

# 원격탐지기능을 갖는 무선부표시스템

종신회원 권 원 현\*

## Wireless Buoy System with Remote Sensing and Access Capability

Won-hyun Kwon\* *Lifelong Member*

### 요 약

본 연구에서는 기존의 무선 부표가 지니고 있는 문제점들을 해결할 수 있는 원근해 어로용 고성능 무선 부표 시스템을 개발하였다. 2진 FSK 변조방식과 무선부표용 송수신 프로토콜을 도입하여 사용시간을 대폭 개선하였으며, GPS 위치정보와 여러 계측정보를 수집한 후 모선의 탐지기 호출이 있을 경우 전송함으로써 쉽게 탐색이 이루어질 수 있도록 하였다. 개발된 무선부표는 평균 73일의 동작시간과 120km 이상의 동작범위를 갖으며, 분실과 도난을 방지할 수 있다.

**Key Words** : Buoy, Radio Buoy, Wireless Buoy, Binary FSK, Fishery, GPS

### ABSTRACT

In this paper, high performance radio buoy system for inshore and deep sea fishery is proposed and implemented. Binary FSK modulation technique is used for real-time communication & control between buoys and buoy finder, and optimum access protocol is adopted for minimizing the power consumption of radio buoy system. Using the GPS and sensor techniques, location and environments of radio buoy can be accurately monitored and traced by the mother ship. Developed buoy system with 10 W transmitting power can cover over 120km coastal range and operate more than 73 days of battery life. Proposed digital coding methods can also assure high security from burglary and loss.

### I. 서 론

원근해 및 원양어선의 어업도구로 주로 사용되어온 부표는 어구의 위치 및 상태 등을 효율적으로 관측, 관리하기 위하여 여러 형태로 발전되어 왔다<sup>1)</sup>. 삼면이 바다로 이루어진 우리나라의 경우 원근해 및 원양어업의 선진화가 무엇보다도 필요하며, 이를 위하여 지금까지 전량 수입에 의존하고 있는 무선 부표의 국내 기술 및 제품 확보가 무엇보다도 절실하다.

부표(buoy)는 사용 용도에 따라 고정형 부표와 유동형 부표로 구분되며, 부표 또는 부구라고도 한다. 고정형 부표는 선박의 안전한 항해를 돕기 위하여 항

로를 지시하거나 암초·침몰선 등 항해상의 위험물의 존재를 경고하기 위하여 설치되며, 해저와는 체인으로 연결되어 떠내려가지 않도록 고정되어 있다. 특히 야간용으로서 이용하는 것을 등부표라 하며, 부표의 색깔과 모양 및 밝기에 따라 부표 또는 등부표가 나타내는 뜻이 다르다. 유동형 부표는 또 어로용 어구나 달 등 물 속에 있는 물체의 위치를 나타내기 위해서 사용된다. 초기의 부표는 깃발 또는 등불 등을 이용하여 단순한 육안 식별만이 가능한 부유체 형태의 구조를 지녔으나 조류 및 기후 변화에 따른 분실이 빈번할 뿐만 아니라 부표의 위치 추적이 매우 어렵다는 사용상의 문제점을 지니고 있다.

\* 안양대학교 정보통신공학과 (whkwon@anyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-01-066, 접수일자 : 2011년 1월 26일, 최종논문접수일자 : 2011년 5월 13일

이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 90년대 초부터 beacon 무선 전파를 사용한 무선부표나 전파반사 부표가 사용되고 있다. 무선부표는 부표에서 발사하는 무선신호의 방향을 배에 있는 전파방향탐지기로 알아내며, 전파반사부표는 부표의 꼭지부분에 전파반사판을 장치하여 배에 있는 레이더에서 발사한 전파가 반사판에서 반사되어 오게 함으로써 그 위치를 알아내는 것이다. 이 방식 또한 위치 추적이 매우 어려워 분실/도난 방지가 어렵고 무선신호 송신에 따른 전력소모로 사용시간이 극히 짧다는 단점을 지닌다<sup>4,5)</sup>. 최근에는 GPS 위치정보와 CDMA 전송기술을 결합한 무선 부표도 발표되고 있으나 짧은 전지 수명과 고가의 장비 가격 및 좁은 동작범위 때문에 유동형 부표로는 부적합한 방식이다<sup>6,7)</sup>.

