

全球 5G 发展现状概览

高 芳, 赵志耘, 张 旭, 赵蕴华
(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘 要: 进入到 2010 年代, 全球对 5G 概念给予了高度关注。基于通信产业界发起的对 5G 技术的展望, 主要国家都启动了 5G 研发计划。欧盟希望迅速发展 5G 技术, 以维持和加强欧洲企业的领导地位; 日本设立了 5G 研究组; 韩国在 5G 研发机构设立、长远规划、促进战略以及研发投入等方面都有积极表现; 美国积极开展 5G 项目的研发; 中国也在全方位布局 5G 技术的研发工作。目前, 5G 的技术标准尚未统一, 但各个国家对其场景的总体设想是趋同的。未来对 5G 概念的定义将不同于以往任何一代移动通信系统, 它对全球提出了前所未有的技术、运营和管控挑战, 在接入技术、频谱管理以及标准化等方面如何积极应对这些挑战, 是亟需探索的。

关键词: 5G; 移动通信; 无线接入技术; 频谱管理

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2014.07.011

移动通信技术起始于 20 世纪 70 年代, 在过去 40 多年的时间里不仅取得飞速发展, 而且给人们的生活、工作方式以及社会的政治、经济等各方面都带来巨大的影响。人类社会进入了高效率的信息化时代, 各个层次的业务应用需求呈现爆炸式增长, 给未来无线移动宽带系统在频率、技术以及运营等各方面都带来了巨大的挑战^[1]。而在全球大范围部署 4G 网络, 各国移动运营商和移动设备制造商都在为争抢 4G 市场而摩拳擦掌之时, 5G (Fifth Generation Mobile Communication System) 的概念已悄然兴起, 并且成为世界各国 (地区、组织) 争先定义的新领域。

那么, 5G 的技术将具备什么样的特征, 它将为人类提供怎样的无极限体验, 移动通信系统需要什么样的技术演进与革命性突破才能顺利过渡至 5G 时代, 正成为产学研界热烈探讨的话题。本文首先简要描述从 1G 到 5G 移动通信系统演进情况, 然后介绍了欧盟、日本、韩国、中国以及美国的 5G 研发计划与活动, 并对典型的 5G 技术指标与

场景规划进行了归纳, 最后总结得到 5G 移动通信系统对全球提出的挑战与要求。

1 从 1G 到 5G 的移动通信系统演进

移动 (无线) 通信技术起源于人类对电磁波的认知。1864 年, 麦克斯韦 (James Clerk Maxwell) 总结了电磁学实验定律, 并从数学上预言了电磁波的存在和光的电磁波本质; 1887 年, 赫兹 (Heinrich Rudolf Hertz) 通过实验证明了麦克斯韦理论, 从而为现代无线通信提供了理论依据; 20 世纪 70 年代, 贝尔实验室提出蜂窝 (Cellular Network) 的概念, 这被视为解决频率资源不足以及用户容量问题的一次重大技术突破, 从而开启了现代无线通信时代的大门。从此, 移动通信技术以不可预见的速度步入飞跃式发展阶段, 甚至有人称移动通信系统每 10 年即产生 1 次革命性变革^[2]。

1.1 1G 至 4G 概述

1G 是模拟蜂窝移动通信技术, 它出现于 20 世纪 70 年代, 并在 80 年代实现商用化。限于较窄

第一作者简介: 高芳 (1980—), 女, 工学博士, 博士后, 讲师, 主要研究方向为重点科技领域信息分析。

基金项目: 国家科技图书文献中心重大专项服务项目 (2014 年); 中国科学技术信息研究所预研基金项目 (YY-201404)

收稿日期: 2014-06-02

的传输带宽，1G 网络中只能进行区域性的移动通信，而不能进行长途漫游。

20 世纪 90 年代登场的 2G 是数字蜂窝移动通信技术。2G 技术虽然实现了从模拟向数字技术的转变，但是由于标准未能统一，导致漫游仅限于同一制式的网络，无法实现全球漫游。与此同时，2G 系统带宽有限，无法实现高速率的传输业务，从而限制了数据业务的应用。2.5G 以 2G 网络为延伸，它利用电路交换技术实现话音通信，基于分组交换技术实现数据传输，分组交换技术的应用使得带宽利用效率明显提高。

3G 仍然属于数字蜂窝移动通信技术。相对于 2G 和 2.5G 技术，3G 系统具有更高的频谱利用率、更强的标准兼容性以及更高的数据通信能力。国际电信联盟 ITU 提出的 3G 系统标准 IMT-2000 (International Mobile Telecommunications for 2000)，旨在将各种不同的地面蜂窝系统、无线接入系统以及卫星通信系统都综合在一起，从而实现真正的全球漫游和全球服务。

