



专题:4G&5G

面向 5G 的多网融合研究

刘云璐, 杨光, 杨宁, 陈卓, 胡南, 李男, 谢芳, 金巴, 刘光毅

(中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所 北京 100053)

摘要:多网络长期共存是各电信运营商面临的普遍现象, 鉴于目前各网络独立运营引入的多网间互操作复杂、联合运营效率不高的问题, 如何实现高效的多网融合以提高网络运营效率和用户体验成为移动通信研究中的一个重要课题, 并具有广泛的应用前景。面向 5G, 其研究与网络架构的设计是相辅相成的, 在对多网融合现状及问题进行分析的基础上, 讨论了多网融合涉及的关键技术需求, 并给出面向 5G 的逻辑架构示例, 分析了相关的设计原理, 同时进一步给出了用户/核心网透明的多网统一接入和无缝的移动性管理解决方案, 缩短了网络间互操作路径, 降低了互操作复杂度, 提高了网络运营效率和用户体验。

关键词:多网融合; 用户/核心网透明多网统一接入; 多网间无缝移动

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015114

Study on Multi-RAT Coordination in 5G

Liu Yunlu, Yang Guang, Yang Ning, Chen Zhuo, Hu Nan, Li Nan,

Xie Fang, Boubacar K D A, Liu Guangyi

(Wireless Communication Department of China Mobile Communications Corporation Research Institute, Beijing 100053, China)

Abstract: It is common to operate more than one RAT of operators, who are confronted with complicated cooperation among multiple RATs, and relative low multi-RAT cooperating efficiency. How to facilitate efficient multi-RAT coordination to improve cooperation efficiency and user experience has become an important research topic with broad application prospects. The research supplements each other with 5G network architecture design. On the basis of analyzing background and research status, key technologies were addressed. A paradigm of logical architecture was given and discussed from multi-RAT point of view. And further solutions of user/core agnostic multi-RAT unified access and seamless mobility were given to shorten cooperation path, reduce complexity of cooperation, and improve cooperating efficiency as well as user experience.

Key words: multi-RAT coordination, user/core agnostic multi-RAT unified access, seamless mobility among RATs

1 引言

随着视频交互、上传下载、增强现实等业务种类越来越丰富且越来越普及, 在未来的 5G 通信系统中, 用户期

望通过极高的接入速率接入无线网络, 同时期望更短的接入时延和传输时间, 这对于一些实时交互的业务是极为重要的用户体验。另外, 用户也希望在不同的现实场景中都能得到同质、优质的用户体验, 比如在高速移动的交通工

收稿日期: 2015-04-22; 修回日期: 2015-05-04

论文引用格式: 刘云璐, 杨光, 杨宁等. 面向 5G 的多网融合研究. 电信科学, 2015114

Liu Y L, Yang G, Yang N, *et al.* Study on multi-RAT coordination in 5G. Telecommunications Science, 2015114



具上、在商业中心或者在比赛场馆等人群密集区。

目前,大多数运营商都同时部署并维护着多个移动通信网络,包括 2G、3G 以及最近两年刚刚开始商用的 LTE 网络。同时,运营商也已经部署了大规模的 Wi-Fi 热点,用以分担电信网的数据流量负载。国外的运营商也面临着类似的问题,如美国运营商 AT&T,除 2G、3G、LTE 外,在美国的一些热点地区部署了上千个 Wi-Fi 接入点,即使 2016 年 2G 退网后,也有 3G、LTE、Wi-Fi 在同时运营。

但多网运营存在着很多问题,具体如下。

- 多张网络架构不同,需独立维护,给运营商带来了很大的部署以及运营维护成本。
- 负载在各个网络上无法实现灵活调度,网络资源没有得到最优化的利用,存在严重的资源浪费。
- 多网络之间的互操作复杂,时延较大,更换网络时会对实时性较强的业务产生影响。
- 很多操作对用户不透明,需要用户手动参与,如需手动打开 Wi-Fi 等。

目前 3GPP R12/R13 标准启动多个多网融合相关的 WI/SI 课题,其中包括正在进行中的多网协作研究课题,主要针对目前多网络互操作、WLAN 与 3GPP 间互操作增强以及多网间频谱共享等^[1];还包括关于 UMTS/HSPA 和 LTE 互操作增强课题,期望能在 UMTS/HSPA 和 LTE 间打通接口;另外,很多公司也在共同推动 WLAN/3GPP 网络数据聚合课题立项及研究,计划研究 WLAN 与 3GPP 网络数据的联合传输方案。

