

2×2 배열 구조 안테나 특성 연구

박용욱*

Study on the Array type antenna of 2×2

Yong-Wook Park*

요 약

본 논문에서는 5GHz 대역의 2×2 배열 안테나를 연구하였다. 선로 방식으로는 마이크로 스트립 방식을 채택하였고 안테나 제작 및 특성을 측정하였다. 각 선로방식의 안테나에 대한 주파수와 반사손실에 관한 파라미터 특성을 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 통해 분석하고 이것을 이용하여 안테나를 설계하였다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 2×2 마이크로스트립 배열 안테나를 설계하고, 유전율 4.4, 두께 1.6mm인 FR4-epoxy 기판을 사용 하여 포토리소그래피 방법으로 안테나를 제작하였다. 제작된 2×2 배열 안테나는 중심 주파수 5.3GHz, 입력반사손실 -24dB, 대역폭 390MHz 의 동작특성을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we studied the design and fabrication of 2×2 microstrip array antenna at around 5 GHz band.. To improve of frequency properties of antenna, feed microstrip patch antenna was simulated by HFSS(High Frequency Structure Simulator). A 2×2 array antenna was designed and fabricated by photolithograph on an FR4 substrate (dielectric constant of 4.4 and thickness of 1.6 mm). The fabricated 2×2 array antenna showed a center frequency, the minimum return loss and bandwidth were 5.3 GHz, -24dB, and 390MHz, respectively.

키워드

Array Antenna, Microstrip , Feed, Patch, FR4
배열 안테나, 마이크로스트립, 피드, 패치, FR4

1. 서 론

최근 스마트폰 사용자수가 3000만 명에 도달하여 대용량 트래픽을 유발하는 모바일 기기의 보급이 급속도로 확산되고 있다. 또한 인터넷은 이동성 및 확장성에 발맞춰 유선인터넷에서 무선인터넷으로의 변화가 나타났다. 무선인터넷을 위한 2.4GHz 대역의 무선랜 기술은 전 세계적인 표준 대역으로서 보급되었지만, 무선인터넷의 수요가 증가함에 따라 2.4GHz 대역

은 포화상태가 되어 혼선이 잦아지고 고속의 무선랜 서비스를 제공함에 있어서 여러 가지 장애가 발생하게 되었다. 이러한 이유로 2003년 6월 스위스 제네바에서 개최된 세계전파통신회의(WRC-2003)에서는 5GHz 대역에 대하여 1차 이동업무용 주파수 대역으로서 주목하기 시작하였다[1-5].

무선인터넷에 있어서 가장 핵심이 되는 요소는 안테나 기술이다. 그중에서도 이동성과 확장성 등의 효율적인 요건을 가장 만족할 수 있는 안테나를 찾아야

* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
• 접수일 : 2017. 06. 29
• 수정완료일 : 2017. 07. 13
• 게재확정일 : 2017. 08. 01

• Received : Jun 29, 2017, Revised : July 13, 2017, Accepted : Aug 01, 2017
• Corresponding Author : Yong-Wook Park
Dept. of Electronics Engineering, Namseoul University
Email : pyw@nsu.ac.kr

하는 것이 관건이 되고 있다. 이와 같은 요구조건 중에서 가장 주목을 받은 것이 마이크로스트립 안테나이다. 마이크로스트립 안테나는 유전체판의 한 면은 접지판으로 다른 면은 마이크로스트립 선로로 회로를 구성하는 것으로, 포토리소그래피법으로 제작하기 때문에 제작이 쉽고, 대량생산에 적합하며 취급이 용이한 장점이 있다. 대역폭이 좁고 이득이 낮은 단점이 있으나 제작의 간편성과 소형화에 있어서 가장 큰 효과를 보기 때문에 현재 무선랜 통신 이외에도 휴대폰 등과 같은 소형화 기기에서 사용되고 있다. 위에 열거한 마이크로스트립 안테나의 특성을 통하여 본 연구실에서는 과거 5GHz 대역의 T-슬롯 마이크로스트립 배열 안테나에 대한 연구를 진행하였다[6-7].

