

論 文
B 2-6

## 항만 자동화를 위한 AGV 시스템의 장애물 감지 시스템의 구성에 관한 연구

박찬훈\* · 최성락\* · 박경택\* · 김선호\*

A Study on a Structure of Obstacle Detection System of AGV for Port Automation

*C. H. Park\* · S. L. Choi\* · K. T. Park\* · S. H. Kim\**

**Key Words** : AGV, ODS(Obstacle Detection System), Port Automation

### 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. Our ODS has been being developed using proposed structure since last year. In this paper, we will introduce our system which is under construction.

### 1. 서론

AGV는 자동화된 항만 터미널에서 필수적인 장비이다. 최소 20톤 이상의 컨테이너를 AGV에서 적재

받아서 필요한 곳으로 이송하는 장비인 AGV는, 항만의 자동화를 위해서 다른 하역장비들과 마찬가지로 무인주행 기능을 갖추어야 한다. 또한 돌발적인 사태를 대비하여 충돌을 방지할 수 있는 기능을 받

---

\* 한국기계연구원

드시 갖추어야 한다. 이 기능을 장애물 감지 시스템 (Obstacle Detection System)이라고 하는데 AGV가 가져야 하는 매우 중요한 기능이다. 현재 자동화 항만에서 AGV가 사용되고 있는 곳은 싱가포르항 (PSA)인데 이곳에서는 ODS를 위해서 레이저 센서를 이용하는 것으로 보고되고 있다. 항만자동화를 위해서 사용되는 AGV는 고중량(20톤~50톤)의 컨테이너를 싣고 운반하기 때문에 관성이 매우 크다. 따라서 발견된 장애물의 거동 양식에 따라서 매우 지능적으로 대처해야 안전한 운행이 보장된다. 따라서 본 저자들은 논문[1]에서 논문[2][3][4]의 Virtual Bumper의 개념을 소개하고 AGV에서의 이용에 관한 방법론을 제시한 바 있다. 본 논문에서는 실제로 장애물 감지 시스템을 구현하기 위한 하드웨어의 선정과 전체 시스템의 구조에 관해서 논의하고자 한다. 여러 가지의 다양한 구조가 가능할 수 있지만 본 논문에서는 본 저자들에 의해서 개발중인 현재 시스템의 구조와 앞으로의 개발방향을 소개하고자 한다.

## 2. AGV의 주행 방법

### 2.1 직진주행

가장 일반적인 주행으로, 가변구간이 매우 길고, 정지에서 최고 주행속도에 이를 수 있는 구간에서 이루어진다. 따라서 속도가 매우 다양하게 변화하므로, Detection Range는 속도에 따라 변화시켜야 한다. 이러한 Dynamic Detection Range는 AGV의 기계적 성능 - Brake System, 컨테이너의 중량 등 - 에 따라 변화되어야 한다. 그림 1은 논문[1]에서 제시된 Virtual Bumper의 개념을 적용할 경우, 직진시 고려해야 할 영역을 속도에 비례하는 거리에 따라 3단계 - 충돌위험지역(CR: Collision Range), 감속지역(DR: Deceleration Range), 주행지역(Normal Range) - 으로 나눈 그림이다.

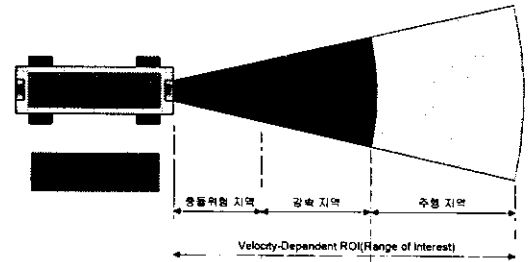


그림 1. 직진주행

### 2.2 Crab 주행

Crab 주행은 보통, 주행차선을 변경할 때, 그리고 AGV를 주차시킬 때 사용된다. 보통 자동차는 회전할 때, 전륜 2개만 조정하여 회전을 하지만, AGV는 전륜과 후륜 모두를 회전시킬 수 있어서 짧은 회전 반경을 가지게 된다. 이 기능을 이용하여 4바퀴 모두를 일정한 각도로 변경, 그림 2와 같이 평행 이동하는 효과를 가져올 수 있다. 그림 2의 (a)는 보통 자동차의 전륜의 움직임과 같고, (b)는 지게차의 경우와 같은 경우이다. (c)의 경우 회전반경을 최소화할 수 있는 장점이 있다. (d)의 경우가 Crab인데, 평행 이동할 수 있는 효과가 있어서 좁은 공간에서의 주차 시, 그리고 차선 변경 시에 빠르게 이동할 수 있는 장점이 있다.

