

5G 前传解决方案研究

Research on 5G Pre-transmission Solutions

田洪宁¹, 李文华², 尹祖新¹, 杨锐¹, 张智¹, 王丽琼¹ (1. 中国联通研究院, 北京 100176; 2. 北京电信规划设计院有限公司, 北京 100048)

Tian Hongning¹, Li Wenhua², Yin Zuxin¹, Yang Rui¹, Zhang Zhi¹, Wang Liqiong¹ (1. China Unicom Research Institute, Beijing 100176, China; 2. Beijing Telecom Planning & Designing Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China)

摘要:

C-RAN 是 5G 基站的主要部署方式, 如何低成本、高效率地解决 DU-AAU 之间的前传承载需求是实现 5G 基站 C-RAN 部署的关键问题之一, 在详细论述 5G 前传业务需求的基础上, 分析比较了无源 CWDM、有源 OTN、Open-WDM、PAB-WDM 等各类前传承载技术方案, 并给出应用建议, 为规范前传承载方案、提高 5G 网络建设效能提供了参考。

关键词:

C-RAN; 前传承载; WDM

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2020.12.017

文章编号: 1007-3043(2020)12-0076-05

中图分类号: TN914

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

C-RAN is the main deployment mode of 5G base stations. How to solve the pre-transmission bearer requirements between DU and AAU with low cost and high efficiency is one of the key issues for implementing C-RAN deployment of 5G base stations. Based on the detailed discuss for pre-transmission business requirements, various pre-transmission bearer technologies including passive CWDM, active OTN, Open-WDM, PAB-WDM are analyzed and compared, and the application recommendations are put forward, which provides a reference for standardizing the pre-transmission scheme and improving the efficiency of 5G network construction.

Keywords:

C-RAN; Pre-transmission bearer; WDM

引用格式: 田洪宁, 李文华, 尹祖新, 等. 5G 前传解决方案研究[J]. 邮电设计技术, 2020(12): 76-80.

0 前言

随着 5G 商用的到来, C-RAN 模式下的 NR 站对于前传纤芯资源的压力日益突显, 相比传统的 D-RAN 接入模式, C-RAN 架构具备明显的 TCO 优势, 同时 DU 池组化亦是无线网络的重要发展趋势。5G RAN 侧的重构及网络架构的变化对前传网络提出了新的要求与挑战, 为提高基础资源利用率、降低建网成本, 业内提出了多种前传技术方案。本文结合 5G 前传业务需求, 分析比较了基于 WDM 技术、电层汇聚技术等各类

前传技术方案, 从网络能力、OAM、成本预算等角度对比各类方案优劣, 并给出 5G 前传承载建议。

1 5G 前传业务需求

1.1 前传承载指标需求

5G 对 RAN 网络协议功能的部署位置进行了重构, 重新划分了 BBU、RRU 功能, 高层分割采用 Option 2 方式, 新定义的 Centralized RAN 包含中央单元(CU)和分布单元(DU)。传统的 RRU 与天线阵列以及上移的部分物理层功能被一体化为 AAU 设备。DU 与 AAU 之间定义为 5G 前传链路。其带宽需求与 CU/DU 物理层功能分割位置、基站参数配置(天线端口、调制阶数

收稿日期: 2020-10-09

等)等相关,对于100 MHz带宽AAU前传接口主流采用1×25 Gbit/s eCPRI接口(Option7),支持统计复用。前传时延要求小于100 μs。

1.2 前传网络部署架构

ITU-T明确了5G网络CU和DU逻辑分离架构, CU与DU之间的接口命名为F1,在实际部署中存在分离与合设2种形态。初期以CU/DU合设形态为主,后期分设时,回传网络将增加中传链路。5G RAN网络主要包括D-RAN分布式部署、C-RAN集中部署(CU/DU一体化)、CU云化部署(CU、DU分离部署,初期合设暂不考虑)。

