

GMDSS用 衛星 EPIRB의 技術開發 動向

신 형 일/釜慶大學校 水産科學大學 海洋生産시스템工學科 教授

1. 緒 論

선박이 조난한 경우 그 조난통보를 부근 항행 중인 선박 또는 지상 구조기관 등에 될 수 있는 한 빨리 그리고 정확하게 통보할 필요가 있다. 이들 통보를 위해 처음에는 구명정용 휴대무선 전신기, 조난자동통보용 송신기 등이 이용되었고, 조난통신 중 돌발적인 사고가 발생한 경우에는 자동적으로 조난신호를 발하는 EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacon : 非常用位置指示無線標識)가 이용되었으나 그것은 유효통달거리가 짧아 조난위치의 확인 기능을 충분히 발휘할 수 없었다.

이러한 결점을 해소하기 위해 1970년대 후반 부터는 위성을 이용하여 조난통보를 지상에 중계하는 “위성 EPIRB”의 개발을 서두르게 되었다. 한편, 1979년도 SAR(Search And Rescue)조약이 채택되고, IMO에서는 SAR-plan을 효과적으로 운용하기 위해 조난 및 안전을 위한 통신망을 확립, 정비할 필요가 있음을 인식하여 FGMDSS(Future Global Maritime Distress and Safety System)개발을 결의하게 되었고, 1992년 2월부터 GMDSS(Global Maritime Distress and Safety System)가 적용되고 1999년 2월1일부터 완전실시에 돌입하게 되었으며, 이 시스템에 “위성 EPIRB” 포함 되게 되었다. 여기서는 해상조난안전시스템과

GMDSS의 개념, 위성 EPIRB의 개발과 측위 방식, 차세대 위성 EPIRB의 개발동향 등에 대해 소개하고자 한다.

2. 海上遭難安全시스템과 GMDSS의 概念

예로부터 해상에서의 조난안전에 대한 관심도와 중요성은 거듭되어 왔으나 해상안전시스템을 구축하지 않으면 안 되는 계기가 된 것은 1912년 1502명의 희생자를 내었던 타이타닉호의 빙산과의 충돌사건이었으며, 그를 계기로 해상에서의 인명의 안전은 국제적인 관점에서 이루어져야 한다는 점에서 국제인명안전회의가 개최되고 1915년에는 SOLAS(국제인명안전조약)조약이 체결되게 되었다.

그 후 SOLAS조약은 국제인명안전의 기본이 되어왔으며, 세계 2차대전후인 1948년에는 UN의 하부기관으로서 IMCO(정부간해사협의 기관)을 설치하기 위한 조약안이 채택되어 1958년에는 IMCO조약이 발효하게 되었으며, 1983년 IMCO는 IMO(국제해사기구)로 명칭을 바꾸어 오늘날에 이르고 있다. 그간에 IMCO와 IMO는 SOLAS와 국제해상충돌예방규칙의 개정, 해양오염방지조약의 채택, STCW협약(선원의 훈련, 당직 및 자격증명에 관한 국제협약) 등 눈부신 활동을 전개하여 세계의 해

양질서유지와 항해의 안전에 기여해 왔다.

1968년 영국에서는 수색·구조용 지침을 선박의 안전을 위하여 작성해야 한다고 IMCO에 제안하였고, 1970년에 상선수색구조편람을 제작하여 각국에 배포한 것이 SAR(수색과 구조) 조약 탄생의 직접적인 동기가 되었다. 그 다음해 9월 IMCO 제24회 해상안전위원회에서 해상수색구조에 관한 국제조약제정의 방침이 결정되고 1973년 5월에서 1977년 5월까지 5회에 걸쳐 회의가 개최되고 초안이 검토되었다.

1979년 4월 이 조약의 채택회의가 함부르크에서 개최되어 51개국이 참가하여 심의한 끝에 채택되었고, 15개국이 체결한 1985년 6월22일 발효하게 되었으며, 한국은 1995년 10월4일에 발효하게 되어 이 조약에 정해진 의무를 집과 동시에 선박은 이 조약에 의거하여 혜택을 받을 수 있게 되었다.

