OTN集群交叉技术现网应用部署研究

Research on Application and Deployment of OTN Cluster Crossover Technology in Existing Network

刘建新，赵满良，黄为民，陈晓娇（中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司，河南 郑州 450007）

Liu Jianxin，Zhao Manliang，Huang Weimin，Chen Xiaojiao（China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.，Ltd. Zhengzhou Branch，Zhengzhou 450007，China）

摘　要：

随着业务流量的快速增长和OTN网络逐步Mesh化，如何更高效疏导网络节点流量，实现多个子框间资源灵活调度和容量按需扩展等成为亟待解决的问题。OTN集群通过集群交叉将节点内OTN设备互联形成共享资源池，实现子架槽位和单板资源共享、业务可跨子框调度，能够为提升OTN网络效能带来诸多价值。介绍了OTN集群技术的发展现状和实现方式，分析了OTN集群的现网应用场景。最后从多个维度对OTN集群与传统灰光互联OTN的优劣进行了分析，提出OTN集群现网应用部署策略。

关键词：

OTN集群；带宽；跨环；大容量

doi：10.12045/j.issn.1007-3043.2021.10.014

文章编号：1007-3043（2021）10-0066-07

中图分类号：TN913

文献标识码：A

开放科学（资源服务）标识码（OSID）：

Abstract：

With the rapid growth of service traffic and the gradual meshing of OTN networks，how to dredge traffic more efficiently and achieve flexible scheduling of resources and capacity expansion on demand among multiple sub-frames have becomed problems to be solved urgently. The OTN cluster realizes sharing of sub-rack slots and boards resource，and scheduling services across sub-frames by forming a shared resource pool of interconnecting OTN devices through cluster crossover，which brings many values for telecomn operators in improving OTN network performance. Firstly，it briefly introduces the development status and implementation of OTN cluster technology，and analyzes the application scenario of OTN cluster in existing network. Finally，the advantages and disadvantages between OTN cluster and traditional OTN are analyzed on multiple dimensions，and the strategies of OTN cluster application and deployment in existing network are proposed.

Keywords：

OTN-cluster；Bandwidth；Across ring；Large capacity

引用格式：刘建新，赵满良，黄为民，等. OTN集群交叉技术现网应用部署研究[J]. 邮电设计技术，2021（10）：66-72.

1 概述

随着5G的部署应用、互联网+、人工智能和物联网的快速发展，网络业务逐渐由5G、视频、物联网、云业务等占主导，业务量也呈井喷式增长。同时，为了满足多层次不同类型业务需求，OTN网络逐渐向Mesh化演进，导致了核心节点业务维度增多以及调度需求增大，网络的规划、管理和维护难度越来越高。如何高效疏导网络节点流量，实现业务灵活调度、容量按需发展成为亟待解决的问题。

收稿日期：2021-09-13

OTN集群交叉技术通过将节点内多个独立的OTN设备相连、形成共享资源池，实现子架槽位和单板资源共享、业务可跨子框调度，能够在OTN网络发展变革中给运营商带来诸多价值，因此亟待进一步研究OTN集群交叉技术的相关特性和现网应用场景。

本文将通过分析OTN集群交叉技术发展现状，结合工程建设过程中实际问题，提出OTN集群交叉技术典型的现网应用场景及部署策略。为提升OTN网络效能，降低TCO提供参考。

2 OTN集群发展现状

2.1 OTN网络发展面临挑战

目前国内主流厂家单端OTN电交叉子架支持最大交叉容量为28.8T，对于部分业务流量大的核心节点，需多个电交叉子架互联，实现节点槽位和容量扩展，才能满足业务需求。多个电子架间的业务调度通过业务板互联实现，框间业务转接量多时，规划难度大，灵活调度能力不足；随着业务量增长，原有电交叉设备槽位不足，只能通过新增电交叉设备满足业务需求；另外，随着单机柜交叉容量的逐渐增长，单机柜满配功耗都已超5 kW，最大单机满配功耗超10 kW，容易造成机房局部热点，存在较大风险。

2.2 OTN集群实现原理及应用价值

2.2.1 OTN集群实现原理

OTN集群是OTN设备的一种组合应用形式，多个子架通过集群交叉板互连组成电层调度资源池，实现子架槽位、单板资源共享，业务跨子架调度更方便。OTN集群对外体现为一个网元，便于用户对设备进行管理和维护，实现业务端到端一站式配置和监控，能有效降低维护成本。

OTN业务子架与集群交换框的交叉板之间通过子架间互连光纤连接，形成多个交叉平面，业务子架的业务可通过交叉平面调度到其他业务子架。OTN集群交叉实现原理如图1所示。

