

선박 내 무선 시스템을 위한 UWB용 CPW-FED APERTURE 안테나 설계

김갑기*

* 목포해양대학교 전자통신공학부

Designs on CPW-FED Aperture Antenna for UWB Applications for Wireless System in a Ship

Kab-Ki Kim*

* Division of Maritime Electronic and Communication Engineering, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

요약 : 본 논문에서는 선박 내 무선 장비로 활용 가능한 새로운 CPW 급전 UWB 개구면 안테나를 설계하고자 한다. 설계 되어진 안테나는 그라운드면 위에 직사각형을 패어낸 모형과 버섯형태의 스텐브로 구성되어진다. 또한, 버섯형태의 스텐브는 간단하고 적은 변수를 갖는 것과 동시에 원하는 UWB 대역에 맞는 가장 적절한 값을 구해내기 편리하다. 안테나의 작은 홈의 크기는 $21.1 \times 8.1\text{mm}^2$ 이며 두께는 1.5mm에 유전율이 4.3을 가지는 FR-4에 제작되었다. CPW fed 평면 슬롯 안테나는 무선 주파수의 안테나에서 전파를 선택하여 증폭 시킨 후 중간주파수로 변환하는 회로와 함께 광대역, 저비용, 간단히 집적화 시킬 수 있는 이점들을 가지고 있다.

핵심용어 : Cpw 급전 개구면 안테나, 마이크로스트립, 스텐브, 연방 통신 협회, 급전

Abstract : In this paper, a new co-planar waveguide ultra-wideband aperture is designed as wireless application in ships. The designed antenna consists of a rectangular aperture on a determined ground plane and a mushroom shaped stub. The mushroom-shaped stub, which is simple, convenient to analyze and optimise, has less parameters. This antenna has compact aperture size $21.1 \times 8.1\text{mm}^2$, designed on FR-4 substrate with dielectric constant of 4.3, thickness of 1.5mm. CPW fed planar antenna has the advantages of wide-bandwidth, low-cost and easy interaction with the radio frequency front end circuitry.

Key Words : CPW-fed aperture antenna, Microstrip, Stub, FCC, Feeding

1. 서론

현재 해상에서 사용되어지는 선박 내 및 선박 간의 충돌문제, 인적 요소에 의한 안전사고의 적극적 대책, 특수목적을 가진 선박의 인력 배치의 어려움 등을 가지고 있는 실정이다. 이러한 문제를 적극적으로 해결해 줄 UWB 기술은 높은 속도의 데이터율과 다중경로 간의 간섭을 최소화 할 수 있는 장점을 가지고 있고, 저 전력의 송신전력을 넓은 대역에 걸쳐서 송신하기 때문에 선박 내 중계기용 안테나 관점에서 UWB는 기저 대역 잡음과 같이 보일 수 있다. 따라서 이러한 이유 때문에 기존 협대역 시스템에 심각한 장애를 야기하지 않고 동일 해상에서 안전사고를 방지할 수 있게 된다.

통신 서비스에 있어서 중요시되는 것이 안정된 통화 품질이며, 각 기지국 및 중계기에 설치된 안테나의 특성은 통화 품질을 결정하는 수많은 요소이다. 이러한 선박 내에서 사용

될 UWB 안테나는 광대역으로 정밀한 위치 인식 및 추적, 장애물 투과 특성이 우수하고, 매우 짧은 펄스를 이용하여 통신하기 때문에 멀티 패스에 강인하다. 또한, UWB 송수신기는 소형화 및 저전력의 특성을 가지고 있다. 본 논문에서 설계된 UWB용 CPW 급전 평면 슬롯 안테나는 수신되어진 전파를 선택하여 증폭 시킨 후 중간주파수로 변환하는 회로를 포함함으로써 광대역, 저비용의 장점을 가져 CPW 안테나의 설계는 최근 선박 통신으로 많은 각광을 받고 있다(Chiou et al., 2003; Chen, 2003; Consoli et al., 2006; Li et al., 2005; et al., 2006; Lin and Hung, 2006; Saed, 2006; Jiao et al., 2007).

본 논문에서는 FCC(연방 통신 연합)에서 규정한 UWB 대역 $3.1 \sim 10.6\text{GHz}$ 의 광대역을 커버하기 위해 CPW 급전 광대역 슬롯 안테나의 중심에 직사각형 홈을 판 개구면 안테나를 설계하였다. 설계된 안테나는 $50[\Omega]$ 으로 매칭된 CPW 전송선로를 가지고 있으며, 전송선로 특성은 반원 스텐브에 의해 결정된다. 전체 급전 구조는 버섯 형태로 보이는 스텐브로 간단한 구조와 적은 변수를 가지게 된다.

