

## 소형 무인 해양탐사선 개발에 관한 연구

김상철\*(제주대 대학원 기계공학과), 임종환(제주대 기계공학과), 강철웅(제주대 기계공학과)

### A Study on the Development of an Unmanned Marine probing Ship

S. C. Kim(Mech. Eng. Dept., Cheju Nat'l Univ.), J. H. Lim(Mech. Eng. Dept., Cheju Nat'l Univ.),  
C. W. Kang(Mech. Eng. Dept., Cheju Nat'l Univ.)

#### ABSTRACT

The paper presents a small, unmanned remote controlled probing ship that can reduce the cost for acquiring data of marine and coastal environments. The control system is composed of three microprocessors, one is for overall mission control, another for control of propulsion motors, and the other for sensor operation. For communication system, we adopt direct and indirect methods based on the wireless modem of commercial cellular telephone. The former is a direct communication between the modems of the ship and the server, and the latter is an indirect communication via internet between the ship and the server. The system is equipped with a digital compass and a GPS system for position estimation, and extended Kalman filter is used for the data association. The performance of the ship is demonstrated with the results produced by sets of experiments.

**Key Words** : Unmanned probing ship(무인 탐사선), Wireless communication(무선통신), Internet(인터넷), Extended Kalman filter(확장 칼만필터)

#### 1. 서론

현재 해양탐사는 광범위한 해양을 폭 넓고 정밀하게 탐사할 수 있는 대형 해양조사선, 해저 개발을 위한 자료 관측용 해중 유·무인 잠수경,<sup>1,2</sup> 세계의 기상 변동에 영향을 미치는 해양 기상정보를 수집하기 위한 계류식 bouy<sup>3</sup>를 이용하고 있으며, 선진 해양국가에서는 오래 전부터 이와 같은 해양 탐사시스템 개발에 많은 투자를 하고 있다. 국내에서도 해양수산개발원을 중심으로 하여 해양환경관측을 위한 수질 관측용 bouy<sup>4,5</sup> 시스템을 개발하였다. 날로 심각해져 가는 인근해의 해양오염을 감시 관찰하기 위해서는 실시간으로 인근해의 해양환경을 관측할 필요가 있으나, 대형 해양탐사선의 경우는 항해가 가능한 해역에서만 탐사가 가능하고 부대 경비가 과다한 문제가 있다. 또한 계류식 bouy에 의한 관측은 이동이 불가능하므로 다양한 해역의 실시간 관측이 어렵다는 단점이 있다. 따라서 본 연구에서는 일반적인 탐사선을 대신하여 손쉽게 연안의 상태를 조사할 수 있는 소형 무인탐사선을 개발하고자 한다.

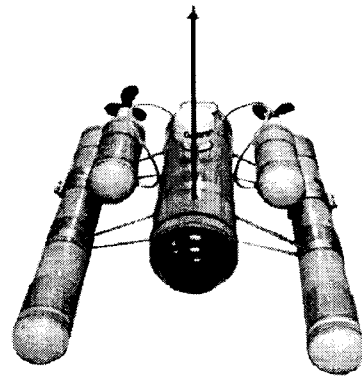


Fig. 1 Unmanned probing ship

이 시스템은 Fig.1과 같이 두 개의 스크류로 추진되며 무인항법을 위해 DGPS와 디지털 컴퍼스가 장착되어있다. 본 무인탐사선에서는 DGPS에 의한 위상항법과 디지털 컴퍼스에 의한 추측항법을 동시에 이용하는 방법을 채택하였다<sup>6,7</sup>. 무인탐사선과 지상 서버와의 통신은 무선 인터넷 망을 통하여 지상의

서버와 데이터 송수신을 하는 간접통신방식과 Fig.2와 같이 무선 통신망을 이용하여 탐사선과 지상서버의 1:1 통신 즉, 직접 통신 방식 등 두 가지 통신방식이 모두 가능하도록 설계하였다. 간접 통신은 주로 탐사선에서 수집된 각종 정보의 전송을 담당하며, 직접통신은 탐사 위치 등의 명령하달이나 비상시 받는 필요 시 원격 제어용으로 이용된다. 본 연구에서는 이와 같은 무인탐사선을 설계제작하고 심 해역 실험으로 성능 및 시스템의 신뢰성을 검증하였다.