4G 是多功能集成的宽带移动通信系统，在功能、业务以及频谱资源上均与 3G 系统有所不同，它不仅要跨越不同的固定和无线平台，而且要为分散频率的网络提供无线服务。4G 技术的关键字为“宽带接入”和“分布式网络”，它对数据传输的峰值速率和频谱利用效率提出了更高的要求 (IMT-Advanced 中要求上行峰值速率为 1.5 Gbps，下行峰值速率为 3.0 Gbps，Rel-10 中频谱效率峰值为 30 bps/Hz^[3])。4G 系统要实现异构网络的无缝接入，它将把有线和无线访问技术融合到统一的网络中，从而使用户可以在任何时间、任何地点以多种方式享受到任何类型的服务^[4]。

1.2 到 5G 的演进

自 1997 年 ITU 给出 3G 系统的标准定义起，关于 4G 无线蜂窝系统的讨论即已开始。其中，基于 3G 标准家族，3GPP 在 Rel-8 中发布了 LTE 的第一个版本^[5]。作为首个应用 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access，正交频分复用接入) 技术的蜂窝系统，LTE 系统需要下行峰值速率上取得高达 300 Mbps 的重大飞跃。然而，LTE Rel-8 和 Rel-9 都没能满足 ITU 对 4G 系统提出的 IMT-Advanced 需求，直到经过一系列演进发

展生成的 Rel-10 版 (也被称为 LTE-Advanced)，才被看做真正的 4G 系统^[5]。

Rel-10 于 2011 年 3 月份完成，之后的 Rel-11 负责对 LTE-A 中规范的基本技术进行增强，Rel-12 的标准化工作起始于 2011 年 10 月，并在 2014 年 6 月份冻结。3GPP 组织的会议上对增强型技术以及新技术进行了充分讨论，虽然还未得到清晰的结论，但是，Rel-12 版需要解决的关键技术已经明确。其中，需要增强的技术包括：增强型 CoMP (inter-site CoMP)，增强型载波聚合 (multi-stream carrier aggregation) 以及增强型的 MIMO 系统 (full-dimension MIMO)。将要引进的新技术则包括：用于广域移动网络中的机对机通信的 MTC (machine-type communication)，用于实现用户间的直接互联 (无需通过移动网络) 的 D2D (device-to-device communication)。

Rel-13 的标准化起始于 2013 年 3 月，并将在 2014 年 9 月实施该版本第一阶段的冻结。Rel-13 仍然是对 LTE-A 的技术进行增强型定义与规范，预计在之后的 Rel-14 和 Rel-15 将定义新的接入技术^[6]。目前来看，这些版本都可归属于 B4G 技术，虽然对 B4G 技术本身还不能给出精确的定义，然而已发布的版本的确已指明了技术及其系统发展的方向与资源要求。

4G 标准的版本仍在商讨论定过程中，承载着 B4G 系统未来的 5G 概念已经进入人们的视线。5G 概念的提出最早可追溯至 2000s 的中后期，并从 2012 年开始受到通信业界的高度关注。关于 5G 的技术研究，其可能增加的新概念和新课题尚未明确，然而可以肯定的是，5G 是面向 2020s 需求的技术，ITU 已积极开展面向 2020 年技术趋势、频谱需求分析和社会愿景等方面的研究工作，并计划于 2015 年 7 月完成 2020 年移动技术发展愿景研究报告，以对 5G 形成一个基本的全球共识。

表 1 所示为各代通信系统的典型特征、核心技术以及典型标准等的汇总。移动通信系统经历了从 1G 到 4G 时代的长期演进，而目前，2G、3G 和 4G 的网络正同时为全球的用户提供多层次的服务。基于用户体验的角度，特别是从 3G 时代开始，移动网络的接入速度指标是最受关注的，然后就是业务提供的丰富程度，而这些指标在未来的

表 1 全球移动通信系统的演进

系统	年代	典型特征	无线技术	核心网	典型标准			
					欧洲	日本	美国	中国
1G	1980 s	模拟信号	FDMA	PSTN	NMT, TACS C450, RTMS	NTT	AMPS	—
2G	1990 s	数字信号, 个人通信系统	TDMA 为主 CDMA 为辅	PSTN	GSM DECT	PDC PHS	DAMPS CDMA ONE	—
3G	2000 s	全球标准	CDMA 为主 TDMA 为辅	广义的电路交换, 分组交换	WCDMA	—	CDMA 2000	TD-SCDMA
4G	2010 s	高速率, 移动性	OFDMA	IP 核心网, 分组交换	FDD-LTE	—	WiMAX	TD-LTE
5G	2020 s	超高速率, 超大容量, 全网融合	待定	待定	—	—	—	—

