



乡镇 OTN 规划及组网架构分析

陈文悦¹, 陈毓能², 陈骋², 张廷静²

(1. 中国移动通信集团广西有限公司, 广西 南宁 530028;

2. 华信咨询设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘要: 光传送网络凭借其技术优势已成为传送网络的主流技术之一。前期的 OTN 网络主要部署在县城及以上层级, 伴随乡镇、农村家庭宽带业务的大力发展, 需要将 OTN 下沉至乡镇层级, 以满足乡镇、农村的大容量业务发展需求。基于家庭宽带业务的发展情况, 提供多种乡镇 OTN 系统容量测算方式并分析得出最佳的乡镇 OTN 系统组网架构, 为后期乡镇 OTN 建设提供参考和思路。

关键词: 乡镇 OTN; 容量测算; 组网架构

中图分类号: TN913

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020026

Analysis of rural OTN network planning and networking architecture

CHEN Wenyue¹, CHEN Yuneng², CHEN Cheng², ZHANG Tingjing²

1. China Mobile Group Guangxi Co., Ltd., Nanning 530028, China

2. China Comservice Huaxin Consulting Co., Ltd., Hangzhou 310014, China

Abstract: Optical transport network has become one of the mainstream technologies for transport networks with its technological advantages. The previous OTN was mainly deployed in the county and above. With the vigorous development of family broadband services in rural, it is necessary to sink OTN to the level of rural to meet the needs of rapid development in rural areas. Based on the development of family broadband services, a variety of rural OTN system capacity measurement methods were provided and the best rural OTN system networking architecture was analyzed, which could play the reference and thought for the rural OTN in the related future research.

Key words: rural optical transport network, capacity calculation, network architecture

1 引言

目前, 中国各大运营商皆在大力发展家庭宽带业务, 伴随家庭宽带业务范围的不断扩大, 主要建设区域逐渐从市区县城向乡镇农村及偏远地

区转移。乡镇农村家庭宽带业务所需带宽容量不断增加, 故需要将光传输网络 (optical transfer network, OTN) 系统下沉至乡镇级别来满足家庭宽带业务发展需求。

以下基于某省乡镇农村家庭宽带业务发展现



状, 结合该省未来发展需求, 提出多种乡镇 OTN 系统容量测算模型并分析得出最优的组网架构, 使得乡镇 OTN 系统能够与业务发展相适应, 为该省乡镇农村的业务持续发展奠定基础。

2 乡镇 OTN 系统配置模型

乡镇 OTN 系统主要承载乡镇的家庭宽带业务, 总体组网架构如图 1 所示。乡镇 OTN 系统容量必须满足家庭宽带业务的发展需求, 系统带宽的测试方式主要有两种, 分别是基于家庭宽带业务忙时户均速率测算和基于无源光网络 (passive optical network, PON) 中的光线路终端 (optical line terminal, OLT) 设备上联至县城宽带远程接入服务器 (broadband remote access server, BRAS) 的电路数量计算, 以下将结合某省实际情况对两种预测方式进行阐述。

