

조난자의 구조를 위한 구명조끼 장착 다중대역 안테나 설계

박용진* · 양규식** · 정성훈*** · † 박동국

† ,** 한국해양대학교 전자전기정보공학부 교수, *** 한국해양대학교 산업기술연구소, * 한국해양대학교 대학원

Design of Life-jacket Integrated Multiband Antenna for Rescuing Distressed People

Yong-Jin Park* · Gyu-Sik Yang** · Sung-Hun Jung*** · † Dong-Kook Park

** , † Department of Electronic & Communication Engineering, Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

*** Research Institute of Industrial Technology, Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

* Graduate school of Korea Maritime & Ocean University, Busan 49112, Korea

요 약 : 본 논문에서는 어선원 및 일반인들이 해상에서 조난을 당하였을 경우 구조를 위해 조난신호 및 위치정보를 송신할 수 있으면서, 팽창식 구명조끼에 장착이 가능한 유연한 다중대역 안테나를 제안한다. 이 안테나는 VHF-DSC 대역(156MHz), COSPAS-SARSAT 대역(406MHz) 및 GPS대역(1,575MHz) 에서 동작하는 3중대역 안테나이다. GPS대역은 사각형 슬롯 링(square slot-ring) 형태의 평판 구조로 구현하였고, COSPAS-SARSAT 대역과 VHF-DSC 대역은 모노폴 구조로 구현을 하였다. 또한 기판은 구명조끼 장착을 위한 유연성 확보를 위해 0.2mm 두께를 가지는 FR4-epoxy 기판을 사용하였다. 제작된 안테나는 최종적으로 사람이 구명조끼를 장착한 상태에서 VHF-DSC, COSPAS-SARSAT, GPS 대역에서 각각 -8.8dB, -20.4dB, -10.7dB의 반사손실 특성을 나타내었다.

핵심용어 : 안테나, 다중대역, 구명조끼, 조난, 구조

Abstract : In this paper, we suggest a flexible multiband antenna which can be equipped on an inflatable life-jacket. The antenna can send distress alert and location data of survivors to assist rescue operation when crew or people are in distress. The antenna operate in three frequency bands such as VHF-DSC band (156MHz), COSPAS-SARSAT band (406MHz) and GPS band (1,575MHz). The GPS band is implemented with a square ring-slot planar antenna, the COSPAS-SARSAT band and the VHF-DSC band antenna is implemented by monopole type. In order to give flexibility of substrate to be equipped on life-jacket, FR4-epoxy substrate of thickness 0.2mm is used to make antenna. The reflection coefficients of the fabricated antenna are -8.8dB, -20.4dB and -10.7dB at each bandwidth like VHF-DSC, COSPAS-SARSAT and GPS band, respectively, when people are wearing life-jacket integrated multiband antenna.

Key words : antenna, multiband, life-jacket, distress, rescue

1. 서론

해상을 통한 국가 간 교류가 시작된 이래로 선박을 통한 물류 운송은 필수적인 사항이 되었다. 그러한 반면에 이로 인한 해상 조난 사고도 적지 않게 일어나고 있다. 2004년부터 2013년 동안 국내에서 발생한 해상 조난 사고는 약 9,700건에 달하며 실종자 및 사망자 수도 약 600명에 이른다(Ministry of Security and Public Administration, 2014). 따라서 국내에 국한하지 않고, 전 세계적으로 보면 해상조난 사고가 결코 무시할 수 없는 수준임을 예측할 수 있다.

