

应用于 GSM/DCS/PCS/IMT-2000 与 2.45 GHz WLAN 之天线设计

叶世晃 汤嘉伦 陈安家 卢子豪

工业技术研究院，电通所，射频通讯系统技术部

Email: ScottYeh@itri.org.tw

摘要：本文提出一可操作在 GSM/DCS/ PCS/IMT-2000 频段的多模天线设计，并且另外设计一操作在 2.45 GHz 频带的天线于系统基板上。而行动电话多模天线与无线局域网络天线之间的隔离度可达 10 dB 以上，相当符合目前无线通讯产业的需求。

关键词：行动电话 无线局域网络 天线 隔离度

一、前言

随着行动电话的普及率增高与市场竞争越来越激烈的情况下，造成厂商为了符合市场竞争力而将行动电话设计得具有越来越多的附加功能；其中，最基本的功能即是可以双频/三频操作，如此行动电话才可以跨越各种系统使用。而行动电话最前端的装置是天线，为了使得行动电话可以有双频/三频操作的能力，天线设计近年来也着重于多频设计[1-2]，以期能应用于 GSM 900 (890-960 MHz)、DCS 1800 (1710-1880 MHz)、PCS 1900 (1850-1990 MHz)，甚至是可操作在第三代行动通讯频段 (1920-2170 MHz)。此外，将无线局域网络 WLAN 的功能内建于行动电话内亦是无线通讯产品的潮流 [3]。由于，目前射频技术尚无法将行动电话与无线局域网络同时整合至单一的前端模块之中，因此，天线设计只需将行动电话天线与无线局域网络天线分开设计，并且注重二天线之间的隔离度即可。本文将提出一体积大小为 $40 \times 5 \times 10 \text{ mm}^3$ 采用金属片制作的天线，该天线可操作在 GSM/DCS/PCS/IMT-2000 四个频段，并且相当适合内置于行动电话塑料机壳内，达到隐藏与保护天线的目的。而无线局域网络天线方面，本论文利用简单的印刷式短路单极天线架构设计一操作在 2.45 GHz 频带的天线，其

面积仅有 $8 \times 10 \text{ mm}^2$ 。而行动电话天线与无线局域网络天线之间的隔离度可达 10 dB 以上，可以满足目前无线通讯产业的需求。

二、天线设计

1. 天线结构

本天线的结构如图 1 所示。整个系统的接地面(system ground)大小为 $50 \times 100 \text{ mm}^2$ ，在接地面的上方有一 $50 \times 110 \text{ mm}^2$ 的 FR4 基板(为使图形方便观看，因此 FR4 基板未在图 1 中画出)，整个系统的面积相当于一手持式装置的大小。而可操作在 GSM/DCS/PCS/ IMT-2000 频带的多模天线(multi-mode antenna)则安置在 FR4 基板的上方，且天线下方没有系统接地面该。天线则利用一传输线馈入，以便激发天线的操作模态。多模天线乃由 $80 \times 10 \text{ mm}^2$ 金属片所构成，利用植入一近似 Γ 型的狭缝之后经过弯折等步骤后形成如图 1 所示的样式，该多模天线的体积大小为 $40 \times 5 \times 10 \text{ mm}^3$ ，而这样的大小可以利用表面粘着技术(surface mountable technology)将天线直接安至于行动电话的机壳内，达到隐藏与保护天线的目的。由于，金属片植入该近似 Γ 型的狭缝后会形成两条长短不同的金属片路径，该两路径可分别提供模态供 GSM 与 DCS/PCS 系统使用，而该二模态均为四分之一波长共振模态。由于，经过弯折后金

