

컨테이너 스프레더의 자동 랜딩 시스템

박경택*, 박찬훈, 박영근(한국기계연구원)

Automatic Landing System of Container Spreader

K. T. Park, C. H. Park, Y. K. Park(Korea Institute of Machinery & Materials)

ABSTRACT

The automatic Landing system is used for the automatic functions of automatic transfer crane in the automated container terminal. It confirms and adjusts the alignment and pose between spreader and container and accomplishes the automatic loading/unloading job of containers in yard. Specially, it is required in the automated container terminal and is well adapted under the coarse external environments. This system used the laser sensors to recognize the alignment between spreader and container. In this paper the algorithm of recognition of the alignment and pose is presented and the result of its simulation is shown.

Key Words : Container spreader (컨테이너 스프레더), Automatic landing (자동 랜딩), Alignments (정렬상태), Automatic transfer crane (자동 트랜스퍼 크레인), Automatic loading/unloading (자동 이적재)

1. 서론

자동 랜딩 시스템은 자동화 컨테이너 터미널 야드에서 널리 사용되는 자동 트랜스퍼 크레인에 부착되어 크레인의 자동화 기능을 위해 사용된다. 이것은 컨테이너의 이적재시 컨테이너와 스프레더 사이의 위치자세 및 정렬 상태를 확인하여 컨테이너의 이적재 작업을 자동으로 수행하게 한다. 특히, 자동화 터미널에서는 꼭 필요한 시스템이며, 실외의 열악한 작업환경에 잘 적응할 수 있는 시스템이 되어야 한다. 이 시스템은 컨테이너와 스프레더 사이의 정렬상태를 인식하기 위해서는 실외 환경에 잘 견딜 수 있는 IP67 기능을 갖는 레이저 거리센서를 사용하였다.

2. 시스템 구성

2.1 Laser Sensor

Fig. 1과 같은 레이저 센서(ODS-96)는 다양한 분야의 응용성을 갖는 거리 측정 기능을 가지고 있다. 이 거리 측정기는 삼각법 측정원리를 이용하고, 또한 측정신호 계산하는데 CCD 라인을 사용한다. 통합 마이크로-컨트롤러는 별도의 S/W를 이용하여 파라미터 입력 프로그래밍을 가능하게 한다. 예외적으로, RS485 인터페이스에 대해 모든 다른

형태의 스위칭 출력의 스위칭 포인트는 Teach-in 출력을 통해 S/W 없이 설정이 가능하다. 대상 물체의 반사광의 농도에 대한 노출시간의 조절을 통하여 피측정 물체의 반사 성질과 무관하게 높은 측정 기능을 갖는다. 낮은 반사성(검정 물체)의 경우 낮은 측정 주파수를 갖는다. 특히, 열악한 실외 환경에서 사용 가능한 IP67 기능이 있다.

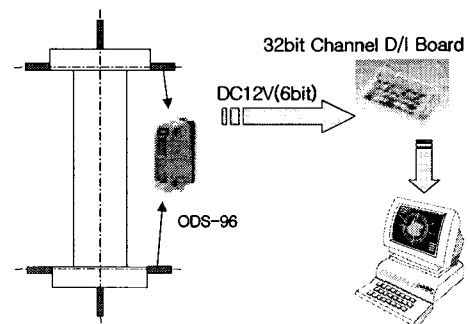


Fig. 1 System configuration

레이저 센서와 Digital Input Board, PC를 이용하여 개발된 S/W를 사용하게 되지만 실제 ATC에서

는 T400과 STR400을 이용하여 랜딩 시스템 기능을 구현하게 된다. Fig. 1과 같은 실험장치에서는 디지털 입력 보드를 이용하여 자동 랜딩에 필요한 각종 기능에 대한 실험을 한다.

