

자동화 항만용 장애물 감지 시스템

박경택*, 박찬훈, 강병수 (한국기계연구원)

Obstacle Detection System For Automated Container Terminal

K. T. Park, C. H. Park, B. S. Kang (KIMM)

ABSTRACT

AGV is very useful equipment to transfer containers in automated container terminal. AGV must have Obstacle Detection System (ODS) for port automation. ODS needs the function to classify some specified object from background in acquired data. And it must be able to track classified moving objects. Finally, ODS could determine its next action for safe deriving whether it should do emergency stop or speed down, or it should change its deriving lane. For these functions, ODS can have many different kinds of algorithm. In this paper, we present one of them under developing.

Key Words : Obstacle Detection System (장애물 감지 시스템), Laser Scanner(레이저 스캐너), AGV (자동무인반송차), Clustering (클러스터링), Automated Container Terminal(자동화 컨테이너 터미널)

1. 서론

ODS(Obstacle Detection System)는 컨테이너를 입·출고할 수 있는 시설을 갖춘 자동화 컨테이너 터미널에서 무인으로 주행할 때 안전에 도움을 주는 자동화 장비의 필수적인 시스템이다. 돌발사태가 일어났을 때, 즉, 갑자기 사람이 AGV의 주행 경로에 나타나거나 쌓아둔 물건이 쓰러져서 AGV의 주행을 방해할 때, 이러한 장애물에 대한 대책이 있어야 한다. 특히, 자동화된 터미널에서는 한 공정의 작업 정지가 전체 공정에 영향을 미치기 때문에, 이를 최소화하기 위해서라도 대책이 준비되어 있어야 한다. 본 연구에서는 이러한 대책의 일환으로, 50m 이상의 측정범위를 갖는 Laser Scanner를 이용하여 충돌을 방지하기 위해 장애물의 유무를 미리 감지하고 대책을 세우는데 초점을 맞추어 연구를 진행했다.

기존의 장애물 인식과 분류를 위해 작업시간을 고려하여 연속된 점들을 순차 비교하여 클러스터링하는 알고리즘을 사용하였다. 이것은 하드웨어적으로 통신속도가 빠르지 못해서 처리시간을 줄이기 위한 방안이었고, 따라서 통신속도를 기존보다 높여서 장애물 인식과 분류하는 것이 필요하다. 이를

위해 모든 대상물을 개별 비교하는 클러스터링 방법을 제시하고, 그리고 판별 성능이 우수한 알고리즘을 보여주고자 한다.

2. 장애물 감지 시스템

2.1 시스템구성

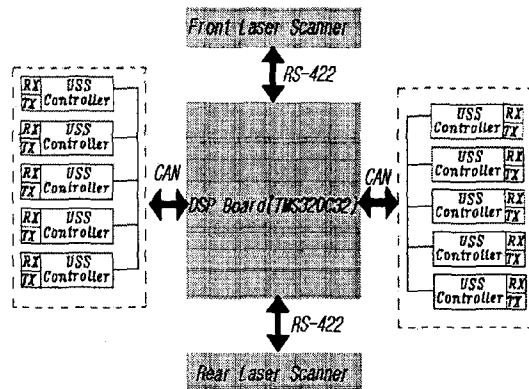


Fig. 1 Structure of data processing DSP board

AGV 에 장착될 ODS 의 가장 중요한 문제는 감지 기능의 신뢰성에 있다고 할 수 있다. 현재의 항만의 하역 장비들은 거의 대부분 유인으로 운전되고 있다. 이 하역 장비들을 무인화 하는 것이 목적이 될 경우, 적어도 유인 장비가 사용되는 작업환경 환경하에서도 무인 장비들도 운전이 가능하여야 하는 것이 가장 바람직하다. 그러나, 현실적으로 자동화 항만은 기존 항만 보다 많이 정돈된 작업환경을 가져야만 가능하다. 그리고, 감지 센서의 선택은 이러한 환경에서 전천후의 작업이 가능해야 한다는 조건을 만족시켜야 한다.

