

新型 WLAN 平面倒 F 双频天线的设计

陈雷,沈文辉,赵国华

(上海大学通信与信息工程学院 上海 200072)

摘要:提出了一种新型的应用于 2.4/5 GHz 蓝牙和无线局域网的双频内置平面倒 F 天线。该天线结构紧凑,可以方便地植入无线通信设备中,有较强的实用性。通过加载 F 形槽和阶梯形槽使天线能够满足无线局域网中小型化双频天线的技术要求。天线在蓝牙频段阻抗带宽达到 300 MHz(2.21~2.51 GHz),在无线局域网频段阻抗带宽达到 1 070 MHz(4.95~6.02 GHz),辐射方向图表明该天线全向性能较好,增益在 3.1~6.7 dBi 范围内。

关键词:小型化;平面倒 F 天线;双频天线;阶梯形结构

中图分类号: TN82

文献标识码: B

文章编号: 1004-373X(2008)11-034-03

Design of a Novel Dual-frequency PIFA for WLAN Operation

CHEN Lei, SHEN Wenhui, ZHAO Guohua

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai, 200072, China)

Abstract: A novel compact dual-frequency planar inverted-F antenna for 2.4/5 GHz bluetooth and WLAN applications is presented. The antenna owns the feature of compact operation and can be easily integrated into most wireless communication equipments. The F-shaped slot and ladder notches configuration is employed to satisfy the technical requirements of the WLAN antennas. The antenna achieves an impedance bandwidth of 300 MHz (2.21~2.51 GHz) in bluetooth band and 1 070 MHz (4.95~6.02 GHz) in WLAN band. This antenna is characterized by its omni-directional radiation pattern. The gain of the antenna changes from 3.1 dBi to 6.7 dBi.

Keywords: miniaturization; planar inverted-F antenna; dual-frequency antenna; ladder notches configuration

1 引言

随着 IEEE 802.11a (5.15~5.35 GHz, 5.725~5.825 GHz) 和 IEEE 802.11b/g (2.4~2.48 GHz) 标准的提出,无线局域网(WLAN)通信技术得到了迅猛的发展。与此同时,对 WLAN 天线的需求也逐步增多。无论是手机,微型计算机,个人电脑的无线网卡还是各种各样的远程感应设备,都需要体积小、重量轻的小型化天线。同时,为了适应各种复杂的环境,还要求天线具备良好的全向性能。

平面倒 F 天线(PIFA)是一种具有水平和垂直两种极化特性的天线,具有小型化、结构紧凑便于内置、加工制作简单、成本低,且后向辐射小、比吸收率(SAR)值低等特点^[1],因而在目前的移动通信系统,尤其是移动终端中被广泛采用。在 PIFA 天线贴片上加载缝隙结构可以实现双频或多频功能。缝隙的形状由传统的矩形槽演变成特性更好的 U 形, L 形, E 形等^[2-3]。在形状多样化的同时,

PIFA 天线的功能也日益多样化,其中应用于无线局域网的 PIFA 天线已成为当今研究的热点^[4-7]。文献[4]提出了一种可以内置在软件狗中的 PIFA,应用频段在 2.3/5.5 GHz,阻抗带宽分别为 840 MHz 和 1 010 MHz,但是天线增益相对较小,在低频部分(1.88~2.75 GHz)为 1.3~2.5 dBi,在高频部分(4.89~5.9 GHz)为 3.1~4.5 dBi。

文献[5]提出了一种通过加载谐振单元来减少双频自耦合现象的无线局域网天线,但在 5.2 GHz 的阻抗带宽为 310 MHz,相对较窄,不能完全覆盖 5.15~5.825 GHz 的 WLAN 频段。