본 연구에서는 기존의 무선 부표시스템이 지니고 있는 여러 문제점을 해결하기 위하여 최적의 무선 부표용 송수신 프로토콜을 제안하였다. 제안한 방식을 활용하여 GPS 위치정보와 계속정보를 실시간으로 송수신할 수 있는 무선 추적기능이 탑재된 고성능 무선 부표 시스템을 개발하였다.

## II. 송수신 프로토콜 및 시스템 설계

원근해 및 원양어업에 사용되는 유동형 부표는 사용 특성상 넓은 동작범위와 정확한 위치 파악이 가능하여야 하며, 1개월 이상의 장시간 사용이 보장되어야 한다. 또한 타 선단 부표와의 구별이 가능하여야 하며, 경우에 따라서는 기상변화와 조류 속도 등의 주변 환경을 측정, 모선에 송신할 수 있어야 한다.

이러한 목적을 달성하기 위한 다양한 무선 부표들이 개발되어 왔으나 앞에서 언급한 요구 기능들을 모두 충족시킬 수 있는 제품은 아직까지 발표된 바가 없다. 표 1에 지금까지 개발된 부표 시스템의 특성들을 나타내었다.

본 연구에서는 원근해 어로용 부표의 요구기능들을 동시에 충족시킬 수 있게 하기 위하여 무선부표용 송

표 1. 부표 시스템의 발전과정

형태	사용거리 (km)	사용시간 (일)	중요 특성 및 문제점
Buoy	~5	-	육안식별,도난,분실
Radio Buoy	~50	~7일	저수명, 탐지어려움
Sel-Call Buoy	~50	~7일	위치정확도떨어짐
GPS Buoy <sup>4,5)</sup>	~100	~10일	저수명,정확도 15m
Cellular Buoy <sup>7)</sup>	~20	~7일	고속, 저수명, 정확도 10m

수신 프로토콜을 제안하고, 이를 활용한 시스템을 설계하였다.

### 2.1 무선부표용 송수신 신호 프로토콜

무선부표 시스템은 어로장비 등에 부착되는 무선부표(radio buoy)와 모선에서 여러 무선부표들을 호출하여 정보를 수신하고 이를 표시해주는 부표탐지기(buoy finder)로 구성된다.

그림 1은 무선부표용 송수신 신호 포맷을 나타낸다. 무선부표와 탐지기(finder)는 비동기 모드로 동작하며, 그림에 나타난 것처럼 전송신호는 프리앰블(preamble) 신호, 동기코드(sync code), 주소코드(address codeword) 및 메시지 코드(message codeword)로 구성되어 있다. 각 코드워드는 32 비트로 구성되며, 주소코드와 메시지코드를 합하여 프레임을 구성하고 동기코드와 8개의 프레임 신호들을 조합하여 배치(batch)를 구성한다. 형성된 배치 정보는 576 비트의 프리앰블 신호에 실어 송신하며, 송수신 트래픽에 따라 batch 수를 조정하여 사용한다.

수신기 및 시스템의 전력 소모를 최소화 하기 위하여 무선부표의 수신기는 대기모드(idle mode, stand-by mode)에서 62.5ms/1,062.5ms 의 ON/OFF 비율로 battery saving 을 하며 preamble 의 수신여부를 감지한다. 이때 프리앰블 패턴의 일부인 '010101'을 검출하면 전체 시스템을 동작시켜 자신의 호출번호 유무를 확인하고 자신의 번호가 호출될 경우 메시지 신호에 담겨진 정보를 수신한다(수신모드, receive mode).

부표탐지기는 표 2에 나타난 제어신호를 이용하여 무선부표를 원격제어하며, 무선부표는 수신된 데이터로부터 모선에서 송신한 각종 제어신호 및 request 신호를 분석한 후, 512/1200 bps의 속도로 원하는 정보를 모선으로 송신한다. 대기모드 시 시스템은 내부에 탑재되어있는 GPS 수신 시스템으로부터의 위치정보