2.2.2 OTN集群应用价值

a）多子架协同调度：与传统OTN相比，OTN集群模式通过子架间集群交叉板互连可实现多子架业务调度，无需新增子架间用于互连的业务单板，提升网络资源利用效率。OTN集群与传统OTN业务调度对比如图2所示。

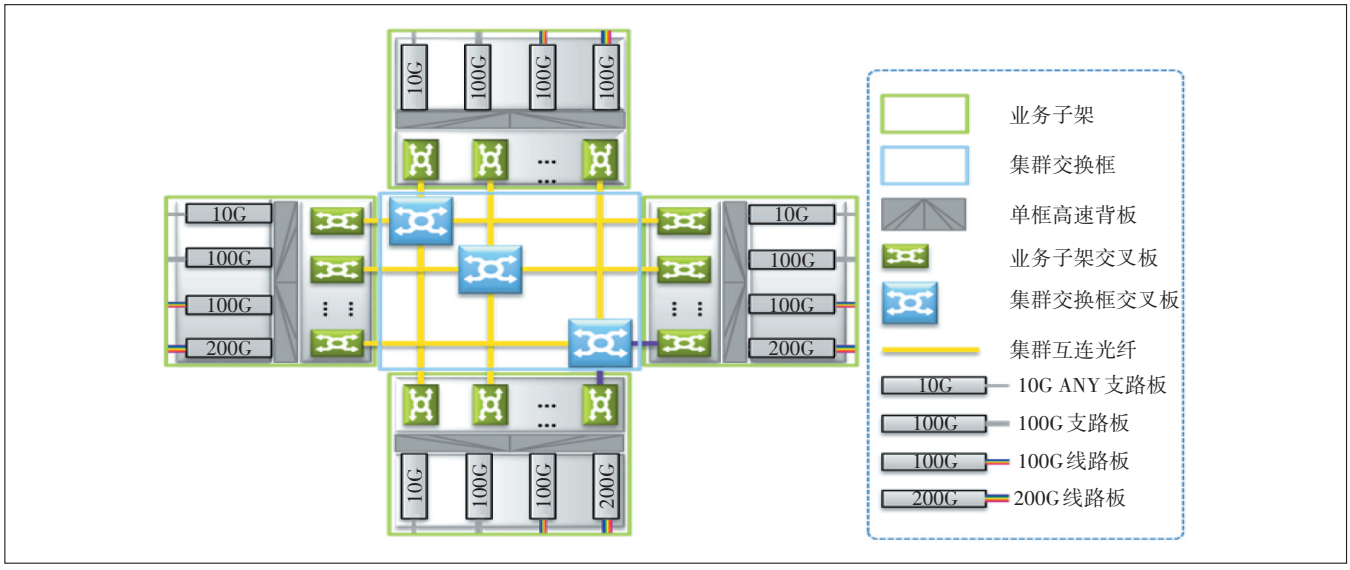

图1　OTN集群交叉实现原理

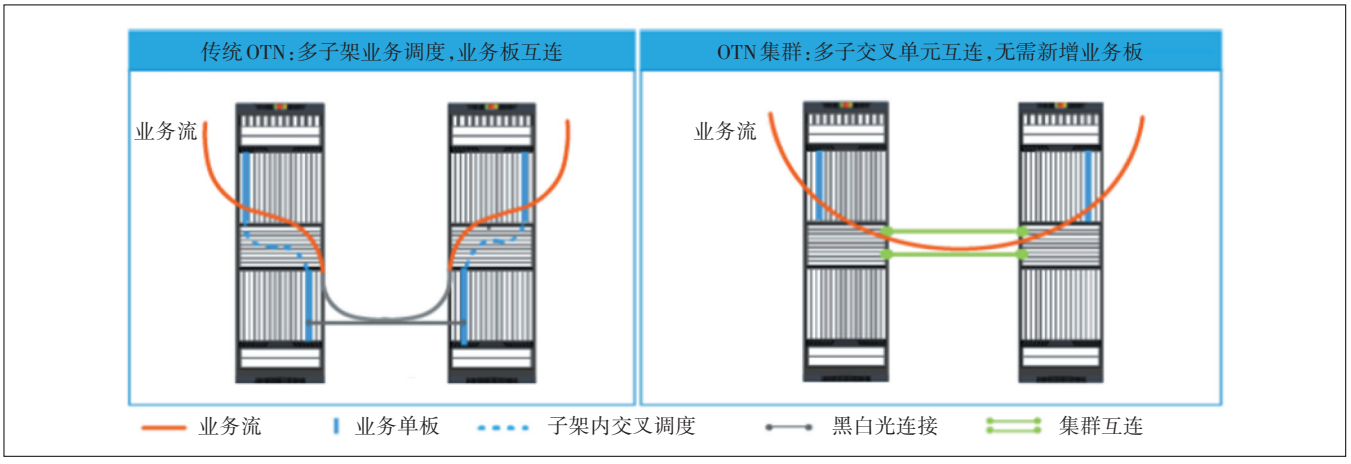

图2　OTN集群与传统OTN业务调度对比

b）资源共享，简化规划：OTN集群模式通过将多台OTN设备互相连接组成电层资源池，槽位完全共享，只需考虑业务板卡的带宽即可进行业务规划。传统OTN业务规划如图3所示。OTN集群业务规划如图4所示。