1979년 SAR조약체택회의에서 SAR계획의 효과적인 운용을 위해서는 조난 및 안전을 위한 통신망을 확립, 정비할 필요가 있음을 인식하고 IMO에 대하여 FGMDSS의 개발요청을 결의하였으며, COM(무선통신소위원회)을 중심으로 안전통신제도에 있어 통신기능, 대상선박, 통신장치, 운용조건 등 상세히 검토, 심의가 계속되었으며, 현재는 미래의 시스템이 아니라고 하는 인식에서 F가 제외되어 GMDSS라 하고 1992년 2월1일부터 적용을 시작하여 1999년 2월1일부터 완전실시하게 되었다.

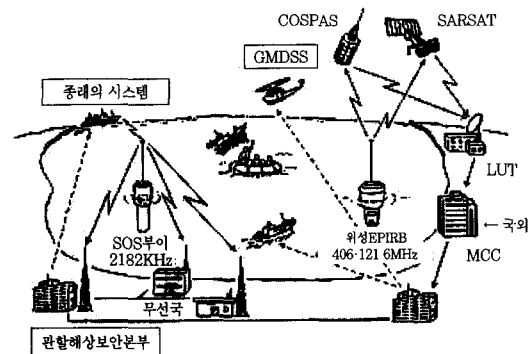
구해상조난안전시스템은 <그림 1>과 같이 SOS부이의 조난전파를 연안국 또는 선박이 수신하여 조난선의 위치를 추정함과 동시에 모스부호의 청취에 의해 선명을 알게 된 것이므로 도달거리가 300마일 이내로 제한되었다. 이에 대하여 GMDSS는 위성계 EPIRB의 조난전파를 극궤도위성이 수신하며, 위성은 시계와 주파수를 기준으로 지구를 돌면서 도플러효과를 관측하여 지상으로 송신한다. LUT(지상국)은 이들 관측데이터를 근거로 측위계산을 행하여 조난전파는 디지털부호로 변조되고 각 선박마다 개별부호를 가지기 때문에 지상의 MCC(임무

조정센터)는 등록선박의 부호와 대조하여 자동 식별을 하게된다

이 시스템은 1982년 미국, 러시아, 캐나다, 불란서가 공동 개발한 것으로써 COSPAS-SARSAT라 부르며 2종의 위성이 사용되고 전세계적으로 LUT가 30국정도 설치되어 있어 대부분의 해역을 카바하고 있다. 더욱이 LUT가 없는 해역에서도 위성의 기억모드를 이용하여 전세계의 조난에 대응할 수 있으며, MCC는 복수의 LUT의 데이터를 조회하여 확실한 조난정보를 각 관할구역 해상보안본부의 RCC(구조조정센터)로 보내어 구조활동을 행한다.

또한, GMDSS에서는 근거리 수색을 쉽게하기 위해 선박 Radar에 반응하는 레이더 트랜스폰더를 병용하고, 다수의 나라에서 121.5MHz 전파를 병용하고 있다.

한국은 1993년 7월 아시아나항공기 추락사고 및 1993년 10월 서해 웨리호 침몰사고 발생시 사고 인지의 지연으로 신속한 구조에 차질이 야기된 사실에 비추어 우리나라 영토 및 주변해역에 대한 즉각적인 사고 인지와 신속한 구조체계를 구축하고자 1994년 3월 관계기관 회의를 가진 결과, 국제적으로 시행되고 있는 인공위성에 조난감시제도인 COPAS-SARSAT를 국내에 도입키로 결정하여 1995년 9월 대전연구단지내 항공우주연구소에 설치한바 있으며, 1995년 10월25일 제28번째 국제 COSPAS-



