JANT 한국항행학회논문지
Journal of Advanced Navigation Technology

기반 기술

J. Adv. Navig. Technol. 25(5): 390-396, Oct. 2021

해상 NB-IoT 서비스를 위한 ICS RF 중계기

ICS RF Repeater for Marine NB-IoT Service

조 신 호[1] · 이 성 렬[2*]
[1]올래디오(주) 기업부설연구소
[2]목포해양대학교 항해정보시스템학부

Sin-ho Cho[1] · Seong-Real Lee[2*]

[1]Corporate Technology Institute, allRadio Co., Ltd., Gyeonggi-do, 14088, Korea

[2]Division of Navigational Information System, Mokpo National Maritime University, Jeollanam-do, 58628, Korea

[요 약]

본 연구에서는 해양수산부가 2016년 실행 계획을 발표한 전자어구 실명제를 실현할 수 있는 어구 자동식별 모니터링 시스템에서 통신 거리를 늘릴 수 있는 해상 중계기 설계와 제작에 대해 보고한다. 해상 중계기는 중계기를 구성하는 서비스 안테나와 링크 안테나 사이의 되먹임 신호에 의한 발진을 제거할 수 있는 ICS (interference cancellation system) 방식의 RF 중계기로 설계 제작하였다. ICS RF 중계기 설계에 있어 링크 안테나와 서비스 안테나 간 이격을 30 dB 확보하였다. 시험을 통한 검증 결과 ICS RF 중계기의 출력 신호 일부가 입력으로 되먹임되는 신호 레벨이 중계기 이득보다 15 dB 이상 낮을 때 발진에 의해 발생하는 EVM (error vector magnitude)이 성능 기준인 6%보다 낮게 얻어지는 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 개발된 ICS RF 중계기를 어구 자동식별 모니터링 시스템 등의 해상 IoT 네트워크에 적용하면 서비스 영역이 늘어날 것으로 기대된다.

[Abstract]

In this research, design and fabrication of marine repeater capable to extend communication coverage in monitoring system of fishing gear automatic identification, which is one of implementation method of the real-name electric fishing gear system declared by Ministry of Oceans and Fisheries in 2016, is reported. The proposed marine repeater is fabricated in a form of RF repeater with interference cancellation system (ICS), which can cancel the oscillation due to feedback signal between service antenna and link antenna. In design process, we secure the isolation of 30 dB between service antenna and link antenna. It is confirmed that when the level of feedback signal into repeater input be lower of 15 dB than repeater gain, error vector magnitude due to oscillation can be lower than the performance criterion of 6%, from the test verification. It is expected that the service coverage will be extended by applying the developed marine ICS RF repeater into marine IoT network including monitoring system of fishing gear automatic identification.

Key word : Marine repeater, Interference cancellation system, Service/link antenna, Marine IoT, Monitoring system of fishing gear automatic Identification.

https://doi.org/10.12673/jant.2021.25.5.390

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-CommercialLicense(http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 6 October 2021; **Revised** 7 October 2021
Accepted (Publication) 20 October 2021 (30 October 2021)

***Corresponding Author; Seong-Real Lee**

Tel: +82-61-240-7264
E-mail: reallee@mmu.ac.kr

Ⅰ. 서 론

4차 산업혁명은 우리 사회의 다양한 분야에서 많은 변화를 가져올 것으로 예상하고 있다. 기술 융합으로 인한 '신산업 및 일자리 탄생', 인공지능, 빅 데이터, ICT 기술의 발달로 인한 '초지능화', 모든 것이 서로 연결되는 '초연결사회', 접속과 공유를 기반으로 하는 '공유경제, 공유사회'가 가장 대표적으로 예상되고 기대되는 변화이다[1]. 이들 변화는 인공지능, 빅데이터 등의 4차 산업혁명 기술들이 융합되거나 각 기술들이 사회 각 분야의 요구에 따라 진화됨으로써 가속화될 수 있을 것이다. 4차 산업혁명 요소 기술 중 사물 인터넷 (IoT; internet of thing)은 4차 산업혁명 중 기술 진화도가 가장 높고, 필요로 하는 분야에 비교적 용이하게 적용될 수 있기 때문에 가장 활발하게 확산되고 있는 기술이다 [2],[3].

4차 산업혁명 기술에 대한 융합을 시도하고 있는 분야 중에 해양과 수산도 예외가 아니다. 현재 해양수산부는 선박 안전 운항, 선박 물류 등 선박 운항뿐만 아니라 어선 및 어민의 안전 보장, 어업 관리 등 어업 분야에서도 4차 산업혁명 기술을 활용하고자 하는 다양한 정책을 펴고 있다 [4].

