

5G 移动业务 OTN 承载解决方案

OTN Bearing Solution for 5G Mobile Service

孙志勇/SUN Zhiyong

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳
518057)
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 01-0013-004

摘要: 针对 5G 移动业务, 光传送网(OTN)可以实现承载移动前传、中传和回传业务。认为作为基础的承载技术, OTN 可以提供大带宽、低时延、灵活分片、高可靠性、开放协同的能力, 适合在 5G 时代新网络架构下的前传和回传组网, 并能同时支撑运营商固网等其他业务的发展, 满足未来网络持续演进的需求。

关键词: 5G; OTN; 前传; 中传; 回传

Abstract: For 5G mobile services, the fronthaul, midhaul and backhaul services can be achieved by optical transport network (OTN). As the foundation of the bearing technology, OTN can provide large bandwidth, low latency, flexible fragment, high reliability, and open collaboration capabilities, and is suitable for the fronthaul and backhaul networking in 5G era. OTN can also support the development of other services, such as fixed network, so as to meet the needs of the continuous evolution of future networks.

Keywords: 5G; OTN; fronthaul; midhaul; backhaul

1 5G 对承载网带来的挑战

5G 移动新业务对承载网带来了新的要求和挑战^[1-2]:

- 增强型移动宽带(eMBB)高带宽业务, 对承载网提出了 10 倍以上的带宽需求;
- 超可靠低时延通信(uRLLC)业务要求承载网络支持极低的时延和极高的可靠性;
- 5G 承载网络需要支持高精度的时钟和时间同步;
- eMBB、uRLLC 和大规模机器类通信(mMTC)等不同的业务对带宽、时延、服务质量等不同的要求, 并要求分配不同的网络资源, 这就要求承载网提供网络切片能力。

5G 网络架构相对于 3G、4G 发生了如下变化, 具体如图 1 所示:

- 5G 核心网云化和虚拟化部署。5G 核心网引入了网络功能虚拟化(NFV)和软件定义网络(SDN), 不再沿袭传统的“烟囱”架构; 而是采用统一的物理基础设施, 在云数据中心间实现池化、虚拟化、容器化的资源共享。5G 核心网将实现管理控制层和业务层进行了分离。

- 5G 基站密度大幅度增加。为降低网络综合建设成本, 无线接入网更多地采用集中式无线接入网络(C-RAN)架构, 更便于实现灵活的无线资源管理。

5G 网络架构的这些变化给承载网带来了影响: 核心网业务锚点下移, 回传网更加扁平化; C-RAN 架构带来更多的前传网络, 前传网要满足低成本、灵活组网的需求; 光纤进一步下移, 需要部署更多的承载节点^[3]。

2 C-RAN 下的 5G 移动前传网技术方案

5G 承载网通常分为前传、中传和回传 3 部分。其中 C-RAN 架构下 4G 前传网有常见如下 3 种传输技术选择(如图 2 所示):

