

2D 레이저를 사용한 화물선 상대적 위치 원거리 측정 알고리즘

Algorithm for Detecting Relative Motion of a Cargo Ship Using Two 2D Laser Scanner

*김영근¹, 김용훈¹, 정윤섭², #김경수¹, 김수현¹

*Y.-K Kim¹, Y.H. Kim¹, J. Y. Seob, #K.-S. Kim¹ (kyungsookim@kaist.ac.kr), S. H. Kim¹

¹한국과학기술원 기계공학과, ²한국과학기술원 모바일하버 사업단

Key words : 2D Laser Sensor, Remote Sensing

1. 서론

해상에 정박중인 컨테이너선과 낮은 수심 항구를 연결하는 새로운 개념인 모바일 하버에서는 컨테이너 상 하역을 정확하고 신속하게 하기 위하여 화물선이 도킹 할 시점부터 화물선의 상대적 위치를 실시간으로 파악해야 한다. 이에 필요한 센서들은 15 미터 이상 높이의 크레인에 부착이 되어야 하고, 원거리에서도 높은 정확도와 안개, 비 등 해양 조건에서 높은 신뢰성을 가져야 한다. 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. 해양환경에서 사용 가능한 비접촉형 센서로는 초음파 센서, 레이저 거리 센서, LIDAR, 2D 레이저 스캐너 등이 있다.

본 논문에서는 가격, 정확도, 환경 신뢰성을 모두 고려해서 2D 레이저 스캐너를 사용하였다. 2 개의 2D 스캐너를 서로 직각으로 위치하여 화물선의 6 자유도 모션을 실시간으로 유도하는 알고리즘을 제안한다.

2. 알고리즘 설명

초기상태에서는 설치된 레이저의 위치를 정확하게 알 수 없고, 또한 화물선의 어느

부분에서 스캔이 되는지도 알 수 없다. 따라서 레이저 스캔 데이터에서 임의의 4 개의 모서리 좌표를 추출해서 화물선의 6 자유도 모션을 유도하는 알고리즘을 제안한다.

회전과 병진 운동을 표현하는 매트릭스 T 는 수식(1)과 같이 표현이 된다. 여기에서 병진 및 회전 운동은 레이저 스캔의 중심 좌표를 중심으로 하고 있다.

$$T(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \theta, \phi, \psi) = \begin{bmatrix} \cos\phi\cos\psi & -\cos\theta\sin\psi + \sin\theta\sin\phi\cos\psi & \sin\theta\sin\psi + \cos\theta\sin\phi\cos\psi & \Delta x \\ \cos\phi\sin\psi & \cos\theta\cos\psi + \sin\theta\sin\phi\sin\psi & -\sin\theta\cos\psi + \cos\theta\sin\phi\sin\psi & \Delta y \\ -\sin\phi & \cos\phi\sin\theta & \cos\theta\cos\phi & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

각 순간적으로 추출된 모서리 좌표들을 레이저 좌표계로는 ${}^A P_i = (x_i, y_i, z_i, 0)$, 화물선 좌표계로는 ${}^B P_i = (X_i, Y_i, Z_i, 0)$ 로 표현해서 다음과 같은 6-DOF 알고리즘을 얻을 수 있다.

$${}^A P_i = T(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \theta, \phi, \psi) {}^B P_i \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} x_i \\ y_i \\ z_i \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{bmatrix}$$

그러나 추출된 모서리들이 바지선의 어느 위치를 나타내는지, 즉 ${}^B P_i$ 의 정보는 미지수이기에 알고리즘을 풀 수 는 없다. 따라서 ${}^B P_i$ 대신에 이미 알고 있는 배의 기하학적 정보를 사용할 수 있다. Table 1 에서는 화물선이 사각형이라고 가정을 하였다. 여기에서 a_i 는 변수이고, H, L 은 바지선의 높이와 길이, $\beta = \tan^{-1}(H/L)$ 을 의미한다. Fig 1 과

같이 4 개의 모서리 점을 이용하면, 미지수는 $\theta, \varphi, \psi, dx, dy, dz, a_1, a_2, a_3$ 로 총 9 개이고, 식의 숫자는 총 12 개로 수치해석을 통해서 비선형 방정식을 풀 수 있다.

