

短路针加载微带天线反射损耗的神经网络模型

俞志华

(西安电子科技大学电子工程学院, 陕西西安 710071)

摘要 短路针加载的微带贴片天线具有较低的谐振频率, 特别适用于便携式通信设备中。作者采用多层次感知器建立了短路针加载圆形贴片天线的神经网络模型, 把短路针位置作为输入样本, 天线的反射损耗 S11 参数作为输出样本, 采用 BP 算法对多层次感知器进行训练。当多层次感知器训练完成, 在学习范围内将短路针位置输入到多层次感知器, 从输出端立即得到准确的 S11 参数。

关键词 神经网络模型, 圆形贴片天线, 反射损耗。

中图分类号 TN821.91

1 引言

神经网络具有学习功能, 可模拟复杂的非线性函数关系, 能以合适的精度逼近任意输入输出映射。神经网络在信号处理、模式识别、生物工程、人工智能等领域已有许多成功的应用。近年来, 人们开始探讨把神经网络模型用于天线的计算和优化, P. M. Watson 等把神经网络用于宽带 CPW 微带天线/开槽天线的设计^[1], D. Karaboga 等把神经网络用于微带天线的谐振频率和带宽的计算^[2,3], R. K. Mishra 等应用神经网络设计圆形微带天线的半径^[4], I. Ratner 等用神经网络为环形介质谐振器天线进行电磁建模^[5], 都取得了比较好的结果。

短路针加载圆形微带天线的反射损耗 S11 参数在贴片半径、介质厚度及馈电位置一定时取决于短路针的位置和频率, 它们构成了非线性映射关系。三层感知器可以精确地逼近这一非线性映射, 这种非线性变换特性就是建立短路针加载圆形贴片天线反射损耗神经网络模型的基础。

本文将短路针的位置坐标进行取样, 作为三层感知器的输入样本, 天线的反射损耗 S11 参数作为输出样本。当三层感知器训练完成, 在学习范围内, 输入短路针的任意位置坐标就可以从输出端得到准确的反射损耗 S11 参数。

2 多层感知器神经网络模型

多层次感知器通常由输入层、输出层和若干隐含层组成, 如图 1 所示。每层都包含若干个基本感知器(神经元), 其输入输出关系可表示为

$$Y = F_2(M_2 F_1(M_1 \cdot X + \theta_1) + \theta_2) \quad (1)$$

式中: $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$ 为网络的输出向量;

$$M_1 = [w_{1,ij}, w_{1,ij}, w_{1,ij}]_{i=1,2,\dots,m, j=1,2,\dots,l}$$

$$M_2 = [w_{2,ij}, w_{2,ij}, w_{2,ij}, \dots, w_{2,ij}]_{i=1,2,\dots,l, j=1,2,\dots,n}$$

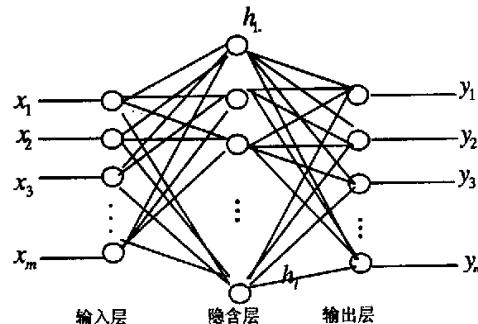


图 1 多层感知器图

分别为输入层与隐含层, 隐含层与输出层之间的连接权重向量; θ_1 , θ_2 分别为隐含层和输出层的偏置值向量; $F(\cdot)$ 为神经元的特性函数; m, l, n 分别为输入层、隐含层和输出层的神经元数; $Y = [y_1, y_2, \dots, y_n]^T$ 是网络输出向量。

多层次感知器神经网络的训练使用 Levenberg-

Marquardt 算法, 它是一种高阶优化方法, 权值 w_i 的刷新为:

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \Delta w_i(n) \quad (2)$$

式 (2) 中的权值学习速率 Δw_i 为:

$$\Delta w_i = -[\mathbf{J}^T(w)\mathbf{J}(w) + \mu I]^{-1}\mathbf{J}^T(w)\mathbf{e}(w) \quad (3)$$

其中 \mathbf{J} 为误差对权值微分的 Jacobian 矩阵, I 是单位矩阵, \mathbf{e} 是网络误差向量, μ 是标量。当 μ 很大时, 式 (3) 就接近于梯度法, 当 μ 很小时, 式 (3) 就变成了 Gauss-Newton 法。

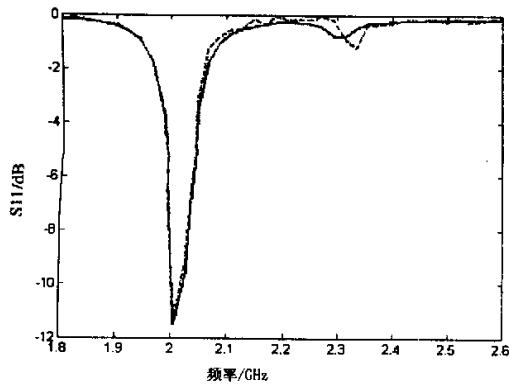
本文中误差函数使用 msereg:

$$\text{msereg} = \gamma \cdot \text{mse} + (1 - \gamma) \cdot \text{msw} \quad (4)$$

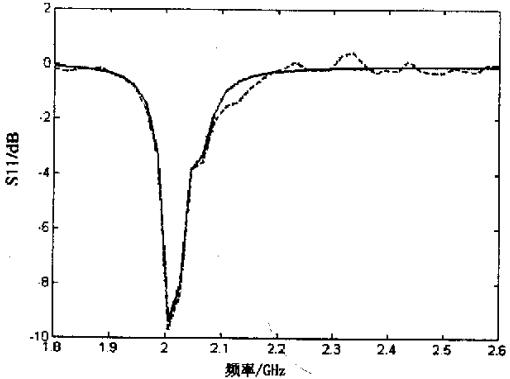
式中: $\text{mse} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (e_i)^2$ (5)

$$\text{msw} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n w_j^2 \quad (6)$$

