

文章编号: 2095-4980(2018)03-0419-04

三频段 G 形天线设计

邓 辉

(中国人民武装警察部队 公安边防部队士官学校, 云南 昆明 650000)

摘 要: 设计了一种适用于 3G 和 4G 通信网络的 G 形天线, 可用于单兵作战装备或手机内部, 工作频段覆盖 GSM, 3GTTD 和 IEEE802.11a, 分别工作在 1.805~1.820 GHz, 1.880~1.900 GHz 和 5.725~5.850 GHz 频率范围。这种设计满足了 3G 和 4G 中单兵作战和手机等多频段通信的需要, 具有质量轻、体积小、剖面低和制造简单等特点。

关键词: 多频段; 单兵作战; 倒 F; 第三代移动通信技术(3G); 第四代移动通信技术(4G)

中图分类号: TN828.6

文献标志码: A

doi: 10.11805/TKYDA201803.0419

Design of a tri-band antenna with G-shape

DENG Hui

(NCO School of Border Control Force, Chinese People's Armed Police Force, Kunming Yunnan 650214, China)

Abstract: A new G-type structure of tri-band antenna is designed. It is suitable for individual combat devices and 3G/4G communication network. The antenna working frequency bands cover GSM, 3GTTD and IEEE 802.11a with 1.805–1.820 GHz, 1.880–1.900 GHz, and 5.725–5.850 GHz, respectively. This designed art can be applied to multi-band communication system, especially to the individual combat, as well as to the 3G/4G network. Very good quality of this antenna is obtained, such as light weight, small size, low profile and easy manufacture, etc.

Keywords: multi-band frequency; individual combat; inverted-F principle; 3G; 4G

手机和各类通信设备天线的发展已然有几十年历史, 随着 3G 通信技术的普及和 4G 技术的不断成熟, 手机和各类通信设备成为越来越受欢迎的电子产品, 因此对移动终端设备天线的需求也就变得越来越严格^[1]。由于手机和各类移动通信设备小型化、多功能、智能化的发展, 它们主板上的电路模块逐渐增多, 留给天线的空间极其有限。这就为天线带宽、多频的设计带来了挑战^[2]。由于倒 F 天线(Inverted-F Antenna, IFA)具有小尺寸、宽带宽、结构简单等优点, 所以被广泛应用。

1 倒 F 天线设计的原理

倒 F 天线是由单极子天线衍变过来的, 其过程经过: 单极子天线→倒 L 天线→IFA 天线, 如图 1~3 所示, 倒 F 天线结构可看成由长为 S 的终端短路线和长为 L 的终端开路线并联构成, 而终端开路传输线可以等价于电阻和电容的并联, 短路传输线可以等价于电阻和电感的串联, 如图 4 所示^[3-4]。

在对倒 F 天线进行设计时, 主要考虑到 3 个参数: 天线介质的高度 H 、谐振长度 L 以及 2 条竖臂之间的距离 S ^[5-7]。谐振长度的大小与谐振频率有关, 长度越长, 谐振频率越低, 输入阻抗就越小, 天线就呈感性; 当谐振长度减小, 谐振频率升高, 输入阻抗变大, 天线呈容性。一般 L 和 H 的长度之和大约为天线工作频率波长的四分之一^[8]。而又因为天线一般是蚀刻在 PCB 介质上, 所以 L 和 H 的长度之和一般大约在自由空间工作波长四分之一和介质导波波长的四分之一之间^[9-10]。根据经验在设计倒 F 天线时可以用以下公式:

$$L+H \approx \frac{\lambda_0}{4\sqrt{(1+\epsilon_r)/2}}$$

式中: ϵ_r 是介质板的介电常数; λ_0 是自由空间波长。

基于倒 F 天线的原理, 本文设计了一种适用于 3G、4G 通信网络的新型 G 形天线, 是对倒 F 天线的优化和改良, 该天线除了具有倒 F 天线的一般特点之外, 最大的优势在于其覆盖了 3G、4G 通信网络的多个频段。