<그림 1> 신구해상조난안전시스템의 개념도

〈표 1〉 GMDSS의 탑재요건

구 분	항 행 구 역	항 행 구 역				비 고
		A1	A2	A3 (주1)	(주2) A3 A4	
VHF 설비	DSC TX, RX 무선전화 TX, RX DSC, 청취 RX	○	○	○	○	조난안전통신+일반통신 일정선박의 설치면제(주3)
MF 설비	〃		○	○		조난안전통신+일반통신
MF/HF 설비	〃				○	〃
INMARSAT 선박지구국	표준 A형 또는 표준 C형			○		〃
NAVTEX 수신기	NBDP 방송의 자동수신	○	○	○	○	NAVTEX 서비스의 제공해 역을 항행할 때
MSI 수신기	INMARSAT EGC 수신기	○	○	○	○	NAVTEX 서비스의 제공해 역외의 해역을 항행할 때 면 제규정이 있다.(주4)
위성 EPIRB	INMARSAT 시스템의 것	○ (주5)	○ (주5)	○ (주5)	○ (주5)	406MHz, 자립부상-통상조 선장소에서의 조작
VHF EPIRB	DSC+레이다 트랜스폰더	○ (주7)			○	1.6GHz, 자립부상-통상조선 장소에서의 조작
레이다트랜스폰더	선박용 9GHz 대	○	○	○	○	통상 조선장소에서의 조작
레이다트랜스폰더	생존정용 9GHz 대	○	○	○	○	생존정용의 것을 이에 충당할 수 있다.
VHF휴대용설비	무선전화 TX, RX	○	○	○	○	각 현에 1대

* 1997년 2월1일까지 무선전화조난주파수청취수신기 및 무선전화경보신호발생장치를 설치한다.

* TX : 송신기, RX : 수신기, MSI : 해상안전정보

(주1) INMARSAT 선박지구국을 설치한 경우

(주2) MF/HF을 설치한 경우

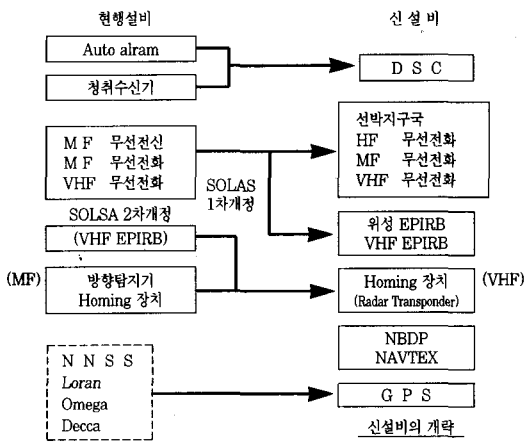
(주3) 오로지 A1해역 이외의 해역을 항행하는 선박으로서 1995년2월1일 이전에 건조된 것은 DSC면제

(주4) HF의 MSI방송의 설치해역을 항행하는 선박이 수신설비를 설치한 경우

(주5) COSPAS-SARSAT 또는 INMARSAT의 어느 하나를 설치

(주6) COSPAS-SARSAT의 것을 설치

(주7) 위성 EPIRB의 대체로서 비치하는 경우에 한함.



〈그림 2〉 현행조난통신시스템과 GMDSS

SARSAT 프로그램 협정에 서명되어 그 회원국이 되었다.

또한, 현재의 조난통신시스템과 GMDSS와 관계개념도는 〈그림 2〉와 같이 새로운 시스템에서는 지상통신시스템과 위성통신시스템으로 대별할 수 있으며, 무엇이라도 자동통신이 가능하도록 계획되어 있고, GMDSS의 선상설비의 탑재요건은 〈표 1〉과 같다.

IMO에서는 1999년 2월1일부터 국제항해에 종사하는 모든 여객선과 총톤수 300톤이상의 모든 선박은 GMDSS의 설치를 의무화 하였다.

3. 위성EPIRB의 開發과 測位方式

선박이 조난하여 침몰의 위기에 처한 경우 승조원은 구명정 또는 구명대를 이용하여 현장을 탈출하나 이 최악의 상태를 부근을 항행중인 선박 또는 육상의 구조기관에 될 수 있는 한 빨리 알릴 필요가 있다. 이 때문에 국제항해에 종사하는 대형선은 1981년 4월30일까지는 무선전신조난주파수 500KHz 또는 무선전화조난주파수 2,182KHz 중 어느 한 전파를 청취하는 체제가 취해졌고, 그 후 전 선박에 2,182KHz 전파의 청취가 의무화되었으며, 더욱이 근거리

통신수단으로서 VHF무선전화가 보급되었기 때문에 전 선박에 대하여 156.8MHz의 청취도 의무화 되었다.

그러나, 이 장치는 구명정 위에서 안테나를 조립하여 수동식 발전기로 송신하는 형식이 주가 되었고, 폭풍 중에 조난을 일으킨 경우는 송신이 어려우며, 가령 송신이 되었다고 하더라도 유효통달거리가 짧아 육안으로부터 멀리 떨어진 해상에서는 가까이 있는 다른 선박을 제외하고는 조난신호의 수신이 불가능하였다.

