



Nanocell:TD-LTE 与 WLAN 的融合*

曹 汐,杨 宁,孙 滔,刘光毅,邓 辉

(中国移动通信有限公司研究院 北京 100053)

摘 要:移动互联网的快速发展,特别是室内场景下无线数据业务的爆炸式增长,使运营商的网络发展面临着种种挑战。为了融合 TD-LTE 小基站与 WLAN 两类热点及室内覆盖技术,充分利用 WLAN 站点与传输资源,弥补传统宏蜂窝深度覆盖的不足,合理分流宏蜂窝网络业务压力,降低运营商网络建设和运营成本,提出了 Nanocell 及其端到端的系统解决方案,期望能够聚合 TD-LTE 及 WLAN 产业力量,满足用户业务未来发展需求、促进产业健康发展。

关键词: Nanocell;TD-LTE;小基站;WLAN

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.05.013

Nanocell: an Aggregation Solution of TD-LTE and WLAN

Cao Xi, Yang Ning, Sun Tao, Liu Guangyi, Deng Hui

(China Mobile Research Institute, Beijing 100053, China)

Abstract: The rapid development of mobile internet and explosive growth of wireless data traffic especially for indoor scenarios, bring forward various challenges to mobile network operators. To achieve an aggregation of TD-LTE small cell and WLAN, the two types of hotspot and indoor coverage technologies, taking full advantage of the available WLAN site and its backhaul, offer the capability to offload the macro cell traffic and reduce operators' network OPEX and CAPEX. The concept of Nanocell and its end-to-end solution for the whole network was introduced, aiming to combine the TD-LTE industry and WLAN industry effort, to make arduous efforts to meet the subscriber's demand for data traffic in future and to maintain a healthy mobile industry.

Key words: Nanocell, TD-LTE, small cell, WLAN

1 引言

随着智能手机等新一代终端的不断普及和移动互联网业务的发展,无线数据业务呈现了爆炸式的增长趋势。根据目前相关机构的统计结果,现阶段全球无线数据业务年增长率超过 100%;而预计未来 5 年数据业务增长 40 倍,10 年增长 1 000 倍。在过去 5 年中,中国移动通信有限公司(以下简称中国移动)网络中的数据业务增加了 60 倍,其中移动话音业务的 60%和数据业务的 70%发生在室内;据

预测,未来室内业务将占总业务量的 90%。而随着无线数据业务的高速增长以及室内无线传输需求的不断增加,传统蜂窝网络的覆盖方式对于支持室内无线数据业务表现的瓶颈日益突出,使移动运营商的网络发展面临着种种挑战,包括如下几个方面:

- 传统 2G、3G 网络无线接入容量极限逐渐显现;
- 频谱资源日益紧张,可用于广覆盖的蜂窝移动通信网络的新增频率资源日益匮乏;
- 站址、天馈资源获取难度日益增加,密集城区的站

* “新一代宽带无线移动通信网”国家科技重大专项基金资助项目(No. 2010ZX03002-009)



间距接近理论极限,很难支持传统蜂窝宏基站的更密集部署;

- 普通蜂窝网络部署密集,网络干扰环境更加复杂,影响网络性能;
- 宏基站的部署和运营成本高昂,新增宏基站扩容的建网方式难以为继。

为了维持产业链的健康和可持续发展,移动通信网络的发展必须考虑如何通过网络技术能力的提升、部署方式和运营方式等方面的革新,不断降低网络的部署和运营成本。为了满足现阶段用户室内业务发展需求,同时分流 2G/3G 网络的数据业务,中国移动在 2011 年底决定,在未来 3 年的时间中,建设 600 万个 WLAN AP,通过多网的协同,满足不断增长的用户移动数据业务需求。与此同时,为了加速 TD-LTE 的产业成熟,在工业和信息化部统一部署和领导下,国内外企业共同完成了 TD-LTE 规模试验,充分验证了 TD-LTE 的技术成熟性,并启动了 TD-LTE 扩大规模试验,开展面向商用的应用技术攻关。

