

수동운전방식에서의 PSD 출입문 신호반응 시간 개선 방안 연구

PSD Door Response Time Improving Method in Train Manual Operation Mode

이무호* 김찬겸** 이석중*** 이수영****
Lee, moo ho Kim, chan cum Lee, suk jong Lee, soo young

ABSTRACT

Platform Screen Door(PSD) has been installed and operated at seoul subway line 1~4 in the manual train operation mode(ATS/ATC) by SeoulMetro since 2005. SeoulMetro uses the wireless (RF) communication system and the train door detection system for the link between the train and PSD doors opening/closing motion in the manual train operation mode.

For the convenience and safety of passengers, the train doors and the PSD doors opening/closing shall be synchronized as much as possible. In ATO(Automatic Train Operation) mode which provides the interface between train control system and PSD system, ATO signaling system makes the train doors and PSD doors open/close command signals systematically, so PSD doors can be opened/closed almost simultaneously with the train doors.

But, in the manual train control(ATS/ATC) mode, PSD system needs to detect the train doors open/close operation and make PSD open/close command signals to actuate PSD doors. These PSD open/close commanding process cause time delay of PSD doors opening/closing motion in response to the train doors opening/closing motion. Sometimes the response delay time can be over 1 second, which is not proper to operate PSD, and need to be reduced

This paper presents the reduction method of the PSD response delay time to improve the convenience and safety of passengers.

1. 서론

서울메트로는 2005년부터 수동열차운전(ATS/ATC)구간인 1~4호선에 승강장 스크린도어(PSD)를 설치/운영하고 있다. 수동열차운전 구간에서 전동차와 PSD출입문의 연동을 위하여 무선(R/F)방식(2호선)과 전동차 출입문 검지센서 방식(1,3,4호선)을 이용하고 있다.

승객의 편의와 안전을 위하여, 전동차와 PSD출입문은 가능한 동시에 개폐되어야 한다. 전동차 제어 시스템과 PSD간의 인터페이스를 제공하는 자동열차운전(ATO) 구간에서는, ATO 신호시스템이 전동차와 PSD 출입문의 개폐명령 신호를 상호 유기적으로 생성하기 때문에, PSD 출입문은 전동차 출입문과 거의 동시에 열리고 닫힐 수 있다.

그러나 수동운전(ATS/ATC) 구간에서는, 전동차 출입문의 개폐를 검출하여 PSD 출입문의 개폐 명령을 생성한다. 이러한 PSD 개폐 명령 프로세스 때문에, 전동차 출입문 개폐 동작에 응답하는 PSD 출입문 개폐 동작의 지연시간이 발생한다. 이러한 응답지연시간은 1초가 넘을 때가 있는데, 이는 PSD 운영에

* 이무호, 비회원, 서울메트로 기술본부 전자팀(PSD전담팀 주임)

E-mail : mooho70@hanmail.net

TEL : (02)6110-8466 FAX : (02)6110-8459

** 김찬겸, 비회원, 서울메트로 기술본부 전자팀(PSD전담팀 팀장)

*** 이석중, 비회원, 서울메트로 기술본부 전자팀(PSD전담팀 차장)

**** 이수영, 회원, 서울메트로 기술본부 전자팀(PSD전담팀 대리)

있어서 적절하지 않다. 따라서 응답지연시간(response delay time)을 줄이는 연구가 필요하다.

본 논문에서, 승객의 편의와 안전을 위하여 PSD 출입문의 응답지연시간을 감소하는 방안 즉, PSD 출입문의 신호반응 시간을 개선하는 방안을 제시한다.

