

# 5G 系统技术标准与进展

**摘 要** 本文首先介绍了 5G 技术的需求背景，详细论述了全球(包括欧盟、中国、韩国等)各组织的 5G 活动。阐述了 5G 技术的标准化组织及相关进展，针对目前最有希望的 5G 技术进行了深入的分析和探讨，指出了技术的优势和应用场景，同时提出了近期技术难点和后续研究方向。

**关键词** 5G; 60GHz; D2D; 大规模 MIMO; 异构网

中图分类号 TN929.5

文献标识码 A

文章编号 1008-5599 (2015) 04-0033-05

DOI:10.13992/j.cnki.tetas.2015.04.010

随着移动互联网的高速发展和新的终端形态的演进，新型的业务形态出现，包括智能家庭、智能城市、远程医疗、环保监测等，数据业务的需求呈现爆炸式的增长趋势，年增长率在 80% ~ 150% 之间，由此推算，10 年将达到 1 000 倍。现有的 4G 技术已经无法满足如此庞大的数据业务传输需求，因此 5G 技术的研究和开发被通信人提上了议程。

## 1 全球主要的 5G 活动

世界各国相关组织都在积极的研发 5G 技术，其中比较重要的 5G 活动有 METIS、5G PPP、IMT-2020、5G Forum 和 NGMN。

### 1.1 METIS

METIS (Mobile and Wireless Communications

Enablers for the Twenty-Twoy (2020) Information

Society) 是欧盟第七框架计划中的一部分，投资总计达 2 700 万欧元，第一阶段计划运行 30 个月。项目研究组由爱立信、法国电信等通信设备商和运营商、宝马集团以及欧洲部分学术机构共 29 个成员组成。研究目标是为建立下一代 (5G) 移动和无线通信系统奠定基础，为未来的移动通信和无线技术在需求、特性和指标上达成共识，取得在概念、雏形、关键技术组成上的统一意见。

其技术目标是通过移动无线通信系统构建互联互通的信息社会，主要的愿景如图 1 所示。

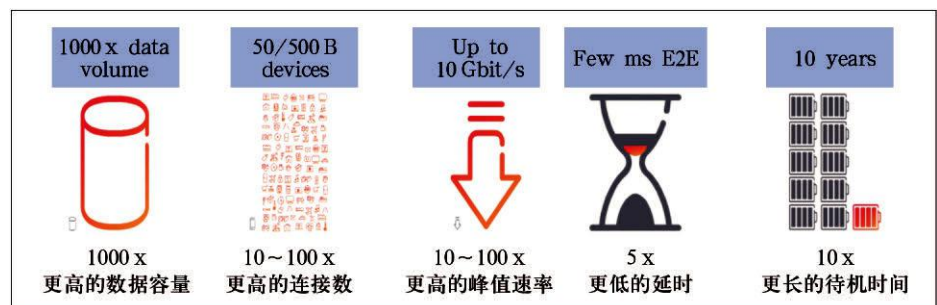


图 1 METIS 主要愿景

## 1.2 5G PPP

欧盟为维持其在移动通信方面的领先优势（欧洲 ETSI 是 3GPP 的主导）率先在其 Horizon 2020 计划中成立了 5G PPP（Public Private Partnership）（5G 政府民间合作计划）。5G PPP 由政府出资管理项目吸引民间企业和组织参加，计划在 2014 ~ 2020 年期间投资 7 亿欧元，拉动 5 ~ 10 倍企业投资，其机制类似我国的重大科技专项。5G PPP 计划发展 800 个成员，包括 ICT 的各个领域：无线 / 光通信、物联网、IT（虚拟化、SDN、云计算、大数据）、软件、安全、终端和智能卡等。

## 1.3 IMT-2020

IMT-2020 推进组于 2013 年 2 月由中国工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部联合推动成立，成员包括中国主要的运营商、制造商、高校和研究机构。