为了融合 TD-LTE 与 WLAN 两类热点及室内覆盖技术,充分利用 WLAN 站点与传输资源,弥补宏蜂窝深度覆盖的不足,合理分流宏蜂窝网络业务压力,降低运营商网络建设和运营成本,中国移动提出了 Nanocell 及其端到端的系统解决方案,期望能够聚合 TD-LTE 及 WLAN 产业力量,满足用户业务未来的发展需求,促进产业健康发展。

2 Nanocell 的定义及主要特征

对于典型蜂窝网络,通常采用宏基站进行连续覆盖和室内浅层的部署,采用微基站进行道路、室外覆盖室内以及室内深度覆盖的室内分布系统的部署方式,并采用 pico/企业级 femto 进行补盲、补热,而家庭级 femto 用于家庭部署。其中 pico/femto,业界也称为小基站(small cell)。

对于室内和热点场景的部署,需要充分考虑设备的体积、成本、效率与回传(backhaul)的限制。结合室内、热点场景的部署特点,中国移动提出 Nanocell 及其系统解决方案,实现小基站与 WLAN 在室内和热点地区的融合组网。

Nanocell 与传统的宏基站、微基站等在整个移动通信网络中的主要部署场景如图 1 所示。

Nanocell 的主要定义为:一种集成小基站(通常指发射功率小于 1 W 的小区,如 pico,femto 等)与 WLAN 的产品形态。

集成电信级 WLAN 服务的一体化设备、对蜂窝网和 WLAN 干扰协同的系统化设计及后续面向 WALN 和蜂窝网的融合是 Nanocell 区别于小基站的最主要特征,具体如下。

- 同时支持蜂窝网络系统及 WLAN 的覆盖。通过技术方案,降低蜂窝系统与 WLAN 之间的干扰,保证两者之间的覆盖及容量。
- 可以部署在企业、热点与家庭场景。Nanocell 既可以由运营商部署及维护,又可以由普通用户部署,并通过回传由运营商自动完成配置及维护工作。
- 支持较低的建设成本与维护成本。分阶段支持基于 SoC 芯片架构的小基站与 WLAN AP 功能的融合,分阶段支持核心网的融合演进,制定标准统一的网管系统。
- 使用灵活、低成本的回传网络。Nanocell 可使用 IP 化的低成本有线或无线的宽带回传网络,可以使用运营商自有的宽带回传网络或者有合作协议的第三方网络。
- 支持完善可信的安全能力。具有可靠安全机制保证接入和业务安全,通过证书实现身份认证,具备可信环境,保证设备、信令和数据传输安全。

3 Nanocell 的系统架构

如图 2 所示,Nanocell 的系统架构可分为 3 个部分:

