

GPS를 활용한 누유 추적부이 시스템

이 종 무* · 홍 기 용* · 김 선 경*
(97년 6월 7일 접수)

An Oil Spill Tracking Buoy Using GPS

Chong-moo Lee* · Key-Yong Hong* · Sun-kyung Kim*

Key Words : 누유, 누유추적, GPS, 무선통신, Buoy

Abstract

An oil tracking system that monitors the spilt oil trajectory by using GPS was developed. The system consists of a tracking buoy deployed on the oil spilt area and an onshore(or onboard) monitoring station. The tracking buoy is equipped with GPS, signal converter, handy radio and battery while the monitoring station includes a station radio, signal converter, antennas and PC. The hull shape of buoy is designed to effectively simulate the spilt oil movement at sea surface. Radio sets for HAM are used as a data transmitter and a data receiving station, and signal converter is also for amateur use. A field experiment was conducted and it was shown that the integrated system is reliable and robust. The developed oil tracking system reveals relatively good performance at reasonable cost. In favorable environment the system may communicate in the distance more than 50km.

1. 서 론

본 연구에서는 해상에 유출된 기름의 이동경로를 원격으로 추적하기 위한 누유 추적부이 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 해수표면의 누유와 함께 이동하는 부이에 Global Positioning System(GPS)을 탑재하여 이동경로를 파악하고, 이를 무선 송수신기를 통하여 지상 또는 원거리 모선의 기지국으로 송신함으로써 원격으로 누유

의 확산경로를 추적하는 시스템이다.

추적부이의 형상은 누유추적 성능을 지배한다. Reed et al.¹⁾은 부이의 형상에 따른 추적성능을 비교한 바 있으며, Goodman et al.²⁾은 실험을 통해 다양한 부이들의 이동성능이 형태에 따라 커다란 차이가 있음을 보였다. 본 연구에서 개발된 추적부이는 해수표면의 흐름을 효과적으로 따를 수 있도록 낮은 흘수의 드로그를 갖는 형태로 설계되었다. 추적부이의 위치 인식에는 흔히

* 한국기계연구원

위성에 의한 GPS 신호가 사용된다³⁾. GPS를 이용하는 상용화된 추적부이로는 ARGOS 위성 Drifter⁴⁾가 잘 알려져 있으나, 본 연구에서는 상용 GPS와 무선 모뎀 및 송수신기를 결합하여 시스템을 구성함으로써 안정성 및 경제성을 향상시켰다. 또한 각 장치들을 연결하는 전원공급 장치와 무선 송수신 효율 증대를 위한 송신 안테나를 설계하였으며, 송신 안테나의 효율에 영향을 주는 부이의 안정성을 높이기 위해 부이 외곽에 원형관을 배치하였다.

다음의 Table 1에 추적부이의 주요 크기 및 중량을 나타내었다.

Table 1 Principal Dimensions of the Buoy

Main Cylinder Dia.	37 cm
Main Cylinder Height	57 cm
Support Ring Out Dia.	66 cm
Support Ring Dia.	9 cm
Wight	44.6 kg

개발된 시스템의 성능을 검증하기 위해 지상 기지국으로부터 약 20km 떨어진 해상에서 실험역 시험을 수행하였다. 시험결과 시스템은 안정적으로 위치신호를 송신하였으며, 부이의 파랑중 거동에 있어서도 만족할 만한 결과를 얻을 수 있었다. 또한 기지국에서의 수신정도를 고려해 볼 때, 보다 원거리에서도 위치 추적이 가능할 것으로 전망된다.

2. 시스템 개요

누유확산 추적부이는 해상에 유출된 기름의 이동을 원격으로 추적하기 위한 시스템으로 기본적으로 GPS에 의한 자기 위치 신호를 송신하여 선상 또는 연안의 기지국에서 이 신호를 수신하여 누유의 확산을 추적하는 시스템이다(Fig.1).

