



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

해상 선박용 초단파 디지털 트랜시버
구현에 관한 연구

2016년 05월

부경대학교 산업대학원

전자정보통신공학과

이 상 규

공학석사 학위논문

해상 선박용 초단파 디지털 트랜시버 구현에 관한 연구

지도교수 정 연 호

이 論文을 工學碩士 學位論文으로 提出함

2016 년 05 월

부경대학교 산업대학원

전자정보통신공학과

이 상 규

이 논문을 이 상 규의 공학석사
학위논문으로 인준함

2016년 월 일

주 심 공학박사 김 석 태 (인)

위 원 공학박사 홍 준 표 (인)

위 원 공학박사 정 연 호 (인)

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 해상 선박용 초단파 디지털 트랜시버	4
2.1. e-내비게이션	4
2.2. 국내 기술개발	6
2.3. 초단파 대역의 데이터 교환시스템(VDES)	8
2.3.1. 개요	8
2.3.1. 기술적 배경	10
2.4. 초단파 데이터 통신시스템(VDE)	13
2.4.1. 초단파 데이터 통신시스템(VDE)의 구성	14
2.4.2. 트랜시버 보드의 주요 기능	15
제 3 장 트랜시버의 설계 및 제작	17
3.1. 전체 구성	17

3.2. 부품선정 및 회로 설계	18
3.2.1. CMX991의 특징	19
3.2.2. CMX991의 주변회로 설계	21
3.2.3. 수신부의 LNA(Low Noise Amplifier)단 설계	24
3.2.4. 송신부의 설계	26
3.2.5. 주파수 신디사이저(Frequency Synthesizer)의 설계	28
3.3. PCB 설계 및 제작	31
제 4 장 실험결과 및 고찰	34
4.1. 수신부 실험결과	34
4.1.1. 수신부의 LNA(Low Noise Amplifier)단 실험결과	34
4.1.2. 수신부의 45MHz MCF 실험결과	35
4.2. 송신부 실험결과	36
4.2.1. 송신부의 고조파 필터(Harmonic Filter) 실험결과	36
4.2.2. 송신부의 전력증폭기(Power Amplifier) 실험결과	37
4.3. 주파수 신디사이저(Frequency Synthesizer)부 실험결과	38

4.4. 연동 실험	39
4.4.1. 연동 실험결과	39
4.5. 트랜시버 최종 실험결과	42
4.6. 실험결과에 대한 고찰	42
제 5 장 결 론	44

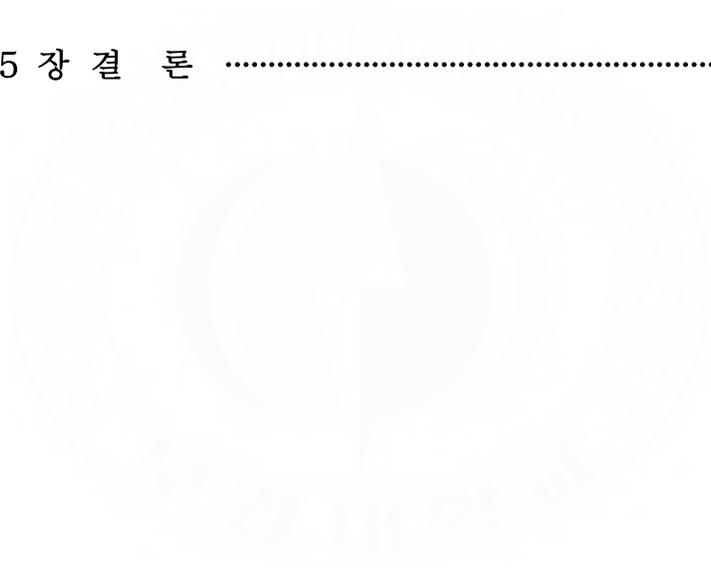


그림 목 차

그림1. 한국형 e-내비게이션의 개념도	5
그림2. SKT의 LTE를 이용한 해상 광대역 통신 서비스 커버리지	8
그림3. VDES 개략도	9
그림4. 해상 디지털 통신 시스템 구성도	13
그림5. 전체 블록도	17
그림6. CMX991의 주변회로	18
그림7. CMX991 블록도	19
그림8. CMX991의 주요 기능	20
그림9. 2 nd Local Oscillator 회로	21
그림10. IF MCF 회로	22
그림11. MCF(45F20B)의 외형	22
그림12. 기준주파수 발진 회로	23
그림13. TCXO의 외형	24
그림14. LNA(Low Noise Amplifier)단 회로도	24
그림15. SAW filter 드로잉	25
그림16. 송신부 종단 회로도	26
그림17. 전력증폭기(RA33H1516M1)의 특성그래프	26
그림18. 전력증폭기(RA33H1516M1)의 외곽 도면	27
그림19. 주파수 신디사이저 회로도	28
그림20. 설계틀을 이용한 PLL 신디사이저의 설계값	29
그림21. 설계된 PLL 신디사이저의 특성 그래프	30
그림22. PCB Artwork TOP 면	31

그림23. PCB Artwork Bottom 면	33
그림24. LNA 회로 실험결과	34
그림25. 45MHz MCF 실험결과	35
그림26. Harmonic Filter 실험결과	36
그림27. 전력증폭기 출력파형	37
그림28. 전력증폭기 출력파워	38
그림29. 주파수 신디사이저 측정	38
그림30. 연동실험(트랜시버보드+모뎀보드)	39
그림31. 연동실험(트랜시버보드+모뎀보드+제어보드)	40
그림32. 모뎀 프로그램(신호 타이밍 분석)	40

표 목 차

표1. 국제 권고안 ITU-R M. 1842-1	14
표2. 연동실험결과(수신부 특성)	41
표3. 트랜시버 실험결과	42

Implementation of VHF Digital Transceiver for Maritime Vessel Radio

Sang-Kyu Lee

Dept. of Information and Communications Eng
Graduate School of Industry
Pukyong National University

Abstract

A new VHF band for use in VHF Data Exchange System(VDES) is determined by WRC-12 due to the overload of AIS VDL, and the system characteristics of the VDES is recommended as ITU-R M. 1842-1. Also a multiple access method of CS-TDMA and higher speed digital modulation are recommended for the VDES. Nowadays, many navigation and communication equipments are working on ships. Among them, VDES is defined as a wireless communication network between ship to ship and ship to shore ,which provides unceasing communication channel between ship to shore. For this reason, it has been expected to trigger various services and applications based on VDES. However, there are not specific technologies and developed products. In this thesis, a implementation of VHF digital transceiver is performed and the performance of the implemented system is verified by measurement equipment. This technology will serve to provide various services in e-Navigation. Also, this thesis gives an insight into why this technology is necessary to design the VDES. This concept will eventually help system designers to plan the VHF digital equipment design.

제 1 장 서 론

현재 초단파대역(VHF : Very High Frequency)에서의 해상통신은 아날로그 음성통신이 주류를 이루고 있으며, 아날로그 트랜시버(Transceiver)¹⁾ 장비의 디지털 선택호출(DSC : Digital Selective Calling)²⁾이라는 제한적 디지털 통신 부속기능과 선박의 안전운항을 위해 운항 정보를 주기적으로 방송하는 선박자동식별장치(AIS : Auto Identification System)가 거의 유일한 디지털 통신이었다.

그러나, 근래 들어 해상 초단파대역에서 디지털 통신을 본격적으로 도입하려는 논의가 국제전기통신연합(ITU : International Telecommunication Union) 등에서 활발하게 진행되고 있으며, 저 비용으로 전자메일(e-mail), 단문 메시지 서비스(SMS : Short Message Service), 팩스 전송뿐만 아니라 육상에서와 같은 인터넷 연결 서비스 등 디지털 데이터 통신에 대한 요구 증가에 부응하려 하는 움직임이 전개되고 있다[9].

이에 선박국-육상국, 선박국-선박국간의 디지털 데이터와 전자메일(e-mail) 교환을 위한 해상 디지털 초단파대역 시스템에 대한 국제 권고안 ITU-R M. 1842-1이 국제 전기통신연합 무선통신 섹터(ITU-R : International Telecommunication Union Radiocommunication Sector)의 해상, 항공 및 무선측위 분야(WP5B) 연구반과의 협력을 통해 제정되었다[10]. 또한, 2012년에 개최된 세계전파통신회의(WRC-12 : World Radiocommunication Conference - 12)에서는, 높은 데이터율과 페이로

1) 송신기(Transmitter)와 수신기(Receiver)의 합성어

2) 디지털 선택호출(DSC)는 최대 1200bps 이하의 저속이며 조난경보 송, 수신 및 호출 응답용으로 지정되어 있다.

드를 가지는 비 안전 데이터 교환을 위해, 해상 초단파 대역의 채널들 중 일부를 2017년 1월 1일부로 디지털 전용으로 전환하여 전 세계적으로 사용하기로 의결하였고,[1] 국제항로표지협회(IALA : International Association of Lighthouse Authorities)에서는 초단파 대역과 중파 대역(MF : Medium Frequency)의 디지털 통신 및 차세대 선박자동식별장치(AIS)를 포함하는 초단파 대역의 데이터 교환시스템(VDES : VHF Data Exchange System)이라는 해상 디지털 이동통신 시스템을 제안하였으며, 채널 플랜, 변, 복조 방식, 메시지 구조 등에 대한 표준을 제정 중에 있다[13].

이에 따라, 향 후 전 세계 해상통신 장비 선도 업체를 중심으로 본격적으로, 해상 초단파 대역에서의 디지털 통신을 위한 국제 권고안인 ITU-R M. 1842-1을 따르는 선박용 디지털 통신 장비의 개발이 활발히 진행될 것으로 예측된다.

본 논문에서는 ITU-R M. 1842-1에서 정의하고 있는 4가지 통신 시스템의 하나인 부속서(Annex) 1³⁾을 따르며, I/Q 변조 후 송신안테나에서 방사하는데 충분한 전력으로 증폭을 하는 동시에 미약한 수신신호를 I/Q 복조가 가능한 기저대역 신호로 주파수 혼합 및 필터링의 기능을 수행하는 초단파 대역 디지털 트랜시버의 설계 및 제작에 대하여 논하고자 한다.

제1장 서론에 이어 제2장에서 e-내비게이션(e-Navigation) 서비스의

3) 국제 권고안 ITU-R M. 1842-1의 부속서(Annex) 1에서는 캐리어센스 시분할다중통신방식(CS-TDMA : Carrier Sense - Time Division Multiple Access)을 사용한 $\pi/4$ DQPSK 변, 복조 방법과 28.8kbps의 전송속도를 규정하고 있다.

소개 및 현재 해상 선박용 초단파 디지털 장비가 대두되게 된 배경과 국, 내외 관련 기술 동향을 살펴보고, 본 논문에서 제작될 디지털 트랜시버의 개요 및 전기적 특성을 정의하고 제3장에서는 디지털 트랜시버의 설계와 제작 과정을 다루며 제4장에서 실험결과 및 결과를 바탕으로 한 고찰을 한 후 제5장에서 결론을 맺는다.



제 2 장 해상 선박용 초단파 디지털 트랜시버

2.1. e-내비게이션(e-Navigation)

해상통신은, 1911년 타이타닉호의 침몰로 1,500명 이상의 사망자가 발생한 것이 계기가 되어 해상 조난 및 안전을 위한 국제간의 노력을 지속함으로써 발전해 왔다. 그 노력의 결과로 국제해사기구(IMO : International Maritime Organization)는 조난 및 안전제도(GMDSS : Global Maritime Distress and Safety System)를 마련하고 해상인명안전조약(SOLAS : International convention for the safety of life at sea)에 따라 모든 국제여객선과 총톤수 300톤 이상의 국제 운항 선박에 무선통신기반의 조난 및 안전 시스템을 탑재하도록 의무화 하였다. 그러나 현대 정보통신기술의 발달로 선박의 안전뿐만 아니라 다양한 신규 서비스를 제공해야하는 요구사항이 커짐에 따라 e-내비게이션(e-Navigation)의 세부 추진 전략이 수립되게 되었다[3].

e-내비게이션이란 해상 환경의 보호와 해상에서의 안전 및 보안을 위해 선상과 육상에서 전자적 수단을 이용하여 해양 정보를 조화롭게 수집, 통합, 교환, 표현, 분석함으로써 선박의 출항에서 정박까지의 항해 및 관련 서비스를 향상시키기 위한 일련의 체계를 말한다[15][16][18].