属片与金属片之间会有耦合作用发生，进而造成多模天线的频宽增加；因此，本多模天线亦可操作在 IMT-2000 系统中。

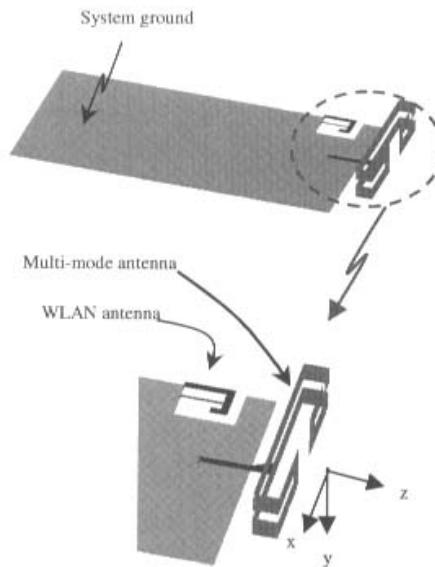


图 1 天线结构图

而无线局域网络天线(WLAN antenna)设计方面，请参见图 1。该无线局域网络天线直接利用手机的印刷电路板制程制作，这样的方式不但可以减少组装的复杂度更可以得到较低的生产成本。特别注意的是，本天线印制在 FR4 基板上方，而在天线所在位置 FR4 基板的下方是没有系统接地面的，该区域的大小为 $10 \times 10 \text{ mm}^2$ 。而无线局域网络天线以一 L 型的架构设计，其目的是为了得到较小的面积。而为了使得天线有较佳的匹配，我们利用短路金属来调整天线的匹配，整个无线局域网络天线的面积大小为 $8 \times 10 \text{ mm}^2$ 。由于，无线局域网络与行动电话系统会相互干扰，因此，必须加入一些提高两系统之间隔离度的设计。在此，我们利用系统接地面来提高隔离度，我们在多模天线与无线局域网络天线之间加入系统接地面来增加两天线之间的隔离度。

2. 天线仿真与量测

利用上一节所叙述的天线结构进行数值仿真与实作量测的 S 参数所得到的数据如图 2-4 所示。我们所采用的商用仿真软件为 Ansoft 公司的 HFSS (High Frequency Structure

Simulator)。首先，参见图 2，该图形为多模天线的仿真与量测 S₁₁ 图形。我们可发现仿真数据与量测数据之间有良好的吻合度。多模天线在低频段时频宽(由 VSWR = 2.5 : 1 的定义)为 135 MHz (885-1020 MHz)，这样的操作频宽符合 GSM 系统(890-960 MHz)的频宽需求。而多模天线的高频模态频宽为 605 MHz (1605-2210 MHz)，同样符合 DCS/PCS/IMT-2000 系统(DCS: 1710-1880 MHz、PCS: 1850-1990 MHz、IMT-2000: 1920-2170 MHz)的频宽需求。图 3 显示出无线局域网络天线的仿真与实作量测 S₂₂ 参数，同样地，仿真数据与实作量测数据具有良好的吻合度。而本无线局域网络天线可操作在 2385-2665 MHz (频宽 280 MHz)，这样的频宽可以轻易涵盖 2.4 GHz 无线局域网络系统对频宽的需求 (2400-2484 MHz)。

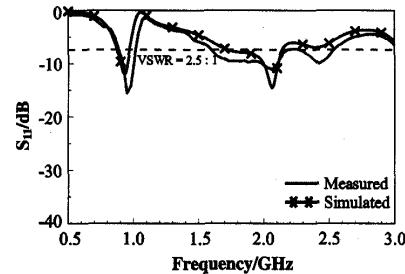


图 2 多模天线 S₁₁ 图

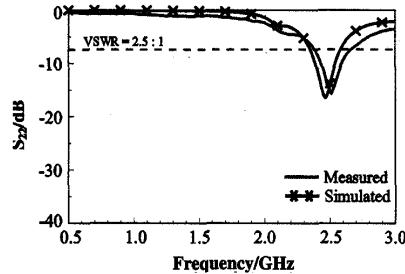


图 3 无线局域网络天线 S₁₁ 图

由于，本设计具有两个馈入点，该二个馈入点分别激发多模天线与无线网络天线，因此，有必要分析两馈入点之间的隔离度。图 4 为二馈入点的隔离度图形，由图可以看出实作数据非常接近仿真数据。首先，我们可以发现 GSM 频带的隔离度(隔离度为 S₂₁ 取绝对值)大约为 30 dB，这是由于无线局域网络的操作频带 2450 GHz 与 GSM 系统频带 900 MHz 频率距离较远，因此，二者之间的隔离度可以轻易达到 30 dB

