



研究与开发

一种基于类矩形分布模型结合热力图的 市区政企传输网络规划设计方法

南蜀崇, 陈骋, 练汛彪, 汪晗

(华信咨询设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310051)

摘要: 政企集团客户专线业务的电路局向、业务接入点均为客户自行决定, 业务开通存在极大的不可预见性。为有效解决政企客户业务开通的主观性强、调整难度大、周期长及效率低等问题, 搭建典型仿真环境, 构筑类矩形分布模型, 结合热力图提出两种部署策略。仿真分析可知, 相同条件下, 满足覆盖的需求 VC-OTN (VC cross-connecting function with optical transport network) 点数随最大接入距离增大而减小, 客户点覆盖率随部署 VC-OTN 点位增大而增大, 策略 2 (根据成熟度分组覆盖) 部署效益高于策略 1 (优先覆盖热点区域)。满足覆盖率需求时, 理论最小、策略 1 和策略 2 所需 VC 点位数分别为 26 个、58 个和 50 个。为网络系统精准快速建设提供可靠理论指导, 避免盲目部署, 提升部署规划精度, 为后续搭建市区 VC-OTN 节点提供建设参考思路。

关键词: 政企传输网; VC-OTN; 热力地图; 类矩形

中图分类号: TN913

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2022244

A method of planning and designing transmission networks for government and enterprises based on a rectangle-like distribution model combined with heat maps

NAN Shuchong, CHEN Cheng, LIAN Xunbiao, WANG Han

Huaxin Consulting and Designing Institute Co., Ltd., Hangzhou 310051, China

Abstract: The circuit direction and service access point of the special line service for government enterprise group customers are decided by the customers themselves, and the service opening is extremely unpredictable. In order to effectively solve the problems of strong subjectivity, difficult adjustment, long cycle and low efficiency in the service opening of government and enterprise customers, a typical simulation environment and a quasi rectangular distribution model was built, and two deployment strategies combined with the thermal map were proposed. The simulation analysis shows that under the same conditions, the number of VC-OTN (VC cross connecting function with optical transport network) points meeting the coverage requirements decreases with the increase of the maximum access distance, the client point coverage increases with the increase of the deployed VC-OTN points, and the deployment benefit of strategy 2 (group coverage by maturity) is higher than that of strategy 1 (priority coverage of hot spots). When

the coverage requirements are met, the number of VC points required by the theoretical minimum, strategy 1 and strategy 2 are 26, 58 and 50, respectively. This method provides reliable theoretical guidance for the accurate and rapid construction of network system, avoids blind deployment, improves the accuracy of deployment planning, and provides construction reference ideas for the subsequent construction of urban VC-OTN nodes.

Key words: government and enterprise transmission network, VC-OTN, heat map, rectangle-like

0 引言

政企集团客户专线业务是通信运营商未来主要的盈利点之一,但政企集团客户分别从用户规模、单业务带宽、承载形式、业务时延及服务功能等提出了更高的差异化需求^[1],对业务品质提出了更高的要求。

当前,面向政企集团客户专线业务存在主观性强、变量多、不确定性大、突发性强、客户需求多变等因素。传统的政企集团客户专线业务的传输网络采用线性建设流程,即当通信运营商接收政企集客业务需求后,首先对各层级的传输网络进行资源核实,再根据核实结果进行相应的物资采购及设计,最后根据设计进行施工。由此导致网络建设周期长,不利于业务快速开通。传统的传输网络设计方法已经不适用于政企集团客户业务,亟待一种面向该类业务的新型传输网络规划与设计方法。

文献[2]提供了一种部署至重要汇聚层的VC-OTN(VC cross-connecting function with optical transport network)系统,其通过组建接入层客户前置设备(customer premise equipment, CPE)环或CPE直接挂接至汇聚层方式实现。文献[3]中提供了两种基于VC-OTN系统的集客专网组网架构,分别为利旧原有OTN光层建设以及新建光层、电层组网,但两种方案均考虑布放至区县的汇聚层。文献[4]提供了4种场景,分别为接入层同步数字体系(synchronous digital hierarchy, SDH)对接VC-OTN、VC-OTN端到端、分组传送网(packet transport network, PTN)+VC-OTN以及混合组网方式。但针对VC-OTN端到端并未说明以哪种建设节奏和原则部署。文献[5]从存量的SDH业务迁移

