

## 해상 광대역 통신을 위한 LTE/Wi-Fi용 이중대역 안테나 설계

# Dual-Band Antenna Design for LTE/Wi-Fi for Maritime Broadband Communication

오 말근

목포해양대학교 항해정보시스템 학부

Mal-Geun Oh

School of Navigation and Information Systems, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

### [요 약]

본 논문에서는 해상에서 사용할 수 있는 소형 광대역 통신용 안테나를 위해 2.65 GHz, 5 GHz 대역에서 동작하는 LTE/Wi-Fi 통신용 안테나를 설계하였다. 대역폭의 개선을 위해 마이크로스트립 패치 안테나를 선택하였고 각 단계마다 이론적인 근거에 의한 수식을 이용하여 슬롯의 폭, 길이, 전송선로의 폭 등을 계산하였다. 또한 3D 설계가 가능한 CST Microwave Studio 2014 프로그램을 이용하여 마이크로스트립 안테나를 설계하였고, 설계된 안테나를 시뮬레이션한 결과 반사손실이 2.65 GHz에서 -12.712 dB 이고 5 GHz에서 -16.583 dB의 값을 보여주었다. 이득은 2.65 GHz에서 1.738 dBi의 값과 5 GHz에서 3.284 dBi의 수치를 보여주었다. 육상에서 사용하는 안테나와 비교하였을 때 통신속도, 통신의 안정성 등 차이가 나타나기 때문에 육상통신보다 열악한 환경인 해상에 사용 가능한 LTE/Wi-Fi용 이중대역 안테나를 설계하고자 한다.

### [Abstract]

In this paper, we design an antenna for LTE / Wi-Fi communication that operates in 2.65 GHz and 5 GHz band for small-sized broadband communication antenna that can be used in the sea. 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. In addition, we designed a microstrip antenna using CST Microwave Studio 2014 program that can design 3D. Simulation results show that the reflection loss is -12.712 dB at 2.65 GHz and -16.583 dB at 5 GHz. The gain was 1.738 dBi at 2.65 GHz and 3.284 dBi at 5 GHz. In this paper, we propose a dual-band antenna for LTE / Wi-Fi, which can be used in maritime environments, which is worse than terrestrial communication, because of differences in communication speed and communication stability compared with those used on land.

**Key word** : Dual-band, Antenna, LTE, Wi-Fi, Maritime communication.

<https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.6.665>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 10 September 2018; Revised 24 October 2018

Accepted (Publication) 19 December 2018 (30 December 2018)

\*Corresponding Author; Mal-Geun Oh

Tel: +82-10-3093-1280

E-mail: microkim@mmu.ac.kr

## I. 서론

최근 선박 사고의 증가로 인한 선박의 불안전성을 내포하고 있으며, 이를 해결하기 위해 e-Navigation과 해상 관련 LTE 등 통신의 중요성을 강조하는 사고를 줄이기 위한 해상 통신 연구가 계속해서 진행되고 있다. 해상에서 원활한 통신을 위해 해상 중계기 설치, 고이득 지향성이 장점인 안테나 설치를 하여 통신이 불가한 사각지대까지 통신 커버리지를 확보하는 등 여러 방안이 연구되고 있다. 통신의 사용량이 계속해서 증가하는 시기에 위성을 이용한 디지털 방송, 이동 통신, 광대역 통신 등 다양한 서비스가 이루어지고 있으며 이에 따른 빠른 전송속도, 끊김이 없는 통신 회선 품질의 발전이 되고 있다[1],[2].

스마트 기기의 급속한 확산으로 이동통신 기술 진화가 급속도로 진화하고 있다. 3GPP LTE/LTE-Advanced와 IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 802.11 기반 Wi-Fi 기술은 4 세대의 이동통신의 대표적인 표준 기술로 자리 잡고 있다[3]. 3GPP는 현재 이동통신 가입자의 약 89%이 사용하고 있는 GSM, WCDMA, HSDPA와 함께 LTE를 표준화작업을 하는 조직으로 LTE 기술을 보완해서 IMT-Advanced의 요구 조건을 만족하는 LTE 기술의 표준화 작업을 진행하고 있다[4].

무선통신 서비스에 있어 가장 중요한 점은 안정적인 통화품질과 빠른 전송이다. 각 기지국과 중계기에 설치된 안테나의 특성은 통화품질과 빠른 전송을 결정하는 아주 중요한 요소이다. 또한 해당 기술을 많은 이용자들이 사용하는 데 있어 안정적인 통신환경에 문제가 없도록 도와준다.