인적 과실에 의한 해양사고의 원인 중 하나로 지적되어 왔기 때문에 첨단 정보통신 기술 기반의 다양한 항법 보조 장치의 통합과 사용자의 편의를 위한 국제표준화가 시도되고 있다. 이러한 해양 전자 정보 기술의 발전은 e-내비게이션이라는 개념으로 정립되어 발전되고 있으며 해상에서의 안전과 보안 및 해양환경을 보호하기 위해 운항과 관련 서비스를 향상시킬 목적으로 전자적 방법에 의해 선박과 육상의 해상정보의 조화로운 수집, 통합, 교환, 표현 및 분석을 제공하는 것이다[15][16][18].

이러한 e-내비게이션의 실현을 위해서는 선박과 육상, 선박과 선박사이에 교환되는 정보 및 서비스를 위한 해상에서의 디지털 무선 통신 기술이 핵심기술이라고 할 수 있으며, 현재까지의 국제적인 논의는 선박의 안전 운항에 초점이 맞추어져 있지만 향후에는 해양플랜트, 해양 도시 및 해양으로 향하는 에너지 및 자원의 확보 차원에서 육상 수준의 무선 디지털 통신이 해상에서도 시급히 제공되어야 하는 시점이다.

국제해사기구(IMO : International Maritime Organization)에서는 2014년 e-내비게이션의 이행 계획을 수립하였고 2018년부터 단계적으로 관련 서비스를 이행할 계획에 있다[18].

2.2. 국내 기술개발

일반적으로 초단파 대역을 이용하는 해상통신 시스템은 전파 특성이 가시거리(Line of Sight) 통신에 적합하므로 연근해 위주의

통신에 주로 적용되어 왔다. 또한 중, 단파(MF, HF) 대역을 사용하는 시스템은 전파 특성상 원거리 통신이 가능하지만 신뢰성에 문제가 있기 때문에 고속 데이터 통신에 불리하다.

초단파 대역의 데이터 교환시스템(VDES)은 초단파 4개 채널을 통합하여 100kHz 대역을 사용할 경우 최대 307.2kbps까지 비교적 높은 전송속도를 구현할 수 있다.[10] 그러나 해상이동 통신업무에서는 공동으로 사용해야 하며, 초단파 전파의 특성을 고려할 때 근거리 통신용으로만 사용이 가능하다. 따라서 입, 출항 선박 및 연안해역 항해선박을 대상으로 하는 e-내비게이션 서비스에 가장 적합한 통신망이라고 할 수 있다[12][13].

- 국내에서는 해상디지털 통신을 위한 초단파 대역의 데이터 교환시스템(VDES) 외에 LTE-m 이라는 이름으로 해상 e-내비게이션을 위한 PS-LTE 기반 재난 통신망 주파수가 고려된 상태 [8]
- 현재 디지털 초단파대역으로 할당된 150kHz의 사용 용도에 대하여 해양수산부, 해양경찰청, 수협중앙회 어업정보통신국 등이 활용 계획안을 수립 중 (민간 채널 할당도 고려)⁴⁾
- 현재 선박자동식별장치(AIS)에서 적용 중인 9,600bps의 GMSK 변조와 TDMA 환경에서의 전송 데이터율은 선박의 동적 정보와 정적 정보를 상호 교신하기에 충분한 정도이며, 향후 25kHz 대역폭을 이용한 28.8kbps의 전송속도에 대한 다양한 응

4) VDES 추진동향 세미나 결과, 부산, 2014. 3. 5

용의 활용가치가 높을 것으로 예상⁵⁾

- 우리나라가 속해 있는 제3지역에서는 Ch. 21 ~ 26, Ch. 80 ~ 86을 초단파 대역의 데이터 교환시스템(VDES)용으로 사용할 수 있으며, 현재 Ch. 20 ~ 28, Ch. 80 ~ 88을 사용하지 않고 있으므로 채널 할당에 대한 문제의 소지가 외국의 경우보다 적은 편에 속함⁴⁾



[그림 2] SKT의 LTE를 이용한 해상 광대역 통신 서비스 커버리지[19]

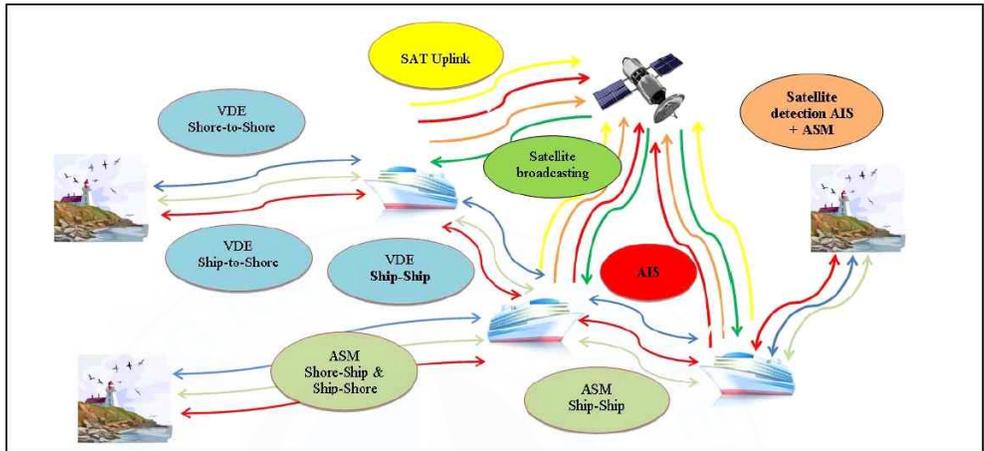
2.3. 초단파 대역의 데이터 교환시스템 (VDES)

2.3.1. 개요

e-내비게이션 전략의 핵심 구성 요소는 선박시스템, 육상시스템 및 통신인프라이며, 해상의 통신인프라는 초단파 아날로그 음성

5) VDES 추진동향 세미나 결과, 부산, 2014. 3. 5

통신에서 디지털 음성 통신으로 전환하는 단계에 있고, 또한 데이터 통신을 도입하기 위한 초단파 대역의 데이터 교환 시스템 (VDES : VHF Data Exchange System)의 개발이 추진되고 있다 [7].



[그림 3] VDES 개략도[20]

초단파 대역의 데이터 교환 시스템(VDES)은 초단파 주파수를 사용하는 디지털 데이터 통신 시스템을 지칭하는 것으로 초단파 데이터통신장치(VDE : VHF Data Exchange)와 선박자동식별장치(AIS), AIS 응용서비스(ASM : AIS Application Specific Message), 위성 AIS 및 위성 VDE 등을 종합한 통합시스템을 말한다. 초단파 대역의 데이터 교환 시스템(VDES)은 2003년 국제전기통신연합(ITU)에서 해상 초단파 디지털 통신방식 도입이 결정됨에 따라 초단파 디지털 통신시스템(VDE)에서 시작되어, 2008년 해상이동업무용 데이터 통신을 위한 초단파 장비의 기술기준 권고안인 ITU-R M. 1842이 발표되고 본격적인 개발이 시작되었다. 초

단과 대역의 데이터 교환 시스템(VDES)의 개발 및 구축이 완료되면 연안해역 또는 근거리 선박 간에 지상과 데이터 통신이 가능하며, 또한 같은 주파수 대역에서 위성 데이터 통신을 병행하기 위한 연구도 함께 진행되고 있다[12][13].

2.3.2 기술적 배경

선박의 운항에 필요한 기술 간의 격차분석(Gap Analysis)이 완료되고 e-내비게이션을 위한 필수적인 통신 인프라로 선박자동식별장치(AIS)가 대두되면서 국제 항로표지협회(IALA : International Association of Lighthouse Authorities)에서는 현재의 선박자동식별장치(AIS)를 개선하여 다양한 데이터 전송 수요를 수용할 수 있는 차세대 선박자동식별장치(AIS)의 개발에 대한 필요성을 제기하고 있다[3][5].

기존의 선박자동식별장치(AIS)는 선박의 사고 예방 장치로 개발된 것인데, 선박의 상호간 충돌방지를 위하여 처음에는 레이더(Radar) 장비를 사용하였으나 기상상태나 레이더(Radar)의 성능, 기술적인 한계로 선박이나 작은 섬 등의 판별이 부정확하여 국제해사기구(IMO)는 기상여건 및 레이더(Radar) 성능에 구애를 받지 않고 선박의 위치 정보 및 선박의 특징을 확인할 수 있는 선박자동식별장치(AIS)의 개발 및 표준화를 진행하였다. 개발이 완료된 후 국제전기통신연합(ITU : International Telecommunication Union) 세계전파통신학회(WRC : World Radiocommunication Conference) - 97회의에서 국제해사기구(IMO)의 요구를 수용하여 채널

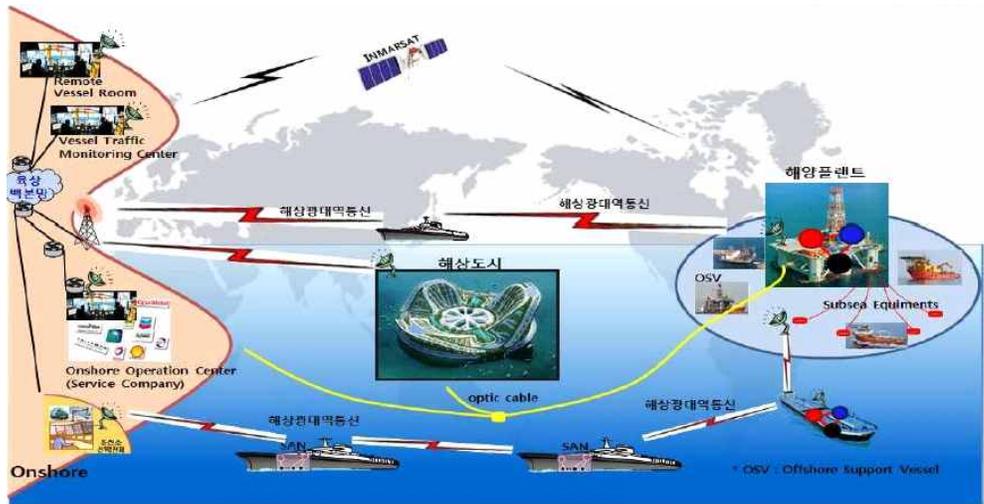
87(161.975MHz)과 채널 88(162.025MHz)의 2개 채널을 선박자동식별장치(AIS) 전용주파수로 할당하였고, 그 후 국제 해사기구(IMO)는 해상인명안전조약(SOLAS)을 개정하여 300톤급 이상의 국제 운항 선박이나 국제간 운항 선박이 아니면서 500톤급 이상의 화물선은 선박자동식별장치(AIS)를 탑재하도록 의무화하였다[4][5][11].

현재 선박자동식별장치(AIS)가 사용하고 있는 2개 채널은 한계 상황에 다다랐기 때문에 WRC-12(2012년 회의)를 통해 추가적인 주파수를 할당 받았으며, 이를 활용하여 차세대 선박자동식별장치(AIS)를 개발하는 방안이 논의되고 있는데, 기존 채널 2개는 위치 보고 전용으로 사용하고, 새롭게 할당된 2개의 복신채널과 디지털 초단파 채널을 묶어 광대역 통신망으로 활용할 수 있는 기술을 개발하는 것으로 방향을 잡고 있다. ITU-R 1842 WG에 제안된 디지털 초단파 대역의 기법들은 100kbps ~ 300kbps의 대역폭을 제공하기 때문에 e-내비게이션을 위한 데이터를 전송하는데 충분할 것으로 판단되며, 현재 국제항로표지협회(IALA)에서는 초단파대역의 데이터 교환시스템(VDES)라는 이름으로 차세대 선박자동식별장치(AIS)의 개발을 시작하고 있다[3][4][5][11].

기존 선박자동식별장치(AIS)는 2개의 채널에서 9.6Kbps의 속도로 위치정보를 전송하는 목적으로 설계되어 e-내비게이션을 위한 다양한 데이터를 수용하기에는 한계가 있고, 특히 국제해사기구(IMO)에서 선박의 안전을 최우선시하여 안전 관련 메시지 외 일반 데이터의 전송을 제한하기 때문에 차세대 선박자동식별장치(AIS)의 개발이 절실한 상황이다.