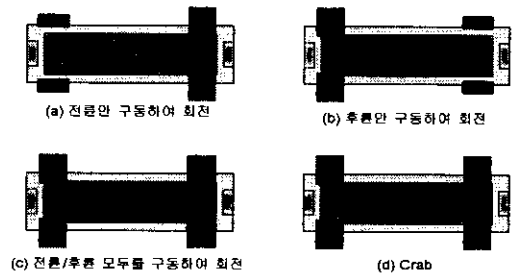


그림 2. 회전의 종류 및 전후륜의 모양

### 2.3 Queuing 주행

Queuing 주행이란 2대의 AGV가 일정한 거리를 유지하면서 주행을 하는 방법을 말하는데, 이러한 경우는 보통, 여러대의 AGV가 컨테이너를 이/적재 하기 위해 AGV근처에서 대기할 때 발생한다. 그림 3은 이를 설명한다.

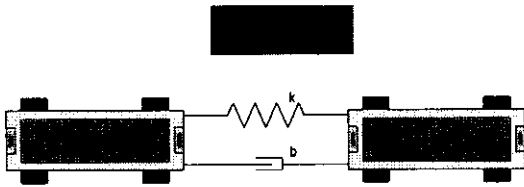


그림 3. Queuing 주행

그림 3에서는 2대의 AGV가 주행을 하는데, Queuing하는 AGV를 Host AGV라 정의하고, 그 앞에 놓인 AGV를 Target AGV라 정의한다. 두 대의 AGV 사이에는 일정한 거리를 목표로 주행을 유지해야 하는데, 이는 Host AGV에서 제어해야 하므로, 이를 위해서 논문[1]에서 소개된 Virtual Bumper의 개념을 사용할 수 있다.

### 3. AGV의 ODS를 위한 하드웨어의 구성

#### 3.1 시스템의 구조

본 연구에서는 장애물감지 시스템의 구성을 그림 4와 같이 하였다. 전후방은 Laser Scanner로 감지하고 측면은 Infrared 혹은 Milliwave등이 검토되었으나 경제성이 고려되어 초음파 센서로 결정되었다. AGV에 장착될 ODS의 가장 중요한 문제는 신뢰성에 있다고 할 수 있다. 현재의 항만의 하역장비들은 거의 대부분 유인으로 운전되고 있다. 이 하역장비들을 무인화 하는 것이 목적이 될 경우 적어도 유인 운전의 경우에 장비들의 가동이 가능한 환경에서는 무인화된 장비들도 운전 가능하게 하는 것이 바람직한 목표라 할 수 있겠다. 따라서 센서의 선택은 이러한 전천후의 작업이 가능해야한다는 조건을

만족시켜야 한다.

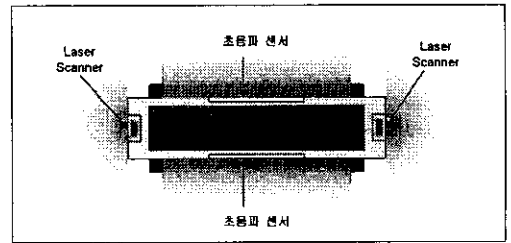


그림 4 AGV를 위한 ODS의 구성

이후의 절에서는 본 연구에서 선택된 센서와 그 특성 및 기본적인 구조에 관해서 설명하고자 한다.

