

文章编号:1007-5321(2002)02-0038-04

不同馈点的细线偶极子天线的分析与比较

李传军, 李书芳, 高攸纲

(北京邮电大学电信工程学院, 北京 100876)

摘要: 将细线偶极子的无限小缝隙模型运用于时域有限差分法计算中, 采用已经进行频谱预估计的高斯脉冲源, 用时域有限差分法给出了源点在不同位置时, 细线偶极子天线输入阻抗的计算结果。并将中心激励的细线偶极子的输入阻抗的计算结果与矩量法(MoM)法计算结果进行了比较。

关键词: 细线天线; 天线输入阻抗; FDTD 法; 激励源

中图分类号: TN821

文献标识码: A

Analysis and Comparison of the Different Source Location Point's Thin-wire Dipole Antenna

LI Chuan-jun, LI Shu-fang, GAO You-gang

(Telecommunication Engineering School, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: The infinitesimal gap mode of a thin-wire dipole antenna is used in FDTD Calculations. The antenna input impedance of thin-wire dipole antenna is calculated using performing deconvolution Gaussian type pulse source. The antenna input impedance's FDTD calculation result of the different excitation source location point's thin-wire dipole antenna (center-fed dipole, 1/8-fed dipole, 1/4-fed dipole, and 3/8-fed dipole) are given and discussed. Furthermore, the antenna input impedance's FDTD calculation result of center-fed thin-wire dipole antenna agrees well with the MoM's calculation result.

Key words: thin-wire antenna; antenna input impedance; FDTD method; excitation source

时域有限差分法 *FDTD* (*finite-difference time-domain*) 技术, 已经被广泛应用于天线辐射问题。线天线对于手持通信设备的一种通用的辐射结构, 传统的方法是用矩量法 *MoM* (*method of moment*)^[1] 来计算的, 但对于一些损耗介质来说, 用 *MoM* 法处理起来比较困难, 而 *FDTD* 方法能很方便地模拟各种复杂的天线。对于细线的直径小于一个网格的线天线, 可以

收稿日期: 2001-06-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(69931030)

作者简介: 李传军(1971—), 男, 博士研究生。

将网格细化,但由于数值计算量太大,会给 *FDTD* 计算带来一定的困难。因此文献[2,3]讨论了细线周围的场的差分方程,文献[4,5]讨论了包层介质的细天线周围的场的差分方程。激励缝隙模型是细线天线中一个重要的技术,文献[5]中采用的是一个网格缝隙模型,这样会造成计算的输入阻抗与网格的大小有关,与矩量法所得到的结果有很大的差别;文献[6]提出了一种无限小的缝隙模型,用于计算线天线,效果较好。本文在综合了前人所提出的各种比较先进的细线偶极子天线的模型的基础上,采用已经进行频谱预估计的高斯脉冲源,用时域有限差分法给出了源点在不同位置时,细线偶极子天线输入阻抗的计算结果。

1 *FDTD* 法计算模型

(1) *FDTD* 计算模型

如图 1 所示,细线偶极子天线的 *FDTD* 计算参数如下:天线长度: $l=0.2025\text{ m}$; 天线长度与波长之比: $l/\lambda=0.25\sim 2.0$; 细线的半径为: $r=\frac{1}{150}$; 网格的空间步长: $\Delta x=\Delta y=\Delta z=\frac{1}{81}=2.5\text{ mm}$; 计算空间网格大小: $41\Delta x\times 41\Delta y\times 121\Delta z$; 吸收边界条件为: Stephen D. Gedney 提出的 *PML* 吸收边界条件^[7]; *PML* 层数: 5; Feeding Gap Model: 无限小缝隙模型^[6]如图 2 所示; 时间步: 8192 ; $\Delta t=\frac{\min(\Delta x, \Delta y, \Delta z)}{2V_{\max}}$ 。

