

## 해양 부이용 433 MHz와 920 MHz 이중 대역 안테나

### Dual Band Antenna of 433 MHz and 920 MHz for Marine Buoy

이성렬

목포해양대학교 항해정보시스템학부

Seong-Real Lee

Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

#### [요약]

본 논문은 해양 IoT 서비스, 특히 어구 자동식별 시스템을 위한 해상 부이에 내장되는 안테나의 설계와 제작에 대해 살펴보았다. 제안하는 안테나의 주파수 대역은 해양 IoT 서비스의 확장성을 고려하여 433 MHz와 920 MHz 이중 대역으로 하였다. 안테나는 920 MHz 주파수 대역을 위한 이중 패턴 모노폴 구조와 433 MHz 대역을 위한 미앤더 구조로 설계되었다. 제작된 이중 대역 안테나의 전압 정재파비는 433 MHz에서 1.548로, 920 MHz 대역에서 평균 1.5로 측정되었다. 안테나 이득은 920 MHz 주파수 대역 중 902 MHz에서 최대값인 3.83 dBi가 얻어진 반면 433 MHz에서는 1.18 dBi로 얻어졌다. 433 MHz에서의 안테나 이득이 920 MHz 대역에서의 안테나 이득보다는 작지만 목표치인 -5 dBi를 초과하는 값이다. 또한 본 연구를 통해 얻은 다른 모든 측정값들은 어구 자동식별 시스템을 위한 해상 부이와 어선 사이의 통신 거리 목표치인 10 km를 달성할 수 있는 성능 기준에 해당한다는 것을 확인하였다.

#### [Abstract]

This paper shows the design and fabrication of antenna embedded in marine buoy for marine IoT service, especially automatic identification system of fishing gears. Frequency band of proposed antenna has dual band of 433 MHz and 920 MHz considering marine IoT extension. Dual pattern monopole type for 920 MHz and meander type for 433 MHz are adopted in the proposed antenna. Voltage standing wave ratio is obtained 1.548 at 433 MHz and obtained 1.5 of mean value at 920 MHz band by measuring the fabricated antenna. The maximum antenna gain of 3.83 dBi is measured at 902 MHz among 920 MHz band, while antenna gain of 433 MHz is obtained 1.18 dBi. Although antenna gain of 433 MHz is low than 920 MHz band, this gain is larger than desired value of -5 dBi. And, it is confirmed that other measured values meet the performance criteria for archiving communication distance of 10 km between marine buoy and fishing ship in automatic identification system of fishing gears.

**Key word** : Dual band antenna, Monopole, Meander, Marine buoy, Antenna gain.

<https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.6.523>



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 23 November 2021; Revised 1 December 2021

Accepted (Publication) 26 December 2021 (30 December 2021)

\*Corresponding Author; Seong-Real Lee

Tel: +82-61-240-7264

E-mail: reallee@mmu.ac.kr

## I. 서론

무선통신 시스템에서 대기 중의 전자기장의 변화와 시스템 내부의 전기적 신호를 상호 연동하는, 즉 전압 또는 전류로 표현되는 전기적 신호와 전기장/자기장으로 표현되는 전자기파를 서로 변환해주는 역할을 하는 필수 장치가 안테나이다. 안테나의 종류와 세부 구조의 선택과 결정은 안테나로부터 만들어지는 빔의 방사 패턴(radiation pattern), 사용 주파수 대역, 주파수 대역폭에 의존해야 한다. 방사 패턴은 통신 시스템의 구체적 특성, 즉 서비스 영역, 서비스 제공 방식 등에 의해 결정된다.

해양 환경 보호와 수산 자원 보호 등을 위한 정보통신 기술 융합 해양 및 해상 서비스는 4차 산업혁명 기술 중 사물 인터넷(IoT; internet of things)을 기반으로 하는 것이 유리하고 효율적이다[1]. 이는 해양 및 해상 서비스를 위한 1차적인 정보는 센싱에 의해 이루어지기 때문이다. 해양 정보의 검출을 위한 각종 센서는 해저에 고정시키거나 해상에 부유(floating)시켜야 하는데 두 가지 경우 모두 센서를 비롯한 통신 모듈과 RF(radio frequency) 모듈들을 염분에 의한 부식, 통신 신호의 감쇄에 따른 성능 저하 등의 이유로 해수에 직접 노출시킬 수 없다. 무선 기반으로 서비스가 이루어지기 때문에 필수적인 장비인 안테나도 이러한 조건에서 자유로울 수가 없다. 즉 일반 다른 무선 통신 시스템과는 달리 해상 IoT를 위한 센서 노드(sensor node)에서 필요로 하는 안테나는 각종 센서, 통신 모듈, 전원 등과 함께 합체 안에 내장되어야 한다.

