

# 2D 레이저 센서를 이용한 원거리 자세 변화 측정 알고리즘

## Algorithm for Detecting Relative Change of Posture of a Cargo Ship Using Two 2D Laser Scanner

\*김용훈<sup>1</sup>, 김영근<sup>1</sup>, 정윤섭<sup>2</sup>, #김경수<sup>1</sup>, 김수현<sup>1</sup>

\*Y.-K Kim<sup>1</sup>, Y.H. Kim<sup>1</sup>, J. Y. Seob, #K.-S. Kim<sup>1</sup> (kyungsookim@kaist.ac.kr), S. H. Kim<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국과학기술원 기계공학과, <sup>2</sup> 한국과학기술원 모바일하버 사업단

Key words : 2D Laser Sensor, Remote Sensing, Mobile Harbor

### 1. 서론

해상에 정박중인 컨테이너선과 항구를 연결하는 새로운 개념인 모바일하버에서는 화물선이 도킹 할 시점부터 화물선의 상대적 위치를 실시간으로 파악 해야 할 필요성이 있다. 기존 크레인 위치 센서로는 주로 비전카메라 사용으로 물체 영상이나 마커 정보를 이용하여서 크레인 스윙모션을 계측을 하고 있다[1-3]. 하지만 비전센서는 15m 와 같은 높이에서 계측 정확도가 많이 낮아지며, 또한 환경 날씨에 따라서 신뢰성을 보장 할 수 없다. 또한 화물선에 어떠한 센서나 마커를 설치할 수 없는 제한이 있기에, 센서로는 비접촉 (non-contact) 타입을 사용해야 한다.

본 논문에서는 2 개의 2D 스캐너를 서로 직각으로 위치하여 화물선의 6 자유도 모션을 근사적으로 빠르게 유도하는 알고리즘을 소개한다.

### 2. 알고리즘 설명

초기 상태가 정해진 상태에서 배 위에 있는 컨테이너 박스들을 모두 직 육각형의 물체라고 가정한다. 배의 모양은 관계 없으며 이러한 직 육각형 컨테이너 박스들은 화물선에 일반적으로 10cm 간격으로 떨어져 있다. 이러한 컨테이너 박스들을 지나치게 2D laser 센서가 연직 위에서 스캔 해 거리 정보를 이용하면 컨테이너 박스들의 모서리 위치를 검출할 수 있다.

감지되는 모서리의 개수는 화물선의 모서리 4 개와 컨테이너가 n x n 으로 배열되어

있을 때, 4n 개가 검출되므로 총 4n+4 개의 모서리가 검출된다. n 이 클수록 검출되는 모서리의 개수가 많아지므로 값의 신뢰성을 높일 수 있다. 2D 레이저 스캐너가 읽은 부분 중 모서리가 아닌 부분은 배 또는 container 박스 위에 있으므로 일정한 구간에 있는 점들의 집합은 평면을 형성한다.

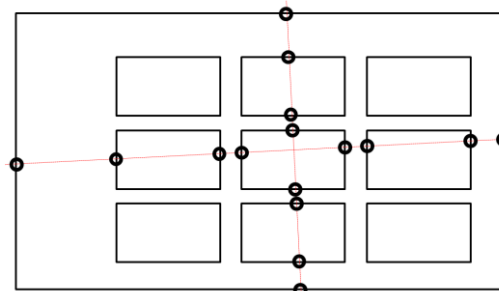


Fig. 1 A diagram showing laser scanned line and edge points of ship and container

#### (1) surge, sway, heave

연속적으로 움직이는 edge 점들을 검출하여 이동한 변위의 평균을 구한다. heave 는 모든 점들을 이용하여 높낮이의 평균을 낸다. 회전 운동이 없을수록 정확하다.

$$dx = (x_1 + x_3 + x_5 + \dots + x_{2n-1}) / n \quad (5)$$

$$dy = (y_2 + y_4 + y_6 + \dots + y_{2n}) / n \quad (6)$$

$$dz = (z_1 + z_2 + z_3 + \dots + z_N) / N \quad (7)$$

#### (2) Roll, Pitch, Yaw

컨테이너셋의 평면 부분의 방향 벡터를

이용해 구할 수 있다. 평면 구간의 점들은 한 평면 위에 있으므로 다음 식을 만족한다. 레이저 스캐너 좌표 기준으로

$$ax + by + cz = 1 \quad (1)$$

$\vec{q} = (a, b, c)$  를 구하기 위해서는 least square method 를 이용하여 구할 수 있다.

