

5.8GHz 1 × 4 Array Microstrip Antenna의 설계와 그 특성에 관한 연구

조영균, 김형석, 정태경, 김호성
 중앙대학교 전자전기공학부

A Design and Analysis of the Microstrip Array Patch Antenna with Resonant frequency of 5.8GHz

Young kyun Cho, Hyeong seok Kim, Tae-Kyung Chung, Hosung Kim
 School of Electrical and Electronics Engineering of Chung-Ang University

Abstract - In this paper, a Dolph-Tschebyscheff type Microstrip array patch Antenna was designed and simulated with a commercial tools. Then we fabricated an Antenna and took a measurement of the radiation pattern of the Antenna in the Anechoic Chamber room. Despite of the same case, each simulation using commercial tools showed some different results. The simulation using the Microwave Studio gave more desirable result than the ADS. We found the error of the progress of production.

공식에 적용하여 단일 Microstrip Patch Antenna의 최적 parameter값을 구하였다.

$$W_{po} \cong \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

$$\epsilon_{re} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{10h}{W} \right)^{-0.5} \quad (2)$$

$$\Delta l = 0.412 h \frac{\epsilon_{re} + 0.300}{\epsilon_{re} - 0.258} \frac{W_r/h + 0.262}{W_r/h + 0.813} \quad (3)$$

$$L_p = \frac{c}{2f_0 \sqrt{\epsilon_{re}}} - 2\Delta l \quad (4)$$

W_{po} : patch의 width

ϵ_{re} : patch의 실효 유전율

Δl : fringe 효과로 인한 effective length

L_p : patch의 Length

1. 서 론

현재 5.8GHz 주파수대역에서 Wireless LAN을 이용하여 통신을 하려는 시도들이 다방면에서 진행되고 있다. 현재 2.4GHz 대역의 Wireless LAN 통신은 약 11Mbps의 속도를 가지고 있으나 향후 더 고속의 Data Rate이 요구될 것이므로 5.8GHz 주파수대역의 Wireless LAN 방식으로 발전할 것이며 그에 따른 제반 기술들이 필요할 것이다. 이런 제반 기술 중 필수적인 것 중 하나가 안테나이다. 본 논문에서는 5.8GHz 대역에서 사용할 Microstrip Array Patch Antenna를 설계해보았다. 본 논문에서는 단일 Microstrip Patch Antenna의 단점인 Low Gain을 높이기 위해 Dolph-Tschebyscheff (SLL = 20dB) array 형태로 1 × 4 array antenna를 설계해 보았다.

위의 식은 Antenna의 Patch size를 결정하기 위해 사용되어지는 이론적인 공식이다.[1]

이 같이 Patch의 크기를 결정하고 단일 Patch의 transmission line을 설계하였을 때 그 width가 0.108795mm 밖에 되지 않아 보유하고 있는 공정기계로는 공정이 불가능했다. transmission line을 한번 더 사용해서 impedance를 낮추는 방법도 있겠지만 Patch의 width를 늘리게 되면 quarter-wave transformer 공식[2]에 의해 transmission line의 impedance를 낮아지게 할 수 있으므로 transmission line의 폭을 넓히는 방법을 택했다. 따라서 feed line의 width를 0.5mm로 고정시키고 patch의 폭과 길이를 조절하면서 가장 좋은 공진특성을 갖도록 최적의 값으로 보정하였다. 그에 의해 Patch의 width를 19.91mm로 넓혔고 40 Ω 으로 matching 시켰다. 그림1과 같이 설계된 하나의 Patch 안테나를 기본으로 하여 1 × 4 Array Patch Antenna를 설계하였다. Feed Line을 정해진 Power Distribution에 적합하도록 설정하고 Matching을 위해 보정했다. Power distribution은 Dolph-Tschebyscheff array Factor[1]에 따랐다.

한편 안테나를 설계하는데 있어 여러 가지의 상용 프로그램들이 사용되고 있으며 그 성능 또한 매우 우수한 것으로 알려져 있다. 이러한 상용프로그램들은 개인의 선호에 따라 각각 선택되어지고 있다. 이번 연구에서는 동일한 설계에 대해 두가지 상용 프로그램의 해석결과를 비교해 보고 실제 측정결과를 비교함으로써 어떤 것이 실제 측정결과와 더 잘 맞는지를 고찰해보고자 한다. 두가지 상용 프로그램은 ADS와 Microwave Studio를 사용하였다. 그리고 설계한 안테나를 실제 제작하여 그 방사특성을 Anechoic Chamber에서 측정해 Simulation과 실제 방사특성을 비교해보았다.



그림1. 단일 Patch의 layout

2. 본 론

2.1 Microstrip Patch Antenna의 설계

5.8GHz의 공진주파수를 가지는 Dolph-Tschebyscheff type의 1 × 4 array patch antenna를 설계하였다.[1] 사용된 기판은 유전율이 4.625이고 두께가 0.8mm의 FR4를 사용하였다.

quarter-wave transformer 공식에 의해 transmission line을 확장하는 방법으로 feed line network을 완성하였다 [2]. 그림2는 Array Patch Antenna의 Layout이다.

