

◆ 특집 ◆ UUV(수중로봇) 기술

## ROV (원격조종 수중로봇)의 소개와 ROV 해미래의 운동 제어 및 신호 처리

### Introduction to ROV and Motion Control & Signal Processing for ROV (Remotely Operated Vehicle) Hemire

최현택<sup>1,✉</sup>, 김기훈<sup>1</sup>, 이판목<sup>1</sup>, 이종무<sup>1</sup>, 전봉환<sup>1</sup>  
Hyun-Taek Choi<sup>1,✉</sup>, Kihun Kim<sup>1</sup>, Pan-Mook Lee<sup>1</sup>, Chong-Moo Lee<sup>1</sup> and Bong-Huan Jun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국해양연구원 해양시스템연구부 (Korea Ocean Research & Development Institute, Ocean Engineering Research Department)

✉ Corresponding author: htchoi@moeri.re.kr, Tel: 042-868-7563

Key Words: Deep-sea Exploration (심해 탐사), Remotely Operated Vehicle (원격 조종 수중로봇), Control System (제어 시스템), Data Fusion System (데이터 융합 시스템)

#### 1. 서론

지구 표면의 3분의 2 이상에 해당하는 바다는 인간에게 매우 친숙한 환경이라고 생각되지만 깊은 바다, 특히 3,000m 이상의 심해는 거의 탐사가 되지 않은 미지의 지역이다. 최근 이 미개척지에 관심이 집중되고 있다. 인류가 가지고 있는 식량, 자원, 에너지 등 여러 가지 문제의 해법을 찾을 수 있을 것이라는 막연한 기대가 작은 결과로 가시화되고 있기 때문이다. 심해저 망간단괴, 열수광상, 심해생물, 해저 메탄수화물 등 심해 연구의 구체적인 목적과 발전 가능성이 알려지면서 국내에서도 심해 탐사의 필요성이 제기되었다. 그동안 심해에 대한 연구와 투자를 꾸준히 지속해온 외국에 비해 우리나라는 3면이 바다인 여건에도 불구하고 심해 연구와 이를 위한 여건은 초기 단계에 머물러 있다.

무엇보다도 심해 연구를 위해서는 다양한 첨단 탐사 장비와 지원 장비가 필요하다. 그 중 가장 기본 장비인 심해 ROV(Remotely Operated Vehicle, 원격조종 수중로봇)는 심해 연구를 수행하기 위한 필수 불가결한 요소이다. 첨단 심해 탐사 기술은

군사 기술로 바로 이전이 가능하기 때문에 외국에서도 기술을 쉽게 개방하지 않고 있으며, 심해 연구가 진행되어감에 따라 필요한 장비는 연구의 목적, 방향, 환경 여건에 종속된 것으로 어떤 시스템이 필요한지 예측하기 어렵기 때문에 독자적인 심해 탐사 장비 설계 및 개발 기술의 보유가 심해 탐사의 성과와 직결된다고 할 수 있다.

한국해양연구원, 해양시스템안전연구소는 국토해양부의 지원으로 6,000m 미터까지 탐사가 가능한 차세대 심해용 ROV의 개발 연구를 2001년부터 2010년까지 9년에 걸쳐 수행 중에 있다. 해미래와 해누리로 명명된 심해 ROV는 지난 2006년 가을에 동해와 태평양의 심해를 시범 탐사함으로써 성공적으로 성능 검증을 하였고 현재 운영 기술과 심해 환경 샘플링을 위한 부가 장비의 개발을 수행 중에 있다.<sup>1</sup>

본 논문에서는 심해 ROV의 일반적인 특징과 국내의 개발 동향에 대하여 간략히 설명한다. 이어서 세계에서 4번째로 독자 개발 기술을 확보하여 개발한 심해 ROV, 해미래와 해누리를 소개하고, 2006년과 2007년의 동해와 태평양 탐사 결과를 기술한다.<sup>2</sup> 여기서 효율적인 탐사 작업이 가능

하도록 설계된 운동 제어 시스템과 센서 데이터 필터링 및 융합 시스템을 탐사에서 얻은 데이터를 통하여 보다 구체적으로 기술하자 한다.

