

一种基于矢量拟合及神经网络的贴片天线建模技术

郭志宇

(华东师范大学信息学院通信工程系 中国 上海 200241)

【摘要】本文介绍了一种新的方法来创建一个快速的参数化神经网络模型,此模型在传统的神经网络基础上嵌入了 SPICE 兼容的等效电路模型^[1-3]。此方法结合了矢量拟合技术^[4,5]和空间映射技术^[6,7]。此方法在贴片天线的建模过程中,首先我们用电磁仿真软件,例如 HFSS 或 ADS 等电磁仿真软件来产生神经网络训练所需要的 Y 参数。采用空间映射技术来完成器件几何尺寸参数到有理函数的系数零点和极点的映射。将得到的系数零点和极点转化为 SPICE 兼容的等效电路模型中,并提取出电路模型中的元件值。本技术的主要贡献是通过使用神经网络训练算法和空间映射技术解决了由零点和极点转化为等效电路模型时产生的负阻抗问题。此方法的优点是最终的神经网络模型可以表征一个很大的频率范围和很广的贴片天线几何尺寸。同时空间映射技术很好的解决负阻抗的问题。与电磁仿真器相比,此方法更加的快捷。与矢量拟合技术相比,此模型是以器件几何尺寸为变量的,最终的模型可用于做电路优化并可进行时域分析。

【关键词】神经网络;矢量拟合;空间映射

0 概述

由于持续不断的需求和各种形状微带天线的使用,越来越多的人正在致力于微带天线的研究,并试图找到不同的天线结构的物理意义。通常情况下,这些天线的设计电磁仿真器的帮助,如 HFSS,ADS 的。然而,这些都不能让设计师非常有效的了解天线的性能和响应。因此,天线等效电路模型对有关天线的行为给予了更好的分析。因此,SPICE 兼容的等效电路模型能很好地表征天线的行为。本文基于这种想法提出的一种新方法来自表征天线的频率响应。首先,有理函数是一种表达电子器件频域响应的最普遍方法之一,并且其以复变量 s 为变量。其目的是用来逼近给定频率点下的频域数据。我们利用有理函数来表征天线的 Y 参数。其次利用矢量拟合(矢量拟合技术^[8])技术得到系统的极点和零点,并将其转换为等效电路模型中的元器件值。神经网络则完成从天线几何尺寸变量到等效电路模型的空间映射。采用此方法,不但解决了转换过程中产生的负阻值的问题,同时训练后的模型以天线结合尺寸为变量可用于做电路优化。而且整个模型可在 ADS 中得以实现,在 ADS 中的仿真结果与原始数据拟合很好证明了此方法的正确性与有效性。

1 有理函数表征与矢量拟合技术实现

首先,通过 ADS Momentum 进行贴片天线的设计,其结构如图 1 所示,并产生神经网络需要的训练数据如表 1 所示,其形式为 Y 参数: $\text{Re}(Y_{11})$ 和 $\text{Im}(Y_{11})$ 。其次利用有理函数对得到的 Y 参数进行拟合,其基本形式如方程(1)所示,并利用矢量拟合技术得到拟合后的零点,极点, d 和 e 。

$$Y = \sum_{i=1}^N \frac{\text{residue}_i}{s - \text{pole}_i} + d + s * e \quad (1)$$

2 SPICE 兼容等效电路模型创建

由于 SPICE 等效电路模型与系统的零点—极点一一对应,矢量拟合算法的阶数将决定电路模型的结构,在贴片天线的建模中系统存在 3 个零点共轭对,因此我们需要 3 个并联的分支与之对应,如图 2 所示,三个并联分支对应了 3 个零点共轭对, R_0 对应常数项 d , C_0 对应系数 e 。具体的转换关系式则根据文献[2]中的转换关系式。

负阻值的出现

由于在电路模型转换的过程中串联电阻 R_c 可能出现负值,但实际的电路中电阻应该为正值,但其负阻值很小,根据文献[4]我们将其直接调转为正值,虽然其对最终的响应影响很小,但误差总会因此而出现,下一部分将介绍神经网络来弥补此误差来满足精确度的要求。

