

# 六频段手机天线的设计

赵国煌 王安国 陈彬

(天津大学电子信息工程学院 天津 300072)

**摘 要:**提出了一种应用在手机终端上,同时能够覆盖无线通信频段中六频段的新颖天线设计。在设计中应用到了多个短截线和条带线来产生多频段。整个天线包括接地面在内的体积是 $38\text{ mm}\times 140\text{ mm}\times 7\text{ mm}$ 。该天线能够工作在LTE700、AMPS800、GSM900、ISM/Bluetooth、WLAN和WiMAX这6个频段。根据计算、仿真优化的尺寸,对天线原型进行了制作与测试,在最后给出了软件仿真结果和实际测试结果,结果显示两者基本吻合。

**关键词:**手机天线;手机内置天线;LTE;多频段天线

**中图分类号:**TP2 **文献标识码:**A

## Design of an internal six-band antenna for mobile phones

Zhao Guohuang Wang Anguo Chen Bin

(The School of Electronic Information Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072)

**Abstract:** A novel six-band internal antenna is proposed for personal wireless communication mobile handset application. In the antenna, various tuning stubs and strips are used to achieve multiband operation. Including the ground plane, overall size of the proposed antenna is  $38\text{ mm}\times 140\text{ mm}\times 7\text{ mm}$ . The performance of the antenna is suitable for internal six wireless communication services: LTE700, AMPS800, GSM900, ISM/Bluetooth, WLAN and WiMAX. The prototype of the antenna was fabricated and measured. The measurement results are in agreement with the simulation.

**Keywords:** handset antenna; internal mobile antenna; LTE; multiband antenna

### 0 引 言

目前,随着移动通信的发展,对于应用在手机上的频段也越来越多,这就要求手机能够同时工作在多频段上,而且小型化天线对于手机内置天线来讲是必然的趋势。

很多研究者关于在天线的小型化和多频段要求上做了大量的工作<sup>[1-11]</sup>。LTE(long term evolution)是3G技术的演进,其中710 MHz是LTE的1个重要频段,一般来讲,移动设备有限的体积与710 MHz较大的波长给设计师们提出了苛刻的要求。为了满足LTE在高数据率和高系统容量方面的需求,LTE系统需支持多天线MIMO(multiple input multiple output)技术,而本设计采用单天线,能够满足LTE低频段698~862 MHz的需求。一些文献中[4-7]设计的天线已经应用在频段GSM900和DCS1800上。文献[7-9]采用折叠和弯曲贴片形式来使得天线能够产生多频段,我们还可以通过采用修改接地面来使得天线能够获得更好的匹配特性<sup>[10-12]</sup>。

通常寄生元件用来使天线能够获得更宽的带宽,但是这种方法不能够很好的独立控制各个元件贴片之间的耦合

性。本文提出一种单天线设计,该天线能够覆盖LTE700(698~862 MHz),AMPS800(824~894 MHz),GSM900(880~960 MHz),ISM/Bluetooth(2400~2480),WLAN(2400~2483 MHz)和WiMAX(3400~3600 MHz),同时该天线能够很好的独立控制各个条带线的长度来获得所需的频段。

### 1 天线结构及设计

本文所提出的天线结构如图1所示。

在图1中可以看出天线具有比较简单的结构,除了辐射贴片外,为了便于分析,其他带线均用数字1到6依次标出,如图2所示。

这些辐射单元折叠后放在介质板的前端,并且通过SMA接头馈电,其中U形带线(带线1)和接地面相连接。整个辐射单元采用0.2 mm厚度的黄铜片制作,折叠后整个体积为 $37\text{ mm}\times 20\text{ mm}\times 7\text{ mm}$ ,介质采用介电常数为4.4的FR4材料,介质板的面积选为 $38\text{ mm}\times 120\text{ mm}$ ,足够应用在手机终端上。