## 2. 시스템구성

### 2.1 선체부

선체부는 거친 파도에도 전복되지 않게 하기 위하여 쌍동선 형태로 설계하였다. 본체에는 제어, 통신, 탐사 등을 위한 각종 회로 및 전원공급을 위한 배터리 등이 내장되어 있으며 이들이 부력 조절 역할도 동시에 수행한다. 본체 좌우에는 일정한 각도를 갖고 부력체 역할을 하는 부력체가 좌우 내경으로 연결되어 있다. 구동부는 본체와 완전 분리형으로 지상이동시 이동이 편리하게 설계하였고, 또한 전수와 선미 방향으로 이동이 가능하게 설계하여 선체의 부력중심을 맞추는데 용이하게 하였다. 무인 해양탐사선은 본체의 재질 및 부력체의 재질, 구동부의 재질등 대부분을 PVC(Poly Vinyl Chloride)로 구성하였다. 무인 해양탐사선의 재질은 강도와 무게, 구입 및 가공의 용이성, 방식성 등을 고려하여 PVC로 결정하였으며, 특히 본체의 재질은 무선통신에 있어서의 외란을 줄이기 위해 가급적 철재의 사용을 지양하였다. 본체 및 부력체, 구동부의 연결은 스테인레스 레미를 사용하였다.

### 2.2 시스템 제어부

제어부의 역할은 통신부로부터 명령을 수신하여 구동부를 적절하게 제어하거나, 수신되어지는 DGPS 신호 및 저장제 데이터를 획득하며 추후 이를 이용 자율항해가 가능하도록 하며, 얻어진 데이터를 송신부로 송신하는 역할을 한다. Fig. 2는 제어부의 구성도를 나타내며 주 제어기 하부에 모터 드라이버, 저장기센서, DGPS 수신기 그리고 무선 통신모듈이 연결되어 있다.

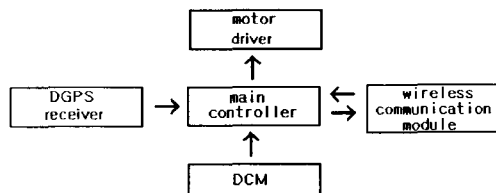


Fig. 2 Structure of the control system

주 제어기는 각종 명령처리 및 연산속도가 빠르고 신뢰성이 있는 80C196-KC 마이크로 프로세서를 채택하였고, 통신부는 무선 모뎀으로 구성되어 있으며 무인 해양탐사선 제어기와 지상 또는 모선의 서버와의 통신을 담당한다.

무인 해양탐사선의 동작을 지상서버에서 제어할 때 인터넷 망을 통한 경우 속도지연 문제가 발생하여 제어가 순조롭지 못한 경우를 대비하여 지상서버에 부착된 모뎀과 무인 해양탐사선 모뎀간의 직접 통신을 통하여 수행하도록 설계하였다. 또한, 무선 모뎀에서 송신된 데이터는 기존 통신망의 중계기와 인터넷망을 통하여 지상의 서버에 전달될 수 있으며, 원격 제어는 지상 서버로부터 반대 경로로 무인 해양탐사선에 명령을 전달할 수 있다. 무선모뎀은 기존 무선 통신망용 모뎀인 (주)anydata사의 DTS-1800을 이용하였고, 항해 중인 모형선의 실시간 방향정보를 얻기 위하여 (주)세바의 DCM(Digital Compass Module)를 사용하였다. DGPS 데이터는 Garmin 사의 DGPS-53 수신기를 이용하여 획득하였다.

### 2.3 구동부

구동부는 무인 해양탐사선을 추진시키고 방향을 조절하는 역할을 담당하는데 양반의 부력체에 부착되어 있는 구동부 내부에 DC 모터가 장착되어 있으며 이 모터 축이 외부로 노출되어 부착되어 있다. 따라서 무인 해양탐사선의 양측에서 두 개의 스쿠류가 동시에 작동하여 무인 해양탐사선을 추진시키며 양 스쿠류의 속도차에 따라 방향을 전환하는 구조로 되어 있다.

### 2.4 원격제어 및 모니터링 시스템

지상 서버부는 무인 해양탐사선과의 통신을 위한 통신부 및 제어부 그리고 데이터 및 무인 해양탐사선의 위치등을 감시하는 모니터링부로 구성되어 있다. Fig. 3은 원격제어 및 모니터링 시스템의 개념도를 나타낸다. 탐사선으로부터의 위치 데이터나 방

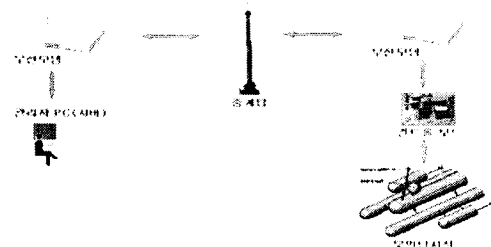


Fig. 3 Schematic diagram of the wireless control system( Mobile to Mobile )

위각 정보는 실시간으로 무선 통신방을 통해 Mobile to Mobile 방식으로 서버로 전송되어진다. Fig. 4는 서버의 모니터링 화면이다.

