

文章编号:1671-251X(2015)04-0033-03 DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2015.04.009
孙二华,吴畏. ZigBee 精确定位标志卡倒 F 天线设计[J]. 工矿自动化,2015,41(4):33-35.

ZigBee 精确定位标志卡倒 F 天线设计

孙二华¹, 吴畏²

(1. 重庆房地产职业学院, 重庆 400035; 2. 中煤科工集团重庆研究院有限公司, 重庆 400039)

摘要:根据 ZigBee 精确定位标志卡对天线的需求,设计了一种尺寸小、带宽高、辐射效率高的倒 F 天线。通过电磁场全波仿真软件对倒 F 天线进行仿真和性能评估,仿真结果表明,该倒 F 天线工作在 2.405~2.484 GHz 的 ZigBee 频段内,天线回波损耗小于 -10 dB;在 2.45 GHz 中心频率下,最大增益达 2.5 dB,且天线具有全向性。在煤矿巷道中的实际测试结果表明,该倒 F 天线能满足精确定位标志卡的实用需求。

关键词:精确定位;标志卡;倒 F 天线;ZigBee

中图分类号:TD655.3 文献标志码:A 网络出版时间:2015-03-31 08:32

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20150331.0832.009.html>

Design of inverted F antenna for identification card of ZigBee accurate positioning

SUN Erhua¹, WU Wei²

(1. Chongqing Real Estate College, Chongqing 400035, China;

2. CCTEG Chongqing Research Institute, Chongqing 400039, China)

Abstract: An inverted F antenna with small size, high bandwidth and radiation efficiency was designed according to demand for antenna of ZigBee accurate positioning identification card. Simulation and performance evaluation for the inverted F antenna was carried out through full-wave electromagnetic field simulation software. The simulation results show that the inverted F antenna can work in ZigBee band of 2.405-2.484 GHz, antenna return loss is less than -10 dB, the maximum gain is up to 2.5 dB under the center frequency of 2.45 GHz, and the antenna is omnidirectional. The actual test results in coal mine roadway also show that the inverted F antenna can meet practical needs of identification card of ZigBee accurate positioning.

Key words: accurate positioning; identification card; inverted F antenna; ZigBee

0 引言

ZigBee 技术由于具有复杂度低、功耗低、成本低及安全性高等优点,目前已广泛应用在生产生活的各个方面。基于 ZigBee 技术的精确定位系统^[1]也成为了国内外的研究热点。随着半导体技术的迅猛发展,ISM 频段(2.4~2.4835 GHz)的功率放大器及低噪声放大器已经能够集成到半导体芯片中,但是以目前的技术水平尚无法将天线整合至半导体芯片中。因此,在基于 ZigBee 的精确定位标志卡

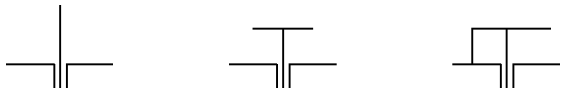
中,天线是一个影响定位及传输特性的关键组件。

由于精确定位标志卡属于移动便携设备,空间受到较大限制,而且佩戴方位不确定,所以需要采用全向天线,同时要求全向天线在 200 m 以外仍然能和精确定位读卡器进行通信,故对增益也有较高要求。因此,精确定位标志卡的天线一方面要小型化和具有较高增益,另一方面其方向图要全向辐射。外置的鞭状天线是一种备选方案,但是外置天线安装固定不方便,且成本高。倒 F 天线^[2]可以印制在电路板上,占用的空间很小,方向图接近全向天线,

增益只比同样大小的鞭状天线稍低,另外还具有成本低、无需外部固定等优点,可以满足精确定位标志卡对天线的要求。因此,本文设计了一种用于 ZigBee 精确定位标志卡的倒 F 天线。

1 倒 F 天线原理

倒 F 天线由单极天线演变而来,如图 1 所示。单极天线加上顶负载可以有效降低单极天线的高度,为了进一步缩小天线所占的空间,将顶负载的一端接地,即形成倒 F 天线。



(a) 单极子天线 (b) 带顶负载的单极子天线 (c) 倒 F 天线

图 1 倒 F 天线的演变

为方便加工,通常将天线制作在印制电路板上,将天线原型的细金属丝演变成 PCB 板上的金属条带,如图 2 所示。倒 F 天线可看成 a 端开路、 e 端短路的谐振器,工作时电流主要集中在水平部分 ad 段和短路部分 de 段,而馈电部分 bc 段几乎没有电流分布,因此,天线的辐射场具有水平和垂直极化。