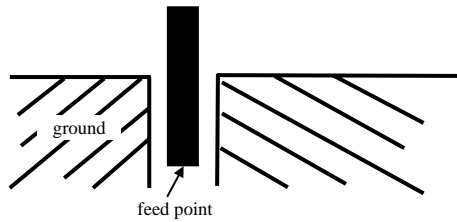


Fig.1 Monopole antenna
图 1 单极子天线

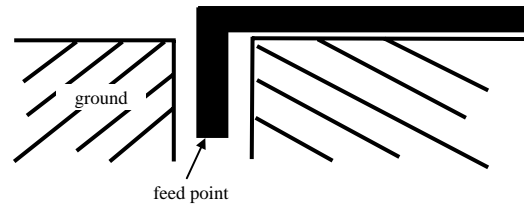


Fig.2 Inverted-L antenna
图 2 倒 L 天线

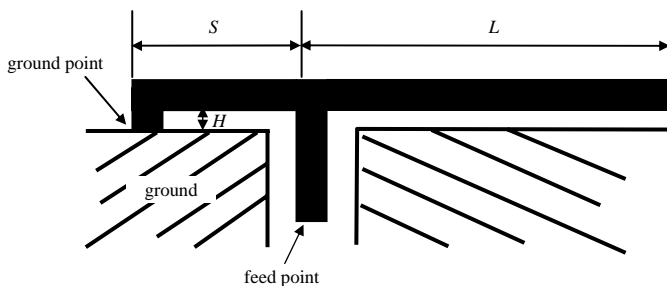


Fig.3 Inverted-F antenna
图 3 倒 F 天线

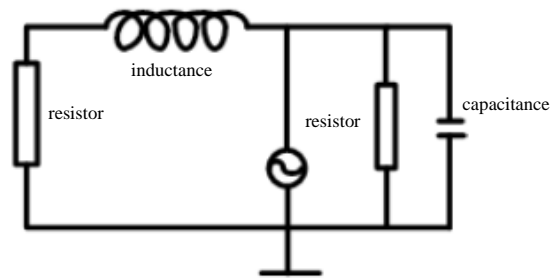


Fig.4 Inverted-F: equivalent circuit diagram
图 4 倒 F 天线等效电路

2 天线结构设计

本文设计了一种适用于 3G、4G 通信单兵作战和手机的新型 G 形天线, 该天线用于设置在单兵作战和手机内部。天线由天线辐射单元、参考地、短路片和微带线馈电四部分构成, 同时在天线辐射单元引一条微带线, 然后加一金属片构成短路片。并且在保持天线整体结构不变的情况下可以通过调节天线辐射单元中各金属片的大小来控制工作频段。天线的介质基板大小为 $130\text{ mm} \times 50\text{ mm} \times 2\text{ mm}$, 介质采用 FR4, 相对介电常数为 4.4, 天线各参数取值: L 为 130 mm , L_1 为 80 mm , L_2 为 34 mm , L_3 为 19 mm , L_4 为 8 mm , S 为 50 mm , S_1 为 40 mm , S_2 为 27 mm , S_3 为 3 mm , 如图 5 所示。

3 仿真结果及分析

为了分析天线在各工作频率范围内的特性, 以及天线各参数对性能的影响, 本文采用 HFSS 电磁仿真软件对天线的各项特性进行详细的分析与优化。主要对参数 S_2 进行了分析对比验证, 并给出了天线仿真的频率特性图如图 6 所示。从图 6 可知, 在天线结构保持不变的情况下, 通过改变天线辐射单元中 S_2 的大小来控制工作频段。当 S_2 为 30 mm 时, 天线的工作频段覆盖了 GSM 1.800 GHz ($1.710 \sim 1.725\text{ GHz}$, $1.805 \sim 1.820\text{ GHz}$), 3G TDD ($1.880 \sim 1.900\text{ GHz}$) 及 IEEE802.11a (工作在 5.800 GHz ($5.725 \sim 5.850\text{ GHz}$))。当 S_2 为 23 mm 时天线的工作频段覆盖了 GSM 1.800 GHz ($1.805 \sim 1.820\text{ GHz}$), 3G TDD ($1.880 \sim 1.900\text{ GHz}$, $2.010 \sim 2.025\text{ GHz}$), 4G (TD-LTE) ($1.880 \sim 1.900\text{ GHz}$, $2.320 \sim 2.370\text{ GHz}$), 在工作频段内天线 $S_{11} < -6\text{ dB}$ 满足通信要求。同时也分析了当 S_2 分别为 27 mm , 19 mm 时天线的工作频率特性, 由图 6 可知 S_2 逐渐减小时天线工作频段逐渐变大。阻抗带宽是衡量天线

