

LMX2571을 활용한 자율해상무선기기 기술 구현에 관한 연구

박청룡*†

* 국립목포해양대학교 국제교류본부 팀장

A Study for Implementation of Autonomous Maritime Radio Devices using LMX2571

Chong-Lyong, Pag*†

* Team leader of International Affairs, Mokpo National Maritime University, Mokpo 58628, Korea

요 약 : GMDSS 도입 이후에도 많은 해난사고가 증가하고 있다. 선박에서 사람이 물에 빠진 경우 구조신호를 전달하는 방법은 현재 다양한 방법으로 연구 및 개발되고 있지만, 해상이동업무용으로 지정된 주파수를 사용하는 제품의 개발은 이루어진 바 없다. 이에 따라 본 논문에서는 ITU의 최신 개정안을 통해 도입이 결정된 종별 B AMRD 기술을 적용하여 MOB 장치를 설계하고 제작해 보았다. 또한 제작된 송신기의 성능을 확인하기 위해 수신기와 사용자 인터페이스를 제작하여 기존의 전자해도와 연동해서 사용할 수 있음을 확인하였다. 본 논문을 통해 AIS기술을 이용하는 종별 B의 AMRD 일반조건과 기술조건을 만족하고 해상환경에서 휴대가 쉽도록 소형화하기 위한 집적화된 소자를 선택하여 MOB 장치를 설계 및 구현해 봄으로써 AIS의 우수한 통신이 실현되고 긴급 상황에서 신속한 대응 및 안전에 핵심적인 역할을 담당할 것이라 기대한다.

핵심용어 : 자율해상무선기기, 선외추락경보장치, AIS 기술, 신속대응, 소형화

Abstract : Even after the introduction of Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS), many maritime accidents occur. A method of transmitting a rescue signal when a person falls into the water from a ship is currently being researched and developed in various ways, but no products have been developed that use frequencies allocated for maritime mobile service. Accordingly, in this study, we designed and produced a man-over-board (MOB) device by applying Group B AMRD technologies, which were adopted through the latest revision of the International Telecommunication Union (ITU). In addition, a receiver and user interface were built to verify the performance of the transmitter, and we confirmed that it can be used in conjunction with existing electronic charts. This MOB device satisfies the general and technical requirements of Group B AMRD using AIS technology and uses integrated components for miniaturization for easy portability in a maritime environment. We expect that it will achieve excellent AIS communication and be essential in rapid response and safety in emergency scenarios.

Key Words : Autonomous Maritime Radio Devices, MOB device, AIS technology, Rapid response, Miniaturization

1. 서 론

해상에서의 세계 해상 조난 및 안전 제도(GMDSS, Global Maritime Distress and Safety System)는 90년대 이전의 조난통신과 달리 부근의 항해 중인 선박뿐만 아니라 육상 및 위성을 통하여 조난신호가 수색구조기관에 신속히 전달됨으로써 가능한 빠른 구조 활동이 이루어질 수 있도록 함으로써 선박의 구조에 큰 역할을 담당해 오고 있다. GMDSS 도입에도 불구하고 해상에서의 여객선의 침몰로 인한 대형 인

명 사고뿐 아니라 어선 및 레저보트를 포함한 소형선의 충돌, 좌초, 전복 등으로 인한 해난 사고는 현재까지도 꾸준히 증가하고 있다. 특히, 국내에서 조업 중인 소형어선의 경우에는 일반적으로 한두 명의 선원이 탑승하여 조업하는 경우가 많고 이들 선박에 승선하고 있는 선원이 조업 중에 바다에 빠진다면 선원은 경보 신호를 스스로 보내는 것이 불가능해 의사 사고로 이어지는 경우가 많이 발생한다.

지금까지 개발되거나 논의 중인 익수자 구조를 위한 설비 MOB(Man Overboard)는 433MHz의 RFID, 890MHz대역의 V-Pass, 900MHz대역 IoT 기술 등 국내에서만 적용될 수 있는 종별 B의 형태로 다양하게 개발되어 기존통신망과 연계하거나 독립

† radio@mmu.ac.kr, 061-240-7401

적으로 운용하고 있다.

본 논문에서는 ITU-R M.2135-1의 채택에 따라 이에 따른 자율해상무선기기로서 MOB의 기능을 구현해 보고, 이를 통해 소형선에서도 기존 GMDSS 및 AIS의 주파수에 장애를 주지 않고 해상이동업무용으로 지정된 주파수를 활용하는 MOB-AIS의 보급을 통해 효과적으로 조난자의 신속한 구조를 제공할 수 있는 시스템을 구현해 보고자 하였다.

2. 현황

유럽과 북미, 호주 등에서는 다양한 선내경보장치를 개발하여 기존통신망과 연계 또는 독립적으로 운용하고 있으며 다음의 5가지 형태로 분류할 수 있다(Kim et al., 2013).

Table 1. MOB Classification

No.	Type of classification
1	AIS MOB type that applies AIS frequency (161.975, 162.025 MHz) technology in the marine VHF band
2	DSC MOB type using marine VHF-DSC frequency (156.525 MHz) technology (ITU-R M.2285, 2013)
3	Applying a combination of marine AIS and DSC technology(ITU-R M.493-14, 2015)
4	Zigbee (Bluetooth) technology using 915 MHz frequency or 2.4 GHz frequency
5	Data type MOB type of general data communication using 900MHz frequency band

ITU에 의해 조직되는 세계전파회의(WRC; World Radio Conference)의 15차 결의안(Resolution)에서 자율해상무선기기(AMRD, Autonomous Maritime Radio Device)는 무동력선의 견인, 바지선, 버려진 선박, 유빙, 파도 글라이더, “Man Over Board”, 잠수자 위치, 경보 및 무선전화 장치, 어망 표시용 부이, 기름 유출 추적 부표, 해양학 및 기타 표류 부표 등의 해상환경에서 자율적으로 동작하는 해상 무선 장치를 포함하거나 이러한 응용장치에만 국한하지 않는 것으로 정의하였다.

