

基于计算机技术的15 GHz频段下信道测量与分析

谢利娟^{1,2}, 孙君¹, 许晖², 刘顺顺³

(1. 南京邮电大学, 江苏 南京 210003;

2. 上海无线通信研究中心, 上海 201200;

3. 上海理工大学, 上海 201200)

摘要:现代通信技术的一个重要特点是计算机技术与通信技术的紧密结合。随着计算机技术的迅速发展,对现代通信业也有更好的促进作用。借助计算机技术对通信技术的支持,对通信环境下的信道进行了测量与分析。传统移动蜂窝频段的严重短缺,使得高频段的开发与利用受到越来越多的关注与研究。采用基于PN序列的时域测量系统,在15 GHz频段下对室内走廊环境的直视场景进行了信道测量,分析了其大尺度特性,得到了距离和路径损耗的关系,并计算得出室内走廊环境下的路径损耗指数和阴影衰落。测量采用波束宽度为10°、增益为25 dBi的标准增益喇叭天线,通过改变发射天线俯仰角和接收天线水平角得到某个距离下的测量数据,分析了特定场景下接收功率随角度的变化特性。

关键词:5G;15 GHz;高频段;信道测量

中图分类号:TP393.04

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2016)06-0191-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2016.06.043

Measurement and Analysis of Channel Characteristics in 15 GHz Based on Computer Technology

XIE Li-juan^{1,2}, SUN Jun¹, XU Hui², LIU Shun-shun³

(1. Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China;

2. Wireless Communication Research Center in Shanghai, Shanghai 201200, China;

3. Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 201200, China)

Abstract: An important feature of modern communication technology is the close combination between the computer technology and communication technology. With rapid development of computer technology, the modern telecommunication industry is promoted. With the support of computer technology, the channel in communication environment is measured and analyzed. The shortage of traditional mobile cellular band makes the development of higher frequency paid more and more attention. In this paper, the time domain measurement system based on PN sequence is used to measure propagation characteristics of the line-of-sight scenarios in indoor corridor in 15 GHz. It analyzes the large scale characteristics, and presents the relationship between distance and path loss, and calculates path loss exponent and the shadow fading. In the measurement, two horn antennas with 10° HPBW (Half-Power Beam Width) and 25 dB gain are used to change elevation angles in transmitting terminal and azimuth angles in receiving terminal in all measurement points. At the same time, it also analyzes the relationship between received power and different elevation angles.

Key words: 5G; 15 GHz; high frequency band; channel measurement

1 概述

计算机技术是计算机领域中所运用的技术方法和技术手段。它研究的范围非常广泛,通常分为计算机硬件、计算机软件、计算机通信以及计算机接口等。现

代通信技术的一个重要特点是计算机技术与通信技术的紧密结合。随着计算机技术的迅速发展,对现代通信业也有更好的促进作用,计算机通信技术和信息技术更好地诠释了计算机技术对通信技术的促进作用。

收稿日期:2015-08-30

修回日期:2015-12-03

网络出版时间:2016-05-05

基金项目:国家“863”高技术发展计划项目(2014AA01A706);国家科学技术重大专项(2014ZX03003012-001);上海市科学技术委员会资助课题(13511500600);南京邮电大学校级项目(NY211033)

作者简介:谢利娟(1991-),女,硕士生,研究方向为20 GHz频段以下无线信道测量与建模;孙君,硕士生导师,研究方向为直通蜂窝技术、无线网络资源的管理策略和无线网络频谱理论研究等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20160505.0831.108.html>

在“信息高速公路”的进展工程中,计算机技术为通信技术的发展提供了强大的技术后盾,在传递图像、文字和声音的过程中,计算机技术有着独特的技术优势。借助计算机技术对通信技术的支持,对通信信道进行了测量与分析。

