

基站天线间耦合影响的矩量法分析

陈胜兵, 焦永昌, 张福顺, 刘其中

(西安电子科技大学 天线与电磁散射研究所 陕西 西安 710071)

摘要: 采用矩量法对基站天线之间的耦合影响进行仿真, 给出了天线间相互耦合影响的分析模型, 讨论了水平空间分集天线系统中基站天线间的相互耦合对天线辐射特性的影响, 并针对几种典型的架设情况, 仿真了临近架设的不同频基站天线间的相互耦合影响, 并从天线耦合的角度给出了一些有用的结论。

关键词: 基站天线, 耦合, 矩量法

中图分类号: TN82 文献标识码: A 文章编号: 1001-2400(2003)02-0247-04

Analysis of the mutual coupling effects between the base station antennas by MoM

CHEN Sheng-bing, JIAO Yong-chang, ZHANG Fu-shun, LIU Qi-zhong

(Research Inst. of Antennas and EM Scattering, Xidian Univ., Xi'an 710071, China)

Abstract: The mutual coupling effects between the base-station(BS) antennas are analyzed accurately using MoM in this paper. The analysis model of the mutual coupling between antennas is given. The mutual coupling effects between BS diversity antennas in the horizontal spaced diversity antenna system are discussed. The mutual coupling effects between the BS antennas operating at different frequencies are also analyzed according to several typical installation conditions. Some useful conclusions are also drawn from the viewpoint of mutual coupling between antennas.

Key Words: base-station antenna, mutual coupling, method of moments

在蜂窝移动通信系统中, 为了保证实现分集的基站天线能实现对业务区域的有效覆盖, 通常要求基站天线架设在较高的位置, 同时为获得较高的分集增益, 分集天线间架设距离要足够远^[1]。由于蜂窝系统中大量信道的存在, 在基站天线的架设塔上存在多个天线, 使得天线的架设空间变小, 天线间经常存在相互耦合从而导致天线辐射方向图扭曲, 而天线方向图的扭曲将会影响基站天线对业务区域的有效覆盖。因此在有限的空间内如何合理地架设基站分集天线成为急需解决的问题。

在水平空间分集基站天线系统中, 基站天线的架设间隔是影响分集性能和天线间相互耦合的重要因素。鉴于基站天线的电尺寸较大且结构复杂, 到目前为止, 国内外尚未开展有关这方面的研究^[2]。笔者从天线耦合影响的角度, 采用矩量法^[3, 4]对水平空间分集基站天线系统中天线的安装架设条件进行了研究, 讨论了临近架设的不同频率基站天线间的相互耦合对天线辐射性能的影响。

1 耦合分析模型

考虑图 1(a)所示的两个相邻近架设的天线 #1 和 #2, 假定其工作频率分别为 f_1 和 f_2 。当考虑天线 #2 对天线 #1 的耦合影响时, 工作频率为 f_1 , 此时可将 #2 天线看成加载散射体, 如图 1(b)所示, 天线 #2 馈电点处的加载阻抗 $Z_L = R_L + j X_L$ 是频率为 f_1 时朝向接收机看去的输入阻抗。此时该加载阻抗通常只是接近但不完

全等于 f_2 时与天线 #2 馈电点相连接的传输线的特性阻抗 Z_0 , 实际上它是频率的函数, 但当两天线工作频率相同或接近时, 可以将天线 #2 的加载电阻看成是相连接的传输线的特性阻抗 Z_0 ^[5]。

这样天线间的耦合影响问题就变成了一天线与加载 $f=f_1$ 散射体的耦合问题的求解, 采用矩量法对整个天线和加载散射体进行分析, 得到矩阵方程为

$$ZI = V \quad (1)$$

方程中的列矢量 I 可通过对 Z 矩阵求逆得到, 即

$$I = Z^{-1}V = YV \quad (2)$$

这里 V 中只有馈电端和加载端对应的元素非零, 因此剔除 Y 矩阵中 V 矢量零元素所对应的列, 可得馈电端和加载端的电流电压关系为

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} \\ y_{21} & y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中元素下标 1 和 2 分别表示馈电端和加载端, 由加载电阻 $Z_L = R_L + jX_L$ 可得加载端电流和电压关系可表示为 $v_2 = -Z_L i_2$, 并代入式(3)可得 v_2 和 v_1 的关系式为

