

一款WiFi频段八木天线的设计与实现

徐 凯

(杭州电子科技大学 天线与微波技术研究所,浙江 杭州 310018)

摘 要: 针对2.4 GHz的WiFi频段,运用八木天线原理设计了一款小尺寸的平板增益天线。利用先进的仿真软件HFSS,对天线进行建模并进行增益、驻波比、辐射方向性等指标分析。该天线可工作在WiFi标准的2.4 GHz~2.482 5 GHz频段内,频带内驻波比小于1.5,增益大于8 dB并具有良好的定向辐射性。最后制作实物并使用矢量网络分析仪进行测量,测试结果与仿真数据比较证明,天线具有很好的一致性。

关键词: WiFi; 八木天线; 高增益; 定向辐射

中图分类号: TN822+

文献标识码: A

文章编号: 2095-1302 (2016) 01-0044-03

0 引言

近几年,随着移动互联网数据的飞速发展,应用软件对数据流量的要求越来越高,同时人与互联网的联系也日趋紧密。WLAN服务的广泛应用满足了人们随时随地连入网络并且节省移动数据费用的需求。WiFi是一种可以将个人电脑、手持设备(如手机、平板电脑)等终端以无线方式互相连接的技术。WiFi技术凭借自己的特点,将人们从有线上网的时代带入了随时随地都能上网的无线时代。

由于对WiFi服务的需求越来越大,对WiFi系统的要求越来越高,所以对WiFi信号发射天线的设计也提出了更严格的要求。根据IEEE 802.11b协议规范,WiFi的频段范围为2.4 GHz~2.482 5 GHz^[1],中心频率为2.44 GHz。对于WiFi天线而言,最普遍关心的问题就是天线的增益和辐射效率。若采用全向型WiFi天线,则天线的方向性表现为360°均匀辐射,天线在特定方向上的辐射增益会相对较小^[2]。由于WiFi信号的穿透能力有限,在室内尤其是在办公楼以及家中,墙体对信号产生屏蔽,为了适应室内通讯的要求,往往采用定向型高增益天线。

对于定向型高增益天线,八木天线是经典的种类之一,它由一个有源振子和多个无源振子组成,其中无源振子由一个比有源振子大的反射器和多个比有源振子小的引向器组成。有源振子被馈电后向空间辐射电磁波,使无源振子中产生感应电流来产生辐射,辐射方向指向引向器方向。此类天线的优点是结构简单、增益高、方向性强。本文根据WiFi标准设计工作在2.4 GHz~2.5 GHz频段内的一款小尺寸八木平板天线,运用HFSS软件对天线进行设计、建模、仿真、分析和优化。并且制作实物,使用矢量网络分析仪对其进行相关指标的实测,

证实测试结果与仿真数据有很好的 consistency。

1 天线的设计及分析

1.1 设计指标

要求此次设计的八木天线工作在WiFi 2.4 GHz~2.5 GHz频段内,带内驻波比(VSWR)小于1.5,增益大于8 dB,并具有良好的辐射方向性。根据设计要求,选定的结构为上中下三层重叠但不接触的铜片所构成的八木天线,铜片的厚度为0.5 mm。

1.2 天线的建模及仿真

八木天线设计的关键是确定有源振子和无源振子的尺寸。八木天线的馈源只有一个,接在馈源上的振子被称为有源振子。八木天线是一种互耦起决定作用的天线,天线各个振子的长度及其间距的变化对天线的方向图及其它性能都有影响^[3]。影响八木天线方向性图和增益的因素有几项:(1)引向器的间距选择;(2)反射器和有源振子的间距选择;(3)引向器长度选择;(4)反射器长度选择等。在选用振子之间等间距进行设计的情况下,反射器的长度 L_1 应不小于中心工作频率对应波长 λ 的0.5倍。有源振子的长度 L_2 一般选取 0.45λ 左右。引向器长度 L_3 一般约取 0.4λ 。但是设计时要综合考虑天线方向图和尺寸的取舍,实际尺寸的确定还应根据上面的范围结合仿真结果进行适当调整。天线的三层平板结构如图1所示。

