

1.8GHz 대역용 배열 구조 안테나 연구

박용욱*

Study on the Array type antenna of 1.8GHz

Yong-Wook Park*

요 약

본 논문에서는 1.8 GHz 대역의 배열 안테나를 연구하였다. 선로 방식으로는 마이크로 스트립 방식을 채택하였고 특성 평가를 위해 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 1.8GHz LTE 대역에서 사용 가능한 1×2 배열 안테나를 설계하고, 설계된 안테나를 유전율 4.4, 두께 0.8mm인 FR4-epoxy 기판을 사용하여 포토리소그래피 방법으로 안테나를 제작하였다. 제작된 안테나는 최종적으로 회로망 분석기(Network Analyzer)를 통해 안테나 특성을 분석하였다. 측정된 안테나의 주파수 특성은 시뮬레이션 결과와 잘 일치하여 본 연구의 타당성을 확인 할 수 있었다. 제작된 1×2 배열 안테나는 중심주파수 1.82 GHz, 입력반사손실 -30.5 dB, 임피던스 49.6Ω의 결과 값을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, we studied the design and fabrication of array antenna at around 1.8 GHz band. To improve of frequency properties of antenna, single feed microstrip patch antenna was simulated by HFSS(High Frequency Structure Simulator). A 1×2 array antenna of 1.8 GHz for LTE band was designed and fabricated by photolithography on an FR4 substrate (dielectric constant of 4.4 and thickness of 0.8 mm). The fabricated antenna was analyzed by network analyzer. The measured results agree well with the simulations, which confirmed the validity of this study. The fabricated 1×2 array antenna showed a center frequency, the minimum return loss and impedance were 1.82GHz, -30.5dB, and 49.6Ω respectively.

키워드

Array Antenna, Microstrip, LTE, Patch, FR4
배열 안테나, 마이크로스트립, 엘티이, 패치, FR4

1. 서 론

최근 스마트폰 사용자가 3000만명에 이르러 대용량 트래픽을 유발하는 모바일 기기의 보급이 급속도로 확산되고 있다. 비약적으로 늘어난 모바일 트래픽의 급격한 증가를 수용하기 위해 LTE 보급을 시작하

였다. LTE란 Long Term Evolution의 약자로 요약하자면 HSDPA(고속하향패킷접속)보다 12배 이상 빠른 고속 무선데이터 패킷통신 규격을 가리키며 3G와 4G의 중간에 해당하는 기술이라 하여 3.9G라고도 한다. 국내에서는 2009년 9월 기점으로 시작하여 2012년 6월 세계 최초 LTE 전국망을 구축하였다.

* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과
• 접수일 : 2016. 09. 27
• 수정완료일 : 2016. 10. 13
• 게재확정일 : 2016. 10. 24

• Received : Sep. 27, 2016, Revised : Oct. 13, 2016, Accepted : Oct. 24, 2016
• Corresponding Author : Yong-Wook Park
Dept. of Electronics Engineering, Namseoul University
Email : pyw@nsu.ac.kr

현재 전 세계 사업자 중 40% 이상이 사용하고 있는 주파수대역은 1.8 GHz 이다. 따라서 본 논문에서는 주파수 대역의 변화를 쉽게 제어할 수 있는 장점을 가지는 이중 T구조 안테나를 채택하였으며 급전방법은 마이크로스트립 방식을 선택하여 LTE 통신을 위한 1.8 GHz 대역 안테나 특성을 연구하였다[1-4]. 또한 배열 안테나를 설계하기 위해 T접합 전력분배기로 설계 하였고 지향성을 추구할 수 있는 1×2 대칭형 배열구조 안테나의 특성에 대해 연구하였다[5-10].

II. 본 론

마이크로스트립 선로의 실효 비유전율과 특성 임피던스를 구하는 공식은 여러 공식이 있다. 그중 비교적 널리 적용하는 공식으로 식 (1), (2)를 이용하였다.

$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left(1 + \frac{12h}{W}\right)^{-\frac{1}{2}} \quad (1)$$

$$Z_0 = \begin{cases} \frac{60}{\sqrt{\epsilon_{re}}} \ln\left(\frac{8d}{W} + \frac{W}{4d}\right) & (W/d \leq 1) \\ \frac{120\pi}{\sqrt{\epsilon_{re}} [W/d + 1.393 + 0.667 \ln(W/d + 1.444)]} & (W/d > 1) \end{cases} \quad (2)$$

식 (1), (2)을 이용하여 특성 임피던스 식에 의해 선로 폭의 길이가 3 mm 라는 결과를 얻었다.