角度出发,结合利旧现有城域OTN结构+新建城域OTN规划角度对VC-OTN进行部署。

本文提供一种类矩形分布模型结合热力图的政企传输网络规划设计方法。通过分析高价值政企客户特性出发和典型市区分布特征,搭建典型市区内综合业务区、机房以及客户点仿真环境。基于客户点-业务点接入距离判定,构造一种类矩形分布的单VC-OTN节点覆盖模型,通过类覆盖率面积映射相关性算法,确定一定覆盖率需求的理论最小部署规模等约束条件。分析多VC-OTN节点的客户点覆盖率影响因素,提出结合热力图的2种部署策略。并通过仿真模型探究不同影响因素和部署策略对VC-OTN系统部署效益的影响。

1 政企传输网络系统架构及客户模型

1.1 高价值政企客户特性

5G、家庭宽带等业务,是由运营商基于自身市场发展需求自我明确网络部署的范围、区域以及建设目标,因此能够有规划、有节奏地逐年建设传输网络。但政企集团客户专线业务的电路局向、业务接入点等是每个政企集团客户自行决定的,因此该类业务的规模、位置、容量等存在较大的不可预见性,使政企传输网络很难提前部署。一方面,若提前在全部节点部署,则可能出现无业务承载、设备空载等情况,投资效益差;另一方面,若不提前部署,则当业务需求触发时难以快速开通,影响市场发展。

高价值政企客户作为最高级别的集客专线客户,其主要特性如下。

- 安全性高:需要刚性带宽专线,要求自身业务与其他业务保持刚性带宽隔离。



- 开通速度快：以政务、金融、医疗为代表的高价值客户通常需要在数天至数周内开通专线业务，提供给运营商的建网时间非常短。
- 需求变化频繁：专线业务点位均由客户自行决定且点位需求多变，存在较大人为因素及随机性。

因此，考虑高价值政企客户的特征，本文将对市区全部综合业务区内采用离散均匀分布模型。

1.2 政企传输系统架构

政务、金融、医疗三大行业，占据着高价值专线 60% 以上的市场，是政企市场的龙头行业，受到了运营商重点关注^[1]。VC-OTN 系统是政企传输网的主流技术之一，通过融合 VC 交叉功能的 OTN 技术，解决 SDH 大带宽演进问题以及 OTN 小颗粒承载能力不足的问题，具备满足多种业务速率要求的统一交叉能力^[6]。VC-OTN 实际仅部署到市/县重要层，相对于已部署的 SDH 系统，需接入的汇聚节点相对较少且难以快速满足所有政企业务接入需求。现阶段的 VC-OTN 系统架构如图 1 所示。

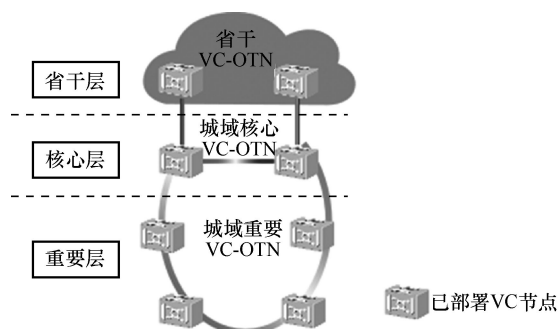


图 1 VC-OTN 系统架构

1.3 市区综合业务区模型

市区区域主要由多个综合业务区紧密组合而成，虽然大多综合业务区由于人为划分、地形等因素呈现各类不规则多边形，但是典型的综合业务区往往结合市区城市道路交通呈现为方格型。密集城区综合业务区覆盖面积为 $2 \sim 5 \text{ km}^2$ ^[7]，综

合考虑市区综合业务区平均面积情况，搭建典型的市区综合业务区大小为 $2 \text{ km} \times 2 \text{ km}$ 、面积为 $\bar{s} = 4 \text{ km}^2$ 的方形区域。则市区总综合业务区面积可表示为 $S(N) = n \cdot \bar{s}$ ，其中， n 为市区综合业务区数量。且根据网络规划业务收敛需求，每个综合业务区至少需具备一个汇聚节点。