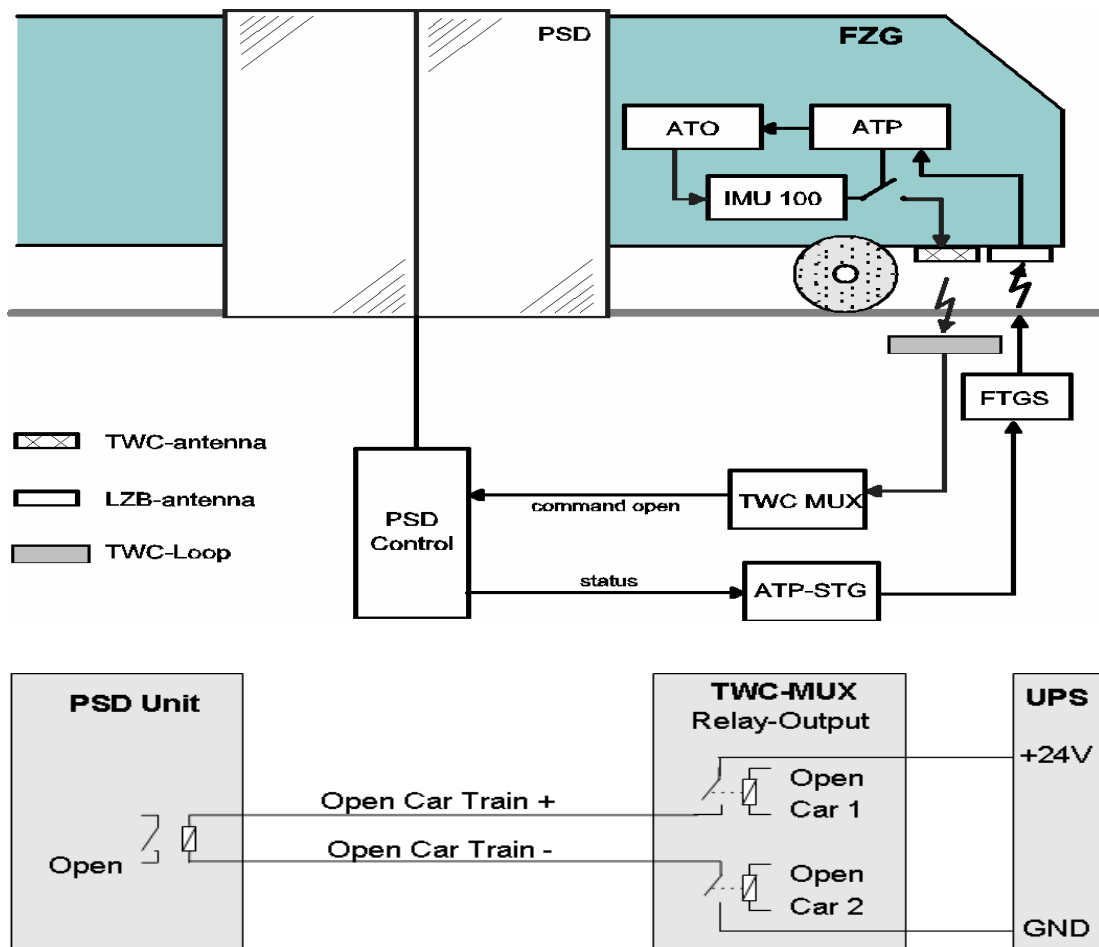
2. 전동차 출입문과 PSD 출입문의 연동 방식

전동차 출입문과 PSD 출입문을 연동하는 방식은 전동차 운전방식 즉, 자동열차운전(ATO) 구간과 열차수동열차운전(ATS/ATC) 구간에 따라 크게 2가지 방식으로 나눌 수 있다. 자동열차운전(ATO) 구간에서의 전동차와 PSD출입문 연동방식은 ATO 신호시스템으로부터 PSD출입문 열림/닫힘 명령을 수신받아 PSD를 제어하고, PSD시스템은 상태(All door close)표시를 ATO 신호시스템으로 송신하는 연동 방식이다. 열차수동운전(ATS) 구간에서의 전동차와 PSD출입문 연동방식은 무선(RF) 통신을 이용하여 전동차 출입문의 개폐 명령신호를 PSD 시스템에 전달하여 PSD출입문을 개폐하는 무선(RF) 통신 방식과, 광전센서를 이용하여 전동차 출입문 개폐 상태를 판독하여 PSD출입문을 개폐하는 출입문 검지센서 방식이 있다.

