

LTE 통신 시스템 기반의 원격 어군탐지기 개발을 위한 데이터 전송 성능에 관한 연구

허겸 · 황두진¹ · 강태종² · 신현옥^{3*}

국립수산과학원 수산공학과 연구원, ¹전남대학교 해양생산관리학과 교수, ²전남대학교 수산과학과 대학원생
³부경대학교 해양생산시스템관리학부 교수

A study on the data transmission performance for the development of the telesounder based on LTE communication system

Gyeom HEO, Doo-Jin HWANG¹, Tae-Jong KANG² and Hyeon-Ok SHIN^{3*}

Researcher, Fisheries Engineering Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea

¹Professor, Department of Marine Production Management, Chonnam National University, Yeosu 56926, Korea

²Graduate Student, Department of Fisheries Science, Chonnam National University, Yeosu 56926, Korea

³Professor, Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan 48513, Korea

A telesounder is a device that can monitor the appearance of fish in the sea on land and store fish detection data. This study was conducted to monitor the appearance of fish resources in coastal or near seas by using LTE communication for data transmission of the telesounder. The purpose of this study was to develop a prototype telesounder that can monitor the appearance of fish groups in the waters about 50 km away from the coast and store fish detection data. In this study, the prototype telesounder including a fish finder, communication device and battery for stable operation at sea was developed. The stability of telesounder buoy, data transmission/reception and expected use time were investigated. The expected use time of the telesounder using LTE communication with a lithium battery (12 V, 120 Ah) was about 274 hours under the conditions of 10 minutes off and 10 minutes on, about 520 hours under the conditions of 30 minutes off and 10 minutes on, and about 142 hours under continuous conditions. As a result of the sea test, it was found that the telesounder can be used in the sea area moved about 34 km from the land and the telesounder buoy was evaluated to have secured basic stability (buoyancy balance, waterproof, antenna strength, etc.) for operation in a marine environment.

Keywords: Telesounder, LTE communication, Data transmisson, Buoy, Performance

서론

원격 어군탐지기는 육상에서 해상의 어군 출현 상태를 모니터링하고 어군탐지 데이터를 육지로 전송할 수

있는 장치이다(Hashimoto and Maniwa, 1964). 원격 어군탐지기에 대한 연구로는 정치망 및 낚장망 등에서 어군을 원격으로 관측하기 위하여 아날로그 방식의 원격

*Corresponding author: shinho@pknu.ac.kr, Tel: +82-51-629-5893, Fax: +82-51-629-5886

어군탐지기를 구성하여 시스템을 개발한 연구가 있었으며(Hashimoto et al., 1959; Lee et al., 1994; 1995a; 1995b), 그 이후 디지털 원격 어군탐지기를 개발하여 연구용으로 현장에서 사용하기 위한 시도가 있었다(Shin and Hwang, 1998). 최근에는 정보통신 기술의 발달로 인하여 3G 통신을 이용한 원격어군탐지기 개발연구가 있었다(Tong et al., 2014). 한편 LTE (Long Term Evolution) 통신은 개인 또는 그룹 간의 데이터 전송에 많이 이용되고 있으며, 해상에서는 해양관측용 부이(Lee et al., 2016) 및 해상무선통신 라우터 시스템(Jeon et al., 2018) 개발 등에 이용 되고 있다. LTE 통신은 어군탐지기에 수록된 데이터 전송에 활용하면 연안 또는 근해에서 수산 자원의 출현 상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있다.

본 연구는 연안으로부터 약 50 km 이격된 해역에서의 어군 출현 상태를 모니터링하고 어군탐지 데이터를 저장 및 육상으로 전송할 수 있는 원격 어군탐지기를 개발하는 것을 목표로, 어군탐지기를 포함한 통신장치 및 전원을 내장한 원격 어군탐지기 부이의 안정성, 데이터의 송수신, 전원의 기대 사용 시간 등의 기초자료를 수집하고자 실시하였다.

