

해양 초고속 통신망 시스템을 위한 WLAN(Wireless Local Area Network) / UWB(Ultra Wide Band)용 안테나 설계 및 제작

홍용표* · 강성운** · 김갑기***†

*, ** 목포해양대학교 해양전자통신컴퓨터공학과, *** 목포해양대학교 항해정보시스템학부

Design and Fabrication of WLAN / UWB Antenna for Marine High Speed Communication Network System

Yong-Pyo Hong* · Sung-Woon Kang** · Kab-Ki Kim***†

*, ** Department of Marine Electronic, Communication and Computer Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

*** School of Navigation and Information Systems, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : 본 논문에서는 안테나의 소형화, 이득 및 방사패턴을 개선한 초고속 통신망 시스템을 효과적으로 사용하기 위해 3.3 [GHz], 5 [GHz] 대역에서 동작하는 WLAN/UWB 통신용 안테나를 설계 및 제작을 하였다. 대역폭의 개선을 위해 마이크로스트립 패치 안테나를 선택하였고 각 단계마다 이론적인 근거에 의한 수식을 이용하여 슬롯의 폭, 길이, 전송선로의 폭 등을 계산하였다. 설계된 안테나의 시뮬레이션 결과 반사손실이 3.3 [GHz]에서 -14.053 [dB]이고 5 [GHz]에서 -13.118 [dB]의 값을 보여주었다. 이득은 3.3 [GHz]에서 2.479 [dBi]의 값과 5 [GHz]에서 3.317 [dBi]의 수치를 보여주었다. 또한 3D 설계가 가능한 CST Microwave Studio 2014 프로그램을 이용하여 최적화 한 후, 이를 바탕으로 제작한 안테나의 특성을 측정하여 성능을 확인하는 방법으로 연구를 진행하였다. 최근 다양하고 발전이 계속 이루어지고 있는 무선 기술인 WLAN과 해당 기술 이용자의 수요 증가에 따른 기술의 주파수 대역도 역시 증가하고 있는 추세의 통신 기술인 UWB를 초고속 무선 통신 시스템으로 사용하는 데 있어 불편함 없도록 해당 이용자를 위한 원활한 통신이 가능할 것으로 보인다.

핵심용어 : 안테나, WLAN, UWB 통신, 마이크로스트립, CST Microwave Studio, 무선 통신

Abstract : In this paper, we designed and fabricated WLAN/UWB communication antennas operating at 3.3 [GHz] and 5 [GHz] bands in order to effectively use the high-speed communication network system that improved antenna miniaturization, gain and radiation pattern. Microstrip patch antennas were chosen to improve the bandwidth. The slot width, length, and transmission line width were calculated using the theoretical formula for each step. Simulation results show that the return loss is -14.053 [dB] at 3.3 [GHz] and -13.118 [dB] at 5 [GHz]. The gain showed a value of 2.479 [dBi] at 3.3 [GHz] and a value of 3.317 [dBi] at 5 [GHz]. After optimizing it with the CST Microwave Studio 2014 program, which can be 3D-designed, Based on these results, we investigated the performance of antennas by measuring their characteristics. In recent years, WLAN, which is a variety of wireless technologies that are continuously developing, and UWB, which is a communication technology which is increasing in frequency band due to an increase in demand of the technology users, is used for a high speed wireless communication system. Communication seems to be possible.

Key Words : Antenna, WLAN, UWB communication, Microstrip, CST Microwave Studio, Wireless communication

1. 서 론

기존의 통신 시스템에 비해 매우 넓은 대역폭을 사용하는 UWB 시스템은 기존의 유선장치를 무선 장치로 대체할 수

있는 고속 무선 전송기술로써 가정 내 멀티미디어 데이터 전송을 위한 근거리 무선 네트워크기술로 크게 발전하며 부각되고 있다(Kang et al., 2003). 회로 구조가 간단하여 가격이 저렴하고 기존의 기기나 다른 무선통신기술에 비해 1/5배 정도의 전력으로 동작할 수 있어 홈 네트워크 내에서 많이 쓰이고 있다(Park et al., 2005).

