

해상 고속 무선 통신망을 위한 UWB/Bluetooth용 이중대역 마이크로스트립 안테나 설계

오말근*

* 목포해양대학교 항해정보시스템학부

UWB/Bluetooth for a High Speed Wireless Communication Network Dual Band Microstrip Antenna Design

Mal-Geun Oh**

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

요 약 : 해상에서 사용하고 있는 통신용 안테나는 눈에 띄게 계속 개발되고 있다. 하지만 해상통신용 안테나의 발전속도는 사용자의 요구와 비교했을 때 많이 부족한 것을 느끼고 있다. 그래서 해상에서 도움이 되는 안테나를 개발하고자 하였고 안테나의 소형화, 이득 및 방사패턴을 개선한 고속 통신망 시스템을 효과적으로 사용하기 위해 3 [GHz], 5.72 [GHz] 대역에서 동작하는 UWB/Bluetooth용 안테나를 설계하였다. 대역폭의 개선을 위해 마이크로스트립 패치 안테나를 선택하였고 3D 설계가 가능한 CST Microwave Studio 2014 프로그램을 이용하였다. 프로그램을 통해 각 단계마다 이론적인 근거에 의한 수식을 이용하여 슬롯의 폭, 길이, 전송선로의 폭 등을 계산하여 결과값을 확인하였다. 또한 시뮬레이션을 통해 제작 기준에 적합한 지 확인하는 과정을 거쳤다. 해상에서 근거리 통신을 위한 고속 무선 통신용인 UWB와 해당 기술을 쉽고 편하게 접할 수 있고 각각의 기기와 연결을 통해 근거리의 정보교환을 강조한 Bluetooth를 추가하여 사용자들에게 많이 활용될 수 있을 것이다.

핵심용어 : 안테나, 이중대역, 블루투스, 고속 무선 통신, CST, 마이크로스트립

Abstract : Communication antennas used at sea have been developed remarkably. However, the speed of this development is insufficient when compared with user demands. Therefore, we developed an antenna for UWB/Bluetooth that operates on 3 [GHz] and 5.72 [GHz] bands in order to use the high-speed communication network system which improved antenna miniaturization, gain and radiation patterns. To improve bandwidth, a microstrip patch antenna was selected and CST Microwave Studio 2014 program was used. Through the program, we calculated the slot width, length, transmission line width, etc. using a theoretical formula at each step. These figures were checked through simulation to see if they meet production standards. UWB for high-speed wireless communication for short-range communication at sea, Bluetooth for exchanging information at a short distance by connecting each device, and corresponding technology can be easily utilized.

Key Words : Antenna, Dual-band, Bluetooth, High-speed wireless communication, CST, Microstrip

1. 서 론

현대사회에서 광대역을 통해 이동통신, 무선랜통신은 빠르게 발전하고 있다. 이에 적응한 사람들은 계속해서 통신 속도가 빠르고 어디에서나 통신이 가능한 것을 요구하고 있다. 해상통신도 역시 e-Navigation, 해상용 LTE 등 계속해

서 개발이 되고 있지만 이동통신 및 무선랜 통신 개발 속도에 따라가지 못하고 있고 통신 간섭문제가 있어 보완해야 하는 부분도 존재한다. 또한 필요로하는 사람들의 사용량은 낮은 편에 속하고 있다. 수많은 통신 기업들이 이러한 문제점을 인지하고 있고 기술적으로 보완을 하며 최적화하는 추가적인 연구과 함께 점차 기술력을 인정받고 있다(Kang et al., 2003). 그러므로 이동통신의 기술을 해상에서도 사용가능면서 해상통신 기술에 도움이 될 수 있는 방안

† rudfhr1646@naver.com

을 찾으려 하였다.

UWB 통신 시스템은 사무실이나 가정에서 무선으로 고화질과 비 압축 멀티미디어 데이터 정보를 전송함으로써 자료 전송의 편리함을 가지고 있다. 동작대역인 3.1~10.6 [GHz]를 만족하는 광대역 안테나가 필수이며, 소형의 안테나가 요구된다(Choi et al., 2012). Bluetooth는 전자 장비간의 짧은 거리의 데이터 통신 방식을 규정하며 개인용 컴퓨터에 이용되는 마우스, 키보드를 비롯해 여러 정보교환기기 등에서 디지털 정보를 무선통신을 통해 주고 받는 용도로 사용되고 있다(Cho et al., 2000). 이러한 장점을 해상 통신에 적용할 수 있게 섬지역 및 육상 기지국 등에 안정적으로 통신할 수 있는 중계기를 설치하는 인프라가 구축된다면 충분히 사용가능할 것이다. 또한 UWB 통신 안에서 각종 멀티미디어기기와 연결할 수 있는 Bluetooth 기술을 연동할 수 있다면 디지털 기기의 정보교환에 있어 더욱 편리할 것이다(Kim, 2009).

