

신경망을 이용한 구형, 정삼각형 마이크로 스트립 안테나의 설계

종신회원 이 수 영*

Design of Rectangular, Equilateral Triangular MicroStrip Antennas with the Use of Artificial Neural Networks

Soo-Young Lee* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 구형과 정삼각형 패치안테나의 공진 주파수를 함께 구할 수 있는 신경망 모델을 제안하였고 역전파 학습 알고리즘을 이용하여 제안한 모델을 학습시켰다. 학습 후 학습시 사용하지 않은 데이터를 이용하여 구형과 정삼각형의 공진 주파수를 예측한 후 문헌의 실측치와 비교함으로써 제안한 신경망 모델의 유효성을 입증하였다.

Key Words : MicroStrip antennas, Neural networks

ABSTRACT

A method for calculating the resonant frequencies of rectangular and equilateral triangular microstrip antennas at the same time, based on artificial neural networks, is presented. BackPropagation(BP) learning algorithm is used to train the proposed model. The results obtained using the presented network are compared with and are in good agreement with the results reported elsewhere. This neural method is simple and is useful for computer-aided design of microstrip antennas.

I. 서 론

마이크로스트립 패치 안테나는 제작단가가 저렴하고 반도체 소자와의 결합이 용이하여 초소형 통신 시스템에서 정밀 의학 분야에 이르는 광범위한 응용 범위를 가지고 있다.

적용 분야에 따라 다양한 형상의 패치 안테나가 사용되고 있지만 낮은 대역폭과 공진 주파수 근처에서만 효과적으로 동작하기 때문에 공진 주파수를 정확히 결정하는 것이 중요하다.^[1] 삼각형 패치 안테나는 구형 패치 안테나와 유사한 방사 특성을 가지지만 물리적인 크기는 작기 때문에 이웃하는 패

치 안테나와의 커플링을 줄일 수 있다는 장점을 가진다.^[2]

다양한 형태를 가진 패치 안테나의 공진 주파수를 계산하기 위해 사용된 모멘트 메소드 법이나 FDTD 법은 많은 연산 자원이 필요할 뿐 아니라 반복적인 연산동작에서 유발하는 반올림 오차로 인해 계산 결과를 이론적인 결과와 조정하여야 하는 실정이고 이러한 단점을 보완하기 위해 소개된 Curve-Fitting 식을 이용한 공진 주파수 계산법은 계산 결과와 실측치가 많은 차이를 보인다. 이러한 계산 방법을 통해 얻어진 공진 주파수 값은 안테나의 치수가 변경된 경우 이전의 계산 결과를 무시하

※ 본 연구는 경남정보대학의 특별연구비로 수행되었습니다.

* 경남정보대학 IT학부 컴퓨터 정보계열 (sylee@kit.ac.kr)

논문번호 : 08053-0805, 접수일자 : 2008년 8월 5일

고 변경된 치수에 따라 재계산을 하여야 한다.^{[3]~[6]}

신경망(ANN : Artificial Neural Network)은 학습력 적응력 일반화라는 특성으로 인해 광범위한 분야에 응용되고 있다. 신경망은 많은 뉴런(Neuron) 들로 구성되며 각 뉴런은 다른 뉴런과 접속되어 목표치에 따라 다른 뉴런과의 접속된 가중치를 변경시킨다. 다층 퍼셉트론 구조는 단순하면서 널리 사용되는 신경망 구조로 비선형 전달함수를 가지며 학습을 위해 역전파 알고리즘(BackPropagation algorithm)이 주로 사용되고 있다.^{[7]~[9]}

본 논문에서는 구형 패치 안테나와 정삼각형 패치 안테나의 공진 주파수를 구할 수 있는 신경망 모델을 제안하였다. 구형 패치 안테나의 경우 기관의 두께, 전기적인 두께, 유전율, 기관의 폭과 길이에 따라 측정된 문헌 [1]의 공진 주파수값을 이용하여 제안한 다층 퍼셉트론 모델을 학습시킨 후 학습시 사용하지 않은 문헌 [1]의 데이터를 이용하여 구형 패치 안테나의 공진 주파수를 예측하였다. 정삼각형 패치 안테나의 경우 비유전율, 기관의 두께, 변의 길이, 모드 T_{mn} 과 관련된 m, n 값에 따라 유전율, 값에 따른 유전율에 따라 측정된 문헌 [2]의 공진 주파수값을 이용하여 제안한 다층 퍼셉트론 모델을 학습시킨 후 학습시 사용하지 않은 문헌 [2]의 실측치를 이용하여 정삼각형 패치 안테나의 공진 주파수를 예측하였다. 제안한 신경망 모델의 예측치를 문헌[1],[2]의 실측치와 비교함으로써 제안한 모델의 유효성을 입증하였다.