#### 3.2 전/후방 감지용 레이저 센서

전후방 감지용 레이저 센서로는 SICK사의 LMS 220이 선택되었다. LMS 220은 옥외 사용을 목적으로 개발된 것이어서 본 연구과제의 목적에 적합한 것으로 판단되었다. 선택된 장비가 비교적 약천후에서도 사용가능하기를 판단하기 위한 실험을 수행하였다. 작업환경에 대한 실험으로서 약천후에 해당되는 비, 안개, 직사광선에 대해 실험을 수행하였다. 그림 5는 본 연구에서 사용된 레이저 스캐너이다.

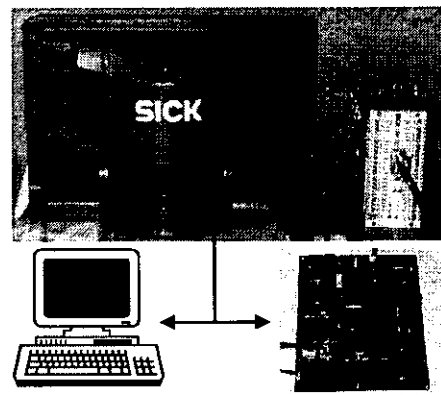


그림 5

그림 6은 레이저 스캐너를 이용한 장애물 감

지 시스템에 대한 구성도이다. 당초 PC-Based 제어 방식을 계획하였으나, 관련 주변장치들과 운영 환경을 고려하여 DSP Board Based 방식으로 변경하여 구성하였다.

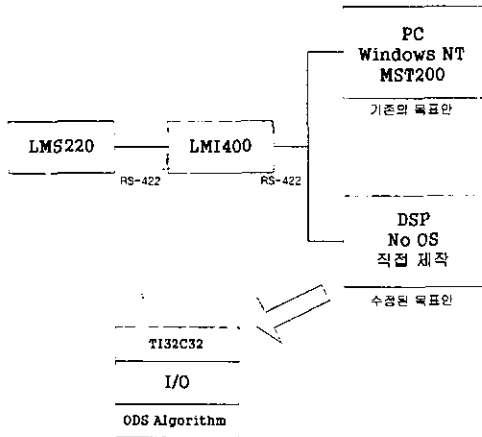


그림 6 장애물 감지 시스템 구성도

레이저 스캐너는 180도를 0.5도씩 회전하면서 레이저를 발사하고 반사되어 돌아오는 시간을 측정해서 장애물까지의 거리를 측정한다. 따라서 모두 361개의 점 데이터를 얻게된다. 이때 장애물의 반사율이 일정하지 않기 때문에 어느 정도의 에러는 반드시 발생한다. 그림 7은 이것을 잘 설명하고 있다. 그러나 AGV에의 적용이 목적이므로 이러한 에러는 사실 큰 문제가 되지는 않는다. 그러나 지나치게 반사율이 높거나 낮은 부분에 의해서 거리데이터가 완전히 틀리게 나오는 경우가 간혹 있을 수도 있음을 유의해야 한다. 그림 7에서도 알 수 있지만 또 하나의 문제는 가까운 거리에서는 촘촘하게 측정되고 먼 거리에서는 듬성듬성 측정된다는 것이다. 소프트웨어적으로 보상이 가능하기는 하지만 원거리(50m 이상)의 장애물도 감시의 대상이 될 경우 상당한 단점이 될 수밖에 없다.

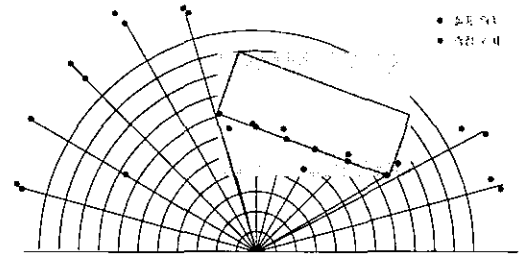


그림 7 장애물의 감지

### 1) 물방울이 큰 안개 환경에 대한 실험

실험을 할 수 있는 작업환경을 구성하기 위해 분무기로 짙은 안개를 조성하여 안개의 농도에 따라 강, 중, 약 정도로 구분하여 실험을 행한다. 장애물이 2m 거리에 있고, 1m 거리에서 분무를 하였을 때 실험을 행한 결과는 그림 7~11과 같다. 분무기로 분무할 때는 비교적 큰 물방울이 대기중에서 레이저 광선의 진로를 바꿀 수 있다. 그림 8은 안개가 전혀 없을 때의 결과이다. 화면 중앙위치에 장애물이 감지된 것을 볼 수 있다.