## 2. 심해 ROV 개발

### 2.1 심해 ROV 의 소개

ROV 는 모선에서 원격 조종에 의하여 수중 작업을 수행하는 수중 로봇이다. 일반적으로 케이블로 전원을 공급하며 통신을 통하여 수중 영상을 볼 수 있으며 이를 통해 ROV 를 제어하게 된다. ROV 는 각종 수중 센서와 로봇팔을 장착하고 과학 탐사(영상, 샘플 수집 등)로부터 유전 탐사, 수중 구조물 조사 및 난파선 조사까지 다양한 작업을 수행한다.

최초의 ROV 은 1953 년 드미트리 레비코프가 제작한 것으로 케이블이 연결된 ROV 푸들이다. 1966 년에 비행기 사고로 해저에 분실한 원자폭탄을 회수하고 1968 년 침몰한 구소련 잠수함을 찾아 인양하면서 심해 탐사장비와 잠수정 기술이 급속히 발전하였다. 중동전쟁의 여파로 촉발된 석유판공을 겪으면서 70 년대말부터 연근해의 해저 유전이 개발되었으며, 이와 더불어 해저작업이 가능한 상업용 ROV 개발이 이루어지기 시작하였다. 80 년대에는 컴퓨터 기술 발전에 힘입어 ROV 의 기능이 다양화되었다.

미국을 비롯하여 프랑스, 영국, 캐나다, 일본, 러시아, 이태리, 중국 등이 ROV 를 개발하기 시작하였으며, 최근에는 심해를 탐사하는 다양한 형태의 심해용 ROV 가 선보였다.

미국 우즈홀 해양연구소(WHOI)는 90 년대 초반에 6 천미터를 탐사할 수 있는 심해 ROV Jason 과 Medea 를 개발한 이후에 2002 년에 6 천 5 백미터 수심을 탐사할 수 있는 Jason II 를 개발하였다. 일본해양연구센터(JAMSTEC)는 마리아나 해구를 조사할 목적으로 1997 년에 1 만 1 천미터 수심을 탐사할 수 있는 심해 ROV Kaiko 를 개발하였다. 한편, 프랑스 해양연구소는 1997 년에 6 천미터급 작업용 ROV Vitor6000 을 개발하였다

우리나라는 선진해양국에 비하여 ROV 개발에 늦게 뛰어 들었다. 하지만 세계최고의 선박건조기술을 바탕으로 해양장비기술과 ROV 기술을 꾸준히 발전시키고 있다. 국내에서 ROV 는 1993 년에 한국해양연구원이 해저탐사를 위한 CROV300 을 개발한 후, 서울대(SNU-ROV), 대원기전(선저청소

로봇), 한국해양대(KMU-ROV), 부산대(PROV), 인하대(ISRO), 원자력연구소(원자로내부 검사로봇)에서 수행되고 있으며, 축적된 기술을 바탕으로 한국해양연구원과 대양전기공업이 6,000m 까지 탐사할 수 있는 ROV, 해미래의 개발에 성공하였다.

### 2.2 해미래와 해누비

심해 ROV 는 Fig. 1 에서 보는 바와 같이 모선인 온누리호와 해미래, 해누비로 구성된다. 해미래는 탐사와 작업을 담당하고, 해누비는 해미래와 모선 사이에서 모선의 케이블 영향으로 인하여 운동에 제약을 받지 않고, 모선의 해상 상태에 따른 영향을 전달하지 않도록 완충 역할을 한다. 케이블은 최대 8,500m 까지 사용이 가능하다.

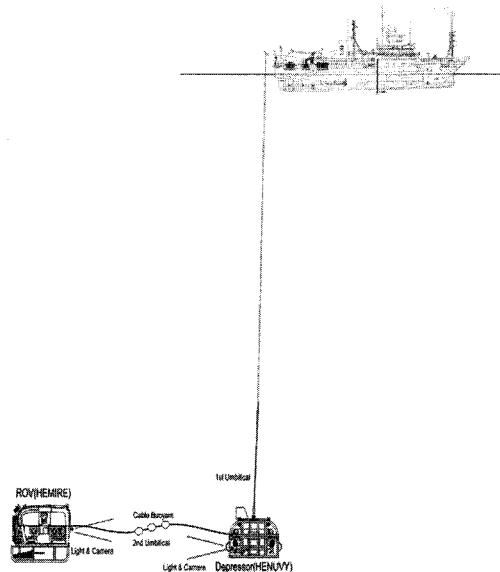


Fig. 1 Operational Concept of Hemire & Henuvy

해미래와 해누비는 모선인 온누리호에서 원격 조종된다. 이를 위해 온누리호에는 컨테이너로 제작된 선상 제어실과 전원실이 장착된다. 또한 케이블을 보관하고 관리하는 트랙션 윈치와 드럼이 장착되어 있다. 해미래는 전용 크레인으로 진수/인양되며, 해누비는 모선에 장착된 A-프레임에 의하여 진수/인양된다.