해상에서 통신품질의 안정성과 빠르게 통신을 할 수 있는 두 통신 방식에 적합한 안테나를 설계하려 하였고, 대역폭 선정에 있어 변경이 자유로운 마이크로스트립 안테나를 선택하였다. 마지막으로 UWB/Bluetooth용 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였다.

본 논문의 소개는 다음과 같다. 1장 서론, 2장 마이크로스트립 안테나 설계이론, 3장 안테나의 설계 및 시뮬레이션 결과, 4장 결론으로 구성하였다.

2. 마이크로스트립 안테나 설계이론

2.1 마이크로스트립 안테나 이론

가장 간단한 형태의 마이크로스트립 소자는 두 개의 평행 금속이 얇은 유전체 기판에 의해 분리된 층형 구조인데, 이때 아래 금속은 접지면으로 동작하게 된다. 만일 위쪽 금속이 길고 좁은 선로라면 마이크로스트립 전송선로가 형성되고, 적절한 파장 크기의 패치라면, 이 소자는 Fig. 1과 같은 안테나 역할을 하는 복사소자가 놓여있고 다른 쪽에는 접지 평면을 가진 형태로 구성된다(Randy, 2004).

급전은 패치의 적절한 점에서 이루어지며 복사소자와 급전선은 대개 유전체 기판상에서 사진식각기법에 의해 형성된다.

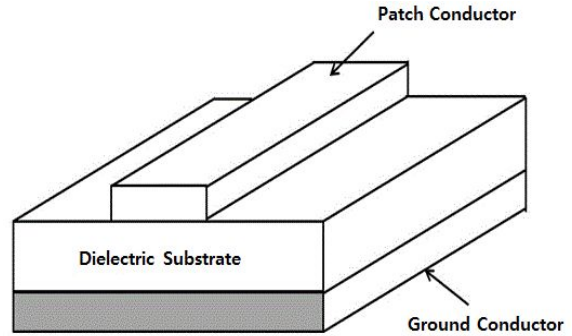


Fig. 1. Structure of a microstrip antenna.

2.2 안테나의 대역폭

마이크로스트립 패치 안테나가 공진기로서 가장 중요한 성질은 대역폭이 좁아 높은 선택도(Quality factor)를 가진다는 것이다. 이 선택도(Q_{rad})는 공진기에서 다음 식(1)과 같이 정의된다.

$$Q_{rad} = \frac{2 \cdot w \cdot U}{G_{rad} \cdot V_0^2} \quad (U \rightarrow \text{축적 에너지}, \quad (1)$$

$$w \rightarrow \text{공진주파수},$$

$$G_{rad} \rightarrow \text{공진기 이득},$$

$$V_0 \rightarrow \text{패치 안테나 전압})$$

여기서, 유전체 손실에 의한 선택도(Q_d)와 도체에서 표피 저항 손실에 따른 선택도(Q_c)는 식(2), (3)과 같이 정의된다.

$$Q_d = \frac{1}{\tan \delta} \quad (\delta \rightarrow \text{표피깊이}) \quad (2)$$

$$Q_c = \frac{h}{\sqrt{\frac{2}{w\sigma\mu_0}}} \quad (\sigma \rightarrow \text{도전율}, \mu_0 \rightarrow \text{도전율}, \quad (3)$$

$$w \rightarrow \text{공진주파수}, h \rightarrow \text{표피깊이})$$

따라서, 전체 선택도(Q_t)는 다음 식(4)과 같이 정의된다.

$$\frac{1}{Q_t} = \frac{1}{Q_{rad}} + \frac{1}{Q_d} + \frac{1}{Q_c} \quad (4)$$

대역폭은 항상 공진 주파수 이외의 주파수에서 공진기와 급전선간의 부정합으로 인해 발생하는 정재파비에 의하여 결정되는데 이 정재파비는 반사계수의 크기와 밀접한 관계가 있다. 대역폭(BW)는 전체 선택도(Q_t)와 전압정재파비(VSWR)항으로 표현된다. 따라서 식(5)로 표현한다(Katehi and Alexopoulos, 1985).