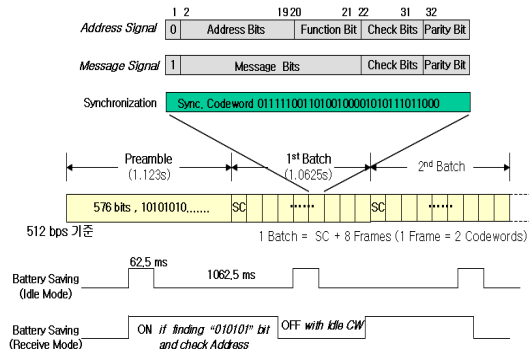


그림 1. 무선부표용 전송신호 포맷

표 2. 제어신호의 코드할당

Bits	사용용도	사용 예
2~5	송수신제어	0000 : SYS idle 1000 : Tx GPS data only
6~11	장치제어	00010 : LED Flash ON
12~21	센서제어	0010000100 : Tide ON

와 각종 센서(유속, 풍속, 온도, 탁도 등)들로부터의 계측정보들을 가공한 후 메모리에 저장하고, 모션으로부터의 request 신호에 따라 정보를 전송할 수 있도록 대기한다.

각각의 무선부표는 고유한 채널(송수신 주파수), ID(호출부호)를 부여받아 사용된다. 사용자는 무선부표의 관리 및 호출이 용이하도록 그룹별로 무선부표의 채널, ID 등을 등록하여 사용할 수 있다. 또한 주소 코드의 20,21 비트에 정의된 호출형태에 따라 다수의 무선부표(이론적으로는 219개)를 동시 호출하거나 일부 또는 단수의 무선부표를 선택적으로 호출할 수 있으며, 메시지 코드를 통하여 다양한 형태의 계측제어 데이터를 실시간으로 전송할 수 있다. 이러한 송수신 방식을 사용한 무선부표 시스템은 대부분의 시간을 대기상태에서 동작하므로 전력소모를 최적으로 줄일 수 있다는 장점을 지닌다.

표 3은 무선부표에 사용되는 무선 송수신 인터페이스 규격을 나타내었다. 송수신 신호변조는 회로가 간단하고 저전력 설계가 가능한 비동기 이진 FSK 방식을 사용하였다. ± 500 Hz의 주파수 편이를 활용하여 0 및 1 비트 데이터를 변조하며, 점유대역폭을 2.5kHz로 제한하여 주파수 사용효율을 높일 수 있도록 설계하였다.

표 3. 송수신 무선인터페이스 규격

구분	내용
전송속도	512/1200 bps
변복조방식	Binary FSK
전송코드	Paging code
사용주파수	27MHz
주파수편이	± 500 Hz
점유대역폭	2.5 KHz

2.2 저전력화 설계

원근해용 무선부표는 오랜 시간 동안 바다 가운데에서 동작되므로 저소모전력 송수신 프로토콜과 저전력 회로설계를 활용하여 장시간 사용이 가능하도록

설계하여야 한다.

본 논문에서 제안한 무선부표는 저전류 저전압회로를 사용하여 소모전류를 최소로 함으로써 전원수명을 최대로 할 수 있도록 하였다. 또한 최적의 송수신 프로토콜을 채택하여 대기모드에서 최대의 battery saving 이 가능하게 설계하여 불필요한 전력소모를 최소화할 수 있도록 하였다.

표 4에 5V 전압으로 동작하는 무선부표 시스템의 블록별 소모전력을 나타내었으며, 이러한 소모전력들을 이용하여 해양에서 주로 사용되는 24V 15 Ah의 배터리를 사용할 경우의 배터리 사용시간을 계산하였다.

식 (1)은 각 회로별 하루 동안 사용하는 소모전력(Ah/day)을 나타낸다. 식 (1)의 계산 결과들을 합하면 전체 소모전력을 구할 수 있으며, 식 (2)와 같다. 무선부표는 5V 동작 시 15 Ah를 갖는 N515524V battery pack을 사용하며, 식 (2)의 결과를 이용하여 전체 배터리 사용시간을 계산할 수 있으며 이는 식 (3)과 같다.