근래 어망위치표시장치 등에 AIS나 DSC 기술을 이용한 다양한 AMRD가 출현함에 따라 이에 대한 적절한 규제가 이루어지지 않을 경우 해상안전에 부정적 영향을 미칠 수 있다는 우려가 제기되면서 AMRD에 대한 규제체계 마련을 위한 WRC-19 의제 1.9.1이 채택되었다(WRC, 2019; TTA, 2021).

최종적으로 2023년에 개정된 ITU-R M.2135-1의 “156 ~ 162.05MHz의 주파수 대역에서 운영되는 자율해상무선기기의 기술 및 운용 특성”의 부속서(Annex) 1에서 자율해상무선기기를 종별 A AMRD(안전항해 증진)와 종별 B AMRD(안전항해와 무관한)로 구분하고 부속서(Annex) 2에서 종별 A

AMRD는 익수자위치발신장치(MOB)와 이동형 항로표지장치(MAtoN)의 용용방안을 제시하였고 부속서(Annex) 3에서 AIS 기술을 사용하는 종별 B AMRD의 요건을 제시하게 되었다(ITU, 2020; ITU, 2023).

국내에서는 ITU-R M.2135-1의 채택에 따라 해상무선설비 기술기준 제 26조에 제1항에 자율해상무선기기의 분류와 공통조건에 대해 규정하였고 제2항에서 종별 A에 대해 일반조건과 활용방안으로 제2항 제2호에서 “익수자위치발신장치”를, 제3항에서 일반조건과 활용방안으로 제3항 제2호에서 “자동식별장치의 기술만 사용하는 익수자위치발신장치(MOB-AIS)”의 요건을 규정하게 되었다(RRA, 2021).

해상이동업무의 미래 응용 또는 시스템(예, 새로운 AIS의 응용, MOB 시스템 등)용 예비주파수(WRC-12)였던 주파수 160.9MHz(채널 2006)주파수는 항해의 안전을 증진시키지 않지만 ITU-R 권고 M.2135-1, 2023 개정판에 따라 AIS 기술을 사용하는 종별 B 자율해상무선기기(AMRD)로 지정되었다. 또한 종별 B 자율해상무선기기의 기술적인 요구사항에서 이미 고정 및 이동업무로 운용하고 있는 GMDSS나 AIS와 같은 무선국을 보호하기 위해 출력은 등가등방복사전력 100mW로 제한되고, 안테나의 높이는 해수면상 1m를 초과할 수 없도록 규정하고 있다.

AIS 기술을 이용하는 종별 B AMRD는 시분할다중화접속방식을 사용하는 ITU-R M.1371의 AIS 기술 요건을 따라야 한다.

AIS에서 이용되는 시분할다중접속의 기법으로는 SOTDMA, RATDMA, ITDMA, FATDMA 및 CSTDMA 기술이 있다. AIS 기술요건에서 요구하는 변조방식은 GMSK/FM 방식을 사용해야 하고, 전송률은 9,6kbit/s±50ppm, 주파수 허용편차는 ±500Hz 이내의 조건을 만족해야 한다.

본 논문에서는 ITU-R 1371-5 Annex2를 기반으로 하는 AIS 기술 중 ITDMA(Incremental Time Division Multiple Access) 채널 접속 방식의 AIS 프로토콜을 구현하고, ITU-R M.2135-1 Annex 3의 Class B AMRD의 메시지 형식과 송신 주기를 만족하는 MOB를 설계하였다. 또한 소형선박에서도 MOB로서 쉽게 설치하고 운용할 수 있도록 휴대형의 하드웨어를 제작해 보았다.

3. Class-B AMRD의 MOB 설계

AIS는 선박에 설치된 VHF 송신기에 의해서 자동으로 선박위치, 시간, 속도 및 해상이동업무식별부호(MMSI) 등의 정보를 적절한 동기에 의해 송신하면 같은 시스템이 갖춰진 주변의 다른 선박에서 이를 수신하여 장착된 디스플레이에 정보를 표출함으로써 주변의 항행 선박 정보를 인식하게 되는 장치이다.

ITU-R M.2135-1에 따른 AMRD는 Annex 3에 따라 송신 슬롯의 랜덤 선택을 기반으로 자신의 전송 스케줄을 자율적으로 운용하고 1분에 1회의 단일 전송 또는 4개의 동일 메시지로 구성된 버스트로 구성할 수 있는데 본 논문에서는 버스트 전송 기술이 적용되었다. 메시지 형식은 최소 요건인 메시지 60의 위치보고와 메시지 61의 식별 보고 전송을 적용하였다. 메시지 60의 위치보고는 1분당 1회의 버스트로 송신되고 메시지 61번의 식별 보고는 MOB 장치의 동작 시작과 종료 전에 그리고 매 6분마다 1회의 버스트로 송신된다.

다만, MOB-AIS 장치의 특성으로 사용자 식별부호는 "972xyyyyy" 단일 패턴을 가져야 하고 여기서 "xx = 제작자 ID"로 01~99에서 99가 사용될 수 있고 xx=00은 시험 목적으로 사용되며(예비), "yyyy=일련번호"로 0000~9999가 할당되어 사용된다.

무선 송신기의 출력 상승, 안정화, 감쇠특성은 송신기 출력 포락선 대 시간을 만족 T_0 (전송 슬롯의 시작)부터 T_5 (다음 송신 시간의 시작 기간)이 26.667ms 이내 이어야 하며, Fig. 1은 기본 전송 패키지의 타이밍을 나타낸다.

무선 주파수 출력의 강하가 다음 슬롯에서 흔들리는 경우, 전송의 완료 이후에 무선 주파수의 변조가 이루어지지 않아야 한다. 이는 수신기 모뎀의 잠금 오류로 인해 다음 슬롯에서 이어진 전송에서 원하지 않는 간섭으로부터 보호되어야 한다.

