

面向网络极简的架构节点布局

Research on Layout Methodology of
Architecture Nodes for Ultra-Simplified Network

方法论研究

郑维通¹,吕洪涛²,王义涛³,李壮志¹,宋玉利³(1. 中国联通山东分公司,山东 济南 250001;2. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033;3. 中讯邮电咨询设计院有限公司,北京 100048)

Zheng Weitong¹,Lü Hongtao²,Wang Yitao³,Li Zhuangzhi¹,Song Yuli³(1. China Unicom Shandong Branch,Jinan 250001,China;2. China United Network Communications Group Co.,Ltd.,Beijing 100033,China;3. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd.,Beijing 100048,China)

摘要:

针对架构节点布局传统理想方法存在的可操作性低的问题,在分析架构节点布局影响因素的基础上,提出一套基于统一量化数学模型的架构节点布局优化方法论,重点解决如何快速评估架构节点覆盖能力与承载能力合理性的难题,为电信运营商优化架构节点布局、实现降本增效提供科学决策依据。

关键词:

极简网络;架构节点;布局优化;覆盖能力;承载能力

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.06.003

文章编号:1007-3043(2026)06-0015-06

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:

Aiming at the poor operability of conventional ideal methods for architectural node layout, it analyzes the key influencing factors and proposes a set of optimization methodology for architectural node layout based on a unified quantitative mathematical model. It focuses on solving the difficult problem of how to quickly evaluate the rationality of coverage capacity and carrying capacity of architectural nodes, so as to provide a scientific decision-making basis for telecom operators to optimize architectural nodes layout, reduce costs, and improve operational efficiency.

Keywords:

Ultra-simplified network; Architectural nodes; Layout optimization; Coverage capacity; Carrying capacity

引用格式:郑维通,吕洪涛,王义涛,等. 面向网络极简的架构节点布局方法论研究[J]. 邮电设计技术,2026(6):15-20.

0 引言

在“新基建”与“双碳”战略的双重驱动下,通信网络正经历从规模扩张向质量效益转变的关键转型期。近年来,随着5G、千兆光网、算力网络等新型基础设施的大规模部署,电信运营商的网络规模持续扩大,导致网络运维复杂度与能耗成本大幅上升,网络运营成本居高不下。因此,在满足全业务承载和未来网络演进需求、保障网络质量和可靠性的前提下,如何通过

网络精简、网络效能提升等方法打造“极简网络”,降低网络运营成本,实现降本增效、绿色低碳高质量发展,成为电信运营商面临的一个重大课题。

在本地网中,网络节点是业务汇聚、收敛和处理的核心^[1],通信网络的部署和组织均基于网络节点。当前,电信运营商网络节点规模庞大、分布分散,导致网络复杂度高、机房使用和网络维护成本高、节能降碳等新技术推广应用难度大;同时,网络节点分布不均衡、与业务分布不适配,造成部分节点资源相对闲置、部分节点资源过载,网络整体效能差、能耗成本高,这制约了业务快速开通与网络质量提升^[2-3]。因

收稿日期:2026-05-25

此,合理优化网络节点布局、提升网络节点集约化水平,实现“节点极简”,是打造“极简网络”、切实降低网络运营成本的基础。

1 网络节点分类

在本地网范围内,无论是传输系统还是光纤物理网,目前均采用核心层、汇聚层、接入层3层架构,城域网范围内的网络节点相应分为核心节点、汇聚节点和接入节点3类。核心节点主要用于部署各类业务核心设备^[1],中小型本地网一般设置2个,大型本地网可设置多个;汇聚节点主要用于部署各类业务汇聚设备,一般每个汇聚区设置1~2个^[1];接入节点主要用于部署业务接入和收敛设备,规模庞大,根据本地网大小从数百个到数千个不等。

根据收敛业务范围及类型的不同,接入节点细分为综合业务接入点、BBU集中点、纯OLT节点和末端接入点等4个子类型。其中,综合业务接入点用于接入和收敛整个综合业务接入区内的移网、宽带、政企专线等多种业务;BBU集中点主要用于接入和收敛区内某个小范围的移网业务;纯OLT节点主要用于接入和收敛区内某个小范围的宽带业务;末端接入点主要用于某单个业务点的业务接入。