재료 및 방법

원격 어군탐지기의 구성

원격 어군탐지기의 구성 블록도는 Fig. 1과 같다. 원격 어군탐지기는 LTE 라우터(Sixfab, Suncom, Korea)를 내장한 데이터 컨트롤러(Raspberry-PI-4, Suncom, Korea), 2개 주파수의 진동자(50 kHz, 200 kHz) 어군탐지기(NF560, Samyung, Korea), 디지털 타이머(280 W까지 on/off 가능한 릴레이 1개, SRD-12VDC-SD-C, Ningbo Songle, China), DC-DC 컨버터(12 V to 5 V, 15 W), 리튬배터리(12 VDC, 120 Ah) 및 2개의 LTE 통신용 외장 안테나(800~900 MHz, 10 dB 이득, 무지향성)로 구성하였다. 데이터 컨트롤러는 3가지의 역할을 수행하였으며, ①LTE 통신을 개시하도록 하는 역할, ②관측된 어군탐지기 데이터를 1 kB씩 나누어 LTE 라우터로 공급하는 역할 ③어군탐지기 데이터의 일시적 저장에 관한 역할이다. 데이터 컨트롤러에서 LTE 라우터가 LTE 통신을 개시하도록 하여 LTE 통신이 연결되면, 부팅된 어군탐지기로부터의 음향신호가 입력되는 USB 포트를 검색하여 시리얼 통신으로 입력되는 음향신호를 5분마다 육상으로 전송하도록 소프트웨어를 구성하였다.

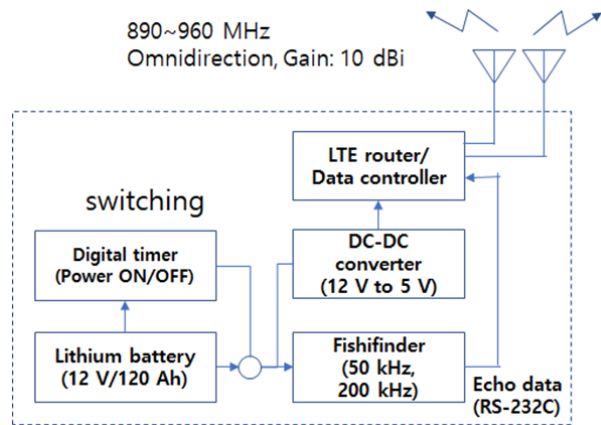


Fig. 1. Block diagram of the telesounder using LTE communication.

원격 어군탐지기의 전원은 부이 내부에 설치한 주 전원(리튬, 12 V, 120 Ah)을 통해 공급하였으며, 전원부에서는 디지털 릴레이 타이머(전원: 12 VDC)를 사용하여 어군탐지기(전원: 12VDC) 및 데이터 컨트롤러(전원: 5 VDC)의 전원을 on, off 조정하였다. 데이터 컨트롤러용 전원은 DC-DC 컨버터(12 V to 5 V, 15 W)를 사용하여 주 배터리(12 V, 120 Ah)로부터 디지털 릴레이 타이머를 경유하여 공급하였다.

원격 어군탐지기 부이는 해상 환경에서 동작하는 것을 목표로 하며, 사용되는 어군탐지기의 진동자는 수중의 어군을 탐지하고 안테나는 해상에서 데이터 전송을 위해 사용되므로 부이 내부로 물이 들어가는 것을 방지하기 위하여 방수처리를 하였다. 해상용 안테나는 강한 바람과 파도에 노출될 수 있으므로 방수처리 및 높은 강도가 요구되기 때문에 이 연구에서는 육상용으로 시판되는 고이득 무지향성 LTE 통신 안테나를 해상용으로 사용하기 위하여 안테나 하부를 보강하였다.

데이터의 송신 및 수신

본 연구에서 설계한 LTE 통신을 이용한 원격 어군탐지기의 개념도는 Fig. 2와 같다. 원격 어군탐지기의 데이터(음향신호 및 GPS 데이터)는 LTE 통신을 통하여 우리나라 해안에 설치된 LTE 기지국에 송신된다. LTE 기지국에 수신된 데이터는 광케이블을 이용한 인터넷망을 통하여 육상에 설치된 데이터 서버로 송신된다.

