

## 车载多天线系统的仿真研究

范喜全<sup>1</sup>, 匡镜明<sup>1</sup>, 别晓武<sup>2</sup>

(1. 北京理工大学信息科学技术学院, 北京 100081; 2. 北京邮电大学, 北京 100876)



**摘要:** 随着移动通信的发展, 现在的车载系统上配置的天线数目也越来越多, 如何对这些天线的位置合理布局, 使相互间的影响最小成为一个急需解决的问题。使用 FDTD 数值仿真算法, 全面分析了复杂的车载短波与超短波天线系统的电磁兼容特性, 包括天线之间的隔离度, 装车平台和其他天线对目标天线增益方向图的影响, 为车载通信系统设计提供一种新的实用方法。

**关键词:** 电磁兼容; FDTD; 隔离度(耦合度); 远场增益方向图

**中图分类号:** TN915.851 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-731X (2008) 10-2637-03

## Research of Vehicular Multiple Antennas System on Simulation

FAN Xi-quan<sup>1</sup>, KUANG Jing-ming<sup>1</sup>, BIE Xiao-wu<sup>2</sup>

(1. School of Information Science and Technology, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081, China;

2. Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

**Abstract:** With the development of the mobile communication, more and more antennas are fixed on the vehicle now. Thereby, the pivotal problem is how to ascertain the position of these antennas and reduce the influence among them. The FDTD simulation algorithm was used to calculate and analyze the EMC problems between HF and VHF in complicated vehicular multiple antennas system, including the isolation between antennas, and the gain pattern of objective antenna effected by vehicle platform and other antennas. New applied method was provided to design the communication system of the vehicle.

**Key words:** EMC; FDTD; isolation; far-zone gain pattern

### 引言

现代越来越便利的通讯方式和通讯工具, 使车载系统中使用的天线也相应增多, 电磁环境趋于复杂。天线之间的辐射和近场耦合, 系统平台对天线的反射、绕射都会影响天线的正常工作。而且天线一般以系统表面为接地区域, 这使得各种天线和通信设备之间的电磁干扰更加严重。

分析大尺寸车载系统天线的方法主要有数值仿真和试验测量。试验测量需要花费巨大的成本, 而且很难在工程初期阶段解决其电磁兼容问题。数值仿真主要有时域有限差分法(FDTD, Finite-Difference Time-Domain)<sup>[1]</sup>、矩量法(MOM, Method of Moment)<sup>[2]</sup>、射线弹跳算法(SBR, Shooting and Bouncing Rays)及多个方法相结合<sup>[3]</sup>。FDTD适合分析电小尺寸的近场效应和辐射方向图, MOM很难分析复合的结构, SBR的近场效应的精确性很难满足要求。对于HF和VHF天线, 车载系统相对波长尺寸比较小, 适合使用FDTD仿真。

本文分析了耦合度的衡量和天线放在有限尺寸金属面上的辐射增益, 采用FDTD方法进行仿真建模, 同时对具体的车载系统进行了仿真, 得出了天线之间的隔离度以及其他

天线和装车平台对新天线的增益方向图的影响。

### 1 耦合度的衡量以及有限尺寸金属面上的天线辐射

#### (1) 天线之间的耦合度

将车载系统上的多付天线等效为广义多端口网络, 每一个天线为网络的一个端口, 天线激励端为端口的参考面, 则天线*i*和天线*j*之间的耦合度为:

$$L = 20 \lg |s_{ji}| \text{ dB}$$

其中*i*为辐射天线, *j*为接收天线。

#### (2) 有限尺寸金属面上的天线辐射

金属面的电尺寸和天线在金属面上的相对位置都会对天线辐射方向图产生很大影响, 尤其是对E面方向图。

图1左边为30MHz正弦波激励下, 3米长的单极子天线在 $6 \times 3 \text{ m}^2$ 的金属面中心时的E面和H面方向图, 中间的金属面尺寸为 $12 \times 6 \text{ m}^2$ , 右边的天线放在了金属面的侧方。由仿真结果可以看出, 当金属面的电尺寸小于一个波长时, 天线的大部分能量都可以绕射到金属面下方, 当电尺寸增大到两个波长后, 就只有很小的一部分能量绕射到金属面下方; 金属面的有限尺寸, 会使天线的E面最大增益方向偏离金属面, 一般尺寸越小, 偏离越大; H面的增益图和理想单极子类似, 但会在距离天线最近的金属边缘处有所下降。

收稿日期: 2006-09-25

修回日期: 2008-01-30

**作者简介:** 范喜全 (1973-), 男, 辽宁省沈阳人, 博士, 研究方向为通信与信息系统; 匡镜明 (1943-), 男, 教授, 博导, 研究方向为通信与信息系统; 别晓武 (1963-), 男, 教授, 研究方向为通信与信息系统。