以D-RAN方式部署时,AAU与BBU同址放置,此时不需考虑前传组网。其主要优点是部署简单,但对于末端机房及接入设备需求量大。

C-RAN架构由分布式AAU和集中式DU池组成, DU池部署在综合业务接入点或BBU集中点,AAU拉远接入,此时需要考虑前传网络建设。

对于无线侧,DU的池组化便于实现DU间的动态资源分配、多点协同、联合调度,有利于提升频谱利用率及网络容量。对于承载侧,C-RAN组网可大幅减少末端机房及传输设备需求,具备明显的TCO优势,按某区百个现网站点测算,TCO平均节省35%~50%。因此5G网络将以C-RAN架构作为主要部署方式,但这种方式对末端光纤资源的消耗极大。

1.3 共建共享对前传的影响

5G共建共享包含接入网共享及异网漫游2种模式,接入网共享方案指共享5G基站及承载网,自建核心网。异网漫游方案指5G基站仅接入承建方核心网,双方核心网对接互通,用户通过类似于国际漫游的方式使用5G服务。其中无线侧共享方式存在3种技术模式。

模式1为独立载波、独立AAU。配置2个载波,在不同载波上广播各自的网络号,各自调度独立频率资源,不存在业务互抢的情况,不需考虑资源分配策略。前传共接入6个AAU,每AAU配置1×25G eCPRI接口。

模式2为独立载波、共享AAU。接入3个AAU,承建方+共享方总载波带宽可配置为100或200 MHz,当采用200 MHz带宽时,预计每AAU配置2×25G eCPRI接口(尚无设备,业内预测)。

模式3为共享载波、共享AAU。配置1个或2个载波,实现频率资源的共享,共享载波带宽可配置为100或200 MHz,接口配置同模式2。

综上,基站共享模式下,其接口类型及速率不变,采用独立AAU或200 MHz载波带宽共享AAU方案时,接口数量将翻倍。

2 前传技术方案分析

当前针对C-RAN模式下的前传技术种类繁多,归纳起来主要包含3类技术体制:光纤直驱、基于WDM技术、基于电层汇聚技术。其中光纤直驱方式按照光模块可选择Duplex和Bidi方式;基于WDM技术按照激光器类型分为可调与非可调2种方式,波段选择包括CWDM、DWDM、LAN-WDM、MWDM;按照设备形态可划分为有源、半有源、无源形态。

目前业内主流解决方案主要包括光纤直驱、无源CWDM、Open-WDM、有源OTN、PAB-WDM和TSN方案,各解决方案所对应的技术选择如图1所示。

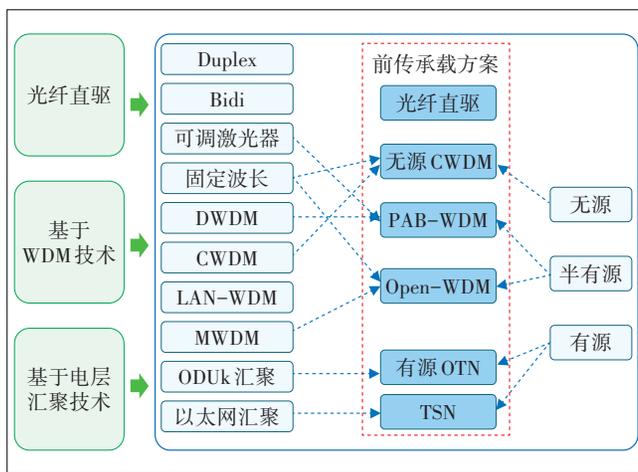


图1 前传承载方案分类

2.1 光纤直驱

DU集中在综合业务接入点或BBU集中点,各无线站点的AAU通过配线及主干光缆拉远接入至DU池,需在无线AAU及DU设备上配置25G Duplex或Bidi白光模块,模型如图2所示。Duplex光模块工作波长为1 310 nm,Bidi光模块有WDM和环形器2种实现方式,因环形器方案对防尘要求较高,目前主流采

