

선체 외판 도장 자동화 장비의 기준 궤적 생성 알고리즘 개발 The Reference Tracking Generation Algorithm Development of Automation Equipment for Ship Painting of the Out-shell Plate of the Hull

*박일환, #이동훈, 김은태, 김호경

*I. H. Park, #D. H. Lee(jjangdh74@stxship.co.kr), E. T. Kim, H. K. Kim
(주) STX 조선

Key words : Ship Painting, Painting Automation, Reference Tracking Generation

1. 서론

대부분의 선박 도장은 작업자가 직접 스프레이 건을 이용하여 도장작업을 한다. 이런 도장작업은 작업자의 숙련도에 따라 도장품질이 결정되고 페인트의 유해 물질에 직접적으로 노출될 수 있다. 특히 선박의 대형화로 고소차를 이용한 도장작업은 추락 등의 안전사고에 직면 할 수 있다. 따라서 도장 품질의 균일화와 작업자의 안전사고 등을 예방하기 위해 선박의 도장 자동화가 이루어져야 한다.

선박 도장은 여러 단계로 이루어져 있는데 다른 도장 단계보다 상대적으로 작업 환경이 좋은 선체 외판 도장 자동화 장비를 개발하였다. 개발된 선체 외판 도장 자동화 장비는 영구자석 부착식이고 독립 주행이 가능하며 장착된 레시프로게이터를 이용하여 도장 작업을 수행할 수 있다.

이렇게 개발된 도장 자동화 장비는 효율적인 도장 작업과 주행 제어를 위해 주어진 작업 영역을 따라 기준 궤적을 생성해야 한다. 여기서 효율적인 도장 작업이란 선택된 작업영역에서 요구되는 도장 중첩율과 도장 품질의 균일성을 유지하고 도장이 되지 않는 작업면을 최소화시키는 것을 말한다. 본 연구에서는 이런 효율적인 도장 작업 조건을 만족시키고 도장 자동화 장비를 제어하기 위해 주어진 작업 영역의 크기에 따라 기준 궤적을 생성할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

2. 도장 자동화 장비 및 기준 궤적 생성 조건

2.1 개발된 도장 자동화 장비



Fig. 1 Developed painting automation equipment

Fig. 1은 개발된 도장 자동화 장비의 개념도를 나타낸다. 본 장비의 구성은 도장을 담당하게 되는 레시프로게이터와 이 레시프로게이터가 장착되어 주행을 담당하게 되는 이송장비, 그리고 이 이송장비의 위치를 인식하게 되는 센서, 이것들을 유기적으로 제어하는 원격 제어 박스로 이루어진다.

2.2 기준 궤적 생성 조건

도장 작업은 도장 자동화 효율성이 가장 높은 선체 외

판의 Mid-Ship 영역을 선정하였고 다음은 기준 궤적을 생성하기 위한 조건을 나타낸다.

- 작업영역은 직사각형으로 가정.
- 장비의 설치와 해체가 용이하도록 도장 작업의 시작점과 끝점의 높이가 같도록 계획.
- 작업영역에서 도장이 되지 않는 부분이 없도록 도장.
- 전체 작업 사이클이 최소가 되도록 조정.

3. 기준 궤적 생성 알고리즘

3.1 도장 작업 사이클의 정의

주어진 작업영역에 대해 기준 궤적을 생성하기 위해서는 반복적으로 이루어지는 도장 작업에 대한 정의가 필요하다. 우선 가장 기본적인 반복 운동은 도장, 이동이라고 할 수 있다. Fig. 2는 이러한 도장, 이동, 도장의 반복적인 운동을 보여주고 있다. 여기서 a 는 도장 장비의 중심에서 도장면의 중심까지의 거리, h 는 도장면의 높이, b 는 도장면의 길이를 나타낸다. 그리고 I_V 는 수직 중첩율로 정의하고 $h \times I_V$ 는 중첩된 길이를 나타낸다. 그림에서와 같이 도장 장비는 도장이 완료된 면을 손상시키지 않게 하기 위해 후진하는 형태로 도장 작업을 수행한다.

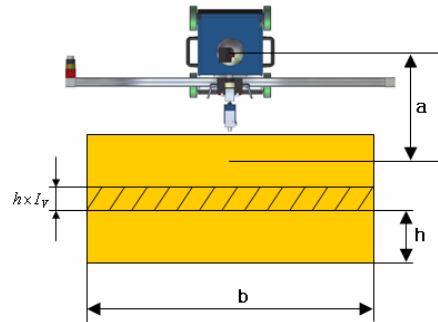


Fig. 2 Definition of basic cycle

전체 기준궤적의 사이클(N_{total})을 정의하기 위해 Fig. 3과 같이 전체 작업영역의 크기를 나타내는 B 와 H , 수평 중첩율(I_H)을 정의하였다.

