



TD-LTE 小基站回传承载方案

覃晓霞¹, 王晨², 乔迪²

(1. 中国移动通信集团广西有限公司, 广西 南宁 530028;

2. 中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: TD-LTE 小基站的部署场景、覆盖策略与传统宏基站不同, 站址的规划也与宏基站有较大区别, 采用传统宏基站 PTN 回传网络承载 TD-LTE 小基站将面临三大难题: 网络效能低、安全性差、智能性低。对如何建设高效、安全、智能的小基站回传网络进行了研究, 结合中国移动网络现状, 提出 PON+CMNet、PTN+CMNet、PON+PTN、PTN 端到端 4 种小基站回传承载方案, 并对这 4 种方案进行了现网测试验证。验证表明, 4 种承载方案均满足小基站通信业务需求, 采用 PON+CMNet 承载方案在安全性、智能性、高效性上优于另外 3 种承载方案。

关键词: TD-LTE 小基站; 高效; 安全; 智能; PON; CMNet

中图分类号: TN913

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2016121

Backhaul carrying scheme of TD-LTE microcell base station

QIN Xiaoxia¹, WANG Chen², QIAO Di²

1. China Mobile Group Guangxi Co., Ltd., Nanning 530028, China

2. China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: The deployment scenario, coverage strategy and site assignment of TD-LTE microcell base station (MiBS) are different from macrocell base station (MaBS). Using PTN backhaul network of traditional MaBS to carry TD-LTE MiBS will face three challenges: low network performance, poor security and low intelligence. How to build an efficient, safe and intelligent backhaul network solution for MiBS was investigated. Based on China Mobile's current network, PON+CMNet, PTN+CMNet, PON+PTN, PTN end-to-end four kinds of small cell backhaul network solutions were proposed and furtherly tested and verified. The result shows that 4 solutions all satisfy the communication business requirements of MiBS. In particular, PON+CMNet solution is better than the others in terms of network security, intelligence and efficiency.

Key words: TD-LTE microcell base station, efficiency, security, intelligence, PON, CMNet

1 引言

中国移动通信集团总部明确 2015 年要通过“做广、做深、做厚”实现“三领先、一确保”, 打造 4G 精品网络。小型基站是低功率的无线接入节点, 它包含了飞蜂窝

(femtocell)、皮蜂窝(picocell)、微蜂窝(microcell)和宏蜂窝(metrocell)等技术。小型基站的体积小、灵活易部署, 它可以覆盖小至 10 m 的室内空间或大至 2 km 的野外。中国移动 4G 小基站是指单载波(20 MHz 带宽)功率在 500 mW 以下, 集成了 BBU (building base band unit, 基带处理单



元)、RRU(radio remote unit,射频拉远模块)、天线的一体化基站,即一体化的皮基站和飞基站两类。小型基站主要用来扩展覆盖范围和加大网络容量、提升用户感知。随着无线数据业务量的迅速增长,在越来越复杂的无线应用环境中,如何做好用户覆盖,满足如此快速增长的数据业务需求成为焦点。在密集城市环境下提供良好的无线覆盖,需要做到宏微集合、立体组网,即宏基站和小基站相结合,宏基站负责网络覆盖,小基站负责覆盖补盲,完善网络覆盖和数据热点吸收。

鉴于 TD-LTE(time division long term evolution,分时长期演进)小基站的部署场景、覆盖策略与传统宏基站不同,站址的规划也与宏基站有较大的区别,采用传统宏基站 PTN(packet transport network,分组传送网)回传网络承载 TD-LTE 小基站将面临网络效能低、安全性差、智能性低三大难题,具体如下。

