



PON 承载 LTE 小基站回传业务研究^{*}

曹 敏, 蒋 铭, 沈成彬, 曾 涛

(中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122)

摘 要:研究了 LTE 小基站回传的技术需求,综合考虑成本、技术能力、工程实施难度等因素,研究 PON 承载 LTE 小基站回传业务的可行性和必要性,介绍了 PON 承载 LTE 小基站回传业务的关键技术及其实现。最后,基于调研和实验室测试的相关结果,介绍了国内外相关的标准化进展和设备成熟度。

关键词:无源光网络;LTE;基站回传

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.07.020

Study on PON Based LTE Small Cell Backhaul Technology

Cao Min, Jiang Ming, Shen Chengbin, Zeng Tao

(Shanghai Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Shanghai 200122, China)

Abstract: Technical requirements for LTE small cell backhaul networks were investigated. The feasibility and necessity of LTE small cell backhaul based on PON were presented in detail, which covered the factors such as TCO, technical capability, engineering and etc. Those key technologies related to PON based LTE small cell backhaul and their implementations were discussed. Finally, the progress of standardization, status of chipset and equipment development, typical cases of deployment and field trial, were introduced.

Key words: passive optical network, long term evolution, mobile backhauling

1 引言

随着移动互联网业务的快速发展和 LTE 技术的发展成熟,LTE 已经在全球各地规模商用。我国也于近期发放了 4G 牌照,各电信运营商都在进行大规模的 LTE 网络建设。在 LTE 网络中,基站回传网络是移动网络的重要组成部分。基站回传网络的技术选择、建设模式、运行维护关系到移动网络的建设成本、业务质量和运维效率。在目前的 3G 网络和 LTE 网络建设中,普遍采用 IP RAN、PTN 等技术。这些技术能够提供大带宽、高 QoS 保障、完善的 OAM 等功能,能很好地满足 3G 和 LTE 网络回传的需求。

在未来的 LTE 网络中,小基站也将成为一种主流的应

用。小基站的功率为 100 mW~2 W,形态丰富,包括 micro、pico、femto 等,适合在覆盖空洞或者业务流量要求很高的区域进行覆盖。根据 Infonetics 对此趋势的最新研究,到 2016 年,宏基站处理的网络业务流量占比将由现在的 90%以上,下降至 58%,小基站(包括室内小基站和室外小基站)承载流量占比将达到 24%。此外,Infonetics 预测,到 2016 年,全球小基站出货量将超过 300 万套。可以预见在未来 3~5 年,小基站在移动网络中的数量将出现井喷式增长,成为未来移动运营商网络投资建设的重点。作为具有低成本、广覆盖优势的 PON,被认为是 LTE 小基站回传的主流技术。本文研究了 LTE 小基站回传业务的技术需求、PON 承载小基站回传业务的技术优势,分析了 PON 承载

^{*} 国家高技术研究发展计划(“863”计划)基金资助项目(No.2011AA01A104)



小基站回传业务的关键技术及组网方案。

2 LTE 小基站回传业务需求

LTE 的异构网(HetNet)的网络架构如图 1 所示。作为广覆盖的宏基站通过 S1 CP 和 S1 UP 分别连接 LTE 核心网的 MME(mobility management entity, 移动性管理实体)和服务网关(SGW), 基站间通过 X2 接口互联, 以用于终端切换时的信令控制。作为补盲和吸收流量的小基站一般处于宏基站覆盖的空洞或者一些流量大的热点区域, 通过 S1 接口经过安全网关后接入核心网 SGW/MME 设备上, 同时, 小基站也需要通过 X2 接口与相邻的基站互连, 以满足用户切换的需求。

一方面, 在无线的功能和性能方面, 小基站有着与宏基站几乎相同的技术要求, 差别主要在于小基站的发射功率较小、一般采用全向天线等; 另一方面, 小基站部署模式的特殊性决定了其对回传网络有着特殊的要求。具体来讲, 小基站对于回传网络有如下几方面的技术要求。

(1) 接口

LTE 网络是一个分组化、扁平化、高带宽的移动网络, 需要回传网络为基站提供至少 FE (100 Mbit/s) 甚至 GE (100 Mbit/s) 的以太网接口。如果有地面同步需求, 还需要提供同步接口(1PPS+TOD)。

(2) 带宽

研究表明, 对于采用全向天线的小基站而言, 其 S1 接口的下行流量最大可达 150 Mbit/s, 上行流量最大可达 50 Mbit/s; X2 接口主要承载基站切换时的数据交付, 流量一般较小, 一般小于 S2 接口流量的 3%(当然, 未来 LTE-Advanced 的 X2 接口流量会增加)。

