

文章编号:1006-2467(2006)01-0094-04

用于无线局域网的双频印刷天线

迟高明, 黎滨洪, 戚冬生

(上海交通大学 电子工程系, 上海 200030)

摘要:设计了一种用于2.4/5.2 GHz无线局域网频段,且具有分集功能的双频天线,天线有两个C形印刷单极子组成。每个C形印刷单极子有两条谐振路径,每条谐振路径对应一个谐振频率,因此,该天线可以工作在无线局域网的两个频段。天线的两个C形印刷单极子相互垂直,一方面接收不同极化方向的电磁波,另一方面可以减少两个印刷单极子之间的耦合。天线背面的地有一个T形的金属导带用于隔离天线的两个端口,天线的两个C形印刷单极子关于T形的金属导带呈对称分布。天线具有双频工作的能力,在其工作的每一个频段内,该天线都具有两个隔离度比较高的端口。因此,该天线具有空间分集的功能,并能够对无线通信中的多径衰落问题有所抑制。

关键词:无线局域网; 双频天线; 印刷天线

中图分类号: TN 820.2 **文献标识码:** A

A Dual Band Printed Antenna for WLAN Application

CHI Gao-ming, LI Bin-hong, QI Dong-sheng

(Dept. of Electronic Eng., Shanghai Jiaotong Univ., Shanghai 200030, China)

Abstract: A dual band printed diversity antenna for 2.4/5.2GHz WLAN operation was designed. The antenna consists of two printed C-shaped monopoles which have two resonating paths each. Every resonating path corresponds to a resonating frequency, therefore, the antenna can work at the two bands of WLAN. The two printed C-shaped monopoles of the antenna are orthogonal to each other; on one hand, they can receive electromagnetic wave with different polarization, on the other hand, this placement can decrease coupling between the two monopoles. On the back of the antenna, there is a protruding T-shaped ground plane to increase the isolation between the two ports of the antenna. The two printed C-shaped monopoles are placed symmetrically with respect to the protruding T-shaped ground plane. The antenna has the ability to work at two bands, across every band it has two highly decoupled ports and can provide spatial diversity to combat the multi-path fading problem.

Key words: wireless local area network (WLAN); dual band antenna; printed antenna

直接印制在印刷电路板上的平面印刷天线具有占用体积小、易于和其他电路结合在一起进行设计、制作成本低等优点。近年来,用于无线局域网(WLAN)的平面印刷天线在不少文献中有所涉及^[1~4]。Yeh等^[3]提出一种WLAN双频天线,但是

该天线不具备分集的功能,不能对无线通信中的多径衰落问题进行抑制。多径问题在WLAN的具体应用中是一个比较突出的问题,不同路径的信号经过反射、绕射或折射后在不同的时间到达天线,天线接收下来的信号是各个路径信号的叠加,在该情况

收稿日期:2004-12-06

作者简介:迟高明(1979-),男,山东五莲县人,博士生,主要研究方向为小型化天线以及多频天线。黎滨洪(联系人),男,教授,博士生导师,电话(Tel.):021-64073806;E-mail:bqli@sjtu.edu.cn。

下一些破坏性的干扰就有可能产生。在多径干扰严重时,信号电平极低,系统得到的可能是一连串误码,这样整个无线通信系统的可靠性将大大降低。WU 等^[1,4]设计的天线具有分集功能,能对 WLAN 系统中存在的多径衰落有所抑制,但这些天线只能工作在一个频段,不具备双频工作的特性。

本文提出了一种用于 WLAN 无线通信系统的双频印刷天线。该天线能够实现空间分集,它直接印制在普通的 FR4 材料上,所占用的尺寸为 16 mm×50 mm。天线有两个 C 形的单极子构成,并且由印制在同样材料上的微带线直接馈电。

1 天线的设计

天线的结构如图 1 所示,直接印制在一块 FR4 印刷电路基板上,该印刷电路板所占的尺寸为 96 mm×50 mm,天线所占的尺寸为 16 mm×50 mm,印刷电路板的其他部分可以用于制作无线通信系统的其他电路。印刷电路板所用的 FR4 材料的厚度为 0.8 mm,相对介电常数为 4.4。天线由印制在电路板的前端且互相垂直的两个单极子组成,每个单极子有 3 段连在一起的金属导带组成,其形状像一个英文字母“C”。实际加工过程中,每段金属导带的宽度都相等,为 1 mm。从图 1 可以看出,每个 C 形的单极子本身包含两条谐振路径:一条对应于 C 形