- 现网 PTN 设备能力不足,随着无规则分布的小基站数量增多,将对 PTN 带来巨大冲击。对 PTN 末端接入纤芯需求大、组网复杂、效益低,对建设、维护造成巨大压力。
- 中国移动自 2013 年大规模建设 TD-LTE 基站以来,传统宏基站的开站需要人工参与完成参数配置,实现基站开启,主要包括设备参数的配置、网络参数的配置以及传输参数的配置等。这一部分的配置工作对人员的技术水平有一定要求,无法依赖普通施工人员操作,且配置工作量较大,容易出错。根据业务发展的需求,小基站可能部署在楼道甚至用户家中,需实现即插即用功能,达到快速灵活部署的目的,并且考虑到小基站的家用、小企业、营业厅、超市等应用场景,需小基站在客户断电后能再次自启动,现有的回传网络无法满足需求。
- 有别于传统宏基站,小基站可部署于楼道甚至用户家中,有受网络攻击的风险。因此,需要部署小基站网关,提高网络安全性。此外,还需验证承载网络保护技术是否能满足安全需求。

因此,建设一张高效、安全、智能的 TD-LTE 小基站回传网络,以满足中国移动 4G 业务发展需求,尤为重要。

2 TD-LTE 小基站回传承载网络

2.1 高效的承载网络

TD-LTE 小基站的承载需满足 X2 及 S1_{flex} 的需求,

因此 TD-LTE 小基站的承载网络仍需采用“二层网络+三层网络”的结构,中国移动目前已有 PON(passive optical network,无源光纤网络)、PTN、CMNet (China Mobile internet,中国移动互联网)等多种承载手段,采用何种承载方案最高效值得研究。

- 二层网络若采用 PTN 末端接入小基站,不仅建设困难,且建设成本较高,若采用 PON,则可提高网络效能及效益。
- 三层网络若采用 PTN,需要和宏基站一起规划,规划难度大,若采用 CMNet 可提高效能。但实现是否简单,传输质量是否满足需要验证。

因此,需要针对 PON+CMNet、PTN+CMNet、PON+PTN、PTN 端到端 4 种承载方案进行现网验证,研究最高效的 TD-LTE 小基站承载方案。

2.2 安全的承载网络

根据中国移动通信集团公司 TD-LTE 小基站的建设安排,各省将统一部署小基站安全网关,对小基站设备进行认证,防止非法小基站的接入,监听用户通信内容,避免非法设备对核心网进行 DoS(denial of service,拒绝服务)攻击,提高网络安全性。考虑到小基站网关设备端口少、流量不大、EPC(evolved packet core,分组核心系统)数量较多、EPC 需要组 pool 情况下,本文提出新增一对 L3 PTN 设备与小基站网关对接,通过 L3 PTN 连接至所有 EPC。

针对本文提出的 PON+CMNet、PTN 端到端、PON+PTN、PTN+CMNet 4 种承载方案,4 种承载方案的保护倒换时间是否均在 50 ms 以内,符合电信级保护倒换要求,需现网验证,详见第 4 节。

2.3 智能的承载网络

TD-LTE 小基站应用于家庭、小企业、营业厅、超市等,需要快速灵活部署,无需任何现场人工干预,方便客户灵活接入,因此承载网络必须满足小基站的自启动功能需求。实现小基站自启动功能,主要是实现小基站网管地址、MME (mobility management entity,移动管理节点功能)地址、端口号、eNode ID 等开站参数的自动配置,在网络部署中通过引入 HEMS(high-level entity management system)高等级实体控制协议,实现设备网管、安全网关等关键参数的自动下发。

2.3.1 单一厂商自启动方案

承载网络部署具有 DHCP (dynamic host configuration protocol,动态主机配置协议)功能的服务器、小基站的初始

化服务器可实现自启动功能,若仅部署单一厂商的小基站及小基站网关,基站的自启动业务流程如图1所示。具体介绍如下。

(1)pico 广播发送报文,DHCP 服务器分配 IP(internet protocol,网络之间互连的协议)地址,pico 获取 IP 地址,同时在报文内获取 HEMS 的 IP 地址。