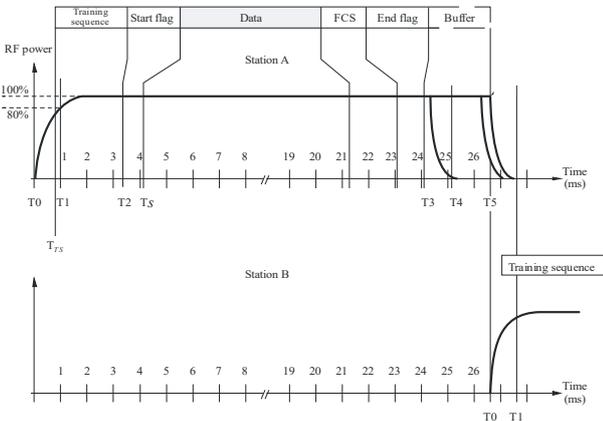


Fig. 1. Transmission timing (ITU-R M.1371-5).

MOB-AIS는 AIS에 관한 다양한 동기 방식 중 요구되는 정확도를 가진 세계협정시(UTC, Coordinated Universal Time)에 직접 동기만을 적용하고 동기 상태를 "UTC 직접"으로 설정함으로써 이를 표시해야 한다. 기타 UTC 간접 동기나 기지국 동기 및 이전 9 프레임에서 가장 많이 수신된 장치에 동기 등은 적용되지 않는다.

MOB-AIS 장치 또한 프레임 개념을 사용한다. 한 프레임은 1분에 해당하고 2,250개의 슬롯으로 나눈다. 기본적으로 데이터 링크에 접속은 슬롯의 시작에서 이루어진다. 프레임의 시작과 중단은 UTC를 활용할 수 있을 때 UTC의 분과 동기되어야 한다.

MOB-AIS 송신기는 자율모드로 동작해야 하고 첫 버스트의 첫 슬롯의 랜덤 선택을 바탕으로 메시지 전송에 대한 자체 스케줄을 결정한다. 첫 버스트 내의 다른 3개의 슬롯은 버스트의 첫 슬롯을 기준으로 고정되어야 한다. 버스트 내의 슬롯의 증분은 75 슬롯이어야 하고 전송은 Fig. 2와 같이 MOB 장치는 4개의 슬롯이 포함된 버스트를 분당 1회 송신한다.

본 논문에서는 한 개의 주파수 160.9MHz를 자율해상무선기기용으로 사용하는 방법으로 하나의 버스트에 슬롯 4개를 할당하여 매분 동일한 시간을 기준으로 0s~5s의 범위에서 랜덤하게 선택되도록 구성하였다.

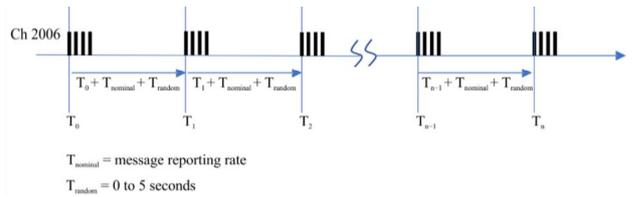


Fig. 2. Burst transmissions (ITU-R M.2135-1).

3.1 MOB-AIS 장치 설계

(1) 변조기 설계

ITU-R M.1371의 AIS 기술이 요구사항이 가우시안 필터를 적용한 MSK(최소 주파수 천이)변조임에 따라 가우시안 필터는 마이크로 프로세서에서 소프트 필터로 구현하고 MSK변조는 CPFSK(연속위상 주파수천이)변조를 통해 구현할 수 있다.

FSK변조기와 160.900MHz의 주파수 생성을 고려하여 Texas Instrument사의 LMX2571 칩셋을 적용하였다(Fig. 3). LMX2571은 VCO가 통합된 저전력 PLL이고 마이크로컨트롤러 인터페이스나 핀을 통해 직접 디지털 FSK변조를 지원할 수 있는 칩셋이다.

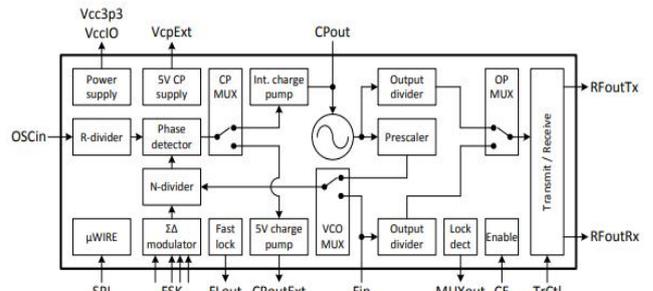


Fig. 3. Simplified Schematic of LMX2571 (LMX2571 datasheet).

LMX2571 칩셋이 제공하는 FSK 12S모드를 사용하여 아날로그 주파수 변조와 같은 대수 레벨의 FSK를 구현하여 MSK 변조를 대체하였다.

LMX2571의 칩셋은 Divider값을 변경함으로써 출력주파수를 변경할 수 있도록 되어 있고 N-divider값은 마이크로콘트롤러 인터페이스나 핀을 통해 프로그램할 수 있도록 구성하였다.

(2) PLL(위성 고정 루프) 설계

LMX2571은 완전히 통합된 VCO(전압 제어 발진기)를 포함하고 있다. VCO는 루프 필터에서 전압을 조정함으로써 변화되는 주파수를 생성한다. VCO의 출력은 N-분할기로 가기 전에 프레스케일러(Prescaler)로 입력된다. 여기서 프레스케일러 값은 2-4 사이에 선택된다. 일반적으로 프레스케일러 값 “2”는 PLL이 부분-N 모드로 동작할 때, 좋은 위상 잡음의 결과를 가져온다.

LMX2571을 활용한 160.900MHz의 MOB-AIS 설계를 위하여 Texas Instrument가 제공하는 TICS Pro의 설계 도구를 사용하여 다음 Fig. 4와 같은 기본적인 구성을 완성하였다.

여기서 Ninteger 값과 DEN 값은 프로그래밍(소자 값 조정)이 가능하다.

최종 운용 주파수는 160.900MHz이므로 VCO의 주파수를 Prescaler에서 27분주를 적용하게 되면 4,344.3MHz가 되고 28분주를 적용하면 4,505.2MHz, 29분주를 적용하면 4,666.1MHz, 30분주를 적용하면 4,827MHz의 VCO를 설정할 수 있다. 그러나 LMX2571 소자의 특성상 프레스케일러가 두 세그먼트의 곱으로 구성되므로 27분주와 29분주는 구성할 수 없으므로 28분주와 30분주가 VCO의 코어에서 적용할 수 있는 주파수 범위에 포함된다.

