

5G 大规模接入技术: 如何应对差异化服务的挑战

Massive Access in 5G: Challenges and Solutions for Differentiated Service Provisioning

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2017) 03-0050-03

摘要: 提出 5G 必须具有面向人、机、物提供大规模差异化接入服务的能力, 因此 5G 大规模接入系统的设计必须综合考虑单点并发用户规模、混合业务支撑能力、接入资源利用效率、端到端接入时延等关键性能指标, 并支持正交与非正交混合接入、确定性与非确定性(随机)混合接入、许可与免许可机会接入等重要技术特征。

关键词: 5G; 大规模接入; 差异化接入服务

Abstract: 5G is aimed to provide massive and differentiated access services for human, machine and things. In 5G system design, key performance such as the number of users simultaneously served by a single access point, capability of supporting heterogeneous services, radio resource efficiency and end-to-end delay, should be comprehensively considered. In addition, the 5G system also needs to support hybrid orthogonal/non-orthogonal multiple access, hybrid deterministic/non-deterministic (random) access as well as grant-based/grant-free opportunistic access.

Key words: 5G; massive access; differentiated access service

张朝阳/ZHANG Zhaoyang

(浙江大学, 浙江 杭州 310027)
(Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

- 通过与新型多载波传输等技术结合, 在来自自适应技术和智能化处理的支持下, 非正交接入技术在实现大规模连接方面具有巨大潜能
- 除人类活动的大量接入需求之外, 未来大量的机、物的接入需求, 都促使随机接入成为实现大规模接入的重要途径
- 5G 大规模接入还有许多值得探索的新方向, 例如非正交协作多接入、MIMO 非正交接入等

1 5G 大规模接入的需求和现状

5G 承载着“信息随心至, 万物触手及”的宏伟发展目标, 将为未来人、机、物三元互通、灵活交互乃至有机融合提供重要支撑。当 5G 应用场景由单纯人与人的通信, 以及人与机之间的通信和信息服务, 拓展至人与物、物与物之间的通信和控制, 大规模接入成为随之而来的突出需求^[1]。

典型场景下, 5G 将面对每平方千米约 100 万个连接的大接入规模, 或者高达每平方米 6 个以上的用户密度^[2-3]。更重要的是, 人、机、物具有高

度复杂、相互关联和显著差异化的接入业务需求和流量特征, 大量突发/偶发、具有准周期性或特定随机性的实时/非实时业务必须实现同时混合接入, 这无疑给 5G 接入系统的设计带来了巨大的挑战。

当前, 5G 在网络架构和无线传输的不同层面分别针对大规模接入的复杂需求提出了一些基本的解决思路。超密集组网(UDN)是网络架构方面的重要途径^[3], 物理层切片包括子带滤波和新型多址等是无线传输层的重要手段^[2]。然而, 尽管当前 5G 大规模接入技术的研发和标准化如火如荼, 但仍然存在规模化用户支撑能力难以体现, 业务特性挖掘不足, 对不同场景的适应能力有待提升等

问题。因此, 有必要重新审视 5G 大规模接入的设计目标, 重新定义其关键性能指标(KPI), 并探讨其必备技术特征和新的可能解决方案。

2 5G 大规模接入的 KPI

容量是通信系统的核心指标, 但对 5G 大规模接入系统来说, 仅谈容量是不够的。5G 所针对的人、机、物应用对象的大规模特性, 以及其应用场景和接入业务的多样性和复杂性, 使得 5G 接入系统关键性能指标有更为特殊的约束, 这些约束在当前系统设计中考虑得还不够充分, 特别是:

(1) 单点并发用户规模。未来真正考验接入系统的是对大规模并发用户的支持能力, 这不同于通常的单

收稿时间: 2017-03-20
网络出版时间: 2017-05-05

点覆盖能力。在典型场景下,单接入点需要覆盖 50 000 以上的用户规模,并且支持其中 5 000 以上的并发连接,这相对于现有蜂窝系统有不止一个数量级的提高。

(2)混合业务支撑能力。未来同一个 5G 接入点将可能面对来自同一区域不同人、机、物的不同业务请求,因此必须能够保持对不同业务的兼容性、差异性和对同一业务的适度弹性。由于资源的有限性,仅仅通过在传统资源分配方式下改变资源粒度来支撑混合业务,将难以为继。

(3)接入资源利用效率。频谱和能量等资源的利用率是 5G 的基本性能指标。但在大规模接入条件下,由于场景和业务差异显著,不同场景、业务有不同的接入性能,只有强调资源综合利用效率,才有真正的意义。

(4)端到端接入时延。5G 应用场景中大量实时业务对端对端接入时延提出了苛刻的要求,尤其是对一大类突发/偶发业务,在大规模接入条件下,基于资源预留(注册)的接入机制既难以保证接入效率,又难以满足超低时延约束。