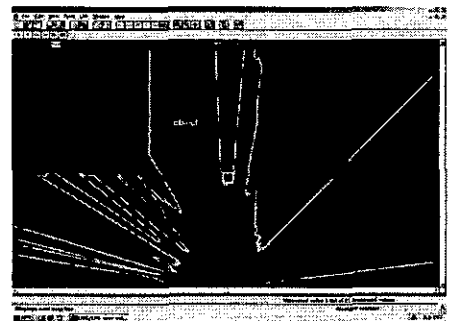


그림 8 안개 없음

그림 9,10의 안개환경 “약”, 또는 “중” 에서는 장애물을 인식하는 데에 문제가 없음을 알 수 있다. 그림 11,12의 안개환경 “강” 에서는 장애물의 인식에 있어서 (그림 9,10과 비교해서) 장애물의 인식이 어

려움을 알 수 있다.

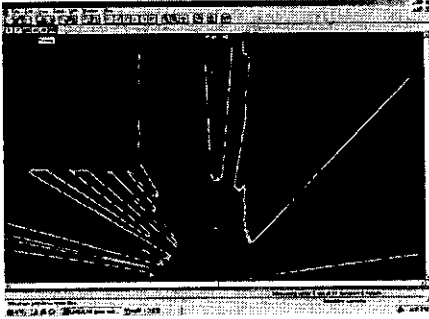


그림 9 “약” 안개환경

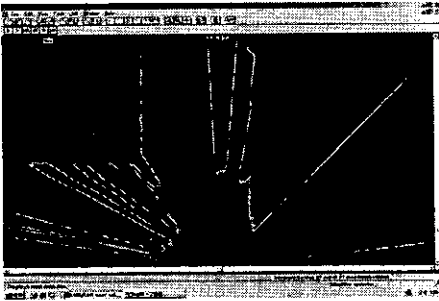


그림 10 “중” 안개환경

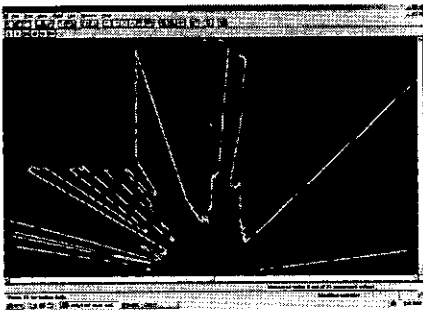


그림 11 “강” 안개환경(분무모습)

안개환경 “강”이란 분무기를 아주 세게, 그리고 연속해서 물을 뿌어내는 환경으로 식별거리 1m 이하인 환경이다. 이러한 환경에서는 실제 유인으로도 작업이 불가능 할 정도이므로 고려의 대상에서 제외

해도 될것으로 생각된다. 고려해야 할 “약”, “중” 의 안개환경에서는 사용상의 문제점은 없을 것으로 판단된다.

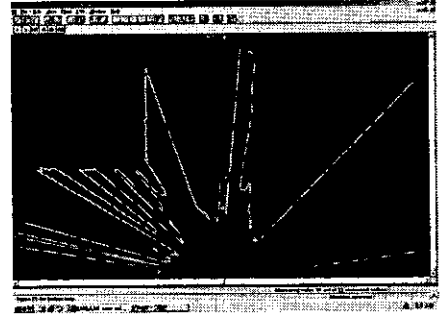


그림 12 “강” 안개환경

## 2) 물방울이 작은 안개 환경에 대한 실험

이번 실험은 물방울이 매우 작은 짙은 안개에서의 상황을 알아보기 위함이다. 실제 환경과 유사한 실험환경을 만들기 위해 제한된 공간내에 더운 물을 이용해서 수증기를 인공적으로 만들고 가시거리가 50cm 이내에서 장애물을 검출할 수 있는지에 대해 실험을 하였다. 실험방법으로는 Laser Scanner에서 약 60cm 정면에서 장애물을 놓고 검출 여부에 대해 실험을 하였다.