또한 국제 항로표지협회(IALA : International Association of Lighthouse Authorities)에서는 성공적으로 도입되어 활용되고 있는 기존의 선박자동식별장치(AIS)의 경우와 마찬가지로 국제적인 해상시스템이 되기 위해서는 국제해사기구(IMO), 국제전기통신연합(ITU), 국제전기기술위원회(IEC : International Electrotechnical Committee) 등을 통해서 국가 간의 조율이 필요하다고 판단하고 있으며 초단파 대역의 데이터 교환 시스템(VDES)에 대한 관련 규격을 만들어 관리하기 위한 작업 중에 있다[4][5].

결국 기술적인 측면을 요약하면 초단파 대역의 데이터 교환 시스템(VDES)는 해상 초단파 주파수를 이용 선박의 위치를 식별하기 위한 선박자동식별장치(AIS)의 통신망 과부하 문제를 해결하기 위하여 추가의 해상 초단파 주파수를 할당하고 선박자동식별장치(AIS)의 기능을 분산하기 위해 제안되었으며, 데이터 통신을 하기 위한 초단파 대역의 데이터 통신시스템(VDE) 채널을 할당하고 있다. 덧붙여 초단파 대역의 데이터 교환시스템(VDES)의 추진은 표면적으로는 선박자동식별장치(AIS)의 통신 부하에 따른 부하의 경감을 위한 방안으로 추진되었으나, 결국 초단파 대역의 데이터 통신시스템(VDE)의 통신 주파수자원을 확보하여 아날로그 음성통신에서 디지털 통신으로 넘어가기 위한 방편이며, 나아가서 위성 VDE 지원을 통해 상업용으로 사용하기 위한 것이라고 할 수 있다 [7].



[그림 4] 해상 디지털 통신 시스템 구성도[21]

2.4. 초단파 데이터 통신시스템(VDE)

2009년에 제정된 국제 권고안 ITU-R M. 1842-1의 부속서 (Annex) 1에서 해상 초단파 대역에서 캐리어센스 시분할다중통신 방식(CS-TDMA : Carrier Sense - Time Division Multiple Access)을 사용하여 $\pi/4$ DQPSK 변, 복조 방법과 28.8kbps의 전송속도를 가진 초단파 대역 디지털 통신 시스템의 모뎀 및 트랜시버에 요구되는 스펙에 대하여 정의하고 있으며, 4S (선박 대 해안국 : Ship-to-Shore 및 해안국 대 선박국 : Shore-to-Ship) 통신 및 선박 대 선박 (Ship-to-Ship) 통신에서 상호 운용성 유지를 위한 방법 및 절차에 대해 간략히 정의하고 있다[10].

<표 1> 국제 권고안 ITU-R M. 1842-1[10]

특 성	Annex 1	Annex 2	Annex 3	Annex 4
대역폭	25kHz	25kHz	50kHz	100kHz
변조방식	$\pi/4$ -DQPSK/ $\pi/8$ -D8-PSK	GMSK	16-QAM	16-QAM
전송율	28.8/43.2kbps	21.1kbps	153.6kbps	307.2kbps
다중접속	CS-TDMA	TDMA	CS-TDMA	CS-TDMA
전파형식	16K0F1DDN	16K0F1DDN	50K0F1DDN	100K0F1DDN
최대전력	선박국 : 최대 25W, 해안국 : 최대 50W			
감도	-107dBm		-103dBm(선박국) -106dBm(해안국)	-98dBm(선박국) -103dBm(해안국)

본 논문에서는 ITU-R M. 1842-1 부속서(Annex) 1에서 요구하는 물리계층의 무선 스펙을 만족시키면서 $\pi/4$ -DQPSK의 변조방식과 28.8kbps의 전송속도로 양방향 통신이 가능한 해상 초단파대역 데이터 통신시스템(VDE : VHF Data Exchange)의 전체 구성에 대해 알아보고 이들 구성에서 트랜시버 부분의 구현에 대해 다루고자 한다.

2.4.1. 초단파 데이터 통신시스템(VDE)의 구성

초단파 대역의 데이터 통신시스템(VDE)은 I/Q 신호를 사용한 변, 복조 타입의 디지털통신 전용칩을 사용한 트랜시버보드 및 $\pi/4$ DQPSK 신호의 변, 복조가 가능한 모뎀보드 및 이들 두 가지 보드의 제어 및 외부 입, 출력 기능을 담당할 제어보드의 총 3장의

PCB 보드로 구성되어 있다.

본 논문에서는 이 들 세 장의 보드 중 트랜시버 보드의 제작과 실험 및 트랜시버 보드의 성능 실험을 위한 세 개 보드의 전체 연동실험의 진행과 실험결과를 다루며, 그 결과의 정리 및 결론을 도출하는 과정을 서술한다.

○ 초단파 데이터 통신시스템(VDE)의 PCB 보드 구성

- 트랜시버 보드(Transceiver PCB Board)
- 모뎀 보드(Modem PCB Board)
- 제어 보드(Controller PCB Board)

2.4.2. 트랜시버 보드의 주요 기능

첫 번째로 트랜시버 보드는 더블헤테로다인(Double Heterodyne) 구조로 모뎀보드로부터 출력된 I/Q 기저대역(Baseband) 신호를 두 번의 주파수 변환(Up/Down Converter) 과정을 거쳐 초단파 대역으로 변환하고 충분한 크기의 신호로 증폭하여 안테나로 출력하는 송신기(Transmitter)의 기능을 수행한다. 또한 안테나에서 방사하기 위한 충분한 전력으로 증폭을 하기 위해서는 적어도 25Watt 급의 고출력 전력 증폭기가 필요하다.

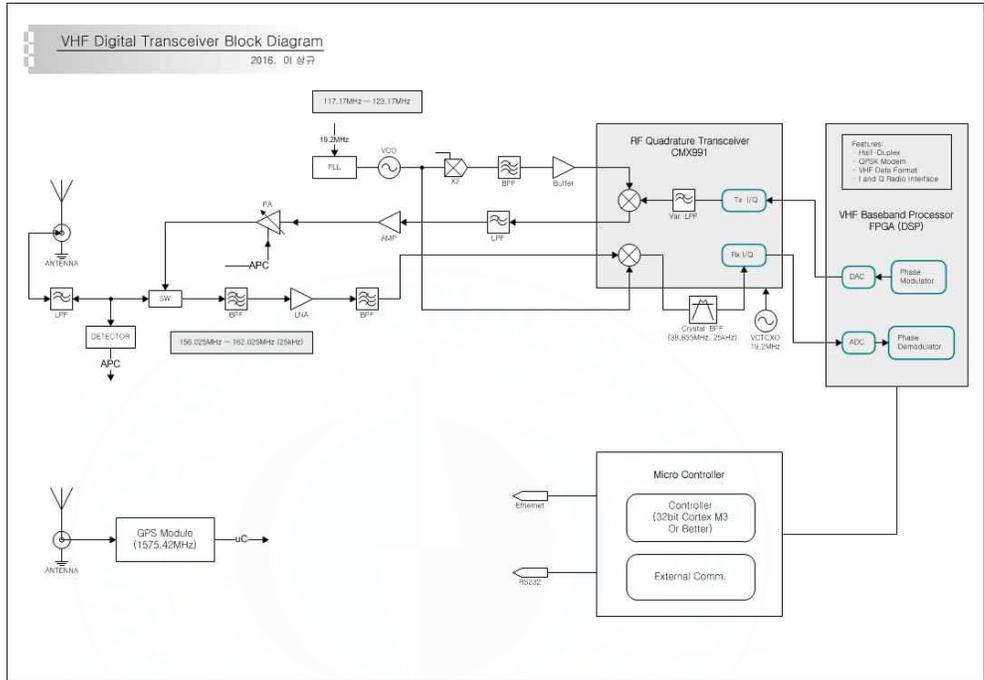
두 번째로 안테나에서 수신된 미약한 신호를 역시 두 번의 주파수 변환(Up/Down Converter) 과정을 거쳐 복조가 가능한 기저대역(Baseband)의 I/Q 신호로 변환하고 충분한 크기의 신호로 증폭 및 필터링하는 수신기(Receiver)의 기능을 가진다.

세 번째로 주파수 변환의 기능을 수행하기 위해서는 국부발진기 (Local Oscillator)가 필요한데, 해상 선박용 초단파 대역에는 여러 채널이 존재하므로 다중 주파수를 제어하고 빠른 시간 내에 안정적으로 발진 신호를 출력해 주는 주파수 신디사이저(Frequency Synthesizer)의 기능이 요구된다.



제 3 장 트랜시버의 설계 및 제작

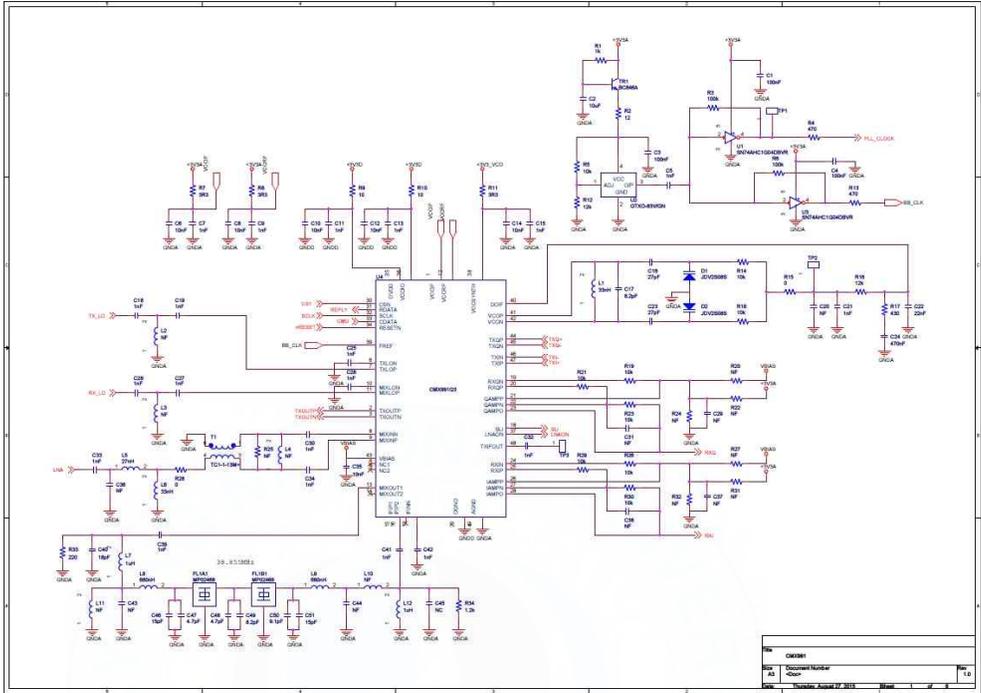
3.1. 전체 구성



[그림 5] 전체 블록도

위의 전체 블록도에서 트랜시버보드와 모뎀보드 그리고 제어보드를 모두 포함한 초단파대역 데이터 통신시스템(VDE)의 전체 구조를 나타내었다. 트랜시버보드 부분은 좌측 상단의 안테나에서 디지털 통신 전용칩인 CMX991 칩셋까지의 블록을 포함한다. 오른쪽 가장자리에 있는 블록이 FPGA(Field Programmable Gate Array)를 내장한 모뎀보드 부분이며 그 하단의 블록이 MCU(Micro Control Unit)를 내장한 제어보드 부분이다.

