

5GHz 대역 마이크로 스트립 안테나

박용욱^{1*}

¹남서울대학교 전자공학과

The microstrip antenna for 5GHz

Yong Wook Park^{1*}

¹Electronic Engineering, Namseoul University

요 약 본 논문에서는 5GHz 대역의 무선랜용으로, 대역폭 확대와 고이득에 중점을 둔 마이크로스트립 패치 안테나를 패치의 크기(W, L), 슬롯의 길이(C), 슬롯의 폭(D) 등의 설계 파라미터에 대한 영향을 HFSS (High Frequency Structural Simulator)을 이용하여 분석 한 후, FR-4기판을 사용하여 안테나를 제작하고 특성을 분석하였다. 제작된 안테나 특성 측정 결과, 안테나의 중심 주파수는 5.2GHz, 반사손실은 -41.17dB, 대역폭은 258MHz의 특성을 보였고, 또한 VSWR은 1.1의 값을 얻을 수 있었다

Abstract In this paper, 5Ghz microstrip patch antenna for wireless LAN is designed, fabricated, and measured. To obtain wide bandwidth and high gain, antenna parameters such as patch size(W, L), the length of the slot(C), and the slot width(D) are simulated by HFSS(High Frequency Structure Simulator). From these parameters optimized, the microstrip patch antenna is fabricated using FR-4 substrate. The measured results of the antenna are as follows: The center frequency of 5.2 GHz, insertion loss of -41.17dB, bandwidth of 258MHz, and VWSR of 1.1.

Key Words : Antenna, WLAN, Microstrip, HFSS

1. 서론

무선통신과 이동통신의 발달과 더불어 무선랜(Wireless Local Area Network)을 이용한 통신서비스는 이동성, 휴대성 및 간편성의 장점으로 인하여 응용분야가 급속히 확대되고 있는 분야이다. 즉, 이동성과 확장성을 크게 하면서 대량의 정보 전송을 수행하기 위한 무선랜 기술에 대한 연구가 학계와 산업체에서 활발히 진행되고 있다. 특히, 고도 정보사회에서는 언제, 어디서, 누구와도 통신이 가능한 통신 시스템이 필요하며, 이를 실현하기 위하여 무선 자원을 활용한 이동 정보통신망의 개발이 필수적이다[1-2].

IEEE 802.11에서는 무선랜 주파수로 2.4 GHz 대역과 5 GHz대역을 지정하여 사용하고 있으나 2.4 GHz 대역은 가정용 조리기기, 의료용 장비, 전자렌지, 기타 무선기기

가 공통으로 사용하는 대역으로 혼신의 가능성이 크기 때문에 5 GHz 주파수 대역을 무선랜 접속시스템 대역을 사용하는 것이 요구되고 있다. 5GHz 대역은 통신용 주파수로는 비교적 높은 주파수이고 전달 손실도 크기 때문에 송신 전력은 옥내용 무선기기로서는 고출력특성이 요구되고 있다. 따라서 주파수 재사용의 중요한 요소가 되는 낮은 송신전력으로 안정된 통신 서비스를 제공하기 위해서는 우수한 효율을 가진 안테나의 개발이 절대적으로 필요하다. 패치 안테나는 작은 사이즈와 집적화가 쉽다는 장점을 가지고 있고, 마이크로스트립 패치 어레이 안테나 역시 생산이 쉽고, 저렴한 가격과 작은 크기로 인해 안테나 및 레이더 통신용으로 널리 사용되고 있다. 또한 능동 소자와의 결합 및 그에 따른 동작 특성이 좋은 장점을 보유하고 있다. 무선 LAN용 장비는 휴대용 소형 장치에 장착되기 때문에 경량화, 소형화가 이루어져야 하

본 논문은 남서울대학교 2011년 연구비지원으로 수행되었음.

*교신저자 : 박용욱(pyw@nsu.ac.kr)

접수일 11년 10월 07일

수정일 11년 11월 11일

게재확정일 11년 12월 13일

며, 초고주파 집적회로와 함께 구현되는 경우가 많아 소형화, 경량화 및 능동소자와 결합이 용이하여 무선랜용 안테나로는 마이크로스트립 패치 안테나가 많이 사용되고 있다[3-5].

본 논문에서는 5GHz 대역의 무선랜용으로, 대역폭 확대와 고이득에 중점을 둔 마이크로스트립 패치 안테나를 HFSS(High Frequency Structural Simulator)을 사용하여 최적화된 형태의 안테나를 설계 한 후, 실제 제작한 안테나의 특성을 분석하였다.

