

5GHz 대역의 무선랜 통신을 위한 광대역 패치 안테나

윤태순*

Broadband Patch Antenna for Wireless LAN Communication of 5GHz Band

Tae-Soon Yun*

요약

본 논문에서는 IEEE 802.11a에서 정의된 5GHz 대역의 무선랜 주파수 대역을 만족하는 광대역 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. IEEE 802.11a에서는 200개의 채널을 정의하고 있으며 이는 675MHz로 12.3% 이상의 대역폭을 요구한다. 본 논문에서는 상용화된 테프론 기판으로 공기 유전체를 포함하는 다층기판을 구현하여 낮은 유전율을 구현하고 결합선로를 통한 급전 방식을 통해 광대역 특성을 얻었다. 최적화된 광대역 무선랜 안테나는 5.43GHz의 중심주파수에서 38.99dB의 반사손실과 12.9%의 VSWR 2:1 대역폭으로 설계되었다. 제작된 안테나의 이득은 IEEE 802.11a의 채널 40, 56, 153에서 각각 4.38, 4.52, 5.12dBi를 나타내며 설계 결과와 유사한 결과를 보였다.

ABSTRACT

In this paper, the wideband patch antenna is simulated and manufactured for the wireless LAN of 5GHz band that is defined in IEEE 802.11a. In the 802.11a, 200 channels of 675MHz are defined. Therefore, the bandwidth is needed more than 12.3%. For the wideband characteristics, low dielectric constant is realized with the multi-layer of 2 teflon substrates and the air dielectric layer and the feeding method of the coupled-line is used. Optimized wideband patch antenna is simulated with the return loss of 38.99dB at the center frequency of 5.43GHz and the bandwidth of 12.9%. The gain of manufactured patch antenna is 4.38, 4.52, and 5.12dBi at the channel number of 46, 56, and 153, respectively.

키워드

Patch Antenna, Bandwidth, Wireless LAN, Multi-Layer Substrate, Air Dielectric Layer
패치 안테나, 대역폭, 무선랜, 다층기판, 공기 유전체 층

1. 서론

무선랜 시스템은 가까운 거리에서 데이터를 주고 받는 시스템으로 현대인에게 활용도가 매우 높은 무선 시스템이다. IEEE 802.11b/g에서 정의된 초기의 2.4GHz 대역을 사용하던 무선랜 시스템은 사용량의 증가와 빠른 데이터

처리 속도를 위해 IEEE 802.11a에서 정의하는 5GHz 대역의 무선랜 시스템으로 개선되어 활용되고 있다. IEEE 802.11a에서는 5MHz 간격으로 200개의 채널을 정의하고 있으나, 많이 이용하는 주파수와 채널은 표 1과 같다. [1]

* 교신저자: 호남대학교 교수
• 접수일 : 2021. 03. 02
• 수정완료일 : 2021. 04. 24
• 게재확정일 : 2021. 06. 17

• Received : Mar. 02, 2021, Revised : Apr. 24, 2021, Accepted : Jun. 17, 2021
• Corresponding Author : Tae-Soon Yun
Dept. Electronic Eng., Honam University,
Email : tsyun@honam.ac.kr

표 1. IEEE 802.11a 채널 및 주파수 분배
Table 1. Channel assignments table of IEEE 802.11a

Freq. Band	No. Channel	Freq. (MHz)
5150~5250MHz	36	5180
	40	5200
	44	5220
	48	5240
5250~5350MHz	52	5260
	56	5280
	60	5300
	64	5320
5725~5825MHz	149	5745
	153	5765
	157	5785
	161	5805

