



专题导读

2012 年,全球电信运营商掀起了 LTE 网络建设的热潮。至 2012 年年底,全球已经有 105 个国家的电信运营商进行了 360 张 LTE 商用网络的建设,其中,113 张网络已经投入商用。可以预计,在 2013 年,全球范围内的 LTE 建设将进一步提速。

LTE 在全球的发展首先源于其技术的先进性。LTE 作为新一代无线通信的演进技术,采用了 OFDM 和 MIMO 等技术,使用了高阶调制编码技术如 64QAM 等,显著提高了数据传输速率,并且 LTE 网络采用了扁平化的系统结构,可以降低数据传输的时延。LTE 所带来的高带宽、低时延等特性将有效提升用户的移动业务体验。同时,以提升组网性能与多网智能协同能力为核心的 LTE 关键新技术仍在不断的演进与完善之中,其中就包括多小区的协作传输技术、中继技术和网络自组织以及 WLAN 融合等关键技术,这些新技术的推进将更好地满足移动互联网时代对移动网络的承载需求。

LTE 网络能够提供越来越多的品质高、体验好的业务也正成为其商用部署的又一个重要驱动力。在国外 LTE 业务应用部署中,其高带宽的优势逐步得到显现,以前在 2G/3G 网络中未曾真正大面积应用的高清移动

视频电话与高清视频直播业务,在 LTE 商用网络中得到了广泛的认可。随着 LTE 作为高速移动承载网络与物联网、云计算相结合,势必会带来更多的产品形态与更好的应用体验,在有效促进信息化融合的同时,又将催生新的经济增长点。

本期以“LTE 新技术与新业务”为专题,不仅介绍了 LTE 业务在国外运营商的发展情况、业务网络的演进分析等,还对 LTE 的一些新业务和新技术的部署思路进行了分析与探讨。希望能够帮助读者加深对 LTE 发展趋势的了解。在此,衷心感谢论文作者把研究成果与大家分享,并启发对 LTE 新业务与新技术的深入思考。



本期专题策划人:周涛,女,中国电信股份有限公司上海研究院总工程师,教授级高工,兼任 OMA 董事会董事、中国电信集团公司科学技术委员会无线组委员、上海市通信学会理事、上海浦东移动通信协会理事长,主要研究方向为无线通信业务与网络,曾获中国通信学会科学技术奖、中国电信科技进步奖、上海市科学技术奖等。

LTE 的新技术展望

邵 震,曹 敏,李一明

(中国电信股份有限公司上海研究院 上海 200122)

摘 要:为应对移动互联网带来的海量数据流量的承载需求,4G 网络亟需引入异构网的新型组网形态,并打造多网络智能协同融合的移动智能管道,争取首先在组网架构上有一个新突破。本文基于 3GPP 标准化进程,对 LTE 分层组网的 HetNet、小区干扰协调以及 LTE 与 WLAN 智能协同的 SaMOG、ANDSF 等新技术进行展望。

关键词:HetNet;eICIC;CoMP;SaMOG;ANDSF

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2013.02.002

New Technology Prospect of LTE System

Shao Zhen, Cao Min, Li Yiming

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

Abstract: In response to meet the need of immense amounts of network traffic, brought by mobile internet, a new network form of the heterogeneous network should be introduced into 4G network, and a multi-network intelligent interworking of “mobile smart pipe” is to be built, in order to firstly make a breakthrough on network architecture. New technologies as LTE wireless hierarchical networking (HetNet), inter cell interference coordination, and LTE and WLAN networks intelligent integration based on SaMOG (S2a Mobility based on GTP), ANDSF, combined with 3GPP standardization progress were introduced, and prospects of 4G technology were given.

Key words: HetNet, eICIC, CoMP, SaMOG, ANDSF

1 引言

随着智能终端的日益普及与移动宽带的广泛应用,如何应对数据流量的高速增长,同时又能提升用户体验已经成为运营商的首要任务之一,LTE 阶段需要通过引入异构网的新型组网形态,并打造多网络智能协同融合的移动智能管道,在组网架构上率先赢取一个新突破,改善 LTE 网络的深度覆盖问题并提高其频谱利用率。本文对 LTE 分层组网的 HetNet、小区干扰协调以及 LTE 与 WLAN 智能协同的 SaMOG、ANDSF 等新技术进行展望。