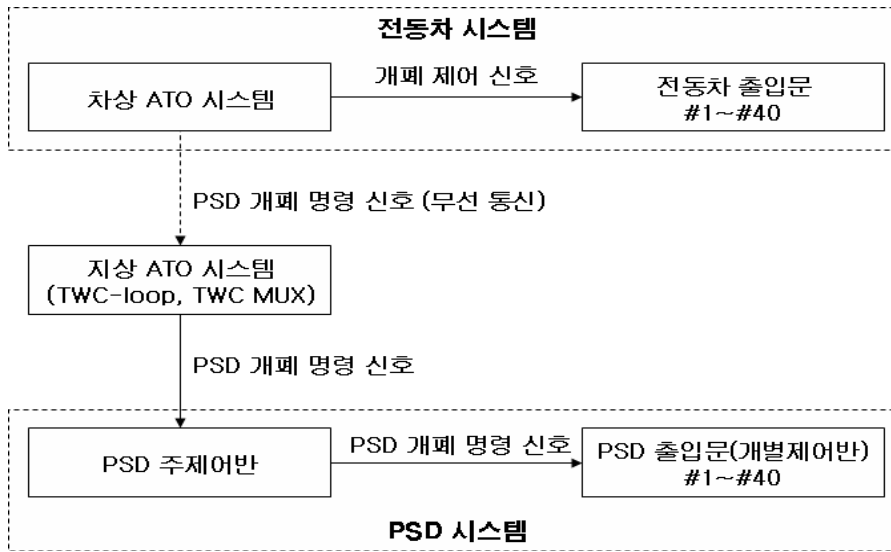
3. ATO 신호 연동 방식 (자동열차운전)

3.1 연동방식

자동열차운전(ATO) 구간은 전동차의 출발, 운행 속도, 정지, 출입문 개폐 등을 자동으로 제어하는 전동차 운전 구간이다. 자동열차운전(ATO/ATP) 구간에서의 전동차 출입문과 PSD 출입문 연동 방식은, PSD 시스템이 차상 ATO 시스템에서 TWC(Train to Wayside Communication) Loop와 TWC MUX를 통하여 PSD 개폐 명령 신호를 수신하여 PSD 출입문을 개폐하는 방식이다. [<그림 1>, <그림 2> 참조]