표 1에서 나타난 바와 같이 802.11a의 주파수 대역은 3부분으로 나뉘어 있어 모든 주파수 대역을 만족하기 위해서는 675MHz로 12.3% 이상의 광대역 특성을 가져야 한다. 본 논문에서는 무선랜(wireless LAN) 시스템의 기구물의 미학적 조건을 고려하여 단일 평면 구조로 설계 및 제작이 용이한 원형 패치(patch)를 이용하여 안테나를 구현하고자 하는데, 일반적인 패치 안테나의 대역폭은 5% 수준으로 넓은 5GHz 대역을 만족할 수 없다. 따라서, 광대역 특성에 유리한 결합선로를 이용한 급전선(feeding line) [2-3]과 유전체의 낮은 유전율을 구현 [4-5]하여 802.11a의 모든 채널에 사용할 수 있는 광대역 패치 안테나를 설계하고자 한다. 또한, 급전선의 끝부분 모양에 따른 특성을 비교하여 패치 안테나의 특성을 최적화하고자 한다[9-10].

II. 광대역 패치 안테나 설계

주파수 대역폭과 패치와 급전선의 임피던스 정합 등을 고려한 다양한 패치 안테나의 급전 방식이 연구되어 왔다. [2-8] 본 논문에서는 그림 1과 같이 원형 패치 안테나에 입력을 인가하는 4가지 급전 방법에 대해 각 특성을 살펴보았다.

그림 1(a)는 가장 보편적이고 간단히 이용되는 방법으로 급전선을 패치에 직접 연결하고 급전선 양쪽

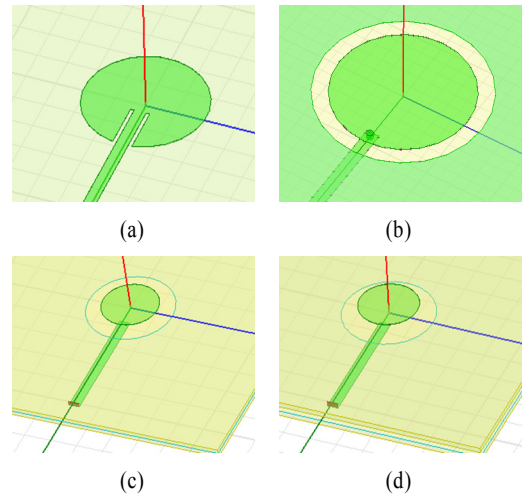


그림 1. 패치 안테나의 다양한 입력 방법
Fig. 1 Various input method of the patch antenna

으로 슬롯(slot)을 삽입하여 임피던스를 정합하는 방식으로 구현이 간단하다는 장점이 있다. 그림 1(b)는 접지면을 패치면과 동일한 위치에 형성하고 기판 아래에서 마이크로스트립 전송선로 구조로 입력을 인가하여 패치와 급전선을 비아홀(via-hole)로 연결한 구조로 비아홀의 위치에 따라 임피던스를 정합할 수 있다. 그림 1(c)와 그림 1(d)는 다중 기판을 이용한 것으로 접지면은 기판 사이에 안테나 패치보다 조금 큰원형 슬롯과 함께 위치한다. 그림 1(c)는 기판 2장에 의해 구현된 것이고, 그림 1(d)는 낮은 유전율을 구현하기 위해 기판 2장 사이에 공간을 두어 공기 유전체 층을 삽입한 것이다.

그림 2에는 그림 1에서 나타난 4가지 급전 방법에 대해 최적화된 VSWR 특성을 나타내었다. 이때, 사용된 기판은 유전율 2.55이며 두께가 0.76mm인 동일한 테프론(teflon) 기판을 이용하였다. 그림 1(a)의 급전 방식은 구현이 용이하다는 장점이 있지만 1.28%의 협대역 특성을 나타내었고, 다른 급전 방식은 각각 11.07, 11.18, 12.77%의 대역폭을 보였다. 비아홀을 이용하는 방식과 다중기판을 이용하는 방식의 대역폭은 유사하지만, 비아홀의 경우 비아홀 위치에 따른 특성 변화를 보여 제작의 용이성을 위해 본 논문에서는 다중 기판을 이용한 급전 방식으로 광대역 안테나를 설계하였다.

