

초정밀 자기부상 이송장치의 정밀 제어를 위한 공극 센서 설치 오차 추종 연구

Estimation Study of Gap Sensor set up in the High Accuracy Magnetic Levitation Transport System for Precise Control

김민*, 김창현**†, 하창완**, 임재원**, 원문철*

Min Kim*, Chang-Hyun Kim**†, Chang-Wan Ha**, Jaewon Lim**, Moon-cheul Won*

Abstract The High accuracy magnetic levitation transport system utilizes the process industries such as OLED display. The top of this system attached magnets and gap sensors. The gap sensor measures between the carrier and the rails in real time. It is essential to use this to safely levitation the carrier. However, the installation error of the sensor reduces the control performance. So, we use a proportion algorithm for improvement of levitation stability in High accuracy magnetic levitation transport system. This algorithm estimates the installation error to get the precise data from gap sensors. Moreover, we compare the levitation results before and after applying the algorithm.

Keywords : Magnetic levitation transport systems, Maglev, OLED evaporation process, Gap sensor

초 록 고정밀 환경에서의 저진동, 저소음의 특징으로 동작하는 초정밀 자기부상 이송장치는 디스플레이 공정 산업 등에 활용한다. 레일 상단에는 부상 전자석과 공극 센서가 부착되어 있으며, 실시간으로 측정된 공극 데이터를 사용하여 캐리어와 레일 간의 간격을 일정하게 유지하는 것이 핵심이다. 그러나 공극 센서는 설치 과정에서 미세한 오차가 발생하여 부상력의 정밀 제어 성능 저감에 원인이 된다. 따라서 본 논문에서는 공극 센서의 정밀한 데이터를 위해 설치 오차를 추종하고, 추종 결과를 적용하여 센서 오차가 부상 제어 성능에 미치는 영향을 확인한다.

주요어 : 자기부상 이송장치, 자기부상, OLED 증착 공정, 공극 센서

1. 서론

자기부상 기술은 마찰 없이 물체를 부상 및 운송이 가능하기 때문에 자기부상 열차 등 다양한 분야에 응용되고 있다[1]. 초정밀 자기부상 물류 이송 장치는 자기부상 기술을 사용하여 저진동, 저소음의 특징으로 유기발광 다이오드(OLED; Organic Light Emitting Diode)의 증착 공정에 적용할 수 있다[2].

† 교신저자: 한국기계연구원 자기부상연구실(chkim@kimm.re.kr)

* 충남대학교 공과대학 메카트로닉스공학과

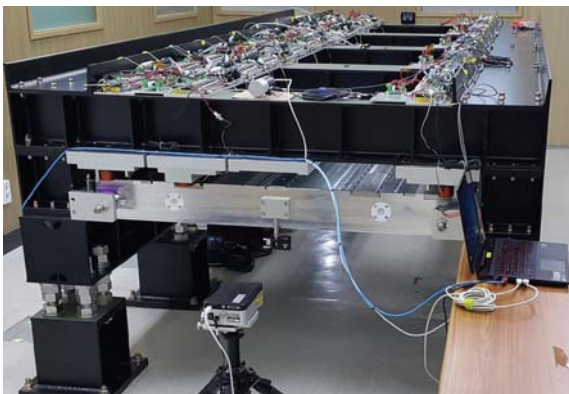
** 한국기계연구원 자기부상연구실

2. 본 론

2.1 초정밀 자기부상 이송장치

2.1.1 구조

본 연구는 5세대 유리기관(1100mm x 1300mm)을 이송할 수 있는 초정밀 자기부상 이송 장치의 개발을 목표로 하며, 구조는 Fig. 1, 2과 같다. 캐리어의 열팽창 최소화를 위해 발열 요소들은 캐리어 상단의 레일 면에 부착되어 있으며, 부상 전자석과 공극 센서를 사용하여 캐리어를 제어한다. 공극 센서 또한 구조물 상단에 부착되어 있으며 Fig. 1과 같이 캐리어와의 거리를 측정한다.