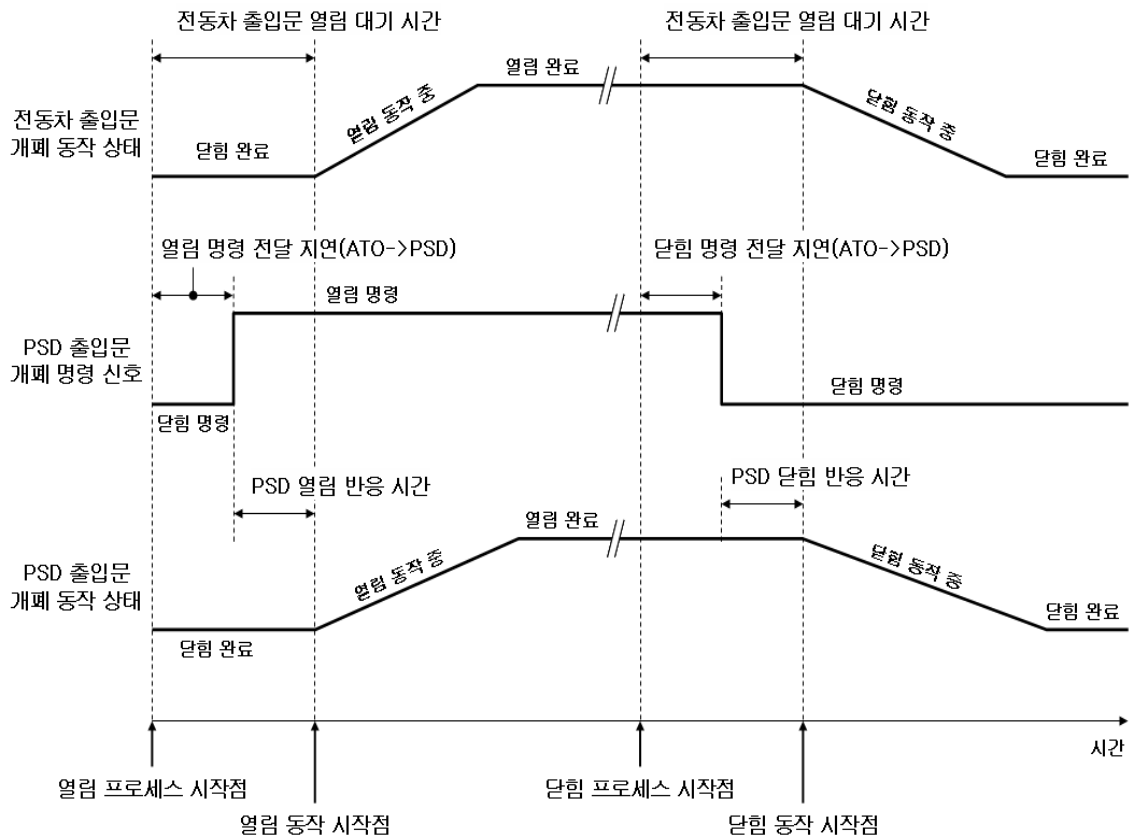
<그림 1> 전동차 출입문과 PSD 출입문의 ATO 연동방식



<그림 2> ATO 연동방식의 개폐 명령 전달

3.2 전동차 출입문과 PSD 출입문 동시 개폐

차상 ATO시스템에서 PSD 출입문(개별제어반)까지 PSD 개폐명령이 전달되는 동안 명령전달 지연과 PSD 개폐 신호반응시간으로 인하여 PSD 출입문 반응 지연 시간이 발생한다. 전동차와 PSD 출입문 개폐 프로세스 시작점으로부터 PSD 개폐 동작까지의 PSD 출입문 반응 지연시간은 통신 속도를 분석하면 예측가능하다. 따라서 전동차 출입문 개폐의 제어 대기시간을 예측된 PSD 출입문 반응 지연시간과 동일하게 설정하면, 전동차 출입문과 PSD 출입문은 동시에 열리고 닫힐 수 있다. <그림 3>는 전동차와 PSD 출입문의 동시 개폐를 위한 개폐 프로세스를 나타낸 것이다.



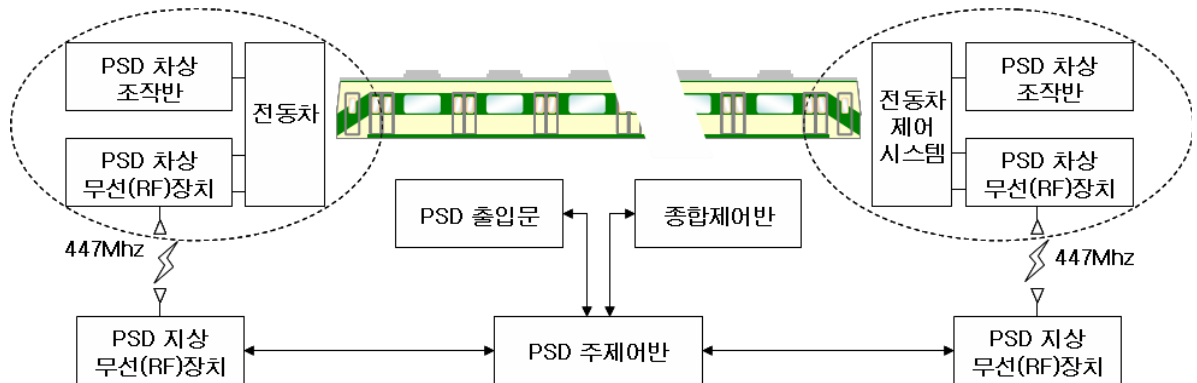
<그림 3> ATO 연동방식에서의 전동차 출입문과 PSD 출입문의 개폐 프로세스

개폐 명령 전달 지연(ATO→PSD)과 PSD 개폐 반응시간은 ATO 신호시스템과 PSD 시스템의 특성에 따라 다르고 어느 정도 오차가 있다. 각 시스템의 특성에 따라 전동차 출입문 개폐 대기 시간을 설정하여 전동차와 PSD를 운영하면 오차범위 내에서 동시 개폐가 가능하다.

