

# 수중 무인항체를 위한 Vision/INS 통합 항법

† 박 슬기 · 조 득재 · 박 상현\*

†,\*한국해양연구원 해양시스템안전연구소


**요 약 :** 수중 무인항체(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)를 고정밀, 고위험 임무수행 분야에 이용하기 위해서는 연속적이고 정확한 항법정보를 제공하는 기술이 반드시 필요하다. 특히, 최근에는 항공분야에서 국내외적으로 연속적이고 정확한 항법정보를 제공하기 위하여 여러가지 센서를 결합한 통합 항법시스템에 관한 연구가 활발하며, GPS나 음향장치를 관성센서와 통합하는 방법이 대표적이다. 하지만 수중 무인항체에 경우는 해수면 노출로 인한 탐사시간 장기화와 음향장치 설치 및 회수의 한계로 인하여 GPS나 음향장치 이외에 센서를 이용한 통합 항법시스템의 필요성이 커지고 있다.

본 논문에서는 자율성이 높으면서, 적은 비용으로 설치가 가능한 영상센서를 이용하여 항법성능을 효과적으로 증대시키는 Vision/INS 통합 항법을 제안한다. 제안한 통합 항법알고리즘은 외부표정요소 직접결정기법을 이용하여 영상 데이터로부터 항체의 위치와 자세를 추정하고, 추정된 결과를 INS의 추정치와 비교한다. 그리고 추정한 위치와 자세오차를 입력으로 칼만필터를 구동하도록 설계하였다. 모의실험을 통해 제안한 방법의 유효성을 확인하였다.

**핵심용어 :** 수중 무인항체, 영상센서, INS, 통합 항법시스템

## 서론


**연구 배경**



**연구 목적**

- 자율 항법을 위해서는 **정위와 자세 정보** 획득 필요
- GNSS 센서를 사용하지 않고 **INS 오차를 보정할 수 있는 방법** 필요
- 특정 센서를 이용한 통합 항법 시스템

원성의 신호가 수중까지 도달하지 못함



- ✓ 고정밀, 고위험 임무수행 분야에 이용
- ✓ 연속적이고 정확한 항법정보를 제공
- ✓ 복합센서 통합 항법 시스템 요구

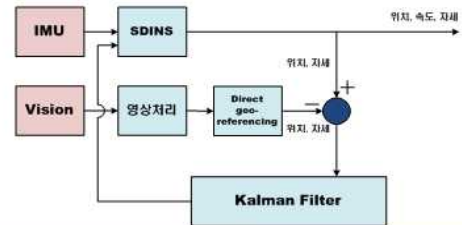
2010년 양해방안과의 주체기술대학

1

KORDI KORDI Research Center

## 수중 무인항체를 위한 Vision/INS 통합 항법

- **Vision/INS 통합 항법 시스템**
  - 연속적이고 이산화한 영상데이터를 이용하여 위치정보 획득
    - **direct geo-referencing**을 이용하여 영상의 특징점의 위치 계산
    - **Corner detection**과 **Feature matching**을 이용

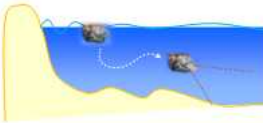


2010년 양해방안과의 주체기술대학 3 KORDI KORDI Research Center

## 서론

**Vision/INS 통합 항법 시스템**

- **INS**
  - 외부의 정보 입력없이 자체적인 정보 이용하여, 외부 신호에 강인
  - 항체의 운동 물리량 측정
  - 단점 : 시간이 지남에 따라 오차 증가
- **Vision based Navigation**
  - 영상으로부터 위치, 자세 정보 획득
  - 저렴한 가격
  - 항법 정보 외에 주변 환경 영상 획득
- **Vision/INS 통합 항법 시스템**
  - 영상으로부터 획득한 위치, 자세정보를 이용하여 **INS 오차 보정**
  - 외부 신호에 강인한 항법 시스템



