수동운전 방식에서의 PSD시스템을 위한 정위치정차 판독방법 분석

Detection Method Analysis for Train Correct Position Stop in Manual Operation for PSD System

이무호* 양기희** 박정순***

Lee, Moo Ho Yang, Gi Hee Park, Jung Soun

ABSTRACT

Platform Screen Door(PSD) has been installed in train manual operation section(ATS/ATC) by SeoulMetro since 2005. PSDs are now operating at 17 stations in SeoulMetro lines. As a result, it increases the safety of passenger, makes a comfortable platform and saves the energy of air conditioning.

For PSD operation, train shall stop within 600mm of the train stop reference point. In train manual operation section, the detection system of train position is required to notify the train driver of train position and to ensure the condition that train stops the correct position for PSD operation.

To detect the train stop position, the optical sensor shall be installed at platform. However, in case of SeoulMetro lines, the detection criterions of the train correct position stop are different because of using various types of trains which have different size and shape of front cars.

In this paper, to solve this problem, the precise detection algorithm of the train stop at the correct position is used, and Laser distance measure sensor is introduced to notify the distance form the reference point of the train correct stop to train driver. This system has been applying to Seoul Metro line total.

---

1. 서론

지하철 이용이 계속 증가함에 따라, 승객의 안전과 편의가 강조 되면서 승강장 스크린도어(PSD : Platform Screen Door)가 각광받고 있다. 서울메트로에서는 2005년부터 승강장 스크린도어 설치를 시작하여 현재 17개역에서 운영하고 있으며 스크린도어 설치 결과 승객안전 확보, 냉난방 효율 증대, 공기질 향상 등에 크게 기여하고 있는 것으로 조사되고 있다.

국내외적으로 타 지하철에서는 자동운전시스템(ATO)에 의한 스크린도어(PSD)가 제어되는 방식이나, 서울메트로에서는 수동운전구간(ATS/ATC)에서도 스크린도어(PSD)가 제어될 수 있도록 구성하고 있다. 수동운전구간에서 PSD를 원활하게 운영하기 위해서는 PSD와 전동차 출입문과의 위치가 허용범위 내에서 전동차가 정차하여야 한다. 따라서 전동차의 정위치정차를 위한 정위치정차 판독 기술이 필요하다.

전동차의 정위치정차를 판독하기 위하여 승강장 연단에 광전센서(Optical Sensor)를 설치하여 전동차의 정차 위치를 판독한다. 서울메트로는 차량의 선두부 형태와 크기가 다른 여러 가지 타입의 차량이

---

* 이무호, 비회원, 서울메트로 시설본부 기계설비팀, PSD PART
E-mail : mooho70@hanmail.net
TEL : (02)2211-8596 FAX : (02)2211-8597
** 양기희, 비회원, 서울메트로 시설본부 기계설비팀, PSD PART
*** 박정순, 비회원, (주)현대엘리베이터, PSD사업부

운영하고 있어 각 차량의 선두부를 기준으로 정위치정차를 판독할 경우 차량형태 차이에 따른 정차위치 오차가 발생한다. 이러한 차량별 오차를 극복하기 위하여 1량의 선두부와 1량의 끝부분을 검지할 수 있도록 센서를 배치하고, 정밀한 정위치정차 판단 알고리즘을 적용하였다. 또한, 레이저 거리 측정 센서(Laser Distance Measure Sensor)를 이용하여 승무원에게 정차기준으로부터의 거리정보를 전달하는 방법을 도입하였다.

