

자동안내제어 차량을 위한 자기표지 위치검지

변운섭, 김백현, 강석원, 엄주환, 정락교, 김현중
 철도기술연구원

Position Detection of Magnetic Markers for Automatic Guided Vehicles

Yeun-Sub Byun, Baek-Hyun Kim, Seok-Won Kang, Ju-Hwan Um, Hyun Jung Kim
 Korea Railroad Research Institute

Abstract - 차량 자동주행제어시스템에서 차량의 주행중 위치정보는 매우 중요한 요소이다. 이를 위해 GPS를 기반으로 하는 많은 연구가 수행되어 왔다. 하지만 PRT(Personal rapid transit) 시스템과 같이 건물내부 또는 터널 등 위성의 가시권을 벗어난 영역에서는 사용성이 크게 제한된다. 본 논문에서는 이런 적용환경을 고려하여 국내에서 개발되고 있는 PRT차량의 주행제어 시스템에서 활용하기 위한 자석검지시스템과 자석검지기술을 제시하였다.

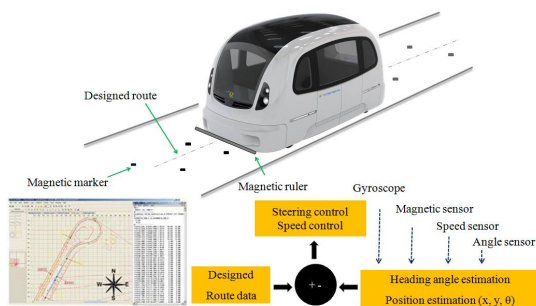
1. 서 론

본 논문에서는 자동주행차량에서 활용하기 위한 자석마커 위치검지방법을 제시한다. 차량 자동주행을 위한 위치추정기술은 공장 및 항만의 물류운송 시스템 등에서 실제 다양하게 활용되어왔다. 그 중 자석검지 방식은 California Partners for Advanced Transit and Highways (PATH) program은 magnetic marker system을 버스에 적용하여 자동안내제어시스템을 성공적으로 수행한바 있다[1]. 또한 자석마커시스템을 소형 승객운송용에 적용한 together[2]는 아랍 에미리트 아부다비 마스다르 시티에서 시범운행 중이다. 이런 자석마커를 이용하는 경우 차량에 장착된 자석검지센서로 도로의 자석마커를 검지하여 얻는 센서와의 상대위치 정보로 주행중 차량의 절대위치를 추정하는 방식이 사용된다. 이 자석마커방식에서 위치추정의 정밀도는 차량에 장착되는 자석마커검출장치의 위치추정 정밀도와 직결된다. 본 논문에서는 검출된 자기신호로부터 자석마커 중심위치정보를 얻기 위해 기준 자기신호모델을 설계하고 이 모델과 측정신호와의 중심위치에 따른 오차를 평가하는 방식으로 자석중심위치를 찾는다. 자석마커의 자기신호정보에서 이산배열 및 측정자기신호의 잡음 신호를 필터링이 없는 방식을 적용하여 필터지연에 따른 오차발생을 배제하고 자석중심을 검출하였다.

2. 자석검지기반 무인 주행제어시스템

2.1 PRT차량 제어개념

개발 중인 PRT 시스템[3]은 그림 1과같이 도로에 매설한 자석을 차량에 장착한 자석검지센서를 이용하여 검출하여 차량의 위치를 측정하는 방식이 사용된다. 차량의 주행상태 측정하기 위해 차량에는 각종 센서(휠엔코더, 조향각엔코더, 자이로 등)들이 장착되며 차량의 제어기는 각 측정센서들과 자석검지신호를 융합하여 차량의 실시간 위치와 방위를 계산한다. 차량의 자세(위치와 방위)가 결정되면 기준경로와의 오차를 계산하여 차량이 기준주행경로를 따라가도록 필요한 조향각(θ)과 지령속도를 연산하게 된다.



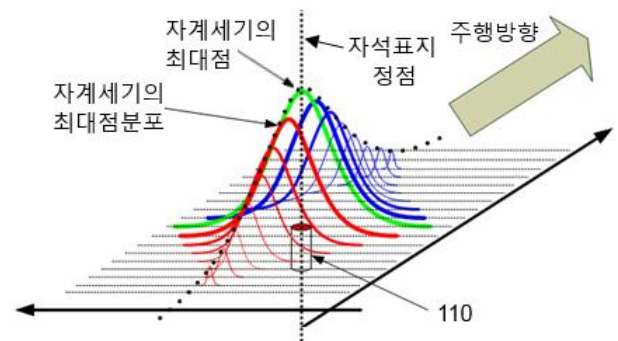
<그림 1> 무인차량 주행시스템 개관도

차량의 목적지가 주어지면 설계된 주행경로와 일치하도록 조향제어가 수행되며 주행중 승차감을 고려하여 출발 및 정차, 곡선부 이동시 감속 및 주행속도를 제어하게 된다.