안테나의 공진 주파수, 기판 두께와 유전율을 이론상의

ADS에서 설계한 Layout을 Microwave Studio에서 Import하였다. Import를 통하여 정확히 동일한 형태의

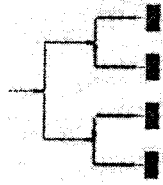


그림2. Antenna의 Layout

안테나를 모델링 할 수 있었다. Patch 부분만이 import 되었고 substrate와 ground는 따로 추가하여 해석에 필요한 안테나 구조를 완성하였다.

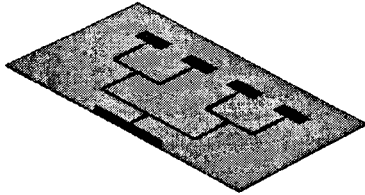


그림3. Microwave Studio에서의 Antenna Modeling

2.2 Antenna 공진 특성

ADS를 이용하여 설계가 이루어졌고 각 Parameter들을 ADS의 simulation 결과를 참고하여 보정하였으므로 ADS의 해석결과는 설계하고자 하는 목표에 매우 근접한 것이었다. 해석 결과 공진이 5.8GHz 근처에서 발생하고 있음을 확인할 수 있었다.

그리고 Microwave studio에서 안테나의 공진 특성을 알아보았다. 동일한 형태의 안테나임에도 불구하고 ADS에서 해석한 결과와 다른 지점에서 공진주파수가 나타나는 것을 확인하였다. 공진주파수는 5.53GHz인 것으로 나타났으며 이는 ADS에서의 해석결과인 5.8GHz와 약 300MHz정도의 차이가 있다.

Network Analyzer를 이용하여 측정된 결과 공진주파수가 6.03GHz로 측정되었다. 이는 목표했던 5.8GHz에서 200MHz정도 어긋난 결과이다. 이것은 두 가지의 simulation 결과 중 어느 것보다 일치하지 않는다는 것을 알 수 있다.

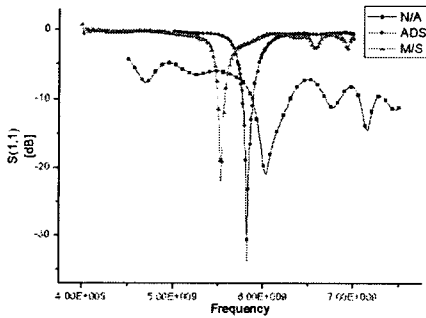


그림4. ADS와 Microwave studio를 이용하여 해석한 안테나의 공진특성과 Network Analyzer를 이용하여 측정된 공진특성

그림4는 Simulation Tool을 사용하여 해석한 공진특성과 실제 측정에 의한 공진특성을 보여준다. 앞에서 언급하였듯이 ADS와 Microwave Studio로 해석한 결과가 서로 차이가 있음을 알 수 있다. 그림4를 살펴보면 microwave studio에서 해석한 공진특성과 실제 측정결과 사이에 유사성이 있음을 발견하게 된다. 비록 공진주

파수는 틀리게 나왔지만 Higher mode에 의한 공진 성분이 주공진주파수보다 높은 영역에서 비슷한 형태로 나타나고 있다. 그에 비해 ADS를 이용해 해석한 결과는 이상적인 특성을 보여주고 있지만 실제 측정데이터와는 주목할 만한 관계를 보여주지 못하고 있다.

2.3 Antenna의 방사패턴

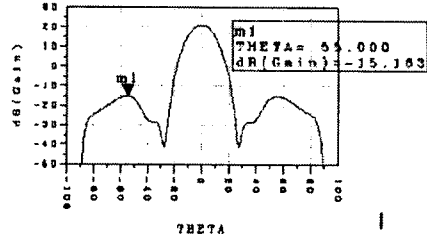


그림5. 1 × 4 Dolph-chebyshev Array Antenna Gain

그림5는 ADS를 이용하여 해석한 안테나의 방사특성을 나타내는 Graph이다. Gain을 분석해 본 결과 SLL이 -35dB로 설계하고자 한 -20dB의 목표를 초과했다고 할 수 있다. 또 3dB Beamwidth는 약 20° 정도임을 확인할 수 있었다.

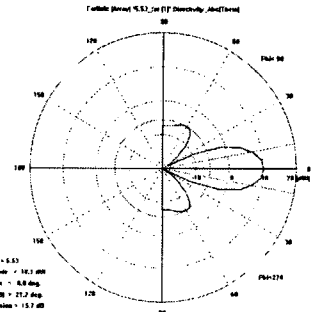


그림6. Microwave studio를 이용하여 해석한 공진주파수 5.53GHz에서의 2D Far-field 방사패턴

그림6은 Microwave studio에서의 공진주파수인 5.53GHz에서의 Far field 방사패턴을 나타내는 Graph이다. Gain이 ADS에서 해석한 것보다 낮은 10.1dB인 것으로 나타났다. 또한 Side Lobe Level도 -15.7dB로 나타나 차이를 보였다.