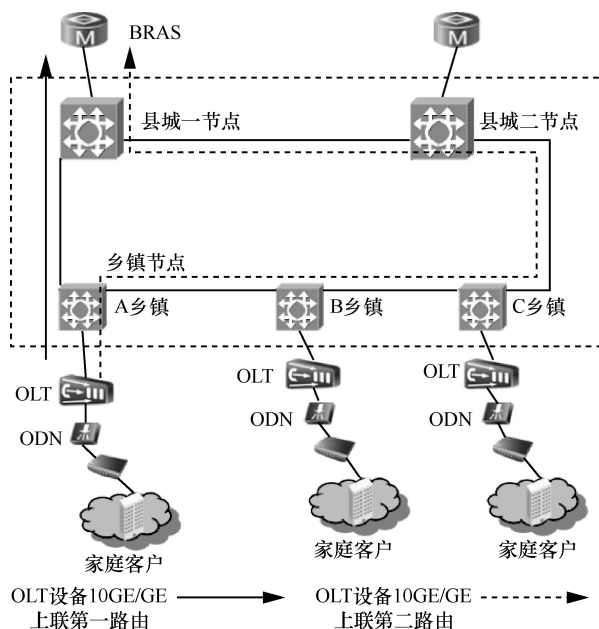


图 1 乡镇 OTN 承载业务示意图

2.1 方式 1: 基于家庭宽带业务需求测算

测算思路: 先基于用户模型测算出未来几年家庭宽带用户户均忙时流量, 再结合家庭宽带用户发展预测, 推导出乡镇 OTN 承载需求。

家庭宽带业务忙时户均速率计算式如下:

$$S = S_n + S_v \quad (1)$$

其中, S 为忙时户均总速率, S_n 为上网业务忙时户均速率, S_v 为视频业务忙时户均速率。

$$S_n = (\alpha_{n_1} S_{n_1} + \alpha_{n_2} S_{n_2} + \alpha_{n_3} S_{n_3}) \cdot \beta_n \quad (2)$$

其中, S_{n_1} 为 100 Mbit/s 以上业务忙时平均速率, S_{n_2} 为 50~100 Mbit/s 业务忙时速率, S_{n_3} 为其他业务忙时平均速率, α_{n_1} 为 100 Mbit/s 以上业务渗透率, α_{n_2} 为 50~100 Mbit/s 以上业务渗透率, α_{n_3} 为其他业务渗透率; β_n 为上网业务并发率。

$$S_v = (\gamma_{v_1} S_{v_1} + \gamma_{v_2} S_{v_2}) \cdot \alpha_v \beta_v \quad (3)$$

其中, S_{v_1} 为 4K 电视业务忙时平均速率, S_{v_2} 为高清电视业务忙时速率, α_v 为视频业务渗透率; β_v 为视频业务并发率; γ_{v_1} 为 4 K 电视点播业务并发率, γ_{v_2} 为高清电视点播业务并发率。

基于式 (1)~式 (3), 可测算出未来几年的家庭宽带业务用户流量, 受篇幅限制, 仅展示 2019—2020 年的家庭宽带业务预测情况, 见表 1。该省 2019 年年底、2020 年年底家庭宽带户均忙时速率分别为 2.5 Mbit/s 和 3 Mbit/s。

设 N 为家庭宽带用户数, S 为忙时户均总速率, X 为乡镇数量, C 为单乡镇 OTN 所需的带宽, 考虑乡镇 OTN 中带宽利用率为 50%, 则计算见式 (4):

$$C = \frac{N \cdot S}{0.5X} \quad (4)$$

将家庭宽带用户数代入式 (4) 内, 即可测算出平均单乡镇承载家庭宽带业务带宽。同时考虑到 OTN 设备制式, 单块 10GE 板卡端口集成度较小, 可按实际需求配置; GE 板卡端口集成度较高, 每块 GE 板卡通常具有 8 个 GE 端口, 考虑东/西双向均需要配置板卡, 因此 GE 电路配置条数原则上为 16 的倍数。

采用方式 1 测算, 该省各地市单乡镇 OTN 配置电路数见表 2。

2.2 方式 2: 基于 OLT 上联端口需求测算

末端家庭宽带业务通过 OLT 设备与乡镇

表 1 家庭宽带户均流量模型

业务模型	2019 年年底					2020 年年底				
	上网业务			视频业务		上网业务			视频业务	
	100 Mbit/s 以上	50~100 Mbit/s	其他	4K	高清	100 Mbit/s 以上	50~100 Mbit/s	其他	4K	高清
忙时平均速率/(Mbit·s ⁻¹)	1.8	1.2	0.65	20	4	1.9	1.2	0.65	20	4
渗透率	50%	39%	11%	60%		70%	27%	3%	70%	
点播业务占比				27%	73%				30%	70%
并发率	70%			30%		70%			30%	
忙时户均速率/(Mbit·s ⁻¹)	1.0			1.5		1.2			1.8	
忙时户均速率/(Mbit·s ⁻¹)	2.5					3.0				

