

DSC VHF EPIRB의 설계 및 구현에 관한 연구

羅勝郁¹⁾ · 金基文²⁾

A Study on the Design and Implementation of the DSC VHF EPIRB

Seung-Wook Nah · Ki-Moon Kim

요 약

406MHz 및 INMARSAT-E EPIRB장치는 조난시에 위성을 통해 조난위치를 전송하므로 수색부조가 가능하지만, 위궤도 위성을 사용하므로 조난통보의 전송에 있어서 지연시간이 발생하는 단점이 있으며 A1해역에서는 의무적인 탑재가 불가능하므로 디지털 선택호출 기술을 이용하여 VHF대의 지상파를 사용한 EPIRB가 적합하다. 디지털선택호출(DSC)은 GMDSS시스템에서 중요한 통신기능이며, 지상계 통신에 있어서 신뢰성과 효율성을 확보할 수 있는 통신수단이다.^[1] 본 연구에서는 DSC 기술을 이용하여 A1해역에서의 선박 및 소형선박에게 적합한 DSC VHF EPIRB의 기술특성을 분석하여 신호처리를 위한 호출시퀀스 알고리즘을 설계하였으며, FSK변조신호와 RF신호발생을 위한 수파수합성기를 설계 및 구현하였다.

Abstract

406MHz and INMARSAT-E EPIRB facility transmits the distress alerts by the relay of the polar satellites and INTELSAT, but may cause the probability of delayed transmission because of the orbital period and not compliance with the implementation of GMDSS rules for ships in A1 area.

1) 한국해양대학교 대학원 전자통신공학과 석사과정 결과통신전공

2) 한국해양대학교 이공대학 전자통신공학과 교수

Digital Selective Calling forms a critical part of the terrestrial elements of the GMDSS system and ensures the reliability and the efficiency in the system. In this paper, we suggest that new DSC EPIRB in the VHF band to overcome this defect for small ships in A1 area, and analyze the ITU-R recommendations and technical characteristics, designed and implemented the algorithm of calling sequences, frequency synthesizer for the RF signal and FSK modulation signals.

I. 서 론

GMDSS는 해상에 있어서 인명과 재화의 안전을 주목적으로 하고 있으며 이러한 목적을 위해 개발된 새로운 무선설비들로 인하여 수색구조통신시스템의 체계에도 많은 영향을 미치게 되었다. INMARSAT-E, 406MHz 비상 위치 지시용 무선설비(Emergency Position Indicating Radiobeacon ; EPIRB)와 같은 위성통신설비와 디지털선택호출과 같은 기술을 이용하여 해상에서 발생하는 조난통보를 기존의 해상통신체계에서보다 더 신속하고 정확하게 육상으로 전송 및 중계하여 효율적인 수색구조가 이루어지게 하였다.^[2]

EPIRB는 이러한 기능을 제공하기 위하여 GMDSS관련 협약에 따라 비치되는 무선설비이다. EPIRB설비에는 121.5MHz의 주파수를 사용하는 VHF EPIRB(Class A), VHF Ch.15/16 EPIRB(Class C), 406MHz 극궤도위성 EPIRB(Category I), INMARSAT-E 등이 있다. 이 중에서 1999년 2월1일 이후 GMDSS에서 승인되는 EPIRB는 위성EPIRB설비들이다.^[13]

위성을 이용하는 EPIRB설비들은 지구전역을 대상으로 하며 원양을 항행하는 선박들에게 매우 유용하다. 그러나, 위성을 이용하고 있으므로 극궤도위성을 사용하는 406MHz EPIRB설비는 위성의 공전주기로 인해 약 1시간 또는 2시간정도 조난통보의 중계가 지연될 수 있으며, INMARSAT-E설비는 INMATSAT위성이 정지궤도에 배치되어 있으므로 북위 및 남위 70° 이상의 극지방에서는 이용이 불가능하다.^[3]

위성용 설비들은 수색구조정보만을 수신하는 지구국(Local User Terminal ; LUT)을 경유하여 육상에 중계되므로 수색구조를 위해 다단계의 정책결정 경로가 존재하게 되며 따라서 인접국가와의 상호협조가 필요하게 된다. 이러한 위성

EPIRB설비는 연안 및 근해, 내수면에 종사하는 소형선박에 있어서는 유용하지 못하다. GMDSS관련협약에 따른 무선설비 비치의 의무 이행요건이 적용되지 않으며 연안 및 근해, 내수면에서는 위성을 경유하는 조난통보 전달경로 보다는 지상파의 전파전파에 의해 인근의 수색구조기관에 직접적으로 송신되는 전달경로가 즉각적인 수색구조에 있어 더 효율적이다.