(2)pico 使用第一步获取的 IP 地址、HEMS 服务器地址,向 HEMS 发起通信。HEMS 下发软件版本、配置文件、安全网关、接入网关、SGW(serving gateway,服务网关)地址等信息。

(3)pico 使用第一步获取地址与安全网关建立 IPSec(Internet protocol security,Internet 协议安全性)隧道,隧道建立完成后,安全网关给 pico 分配业务地址。

(4)pico 使用业务地址与接入网关通信,外层封装 IPSec,接入网关收到报文后,将报文的目的 IP 地址修改为 MME,源 IP 地址修改为自己,发送给 MME。

(5)pico 使用业务地址与 SGW 通信,外层封装 IPSec。

2.3.2 多厂商自启动方案

在现网实际部署中,往往会出现多个厂商的一体化皮基站接入需求,因此需部署多个厂商的 HEMS。而在单一厂商自启动方案中,一体化皮基站从 DHCP 服务器的回复报文中仅能得到一个 HEMS 地址,因此难以完成基站的自启动,对于上述方案应进行改进。

改进方案一:DHCP 服务器的回复报文中含有多个厂商的 HEMS 的 IP 地址,pico 通过轮询的方式依次访问各个 HEMS,直至找到该厂商的 HEMS,完成初始化配置。后续流程与单一厂商方案相同。该方案需要所有厂商的皮基站均支持轮询功能,目前推动较困难。

改进方案二:DHCP 服务器回复报文中含有所有厂商 HEMS 的地址,同时标记好厂商信息,各厂商通过标记信息获取该厂商的 HEMS 地址,后续流程与单一厂商方案相同。该方案需要所有厂商形成统一的标识规范,目前推动

较困难。

改进方案三:各厂商在一体化皮基站中预置 HEMS 的域名,现网部署 DNS(domain name system,域名系统)服务器,DHCP 服务器的回复报文中含有 DNS 服务器的 IP 地址,pico 通过访问 DNS 服务器并由 DNS 服务器解析各厂商预置的 HEMS 域名,得到该厂商 HEMS 的 IP 地址。再以此地址为目的地址建立与 HEMS 的连接,完成初始化配置。后续流程与单一厂商方案相同。该方案需要各厂商预置相应的 HEMS 的域名,且需部署 DNS 服务器。

结合现网的部署及方案的可实现性上,方案三更为简单,更具操作性。

3 TD-LTE 小基站回传承载组网方案

TD-LTE 小基站承载组网方案有 4 种,分别为 PON+CMNet 方案、PTN+CMNet 方案、PON+PTN 方案、PTN 端到端方案。组网结构如图 2 所示。

4 种承载方案是否均可满足 TD-LTE 小基站的业务回传需求,哪种方案更高效、更安全、更智能? 首先分析每一种方案的业务流程。

(1)PON+CMNet 方案

S1-U 业务:pico 发送报文到 ONU(optical network unit,光网络单元),ONU 上联到 OLT(optical line terminal,光线路终端),OLT 转发 2 层 VLAN(virtual local area network,虚拟局域网)报文给 BRAS(broadband remote access server,宽带远程接入服务器),BRAS 按照安全网关地址进 L3VPN 转发,安全网关收到报文后,解装 IPSec 隧道,校验/解密报文,按照报文内层目的 IP 地址转发给 L3PTN,L3PTN 根据目的 IP 地址转发给接入网关或 SGW。BRAS 入口剥掉双层 VLAN,native IP 转发到 CMNet 出口,native IP 转发给防火墙、安全网关、PTN 落地设备按 native IP 转发至 SGW。