또한, 국제항해에 종사하지 않는 선박이나 소형선, 어선 등에는 SOS부이 설치가 의무화되어 효과를 거둘 수 있었으나 유효범위가 50마일에 불과하였으며, 국제적으로는 이 장치를 EPIRB(Emergency Position Indicating Radio Beacon : 非常用位置指示無線標識)라 불렀다.

한편, 항공기가 조난한 때 그것을 빨리 탐지하여 homing(귀향)하기 위하여 북미의 항공계에서는 1970년 ELT(Emergency Locator Transmitters : 緊急位置送信裝置)를 도입하였다. ELT는 항공기가 사고를 일으킨 때에 일어나는 감속도로써 자동적으로 송신하도록 되어 있으며 그 후 탑재가 의무화 되었다. ELT신호는 SARSAT(Search and Rescue Satellite Aided Tracker)위성을 경유하여 LUT(Local User Terminal : 地上局)에 송신하여 구조를 하겠끔 개발된 것이다. 선박에서도 NNS(위성항법시스템)와 같은 도플러 시프트를 이용한 위성계 EPIRB의 개발이 시작되었다.

이 시스템은 처음에는 정도가 나뉘었으나, 캐나다에서는 1975년에 AMSAT(OSCAR)위성에 의한 12.5MHz에서 8Km이내에서 위치를 결정할 수 있는 실험을 행하였으며, 미국에서도 같은 실험을 행하였다. 불란서에서도 401MHz를 사용하여 ARGOS위성시스템으로 실험을 행하였다. 이와 같이 공통의 목적이 있었기 때문에 이 3국은 1979년 8월에 SARSAT협정을 맺고 미국 NOAA의 E.F.G. 3개의 위성을 사용하여 실험을 행하게 되었다. 그리고, 소련도 이 계

획에 흥미를 갖고 자국의 COSPAS(COSMOS Satellite for Program of Air and Sea Rescue)라고 하는 같은 종류의 시스템을 만들기로 결정하였다. 그로부터 양위성을 공동 운영하기 위하여 1980년말에 COSPAS-SARSAT 협정이 이루어졌고, 소련의 121.5MHz를 수신하는 장치와 416MHz의 시험 비콘의 처리를 행하는 장치를 가지고 2개의 저고도 극궤도위성을 제공하는데 동의하였으며 더욱이 양그룹은 상호위성의 downlink(위성에서 지상방향으로의)신호를 사용하는 것에도 동의하게 되었다.

1995년 12월 현재 전세계적으로 <사진 1>, <사진 2>와 같은 COSPAS-SARSAT 위성 시

스템을 이용하여 구조한 실적은 <표 2>와 같다.

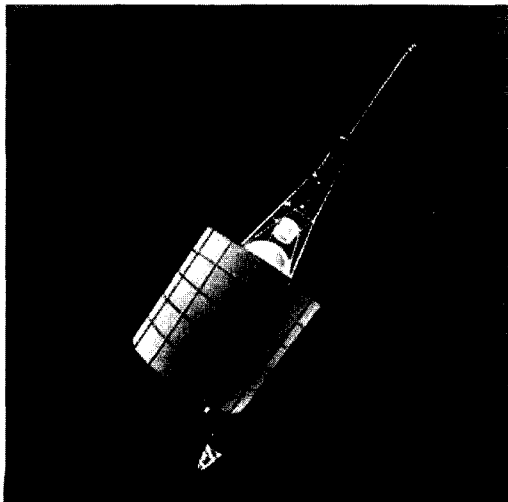
위성계 EPIRB의 측위방식은 NNSS와 같이 도플러 주파수 측정방식을 그 기본원리로 하고 있으며, <그림 3>에서 위성의 도플러효과는 위성 EPIRB, 위성간거리 D의 시간변화율로써 (1)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\Delta f = -\frac{f_0}{c} \cdot \frac{dD}{dt} \dots\dots\dots(1)$$

