

안전모에 부착하는 MOB용 패치 안테나 Patch Antenna for MOB Attached on Safety Helmet

김재원¹ · 양규식^{2*}

¹한국해양수산연수원 교육연구팀
²한국해양대학교 전자통신공학과

Jaewon Kim¹ · Gyu-sik Yang^{2*}

¹Education Research Team, Korea Institute of Maritime and Fisheries Technology, Busan 49111, Korea

²Department of Electronic and Communication Engineering, Korea Ocean and Maritime University, Busan 49112, Korea

[요 약]

본 연구의 목적은 안전모에 장착하는 MOB용 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하는 것이다. 패치 안테나는 64×64 mm 크기의 기판 두께 0.2 mm FR-4기판에 제작되었으며, Inmarsat (1.52 ~ 1.65 GHz)과 GPS (1.575 GHz) 주파수 대역을 커버하도록 슬롯링 형태로 설계되었다. 안테나는 HFSS 프로그램을 사용하여 최적화된 파라미터를 도출하고, 이를 바탕으로 시뮬레이션 측정 결과 분석을 통해 설계되었다. 안테나는 식각 및 마이크로스트립 급전 방식으로 SMA 커넥터를 부착하여 제작되었고, 안테나의 설계치와 측정치를 비교 분석하였다. 제안된 안테나는 1.53 ~ 1.65 GHz 밴드를 커버함과 동시에 -10 dB 대역폭 조건도 만족하였다.

[Abstract]

The purpose of this study is to design for MOB antenna attached on safety helmet using microstrip patch antenna. The patch antenna is fabricated in 0.2 mm FR-4 substrate with 64×64 mm size. The proposed antenna is based on a slot-ring design which cover Inmarsat (1.52 ~ 1.65 GHz) and GPS (1.575 GHz) frequency band. To obtain the optimized parameters, HFSS simulator is used, and antenna is designed by optimized parameters. After antenna was etched, SMA connector was attached to the microstrip feeding line and the result between antenna simulation and measurement was analyzed. Proposed antenna is satisfied the -10 dB bandwidth requirement while simultaneously covering the 1.53 ~ 1.65 GHz.

Key word : Microstrip patch antenna, Inmarsat C, GPS, FR-4, High frequency structural simulator.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2016.20.1.93>



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 6 January 2016; Revised 5 February 2016
Accepted (Publication) 12 February 2016 (28 February 2016)

*Corresponding Author; Gyu-sik Yang

Tel: +82-51-410-4316

E-mail: gsyang@kmou.ac.kr

I. 서 론

해상선원위치발신장치 (MOB; man over board)[1]는 선상에 있는 사람이 바다에 빠진 경우 자기 선박에서의 신속하고 우선적인 구조와 주변 선박에 의한 구조가 가능하도록 수난자의 위치를 본선에서 수신할 수 있도록 하는 장치를 말한다. 이는 선박의 갑판 상에서 미끄러지거나, 갑작스러운 선박의 동요, 자살의 시도 등과 같은 경우에 발생하는 선의 추락 시 빠른 구조 활동을 가능케 하는 수단이다. 그러나 현재 대다수의 여객선과 화물선 및 어선은 승객과 승무원의 선의 추락에 대하여 적절히 대처하지 못하고 있으며, 당직 항해사 또는 견시자의 시각 및 청각에 의존하고 있는 실정이다. 실제로 선외추락 상황이 발생하여 구조조정 업무를 개시할 필요가 있을 때, 빠른 시간 내에 이를 식별하고 구조 업무를 개시할 수 있도록 휴대가 간편하면서 선박의 GMDSS 장비인 Inmarsat C 장비를 이용하여 경보를 받고 위치 정보를 활용할 수 있는 패치형 안테나를 제안하고자 한다.

