

室内场景下的 5G 前传承载方案研究

杜喆¹, 韦炜², 张德智¹

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 上海 200122; 2. 中国电信股份有限公司上海分公司, 上海 200120)

摘要: 2019年6月6日工信部向中国电信等4家运营商发放5G牌照,意味着中国已步入5G商用元年。5G可以说是新一轮颠覆性的信息技术革命,其具备高速率、大容量、低时延的特点,因此对5G前传网络提出了更高的技术要求。为此,基于5G业务和架构新特性、5G承载需求特性等综合分析,提出4种前传承载解决方案,并给出不同场景下的5G前传承载方案建议。

关键词: pRRU; 5G前传; CU/DU

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200505

中文引用格式: 杜喆, 韦炜, 张德智. 室内场景下的5G前传承载方案研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(7): 24-28.

英文引用格式: Du Zhe, Wei Wei, Zhang Dezhi. Research on 5G fronthaul transmission of indoor scene[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(7): 24-28.

Research on 5G fronthaul transmission of indoor scene

Du Zhe¹, Wei Wei², Zhang Dezhi¹

(1. Research Institute of China Telecom Corp., Ltd., Shanghai 200122, China;

2. Shanghai Branch of China Telecom Corp., Ltd., Shanghai 200120, China)

Abstract: The Ministry of Industry and Information Technology granted 5G licenses to relevant operators on June 6, 2019, marking China's entry into the first year of 5G commercialization. 5G is set to be a new round of disruptive revolution in information technology, with significant advantages including high speed, large capacity, and low delay. So it also puts forward some stringent technical requirements such as high bandwidth and low delay for 5G fronthaul network. Therefore, based on the comprehensive analysis of 5G new features of business and architecture, 5G carrying demand characteristics, etc., this paper proposes four kinds of prequel carrying solutions, analyzes their advantages and disadvantages and application scenarios, and summarizes suggestions on 5G fronthaul transmission solutions applicable to different scenarios.

Key words: pRRU; 5G fronthaul network; CU/DU

0 引言

前传是5G承载方案中的重要组成,对网络建设成本与工程实施便利性影响很大。选择合适的5G前传技术,采取灵活的部署模式,事关5G网络部署的质量、成本和效率。本文基于5G业务和架构新特性、5G承载需求特性等综合分析,提出4种前传承载解决方案,并分析其优劣和应用场景,总结出适用于不同场景下的5G前传承载方案建议,为后期5G前传网络建设提供参考。

1 5G 无线网架构

5G时代的网络架构相比4G有所调整,重构为AAU-DU-CU-核心网四部分,具体架构如图1所示。相应的5G承载由以下三部分构成:

(1)前传(Fronthaul: AAU-DU):传递无线侧网元设备AAU和DU间的数据;

(2)中传(Middlehaul: DU-CU):传递无线侧网元设备DU和CU间的数据;

(3)回传(Backhaul: CU-核心网):传递无线侧网元设备CU和核心网网元间的数据。

5G RAN在面向不同场景时存在差异化的部署方式,包含CU/DU大规模集中部署、CU/DU小规模集中部署以及CU/DU下沉式部署等架构^[1]。面向不同RAN部署架构的示意图如图2所示。

对于电信运营商,5G前传应以场景为驱动,综合考虑5G业务需求、4G网络现状、基础设施,以及建设成本和维护便利性等因素,应尽量选择CRAN大集中方式,CU/DU集中部署在综合业务接入局站,充分实现基础设施资源共享,实现快速部署,集中维护。然而,当在CRAN大集中场景下,由于CU/DU设备大规模集中部署在综合业务接入局站中,运营商需要部署大量主干接入光纤用于远端基站侧AAU的接入。在宏站场景,一般一个宏站部署3个AAU,当采用单纤双向技术时需要3芯主干光纤。当采用与4G同站址部署时,可以利用原有4G