이러한 조난사고 발생 시 신속한 대응을 위한 구조시스템이 전 세계적으로 운용되고 있다. 대표적인 시스템이 전 세계적인 재난구조 긴급통신 지원시스템인 COSPAS-SARSAT 시스템이다(Munshi, 2014). 해상에서 조난 사고가 발생하면

406MHz 또는 121.5MHz 대역 주파수에서 동작하는 Personal Locator Beacons (PLB)가 조난신호를 COSPAS-SARSAT 위성으로 송신하며, 위성은 수신 받은 신호를 다시 전 세계로 송신하는 역할을 하여 수색 및 구조 작업을 지원한다(Zurabov, 1998). 이 때 조난자의 위치확인을 위해 Global Positioning System (GPS)가 사용되기도 한다(Yijun, 2007). GPS는 1.575GHz를 동작주파수로 사용하며 조난자의 위치정보를 정확하고 신속하게 파악하여 구조 작업을 원활히 수행하기 위해 사용된다. 그 외에도 조난자의 인근을 향해하는 선박에게 구조를 요청하기 위해 156MHz 대역의 Very High Frequency-Digital Selective Calling (VHF-DSC) 신호를 송신하기도 한다(Huang, 2007).

본 논문에서는 해상에서의 신속한 조난 구조를 위해 앞서 언급한 GPS, COSPAS-SARSAT PLB, VHF-DSC의 3가지

† Corresponding author : 연희원, dkpark@kmou.ac.kr 051)410-4311

* 연희원, yj89@kmou.ac.kr

** 연희원, gsyang@kmou.ac.kr

*** 중신회원, director@kmou.ac.kr

시스템 모두를 위한 통신 시스템용 안테나를 설계하고자 한다. 특히 조난자의 구멍조끼에 장착이 가능한 형태로 안테나를 설계하고자 한다. 따라서 안테나는 156MHz, 406MHz, 1,575MHz 대역에서 동작하는 다중대역 특성을 가지며, 구멍조끼 장착이 용이하도록 가볍고, 두께가 얇고, 유연하도록 설계하여야 한다. 구멍조끼 장착용으로 406MHz 대역의 안테나가 문헌에 소개되어 있으나, 이것은 스티로폼과 같은 구조물에 미앤더(meander) 형태와 보타이(bow tie) 형태로 구현하였고, 미앤더 형태의 안테나는 폭 2cm, 길이 30cm이며, 보타이 형태는 폭 6cm, 길이 27cm로 구멍조끼에 평소 장착하고 있기에는 부피가 커서 불편함이 예상된다(Serra, 2011).

따라서 본 논문에서는 구멍조끼에 장착이 가능하도록 안테나의 기판 사이즈를 소형화 하고, 무게는 경량화 된 안테나를 설계하고자 한다.

2. 안테나 설계

안테나가 부착되는 위치는 조난자가 바다에 떠 있을 때 해수면이 닿지 않는 어깨 부근에 장착하여 해수에 의한 영향을 최소화하도록 하였다.

안테나의 기판의 크기는 구멍조끼의 어깨 부근의 크기를 감안하여 125mm × 70mm로 하였으며, 두께는 유연성을 위해 0.2mm 두께를 가지는 FR4-epoxy 기판을 사용하였다. 이것은 앞서 언급한 Serra의 안테나 길이 270mm, 300mm에 비해 크기가 작으며, 스티로폼에 장착되어 유연성이 결여되어 있는 기존 안테나에 비해 두께 0.2mm로 구멍조끼 옷감 천에 바로 장착하여 유연성을 개선한 구조이다. Fig 1에 설계된 다중대역 안테나의 모형을 나타내었다.