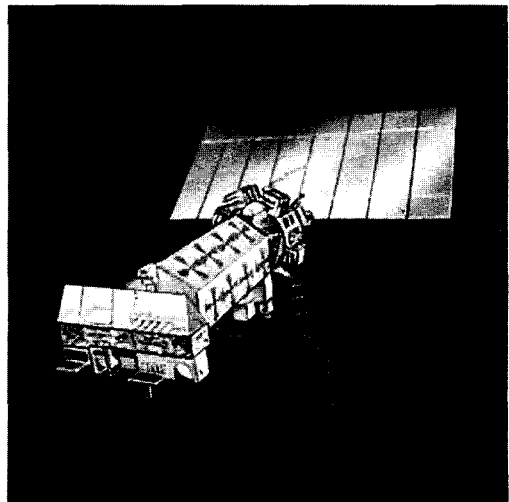
최고 15분에 걸쳐 위성이 통과하면 406MHz에서는 약 ±10KHz의 도플러효과를 발생하고, 위성이 최접근하여 D_c로 되는 시각 t_c에서 곡선은 변극점으로 되며, 위성궤도를 알고

<표 2> COSPAS-SARSAT 시스템을 이용한 구조실적(전세계)

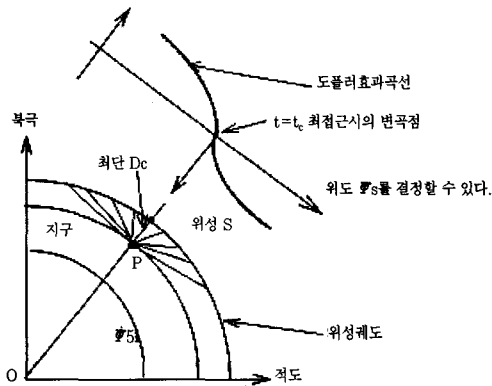
기 간	비콘주파수	사고횟수(건)	구조인명(명)	비 고
'82. 9 ~ '94. 12	121.5MHz	1,220	3,133	항공 및 해상사고 포함
	406MHz	429	1,908	
'95. 1 ~ '95. 12	121.5MHz	300	1,100	
	406MHz			



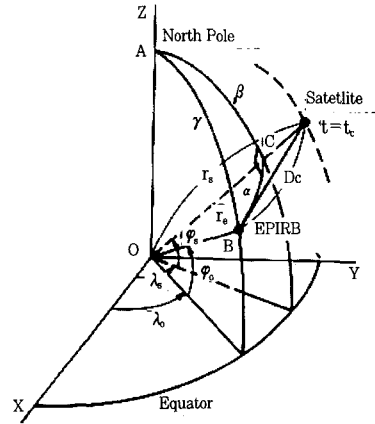
<사진 1> COSPAS위성



<사진 2> SARSAT위성



〈그림 3〉 극궤도위성통과와 도플러효과의 발생



〈그림 4〉 위성 EPIRB 위치결정 개념도

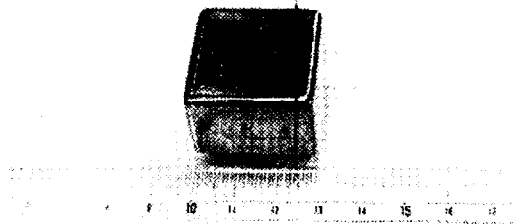
있으면 위성직하의 위도 ϕ_s 및 β 를 결정할 수 있다.

$$\beta = \frac{\pi}{2} - \phi_s \dots\dots\dots(2)$$

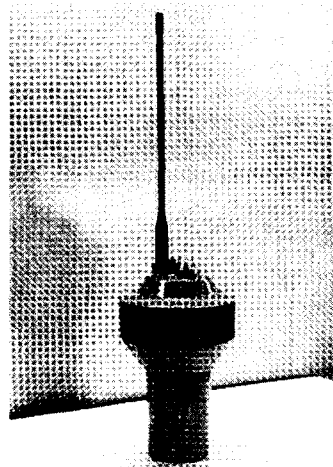
또한, 〈그림 4〉에서 시각 t_c 에 있어서 $\triangle BOS$ 에서 여현정리에 의해 위성 EPIRB직상과 궤도면까지를 지구중심에서 본 각도 α (CTA : Cross Track Angle)는 식(3)으로 구할 수 있다.

$$\alpha = \cos^{-1} \left\{ \frac{r_s^2 + r_e^2 - Dc^2}{2r_s r_e} \right\} \dots\dots\dots(3)$$

