



BBU 集中部署时 CPRI 链路承载方案

霍晓莉, 荆瑞泉

(中国电信股份有限公司北京研究院 北京 100035)

摘要:移动通信的 LTE 时代已经全面开启。在进入 LTE 阶段后, BBU 的集中部署可以降低基站选址难度、减小建设和维护成本并实现快速建网, 因此呈现了规模应用的态势。从 BBU 集中部署后 CPRI 链路的承载需求入手, 对多种可能的承载方案进行了比较分析, 并结合实际测试结果提出了应用建议。

关键词:通用无线接口; BBU 集中部署; 波分复用

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015198

CPRI Transport Scheme for Centralized BBU Deployment

Huo Xiaoli, Jing Ruiquan

(Beijing Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 100035, China)

Abstract: LTE of mobile communications has been fully opened. In the stage of LTE, BBU's centralized deployment can effectively reduce the difficulty of development for base station sites, lower down CAPEX/OPEX and achieve rapid network construction, thus rendering large-scale application of the situation. Firstly, the requirement of CPRI link for BBU centralized deployment was introduced. Secondly, several possible solutions for carrying CPRI link were described. Finally, the application recommendations through comparison and analysis were presented.

Key words: common public radio interface, centralized BBU deployment, wavelength division multiplexing

1 引言

移动通信的 LTE 时代已全面开启。由于 LTE 阶段单个基站的带宽大幅度增加、基站部署密度加大, 传统的基站建网方式已显现出基站选址困难、机房成本高、基站资源利用率低、维护工作量大等问题。因此, 随着 BBU (building baseband unit, 室内基带处理单元) 与 RRU (remote radio unit, 远端射频模块) 的分离、RRU 拉远技术的逐渐成熟, BBU 集中部署已成为 LTE 基站部署的主流方案, 目前很多运营商都已采用此方案, 特别是日韩运营商已进行了全面部署, 国内运营商也在积极开展相关的测

试和现网建设工作。

BBU 设备被集中放置到局站后, 运营商将会在节省建设投资、降低运维成本、实现快速建网等方面获得最明显的成效。同时, BBU 集中式部署有利于通过 BBU 间的高速交换, 以实现多个 BBU 处理资源的负载均衡及资源共享, 从而有效提升 BBU 硬件的利用率; 另外也有利于实现需要 BBU 间大量交互信息的多小区联合信号处理技术, 如 CoMP (coordinated multiple point, 多点协同传输)。

BBU 集中部署后, RRU 与 BBU 之间的网络被称为前传网络, 解决好前传网络的承载问题是实现 BBU 集中部署优势的关键, 本文的讨论将围绕多种前传网络的承载方案展开。

收稿日期: 2015-01-15; 修回日期: 2015-07-29

论文引用格式: 霍晓莉, 荆瑞泉. BBU 集中部署时 CPRI 链路承载方案. 电信科学, 2015198

Huo X L, Jing R Q. CPRI transport scheme for centralized BBU deployment. Telecommunications Science, 2015198



2 CPRI 介绍及需求分析

在讨论移动前传网络的承载方案之前,首先要了解一下 BBU 与 RRU 分离之后,它们之间的标准接口。目前业界主要存在 3 种接口标准,具体介绍如下。

(1) CPRI

- CPRI(common public radio interface,通用公共射频接口)联盟于 2003 年 4 月由爱立信、华为、NEC、北电网络及西门子公司发起和成立。
- CPRI 协议包括 L1(物理层)和 L2(数据连接层),目前可支持 GSM、WCDMA、cdma2000、TD-SCDMA、WiMAX 和 LTE 等多种无线通信标准,主流设备厂商均已支持该接口。

(2) Ir 接口

- Ir(infrared,红外线)接口标准由中国通信标准化协会提出,在 TD-SCDMA 中得到应用,并进一步扩展到 TD-LTE。
- LTE Ir 接口协议的层一、层二遵从 CPRI Specification V4.2 协议,LTE Ir 接口协议对 CPRI 协议的部分内容加以约束以保证互操作性。

(3) OBASI 接口

- 由诺基亚、中兴通讯、三星等公司发起的一个标准化组织。
- OBASI(open base station architecture initiative,开放式基站架构)协议分为 4 层,从上至下分别是应用层、传输层、链路层和物理层。OBASI 规定了 3 种光纤速率,分别是 768 Mbit/s、1 536 Mbit/s 和 3 072 Mbit/s,通常以 1x、2x 和 4x 表示。