계산결과에서 볼 수 있는 것처럼 모든 장치들을 가동할 경우에도 68일 이상을 사용할 수 있어 7~10일의 사용시간을 갖는 기존 시스템들<sup>2-7)</sup>에 비해 매우 우수한 전지수명 특성을 지니고 있음을 알 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{수신부 } (5 \times 0.06 + 0.01 \times 0.94) \times 10^{-3} \times 24 \\
 & \text{GPS 부 } (15 \times 0.083 + 0.1 \times 0.917) \times 10^{-3} \times 24 \\
 & \text{제어부 } (20 \times 0.02 + 1 \times 0.98) \times 10^{-3} \times 24 \quad (1) \\
 & \text{송신부 } (1000 \times 5/1440 + 1 \times 1435/1440) \times 10^{-3} \times 24 \\
 & \text{센서부 } (30 \times 30/1440 + 1 \times 138/144) \times 10^{-3} \times 24
 \end{aligned}$$

$$\text{Total PWR Consumption} \approx 0.21888 \text{ Ah/D} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Battery Life} &= 15 \text{ Ah} / 0.21888 \text{ Ah/D} \\
 &\approx 68.53 \text{ days} \quad (3)
 \end{aligned}$$

표 4. 소모전력 및 동작조건

회로부	최대전류소모		동작조건 (5V, 1일기준)
	active	idle	
무선수신부	5 mA	0.01mA	62.5/1062.5 ON/OFF
GPS 부	15mA	0.1mA	120분 수신
제어부	20mA	1mA	0.5 시간 동작
무선송신부	1A	1mA	5 분 송신
센서부	30mA	1mA	30분 동작

### 2.3 시스템 Link Budget 설계

원근해용 무선부표는 동작 특성상 장거리 동작이 가능하여야 한다. 본 논문에서 구현한 무선부표는 27MHz CB(Citizens' Band) 대역을 사용하므로 900MHz 대역을 사용하는 기존의 무선부표에 비해 장거리 전송이 가능하다. 본 연구에서는 시판되는 안테나 중 해양환경에 적합한 M 사의 CB27GP 안테나 (이득 0 dBi)를 송수신 안테나로 사용하여 시스템을 구성하였으며, 동작거리 확보를 위한 송수신 링크를 설계한 후 필드테스트를 통하여 성능을 확인하였다.

일반적으로 안테나로부터 방사되는 등지향성유효출력 EIRP(Effective Isotropically Radiated Power)는 다음과 같다<sup>8)</sup>.

$$EIRP = P_t * G_a \tag{4}$$

여기에서  $P_t$  는 송신기 출력,  $G_a$  는 안테나 이득을 나타낸다. 본 연구에서 사용한 안테나는 방향성 이득을 갖는 다이폴 안테나이므로 실제 방사되는 유효방사전력 ERP (Effective Radiated Power)는 식 (5)와 같다.

$$ERP = EIRP + 2.15 \text{ dB} \tag{5}$$

송신증폭기의 RF 출력을 10 Watt로 설계하고, RF 신호의 안테나 결합효율을 50%로 가정하면 식 (4) 및 식 (5)로부터 유효방사전력은 9.14dBW(약 8.2W)임을 알 수 있다.

본 논문에서 송수신 변복조방식으로 사용하는 Noncoherent BPSK 의 한계수신전계강도는 전송속도를 512 bps로 가정하면 약  $5\mu\text{W/m}$ (14dB $\mu\text{W/m}$ )로 주어진다<sup>9)</sup>. 이 한계전계강도는 사용주파수를 고려하여 전력으로 환산할 수 있으며, 식 (6)에 결과를 나타내었다.

$$dBm = 20 \log \left( \frac{10^{\frac{dBu \text{ V/m}}{20}} \times 1.76168 \times 10^{-4}}{FREQ (MHz)} \right) \tag{6}$$

$$\approx -89.71 \text{ dBm} \quad (10^{-11.971} \text{ Watt})$$

실제 해양통신의 경우 파도 및 조류 등의 반사파에 의한 페이딩 현상, 기상조건 변화 등을 고려하여 최소 20 dB 이상의 전력을 보상해주어야만 수신 성능을 보장할 수 있다<sup>10)</sup>.