核心节点、汇聚节点、综合业务接入点、BBU集中点和纯OLT节点均设置有机房,在本地基础网络架构中被定义为架构节点;末端接入点可设置机房、也可不设置,在本地基础网络架构中被定义为非架构节点。在打造“极简网络”时,为了降低网络运营成本、实现“节点极简”,应腾退所有末端接入点机房,合理规划 and 设置架构节点机房,特别是综合业务接入点、BBU集中点以及纯OLT节点机房。因此,如何实现上述接入类架构节点的合理布局,成为打造“极简网络”

的基础和关键。

2 架构节点合理布局方法分析

2.1 影响因素分析

接入类架构节点主要用于存量业务和未来新发

展业务的接入与收敛,其布局受以下因素的影响。

a) 业务接入距离能力。各类业务接入距离能力以及对应的技术成本,决定了架构节点的收敛范围。

b) 综合业务接入区业务量。综合业务接入区内移网、宽带、政企专线等业务规模,决定了对架构节点机房装机空间和功耗的需求量^[4]。

c) 架构节点基础设施条件。架构节点机房可用面积、外市电可引入的最大容量等,决定了架构节点的最大业务承载能力。

d) 架构节点地理条件。架构节点地理位置是否安全、是否扰民、是否具备光缆出入局双路由条件、是否具备外市电引入条件等,决定了架构节点是否具备可用性。

e) 架构节点稳定性。架构节点的产权是自有、长租还是短租,所处区域是否存在拆迁风险等,决定了架构节点是否可长期使用。

2.2 合理布局方法

根据架构节点布局的影响因素分析,可采用如图1所示的方法对架构节点进行合理布局,具体如下。

a) 合理划分综合业务接入区。综合业务接入区的划分旨在实现网络资源的合理分配,通过区内架构节点实现业务的小范围分区收敛和便捷接入。划分时应尽量避免区内的业务分布密度差异过大,市区城区与乡镇农村应分开划分^[5-7]。

b) 初步选取架构节点。根据架构节点的地理条件,选取其中可用性强的节点;根据架构节点的产权

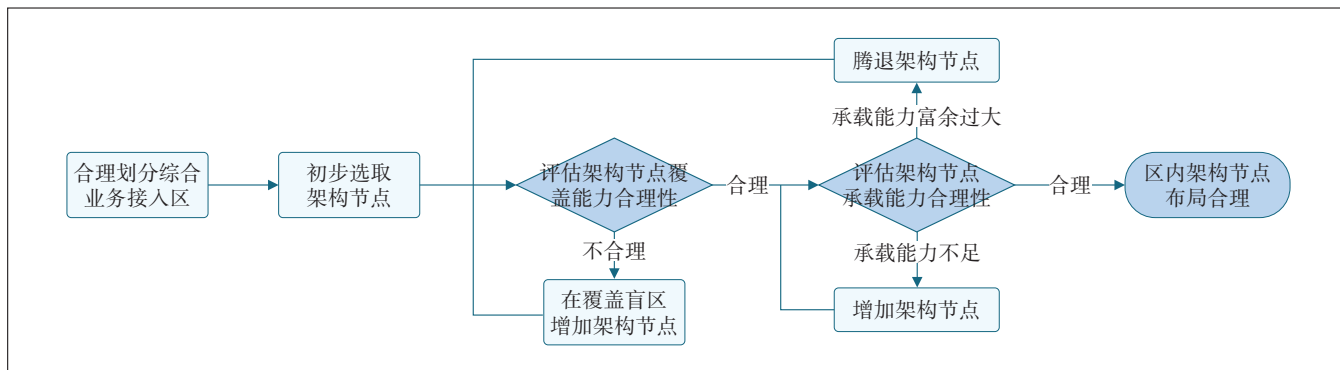


图1 架构节点合理布局方法

等情况,选取其中稳定性较好的节点。

c) 评估架构节点覆盖能力合理性。即评估综合业务接入区内所有业务至前面初步选取出的架构节点的接入距离是否均处于合理范围内,包括存量业务和未来可能的新增业务。若均处于合理范围内,则覆盖能力合理;若存在业务超出合理范围的情况,则覆盖能力不合理,此时需分析区内的覆盖盲区,在盲区规划增加架构节点,然后重新评估覆盖能力,直至覆盖能力合理。

