

해양인명 구조통신을 위한 UHF ISM 대역 평판형 마이크로스트립 안테나 설계

Design of Planar Microstrip Antenna at UHF ISM band for the Safety Communication of Life at Sea

이 인 곤*, 홍 익 표**
In-Gon Lee*, Ic-Pyo Hong**

Abstract

The planar microstrip antenna for the safety communication of life at sea is designed and manufactured to effectively receive the emergency wireless signal from the transmitter on the life vest. The proposed microstrip antenna in this paper is easy to make, light weight and cheap compared to other antennas because of printed antenna fabrication. To overcome the narrow bandwidth, large size and low gain characteristics of microstrip antenna, we use the IDMA (Identical Dual Patch Microstrip Antenna with Air-Gap) structure. The proposed antenna was fabricated with the use of 1.6mm FR4 and measured with the 28.7MHz (6.6%) of bandwidth and 3.04dBi of gain at the frequency of 426MHz. To validate the proposed antenna, we experimented the possible distance range at sea using the commercial UHF transceiver module and obtained over 5km distance for stable communication. This antenna can be widely applied to application of the UHF wireless mobile communication.

요 약

본 논문에서는 해양인명구조 시스템에서 송신부인 구명조끼의 무선 송신기로부터 송신된 조난 신호를 효과적으로 수신하기 위한 426MHz 대역 패넬 형태의 평판형 마이크로스트립 안테나를 설계 및 제작하였다. 제작이 용이하고, 가벼우며, 적은 제작비용이 장점인 마이크로스트립(Microstrip) 안테나 구조를 이용하였으며, 협대역, 저이득, 큰 사이즈 특성을 극복하기 위하여 IDMA (Identical Dual Patch Microstrip Antenna with Air-Gap) 구조를 응용하여 설계하였다. 안테나는 유전율 4.3, 두께 1.6mm를 갖는 FR4를 사용하여 제작하였으며, 측정된 안테나의 대역폭은 $S_{11} = -10\text{dB}$ 이하에서 28.7MHz (약 6.6%), 이득은 426MHz에서 3.04dBi로 우수한 특성을 얻었다. 또한, 상용 송수신모듈을 사용한 거리측정 실험을 통하여 5km 이상의 송수신거리의 안정적인 통신능을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 안테나는 향후 UHF 대역 통신시스템의 기지국분야에 다양하게 응용될 수 있을 것이다.

Key words : Planar microstrip antenna, UHF, Safety Communication, Life vest, Transceiver

* 국립공주대학교 정보통신공학부
(Information and Communication Engineering, Kongju National University)

★ 교신저자 (Corresponding author)

※ 감사의 글 (Acknowledgment) : 본 논문은 중소기업청에서 지원하는 2011년도 산학연협력 기업부설연구소 설치지원사업의 연구결과임.

接受日: 2012年 01月 18日, 修正完了日: 2012年 03月 15日
掲載確定日: 2012年 03月 20日

1. 서론

최근 해상에서 발생하는 각종 군, 민간의 조난사고에 따른 인명피해가 증가함에 따라 안테나와 송수신 모듈로 구현된 해양인명구조 시스템의 필요성이 크게 부각되고 있다.

해양인명구조 시스템은 크게 송신부, 수신부, 신호

를 모니터링을 하는 제어시스템부로 구성된다. 송신 부인 구멍조끼는 조난자의 조끼에 부착된 무선 송신 모듈을 통하여 구조 신호를 보내며, 수신부인 구조선은 이 구조 신호를 받아 조난자의 위치를 확인한다. 이 시스템을 이용하여 기상악화 및 야간에도 실종자의 위치를 알 수 있을 뿐만 아니라 신속하게 사고지점을 파악 할 수 있으며, 오랜 시간 표류로 인한 저체온증으로 사망하는 것을 예방할 수 있어 인명피해를 줄일 수 있다. 또한 GPS 등의 위치정보와 결합되어 정확한 위치를 전달하여 수색 구조에 걸리는 시간과 사용되는 비용 또한 크게 줄일 수 있다.

