

장애인 차량을 위한 탈착식 시트의 자동 위치감지시스템에 관한 연구[†]

(A Study on Automatic Position Detection System
for the Detachable Mobile Seat of a Vehicle for the
Handicapped)

윤재웅*, 이수철**

(Jae-Woong Youn and Soo Cheol Lee)

요약 본 논문에서는, 스스로 차량에 탑승하기 어려운 장애인을 대상으로 하는 장애인용 차량의 탈착식 시트에 관한 연구 내용을 다루었다. 탈착식 시트는 운전석의 시트가 휠체어 역할을 하는 시트를 의미하며, 본 연구는 이 시트가 차량에 자동으로 도킹하는 시스템에 관해 다루고 있다. 현재 출시되어 있는 탈착식 시트의 경우에는 주로 탑승자가 조이스틱 등을 이용하여 수작업으로 도킹을 시도하고 있지만 이것은 불편한 장애인의 도킹을 매우 어렵게 하는 원인이 되고 있다. 본 연구에서는 차량 앞에있는 휠체어와의 위치를 자동으로 감지하고 측정하는 방법에 대해 기술하였다. 차량의 문에 도착해 있는 휠체어의 위치를 자동으로 감지하기 위해 리프트에 두 개의 초음파센서를 부착하였다. 초음파센서는 휠체어 뒷면에 부착된 감지판의 위치와 그 거리를 측정하게 된다. 본 논문에서는 휠체어와 리프트의 자동 도킹을 위한 세부적인 절차와 방법을 제시하였고, 그 정밀도도 분석함으로써 실질적인 활용이 가능함을 입증하였다.

핵심주제어 : 장애인 차량, 탈착식 시트, 자동 도킹, 초음파센서, 모서리 검출

Abstract This paper deals with the development of automatic docking system for the detachable mobile seat(DMS) of a vehicle for the handicapped people who are unable to ride in a car by oneself. Although such vehicles for the handicapped already exist, there is a need for a vehicle with improved docking method for convenience. This paper presents an automatic docking system using two ultrasonic sensors. In order to identify the precise location of the mobile seat in front of the vehicle door, the capability of ultrasonic sensor for detecting the part edge is analyzed and mathematical modeling is performed to measure the exact location of the side edge. And also, this paper presents an automatic docking method using this sensor system and the car lift which is provided in the inside of the car.

Key Words : Detachable Mobile Seat, Vehicle for the Handicapped, Automatic Docking, Ultrasonic Sensor, Edge Detection

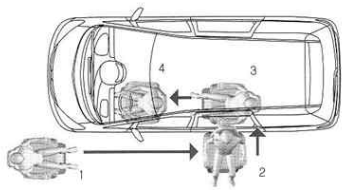
[†] 본 논문은 2010학년도 대구대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임

* 대구대학교 기계·자동차공학부, 제1저자

** 대구대학교 기계·자동차공학부, 제2저자

1. 서론

휠체어가 보급된 후 장애인 및 노약자들의 이동권이 확보되어 활동성이 크게 증가되었다. 한편, 이동거리가 먼 경우 다른 사람의 도움 없이 스스로 운전하여 이동할 수 있는 전동 휠체어가 보급됨으로써 장애인의 활동성 및 독립성이 비약적으로 향상되었다. 최근에는 장애인 및 노약자가 스스로 운전을 하여 목적지까지 이동할 수 있는 차량들이 개발되고 있다 [1,2,3]. 그러나 승용차에서 하차한 후 휠체어로 갈아타고 이동하기가 쉽지 않아 다른 사람의 도움을 받아야 한다는 문제점이 있었다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여 최근 일본 및 국내의 자동차 회사들을 중심으로 휠체어를 탄 채로 운전석으로 접근하여 운전할 수 있는 특수차량들이 개발되고 있다. 이는 <Fig.1> (a)에서 보는 바와 같이 자동차 운전석의 시트가 차량 내에서 전후로 슬라이드 운동을 하고, 차량 밖으로 하



(a) 탈착식 시트의 개념



리프트 초음파센서 리프트와 휠체어의 도킹 후 모습

(b) 휠체어와 리프트의 도킹

<Fig. 1> 탈착식 시트의 및 휠체어 도킹

강할 수 있으며, 차량 외부에서는 전동 휠체어로 이동 가능한 시트를 의미하며, 이와 같은 개념의 전동 휠체어를 사용하기 위해서는 밴(Van) 이상의 승합차가 적절하다고 볼 수 있다.

