

## 5G 主要关键技术分析

何龙华 李国栋

天元瑞信通信技术股份有限公司, 陕西 西安 710075

**[摘要]** 5G 网络其是在科技迅猛发展的带动下研发出来的一个新的前沿科技产物, 其具有较强的综合性, 能够为信息数据传输的效率的提升起到积极的推动作用。5G 系统中的关键技术种类较多, 而大规模天线技术和非正交多址接入技术无疑其中最关键的两项技术。

**[关键词]** 革命性技术; 大规模天线技术; 非正交多址接入

DOI: 10.33142/sca.v2i2.316

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

## Analysis of Main Key Techniques of 5G

HE Longhua, LI Guodong

Tianyuan Credit Suisse Communications Technology Co., Ltd., Shanxi Xian, China 710075

**Abstract:** 5G network is a new frontier science and technology product developed by the rapid development of science and technology, and it has a strong integration. There are many kinds of key technologies in 5G system, and there are two key technologies in large-scale antenna technology and non-orthogonal multiple access technology.

**Keywords:** Revolutionary technology; Large-scale antenna technology; Non-orthogonal multiple access

### 引言

与 2G 萌生数据、3G 催生数据、4G 发展数据不同, 5G 将是跨时代的技术——5G 除了更极致的体验和更大的容量, 它还将开启物联网时代, 并渗透进各个行业。它将和大数据、云计算、人工智能等一道迎来信息通讯时代的黄金 10 年。人们对 5G 赋予前所未有的期盼, 因为 5G 是新时代的跨越。它能带来超越光纤的传输速度 (Mobile Beyond Giga), 超越工业总线的实时能力 (Real-Time World) 以及全空间的连接 (All-Online Everywhere)。我们看到, 移动网络正在使全行业数字化, 成为基础的生产力。

移动网络的目标是全连接世界, 产生的数据通过连接在云端构建, 不断创造价值。车联网、智能制造、全球物流跟踪系统、智能农业、市政抄表等, 是物联网在垂直行业的首要切入领域, 都将在 5G 时代蓬勃发展。

5G 移动宽带系统经过多年的发展之后必定为社会的进步提供必要的基础, 并且能够满足人类社会信息传输的需求。5G 网络不单单是效率高, 容量大, 综合能力较强的空中接口技术, 而是一个为网路信息传输, 各项业务开展提供服务的智能网络。其将大量的不同类型的业务技术融合在一起, 借助不断的技术创新, 来推为信息数据的传输和连接创造良好的平台, 更好的满足客户的需求<sup>[1]</sup>。

### 1 5G 发展技术需求和解决思路

5G 发展主要面临六大挑战:

无缝接入—多频段、多接入模式、小的覆盖半径给网络技术带来挑战;

频谱资源—有限的频谱资源一直以来制约着无线通信系统性能提升;

信道信道—在高速移动条件下的恶化和高频段信道的开发为高传输速率技术带来挑战;

功率—海量设备带来的能耗增加为绿色通信的要求带来挑战;

干扰—小区密集化以及移动设备的增加导致干扰制约网络容量增长和传输速率增加;

器件—新型通信技术和高频段开发给半导体技术带来挑战。

面对以上需求, 5G 网络从新的频谱, 更智能化的网络管理和无线资源管理协议来构建新型网络架构来解决面临的挑战。



图 1 5G 网络发展解决思路

## 2 5G 空口关键技术演进

类型	细类	4G	4.5G	5G
容量	接入技术	OFDMA	SOMA (半正交频分多址)	GMFDM (通用多载波频分多址)
	双工方式	半双工	半双工	全双工 (同时同频收发)
	调制	64QAM	256QAM	256QAM
	带宽	20M	20M	100M 及其以上 (高频段)
	CA	4CC	U-LTE Massive CA: 8CC 及其以上, 包括 T+F CA	Massive CA
	MIMO	2*2 MIMO、4*4 MIMO	Massive MIMO: 8T8R 及其以上	Massive MIMO: 64T64R 及其以上
时延	降低时延	1ms TTI	Shorter TTI (0.5ms)	0.1ms TTI
连接数	更多连接数	固定 15kHz 子载波	Narrow Band-m <sup>2</sup> M (LTE-M) D2D (LTE-D)	可变带宽子载波
架构	网络架构	扁平化 IP 化网络架构	Cloud EPC	NFV、SDN