5G 时代仍然待定。

2 主要国家 5G 研发计划及活动

2.1 欧盟及其主要成员国

目前, 欧洲在移动通信领域明显落后于亚洲主要竞争对手。因此, 在新一轮移动通信技术研发与产业化竞争中, 欧盟委员会希望迅速发展 5G 技术以维持和加强欧洲企业的领导地位。

(1) 欧盟在 2012 年 9 月启动了“5G NOW”的研究课题, 该课题由来自德国、法国、波兰和匈牙利的 6 家科研机构共同承担。项目归属于欧盟第七框架计划 FP7, 预计在 2015 年 2 月结束, 课题主要面向 5G 物理层技术进行研究。

(2) 欧盟在 2012 年 11 月正式启动名为“METIS”(Mobile and Wireless Communications Enablers for the Twenty-Twenty Information Society) 的 5G 研发项目, 欧盟因此被称为全球 5G 研发的先行者。该项目同样归属 FP7, 投资预算达 2 700 万欧元, 并由欧盟资助。METIS 项目第一阶段计划运行 30 个月, 约 80 名专家全职参与该项目。

METIS 项目组由 26 个成员组成^[7], 其中包括, 阿尔卡特朗讯、爱立信、华为、诺基亚、诺基亚西门子等 5 家顶级通信设备厂商, 以及德国电信、日本 NTT、法国电信、意大利电信、西班牙电信等 5 家电信运营商, 此外, 还有汽车制造商以及欧洲众多的学术机构。METIS 共划分 8 个工作组, 并指定了每个组的职责机构以及工作重点, 其

中, 每个工作组承担多项任务, 每项任务又分成一系列子任务, 即 METIS 通过逐渐分层的组织结构开展工作, 而所有的公司并不局限于本组的任务, 还积极参与其他组的工作。

(3) 欧盟于 2014 年 1 月正式推出“5G PPP”(5G Public-Private Partnership) 计划, 总预算 14 亿欧元, 计划在 2020 年前开发 5G 技术, 到 2022 年正式投入商业运营。该计划的成员包括通信设备制造商、网络运营商、电信运营商以及科研院所。从 2013 年底开始, 欧盟已经为参与研发的企业投入 7 亿欧元。

2.1.1 英国

英国早在 2012 年 10 月便计划率先推动国内的 5G 技术研发工作, 并建立一个 5G 网络研发中心; 同年 11 月, 英国信息通信管理局 (Office of Communication, Ofcom) 制定相应计划, 即为移动运营商释放 700 MHz 频段的频谱。2013 年 11 月, 在英国建立研发中心的这一愿景得以实现——5G 创新中心 (5 GIC) 在英国萨里大学成立。该中心的研究任务包括: 用户需求调研、5G 网络关键性能指标与核心技术的研究、5G 网络性能的评估验证等。

未来 5 年, 5 GIC 将分别获得创始成员 3 000 万英镑和英国高等教育拨款委员会 (Higher Education Funding Council for England, HEFCE) 中英国研究伙伴投资基金 1 160 万英镑的投入。2014 年 3 月, 英国政府表示将继续投入 4 500 万英镑开发 5G 移动宽带系统。

2.1.2 德国

德国于 2012 年 6 月在德累斯顿科技大学（Technical University of Dresden, TU-Dresden）成立专门实验室，旨在探索超越 LTE-Advanced 的 5G 无线通信系统。德累斯顿大学曾经与沃达丰集团合作，并在 3G 系统的研究领域居领先地位。尽管关于 5G 系统的研究包含多种系统级概念，但其研究成果仍有望被用于全球下一阶段无线通信标准制定过程。

2014 年 3 月，德国与英国联手在 5G、电信市场以及物联网三大领域展开更加紧密的合作，双方在改善电信统一市场方面已达成共识，并希望尽快消除欧洲市场的移动漫游费用，以共同推进欧洲电信市场一体化。在物联网领域，两国将研究经费增加至 7 300 万英镑，以实现数以十亿计的各种设备通过低功耗、低价格的芯片进行网络连接。

2.2 日本

日本无线工业及商贸联合会（Association of Radio Industries and Businesses, ARIB）在 2013 年 10 月设立了 5G 研究组“2020 and Beyond Ad Hoc”。该研究组隶属高级无线通信研究委员会，已经对 5G 服务、系统构成以及无线接入技术等进行了初步探讨。研究组分设 2 个工作组：服务与系统概念工作组，负责研究 2020 年及以后移动通信系统中的服务与系统概念，比如，用户行为、需求、频谱、业务预测等；系统结构与无线接入技术组，负责研究 2020 年及之后的技术，比如，无线接入技术、网络技术等。