본 논문에서는 이와 같은 차량용 휠체어를 탈착식 전동 휠체어(Detachable Mobile Seat)라 정의하였다. 이와 같은 전동 휠체어는 일반 전동 휠체어와 같이 조이스틱(Joy stick)으로 이동을 하게 되고, 추가의 리모콘을 이용하여 차량 내에서 슬라이드 및 상승/하강 운동을 하게 된다. 이러한 대부분의 동작은 작업자의 조작에 의하여 작동되나, 휠체어가 차량 외부에서 차량 내부로 들어오기 위해서는 <Fig.1> (b)에서와 같이 차량 내에 있는 리프트(Lift)와 휠체어간의 기계적인 도킹(Docking)이 필요하다. 기존의 제품들은 작업자가 수작업의 시행착오를 거쳐 도킹을 수행하게 되는데 이는 여러 가지 불편한 사항이 많다고 할 수 있다.

본 연구는 이러한 탈착식 전동 휠체어를 포함하는 장애인용 차량의 개발을 진행하는 전체 연구 과제 중 센서를 이용한 자동 도킹에 관한 연구 내용을 구체적으로 다루고자 한다.

2. 초음파센서를 이용한 측면 모서리 검출

본 연구에서는 탈착식 시트와 차량 내부에 있는 리프트와의 자동 도킹을 위해 다양한 센서를 검토하였다. 공간상에 존재하는 임의의 대상물의 위치를 감지하는 방법에는 여러 가지 센서 응용기술을 활용할 수 있으나 [4,5], 본 장애인 차량과 탈착식 전동 시트의 경우, 광학적인 환경과 기후, 또는 먼지 등의 다양한 외부환경에서 신뢰성 있게 작동해야 한다는 점이 센서를 결정하는데 있어서 가장 중요한 요소로 검토되었다. 따라서 본 연구에서는 실외에서 사용할 경우 시스템의 신뢰성, 간편성 및 유지보수의 최소화 등을 감안하여 초음파센서를 활용하였다.

일반적으로 초음파센서는 특정 대상물까지의 거리를 측정하거나, 여러 개의 초음파 센서를 활용한 3차원 측정 등에도 활용되고 있다[6,7]. 본 연구에서는 <Fig.1> (b)에서와 같이 2개의 초음파 센서를 리프트의 이동축에 장착하고, 리프트의 이동에 따른 초음파센서의 거리 변화를 감지하여 전동 휠체어의 위치를 감지하고자 한다. 한편 휠체어의 위치를 감지하기 위해서, 사전에

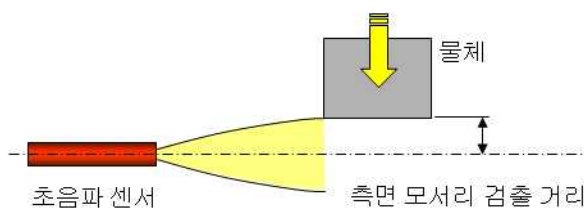
정의한 특정 형상을 갖는 타겟(Target) 형상을 휠체어 뒷면에 부착함으로써 초음파센서가 쉽게 휠체어의 위치를 감지하고, 리프트축에 이동 명령을 줄 수 있도록 시스템을 구축하였다. 이 경우, 사용자는 전동 시트를 탄 채로 대략적인 위치로 차량의 문쪽으로 접근하면, 센서는 그 위치를 감지하게 되고, 리프트가 휠체어의 위치로 이동하여 자동 도킹이 가능하게 되는 것이다.

2.1 센서의 사양

리프트와 탈착식 전동 시트의 도킹에 필요한 정밀도는 $\pm 15\text{mm}$ 로 책정되었다. 이는 기구적인 장치에서 수용할 수 있는 오차의 한계이다. 따라서 초음파 센서를 이용한 시트의 위치 검출 정밀도는 이를 토대로

<Table 1> 초음파 센서의 사양

Item	Specification
Measuring range	60 ~ 300mm
Accuracy (in axial direction)	$\pm 1\text{mm}$
Minimum target size	10mm × 10mm
Output	0 ~ 10V Analog
Beam angle	8°



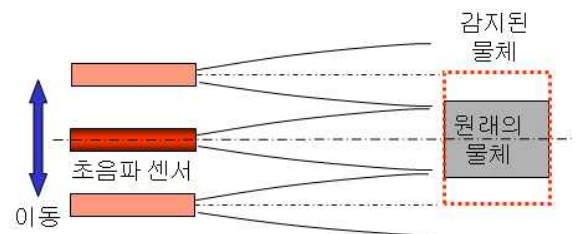
<Fig. 2> 초음파센서의 모서리 검출

설정하였다. 한편, 시트의 위치 검출은 차량의 문 앞 약 30cm 전방에서부터 가능하도록 설정하였다. 이와 같은 기본 조건을 충족하는 초음파 센서의 사양은 <Table 1>과 같다. 본 연구에서는 선정된 센서의 캘리브레이션(Calibration)을 수행하여 선정된 센서의 선형성을 사전에 검증할 수 있었다.