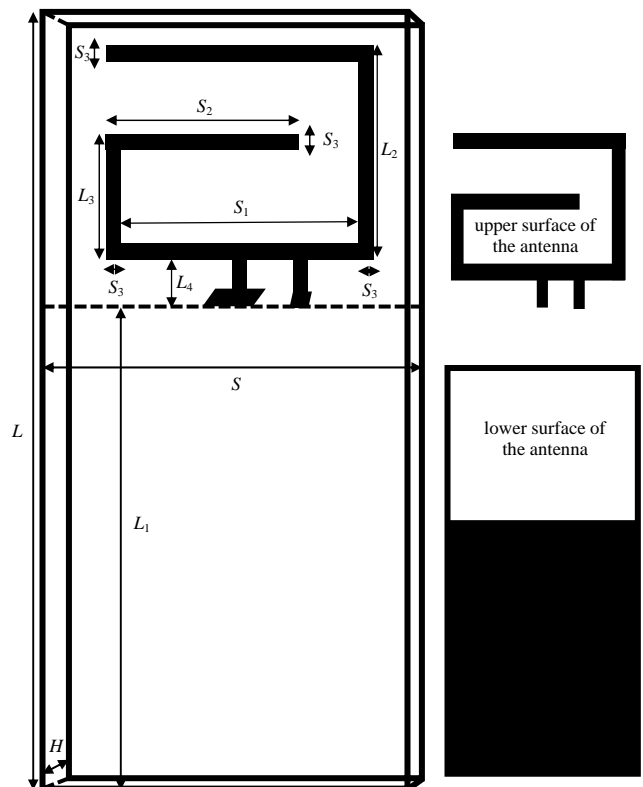


Fig.5 Solid structure radiating element and ground planes of the antenna
图 5 天线立体结构和辐射单元以及接地面

特性好坏的参数之一，稳定的方向特性也是天线性能好坏的重要参数。因此分别给出天线在 1.8 GHz, 5.8 GHz 频率 H 面和 E 面的方向图和 3D 辐射仿真结果方向图。从图 7、图 8、图 9 可知天线在不同工作频段上辐射的方向图比较稳定，满足要求。本文还给出天线的驻波比(Voltage Standing Wave Ratio, VSWR)的仿真结果，如图 10 所示。从图 10 可知在工作频段内天线电压驻波比(VSWR) <3 dB，满足通信要求。最后，还加工制作了天线实物如图 11 所示；测试了回波损耗 S_{11} ，实验结果如图 12 所示，实验测试工作频率和仿真结果有一点偏移，但在可控范围之内。

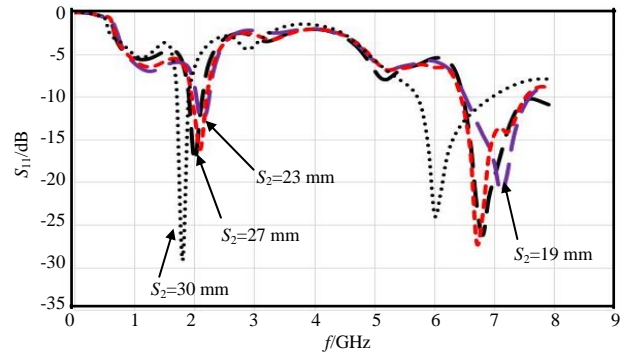


Fig.6 Simulation result of the antenna's return loss when S_2 changes
图 6 S_2 改变时天线回波损耗仿真结果