2.3 韩国

在移动通信领域一向走在全球前沿的韩国，无论是在 5G 研发机构设置、长远规划、促进战略以及研发投入等方面表现的都更加积极，相关政策的制定也更加明确。

（1）韩国在 2013 年 6 月成立了 5G 论坛推进组 5G Forum，该组织成员包括韩国主要的通信运营商、设备制造商、研究机构和高校等，论坛提出了 5G 国家战略和中长期发展规划，并负责研究 5G 需求，明确 5G 网络、服务的概念等。

（2）在 2013 年 10 月底，韩国政府发布《信息通信技术研发中长期战略（2013—2017 年）》^[8]，选定 ICT 的内容、平台、网络、设备和信息安全五

大领域 10 项核心技术，其中，作为网络部分的基础即为“5G 移动通信”。在这一核心技术上，本期的发展目标是开发超高速移动通信基础与应用技术：为用户提供 1 Gbps 级的超高速数据服务，开发频率共享及毫米波无线通信技术，构建 100 Gbps 级基站，开发 1 Gbps 级终端和移动通信应用系统（无线充电、电磁医疗诊断等）。在开发“5G 移动通信”的阶段性目标设定上，规划中进一步明确：在 2013 年，建成新一代大功率移动通信基站 Class-S；到 2015 年，实现生物信号的无线传感功能；到 2017 年，则进入 5G 移动通信系统的试用阶段，同时，有线和无线系统完成初步融合。

（3）韩国 ICT 与未来创造科学部（Ministry of Science, ICT and Future Planning, MSIP）（它在韩国政府部门中排名仅次于企划财政部）于 2013 年下半年制定了“5G 移动通信促进战略”，并通过专家听证会的形式对其进行了完善。战略规划中表明，韩国将在 2015 年之前实现 pre-5G 技术，在 2018 年尝试 5G 服务，最终将于 2020 年正式投入 5G 商用服务。与此同时，在 2020 年之前实现全球移动通信设备 20% 的占有率，并在国际竞争力中达到首位。预计到 2026 年，韩国将累计创造出 476 万亿韩元的 5G 网络与终端设备市场以及 94 万亿韩元的消费市场。

（4）在研发投入上，MSIP 在 2014 年 1 月宣布建立“未来移动通信产业发展战略”，并投资 1.6 万亿韩元用于 5G 移动通信核心技术研发，预计将在 2018 年平昌冬奥会上首次示范 5G 应用。为了实现 2020 年 5G 网络成功商用的目标，MSIP 同时也在积极寻求来自电信运营商，基础设施与设备供应商以及终端设备制造商等的资助。

2.4 中国

中国的移动通信技术，在 2G 时代被动跟随其他国家（组织）的技术标准，在 3G 时代取得了突破性进展——建立了自主知识产权的标准体系 TD-SCDMA，到目前的 4G 时代则是以 TD-LTE 主导国内通信产业的发展，并积极拓展该标准在全球的市场范围。为了迎接新一轮的技术、标准以及市场竞争，中国开始全方位布局 5G 技术的研发工作。

2013 年 2 月，由科学技术部、工业和信息化部、国家发展和改革委员会三部委联合组织成立

了 IMT-2020 (5G) 推进组, 同时, 正式启动国家“863 计划”“第五代移动通信系统研究开发一期”重大项目, 以前瞻性地部署 5G 需求、技术、标准、频谱、知识产权等研究, 建立 5G 国际合作推进平台。其中, 科学技术部将投入 1.6 亿元人民币, 先期启动国家“863 计划”5G 移动通信系统前期研究开发重大项目。在 2020 年之前, 该项目将系统地研究 5G 领域的关键技术, 其中包括: 体系架构、无线组网与传输、新型天线与射频、新频谱开发与利用^[9], 完成性能评估与原型系统设计, 进行技术试验与测试, 实现支持业务总速率 10 Gbps, 频谱和功率效率基于目前 4G 系统的水平提升到 10 倍。

中国台湾地区, 为了延续其在通信产业的即有优势, 在 2014 年 1 月召开了“5G 发展产业策略会议”, 并将成立专职部门负责推动 5G 的长期发展。策略会议初步达成了 3 项共识: 一是建立学术界、法人与产业界有效的互动选题机制, 消除产学鸿沟; 二是建立有效的智财专利策略, 免受国际专利战干扰; 三是建立国际化的测验场域, 借此验证新创产品的有效性。另外, 台湾“行政院”邀请“国科会”、“经济部”、“教育部”等部门组成规划小组, 并将于近期推出“2020 年 TW-5G 战略方案”。

2.5 美国

作为全球最早部署 LTE 网络的经济体之一, 美国的 4G 网络部署节奏、技术路线等均排在世界前列。虽然美国尚未提出国家层面的 5G 研发计划或政策, 但是, 早在 2012 年 7 月, 纽约大学理工学院便成立了一个由政府和企业组成的联盟^[10], 以向 5G 蜂窝网络时代迈进。美国国家科学基金会 NSF 为该团队授予 80 万美元的激励创新研究资助金, 为包括 InterDigital、National Instruments 等在内的企业合作者提供了 120 万美元的研发资助。

