

Analysis of the Transmission Characteristics of Millimeter-wave 5G Wireless Signal

Guoqing Hu^{1, 2, a, *}, Chunlai Li¹, Jingjing Liu¹, Jun Pan¹, Jin He^{1, 2, b}, 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 5G, Mobile Communications, Transmission Characteristics.

Abstract. In recent years, the high frequency millimeter-wave 5G has been widely studied in the communication industry. Unlike the traditional low frequency communication under 6 GHz, the millimeter-wave 5G wireless signal transmission has the characteristics of large path loss, easy to be affected by atmosphere and rain, and poor diffraction ability. In this paper, the transmission characteristics of millimeter-wave 5G wireless signals will be discussed from the aspects of line-of-sight propagation, atmospheric attenuation and rainfall attenuation, which will provide important reference for future research.

毫米波5G无线信号传输特性分析

胡国庆^{1, 2, a, *}, 李春来¹, 刘京京¹, 潘俊¹, 何进^{1, 2, b}, 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5G; 移动通信; 传输特性。

中文摘要. 近年来, 高频段毫米波5G正成为通信产业界和学术界广泛研究的课题。与传统的6 GHz以下的低频通信不同, 毫米波5G无线信号传输具有路径损耗大、容易受空气和雨水影响、绕射能力差等特点。本文将从视距传播、大气损耗、降雨衰落等方面来探讨毫米波5G无线信号的传输特性, 为后续研究提供重要参考。

1. 引言

移动互联网和物联网的兴起导致未来移动数据的海量增长, 预计2010-2030二十年内将增长超4万倍, 全球物联网连接数也将达到千亿量级, 如图1、图2所示。现有的3G、4G移动通信系统已无法满足未来移动互联网和物联网的需求, 第五代移动通信系统5G应运而生。

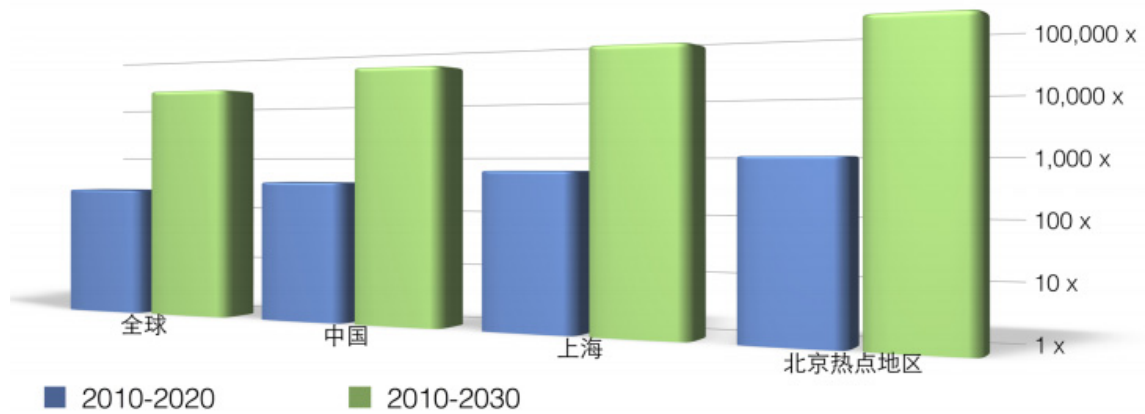


图1 2010-2030年中国与全球移动数据增长趋势(单位:倍)^[1]