$$v_2 = -y_{21} Z_L v_1 / (y_{22} Z_L + 1) \quad (4)$$

将 v_1 和 v_2 引起的电流叠加起来就得到天线的电流分布, 得到天线的辐射方向图为

$$E_r = \Phi I = \Phi Y V \quad (5)$$

其中 Φ 为一包含了天线与远场点间的距离信息的行矢量^[5]。

2 天线间的耦合影响仿真结果

2.1 水平极化空间分集基站天线

水平空间分集的两个基站天线的架设如图 2 所示, 仿真条件是工作频率为 1865 MHz, 天线之间的间隔 d 由 10λ 变化到 1.5λ , 仿真结果如图 3 所示, 其中 $d = 0.0\lambda$ 表示单个基站天线的方向图, 从图 3 中天线水平面的方向图可以看出 (1) 基站分集天线间的相互耦合造成了水平面方向图的扭曲, 而对垂直面方向图几乎没有影响 (2) 天线间的间隔越小, 水平面方向图扭曲越厉害 (3) 两个基站天线之

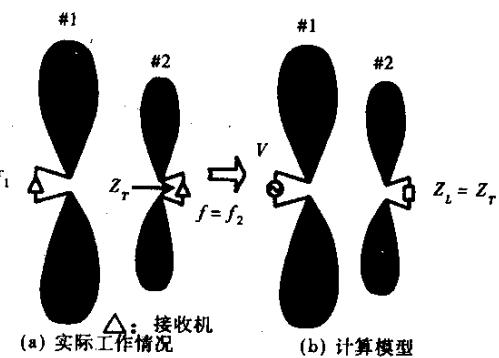


图 1 天线耦合影响分析模型

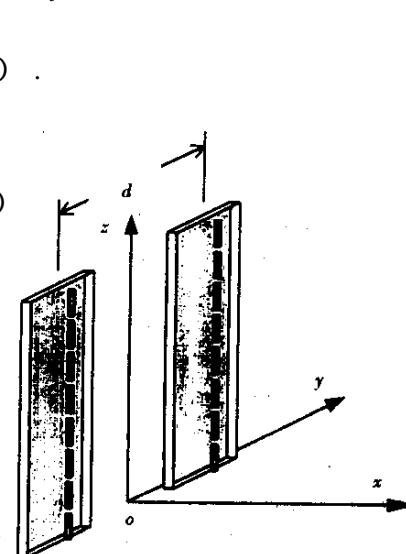
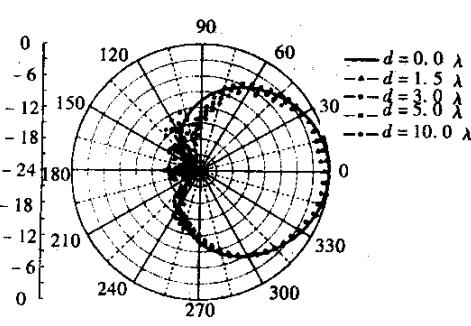
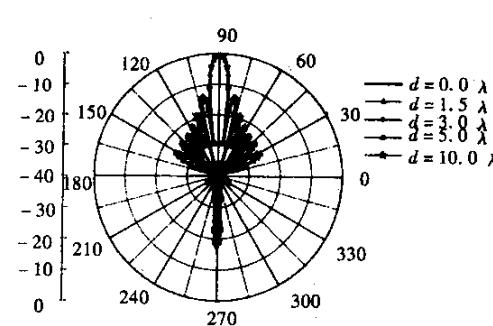


图 2 垂直极化基站分集天线安装图



(a) 水平面方向图



(b) 垂直面方向图

图 3 基站分集天线间隔 $d = 10.0\lambda$ 时的方向图

间的架设距离减小到 1.5λ 时, 水平面方向图在 120° 扇区内变化会小于 0.6dB .