5G 室内覆盖技术 5G Indoor Coverage Technology

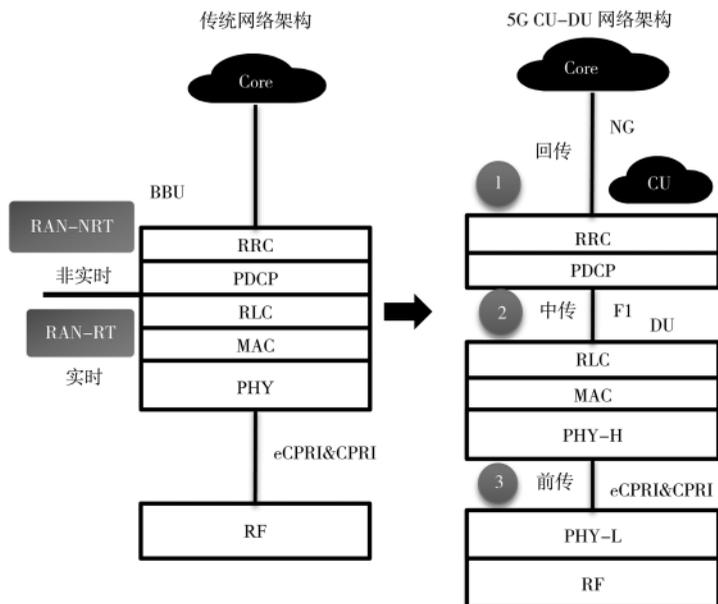


图 1 5G 基站重构图

基站的预留光纤资源、借助对 4G 基站双纤双向改造为单纤双向、4G RRU 级联以及 4G 多频段的共模部署等方案,释放出 3 芯主干光纤。为此,在 5G 建设初期,5G 基站建设规模不大时,运营商可以通过多种手段满足 5G 宏站的光纤资源需求,从而采用光纤直连方式进行 5G 前传网络的建设。但是在 5G 室分场景中,前传网络的光纤资源需求却大量增加,运营商急需一种能够大量节约主干光纤资源的 5G 室分场景的前传承载技术。

2 5G 室分前传对光纤需求分析

由于传统室分方式不支持 3.5 GHz 频段,无法满足 5G 部署要求,因此室内无线设备形态发展转变,将逐步演进为新型有源室分。在 CRAN 大集中场景中,有源室分系统中前传网络主要由三部分设备组成,即 pRRU、RHUB

和 CU/DU,如图 3 所示。

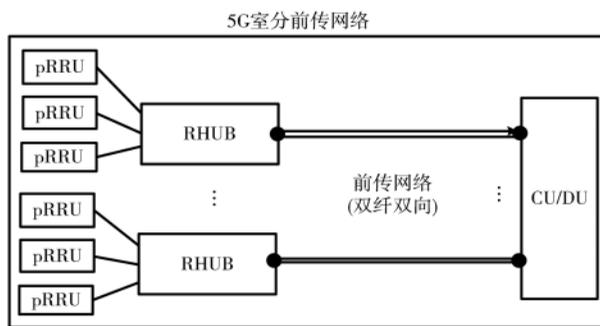


图 3 室分场景的 5G 前传网络示意图

pRRU 通过以太网线缆或光电复合缆接入 RHUB 设备,RHUB 设备通过光纤与 5G CU/DU 连接。为此,将 RHUB 和 5G CU/DU 设备之间的光纤网络称之为 5G 室分前传网络。

由于 5G 室分单个 pRRU 输出功率较小,因此覆盖能力有限。在 C-RAN 目标架构下,5G 室分对前传光纤资源的需求量大增。同覆盖面积下,新型有源室分的前传光纤芯数需求约为传统室分的 4~5 倍,两者光纤资源需求对比分析如表 1 所示。

对于 5G 室分前传网络,对光纤资源需求的差异性分为以下 3 种场景:

