

차량 내구성 테스트를 위한 무인 주행 시스템의 구현

Implementation of the Autonomous Guided Vehicle Driving System for Durability Test

°정 종 원*, 윤 영 진**, 이 영 진***, 이 만 형****

- * 동아대학교 전기공학과(Tel: 82-051-510-1456; Fax: 82-051-512-9835 ;E-mail: jongwonj@hanmail.net)
- **부산대학교 지능기계공학과(Tel: 82-051-510-1456; Fax: 82-051-512-9835 ;E-mail: yoonyj@pnu.edu)
- *** 부산대학교 컴퓨터 정보통신연구소(Tel: 82-051-510-3374; Fax: 82-051-512-3385 ;E-mail: yjlee4@pnu.edu)
- ****부산대학교 기계공학부(Tel: 82-051-510-1456; Fax: 82-051-512-9835 ;E-mail: mahlee@pnu.edu)

Abstract : In this paper we developed the MPC sensor for steering control and steering control of the AGVDS(Autonomous Guided Vehicle Driving System) for Durability test.

Among durability tests, the accelerated durability test has been widely used to evaluate the durability of vehicle structure and chassis parts in a short period of time on the designed road that has severe surface conditions. However it increased the drivers fatigue mainly caused by the severe driving conditions. The driver's difficulty to maintain the constant speed and control the steering wheel reduces the reliability of test results. In addition to the general detecting sensor for steering control was restricted by surrounding condition. So we need to develop steering control sensor was robust in the bad driving condition.

In this paper we developed steering control sensor using magnetic induction which is robust in the bad driving condition and implemented the AGVDS.

Keywords : MPC sensor, ADVDS, Durability test, steering control

1. 서론

차세대 교통시스템이라 일컫어지는 ITS(Intelligent Transportation System:지능형 교통 시스템)의 발달에 힘입어 무인자동차에 관한 관심이 높아지면서 그 실용화의 단계가 매우 높아졌다. 이것은 운전자의 안전에 대한 적극적인 예방과 안락한 운전을 위한 보조자로서의 측면에서 연구가 적극적으로 진행되어 후방 감지 장치와 차량항법시스템(CNS : Car Navigation System)등은 이미 실용화가 되어 있고 도로이탈방지시스템, 자동주차시스템, 무인주행시스템 등으로의 연구가 진행중이다.

본 논문의 목적은 차량의 내구성 테스트를 위한 무인 주행 시스템의 조향제어와 조향센서의 제작이다. 내구성 테스트는 차량의 개발 단계에서 차량의 구조 및 새시의 내구성을 테스트하기 위한 것으로 차량 개발기간의 단축을 위해서 벨지안로와 같은 혹한의 환경에서 수행되는 것이 보통인데 이는 운전자에게는 많은 고통을 주게 되어 내구성 테스트를 위한 속도와 조건의 유지에 어려움을 주고, 운전자에게는 막대한 피로감을 안겨 주고 디스크와 같은 직업병의 유발로 이어지게 된다. 뿐만 아니라 조향센서의 경우 이러한 특수한 도로상황으로 인해 불규칙한 노면조건과 내구성 테스트 시스템이 실외에 있기때문에 일반적인 AGV와 달리 외란에 노출되어 있으므로 그 선정에 어려움이 따른다. 이에 유인 운전에 의한 내구성 테스트의 문제점을 해결하고자 시스템에 적합한 센서를 제작하고, 이를 이용하여 무인 주행 시스템의 조향제어를 하고자 한다.

본 논문에서는 일반의 상용차인 스타렉스를 이용하여 내구성 테스트를 수행하기 위한 조향 제어를 행하고 이를 위한 조향센서를 제작한다. 개발되어진 센서 및 시스템은 내구성 테스트를 위해 정해진 경로를 센서에 의해 도로 상황을 검출하고 무인으로 주행한다. 그리고 안정된 주행을 위해 부가적인 센서의 사용이 없이 차량

의 유도선에 대한 자세각을 계산할 수 있도록 하였다.

아울러 내구성 테스트 시스템의 구현을 위해 고려되어진 조향 센서들 중 선정되어진 MPC 센서를 직접 제작하여 조향센서로서의 가치를 평가하고 최적의 유도선 인가 전압 선정의 실험 후 센서를 모델링하여 실험에 사용하였고 내구성 테스트 시에 존재하는 외란 요소에 강인한 주파수 대역을 선정하는 실험을 행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다.

2장에서는 본 시스템에서 사용되어진 센서의 선정 및 센서의 제작, 유도선의 주파수 선정 실험 그리고 센서의 모델링에 관한 내용이 이루어지고 3장에서는 무인 주행 시스템의 구성에 대한 내용이 있다. 그리고 4장에서는 운행을 위한 알고리즘과 이를 위한 차량의 모델링을 다룬다. 그리고 5장에서는 실험 결과와 개발한 시스템에 대한 고찰 후 6장에서 결론을 내린다.