c）容量按需扩展：早期阶段容量需求不高时，可先配置容量适当的OTN集群，后续只需按需增加业务子架即可满足节点容量扩展需要。OTN集群容量扩展如图5所示。

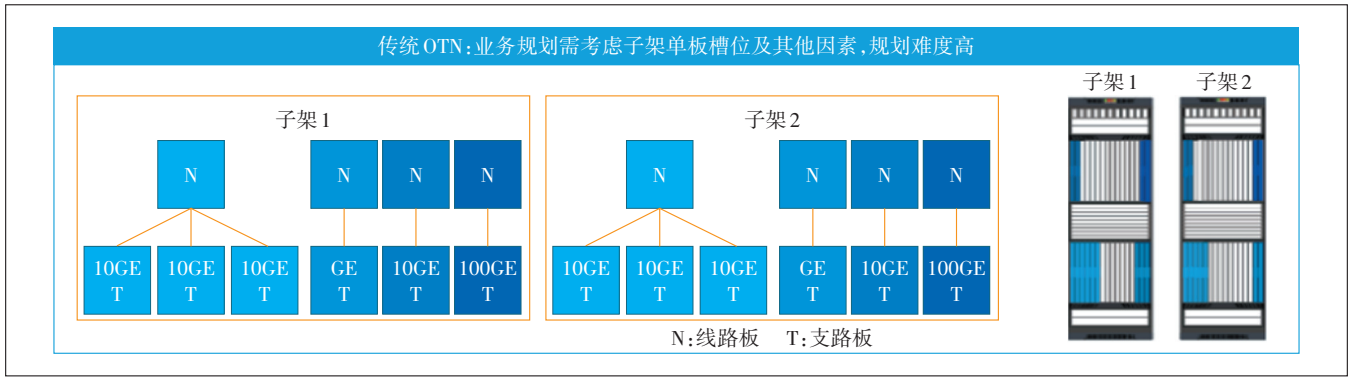

图3　传统OTN业务规划示意

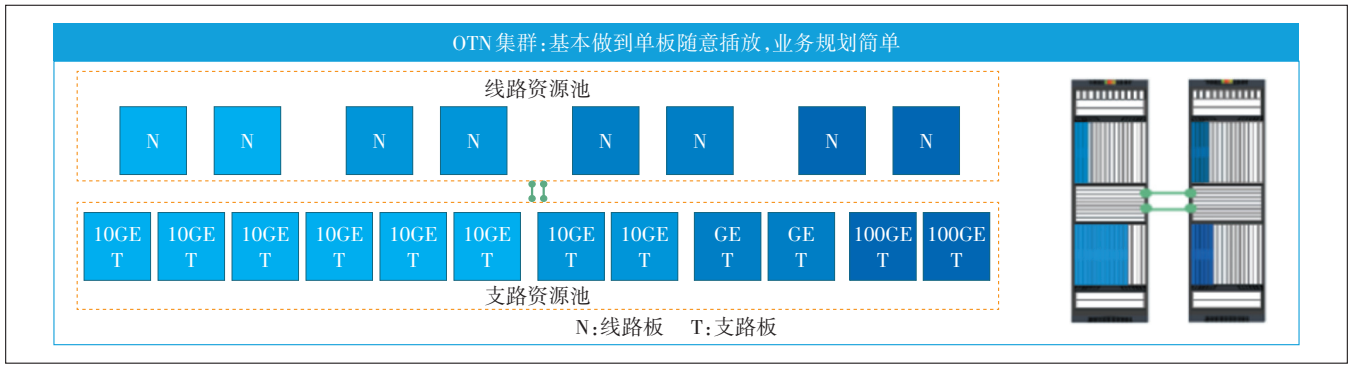

图4　OTN集群业务规划示意

2.3 OTN集群实现方式

目前国内主流厂家OTN集群技术实现方式主要有2种：背靠背集群和“*M*+*N*”（*M*表示集群交叉框数量，*N*表示与集群交叉框互联的业务子框数量）集群。

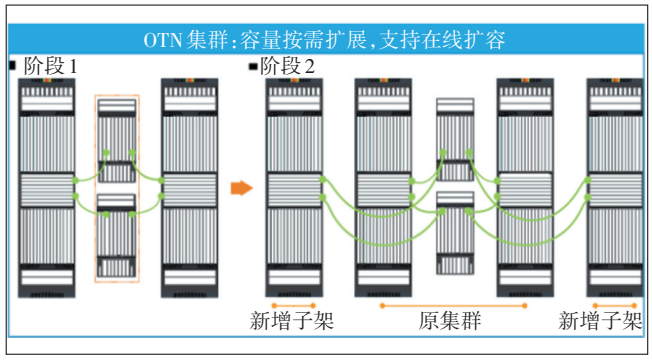

图5　OTN集群容量扩展示意

2.3.1 OTN背靠背集群

2个业务子框的所有交叉板通过高速互联光纤背靠背互联，组成1个OTN集群网元，实现2个业务子框间的跨框业务调度。OTN背靠背集群实现方式如图6所示。

2.3.2 “*M*+*N*”集群

图6　OTN背靠背集群实现方式

*N*个业务子框的所有交叉板与*M*个集群交叉框上的集中交叉板通过高速互联光纤连接，组成一个OTN集群网元，实现任意业务子框间的跨框业务调度。“*M*+*N*”集群实现方式如图7所示。

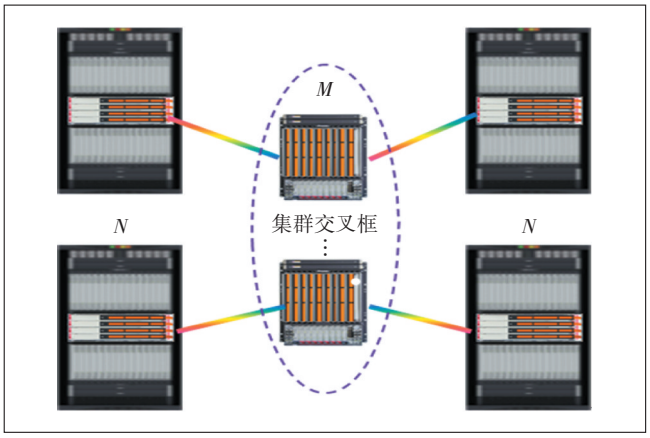

图7 “*M*+*N*”集群实现方式

国内主流厂家OTN集群设备交叉容量和支持框间带宽等设备能力如表1所示。

表1 国内主流厂家OTN集群设备能力

厂家	集群方式	交叉容量	支持框间带宽
