



专题:4G&5G

LTE-WLAN 无线协作机制研究

谢芳,胡南,李男,胡臻平,刘光毅

(中国移动通信有限公司研究院 北京 100053)

摘要: LTE 和 WLAN 是运营商未来非常重要的两张网络,如何灵活、有效地进行两网协作,充分利用 LTE 和 WLAN 的资源为用户提供更优质的服务是未来的一个重要课题。首先讨论了现有的 LTE-WLAN 协作机制,并分析了对两网进行无线侧协作的必要性,然后介绍了目前相关研究进展以及 3GPP 的标准化情况,最后对后续工作进行展望。

关键词: LTE; WLAN; 无线; 协作

doi: 10.3969/j.issn.1000-0801.2014.03.005

Research on LTE-WLAN Radio Interworking

Xie Fang, Hu Nan, Li Nan, Hu Zhenping, Liu Guangyi

(Research Institute of China Mobile Co., Ltd., Beijing 100053, China)

Abstract: Both LTE and WLAN are quite important networks for China Mobile in the near future. So it reserves to research on how to improve the cooperation efficiency and flexibility of these two networks, make full utilization of operator's resources, as well as offer better service for subscribers. First, existing LTE-WLAN cooperation mechanisms were discussed and the necessity of radio interworking method was analyzed. Then the radio interworking mechanisms and standardization progress were introduced. Finally some views on future work were proposed.

Key words: LTE, WLAN, wireless, interworking

1 引言

1.1 LTE-WLAN 协作的必要性

为了给大专院校、医院、机场、车站等重点区域提供 WLAN 服务,中国移动已经部署大量 WLAN 的 AP,但仍然存在热点不热、分流蜂窝网络业务效果有待提升、用户体验较差等问题。

另一方面, LTE 是移动蜂窝网络的演进方向,也是未来中国移动重点建设部署的网络。因此,加强 LTE 和 WLAN 两张网络之间的协作,提升两网资源的利用率,为用户提供更优质的服务是未来的一个重要课题。

1.2 已有 LTE-WLAN 协作方案

从 2008 年开始, 3GPP 已经提出了两种 LTE 和 WLAN

协作机制,即基于终端的多连接管理方案和基于核心网的融合切换方案。目前 3GPP 仍在对这两种机制进行完善和增强。

(1) 多连接管理方案

该方案的基本思路是在网络侧部署 ANDSF (access network discovery and selection function) 策略服务器,向终端推送 WLAN 的 SSID 等辅助信息和运营商的选网策略,帮助终端快速发现和使用 WLAN。因此,该方案能使用户实现无感知的 WLAN 发现和接入,同时帮助用户选择合适的承载网络并实现分流。

多连接管理方案的标准化工作从 3GPP 的 R8 阶段 (2008 年) 开始,到目前的 R12 阶段仍在不断持续优化中。产业实现方面,中国移动已联合部分厂商开发出连接管理

策略服务器原型产品,并计划在部分省公司开展技术试点工作。

(2)融合切换方案

融合切换方案的思路是为终端建立 WLAN 访问蜂窝网分组域的通路,并通过移动 IP 技术保证终端在网间切换时 IP 地址不变,从而确保业务的连续性。

由于该方案能保持 IP 地址不变,因此对无应用层保护的業務(如现阶段 VoIP 等)及有安全策略保护的業務(如 VPN、HTTPS 等)均可实现切换时业务不中断。

融合切换方案的标准化工作从 3GPP R9 阶段(2009年)开始,到目前的 R12 阶段仍在不断持续优化中。产业实现方面,部分厂商已开发出相关系统实现的原型。

1.3 已有协作方案的不足

基于终端和核心网的方案分别侧重于帮助用户发现 WLAN 和保证用户在两网切换时的业务体验,但仍存在如下不足。

- 没有考虑无线网络的信号质量、网络负荷等动态因素,不能避免终端连接到已经过载的网络上,也不能避免大量终端同时连接到同一个网络而引起过载,从而进一步导致终端在两网间发生乒乓切换,最终导致终端耗电增加且用户体验不佳。
- 终端决策选择网络,无法考虑全网的总体性能,运营商无法实现网络的负载均衡,不能给用户提供优质的业务 QoS 保证。
- 需要安装非标准的客户端,推广较困难。

