



编者按 根据 ITU 的规划，2020 年将实现 5G 的大规模商用，但就目前网络发展的状况来看，距离 5G 真正形成实际网络能力还有一段时间，因此将 5G 技术应用到现有的 4G 网络中，并提早发挥作用，是将 5G 技术效用最大化的举措。为了探讨哪些 5G 技术可以 4G 用以及如何将 5G 技术应用到 4G 网络，通信世界全媒体特组织了“5G 技术 4G 用”的专题，邀请运营商和厂商一起进行探讨。

5G技术4G用 未来愿景逼近现实

中国移动研究院 | 刘光毅

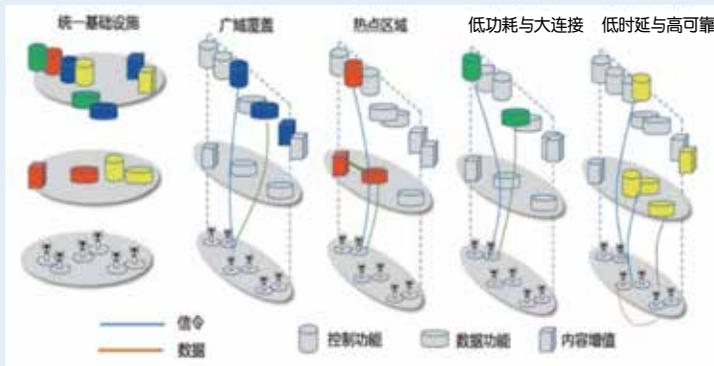


图1 基于SDN/NFV的网络切片

4G的普及与应用为移动互联网的发展打开了大门，伴随着消费电子产品的进步与发展，移动通信技术正时刻改变着人们的生活，同时也刺激着移动通信需求的进一步发展。5G作为面向2020年及以后的移动通信系统，其应用将深入社会各个领域，作为基础设施为未来社会提供全方位的服务，促进各行各业的转型与升级。

5G将提供光纤般的无线接入速度、“零时延”的使用体验，使信息突破时空限制，可即时予以呈现；5G将提供千亿设备的连接能力、极佳的交互体验，实现人与万物的智能互联；5G将提供超高流量密度、超高移动性的连接支持，让用户随时随地获得一致的性能体验；同时，超过百倍的能效提升和极低的比特成本，也将保证产业可持续发展。超高速率、超低时延、超高移动性、超强连接能力、超高流

量密度，加上能效和成本超百倍改善，5G最终将实现“信息随心至，万物触手及”的愿景。

为了实现5G发展的愿景，满足未来业务发展的需要，5G应该具

备的关键技术能力包括支持0.1~1Gbit/s的用户体验速率和高达10Gbit/s以上的峰值速率，支持每平方千米百万量级的连接数密度，支持毫秒级的端到端时延，支持每平方千米数十Tbit/s的流量密度，支持500km/h以上的移动速率。

此外，为了保持移动通信产业的可持续

续发展，5G还需要进一步提升网络建设、部署、运营方面的效率和便捷程度，如相比4G，频谱效率提升5~15倍，能源效率提升百倍，成本效率提升百倍以上。

5G技术如雨后春笋

为了实现5G的发展目标，ITU、3GPP、NGMN等组织启动了面向5G的研究和标准化工作。3GPP在2015年启动了有关5G的相关讨论，分别从网络架构和无线接入网的角度开始了5G的研究和标准化。5G新技术主要有以下几个方面的特征。

面向服务的云化网络使能端到端网络切片

5G网络架构最大的特征就是基于SDN/NFV技术，通过面向服务的云化网络，实现端到端的网络切片，从而实现业务的灵活和快速部署，基于SDN/NFV的网络切片如图1所示。而无线网络为了满足低时延、高速率、高效