다목적 탐사장비로 설계된 해미래는 2 개의 원격 조종 로봇팔, 전방탐지 소나와 8 개의 비디오카메라를 장착하고 있다(Fig. 2). 해미래와 해누비의 주요 사양은 Table 1 를 참고한다.

### 2.3 시범 탐사

2001 년에 시작한 해미래와 해누비 제작은 2005 년 12 월에 완성되었고 2006 년 2 월에 거제도 장목의 한국해양연구원 남해연구소로 이동되어 실험 해역 시범 탐사를 준비하였다.

2006 년 4 월과 10 월에 동해 울릉 분지 2,000m 수심 해역(36°30'N, 130°27'E)에서 해미래의 시험 탐사를 수행하였다. 4 월의 첫 시험에서 1,065m 수심까지 잠수하였으며, 10 월 시험에서는 2,026m 의 동해 해저면에 도착을 하였다.

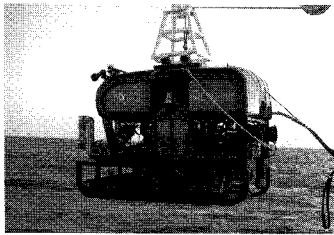


Fig. 2 Photo of the ROV, Hemire

Table 1 Specification of Hemire & Henuvy

	Hemire	Henuvy
Length	3.3 m	2.6 m
Width	1.8 m	1.2 m
Height	2.2 m	1.34 m
Weight (in air)	3,667 kg	1,117 kg
Velocity	1.5kts(Forward/Backward), 1.0kts(Vertical/Lateral)	-
Depth	6000 m	6000 m
payload	200 kg	-
Power	40 kW	10 kW
Equipments	7 DOF Manipulators (2), Thrusters (6), Video Camera (8), Forward Looking Sonar, Responder, Beacon, CTD, IMU, DVL	Side Scan Sonar, Thrusters (2), Video Camera(2), USBL, Range Sonar, Altimeter, Pressure sensor

이때 다양한 센서와 로봇팔 등의 기능 시험과 해저면에 상징적인 표식을 설치하였다.

동해 시험에 이어 해미래는 2006 년 11 월에 서태평양 필리핀해 (20°34'N, 130°40'E)에서 5,770m 의 해저면을 성공적으로 탐사하였다.

성공적인 성능 검증 이후, 2007 년과 2008 년 가을에 계속 동해 시범 탐사를 수행하며 심해 ROV 의 운영 기술과 탐사 기술, 그리고 탐사를 위한 부가 장비를 개발하고 있다.

### 3. 해미래 운동 조종 시스템

해미래는 조이스틱과 화면 GUI 에 의하여 제어가 이루어지며, 수동 운영 모드와 자동 제어 모드를 선택할 수 있다. 모든 운영자의 입력은 하나의 실시간 쓰레드에 의해 다루어진다. 즉, 실시간 쓰레드는 자동 제어 모드와 수동 운영 모드에 관계없이 조이스틱, 제어기, 화면의 GUI 에서 발생한 입력을 합하여 일정한 시간주기로 추진기에 전달한다. 실시간 제어는 MS Windows 에서 실시간 커널인 RTX(Real Time eXtension)를 이용하였으며, 제어 주기는 1 초이다. OOP(Object Oriented Programming)기법에 의한 설계로 새로운 알고리즘의 적용도 유연하게 이루어질 수 있다.

#### 3.1 수동 운영 모드

해미래는 2 개의 조이스틱을 사용하며, 각각 수직 추진기와 전후/좌우 추진기를 제어한다. 조이스틱의 명령은 추진기의 RPM 명령이다. 잠수와 부상 수직 추진기를 직접 제어하여 조작하며, 왼쪽의 조이스틱은 조작 후 자동 복원 기능이 없기 때문에 반드시 운영자가 조작을 하여야 한다. 운영자가 직관적으로 수직 추진기를 멈출 수 있도록 조이스틱의 0 점에서 ±100 의 구간을 사구간(dead-zone)으로 설정하였다. 오른쪽의 조이스틱은 조이스틱의 움직임에 따라 발생하는 명령을 모두 합하여 전후, 좌우, 회전 명령으로 전송한다.

