

圆柱导体上天线的辐射特性及互耦分析

武文婧,郭陈江

(西北工业大学 电子信息学院 陕西 西安 710072)

摘要:基于几何绕射理论,计算了位于导体圆柱上的单极子天线和惠更斯元面天线的辐射方向图;利用该方向图,分析比较了不同天线之间的隔离随天线指向的变化情况。结果表明:选择适合的天线类型及适合的安装角度能够改善天线间隔离度;几何绕射理论是解决导电圆柱体上天线的辐射问题的一种有效方法;应用远区辐射场的方向函数估算耦合系数是一种简单可行的方法。

关键词:几何绕射理论;天线方向图;耦合系数;子午面

中图分类号:TN823⁺.25

文献标识码:B

文章编号:1004-373X(2006)01-018-02

Radiation Characteristic and Analysis for Mutual Coupling of Antennas on a Conducting Cylinder

WU Wenjing, GUO Chenjiang

(School of Electronic and Information, Northwestern Polytechnical University, Xi'an, 710072, China)

Abstract: Based on GTD, patterns of monopole and planar antenna located on a conducting cylinder are computed. The coupling coefficient of different antennas are compared and analyzed. The results show that the coupling coefficient can be improved by choosing right antennas and suitable degree. For solving the problem of radiation antenna located on a conducting cylinder, it is a good way to use GTD. It is feasible to use antenna pattern to estimate coupling coefficient.

Keywords: geometry detour radiation theory; antenna pattern; coupling coefficient; meridian plane

随着电子技术的发展,无线电系统的应用日益广泛。无线电系统间电磁干扰主要传输途径之一是天线间的耦合。常用隔离度来定量表征这种耦合的强弱程度。他定义为一个天线发射功率与另一个天线接收功率之比。天线间的耦合是电磁兼容预测中的重点问题之一。电磁兼容预测技术中天线隔离度的计算方法,既包含依据远场方向性函数的近似算法,又包括较严格的方法:线天线中的互阻抗法,面天线的口面场法,混合法(MM-GTD)以及处理任意形状天线隔离度的复矢量方向性函数积分法等。

本文以导体圆柱上的天线为模型,利用几何绕射(GTD)理论分析该模型中天线辐射场并得到方向性函数,进而根据远场方向性函数估算天线间的耦合系数。以线天线和面天线为例进行了计算和分析比较。

1 分析模型

图1给出了位于圆柱体端面中心处的天线1和位于侧面上的天线2的基本模型。圆柱半径为a,圆柱长度为($d_1 + d_2$), d_1 、 d_2 分别为天线2距离圆柱两端面的距离。

当天线的有效长度远小于圆柱半径,且圆柱半径远大于工作波长时,可以利用典型的直劈绕射理论计算空间的辐射场。通过两个天线取圆柱体纵向剖面,称该剖面为圆

柱体的子午面。在子午面内,根据几何绕射理论的局部性原理,其绕射边界可用直劈来处理。取子午面内的远区观察点 $P(r, \theta, \varphi = \pi/2)$,则远区观察点P的总场由两个天线的直射场与四条棱边的绕射场分区域构成。

2 天线的辐射场

根据两天线所处位置,建立坐标系。坐标轴将子午面划分成4个区域,如图2所示。设天线2位于 Q_5 点,天线1位于 Q_6 点, Q_1, Q_2, Q_3, Q_4 点分别为相应棱边的绕射点。

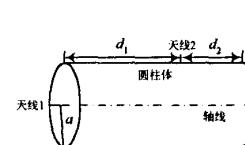


图1 数学模型

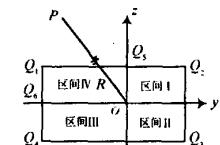


图2 区间划分

远区观察点P的辐射场为^[1]:

$$E(P) = \sum_{j=1}^2 E_j^i(P) U_j + \sum_{i=1}^4 E_i^d(P) U_i \quad (1)$$

其中: $E^i(P)$ 为人射场, $E^d(P)$ 为绕射场,人射场与绕射场的存在域分别由各自的阶梯函数 U 确定^[1]。

本文选取的参数为: $f = 10$ GHz, $d_1 = d_2 = 5$ m, $a = 1.5$ m, 则计算所得圆柱子午面上天线的辐射方向图如图3所示。