해양인명구조 시스템에 요구되는 적합한 안테나의 조건은 해상에서의 전파환경(산란, 반사, 회절, 굴절)을 고려하여 비교적 낮은 주파수 대역에서 동작해야 하며, 전송거리, 송신 전력을 고려할 때 고이득 및 고효율 등의 조건을 만족해야한다[1]. 현재 해양인명구조 시스템에서 송신부에 해당하는 무선인식 구멍조끼에 적용이 가능한 대표적인 안테나로는 비교적 높은 이득과 전방향 방향성을 갖는 장점이 있지만, 기생방사로 인하여 효율이 좋지 않은 단점을 갖는 헬리컬 안테나와 이득이 낮고 협대역인 단점을 가지고 있지만, 구멍조끼에 장착이 용이하여 최근 연구가 다양하게 이루어지고 있는 RFID 태그 안테나가 있다[2][3]. 이러한 송신부는 공간적 제한조건 때문에 전송 거리, 송신전력 등의 효율을 극대화할 수 없기 때문에 수신부 안테나의 성능향상이 매우 중요하다. 따라서 수신을 담당하는 구조선의 안테나로 높은 제작비용과 고이득을 갖는 야기안테나와 같은 큰 사이즈의 안테나가 일반적으로 요구되고 있다.

본 논문에서 제안한 안테나는 수신을 담당하는 구조선의 안테나로 제작이 용이하며, 구현이 쉽고, 경량화 및 적은 제작비용 등이 장점인 마이크로스트립 구조를 이용하였다. 마이크로스트립 안테나의 협대역, 저방사효율, 저이득이라는 단점을 보완하기 위하여, IDMA구조를 이용하여 효율 및 대역폭을 개선하였으며, 상대적으로 큰 사이즈의 접지소자의 사용으로부터 반사기 역할을 유도하여 이득을 개선하였다.

본 논문에서 제안한 안테나의 우수함을 입증하기 위하여 현재 무선인식 구멍조끼에 적용되고 있는 헬리컬 안테나와 다이폴형태의 필름형 안테나[4]를 송신부의 안테나로 사용하고, 본 논문에서 제안한 안테나를 수신부 안테나로 사용하여 해상환경과 유사한 가시거리상의 지역에서 상용 무선 송수신모듈을 통한 실제 거리측정 실험을 수행하였고 해상인명 구조시스템의 적용가능성을 확인하였다.

II. 안테나 설계 및 측정

일반적인 마이크로스트립 안테나는 낮은 방사효율과 저이득특성, 1% 내외의 대역폭의 협대역특성을 갖는 단점이 있다[5][6]. 대역폭을 개선하기위하여 대역폭과 기판 두께의 비례관계, 대역폭과 유전율의 반비례관계를 이용하여 기판의 두께를 증가시키고 유전율이 낮은 기판을 사용하면 제작비용이 증가 할뿐만 아니라, 방사효율 또한 나빠지기 때문에 이를 개선하려는 다양한 연구가 지속적으로 진행되고 있다[7].

대역폭 및 효율을 개선하기 위한 접근 방법 중 본 논문에서는 Air-Gap 구조를 이용하였다. Air-Gap 구조를 이용한 마이크로스트립 안테나는 기존의 구형 패치 안테나의 구조에서 최적의 높이에 패치를 위치시켜 대역폭 및 효율을 개선하는 방법으로 Air-Gap 구조를 이용한 마이크로스트립 안테나에서 Air-Gap 구조는 주로 리액턴스의 변화를 통하여 대역폭을 개선하며, 복사소자와 접지소자사이의 유효유전율을 감소시켜 병렬 커패시턴스 성분을 줄여 대역폭을 넓이는 효과는 물론, 표면전류를 억제하여 복사효율을 높이는 효과 또한 얻을 수 있다[6][8][9]. 본 논문에서는 패널형태의 평판형 마이크로스트립 안테나에 Air-Gap 구조를 응용하여 대역폭 및 복사효율을 개선하였고, 접지소자를 복사소자보다 긴 전기적인 길이를 갖게 설계하여 반사기 역할을 유도함으로써 제안한 안테나가 수직방향으로 지향성을 갖게 하고 이득을 개선하였다

Table 1. Optimized design parameters of the proposed antenna

표 1. 제안한 안테나의 최적 설계값

변수	값(mm)	변수	값(mm)
S	218.25	RSW	8.3
RSL1	105.73	GW1	203.7
RSL2	155.2	GW2	8.73
GL1	177.51	SW	174.6
GL2	48.02	FGW	7.28
GL3	24.74	FW1	2.18
GL4	49.5	FW2	12.3
FGL	260.8		

