

面向5G的本地光缆网规划 Research on Planning and Construction Strategy of 5G-Oriented Local Optical Cable Network 及建设策略研究

王义涛¹, 郭晓非¹, 姚利民² (1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司, 河南 郑州 450007; 2. 中国联通江西分公司, 江西 南昌 330000)

Wang Yitao¹, Guo Xiaofei¹, Yao Limin² (1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China; 2. China Unicom Jiangxi Branch, Nanchang 330000, China)

摘要:

为满足5G基站快速低成本接入,通过分析5G承载对本地光缆网的需求和不同网络部署方式下的TCO成本,提出面向5G的光缆网架构,以及接入主干光缆和5G站点接入的建设策略建议。

关键词:

5G; 主干光缆; 配线光缆; 引入层光缆; 室分
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2019.10.001
中图分类号: TN913
文献标识码: A
文章编号: 1007-3043(2019)10-0001-07

Abstract:

In order to realize fast and low cost access for 5G base station, it analyzes the requirements of 5G bearer network for local optical cable and the TCO cost under different network construction modes, then proposes the 5G-oriented optical cable network architecture, puts forward some suggestions for the construction strategy of access backbone layer optical cable and 5G base station access.

Keywords:

5G; Backbone optical cable; Distribution optical cable; Introducing layer optical cable; Indoor distribution system

引用格式: 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.

0 前言

随着三大运营商5G试验网建设的不断深入,5G大规模网络建设的时间窗口越来越近。本地光缆网作为本地信息传送的基础物理资源,处于非常重要的地位。光缆网由于受客观地理条件和市政管理的影响,建设难度大、周期长,其网络结构是否清晰且便于维护,网络容量是否可支撑中远期业务发展,是制约5G时期能否大规模快速建站的关键因素。因此有必要对现网本地光缆网络结构和承载能力进行评估,适当提前部署,更好地支撑5G时期快速建站需求。

收稿日期: 2019-07-16

1 5G网络架构承载需求分析

1.1 5G网络架构

5G网络架构包括核心网(CN)和无线接入网(RAN)2部分。5G CN将全面虚拟化,部署在不同层级的数据中心(DC)中,因此5G CN传输承载主要体现在不同层级DC之间的互联。5G RAN传输承载主要满足5G基站之间以及5G基站至核心网之间的互联,包括前传、中传和回传3部分(见图1和图2)。

