

신경망을 이용한 구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭 계산

정희원 이수영*, 정주수*, 김재홍*

Neural Computation of Resonant Frequency and Bandwidth of Rectangular Microstrip Antennas

Su-Young Lee*, Ju-Su Jeong*, Jae-Hong Kim* *Regular Members*

요약

본 연구에서는 얇거나 두꺼운 구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 동시에 구할 수 있는 신경망모델을 제안하였고 신경망 학습후 학습시 사용하지 않은 패치의 폭과 길이, 기판의 유전율과 두께, 손실 탄젠트에 따른 공진 주파수와 대역폭을 구하여 문헌의 실측치와 비교함으로써 유효성을 입증하였다. 구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 동시에 예 측할 수 있는 이 CAD모델을 이용하면 구형 패치 안테나를 쉽고 빠르게 설계할 수 있다.

ABSTRACT

A method for calculating the resonant frequency and bandwidth of rectangular microstrip antennas using artificial neural network is proposed, and we compared the results calculated by using the artificial neural network presented in this paper with the results reported elsewhere. As a result, we confirmed that the artificial neural network method for designing microstrip antennas was very useful.

I. 서론

이동 및 휴대용 단말기의 소형, 박형, 경량이라는 구조적 특성에 적합하고 단말기의 다양한 서비스 요구를 충족시킬 뿐 아니라 빠르고 저렴하게 설계가 가능하기 때문에 패치 안테나는 여러 분야에 적용되고 있으며 여러 형상의 패치 안테나가 존재하지만 방사 특성과 설계의 용이함 때문에 구형 패치 안테나가 널리 사용되고 있다^[1].

협대역이며 공진 구조를 이용하는 구형 패치 안테나는 공진 주파수 근처에서 동작하는 특성을 가지고 있기 때문에 정확한 공진 주파수가 결정되어야 하며 이를 위해 전송선 모델과 공진기 모델을

주로 사용되고 있으며 대역폭을 계산하기 위해 Q-팩터 모델과 공진저항 모델을 이용하는 방법이 있지만 모두 얇은 기판($h/\lambda_s \leq 0.02$: h 는 유전체 기판의 두께, λ_s 는 기판에서의 파장)과 두꺼운 기판에 대해 계산한 결과치는 실측치와 많은 차이를 보인다^{[2][3]}. 또한 모멘트법(MoM: Moment Method)이나 유한차분시간영역법(FDTD: Finite Difference Time Domain)등과 같은 수치해석법을 이용하여 구형 패치 안테나를 해석하고 있지만 시간적 물리적 제한을 받고 있다^{[4][5]}.

인식과 관련된 기능을 수행하던 신경망(ANN: Artificial Neural Network)은 분산처리와 상호 접속성으로 인해 우수한 연산 능력을 가지며 학습력 적용력 일반화라는 특성 때문에 광범위한 응용분야를

* 경남정보대학 전자정보과(sylee@kit.ac.kr)
논문번호: 99038-0930

접수일자: 1999년 9월 30일

가지고 있다. 신경망은 많은 뉴런(Neuron)들로 구성되며 각 뉴런은 다른 뉴런과 접속되어 있고 신경망의 기능은 목표치에 따라 다른 뉴런과의 접속된 가중치를 변경시킴으로써 결정된다. 다층 구조와 비선형 전달함수를 가지는 신경망을 학습시키기 위해 Widrow-Hoff의 적응 알고리즘을 일반화한 역전파 알고리즘(BackPropagation Algorithm)을 주로 사용하고 있으며 학습시간을 줄이고 가장 안정된 해를 찾기 위해 접속의 가중치에 관성계수를 추가한다^[6].

본 논문에서는 얇거나 두꺼운 구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 동시에 구할 수 있는 신경망 모델을 제안하였고 패치의 폭과 길이, 기판의 유전율과 두께, 손실 탄젠트에 따라 측정된 공진 주파수와 대역폭을 이용하여 신경망을 학습시킨 후 패치의 폭과 길이, 기판의 유전율과 두께, 손실 탄젠트가 다른 구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 예측하였다. 신경망으로 예측한 공진 주파수와 대역폭은 측정된 결과와 거의 일치하므로 구형 패치 안테나의 설계에 유용하게 사용될 수 있다.

II. 역전파 알고리즘

그림 1은 구형 패치 안테나를 나타낸 그림이다.

신경망을 이용하여 공진 주파수와 대역폭을 계산하는 경우 패치의 폭과 길이, 기판의 두께와 유전율, 손실 탄젠트에 따른 공진주파수와 대역폭을 결정 한 후 역전파 알고리즘을 이용하여 신경망을 학습시킨다. 일반적인 다층 구조의 신경망은 입력층 출력층 은닉층으로 구성되며 입력층 뉴런은 입력 신호 x_i 를 은닉층 뉴런에 전달하는 역할을 한다.