自我国第四代移动通信牌照发放,4G 技术正式走向商用后,面向下一代移动通信需求的第五代移动通信的研发正在展开。宽带无线业务的逐渐增长导致了全球范围内载波频段的短缺。而在高频段(如毫米波、厘米波频段)可用频谱资源丰富,能够有效缓解频谱资源紧张的现状,可以实现极高速短距离通信,支持 5G 容量和传输速率等方面的需求。在此频段下,可以利用高增益的小型化的天线等来探索信道的特性^[1]。5G 蜂窝系统可运用比传统频段更高的载波频段以获得更多的频谱,以更大的容量支持各种多媒体业务。足够量的可用带宽,小型化的天线和设备,较高的天线增益是高频段毫米波移动通信的主要优点。高频段在移动通信中的应用是未来的发展趋势,业界对此高度关注^[2]。

随着移动通信业务的发展,人们在诸如办公楼、超市或会议厅等场所传送大量的语音、视频等数据,因此室内通信质量受到越来越多的关注。由于室内无线信道的基本特征影响甚至决定着这些传送的过程和结果,因此,对无线电波在室内传播的研究具有重大意义^[3]。目前,已经有很多关于室内信道测量与分析的文献^[4-14]。文献[4-7]测量并分析了 60 GHz 室内信道特性,如 RMS 时延扩展、时延扩展和功率时延谱等。文献[8]在典型的办公楼室内环境下使用矢量网络分析仪分别在 LOS 和 NLOS 场景中进行 UWB 信道频域测量。文献[9]描述了 17 GHz 的宽带信道测量与分析。文献[10]针对室内封闭走廊环境,研究了 14 GHz 频段的宽带无线信道时间和空间特性。文献[11]测量并分析了 45 GHz 下室内信道的大尺度衰落特性,得到了路径损耗指数和阴影衰落标准差等结果。文献[12]采用基于自动化旋转天线方式的信道测量仪在 28 GHz 频段下对室内信道进行了测量与分析。文献[13]介绍了 60 GHz 和 28 GHz 的时延扩展特性。

2G 通信与 3G 通信繁荣发展的几十年里,至今已经占用了 2 GHz 以下最适合移动通信发展的大部分频谱,其他可用的频谱越来越分散,加之频谱资源的唯一性及其使用与分配上存在太多的历史继承性,使得 3G 乃至 6 GHz 以下都很难再找到一段合适的完整频谱,共 4G 和未来通信的使用。相反,在 6 ~ 15 GHz 这一频段,世界范围内存在着大量可用于移动通信的频谱资源,还未被完全开发出来^[14]。

高频段(>6 GHz)为 5G 的候选频段,目前,关于

15 GHz 频段的研究很少,且大部分测量方法为频域信道测量方式。例如,文献[15]用矢量网络分析仪进行 15 GHz 的信道测量并分析了其大尺度特性,其采用的测量方法为频域信道测量方式。文中采用的是基于 PN 序列的时域信道测量,在 15 GHz 下对室内走廊环境直视场景和非直视场景进行了测量,分析了信道的大尺度特性。

2 测量方法和测量场景

2.1 测量方法

宽带信道特性可以在时域测量信道的冲激响应或在频域测量信道的频率响应。频域信道测量采用扫频式测量,每次测量需要的时间较长,可能会超过信道的相关时间,使得测量过程中信道是变化的,可能会导致得到的多径信号和噪声信号难以分辨,而时域测量由于测量需要的时间较短,不会产生上述问题。

此次测量采用基于 PN 序列的时域信道测量系统,在发送端由 PN 序列产生器产生 PRBS11 序列,序列经 BPSK 调制之后,再经过根升余弦滤波器滤波,将得到的信号上变频后由喇叭天线发射出去,数据处理过程与上述过程相反。

测量中采用了计算机、AWG 任意波形产生器、PSG 矢量信号产生器、PXA 信号分析仪和 OSC 数字示波器。在发送端,AWG、PSG 的 IQ 调制带宽为 2 GHz,OSC 的带宽可达到 8 GHz。AWG 由两路信道产生 I 路信号和 Q 路信号,PSG 对 I/Q 信号进行上变频。在接收端,PXA 用来对信号进行下变频,OSC 负责收集信号。测量开始时,首先由本地计算机上的发射框图下发数据到 AWG 任意波形发生器,测量过程中由铷钟产生触发信号以保持发射机和接收机同步。测量中用到的天线是波束宽度为 10°,增益为 25 dBi 的标准增益喇叭天线,水平角范围为 0° ~ 360°,俯仰角范围为 -45° ~ 45°,发射机系统和接收机系统均采用这种天线。测量系统的方框图如图 1 所示。