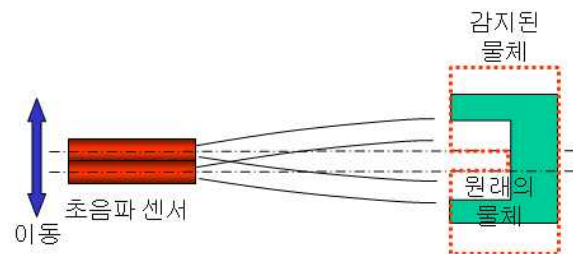
2.2 측면 모서리 검출 특성

본 연구에서는 <Fig.1> (b)에서와 같이 리프트 축

초음파 센서를 장착하고, 리프트를 이동 시키면서 휠체어 뒷면에 부착된 특정 형상의 타겟을 인식함으로써 휠체어까지의 거리와 휠체어의 상대적인 위치를 측정하고자 한다. 따라서 초음파 센서의 거리 측정 정밀도도 중요하지만, 타겟의 모서리 검출 능력이 더 중요하다고 할 수 있다. 이것은 <Fig.2>와 같이 초음파 센서가 일정한 각도를 갖고 퍼져 나가는 특성이 있어 정확한 모서리의 인식이 어렵기 때문이다. 센서의 정밀도를 높이기 위해서는 이 측면 모서리 검출거리를 0으로 하는 것이 매우 바람직하다고 할 수 있으나, 초음파 센서 고유의 특성으로 인해 이것은 불가능하다고 할 수 있다. 본 연구에서는 측정거리에 따른 초기 인식 거리를 수학적으로 모델링함으로써 그 정밀도를 높이고자 하였다.



(a) 볼록한 물체의 모서리 검출



(b) 오목한 물체의 모서리 검출

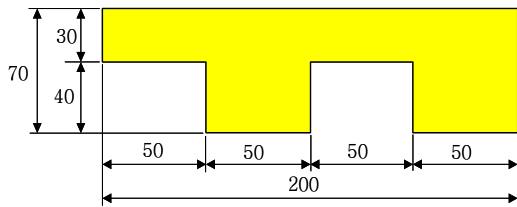
<Fig. 3> 물체의 형상에 따른 모서리 검출 차이

한편, 초기인식 거리는 타겟의 재질에 따라 상당히 다르게 나타나고 있다. 이것은 초음파센서에서 방출된 초음파가 타겟에 맞고 돌아오기 위해서는 그 표면의 특성이 매우 중요하기 때문에, 표면의 특성, 특히 표면 조도에 따라 다르게 나타난다. 본 연구에서는 가격 및 편의성 등을 감안하여 감지판의 재질을 아크릴로 선정하였다.

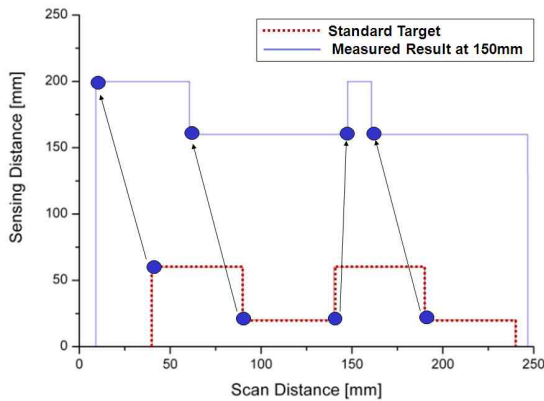
<Fig.3>은 측정거리에 따른 측면 모서리 인식의 개

념을 보여주고 있다. 초음파 센서의 특성은 <Fig.2>에 서와 같이 초음파가 특정한 각도(약 8°)로 퍼져나가 기 때문에 항상 가까운 물체를 먼저 감지하게 된다. 따라서 초음파 센서를 이동하면서, 요철이 있는 물체 의 넓이를 측정하게 되는 경우에, 가까운 지점은 그 폭이 더 크게 측정되게 된다. 한편, 가까운 부분에서 상대적으로 먼 지점으로 변화되는 부분은 같은 이유 로 더 좁게 감지되는 것이다.

한편, 이와 같은 측면 모서리 인식 위치는 측정 거 리에 따라서도 달라지게 되는데 그 이유 역시 앞에서 언급한 바와 같이 초음파 센서가 퍼져나가기 때문이 다. 이와 같은 초음파 센서의 특징을 파악하기 위하여 본 연구에서는 센서를 일정한 속도로 움직이며 제작 된 표준 감지판을 측정하였다. <Fig.4>에서 볼 수 있 듯이, 표준 감지판을 이용한 실험에서 위에서 언급한 감지 특성이 그대로 나타남을 알 수 있었다.