2.1 배열 안테나의 전력분배기

마이크로스트립 배열 안테나는 단일안테나의 복사소자를 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 통신으로서의 안테나 역할에는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위한 방안으로 제안된 것이 단일 안테나의 복사소자를 증가시켜 고지향성을 얻는 배열안테나 이고, 이때 다수의 복사소자에 동일한 전력을 공급하기 위해서 전력분배기를 활용한다[4-5].



그림 1. T-접합 전력분배기
Fig. 1 Power divider with T junction

마이크로스트립 안테나에서 사용되는 전력분배기는 일반적으로 그림 1과 같은 T-접합 전력분배기가 사용된다. T-접합 전력 분배기는 전력 분배나 결합에 사용될 수 있는 3포트 소자로서 여러 가지 형태로 구현이 가능하며 중앙에 λ/4 변환기를 내장하고 있다.

2.2 1×2 안테나 Impedance Matching

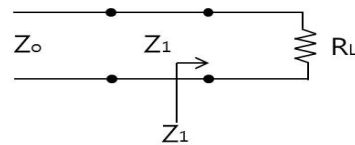


그림 2. 전력분배기 회로도
Fig. 2 Circuit of Power divider

T-접합 전력분배기는 그림 2와 같이 회로적인 해석을 통해서 임피던스 정합 설계가 가능하다. 마이크로스트립 배열 안테나에서 50Ω의 임피던스를 얻기 위한 전력분배기의 입력 임피던스는 식 (3)과 같이 구할 수 있다.

$$\frac{1}{Z_{in}} = \frac{1}{R_L} = \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3} \quad (3)$$

$$Z_1 = \sqrt{Z_0 R_L} \quad (4)$$

식 (3)을 통해 구한 입력 임피던스를 통해 전력분배기에 내장된 λ/4 변환기의 임피던스를 식 (4)와 같이 구할 수 있다.

III. 실험

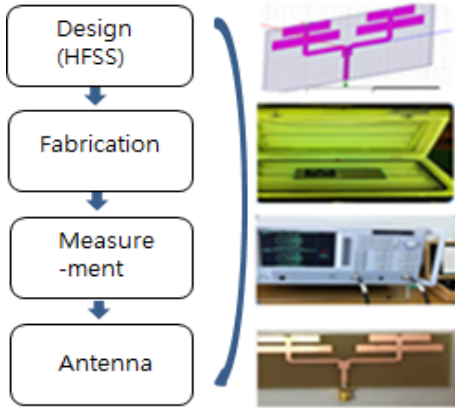


그림 3. 안테나 제작 과정
Fig. 3 Flow chart of antenna fabrication

안테나 연구는 이론을 바탕으로 각 설계 목표 값을 달성하기 위해 그림 3과 같이 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, Anritsu MS4623B)를 통해 평가 및 분석하였다. 시뮬레이션 결과 값을 통해 실제 제작한 결과가 설계 목표 값을 달성하였을 경우에는 가정과 일치하므로 연구를 마치게 된다. 만약, 달성하지 못했을 경우에는 앞에 열거한 순서를 반복하여 목표한 수치를 이끌어 내었다.

3.1 마이크로스트립 배열 안테나

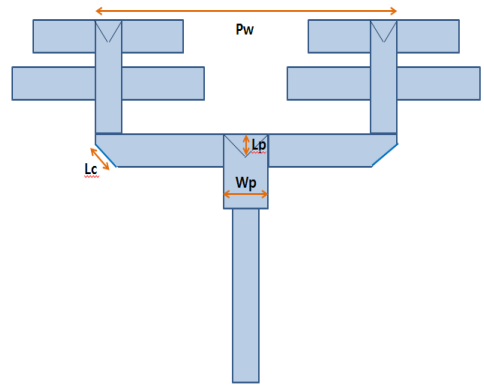


그림 4. 배열 안테나 구조 및 파라미터
Fig. 4 Structure and parameters of array antenna

1×2 안테나는 그림 4와 같은 형태이다. 한 개의 패치 소자를 활용하는 단일 안테나와는 달리 1×2 안테나는 두개의 복사소자를 사용한다. 각각의 복사소자에 전력을 일정하게 분배하기 위해서 $\lambda/4$ 변환기를 이용한 T-정합 전력분배기를 도입했다. 최적 단일 안테나의 설계 파라미터와 앞에 열거한 마이크로스트립 안테나 이론을 참조하여 1×2 안테나의 설계 파라미터를 결정하였다. 설계 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 1×2 배열 안테나의 설계 파라미터
Table 1. Optimized parameters of 1×2 array antenna