单极子下半部分的短的金属导带,此时天线工作在高频段;另一条对应于 C 形单极子上半部分长的金属导带,此时天线工作在低频段。通过调整两条谐振路径的长度就可以比较容易地获得天线的预期工作频率。本设计中,天线在两个频段工作时,谐振路径的长度都按照工作波长的 1/4 进行设计,但是实际上通过实验测试得到的结果是天线的谐振路径的长度只需要波长的 1/5 就可以了,小于中心频率波长的 1/4。这种结果主要是由于使用了 FR4 材料,因为 FR4 材料的相对介电常数大于空气的相对介电常数,天线的谐振长度比在空气中要缩短。

天线中每个单极子由 50 Ω 的微带线直接进行馈电,微带线同天线一样直接印制在电路板上。该设计中,天线不需要增加额外的匹配电路即可获得较好的匹配。在印刷电路板的背面主要是金属导体,背面导体的作用是用来充当天线的地,它由主体部分和 T 形伸出部分组成。主体部分尺寸为 80 mm×50 mm,这与一个 PCMCIA 卡所占地面积是相等的,T 形伸出部分有垂直水平导带两部分连接而成,每部分宽度都是 4 mm。T 形伸出部分的作用主要是隔离天线两个端口,使得天线两个端口之间的耦合尽量地降低。通过调节 T 形伸出部分的长度,可以获得比较好的天线两个端口 P₁、P₂ 间的隔离度。

2 实验结果

天线两个端口之间的隔离度与 T 形伸出金属导带水平部分的长度 L 有很大的关系,即不同的 L 对应于不同的隔离度,因此必有一个 L 值对应着天线的最大隔离度^[1]。为寻求最佳的 L 值,本文加工了具有不同 L 值的天线样品,通过测试,发现 L 的最佳值为 16 mm,此时天线的隔离度在工作频带内皆小于 -25 dB。在确定了 L 的最佳值后,基于图 1 中所列出的尺寸,又加工了一个天线样品,图 2 是该

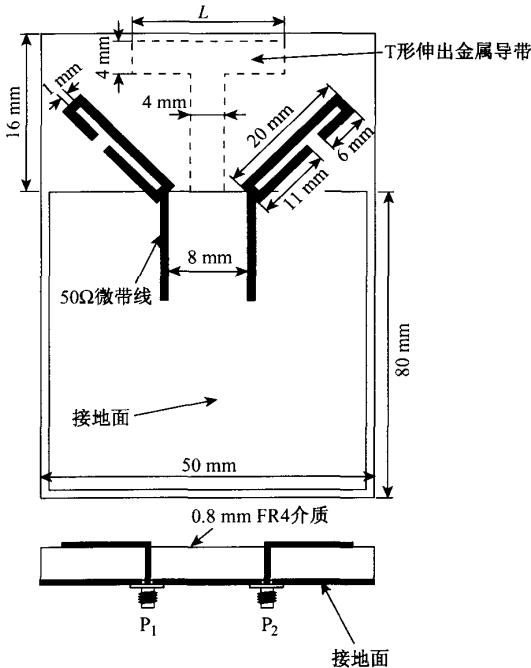


图 1 天线的结构示意图

Fig. 1 Geometry of the antenna

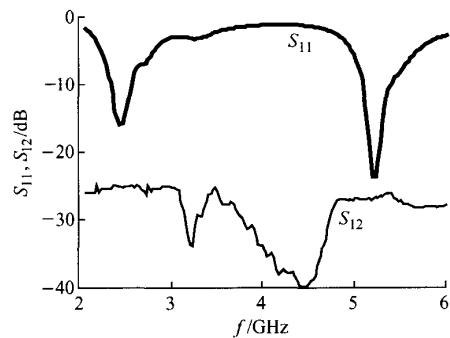


图 2 天线的回波损耗及端口间的隔离度测量结果

Fig. 2 Measured S₁₁ and S₁₂ for the proposed antenna

天线样品的回波损耗 S_{11} 和天线两个端口间的隔离度 S_{12} 的测试结果。从图可以看出,天线可以工作在 2.4 GHz 和 5.2 GHz 两个工作频段,在每个工作频段天线都可以获得良好的阻抗匹配。在天线的低频工作频段,天线的 -10 dB 阻抗带宽为 260 MHz,能够满足 2.4 GHz 频段 WLAN 的应用要求;在天线高频工作频段,天线的 -10 dB 带宽为 280 MHz,同

样能够满足 5.2 GHz 频段 WLAN 的应用要求。从图 2 还可以看出,在天线工作的低频段,天线两端口间的隔离度比高频段要差一些,这是因为在低频段时,天线的两个单极子之间的距离与波长的比值比较小(与高频段比较),因此天线的两个端口之间的耦合会有所增加,从而隔离度会比较差。