另外,NGMN、IMT2020 等国内外研究组织,也将多网融合纳入 5G 研究的一个重要方向,并写入相关白皮书和研究纲要中^[2,3]。

各国学者也围绕面向 5G 的多网融合技术展开了深入研究,提出了一些多网融合的架构设计方案和理念^[4-11]。

多网融合是目前以及未来一段时间各国的研究重点之一,本文将就这一议题,从其涉及的关键技术需求入手,结合 5G 网络架构的示例,给出一种多网融合解决方案以降低多网互操作复杂性,提高用户体验。

2 关键技术需求

多种无线接入技术长期共存是各运营商面临的普遍现象,现有的多网络两两间互操作并不利于整体效率以及用户体验的提升,面向 5G 通信系统,需要新型的多网融合技术,通过用户/核心网透明的多网统一接入、无缝的移动

性管理、资源的有效利用,实现资源利用率及网络吞吐量的提高,降低网络部署及运营成本,增强用户体验。

(1) 用户/核心网透明的多网统一接入

通过设计多网统一接入接口或接口适配层,构造用户透明的统一接入机制,在用户无感知的情况下,灵活接入任意网络,如 LTE、Wi-Fi、5G,提供各类型网络接入点的即插即用,即支持灵活的网络接入类型扩展,避免对网络侧的影响及改动,并提供一定的向前向后兼容可扩展性。

将多网络间的互操作从核心网下移,支持多网络在更靠近用户侧融合,实现对核心网透明的多网络接入,以减少多网互操作涉及节点,缩短多网络互操作流程及路径,降低互操作复杂度。

(2) 无缝的移动性管理

终端可同时通过多个网络接入,实现多流并行传输,并且可根据业务及网络特性,将不同的业务承载在不同的网络,从而提高吞吐量,增强用户感受。

实现在多网络/多类型接入点间的无缝移动,不仅保障在多网间移动时业务不中断,吞吐量不降低,而且实现网间移动“零”时延,以满足 5G 部分应用对时延的高要求。要实现这一目标,需要从网络架构、协议栈设计、算法设计几个方面共同考虑,设计完整的方案。

(3) 资源的有效利用

在多连接技术的基础上,结合智能感知技术,对用户和业务进行精细区分,保障用户 QoS,设计高效的多网数据分流机制及数据聚合算法,以使用最合适的资源承载最合适的业务,实现网络资源利用的最大化。对各个维度的资源,如时隙、频谱等,进行多网络间的灵活共享和调配,例如,对部分频谱资源依据具体网络情况,进行灵活的划分和调配,以对网络资源实现更高效的利用和管理,具体还需要考虑网络干扰、网络覆盖等问题。其中,用户/核心网透明的多网统一接入及无缝的移动性管理是面向 5G 多网融合研究的两大基本技术需求,是 5G 多网融合研究的重要内容,也是进一步满足资源有效利用需求的基础。

3 多网融合方案

3.1 网络融合架构

具体的多网融合方案与网络架构是密不可分的,它既依托于网络架构的实现,也是网络架构设计需要重点考虑的内容之一。面向 5G,通过分析可以发现,现有的网络架构很难支撑和实现上述的关键技术需求,主要原因如下。

- 目前的网络架构中,各网络设有独立的接入机制和协议栈,对于每个网络制式,NAS 接口、空中接口和地面接口之间是端到端耦合的,并没有一个接入侧接口或模块能够对多网间的信息进行交互、翻译以及统一处理。因此,多网的统一灵活接入难以实现,无线资源的灵活调配也缺乏有效通道。
- 多网间的互操作也是端到端耦合的,基本是通过核心网进行交互,跨网络互操作信令多、交互路径较长、流程复杂、时延长,不能实现网络制式解耦,是松耦合的融合方式,多网间切换时延很难满足 5G 需求,无法实现多网间灵活切换,网络资源利用率很难提高。
- 网络数据融合方案仅能基于两网之间进行,缺乏一个统一的锚点,以进行多于两网间的数据统一分流和聚合,对于网络容量和资源利用率提高具有很大的局限性。
- 在多网络混合布网且密集部署的情况下,终端在移动过程中必然经历多个不同网络接入点的切换,如果切换过程中数据面中断或具有相应较长的时延,势必给用户体验带来很大的影响。