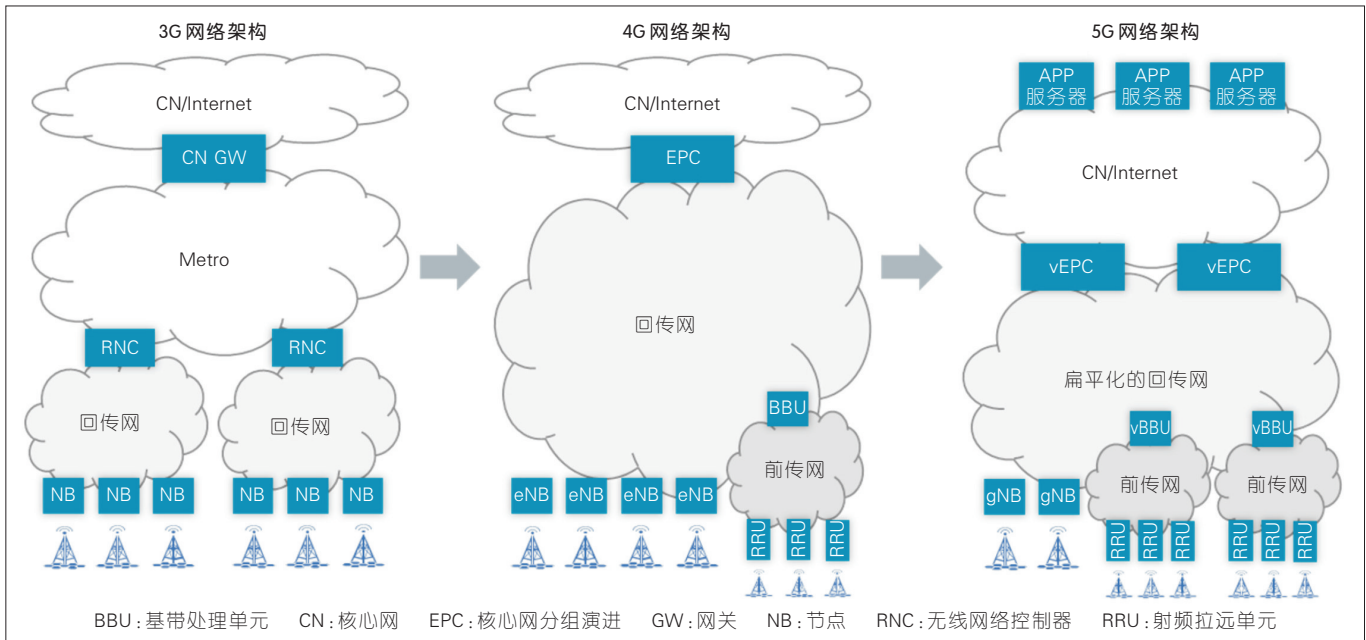
- (1) 裸光纤直驱。该方式在基带处理单元(BBU)和射频拉远单元(RRU)间无需传输设备, 时延最低,

部署最简单; 但耗费光纤资源。

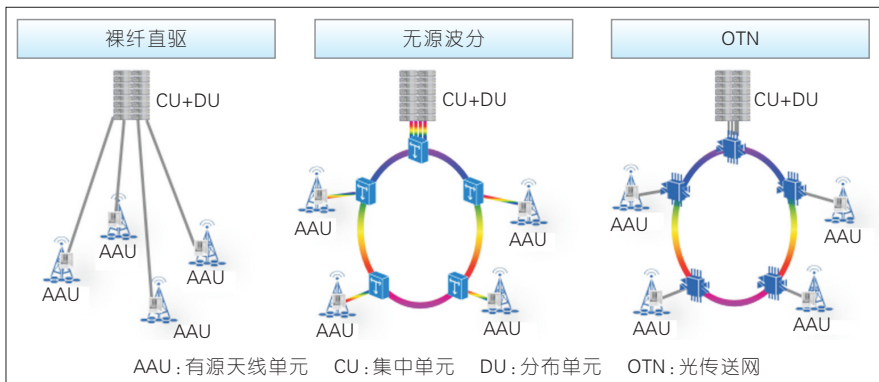
(2) 无源波分复用(WDM)。该方式采用无源合分波器将多路波长复用到一根(或一对)光纤传输, 可节省光纤资源, 光器件引入的时延很小, 无源设备不需加电, 维护比较简单, 综合成本较低; 但 RRU 和 BBU 需要采用彩光接口, 增加无线设备的成本, 并且要求无线设备支持彩光功能, 无线设备管理复杂化, 增加成本。业务无保护, 可靠性差。

(3) 光传送网(OTN)承载。该方式采用 OTN 设备实现多个站点多路前传信号的复用和透明传输, 可大幅度节省光纤资源, 支持光层和电层的性能和故障检测等管理维护(OAM)功能, 并能提供业务保护, 保障业务的高可靠。OTN 采用 L0/L1 的传输, 具有大带宽、低时延的特性, 可实现低延时传输。该方案减少了无线设备部署的复杂度, 支持从非 C-RAN

