

基于 15 GHz 的室外频段信道测量与分析

金凌星, 孙建红

(南京理工大学, 江苏 南京 210094)

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。随着无线移动通信的快速发展,传统移动蜂窝频段的频谱资源面临严重短缺的局面,开展着眼于高频段的开发与利用已经刻不容缓。为此,应用基于 PN 序列的时域测量系统,在 15 GHz 频段的室外环境下,以波束宽度为 10° 、增益为 25 dBi 的标准增益喇叭天线和增益为 5 dBi 的垂直极化的双锥全向天线为研究对象进行了直视场景的信道测量;测量数据的处理采用基于 floating intercept 模型的滑动相关算法,应用最小二乘法建立了距离与路径损耗之间的相互关系,并计算获得了室外环境下路径损耗指数和阴影衰落,由此分析了传播信号的大尺度特性。实验测量结果表明,15 GHz 频段在室外环境下的良好传播特性,在未来 5G 通信中具有较为显著的应用前景。

关键词:5G; 高频段; 室外环境; 信道测量

中图分类号:TP393.04

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)03-0163-04

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.03.034

Measurement and Analysis of Outdoor Channel Characteristics at 15 GHz

JIN Ling-xing, SUN Jian-hong

(Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China)

Abstract: An important feature of modern communication technology is the close combination between the computer technology and communication technology. With the rapid development of wireless mobile communication, traditional mobile cellular frequency spectrum resource is such shortage that development and utilization of high frequency has become urgent. Therefore, the time domain measurement system based on PN sequence is employed to measure propagation characteristics of the outdoor environment in 15 GHz with the use of an horn antennas with 10° HPBW (Half-Power Beam Width) and 25 dB gain and a vertical polarization double cone omnidirectional antennas with 5 dB gain. The sliding correlation method has been used for processing data combined with floating intercept model and least square method applied to acquire the relationship between the distance and the path loss by which the path loss exponent and the shadow fading standard variance could be achieved for analysis of large scale features of the transmitted signals. Experimental results show that the signals at 15 GHz have good propagation characteristics in the outdoor environment and that it is the potential spectrum with a good perspective of application in future 5G communications.

Key words: 5G; high frequency band; outdoor environment; channel measurement

0 引言

计算机技术的内容非常广泛,主要包括计算机软件、计算机硬件、计算机接口以及计算机通信等几个方面。现代通信技术的发展已经离不开计算机技术的支持,而计算机技术的快速发展也能进一步推动现代通信技术的改进,计算机通信技术和信息技术已经很好

地展现了两者间密不可分的关联。在“信息高速公路”的进展工程中,计算机技术为通信技术提供了强大的技术后盾,发挥自身的技术优势来支持图像、文字和声音的有效传递。利用计算机技术对通信信道进行了测量和特征分析。

随着移动互联网的快速发展和物联网的不断普

收稿日期:2016-04-25

修回日期:2016-08-03

网络出版时间:2017-02-17

基金项目:国家“863”高技术发展计划项目(2014AA01A706);国家科技重大专项基金资助项目(2014ZX03003012-001);上海市科学技术委员会资助项目(13511500600)

作者简介:金凌星(1992-),男,硕士研究生,研究方向为高频段无线信道测量与建模;孙建红,硕士生导师,副教授,研究方向为电路信号检测与处理、电路故障。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170217.1630.056.html>

及,通信业务的需求将呈现爆发式增长,并导致对无线电频谱资源的需求持续上升,而 6 GHz 以下的频段资源已经日趋拥挤,因此国内外研究机构开始着眼于高频段信道的研究和应用^[1-4]。在 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,供 4G 和未来通信使用。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^[5-6]。

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^[7]。文献[8]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。文献[9]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。文中采用基于 PN 序列的时域信道测量,在 15 GHz 频段对室外环境的直视场景(LOS)和非直视场景(NLOS)进行了测量,分析了信道的大尺度特性,验证了高频段通信的可能性。

1 数据处理与分析

1.1 测量方法

目前主流的信道测量共分为基于时域测量信道的冲激响应和基于频域测量信道的频率响应两种方法。频域信道测量采用扫频式测量,因此每一次测量会消耗比较长的时间,有可能造成测量时间超出信道的相

关时间,从而导致在测量过程中所测量的信道已经发生了新的变化,最终无法有效识别多径信号和噪声以及时延等信道参数。不过时域测量则因为测量速度快、耗时短,可以避免这个问题^[10]。