이것은 우함수이며 동서로 2개의 解를 얻을 수 있다. 실제의 계산은 실궤도를 이용하여 복잡한 과정으로 행할 수 있다. 지표로부터의 외관상의 위성궤도는 지구자전의 영향을 받으며, 이 작은 곡선의 차이로부터 동서판정을 기대할 수 있고, 주파수 안정도가 좋을수록 판별 확률이 높다. LUT는 동서 2개와 50~99%의 동서



〈사진 3〉 제2차 개량 항온제어수정발진기의 모양



〈사진 4〉 개량위성EPIRB 1994 모양

판별확율을 출력하고 있다. 위성 EPIRB의 정점 측위정도는 1σ 상당에서 수 100m의 정도를 기대할 수 있으나 GMDSS에서는 5Km, 90%이다.

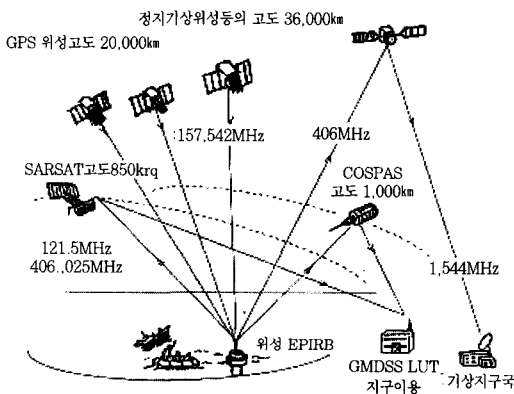
주파수의 안정도를 높이기 위하여 1991년경에는 <사진 3>과 같은 위성 EPIRB용 항온제어 수정발진기(OCXO : Oven Controlled X'tal Oscillator)를 개발하여 소비전력을 850mW에서 425mW로 반감시키고 즉응성을 15분에서 3분 정도로 좋게 하였으며, 규격을 1×10^{-9} /분에서 1×10^{-10} /분으로 고안정화시켰다. 이를 이용하여 1994년 제작한 개량 위성 EPIRB는 <사진 4>와 같다.

4. 次世代 衛星 EPIRB의 開發動向

차세대의 COSPAS-SARSAT 개발책은 <그림 5>와 같이 현행 시스템에 대하여 2개의 기능을 추가하여 단계적으로 이행해가고 있다.

4.1 GPS 등 항법데이터의 전송기능

1995년 12월에 위성 EPIRB 위성회선에 GPS 등 항법데이터 전송용 신호형식을 제정하였다. 이 신호형식은 송신 버스트(burst) 신호 길이를 440ms에서 520ms로 연장한 것으로서 위도, 경도의 최소행은 각도 4초(123m)이다.



<그림 5> 차세대의 GMDSS 개념도

4.2 정지위성도입 계획

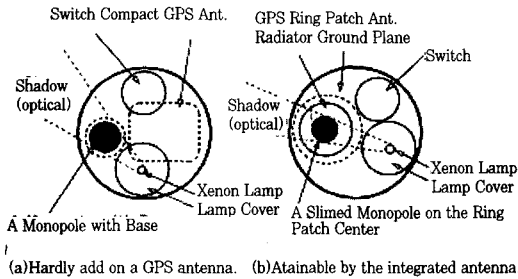
현행 GMDSS의 결점은 즉시성과 측위정도에 있다. 이러한 문제는 GPS 부착 위성 EPIRB에서 현행 위성에 추가하여 정지위성에 접근하면 해결이 가능하다. 이러한 관점에서 미국을 중심으로 정지기상위성 GOES시리즈를 이용한 실험이 행해졌으며, 계획에 따르면 미국은 GOES-8, 9, 10으로의 406MHz 트랜스폰더 탑재를 계획하고 있고, 그외 러시아 Lunc-M, 인도 INSAT-2A, 2B, EU의 EU-MESAT의 탑재가 계획되고 있다. 일본에서도 기상위성 GMS-5를 향해 통신실험이 실시되었다.

4.3 GPS 부착용 위성 EPIRB 기술개발

GPS 부착용 위성 EPIRB 개발에 있어 가장 어려운 점은 협소한 위성 EPIRB 상면에 GPS 안테나를 송신 안테나의 영향을 받지않게 설치하는 점이며, 복합안테나가 제안되고 있다. 한편 GPS 수신기는 소형화, 생전력화 등이 진행되고 있다.