4. 무선(R/F) 통신 방식 (열차수동운전)

4.1 무선(R/F) 통신 연동 방식

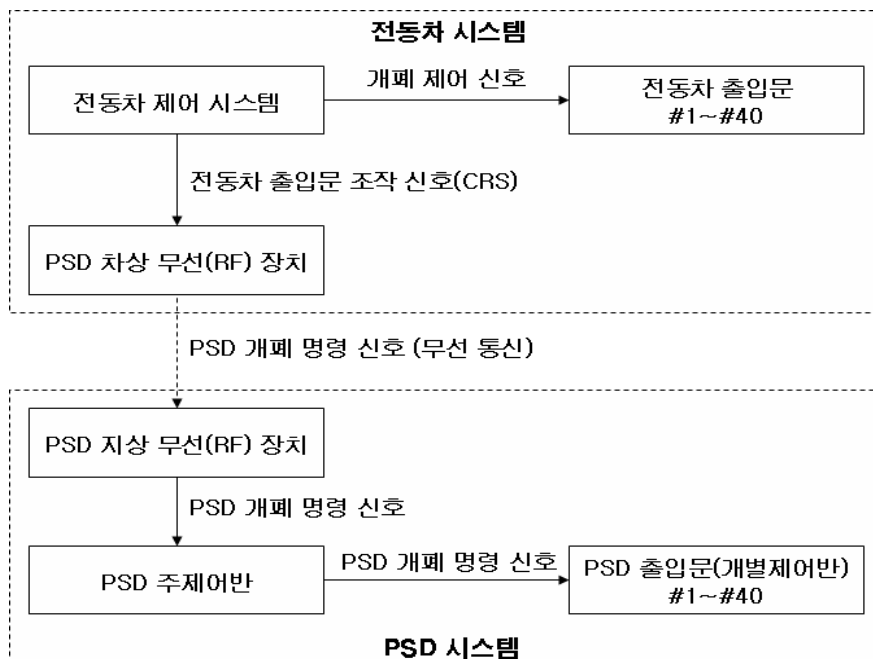
무선(R/F) 통신 연동방식은 열차수동운전(ATS/ATC) 구간에서의 연동방식으로, PSD 차상 무선(RF) 장치가 전동차 제어시스템의 전동차 출입문 조작 신호(CRS)를 감시하여, 전동차 출입문 개폐신호를 PSD 지상 무선(RF) 장치로 전달하여 PSD 출입문을 개폐하는 방식이다. <그림 4>



<그림 4> 무선(RF) 통신 연동 방식

4.2 무선(RF) 통신 방식의 PSD 신호반응 시간

PSD 개폐 명령은 <그림 5>과 같이 PSD 차상 무선 장치, PSD 지상 무선 장치, PSD 주제어반을 통하여 PSD 출입문을 제어하는 개별제어반까지 전달된다.



<그림 5> 무선(RF)통신 방식의 개폐 명령 전달

PSD 개폐 명령의 전달 과정은 각 장치간의 통신 방식에 따라 명령 전달 시간이 필요하다. 각 장치간의 신호 전달 시간에 의하여 PSD 출입문 개폐 지연 시간(PSD출입문 신호반응시간)이 결정된다. 초기에

서울메트로 2호선에 설치된 PSD 시스템은 폴링방식의 RS-485 통신을 이용하여 PSD 개폐 명령을 전달하였다. 기존의 PSD출입문 신호반응 시간을 표로 나타내면 <표 1>과 같다. 기존 RS-485 통신의 명령 전달에 의한 PSD출입문 신호반응 시간은 최소(minimum) 0.16초이고, 최대(maximum) 0.66초이다.