해양수산부는 '풍요로운 어장'을 이루기 위해 휴어제, 어구 관리법 제정, 첨단 양식기술 개발 등을 추진하고 있다[5]. 2016년 제정된 어구 관리법은 과다한 어구에 의한 자원감소를 막기 위해 생산부터 폐기 전 과정을 체계적으로 관리하기 위함이다. 어구 관리법에서 규정하고 있는 어구 실명제는 바다에 설치된 어구에 깃발을 설치해 소유자의 어업허가 사항을 표시하는 제도다. 이 제도의 실효성 제고를 위해 ICT를 적용하여 제안된 것이 전자 어구 실명제이다[6]. 즉 전자 어구 실명제는 그물 등 어구 (fishing gear)를 실시간으로 감시하고 관리하여 어구의 유실을 막고 친환경 조업 환경을 조성하여 궁극적으로는 풍요로운 어장을 구현할 수 있는 정책이다. 전자 어구 실명제는 그 목적과 기능을 달성하기 위해서는 4차 산업혁명 기술 중 IoT를 기반으로 필요 장비 및 시스템이 개발되어야 한다.

저전력 광대역 (LPWA; low power wide area) 통신 방식은 IoT를 위한 통신 기술로 최적화되었다고 볼 수 있다. 이 방식은 다른 방식에 비해 낮은 데이터 전송률을 지원하는 반면에 매우 넓은 통신반경 (3~15 km)을 제공함과 동시에 매우 낮은 전력으로 동작할 수 있다는 점에서 IoT의 기본 특성을 만족하기 때문이다[7]. LPWA 기술 중 LoRa (long range)는 NB(narrow band)-IoT에 비해 비허가 대역을 사용하여 확장성에 유리하다는 장점을 가지고 있으며, NB-IoT는 LoRa에 비해 높은 최대 전송률 및 넓은 통신반경을 제공한다는 장점을 제공한다[8].

전자 어구의 실시간 모니터링과 관리를 위해서는 LPWA 기반의 네트워크 구성이 이루어져야 하며, 해상에 설치하는 센서 노드 (일반적으로 해상 부이(buoy)가 이 역할을 수행한다), 어선 게이트웨이, 관리 선박용 라우터, 육상 관제 시스템 등이 네트워크를 구성해야 한다. 그동안 본 논문의 연구자들은 해양수산부의 지원을 받아 앞서 언급한 장치들을 개발 중에 있다.

전자 어구의 실시간 모니터링을 위하여 해상 네트워크를 구성하는데 있어 LPWA를 기반으로 하면 본질적 특성 상 통신 거리가 수 km 정도로 제한될 수 있다. 해양수산부는 전자 어구 실명제의 성공은 신뢰성, 내구성뿐만 아니라 넓은 통신 반경에 달려 있다고 판단하여 각 장치 간, 특히 어선과 관리 선박, 관리 선박과 육상 관제국 사이의 통신 거리를 10 km 이상이 되어야 한다고 주문하고 있다. 하지만 LPWA 기술을 정해진 사양과 무선설비 기준 등 관련 규정 범위 내에서 개발하는 한 통신 거리의 한계를 극복할 수 없다. 따라서 본 연구팀에서는 LPWA 기반 전자 어구 실시간 모니터링 시스템을 구성하는 장치 간 통신 거리를 신장시킬 수 있는 가장 일반적인 방법인 해상 중계기(repeater)를 개발하여 적용하기로 하였다. 본 논문에서는 전자 어구 실시간 모니터링 시스템에 활용 가능한 관리 선박용 해상 중계기의 설계와 제작에 대하여 보고한다.

Ⅱ. 전자 어구 자동식별을 위한 LTE/NB-IoT 네트워크

그림 1은 전자 어구 자동식별을 위한 해상 IoT 통신 서비스 개념을 나타낸 것이다. 해상 IoT 통신 시스템은 어구의 위치, 부이와 연결된 상태 및 분실된 어구의 위치 정보를 해상 IoT 통신망을 이용하여 어구 관리 육상 관제 시스템으로 보고하고 어선, 관리 선박은 어구관리 육상 관제 시스템으로부터 상기 모든 정보를 제공받는 시스템을 의미한다.

해상 IoT 통신 시스템은 기본적으로 NB-IoT 통신을 이용하도록 설계하였다. NB-IoT 통신은 LTE 통신망을 이용하기 때문에 서비스 영역은 LTE 통신 영역과 동일하다. 해상 IoT 통신 시스템은 원거리 어업을 고려하여 매우 넓은 지역까지 서비스를 제공해야 한다. 이러한 서비스 영역 확보를 위해 그림 1과 같이 어선과 부이는 LPWA (LoRa)를 이용하여 Local 망 구축을 실시하고 관리 선박에서는 NB-IoT 중계기를 설치하여 서비스 영역을 확장하도록 하였다.