은닉층 뉴런 j 의 출력은 다음과 같다.

$$y_j = f(\sum w_{ji} x_i) \tag{1}$$

여기서, $f()$ 은 전달함수, w_{ji} 는 접속 가중치이다.

출력층 뉴런의 출력은 은닉층 뉴런의 출력과 유사하다.

역전파 알고리즘에서의 뉴런 i 와 j 의 가중치 변경은 다음과 같다.

$$\Delta w_{ji}(t) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(t-1) \tag{2}$$

여기서, η 는 learning rate, α 는 관성 계수이고 δ_j 의 계산법은 다음과 같다.

출력층 뉴런 j 에 대해 δ_j 는 다음과 같다.

$$\delta_j = \left(-\frac{\partial f}{\partial net_j}\right)(y_j^{(o)} - y_j) \tag{3}$$

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

은닉층 뉴런 j 에 대해 δ_j 는 다음과 같다.

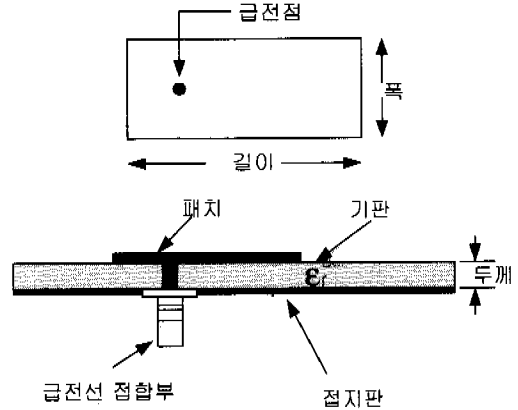


그림 1. 구형 패치 안테나의 형상

$$\delta_j = \left(-\frac{\partial f}{\partial net_j}\right) \sum_a (w_{aj} \delta_a) \tag{4}$$

은닉층 뉴런은 목표치가 없기 때문에 은닉층 뉴런 j 의 실제 출력과 목표치 사이의 차는 접속된 뉴런 a 의 출력과 접속치를 곱한 값을 더하여 구한다. δ 항은 모든 층에 있는 뉴런에 대해 계산되며 가중치 변경은 식(2)에 따라 결정된다.

III. 신경망 모델링 및 시뮬레이션

제안한 신경망 모델의 형상은 입력층에 5개의 뉴런, 제 1은닉층에 6개의 뉴런, 제 2은닉층에 6개의 뉴런, 출력층에 2개의 뉴런을 가진 구조이며 이를 그림 2에 표시하였다. 공진 주파수와 대역폭을 계산하기 위해 신경망에 26개의 각기 다른 패치 안테나의 폭과 길이, 기판의 두께와 유전율, 손실 탄젠트에 대한 각기 다른 목표치를 준 후 신경망의 수렴도를 고려하여 최소 오차 및 최대 오차가 평균 오차의 각각 0.0015가 되도록 반복하여 학습시켰으며 얇은 기판에 대해서는 3개의 샘플을 제공하였다. 이때 학습계수를 1.0, 관성계수를 0.6으로 하였다. 학습이 끝난 신경망에 학습시 사용하지 않은 6개의 샘플을 이용하여 공진주파수와 대역폭을 구함으로써 제안한 신경망 모델의 유효성을 확인하였으며, 또한,

패치의 폭과 길이, 기판의 두께와 유전율, 손실 탄젠트가 각기 다른 구형패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 동시에 구하기 위해 공진 주파수만을 구한 문헌^[2]와 대역폭만을 구한 문헌^[3]에서 목표치를 구한 후 신경망을 학습시켰다.

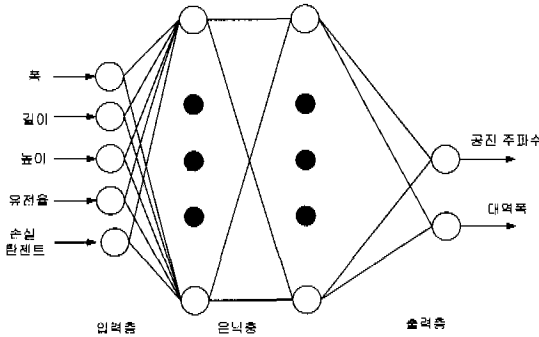


그림 2. 공진주파수와 대역폭 계산을 위한 신경망 모델

폭인 경우는 0.023이었다. 그림 3은 신경망 학습시 사용하지 않은 6개의 샘플에 대한 목표치와 출력치를 나타낸 그림으로 얇은 기판이 1번 샘플이며 나머지는 두꺼운 기판에 해당하는 샘플이다. 그림 3(a)는 공진 주파수의 목표치와 신경망 출력치를 비교한 그림이고, 그림 3(b)는 대역폭의 목표치와 신경망 출력치를 비교한 그림으로 목표치와 출력치가 거의 일치함을 알 수 있었다. 따라서, 이러한 출력치의 결과인 공진 주파수에 대한 RMS 오차는 0.0267이고, 대역폭에 대한 RMS 오차는 0.0306이 됨을 알 수 있었다.