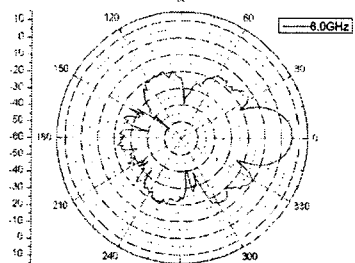


그림7. Anechoic Chamber에서 측정된 안테나의 Far-field 방사패턴

그림7은 Anechoic Chamber에서 측정된 안테나의 방사패턴을 나타내는 Graph이다. 공진주파수인 6GHz에서의 SLL은 약 -18dB인 것으로 측정되었고 3dB beam width는 simulation결과와 일치하는 것을 알 수 있었다.

실제 측정결과 역시 M/S의 simulation결과와 더 유사한 것을 확인할 수 있었다. ADS의 Simulation 결과는

이상적인 방사패턴이 나타났지만 실제 측정된 Gain이나 SLL은 CST M/S의 해석 결과와 비슷하게 나타났다.

2.4. 안테나의 특성에 대한 분석

지금까지 상용프로그램을 이용하여 제작한 Antenna의 특성을 simulation 결과와 비교해보았다. 그러나 Antenna를 직접 제작하는데 있어 발생할 수 있는 결과에 대한 분석이 필요하다.

공정기계의 정밀성이 떨어져서 발생하는 공정상의 결함은 가장 일반적인 것이다. 본 논문에서 제작한 안테나는 밀링머신을 이용하여 제작되었다. 밀링머신이 설계한 수치대로 제대로 공정을 하였는지 확인 해보았다.

단차측정장비인 Alpha-Step을 사용하여 안테나의 Transmission Line의 폭을 측정해 보았다. 그 결과 설계시에 0.5mm로 가공하였으나 측정 후 평균을 내어 본 결과는 0.42mm였다. 이는 평균적으로 0.08mm의 오차를 가지고 있음을 뜻하며 이는 안테나의 특성에 커다란 영향을 미칠 수 있는 수치이다.

2.5 사례 연구

설계는 주로 ADS를 이용하였다.[3] 설계된 Microstrip Path Antenna를 Microwave Studio Program에서 Import하여 Field 해석을 해보았다. 두 해석 결과를 비교해본 결과 동일한 설계에 대하여 공진주파수가 틀린 것으로 나타났고 Gain 또한 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

Anechoic Chamber에서 Far field 방사패턴을 측정해 보았다. 그 결과 공진주파수는 Network Analyzer에서의 측정결과와 일치하였으며 상용프로그램에서 Simulation한 결과와 비교하였을 때 공진주파수가 틀리고 Gain이 떨어진 것을 확인할 수 있었다. 그러나 이런 오차의 이유가 상용프로그램의 부정확성에 기인한다고는 단정할 수 없다. 제작된 안테나의 Transmission Line의 선폭을 측정해 본 결과 공정기계의 정밀성이 떨어져 오차가 있음을 확인했다.

3. 결 론

본 논문을 통해 안테나를 설계, 제작하였고 상용프로그램들을 적용함에 있어 해석상의 차이와 제작 시에 고려해야 하는 사항들을 짚어보았다. 일반적으로 ADS는 고주파 회로설계 쪽으로 유용하다고 알려져 있으며 Microwave Studio는 Field 해석에 많이 사용되고 있다. 그러나 microstrip patch 안테나를 모델링 하는 것은 ADS가 편리했다. 그러나 ADS는 해석에 걸리는 시간이 상대적으로 길고 해석결과 또한 실제측정결과와는 상이함을 확인하였다. CST M/S는 그에 비해 해석시간이 짧고 결과가 상대적으로 측정결과와 유사함을 알 수 있었다. 이것은 각 프로그램의 성능 차이라기보다는 구조물을 해석하는데 있어서의 알고리즘 차이로 인해 더욱 적합한 용도가 존재하기 때문이라고 생각할 수 있다. 그리고 아무리 좋은 안테나설계 프로그램이 있다하더라도 공정상의 오차가 있다면 그 또한 바람직하지 않다. 본 논문에서 제시한 비교와 분석이 안테나 설계 과정에서 고려되어야 할 부분들과 제작상 발생한 문제점을 해결하는데 있어 도움이 될 것이라 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1] Constantine A. Balanis, " Antenna Theory Analysis and Design second edition", JOHN WILEY & SONG. INC, 1997
- [2] Dabid M. Pozar, " Microwave Engineering second edition", JOHN WILEY & SONG. INC, 1998
- [3] "Using ADS for RF and Microwave Circuit Design", 계측기 교육센터, 2000