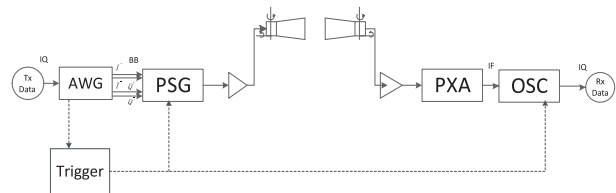


图 1 测量系统方框图

测量过程中采用滑动相关法,并充分利用 PN 序列良好的自相关性,发送端发送经过调制的 PN 序列,接收端接收信号并经过高速采样存储到计算机,在计算机中产生和发射端完全相同的 PN 序列做相关运算,从而得到信道的时域或频域特性。测量的相关参数配置如表 1 所示。

表1 参数配置

参数	配置值
频率/GHz	14.8
RF 带宽/MHz	500
Tx 功率/dBm	0
天线 HPBW	Tx/Rx:10°
天线增益/dBi	25
天线高度	Tx/Rx:1.08 m
两轴旋转	水平角:0°~360°;垂直角:-45°~45°

2.2 测量场景和测量配置

此次测试是在走廊环境 LOS 情况下进行。LOS 测试下,发射机和接收机位于走廊的中间,为了更全面分析信道特性及接收功率随角度的变化关系,旋转天线使其水平角和俯仰角发生变化。在此过程中,通过

本地计算机远程控制发射端和接收端的计算机对云台进行旋转。在每个距离点处,使得发射天线俯仰角在-5°、0°和5°之间变化,对发射天线的每个俯仰角,接收天线均由0°旋转到360°,每次旋转间隔5°。因此,对每个点,共进行了219次测量。共测量了8个点,相邻点之间的距离为6 m。接收机固定不动,发射机在走廊中间移动。接收机位于走廊的拐角处,如图2所示。测量是在一个典型的走廊环境下进行的,走廊长51 m,宽2 m,高2.5 m,拐角长度为5.2 m。走廊两边的墙壁由混凝土组成,办公房间门由木头组成。在测量过程中,发射机天线和接收机天线处于同一高度,发射机和接收机处于同一地位。测量平面图如图2所示。

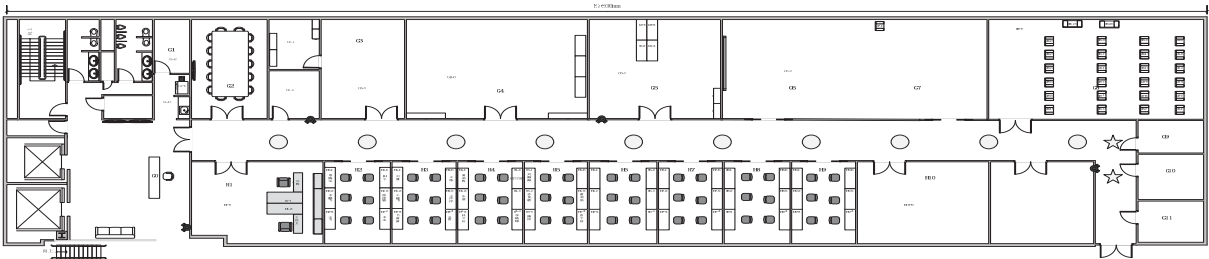


图2 测量平面图(☆代表接收机,○代表发射机)