Fig. 3에서 전체 기준 궤적을 이루는 사이클을 정의하면 먼저, ①은 수직 방향 도장 사이클의 도장거리를 나타내고 이 때의 도장 횟수는 n_i^1 로 정의한다. ②는 가로방향 도장을 하기 위해 도장장비가 회전해야 할 위치까지의 거리(a_1), ③은 가로방향 도장의 시작점까지 장비가 전진해야 할 거리(a_2), ④는 가로 방향 도장 사이클의 도장길이를 나타내고, 이 도장 횟수는 n_i^2 로 나타낸다. ⑤는 다음 사이클 시작 위치로 이동하기 위해 회전 위치까지 이동해야 할 거리(a_3)를 나타내고 ⑥은 다음 사이클의 시작 위치까지 이동해야 할 거리(a_4)를 나타낸다. 이렇게 N_{total} 는 총 2개의 도장 작업 사이클(n_i^1, n_i^2)과 추가적인 이동(a_1, a_2, a_3, a_4), 두 번의 90도 회전을 하나의 사이클을 구성하게 된다. 이렇게 정의된 N_{total} 은 두 번의 90도 회

전 방향에 따라 전체 기준 궤적을 생성하게 된다.

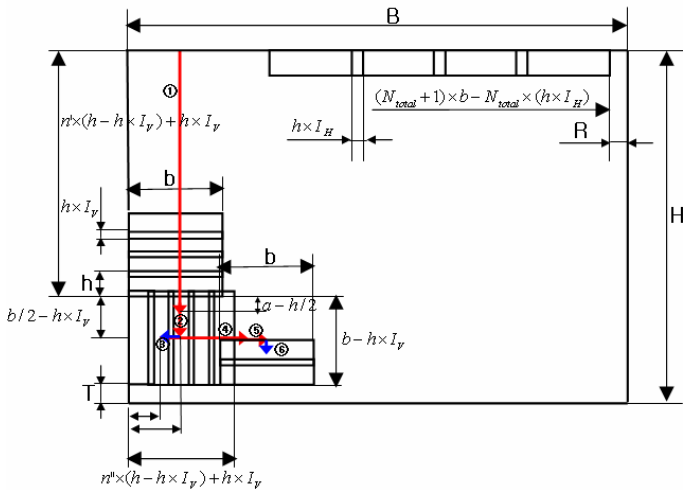


Fig. 3 Definition of parameters composed of the one-cycle in the overall cycle

3.2 기준 궤적 생성 알고리즘의 Flow Chart

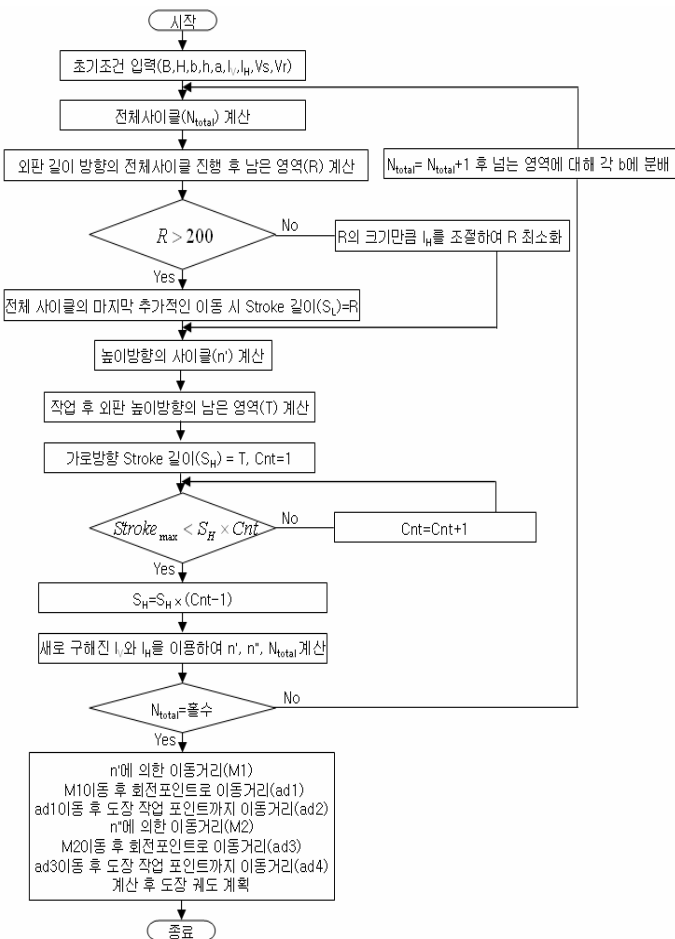


Fig. 4 Flow Chart of the reference tracking generation algorithm

Fig. 4는 기준 궤적 생성 알고리즘의 순서도를 보여준다. 여기서, 주어진 조건으로 도장 작업 했을 때 도장 행정 거리를 조절함으로써 도장이 되지 않는 부분이 생기지 않도록 하였다. 먼저, 작업 영역 길이 방향으로 전체 사이클 진행 후 도장이 되지 않는 부분에 대해서는 마지막 도장 행정 거리를 조절함으로써 도장 보류 구간이 생기지 않도록 하였고 작업영역의 높이 방향으로 n_i^2 의 도장 길이를 조

절함으로써 이 문제를 해결하였다. 추가적으로 도장 작업의 종료점을 조절하기 위해 n_i^1 의 도장 길이를 조절하였다.

4. 기준 궤적 생성 알고리즘을 이용한 궤적 생성