图 3 和图 4 分别是天线在 1 端口 P_1 和 2 端口 P_2 激励时场强 E 方向图的测量结果,此时天线的工作频率为 5.23 GHz。在天线的测试过程当中,图 3 和图 4 采用相同的坐标系,坐标系的示意图如图 3 (a) 所示,印制天线的电路板呈竖直状态放置,接收天线与被测的单极子对齐。天线处于 P_1 激励时,此时天线的主极化分量在 $\varphi=135^\circ$ 方向(见图 3);天线处于 P_2 激励时,此时天线的主极化分量在 $\varphi=45^\circ$ 方向(见图 4)。从测试结果可以看出,天线的两个单极子的辐射方向图具有互补的特性,并且主极化方

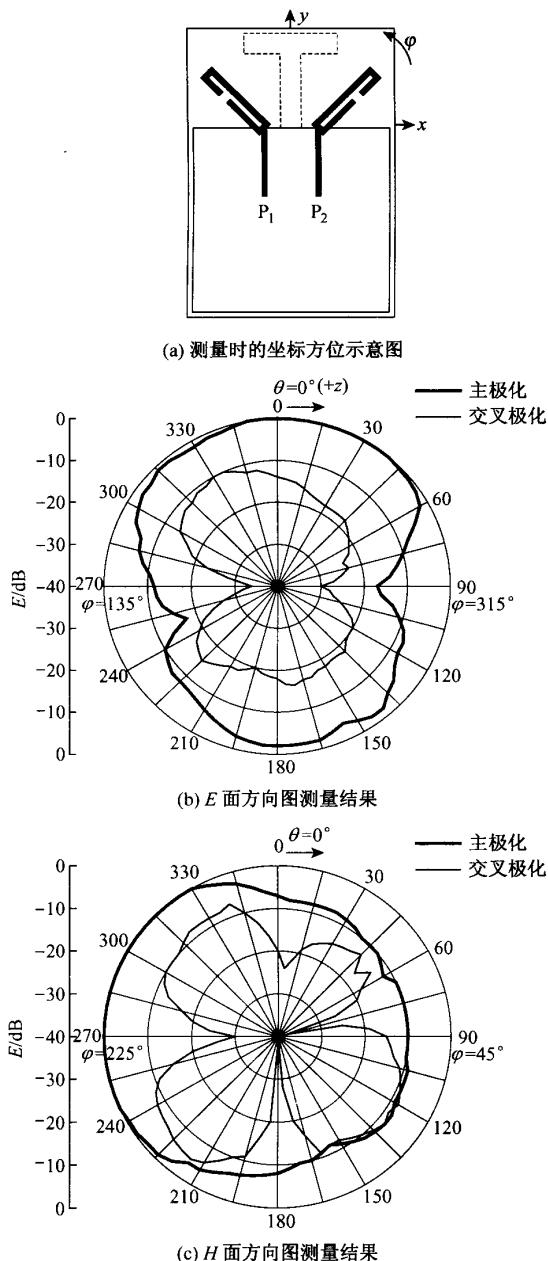


图 3 天线在端口 1 激励时方向图的测量结果

Fig. 3 The measured radiation patterns for port-1 excitation

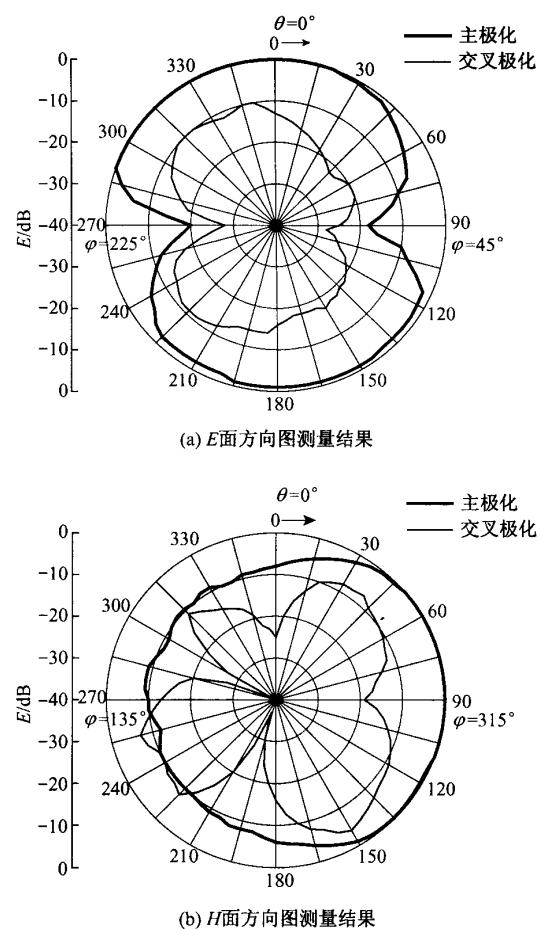


图 4 天线在端口 2 激励时方向图的测量结果

Fig. 4 The measured radiation patterns for port-2 excitation

向互相垂直,在这种情况下天线可以提供空间分集对无线通信中的多径衰落有所抑制。天线工作在2.4 GHz频段时方向图的测试结果与其在5.2 GHz频段的结果有类似的特性,在此不一一列出。