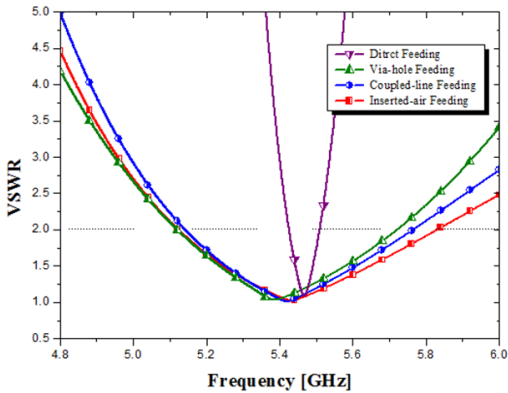


그림 2. 패치 안테나의 입력 방법에 따른 전압정재파비 특성

Fig. 2 Characteristics of VSWR as various input method of the patch antenna

한편, 본 논문에서는 급전선 끝 모양에 따른 특성 변화를 조사하였다. 일반적인 전송선로의 개방형 스텐브와 유사한 사각형 구조, PCB에서 주로 이용되는 원형 구조, 끝의 폭이 넓어지는 역삼각형 구조로 설계하였을 때, 그림 3과 같은 결과를 얻었다.

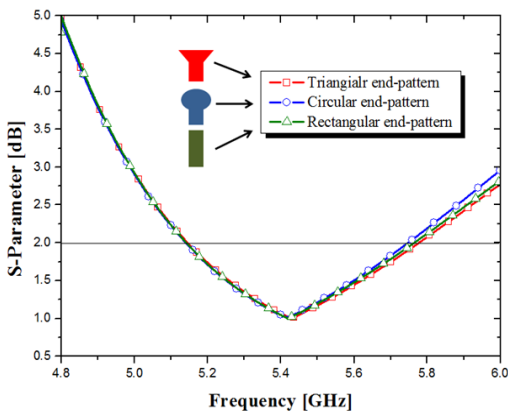


그림 3. 입력 선로 종단 모양에 따른 패치 안테나의 손실 특성

Fig. 3 Characteristics of return loss for various ended pattern of feeding-line

그림 3에 나타난 바와 같이 급전선의 끝 모양에 따른 특성의 차이는 크지 않았지만, 역삼각형 구조로 하였을 때 다른 모양에 비해 광대역 특성을 보여 역삼각형 구조

로 최적화하였다.

그림 4는 5GHz 대역의 광대역 무선랜 통신을 위해 최적화된 패치 안테나의 구조를 나타내고 있다. 기본구조는 테프론 기판 2장으로 구성되어 있으며 각 테프론 기판은 기판의 두께인 0.76mm만큼 이격되어 있다. 원형 패치는 위쪽 기판에 위치하며, 접지는 아래 기판의 윗면에 패치 면보다 큰 반지름의 슬랏과 함께 형성되어 아래 기판 바닥면으로 급전선이 들어간다.

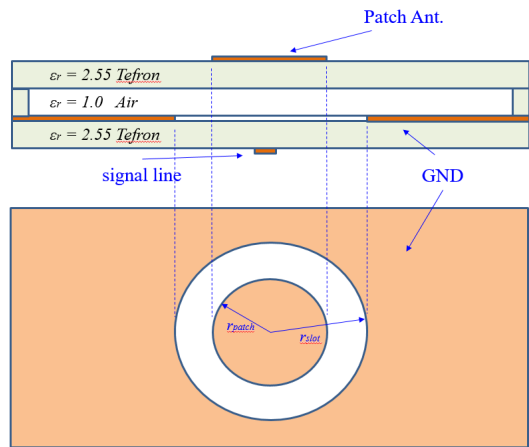
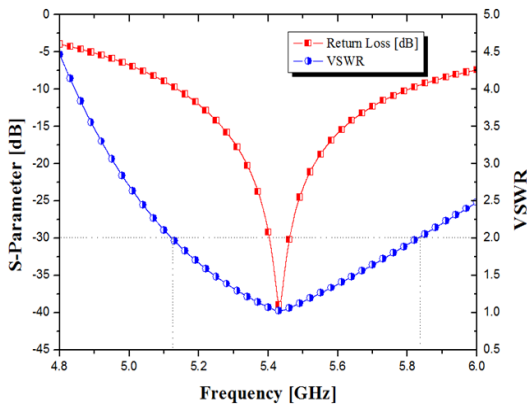