따라서 안테나는 일상적인 선상 업무에 필수적으로 활용되는 안전모에 부착하는 방식으로서 MOB 장치가 부착된 구명동의를 착용치 않고 물에 빠진 경우에도 Inmarsat 위성을 통해 경보 및 위치 신호를 송신하고, 위성은 각 선박의 Inmarsat C 장비로 GPS 위치 신호와 경보 신호 중계를 통한 MOB 안테나로서의 역할을 할 수 있도록 광대역 소형화하는데 초점을 두었다.

II. 제안된 패치 안테나 설계와 시뮬레이션

2-1 제안된 안테나 설계

이 절에서는 안전모에 부착 가능한 단일급전의 마이크로스트립 패치 안테나를 설계하였다. 안테나는 기계적 특성인 가벼운 중량 및 우수한 강도가 요구되며, 전기적 특성인 안테나 방사 특성이 우수하여야 한다. 따라서 안전모에 부착할 수 있도록 두께가 얇고 유연성을 가진 0.2 mm 두께의 FR-4 재질 기판을 사용하면서 대역폭 확대를 위해 슬롯 링 형태를 사용하고, 우선회 원편파(RHCP; right handed circular polarization) 구현을 위해 대각선 양측의 모서리 부분에 45° 방향 대각선 모서리 부분을 잘라내는 코너컷 방식으로 구현하였다[2]-[4].

마이크로스트립 패치 안테나의 협대역의 특성으로 인해 일반적인 마이크로스트립 패치 안테나의 대역폭은 공진주파수의 1~2% 정도이다[5]. 본 논문에서 제안한 주파수 대역 1,530 ~ 1,650 MHz의 안테나는 약 7.5% (120 MHz)의 최소 대역폭을 필요로 한다. 마이크로스트립 안테나의 대역폭 확장을 위해서는 유전율이 낮은 기판을 사용하거나 두꺼운 유전체를 사용하는 방법, 적층 구조를 사용하는 방법[6], 슬롯 링 안테나[7] 등이 제안되었다.

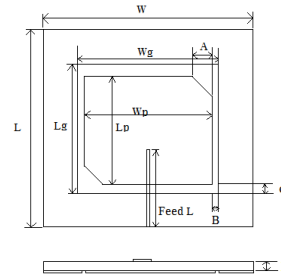


그림 1. 제안된 슬롯 링 패치 안테나
Fig. 1. Proposed slot ring patch antenna

본 논문에서는 대역폭 7.5% 이상의 성능을 가지기 위해 마이크로스트립 결합(coupling) 급전을 통해 구현하였으며, 곡면에 부착이 용이한 0.2 mm 두께의 FR4 기판을 이용하여 설계하였다. 또한 GPS 또는 사각 패치 안테나에서 원형 편파를 얻는 방법으로 이중 급전, 대각선 슬롯 등을 이용하는 방법이 있으나, 제안된 안테나는 기판의 양 모서리를 잘라내는 코너컷 방식으로 구현하였으며, 우선회 원편파 구현을 위해 패치면의 45° 방향 양쪽 모서리를 잘라내었다. 그림 1에 제안된 안테나의 설계도면 형태를 나타내었다.

2-2 제안된 안테나의 시뮬레이션

최적의 설계 파라미터를 찾기 위해 슬롯 링 안테나의 중요 파라미터인 코너 컷의 길이 A, 안테나 가로방향 슬롯 폭 B, 세로방향 슬롯 폭 C 가 안테나의 입력 임피던스 및 축비(axial ratio)에 미치는 영향과 우선회 원편파 구현을 위한 3 dB 이하 값을 만족하는 최적의 값을 검토하였다.

급전은 마이크로스트립 라인 급전을 이용하여 구현하였으며 안테나 설계를 위해 전자파 해석 툴인 Ansys사의 HFSS Ver.13 시뮬레이터를 사용하였다. GPS와 Inmarsat C의 송·수신 주파수를 모두 수용하기 위한 1.53 ~ 1.65 GHz의 대역폭과 우선회 원편파의 충족을 위한 안테나의 설계 사양은 표 1과 같다.