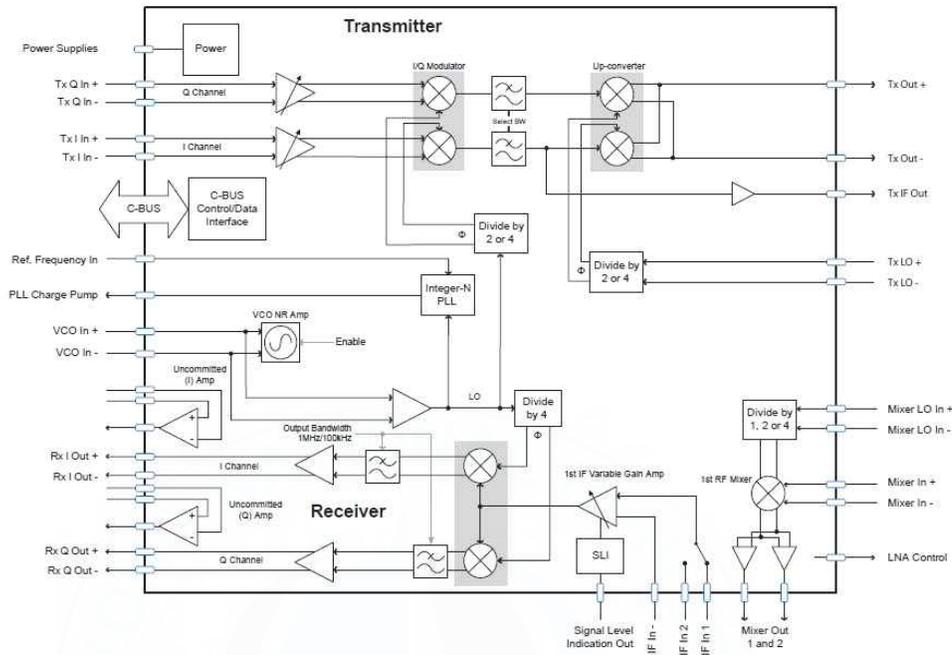
3.2. 주요 부품선정 및 회로 설계



[그림 6] CMX991의 주변회로

위의 그림 6은 CMX991을 비롯한 주변회로를 설계한 회로도로서 각 부분회로에 대한 구체적이고 상세한 설명을 아래에 부연하였다. 또한 회로 설계에서 적용된 CMX991은 트랜시버의 제작에서 가장 핵심적이며 다양한 기능을 보유한 부품으로, 향후 해상 초단파 디지털 통신시스템을 비롯한 많은 디지털 장비에도 응용이 될 수 있을 것이다.

3.2.1. CMX991의 특징



[그림 7] CMX991 블록도[22]

CML Microcircuits사의 CMX991은 디지털방식의 무선 송신기와 수신기를 구현하기 위해 요구되는 핵심적인 기능을 제공하는 고성능을 보유한 단일칩 부품이다. 이 칩셋은 무선통신장비의 설계에서 100MHz에서 1GHz의 범위까지 동작하며, 내장된 I/Q 아키텍처는 다수의 변조 방식과 다양한 주파수 밴드폭을 지원한다. 무선 트랜시버의 구현을 위해 필요한 외부 회로를 최소화하기 위한 칩셋 내부에 집적된 기능으로는 송신부 변조기, 수신부 복조기, IF PLL(Intermediate Frequency Phase Lock Loop), IF VCO(Voltage Controlled Oscillator) 지원기능 등을 제공한다.

Features

- Operating Frequency: 100MHz to 1GHz
- Receiver
 - Differential or Single-ended Input/s
 - RF Mixer with Output Select
 - 1st IF Input Select
 - Two Selectable Low IF Output Paths
 - 1st IF Variable Gain Amplifier
 - 1st IF Signal Level Indicator (SLI)
 - Two Mode Down-converter: I/Q or Low IF
 - Low Noise Amplifier (LNA) Control Feature
- Transmitter
 - I/Q Modulator to IF
 - Image-reject Up-converter
 - IF and RF Outputs
 - Post Modulator Filter with Selectable Bandwidths
- Local Oscillator
 - IF LO Synthesiser
 - IF Negative Resistance Amplifier

Packages

- CMX991Q3: 48-pin VQFN

Supply Voltage

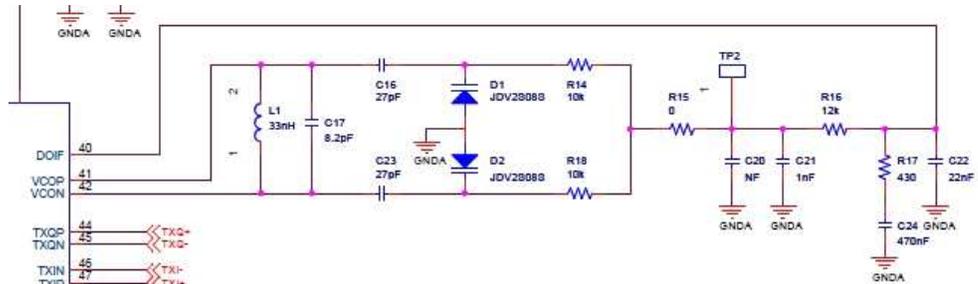
- 3.0 to 3.6 V

[그림 8] CMX991의 주요 기능[22]

송신경로는 중간주파수(IF : Intermediate Frequency)로 정확하게 변조하는 I/Q 변조기와, 생성된 중간주파수(IF)를 이미지 제거 방식의 상향주파수 변환기를 거쳐 최종 무선주파수(RF : Radio Frequency)로 변환하기 위한 기능을 포함하고 있다.

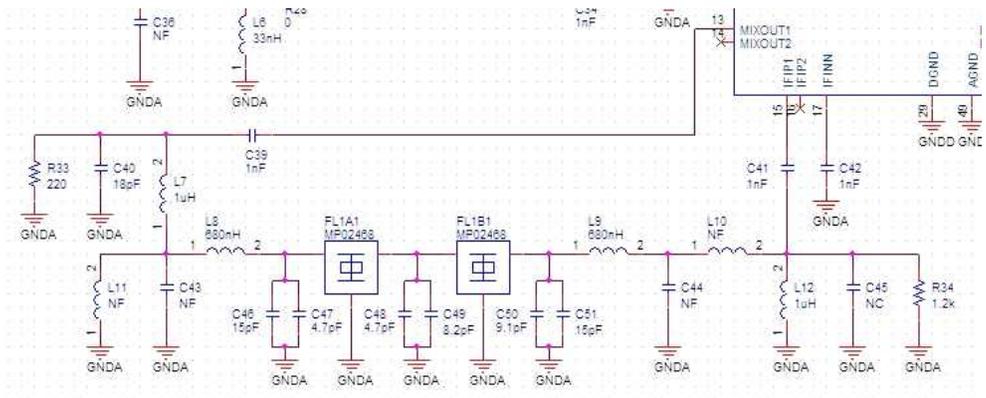
수신경로는 집적소자로 구현된 첫 번째 수신주파수 변환기(Up/Down Converter)의 기능과, 디지털 통신 시스템의 수신부 최종 출력에서 항상 일정 수신레벨로 출력하기 위해 반드시 필요한 기능인 자동이득제어(AGC : Auto Gain Control)기능을 지원하는 가변이득증폭기(VGA : Variable Gain Amplifier)와 광대역의 신호 레벨 측정기(SLI : Signal Level Indicator) 등을 포함하고 있다. 또한 CMX991은 최종 수신출력부에서 미약한 신호의 증폭을 위해 OPAMP로 구성된 차동(Differential) 증폭기의 기능도 제공한다.

3.2.2. CMX991의 주변회로 설계

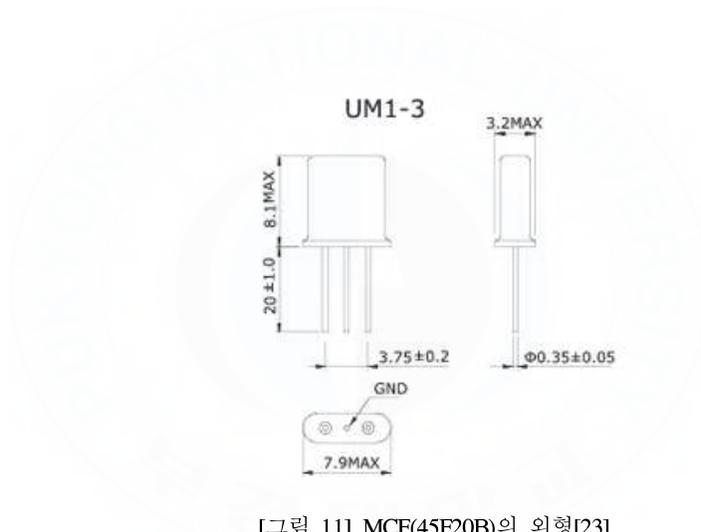


[그림 9] 2nd Local Oscillator 회로

그림 9는 CMX991의 내부에 집적된 전압제어발진기(VCO : Voltage Controlled Oscillator)와 부성저항(Negative Resistance) 증폭기를 이용하여 180MHz를 발진시키는 전형적인 위상고정루프(PLL : Phase Lock Loop)의 구성으로 설계한 회로이다. 즉, 완전한 위상고정루프회로를 구현하기 위해, 이미 집적되어 있는 CMX991 내부의 회로 외에 부가적으로 요구되는 소자인 바랙터 다이오드(Varactor Diode)와 저항소자 및 캐패시터 소자로 구성된 루프필터(Loop filter) 등을 외부회로로 추가한 것이다. 루프필터는 3차(3rd Order)의 구조와 1kHz의 루프 대역폭으로 설계되었으며, 발진된 180MHz의 주파수는 내부의 디바이더 회로에 의해 최종적으로 45MHz로 다시 변환된다. 따라서 송신부의 첫 번째 중간 주파수도 45MHz로 설정되었다.



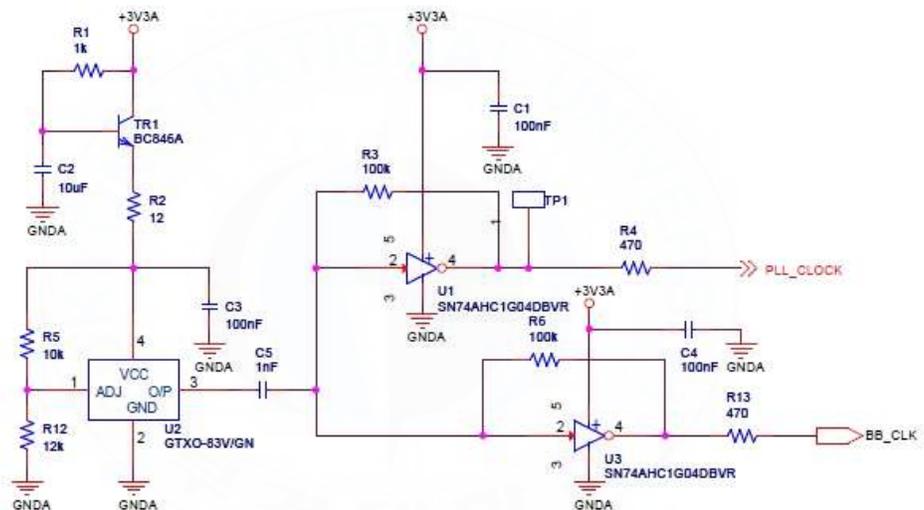
[그림 10] IF MCF 회로



[그림 11] MCF(45F20B)의 외형[23]

CMX991의 내부에 집적되어 있는 중간주파(IF) 증폭기 외 부가 적으로 외부에 중간주파수(IF)의 대역통과필터가 필수적으로 요구 되는데, 이런 용도에서 보편적으로 크리스탈 필터(Crystal filter) 혹은 표면탄성과 필터(SAW filter)가 널리 사용된다. 본 회로설계 에서는 씨니전자(주)에서 생산되는 45MHz대역의 모노리딕 크리스 탈 필터(MCF : Monolithic Crystal Filter)인 45F20B를 적용하였

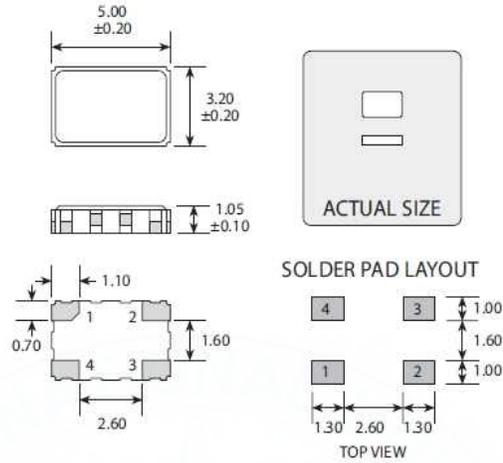
다. 성능지표로 통과 대역(Pass Band)에서 3dB의 삽입손실(Insertion Loss)을 갖고, 2개의 쌍으로 적용되므로 저지대역(Stop Band)에서의 감쇄(Attenuation) 특성은 30dB이며 대역 외 감쇄 특성은 70dB로 우수한 성능을 가지고 있다. 상기 대역통과필터는 헤테로다인 구조에서 주파수 변환을 함으로써 발생하는 이미지 주파수(Image Frequency)를 비롯한 불요파를 제거하는 중요한 역할을 담당한다.