<표 1> 무선(RF) 통신 방식의 PSD 신호반응 시간(기존 방식)

PSD 개폐 명령 전달 프로세스	명령 전달 시간(sec)		비 고	
	최소	최대	통신 방식	통신 속도
전동차 제어 시스템 → 차상 무선(RF) 장치	0.01	0.01	실선(DI/DO)	0.01초 이하
차상 무선(RF) 장치 → 지상 무선(RF) 장치	0.05	0.20	RF 447MHz	2,400bps
지상 무선(RF) 장치 → PSD 주제어반	0.05	0.35	RS-485	115,200bps
PSD 주제어반 → 개별제어반	0.05	0.10	RS-485	57,600bps
합 계 (PSD출입문 신호반응 시간)	0.16	0.66		

4.3 무선(RF) 통신 방식의 PSD 출입문 신호반응 시간 개선 방안

고객의 안전과 편의를 위하여, PSD 출입문의 반응시간을 최소화 할 필요가 있다. 따라서 PSD 시스템 내의 개폐 명령 전달을 RS-485 통신 방식에서 신호 전달속도가 빠른 실선(DI/DO)방식으로 개선하면, PSD 출입문 신호반응 시간을 축소할 수 있다. <표 2>는 RS-485 통신 방식과 실선통신 방법의 PSD 출입문 신호반응 시간을 비교한 것이다.

<표 2> RS-485 통신 방식과 실선통신 방법의 PSD 출입문 신호반응 시간 비교

PSD 개폐 명령 전달 프로세스	명령 전달 시간(sec)				비 고
	RS-485 통신 (기존)		실선 통신 (개선)		
	최소	최대	최소	최대	
전동차 제어 시스템 → 차상 무선(RF) 장치	0.01	0.01	0.01	0.01	
차상 무선(RF) 장치 → 지상 무선(RF) 장치	0.05	0.20	0.05	0.20	
지상 무선(RF) 장치 → PSD 주제어반	0.05	0.35	0.01	0.01	실선 통신으로 개선
PSD 주제어반 → 개별제어반	0.05	0.10	0.01	0.01	실선 통신으로 개선
합 계 (PSD 출입문 반응시간)	0.16	0.66	0.08	0.23	

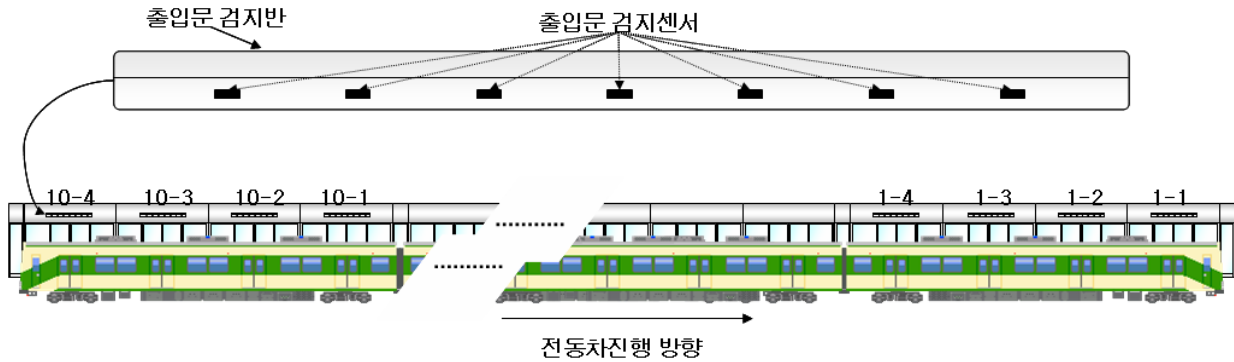
명령전달 방식을 RS-485 통신에서 실선 방식으로 개선하면, PSD 출입문 신호반응 시간은 최소 0.08초이고 최대 0.23초로 50%이상 축소할 수 있다. 서울메트로는 2007년 3월 28일에 입찰 공고한 승강장 스크린도어(PSD) 제작 구매 설치 시방서부터 실선에 의한 명령 전달 방식을 적용하여 PSD 출입문 신호반응 시간을 개선하였다.

5. 출입문 검지센서 방식 (수동열차운전, 서울메트로 1, 3, 4호선)

5.1 출입문 검지센서 연동 방식

출입문 검지센서 연동 방식은 PSD 선로측(전동차 출입문 방향) 상부에 출입문 검지센서를 설치하고, 전동차 출입문의 개폐 상태를 판독한 후, PSD 출입문 개폐명령을 생성하여 PSD 출입문을 개폐하는 방식이다. 서울메트로는 지하철 1,3,4호선에 이 방식을 적용하고 있다.

