

3G 系统宽频带室内全向天线研究

冯奎胜^{1,2}, 郭嘉俭², 李娜³, 许家栋¹

(1. 西北工业大学 电子信息学院, 陕西 西安 710072; 2. 中国东方红卫星股份有限公司, 北京 100094;
3. 空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:随着3G时代的来临,新的移动通信网络的建设正在全面展开,尤其是室内通信网络的建设更加复杂和重要。针对目前室内3G网络覆盖和建设成本问题,设计了一种宽频带室内全向天线,采用不对称双锥结构,在理论分析的基础上,对传统的双锥天线结构进行了改进,应用商业高频仿真软件(HFSS)对天线结构尺寸进行了优化设计,仿真结果与实测数据吻合较好。天线工作频率为800~2500 MHz,不附加匹配网络,频带内电压驻波比满足1.4:1,低频段增益在2 dBi以上,高频段增益在5 dBi以上,可以满足2G和3G移动通信室内网络覆盖要求,覆盖范围与现有室内全向天线相比有较大提高,从而可以有效地降低室内移动通信网络的建设成本,提高和扩充整个网络的质量和容量。

关键词:宽频带;全向天线;不对称双锥;3G

DOI:10.3969/j.issn.1009-3516.2010.03.015

中图分类号:TP309 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2010)03-0068-04

目前,移动通信业务在全球迅猛发展,在中国,随着3G牌照的相继发放,3G时代也随之到来。但是,3G网络的建设是一项耗费巨大而又漫长的工作,特别是室内通信网络的建设更加复杂和重要,因为根据香港SUNDAY对业务数据的采集结果,3G室内的话务量占总话务量的一半以上。而NTTDoCoMo的最新统计数据显示,大约70%的业务量来自于室内,其具体话务量明细如图1所示^[1]。

然而由于3G系统工作在2 GHz以上频段,室内的贯穿损耗比900 MHz的要大,室内天线单元的增益要有所提高。同时,从目前情况看,2G和3G网络仍将并存很长时间,如果继续使用原2G网络室内天线系统,原天线在高频段性能必然有所下降,覆盖范围将缩小,为了确保网络覆盖范围,势必要增加天线的分布密度,从而大大增加了建设成本。因此,研制兼容2G和3G网络的高增益的全向天线便成为一种必然趋势。

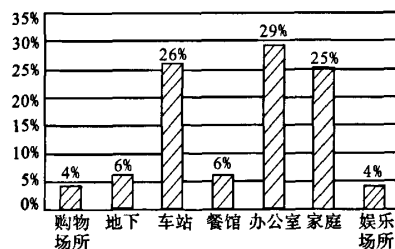


图1 室内话务量明细

Fig.1 Details of indoor telephone traffic

1 不对称双锥全向天线设计

本文全向天线的设计目标:工作频率800~2500 MHz,电压驻波比小于1.5,低频段增益大于2 dBi,高频段增益大于5 dBi,可见天线相对带宽100%,属于超宽带天线,近些年,用于无线宽带通信的宽带天线得到了很快的发展^[2-5],其中盘锥天线和双锥天线是全向天线的典型代表。本文采用如图2所示的不对称双锥天线进行优化设计。

当双锥上下锥体为无限长时,没有不连续点。理论上天线性能不随频率变化。根据传输线理论,此时不

收稿日期:2010-03-09

作者简介:冯奎胜(1979-),男,黑龙江鸡西人,博士生,主要从事电磁计算、卫星天线研究。

E-mail: fks98112@163.com

对称双锥天线的输入阻抗就等于其特性阻抗,可以表示为^[6-7]:

$$Z_{in} = Z_0 = \frac{\eta_0}{2\pi} \ln \left[\cot \left(\frac{\theta_1}{2} \right) \cot \left(\frac{\theta_2}{2} \right) \right] \tag{1}$$

式中: η_0 为真空中波阻抗; θ_1 和 θ_2 分别为上下锥体半张角。相对于有限尺寸,在锥体末端的不连续点将激起高次模,产生电流反射。此时天线的输入阻抗可以由特性阻抗为 Z_0 的传输线端接阻抗为 Z_i 来模拟。此时天线的输入阻抗可表示为:

$$Z_{in} = Z_0 (Z_i \cos \beta l + Z_0 \sin \beta l) / (Z_0 \cos \beta l + Z_i \sin \beta l) \tag{2}$$