另外, 从属于 NSF 工业与大学合作研发计划 I/UCRCs (Industry & University Cooperative Research Program) 的宽带无线接入技术与应用中心 BWAC (Broadband Wireless Access & Applications Center), 也在积极开展 5G 项目的研发, 特别是自 2013 年开始的未来 5 年, 来自 NSF 160 万美元以及产业界 400 万美元的专项资金支持更为该中心 5G 项目

的开展注入了强大的动力。

3 5G 技术指标与场景规划

目前, 关于 5G 的技术研究仍然处于早期研究阶段, 诸如 5G 系统应该包含哪些关键技术这样的信息, 还没有标准能够给予说明。然而, 部分研发团队、移动运营商以及硬件设备制造商等都已经有了初步的技术指标与场景规划。

3.1 欧盟 METIS 项目

欧盟 METIS 项目中, 对 5G 的解释^[11]是“通过现有无线技术演进和开发补充性的新技术构建长期的网络社会, 5G 将摒弃以往移动通信领域以技术为核心的定义方式, 转而以用户体验与感受为中心, 通过集成多种无线接入技术提供极限体验来满足用户不同的需求。”

METIS 项目中, 研究 5G 的技术目标包括: 移动数据流量增长到 1 000 倍; 典型用户数据速率提升到 10~100 倍, 速率高于 10 Gbps; 联网设备数量增加到 10~100 倍; 低功耗 MMC (Machine-to-Machine Communication, 机器间通信) 的电池续航时间增加到 10 倍, 端到端时延缩短到 1/5; 在频率资源上, 5G 将从 2 GHz~6 GHz 的频段中选取 2 000 MHz 的频谱, 其中, 超高频段资源用于室内覆盖的场景^[7]。

如图 1 所示, METIS 研究 5G 的主要应用场景包括: 超高速场景——为未来宽带无线移动用户提供极速数据网络接入体验; 大规模人群应用——为高密度人群地区或场合提供高质量移动宽带体验; 移动性场景——将确保移动状态中的用户随时随地享有最佳体验; 超可靠实时连接——确保

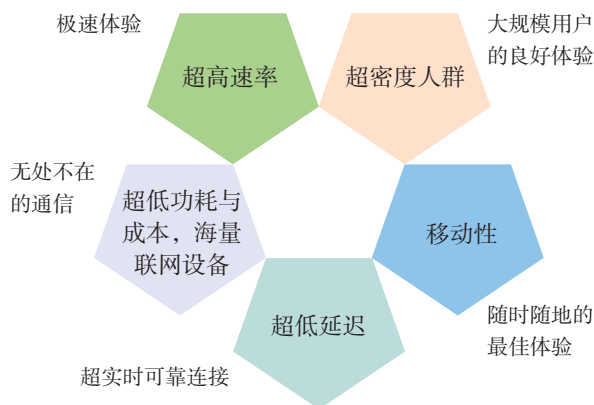


图 1 METIS 项目中对 5G 场景的描述

新应用实例、新用户实例，在时延、可靠性方面符合严格的标准；无处不在的万物通信——确保多样化设备通信的高效性，同时保持低功耗与低成本。

3.2 韩国 KAIST 研究重点

作为韩国“5G Forum”重要成员的韩国科学技术院（Korea Advanced Institute of Science and Technology, KAIST），受韩国通信委员会（Korea Communications Commission, KCC）委托，早在 2012 年，就已规划出 5G 技术发展目标与趋势，其下属的 IT 融合研究所于当年 12 月发布了相关的研究报告。

韩国 5G 技术发展的方向是：同时实现传输容量大、功率低以及万物互联这三大目标。为此，IT 融合研究所也分别提出对应需要解决的关键技术难题。扩大无线传输容量需要解决的关键技术包括：小型基站信号干扰抑制、无线后置网络以及高体积化天线；进一步降低功率，需要突破的关键技术包括：基站小型化、基站传输效率提高和波束传送；实现万物互联的关键技术，包括物联网和自律神经网络。

3.3 中国 CATR 设定的指标

中国工业和信息化部电信研究院（CATR）在之前的研究中选择快速路、密集住宅区、办公室、体育场等多种典型场景（包括固定与移动），结合视频播放、增强现实、OTT 消息^①、车联网等多种典型应用，进行综合分析，得到 5G 系统的关键技术指标^[12]包括：传输速率较 4G 提高到 10~100 倍，用户体验速率和峰值速率分别可达 1 Gbps 和 10 Gbps；时延较 4G 降低到 1/10~1/5，达到毫秒量级；连接设备密度提升到 10~100 倍，达到 600 万个/km²；流量密度提升到 100~1 000 倍，达到 20 Tbps/km² 以上；移动性达到 500 km/h，可实现高铁环境下的优质用户体验。