VCO의 위상 잡음 성능을 향상하기 위해서는 VCO의 이득을 줄일 필요가 있다.

Table 2. Approximate VCO Ranges and VCO Gain

VCO Core	Frequency Range		VCO Gain		
	Low	High	Low	Mid	High
VCOL	4,200	4,700	46	52	61
VCOM	4,560	5,100	50	56	65
VCOH	4,920	5,520	55	63	73

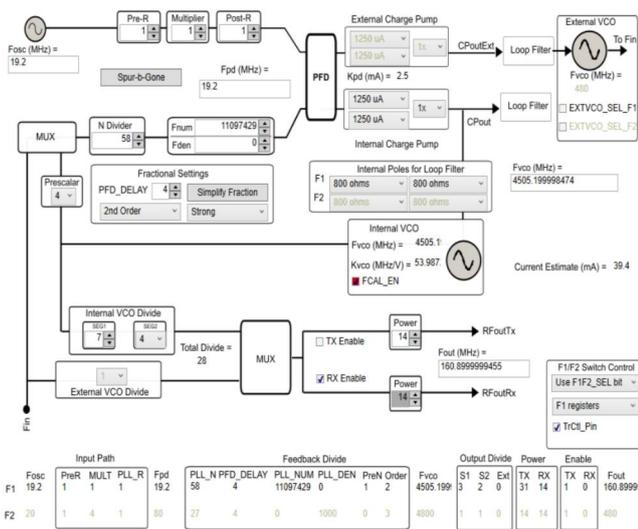
Table 2에서와 같이 28분주의 특성은 VCO 코어의 VCOL의 특성을 보이고, 30분주의 특성은 VCOM의 특성을 나타내므로 VCO의 최적 주파수 4,505.2MHz가 선택되었고 28분주를 통해 160.900MHz의 최종 출력 주파수를 얻도록 구성하였다.

(3) 증폭기 설계

RF5110G GSM 핸드셋에 광범위하게 사용되는 것으로 알려져 있지만 일반적인 목적의 무선장치, 즉 FSK 또는 ASK에 대한 중단 증폭석으로도 사용될 수 있다. 이 칩셋의 정합(Matching)은 입력단, 1차 내부, 2차 내부 및 출력에서 변경되며 일반적인 소자들이 사용된다. 단지 핵심 소자는 출력단에서 보여지는 쇼크(Choke) 정합을 설계하는 동안에 하나의 목표는 안정도를 출력 전압정재파비(VSWR) 5:1로 달성하는 것이다. 1μH 값과 구성이 이 수준의 안정도를 달성하는데 필수적인 것으로 검증되었다.

이 이론은 전력 제어를 사용하지 않는 개방형 루프 시스템에 적용된다. 전통적인 GSM으로의 활용에서는 출력은 RF5110G의 출력단에서 샘플링 되고 로그 검출 기능으로 피드백 된다. DAC 전압(V_{SET}) 또한 로그 검출기로 입력된다. 로그 검출기 출력은 일정 입력 전력이 0dBm 이상을 가지도록 V_{SET} 에 해당하는 출력이 구해지는 것과 같이 RF5110G의 V_{APC} 핀으로 유도된다. 이 칩에서 출력은 적은 신호에서 압축에 이르기까지 정해진 레벨의 전체 범위를 설정할 수 있다.

Fig. 5에서 표시된 것처럼 적절한 공급 전압(V_{CC})의 선택



(Source: Clock and Synthesizer Design using TICS S/W)
Fig. 4. LMX2571 basic design using TICS Pro.

VCO의 주파수가 4,505.2MHz 일 때, 기준 주파수인 19.2MHz로 나누어주면 234.64583333MHz의 주파수가 되고 이를 Prescaler에 의해 4분주 된 값은 58.6614583332가 된다.

N-divider 값은 $[N_{integer} + NUM/DEN]$ 로 정의되며, $N_{integer}$ (정수 값) = 58이 되고, N_{frac} (소수 값) = $NUM/DEN = 0.661458332$ 가 된다. 여기서 Default 값인 DEN 값(224)은 16,777,216에 해당하므로 $NUM = 11,097,429$ 가 설정된다.

으로 압축된 출력에서 고효율을 얻을 수 있다.

이 증폭기의 사용에서 한 가지 더 고려해야 할 사항은 V_{APC} 의 전압 레벨이다. V_{APC} 레벨은 전력 제어 루프 내에서 운용될 때 변한다. 이 전압이 출력석의 출력을 제어한다. V_{APC} 는 RF5110G로부터의 출력을 일정하게 유지하기 위해서 2.8V로 설정되어야 한다.

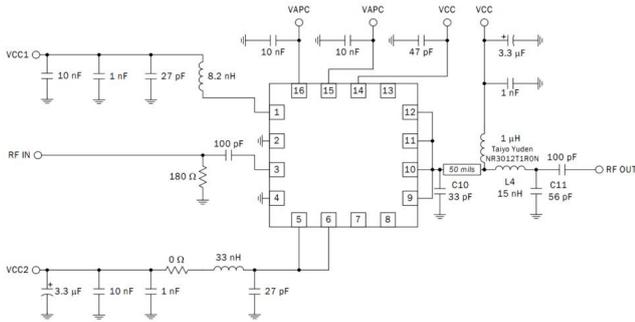


Fig. 5. 150MHz FM Amplifier Stage Design using the RF5110G.

(4) GPS수신기 설계

향후 AIS의 발전 가능성과 위성항법시스템의 미래성을 고려하여 GPS 위성과 Galileo 위성을 사용할 수 있는 U-blox사의 NEO-6 칩셋을 사용하였다(Fig. 6). GPS 신호의 경우 L1(1,575.42MHz), L2C(1,227.60MHz), L5(1,176.45MHz)와 Galileo 신호의 경우 E1(1,575.42MHz), E5a(1,176.45MHz)에서의 항법신호에 대한 신호처리 결과 중 GPS L2C 및 Galileo E5a 신호에 대해서는 국내에서도 -142 dBm 레벨의 신호 획득이 정상적으로 이루어짐이 확인된 바 있다.