2.2 不同频率基站天线间的耦合仿真

当基站分集天线的附近存在其他不同工作频率的基站天线时,需要对3个基站天线进行矩量法建模,这样矩量矩阵的维数是单个基站天线的9倍,使得计算时间急剧增加。根据前面的仿真结果可知分集天线间的耦合影响很小,为节省计算量,这里仿真了1.8GHz基站天线与1.9GHz主分集基站天线的耦合影响,天线架设方式如图4所示。仿真条件是工作频率为1.9GHz,另一工作频率为1.8GHz天线作为散射体处理,图5给出了不同 d_x 时1.8GHz基站天线对1.9GHz基站分集天线方向图影响的仿真结果。从图5中可以看出, d_x 至少要大于 25.0λ ,天线水平面方向图在 120° 扇区内变化小于2dB。

图6是两天线架设在不同高度时天线架设的示意图。图7给出了 d_x 和 d_z 取不同值时1.9GHz基站天线的水平面和垂直面方向图的仿真结果。从图7中可以看出:(1)当1.8GHz基站天线

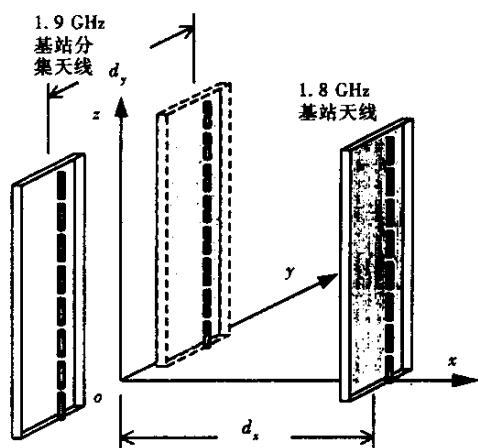


图4 1.8 GHz 基站天线与 1.9 GHz 基站分集天线相对架设安装图

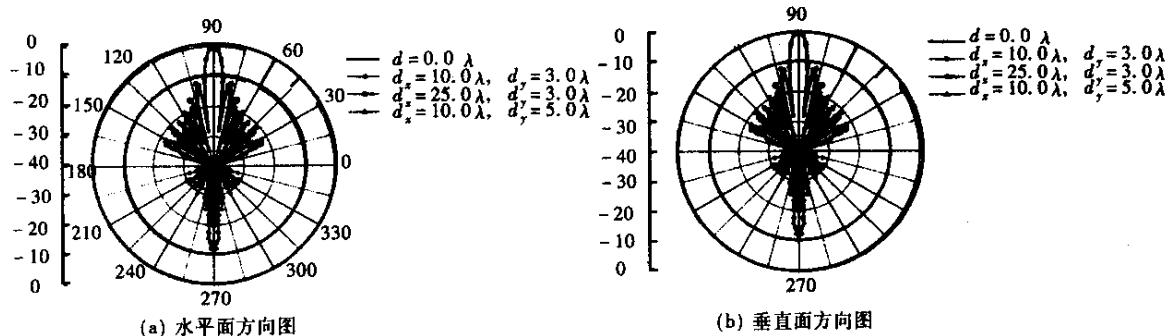


图5 1.8 GHz 基站天线与 1.9 GHz 基站分集天线相对架设时的方向图

在1.9GHz基站天线的正上方(即 $d_x = 0.0\lambda$)时,1.9GHz基站天线的方向图的变化为0.02dB;(2)当1.8GHz基站天线位于1.9GHz基站天线的前上方时,主分集基站天线的水平面方向变化为0.03dB,垂直面方向图主瓣变化约为0.0dB,后旁瓣变化约1.5dB。

3 结 论

以上分析结果表明,水平空间分集的带反射板的定向基站天线间的相互耦合影响较小,因此在架设空间有限的情况下,如果满足天线分集接收的要求,可以减小天线间的架设间距。

在基站天线的主波束方向出现其他基站天线或较大的金属障碍物时,对天线辐射特性的影响较明显,而不同架设高度天线间的耦合影响较小,就减弱基站天线间的耦合影响而言,工程实施时应将不同频率的基站天线架设在不同的高度。文中所述的分析方法也适于其他天线耦合问题的分析,其分析结果在西安某公司实际工程中得到了有效应用,并与文中的仿真结果吻合良好。