上述 4 项关键性能指标对于 5G 大规模接入系统的设计十分重要,它们在一定程度上反映了 5G 接入系统面向人、机、物提供大规模差异化服务的能力。对正在进行的 5G 接入技术研发而言,必须通过新的技术途径才能更好地满足这些指标要求。

3 5G 差异化接入服务的重要途径

5G 要真正实现大规模、差异化接入服务,必须支持如下新的技术特征。

3.1 正交与非正交混合接入

当前,第 3 代合作伙伴计划(3GPP)针对 5G 典型场景初步提出了以非正交接入为基础的新型接入技术和相关体制。非正交接入通过迭代干扰消减或干扰协调等辅助技术的支持,在有限资源下引入适当的用

户间干扰,保障接入可靠性的同时提高了用户容量。同时,非正交接入技术的非正交特性可以根据环境、用户和业务的变化而改变,从而实现多用户资源共享和干扰竞争之间的平衡。非正交接入可应用于时间、频率和空间等任何物理维度或其组合衍生维度(包括多域编码和多元功率控制)。通过与新型多载波传输体制和大规模天线技术相结合,在未来自适应技术和智能化处理的支持下,非正交接入技术在实现大规模连接方面具有巨大潜能。

然而,现有非正交接入技术通常基于单个资源块粒度的干扰处理,而单个资源块往往只能支持少量用户的并发接入;由于干扰处理的复杂性和可靠性问题,面向大规模用户的非正交接入机制在现有接入技术中还很少见,即使存在也难以灵活支持差异化的服务。因此,通过引入适当的用户和业务分簇机制,把密集网络异构覆盖特性、多用户接入技术与子带滤波、波束成形等物理层机制有机结合,从而建立多维多层次跨层自适应优化机制,利用不断增强的计算存储和数据融合技术实现正交/非正交混合接入,将是发挥非正交接入最大潜力的重要研究方向。

3.2 确定性与非确定性(随机)混合接入

以基站为中心的确定性接入机制是长期以来蜂窝系统的主要接入方式,它通过确定性的用户调度和资源指配来选择接入的用户。然而,在 5G 大规模接入场景下,一方面用户规模越来越大,用户的行为和需求差异越来越大,中心协调的开销和时延将越来越难以承受,对相当一部分用户和服务也没有这个必要;另一方面,网络结构的无定形化/去中心化,各种服务群体和行业的极大差异,客观上也使得完全中心协调的方式难以适应未来网络架构的演变。因此,在计算机网络中广泛采用的非确定

性(随机)接入将为未来无线移动网络所借鉴,成为其接入机制的有机组成部分。它不仅可应用于初始化(注册)阶段,还可直接应用于数据接入。

除人类活动的大量接入需求之外,未来极其大量的机、物的接入需求,都促使随机接入成为实现大规模接入的重要途径,既适用于低负荷实时业务或者非实时业务接入,也适合于非均匀,业务密度极高或者差异化极大的行业服务。随机接入在无线资源有限,需要充分利用的情况下,会造成明显的随机干扰,可通过与上述非正交接入相结合形成非正交随机接入,也可通过网络密集化、异构网络融合、边缘协同计算存储,以及分布式流聚合等技术,实现有效的干扰管控,提升接入效率。

3.3 许可与免许可机会接入

现有中心和非中心协调的接入机制往往在接入之前需要有资源的协调和许可过程(通过基站中心协调或者通过分布式协调过程完成)。这一许可(或注册)过程对于 5G 应用场景中的一些典型突发/偶发时延敏感业务是十分不利的,对于网络开放和 SDN 开源服务也极为不利,因为现有的注册过程会显著地增加接入时延和信令开销,降低接入效率。免许可接入不需要注册,从而无需资源的协调和分配,可显著提高接入效率,降低时延,满足针对时延的差异化服务要求。因此免许可接入成为当前 5G 的又一个重要研发方向。

在 5G 大规模接入条件下,免许可接入的难点在于如何提高联合用户身份检测、信道估计和信息检测的复杂性和可靠性。其中,免许可接入基于预先注册登记的长有效机制,对相当一批物联网用户接入是可行的方法之一。另外,对不同的用户和业务类型,划分不同层级,通过适当的用户接入模式识别和迭代检测、分层分级,高效地完成上述的联合过程,实现可靠的免许可接入。我们还应

该看到,在未来无线移动网络开放模式的演进过程中,许可与免许可的灵活接入与网络安全与监测的严格管理并不是完全一致的,会对造就新型网络体系架构带来极大影响,很可能会推出与现阶段极其不同的网络体系和协议体系,值得拭目以待。

4 结束语

除上述技术思路和途径之外,5G 大规模接入还有许多值得探索的新

方向,例如非正交协作多接入、多输入多输出(MIMO)非正交接入等。所有这些技术方向在提升5G接入系统关键性能指标方面均有较大的潜力,有望进一步为5G接入系统提供面向人、机、物的大规模差异化服务。