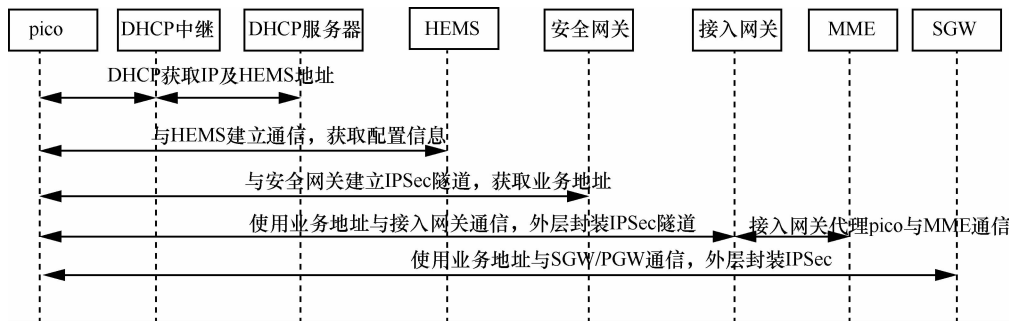


图1 单一厂商自启动业务流程



组网方案三、四：PON+PTN、PTN E2E

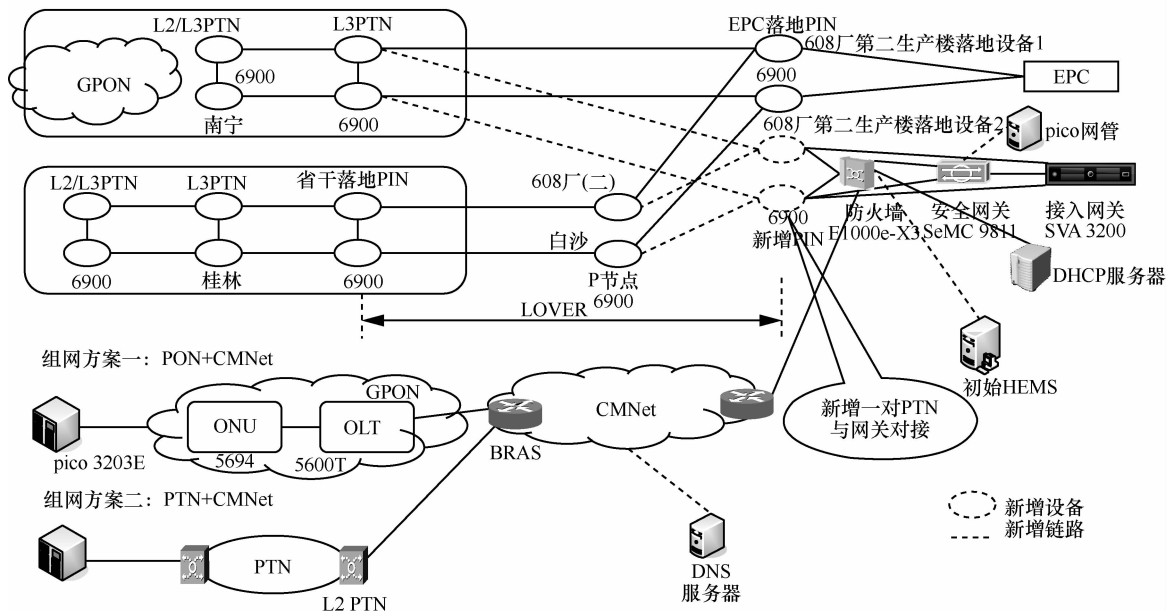


图2 4种承载方案的组网结构

S1_C 业务:安全网关前转发流程与 S1_U 一致,安全网关解除 IPSec 隧道封装后,按照报文目的(接入网关地址)转发给接入网关,接入网关把报文目的更换为 MME 转发给 PTN,PTN 根据报文目的地址转发给 MME。