2. 센서시스템

본 장에서는 차량의 내구성 테스트를 위한 무인 주행 시스템에서 요구되어지는 조향 센서를 개발하고 모델링을 하고자 한다.

본 논문에서 제작하고자 하는 MPC 센서는 상대 위치 검출용 센서로서, 구현하고자하는 목적인 차량의 무인 주행 내구성 테스트 시스템의 요구 조건에 대하여 고려되어진 센서들 중 측정거리, 측정감도, 외란 등에 대한 강인성, 경제성 등의 측면에서 볼 때 가장 적합하여, 위와 같은 요소들과 안전성을 가장 큰 성능 지수로 하여 제작하였다.

일반적으로 차량의 조향제어를 위하여 도로 정보를 인식하는 방법은 크게 2가지로 나뉘어지는데 도로구조물에 유도선이나 Beacon 등의 부가적인 구조물을 설치하여 주행하는 방법(Guidedpath following 기법 ; Wire Guided, Optical Stripe, Magnetic Tape(or

Magnetic Lateral Guidance), Radar 등)과 별도의 추가적인 장비 없이 도로정보를 획득하는 방법(Vision, GPS 등)으로 나뉘어진다.^[11]

첫 번째의 방법은 다시 유도선의 위치를 직접 검출하는 방법과 한정된 경로상에서 자신의 상대적인 위치를 찾는 방법으로 나눌 수 있는데 유도선의 위치를 직접 검출하는 방법에 사용되는 센서로는 주로 마그네틱 센서(MPC, MR 센서 등)가 많이 사용된다. 자신의 위치를 상대적으로 검출하는 두 번째의 방법은 부가적으로 DR(Dead Reckoning ; 자립항법)과 Map Match 알고리즘과 병행하여 Radar, GPS, beacon 등의 센서에 의해 한정된 경로의 map을 가지고 자신의 위치를 파악하는 방법이다.^[12]

두 번째의 자율주행의 방법은 Vision등의 센서를 사용하는 것으로 이미 구성되어있는 도로 등의 상황을 입력 영상처리기법에 의해 정보를 조합 사용하는 방법이다.

이러한 두 방법의 차이점은 유도선의 방법은 기존의 도로에 부가적인 시스템을 필요로 하나 후자의 경우는 그렇지 않다.

본 논문에서는 guidepath following 기법에 의한 방법 중 wire guided 기법으로 내구성 테스트를 위한 무인주행 시스템을 구현하고자 하였다. 이는 본 논문에서 요구되어지는 시스템이 옥외용의 시스템이며 날씨 등의 기후변화 및 시스템에 존재하는 인위적인 외란 요소 등에 강한 특성을 가져야하기 때문이다.

전술되어진 바와 같이 유도선 추종 기법은 유도선의 위치를 직접 검출하여 자신의 위치를 판별하는 방법으로 이중 MPC 센서의 경우 도로 정보를 위한 설치비가 작게 들고 보수비는 작게 드는 대신 일정 전류와 전압을 도로 위의 유도선에 지속적으로 흘려 보내야 하는 단점이 있다. 하지만 기술어짐에 대한 영향을 작게 받으며 연속적인 정보를 제공받을 수가 있고 센서의 인지 거리의 조정이 가능하다. 또 지구 자기장의 영향을 거의 받지 않으며 외란이나 노이즈 같은 성분에 매우 강인하다는 장점이 있다.

2.1 MPC 센서

2.1.1 MPC 센서의 원리

MPC 센서의 기본 원리는 변압기의 원리와 같다. 유도선에 임의의 주파수를 가진 교류전압을 인가하면 유도선 주위에는 인가 전압의 크기에 비례하고 유도선으로부터의 거리의 제곱에 반비례하는 자장이 형성된다. 여기에 MPC 센서를 접근시키면 내부의 코일에 같은 주파수의 교류전압이 상호유도작용에 의하여 발생하게 되는데 이 유도전압의 크기는 유도선까지의 거리의 제곱에 반비례하게 된다. 이렇게 유도된 교류전압은 MPC 센서 드라이버를 통하여 증폭하고 직류 전압으로 전환하여 A/D 변환기를 통해 PC로 입력되어 유도선에 대한 차량의 상대 위치를 검출한다.

그림 2.1은 센서의 동작 원리를 나타낸 것으로 그림 2.1에서와 같이 도선에 의한 자기장은 코일에 기전력을 일으키며, 유도선으로부터 유도되어지는 자기장의 크기는 식 (2.1)의 Biot-Savart의 법칙에서 보여지는 것처럼 거리의 제곱에 반비례하므로 이 크기로 거리를 산출할 수 있다.