[그림 12] 기준주파수 발진 회로

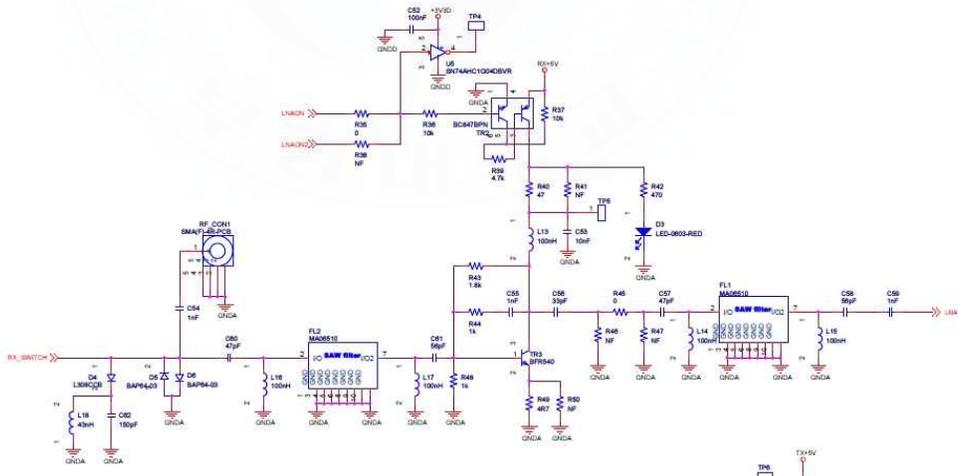
그림 12는 트랜시버 각 회로 요소에서 요구되는 기준주파수를 발생시키는 주파수 발진 회로이다. 디지털 방식의 트랜시버에서 필요한 매우 정밀하고 정확한 주파수를 발생시키기 위해, 온도보상 크리스탈 발진기(TCXO : Temperature Compensated Oscillator)를 채택하여 Golledge사의 GTXO-83을 적용하였다. 성

능지표로 $-30^{\circ}\text{C} \sim +75^{\circ}\text{C}$ 의 넓은 온도범위에서 정상적으로 동작하며 주파수 안정도는 $\pm 2.5\text{ppm}$ 이다.



[그림 13] TCXO의 외형[24]

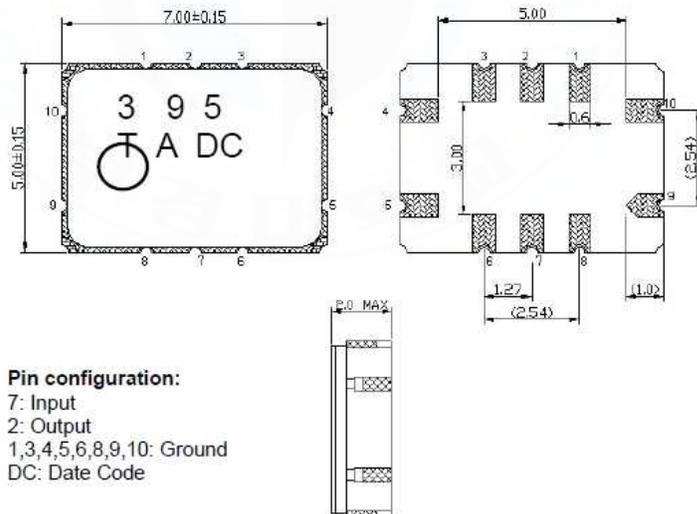
3.2.3. 수신부의 LNA(Low Noise Amplifier)단 설계



[그림 14] LNA(Low Noise Amplifier)단 회로도

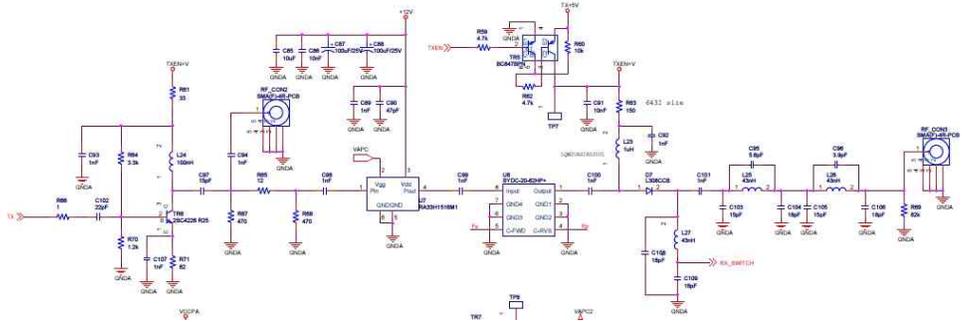
NXP사(구 Philips)의 저잡음, 고이득 증폭소자인 BFR540을 적용하여 트랜시버 수신부의 초단 수신단에 필요한 조건을 만족하도록 15dB 이상의 증폭이득(Gain)과 -15dB 이하의 입, 출력 반사손실(Return Loss)값을 목표로 설계하였다. 또한 수신부의 LNA(Low Noise Amplifier)회로는 트랜시버가 송신모드로 절체되었을 때, 전원을 차단하여 동작을 중지할 수 있도록 제어보드로부터의 On/Off 제어신호 입력단자를 가지고 있다.

덧붙여 과도한 입력을 방지하기 위해 리미터 회로로 NXP사의 핀다이오드(Pin Diode)인 BAP64-03을 적용하였고, 입력단의 선택도 특성을 개선하기 위해 40dB 정도의 양호한 밴드제거(Band Rejection) 성능을 가지고 있는 Golledge사의 표면탄성파필터(SAW filter : Surface Acoustic Wave filter)를 적용하였다.



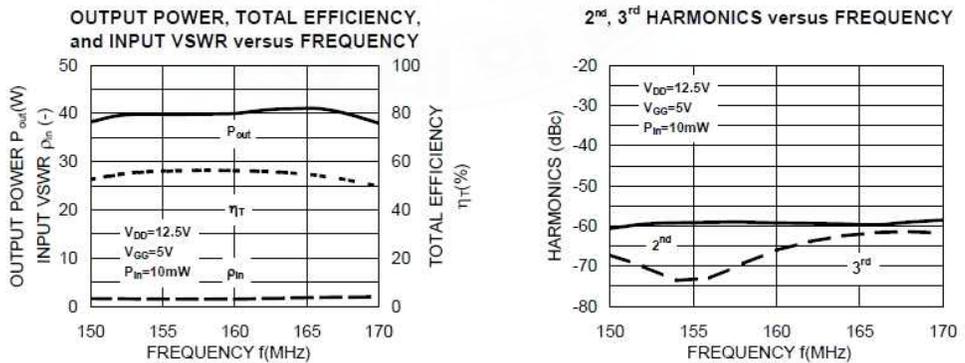
[그림 15] SAW filter 드로잉[24]

3.2.4. 송신부의 설계



[그림 16] 송신부 종단 회로도

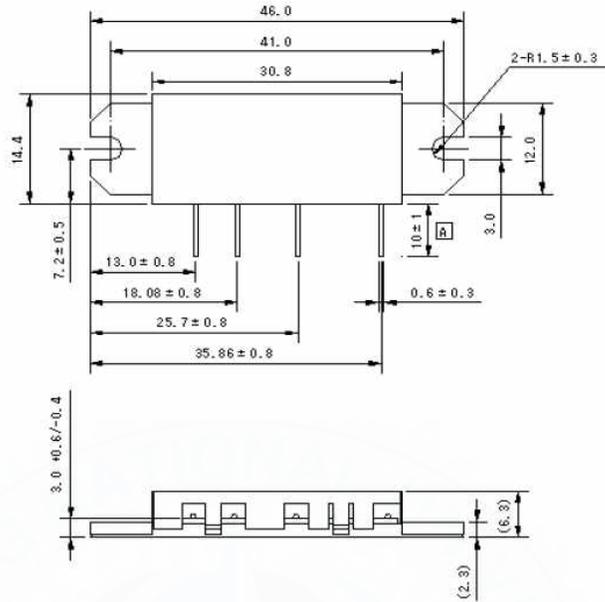
그림 16은 송신부 종단 회로도를 나타낸 것으로, CMX991에서 생성된 낮은 레벨의 신호를 25Watt 정도의 높은 출력으로 안정적으로 증폭하는 기능을 한다. 전력 증폭소자로는 Mitsubishi사의 RA33H1516M1을 적용하였다. 25Watt의 고풍력을 증폭하나 입력 전원 대비 낮은 효율을 가진 고주파 증폭소자의 특성상 많은 열을 방출하므로 적당한 크기의 방열판과 함께 동작 되어야 한다.



[그림 17] 전력증폭기(RA33H1516M1)의 특성그래프[25]

OUTLINE DRAWING

unit ; mm



PINS

- 1:RF INPUT
- 2:GATE BIAS
- 3:DRAIN BIAS
- 4:RF OUTPUT
- 5:GND (FIN)

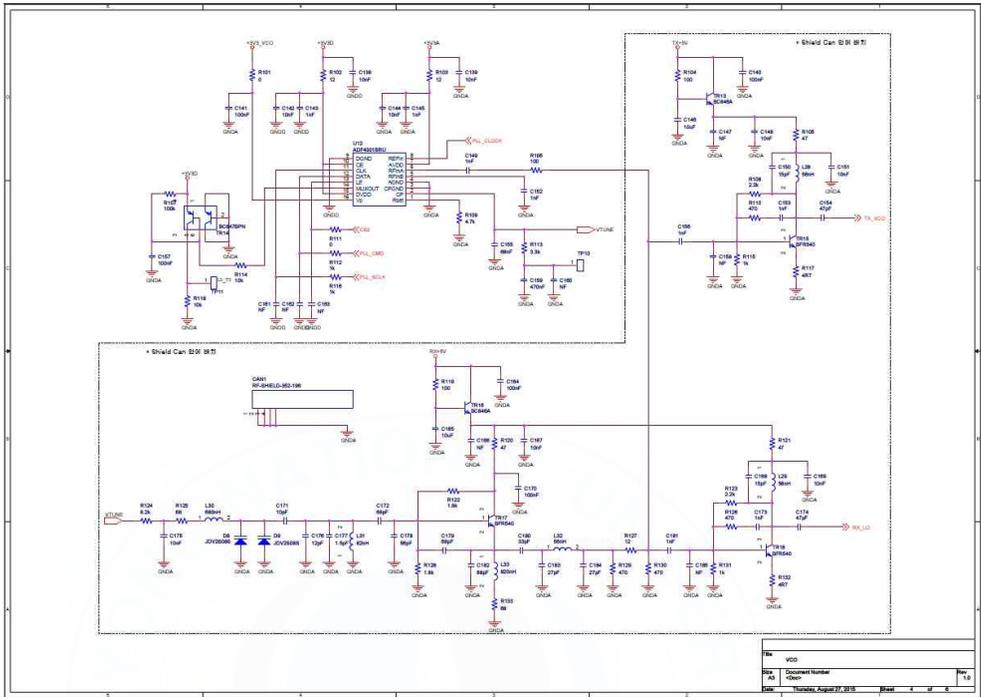
Note

tolerance of no designation ; ±0.5

[그림 18] 전력증폭기(RA33H1516M1)의 외곽 도면[25]

또한 출력 파형에 포함된 고조파(Harmonic) 성분의 제거를 위하여 저지대역(Stop band)에서 높은 제거특성(Rejection)을 제공하는 송신부 최종단의 저역통과필터(LPF : Low Pass Filter)의 설계를 위해, 성능지표에서 높은 값의 Q 특성과 고온과 저온에서 우수한 온도특성을 가지는 Coilcraft사의 인덕터(Inductor) 제품을 적용하였다.