1.2 5G CN承载需求分析

5G初期, uRLLC业务尚不会开展,5G核心网仅部署到省核心DC和本地核心DC,边缘DC和移动边缘计算(MEC)尚不会部署,这时5G核心网传输承载主要体

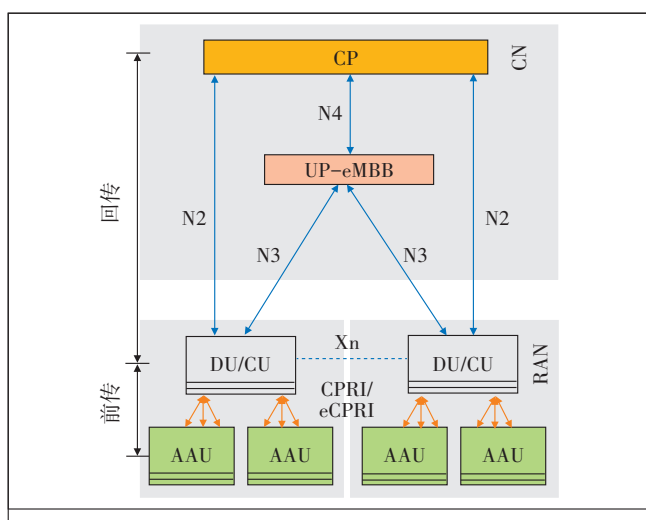


图1 5G初期网络架构

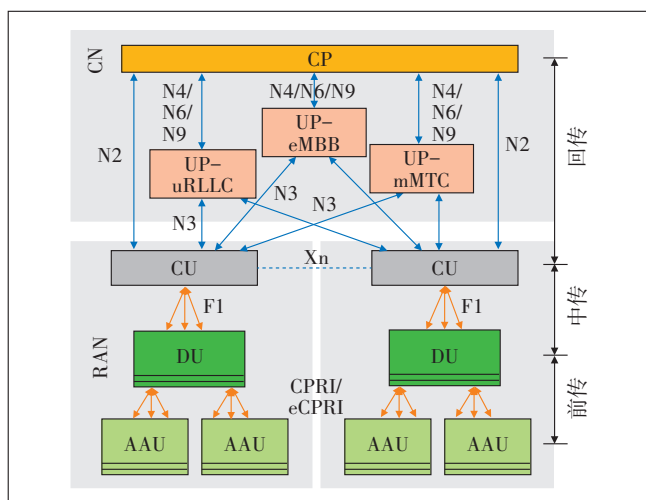


图2 5G中后期网络架构

现在本地核心和省核心之间,对应本地传输核心层和省干传输。

5G中后期,本地网内的部分汇聚机房将逐步改造为边缘DC。为了满足时间敏感服务的低延迟要求,将会在边缘DC上部署MEC,将部分5G核心网的功能放入MEC中,这时5G核心网传输承载主要体现在本地汇聚—本地核心—省核心之间,对应本地传输汇聚层、本地传输核心层和省干传输。

5G CN网络连接的复杂性主要体现在要求承载网对L3的支持上,传输承载的网络结构可维持目前结构不变。5G核心网网络连接如图3所示。

1.3 5G RAN承载需求分析

5G初期,CU和DU采用合设模式,5G RAN在物理上与4G RAN的BBU和RRU两级架构类似,采用CU/DU和AAU两级架构,其承载网络结构也与4G时期类

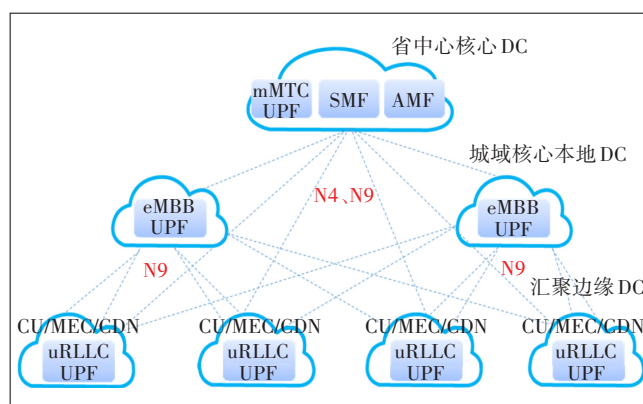


图3 5G核心网络连接

似,仅包括前传和回传。前传负责基站—综合业务接入点/DU集中点的业务调度,一般采用裸光纤承载;回传负责综合业务接入点/DU集中点—核心节点的业务调度,对应本地传输系统的核心汇聚层和接入层。

5G中后期,CU和DU将分设,CU在边缘DC虚拟化集中部署,5G RAN逐步演进为CU、DU和AAU三级架构,相应的承载网架构分解为前传、中传和回传。前传承载范围和承载方式不变;中传负责综合业务接入点/DU集中点—边缘DC节点的业务调度,主要对应本地传输系统的接入层;回传负责边缘DC节点—核心节点和边缘DC节点之间的业务调度,主要对应本地传输系统的核心汇聚层。

由于5G CN网络功能的分布式部署,基站至核心网之间的网络连接变得复杂,但也主要体现在要求承载网对L3的支持上,传输承载的网络结构仍将维持目前结构不变。5G RAN承载网络架构如图4所示。

2 5G承载光缆需求分析

2.1 5G承载本地光缆架构分析

本地光缆网按照垂直分层、水平分区的目标架构进行建设的理念在业界早已形成共识,近年来国内三大运营商也基本按照该理念开展本地光缆网的建设。根据该理念,本地光缆网按照层级划分为核心层、汇聚层、接入主干层、接入配线层和引入层,城区接入主干层根据连接范围和主要用途又可分为一级接入主干(简称“一级主干”)和二级接入主干(简称“二级主干”),接入配线层和引入层又可合并为末端接入层(见图5)。光缆结构方面核心层以环型/Mesh型为主,汇聚层和接入主干层以环型为主,接入配线层和引入层以树型为主。