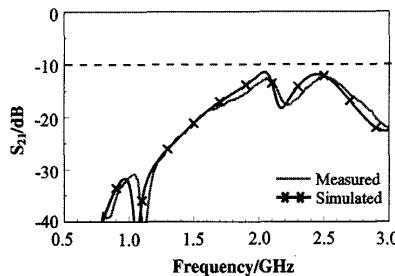


图 4 多模天线与无线局域网络天线 S_{21} 图

的位准。由于，DCS/PCS/IMT-2000 操作频带相对于 GSM 操作频带较接近无线局域网络的频带，因此，DCS/PCS/IMT-2000 的隔离度明显的较 GSM 频带来得差；而且，我们可发现随着操作频率的上升隔离度表现越来越差，所以 IMT-2000 频带的隔离度(12.5 dB)较 DCS 与 PCS(隔离度分别为 15.7 与 13.6dB)频带来得差。此外，由于无线局域网络的频带相当接近 DCS/PCS/IMT-2000，因此，无线局域网络内最差的隔离度约为 12.3 dB。我们可以发现，本设计架构两天线之间的隔离度均大于 10 dB，而这样的大小已足够供无线通讯产品的使用了。

本论文天线设计的辐射场型如图 5、图 6、图 7 所示。图 5 为多模天线操作于 930 MHz 时的辐射场型，由图中可看出辐射场型近似于偶极天线(dipole antenna)的辐射场型。而多模天线于 1800 MHz 的辐射场型如同图 6 所示，由 y-z 平面看出场型近似于蝴蝶形状，这样的辐射场型与一般行动电话的天线辐射场型十分相似。而无线局域网络天线的辐射场型如图 7 显示。此外，所有频带内的辐射场型均十分近似。