2 分层组网

2.1 HetNet

无线接入技术发展的实质是用更大的频谱带宽换取更高的峰值速率,而现阶段低频段资源已经处于紧张状态,未来部署 LTE 网络采用 2 GHz 以上高频段的可能性越来越大,但高频段由于传播能力相对较弱,若采用传统的 Macro eNode B(宏基站)单层组网方式将无法实现较好的全程全网覆盖,而且,LTE 网络面向的是高速率高流量的用户群,传统的覆盖方式在容量上会随着用户的增多与带宽需求的增大而面临巨大的挑战。因此,在引入了 Pico eNode B(微微蜂窝基站)、RRH(remote radio head,

射频拉远)、RN(relay node,中继节点)及 HeNB(home eNode B,家庭基站)等新的基站形态后,形成了 3GPP R10——LTE-A (LTE-Advanced,LTE 后续演进)中所研究的 HetNet (heterogeneous network,异构网),即分层组网方式,实现 4G 网络的立体覆盖。

HetNet 在宏覆盖小区中放置 LPN(lower power node,低功率节点),形成了同一制式的不同节点类型的异构网,由宏基站实现广度覆盖,由微微蜂窝基站或 RRH、RN、HeNB 实现深度覆盖,图 1 是 LTE 异构网的简单示意。

实际上,虽然微微蜂窝基站、RRH、HeNB、RN 都不是新的概念,但在 LTE 阶段,HeNB 与 RN 两种小功率基站有着区别以往的显著特征。

(1) HeNB

在 2G、3G 网络中家庭基站被定义成 femtocell,到了 LTE 阶段就被称为 HeNB。家庭基站是通过传统的 Internet 和标准的 IP 传输数据到移动核心网的。相比 2G、3G 网络

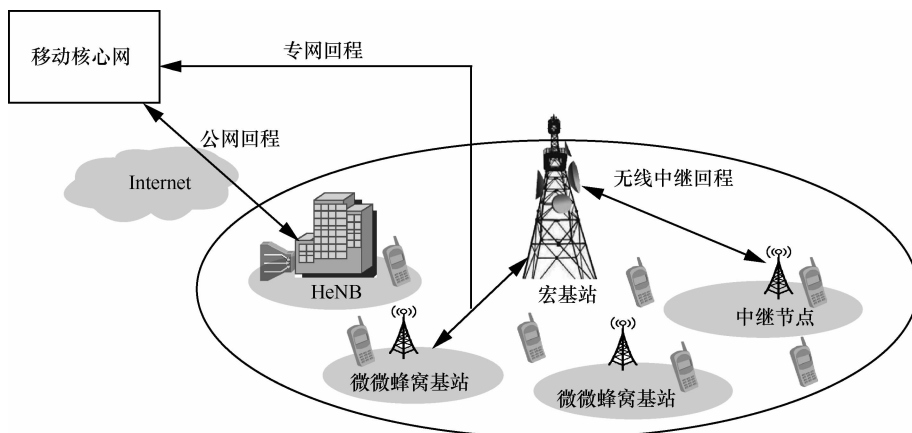


图 1 LTE HetNet 示意



中采用家庭基站网关来汇聚分散,并由其统一实现移动核心网的电路域与分组域接入这一组网方式,在 LTE 阶段,由于 LTE 系统的控制面与用户面的分离,目前 3GPP 定义了 3 种 HeNB 的系统架构:

- 配置 HeNB GW(网关),无论是 HeNB 的控制面还是用户面,均通过 HeNB GW 汇聚后接入 EPC 网络(evolved packet core network,演进的分组域核心网),此方案避免了 EPC 网络中 MME(mobility management entity,移动性管理实体)与 SGW(serving gateway,服务网关)的负荷增加;
- 未配置 HeNB GW,HeNB 不经过汇聚转发直接接入 EPC 网络,此方案实现了网络架构的扁平化,减少了时延与故障点;
- 配置 HeNB GW 仅用于控制面,此方案通过控制面的汇聚,减少了对 MME 负荷的影响,同时也减少了用户面的时延与故障点。