从图5可以看出,垂直分层、水平分区的本地光缆

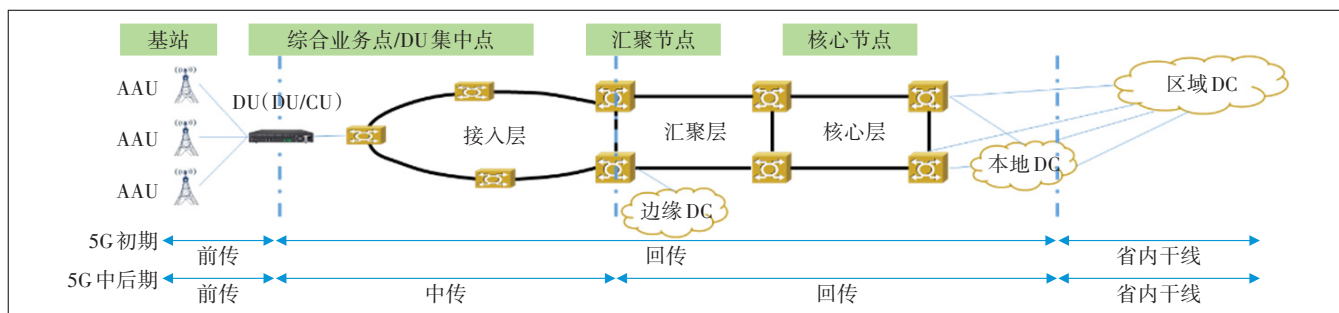


图4 5G RAN承载网络架构

网架构能够较好地支撑5G承载。5G CN传输承载在5G初期仅占用本地光缆网的核心层光缆,在5G中后期增加占用本地光缆网的汇聚层光缆。5G RAN前传占用光缆涉及接入主干层、接入配线层和引入层,5G RAN中传/回传占用光缆涉及核心层、汇聚层、接入主干层以及接入配线层。

因此满足5G承载,本地光缆网仅需对各层级光缆的网络结构及纤芯容量进行评估和优化补充完善即可,不需要对整体架构进行调整。

2.2 5G承载光缆需求分析

2.2.1 5G CN承载和5G RAN中传/回传光缆需求分析

5G CN承载和5G RAN中传/回传均由传输系统直接承载,因此其对光缆的需求主要体现在相应传输系统对光缆的需求上。从网络结构上,相关传输系统结构将与4G时期基本一致,因此仅需按既定目标对光缆网结构逐步完善,并对纤芯不足段落增补纤芯即可。