#### 3.2 자동 제어 모드

심해 ROV 의 심해 탐사는 일반적으로 장시간이 소요되며, 운영자의 피로도가 매우 높다. 또한 시계가 불량한 3 차원 환경을 2 차원 화면에 의존하여 제어하기 때문에 많은 어려움이 있다. 이러한 여건을 개선하기 위한 방법 중에 자동 제어 모드를 설정하는 방법이 있다. 자동 제어 모드는 운영자를 보조하여 보다 쉽고 안전하게 ROV 를 제어할 수 있도록 돕는다. 자동 모드는 자동 심도 제어와 자동 선수각 제어로 구분된다. 현재 구현된 자동 제어 모드는 제어 성능의 평가보다는 운영자의 편의성과 작업의 효율성을 위한 기능 및 신뢰성에 중점을 두었다.

##### 3.2.1 자동 심도 제어

자동 심도 제어는 ROV 를 특정 심도에서 유지하는 기능과 이 상태에서 추진기의 RPM 명령이

아닌 심도 명령으로 정밀한 심도를 유지하면서 목표 심도로 이동할 수 있는 기능이 있다. 안전을 위한 “자동 심도 제어 모드 전환 제한” 기능은 추진기 명령이 0, 즉  $\pm 100$  안에 있지 않으면 제어 명령의 큰 불연속으로 인한 위험을 방지하기 위해 자동 모드로 전환되지 않으며, 자동 제어 모드에서 추진기 명령이  $\pm 100$  을 기준으로 자동 심도 제어 모드와 수동 운영 모드를 자동 전환하는 “자동 심도 제어 모드 전환” 기능이 있다.

자동 제어 알고리즘은 심도 제어의 경우, PD+feedforward 를 사용하였다. 심해 ROV 에 약간의 양성 부력이 있기 때문에 정상 상태 오차를 발생한다. 이를 제거하기 위해서는 반드시 적분 제어기가 필요하다. 그러나 이득 설정 어려움과 integral wind-up 문제 발생에 따른 위험을 줄이기 위해 사용하지 않았다. 비록 어느 정도의 정상 상태의 오차가 발생하지만 심해 ROV 가 해저면에 안착했을 경우 적분 제어기가 발생할 수 있는 매우 심각한 문제를 예방할 수 있다.

Fig. 3 를 보면 약 17,000 초까지 수동 운영 방법에 의해 잠수를 하다가 자동 심도 제어 모드로 전환하여 심도 명령을 증가시키는 방법으로 잠수를 진행하였다. 적분 제어기가 없기 때문에 어느 정도의 정상 상태 오차가 보임을 할 수 있다. 다시 부상하여 장소를 이동한 후 다시 잠수를 시작하여 약 19,000 초에서 자동 심도 제어 모드로 전환을 하였으며, 약 20,000 초에서 해저면에 안착하였다. 그 후 다시 부상하였다가 약 24,000 초에 다시 해저면에 안착하였다.

### 3.2.2 자동 선수각 제어

자동 선수각 제어는 특정 선수각을 유지하는 상태에서 전후 좌우의 이동이 가능하며, 이 상태에서 목표 선수각으로 회전이 가능하다. 선수각 제어를 시작하는 순간의 선수각이 목표 선수각이 되며, 제어 알고리즘에 의해 이 선수각을 유지하게 된다. 따라서 이 상태에서는 전후, 좌우 명령은 추가로 조이스틱에 의해 인가 할 수 있으나 선수각에 변동을 주는 회전 명령은 작동하지 않는다. 이때 선수각은 화면의 GUI 에 의해 좌우로 5 도씩 회전이 가능하다. 이 기능을 이용하여 손의 미세 조종 없이 쉽게 선수각 조종이 가능하다. 만약 지정이 어려운 선수각으로 회전을 하여야 한다면, 오른쪽 조이스틱의 버튼을 눌러 선수각 제어 모드를 일시 해제하고, 수동 운영 모드로 선수각을 조

종한 후에 자동 선수각 제어 모드로 복귀한다. 화면의 GUI 에서 전후 또는 좌우 추진기에 일정한 RPM 명령을 인가하도록 하는 기능이 있다. 진수 인양시 일정한 방향으로 추진기를 구동하여야 하는 경우이나, 조류가 있는 지역에서의 작업등을 보조할 수 있는 기능이다.