因此,亟需引入用户无感知的基于信令面的无线侧协作方案,以提升运营商对 WLAN 的控制,并为用户提供更好的业务体验。

2 LTE-WLAN 无线侧协作

LTE-WLAN 无线协作研究项目于 2012 年 12 月在 3GPP RAN 58 次全会上立项成功^[1],该研究成果既可适用于 LTE 和 WLAN 独立部署的场景,也可适用于 LTE 和 WLAN 共站部署的场景,如 nanocell。该研究不在基站和 AP 之间引入标准接口,也不会修改 IEEE 的协议标准。引入 LTE-WLAN 无线协作机制的主要目标有如下几点^[2]:

- 提升运营商部署的 WLAN 的利用率;
- 避免用户连接到已经过载的 WLAN 上,从而提升用户体验;
- 减少不必要的 WLAN 扫描带来的终端功耗。

为了达到上述目标,需要在 WLAN 的发现、业务/终端的网络选择以及终端在两网之间的移动性管理等方面进行增强。下面围绕这 3 个方面,阐述无线侧协作方案的关键技术和难点所在。

2.1 WLAN 的发现

目前,WLAN 的发现存在的主要问题有以下 3 点。

(1)WLAN 的时延发现

目前手机或 Pad 等手持终端上 Wi-Fi 模块的开关是由用户手动控制的,而由于 WLAN 不是连续覆盖的,为了避免不必要的 WLAN 扫描带来终端功耗,大部分手持终端上的 Wi-Fi 模块都处于关闭状态。这种手动操作会丧失一些 WLAN 的使用机会(因为需要依赖用户得知有 WLAN 覆盖之后才手动打开)。

(2)不必要的终端功耗

在网络侧没有给终端提供 WLAN 辅助信息的情况下,终端的 Wi-Fi 模块会盲扫可能的工作信道,尤其在没有 WLAN 覆盖的情况下,这种扫描将造成不必要的终端功耗。

(3)连接到不可用的 WLAN 上

这种情况经常出现在机场等较繁忙的场景中,终端能扫描到 Wi-Fi,信号质量也不错,但是由于 AP 已经处于过载状态,能给 UE 提供的速率非常低,其实用户基本无法使用 WLAN 进行数据业务。

因此,为了解决上述问题,WLAN 发现的主要目标是帮助终端快速准确地发现可用的 WLAN,避免终端打开 Wi-Fi 扫描之后找不到 WLAN 或者连接到已经过载的 AP 上,并降低终端功耗。

为了达到上述目标,可从如下两个方面进行优化。

- 引入针对 WLAN 的自动邻区上报机制,即终端向 eNB 上报检测到的周围 AP 的信息,如 SSID、信号质量、AP 负载等信息。这样,基站可实时获取并更新周边 AP 的信息,从而可以用这些信息为其他终端提供更准确的 WLAN 信息。
- 引入自动打开 Wi-Fi 模块的机制,即 LTE 基站给终端提供可用的 AP 信息,如 SSID、工作信道等,从而帮助或控制终端有针对性地扫描 WLAN,节省终端功耗,提升用户体验;更进一步地,基站还可给终端提供周围 AP 的负载信息(此信息 eNB 可通过与 AP 之间的实现接口获得,也可通过前述针对 WLAN 的自动邻区上报机制获得),从而避免终端连接到已经过载的 AP 上。



由于网络发现涉及的因素较多、标准化工作量较大,3GPP 经过几次会议的讨论,决定在 R12 版本中暂时不引入这项增强,可能会在后续版本中进一步研究并进行标准化工作。