厂家1	背靠背	32T/64T	2T~16T
	2+*N*集群（*N*=2~8）	32T~256T	4T~16T
厂家2	背靠背	32T/64T	16T/32T
	M+*N*集群（*M*=1~3，*N*=2~12）	64T~192T	16T/32T
厂家3	背靠背	38.4T	20T
	2+*N*（*N*=2~16）	38.4T~307.2T	20T~80T

3 OTN集群应用场景研究

3.1 大容量骨干核心节点应用场景

现网中骨干核心一般会与省干核心、本地核心等多个汇聚环互联，往往形成超大容量的核心节点。目前，在骨干核心节点机房一般通过多个电交叉子架业务板卡互联，扩展交叉容量及槽位资源，以满足业务及层间业务转接需求。此方式需占用业务板卡槽位资源，其成本、功耗和易用性均较差。

可在大容量骨干核心节点，配置OTN集群设备，通过业务子框的集群交叉板互联，不占用业务槽位资源，容量可按需扩展。大容量核心节点集群应用场景如图8所示。

3.2 跨环核心节点业务调度场景

目前运营商省内OTN网络大部分仍采用分环路设置电子架的方式，不仅工程投资增大，而且造成OTN资源利用率低、网络结构复杂，跨环专线业务调度需要通过不同电子架间配置业务板卡互联实现。当跨框/跨环业务量大时，网络规划复杂，维护难度大。

省内跨环（同厂家）的核心节点，省干、本地可通过共用OTN集群电子架实现业务灵活调度和交叉容量扩展。OTN集群初期需要配置集群交叉框，集群交叉框和业务子框通过交叉板互联，节省业务槽位和互联业务板卡，OTN集群容量可实现按需扩展。跨环业务可通过集群交叉框实现任意框间业务灵活调度，减少转接和业务槽位占用，节省工程投资。省内跨环核