2.2.2 5G RAN前传光缆需求分析

根据DU是否集中部署,5G前传有DRAN和CRAN 2种部署模式。

DRAN模式下,AAU和DU共站址部署,AAU和

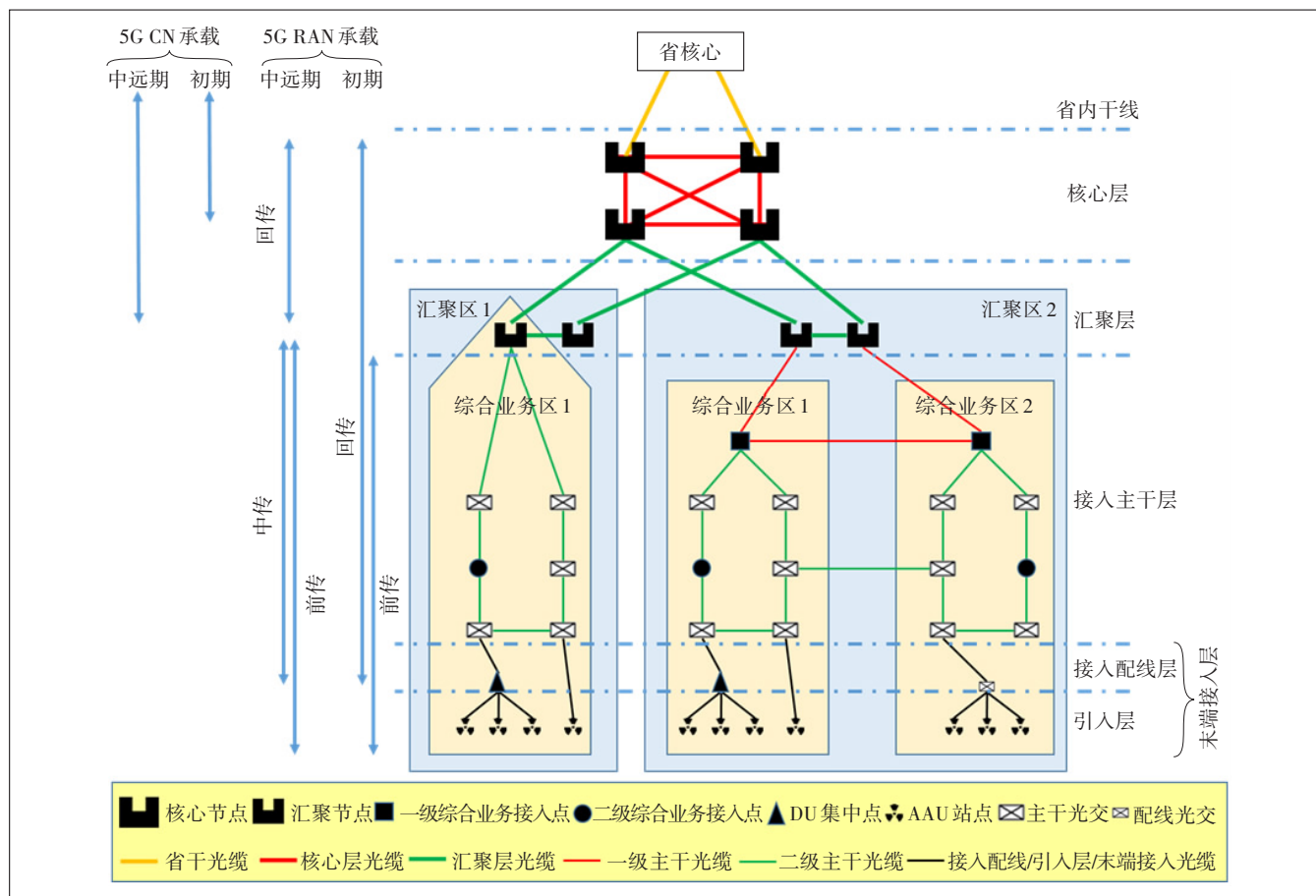


图5 5G时期本地光缆网架构

DU之间直接通过尾纤站内互联,不需要额外敷设光缆。

CRAN模式下,AAU和DU部署在不同站址,通过拉远的方式互联。DU一般安装在综合业务接入点机房或DU集中点接入机房。AAU与DU间传输时延要求小于 $100\mu\text{s}$,因此AAU和DU之间的理论最大拉远距离为20 km。

CRAN模式下根据DU部署位置和AAU接入位置可分为4种典型前传接入方式(见图6)。

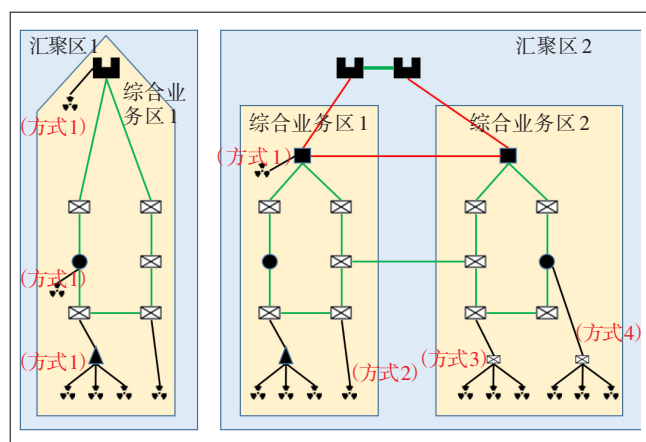


图6 CRAN模式下典型5G RAN前传接入方式

方式1:AAU站点直接上联至汇聚机房、综合业务接入机房或DU集中点,此时前传仅占用引入层光缆。

方式2:AAU站点接至主干光交,然后通过主干光缆上联至汇聚机房、综合业务接入机房或DU集中点,此时前传主要占用引入层光缆和二级主干光缆。

方式3:多个AAU站点先接至配线光交,然后通过配线光缆、主干光交、主干光缆上联至汇聚机房、综合业务接入机房或DU集中点,此时前传占用引入层光缆、接入配线光缆和二级主干光缆。

方式4:多个AAU站点先接至配线光交,再通过配线光缆直接上联至汇聚机房、综合业务接入机房或DU

集中点,此时前传占用引入层光缆和接入配线光缆。

CRAN模式下前传一般有光纤直驱、无源波分、有源波分等3种承载方案。各承载方案不同接入方式下光纤占用情况详见表1。

从长期网络演进来看,5G时代基站密度将大幅增加,CRAN模式的低成本建网和网络简化的优势将更加显著,同时也为后期CU的云化部署打下更好的基础,各大电信运营商纷纷提出5G采用CRAN为主的建网模式。CRAN模式下无源波分和有源波分方案主要优势是大量减少了对接入主干光缆纤芯的消耗,但由于引入了大量设备,一般情况下综合建网成本高于光纤直驱方案。因此,现网光缆资源丰富或光缆建设便利的区域,建议优选光纤直驱方案。由于单纤双向(BiDi)技术不仅可节约50%光纤资源,同时有利于简化地面链路时钟部署,减少不对称时钟补偿,因此应推进光纤直驱BiDi的技术应用。有源波分由于具有较强的OAM能力,当对网络性能和可维护性要求较高时可考虑有源波分方案。