图2 3D-MIMO的技术原理

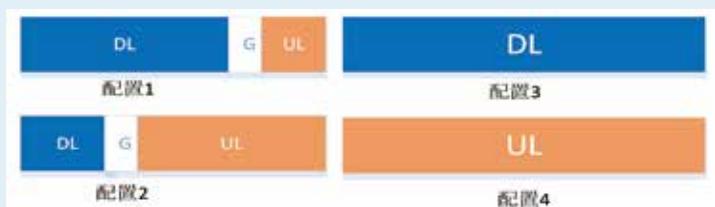


图3 5G定义的子帧格式

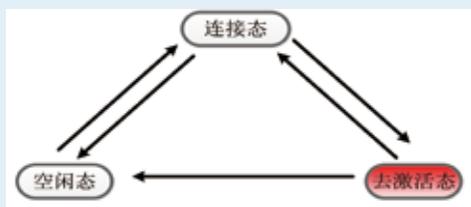


图4 新的去激活状态

率等众多需求，除基站的架构需要引入CU/DU分离之外，还需要引入许多新的技术和设计。

3D-MIMO

如图2所示，3D-MIMO一般采用大规模的二维天线阵列，不仅天线端口数较多，而且可以在水平和垂直维度灵活调整波束方向，形成更窄、更精确的指向性波束，从而极大地提升终端接收信号能量，增强小区覆盖。传统的2D-MIMO天线端口数较少，导致波束较宽，并且只能在水平维度调整波束方向，无法将垂直维度的能量集中于终端，且仅能在水平维度区分用户也导致其同时同频可服务的用户数受限。3D-MIMO可充分利用垂直和水平维度的天线自由度，同时同频服务更多的用户，极大地提升系统容量，还可通过多个小区垂直波束方向的协调，起到降低小区间干扰的目的。

3D-MIMO无论是在提升接收和发送的效率、多用户MIMO的配对用户数，还是在降低小区间的干扰方面，相对于传统天线都有更好的性能，是5G提升频谱效率的最核心技术。

非正交多址

面对5G提出的更高频谱效率、更大容量、更多连接以及更低时延的总体需求，5G多址的资源利用效率必须更高。因此，在近两年的国内外5G研究中，资源非独占的用户多址接入方式广受关注。在这种多址接入方式下，没有哪一个资源维度下用户是具有独占性的，因此在接收端必须进行多个用户信号的联合检测。得益于芯片工艺和数据处理能力的提升，接收端的多用户联合检测已成为可实施的方案。

5G新型多址的设计将从物理层最基

本的调制、映射等模块出发，引入功率域和码率的混合非正交编码叠加，同时在接收端引入多用户联合检测来实现非正交数据层的译码。

发送端在单用户信道编码之后，进入核心的码本映射模块，包括调制映射、码域扩展和功率优化，这3个部分也可联合设计，以获得额外编码增益。在接收端经过多用户联合检测后的软信息可输入单用户纠错编码的译码模块进行译码，也可以将信道译码的结果返回代入多用户联合检测器进行大迭代译码，进一步提升性能。在这个通用结构图中，上下行多接入的区别在于多用户信号叠加的位置不同，下行多用户信号在经过信道前，在发送端叠加，而上行多用户信号则在经过无线信道后，在接收端叠加。

对比4G OFDMA正交多址的物理层过程，5G新型非正交多址物理层过程引入新模块变化的动机主要有如下几个方面：通过新的（多维）调制映射设计，获得编码增益和成型增益，提升接入频谱效率；通过（稀疏）码域扩展，获得分集增益，增强传输顽健性，也白化小区内或小区间数

据流间的干扰；通过非正交层间的功率优化，最大化多用户叠加的容量区。

自包含帧结构

5G系统为了进一步降低发送的时延，对时隙的结构和收发的反馈进行了新的设计。对于TDD系统，通过引入更多的上下行转换点，缩短发送和反馈之间的响应时间，这种帧结构的设计也叫自包含的帧结构；对于FDD系统，则可以通过更短的调度和传输周期，缩短传输时延，5G定义的子帧格式如图3所示。