* 정희원, microkim@mmu.ac.kr 061)240-7257

2. 패치안테나 설계 이론

2.1. 패치의 폭과 길이

공진 주파수 f_r 에서 동작하도록 유전율이 ϵ_r 이고 두께가 h 인 기판위에 구형 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 경우 실제 폭 W 는

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

이 된다. 여기서 C 는 광속도, f_r 은 안테나의 공진주파수이다. 공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진패치 가장자리에서의 계와 폭에 대해서 프린징이 발생하게 된다. 총 프린징 효과는 공진패치의 크기와 기판높이의 함수로써 안테나의 공진주파수에 영향을 주기 때문에 고려해야한다. 마이크로스트립 선로에서 대부분의 전기력선은 기판에 존재하고 그 일부는 공기에 존재한다. 즉, 파의 일부는 기판에, 다른 일부는 공기로 진행하기 때문에 선로에서 프린징과 전파 전파를 계산하기 위하여 실효유전율을 도입한다. 실효유전율 ϵ_{re} 은 $W/h > 1$ 인 경우,

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

으로 나타낼 수 있다. 프린징 효과 때문에 마이크로 스트립 안테나의 공진패치는 물리적인 크기보다 전기적으로 더 큰 것처럼 보인다.

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

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

실효유전율 ϵ_{re} 와 선로확장 Δl 에 의해 방사체 길이 L 은

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

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

2.2. 공진주파수의 결정

마이크로스트립 패치 안테나의 공진주파수 f_r 은 식(4)에 의해

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

과 같이 나타낼 수 있다. 공진주파수는 안테나 소자의 전기적인 길이 ($L + \Delta l$), 실효유전율 과 기판의 두께에 관계가 있지만 주로 길이에 의해 결정된다(김, 2004).

3. 안테나 설계

최적의 변수로 설계된 안테나는 다음 Fig. 1과 같다. 안테나는 PCB의 그라운드 면으로부터 직사각형을 파냄으로써 공진을 위하여 CPW-급전에 버섯형태로 된 스테브로 구성되어 있다.

설계된 안테나는 FR-4 기판을 사용하여 접지면 위에 설계하였고, 유전율은 $\epsilon_r=4.3$ 에 기판의 두께는 $h=1.5\text{mm}$ 이다.

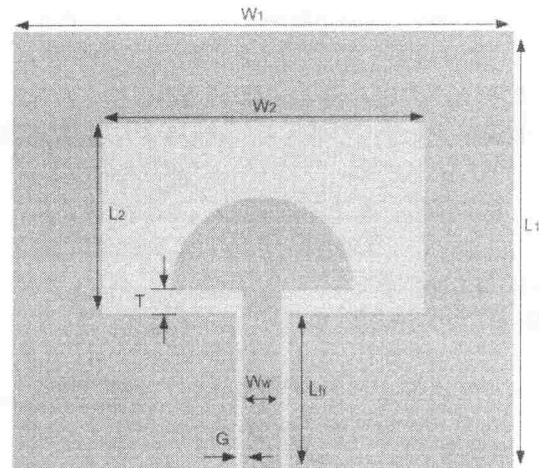


Fig. 1. Layout of the designed antenna.

접지면의 폭 $W_1=32.8\text{mm}$, 높이 $L_1=27.8\text{mm}$ 이고 직사각형 홈의 폭 $W_2=21.1\text{mm}$, 높이 $L_2=12.1\text{mm}$ 이다. 50Ω CPW 급전 선로의 급속 스트립 선로 간격의 폭 $W_w=2.64\text{mm}$ 이고, 스트립 선로와 접지와와의 간격은 $G=0.4\text{mm}$, $L_h=9.85\text{mm}$ 이다.

반지름 R 의 반원은 CPW 급전 선로의 끝 부분에 연결하였고, 반원 단자와 접지면의 가장자리 간격은 T 로 정의하였다. 버섯 형태로 된 스테브는 두개의 변수들을 가지는데, 이 두개의 변수는 반경 R 과 버섯형태로 된 스테브와의 폭 T 이다. 간단하게 최적의 값들을 찾을 수 있도록 이 회로는 설계하였다.