무선통신량의 증가와 더불어 무선통신의 급격한 발전으

* First Author : lastehong@gmail.com

† Corresponding Author : microkim@mmu.ac.kr

로 인해 음성뿐만이 아닌 다양한 형태의 데이터, 동영상 서비스가 시간과 장소에 제한 없이 사용자가 소형의 통신장비를 이용하여 무선으로 기간통신망에 자유롭게 접속할 수 있는 장점 때문에 무선랜이 발달하고 있다(Garg et al., 2003).

무선 LAN(Local Area Network)은 사무실이나 기타 이동 무선 환경에서 네트워크의 재구축이 용이하다는 장점으로 인해 높은 선호도를 보이고 있으며 기존의 유선 LAN의 기능을 포함하면서 네트워크 구축 시 케이블의 연결이 필요 없다는 장점을 지니고 있다(Gutton et al., 1995). 이러한 장점은 무선 LAN을 보다 편리하고 자유롭게 사용하게 하여 그 응용 범위를 확장시켰다. IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11에서 5 [GHz]의 대역은 WLAN(Wireless Local Area Network) 시스템 대역이 사용되고 있다.

무선 통신에 있어 중요시 되는 것이 안정된 통화품질이며, 각 기지국 및 중계기에 설치된 안테나의 특성은 통화 품질을 결정하는 수많은 요소 중 하나이다. 따라서 현재 사용되어지고 있는 중계기 및 기지국용 안테나는 주로 다이폴 구조와 마이크로스트립 구조가 사용되어지고 있다(Howell, 1975). 마이크로스트립구조의 안테나는 제작이 용이하고 대량생산이 가능하며, 견고하고 가격도 저렴하다. 또한 부피가 작고 가볍다는 장점을 갖는다(Richards et al., 1981).

이러한 이유로 UWB 기술과 WLAN의 장단점의 확인한 차이가 있어 각 기술의 단점을 보완하며 소형화, 저가격화하여 기술적 이론에 만족하는 안테나를 설계 및 제작하는 연구를 진행하였다(Zenobio and Russo, 1991).

본 논문의 2장에서는 마이크로스트립 이중대역 안테나의 설계이론 및 구조를, 3장은 마이크로스트립 이중대역 안테나의 설계와 시뮬레이션 결과, 4장은 이중대역 안테나의 제작 및 측정 결과를 나타냈고 마지막 5장에서는 결론으로 구성하였다.

2. 안테나 설계이론 및 구조

2.1 안테나 설계이론

안테나를 설계하기 위해서는 먼저 패치의 폭과 길이를 알아야한다. 공진 주파수 f_r 에서 동작하도록 유전율이 ϵ_r 이고 두께가 h 인 기판위에 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 경우 실제 다음 식(1)과 같다.

$$W = \frac{c}{2f_r} \left(\frac{\epsilon_r + 1}{2} \right)^{-1/2} \quad (1)$$

여기서 C 는 광속도 f_r 은 안테나의 공진 주파수이다. 공진 패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진 패치 가장자리에

서의 계와 폭에 대하여 프린징이 발생하게 된다. 총 프린징 효과는 공진패치의 크기와 기판높이의 함수로써 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 패치의 길이와 폭을 고려해야 한다. 마이크로스트립선로에서 대부분의 전기력선은 기판에 존재하고 그 일부는 공기에 존재한다. 즉 파의 일부는 기판에, 다른 일부는 공기로 진행하기 때문에 선로에서 프린징과 전파를 계산하기 위하여 실효 유전율을 도입한다. 실효유전율 ϵ_{re} 은 $W/h > h > 1$ 인 경우, 식(2)로 나타낼 수 있다.

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

프린징 효과 때문에 마이크로스트립 안테나의 공진패치는 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다.

