적외선센서를 이용한 자기부상열차의 속도 계측 방안 연구

Research of magnetic levitation train of speed measurement method using the infrared sensor

윤원중*, 이종민*, 김동성*, 김봉섭*, 한형석*†

Won-Joong Yoon*, Jong-Min Lee*, Dong-Sung Kim*, Bong-Seup Kim*, Hyung-Suk Han*†,

Abstract Magnetic levitation train travels while maintaining a constant gap between the rail and the bogie. For these non-contact driving characteristics, methods of detecting the train speed also differs from the conventional wheeled train. Using a high -resolution encoder or tachometer for existing wheeled train is susceptible to precise speed measurement, in the non-contact type magnetic levitation train, it is not possible to use such sensors. In the current magnetic levitation train, by using the Doppler sensor and measures the train speed. The biggest drawback of the Doppler sensor is that the measurement error caused by rainwater. To tackle this issue, in this paper a new speed measurement method is suggested based on variation of the rail sleepers using low-cost infrared sensor.

Keywords **:** Magnetic levitation train, Infrared sensor, Speed measurement

초 록 자기부상열차는 레일과 일정한 공극을 유지하며 떠서 주행한다. 이러한 비접촉식 주행 특성 때문에 열차의 속도를 검지하는 방식 역시 기존의 바퀴식 열차와 다르다. 기존 바퀴식 열차의 경우 고분해능 엔코더 혹은 타코미터를 이용하여 정밀한 속도 측정이 가능하지만 비접촉식 자기부상열차에서는 이런 센서를 사용할 수가 없다. 현재 자기부상열차에서는 도플러 센서를 이용하여 열차의 속도를 측정하고 있다. 도플러 센서의 가장 큰 단점은 우천환경에서 속도검지오차가 발생한다는 것이다. 이런 문제를 보완하기 위해 저가의 적외선센서 다수를 이용하여 레일 침목의 변화량을 기반으로 열차의 속도를 측정하는 방법을 제안한다. 본 논문에서는 제안한 방식의 속도 정밀도를 높이는 방법과 실험용 모듈을 제작하여 실차 적용시 발생할 수 있는 문제들에 대해 논의하고 실차 적용가능성을 확인하고자 한다.

주요어 : 자기부상열차, 적외선센서, 속도계측

1. 서 론

자기부상열차의 안정적 주행과 제동을 위해서는 높은 신뢰도의 속도 검출 시스템이 요구된다. 일반 바퀴식 열차는 바퀴가 선로에 접촉하여 주행하므로 차축의 회전속도를 측정해서 열차의 주행속도를 측정하는 등 다양한 방법이 가능하지만, 자기부상열차는 비접촉식 주행이라는 열차의 특성으로 측정 방식과 조건이 극히 제한적이다[1-3]. 이런 측정 조건을 충족시키기 위해 도시형 자기부상열차에서는 도플러 센서를 사용하고 있으나 이는 저속(0.5m/s 이하)에서 오차가 발생하는 단점이 있다. 이로 인해 발생하는 열차의 제동과 정차시 문제점을 해결하기 위해 저속구간(0.5m/s 이하)에서 기존 속도 측정 시스템을 보완할 기법이 필요하다.

† 교신저자: 한국기계연구원 (hshan@kimm.re.kr)

* 한국기계연구원 기계시스템안전연구본부 자기부상연구실

본 논문에서는 저가의 다수 근접센서를 이용해 침목 거동을 검지하여 차량의 속도를 측정하는 방식을 새롭게 제안하고 실차에서 적용 가능한지 분석한다.

2. 본 론

2.1 기존 속도 계측 시스템

Fig. 1 Urban maglev train

Fig. 1은 한국기계연구원 내에 운행중인 도시형 자기부상열차이다. 이 실험용 차량의 속도검지는 비접촉식인 도플러센서를 이용하고 있다. 도플러센서는 상대적인 속도에 따라 마이크로파의 주파수가 달라지는 도플러 효과를 이용한 센서로 특성상 대응면에 빗물이 흐를 경우 실제 열차 속도와는 오차가 생기는 단점이 있다. 고속에서는 오차가 미치는 영향이 적지만 기계적으로 감속하거나 정차를 하는 저속구간에서는 이 오차가 치명적일 가능성이 있다.