부이(buoy) 형태의 센서 노드는 해상에서 항상 어느 정도의 거리를 부유하고 있으므로 센서 노드에 내장되는 안테나의 방사 패턴은 무지향성(즉 omni-direction)을 가져야 한다. 그리고 바닷물이 하나의 유전체이기 때문에 안테나 빔의 전파 특성에 변화를 줄 수 있어 이에 대한 영향을 최소화하여 안테나 종류와 구조가 선택되고 설계 제작되어야 한다.

저자는 그동안의 연구를 통해 해상 부이 형태의 센서 노드에 내장되는 안테나의 설계와 제작 내용을 보였다[2]-[5]. 현재 어구 자동식별 전자 부이 서비스, 해양 쓰레기 검출과 관리 시스템 등 정부에서 수행하고 있는 각종 정책과 사업을 위한 새로운 해양 통신 서비스를 위한 주파수가 분배되어 있지 않은 상황이기에 때문에 비면허(ISM; industrial, scientific and medical) 대역을 대상으로 한 안테나를 제안하였다.

또한 RF단과의 인터페이스와 내장형 구조를 고려하여 PCB 패턴 안테나를 기본 구조로 선택하였으며, 해상 부이 안테나 제작에 있어 해상 IoT 서비스의 활용 확대를 염두에 두고 단일 대역이 아닌 이중 대역을 고려하였다. 이를 위하여 일차적으로 ISM 대역 중 920 MHz의 단일 대역 PCB 패턴 안테나를 제작하여 해양 IoT 서비스 영역 목표치인 10 km까지 통신이 가능한 이득과 유효 복사 전력(ERP; effective radiated power)을 확인하였다[2],[3]. 또한 제작된 920 MHz PCB 패턴 안테나를 해양 부이(LoRa 통신 모듈과 RF 모듈을 포함한 부이)에 내장시킨 후 해수에 정상 부유하고 있는 상태와 100% 잠긴 상태에서의

방사 패턴을 측정하여 부이가 100% 잠긴 상태에서 이득은 줄어들지만 방사 빔의 형태가 부이의 상층부 쪽으로 더욱 커져서 통신에 지장을 주지 않는 것을 확인하였다[4].

이러한 결과를 바탕으로 920 MHz 대역의 PCB 패턴 안테나를 구조 변경하여 260 MHz + 920 MHz 이중 대역 안테나를 설계 제작하였다. 제작된 260 MHz + 920 MHz 이중 대역 안테나의 920 MHz 대역에서의 이득이 920 MHz 단일 대역 안테나에 비해 다소 감소되었지만 해상에서 10 km 거리의 통신이 가능한 성능임을 확인하였다[5].

정부는 기존에 아마추어 무선통신(420 ~ 450 MHz)에게 할당되어 있던 대역 중 일부를 자동(원격) 주차(433.975 ~ 434.045 MHz), 물품 관리용, 항만 업무 컨테이너 집하관리용, 교통카드, 택시미터, 기결제 단말기 등의 RFID/USN(433.67 ~ 434.17 MHz), 데이터 전송용(433.795 ~ 434.045 MHz)으로 신규 배정하였다. 433 MHz 대역은 900 MHz 대역에 비해 주파수가 낮아 전파 특성이 우수하기 때문에 드론 등 무인 이동체와 IoT 분야에서 새롭게 관심을 두고 있는 주파수 대역이다.

이러한 추세에 따라 해양 IoT 분야에서도 433 MHz를 기반으로 각종 서비스와 시스템이 개발될 것으로 예측된다. 이에 본 논문에서는 920 MHz 대역에 433 MHz이 추가된 이중 대역 해양 IoT 센서 노드용 안테나의 설계 및 제작에 대해 고찰해 보고자 한다. 본 논문에서 제안하는 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 안테나는 기존 연구 결과를 기반으로 하였다. 즉 920 MHz 대역은 기존에 제작된 안테나의 PCB 패턴을 가급적 그대로 사용하는 것을 전제로 하였다.

선형 안테나를 소형으로 만드는 방법으로는 스파이럴(spiral), 헬릭스(helix), 미앤더(meander) 등의 형태로 변형하는 방법이 있다[6]. 여기서 미앤더는 곧게 진행되는 선로(유전체)를 조건에 맞게 구부려서 원하는 모양으로 만드는 방식이다. 본 연구에서는 기존 개발된 920 MHz 안테나 패턴을 이용한다는 목적 때문에 433 MHz를 위한 유전체 구조를 미앤더 방식으로 추가하는 형태로 개발하였다.