II. 구형 패치 안테나와 삼각형 패치 안테나의 공진 주파수

구형 패치 안테나의 공진 주파수는 다음의 식으로 근사화된다.^[1]

$$f_{nm} = \frac{c}{2(\epsilon_e)^{1/2}} (m/L_e)^2 + (n/w_e)^{1/2} \quad (1)$$

여기서,

- c 는 자유 공간에서의 전자파 속도,
- ϵ_e 는 기관에 따른 실효 비유전율,
- m, n 은 정수,
- L_e, w_e 는 실효 치수이다.

실효 길이 L_e 는 다음과 같다.

$$L_e = L + 2\Delta L \quad (2)$$

실효 비유전율 ϵ_e 는 다음과 같다.

$$\epsilon_e(w) = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2\sqrt{1+10h/w}} \quad (3)$$

$$\Delta L = 0.412h \frac{\epsilon_e(w) + 0.3(w/h - 0.264)}{\epsilon_e(w) - 0.258(w/h - 0.813)} \quad (4)$$

이상의 식에서 구형 패치 안테나의 공진 주파수를 결정하는 인자는 두께 h , 비유전율 ϵ_r 을 가지는 기관의 폭 w 와 길이 L 이다.

삼각형 패치 안테나의 공진 주파수는 다음과 같이 근사화된다.^[2]

$$f_{nm} = \frac{2c}{3a(\epsilon_r)^{-1/2}} [m^2 + mn + n^2]^{1/2} \quad (5)$$

여기서,

- c 는 자유 공간에서의 전자파 속도,
- m, n 은 모드 T_{mn} 과 관계된 정수,
- ϵ_r 은 기관의 비유전율,
- a 는 삼각형 패치 안테나의 길이이다.

이 식은 기관이 완전한 자계 벽을 형성하고 있다고 가정하여 종단에서의 프린지 필드를 고려하지 않았기 때문에 이를 보정하기 위하여 길이 a 의 실효치를 a_{ef} 를 다음 식으로 표시하였다.

$$a_{ef} = a + \frac{h^{0.6} a^{0.38}}{\sqrt{\epsilon_r}} \quad (6)$$

또한 비유전율의 실효치를 ϵ_r 을 다음 식으로 표시하였다.

$$\epsilon_{ef} = \frac{1}{2}(\epsilon_r + 1) + \frac{1}{2}(\epsilon_r - 1)\alpha \quad (7)$$

여기서,

$$\alpha = \frac{[\sqrt{(A+H)H} - A \ln(\sqrt{H} + \sqrt{H+A})]}{H} + \frac{A \ln A}{2H} \quad (8)$$

이며

$$A = 6\sqrt{3}h, H = \frac{\sqrt{3}a}{2} \quad \text{이다}$$

이상의 식에서 삼각형 패치 안테나의 공진 주파수를 결정하는 인자는 두께 h , 비유전율 ϵ_r , 길이 a , 모드 T_{mn} 과 관계된 정수 m, n 을 가지는 기관이다.

III. 역전파 알고리즘

다층 구조 퍼셉트론은 입력층 출력층 은닉층으로 구성되며 입력층 뉴런은 입력신호 x_i 를 은닉층 뉴런에 전달하는 역할을 한다.^{[7]-[9]}

은닉층 뉴런 j 의 출력은 다음과 같다.

$$y_j = f(\sum w_{ji} x_i) \quad (9)$$

여기서, $f()$ 은 전달함수, w_{ji} 는 접속 가중치이다.

출력층 뉴런의 출력은 은닉층 뉴런의 출력과 유사하다. 역전파 알고리즘에서의 입력치와 목표치 사이의 오차를 줄이고 안정된 해를 찾기 위한 뉴런 i 와 j 의 가중치 변경은 다음과 같다.

$$\Delta w_{ji}(t) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(t-1) \quad (10)$$

여기서, η 는 학습 계수, α 는 관성 계수이다.

δ_j 의 계산법은 다음과 같다.

출력층 뉴런 j 에 대해 δ_j 는 다음과 같다.

$$\delta_j = \left(\frac{\partial f}{\partial net_j} \right) (y_j^{(t)} - y_j) \quad (11)$$

여기서, $net_j = \sum x_i w_{ji}$ 이고 $y_j^{(t)}$ 는 뉴런 j 에 대한 목표치가 된다.

은닉층 뉴런 j 에 대해 δ_j 는 다음과 같다.

$$\delta_j = \left(\frac{\partial f}{\partial net_j} \right) \sum_q (w_{aj} \delta_a) \quad (12)$$

은닉층 뉴런은 목표치가 없기 때문에 은닉층 뉴런 j 의 실제 출력과 목표치 사이의 차는 접속된 뉴런 q 의 출력과 접속치를 곱한 값을 더하여 구한다. δ 항은 모든 층에 있는 뉴런에 대해 계산되며 가중치 변경은 식 (12)에 따라 결정된다.