(1)当 5G 室分覆盖面积较小时,前传网络光纤资源

表 1 4G 室分和 5G 室分覆盖面积对比表

分系统类型	前传配置	平均每 RRU/pRRU 覆盖能力 (根据现网 4G 室分情况测算)	单路前传平均覆盖能力
传统室分	1×RRU	18 000 m ²	18 000 m ²
新型有源室分	2×RHUB ⁽¹⁾ (7pRRU/RHUB, 级联一级)	300 m ²	4 200 m ² (约为 DAS 的 1/4~1/5)

注:(1)现网 4G 新型室分每 RHUB 下挂 7 个 pRRU,RHUB 级联一级,即每芯下挂 2 个 RHUB,共 14 个 pRRU。

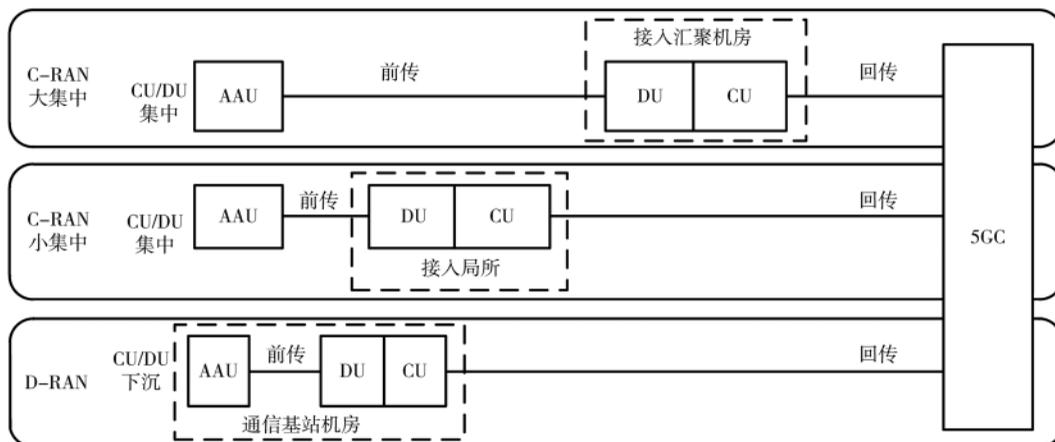


图 2 面向不同 RAN 部署架构的承载网络分段示意图

5G 室内覆盖技术 5G Indoor Coverage Technology

需求不大,可以采用光纤直连方式;

(2)当 5G 室分覆盖面积较大时,考虑到前传网络光纤资源需求量巨大,通常会将 5G CU/DU 直接下沉部署到用户侧机房中;

(3)当 5G 室分覆盖面积介于两者之间时,RHUB 设备通常部署在用户侧机房内,而 5G CU/DU 设备采用大集中方式部署在运营商接入机房内,前传网络采用光纤直连方式对光纤资源需求大,为此需要有合适的设备承载方案,既可以节约接入主干光纤,又能满足 5G 业务承载的技术要求。

结合对现有 5G pRRU 覆盖面积以及商务楼内的建筑面积进行测算,将上述 3 种场景进行分类。不同场景下的前传光纤需求分析如表 2 所示。

表 2 不同场景下的前传光纤需求分析表

楼宇覆盖面积/m ²	前传光纤资源需求(光纤直连,双纤双向)	CU/DU 部署方式
>9.8 万	>24 对光纤	下沉
2.4 万~9.8 万	6~24 对光纤	集中
<2.4 万	<6 对光纤	集中

3 5G 前传承载技术

5G 前传总体原则是以光纤直连为主,当光纤资源不足且 CU/DU 集中部署时,可采用基本 WDM 技术的设备承载方案,具体实现形态主要包括:无源 WDM、有源 WDM/OTN 和 WDM-PON 3 种。

(1)光纤直连:CU/DU 与每个 AAU 的端口间全部采用点到点光纤直连,该方案简单易行,但受限于末端光纤资源,适用于光纤资源丰富和 CU/DU 小规模集中场景。前传网络采用光纤直连架构示意图如图 4 所示。