제안된 패널형태의 평판형 마이크로스트립 안테나는 상단부의 복사소자와 중간부의 Air-Gap 구조, 그리고 하단부의 접지소자로 이루어져 있으며, 복사소자는 슬롯의 모서리에 강한 임피던스를 형성함으로써 공진 성분을 만드는 역할을 하며, 복사소자의 슬롯과 중간 공기층의 두께, 그리고 접지소자 패턴의 형태가

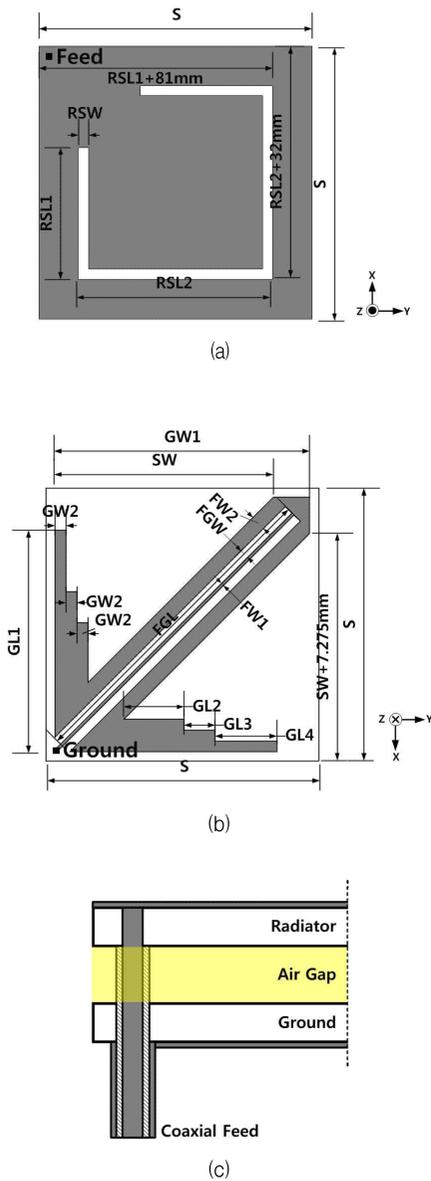


Fig. 1. The design parameters of the proposed antenna (a) Radiating element (b) Ground element (c) Feeding structure
 그림 1. 제안한 안테나의 설계 변수 (a) 복사소자 설계 변수 (b) 접지소자 설계 변수 (c) 급전부

안테나의 공진 주파수 및 임피던스를 조절하는 역할을 한다.

본 논문에서 제안한 패널형태의 평판형 마이크로

스트립 안테나는 전파해석 시뮬레이터인 Ansoft사의 HFSS를 사용하여 설계 하였으며, 설계한 안테나의 외형 및 설계 변수를 그림 1(a), 그림 1(b)에 각각 나타내었다. 설계한 안테나의 크기는 218.25×218.25×18.2mm 이며, 표 1은 그림 1에 나타난 제안된 안테나 구조의 최적 설계 치수를 나타내었다. 유전율 4.3이고, 손실 탄젠트 0.02, 두께가 1.6mm 인 FR4 기판을 사용하여 안테나의 복사소자 및 접지소자를 제작하였으며, 낮은 유전율을 갖는 서포터를 이용하여 Air-Gap 구조를 구현하였다.

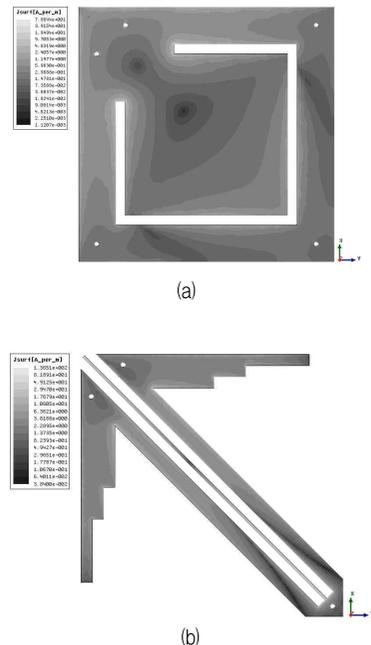


Fig. 2. The current distributions of the proposed antenna (a) Radiating element (b) Grounding element
 그림 2. 제안한 안테나의 전류분포 (a) 복사소자 (b) 접지소자