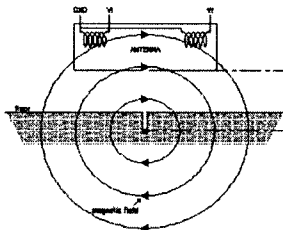


그림 2.1 MPC 센서의 원리

$$dB = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{idl \times \hat{r}}{r^2} \quad (2.1)$$

2.1.2 MPC 센서의 구조

본 논문에서 위치 검출 센서로 사용하고자 하는 MPC 센서는 기본적으로 인덕터의 구조를 가진다.

이상적인 경우의 인덕터의 임피던스는 그림 2.2에서 보여지는 것과 같이 주파수에 비례하여 증가한다. 하지만 실제의 인덕터에서는 그림 2.2에서와 같이 일정한 피크를 가지는 형태로 나타나지게 되는데 이는 실제 인덕터가 그림 2.3에서와 같이 내부적으로 정전용량을 가지기 때문이다. 따라서 실제의 인덕터는 이 정전 용량에 의해 RLC 병렬 등가회로로 나타낼 수 있다.

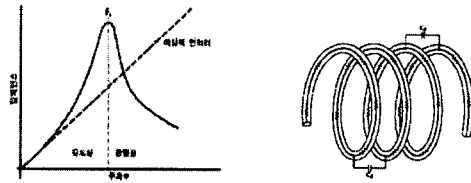


그림 2.2 실제와 이상 인덕터에 대한 그림 2.3 분포용량과 인덕터 임피던스와 주파수 관계 내의 직렬저항

따라서 일반적인 경우에 있어 인덕터를 사용하기 위해서는 공진 주파수 미만에서 인덕터를 사용할 수 있으므로 가급적이면 공진주파수를 높게 설계하는 것이다.

본 논문에서는 이와는 반대로 이 공진 주파수를 이용하고자 한다. 이는 구현하고자 하는 시스템의 주변환경에는 항상 많은 공중파 주파수, 엔진주파수, 그리고 내구성 테스트 도로 등의 외란 요소가 작용하고 있으므로 유도선의 주파수에 영향을 미친다. 따라서 이러한 외란의 요소를 줄이기 위해 이를 센서의 공진 현상을 이용하여 공진 대역통과필터를 구현하고자 하는 것이다.

2.1.3 MPC 센서내의 분배용량

전술한 바와 같이 실제적인 인덕터 내에는 분배용량이 존재한다. 그림 2.2에서 보여진 것과 같이 실제적인 인덕터의 공진 주파수를 원하는 주파수 대역으로 하기 위해서는 이 분배용량의 조정이 필요한 것이다. 실제 인덕터 내의 분배용량은 권선과 코어, 층과 층, 권선과 권선, 회전과 회전 등의 요소에 의해 가변된다.^[14]

이중 가장 크게 영향을 미치는 권선과 코어간의 분배용량을 그림 2.4에서 나타내었다.

여기서 C_C 는 첫 번째 권선층과 코어 사이의 분배용량으로서 다음의 식 (2.2)와 같이 나타낼 수 있다.

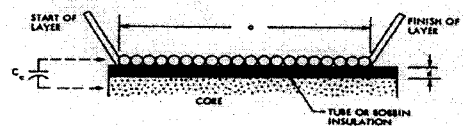


그림 2.4 권선층과 코어사이의 분배용량

$$C_C = \frac{0.089 MLT a e}{d} \text{ [pF]} \quad (2.2)$$

본 연구에서 제작한 다층 인덕터의 구조를 그림 2.5에서 보였다. 이 경우의 분배용량 C_P 는 식 (2.3)으로 나타낼 수 있다.

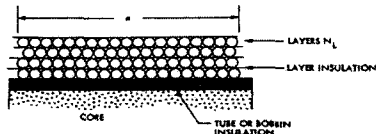


그림 2.5 다층 인덕터의 분배용량

$$C_P = \frac{4C_C}{3N_L} \left(1 - \frac{1}{N_L}\right) [\text{pF}] \quad (2.3)$$

C_C : 첫 번째 권선층과 코어 사이의 분배용량[pF] N_L : 층수

2.3 MPC 센서의 제작

2.1절에서 살펴본 바와 같이 공진 주파수를 구현하고자 하는 시스템에서 요구되는 주파수와 일치시키기 위해서는 분배용량 값을 조절할 필요가 있다.