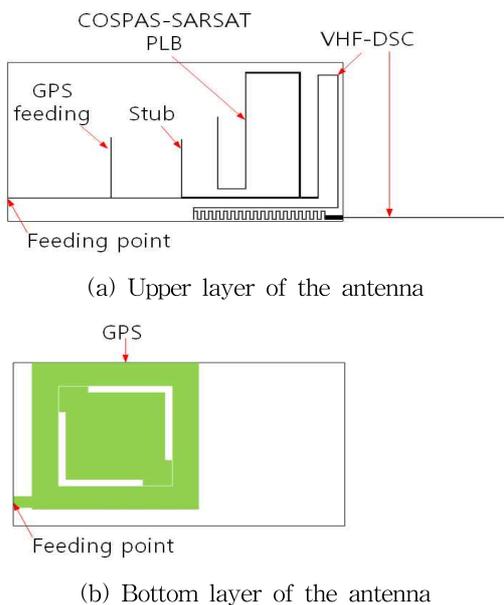


Fig. 1 Configuration of the proposed antenna

급전 방식은 마이크로스트립 선로로 구현하였으며, GPS는

사각형 슬롯 링 구조로(Zhou,, 2012), COSPAS-SARSAT PLB 대역은 기판에 구현된 모노폴, VHF-DSC 대역은 기판에 구현된 선로에 0.4mm의 지름을 가지는 도선(wire)을 연결하여 만든 모노폴 구조로 설계하였다. VHF-DSC 대역용 도선(wire)은 구멍조끼 장착 시 별도의 지지대를 통해 구멍조끼 외부로 돌출되어 156MHz 대역 안테나의 방사효율을 개선하기 위해 설계되었다. 기본적인 설계는 Ansys HFSS 프로그램을 사용하였다.

2-1. GPS 안테나 설계

Fig. 1의 안테나 중에서 GPS 안테나 부분만을 Fig. 2에 도시하였다. GPS 안테나는 우선회 편파(RHCP) 특성을 가지도록 파라미터 스터디를 통해 안테나를 설계하였다. 먼저 Fig 3에서 볼 수 있듯이, 작은 슬롯 폭(Ws)의 값이 커질수록 반사계수 특성은 나빠졌으며 축비는 비선형적인 결과를 나타내었다. 또한 작은 슬롯 길이(Wq)가 커질수록 Fig 4의 결과를 살펴보면 축비는 나빠지고 반사계수 특성은 좋아지는 결과를 확인할 수 있으며, Fig 5에서는 내부 정사각형의 길이 (Lp)가 클수록 축비는 좋아지고 반사계수 특성은 나빠지는 결과를 확인할 수 있다.

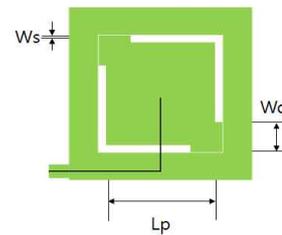
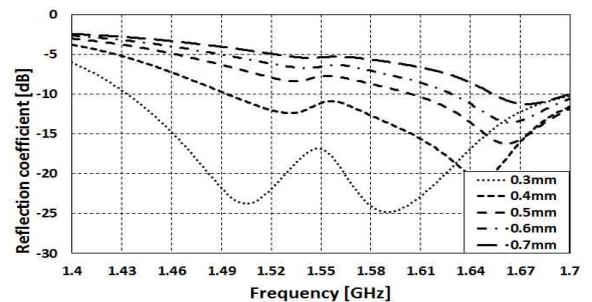
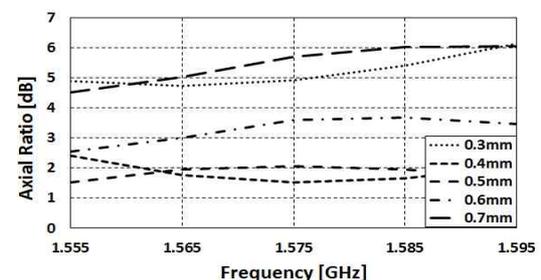