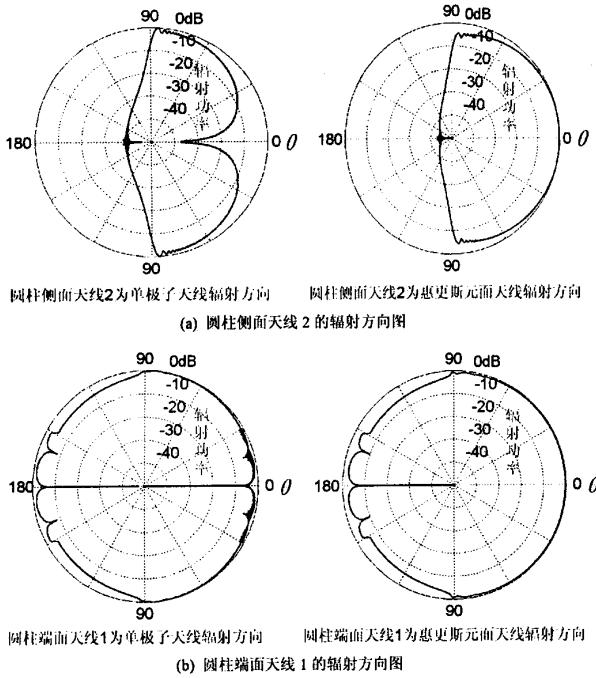


图3 圆柱子平面上天线的辐射方向图

3 天线间耦合

两个天线间的耦合系数可表示为^[2]:

$$C = (\lambda/4\pi R)^2 G_1 G_2 \delta_1 \delta_2 T_1 T_2 B c \quad (2)$$

其中: λ 为波长; R 为天线间距; G_1, G_2 分别为发射天线和接收天线的增益; δ_1, δ_2 分别为接收天线方向上的发射天线场方向图电平和发射天线方向上的接收天线场方向图电平, 表示为特定方向的场值与最大场值之比; T_1, T_2 分别为发射天线和接收天线馈电系统传输系数; B 为两天线极化匹配系数; c 为配置天线位置处表面屏蔽作用系数。式(2)用分贝表示为:

$$C(\text{dB}) = 20 \lg(\lambda/4\pi R) +$$

$$20 \lg(\delta_1) + 20 \lg(\delta_2) +$$

$$10 \lg(G_1 G_2 T_1 T_2 B c) \quad (3)$$

本文中: R 按线段之和来确定, 表示为 $(a + d_1)$; 设天线驻波比为 2, 则有 T_1, T_2 均为 0.75; B, c 均假设为 1。

天线 1 是单极子天线时, 耦合系数随天线 2(或者天线 2 的法向)与圆柱轴线夹角变化的曲线关系如图 4 所示。图 5 给出了天线 1 为惠更斯元时的耦合系数曲线。

4 分析讨论

由图 4(a)和图 5(a)中的耦合系数曲线可以看出:圆柱体侧面天线 2 为单极子天线时, 耦合系数曲线随单极子天线与圆柱轴线夹角的增大而逐渐上升, 在 90°附近达到最大值, 并开始下降;圆柱体侧面天线 2 为惠更斯元面天线时, 耦合系数曲线随面天线法向与轴线夹角的增加而逐渐下降, 在 90°附近开始迅速下降。

结合图 3 所示的辐射方向图可以把上述现象解释清楚。位于圆柱侧面的天线 2 为单极子天线时, 与圆柱轴线的夹角由 0°逐渐增大到 90°附近时, 天线 2 的辐射功率也逐渐增至最大值;当夹角继续增大, 天线 2 的辐射功率由最大值迅速减小。而辐射功率直接影响耦合系数, 因此耦合系数逐渐增加至 90°附近达到最大值, 然后迅速减小。同样的, 圆柱体侧面天线 2 为惠更斯元面天线时, 其辐射功率随面天线法向与圆柱轴线夹角的增加而减小, 因而耦合系数随夹角的增大而减小。