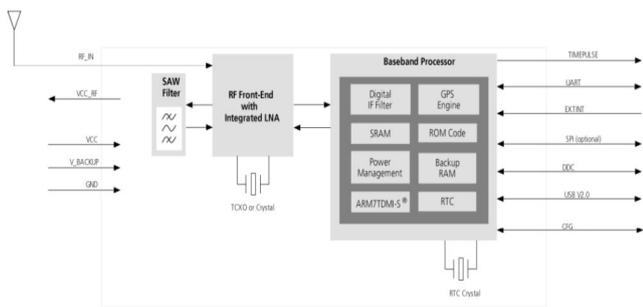


Fig. 6. GPS Receiver's Internal Block Diagram.

3.2 MOB-AIS 메시지

(1) 동작모드

AMRD는 특정 업무에서 표준화된 메시지, 명확한 식별과 위치 및 소유자가 그 장치를 식별하고 그 운영 조건에 관한 특정 데이터로 사용자를 지원하도록 의도됨에 따라 다음 Table 3의 메시지가 이러한 요건을 지원하도록 정의되었다.

Table 3. AMRD message Summary

Message ID	Name	Description
60	Position report	This multi-page message provides position, navigation and status information
61	Identity report	Provides the additional information required to uniquely identify the transmitting device.
62	Static information report	Provides additional information about the transmitting device
63	Application specific message	Provides for transmitting binary data

(Source: ITU-R M2135-1(02/2023))

본 연구에서 구현한 MOB는 메시지 60번과 61번을 송신하도록 구현하였고 이에 대한 메시지의 내용은 다음 Table 4, Table 5와 같다.

Table 4. AMRD Position report (Message 60)

Parameter	Number of bits	Description
Message ID	6	Identifier for Message 60
Repeat indicator	2	The repeat indicator should always be 0
Source ID	30	Identifier for the transmitting station per Rec. ITU-R M.585
Part number	2	Identifier for the message part number; Part A=0
Destination indicator	1	0 = Broadcast 1 = Addressed
Destination ID	0/30	Identifier for the receiving station per Rec. ITU-R M.585
Longitude	28	Longitude in 1/10 000 min ($\pm 180^\circ$, East= positive, West= negative)
Latitude	27	Latitude in 1/10 000 min ($\pm 90^\circ$, North= positive, South= negative)
Time stamp	6	UTC second when the report was generated by the EPFS (0-59 or 60)
Nature of the AMRD Device Code	7	Nature of the AMRD Group B Device Code
Mobile flag	1	0 = anchored, fixed, or unknown, default 1 = mobile
Position accuracy	1	1 = high (≤ 10 m) 0 = low (> 10 m), default
RAIM-flag	1	Receiver autonomous integrity monitoring (RAIM) flag of electronic position fixing device; 0 = RAIM not in use, default; 1 = RAIM in use.
Extended Data 1 page ID	3	Specifies one of the eight Extended Data Pages
Extended Data 1	10	SOG, COG, Dynamic/Sensor status etc.
Extended Data 2 page ID	3	Specifies one of the eight Extended Data Pages
Extended Data 2	10	SOG, COG, Dynamic/Sensor status etc.
Unused bits	30/0	These bits are not available for use
Number of bits	168	Occupies one-time period

(Source: ITU-R M2135-1(02/2023))

Table 5. AMRD Identity report (Message 61)

Parameter	Number of bits	Description
Message ID	6	Identifier for Message 61; always 61
Repeat indicator	2	The repeat indicator should always be 0.
User ID	30	Identifier for the transmitting station per Rec. ITU-R M.585, Autonomous maritime radio devices Group B
Vendor ID	42	Unique identification of the Unit by a number as defined by the manufacturer See Table 16
Parent MMSI	30	This should specify the Parent MMSI of the AMRD. A value of 999999999 indicates the AMRD is not associated to a vessel.
AMRD code name	54	Maximum 9 characters 6 bit ASCII
Spare	4	
Number of bits	168	Occupies one-time period

(Source: ITU-R M2135-1(02/2023))

4. 제작 및 성능 분석

4.1 송신기 제작

MOB-AIS 설계에 있어 핵심 코어에 해당하는 PLL과 FSK 변조를 LMX2571을 통해 설계하였다. LMX2571의 주파수 설정이나 FSK 변조 스위칭 등의 원격제어를 위해 마이크로프로세서가 사용되어야 하며, AIS의 프로토콜을 구현할 수 있도록 하여야 한다. 이러한 목적을 위해 마이크로프로세서로 STM32L432KB 칩셋을 사용하였다.

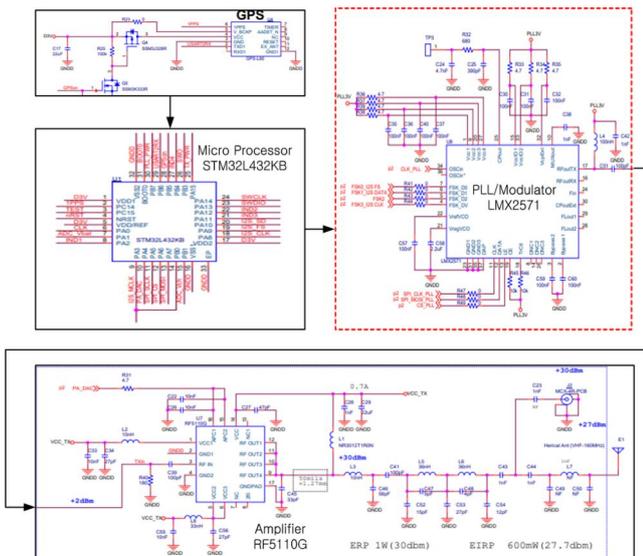


Fig. 7. Class B AMRD's Circuit diagram.