그림 2는 제안한 안테나의 EM시뮬레이션을 통하여 얻은 패널형태의 평판형 안테나의 복사소자와 접지소자의 전류분포를 나타내었다. 그림 2의 (a)에 나타난 복사소자의 전류분포를 통하여 복사소자의 슬롯 부분의 전류분포가 집중됨을 확인할 수 있는데, 이로부터 슬롯의 구조가 입력 임피던스의 영향을 미친다는 사실을 알 수 있다. 앞에서 기술한 바와 같이 접지소자는 전기적인 길이를 증가시킴으로써 반사기의 역할을 유도하였다. 안테나에서 반사기의 역할은 유

기되는 전류를 지연시킴으로써 특정한 방향에 이득 및 지향성을 증가시키는 역할을 하는데 반사기가 없는 일반 안테나에서는 복사소자와 접지소자에서 최대로 유기되는 전류의 분포가 대칭적으로 형성됨에 반해, 제안된 안테나는 그림 2의 (b)를 통하여 전류분포가 반사기를 가지는 안테나의 전류분포와 유사하게 동 위상에서 복사소자에 비해 접지소자에 유기되는 전류의 최대가 지연되어 형성됨을 확인함으로써 반사기로 동작하는 것을 확인하였다. 그림 3은 제작한 안테나의 앞면, 뒷면 및 측면을 나타내었다.

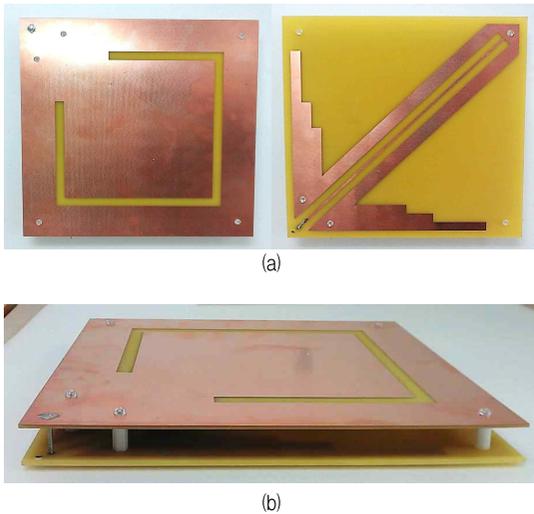


Fig. 3. The fabricated antenna (a) Top and Bottom view (b) Side view
그림 3. 제안한 안테나 외형 (a) 앞면, 뒷면 (b) 측면

그림 4와 그림 5는 본 논문에서 제안한 안테나의 반사손실과 방사패턴의 계산값과 측정값을 비교하여 나타내었다. 시뮬레이터를 이용한 계산값과 측정값이 비교적 잘 일치하는 것을 확인할 수 있다.

그림 5의 (a)와 (b)는 각각 x-y Plane, x-z Plane의 측정된 방사패턴의 계산값과 측정값을 비교하여 나타내었다. 측정된 방사패턴의 최대 이득은 3.04dBi로 계산값 3.4dBi와 큰 차이가 없었으며 안테나의 방사패턴 형상도 유사함을 확인하였다. 그림 4로부터 측정된 반사손실은 중심주파수 426 MHz에서 -21.34dB이며, 28.7MHz(약 6.6%)의 대역폭을 가짐을

확인할 수 있었다. 공진주파수 이외 대역에서 측정된 반사손실이 시뮬레이터의 계산값과 비교하였을 때, 상대적으로 손실이 큰 것을 확인할 수 있다. 이는

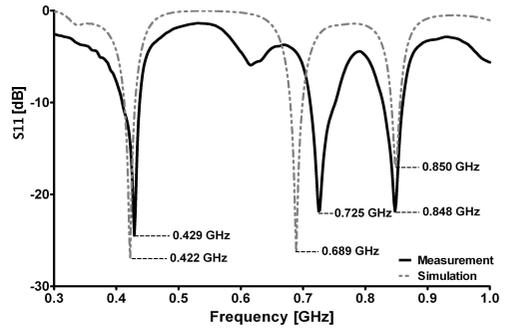


Fig. 4. The measured and simulated return loss of the proposed antenna
그림 4. 제안한 안테나의 반사손실 측정값과 계산값