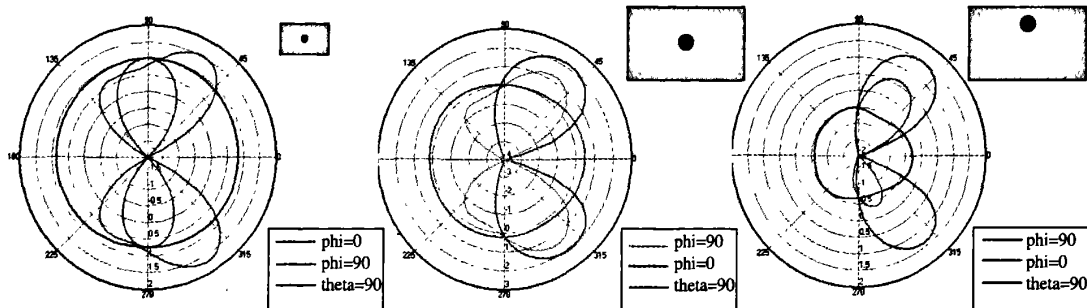


图 1 有限尺寸金属面上的天线辐射方向图

## 2 车载系统天线仿真

$6 \times 3.1 \times 2.5 \text{ m}^3$  的装车上有三台超短波电台和一台短波电台, 电台在装车上的位置如图 2 所示。已知: VHF 电台频率为 30~88MHz, 鞭状天线高度为 1.5m; HF 电台频率为 3~30MHz, 鞭状天线高度为 3m。

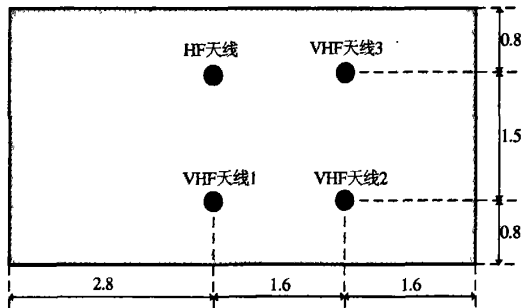


图 2 仿真结构图

使用 FDTD 进行非均匀网格划分, 由于仿真的最大频率为 88MHz, 选取自由空间的单元尺寸为 0.2m (十七分之一波长), 装车的网格尺寸为 0.1m, 装车上的天线使用 0.04m 的剖分网格, 计算的空间单元总数为  $103 \times 73 \times 147$ , 为了一次计算得到全短波上的频段特性, 采用脉宽为 32 的脉冲激励, 边界条件使用 10 个自由空间步长的吸收边界条件 (PML)。

### (1) 隔离度仿真 (见图 3~图 5)

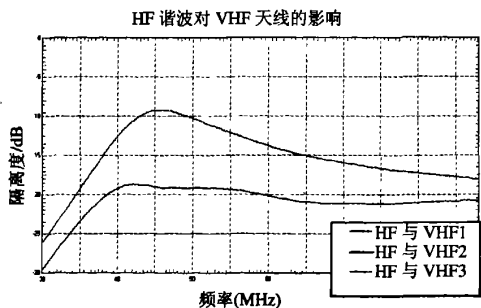


图 3 以 HF 天线激励端口为参考面时

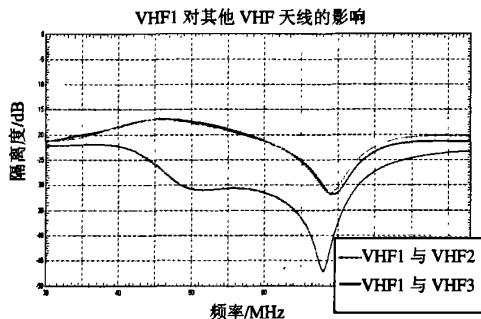


图 4 以 VHF1 天线激励端口为参考面时的隔离度

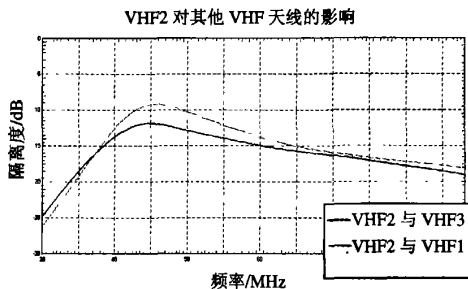


图 5 以 VHF2 天线激励端口为参考面时的隔离度

由上面结果可得:

① HF 天线工作在低频段, 但其谐波会对 VHF 天线的全频段形成干扰, HF 天线和 VHF1、VHF3 之间的隔离度相似, 最高达 -17dB, 最低为 -32dB, 可见两者之间的耦合相当强。HF 天线和 VHF2 之间的隔离度相对较低, 最高只有 -22.2dB, 最低为 -47.1dB, 而且在整个频段内都比 HF 和 VHF1、VHF3 之间的隔离度低, 这是因为 VHF2 离 HF 天线较远。

② 同频工作时 VHF1 与 VHF2 之间干扰非常严重, 最大隔离度达到了 -9.25dB (45.7MHz)。另外工作在 30~44MHz 频段的 VHF 天线的谐波也有可能干扰其他工作在 60~88MHz 的 VHF 天线, 可以看到, VHF1 和 VHF2 在 60MHz 时的隔离度为 -13.7dB。因此要采取一定的措施, 使 VHF1 和 VHF2 天线在频率上错开, 还要尽量使 VHF1 的谐波不会落在 VHF2 的工作频点上。而 VHF1 和 VHF3 天线的隔离度在整个工作频域内保持在 -20dB 左右, 干扰在容限范围之内。