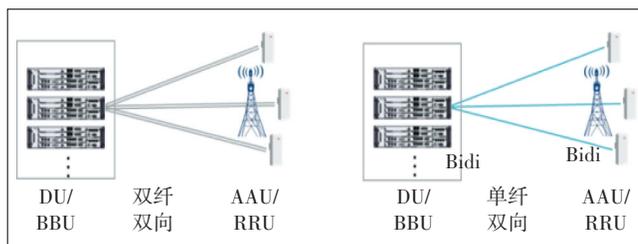


图2 光纤直驱前传示意图

用WDM方案,CCSA规定了1 270/1 330 nm的双波长Bidi方案。

光纤直驱为当前使用最普遍的前传方案,具备施工简便、造价低的特点,在业务需求不大且纤芯资源充足时可快速建站。缺点在于占用管线资源较多,考虑共享NR站,DU和AAU间需要高达12芯光纤,规模部署时对配线及主干光缆消耗极大,大量的叠加光缆也对管道造成压力,且新建光缆敷设工期长、造价高。采用Bidi方式时可减少50%光纤消耗并满足时延对称性,但收敛能力有限。

2.2 无源CWDM

无源CWDM系统由固定波长的CWDM彩光模块与合分波2个部分构成。组网方式如图3所示,彩光模块直接安装在DU和AAU设备上替换原有白光模块,外置基于TFF技术的CWDM合分波器,采用单纤双向方式满足时延、同步的对称性。采用ITU-T G.694.2标准规范的18个波长。主流的无源CWDM方案分为1:6/1:12,支持级联组网。

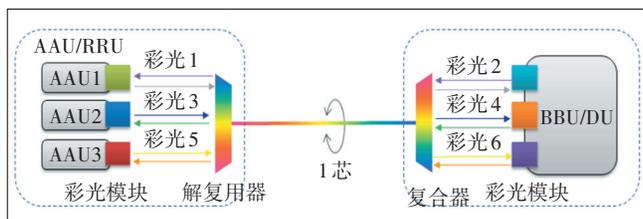


图3 无源CWDM前传方案示意图

无源CWDM技术成熟,纤芯收敛能力强,对于共享站可采用叠加1:6或1:12方案,仅需1~2芯主干及配线光缆,可大幅节省纤芯需求,降低建站配套成本。目前25G CWDM彩光模块使用直调激光器DML+PIN方案,波长间隔20 nm,对于商业级温度应用场景,其具备足够的温度漂移空间,不需TEC模块,成本较低。缺点是运维不便,一方面采用固定波长,波道规划相对复杂,光模块所需备件较多,另一方面维护界面不清,缺少OAM机制。同时长波长色散产生的功率代价较高易导致功率预算不足影响传输距离,光模块可采用EML+APD方案进行功率补偿,但将大幅提高光模块成本。

2.3 Open-WDM

Open-WDM方案如图4所示,局端部署有源WDM/OTN设备,尾端为嵌入至无线设备的彩光模块,属半有源方案。

Open-WDM基于MWDM技术,属波长创新方案,

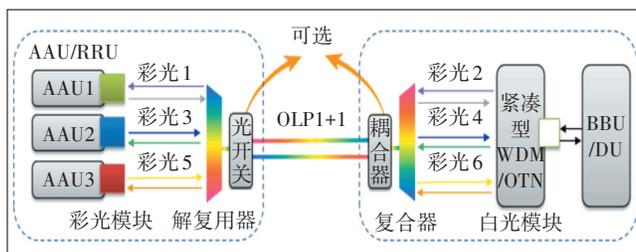


图4 Open-WDM方案示意图

波长范围1 260~1 380 nm,重用了25G CWDM的前6波,利用激光器波长随温度发生偏移的特性采用温度调谐将前6波左右各偏移 x nm形成12个波长。光模块技术方案采用DML+PIN/APD方式,需要增加TEC模块。典型偏移波长 x 为3.5 nm,此时中心波长间距为7和13 nm非等间距交替。其最大优势在于理论上可重用CWDM产业链,具有一定成本优势。尾端光模块采用光层调顶技术,具备一定的OAM能力,利用调制信息传输中心频率、告警等,支持OLP 1+1保护。该技术方案标准尚未完善,且目前利用TEC完成激光器波长偏移的产业链尚不成熟,暂不具备商用条件。