3 5G承载光缆建设策略

5G对光缆的大规模占用主要是接入主干光缆和末端接入光缆。其中接入主干光缆应提前部署并合理规划网络结构,末端接入光缆应随5G站点建设以保证投资精准。5G的典型应用场景主要集中在城区和工业园区等,因此本文重点分析城区光缆网建设策略。

3.1 城区接入主干光缆组网策略

3.1.1 纯二级主干组网模式

组网特点:以兼作综合业务接入点的汇聚节点为中心,与综合业务接入区内的综合业务接入点、主干光交共同组网。

适用场景:适用于业务量集中、面积较小、区内有汇聚节点的区域。

表1 CRAN模式下各承载方案光缆占用对比

方案		拉远距离	光纤纤芯占用(以6个站点为例)			
			方式1	方式2	方式3	方式4
光纤直驱	采用双纤双向光模块	考虑到实际光模块传输距离,建议小于10 km	引入层:6芯/条	二级主干:36芯;引入层:6芯/条	二级主干:36芯;接入配线:12芯/条;引入层:6芯/条	接入配线:36芯;引入层:6芯/条
	采用单纤双向(BiDi)光模块	考虑到实际光模块传输距离,建议小于10 km	引入层:3芯/条	二级主干:18芯;引入层:3芯/条	二级主干:18芯;接入配线:6芯/条;引入层:3芯/条	接入配线:18芯;引入层:3芯/条
无源WDM		<5 km	引入层:1芯/条	二级主干:3芯;引入层:6芯/条	二级主干:3芯;接入配线:1芯/条;引入层:6芯/条	接入配线:3芯;引入层:6芯/条
有源WDM		<10 km	引入层:2芯/条	二级主干:2芯;引入层:6芯/条	二级主干:2芯;接入配线:12芯/条;引入层:6芯/条	接入配线:2芯;引入层:6芯/条
备注			以每站3个AAU为例		以每个配线光交各下挂2个站点为例	

根据二级主干光缆与汇聚节点的关系,可分为2种组网模式(见图7和图8)。其中主干光缆中两汇聚节点间直达纤芯用作汇聚层光缆,综合业务区1内的汇聚节点不收敛综合业务区2中的业务。

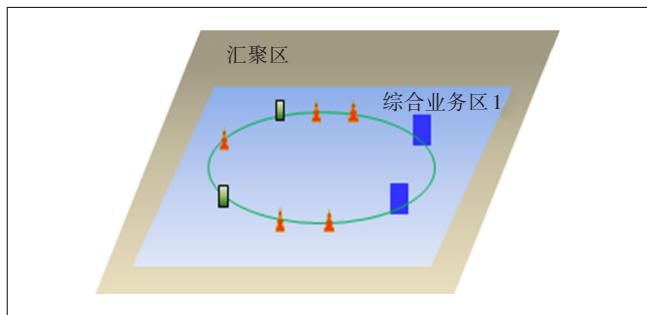


图7 纯二级主干组网模式1

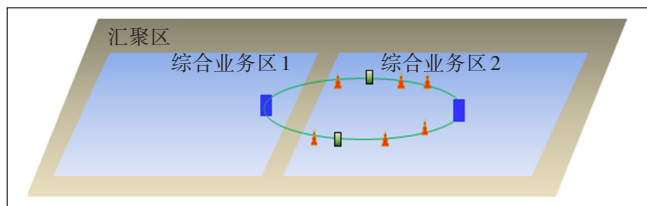


图8 纯二级主干组网模式2

3.1.2 一级/二级主干混合组网模式

组网特点:以综合业务接入点为中心,与综合业务接入区内的其他综合业务接入点、主干光交共同组成二级主干光缆;各综合业务接入点通过新建直达光缆或借用沿途二级主干等其他光缆直达纤芯与汇聚区内汇聚节点互通,组成一级主干光缆。

