

The Newest Advancement of Mobile Phone Antenna

Xia Xiao

School of Electronic Information, Qingdao University, Qingdao Shandong
Email: 843565964@qq.com

Received: May 1st, 2016; accepted: May 22nd, 2016; published: May 25th, 2016

Copyright © 2016 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

As the great component of mobile phone, the antenna determines the capability of sending and receiving of the mobile phone. Miniaturization and multi-frequency is an important indicator of mobile phone antenna design. The mobile phone antenna papers published in recent years are divided into PIFA antenna, slot antenna, monopole antenna, reconfigurable antenna, antenna with lumped parameters, etc. This paper analyzes and summaries the antenna size, structure and width.

Keywords

Mobile Phone Antenna, Bandwidth, Multi-Band Antenna

手机天线设计的新进展

肖霞

青岛大学电子信息学院, 山东 青岛
Email: 843565964@qq.com

收稿日期: 2016年5月1日; 录用日期: 2016年5月22日; 发布日期: 2016年5月25日

摘要

天线是手机的重要部件, 其特性决定了手机的发射与接收性能。小型化与多频化是手机天线设计的重要

指标。本文将近年文献中发表的手机天线分成PIFA型、缝隙型、单极型、可重构型、含有集总参数等类型，对天线的尺寸结构和带宽进行分析和综述。

关键词

手机天线，带宽，多频段天线

1. 引言

手机天线是手机上能够用来接收和发射信号的设备，手机天线在移动通信行业中起着重要作用。天线质量直接决定了手机的通讯能力以及手机的发射接收性能，甚至天线设计的好坏决定了该手机在市场的生存空间。从传统的非智能手机发展到如今普遍的智能手机，这意味着传统手机天线已经不能完全满足当今社会的需要，现在手机天线已经能够实现 4G 网络，5G 时代也将到来。所以需要对手机天线进行结构创新，材料创新，使它具备多频段，宽频带，低成本，低辐射，高性能能有点。因此充分认识天线的重要性，全面了解掌握手机天线设计知识与技巧是非常重要的。

金属对天线有屏蔽作用，为了提高天线匹配阻抗，所以将天线投影面上的地挖空，这个区域叫净空区域，在此区域不能安装任何元器件。天线即辐射体部分，在提高天线性能的基础上，应该尽量减小天线及净空区域的尺寸，这样能保证在手机上安装更多的元器件。根据天线结构可以分为 PIFA 型手机天线、缝隙型手机天线、单极型手机天线、重可构型手机天线、含有集总参数的手机天线。本文主要是对相关文献中的手机天线按照带宽、净空区域、天线结构等指标进行分析和综述。

2. PIFA 型手机天线

2.1. 文献[1]

文献[1]设计了一款印刷型 PIFA 手机天线。天线所在电路板尺寸为 $115\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ ，采用厚度为 0.8 mm 的 FR4 板。净空区域的尺寸为 $15\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ ，天线主要由 T 型单极子，两个折叠金属片构成。在电路板的外面加了一个 1 mm 厚的塑料外壳。此天线 -6 dB 以下的低频段带宽为 $695\sim 1000\text{ MHz}$ ，高频段为 $1810\sim 2850\text{ MHz}$ ，能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 七个频段。

2.2. 文献[2]

文献[2]设计了一款印刷型 PIFA 手机天线。天线所在电路板尺寸为 $115\text{ mm} \times 45\text{ mm}$ ，采用厚度为 0.8 mm 的 FR4 板。净空区域的尺寸为 $15\text{ mm} \times 45\text{ mm}$ ，天线结构由三部分构成，分别为辐射带，感应短路带和耦合带。此天线 -6 dB 以下的低频段带宽为 $695\sim 1040\text{ MHz}$ ，高频段为 $1580\sim 2840\text{ MHz}$ ，能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、DCS1800、PCS1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

3. 单极手机天线

3.1. 文献[3]