데이터 서버의 구성

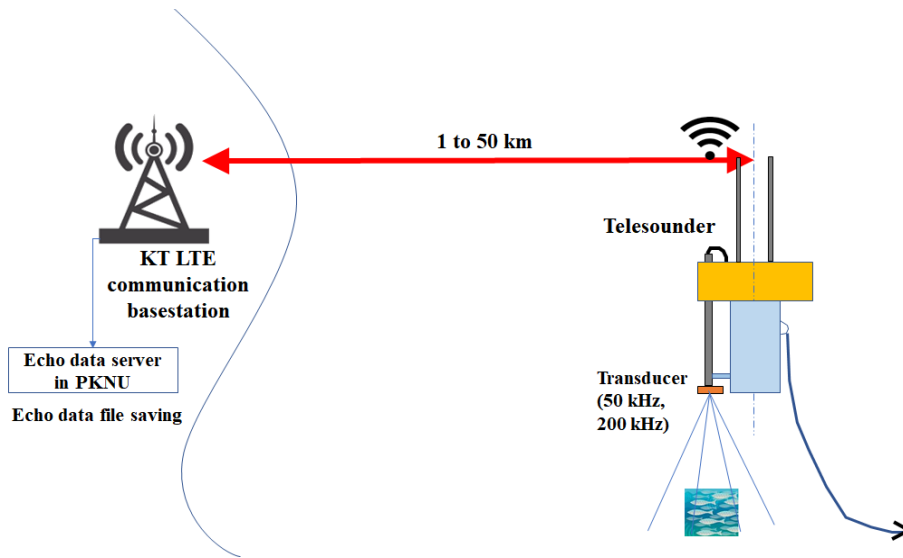


Fig. 2. Example of the telesounder using LTE communication.

데이터 서버는 2가지 서버 프로그램을 운용하였다. 첫 번째 서버 프로그램은 LTE 기지국으로부터 데이터가 수신되면 포트를 열어 데이터를 수신하는 역할, 두 번째 서버 프로그램은 각각 1 kB로 분할된 데이터를 연속으로 쌓아 1개의 데이터 파일로 만들어 서버의 하드 디스크에 저장하는 역할 및 인터넷망을 통하여 서버에 저장된 데이터 파일을 다운로드 가능하도록 만드는 역할을 수행 할 수 있다.

전원 사용 시간 추정

원격 어군탐지기의 장기간 운용을 위하여 리튬 배터리를 이용하여 전원 사용 시간 추정 실험을 실내에서 3회 실시하였다. 배터리 사용 가능 시간에 대하여 첫 번째 실험은 10분 off, 10분 on의 조건으로 2020년 11월 9일부터 2020년 12월 22일까지 실시하였다. 두 번째 실험은 30분 off, 10분 on의 조건으로 2020년 10월 20일부터 2020년 11월 8일까지 실시하였다. 세 번째 실험은 연속의 조건으로 2021년 7월 12일부터 2021년 7월 22일까지 실시하였다. 각각의 조건에서 경과시간에 따른 배터리의 전압(V)를 측정하여 기록하였으며, 측정기록을 이용하여 회귀식을 구한 후 배터리 기대 사용시간(10 V)을 추정하였다.

LTE 통신 범위

원격 어군탐지기의 LTE 통신 가능 범위를 조사하기

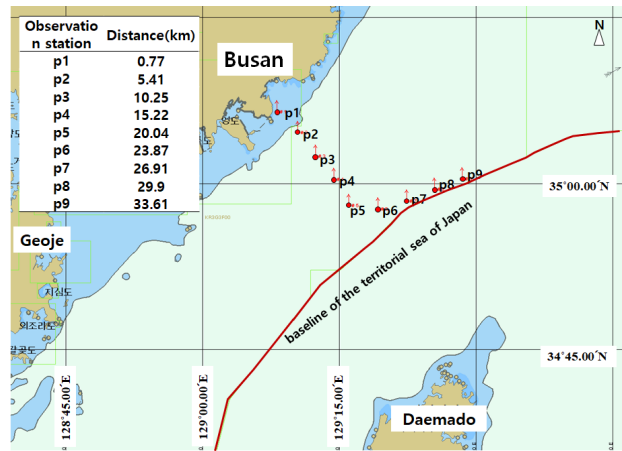


Fig. 3. Study site for measuring the LTE communication range of the telesounder on 5 June 2020.