参考文献

- [1] IMT-2020(5G)推进组: 5G 愿景与需求白皮书[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2014
- [2] IMT-2020(5G)推进组: 5G 无线技术架构白皮书[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2015
- [3] IMT-2020(5G)推进组: 5G 网络技术架构白皮书[R]. 北京: 中国信息通信研究院, 2015

作者简介



张朝阳, 浙江大学教授、信息与通信工程系主任, 浙江省信息处理与通信网络重点实验室主任, 中国电子学会信息论分会副主任委员, 中国通信学会理事; 主要研究方向为新一代无线通信与网络基础理论与关键技术; 已承担和完成国家“973”/“863”计划课题、国家科技重大专项课题和国家自然科学基金项目10余项, 曾获信息产业部、浙江省科技进步奖多项; 已发表论文200余篇, 获授权发明专利40项。

← 上接第 49 页

- www.cisio.com/c/en/us/solutions/collateral/service-provider/visual-networking-index-vni/complete-white-paper-c11-481360.html
- [8] Philips. Philips Hue Personal Wireless Lighting[EB/OL]. [2017-03-19]. <http://www.usa.philips.com/c-m-li/hue>
 - [9] 华为技术有限公司. 华为室外灯箱基站 AAU3940 产品培训资料[EB/OL]. [2017-03-19]. <http://www.fuzonghyn.com/ztnews/2rooqoyqsspunuppowp12uyz.html>
 - [10] Patrik Sivermalm. Ericsson's Radio Site Solutions[EB/OL]. (2007-03-10)[2017-03-19]. https://www.ericsson.com/ericsson/corpinfo/publications/review/2007_01/files/3_radio_site.pdf
 - [11] 李莉. 探索微基站覆盖新模式—市政灯杆加挂 LTE 光纤分布系统[J]. 信息通信, 2015(2): 254-255. DOI:10.3969/j.issn.1673-1131.2015.02.181
 - [12] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2015 年城乡建设统计年鉴[EB/OL]. (2016-12-23)[2017-03-19]. <http://www.mohurd.gov.cn/xytj/index.html>
 - [13] ZENG X, GAO Y, PAN S, et al. Effects of Muscle Conductivity on Signal Transmission of Intra-body Communications[J]. Journal of Electronic Measurement & Instrument, 2013, 27(1): 21-25. DOI:10.1109/ICCE-China.2016.7849761
 - [14] SCANLON W G. Analysis of Tissue-Coupled Antennas for UHF Intra-body

- Communications[C]//Twelfth International Conference on Antennas and Propagation, USA:IEEE, 2003(2):747-750. DOI:10.1049/cp:20030184
- [15] SWAMINATHAN M, SCHIRNER G, CHOWDHURY K R. Optimization of Energy Efficient Relay Position for Galvanic Coupled Intra-body Communication[C]//Wireless Communications & Networking Conference, USA:IEEE, 2015:1725-1730. DOI:10.1109/WCNC.2015.7127728
 - [16] TANG X, CHEN X M. Investigation of Residual Ag Amount into Human Body Using Ag/AgCl Electrodes During IBC[C]//2016 IEEE International Conference on Consumer Electronics-China (ICCE-China), USA:IEEE, 2016:1-4. DOI:10.1109/ICCE-China.2016.7849762
 - [17] 李方红. 人体植入式电子设备无线传能系统中的电磁辐射安全性研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2015.
 - [18] SANTAGATI G E, MELODIA T. Sonar Inside Your Body: Prototyping Ultrasonic Intra-Body Sensor Networks[C]//IEEE Conference on Computer Communications, USA:IEEE, 2014:2679-2678. DOI:10.1109/INFOCOM.2014.6848216
 - [19] ONUKI Y, BHARDWAJ U, PHARM M, et al. A Review of the Biocompatibility of Implantable Devices: Current Challenges to Overcome Foreign Body Response[J]. Journal of Diabetes Science and Technology, 2008, 2(6):1003-1015. DOI:10.1177/193229680800200610

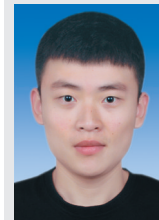
作者简介



唐友善, 电子科技大学通信抗干扰技术国家重点实验室教授; 现从事无线通信的教学、科研以及产业化工作, 目前侧重于同时同频全双工技术的研究; 已发表论文200余篇, 拥有发明专利80余项, 并于2016年出版了《同时同频全双工原理与应用》。



邵士海, 电子科技大学通信抗干扰技术国家重点实验室教授; 现从事无线通信的教学、科研工作, 重点研究无线通信及其抗干扰技术; 已发表论文50余篇, 拥有发明专利20余项。



李晨兴, 电子科技大学通信抗干扰技术国家重点实验室博士生; 现从事同时同频自干扰抑制技术研究。