文献[3]设计了一款单极型手机天线，天线所在的电路板是 0.8 mm 厚的 FR4 板，尺寸为 $100\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ ，在电路板的左上角安置了大小为 $15\text{ mm} \times 45\text{ mm} \times 4\text{ mm}$ 的天线，地上的净空区域为 $15\text{ mm} \times 45\text{ mm}$ ，此区域不能安装元器件，此天线的贴片主要由三部分组成，一是垂直平面的贴片，二是曲折的贴片，它们两个共同作用激励了低频段，带宽为 $690\sim 1100\text{ MHz}$ ，覆盖 LTE700、GSM850、GSM900；三是环形贴

片,它激励了高频段,带宽为 1450~3000 MHz,覆盖 DCS1800、PCS1900、UMTS、LTE2300、LTE2500。

3.2. 文献[4]

文献[4]设计了一款单极型手机天线,天线所在的电路板是 0.8 mm 厚的 FR4 板,尺寸为 115 mm × 60 mm。左上角安置了大小为 15 mm × 25 mm × 4 mm 的天线,地上净空区域为 15 mm × 25 mm,此区域不能安装元器件。辐射体主要由馈电金属贴片和短路金属贴片构成。此天线-6 dB 以下的低频段带宽为 704~1095MHz,高频段为 1640~2695 MHz,能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM 900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

3.3. 文献[5]

文献[5]设计了一款单极型手机天线,天线所在的电路板是 0.8 mm 厚的 FR4 板,尺寸为 120 mm × 65 mm。净空区域的尺寸为 10 mm × 65 mm。在主板的正面由蜿蜒的馈电天线和贴片天线组成,并由 50 欧姆微带线直接馈电。在主板的反面由尺寸为 110 mm × 65 mm 的地和与地连接的蜿蜒的耦合馈电天线组成。此天线-6 dB 以下的低频段带宽为 690~975 MHz,高频段为 1600~2200, 2268~3000 MHz,能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

4. 可重构型手机天线

4.1. 文献[6]

文献[6]设计了可重构型手机天线,天线所在电路板尺寸为 120 mm × 50 mm,采用厚度为 1.6 mm 的 FR4 板,天线的尺寸为 13.5 mm × 35.5 mm,地的尺寸为 106.5 mm × 50 mm,对应地上的净空区域面积为 13.5 mm × 35.5 mm,此区域不能安装元器件。在馈电点,通过接地平面提供负电压,通过二极管的开关实现天线的重构。当二极管处于关闭状态时,-6 dB 以下的带宽为 750~1038 MHz,当二极管处于开启状态时,-6 dB 以下的带宽为 690~838 MHz, 1700~2825 MHz。所以此设计覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM 1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

4.2. 文献[7]

文献[7]设计了可重构型手机天线,天线所在电路板尺寸为 100 mm × 40 mm,采用厚度为 1 mm 的 FR4 板,天线的尺寸为 40 mm × 16 mm × 6 mm,地的尺寸为 84 mm × 40 mm,对应地上的净空区域面积为 40 mm × 16 mm,此区域不能安装元器件。此天线由矩形贴片和折合形状贴片组成,当二极管处于开启状态时,-6 dB 以下的带宽为 698~850 MHz, 1600~2100 MHz,当二极管处于关闭状态时,-6 dB 以下的带宽为 800~1100 MHz, 1650~2200 MHz,此设计能够覆盖 LTE700、GSM850、900、DCS1800、DCS1900、UMTS2000 六个频段。

4.3. 文献[8]

文献[8]设计了一款可重构型手机天线,天线所在电路板尺寸为 120 mm × 50 mm,采用厚度为 1.6 mm 的 FR4 板,天线的尺寸为 36.5 mm × 10 mm,地的尺寸为 110 mm × 60 mm,对应地上的净空区域面积为 10 mm × 50 mm,此区域不能安装元器件。此天线主要由辐射原件和两个二极管构成。通过外加电压控制两个二极管的状态,进而可以构造多种电路结构。当#1 二极管处于开启状态,#2 二极管处于关闭状态时能够实现两个工作频段,-6 dB 以下的低频段带宽为 690~825 MHz,高频段带宽为 2110~3080 MHz,能够覆盖 LTE700、LTE2300、LTE2500。当#1 二极管处于关闭状态,#2 二极管处于开启状态时,低频段的带宽为 790~1030 MHz,能够覆盖 GSM850、GSM900。