상용 GPS의 최대오차는 $\pm 100m$ 정도이며, Differential Global Positioning System (DGPS)을 구현하면 보다 높은 정도의 위치정보를 얻을 수 있으나, 유출유 추적의 목적으로는 GPS만으로도 충분한 것으로 판단된다. 기지국으로 위치신호를 송신하는 무선시스템은 새로 개발하는 것보다 상용화된 장치를 이용하는 것이 비용/효과 측면에

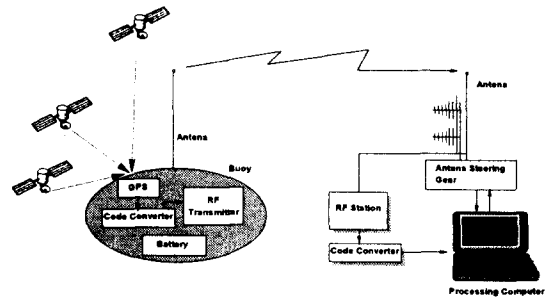


Fig. 1 Conceptual Diagram of the System

서 바람직한 것으로 판단되어 성능이 우수하고 경제적인 기존의 상용장치를 이용하였다.

부이는 배터리 및 송수신 장비가 장착되는 중앙실린더와 복원력을 증가시켜 안정성을 확보하는 원형관으로 구성된다. 중앙실린더와 원형관은 표면 조류에 대한 드로그 기능을 갖도록 설계된 직사각형의 판으로 연결되어 있다, 부이의 재료는 스테인레스 스틸을 이용하였다. 안테나의 경우, 흔히 사용되는 폴(Pole)형 안테나는 횡동요가 있을 때 빔패턴(Beam Pattern)의 특성상 기지국의 신호를 수신하지 못하는 경우가 빈번하기 때문에, 성능은 약간 떨어지나 전방향성의 빔패턴을 갖는 J-Pole 안테나를 사용하였다.

2.1 추적부이 시스템

개발된 추적부이 시스템은 GPS, 무선통신, 모뎀, 무선 송수신기, 전원제어 장치, 배터리 및 안테나로 구성된다. Photo 1은 추적 부이 내부에 장착된 시스템을 보여준다. 배터리는 중량당 에