해상 통신에서 직면하고 있는 문제점은 주파수 자원의 부족과 점차 증가해가는 정보량을 전송해야하기 때문에 육상통신과 마찬가지로 해상통신시스템도 변화되어야하고 발전되어야 한다. 실제 해상에서 통신 서비스를 이용하고자 하는 경우 기지국 건설장소가 부족하고 어느 장소에 위치하는지의 선정과정의 어려움이 존재한다. 또한, 현재 해상 통신 환경은 해안에서 어느 정도의 거리만 벗어나더라도 육상 통신만큼 자유롭게 사용하기 어렵다. 그렇지만 E-Navigation, AIS(Automatic Identification System) 등이 점차 발전됨에 따라 육상에서 사용하는 통신 속도와 비교하였을 때 차이가 있지만 해상에서도 통신서비스를 제공받을 수 있게 되었다[5]. 그러므로 본 논문에서는 육상에서 사용하는 안테나와 다르게 더 열악한 환경인 해상에 사용 가능한 LTE, Wi-Fi용 이종대역 안테나를 설계하고자 한다.

## II. 마이크로스트립 안테나 설계이론

### 2-1 마이크로스트립 안테나 이론

안테나를 설계하기 위해서는 먼저 패치의 폭과 길이를 알아야한다. 공진 주파수  $f_r$ 에서 동작하도록 유전율이  $\epsilon_r$ 이고 두께가  $h$ 인 기판위에 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하

는 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. 공진패치의 길이와 폭이 유한하기 때문에 공진 패치 가장자리에서의 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  $\epsilon_{er}$ 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  $\Delta l$ 만큼 확장되었다.  $\Delta l$ 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  $\epsilon_{re}$ 와 선로확장  $\Delta l$ 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[6].

### 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[7].

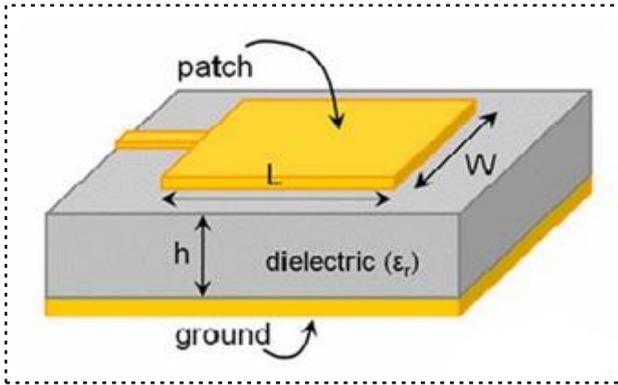


그림 1. 마이크로스트립 패치 안테나  
Fig. 1. Microstrip patch antenna.

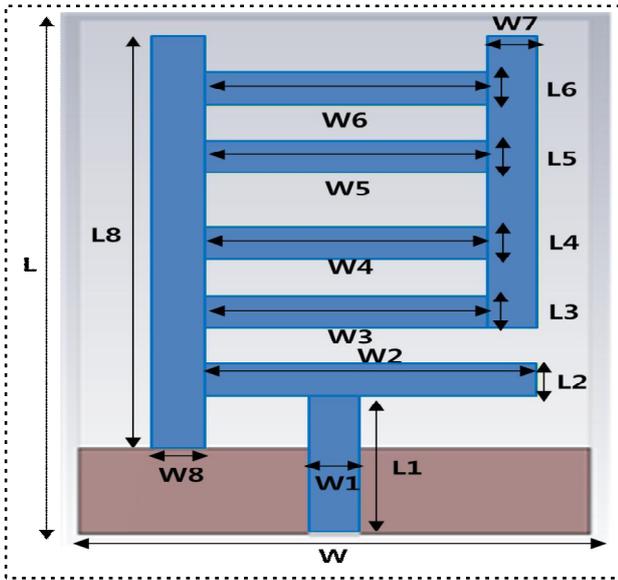


그림 2. 설계된 마이크로스트립 안테나 레이아웃  
Fig. 2. Designed microstrip antenna layout.

2-3 마이크로스트립 안테나의 구조

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 그림 1과 같은 안테나 역할을 하는 복사소자가 놓여있고 다른 쪽에는 접지 평면을 가진 형태로 구성된다[8].

III. 안테나 설계 및 시뮬레이션 결과

3-1 안테나 설계

그림 2는 LTE/Wi-Fi용 이중대역 안테나의 디자인을 보여

주고 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 20 mm × 30 mm이다. Ground의 크기는 20 mm × 5 mm로 설계하였다. 표 1은 제안된 안테나의 파라미터를 나타내며 표 2는 제안된 안테나의 두께를 나타낸다.