자유공간에서 송수신기 사이의 전력 전달은 식(7)의 Friis 전달공식으로 구할 수 있으며, 식 (8)로부터

최대 전송거리는 약 245km 이상임을 알 수 있다. 실제적인 경우, 전송거리는 해양에서의 다양한 기상 조건들을 반영하여야 하며, field test를 통하여 이를 검증하여야 한다.

$$P_R = EIRP \times G_R \times \frac{1}{(4\pi df/c)^2} \tag{7}$$

$$d = \frac{c}{4\pi f} \times \sqrt{\frac{ERP \times G_R}{P_R}}$$

$$= \frac{3 \times 10^8}{4\pi \times 27 \times 10^6} \sqrt{8.2 \times 10^9 \cdot 971} \tag{8}$$

$$\approx 245,004.9 \text{ m}$$

### III. 시스템 구성 및 시험

설계한 고성능 무선부표 시스템의 성능을 입증하기 위하여 회로를 제작하고 시험하였다. 표 5에 개발된 무선부표 시스템의 주요성능을 나타내었다. 동작주파수는 기존 해양통신시스템과의 호환성을 위하여 선박 통신에 사용되는 CB(Citizens' Band) 27MHz로 설정하여 필요시 선박에 장착된 안테나 등의 설비들을 활용할 수 있도록 설계하였다. 또한 GPS 수신기술을 이용하여 5 m 이내의 위치 추적 정확도를 갖으며, 최대 100 Km 이상의 통달거리를 갖도록 설계하였다. 아울러 최적 access protocol을 활용하여 전력소모를 최소화 하였으며, 다수의 무선부표를 동시 또는 선택적으로 제어 및 관리할 수 있도록 하였다.

그림 2에 본 연구에서 개발한 무선부표 시스템의 구성도를 나타내었다. 무선부표는 크게 무선 송수신부, GPS 및 센서수신부, 데이터 처리 및 시스템 제어부, 전원부 등으로 구성된다. 탐지기와의 송수신은 이진 FSK 방식을 이용하여 512/1200bps 속도로 통신하

표 5. 고성능 무선부표 시스템 성능

주요성능	단위	목표규격	개발결과 (5set 평균)
송수신주파수	Mhz	26.000~28.000	좌동
변조도	KHz	< 2.5	좌동
RF 출력	W	10	8.2WERP
서비스범위	km	> 100	120 이상
전원	V	24	12~24
전원수명	Day	60	73.6
GPS정밀도	m	5	좌동
무게	Kg	15	좌동
반경/높이	m	0.45/4.3	좌동

