

The Industry Research Status of Millimeter-wave 5G

Guoqing Hu^{1, 2, a,*}, Jin He^{1, 2, b}, Chunlai Li¹, Jingjing Liu¹, Jun Pan¹, Huali You¹,
Zhijiong Wang¹ and Ying Yu¹

¹ Peking University Shenzhen SoC Key Laboratory, Peking University Shenzhen Institution, Shenzhen, China

² School of Electronics Engineering and Computer Science, Peking University, Beijing, China

^ahuking@pku.edu.cn, ^bfrankhe@pku.edu.cn

*Corresponding author: huking@pku.edu.cn

Keywords: Millimeter-wave, Mobile Communications, 5G.

Abstract. The demand of mass data services brought by the mobile Internet and the Internet of things makes the traditional mobile communication spectrum resources become saturated. The high frequency millimeter-wave 5G is becoming the subject of extensive research in the industry. This paper selects the most representative five industry companies in China, Europe, the United States, Japan and Korea, the five largest 5G driving countries, and discusses the latest research progress in the field of millimeter-wave 5G. Through analysis, we find that the future 5G network will use the low frequency (<6GHz) for wide area coverage and high frequency (>6GHz) millimeter-wave for hot spot access.

毫米波5G产业界研究现状

胡国庆^{1, 2, a,*}, 何进^{1, 2, b}, 李春来¹, 刘京京¹, 潘俊¹, 尤华丽¹, 王志炯¹, 余迎¹

¹北京大学深圳研究院系统芯片设计重点实验室, 深圳, 中国

²北京大学信息科学技术学院, 北京, 中国

^ahuking@pku.edu.cn, ^bfrankhe@pku.edu.cn

*通讯作者: huking@pku.edu.cn

关键词: 毫米波; 移动通信; 5G。

中文摘要. 移动互联网和物联网带来的庞大数据业务需求, 使得传统移动通信频谱资源趋于饱和, 高频段毫米波5G正成为产业界广泛研究的课题。本文选取了中欧美日韩五大5G推动国最具代表性的五家产业界公司, 探讨了毫米波5G领域的最新研究进展。通过分析, 我们发现未来5G网络将采用低频段(<6GHz)蜂窝进行广域覆盖、高频段(>6GHz)毫米波进行热点区域接入相结合的方式。

1. 引言

第一代到第四代移动通信主要提供面向个人应用的移动业务, 而5G将渗透到未来社会的各个领域, 提供面向产业应用的数据业务, 建立完善的信息生态系统。5G将为个人及产业用户提供高达几十Gbps的峰值接入速率、毫米量级的超低时延用户体验、千亿量级的接入容量, 移动性可支持到500 km/h, 可以为超高流量密度、超密集连接数密度等不同场景提供极致业务体验, 真正做到“信息随心至、万物触手及”。5G的总体业务愿景如图1所示。

图1 5G业务总体愿景^[1]

然而，面对移动互联网和物联网带来的巨大的业务需求，传统移动通信频谱资源已趋饱和，因此毫米波频段正成为产业界和学术界广泛研究的课题。目前，通信产业界也达成共识：未来5G网络将采用低频段（<6GHz）蜂窝进行广域覆盖外加高频段（>6GHz）毫米波进行热点区域接入相结合的方式：一部分是基于现有技术的演进，可以兼容现有的移动通信系统，频率主要在6 GHz以下；另一部分则采用6 GHz以上的毫米波频段，利用毫米波的超高传输速率实现超密集场景、超高速率要求的热点区域覆盖。目前产业界研究的5G典型候选频段主要集中在15GHz、28GHz、38GHz和72GHz^[4-5]。

2. 产业界主要公司毫米波5G研究进展

本部分将选取中欧美日韩五大5G推动国最具代表性的五家产业界公司（欧盟爱立信、中国华为、韩国三星、美国高通、日本NTT DoCoMo），探讨毫米波5G领域的最新研究进展^[4-7]。