개구면 안테나의 버섯 형태로 된 스테브는 안테나의 광대역 특성을 향상시키기 위하여 슬롯과 급전 선로 사이를 연결한 것이다. 안테나 형성에 영향을 미치는 아주 중요한 변수는 반경 R 과 폭 T 이다.(Lin and Hung, 2006).

시뮬레이션은 CST사의 Microwave Studio 2006B를 사용하여 안테나를 설계하였고, 버섯 형태로 된 스테브 반원의 반경 R 값을 조정하여 Fig. 2와 같이 입력 대비 반사손실을 알아냈

다. $R=5.5\text{mm}$ 일 때, 입력 반사손실이 -10dB 미만의 결과를 얻을 수 있었다. 또한 안테나에 영향을 줄 수 있는 버섯 형태로 된 스테르브와 접지 면의 폭 T 를 조정하여 Fig. 3과 같은 입력 대비 반사손실을 얻을 수 있었다. 마지막으로 얻어진 T 와 R 값을 지정하여 시뮬레이션 한 결과 Fig. 4와 Fig. 5에서와 같이 입력 대비 반사손실은 -10dB 미만, 정재파비 VSWR 2:1을 보여준다. 주파수 범위는 $3.3[\text{GHz}]\sim 10.56[\text{GHz}]$ 까지 약 $7.26[\text{GHz}]$ 의 광대역 특성을 보였다.

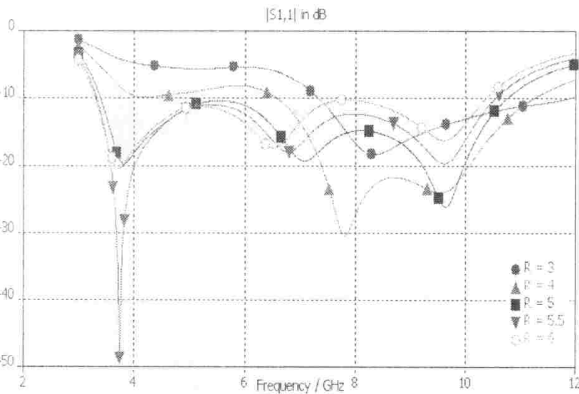


Fig. 2. Simulated $|S_{11}|$ curve under different R .

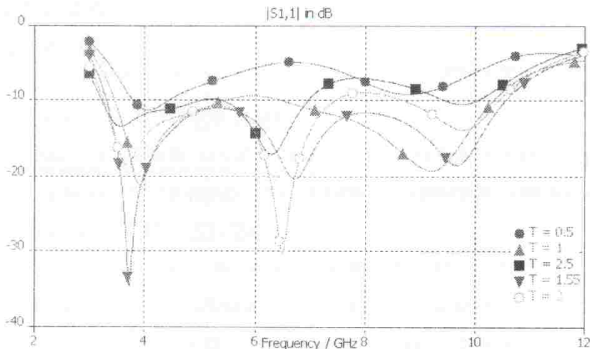


Fig. 3. Simulated $|S_{11}|$ curve under different T .

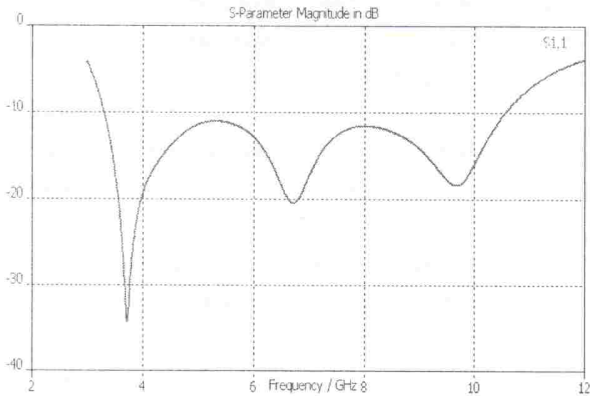


Fig. 4. Input return loss $|S_{11}|$.

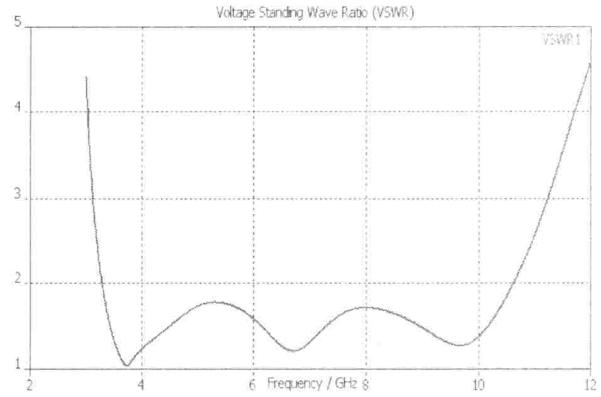


Fig. 5. VSWR.