测量配置如表2所示。通过上述测量,可以得到IQ数据,用PN序列对IQ数据进行滑动相关,然后进行平方得到功率延时谱。

表2 测试配置

参数	LOS
Tx 移动距离	1~48 m
Rx 移动距离	固定不动
Tx 天线旋转角度	-5°、0°、5°
Rx 天线旋转角度	0°~360°,每5°旋转一次

3 数据处理与分析

3.1 数据处理方法

根据以上测量系统,采用如下处理方法。首先,将IQ数据和滤波器系数进行卷积,再进行下采样,之后和PN序列进行滑动相关得到功率延时谱。从功率延时谱中,可计算得到接收功率,由此可以得到每个测量点不同发射机俯仰角和接收机水平角下的路径损耗。采用最小二乘法对路径损耗进行拟合^[16]。

在大多数情况下,路径损耗和距离的关系常被描述为:

$$PL(d) = \vartheta + \beta * 10 \log_{10}(d) + X_{\sigma}$$

其中, d 为发射机与接收机之间的距离; $PL(d)$ 为对应距离下的平均路径损耗; β 为路径损耗指数; ϑ

为以 dB 为单位的截距; X_{σ} 是以 dB 为单位的阴影衰落,是均值为0、标准差为 σ 的正态分布随机变量。

通过最小二乘法,得到路径损耗指数为:

$$\beta = \frac{\sum_i^n (d_i - \bar{d}) * (PL_i - \overline{PL})}{\sum_i^n (d_i - \bar{d})^2}$$

截距为:

$$\alpha = \overline{PL} - \beta * 10 \log_{10}(\bar{d})$$

数据处理过程中,用上述的最小二乘法及近场参考距离路径损耗, $d_0=1$ m,对应的路径损耗公式为:

$$PL(d) = PL(d_0) + 10n \log_{10}(\frac{d}{d_0}) + X_{\sigma}$$

其中, n 为路径损耗指数; $PL(d_0)$ 为 $d_0=1$ m 时的路径损耗,表达式为:

$$PL(d_0) = 20 \log_{10}(\frac{4\pi d_0}{\lambda})$$

基于上述方法,得到功率延时谱,然后进行适当的求和后得到接收功率。

3.2 数据分析和结果

在测量的每个距离下,发射天线俯仰角在-5°、0°、5°之间变化。对每一个俯仰角,接收天线水平角在0°~360°之间每5°变化时,对发射天线俯仰角为0°情况下拟合得到的路径损耗曲线如图3所示。

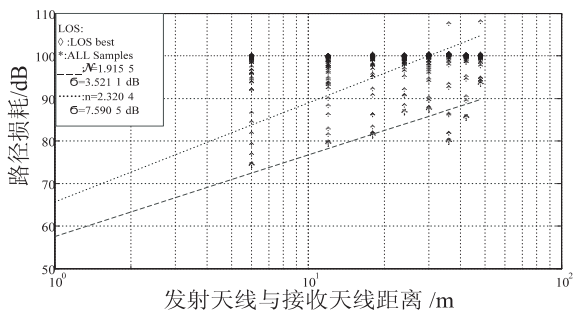


图 3 路径损耗拟合曲线

图中,菱形代表 $0^\circ \sim 360^\circ$ 旋转时,每个距离下路径损耗的最小值,长虚线为对应的拟合曲线,路径损耗指数为 1.915 5,阴影衰落均方差为 3.521 1 dB。星号代表所有测量角度下的路径损耗,短虚线为对应的拟合曲线,路径损耗指数为 2.320 4,阴影衰落均方差为 7.590 5 dB。