$$BW = \frac{VSWR - 1}{Q\sqrt{VSWR}} \quad (5)$$

전압정재파비란 반사계수, 혹은 S_{11} , S_{22} 등을 다르게 표현한 값으로써 반사에 의해 생성되는 정재파의 높이비를 의미한다. 전기적 파동은 반사된 경우 고정된 전압을 가진 파형이 움직이지 않고 고정된 채 존재하게 되는데 반사량이 많을수록 정재파의 크기가 커진다. 그래서 $VSWR$ 은 반사가 거의 없는 경우에는 1에 가깝고 반사량이 늘어날수록 무한대에 가까워진다.

$$VSWR = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|} \quad (6)$$

안테나가 반사가 없다는 것을 보이기 위해 표를 참고하여 반사 기준을 $VSWR$ 2:1로 설정하여 다음 식에 대입한다.

$$|\Gamma_L| = \frac{VSWR - 1}{VSWR + 1} \quad (7)$$

$\Gamma_L = 1/3$ 이 되며 이를 데시벨로 표현하면 $\Gamma_L = -9.5[dB]$ 가 되며 안테나는 보통 $0.5[dB]$ 만큼 반사가 더 생긴다. 일반적으로 $VSWR = 2(-10[dB])$ 인 주파수 폭을 대역폭으로 정한다(Balanis, 1997).

2.3 안테나의 지향성

안테나의 특성을 나타내는 요소 하나는 그 안테나가 어느 특정 방향으로 에너지를 얼마나 많이 집중해 방사할 수 있는가 하는 점이다. 안테나의 이러한 특성을 지향성은 곧 전력이득과 같다. 보통 안테나 이득은 등방성 안테나 또는 반파장 다이폴 안테나를 기준으로 했을 때의 상대적인 양을 의미한다. 지향성은 어떤 특정 방향으로 진행되는 방사세기 대 평균방사세기의 비로 정의된다(Schaubert., 1981). 즉 지향성 D 는 식(8)과 같다.

$$D = \frac{U(\theta, \phi)/r^2}{U_{ave}/r^2} = \frac{\frac{1}{2}R_e(E \times H^*) \cdot \hat{r}}{P/4\pi r^2} \quad (8)$$

축적에너지의 평균 값(U_{ave})에 대한 수식은 식(9)와 같이 표현된다.

$$U_{ave} = \frac{1}{4} \iint U(\theta, \phi) d\Omega = \frac{P}{4\pi} \quad (9)$$

이것을 식(8)에 대입하면 식(10)과 같다.

$$D(\theta, \phi) = \frac{U(\theta, \phi)}{\frac{1}{4\pi} \iint U(\theta, \phi) d\Omega} = \frac{|U(\theta, \phi)|^2}{\frac{1}{4\pi} \iint |U(\theta, \phi)|^2 d\Omega} \quad (10)$$

$$= \frac{4\pi}{\Omega_A} |F(\theta, \phi)|^2$$

여기서 Ω_A 는 빔 입체각 (Beam solid angle)으로 식(11)와 같이 정의된다.

$$\Omega_A = \iint |F(\theta, \phi)|^2 d\Omega \quad (11)$$

이러한 결과는 지향성이 패턴 모양에 따라 결정된다는 것을 보여준다. 빔 입체각이란 단위 입체각 당 전력이 빔역의 최대값과 같다고 가정했을 때 모든 전력이 방사되어 나갈 입체각을 말한다(Pozar, 1995).

2.4 안테나의 이득

지향성은 단순히 안테나의 방사패턴으로 결정된다. 안테나가 시스템에 사용될 그 지향특성과 더불어 안테나가 얼마나 효과적으로 입력단자에서의 가용전력으로 변환시킬 수 있는냐는 매우 중요한 사항이다.