따라서 본 논문에서는 PCB 패턴 안테나 구조에 미앤더 구조가 추가된 형태의 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 해양 IoT 안테나의 설계, 제작 및 측정 결과를 살펴보도록 하겠다.

## II. 이중 대역 안테나 설계

표 1은 통달 거리 10 km 달성에 필요한 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 안테나의 사양과 성능을 정리한 것이다[7]. 앞서 언급했듯이 920 MHz 단일 대역 안테나와의 호환성을 위해 안테나의 크기 및 PCB의 크기 등을 동일하게 하였고, 뒤에 설명할 미앤더 구조를 채택했기 때문에 433 MHz 대역에서의 이득(gain)은 920 MHz 대역보다 -5 dBi로 설정하였다. 하지만 나머지 사양은 두 주파수 대역에서 동일하도록 설계를 진행하였다.

표 1. 안테나 사양

Table 1. Antenna specifications.

Items	Specifications	
	433 MHz	917 ~ 923.5 MHz
Frequency Range	433 MHz	917 ~ 923.5 MHz
VSWR (Min)	2.0:1	2.0:1
Gain (Typical)	-5 dBi	2 dBi
Radiation	Omi	Omi
Input Impedance	50 Ω	50 Ω
Polarization	Linear	Linear

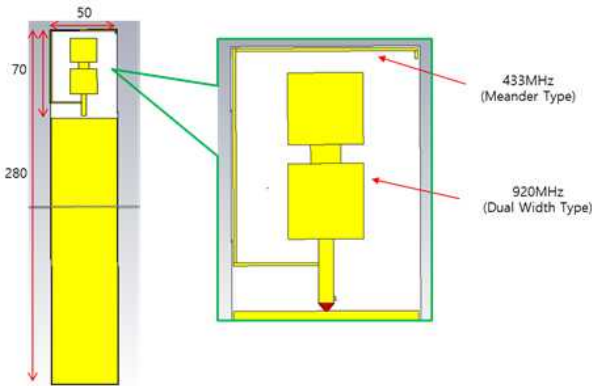


그림 1. 이중 대역 PCB 패턴 안테나의 구조  
Fig. 1. Configuration of dual band PCB pattern antenna.

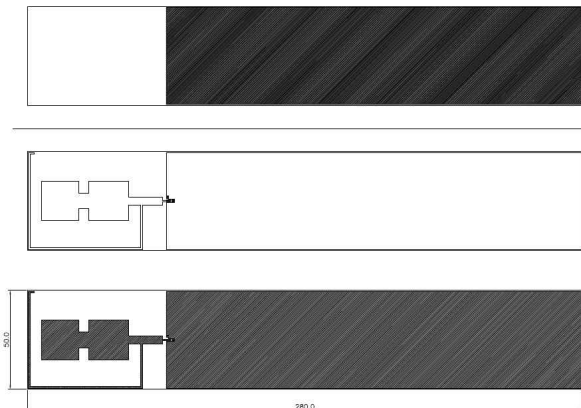


그림 2. 이중 대역 PCB 패턴 안테나의 설계도  
Fig. 2. Structural drawing of dual band PCB pattern antenna.

표 1의 설계 목표치는 선박과의 이격 거리를 10 km로 설정한 경우 수신 신호 강도 (RSSI; received signal strength indicator)를 고려하여 설정한 값들이다. 그림 1은 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 안테나의 PCB 패턴 구조를 나타낸 것이다. 안테나가 내장될 부이의 구조 및 내부 기타 회로와의 일체형 제작을 고려하여 FR4 기판에 패치(patch) 형태의 PCB 패턴 방식을 사용하였다[2]. 우선 920 MHz 대역에서 IoT 서비스를 제공하기 위한 필요 대역폭을 30 MHz로 설

정했기 때문에 일반적인 모노폴 구조가 아닌 이중적인 패턴을 갖는 모노폴 형태의 구조로 전체 PCB의 상단부 쪽에 위치하도록 설계하였다. 또한 안테나의 지향성은 해상에 놓이는 부이의 특성을 고려하여 등방성 구조로 설계하였다.

그리고 433 MHz 대역을 위한 PCB 패턴은 그림 1에서 보는 바와 같이 PCB 기판 전체를 활용하기 위해 좌측 면을 거쳐 상측 면까지 이어지는 형상의 미앤더 방식의 단축형 모노폴 구조로 설계하였다. 그림 3은 시뮬레이션을 위한 설계도를 나타낸 것이다.