초기 시뮬레이션을 위한 파라미터로서, 유전체 기판 사이즈는 안전모에 부착할 수 있도록 필요 최소 사이즈인 64 × 64 mm 인 정사각형으로 고정한 뒤, 패치의 길이(Lp) 36 mm, 패치 폭(Wp) 40 mm로 설정하였다.

표 1. 설계 사양
Table 1. Design specification.

Specification	GPS & Inmarsat Antenna
Center Frequency	1.59 GHz
Return loss	Less than -10 dB
Axial Ratio	Less than 3 dB
Polarization	RHCP

표 2. 제안된 안테나 초기 설계 파라미터

Table 2. Initial design parameter of proposed antenna.

Desing Parameter	Value
Resonant Frequency	1.59 GHz
Dielectric Constant	4.4
Substrate Height(h)	0.2 mm
Substrate Size (W×L)	64 × 64 mm
Corner-cut Length(A)	10 mm
Horizontal-direction Slot width(B)	0.5 mm
Vertical-direction Slot width(C)	2.3 mm
Feed Line width	0.2 mm
Feed Line length	22 mm

45° 방향의 양쪽 모서리를 잘라내는 코너 컷(A)은 반사계수 변화치를 시뮬레이션 한 결과 10 mm 이상부터 원하는 대역폭에서의 결과 값이 도출되어 설정하였으며, 안테나의 가로방향 슬롯 폭(B) 및 세로방향 슬롯 폭(C) 또한 A와 같은 방법을 적용하였다. 제안된 안테나의 설계 파라미터는 표 2에 나타내었다.

1) 파라미터 A의 변화에 따른 시뮬레이션

그림 2에서는 패치의 45° 대각선 방향 양쪽 모서리를 잘라낸 코너 컷의 길이(A)의 변화에 따른 반사 계수 특성 변화를 나타내었다. A가 10 mm에서 13 mm로 1 mm씩 증가함에 따라 반사계수 기준점 -10 dB는 1.53~1.65 GHz 구간에서 모두 만족되었으나, 공진주파수가 상승하였다. 이로부터 코너 컷 길이(A)는 증가할수록 공진주파수 상승 및 임피던스 정합 특성이 향상되는 장점이 있으나, 임계점인 12 mm를 넘어서면 최저 설계 주파수 1.53 GHz에서의 반사 계수가 감소되는 단점이 있음을 알 수 있다. 이를 통해 최적의 코너 컷 길이(A)를 12 mm로 설정하기로 한다.

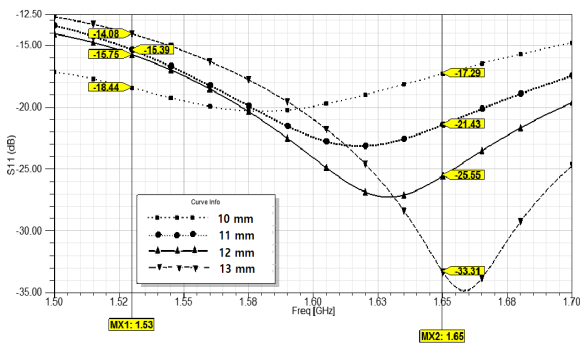


그림 2. 코너 컷 길이(A) 변화에 대한 반사계수
Fig. 2. Return loss according to the corner cut length(A).

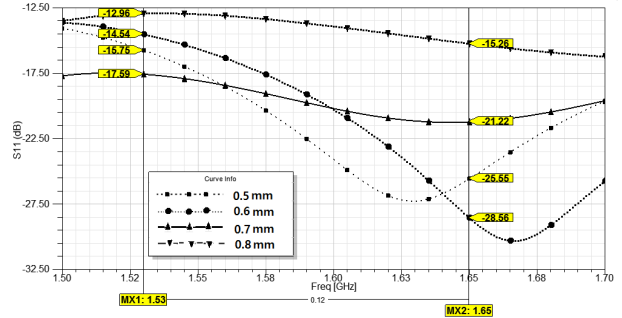


그림 3. 가로방향 슬롯 폭 변화(B)에 대한 반사계수
Fig. 3. Return loss according to the slot with(B) in cross direction.