而对于上述 3 种方案的选择,则将取决于运营商对现有网络架构、家庭基站的部署速度与规模等因素的综合考虑。

(2)中继

中继是利用无线链路,通过施主基站传输数据到移动核心网的技术。在 2G、3G 网络中被普遍使用的无线直放站就是一种中继技术,是一种层 1 中继的无线实现,即 PHY 层(physical layer,物理层)的放大+转发方式,将基站(或者用户)发送来的信号经放大后转发给用户(或者基站),不足在于会同时放大噪声和干扰信号,在接收侧和发送侧都需要进行严格的隔离来避免设备的自激。而在 LTE-A 中更多的是对层 2 与层 3 中继的讨论,其中,层 2 中继包含了 MAC 层(media access control layer,介质访问控制层)的功能,也可以包含 RLC 层(radio link control layer,无线链路控制层)的功能,能够实施资源调度功能,可以被认为是一种解码+转发方式,即对接收到的数据块进行解码,进行再编码和转发,这种中继保证了终端获得的信号的准确性,并且没有放大噪声与干扰信号,明显改善了 SNR(signal-to-noise ratio,信噪比);但是由于需要对数据进行解码,会带来较大的时延,对基站与中继间的链路传输可靠性要求很高,也增加了设备的复杂性。而层 3 中继则可以执行部分或者全部的 RRC 层(radio resource control layer,无线资源控制层),对数据可以实施快速路由以及对移动性进行管理。其主要依靠 S1 与 X2 信令,未引入新的接口,因此,也更加接近于基站的功能。相对于层 2

中继,层 3 中继功能的增强难免会引入更大的开销,使设备更为复杂,成本也就更高。

但无论是采用层 2 中继还是层 3 中继,LTE-A 中的中继技术都具备以下显著特征:

- RN 是一个独立的基站节点,具有自身的物理小区 ID(identity)、同步信道以及参考符号;
- RN 的引入对终端没有任何影响,终端将 RN 视作独立的基站,接收其发送的调度信息以及 HARQ(hybrid automatic repeat request,混合自动重传请求)反馈,并反馈相应的控制信道信息。

2.2 小区间干扰协调

LTE 系统所采用的 OFDMA(orthogonal frequency division multiple access,正交频分多址)本质上是一种 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing,正交频分复用)+TDMA(time division multiple access,时分多址)的技术。为了达到最高的频谱效率,LTE 通常采用同频组网方式,此时,相邻小区的不同用户,特别是处于小区边缘的用户,会存在同一时间收到两个或多个小区的相同频率信号的情况。当来自各小区的同频信号较强时,该用户会受到严重干扰,从而影响通信质量,这一问题在分层组网下尤为突出。所以,LTE 同频组网的干扰抑制成为一个亟需解决的问题,这也是 LTE-A 所聚焦的重点问题之一。

(1)时域优化:eICIC

3GPP 在 R8、R9 中已深入讨论了 ICIC 降低业务信道干扰的问题,这些干扰协调技术在分层组网下仍可以实现对业务信道干扰影响的降低。然而,如何降低控制信道的干扰,在 R8、R9 中并未涉及,也就是说,ICIC 不能解决宏基站的控制信道对 LPN 的控制信道产生的干扰问题,因此,eICIC(enhanced inter cell interference coordination,增强的小区间干扰协调)成为 R10 的讨论重点。换一句话说,ICIC 是在频域和功率控制上对业务信道的小区间干扰进行协调,而 eICIC 则是在时域和频域以及功率控制上对业务和控制信道的小区间干扰进行协调。但 R10 的 eICIC 只针对非载波聚合情况,其完全兼容 R8、R9 的 ICIC 技术,并且 R11 已经启动了 FeICIC(further enhanced inter cell interference coordination)的研究。

(2)频域优化:基于 CA 的 ICIC

目前针对分层组网中的下行干扰,尤其是控制信道干扰的一种有效消除方法是:基于载波的频谱资源优化配置,通过小区间有用信息的交互,基站为其归属用户选择

合适的 primary cell(主小区)和 secondary cell(辅小区),从而使受干扰用户和干扰用户使用正交的频谱资源来消除下行干扰,提升整个分层网的系统性能。而 R11 所讨论的几种基于载波聚合的干扰消除方法在信息的有效交互以及小区间频谱资源的优化配置和选择等方面仍存在不足,尤其当低功率基站节点数目增多时,这些方法的实施效果未必能达到理想目标,因此,后续仍需要研究基于 CA(carrier aggregation,载波聚合)的 eICIC。

(3)空域优化:CoMP

CoMP(coordinated multi-point transmission and reception,协作多点传输与接收)实现了包括服务小区和邻小区在内的多个小区站点的天线以一种协作的方式进行接收/发射的功能,从而改善终端/基站的接收信号质量,降低小区之间的干扰,提升小区边缘的用户吞吐量以及小区的平均吞吐量。不同基站之间通过协同处理干扰,或者进行干扰避免——通过对系统资源的划分和限制或者有效分配,减小相邻小区边缘区域使用的资源在时间、频率或者空间上的冲突,或者进行干扰利用——通过协作共同接收用户信号并合并接收的信号或者通过协作将用户信号经过不同加权后共同发射,其本质就是 MIMO(multiple-input multiple-output,多输入/多输出)技术在多小区下的应用,利用空间信道上的差异进行信号传输,实现了地理位置上分开的小区协作为一个或多个用户服务。