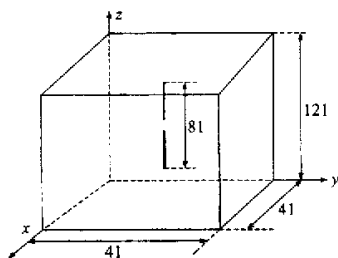


图 1 细线偶极子天线的 *FDTD* 计算空间模型

(2) 激励源类型及其位置

a) 高斯脉冲源

$$V = \exp\left[-\frac{(t-t_0)^2}{T^2}\right]$$

其中, $T=50\Delta t$; $t_0=200\Delta t$; $t=n\Delta t$, n 为时间步的计数值。

b) 源的位置

①源点在偶极子天线的中心时,源位于 $(20, 20, 60)$ 点处,称之为: *Center-fed*。

②源点距偶极子天线中心 $1/8$ 处,源位于 $(20, 20, 45)$ 点处,称之为: $1/8\text{-fed}$ 。

③源点距偶极子天线中心 $1/4$ 处,源位于 $(20, 20, 30)$ 点处,称之为: $1/4\text{-fed}$ 。

④源点距偶极子天线中心 $3/8$ 处,源位于 $(20, 20, 15)$ 点处,称之为: $3/8\text{-fed}$ 。

(3) 无限小的缝隙模型

在无限小的缝隙模型中,无限小的缝隙中的电场可以写成如下形式:

$$E(\text{gap}) = -V\delta(z)$$

其中, δ 是 z 的脉冲函数,并且源位于缝隙的中心处。

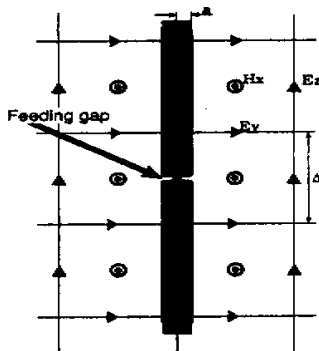


图 2 在 *YZ* 平面上的细线的无限小的缝隙模型^[6]

缝隙周围的磁场是由于在缝隙周围电流的持续流动引起的,所以磁场被假设为是以 $\frac{1}{r}$ 变化的。因此,在缝隙周围磁场的差分方程为

$$H_x^{n+\frac{1}{2}}(i, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}) = H_x^{n-\frac{1}{2}}(i, j+\frac{1}{2}, k+\frac{1}{2}) + \frac{\Delta t}{\mu} \left\{ \frac{E_y^n(i, j+\frac{1}{2}, k+1) - E_y^n(i, j+\frac{1}{2}, k)}{\Delta z} - \frac{E_z^n(i, j+1, k+\frac{1}{2}) - (-\frac{V^n}{\Delta z})}{\frac{\Delta y}{2} \ln \frac{\Delta y}{r_0}} \right\}$$

2 FDTD 法计算结果与分析

(1) FDTD 模型验证

首先,验证一下 FDTD 模型的正确性,这是很重要的。

图 3 是文献[6]中用矩量法(MoM)计算的细线半径为 $r = \frac{1}{150}$ 的中心激励的细线偶极子天线的输入阻抗,图 4 是本文用 FDTD 法计算的细线半径为 $r = \frac{1}{150}$ 的中心激励的细线偶极子天线的输入阻抗。比较图 3^[6]和图 4,可以看出 FDTD 法的计算结果与矩量法的计算结果相吻合,由此可见,细线偶极子天线的 FDTD 法计算模型是正确的。

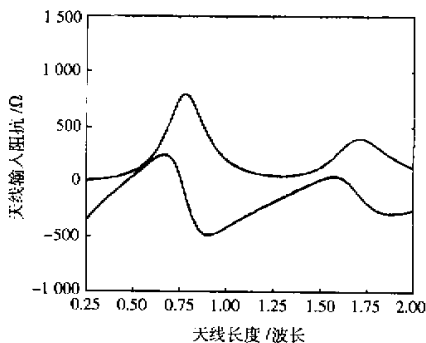


图 3 用矩量法计算的偶极子天线的输入阻抗

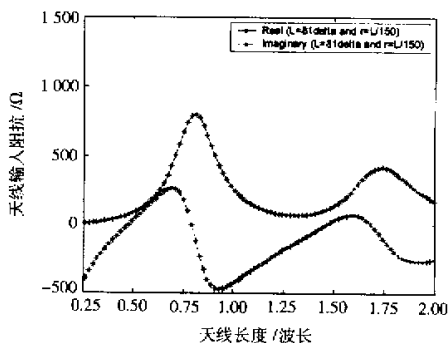


图 4 用 FDTD 法计算的偶极子天线的输入阻抗

(2) 输入阻抗

利用高斯脉冲源来计算源点在不同位置时,偶极子天线的输入阻抗的情况。FDTD 计算参数及 FDTD 计算模型如前面所述, FDTD 计算结果如图 5 及图 6 所示,下面就不同的计算结果进行分析。