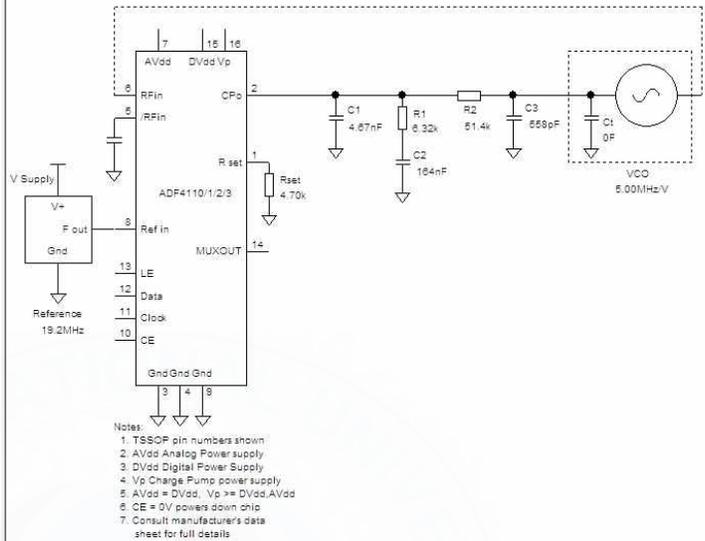
3.2.5. 주파수 신디사이저(Frequency Synthesizer)의 설계



[그림 19] 주파수 신디사이저 회로도

수신부의 첫 번째 중간주파수(IF : Intermediate Frequency) 변환과 송신부의 무선주파수(RF : Radio Frequency) 변환을 위해서 필요한 국부발진(Local) 주파수를 생성하는 위상고정루프 (PLL : Phase Locked Loop) 신디사이저(Synthesizer) 칩으로 Analog Device사의 ADF4001BRU를 적용하였다. 전압제어 발진기(VCO)의 동작을 위해 Toshiba사 JDV2S08S 바랙터 다이오드(Varactor Diode)를 적용하여 전하용량(Capacitance)의 변화에 의한 위상조정으로 주파수의 설정 및 변경이 가능하도록 하였고, 작동 주파수대역을 가능한 증가시키고 댐핑(Damping)값이 적당하도록 루프필터

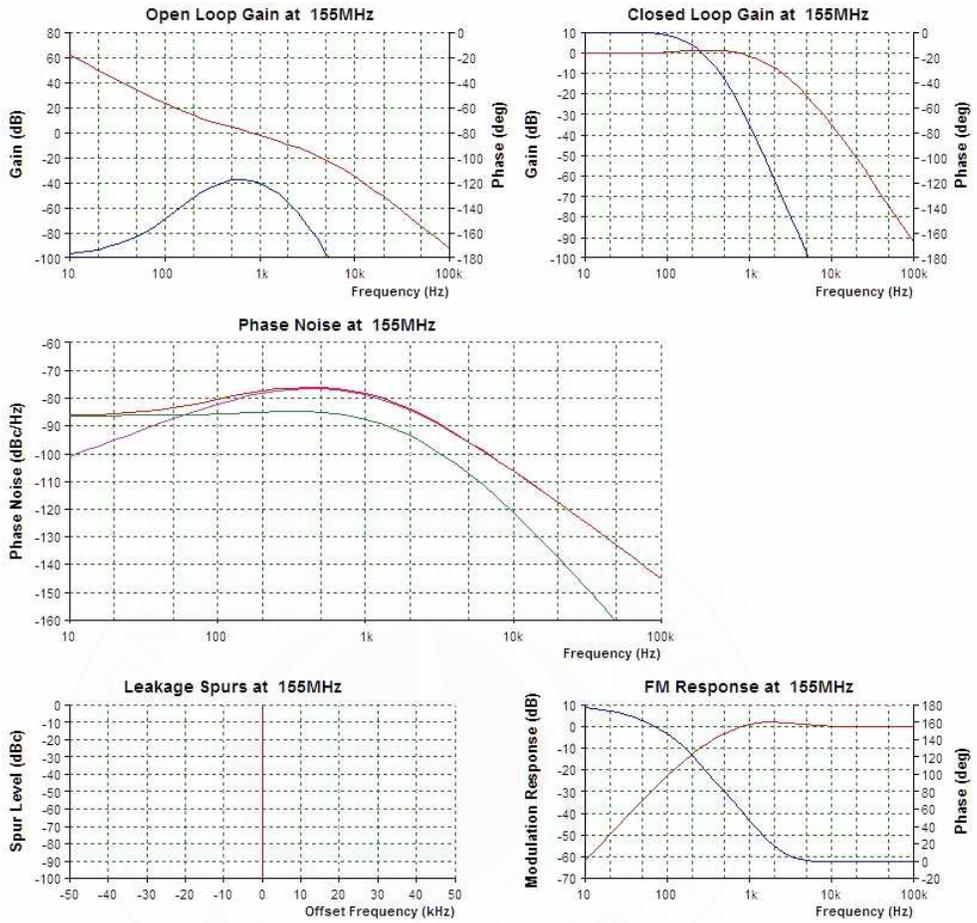
System	
-Min Freq	155.42MHz
-Max Freq	155.42MHz
-Channel Spc.	5,000kHz
PD Freq.	5,00kHz
Ref Divider	3840
Design Freq	155.42MHz
Reference	
	custom
VCO	
	custom
Tuning Law	Kv (ideal)
-Kv	5,00MHz/V
f(V0)	155.42MHz
-V0	2.50 V
-Input Cap.	0F
-Phase Noise	None
Chip	
	ADF4110
Loop Filter	
-Specify:	Phase Margin
-Loop Bandwidth	780 Hz
-Phase Margin	62.0 deg
-Zero Loc.	154 Hz
-Pole Loc.	3.96kHz
-Last Pole	7.80kHz
-C1	4.67nF
-R1	6.32k
-C2	164nF
-R2	51.4k
-C3	558pF
Lock Detect	
	None
FreqDomain	
TimeDomain	



[그림 20] 설계툴을 이용한 PLL 신디사이저의 설계값[26]

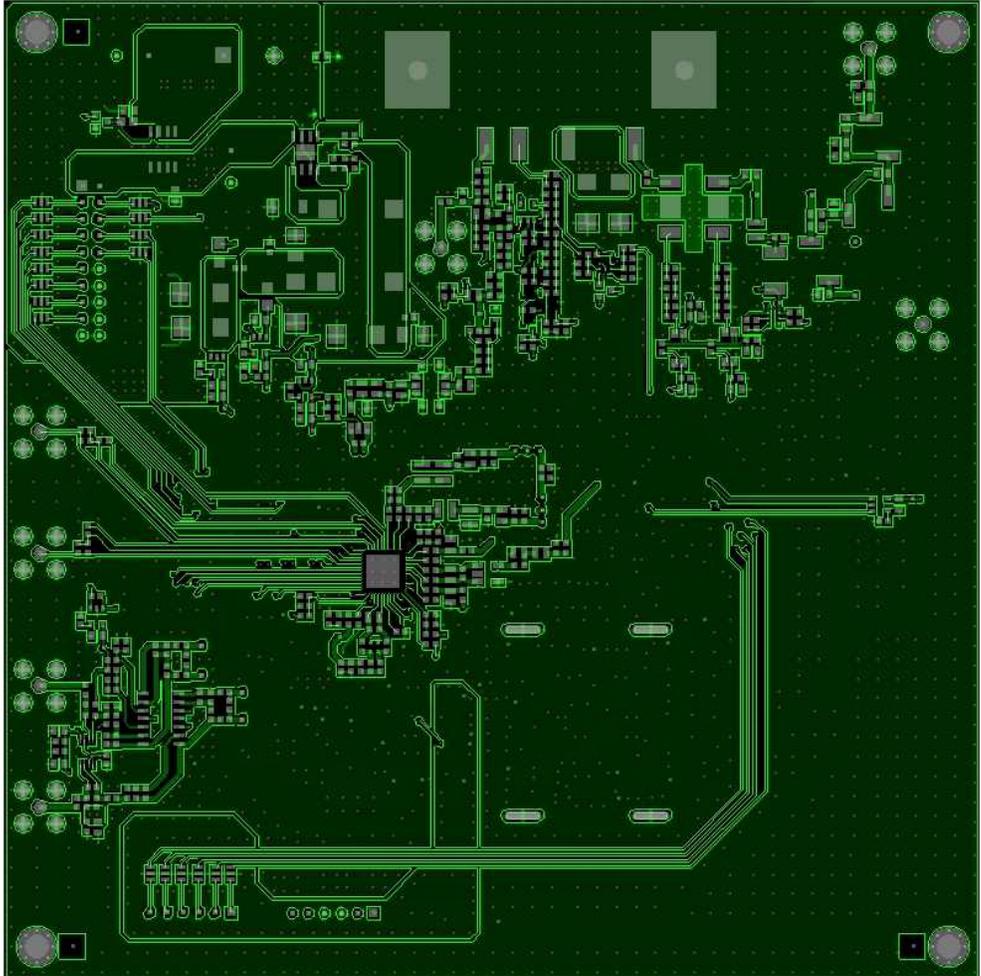
(Loop filter)를 설계하였다.

그림 20에 PLL 신디사이저의 설계 결과를 나타내었다. Analog Device사에서 제공하는 설계툴을 사용하여 출력된 루프필터(Loop Filter)의 소자값과 설계치를 살펴 볼 수 있는데, 루프필터는 3차(3rd Order)의 구조로 설계 되었고 루프 대역폭(Loop Bandwidth)은 780Hz이며, 가능한 넓은 대역폭을 가지고 위상노이즈(Phase Noise)를 감소시킬 수 있게 댐핑팩터(Damping Factor)를 설정하였다. 그림 21은 이들 설계 값을 이용하여 시뮬레이션 된 특성 그래프를 나타낸다.



[그림 21] 설계된 PLL 신디사이저의 특성 그래프[26]

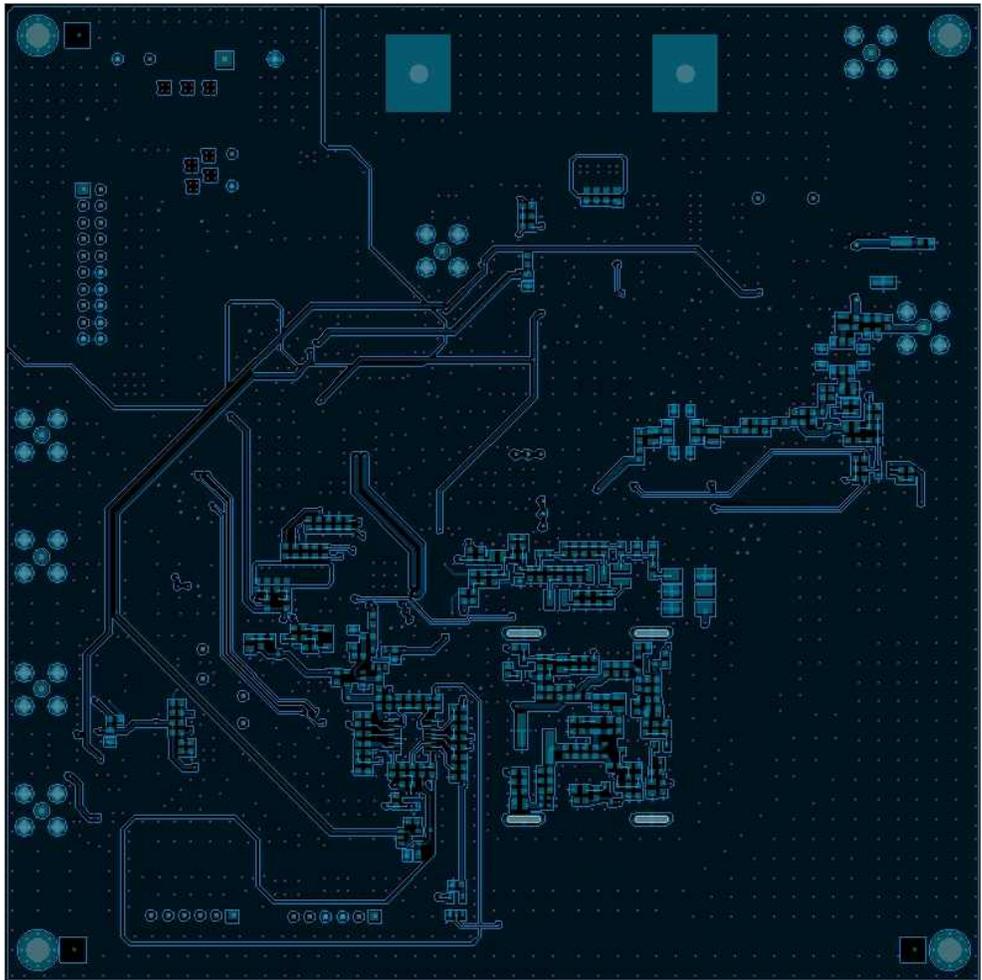
3.3. PCB 설계 및 제작



[그림 22] PCB Artwork TOP 면

위의 그림 22에서 아트웍(Artwork) 설계가 완료된 PCB의 상단면(Top side)을 도시하였다. 상단 중앙에 고출력 전력증폭기인 RA33H1516M1가 위치해 있고 CMX991은 중앙에 위치해있다. 안

테나 커넥터는 상단 오른쪽에 위치하고, 모뎀보드와의 I/Q 인터페이스는 하단 왼쪽의 4개의 SMA 타입 커넥터이다. 초단파 주파수 대역의 고주파특성을 고려하여, 금속 차폐케이스를 설계함으로써 PCB 하단면의 주파수 신디사이저부에 외부와의 전자기적 차폐를 적용하였고 총 4층의 레이어(Layer)구조를 채택하여 고주파 신호의 간섭과 노이즈의 감소에 중점을 두어 설계가 진행되었다. 고주파부와 전원 및 디지털 회로부의 그라운드(Ground)를 분리, 즉 아날로그 그라운드와 디지털 그라운드를 따로 두어 완전히 분리하였고, 고주파 성능을 위해 가능한 넓은 그라운드 면적을 확보하고 많은 양의 쓰루홀(Through Hole) 배치하여 모든 층의 그라운드면이 최대한 동일 전위 특성을 가지도록 설계하였다.