当两个二极管都处于开启状态时，它的高频段带宽为 1710 MHz~2230 MHz，能够覆盖 GSM1800、GSM1900、UMTS。此设计最终能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

4.4. 文献[9]

文献[9]设计了一款可重构型手机天线，天线所在电路板尺寸为 120 mm × 60 mm，采用厚度为 0.8 mm 的 FR4 板。天线的尺寸为 15 mm × 60 mm，地的尺寸为 105 mm × 60 mm。天线包括由 50 Ω 微带线直接馈电的辐射贴片，寄生短路贴片和 T 型贴片。在 T 型贴片和寄生短路贴片之间放入一二极管，当二极管处于关闭状态时，-6 dB 以下低频段带宽为 810~990 MHz，高频段为 2100~2710 MHz；当二极管处于开启状态时，低频段带宽为 690~800 MHz，高频段为 1700~2300 MHz。能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

5. 含有集总参数元件的手机天线

5.1. 文献[10]

文献[10]设计了一款含有电感、电容的集总参数元件的手机天线，天线所在电路板尺寸为 115 mm × 60 mm，采用厚度为 0.8 mm 的 FR4 板，对应地上的净空区域面积为 50 mm × 4 mm，此区域不能安装元器件，此天线由矩形贴片和 C 形贴片，两个电感，一个电容构成，缝隙激励了天线的低频段，C 形金属条激励了高频段，并使低频段略有增宽，最终使天线带宽达到了 700~1030 MHz，1710~2720 MHz，覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

5.2. 文献[11]

文献[11]设计了一款含有集总参数的手机天线，天线所在电路板尺寸为 72 mm × 127 mm，采用厚度为 0.8 mm 的 FR4 板，在天线的顶部有垂直主板的金属框架，高度为 6 mm，在介电基质的另一侧是 U 型微带线，在微带线的左侧和右侧分支上各放入了一个电感和一个电容。此天线-6 dB 以下的低频段带宽为 698~960 MHz，高频段为 1710~2690、3400~3800 MHz。能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

5.3. 文献[12]

文献[12]设计了一款含有集总参数的手机天线，天线所在电路板是 0.8 mm 厚的 FR4 板，尺寸为 75 mm × 130 mm，天线尺寸为 75 mm × 10 mm × 6 mm。接地面上有两个开路缝隙，宽度为 2 mm。在主板顶部，有一尺寸为 75 mm × 6 mm 的折叠贴片，与主板的平面垂直。此天线-6 dB 以下的低频段带宽为 698~960 MHz，高频段带宽为 1710~2690 MHz。能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

6. 缝隙型手机天线

6.1. 文献[13]

文献[13]设计了一款缝隙型手机天线，天线所在电路板尺寸为 65 mm × 120 mm，采用厚度为 0.6 mm 的 FR4 板。天线的尺寸为 58 mm × 12 mm，由地上的 U 型缝隙，锥形开路缝隙和反面的直的 50 欧姆耦合微带线组成，微带线的宽度为 1.1 mm。-6 dB 以下的带宽为，低频段为 690~750 MHz，高频段为 1700~4200 MHz，覆盖 LTE700、GSM850、GSM 900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500

八个频段。

6.2. 文献[14]

文献[14]设计了一款缝隙型手机天线，天线所在电路板尺寸为 $120\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ ，采用厚度为 0.8 mm 的 FR4 板。净空区域的尺寸为 $15\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ ，天线的尺寸为 $15\text{ mm} \times 60\text{ mm}$ ，位于电路板顶部，天线由辐射体和寄生地贴片构成，辐射体由微带线直接馈电，寄生地贴片激励了天线低频段的带宽，寄生地贴片上的缝隙激励了高频段的带宽。此天线 -6 dB 以下的低频段带宽为 $660\sim 1065\text{ MHz}$ ，高频段为 $1665\sim 3000\text{ MHz}$ ，能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM 900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