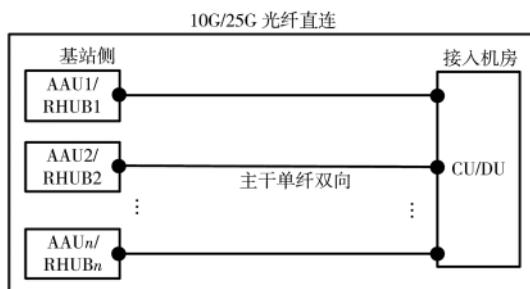


图 4 光纤直连示意图

(2)无源 WDM 方案:该方案将彩光模块安装在无线侧 AAU/RRU 以及 CU/DU 设备上,通过外置的无源合/分波器件完成 WDM 功能,将多路波长的前传信号由单根主干光纤完成传输。目前主要采用粗波分技术实现 10G/25G 前传承载,亦有超过 24 波等密集波分技术。前传网络采用无源 WDM 架构示意图如图 5 所示。

图 5 中局端侧部署合波器将 CU/DU 设备上一组彩光模块的多路波长信号聚合由一根主干接入光纤进行

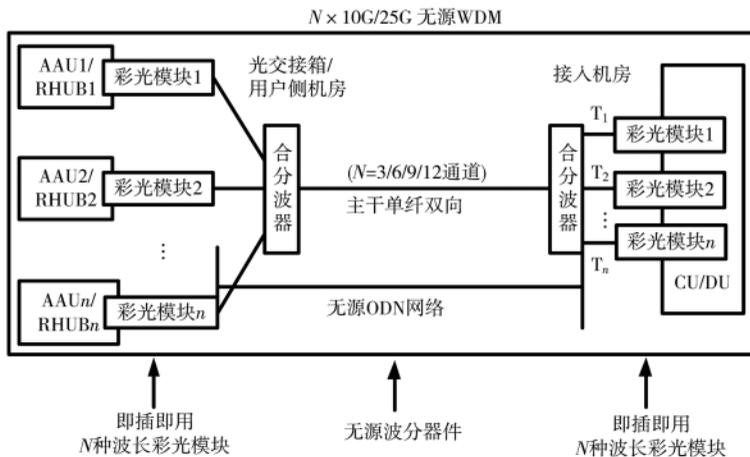


图 5 无源 WDM 前传承载技术示意图

传输,在远端侧部署分波器将主干光纤上的多路波长信号分离出来,分别接入无线网元(AAU 或者 RHUB)。

当采用粗波分技术实现无源彩光前传承载时,通常采用 6 波或 12 波 CWDM:

①6 波 CWDM:实现 3 个 AAU/RRU 的前传承载,上/下行链路各占用 3 个波长;

②12 波 CWDM:实现 6 个 AAU/RRU 的前传承载,上/下行链路各占用 6 个波长。

(3)有源 WDM 方案:该方案将 AAU/RRU 和 CU/DU 连接到 OTN 设备,通过波分复用和 OTN 技术实现前传承载,将多路波长的前传信号由单根光纤完成传输,并通过 OTN 开销实现维护管理。前传网络采用有源 WDM 的架构示意图如图 6 所示。

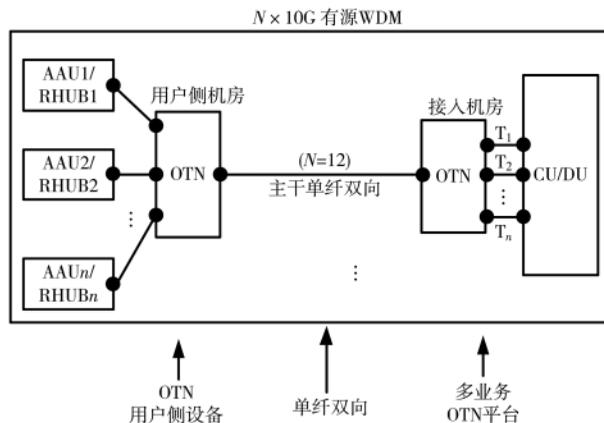


图 6 有源 WDM 前传承载技术示意图

当采用有源 WDM 方案时,可以采用传统的 OTN 设备进行业务承载,但是为了降低前传承载设备的建设成本,业内已提出了采用睿频技术,即采用 10G 速率光芯片通过 DMT(Discrete Multi-tone)算法,将普通 10G 光芯片超频达到 50G 速率。同时,借助合理的压缩技术,可实现 12 路 10G 的接入速率通过 1 对 100G 光模块实现

