

# 5G 关键技术及其对 4G 的影响研究

## Research on 5G Key Technologies and Its Impaction on 4G

卢晓文(中国普天信息产业股份有限公司,北京 100080)  
Lu Xiaowen(China Potevio Company Ltd.,Beijing 100080,China)

### 摘要:

未来 5G 网络是一个多网络、多频段、多制式的混合网络,相对 4G 频谱效率将提升 5~15 倍、能效和成本效率将提升百倍以上。以 5G 的性能指标要求为基础,研究了达到该指标要求的关键技术应用,针对 5G 混合网络的特点,提出了其对 4G 网络建设的影响,并提出综合考虑 5G 技术应用的方案,从而更好地适应未来 5G 网络,实现 4G 到 5G 的平滑升级,降低网络升级的成本和改造难度。

### 关键词:

第五代移动通信技术;性能指标;关键技术;影响;方案  
doi:10.16463/j.cnki.issn1007-3043.2015.11.010  
中图分类号:TN929.5  
文献标识码:A  
文章编号:1007-3043(2015)11-0045-04

### Abstract:

5G will be a hybrid network with multi-RAT, multi-frequencies and multi-network, and compared to 4G, the use of frequency spectrum is increased 5~15 times and the cost benefit is increase hundred times. Based on the requirements for 5G, the potential technologies have been discussed. In views of the hybrid network features, these solutions are aimed to the smooth upgrading from 4G to 5G, and the decrease of the cost and difficulty.

### Keywords:

5G; Performance index; Key technologies; Impactions; Solution

## 1 概述

随着无线通信技术的高速发展,无线应用越来越丰富,带动了无线数据业务迅速增长。据预测,未来 10 年间,数据业务将以每年 1.6~2 倍的速率增长,这将给无线接入网带来巨大的挑战。为了适应业务增长的需要,移动通信技术也加速了升级换代,5G 技术的研究已经提上日程。

未来的移动互联网中,超高清、3D 和浸入式视频的流行将会驱动数据速率需求大幅提升。无论是在体育场、露天集会、演唱会等高话务场景,还是在高铁、车载、地铁等高速移动环境下,人们都希望获得一

致的业务体验。同时,物联网正在快速发展,物联网业务类型丰富多样,业务特征也差异巨大。在不同的物联网应用中,不仅需要支持海量设备连接和大量小数据包频发;也需要保证传输速率或者毫秒级的时延和接近 100% 的可靠性。同时物联网要求移动通信网络进一步增强覆盖能力。除此之外,5G 需要提供更高和更多层次的安全机制,并能够支持更低功耗,以实现更加绿色环保的移动通信网络,并大幅提升终端电池续航时间。

为了达到这些目标,5G 定义了不同于 4G 的新的性能指标。本文以 5G 的性能指标要求为基础,研究了达到该指标要求的关键技术的应用,并针对 5G 混合网络的特点,提出如何在 4G 网络建设中综合考虑 5G 技术应用的方案,从而更好地适应未来 5G 网络,实现 4G

收稿日期:2015-09-22

到 5G 的平滑升级,降低网络升级的成本和改造难度。

## 2 5G 性能指标

移动互联网和物联网的业务需求以及对于安全机制及设备性能的要求,使得 4G 技术远远不能满足新形势下基于业务、用户需求以及应用场景的要求。特别是在用户体验速率、连接数目、流量密度、时延等方面。因此 5G 需要定义不同于 4G 的新的性能指标,包括增强现实、虚拟现实、超高清视频、云存储、车联网、智能家居、OTT 消息等在内的 5G 典型业务,以及预计的用户分布、各类业务占比及速率、时延等要求。5G 关键性能指标主要包括用户体验速率、连接数密度、端到端时延、流量密度、移动性和用户峰值速率等。具体的性能指标见表 1。

表 1 5G 性能指标要求

指标名称	定义	数值
用户体验速率	真实网络环境中,在有业务加载的情况下,用户实际可获得速率	0.1~1 Gbit/s
连接数密度	单位面积上支持的各类在线设备总和	数百万/km <sup>2</sup>
时延	对于已经建立连接的收发两端,数据包从发送端产生,到接收端正确接收的时延	毫秒级
移动性	特定移动场景下,达到的一定用户体验速率的最大移动速度	>500 km/h
峰值速率	单用户理论峰值速率	数十 Gbit/s
流量密度	单位面积的平均流量	数十 Tbit/s/km <sup>2</sup>

综上所述,5G 将满足 2020 年及未来超千倍的移动数据增长需求,为用户提供光纤般的接入速率、“零”时延的使用体验、千亿设备的连接能力、超高流量密度、超高连接数密度和超高移动性等多场景的优质服务,业务及用户感知得到很好的优化。