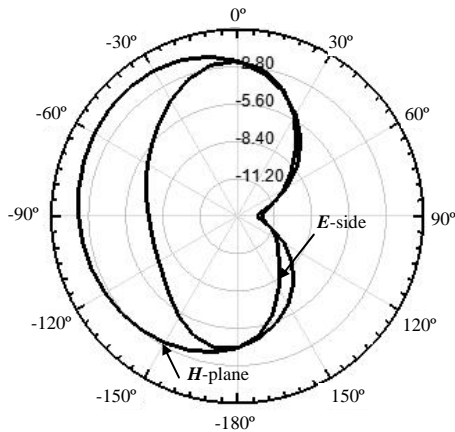


Fig.7 Simulation pattern of H -plane & E -side in 1.8 GHz
图 7 1.8 GHz 的 H 面和 E 面仿真方向图

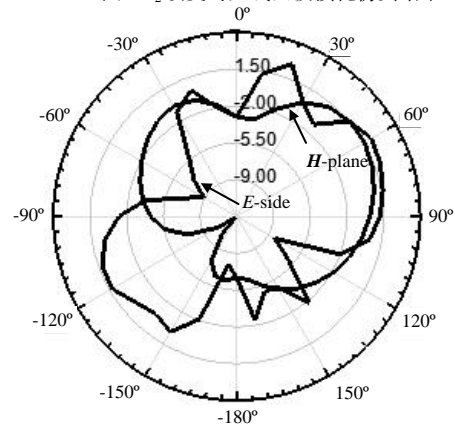


Fig.8 Simulation pattern of H -plane & E -side in 5.8 GHz
图 8 5.8 GHz 的 H 面和 E 面仿真方向图

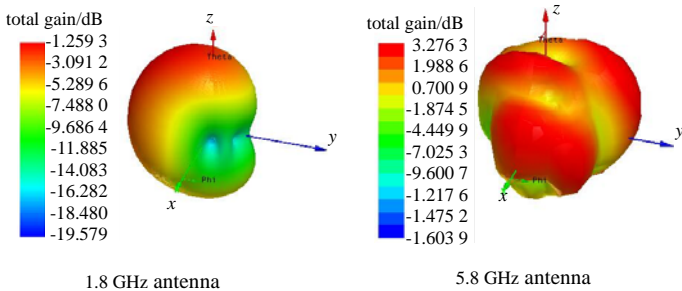


Fig.9 Simulation of 3D radiating patterns for 1.8 GHz antenna and 5.8 GHz antenna
图 9 针对 1.8 GHz 和 5.8 GHz 天线的 3D 仿真辐射方向图