反射器的长与宽分别用 L_1 和 W_1 表示,有源振子的长与宽分别用 L_2 和 W_2 表示,其他尺寸如图中标注所示,引向器的长度为 L_3 ,宽度与有源振子相同为 W_2 ,三层结构之间取等间距 D 。根据上述的取值范围,先大致选取各个部分的尺寸,以便之后的仿真。先取 $L_1=80$ mm, $W_1=60$ mm, $L_2=54$ mm, $W_2=55$ mm, $L_3=50$ mm, $D=5$ mm作为这个天线的基本尺寸,并在此基础上进行建模,仿真和优化。对于设计目标来说,要综合考虑天线尺寸、方向性、增益等指标。我们分别改变

收稿日期: 2015-11-10

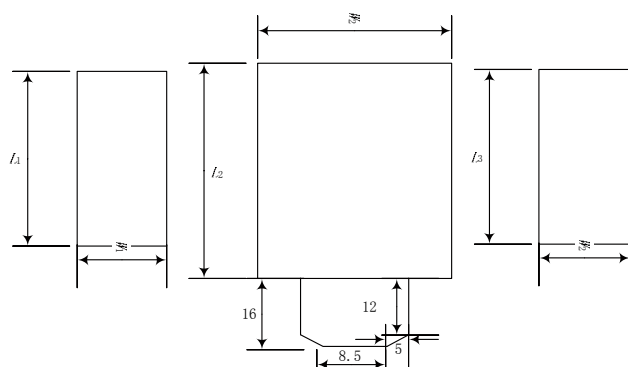
(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

L_1 、 L_2 、 L_3 和 D , 在仿真数据中进行比较分析, 从而得出最适合的尺寸。如图 2 所示, 在 HFSS 中分别仿真了天线各种尺寸的变化对回波损耗的影响。天线仿真模型如图 3 所示。通过对仿真结果的比较分析, 可以得出以下几个结论:

(1) 反射器的长度 L_1 对回波损耗影响不大, 但随着长度的增加会产生少许频偏, 谐振频率变低且回波损耗会增大;

(2) 有源振子的长度 L_2 对回波损耗的影响明显, 长度越长, 谐振频率就会向低频慢慢移动, 但回波损耗迅速变大; 引向振子的长度 L_3 越短, 回波损耗越小, 但是同时会使谐振频率大幅度向右移动。

各个结构之间的距离 D 虽然对回波损耗影响不大, 但是对谐振频率有一定影响。



(a) 天线的底层 (反射器) (b) 天线的第二层 (有源振子) (c) 天线顶层 (引向器)

图 1 天线结构图

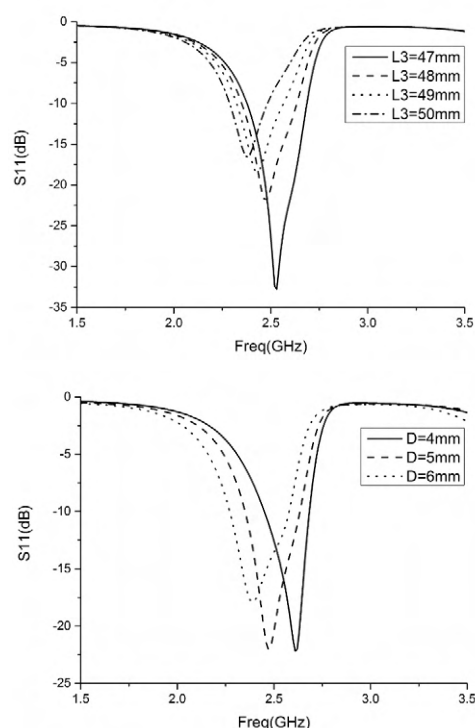
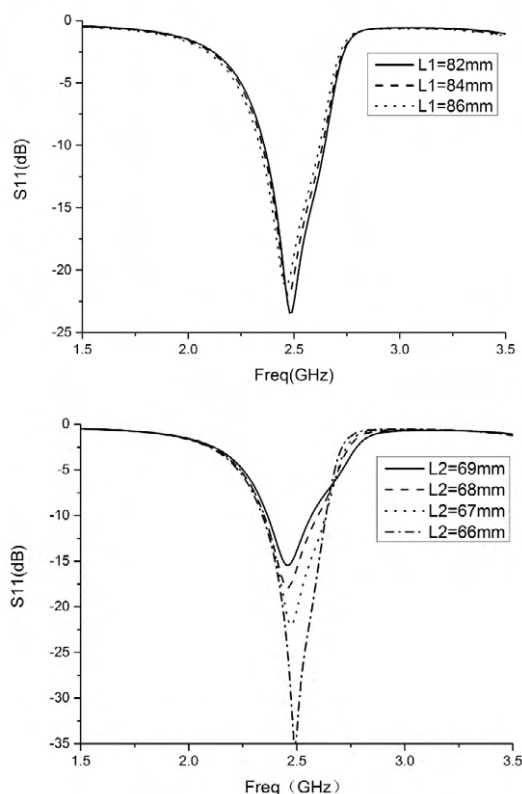