## 3 5G 主要关键技术

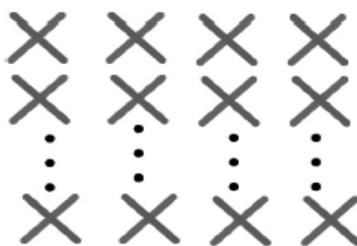
### 3.1 大规模天线技术—Massive MIMO

理论上, 天线越多, 频谱效率和传输可靠性就越高。因此采用大规模天线, 可以显著增加频谱效率, 尤其在容量需求较大或者覆盖范围较广时, 它可以充分满足网络增长需求。而为了满足业务急速增长的需求, 5G 时代增加天线的数目不可避免。大规模天线技术势必是未来 5G 时代的核心技术之一。

就现今的实际状况来说, LTE 基站的多天线形式知识在横向的方向进行排序, 进而只可以形成横向的波束, 如果天线的数量较多的时候, 横向排列就会导致天线的整体规格超过既定标准而为安装操作造成较大的难度。然而 5G 天线结构的设计充分的结合了当前前沿的雷达控制理念, 能够更好的对系统空间实施了扩展。在这个基础上, LSAS 技术借助从两个不同的方向安设天线的方法, 加大了纵向方向的波束的维度并且扩大了各个用户之间的间隔(如图 2 所示)。其次, 有源天线技术的使用必将使得天线的性能能够充分的施展出来, 进而可以有效的对天线的能源消耗加以控制, 这就使得 LSAS 技术能够加以商用。



(a) 传统 MIMO 天线阵列排布



(b) 5G 中基于 Massive MIMO 的天线阵列排布

图 2 5G 天线与 4G 天线对比

因为于 LSAS 能够灵活的对各个方向的波束实施调整，进而能够为实际需要提供有效的波束，并且结束各类不同的波束的方向来对用户实施划分（如图 3 所示）。

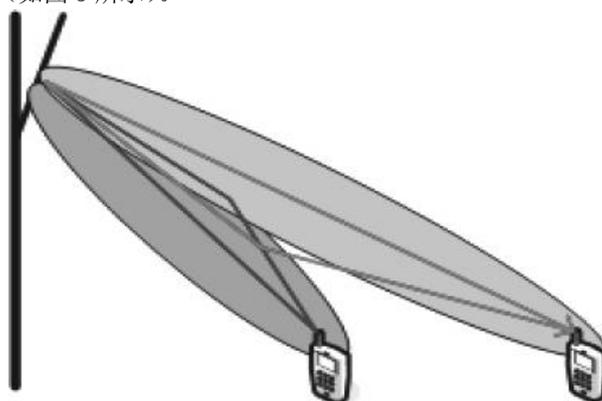


图 3 基于 3D 波束成形技术的用户区分

其次，LSAS 技术的运用能够为系统容量的扩充给予一定的协助。诸如我们可以借助半静态的形式来对纵向波束实施调节，并利用纵向的分区分类来提升资源的利用效率，更好的达到能源节约的目的（如图 4 所示）。

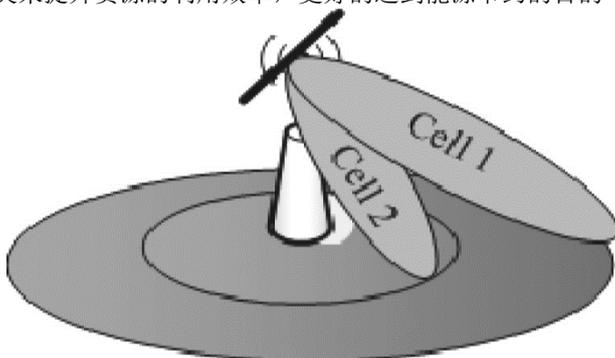


图 4 基于 LSAS 的小区分裂技术

大规格的 MIMO 技术并不是单纯的利用一些价格较高的天线组合而成，利用一些低能耗交割较低的天线也是可以组建完成的，这就为移动通信朝着高频段方向发展创造了良好的基础条件，其次其对于无线频谱效率的提升也是非常有助益的，扩大网络覆盖面积以及系统内容量，协助用户更好的借助原有站址以及频谱的信息。

举一个实际的例子来说，一个二十平方厘米的天线结构，如果结构的半波长的距离排列在具体的方格之中，需要结合实际情况以及工作频段来在内部设置相应数量的天线（如图 5 所示）。