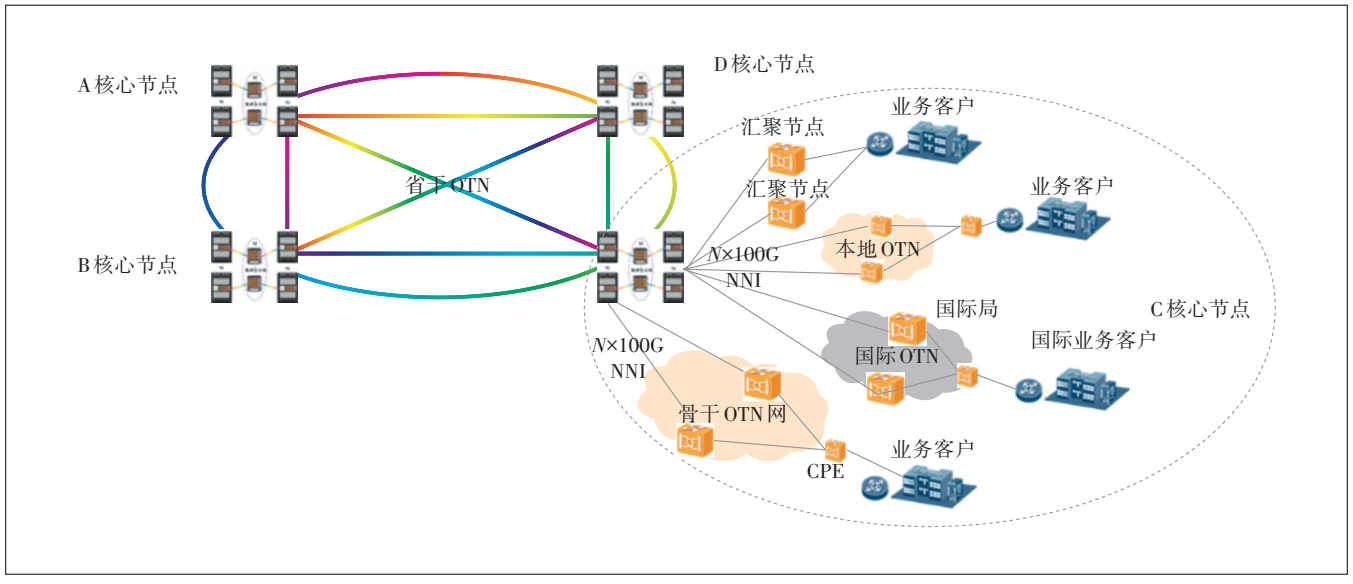

图8 大容量核心节点集群应用场景

心节点集群应用场景如图9所示。

3.3 缓解机房局部热点场景

随着带宽需求的快速增长，为了满足业务传输需求，OTN传输设备需要更高的集成度和更大容量。但随之而来的OTN传输设备的供电和散热压力日益加大，这和当前低功耗密度的传输机房现状以及相对滞后的相关规范要求形成矛盾。尤其是OTN电交叉设备单框满配功耗基本都超过5 kW，问题尤为突出，给运营商的网络建设与维护带来了巨大挑战。

传统OTN背靠背无法实现多个业务子框间的灵活交叉调度，多个线路方向的业务单板只能插放在同一个业务子框上，会导致单子框功耗密度高，容易造成机房局部热点。而OTN集群可以通过把不同线路方向的业务单板分散插放在不同业务子框上，可以灵活分摊功耗，降低功耗密度，避免单机架功耗过高导致机房局部热点，解决了OTN设备的容量增长和可部署性的矛盾。

需要指出的是，OTN集群解决机房局部热点问题，是通过分散业务板卡来降低单机架的功耗密度，从而降低机房局部区域发热量，缓解机房区域散热压力。对于高功耗设备的散热问题，还是需要从本质上提升设备芯片性能、降低芯片功耗并优化机架散热设计。缓解机房局部热点应用场景如图10所示。

4 OTN集群优劣分析及现网部署策略

4.1 OTN集群技术优劣分析

为了进一步分析OTN集群现网应用价值，从业务调度、资源规划、业务容量、满配功耗、机房空间、可扩展性、传输局限性等维度对传统OTN灰光互联、背靠背OTN集群、“*M*+*N*”集群的优劣进行了对比分析，OTN集群与传统OTN优劣对比如表2所示。

4.2 OTN集群成本分析

在不考虑相同框间带宽配置的情况下，背靠背OTN集群成本要高于传统OTN背靠背灰光互联。影响成本的主要因素是集群交叉板间互联CXP2 AOC光纤（包含CXP2光模块和AOC光纤）的成本。与背靠背集群和传统OTN背靠背灰光互联相比，“*M*+*N*”集群的成本相对更高，主要是因为初期预配置“*M*”个集群交