5G 室内覆盖技术 5G Indoor Coverage Technology

特约主编 朱雪田

传输。其中 100G 光模块由 2 路 10G 光芯片超频到 50G 速率组成。有源 WDM 的睿频及压缩技术如图 7 所示。

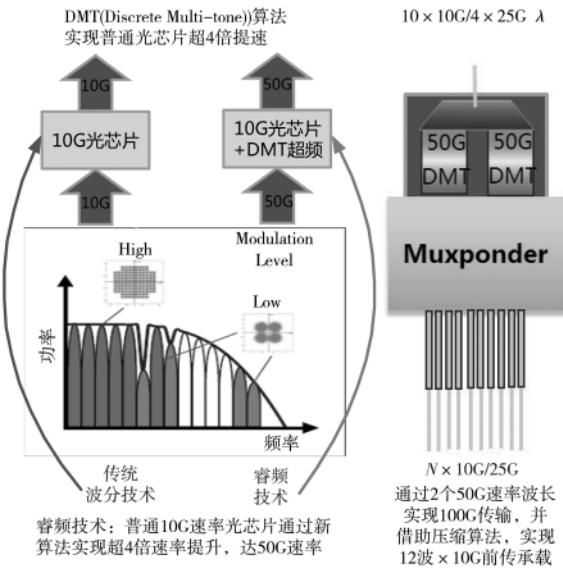


图 7 有源 WDM 前传承载睿频及压缩技术示意图

(4)WDM-PON 方案:该方案沿用 FTTx 点到多点的组网拓扑,将模块化 ONU 插入 AAU/RRU 或室分 RHUB 中,将 CU/DU 接到局端 OLT 设备上,通过无源 AAWG 器件完成 WDM 功能(将多路波长的前传信号由单根光纤完成传输)。目前 ONU 采用无色可调光模块,支持 12 路/20 路(24 波/40 波)的 10G/25G 速率前传承载。前传网络采用 WDM-PON 的架构示意图如图 8 所示。

5G 室分前传承载采用 WDM-PON 技术,具备以下 4 个特点^[2]:

- ①固移融合:近期基于 10G-EPON OLT 共平台。远期还可采用 OLT 网络切片技术,实现固移融合的全业务承载;
- ②模块化 ONU:AAU/RHUB 上即插即用,免市电引入

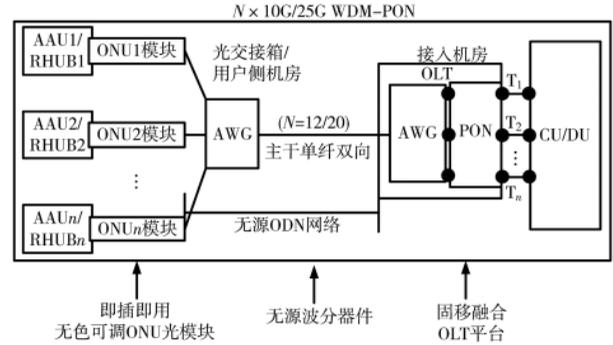


图 8 WDM-PON 前传承载技术示意图

安装;无色可调技术自动波长适配,免工程手动波长配对,实现快速安装开通;

③无源 AAWG:20 路(40 波)通用无源器件,支持 12 路/20 路,兼容宏站 AAU 和室分 RHUB 连接,部署位置类似 FTTH 的分光器,利于维护管理;