有限尺寸时,天线的性能将随频率而变化,特别是在进行小型化设计时,其低频特性将会恶化,尤其是驻波特性,因此宽带匹配问题就是小型化双锥天线设计的一个难点,通常的解决方法是增加额外的匹配网络来解决,但是宽带匹配网络的难度也很大。同时,也导致结构的复杂化,本文采用上下锥体凹腔结构和改变锥体角度的方法改善天线驻波比,通过改变上下锥体的不对称性控制天线辐射方向。优化初始模型见图3。

其中 d_1 、 h_1 和 d_2 、 h_2 分别为上下锥体凹腔的宽度和深度。这种凹腔结构可以有效减少反射,同时选取较宽的锥体张角也可大大提高频带宽度,一般半张角在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 时双锥天线有着明显的宽频带特性。通常情况下,双圆锥天线的关键结构尺寸的设计很有限,但尺寸必须最佳才能够达到设计要求^[8-9]。

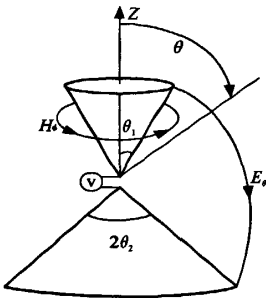


图2 不对称双锥天线
Fig. 2 Asymmetrical biconical antenna

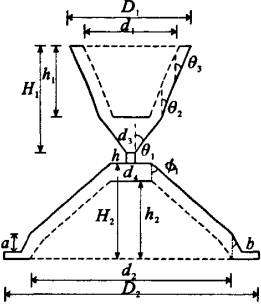


图3 优化天线结构示意图
Fig. 3 The structural diagram of optimized antenna

2 天线优化及测试结果

采用 Ansoft 公司的高频仿真软件(HFSS)^[10],对图3中主要参数进行优化计算,优化后的天线结构为:上锥体 $D_1 = 50 \text{ mm}$, $h_1 = 35 \text{ mm}$, $\theta_1 = 54.46^\circ$, $\theta_2 = 15^\circ$, $\theta_3 = 0^\circ$, $H_1 = 49.6 \text{ mm}$;下锥体 $D_2 = 198 \text{ mm}$, $H_2 = 46 \text{ mm}$, $h_2 = 43.5 \text{ mm}$, $d_4 = 19.6 \text{ mm}$, $a = 5.48 \text{ mm}$, $b = 16 \text{ mm}$, $\phi_1 = 61.29^\circ$, $\phi_2 = 61.29^\circ$,上下锥体连接柱 $d_3 = 3 \text{ mm}$, $h = 6 \text{ mm}$,锥体厚度 3 mm 。仿真结果见图4。

使用安捷伦公司的矢量网络分析仪对其驻波性能进行了测试,指标见图5。

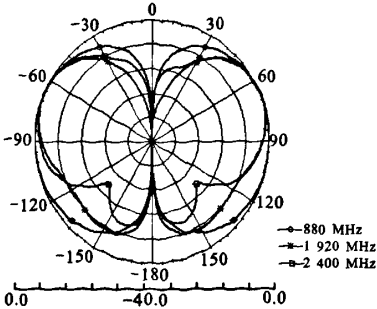


图4 天线E面归一化辐射方向仿真图
Fig. 4 The normalized radiation pattern in E-plane

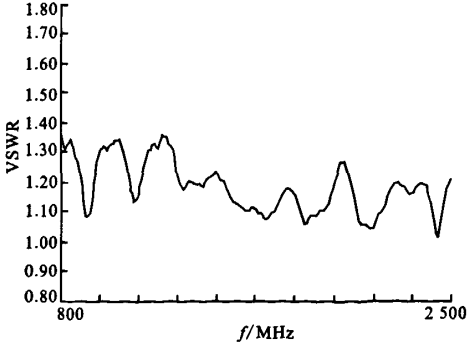


图5 天线电压驻波比(实测)
Fig. 5 VSWR(actual measurement)