본 논문에서는 T-슬롯 대비 좁은 대역폭의 단점을 개선할 수 있는 U-슬롯을 채택하여 5GHz 대역의 2x2 마이크로스트립 배열 안테나를 연구하였다. 2x2 구조의 마이크로스트립 안테나 동작 특성 연구를 하기 위하여 기존에 연구되었던 단일 안테나와 1x2 안테나의 최적화 연구를 기반으로 다양한 배열을 갖는 2x2 마이크로스트립 안테나의 특성을 연구하였다. 최적의 동작특성을 갖는 2x2 마이크로스트립 배열 안테나를 개발하기 위하여 다양한 구조를 갖는 안테나를 설계 제작하여 동작특성을 비교 분석하였다[8-11].

II. 마이크로스트립 배열 안테나 이론

마이크로스트립 배열 안테나는 단일안테나의 사각 패치 소자를 배열하여 각 소자의 여진 전류 위상을 조절하고 안테나를 특정 방향, 동일 위상으로 하여 합성된 주빔을 형성하는 안테나를 의미한다.

일반적으로 마이크로스트립 단일 안테나의 경우 원하는 주파수 대역의 설계가 가능하다. 하지만 방사패턴이 비교적 넓어 지향성이 낮기 때문에 장거리 통신에 적합한 안테나 역할을 하기에는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 제안된 것이 단일 안테나의 사각 패치 소자를 증가시켜 고지향성을 얻어낸 배열 안테나 개념이다.

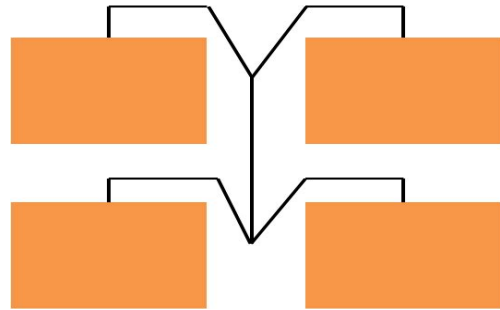


그림 1. 마이크로스트립 배열 안테나의 배열방식
Fig. 1 Array type of microstrip array antenna

본 논문에서는 그림 1과 구조를 갖는 병렬 급전 배열방식을 이용하여 2x2 마이크로스트립 배열 안테나 특성을 연구하였다. 병렬 방식은 입력단에서 모든 패치로 도달하는 라인의 길이가 같기 때문에 주파수 변화에 대한 위상의 변화, 즉, 기울기가 같으므로 넓은 대역폭 특성을 가질 수 있게 된다.

그러나 병렬 급전 배열방식의 단점은 라인의 길이가 길어지고 라인상의 전력분배가 많아짐으로 인하여 라인과 전력분배기의 손실로 인해서 방사패치에 도달하는 전력이 작아지는 단점이 존재한다. 또한 다중빔, 스캐닝 위상배열 및 빔폭이 예리한 배열에 이용되는 경우 설계자는 급전의 조정에 더 많은 주의가 필요하게 된다. 따라서 2x2 마이크로스트립 배열 안테나를 구조에 따른 안테나의 동작 특성을 확인하는 것은 매우 중요하다.

III. 실험 및 결과

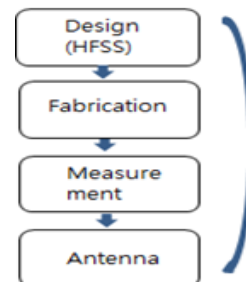


그림 2. 안테나 제작 과정
Fig. 2 Flow chart of antenna fabrication

안테나 연구는 이론을 바탕으로 각 설계 목표 값을 달성하기 위해 그림 2와 같은 실험을 진행하였다. 실험은 HFSS(High Frequency Structure Simulator)를 활용, 안테나를 설계 및 시뮬레이션을 통해 3차원적으로 안테나 구조를 해석하였다. 설계 목표 값과 일치하는 결과 값이 나오게 된다면, Negative PR을 활용한 포토리소그래피 방법을 활용하여 실제 안테나를 제작하였다. 최종적으로 제작된 안테나의 주파수 특성을 회로망 분석기(Network Analyzer)를 통해 평가 및 특성을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 값을 통해 실제 제작한 결과가 설계 목표 값을 달성하였을 경우에는 안테나 설계를 마치게 된다. 만약, 달성하지 못했을 경우에는 앞에 열거한 순서를 반복하여 목표한 수치를 이끌어 내었다.