2.1 爱立信研究进展

2014年，爱立信发布了的全球首台5G移动终端原型。2016年2月，在巴塞罗那世界移动通信大会上，爱立信采用15GHz频段实现了20-25Gbps的峰值速率。2016年11月，爱立信、SK电讯和宝马联合在韩国完成了28 GHz毫米波5G户外车辆移动测试。2017年4月，爱立信和俄罗斯最大电信运营商MTS在莫斯科开展了5G技术测试：此次测试采用了Multi-User、Massive MIMO、光速追踪等技术，基站使用14.5-15.3GHz的频段，以智能手机为载体，实现了25Gbps的数据传输速度。2018年1月，爱立信发布了首个5G小基站“5G Radio Dot”，用于满足5G时代室内移动宽带的性能要求。2018年4月，爱立信联合其他25家创始成员，发起了“工业互联网与自动化5G联盟”。

2.2 华为研究进展

2016年2月巴塞罗那移动世界大会上，华为联手德国电信现场演示了毫米波5G多用户MIMO技术，在73GHz毫米波段上达到了70Gbps的超高传输速率。2016年7月，华为联手沃达

丰在英国完成了5G毫米波（E-Band，71-76GHz）现场测试：利用高强度物理反射的单用户MIMO实现了单用户设备达到20Gbps的峰值传输速度，并通过多用户MIMO实现远距单用户设备达到10Gbps的峰值传输速度。2016年11月，华为联手澳大利亚运营商Optus合作完成了毫米波5G网络测试，使用73GHz频段实现了35Gbps的传输速率。2016年11月17日，在3GPP RAN1 87次会议的5G短码方案讨论中，华为的Polar Code（极化码）方案，最终战胜列强，成为5G增强移动宽带场景控制信道编码最终方案。2017年6月，华为率先完成了IMT-2020(5G)推进组我国5G第二阶段测试。2018年2月，在2018世界移动通信大会前夕，华为正式面向全球发布了首款符合3GPP标准的5G商用芯片巴龙5G01（Balong 5G01），和基于该芯片的首款3GPP标准5G商用终端华为5G CPE。

2.3 三星研究进展

2013年5月，三星首次完成了28GHz频段5G测试，数据传输速率达到1Gbps。2015年9月，SK电信联合三星在韩国盆塘部署了一套毫米波5G通信系统。2016年9月，三星美国子公司联合美国电信运营商T-Mobile，在室外环境进行了28 GHz毫米波频段5G初步测试。2017年5月，三星电子美国公司宣布联手思科及Verizon，成功进行了业界首次多供应商端到端5G网络现场测试。2018年2月平昌冬奥会上，三星、韩国电信等公司率先为冬奥会用户提供了5G应用服务，这也是5G的全球首秀；三星在冬奥会的多个场馆提供了200台支持5G的平板设备，方便用户使用5G专用设备查看比赛内容和赛程数据。

2.4 高通研究进展

2016年2月世界移动通信大会上，高通展示了28GHz移动化毫米波原型机。2016年10月，高通发布首款5G调制解调器骁龙X50：该调制解调器支持28GHz频段毫米波频段，采用支持自适应波束成形和波束追踪的MIMO技术，可支持高达每秒5Gbps的峰值下载速度。2017年2月，高通联手中兴通讯和中国移动，开展了基于5G新空口规范的互操作性测试和OTA外场试验。2017年10月，高通展示了全球第一款5G手机样机。2018年3月，高通骁龙855曝光，高通将这一代顶级SoC称为“骁龙855 Fusion”：直接搭载5G基带骁龙X50，采用28nm工艺，数据传输速度达到5 Gbps，支持3.5GHz/4.5GHz中频（Sub 6GHz），也支持28GHz/38GHz的高频（毫米波）。