그림 2는 NB-IoT 서비스 구조를 나타낸 것이다. 어구 식별 부이에 장착되는 무선 디바이스 (sensor node)는 NB-IoT 모듈을 사용하여 어구 및 부이의 위치를 육상 통합 기지국을 통해 상위망 육상 통합 관제 센터에 보고하고, 육상 통합 관제 센터는 육상 통합 기지국을 통해 어선에 어선 소유의 부이 정보를 전달한다. 관리 선박은 매우 많은 부이 정보를 수신해야 하므로 NB-IoT 보다 기본적으로 LTE 망을 이용하도록 하였다. 하지만 이와 동시에 관리 선박은 NB-IoT 통신 거리 확대를 위해 중계 기능을 추가시켰다.

Ⅲ. 해상용 NB-IoT 중계기의 설계 방안

표 1은 NB-IoT 링크 버짓 (link budget)이다. 그림 2는 전송 거리에 따른 경로 손실을 사용하는 전파 모델에 따

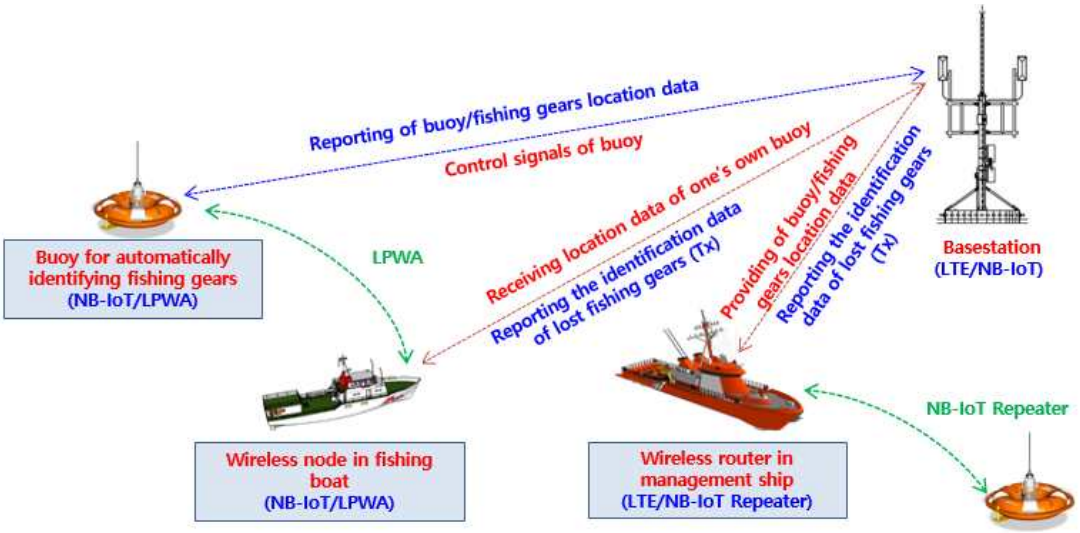


그림 1. 어구 자동식별을 위한 해상 IoT 서비스의 개념
Fig. 1. Concept of marine IoT service for fishing gear automatically identification.

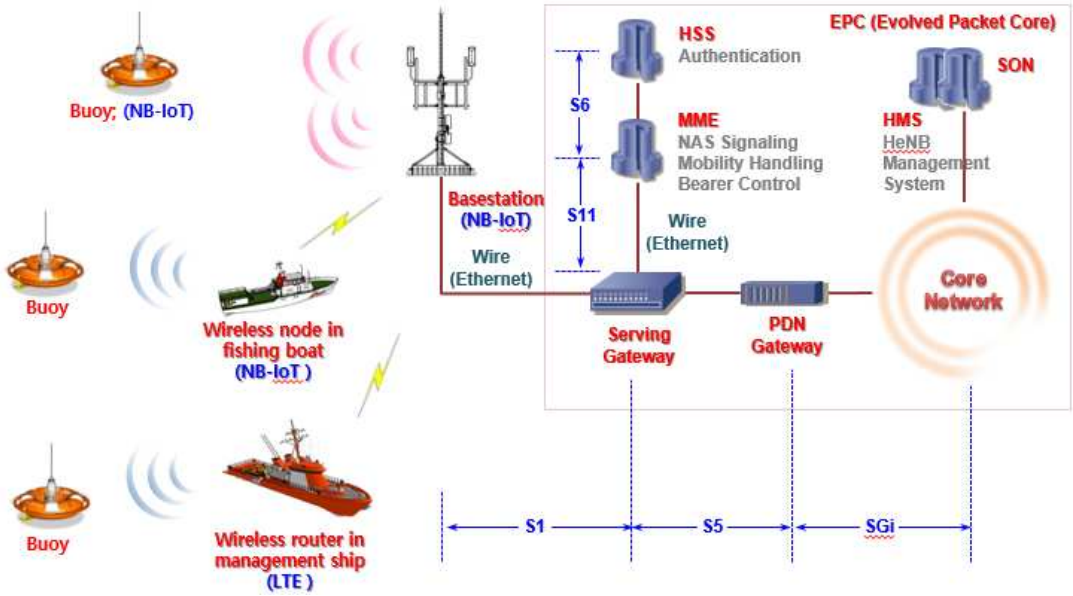


그림 2. 해상 NB-IoT 서비스 구조
Fig. 2. Configuration of marine NB-IoT service.