2) 파라미터 B의 변화에 따른 시뮬레이션

그림 3은 안테나의 가로방향 슬롯 폭 변화(B)에 따른 반사 계수 특성 변화를 나타내었다. B를 0.5 mm에서 0.8 mm 까지 0.1 mm 간격으로 증가시켜본 결과, 패치와 접지 사이 길이 방향 폭 넓이 변화에 의한 공진주파수는 1.63~1.67 GHz로 약간 상승하였지만, 0.7 mm를 기준으로 반사계수가 설계했던 주파수 범위에 거의 일정하게 정합이 이루어짐을 알 수 있다. 즉, B의 길이는 0.7 mm로 설정하는 것이 최적임을 알 수 있다.

3) 파라미터 C의 변화에 따른 시뮬레이션

그림 4에서는 안테나의 세로방향 슬롯 폭의 길이(C)의 변화에 따른 반사 계수 특성 변화를 나타내었다. C가 2.3 mm에서 2.45 mm 까지 0.05 mm씩 증가함에 따라 반사계수는 1.53~1.65 GHz 대역에서 모두 -10 dB 이하를 만족하였으나, 2.4 mm를 기준으로 최대 설계 주파수 1.65 GHz에 대한 반사계수 정합 특성이 하락하였다. 이로부터 패치와 접지의 넓이 방향 폭의 길이(C)의 변화에 의한 공진 주파수는 일정 기준점을 사이로 폭의 길이가 커짐에 따라 대역폭 확장 및 임피던스 정합 특성이 향상되는 장점이 있으나, 기준점을 초과할 시 공진주파수가 낮아지는 특성이 있음을 알 수 있다.

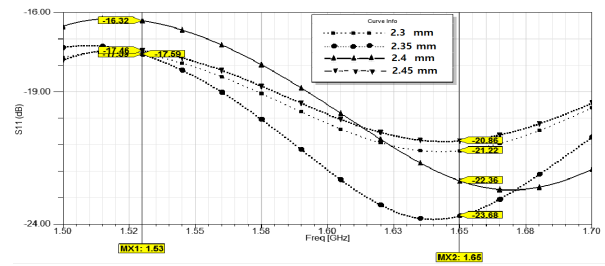


그림 4. 세로방향 슬롯 폭 변화(C)에 대한 반사계수
Fig. 4. Return loss according to the slot with(B) in length direction.

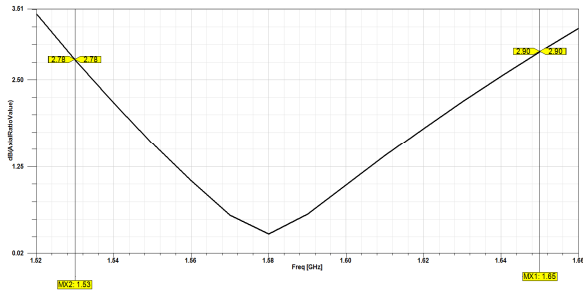


그림 5. 축비 시뮬레이션 결과
 Fig. 5. Simulation result of axial ratio.

4) 축비 시뮬레이션

그림 5에는 RHCP 구현을 위한 축비의 시뮬레이션 결과를 나타내었다. 코너 컷 A의 값 12 mm 및 B의 값 0.7 mm, C의 값이 2.4 mm일 때 축비는 설계한 주파수 대역 (1.53 GHz ~ 1.65 GHz)에서 2.78 dB ~ 2.90 dB를 나타내어 3 dB 이하를 만족하였다.

5) 안테나 방사 패턴 및 이득

그림 6에서는 X-Z 평면에서의 E_θ , E_ϕ 에 대한 방사패턴, 그림 7에서는 Y-Z 평면에서의 E_θ , E_ϕ 에 대한 방사패턴을 나타내었다.