(a) 측면모서리 검출을 위한 표준 물체의 형상



(b) 150mm 거리에서의 측정 결과

<Fig. 4> 초음파센서를 이용한 측면모서리 검출

일반적으로 초음파 센서의 감지에 영향을 주는 인 자는 초음파 센서의 장착위치, 이동 속도 및 주변 배

경 물체의 유무 등이라 할 수 있다. 본 연구에서는 이 와 같은 환경변화에 따른 초음파센서의 감지 정밀 도를 알아보기 위하여 위의 변수들을 바꾸어 가며 실험을 수행하였다. 본 연구에서는 센서의 측정 거리 에 따른 정밀도의 변화와 센서의 장착방향에 따른 측 정 정밀도 변화, 센서의 이동 속도에 따른 정밀도의 변화, 그리고 배경 물체 유무에 따른 측정 정밀도의 변화를 모두 검토해보았지만, 정밀도 변화에 가장 큰 영향을 주는 요소는 센서의 측정 거리에 따른 정밀도 변화이며 나머지 환경 변수들은 모두 무시할 만하다 는 결론을 얻을 수 있었다. 따라서 측정 거리에 따른 정밀도 변화를 수학적으로 모델링하여 감지 정밀도를 높이고자 하였다.

본 연구에서는 이와 같은 측면 모서리 감지 위치를 수학적으로 모델링함으로써 임의 거리에 따른 측면 모서리 감지 위치를 예측함으로써 그 측정 정밀도를 향상시키고자 하였다. 즉, 감지물체가 가깝거나 혹은 멀 때, 앞에서도 언급한 바와 같이, 센서는 물체의 폭 을 더 크거나(가까울 때) 혹은 더 좁게(멀 때) 감지하 기 때문에 이를 측정거리에 따라 자동으로 보상해 줌 으으로써 물체의 위치를 정확하게 측정하고자 한다.

2.3 측면 모서리 감지 위치의 수학적 모델링

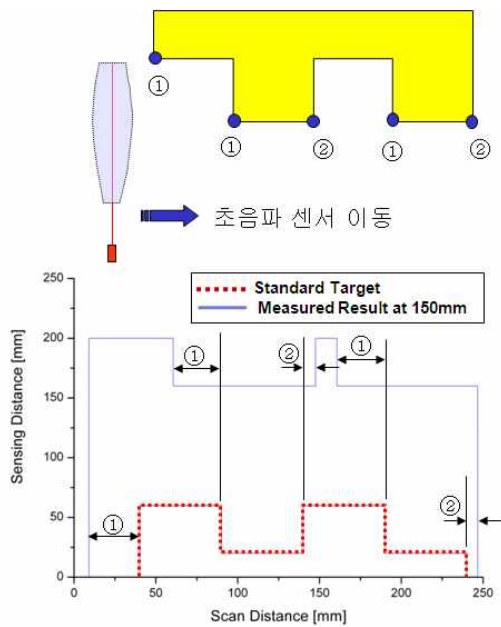
측면 모서리 감지 위치의 수학적 모델링을 위해 최 소자승법(Least square fitting)을 사용하였다. 이는 x 와 y가 각각 독립 및 종속 변수일 때, (x, y)의 형태 를 가진 N개의 자료점 집합에 대하여 m차 다항 관계 식을 찾는 방법으로서 계수의 개수가 m+1 개인 연립 방정식을 푸는 방법이다. 본 연구에서는 2차 및 3차 의 함수 관계를 설정하고 수리적인 모델링을 수행하 였지만 정밀도의 큰 차이를 발견할 수 없었다. 따라서 빠른 계산시간을 위해 다음과 같이 2차의 함수관계를 설정하기로 하였다. 여기서 x는 측정된 거리를 의미하 고 y는 측면 모서리 감지 위치를 의미한다.

$$y = ax^2 + bx + c$$

앞에서도 언급한 바와 같이, 물체에 요철이 있는 경 우, 혹은 센서가 이동하면서 측정할 때 물체를 최초 에 만나는 부분은 먼 곳에서 가까워 지는 측정의 의

미하고 물체를 지나게 될 때는 가까운 곳에서 멀어지는 것을 의미한다. 이렇게 물체가 가까워지는 경우와 멀어지는 경우에 초기위치 인식 지점은 <Fig.5>에서와 같이 일정하지 않게 된다. 따라서 위와 같은 수학적 모델링을, 각각 멀어지는 경우와 가까워지는 경우, 두 가지 경우에 대해 독립적으로 해주어야 한다. 본 연구에서는 2개의 센서를 사용하므로 수학적 관계식은 총 4개가 필요하게 된다. 한편, <Fig.5>에서 ①은 가까워지는 Edge를, ②는 멀어지는 Edge를 의미한다. 그림에서 볼 수 있듯이 물체가 가까워질 때는 그 변의 길이가 큰 값으로 감지하는 특성이 있고, 멀어질 때는 작은 값으로 감지하는 경향이 있다. 즉, 가까운 물체는 넓게, 먼 물체는 그 폭이 좁게 인식한다는 것이다.