收稿日期: 2017-12-11
网络出版日期: 2018-01-16



▲ 图 1 5G 网络架构变化对承载网络的影响



▲ 图 2 C-RAN 架构下 4G 前传网技术选择

架构向 C-RAN 架构迁移时,不需要替换无线设备的光接口。缺点是设备成本相对较高,需开发低成本方案。

5G 的无线接入网(RAN)功能将被重新划分,原来的 BBU 和 RRU 被重构为集中单元(CU)、分布单元(DU)、RRU/有源天线单元(AAU)3 个功能实体。根据 CU、DU、RRU/AAU 的放置位置不同,可以有不同的中传组网模式:

- DU 和 RRU/AAU 同站部署,它们之间通常以裸纤直连为主。

- 如 DU 按一定规模集中部署,DU 和 RRU/AAU 之间对应前传,由于 DU 实时性处理对时延的要求,前传

距离应小于 10 km。这种情况下,可以采用裸纤直连,也可以采用 WDM/OTN 节省光纤,提供保护。

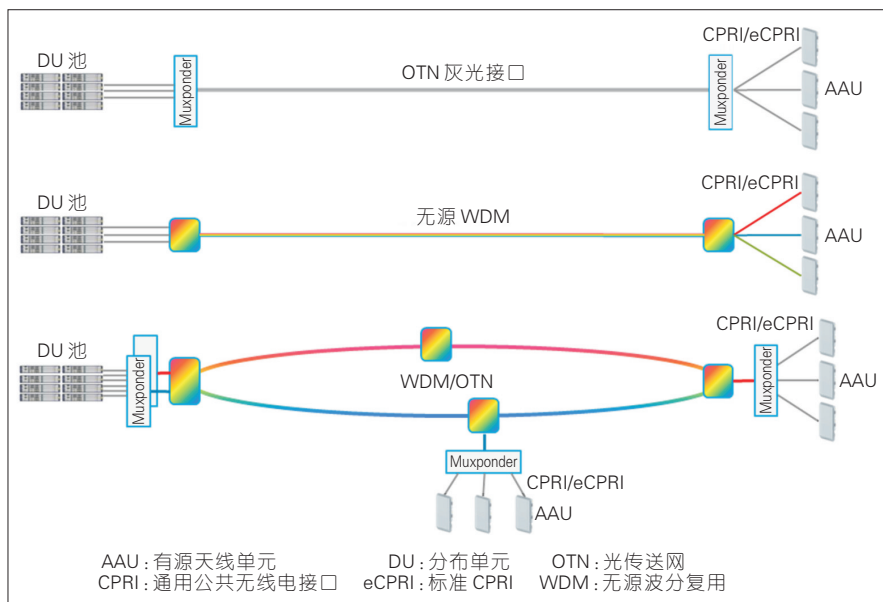
- OTN 承载 5G 前传。OTN 的 Muxponder 将多个 RRU/AAU 的 10 G 或 25 G 的通用公共无线电接口(CPRI)或标准 CPRI(eCPRI)信号复用到 100 G/200 G 高速信号后传送到 DU,满足了大带宽的传输需求。按照光纤路由可灵活组建点到点、链型、环形网络(如图 3 所示),在点到点组网的情况下还可采用单纤双向技术进一步减少光纤使用。DU 集中池化节省无线设备投资,同时提供最佳的协同增益。前传采用 OTN 设备成本还比较