본 연구에서는 연안 및 근해, 내수면을 항해하는 소형어선 및 레저용 보트 등과 같은 GMDSS비대상선박에 탑재될 수 있고 이러한 선박들에 대한 수색구조 효율을 증가시킬 수 있도록 하는 EPIRB에 대해 연구하였으며 GMDSS통신 기능과 호환성을 유지하면서 기존설비의 문제점을 해결할 수 있도록 디지털선택호출(Digital Selective Calling ; DSC)기술을 이용하여 VHF주파수대에서 동작하는 새로운 형태의 DSC VHF EPIRB설비를 설계하고 구현하였다.

II. DSC VHF EPIRB의 분석

2.1 디지털선택호출

디지털 선택 호출시스템은 10단위 오류검출 부호(ten-bits error detecting code)를 사용하는 동기시스템이다. 10단위 코드의 처음 7비트는 정보비트이다. 나머지 3비트는 7개의 정보비트에 대한 B의 요소를 나타내며 에러검출에 사용된다. 호출 시퀀스는 time diversity로 이루어지며 동기신호와는 별개로 각 신호는 time spread mode로 2회 송신되고 특정한 신호의 제1송신(DX)에 이어 4문자의 다른 문자가 송신되고, 다음에는 그 특정한 신호의 재송신(RX)이 행해진다. 이 time diversity방법에서 송신 및 수신에 시간 간격은 33ms이다.^[1]VHF DSC설비의 특성을 요약하면 다음과 같다.

전파형식	F2B(G2B)
변조방식	부반송파 1700Hz의 주파수편이 변조 (6dB/octave 프리앰퍼시스)
주파수편이	1700Hz · 400Hz
변조속도	1200Bd
변조지수	2.0 ± 0.2

높은 주파수가 B의 상태, 낮은 주파수가 Y의 상태에 대응하며 호출가운데의 정보는 제1코드를 구성하는 7단위의 2진수조합 시퀀스로서 표시된다. 7개의 정보비트는 00부터 127까지의 코드번호를 표시하며 00부터 99까지는 2자리의 10진수를 구성하는데 사용되며 100에서 127까지의 코드는 서비스·코맨드를 구성하는데 사용한다. 10단위 오류검출코드를 사용하여 형성되는 메시지 형식은 통보의 종류에 따라 다르며 조난통보의 호출시퀀스는 <그림 2-1>과 같다.

FS	Self-ID	T	Coxy	UTC	EOS	ECC
----	---------	---	------	-----	-----	-----

FS : Format Specifier(112)
 Self-ID: Ship's MMSI
 T : Type of Distress(EPIRB Emission)
 Coxy : Coordinate
 UTC : Time
 EOS : End of Sequence
 ECC : Error Correction Code

<그림 2-1> 조난통보의 호출시퀀스

<Fig 2-1> Call sequence of distress call

2.2 DSC VHF EPIRB의 기술적 특성분석

2.2.1 메시지 형식과 전송시퀀스

DSC VHF EPIRB는 디지털 선택호출에 의하여 조난경보를 전송할 수 있어야 하고 위치선정 또는 귀소기능을 제공할 수 있어야 한다. 이를 위해서 적어도 48시간 운용될 수 있는 용량의 충전지로 동작되어야 하며 다음의 환경 조건하에서 운용되도록 설계되어야 한다.