综上所述,目前各网络独立的接入框架和相对松散的交互方式,很难实现多网间有效的融合互补,难以满足对 5G 关键技术的期望。因此,有必要将多网融合放到 5G 网络架构设计考虑中,设计便于多网统一融合管理的网络架构。

图 1 为一个带多网融合功能的逻辑架构示例。在当前网络架构下,数据面和控制面是未完全分离的,比如,在用户移动过程中,数据面的切换与控制面相互关联,数据面的切换时延受控制面的限制。因此,示例架构通过将数据面与控制面彻底分离,将数据与信令完全解耦,实现数据连接与控制的相对独立,为多网络间灵活融合和切换提供了基础,为多网间“零”时延切换提供了技术框架。为了缩短多网络间互操作路径,降低多网络间互操作复杂度,在更靠近用户的接入侧,分别在控制面和数据面接入了两个逻辑功能模块:多网管理(multi-RAT management,MRM)模块和数据中心(data center,DC)模块。这为实现核心网和用户透明的多网统一接入管理、多连接技术的采用、无缝移动性的实现、网络资源共享以及网络灵活可扩展等提供了框架基础。下面分别对 MRM 模块和 DC 模块进行进一步阐述。

MRM 模块主要提供多网融合锚点,将多网间交互从

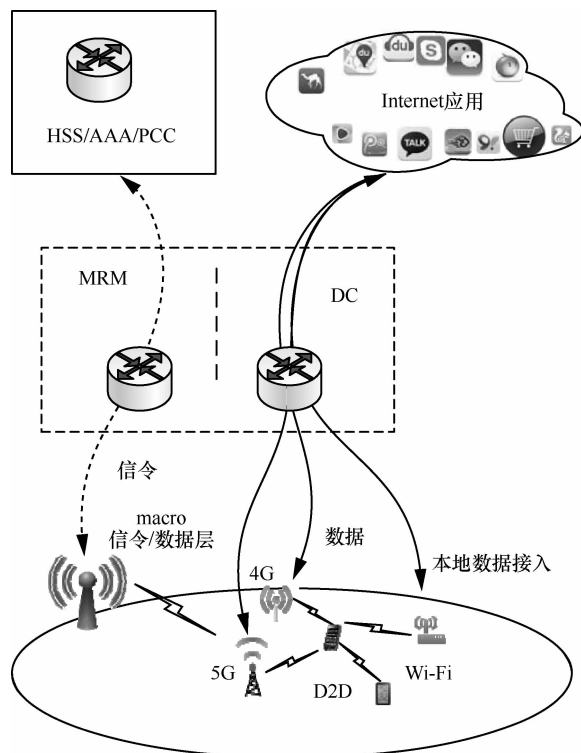


图 1 带多网融合功能的 5G 逻辑架构示例

核心网下移。模块主要通过用户及核心网透明的多网统一融合管理,支持多连接技术,优化网络资源调配,减少用户移动对吞吐量和时延的影响,并降低多网间互操作复杂性以及缩短互操作流程及路径,从而提高用户体验,降低网络运维成本,并通过提供适配多种网络的接口,实现网络的灵活可扩展性。具体地,MRM 模块承载了核心网侧部分下沉的多网融合、移动性管理以及接入侧的无线资源管理等功能,主要提供向上及向下透明高效的多网络/多样化接入点的统一接入和管理,其功能包括:多网/多样接入点的统一接入、多网/多样接入点间的无缝移动等。

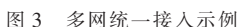
DC 模块负责数据面的处理,包括数据的本地分流聚合处理和路由等,其与 MRM 模块逻辑功能独立,但存在交互接口,也可位于相同的物理实体中。具体地,DC 模块承载了数据面的主要功能,包括:本地数据缓存、本地路由转发、本地数据分流及聚合以及本地分组检测等。

3.2 用户/核心网透明的多网统一接入管理

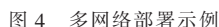
为了满足多网间深度融合的需求,解决各网络相对独立、跨网络互操作复杂的问题,基于引入 MRM 逻辑模块的架构,提出将多网络间各自独立的接入架构变为统一接入的模式,如图 2 所示。基于 MRM 模块实现接入网和核心网



通过引入灵活的协议适配层,自适应地匹配不同协议架构或层次的多网络接入,如图 3 所示,具有不同协议架构层次的接入点,在 MRM/DC 上有不同层次的协议架构进行接入匹配,并在 MRM/DC 完成统一处理后,向上屏蔽多网间的差异,实现核心网透明的多网融合。