3. 자석검지 시스템

3.1 자석검지 시스템 설계 및 제작

도로에는 지름 1.5 cm 길이 3 cm의 원통형 자석이 도로표면 아래 매설된다. 자석검지센서는 도로에 매설된 이 자석표지를 인식하기 위해 차량의 바퀴축과 평행하게 차량 하부에 설치된다. 자석검지센서는 측정되는 자기신호를 주기적으로 계속하며 자기신호를 분석하여 자석표지의 정점을 통과한 시점 및 자석센서상의 검출중심 위치를 측정한다. 센서가 자석표지를 지날 때 자기신호는 그림 2와 같이 자석표지를 중심으로 가우시안 세기 분포를 갖는다.



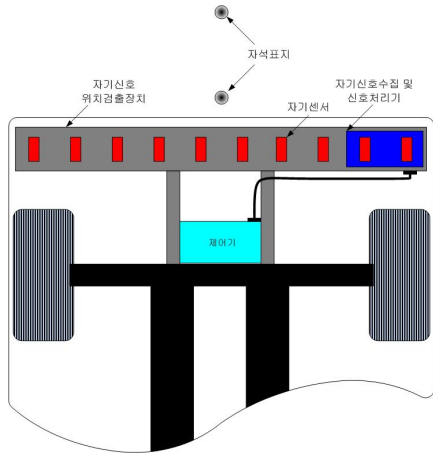
<그림 2> 진행방향 검출자기신호

자석검지센서 내부에는 자기신호를 검출할 수 있는 다수의 센서들이 일정간격으로 배열된다. 각 센서에서 검출된 자기신호의 세기가 수집되어 신호처리장치로 전송한다. 검지폭의 변경이나 유지보수를 고려하여 모듈방식으로 구성하였다. 그림 3과 같이 각 모듈 및 신호수집보드 간에는 RS-232통신으로 연결되어 상위 제어컴퓨터의 요청시 마다 각 자기센서가 측정한 자기세기를 각 모듈의 MCU가 수집하여 신호처리보드로 전송한다.



<그림 3> 자석검지센서

지자기 센서는 AichSteel사의 AMI302센서 사용(3축 모델)를 사용하였다. 자석검지센서는 1개의 모듈에 7개의 지자기 센서가 장착되며 3개모듈이 1켤으로 구성된다. 21개의 자석센서의 값을 취합하여 RS-232통신을 이용 신호처리보드로 전송하게 된다. 제작된 자석검지 장치는 그림 4와 같이 차량에 장착될 수 있고 지면에서 8cm 높이로 차량에 장착되었다.

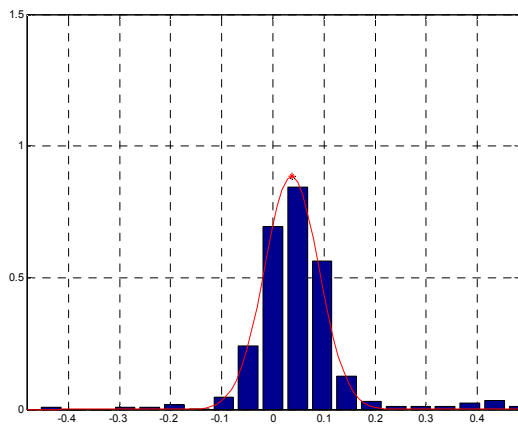


〈그림 4〉 자석검지센서 장치 및 설치구조

3.2 자석표지 중심검지

자석표지에 의한 차량 절대위치추정방식에서 자석표지의 중심점 검지는 중요한 사항이다. 자기신호의 크기가 거리에 따른 가우시안 분포를 갖고 표지 중심점에서 최대 신호크기를 갖기 때문에 자기센서에서 각 샘플링타임에 측정된 1차원 자기신호 정보를 이용할 경우 자석표지중심의 위치는 자기신호정점을 통과한 후에야 알 수 있다. 결국 중심점 통과 시점과 중심점인식 시점간의 지연이 발생한다. 따라서 중심검출시간지연 성분을 고려하기 위해 위치검출정보 사용시점에 대한 2차원 검출 위치좌표를 사용한다. 우선 측정거리에 따른 자기신호 크기를 측정하여 기준 가우시안함수를 설계한다. 이 가우시안 기준함수를 측정신호와 비교차를 구하는 방식으로 노이즈 신호가 포함된 측정신호로부터 자기신호의 2차원 중심점을 추정한다.