其愿景为信息随心至，万物触手及。如图 2 所示，我国提出的 5G 需求共包括 6 大技术指标和 3 大效率指标。

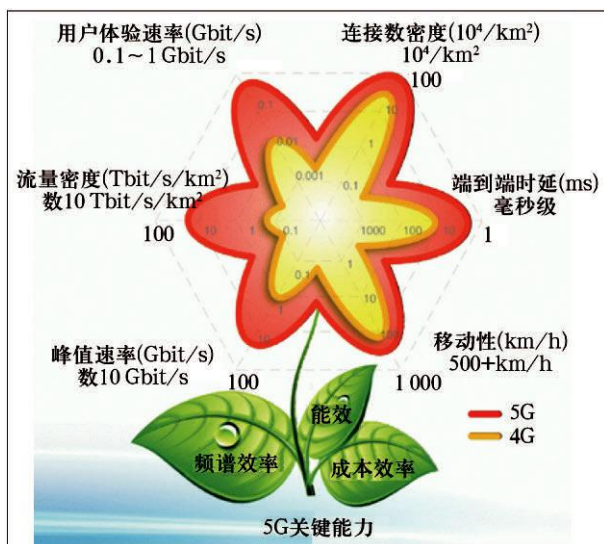


图 2 IMT-2020 愿景

## 1.4 5G Forum 和 NGMN

5G Forum 是韩国发起的 5G 组织，成员涵盖政府、产业、运营商和高校。主要愿景是引领和推进全球 5G 技术。

NGMN 在 2006 年正式在英国成立有限公司，他的主导发起人是由 7 大运营商发起的，包括中国移动、DoCoMo、沃达丰、Orange、Sprint、KPN，他是希望

通过市场发起技术的要求，不管是下一步设备的开发，以及实施等都希望以市场为导向推行。

## 2 5G 的标准化进程

与 4G 技术类似，5G 相关的标准化组织有两个：ITU 和 3GPP。其中 ITU 是联合国的一个重要专门机构，其下又分电信标准化部门（ITU-T）、无线电通信部门（ITU-R）和电信发展部门（ITU-D）3 个部门，每个部门下设多个研究组，每个研究组下设多个工作组。5G 的相关标准化工作是在 ITU-R WP5D 下进行的。而 3GPP 是一个产业联盟，其目标是根据 ITU 的相关需求，制定更加详细的技术规范与产业标准，规范产业的行为。

ITU-R WP5D 是专门研究和制定移动通信标准 IMT（包括 IMT-2000 和 IMT-Advanced）的组织。ITU-R WP5D 下设 3 个常设工作组和 1 个特设组，3 个常设工作组分别是总体工作组、频谱工作组、技术工作组，特设组为工作计划特设组。

ITU-R WP5D 日前已经确定了 5G 的时间表，如图 3 所示，基本上可以划分为 3 个阶段。

第一个阶段截止到 2015 年底，重点是完成 5G 宏观描述，包括 5G 的愿景，5G 的技术趋势和 ITU 的相关决议，并在 2015 年世界无线电大会上获得必要的频率资源。

第二个阶段是 2016 ~ 2017 年底，为技术准备阶段。ITU 主要完成技术要求，技术评估方法和提交候选技术所需要的模板等内容。最后正式向全世界发出征集 5G 候选技术的通函。

第三个阶段是收集候选技术的阶段。从 2017 年底开始，各个国家和国际组织就可以向 ITU 提交候选技术。ITU 将组织对收到的候选技术进行技术评估，组织技术讨论，并力争在世界范围内达成一致。