선수각 제어의 경우, PD 제어기를 사용하였다. 따라서 일정한 방향으로 선수각을 움직이는 외력이 있다면 정상 상태 오차의 발생이 불가피하다.

Fig. 4 는 선수각 제어 결과를 나타낸 것으로 약 17,000 초 이후에 자동 선수각 제어 모드로 전환하여 일정한 선수각을 유지하고 있음을 알 수 있다. 약 18,200 초에 자동 선수각 제어 모드를 일시 중지했다가 다시 자동 모드로 전환하였으며, 약 18,750 초 이후에는 해미래 선체에 외력이 일정하게 작용하여 정상 상태 오차를 보임을 알 수 있다.

심해에서의 부력과 해미래의 수중 동특성에 대한 연구와 경험으로 보다 정교한 제어기의 설계가 요구되며 이는 궁극적으로 작업의 효율과 안전에 기여할 것으로 예상된다.

한편 궤적 추종 제어 등의 기능을 확보하기 위해 다음 절에서 설명하는 센서 데이터 처리 및 융합 기술이 확보되어야 한다.

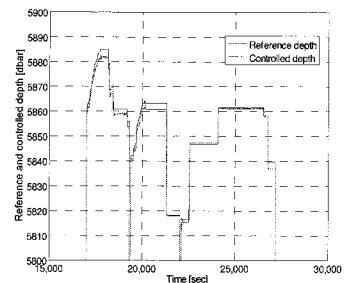


Fig. 3 Result of depth control for Hemire(Pacific Ocean)

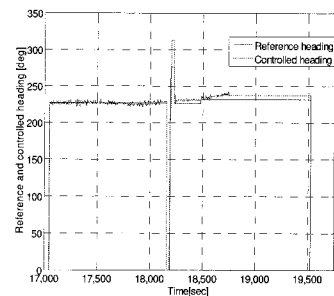


Fig. 4 Result of Heading control for Hemire(Pacific Ocean)

## 4. 데이터 필터링 및 융합 시스템

### 4.1 데이터 필터링

초단기선 수중음향 센서를 사용하여 심해 ROV의 위치를 추적할 경우, 각종 잡음이나 미약한 신호로 인해 실제 심해 ROV의 위치가 아니면서 과도한 편차를 발생하는 경우가 있는데 이를 과도 특이점(Outlier)이라고 한다. 본 논문에서는 이러한 과도 특이점을 효과적으로 제거하기 위한 알고리즘으로 강인 스무딩 알고리즘<sup>3-5</sup>을 적용하였다.

해미래의 위치 추적 결과와 같은 분산형 데이터에 과도 특이점이 포함되어 있는 경우, 스무딩(smoothing) 결과는 큰 편차를 발생한 쪽으로 왜곡되어 나타날 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 강인 스무딩 알고리즘을 도입하면, 과도 특이점에 의한 영향을 거의 받지 않으면서 스무딩을 수행할 수 있다.

Fig. 5는 2007년 동해 실향역 탐사에서 초단기선 센서를 사용하여 측정한 해미래와 해누비의 경도, 위도 값에 과도 특이점 제거 알고리즘을 적용한 결과이다. Fig. 5(a)는 알고리즘 적용 전으로 해누비의 관측값에서 과도 특이점이 나타난다. (b)는 알고리즘 적용 후의 결과로 과도 특이점이 효과적으로 제거되었음을 확인할 수 있다.

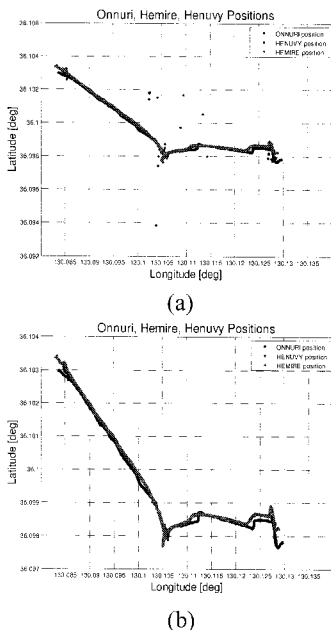


Fig. 5 Outlier rejection results for longitude and latitude data

### 4.2 데이터 융합

해미래와 해누비의 항법 정보를 추정하기 위한 다중 센서 융합 알고리즘을 사용하였다. 수중에서 심해 ROV의 위치를 추적하기 위해서는 초단기선, 장기선, 고도계, 심도계 등의 다양한 항법 센서 정보를 통합하여 사용하게 된다. 여러 가지 센서로부터 취득된 센서 데이터를 다중센서융합 알고리즘을 통하여 융합함으로써 하나의 센서로부터 추정된 위치 정밀도보다 더 향상된 정밀도를 구현하고자 하는 것이 데이터 융합의 목적이다.