在全波段微波暗室对天线不同频点的辐射特性进行了测试,结果见图 6-8。天线其他性能指标见表 1。

表 1 天线各频段性能列表

Tab. 1 The performances of the antenna

频段/MHz	增益/dBi	方向图圆度/dB	垂直面 3 dB 波束宽度/(°)
806-960	2.1-2.4	0.8	110-118
1 710-1 920	3.5-4.5	0.6	52-65
1 920-2 400	4.5-5.6	0.5	50-54

从测试的结果来看,与优化仿真数据吻合较好,特别是天线远场辐射方向图与仿真结果非常接近,达到了最初的设计目标。

在测试的同时,将本文设计的天线与目前市场上销售的比较典型的同类天线的辐射方向性进行比较,其中对比天线 1 为国产某型号室内吸顶全向天线,对比天线 2 为国外某型号室内吸顶全向天线,选取高频端 3 个频点进行了比较,结果见图 9-11。

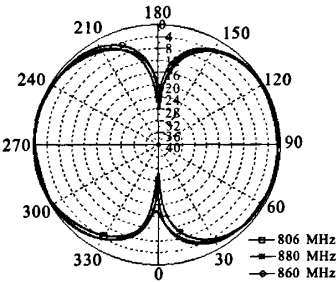


图 6 天线 E 面归一化辐射方向图(低频段)
Fig. 6 The normalized radiation pattern in E-plane(low frequency band)

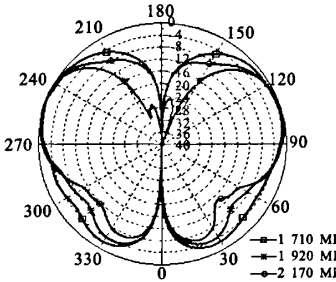


图 7 天线 E 面归一化辐射方向图(中频段)
Fig. 7 The normalized radiation pattern in E-plane(middle frequency band)

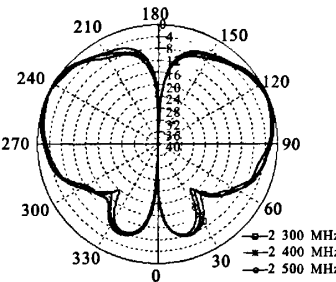


图 8 天线 E 面归一化辐射方向图(高频段)
Fig. 8 The normalized radiation pattern in E-plane(high frequency band)

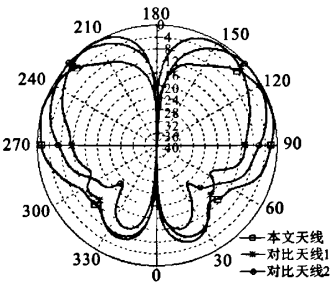


图 9 天线 E 面归一化辐射方向图(2 170 MHz)
Fig. 9 The normalized radiation pattern in E-plane(2 170 MHz)

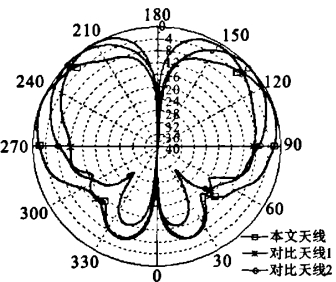


图 10 天线 E 面归一化辐射方向图(2 300 MHz)
Fig. 10 The normalized radiation pattern in E-plane(2 300 MHz)

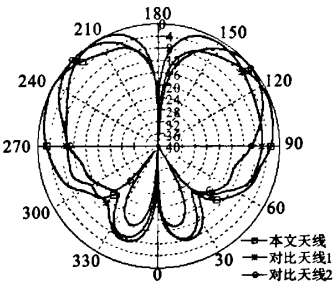


图 11 天线 E 面归一化辐射方向图(2 500 MHz)
Fig. 11 The normalized radiation pattern in E-plane(2 500 MHz)

本文设计的天线最大辐射方向在 110° 附近,对比天线 1 号和 2 号辐射最大方向分别在 150° 和 135° 左右。这样在同等安装高度的时候本文天线的覆盖范围就要比后两者大 3~5 m 的距离。