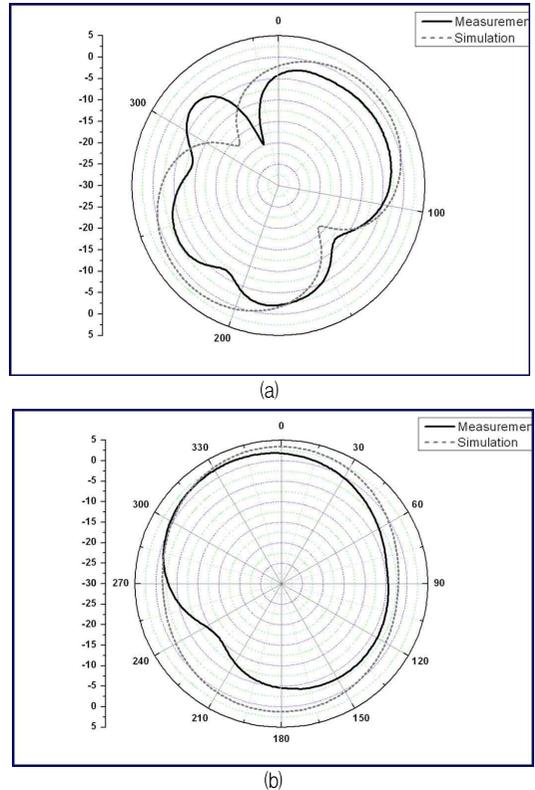


Fig. 5. The measured and simulated radiation patterns of the proposed antenna (a) x-y Plane (b) x-z Plane
그림 5. 제안한 안테나의 방사패턴 측정값과 계산값 (a) x-y Plane (b) x-z Plane

제작과정 중 급전부 제작에서 발생한 오차라 예상된다.

본 논문에서 제안한 안테나의 우수함을 입증하고 특성비교를 위하여 기존 마이크로스트립 패치 안테나의 설계이론[10]을 바탕으로 동일한 주파수 특성을 갖는 패치 안테나를 설계하였다. 기존의 패치 안테나는 낮은 주파수 대역에서 전송선로 및 패치의 면적에 급격히 커짐에 따라, 전송선로 상에서의 기생방사 뿐만 아니라 임피던스 정합이 더욱 어려워짐으로 대역폭 및 이득 면에서 좋은 특성을 갖기 힘들다는 단점이 있다. 패치 안테나와 제안한 안테나를 시뮬레이터 통하여 특성을 비교하였으며 그 결과를 표 2에 나타내었으며, 높이에서는 단점을 갖지만 대역폭과 이득 등 제안한 안테나가 전기적 특성은 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

Table 2. The comparisons between the conventional microstrip patch antenna and the proposed antenna

표 2. 마이크로스트립 패치와 제안한 안테나의 특성비교

	제안된 안테나	패치안테나
기판	FR4	FR4
크기(mm)	218.25 x 218.25	237.32 x 295.34
높이(mm)	18.2	3
대역폭(MHz)	411.7~429.4(4.2%)	422.7~425.1(0.5%)
이득(dBi)	3.4	0.5

III. 상용 모듈을 이용한 거리측정

제작된 안테나의 성능을 검증하기 위하여 UHF ISM 대역 주파수 424.8MHz를 사용하고 AFSK 변조 방식을 채용한 상용 무선송수신 모듈인 EM Tech사의 무선모듈과 해양인명구조시스템에 채용하기 위해 개발된 시험용 무선 송수신 모듈인 (주)G&C테크의 무선모듈을 사용하여 송수신 거리 측정을 실시하였다. 측정에 사용한 시험용 무선 송수신 모듈은 현재 해상인명구조시스템을 개발하고 있는 (주)G&C테크사에서 제작된 실제 프로토타입모델로 동일한 측정환경에서 상용모듈과의 성능을 비교하기 위하여 사용되었다. 해양환경과 유사한 실험환경을 구성하기 위해 그림 6 과 같이 두 측정위치 사이에 바다가 위치하는 해변에서 측정 하였으며, 기상효과에 대한 영향을 배제하기 위하여 날씨가 맑고 미풍이 약간 있는 기상환

경에서 거리측정을 하였다. 이 중 거리측정에 사용된 EM Tech 사의 무선 송/수신 모듈의 사양은 표 3에 나타내었으며, (주)G&C테크의 송수신모듈의 전기적 사양도 동일한 특성을 갖는다.