3.4 主要厂商的 5G 概念

3.4.1 瑞典的爱立信

瑞典的爱立信不仅是全球最大的移动通信设备制造商，而且在 METIS 的 5G 全球研发项目中扮演着非常重要的推动者角色。爱立信认为，5G 将

促进网络社会走向全面融合。与之前的移动通信系统不同，5G 不再是单一的无线接入技术，也不仅仅是几项全新的无线接入技术，而是现有无线接入技术演进和新增补充性技术集成后的解决方案总称。“5G 将以融合、统一的标准，提供人与人、人与物、以及物与物之间高速、安全和自由的联通，除了要满足超高速的传输需求外，5G 还需满足超大带宽、超高容量、超密站点、超可靠性、随时随地可接入性等要求。”^[12]

3.4.2 韩国的三星电子

韩国三星集团旗下的三星电子，是全球最大的消费电子产品及电子组件制造商之一。三星电子在 2013 年 5 月即发布消息，称其已掌握 5G 的核心技术，并开发出首个基于 5G 核心技术的移动传输网络——基于毫米波（28 GHz）的超宽带多天线通信演示平台。三星电子声明，这项新技术将提供比现有 4G 网络“快达数百倍”的传输速度，允许用户“几乎不受限制地传输大量数据文件，包括高质量数字电影。用户能享受到诸如 3D 电影、游戏、实时流的超高清内容，以及远程医疗服务。”

3.4.3 中国的华为

中国华为的移动通信设备在全球的市场占有率与爱立信不相上下，在欧盟的 METIS 项目、5G PPP 计划中以及英国的 5 GIC 中均可见华为公司积极的身影。华为认为，5G 的需求与技术主要包括：一是超大容量、多连接和超高速的网络接入需求，这涉及到新型空口技术以及网络架构的研究；二是多种异构网络融合的需求，这涉及到网络部署问题的研究，华为认为，需要深入探讨的技术有自回传超密集无线网络、无线接入架构共享等，同时需引入超级结点的概念；三是提高频谱效率的需求，这需要动态频谱使用与接入技术的支撑。

3.4.4 中国的大唐电信

大唐电信作为中国 TD 标准的主要推动者和领导者，为中国通信产业的自主创新起了关键作用。2013 年 12 月，大唐电信发布了《演进、融合与创新 5G 白皮书》，白皮书中从社会职责和功能、终端用户、应用与运营 3 个角度概括了 5G 的宏观愿

^① OTT: over-the-top, 通信行业借用体育运动领域的词汇，指内容或服务建构在基础电信服务之上，不需要网络运营商的额外支持。

早期特指音频、视频内容的分发，后来逐渐包含了各种基于互联网的内容和服务。

景,并提出对应这些需求的5G关键指标要求^[1]。在技术方向分析方面,大唐电信指出演进、融合和创新是面向未来5G技术标准发展的三大路线,其中,融合路线包括多领域跨界融合、多系统融合、多RAT(Radio Access Technology)/多层次/多连接融合3个层次,创新路线则包括频率使用方式创新、空口传输技术创新和网络架构创新3个方面。

3.4.5 日本的 NTT

NTT DOCOMO 是日本最大的移动通信运营商,它在4G网络的部署与服务提供方面成为全球动作最快的运营商。2013年12月,NTT公开其5G构想的全貌,其中包括:一是为了将多种蜂窝小区组合起来实现无线接入,提出“扩展 Phantom Cell”概念;二是针对各种蜂窝小区引入新技术(包括,使用大规模输入输出天线,多方向进行波束成形等),其目的是要提高频谱效率,增加网络吞吐量,提升数据传输速率,降低基站发射功率等。

3.5 技术指标的趋同性

从上述各主体提出的5G场景来看,虽然其描述方式尚未统一,但是总体的技术指标是趋同的,他们对5G网络的设想是相似的,这突出体现在以下几个方面:

(1) 5G需满足对通信速率、信道容量以及频谱效率的追求,是同前几代通信系统发展需求一脉相承。其中,用户对通信系统的最直观感受即通信速率,基于4G系统对5G传输速率提出达到10~100倍的增长目标,这是符合数字移动通信系统从2G到4G发展规律的。频率资源的有限性和大容量传输技术对带宽的需求向来是相互矛盾的主题,如何在满足高传输速率的需求下提升频谱效率,也是5G系统需要重点解决的问题。