Fig. 2 Proposed GPS antenna

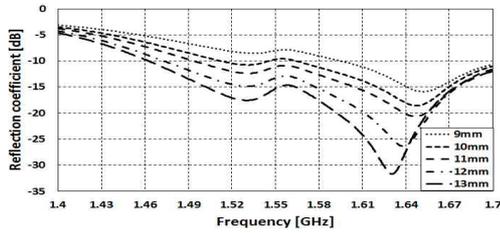


(a) Reflection coefficient according to Ws

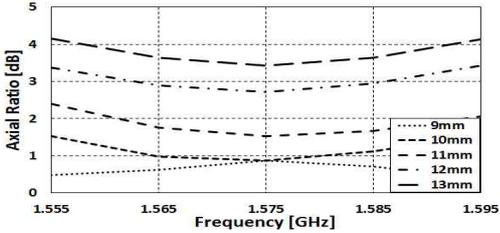


(b) Axial ratio according to Ws

Fig. 3 Reflection coefficient and axial ratio according to Ws

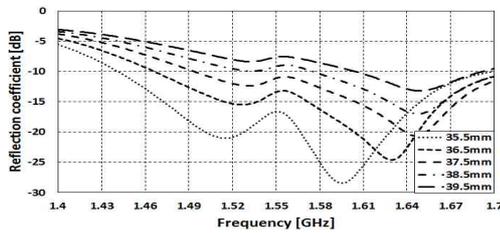


(a) Reflection coefficient according to W_q

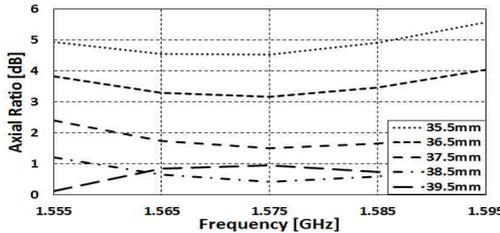


(b) Axial ratio according to W_q

Fig. 4 Reflection coefficient and axial ratio according to W_q



(a) Reflection coefficient according to L_p



(b) Axial ratio according to L_p

Fig. 5 Reflection coefficient and axial ratio according to L_p

2-2. COSPAS-SARSAT PLB 안테나 설계

Fig. 6에 COSPAS-SARSAT PLB 대역의 안테나가 GPS 안테나 및 VHF-DSC 안테나와 함께 설계되어 있는 모양을 나타내었다. COSPAS-SARSAT PLB 대역의 공진 주파수는 모노폴 선로의 길이를 조절하여 설계하면 간단히 구현이 된다. 여기서서는 Fig. 6에 나와 있는 GPS 안테나와 PLB 안테나 간의 간격 L_x 에 따른 변화를 살펴보았다. 이것은 GPS와의 간격을 최대한 좁혀서 기판의 사이즈를 소형화하기 위해 시뮬레이션 하였고, 결과를 Fig. 7에 나타내었다. L_x 가 7mm 이하인 경우 주파수 변화가 크게 생기는 현상을 확인할 수 있다. 따라서 GPS와의 간격이 최소 8mm는 되어야 간섭이 최소화 되는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 7의 시뮬레이션 결과에서 L_x 가 8mm 이상일 때 공진 주파수가 대략 414MHz를 나타내고 있다. 이것은 제작된 안테

나를 구멍조기에 장착했을 때 발생하는 공진주파수 변화를 미리 감안하여 설계를 한 것이다.

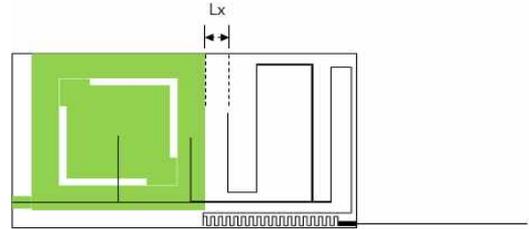


Fig. 6 Proposed antenna with parameter L_x

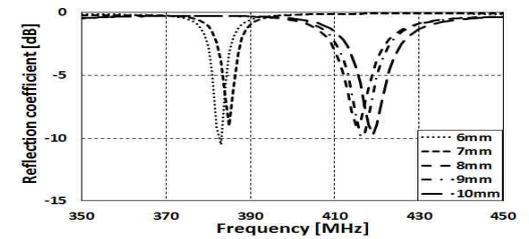


Fig. 7 Reflection coefficient according to L_x

2-3. VHF-DSC 안테나 설계

Fig. 1에 제시된 VHF-DSC 안테나는 기판 상에 구현된 도체 스트립과 외부에 연결된 도선(wire)으로 모노폴 형태로 구현이 되었다. 안테나의 동작주파수는 도선의 길이를 조절하여 쉽게 구현이 가능하지만, 안테나의 임피던스 정합 특성을 개선하기 위해 기판 상에 미앤더 구조로 두었다. 미앤더 구조에서 턴 수에 따른 반사계수의 특성 변화를 시뮬레이션한 결과를 Fig. 8에 나타내었다.