Fig. 6에서부터 Fig. 11은 $3.3[\text{GHz}]$, $6.5[\text{GHz}]$, $9.6[\text{GHz}]$ 에 대한 H평면과 E평면의 방사패턴을 보여주고 있다. H평면은 전방향성 패턴을 가지면서 모노폴 안테나와 비슷하고 주파수가 증가함에 따라 점점 더 지향성이 되어간다. E평면은 특히 낮은 주파수들에서 거의 양 방향성을 보여준다. H 평면 패턴은 E평면보다 비교적 더 넓은 교차편파를 보인다.

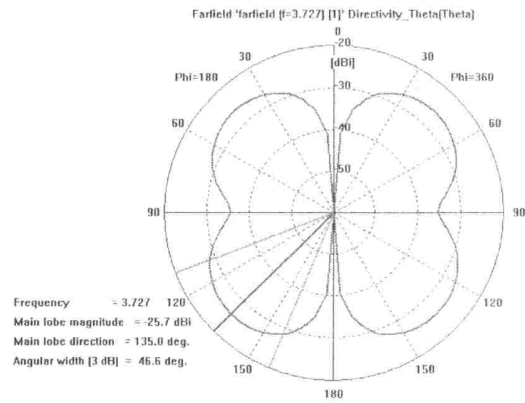


Fig. 6. Radiation of the H-plane at $[3.3\text{GHz}]$.

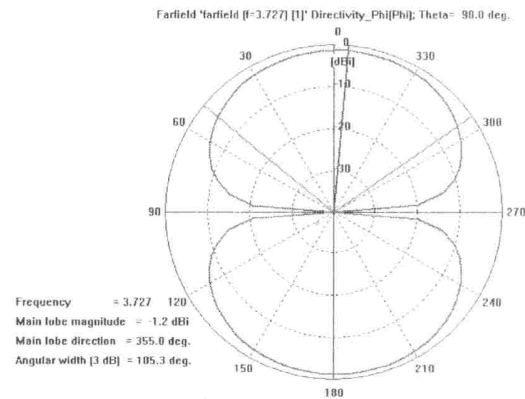


Fig. 7. Radiation of the E-plane at $[3.3\text{GHz}]$.

4. 결 론

본 논문에서는 UWB 대역을 만족하는 선박 내의 무선 시스템을 위한 소형 안테나를 제안하고 설계하였다. 제안된 안테나는 3.3[GHz] ~ 10.56[GHz]까지 약 7.26[GHz]대역의 광대역 특성을 보여주었고, -10dB (VSWR 2:1)이하의 입력 대비 반사손실과 정제파비를 나타내었다. H평면과 E평면의 방사 패턴의 결과는 H평면일 때, 전방향성 패턴을 보이면서 주파수가 증가함에 따라 점점 더 지향성이 증가하였고, E평면은 주파수가 낮아질수록 양방향성의 특성을 보여주었다. 안테나의 기관의 유전율은 $\epsilon_r=4.3$ 이며, 주파수 3.3GHz의 $\lambda/4$ 보다 더 작은 치수인 $22 \times 13 \text{mm}^2$ 로 그라운드 면을 파내어 소형으로 설계되었다. 설계된 마이크로스트립 패치 안테나는 간단한 구조와 적은 변수들을 가지고 있고, 안테나는 전방향성의 방사 패턴과 안정된 방사 패턴의 특성을 보이게 됨을 확인하였다. 선박 내 무선 제어를 위해 설계되어진 안테나는 서론에서 보였던 어려움을 해결할 수 있는 목표물 혹은 방해물을 식별하여 충돌 방지를 예방할 수 있으며, UWB 전파는 기존의 선박용 중계기에서는 잡음으로 나타나므로 보안통신에도 적합하다. 또한 유체 수위를 감지하는 목적과 해상에서의 재난 사고에 따른 인명 사고를 레이더를 이용하여 탐지할 목적으로도 사용할 수 있다.