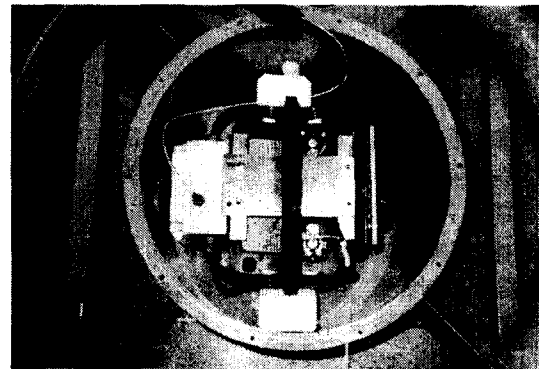


Photo 1 System Installed in the Track Buoy

GPS를 활용한 누유 추적부이 시스템

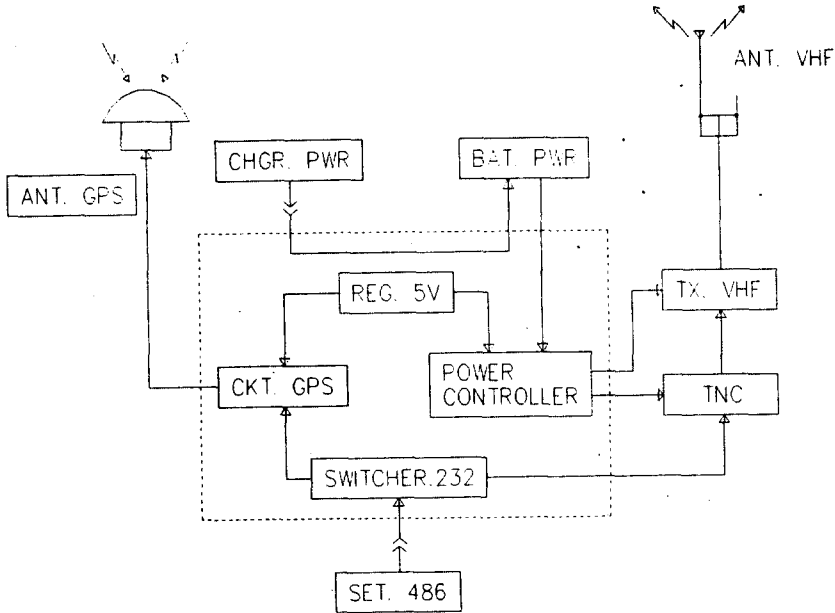


Fig.2 Tracking Buoy System Diagram

너지 밀도는 약간 낮은 편이나 유지보수 성능이 우수한 나선 셀 형(Spiral Cell Type)을 사용했으며, 각 셀들은 여섯 개의 실린더로 분리되어 있다. Photo 1의 중앙부분은 밧데리이며, 밧데리 좌측에는 GPS와 전원 제어부가 설치된 방수상자가, 우측에는 무선통신용 모델이 부착되어 있으며, 모델 우측에 송신용 무선기가 설치되어 있다. 밧데리 하단에는 실린더 내에서 밧데리가 외부의 파도 등에 의하여 흔들리지 않도록 실린더 벽과 밧데리 사이에 끼워 넣은 필러가 있다.

Fig. 2는 추적부이의 내부에 장착되는 시스템의 블록 다이어그램이다. 점선 안에 표시된 부분은 시스템 인테그레이션을 위한 회로와 GPS 모듈이 설치된 방수상자를 나타낸다.

2.1.1 GPS

GPS는 모토롤라의 ONCORE 시리즈의 VP 모델을 사용하였다. ONCORE 모델은 6개의 채널을 사용할 수 있으며 크기가 매우 작으므로 본 시스템에 적용하기가 용이하다⁵⁾. 이들 GPS 모듈은 위치뿐만 아니라 속도, 방위각, 인공위성 추적 상태 및 시간을 함께 표시한다. 본 연구에서는 'NMEA-0183' 포맷을 사용하였으며, 이것은 미국

의 해안경비대에서 해양에서 사용되는 장비의 직렬통신 포맷을 통일시키기 위해 제정한 것으로 ASCII 문자로 출력이 되므로 이용하기에 편리하다⁶⁾. GPS가 계속 새로운 위치정보를 확보하지 못할 경우에는 수신상태를 감시하는 소프트웨어를 구동시켜, GPS 모듈이 인공위성으로부터 수신하는 모든 GPS 위성의 궤도 정보, 시간 보정(Clock Correction), 대기 지연 인자(Atmospheric Delay Parameter)를 포함하는 자료인 'ALMANAC'을 회복시킨다. ALMANAC은 GPS가 작동을 시작할 때 인공위성의 추적이 빠른 시간내에 이루어지도록 기능하며, GPS 모듈 내에 있는 EEPROM에 기억된다. 또한, GPS 모듈이 작동하지 않는 동안에는 모듈 내에 지속적으로 저장되어 있지만, 자료로서 유효한 기간은 약 3일 정도이다.

2.1.2 무선통신 모델

무선통신모델은 GPS에서 출력된 NMEA-0183 포맷의 RS232 신호를 무선 송신기가 송신할 수 있는 전파신호로 변환하는 장치이다. 본 연구에서는 미국 Kantronics사의 KPC 모델을 사용하였다. 이 모델은 범용 컴퓨터의 RS232 포트에 물려서 사용할 수 있는 장치로서, 본래 아마

추어 무선용으로 상용화 되었으며, 전파를 통하여 네트워크를 이용할 수 있도록 하는 모뎀이다.

KPC 모델을 이용하여 전파를 송신할 경우, 전파관리법상 송신자의 ID를 밝혀야 하므로 이 모델은 송신자의 ID를 자동적으로 실어서 보내는 기능을 가지고 있다. 본 연구에서는 통신속도를 2400bps로 설정하여 실험역 시험을 수행하였다.

2.1.3 무선 송수신기

무선 송수신기는 GPS의 위치 신호를 실제 감시 중인 선박 또는 연안의 기지국으로 전파를 통해 송신하는 역할을 하는 주요 장치이다. 본 시스템에는 주파수 선택이 가능하며 마이크용 소형 커넥터가 부착된 워키토키형 모델을 사용하였다. 실험역 시험에서 송신출력은 5W, 송수신 주파수는 146.55 MHz를 사용하였다.