d) 评估架构节点承载能力合理性。即评估综合业务接入区内架构节点总装机能力是否与业务规模适配。若承载能力富余过大,则腾退可用性和稳定性较差的架构节点,然后重新从覆盖能力评估环节开始评估,直至覆盖能力和承载能力均合理;若承载能力不足,则规划增加架构节点,然后重新评估承载能力的合理性,直至承载能力合理。

e) 经评估,若区内架构节点覆盖能力和承载能力均合理,则该综合业务接入区的架构节点布局合理。

3 架构节点覆盖能力合理性评估方法

3.1 业务接入距离能力分析

架构节点覆盖范围需满足移网 BBU-RRU、宽带 OLT-ONU 和政企专线局端设备-客户端 CPE 设备等链路的传输距离要求。面向这些传输链路,目前成本相对较低、且技术较常用的传输距离能力指标如表 1 所示^[8-11]。

表 1 业务接入距离能力指标

序号	业务类别	业务接入传输链路	物理传输距离/ km
1	移网	前传网络 BBU-RRU	10
2	宽带	ODN 网络 OLT-ONU	10(1:32 分光) 5(1:64 分光)
3	大客户	专线网络局端设备-客户端 CPE 设备	10

3.2 架构节点覆盖能力

从表 1 可以看出,架构节点的覆盖范围主要受限于宽带 OLT 的覆盖范围,而 OLT 的覆盖范围与 ODN 网络分光比的设置有关。一般情况下,建议市县城区分光比按 1:64 进行配置;乡镇农村分光比结合架构节点资源禀赋和业务量大小灵活配置,资源禀赋好、业务量大的区域按 1:64 进行配置,其他区域按 1:32 进行配置。打造“极简网络”应充分尊重分光比现状,避免

因降低分光比导致大量投资。

根据所在区域的分光比设置,同时考虑到实际光缆路由的复杂性,架构节点的覆盖能力计算如下。

a) 分光比为 1:64。业务覆盖半径= $\frac{5}{\sqrt{2}} \approx 3.5$ km,

即架构节点的覆盖范围为以架构节点为中心,以 3.5 km 为半径的圆形区域。

b) 分光比为 1:32。覆盖半径= $\frac{10}{\sqrt{2}} \approx 7$ km,即架构

节点的覆盖范围为以架构节点为中心,以 7 km 为半径的圆形区域。

3.3 架构节点覆盖能力评估方法

评估架构节点覆盖能力最理想的方法为:首先逐一绘制出综合业务接入区内所有业务节点至架构节点的光缆路由方案,然后分析各路由的光缆长度是否均满足业务接入距离指标要求。但由于业务节点位置的不确定性、光缆路由受道路条件制约的复杂性和时效性,该方法实施起来难度大、效率低、人工成本高,实际可操作性低。

综合实际操作难度和评估的有效性,一种可行的方法是:首先,确定每个架构节点的业务覆盖半径,并在 GIS 图中以每个架构节点为圆心、以覆盖半径为半径绘制出综合业务接入区所有架构节点的覆盖范围;然后,通过综合业务接入区边界围栏和覆盖范围的直观对比,识别出是否存在覆盖盲区(见图 2);最后,人工分析盲区内是否可能存在业务接入需求,若无需求则说明覆盖能力合理,若有需求则需在盲区增补架构节点。

4 架构节点承载能力合理性评估方法

4.1 架构节点承载能力理想评估方法

评估架构节点承载能力最理想的方法为:首先统计综合业务接入区内所有节点机房的各类存量网络设备,然后制定设备整合方案,最后在拟保留的架构节点机房平面图中绘制设备布置方案并测算外市电容量需求(见图 3)。若能够满足装机需求且机架位、外市电容量富余合理,则说明拟保留的架构节点承载能力合理;若不能满足装机需求或机架位、外市电容量富余偏少,则需增加架构节点、再迭代评估,直至承载能力合理;若富余机架位过多,则需进一步腾退架构节点、再迭代评估,直至承载能力合理。