X2 业务:安全网关前转发流程与 S1_U 一致,安全网关解除 IPSec 隧道封装后,按照目的 IP 地址经 L3 PTN 下行转发。

具体流程如图 3 所示。

(2)PTN+CMNet 方案

该方案与 PON+CMNet 方案类似,二层采用 PTN,三层承载网络仍采用 CMNet;二层业务仅带单层 VLAN,VLAN 在 BRAS 处终结。

(3)PTN 端到端方案

S1_U 业务:pico 使用单 IP 单 VLAN,发送报文进入 PTN 后,将 VLAN 剥离后通过 L2VPN 转发至 L2/L3 节点,

终结 L2,为业务加上配置的 VLAN 进入 L3。双归 L3VE 子接口上配置相同 IP 地址、相同 MAC 做为同网段基站的网关。L3PTN 上宏基站、小基站上行方向使用不同的物理口。S1_U 流量从安全网关直接到 L3PTN,L3PTN 收到报文后根据目的 IP 地址转发给 SGW。

S1_C 业务:安全网关前转发流程与 S1_U 一致,安全网关解除 IPSec 隧道封装后,按照报文目的(接入网关地址)转发给接入网关,接入网关把报文目的更换为 MME 转发给 PTN,PTN 根据报文目的地址转发给 MME。

X2 业务:安全网关前转发流程与 S1_U 一致,安全网关解除 IPSec 隧道封装后,按照目的 IP 地址经 L3 PTN 下行转发。

具体流程如图 4 所示。

(4)PON+PTN 方案

该方案与 PTN 端到端方案类似,二层采用 PON,三层

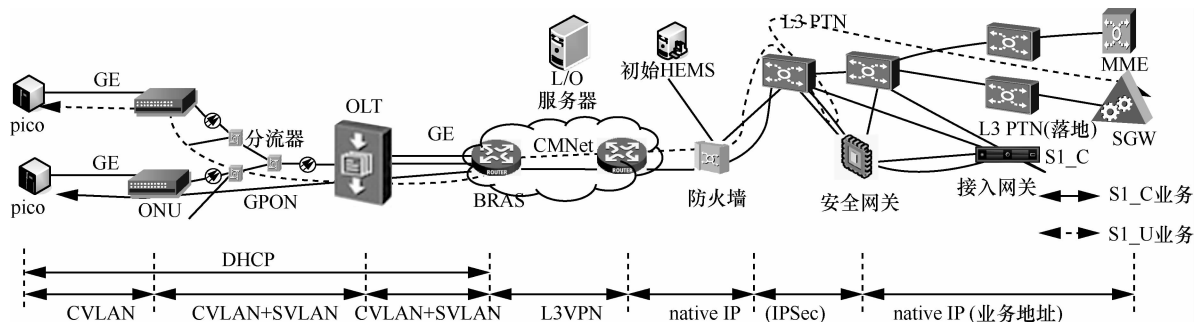


图3 PON+CMNet 承载方案的业务转发流程



仪表模拟 S1、X2 业务,打流每秒 100 000 个报文,观察业务是否正常。

步骤 3 通过拔纤,构造 OLT 到 CMNet 路由器的主链路单向光纤故障,触发业务切换到备链路,通过仪表分组丢失情况,计算业务保护倒换时间并记录。

步骤 4 恢复光纤,等待业务回切,再次观察保护恢复时间并记录。

测试结果:经过测试发现,LACP 倒换最差时延为 4.4 ms,LACP 回切最差时延为 14.5 ms。

4.2.2 PTN 端到端方案的链路故障倒换

步骤 1 端到端创建 LTE 业务,创建 L2VPN 业务时,以上面的 PTN L2/L3 网元为主节点,将以太测试仪连接到接入侧 PTN 和核心侧 PTN,仪表模拟基站和 SGW。

步骤 2 通过仪表发送业务报文,观察业务是否正常。

步骤 3 通过构造 L2VPN 业务的 PW APS (automatic protection switching,自动保护倒换)工作路径故障,查看 PW APS 倒换状态,通过仪表观察基站业务倒换是否正常,观察并记录相关的告警。