## 3 5G 关键技术

5G 为了满足其定义的指标要求,需要加快相关关键技术的研究和应用。

### 3.1 高级 MIMO 技术

MIMO 是应对无线数据业务爆发式增长挑战的关键技术,目前 4G 仅仅支持最大 8 端口 MIMO 技术,还有较大的潜力进一步地大幅提升系统容量。

MIMO 的演进主要围绕着以下几个目标:更大的波束赋形/预编码增益;更多的空间复用层数(MU/SU)及更小的层间干扰;更全面的覆盖;更小的站点间干扰。Massive MIMO 和 3D MIMO 是 MIMO 演进的最主

要的 2 种候选技术。Massive MIMO 的主要特征是天线数目的大量增加,3D MIMO 将波束赋型从原来的水平维度扩展到了垂直维度,对这一维度的信道信息加以有效利用,可以有效地抑制小区间同频用户的干扰,从而提升边缘用户的性能乃至整个小区的平均吞吐量。虽然这 2 种研究侧重点不一样,但在实际的场景中往往会结合使用,在 3GPP 中称之为全维度 MIMO(FD-MIMO)。

仿真结果表明,相对于 4G 系统中 2 天线的基站系统,采用 32 个天线端口的 FD-MIMO 系统可以取得 2~3.6 倍的小区平均速率增益和 1.5~5 倍的小区边缘速率增益。

### 3.2 高级多址技术

移动通信从 1G 发展到 4G,多址方式都是正交或者准正交的方式。多址方式也是向着提高频谱效率的方向发展。特别是非正交多址(NOMA)方式,用户的数据在同样的时频资源上并行发送,利用串行干扰消除(SIC)技术分别将用户的数据解调出来。除了传统的基于 SIC 的 NOMA 技术之外,还有其他的改进型的 NOMA 技术。如模式划分多址技术(PDMA)、稀疏码多址技术(SCMA)等。以 PDMA 多址技术为例,其允许不同用户在功率域、空域、码域的重叠以提高频谱效率。不同用户的区分通过用户的模式进行区分。在不同的功率域、空域、码域利用不同的用户特征模式来识别不同的用户。

### 3.3 同时同频全双工技术

同时同频全双工技术就是在相同的频谱上,近端设备或远端设备同时发射、同时接收电磁波信号,利用干扰消除技术消除来自于发送天线的干扰信号,实现同时同频全双工通信。与当前传统的 TDD 和 FDD 传输模式相比,可用的频谱资源增加 1 倍。

实现同时同频全双工,需要依靠多级干扰自消除技术,而且对器件的要求很高。

### 3.4 高级多载波技术

OFDM 已经是主流无线通信如 LTE 和 Wi-Fi 所采用的信号形式,它可以采用简单自然的方式克服频率选择性衰落;通过简单的频域均衡方法即可与 MIMO 结合,但是频率偏移校正和同步对 OFDM 至关重要。同时,OFDM 由于具有较高的峰均比(PAPR),限制了其在上行的应用。

5G 提出了不同应用场景使用不同波形的技术即通用多载波频分复用技术(GMFDM),另外还有一些备

选的多载波技术,如基于滤波器组的多载波(FBMC——Filter-Bank Multi-Carrier)、通用的滤波多载波(UFMC——Universal Filtered Multi-Carrier)等。这些多载波技术,对物理频谱的利用效率更高,从而更适用于频谱共享的应用场景,并且对于时间同步的依赖性(主要用于保证各个子载波之间相互正交,以减小子载波间干扰)要比传统 OFDM 技术低,从而可以大大地改善上行信道传输的性能。正因为不再需要进行严格的时间同步,可减小甚至消除这部分的处理时延,进而减小整个上行链路的接入时延。

### 3.5 高级调制编码技术

目前基于比特交织编码调制(BICM)的 MIMO-OFDM 技术已经成为 4G 的核心技术之一。为了更高效地利用有限的通信资源来实现高吞吐率、高频谱效率和高服务质量的无线传输,5G 时代需要更高频谱效率的调制编码技术。

5G 备选的调制编码技术主要利用 FSK 和 QAM 相结合设计信号,使得星座点成倍增加,同时可以改变干扰的统计分布以达到对干扰进行设计的目的。以其中的一种波分编码传输技术(OVTDM)为例,其基本思想是通过使用 1 组不同的波形来表达不同的信息,它是利用符号的数据加权移位重叠产生编码约束关系,使编码输出自然呈现与信道匹配的复高斯分布,不需要调制映射。目前的仿真结果表明,采用 OVTDM 可大幅提高频谱效率并降低对信噪比的要求,具有分集增益,而且对 HPA 的线性度要求很低,甚至可以工作在饱和状态。