(2) 5G需满足“无处不在”与“万物互联”的要求,这是5G系统区别于以往通信系统的独有特征。未来的5G网络将是异构融合的多制式网络,它将成为人类社会生态赖以正常运转的无线信息流通系统^[1]。它不仅承载来自联网设备的大规模增长(除了智能手机、平板电脑和可穿戴设备这些常规的联网设备,还包括联网传感器、联网汽车、智能电表以及智能家居小器件等),更要接受不同应用场景对网络需求的各种挑战。特别是,除了要满足超高容量、超密站点、超可靠性以及随时

随地可接入等需求外,5G网络必须是融合化的泛在网,它不再局限于人与人之间的沟通,而要成为连接世界万物的通道,所有的人和物都成为网络中的结点,每个人都可以与世界上所有的人和物建立直接的联系。

(3) 5G需满足绿色节能的需求,这是5G系统在全球可持续发展大环境下必须实现的目标。低成本与低功耗已成为全世界、全领域大力倡导的主题,在这样的大环境下,未来的5G网络必须是低成本、易于部署和可持续应用的,必须是可继承现有基础设施与资源、兼容现有网络的,必须是智能的可自组织、自配置和自管理网络。基于此节省下来的所有成本、资源与费用等,不论是通信设备制造商,还是通信业务运营商亦或是通信服务使用者都将从中受益。

4 5G 对全球提出的挑战与要求

如前文所述,在5G系统的各种愿景规划中,5G不仅要继承以往移动通信系统的技术演进,还要承载多业务、成为智能化的泛在网络。因此,未来对5G的定义不会仅仅局限于某项业务能力、某个典型技术特征或者某个技术标准,它将是一个相对宏观的概念,或者从业务提供的角度,或者从技术支撑的角度,甚至从与其他领域技术(诸如集成电路技术、计算机技术等)深度融合的角度,都能给出一种诠释,只有集成了多个角度的描述才能形成对5G定义的全解。

4.1 挑战

正是5G这种全新的理念,使得5G系统可能对全球提出了种种挑战。

(1) 技术挑战

为了构建具备超大容量、超高速率、超大带宽、超可靠性、随时随地接入特征的融合性系统,进行怎样的技术创新与突破,才能满足通信流量的需求,并在资源有限的条件下大幅度提高频谱效率;如何将各种智能设备的功能拓展并相互融合,将从属于多种业务网络、采用不同接入技术的设备集成到统一的网络;开发出怎样的通信芯片与智能终端,如何优化网络架构,使得终端设备能耗、网络建设成本与总体消耗降到最低——这都是非常重要的、必须应对的技术挑战。

（2）运营与管控挑战

在持续满足与提升用户体验的同时，对于融合后的大系统如何动态的分配资源；怎样向全行业、全领域进行渗透，并基于现有的物联网等基础设施实现真正的万物互联；为了满足未来用户众多新的业务需求，应该探索出哪些新兴的服务方式和运营模式，同时最小化运营成本；诸如虚拟运营商之类新类型的运营商，如何与传统电信运营商在新的产业生态中各得其利。如何设计统一的移动通信标准，以支持更加广泛、更加灵活的业务需求；如何协调全世界各国的频谱资源，使得用户的通信需求在跨越国界时能够平稳过渡；如何调整无线电频率使用和监管规则，以提高频谱利用的灵活性；出于保护用户个人隐私以及政府公共安全等，如何限制运营商对用户管控的权限——这是在新移动通信时代到来必须解决的运营与管控难题。

4.2 应对挑战

如何应对这些挑战，是值得积极探索的。

（1）以应用来驱动 5G 网络设备、系统以及终端设备的研发，最大限度地满足用户体验与感受。促进智能设备硬件与软件（应用）的结合，依托 4G 技术开拓新的应用，基于上游的云计算服务需求驱动移动终端设备的开发。

（2）完善 5G 频谱资源管理规范，基于有限的资源最大化通信服务效率。世界各国、各地区立法定期公布短期、中期以及长期频谱政策；频谱资源的分配从规划到正式牌照的发放必须及时公开，并通过产、官、学界的共同研讨；制定更富弹性的频谱资源转让规则；制定并实施牌照中止以及终止机制。

（3）需加快 5G 标准化研究工作，统一业务需求、频率规划以及技术方案等。特别是在 ITU 主导标准研究与制定工作的过程中，各国的研发计划与项目必须积极参与其中，在保护自主知识产权的前提下，在业务、用户体验、带宽、频谱效率、运营部署以及安全管理等方面共享需求、指标等信息，将有利于顺利推进 5G 的标准化工作。

（4）积极推进多层次以及跨领域的合作，努力形成开放合作、权益共享的良性发展机制。

一是积极开展国际合作，构建 5G 国际合作与

交流平台，特别是组织开展欧洲、北美和东亚地区之间的国际合作与交流，向国际上推介发达国家 5G 的研发成果，以有效地推动各国的 5G 技术研发融入到国际发展的大环境中。