라 구한 것이다. 먼 바다에서는 자유 공간 손실 (free space loss)만 고려하면 되지만 섬들이 많고 전파 방해가 많은 근해 지역에서는 Egli 모델을 적용해야 한다. 표 1로부터 구해진 다운링크와 업링크의 최대 결합 손실 (MCL; maximum coupling loss)을 164 dB라고 한다면 Egli 모델을 적용하는 경우 서비스 통신 영역은 13 km 수준밖에 되지 않는 것을 그림 2를 통해 확인할 수 있다. 반면 그림 3에서 개방 영역 (open area) 환경인 경우 통신 거리는 대략 30 km 정도 수준이다. 만일 연근해 해상에서 NB-IoT 통신 서비스 거리를 개방 영역의 수준만큼 확대하려면 다른 통신 기술을 적용하거나 부가 장치가 추가되어야 한다. 본 연구팀에서는 해상 중계기를 추가 적용하는 것으로 전자 어구 자동식별 시스템을 구현하였다.

중계기는 일종의 증폭기이다. 중계기는 출력 신호 일부가 입력으로 되먹임(feedback)되면서 발생하는 발진이 없도록 설계되어야 한다. 또한 multi-path에 의한 피드백 신호로 인한 발진을 최소화해야 한다. 중계기가 옥외에서 사용되기 위해서는 출력 신호 일부가 입력으로 되먹임되는 신호 레벨이 중계기 이득보다 15 dB 이상 낮아야 한다.

표 1. NB-IoT 링크 버짓
Table 1. NB-IoT link budget.

	Downlink			Uplink			
DL Channel	NPBCH	NPDCCH	NPDSCH	SD-FDMA			FDMA
Transmitter							
(1) Total Tx power (dBm)	43	43	43	23	23	23	23
Receiver							
(2) Thermal noise density (dBm/Hz)	-174	-174	-174	-174	-174	-174	-174
(3) Receiver noise figure (dB)	5	5	5	3	3	3	3
(4) Interference margin (dB)	0	0	0	0	0	0	0
(5) Occupied channel bandwidth (kHz)	180	180	180	2,500	5000	80,000	3750
(6) Effective noise power (dBm) = (2) + (3) + (4) + 10 log((5))	-116.4	-116.4	-116.4	-137	-134	-122	-135.3
(7) Required SINR (dB)	-5.7	-5.8	-5	-5.8	-0.6	0.8	-6.4
(8) Receiver sensitivity (dBm) = (6) + (7)	-122.1	-122.2	-121.4	-142.8	-134.6	-122.4	-141.7
(9) Rx processing gain (dB)	0	0	0	0	0	0	0
(10) MCL = (1) – (8) + (9) (dB)	**165.1**	**165.2**	**164.4**	**165.8**	**157.6**	**145.4**	**164.7**

NPBCH; NB-IoT Physical Broadcast Channel
NPDCCH; NB-IoT Physical Downlink Control Channel
NPDSCH; NB-IoT Physical Downlink Shared Channel

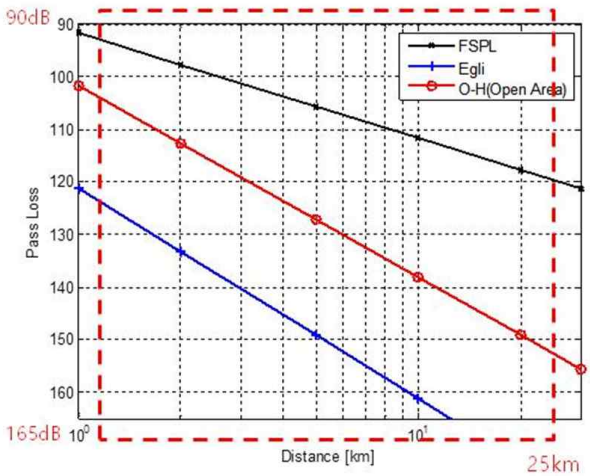


그림 3. 전파 모델별 NB-IoT 링크 버짓 결과
Fig. 3. Result of NB-IoT link budget depending on propgation models.