[그림 23] PCB Artwork Bottom 면

위의 그림 23에서 아트웍(Artwork) 설계가 완료된 PCB의 하단면(Bottom side)을 도시하였다.

제 4 장 실험결과 및 고찰

4.1. 수신부 실험결과

4.1.1. 수신부의 LNA(Low Noise Amplifier)단 실험결과

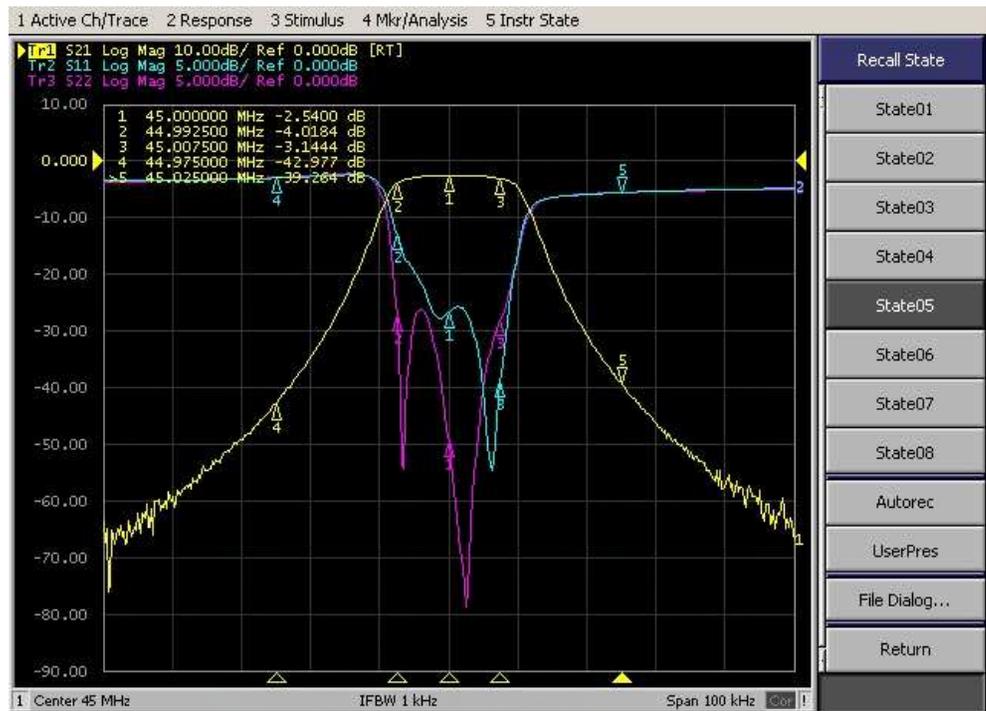


[그림 24] LNA 회로 실험결과

그림 24에서 Agilent사의 회로망 분석기(Network Analyzer) E5062A를 사용하여 측정한 초단 LNA(Low Noise Amplifier) 회로의 실험결과를 나타내었다. 주파수 156MHz ~ 162MHz의 범위에서 S21의 값으로 판정되는 17.5dB 이상의 증폭이득(Gain)과

S11, S22의 값으로 관정되는 입, 출력 반사손실(Return Loss)로 각 -21dB와 -18dB정도의 양호한 값을 얻어 설계 치에 부합하는 결과를 얻었다.

4.1.2. 수신부의 45MHz MCF(Monolithic Crystal Filter) 실험결과

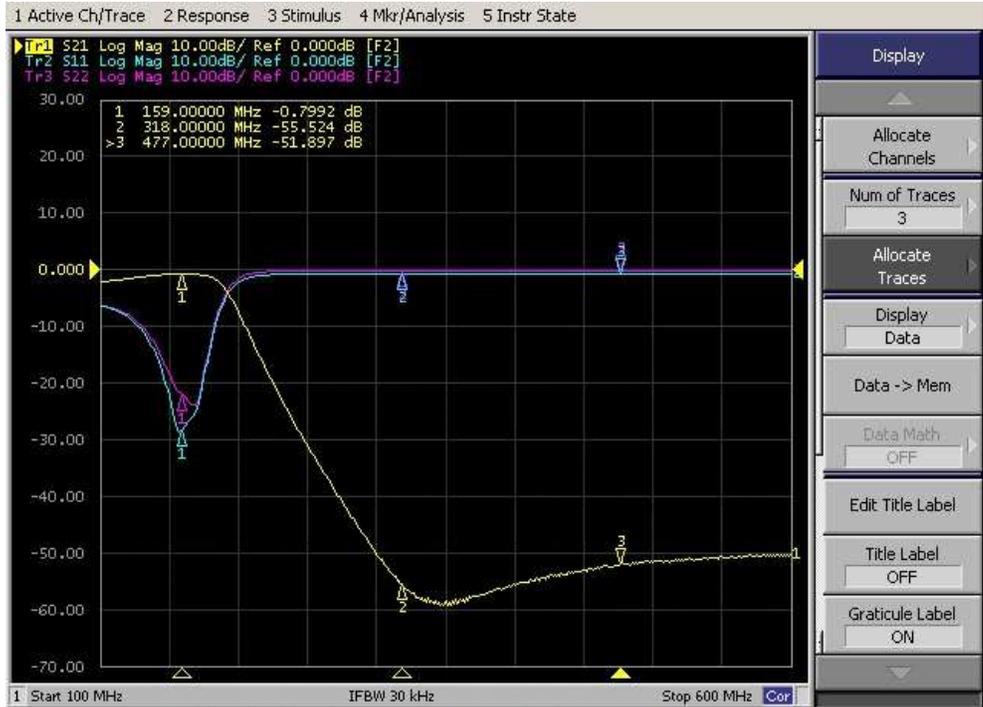


[그림 25] 45MHz MCF 실험결과

그림 25에서 45MHz MCF(Monolithic Crystal Filter)의 실험결과를 나타내었다. 통과 대역(Pass Band)에서 4.01dB 정도의 삽입 손실(Insertion Loss)값과 45MHz \pm 35kHz에서 35dB정도의 저지대역(Stop Band) 감쇄특성을 얻어 제작사의 사양을 만족함을 알 수 있다.

4.2. 송신부 실험결과

4.2.1. 송신부의 고조파 필터(Harmonic Filter) 실험결과



[그림 26] Harmonic Filter 실험결과

송신부의 최종단에서 고출력의 전력증폭기를 거치게 되면 고주파증폭기의 고유한 특성에 의해, 설계된 출력주파수의 고조파(Harmonic)가 생성되는데 이를 제거하기 위한 저역통과필터(LPF : Low Pass Filter)가 필수적으로 요구된다. 위의 그림 26은 계측기를 사용하여 측정된 고조파 필터의 특성을 나타낸 것으로 통과대역(Pass Band)에서 -0.79dB , 그리고 2차 고조파 대역에서 -55dB , 3차 고조파 대역에서 -51dB 의 양호한 수치를 나타내었다.

4.2.2. 송신부의 전력증폭기(Power Amplifier) 실험결과



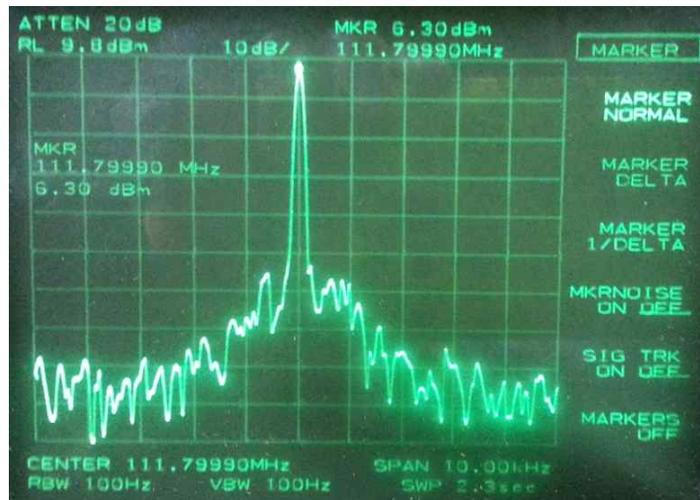
[그림 27] 전력증폭기 출력파형

송신부의 최종단의 전력증폭기(Power Amplifier)의 출력파형은 그림 27에서 나타내었다. Agilent사의 스펙트럼 분석기(Spectrum Analyzer) 8563EC를 사용하여 측정된 대역폭이 13.92kHz 임을 알 수 있다. 출력파워는 HP사의 RF 커뮤니케이션 테스트 세트인 HP8920A를 사용하여 160.85kHz에서 25.4Watt로 측정되었고 그림 28에 나타나 있다.



[그림 28] 전력증폭기 출력파워

4.3. 주파수 신디사이저(Frequency Synthesizer)부 실험결과



[그림 29] 주파수 신디사이저 측정

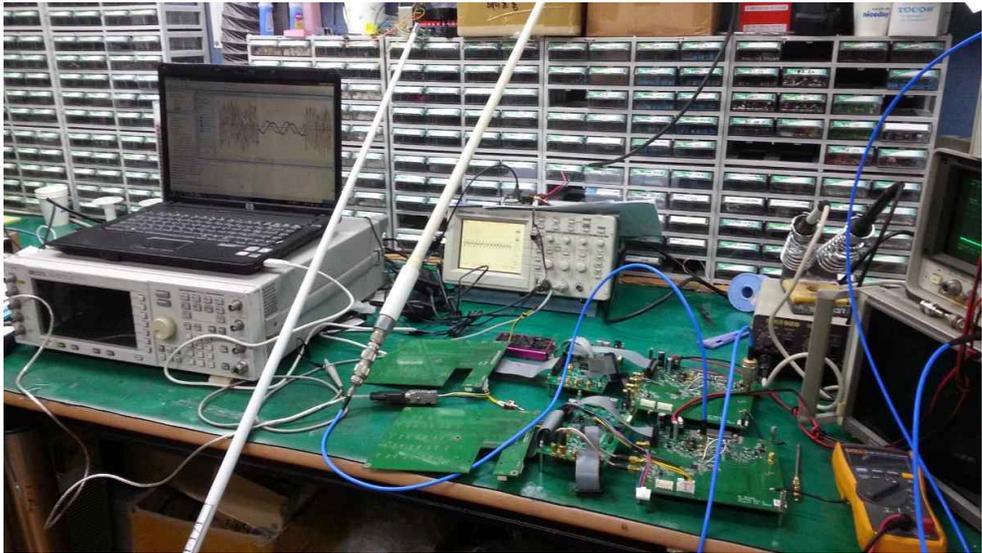
그림 29에서 주파수 신디사이저(Frequency Synthesizer)의 측정 결과를 나타내었다. 발진 주파수는 111.8MHz이며 6.3dBm의 출력 값으로 양호한 위상노이즈(Phase Noise) 특성과 높은 출력레벨을 확인 할 수 있다.