更快速的状态转换

5G为了实现更低的控制面时延，如10ms，在4G已有的连接态和空闲态中引入了一个新的中间状态，叫去激活态，如图4所示。该状态保留核心网的连接状态，而删除无线侧的连接状态，当需要时，可以快速建立无线侧的连接，从而大幅降低从原空闲态到连接态的转换时延。

用户为中心的网络

5G网络需要针对用户的行为、偏好和终端、网络的状态和能力，提供最佳

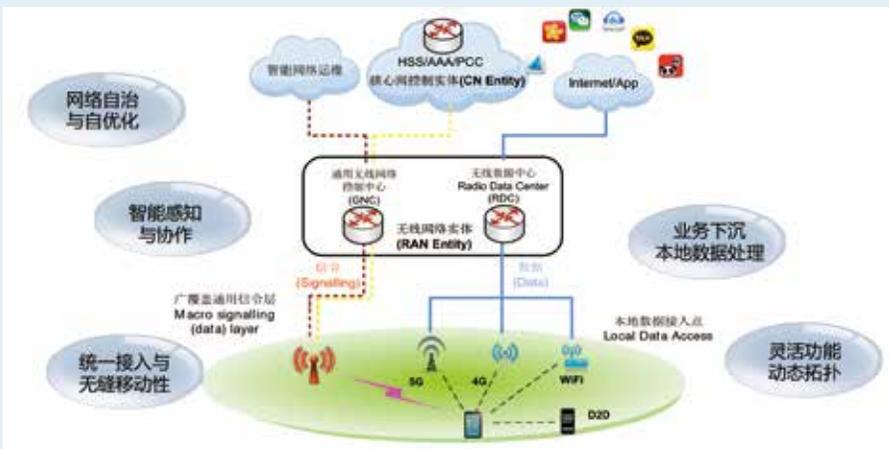


图5 5G无线网络架构

的用户体验,实现以用户为中心的网络部署,5G网络架构的主要设计理念如图5所示。

● 用户与业务内容的智能感知

以智能无线管道为目标,通过引入更精细化的业务与用户区分机制,根据业务场景、用户能力、用户偏好及网络能力等,自适应配置空口技术、系统参数等,实现端到端的精细而多样化的网络连接、业务和内容区分与处理。5G网络架构将能支持基于对业务与用户的预测、分析、响应和处理能力,实现自适应的空口接入与管理、端到端的精细而多样化的业务和内容区分与处理,提供更精准、更完备的用户个性化、定制化的资源配置和网络服务,以满足多样化的用户及业务需求,并确保一致的、高质量的用户体验。

● 业务下沉与业务数据本地化处理

在逻辑功能上,基于核心网与无线网的功能重构,促使核心网专注于用户签约与策略管理以及集中控制。而其用户面与业务承载功能继续下沉,业务承载的管理与业务数据的路由和分发可部署在更靠近用户的接入网,从而构建更加优化的业务通道,使得业务的路由通道更加简化,避免业务瓶颈,降低集中传输负荷。同时,基于对数据和业务内容的精细化感知,接入网不仅可以在本地生成、映射、缓存、分发数据,还可实现业务的本地就近智能分发和推送。

● 支持多网融合与多连接传输

在可预见的时间内,4G/5G/Wi-Fi等多种网络将长期共存,因此,5G网络架构必须支持多种网络的深度融合,实现对于多种无线技术/资源的统一和协调管理,并基于承载与信令分离、信令与制式解耦,实现与接入方式无关的统一控制,使得无线资源的利用达到最大化。同时,未来的终端也将普遍具备多制式、多无线的同时连接和传输能力。在多维度业务接纳与控制的基础上,5G网络将基于时延容忍度、丢包敏感度以及不同的APP、业务提供商,支持精确的网络选择与无线传输路径与方式,实现最佳资源匹配。