위하여 2020년 6월 5일 부산광역시 민락항에서 출발하여 일본 대마도 영해기선 부근 약 34 km까지 항해하며 총 9개의 위치에서 원격 어군탐지기의 데이터가 LTE 통신을 통하여 육상 서버에서 수신되는지 확인하였다(Fig. 3).

해상운용에 대한 안정성

원격 어군탐지기의 해상운용에 대한 안정성을 조사하기 위하여 2020년 10월 14일부터 2020년 10월 18일까지 부산광역시 이기대 주변 해역(수심 15 m 전후)에서 ① 원격 어군탐지기 부이의 안정성, ②원격 어군탐지기 부이의 고이득 무지향성 LTE통신 안테나의 안정성, ③원격

어군탐지기 데이터 전송의 안정성에 대한 실험을 실시하였다. 육상 서버에서 원격 어군탐지기 데이터 전송이 안정적인지 확인하기 위하여 디지털 타이머는 10분 on, 10분 off로 설정하여 데이터 전송 횟수를 증가시켰다.

결과 및 고찰

전원 기대 사용 시간

원격 어군탐지기의 리튬 배터리 기대 사용 시간 실험 결과는 Fig. 4에 나타났다. 이 결과로부터 구한 배터리 전압 y (V) 및 경과시간 x (h) 사이의 회귀식은 식(1)~(3)에 나타났다. 이 식을 사용하여 배터리 전압이 10.0 V가 될 때까지의 배터리 기대 사용 시간을 구하였으며, 10분 off, 10분 on 조건에서는 식 (1)을 이용하여 구한 결과 약

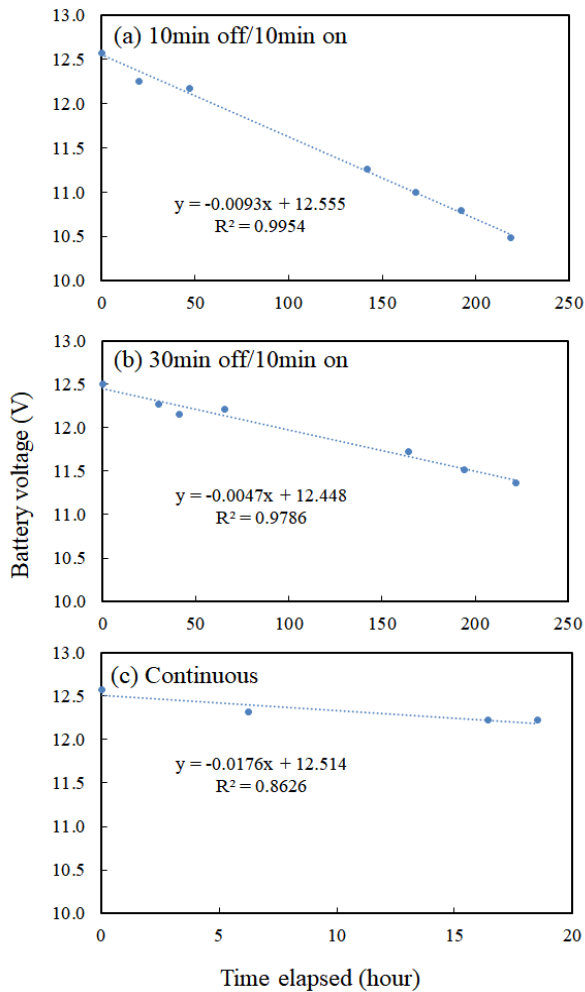


Fig. 4. Measured battery lifetime of the telesounder when the digital timer setting (a) 10 min off/10 min on (b) 30 min off/10 min on (c) continuous.