表 2 方式 1 测算结果

地市	乡镇及农村用户数/万户	乡镇数量/个	2019 年年底家庭宽带户均忙时速率/(Mbit·s ⁻¹)	2019 年年底平均单乡镇所需带宽/(Gbit·s ⁻¹)	2019 年年底平均单乡镇 OTN 配置电路/条	
					10GE 电路	GE 电路
A 市	35	98	2.5	17.86	2	16
B 市	22	97		11.34	2	16
C 市	14	124		5.65	0	16
D 市	15	77		9.74	0	16
E 市	13	122		5.33	0	16

OTN 设备相连,因此能够通过乡镇 OLT 上联电路来测算乡镇 OTN 的电路需求量。

预测 OLT 上联电路的原则是:OLT 上联链路所包含的带宽能够满足任意时间点家庭宽带业务的上行需求,即 OLT 上联链路需要满足全年家庭宽带业务流量最大的时刻。基于中国国情及历年流量情况,春节期间的乡镇、农村家庭宽带业务流量是最大的,故将春节期间的家庭宽带业务流量作为指标,在此基础上进行迭代计算。

单端 OLT 设备上联电路需求预测方式为:

$$O_{\max} = O_b \cdot \delta \quad (5)$$

其中, $O_{\max}$ 为全年家庭宽带业务流量最高值, O_b 为上一年春节期间 OLT 流量, δ 为流量增长系数。基于该省近两年流量的实际增长情况, δ 取值为 3.5, 不同省份可根据自身情况调整该参数。

考虑到 OLT 设备双上联的要求, 初始 OLT

上联链路为 2 条 GE 电路, 当流量超过 0.7 Gbit/s 时, 新增 2 条 GE 电路使得上联电路达到 4 条 GE; 当流量超过 3.5 Gbit/s 时, 将上联链路提升至 2 条 10GE 并释放全部 GE 电路, 计算式为:

$$L_t = 2, O_{\max} \geq 3.5$$

$$L_s = \begin{cases} 2, & 0 < O_{\max} < 1 \\ 4, & 1 \leq O_{\max} < 3.5 \end{cases} \quad (6)$$

其中, L_t 为单套 OLT 设备上联所需的 10GE 电路数, L_s 为单套 OLT 设备上联所需的 GE 电路数。

$$P_t \geq \sum_{i=1}^n L_{t_i} \quad (7)$$

$$P_s \geq \sum_{i=1}^n L_{s_i} \quad (8)$$

其中, P_t 为单乡镇 10GE 电路配置数量, P_s 为单乡镇 GE 电路配置数量, n 为单乡镇中 OLT 设备数量。



综上,某省主要地市的单乡镇 OTN 配置数量见表 3。

表 3 方式 2 测算结果

地市	乡镇数量/个	2019 年年底平均单乡镇 OLT 上联所电路总数/条		2019 年年底平均单乡镇 OTN 配置电路/条	
		10GE 电路	GE 电路	10GE 电路	GE 电路
A 市	98	4	8	4	16
B 市	97	4	2	4	16
C 市	124	4	2	4	16
D 市	77	2	2	2	16
E 市	122	2	2	2	16

2.3 两种测算结果误差分析及对比

理论上,上述两种方式测算所得的乡镇 OTN 配置结果应该较为相近,但从表 2 和表 3 来看,两种测算方式结果偏差较大,其主要原因在于:该省地域较广,农村至乡镇距离较远,OLT 无法集中部署在乡镇,由此部署在各农村的 OLT 数量较多,OLT 上联电路利用率低且所需端口数量较多。倘若 OLT 布局较集中且端口利用率高,则两种方式测算出来的结果将较为接近。