이러한 조건은 링크 안테나 (link antenna)와 서비스 안테나 (service antenna) 간 이격(isolation) 확보에 의해 얻을 수 있다. 이 두 안테나 간 이격은 지형지물을 이용하여 확보할 수 있다. 즉 링크 안테나와 서비스 안테나가 각각 지상과 지하에 위치하거나, 건물 사이에 위치하는 경우 가능하다. 하지만 본 연구를 통해 개발하고자 하는 중계기는 해상용이기 때문에 다른 방법을 모색해보아야 한다.

특수한 환경에서 사용할 수 있는 대표적 중계기로 RF 중계기가 있다. RF 중계기는 서비스 안테나와 링크 안테나 간 이격을 대지 접지(ground)를 통해 확보할 수 있는 중계기로 보통 건물 지하를 서비스 대상으로 사용하는 경우 이용한다.

그림 4는 RF 중계기 사용에서 인위적인 이격 확보 기술 중 하나의 기술인 ICS (interference cancellation system)를 설명한 것이다. ICS 기술은 다양한 되먹임 신호들은 그림 5와 같이 되

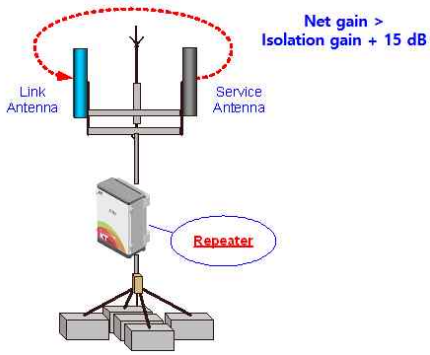


그림 4. ICS RF 중계기
Fig. 4. ICS RF repeater.

그림 5. ICS 기술에서 신호 이격의 개념
Fig. 5. Concept of signal isolation in ICS.

먹임 거리에 따라 지연(delay)이 서로 다른 특징을 이용한다. 즉 원 신호와 되먹임되는 신호들의 시간차를 신호 처리를 통해 제거하여 사용한다. 그림 4에서 링크 안테나와 서비스 안테나 간 이격을 30 dB 정도 개선하기 위해서는 두 안테나의 물리적 이격이 추가로 확보되어야 한다.

Ⅳ. 해상 IoT 서비스를 위한 ICS RF 중계기의 설계 및 제작

본 연구를 통해 살펴보는 NB-IoT 기반 전자 어구 자동식별 시스템은 별도의 NB-IoT 기지국을 신설하여 사용하는 것이 아니라 기존 LTE 서비스를 위해 구축한 기지국을 동일하게 사용한다. LTE 기지국은 LTE 서비스에 최적화 되어 있기 때문에 해상에서는 선박이 이동하는 항로 서비스를 주요 목적으로 구축되어 있다. 하지만 전자 어구 자동식별 모니터링 기술이 적용되는 영역은 해상에서 사람을 대상으로 서비스를 제공하는 것이 아니라 해상의 어구들과 통신 서비스를 수행하여야 하기 때문에 기존 LTE 기지국만을 이용한 망 구성 외에 새로운 기술이 적용되어야 한다.

이러한 목적을 이루기 위하여 ICS 모듈이 내장된 RF 중계 방식의 해상용 NB-IoT 중계기를 설계 제작하였다. 제안되는

중계기에 필터 기술을 적용하여 LTE 신호를 제외한 NB-IoT 신호만을 중계하여 NB-IoT 서비스 영역이 최대 10 km까지 확장되도록 하였다. 중계기의 업링크 접속망은 LTE로, 다운링크 대상은 NB-IoT 단말, 즉 어선 내 게이트웨이로 설정하여 기본 규격을 정하였다. ICS RF 중계기의 링크 안테나는 지향성 패치(patch) 형태로, 서비스 안테나는 옴니(omni) 패치 안테나로 설계하였다.

표 2는 해상용 NB-IoT ICS RF 중계기의 RF 주요 특성을 요약한 것이다. ICS RF 중계기는 발진 및 과출력 시 자동 셧다운 시키는 기능 (ASD ; auto shut down), 일정 출력을 유지시키는 ALC (auto limit control) 기능, 일정 시간 수신 신호 무 입력 시 출력을 off하는 sleep mode 기능, 링크/서비스 안테나 간 이격을 점검하는 기능과 출력 신호의 발진 여부를 확인하는 기능을 갖도록 설계하였다.

4-1 중계기의 ICS 모듈

ICS 모듈은 디지털 신호 처리를 통해 출력 신호의 입력단 쪽으로 되먹임되는 신호를 제거하는 기능을 수행하는 모듈이다. 모듈 interface는 IF 70 MHz 대역을 이용하였다. NB-IoT 한 채널의 대역폭은 200 kHz로 설정하였으며, LTE 신호를 제외한 NB-IoT 신호만을 중계하기 위하여 표 3에 정리한 사양을 갖는 디지털 필터를 포함시켰다.