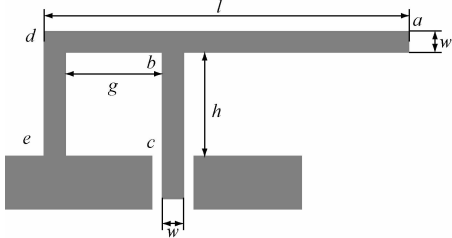


图 2 倒 F 天线结构示意图

2 倒 F 天线仿真

阻抗匹配是射频天线设计中必须要考虑的^[3-4]。射频前端输出端口阻抗通常为 $50\ \Omega$,因此,设计倒 F 天线时也要将输入阻抗调节到 $50\ \Omega$ 。可通过调节各部分的尺寸,使天线的输入阻抗达到所需要的值。为了更快地得到理想的结果,分别分析每个尺寸对输入阻抗的影响。经电磁场全波仿真分析发现,影响输入阻抗的参数主要包括天线的高度 h 、水平部分的长度 l 和短路点离馈电点的距离 g ,其他尺寸对输入阻抗的影响相对较小。

阻抗随高度、长度、间距的变化如图 3—图 5 所示。随着天线高度 h 的增加,输入阻抗的实部也随之增加,而虚部随之减小;输入阻抗的实部和虚部均随着水平部分长度 l 的增加而增加;输入阻抗的实部和虚部都随着短路点离馈电点的距离 g 的增加

而减小。

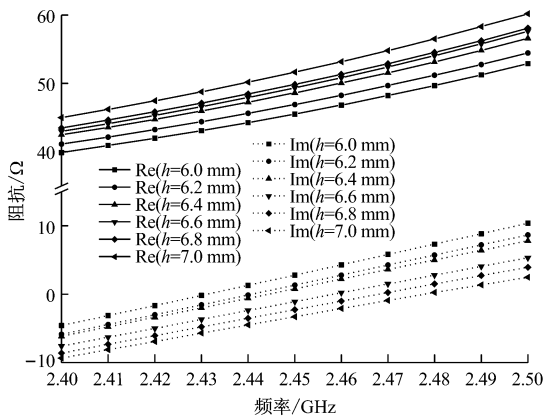


图 3 阻抗随高度的变化

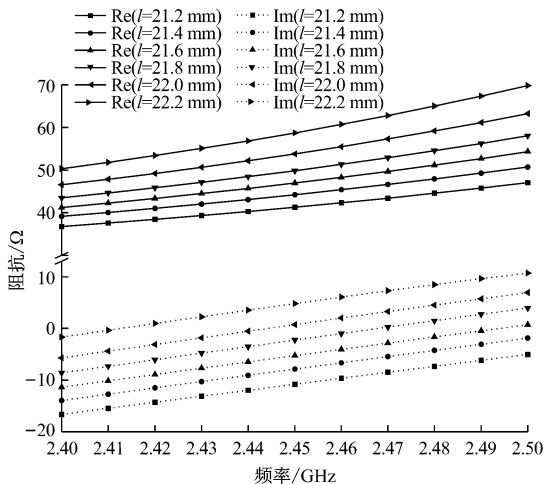


图 4 阻抗随长度的变化

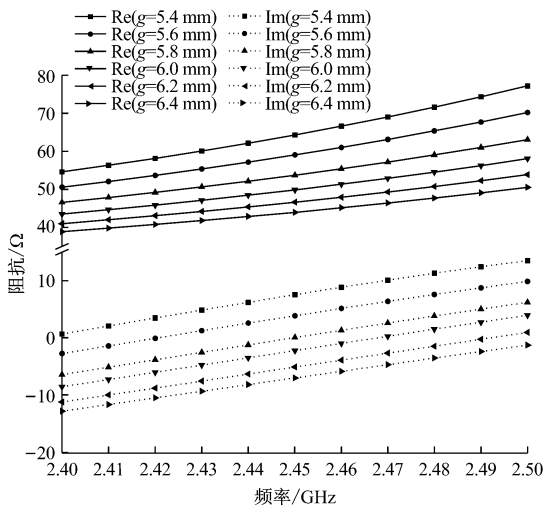


图 5 阻抗随间距的变化

天线条带的宽度由所选电路板的介电常数和厚度决定,该天线应用在标志卡上,所采用的电路板材质是相对介电常数为 4.4、厚度为 1.6 mm 的 FR4,经计算,馈电处的共面波导 CPW 导带宽度为 0.56 mm、间距为 0.13 mm 时特性阻抗接近 $50\ \Omega$ 。

根据以上规律可以将输入阻抗实部调节到 $50\ \Omega$ 附近,虚部调节到 $0\ \Omega$ 附近。最终的尺寸为 $w=0.56\ \text{mm}$, $l=21.8\ \text{mm}$, $g=5.4\ \text{mm}$, $h=6.8\ \text{mm}$ 。电磁场全波仿真回波损耗如图 6 所示。在以 $2.45\ \text{GHz}$ 为中心频率的 $350\ \text{MHz}$ 带宽范围内,天线回波损耗小于 $-10\ \text{dB}$,能完全覆盖 $2.405\sim 2.484\ \text{GHz}$ 的 ZigBee 工作频率范围。