步骤 4 恢复步骤 3 构造的 PW APS 工作路径的故障,查看 PW APS 倒换状态、业务是否正常,相关的告警是否消失。

测试结果:经过测试倒换时延在 6 ms 以内,回切时延在 4.5 ms 以内。

4.2.3 PON+PTN 方案的链路故障倒换

步骤 1 配置承载网的业务,基站接入带 VLAN 的业务,GPON 进行 VLAN 转换。OLT 与 PTN 对接的 LAG 配置跨板 LACP 负载模式。

步骤 2 OLT 与 PTN 之间配置静态恢复式链路聚合组,聚合组端口成员接口采用自协商,仪表连接 ONU 与 PTN 核心设备模拟 eNode B 与 SGW/MME,通过仪表模拟 S1、X2 业务,打流每秒 100 000 个报文,观察业务是否正常。

步骤 3 通过关闭端口,构造 OLT 到 PTN 的主链路光纤故障,触发业务切换到备链路,通过仪表分组丢失情况,计算业务保护倒换时间并记录。

步骤 4 恢复光纤,等待业务回切,再次观察保护恢复时间并记录。

步骤 5 复位板卡触发 OLT 到 PTN 的主链路故障,触发业务切换到备链路,通过仪表分组丢失情况,计算业务保护倒换时间并记录。

步骤 6 恢复板卡,等待业务回切,再次观察保护恢复时间并记录。

测试结果:经过测试发现,LACP 倒换时延为 0,LACP 回切时延为 0。

4.2.4 PTN+CMNet 方案的链路故障倒换

步骤 1 配置承载网的业务,基站接入带 VLAN。将以太测试仪连接到接入侧 PTN 及核心设备出口,模拟基站及 SGW。

步骤 2 通过仪表模拟 S1、X2 业务,发送帧长为 1 500 byte 的报文,观察业务是否正常。

步骤 3 PTN 间配置 LSP APS 保护,OAM (operation administration and maintenance,操作管理维护)检测周期设置为 3.3 ms。

步骤 4 通过拔纤构造 PTN 之间的主干光纤故障,通过仪表同时观察基站业务倒换是否正常;观察并记录相关告警。

步骤 5 恢复链路故障光纤,拔掉原保护链路 PTN 间的主干光纤,再次观察业务是否正常;观察相关告警是否消失。

步骤 6 拔掉 PTN 工作板,通过仪表同时观察基站业务倒换是否正常;观察并记录相关告警。

步骤 7 插入 PTN 工作板,再次观察业务是否正常;观察相关告警是否消失。

步骤 8 构造 PTN 之间的主干备链路光纤故障,观察设备告警。

测试结果:拔纤倒换时间均在 18 ms 以内,拔纤回切的时间为 0;拔板倒换和回切时间为 0。

4.3 同步方式验证

4 种承载方案均支持从 GPS (global positioning system,全球定位系统)获取时钟、从宏基站空口同步获取时钟、通过 1588v2 方式获取时钟 3 种时钟同步方式。其中,1588v2 方式可采用从末端接入的 PON 或 PTN 设备提取同步信号:

- PON+CMNet 和 PTN+CMNet 这两种承载方案中,由于 CMNet 不支持 1588v2 同步,需要从外部时间源或已同步的设备接入获取时间信息,现网 PON 设备不支持 1588v2,需要更换支持 1588v2 的 ONU、OLT 主控、OLT 上行板,添加 OLT 时钟扣板;
- PTN 端到端承载方案可通过上游 PTN 设备获取时钟,不需要对现网进行改造;

- PON+PTN 承载方案可通过上游 PTN 设备获取时钟, 现网 PON 设备不支持 1588v2, 需要更换支持 1588v2 的 ONU、OLT 主控、OLT 上行板, 添加 OLT 时钟扣板。