该方法虽然对架构节点承载能力的评估较为准

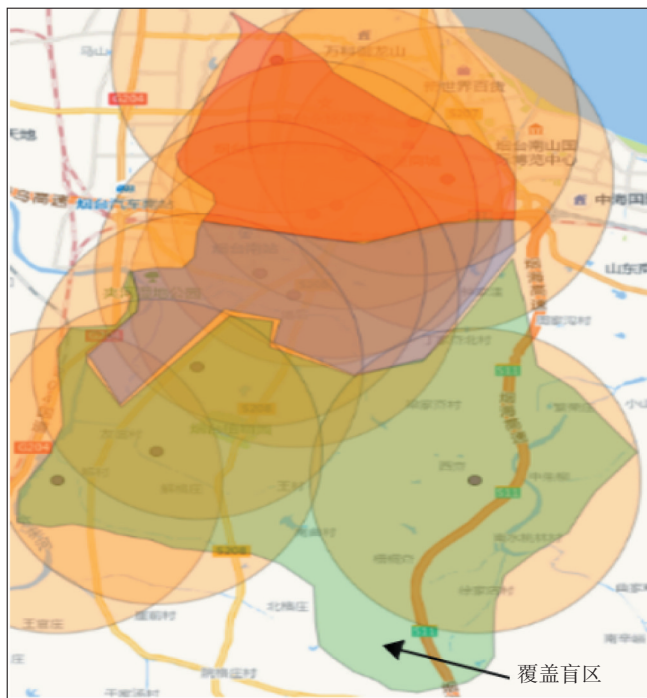


图2 架构节点覆盖能力合理性评估方法示意

确,但需摸查所有节点机房设备并现场勘察所有可能保留的架构节点机房平面布置,工作量大、效率低、周

期长、人工成本高,实际操作难度很大。若已建设资源管理系统,能够管理架构节点机房机架位,且准确录入了各节点的网络设备,则可采用该方法进行评估;否则需要寻求一种效率较高、准确性相对较高、具备可操作性的评估方法,以上理想评估方法可作为局部补充手段。

4.2 架构节点承载能力统一量化模型评估方法

考虑到实际操作难度和评估准确性,若能够将综合业务接入区内的业务规模、架构节点装机能力均按同一种口径进行统一模型量化,然后再以数学形式进行直观对比评估,将是一种有效的架构节点承载能力评估方法。基于此,构建架构节点承载能力统一模型评估方法,具体评估过程如下(见图4)。

a) 将综合业务接入区内的各类存量业务规模按照统一模型进行量化。

b) 将综合业务接入区内拟保留的架构节点的承载能力按照统一模型进行量化。

c) 分析“架构节点承载能力量化值/业务规模量化值-1”是否处于一个合理的富余度区间内。若在区间内则说明拟保留的架构节点承载能力合理;若低于区间下限 a_1 ,则需增加架构节点并进行迭代评估,直至承