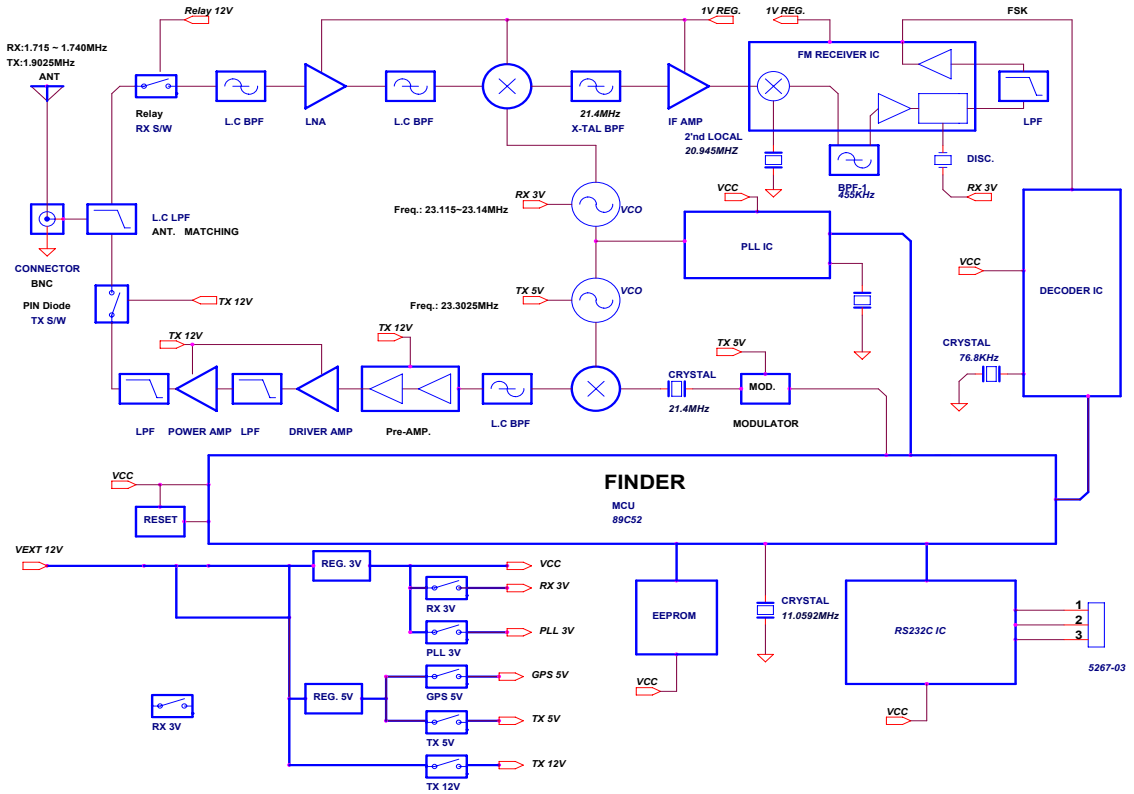


그림 2. 무선부표 시스템 구성도

며, 동작시간 및 여러 무선부표 상호간의 혼신 등을 방지하기 위하여 반 이중 통신 방식으로 동작된다. 장착된 GPS 모듈 및 센서들은 부표의 위치데이터 및 주변 환경정보들을 수집 저장하며, 모선박의 부표탐지기는 해당 부표를 호출 하여 수집 저장된 GPS 위치 데이터를 수신 받아 위치를 추적, 검출 한다.

그림 3은 부표탐지기의 S/W 흐름도이다. 부표탐지기는 노트북 컴퓨터 등에 연결하여 사용하며, 사용자가 손쉽게 사용할 수 있도록 그림 4에 나타낸 GUI(Graphic User Interface)를 개발하여 적용하였다. 선박에서 무선부표의 위치를 파악하려면 해당 부표의 Cap Code 및 호출 명령을 입력하고, 탐지기의 제어부는 제어 프로토콜에 따라 변조된 데이터를 출력하여 무선 송신부를 통하여 송신한다. 해당 무선부표는 주기적으로 모선으로부터의 송신신호를 탐색하고, 자기의 호출 Cap code 및 해당 명령이 수신되면 자신이 저장하고 있던 위치 및 계측 데이터를 가공한 후 무선 송신기를 통하여 모선으로 전송한다.