Fig. 7과 같이 주변 장치 회로와 STM32L432xx는 32비트 Arm Cortex 칩셋을 선택했다. STM32L432xx는 256kbyte의 플래시 메모리와 64kbyte의 SRAM을 탑재하고, FSK 변조를 위해 LMX2571이 제공하는 FSK 12S 모드를 활용할 수 있으며 이 모드에서 원하는 이진 형식의 FSK 단위로 클럭을 FSK_DI핀에 인가하도록 구성하였다.

송신기 설계는 실효복사전력(ERP) 기준으로 최대 1W(30 dBm) 으로 설계되었으나 이는 등가등방복사전력(EIRP)로 환산하게 되면 약 600mW(27.7dBm)가 예상된다. 국제기준 및 국내기술기준의 요구사항인 등가등방복사전력 기준 100mW를 만족하기 위해서는 마이크로프로세서의 제어를 통해 LMX2571의 출력 레벨을 낮출 수 있고 실제 EIRP 측정을 통해 조정할 수 있도록 설계되었다.

회로설계를 통해 실제 제작된 송신기는 다음 Fig. 8과 같다.



Fig. 8. Front and rear PCB / manufactured MOB-AIS Tx.

4.2 송신기 성능검증

실험에 사용된 스펙트럼 분석기는 Anritsu MS2830A로 9kHz~3.6GHz의 측정 범위를 가지고 분해능 대역폭을 1Hz에서 3MHz까지 설정할 수 있는 장비이고 신호 발생기로 사용한 Agilent N9310A는 9kHz~3GHz의 RF 신호를 1×10^{-6} 의 안정도로 제공해 줄 수 있는 장비이다.

국내 기술기준에서 요구하는 등가등방성복사전력을 측정하기 위해서는 전문화된 안테나 방사 패턴 측정 시설을 이용해야 하나 본 논문에서는 실험실에서 측정할 수 있는 범위까지만 수행하고 등가등방성복사전력은 안테나 이득을 0dBm으로 하여 계산을 통해 도출하였다.

스펙트럼을 통해 획득한 송신기의 성능은 Fig. 9와 같다.

- 출력: 30.43dBm (1.104W)
- 중심 주파수: 160.899600MHz (주파수 편차: 400Hz)
- 스퓨리어스 레벨: -47dBm 이하

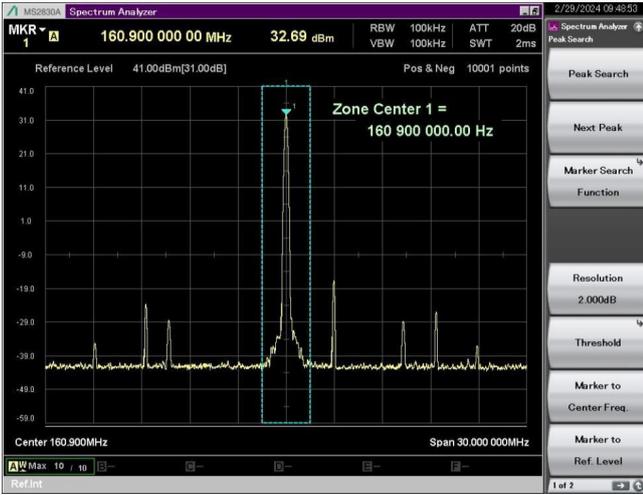


Fig. 9. The Spectrum Results of MOB.

4.3 송신 안테나 설계

송신기 제작에서 상부의 기관 여백은 헬리컬 안테나의 고정을 위한 공간으로 고려하였다. 이에 따라 헬리컬 안테나의 길이를 최대한 줄이면서 직경의 폭을 넓힘으로써 임피던스를 매칭함으로써 개인이 휴대할 수 있는 MOB로서 구성할 수 있게 하였다.

그러나 실제 측정에서는 헬리컬 안테나의 직경이 커지더라도 안테나의 이득 향상을 거의 없는 것으로 확인되었다.

다음 Fig. 10은 제작된 헬리컬 안테나의 160.9MHz에 대한 임피던스 매칭 결과를 나타낸다.

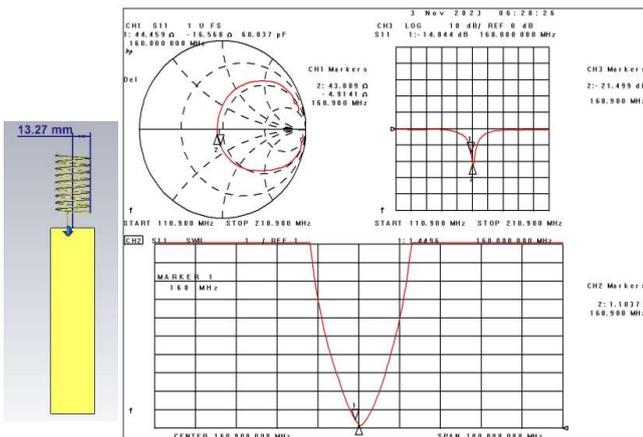


Fig. 10. Helical Antenna Design and Measurement.

4.4 송신기 성능 검증을 위한 수신기 제작

AIS기술을 사용하는 종별 B의 AMRD는 160.9MHz의 AIS와는 구별되는 주파수를 사용하지만 기존 AIS의 수신범위가

156~163MHz의 지역채널까지 수신할 수 있도록 구성됨에 따라 AIS 수신기 회로를 활용할 수 있다.

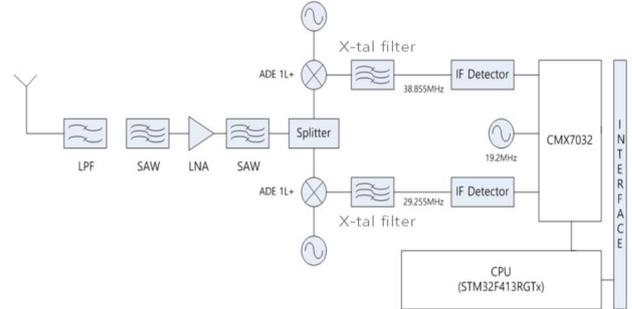


Fig. 11. Class B AMRD Receiver Block Diagram.