2.2 业务/终端网络选择

网络选择方面,已有协作方案主要存在两个问题:一是终端自主选择接入的网络,而非运营商或者蜂窝网络选择,这使得运营商或者网络侧无法控制终端的行为,也就无法实现全网性能的优化;二是现有方案是核心网机制,无法考虑无线网络的动态信息。如 ANDSF 只考虑接入网优先选择策略(如优先选择 WLAN 还是 LTE)、业务在系统间的路由策略等较为静态的信息,而没有考虑无线网络的无线链路质量、网络负荷等动态信息,从而终端或业务可能选到信号质量不够好或者已经过载的网络上,无法提供 QoS 保证。

根据网络侧对终端控制力度的强弱,3GPP RAN 讨论了如下 3 种网络选择机制^[9]。

- 方案一:RAN 下发辅助信息,UE 根据 ANDSF 策略辅助信息选网。
- 方案二:RAN 定义选网准则,并下发辅助信息,UE 执行选网。
- 方案三:UE 上报测量信息,网络决策选网。

如图 1 所示,在方案一中,网络侧通过广播或专用信令的方式,给终端下发网络负载、资源分配、WLAN 和 LTE 网络的信号质量门限等辅助信息。终端根据 ANDSF 服务器配置的无线网络选网策略,并结合辅助信息、终端测量到的信号质量等信息,决策应该使用 LTE 网络还是 WLAN。

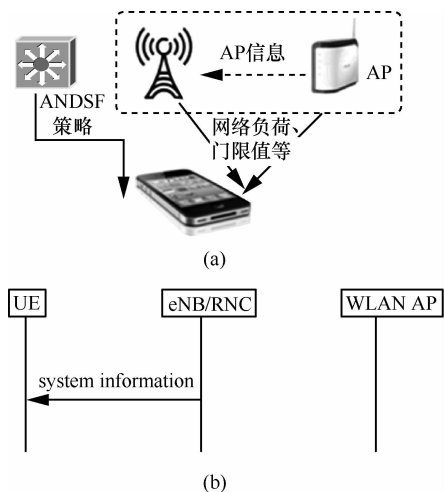


图 1 方案一示意

该方案的优点是比较简单,对空口协议的改动较小。但现有 ANDSF 机制中没有定义接入网的相关策略,因此需要在 SA2 中做进一步的标准化工作。为了保证运营商对终端行为的可管理、可控制,该方案必须与 ANDSF 配置的无线网络选网策略协同工作,否则无法体现运营商的网络选择策略,因此依赖于 ANDSF 的部署。该方案在 3GPP 中得到了有明确部署 ANDSF 计划的运营商(如 AT&T)的大力支持,而大多数没有明确部署 ANDSF 计划的运营商则更倾向于方案二。

如图 2 所示,在方案二中,选网准则由 LTE 无线标准制定。网络侧下发选网准则中用到的网络负载、资源分配、WLAN 和 LTE 网络的信号质量门限等信息,终端根据 ANDSF 策略(如果部署的话)、自身的测量结果和无线侧的选网准则选择使用 LTE 网络还是 WLAN。