2. 패치 안테나 설계

실내 무선 LAN용으로 새롭게 추가되어진 5GHz 대역에 사용할 수 있는 마이크로 스트립 패치 안테나를 설계하기 위하여 입력 반사손실 -20dB 이하, 중심주파수 5.2GHz, 상용 안테나로 사용하기 위해서는 VSWR이 1.5 또는 1.3이하를 요구하기 때문에 VSWR을 1.3이하로 결정하였다. 이와 같은 안테나의 설계 목표는 표 1과 같다.

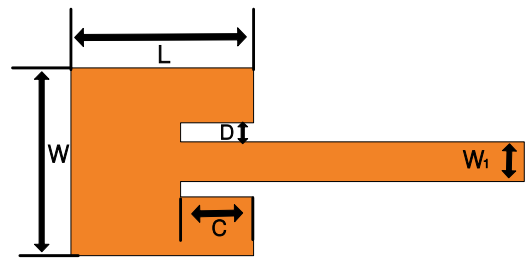
[표 1] 설계 목표

[Table 1] Design spec

| 구분 | 규격 |
|-----------|-----------|
| 중심주파수 | 5.20 GHz |
| 반사손실 | -20 dB 이하 |
| -10dB 대역폭 | 200 MHz |
| VSWR | 1.3이하 |
| 편 파 | 선형편파 |
| 임피던스 | 50Ω |

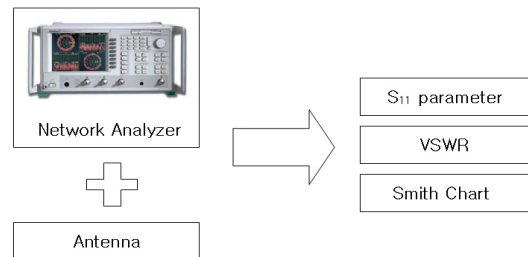
설계된 마이크로스트립 안테나가 우수한 방사 특성을 나타내기 위해 패치에 급전선이 연결되는 부분에 두 개의 슬롯을 포함시켜 특성 변화를 분석하였다. 또한, 기본적인 패치 안테나의 경우 임피던스 정합을 위해 트랜스포머가 추가되어, 어레이 구현에 공간적인 제약이 있지만 본 연구에서는 급전선에 슬롯을 포함시킴으로써 트랜스포머 없이 임피던스를 정합시켜 소형화를 달성할 수 있는 장점이 있다. 슬롯을 포함한 마이크로 스트립 패치 안테나의 구조는 그림 1과 같다. W_1 이 50Ω의 임피던스를 가진 급전선이라면, 슬롯의 길이 C에 의해 패치의 임피던스를 조절하여 정합을 시킬 수 있다. 슬롯을 포함하면 기생 커패시턴스가 발생하여 패치의 주파수가 미세하게 변하므로 패치의 변수인 L, W을 조정하는 것이 필요하다. 또한 기생 커패시턴스에 의한 특성 변화를 제어하기

위해 슬롯의 길이(C)와 폭(D)에 대한 연구도 필요하다. 따라서 본 연구에서는 설계된 안테나의 특성을 연구하기 위해 단일 패치 안테나의 파라미터 중 피드라인의 폭을 3mm로 고정하고 패치의 크기(W, L), 슬롯의 길이(C), 슬롯의 폭(D) 등의 변화에 따른 특성 변화를 HFSS 시뮬레이션을 통해 조정해가며 최적의 패치 안테나 특성을 구현하기 위해 출력 특성을 비교 분석하였다. 설계된 안테나의 구조는 그림 1에 나타내었고 안테나의 제작은 두께 1.6mm, 유전율 4.4, 메탈 두께 17μm 인 FR-4 기판을 사용하여 제작하였다. 제작된 안테나는 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS4623B)를 이용하여 제작한 안테나의 특성을 측정하였다. 그림 2는 측정 시스템의 구성도이다.



[그림 1] 마이크로스트립 패치 안테나 구조

[Fig.1] Geometry of microstrip patch antenna



[그림 2] 측정 시스템 구성도

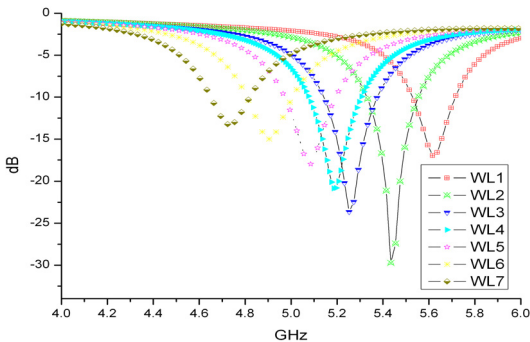
[Fig. 2] Measuring system

3. 실험 및 결과

본 연구에서는 5GHz 주파수대역에서 입력 반사손실 -20dB 이하 VSWR이 1.3 이하인 특성을 갖는 마이크로 스트립 패치 안테나를 설계하기 위해 단일 패치 안테나의 파라미터 중 피드라인의 폭을 3mm로 고정하고 패치의 크기(W, L), 슬롯의 길이(C), 슬롯의 폭(D)을 시뮬레이션을 통해 특성을 비교분석하였다.