高,目前在进行成本优化。

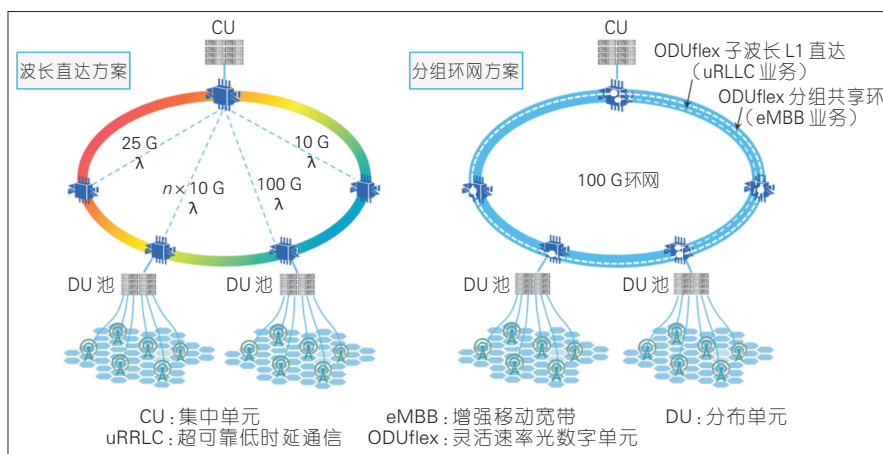
3 5G 移动中传 WDM/OTN 承载方案

CU 和 DU 之间中传一般以环网为主。如图 4 所示,5G 移动中传业务承载,可采用 WDM/OTN 技术实现波长在光层穿通中间站点一跳直达,满足大带宽低时延要求,可配置光通道保护满足高可靠业务要求。由于不同传输站点的 DU 容量可能不同,各传输站点的波长可配置不同的速率,以满足不同的 DU 容量需求,并且各接入站点可单独扩容和升级,不影响其他站点。如果 OTN 集成分组增强功能(E-OTN),在 CU 站点可实现业务汇聚和灵活转发,在 DU 站点可对多个 DU 的业务进行汇聚收敛。

采用相同的 E-OTN 设备,也可以提供 100 G 环网方案。DU 数量较少业务量小的多个站点可以用灵活速率光数字单元(ODUflex)子波长相连组成一个分组环,多站点业务统计复用,提高带宽利用率;业务量较大的站点(DU 池),可以 ODUflex 子波长在中间站点交叉连接穿通直达 CU 站点。或者不同类型的业务采用不同的 ODUflex 分片传送,如 eMBB 业务采



▲ 图3 5G 前传 OTN 承载方案



▲ 图4 移动中传 E-OTN 承载

用分组环网逐点转发, uRLLC 业务采用 L1 穿通直达, 减少延时。ODUflex 的带宽以 1.25 G 为颗粒灵活可调, 100 G 的环网总带宽可以在多个站点多个逻辑环网间灵活分配。

4 固移融合统一回传和 OTN 承载方案

在移动网络向 5G 演进的同时, CO 重构也在进行中。未来城域网的流量将会是以边缘数字中心 (DC) 到网络提供点到点 (PoP) 间的南北向流量, 以及边缘 DC 间和 PoP 点之间的东西向流量为主。如图 5 所示, 5G 阶

段的回传网也将会是固移业务统一承载的数据中心互连网络。各级 DC 通过 OTN 光传送网高速互联, 光网络构建带宽资源池, 根据 DC 间流量进行带宽按需配置和合理调整。

如图 6 所示, 5G 回传网可以基于分组增强 OTN (E-OTN) 来实现。OTN 集成分组功能, 既可以在 L2 和 L3 实现业务的汇聚和灵活转发, 又可以在 L0 和 L1 实现大容量低时延的业务传送。OTN 节点之间可以根据业务需求配置 IP/多协议标签交换传送应用 (MPLS-TP) 光通路数据单元 (ODUk) 通道, 实现一跳直达从而保