此外，实际综合业务区面积与典型面积存在一定差距。但在本模型中，由于高价值政企客户点位采用均匀分布，此面积大小不影响总体客户点分布，但影响该业务区 VC-OTN 部署点位的可选范围，对总体覆盖率为次要影响，本文暂不展开分析。

2 一种基于类矩形分布模型的政企传输网络规划设计方法

2.1 搭建类矩形分布模型

(1) 实际接入距离判定

由于网络点位与客户点通常采用经纬度记录，地图上两点之间的实际距离需要通过经度、纬度之间测算获得。设网络点 A 与客户点 B。实际上，该网络点位至客户点并非直线覆盖，末端光缆往往通过管道、杆路等方式敷设，考虑市区城市规划及道路建设呈方格型，采用棋盘距离作为两点间的物理距离，引入中间点 A'。当 $0 < L \leq L_0$ 时，对应网络点位可覆盖 L 距离下的该客户点位。由于 $L_0 \ll R$ ，地图上实际接入距离可等效为平面模型棋盘距离 L，即：

$$L = L_{AA'} + L_{A'B} \quad (1)$$

考虑政企客户就近接入的特性，往往接入为本综合业务区机房或相邻综合业务区机房，则其可考虑接入距离 $L_0 \leq L_{0\max}$ 如式 (2) 所示，接入距离理论最大值 $L_{0\max}$ 示意图如图 2 所示。

$$L_0 \leq L_{0\max} = L_{AA'\max} + L_{A'B\max} = 3 \text{ km} + 3 \text{ km} = 6 \text{ km} \quad (2)$$

(2) 类矩形单节点模型

根据设定的最大接入距离 L_0 ，获得网络点位

最大覆盖客户点范围。由于实际业务接入光缆距离覆盖受城市房屋用地及道路规划影响, 实际覆盖范围为类矩形, 节点最大覆盖范围类矩形示意图如图 3 所示。

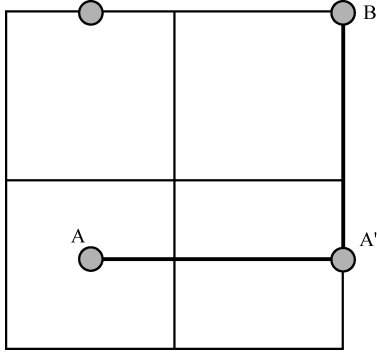


图 2 接入距离理论最大值 $L_{0\max}$ 示意图

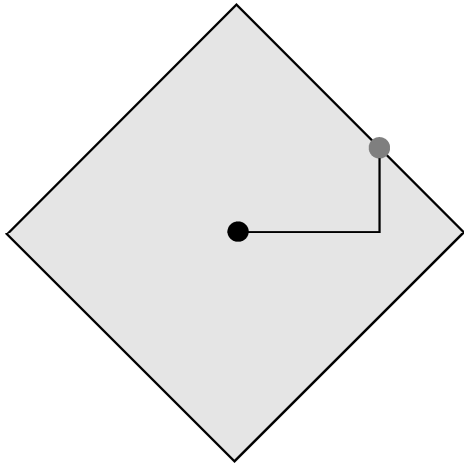


图 3 节点最大覆盖范围类矩形示意图

模型单位网络点位最大覆盖范围可等效为对角线距离为 $2L_0$ 的矩形, 面积 S_0 可近似表示为 $S_0 = 2L_0^2$ 。根据设计经验以及实际投资效益, L_0 不能太大, 太大会导致业务难以就近接入, 影响业务发展; 也不能太小, 太小会导致 M 过大, 投资太大。

结合市区模型, 搭建市区类矩形分布模型如图 4 所示。方形范围为该业务区所有客户点覆盖面积边界, 大颗粒黑点表示该业务区所有汇聚及以上机房部署点位, 类矩形区域为最大接入距离为 L_0 的 VC-OTN 节点的覆盖范围。