3.1 패치의 크기(W, L)

그림 3은 C=4.5mm, D=0.5, 급전선(F)의 길이를 29.3으로 고정한 채 설계한 안테나의 패치의 크기 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 나타내고 있다. W는 16.5mm~19.5mm, L은 12mm~1.5mm까지 0.5mm 간격으로 값을 변경하였다. 시뮬레이션 결과에 표시된 설계된 샘플 패치 크기는 WL1은 W=16.5, L=12mm이며 WL2, WL3, WL4, WL5, WL6은 W와 L이 각각 0.5mm 씩 증가한 것이며 WL7의 크기는 W=19.5mm, L=15mm 이다. 그림 3의 결과에서 알 수 있듯이 패치의 크기가 가장 작은 WL1의 중심주파수는 5.61GHz이고 VSWR값은 1.37의 값을 가졌으며, 패치의 크기가 가장 작은 WL7의 경우는 중심주파수가 4.73GHz이며 VSWR값은 1.58의 값을 가졌다. 이와 같은 결과에서 패치의 크기가 증가할수록 중심주파수는 감소하였고 또한 삽입손실도 증가하는 특성을 보여주고 있다. 이와 같은 결과는 패치 크기가 감소하면 파장이 짧아지므로 공진점이 올라가는 현상의 결과로 판단된다. 그러나 패치의 크기가 감소할수록 VSWR의 값은 감소하다가 증가하는 특성을 보여 주었다. 본 연구에서 무선랜용 안테나로 응용하기 위한 중심주파수는 5.2GHz로 이 중심 주파수에 가장 근접한 특성을 갖는 패치의 크기는 W=18mm, L=13.5mm의 크기는 갖는 WL5로 중심주파수는 5.19GHz, 반사손실 -21dB, 대역폭 240MHz, VSWR은 1.19의 값을 가져 본 연구에서 원하는 안테나의 설계를 만족하였다.

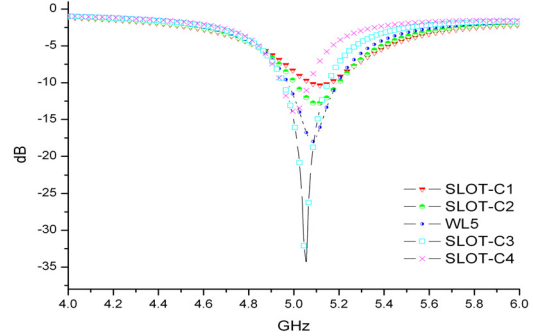


[그림 3] 패치의 크기(W, L)에 따른 시뮬레이션 결과
[Fig. 3] Simulation results of patch size(W, L)

3.2 슬롯의 길이(C)와 폭(D)

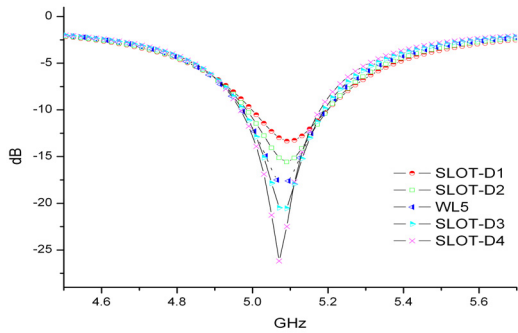
그림 4는 W=18mm, L=13.5mm, D=0.5, 급전선(F)의 길이를 29.3mm로 고정한 채 슬롯의 길이(C)를 3.5mm~5.5mm까지 0.5mm간격 변경하며 그 특성을 비교분석 하였고 SLOT-C1은 슬롯의 길이가 3.5mm이며 SLOT-C2, WL5, SLOT-C3, SLOT-C4는 슬롯의 길이가 각각 0.5mm

씩 증가된 값을 가지며 설계된 SLOT-C4는 W=18mm, L=13.5mm, D= 0.5, 급전선의 길이를 29.3mm, C=5.5mm의 설계값을 갖는 안테나이다.