2.2 Spreader 형상과 Laser Sensor 부착 위치

컨테이너와 스프레더 사이의 정렬 상태를 알기 위한 정보검출은 센서의 부착위치에 따라 사용되는 센서 개수가 달라지고, 이에 따른 정보검출의 알고리즘이 달라진다. 레이저 센서를 스프레더에 부착하는 위치 선정에 있어서 스프레더의 형상구조를 고려하여야 한다. 구조상 센서를 스프레더 구조상 프레임 내부 안쪽에는 부착할 수 없고, 스프레더 프레임 외부에 부착하여야 하지만, 구조의 특성상 부착할 수 있는 위치가 그리 많지 않다. 구조 특성상 좌우 전후가 대칭이 되므로 Fig. 2와 같이 부착할 수 있는 위치는 3 가지 정도가 가능하다. 스프레더의 가로방향의 정렬 상태 정보검출을 위해서는 위치1은 반드시 부착이 되어야 하고, 스프레더의 세로방향의 정렬 상태 정보검출을 위해서는 위치 2와 위치 3은 둘 중 하나를 선정하여 부착한다. 위치 2와 위치 3의 차이는 위치 2를 선정하였을 때 센서를 많이 부착하여야 하고, 그 대신 위치 맞춤을 비교적 쉽고 정밀하게 할 수 있다. 반면에 센서 개수가 많아지므로 알고리즘 자체가 복잡하게 된다. 위치 3을 선정하였을 때 부착하는 센서의 개수가 줄어들지만, 조금 덜 정밀하게 위치 맞춤을 할 수 있고, 그리고 알고리즘도 비교적 간단하게 될 수 있다. 그러나 정확한 위치 정렬은 비교적 어렵게 될 것이다.

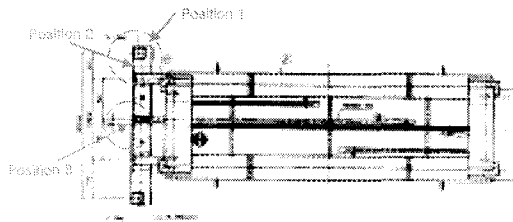


Fig. 2 Position of attached laser sensors

스프레더의 구조와 레이저 센서의 거리검출을 고려할 때 센서가 부착될 수 있는 센서 중앙선은 Fig. 3과 같다. 그리고 검출거리에 따른 레이저 빔의 크기를 고려 할 때 레이저 빔의 안쪽 라인도 Fig. 3과 같다. 이것은 레이저 센서의 스포트 크기가 1,200 mm에서 가로 x 세로 = 3 mm x 8 mm 이고, 센서의 최대 측정거리가 5000 mm이므로 최대 스포트 크기가 12.5 mm x 33.3 mm 이다. 빔 크기를 고려한 간격은 적어도 17 mm 정도는 두어야 한다. 컨테이너의 대각선 방향의 길이는 12,195 mm(40')이지만, 가로방향의 센서거리는 12,298 mm

이다. 센서 부착 위치의 간격을 23 mm로 줄이면, 레이저 빔과 컨테이너 사이의 세로방향 간격은 108 mm, 가로방향의 간격은 117 mm이다. 세로방향의 센서 위치거리를 고려하여 센서가 ON 상태가 될 때 까지 회전할 수 있는 회전 각도는 약 24.2°이고, 가로방향의 센서 위치거리를 고려한 회전 각도는 17.4°이다. 대각선방향의 센서거리를 고려한 회전 각도는 약 1° 정도가 나온다. 그러므로, 회전 정보는 대각선 방향의 센서를 이용하는 것이 가장 합리적이다. 그리고, 전후 좌우 방향으로 최대 200 mm 가량의 위치오차가 발생할 수 있고, 세로방향의 센서는 회전방향 센싱에 있어서 충분한 역할을 하지 못한다. 그러므로, 그림 3과 같이 세로방향의 센서는 하나만 부착하는 것으로 한다. 레이저 센서의 빔 라인과 컨테이너와 관계는 그림 3과 같다. ALS를 사용하는 경우는 Anti-Sway 시스템에 의해 Sway와 Skew를 제어한 다음에 사용하기 때문에 위치 정렬상태가 아주 많이 벗어난 경우가 많지 않다. 이러한 제한 조건을 고려하여 현실적인 알고리즘을 구성하여야 한다.