2.4 PAB-WDM

基于可调谐光模块的波长自适应接入型WDM(PAB-WDM——Port-Agnostic Bi-directional access WDM)技术方案如图5所示,由头端、尾端及合分波设备构成。根据实际应用场景,PAB-WDM系统具有灵活的设备形态,包括有源、半有源、无源形态。考虑到成本及OAM问题,前传应用的主流形态将采用半有源方式,局端采用固定波长的有源设备,尾端采用可调光模块与合分波器。ITU-T已发布PAB-WDM标准,标准号为G.698.4。

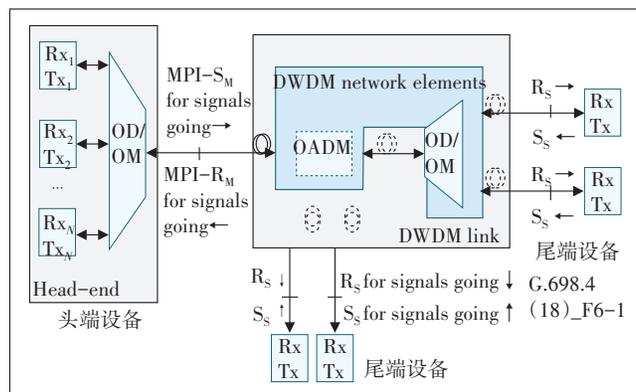


图5 PAB-WDM技术方案

PAB-WDM基于DWDM技术,具备丰富的波长资源,最大支持40波。其特有的低成本宽范围可调激光

器技术具备端口波长无关、自动适配能力,尾端设备(TEE)可自动将其光模块工作波长调节至所连 OD/OM 或 OADM 端口简化配置、提高业务开通效率。同时 PAB-WDM 设计了支持基于系统规范的消息通道(HTMC 和 THMC)的 OAM 功能,可实现对尾端无源光模块的管理。此外 WDM 方案基于 L0 传输,天然具备低时延特性。采用半有源形态安全性高,具备 OLP 1+1 保护能力。但可调激光器成本稍高,商用进度仍有待推进。

2.5 有源 OTN

有源 OTN 组网方案如图 6 所示,综合业务点部署 1 套紧凑型 WDM/OTN 设备,末端部署室外型 OTN 设备。

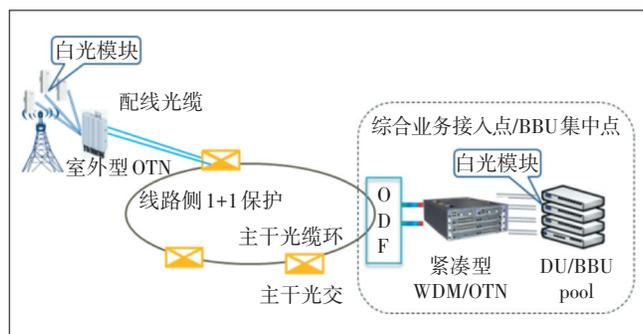


图 6 有源 OTN 方案示意图

有源 OTN 采用基于 M-OTN 技术实现对 5G 前传信号的电层汇聚,采用 OTN 封装方式,具备完善的 OAM 机制,且相比 G.709 简化了 OTN 信号成帧方式,优化 FEC 及信号处理流程,具备低时延特性。有源 OTN 在客户侧支持以太/TDM/cPRI/eCPRI 等多类型业务,支持线路侧 1+1 保护,但成本偏高,室外型 OTN 设备功耗 100~200 W,增加 OPEX 成本。同时尾端设备