具体地,当控制面发生切换时,数据面保持不变,即切换分为控制面切换和数据面切换,当控制面切换时,源基站与目标基站先执行控制面连接切换,数据面继续在源基站执行上下行数据传输。当用户完成控制面切换后,在目标侧建立新的数据面。用户在新的数据面上进行上下行数据传输,同时,可通过数据转发实现数据的无损和按序交付。多网络部署示例如图4所示。



数据面由不同网络接入点组成用户服务集,如图5所示,当前终端连接服务的服务集为{c1,c2},当终端沿箭头所示方向移动时,为其服务的接入点发生变化,服务集可随用户移动而动态配置,如{c1,c2,c3}→{c2,c3,c4}。当终端在移动过程中服务集发生变化时,可优先进行添加操作,再进行删除操作,如{c1,c2}→{c2,c3},先执行小区



添加 $\{c1, c2\} \rightarrow \{c1, c2, c3\}$, 再执行小区删除 $\{c1, c2, c3\} \rightarrow \{c2, c3\}$, 从而保证用户数据无中断以及吞吐量无下降。当到达服务集的控制面覆盖范围边缘时, 需要进行控制面切换。

4 结束语

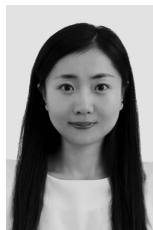
本文在对当前多网络共存的现状及问题进行分析的基础上, 阐述了多网融合涉及的关键技术需求, 包括用户/核心网透明的多网统一接入、无缝的移动性管理等。通过对当前网络架构是否能满足多网融合技术需求的分析, 指出面向 5G 多网融合的研究需要与网络架构的研究紧密结合, 并给出了一个逻辑架构的示例, 通过控制面与数据面的完全解耦以及在更靠近用户的接入网侧分别引入控制面和数据面的逻辑模块 (MRM 模块和 DC 模块), 为多网络间灵活融合和切换提供了基础, 为实现用户和核心网透明的多网统一接入、无缝的移动性管理以及资源的有效利用提供了框架基础。在此框架的基础上, 具体研究了用户和核心网透明的多网统一接入和无缝移动性的方案, 包括: 控制面的统一接入管理, 引入灵活的协议适配层, 实现统一的信令解析, 控制面单连接、数据面多连接等, 以缩短网络间互操作路径, 降低复杂度, 提高资源利用率、网络运营效率和用户体验。

参考文献

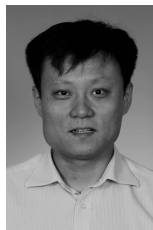
- 1 3GPP TR 37.870. 3rd Generation Partnership Project, Technical Specification Group Radio Access Network, Study on Multi-RAT Joint Coordination (Release 13), 2014
- 2 5G White Paper - Executive Version by NGMN Alliance. http://www.ngmn.org/uploads/media/141222_NGMN-Executive_Version_of_the_5G_Whit_Paper_v1_0_01.pdf, 2014
- 3 Monserrat J F, Droste H, Bulakei O, *et al.* Rethinking the mobile and wireless network architecture: the METIS research into 5G. Proceedings of 2014 European Conference on Networks and Communications (EuCNC), Bologna, Italy, 2014: 1~5
- 4 Tudzarov A, Janevski T. Design for 5G mobile network architecture. International Journal of Communication Networks & Information Se, 2011, 3(2): 112~123
- 5 Antonino O, Giuseppe A, Antonella M, *et al.* Effective RAT selection approach for 5G dense wireless networks. Proceedings of the 2015 IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC), Scotland, England, 2015

- 6 Salem M, Ruppel P, Bareth U, *et al.* X-centric positioning: a combination of device-centric and multi-rat network-centric positioning approaches in NGN. Proceedings of 2012 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps), Anaheim, CA, USA, 2012: 1741~1746
- 7 Alkhansaa R, Artaila H, Gutierrez-Estevéz D M. LTE-WiFi carrier aggregation for future 5G systems: a feasibility study and research challenges. Procedia Computer Science, 2014(34): 133~140
- 8 Schulist M, Kezdy A F, Popp F. Inter-RAT transitioning utilizing system information messaging. United States Patent Application, 20140287753
- 9 Li Q C, Niu H N, Wu G. 5G network capacity: key elements and technologies. Vehicular Technology Magazine, 2014, 9(1): 71~78
- 10 Jeffrey G A, Stefano B, Wan C, *et al.* What will 5G be? IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2014, 32(6): 1065~1082
- 11 Tudzarov A, Janevski T. Functional architecture for 5G mobile networks. International Journal of Advanced Science & Technology, 2011(32): 65~78