기본 E-평면(x-y)에서, 길이에 대한 공진패치 크기는 각 종단에서 Δl 만큼 확장되었다. Δl 은 Hammerstad 실험식으로 프린징 필드에 의한 확장효과이며 다음 식(3)과 같다.

$$\Delta l = 0.412 \frac{(\epsilon_{re} + 0.3)(W/h + 0.264)}{(\epsilon_{re} - 0.258)(W/h + 0.8)} \quad (3)$$

실효 유전율 ϵ_{re} 와 선로확장 Δl 에 의해 방사체 길이 L 은 식(4)로 나타낼 수 있다.

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

사각형 공진패치의 길이 L 은 일반적으로 $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ 이다.

2.2 공진 주파수의 결정

마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수 f_r 은 식(4)에 의해 다음과 같이 식(5)로 나타낼 수 있다.

$$f_r = \frac{c}{2(L + 2\Delta l) \sqrt{\epsilon_{re}}} \quad (5)$$

공진주파수는 안테나 소자의 전기적인 길이($L + \Delta l$), 실효유전율과 기판의 두께에 관계가 있지만 주로 길이에 의해 결정된다(Kim, 2004).

2.3 안테나 구조

마이크로스트립 안테나는 1953년에 착상을 하게 되었고, 1955년에 특허를 받았지만 1970년대를 시발점으로 하여 상당한 주목을 받게 되었다(Lee et al., 2003).

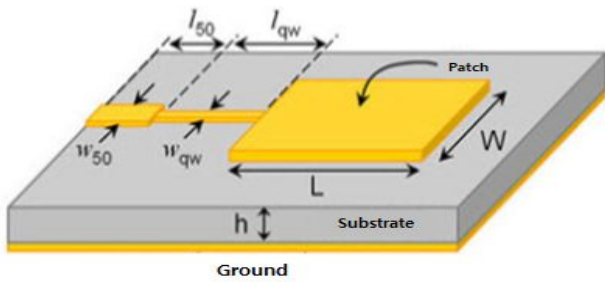


Fig. 1. Structure of a microstrip antenna.

Fig. 1처럼 마이크로스트립 안테나는 아주 얇은($t \ll \lambda_0$, λ_0 는 자유공간의 파장) 금속체 p(patch)가 최상단에 위치하며 접지면 t(ground) 위에 위치하는 유전체 h(substrate)는 파장에 비해 매우 작은 두께로($h \ll \lambda_0$, 보통 $0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0$)로 되어 있다. 마이크로 방사패치의 방사 모드는 브로드사이드와 엔드파이어가 있고 여기모드를 적당하게 선정함으로써 방사모드가 결정된다. 사격형 방사패치의 경우, 길이 L은 일반적으로 $\lambda_0/3 < L < \lambda_0/2$ 이다. 방사패치와 접지면은 유전체에 의해 분리되어 있다(Pozar, 1992).

마이크로스트립 안테나 설계에 사용되는 기판은 여러 가지가 있는데 기판의 유전율은 보통 $2.2 \leq \epsilon_r \leq 12$ 범위이다. 기판은 두껍고 유전율이 낮은 것이 안테나 성능에 가장 바람직하다. 기판이 두껍고 유전율이 낮을수록 효율이 더 좋으며 대역폭이 넓고 공간으로 방사되는 경계가 약하기 때문에 안테나 특성에는 바람직하지만 가격이 고가가 된다. 고 유전율을 갖는 얇은 기판은 원하지 않은 방사 및 결합을 줄이기 위하여 강한 경계가 필요하고 소자 크기를 작게 할 수 있기 때문에 마이크로파 회로 제작용으로 바람직하지만 손실이 커지기 때문에 효율이 낮아지고 상대적으로 대역폭이 좁아진다. 마이크로스트립 안테나를 다른 마이크로파 회로와 함께 직접화하기 때문에 안테나 성능과 회로 설계 간에 절충이 필요하게 된다(Munson, 1974).