本文于2012年4月收到。

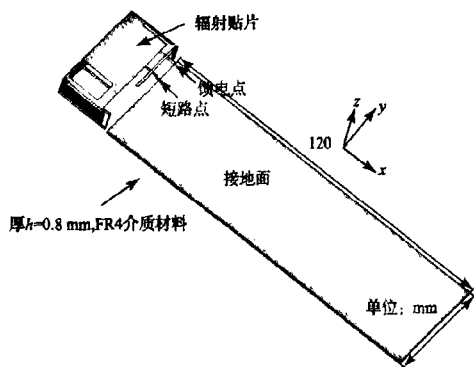


图1 六频段天线结构

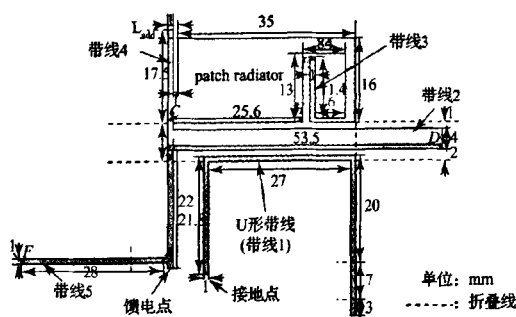


图2 未折叠的六频段天线辐射单元结构

在图2中,辐射单元通过SMA接头馈电后,电流从带线2和带线3上的点A到点B再到D(电流路径为72.5 mm,谐振在940 MHz),并且由点A到B、C、H,最后到E(电流路径为101.4 mm,谐振在740 MHz)来产生能够覆盖LTE700/AMPS800/GSM900的第一个频段。电流路径从A到F(1/4波长)能够产生ISM/Bluetooth和WLAN这2个频段。当电流流过辐射贴片边缘时候,电流路径从点C到H(路径长度为25.6 mm)会产生最后1个频段,也就是3.5 GHz的WiMAX频段。

为了能够获得更好的匹配特性,在带线4上连接一小短截线来调整整体的匹配特性。如图3所示, $L_{add}$ 的长度对整体辐射特性的影响,很明显从图中可以看到当 $L_{add}$ 的长度调整到1.5 mm的时候,天线整体能获得很好的特性。

## 2 结果与分析

本文所提出的六频段手机天线经过软件Ansoft HFSS仿真优化后,再进行加工成实物,实际中测试均通过微波矢量仪Agilent E5071B(300 kHz~8.5 GHz)测得。仿真结果和实际测量结果如图4所示。通常来讲,-6 dB回波损耗可以作为测试手机天线性能好坏的临界值。

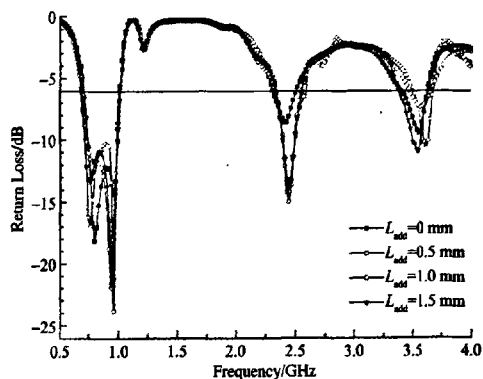
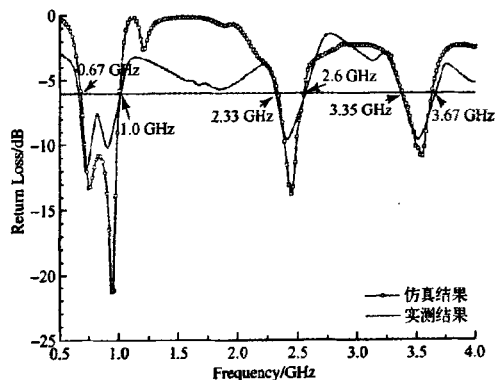
图3 不同长度的 $L_{add}$ 对天线回波损耗影响的仿真结果

图4 六频段手机天线的仿真和实测结果

从结果中我们可以看出,低频段分别谐振在740 MHz和940 MHz上,该频段从0.65 GHz到1 GHz,具有350 MHz的带宽,覆盖到了LTE700、AMPS800、GSM900这3个工作频段。对于图4中的第2个频段来讲谐振在2.44 GHz上,有270 MHz的带宽(2.33~2.6 GHz),适合工作在ISM/Bluetooth和WLAN频段上。最后的工作频段从3.35 GHz到3.67 GHz频段上,其带宽320 MHz足够应用在WiMAX频段。

接地面的长度作为手机天线设计的要素同样应该考虑进去,对于不同长度的接地面天线会有不同的特性,图5给出了接地面在长度不同的时候所呈现出来的特性,从图中可以看出当天线接地面的长度确定为120 mm时,能够获得很好的匹配特性。

同样,方向图也是需要考虑的特性,图6给出了实测的方向图。从图中可以看出,在各个频段上的共极化和交叉极化都呈现全向性,这也正好满足天线的全向性要求。图7给出了本文所设计的六频段手机天线实测辐射效率和增益,对第一频段来讲,增益从1.024 dBi变化到2.53 dBi,并且辐射效率均大于50%。第二频段中,增益从4.035 dBi渐变到4.39 dBi,辐射效率也从60.31%变到75.64%。

