

## 고속열차 위치검지 시스템의 성능 향상을 위한 위치검지센서 장착위치 측량

### Relative Position Measurements of Installed Sensors for Performance Improvement of High-speed Train Positioning Systems

김성진\*<sup>†</sup>, 박성수\*, 이재호\*, 양도철\*, 서하나\*

Seong Jin Kim\*<sup>†</sup>, Sungsoo Park\*, Jae-Ho Lee\*, Doh-Chul Yang\*, Hana Seo\*

**Abstract** Various sensors in high-speed train positioning systems are usually installed outside or inside of a train in accordance with their intended purpose and specifications. This causes structural errors of the systems due to the differences of installed positions for train positioning sensors. Since these errors affect the performance of the whole systems, it is required to measure relative positions and/or be compensated appropriately. This paper presents a method of relative position measurement of installed sensors in the train positioning systems.

**Keywords** : Lever arm, Handheld mobile mapping system, High-speed train positioning

**초 록** 열차 위치검지시스템에 있어서 일반적으로 다양한 위치검지 센서들은 본래의 목적 및 특성에 따라 열차 차량의 외부 또는 내부에 설치하게 된다. 이러한 위치검지 센서들의 장착 위치 차이는 시스템의 구조적 오차를 발생시킨다. 이러한 오차들은 전체 열차 위치검지시스템의 성능 하락에 영향을 주기 때문에 적절한 측량 및 보상이 필요하다. 본 논문에서는 이를 위해 위치검지 센서들의 상대적 장착 위치 측량 방법에 대해 다룬다.

**주요어** : 레버 암, 휴대용 모바일 맵핑 시스템, 고속열차 위치검지

## 1. 서 론

고속종합검측차를 이용하여 철도 시설물들의 상태를 종합적으로 동시에 검측하기 위해서는 고속운행 환경에 적합한 위치검지 기술이 반드시 필요하다 [1]. 이를 위해 절대위치를 제공하는 트랜스폰더 (transponder), 위성항법시스템(global positioning system, GPS)과 상대위치를 제공하는 차륜센서 및 관성센서, 도플러 센서 등을 융합한 복합 항법시스템을 기반으로 하는 위치검지시스템이 일반적으로 활용되고 있다 [2].

이와 같은 복합 위치검지시스템은 위에서 언급한 두 종류의 센서들을 상호 보완하는 특성을 가지므로 고속열차의 위치 및 속도의 변화를 효율적으로 추정하고 정확도를 높일 수 있

<sup>†</sup> 교신저자: 한국철도기술연구원 지능형신호통신연구팀(sjkim@krri.re.kr)

\* 한국철도기술연구원 지능형신호통신연구팀

다. 그러나, 다양한 센서들을 설치 및 운용하는데 있어서 일반적으로 트랜스폰더 리더 및 도플러 센서는 열차 하부에, 차륜센서는 열차 차륜에 각각 설치되고, GPS 수신기 안테나는 열차 상부에 설치되며 관성센서는 시스템 구성에 따라 열차의 내부 또는 하부에 설치된다. 이러한 열차의 무게중심과 장착 위치의 거리 차이를 Lever arm이라고 하며 각 센서들의 측정 결과에 대한 기준위치가 일치하지 않게 된다. 각 센서들의 기준위치의 차이로 인하여 Lever arm 오차에 비례하여 직접적으로는 위치 및 속도 오차가 발생하게 되고, 간접적으로는 열차의 자세 및 관성센서 바이어스 추정에 영향을 주어 위치검지 성능이 하락하게 된다 [3-4].

본 논문에서는 고속열차를 위한 위치검지시스템의 구현에 있어서 구조적 및 전자기적 간섭에 의해 불가피하게 수반되는 Lever arm에 의한 영향을 줄이기 위해 위치검지 센서들의 장착 위치 측량 방법에 대해 다룬다.

## 2. 본 론

### 2.1 고속검측차용 위치검지시스템

한국철도기술연구원에서는 300km/h 이상 (최대 400km/h)의 고속운행 환경에서 운용 가능한 고속검측차용 고정밀 위치검지시스템을 Fig.1과 같이 개발중이다. 고정밀 위치검지시스템의 위치검지센서는 트랜스폰더, 위성항법시스템, 타코미터, 그리고 관성센서로 구성되어 있다. 이러한 위치검지 센서들의 정보를 융합하는 통합 위치검지 시스템을 고속열차인 HEMU-430x를 활용하여 호남고속선에서 실차 성능평가 중에 있다.