本文提出了一种新型的 F 形槽双频平面倒 F 天线,并通过加载阶梯形槽有效增大了天线的阻抗带宽,在蓝牙频段阻抗带宽达到 300 MHz(2.21~2.51 GHz),在无线局域网频段阻抗带宽达到 1 070 MHz(4.95~6.02 GHz),能够完全覆盖 IEEE 802.11a 和 IEEE 802.11b/g 相对应的工作频段。该天线结构紧凑,天线高度为 7 mm,可以方便地植入无线通信设备中,有较强的实用性。天线具有良好的全向性能,满足无线网卡全向天线的要求。天线的增益在低频部分(2.21~2.51 GHz)达到 3.1~3.6 dBi,在高频部分(4.95~6.02 GHz)达到 6.1~6.7 dBi。

收稿日期:2007-11-16

基金项目:上海市教委项目(217604);上海市重点学科建设资助项目(T0102)

2 天线结构与参数分析

天线的结构如图 1 所示,辐射贴片和地板均由厚度为 0.2 mm 的铜片制成。地板的尺寸为 47.5 mm × 20 mm,辐射贴片的尺寸为 27.5 mm × 11 mm × 7 mm。辐射贴片与地板之间不存在除空气以外的其他介质,贴片由短路针和同轴馈电结构共同支撑。馈电方式采用 50 Ω 同轴直接馈电。天线的阻抗匹配可以通过调节馈电点和短路针的位置来实现。在不减弱天线辐射性能的前提下,为了使天线可以方便地植入系统内部,本文采取开一个“F”型槽来增加天线的电长度,从而满足天线的小型化要求,增加天线的带宽。如图 1(a) 所示,整个辐射贴片被短路针分成了两个辐射单元:从馈点到短路针部分的电流路径 A 和从短路针到贴片开路端部分的电流路径 B。这两个辐射单元决定着天线的谐振频率,可以由以下公式近似计算^[8]:

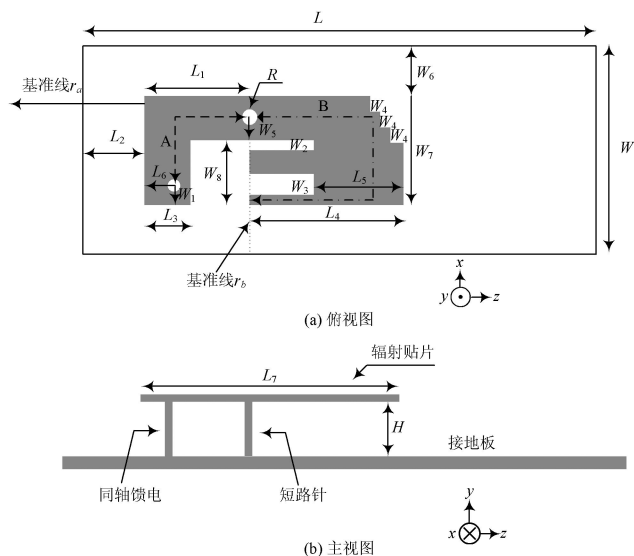


图 1 天线结构图

$$f = \frac{c}{4(w + l)}$$

这里, c 为真空中光速, l 和 w 为辐射单元的长度和宽度, f_0 为辐射单元的谐振频率。通过计算,我们取路径 A 的长度约为 12 mm,使其谐振在 5.5 GHz 频段;取路径 B 的长度约为 32 mm,使其谐振在 2.4 GHz 频段。

采用 Ansoft 公司的电磁仿真软件 HFSS 10.0 对天线进行仿真。通过调节短路针的位置 L_1 以及辐射贴片开路端的长度 L_4 使天线谐振在 2.4/5 GHz 蓝牙和无线局域网频段。由图 1(a) 可知,在固定 L_4 不变的情况下(取 $L_4 = 16$ mm),以 r_a 为基准线,改变短路针的位置 L_1 会同时改变电流路径 A 和电流路径 B 的长度。当减小 L_1 的长度时($L_1 = 10$ mm),路径 B 的长度变长,如图 2 所示,低频段向左移动。与此同时,路径 A 的长度变短,高频段向右移动。当 L_1 变长时($L_1 = 14$ mm),则得到相反的结果。相似的原理,在固定 L_1 不变的情况下(取 $L_1 = 12$ mm),以 r_b