5G技术4G用

4G在全球市场已经广为普及,在深刻地改变着人们生活的同时,也在不断创造新的需求,推动着4G技术的演进和发展。而5G大规模商用将在2020年以后,在此之前的市场需求只能由4G及其演进技术来满足。目前,3GPP已经在考虑将面向5G应用的技术提前引入到4G系统,在不影响向后兼容的条件下,对4G系统的技术能力、服务效率进行提升和增强,使其尽可能地满足5G网络的要求,并且在现有4G网络上早日应用。

3D-MIMO

LTE详细定义了各种基于线阵的MIMO和智能天线的模式,在4G网络中得到了大规模应用,特别是在TD-LTE网络中,8天线得到了很好的普及和验证。随着5G技术的研究,3D-MIMO技术成为业界的热点,为此3GPP也进行了相关的研究和标准化(FD-MIMO)工作。特别对于TD-LTE系统来说,利用信道的互易性,可以基于实现而不对标准进行任何改动,就可以把3D-MIMO技术引入到TD-LTE网络中,既能兼容已有的终端,又能大幅提升现有网络的容量。TD-LTE产品研发进展领先的企业,如中兴、华为都已经发布了支持128天线、64个独立射频通道的2.6GHz的3D-MIMO商用产品,并开始在中国移动的4G网络中部署。现网测试表明,3D-MIMO技术可大幅度提升网络容量,网络负荷越高,容量增益越大。

时延缩短

3GPP已经在LTE R14中考虑了进一步降低传输时延的技术方案,允许将LTE的传输间隔(TTI)由原有的1ms进一步缩短,比如FDD可以支持2个OFDM符号长度的TTI,而TDD可以支持0.5ms的TTI传输,优化后的传输时延可分别降低到1ms和4ms(TDD的配置2)以内。但是,对于4G系统而言,如果网络的结构不随之调整,这样的时延降低对整个端到端网络的时延来说,减少量是微乎其微的,难以真正地满足低时延业务的要求。

基于上下文感知的业务分发和MEC

在4G网络的实际业务拓展过程中,为满足企业级用户,以及垂直行业的应用需求,4G网络需要进行一些针对位置和特定环境的业务部署优化,以提升网络的效率和用户体验,也即需要引入MEC技术。但是对于现有的4G网络来说,无线侧对业务是无感知的,也就是说无线网对业务的感知是通过核心网来被动感知的,业务的发送不能真正做到无线侧的智能化。可以在网络中靠近无线侧的地方增加DPI的功能,对业务的内容等进行解析,使MEC能更好地适配业务的传输。但是这种方式的效率较低,3GPP开始考虑基于用户上下文的业务发送优化,即终端可以主动上报用户业务的相关信息,基站可以据此进行传输优化,大大提升传输的可靠性。目前针对视频业务的优化已进行详细的标准制定,有望在4G演进中走向应用。

轻连接(light connection)

在时延降低方面,3GPP也已经在进行轻连接的标准制定,通过引入连接态和空闲态之外的非激活态,可以进一步提升终端的节能效果,同时降低终端接入的时延。

至于其它5G技术的4G化,如非正交多址等,3GPP已讨论过功率域的非正交多址接入(NOMA),而码域的非正交技术也可能得到应用。

为了满足5G的需求,3GPP从网络架构、无线帧的设计、3D-MIMO、非正交多址、协议状态转换等方面对5G系统进行了全新的设计,在传输效率、时延等方面都有大幅的性能提升。考虑到5G的商用要到2020年,真正形成实际网络能力还需时日,将这些5G技术提早应用到现有的4G网络,并提早发挥作用,是5G技术4G化的最大吸引力。目前移动通信行业的专家们正致力于此,3D-MIMO、MEC技术等已在4G网络中开始应用,对现有核心网的SDN/NFV改造也已经开始试点,基于上下文感知的业务分发和轻连接正在3GPP主持下开展标准化工作。相信这些技术终将在4G网络的演进中得到验证和应用,为4G的发展做出应有的贡献。