이와 같은 결과를 바탕으로 본 연구에서는 각각 1번 센서와 2번 센서에 대해 물체가 가까워지는 경우와 멀어지는 경우에 대해 다음과 같이 2차식으로 모



<Fig. 5> 측면모서리 검출을 위한 수학적 모델링의 개념

For #1 Sensor

$$y = 0.000475x^2 - 0.2253x - 0.06856 \text{ (가까워지는 경우)}$$

$$y = -0.000473x^2 + 0.2139x - 15.255 \text{ (멀어지는 경우)}$$

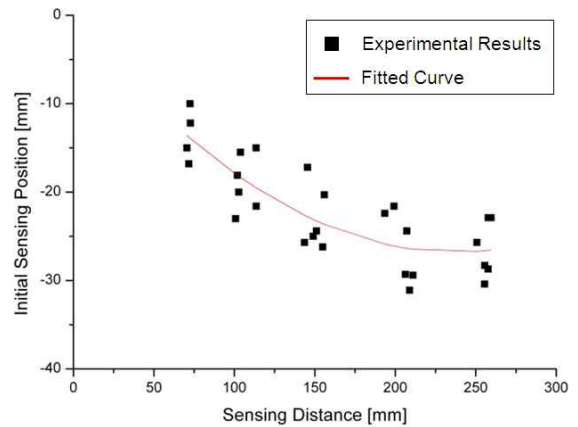
For #2 Sensor

$$y = 0.0001898x^2 - 0.1304x - 7.8155 \text{ (가까워지는 경우)}$$

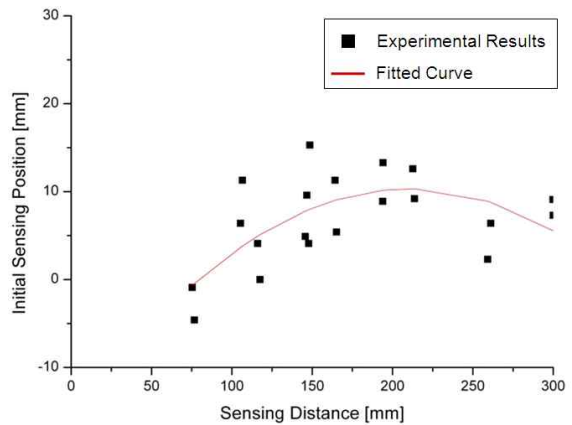
$$y = -0.0006x^2 + 0.2529x - 16.329 \text{ (멀어지는 경우)}$$

델링 하였다.

<Fig.6>은 1번 센서에 대해 모델링된 결과와 실험 값을 측정 거리에 따라 비교하여 보여주고 있다. 본 그림에서는 반복측정에 따른 오차의 폭이 상당히 큰 것을 알 수 있다. 이는 센서의 측면감지에 대한 반복 정밀도를 의미하는 것으로서 이를 줄이는 것은 어려울 것으로 판단된다. 왜냐하면, 초음파 센서는 거리를 감지는 목적으로 활용하는 것이며, 본 연구에서와 같이 측면 감지용으로 활용하는 것은 그 정밀도에서 해결할 수 없는 문제를 내포하고 있기 때문이다. 그럼에도 불구하고 휠체어 위치를 감지하기 위한 센서로서 초음파 센서를 사용하고자 하는 이유는 가격과 환경에 대한 신뢰성 때문이라고 할 수 있다. 한편, 2번 센서의 모델링 결과는 1번 센서와 거의 유사함을 알 수 있었다.