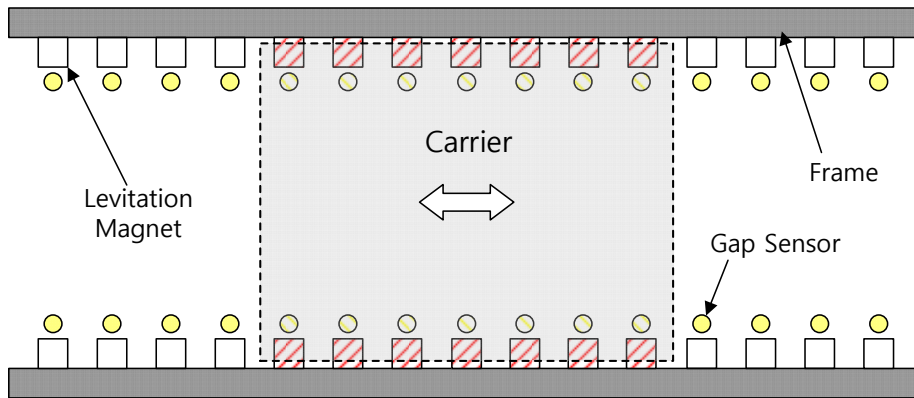


(a) Actual tester

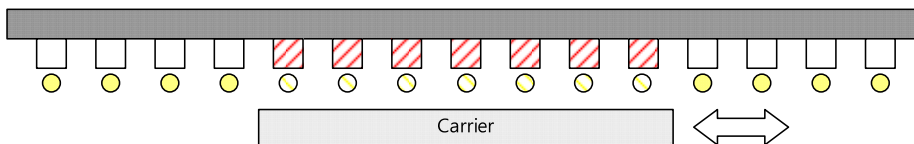


(b) Schematic diagram of levitation control

Fig. 1 High accuracy magnetic levitation transport system



(a) Top view



(b) Side view

Fig. 2 Schematic diagram of the high accuracy magnetic levitation transport system

2.2 설치 오차 추종 알고리즘

2.2.1 설치 오차

본 시스템은 Fig. 2와 같이 불연속적으로 배치된 센서를 사용하여 캐리어를 레일과 일정한 간격을 유지하며 공중에 띄우는 것이 핵심이며, 부상 정밀도는 $\pm 20\mu\text{m}$ 로 매우 정밀해야한다 [2]. 하지만 센서 설치 과정 또는 생산 과정에서 약간의 오차가 발생하는데, 이는 부상 정밀도를 저감에 영향을 미친다. 또한 실제 산업에 본 시스템이 적용된다면 지금보다 많은 개수의 공극 센서가 사용될 것이므로 공극 데이터만 사용하여 센서를 보정하는 알고리즘은 필수적이다. 실험 환경에 센서는 좌우 각 20개씩, 총 40개가 설치되어 있으며, 실제 센서 설치 오차는 약 $\pm 50\mu\text{m}$ 으로 예측된다. Fig. 3(a)는 MATLAB의 랜덤 함수를 사용하여 시뮬레이션에 적용한 노이즈이며, 이 데이터를 입력하여 부상 결과를 확인한 것이 Fig. 3(b)이다. 추종된 알고리즘의 정확도는 실제 센서의 설치 오차를 정확하게 알지 못하므로, 시뮬레이션 및 실험의 부상 결과의 리플을 확인하여 결과를 비교할 것이다. 본 논문에서는 시뮬레이션 데이터만 사용하여 알고리즘의 추종 결과를 사용하고, 이를 적용하여 부상 정밀도가 어떻게 변하는지 확인한다.

2.2.2 비례 알고리즘

적용한 알고리즘은 비례 원리를 사용하여 추종하였다. 캐리어는 리니어하고 센서 간의 설치 간격은 동일하기 때문에 처음 #1-7, 21-27의 설치 오차를 확실하게 알고있다면 나머지 공극의 설치 오차를 예측할 수 있다. 하지만 본 실험에는 롤과 피치 값이 존재하고, 이로 인해 #1-7, 21-27의 설치 오차를 정확하게 알 수 없게 된다. 그러므로 기울어진 정도는 무시하고 비례 알고리즘을 적용하면 Fig. 4의 Calculation error처럼 예측된다. Calculation error를 0을 기준으로 보정해주면 실제 시스템의 설치 오차와 유사한 결과가 나오며, Fig. 4의 apply Detrend가 그 결과이다. Fig. 5는 실제 설치 오차와 보정 오차의 차를 나타낸 결과이며, #1-20번 센서인 왼쪽 공극 데이터의 결과가 더 정확하게 추정된 것을 확인할 수 있다. 비례 알고리즘을 사용하여 추종한 데이터(Detrend error)를 실제 시뮬레이션에 적용한 결과는 Fig. 6과 같다.