Table 3. Specification of wireless transceiver WAM-424 module of EM Tech Co.

표 3. EM Tech사의 WAM-424 무선 송/수신모듈

Tx(WAM-424XS1)		Rx(WAM-424XS1)	
사용 전원	5V±0.5V	사용 전원	5V±0.5V
사용 주파수	424.8MHz	사용 주파수	424.8MHz
전송 속도	1200bps - 2400bps	전송 속도	1200bps - 2400bps
송신 출력	10dBm	수신 감도	-120dBm
변조 방식	Digital AFSK(MSK)	변조 방식	Digital AFSK(MSK)

거리측정은 단계별로 2.6Km, 3.2Km, 4.3Km, 5.2Km 지점에 따라 송신부 안테나의 방향을 각각 최대이득을 갖는 방향으로 변경하면서 측정을 수행하였으며, 측정 방법, 측정 장소와 측정과정을 그림 6(a), (b) 그리고 (c)에 각각 나타내었다. 측정에 사용된 안테나로는 수신부에 본 논문에서 제안한 패널형태의 평판형 마이크로스트립 안테나를 장착하고 송신부에는 상용 헬리컬 안테나와 필름형 다이폴 안테나를 장착하여 그림 6(a)와 같이 구성하여 거리측정 실험을 수행하였다. 측정에 사용한 송수신모듈은 동일하기 때문에, 안테나 송수신 측정거리 실험을 위해 제안된 안테나에서 먼저 데이터를 송신을 한 후, 헬리컬 및 필름형 안테나를 장착한 모듈에서 데이터를 수신하면 다시 헬리컬 및 필름형 안테나에서 데이터를 송신하여 제안된 안테나에서 데이터를 수신하는 방식으로 송수신 거리측정 실험을 수행하였다. 제작한 필름형 안테나는 구멍조끼 내부에 모듈과 함께 장착되어 위치정보를 송신하는 목적으로 이전 연구에서 설계되었으며, 본 논문에서 제안한 패널 안테나와 동시에 적용이 가능한지와 상용 안테나인 헬리컬 안테나와 비교하여 충분한 송/수신거리 확보가 가능한지 검증하기 위하여 사용하였다.

측정거리는 2.6Km, 3.2Km 4.3Km, 5.2Km 순으로 송신부에서 보내는 정보를 수신부에서 확인 하는 방법으로 송/수신거리를 측정하였다. 실험결과 송신부에서 보내는 정보를 각 지점에서 수신이 가능하였으며, 실험에서 수행한 최대 수신 거리는 약 5.2Km임을 확인 하였다. 해상환경에서 적용하기 위한 구조선의 수신부 안테나는 실제 안테나의 높이를 조절할 수 있기

다.

IV. 결론

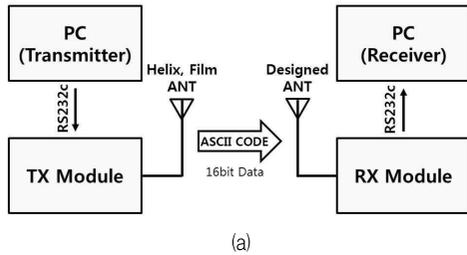
본 논문에서는 해상인명구조 시스템에서 구조선의 수신부에 적용하기 위한 안테나로서 패널형태의 평판형 마이크로스트립 안테나를 설계하였다. 또한 상용 무선 모듈을 이용한 실제 환경 송/수신거리 측정 결과를 통하여 제안한 안테나의 우수함과 적용 가능성을 확인 하였다.

본 논문에서 제안한 UHF ISM 대역인 424MHz에서 동작하는 패널형태의 평판형 마이크로스트립 안테나는 IDMA 구조를 응용하여 복사소자와 접지소자를 배치함으로써 표면전류를 억제함과 동시에 대역폭과 효율을 개선하였다. 또한 접지소자의 반사기 역할을 유도함으로써 이득을 개선하였다. 설계된 안테나의 크기는 218.25×218.25×18.2mm 로 소형이며 유전율 3.5, 두께 1.6mm인 FR4로 구현 하여 저비용으로 구현하였다. 측정된 안테나의 반사손실은 중심주파수 426MHz에서 -21.34dB이며, 대역폭은 -10dB 이하에서 28.7MHz(약 6.6%)를 얻었고, 최대 이득은 426MHz에서 3.04dBi를 얻었다.

