

항만 자동화를 위한 AGV의 장애물 감지 시스템

김두형*(한국기계연구원), 강병수 (한국기계연구원), 박찬훈(한국기계연구원),
박경택(한국기계연구원)

Obstacle Detection System of AGV for Automated Container Terminal

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

ABSTRACT

AGV is very proper equipment for Port Automation. AGV must have Obstacle Detection System (ODS) for port automation. Obstacle Detection System must have some functions. It must be able to classify some specified object from background data. And it must be able to track classified objects. Finally, ODS must determine its next action for safe cruise whether it must do emergency stop or it must speed down or it must change its track. For these functions, ODS can have many different structures. In this paper, we will propose one structure among some possible ones which is under construction.

Key Words : ODS (장애물 감지 시스템), Laser Scanner(레이저 스캐너), AGV (자동 무인 반송차), UCT (무인 반송차), Container (컨테이너), DSP, Clustering (클러스터링)

1. 서론

ODS(Obstacle Detection System)는 Container를 입·출고할 수 있는 시설을 갖춘 항만 터미널에서, 무인으로 주행이 가능한 UCT(Unmanned Container Transporter)가 주행할 때 안전에 도움을 주는 자동화 장비의 필수적인 시스템이다. 돌발 사태가 일어났을 때, 즉, 갑자기 사람이 UCT의 주행 경로에 나타나거나 쌓아둔 물건이 쓰러져서 UCT의 주행을 방해할 때, 이러한 장애물에 대한 대책이 있어야 한다. 특히 자동화된 터미널에서는 한 프로세서의 작업 정지가 전체 프로세스에 영향을 미치기 때문에, 이를 최소화하기 위해서라도 대책이 준비되어 있어야 한다. 본 연구는 이러한 대책의 일환으로, 50m 이상의 측정범위를 갖는 Laser Scanner를 이용하여 충돌을 방지하기 위해 장애물을 미리 감지하고 대책을 세우는데 초점을 맞추어 연구를 진행했다.

이러한 장애물 감지분야는 학계에서는 주로, Mobile Robot이나 ITS(Intelligent Transportation System)등에 초점이 맞추어져 왔다. 즉, 소형 로봇이나 빠른 속도로 주행하는 자동차의

충돌회피, 자율주행 등에 초점이 맞추어져 연구가 진행되었다. 자동화 항만에서 사용되는 UCT의 경우, 자동차에서 5ton 이상의 트럭에 비유될 수 있다. 즉 관성이 매우 커서 급박한 상황에서 대응하기가 매우 힘들다. 이런 상황에서는 충분한 거리를 두고, 비교적 저속에서 주행하여야 충돌에 대한 고리를 충분히 할 수 있다. UCT는 최대 속도 5m/s이므로, 자동차에 비하여 충분히 저속이므로 감지범위가 50m 이상인 Range Sensor를 사용하여 충돌에 대한 대비를 하고자 한다.

2. 장애물 감지 시스템

2.1 하드웨어구성

AGV에 장착될 ODS의 가장 중요한 문제는 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 운전의 경우에 장비들의 가동이 가능한 환경에서는 무인화된 장비들도 운전 가능하게 하는 것이 바람직한 목표라 할 수 있다. 따라서 센

서의 선택은 이러한 전천후의 작업이 가능해야 한다는 조건을 만족시켜야 한다. Fig. 1 은 Laser Scanner 의 데이터를 수집 판단 처리하여 PC 로 전송할 수 있도록 제작한 DSP Board 이고, Fig. 2 는 DSP 의 구성도를 보여주고 있는데 수집된 데이터들을 판별하여 장애물(Target)을 인식하는 시스템은 마이크로프로세서 TMS320C32 를 사용하여 데이터를 처리하고 레이저 스캐너로 송·수신되는 데이터는 시리얼 통신 RS232C / RS422 를 이용하여 레이저 스캐너의 데이터를 송·수신하고 판별된 장애물(Target) 데이터를 AGV 제어 PC 로 송신 할 수 있도록 구성되어 있다. 데이터를 수집과 분석하는데 걸리는 시간을 가능한 최소화하기 위해서 하드웨어적인 방법으로 데이터를 고속으로 송수신할 수 있도록 RS422 방식으로 통신하여 통신속도를 높여서 데이터의 수집 및 분석처리시간을 줄인다.