IV. 신경망 모델링 및 결과

구형 패치 안테나와 정삼각형 패치 안테나의 공진 주파수를 구하기 위해 제안한 모델을 그림 1에 표시하였다. 제안된 모델은 입력층에 5개의 뉴런, 제 1은닉층에 10개의 뉴런, 제 2은닉층에 10개의 뉴런, 출력층에 1개의 뉴런을 가진 구조이며 학습을 위해 학습 계수 η 를 0.3, 관성 계수 α 를 0.5로 하였다.^[9] 구형 패치 안테나와 정 삼각형 패치 안테나

의 공진 주파수를 계산하기 위해 문헌 [1],[2]에서 제시한 12개의 학습데이터에 대해 각기 다른 목표치를 준 후 공진 주파수의 오차가 0.00001이 되도록 반복 학습하였다. 학습 후 학습에 사용하지 않은 구형 패치 안테나와 정삼각형 패치 안테나의 데이터 3개씩을 이용하여 신경망의 예측치와 문헌의 측정치와 비교하였다. 목표치와 신경망 출력의 오차가 가장 큰 경우는 구형 패치 안테나에서는 236MHz였고 정삼각형 패치 안테나에서는 275MHz였다.

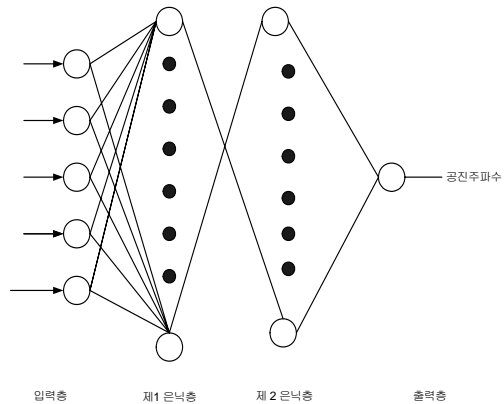


그림 1. 제안한 신경망 모델

V. 결론

본 논문에서는 다층 퍼셉트론 구조의 신경망을 이용하여 구형 패치 안테나와 정삼각형 패치 안테나의 공진 주파수를 구하는 방법을 제시하였다. 그러나, 패치 안테나에 대한 연구가 주로 구형 패치 안테나에 대해 이루어지는 관계로 삼각형 패치 안테나에 대한 학습 데이터가 많이 존재하지 않는다. 신경망의 일반화 과정에서 더 많은 학습 데이터가 주어지면 더욱 정확한 값을 예측할 수 있다.

신경망 모델을 이용하여 예측한 공진 주파수는 실측치와 비교하여 매우 높은 정확도를 가지며 안테나의 조건 변경에 대한 재계산을 필요로 하지 않기 때문에 CAD 모델(Computer-Aided Design)로 매우 유용함을 알 수 있었다.

구형 패치 안테나와 정 삼각형 패치 안테나의 공진 주파수를 정확히 예측할 수 있는 이 CAD 모델을 이용하면 구형 패치 안테나과 정 삼각형 패치 안테나에 대한 배경 지식이 없어도 공진 주파수를 정확하게 계산할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] D.Karaboga, Kerim Güney, and Mehmet Eler, "Neural Computation of Resonant Frequency of electrically thin and thick Rectangular Microstrip Antennas," IEE Proc Pt H 146(1999), 155-159.

[2] Şeref Sağiroğlu, Kerim Güney, "Calculation of Resonant Frequency for An Equilateral Triangular Microstrip Antennas with the Use of Artificial Neural Networks," *Microwave and Optiactal Technology letters*, Vol.14, No.2 (1997), pp.83-93, ISSN : 0895-2477.

[3] K. F. Lee and Z. Fan, "CAD Formulas for Resonant Frequencies of TM_{11} Mode of Circular Patch Antenna with or without Superstrate," *Microwave Opt. Technol. Lett.*, Vol.7, No.12, 1994, pp.570-573.

[4] 山下榮吉, 錢永喜, *FDTD法による マイクロ波 平面回路・アンテナ 特性 解析*, アライズ社, 1996.

[5] Dennis M. Sullivan, *Electromagnetic Simulation Using the FDTD Method*, Wiley-IEEE Press, 1st Edition, ISBN 0780347471

[6] Allen Taflove, Susan C.Hagness, *Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method.*, Artech House, 3rd Edition, ISBN 158053820.

[7] T.Masters, *Practical Neural NetWork Recipes in C++*, Morgan Kaufmann, ISBN 0124790402.

[8] K. Güney, *An Introduction to Neural Networks*, CRC, ISBN 1857285034.

[9] Jeff Heaton, *Introduction to Neural Networks with Java*, Mary Mckinnis, ISBN 0-9773206-0-x, 2005.

[10] R. Garg, P. Bhartia, I. Bahl, and A. Ittipiboon, *Microstrip Antenna Design Handbook*, Artech House, Canton, MA, 2001.

이 수 영 (Soo-young Lee)

정회원



1985년 2월 동아대학교 전자공학과 졸업

1987년 2월 동아대학교 전자공학과 석사

1998년 2월 동아대학교 전자공학과 박사

1995년 3월~현재 경남정보대학 IT학부부교수

<관심분야> 안테나, 신경망