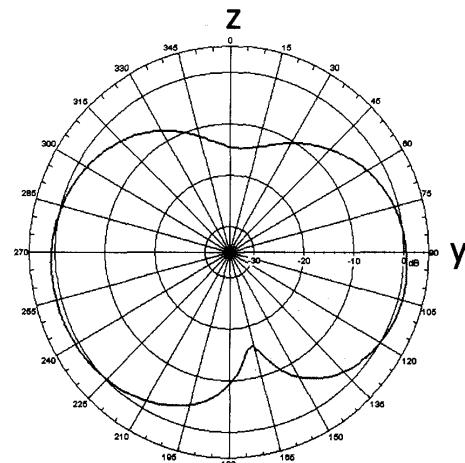


图 5 多模天线于 930 MHz 量测辐射场形图

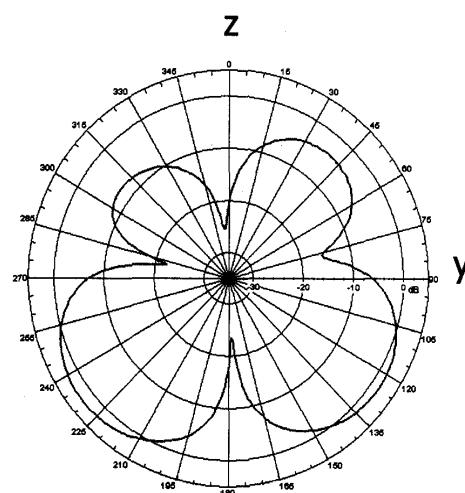
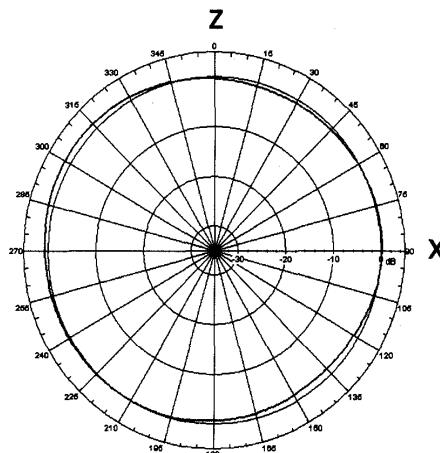
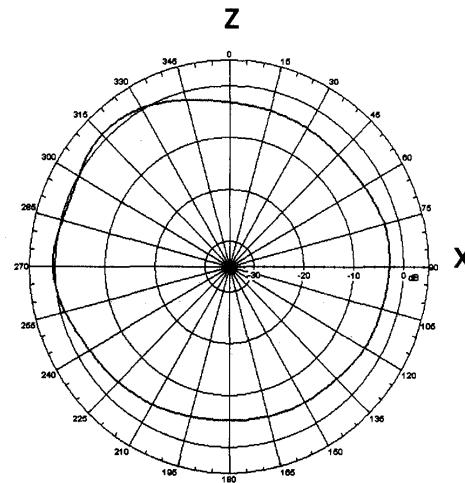


图 6 多模天线于 1800 MHz 量测辐射场形图

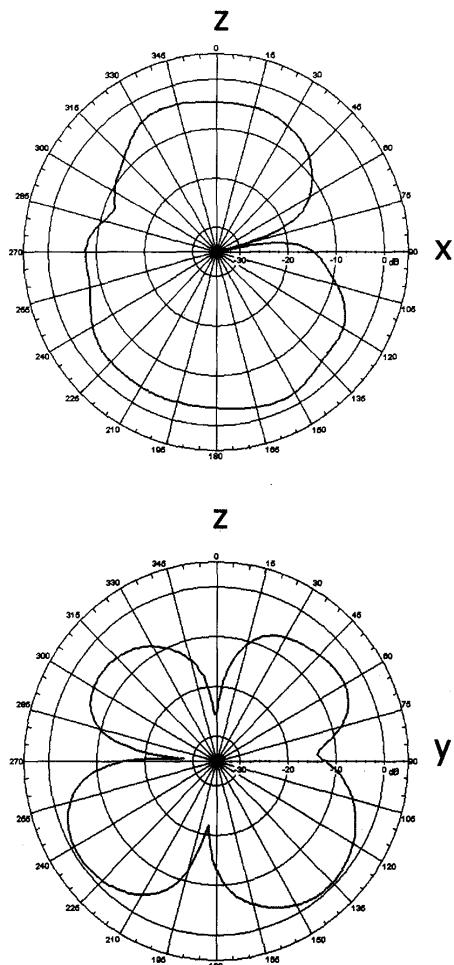


图 7 多模天线于 1800 MHz 量测辐射场形图

三、结论

本论文提出本文提出一制作容易、生产成本低廉的多模天线，该天线可操作在 GSM/DCS/PCS/IMT-2000 多个频段，并且另外设计一操作在 2.45 GHz 无线局域网络频带的印刷式天线。而该两天线均具有良好的天线辐射特性，且两天线的隔离度均大于 10 dB，因此本天线设计可直接应用在相关的行动手持装置内。

参考文献：

- [1] S. H. Yeh, K. L. Wong, T. w. Chiou, and S. T. Fang, "Dual-Band Planar Inverted-F Antenna for GSM/DCS Phones," IEEE Trans. Antennas Propaga., vol.51, no. 5, pp. 1124~1126, 2003.
- [2] S. H. Yeh and K. L. Wong, "PIFA-Monopole Internal Mobile Phone Antenna for GSM/DCS/PCS," Microwave Opt. Technol. Lett., vol.35, no. 11, pp. 217~219, 2002.
- [3] P. Ciais, R. Staraj, G. Kossiavas, and C. Luxey, "Compact Internal Multiband Antenna for Mobile phone and WLAN Standards," Electronics Lett. , vol.40, no. 15, pp. 920~921, 2004.

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>