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 序列作为信号源。PN 序列具有良好的自相关特性和非常差的互相关特性,长度为 2 048。

使用计算机、AWG 任意波形产生器、PSG 矢量信号产生器、PXA 信号分析仪和 OSC 数字示波器来搭建信道测量系统。在发射端,由本地计算机将已生成好的 PN 序列利用软件 system view 搭建一个系统,对 PN 序列进行重复,QPSK 调制以及经过平方根升余弦滤波器进行滤波等操作,处理之后的 PN 序列作为信号源通过局域网下载到 AWG,由 AWG 的两路信道产生 I 路和 Q 路信号,再通过 PSG 进行上变频,最终输出到射频端口的是功率 0 dBm、频率 14.8 GHz、带宽 500 MHz 的正交信号。正交信号经过 HPA 高功率放大器放大后再由喇叭天线发射到空口。在接收机端,由双锥天线采集信号,然后经过低噪声放大器放大,PXA 对放大后的信号进行下变频得到频率为 322.5 MHz 的中频信号,中频信号由 OSC 采集,采集信号时可根据需要按照采样点数或者起止时间进行采集,采集得到的信号包括 I 路信号和 Q 路信号。测量过程中由铷钟产生触发信号来进行校准,确保发射机和接收机保持同步。测量天线中,喇叭口天线采用的是增益为 25 dBi、波束宽度为 10°的定向天线;双锥天线采用的是增益为 5 dBi、垂直极化方式的全向天线。测量系统的方框图如图 1 所示。

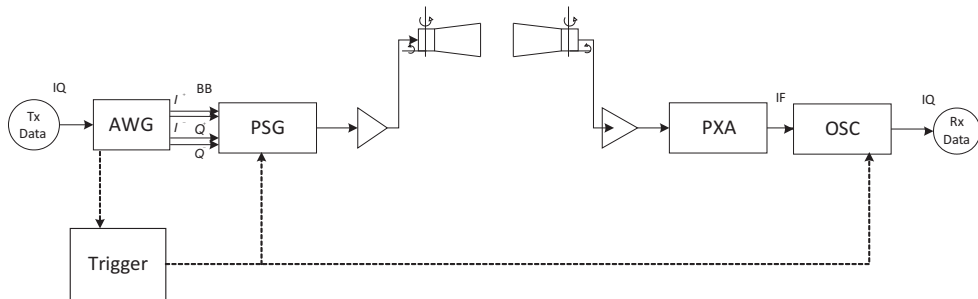


图 1 测量系统方框图

文中采用滑动相关法测量,利用 PN 序列所具有的良好自相关特性和非常差的互相关特性进行滑动相关。通过发射天线将已调制好的 PN 序列发送出去,然后由接收天线采集信号并通过系统将信号快速存储到计算机中,通过 MATLAB 将采集信号与作为信号源的本地 PN 序列进行相关处理,从而提取出信道的时域或频域特性的相关参数。测量的相关参数配置如表 1 所示。

1.2 测量场景与测量方案

本次测量所选取的测量场景为上海张江地区某校园环境,参照文献[11-12]的测试方案,选择校园内某教学楼 5 楼天台作为发射机的地址,发射天线所处的水平面相距地面的高度为 21 m,发射机保持位置不动。在与教学楼相距约 11.3 m 的公路上共选择了 13 个点作为接收机位置,接收机距地面的高度为 1.5 m。设定接收机的初始位置为接收机和发射机相距 30 m

表 1 参数配置

参数	配置值
频率/GHz	14.8
RF 带宽/MHz	500
发射功率/dBm	0
发射天线	25 dBi 喇叭口定向天线(波束宽度为 10°)
接收天线	5 dBi 双锥全向天线(垂直极化方式)
天线高度	Tx/Rx:1.50 m

处,并按照 5 m 的间隔共选取 11 个点,直到相距发射机的距离为 80 m 时终止。最后在距离发射机 100 m 处再选择 2 个点,一个为 LOS 场景,另一个为 NLOS 场景。在所选取的 13 个点中,有 12 个点是 LOS 场景,1 个点是 NLOS 场景。测量位置如图 2 所示。