2.1.4 전원제어 시스템

전원제어 시스템은 본 연구에서 제작된 부분 중의 하나로 각각의 시스템 구성요소들을 하나의 시스템으로 연결해주는 역할을 한다. 밧데리에서 나온 전력을 각 시스템에 적합한 전압으로 바꾸어 공급하며, 외부에서 실린더 뚜껑을 열지않고 조작하도록 무선모뎀과 GPS의 통신 포트를 외부 커넥터에 연결하며, 신호가 혼선되지 않도록 하는 기능을 한다. 또한 외부의 커넥터가 연결되지 않은 상태에서 일정시간이 지나면 자동적으로 모든 시스템의 전원을 차단하도록 릴레이와 콘덴서를 이용하여 회로를 구성하였다. 해상에서 지속적으로 작동시키기 위해서 점퍼 커넥터를 연결하여 계속 전원이 공급되도록 하였다. 외부의 통신 포트는 앞서 언급한 바와 같이 무선통신 모뎀의 특성을 작동 전에 Transparent Mode로 변환시키는 장치로, 송신자의 ID를 입력할 수 있으며 외부 커넥터를 통해 내부의 밧데리를 충전시킬 수도 있다.

2.1.5 밧데리

밧데리는 추적부이 시스템의 주전원 역할을 한다. 시스템의 작동 인터벌, 송신 출력, 밧데리 용량에 의해 유출유 추적부이 시스템의 지속적인 작동기간이 결정된다. 본 연구에서는 지속적인

작동기간을 약 일주일로 가정하여 시스템을 구성하였다. 시스템의 작동 인터벌은 GPS의 추적간격 즉 GPS의 출력 시간간격에 의해 결정된다. 유출유 추적부이의 경우, 짧은 간격으로 위치를 나타낼 필요는 없다. 예를들어, 유출유가 표면류와 바람에 의해 약 3 knot의 속도 즉, 시간당 약 5,400m를 이동하고, GPS가 1초 간격으로 위치를 나타내면 1.5m 간격으로 이동경로를 나타내는 셈이 된다. 상용 GPS의 오차는 최대 $\pm 100m$ 이므로, 오차 범위 내의 거리간격으로 위치를 나타내기 위해서는 15초 내외의 데이터 송수신으로 충분함을 알 수 있다.

본 시스템에서 사용된 밧데리는 미국 The Gatos Corporation의 나선 셀(Spiral Cell) 형 밧데리로 기존 밧데리와는 달리 전극이 마치 전해 콘덴서 전극처럼 나선으로 말려있는 구조로 되어 있다. 이 밧데리는 완전방전 상태에서도 복구 가능하며, 충격에 강하고, 저온에서도 작동성능이 우수하며, 수명이 긴 것이 특징이다. 사용된 밧데리의 총용량은 56AH 이며 중량은 27kg 이다.

2.1.6 안테나

일반적으로 가장 많이 사용되는 안테나는 막대형인 GP(Ground Pole) 안테나이다. 해상에서

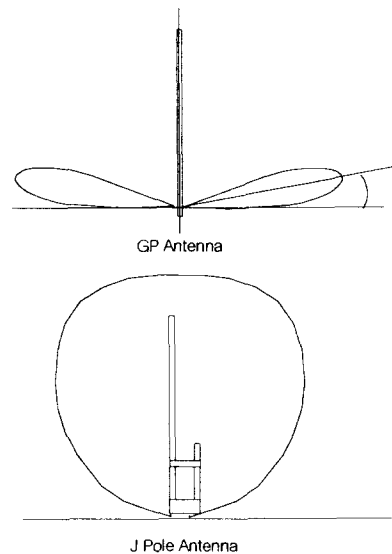


Fig.3 Beam Patterns of Antenna

부이가 파랑에 의해 횡요동을 할 때에는 수신상태가 불량하며 이것은 GP안테나가 갖는 빔패턴의 특성 때문으로 알려져 있다. Fig. 3은 GP안테나와 본 연구에 사용된 J-Pole 안테나 빔패턴의 차이를 보여주고 있다.

GP 안테나의 경우, 안테나가 기울면 빔패턴이 수평면과 이루는 각도가 커지거나 수평면 아래로 내려가 기지국에서 신호를 수신하지 못하는 경우가 발생한다. 그러나, J-Pole 안테나는 빔패턴이 전 방향성이므로 안테나가 기울더라도 기지국에서 신호를 받지 못하는 경우가 생기지 않는다.