[그림 4] 슬롯의 길이 (C)에 따른 시뮬레이션 결과
[Fig. 4] Simulation results of slot length(C)

슬롯의 길이가 3.5mm에서 5.5mm로 증가할수록 중심 주파수가 점점 감소하는 경향을 보여주고 있으며, 중심 대역폭은 슬롯의 길이가 3.5mm에서 4.5 mm까지 증가할 때 중심 대역폭이 증가하다가 4.5mm를 기점으로 중심 대역폭이 감소하는 특성을 보여주었다. 반사손실의 특성은 슬롯의 길이가 증가할수록 삽입손실이 감소하여 슬롯의 길이 5mm에서 -34.5dB로 가장 우수한 특성을 보였으나 슬롯의 길이가 5.5mm로 증가할수록 반사손실 특성도 감소하는 것을 알 수 있다. 그림 5는 W=18mm, L=13.5mm, C=4.5, 급전선(F)의 길이를 29.3mm로 고정한 채 슬롯의 폭(D)의 변화에 따른 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 슬롯의 폭의 변화에 따른 안테나 특성 변화를 분석하기 위해 슬롯의 폭을 0.3mm에서 0.7mm까지 0.1mm 씩 증가시키며 반사손실, 중심주파수, VSWR 특성을 비교 분석 하였다. SLOT-D1은 W=18mm, L=13.5mm, C=4.5, 급전선의 길이를 29.3mm, D=0.3mm의 설계파라미터를 갖는 안테나이고 SLOT-D4의 경우는 다른 설계조건은 동일하며 슬롯의 폭이 D=0.7mm인 안테나이다. 그림 5의 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 슬롯의 폭을 변화하였을 때의 중심주파수는 거의 이동이 없었으며, 슬롯의 폭이 0.3mm에서 0.7mm로 증가할수록 반사손실은 감소하는 특성을 보여주고 있다. 그림 4와 5의 결과에서 즉, 슬롯의 길이(C)와 폭(D)이 안테나의 주파수 특성에 미치는 영향을 살펴보면 슬롯의 크기는 중심 주파수에 미치는 영향보다는 반사손실에 미치는 영향이 큰것을 확인할 수 있는데 이는 패치에 차지하는 슬롯의 비율에 따라 발생하는 기생 커패시턴스에 의한 것으로 사료된다.



[그림 5] 슬롯의 폭(D)에 따른 시뮬레이션 결과
[Fig. 5] Simulation results of slot width(D)

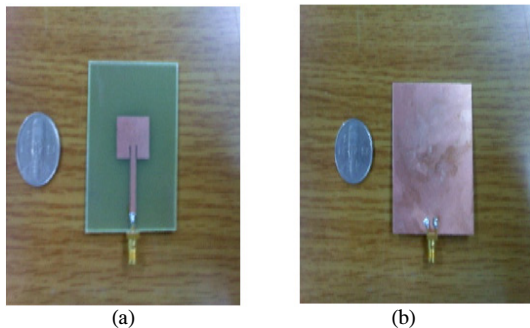
4. 결과 및 고찰

3장에서 패치의 크기, 슬롯의 폭과 길이 변화에 따른 마이크로 스트립 패치 안테나 특성을 연구 분석한 결과를 바탕으로 최적의 특성을 갖는 안테나의 설계 조건을 표 2에 나타내었다. 제작된 안테나의 특성을 분석하기 위해 FR-4 기판을 사용하여 안테나를 제작하였고 그림 2와 같은 측정시스템으로 제작된 안테나의 특성을 측정하였다.

[표 2] 최적화된 안테나 구조

[Table 2] Structure dimensions of antenna

| 파라미터 | | | | | 기판 (FR-4) | |
|--------|--------|--------|--------|--------|------------|------------|
| W [mm] | L [mm] | F [mm] | C [mm] | D [mm] | 기판 두께 [mm] | 메탈 두께 [um] |
| 18 | 13.5 | 29.3 | 4.5 | 0.5 | 1.6 | 17 |