마이크로스트립 안테나를 패치 안테나라고도 부르며, 방사패치와 급전선은 일반적으로 유전체기판 상에 에칭(etching)한다. 방사패치는 정방형, 직사각형, 가는 스트립(다이폴), 원형, 타원형, 삼각형이나 다른 임의의 구조일 수도 있으며, 마이크로스트립 패치 소자의 대표적인 형태이다.

해석과 제작의 용이성, 우수한 방사특성, 특히 낮은 교차편파 방사 특징을 가지고 있다. 마이크로스트립 다이폴은 일반적으로 넓은 대역폭을 갖으며 배열시 공간을 작게 차지하는 특징이 있다. 마이크로스트립 안테나를 단일 급전이나 다중 급전을 하는 마이크로스트립 소자의 배열은 스캐닝과 더욱 예리한 지향성을 갖도록 하는 데에도 이용할 수 있다(Mark et al., 2005).

3. 안테나 설계 및 시뮬레이션 결과

3.1 안테나 설계

Fig. 2은 WLAN/UWB 통신용 이중대역 안테나의 디자인을 보여주고 있다. 기판의 크기를 줄여 안테나의 크기를 최소화 하였으며 적은 변수로 설계가 간단하다. 이 안테나는 유전율($\epsilon_r=4.3$) 및 유전 정접($\tan\delta=0.025$)의 정수인 FR-4(loosy) Substrate이며 크기는 30 [mm] × 30 [mm]이다. Ground의 크기는 30 [mm] × 10 [mm]로 설계하였으며 Table 1은 제안된 안테나의 파라미터를 나타내며 Table 2는 제안된 안테나의 두께를 나타낸다.

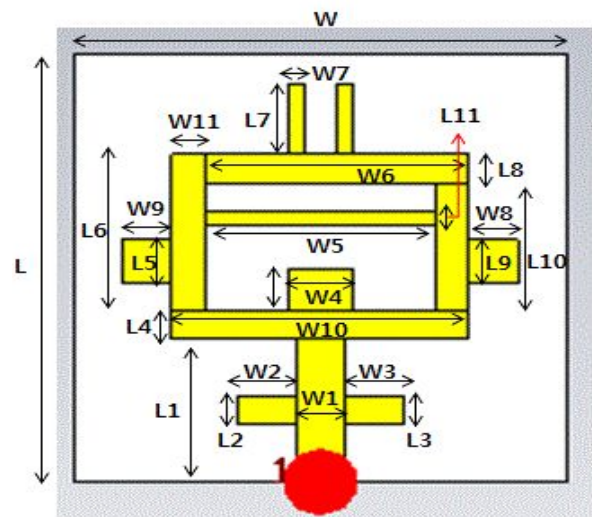


Fig. 2. Designed microstrip antenna layout.

Table 1. Each parameter of the designed antenna

Symbol	Value (mm)	Symbol	Value (mm)
L	30	L_{11}	1
W	30	W_1	3
L_1	10	W_2	4.5
L_2	2	W_3	4.5
L_3	2	W_4	4
L_4	2	W_5	14
L_5	3	W_6	16
L_6	11	W_7	1
L_7	5	W_8	3
L_8	2	W_9	3
L_9	3	W_{10}	18
L_{10}	9	W_{11}	2

Table 2. The thickness of the designed antenna

Name	Value (mm)
p (patch)	0.035
t (ground)	0.035
h (substrate)	0.8

3.2 안테나 시뮬레이션 결과

Fig. 3은 제안된 안테나의 입력대비 반사손실로서 최고치인 3.3 [GHz]에서 -14.053 [dB]와 5 [GHz]대역에서 -13.118 [dB]를 나타낸다. 또한 원하는 주파수 두 대역에서만 -10 [dB] 이하로 떨어지는 것을 확인할 수 있는데 이는 WLAN/UWB 이중대역 안테나로 사용할 수 있다는 것을 의미한다. Fig. 4부터 Fig. 10은 제안된 안테나의 전계, 자계 및 전류흐름과 방사패턴 결과를 나타낸다.

