

## Measurement and Analysis of Millimeter-wave 5G Wireless Channel Model

Guoqing Hu<sup>1, 2, a, \*</sup>, Jun Pan<sup>1</sup>, Chunlai Li<sup>1</sup>, Jingjing Liu<sup>1</sup>, Jin He<sup>1, 2, b</sup>, Huali You<sup>1</sup>, Zhijiong Wang<sup>1</sup> and Ying Yu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Peking University Shenzhen SoC Key Laboratory, Peking University Shenzhen Institution, Shenzhen, China

<sup>2</sup> School of Electronics Engineering and Computer Science, Peking University, Beijing, China

<sup>a</sup>huking@pku.edu.cn, <sup>b</sup>frankhe@pku.edu.cn

\*Corresponding author: huking@pku.edu.cn

**Keywords:** Millimeter-wave 5G, Mobile Communications, Wireless Channel Model.

**Abstract.** The millimeter-wave wireless signal transmission has the characteristics of large path loss, easy to be affected by atmosphere and rain, and poor diffraction ability. In order to build the millimeter-wave 5G mobile communication system, a large number of tests are needed to establish the millimeter-wave 5G wireless channel model. This paper first analyzes the research status of millimeter-wave 5G wireless channel model, and then analyzes the wireless channel measurement system based on frequency domain and time domain. Through analysis, we find that the frequency domain method is mainly used for indoor short distance measurement, and the time domain method is mainly used for outdoor scene measurement.

## 毫米波5G无线信道模型测量与分析

胡国庆<sup>1, 2, a, \*</sup>, 潘俊<sup>1</sup>, 李春来<sup>1</sup>, 刘京京<sup>1</sup>, 何进<sup>1, 2, b</sup>, 尤华丽<sup>1</sup>, 王志炯<sup>1</sup>, 余迎<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北京大学深圳研究院系统芯片设计重点实验室, 深圳, 中国

<sup>2</sup>北京大学信息科学技术学院, 北京, 中国

<sup>a</sup>huking@pku.edu.cn, <sup>b</sup>frankhe@pku.edu.cn

\*通讯作者: huking@pku.edu.cn

**关键词:** 毫米波5G; 移动通信; 无线信道模型。

**中文摘要.** 毫米波无线传输具有路径损耗大、容易受大气和雨水影响、绕射能力差等特点, 为了构建毫米波5G移动通信系统, 就需要进行大量测试, 并建立毫米波5G无线信道传输模型。本文将首先分析毫米波5G无线信道模型的研究现状, 接着分析基于频域和时域的毫米波5G无线信道测量系统。通过分析我们发现, 频域法主要用于毫米波室内短距离测量, 时域法主要用于毫米波室外场景测量。

### 1. 引言

面向2020年及未来, 移动互联网和物联网将带来巨大的数据业务增长, 并成为未来移动通信技术发展的主要驱动力, 如图1所示。然后, 现有的第三代、第四代移动通信技术已经无法满足未来爆炸式的业务增长, 在这种背景下第五代移动通信技术5G应运而生。5G不仅将满足人们在生活中、娱乐、体育、休闲等领域的数据业务需求, 而且将渗透到移动互联网、物联

网、工业、服务业等各种行业领域，与工业设施、医疗器械、交通运输、农业生产等深度融合，实现真正的“无处不在、万物互联”。



图1 未来移动数据业务<sup>[1]</sup>

为了应对移动互联网和物联网带来的巨大数据业务增长，5G移动通信系统将采用低频段（ $<6\text{GHz}$ ）蜂窝进行广域覆盖与高频段（ $>6\text{GHz}$ ）毫米波进行热点区域接入相结合的方式。然而，目前的移动通信无线信道模型都是在低频段下经过统计测量建立的，无法适用于高频段毫米波系统。与传统的 $6\text{GHz}$ 以下的低频通信不同，毫米波通信具有路径损耗大、容易受空气和雨水影响、绕射能力差、高散射和对动态环境非常敏感等特点。为了构建毫米波频段5G移动通信系统，就需要通过对毫米波频段进行大量测试，来选择合适的通信频段并建立毫米波5G无线信道传输模型。针对毫米波频段5G无线信道模型进行深入研究，将为毫米波5G网络的部署打下坚实的理论基础，对于我国抢占世界移动通信领域的制高点，有非常重要的战略价值和深远意义。

## 2. 毫米波5G无线信道模型测量

为了解高频段毫米波5G无线传输特性，最直接有效的方法就是信道测量，基于实测数据，分析无线信道时域、频域参数的统计特性，建立基于毫米波5G无线信道模型，同时进行无线链路预算和仿真平台搭建。

### 2.1 毫米波5G无线信道测量研究现状

到目前为止，包括芬兰Aalto大学、美国纽约大学、华为、三星、北京邮电大学、东南大学，山东大学以及日本NTT DOCOMO等科研组织或公司机构已经开始对高频段的信道建模进行了实验性研究<sup>[2-7]</sup>。