对比两种测算方式,方式 1 的特点是所需收集的基础数据少、测算复杂度低、测算时长短,但测算精准度较低;而方式 2 的测算方式复杂但

测算精准度高。上述两种测算方式的对比结果见表 4。

多数省份运营商在测算乡镇 OTN 系统配置时常选择其中一种方式,然而为确保乡镇 OTN 系统配置的可靠性,建议采用两种方式进行测算,最终以测算结果中的大值进行配置,避免 OTN 系统配置不足导致业务无法正常开通。

3 乡镇 OTN 系统架构

3.1 组网架构理论分析

乡镇 OTN 系统主要承载 OLT 上联至县城 BRAS 的电路。家庭宽带业务按照行政区域进行归属划分,因此本县城内的乡镇/农村 OLT 需要上联至其所归属的县城的 BRAS。需通过测算分析一个乡镇 OTN 系统组建几个乡镇为最佳网络架构,测算方式如下:

$$\begin{cases} Y_1 = \frac{40}{n} \geq a \\ Y_2 = \frac{b}{n} \cdot 2 \leq c \\ Y_3 = \frac{d}{n} \leq e \end{cases} \quad (9)$$

其中, Y_1 表示乡镇 OTN 系统中单乡镇可配置的波道数; Y_2 表示一条光缆路由上乡镇 OTN 系统需要使用的光缆纤芯数量; Y_3 表示单县城节点县城至

表 4 不同测算方式维度对比

对比维度	方式 1	方式 2
基础数据	较少 仅需收集宏观数据:如乡镇数量、用户数量等	较多 需收集微观数据,如省内现网全部乡镇及农村每端 OLT 的实际流量、峰值流量等
测算复杂度	较低 (1) 只需通过公式即可计算出平均单乡镇带宽,较为方便; (2) 以地市为单位进行规划,规划量较小	较高 (1) 需统计省内全部 OLT 现网流量以及未来流量; (2) 需要将每个乡镇内的全部 OLT 设备流量进行求和,工作量较大; (3) 以乡镇为单位进行规划,规划量较大
测算时长	较短 规划方式较为简单且统计量小,所需时长较短	较长 规划方式较为复杂且统计量大,所需时长较长
测算精准度	低 (1) 以地市为单位进行规划,仅能规划出该地市全部乡镇的平均带宽,无法精准到具体的某个乡镇; (2) 若乡镇之间家庭宽带用户数差异较大,则可能出现部分乡镇带宽冗余度过高而部分乡镇流量溢出	高 (1) 以乡镇为单位进行规划,能够精确测算出每个乡镇所需的电路数; (2) 不同乡镇可按需配置电路,提供了个性化配置服务; (3) 避免了流量溢出或冗余过高的情况发生

乡镇 OTN 系统光层子架的数量; a 表示该乡镇 OLT 上联的波道数的最小值, 与 OLT 上联的电路需求和上联方式相关; b 为单路由光缆上的乡镇节点数量; c 为单条乡镇光缆允许使用的纤芯上限, 与单路由光缆可使用的纤芯比例有关; d 表示单县城乡镇节点的总量; e 为光层设备机柜数量, 与设备物理制式参数有关; n 表示单乡镇 OTN 中的乡镇数量。

以下基于第2节中乡镇 OTN 系统配置容量需求, 结合某省的实际情况进行分析, 其他省份可基于自身实际情况调整相关参数。

基于家庭宽带业务发展需求, 后期该省平均单乡镇 OLT 数量增至 4 台, OLT 电路采取双上联的方式, 平均每台各配置 2 条 10GE 电路和 2 条 GE, 此处 a 取 8, 不同区域可根据实际情况取值。

该省具备 2~3 条出县城的路由, 单条路由平均有 8 个乡镇, 故 b 取值 8; $\frac{b}{n}$ 表示单路由上可组建乡镇 OTN 系统的数量, 计算结果向上取整。