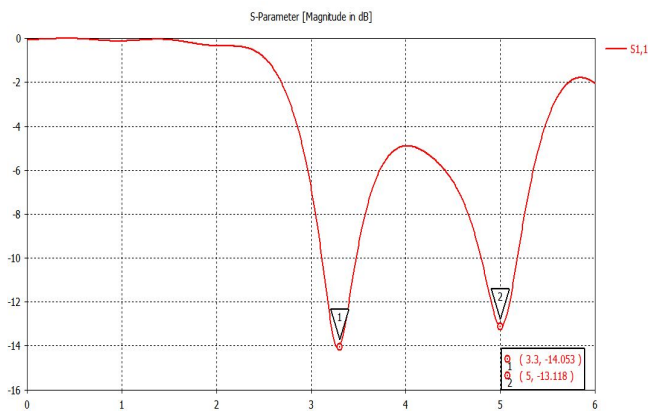


Fig. 3. Return loss to input S-Parameter.

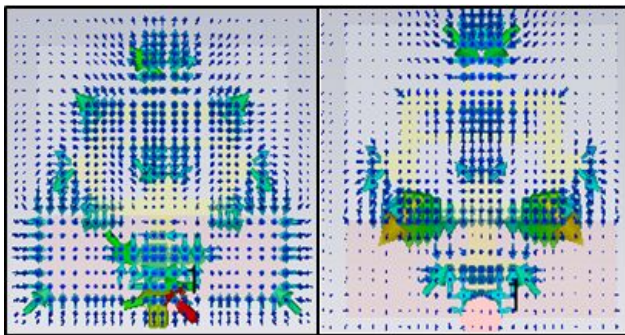


Fig. 4. E-field result at 3.3 [GHz], 5 [GHz].

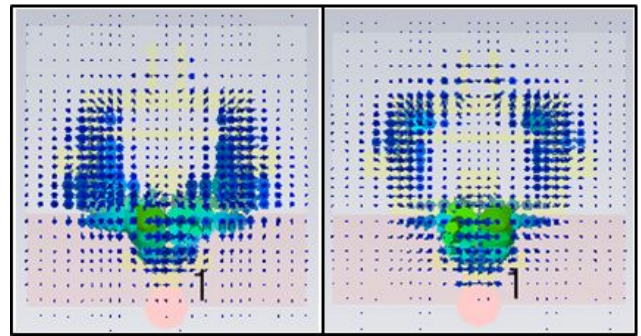


Fig. 5. H-field result at 3.3 [GHz], 5 [GHz].

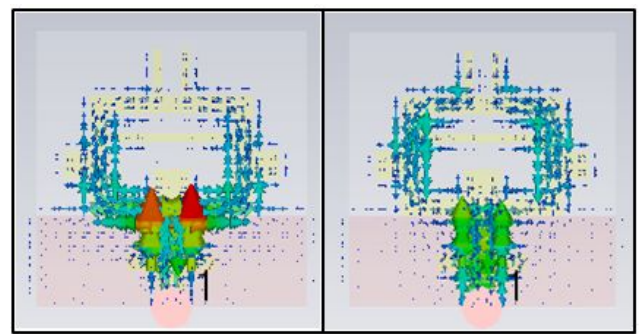


Fig. 6. Current Flow result at 3.3 [GHz], 5 [GHz].

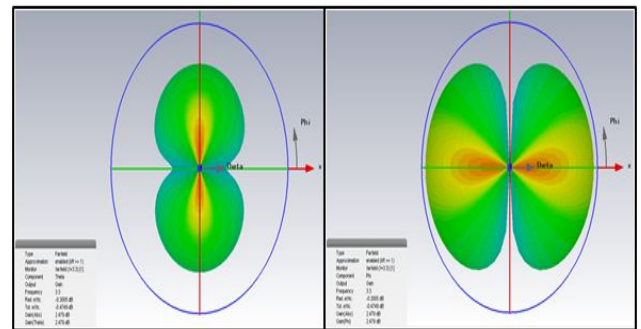


Fig. 7. Radiation Pattern 3D Results at 3.3 [GHz].