본 논문에서는 이 값의 조절을 위해 8mm, 초기 비투자율 5000 μ_{ri} , 보자력 8.0[A/m]의 페라이트코어를 사용하였으며 60Hz(20°C)에서 비유전율 2.45~2.65인 폴리스티렌 수지의 back light core를 사용하였고 60Hz(20°C)에서 비유전율 3.0~5.0인 에폭시 수지를 사용하여 절연층의 개수를 변화시켜가며 실험을 하였다.^[5]

그리고 일반적으로 변압기와 인덕터의 제작에 사용하는 0.2mm UEW선 외에 모터의 제작에 사용되는 절연층의 두께가 더 두터운 0.2mm PEW선을 이용하여 권선의 회전수와 층수를 달리하여 공진 주파수와 임피던스의 값의 변화를 조사하였다.

그 값의 변화 과정을 위해 제작하는 각 센서를 RLC 병렬 등가 회로화해서 그 값의 변화를 측정하였다. 물론 수식에 의한 전개도 가능하지만 유전율과 투자율 등의 각 변수 값의 불확실성으로 인하여 모든 계산을 한다는 것이 불합리함으로 제작한 센서를 RLC meter를 이용하여 각 값을 실험적으로 측정하여 공진주파수와 임피던스를 조사하였다.

그림 2.6과 그림 2.7은 UEW선을 사용하여 280 회전 일때의 층수와 절연층의 수를 변화시켰을 때의 임피던스의 변화와 공진 주파수의 변화이고, 그림 2.8과 2.9는 PEW선을 사용하였을 때의 임피던스의 변화와 공진 주파수의 변화이다.

이상의 실험 결과에서 살펴보면, 바와 같이 회전 수와 절연지의 층 수를 바꿈으로서 공진 주파수의 조절이 가능하다.

그러나 코일의 회전 수를 많이 증가시키는 형태는 결국 공진 주파수를 조절하기 위하여 또한 분배 용량을 높여야함으로 결과적으로 센서의 임피던스를 높이는 결과가 되어 센서의 소비 전력을 증가시킨다. 따라서 제작되어진 센서들 중 공진 주파수의 조건을 만족하면서 동시에 임피던스가 적은 센서의 조건을 선정할 수 있었다.

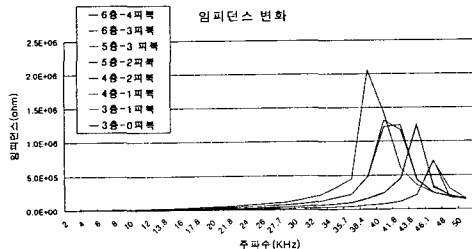


그림 2.6 UEW 280 turn 일 경우의 임피던스 변화

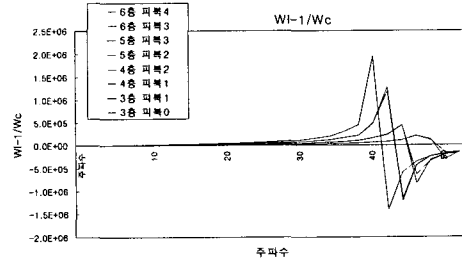


그림 2.7 UEW turn 일 경우의 $\omega L - (1/\omega C)$ 변화

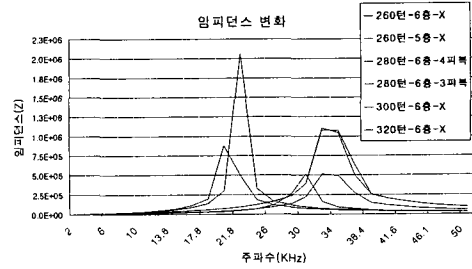


그림 2.8 PEW 코일을 사용할 때의 임피던스 변화

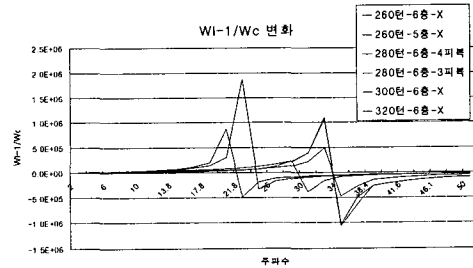


그림 2.9 PEW 코일을 사용할 때의 $\omega L - (1/\omega C)$ 변화

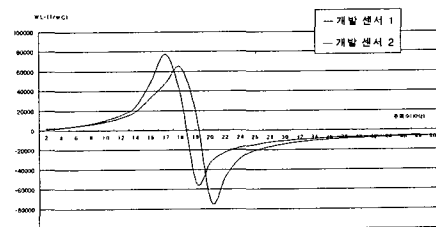


그림 2.10 제작된 센서의 공진주파수 특성

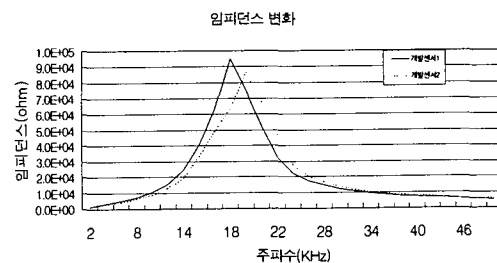


그림 2.11 완성된 센서의 임피던스 특성

그림 2.10과 2.11은 완성된 센서의 외관과 그 공진 주파수의 결과이다. 공진 주파수는 18KHz로 선정하였는데 그 이유는 다음 2.3 절에 의한다.