### III. 시뮬레이션

그림 1과 같이 설계된 PCB 패턴 안테나에 대해 전압 정재파비 (VSWR; voltage standing wave ratio)와 방사 패턴 (radiation pattern)을 시뮬레이션하였다. 그림 3을 통해 알 수 있듯이 433 MHz에서의 VSWR은 1.8173로 얻어졌다. 920 MHz 대역에서 공진이 발생한 3개의 주파수는 902 MHz, 915 MHz와 928 MHz이다. 이 중 최소의 VSWR은 902 MHz에서 얻어지는 1.1495이다. 이 값들은 모두 표 1의 목표치를 넘어서는 값들이다.

그림 4는 각 주파수에서의 3차원 방사 패턴 결과를 나타낸 것으로 3개의 920 MHz 대역에서 가장 좋지 못한 결과를 보이는 915 MHz의 3차원 방사 패턴만 보였다. 3차원 방사 패턴을 통해 얻은 주파수별 이득과 평균 효율 값들은 표 2에 정리했다. 433 MHz에서 안테나 이득은 약 1.5 dBi로 얻어진 반면 920 MHz 대역은 모두 약 4 dBi 정도로 얻어졌다. 이 값들도 표 1에 보인 목표치를 상회하는 값들이다.

설계된 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 PCB 패턴 안테나의 시뮬레이션 결과 주요 성능들 모두 목표 값을 초과한다는 것을 확인하였다. 일반적으로 제작된 안테나의 실제 측정에서는 여러 가지 이유로 시뮬레이션 결과 값에 미치지 못한다. 하지만 시뮬레이션 결과 값이 목표치를 2배 이상 상회하고 있기 때문에 제작된 안테나의 주요 성능이 목표치를 달성할 것으로 기대할 수 있다.

### IV. 제작과 측정

그림 5(a)는 제작된 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 PCB 패턴 안테나를 보인 것이고, 그림 5(b)는 챔버에서 측정하기 위해 급전 선과의 임피던스 정합을 마친 측정용 안테나를 나타낸 것이다.

표 2. 시뮬레이션 결과

Table 2. Simulation results.

Frequency [MHz]	VSWR	Gain [dBi]	Avg Eff. [dB]
433	1.8173	1.489	-0.4925
902	1.1495	3.985	-0.08921
915	1.1067	3.991	-0.05426
928	1.1382	3.926	-0.06906