그림 5는 구현된 무선부표 회로이다. 무선 송수신기는 감도가 비교적 양호하고 및 구현이 용이한

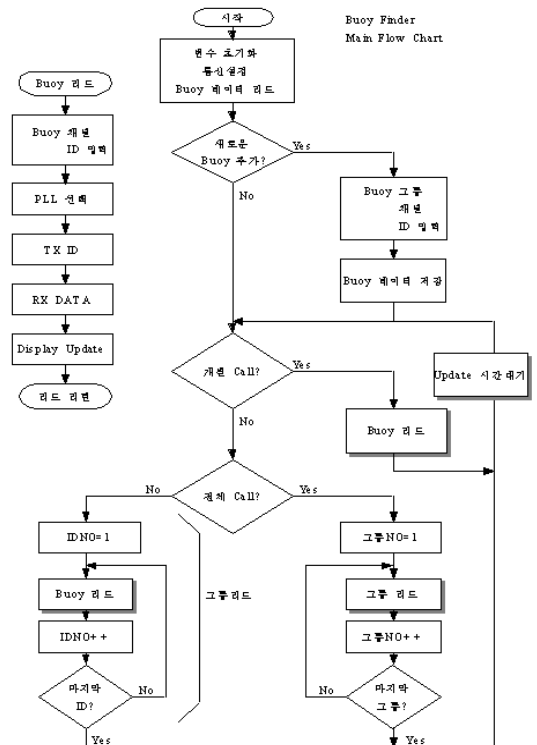


그림 3. 부표탐지기의 S/W 흐름도

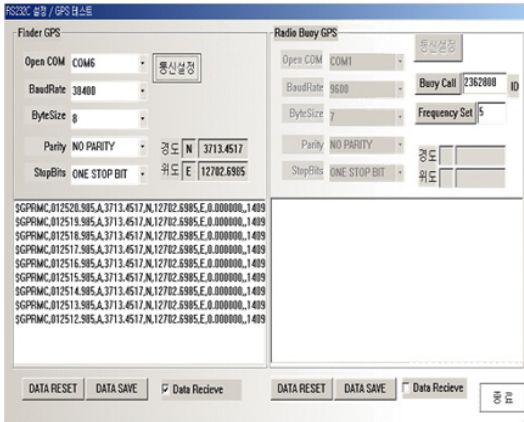
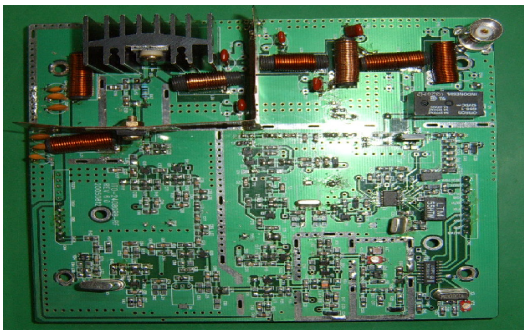
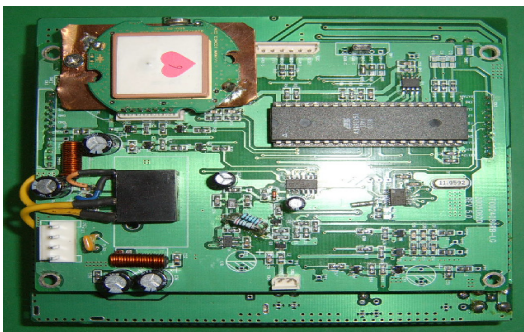


그림 4. 부표탐지기의 GUI 화면



(a) 무선부 회로



(b) 제어부 회로

그림 5. 무선 부표 PCB 회로

superheterodyne 방식으로 설계하였으며, 발진기는 주파수 변환 및 시장 적용을 쉽게 할 수 있도록 PLL VCO 방식으로 구현하였다. 또한 송수신 회로의 회로 구성 및 조립성을 높이기 위하여 두 장의 단면 PCB를 사용하였고, 기구물에 쉽게 장착/분리가 가능하도록 설계하였다. 무선부표는 온도변화가 심한 바다환경에서 사용되므로 사용 부품의 온도 신뢰성을 고려하여 내환경성으로 설계하였다.

Board test 결과 제작된 무선 송수신 회로는 512 bps 송수신 기준 -120 dBm 이상의 송수신 감도를 얻을 수 있었으며, 전력 증폭기의 출력은 약 10W 이상의 출력신호로 증폭 가능함을 알 수 있었다. 시스템 전원은 선박용 24 V DC 전원을 5V 로 변환하여 사용하였으며, 이때의 회로 소모 전력이 최소로 될 수 있도록 전원 절약형 회로설계기법을 사용하였다.

무선부표는 장시간 바다 위에서 동작하여야 하므로 기구물의 내충격성, 내화학적, 내절연성, 내환경성 및 우수한 열특성 등의 조건이 필수적으로 충족되어야 한다. 이러한 조건들을 만족시킬 수 있는 폴리카보네이트 수지를 활용하여 설계하였으며, 무선부표의 외형 디자인을 그림 6 에 나타내었다.

그림 7은 개발된 부표탐지기의 외형 사진이며, 그림 8은 개발된 무선부표 시스템이다.

본 논문에서 제안한 방식의 효용성 검증 및 성능 측정을 위하여 5 개의 시제품을 제작한 후 전원 수명 시험과 통달거리 측정을 위한 field test를 수행하였다. 전원수명 시험결과 약 73.6일 정도의 우수한 수명특