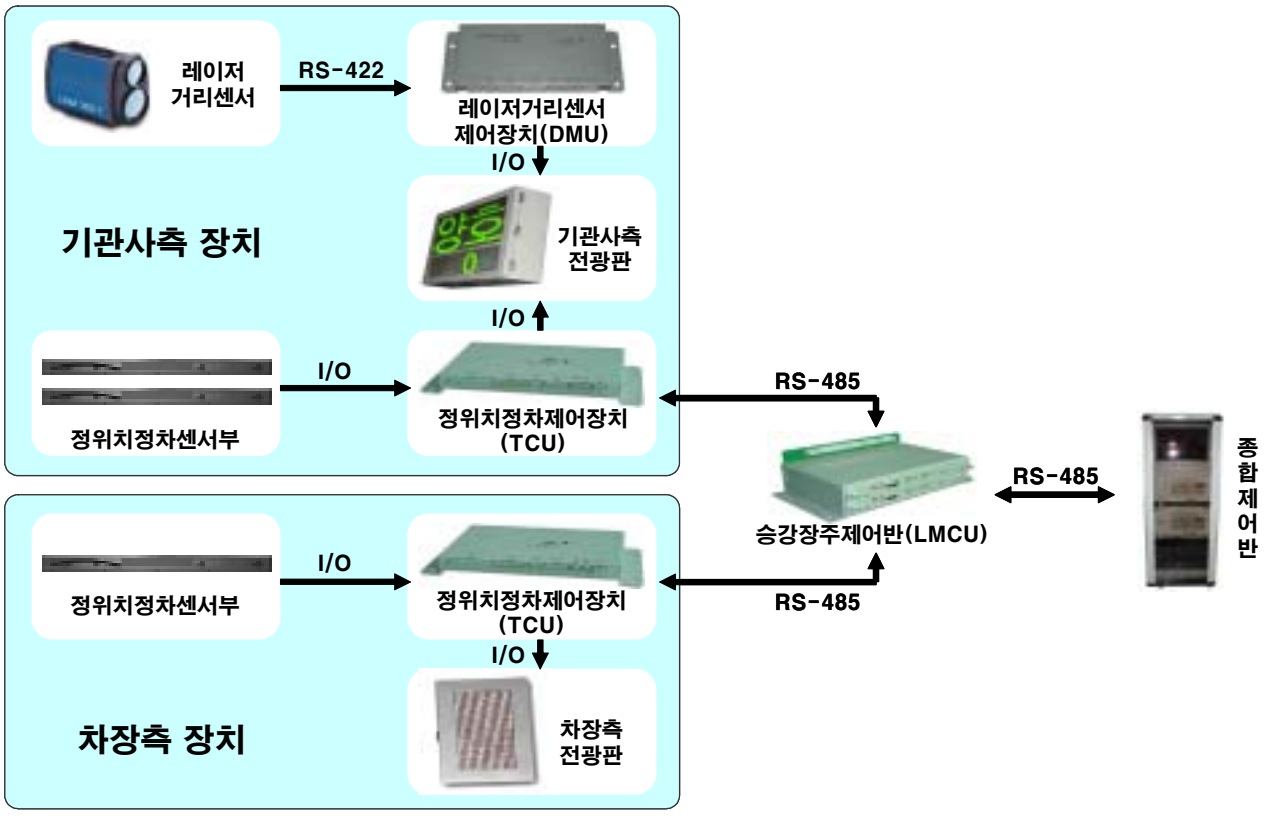
2. 정위치정차 시스템

정위치정차 시스템은 스크린도어가 설치된 승강장에 전동차가 정차할 때, 기관사가 전동차 출입문과 스크린도어 출입문을 최대한 일치시켜, 승객의 승,하차 시 불편함이 없도록 하기 위한 것이다. 본 연구에서는 전동차의 '진입', '미달', '양호', '초과' 상태를 전시할 수 있는 표시장치를 승강장의 기관사측에 설치하여 기관사가 신속히 인지할 수 있도록 하였다. 또한 정차 정위치로부터 전동차가 위치한 거리(1M 이내에서는 100mm 단위로 전시)를 전시함으로서, '양호' 위치에서도 세밀하게 전동차의 정위치정차를 유도할 수 있도록 하였다.

전동차가 '미달' 또는 '초과' 위치에 정차하였을 경우에는 스크린도어가 전동차 출입문과 연동되어 열리지 않도록 하여 승객의 안전사고를 방지하였다.