该省的乡镇光缆总共具有 24 芯, 考虑与 PTN 系统与其他骨干接入业务共用光缆资源以及预留紧急备用纤芯等需求, 单路由乡镇 OTN 系统最高使用纤芯占比为 50%, 即此处 c 取 12, 不同区域可根据实际情况取值。

该省每个县城下辖 8~18 个乡镇, $d \in [8, 18]$, $\frac{d}{n}$ 表示该县城可组建乡镇 OTN 系统的数量, 计算结果向上取整。县城对接乡镇 OTN 系统光层子架的数量与乡镇 OTN 系统数量相同。

该省采用的主流乡镇 OTN 设备机柜容量为: 电层子架 1 个机柜, 标准机柜最多可容纳 1 个县光层子架和 2 个乡镇光层子架或者 4 个光层子架。考虑机房空间的利用率, 乡镇 OTN 设备机柜数量不超过 3 个, 则光层子架占用机柜数为 2, 此时 e 取 6, 不同区域可根据实际情况取值。

基于实际情况确定了 $a \sim e$ 的参数后, 将 n 值

从 1~8 分别代入计算式, $Y_1 \sim Y_3$ 的变化见表 5。

表 5 条件参数

单个乡镇系统组建的乡镇数量 (n)	单乡镇可配置波道数 (Y_1)	乡镇光缆纤芯需求 (Y_2)	县城至乡镇的光方向数量 (Y_3)
1	40	16	8~18
2	20	8	4~9
3	13.3	6	3~6
4	10	4	4~5
5	8	4	2~4
6	6.7	4	2~3
7	5.7	4	2~3
8	5	2	2~3

乡镇 OTN 的限制条件如下: 考虑后期业务需求, 单乡镇可配置波道数 Y_1 至少在 8, 否则不利于乡镇 OTN 系统扩容, 也无法满足家庭宽带业务的发展需求; 乡镇光缆纤芯需求 Y_2 尽量在 12 以下, 以确保纤芯资源的合理分配; Y_3 尽量在 6 个方向以下, 使得光层子架机柜数量控制在 2 个 600 mm×300 mm 机柜。 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 与 n 的函数关系如图 2 所示。