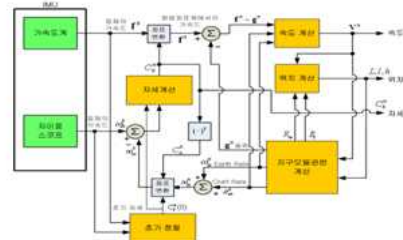
2010년 양해방안과의 주체기술대학

2

KORDI KORDI Research Center

## 수중 무인항체를 위한 Vision/INS 통합 항법

- **SDINS 알고리즘**
  - IMU의 가속도계와 자이로스코프의 출력을 이용
  - 위치, 속도, 자세 계산



2010년 양해방안과의 주체기술대학 4 KORDI KORDI Research Center

† 대표저자 : 정희원 [parksg85@moeri.re.kr](mailto:parksg85@moeri.re.kr) 042)866-3685

\* 중신회원 [shpark@moeri.re.kr](mailto:shpark@moeri.re.kr) 042)866-3681

## 수중 무인항체틀 위한 Vision/INS 통합 항법

### 영상처리



2010년 양해당민국의 주계기술대의

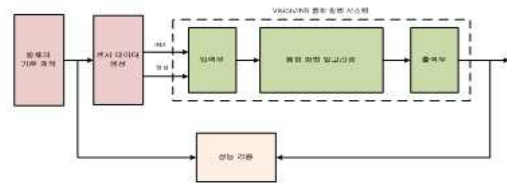
5

KORDI KORDI Research Center

## 성능 검증

### 모의 실험

- Vision/INS 통합 항법시스템 유효성 검증
- 구성
  - MATLAB 기반



2010년 양해당민국의 주계기술대의

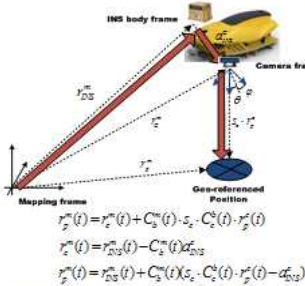
8

KORDI KORDI Research Center

## 수중 무인항체틀 위한 Vision/INS 통합 항법

### Direct geo-referencing

- 항체의 위치와 자세정보를 이용하여 영상좌표로부터 위치, 자세정보 획득



변수	설명
$r_c^m$	M-frame상 특징점까지의 점벡터
$r_c^b$	M-frame상 항법센서까지의 벡터
$s_c$	M-frame과 c-frame간 크기 변환 계수
$C_b^m$	M-frame과 b-frame간의 회전 행렬
$C_c^b$	b-frame과 c-frame간의 회전 행렬
$r_c^c$	C-frame에서의 영상좌표
$\alpha_{c0}^b$	INS에서 영상 센서까지의 오프셋
$\theta$	영상좌표계에서 표식까지의 bearing
$\phi$	영상좌표계에서 표식까지의 elevation

2010년 양해당민국의 주계기술대의

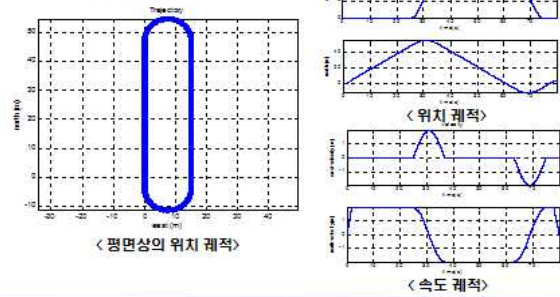
6

KORDI KORDI Research Center

## 성능 검증

### 회전궤적 생성

- 모의 실험 시간 : 80[s]



2010년 양해당민국의 주계기술대의

9

KORDI KORDI Research Center

## 수중 무인항체틀 위한 Vision/INS 통합 항법

### Integrated Kalman Filter

- State equation

$$x(k+1) = \Phi(k)x(k) + w(k)$$

$$z(k) = P_{DOD} - P_{pilot/divecam} = \delta P_{DOD} - \delta P_{pilot/divecam}$$

- State variable

$$x(k) = [\delta P(k) \quad \delta V(k) \quad \delta \Psi(k) \quad \delta x_m(k)]^T$$

$$x_m(k) = [m_1(k) \quad m_2(k) \quad \dots \quad m_n(k)]$$

- Error model

$$\Phi(k) = \begin{bmatrix} F(k) & 0 \\ 0 & I \end{bmatrix} \quad \Phi = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad \Phi = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2010년 양해당민국의 주계기술대의

7

KORDI KORDI Research Center

## 성능 검증

### 센서 데이터 생성

- IMU [Honeywell HG 1700]

	오차	크기
Accel	Bias	1mg
	Scale factor error	900 ppm
	White noise standard deviation	0.08 ft/s / $\sqrt{hr}$
Gyro	Bias	1deg/s
	Scale factor error	450 ppm
	White noise standard deviation	0.125 deg / $\sqrt{hr}$

- DIVECAM

- 항상 10개 이상의 위치표식이 보임
- 궤적으로부터 영상 데이터 생성
  - 항체는 바닥 면으로부터 3m 위치
  - 항체의 자세 고려

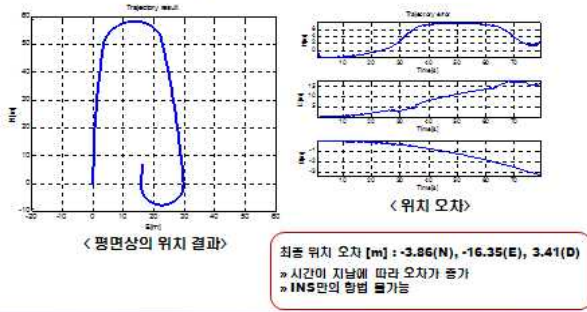
2010년 양해당민국의 주계기술대의

10

KORDI KORDI Research Center

## 성능 검증

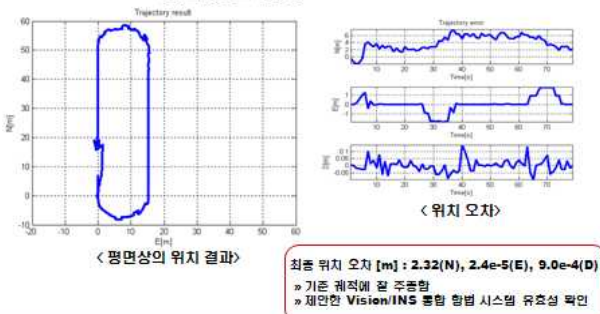
### • SDINS 알고리즘 결과



본 연구는 “고정밀 임무수행을 위한 인공지능 기반의 수중로봇 기술 개발(PES132F)”과제와 국토해양부의 “국가 위성항법보정시스템 구축개발(PMS1930)” 과제의 지원으로 수행되었음

## 성능 검증

### • Vision/INS 통합 항법 결과



## 결론 및 추후 연구

- 결론
  - 수중에서 고정밀, 위험도 높은 임무 수행 요구
    - 복합 통합 항법 시스템 필요
    - INS만의 항법 불가능 » Vision 센서 사용
  - Vision을 이용한 측위
    - Feature matching과 Direct geo-referencing 이용
  - 모의 실험
    - 기준궤적에 잘 추종함
- 추후 연구
  - 수중환경에 맞는 vision calibration
  - 실시간 실험