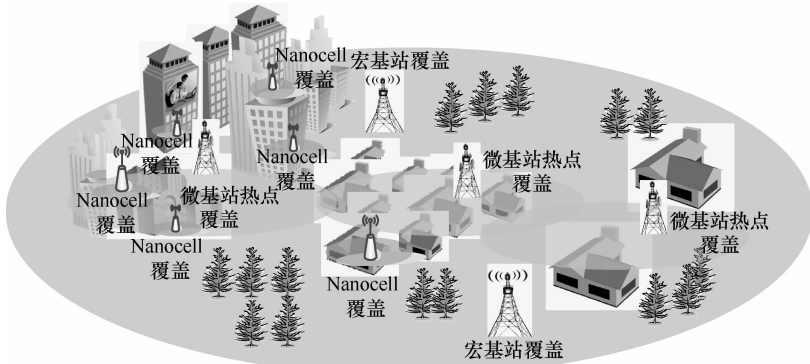


图 1 Nanocell 应用场景示意

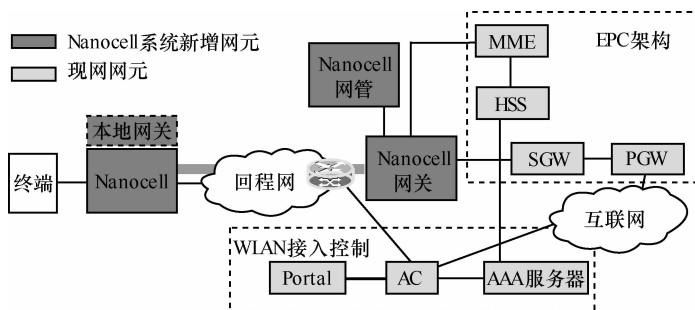


图2 Nanocell 系统架构

EPC核心网部分、WLAN接入控制部分及Nanocell新增网元部分。其中,EPC核心网及WLAN接入控制的架构和组网方式沿用已有系统架构和功能。Nanocell新增网元功能的说明如下。

- Nanocell,为终端提供蜂窝网接入,和终端间通过Uu口进行空口的通信;同时提供WLAN接入,与终端通过WLAN模块进行通信。
- Nanocell网关,对Nanocell设备进行双向认证,对S1接口的信令和数据及Nanocell与网管间的消息通过IPSec协议进行加密,当Nanocell数量大时,Nanocell网关可根据配置进行S1接口信令面的汇聚,降低对MME的信令压力。
- Nanocell网管,对Nanocell、Nanocell网关进行管理,在Nanocell启动时对其参数进行配置,在运行中,对Nanocell进行性能管理。
- 回程网络,使用灵活的IP化接入方式,支持有线及无线的回传方式,其组网方式也相应地依据其回程的方式进行组织。
- 本地网关,是Nanocell的可选功能,可将用户的数据通过本地网络进行路由转发,访问本地网络的IP资源,减少传递到核心网的IP数据分组。

4 Nanocell 产业化需要重点关注的问题

4.1 成本控制

Nanocell产品能否满足运营商的部署需求,实现大规模部署,设备的成本控制是最关键的因素之一。Nanocell产品虽然在设备重量、体积、发射功率、用户容量方面比宏基站小很多,但是在网元类型、基本功能、系统带宽和峰值速率等方面与宏基站基本相同。因此,Nanocell的成本控制目标是要以终端的成本实现基站的功能。而要实现该目标,Nanocell必须借鉴终端产品的设计思路,即芯片级解决方案。利用集成了CPU、DSP及硬件

加速器的SoC芯片实现基站BBU(基带处理单元)的功能,采用高集成度的射频芯片,低功耗、低成本的PA(功率放大器)及射频前端器件实现基站RRU(远端射频单元)的功能。甚至在部署规模发展到一定阶段时,通过单芯片加射频前端等少量外围器件实现整个融合设备的全部功能,进一步降低产品成本。

另外,部署规模对Nanocell产品的成本也有非常大的影响。为借助规模优势、有效控制成本,Nanocell的核心器件和产品研发需要借助FDD系统的产业规模,尽量做到与FDD共用主要芯片、产品架构、硬件平台和高层协议软件,在促进TDD/FDD融合发展的同时,实现Nanocell整体规模的壮大。

4.2 低成本同步解决方案

引入Nanocell后,组网方式将更为丰富,为了在绝大多数部署场景中有效抑制TDD小区间上下行时隙干扰,要求Nanocell间保持同步,并且Nanocell和宏基站也能保持同步。通常,需要同步精度,频率精度误差 $\leq \pm 0.25$ ppm,时间同步精度误差 $\leq 3 \mu\text{s}$ 。目前,常见的同步方案有以下3种。