주 안테나의 길이는 $5/8\lambda$ 로 계산되며, 전파주파수의 파장 λ 는 식 (2.1)과 같이 정의된다.

$$\lambda = c / f_D \quad (2.1)$$

여기서, c , f_D 는 각각 전파속도(3×10^8 m/sec)와 주파수를 나타낸다. 본 연구에 사용된 주파수는 146.55MHz이므로 식 (2.1)에 의하면 안테나 길이를 계산하면 1.3m가 된다. 그러나 더 낮은 주파수에서도 사용할 수 있도록 계산치보다 크게 설계하였다.

2.2 기지국

기지국의 수신기는 부이에 탑재된 수신기와 동일한 기종을 사용하였다. 무선통신 모뎀을 통해 컴퓨터의 직렬통신 포트에 연결하여 추적부이의 위치 신호를 일반적인 직렬통신 프로그램 또는 파일로 만들기 위한 소프트웨어로 연결될 수 있도록 설계하였다. 송신뿐 아니라 수신에도 안테나의 역할이 중요하므로 수신 안테나는 추적부이의 활동범위를 최대한 넓힐 수 있도록 설계하였다.

안테나는 GP 안테나 한대와 일곱 개의 스택을 갖는 Yagi 안테나 한쌍으로 구성하였다. 먼저 전 방향성인 GP 안테나로 추적부이의 위치를 파악하고, 협지향성이지만 이득이 높은 Yagi 안테나를 조향하여 추적부이를 원거리까지 추적가능하도록 시스템을 구성하였다. 이러한 시스템을 완전하게 구성하기 위해서는 기지국에도 별도의 GPS가 있어 추적부이와의 상대적인 방향을 알

수 있어야 한다. 이런 경우, 기지국이 연안에 위치하는 고정된 지점이라면 GPS의 위치 오차를 줄일 수 있는 DGPS 시스템을 구현할 수도 있다. 실시간 DGPS 시스템인 경우 양방향의 통신이 필요하지만, 후처리의 경우라면 인공위성 수신상태를 고정시키는 방법으로 위치 오차가 적은 자료를 얻을 수 있다.

3. 실험역 시험

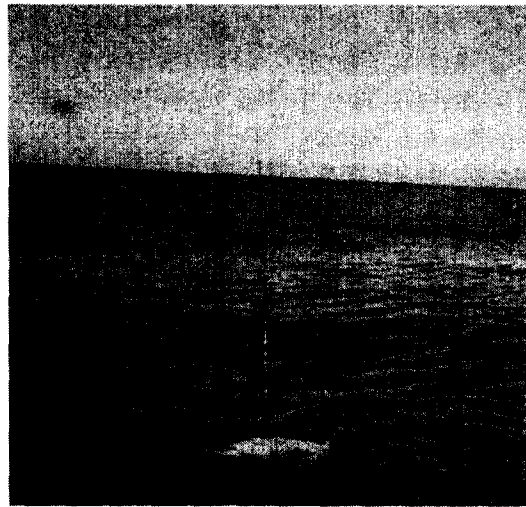


Photo 2 Oil Tracker Deployed for Sea Test

본 시스템의 실험역 시험은 1996년 12월 전라남도 영광의 원자력 발전소 앞 바다에서 실시하였다. 기지국(북위 $35^{\circ} 24.3409'$, 동경 $126^{\circ} 24.3497'$)은 방파제 위에 설치하여 운영하였고, 추적부이는 7톤 가량의 어선을 이용해 기지국으로부터 약 20km 떨어진 장소에 설치하였다. 실험에서는 부이의 움직임을 관찰하고 송수신 장치의 성능 검증 및 GPS 자료취득을 실시하였으며, 유속계와 풍향계를 사용하여 해상조건을 계속하였다. 부이의 이동은 2차례에 걸쳐 각각 1시간 30분간 추적되었다. Photo 2는 해상에 투입된 추적부이의 모습을 보여준다. Table 2-3은 각각 실험역에서 계속된 풍속과 유속이다.