2.3 유도선에 인가되는 교류의 주파수 선정

앞절에서 고찰한 바와 같이 센서의 공진주파수는 내구성 테스트 시에 차량 주행상태에서의 외란(엔진진동, 노면으로 부터의 진동, 차량 고유진동등)에 의한 영향을 많이 받기 때문이며 따라서 이런 외란 성분은의 영향에 대하여 전압의 변화 폭이 작은 주파수를 선정함이 타당하다. 실험장치는 유도선에 인가할 특정 주파수의 신호 전원을 인가를 위하여 주파수발생기와 최대정격 360W의 오디오앰프를 사용하여 주파수 발생기의 정현파 출력을 앰프에 입력하여 신호전압을 발생시켰다. 차량에는 인덕터를 부착하여 차량 주행 상태에 따른 센서출력전압 상태를 조사하였으며 가장 큰 외란 요소인 엔진 노이즈의 경우 주행중 RPM을 변화시켜 가며 출력전압의 변화가 가장 적은 주파수를 선정하였다. 다음 그림 2.12는 선택된 18KHz에서의 결과이다.

그림 2.12에서 보여지는 바와 같이 센서 출력 전압의 최고값과 최저값의 차이가 약 0.02V의 차이를 보이며 이는 2.4절에서 제시될 센서의 실제적인 전압-거리 모델링에 의하면 약 2mm가 된다. 이 값은 조향제어를 위한 입력값으로는 무시되어질만한 수치이다.

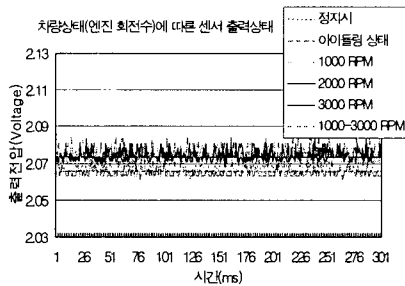


그림 2.12 엔진 회전수에 따른 출력전압의 변화

2.4 MPC 센서의 전압-거리간의 관계

센서의 거리에 따른 유도 전압의 형태는 유도선의 인가 전압에 따라 그 형태가 다르게 나타난다. 본 논문에서는 무인차량의 조향 센서로 사용함을 목적으로 함으로 전압에 따라 거리 판단이 용이한 유도선의 전압을 선정하여야 한다.

다음의 그림 2.13은 유도선의 전압을 가변 시키며 실험한 결과로서 앰프의 출력 전압을 가변 시키며 각 경우에 대하여 유도선과 센서간의 거리를 0mm에서 700mm까지 변화시킬 때의 MPC 센서와 유도선 간의 거리와 MPC 센서에 유도되는 전압간의 관계이다.

7.14V일 경우 유도선으로부터의 거리가 30cm 이상이 되면 거리를 판별하기가 어렵다. 그리고 22.4V의 경우 전 구간에서의 거리 판별이 용이하여 적당하고, 42.8V의 경우는 근거리와 250mm 이상의 원거리에서 거리판단이 어렵다.

결과적으로 본 시스템에서는 유도선에 인가하는 기준 전압을 22.4V로 하는 것이 제일 적당하여 이후 실험에서는 유도선의 인가 전압을 22.4V로 하여 실험을 행하였다.

본 실험에서는 차량의 위치 및 방향의 판별을 위하여 두 쌍의 MPC 센서를 사용하여 앞·뒤 범퍼에 부착한 후 식 (2.4)에 의해 센서를 실험적으로 모델링하였다. 이때 센서간의 거리는 70cm로

하였다. 식 (2.4)에 의하여 기본적으로 각 쌍의 전압에 의한 유도선으로부터의 거리가 모델링 되어진다. 이후에 전개되어질 유도선에 대한 차량의 자세각의 결정을 위하여 같은 방법에 의해 차량의 앞과 뒤의 유도선으로부터의 거리를 산출한다.