274시간이었으며, 30분 off, 10분 on 조건에서는 식 (2)를 이용하여 구한 결과 약 520시간이었으며, 연속조건에서는 식 (3)을 이용하여 구한 결과 약 142시간이었다. 실험 결과를 통하여 리튬 배터리를 사용할 경우 30분 off, 10분 on의 조건에서 장시간 사용이 가능한 것을 알 수 있었지만 추후 연구에서 태양광 패널 등의 사용을 통하여 더욱더 안정적인 전력 확보 대책을 마련해야 할 것으로 판단된다(Fig. 4).

$$y = -0.0093x + 12.555 \quad (R^2 = 0.9954) \quad (1)$$

$$y = -0.0047x + 12.448 \quad (R^2 = 0.9786) \quad (2)$$

$$y = -0.0176x + 12.514 \quad (R^2 = 0.8626) \quad (3)$$

LTE 통신 가능 범위

원격 어군탐지기의 LTE 통신 가능 범위에 대한 조사 결과는 Table 1과 같다. 육지로부터 약 34 km 이동한 해역에서 전송한 원격 어군탐지기 데이터가 육상 서버에서 수신되는 것을 확인하였다. 그러나 육상 LTE 기지국의 안테나 빔 내에서는 40 km 내외에서도 LTE 통신으로 원격 어군탐지기 데이터의 전송이 가능하였지만 LTE 기지국 안테나의 지향성 빔을 벗어난 곳에서는 약 5 km 거리의 위치에서도 데이터가 육상 서버로 전달되지 않는 것을 확인하였다. 그러므로 추후 육상 기지국의 지향성 빔 분포도에 관한 정보를 입수하는 방법 또는 전계강도 측정을 통하여 육상 LTE 기지국 안테나의 지향성 빔 분포를 확인하여 해상에서의 데이터 전송의 안정성 확보가 필요할 것으로 생각된다.

Table 1. The LTE communication range of the telesounder

Observation station	Distance (km)	Reception
p1	0.77	x
p2	5.41	x
p3	10.25	o
p4	15.22	x
p5	20.04	x
p6	23.87	x
p7	26.91	o
p8	29.9	x
p9	33.61	o

원격 어군탐지기의 해상운용

원격 어군탐지기 부이는 해상 환경에서 안정적인 부력 밸런스를 확보하였으며, 5일 동안의 해상운용 후 부

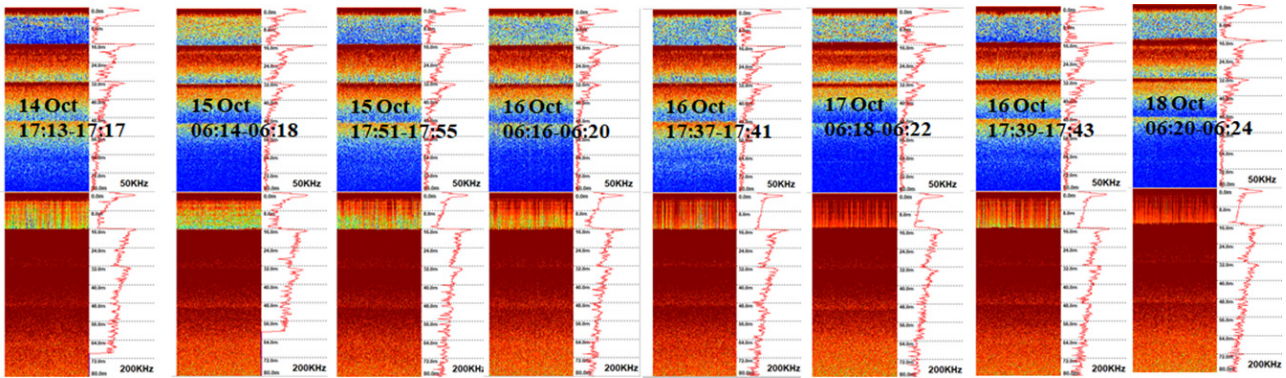


Fig. 5. An example of dual frequency echogram (50 kHz and 200 kHz) received from the teleounder on 14 to 18 October 2020.

이 내부를 확인한 결과 해수의 침입 흔적은 발견할 수 없었다. 그리고 육상용 안테나의 하부를 보강하여 설치한 고이득 무지향성 LTE 통신 안테나 또한 파도와 바람에도 유실 또는 파손 등의 문제가 발생하지 않았다.