## 4 5G 技术对 4G 网络建设的影响

5G 网络是一个多网络、多频段、多制式的混合网络,特别是网络侧将实现网络虚拟化功能。一方面 4G 与 5G 必然会长期共存,另一方面 4G 可能会是 5G 网络的重要子集,实现宏网络覆盖的功能。因此,为了更好地适应未来 5G 网络,实现 4G 到 5G 的平滑升级,降低网络升级的成本和改造难度,在 4G 建设中有必要适当考虑未来 5G 的技术要求。

### 4.1 C-RAN 技术的应用

对于 5G 的网络架构设想包括 2 个方面:接入网采用异构接入混合组网方式和转发面扁平化;业务数据流从接入侧就近转发。该架构突出了控制的集中化和无线接入网的集中化。因此,传统的 BBU+RRU,各个站点相对独立的接入核心网的方式已经不能适应未来

5G 的发展。未来升级 5G 会面临较高的升级改造成本。

为实现集中化的控制,一方面是接入网的集中化,一方面是资源管理的集中化。当前 4G 网络建设部署,应重点考虑 C-RAN(见图 1)的建设。并加强 C-RAN 通信接口的标准化和开放化。

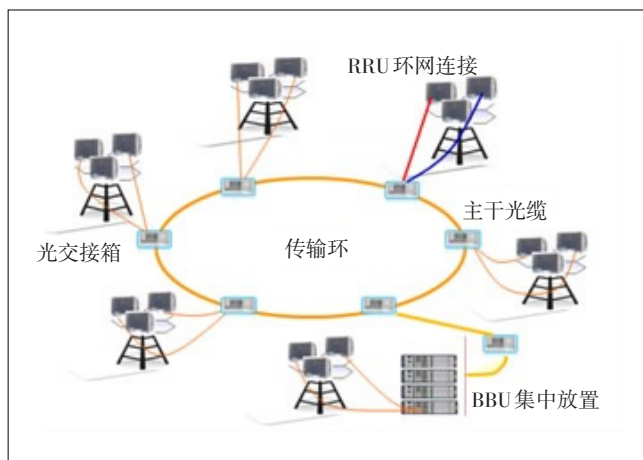


图1 C-RAN架构分布式无线网络组网结构图

### 4.2 密集站点布局

5G 网络为了提高用户体验速率和流量密度,网络密度会非常高。站点建设方式可能不限于运营商建设,社会其他组织、甚至个人都可以参与到网络建设中来。因此在目前的 4G 网络建设时有必要为这些新的需求预留足够的资源和接口。目前已经成立国家铁塔公司,以租代建、共建共享等新的建站模式正在逐步推动,为站点密集建设的实现提供了良好的契机和发展方向。

### 4.3 多频段混合组网

5G 网络的目标是建设一个多频段的网络,不同的频段完成不同的功能。4G 网络也可能成为其中的一个子集,完成宏网络的功能。4G 网络并不需要提供超高速率,因此其定位目标并不需要满足 5G 的需求,可能只是提供控制功能。类似于以往 2G 的分层网络,采用 4G 网络实现广覆盖,5G 网络实现热点及高话务区域等覆盖。目前各家运营商都已经开始尝试混合组网。中国电信、中国联通已经实现了 FDD+TDD 混合组网的方式,实现 FDD 为主、TDD 完成热点覆盖的混合组网,中国移动也提出申请 FDD 牌照。4G 混合组网方案的实施都将为 5G 网络的建设和运营积累宝贵的经验,并在保护 4G 投资、降低升级成本等方面提供有力的支持。



## 5 结束语

本文在研究 5G 性能指标要求的基础上,比较了目前 5G 的各种关键技术,并针对 5G 混合网络的特点,提出了如何在 4G 网络建设中综合考虑 5G 技术应用的方案,为以后 4G 网络建设中如何更好地适应技术发展、较好地保护投资和降低网络升级成本提供了一个新的方向。