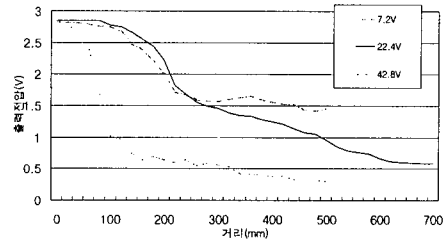


그림 2.13 유도선의 인가전압에 따른 센서출력상태

$$y = \text{Scalefactor} (MPC_1 - MPC_2) \quad (2.4)$$

y : 유도선으로부터의 차량중심까지의 거리

MPC_1, MPC_2 : 한 쌍의 MPC 센서의 좌우측의 출력 전압

실험차량에 적용되어진 한 쌍의 MPC센서의 경우 다음과 같이 실험적으로 모델링 되어졌다.

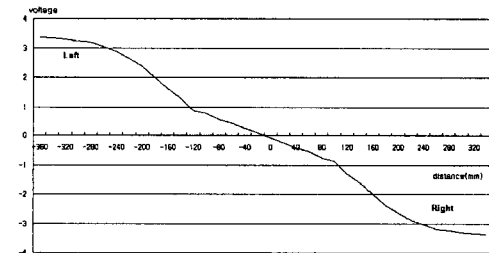


그림 2.14 두 개의 MPC 센서에 의한 전압-거리간의 관계

그림 2.14의 가로축은 좌우 센서의 중심과 전압이 인가된 유도선과 거리를 의미한다. 그림에서 보여지는 바와 같이 센서로부터의 입력값에 의해 유도선에 대한 차량(센서중심)의 상대적인 위치를 판별할 수가 있다.

3. AGVDS 시스템

그림 3.1은 AGVDS의 전체적인 개략도이다. 차량에는 조향 제어를 위한 메카니즘과 차량의 직류 전류를 교류로 바꾸어 쓰기 위한 파워 시스템 그리고 인지된 도로상황에 의해 조향제어를 수행하는 컨트롤러가 장착되어진다. 그리고 유도도에는 유도선에 선정된 18KHz, 22.4V의 교류전원을 인가하기 위한 주파수 발생기와 앰프, 그리고 유도선으로 구성되어진다.

차량의 무인주행을 위한 유도도의 입력은 차량의 범퍼부분에 장치되어 있는 MPC 센서를 통하여 신호가 입력되어지고 MPC보드에서 직류로 변환되어진 후 A/D 변환을 통하여 제어용 PC에 차량의 유도선으로부터의 상대적인 위치 정보로 입력된다. 이 정보는 PC에 프로그램 된 경로운행 알고리즘에 의하여 차량의 조향각에 대한 정보의 형태로 처리되어진다. 차량의 경로 운행 알고리즘에서 처리된 차량의 조향각은 AC 드라이브의 입력값으로 주어진다. 그림 3.2는 실험장치의 블록선도이다.

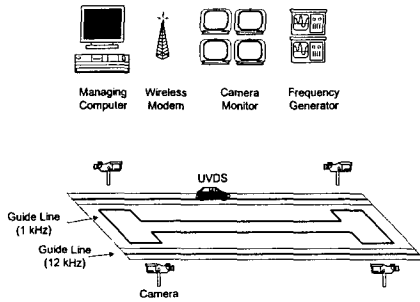


그림 3.1 내구성테스트 전체 무인 주행 시스템

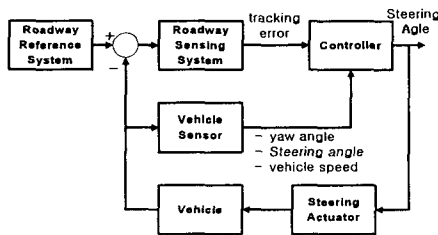


그림 3.2 실험장치의 블록다이어그램

조향제어를 위하여 실험차량의 조향부는 AC 서보 모터를 구동하며 14 : 48 의 비율을 가지는 타이밍벨트로 구성하였다. 실험 차량에서 사용되어진 AC servo 모터는 200W의 출력 토크를 갖는 것으로 파라소닉사의 MSD023A1X 상용 드라이브를 사용하였다. 그리고 실험 차량의 조향을 위한 센서는 2장에서 제작되어진 센서를 이용하여 본 시스템에서 조향제어를 행하였다. 본 주행 제어 시스템에서는 차량의 전·후 범퍼에 각각 70 cm 간격으로 장착되어진 4개의 MPC 센서를 이용하여 차량의 유도선에 대한 조향오차와 자세각을 감지한다. 그림 3.3은 조향오차 및 자세각을 감지하기 위한 블록선도를 나타낸다.