6.3. 文献[15]

文献[15]设计了一款缝隙型手机天线，天线所在电路板是 0.8 mm 厚的 FR4 板，尺寸为 $75\text{ mm} \times 140\text{ mm}$ ，天线尺寸为 $70\text{ mm} \times 40\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 。馈电贴片主要由环形贴片，T 形贴片，折叠贴片构成。接地面的左上角有一阶梯形的接地贴片，由此形成了两条开路缝隙。此天线 -6 dB 以下的低频段带宽为 $698\sim 960\text{ MHz}$ ，高频段带宽为 $1710\sim 2690$ 、 $3400\sim 3800\text{ MHz}$ ，能够覆盖 LTE700、GSM850、GSM900、GSM1800、GSM1900、UMTS、LTE2300、LTE2500 八个频段。

7. 总结分析

PIFA 型手机天线，有支架式和贴附式两种形式，是应用比较广泛的一种手机天线，一般位于手机顶部。支架式的结构呈倒 F 型，天线有辐射体，反射面，辐射体与电路板之间的高度会影响谐振频率，在辐射体上有两个靠的很近的引脚，一个用于接地，另一个用于馈电。PIFA 型手机天线适用于比较厚的手机，比如折叠、滑盖手机。

单极型手机天线，也有支架式和贴附式两种形式，结构与 PIFA 型形似，不同的是单极手机天线只有一个馈电引脚，没有接地引脚。支架式的辐射体与主板之间的高度比 PIFA 型低，而且在辐射体的下方不能有金属体。不适合折叠、滑盖机，适合比较薄的直板手机。

可重构型手机天线，是一种比较新的天线，即在各类天线中放置开关，比如 PIN 二极管，通过外加电压改变二极管的状态，在二极管处于开启和关闭的两种状态下，实现两种不同的天线结构，分别覆盖不同的频段。可重构型手机天线具有一定的灵活性，可以实现多频段。对功能要求比较多的天线来说，可重构手机天线具有一定优势。

含有集总参数元件的手机天线，是在各类天线的基础上加入可以改变值的集总参数，比较常用的就是可调电容，可调电感，通过改变他们的电容值或电感值，拓宽带宽，实现多频段，也具有一定的灵活性，加入集总参数元件也可以提高天线的性能。

缝隙型手机天线，天线部分由不同形状的贴片构成，由微带线馈电，天线所在主板的另一面是地面，在天线的投影地面上是不同形状的缝隙。缝隙手机天线比较薄，结构简单，成本低，但是带宽比较窄，适用于超薄手机。

致 谢

论文的写作是枯燥艰辛而又富有挑战的。手机天线设计是理论界一直探讨的热门话题。在此我特别要感谢我的导师宗卫华老师。从论文的选题、文献的采集、框架的设计、结构的布局到最终的论文定稿，从内容到格式，从标题到标点，她都费尽心血。没有宗老师的辛勤栽培、孜孜教诲就没有我论文的顺利完成。同时我还要感谢我的师姐杨晓梅，她教会了我如何用 HFSS 仿真天线，用 altium designer 画天线电

电路板，用 origin 画 S11 曲线图。最后要感谢我的家人以及我的朋友们对我的理解、支持、鼓励和帮助，正是因为有了他们我所做的一切才更有意义也正是因为有了他们我才有了追求进步的勇气和信心。

参考文献 (References)