Fig. 1은 Laser Scanner 의 데이터를 수집 판단 처리하여 PC 로 전송할 수 있도록 제작한 DSP Board 의 구성도를 보여주고 있다. 수집된 데이터들을 프로세싱하여 장애물을 감지하는 시스템은 마이크로 프로세서(TMS320C32)를 사용하였고, 레이저 스캐너로 송·수신되는 데이터는 RS-422시리얼 통신을 이용하였다. 레이저 스캐너로부터 데이터를 수신하고 판별된 장애물 감지데이터를 AGV 의 메인 컨트롤러로 송신 할 수 있도록 구성되어 있다. 데이터를 수집하고 분석하는데 걸리는 시간을 가능한 최소화하기 위해서 하드웨어적인 방법으로 데이터를 고속으로 송수신할 수 있도록 RS422 방식을 이용하였다. 기존의 통신 속도인 38.4kbps를 레이저 스캐너의 최대 지원 속도인 500kbps로 높여서 데이터의 전송시간을 줄였다.

장애물을 감지하고 장애물의 위치와 이동방향의 정보를 얻기 위해서는 데이터 처리시간이 짧아야 한다. 그러기 위해서는 통신속도를 레이저 스캐너가 지원할 수 있는 500kbps 로 처리하였을 경우 스캐너가 감지하여 데이터를 처리하고, 전송하는 시간이 60ms 가 된다. DSP Board 에서의 처리시간을 고려하면, 초당 10 회 정도 탐색을 하고 장애물의 위치와 이동방향을 분석할 수 있다.

이것은 향후 Tracking 기능을 추가하기 위하여 가능한 데이터의 전송시간을 줄이는 것이 중요하다.

2.2 장애물 인식과 분류 알고리즘

기존의 데이터에서 연속된 점들에 대해 순차비교 알고리즘을 사용했을 경우에는 처리시간은 빠르나 장애물 감지 시 동일한 장애물이 쪼개져서 두개 이상의 장애물로 감지하는 문제점이 노출되었다. 따라서 순차비교 알고리즘을 사용하지 않고 데이터의 처리시간을 단축하기 위해 감시영역을 세가지로 분류하였다. 감시영역 안에 들어오는 데이터들을 갖고 개별비교 알고리즘을 적용하여 장애물 감지방법의 정확성을 높였다. 감시영역을 설정한 이유는

데이터가 많을수록 개별 비교시 처리시간의 증가를 방지하기 위해서 감시영역을 설정하였다. 그리고 AGV 의 충돌과는 상관 없는 데이터들은 과감히 배제시켜 처리시간을 줄여 고속화 하였다.