由于 CPRI 获得了更多主流设备厂商的支持,因此,CPRI 成为国内基站设备使用的主流接口,已被广泛采用。后续将主要讨论 CPRI 链路的承载方案。

CPRI 可用于各种无线网络制式(如 GSM、cdma2000、LTE 等),目前已发布到 6.1 版本(2014 年 7 月发布)。CPRI 链路应用于 REC(radio equipment control,即 LTE 制式中的 BBU)和 RE(radio equipment,即 LTE 制式中的 RRU)之间,CPRI 6.1 中已定义了 10 个速率,见表 1。

由于 CPRI 采用射频模拟信号采样数字化,带宽需求比业务带宽增加数十倍,在 20 MHz 载波配置下,一个 3 载波的 RRU 型基站的承载带宽需求如下。

- FDD LTE:3×2.5 Gbit/s (2T2R),3×4.9 Gbit/s (2T4R);

表 1 CPRI 速率

类型	速率/(Mbit·s ⁻¹)
CPRI option1	614.4
CPRI option2	1 228.8
CPRI option3	2 457.6
CPRI option4	3 072.0
CPRI option5	4 915.2
CPRI option6	6 144.0
CPRI option7	9 830.4
CPRI option7A	8 110.08
CPRI option8	10 137.6
CPRI option9	12 165.12

- TD-LTE:3×4.9 Gbit/s (4T4R),3×9.8 Gbit/s (8T8R)。

为了保证 RRU 与 BBU 之间的数据可以正常传递,其性能需满足基站应用要求,CPRI 6.1 附录 B 对同步、时延精度、链路质量等物理层指标进行了规定,CPRI 主要物理层指标见表 2。

表 2 CPRI 主要物理层指标

参数	指标
从 CPRI 链路到无线射频基站频率准确度	±0.002 ppm
CPRI 的往返时延精度(不含线缆)	±16.276 ns
CPRI 链路绝对往返延迟最大值(不含线缆)	5 μs
误码率	10 ⁻¹²
同步完成时间	10 s

带宽需求、物理指标要求是后续评价承载技术方案是否可行的重要依据。

3 CPRI 链路承载技术方案

目前已提出的 CPRI 链路的承载方案主要包括光纤直连方案、WDM(wavelength division multiplexing,波分复用)方案和 WDM-PON(wavelength division multiplexing PON,波分复用无源光网络)方案。

3.1 光纤直连方案

光纤直连方案,顾名思义是指 RRU 与 BBU 之间的 CPRI 采用光纤直接连接。这一技术方案的关键点是 CPRI 采用的光模块。一般来讲高速率 CPRI 光模块能够兼容几个低速率接口,例如 10 Gbit/s 光模块可以兼容 6 Gbit/s、

4.9 Gbit/s 等低速率。根据距离区分, CPRI 光模块又可分为短距(2 km 以内)、中距(10 km 以内)、长距(20 km 以内)等几种规格。

为了节省光纤资源, 业界提出了单纤双向的解决方案。单纤双向是指双方向的数据信号采用不同的波长在一根光纤中传送, 原理如图 1 所示。该解决方案可以节省一半的光纤资源。由于双方向模块各需增加一个波长选择滤波器, 以透过发送波长、折射接收波长, 因此, 成本较单纤单向光模块有所增加, 增加 20%~30%。



图 1 单纤双向通信原理

目前主流光模块厂商均已提供单纤双向的 CPRI 光模块, 其规格主要集中在 10 km 和 15 km 两种规格, 相对而言, 10 Gbit/s 光模块更加成熟。主流的无线设备厂商均已提供支持 CPRI 单纤双向光模块的 LTE 基站设备。

3.2 WDM 方案

WDM 方案利用波分复用特性, 将多个 CPRI 链路采用不同的波长承载, 然后再复用到一根光纤中, 以达到节省光纤资源的目的。WDM 方案有两种实现方案, 具体介绍如下。