3-2 시뮬레이션 결과

그림 3은 제안된 안테나의 입력대비 반사손실로서 최고치인 2.65 GHz에서 -12.712 dB와 5 GHz대역에서 -16.583 dB를 나타낸다. 또한 원하는 주파수 두 대역에서만 -10 dB 이하로 떨어지는 것을 확인할 수 있는데 이는 LTE/Wi-Fi용 이중대역 안테나로 사용할 수 있다는 것을 의미한다. 그림 4부터 그림 10은 제안된 안테나의 전계, 자계 및 전류흐름과 방사패턴 결과를 나타낸다. 그림 11은 2.65 GHz, 5 GHz일 때의 정재파비(VSWR)를 나타내고 있으며 그림 12는 Smith Chart를 통한 2.65 GHz, 5 GHz에서의 안테나가 기준 값에 정합된 것을 확인할 수 있다. 그림 11는 설계된 안테나에서 VSWR을 나타낸 것으로 2.65 GHz, 5 GHz에서 각각 약 1.6, 1.35으로 전압정재파비의 조건인 VSWR이 2이하를 만족할 수 있다.

표 1. 제안된 안테나의 각 파라미터

Table 1. Each parameter of the designed antenna.

Symbol	Value(mm)	Symbol	Value(mm)
$L$	30	$W$	20
$L_1$	8	$W_1$	2
$L_2$	2	$W_2$	13
$L_3$	2	$W_3$	11
$L_4$	2	$W_4$	11
$L_5$	2	$W_5$	11
$L_6$	2	$W_6$	11
$L_7$	17	$W_7$	2
$L_8$	24	$W_8$	2

표 2. 제안된 안테나의 두께

Table 2. The thickness of the designed antenna.

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

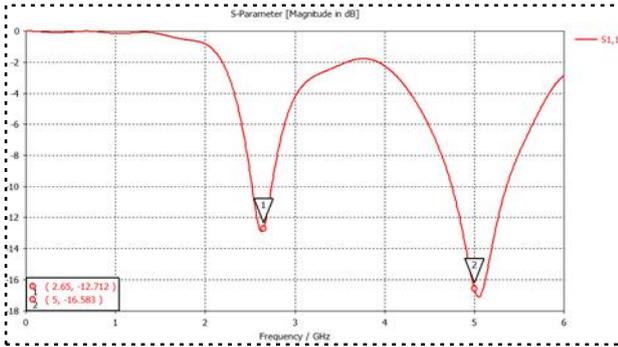


그림 3. 입력 대비 반사손실 S-Parameter  
Fig. 3. Return loss to input S-parameter.

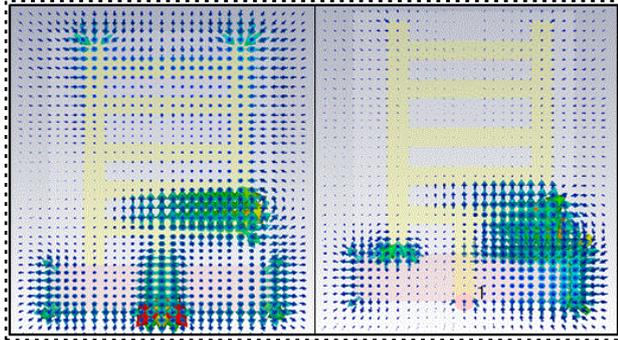


그림 4. 2.65 GHz, 5 GHz일 때의 E-field 결과  
Fig. 4. E-field result at 2.65 GHz, 5 GHz.

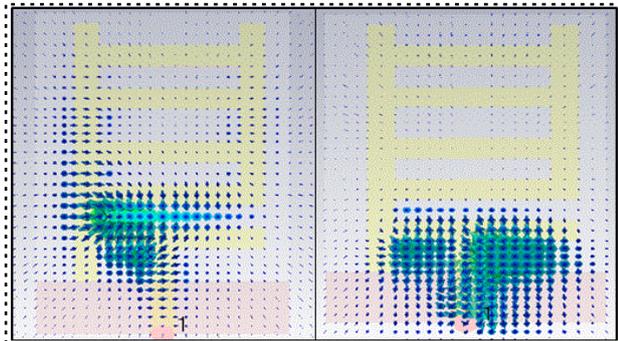


그림 5. 2.65 GHz, 5 GHz일 때의 H-field 결과  
Fig. 5. H-field result at 2.65 GHz, 5 GHz.