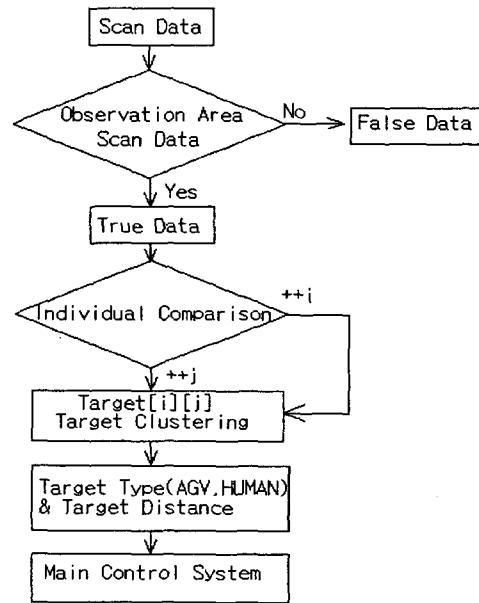


Fig. 2 Clustering algorithm

2.2.1 장애물 분류

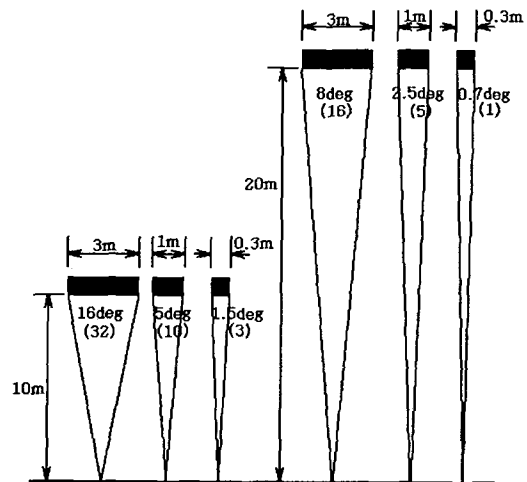


Fig. 3 Number of scanning points

Fig. 3은 거리에 따라 물체를 감지할 때 동일한 물체에 대해 감지되어지는 레이저 스캔 포인트의 수를 나타내고 있다. 야드에 출현하는 장애물은 많으나 현재 상황에서는 사람과 AGV 만을 고려하여

장애물을 분류한다. 따라서, 포착된 장애물의 폭을 구하여 장애물이 사람인지 AGV 인지를 구분한다. 알고리즘에서 개별비교로 분류되어 얻어진 장애물들에서 (X_{min}, Y_1) , (X_{max}, Y_2) , (X_1, Y_{min}) , (X_2, Y_{max}) 의 좌표 값을 구한다. 여기서, X 좌표의 최대 최소로 이루어진 값의 폭과 Y 좌표의 최대 최소로 이루어진 값의 폭을 비교하여 가장 큰 값을 장애물의 폭으로 하고 이 폭의 크기에 따라 장애물의 종류 즉, 사람인지 AGV 인지를 구분하여 메인 컨트롤러로 데이터를 전송한다.

2.2.2 동일한 장애물의 거리 설정

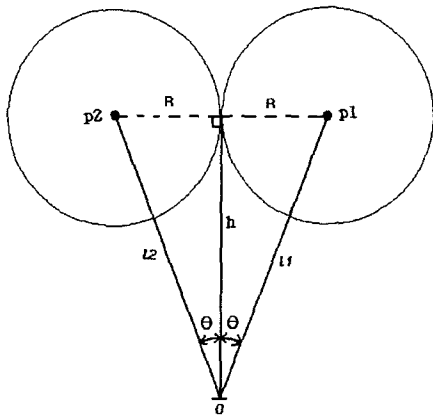


Fig. 4 Distance between targets

거리에 따른 일정한 기준 오차 값을 설정해 야 한다. 그러기 위해서 Fig. 4 에서 p_1, p_2 두 점에서 동일한 반지름 R 인 원을 그린다. 레이저 스캐너 중심 O 에서부터 p_1 까지의 거리를 l_1 , 레이저 스캐너 중심 O 에서부터 p_2 까지의 거리를 l_2 , 두 점 p_1, p_2 사이의 각도 $\theta = 0.25$ (연속된 점)라 했을 때, 두 점 p_1, p_2 의 최소 거리를 구하기 위해서 스캐너에서 두 점 사이의 거리 l_1, l_2 를 $l_1 = l_2$ 라 가정하면,

$$R = l_1 * \sin \theta \quad (1)$$

측정거리에 따른 수평면의 거리오차 $2R$ 을 식(1) 을 이용하여 구할 수 있다. 여기서, 구한 $2R$ 은 두 측정점 p_1 과 p_2 사이의 최소거리 이다. 두 측정점 사이의 각도 $\theta = 0.25$ 는 일정한 값을 갖는다.