(a) 가까워지는 경우



(b) 멀어지는 경우

<Fig. 6> 가까워지는 경우 및 멀어지는 경우의 모델링 결과

3. 측면 모서리 검출의 정밀도 분석

본 연구에서는 초음파센서를, 물체의 측면 모서리 검출의 목적과 거리 측정을 위한 센서로서 함께 사용하였다. 이러한 측면방향의 인식 정밀도에 영향을 주는 인자로서는 측정 거리, 센서의 장착방향, 이동속도 및 배경물체의 유무 등이라고 볼 수 있었으며 본 연구에서는 각각이 정밀도에 얼마만큼의 영향을 주는가에 대해 분석하였다. 분석결과 측정 거리가 측면 위치 인식 정밀도에 미치는 영향은 매우 크다고 판단되었으며 나머지 환경 변수들은 거의 영향을 미치지 않는다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 측정 거리를 여러 번 반복적으로 변화시켜가며 물체의 초기위치 감지위치 결과를 수학적 모델링 결과와 비교하면서 오차를 분석하였다. 그 결과 다음의 <Table 2>와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

<Table 2> 측정 오차의 분석

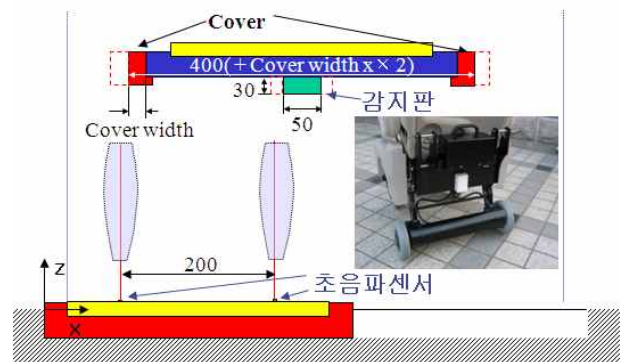
시도 횟수	70mm	100mm	150mm	200mm	250mm
1	-5.1	-5.3	-7.7	4.6	14.7
2	5.2	2.4	-6.2	1.7	4.8
3	0	-2.1	-6.1	-2.6	0.5
4	-8.1	-7.8	0.8	-2.2	11.7
5	3.5	-0.2	-1.2	-3.3	3.8
·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·
16	3.5	5.7	2.9	4.8	5.4
17	-1.5	1.1	-1.8	1	1.6
18	-1.5	0.7	1.6	0.4	11.4
19	1.3	2.4	2.9	1.7	3.8
20	-3.3	-2.1	-3	-3.2	-3.7
평균	-0.625	-0.641	-1.491	0.45	3.12
최대	-8.1	-7.8	-7.7	7.5	14.7

<Table 2>는 1번 센서의 경우, 각각 물체가 가까워질 때와 멀어질 때에 대한 측면 모서리 감지의 평균 오차 분석 결과이다. 표에서 볼 수 있듯이 평균적인 오차는 약 3mm 이내임을 알 수 있다. 그러나 최대 오차는 약 15mm 정도가 되고 있다. 이는 앞에서 언급한 바와 같이 초음파 센서의 측면감지 정밀도에 있어서 그 반복성이 매우 낮다는 것을 알려주고 있다. 이러한 낮은 정밀도에도 초음파 센서를 사용하는 이유는 낮은 가격과 환경에 대한 신뢰성 때문이

다. 한편, 2번 센서의 경향과 오차의 크기는 1번 센서와 거의 유사함을 알 수 있었다. 최대 약 15mm 정도의 오차가 있는 센서를 이용하여 리프트와 휠체어의 원활한 도킹을 하기 위해서는 결국 도킹을 위한 장치에 최소한 $\pm 15\text{mm}$ 의 여유를 두어야 함을 의미한다. 이러한 결과는 리프트와 휠체어의 도킹장치 설계에 반영되었으며 이 정도의 여유는 초음파센서를 이용한 도킹에 충분할 것으로 판단된다.

4. 전동시트 위치감지를 위한 센서운영 방법

앞에서도 언급한 바와 같이, 특정한 형상을 갖는 물체를 휠체어의 뒷 편에 부착함으로써 휠체어까지의 거리와 위치를 인식하고자 한다. 이를 위한 다양한 운영방법이 있을 수 있겠지만, 본 연구에서는 2개의



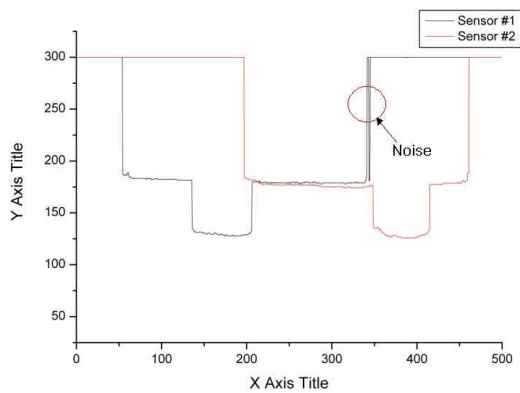
<Fig. 7> System operation

초음파 센서를 이용한 운영방법을 검토하였다. 3개 이상의 초음파 센서를 사용하는 경우, 각각의 장착위치가 가까워 서로 간섭될 염려가 있고, 시스템의 운영등이 필요 이상으로 복잡해질 가능성이 있기 때문이다. 초음파센서는 먼저 감지판까지의 거리, 즉 휠체어까지의 거리를 측정하고, 휠체어의 위치에 해당하는 감지판 형상은 초음파센서와 리프트 축의 엔코더(Encoder)를 이용하여 측정하게 된다.