3.1 배열방식 1의 2x2 마이크로스트립 안테나

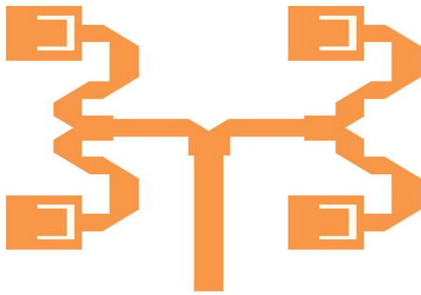


그림 3. 배열방식 1안의 2x2 배열안테나
Fig. 3 2x2 Array microstrip antenna by type 1

2x2 마이크로스트립 배열 안테나 배열방식 안테나의 배열방식에 따른 특성을 확인하기 위하여 선택한 안테나의 배열방식 1안에 따른 마이크로스트립 안테나 구조는 그림 3과 같다. 사각 패치 소자와 중앙의 전송선로와의 균형을 맞추고 서로의 간섭을 최소한으로 하기 위해서 1x2 안테나에서 활용한 전송선로를 꺾어주는 방식을 도입하였다. 앞서 결정된 최적 설계 파라미터 값을 토대로 HFSS의 시뮬레이션 결과값은 그림 4와 같다[6].

시뮬레이션 결과, 중심주파수 4.9GHz, 입력반사손실 -41.9dB의 동작 특성을 보였다. 중심주파수 5GHz를 기준으로 발생하는 이중대역이 4.4GHz와

5.4GHz에서 주파수 대역에서 나타나는 현상이 발생하였다. 이는 앞서 말한 전송선로와 사각 패치 소자간의 간섭으로 합성이 완벽하게 구현되지 못한 것을 보여주고 있다.

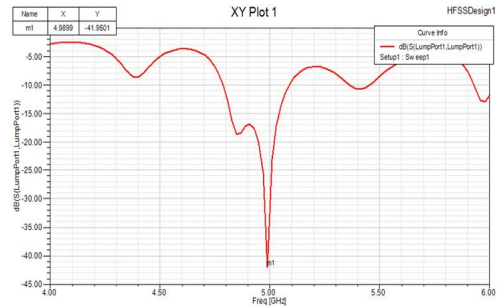


그림 4. 배열방식 1안의 시뮬레이션 결과값
Fig. 4 Simulation Result by type 1

안테나의 주파수 특성을 확인하기 위해서 배열방식 1안의 마이크로스트립 안테나를 제작하였으며, 실제 제작한 안테나의 동작 특성의 결과 값은 그림 5와 같다. 실제 제작한 안테나의 특성을 확인한 결과, 중심주파수 5.2GHz, 입력반사손실 -23dB의 결과값을 보여주었다. 그림 5에서 전체적인 동작특성의 경향성은 그림 4의 시뮬레이션 결과 값과 비슷한 형태를 나타내었다. 하지만 앞서 분석하였듯이 입력반사손실의 증가와 이중대역이 존재하는 문제점을 확인 할 수 있었다.