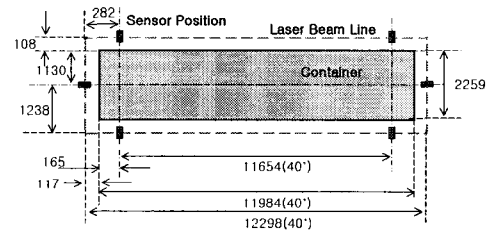


Fig. 3 Alignment between laser beam and container

3. 정렬상태 인식 알고리즘

스프레더와 컨테이너 사이의 정렬상태를 검출하기 위해 목표물인 컨테이너와 스프레더의 정렬상태 관계는 Fig. 4, 5, 6, 7과 같은 경우의 수가 전부이다. 이것은 이미 Sway와 Skew에 대한 제어가 이루어진 후이므로 어느 정도 정렬 상태가 이루어진 경우이다. 본 연구에서 센서 검출정보에 따른 기본 동작 규칙은 다음과 같다.

Rule 1 :

Fig. 4와 같은 정렬상태가 되었을 때를 기준 정렬상태로 한다. 이것은 스프레더와 컨테이너 사이의 정렬관계가 허용오차 한계 내에 있으므로 스프레더의 자동 랜딩 기능을 수행할 수 있다. 센서 5와 6 중에서 하나가 ON 상태가 되었을 경우에 다음과 같은 경우가 발생한다.

1) Fig. 5와 같이 센서 5가 ON 상태가 되었을 때, 동작은 Left 방향으로 OFF 상태가 될 때까지 이동 동작을 한다.

2) 만약 센서 6이 ON 상태가 되었을 때 동작은 Right 방향으로 OFF 상태가 될 때까지 이동 동작을 한다.

Rule 2 :

Fig. 6과 같이 센서 5와 6이 둘 다 OFF 상태가 되었을 때, 이 경우는 센서 1, 2, 3, 4의 ON, OFF 상태에 따라 다음과 같이 평행이동 및 회전 동작을 한다.

1) Fig. 6과 같이 센서 1과 4가 ON 상태가 되었을 때, 센서 1과 4가 OFF 상태가 될 때까지 UP 방향으로 평행이동 동작을 한다.

2) 만약 센서 2와 3이 ON 상태가 되었을 때, 센서 2와 3이 OFF 상태가 될 때까지 DOWN 방향으로 평행이동 동작을 한다.

3) Fig. 7과 같이 센서 1과 3이 ON 상태가 되었을 때, 센서 1과 3이 OFF 상태가 될 때까지 시계방향(CW)으로 회전한다.

4) 만약 센서 2와 4가 ON 상태가 되었을 때, 센서 2와 4가 OFF 상태가 될 때까지 반시계방향(CCW)으로 회전한다.

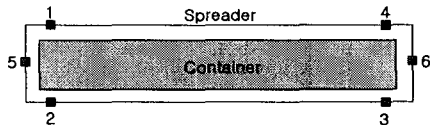


Fig. 4 Reference position

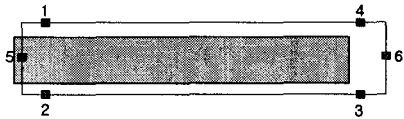


Fig. 5 Translated position to right

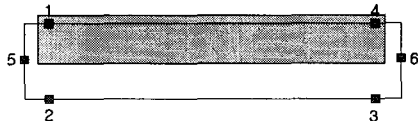


Fig. 6 Translated position to down

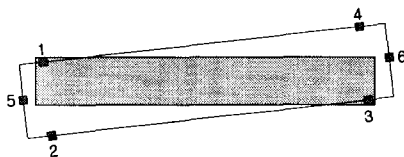


Fig. 7 Rotated position in CCW

4. 실험장치 및 시뮬레이션 실험 결과

4.1 실험 장치 및 조건

Fig. 8과 같이 실험 장치는 실제 보다 축소하여 센서를 부착한 스프레더 동작을 위한 X,Y,θ 동작 기구와 컴퓨터 그래픽을 이용하여 시뮬레이션을 하였다.