图 2 S11 随尺寸变化的关系

通过上述的仿真与分析, 可以得到天线的尺寸大小对阻抗匹配特性的影响。在仿真优化的过程中, 我们还需要综合考虑天线辐射方向性的要求, 在保证增益的前提下尽可能满足天线的定向辐射要求^[4], 这同样可以借助于 HFSS 软件^[5] 进行全面的分析优化。经过优化和综合分析, 最终得到满足要求的天线尺寸为: $L_1=84$ mm, $L_2=53$ mm, $L_3=48$ mm, $D=5$ mm, $W_1=60$ mm, $W_2=55$ mm。

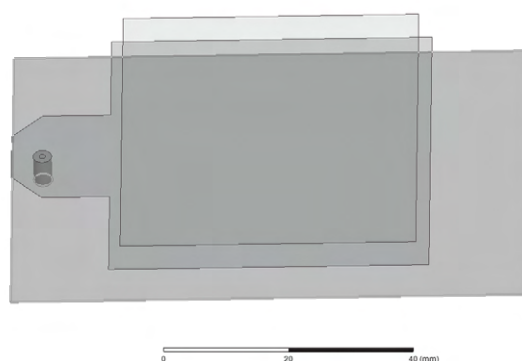


图 3 HFSS 仿真建模

在当前尺寸下, 频率为 $f=2.4$ GHz 的辐射方向图如图 4 所示。由天线的辐射方向图可知, 天线在正半面具有很好的辐射方向性, 且最大增益为 9.1 dB, 大于要求的 8 dB。天线在负半面的辐射增益远小于天线在正半面的辐射增益, 天线表现出很好的定向辐射性。图 5 所示为频率在 2.4 GHz ~ 2.5 GHz 之间天线驻波比的仿真结果, 可得出: 在 WiFi 的工作频段内, 天线的驻波比小于 1.5, 符合设计要求。

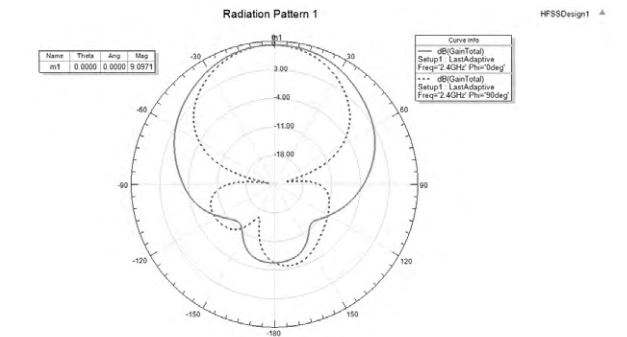


图4 天线的辐射方向图

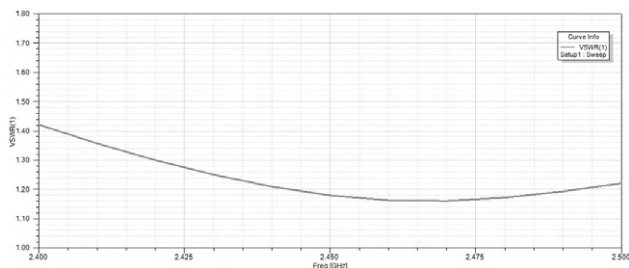


图5 天线驻波比

1.3 天线的制作与测试

天线使用三片铜片制作，铜片的厚度选用0.5 mm，馈电使用SMA接口，制作的实物如图6所示。按照八木天线的原理，振子的几何中心是高频零电位。所以，振子的几何中心可以相互绝缘，也可以用金属支撑柱连接起来。在本次天线制作时，振子间使用聚四氟乙烯固定，并使用螺母做固定支撑，但是要注意螺母不能太大，因为2.4 GHz频段的振子尺寸比较小，几何中心相应的也很小，如果使用的螺母过大，有可能短路一部分铜片表面，使振子有效面积减小，天线性能变差。其次，馈点的位置要准确，以保证精度。