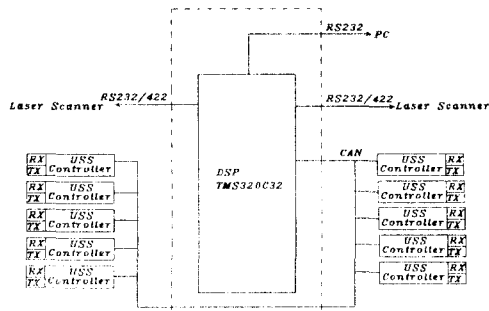


Fig. 1 Structure of data processing DSP board

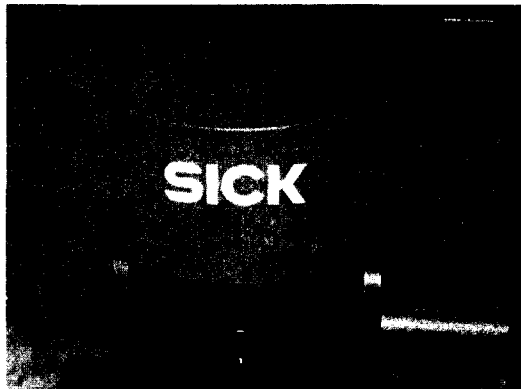


Fig. 2 Laser scanner

2.2 장애물 인식 알고리즘

레이저 스캐너 데이터를 갖고 장애물의 정확한 윤곽을 파악하는 것이 목적이 아니라 장애물이 어느 위치에 있는지를 파악하는 것이 목적이다.

레이저스캐너로 데이터를 스캔하고 DSP 에 수집된 거리와 방향 정보는 비교적 정확하다. 레이저 스캐너를 0 도에서 180 도 방향으로 0.5 도씩 스캔할 수 있는 분해능을 사용하여 수집된 데이터의 수는 361 개가 된다. 1 회 스캔한 데이터를 갖고 거리를 비교 분석 계산하여 각각의 장애물(Target)의 거리와 위치를 검출한다.

각각의 데이터들은 Target 의 측정 위치정보를 나타내는데 각각의 데이터를 하나의 독립된 Target 의 위치라고 판단하여 독립된 Target 의 위치를 알고리즘을 적용하여 분류를 한다. 이 Target 들의 위치를 분류하여 실제로 동일한 Target 의 위치 데이터를 분류하여 묶어주는 클러스터링을 하게 된다. 클러스터링을 위해서는 연속된 각도에서 연속된 스캔 데이터를 서로 비교하여 거리에 따른 일정한 오차 값을 기준으로 Target 들을 분류하고 일정한 오차이내에 연속된 각도로 이루어지는 데이터를 추출한다. 이때 Target 의 크기(폭)와 Target 이 위치한 거리와 스캔 각도에 따라 묶여지는 데이터들을 알 수가 있다.

2.2.1 거리 오차 보정

거리에 따른 일정한 기준 오차 값을 설정을 해야 한다. 그러기 위해서 Fig. 3 에서 p1, p2 두 점에서 동일한 반지름 R 인 원을 그린다. 레이저 스캐너 중심 O 에서부터 p1 까지의 거리를 l1, 레이저 스캐너 중심 O 에서부터 p2 까지의 거리를 l2, 두 점 p1, p2 사이의 각도 $\theta = 0.5$ (연속된 점)라 했을 때, 두 점 p1, p2 의 최소 거리를 구하기 위해서 스캐너에서 두 점 사이의 거리 l1, l2 를 $l1 = l2$ 라 가정하면,

$$R = l1 * \sin \theta \quad (1)$$

측정 거리에 따른 수평면의 거리오차 2R 을 식 (1)을 이용하여 구할 수 있다.

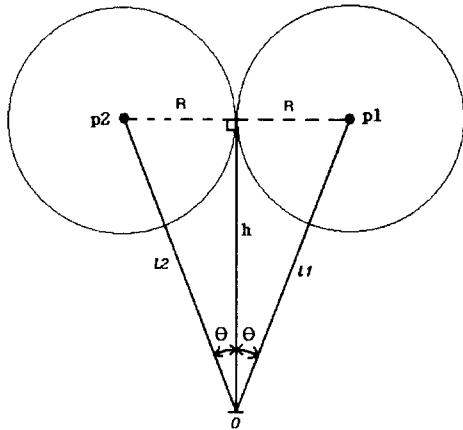


Fig. 3 Distance of Target to target

여기서 구한 $2R$ 은 두 측정점 $p1$ 과 $p2$ 사이의 최소거리이다. 두 측정점 사이의 각도 $\theta=0.5$ 는 일정한 값을 갖는다.

수평면 최소거리를 기준 오차 값으로 했을 때는 Target 인식에서 Target 의 수평면은 잘 포착되거나 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 인식률을 높이기 위해 실험적으로 값을 보상했다. 레이저 스캐너를 이용해서 기준 지도를 작성하는 것이 목적이 아니라 물체를 인식하고 물체의 위치만을 파악하는 단순한 작업이기 때문에 기준 지도^{1,2}를 작성하는 것처럼 물체의 윤곽을 정확히 포착해야 하는 어려움이 없다.