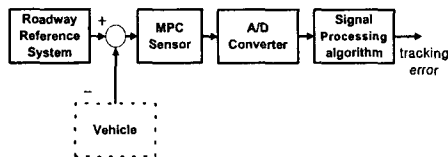


그림 3.3 유도선 인식과정의 블록다이어그램

차량에 부착되어진 MPC 센서가 선형적으로 도로 중심을 검출할 수 있는 구간은 ± 35 cm로 이는 일반적인 도로에서의 주행조건을 만족한다. 실제 무인 운전시 ± 35 cm를 벗어나게 되는 경우는 방지하도록 하였다.

4. 시스템모델링 및 조향제어기 설계

기구학적인 구속조건에 의한 차량의 운동방정식은 다음과 같다.^[6]

$$y = \int_0^t v_p \sin\left(-\frac{1}{L} \int_0^t v_p \sin \phi dt + \phi\right) dt \quad (4.1)$$

본 연구에서는 조향을 위한 제어기를 PIDA 제어기로 설계하였다. y 에 제동을 주는 개념의 가속도 피드백을 사용한 것은 차량 자세각(α)에 제동을 주는 역할을 하기 때문에 주행제어시 조향오차의 변동폭을 줄여주어 주행시스템을 안정화시키고 조향기구의 히스테리시스에 의한 차량 주행의 불안정성을 보정할 수 있기 때문이다.^[6] 전체 제어 방식식은 다음과 같고 유도선에 대한 차량의 자세각은 표 4.1과 같다.

$$\phi = -\left(K_p y + K_d \dot{y} + K_i \int_0^t y dt + K_a \dot{y}\right) \quad (4.2)$$

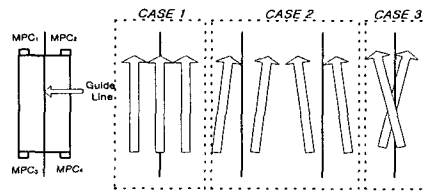


그림 4.1 유도선에 대한 차량의 자세각(α)

표 4.1 유도선에 대한 차량의 자세각(α)

	rfront, rrear	α	sign of α
1	rfront = rrear	0	0
2	$ rfront \neq rrear $	$\sin^{-1} \frac{ r_{front} - r_{rear} }{l}$	rfront +rrear
3	$ rfront \neq rrear $	$\sin^{-1} \frac{ r_{front} + r_{rear} }{l}$	rfront

여기서 r_{front} 는 차량 앞부분의 MPC 센서 중심과 유도선과의 거리로 센서 시스템에서 측정하고 r_{rear} 는 차량 뒤쪽에 부착된 한 쌍의 MPC 센서에 의한 값이다.

1의 경우에서 보여지는 바와 같이 r_{front} 와 r_{rear} 의 값이 같은 경우는 유도선에 대한 차량의 자세각은 0° 이다. 2의 경우에서와 같이 r_{front} 와 r_{rear} 의 값이 서로 다르면서 같은 부호를 가지는 경우는 표 4.1의 2의 경우에 의해 자세각이 계산되고 3의 경우와 같이 r_{front} 와 r_{rear} 가 다른 값을 가지면서 그 부호가 반대인 경우는 표 4.1의 3의 경우에 의해 자세각이 계산된다.

5. 실험결과

본 연구에서 구성되어진 AGVDS의 실험 결과는 다음의 그림 5.1에서 그림 5.5와 같다. 그림 5.1은 유도선이 센서의 중심으로 부터 12cm 원편에 위치하고 초기값 α 가 0° 인 경우의 결과이고 그림 5.2는 유도선이 차량의 5cm 원편에 위치하고 초기값 α 가 -2° 인 경우의 결과이다. 그림 5.1과 비교할 때 유도선의 위치에 대해 반대방향으로 자세각이 있으므로 곧바로 수렴하지를 못하고 있다. 그림 5.3은 유도선이 차량의 4cm 원편에 위치하고 있으며 차량의 자세각이 $+2^\circ$ 인 경우를 나타내고 그림 5.4는

반대로 유도선이 차량의 오른쪽 4cm에 있으며 자세각이 0° 인 경우를 나타낸다. 그림 5.5는 유도선이 차량의 7cm 왼편에 위치하고 있으며 차량의 자세각이 -2° 인 경우이나 2의 경우와 같이 차량이 떨어진 경우이다.