추후에 최적으로 설계된 시뮬레이션 데이터들을 가지고 제작을 할 것이며, 제작된 안테나는 선박 내 무선 시스템으로 충분히 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 김평국(2004), "적층구조를 이용한 광대역 무선랜용 2x1 배열 안테나 설계 및 제작에 관한 연구" 석사학위논문집, pp. 38-40.
- [2] Chiou, J. Y., J. Y. Sze, and K. L. Wong,(2003), "A broad-band CPW-fed strip-loaded square slot antenna." IEEE Trans. Antennas propaga., Vol. 51, pp. 719-721.
- [3] Chen, H. D.(Aug. 2003), "Broadband CPW-fed square slot antennas with a widened tuning stub." IEEE Trans. Antennas propaga., Vol. 51, pp. 1382-1986.
- [4] Consoli, F., F. Maimone, and S. Barbarino(Nov. 2006), "Study of a PCW-fed circular slot antenna for UWB communication," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 48, pp. 2272-2277.
- [5] Li, P. C., J. X. Liang, and X. D. Chen(Oct. 2005), "Ultra-wideband elliptical slot antenna fed by tapered microstrip line with U-shaped tuning stub," Microwave Opt. Technol. Lett., Vol. 47, pp. 140-143.
- [6] Li, P. C., J. X. Liang, and X. D. Chen(2006), "Study of printed elliptical/circular slot antennas for

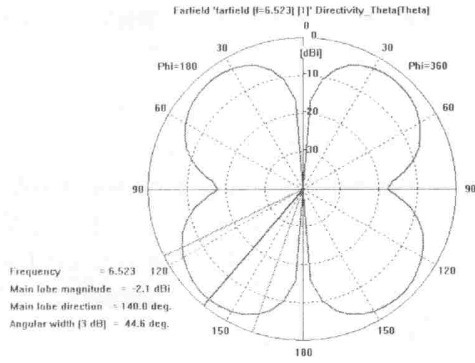


Fig. 8. Radiation of the H-plane at [6.5GHz].

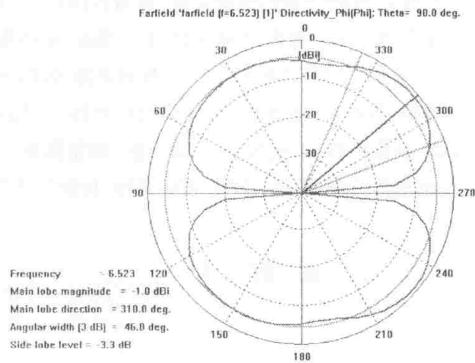


Fig. 9. Radiation of the E-plane at [6.5GHz].

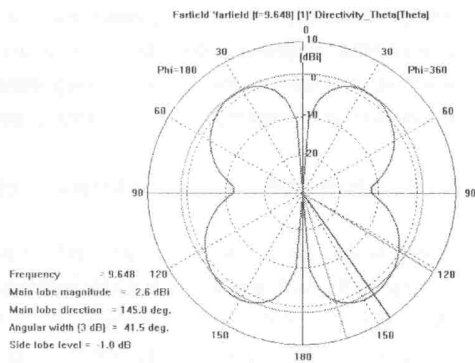


Fig. 10. Radiation of the H-plane at [9.6GHz].

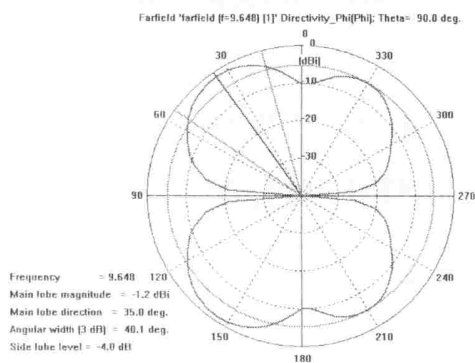


Fig. 11. Radiation of the E-plane at [9.6GHz].

ultrawide-band applications," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol.54, pp. 1640-1674.

- [7] Lin, Y. C. and K. J. Hung(Nov. 2006), "Compact ultrawideband rectangular aperture antenna and band-notched designs," IEEE Trans. Antennas Propag., Vol.54, pp. 3075-3081.
- [8] Saed, M. A.(2006), "Broadband CPW-fed planar slot antennas with various tuning stubs," Progress In Electromagnetics Reserch, PIER 66, pp. 199-212.
- [9] Jiao, J.-J., G. Zhao, F.-S. Zhang, H.-W. Yuan, and Y.-C. Jiao(2007), "A broadband CPW-fed T-shape slot antenna," Progress In Electromagnetics Research, PIER 76, pp. 237-242.

원고접수일 : 2008년 08월 20일

원고수정일 : 1차: 2008년 09월 21일

2차: 2008년 11월 30일

게재확정일 : 2008년 12월 22일