5 结语

应用几何绕射理论解决导电圆柱

体上天线的辐射问题是一种有效的方法。应用远区辐射场的方向函数估算耦合系数是一种简单可行的方法。耦合系数的改善与很多因素有关, 本文只涉及到两天线的摆放位置及指向。因此, 将影响耦合系数的各个因素均考虑在内预测的结果会更准确些。

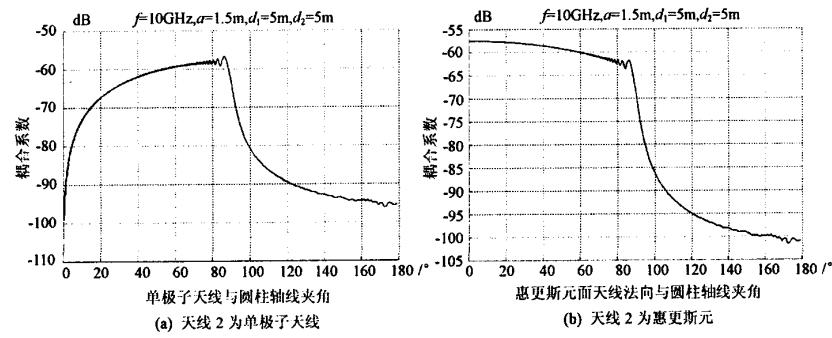


图4 天线1为单极子天线的耦合系数曲线

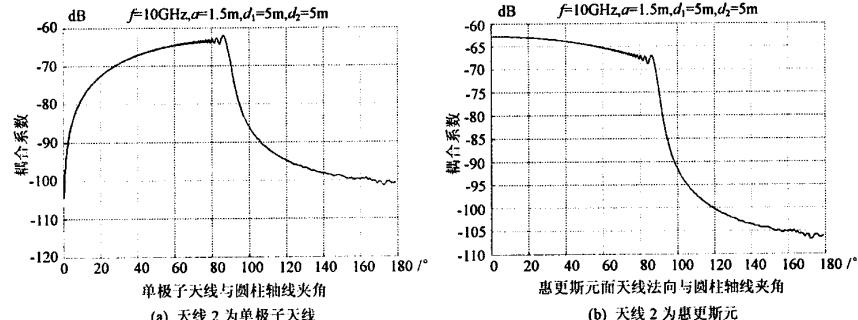


图5 天线1为惠更斯元的耦合系数曲线

(下转第 22 页)

过程中,数据缓存在 SRNS 中,SRNS 在收到原来的 3G-SGSN 的数据转发命令后将数据包转发给 3G-SGSN,3G-SGSN 收到数据包后再转发给新的 2G-SGSN。在数据转发过程中通过 GTP 序列号和 PDCP 序列号来保证数据的完整和一致。整个过程如图 3 所示。

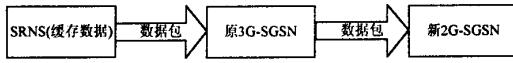


图 3 UMTS 分组域到 GSM/GPRS 系统间切换(SGSN 间)
过程中数据缓存与转移过程

UMTS 分组域到 GSM/GPRS 系统间切换(SGSN 间)过程中数据缓存和转移过程和 SGSN 间的过程基本一致,在 SGSN 内切换时由于 SGSN 不变,所以数据只要转发到 SGSN 就行了,不需要 SGSN 间的转发。如图 4 所示。



图 4 UMTS 分组域到 GSM/GPRS 系统间切换(SGSN 内)
过程中数据缓存与转移过程

GSM/GPRS 到 UMTS 分组域系统间切换(SGSN 间)过程中,数据缓存在 2G-SGSN 中,在切换到 UMTS 过程中,原来的 2G-SGSN 将数据转发给新的 3G-SGSN,在建立好 Iu 连接后,3G-SGSN 再将数据包发给 SRNS。同样在此过程中通过 GTP 序列号和 PDCP 序列号来保证数据的完整和一致。过程如图 5 所示。