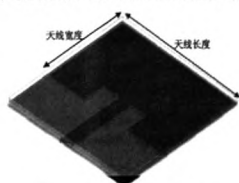


图 1 贴片天线结构图

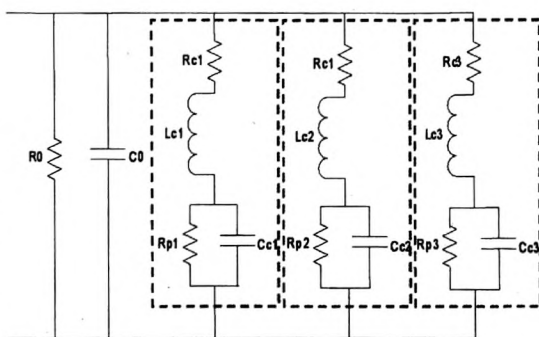


图 2 SPICE 兼容等效电路模型

3 神经网络的应用

由于负阻值的存在,我们需要将其转化为正阻值,但随之而来的问题是模型将产生一定的误差,为了弥补这个误差我们借助神经网络技术。具体的神经网络训练结构如图 3 所示,我们将利用空间映射技术来完成从贴片天线的几何尺寸到等效电路模型中元器件值的映射,同时由于转换负阻值时引来的误差我们又增加了一个输出映射神经网络来完成从等效电路频率相应到原始电磁数据的映射来提高我们的准确度,其神经网络训练结果如表 2 和图 4 所示。

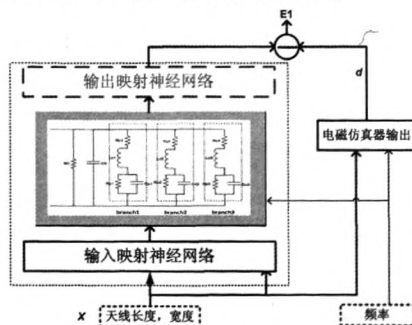


图 3 神经网络训练结构图

表 1 神经网络训练数据和测试数据

	训练数据			测试数据		
	最小值	最大值	间距	最小值	最大值	间距
天线长度 /mm	29.1	30.6	0.3	29.3	30.5	0.3
天线宽度 /mm	29.1	30.6	0.3	29.3	30.5	0.3
频率 /GHz	2.6	3.75	0.005	2.6	3.75	0.005

表2 神经网络训练与测试结果

	不含有输出映射神经网络	含有输出映射神经网络
训练误差	1.1%	1.0%
测试误差	0.8569%	0.7623%

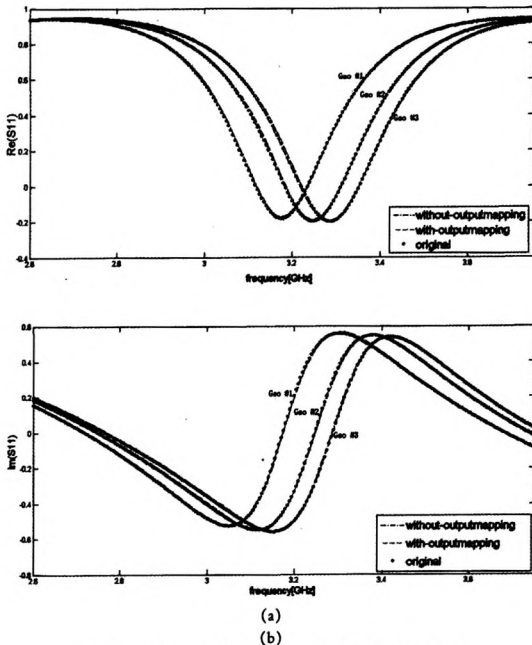


图4 神经网络模型输出与原始电磁数据对比

4 神经网络模型在 ADS 中的实现

由于神经网络可实现输入和输出的函数关系式,因此一旦神经网络训练结束,我们即可产生以 Sigmoid 为基本函数式的关于输出与输入的一个函数关系式。把此函数在 ADS 中实现,并在 ADS 中构建等效电路模型,即可完成 ADS 模型的建立,对此电路进行仿真即可得到其相应的频域响应,图5对比了 ADS 的仿真结果与原始电磁数据的比较。

