

一款用于4G通信的水平极化全向LTE天线

高明华, 王忠磊, 郭晓飞, 彭 阳

(华东交通大学 信息工程学院, 南昌 330013)

摘 要:提出了一款用于移动通信的水平极化全向天线. 该天线基于远场方向图叠加原理, 通过将印刷偶极子组阵形成正六边形, 获得了很好的全向性. 该天线的基本组成单元是 T 型半波偶极子, 可以产生 2 个工作频率, 从而得到了较宽的带宽. 该天线的工作频段可以覆盖国内三大运营商的 4G 频段, 有较高的实用性.

关键词:水平极化; 全向天线; 4G 通信

中图分类号: TN828.6

文献标志码: A

随着移动通信的飞速发展, 4G 时代已经到来, 原有的移动通信系统需要做出改善以满足 4G 通信的需要, 天线是移动通信系统的重要组成部分, 起着收发无线信号的重要作用, 天线性能直接影响整个移动通信系统的性能, 因此是整个系统中不可缺少的关键组成.

面对 4G 时代新的挑战, 很多专家学者都对天线做了深入研究. 文献[1]设计了 2 款满足 4G 通信的手机天线, 其采用内置天线的形式, 覆盖了整个长期演进(Long Term Evolution, LTE)频段. 文献[2]详细介绍了多输入多输出(Multiple-Input Multiple-Output, MIMO)技术和智能天线技术, 并对它们进行了对比, 然后给出了一个方案, 使 2 种技术共存于同一个系统中. 文献[3]研究了一种多阵列、紧凑型、双极化的 LTE 天线, 充分利用多阵列的特点打造了更好的网络. 文献[4]介绍了基于智能天线收发机结构的最新研究进展和优点, 并且探讨了 4G 移动通信系统的智能天线技术发展趋势和面临的一些问题. 文献[5]提出了一种应用在平板电脑上多频段平面单极 LTE/无线广域网(Wireless Wide Area Network, WWAN)天线的设计方法.

本文设计了一款可用于 4G 通信的水平极化天线, 该天线通过 6 个 T 型结构构成了正六边形, 实现了全向覆盖. 该天线的工作频段为 1650~2700 MHz, 可以完全满足国内三大运营商对工作频段的要求.

1 天线设计

本文采用平面印刷偶极子作为辐射单元(如图 1), 它由位于介质板正反两面的 L 型单极子组成. 偶极子单臂的臂长为对应波长的 $1/4$, 即采用半波偶极子进行设计. 其臂长

$$L = \frac{1}{4} \lambda \epsilon_r^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

其中, λ_0 为自由空间波长; $\epsilon_e = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{w}\right)^{-\frac{1}{2}}$ 为等效相对介电常数, 其数值介于空气介电常数与介质基板介电常数之间[6], ϵ_r 是相对介电常数, h 为介质板的厚度.

该半波偶极子可以产生 2 个工作频率, 根据公式(1)并通过合理设置半波偶极子的大小, 可以使其工作在 1 800 MHz 和 2 400 MHz, 从而获得需要的工作频段, 经过反复设计, 得出半波偶极子的大小为: $L_1 = 19$ mm, $W = 2$ mm, $L_2 = 35.62$ mm. 为了实现阻抗匹配并使天线频带尽可能的宽, 半波偶极子采用了渐变的形式, 并且通过在介质板正反面分别放置一个 L 型单极子, 使馈线上的电流方向相反, 提高了天线的增益.

收稿日期: 2015-03-06; 修回日期: 2015-05-25.

基金项目: 国家自然科学基金(61161005)

第 1 作者简介: 高明华(1966—), 男, 江西南昌人, 华东交通大学副教授, 研究方向为移动通信.

通信作者: 王忠磊(1990—), 男, 河南巩义人, E-mail: 1191440996@qq.com.

为避免由于弯曲段的不连续性引入的寄生电抗使天线性能恶化,在天线的不连续处采取了削角的办法来补偿这种不连续性。

全向天线具有水平面 360° 范围内较好的全向辐射性,可以扩大天线扇区的覆盖范围,从而减少基站天线的数量。常见的全向天线多为垂直极化形式,但是随着移动通信的发展,设计水平极化全向天线越来越成为需要。常见的形式有圆柱缝隙阵、圆柱微带阵、Alford 环^[7]等形式。但是这类天线要么较大,要么带宽较窄,不能满足现代移动通信的需求。本文的全向性是基于远场方向图叠加原理通过印刷偶极子组阵来实现的,即将半波偶极子组阵成正六边形来实现水平极化全向覆盖(如图2)。