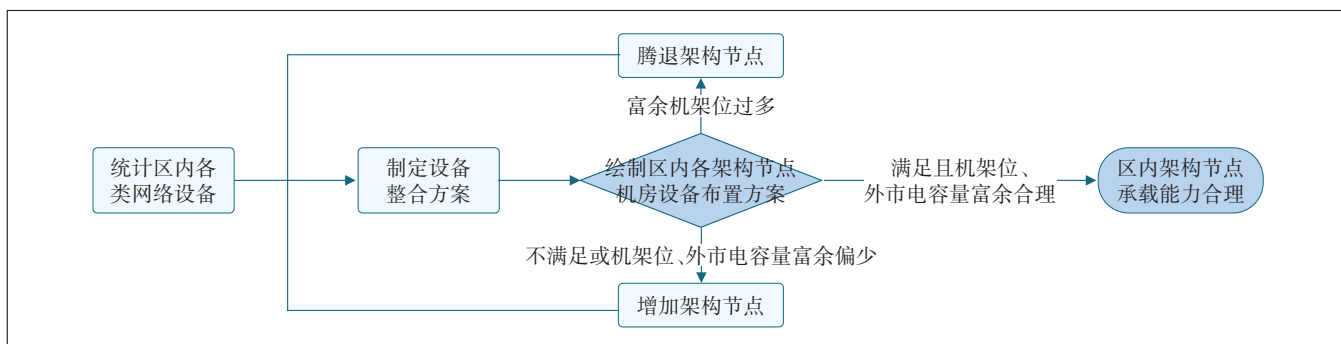


图3 架构节点承载能力理想评估方法示意

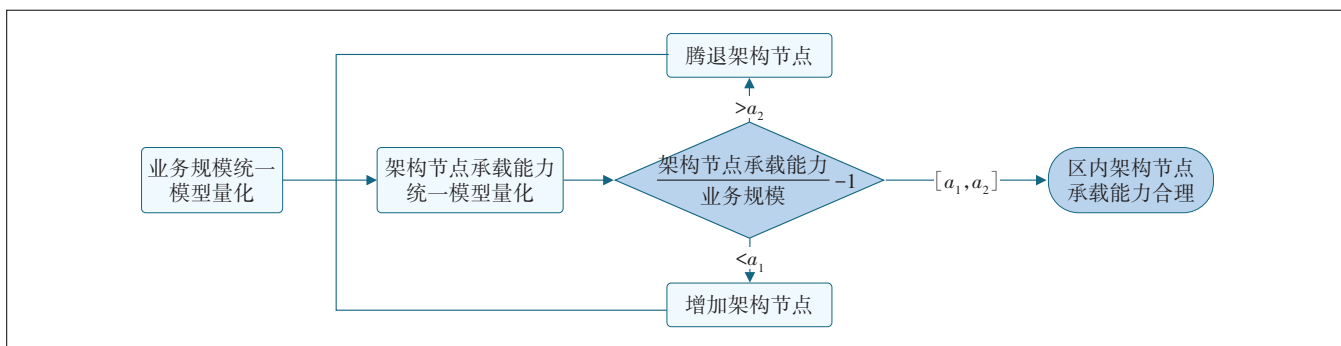


图4 架构节点承载能力统一模型评估方法

载能力合理;若高于区间上限 a_2 ,则需进一步腾退架构节点并进行迭代评估,直至承载能力合理。

4.2.1 业务规模统一量化方法

本地网内通过架构节点接入的业务包括移网、宽带和政企专线3类,对应需在架构节点安装的网络设备分别为BBU、OLT和OTN-U/接入型WDM设备。为便于对比评估,可按照每个逻辑基站在架构节点机房占用的机架位作为换算单位,将这3类业务进行业务规模统一量化,量化方法如下:

$$T_{\text{等效基站}} = N_{\text{基站}} + 4 \times \frac{N_{\text{PON口}}}{i_{\text{PON口}}} \times i_{\text{基站}} + \frac{N_{\text{存量专线}}}{i_{\text{专线}}} \times i_{\text{基站}}$$

其中, $T_{\text{等效基站}}$ 为综合业务接入区内所有业务按等效逻辑基站换算后的总规模; $N_{\text{基站}}$ 为综合业务接入区内4G/5G逻辑基站数量; $N_{\text{PON口}}$ 为综合业务接入区内PON口数量; $N_{\text{存量专线}}$ 为综合业务接入区内存量专线的端数; $i_{\text{基站}}$ 为考虑到设备能力和运维安全性,定义的单个BBU最大可安装的基带板数量,建议不超4个; $i_{\text{PON口}}$ 为考虑到设备能力和运维安全性,定义的单台OLT最大可安装的PON板端口数量,建议不超80个^[12-13]; $i_{\text{专线}}$ 为考虑到设备能力和运维安全性,定义的单台OTN-U/接入型WDM设备最大可接入的专线数量,建议50条左右。

4.2.2 架构节点承载能力统一量化方法

4.2.2.1 综合业务接入点量化方法

综合业务接入点定位为同时用于无线BBU集中、宽带OLT放置、政企专线局端设备放置的节点,核心节点和汇聚节点一般兼做综合业务接入点功能。为相对准确评估综合业务接入点可接入的无线基站、宽带端口和政企专线能力,应结合当地资源禀赋,根据机房可用面积和外市电容量(含可扩展)^[14-15],构建业务承载模型,对综合业务接入点进行分档,然后对综合业务接入区内所有综合业务接入点的承载能力,按照每个逻辑基站占用的机架位作为换算单位进行量化,量化方法如下:

$$T_{\text{综合业务点}} = \sum_{j=1}^n (k \times N_{\text{网络机位}} \times 8 \times i_{\text{基站}})$$

其中, $T_{\text{综合业务点}}$ 为综合业务接入区内所有综合业务接入点承载能力按等效逻辑基站计算后的总规模; $N_{\text{网络机位}}$ 为每档综合业务接入点可安装并承载业务的网络机架位数量; $i_{\text{基站}}$ 为考虑到设备能力和运维安全性,定义的单个BBU最大可安装的基带板数量; n 为综合业务接入点分档的数量; k 为每档综合业务接入点的数量。