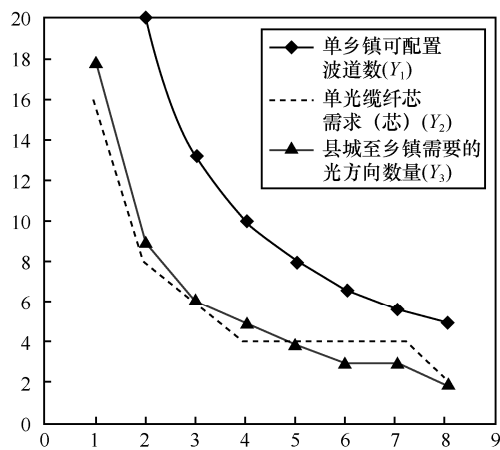


图 2 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 与 n 的函数关系

基于以上限制条件, 得出 $3 \leq n \leq 5$ 。当 $n=1$ 、4 和 8 时, 单个乡镇系统网络结构如图 3 所示。

综上分析, 基于该省实际情况, 以 3~5 个乡镇组建一个乡镇 OTN 系统最为合适。

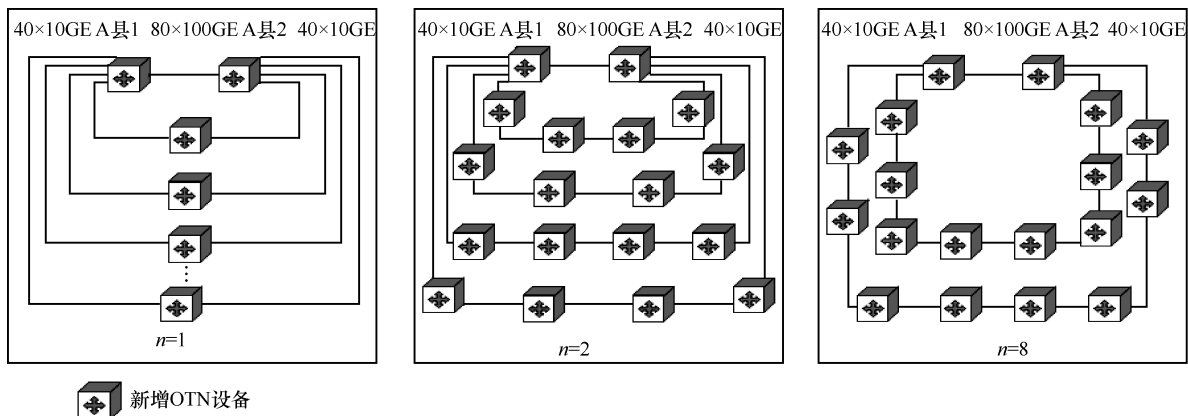


图3 OTN 结构

3.2 主要场景应用分析

考虑到光缆等基础资源和地理位置等存在差异,需要针对实际建设场景制定相应的乡镇 OTN 架构模型。

3.2.1 场景 1

场景 1:全部乡镇节点都能通过光缆直接回联至其行政归属的县城骨干节点。该场景下,参考第 3.1 节论证的最佳架构组网,当同一光缆路由上乡镇节点数量大于 5 个时,可按最佳组网架构数量进行合理拆分。超出的节点可作为跳纤点或光放节点。组网结构如图 4 所示。

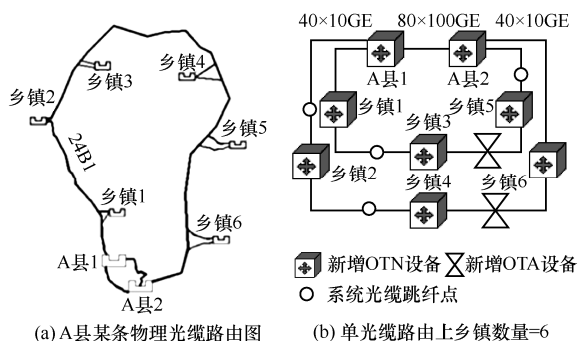


图4 场景 1 网络结构

3.2.2 场景 2

场景 2:部分乡镇受地理位置影响,无法通过光缆回联其行政归属的县城骨干节点机房,需要通过其他县城的光缆绕行。此场景下,可采供两种组网方案,分别如图 5、图 6 所示。

方案 1:本县城的乡镇与对应的县城骨干节点组网,非本县城的乡镇和县城骨干节点都作为跳纤节点或中继节点。

方案 2:在跨县光缆路由上的乡镇和县城骨干节点都作为业务终端站,跨县共同组网,但乡镇业务落地到所属县城的骨干节点设备。

从多个维度对场景 2 两种方案进行分析对比,对比具体见表 6。

综上所述,在场景 2 中,光缆条件理想的情况下,方案 1 优于方案 2;但实际建设中若跨县光缆距离过长,方案 1 中非本县站点作为中继或光缆穿通节点时光缆衰耗值不在允许范围内时,可选择方案 2。

4 结束语

本文通过理论结合实践的方式,以某省份实际业务需求及乡镇分布为例,提出两种乡镇 OTN 带宽测算方式、最佳组网架构以及对应的建设方案。

基于本文分析的结论,乡镇 OTN 系统需要因地制宜的建设,带宽测算模型、应用场景不同,会造成乡镇 OTN 系统完全不同的组网架构及电路配置。本文仅针对某个省份进行详细分析并提出一种通用型的分析思路,不同省份可参考相关分析思路并基于自身实际情况调整参数。