2020 年底，ITU 将发布正式的 5G 标准。故此，5G 也应该被称为 IMT-2020。

不同国家、地区、公司在 ITU-R WP5D#19 会议上提出了 5G 的需求，经过多方讨论，目前 5G 愿景已经大体

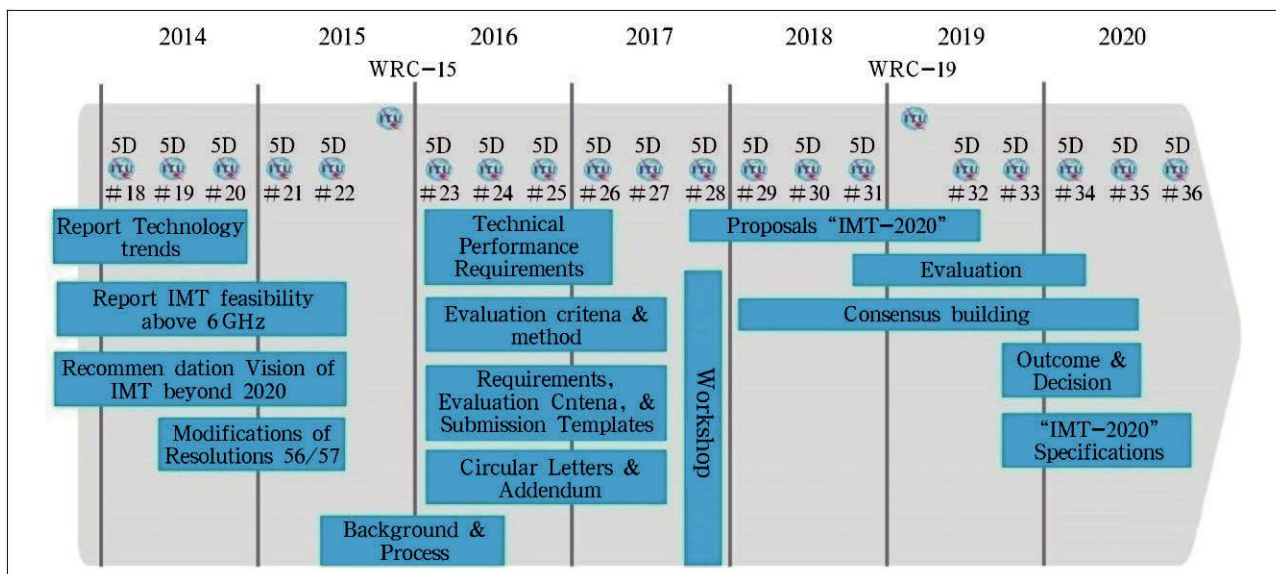


图 3 ITU-R 5G 时间表

成型。确定了 8 个 5G 关键能力并初步讨论了取值范围。

在 ITU 的框架下，3GPP 将在 Release 14 中开始研究 5G。目前，3GPP 制定的 5G 研究项目共有 6 项：

5G 的目标：用户体验质量；业务支持能力；成本、运营和能源效率；自适应成本，按需容量分配；下一步计划。

全球各公司和运营商都在积极的探讨 5G 技术。

### 3 全球主流的 5G 研究现状

目前 5G 最终采用的关键技术还尚不明确，但是有一些技术热点一直被业界看好，也是业界正在努力探索的目标，随着这些技术的发展和成熟，5G 技术也会随之出现。本文将介绍 6 大关键技术，包括高频段通信、多天线传输、全双工技术、非正交传输、D2D 通信、超密集组网等。

#### 3.1 高频段通信

目前，移动通信工作频段主要集中在 3 GHz 以下，这使得频谱资源十分拥挤，为了寻找更丰富的频谱资源，人们开始向高频段（如厘米波、毫米波频段）进军。

60 GHz 早期用于军方卫星间保密通信，由于其频谱非常高，频带宽，因此在短距离应用时，抗干扰强，安全性高。2001 年美国 FCC 开放 57 ~ 64 GHz 免费频

段商用，之后全球积极响应，目前全球共有 4 个频段，9 GHz 的可用资源，如图 4 所示。

分析 60 GHz 频段，优劣势一目了然，优势：有史以来全球统一的最大的免费带宽；信道干净，抗干扰强，频谱复用度高；天线和设备小型化、较高的天线增益。

同时，其劣势也是不容忽视的：最大工作距离不超过 10 m；其绕射、折射能力差，受天气影响大，不能穿墙，只适合同房间内传输；毫米波芯片设计挑战巨大；量产后封装及测试仍不完善。

60 GHz 的使用必须在特定的场景下，需要配合其它的通信技术共同使用，如何为其寻找最适合的搭档和土壤，是相关工作者亟待解决的问题。

#### 3.2 多天线传输

MIMO 技术将传统的时域、频域、码域三维扩展为了时域、频域、码域、空域四维，新增纬度极大的提高了数据传输速率。随着天线能力和芯片处理能力的增强，目前，MIMO 技术从 2×2MIMO 发展成了 8×8MIMO，从单用户 MIMO 发展成了多用户 MIMO 和协作 MIMO。目前 MIMO 技术的新进展包括 3 个方面：从无源到有源，从二维 (2D) 到三维 (3D)，从高阶 MIMO 到大规模阵列。