以某省为例,综合考虑机房可用面积和外市电容量

量,构建业务装机模型,将综合业务接入点划分为3档,核心节点和汇聚节点归入第I档,如表2所示。

表2 某省综合业务接入点分档模型

机房能力		综合业务接入点分档		
		第I档	第II档	第III档
机房可用面积/m ²		大于60	30~60	20~30
机房可扩展外市电总容量/kVA		不低于93	不低于52	不低于35
网络设备装机模型	4G/5G BBU/架	10	4	2
	OLT/架	4	2	1
	MAR+政企专线局端设备/架	2	2	1
	预留/架	4	2	2
	合计/架	20	10	6

各档综合业务接入点的承载能力量化方法如下。

第I档: $T_{\text{第I档综合业务点}} = 20 \times 8 \times i_{\text{基站}} = 160i_{\text{基站}}$

第II档: $T_{\text{第II档综合业务点}} = 10 \times 8 \times i_{\text{基站}} = 80i_{\text{基站}}$

第III档: $T_{\text{第III档综合业务点}} = 6 \times 8 \times i_{\text{基站}} = 48i_{\text{基站}}$

4.2.2.2 BBU集中点量化方法

BBU集中点定位为仅用于无线BBU集中放置的节点,原则上设置在超出综合业务接入点覆盖半径或综合业务接入点承载能力不足以满足BBU集中的区域。BBU集中点一般放置1~2个BBU机架,并预留1个机架位,其承载能力量化方法如下:

$$T_{\text{BBU集中点}} = 3 \times 8 \times i_{\text{基站}} = 24i_{\text{基站}}$$

4.2.2.3 纯OLT节点量化方法

纯OLT节点定位为仅用于放置OLT的节点,原则上仅设置在超出综合业务接入点覆盖半径或综合业务接入点承载能力不足以满足宽带业务接入的区域。纯OLT节点一般放置1个OLT机架、部署1~2台OLT设备,并预留1个机架位,其承载能力量化方法如下:

$$T_{\text{纯OLT节点}} = 2 \times 8 \times i_{\text{基站}} = 16i_{\text{基站}}$$

4.2.3 合理冗余度区间确定方法

为架构节点承载能力预留冗余度,主要用于满足未来网络规模增加和网络技术演进的需求,因此冗余度区间的确定需要考虑以下2个因素。

a) 未来网络规模增加:各地根据其近期网络发展规划确定。一般情况下,目前5G和10G PON大规模建设期已过,未来3~5年平均每年增长规模为3%~5%,因此为满足未来网络规模增加应考虑的冗余度 $a_{\text{网络规模增加}}$ 约为20%。

b) 网络技术演进:主要考虑移网向6G演进和宽

带向50G PON演进。参考已往的建网模式,移网制式的演进一般采取先新建新制式基站、再逐步退网老制式基站的方式,且过渡时间一般较长;宽带网的演进则一般采取新建新制式OLT、业务割接后短期内即退网老制式OLT的方式。因此,为满足移网和宽带需求,需要预留的富余度分别如下。

(a) 移网:预留一代移网制式的承载能力。“极简网络”实施后为4G/5G两代共存,因此计算平均一代移网制式业务规模占比即可,即为满足移网网络制式演进应考虑富余度 $a_{\text{移网制式演进}} = \frac{N_{\text{基站}}}{2 \times T_{\text{等效基站}}}$ 。

(b) 宽带:预留多少与50G PON建设进度有关,每个架构节点至少需为其预留1个机架位,最多按照现网宽带规模同等预留。因此,为满足宽带网络制式演进应考虑富余度下限 $a_{\text{宽带制式演进1}} = \frac{m \times 8 \times i_{\text{基站}}}{T_{\text{等效基站}}}$,其中 m 为综合业务接入区内综合业务接入点与纯OLT节点之和;为满足宽带网络制式演进应考虑富余度上限 $a_{\text{宽带制式演进2}} = 4 \times \frac{N_{\text{PON口}}}{T_{\text{等效基站}} \times i_{\text{PON口}}} \times i_{\text{基站}}$ 。