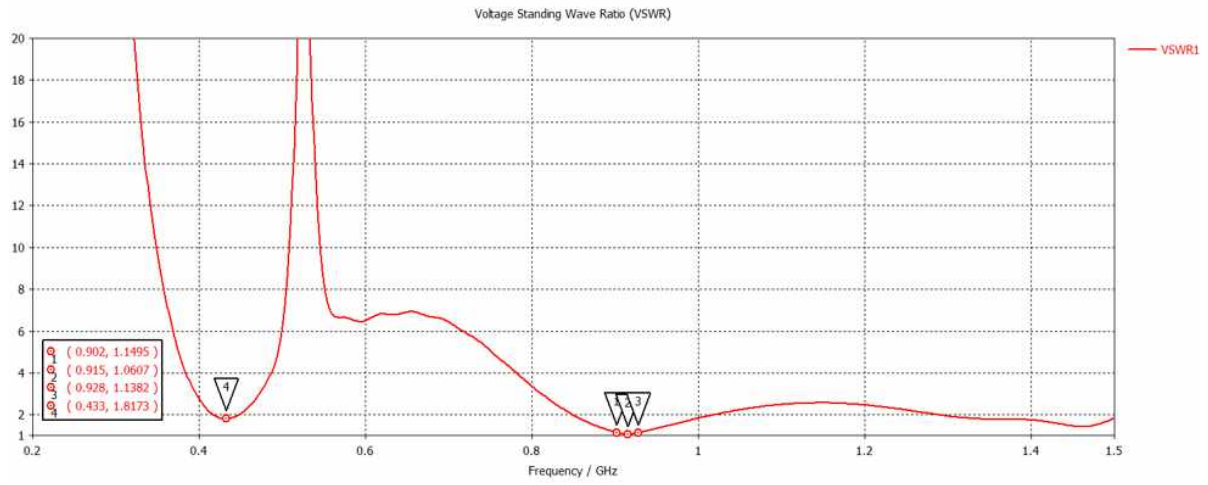
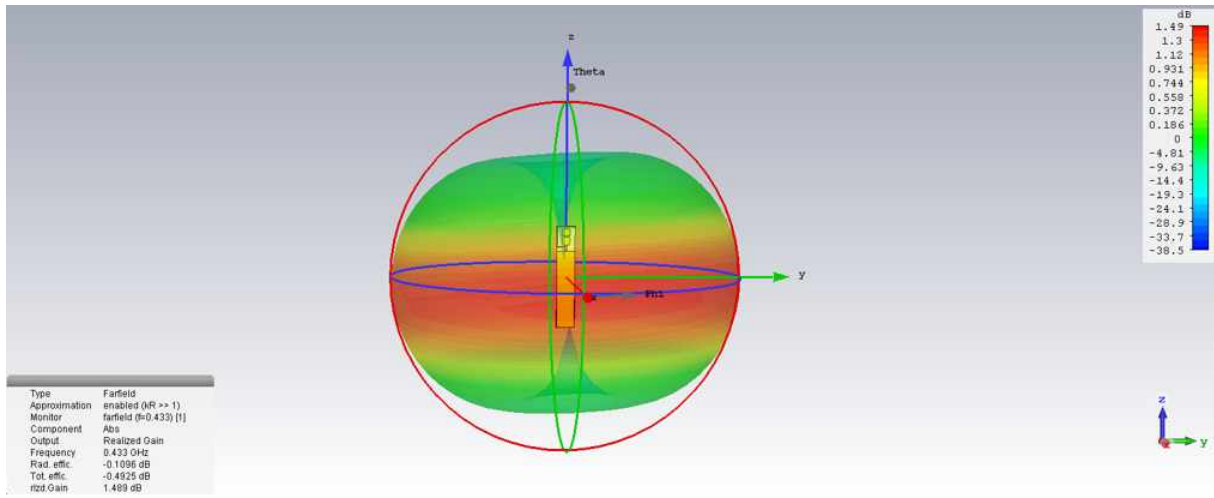
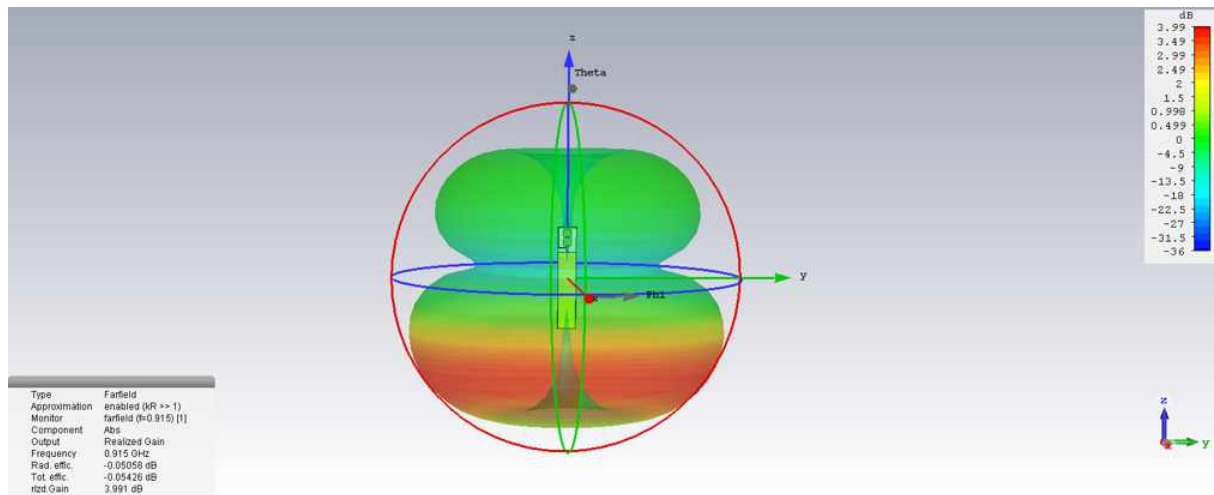


그림 3. 전압 정재파비의 시뮬레이션 결과  
**Fig. 3.** Simulation result of voltage standing wave ratio.



(a) 433 MHz

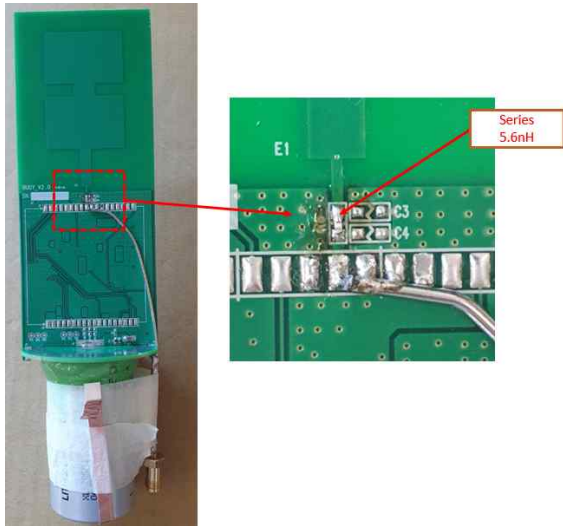


(b) 915 MHz

그림 4. 3차원 방사 패턴  
**Fig. 4.** 3-dimensional radiation pattern.