20cm\*20cm天线物理平面

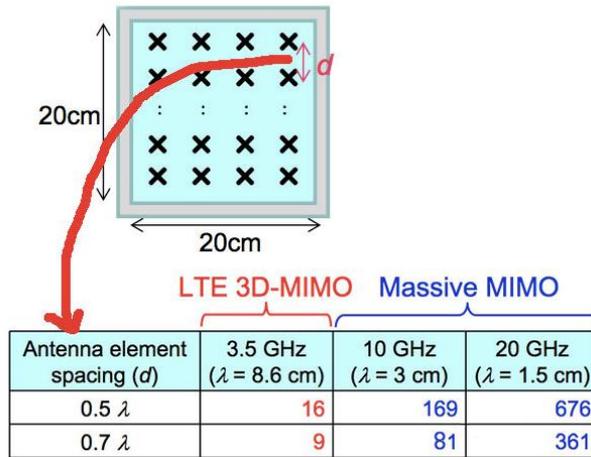


图5 20\*20cm 天线物理平面部署

3D-MIMO 技术是在原始的系统基础上增设纵向维度，促使波束能够在固定的空间内完成三维模型的建造，进而解决相互之间的干扰问题（如图6所示）。

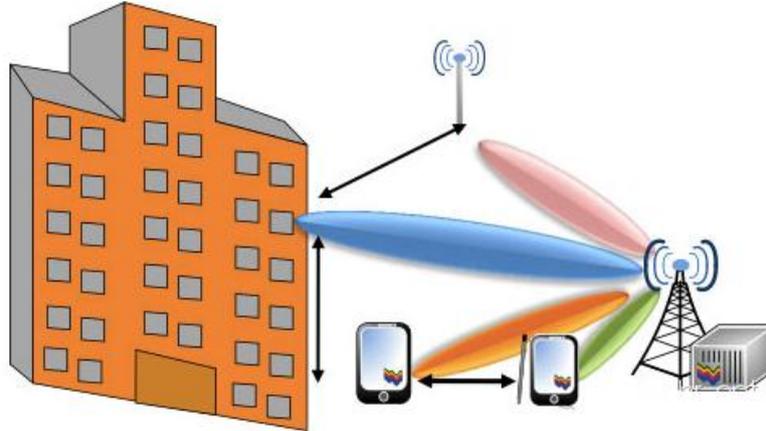


图6 波束在空间上三维赋型

### 3.2 非正交多址接入技术—NOMA

NOMA 与以往陈旧形式的传输模式相比较存在较大的差异，往往都是在系统的传输端口采用正交发送的形式，积极的引入干扰信息，在接收端口利用专门的操作技术来完成正确调节的摸底。与正交传输相比较，接收机的复杂程度明显得到了改善，并且对于频谱效率的提升也是能够起到一定的影响作用。非正交传输的基础理念就是借助相对较为复杂的接收设备来促进频谱效率的提升。在科学技术水平大幅度提升的影响下，使得芯片的处理技术得到了较快的发展，进而使得非正交传输技术在现实中加以大范围的运用<sup>[2]</sup>。

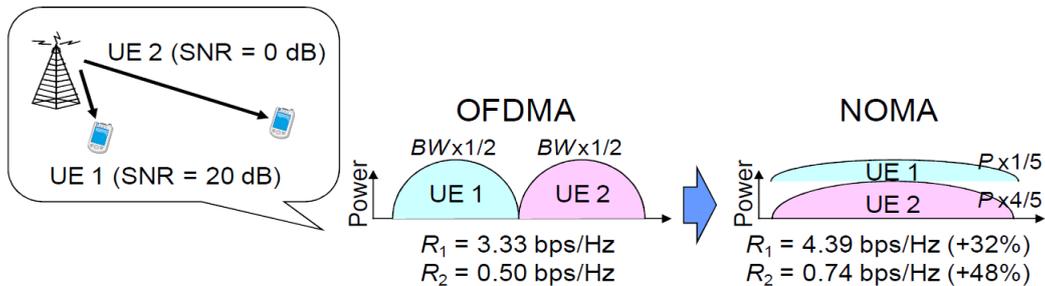
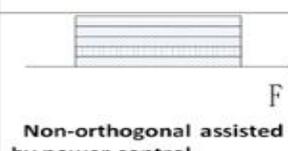
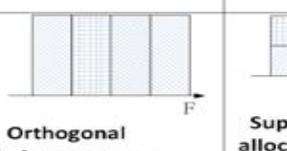
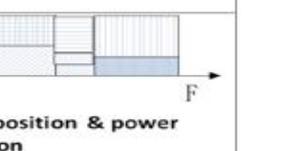


图7 非正交多址接入

从 2G, 3G 到 4G, 技术的不断创新优化并不局限在空间和频率上，而是在原有的技术上增设了多个维度，新增维度的作用就是借助所有用户的不同的路径损耗来提升用户复用的效率。如表 1 所示：