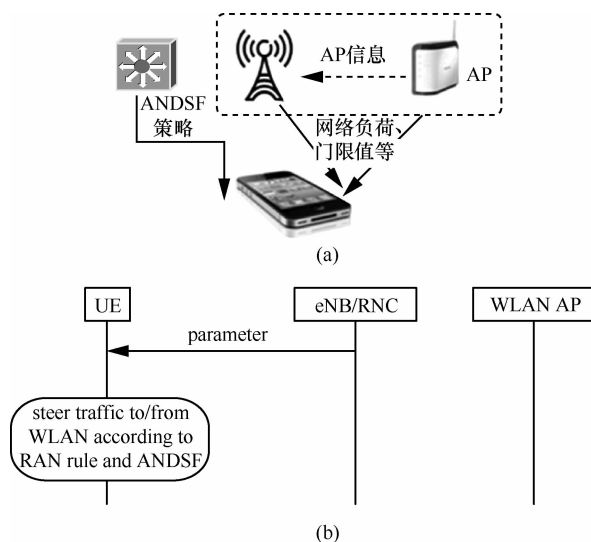


图 2 方案二示意

方案二与方案一的主要区别在于,既不依赖于 ANDSF 的部署,也可与 ANDSF 协作。对于没有部署 ANDSF 的场景,终端根据 LTE 标准制定的无线侧准则选网;对于部署 ANDSF 的场景,需要定义终端的行为,如终端只有在 ANDSF 策略和无线侧策略都允许的情况下才改变当前的网络,即只有当 ANDSF 和无线侧都决策把业务从 LTE 网络分流到 WLAN 上时,该业务的承载网络才会发生改变。

上述两种方案既适用于处于空闲态的终端,也适用于处于连接态的终端,而方案三只适用于处于连接态的终端。如图 3 所示,基站首先给终端配置测量事件和测量量,如目标 WLAN 的 SSID、工作信道等,终端上报测量结果;

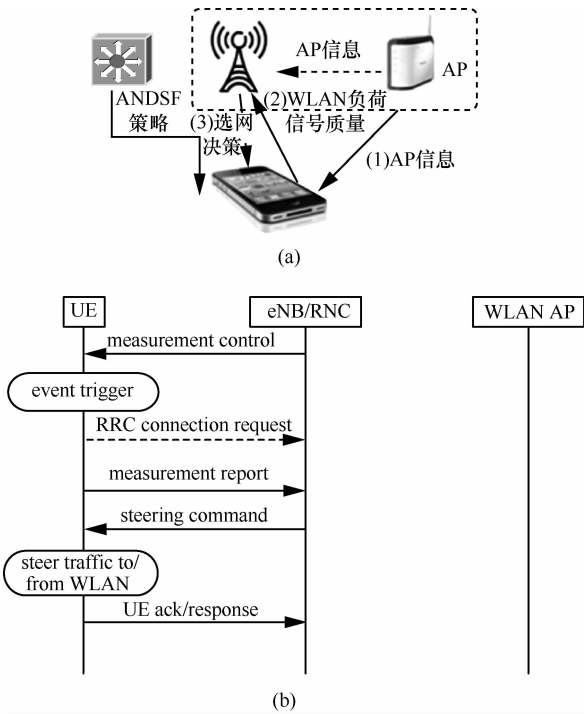


图 3 方案三示意

最后基站根据终端上报的信息以及自身的负载情况等做出选网决策,并指示终端。

通过方案三,运营商可完全控制每个终端的行为,且无需依赖于 ANDSF 的部署。网络侧需要对终端进行测量配置,且终端需要上报测量到的 WLAN 信息,但会引入一定的信令开销;另一方面,芯片和终端的实现空间较小,在标准化中也遭到芯片和终端厂商的强烈反对,标准化难度很高。

表 1 中比较了上述 3 种机制。

方案共同点介绍如下:

- 基站和 AP 之间不引入标准化接口,适用于 3GPP

和 WLAN 独立部署和共站部署场景(如 nanocell)

- 无需引入新的设备或网元,无需修改 Wi-Fi 协议;
- 只需对终端和基站进行软件升级,在空口引入新的信令,传递网络负载、资源分配、选网门限、选网指示等信息;

- 可与基于核心网的 ANDSF 机制协作。

3 种机制的区别主要在于以下几点:

- 网络对终端行为的控制力度有所不同,3 种机制依次递增;
- 方案一和方案二可以用于处于空闲态和连接态的终端,方案三只能用于处于连接态的终端;
- 方案一必须与 ANDSF 协作才能体现运营商策略,且 ANDSF 要做针对无线机制的升级;方案二和方案三既可以与 ANDSF 协作,也可单独使用。

无线协作机制的研究项目(study item, SI)于 2012 年 12 月在 3GPP 成功立项,并在 2013 年 12 月的第 62 次 RAN 全会上顺利结项^[4],同时启动工作项目(work item, WI),进入标准规范制定阶段,预计在 2015 年年初完成标准制定。产业实现方面,部分厂商正同步开发系统实现原型,基于标准的 LTE 主设备、WLAN AP 的终端预计在 2016 年年底发布。