有源天线系统 (AAS) 在天线系统中集成射频电路功能，从而提高能量效率，降低系统的功耗；提高波束



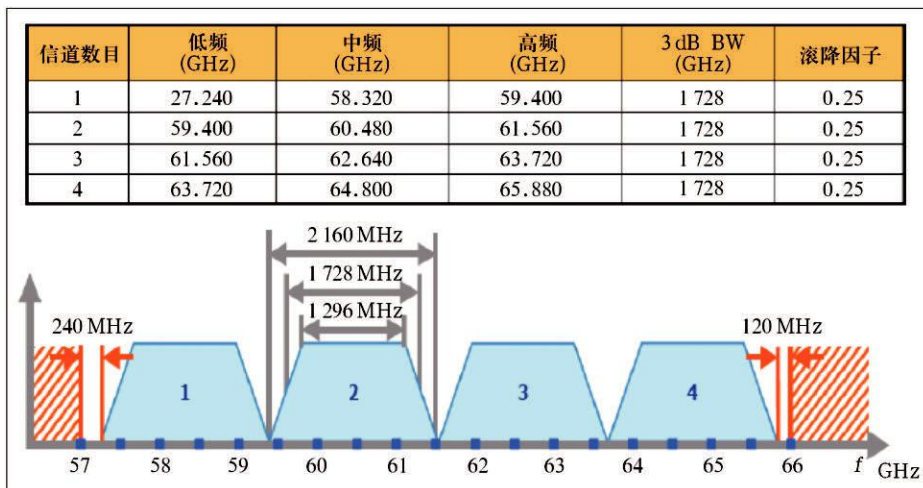


图 4 全球 60GHz 频段

赋行能力，进一步提高系统的容量性能；降低站址维护和租赁费用。

3D MIMO 支持多用户波束智能赋型，减少用户间干扰，结合高频段毫米波技术，将进一步改善无线信号覆盖性能。

大规模阵列 MIMO 提供了更强的定向能力和赋形能力，天线的方向示意图如图 5 所示。

多维度的海量 MIMO 技术，将显著提高频谱效率，降低发射功率，实现绿色节能，提升覆盖能力，而如今大规模 MIMO 仍旧面临一些问题，如大规模天线信道测量与建模、阵列设计与校准、导频信道、码本及反馈机制、天线的规模尺寸、实际工程安装和使用场景等问题，这些问题的探讨和成果会成为未来 5G 的重要发展方向。

### 3.3 同时同频全双工

同时同频全双工技术是指在相同的频谱上，通信的双方同时发送和接收信号，与传统的 TDD 和 FDD 双工方式相比，从理论上可以提高空口频谱效率 1 倍。

全双工技术能够突破传统 FDD 和 TDD 方式的频谱资源使用限制。然而，全双

工意味着干扰的产生，对干扰消除技术提出了极大的挑战，同时还存在相邻小区同频干扰问题。在多天线及组网场景下，全双工技术的应用难度更大。

### 3.4 非正交传输

为了进一步提高频谱效率，继 OFDM 的正交多址技术之后，学术界提出了非正交多址技术（NOMA）。非正交多址技术的基本思想是在发送端采用非正交发送，主动引入

干扰信息，在接收端通过串行干扰删除（SIC）接收机实现正确解调。然而，采用 SIC 技术的接收机在复杂度有一定的提高，因此，NOMA 的本质可以说是用提高接收机的复杂度来换取频谱效率。

### 3.5 终端之间直接通信（D2D）

传统的蜂窝通信系统的组网方式是以基站为中心实现小区覆盖，而基站之间通过有线技术连接到核心网，所有的通信必须通过核心网进行数据交换。随着无线多媒体业务不断增多，传统的业务提供方式已无法满足海量用户在不同环境下的业务需求。D2D 技术无需借助基站的帮助就能够实现通信终端之间的直接通信，拓展网络连接和接入方式，D2D 通信的示意图如图 6 所示。由于短距离直接通信，信道质量高，D2D 能够实现较高的