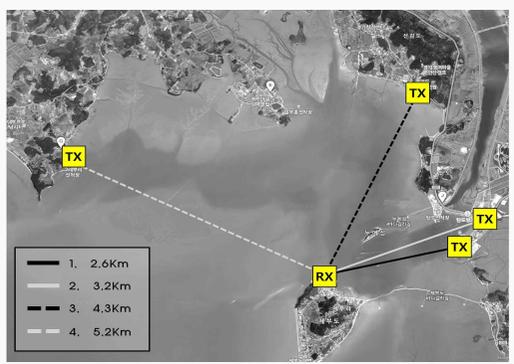
향후 해상에서 전 방향으로부터 들어오는 신호를 효과적으로 수신하기 위하여, 제안한 안테나를 배열함으로써 전 방향성과 동시에 배열안테나의 장점인 고이득을 구현할 수 있는 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] 류광진, 박창균, “해수면 자유공간의 전파경로 손실 예측 모델”, 한국음향학회지 제22권 제7호, 2003.
- [2] W. L. Stutzman and G. A. Thiele, *Antenna Theory and Design*, John Wiley & Sons, 1981.
- [3] 김영달, 이영훈, 권원현, “평면형 다이폴 안테나를 이용한 UHF RFID 태그 안테나 특성”, 한국전자과학회논문지, 2005년 02월.
- [4] 이인근, 홍익표, “Design of a Film-Type Dipole Antenna Using a Director Element at UHF ISM Band”, 한국정보기술학회논문지, 제9권 제7호, pp.72-82, 2011년 9월
- [5] I. J. Bahl and P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, 1980
- [6] D. Yoharaaj, Raja Syamsul Azmir, and Alyani Ismail, “A New Approach for Bandwidth Enhancement Technique in Microstrip Antenna for Wireless Applications”, *RF and Microwave*



(a)



(b)



(c)

Fig. 6. The distance measurement setup (a) Measurement setup (b) Map of distance range (c) Experiment environment

그림 6. 거리측정 실험 (a) 측정 방법 (b) 측정 지도 (c) 측정 모습

때문에 본 논문에서 제안한 안테나로 구현하면 거리 측정 실험을 통하여 얻은 5.2Km의 송/수신거리보다 더 넓은 송/수신 거리를 확보 할 수 있을 것으로 예상된다. 따라서 본 논문에서 제안한 안테나는 비교적 넓은 대역폭과 높은 이득 및 효율 특성을 가짐으로써 해상인명구조 시스템에 적합한 안테나임을 확인하였

Conférence, pp.205-209, Sept. 2006

[7] T. Deleruyelle, P. Pannier, and S. Bourdel, "Multi-Standard Slot Antenna in 860-960 MHz and 2.45GHz RFID.", *2008 IEEE AP-S*, Jul. 2008

[8] K. Nirun, N. Chalernpol, T. Taspong, "Parametric Study of the Rectangular Microstrip Antenna with an Air Gap", *R&D Journal*, vol 24, no. 2 (May-August), King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bangkok, pp. 131-142, 2011

[9] Kai-Fong Lee, K. Ho, J. Dahele, "Circular-disk Microstrip Antenna with an Air Gap", *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, vol 32, no. 8, pp. 880-884, Aug 1984.

[10] I. J. Bahl and P. Bhartia, *Microstrip Antennas*, Artech House, 1980

저 자 소 개

이 인 곤 (학생회원)



2012년 3월 현재 : 국립공주대학교
정보통신공학부 4학년 재학중
<주관심분야>
안테나 설계

홍 익 표 (정회원)



1994년 : 연세대학교 전자공학과
졸업 (공학사)
1996년 : 연세대학교 대학원 전자
공학과 (공학석사)
2000년 : 연세대학교 대학원 전기
컴퓨터공학과 (공학박사)
2003년 3월~현재 : 국립공주대학교

정보통신공학부 부교수
<주관심분야>
안테나, 전자기수치해석