④平滑升级:通过更换 ONU 模块和局端 WDM-PON 板卡(同 OLT 机柜),利旧无源 AAWG 器件,实现 10G 到 25G 的平滑升级。

针对上述 3 种前传设备承载技术和光纤直连技术,从承载网络对于光模块、主干光纤、无源光器件、有源设备的需求,以及产业链层面进行深入分析,同时对各方案的建设、运维流程进行比较,每种方案都有各自的优缺点。4 种前传承载技术对比分析如表 3 所示。

无源 WDM、有源 WDM 和 WDM-PON 这 3 种设备承载技术均可以大量节约前传网络的接入主干光纤资源,其中基于粗波分技术的无源 WDM 承载方案技术及产业链较成熟,但多通道前传承载对于采购、建设和维护提出更高的要求;有源 WDM 承载方案采用睿频和压缩技术后设备通过 100G 接入多个无线设备,从而降低了每通道造价。但是,远端侧需要安装小型 OTN 设备,从而需要引电并产生较大功耗;而 WDM-PON 承载方案,可利用现

表 3 4 种前传承载技术对比分析表

	光纤直连	无源 WDM	WDM-PON	有源 WDM/OTN
光模块	10G/25G 白光模块	10G/25G 彩光模块	无色可调 ONU 光模块	100G 光模块
主干光纤	单纤双向:12 芯	单纤双向:1 芯	单纤双向:1 芯	单纤双向:1 芯
无源光器件	//	粗波分合分波器件 密集波分合分波器件	C 波段 AAWG	传统 OTN:合分波器件 睿频技术:无合分波器件
有源设备	//	//	局端 OLT 设备	远端 OTN 终端/局端 OTN 设备
优点	沿用 4G 的采购/建设/运营模式	(1)两端部署彩光模块无线前传无感知; (2)节约主干光纤	(1)无色 ONU 光模块,即插即用免上电快速部署; (2)共 OLT 平台,10G 到 25G 平滑升级,兼容宏站/室分	(1)睿频技术/压缩技术可实现 12×10G (120G)高带宽传输; (2)节约主干光纤
缺点	浪费大量主干光纤	不同前传场景下,多种彩光模块,采购(小签)、工程建设、运维、备件等工作流程复杂	(1)处于新技术推广阶段,产业链尚需推动,成本较高; (2)前传链路引入 OLT 机柜,增加 1 个网元节点	(1)远端 OTN 引电安装,且功耗较大;局端引入 ONT 增加网元节点; (2)无 12 波 25G 平滑升级方案
产业链	无线设备厂商提供:华为、中兴、诺基亚	瑞斯康达、光讯等	华为(宏站方案),中兴、烽火、诺基亚(宏站/室分方案),中兴/烽火 Q3、诺基亚 Q4 供货	华为(睿频技术)、中兴、烽火(传统 OTN 技术)

表 4 不同场景下的 5G 前传承载方案

站型	场景描述	前传方式	分析
5G 宏站 AAU	5G 与 4G 共站址新建	无源 WDM	3×AAU+3×RRU 12 波无源 WDM 仅需 1 芯光纤
	纯 5G 新建	光纤直驱	3×AAU, 3 芯光纤
5G 小站 mRRU	场点 mRRU 数 ≤ 6	光纤直驱	≤ 6×mRRU, ≤ 6 芯光纤
	场点 mRRU 数 > 6	WDM-PON, 有源 WDM/OTN	> 6×mRRU 光纤直驱 > 6 芯光纤 设备承载技术仅需 1 芯光纤
5G 室分 pRRU	> 9.8 万 m ² (根据现网室分测算, 90% 的场点 CU/DU 集中部署)	短距光纤直驱	CU/DU 下沉后主干光纤用于回传
	[2.4 万 m ² ~9.8 万 m ²]	WDM-PON, 有源 WDM/OTN	24×PHUB, 光纤直驱 24 根主干光纤 设备承载技术仅需 2 根主干光纤
	< 2.4 万 m ² (参考 4G, 6 芯以下光纤直联机房)	光纤直驱	< 6×PHUB, < 6 芯光纤