(1) CPRI 彩光方案

基站的 CPRI 采用彩光模块, 通过无源的合分滤波器实现波分复用, 而无需配置传输承载设备。CPRI 彩光方案的网络架构如图 2 所示。

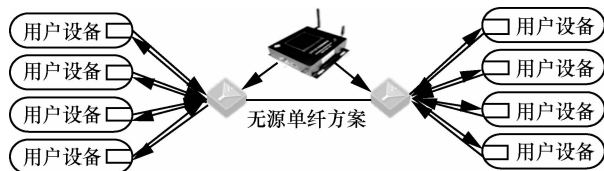


图 2 CPRI 彩光方案网络架构

CPRI 彩光方案目前尚处于研发期, 一些模块厂商开始提供彩光模块, 基站厂商已尝试研发此方案的设备, 无源的合分波设备亦逐渐商用。但是, 此方案的网管能力、保护能力仍处于未知状态。

(2) WDM 承载设备方案

WDM 承载设备方案采用小型化的 WDM 承载设备实现 CPRI 链路的承载, 其网络架构如图 3 所示。由于 BBU

和 RRU 通过 CPRI 与 WDM 承载设备直接连接, 基站设备只需选用短距光模块即可。WDM 承载设备具备组网能力, 因此可以为 CPRI 链路提供保护机制。

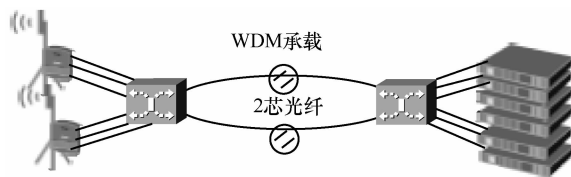


图 3 WDM 设备承载方案网络架构

WDM 设备承载方案有以下两种实现方式。

- 成帧方案, 即将 CPRI 信号映射到 OTN (optical transport network, 光传送网) 帧结构后再转换成彩光信号实现波分复用, 基于 OTN 的网络管理能力和保护功能比较完善。
- 非成帧方案, 即直接将 CPRI 信号转为彩光信号后实现波分复用, 不再进行映射封装, 该方案可以提供保护机制, 但由于未成帧, 其网管能力与彩光方案类似, 相对较弱。

CPRI 彩光方案与 WDM 承载设备方案可以结合在一起应用, 例如, 末端和/或 hub 节点采用无源的 CPRI 彩光方案, 而汇聚点或次级汇聚点采用有源的 WDM 设备实现承载。

3.3 WDM-PON 方案

WDM-PON 方案的本质也是利用波分复用技术来达到节省光纤的目的。WDM-PON 是波长独立的方案, 不同波长通道可采用不同协议、速率、码型, 承载不同业务。该方案与 WDM 方案最大的不同也是关键技术点就是采用了无色光模块, 光模块可以自行调整适合的波长。近期随着 CPRI 承载和用户带宽需求的迅速增长, 各个运营商都开始考虑把 WDM-PON 作为承载 CPRI 信号的技术方案之一, WDM-PON 承载方案网络架构如图 4 所示。

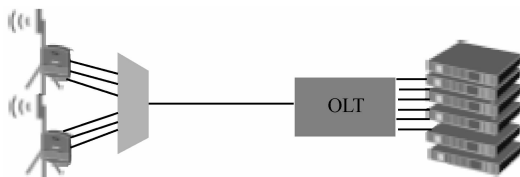


图 4 WDM-PON 承载方案网络架构

在性能上, CPRI 的需求远比普通用户接入严格得多, 因此, WDM-PON 需要简化协议和封装的流程, 以满足



CPRI 对于时延和抖动的需求。对于 CPRI 的信号,可以采用直接透传,或者将 CPRI 信号做简单处理后封装进以太网帧进行传输。目前 WDM-PON 承载 CPRI 的技术方案还处于起步阶段,尚没有商用产品。因此,后续的方案比较分析部分将不涉及此方案。

4 CPRI 承载方案的应用建议

光纤直连方案是目前最简单的前传承载方案,但最大的问题就是光线资源占用很多,1 个 RRU 需要 1 对光纤,一个基站至少需要部署 3 个 RRU,也就是需要占用 3 对光纤。即使现在可采用单纤双向方案,光线资源的占用量仍然不容忽视。另外,通过对主流厂商基站的测试发现,目前基站对于 CPRI 光接口的管理功能还比较弱,保护机制不完善,主要表现在以下几个方面。