(a) Fabricated antenna



(b) Impedance matched antenna

그림 5. 제작된 이중 대역 안테나

Fig. 5. Fabricated dual band antenna.

표 3. 안테나 이득의 측정 결과

Table 3. Measurement results of antenna gain.

Frequency [MHz]	Peak Value		Avg. gain [dBi]	Efficiency [%]
	Value[dBi]	Degree		
433	1.18	70/45	-1.206	75.40
902	3.83	105/285	-0.129	96.64
915	3.559	105/285	-0.327	92.33
928	3.007	105/285	-0.826	82.30

즉 안테나 제작 결과 920 MHz 대역에서는 안테나 이득이 다소 감소되는 것을 확인하였다. 그러나 이 값들은 표 1의 목표치를 상회하는 값이고, 안테나가 제공하는 모든 주파수 대역, 즉 433 MHz와 920 MHz 대역 모두에서 1.5 근처로 평균화되는 결과를 얻었다.

그림 8은 제작된 안테나의 3차원 방사 패턴 실측 결과를 보인 것이다. 방사 패턴을 통해 구할 수 있는 주요 성능 지표 결과를 표 3에 정리하였다. 920 MHz 대역의 최대 이득 값이 시뮬레이션 결과보다 전반적으로 약 0.5 dB 낮은 것으로 측정되었으며, 특히 upper band인 928 MHz에서는 0.8 dB 정도 낮게 측정되었다. 이는 안테나 측정을 위한 케이블 손실 등에 따라 VSWR 측정 결과에서 보듯이 유효 대역이 약 20 MHz 정도 위로 이동한 결과와 관계가 있다고 판단할 수 있다. 하지만 VSWR 측정 결과와 마찬가지로 표 1에서 제시한 목표치를 상회하는 값을 알 수 있다.

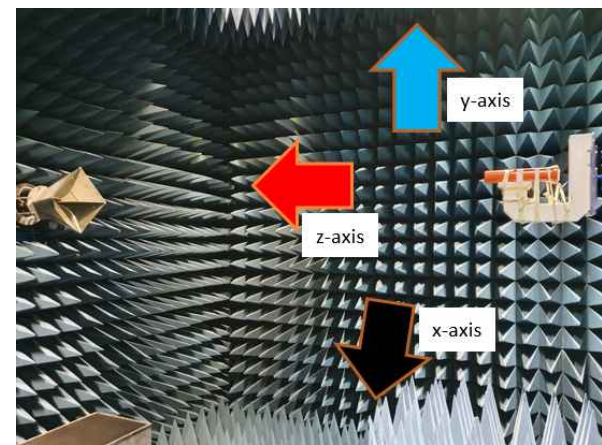


그림 6. 측정 환경

Fig. 6. Measurement circumstance.

그림 7은 제작된 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 PCB 패턴 안테나를 해상 부이에 내장시킨 상태에서 그림 6에 보인 무반사실에서 측정된 VSWR을 나타낸 것이다. 우선 433 MHz에서 얻어진 1.548은 시뮬레이션 결과에 비해 개선된 값을 알 수 있다. 하지만 920 MHz 대역에서 공진이 발생한 (즉 VSWR이 최소가 되는) 주파수 대역이 20 MHz 정도 높아지고, 결과적으로 시뮬레이션에서 검토했던 3개의 주파수에 대한 VSWR 이 1.44부터 1.65까지 조금 증가한 것을 알 수 있다.

V. 결 론

지금까지 해양 IoT 서비스, 구체적으로 어구 자동식별 시스템에서 해상 부이에 내장되는 433 MHz + 920 MHz 이중 대역 안테나의 설계, 제작 및 측정 결과를 살펴보았다. 본 연구에서 살펴본 안테나는 소형 경량화를 위해 PCB 패턴 방식으로 제작되었고 유전체 형태는 모노폴을 기본으로 920 MHz 대역은 이중 다이폴 구조로, 433 MHz 대역은 미앤더 구조로 제작하였다.