2.1 정위치정차 시스템의 구성

정위치정차를 위하여 <그림 1>과 같이 정위치정차 시스템을 구성하였다. 기관사측과 차장측 승강장에 정위치 검지 센서를 설치하고 센서에서 전동차의 위치를 검지하여 정위치정차 제어장치(TCU : Terminal Control Unit)에 보내면 TCU는 전동차의 위치를 판독하여 기관사측/차장측 전광판에 정차위치 상태를 표시하게 하였다. 이때 전동차 위치정보는 전동차 출입문과 스크린도어의 연동을 위하여 승강장 주제어반(LMCU : Local Main Control Unit)와 종합제어반에 보내진다. 그리고 레이저거리센서 제어장치(DMU : Distance Measuring Unit)는 레이저거리센서로부터 측정된 데이터를 입력받아 전동차와 정위치간의 거리를 전광판에 표시하게 하였다.



<그림 1> 정위치정차 센서 및 전광판(표시장치) 구성도

2.2 정위치정차 허용범위

서울메트로는 전동차 정위치정차 허용범위를 2호선은 ±600mm 이내로 기준을 정하고 있다. 그리고 전동차 정위치정차 허용범위 ±400mm 또는 ±500mm로도 시스템이 호환 및 조정 가능하도록 설계시 반영하도록 하였다.

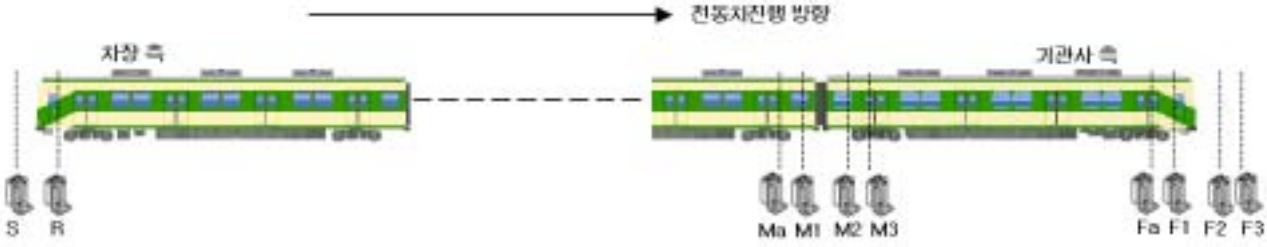
기존에는 차장측 승강장에 광전센서를 설치하여 전동차의 정차위치를 판독하는 방법이 연구된바 있다. 이 방법은 같은 노선에서 운영되는 차량의 형태와 크기가 동일한 경우 적용할 수 있다. 그러나 서울메트로는 크기와 형태가 다른 여러가지 차량이 운영되고 있다. 서울메트로 2호선의 경우 이들 차량의 크기가 크게는 350mm의 차이가 있다(<그림 2> 참조).

<그림 2> 서울메트로 2호선 차량 크기(단위:mm)

따라서, 선두부의 센서 배치로 차량출입문과 PSD와 위치 관계를 정확하게 판단할 수 없어, 차량크기 차이에 의한 정위치정차 판독 오차가 발생할 수 있다. 예를 들면, 전동차 출입문과 PSD가 정위치정차 오차범위 안에 있을 때 '초과' 판독이 나올 수도 있고, 전동차 출입문이 정위치정차 오차범위에 '미달'일 때 '양호' 판독이 나올 수 있다. 이러한 판독 오차는 전동차 운영에 차질을 가져올 수 있어 세밀한 정위치정차 판독방법이 필요하다.