1. $-20^{\circ}\text{C} \sim +55^{\circ}\text{C}$ 의 주위온도.
2. 결빙 상태
3. 100Knots까지의 상대적인 풍속
4. $-30^{\circ}\text{C} \sim +65^{\circ}\text{C}$ 의 온도 조건

호출신호는 F2B(G2B) 전파형식을 이용하여 주파수 156.525MHz로 전송되어야 하며 주파수 허용오차는 100만분의 10(10ppm)이하이어야 하고 필요대역폭 16kHz

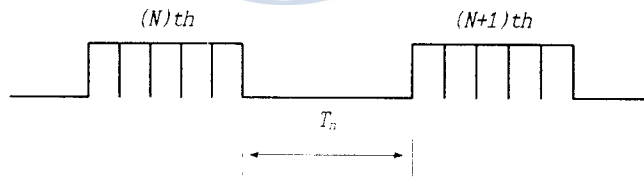
비반이어야 한다. 안테나는 방위각면에서 전방향성 이어야 하고 A1해역의 최대범위에서 전송을 수신할 수 있도록 충분한 출력으로 방사되어야 한다. 따라서 출력전력은 100mW이상 되어야 하며 A1해역의 최대범위에서 선박-해안간 호출전송에 필요한 출력전력은 최소한 6W이고 안테나 높이는 해수면보다 높아야 한다.¹⁾

2.2.2 메시지 형식과 전송시퀀스

DSC VHF EPIRB의 메시지 형식은 VHF DSC장비의 조난호출의 시퀀스와 일치한다. 따라서 “조난의 종류”표시에는 “EPIRB발사”(No.112)이며 조난좌표 및 시간정보는 포함될 필요가 없다. 이 경우에는 ITU-R M.493에서 지정한대로 10번 반복되는 숫자 9와 4번 반복되는 숫자 8이 포함되어야 한다. “연속통신형태”표시는 연속통신이 따르지 않는다는 것을 가리키는 “정보없음”(No.126)이어야 한다. 그리고 정보신호는 버스트 전송되어야 한다. 각 버스트는 5번의 연속되는 DSC시퀀스로 구성되며 <그림2-3>처럼 (N)번째 버스트를 전송하고 나서 시간 T_n 후에 (N+1)번째 버스트를 전송하는 구조로 된다.¹⁾

$$T_n = (240 + 10N) \text{ [sec] } (\pm 5\%)$$

$N = 0, 1, 2, 3, \dots$



<그림 2-2> 버스트 전송

<Fig 2-2> Transmission of burst

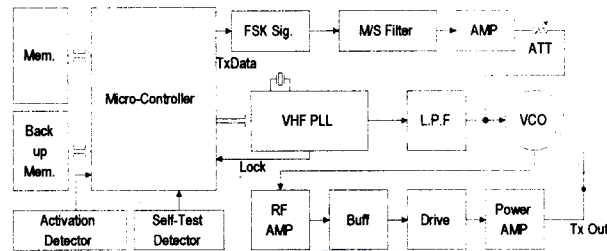
Ⅲ. DSC VHF EPIRB의 설계

3.1 시스템의 개요

센서의 신호로 시스템이 동작하여 DSC의 “B,”“Y”신호로, RF 주파수합성기에

서 변조된 후 송신되는 EPIRB를 설계하였다.

다음 <그림 3-1>은 DSC VHF EPIRB의 구성도로서 센서에서 입력되는 신호에 의해 작동하며 위상고정루프를 이용하여 DSC의 "B","Y"신호를 만들고, 위상고정루프(PLL)에 의한 1300Hz, 2100Hz의 FSK신호가 BY신호에 의해 발생되도록 하였으며, 이를 156.525MHz의 반송파에 직접FM변조되도록 하였다.