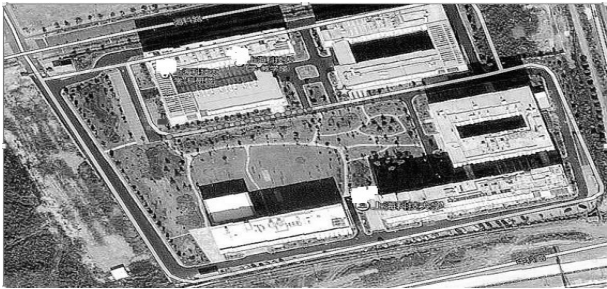


图 2 测量位置

图中,五角星代表发射机位置,圆代表接收机在 LOS 场景下的位置,正方形代表接收机在 NLOS 场景下的位置。

在本次信道测量过程中,认为水平方向是以正北方向为 0°的参考方向,顺时针为正方向;垂直方向是以水平位置为 0°的参考方向,下倾为负。在进行测试布点时,先使用激光测距仪准确测量出发射机和接收机之间的距离,根据发射机与地面相距 21 m,接收机与地面相距 1.5 m,从而计算出对应不同的接收机位置时发射机所应调整的俯仰角。设定发射机的旋转水平角度范围为 157°~337°,每一次的旋转间隔为 5°,按顺时针旋转,因此每一个测试点共进行 36 次测量,每一次测量都会由 OSC 数字示波器采集信号并由本地计算机进行存储。

测量配置如表 2 所示。

2 数据处理与分析

2.1 数据处理方法

在本地计算机中使用 MATLAB 软件,将采集得到的 IQ 两路数据组合起来,再由设定好的滤波器系数对组合好的数据进行滤波和卷积,再经过下采样,和本地的 PN 序列进行滑动相关,得到信号的 PDP 功率时延谱。通过功率时延谱可以计算出接收功率,从而得到

每个接收位置的 PL(路径损耗)。采用最小二乘法对路径损耗进行拟合。

表 2 测量配置

参数	配置值
天线高度	Tx/Rx:21 m/1.5 m
发射天线水平角	157~337° 5°/次
发射天线俯仰角/测量距离 (场景)	-33°/30 m (LOS)
	-30°/35 m (LOS)
	-27°/40 m (LOS)
	-24°/45 m (LOS)
	-23°/50 m (LOS)
	-20°/55 m (LOS)
	-19°/60 m (LOS)
	-18°/65 m (LOS)
	-16°/70 m (LOS)
	-15°/75 m (LOS)
	-14°/80 m (LOS)
	-12°/100 m (LOS)
	-12°/100 m (NLOS)

文中采用文献[13]中所介绍的 floating intercept 模型对路径损耗与距离之间的关系进行描述:

$$PL(d) = \alpha + \beta * 10 \log_{10}(d) + X_{\sigma}$$
(1)

其中, d 为发射机与接收机之间的距离; $PL(d)$ 为对应距离 d 下的平均路径损耗,以 dB 为单位;斜率 β 为路径损耗指数; α 为以 dB 为单位的截距; X_{σ} 为以 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。

根据最小二乘法,得到路径损耗指数 β 的公式:

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

其中, d_i 为 i^{th} 测量 PDP 时发射机和接收机之间的距离; \bar{d} 为关于测量位置的所有 d_i 的平均值; PL_i 为 i^{th} 测量的路径损耗值; \overline{PL} 为整个数据的平均路径损耗值。

注意: d_i 、 \bar{d} 、 PL_i 、 \overline{PL} 都应该取 dB。截距为:

$$\alpha = \overline{PL} - \beta * 10 * \log_{10}(\bar{d})$$
(3)

2.2 数据分析与结果

2.2.1 路径损耗拟合曲线

采用 2.1 节的处理方法对所得数据进行处理,可得到路径损耗拟合曲线,如图 3 所示。当对距离作去 dB 处理后,得到对应的路径损耗指数 β 为 1.695 3。对照文献[13-14]中的测量结果,本次测量得到的路径损耗指数和阴影衰落均方差相对较小,说明 15 GHz 高频段在室外环境的传播特性相对较好。

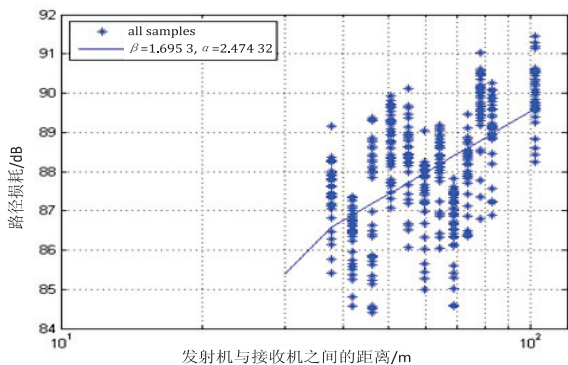


图 3 路径损耗拟合曲线

2.2.2 阴影衰落拟合曲线

图 4 所示曲线是利用 dfittool 工具对所求得的 X_σ 值进行拟合得到,可得到阴影衰落满足均值约为 0,标准差为 2.474 32 的正态分布。

均值的置信区间为 $[-0.082\ 018, 0.082\ 018]$,标准差的置信区间为 $[2.416\ 231\ 3, 2.532\ 408\ 7]$ 。根据图 5 的场景分析,由于是室外场景,阴影衰落主要是因为室外树木和建筑物的阻挡和吸收造成。