3 结论

本文采用不对称双锥结构设计了一种满足 2G 和 3G 系统通信要求的室内全向天线,通过在上下锥体建立凹腔以及优化锥体渐变角度的方法有效地降低了天线的驻波比;通过优化上下锥体的不对称性来控制天线辐射方向,测试结果表明与现有同类天线相比,天线的高频段增益和方向性都有明显的提高,可以减少室内建网时天线的安装数量,从而,大大地降低建设成本,有助于提高和扩充整个网络的质量和容量。

参考文献:

- [1] 袁卫文,王强,蓝燕锐. 3G 室内分布技术现状[J]. 通信世界,2009,10(2):24-25.
YUAN Weiwen, WANG Qiang, LAN Yanrui. The Indoor Distribution Technical Status of 3G[J]. Communications World Weekly,2009,10(2):24-25. (in Chinese)
- [2] Nagasawa K, Matsuzuka I. Radiation Field Consideration of Biconical Horn Antenna with Different Flare Angles[J]. IEEE Transactions on Antennas and Propagation,1988,36(9):1306-1310.
- [3] Maloney J G, Smith G S. Optimization of A Conical Antenna for Pulse Radiation: An Efficient Design Using Resistive Loading[J]. IEEE Trans on AP,1993,41(7):940-947.
- [4] Nusseibeh F, Bansal R. Transient Response of A Wide-angle Cone with Dielectric Loading[J]. Radio Science,1996,31(5):1047-1052.
- [5] Asai Kuroda S, Yamaura H, Yamaura T. A Study of Dielectric Covered Mono-conical Antenna for Broadband and Small-sized Application[C]//Antennas and Propagation Society International Symposium. [S. l.]:IEEE Press,2003:628-631.
- [6] Constantine A Balanis. Antenna Theory[M]. New York:John Wiley Sons,2005.
- [7] 葛松华, 籍远明, 唐亚明. 共轴双锥天线的电场和电容特性[J]. 物理与工程,2006,26(1):24-25.
GE Songhua, JI Yuanming, TANG Yaming. The Electrical Field and Capacitance of A Coaxial Bi-conical Antenna[J]. Physics and Engineering,2006,26(1):24-25. (in Chinese)
- [8] 康雪娇,张金生. 一种双频双极化 3G 天线的研究[J]. 微计算机信息,2008,25(32):291-293.
KANG Xuejiao, ZHANG Jinsheng. Study on A Dual-frequency/Dual-polarization Antenna for 3G[J]. Microcomputer Information,2008,25(32):291-293. (in Chinese)
- [9] 汪漪,徐勤,吴志峰. 一种超宽频带双圆锥全向天线的设计[J]. 雷达与对抗,2005,25(1):25-27.
WANG Yi, XU Qin, WU Zhifeng. Design of An Ultra-wideband Biconical Omni-directional Antenna[J]. Radio & Ecm, 2005,25(1):25-27. (in Chinese)
- [10] Ansoft HFSS version 10.0[R]. Santa Clara:Ansoft Corporation,1984.

(编辑:徐楠楠)

A Broadband Omnidirectional Indoor Antenna for 3G

FENG Kui-sheng^{1,2}, GUO Jia-jian², LI-Na³, XU Jia-dong¹

(1. Northwestern Polytechnic University, Xi'an 710072, China; 2. China Spacesat Co., Ltd. Beijing 100094, China; 3. Telecommunication Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: With the coming of 3G Age, the new mobile communication network is building in all-round way. Especially the indoor network construction is more complicated and important. To solve the problems about the network overlays and the cost of the construction, this paper presents a kind of broadband omnidirectional indoor antenna for the third generation mobile communication system. The proposed antenna is of an asymmetrical biconical structure. Based on theoretical analysis, the structure sizes of the antenna have been changed and optimized by HFSS. Its voltage standing wave ratio (VSWR) is less than 1.4 within the frequency range of 800 MHz-2 500 MHz. The gain is more than 2 dBi in low frequency and 5 dBi in high frequency. The antenna can meet the requirements of the wireless broadband communications for 2G and 3G systems, thus the cost of construction for indoor communication is reduced effectively.

Key words: broadband; omnidirectional antenna; asymmetrical biconical antenna; 3G

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),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>