출입문 검지센서는 반사형 광전(Optical) 센서를 이용하였다. 출입문 검지센서는 1개 트랙당 56개의 센서를 7개씩 8개소(1-1, 1-2, 1-3, 1-4, 10-1, 10-2, 10-3, 10-4)에 설치한다. [<그림 7> 참조]

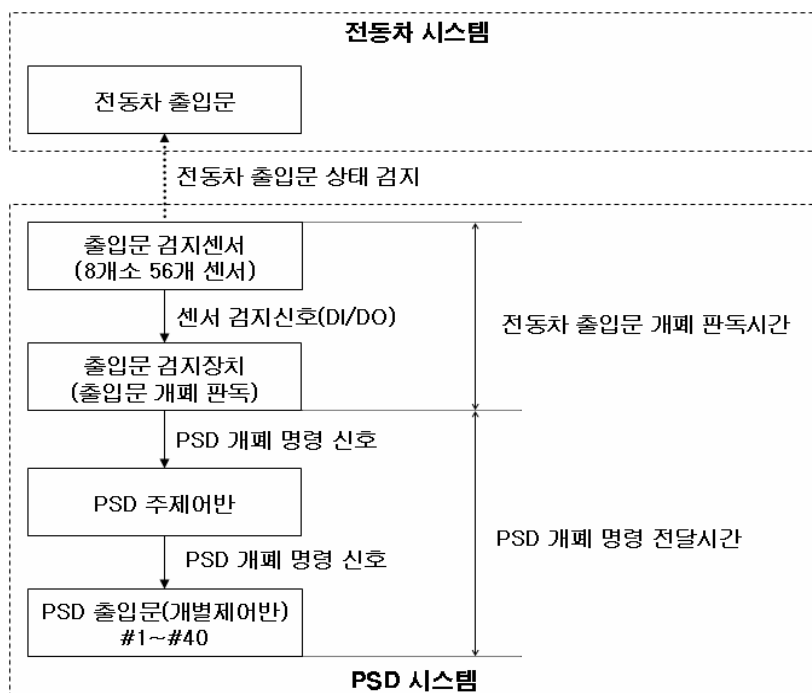


<그림 6> 출입문 검지센서 설치

5.2 출입문 검지센서 방식의 PSD 신호반응 시간

(1) 전동차 출입문 개폐 판독시간과 PSD 개폐 명령 전달시간

출입문 검지센서 방식에서의 PSD 개폐 명령 생성과 전달 과정은 <그림 7>과 같다. 출입문 검지장치는 출입문 검지센서로부터 센서 검지 신호들을 입력받아 전동차 출입문의 개폐를 판독하고, PSD 개폐 명령을 생성한다. 그 후 생성된 PSD 개폐 명령 신호는 PSD 주제어반을 통하여 PSD 출입문을 제어하는 개별제어반으로 전달된다. 출입문 검지센서 방식의 PSD출입문 신호반응 시간은 전동차 출입문 개폐 판독시간과 PSD 개폐명령 전달시간으로 나눌 수 있다.