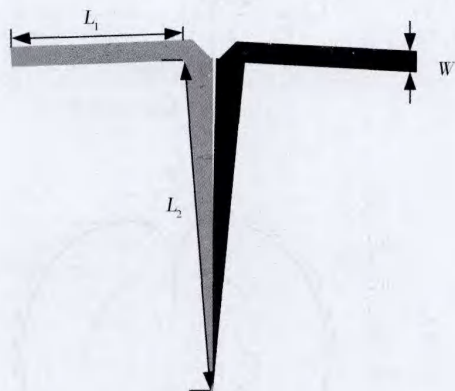


图1 半波偶极子

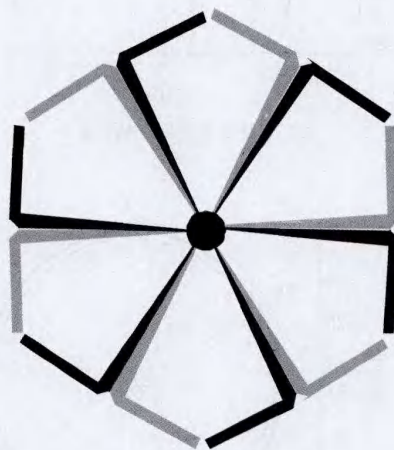


图2 水平极化全向天线结构(黑色在介质板正面,灰色在介质板反面)

本款天线采用 $50\ \Omega$ 的同轴馈线进行馈电,通过微型连接器(Sub-Miniature-A, SMA)接头来连接天线的中心馈电点和接地面。为了调整电路的阻抗匹配,在天线的中心处采用了2个圆片。圆片和馈线 L_2 组成了一个巴伦结构来实现同轴馈线和天线之间不平衡——平衡的转换。当天线被激励时,2个圆片之间的准横电磁波被导入到半波偶极子上,由于介质板上下2面 L_2 上的电流方向相反,使得 L_1 上电流沿着顺时针或者逆时针同向流动,从而使天线产生了全向辐射^[8]。

2 设计结果

本文采用高频结构仿真软件(Ansoft HFSS)对设计的天线进行仿真。仿真使用的介质基板是FR4,厚度为 $1.6\ \text{mm}$,介电常数是 4.4 ,损切角为 0.02 。天线的大小为 $100\ \text{mm} \times 100\ \text{mm}$ 。采用带 SMA 接头的同轴线进行馈电。

从图3中可以看出,天线的频带很宽,天线在工作频段 $1650 \sim 2700\ \text{MHz}$ 内的回波损耗值小于 $-10\ \text{dB}$,相对带宽达到了 22% ,可以使大部分的能量通过,完全满足工作的需要;在低频部分,实测值和仿真值吻合较好,达到了预期要求。但是由于天线尺寸的加工误差、同轴连接器接头的焊接精度及测量环境不稳定等客观因素的存在,会使得天线的损耗增大,影响设计效果。图4是天线的驻波比(Voltage Standing Wave Ratio, VSWR),在工作频段内都较小,其最大值为 2.25 ,证明天线的匹配较好。图5是水平极化全向天线在 $2.2\ \text{GHz}$ 处的辐射方向图,可以看到在 360° 范围内,天线的辐射增益(Gain)都比较大,具有很好的全向性,其交叉极化值小于 $-20\ \text{dB}$ 。实测值和仿真值也拟合的较好,只是天线的增益不够大。这可能是馈线上还存在方向相反的电流,减弱了天线的增益。

表1中 λ_0 是中心频率处的波长。本文设计的天线相对带宽较宽,回波损耗较小,可以满足4GLTE通信的要求。由于本文设计的全向天线采用远场方向图叠加原理将半波偶极子天线组阵,因此显得略大。