类似于延伸的 TMUX 板卡,采用代管方式与局端设备厂家强关联。

2.6 TSN

时延敏感型网络(TSN——time-sensitive network)的基本原理是将原来固定帧结构的 CPRI 信号进行分组化,通过以太网进行传输,具备统计复用能力。组网结构如图 7 所示,两端采用有源分组交换设备,定义为时间敏感分组交换设备(TPS——Time-sensitive Packet Switch),满足 IEEE802.1CM 及 IEEE 1914.3 RoE 标准,上联支持 CWDM/DWDM 彩光口。

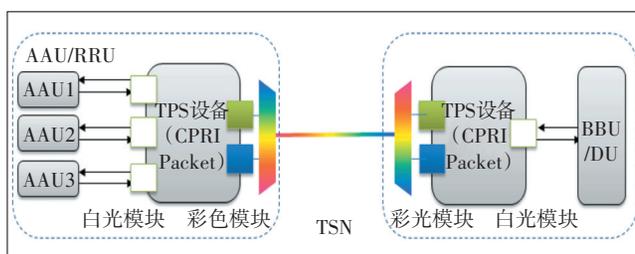


图 7 TSN 方案示意图

该方案特点是支持 L2 切片,业务接入类型多样,具备网络级保护和 OAM 监控。缺点是造价高,其特有的 QoS 机制针对前传网络暂时缺少应用场景,且尾端暂无室外型产品。

3 前传承载方案比较

从业务需求的角度,各技术方案均能满足 5G 前传承载基本需求,但各有优劣,前传承载各技术方案比较如表 1 所示。

除光纤直驱外,在设备形态上,有源方案需在尾端增加室内或室外型设备,基站侧需要引电甚至提供末端机房,TCO 成本最高,但其安全性强、OAM 完善;

表 1 前传方案比较

类别	光纤直驱	无源 CWDM	有源 OTN	Open-WDM	PAB-WDM	TSN	
承载能力	组网拓扑	点到点	点到点	点到点/链/环	点到点/链/环	点到点/链/环	
	纤芯需求/芯	6~12	1	1	1	2	
	传输距离/km	-	<10	>10	>10	>10	
	接口类型	25G 白光	25G 彩光	25G/以太/SDH 等	25G 彩光	25G 可调彩光	以太
	时延	-	低	中(3~5 μs)	低	低(ns量级)	中(μs量级)
维护能力	OAM	无 OAM	无 OAM	具备 OAM	具备 OAM	具备 OAM	
	保护	无	无	1+1 保护	1+1 保护	1+1 保护	可保护
扩展能力	系统容量	-	18 波	线路侧 100G/200G	12 波	最高 40 波	支持百 G 以上
综合成本	工程部署	利旧或新建光缆	部署彩光模块	局端紧凑型波分、尾端室外型 OTN	局端紧凑型波分、尾端彩光模块	局端紧凑型波分、尾端可调光模块	局端、尾端部署 TPS 设备
	造价	低/中	低	较高	较低	中	高

无源方案成本最低,部分场景甚至优于光纤直驱,但缺少保护手段及OAM机制,无法实现前传网络自动管控;半有源方案成本介于前两者之间,局端有源可管控,尾端通过光层调顶或消息通道机制实现管理,若采用可调光模块技术可简化运维及配置工作,但成本会稍有增加。

在技术体制上,基于电层汇聚技术方案采用电层处理技术(ODUk汇聚、以太网汇聚等)来提高光纤利用率,均为有源方案,成本高。但其多业务接入能力强,OAM及安全性高,因此此类方案更加适用于有专线业务接入需求的站点。基于WDM技术方案对比如表2所示,CWDM采用DML+PIN技术方案,成本最低,但长波段功率预算不足,传输距离受限,功率补偿成本提高;LAN-WDM采用O波段,色散代价低、成本适中,但目前波道资源有限,主要是日韩在用;DWDM波长资源丰富、扩展性强,0.8 nm间隔可调,成本最优;MWDM利用TEC调节波长扩展了CWDM的前6波,具有产业链优势,但其后4波成本仍较高。