이득이 없는 안테나를 사용하여 직접파를 수

신하는 경우 전파의 도달거리에 관한 식은 다음과 같다.

$$D \approx 4.14(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (km)$$

여기서 h_1 과 h_2 는 각각 송신 측의 지상고(지상 또는 해수면으로부터 급전부까지의 높이)를 나타낸다. 이번 시험의 경우 송신 측 즉 추적부의 지상고는 약 1미터이고 기지국의 지상고는 약 15미터 정도이었다. 이 수치로 위의 식에 의해 도달거리를 계산해 보면 약 20km정도가 나온다는 것을 알 수 있다. 우리의 시험치도 이 정도의 거리에서 행해 졌는데 위의 식은 안테나의 이득이 없는 경우이므로 송신 측과 수신 측의 이득이 비교적 높은 우리 시스템의 경우에는 수신 측의 전계강도가 상당히 높게 측정되어 50~60km 이상 떨어진 거리에서도 추적이 가능하리라고 생각되었으나 기상의 악화로 그 정도의 거리에서는 시험을 수행하지는 못했다.

Table 2 Measured Direction and Speed of Local Current

Time	Direction	Current (m/sec)	Time	Direction	Current (m/sec)
10:49	360 °	0.96	13:25	260 °	1.41
11:10	340 °	1.06	13:45	270 °	1.24
11:30	320 °	1.08	14:00	270 °	0.99
11:54	270 °	1.42	14:30	245 °	1.21
			14:48	270 °	1.06

Table 5 Measured Direction and Speed of Wind

Time	Direction	Wind (m/sec)	Time	Direction	Wind (m/sec)
10:45	E	3.4	13:21	E	3.7
11:04	E	3.7	13:42	ENE	3.1
11:25	NE	3.9	14:00	NE	2.5
11:50	NE	4.8	14:23	NNE	3.7
			14:37	NNE	3.3

추적부 시스템은 안정되게 잘 작동했으며 파도가 높지 않아 심한 횡요동은 관찰되지 않았

다. 시험 목적이므로 시스템의 문제가 생기는 경우 이 신호의 상태를 수시로 점검할 수 있도록 GPS의 수신 간격은 15초로 설정하고 시험하였다.

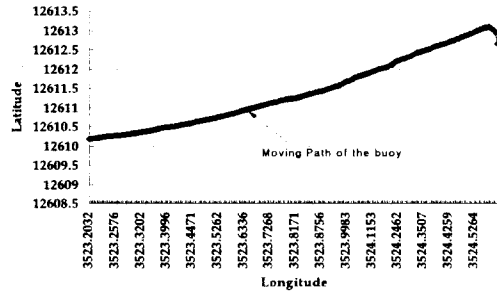


Fig.4 Trajectory of Oil Tracker for the First Trial

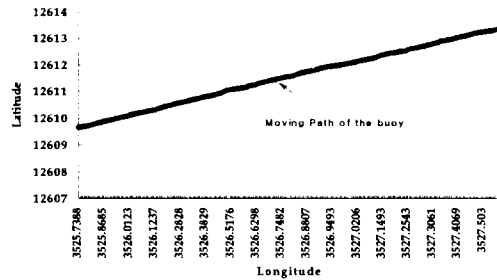


Fig. 5 Trajectory of Oil Tracker for the Second Trial

부이의 운동 및 전파교란으로 인한 손실 데이터의 비율은 10% 미만으로 나타났다. Fig.4-5는 각각 1차 및 2차 시도 동안에 추적 부이로부터 송신된 GPS 자료에 기초하여 얻어진 추적부이의 경로이다. 부이의 이동이 시간에 대해 비교적 선형적으로 이루어짐을 볼 수 있으며, 이동 방향은 북동쪽임을 알 수 있다. 1차이동은 11시10분55초에 북위 35° 23.2019', 동경 126° 10.1767' 에서 출발하여, 12시21분25초에 북위 35° 24.2032', 동경 126° 12.1247' 에 도달하였으며, 직선거리로 3,435 m 를 이동하였다. 2차이동은 13시17분44초에 북위 35° 25.7388', 동경 126° 9.6533' 에서