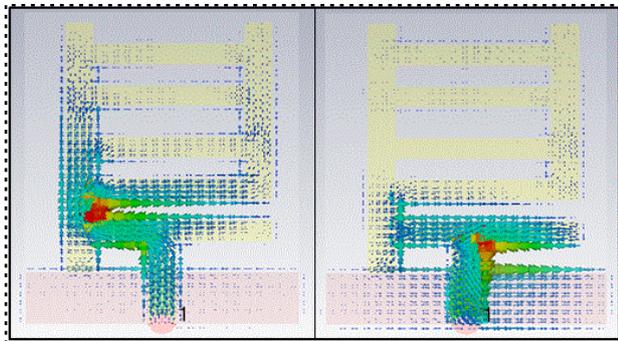


그림 6. 2.65 GHz, 5 GHz일 때의 전류흐름 결과  
Fig. 6. Current flow result at 2.65 GHz, 5 GHz.

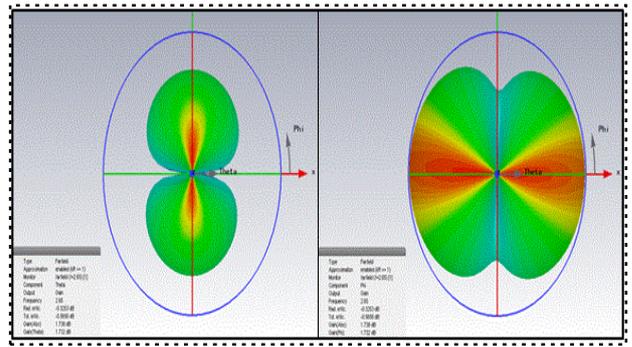


그림 7. 2.65 GHz일 때의 방사패턴 3D Theta, Phi 결과  
Fig. 7. Radiation pattern 3D Theta, Phi Results at 2.65 GHz.

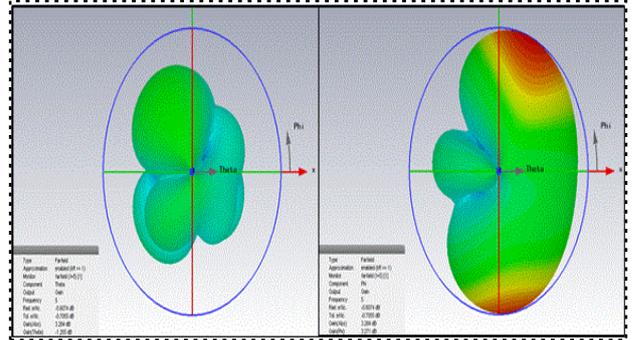


그림 8. 5 GHz일 때의 방사패턴 3D Theta, Phi 결과  
Fig. 8. Radiation pattern Theta, Phi Results 3D at 5 GHz.

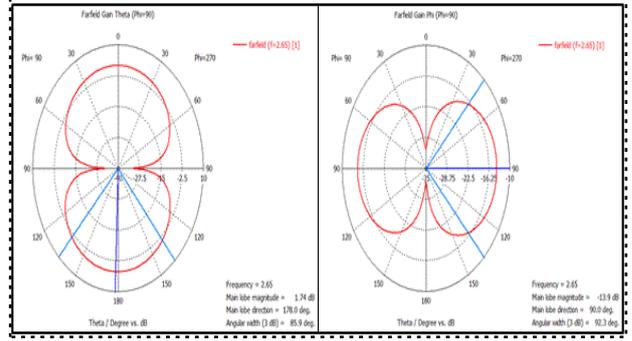


그림 9. 2.65 GHz일 때의 방사패턴 Polar Theta, Phi 결과  
Fig. 9. Radiation pattern Polar Theta, Phi Results at 2.65 GHz.

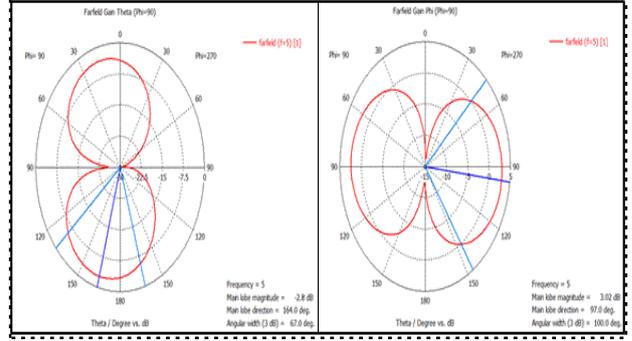


그림 10. 5 GHz일 때의 방사패턴 Polar Theta, Phi 결과  
Fig. 10. Radiation pattern Polar Theta, Phi Results at 5 GHz.