(3) 时延

根据 3GPP TS23.203 定义, 从用户设备到 PGW 的 S1 接口端到端时延为 10 ms, 到 X2 接口时延为 20 ms。由于目前还无法在基站间建立直接的 X2 接口链路, X2 接口链路要通过三层设备进行路由转发, 因此 X2 接口时延的指标相对宽松。

(4) 同步

LTE 网络涉及大量的基站间的切换, 需要比较严格的同步才能保证切换的平滑, 包括频率同步和时间同步两方面的要求。具体的 LTE FDD 和 LTE TDD 系统的同步技术要求见表 1。

表 1 LTE 网络的频率和时间同步需求

	频率同步	时间同步
LTE FDD	+/-50 ppb	/
LTE TDD	+/-50 ppb	+/-1.5 μ s
LTE MBMS (LTE-Avanced)	+/-50 ppb	+/-1.0 μ s

LTE 基站获取同步的方式可以分为两种: 一种是采用 GPS 提供频率和时间同步, 这种方式需要有符合 GPS 天线安装要求的净空要求; 第二种是通过地面的回传网络为基站提供频率和时间同步信号。

(5) QoS

小基站承载的数据业务需要回传网络为其提供良好的 QoS 保证, 特别是在与其他业务混合传输的回传网络中, 必须保证小基站回传业务具有比较高的优先级。

(6) 安全

小基站存在多个层次的安全需求。3GPP 规定, eNB 需要支持 IPSec 隧道模式和 IPSec 传输模式。但是在运营商建设的无线网络中, 认为小基站是可信任的, 回传承载网络可以保证 S1 和 X2 流量的安全, 可以不使用 IPSec 机

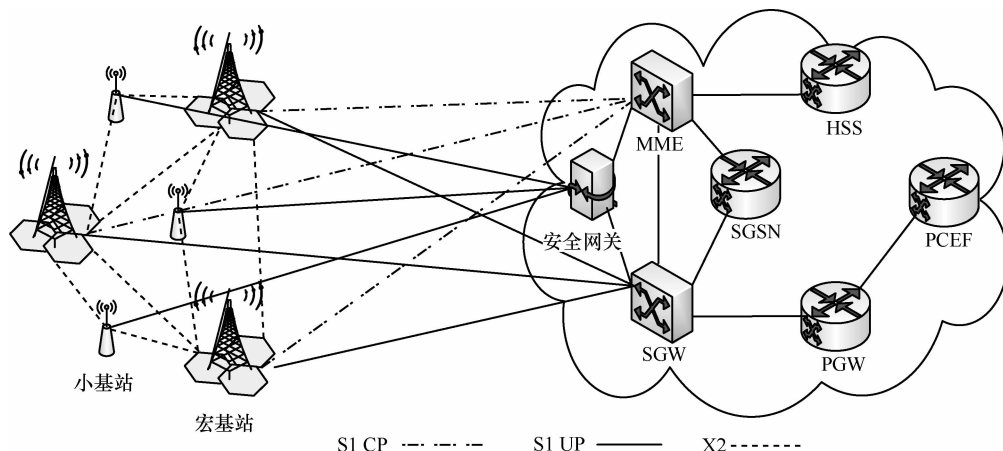


图 1 LTE HetNet 的网络架构

制。另外,对于一些热点地区的小基站可能还存在回传链路安全保护的需求,需要双路由的光缆网络和回传网络支持链路保护功能。

(7)管理

移动网络对于运营管理维护的要求很高。对于回传网络,除了为基站的管理协议提供透明可靠的承载网络外,回传网络自身也要具备完善的管理能力,满足集约化、标准化、智能化的维护需求。对于小基站的回传网络而言,不仅自身要具备完善的管理能力,还需要考虑如何与现有的宏基站回传网络(IP RAN、PTN)管理系统融合,也就是实现小基站回传网络与已有承载网络混合组网下的统一运维:采用能够管理多种回传设备(如 IP 方式、传输和微波)的统一网管平台,完成端到端网络的业务部署、发放,这是提高网络运维效率、保障网络质量和用户体验的关键。

另外,与宏基站相比,小基站数量多(十倍甚至数十倍于原有的 2G/3G 网络),分布分散,需要采用更加低成本、更加灵活、更加高效的回传网络技术。就成本而言,需要综合考虑包括建网成本(CAPEX)和运维成本(OPEX)的整体成本(TCO)。从工程实施角度来看,需要回传网络能够满足小基站快速放装的需求,尽可能降低工程实施的难度和时间,特别是要尽可能避免小基站的建设对网络基础设施(光缆、网络设备)的改变或者过高的要求。