有 FTTH 的架构, 当 ONU 实现小型化采用 SFP 型 ONU 光模块时, 可实现即插即用, 快速部署开通。当前无色可调技术的产业链尚不成熟, 因此可调光模块价格较高。

4 前传承载方案建议

以上方案各有优缺点, 适用的场景也各不相同。从目前阶段来看, 光纤直连、无源 WDM 和有源 WDM/OTN 更合适, 随着 WDM-PON 技术成熟, 采用 WDM-PON 也是很好的一种方案选择。现网实际情况差异较大, 在实际网络部署时, 宜根据实际场景选择合适的技术和方案, 达到性价比、运维管理等多方面合适的解决方案, 满足各种前传承载需求。本文对现网不同无线场景类型进行细分, 并提出相应的 CU/DU 部署方式、建议的前传方案及对应的光纤资源需求, 为 5G 大规模建设提供参考。不同场景下的 5G 前传承载方案应用如表 4 所示。

5 结论

综上所述, 在不同 RAN 架构下以及在不同的应用场景中, 5G 前传网络的建设将会采用不同的部署方式和承载技术。在 5G 室分场景下, 当采用 CRAN 架构时, 有源 WDM 和 WDM-PON 等设备承载技术将有效节约光纤资源, 以降低前传网络的综合造价。但是由于运营商现有基础设施资源存在差异性, 而 5G 前传网络的建设将涉及海量的光纤和机房。为此, 运营商目前面对的

问题不仅仅是 5G 无线设备以及 5G 核心网的建设, 如何有效利用现有已规模部署的光缆网、设备机房等基础设施资源, 服务于 5G 前传网络的规划、建设和运营, 同样也是一个关键而重要的课题。面对上述需求和挑战, 中国电信正在从 5G 前传建设场景、技术需求和网络规划等多个维度, 持续推进 5G 前传网络承载技术的研究、测试和试验。

参考文献

- [1] 中国电信 5G 技术白皮书[Z]. 2018.
- [2] Zhang Dezhi, Du Zhe, Jiang Ming, et al. High speed WDM-PON technology and application for 5G fronthaul network[C]. 2018 ASIA Communications and Photonics Conference(ACP), 2018.

(收稿日期: 2020-06-15)

作者简介:

杜喆(1978-), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向: EPON/GPON、PON 综合业务承载、光链路测量与诊断以及 5G 承载技术。

韦炜(1977-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 移动网络的规划和建设、物联网技术及应用。

张德智(1978-), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: EPON/GPON、PON 综合业务承载、PON SDN 技术及 5G 承载技术。

(上接第 23 页)

参考文献

- [1] 陈昊, 唐余亮. 基于家庭基站移动通信系统的自适应时钟同步算法[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2013, 52(3): 333-337.
- [2] 蒋鑫, 芮鹤龄, 杜艳艳. TD-SCDMA 家庭基站时钟同步解决方案的研究[J]. 电信科学, 2009, 25(4): 25-28.
- [3] 3GPP TS 38.104 V16.3.0. Technical specification group radio access network; NR; base station(BS) radio transmission and reception, (Release 16)[S]. 2020.

- [4] HUAWEI. 时钟时间特性指南 01[OL]. (2018-12-14) [2020-06-15]. <https://support.huawei.com/carrier/docview!docview?nid=DOC1100438514&topicId=be6fd23e>.
 - [5] HUAWEI. 华为智简园区交换机 1588v2 技术白皮书[Z]. 2019.
- (收稿日期: 2020-06-15)

作者简介:

朱红绿(1984-), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向: 4G 网络 EPC 技术、室内覆盖解决方案、5G 小基站技术、5G 核心网等。

孙丽楠(1983-), 女, 博士, 工程师, 主要研究方向: 5G 无线技术、5G 家庭小基站、小基站开发、5G 网管等。

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所