适用场景:适用于业务量分布较广、面积较大的区域。

一级/二级主干混合组网可分为以下5种模式。

模式1:借用二级主干光缆中汇聚节点至综合业务接入点之间的直达纤芯组成一级主干光缆,该二级主干光缆与上联的综合业务接入点位于同一个的综合业务接入区(见图9)。

注意事项:①对于新建的光缆,相交的段落优先同缆分纤使用,若区域内需接入业务量较大可以分缆建设,原主干光缆环较大时可以采用此方式进行拆分;②相交的综合业务接入点负责综合业务区2整个区域的业务收敛,综合业务区2内其他综合业务接入点负责区域内局部业务的收敛。

适用场景:适用于相交的综合业务接入点机房条件较好,能够有效分担汇聚节点机房装机压力作用的区域。

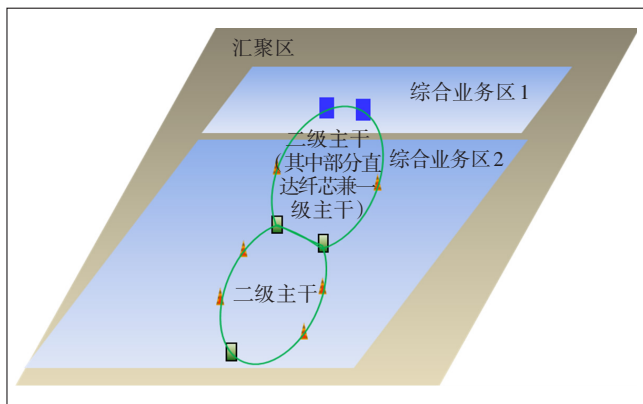


图9 一级/二级主干混合组网模式1

模式2:与模式1类似,不同之处在于提供一级主干光缆纤芯的二级主干光缆与上联主干节点位于不同的综合业务接入区(见图10)。

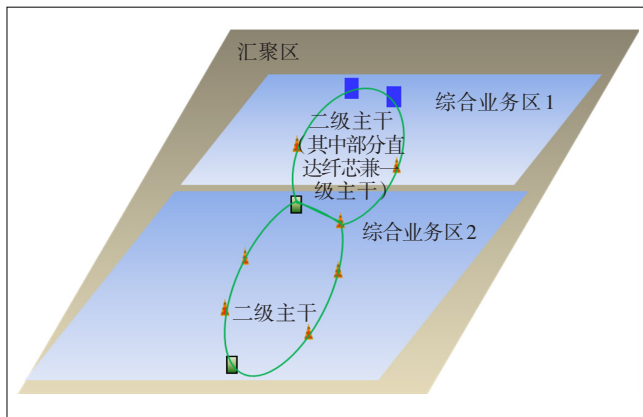


图10 一级/二级主干混合组网模式2

适用场景:适用于相交的综合业务接入点机房条件一般,不能起到有效分担汇聚节点机房装机压力作用的区域。

模式3:利用旧上联主干节点至汇聚机房的现网基站接入等光缆资源组成一级主干光缆(见图11)。

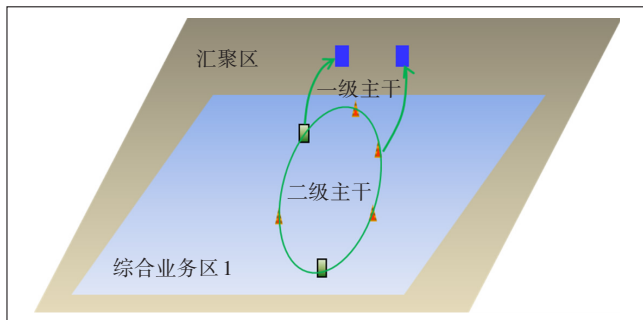


图11 一级/二级主干混合组网模式3

注意事项:应做好上联光缆的纤芯使用规划,作为一级主干的上联光缆纤芯原则上应通过直熔等方式改

造为直达光缆,并保障其安全性。

模式4:单独新建汇聚节点、各综合业务区上联综合业务接入点之间的一级主干光缆,组成一级主干光缆环(见图12)。

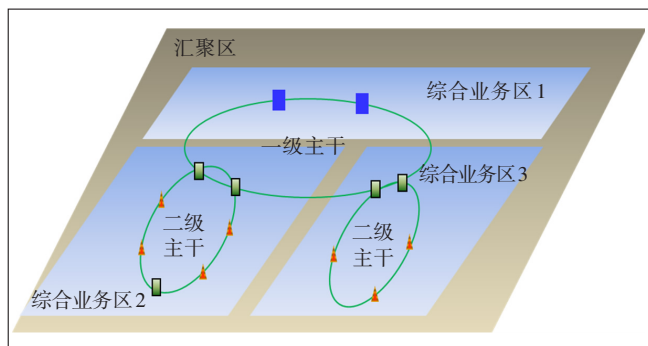


图12 一级/二级主干混合组网模式4

模式5:相邻综合业务区主干节点之间新建上联光缆,并利用各二级主干光缆中的部分直达光缆纤芯,共同组成一级主干光缆环(见图13)。

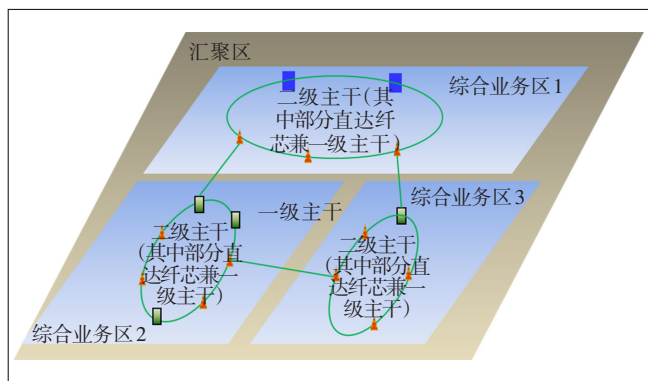


图13 一级/二级主干混合组网模式5

适用场景:相邻综合业务接入区之间部分主干节点距离较近,光缆建设方便。