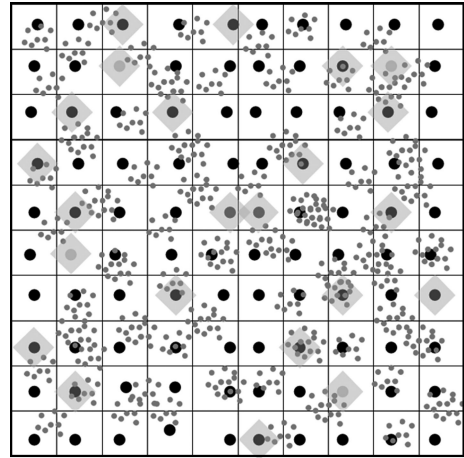


图 4 市区类矩形分布模型

2.2 需求覆盖率的相关约束条件

根据运营公司设定的政企传输网络占有率目标值和转化率计算需求点位覆盖率。运营商的需求点位覆盖率可表示为需求覆盖客户点位数 N_1 与总客户点位数 N 的比值, 即:

$$P_{\text{需求}}(N_1 / N) = N_1 / N \quad (3)$$

根据需求点位数和点位最大覆盖范围获得点位面积覆盖率, 则理论最小覆盖率只需满足式 (4) 即可满足需求客户点覆盖率需求。

$$P_{\text{理论最小}}(N_1 / N) = S(N_1) / S(N) \geq P_{\text{需求}}(N_1 / N) \quad (4)$$

设定 M_0 为最小需求 VC-OTN 点位数, 极端场景下, M_0 个类矩形区域应不存在重叠, 则此网络点位覆盖的面积 $S(N_1) = M_0 \cdot S_0$ 。总客户点位覆盖面积即市区总综合业务区面积。根据上述条件推导理论最小的 VC-OTN 点位数 M_0 如式 (5) 所示。

$$M_0 = \left\lceil \frac{(N_1 \cdot S(N))}{(N \cdot S_0)} \right\rceil = \left\lceil \frac{(N_1 \cdot n \cdot \bar{s})}{(N \cdot 2L_0^2)} \right\rceil \quad (5)$$

其中, $\lceil \cdot \rceil$ 为向上取整符号。即实际需部署的 VC-OTN 点位数存在约束条件 $M \geq M_0$ 。此外, 根据实际项目需求, 可以根据投资等因素, 获得

$$\min\left(\frac{C}{B}, M_{\max}\right) \geq M \geq M_0 \text{ 的进一步约束条件。}$$

2.3 两种不同部署策略的实际点位覆盖率

结合机房点位所有客户点的经纬度信息, 依次



根据接入距离判定式, 计算获得各机房在最大接入距离 L_0 条件的理论可覆盖客户数。通过选取的 M 个机房记录所有实际覆盖客户点位数 N_1 , 结合总客户点数 N 计算实际点位覆盖率, 如式 (6) 所示。

$$P_{\text{实际}}(N_1 / N) = N_1 / N \quad (6)$$

在最大接入距离 L_0 和选取 M 个机房数量固定的情况下, 实际覆盖率同样会受到多个相邻机房重叠覆盖客户点数的影响, 重叠覆盖客户数越多, 实际覆盖率越低。因此, 为尽量提高覆盖率, 本文根据不同场景, 提出了 2 种机房选取策略。

- **策略 1:** 面向需求机房点位数较少, 几乎无重叠覆盖客户的场景。选取单一机房覆盖客户点数最多的前 M 个机房, 优先向热点区域覆盖。
- **策略 2:** 面向机房点位数较多, 重叠覆盖客户数多的场景。在机房点位数较多场景下, 策略 1 的前 M 个机房会存在较多客户点重复覆盖。综合业务区可根据成熟度划分为: 成熟区、部分成熟区、非成熟区, 其分布往往将市区综合业务区环形切分。将单一机房覆盖客户点数依次排列, 切分为相邻的 3 组。当 $M \neq 0(\text{mod}3)$ 时, 剩余机房数量从这 3 组中选取最大的几个机房。