表2 WDM技术方案比较

类别	CWDM	DWDM	LAN-WDM	MWDM
波长范围/nm	1 271~1 611	1 528~1 565	1 273.54~1 309.14	1 267.5~1 374.5
波长间隔/nm	20	0.8	~4.4	7/13...非等间距
波长数量	G.694.2定义18波	≥40波	IEEE802.3cd定义8波	12波
技术方案	DML + PIN	EML+PIN/APD+TEC	DML/EML+PIN+TEC	DML+PIN/APD+TEC

4 应用建议

5G规模建设后,运营商前传承载需求接近百万量级,末端站任何一点的成本波动对整体投资都会产生较大影响。当前前传承载技术种类繁多,在考虑5G建设方案时,应在满足业务需求的前提下,尽量减少非必要功能并保留一定的可扩展性、可维护性,考虑TCO成本最优化。

对于5G新建站址,需新建配线接入光缆,建议采用光纤直驱+25G Bidi光模块方式,收敛50%纤芯资源。

5G共站址建设时,无源CWDM具备比较明显的价格优势,5G初期可作为过渡方案进行前传承载,适用于城区等接入距离较短的场景。有源OTN、TSN等有源方案安全性强、OAM完善、具备多业务接入能力,建议在有专线或切片需求的站点采用,由于TCO较

高,不建议在只有2C前传业务的站点中规模采用。PAB-WDM、Open-WDM采用半有源方案时既降低了成本,又具备1+1保护及OAM等有源方案的优势,但设备仍处在开发测试阶段,可作为5G成熟期的备选方案。相比于LAN-WDM、MWDM方案,基于DWDM技术的PAB-WDM具有更高的波道容量、扩展性更强、组网更加灵活,可实现LTE/NR站的前传综合承载,尾端采用可调光模块技术可极大简化运维、配置工作,降低TCO,应加快推进设备及产业链的成熟和成本的降低,在造价差异不大的情况下建议优选。

5 结束语

接入层作为承载网金字塔结构中的最底层,其建设规模最大,投资占比最高,因此合理选择前传技术方案对提高5G网络的建设效率和投资效能意义重大。

通过详细分析5G前传业务需求变化,针对现有前传技术多样化的状况,从技术体制、设备形态2个维度梳理归纳了各技术方案,从承载能力、维护能力、成本预算等角度进行分析,提出了5G前传承载方案建议,为缓解前传资源消耗、降低5G前传网络建设投资、提升前传承载效能提供了支撑和参考。

参考文献:

- [1] Study on New Radio Access Technology & Radio Access Architecture and Interfaces (Release 14): 3GPP TR 38.801 V2.00[S/OL]. [2020-09-12]. [ftp://ftp.3gpp.org/](http://ftp.3gpp.org/).
- [2] 李福昌,马彰超,孙雷,等. LTE网络BBU集中化部署关键解决方案[J]. 邮电设计技术,2014(10):1-4.
- [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] 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.
- [5] 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.
- [6] 周子义,杨洋. 适应5G业务发展的接入光缆网规划原则[J]. 邮电设计技术,2019(7):72-76.

作者简介:

田洪宁,毕业于北京工业大学,高级工程师,主要从事本地传送网规划、测试工作;李文华,毕业于北京邮电大学,高级工程师,长期从事通信网络、技术研究和技管理工;尹祖新,毕业于哈尔滨工业大学,教授级高级工程师,长期从事传输网规划、设计、研究等工作;杨锐,毕业于北京邮电大学,工程师,主要从事本地传送网规划、研究工作;张智,毕业于北京邮电大学,工程师,主要从事本地传送网规划、系统开发工作;王丽琼,毕业于北京邮电大学,高级工程师,主要从事本地传送网规划、测试工作。