전력이득 G 혹은 간단히 이득은 정량화하는 것을 말하며, 어떤 주어진 방향으로 방사세기와 송신기에서 안테나로 전달된 전력비에 4π 를 곱한 것과 같으며 식(12)로 정의할 수 있다.

$$G = \frac{4\pi U(\theta, \pi)}{P_{in}} \quad (12)$$

여기서 G 는 이득이며 $U(\theta, \phi)$ 는 안테나에서의 손실을 고려한 (θ, ϕ) 방향으로의 안테나 방사세기이다. P_{in} 는 안테나에 전달된 입력전력이다. 이득의 최대값은 식(13)로 주어진다.

$$G = \frac{4\pi U_m}{P_{in}} \quad (13)$$

이와 같이 이득은 θ 와 ϕ 의 함수로 표시할 수 있으며, 경우에 따라서는 어떤 특정 방향의 경우 하나의 값으로 나타낼 수 있다. 만일 방향에 대한 언급이 없고 이득값이 θ 와 ϕ 의 함수로 주어지지 않았다면, 최대값을 의미한다(Mak et al., 2005).

3. 안테나 설계 및 시뮬레이션 결과

3.1 안테나 설계

위의 이론적 바탕을 통해 UWB/Bluetooth용 이중대역 안테나를 설계하였다. Fig. 2는 UWB/Bluetooth용 이중대역 안테나의 디자인을 나타내고 있다. 기판의 크기를 줄여 안테나의 크기를 최소화 하였으며 적은 변수를 사용하여 설계를 간단하게 할 수 있었다. 이 안테나는 유전율($\epsilon_r=4.3$) 및 유전 정접($\tan\delta=0.025$)의 정수인 FR-4(loosy) Substrate이며 크기는 20 [mm]×30 [mm]이다. Ground의 크기는 20 [mm]×5 [mm]로 설계하였다. Table 1은 제안된 안테나의 패치 길이 값을 나타낸 파라미터이며, Table 2는 제안된 안테나 각 요소들의 두께를 나타낸다.

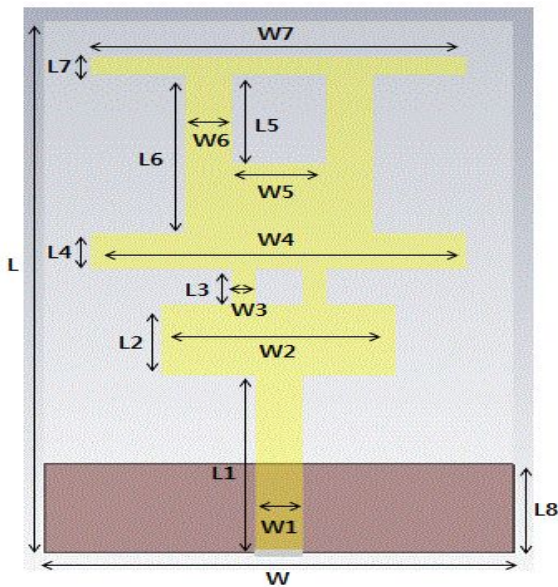


Fig. 2. Designed microstrip antenna layout.

Table 1. Each parameter of the designed antenna

Symbol	Value (mm)	Symbol	Value (mm)
L	30	W	20
L_1	10	W_1	2
L_2	4	W_2	10
L_3	2	W_3	1
L_4	2	W_4	16
L_5	5	W_5	4
L_6	9	W_6	2
L_7	1	W_7	16
L_8	5		

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 시뮬레이션 결과

시뮬레이션은 3D 설계가 가능한 CST Microwave studio 2014 프로그램을 사용하였다. Fig. 2, Table 1, Table 2의 값을 바탕으로 대입하여 진행하였다. Fig. 3은 제안된 안테나의 입력대역 반사손실로서 최고치인 3 [GHz]에서 -29.239 [dB]와 5.72 [GHz]대역에서 -28.53 [dB]를 나타낸다. 또한 원하는 주파수 두 대역에서만 -10 [dB] 이하로 떨어지는 것을 확인할 수 있는데 이는 UWB/Bluetooth용 이중대역 안테나로 사용할 수 있다는 것을 의미한다. Fig. 3, Fig. 4은 Table 1, Table 2을 바탕으로 설계한 이중대역 안테나를 나타낸 전계와 자계의 값을 표현하는 패턴이고 화살표는 시작 방향을 뜻한다. Fig. 5은 안테나를 접지에 연결했을 때의 예상 전류흐름 패턴이다. Fig. 6~9는 두 주파수에 따른 이득이 높을수록 사용가능성이 높아지는 것을 보여주는 방사패턴 3D 결과이다. 또한 화살표는 전류가 흐르는 방향이며, 녹색부분은 전류를 가리킨다.