3 结语

本文提出的双频天线可用于2.4/5.2 GHz的无线局域网通信系统。该天线采用印刷电路板的工艺直接印制在普通的FR4 电路板上,制作方法简单并且成本低廉。天线的组成为:两个C形单极子、主接地部分、T形接地部分。通过调整T形接地部分的水平导带的尺寸,天线的两个端口之间可以实现较高的隔离度,从而使天线具有分集功能,可对无线通信系统中存在的多径衰落有所抑制。

参考文献:

- [1] WU C. Printed antenna structure for wireless data communications[P]. US Patent No. 6008774, Dec. 1999.
- [2] Wu T Y, Fang S T, Wong K L. Printed diversity monopole antenna for WLAN operation[J]. *Electronics Letters*, 2002, 38(25): 1625—1626.
- [3] Yeh S H, Wong K L. Dual-band F-shaped monopole antenna for 2.4GHz/5.2GHz WLAN application[A]. *IEEE Antennas Propagat Soc Int Symp*[C]. San Antonio, Texas: IEEE, 2002. 72—74.
- [4] Kuo Y L, Wong K L. Dual-polarized monopole antenna for WLAN application[A]. *IEEE Antennas Propagat Soc Int Symp*[C]. San Antonio, Texas: IEEE, 2002. 80—82.

(上接第93页)

- [6] 李剑峰,余农,景晓军.一种基于神经网络的形态滤波器优化设计方法[J].*通信学报*,2003,24(10):1—6.
LI Jian-feng, YU Nong, JING Xiao-jun. Design of optimal in morphological filters based on neural nets [J]. *Journal of China Institute of Communications*, 2003, 24(10): 1—6.
- [7] 余农,吴常泳,李范鸣,等.自动目标检测的形态学神经网络与模拟退火学习算法[J].*中国科学(E辑)*,2003,33(6):505—521.
YU Nong, WU Chang-yong, LI Fan-ming, et al. Morphological neural net and simulated annealing learning algorithm to automatic target detection[J].

Science in China (Series E), 2003, 33(6): 505—521.

- [8] Won Y G, Gader P G, Coffield P D. Morphological shared-weight networks with applications to automatic target recognition [J]. *Transactions on Neural Networks*, 1997, 8(5): 1195—1203.
- [9] Ritter G X, Sussner P, Diza-de-Leon J L. Morphological associative memories [J]. *Transactions on Neural Networks*, 1998, 9(2): 281—293.
- [10] Grana M, Raducanu B. Some applications of morphological neural networks [J]. *Neural Networks Proceedings IJCNN '01 International Joint Conference*, 2001, 4(15): 2518—2523.

下期发表论文摘要预报

垂直向上横掠水平管束两相流型的实验研究

贾 峰, 黄兴华, 王 利, 王如竹

(上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200030)

摘要:在小质量流速和流动沸腾条件下,对R134a工质垂直向上横掠水平光滑管束的汽液两相流型进行了实验研究,实验的质量流速范围为4~25 kg/(m²·s),质量干度范围为0.02~0.90。通过可视化观察,发现泡状流、块状流和环状流等3种流型。对汽液两相流的压差波动信号的功率谱特征进行分析的结果表明,压差时域信号的功率谱密度可以客观地鉴别泡状流、块状流和环状流3种主要流型。

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深，让许多工程师望而却步，然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上，我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识，借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养，推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程，化繁为简，直观易学，可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛，让天线设计不再难…



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书，课程从基础讲起，内容由浅入深，理论介绍和实际操作讲解相结合，全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程，可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计，让天线设计不再难…

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程，由经验丰富的专家授课，旨在帮助您从零开始，全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程，边操作边讲解，直观易学；购买套装同时赠送 3 个月在线答疑，帮您解答学习中遇到的问题，让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程，培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合，全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作，同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习，可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试…

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力于专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养；后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com)，现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地，成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 **ADS**、**HFSS** 等专业软件使用培训课程，广受客户好评；并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书，帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司，以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年，10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养，更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果，又能免除您舟车劳顿的辛苦，学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲，结合实际工程案例，直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>