4.3.1 IEEE 1588v2 同步方案验证(PTN 方案)

测试步骤如下。

步骤 1 配置时间 BITS(branch integrated timer supply, 大楼综合定时供给系统)源(频率源与时间源为同源), 通过电缆 TOD+1PPS 和 2 Mbit/s 接口将时间源和频率信号注入核心层 PTN; 中间传输设备采用业务接口对接传递时钟和 1588 时间信息; 并从接入层传输设备的业务接口输出到时间分析仪。

步骤 2 配置端到端线路上的承载设备开启 BC 方式传送时间同步信号, 启用 BMC 算法, 截图并记录结果。

步骤 3 通过时间分析仪测试接入侧网络设备业务接口的时间输出信号精度, 测试时间不小于 24 h 并记录数据; 截图并记录结果。

步骤 4 配置基站配置从带内方式获取时间信息, 观察基站跟踪状态。

测试结果: 时间指标优于 $\pm 1 \mu\text{s}$; 基站可以以带内方式从接入侧网络设备业务接口获取时间信息。

4.3.2 IEEE 1588v2 同步方案验证(CMNet 方案)

测试步骤如下。

步骤 1 从与 OLT 同站点的 PTN 上通过空闲的 GE 口引入时钟和 1588 时间信息(该 PTN 已与现网同步); OLT 和 ONU 间采用业务接口对接传递时钟和 1588 时间信息; 并从接入层 ONU-1 的业务接口输出到时间分析仪。

步骤 2 配置端到端线路上的承载设备开启 BC 方式传送时间同步信号, 启用 BMC 算法, 截图并记录结果。

步骤 3 通过时间分析仪测试 ONU-1 设备业务接口的时间输出信号精度, 测试时间 12 h 并记录数据; 截图并记录结果。

步骤 4 配置基站从业务口获取时间信息, 观察基站跟踪状态。

测试结果: 时间平均误差为 35.6 ns。

4.3.3 空口同步方案验证

预置条件如下。

- 已有基站通过外接 GPS 同步信号实现同步状态, 处于正常工作状态, 并有小区信号覆盖至测试皮基站

覆盖范围。

- 测试皮基站配置为空口同步模式。
- 信号检测仪表处于正常工作状态。

测试步骤如下。

步骤 1 配置已有基站为 D 频段, 皮基站为 E 频段。

步骤 2 测试 1 台皮基站加电开机, 开始空口同步过程。

步骤 3 信号检测仪表同时检测到主基站的同步信息及测试皮基站的同步信息。

步骤 4 配置已有基站为 E 频段, 皮基站为 E 频段; 重复步骤 1~步骤 3。

测试结果: 皮基站可以通过监听主基站 PSS/SSS, 获得主基站的同步信息并保持同步状态; 通过仪表观察, 测试皮基站的同步信息与主基站的同步信息始终保持一致。

4.3.4 GPS 同步方案验证

预置条件如下。

- 已有基站通过外接 GPS 同步信号实现同步状态, 处于正常工作状态, 并有小区信号覆盖至测试皮小区覆盖范围。
- 测试皮基站配置为空口同步模式。
- 信号检测仪表处于正常工作状态。

测试步骤如下。

步骤 1 配置已有基站为 D 频段, 皮基站为 E 频段。

步骤 2 测试 1 台皮基站加电开机, 开始空口同步过程。

步骤 3 信号检测仪表同时检测到主基站的同步信息及测试皮基站的同步信息。

步骤 4 配置已有基站为 E 频段, 皮基站为 E 频段; 重复上述过程。

测试结果: 皮基站可以通过监听主基站 PSS/SSS, 获得主基站的同步信息并保持同步状态; 通过仪表观察, 测试皮基站的同步信息与主基站的同步信息始终保持一致。

4.4 业务测试结果

4 种承载方案均支持小基站的自启动; 均可支持宏基站与小基站之间、小基站与小基站之间的业务切换; 均可支持注册到小基站的 UE(user equipment, 用户设备)通过 VoLTE(voice over LTE)方式进行正常语音通话。