해상에서 5일 동안 전송한 원격 어군탐지기의 음향신호는 육상의 서버에 안정적으로 수신된 것을 확인하였으며, 수신된 음향신호의 일례는 Fig. 5와 같다. 실험해역에 비해 어군탐지기의 수심이 너무 깊은 설정오류를 확인하였으며, 이는 추후 원격 어군탐지기의 설정변경을 통해 보완가능 할 것으로 판단된다. 또한 어군탐지기의 감도를 50 kHz 및 200 kHz 모두 최대값의 20%로 한 결과, 음향신호 속에 잡음이 포함된 것을 확인하였으며, 추후 연구를 통하여 소프트웨어를 이용한 잡음제어 및 어군탐지기의 주파수 변경 등의 방법으로 음향신호 속 잡음 문제를 해결할 필요가 있다고 판단된다.

결론

본 연구는 연안으로부터 약 50 km 이격된 해역에서의 어군 출현 상태를 모니터링하고 어군탐지 데이터를 저장 및 육지로 전송 할 수 있는 원격 어군탐지기를 개발하는 것을 목표로 해상에서 안정적으로 운용하기 위하여 어군탐지기를 포함한 통신장치 및 전원을 내장한 원격 어군탐지기 부이의 안정성, 데이터의 송수신, 전원의 기대 사용 시간 등을 조사하였다.

LTE 통신을 이용한 원격 어군탐지기의 기대사용시간은 10분 off, 10분 on의 조건에서 약 274시간, 30분 off, 10분 on의 조건에서 약 520시간, 연속조건에서 약 142시간이었다. 해상 실험을 통하여 육지로부터 약 34 km

이동한 해역 범위까지 원격 어군탐지기 사용이 가능할 것으로 판단되며, 원격 어군탐지기 부이는 해상 환경에서 운용하기 위한 기본적인 안정성(부력밸런스, 방수, 안테나의 강도 등)을 확보한 것으로 판단된다. 또한 추후 육상 기지국의 지향성 빔 분포도에 대한 정보 입수 및 빔 분포도에 따른 원격 어군 탐지기의 데이터 전송의 안정성 확보를 위한 연구 그리고 음향신호 속 잡음 제거 방안 연구가 필요하다고 판단된다.

사사

이 논문은 부경대학교 자율창의학술연구비(2021년)에 의하여 연구되었음

References

Hashimoto T, Nishimura M and Maniwa Y. 1959. Detection of fish by sonobuoy. Tech Rep Fishing Boat 13, 95-102.

Hashimoto T and Maniwa Y. 1964. The trial production of teleseounder (wireless remote fish finding equipment) and its tests on the sea. Tech Rep Fishing Boat 19, 1-7.

Jeong NJ, Natsagdor B and Jung HK. 2018. LTE based high-speed maritime wireless communication (LTE-M) router system. J Korean Information Communication Engineering 22, 542-547. <https://doi.org/10.6109/jkiice>. 2018.22.3.542.

Lee WH, Kwon HJ, Kim SM, Jeong SH and Kim JC. 2016. Implementation of a buoy system based on multi-hop relay networks for ocean observation. J Adv Navig Technol 20, 182-189.

- Lee WW, Shin HI, Lee DJ and Shin HO. 1994. Studies on the trial manufacture of telesounder and its application. J Korean Soc Fish Technol 30, 135-141.
- Lee WW, Shin HI, Lee DJ and Shin HO. 1995a. Studies on the trial manufacture of telesounder and its application-II. J Korean Soc Fish Technol 31, 54-62.
- Lee WW, Shin HI, Lee DJ and Shin HO. 1995b, 1995b. Studies on the trial manufacture of telesounder and its application-III. J Korean Soc Fish Technol 31, 63-73.
- Shin HO and Hwang SW. 1998. Development of digital telesounder. J Korean Soc Fish Technol 34, 135-138.
- Tong J, Miyamoto Y, Uchida K, Sasakura T and Han J. 2014. A client/server architecture remote fish finder system for a set net fishery. Fish Sci, 1159-1167. <https://doi.org/10.1007/s12562-014-0802-2>.
-
2022. 05. 04 Received
2022. 05. 30 Revised
2022. 05. 31 Accepted