$$\vec{q} = (A^T A)^{-1} A^T \vec{v} \quad (2)$$

회전과 병진 운동을 표현하는 매트릭스  $T$  는 수식(3)과 같이 표현이 된다. 여기에서 병진 및 회전 운동은 레이저 스캔의 중심 좌표를 중심으로 하고 있다.

$$T(\theta, \phi, \psi) = \begin{bmatrix} \cos \phi \cos \psi & -\cos \theta \sin \psi + \sin \theta \sin \phi \cos \psi & \sin \theta \sin \psi + \cos \theta \sin \phi \cos \psi \\ \cos \phi \sin \psi & \cos \theta \cos \psi + \sin \theta \sin \phi \sin \psi & -\sin \theta \cos \psi + \cos \theta \sin \phi \sin \psi \\ -\sin \phi & \cos \phi \sin \theta & \cos \theta \cos \phi \end{bmatrix} \quad (3)$$

각 순간적으로 계산된  $q$  값은 배의 회전운동이 일어날 때 초기값  $q_0$  와 달라진다.

$$q = T(\theta, \phi, \psi)q_0 \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} a_0 \\ b_0 \\ c_0 \end{bmatrix}$$

이 중 하나의 정보는 IMU 또는 레이저 스캐너를 이용한 다른 알고리즘으로 구한 값을 넣어주면 위 세 각도를 모두 구할 수 있다.

### 3. 시뮬레이션

시뮬레이션으로는 화물선 모델을  $H=35m$ ,  $L=60m$  로 정하였다. 화물선의 실제 회전 각도 변화가  $\theta=\phi=\psi=5deg$  일 때와  $\theta=\phi=\psi=1deg$  일 때,  $dx=dy=dz=5m$  일 때 알고리즘으로 측정되는 근사 된 6 자유도값의 오차를 확인하였다..

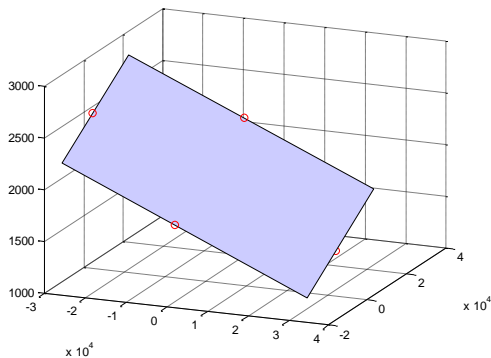


Fig. 2 A diagram showing simulation of algorithm

Table 2,  $dx=dy=dz=5m$

Table legend	$\theta=\phi=\psi=1deg$	$\theta=\phi=\psi=5deg$
Error of $\theta$	0	0
Error of $\phi$	0	0
Error of $\psi$	0	0
Error of dx	1.7150%	7.9810%
Error of dy	1.7455%	8.7489%
Error of dz	0.0001%	0.0196%

### 4. 결론

본 알고리즘을 이용하여 구한 시뮬레이션 값들이 2D 레이저 스캐너를 이용하여 원거리에서 화물선의 초기상태를 기준으로 한 상대적인 6 자유도 모션을 얻을 수 있음을 확인 하였다. 하역의 조건에서 근사를 이용하여도 크게 오차가 크지 않음을 확인할 수 있었다..

### 후기

본 논문은 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술 인력양성사업, 한국산업기술평가관리원의 모바일하버원천기술개발사업의 지원을 받아 수행된 결과임

### 참고문헌

1. T. Matsuo, R. Yoshino, H. Suemitsu, and K. Nakano, "Nominal performance recovery by PID+Q controller and its application to antisway, control of crane lifter with visual feedback," *IEEE Trans. Control Systems Technology*, **12**, 2004.
2. K. A. Hekman and W. E. Singhose, "A feedback control system for suppressing crane oscillations with on-off motors," *International Journal of Control Automation and Systems*, **5**, 2007.
3. H. Kawai, Y. B. Kim, and Y. W. Cho, "Anti-sway system with image sensor for container cranes," *Journal of Mechanical Science and Technology*, **23**, 2009.