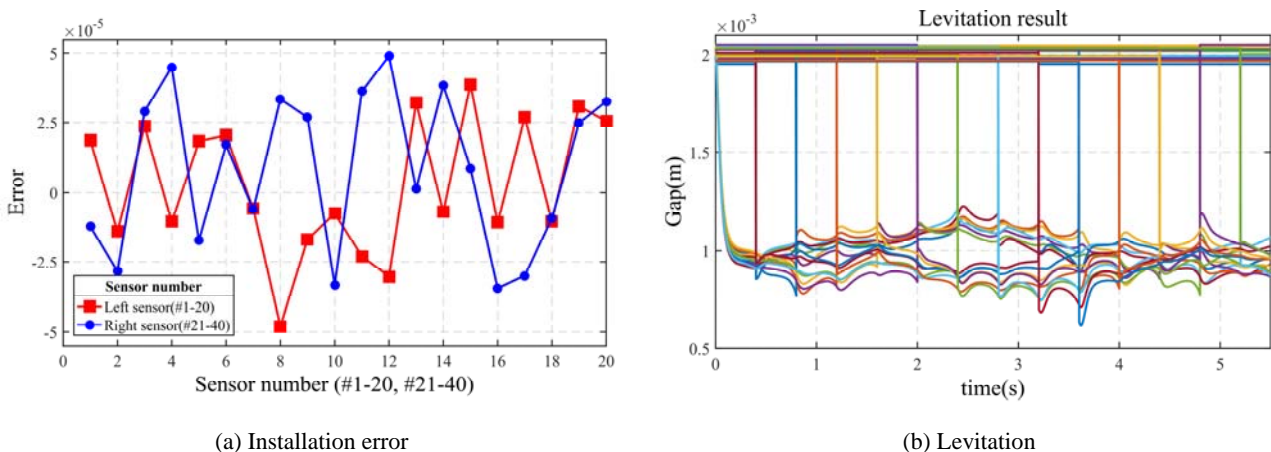
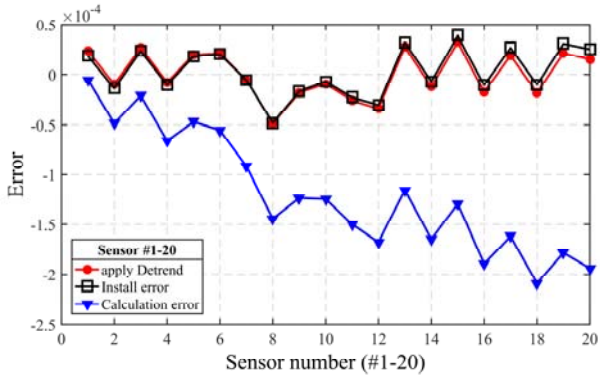
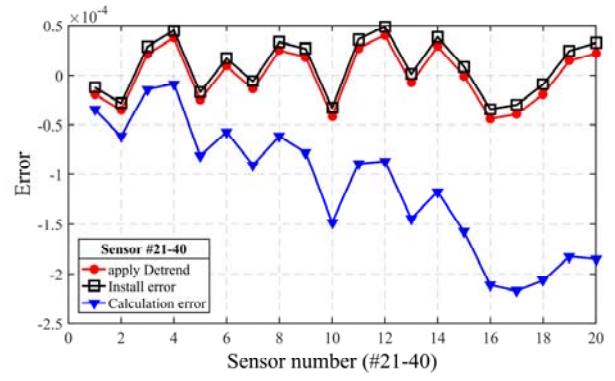


Fig. 3 Results of installation error and levitation



(a) Left part (#1-20)



(b) Right part (#21-40)