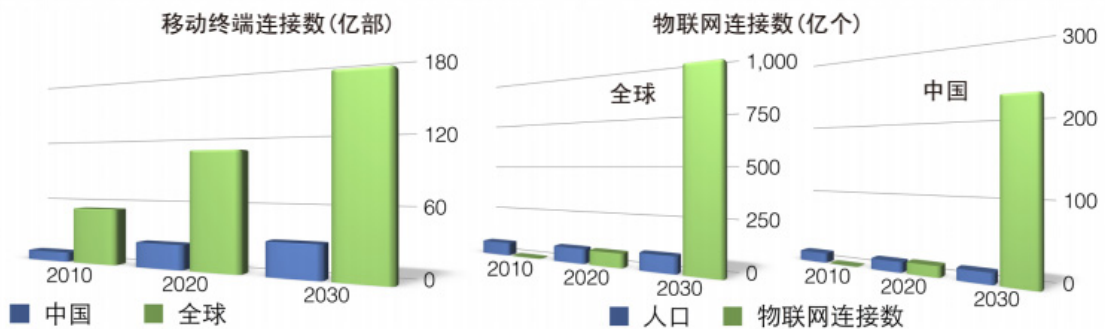


图2 2010-2030年中国与全球移动终端及物联网连接数增长趋势^[1]

根据国际电信联盟提出的5G性能指标, 5G将为移动用户提供高达几十Gbps的峰值速率, 这在传统的移动通信低频段几乎是不可能实现的。因此, 毫米波5G正成为业界广泛研究的课题。然而, 与传统的6 GHz以下的低频通信不同, 毫米波5G无线信号传输具有路径损耗大、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, 为此本文将详细分析毫米波5G无线信号传输特性, 为后续研究提供重要参考。

2. 毫米波5G无线信号传输特性

本部分将从视距传播、大气损耗和衰减峰、降雨衰落(以下简称雨衰)等方面来探讨毫米波5G无线信号的传输特性^[2-7]。

2.1 视距传输

毫米波频率高、波长短, 是以直射波的方式在空间进行传播。一来是因为毫米波5G信号受大气损耗和降雨衰减影响严重, 导致传输距离较短; 二来, 由于毫米波频率高, 很少存在干扰源, 这样一来传输就会非常稳定可靠。

2.2 大气窗口和衰减峰

如图3所示, 大气窗口主要包括如下频段: 35G-45GHz附近、94GHz附近、140GHz以及220GHz附近, 这些窗口内的毫米波无线信号大气衰减较小, 但多数已经被低空空地导弹和地基雷达等军用设施占用。衰减峰是指在出现大气衰减极大值的频段: 60GHz、120GHz、180GHz。为了避开军方占用的毫米波频段, 目前通信产业界和学术界开展研究的毫米波5G频段主要包括28GHz、38GHz、45GHz、60GHz和72GHz等, 除了60GHz外(60GHz处于免授权ISM频段, 可用于室内接入), 其他都处于或接近大气窗口。