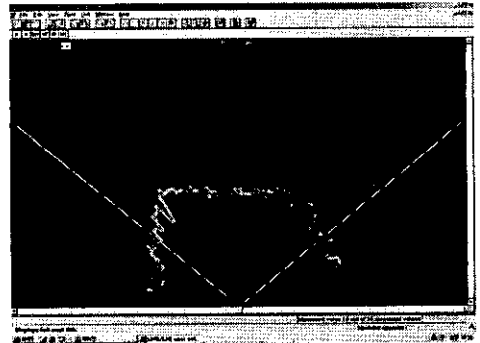


그림 13 안개환경의 초기 모습

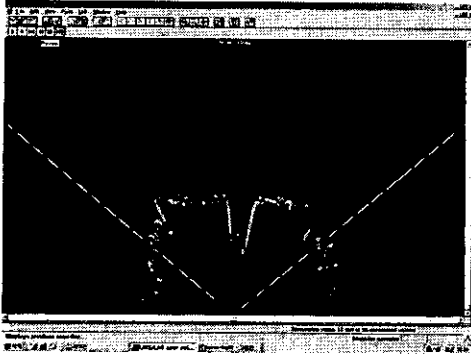


그림.14 정면에서 장애물을 검출

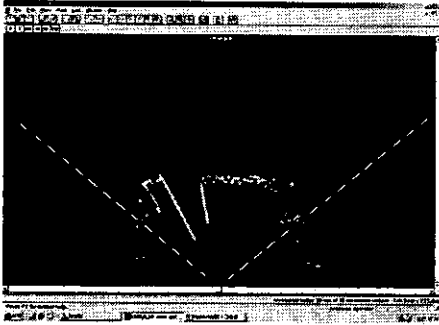


그림 15 좌측에서 장애물 검출

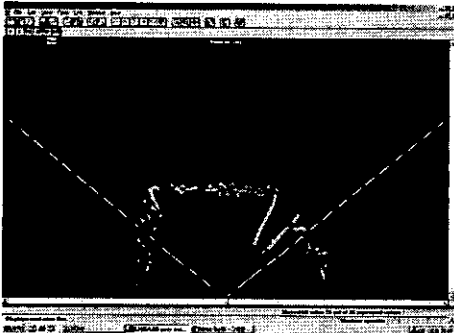


그림 16 우측에서 장애물 검출

그림 13에서 안개환경이 조성된 내부 벽이 검출되고 있으며, 그림 14에서 Laser Scanner 정면에 장애물을 놓고 이를 검출하고 있다. 그림 15에서 좌측의 장애물을 검출할 수 있었고, 그림 16에서는 우측

의 장애물을 검출할 수 있었다. 그림 14~16에서 장애물을 검출하는데 커다란 문제는 없었지만, 약 10cm 내외의 작은 Ripple이 발생하는 것을 볼 수 있다. 만일 더 큰 공간에 안개환경을 조성하고 원거리에 있는 장애물을 측정할 경우에는 더 큰 에러가 발생할 것으로 생각된다.

### 3) 일몰시 직사광선에 대한 실험

일몰시 가장 태양광이 강할 때 Laser Scanner를 직사광선에 바로 노출시켜놓고 장애물을 검출할 수 있는지 실험을 하였다. 실험방법으로는 일몰시에 태양을 Laser Scanner가 태양을 향하게 하고 전방 약 1.5m내의 장애물을 설치한 후 검출할 수 있는지 여부에 대해 실험을 하였다. 그림 17에서 장애물을 검출하고 있다. Laser Scanner를 직사광선에 노출시키기 위해 여러 각도로 조정해 보았으나 측정 결과는 그림 17에서 보여 지는 듯이 우수했다.