通过预先对政企传输网络提前进行高层级网络部署, 在业务触发后再基于客户实际业务需求进行底层网络部署。

3 仿真分析

采用蒙特卡洛算法验证本文搭建的模型下, 不同机房选取策略的系统性能, 本仿真模型的蒙特卡洛次数为 1 000。其他系统仿真参数设置为: 总客户点位数 $N=5\,000$, 需求客户点覆盖率 $P_{\text{实际}}(N_1 / N) \geq 80\%$, 市区综合业务区总数 $n=100$ 。综合考虑各类业务区的机房选址情况, 各综合业务区内汇聚机房的点位和客户点位模型均采用离散均匀分布。

最小 VC 点位数与最大接入距离 L_0 的关系如图 5 所示。可知, 当 $L_0 \leq 1\,200\text{ m}$ 时, 需求的理论最小 VC 点位数均大于或等于 100 个, 表明即使所有汇聚机房节点作为 VC 点位, 且不考虑重叠覆盖客户点位情况, 依旧无法满足业务接入需求, 需向下一层级推广部署才能满足需求; 当 $L_0 \leq 1\,200\text{ m}$ 时, 需求的理论最小 VC 点随着 L_0 增大, 需求的理论最小 VC 点位数逐步减少且逐渐区域平缓。

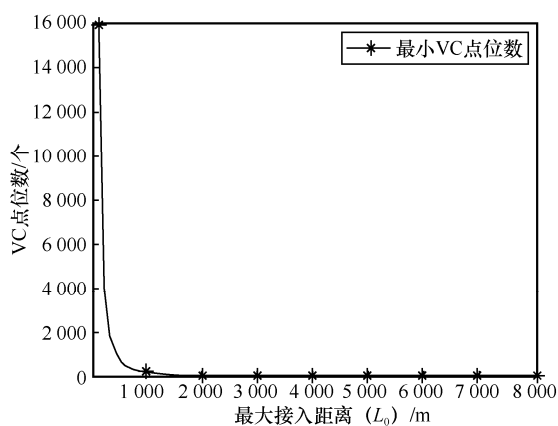
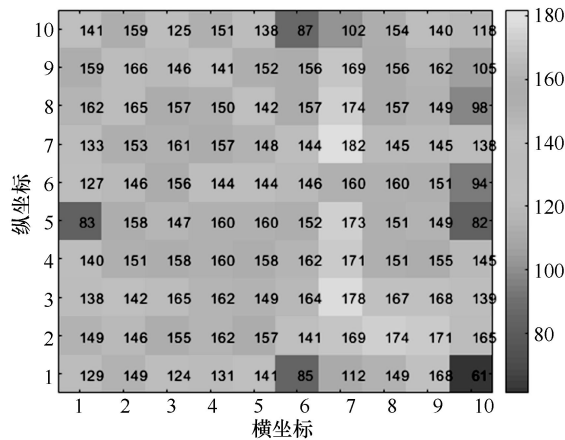
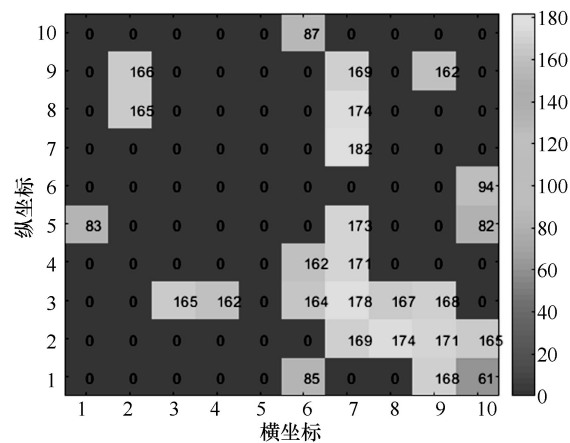


