

# 선박외판 도장로봇의 도장경로 생성 및 자율주행 Path Generation & Autonomous Tracking of Ship' hull Painting Robot

\*#조지승<sup>1</sup>, 김진대<sup>1</sup>, 박철휴<sup>1</sup>

\*#C. S. Cho<sup>1</sup>(okrobo@dmi.re.kr), J. D. Kim<sup>1</sup>, C. H. Park<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (재)대구기계부품연구원 지능로봇연구팀

Key words : Painting Robot, Ship' hull, Unmanned Vehicle, Autonomous Tracking, Path Generation

## 1. 서론

우리나라는 세계12위의 선박건조 국가로 선박건조기술이 발달해 있다. 조선산업의 특성 상 선박 건조 및 유지보수 관련하여 작업자가 기피하는 용접작업, 도장작업, 고소작업, 수중작업 등 위험한 작업이 많은 관계로 로봇을 이용한 자동화 수요가 높으며, 이와 관련된 많은 연구개발이 진행되고 있다. 도장작업의 경우 선박의 대형화로 고소차에 작업자가 탑승 후 스프레이건을 이용하여 도장작업을 수행하는데, 고령화와 숙련도에 따른 도장품질 및 고소작업에 따른 사고 위험이 상존하므로 이에 대한 대체장비 개발의 필요성이 매우 크다. 본 연구에서는 선박벽면 이동로봇의 도장경로계획을 생성하고, 생성경로에 대해 이동로봇의 경로추종 제어알고리즘을 개발하여 효율적인 도장작업을 수행할 수 있는 도장시스템을 개발하고자 한다.

## 2. 궤적 생성

### 2.1 도장로봇 시스템

Fig 1은 도장 자동화 로봇시스템의 개념도를 나타낸다. 주행 및 도장을 담당하는 Painting robot과 Painting robot의 위치를 인식하는 비전시스템과 로봇을 제어하는 제어 박스로 구성된다.

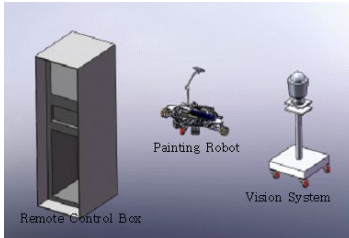


Fig. 1 Outline of Painting robot system

### 2.2 경로생성 알고리즘

Fig.2는 기준궤적을 생성하기 위한 파라미터를 나타내고, table.1은 궤적생성에 사용된 값을 나타낸다.

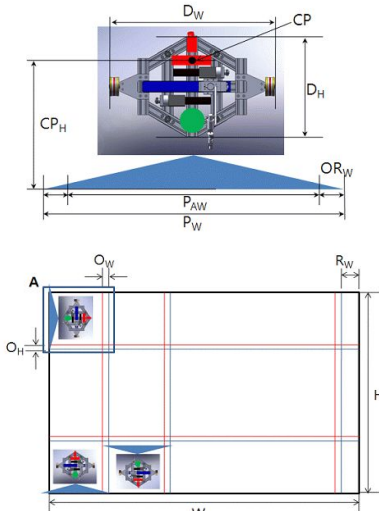


Fig. 2 Parameter Definition for Path Generation

Table.1 Input & output parameter (mm)

선택 작업영역(W×H)	2148 × 1935
중첩율(OR <sub>H</sub> , OR <sub>W</sub> )	0.1, 0.2
대차폭(D <sub>W</sub> ×D <sub>H</sub> )	550 × 550
분사폭(P <sub>W</sub> )	1120
CP에서 도장면 중심까지 거리(CP <sub>H</sub> )	600
유효분사폭(P <sub>AW</sub> )	800
중첩폭(O <sub>H</sub> , O <sub>W</sub> )	80, 160
잔여 폭(R <sub>W</sub> )	228

Fig.3은 경로생성 알고리즘의 순서도를 나타낸다. 주어진 조건에 따라 도장경로를 생성할 때 마지막 도장면적(R)이 일정 값보다 크다면 경로에 추가하고 작을 경우는 중첩율 등의 도장조건을 변경하여 경로를 생성한다. Fig.4는 궤적생성 결과를 나타낸다.