Fig. 4 Estimation results of installation error

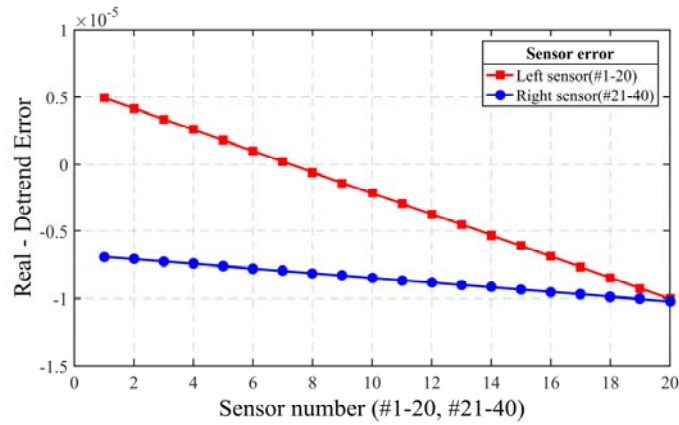
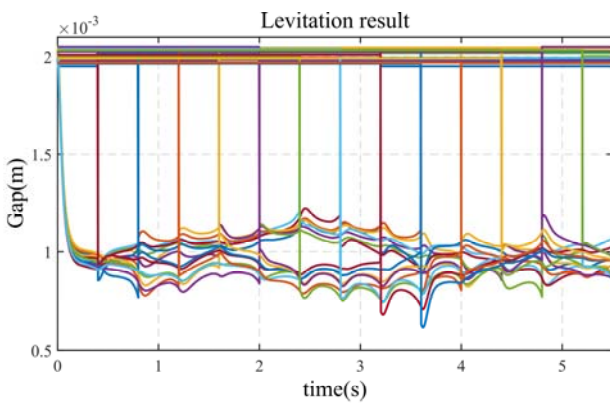
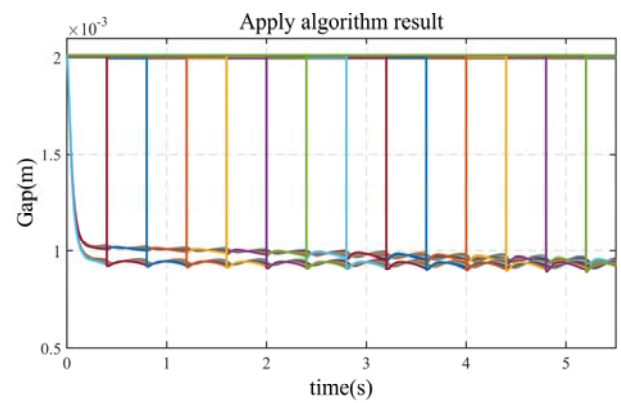


Fig. 5 Difference between estimation result and installation error



(a) Before applying algorithm



(b) After applying algorithm

Fig. 6 Simulation results of levitation

Fig. 6의 결과를 확인하면 센서 설치 오차가 많이 줄어든 것을 확인할 수 있다. 하지만 Fig. 6(b)의 결과 캐리어가 물 영향으로 오른쪽 방향으로 기울어진 것을 확인할 수 있다. 끝으로 갈수록 물의 영향이 줄어드는 것 같지만, 피칭이 발생하여 리플이 커진다. 추후 연구에서는 물의 영향을 최소화할 수 있는 연구가 진행되어야 하며, 물 영향을 줄이면 피칭도 줄어들 것으로 예상된다.

3. 결 론

본 연구에서는 OLED 디스플레이 증착 공정에 적용할 수 있는 초정밀 자기부상 이송 장치의 부상 안정성 향상을 위한 센서 오차 저감 알고리즘을 제안한다. 공극 센서의 설치 및 생산 과정에서 발생하는 미세한 오차는 캐리어의 정밀도 저감에 민감한 영향을 미치기 때문에 MATLAB/Simulink를 사용하여 제안하는 알고리즘으로 피치 영향 저감을 확인하였다. 추후 연구로는 롤 영향 최소화를 위해 좌우 센서 오차 추종 결과에서 발생하는 미세한 오차를 저감할 계획이다.

참고문헌

- [1] C.H. Kim, J.M. Lee, H.S. Han (2011) Development of a Maglev LCD Glass Conveyor, *Transations of the KSME A*, 47(4), pp. 581-587.
- [2] C.W. Ha, C.H. Kim, J.W. Lim (2016) Development of Levitation Control for High Accuracy Magnetic Levitation Transport System. *Journal of Institute of Control*, 22(7), pp. 1-5.