L_p (mm)	L_c (mm)	P_w (mm)	W_p (mm)
1.5	3	54.5	6

IV. 결과

4.1 1×2 안테나 파라미터 특성 실험

실험은 HFSS 시뮬레이션을 활용하였으며, 그림 4에서 정의한 파라미터 중에서 임피던스 정합에 관련된 W_p 파라미터를 제외한 나머지 T-

정합의 높이, 급전선의 길이 및 스티브 소자 간격 파라미터들은 설계파라미터를 기준으로 2 mm 또는 0.5 mm 단위씩 증가 및 감소를 통하여 안테나의 주파수 변화 특성을 연구하였다.

4.2 T-정합의 높이(Lp)

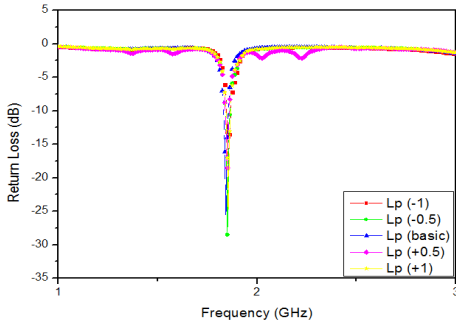


그림 5. T-정합의 높이 Lp에 따른 시뮬레이션 결과
Fig. 5 Simulation result of Lp heights

설계 파라미터를 기본으로 Lp를 0.5 mm 단위로 증가, 감소시켰다. 그림 5와 같이 basic값을 기준으로 0.5 mm 감소 시켰을 때 입력반사손실이 감소하는 반면 +1 mm, +0.5 mm, -1 mm 일 때는 입력반사손실이 증가하는 경향을 보였다. 이는 Lp와 입력반사손실의 관계가 있다는 것을 보여주고 있다.

4.3 급전선의 길이(Lc)

설계 파라미터를 토대로 Lc를 0.5 mm 단위로 증가, 감소시켰다. Lc의 크기를 0.5 mm 단위로 증가 시킬 때마다 그림 6과 같이 basic값을 기준으로 1 mm 감소 시켰을 때 입력반사손실이 -34 dB 로 가장 좋은 반사 손실을 나타내고 있으며 Lc값 역시 입력반사손실의 관계가 있다는 것을 보여 준다.

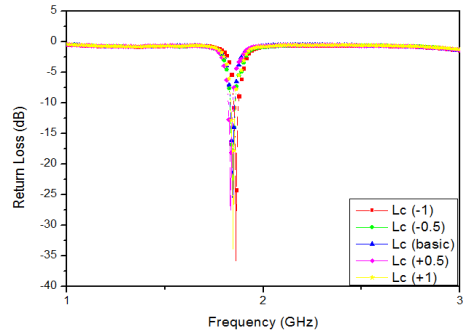


그림 6. 급전선의 길이 Lc에 따른 시뮬레이션 결과
Fig. 6 Simulation result of Lc lengths

4.4 스티브 소자간의 간격(Pw)

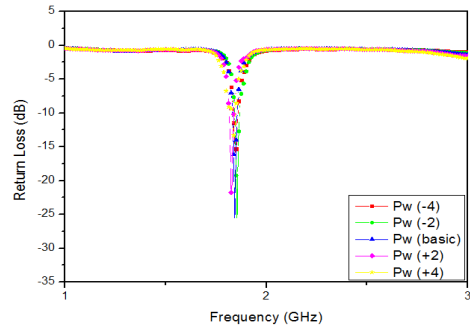
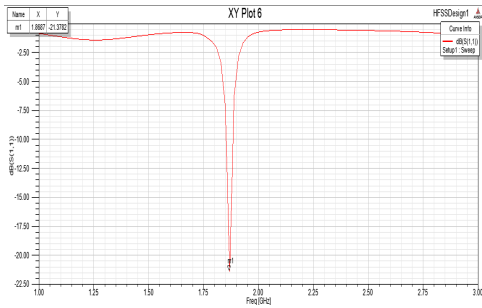


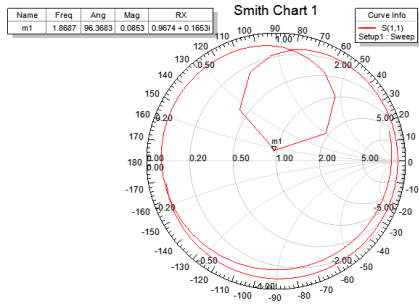
그림 7. 스티브 소자 Pw에 따른 시뮬레이션 결과
Fig. 7 Simulation result of Pw widths

그림 7은 Pw를 2 mm 단위로 증가, 감소시킨 안테나의 특성 변화를 보여주고 있다. 주파수 특성은 Pw를 2 mm 단위로 증가 시킬 때마다 그림 7과 같이 입력반사손실이 증가하는 경향을 보였다. 이는 Pw와 입력반사손실의 관계가 비례하다는 것을 확인 할 수 있다.