2.3 移动性管理

现有协议并不支持终端或业务在 LTE 网络和 WLAN 之间的无线侧切换,因此当终端或业务改变网络时,无线侧会发生先中断后连接的现象。因此,移动性管理方面的主要目标是:当出现 WLAN 信号质量变差、UE 移出 WLAN 覆盖区域或 WLAN 过载等情况时,终端必须将 WLAN 上承载的业务快速迁移到蜂窝网络,使得业务的迁移是用户无感知的。

表 1 3 种网络选择机制的比较

	方案一	方案二	方案三
部署场景(独立部署或 nanocell)	两者均可	两者均可	两者均可
修改 Wi-Fi 协议	无	无	无
系统改造	软件升级	软件升级	软件升级
与 ANDSF 关系	必须与 ANDSF 共同工作,且 ANDSF 要升级,R12 阶段实现较困难	可协作,也可独立工作	可协作,也可独立工作
支持终端状态	空闲态和连接态	空闲态和连接态	连接态
标准化工作量	高(SA2 定义无线侧选网准则,RAN 定义辅助信息)	中(RAN 定义选网准则和辅助信息)	高(RAN 侧协议流程较复杂)



为了达到上述目标,可从如下3个方面进行优化。

- LTE网络帮助UE预测WLAN的不可用,并帮助UE快速返回到蜂窝网络。为了更准确地预测WLAN的覆盖、信号质量、负载等信息,可以利用前述提到的新引入的针对WLAN的自动邻区上报机制,如LTE基站在把UE从蜂窝迁转到WLAN时,给UE配置后续返回LTE网络时优先使用的频点、小区。
- 在系统消息中广播LTE网络负荷等状态信息,帮助终端做出正确的移动性管理决策。
- 引入由LTE网络决策的终端从WLAN返回LTE的申请、决策等一系列流程。

由于移动性管理涉及的因素较多、标准化工作量较大,3GPP决定在R12阶段中暂时不研究这项内容,可能会在后续版本中进一步研究并进行标准化工作。

3 后续工作展望

3.1 3GPP 标准化

3GPP在2013年12月的第62次RAN全会上启动了该项目的WI,进入网络选择方案的标准制定阶段。其中网络选择的方案一和方案二进入了WI,而方案三由于流程复杂、标准化难度较高、对终端和芯片预留的实现空间较小等,没有进入WI阶段。

对于方案一,需要在SA2和RAN2都开展标准化工作,需要定义的内容有以下两方面。

SA2定义无线侧的选网准则,如if (WLAN RSSI > threshold1) && (WLAN Load < threshold2) && (LTE Load > threshold3) {

```
    steerTrafficToWLAN()
};
```

RAN2定义基站给UE提供的辅助信息,如WLAN的SSID,上述的门限值threshold1、threshold2、threshold3等。对于处于空闲态的终端,这些辅助信息只能通过广播消息获取;对于处于连接态的终端,辅助信息还可以通过专用信令获取,因此处于连接态的终端可以对每个UE都定义不同的辅助信息,实现对每个终端的灵活控制。

对于方案二,只需要在RAN2开展标准化工作,需要定义的内容有以下两点:

- 定义无线侧的选网准则,并固化在RAN标准中,如

3GPP TR 36.304;

- 定义基站给UE提供的辅助信息,可以与方案一相同也可以不同。

因此,由于方案一的标准化需要涉及SA2和RAN2两个标准子组,而方案二的标准化只涉及RAN2,方案一的标准化复杂度更高一些。

为了实现在一套标准中支持两个方案,后续标准化工作需要考虑如下因素:

- 终端是否支持ANDSF或增强的ANDSF,因为方案一只有在部署ANDSF或增强的ANDSF的条件下才能使用;
- 两套方案中使用的无线侧选网准则和辅助信息是否一致,如果不一致,两套方案同时存在的场景下哪个方案的优先级更高。为了减少标准制定的复杂度和终端实现的难度,保证两套方案的信息一致是更好的选择。