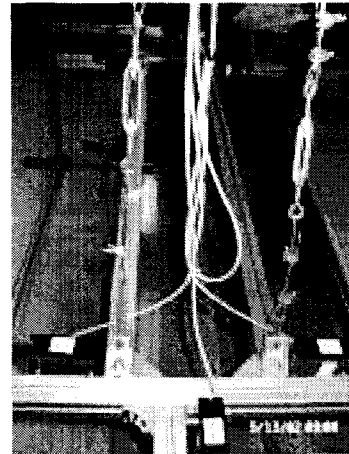


Fig. 8 Experiments of ALS

Fig. 8과 같이 스프레더의 각 모서리에 레이저 거리센서를 부착하여 총 6개의 센서로 ON/OFF의 입력을 받아 처리한다. 6개의 ON/OFF의 입력을 8 bit 조합으로 하여 PC에 장착된 Digital Input Board에서 입력을 받아서 PC에서 처리하여 스프레더의 이동 방향을 결정한다. 레이저 센서(OSS-96)의 Spot 크기는 1,200mm에서 가로x세로 = 3mm x 8mm이다. 센서의 최대 측정거리는 5,000 mm이므로, 최대 Spot 크기는 12.5mm x 33.3mm이다. 이 센서는 RS232를 통해 9,600bps의 데이터 통신이 가능하며, 장애물 검출 영역의 최소거리, 최대거리를 설정할 수 있다. 센서의 부착은 스프레더와 수직 방향이 되게 부착하고, Spot의 세로방향 성분이 크기 때문에 장애물 검출에 용이하다. 스프레더에 부착된 6개의 센서를 통해 On/Off의 디지털 입력(DC12V)을 받아 처리한다. 디지털 출력은 구간을 설정하여 최소 검출 거리와 최대 검출 거리를 설정하면 이 최소-최대의 구간에 장애물이 들어오면 신호를 내보낸다. 6개 On/Off의 디지털 입력을 PC에 장착된 디지털 입력 보드(32bit)에서 입력을 받아 PC로 데이터를 전송하여 스프레더의 정렬상태를 알고 이동해야 할 방향을 결정한다.

4.2 시뮬레이션 실험 결과

On/Off 센서 6개의 출력 조합의 경우는 6bit 조합으로 나올 수 있는 경우의 수와 같고, 이의 경우의 수는 64개이나 Hardware 구성의 제한 조건에 의

해서 센서의 On/Off 신호가 3개 이상 동시에 들어오지 않기 때문에 조합의 경우에 수는 극히 제한되어 27 개가 된다. 또한, 27개의 경우의 수에서도 Spreader의 회전 각도에 따라 중복되는 값을 제외할 수 있다. Spreader의 이동은 X, Y, θ 의 방향으로 이동이 가능하다. 이 3가지의 방향을 조합하여 나올 수 있는 방향은 총 26가지이다.

이동가능방향(1)		
+X	+Y	+ θ
-X	-Y	- θ

이동가능방향(2)					
+X,+Y	+X,-Y	+X,+ θ	+X,- θ	+Y,+ θ	+Y,- θ
-X,+y	-X,-Y	-X,+ θ	-X,- θ	-Y,+ θ	-Y,- θ

이동가능방향(3)			
+X,+Y,+ θ	+X,-Y,+ θ	+X,+Y,- θ	-X,-Y,- θ
-X,+Y,+ θ	-X,-Y,+ θ	-X,+Y,- θ	+X,-Y,- θ

각각의 경우에 따른 Sensor의 신호 패턴을 실험을 통해 알 수 있다. Fig. 9, 10, 11, 12, 13은 컨테이너와 스프레더의 위치에 따라 검출되는 대표적인 신호 패턴의 일부를 나타낸 것이다.