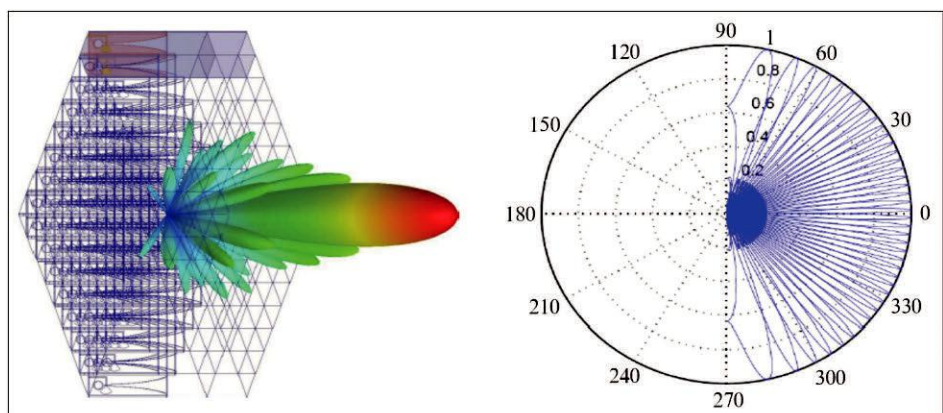


图 5 大规模阵列 MIMO 方向图

数据速率、较低的时延和较低的功耗；通过广泛分布的终端，能够改善覆盖，实现频谱资源的高效利用；支持更灵活的网络架构和连接方法，提升链路灵活性和网络可靠性。

目前，D2D 采用广播、多播和单播技术方案，未来将发展其增强技术，包括基于 D2D 的中继技术、多天线技术和联合编码技术等。然而 D2D 通信仍有一些问题尚不明朗，需要业界继续思考和探索，包括如下。

(1) 运营商的商业模式：如何合理地对终端直通进行收费；如何有效控制网络质量；如何合法监听，保障信息安全。

(2) 终端用户的消费心理：如何保证自身的隐私；如何激励用户做中继终端使用。

(3) 与已有技术的差异化：与 Wi-Fi Direct、Bluetooth 和一些集群业务的差异化如何体现。

(4) 终端的能耗问题：海量数据中继和传输的过程中电池电源的消耗情况。

### 3.6 异构网络超密集组网

传统的网络结构为同构网络，使用相同的无线传输制式，使用统一的基站类型和网络拓扑结构规则，提供相同的覆盖，提供相似的业务和服务。随着用户的数量增多

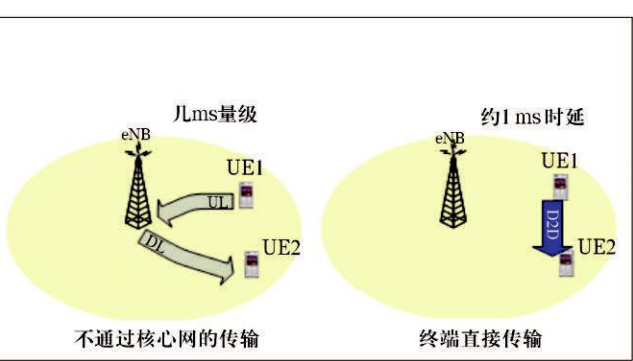


图 6 D2D 通信示意图

以及带宽需求激增这种网络将会面临瓶颈。更高的容量和覆盖需求，促使网络从水平的蜂窝结构网络向立体分层的异构网络转变。异构网络主要是指在宏蜂窝覆盖小区中放置低功率节点 (LPN, Lower Power Node)，如微蜂窝 (Micro Cell)、皮蜂窝 (Pico Cell)、飞蜂窝 (Femto Cell)、Relay 等，由不同类型、不同大小的小区构成“多样化的设备形态、差异化的覆盖方案、多频段组网方式”的分层立体网络。引入异构网络的主要目的是增强覆盖（补盲）、增加网络容量（补热）、实现话务分担与均衡。

异构网络已经有较好的产业基础，一些理念和简单的异构网络也已经在现网中部署，效果显著。然而，愈发密集的网络部署和愈发复杂的网络拓扑，将带来干扰问题，小区间干扰会成为制约系统容量增长的主要因素，极大降低了网络能效。干扰消除、小区快速发现、密集小区间协作、基于终端能力提升的移动性增强方案等，都是目前异构网络方面的研究热点。

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