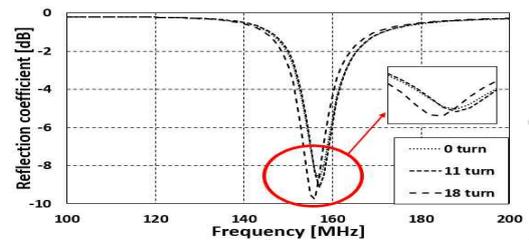


Fig. 8 Reflection coefficient according to number of turn

Fig 8에서 볼 수 있듯이 턴 수가 증가함에 따라 반사계수 특성이 개선되는 것을 확인할 수 있었다. 한편 턴 수가 증가할수록 외부에 연결되는 도선의 길이 또한 짧아지지만, VHF 대역의 효율, 즉 방사전력과 입력전력의 비를 의미하는 효율이 외부 도선의 길이가 짧아지면 감소하므로(Estarki, 2010), 이러한 점을 고려하여 본 논문에서는 18턴을 기준으로 실험을 진행하였다.

3. 안테나 제작 및 측정

시뮬레이션을 토대로 두께 0.2mm의 FR4 기판에 제작한 안

테나를 Fig. 9에 나타내었다. 구명조끼에 장착되는 안테나의 기관부의 크기는 125mm × 70mm이며, 기관에 연결되는 도선(wire)의 총 길이는 340mm로서 구명조끼에 장착 시 별도의 지지대를 통해 조난 시 구명조끼에서 돌출될 수 있도록 하였다.

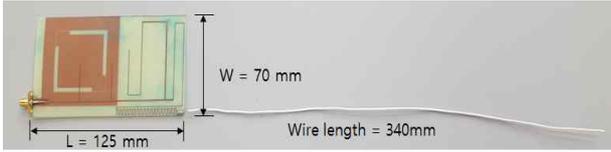


Fig. 9 Fabricated multiband antenna

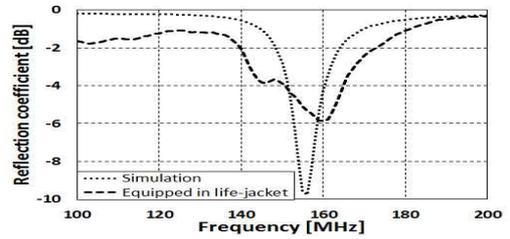
먼저 실내에서 제작한 안테나를 구명조끼에 내장하여 이동용 회로망분석기(Portable Network Analyzer)를 사용하여 반사계수를 측정해 보았다. Fig. 10에 실내에서 측정하는 모습을 나타내었다. Fig 11에 실내에서 측정한 안테나의 반사계수와 시뮬레이션 결과를 비교하여 나타내었다.



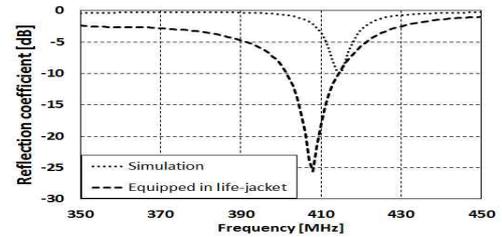
Fig. 10 Indoor measurement environment

Fig. 11에서 VHF-DSC 대역에서는 구명조끼에 장착 시 반사계수가 크게 되어 임피던스 정합 특성이 나빠지는 것을 볼 수 있다. PLB 대역과 GPS 대역에서는 구명조끼에 장착함으로써 인해 공진주파수가 아래로 이동하는 현상을 관측 할 수 있다. 따라서 시뮬레이션을 할 때 이점을 감안하여 안테나 치수를 설계하여야 한다.