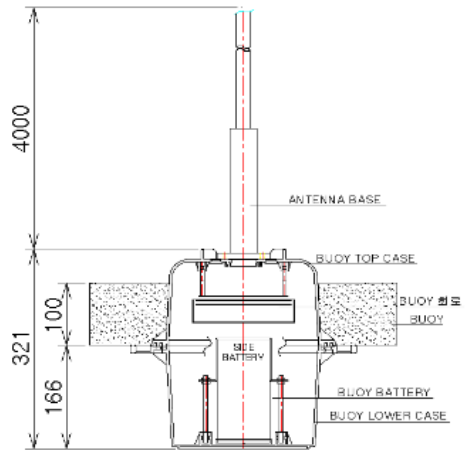


그림 6. 무선부표 기구 설계도



그림 7. 부표탐지기 외형사진

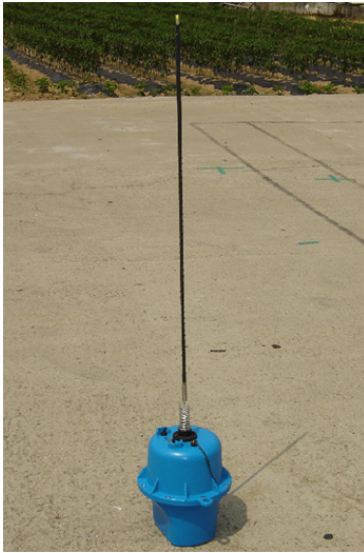


그림 8. 무선부표 사진

성을 지니고 있음을 확인하였다.

동작거리 측정을 위하여 우리나라 서해안을 중심으로 송수신 시험을 수행하였다. 측정지점은 접근이 용이하고 송수신 거리 확보가 가능한 간월도(N:36°37.13,E:126°23.23), 신진도(N:36°40.65,E:126°09.35), 변산내륙(N:35°44.55,E:126°37.19), 군산(N:35°58.93, E:126°32.25) 등의 4 개 지역을 선정하여 실험하였다. 시험결과, 간월도~군산간 74 km, 간월도~변산 110km, 신진도~변산 121km 등의 장거리 송수신이 모두 가능함을 확인할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 기존의 무선부표 제품이 지니고 있는 여러 문제점을 해결할 수 있는 고성능 무선부표 시스템을 개발하고 시험하였다. 이를 위하여 무선부표에 가장 적합한 송수신 프로토콜을 제안하였으며, 고성능 및 저전력화 회로설계를 통하여 우수한 특성의 무선부표시스템을 구현하였다.

또한 무선부표의 관리 및 호출이 용이하도록 다수의 무선부표를 동시 호출하거나 일부 또는 단수의 무선부표를 선택적으로 호출할 수 있도록 하였으며, 제어메시지를 통하여 모션에서 원격으로 무선부표들을 제어하여 다양한 형태의 계측제어가 가능하도록 하였다.

부표탐지기는 노트북 컴퓨터 등에 연결하여 사용자가 손쉽게 사용할 수 있도록 GUI로 구현하였으며, 해양환경에 적합한 기구설계를 적용하여 제품의 신뢰성

을 확보하였다.

개발된 무선 부표는 약 73.6일 이상의 사용시간을 갖고, 120 km 이상의 통달거리를 지녀 원근해 어로용 무선 부표로 매우 유용하게 사용될 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

- [1] David G. Itano, "Super Superseiner", SCTB15 Working Paper, University of Hawaii, 2002
- [2] Loren Li, "Progress Report #1", University of Victoria, Canada, May 2002
- [3] Loren Li, "Progress Report #2", University of Victoria, Canada, June 2002
- [4] Intellicheck Mobilisa Co. Ltd, "Wireless Buoy System," <http://www.intellicheck.com/projects/Buoy.aspx>, 2009
- [5] AXYS Technologies Inc., "HYDROLEVEL™ Water Elevation Monitoring Buoy," <http://www.axystechnologies.com/>, 2008
- [6] S. C. Mukhopadhyay and H. Leung, "Low Power Wireless Buoy Platform for Environmental Monitoring," Lecture Notes in Electrical Engineering, Vol.64, <http://www.springerlink.com/>, 2010
- [7] Irie, Hiroki, Mita, et.al, "Measurements System using Drifting Buoy with GPS and Cellular Modem of Tidal Current in an Inland Sea," Proceedings of the 2008 National Technical Meeting of The Institute of Navigation, San Diego, CA, January 2008
- [8] Joseph J. Carr, *Practical Antenna Handbook*, McGraw Hill, 2001
- [9] John G. Proakis, *Digital Communications*, McGraw Hill, 1995
- [10] G.R. Jessop, *VHF/UHF Manual*, Radio Society of Great Britain, 1987

권 원 현 (Won-hyun Kwon)

중신회원



1983년 연세대학교 전자공학과  
(공학사)

1990년 연세대학교 대학원 전  
자공학과(공학박사)

1985년 3월~1994년 2월 삼성  
전자 무선연구실

1994년 3월~현재 안양대학교  
정보통신공학과 교수

<관심분야> 이동통신 및 무선부품, 디지털방송기술  
및 표준화, 전파전파 등