为基准线,调节 L_4 的长度改变了低频部分的电流长度,而高频部分的电流长度保持不变,如图 3 所示。综上可知,路径 B 和路径 A 分别控制着 2.4 GHz 和 5 GHz 频段。最终仿真优化的结果取 $L_1 = 12$ mm, $L_4 = 16$ mm。

调试完两个谐振频率点后发现:低频部分的带宽相对较窄,因此,在控制低频的辐射单元处加载阶梯形槽。由于多节匹配传输线结构能够实现宽带匹配,所以这种阶梯形结构能够较容易的实现天线带宽的展宽。如图 4 所示,在加载了阶梯形槽后带宽有了较明显的展宽。

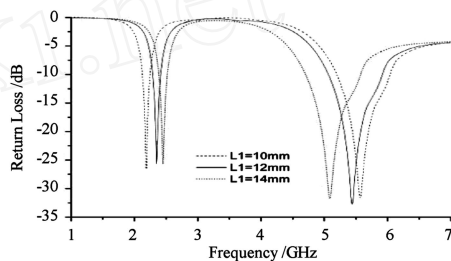


图 2 回波损耗随 L_1 变化曲线图

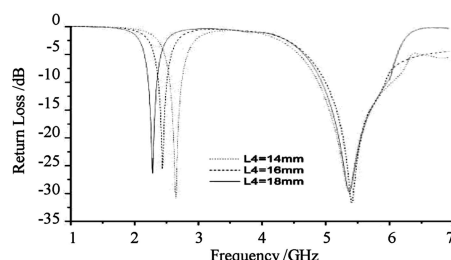


图 3 回波损耗随 L_4 变化曲线图

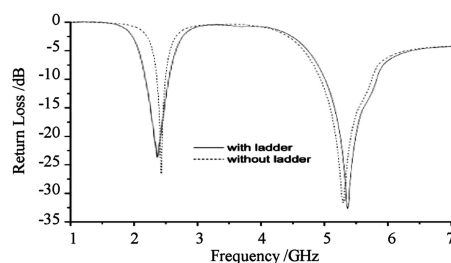


图 4 加载阶梯形槽前后回波损耗变化曲线图

3 天线测试

对天线进行实际加工来证明设计的有效性。其最终尺寸为: $L = 47.5$ mm, $W = 20$ mm, $L_1 = 12$ mm, $L_2 = 6$ mm, $L_3 = 5$ mm, $L_4 = 16$ mm, $L_5 = 10$ mm, $L_6 = 3$ mm, $L_7 = 27.5$ mm, $W_1 = 2$ mm, $W_2 = 1$ mm, $W_3 = 2$ mm, $W_4 = 1.5$ mm, $W_5 = 2.5$ mm, $W_6 = 5$ mm, $W_7 = 11$ mm, $W_8 = 6$ mm, $H = 7$ mm, $R = 0.5$ mm。

采用安捷伦公司的 8722ES 网络分析仪进行测试,测试得到的两个谐振频率点分别为: 2.4 GHz 和 5.5 GHz, 阻抗带宽分别为 300 MHz (2.21 ~ 2.51 GHz) 大约为 12.50% 和 1 070 MHz (4.95 ~ 6.02 GHz) 大约为 19.51%。图 5 是回波损耗的测试结果与仿真结果的比

较,可见,二者吻合良好。该天线在两个工作频段上的辐射方向图分别如图6和图7所示,可见天线具有较好的全向性能,能够满足无线局域网天线的要求。如图8所示,所设计天线的增益在低频部分(2.21~2.51 GHz)达到3.1~3.6 dBi,变化范围在0.5 dBi以内,在高频部分(4.95~6.02 GHz)达到6.1~6.7 dBi,变化范围在0.6 dBi以内。