2.2 제안하는 속도 계측 시스템

2.2.1 시스템 구성

Fig. 2는 실험용 모듈로 5개의 적외선 센서를 특정 간격으로 배치한 형태이다. 이 센서모듈은 지면을 향하도록 열차 하부에 장착하며 지나가는 침목을 검지하기 위한 조건으로 제작했다. 적외선 센서가 거리를 측정해 침목의 유무를 검지하고 그 시간차와 센서간의 거리차를 이용해 속도를 계산하는 방식이다. 침목의 유무만을 계측 기준으로 두기 때문에 빗물을 포함한 여러 외란에 강인한 특징이 있다. 적외선 센서의 주요규격은 Table 1에 주어진다.

2.2.2 속도 계측 알고리즘

고가형 레일의 특성상 침목이 없는 구간은 차량하부로부터 멀어지고 침목과 차량 하부의 거리는 약 30㎝임을 감안해 알고리즘을 구성했다. 적외선 센서의 출력은 전압으로 표현되며 차량 하부와 침목의 거리인 30㎝를 침목 검지하는 기준으로 정했다. 30㎝에서 적외선센서 출력전압인 2V를 초과하면 Up신호로 나타내고 2V보다 작으면 Down신호로 나타냈다. 각 센서간의 Up/Down신호 발생 시간차를 이용해 속력을 계산했으며 노이즈에 의한 chattering현상을 방지하기 위해 Averaging filter를 사용했다.

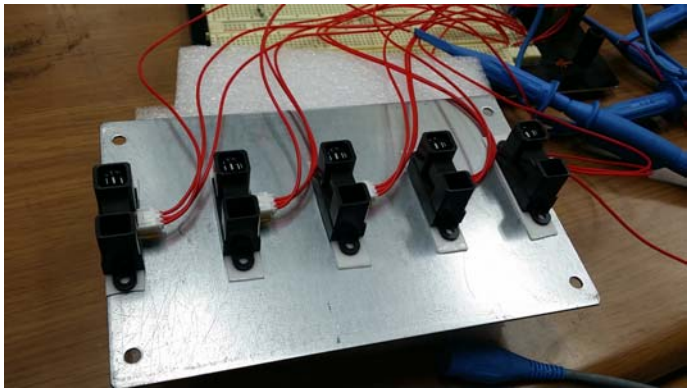


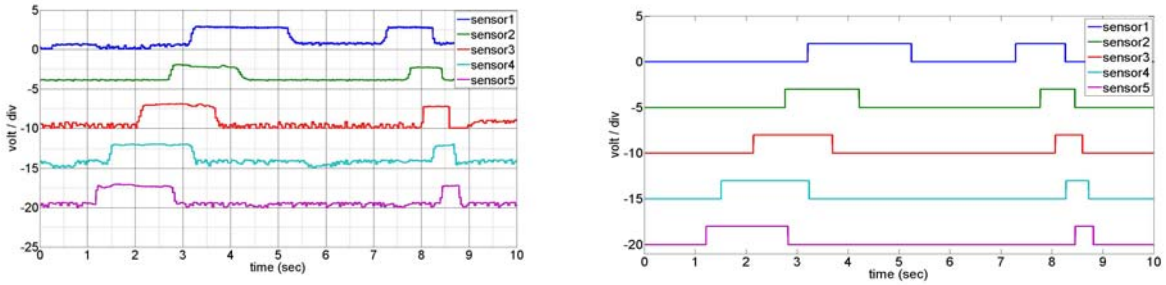
Fig. 2 Infrared sensor module for experiments