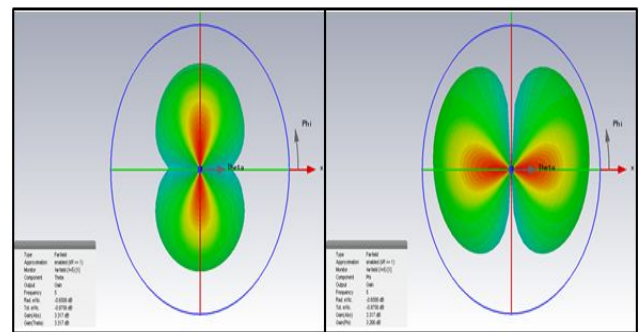


Fig. 8. Radiation Pattern 3D Results at 5 [GHz].

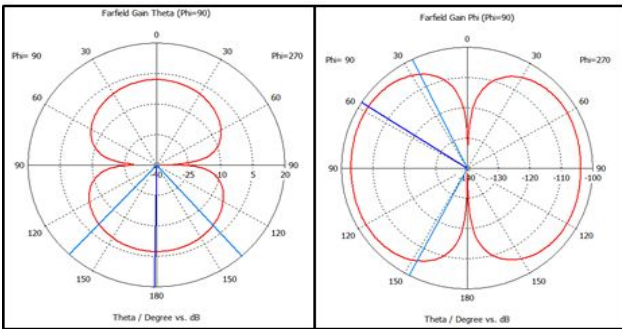


Fig. 9. Polar result of radiation pattern at 3.3 [GHz].

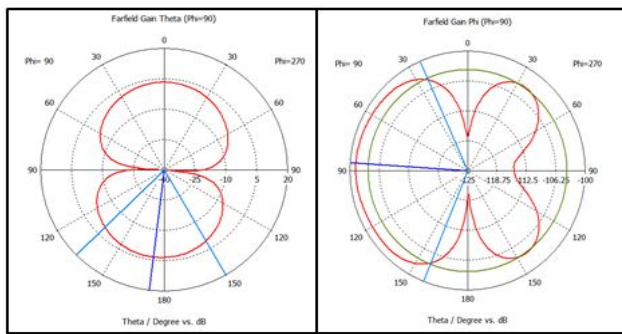


Fig. 10. Polar result of radiation pattern at 5 [GHz].

4. 안테나 제작 및 측정

4.1 안테나 제작

Fig. 11은 시뮬레이션에 의해 최적으로 설계되어진 이중대역 마이크로스트립 안테나로 앞면에는 방사부, 뒷면에는 그라운드로 제작하였다. 안테나 기판의 두께는 0.8 [mm]이고 패치의 두께는 0.035 [mm], Ground의 두께는 0.035 [mm]이다.

사용 주파수는 UWB/WLAN 주파수인 3.3 [GHz], 5 [GHz] 대역이며 사용한 기판은 FR-4 기판이다.

이중대역을 동시에 사용할 수 있도록 하여 크기와 두께를 최소화하고 변수 또한 적게 하여 제작비용을 절감하였다.



Fig. 11. The front and back of the manufactured antenna.

4.2 안테나 측정

Fig. 12는 안테나의 방사패턴을 측정하기 위한 안테나에서 적당히 떨어진 거리의 원거리 영역에서 안테나의 방사패턴을 확인할 수 있는 Fig. 12는 Chamber의 모습을 보이고 있으며, Fig. 13와 Fig. 14는 제작된 안테나의 방사패턴과 이득을 측정한 결과를 보여주고 있다.

Fig. 13, Fig. 14에서 이득을 살펴보면 3.3 [GHz]에서 Ver 3.02 [dBi], Hor 2.82 [dBi], 5 [GHz]에서 Ver 3.24 [dBi], Hor 3.02 [dBi]을 나타내었다.