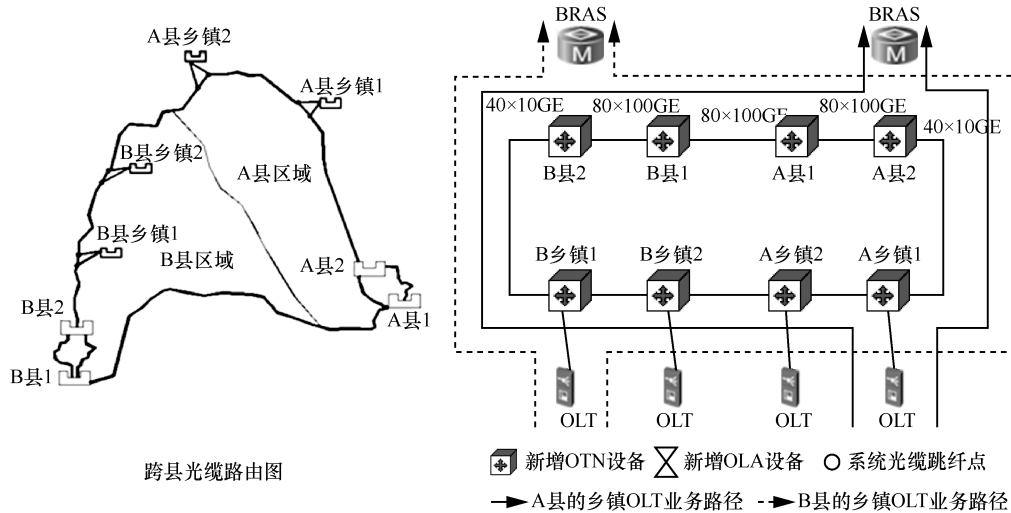
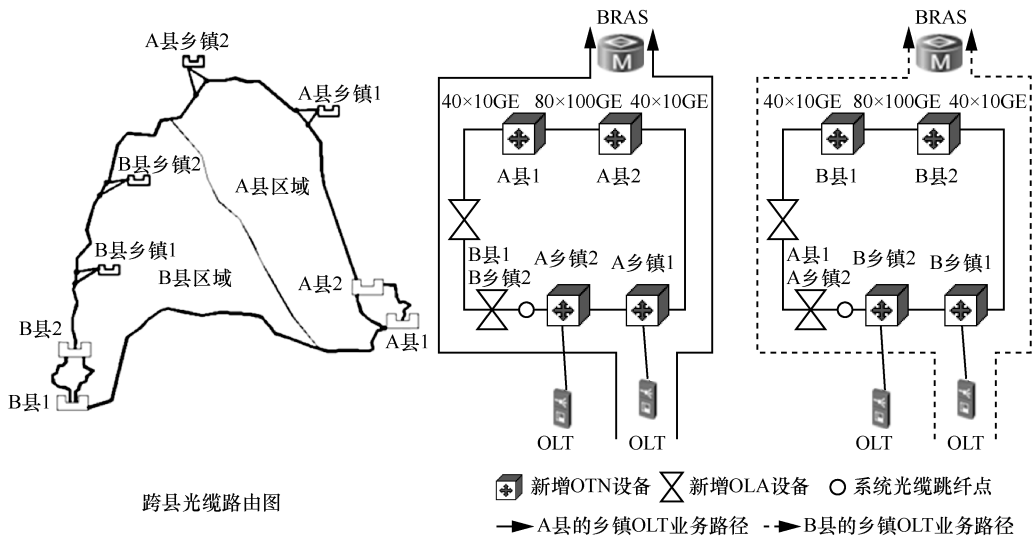


表 6 场景 2 方案对比

对比维度	方案 1	方案 2
建设难度	易	难
维护性能	方便	复杂
资源消耗	多	少

参考文献:

[1] 周璐, 赵一民. 县到乡 OTN 系统建设策略[J]. 电信技术, 2018(8): 75-77.
ZHOU L, ZHAO Y M. OTN system construction strategy between county to township[J]. Telecommunications Technology, 2018(8): 75-77.