R11 对 CoMP 的性能分析分为同构网和异构网的 4 种场景,其中两种异构网场景仅考虑了 Macro-RRH 的组合,分别为两者使用相同小区 ID 和不同小区 ID 的情况。相比宏基站扇区间与 Macro-RRH 间的 CoMP 技术研究,在实际网络部署中更应该关注各类基站间的 CoMP 技术的性能研究,因此,这也是 CoMP 后续研究的重点方向。

3 多网智能协同

随着移动互联网的发展,智能终端的普及,数据业务流量爆炸性的增长,为了应对用户对无线网络的带宽需求、极速的业务体验需求,运营商通常会通过多种无线接入方式,实现用户的便捷接入、更流畅的用户体验。但由于制式的特点、覆盖的能力等多方面因素,会造成多网共存的局面,如何在 2G、3G、WLAN、LTE 的多接入条件下,协同好各种网络资源,提供良好的业务体验,保证业务的发展已经成为运营商面临的又一个热点问题,这就要求从网络技术层面先解决不同制式的异构系统协同工作的问题,后续

再考虑市场引导策略。

由于运营商采用不同制式部署 2G、3G 网络,造成了 2G、3G 与 LTE 网络协同的技术解决方案的个性化。因此,本文就选择共性的问题,探讨近几年发展火爆的“电信运营级”WLAN 与 LTE 网络协同的趋势。

3.1 SaMOG

对比 R10 所研究的 3 种 LTE 与 WLAN 协同组网方案,其中,S2a 方案需要对现网 BAS(broadband access server,宽带接入服务器)网元进行改造,使其支持 PMIPv6(proxy mobile IPv6)或者 GTP(GPRS tunnelling protocol),WLAN 将作为授信的非 3GPP 系统接入 EPC 网络;而 S2b 方案则需要在网络侧部署 ePDG(enhanced packet data gateway),对 WLAN 接入进行汇聚后作为非授信的非 3GPP 系统接入 EPC 网络,出于安全性问题的考虑,其要求终端与 ePDG 间建立 IPSec(internet protocol security)隧道,这无疑增加了对终端的要求;而以高通公司专利为主要组成部分的 S2c 方案则更为复杂,它在终端与 PDN GW(packet data network gateway)间定义了 S2c 接口,要求支持 DSMIPv6(dual stack mobile IPv6),WLAN 可以作为授信的非 3GPP 系统,也可以作为非授信的非 3GPP 系统接入 EPC 网络,同时,也要求终端支持 IPSec。

运营商若考虑实施上述 3 种方案,其实都存在一定难度,于是 3GPP 又提出了一种 S2a 扩展方案——SaMOG(S2a-based mobility over GTP)方案,在 R11 中仅针对终端无影响的方案进行研究,目前此方案可能是运营商最感兴趣的技术方案。SaMOG 组网方案的参考模型如图 2 所示。

运营商可以在城域网的 BAS 与 EPC 网络间,引入 TWAP(trusted WLAN AAA peer)与 TWAG(trusted WLAN access gateway)网元,实现对 WLAN 认证与数据的汇聚后作为授信的非 3GPP 系统,通过 S2a 接口使用 GTP 或者 PMIPv6 接入 EPC 网络。

(1)TWAP:是终止 STa 接口的节点,在 WLAN AN 和 3GPP AAA 服务器之间处理传递 AAA 信息,建立终端的 IMSI 与 MAC 地址的绑定关系,能够识别终端层 2 的 attach/detach 消息。

(2)TWAG:是终止 S2a 接口的节点,为终端的第一跳路由。当授信的非 3GPP WLAN 为终端提供接入 EPC 的功能时,在 UE-TWAG 链路和 S2a 隧道之间转发包含终端的 MAC 地址的报文。