Table 1 Infrared sensor

Items	Values
Distance measuring range	200 to 1500 mm
Output type	Analog
Size	295x130x216 mm
Supply voltage	4.5 to 5.5 V

2.3 실험 및 분석

차량하부에서 동작한 상황을 가상하여 센서모듈에서 30cm 높이에 장애물을 통과시켜 실험했다. 총 다섯개의 적외선 센서를 약 27mm 간격으로 배치했으며 주행하는 열차를 가정해 가상 침목을 검지하도록 실험했다. 각 센서의 결과값을 2.2절에서 설명한 알고리즘에 적용했을 때 Fig. 3의 (a)는 필터링을 하기 이전의 값이고 (b)는 이를 Averaging filtering한 것이다. Fig. 4는 각 센서에서의 Up/Down신호 시간차와 센서간격을 기준으로 속도를 추정한 결과다. 다음 센서의 Up/Down신호가 측정되기 전까지는 그 전의 속도를 추정할 수 밖에 없으므로 결과는 계단형으로 나타났다. 센서 모듈 여러개를 동시에 사용하고 배치를 최적화하여 이를 보완할 필요성이 있다.



(a) Output before averaging filtering (b) Output after averaging filtering

Fig. 3 Output of Infrared sensor module for experiments

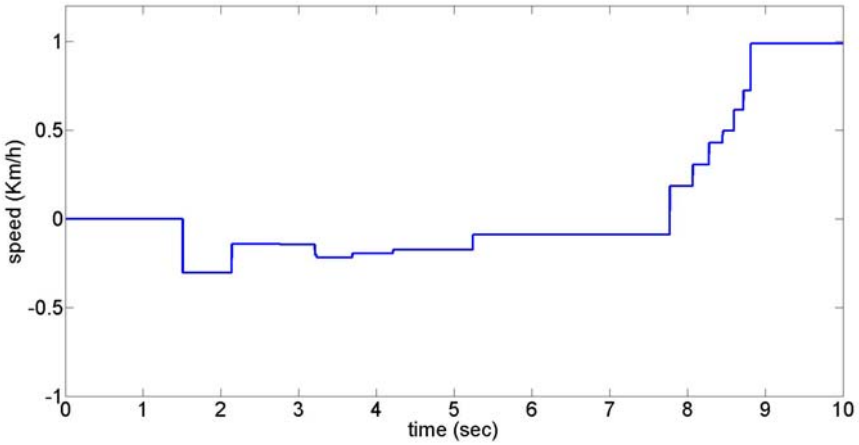


Fig. 4 Result after the algorithm processing of Infrared sensor module for experiments

3. 결 론

자기부상열차의 속도 계측을 보완하기 위해 저가의 적외선 센서 다수를 이용하여 속도 측정을 해 보았다. Up/Down신호만을 기준으로 속도를 측정했기 때문에 그 측정 정밀도가 떨어졌다. 이는 실차에 적용하고 고려할 때 개선해야할 문제이며 속도 정밀도를 높이기 위해서는 모듈 설치 위치와 개수, 센서간의 간격을 고려해야 한다. 또한 분해능을 높이기 위한 방법과 실차에 적용하고 이를 도플러방식 센서, 바퀴식 엔코더 등 다른 측정방식과 비교하여 신뢰성을 검증하는 후속연구가 필요하다.

참고문헌

[1] 김영택, 조동일, 이오현, 박희준 (2011) 자기부상열차 열차제어시스템에 적용되는 속도검출장치 원리 및 적용사례, *한국철도학회 학술발표대회논문집 2011.10*, pp.1108-1114

[2] 신경호, 정의진, 이준호 (2006) 능동형 열차위치검지장치 구성방안 연구, *대한전기학회 하계학술대회 논문집 2006.7.12*, pp.1128-1129

[3] 우창헌, 정재욱 (2007) GPS와 gyro를 이용한 차량위치 추정방법 연구, *한국정보기술학회하계할술대회 논문집 2007.6*, pp.109-113