- 网络同步(如IEEE 1588v2):通过传输网络由1588v2高精度时间同步协议为基站提供同步信息。
- GNSS(global navigation satellite system)同步:利用专用卫星接收机通过GPS或北斗等卫星导航系统授时,获得高精度的频率和时间同步信号。为了提高卫星信号的搜索能力,提升室内弱信号环境下的同步成功率,还可以采用A-GNSS(assisted-GNSS)技术优化同步建立和保持性能。
- 空口同步:周期性监听参考基站的同步信号,实现与参考基站的频率和时间同步,通常包括同步建立和同步保持两个过程。为了应对更为复杂的应用场景,还可能支持多模多频段空口侦听,或者支持多跳空口同步。Nanocell同步方案对比及选择策略见表1。



表 1 Nanocell 同步方案对比及选择策略

同步方案	优点	缺点	应用场景选择策略
网络同步	同步精度较高;支持深度室内环境部署	需要传输网络端到端支持	传输网络端到端支持作为首选方案
GNSS 同步	同步精度高	需要增加硬件成本;深度室内场景卫星信号较弱,难以建立并保持同步	需要精确同步或作为同步源小区,且具备卫星信号接收条件的首选方案;GNSS 接收机和天线作为可选外置模块,降低总体成本
空口同步	不依赖传输网和卫星信号;实现成本较低	同步精度在跳空场景时受累积误差影响可能偏大	必选支持方案,作为上述两种方案的补充

然而,Nanocell 的部署场景丰富,以上 3 种常见同步方案对于不同的应用场景各有优缺点,难以依靠某一种同步方案就满足绝大多数应用场景下的同步要求。因此,实际应用时可能需要采用多种同步方式相结合的组合同步方案,并在产品实现时尽量考虑模块化、接口通用化等设计思路,降低同步方案对产品成本和实现复杂度的影响。

4.3 接口开放

Nanocell 无线设备作为一种新的产品形态,需要考虑和现有或未来网络设备的互通,还需要考虑不同设备厂商之间的互通。例如 Nanocell 无线设备中的 WLAN AP 和 AC 设备间的互通、Nanocell 无线设备和异厂商 EPC 设备间的互通等。因此在 Nanocell 的系统设计和产品实现时,需要充分支持接口开放问题,保证新老设备、异厂商设备间的接口互通,形成一个开放的产业链格局。

5 结束语

Nanocell 是中国移动为了聚合蜂窝与 WLAN 产业链、完成蜂窝网络与 WLAN 深度融合所推出的端到端解决方案。该方案以现有网络为基础,通过产品升级和网络结构调整,可实现在一套系统上同时支持 TD-LTE 和 WLAN 两种无线宽带网络接入,弥补传统宏蜂窝深度覆盖的不足,合理分流宏蜂窝网络业务负荷,降低运营商网络建设和运营成本。现阶段 Nanocell 采用设备级融合方案,为蜂窝网和 WLAN 的融合提供了基础,后续演进方案可以通过芯片级的融合和通信协议上的深度融合进一步优化和提升两种无线宽带网络的承载能力和效率,形成优势互补,最大化利用频谱资源、站点和传输资源,为移动互联网发展提供新的技术手段。

参考文献

1 中国移动通信有限公司研究院. 中国移动 Nanocell 技术白皮书,2012

[作者简介]



曹汐,男,中国移动通信有限公司研究院高级工程师、研究员,主要研究方向为小基站技术、策略及产业推动。



杨宁,男,中国移动通信有限公司研究院高级工程师,主要从事无线领域网络架构、接口及主要信令的标准化及研究工作。



孙滔,男,博士,现就职于中国移动通信有限公司研究院,主要从事移动互联网基础设施演进相关的研究工作。



刘光毅,男,博士,中国移动通信有限公司研究院主任研究员,IEEE 会员、CCSA TC5 WG6 组副主席,工业和信息化部 IMT-Advanced 推进组技术组副组长,负责无线领域的技术工作,主要从事 LTE/LTE-Advanced 的相关研究、标准化和产业化应用工作。



邓辉,男,博士,现就职于中国移动通信有限公司研究院,IETF MIF 工作组主席,主要从事移动互联网基础设施演进相关的研究工作。

(收稿日期:2013-04-16)