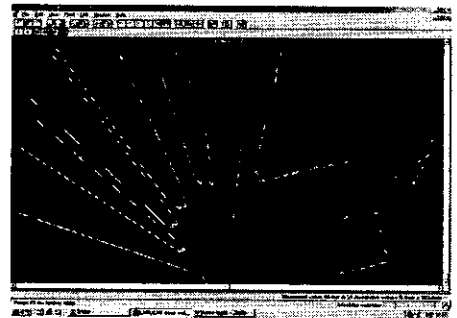


그림 17 직사광선에서의 성능테스트

일몰시의 태양광 하에서 레이저 스캐너의 Resolution 테스트 또한 수행되었다. 이것은 태양광 하에서 장애물이 측정된다고 하더라도 어느 정도의 정확도를 가지고 측정되는지를 판단하기 위함이다. 실험은 2~50m에 대해서 수행되었는데 그림 18~20에서 보여 지듯이 매우 우수했다. 최대 15~20cm의 에러를 가지고 측정됨을 알 수 있었다.

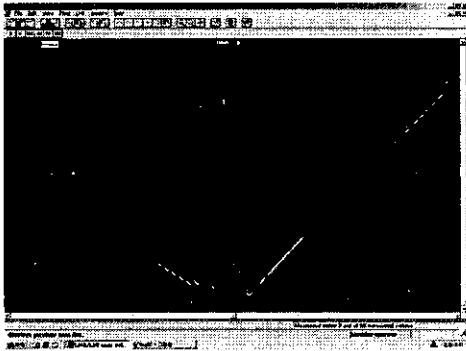


그림 18 장애물 거리 = 2m

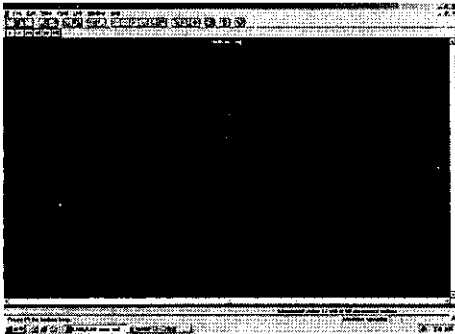


그림 19 장애물 거리 = 18m

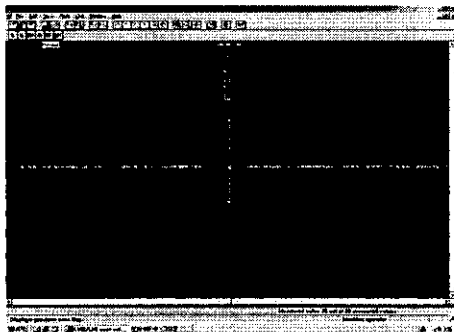


그림 20 장애물 거리 = 49m

측면 센서가 사용되는 경우는 주로 Crab 주행, 그리고 주/정차시로 제한된다. 측면센서는 장애물이 항상 존재할 경우가 많으므로(예: 주차) 장애물과의 거리로 판단할 것이 아니라, 장애물이 일정한 영역 내에 들어왔을 때에만 AGV가 항상 장애물과 일정한 거리를 유지할 수 있도록 제어하는 것이 타당하다. 선택된 초음파 센서는 그림 21에 보인다.

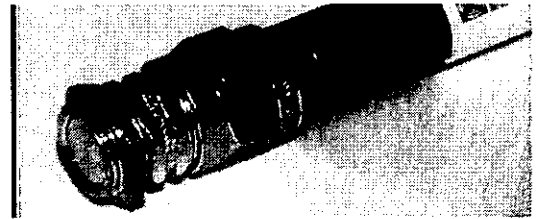


그림 21. 초음파센서

시스템 구성도(그림 22)에서 Laser Scanner는 Sick LMS220-20203 + LMI400 + DSP Board로 구성되어 있고, LMS220와 LMI400는 RS-422로 연결이 되고, LMI400와 DSP는 RS-422로 연결이 된다. 초음파 센서 시스템은 Herian사의 초음파로 선택되었다. 현재 HE-240STR + HE485D + HE660P485 + DSP Board로 구성되어 있다.