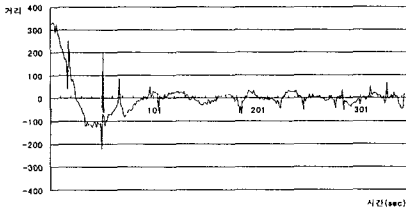


그림 5.1 왼편 12cm, $\alpha=0^\circ$

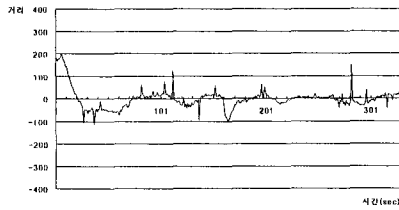


그림 5.2 왼편 5cm, $\alpha=-2^\circ$

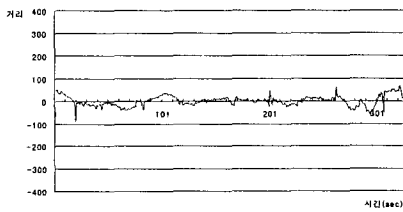


그림 5.3 왼편 4cm, $\alpha=+2^\circ$

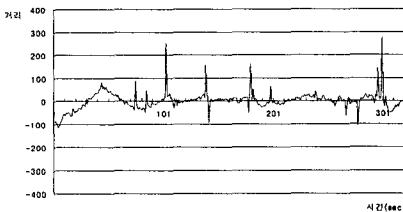


그림 5.4 오른쪽 4cm, $\alpha=0^\circ$

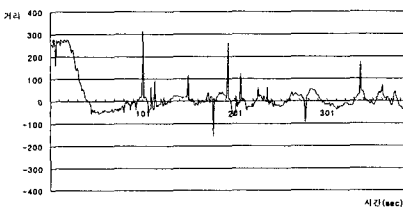


그림 5.5 왼편 7cm, $\alpha=-2^\circ$

실험결과에서 나타나는 것과 같이 신호에는 노이즈 성분이 존재한다. 하지만 실험결과와 그래프에서 나타나는 바와 같이 차량이 움직이는 것은 아니다. 이는 조향 핸들의 히스테리시스에 의하는데 스타렉스 차량의 경우는 차량의 재원에 의하면 20~30mm이다. 이를 각도로 약 $6^\circ \sim 9^\circ$ 이다. 따라서 순간적인 노이즈는 상쇄되어

진다.

6. 결론

본 연구에서 연구자는 내구성 테스트를 위한 무인 주행 시스템의 조향 제어와 조향 제어를 위한 MPC 센서를 제작하였다. 또한 제작된 센서의 조향 센서로서의 적용가능성을 확인하고 최적의 결과를 낼 수 있는 유도 주파수와 유도 전압을 실험을 통하여 확인하였다. 나아가 지능형 제어기의 적용을 위해 전압-거리간의 모델링을 수행하고 안정된 주행을 위하여 유도선에 대한 차량의 자세각을 부가적인 센서 없이 계산할 수 있는 알고리즘을 제안하고 실험을 통하여 그 성능을 확인하여 보았다.

참고문헌

- [1] H. R. Everett, *Sensors for Mobile Robots Theory and Application*, A K PETERS, Ltd., pp. 305-326, 1995.
- [2] 정종원, 윤영진, 허남, 이영진, 이만형 “무인자동차 항법용 MR 센서의 특성분석 및 3차원 자립항법 알고리즘에 관한 연구”, *Proceedings of the 14th Korea Automatic Control Conference*, pp. 337-340, October 1999.
- [3] Thomas L. Floyd, *Principles of Electric Circuits*, Simon & Schuster, Inc., pp. 620-621, 1995.
- [4] Colonel William T. McLyman, *Transformer and Inductor Design Handbook*, Marcel Dekker, Inc., pp. 268-270, 1988.
- [5] 김봉흠, *전기전자재료*, 문운당, pp. 41-46, 237-239, 1992.
- [6] 김민철, *기구학적 모델에 기초한 차량의 조향제어*, 포항공과대 학원 공학석사 학위논문, pp. 54~56, 1994.
- [7] Subir Kumar Saha, and Jorge Angeles, “Kinematics and Dynamics of a Three-Wheeled 2-DOF AGV”, *Proceedings of IEEE Robotics and Automation*, pp. 1572-1577, May 1989.
- [8] Hwei Peng, Wei-Bin Zhang, Alan Arai, Ye Lin, Thommas Hessburg, Peter Devlin, Masayoshi Tomizuka, and Steven Shladover, *Experimental Automatic Lateral Control System for an Automobile*, PATH Research Report, 1992.
- [9] 이한길, 최호열, *트라이코어활용백과*, 기전연구소, pp. 47-48, 237-239, 1988.
- [10] David K. Cheng, *Fundamentals of Engineering Electromagnetics*, Addison-Wesley, 1993.
- [11] 현대자동차(주) 서비스정보팀, *스타렉스 정비지침서(샤시편)*, 도서출판 골든-벨, 1998.
- [12] 하성기, *한정된 경로 운행을 위한 무인 전기 자동차의 개발*, 부산대학교 대학원 공학석사 학위논문, 2000.