수평면 최소거리를 기준 오차 값으로 했을 때는 Target 인식에서 Target 의 수평면은 잘 포착되나 수직면 같은 경우는 최소 거리 기준 오차 값을 적용했을 때는 포착이 잘 되지 않는 단점이 있다. 따라서 기준 오차 값을 최소거리보다 약 2~3 배정도 크게 하여 수직면에 대한 인식율을 높이기 위해 실

험적으로 값을 보정했다. 레이저 스캐너를 이용해서 기준 지도를 작성하는 것이 목적이 아니라 물체를 인식하고 물체의 위치만을 파악하는 단순한 작업이기 때문에 기준 형상지도^{1,2} 를 작성하는 것처럼 물체의 윤곽을 정확히 포착해야 하는 어려움이 없다.

3. 장애물 감지 및 분류 실험

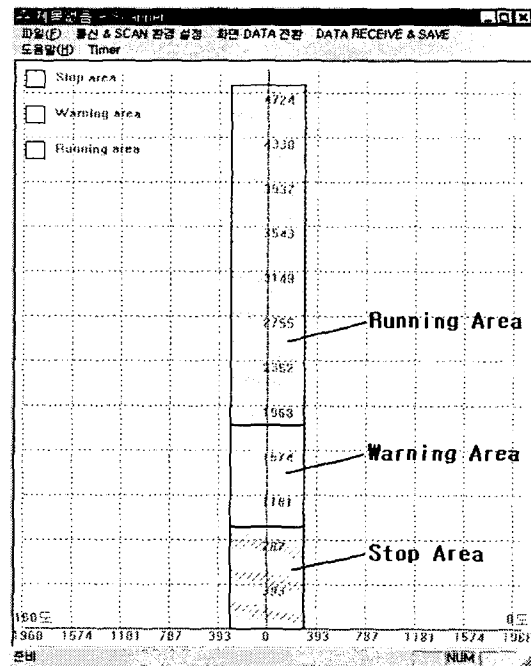


Fig. 5 Scan data Debug Program

Fig. 5 는 DSP 보드에서 데이터를 수집하고 분석하기 위한 디버그용 확인 프로그램이다. 실제로 DSP 에서는 이 프로그램이 구동 되는 것은 아니나 동일한 알고리즘으로 구동 된다. 현재는 세 가지의 감시영역을 사용하고 있으나 AGV 의 속도를 증감함에 따라 감시영역의 크기와 개수도 가변 될 수가 있다. 이는 실험이나 시뮬레이션을 통하여 감시영역을 얻어야 한다.

Fig. 5 에서 세 가지의 감시영역 중에서 Stop Area 는 장애물이 이 영역에 위치에 있으면 전체 또는 AGV 관련 일부 시스템을 정지시키는 영역이고, Warning Area 에 장애물이 있을 경우 장애물의 이동 경로와 AGV 의 이동경로를 고려하여 장애물과 AGV 와의 충돌 경고신호를 메인 컨트롤러로 보내고, Running Area 는 장애물과의 충돌 예상지역이 아니기 때문에 AGV 의 주행이 가능한 영역이다.

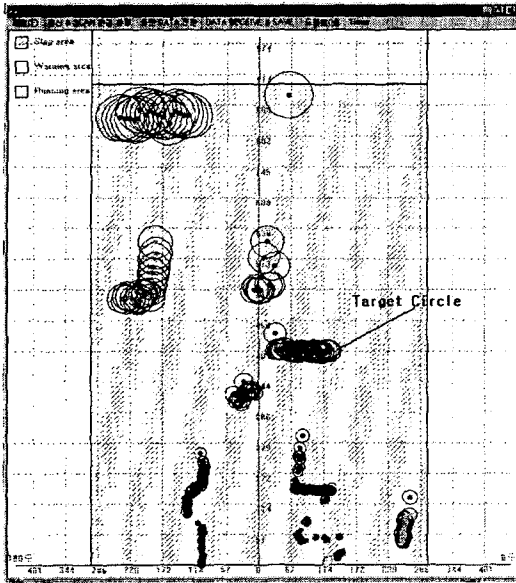


Fig. 6 Scan data & Clustering

Fig. 6 은 레이저 스캐너의 데이터를 PC 에서 분석하여 Clustering 한 화면을 보여주고 있다. 여기서, Target Circle 은 거리에 따라 그 크기가 다른 것을 알 수 있다. 스캐너 중심에서 각도는 동일하나 거리에 따라 Point 와 Point 사이의 거리가 다르기 때문이다.