Φ , Θ 의 그림을 추가한 이유는 방사패턴 특징 중 8자형이 모양을 가지고 있어야하기 때문에 나뉘어서 나타내었다 (Fig. 10).

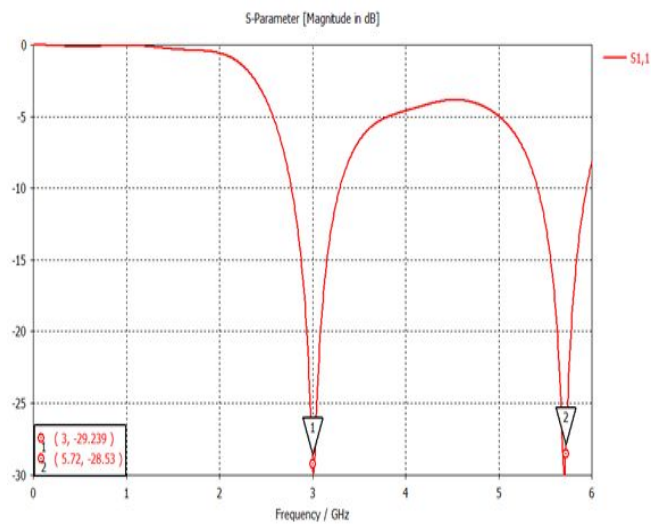


Fig. 3. Return loss to input S-Parameter.

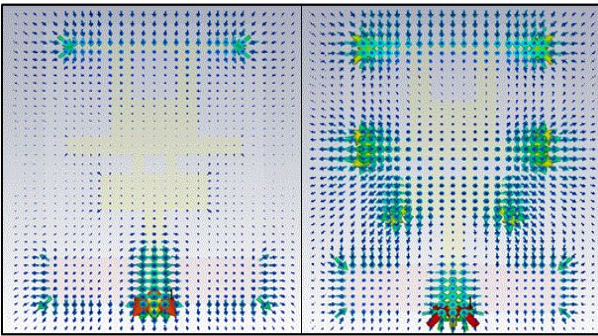


Fig. 4. E-field result at 3 [GHz], 5.72 [GHz].

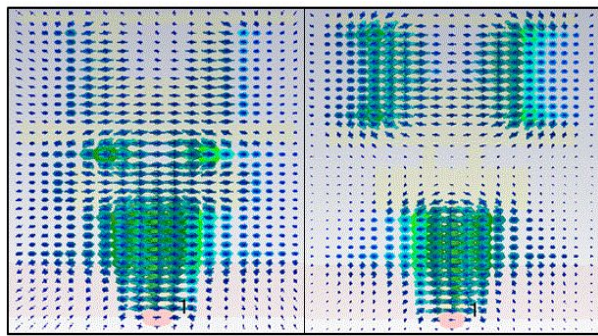


Fig. 5. H-field result at 3 [GHz], 5.72 [GHz].

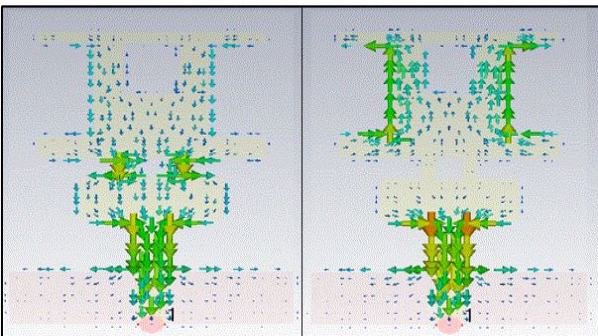


Fig. 6. Current Flow result at 3 [GHz], 5.72 [GHz].

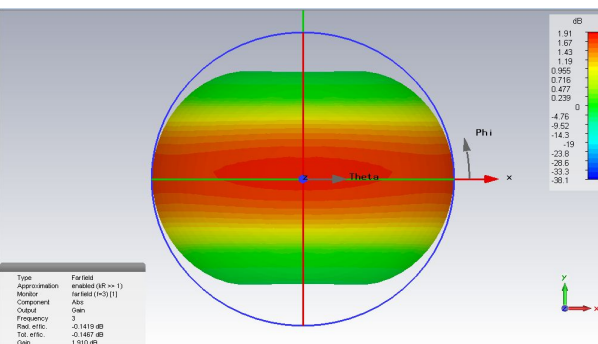


Fig. 7. Radiation Pattern 3D Results at 3 [GHz].