그림 4. 무선랜을 위한 광대역 패치 안테나의 구조
Fig. 4 Structure of wideband patch antenna for wireless LAN

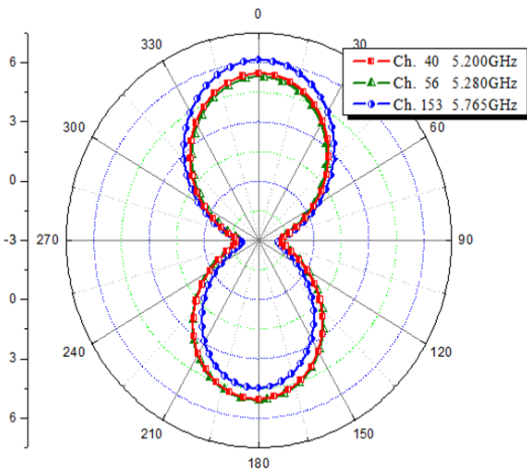
그림 4의 최적화된 안테나에서 원형 패치와 슬랏의 반지름은 각각 5.3, 8.0mm이다.

그림 4의 구조로 HFSS 프로그램을 통한 EM 설계를 한 안테나의 특성은 그림 5에 나타내었다. 그림 5(a)는 반사손실과 VSWR을 나타내고 있는데, 중심주파수 5.432GHz에서 38.99dB의 반사손실을 가지고, VSWR 2:1의 대역폭은 5.122 ~ 5.832GHz로 710MHz의 대역폭을 가졌다. 이는 5GHz 대역의 광대역 무선랜 통신의 모든 주파수 대역을 포함하는 것으로 5GHz 무선랜 통신에 적합하게 안테나가 설계되었다.

그림 5(b)에는 무선랜 통신의 3개의 채널 (채널 40, 56, 153)의 주파수에서의 방사패턴을 나타내었다. 각 채널에서의 최대이득은 각각 5.28, 5.44, 6.13dBi이며, 반전력반폭은 각각 88°, 88°, 84°도로 설계되었다.



(a)



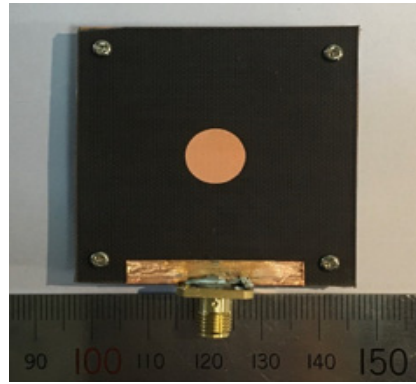
(b)

그림 5. 최적화된 광대역 패치 안테나의 설계 결과 : (a) 반사손실, (b) 방사패턴

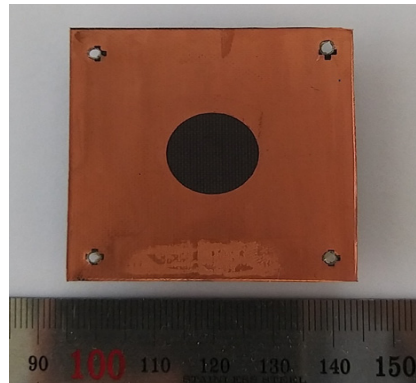
Fig. 5 Simulated results of optimized wideband patch antenna : (a) Return loss and (b) radiation pattern