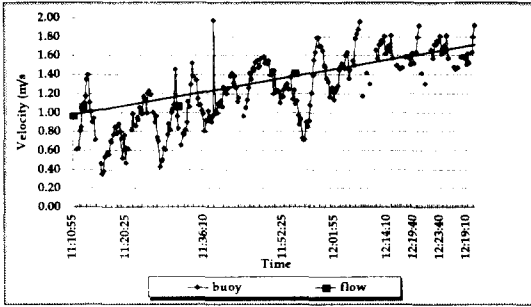


Fig. 6 Moving Velocity of Buoy for the First Trial

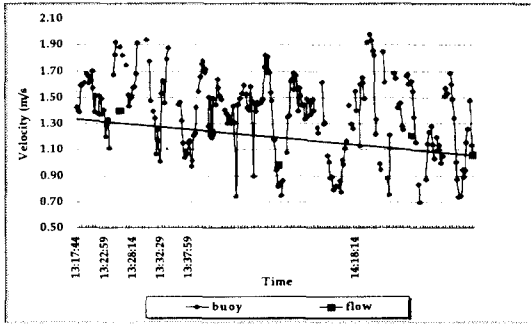


Fig. 7 Moving Velocity of Buoy for the Second Trial

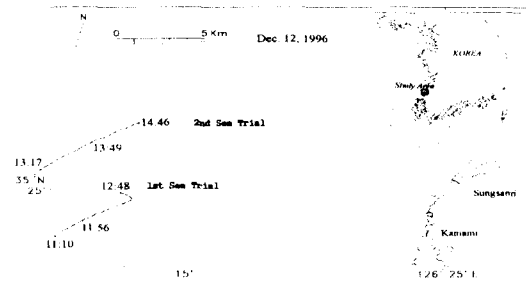


Fig. 8 Geographic Location of Buoy Field Test

출발하여, 14시46분14초에 북위 $35^{\circ} 27.5262'$, 동경 $126^{\circ} 13.3450'$ 에 도달하였으며, 직선거리로 6,084 m 를 이동하였다. Fig.6-7에는 GPS 자료에 따른 부이의 순간유속과 계측된 조류의 속도가 함께 보여주며, 직선은 계측치의 선형회귀선을 나타낸다. 선형회귀선의 기울기는 1차시도는 창조시이고 2차시도는 낙조시임을 보여준다. GPS

에 포함된 인위적인 오차에 기인하여 부이의 이동속도가 불규칙적으로 나타나고 있으나, 평균치는 선형회귀선에 근사함을 알 수 있다. 1차와 2차 이동시의 유속분포가 유사하고 계측 경과시간이 거의 같음에도 불구하고, 2차시기의 부이 이동거리가 1차시기에 비해 현저히 긴 것은 1차 이동에서는 부이의 이동경로가 상대적으로 곡선의 형태로 나타나기 때문이다. Fig.8은 실험해역이 실시된 해역의 위치를 보여준다.

4. 결론

본 연구에서는 비교적 수월한 방법으로 누유 추적 부이 시스템을 구성하여 실험해역 시험을 수행하였다. 안테나의 설계에 역점을 두어 기존의 부이 시스템에서 보였던 송신 데이터의 유실을 감소시킬 수 있었다. 본 연구에서 개발한 시스템은 근본적으로 GPS 신호로써 위치를 추적하는 시스템이므로 누유 추적 뿐만 아니라 다른 목적을 갖는 시스템에서도 수월하게 활용될 수 있으리라 기대된다.

후 기

본 연구는 과학기술처에서 시행한 특정연구개발사업의 일환으로 수행되었음을 밝히는 바이다.

참고문헌

- 1) Reed, M., C. Turner, M. Spaulding, and D. Dorson, Evaluation of surface drifters for satellite tracking of oil on the sea. *Proc. of the Tenth Arctic Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar*, Environment Canada, Ottawa, Canada, 1987
- 2) Goodman, R. H., D. Simecek-Beatty, D. Hodgins, Tracking buoys for oil spills. *Proc. of the 1995 International Oil Spill Conference*. Long Beach, U.S.A, 1995
- 3) Costanzo, D., Trimble/ORION GPS oil spill tracking buoy initial field trials. *Proc. of*

- the Seventeenth Arctic Marine Oil Spill Program (AMOP) Technical Seminar*, Environment Canada, Ottawa, Canada, 1994.
- 4) Simecek-Beatty, D., Tracking of oil spills by ARGOS-satellite drifters: A comparison. *Proc. of the Second Thematic Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments*, New Orleans, U.S.A, 1994.
- 5) Motorola, *GPS Receiver Technical Reference Manual*, 1993
- 6) NMEA, *NMEA0183 Standard for Interfacing Marine Electronics Device Ver 2.00*, 1992