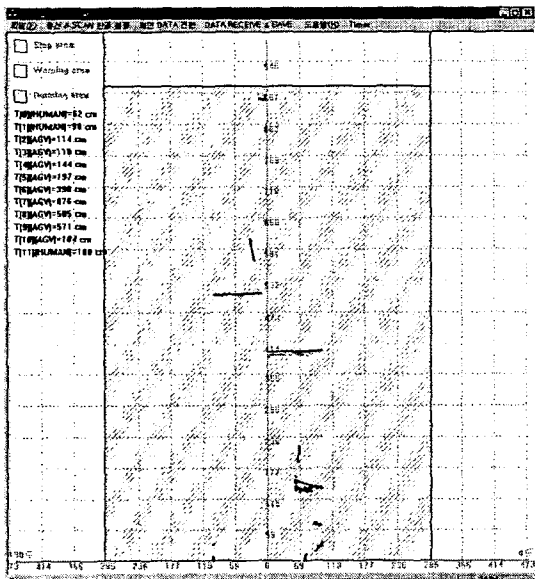


Fig. 7 Clustering in DSP Board

Fig. 7 은 DSP 에서 데이터를 분석하여 분류된 물체들을 보여주고 있다. 각각의 물체에 대해 폭을 계산하여 감지되어 분류되어진 장애물의 종류를 사람과 AGV 로 구분하여 Fig. 7 과 같이 나타내었고,

이 장애물에 대한 정보가 메인 컨트롤러로 장애물의 종류와 위치정보가 전송된다.

4. 결론

연속 순차 비교 알고리즘과 개별 비교 알고리즘을 사용하여 각각 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 감시영역을 설정하지 않을 경우는 연속순차 비교 알고리즘이 속도면에서는 좋은 결과를 보여주나, 장애물 감지에서는 동일한 장애물이 분리되는 현상이 발생하였다.
2. 감시영역을 설정하고 데이터의 개수를 제한했을 경우에는 처리 시간이 현저하게 줄어든 개별비교 알고리즘이 결과면에서 확실하게 장애물을 감지하였다.
3. 사람은 스캐너에서 거리가 멀 경우 그 폭이 작아서 감지될 때도 있고, 감지가 안될 경우도 있었다.

DSP 에 완전히 코딩하여 실제 실외에서 실험을 계속 진행하여 장애물 감지가 되는지 실험할 계획이다. 아울러 Laser Scanner 전·후방센서를 동시에 부착하여 실제 야드에서 현장 실험을 할 예정이다. 추가되는 장애물을 감지하여 판별하고, 장애물 감지와 판별하는 처리시간을 줄이고, 장애물의 이동 방향과 속도를 구하는 Tracking 기능을 추가하는 연구를 계속할 것이다.

후기

본 논문은 해양수산부에서 지원하는 AGV 독킹 및 장애물 감지 시스템 연구개발 과제의 연구결과 일부입니다.

참고문헌

1. 강병수, "초음파 센서를 이용한 형상 기준지도 작성에 관한 연구", 제주대학교 석사논문, pp.3-5, 2000.
2. Leonard, J. j., "Direct Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation", Kluwer Academic, pp.183, 1997.
3. 한국기계연구원, "UCT 독킹 및 장애물 감지 시스템 개발", 1999.
4. 한국기계연구원, "ATC 설계 및 제어 기술 개발", 2000.