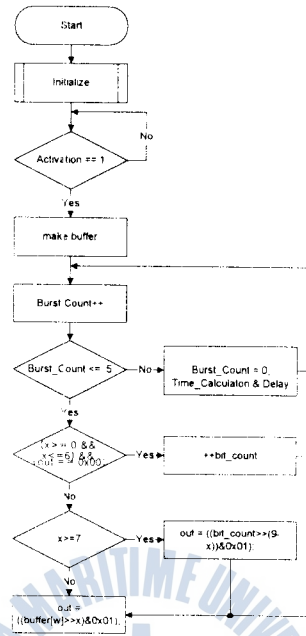


<그림 3-1> DSC VHF EPIRB의 구성도

<Fig 3-1> Block diagram of the DSC VHF EPIRB

3.2 DSC신호처리부 설계

DSC 신호처리를 위한 기본설계로는 NEC사의 uPD70325L 프로세서를 이용하여 신호처리부의 하드웨어를 구현하였다. DSC EPIRB의 신호는 $33\frac{1}{3}$ ms 시간 간격의 time diversity방법으로 선박의 식별번호 및 전송시 에러검출코드의 생성 등이 이루어져 전송되므로 타이머 인터럽트를 구동시켜 1200보오의 전송속도를 만들 수 있다. 그러나 ITU-R권고의 기술기준에서 정하고 있는 주파수허용오차는 30ppm이하이므로 위상고정루프를 사용하여 외부타이머를 제어하여 안정된 시간간격을 얻어야 한다. $33\frac{1}{3}$ ms time diversity를 구현하기 위해서 1200Hz의 위상고정루프를 구동시켜 인터럽트를 발생시킬 수 있기 때문에 1200Hz에 의하여 $833.3\mu\text{s/bit}$ 의 시간간격으로 인터럽트가 발생되며 인터럽트 함수에서 DSC EPIRB신호를 처리하도록 설계하였다. 외부 인터럽트를 제어하여 $833.3\mu\text{s}$ 간격으로 1비트를 처리하여 10비트로 구성된 1개의 캐릭터를 출력한다. 출력된 신호는 $1700\text{Hz} \pm 400\text{Hz} (\pm 10\text{Hz})$ 의 주파수편이 신호를 발생하기 위해 위상고정루프를 구동하여 구형파를 발생시킨 후 능동필터를 거쳐 변조단에 입력된다. <그림 3-2>는 조난메세지의 신호 처리과정을 나타낸 흐름도이다.



<그림 3-2> 신호처리 과정

<Fig 3-2> Procedure of signal processing

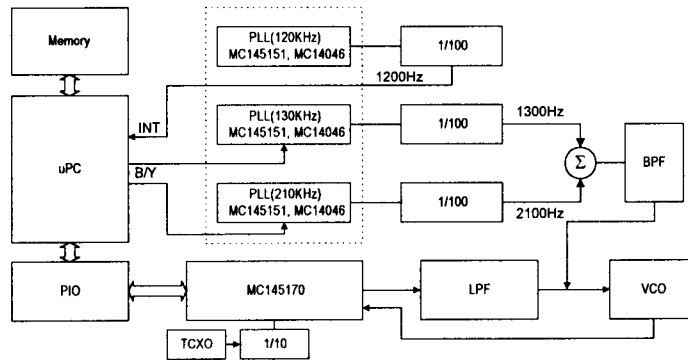
전원을 공급한 후 마이크로프로세서의 초기화를 실행할 경우 동작조건이 활성화되어 있는지를 감시하는 기능 하에서 동작된다. 일단 동작조건이 검출되면 전송될 정보의 메시지를 생성하여 버퍼에 저장한다. 여기서 동작조건은 수동 및 자동 장치에 의해서 활성화될 수 있다. 외부 인터럽트에 의해 1200보오의 전송속도를 만들 수 있으며, 구동된 인터럽트에 의하여 200비트의 동기패턴을 전송하고 그 다음 버퍼에 있는 7비트의 신호를 전송하고 이 때 B의 갯수를 카운트하여 다시 3비트의 에러검출코드를 생성하여 전송한다. 이러한 동작을 5번 반복하고 매 250초에 한번씩 버스트송출을 수행한다.

IV. 시스템의 제작 및 구현

4.1 DSC VHF EPIRB시스템

EPIRB의 시스템의 설계를 위해 마이크로컨트롤러를 이용하여 평가보드를 제작

하였으며, 시스템의 기본구성은 <그림4-1>과 같다.