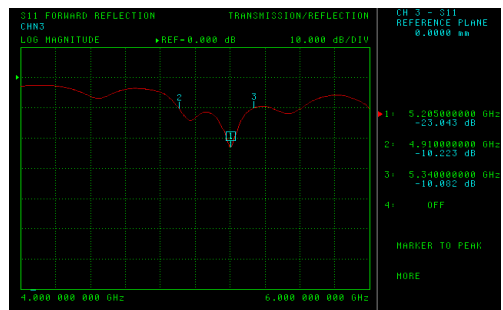


그림 5. 배열방식 1안의 안테나 주파수 특성
Fig. 5 Frequency result of type 1

3.2 배열방식 2의 2x2 마이크로스트립 안테나

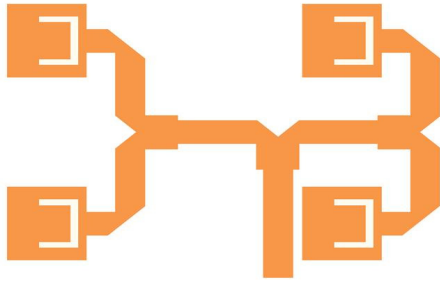


그림 6. 배열방식 2안의 2x2 배열안테나
Fig. 6 2x2 Array microstrip antenna by type 2

배열방식 2안의 구조는 그림 6과 같다. 배열방식 1안에서 사용된 전송선로의 꺾는 방식의 횡수를 줄여 설계하였다.

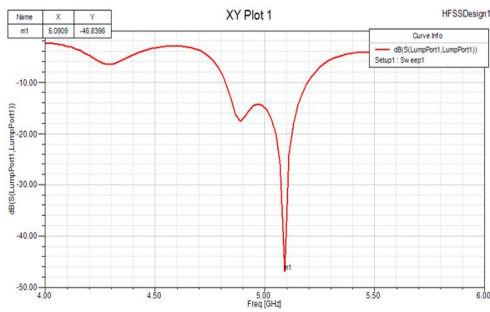


그림 7. 배열방식 2안의 시뮬레이션 결과
Fig. 7 Simulation result by type 2

앞서 결정된 최적 설계 파라미터 값을 토대로 얻어 낸 HFSS의 시뮬레이션 결과 값은 그림 7에 보여주고 있다. 그림 7과 같은 시뮬레이션 결과에서, 중심주파수 5.1GHz, 반사손실은 -46.8dB의 동작특성을 확인할 수 있었다. 배열방식 1안 안테나의 시뮬레이션 결과 값보다 다중대역 현상이 훨씬 완화된 것을 확인할 수 있었지만 배열방식 1안과 마찬가지로 5GHz를 기준으로 전송선로와 사각 패치 소자 간의 간섭으로 인한 이중대역 현상이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 배열방식 2안의 형태를 갖는 안테나를 실제 제작하여 안테나의 동작특성을 확인한 결과 값은 그림 7과 같다.

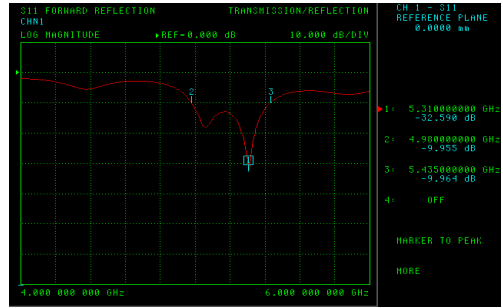


그림 8. 배열방식 2안의 안테나 주파수 특성
Fig. 8 Frequency result of type 2

실제 제작한 안테나의 주파수 동작 특성은, 중심주파수 5.3GHz, 입력반사손실 -32.6dB의 특성을 갖는 것을 그림 8에서 확인할 수 있다.

그림 7의 시뮬레이션 결과 값과 비교하면 전체적인 동작특성은 배열방식 1안의 그림 6의 시뮬레이션 결과와 비슷한 동작특성을 갖는 것을 확인할 수 있다. 하지만 1안에서 언급한 이중대역의 발생은 여전히 존재하고 있음을 확인할 수 있다.