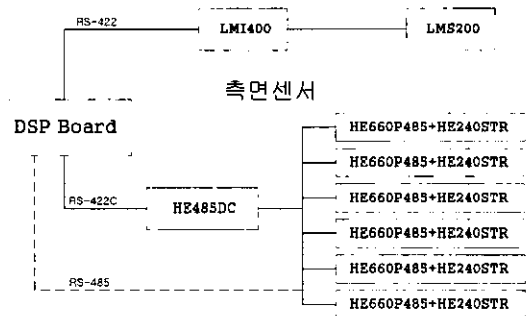


그림 22 시스템 구성도

### 3.3 측면 감지용 초음파 센서

Crab이나 주/정차시에는 AGV의 속도가 최대

3m/sec 이므로 고속제어는 할 필요가 없다. Crab이 나 주/정차시에는 감속과 정지, 이렇게 두 가지 방법으로 장애물을 회피할 수 있다. 초음파 센서는 감지영역이 짧다(길이방향 최대 10m, 폭은  $\pm 12^\circ$  로 약 2~3m 정도). 초음파 센서를 AGV의 측면에 부착하는 위치는 그림 23과 같다. 초음파 센서는 많이 부착할수록 유리하겠지만 경제성을 고려할 때 그 수는 제한된다.

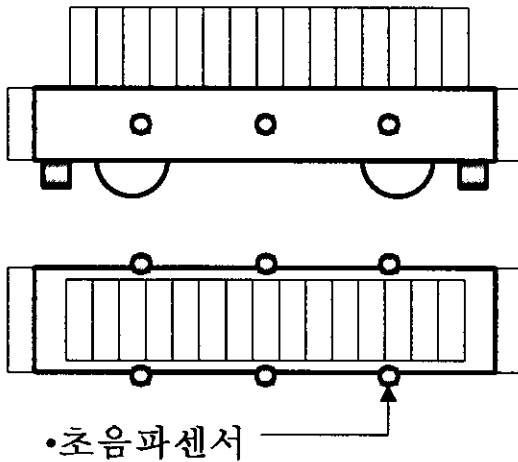


그림 23 초음파 센서의 부착위치

#### 4. 결론 및 추후 연구 과제

본 논문에서는 항만자동화를 고려한 AGV의 장애물 감지 시스템을 위한 연구의 진행 결과를 소개했다. 논문 [1]에서 AGV의 안전한 주행을 위한 알고리즘을 소개한바 있으며, 본 논문에서는 이의 구현을 위한 하드웨어에 관하여 기술했다. 장애물 감지를 위해서는 다양한 방법들이 있을 수 있지만 본 논문에서는 현재 진행중인 연구에서 선택된 센서와 전체적인 구조 및 이들의 적합성을 소개하였다.

추후에는 센서에서 수집된 데이터를 처리해서 다음과 같은 연구가 진행될 것이다.

- ① 361개의 포인트 데이터에서 장애물의 추출
- ② 장애물의 종류 파악
- ③ 장애물의 위치의 추적

본 연구는 해양수산부 및 과학기술부에서 시행하는 중점국가과제 내용의 일부분입니다.

#### 참고문헌

- [1] 최성락, 김선호, 박경택, "Virtual Bumper를 이용한 장애물 감지에 관한 연구," 한국항만학회 99 추계학술대회 논문집, pp. 315~320
- [2] M.Hennessey, C. Shankwitz, M. Donath, Sensor Based Virtual Bumpers for Collision Avoidance: Configuration Issues, Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering, vol. 2592, pp. 48~59, 1995
- [3] B. Schiller, V. Morellas, M. Donath, Collision Avoidance for Highway Vehicles Using the Virtual Bumper Controller, 1998, IEEE International Conference on Intelligent Vehicles, pp. 149~155, 1998
- [4] W. Schiller, M. Donath, The Virtual Bumper - A Control Based Collision Avoidance System for Highway Vehicles, Final Report, Minnesota Dept. of Transportation, in press, St. Paul MN, 1998