3.2 产业推动

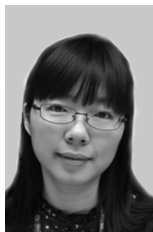
目前中国移动已联合部分厂商开发基于方案二的运营商控制的LTE/WLAN协作演示系统,其中将考虑无线信号质量、网络负载、用户类型和业务QoS要求等运营商关注的因素,预期可使用户体验到较高的数据速率,并能有效利用运营商的网络资源,预计在2014年中完成第一版本的开发。

后续还将考虑该系统与ANDSF或增强的ANDSF机制协作,即方案一和方案二的融合。

参考文献

- 1 RP-130363. Report of 3GPP TSG RAN Meeting #58, 2013
- 2 RP-122038. New Study Item Proposal on WLAN/3GPP Radio Interworking, 2013
- 3 3GPP TR 37.834 V2.0. Study on WLAN/3GPP Radio Interworking (Release 12), 2013
- 4 RP-13xxxx. Report of 3GPP TSG RAN Meeting #62, 2013

[作者简介]



谢芳,女,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所项目经理,主要研究方向为4G、4G演进以及5G无线技术。



- 6 Tombaz S, Sung K W, Zander J. Impact of densification on energy efficiency in wireless access networks. Proceedings of Globecom Workshops (GC Wkshps), Anaheim, California, USA, 2012: 57~62
- 7 Chen T, Haesik K, Yang Y. Energy efficiency metrics for green wireless communications. Proceedings of 2010 International Conference on Wireless Communications and Signal Processing (WCSP), Suzhou, China, 2010: 1~6
- 8 Li C, Zhang J, Letaief K B. Energy efficiency analysis of small cell networks. Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Communications (ICC), Budapest, Hungary, 2013: 4404~4408
- 9 Richter F, Fehske A J, Fettweis G P. Energy efficiency aspects of base station deployment strategies for cellular networks. Proceedings of Vehicular Technology Conference Fall (VTC 2009-Fall), Anchorage, Alaska, USA, 2009: 1~5
- 10 3GPP TR 36.814. Further Advancements for E-UTRA Physical Layer Aspects (Release 9), 2010

[作者简介]



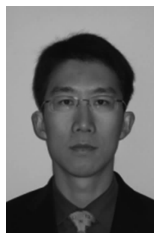
张珩智,男,北京邮电大学硕士生,主要研究方向为无线通信。



赵中原,男,北京邮电大学博士生,主要研究方向为无线网络编码技术、多天线技术、面向 5G 的大规模协作技术,已发表学术论文 10 余篇,申请发明专利 11 项,授权 3 项,提交提案文稿 12 篇。



杨富栋,男,北京邮电大学硕士生,主要研究方向为无线通信。



李勇,男,博士,北京邮电大学副教授、硕士生导师,目前的研究方向主要包括下一代无线宽带移动通信网络中的关键技术、无线网络建模仿真、无线网络协同信息论等。迄今为止在国际著名学术期刊和学术会议上发表论文近 30 篇,申请发明专利近 20 项,出版译著 1 本,获得软件著作权 3 项,提交标准提案多项。近年来作为项目负责人主持国家自然科学基金项目 2 项,并作为项目主要研究人员参与多个国家科技重大专项。

(收稿日期:2014-03-06)

(上接第 26 页)



胡南,男,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所项目经理,主要研究方向为 4G 以及后续技术的标准演进、产业推进和网络优化。



胡臻平,男,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所所长助理,主要研究方向为 4G、5G 无线技术和业务需求。



李男,男,中国移动通信有限公司研究院技术经理,主要研究方向为频谱演进策略与 LTE 及演进系统射频标准化。



刘光毅,男,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所总工程师,主要研究方向为 4G 的标准演进、产业推进和网络优化以及 5G 的预研与标准化。

(收稿日期:2014-02-20)