5 TD-LTE 小基站回传承载方案对比

通过分析及测试验证, TD-LTE 小基站 4 种回传承载



方案均可满足小基站业务需求,但承载的效能性、安全性、智能性不尽相同。

(1) 高效性对比

二层承载 PON 较 PTN 更高效, PON 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; PON 中 OLT 和 ONU 的设备成本低; 对于 PON 承载 LTE 小基站回传业务只需要在光交接箱设置分光点, 安装光分路器即可, 改造量小, 光缆建设成本低。二层承载采用 PON 较 PTN 可节约设备投资 70%, 线路投资 50%。

三层承载 CMNet 较 PTN 更高效, CMNet 承载方案可不部署 DHCP 服务器, 实现简单; TD-LTE 小基站分布零散、可规划性较差, 三层采用 PTN 会增加现有宏基站回传网络规划的复杂性; 采用 CMNet 承载较 PTN, 可节约设备投资。

因此, PON+CMNet 的承载方案投资效益最高, 实现最为简单。

(2) 安全性对比

PON、PTN、CMNet 的保护技术与现网相同, 现网验证 4 种承载方案的保护倒换时间均在 50 ms 之内, 符合电信级保护倒换要求。采用 PON/PTN+PTN 的承载方案, L3PTN 需与 CMNet 互联, 引入较大的安全风险, 安全性不如 PON/PTN+CMNet 的承载方案。

因此, PON+CMNet 与 PTN+CMNet 的承载方式在安全性上优于 PON+PTN 及 PTN 端到端的承载方式。

(3) 智能性对比

4 种承载方案均能够在各类场景应用情形下实现自启动功能, 但 PON+PTN 及 PTN 端到端方案需要部署 DHCP 服务器。

综上, 对于部署在 PON 覆盖区域的 TD-LTE 小基站, 原则上采用 PON+CMNet 回传承载方案。对于小基站部署场景不具备 PON 但有 PTN 资源的场景宜采用 PTN+CMNet 回传承载方案。原则上不推荐使用 PON/PTN+PTN 的承载方案。

6 结束语

TD-LTE 小基站建设比较灵活, 对地址要求比较低, 可以扩展覆盖范围和加大网络容量、提升用户感知, 在繁忙地区, 小基站可以帮助宏基站进行分流, 然而当前 TD-LTE 小基站面临的主要障碍是小基站的传输承载解决方案。因

此本文对小基站的自启动功能, 小基站组网方案的安全性和高效性进行研究。在承载网络中部署具有 DHCP 功能的服务器、小基站的初始化服务器 (HEMS) 及 DNS 服务器即可实现多厂商场景下的自启动功能。同时本文提出 PON+CMNet、PTN+CMNet、PON+PTN、PTN 端到端 4 种小基站回传承载方案, 并在现网进行测试, 得出 PON+CMNet 的承载方案在高效性、安全性方面优于其他 3 种承载方案, 为中国移动部署小基站组网提供了参考。

参考文献:

- [1] 苏雄生. LTE 小基站建设策略探讨 [J]. 电信快报, 2014(10): 13-16.
SU X S. Research on the constructions of strategy of small cell[J]. Telecommunications Information, 2014(10): 13-16.
- [2] 李寿鹏, 张国栋, 刘方森. LTE 小基站应用研究[J]. 数据通信, 2014(4): 9-11.
LI S P, ZHANG G D, LIU F S. Research on application of LTE small cell[J]. Data Communications, 2014(4): 9-11.

[作者简介]



覃晓霞 (1973-), 女, 中国移动通信集团广西有限公司工程师、传输初级专家, 主要研究方向为小基站回传承载。



王晨 (1987-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司工程师、高级咨询专家, 主要研究方向为小基站回传承载。



乔迪 (1990-), 男, 中国移动通信集团设计院有限公司助理工程师、助理咨询专家, 主要研究方向为小基站回传承载。