위에서 설명한 시뮬레이션 결과를 바탕으로 최적화된 1×2 배열 안테나의 시뮬레이션 결과 값은 그림 8과 같다.



(a)

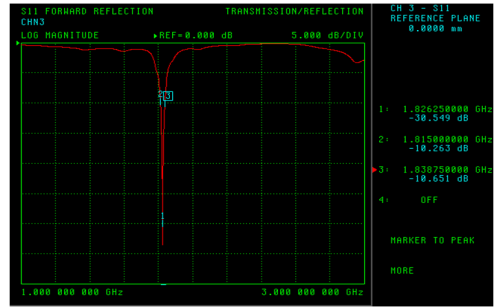


(b)

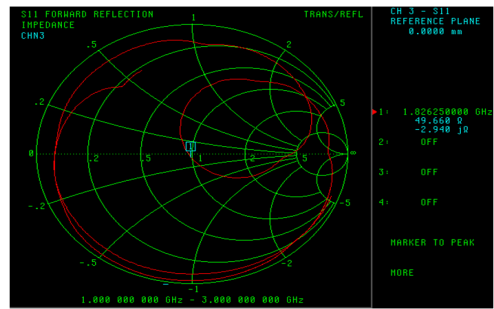
그림 8. 배열 안테나의 시뮬레이션 결과
(a) S_{11} , (b) impedance
Fig. 8 Simulation result of array antenna
(a) S_{11} , (b) impedance

시뮬레이션에 대한 결과 값은 중심주파수 1.86 GHz 를 기준으로, 입력반사손실 -21.3 dB, 대역폭 31 MHz, 임피던스 48.3Ω 의 결과를 얻을 수 있었다.

단일 안테나의 시뮬레이션 결과와 비교하면 반사손실에서 개선된 결과를 보였다. 이는 고지향성을 얻을 수 있는 배열 방식을 사용함으로써 얻어지는 균등한 전력에 의한 것으로 평가된다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 제작한 1×2 배열 안테나의 주파수 특성은 그림 9와 같다.



(a)



(b)

그림 9. 제작된 배열 안테나의 특성
(a) S_{11} , (b) impedance
Fig. 9 Measuring result of fabricated array antenna
(a) S_{11} , (b) impedance

실제 제작한 배열 안테나의 주파수 특성은 중심주파수 1.82 GHz를 기준으로 입력반사손실 -30.5 dB, 대역폭 23 MHz, 임피던스 49.6Ω의 값을 얻을 수 있었다. 설계목표와 비교하여 중심주파수가 +0.04 MHz의 차이가 났지만 반사손실과 임피던스에서 설계목표에 만족한 결과를 보였다.

V. 결 론

본 논문에서는 LTE 통신을 위한 1.8GHz 대역의 1×2 배열 안테나를 연구하였다. 급전방법은 마이크로스트립 방식을 선택하였고 또한 배열 안테나를 설계하기 위해 T접합 전력분배기도 특성을 분석하였다.

실제 제작한 1×2 배열 안테나의 주파수 특성

은 중심주파수 1.82 GHz를 기준으로 입력반사 손실 -30.5 dB, 대역폭 23 MHz, 임피던스 49.6 Ω의 값을 얻을 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 2016년도 남서울대학교 학술연구비 지원으로 수행되었습.

본 논문은 2016년도 한국전자통신학회 춘계 종합학술대회 우수논문을 확장한 논문임.

References

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

[2] J. Yoon and Y. Rhee, "Design and Fabrication of Dual-Ring Monopole Antenna for Wideband Characteristics," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 9, 2013, pp. 1285-1291.

[3] 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.

[4] 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.

[5] 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.

[6] 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.

[7] 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.

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

[9] H. Chen, "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened stub," *IEEE Trans. Antennas Propag.*, vol. 51, no. 8, Aug. 2003, pp. 1982-1986.

[10] Y. Yoshimura, "A microstripline slot antenna," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 20, no. 11, Nov. 1972, pp. 760-762.

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