본 논문에서는 일정 구간의 데이터 구간에 대해 오차 분산에 관한 함수를 정의하고 가중치를 부여하는 방법을 통하여 비교적 간단하면서 유용한 융합 알고리즘을 유도하였으며, 융합 알고리즘의 성능 검증을 위하여 2007년 10월 말에 수행한 동해 실향역 시험 데이터를 이용하였다.

#### 4.2.1 센서 융합 알고리즘

일반적인 센서 충실도 기반의 다중센서 융합 알고리즘을 변형하여 다음과 같은 국부 영역의 센서 충실도를 반영한 다중 센서 융합 알고리즘을 제안하였다.

$$\hat{x} = \omega_1(k)P(k)P_1(k)^{-1}\hat{x}_1 + \omega_2(k)P(k)P_2(k)^{-1}\hat{x}_2 \quad (1)$$

$$P^{-1} = P_1^{-1} + P_2^{-1} \quad (2)$$

$$\omega_1(k) + \omega_2(k) = 1 \quad (3)$$

$$\omega_1(k) = \frac{P_2(k)}{P_1(k) + P_2(k)}, \quad \omega_2(k) = \frac{P_1(k)}{P_1(k) + P_2(k)} \quad (4)$$

식 (1)에서  $x_1$ 과  $x_2$ 는 센서 1과 센서 2로부터 추정된 각 센서의 추정치이다. 두 개의 센서의 정보를 융합하기 위하여 국부 분산인  $P_1$ 과  $P_2$ 를 각각 계산하고 이로부터 각 센서의 충실도를 계산한다. 센서의 충실도가 좋다는 것은 국부 분산치가 작다는 것으로 서로 반비례 관계에 있다. 이와 같이 국부 구간에 대하여 분산을 계산하는 이유는 센서의 특성 또는 운용 조건에 따라서 국부 구간에 따라 분산치가 바뀔 수 있기 때문이다. 이는 센서의 작동 상태를 나타내는 값으로 국부 구간에 대하여 계산하고 대표성을 부여하는 것이 적당하다.  $P$ 는 식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

다중 센서 융합 알고리즘에 센서의 충실도 혹은 안정 상태에 따라 가중치를 부여하기 위하여 식 (3), (4)와 같이 가중치인  $\omega_1$  과  $\omega_2$  를 계산하여 최종 추정치에 기여도를 결정할 수 있다.

**4.2.2 센서 융합 알고리즘 성능 분석**

본 논문에서 제안한 센서의 충실도를 고려한 센서융합 알고리즘의 유용성을 보이기 위해 다양한 필터링 기법과 본 논문에서 제안한 방법을 비교 분석하였다.<sup>6</sup>

과도 잡음이 너무 빈번하게 발생하면 강인 필터링 알고리즘을 사용하더라도 참값을 추정하기가 어려워진다. 따라서 안정적인 센서의 정보를 융합할 필요가 있다. 하나의 예로서 본 논문에서는 수중에서 안정적인 심도 정보를 제공하는 심도계 정보를 융합하여 고도 정보를 안정적으로 추정하였다. 고도 정보와 심도 정보는 그 물리적인 의미는 다르지만 두 센서 모두 동일한 운동체에 탑재되어 있기 때문에 동일한 변화량을 가져야 한다.

Fig. 6은 동해 실험역 시험에서 취득한 심도 데이터로 전 구간에 걸쳐 안정적인 정보가 제공되고 있음을 확인할 수 있다.