DSP과정에서 발생되는 지연량은 3.5 μsec 이하가 되도록 하였다. 입력 전력은 －15 dBm, 출력 전력은 －21 dBm으로 설정하였다. 되먹임 신호의 제거(cancel)는 1 μsec 윈도우 크기에서 업/다운링크 모두 -15 dBm에서 이루어지도록 설계하였다.

그림 6에 제작된 해상용 NB-IoT ICS RF 중계기의 ICS 모듈을 보였다. 한 장의 PBA로 제작되며 RF 모듈과 별도로 구성되도록 하였다. 중간에 있는 칩은 메인 프로세서이고, 보드의 다양한 곳에서 보이는 홀은 각각 업/다운링크 입력 포트 각 1개, 출력 포트 각 1개, 그리고 감쇠량(attenuation) 설정, 발진을 위한 PLL 설정 등 제어를 위한 입출력 포트들이다.

4-2 중계기의 RF 모듈

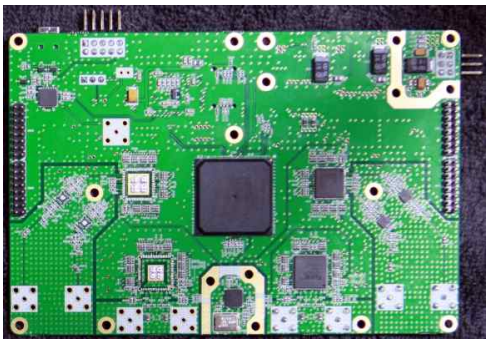
그림 7은 제작된 시험용 RF 모듈을 나타낸 것이다. 즉 그림 7에서 보인 중계기 RF 모듈은 앞서 설명한 ICS 모듈 시험을 위하여 제작한 시험용 모듈로 ICS 기능 검증이 완료되면 해상용 NB-IoT 중계기에 적용되는 RF 모듈로 보완 제작할 예정이다.

표 2. ICS RF 중계기의 RF 특성
Table 2. RF characteristics of ICS RF repeater.

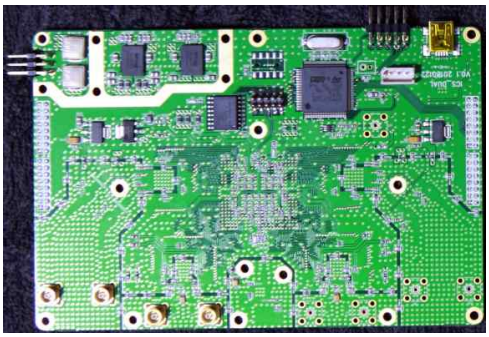
Frequency (Out Band)	Tx : 1829.555 ~ 1850.445 MHz
	Rx : 1734.555 ~ 1755.445 MHz
Bandwidth	200 kHz, 10 MHz, 20 MHz
Output Power	+20 dBm ~ +40 dBm
Gain	95 dB (2 dB step gain control)

표 3. 디지털 필터의 사양
Table 3. Specifications of digital filter.

Center frequency	100 MHz (DL/UL)
-1 dB bandwidth	LTE 5 MHz = 4.5 MHz LTE 10 MHz = 9.0 MHz LTE 15 MHz = 13.84 MHz LTE 20 MHz = 18.84 MHz
Ripple	< ±0.35 dB
Gain difference between bandwidths	< 0.5 dB



(a) Top



(b) Bottom

그림 6. 제작된 ICS 모듈
Fig. 6. The fabricated ICS module.

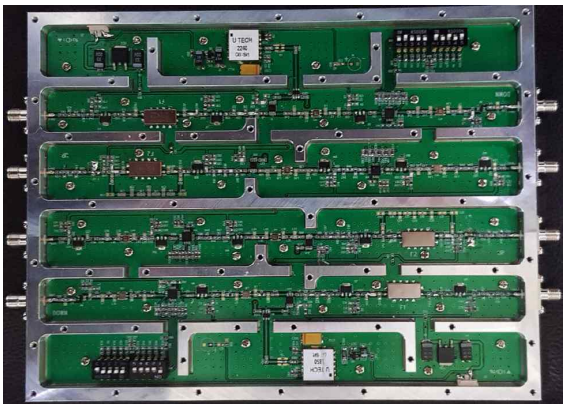
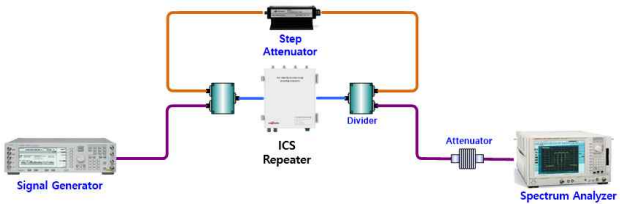


그림 7. 제작된 RF 모듈
Fig. 7. The fabricated RF module.