图 5 给出了源点在不同位置的偶极子天线输入电阻比较。由图 5 可以看出不同馈点的细线偶极子天线的输入电阻的峰值出现的个数不同,并且出现的频率不同。其中,中心激励的偶极子天线的输入电阻的最大值接近 800Ω 。图 6 给出了源点在不同位置的偶极子天线输入电抗的比较。由图 6 可以看出,不同馈点的细线偶极子天线发生电谐振时的频率和个数各不相同(即输入电抗为 0 的点)。对于一个波长的全波振子天线,也就是当 $\frac{l}{\lambda} = 1$ 时,由图 5 和图 6 可

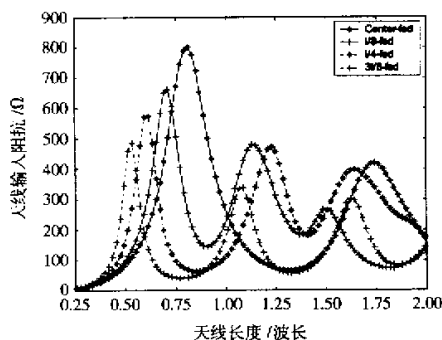


图 5 源点在不同位置的偶极子天线输入电阻的比较

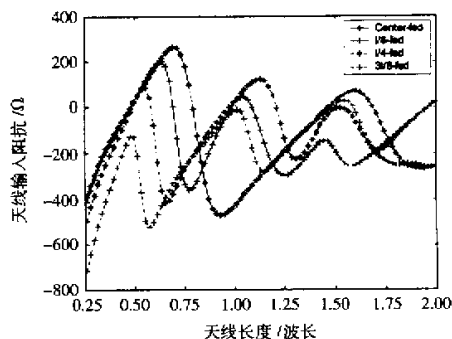


图 6 源点在不同位置的偶极子天线输入电抗的比较

以看出,只有当源点在偶极子天线的中心处这种情况时全波振子的输入电阻不是纯电阻,而其它情况(源点距中心 $1/8$ 处、 $1/4$ 处、 $3/8$ 处)时,全波振子天线的输入电阻是纯电阻。

3 结论

由上面的分析可以得出以下几点结论:

(1)FDTD 法用于计算细线结构的天线时,细线天线的 FDTD 模型很重要,首先要验证模型的正确性。

(2)不同馈点的细线偶极子天线的输入阻抗各不相同。随着馈点位置的不同,细线偶极子天线发生电谐振的频率和个数各不相同。同时,输入电阻的峰值出现的频率和个数各不相同。

(3)FDTD 法是计算细线结构天线的输入阻抗的一种很有效的方法。

参考文献:

- [1] 哈林登 R F. 计算电磁场的矩量法[M]. 北京:国防工业出版社,1981.
- [2] Umashankar K, Taflove A. Calculation and experimental validation of induced currents on couple wires in an arbitrary shaped cavity[J]. IEEE Trans. Antennas Propagat., 1987, AP-35:1 248-1 257.
- [3] Boonzaier J J, Pistorius C W I. Thin wires dipoles-A finite-differenc time-domain approach[J]. Electron. Letters, 1990, 26:1 891-1 892.
- [4] Boonzaier J J, Pistorius C W I. Radiation and scattering by thin wires with a dielectric coating — A FDTD approach[J]. Microwave and Optical Technology Letters, 1992, 5(6):288-291.
- [5] Boonzaier J J, Pistorius C W I. FDTD field approximations for thin wires with lossy coating[J]. IEEE Proc.-Microw. Antennas Propag., 1994, 141(2):107-113.
- [6] So-ichi Waanabe, Masao Taki. An improved FDTD model for the feeding gap of a thin-wire antenna [J]. IEEE Microwave and Guided Wave Letters, 1998, 8(4):152-154.
- [7] Stephen D. Gedney, An anisotropic perfectly matched layer-absorbing medium for the truncation of FDTD lattices[J]. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, 1996, 44(12):1 630-1 639.

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>