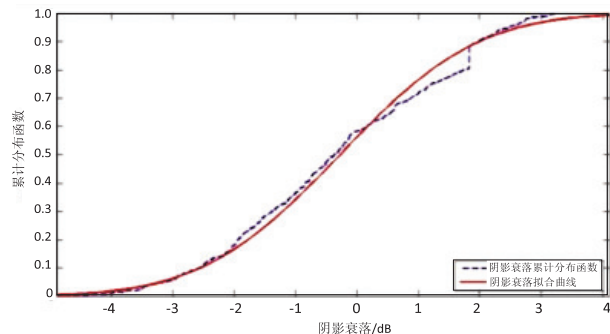


图 4 阴影衰落拟合曲线

2.2.3 多径分布

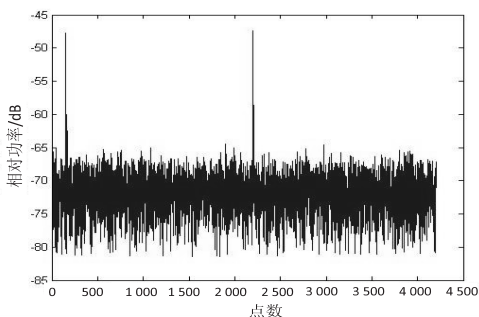
将 Tx 与 Rx 相距 40 m 处的测试点分别对 Tx 处于 247°(即 Tx-Rx 正对)以及 202°(Tx 逆时针偏转正对方向 45°)进行测量。图 5(a)为 Tx-Rx 正对功率时延谱,图 5(b)为 Tx 偏转 45°后功率时延谱。

根据图 5 中的功率时延谱(PDP)进行分析,由于发送长度为 2 048 的 PN 序列,发送时进行上采样,在 PC 端处理数据过程中也要进行相对应的下采样,得 PDP 中峰值之间的相隔点数是 2 048。

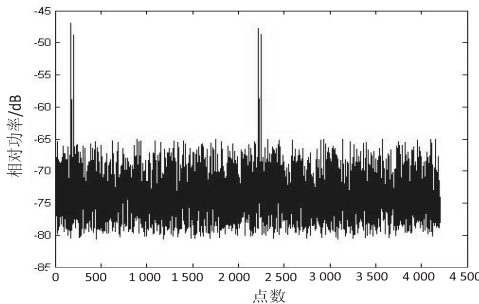
分析图 5 的两个场景差别可得,图 5(a)中,当 Tx 和 Rx 正对时,PDP 中的最强径主要是由 Tx 和 Rx 之间的直射径组成,主径右边几乎没有多径分量;图 5(b)中,Tx 逆时针偏转正对方向 45°,可以明显发现 PDP 中除了主径外多了一条路径,该多径信号产生的原因则是因为对面的建筑物对信号反射形成了一条反射径。

3 结束语

目前,在数据下已经很难找到一段完整的频谱供



(a)Tx-Rx 正对功率时延谱



(b)Tx 偏转 45°后功率时延谱

图 5 功率时延谱

未来移动通信使用,同时人们对蜂窝资源需求的急速增加促使人们着眼于 15 GHz 以上的高频段的研究。文中对高频段 15 GHz 在室外的传播特性进行测量,通过分析处理得到路径损耗指数为 1.695 3,阴影衰落满足均值为 0,标准差为 3.262 54 dB 的高斯分布,传播特性相对较好。文中验证了高频段在未来 5G 通信中的可行性,对未来 5G 移动通信的网络发展和技术研究提供了一定参考,同时也体现出计算机技术迅速发展对通信业有更好的促进作用。

参考文献:

- [1] Piersanti S,Annoni L A,Cassoli D. Millimeter waves channel measurements and path loss models[C]//Proceedings of the IEEE international conference on communications. [s. l.]: IEEE,2012:4552-4556.
- [2] Rappaport T S. Wireless communications:principles and practice[M]. 2nd ed. [s. l.]:Prentice Hall,2002.
- [3] 魏崇毓. 无线通信基础及应用[M]. 西安:西安电子科技大学出版社,2009:13-15.
- [4] 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.
- [5] 冯 岩. 5G 研发争分夺秒[J]. 数字通信世界,2014(1):32-34.
- [6] 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.
- [7] 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.