图 5 最小 VC 点位数与最大接入距离 L_0 的关系

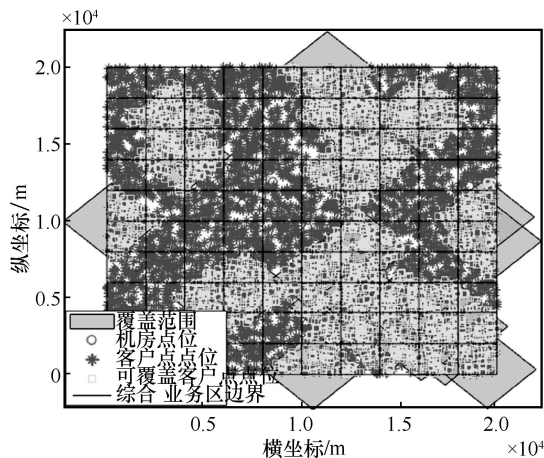
最小接入距离为 2 500 m, VC-OTN 节点数为 26 条件下, 采用策略 2 筛选的机房可覆盖客户点位直观示意图如图 6 所示。图 6 (a) 为本文模型仿真下, 各机房节点若部署 VC-OTN 系统, 基于本文类矩形模型可覆盖的客户点数热力图。图 6 (b) 为图 6 (a) 矩阵下, 采用策略 2 筛选的 26 个机房作为 VC-OTN 节点对应的可覆盖客户点数热流图。可知策略 1、策略 2 的覆盖客户点统计总数分别为 4 340 个、3 867 个, 策略 1 较策略 2 的统计总数大, 但热点区域筛选的节点更加紧密, 重叠覆盖现象更加显著, 导致策略实际可覆盖客户点总数明显低于统计总数。图 6 (c) 为该仿真下客户点位、机房点位、VC-OTN 点位的仿真示意图。通过策略 2 筛选的 VC-OTN 点位相对策略 1 更加分散, 在满足热点部分热点区域高覆盖的同时, 尽量减小重叠覆盖客户数。



(a) 各机房点位理论可覆盖客户点位最大值热力图



(b) 采用策略2筛选的机房可覆盖客户点位热力图



(c) 客户点位、机房点位、VC点位覆盖范围仿真示意图

图6 最小接入距离为2 500 m、VC-OTN 节点数为26 条件下，采用策略2 筛选的机房可覆盖客户点位直观示意图

不同策略下，VC 地位与客户点覆盖率的关系如图7所示。可知，随着VC 点位数增大，客户点覆盖率增大，且增大幅度逐渐放缓。相同VC-OTN 点位数下，策略2 的覆盖率明显高于策略1，在

VC-OTN 点位大于90 个后逐渐趋近。当覆盖率满足80%时，理论最小、策略1 和策略2 所需的最小VC-OTN 点位数分别为26 个、58 个和50 个。

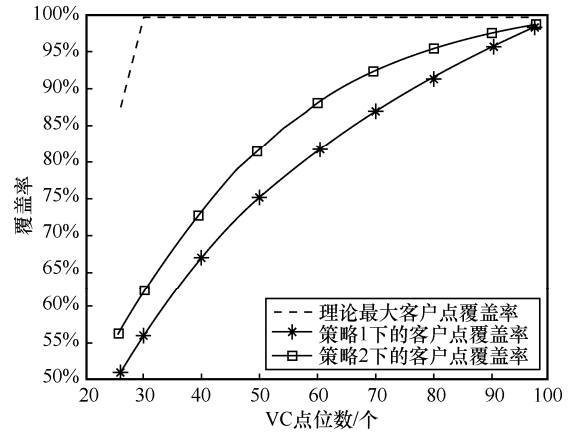


图7 不同策略下，VC 地位与客户点覆盖率的关系

满足80%覆盖率，不同策略下，最大接入距离与VC-OTN 点位数的关系如图8所示。可知，在相同策略下，随着最大接入距离增大，需部署的VC-OTN 点位数减小，且减小趋势逐渐放缓。其中，按照实际策略1、策略2 部署的节点在最大接入距离 L_0 小于或等于1 500 m 时，即使所有站点均部署VC-OTN 节点，也无法满足覆盖率需求。当最大接入距离大于1 400 m 时，策略2 较策略1 下降的趋势更加明显。最大接入距离相同条件下，策略2 较策略1 需要更少的VC-OTN 点位就能满足覆盖率需求。