3.2 城区接入主干光缆建设原则

a) 应充分利用并挖潜既有资源,切实结合5G需求适度提前进行主干光缆的规划建设。光缆容量满足但纤芯分配不合理的,应优先调整纤芯分配以满足5G站点接入;剩余光缆纤芯资源不足的,应优先对现网3G/4G RRU进行级联改造。

b) 接入主干光缆环长建议最大不超过8 km,其中密集城区以4~6 km为宜,一般城区以6~8 km为宜。

c) 当5G站址不确定时,新建接入主干光缆建议增加备用(直通)纤芯的容量分配,待后期5G站址确定后再进行纤芯分配。

3.3 CRAN模式下5G站点接入策略

a) 应根据所在区域现网情况灵活选用图6中的接入方式。

b) 应充分利用现网资源,当现网末端接入光缆空余纤芯不足时,应优先对现网3G/4G RRU进行级联改造。

c) 新建末端接入光缆应同时考虑其他业务的综合承载需求,纤芯容量建议接入配线层不少于24芯、引入层不少于12芯。

d) 对于AAU部署规模较大的5G室分站点,应通过测算TCO成本考虑是否在室分站点新建DU集中点机房。

4 室分站点5G RAN部署方式选择

当前传采用光纤直驱方案时,室分站点5G RAN一般有AAU拉远至现网综合业务接入点/BBU集中点机房(简称“AAU拉远”)和在室分站点新建DU集中点机房(简称“新建DU集中点”)2种部署方式。随室分站点AAU部署数量的不同,2种部署方式的TCO(建设+5年运营)成本不同。室分站点AAU部署数量越多,AAU拉远方式所占用配线光缆和主干光缆纤芯越多,现网机房的装机压力也越大;室分站点AAU部署数量越少,新建DU集中点方式中新建DU集中点机房成本将越突出。因此2种部署方式存在一个TCO成本平衡点。工程中应根据室分站点AAU部署数量,因地制宜,合理选择室分站点5G RAN的部署方式。

4.1 新建物理室分站点

新建物理室分站点TCO成本测算示例如表2所示,不同AAU部署数量模型下,2种部署方式的TCO成本对比详见图14。

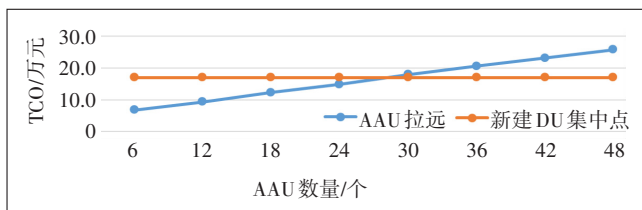


图14 新建物理室分站点2种部署模式5年TCO对比

从图14可以看出,当室分站点AAU数量为27个时,5G RAN 2种部署方式TCO成本达到平衡点。建议AAU数量≤27的室分站点优选AAU拉远模式,AAU数量>27的室分站点优选新建DU集中点模式。