2.2.2 Clustering

기준 오차 값을 적용하여 측정된 Target 을 분류하기 위해서 Fig. 4 에서 레이저 스캐너 중심 O 에서 측정점 Target($p1$)까지의 거리를 $l1$, 측정점 Target($p2$) 사이의 거리를 $l2$ 라고 하고, 측정점 Target($p3$)까지의 거리를 $l3$ 라 하면, 각각의 Target 을 중심으로 반지름 R 인 원을 그린다.

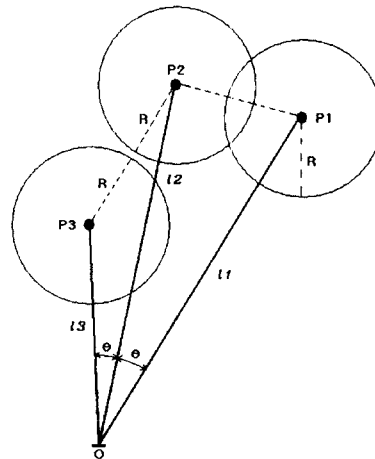


Fig. 4 Clustering scheme

측정점 Target($p1$)과 측정점 Target($p2$)사이의 거리를 계산하여 구할 수 있는데 이때의 거리를 $\delta d1$, 측정점 Target($p2$)와 측정점 Target($p3$)사이의 거리를 계산하여 구할 수 있는데 이때의 거리를 $\delta d2$, 라 하면, 이 점들간의 거리가 $\delta d1 < 2R$, $\delta d2 < 2R$ 이라고 하면 이것은 2 개의 측정점 Target($p1$), Target($p2$)로 이루어진 하나의 연속된 Target 이라 할 수 있다. 따라서 이 점을 연결하여 하나의 클러스터로 분류한다. 그러나 측정점 Target($p2$)와 측정점 Target($p3$)의 거리는 $\delta d2 < 2R$ 이므로 이것은 연속점이기는 하나 오차 값 $2R$ 보다 크기 때문에 이점은 다른 연속된 점들과 비교하여 분류되거나 연속된 점이 없을 경우에는 독립된 클러스터로 인정하게 된다. 앞서 말한 바와 같이 목적이 기준지도가 아니라 물체 위치 인식이기 때문에 데이터들의 비교도 순서적으로 해도 상관이 없다.

2.2.3 Clustering Algorithm

거리에 따라 동일한 물체의 검출 측정점이 개수가 달라지기 때문에 야드에 출현하는 장애물 중에서 가장 작은 폭을 갖는 것이 사람이므로 10m 이내에서는 검출되는 Target 들은 연속된 각도로 각각의 거리데이터는 각도에 따라 3 개 이상의 일정한 오차 값을 갖으면 동일한 클러스터로 분류하고, 10m 이상, 20m 이내에서 검출되는 Target 들은 연속된 각도로 각각의 거리데이터와 각도에 따라 2 개 이상의 일정한 오차 값을 갖으면 동일한 클러스터에 포함시키고, 20m 이상에서는 1 개의 Target 을 클러스터로 분류하여 20m 이상에서 검출되는 Target 들은 각각의 클러스터로 분류한다. 이것은

30cm 정도의 폭을 갖는 물체가 거리 따라 검출되는 측정점이 개수가 틀리기 때문에 알고리즘에 이와 같은 세 가지의 거리에 따른 분류방법을 추가해야 한다.

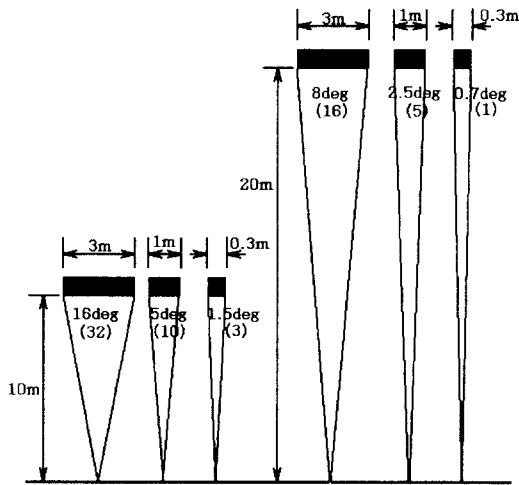


Fig. 5 The number of scanning points

이렇게 거리에 따라 측정되는 측정점의 개수와 일정한 거리오차를 갖고 클러스터들을 분류하여 이 분류된 클러스터를 다시 분류를 하기 위해 앞에서 말한 일정한 거리오차를 여기에도 적용하여 각각의 클러스터들과의 최소 거리를 계산한다. 그래서 다시 일정한 거리 오차 내에 있으면 이 클러스터들을 다시 하나의 클러스터로 통합하여 확정된 Target 으로 갱신 시키고 그렇지 못한 클러스터들은 확실한 Target 으로 갱신될 때까지 다른 클러스터들과 서로 비교하는 반복작업을 하게 된다. PC 로 전송되는 데이터는 확실히 포착된 Target 의 위치와 거리정보를 송신하게 된다. Target 과 Target 의 분류 방법으로는 Target 에 부합되는 측정 점들이 최대값과 최소값으로 이루어진 영역을 구하여 이 Target 영역과 다른 각각의 Target 영역들의 거리를 비교하여 통합시키는 방법을 사용한다.