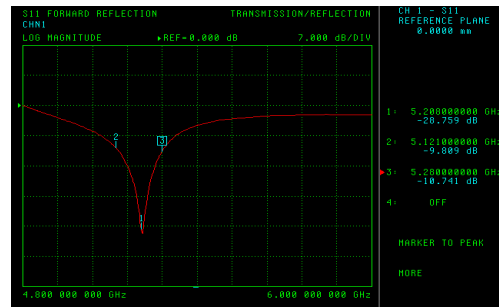


[그림 6] 제작된 마이크로 스트립 패치 안테나
[Fig. 6] fabricated microstrip patch antenna

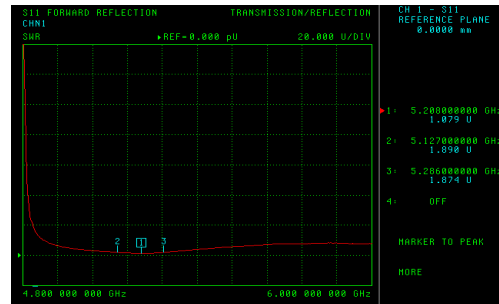
그림 6은 시뮬레이션 결과를 바탕으로 설계목표에 가장 근접한 조건인 표 2와 최적화된 설계조건으로 제작된

마이크로 스트립 패치 안테나를 보여주고 있다. FR-4 기판을 사용하여 제작한 안테나를 회로망 분석기(Network Analyzer, Anritsu MS4623B로) 측정한 결과를 그림 7에 나타내었다.

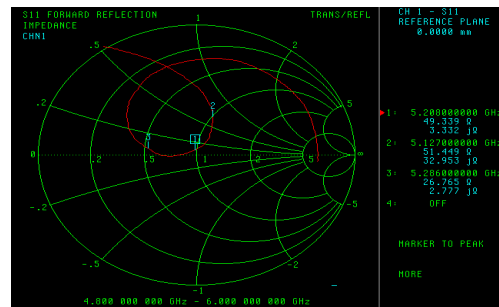
제작된 안테나의 특성을 측정 결과, 안테나의 중심 주파수는 5.2GHz로 목표 설계값에 근접한 결과값을 얻었다. 또한 반사손실은 -41.17dB이고 제작한 안테나의 대역폭은 258MHz로 설계목표인 200MHz보다 광대역의 대역폭을 갖는 것을 확인 할 수 있었다. VSWR은 1.1로 원하는 목표 값 이상을 얻었으며, 임피던스 매칭은 50Ω에 근접한 49.724Ω의 값을 얻을 수 있었다.



(a)



(b)



(c)

[그림 7] 마이크로 스트립 패치 안테나의 측정 결과
(a)S₁₁, (b)VSWR, (c)Smith chart

[Fig. 7] Measuring results of fabricated antenna

5. 결론

본 연구에서는 5GHz 대역의 무선랜 용으로서, 대역폭 확대와 고이득에 중점을 둔 마이크로스트립 패치 안테나를 패치의 크기(W, L), 슬롯의 길이(C), 슬롯의 폭(D) 등 따른 영향을 연구하고 HFSS(High Frequency Structural Simulator)을 사용하여 최적화된 형태의 안테나를 설계한 후, 실제 제작한 안테나의 특성을 분석하였다.

제작된 안테나의 특성을 측정 결과, 안테나의 중심 주파수는 5.2GHz, 반사손실은 -41.17dB이고 제작한 안테나의 대역폭은 258MHz로 설계목표인 200MHz보다 광대역의 대역폭을 갖는 것을 확인할 수 있었다. 또한 VSWR은 1.1로 원하는 목표 값 이상을 얻었으며, 임피던스 매칭은 50Ω에 근접한 49.724Ω의 값을 얻을 수 있었다.

References

- [1] M. K. Kang and, S. M. Lee, "Design and Fabrication of Array Antenna for Access Point in the WLAN Band", The Journal of KICS, pp. 446-448, December, 2007.
- [2] W. J. Lee, et. al., "Design and Fabrication of Wireless LAN for Miniaturized Microstrip Antenna", The Journal of KICS, pp. 907, September, 2006.
- [3] H. Y. Lee, H. S. Kim, "The Design of a K-band 4x4 Microstrip patch Array Antenna with High Directivity", The Journal of KIEE, pp. 161-164, January, 2007.
- [4] Y. J. Shin, .K. C. Kang, et. al., "A Study on the Array Antenna for Satellite Broadcasting Receiver", The Journal of KIEE, pp. 787-788, August, 2003.
- [5] K. S. Park, S. Y. Choi, et. al., "Microwave, Antennas and Propagation] The Design of Compact and wideband antenna for wireless LAN at 5GHz band", The Journal of IEEK, pp. 431-432, June, 2004.

박 용 옥(Yong-wook Park)

[정회원]



- 1989년 2월 : 연세대학교 전기공학과 (공학사)
- 1991년 8월 : 연세대학교 전기공학과 (공학석사)
- 1999년 2월 : 연세대학교 전기공학과 (공학박사)
- 2000년 9월 ~ 현재 : 남서울대학교 전자공학과 부교수

<관심분야>

RF 디바이스, 전자소자, 센서