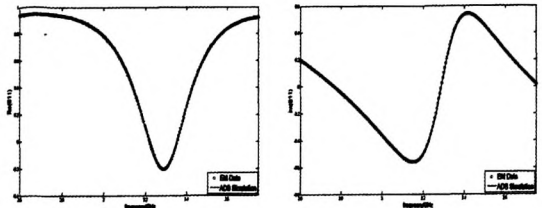


图5 ADS 仿真结果与原始电磁数据的对比

5 结论

本文介绍了一种新的方法来创建一个快速的参数化神经网络模型,此模型在传统的神经网络基础上嵌入了 SPICE 兼容的等效电路模型。此方法结合了矢量拟合技术和空间映射技术。并将此方法在应用在贴片天线的建模中。此方法的优点是神经网络模型可以表征一个很大的频率范围和很广的贴片天线几何尺寸。同时空间映射技术很好的消除了负阻的出现。最后并将此模型在 ADS 中实现,ADS 的仿真结果与原始电磁数据十分吻合,也证明了此方法的正确性与有效性。最终的模型与电磁仿真器相比,其更加的快捷。与矢量拟合技术相比,此模型是以器件几何尺寸为变量的,最终的模型可用于做电路优化。

[参考文献]

- [1]Noyan Kmayman, Nitin Jain. Automatic and accurate lumped-model generation of millimeter wave passive components using EM simulator. 29th European Microwave Conference-Munich, 1999.
- [2]Giulio Antonini. Spice equivalent circuit of frequency-domain responses. IEEE Transactions on electromagnetic compatibility, Vol.45, No.3, August, 2003.
- [3]Gerald R. Dejean. The application of lumped element equivalent circuits approach to the design of single-port microstrip antenna. IEEE transaction on antennas and propagation, Vol.55, No.9, Sept. 2007.
- [4]T. Dhaena, D. Deschrijver. Generalised vector fitting algorithm for macromodeling of passive electronic components. Electronics letters, Vol.41, No.6, March, 2005.
- [5]B. Gustavsen and A. Semlyen. Rational approximation of frequency domain responses by vector fitting. IEEE Trans. Power Delivery, Vol.14, No.3: 1052-1061, Aug. 1999.
- [6]Lei Zhang. Neuro-space mapping Technique for Nonlinear Device Modeling and Large Signal Simulation. IEEE MTT-S Digest, 2003.
- [7]Yazi Cao Gaofeng Wang. A Wideband and Scalable Model of Spiral Inductors Using Space-Mapping Neural Network. Microwave Theory and Techniques, IEEE Transaction, Dec. 2007.

[责任编辑:王洪泽]

(上接第114页)

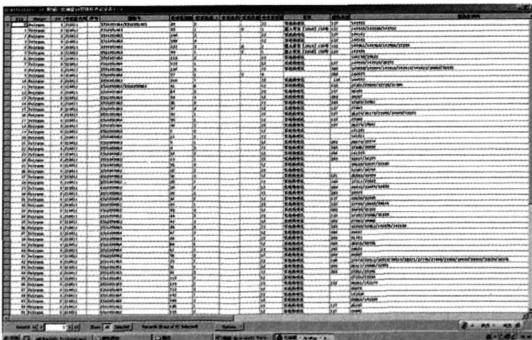


图3

应用上述方法能大大加快监测图表表格的赋值速度,尤其是当监测图表数量成百上千时,其优势更为突出。在赋值的过程中是应用程序自动赋值的,从而也避免由于操作疏忽而引入的人为错误。此方法经过了实践的检验,值得业界同仁借鉴。

[参考文献]

- [1]吴秀芹,张洪岩,李瑞改,张正祥,董贵华,编著. ArcGIS 9 地理信息系统应用于实践[M].北京:清华大学出版社,2007,6.
- [2][美]戴维斯(Davis, G.H.). VBA 从入门到精通[M]. 2版. 杨密, 杨乐, 柯树森, 译. 北京:电子工业出版社,2008,6.
- [3]周文峰, 万丽, 许志华, 编著. Visual Basic 程序开发学习笔记[M]. 北京:电子工业出版社,2008,10.

[责任编辑:王迎迎]

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>