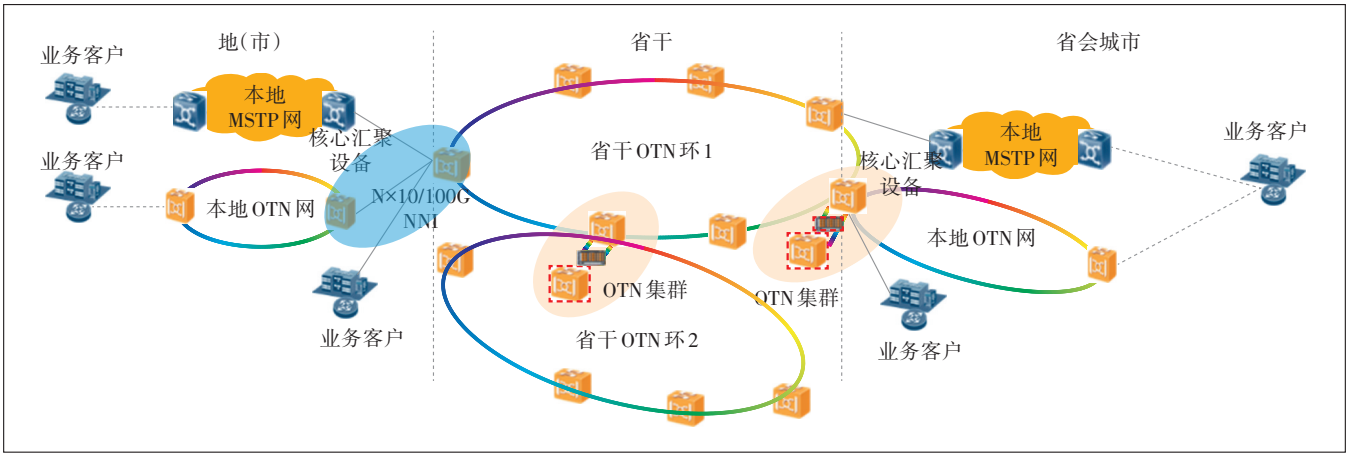

图9 省内跨环核心节点集群应用场景

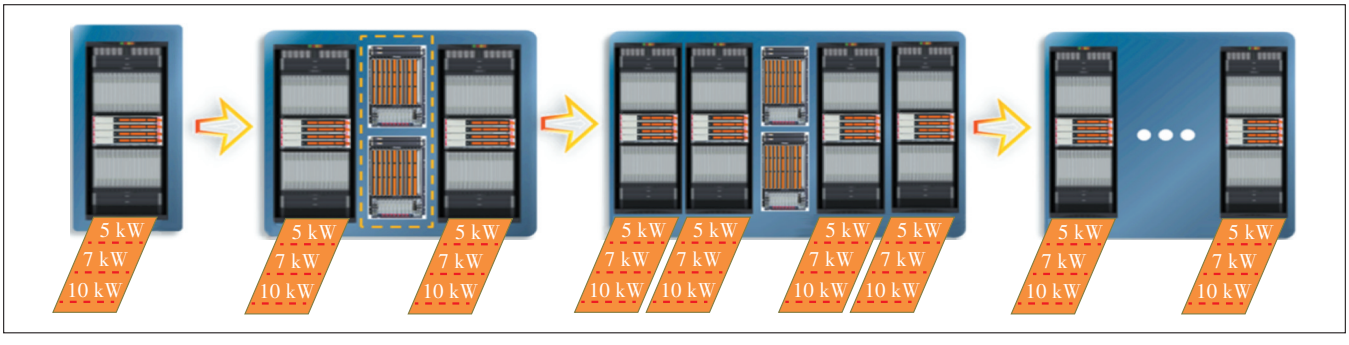

图10 缓解机房局部热点应用场景

表2　OTN集群与传统OTN优劣对比

项目类别	传统OTN灰光互联	背靠背OTN集群	“*M*+*N*”集群
业务调度	单子框内业务调度，资源隔离，子框间通过100G线路板互联实现业务调度	不需配置集群交换框，2个业务子框通过集群交叉板互联实现框间业务灵活调度	业务子架的交叉板与集群交换框交叉板通过使用高速光纤互连，实现框间业务调度
资源规划	板卡和槽位都是单各业务子框内管理和规划，框间业务量大时，规划难度大	子框间板卡和槽位都是共享的，规划简单	子框间板卡和槽位都是共享的，规划简单
业务容量	子框间业务板互联占用业务槽位，可配置总的业务容量减少	子框间通过集群交叉板互联，不占用业务子框槽位	子框间通过集群交叉板互联，不占用业务子框槽位
满配功耗（子框槽位板卡满配和含模块互联光纤满配）	单子框满配功耗×*N*	单子框满配功耗×2+互联光纤（含模块）功耗	单子框满配功耗×*N*+集群交叉框满配功耗×*M*+互联光纤（含模块）功耗
占用机房空间（600×300/机架位）	机架位×*N*	2个机架位	额外配置集群交叉框，占用机房空间增大*N*+*M*/2个机架位
可扩展性	原有业务子框槽位不足时，只能新增子框，通过线路板与原有子框互联，可扩展性差	未配置集群交叉框，升级为“*M*+*N*”集群会影响已有业务，扩展性不强	可按需配置新增业务子框，不影响已有业务，扩展性强
传输局限性	子架间传输距离<1 km	集群交叉板高速互联光纤CXP2 AOC目前最长支持100 m	集群交叉板高速互联光纤CXP2 AOC目前最长支持100 m