图 4 反映了发射天线与接收天线距离为 12 m 时接收功率在不同俯仰角下随不同水平角的变化情况。

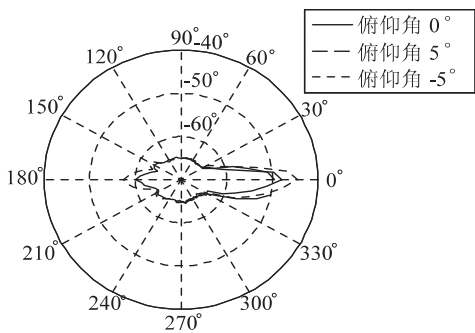


图 4 角度功率谱

可以看到,当俯仰角为 0° 时,接收功率要比其他俯仰角下的接收功率大 3 dB,俯仰角为 -5° 和 5° 时,接收功率接近一致。

4 结束语

为了了解高频段 15 GHz 下的传播特性,为 5G 通信技术的研究和发展奠定基础,对室内走廊环境进行了广泛测量,通过处理得到路径损耗指数为 2.320 4,阴影衰落满足高斯分布,均值为 0,标准差为 7.590 5 dB。而且,分析了不同发射天线俯仰角下的接收功率变化特性,得出当俯仰角为 0° 时,传播特性相对较好。文中所做的工作可以为第五代移动通信的技术研究和网络发展提供参考,也体现出在计算机技术迅速发展的同时,对通信业有更好的促进作用。

参考文献:

[1] Rappaport T S, Murdock J N, Gutierrez F. State of the art in 60 GHz integrated circuits and systems for wireless communications[J]. Proceedings of the IEEE, 2011, 99(8): 1390-1436.

[2] 冯 岩. 5G 研发, 争分夺秒[J]. 中国无线电, 2014(1): 32-34.

[3] 杨大成. 移动通信传播环境: 理论基础·分析方法和建模技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.

[4] Choi M S, Grosskopf G, Rohde D. Statistical characteristics of 60 GHz wideband indoor propagation channel [C]//Proc of IEEE 16th international symposium on personal, indoor and mobile radio communications. [s. l.]: IEEE, 2005: 599-603.

[5] Xu H, Kukshya V, Rappaport T S. Spatial and temporal characteristics of 60-GHz indoor channels [J]. IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 2002, 20(3): 620-630.

[6] Smulders P F M, Wagemans A G. Wideband indoor radio propagation measurements at 58 GHz [J]. Electronics Letters, 1992, 28(13): 1270-1272.

[7] Geng S, Kivinen J, Zhao X, et al. Millimeter-wave propagation channel characterization for short-range wireless communications [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2009, 58(1): 3-13.

[8] 吕潇潇, 王浩文, 王 雪, 等. 基于网络分析仪的 UWB 频域测试 [J]. 电子测量技术, 2012, 35(5): 132-135.

[9] Bohdanowicz A, Janssen G J M, Pietrzyk S. Wideband indoor and outdoor multipath channel measurements at 17 GHz [C]//Proceedings of vehicular technology conference. Piscataway, New Jersey, USA: IEEE Press, 1999: 1998-2003.

[10] 王 萍, 勾天杭, 李朋朋, 等. 室内走廊环境高频段宽带无线信道测量与建模 [J]. 电波科学学报, 2012, 27(3): 496-500.

[11] Zhu Jin, Wang Haiming, Hong Wei. Large-Scale Fading Characteristics of Indoor Channel at 45-GHz band [J]. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, 2015(14): 735-738.

[12] Hur S, Cho Y J, Lee J A, et al. Channel sounder using horn antenna and indoor measurements on 28 GHz [C]//Proc of 2014 IEEE international black sea conference on communications and networking. [s. l.]: [s. n.], 2014: 83-87.

[13] Kim J H, Jung M W, Yoon Y K, et al. 60 and 28GHz delay spread measurements and simulation at indoor [C]//Proc of ICTC. [s. l.]: [s. n.], 2014: 148-150.

[14] 周世东. 高频段 (6-15GHz) 在未来移动通信中的应用 [C]//2009 信息通信网技术业务发展研讨会论文集. 出版地不详: 出版者不详, 2010: 38-45.

[15] Zhou Xin, Zhong Zhangdui, Zhang Bei, et al. Experimental characterization and correlation analysis of indoor channels at 15GHz [J]. International Journal of Antennas and Propagation, 2015, 2015: 1-11.

[16] Jr G R M, Zhang Junhong, Nie Shuai, et al. Path loss models for 5G millimeter wave propagation channels in urban micro-cells [C]//Proc of Global Communications Conference (GLOBECOM). [s. l.]: IEEE, 2013: 3948-3953.