표 1은 임의의 초기 조건이 주어졌을 때 개발된 기준 궤적 생성 알고리즘을 통해 나온 계산 결과를 나타낸다. 작업 조건에 따라 입력 조건이 주어지게 되면 기준 궤적 생성 알고리즘을 통해 각 사이클의 도장 길이와 추가 이동 거리, 사이클 횟수가 구해진다.

Table 1 Output value on each input value using the developed reference tracking generation algorithm

입력	작업영역크기(mm)	(a) 3000 x 2000	(b) 9000 x 6000	
	도장길이(mm)		1250	
중첩율(%)		10		
결과	도장길이(mm)	N ¹ 's Stroke	784	1250
		N ² 's Stroke	1190	1140
		Last Stroke	784	565
추가이동(mm)	a ₁	325	300	
	a ₂	-283	-50	
	a ₃	51	345	
	a ₄	-80	-105	
사이클 횟수	N ¹	2	12	
	N ²	2	3	
	N ^{total}	3	7	

이렇게 나온 계산 결과를 이용하여 Fig. 5와 같이 주어진 작업 영역 및 조건에 따라 기준 궤적을 생성하였다.

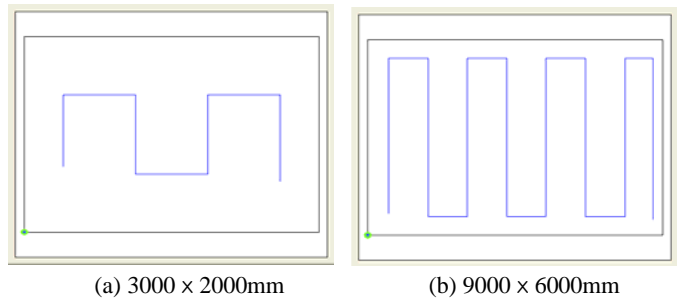


Fig. 5 Drawings of the reference tracking according to the initial conditions, respectively

5. 결론

선박 도장에서 도장 품질의 균일화와 작업자의 안전사고를 방지하기 위해 도장 자동화는 필수적이다. 이런 취지에서 개발된 도장 자동화 장비는 독립 주행을 하기 때문에 장비 제어에 앞서 주어진 조건을 만족하는 기준 궤적을 생성해야 한다. 본 연구에서는 개발된 기준 궤적 생성 알고리즘을 이용하여 주어진 조건을 만족하는 기준 궤적을 생성하였다. 향후, 이 기준 궤적을 이용하여 주어진 조건에서 도장 자동화 장비의 제어가 가능함으로 선박 도장 작업의 자동화를 실현할 수 있다.

참고문헌

- 고경철, 조형석, "이동로봇의 실시간 주행제어를 위한 제어시스템 설계 및 경로 추종제어 방법", 대한기계학회논문집, Vol. 17, No.6, pp. 1497~1508, 1993.
- 강민구, 이진수, 김상우, "이동로봇에서의 효율적인 자체 제어 방법", 대한기계학회지, pp. 387~392, 1992.