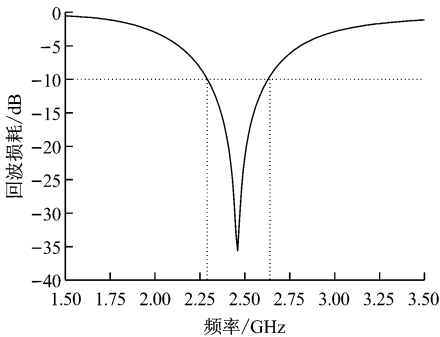


图 6 电磁场全波仿真回波损耗

倒 F 天线的方向图近似为全向,最大增益为 $2.5\ \text{dB}$,如图 7 所示。

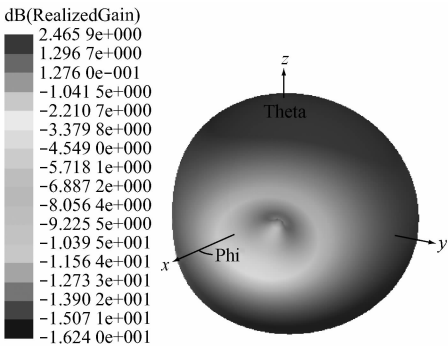


图 7 倒 F 天线的增益和方向

3 倒 F 天线测试结果

精确定位标志卡的倒 F 天线按照上述尺寸加工成实物后,主要参数的测试数据如图 8 所示。从图 8 可以看出,倒 F 天线主要参数的测试数据与仿真数据相近,在 $2.45\ \text{GHz}$ 中心频率的回波损耗为 $-24.4\ \text{dB}$,输入阻抗为 $(55.4 + j3.3)\ \Omega$,在 $2.4\sim 2.5\ \text{GHz}$ 频率范围内的驻波比小于 1.5。

在重庆市松藻煤电公司渝阳煤矿巷道中对精确定位标志卡倒 F 天线的性能进行了工业性试验^[5-6]。由于天线增益的大小直接影响精确定位标志卡的通信距离,天线方向性则影响精确定位标志卡的佩戴方式,所以在试验中,测试人员将精确定位标志卡佩戴在腰间任意位置,在煤矿巷道中进行匀速移动,以获取标志卡的移动轨迹,用于评估本文设计的倒 F 天线是否满足精确定位标志卡的实用需求。

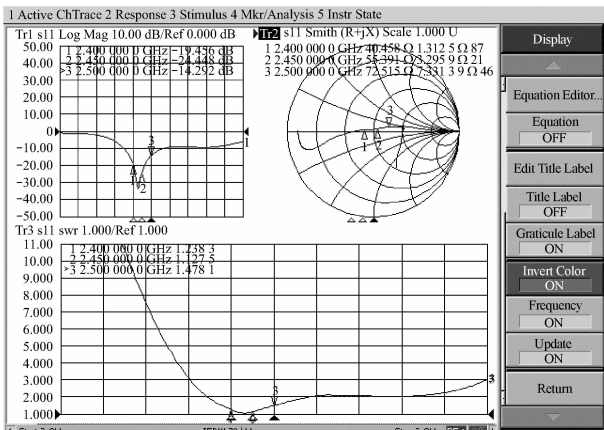


图 8 倒 F 天线主要参数的测试数据

采用倒 F 天线的精确定位标志卡在煤矿巷道中从 $0\ \text{m}$ 处以 $3\ \text{m/s}$ 速度匀速移动到 $200\ \text{m}$ 处所获得的移动轨迹如图 9 所示。从图 9 可看出,获取到的精确定位标志卡移动轨迹与实际运动轨迹相同。因此,本文设计的倒 F 天线可以满足精确定位标志卡对天线增益和方向性的实用需求。

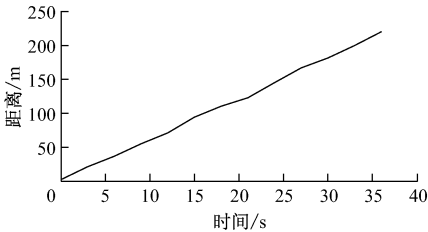


图 9 采用倒 F 天线的精确定位标志卡的移动轨迹

4 结语

设计了一种用于 ZigBee 精确定位标志卡的倒 F 天线。倒 F 天线具有尺寸小、带宽高、辐射效率高、价格便宜等优点。工业性试验结果表明,采用倒 F 天线的精确定位标志卡能满足通信距离大于 $200\ \text{m}$ 的实用需求。

参考文献:

[1] 唐丽均,杨智勇.煤矿井下精确定位技术比较分析[J].煤矿现代化,2014(4):71-72.
[2] 李茂,张弘,李智,等.一种适用于无线网络的倒 F 天线设计[J].信息与电子工程,2006,4(6):464-466.
[3] 杨永侠,杨琳.基于 ZigBee 的一种矩形微带天线的设计[J].西安工业大学学报,2012,32(5):406-409.
[4] 程筱军.集成到 ZigBee 模块的倒 F 天线研究[J].实验室研究与探索,2014,33(5):81-83.
[5] 张东伟.基于 ZigBee 技术的井下人员定位系统的设计[D].西安:西安科技大学,2010.
[6] 张科帆,朱海霞,包建军.基于 CSS 技术的井下精确定位系统设计[J].工矿自动化,2014,40(1):5-8.