측정 결과 해상 10 km 통신이 가능하도록 하는 VSWR과 이득 값 이상의 결과를 두 주파수 대역 모두에서 얻었다. 하지만 측정 결과 설계 및 시뮬레이션 과정을 거쳐 선택한 대상인 920 MHz 대역의 세 주파수에서의 이득이 0.5-0.8 dBi 정도 감소한다는 것도 동시에 확인하였다. 달리 표현하면 920 MHz 대역에서 최상의 성능을 얻을 수 있는 제작된 안테나로 얻을 수 있는 실효 대역이 약 20 MHz 정도 높아졌다는 것을 확인하였다.

안테나를 포함한 어구 자동식별 시스템의 개발에 있어 920 MHz 대역에서의 구체적 사용 주파수를 특정하지 않았다. 그렇기 때문에 본 연구의 결과를 고려하여 통신 거리를 좀 더 늘리기 위해 안테나 이득을 높여야 한다면 920 MHz 대역이 아닌 930 MHz 대역이나, 940 MHz 대역에서 사용 주파수를 선택하면 된다. 그러나 만일 원래의 의도대로 920 MHz 대역 내에서 사용 주파수를 선택한 경우에도 시스템 개발 목표인 10 km 통

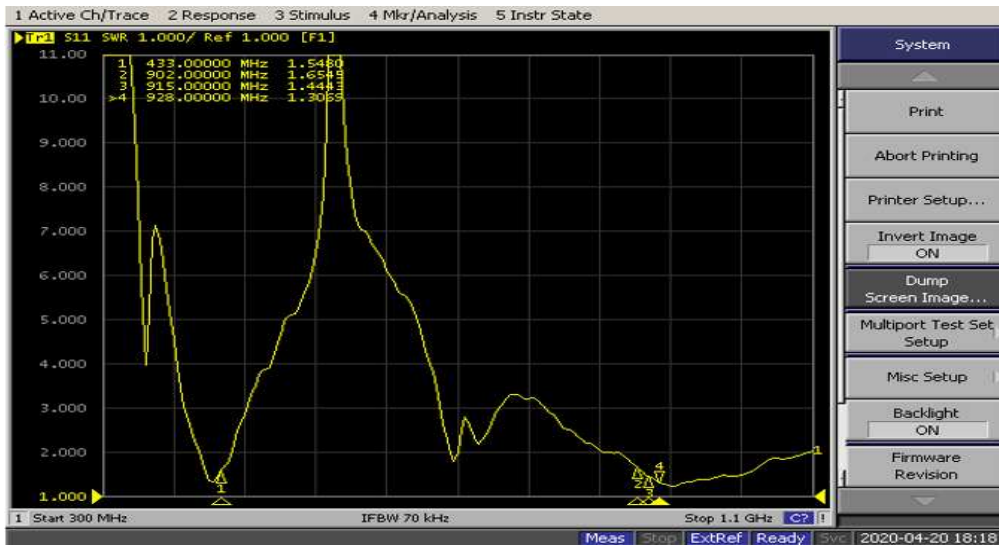


그림 7. 전압 정재파비 측정 결과  
 Fig. 7. Measurement result of voltage standing wave ratio.