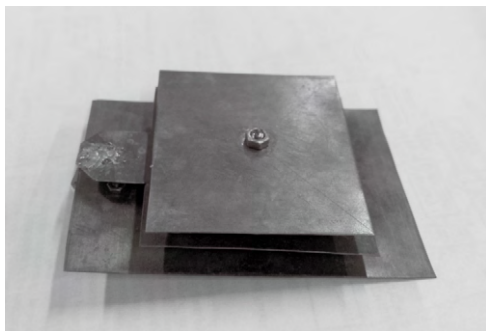


图6 天线实物图

最终使用矢量网络分析仪进行测试。由于铜片加工存在一定的误差，同时由于焊接、SMA接头、铜片钻孔位置等因素的影响，实际测试的天线性能与HFSS中仿真的结果存在些许偏差。为便于分析，将测量结果与软件仿真数据进行比较，如图7所示，测试数据显示，在2.44 GHz频段时，测得的回波损耗最小，其值为-25 dB。在IEEE 802.11b协议标准的频段范围2.4 GHz~2.482 5 GHz内，天线仿真结果的整体回波损耗在-13 dB以下，而实际测得的回波损耗小于-15 dB，优于仿真结果，达到了设计指标。

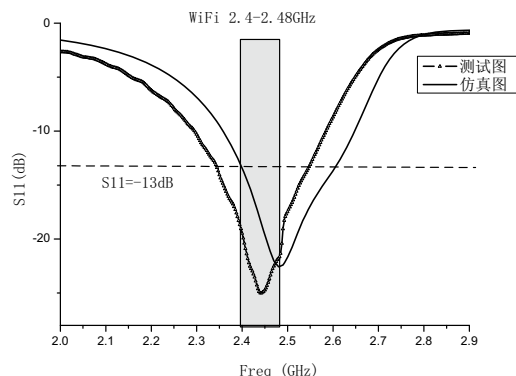


图7 仿真与测试数据对比

2 结语

本文通过使用Ansoft开发的HFSS软件，设计了一款工作在WiFi 2.4 GHz~2.482 5 GHz频段的WiFi定向八木天线，在工作频带内，天线的回波损耗小于-15 dB，驻波比小于1.5，最大增益为9.1 dB，并且具有良好的辐射方向性。通过仿真分析和实物测试，在一定误差范围内实测结果与仿真结果相符合。该天线结构简单，使用方便，造价便宜，在工程应用上具有很好的实用价值。

参考文献

- [1] 唐思敏.WIFI技术及其应用研究[J].福建电脑, 2009(10): 59, 82.
- [2] 金晨,王琪,赵迎.平板WIFI定向天线的研究[J].无线电通信技术, 2015, 41(2): 45-46.
- [3] 常媛媛.八木天线的设计仿真与测试[D].北京:北京交通大学, 2006.
- [4] 王安国,刘楠,兰航.方向图可重构宽带准八木天线的设计[J].天津大学学报, 2011, 44(10): 872-877.
- [5] 侯维娜,邵建兴.Ansoft HFSS 仿真软件在天线教学实践中的应用[J].数字通信, 2009(4): 87-89.

(上接第43页)

- [6] (美) Tom M.Mitchell.机器学习[M].曾华军,译.北京:机械工业出版社, 2008.
- [7] (美) Martin T Hagan, Howard B.Demuth.神经网络设计[M].戴葵,等,译.北京:机械工业出版社, 2005.
- [8] 党耀国,刘思峰,王正新.灰色预测与决策模型研究[M].北京:

科学出版社, 2009.

- [9] (美) 希尔伯沙茨.数据库系统概念[M].杨冬青,译.北京:机械工业出版社, 2006.
- [10] (美) 弗罗斯特.数据库设计与开发[M].邱海艳,李翔鹰,译.北京:清华大学出版社, 2007.