注：表中“*M*”表示集群交叉框的数量，“*N*”表示业务子框的数量。

叉框和框间互联CXP2 AOC光纤的成本。

OTN集群通过集群交叉板间互联实现业务灵活调度，不占用业务子框槽位，相比传统OTN灰光互联，随着框间业务的增多总业务容量有明显的提升。因此，为了更客观地分析OTN集群和传统OTN成本，需要不同框间带宽场景下对OTN集群与传统OTN的单个业务槽位平均成本进行对比。本文仅以背靠背OTN集群、“2+2”集群和传统OTN背靠背灰光互联为例，建立OTN设备成本测算模型，通过跨框灰光互联占用容量、公共部分及互联总成本、单个业务槽位平均成本等3个参数进行成本测算对比，OTN集群与传统灰光互联OTN成本测算模型如表3所示。

OTN集群与传统OTN灰光互联成本对比如图11所示。

通过OTN设备成本测算模型，对比背靠背OTN集群、“2+2”集群和传统OTN灰光互联3种设备类型可以发现，当框间业务带宽大于700G时，背靠背OTN集群在成本和容量方面都比传统OTN灰光互联更具优势。当框间业务带宽大于1.2T时，“2+2”集群在成本和容量上优于传统OTN灰光互联，但是劣于背靠背OTN集群。但是“2+2”集群在容量灵活扩展方面优于背靠背集群，而且随着后期业务子框的增加，“2+*N*”集群的成本会进一步降低。OTN集群适合在大容量核心节点或者跨环业务量大的核心/汇聚节点部署应用。

4.3 OTN集群现网部署策略

通过以上分析，综合考虑业务发展、设备交叉容量、可扩展性和设备成本等因素，在大容量核心节点、跨环业务调度等场景部署OTN集群，组成容量按需扩展电层调度资源池，实现单板和槽位资源共享和业务

表3　OTN集群与传统灰光互联OTN成本测算模型

设备形态	模型参数	实际业务槽位数量	框间带宽100G	框间带宽700G	框间带宽800G	框间带宽1T	框间带宽1.2T	框间带宽1.3T
背靠背灰光互联	跨框灰光互联占用容量/（Gbit/s）	2×*X*−*Y*	200	1 400	1 600	2 000	2 400	2 600
背靠背集群		2×*X*	0	0	0	0	0	0
“2+2”集群		2×*X*	0	0	0	0	0	0
背靠背灰光互联	公共部分及互联总成本/万元	2×*X*−*Y*	26	62	68	80	92	98
背靠背集群		2×*X*	80	80	80	80	80	80
“2+2”集群		2×*X*	150	150	150	150	150	150
背靠背灰光互联	单个业务槽位平均成本/（万元/个）	2×*X*−*Y*	0.42	1.24	1.42	1.82	2.30	2.58
背靠背集群		2×*X*	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
“2+2”集群		2×*X*	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34	2.34

注：①表中*X*表示子框总槽位数（*X*以32为例进行测算分析），*Y*表示框间灰光互联占用槽位数量。
②公共部分及互联总成本，其中互联成本参考国内主流厂家100G单端口平均成本计算。
③单个业务槽位平均成本（万元/个）=公共部分及互联总成本/实际业务槽位数量。

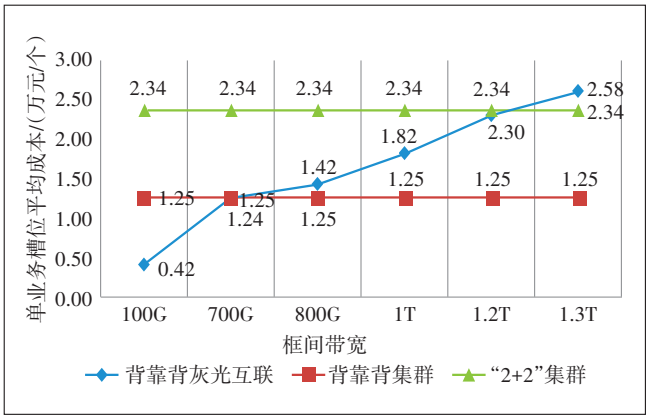

图11　OTN集群与传统OTN灰光互联成本对比

跨子框灵活调度，能够高效疏导节点流量、提升节点和网络价值，降低TCO。OTN集群的应用也为解决机房局部热点问题提供了新的思路。

a）对于业务需求大且增长迅速，单端OTN设备容量难以满足的国际/骨干核心节点，考虑到后期容量扩展性，可按预配置背靠背集群或“*M*+*N*”集群，业务子架按需配置。