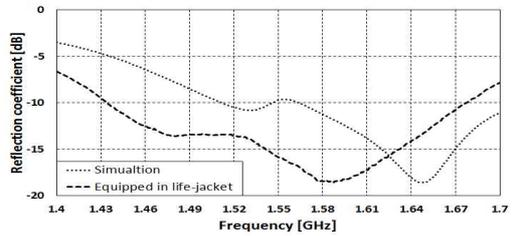
구명조끼가 실내가 아닌 바다 표면 위에 있을 경우 안테나의 특성 변화를 조사하기 위해, 바다 위에 떠 있는 부표와 같이 플라스틱 통이 연결된 거대한 구조물 위에 구명조끼를 놓고 안테나의 반사손실 특성을 측정하였다. Fig. 12에 실제 실험 환경을 찍은 사진을 나타내었다. 이런 경우 구명조끼는 해수면으로부터 약 20cm 위에 위치하게 되며, 이것은 실제 구명조끼를 입고 물에서 떠 있는 경우 구명조끼 어깨 부분의 해수면 높이와 유사하다. Fig. 13에 바다 위에서 측정한 안테나 반사계수와 실내에서 측정한 반사계수를 비교하기 위해 함께 나타내었다. 두 가지 모두 사람이 착용하지 않은 상태로서 반사계수의 특성 변화에 초점을 맞춰 결과를 측정하였다.



(a) Reflection coefficient of VHF



(b) Reflection coefficient of COSPAS-SARSAT PLB



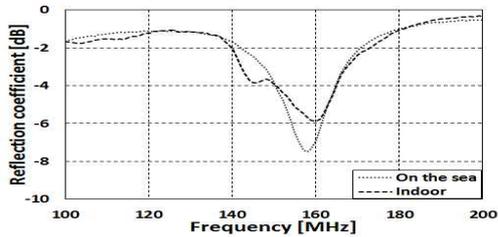
(c) Reflection coefficient of GPS

Fig. 11 Comparing with simulation and fabricated antenna in reflection coefficient

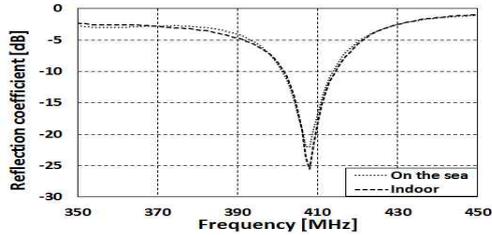


Fig. 12 Measurement environment on the sea

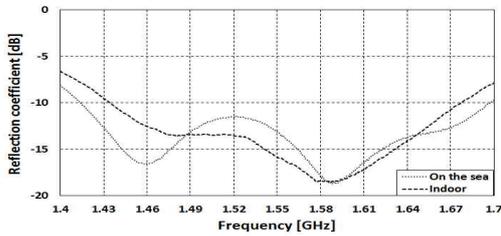
Fig. 13을 살펴보면 전반적으로는 해수면과 실내의 특성 변화가 크지 않았고, 부분적으로 조금 차이가 있는 정도로 관측이 되었다. VHF-DSC 대역에서는 반사계수 특성이 해수면에서 더 좋아지면서 주파수도 156MHz에 더 근접한 결과를 보였다. COSPAS-SARSAT PLB대역에서는 주파수의 변화가 매우 미미하였으며, GPS대역에서는 대역폭이 조금 좁아졌으나 여전히 406MHz와 1.575GHz에서 반사계수 특성이 충분히 -10dB이하의 결과를 보였다.