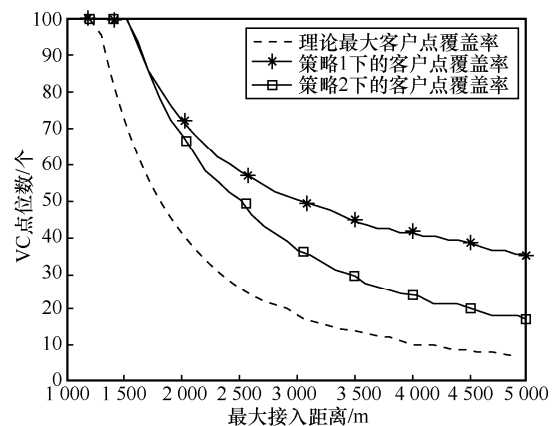


图8 满足80%覆盖率，不同策略下，最大接入距离与VC-OTN 点位数的关系



4 结束语

本文提出的一种基于类矩形分布模型结合热力地图的政企传输网络规划设计方法。通过搭建典型市区仿真环境,探究了 VC-OTN 节点部署数量、策略、最大业务接入距离等影响因素对 VC-OTN 系统部署效益的影响。

为实际网络系统精准快速建设提供可靠理论指导,进一步简化设计复杂度,压缩网络建设周期,加速网络交付速度,实现业务快速开通,避免了盲目部署 VC-OTN 点位,提升了点位部署规划精度,另外,也能提升投资效益。在实际业务触发之前能提前对点位进行部署,对潜在客户进行地理位置梳理,预先对政企传输网络进行高层级网络部署,在业务触发后再基于客户实际业务需求进行底层级网络部署。

同时,本综合业务区、客户点模型是基于分布总体情况搭建的,实际建设与该模型存在一定差距。且实际建设还需考虑建设投资、需求接入率等约束条件限制。在实际应用中,结合实际市区个性化需求,可不断修正系统参数和业务模型,从而提升规划精准度,以适用各种场景。

参考文献:

- [1] 林浩. 面向 CHBN 的政企业务差异化承载策略研究[J]. 广东通信技术, 2021, 41(12): 6-10.
LIN H. Research on chbn oriented government enterprise business differentiation bearing strategy[J]. Guangdong Communication Technology, 2021, 41(12): 6-10.
- [2] 强浩. 浅谈 VC-OTN 技术在传送网中的应用[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32(11): 74-78.
QIANG H. Discussion on VC-OTN transmission technology and application[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2019, 32(11): 74-78.
- [3] 陈常梅, 孙磊, 朱文安, 等. 采用 VC-OTN 建设移动城域集客专网的方案探讨[J]. 通讯世界, 2020, 27(1): 31-32.
CHEN C M, SUN L, ZHU W A, et al. Discussion on the scheme of using VC-OTN to construct mobile metropolitan area passenger network[J]. Telecom World, 2020, 27(1): 31-32.
- [4] 杨曦, 王书勋, 赵林, 等. 基于 VC-OTN 大客户专线精品承载网探讨[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32(3): 87-92.
YANG X, WANG S X, ZHAO L, et al. Discussion on bearing

network based on VC-OTN major client line[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2019, 32(3): 87-92.

- [5] 陆威, 逯向军, 武斌. 基于 VC-OTN 的 SDH 业务迁移方案研究[J]. 广东通信技术, 2021, 41(11): 23-25, 31.
LU W, LU X J, WU B. Research on SDH service migration scheme based on VC-OTN[J]. Guangdong Communication Technology, 2021, 41(11): 23-25, 31.
- [6] 杨新春, 关静. VC-OTN 关键技术及政企专网应用[J]. 中国新通信, 2021, 23(20): 70-71.
YANG X C, GUAN J. Key technology of VC-OTN and application of government enterprise private network[J]. China New Telecommunications, 2021, 23(20): 70-71.
- [7] 陆克娟. 综合业务接入区在 5G 网络规划建设中的应用[J]. 江苏通信, 2020, 36(5): 17-19.
LU K J. Application of integrated service access area in 5G network planning and construction[J]. Jiangsu Communication, 2020, 36(5): 17-19.

[作者简介]



南蜀崇 (1995-), 男, 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。



练汛彪 (1986-), 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。



汪晗 (1995-), 男, 华信咨询设计研究院有限公司助理工程师, 主要研究方向为传输网络规划与设计。