1.59 GHz의 중심주파수에 대한 이득(Gain)의 방사패턴 시뮬레이션 결과이다. E_θ , E_ϕ 는 0 ~ 90° 방향으로 완전한 무지향성은 아니지만, 무지향성에 가깝게 방사되고 있음을 알 수 있다. 1.59 GHz 중심 주파수에서의 이득은 약 2.3 dBi로 나타났다.

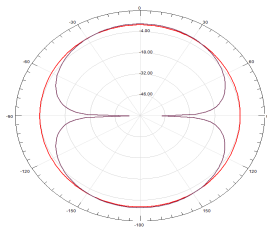


그림 6. 1,590 MHz 기준 X-Z 방사패턴
 Fig. 6. X-Z plane pattern at 1,590 MHz.

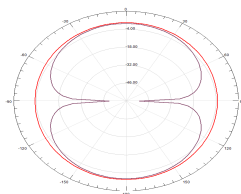


그림 7. 1,590 MHz 기준 Y-Z 방사패턴
 Fig. 7. Y-Z plane pattern at 1,590 MHz.

III. 제안된 안전모 부착용 패치 안테나 제작 및 측정

앞 절에서 설계된 안전모 부착용 패치 안테나의 시뮬레이션 결과를 바탕으로 안테나를 제작하고 측정하였다.

3-1 제안된 안테나의 파라미터

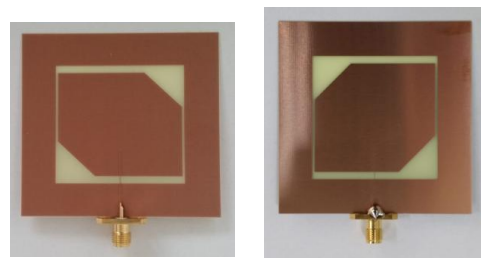
시뮬레이션을 통해 실제 안테나 설계를 위한 최적의 파라미터를 구하고 그 결과를 표 3.에 나타내었다. 설계 시와 마찬가지로 기판은 유전율 4.4의 FR-4 기판을 사용하였으며, 기판의 두께는 0.2 mm이다. 안테나의 제작 방법은 식각(etching)을 통해 이루어졌으며, 마이크로스트립 급전 방식으로 SMA 커넥터를 부착하여 안테나의 급전부를 제작하였다.

3-2 제안된 안테나의 제작 및 측정

표 3. 최적의 안테나 설계 파라미터

Table 3. Design parameter of optimal antenna.

Antenna Parameter	Value
Resonant Frequency	1.59 GHz
Dielectric Constant	4.4
Substrate Height(h)	0.2 mm
Substrate Width(W)	64.5 mm
Substrate Length(L)	64.5 mm
Lg	40.9 mm
Wg	41.4 mm
Lp	36 mm
Wp	40 mm
A	12 mm
B	0.7 mm
C	2.4 mm



(a) 앞면 (b) 뒷면

그림 8. 제작된 마이크로스트립 패치 안테나
 Fig. 8. Fabricated microstrip patch antenna.

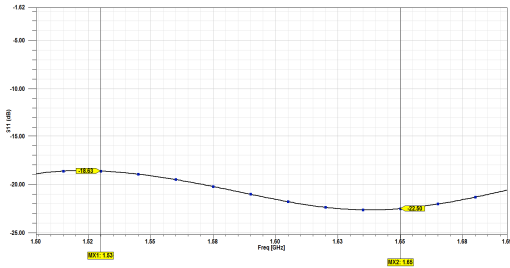


그림 9. 시뮬레이션을 통한 안테나의 반사계수
 Fig. 9. Antenna return loss from simulation.



그림 11. 안전모에 부착한 패치 안테나
 Fig. 11. Patch antenna attached to the safety helmet.