(a) Concept

(b) Test setup

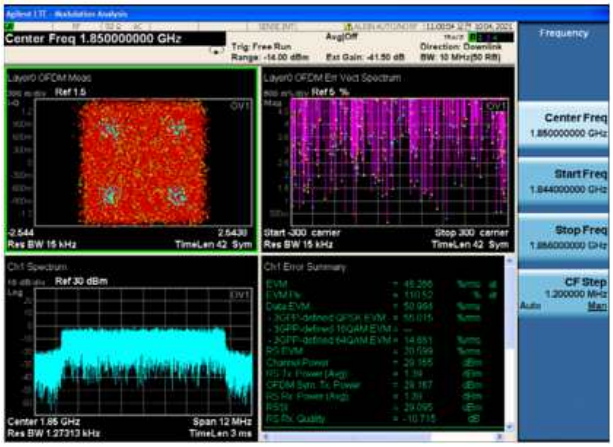
그림 8. 시험 구성도
Fig. 8. Test configuration.

Ⅴ. 시험 및 검증

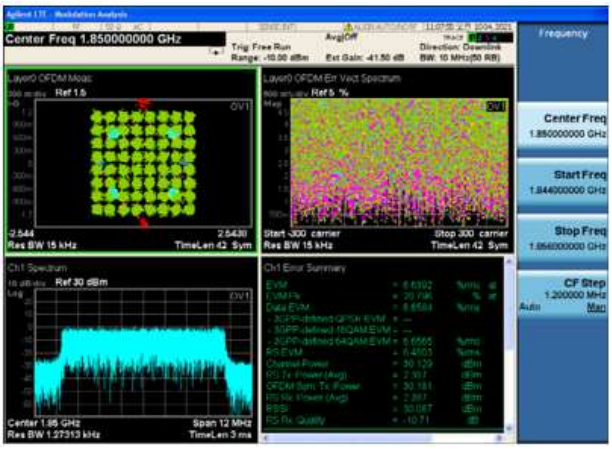
제작된 ICS RF 중계기의 두 안테나 간 되먹임에 의한 발진 제거를 확인하기 위한 시험의 원리 개념은 그림 8(a)에 나타냈고, 그림 8(b)는 실제 시험 구성도를 나타낸 것이다. Signal generator에서 발생된 신호를 중계기로 송출하면 ICS RF 중계기는 분배기(divider)를 통해 출력 신호 중 일부분을 중계기 입력으로 되먹임한다.

되먹임 과정에서 feedback-step attenuator를 가변하면서 중계기 출력 신호를 [이득 – 15 dB] 만큼 감쇄 후 입력시킨다. ICS 기능이 동작하지 않을 때 [이득+15 dB] 만큼 감쇄해야 정상 동작하기 때문에 ICS 기능 동작 시에는 30 dB feedback 신호 제거 기능이 동작하므로 [이득 – 15 dB]만큼 감쇄시켜도 정상 동작한다.

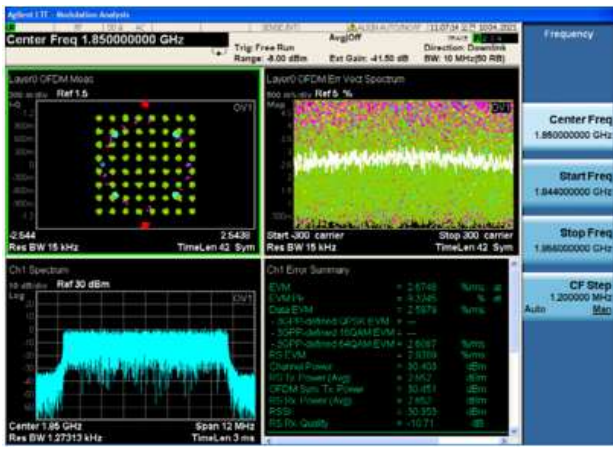
그림 9는 그림 8의 시험 구성에 따라 수행된 시험 결과를 정리한 것이다. 본 논문은 LTE 계열의 NB-IoT, Cat.M1 서비스에 주로 적용하기 때문에 시험에는 Signal generator를 이용하여 생성한 LTE 신호를 사용하였다. 우선 중계기의 이득을 85 dB로 설정하였다. 이러한 조건에서 중계기의 ICS 기능을 off한 경우의 성상도와 EVM (error vector magnitude)를 측정한 결과인 그림 9(a)를 살펴보면 EVM이 48.266%로 LTE 서비스가 가능한 최대 허용 기준치인 6%를 초과하는 것을 알 수 있다. 그림 9(b)는 중계기의 ICS 기능을 on시키고 feedback-step attenuator를 통해 67 dB로 되먹임한 경우의 결과를 나타낸 것으로 EVM이 6.63%로 측정되어 이 경우도 중계 전송에 있어 품질을 열화시키는 것을 알 수 있다. 반면 그림 9(c)는 중계기의 ICS 기능을 on시키고 feedback-step attenuator를 통해 68 dB로 되먹임한 경우의 측정 결과를 보인 것으로 평균 EVM이 3% 이하로 얻어졌음을 확인하였다.