<그림 4-1> 설계된 DSC VHF EPIRB의 구성도

<Fig 4-1> Block diagram of the designed DSC VHF EPIRB

DSC 버스트신호처리는 16비트 마이크로컨트롤러로 처리하였으며, 주 메모리에는 DSC 버스트신호에 각종 호출 정보들을 저장하게 된다. 디지털신호의 출력에 따라 FSK변환되어야 할 신호의 발생을 위해 마이크로컨트롤러의 내부타이머로서 구동 시키는데에는 클럭의 안정도와 기술적 조건을 만족시킬 수 없으므로, 위상 고정루프를 사용하여 FSK신호가 발생하도록 하였다. $1700 \pm 400\text{Hz}$ 의 주파수를 위상 고정루프로 발생시키면 주파수안정도를 만족시킬 수 없으므로 전압제어발진기의 발진주파수를 10배에서 100배 정도로 발진시켜 이를 1/10~1/100으로 분주시켜 FSK신호가 발생하도록 설계하였다. 또한, VHF 대역의 반송파신호를 발생시키는 RF 주파수합성기 부분은 여러 가지 위상고정루프 형태 중에서 채널간격이 12.5kHz 또는 25kHz이므로 2-모듈러스 프리스케일러의 구조를 채택하면 외부적으로 추가해야 부품의 수가 증가하게 되므로 단일 프리스케일러의 구조를 갖는 위상고정루프로 설계하였다.

또한 156.525MHz의 반송파를 만들기 위하여 MC145170에 10MHz TCXO를 연결한 후 10분주된 1MHz 기준주파수를 입력한다. 스텝 주파수를 12.5kHz로 하였고, MC145170의 위상비교기출력단자에 LF351을 이용한 LPF를 구현하여 전압제어발진기에 제어전압을 공급하게 하였다.

4.2 위상고정루프의 설계 및 제어

4.2.1 RF PLL의 설계조건

DSC VHF EPIRB는 156.525MHz의 주파수만을 사용하지만, 해상이동업무용 VHF 무선전화 및 관련설비들이 25kHz 또는 12.5kHz의 채널간격으로 할당되어 있으므로 본 연구에서는 PLL의 기준주파수를 12.5kHz로 설정하여 설계하였다. MC145170의 PLL IC와 100-200MHz 대역의 발전주파수범위를 갖는 VCO를 사용하여 설계하였다. RF PLL의 설계식은 다음과 같다.

$$K_d = \frac{5}{2\pi} = 0.796 [\text{rad/sec}]$$

$$\omega_n = \frac{2\pi f_c}{50} = \frac{2\pi \cdot 12.5 \text{ KHz}}{50} = 1571 [\text{rad/sec}]$$

$$K_v = \frac{2\pi J f_{osc}}{J V} [\text{rad/sec/v}]$$

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_v K_d}{N C R_1}}$$

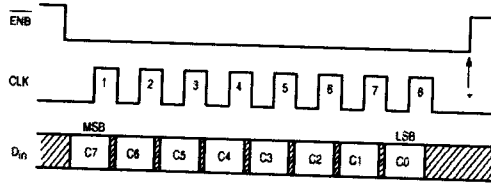
$$\xi = \frac{\omega_n R_2 C}{2} = 0.707$$



4.2.2 SPI의 PLL 합성기

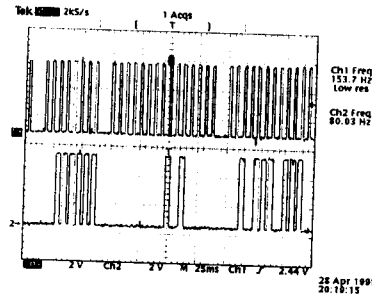
MC145170은 VHF 대역에 직접 사용할 수 있는 단일 합성기 칩으로서 3-wire의 SPI(Serial Peripheral Interface)의 구조를 갖고 있으므로, 마이크로컨트롤러와 쉽게 인터페이스될 수 있으며, 구조도 매우 간단해진다. 2-byte 시리얼 전송으로 16bit N 레지스터 및 R 레지스터, C 레지스터를 설정할 수 있다.

다음 <그림 4-2>와 <그림 4-3>은 입력신호형식과 실제 구현된 평가보드에서의 동작되는 파형을 나타낸 것이다.