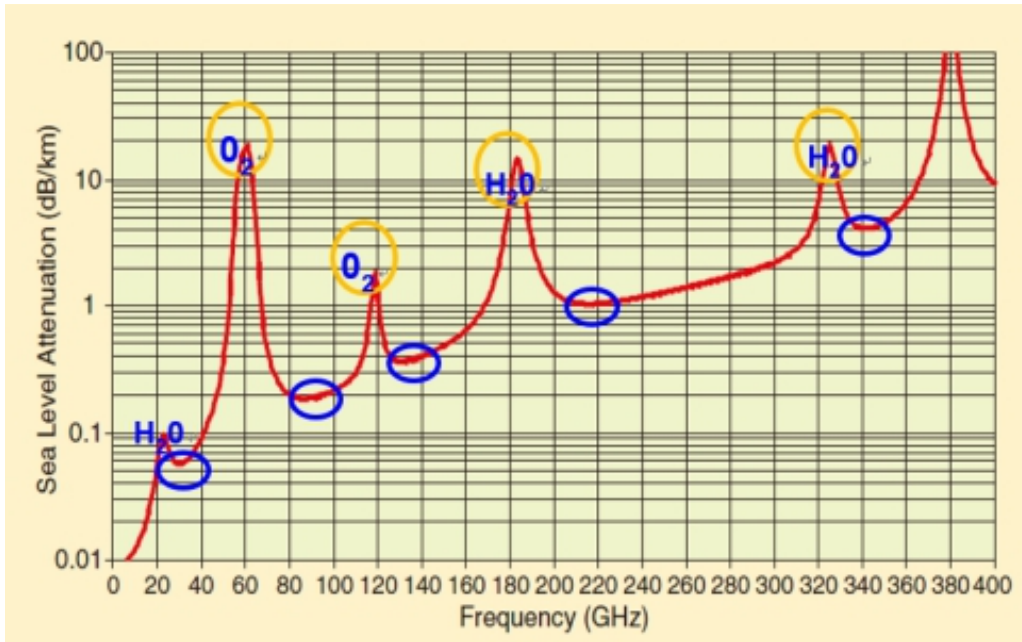


图3 毫米波大气损耗与衰减峰^[2]

2.3 雨衰严重

毫米波在降雨时的信号衰减要大许多，会严重影响5G无线信号的传输。相关测试与研究表明，毫米波雨衰的大小与降雨强度、传输距离和雨滴形状息息相关：降雨强度越大、传输距离越远、雨滴越大，雨衰也越严重。此外，毫米波信号的雨衰也会随降雨量和频率发生变化，如图4所示。

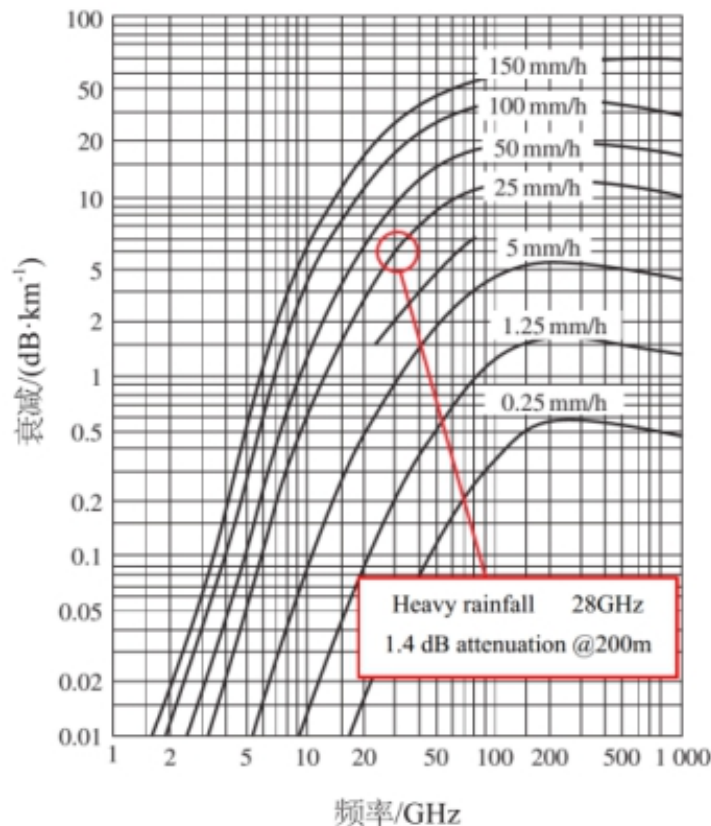


图4 毫米波频段雨衰随降雨量和频率变化关系 (dB/km) ^[3]

3. 结束语

与传统的6 GHz以下的低频通信不同，毫米波5G无线信号传输具有路径损耗大、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。因此，本文从视距传播、大气损耗和衰减峰、雨衰等方面探讨了毫米波5G无线信号的传输特性。通过分析我们发现：毫米波5G无线信号主要以直射波的方式在空间进行传播，具有很好的方向性，是一种典型的具有高质量、恒定参数的无线传输技术；毫米波5G候选频段主要集中在几个大气窗口附近；毫米波雨衰的大小与降雨强度、传输距离、雨滴形状和载波频率密切相关。

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] Jonathan Wells, “Faster than fiber The future of multi-Gbs wireless,” IEEE Microwave Magazine, vol. 10, no.3, pp. 104-112, 2009.
- [3] Yinmin Wang, etc., “Key technology of 5G transmission”, Publishing House of Electronics Industry, pp.1-352, 2017.10.
- [4] 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.
- [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.