 唐建军,李俊杰,张成良. 全光网的探索研究与应用实践[J]. 电信科学,2019,35(4):10-15.
- [8] 袁方. ROADM和OTN技术在干线传输网络的应用[J]. 中国新通信,2019,21(7):107.
- [9] 康艳萍,王赣清,杨国涛. OTN全光智能网演进的关键技术研究[J]. 电子世界,2018(24):59.
- [10] 叶春,李昀. 光传送网的技术演进[J]. 通信与信息技术,2018,236

(6):36-39+50.

- [11] 陈乐贤,王亦炜. 应对超大流量的上海电信光层重构实践[J]. 电信技术,2018(11):67-71.
- [12] 田君. ROADM技术在本地OTN网络中的应用研究[J]. 中国新通信,2018(15):118-119.
- [13] 郝娟,崔玉珍. ROADM技术走向动态光层组网[J]. 中国新通信,2018(12):53.
- [14] 王君宇. ROADM技术的发展及应用趋势探讨[J]. 数字通信世界,2019(8):118.
- [15] 乔月强,金飙,王先枝. 链性传输系统ROADM应用模式探讨[J]. 邮电设计技术,2018(4):12-16.
- [16] 李光耀. ROADM技术在OTN网络中的应用研究分析[C]// 2018中国信息通信大会论文摘要集. 2018.
- [17] 刘文,毛谦. 简化的ROADM模块及其在传送网络升级改造中的应用[J]. 光通信研究,2005(2):1-4.
- [18] MO W, GUTTERMAN C L, LI Y, et al. Deep Neural Network Based Dynamic Resource Reallocation of BBU Pools in 5G C-RAN ROADM Networks [C]// Optical Fiber Communication Conference. 2018.
- [19] SARMIENTO S, ALTABAS J A, IZQUIERDO D, et al. Cost-Effective DWDM ROADM Design for Flexible Sustainable Optical Metro - Access Networks [J]. IEEE/OSA Journal of Optical Communications & Networking, 2017, 9(12):1116-1124.
- [20] 张榕,任燕君,谢迪. ROADM技术在干线OTN中的应用及时延分析[J]. 百科论坛电子杂志,2019(8):297.

作者简介:

夏芸,高级工程师,硕士,主要从事省际干线传送网的规划、设计工作;宋继恩,教授级高级工程师,博士,主要从事光通信相关咨询设计工作;张渭,高级工程师,学士,主要从事省际干线传送网的规划、设计工作。