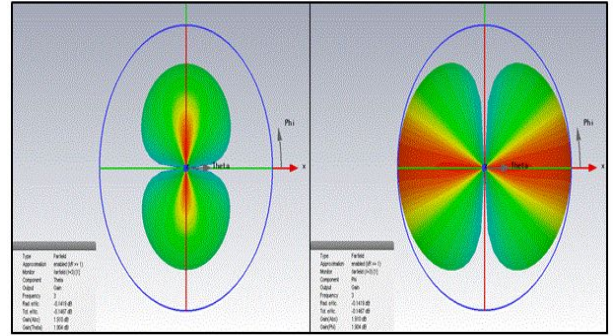


Fig. 8. Radiation Pattern 3D Theta, Phi Results at 3 [GHz].

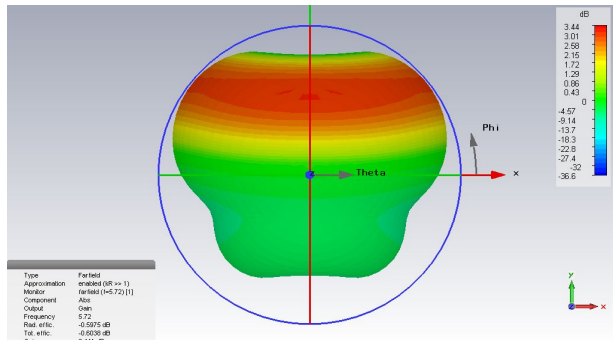


Fig. 9. Radiation Pattern 3D Results at 5.72 [GHz].

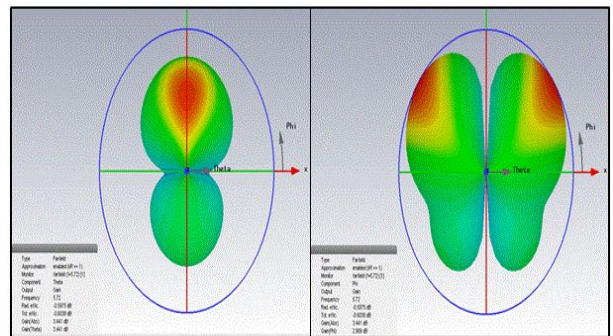


Fig. 10. Radiation Pattern Theta, Phi Results 3D at 5.72 [GHz].

Fig. 11는 설계된 안테나에서 VSWR을 나타낸 것으로 위의 안테나 이득의 이론을 참고하였다. 3 [GHz], 5.72 [GHz]에서 전압정재파비가 각각 약 1.07, 1.07으로 전압정재파비 조건인 $VSWR \leq 2$ 에 만족한다. Fig. 12의 Smith Chart 특성을 살펴보면 3 [GHz], 5.72 [GHz]에서 안테나가 입력 임피던스가 50[Ω]으로 정합이 되었으며 동작대역에서 공진이 나타남을 확인할 수 있었다. 그러므로 이중대역 안테나를 제작할 수 있는 조건에 만족하였다.

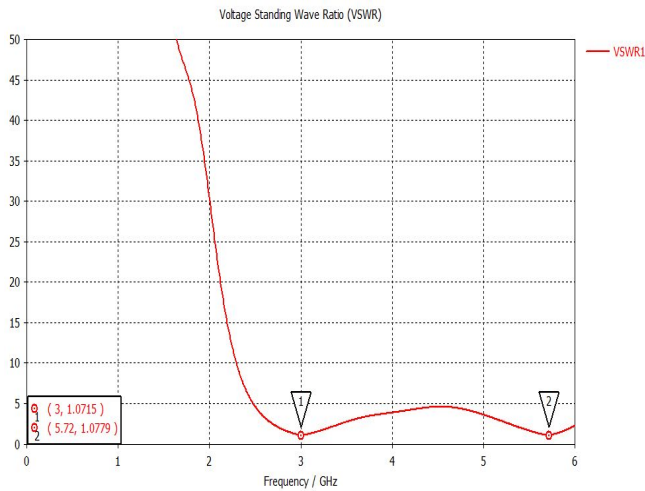


Fig. 11. VSWR at 3 [GHz], 5.72 [GHz].