### 参考文献:

- [1] 4G Americas' Recommendations on 5G Requirements and Solutions [EB/OL]. [2015-07-24]. [http://wenku.baidu.com/link?url=7kl0kxZkOSzUST1g7iHLSbCSxSkXEnGQsPKZ1Ytm-BSwvOZ-LS-Ddux\\_NL2fdSpC2TLxdtxeoTMMUV-rRkCL-qZ6SRKC61sOCwUaS-fx6-4i](http://wenku.baidu.com/link?url=7kl0kxZkOSzUST1g7iHLSbCSxSkXEnGQsPKZ1Ytm-BSwvOZ-LS-Ddux_NL2fdSpC2TLxdtxeoTMMUV-rRkCL-qZ6SRKC61sOCwUaS-fx6-4i).
- [2] Gerhard Fettweis, Siavash Alamouti. 5G: Personal Mobile Internet beyond What Cellular Did to Telephony[J]. IEEE Communication Magazine, 2014(2).
- [3] Y Saito, Y Kishiyama, A Benjebbour, et al. Non-orthogonal Multiple Access (NOMA) for Cellular Future Radio Access[J]. Vehicular Technology Conference (VTC Spring), 2013 (77):1-5.
- [4] Scenarios, requirements and KPIs for 5G mobile and wireless system [EB/OL]. [2015-07-24]. [https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS\\_D1.1\\_v1.pdf](https://www.metis2020.com/wp-content/uploads/deliverables/METIS_D1.1_v1.pdf).
- [5] S. Chen, M. Beach, J. McGeehan. Division-free duplex for wireless applications[J]. IEEE Electronics Letters, 1998(34):147-148.
- [6] 董爱先. 第 5 代移动通信技术及发展趋势[J]. 通信技术, 2014(3): 235-240.
- [7] 姚岳. 第五代移动通信系统关键技术展望[J]. 电信技术, 2015(1):18-21.
- [8] 王景尧. 5G 无线通信技术发展跟踪与分析[J]. 现代电信科技, 2015(1):1-4.
- [9] 尤肖虎, 潘志文, 高西奇, 等. 5G 移动通信发展趋势与若干关键技术[J]. 中国科学:信息科学, 2014(5):551-563.
- [10] 余莉, 张治中, 程方, 等. 第五代移动通信网络体系架构及其关键技术[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2014(4):427-433.
- [11] 翟冠楠, 李昭勇. 5G 无线通信技术概念及相关应用[J]. 电信网技术, 2013(9):1-6.
- [12] 段晓东, 孙滔, 陈炜, 等. 5G 网络架构设计的 5 个重要问题[J]. 电信科学, 2014(10):129-133.
- [13] 王志勤, 罗振东, 魏克军. 5G 业务需求分析及技术标准进程[J]. 中兴通讯技术, 2014(3):2-4.
- [14] 窦笠, 孙震强, 李艳芬. 5G 愿景和需求[J]. 电信技术, 2013(12):8-11.
- [15] 中国移动通信研究院. C-RAN 白皮书中文版\_V1.5.0[EB/OL]. [2015-07-24]. <http://www.docin.com/p-568486850.html>.

### 作者简介:

卢晓文, 毕业于重庆邮电大学通信工程学院, 工程师, 硕士, 主要从事移动通信技术的研究工作。



## 华为信息(一)

### 华为将建立“中东北非创新体验中心”:

近日, 华为公司董事长孙亚芳与阿联酋迪拜王储谢赫哈姆丹·阿勒马克图姆探讨了未来如何加速中东地区数字化进程以及迪拜智慧城市发展的合作, 并共同出席华为在迪拜投资建立“中东北非创新体验中心”谅解备忘录签约仪式。活动中孙亚芳表示, 阿联酋正在推进实现新的工业革命, 华为当前聚焦的大数据分析、云计算、物联网等 ICT 技术将会成为智能化工业革命的基础。华为将在迪拜投资建设客户解决方案和创新体验中心, 以提升阿联酋 ICT 基础设施, 共建一个全连接的阿联酋。(李红)

### 华为通过 ONF 组织的 SDN PoC 测试:

华为近日宣布通过业界首个多厂家无线回传 SDN PoC (Proof of Concept) 测试。

此次 PoC 意在促进 SDN 无线回传网的开发、测试和部署, 同时对采用 ONOS (Open Networking Operating System) 的开源 SDN 控制器在 SDN 多层构架上的优化作用进行了验证。华为采用 RTN900 SDN 微波参与了本次 PoC。作为业界领先的微波供应商, 华为参与此次 PoC 也有助于推动 SDN 技术在无线回传场景应用的成熟。(李红)

**华为携手美团共建 SDN 商用网络:** 华为近日在北京与中国最大的生活服务业电子商务平台美团联合宣布, 建成面向多租户云数据中心的商用软件定义网络 (SDN)。

通过与华为在数据中心 SDN 领域的合作, 并部署华为 CE12800 数据中心交换机及敏捷控制器 Agile Controller, 美

团实现了云业务的快速创新、租户网络自动化部署和精细化运维以及 ICT 资源的高效整合, 提升了面向多租户的网络业务动态调度能力, 后续还将为千万用户提供稳定的公有云服务, 帮助用户连接云计算未来, 让数据中心网络更敏捷、更安全地为云业务服务。(李红)

**华为中标中国电信 2015 年 IT 集采:** 近日, 中国电信 2015 年 IT 设备集采招标落幕, 此次招标包括 10 种 IT 产品共计 17 个标包, 包括 PC 服务器、刀片服务器、定制化服务器、高端存储、中低端存储、NAS 存储、光纤交换机、磁带库、虚拟磁带库和 UNIX 服务器, 华为参与 13 个标包投标最终入围中标 11 个, 标志着华为成为中国电信 IT 领域最重要战略合作伙伴。(李红)