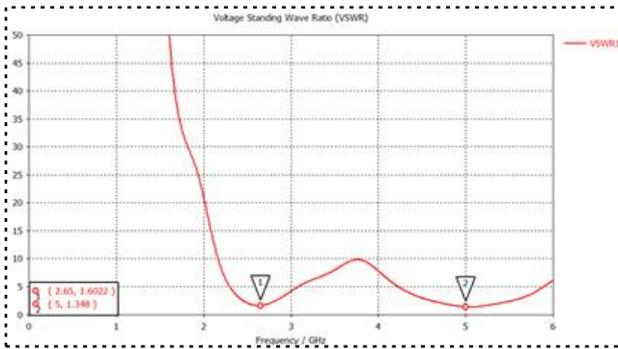


그림 11. 2.65 GHz, 5 GHz일 때의 정재파비  
 Fig. 11. VSWR at 2.65 GHz, 5 GHz.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 해상 광대역 통신을 위한 2.65 GHz의 LTE와 5 GHz의 Wi-Fi에서 사용 가능한 마이크로스트립 이중대역 안테나를 설계하였다. 광대역 안테나를 구현하기 위하여 각 단계마다 이론적 근에 의한 수식을 이용하여 슬롯의 폭, 길이, 전송 선로의 폭 등을 계산을 하였고 3D 설계가 가능한 CST Microwave Studio 2014 프로그램을 이용하여 최적화하였다.

설계된 안테나는 시뮬레이션 결과 반사손실이 2.65 GHz에서 약 -12 dB 이하이며 5 GHz에서는 약 -16 dB 이하의 값을 보여주었다. 또한 정재파비는 2.65 GHz에서 1.6 dB이며 5 GHz에서는 1.3 dB의 수치를 보여주어 이상적인 수치인 1의 값에 근접하였다. 입력 임피던스 역시 이상적인 값 50 Ω에 가까운 수치를 확인할 수 있다. 이득은 2.65 GHz에서 1.738 dBi의 값과 5 GHz에서 3.284 dBi 값이 나왔다. 이러한 근거를 토대로 마이크로스트립 이중대역 안테나에 대한 제작이 가능하다는 이유를 제시하였다.

향후 설계한 안테나를 제작하여 실제 설계된 값과의 차이를 확인하기 위해 통신 성능 분석을 실시할 것이다. 또한 해상에 사용가능한 시스템을 구현을 할 것이고 정확한 동작을 할 수

있게 안테나와 결합이 가능한 여파기와 증폭기도 설계 및 제작하여 완벽한 해상통신용 시스템 구축을 진행할 것이다. 선박과 선박 사이의 거리에 따른 통신 가능 상태를 연구하여 해상통신에 이상이 없는 환경이 되기 위해 적합한 장비를 고안하여 향상시킬 방안을 모색할 것이다.

#### References

- [1] T. H. Kim, H. M. Park, and K. W. Sung, "Measurement of spectrum utilization efficiency considering spectrum sharing," *The Journal of the Korea Contents Association*, Vol. 14, No. 9, pp. 589-597, 2014.
- [2] S. J. Park, "A study on spectrum sharing for effective usage of spectrum," *The Korean Institute of Communications and Information Sciences*, Vol. 14, No. 6, pp. 536-540, 2014.
- [3] Korea Communications Commission, 4th-generation mobile communication technology status and outlook, Research of The original technology development business team of broadcasting communication infrastructure, KCA-2012-12-911-01-107, 2009.
- [4] J. Geier, *Wireless LANs*, 2nd ed. Indianapolis, IN: Sams Publishing, pp. 22, 2001.
- [5] IALA, "IALA Maritime Radio Communications Plan," pp. 6-10, 2011.
- [6] H. Gutton and G. Baission, Flat aerial for ultra high frequencies, French Patent, No. 703-113, 1955.
- [7] P. G. Kim, A study on the design and fabrication of 2x1 Array antenna for broadband wireless LAN using laminated structure, Mokpo National Maritime University, Master's thesis, pp. 69-73, Jeollanam-do, Korea, Feb. 2007.
- [8] B. Randy, *Microstrip and printed Antenna Design*, Noble Publishing Ltd, 2004.



#### 오 말근 (Mal-Geun Oh)

1998년 : 목포해양대학교 항해학부 (공학사)  
 2001년 : 목포해양대학교 항해학부 (공학석사)  
 2015년 : 목포해양대학교 해양전자통신컴퓨터공학과 (공학박사)  
 현재 : 목포해양대학교 항해정보시스템학부 초빙교수  
 ※관심분야 : 해상통신, 위성통신, 마이크로파통신