(下转第 170 页)

当前页面跳转到客户端应用页面,此时客户端应用可以根据获取到的 code,再向授权服务器获取 Access Token。授权成功跳转页面如图 4 所示。



图 4 授权成功跳转页面

客户端应用根据 Access Token 可以得到的信息如图 5 所示。客户端可以得到用户所允许的个人基本信息及信用状态信息。由于篇幅,更多详细信息未列出。



图 5 获得用户信息页面

6 结束语

基于 Spring Security,配置了第三方授权平台的服务端。完成了基础的授权功能,实现了用户资源的第三方平台授权访问,保证了第三方授权的安全性。

在框架的支持下,Web 服务端开发人员仅仅需要

配置<authorization-server/>等几个参数就可以完成 OAuth2.0 服务器的相关协议开发。一定程度上简化了 OAuth2.0 协议的应用与开发,有利于 OAuth2.0 协议在互联网中的推广。

参考文献:

[1] 刘大红,刘明.第三方应用与开放平台 OAuth 认证互连技术研究[J]. 电脑知识与技术,2012,8(8):5367-5369.

[2] 张卫全,胡志远.浅析作用于 Web2.0 安全防范的 OpenID 和 OAuth 机制[J]. 通信管理与技术,2011(2):15-18.

[3] 王春枝,唐俊武.关于 IoT 模式及轻量级容器的研究[J]. 湖北工业大学学报,2006,21(4):52-54.

[4] 张宇,王映辉,张翔南.基于 Spring 的 MVC 框架设计与实现[J]. 计算机工程,2010,36(4):59-62.

[5] Leiba B. OAuth web authorization protocol[J]. IEEE Internet Computing,2012,16(1):74-77.

[6] Jones M, Hardt D. The OAuth 2.0 authorization framework: bearer token usage[R]. [s.l.]:[s.n.],2012.

[7] Hardt D. The OAuth 2.0 authorization framework[R]. [s.l.]:[s.n.],2012.

[8] 张锐,张建林,孙国忠.多业务系统的统一认证授权研究与设计[J]. 计算机工程与设计,2009,30(8):1826-1828.

[9] 蒋伟,马光思. Spring 与其他框架整合及流程分析[J]. 计算机工程,2007,33(14):79-81.

[10] 庄少焯.基于 Spring 的轻量级 Web 框架研究与实现[D]. 成都:电子科技大学,2009.

[11] 黄道斌.一种基于 SPRINGSECURITY 的访问控制方案[J]. 软件导刊,2011,10(8):122-123.

[12] 丁振凡.基于 Spring Security 的 Web 资源访问控制[J]. 宜春学院学报,2012,34(8):71-74.

[13] 陈雄华. Spring 3.x 企业应用开发实战[M]. 北京:电子工业出版社,2012.

[14] 肖云.基于 Spring Security 安全的 Web 应用开发[J]. 计算机与现代化,2011(6):158-159.

(上接第 166 页)

[8] 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(1):1-11.

[9] 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.

[10] 秦成,陈豪.无线信道大尺度传播效应的统计模型与统计方法[J]. 移动通信,2009,33(12):22-26.

[11] Samimi M,Wang Kangping,Rappaport T S. 28 GHz angle of arrival and angle of departure analysis for outdoor cellular communications using steerable beam antennas in New York City[C]//77th vehicular technology conference. [s.l.]: IEEE,2013:1850-1859.

[12] Azar Y,Wong G N,Wang Kangping,et al. 28 GHz propagation measurements for outdoor cellular communications using steerable beam antennas in New York city[C]//IEEE international conference on communications. [s.l.]:IEEE,2013:5143-5147.

[13] Maccartney G R,Zhang Junhong,Nie Shuai,et al. Path loss models for 5G millimeter wave propagation channels in urban microcells[C]//Global communications conference. [s.l.]: IEEE,2013:3948-3953.

[14] Rappaport T S,Gutierrez F. Broadband millimeter-wave propagation measurements and models using adaptive-beam antennas for outdoor urban cellular communications[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation,2013,61(4):1850-1859.