4.2 利旧现有室分站点

利旧现有室分站点不同AAU部署数量模型下,2

表2 新建物理室分站点2种部署模式TCO成本对比分析

对标项目		不同RRU部署数量模型下室分站点5G RAN 2种部署模式TCO成本						备注
		24		27		30		
		AAU拉远	新建DU集中点	AAU拉远	新建DU集中点	AAU拉远	新建DU集中点	
传输设备	数量	1	1	1	1	1	1	
	单价/万元	2.5	5	2.812 5	5	3.125	5	
	费用/万元	2.5	5	2.812 5	5	3.125	5	
主干光缆	数量/芯公里	144	6	162	6	180	6	RRU拉远按占用6芯公里/ RRU测算,增加DU集中机房 按占用6芯公里/机房测算
	单价/万元	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	
	费用/万元	3.6	0.15	4.05	0.15	4.5	0.15	
配线光缆	数量/芯公里	48	12	96	12	96	12	基站接入距离按1 km/站测算
	单价/万元	0.03	0.075	0.02	0.075	0.02	0.075	
	费用/万元	1.44	0.9	1.92	0.9	1.92	0.9	
管道	数量	0.375	0.073	0.406	0.073	0.438	0.073	每公里占用管道主干光缆按 0.25孔公里/144芯测算;配线 光缆按0.125孔公里/条测算
	单价/万元	6	6	6	6	6	6	
	费用/万元	2.25	0.437 5	2.44	0.437 5	2.63	0.437 5	
机房租用费	数量	1	1	1	1	1	1	租金按每月1 500元、以5年 为基数测算
	单价/万元	4.500	9	4.781	9	5.063	9	
	费用/万元	4.5	9	4.781 25	9	5.062 5	9	
传 输 设 备 电 费(5年)	数量	1	1	1	1	1	1	
	单价/万元	0.432	0.864	0.486	0.864	0.54	0.864	
	费用/万元	0.432	0.864	0.486	0.864	0.54	0.864	
传 输 设 备 代 维费(5年)	数量	1	1	1	1	1	1	
	单价/万元	0.15	0.6	0.168 75	0.6	0.187 5	0.6	
	费用/万元	0.15	0.6	0.168 75	0.6	0.187 5	0.6	
TCO成本合计/万元		14.87	16.951 5	16.66	16.951 5	17.96	16.951 5	

2种部署方式下,无线DU设备建设费用和电费、代维费相同,因此表中不再对其进行对比分析。

种部署方式的TCO成本对比如图15所示。

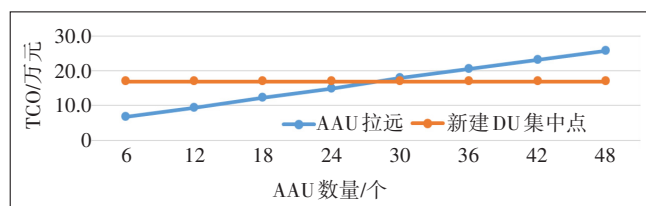


图15 利旧现有室分站点2种部署模式5年TCO对比

从图15可以看出,当室分站点AAU数量为24个时,5G RAN 2种部署方式TCO成本达到平衡点。建议AAU数量≤24的室分站点优选AAU拉远模式,AAU数量>24的室分站点优选新建DU集中点模式。

5 结束语

5G网络整体投资需求巨大,其中本地光缆网投资占了很大比例,因此应合理规划本地光缆网结构和容量,适度超前建设接入主干光缆,在能够快速接入5G站点、满足5G网络演进承载需求的同时,通过建设方

案的优化合理降低TCO成本。

参考文献:

- [1] 田洪宁,刘琦,尹祖新. 5G承载网络演进及部署方案探讨[J]. 邮电设计技术,2018(11):41-45.
- [2] 陶源,宋海滨. 面向5G C-RAN的传送网建设策略探讨[J]. 邮电设计技术,2019(1):80-85.
- [3] 汤瑞,赵俊峰. 5G承载网络结构及技术分析[J]. 邮电设计技术,2018(5):1-4.
- [4] 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.
- [5] 胥俊丞,杨伟,段树侠. 本地传送网业务接入优化策略探讨[J]. 邮电设计技术,2018(2):66-69.

作者简介:

王义涛,毕业于重庆邮电学院,高级工程师,注册咨询工程师,学士,主要从事通信网络的咨询、规划 and 设计工作;郭晓非,毕业于重庆邮电学院,高级工程师,学士,主要从事光通信网络的咨询、规划 and 设计工作;姚利民,毕业于北京邮电大学,工程师,注册一级建造师,硕士,主要从事通信网络的规划及项目管理工。