二是构建开放的研发环境，汇聚产学研等多方力量参与到 5G 的研发中，包括大学、科研院所等在内的学术科研机构，以及包括设备制造商、电信运营商在内的通信企业，形成长期、稳定的研发伙伴关系。

三是落实领域合作与产业合作，促进 5G、大数据、云计算、物联网等领域的深度融合，基于开放的平台，各行各业应用服务合作伙伴携手共创未来信息产业的发展。■

参考文献：

- [1] 大唐电信科技产业集团. 演进、融合与创新 5G 白皮书[R]. 北京：大唐电信科技产业集团，2013-12.
- [2] Ohmori S, Yamao Y, Nakajima N. The Future Generation of Mobile Communication Based on Broadband Access Technologies[J]. IEEE Communication Magazine, 2000, 38(12): 134-142.
- [3] Wannstrom J. LTE-Advanced[EB/OL]. (2013-06)[2014-03]. <http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/97-lte-advanced>.
- [4] Kibria MR, Mirchandani V, Jamalipour A. A Consolidated Architecture for 4G/B3G Networks[J]. IEEE Wireless Communications and Networking Conference, 2005(4): 13-17.
- [5] Akyildiz IF, Gutierrez-Estevez DM, Balakrishnan R, et al. LTE-Advanced and the Evolution to Beyond 4G (B4G) Systems[J]. Physical Communication, 2014(10): 31-60.
- [6] Seidel E. 3GPP LTE-A Standardization in Release 12 and Beyond[R]. Munich, Germany: Nomor Research GmbH, 2013-01.
- [7] METIS Project. The 5G Mobile and Wireless Communication System[R]. Mandelieu: Afif Osseiran, 2013-11.
- [8] 미래창조과학부. 미래부 ICT R&D 중장기 전략수립[R/OL]. (2013-10)[2014-03]. http://www.msip.go.kr/www/brd/m_159/view.do?seq=134.
- [9] 刘春辉. 5G 研究升温意味着什么[N]. 人民邮电, 2013-10-31(006).
- [10] Churchill S. Millimeter Frequencies Proposed for 5G

- [EB/OL].(2013-07)[2014-03].<http://www.dailywireless.org/2012/07/19/millimeter-frequencies-proposed-for-5g/>. [12] 周玲. 中国布局 5G 研发: 6 年后商用[N]. 东方早报, 2014-01-29(A23).
- [11] 史蕾. 欧盟 METIS 项目完成 5G 初定义[N]. 通信产业报, 2013-05-27(008).

Global Development of 5G

GAO Fang, ZHAO Zhi-yun, ZHANG Xu, ZHAO Yun-hua

(Institute of Scientific and Technological Information of China, Beijing 100038)

Abstract: The 5th Generation Mobile Communication Technology (5G) is getting more and more attention since 2010. Based on the 5G prospective of communication industry, major countries including EU states, the US, Japan, South Korea, as well as China, have launched 5G research and development plans one after another. And the implementation of relevant projects also gave further impetus for the 5G scenarios. Although the 5G standard has not yet unified, the general ideas of different plans is convergent. Anyhow, the definition of 5G concept in the future will be different from any previous generation mobile communication system. It brings unprecedented challenges in technology and operation management, so it is particularly urgent to tackle challenges over the radio access technology, spectrum management and technology standardization.

Key words: 5G; mobile communication; radio access technology; spectrum management

(上接第 53 页)

Analysis on Patent Cooperation in Chinese Solar Technology

SHEN Hong-yan¹, TENG Fei², YI Tie-mei¹

(1. Beijing Institute of Science and Technology Information, Beijing 100048; 2. Institute of Spatial Planning & Regional Economy, NDRC, Beijing 100101)

Abstract: Solar technology is a typical low-carbon technology. After many years of development, China has made great achievements in solar technology. But China is still confronted with grave challenges due to the lack of core technology. Considering that the technology innovation and cooperation level can be evaluated by patent analysis, this paper, analyzes the data of patent cooperation of solar technology in China based on the method of patent analysis. The conclusions are: there are few technical connection in solar technology among institutions in China, which means the mature innovation system among industry, universities and research institutions has not been established; the policy support has great impact on the emerging low-carbon technologies including solar technology; the patent authorization in solar technology in China mainly concentrates in solar thermal industry with less cooperation in solar photovoltaic industry; regional differences of solar patent cooperation are still obvious, and we should strengthen the technology cooperation and technology transfer; in order to promote the development of domestic solar technology, we should encourage the international communication and cooperation in solar industry.

Key words: solar technology; low-carbon technology; patent information analysis; technology innovation and cooperation