表 1 3G、3.9G/4G 与 FRA 多址方式比较

	3G	3.9/4G	FRA
User multiplexing	Non-orthogonal(CDMA)	Orthogonal	Non-orthogonal with SIC(NOMA)
Signal waveform	Single carrier	OFDM (or DFT-s-OFDM)	OFDM (or DFT-s-OFDM)
Link adaptation	Fast TPC	AMC	AMC+Power allocation
Image	 Non-orthogonal assisted by power control	 Orthogonal between users	 Superposition & power allocation

在 NOMA 中的关键技术：串行干扰删除、功率复用。

#### (1) 串行干扰删除(SIC)

在发送端口处，与 CDMA 系统极为相近，将一些干扰信息充分的运用到实际系统之中，能够提升频谱的效率，但是也会受到更多的信息干扰。为了更快速的解决多址干扰的问题，在针对第三代移动通信系统实施创新研究工作的时候，充分的结合实际需求加以了创新，并获得了较好的成效。在系统接收端口处设置 SIC 接收机来完成多用户的检测中作。串行干扰消除技术其实质就是利用逐级消除干扰的形式，在接收信号中对用户实施逐一判决，在将幅度加以控制之后，会对这个用户的信号形成的多余干扰从接收信号中加以消除。如图 8 所示：

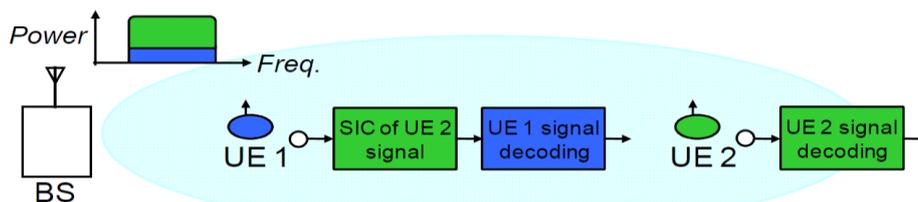


图 8 下行链路中串行干扰删除接收机采用 NOMA 方案示意图

#### (2) 功率复用

SIC 在接收端消除多址干扰(MAI)，最为有效的方法就是在接收信号之后对用户实施判断来解决干扰用户的秩序问题，而判断所参考的标准就是用户的信号功率的规格。基站在信息输出端会对各个用户分配的各类信号功率加以切实的配置，这样能够更好的发挥出系统的作用，其次也能够为用户的利用提供良好的条件。信息输送端往往会借助功率复用技术，与以往多址方案存在较大的区别的是 NOMA 是第一次利用此项技术，并且获得的效果较好。功率复用技术在以往陈旧的多址方案中并没有全面的切实运用，其与单纯的功率控制存在较大的差异，其实质是由基站遵循专门的计算方法来实施功率分配的。在信息输送端口，对各类用户配置相应的功率，进而有效的促进系统吞吐率的提升。其次，功率的较差使用会牵涉到多个用户，在信息接收端口，SIC 接收设备能够结合各类功率来对用户实施详尽的划分，或者是利用信道编码来实施用户的划分<sup>[3]</sup>。

### 4 5G 未来前景

为了支撑无线业务持续增长，以及支撑 ICT 产业迎接大数据的挑战，5G 无线网络将会在 2020-2030 年间投入运营。其中最关键的驱动因素是未来十年内 1000 倍的无线数据流量增长、1000 亿链接的物链网无线联网的新商机、以及全频谱无线接入所带来的超高速无线链接。这样的高速无线链接能给用户带来光纤般的体验——10 G bit 每秒——比当今市面上最快的移动终端还要快 100 倍！以此实现信息管道的极致境界：超宽带，零等待，全智能，终端客户与网络的距离将完全消失<sup>[4]</sup>。

#### [参考文献]

- [1] 段炼, 官长龙. 5G 无线通信系统的关键技术分析[J]. 中国新通信, 2018, 20(20): 163.
- [2] 潘华. 5G 移动通信网络关键技术分析[J]. 信息与电脑(理论版), 2018(19): 172-173.
- [3] 胡捷. 面向 5G 无线通信系统的关键技术研究[J]. 电信技术, 2018(S1): 30-31.
- [4] 任荣, 李军. 关于面向 5G 无线通信系统的关键技术分析[J]. 数字通信世界, 2019(01): 61.

作者简介：何龙华（1984 年 9 月），职称：初级工程师。