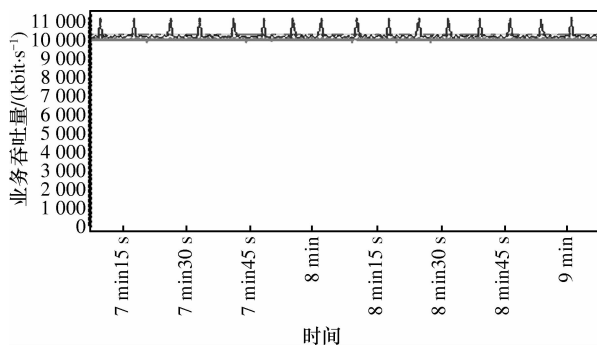
- 无法监测 CPRI 光接口的误码,因此不能对 CPRI 链路性能劣化进行预警,即不能在 CPRI 链路性能劣化时执行 CPRI 链路的保护倒换。而误码率较大时会直接导致用户体验变差,业务吞吐量随误码率变化的测试结果如图 5 所示。
- 基站主要支持基于 RRU 级联的 RRU 环保护,但对于不同厂商,基站的保护倒换时间存在较大差异,有些使业务基本无损,有些则导致业务受损时间达到 10 s 左右。

因此,在面临光纤资源紧张问题或较高基站可靠性要求时,光纤直连方案会显得力不从心。

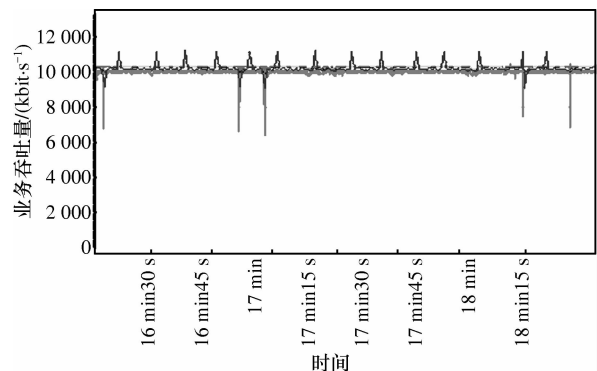
CPRI 彩光方案可以解决光纤资源紧张的问题,同时引入无源的合分波器件并不会加大设备安装的复杂度。但是,这一方案同样面临光纤直连方案所存在的管理能力弱、保护机制不完善的问题。另外,固定波长的彩光模块会在维护中增加一些难度,需要做好波长标签以防更换光模块时出现错误。

WDM 设备承载方案可以同时解决光纤资源紧张、管理能力弱、保护机制不完善等问题。实验测试已证明该方案对 CPRI 链路的性能无明显影响,并可以满足前面所提到的频率同步、时延精度、绝对时延等 CPRI 主要物理层指标。但该方案的设备为有源设备,需要配置室外安装箱,因此,该方案会增加安装的复杂度。上述 3 种方案的技术对比见表 3。

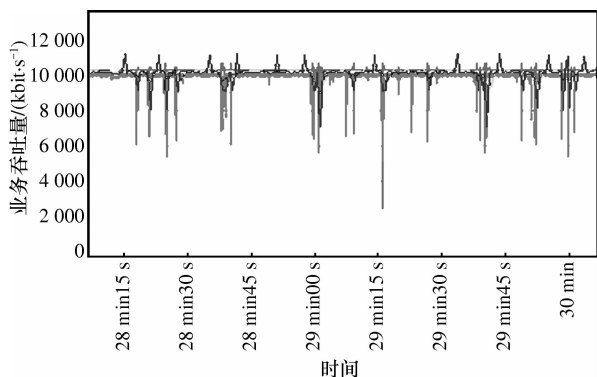
从成本角度看,光纤直连方案无疑是最低的,但对于一些光纤紧张、而新铺设光纤管道又比较困难(非技术原