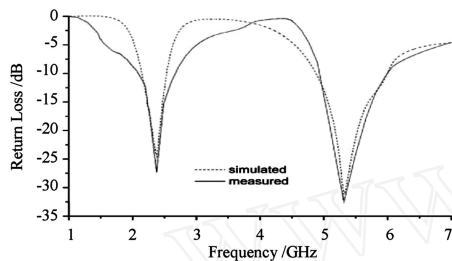


图5 仿真和实测回波损耗

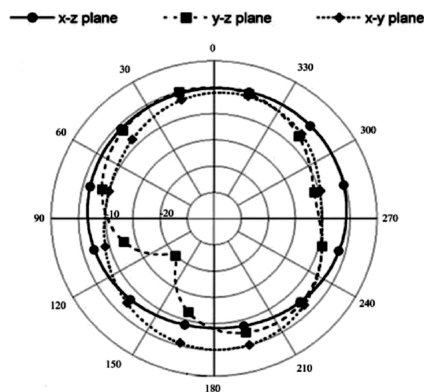


图6 2.4 GHz 实测辐射方向图

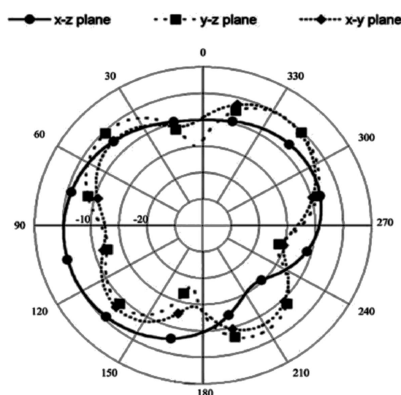


图7 天线 5.5 GHz 实测辐射方向图

4 结 语

本文提出并设计测试了一种新型小型化双频平面倒F天线,该天线设计简洁、灵活,在选定开槽位置后,只需

通过调节短路针位置 L_1 和开路端长度 L_4 即可方便调节两个谐振频率。通过加载阶梯形槽使天线具备较大的阻抗带宽,可完全覆盖2.4/5 GHz频段,以满足无线局域网对双频天线的要求。此外,该天线体积小、成本低、馈电方便,有较好的全向辐射特性和较高的增益,适用于目前的无线通信系统,具有广阔的应用前景。

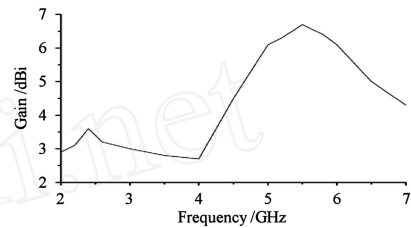


图8 天线增益图

参 考 文 献

- [1] Liu Z D, Hall P S, Wake D. Dual-frequency Planar Inverted-F Antenna [J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1997, 45 (12) : 1451-1458.
- [2] Chiba N, Amano T, Iwasaki H. Dual-frequency Planar Antenna for Handsets [J]. Electronics Letters, 1998, 34 (25) : 2362-2363.
- [3] Salonen P, Keskilampi M, Kivikoski M. New Slot Configurations for Dual-band Planar Inverted-F Antenna [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2001, 28(5) : 293-298.
- [4] Wei Su, Kin Lu W. Internal PIFAs for UMTS/WLAN/WiMAX Multi-network Operation for a USB Dongle [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2006, 48(11) : 2249-2253.
- [5] Ki Jin Kim, Kwang Ahn. The High Isolation Dual-band Inverted F Antenna Diversity System with the Small N-section Resonators on the Ground Plane [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2007, 49(3) : 731-734.
- [6] Chow Yen, Desmond Sim. Dual and Triple-band PIFA. Design for WLAN Applications [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2007, 49(9) : 2159-2162.
- [7] Kin L W, Jun H C. Integrated 2.4~5 GHz WLAN Antennas with Two Isolated Feeds for Dual-module Application [J]. Microwave and Optical Technology Letters, 2005, 47(3) : 263-265.
- [8] Zi Dong Liu, Hall P S Wake. Dual-frequency Planar Inverted-F Antenna [J]. IEEE Antennas and Propagation, 1997, 45(10) : 1451-1458.

作者简介 陈雷男,1982年出生,上海大学通信与信息工程学院硕士研究生。主要研究方向为电波传播与天线技术。