- [1] Ying, L.-J. and Ban, Y.-L. (2011) Low-Profile Coupled-Fed Printed PIFA for Internal Seven-Band LTE/GSM/UMTS Mobile Phone Antenna. 2011 *Cross Strait Quad-Regional Radio Science and Wireless Technology Conference*, Harbin, 26-30 July 2011, 418-421. <http://dx.doi.org/10.1109/CSQRWC.2011.6036974>
- [2] Li, W.-Y. and Wu, C.-Y. (2010) Internal Small-Size PIFA for LTE/GSM/UMTS Operation in the Mobile Phone. 2010 *IEEE Antennas & Propagation Society International Symposium*, Toronto, 11-17 July 2010, 1-4. <http://dx.doi.org/10.1109/APS.2010.5562325>
- [3] Xiao, W., Huang, R.-P. and Lin, W.-L. (2013) Simple Octa-Band Monopole Antenna with Rectangular-Loop-Loaded Meandered Line for LTE/WWAN Smartphone Applications. 2013 *IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO)*, Singapore, 9-11 December 2013, 1-4. <http://dx.doi.org/10.1109/IMWS-BIO.2013.6756202>
- [4] Ban, Y.-L., Liu, C.-L. and Chen, Z. (2014) Small-Size Multiresonant Octa-Band Antenna for LTE/WWAN Smartphone Applications. *Antennas and Wireless Propagation Letters*, **13**, 619-622. <http://dx.doi.org/10.1109/LAWP.2014.2313353>
- [5] Chen, W.-S., Wang, J.-W., Lee, B.-Y. and Lin, H.-Y. (2012) A Small Planar 4G Antenna with A Coupled-Fed Monopole and A Directed-Fed Monopole for Mobile Handset Application. *Asia Pacific Microwave Conference Proceedings*, Kaohsiung, 4-7 December 2012, 334-336. <http://dx.doi.org/10.1109/apmc.2012.6421589>
- [6] Lee, S.W., Jung, H.S. and Sung, Y.J. (2014) A Reconfigurable Antenna for LTE/WWAN Mobile Handset Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, **14**, 48-51. <http://dx.doi.org/10.1109/LAWP.2014.2354834>
- [7] Lee, J.H. and Sung, Y.J. (2013) Reconfigurable Hexa-Band Planar Inverted-F Antenna Using A Pin Diode for Mobile Handset. *Microwave and Optical Technology Letters*, **55**, 1926-1928. <http://dx.doi.org/10.1002/mop.27726>
- [8] Lee, S.W. and Sung, Y. (2015) Compact Frequency Reconfigurable Antenna for LTE/WWAN Mobile Handset Applications. *IEEE Antennas and Propagation*, **63**, 4572-4577. <http://dx.doi.org/10.1109/TAP.2015.2456940>
- [9] Bhellar, B. and Tahir, F.A. (2015) Frequency Reconfigurable Antenna for Hand-Held Wireless Devices. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*, **9**, 1412-1417. <http://dx.doi.org/10.1049/iet-map.2015.0199>
- [10] Lin, P.-W. and Wong, K.-L. (2011) Simple Monopole Slot Antenna for WWAN/LTE Handset Application. *Asia Pacific Microwave Conference Proceedings*, **61**, 829-832.
- [11] Wong, K.-L. and Li, Y.-J. (2015) Low-Profile Open-Slot Antenna with Three Branch Slot for Triple-Wideband LTE Operation in the Metal-Framed Smart Phone. *Microwave and Optical Technology Letters*, **57**, 2231-2238.
- [12] Wong, K.-L. and Wu, P.-R. (2015) Dual-Wideband Linear Open Slot Antenna with Two Open Ends for the LTE/WWAN Smartphone. *Microwave and Optical Technology Letters*, **57**, 1269-1274. <http://dx.doi.org/10.1002/mop.29077>
- [13] Hsu, C.-K. and Chung, S.-J. (2014) Compact Antenna with U-Shaped Open-End Slot Structure for Multi-Band Handset Applications. *IEEE Antennas and Propagation*, **62**, 929-932.
- [14] Deng, C.J. (2015) Planar Printed Multi-Resonant Antenna for Octa-Band WWAN/LTE Mobile Handset. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, **14**, 1734-1737.
- [15] Wong, K.-L. and Chen, Y.-C. (2015) Small-Size Hybrid Loop/Open-Slot Antenna for the LTE Smartphone. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, **63**, 5837-5841.