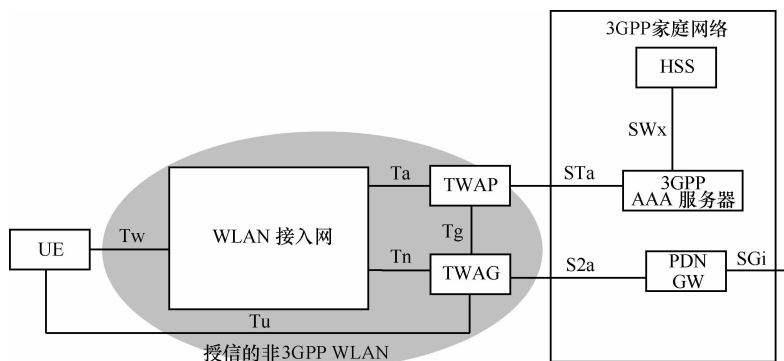


图2 SaMOG组网方案的参考模型

在SaMOG方案中,通过独立设备提供了WLAN到EPC网络的接入功能,对城域网和移动网络均不需要大的改动;同时,终端也不需要软件更新就可以通过WLAN接入EPC网络,大大简化了对终端的要求,也就方便了某些纯移动网络的运营商可以通过部署独立设备,借助第三方的WLAN资源实现为自己的手机用户进行WLAN接入服务。当然,3GPP仍会继续开展对终端有影响的SaMOG方案的研究工作。

3.2 ANDSF

为了进一步体现LTE与WLAN智能协同的能力,在R10就已经启动了ANDSF (access network discovery & selection function,接入网发现和选择功能)的研究工作,并且把ANDSF定义为一个网元实体,ANDSF架构如图3所示,其与终端间的接口采用基于OMA DM (open mobile alliance device management)的S14接口,ANDSF与终端的消息可以通过pull方式,由终端主动向ANDSF请求获取,也可以通过push方式,由ANDSF主动推送给终端,但目前多数的研究是基于pull方式的。

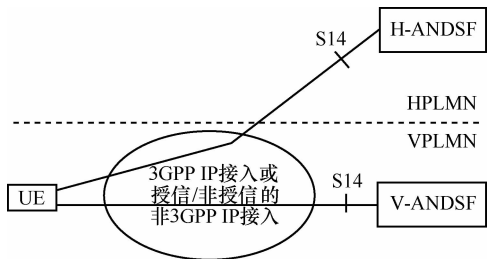


图3 ANDSF架构(支持漫游状态)

ANDSF能够提供以下3种策略信息。

- ANDI (access network discovery information,接入网络发现信息):根据终端位置的请求,ANDSF会提供给

终端邻近区域所有接入系统的接入网络列表,这一能力的提供需要与运营商的多网络资源平台实现对接,其实施难度较大。

- ISMP (inter-system mobility policy,系统间移动性策略):规定了是否允许终端进行系统间的移动,并为终端接入EPC网络选择最合适的接入系统,对于多模终端而言,此策略只需要支持单系统的接入,因此,在引入一些跨异系统切换的控制策略后,ISMP就可以实施部署应用。

- ISRP (inter-system routing policy,跨系统路由策略):在终端支持并开启了在多个无线接入接口上路由IP流量的功能时,就可以使用ISRP。也就是说,多模终端先要求具备多接入的功能,同时,也要具备与网络协同支持IFOM (IP flow mobility)、MAPCON (multiple access PDN connection)以及NSWO (non-seamless WLAN offload)的能力,鉴于此策略的实施对终端和网络都有很高的要求,近期要实施的话,难度较大。

同时,在R11以后也开展了ANDSF增强的研究,包括OPIIS (operator policies for IP interface selection)与DIDA (data identification in access network discovery and selection function),并且针对ANDSF机制中未细分3GPP无线接入技术问题,启动了WORM (optimized offloading to WLAN in 3GPP RAT mobility)的研究工作。

4 结束语

LTE在国内的商用脚步可能越来越近了,但对于整个产业链而言,针对异构网的研究工作仍任重且道远。异构网是一种新的架构设计理念,需要高效的关键技术支撑,从而能够赋予网络新的能力。异构网发展的方向是对共性的融合与个性的协同,需要体现出资源的协同、业务的统一、管理的智能等特征。比如,对于LTE与WLAN的智能协同而言,可以尝试考虑SaMOG与ANDSF的深度融合,对数据上网卡这一终端类型可以实施NSWO策略,这样就可以考虑将此需求纳入对TWAG以及TWAP网元的功能要求。甚至可以大胆考虑对有相似功能的TWAG与HeNB GW网元进行合并,从而化解运营商组网时将面临的复杂性问题。因此,整个产业链在深入研究

(下转第18页)