<그림 4-2> 입력 신호 형식

<그림 4-2> Input signal format

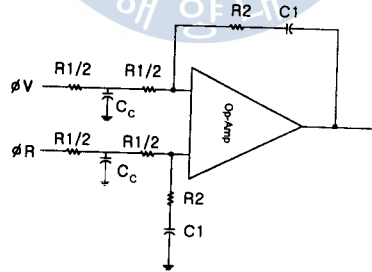


<그림 4-3> SPI에 의한 레지스터값 및 클럭파형

<Fig 4-3> Data bit and Clock bit by SPI

4.3.2 루프 필터 설계

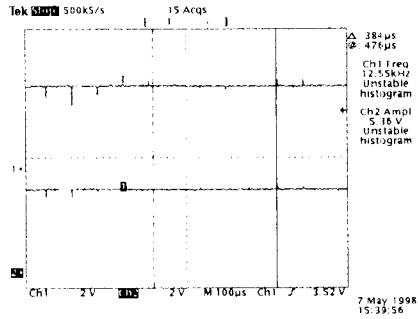
본 연구에서 사용된 VCO의 튜닝범위는 매우 넓으므로, PLL IC의 내부Charge Pump에 의한 위상비교기출력으로 VCO를 제어하기가 어려우므로, PLL IC의 Double-Ended Phase Detector의 출력을 이용한 LPF를 설계하였다.



<그림 4-4> 루프필터

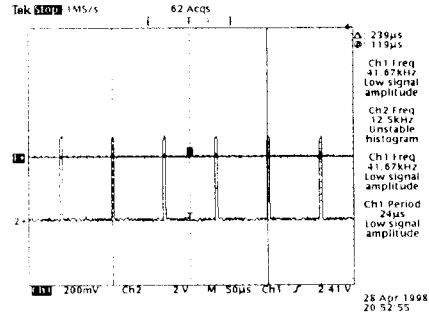
<Fig 4-4> The designed low pass filter

<그림 4-5>는 156.525MHz RF 주파수합성기가 위상동기되었을 때의 Double-Ended Phase Detector에서 출력되는 에러전압을 나타낸 것이다. 따라서 주파수합성기의 동작이 위상동기됨을 알 수 있으며, 이 때, VCO의 출력주파수로부터 N-카운트되어 기준주파수와 동일하게 되는 파형을 볼 수 있다.



<그림 4-5> 위상동기시의 Double-Ended P/D의 출력

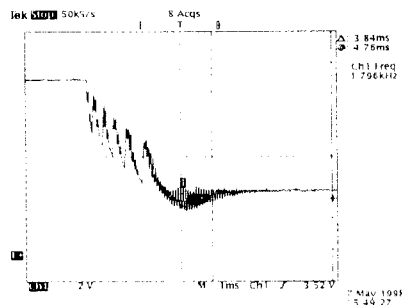
<Fig 4-5> Waveform of ϕV and ϕR when locked



<그림 4-6> N분주된 주파수파형 : 12.5kHz

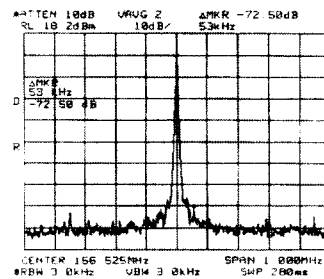
<Fig 4-6> N-devised frequency : 12.5kHz

175MHz에서 120MHz로 주파수를 변화 시켰을때의 파형은 <그림 4-7>과 같다. 필터의 재동계수를 0.7로 설정하여 설계를 하였으나, 사용된 부품의 정밀도 및 오차로 인해 설계사양을 만족하지 못했으나, EPIRB의 경우 한 개의 주파수만을 사용하므로, 실제회로 개발에 있어서는 재동계수를 더 크게 설정하여 설계하면 된다. <그림 4-8>은 156.525MHz RF신호의 주파수스펙트럼을 나타낸 것이다.