Fig. 9, 10은 평행 방향으로 정렬이 되지 못했을 경우에 나타나는 센서 출력값의 패턴을 보여주고 있다. 스프레더와 컨테이너 사이의 거리에 따라 센서의 Spot 크기가 결정되어지는데 모든 실험은 두 거리가 일정하게 하여 최대 측정거리인 5,000 mm로 설정하여 Spot 크기를 최대 크기를 갖도록 하여 실험하였다. 이와 같은 경우 센서의 ON 신호를 Off 신호로 변환시키기 위해서 ON 신호의 반대 방향으로 스프레더를 이동하면 된다. Fig. 12, 13은 X, Y, θ 성분 중 두 개의 성분으로 이루어진 스프레더의 정렬상태를 보여주고 있다. Fig. 12, 13은 X, Y, θ 로 이루어진 스프레더의 이동방향을 나타내고 있다. 마찬가지로 각각의 성분에 대한 이동 방향에서 비소 이동에 대해 중복되어진 경우는 한 방향으로 이동했을 때의 경우와 두 개의 성분으로 이루어진 Spreader의 이동 패턴과 유사하다.

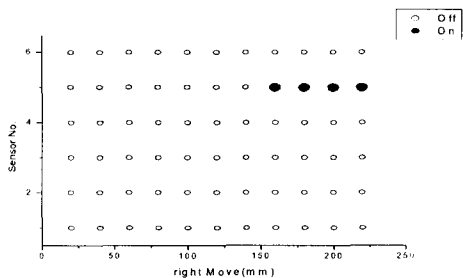


Fig. 9 Translated to right direction (+x)

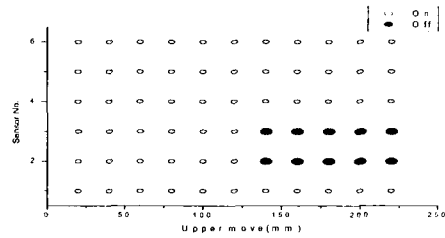


Fig. 10 Translated to upper direction (+y)

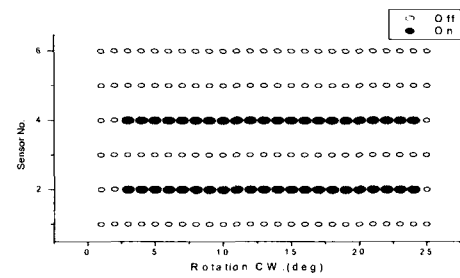


Fig. 11 Rotated in CW

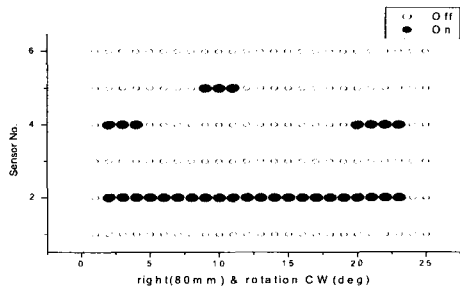


Fig. 12 Translation(80mm) & Rotation CW (+x,cw)

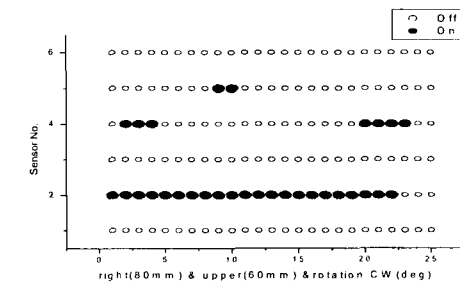


Fig. 13 Translation(80mm, 60mm) & Rotation CW (+x,+y,cw)

5. 자동 랜딩 시스템의 알고리즘 설명

ODS-96 센서의 출력에서 디지털 신호만을 이용하기 때문에 각 센서의 On/Off에 따른 경우의 수로

이루어진다. 크게 센서가 On인 경우에 따라 1개만 On인 경우와 2개, 3개가 On인 경우의 3가지의 경우로 나누어지고, 다시 세부적으로 1개인 경우는 6가지의 작은 경우의 수로, 2개인 경우에는 10가지의 작은 경우의 수로, 3개인 경우에는 4가지의 작은 경우의 수로 나온다(센서의 부착위치에 따라 나온 수임).