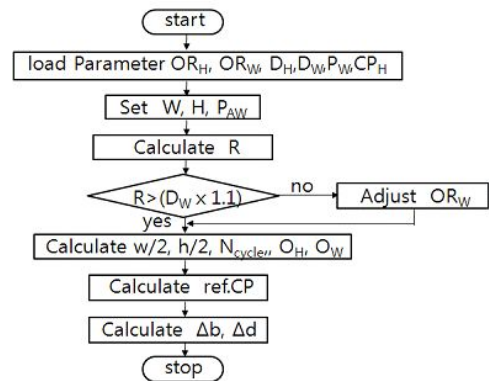


Fig.3 Flowchart of the reference path generation algorithm

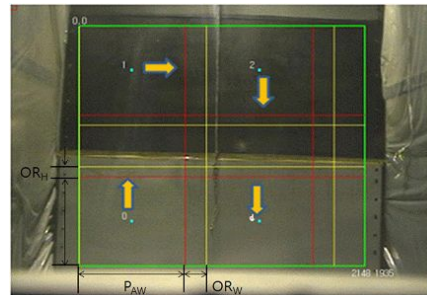


Fig.4 Result of generated reference path

## 3. 주행시험

### 3.1 경로추종제어

Fig.5와 같이 궤적으로부터 도장로봇의 기울어진 각도를  $\theta$ 라 두고 시계방향을 양(+)의 방향, 반시계방향을 음(-)의 방향으로 정의한다. 도장로봇의 제어 중심점은 상판에 위치한 자제인식표식으로 정의하고, 도장로봇의 주행기준선은 유효분사폭(P<sub>AW</sub>)의 중심으로부터 떨어진 거리 d로 나타낸다.  $\phi_{cmd}$ 는 조향각을 나타내며, 조향 제어기는 다음과 같이 간단하게 표현할 수 있다.

$$\phi_{cmd} = K_1 \cdot \theta + K_2 \cdot d \quad (1)$$

$K_1$ ,  $K_2$  값을 산출하기 위하여 도장로봇을 실제로 주행하면서, 도장로봇과 주행기준선 간의 각도( $\theta$ )와 거리(d) 그리고 조향

각( $\Phi_{cmd}$ )에 대한 데이터를 로봇에 장착한 장치로부터 획득한다. 시험조건은 이동기준선과 평행하게 임의의 거리를 두고 이동기준선을 추종한다. 이 수치들은 몇 차례의 실험데이터를 통하여 평균값을 획득하고 이를 통해  $K_1$ ,  $K_2$ 값을 구한다.  $K_1$ 과  $K_2$ 는 1.0과 0.15이다.

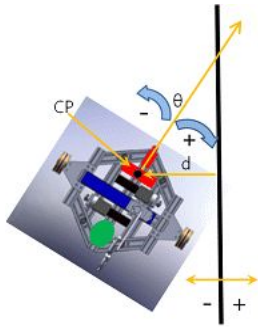


Fig.5 Definition of control parameter

CASE	$\theta$	d	$\Phi_{cmd}$
A	15	-100	0
B	-15	0	-15

구해진  $K_1$ 과  $K_2$  값은 다음과 같다.

-  $K_1 = 1, K_2 = 0.15, -\Phi_{max} < \Phi_{cmd} < \Phi_{max}$

-  $\Phi_{cmd}$ 의 값에 따라 좌우 자석바퀴 속도 제어를 하며, 좌우 자석바퀴 속도는 도장 속도(ref. Vel)  $\times$  s.f (scale factor)로 설정하였다. Fig.6은 제어블록선을 나타낸다. 비전시스템으로부터  $\theta$ ,  $d$ ,  $\Delta b$ ,  $\Delta d$ 를 구하고  $\theta$ ,  $d$  값이 0이 되도록 제어한다.

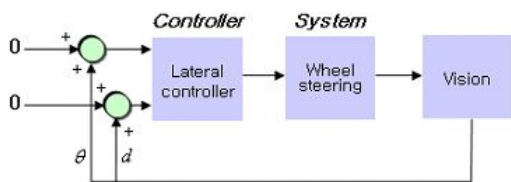
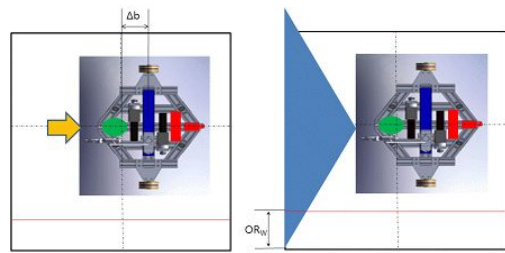
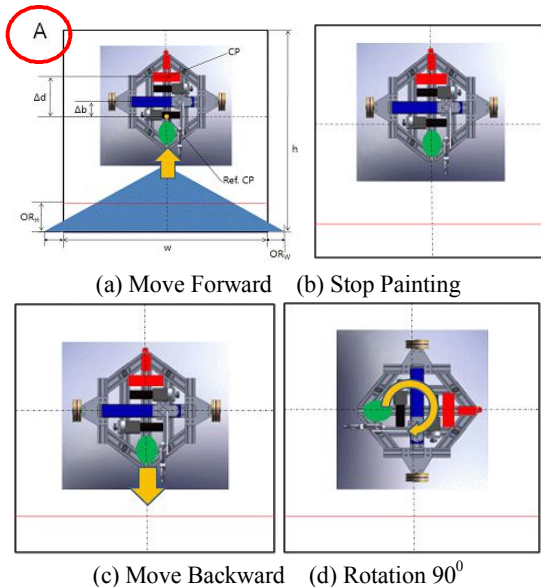