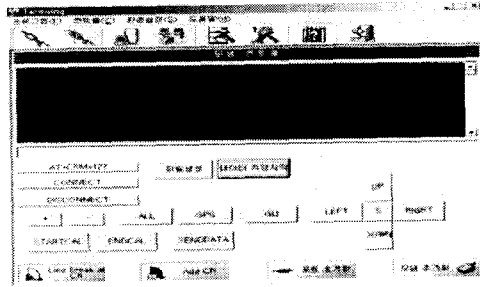


Fig. 4 Monitoring screen

### 3. 탐사선의 위치평가

#### 3.1 위치측정시스템

Table 1은 DGPS-53 수신기에 대한 사양이며, DGPS의 정확도를 평가하기 위하여 제주기상청 DGPS기준점(건교부 측량점)에서 측정한 WGS경위도 data의 평균 및 절대값, 표준편차를 Table 2에 나타내었다.

Table 1 Specification of DGPS 53

Frequency Range	283.5 - 325.0 kHz @0.5kHz
Data Rates	200/100/50/25 bps
Input	RS-232 or NMEA0183, 4800 baud
Output	RS-232 4800 baud

Table 2 Accuracy of DGPS-53 (unit : degree)

	Average	Absolute value	Standard deviation
Longitude	126.3147325	126.3147373	1.6624E-06
Latitude	33.30501348	33.30501526	3.92076E-06

Table 3 Specification of the Digital Compass Module

ITEM	VALUE
Resolution	1° (Repeatability: ±1°)
output	RS-232C (9600bps)
Response	4Hz
Standard deviation	±10° (on the sea)

향해 중인 모형선의 실시간 방향정보를 얻기 위하여 DCM(Digital Compass Module)을 사용하였으며, 그에 대한 사양과 측정치를 Table 3에 나타내었다.

#### 3.2 확장 칼만필터를 이용한 위치평가

부인탐사선의 위치는 탐사선의 속도와 DGPS 및 DCM의 정보로부터 평가한다. 이 세 가지 정보를 효과적으로 결합하기 위하여 확장 칼만 필터를 이용하였다.  $\lambda(k)$ 는 경도,  $\phi(k)$ 는 위도, 그리고  $\theta(k)$ 는 탐사선의 자세각으로 정의하면, 탐사선의 위치는  $x(k)=[\lambda(k), \phi(k), \theta(k)]^T$ 로 표현된다. 먼저 플랜트 모델을 구성하면 다음과 같다.

$$x(k+1) = f(x(k), u(k)) + v(k), \quad v(k) \sim N(0, Q(k)) \quad (1)$$

$f(x(k), u(k))$ 는 상태전이 함수이며,  $u(k)$ 는 제어 입력,  $v(k)$ 는 평균이 0이고 공분산이  $Q(k)$ 인 가우시안 잡음이다. 탐사선의 속도와 위도 경도 변화관계는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \dot{\lambda} &= \frac{V \sin \theta}{(R_e + h) \cos \phi} \\ \dot{\phi} &= \frac{V \cos \theta}{R_e + h} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \lambda(t + \Delta t) &= \lambda(t) + \dot{\lambda} \Delta t \\ \phi(t + \Delta t) &= \phi(t) + \dot{\phi} \Delta t \end{aligned}$$

여기서  $V$ 는 탐사선의 속도,  $R_e$ 는 지구반경,  $h$ 는 고도이며, 바다 표면을 향해하므로  $h=0$ 이 된다. 따라서 식(2)을 이용하여, 이산시간  $f(x(k), u(k))$ 를 구하면 다음과 같다.

$$f(x(k), u(k)) = \begin{bmatrix} \lambda(k) + \frac{d(k) \sin \theta}{R \cos \phi} \\ \phi(k) + \frac{d(k) \cos \theta}{R} \\ \theta(k) + \Delta \theta(k) \end{bmatrix}$$

여기서  $d(k)$ 는 시간  $k$ 에서의 이동거리로서  $V \Delta t$ 이다.