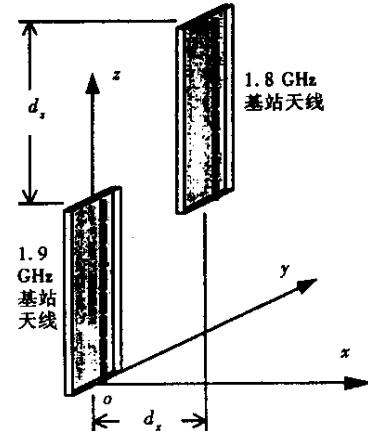


图6 一基站天线位于另一个基站天线上方时的安装坐标图

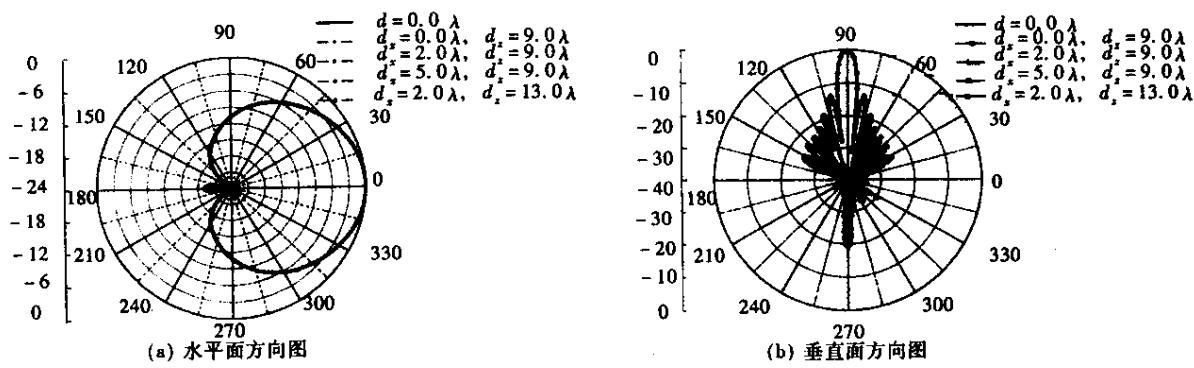


图7 1.8 GHz 基站天线位于 1.9 GHz 基站天线上方时的方向图

参考文献：

- [1] Fujimoto K, James J R. Mobile Antenna System Handbook [M]. Norwood: Artech House, 1994.
- [2] 陈胜兵. 基站分集天线耦合影响的矩量法分析 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2001.
- [3] Harrington R F. Field Computation by Moment Method [M]. New York: Macmillan, 1968.
- [4] 李世智. 电磁辐射与散射问题的矩量法 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1985.
- [5] Hirasawa K. Bounds of Uncertain Interference Between Closed Located Antennas [J]. IEEE Trans on Electromagnetic Compatibility, 1984, 26(3): 129-133.

(编辑: 齐淑娟)

(上接第 204 页)

Chebwin(切比雪夫窗), Hamming(海明窗), Hanning(汉宁窗)等, 窗长 $1.28 T_s$, 移动步长 $0.28 T_s$ 时有最佳解调性能. 在信噪比为 -5 dB 以上时, 频率估计的归一化均方误差小于 1% , 码元宽度估计的归一化均方误差也较小. 在实际应用中, 信噪比(SNR)的值一般在 10 dB 左右, 其解调性能会更好. 仿真结果虽然是以 8FSK 信号为例的, 但其方法也适合其他 FSK 信号的解调.

参考文献：

- [1] 冯小平, 罗明, 钟征斌等. FSK 信号数字解调方法研究 [J]. 西安电子科技大学学报, 2001, 28(3): 401-404.
- [2] Wannasarnmaytha A, Hara S, Morinaga N. New Short-time DFT FSK Demodulation Method for LEO Satellite Communications Systems [J]. IEICE Trans on Communications, 1996, E79-B(10): 1592-1597.
- [3] Werter M J. FSK Demodulation Using an Adaptive Recursive Digital Filter [J]. IEEE Trans on Signal Processing, 1996, 44(7): 1822-1825.
- [4] 冯小平, 李红娟, 罗明. 用离散 STFT 实现 FSK 通信信号的数字解调方法 [J]. 西安电子科技大学学报, 2001, 28(6): 812-815.
- [5] 张贤达. 非平稳信号分析与处理 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1998.

(编辑: 李维东)

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>