证 5G 业务的低时延和大带宽。

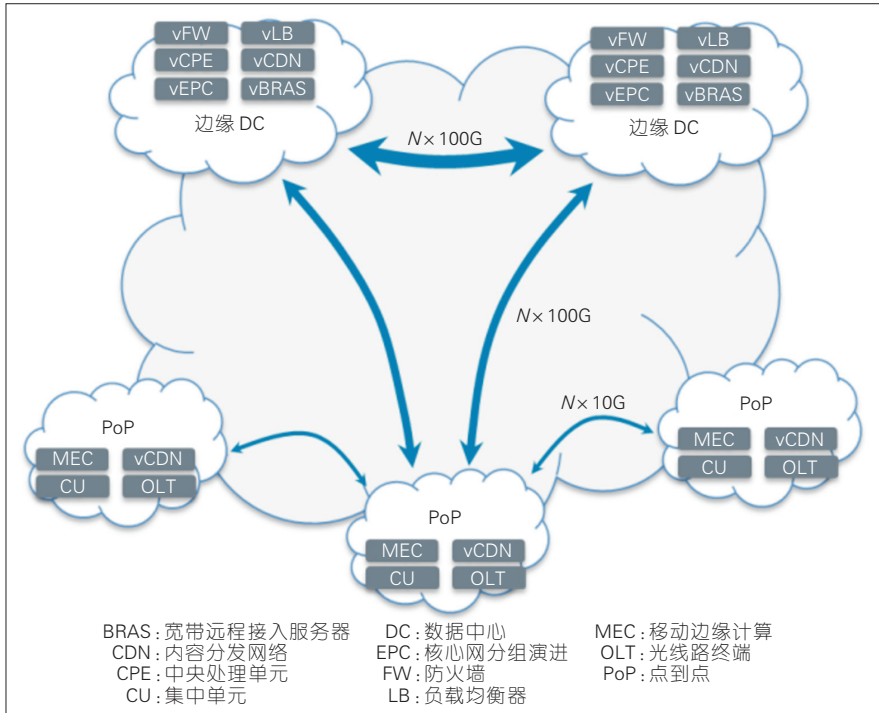
回传网拓扑复杂, OTN 节点设备采用光交叉和电交叉的光电混合调度是满足高速传送、灵活调度、多样性组网的最好方式。大颗粒业务在光层调度, 中小颗粒业务在电层梳理调度, 光电配合整体功耗也是最低的。网络可分层次建设, 汇聚层以环网为主, 线路侧单波速率 100 G 或超 100 G, 采用 4 维 mini 可重构光分插复用器 (ROADM) 和 10 T 级别的电交叉。核心层以无线网格网络 (Mesh) 网为主, 线路侧单波速率超 100 G, 采用 9~20 维 ROADM 和大容量电交叉。基于智能控制平面实现端到端业务部署、资源动态计算和调整、备用路径自动计算等。

5 5G 承载中 OTN 关键技术

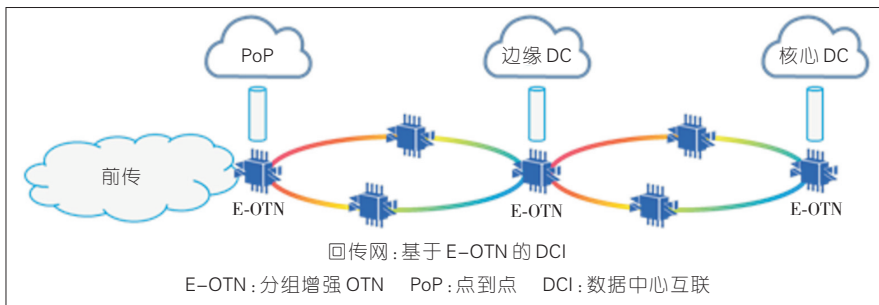
(1) 高速率低成本传送技术。5G 带来海量的带宽增长, 高速率、低成本、低功耗的业务传送成为关键。100 G 和超 100 G 速率信号的中长距离传输主要采用相干技术; 而采用离散多载波 (DMT)、4 级脉冲幅度调制 (PAM4) 等调制技术的线路光接口, 是实现低成本、低功耗、高速传输的新选择^[4]。