DGPS와 DCM의 측정모델은 다음과 같다.

$$z(k) = h(x(k)) + w(k), \quad w(k) \sim N(0, R(k)) \quad (3)$$

$w(k)$ 는 평균이 0이고 공분산이  $R(k)$ 인 가우시안 잡음이다. 또한  $h(x(k))$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$h(x(k)) = \begin{pmatrix} \lambda(k)_{GPS} \\ \phi(k)_{GPS} \\ \theta(k)_{IKM} \end{pmatrix} \quad (4)$$

이와 같이 정의된 플랜트 모델과 측정모델을 확장 칼만 필터 알고리즘에 적용하여 탐사선의 위치를 평가한다.<sup>10</sup>

### 3.3 위치평가 결과

Fig. 5와 6은 실제 바다에서 탐사선의 항해 실험

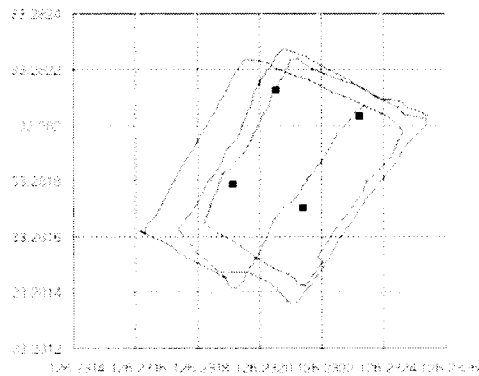


Fig. 5 Dead reckoning

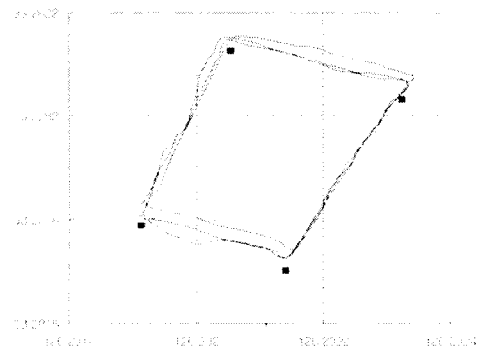


Fig. 6 Extended Kalman filter

을 한 결과이다. 실험은 4곳의 위치(그림에서 사각점)를 미리 설정한 다음 탐사선을 설정된 위치를 차례대로 통과시키는 방법으로 수행하였으며 총 이동거리는 1.050m 정도이다. Fig. 5는 추측항법만으로 운행한 결과로서 같은 지점을 통과 했음에도 불구하고 맹회 운행시 바다 오차가 크게 발생함을 알 수 있다. Fig. 6은 확장 칼만필터를 이용한 실험 결과로서 주행횟수가 증가함에도 불구하고 설정된 지점에 대해 누적오차가 변

생하지 않음을 알 수 있다.

## 4. 결론

본 연구에서는 해양의 각종 물리, 화학적 정보를 측정할 수 있는 부인 원격제어형 해양 탐사선을 개발하였다. 자율항해를 위한 위치 데이터 정보를 부실모델을 통하여 실시간으로 전송하는 시스템을 개발하였으며, 확장 칼만 필터를 이용한 위치 평가 방법을 제안하였다. 본 시스템은 특히 소형으로서 기존의 조사선이 접근하기 어려운 해역이나 인안에서 저렴한 비용으로 조사가 가능하리라 보며, 기존 무선 통신망을 이용하여 지상서버와 직접 통신 또는 인터넷망을 통한 통신 등 2가지 방법의 통신이 가능하여 상황에 따라 최적의 통신방법을 선택할 수 있다. 각종 데이터 및 부인 해양탐사선의 상태를 실시간으로 모니터링 할 수 있으며 탐사된 정보는 인터넷망을 통해 동시에 여러 곳에서 이용할 수 있다.

## 참고문헌

1. Tamaki, U., "Development of AUV PTEROA," International Advanced Robotics MBARI, pp.195-200., 1999.
2. Yuh, J., " Design and Control of Autonomous Underwater Robots," International J. of Autonomous Robots, Vol. 8, No. 1, pp. 7-24, 2000.
3. Ishida, A., Kasino, Y., Mitsudera, H. and Kadokura, T., " Mean Structure and variability of the Equatorial Pacific Subspace Countercurrent in the JAMSTEC High-resolution OGCM," JAMSTECR No.39, pp.117-137., 1999.
4. 안유환, "해양환경관측 및 개선을 위한 기반기술 연구," KORDI 2000 Annual Report, 2000.
5. 한국해양연구소, "광역 표층 해류관측을 위한 TG PS Buoy 시스템 운영지침서, 1995.
6. 박대선, "실시간 OS 를 이용한 GPS/DR 결합 부인 지상차량 항법시스템 개발", 건국대학교 전자·정보통신공학과 석사 학위 논문, 2001.
7. 박요섭, "다중 범 음향 측심 자료 처리를 위한 해석면 맵핑 시스템", 인하대학교 자동화 공학과 석사 학위 논문, 1996.
8. 한국해양연구소, DGPS운용을 위한 기반 구축, BSPE 98716-00-1158-2, 1998.
9. G. Siouris, Aerospace Avionics Systems - A Modern Synthesis Press, 1993.
10. Lim, J. H., Kang, C. U., " Grid-based Localization of a Mobile Robot using Sonar Sensors," KSMF Int. J., Vol. 6, No. 3, pp. 302-309, 2002.