III. 광대역 패치 안테나 제작 및 측정

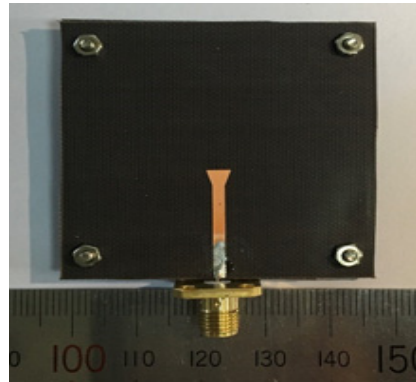
최적화된 광대역 패치 안테나는 그림 6과 같이 제작되었다. 다층 기판을 이용한 안테나 제작을 위해 먼저, 테프론 기판을 이용하여 패치가 있는 기판과 급전선 및 접지면이 있는 기판을 각각 제작하여 볼트와 너트를 이용하여 결합하였다. 이때, 볼트가 위치하는 곳에 더미(dummy) 기판을 삽입하여 두 기판을 0.76mm 만큼 이격하였다. 또한, 접지면이 안테나 구조 내부에 위치함에 따라 그림 6(a)와 같이 패치가 위치하는 면에 도체면을 형성하고 접지와



(a)



(b)



(c)

그림 6. 제작된 광대역 패치 안테나 사진 : (a) 윗면, (b) 안쪽면, (c) 아랫면
Fig. 6 Photographs of manufactured wideband patch antenna : (a) top-side (b) inside and (c) bottom-side

동박테이프를 연결한 후에 커넥터를 접속하였다. 접지면의 크기를 고려한 기판의 총 크기는 $50.0 \times 50.0\text{mm}^2$ 이다.

회로망 분석기를 통해 측정된 반사손실은 그림 7(a)와 같이 5.426GHz에서 38.28dB를 나타내었고, VSWR 2:1의 대역폭은 5.107 ~ 5.812GHz로 12.09%의 대역폭을 가져 점선으로 표현된 설계 결과와 매우 유사하게 측정되었다.

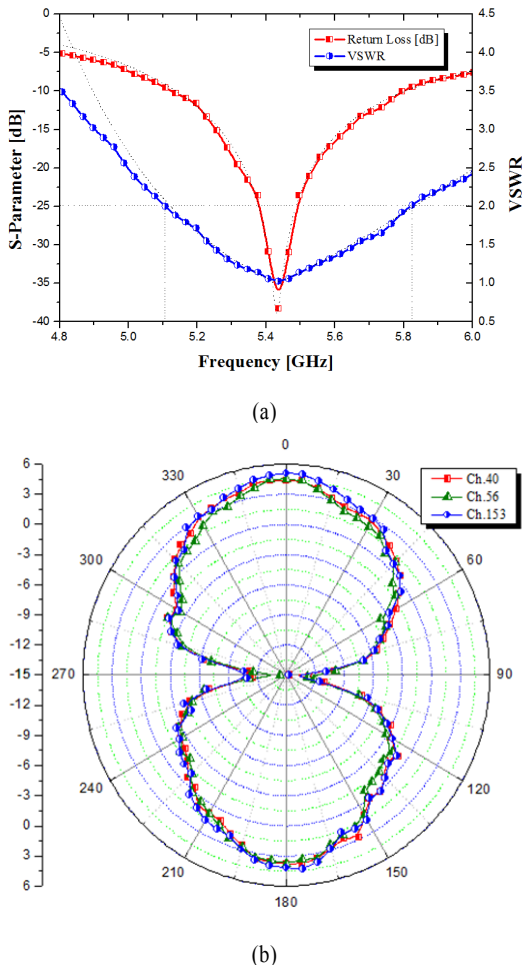


그림 7. 광대역 패치 안테나의 측정 결과 : (a) 반사손실, (b) 방사패턴

Fig. 7 Measured results of wideband patch antenna : (a) Return loss and (b) radiation pattern

그림 7(b)는 무반사실에서 측정된 광대역 패치 안테나의 방사패턴 측정 결과이다. IEEE 802.11a의 채널 40, 50, 153의 주파수에 대한 방사패턴을 나타내고 있는데, 각 채널에서의 최대이득은 각각 4.38, 4.52, 5.12dBi이며, 반전력빔폭은 각각 80° , 70° , 60° 도로 측정되었다. 측정 결과는 설계 결과에 비해 이득이 감소하고 빔폭이 좁아졌으나 대체로 설계와 유사한 결과를 나타내었다.