其中, e_i 为网络误差, γ 是误差函数调整比率参数。



(a) $\alpha = 98^\circ, p = 28 \text{ mm}$



(c) $\alpha = 63^\circ, p = 28 \text{ mm}$

3 贴片天线反射损耗模拟结果

圆形微带贴片天线如图 2 所示, 贴片半径 $R = 41.91 \text{ mm}$, 馈电位置 $r = 10.2 \text{ mm}$, 以空气作为介质厚度为 $d = 1.5875 \text{ mm}$ 。由于贴片的对称性本文只在贴片的半圆中选择 31 个不同角度和半径的短路针位置, 其中 27 个作为样本输入, 由 Ansoft ensemble 仿真结果作为样本输出来训练网络, 4 个用来对神经网络进行检测。

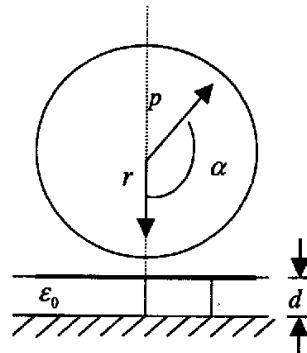
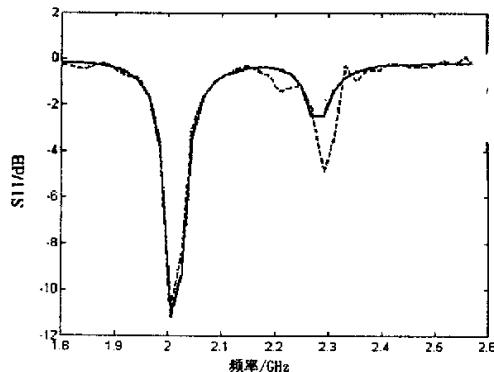
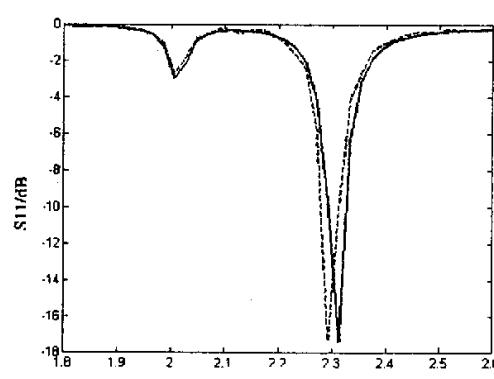


图 2 短路针加载贴片天线



(b) $\alpha = 80^\circ, p = 25 \text{ mm}$



(d) $\alpha = 29^\circ, p = 28 \text{ mm}$

图 3 测试结果图

训练后的神经网络的输入层、输出层和隐含层分别含有 40、40、40 个神经元。图 3 是检测结果。

表 1 神经网络模型的变量及范围

输入参量值	最小值	最大值
α	0	180
P	10	40

图中实线为 ensemble 仿真结果, 虚线为神经网络输出结果, 可见两者非常吻合。

4 结语

大家知道, 采用电磁场数值分析方法分析短路针加载圆形贴片微带天线的反射损耗是非常耗时的, 本文给出的神经网络模型不仅保留了矩量法模拟的准确性, 而且具有快速简便的优点, 对微带天线的优化设计具有一定的参考价值。

参考文献

- 1 Fedi G, Gioni R, Giustumi M, et al. Artificial neural network for the analysis of profiled corrugated circular horns. Proceedings of the 1999 IEEE International Antennas and Propagation Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting. Orlando: IEEE Antennas and Propagation Society, 1999, 2604~2607.
- 2 Watson P M, Creech G L, Gupta K C. Knowledge based EM-ANN models for the design of wide bandwidth CPW patch/slot antennas. Proceedings of the 1999 IEEE International Antennas and Propagation Symposium and USNC/URSI National Radio Science Meeting. Orlando: IEEE Antennas and Propagation Society, 1999, 2, 588~591.
- 3 Karaboga D, Guney K, Sagiroglu S, et al. Neural computation of resonant frequency of electrically thin and thick rectangular microstrip antennas. IEE proceedings: Microwaves Antennas and Propagation, 1999, 146(2): 155~159.
- 4 Sagiroglu S, Guney K, Erler M. Calculation of bandwidth for electrically thin and thick rectangular microstrip antennas with the use of multilayered perceptions. International Journal of RF and Microwave Computer-aided Engineering, 1999, 9(3): 277~286.
- 5 Sagiroglu S, Guney K, Erler M. Resonant frequency calculation for circular microstrip antennas using artificial neural networks. International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, 1998, 8(3): 270~277.

作者简介

俞志华 (1976—), 男, 西安电子科技大学 2002 级在校研究生。

Artificial Neural Network Models for the Return Loss of Microstrip Patch Antennas Loaded with a Short Pin

Yu Zhihua

(School of Electronic Engineering, Xidian University, Xi'an 710071, China)

Abstract Microstrip patch antennas with a short pin, which have a lower resonant frequency, is well suited to portable communication equipment. In this paper, a multi-layer perception is introduced to characterize the circular microstrip patch antenna loaded with a short pin. The location of the short pin is defined as the input samples, and the return loss S11-parameters, the output samples. When the perception has been trained with the back propagation algorithm, the return loss S11-parameters of the circular microstrip patch antenna with the short pin at any arbitrary location can be obtained quickly from the perception.

Keywords neural network model, circular patch antenna, return loss.

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>