[2] 高玉伟, 张峰瑜, 周华清. OTN 技术在县乡传输网中的应用[J]. 中国有线电视, 2017(11): 1283-1286.
GAO Y W, ZHANG F Y, ZHOU H Q. Application of OTN technology in transmission network at county and township[J].

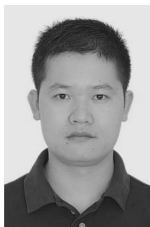


- China Digital Cable TV, 2017(11): 1283-1286.
- [3] 王勇峰, 娄春娇, 刘润宾. 智能光纤监测技术在电力光通信中的应用[J]. 电信科学, 2017, 33(3): 148-155.
WANG Y F, LOU C J, LIU R B. Application of intelligent optical fiber monitoring technology in power optical communication[J]. Telecommunications Science, 2017, 33(3): 148-155.
- [4] 孔弘斌. OTN 系统下沉县乡层面的研究[J]. 中国新通信, 2017, 19(14): 73.
KONG H B. Research on the subsidence of OTN system to county and township level [J]. China New Telecommunications, 2017, 19(14): 73.
- [5] 崔秀国, 刘翔, 操时宜, 等. 光纤通信系统技术的发展、挑战与机遇[J]. 电信科学, 2016, 32(5): 34-43.
CUI X G, LIU X, CAO S Y, et al. Development, challenge and opportunity of optical fiber communication system technologies[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(5): 34-43.
- [6] 张晶晶, 满祥银. 县乡地区 WDM/OTN 网络建设方案探讨[J]. 通信世界, 2016(6): 44-45.
ZHANG J J, MAN X K. Discussion on WDM/OTN network construction scheme in county and township[J]. Communications World, 2016(6): 44-45.
- [7] 孟凡. 低时延光传送网实现方案[J]. 电信科学, 2016, 32(Z1): 238-244.
MENG F. Implementation scheme of low latency for optical transport networks[J]. Telecommunications Science, 2016, 32(Z1): 238-244.
- [8] 李娴. 浅谈县乡波分(OTN)的建设方案[J]. 信息通信, 2015(8): 208-211.
LI X. Discussion on the construction plan of county and township OTN system[J]. Information and Communications, 2015(8): 208-211.
- [9] 徐明月. 如何建设县乡 OTN 综合承载网[J]. 中国新通信, 2015, 17(4): 103-104.
XU M Y. To build county and township OTN comprehensive bearer network[J]. China New Telecommunications, 2015, 17(4): 103-104.
- [10] 万芬. 光传送网(OTN)在县乡层面的应用探讨[J]. 数字通信, 2014, 41(3): 69-72.
WAN F. Discussion on the application of OTN at county and township level[J]. Digital Communication, 2014, 41(3): 69-72.
- [11] 李花宝, 袁中香, 许化栋. OTN 技术在县、乡边缘层传送网中的应用探讨[J]. 山东通信技术, 2013, 33(3): 34-37.
LI H B, YUAN Z X, XU H D. Discussion on the application of OTN technology in county and township edge layer transmission network[J]. Shandong Communication Technology, 2013, 33(3): 34-37.
- [12] 赵海强, 于冬冬. OTN 下沉解决接入层数据业务发展的传输瓶颈[J]. 内蒙古科技与经济, 2011(23): 71-73.
ZHAO H Q, YU D D. OTN sinking to solving the transmission bottleneck of access layer data service development[J]. Inner Mongolia Science Technology and Economy, 2011(23): 71-73.

[作者简介]



陈文悦(1984—), 男, 中国移动通信集团广西有限公司工程师, 主要研究方向为传输网络规划。



陈毓能(1985—), 男, 华信咨询设计研究院有限公司工程师, 主要研究方向为传输网络规划与设计。



陈骋(1991—), 男, 华信咨询设计研究院有限公司工程师, 主要研究方向为传输网络规划与设计。



张廷静(1994—), 女, 华信咨询设计研究院有限公司助理工程师, 主要研究方向为有线接入传输网络规划与设计。