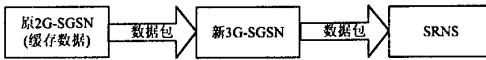


图 5 GSM/GPRS 到 UMTS 分组域系统间切换(SGSN 间)
过程中数据缓存与转移过程

同样,GSM/GPRS 到 UMTS 分组域系统间切换(SGSN 内)过程中数据缓存和转移过程和 SGSN 间的过程基本一

致,在同一 SGSN 内切换时由于 SGSN 不变,所以少了 SGSN 间转发数据的一步,如图 6 所示。



图 6 GSM/GPRS 到 UMTS 分组域系统间切换(SGSN 内)
过程中数据缓存与转移过程

GPRS 网络是在基于现有的 GSM 网络中增加 GPRS 支持节点 GSN 实现的,对原来的基站子系统 BSS 改动很小,而 GSM 的基站子系统 BSS 不具备缓存数据的功能,所以他的数据只能缓存在 GSN 中,但 UMTS 不存在这样的问题,他在设计时充分考虑到无线侧是整个 UMTS 的瓶颈,数据包也最容易丢失,因此将数据缓存在 RNS 中极大地提高了数据传输效率。

3 结语

本文详细讨论分析了在 UMTS 分组域与 GSM/GPRS 系统间切换过程中数据缓存与转移的实现过程,并对几种切换过程中的数据缓存与转移过程进行了详细地对比分析,可以看出 UMTS 采用了更为合理的数据缓存与转移技术,提高了系统间切换过程中数据传输效率。

参 考 文 献

- [1] 3GPP TS 23.060. 2002. General Packet Radio Service (GPRS) (Release 1999)[S].
- [2] 张锋,卫国,朱近康. UMTS 中切换的系统开销[J]. 通信学报,2003,24(4):76-84.
- [3] 娄莉. CDMA 移动通信网络的优化[J]. 现代电子技术,2003,26(19):7-9,15.
- [4] 李文宇,李波. WCDMA 和 GSM/GPRS 移动通信系统间的漫游和切换[J]. 移动通信,2004,(12):103-106.

作者简介 张国华 男,1982 年出生,东南大学自动控制系,硕士研究生。

邵家玉 男,1971 年出生,博士,副教授。

(上接第 19 页)

参 考 文 献

- [1] 汪茂光. 几何绕射理论[M]. 第 2 版. 西安: 西安电子科技大学出版社,1994.
- [2] [苏]IO. T 沙特拉柯夫. 飞机天线系统[M]. 北京: 航空工业部第六〇一研究所,1985.
- [3] Lo Y T, Lee L W. Antenna Handbook : Theory, Application, and Design[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.
- [4] 毛康侯,方振民. 飞行器天线工程设计指南[M]. 北京: 国防工业出版社,1985.
- [5] 梁福生,王广学. 飞机天线工程手册[M]. 北京: 中国民航出版社,1997.
- [6] 姚友雷,王宝发. 机载天线电磁兼容及布局分析[J]. 航空学报,1994,15(6):740-744.
- [7] 方剑,杜建春,赵钦. 机载任务系统天线收发隔离数值仿真研究及试验验证[J]. 电子对抗技术,2001,16(1):43-47.
- [8] 曹祥玉,项铁铭,马凤国,等. 机载天线辐射方向图研究[J]. 微波学报,2002,18(1):15-19.
- [9] 卢万铮. 天线理论与技术[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社,2004.
- [10] 丁晓磊,王建,林昌禄. 弹载天线载体截短对天线辐射特性的影响[J]. 电波科学学报,2001,16(1):49-53.
- [11] 王天顺. 机载天线电磁耦合分析[J]. 飞机设计,1995,(3): 62-68.
- [12] 苏力,朱守正. 圆柱导体上天线间相互耦合的时域分析[J]. 华东师范大学学报(自然科学版),2000,(3):68-72.

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>