(a) Feedback 신호 감쇄 [이득 –15dB] 설정 후 ICS 기능 Off 시



(b) Feedback 신호 감쇄 67dB [이득 –18dB] 설정 후 ICS 기능 On 시



(c) Feedback 신호 감쇄 68dB [이득 –17dB] 설정 후 ICS 기능 On 시

그림 9. 시험 결과 (EVM 측정 결과)
Fig. 9. Test results (EVM measurment results).

결과적으로 본 연구를 통해 설계 제작한 ICS RF 중계기는 되먹임되는 신호의 최대 이격이 17 dB (85-68 dB)인 것을 확인하였다.

Ⅵ. 결 론

지금까지 어구 자동식별 모니터링 시스템에서 통신 영역 확대를 위한 방안인 관리 선박용 해상 중계기의 설계와 제작, 그리고 시험을 통한 검증을 살펴보았다. 해상 중계기는 되먹임 신호에 의한 발진을 억제할 수 있는 ICS RF 중계기로 제작하였다. ICS RF 중계기의 링크 안테나와 서비스 안테나 간 이격을 30 dB 개선할 수 있도록 두 안테나의 물리적 이격을 추가로 확보하여 제작하였다.

제작된 ICS RF 중계기에 대한 시험 검증을 통해 ICS RF 중계기의 출력 신호 일부가 입력으로 되먹임되는 신호 레벨이 중계기 이득보다 15 dB 이상 낮고, 그 결과 발진에 의해 발생하는 EVM이 성능 기준인 6%보다 낮아 실용화가 가능할 것으로 예상된다.

따라서 향후에는 본 연구를 통해 개발된 ICS RF 중계기를 해양 IoT, 구체적으로 어구 자동식별 모니터링 시스템에 적용하여 실해역 상에서 통신 거리가 어느 정도 확대되는지 검토해 볼 예정이다.

Acknowledgements

이 논문은 2021년 해양수산부 재원으로 해양수산 과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(어구 자동식별 모니터링 시스템 개발).

References

[1] [Internet]. Available: https://www.korea.kr/news/visual NewsView.do?newsId=148886082

[2] J. H. Yoon, “Design and manufacture of CPW-fed two arc-shaped antenna for WLAN applications,” *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Vol. 19, No. 4, pp. 765~771 Apr. 2015.

[3] H. D. Choi, S. Y. Kim and S. R. Lee, “920 MHz band antenna for marine buoy, *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 24, No. 6, pp. 593-600, Dec. 2020.

[4] Ministry of Oceans and Fisheries. The management policy of fishing nets for life cycle (press release on 2015. 10. 25) [Internet]. Available: http://www.mof.go.kr/article/view.do?articleKey=9693&searchSelect=title&searchValue=%ED%8F%90%EC%96%B4%EA%B5%AC&boardKey=10&menuKey=376&currentPageNo=1.

[5] [Internet]. Available: http://www.viva100.com/main/view.php?key=2020 1003010006263

[6] [Internet]. Available: https://www.dailian.co.kr/news/view/586100

[7] J. K. Ryu and S. R. Lee, “Design of variable timeslot for hybrid MAC, *Journal of Advanced Navigation Technology*, Vol. 24, No. 6, pp. 613-619, Dec. 2020.

[8] U. Raza, P. Kulkarni, an M. Sooriyabandara, “Low power wide area networks: an overview,” *IEEE Communication Surveys & Tutorials*, Vol. 19, No. 2, pp. 855-873, 2017.

조 신 호 (Sin-ho Cho)
1998년 02월 : 한국해양대학교 전자통신공학과 졸업 (공학사)
1997년 11월 ~ 2016년 9월 : 동원시스템즈㈜ 책임연구원
2017년 10월 ~ 2019년 12월 : 동원티앤아이㈜ 수석연구원
2020년 01월 ~ 현재 : 올래디오㈜ 부본부장
※ 관심분야 : 이동통신, 근거리무선통신, 해양(해상 및 수중) 통신

이 성 렬 (Seong-Real Lee)
1990년 2월 : 한국항공대학교 항공통신정보공학과 (공학사),
2002년 2월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학박사),
2004년 3월~현재 : 국립목포해양대학교 항해정보시스템학부 교수
1992년 8월 : 한국항공대학교 대학원 통신정보공학과 (공학석사)
2002년 6월~2004년 2월 : (주)에이티엔 기술연구소장
※관심분야 : WDM 전송 시스템, 광의 비선형 현상 분석, 광 솔리톤 전송