<그림 6>(a)는 현행 EPIRB의 상면의 모식도로써 직경이 10cm에 지나지 않으나 여기에 가장 많이 보급되고 있는 소형 GPS 안테나를 설치하는 경우, 여분의 공간, 송신 모노폴의 측위로의 영향, 송신전력의 주위 입력 등 3가지 점이 염려된다. 그래서 <그림 6>(b)와 같이 원판의 GPS 안테나의 중심에 송신 모노폴을 세우는 것에 착안하여 복합안테나를 시험 제작하였으며 시작품의 모양은 <그림 7>과 같다.

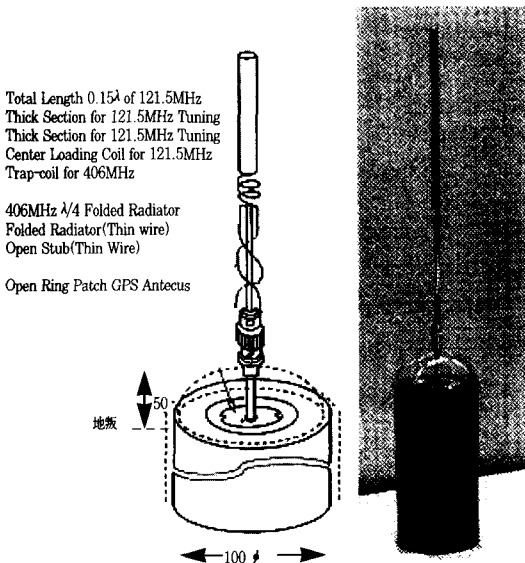
GPS 안테나 부분은 유전율 10의 기판상에 34mm ϕ 의 둥근고리모양의 patch 안테나를 형성하여 중심의 개방 구멍으로부터 UT-141/U 동축 케이블로써 송신 모노폴에 급전하고 있다. 406MHz 송신전력의 GPS 급전점으로서의 누설은 -50dB이하로써, 간단한 리미터 등으로 간헐 동작 GPS 수신기에 접속 가능한 레벨이다. <그림 8>은 시험제작한 복합안테나를 중파 비콘 DGPS에 의한 측위결과 예를 나타낸 것으로서



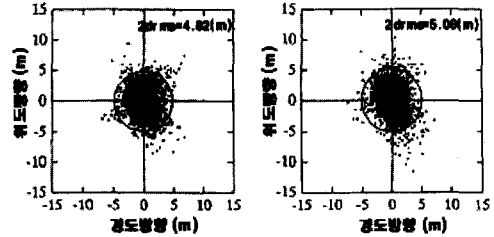
〈그림 6〉 위성EPIRB 상면에 GPS안테나 부착모양

중심에 세운 모노폴의 영향이 적다는 것을 알 수 있다. 이것에 대하여 소형보급형 GPS 안테나 측에 현행의 두꺼운 모노폴을 설치한 경우는 오차가 3배정도로 증가하였다.

한편, 송신 모노폴은 슬림(slim)화가 바람직하고 기판아래의 두꺼운 정합용 통을 생략화하는 연구가 행해지고 있고, 선모양의 도체만으로 구성되어 121.5/406MHz 2주파에 메칭되고 전장이 370mm이다.



〈그림 7〉 복합안테나의 개념과 시험제작품 사진



〈그림 8〉 GPS 측위로의 중심 모노폴의 영향

4.4 우리나라 위성 EPIRB 개발현황

우리 나라는 1995년 11월 국제 COSPAS-SARSAT 이사회에서 승인을 받은 후 1996년 1월 국제관련 절차에 따른 한국 위성조난통신소(KOMCC : Korea Mission Control Center)의 정상운용 개시 및 국제 COSPAS-SARSAT 시스템을 통한 국제간 조난정보 교환 업무를 개시하게 되었고, 1996년 8월 정부기구 개편에 따라 SAR 업무 기능을 해양경찰청 경비구난국 통신과에 수행하게 되었다.