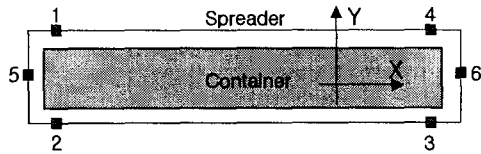


Fig. 14 Position number of sensors

센서로부터 얻은 데이터는 위치에 따른 On/Off 데이터이고, 정렬 상태에 관련된 거리나 각도에 대한 정보가 없으므로 정렬 상태를 맞추기 위해 스프레더의 연속동작 제어를 할 수 없다. 그러므로, 센서의 상태에 따라 일정량 만큼 Step 이동 혹은 Step 회전을 한 후, 센서 상태를 검출하여 정렬상태의 여부를 판정한다. 만약 판정이 OK이면 여기서 정지를 하고, 만약 NO가 되면 이것을 계속 반복하여 수행한다. 스프레더 이동 및 회전 시 On상태에서 Off 될 때까지 이동하기보다는 일정거리나 일정각도를 이동 및 회전시킨 뒤에 현재의 센서를 감시하여 적용하는 게 더 좋은 결과를 갖는다. 이동량 x , y 는 각각 10mm, θ 는 1° 로 하여 Step 수에 관계없이 이동 및 회전하여 현재의 센서 입력 상태를 파악하여 이동 및 회전량을 결정한다.

6. 결론

랜딩 시스템은 안티 스웨이 동작이 완료된 후에 동작을 하기 때문에 컨테이너와 스프레더 사이의 정렬 상태가 비교적 양호한 경우가 되므로 기준 정렬상태를 벗어난 경우가 그리 많지 않다. 기준실제의 경우 대부분 컨테이너와 스프레더 사이의 정렬 상태에 대한 확인 기능 역할이 추가 될 것이다. 시뮬레이션 결과에서 보면 X , Y , θ 의 조합으로 이루어진 스프레더의 이동 방향에 대해서 정렬을 위한 스프레더의 이동 방향의 우선 순위는 기본 규칙에 따라 결정할 수 있다. X , Y 의 두 조합으로 이루어진 스프레더의 이동 상태는 ON 센서의 방향으로 먼저 이동하고, 다시 센서의 상태를 체크한 후 다음 이동방향을 결정하여 이동하면 된다. 예를 들어, X 방향으로 선 이동한 후, Y 방향으로 후 이동하면 되는 식이다. θ 성분이 조합되어진 경우에는, θ 만큼 먼저 회전 이동하고, X , Y 방향 성분으로 이동하면 된다. 스프레더의 이동 및 회전 Step 양은 일정하게 할 수도 있고, 높이에 따라 센서의 Spot 크기가 다르기 때문에 Step 양을 조절할 수도 있다. Step 동작에 대한 Step 양은 실제 현장 실험에서 결정되어야 하는 파라미터 값이다.

후기

본 연구는 해양수산부/과기부에서 시행하는 중점 국가연구개발사업의 일부입니다.

참고문헌

1. 한국기계연구원, 자동 트랜스퍼 크레인 설계 및 제어기술 개발(4차년도 보고서), 해양수산부/과기부, 2002.10.

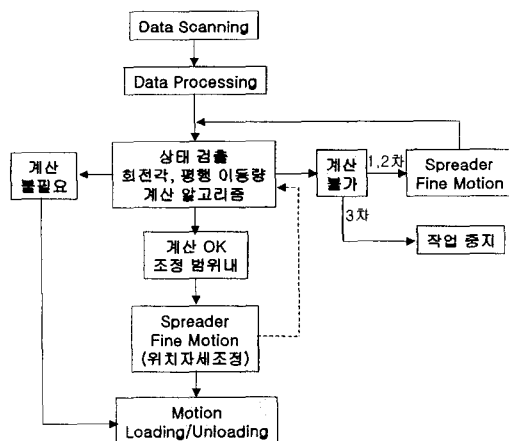


Fig. 15 Signal detection and fine motion