3.3 배열방식 3의 2x2 마이크로스트립 안테나

2x2 안테나 배열방식 3안의 구조는 그림 9와 같다. 사각 패치 소자와 전송선로와의 균형을 맞추고 급전선의 꺾는 횡수를 줄이기 위해서 앞서 실험한 1안과

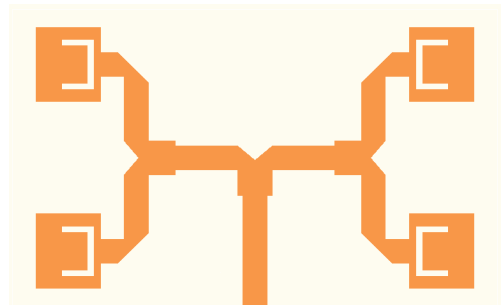


그림 9. 배열방식 3안의 2x2 배열안테나
Fig. 9 2x2 Array microstrip antenna by type 3

2안의 구조적 특성을 결합하여 배열방식 3안의 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. HFSS의 시뮬레이션 결과 값은 그림 10과 같다.

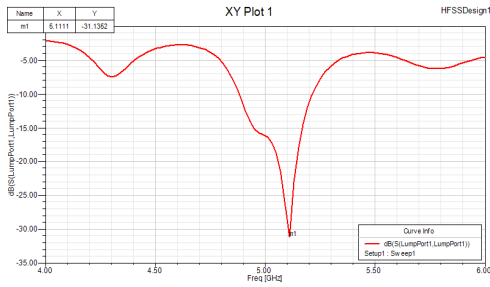


그림 10. 배열방식 3안의 시뮬레이션 결과
Fig. 10 Simulation result by type 3

시뮬레이션 결과, 중심주파수 5.1GHz, 입력반사손실 -31dB 값을 얻을 수 있었다. 그림 10의 시뮬레이션 결과에서 확인한 결과 이전의 설계된 안테나들 보다 이중대역이 완화되는 것을 확인 할 수 있다. 이는 이전의 실험보다 4개의 사각 패치 소자의 합성이 개선되었다는 것을 보여주고 있다. 시뮬레이션 결과를 토대로 실제 제작한 안테나의 동작특성은 그림 11과 같다.

실제 안테나를 제작하여 동작특성을 확인한 결과, 중심주파수 5.4GHz, 입력반사손실 -19.1dB의 동작특성을 보였다. 그림 11에서 확인할 수 있듯이 시뮬레이션 결과 값과 비교해 전체적으로 동일한 그래프의 경향성과 함께 이중대역이 완화되는 현상 확인할 수 있다.

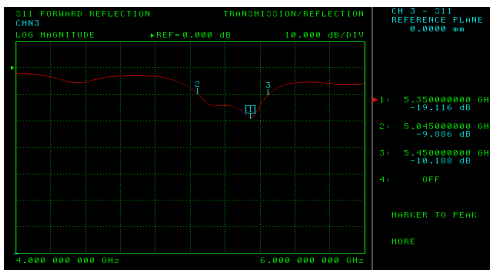


그림 11. 배열방식 3안의 안테나 주파수 특성
Fig. 11 Frequency result of type 3

이와 같은 마이크로스트립 안테나의 연결형상에 따른 동작 특성을 확인한 결과 배열방식 3안의 형태를 갖는 2x2 마이크로스트립 안테나의 특성이 가장 우수한 것을 확인 할 수 있다. 이와 같은 결과를 바탕으로 최적의 동작특성을 갖는 사각 패치 소자 합성의 안테나 배열방식 구조 특성을 확인 할 수 있었다.

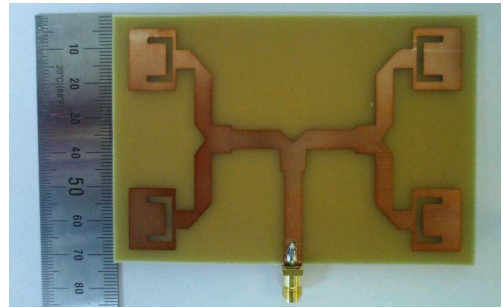


그림 12. 제작된 2x2 안테나 사진
Fig. 12 Photo of fabricated 2x2 array antenna

시뮬레이션 결과 값을 바탕으로 실제 제작한 2x2 마이크로스트립 안테나의 결과 값은 그림 13에서 확인할 수 있듯이 중심주파수 5.3GHz를 기준으로 입력 반사손실 -24.4dB, 대역폭 390MHz의 동작특성을 보였다. 입력반사손실에서 만족스럽지 못한 결과가 나타난 이유는 남아있는 이중대역과 50Ω의 임피던스 정합으로 인한 파워부족으로 인하여 발생된 것으로 예상된다. 실제 제작된 2x2 마이크로스트립 안테나의 사진은 그림 12와 같다.