제작된 자기센서를 이용하여 자석세기신호 계측하면 아래와 같은 가우시안 분포함수를 따른다(측정높이:8cm). 따라서 일정 높이에서 계측되는 자기신호의 기준모델을 가우시안 함수로 선정한다. 계측된 신호를 기반으로 기준 가우시안 함수의 크기와 폭의 상수를 다음과 같이 결정한다.



〈그림 5〉 자자기 센서별 자기세기분포

$$f(y) = ae^{-\frac{(y-b)^2}{c^2}}$$

a : 신호의 최대크기(0.84)

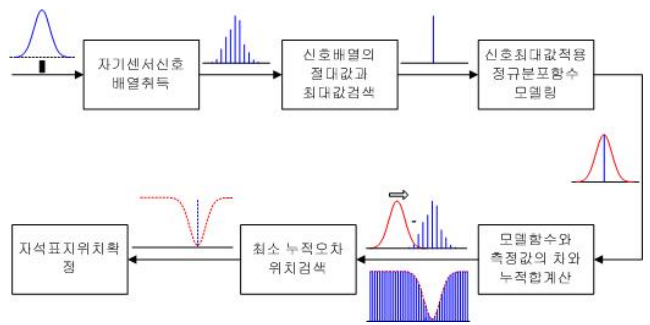
b : 최대값의 중심위치

c : 신호중간 폭의 크기(0.12)

그림 5는 자석표지 중심위치에서 계측된 신호값과 선정된 기준 가우시안 함수의 매칭결과이다. 시험결과 자기신호는 차량에 장착된 자기센서 높이에서 자석마크중심으로 15cm 반경 내에서 유효한 신호크기를 갖는다.

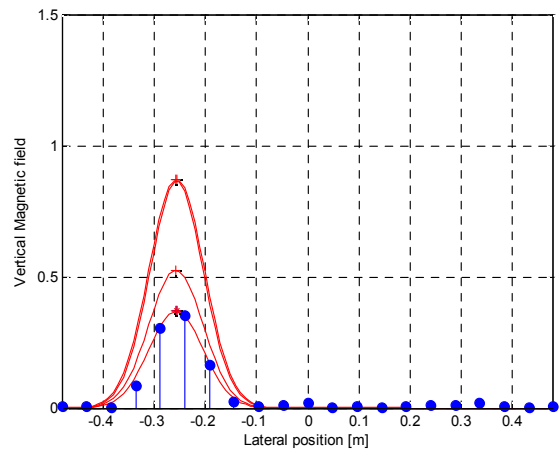
자기센서가 자석표지 중심으로 접근할수록 자기세기가 증가함으로 각 샘플링 시간에서 측정된 자기신호의 최대위치를 추정한다. 자석센서 내에 일정간격으로 설치된 다수 자기센서 신호를 취득하고 이 신호들에 포함된 측정잡음 및 주변지자기 특성속에

서 정확한 최대 자기신호 중심위치를 추정한다. 기준모델 스윙핑 방법을 적용하면 측정잡음에 포함된 노이즈필터 처리가 필요 없이 필터처리시 발생하는 신호의 지연을 방지할 수 있다. 이를 위해서 그림 6과 같은 절차가 진행된다. 각 자기소자에서 측정된 자기세기신호를 수집한다. 수집된 자기신호의 최대값이 기준값을 초과하면 자석신호의 검지상황으로 판단하고 이를 이용하여 기준 자기신호함수를 모델링한다. 모델링 함수의 중심위치를 이동하며 측정 자기신호와 차의 합을 구한다. 이 때 차이가 가장 작은 위치가 자석신호의 중심으로 판단할 수 있다.



〈그림 6〉 자석표지 위치추정절차

제시한 측정 절차에 의해 주행중 연속적으로 판정한 자석중심이 그림 7과 같이 제시 “+”로 판정된다.



〈그림 7〉 연속 자석신호 중심추정
x = -0.255

4. 결 론

본 연구에서는 PRT 시스템의 자동안내제어를 위해서 사용되는 자석표지의 주행중 위치를 검지하기 위한 자석신호 검출 시스템의 설계 및 구성을 제시하고 이를 이용한 자석신호 중심위치 추정방법을 제시하였다.

[참 고 문 헌]

[1] Han-Shue Tan, Fanping Bu, Scott Johnston, Benedicte Bouglher, Wei-Bin Zhang, Sonja Sun(2009), "Field Demonstration and Tests of Lane Assist/Guidance and Precision Docking Technology," UCB-ITS-PRR-2009-12, California PATH Research Report.
 [2] <http://www.2getthere.eu/>.
 [3] 정락교 외 20, "수요응답형 순환교통시스템[PRT] 핵심기술개발", 한국철도기술연구원 연구보고서, KRRI 연구 2013-021, pp. 21-44, 2013.