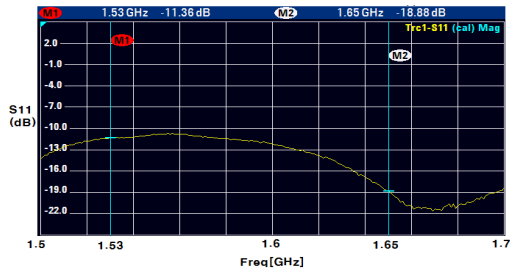


그림 10. 안테나 자체에 대한 반사계수 측정
 Fig. 10. Return loss measurement of antenna itself.

최적화된 설계 변수를 토대로 제작한 안테나의 사진은 그림 8과 같으며, 안테나의 반사 계수는 벡터 회로망 분석기를 이용하여 측정하였다.

그림 9와 그림 10에서는 최적화된 안테나의 시뮬레이션 반사계수 결과 및 측정된 반사계수 결과를 비교하였다. 시뮬레이션 값과 비교해 측정값에 손실이 많이 발생되었는데, 이는 실제 안테나 제작 상 발생한 손실 때문인 것으로 사료된다. 하지만 안테나의 -10 dB 대역폭으로 1.53~1.65 GHz의 대역폭을 가짐으로써 설계했던 대역폭을 모두 얻을 수 있었다.

3-3 안전모에 부착한 상태에서 슬롯 링 안테나의 측정

본 논문에서 구현한 슬롯 링 안테나는 안전모의 안쪽의 곡면 부에 부착되어야 하므로 패치의 휨으로 인한 특성 변화를 점검할 필요가 있다. 패치 안테나의 곡률에 대한 실험 결과는 기존 발표되었던 논문 자료[8]를 참고하였으며, 본 논문에서 구현된 안테나는 그림 11과 같이 약 5 이내의 곡면에 부착되므로 곡률에 대한 반사계수 손실은 거의 없을 것으로 예상하였다. 측정을 위해 제작된 마이크로스트립 패치 안테나를 안전모 안쪽 윗 부분에 테이프를 임시 고정하여 측정하였고, 그 결과는 그림 12와 같다. 예상했던 바와 달리 설계했던 주파수 대역에서 약 1~5 dB의 반사계수 손실이 있었으며, 1.68 GHz의 공진점이 아래 주파수 대역으로 이동하면서 손실이 발생하였다.

또한 반사계수는 모두 -10 dB 이하의 수치를 나타내었다. 이로써, 일부 대역이 설계했던 주파수에 대한 반사계수 한계점에 근접함으로써 Inmarsat 위성을 통한 수신이 원활하지 못 할 가

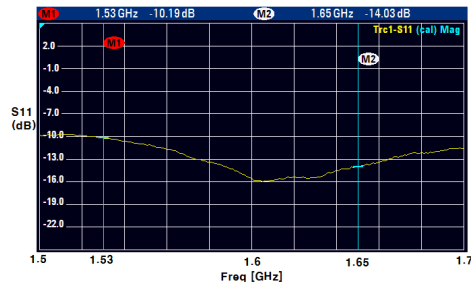


그림 12. 안전모에 부착한 안테나의 반사계수 측정
 Fig. 12. Return loss measurement of antenna attached to the safety helmet.

능성이 있을 것으로 예상되나 경보 및 위치정보의 송신은 충분할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 선박에서 발생하는 선외 추락 상황 시 구조 대상자의 조난 사실을 탐지하고 위치 정보를 발신하여 빠른 시간 내에 구조 활동을 시작할 수 있도록 하는 MOB 장치 구현을 위해, 선내 작업 시 항상 착용하는 안전모에 부착할 수 있는 슬롯 링 안테나를 설계하였다. 일반적으로 마이크로스트립 패치 안테나는 사용할 수 있는 대역폭이 좁아 본 연구에서 구현하고자 하는 GPS 및 Inmarsat C 안테나의 사용 주파수 대역 (1.53 ~ 1.65 GHz)을 만족하기 위한 개선 방법을 제시하고자 HFSS 시뮬레이터 프로그램을 이용하여 최적화된 수치를 도출하고, 실제 안테나 제작 및 측정을 통해 설계 값과의 비교 분석을 통해 검증하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

① 실제 선박의 일상 업무에서 항상 착용하게 되는 안전모를 이용하여 Inmarsat 위성의 경보 중계 기능을 활용한 Inmarsat C 장비의 경보 발신 및 GPS 위성 신호 수신을 통한 위치 정보 발신이 가능하도록 설계하였다.