Aalto大学<sup>[4]</sup>使用扫频仪作为发射机、矢量网络分析仪作为接收机对 $81\text{--}86\text{GHz}$ 毫米波频段进行了无线信道测量。纽约大学T.S. Rappaport团队<sup>[7]</sup>利用分离元器件自主搭建的基于扩频滑动相关的测量平台，在 $28\text{GHz}$ 、 $38\text{GHz}$ 、 $60\text{GHz}$ 以及 $72\text{GHz}$ 频段，分析了毫米波5G无线信号的路径损耗、穿透损耗、传播时延、反射特性、发射与接收角度等参数。北京邮电大学利用基于矢量网络分析仪的无线信道测量平台，针对 $28\text{GHz}$ 毫米波信号在室内环境下进行了测量与分析<sup>[4]</sup>。东南大学也利用信号发生器和微波网络分析仪搭建了 $45\text{GHz}$ 毫米波5G无线信道测试平台<sup>[4]</sup>，带宽高达 $1080\text{MHz}$ 。此外，华为也在 $28\text{GHz}$ 、 $38.6\text{GHz}$ 、 $71\text{--}73\text{GHz}$ 等频段，针对室内热点区域和城市室外热点区域进行了时域的无线信道测量。

### 2.2 毫米波5G无线信道测量系统

信道测量系统是靠获取毫米波5G无线信道的冲击响应来提取相关的特征参数，主要分为频域法和时域法两种，接下来我们将分别针对两种测量方法进行详细分析。

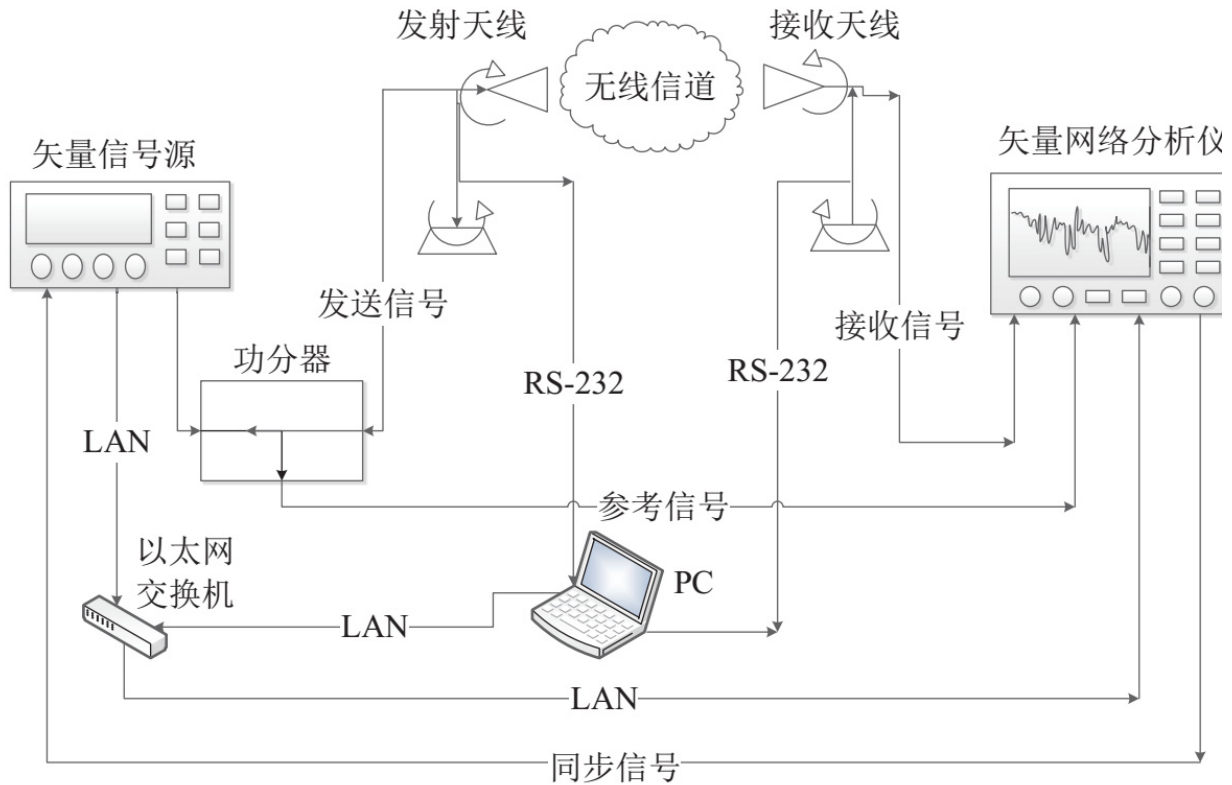


图 2 基于高性能矢量网络分析仪的毫米波 5G 频域信道测量系统 [3]