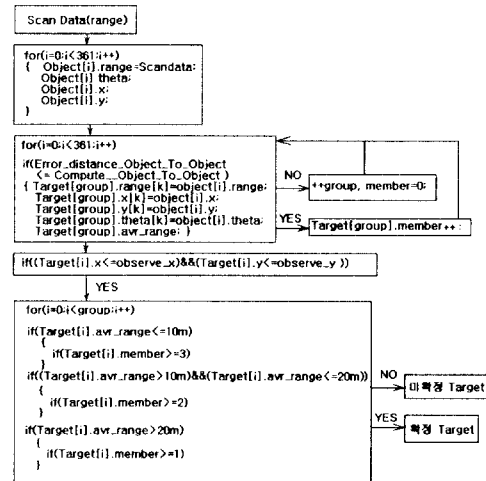


Fig. 6 Clustering algorithm

3. 실내 환경에서의 물체 감지 실험

Fig. 7 은 스캔한 데이터를 분석하여 분류된 물체들을 보여주고 있다. 각각의 물체에 대해 색깔을 구분하여 그림과 같이 나타내었다. 색깔로 구분된 Target 의 평균거리와 Target 의 수를 좌측 상단부터 하단부까지 텍스트로 나타내었다. 여기서 보여주는 Target 의 평균거리의 단위는 cm 이다. 그림에서 보여주듯이 최소 거리 오차 값을 약 2.3 배정도 크게 하여 수직면도 수평면과 동일하게 거의 잘 나타나는 것을 알 수 있다. 현재 이 그림에서 보여주는 결과는 1 차 분류를 통한 Target 을 나타낸 것이다. AGV 의 감지영역을 설정하지 않고 체크한 결과를 나타내고 있으며 그림에서 장애물 인식에 원하는 Target 은 센서 중앙에 있는 폭이 40cm 의 Target 의 위치정보만을 구하면 되는 것이다.

Fig. 8 은 감시영역을 설정하여 의도한 목표물을 검출하는 것을 나타내고 있다 점선은 설정한 감시 영역이고 중앙에 물체가 포착된 Target 이다.

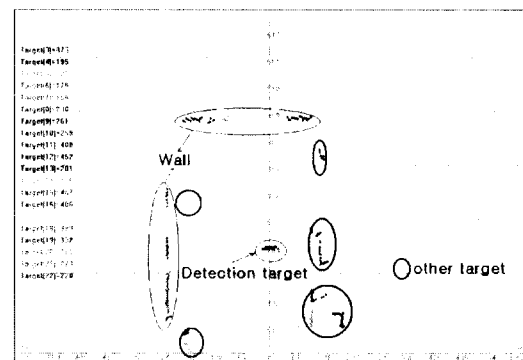


Fig. 7 Result of Clustering

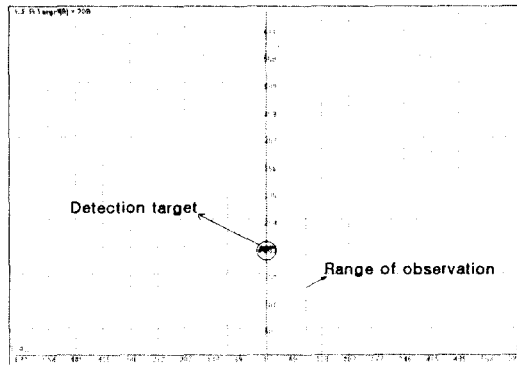


Fig. 8 Result of target detection

4. 결론

DSP 에 완전히 코딩하여 실제 실외에서 실험을 계속 진행하여 물체 인식이 확실히 제어되는지 실험할 계획이다. 아울러 Laser Scanner 전·후방센서를 동시에 부착하여 물체 인식 여부와 판독처리 시간을 줄이는 연구를 계속해야 한다.

후기

본 논문은 해양수산부에서 지원하는 AGV 독킹 및 장애물 감지 시스템 개발 과제의 연구 결과입니다.

참고문헌

1. 강병수, "초음파센서를 이용한 형상기준지도 작성에 관한연구", 제주대학교 석사논문, pp.3-5, 2000
2. Leonard, J. j., "Direct Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation", Kluwer Academic, pp. 183, 1997