4.4. 연동 실험

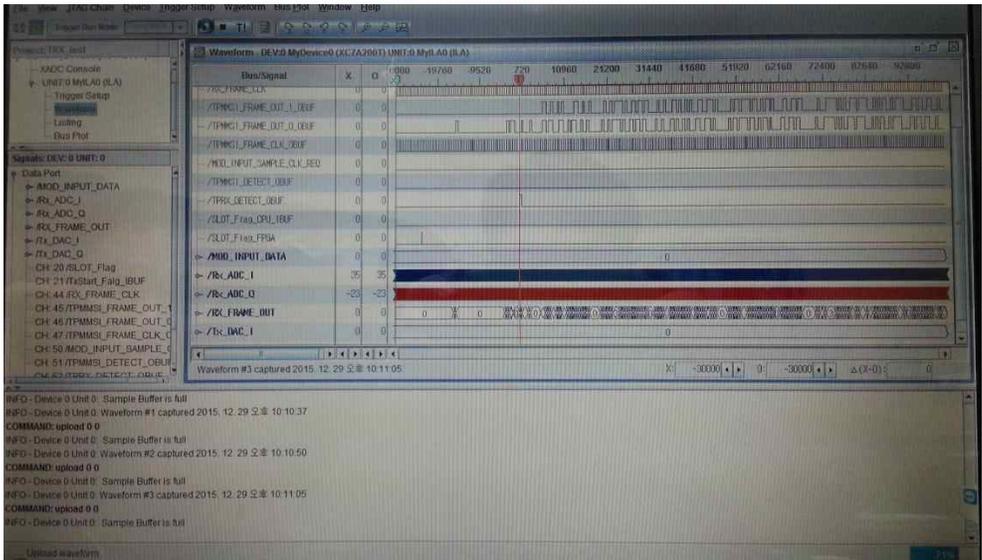
4.4.1. 연동실험결과



[그림 30] 연동실험(트랜시버보드+모뎀보드)



[그림 31] 연동실험(트랜시버보드+모뎀보드+제어보드)



[그림 32] 모뎀 프로그램(신호 타이밍 분석)

그림 30은 트랜시버보드와 모뎀보드의 연동실험 모습이고, 그림 31은 제어보드까지 포함한 연동실험 모습이다. 그림 32는 모뎀보드와 연결된 컴퓨터에서 신호분석을 위한 프로그램(Xilinx Chip Scope)을 동작시킨 모습이다. 표 2는 두 쌍의 전체장비(트랜시버보드+모뎀보드+제어보드)를 연동실험 진행하여, CMX991의 내부의 가변이득증폭기(VGA : Variable Gain Amplifier)를 순차적으로 가변했을 때 수신부 입력레벨의 변화 및 안테나 외 경로손실을 대체한 외부 감쇄기의 설정값 등을 나타낸 것이다. 이 실험의 결과로 수신감도가 -112dBm 임을 알 수 있다. (오른쪽 맨 아래 수치 참조)

<표 2> 연동실험결과(수신부 특성)

CMX991 내부Att [dB]	IQ200mVpp 시의외부Att [dB]	MMSI 검출율 50%시 외부 Att				실험결과 분석	
		상한		하한		상한	
		외부Att [dB]	IQ전압 [mVpp]	외부Att [dB]	IQ전압 [mVpp]	총 Att	입력레벨 [dBm]
48	12	29	70	5	500	77	-49
42	20	44	40	12	500	86	-64
36	27	52	40	17	500	88	-72
30	32	60	40	24	450	90	-80
24	38	65	40	29	500	89	-85
18	40	75	40	35	500	93	-95
12	50	83	40	41	500	95	-103
6	60	87	40	47	500	93	-107
0	66	92	40	53	500	92	-112

4.5. 트랜시버 최종 실험결과

<표 3> 트랜시버 실험결과

주파수	수신감도	송신출력
156MHz	-112dBm	26.1W
157.125MHz(Ch 82)	-109dBm	25.7W
162MHz	-107dBm	25.2W

4.6. 실험결과에 대한 고찰

상기 내용과 같이 현재 해상 초단파 대역에서 디지털 통신의 국제 권고안인 ITU-R M. 1842-1에서 정의하고 있는 4가지 통신 시스템의 하나로 25kHz 채널 대역폭에서 28.8kbps의 전송속도를 갖는 디지털 통신 시스템을 구현하고 실험결과에 대해 알아보았다 [10]. 구현된 시스템은 위의 국제 권고안의 디지털신호를 적용하여 -107dBm의 입력신호레벨을 검출하고 25.2Watt의 송신전력을 출력할 수 있음이 확인되었다. 최종적으로 제작된 디지털 통신 시스템은 트랜시버보드, 모뎀보드 그리고 제어보드로 구성되어 있으며, 특히 트랜시버보드의 설계, 제작, 실험을 중점적으로 진행하였고, 디지털 통신에 적합한 전용 칩소자를 적용하여 설계되었다. 적용된 칩소자는 내부적으로 주파수 변환기(Up/Down Converter), 중간주파증폭기, I/Q 변, 복조 회로 등을 내장하고 있어, 설계 및 제

작되어야 할 많은 부가적인 외부회로를 대폭 감소시키고 트랜시버 보드의 부피와 크기를 상당히 작게 축소할 수 있었다.

육상의 많은 디지털통신장비와 마찬가지로 해상 선박용 디지털 통신장비에서도 향 후 기술적인 추세는 고도로 집적화 된 부품 사용에 따른 원가 절감 및 생산성 향상 등을 앞으로 해결해야 할 선결과제로 삼고 있으며, 많은 부가 기능을 가지고 마이크로 콘트롤러 유닛(MCU : Micro Control Unit)의 제어신호에 의해 정확하게 동작하는 부품을 사용함으로써 전체 장비의 안정성과 신뢰성 또한 기대할 수 있게 되었다. 또한 타 업체에 선행하여 적용된 기술적인 선례는 향 후 많은 시스템 설계 및 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 판단된다.

제 5 장 결 론

해상통신은 선박의 조난 및 긴급구조를 위한 안전에 초점을 맞추어 국제적으로 규제하며 기술을 채택하여 온 관계로 육상의 통신 기술에 비해 상대적으로 많이 낙후되어 있고 첨단 기술의 적용도 더디게 진행되었던 분야이다.

본 논문에서는 초단파 대역의 디지털 통신시스템에 대한 현재 국, 내외 여건과 기술개발 상황을 간단히 요약하고 적절한 국제권고안을 제시하여 이를 바탕으로 설계하는 방법에 대하여 고찰하였으며, 상기 조건을 만족하도록 특별히 엄선된 디지털 통신전용 칩을 적용하여 해상선박용 초단파 디지털 트랜시버의 설계, 제작, 실험을 진행하였다. 전체 6장의 회로도로 설계된 본 트랜시버 시스템은 다시 총 4층으로 구성된 한 장의 PCB로 가공 및 제작되어 엄선된 높은 정밀도의 IC와 온도특성 등에서 탁월한 성능을 가진 수동소자를 적용하여 조립되었다. 또한 조립된 PCB는 다시 상당기간 튜닝과 실험을 통한 설계 수정 등의 과정을 거쳐 비로소 상기 요구된 성능에 근접하게 되어 다음 단계인 모뎀보드와 제어보드를 모두 연동한 실험이 진행되었다.

이런 순서로 진행된 디지털 트랜시버의 제작과 실험과정은 상기 최종실험결과에 나타낸 바와 같이 국제 권고안 ITU-R M. 1842-1의 핵심 사양 및 내용을 만족하는 것으로 확인되었다. 다시 말해 엄선된 디지털 통신전용 칩을 이용한 초단파 대역의 디지털 통신시스템의 가능성을 확인하는 프로토타입을 개발한 것으로, 많은 초단파 대역의 디

지털 통신 시스템에 적용 및 응용되어 선박의 안전운항 및 효율적인 운항을 위한 e-네비게이션을 위한 핵심 통신 인프라로 활용 가능할 것으로 기대되며, 이 후 성능을 개선하여 제품화 단계에 이를 수 있도록 추가 연구를 지속적으로 진행할 계획이다.

e-네비게이션의 등장으로 안전하고 효율적인 항해의 패러다임이 바뀌고 있는 즈음에, 이러한 새로운 패러다임은 국내 해양 산업 특히 조선기자재 및 서비스 산업 관점에서는 커다란 기회이면서도 위기이기도 하다. 이러한 기술 및 산업적 변화를 어떻게 대응하느냐가 중요한 이슈가 될 전망이다, 특히 적극적이고 활발한 참여를 통해 기술 및 시장을 주도할 필요가 있고 앞으로 철저한 대비가 필요하다. 현재 관련 권고안 및 표준들이 제정되고 이에 따른 다양한 형태의 디지털 장비들이 개발되어 2017년부터 탑재될 예정이며, 2018년에 개최될 예정인 세계전파통신회의(WRC-18 : World Radiocommunication Conference - 18)에서 승인 후 상용화가 이루어져서 2020년부터는 본격적으로 해상통신에 도입될 예정이다[1][12][13].

그런 관점에서 바라보아 본 논문의 초단파 대역의 디지털 통신 기술은 그동안 해외에 의존해온 기술을 주도적으로 선점할 수 있는 좋은 기회가 될 것이며, 최근 침체된 국내의 조선 산업에 활력을 불어 넣을 수 있는 계기가 될 전망이다.

감사의 글

본 논문을 작성하는데 도움을 주신 부경대학교 전자정보통신공학과 정연호 교수님께 진심으로 감사의 마음을 전합니다.



참 고 문 헌

- [1] 이윤호, “2012년 세계전파통신회의 (WRC-12)”, TTA Journal, vol. 140, pp. 113-117, 2012
- [2] 유영호, “차세대 IT선박 기술분석과 전망”, 전자공학회지 제35권 제2호, 2008
- [3] 박옥선, 김대호, “e-Navigation을 위한 해상통신 기술 동향”, ETRI 전자통신동향분석, 제27권 제2호, 2012.
- [4] e-Navigation 실현을 위한 해상 디지털 무선통신 기술 개발 연구보고서, 지식경제부, 2013
- [5] 황운택, “해상데이터통신 시스템의 설계 및 구현 : GMDSS를 중심으로”, 한국전자통신학회논문지 제6권 제6호, 2011
- [6] 해상안전 무선설비 이용실태 및 주파수 이용효율화 방안연구, 전파연구원, 2013.11
- [7] 해양수산부 보도자료, “바다의 창조경제, 한국형 e-navigation”, 2013. 11. 26.
- [8] 2015년도 국가정보화 시행계획, 해양수산부, 2014
- [9] Resolution 342 (Rev. WRC-2000) : “New technologies to provide improved efficiency in the use of the band 156-174 MHz by stations in the maritime mobile service”
- [10] ITU, Recommendation ITU-R M. 1842-1 : “Characteristics of VHF radio systems and equipment for the exchange of data and electronic mail in the maritime mobile service RR

appendix 18 channels”, 2009

- [11] ITU, Recommendation ITU-R M.1371-4, “Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band, 2013
- [12] ITU, Recommendation ITU-R WP5B/TEMP/176, Working Document Toward a Preliminary Draft New Recommendation or Report ITU-R M.[VDES], Nov. 2013.
- [13] CPG PTC(13) INFO 16, “Information Paper on VHF Data Exchange System (VDES)”, CEPT ECC, 2013.09
- [14] IMO, “Report to the Maritime Safety Committee”, NCSR 2/23, 2015.5
- [15] IMO MSC, Report of the Maritime Safety Committee on Its Eighty-Fifth Session, MSC 85/26/Add.1, Annex 20, Jan. 2009.
- [16] IMO NAV, Development of E-navigaion Strategy, Report of the Working Group, NAV 54/WP.6, July 2008.
- [17] IMO, “SOLAS”, 2013
- [18] IMO, <http://www.imo.org>
- [19] SK Telecom Co. ltd.
- [20] Stefan Bober, German Traffic Technologies Centre
- [21] ETRI, Electronics and Telecommunications Research Institute
- [22] CML Microcircuits, <http://www.cmlmicro.com>

- [23] Sunny Electronics, <http://www.sunny.co.kr>
- [24] Golledge Electronics, <http://www.golledge.com>
- [25] Mitsubishi Electric, <http://www.mitsubishielectric.com>
- [26] Analog Devices, <http://www.analog.com>