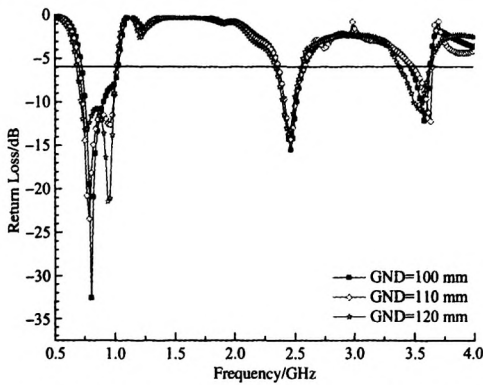


图 5 不同长度的接地面对天线回波损耗的影响仿真结果

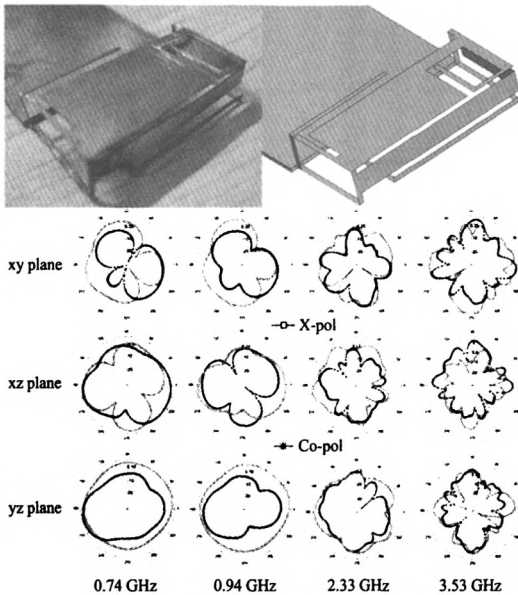


图 6 实物和各频段相应的实测方向

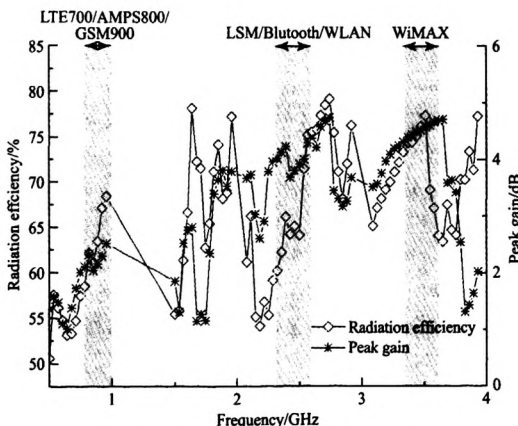


图 7 实测六频段天线辐射效率和增益

### 3 结 论

本文提出了一种应用在手机终端上的六频段天线,该天线总体积为  $37 \text{ mm} \times 20 \text{ mm} \times 7 \text{ mm}$ ,通过设计优化后做出实物并且经过实测,所得实测结果和仿真结果基本吻合。利用不同的电流和场分布,该天线能获得多频段的效果。天线的各个点的谐振频率可以通过修改各自相应的带线长度来单独控制,而且通过利用相邻频率点的谐振来获得足够的带宽。该天线可应用于 LTE700、AMPS800、GSM900、ISM/Bluetooth/WLAN、WiMAX。

### 参 考 文 献

- [1] CIAIS P, STARAJ R, KOSSIAVAS G, et al. Compact internal multiband antenna for mobile phone and WLAN standards [J]. *Elect. Lett.*, 2004, 40 (15): 920-921.
- [2] 吴建斌, 田茂, 李太全. 一种改进的探地雷达蝶形天线 [J]. *仪器仪表学报*, 2009, 30(5): 1059-1062.
- [3] 陈华君, 郭东辉. 基于 MEMS 开关的双频可重构天线设计 [J]. *仪器仪表学报*, 2006, 27(6): 2023-2024.
- [4] YEH S H, WONG K L, CHIOU T W, et al. Dual-band planar inverted F antenna for GSM/DCS mobile phones [J]. *IEEE Trans Antennas Propag*, 2003, 51 (5): 1124-1126.
- [5] 王方明, 苏东林, 曹景阳, 等. 天线间耦合度自动测试系统设计 [J]. *国外电子测量技术*, 2010, 29(8): 9-12.
- [6] LIN Y F, CHEN H M, LIN CH Y. Planar inverted-L antenna with a dielectric resonator feed in a mobile phone [J]. *IEEE Trans Antennas Propag*, 2009, 57 (10).
- [7] 曹洪龙, 郭辉萍, 杨新艳. 手机天线辐射特性自动测试软件的设计 [J]. *电子测量与仪器学报*, 2007, 21(5): 90-93.
- [8] LIN SH Y. Multiband folded planar monopole antenna for mobile handset [J]. *IEEE Trans Antenna Propag*, 2004, 52(7).
- [9] CIAIS P, STARAJ R, KOSSIAVAS G. Design of an internal quad-band antenna for mobile phones [J]. *IEEE Microwave and Wireless Components Lett*, 2004, 14(4).
- [10] ABEDIN M F, ALI M. Modifying the ground plane and its effect on planar inverted-f antennas (PIFAs) for mobile phone handsets [J]. *IEEE Antennas Wireless Propag Lett*, 2003(2): 226-229.
- [11] LIU CH L, LIN Y F, LIANG CH M. Miniature internal penta-band monopole antenna for mobile phones [J]. *IEEE Trans Antennas Propag*, 2010, 58(3).