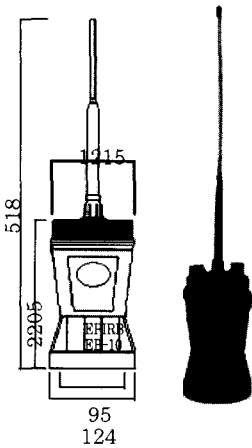
국내법상 선박안전법 제4조에 국제항해에 취항하는 여객선, 국제항해에 취항하는 300톤 이상의 선박에 대한 위성 EPIRB 탑재기준을 마련하였고, 해양경찰청 한국위성조난통신소에서 EPIRB의 탑재요령, 취급 및 정비, 데이터베이스 등록 등에 대한 기준을 마련하여 조난선박의 수색 및 구조업무를 수행하고 있다.

또한, 국내에서는 〈그림 9〉와 같은 각종 COSPAS-SARSAT용 비콘이 시판되고 있으며, 국산제품으로는 〈그림 10〉과 같이 SARACO(삼양무선공업주식회사)가 개발한 EB-10(406MHz 위성 전송 및 121.5MHz 호밍 전송)이 있다.

그러나, GPS를 부착한 EPIRB에 대한 개발은 국내에서는 아직 이루어지지 않고 있으나, 한국해양대학교 조선·해양기자재 연구센터와 부산의 해양관련 기자재 생산 중소기업들을 중심으로 이에 대한 개발을 계획 중에 있는 것으로 알려지고 있다.



〈그림 9〉 각종 EPIRB



〈그림 10〉 SARACO(EB-10) EPIRB

5. 結 論

GMDSS의 전세계적인 실시와 더불어 GMDSS 통신설비인 DSC, NBDP, MF/HF무선설비, VHF무선설비, INMASAT, NAVTEX, EGC, EPIRB 등이 전세계적인 GMDSS 실시 체제에 맞추어 모든 설비가 국산화 되었다는 점은 우리 나라의 어려운 경제의 회복에도 큰 역할을 다할 것으로 생각된다. 그러나, 아직 초보 단계에 불과하므로 더욱 정도가 높고, 저렴하며, 내구성이 좋고, 사용하기에 편리한 제품생산에 진력을 다하여야 할 것으로 사료된다.

參 考 文 獻

- 1) 삼양무선공업주식회사 : GMDSS 통신운용, 1994.
- 2) 김기문·임건 : 전파관계법규 해설, 효성출판사, 1995.
- 3) 최광용·정용승 : 전파통신업무의 길잡이, 진한 도서, 1997.
- 4) 이해영·강길범·한진옥 : 무선통신기기공학, 성안당, 1998.
- 5) 김기문·이흥기·김종철 : 정보통신관계법규 해설, 효성출판사, 1998.
- 6) 김용주·박광수·황병호·김석재·김병옥 : GMDSS-ROC교재, 세종문화사, 1998.
- 7) 해양경찰청 : 한국위성조난통신소 안내서, 1999.
- 8) 庄司和民·飯島幸人 : GMDSS, 成山堂書店, 1992.
- 9) 海上保安廳警備救難部 : IMO搜索救助便覽, 海文堂, 1983.
- 10) T. Koshio : Technology of NAVIGATION, No.141, 1999.
- 11) S. Nishi : Internationally Coordinated Trials Program of EPIRB Using INMARSAT Satellites, J. Inst. of Navigation, NAVIGATION, No.73, 1982.
- 12) M. Fujima, H. Nasu, S. Nishi and N. Ohmoto : An EPIRB Sea Trials Using INMARSAT's Satellite, J. Inst. of Navigation, J.J.I.N., No.70, 1983.
- 13) T. Koshio : A 406MHz Satellite EPIRB with Short Warming-up Time, Highly Stable OCXO and High Positioning Accuracy, J. Inst. of Navigation, J.J.I.N., No.88, 1992.
- 14) K. Okuda and E. Hamada : An Improvement of Positioning Accuracy of a Polar Orbit Satellite EPIRB, J. Inst. of Navigation, J.J.I.N., No.92, 1994.
- 15) T. Koshio and H. Arima : A Satellite EPIRB with High Average Reception Level at COSPAS-SARSAT Applying an Improved Antenna, J. Inst. of Navigation, J.J.I.N., No.93, 1995.
- 16) WWW. IMO. ORG, The Global Maritime Distress and Safety System(GMDSS), 1999.
- 17) WWW. IMO. ORG, The Components of the GMDSS, 1999.