2.3 정위치정차 판독 센서 설치

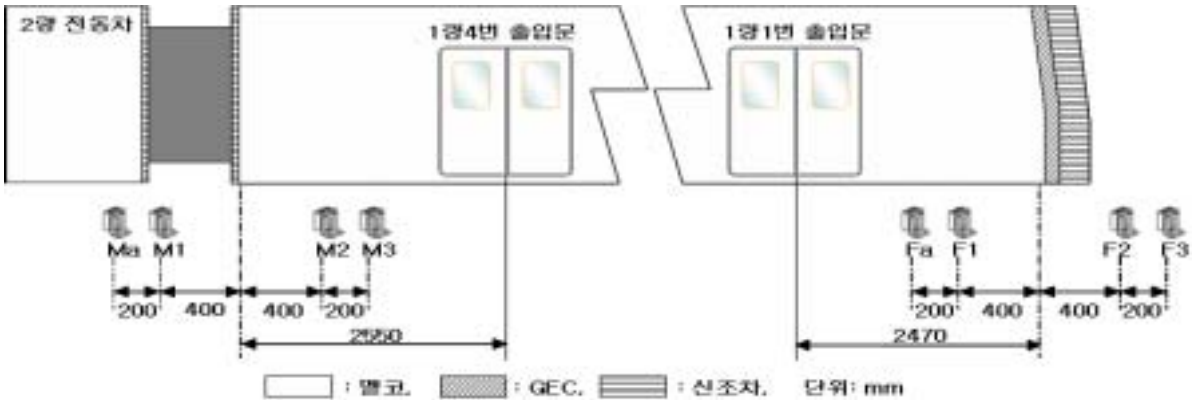
차량의 종류와 관계없이 전동차가 ±600mm의 정위치정차범위 내에 정차했는지를 정확하게 판단하여야 한다. 차량별로 오차가 많은 선두부쪽 광전센서만 이용할 경우, 선두부 모양과 크기 차이로 오차가 발생한다. 전동차의 1량 끝과 1량 4번 출입문 중심과 거리는 동일하다. 정위치정차 판독기준을 1량과 2량사이로 한다면 차량 선두부의 형태와 크기에 의해 발생하는 오차를 없앨 수 있다. 이를 위하여 전동차의 선두부와 전동차 1량과 2량의 연결부위에 2중으로 검지 센서를 설치하였다.



<그림 3> 정위치정차 판독을 위한 센서 설치

선두부 정위치장차센서부의 센서 Fa, F1, F2, F3와, 1량/2량 사이 정위치정차센서부의 센서 Ma, M1, M2, M3은 중심기준으로부터 각각 -600mm, -400mm, +400mm, +600mm에 위치시켰다. 이는 현재의 정위치정차 허용범위인 ±600mm에 적용과, 향후 정위치정차 허용범위가 ±400mm로 변경될 경우 변경된 시스템과 호환을 고려한 것이다.

센서의 설치 위치는 승강장 연단에 설치 적용하였으며 상세 도면은 <그림 4>와 같다. 선두부 정위치정차센서부 중심은 1량1번 출입문 중심으로부터 진행방향으로 2470mm에 위치하였고, 1량/2량 사이의 정위치정차센서부 중심은 1량4번 출입문 중심으로부터 진행역 방향으로 2550mm에 위치 시켰다. 이는 차량의 크기와 센서의 반응을 확인하여 설정한 것이다.



<그림 4> 선두부 센서의 상세 설치 위치

2.4 정위치정차 판독 알고리즘

정위치정차센서부로 부터 입력된 값들은 다음 <표 1>과 같은 판독 알고리즘을 이용하여 전동차별 정차위치(미달, 양호, 초과)를 판독하였다.