IV. 결론

본 논문에서는 신경망을 이용하여 구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 동시에 구하는 방법에 대해 살펴보았다. 신경망을 이용하여 계산한 공진 주파수와 대역폭은 얇거나 두꺼운 구형 패치 안테나에 대한 측정치와 비교하여 매우 높은 정확도를 가지며 얇거나 두꺼운 구형 패치 안테나에 대한 조건적인 계산이나 반복적인 계산을 필요로 하지 않기 때문에 CAD 모델(Computer-Aided Design)로 매우 유용함을 알 수 있었다.

구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 정확히 예측할 수 있는 이 CAD 모델을 이용하면 구형 패치 안테나에 대한 배경 지식이 없어도 구형 패치 안테나의 공진 주파수와 대역폭을 정확하게 계산할 수 있다. 본 논문에서 제안한 신경망의 학습 시간은 2시간 정도이지만 학습 후 공진 주파수와 대역폭의 계산시간은 1초도 걸리지 않으며 오차도 매우 적기 때문에 구형 패치 안테나의 설계에 널리 사용될 수 있다.

참고 문헌

- [1] Constantine A. Balanis, *Antenna Theory*, John Wiley & Sons, Inc., 1982.
- [2] D. Karaboga, K. Güneý, S. Sağirođlu, M. Erler, "Neural Computation of Resonant Frequency of Electrically Thin and Thick Rectangular Microstrip Antennas," *IEE Proc. Microw. Antennas Propag.*, Vol. 146, No. 2, April, 1999, pp.155-159.
- [3] S. Sağirođlu, K. Güneý, M. Erler, "Calculation of Bandwidth for Electrically Thin and

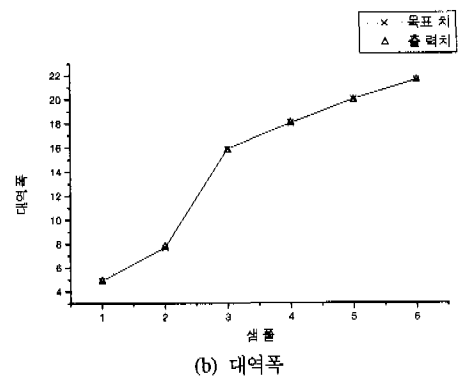
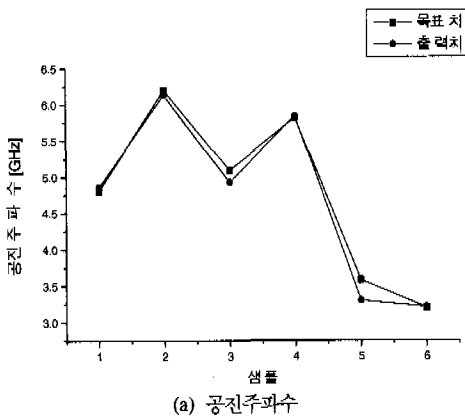


그림 3. 목표치 및 출력치 비교

학습 후 목표치와 신경망 출력치의 오차가 가장 큰 경우는 공진 주파수에 있어서는 0.015이고 대역

Tick Rectangular Microstrip Antennas with the Use of Mutilayered Perceptrons," Int. J. RF and Microwave CAE., 1999, pp.277-286.

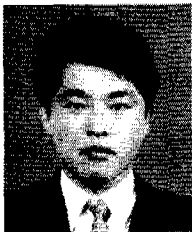
[4] Mattew N. O. Sadiku, Numerical Techniques in Electromagnetics, Crc Press, 1992.

[5] 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, リアライス社, 1996.

[6] Lucio Vebni, Alessandro Toscano, "Analysis of Microstrip Antennas Using Neural Networks," IEEE. Trans., Magnetics, Vol.33, No.2, Mar., 1977, pp.1414-1419.

이 수 영(Su-Young Lee)

정회원



1985년 2월 동아대학교 전자공학과 졸업(학사)

1987년 2월 동아대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1998년 8월 동아대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1995년 3월~현재 경남정보대학 전자정보과 조교수
 <주관심 분야> 초고주파 회로, 신경망

정 주 수(Ju-Su Jeong)

정회원



1989년 2월 동의대학교 전자공학과 졸업(학사)

1991년 2월 동아대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학석사)

1998년 2월 동아대학교 일반대학원 전자공학과 졸업(공학박사)

1992년 8월~현재 경남정보대학 전자정보과 조교수

김 재 홍(Jae-Hong Kim)

정회원

1973년 2월 영남대학교 전자공학과(학사)

1980년 2월 영남대학교 대학원 전자공학과(공학석사)

1995년 2월 동아대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1998년 3월~현재 경남정보대학 전자정보과 교수