(2) 大容量光电混合调度。5G 业务有在城域网内网络拓扑复杂, 采用具有光电混合调度能力的 OTN 设备组网是较理想的方式。ROADM 光交叉技术与 OTN 电交叉技术配合, 可以实现更大的交叉容量和更灵活的调度能力, 同时降低系统的成本和功耗, 减少占地面积。在城域核心、汇聚层面引入光电混合交叉, 实现电层业务汇聚和光层业务调度; 网络进行 MESH 改造, 实现多路径通达, 一方面减少设备处理时延, 另一方面减少网络层次、实现网络的扁平化, 降低业务转发时延, 提升网络安全性。

(3) 分组与光传送的融合。OTN 设备支持 ODUk/ Packet/ VC4 统一交换, 多业务统一传送, 避免了目前传输网络技术体系多、设备种类庞杂、



▲图 5 5G 阶段的回传网



▲图 6 5G 回传网 E-OTN 组网方案

网络建设运维成本高等缺点,既有小颗粒业务处理的灵活性,又有海量的传送容量,提供刚柔并济的传送管道。其对 IP 层业务的感知,使光网络能够经济高效地传送 IP 业务,满足运营商发展 5G 业务的需要,同时也支撑如宽带等业务综合承载。中兴通讯 E-OTN 设备采用统一的硬件平台,分组带宽(P)与 OTN(O)带宽可任意比例配置,无缝接合,统一管控。

(4) 低时延传送和转发。5G 前传和中传网络对时延要求非常苛刻,中兴通讯在 OTN 设备通过减少缓存时间、自动调整缓存深度、内部若干处理步骤串行转并行、提升内部处理

时钟频率等多种技术和措施,可以将设备引入的时延降到 us 量级,更好地支撑业务的发展。

(5) 面向前传的轻量级 OTN 标准。针对 5G 前传,业内也在研究新的轻量级的 OTN 标准,以降低设备成本,进一步降低时延,实现带宽灵活配置。例如:对 OTN 帧结构进行优化,线路侧接口采用 $n \times 25\text{G}$,可以引入低成本的光器件;改变检错和纠错的机制,缩短缓存时间降低时延;前传组网通常比较简单,可以简化 OTN 开销减少设备处理;在业务映射和时隙结构方面考虑兼容 3G/4G 前传的 CPRI、兼容 5G 的 eCPRI 和下一代前

传网络接口(NGFI),以及 small cell 的回传等^[5]。

(6) 高精度时间同步。为满足 5G 高精度时间同步要求,中兴通讯 OTN 设备基于 1588(V2.1)方案,采用相位检测技术和零延迟锁相环(PLL)技术,在频率同步优化基础上进行相位同步,确保相邻站点间同步误差低于 1 个时钟周期。同时通过复帧定位触发、高速接口底层触发等多种方式提升时间戳精度。针对时间源选择、时间同步融合算法进行优化。采用单纤双向消除时延不对称性。综合运用这些技术,时间同步精度大幅提升。

6 结束语

5G 给用户带来更多样的服务、更好的业务体验。5G 网络以承载网为依托,并对承载网提出了更高的要求。OTN 作为基础的承载技术,提供大带宽、低时延、灵活分片、高可靠性、开放协同的能力,适合在 5G 时代新网络架构下的前传和回传组网,并能支撑运营商固网等其他业务的发展,满足未来网络持续演进的需求。

参考文献

- [1] 曾智,王泰立. OTN 在 5G 承载中的应用和关键技术探讨[J]. 中兴通讯技术(简讯), 2017,(6): 29-33
- [2] IMT-2020(5G)推进组. 5G 概念白皮书[R], 2015
- [3] IMT-2020(5G)推进组. 5G 网络架构设计白皮书[R], 2016
- [4] IMT-2020(5G)推进组. 5G 无线技术架构白皮书[R], 2015
- [5] 中兴通讯. 面向 5G 的 OTN 承载解决方案技术白皮书[R], 2017

作者简介



孙志勇,中兴通讯股份有限公司有线规划部产品规划经理;主要研究领域为 WDM/OTN,长期从事光传输相关的技术研究和产品开发设计;曾参加多个产品的研发,相关产品获得省、市科技进步奖。