2.5 日本NTT DoCoMo研究进展

该公司认为未来5G无线接入是由为高频段无线接入技术和LTE-A技术的结合。5G网络应该由覆盖层和容量层两部分组成。容量层：高频段满足高速数据需求，覆盖层：低频率完成移动覆盖。2015年10月，诺基亚与NTT DoCoMo在东京新城森大厦内的商业设施，合作实施了使用毫米波的5G验证实验：中心频率为73.5GHz，系统带宽为1GHz，最大吞吐量超过每秒2Gbit。2016年11月，DoCoMo联合三星完成了高速列车5G测试，使用28GHz高频频带，在时速高达150公里车辆的移动设备上实现了超过2.5Gbps的数据速率。2017年6月，在2017年第三届东京湾全球5G峰会期间，NTT DOCOMO联合华为首次完成基于3GPP 5G新空口的39GHz高频技术测试，实现了三方实时4K高清视频会议。2018年1月，NTT DoCoMo公司与诺基亚首次正式签署5G移动网络设备协议，NTT将在2020年前启动商业化5G网络服务，及时赶上东京奥运会。

3. 结束语

本文选取了中欧美日韩五大5G推动国最具代表性的五家产业界公司（欧盟爱立信、中国华为、韩国三星、美国高通、日本NTT DoCoMo），探讨了毫米波5G领域的最新研究进展。通过分析，我们发现未来5G网络将采用低频段（<6GHz）蜂窝进行广域覆盖外加高频段（>6GHz）毫米波进行热点区域接入相结合的方式：一部分是基于现有技术的演进，可以兼

容现有的移动通信系统，频率主要在6 GHz以下；另一部分则采用6 GHz以上的毫米波频段，利用毫米波的超高传输速率实现超密集场景、超高速率要求的热点区域覆盖。

致谢

本文由深圳市个人创客项目（GRCK2017042415235934），深圳市基础研究项目（JCYJ20170817113758285、JCYJ20170307164201104、JCYJ20160329161334453、JCYJ20170817112527562、JCYJ20170412153845293、JCYJ20170307164247428、JCYJ20170817113844300、JCYJ20170817112708243、JCYJ20170817113029596、JCYJ20170817112848591、JCYJ20170412153812353、JCYJ20170307172513653），中国博士后基金面上资助项目（2017M620523、2017M622619），深圳市技术攻关项目（JSGG20170414140411874），国家自然科学基金项目（61574005），深港产学研基地产学研项目（场效应太赫兹器件的关键技术研究）资助。

References

- [1] China Academy of Information and Communications Technology, “The general development trend of 5G”, 2015.12.
- [2] Guoqing Hu, Anpeng Huang, Tammy Chang, Xiang Cheng, Hequan Wu, LinzhenXie, Anshi Xu, Zhangyuan Chen, “A Sensor-Based Seamless Handover Solution for Express Train Access Networks (ETANs),” *IEEE Communications Letters*, vol.16, no.4, pp. 470-472, April 2012.
- [3] Guoqing Hu, Anpeng Huang, Ruisi He, Bo Ai, Zhangyuan Chen, “Theory analysis of the handover challenge in Express Train Access Networks (ETAN)”, *China Communications*, vol. 11, no.7, pp. 92-98, July 2014.
- [4] A. Gupta, R. K. Jha, “A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies”, *IEEE Access*, vol.3, pp.1206-1232, 2015.08.
- [5] Jeffrey G. et.al, “What Will 5G Be?”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.32, no.6, pp.1065-1082, 2014.07.
- [6] T. S. Rappaport, Y. Xing, G. R. MacCartney, Jr., A. F. Molisch, E. Mellios, and J. Zhang, “Overview of millimeter wave communications for fifth-generation (5G) wireless networks,” *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol.65, no.12, pp.6213-3230, Dec. 2017.
- [7] J. Huang, C.-X. Wang*, R. Feng, J. Sun, W. Zhang, and Y. Yang, “Multi-frequency MmWave massive MIMO channel measurements and characterization for 5G wireless communication systems,” *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 35, no. 7, pp. 1591-1605, July 2017.