(下转第 57 页)

## 参考文献

- [1] 周洪伟. 外场环境信息无线监测系统[J]. 国外电子测量技术, 2011, 30(4): 72-74.
- [2] 彭宇, 王丹. 无线传感器网络定位技术综述[J]. 电子测量与仪器学报, 2011, 25(5): 389-399.
- [3] Chin C A, CROSBY G V. Advances and challenges of wireless body area networks for healthcare applications [C]. International Conference on Computing, Networking and Communications(ICNC), 2012: 99-103.
- [4] HNAT T W, SRINIVASAN V. The hitchhiker's guide to successful residential sensing deployments [C]. Proceedings of the 9th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2011: 232-245.
- [5] 汪付强, 曾鹏, 于海斌. 一种低开销的双向时间同步算法[J]. 仪器仪表学报, 2011, 32(6): 1357-1363.
- [6] OLFATI-SABER R. Distributed Kalman filtering for sensor networks[C]. Proceedings of the 46th IEEE Conference on Decision and Control, 2007: 5492-5498.
- [7] MILLS D L. Internet time synchronization: the network time protocol[J]. IEEE Transactions on Communications, 1991, 39(10): 1482-1493.
- [8] 潘新春. 基于虚拟时间戳的 WSN 时间同步算法[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(29): 87-91.
- [9] MIKLOS M, BRANISLAV K, GYULA S, et al. The flooding time synchronization protocol[C]. Proceedings of the 2nd International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2004: 39-49.
- [10] GANERIWAL S, KUMAR R, SRIVASTAVA M B. Timing -sync protocol for sensor network [C]. Proceedings of the 1st International Conference on Embedded Networked Sensor Systems, 2003: 138-149.
- [11] ELSON J E, GIROD L, ESTRIN D. Fine grained time synchronization using reference broadcasts [C]. Proceedings of the 5th symposium on Operating systems design and implementation, 2002: 147-163.
- [12] RHEE I K, LEE L. Clock synchronization in wireless sensor networks: an overview [J]. Sensors, 2009, 9(1): 56-85.
- [13] SUNDARARAMAN B, BUY U. Clock synchronization for wireless sensor networks: a survey [J]. Ad Hoc Networks, 2005, 3(3): 281-323.
- [14] POLASTRE J, SZEWCZYK R. Telos: enabling ultra-low power wireless research [C]. Information Processing in Sensor Networks, 2005: 364-369.
- [15] DUNKELS A, GRONVALL B, VOIGT T. Contiki-a lightweight and flexible operating system for tiny networked sensors[C]. Proc of IEEE Emnets, 2004: 455-462.
- [16] 朱中波, 王刚, 张净. WSN 数据采集时间同步算法研究[J]. 工矿自动化, 2011, 9(9): 41-44.

## 作者简介

徐顶鑫, 男, 1986 年 3 月出生, 工学硕士, 主要研究方向为无线传感器网络可靠传输。  
E-mail: xdxn2010@gmail.com

## 作者简介

赵国煌, 男, 1986 年出生, 天津大学电路与系统专业硕士生, 主要研究方向为多频段与手机天线。

E-mail: keyi1110@163.com

王安国, 男, 1958 年出生, 天津大学电子信息工程学院教授, 博士, 主要研究方向为通信系统理论、天线理论与设计、射频电路分析与设计。

陈彬, 男, 1984 年出生, 天津大学电子与通信工程专业硕士生, 主要研究方向为超宽带与可重构天线。

(上接第 52 页)

- [12] 郝卫东, 熊郢, 王磊, 等. AMS&ADS 在手机天线初期设计仿真中的应用. 电子测量与仪器学报, 2009 (s1): 248-251.

## 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](http://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 门视频培训课程和 1 本图书教材, 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 软件设计进行天线设计...

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](http://www.edatop.com))由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立，一直致力和专注于微波、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](http://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>