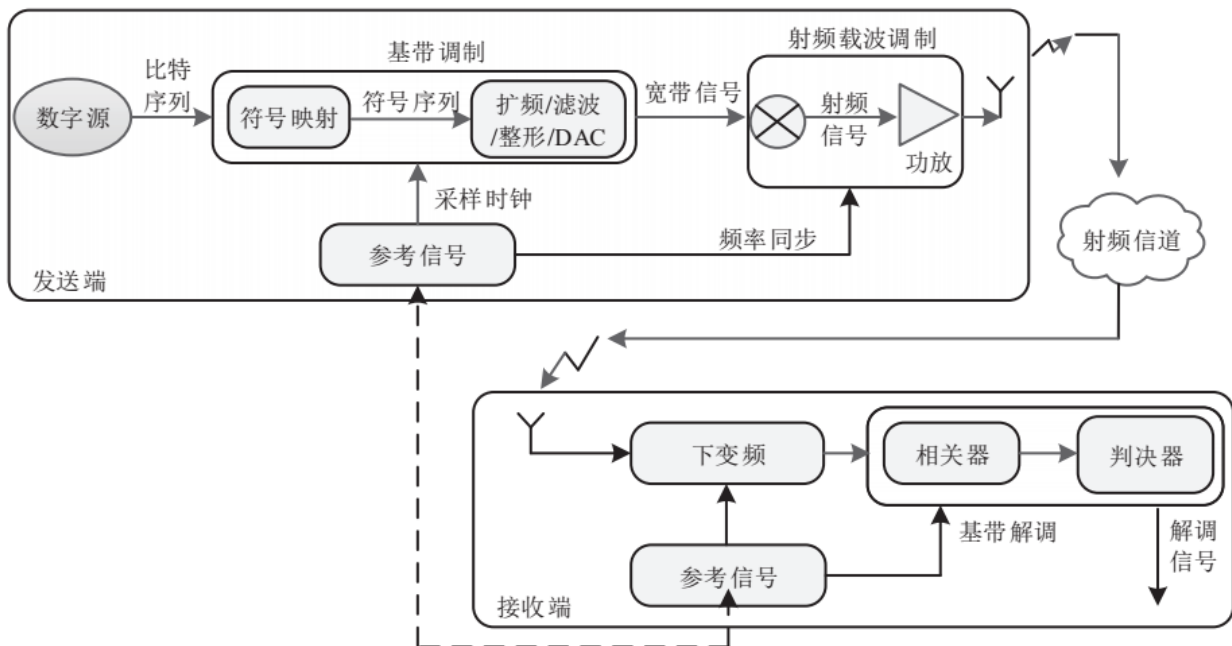


图 3 毫米波 5G 时域信道测量系统原理图 [3]

如图2所示为基于高性能矢量网络分析仪的毫米波5G频域信道测量系统，该系统通过扫频的方法，无线传输后接收到的毫米波信号可以看作是对发射端毫米波信号的幅度加权和相移；通过分析比较矢量分析仪输入与输出端口的相关参数，得到毫米波5G信道的频率响应，再经过傅里叶变换，最终得到毫米波5G无线信号的冲激响应。一般而言，频域法主要用于室内短距离毫米波5G测量。

对于室外场景，通常采用可以灵活调整收发位置的时域法，原理如图3所示。毫米波5G发射信号在经过无线信道传输后，在接收端进行接收信号采样，然后与发射端的毫米波信号原始序列进行解相关运算，如此一来便可以直接得到时域信道冲击响应。

### 3. 结束语

毫米波无线传输具有路径损耗大、容易受大气和雨水影响、绕射能力差等特点，为了构建毫米波5G移动通信系统，就需要针对毫米波频段进行大量测试，并建立毫米波5G无线信道传输模型。本文首先分析了毫米波5G无线信道模型的研究现状，接着分析了基于频域和时域的毫米波5G无线信道测量系统。通过分析我们发现，频域法主要用于毫米波室内短距离测量，时域法主要用于毫米波室外场景测量。针对毫米波频段5G无线信道模型进行深入研究，将为毫米波5G网络的部署打下坚实的理论基础。

### 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] ZHANG Peize, PANG Shuai, ZHOU Yu, SUN Xiangqian, WANG Hongbo, "Research Advance and Development Trend of Wireless Channel Measurement Technology in 5G High Frequency Band", *Mobile Communications*, 2017,41(18): 67-72.
- [3] ZHANG Peize, ZHOU Yu, SUN Xiangqian, WANG Hongbo, "Research on Techniques of Measurement and Modeling for 5G Millimeter Wave Channel", *Mobile Communications*, 2017,41(14): 59-63.
- [4] Yinmin Wang, etc., "Key technology of 5G transmission", Publishing House of Electronics Industry, pp.1-352, 2017.10.
- [5] A. Gupta, R. K. Jha, "A Survey of 5G Network: Architecture and Emerging Technologies", *IEEE Access*, vol.3, pp.1206-1232, 2015.08.
- [6] Jeffrey G. et.al, "What Will 5G Be?", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol.32, no.6, pp.1065-1082, 2014.07.
- [7] 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.