3 PON 承载 LTE 小基站回传业务的优势

考虑到上述技术要求和工程要求,目前小基站回传网络技术主要包括 IP RAN、PTN、PON 等。与 IP RAN、PTN 等技术相比,PON 技术具有如下几个方面的优势。

(1)地理分布上的适配性

按照目前国内运营商 FTTN 网络部署的策略,主要是在城市地区开展 FTTx 网络建设,而 LTE 小基站也主要用于城市地区的热点分流和补盲。在很多城区,面向 FTTx 应用的 OLT 设备、光分配网等基础设施均已实现全覆盖,非常便于为 LTE 小基站提供回传网络。所以在地理分布上采用 PON 承载小基站回传业务有利于发挥 FTTx 网络建设中已有的光缆、机房等基础设施资源的作用。

(2)网络拓扑的适配性

相对于传统点到点拓扑结构的 IP RAN 和 PTN 技术,PON 系统采用点到多点的拓扑结构,非常适合分布零散、位置不可预测的小基站的回传。只要 OLT 和主干光纤就绪,就可以覆盖一个比较大的区域,可以通过简单的敷设

引入光纤实现该区域内的小基站接入需求。

(3)成本优势

PON 设备 OLT 和 ONU 成本低,用于小基站回传的 ONU 设备功耗低,支持 220 V 交流供电且支持室外安装,无需机房空调,可以节约大量的电源、机房成本。从运维成本来讲,PON 承载 LTE 小基站受益于 PON 设备的低功耗、环境适应性好、易于管理维护,可以大大降低回传网络的维护成本。

(4)节省光纤资源

图 2 给出了国内运营商光缆网的典型环型+树型的结构,对比了采用 PON 和采用 IP RAN/PTN 等点到点回传技术下光纤的使用情况。经过模型估算,PON 接入小基站可以节省至少 80% 的用户主干光纤和 50% 的配线/引入光纤,也可以节约大量的设备投资;小基站的密度越高,节省的主干光纤量越大。采用 PON 承载 LTE 小基站回传业务只需要在光交接箱/光分纤盒设置分光点,安装光分路器即可,改造量小。

(5)工程实施难度低、效率高

一方面,PON 可以利用已经广泛覆盖的 FTTx 光缆网进行基站回传,在很多情况下可以节约重新敷设光缆的工期。另一方面,传统的 IP RAN/PTN 作为回传网络一般采用工程建设模式,在回传网络完全就绪后才能安装基站,不适应小基站安装的突发、分散、无法预测的特点。而 PON 可以采用终端放装模式,在基站安装完成后放装并激活 ONU 即可,具有效率高、灵活的优势。

4 PON 承载 LTE 小基站回传业务的技术能力和组网

对标小基站对回传网络的各种需求,PON 系统具备承载 LTE 小基站回传业务的技术能力。

- 带宽和时延方面,考虑到 PON 口内多个 ONU 之间的流量均衡效应,一个 PON 口至少可以满足 8 个甚至更多个小基站接入的需求。
- 时延方面,除光纤的传输时延外,PON 系统的转发时延在 1 ms 以内,完全可以满足 S1 和 X2 接口链路的时延要求。
- QoS 方面,PON 系统具有比较完善的 VLAN 功能,可以提供业务隔离功能,并具有业务流分类、优先级标记、队列调度、缓存管理、拥塞控制等完善的 QoS 机制,可以为基站回传业务提供有保障的承载电路。