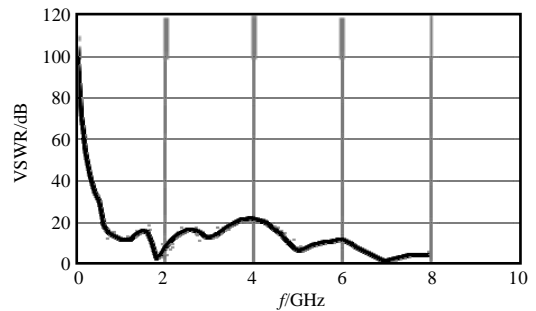


Fig.10 Antenna VSWR simulation results
图 10 天线电压驻波比仿真结果

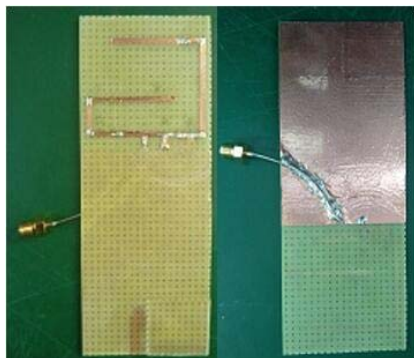


Fig.11 Picture of fabricated antenna
图 11 天线加工实物

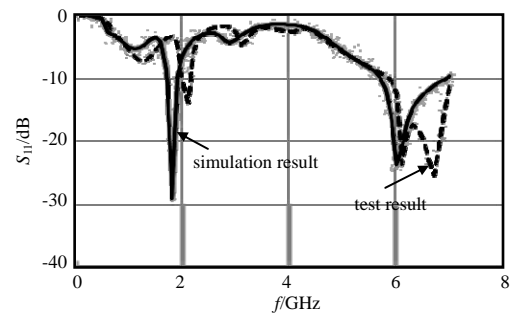


Fig.12 Antenna's test result and simulation result
图 12 天线回波损耗测试结果和仿真结果

4 结论

本文设计了一种适用于 3G、4G 通信网络中移动通信设备的天线,加工制作了天线实物且进行了实验测试。实验测试的工作频率和仿真结果误差在可控范围内。该天线解决了 3G、4G 通信中各类移动设备用多幅天线的问题。完全适合现代各类移动通信设备的需求,具有广阔的应用前景。

参考文献:

- [1] JIAO Shengcai, NIU Jianmin, JIANG Ming, et al. A compact multi band PIFA antenna for mobile devices[C]// 2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering. Hangzhou, Zhejiang, China: IEEE, 2012: 278–281.
- [2] LI Yue, ZHANG Zhijun, ZHENG Jianfeng, et al. A compact Hepta-band loop-inverted F reconfigurable antenna for mobile phone[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2012, 60(1): 389–392.
- [3] AYATOLLAHI M, RAO Q, WANG D. A compact high isolation and wide bandwidth antenna array for long term wireless devices[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2012, 60(10): 4960–4963.
- [4] CHANG Chihua, WONG Kinlu. Printed Lambda/8-PIFA for penta-band WWAN operation in the mobile phone[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 2009, 57(5): 1373–1381.
- [5] 赵国煌, 王安国, 陈彬. 六频段手机天线的设计[J]. 电子测量技术, 2012, 35(6): 50–53. (ZHAO Guohuang, WANG Anguo, CHEN Bin. Design of an internal six-band antenna for mobile phone[J]. Electronic Measurement Technology, 2012, 35(6): 50–53.)
- [6] 阳振宇, 虞春. 手机内置平面单极天线的多频与宽带技术研究[J]. 现代传输, 2010(2): 70–73. (YANG Zhenyu, YU Chun. Study on multi-band and broadband technology of the handset internal planar monopole antennas[J]. Modern Transmission, 2010(2): 70–73.)
- [7] TIAN Haiyan, LI Xiaolin, YIN Bo, et al. A new design methodology for printed log-periodic monopole antenna[J]. Journal of Electronics(China), 2012, 29(1/2): 171–176.
- [8] CHU F H, WONG K L. Planar printed strip monopole with a closely-coupled parasitic shorted strip for eight band LTE/GSM/UMTS mobile phone[J]. IEEE Transactions on Antenna and Propagation, 2010, 58(10): 3426–3431.
- [9] 周彬, 逯贵祯, 杨旗. 平面三频单极子手机天线设计[J]. 微波学报, 2010, 26(S2): 219–222. (ZHOU Bin, LU Guizhen, YANG Qi. Triple-band planar monopole antenna design[J]. Journal of Microwaves, 2010, 26(S2): 219–222.)
- [10] HE Q, LIU Y, WU Y, et al. An unequal dual-band Wilkinson power divider with slow wave structure[C]// Proceedings of 2012 Asia Pacific Microwave Conference Proceedings(APMC). Kaohsiung, Taiwan, China: IEEE, 2012.

作者简介:



邓 辉(1986–), 男, 湖南省邵阳市人, 在读博士研究生, 主要研究方向为无线通信系统与天线技术. email: denghui168168@163.com.