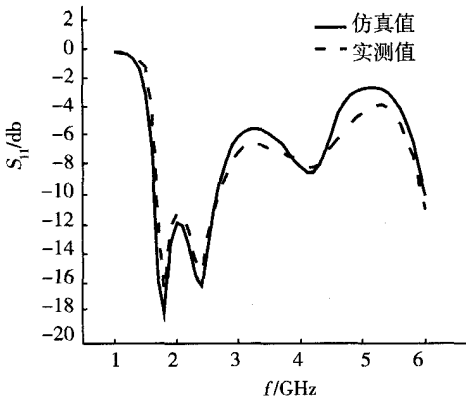


图3 设计天线的回波损耗值

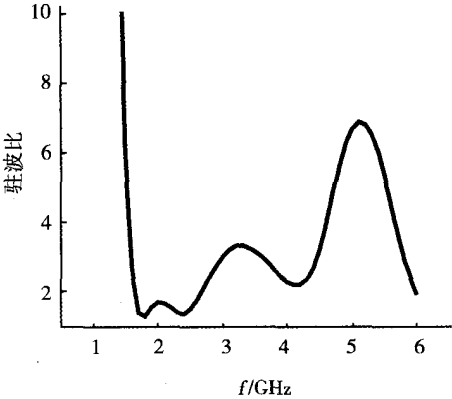


图4 天线电压驻波比

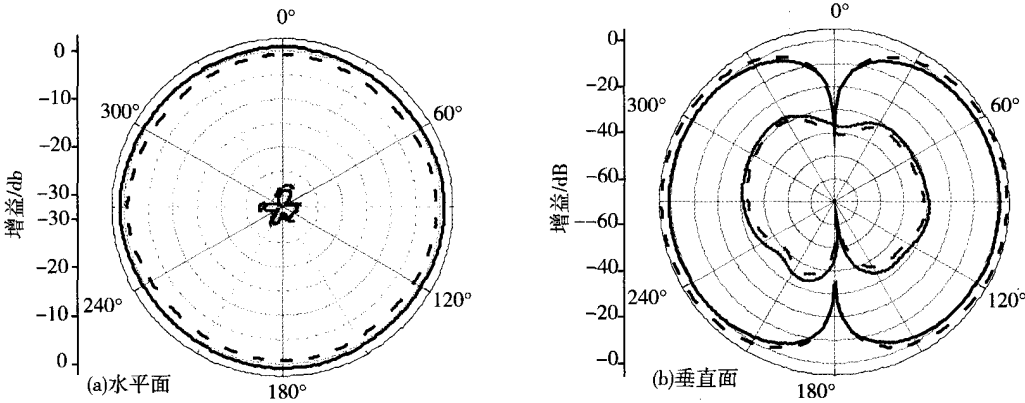


图5 设计天线在2.2 GHz处的远场辐射方向图(实线是仿真值,虚线是测量值)

表 1 本文设计的天线和参考文献天线的重要物理参数比较

出处	带宽/GHz	回波损耗/dB	驻波比	大小
[9]	1.7~2.4	<-10	<2	$0.35 \lambda_g \times 0.35 \lambda_g$
[10]	2.32~2.54	<-10	<2	$0.664 \lambda_g \times 0.352 \lambda_g$
[11]	2.24~2.80	<-10	<2.3	$1.08 \lambda_g \times 1.08 \lambda_g$
本文	1.65~2.70	<-10	<2.25	$0.71 \lambda_g \times 0.71 \lambda_g$

3 总结

本文基于天线的远场方向图叠加原理设计了一款水平极化天线,该天线具有很好的全向性,并且具有较小的回波损耗、驻波比和较宽的带宽.该天线的工作带宽为 1650~2700 MHz,可以覆盖国内三大运营商的 4G LTE 频段,有较高的实用性.

参 考 文 献

[1] 万 慷.应用于 4G 通信的 LTE 手机天线研究[D]. 南京:南京邮电大学,2009.

[2] 孔媛媛.4G 关键技术 MIMO 及智能天线的探讨[J]. 通信世界,2007(6):10-11.

[3] 王浩年,符 新.TD-LTE 智能天线性能分析和应用研究[J]. 中国新通信,2014(1):58-60.

[4] 张 臻.4G 通信系统中的智能天线技术[J]. 科技与企业,2012(12):97-98.

[5] 杨 涛.应用于平板电脑的 4G-LTE/WWAN 天线设计[J]. 物联网技术,2014(1):41-43.

[6] 张 翔,潘 锦.双频水平极化全向天线设计[J]. 电子科技,2014,27(5):59-61.

[7] 全旭林,靳贵平,李融林,等.一种宽带水平极化全向天线[J]. 中国科技论文在线,2011(2):1-6.

[8] Yu Y Q, Farid J, Chen Z Z, et al. A Wideband Omnidirectional Horizontally Polarized Antenna for 4G LTE Applications[J]. IEEE An-

- tennas and Wireless Propagation Letters, 2013, 12: 686-689.
- [9] Jiang C, Dai X W, Jiao Y C, et al. A Novel Compact Horizontally Polarized Omni-directional Antenna[J]. Proceedings of International Symposium on Signals, Systems and Electronics, 2010, 10: 1-3.
- [10] Li Yue, Zhang Zhijun, Zheng Jianfeng, et al. Compact azimuthal omnidirectional dual-polarized antenna using highly isolated colocated slots[J]. IEEE Trans. Antennas Propag, 2012, 60(9): 4037-4045.
- [11] Chen J Y, Zhang X M, Dai X W, et al. A broadband dual-polarization ceiling-mounted antenna with a nesting structure[J]. Proc ISSSE, 2010, 2: 1-3.
- [12] 王 忍, 王玉峰, 历璐慧, 等. 一种新型宽带高增益水平全向天线[J]. 通信对抗, 2014, 33(4): 56-59.
- [13] Qing X, Chen Z N. Metamaterial-based wideband horizontally polarized omnidirectional 5-GHz WLAN antenna array[C]// Antennas and Propagation (EuCAP), 2014 8th European Conference on IEEE, 2014: 605-608.

A Omnidirectional Horizontally Polarized LTE Antenna for 4G communication

GAO Minghua, WANG Zhonglei, GUO Xiaofei, PENG Yang

(Department of Communication Engineering, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: An Omnidirectional Horizontally Polarized antenna for mobile communication is proposed. The antenna is based on the far field pattern superposition principle, by printing dipole array into a regular hexagon, obtained excellent omnidirectivity. The basic unit is the T-shape half-wave dipole. Two working frequencies can be produced, and wide bandwidth has been obtained. The antenna working frequency can cover 4G band of the domestic three carriers, with higher practicability.

Keywords: horizontal polarization; omnidirectional radiation pattern; 4G communication