최종적으로 휠체어에 장착하기 위한 감지판의 형상은 <Fig.7>과 같이 단순하게 설계되었다. 이는 휠체어 뒷면에 부착 가능하고, 신뢰성 있는 측정과 리프트 혹은 휠체어 뒷면의 설계 시에 최대한 자유로운 설계가 가능하도록 하기 위함이었다. 이러한 감지판을 이용하

여 측정을 할 경우, 측정을 위해 리프트가 최대 약 250mm 정도 이동하여야 하는 경우도 있다. 이것은 시간으로 환산하면 약 10초 정도의 도킹 측정 시간이 필요함을 의미한다. 이는 다소 부담스러운 시간이지만, 감지판의 형상을 작고 단순하게 함으로써 휠체어 및 리프트의 설계 자유도를 최대한 확보하고 감지 신뢰성을 높이는 것이 더 중요하다는 판단에서 결정하게 되었다.

감지판의 측정은 크게 세가지 경우로 나눌 수 있다. 첫번째는 휠체어가 차량의 문을 기준으로 오른쪽에 놓여 있을 때 해당되는 경우로서 이 때에는 2번 센서가 감지판의 첫번째와 두번째 꼭지점 모두를 감지하게 된다. 두번째 경우는 휠체어가 차량의 문을 기준으로 하여 왼쪽에 놓여 있는 경우이다. 이 때는 1번 센서가 감지판의 첫번째와 두번째 꼭지점 모두를 감지하게 된다. 한편, 휠체어가 차량의 문 중앙 부분에



<Fig. 8> 실제의 초음파 신호

놓여있는 경우이다. 이 때는 2번 센서가 감지판의 오른쪽 꼭지점을 먼저 감지하고 뒤 이어 1번 센서가 감지판의 왼쪽 꼭지점을 감지하게 된다. 이런 세가지 경우 모두에서 정해진(약속된) 형상을 갖는 꼭지점 이외의 꼭지점은 프로그램에서 적절하게 배제되도록 했다. 그렇지 않은 경우에는 휠체어의 외곽 꼭지점이나 기타 휠체어 뒷면에 있는 다양한 환경에 의해 잘못 감지되는 경우가 많기 때문에 감지 신뢰성이 낮아지기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 다양한 경우에 대해 이러한 잡음(Noise) 대처 능력을 시험하고 검증하였다. 휠체어 위치감지의 신뢰성을 떨어뜨리는 대표적인 예는, 센서의 신뢰성이 휠체어 뒷면의 다른 모서리 성분

의해 낮아지는 것이 아니라 <Fig.8>에서 보는 바와 같이 센서 신호 자체가 전기적인 잡음에 의해 그 값이 요동치는 경우이다. 이 때의 신호는 약간의 요동이 아닌 0V 또는 10V 정도의 극단적인 값으로 변동하게 된다. 이러한 신호의 변동은 하나의 분명한 모서리를 만난 것으로 착각하기에 충분하다. 본 연구에서는 이러한 전기적인 잡음을 제거하기 위해 프로그램 상에 필터링(Filtering) 기능을 추가하였다.

<Fig.8>은 두 개의 센서를 장착한 리프트를 일정한 속도로 이동시키면서 그 때 나오는 초음파센서 신호를 A/D 변환하여 받은 모습을 볼 수 있다. 이 경우 2번 센서가 먼저 감지판을 완전하게 감지하였고 뒤 이어 1번 센서가 감지판을 감지한 모습을 볼 수 있다. 그러나 실제의 상황에서는 2번 센서나 1번 센서 중의 하나가 먼저 감지판을 감지하게 되거나 1번 및 2번 센서의 조합으로 감지판을 감지하게 되면 그 때 바로 리프트의 이동은 중단되고 바로 도킹모드로 들어가게 된다.