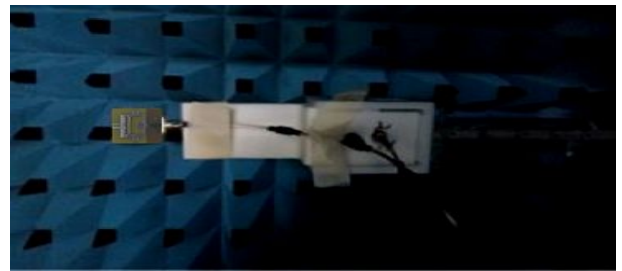


Fig. 12. Measurement of radiation pattern.

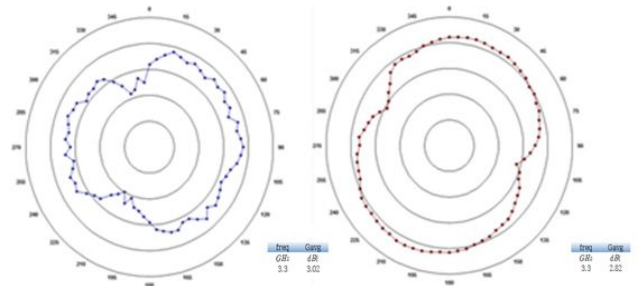


Fig. 13. radiation pattern result of fabricated antenna at 3.3 [GHz].

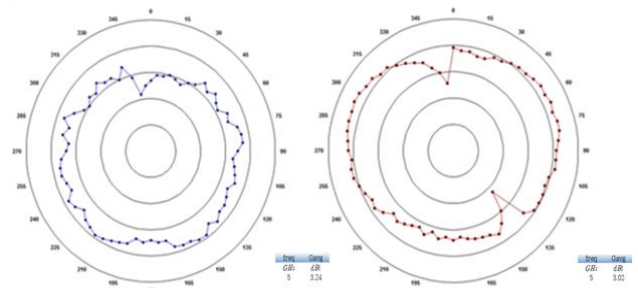


Fig. 14. radiation pattern result of fabricated antenna at 5 [GHz].

4.3 측정결과 비교분석

안테나를 제작하기 전 설계 과정에서는 3D simulator인 CST Microwave Studio 2014 프로그램을 이용하였고, 안테나의

각 요소에 대한 결과를 얻기 위해 안테나를 설계 구현하고 나서 측정하였다

제작한 안테나는 IEEE 802.11a의 표준 규격을 하나의 안테나로 통합하여 사용할 수 있도록 안테나를 설계 및 제작하기 위해 초기의 설계 대역폭을 입력 반사손실 -10 [dB](VSWR 2:1) 이하를 목표로 하였다. 시뮬레이션 결과 입력반사손실이 기준치 이하인 2.55 [GHz]~2.65 [GHz], 4.8 [GHz]~5.2 [GHz]의 주파수 대역폭으로써 각 동작 주파수를 포함한다.

Table 3과 같이 측정 결과 안테나의 주파수 대역은 시뮬레이션 결과 값과 3.02 비슷한 것을 확인할 수 있었고 각 주파수 대역의 이득은 시뮬레이션 값보다 낮게 나타났지만 안테나로서 주파수가 -10 [dB] 이하이며 이득이 양수의 값을 나타내고 있어 안테나로서 사용이 가능하다. 오차 원인을 분석한 결과 전송선로와 제작 상에 있어서 PCB 기판에서 오차와 도체 손실, 급전부의 SMA 커넥터 손실의 영향으로 분석할 수 있었다.