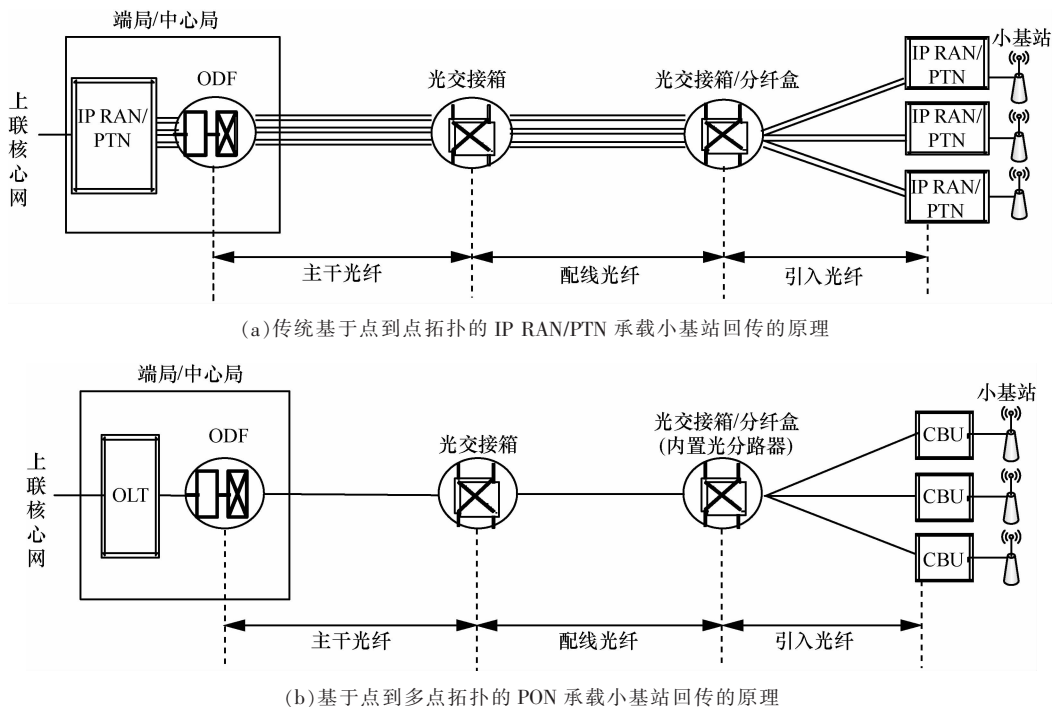


图 2 典型的小基站回传技术的比较

- 保护方面, 支持 Type B/Type C 的光链路的保护功能; 网络管理功能方面, 能够提供电信级的管理能力, 具有远程配置、故障告警、性能监测、安全监控等比较全面的管理功能以及光链路测量与诊断功能, 可以满足运维的需求。
- 同步方面, PON 系统传递频率和时钟信号的技术成熟, 使用 PON 的物理线路时钟来做频率同步, GPON 采用 G.984.3 Amd 2 标准, EPON 采用 IEEE 802.1AS 标准来实现时间同步。主流的 PON 系统都可以提供 FE/GE 接口的基站回传型 ONU——CBU, 也可以提供 1PPS+TOD 同步接口, 符合小基站的同步需求。

从组网上, 主流的实现方式有两种: 公网传输和私网传输。图 3 给出私网传输的网络结构, OLT 与城域回传网路 (PTN/IP RAN) 对接后, 进入无线核心网。在私网传输中,

考虑到移动核心网的安全性, 回传业务经过城域网后接入安全网关, 由安全网关连接到移动核心网。不论哪种方式, 运营商都需要结合已有的 PON 的资源情况和部署位置, 合理进行 VLAN/IP 地址等网络资源规划, 实现端到端的故障定位和业务隔离。

5 PON 承载小基站回传的产业化进展

目前, 业界主流运营商、设备商和芯片商和研究机构对于 PON 承载 LTE 小基站回传业务的价值给予了高度关注, 均积极推进相关技术发展和应用。宽带论坛 (Broadband Forum, BBF) 在 2011 年发布的 TR221 《Technical Specifications for MPLS in Mobile Backhaul Networks》基础上于 2013 年新设立了一个项目 “Architecture and Technical Requirements for PON-Based Mobile Backhaul Network”, 受

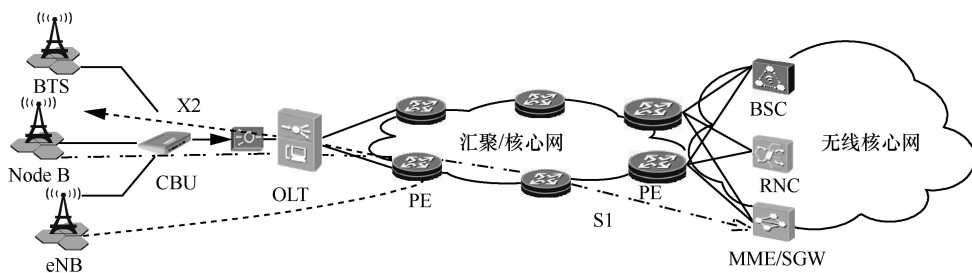


图 3 典型的 PON 承载小基站回传网络结构

到了国际产业界的高度支持。该项目主要目的是研究制定 PON 系统承载 LTE 小基站回传业务的应用场景、参考模型、网络和设备的技术要求以及管理维护实现等, 预计 2014 年完成主体架构和主要内容, 该项目将推动相关技术的发展和现网应用。总体上, PON 承载 LTE 基站回传的标准化进展顺利, 标准体系基本形成。