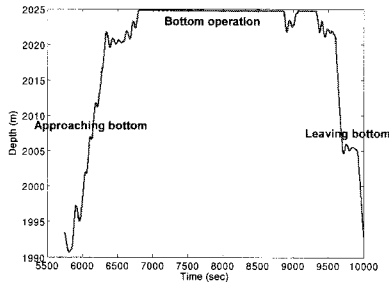


Fig. 6 Measured depth information with the stable pressure sensor

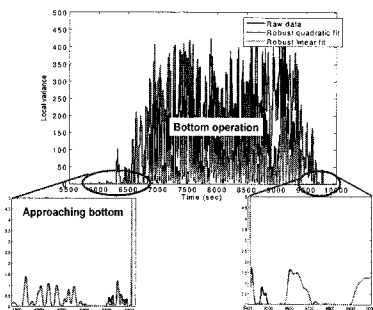


Fig. 7 Local variance for the measured altitude information

Fig. 7은 고도계 계측치에 대한 국부 분산을 계산한 그래프이다. 해저면 근처에서 잠수와 부상 때의 고도 정밀도가 좋은 영역에서는 압력계와 비슷하거나 더 나은 센서 충실도를 보이는 반면에 바닥면에서는 과도한 국부 분산 값을 보이는 것을 확인할 수 있다. 이는 바닥면에서는 고도계의 계측치를 거의 믿을 수 없음을 의미한다.

Fig. 8은 다중 센서 융합 알고리즘의 효용성을 보여주기 위하여 고도계 관측치와 추정치를 겹쳐서 그린 것이다. 거의 사용이 불가능한 것으로 보이는 영역에서도 해당 센서를 다른 센서 정보와 융합함으로써 정확한 고도의 추정이 가능하다는 것을 확인할 수 있다.

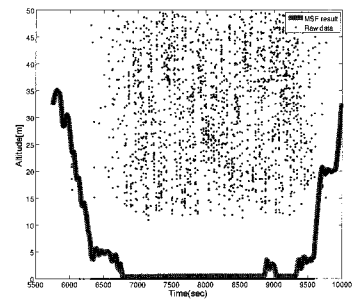


Fig. 8 Comparison between the measured altitude data and the multi-sensor fusion algorithm result

**5. 결론**

이 논문에서는 세계에서 4 번째로 독자 개발된 심해 ROV 해미래와 해누리를 소개하고, 운동 제어 시스템과 데이터 필터링과 융합 기법에 대하여 설명하였다.

광통신 시스템에 의하여 원격 조종되는 6 개의 추진기는 운영자의 작업 효율과 안전성 확보를 위해 자동 심도 및 선수각 제어 기능을 포함하고 있으며, 태평양 시험 탐사의 결과를 이용하여 기능을 분석하였다.

또한 실용적인 다중 센서 융합 알고리즘을 소개하고, 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 해미래 시스템이 동해 실험역 시험에서 계측한 센서 정보에 다양한 필터링 기법과 다중 센서 융합 알고리즘을 적용하여 그 성능을 비교 분석하였다.

향후에는 고도뿐 아니라 심해 ROV의 6 자유도 위치 정보에 대하여 다중 센서 융합 알고리즘을 적용하여 보다 우수한 성능의 센서 정보를 확보하

고 이를 기반으로 제어와 항법 기술을 향상 시킬 계획이다.

## 후 기

본 논문은 한국해양연구원이 국토해양부의 지원으로 수행중인 “차세대 심해용 무인잠수정 개발” 과제 연구결과의 일부임을 밝히는 바이다.

## 참고문헌

1. Lee, P. M., “Next Generation Deep-sea ROV Development 1<sup>st</sup> stage final report,” KORDI (UCM01240-07035), 2007.
2. Lee, P., Jun, B., Kim, K., Choi, H., Li, J., Lee, C., Ryu, S., Baek, H., Hong, S., Lim, Y., Kim, D., Cho, S., Park, D., Gu, B., Lee, J., Jung, H., Yoon, S., Park, C., Choi, M. and Seo, Y., “Sea Trials and Experimental Results of the Deep-sea Unmanned Underwater Vehicles, Hemire and Henuvy,” Underwater Technology and Workshop on Scientific Use of Submarine Cables and Related Technologies, pp. 276-284, 2007.
3. Cleveland, W. S., “Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatter plots,” Journal of the American Statistical Association, Vol. 74, pp. 829-836, 1979.
4. Chambers, J., Cleveland, W. S., Kleiner, B. and Tukey, P., “Graphical Methods for Data Analysis,” Duxbury Press, 1983.
5. Orfanidis, S. J., “Introduction to Signal Processing,” Prentice-Hall, 1996.
6. Kim, D., Kim, K., Lee, P., Cho, S. and Park, Y., “Multiple Sensor Fusion Algorithm for Estimating Altitude of Deep-sea ROV Hemire,” International Journal of Maritime Information and Communication Science, Vol. 12, No. 7, pp. 1202-1208, 2008.