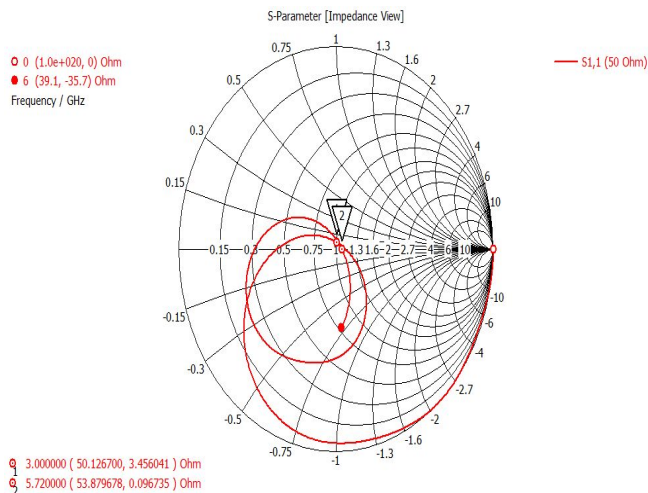


Fig. 12. Smith chart of designed antenna.

4. 결론

본 논문에서는 해상에서 사용가능하기 위한 UWB와 Bluetooth 통신용 이중대역 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 위의 이론을 바탕으로 설계된 안테나는 3D 설계와 시뮬레이션을 확인 가능한 CST Micro Studio 2014 Program을 사용하였다. 간단한 구조와 적은 변수들을 가지고 있고 입력대비 반사손실로서 3 [GHz]와 5.72 [GHz]에서만 -10 [dB] (VSWR 2:1) 이하의 값을 나타내며, VSWR 역시 두 대역 값이 모두 1.7로 제작하기 위한 조건에 만족한다. 또한, 안테나의 이득도 3 [GHz]일 때 1.91 [dBi], 5 [GHz]일 때 3.44 [dBi]로 UWB와 Bluetooth 통신용으로 사용할 수 있다는 결과를 확인할 수 있었다. 그러므로 설계된 안테나는 동작주파수 대역

에서 여러 가지 이론적 조건에 만족하여 UWB/Bluetooth용 통신 시스템에 적용 및 활용 가능한 안테나로 제작이 가능할 것으로 보인다.

마지막으로 향후 설계된 안테나를 제작하여 제작된 안테나를 실제 활용가능할 수 있는지 성능평가를 통해 추가적인 연구를 진행할 것이고 안정적인 통신이 가능하도록 기술을 향상 및 발전시킬 연구가 계속 될 것이다.

References

- [1] Balanis, C. A.(1997), Antenna Theory: Analysis and design second edition, John Wiley & Sons, New York.
- [2] Cho, J. W., Y. H. Yoo and M. C. Joo(2000), Bluetooth technology and development trend, The Institute of Electronics Engineers of Korea, Vol. 27, No. 12, pp. 122-131.
- [3] Choi, H. S., K. Choi and H. Y. Hwang(2012), A Miniaturized and Band Rejection Characteristic of Bow-Tie Monopole UWB Aantenna, The Journal of Korea Institute of Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 23, No. 3, pp. 300-305.
- [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] Katehi, P. and N. Alexopoulos(1985), A bandwidth enhancement method for microstrip antennas, IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, Vol. 23, pp. 405-408.
- [6] Kim, T. G.(2009), Design of trapezoidal plane UWB antenna using symmetric meander feeder line, The Journal of the Korea Electromagnetic Engineering Society, Vol 20, No. 8, pp. 739-745.
- [7] Mak, 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] Pozar, D. M.(1995), A Review of bandwidth enhancement techniques for microstrip antennas, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, pp. 157-467.
- [9] Randy, B.(2004), Microstrip and printed Antenna Design, Noble Publishing Ltd.
- [10] Schaubert, D., F. Farrar, A. Sindoris, and S. Hayes(1981),

Microstrip antennas with frequency agility and polarization diversity, IEEE Transactions on Antennas & Propagation, Vol. AP-29, No. 1, pp. 118-123.

Received : 2018. 09. 06.

Revised : 2018. 10. 15. (1st)
 : 2018. 11. 20. (2nd)

Accepted : 2018. 12. 28.