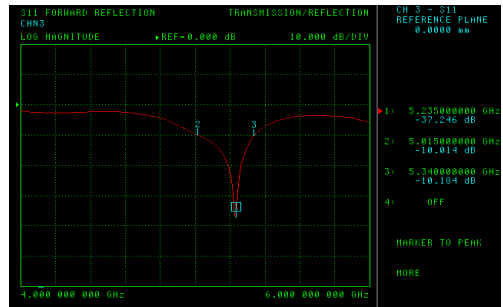


그림 13. 제작된 2x2 배열 안테나 주파수 특성
Fig. 13 Frequency result of fabricated 2x2 array antenna

IV. 결 론

본 논문에서는 5GHz 대역의 2x2 마이크로스트립 배열 안테나를 연구하였다. 연구를 위해서 기존 연구된 단일 안테나와 1x2 안테나의 최적화 연구를 수행하였으며, 2x2 배열방식의 마이크로스트립 배열 안테

나를 5.2GHz의 중심주파수를 기준으로 설계목표에 근거하여 제작하였다. 최적의 구조를 갖는 2x2 마이크로스트립 안테나의 동작특성은 중심주파수 5.3GHz를 기준으로 입력반사손실 -24.4dB, 대역폭 390MHz의 동작특성을 보였다. 추후 보완연구를 통하여 좀 더 동작특성이 개선된 2x2 마이크로스트립 배열 안테나의 개발할 수 있을 것으로 기대한다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 남서울대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음.

References

[1] C. L. Mak, K. Lee, and Y. Chow, "Experimental study of a Microstrip Patch Antenna with an L-shaped Probe," *IEEE Trans. Antenna and Propagation*, vol. 48, no. 5, 2000, pp. 777-783.

[2] G. Kim, "Optimum Design of a Dual-Band Microstrip Patch Antenna using the Square CSRR Construction," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 12, no. 1, 2017, pp. 25-30.

[3] J. Yoon and G. Choi, "A Design and Implementation of CPW-fed Antenna with Two Branch Strip for WLAN Applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 4, 2015, pp. 455-462.

[4] C. Tang and K. Wong, "Single-feed slotted equilateral-triangular microstrip antenna for circular polarization," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol. 47, no. 6, 1999, pp. 1174-1178.

[5] J. Lim, M. Lee, and D. Yang, "Disk Sector Antenna fed by CPW for UWB Communications," *J. of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 10, no. 2, 2009, pp. 303-312.

[6] Y. Park, "Study on the Single Feed Antenna for 2.64 GHz," *J. of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society*, vol. 14, no. 2, 2013, pp. 811-815.

[7] Y. Park, "Dual T type antenna study for LTE communication," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 1, 2015, pp. 7-11.

[8] O. Kim, "Design of Dual-band Microstrip Antenna for Wireless Communication Applications," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1275-1279.

[9] W. Cao, Y. Xiang, B. Zahng, A. Liu, T. Yu, and D. Guo, "A Low Cost Compact Patch Antenna With Beam Steering Based on CSRR-Loaded Ground," *IEEE Antenna Wireless Propagation Letters*, vol. 10, no. 1, 2011, pp. 1520-1523.

[10] G. Kim, "Design of slotted waveguide antenna with slot depth variation," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 4, 2013, pp. 535-540.

[11] M. Nikolić, A. Djordjević, and A. Nehorai, "Microstrip Antennas With Suppressed Radiation in Horizontal Directions and Reduced Coupling," *IEEE Trans. Antennas Propagation*, vol. 53, no. 11, 2005, pp. 3469-3476.

저자 소개



박용욱(Yong-Wook Park)

1989년 2월 연세대학교 전기공학과 졸업(공학사)

1991년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : RF 디바이스, 안테나, 센서