因此,为架构节点承载能力预留的富余度下限 a_1 和上限 a_2 的计算方法分别为:

$$a_1 = a_{\text{网络规模增加}} + \frac{N_{\text{基站}}}{2 \times T_{\text{等效基站}}} + \frac{m \times 8 \times i_{\text{基站}}}{T_{\text{等效基站}}}$$
$$a_2 = a_{\text{网络规模增加}} + \frac{N_{\text{基站}}}{2 \times T_{\text{等效基站}}} + 4 \times \frac{N_{\text{PON口}}}{T_{\text{等效基站}} \times i_{\text{PON口}}} \times i_{\text{基站}}$$

5 结束语

本文围绕“节点极简”目标,针对传统理想方法在实际实施中因实施难度大、实施周期长、效率低、人工成本高等导致可操作性较低的问题,提出了一套面向网络极简的架构节点布局优化方法论。该方法依次对架构节点的覆盖能力和承载能力进行量化评估,实现对网络节点的科学规划和集约化布局。在覆盖能力评估方面,提出了一种借助GIS工具快速识别覆盖盲区的方法;在承载能力评估方面,提出了一种以“等效基站”为核心的业务规模和架构节点承载能力统一量化模型,实现对架构节点总体承载能力的快速有效评估。另外,在对业务规模统一量化时,也可进一步计算各综合业务接入区的业务密度,通过业务密度对综合业务接入区进行分级管理和架构节点布局评估。

通过在打造“极简网络”中的实践验证,该方法论具有较好的可操作性,可有效赋能“极简网络”建设,助力电信运营商实现绿色低碳、降本增效、高质量发展。

参考文献:

- [1] 尹祖新,朱常波,顾荣生,等. 中国联通本地基础网络架构规划思路及演进[J]. 邮电设计技术,2017(11):6-12.
- [2] 冯骏. 本地基础网络架构推进过程中的关键问题研究[J]. 邮电设计技术,2017(7):85-89.
- [3] 段树侠,胥俊丞,杨伟,等. BBU集中化部署及本地传送网应对策略研究[J]. 邮电设计技术,2017(11):18-21.
- [4] 杨峰,陆闻静,王岩,等. 面向未来的综合业务接入点建设探索[J]. 邮电设计技术,2017(11):26-29.
- [5] 王义涛,赵海广,郭晓非. 本地传输网基础架构研究[J]. 邮电设计技术,2015(3):63-67.
- [6] 韩磊,侯全心,廖琪莹. 浅析基础架构分层分区[J]. 邮电设计技术,2015(1):80-84.
- [7] 朱德鹏,薛其林,赵锦峰,等. 以综合业务区为基础的OLT业务优化研究[J]. 广东通信技术,2022(7):16-22.
- [8] 王义涛,郭晓非,姚利民. 面向5G的本地光缆网规划及建设策略研究[J]. 邮电设计技术,2019(10):1-7.
- [9] 李文辉,夏世峰,王梅春. 乡村千兆光网中OLT设备设置问题研究[J]. 广东通信技术,2023(8):11-24.
- [10] 谈宝真. 基于综合业务区的OLT覆盖方案[J]. 中国新通信,2021(14):73-74.
- [11] 黄艳. 浅谈FTTH系统中OLT节点部署[J]. 电信快报,2011(12):27-29.
- [12] 庄智勇. PON接入网负载与接入距离优化[J]. 湖南邮电职业技术学院学报,2024(9):24-28.
- [13] 盛国. FTTX网络OLT节点规划与部署[J]. 通信技术,2012(6):11-13.
- [14] 陈烈强,顾荣生,尹祖新,等. 面向5G需求的本地基础网络架构浅析[J]. 邮电设计技术,2018(11):46-51.
- [15] 宋梅,黄铭锋,戴建东,等. 面向5G基础资源储备方法探讨[J]. 邮电设计技术,2019(2):32-36.

作者简介:

郑维通,毕业于吉林大学,高级工程师,学士,主要从事通信网络技术研究、承载网建设与维护管理工作;吕洪涛,中国联合网络通信集团有限公司建设发展部副总经理,高级工程师,硕士,主要研究领域为通信网络技术、通信网络架构演进、通信网络规划建设等;王义涛,毕业于重庆邮电学院,高级工程师,注册咨询工程师,一级注册建造师,学士,主要从事通信网络的技术研究、网络测试、咨询、规划和设计工作;李壮志,毕业于山东大学,山东联通网络部副总经理,高级工程师,硕士,主要从事F5G技术创新研究及建设管理工作;宋玉利,毕业于南京理工大学,高级工程师,硕士,主要从事移动通信工程规划、设计工作。