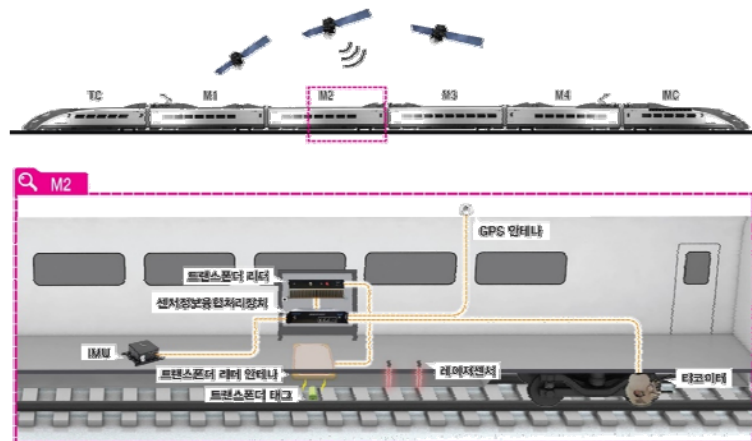


Fig. 1 The high-speed train positioning system installed on HEMU-430x

### 2.2 위치검지센서 장착 위치 측량

본 논문에서는 Fig.2와 같이 HEMU-430x에 설치된 위치검지 센서들의 장착 위치를 측량하기 위해서 휴대용 모바일 맵핑 시스템을 이용하였다. 사용된 휴대용 모바일 맵핑 시스템은

2차원 레이저 센서와 관성센서를 이용하여 실내 및 실외 환경에 대한 공간정보 획득이 가능한 시스템이다 [5].



**Fig. 2** The used handheld mobile mapping system and relative position measurements of train positioning sensors installed on HEMU-430x

측량은 열차 차량 내부, 상부, 하부, 측면부 총 4번으로 나누어 실행하였고, 휴대용 모바일 맵핑 시스템으로 위치검지 센서 주위에서는 조밀한 측정결과가 나올 수 있도록 실시하였다. 측정결과는 Table 1과 같이 lidar 클라우드 포인트로 나타내며 이를 보간 및 필터링 작업을 걸친 후에 하였다.

**Table 1** Relative position measurements between train positioning sensors (unit: mm)

From	To	x axis	y axis	z axis
IMU	GPS antenna	12,144	89	2,431
IMU	Transponder reader antenna	10,287	549	-1,187
IMU	Wheel	15,472	1,273	-842

### 3. 결론

본 논문에서는 고속검측차용 고정밀 위치검지시스템의 구현에 있어서 위치검지 센서들의 장착 위치에 대한 측량 방법 및 결과에 대해 설명하였다. 위치검지 센서들의 장착 위치 차이는 Lever arm 오차를 발생시키며 더 나아가 위치검지 성능 하락에 영향을 준다. Lever arm 오차를 측량하기 위해 휴대용 모바일 맵핑 시스템을 이용하였다.

## 후 기

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업인 고정밀 철도교통 위치검지 기술개발 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. (15RTRP-B067297-03)

## 참고문헌

- [1] I. Choi (2014) Current and future of high-speed railroad inspection system technology, *Railway Journal*, 17(1), pp. 31-35
- [2] K. Shin and J. Lee (2012) Location detection technology of railroad, *Railway Journal*, 15(1), pp. 16-21
- [3] J. D. Park, M. Kim, H. S. Kim, J. Y. Lee, et al. (2013) Lever arm error compensation of GPS/INS integrated navigation by velocity measurements, *Journal of the Korean Society for Aeronautical and Space Sciences*, 41(6), pp. 481-487
- [4] T. H. Fang, J. Oh, S. Park, S. Park et al. (2013) Enhanced Attitude Determination with IMU using Estimation of Lever Arms, *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 19(10), pp. 941-946
- [5] M. Bosse, R. Zlot, and P. Flick (2012) Zedbee: Design of a Spring-Mounted 3-D Range Sensor with Application to Mobile Mapping, *IEEE Transactions on Robotics*, 28(5), pp. 1104-1119