Table 1 Substitution of edge coordinates with ship geometric information

Side1	Side2	Side3	Side4
${}^aP_1 = \begin{bmatrix} \frac{L}{2} \\ \frac{L}{2} \tan(\alpha_1) \\ 0 \end{bmatrix}$	${}^aP_2 = \begin{bmatrix} \frac{L}{2} \cot(\alpha_2) \\ \frac{L}{2} \\ 0 \end{bmatrix}$	${}^aP_3 = \begin{bmatrix} -\frac{L}{2} \\ \frac{L}{2} \tan(\alpha_3) \\ 0 \end{bmatrix}$	${}^aP_4 = \begin{bmatrix} \frac{L}{2} \cot(\alpha_4) \\ -\frac{L}{2} \\ 0 \end{bmatrix}$
$-\beta \leq \alpha_1 < \beta$	$\beta \leq \alpha_2 < \pi - \beta$	$\pi - \beta \leq \alpha_3 < \pi + \beta$	$\pi + \beta \leq \alpha_4 < 2\pi - \beta$

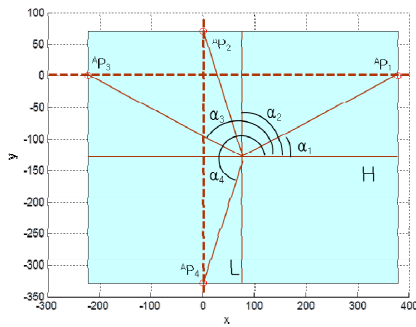


Fig. 1 A diagram showing ship coordinates respect to the laser coordinate frame.

3. 시뮬레이션

시뮬레이션으로는 화물선 모델을 $H=400mm, L=600mm$ 로 정하였고, 초기에는 배 중심점을 레이저좌표 중심과 일치하게 하였다. 회전과 병진을 $\theta=10deg, \varphi=10deg, \psi=30deg, dx=20, dy=20, dz=0$ 로 설정한 알고리즘 결과와 기하학적으로 푼 결과를 Fig 2. 와 같이 비교하면서 알고리즘 확인을 하였다

4. 결론

본 알고리즘을 이용한 2D 레이저 스캐너들로 원거리에서 화물선의 6 자유도 모션을 얻을 수 있음을 확인하였다. 해양환경에서 실험 검증과 신뢰성을 높이는 연구가 필요하다.

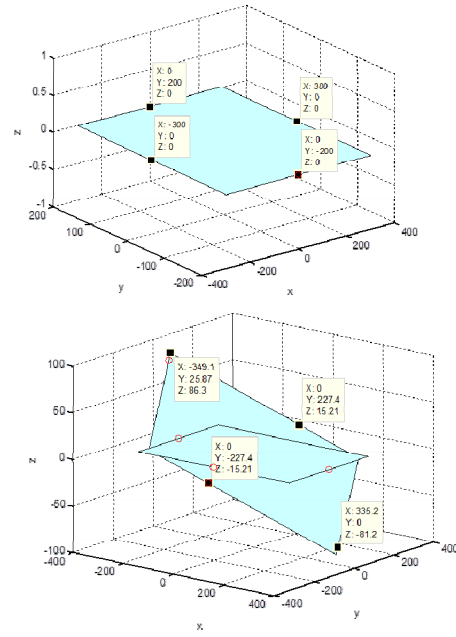


Fig. 2 Ship model showing geometrically after the given rotation and translation, with edge points calculated with the algorithm.

후기

본 논문은 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술 인력양성사업, 및 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.