[作者简介]



刘云璐, 女, 博士, 中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所多网融合项目经理, 主要研究方向为无线通信 5G 网络架构、无线通信接入网相关技术、多网融合等。



杨光, 男, 博士, 中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所副所长, 主要研究方向为无线通信网络技术、无线通信网络策略与优化、无线通信大数据应用等。



杨宁, 男, 博士, 中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所副室经理, 主要研究方向为无线通信网络接入网相关技术及策略、3GPP RAN 标准化、5G 智能化无线通信网络等。

(2015114-6 接排在 2015124-5 后)



- 4 程鸿雁, 朱晨鸣, 王太峰等. LTE FDD 网络规划与设计. 北京: 人民邮电出版社, 2013
Cheng H Y, Zhu C M, Wang T F, *et al.* LTE FDD Network Planning and Design. Beijing: Posts and Telecom Press, 2013
- 5 Park S O, Nguyen V A, Aziz R S. Multi-band, dual polarization, dual antennas for beam reconfigurable antenna system for small cell base station. Proceedings of 2014 International Workshop on Antenna Technology: "Small Antennas, Novel EM Structures and Materials, and Application"(iWAT), Daejeon, South Korea, 2014: 159~160
- 6 Kildal P S, Chen X M. Fundamental limitations on small multi-beam antennas for MIMO systems. Proceedings of 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP), Gothenburg, Sweden, 2014: 329~331
- 7 Boldi M, Petersson S, Fodrini M, *et al.* Multi antenna techniques to improve energy efficiency in LTE radio access network. Proceedings of Future Network & Mobile Summit, Turin, Italy, 2011: 1~8
- 8 Blaunstein N, Ben S Y. Main problems in LTE concept and the way of advanced LTE/MIMO networks performance. Proceedings of IEEE 27th Convention of Electrical & Electronics Engineers in Israel (IEEEI), Haifa, Israel, 2012: 1~5
- 9 吴承承, 白炜, 桑林. LTE 小区间干扰抑制技术介绍及比较. 邮电设计技术, 2008(6): 41~44
Wu C C, Bai W, Sang L. Introduce and comparison of inter-cell interference mitigation for LTE. Designing Techniques of Posts and Telecommunications, 2008(6): 41~44
- 10 杜滢. LTE/LTE-Advanced 异构网干扰消除技术研究. 电信网络技术, 2010(5): 49~53
Du Y. Inter-cell interference cancellation technology of heterogeneous networks for LTE/LTE-Advanced. Telecommunications Network Technology, 2010(5): 49~53

[作者简介]



马晨,男,中国联合网络通信有限公司广东省分公司网络建设部建设室经理、工程师,主要从事移动通信规划、建设与优化工作。

2015124-5

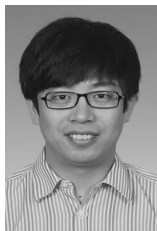
(上接 2015114-5)



陈卓,男,博士,现就职于中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所,3GPP RAN2 代表,主要研究方向为无线通信网络相关技术、5G 网络架构、3GPP RAN2 标准化等。



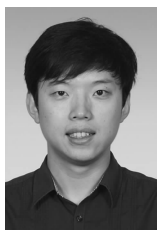
谢芳,女,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所 5G 大项目经理,主要研究方向为无线通信网络接入网相关技术、以用户为中心的 5G 网络等。



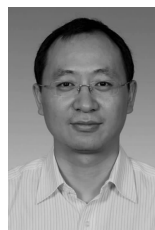
胡南,男,博士,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所 LTE-Advanced 大项目经理,主要研究方向为无线通信接入网相关技术、3GPP RAN2 标准化等。



金巴,男,博士,现就职于中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所,3GPP RAN3 代表,主要研究方向为无线通信接入网技术、3GPP RAN3 标准化等。



李男,男,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所室经理,主要研究方向为无线通信频谱策略、无线通信射频相关技术、3GPP RAN4 标准化等。



刘光毅,男,博士,中国移动通信有限公司研究院无线技术研究所主任研究员,主要研究方向为无线通信网络技术、5G 网络框架设计及相关技术与策略等。

2015114-6