<표 1> 정차위치 판독 알고리즘

순번	정차 위치		센서 상태 값								변환 값(Hex)
			Ma	M1	M2	M3	Fa	F1	F2	F3	기관사측
1	미달-1 (-660)	MELCO	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	0x0F
		GEC	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	0x0F
		신조	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	0x0F
2	미달-2 (-630)	MELCO	OFF	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	0x0E
		GEC	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	0x1F
		신조	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	0x1F
3	양호-1 (-580)	MELCO	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	OFF	0x1E
		GEC	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3E
		신조	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3E
4	양호-2 (-380)	MELCO	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3C
		GEC	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3C
		신조	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3E
5	양호-3 (-200)	MELCO	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3C
		GEC	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3C
		신조	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3C
6	양호-4 (-150)	MELCO	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3D
		GEC	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3D
		신조	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3D
7	양호-5 (+150)	MELCO	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	OFF	0x3F
		GEC	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	0x3F
		신조	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	0x3F
8	양호-6 (+370)	MELCO	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OF	OFF	0x3F
		GEC	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	OFF	0x7F
		신조	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	0x7F
9	양호-7 (+400)	MELCO	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	0x3F
		GEC	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	0x7F
		신조	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	ON	0xFF
10	양호-8 (+580)	MELCO	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	0x3B
		GEC	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	OFF	0x7B
		신조	ON	ON	OFF	ON	ON	ON	ON	ON	0xFB
11	초과 (+630)	MELCO	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	0xF3
		GEC	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	0xF3
		신조	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON	0xF3

3. 정위치정차 거리표시기

정위치정차 거리표시기는 기관사가 전동차를 정위치에 정차할 수 있도록 유도하는 장치로써, 정차 정위치로부터 전동차와의 거리를 전광판에 표시하도록 하였다. 서울메트로에서 운행중인 모든 종류의 차량에 적용하였다.

3.1 정위치정차 거리표시 방법

전광판은 정위치정차 유도안내표시기(진입, 미달, 양호, 초과)와 거리표시기로 구성하였다. <그림 5>는 정위치정차 유도표시기와 거리표시기의 표시기준을 나타낸다.

진입									미달						양호													초과			
-20M	-15M	-10M	-9M	-8M	-7M	-6M	-5M	-4M	-3M	-2M	-1M	-900	-800	-700	-600	-500	-400	-300	-200	-100	0	+100	+200	+300	+400	+500	+600	+700	+800	+900	+1M

<그림 5> 정위치정차 유도안내표시기 및 거리표시기의 표시기준

정위치정차 유도표시기 표시방법은 <그림 6>과 같이 전동차진행방향으로 “진입”, “미달”, “양호”, “초과” 순으로 표시되며, 정위치정차 거리표시기는 “진입”시 “-20M, -15M, -10M, -9M, -8M, -7M, -6M, -5M, -4M” 녹색으로 표시하고, “미달”시 “-3M, -2M, -1M, -900, -800, -700”적색으로 표시하고, “양호”시 “-600, -500, -400, -300, -200, -100, 0, +100, +200, +300, +400, +500, +600”녹색으로 표시하고, “초과”시 “+700, +800, +900, +1M”적색으로 표시 되도록 하였다.