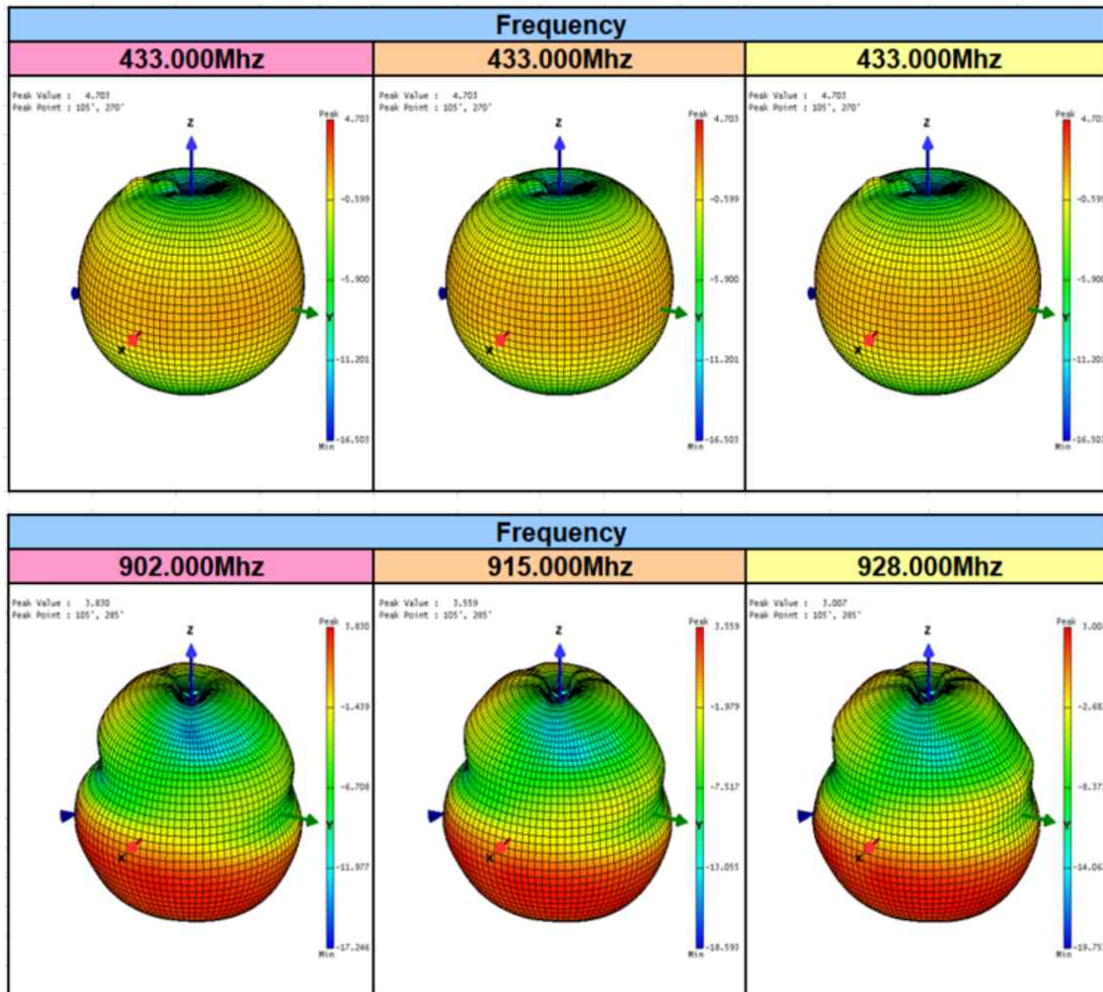


그림 8. 3차원 방사 패턴 측정 결과  
 Fig. 8. Measurement result of 3-dimensional radiation pattern.

신 거리를 제작된 이중 대역 안테나를 통해 달성할 수 있다는 것을 확인하였다.

하지만 433 MHz 대역에서의 VSWR과 이득이 920 MHz 대역의 결과보다 우수하지 못한 것은 추후 사업화 과정에서 개선되어야 할 점이다. 이는 선택한 미앤더 구조의 부분적 변경이나 다른 형태의 안테나 구조로의 변경을 통해서 가능할 것이다.

## Acknowledgments

본 논문은 과학기술정보통신부의 정보통신방송연구개발사업의 “해양/산업용 IoT 복합센싱 Chip 개발 및 상용화”(과제번호: 2019-0-00045) 과제의 지원에 의해 수행됨.

## References

[1] J. S. Roh and Y. J. Cho, “Platform and control App design for wireless data transmission,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 21, No. 1, pp. 72-77, 2017.

[2] S. R. Lee, “PCB pattern antenna of 920 MHz band for marine IoT services,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 23, No. 5, pp. 430-436, Oct. 2019.

[3] S. R. Lee, “LPWA 920 MHz antenna for subminiature IoT sensors,” in *The 12th International Conference on Future Information & Communication Engineering*, Sapporo: Japan, pp. 195-197, June, 2019.

[4] H. D. Choi, S. Y. Kim and S. R. Lee, “920 MHz band antenna for marine buoy,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 24, No. 6, pp. 593-600, Dec. 2019.

[5] S. R. Lee, “ISM dual band PCB pattern antenna,” in *2019 Conference of Korea Navigation Institute*, Seoul: Korea, pp. 145-147, Oct. 2019.

[6] G. T. Jeong, J. H. Yoon, M. K. Kang, H. C. Lee and K. S. Kwak, “Design of a meander type microstrip antenna in the 5 GHz band,” *The Journal of Korea Information and Communications Society*, Vol. 29, No. 9A, pp.1083-1090, 2004.

[7] J. M. Kwak, S. H. Kim and S. R. Lee, “Design of marine IoT wireless network for building fishing gear,” *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 22, No. 2, pp. 76-83, Apr. 2018.



### 이 성 렬 (Seong-Real Lee)

1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사), 1992년 8월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학석사)  
 2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학박사), 2002년 6월~2004년 2월 : (주)에이티엔 기술연구소장  
 2004년 3월~현재 : 국립목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수  
 ※ 관심분야 : WDM 전송 시스템, 광의 비선형 현상 분석, 광 솔리톤 전송