③因此,如果三个VHF天线工作在30~88MHz的不同频段,VHF2应安排44~60MHz范围内,以使其谐波既不会干扰其他的VHF天线,也不会受其他VHF天线的谐波干扰。

### (2) 增益方向图仿真

继续使用上面的网格划分,只是激励源改为30MHz的正弦波激励,而且每一次仿真只使用一个激励源。由于计算机的容量有限,只能仿真近场,要得到远场的增益图,需要使用近场到远场的转化<sup>[4-5]</sup>。基本的思路就是在仿真区域内构建一个包围物体的虚拟长方体边界,保存长方体面上的场强,由惠更斯原理,每一个波前都可以认为是波继续传播的辐射源。由长方体面上的场强计算等效的电流源和磁流源,从而计算所需的远场。计算的远场增益如图6~图8所示(每个图都绘制了天线在自由空间中、装车平台上只有目标天线、装车平台上有四根天线三种不同情况时远场增益方向图)。

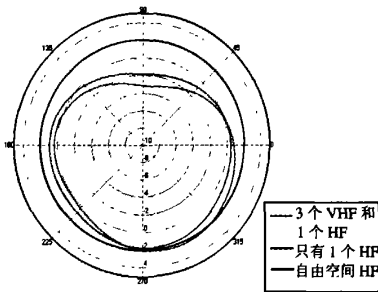


图6 HF天线的远场增益方向图

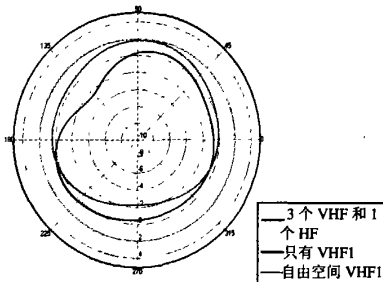


图7 VHF1天线的远场增益方向图

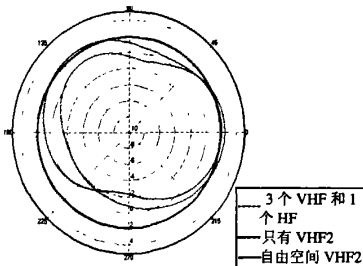


图8 VHF2天线的远场增益方向图

由以上结果可以看出:

①装车表面可以等效为有限尺寸的地平面。由于表面的不对称和尺寸的有限性,使得天线H面的增益方向图不再是一个标准的圆,而是在不同方向上有不同程度的下降,下降最大的地方发生在目标天线离边缘最近处。这是因为最近处,反射波无法到达,此时只有直射波和绕射波,因而增益较小。如HF天线在 $\theta=90^\circ$ 时增益下降最大为4dB,VHF1和VHF2天线在 $\theta=270^\circ$ 时也下降了4dB左右。

②由于天线的近场感应,感应电流会成为二次辐射的驱动源。因此其他天线也会影响目标天线的增益方向图。由图6~图8可以看出,VHF1天线在 $\theta=135^\circ$ 的方向增益下降了3dB,而在 $\theta=270^\circ$ 方向增加了将近1dB。

## 3 结论

车载多天线系统的设计十分复杂,尤其是在有限的车顶局部空间集中多种天线,各种通信设备同时工作时所产生的同频干扰、谐波干扰、邻道干扰等将使得车载通信系统构成一个复杂的电磁环境空间,很难用理论方法进行分析。本文通过基于FDTD的仿真分析方法,试图给出一种系统的设计途径,即通过车载系统天线的隔离度仿真分析给出天线布局依据和系统频率使用策略,通过远场增益方向图的仿真分析,给出装车平台和其他天线对目标天线的影响,从而为车载多天线系统的设计提供仿真方法和仿真数据支持。在实际的系统实现中,也可通过实际试验和测试数据修正仿真分析中的相关参数和模型。通过仿真分析和试验验证的不断循环迭代,不断优化系统设计。

### 参考文献:

- [1] Ankarsson P, Carlsson J. FDTD simulation of the electrical environment for vehicles by using CAD-data [C]// Electromagnetic Compatibility 2002 3rd International Symposium. Boras, Sweden: SP Swedish Nat. Testing & Res. Inst, 2002, 272-275.
- [2] 纪奕才,邱扬. 车载多天线系统的电磁兼容问题[J]. 电子学报, 2002, 30(4): 560-563.
- [3] Thiel W, Sabet K.F, Katehi L.P.B. A hybrid MOM/FDTD approach for an efficient modeling of complex antennas on mobile platform [C]// Microwave Conference 2003 33rd European. Ann Arbor, MI, USA: Michigan Univ., 2003. (2): 719-722.
- [4] 沈爱国,宋铮. FDTD 近场到远场的时域转换[J]. 微波学报, 2001, 17(3): 36-42.
- [5] 吴锋涛,尹家贤,袁乃昌. FDTD 中近远场变换计算天线方向图的新方法[J]. 微波学报, 2005, 21(2): 1-3.

## 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](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>