b）省内同厂家跨多环且业务需求大的核心节点，各省根据自身业务发展情况，考虑预配置背靠背集群或“*M*+*N*”集群，业务子架按需配置，同厂家所有环路共享OTN集群电子架。

c）现网已经分环单独配置多端OTN电子架，而且业务量大的核心节点，具备改造配置OTN集群条件的，建议对电子架进行优化整合为背靠背集群或“*M*+*N*”集群，优化网络结构，提升网络效益。

d）对现网制冷条件受限，容易出现局部热点的节点，可通过部署背靠背集群或“*M*+*N*”集群的方式灵活分摊功耗，降低功耗密度，从而避免单机架功耗过高导致机房局部热点。

5 总结

大业务流量与OTN网络逐步Mesh化，驱动OTN节点从单子架向多子架发展演进。OTN集群通过对OTN设备组合互联，逻辑上形成了数倍于单机的大容量调度资源池，满足未来网络对传输设备的超大带宽、灵活调度的要求。OTN集群在大容量核心节点、跨环业务调度、缓解机房局部热点等场景必然会有越来越多的应用。仍需进一步降低OTN集群的部署成本和集群设备功耗，提升集群设备可靠性，这将是影响OTN集群大规模应用的关键因素。

参考文献：

[1] 孙冀，戴广翀，杨天普，等. OTN集群技术工程应用研究[J]. 电信工程技术与标准化，2019，32(3)：81-86.
[2] 张成良，李俊杰，马亦然，等. 光网络新技术解析与应用[M]. 北京：电子工业出版社，2016：20-47.
[3] 王健，魏贤虎，易准，等. 光传送网(OTN)技术、设备及工程应用[M]. 北京：人民邮电出版社，2016：170-195.
[4] 中华人民共和国工业和信息化部. 分组增强型光传送网(OTN)设备技术要求：YD/T 2484-2013[R]. 北京：人民邮电出版社，2013.
[5] 中华人民共和国通信行业标准. 光传送网(OTN)网络管理技术要求：YD/T 2149.4-2011[R]. 北京：人民邮电出版社，2011.
[6] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 光传送网(OTN)工程技术标准：GB/T 51398-2019[R]. 北京：中国计划出版社，2019.
[7] 贺石嘉，侯扬. 基于OTN新技术在干线传输网中的应用[J]. 通信电源技术，2019，36(6)：245-246.
[8] 刘蓓蕾，强浩. 省干OTN组网方案及新技术应用研究[J]. 电信科学，2019，35(A01)：95-100.
[9] 陈晓娇，张红，王海军. 全光传送网的关键技术与解决方案研究[J]. 邮电设计技术，2013(8)：47-51.
[10] 黄善国，张杰，韩大海，等. 光网络规划与优化[M]. 北京：人民邮电出版社，2012.
[11] 王丽琼，张红，苏焕. 本地网核心汇聚层WDM/OTN问题探讨[J]. 邮电设计技术，2018(3)：72-78.
[12] 汪洲燕，王岩，王睿. 基于基础架构的PEOTN组网应用研究[J]. 邮电设计技术，2015(3)：26-30.
[13] 简伟，马小梅，师严，等. 面向城域综合承载的分组增强型OTN技术及应用需求研究[J]. 邮电设计技术，2015(3)：16-19.
[14] 满祥锟，支春龙，吕洪涛，等. 分组增强型OTN技术的城域专线应用探讨[J]. 邮电设计技术，2018(4)：38-41.
[15] 韦乐平，张成良. 光网络——系统、器件与联网技术[M]. 北京：人民邮电出版社，2006.
[16] 陆闻静，刘彤，刘贤松，等. 智能化SDN波分网络部署研究[J]. 邮电设计技术，2019(1)：26-30.
[17] 韩磊，刘太蔚，刘蛟，等. 浅析OTN网络建设的若干问题[J]. 邮电设计技术，2018(8)：79-83.
[18] 胥俊丞，李相前. PeOTN设备应用场景及现网引入策略浅析[J]. 邮电设计技术，2015(5)：69-74.

作者简介：
刘建新，毕业于西安电子科技大学，工程师，硕士，主要从事长途传输网络的规划、咨询、设计及新技术研究相关工作；赵满良，毕业于武汉大学，工程师，硕士，主要从事长途传输网及国际传输网的规划、咨询、设计及新技术研究相关工作；黄为民，毕业于南京邮电大学，高级工程师，长期从事光纤通信网工程咨询、规划、设计、技术服务工作；陈晓娇，毕业于石油大学，高级工程师，学士，主要从事长途传输网络的规划、咨询、设计及新技术研究相关工作。