Fig. 11의 블록도에서 표시된 CMX7032 칩셋은 AIS 신호의 변복조를 위한 전용 칩셋으로 GMSK변조와 FSK변조에 대한 모뎀 기능을 가지고 있다.

CMX7032를 수신 모뎀으로 활용할 경우, 활용할 수 있는 기능은 다음 Table 6과 같다.

Table 6. CMX7032 Receiving modem functions

Function	Description
Configurable demodulation format	AIS 25kHz channel (GMSK, 9,600bps, 2.4kHz deviation, BT =0.4)
Number of channels	Simultaneous reception of two AIS channels
AIS burst mode	AIS Burst mode with full AIS frame formatting (HDLC-type)
AIS Raw Mode	Supports arbitrary data streams for user-defined protocols
Store	Four 160 byte Rx data buffers can automatically store up to four 5-slot AIS bursts (2 per Rx channel)
Rx signal input gain	Time-of-arrival reporting assists with timekeeping in the absence of GPS

복조 주파수를 설정하기 위해 외부에 오실레이터로 19.2 MHz를 CMX7032에 기준 주파수를 제공하여 불요파의 스퓨리어스 생성을 회피하도록 하였다.

또한 송신기에서 사용한 STM32F413 프로세서를 CMX7032의 C-bus 시리얼 인터페이스에 연결하여 Fig. 12와 같이 복조기에 제어, 데이터, 상태정보의 전송에 사용하였다.

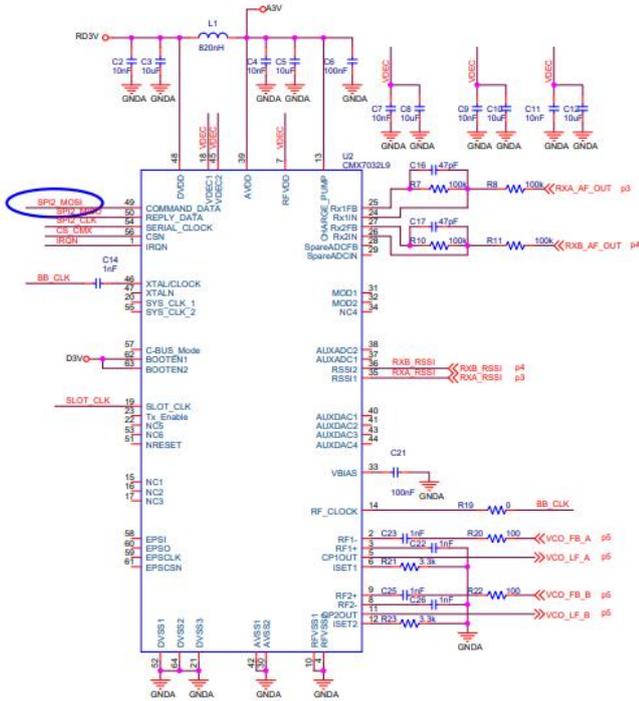


Fig. 12. Demodulation Circuit drawing using CMX7032.

CMX7032에서 사용하는 C-bus 인터페이스는 CMX7032내의 특정 레지스터에 접속하기 위한 간단한 Transaction 지향 명령/응답 프로토콜을 사용하는 SPI와 유사한 시리얼 인터페이스로 마이크로프로세서에서 단일 레지스터 주소/명령 바이트로 구성되는 C-bus Transaction을 전송하여 제어한다.

Fig. 11의 블록도를 기반으로 제작된 종별 B의 AMRD 수신기는 다음 Fig. 13과 같다.



Fig. 13. Class B AMRD Receiver.

4.5 수신기 인터페이스 구현

AIS의 경우, 수신기에서 수신된 데이터는 NMEA 형식의 메시지로 출력되어 사용자 인터페이스를 통해 그 내용이 표출된다.

그러나 종별 B AMRD는 메시지 60과 61과 같이 기존의 AIS와는 구별되는 메시지를 사용함에 따라 사용자 인터페이스에서 디코딩해야 하는 내용 또한 변경이 이루어져야 한다.

Table 7. NMEA format according to receiving Message 60

Rx time	Rx Message
13:42:10.303	!AIVDM,1,1,6,A,t>UaJnPkJ=H3@B50t0SP1h000000,0*44^0D^0A
13:42:12.584	!AIVDM,1,1,7,A,t>UaJl0k=H3@B50t0SP1h000000,0*27^0D^0A
13:42:14.350	!AIVDM,1,1,8,A,u>UaJnTIPi006fqc9wiRDj3QE000,0*4A^0D^0A
13:42:16.568	!AIVDM,1,1,9,A,t>UaJl0k=H3@B50t0SP1h000000,0*29^0D^0A

Table 7에서 수신된 데이터를 분석해 보면 1행에서 4행까지의 데이터가 2초 간격으로 발생되었고 이는 75슬롯 간격을 시간으로 환산해 보면 약 2초에 해당됨을 알 수 있다.

수신기의 출력단에서 발생하는 NMEA 형식의 정보는 사용자 인터페이스에서 데이터를 추출한 후, 데이터 파싱(Parsing)과정과 디코딩(Decoding)을 거쳐게 된다. 메시지 60의 디코딩을 위한 프로그램은 Fig. 14와 같이 Table 4에서 요구하는 모션 MMSI, 위도/경도, Source ID 등의 내용을 포함함을 알 수 있다.

```

721 AISObject obj = new AISObject()
722 {
723     m_HanName = "",
724     m_Name = ""
725 };
726
727 obj.m_Parent = this;
728 obj.m_MMSI = mmsi;
729 obj.m_MessageType = 60;
730 obj.m_Latitude = (double)rs["Latitude"];
731 obj.m_Longitude = (double)rs["Longitude"];
732 uint sourceID = (uint)rs["SourceID"];
733 uint deviceCode = (uint)rs["DeviceCode"];
734 //obj.m_Heading = (uint)rs["TrueHeading"];
735 //obj.m_SOG = (double)rs["SpeedOverGround"];
736
737 //obj.m_NavStatus = (uint)rs["NavigationalStatus"];
738 //obj.m_ROI = (int)rs["RateOfTurn"];
739 //obj.m_COG = (double)rs["CourseOverGround"];
740 obj.m_TimeStamp = (uint)rs["TimeStamp"];
741 //obj.m_ManoeuvIndicator = (uint)rs["ManoeuvIndicator"];
742 obj.m_PositionAccuracy = (uint)rs["PositionAccuracy"];
743
744 obj.m_TimeReceived = DateTime.Now;
745
746 if (obj.m_Name == null)
747     obj.m_Name = "";
748
749 AISName nameObj = (AISName)m_AisNameTable[mmsi];
    
```

Fig. 14. Message 60 Decoding Program.