(a) Reflection coefficient of VHF



(b) Reflection coefficient of COSPAS-SARSAT PLB



(c) Reflection coefficient of GPS

Fig. 13 Measured reflection coefficient comparison between indoor and sea

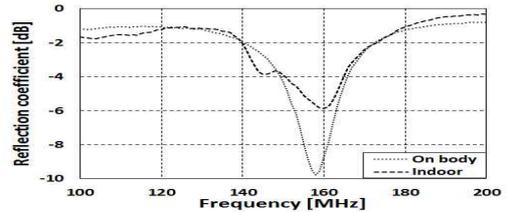
Fig. 14에 구멍조끼를 착용한 사람이 도로면 위에 있을 때 안테나의 반사계수 특성을 측정하는 모습을 나타내었다. 측정은 근처에 차량이 없는 주차장에서 하였기 때문에 주변 물체가 측정 결과에 영향을 미치는 요소는 없는 상황이었다. 또한 이 때 구멍조끼가 팽창한 상태로서, 인체와 안테나 사이의 간격은 약 6cm이다.



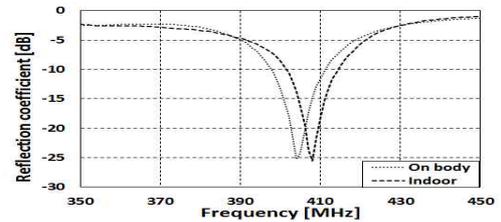
Fig. 14 Measurement environment on body

Fig. 15에서는 Fig. 10의 실내 측정값과 비교하여 인체에 의한 특성 변화를 보였다. VHF-DSC 대역에서는 마치 해수면 위에서 한 결과와 유사한 현상을 나타내고 있다. PLB 대역

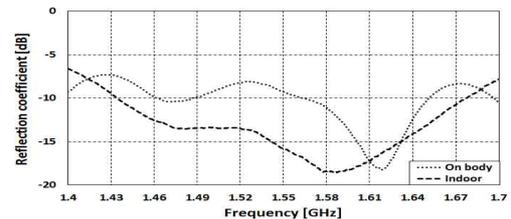
에서는 공진주파수가 수 MHz 아래로 이동하는 것을 볼 수 있으나 여전히 406MHz에서는 반사계수가 -10dB 이하를 유지하고 있는 것을 볼 수 있다. GPS대역에서는 대역폭이 좁아지면서 반사계수 특성이 전반적으로 나빠지는 것을 볼 수 있으나 여전히 1.575GHz에서 반사계수 특성이 -10dB 이하의 특성을 확인할 수 있었다.



(a) Reflection coefficient of VHF



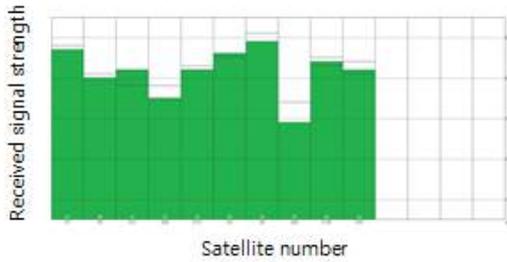
(b) Reflection coefficient of COSPAS-SARSAT PLB



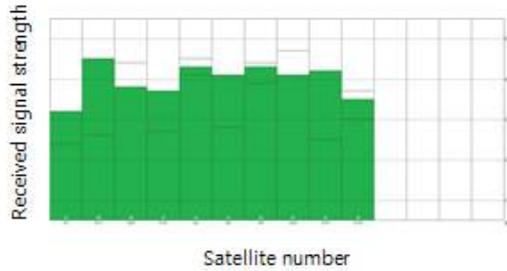
(c) Reflection coefficient of GPS

Fig. 15 Measured reflection coefficient comparison between indoor and on body

GPS 안테나의 경우 사람이 안테나가 장착된 구멍조끼를 입었을 때 GPS의 정상동작 여부를 확인하기 위하여 u-blox 프로그램을 이용하여 상용 GPS 패치안테나 (FG25M4-SM01)와 수신감도를 비교 측정을 실시하였고, Fig. 16에 측정된 결과를 제시하였다. Fig. 16에서 가로축은 현재 수신 중인 GPS 위성을 나타내고 있는데, Fig. 16에는 10개의 GPS 위성으로부터 신호를 수신하고 있는 경우를 나타내고 있으며, 세로축의 맨 밑은 0dB 이고, 세로축의 사각형 한 칸은 10dB 를 나타내고 있다. Fig. 16으로부터 상용 GPS 안테나는 10개의 위성으로부터 수신되는 신호 세기가 $30\text{dB} \sim 50\text{dB}$ 사이에 분포하고 있음을 알 수 있고, 제작된 안테나는 수신 신호의 세기가 $32\text{dB} \sim 45\text{dB}$ 사이에 분포하고 있음을 알 수 있다.