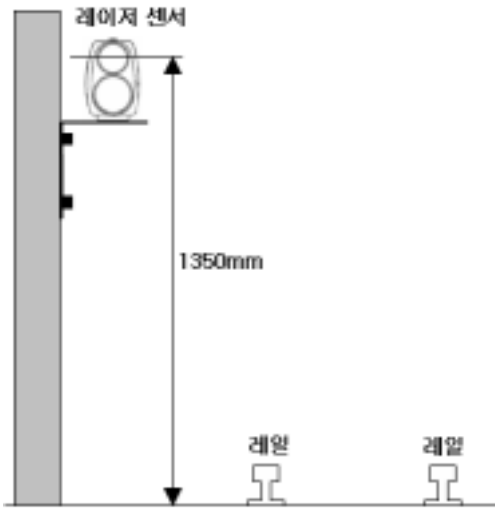
<그림 6> 기관사측 전광판 표시

3.2 레이저 거리센서 설치

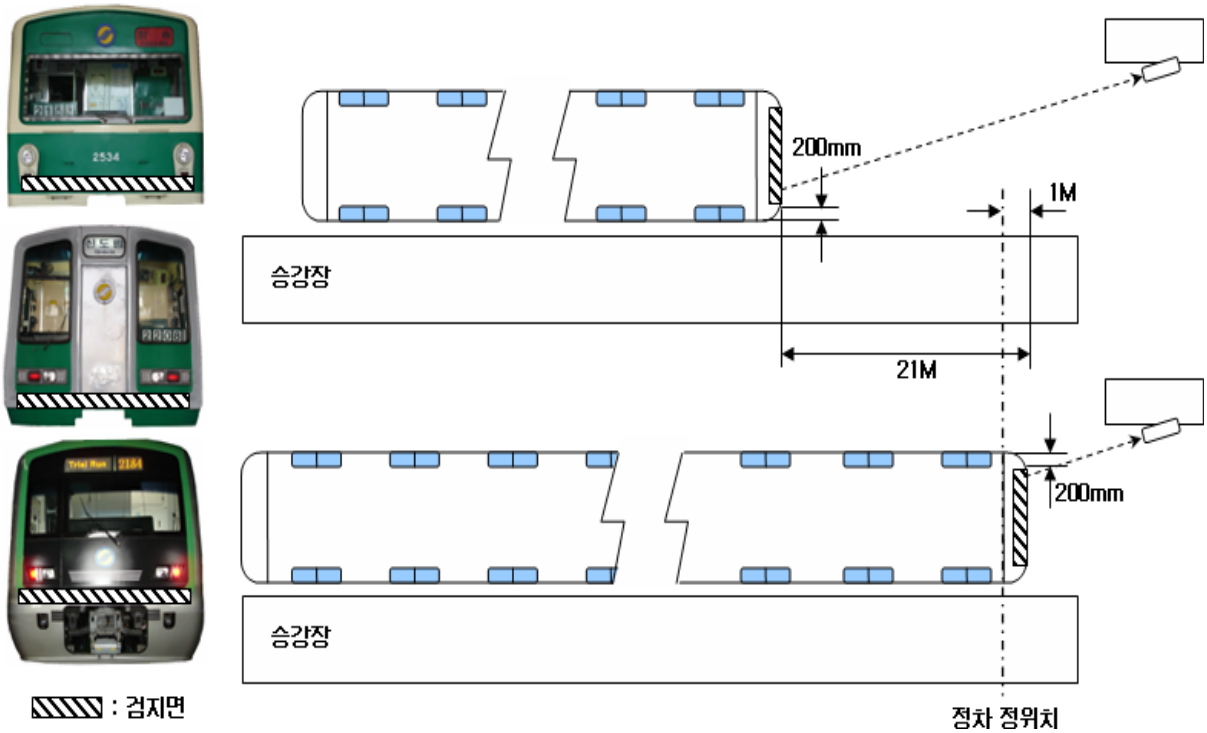
레이저 거리센서는 특성상 전동차 전면을 검지하여 거리를 표시하는 방식임으로 전동차 정위치보다 앞에 설치한다.

레이저 거리센서 상단에 위치하고 있는 작은 렌즈의 중심을 기준으로 지면과 1,350mm의 위치에 설치하도록 하였다. 이는 측정오차를 줄이기 위하여 <그림 8>과 같이 전동차앞 굴곡이 가장 적은 면을 검지할 수 있도록 한 것이다. 이때 기준은 레일이 설치된 지면을 의미한다. 전동차 정차 정위치로부터 약 8m ~ 9m 전방의 벽면이나 선로 중앙의 기둥에 취부하도록 하였다.

레이저 거리센서는 특성상 지하철에 운행되는 모든 전동차를 검지해야만 하므로 세밀한 조정이 필요하다.



<그림 7> 레이저거리센서 취부



<그림 8> 거리에 따른 전동차 검지위치와 레이저 전동차 검지면

전동차의 선두부 모서리는 둥근 형태를 띠고 있으므로 둥근면을 측정할 경우에는 측정 오차가 발생하므로<그림 8>과 같이 전동차 안쪽으로 200mm부터 측정이 가능 하도록 조정하였다. -20M일 경우 전동차를 정면으로 보았을 때 좌측 200mm 안쪽에서 20M가 전시될 수 있도록 조정하고 +1M일 경우 전동차 우측에서 200mm 안쪽에서 +1M가 검지될 수 있도록 조정하였다. 그러므로 전광판에 표시되는 거리정보 범위에서 레이저 거리센서의 측정 오차를 최소화 하도록 하였다.