MOB-AIS 장치의 무선 출력이 초단파 데이터 링크를 통해 데이터를 송신하게 되면 160.900MHz로 설정된 AMRD 수신기가 데이터를 수신하게 되고 수신기는 메시지의 수신에 따라 NMEA 형식의 VDM(VHF Data link Message) 메시지를 발생한다. 이때 발생한 VDM 메시지는 변환과정을 거쳐 ITU-R M. 2135-1의 메시지 형식에 따라 필요한 메시지를 추출하게 된다.

최종적으로 사용자는 전자해도와 같은 사용자 인터페이스를 통해 다음 Fig. 15와 같이 MOB의 위치 정보와 상세 정보를 확인할 수 있게 된다.

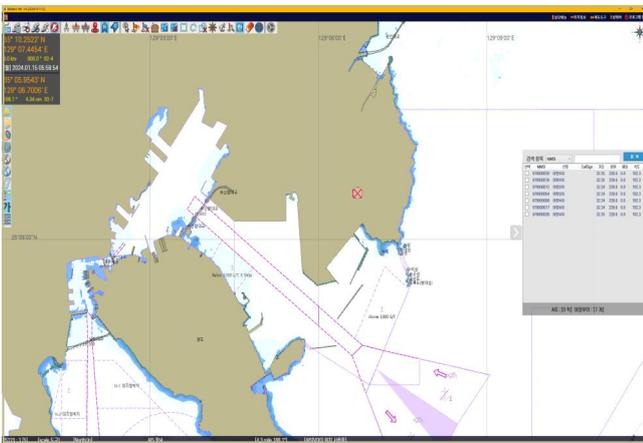


Fig. 15. Data Presentation for MOB-AIS Information.

5. 결론

본 논문에서 추진한 MOB-AIS의 가장 큰 특징은 최근 국내·외적으로 수요가 제기되고 있는 어망위치표시장치, 해상조난자 위치발신장치 같은 기기로 활용할 수 있는 종별 B형 AMRD에 대한 자동식별장치의 기술만 사용하는 기술기준을 근거로 구현해 보았다는 것이다.

특히, AIS 기술을 기반으로 하는 MOB-AIS는 조난자의 몸에 부착하거나 구명동의에 부착되어야 하므로 집적화 회로 설계로 소형화가 요구된다.

물론, MOB-AIS 장치를 구현하는 방법으로 종별 A AMRD의 요구사항과 같이 AIS-SART 장치에서 사용하는 방식을 그대로 적용할 수도 있지만, 이미 채널의 포화도가 높아짐에 따라 새로운 주파수의 활용이 요구되고, 기존 구명뗏목에 설치되는 AIS-SART 장치는 MOB-AIS에 적용하기에는 상대적으로 너무 크다는 단점이 있다.

따라서 본 논문을 통해 MOB-AIS 장치나 라디오 부이와 같은 많은 수요가 예상되는 분야에서 160.900MHz의 새로운 주파수를 사용하면서 종별 B형 자율해상무선기기를 사용할

수 있는 방안을 제시하였고 이는 우리나라와 같이 AIS 트래픽이 많은 해상환경에서 AIS를 이용한 원활한 통신을 확보하는 방안이 될 것이다.

본 논문 통해 종별 B형 AIS의 기술만 사용하는 일반조건과 기술조건을 만족하도록 MOB-AIS 장치를 설계 및 제작하였으며, 설계 방법으로 위상고정루프(PLL)와 FSK 변조 기능을 통합한 전용 칩인 LMX2571을 활용하였다. 장치 구성에는 LMX2571외에 마이크로프로세서와 종단증폭기와 같이 3개의 핵심 부품으로만 구성되므로 이를 통해 개인 휴대할 수 있는 경제성이 우수한 제품으로 제작될 수 있는 기반이 될 수 있을 것이다.

특히, 본 논문에서 구현한 MOB-AIS 장치가 국내 어선의 효율적인 조업과 실습선이나 관공선 및 함정 등에서 선원의 안전에 대한 핵심적인 역할을 담당할 수 있을 것이라는 기대와 아울러, 해상정보통신 분야의 경쟁력과 국익 신장을 위해 AIS 응용장치에 대한 기술개발 투자 및 관련 제도 연구에 지속적인 관심과 연구가 필요할 것으로 사료된다.

References

- [1] ITU(2020), Table of transmitting frequencies in the VHF maritime mobile band, Radio Regulations Vol.2, APPENDIX 18, pp. 299-303.
- [2] ITU(2023), Technical and operational characteristics of autonomous maritime radio devices operating in the frequency band 156-162.05MHz, Recommendation ITU-R M.2135-1, pp. 2-3.
- [3] Kim, J. W., Kim, B. O., Lim, J. G., Lee, J. H., Yim, J. H., Park, D., K.(2018), Developmental Plan of Man-Overboard Alert Devices of Small Fishing Vessels: A Study., Journal of Korean Navigation and Port Research. Vol. 42, No. 4, pp. 245-252.
- [4] RRA(2021), Technical Requirements for Radio Equipment for Maritime Mobile Service, Article 26. Autonomous Maritime Radio Device, pp. 105-108.
- [5] TTA(2021), TTA Journal Vol. 193, pp. 122-123.
- [6] WRC(2019), World Radiocommunication Conference 2019 Final Acts, pp. 147-151.

Received : 2024. 02. 13.

Revised : 2024. 03. 04. (1st)

: 2024. 03. 25. (2nd)

Accepted : 2024. 04. 26