Fig.6 Control block diagram

Fig.7은 Fig.7(a)의 A영역에서의 자동도장작업 Sequence를 나타낸다. 도장로봇이 기준궤적을 따라 도장작업을 진행하다 각 영역의 외각 지역에 도달하면 도장 paint의 분사를 정지하고,  $\Delta$ 만큼 이동한 후 다음 궤적으로 이동하기 위하여  $90^\circ$  방향만큼 회전을 한다. 방향전환이 이루어지면  $\Delta$ 만큼 도장영역을 조절하기 위해 이동한 후 paint 분사를 시작하고 다음 주행궤적으로 진행한다.



(e) Move Forward (f) Start Painting  
Fig.7 Tracking sequence for generated Path

### 3.2 자율주행 시험

Fig.8은 도장로봇 주행궤적 사이의 제어변수에 따른 주행성능을 나타내고 있다. 초기조건이  $\theta$ 는  $-15^\circ$ 이고,  $d$ 는  $-80$ mm 일 때 painting robot의 주행시험을 나타내고, Fig.9는  $\theta$ ,  $d$ 의 결과를 나타내고 있다, 주행궤적을 따라서 잘 수렴하며 주행함을 확인할 수 있다. 대차 이동속도는 6m/min으로 설계하였다.

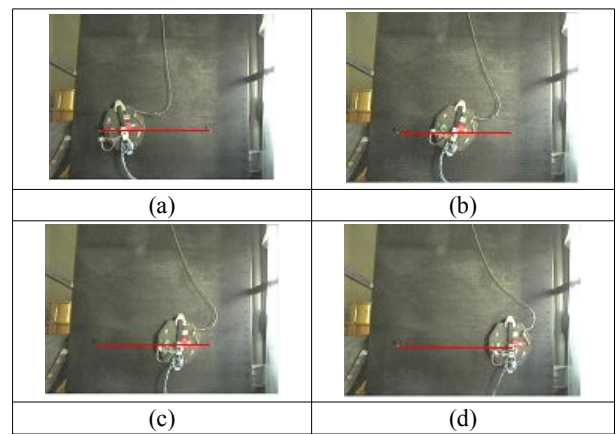
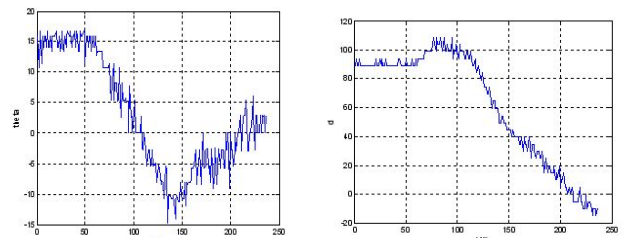


Fig.8 Result of path tracking (Initial position -  $\theta$ : 15, d: 80)



(a) Result of  $\theta$  (b) Result of d

Fig.9 Experiment Result

### 4. 결론

선박벽면 이동로봇을 이용하여 도장작업을 수행할 수 있도록 도장궤로궤적을 생성하고, 생성궤로에 대해 이동로봇의 궤로추종 제어알고리즘을 제시하였다, 시험결과를 통해 주행궤적을 따라서 잘 수렴하며 주행함을 확인할 수 있었으며, 향후 도장시스템을 장착 후 시험작업을 수행할 예정이다.

### 참고문헌

1. Wit, J., Crane, C. D. and Armstrong, D., "Autonomous Ground Vehicle Path Tracking," Journal of Robotic Systems, Vol. 21, No. 8, 439-449, 2004.
2. Hajjaji, A. E. andBentalba, S., "The Reference Tracking Generation Algorithm Development of Automation," Robotics and Autonomous Systems 43, 203-213, 2003.
3. I. H. Park, D. H. Lee, E. T. Kim, H. K. Kim, "The Reference Tracking Generation Algorithm Development of Automation equipment for Ship Painting of the Out-shell Plate of the Hull," 23-24, 2006.