② 패치 안테나의 협대역 특성을 개선하고자 슬롯 링 안테나 방식을 사용하였으며, 마이크로스트립 라인을 이용하여 급전하였다. 우선회 원편파(RHCP) 특성 구현을 위해 패치 면에 45°

방향의 양쪽 대각선 방향을 잘라내는 코너 컷 방식을 사용하여 설계하고 HFSS 시뮬레이터를 이용하여 최적의 수치를 도출하였다.

③ 시뮬레이션 결과를 바탕으로 실제 안테나를 제작 및 측정하여 시뮬레이션 결과치와 비교·분석하였고, 실제 제작된 안테나의 성능이 시뮬레이션 값에는 다소 미치지 못하지만 기준치인 -10 dB를 만족함으로써 Inmarsat C 경보 기능을 이용한 MOB 안테나로서 사용이 가능함을 입증하였다.

참고 문헌

[1] The institute for future radio engineering, A Study on the status of maritime safety radio equipment's usage and efficient frequency usage, The institute for future radio engineering, Seoul, Nov. 2013.

[2] J. H. Lim, G. S. Yang, S. H. Jung, and D. K. Park, "Lifejacket-integrated antenna for search and rescue system," *Journal of Korean Institute of Navigation and Port Research*, Vol. 38, No. 4, pp.367-371, Aug. 2014.

[3] T. H. Lee, M. S. Kim, Y. D. Kim, and H. M. Lee, "Printed annular ring slot antenna for circular polarization," *Journal of*

Electromagnetic Engineering and Science, Vol. 14, No. 1, pp.77-80, Jan. 2003.

[4] Y. H. Suh and I. M. Park, "A broadband eccentric annular ring microstrip slot antenna," *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol. 11, No. 5, pp.773-781. Aug. 2000.

[5] D. M. Pozar, "Microstrip antennas," *Proceedings of the IEEE*, Vol. 80, No. 1, pp.79-91, 1992.

[6] K. C. Gupta and G. Dumar, "Nonradiation edges and four edges gap-coupled multiple resonator broad-band microstrip antenna," *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, Vol. AP-33. 1985.

[7] K. Y. Kim, K. H. Bang, H. J. Shin, S. C. Ahn, and Y. W. Park, "Study on circular polarized microstrip antenna," in *Conference Proceedings of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, Seoul: Korea, Vol. 4, No. 1, pp. 111-113, May 2010.

[8] H. J. Lee, J. Y. Lee, K. B. Lee, and K. S. Kim, "Wideband wearable patch antenna," in *Conference Proceeding of the Institute of Electronics and Information Engineers*, Seoul: Korea, pp.295-296, Jul. 2009.



김재원 (Jaewon Kim)

2002년 8월 : 부경대학교 전자공학과 (공학사)
 2005년 11월 ~ 2012년 10월 : KLC SM 항해사
 2012년 12월 ~ 2015년 8월 : 한국해양수산연수원 교육기획팀 주임 교관
 2015년 8월 : 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과 공학석사 수료
 2015년 9월 ~ 현재 : 한국해양수산연수원 교육연구팀 전임강사
 ※관심분야 : 해상통신, 안테나



양규식 (Gysik Yang)

1974년 2월 : 한국항공대학교 항공통신공학과 (공학사)
 1991년 8월 : 건국대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
 1986년 9월 ~ 현재 : 한국해양대학교 교수
 ※관심분야 : 해상통신, 통신시스템, 안테나