国内外的主流设备商、芯片商都开发了相关产品。目前主流的 PON MAC 芯片厂商, 如博通(Broadcom)均已解决了 PON 系统中 IEEE 1588 信号的时延补偿等问题, 实现了 IEEE 1588 和 SyncE 信号的可靠传递技术问题, 高通(Qualcomm)也即将推出集成了 PON CBU 模块的小基站解决方案。物理层芯片供应商 Vitesse 也提供了优化的物理层芯片以实现 SyncE 信号的可靠传递。这些为 PON 承载 LTE 基站回传业务奠定了重要的技术基础。国内外的主流 PON 设备制造商, 如华为技术、中兴通讯、烽火通信都已经提供了比较完整的 PON 承载 LTE 基站回传业务的解决方案, 包括完整的 CBU 终端系列、完善的 OLT 设备架构(时钟和时间总线、时钟源和时间源对接)和功能, 并经过测试和现网试验的充分验证。总体上, PON 承载 LTE 基站回传业务的相关解决方案已经成熟, 能够满足商用要求。

国内外的运营商也积极开展 PON 承载 LTE 基站回传业务的试验和商用部署。事实上, 针对 3G 网络, 包括中国电信、中国移动、中国联通、Verizon、Telefonica 等数十个运营商都开展了 PON 承载 3G 基站的现网试验和商用部署, 从技术上验证了 PON 承载包括频率和时间同步信号在内的 3G 基站业务的可行性和可靠性, 为 PON 承载 LTE 基站回传业务奠定了重要的基础。随着近几年 LTE 网络建设的快速发展, 包括美国 AT&T、Sprint, 英国 Vodafone, 西班牙 Telefonica, 日本 Softbank, 美国 CenturyLink、Bright House 等国际主流运营商都开展了 PON 承载 LTE 小基站的规模部署和现网试验, 充分验证了相关技术的成熟。

6 结束语

LTE 小基站站点的离散性和不确定性对回传技术和回传网络提出了有别于宏基站的特殊要求。PON 的点到多点拓扑结构使之具备承载 LTE 小基站回传业务的可行性和综合成本低、工程实施容易等优势。利用现有的低成本、广覆盖的 PON 为小基站提供回传成为业界的重要共识。目前, PON 承载 LTE 小基站回传业务的技术已经成熟, 相关的芯片和设备的功能、性能和管理能力已经比较完善,

也经过了国际上多家主流运营商现网部署的验证。

相信随着 LTE 网络建设的不断深入, PON 必将成为 LTE 小基站回传的主流承载方式, 具有广阔的应用前景。

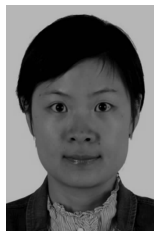
参考文献

- 1 Broadband Forum. TR-221: Technical Specifications for MPLS in Mobile Backhaul Networks, 2011
- 2 IEEE P802.1AS/D7.0. Local and Metropolitan Area Networks—Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks, 2010
- 3 Shen C B, Lin W, Grindley R. BBF SD-331 Architecture and Technical Requirements for PON-Based Mobile Backhaul Networks(Draft), 2014
- 4 Kunstler J. PON for mobile backhaul (MBH)-understanding the opportunity.<http://www.lwc.com.cn/foocc2013/b03/B03.pdf>, 2013
- 5 韦宇鹏, 周桂虔, 高宇晨. TD-SCDMA 系统基站回传中的同步. 电信科学, 2010, 26(5)
- 6 陈运清, 吴伟, 阎璐等. 电信级 IP RAN 实现——面向 LTE 规模运营的移动基站回传综合承载指引. 北京: 电子工业出版社, 2013

[作者简介]



曹敏, 男, 中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师、基础网络部主任, 长期从事宽带技术研究、宽带网络建设与运维工作, 先后发表 10 多篇学术论文、多项发明专利, 多次获得省部级和中国电信集团公司科学技术进步奖。



蒋铭, 女, 博士, 中国电信股份有限公司上海研究院高级工程师、基础网络部接入室主任, 主要研究方向为下一代 PON 技术以及 PON 的网络规划和运维。

沈成彬, 男, 博士, 中国电信股份有限公司上海研究院教授级高级工程师、技术总监, 多年从事宽带光接入与传输技术及其应用研究工作。

曾涛, 男, 中国电信股份有限公司上海研究院工程师, 多年从事宽带光接入技术及其应用研究工作, 主要研究方向为 PON 及智能 ODN 等, 先后发表了多篇学术论文。

(收稿日期: 2014-03-28)