Table 3. Comparative analysis of measurement and simulation result

Division	Reference value	Simulation results	Measurement result
		Antenna test result	Antenna system measurement result
Center frequency [GHz]		3.3 [GHz]	3.3 [GHz]
		5 [GHz]	5 [GHz]
Reflection loss [dB]	-10[dB] or less	-14.053 [dB]	-13 [dB]
		-13.118 [dB]	-12.5 [dB]
Gain	Gain ≥ 0	2.479 [dBi]	2.38 [dBi]
		3.317 [dBi]	3.13 [dBi]

5. 결론

본 논문에서는 WLAN과 UWB 통신을 위한 마이크로스트립 패치 이중대역 안테나를 설계하였다. 제안된 안테나는 간단한 구조와 적은 변수들을 가지고 있고, 입력대비 반사손실로서 3.3 GHz와 5 GHz에서만 -10 dB(VSWR2:1) 이하로 떨어지며 이득 또한 3.3 GHz일 때 2.479 dBi, 5 GHz일 때 3.317 dBi로 WLAN과 UWB 통신용으로 사용할 수 있다는 결과를 볼 수 있다. 3D 설계가 가능한 CST Micro Studio 2014 Program을 사용하였다. 따라서 본 논문에서 제작된 안테나는 동작주파수 대역에서 반사손실이나 삽입손실, 지향성이 설계하고자 하는 목표에 만족함으로써 WLAN/UWB용 통신 시스템에 적

용 및 활용 가능할 것으로 보이며, 하나의 안테나로 고속통신이 가능하고 해당 이용자의 필요에 의한 비용의 절감 효과를 가져 올 것으로 기대된다. 그리고 최근 다양하고 발전이 계속 이루어지고 있는 무선 기술인 WLAN과 해당 기술 이용자의 수요 증가에 따른 기술의 주파수 대역 역시 증가하고 있는 추세의 통신 기술 UWB을 초고속 무선 통신 시스템으로 사용하는 데 있어 불편함 없도록 해당 이용자를 위한 원활한 통신이 가능할 것으로 기대된다.

References

- [1] Garg, R., P. Blartia, Inder Bahl and A. Ittipiboon(2003), Microstrip Antenna Design Handbook, Atrech House, pp. 2-3.
- [2] Gutton, H. and G. Baission(1995), Flat Aerial for Ultra High Frequencies, French Patent, pp. 103-113.
- [3] Howell, J. W.(1975), Microstrip Antennas, IEEE Trans. Antennas Propagat, Vol. AP-23, No. 1, pp. 90-93.
- [4] Kang, H. Y., J. H. Ko, U. J. Kim, H. S. Lee and G. Y. Cho(2003), Design of rectangular plate monopole antenna for ultra wide band, Microwave and Radio Communication Conference, Vol. 26, No. 1, pp. 653-656.
- [5] Kim, P. G.(2004), A Study on the Design and Fabrication of 2x1 Array Antenna for Broadband Wireless LAN Using Laminated Structure, Master's thesis, pp. 38-40.
- [6] Lee, H. R., I. G. Kim, J. K. Yug, H. G. Bang(2003), Broadband Characteristics of Wide Flat Slow Antenna, Journal of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol. 14, No. 3, pp. 260-277.
- [7] Mark, C. L., H. Wonf and K. M. Luk(2005), high-gain and wide-band single-layer patch antenna for wireless communications, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 54, No. 1, pp. 33-40.
- [8] Munson, R. E.(1974), Conformal Microstrip Antenna and Microstrip Phased Arrays, IEEE Trans. Antennas & Propagation, Vol. AP-22, pp. 74-78.
- [9] Park S. K., J. K. Lee, Y. C. Jeong, J. H. Yun and C. D. Kim(2005), Group delay adjuster using resonance circuit with varactor diode, IEEE Trans. Antennas propag., Vol. 4, p. 4.
- [10] Pozar, D. M.(1992), Microstrip Antennas., Proc. IEEE, Vol. 80, pp. 79-81.
- [11] Richards, W. F., Y. T. Lo and D. D. Harrison(1981), An Improved Theory of Microstrip Antenna with Applications, IEEE Trans. Antennas Propagat, Vol. AP-29, No. 1, pp. 38-46.

- [12] Zenobio, D. D. and E. Russo(1991), Measurements of frequency dependent variations of amplitude and group delay in digital radio links, IEEE Trans. Antennas propag., Vol. 15-18, pp. 669-672.

Received : 2018. 05. 08.

Revised : 2018. 06. 05.

Accepted : 2018. 06. 27.