IV. 결론

본 논문에서는 5GHz 대역의 무선랜 통신의 모든 주파수 대역에서 사용할 수 있는 광대역 패치 안테나를 설계 및 제작하였다. 또한, 광대역 특성을 만족시키기 위해 패치 안테나의 급전선 구조 및 급전선 모양에 따른 특성을 비교, 분석하여 최적화하였다. 최종패치 안테나는 공기 유전체 층을 삽입하여 낮은 유전율을 구현하고, 결합선로 구조의 급전방식을 적용한 것이며, 급전선의 끝 모양은 역삼각형 모양으로 최적화되었다. 더미 기판을 이용하여 공기 유전체를 삽입한 광대역 패치 안테나는 측정결과에서 설계보다 다소 떨어진 결과값을 나타냈으나 5GHz 대역의 무선랜 통신에 활용하기에 적절하다. 또한, 두 개의 기판을 결합할 볼트 위치를 통해 두 기판의 위치를 정합하는 방식으로 제작이 용이하여 쉽게 활용이 가능하리라 기대한다. 다만, 결합선로를 이용한 급전방식을 채택함에 따라 방사패턴에서 백로브가 주로브에 준하여 크게 나타나는 현상이 있으므로 향후 백로브 감소에 대한 연구를 진행하여 무선랜 통신에 더욱 적합하도록 개선할 여지가 있다.

감사의 글

본 논문은 2020년도 호남대학교 학술연구비 지원을 받아 수행되었음.

References

- [1] W. Nam, J. Choi, H. Park, M. Choi, and Y. Sim, "A Study on Reorganization Plan of 5GHz Band Spectrum," *Report of Korea Radio Promotion Association*, Nov. 2013.
- [2] G. Kumar and K. Pay, *Broadband Microstrip Antennas*. Boston: Artech House, 2003.
- [3] O. Kim, G. Kim, and S. Rhee, "Wideband

Slot-Coupled Microstrip Antenna with the Reflector," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 6, Dec. 2019, pp. 1045-1051.

- [4] U. Revankar and A. Kumar, "Broadband Stacked Three-layer Circuit Microstrip Antenna Arrays," *Electronics Letters*, vol. 28, 1992, pp. 1995-1997.
- [5] H. Ceong, Y. Kang, and S. Rhee, "U-shaped wideband microstrip antenna on air substrate," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 13, no. 5, 2018, pp. 937-942.
- [6] K. Cho, D. Kim, and G. Kim, "Design of Broadband Microstrip Antenna for 2.5GHz with Inverted Parasite Patch and the Proximity Stub," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 3, June 2019, pp. 1045-1051.
- [7] Y. Park, "Study of Microstrip Patch Antenna for 5 GHz," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 1, 2019, pp. 55-60.
- [8] Y. Park, "Characteristics of Patch Antenna for WLAN," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 6, Dec. 2011, pp. 803-808.
- [9] E. M. T. Jones and J. T. Bolljahn, "Coupled Strip Transmission Line Filters and Directional Couplers," *Institute of Radio Engineers Trans. on Microwave Theory Tech.* vol. 4, no.2, Apr. 1956, pp. 75-81.
- [10] J. Yang, K. Seok, and H. Sin, "Technological and Social Significance of the Revision of the Radio Law," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 14, no. 4, 2019, pp. 627-636.

저자 소개

윤태순(Tae-Soon Yun)



2000년 국민대학교 전자공학과 (공학사)

2002년 광운대학교 전파공학과 (공학석사)

2006년 광운대학교 전파공학과 (공학박사)

2007년 10월~2008년 09월: The SUNY at Buffalo Post Doc.

2008년 10월~2010년 02월: 광운대 BK사업단 연구 교수

2010년 03월~현재: 호남대학교 전자공학과 교수

※ 관심분야 : 마이크로파 소자, 무선전력전송, CRLH 전송 선로