(a) Receiver sensitivity of commercial antenna



(b) Receiver sensitivity of proposed antenna

Fig 16. Comparison of receiver sensitivity

5. 결 론

VHF-DSC, COSPAS-SARSAT PLB, GPS의 다중 주파수 대역에서 동작하며, 구명조끼에 장착이 용이한 안테나의 설계 및 제작, 측정 결과에 대해 제시하였다. 제작된 안테나를 실내와 해수면 위에 구명조끼에 장착한 상태에서 반사계수 특성을 조사하였고, 육상에서 사람이 구명조끼를 입은 상태에서 안테나 특성 변화가 어떻게 되는지를 측정하였다.

안테나의 경우 반사계수 외에도 이득과 방사패턴 특성이 중요하지만 구명조끼를 입고 해수면에서 안테나의 방사패턴 및 이득을 측정하는 것이 불가능하므로, 본 논문에서는 우선적으로 반사계수 특성에 초점을 맞추어 살펴보고, GPS 대역에서는 구명조끼에 상용 안테나를 장착하여 비교 실험을 통해 제안된 안테나의 가능성을 확인하였다.

이상의 결과들을 조합하여 사람이 구명조끼를 입고, 해수면 상에 놓여 있을 때의 안테나 특성 변화를 유추할 수 있으며, 이것을 토대로 조난 구조용 구명조끼 장착용 안테나를 개발할 수 있을 것으로 사료된다.

References

[1] Estarki, M. D. and Vaughan, R. G.(2010), "A study of the radiation efficiency of a half wavelength dipole", International Symposium on Antenna Tech. and Applied Electromagnetics & the American Electromagnetics Conference, pp. 1-4.
 [2] Huang, J., Hussein, Z. A., and Petros, A.(2007), "A VHF

microstrip antenna with wide-bandwidth and dual-polarization for sea ice thickness measurement", IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 55, No. 10, pp. 2718-2722.
 [3] Ministry of Security and Public Administration(2014), Status of marine distress incidents, <http://kostat.go.kr>
 [4] Munshi, A. Q., Mishu. M. and Abu, S. K.(2014), "A low cost COSPAS-SARSAT alternative for EPIRB transponder for local fishing boats in Bangladesh", Int. Conf. Communications (COMM), pp. 1-6.
 [5] Serra, A. A., Nepa, P., and Manara, G.(2011), "A wearable multi antenna system on a lifejacket for Cospas Sarsat rescue applications", IEEE Int. Conf. Antennas and Propagation (APSURSI), pp. 1319-1312.
 [6] Yijun, Z., Chi-Chih C., and Volakis J. L.(2007), "Dual band proximity-fed stacked patch antenna for tri-band GPS applications", IEEE Trans. Antennas and Propagation, Vol. 55, No. 1, pp. 220-223.
 [7] Zhou, S. W., Li, P. H. and Wang, Y.(2012), "A dual-band dual-sense circularly polarized square-ring slot antenna", Int. Conf. Microwave and Millimeter Wave Technology (ICMMT), pp. 1-4.
 [8] Zurabov, Y. G., Ivanov, K. K., and Kuropyatnikov, A. D.(1998), "COSPAS-SARSAT satellite system", The Third Int. Conf. Satellite Communications, Vol. 1, pp. 156-158.

Received 2 October 2015

Revised 1 December 2015

Accepted 2 December 2015