<그림 4-7> 주파수변화시의 에러전압 변화

<Fig 4-7> The transition of error voltage by the frequency change



<그림 4-8> 156.525MHz의 주파수 스펙트럼

<Fig 4-8> Frequency spectrum of 156.525MHz

V. 결 론

본 연구에서는 연근해 및 내수면에 종사하는 소형선박에 적합한 새로운 형태의 DSC VHF EPIRB설비의 기술특성 및 신호처리를 위한 프로토콜을 분석하여 알고리즘을 정리하고 이를 설계 및 구현하였다. 본 연구에서 제안되고 설계 및 구현된 DSC VHF EPIRB는 현재 GMDSS대상선박에 탑재되고 있는 406MHz EPIRB 시스템은 조난정보의 전송에 있어서 지연시간이 생기는 단점과 협약의 비대상 선박인 소형선박의 탑재의 문제점을 보완할 수 있으므로, 소형 및 연근해 선박의 탑재에 적합할 것이다. 본 연구를 수행함에 있어서 얻어진 연구결과 및 결론을 정리하여 보면 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 기존의 EPIRB의 특성과 문제점을 비교 분석하여 GMDSS 설비의 탑재에 있어서 비협약대상인 소형선박에 대한 EPIRB탑재에 대한 필요성에 대해 정리하였으며, 제안된 EPIRB에 의해 날로 증가하고 있는 해난사고의 대부분인 소형선박에 대해 수색구조방안을 제시할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 디지털신호처리 알고리즘과 VHF주파수합성기의 제어를 마이크로컨트롤러를 채택하여 설계하였고, 향후 개발될 수 있는 설비의 소형화의 가능성을 제시하였기 때문에 위치정보를 갖는 장치와 인터페이스된다면 다양한 목적으로 활용되거나 이를 이용한 설비가 개발될 수 있을 것이다.

셋째, EPIRB는 고정주파수를 사용하고 있으므로 본 연구에 있어서 VHF성능 향상에 유의하지 않았으나, VHF 주파수합성기의 설계에 있어서 설계목적에 미비한 성능을 갖는 전압제어발전기의 특성과 루프필터의 구조를 보완한다면 더 나은 성능을 얻을 수 있을 것이다. 향후 루프필터의 구조를 수동필터를 채택할 수 있도록 연구가 진행되어야 하며 RF출력단 이후의 RF출력증폭기부분에 대한 연구도 진행되어야 하며, 연구개발 단계에 있어서 EPIRB의 동작을 구동시키는 센서부분을 생략하였으나 향후 센서부분 및 EPIRB의 동작 결정 방법에 있어서도 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김기문, “최신개정 전파법규 해설”, 부산 : 효성출판사, 1995.

- [12] Laurie tetley & David Calcutt "Understanding GMDSS", London : Edward Arnold, 1994.
- [13] IMO, "GMDSS Handbook", London : IMO, 1995.
- [14] IMO, ITU-R Resolutions VIII , 서울 : 한국통신기술협회 1992.
- [15] 유흥원, "디지털선택호출장치와 조난신호처리기술에 관한 연구", 석사학위논문, 한국해양대학교, 1996.
- [16] 柳 亨 健, "PLL應用回路", 綜合電子出版社, 1977.
- [17] Dan H. Wolaver, "Phase-Locked Loop Circuit Design", Prentice Hall, 1991.
- [18] Ulrich L. Rohde, "Digital PLL Frequency Synthesizers", Prentice Hall, 1983.
- [19] 박영철 · 정연만, "위상고정루프 회로의 설계", 서울 : 신영사, 1996.
- [10] Garth Nash, "Phase-Locked Loop Design Fundamentals", Motorola, 1994.
- [11] 안병호 · 이재현, "V25 시작과 끝", 서울 : 교학사, 1995.
- [12] Harold B. Killen, "Digital Communications with Fiber Optics and Satellite Applications", Prentice Hall : New Jersey, 1988.
- [13] IMO, "Radiocommunications, Amendments to the International Convention for the SOLAS", London : IMO, 1990
- [14] Commandant(G-SCT-2), U.S.Coast Guard Washington DC 20593 : Last Revised 10 April 1998.
- [15] Admiralty List of Radio Signals, vol 5,1995-96 GMDSS : The Hydrographer of the NAVY