<Fig. 9> 실제의 도킹 모습

한편 <Fig.9>는 두개의 초음파 센서를 리프트에 장착한 상태에서 휠체어 위치를 감지하고 있는 모습이다. 휠체어의 위치감지를 위해 측정에 소요된 시간은 약 10초 이내이며 높은 신뢰성으로 휠체어의 위치를 감지할 수 있었다. 앞에서도 언급한 바와 같이 휠체어의 위치 감지를 위해 초음파 센서를 적용하는 데에는, 낮은 위치 감지 정밀도(약 15mm 이내)와 다양한 모서리 등이 있는 주변 환경에 대한 영향이 크다는 단점이 있다고 할 수 있다. 그러나 낮은 정밀도 문제는

초음파센서의 근본적인 문제라 할 수 있으며 이는 도킹 장치의 도킹 여유를 하드웨어적으로 크게 함으로써 해결할 수 있다. 그러나 매우 높은 정밀도가 요구되는 다른 경우라면 적용에 큰 제한 요소로 작용할 것으로 판단된다. 한편, 주변 환경에 대한 영향이 크다는 문제점은 사전에 알고 있는 형상과 크기의 감지판을 사용함으로써 다른 주변 모서리 성분을 필터링하는 것으로 해결할 수 있으며, 이는 프로그램으로 충분히 가능하다고 판단되며 본 센서의 적용에도 큰 문제가 없음을 의미한다.

5. 결 론

본 연구에서는 장애인 차량용 탈착식 시트의 자동 도킹을 통해 사용자의 편의성을 향상시키고자 초음파 센서를 이용하였다. 초음파센서는 그 정밀도가 떨어진다는 단점을 가지고 있으나, 환경변화에 대한 신뢰성이 크고 유지보수가 적으며 가격도 낮은 등의 장점을 가지고 있다. 본 연구에서는 초음파 센서를 이용하여 측정대상물의 측면 모서리를 감지하였다. 이는 초음파센서의 특성상 정밀도가 비교적 높지 않은 측정이라고 볼 수 있으나, 본 연구에서는 그 정밀도를 높이기 위해 먼저 초음파 센서의 특성을 분석하였고, 측면 모서리 감지 거리에 대한 수학적인 모델링을 수행하였다. 오차의 분석을 통해 평균적인 감지 오차는 약 5mm 이내임을 확인할 수 있었고, 최대 약 15mm 정도의 측정오차가 발생함을 알 수 있었다. 그러나 이는 탈착식 전동시트와 리프트 간의 자동 도킹에 충분한 정밀도임을 확인할 수 있었다.

한편, 본 연구에서는 초음파 센서를 이용한 자동 도킹의 운영방법을 정의하고, 실제의 운영시험을 수행하였다. 그 결과 도킹에 걸리는 시간은 최대 약 10초 이내임을 확인할 수 있었고, 신뢰성 역시 100%에 가까웠다. 본 시스템은 현재 다양한 환경에서의 실험을 거쳐 상품화를 검토하고 있는 단계이다.

참 고 문 헌

[1] C.R. Kelber, W. Webber, G.K. Gomes, M.A. Lohmann, M.S., Rodrigues., D. Ledur, "Active

steering unit with integrated ACC for X-by-wire vehicles using a joystick as H.M.I", Intelligent Vehicles Symposium, IEEE, pp.173-177, 2004

[2] S. Yoshitaka, N. Sigeru, S. Yoshiyuki, H. Takuroh, T. Kazuo, " New control method for motor vehicles for the severely handicapped", *Robotica*, V.6, No.2, pp.131-139, 1988

[3] Charles M. Scott "Driver safety in modified vans", *Bulletin of Prosthetics Research*, pp.377-387, 1974

[4] 박희재, 황영민, "Machine Vision을 이용한 형상 측정기술(2차원 형상측정을 중심으로)", 한국정밀공학회지, v.018, n.003, pp.10-17, 2001

[5] S. Nagae, "Development and Application of Laser Three Dimensional Measurement - Development of CAD System for Chinaware", *The Review of laser engineering*, v.24 no.4, pp.475-485, 1996

[6] M. Riccabona, T.R. Nelson, D.H. Pretorius, "Three-dimensional ultrasound : accuracy of distance and volume measurements", *Ultrasound in obstetrics & gynecology : the official journal of the International Society of Ultrasound in Obstetrics and Gynecology*, v.7 no.6, pp.429-434, 1996

[7] J.K. Park, Y. Je, H.S. Lee, W.K. Moon, "Design of an ultrasonic sensor for measuring distance and detecting obstacles", *Ultrasonics*, Vol. 50, Issue 3, 2010, pp 340-346, 2010



윤재웅 (Jae-Woong Youn)

- 정회원
- 한양대학교 기계설계학과 공학사
- KAIST 생산공학과 공학석사
- KAIST 정밀공학과 공학박사
- 대구대학교 공과대학 기계·자동차공학부 교수
- 관심분야: 생산시스템, 정밀측정, 자동화시스템



이수철 (Soo Cheol Lee)

- 정회원
- 서울대학원 농공학과 (농학석사)
- 미국 Columbia대학원 기계공학과 공학박사
- 대구대학교 공과대학 기계·자동차공학부 교수
- 관심분야: 시스템분석기술, 분산 학습제어, 공장자동화