3.3 레이저 거리센서 측정 거리 오차보정

서울메트로에서 운영되는 전동차는 여러 종류로 선두부의 크기(전장)은 크게는 350mm의 차이가 있다. 따라서 레이저 거리센서가 측정한 값을 같은 기준으로 환산한다면 PSD 시스템 운영에 막대한 차질을 가져올 수 있다. 이를 거리보정하기 위하여 전동차가 역사에 진입하면, 차상무선(RF)장치가 자동으로 PSD 시스템에 전동차의 종류(Type) 정보를 지상 PSD 시스템에 제공하여 차량 크기에 따른 측정 오차를 제거하도록 하였다. 또한 무선(RF)통신 시스템 미적용시는 광전센서를 이용하여 전동차의 타입을 식별하여 역사 운용중에 있다.

4. 시험 결과

본 연구에서 연구된 정위치정차 판독 기술을 적용하여 전동차 정위치정차를 유도하고 전동차의 정위치정차 정도를 <표 2>와 같이 테스트하였다.

테스트 결과, 전동차의 정위치정차의 오차 평균은 -17mm이고, 최대/최소값은 ±630mm이다. 서울메트로 2호선의 경우 정위치정차 허용범위인 ±600mm 이내에 전부 포함 되었다.

(참고: 1,3,4호선의 정위치정차 허용범위는 ±400mm 이내임)

<표 2> 정위치정차 정도 시험

구 분		내용	비고
시험 개요	테스트장소	서울메트로 2호선 합정역 내선	
	테스트일자	2006년 04월 06일	
	테스트 수(회)	100	
정위치정차 시험 결과 (단위:mm)	평균	-17	
	최대값	620	
	최소값	-620	

5. 결론

선두부의 정위치검지센서를 이용한 정위치정차 판독은 운행되는 전동차 선두부의 크기와 형태가 다르기 때문에 차량 크기 차이에 따른 오차가 발생하였다. 본 연구에서는 전동차 1량과 2량 사이에 정위치검지센서(광전센서)를 설치하고 차량 종류에 따라 판독하는 알고리즘을 적용하였다. 또한 레이저 거리센서를 이용하여 승무원에게 정차기준으로부터 거리를 숫자로 전달하는 방법을 도입하였다.

본 연구 결과를 서울메트로 2호선에 적용하여 정위치정차 정도를 테스트 하였다. 그 결과, 신뢰성 높은 정위치정차를 유도함을 알 수 있었다. 이에 따라 서울메트로는 수동운전방식에서의 PSD시스템을 위한 전동차 정위치정차 판독 방법 연구 결과를 적용하여 PSD를 원활하게 운영하고 있다.

참고문헌

1. 민경윤, 손영진, 박근수(2006), “수동운전(ATS)운전구간에서 PSD 적용 기술의 성공적 요인 분석연구”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집
2. 손영진, 안청모, 정동윤, 박병노(2004), “수동운전 모드에서 정위치정차 방법 및 연동 시스템”, 한국철도학회 04 춘계학술대회 논문집
3. 이종성, 민영기, 김경식, 최종묵(2004), “철도차량시스템과 PSD간 인터페이스 방안 및 적용 현황”, 한국철도학회 04 춘계학술대회 논문집
4. 손영진, 민경윤, 이강원, 방연근(2004), “수동 Mode에서 PSD System 최적화 연구”,, 한국철도학회 04 추계학술대회 논문집
5. 이태연, 김용민, 박준영, 박재홍, 한성호, 박현준, 안태기, 온정근, 백종현(2006), “도시 철도의 정밀정차 제어에 있어서의 ATO 프로파일의 선택”, 한국철도학회 1999년도 춘계학술대회논문집