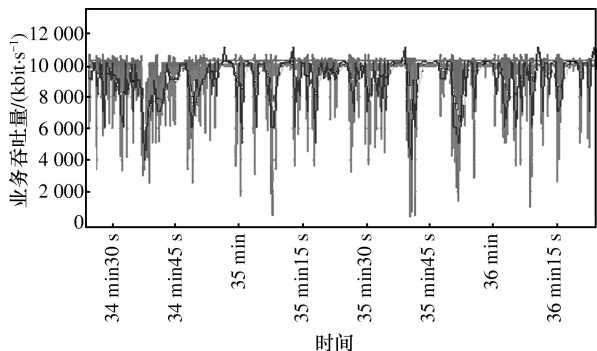
(a) 正常情况的业务吞吐量



(b) 误码率为 1×10^{-10} 时的业务吞吐量



(c) 误码率为 1×10^{-8} 时的业务吞吐量



(d) 误码率为 1×10^{-7} 时的业务吞吐量

图 5 业务吞吐量与 CPRI 链路误码率的关系

表 3 前传承载方案技术比较

	光纤直连方案	CPRI 彩光方案	WDM 设备承载方案
光纤需求 (BBU 下挂 7 个基站)	环型:21 芯 树型:42 芯	2 芯	2 芯
网络扩容能力	受限于光纤资源	组网灵活	组网灵活
故障定位	光纤维护工作量大, 基站的 CPRI 管理能力普遍较弱	维护界面不清晰, 管理能力未知	维护界面清晰, 网络管理功能强
可靠性	一般, 部分厂商支持 RRU 双归或环网保护, 但有断纤故障时才可触发倒换, 且倒换时间差异大	保护机制未知	高, 链路降质时亦可触发倒换, 倒换时间在 50 ms 以内
组网拓扑	点到点, 距离受限	距离不受限	环带链, 距离不受限
成熟性	成熟	研发阶段	成熟
安装便利性	方便	方便	需要室外安装箱

因造成的困难) 的地区, CPRI 彩光方案和 WDM 设备承载方案都可以实现光纤的节省, 降低了很多间接成本, 比如管道施工、补偿费用等, 而这些间接成本又往往是很难评估的。另外, 随着 LTE 的规模建设和广泛应用, 基站数量、基站的载扇数量都会增加, 简单的光纤承载会导致光纤数量的大幅度增加, 即使光纤资源可以保证, 也很不利于光纤的管理(不断地新建光纤在一些地区已经造成了很多永久“暗光纤”的出现, 即由于光纤资源信息太多又缺乏精细管理, 使得一些光纤是否正在被使用的信息不清, 从而导致维护人员不敢应用)。目前一些地方运营商已经意识到了这一问题, 不再一味倾向于光纤直连方案, 而在考虑采用 WDM 设备的承载方案。

通过以上的比较分析, 提出以下建议。

- 在目前阶段, 最简单、成本最低的光纤直连方案仍是首选的 CPRI 链路承载方案。
- 在光纤资源出现紧张的区域或希望降低光纤管理难度的地区, 引入 WDM 设备承载方案是必须的。在 RRU 与 BBU 之间距离不太长的情况下, 如果不考虑 RRU 连接的高可靠性问题, CPRI 彩光方案是比较适宜的方案。
- 当基站提出较高可靠性要求时, 采用小型 WDM 设备承载才可以保证这一需求的实现。WDM 设备承载方案可以与 CPRI 彩光方案结合应用。

5 结束语

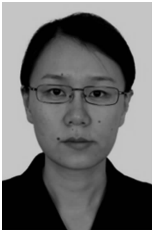
综上所述, 目前已成熟的 CPRI 链路承载方案虽然可以基本解决 BBU 集中部署后的前传承载问题, 但都还存在一定的不足。随着市政施工难度的加大, 光纤直连方

案将会面临越来越多的光纤资源问题, 同时, 随着 LTE 的现网发展, 光纤资源的不足和管理问题会逐步显现, 引入 WDM 技术以提高光纤资源的利用率是迟早要研究的方案。因此, WDM 承载方案还需要进一步完善, 如何解决彩光方案的维护管理和保护问题、如何降低小型 WDM 设备的成本和安装复杂度是未来整个业界需要关注的研发重点。

参考文献

1 CPRI Specification V6.1, 2014
2 张忠平. 高带宽、扁平化移动网络演进趋势分析. 信息通信技术, 2012(3): 6~12
Zhang Z P. Analysis of high bandwidth, flat mobile network evolution trend. Information and Communications Technologies, 2012(3): 6~12

[作者简介]



霍晓莉, 女, 中国电信股份有限公司北京研究院高级工程师, 主要研究方向为 OTN、WDM、移动承载技术等。



荆瑞泉, 男, 中国电信股份有限公司北京研究院高级工程师, 主要研究方向为传送 SDN、OTN、移动承载技术等。