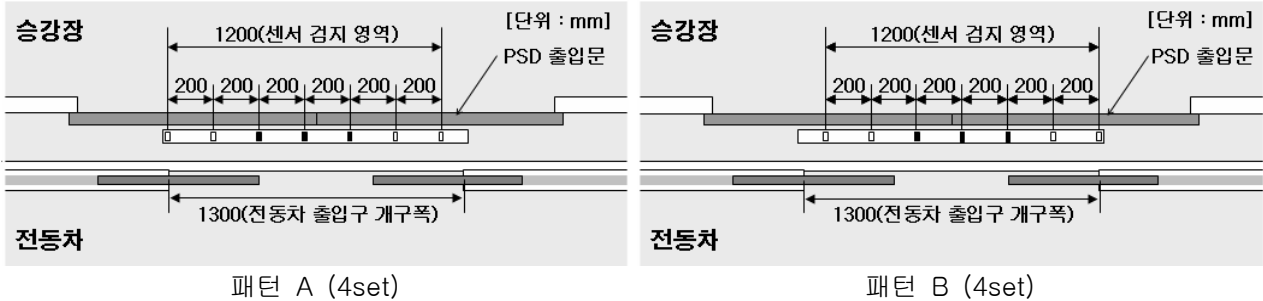


<그림 7> 출입문 검지센서 연동방식의 출입문 개폐 판독과 PSD 개폐 명령 전달

(2) 전동차 출입문 개폐 판독(기존 방식)

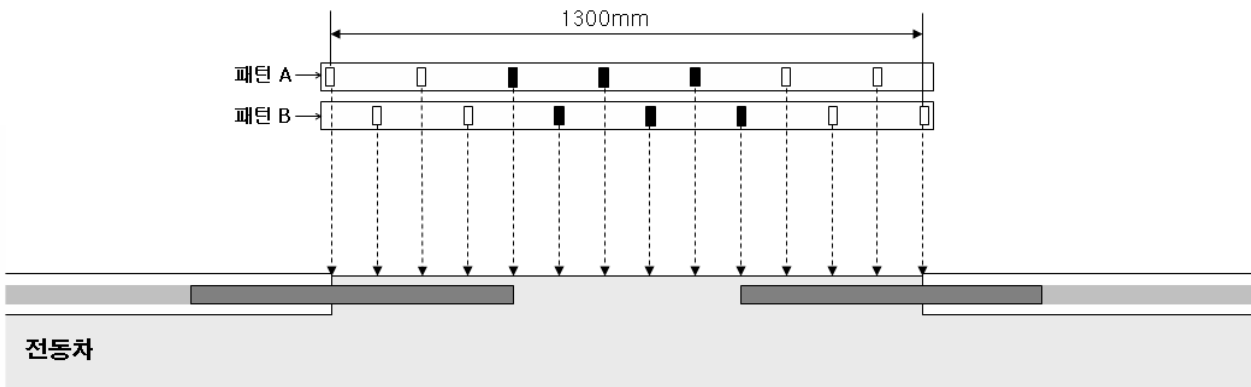
- 출입문 검지센서 설치위치와 검지영역

전동차 출입문 검지센서는 <그림 8>과 같이 패턴 A(4set)와 패턴 B(4set)의 2가지 형태로 200mm 간격으로 설치된다.



<그림 8> 출입문 검지센서의 세부 설치 방법(기존 방식)

출입문 검지센서의 검지영역은 패턴 A와 패턴 B가 중첩할 경우, <그림 9>와 같이 1300mm 영역을 검지 할 수 있도록 하였다. 이는 수동운전(ATS/ATC)방식에서의 전동차가 정위치 정차(“양호”)시, 전동차 출입문을 검지할 수 있는 영역이다.



<그림 9> 출입문 검지센서의 검지영역(기존 방식)

- 전동차 출입문 개폐 판독

센서의 오검지로 인한 PSD 출입문의 개폐 오류는 안전사고의 원인이 되기 때문에, 센서의 고장이나 전동차에 승/하차 및 탑승 승객(물건)등 센서 오검지로 인한 판독 오류를 최소화하기 위하여, 전동차 출입문의 개폐 판독시 다수의 센서 검지 신호를 판독 기준으로 이용하여야 한다. 또한 센서 장애(고장) 및 이동 승객(물질) 검지등 신호가 순간적으로 변화하는 채터링(Off→On→Off 또는 Off→On→Off)이 발생할 수 있다. 신뢰도 높은 개폐 판독을 위하여 채터링을 발생하는 센서는 유효값으로 인정하지 않아야 한다. 이를 위하여 센서 신호 변화 후, 일정시간 이상 지속된 센서입력만 유효값으로 처리한다. 기존 방식에서의 전동차 출입문 개폐 판독기준은 <표 3>과 같다.

<표 3> 출입문검지센서 방식에서의 전동차출입문 개폐 판독기준(기존 방식, 서울메트로1,3,4호선)

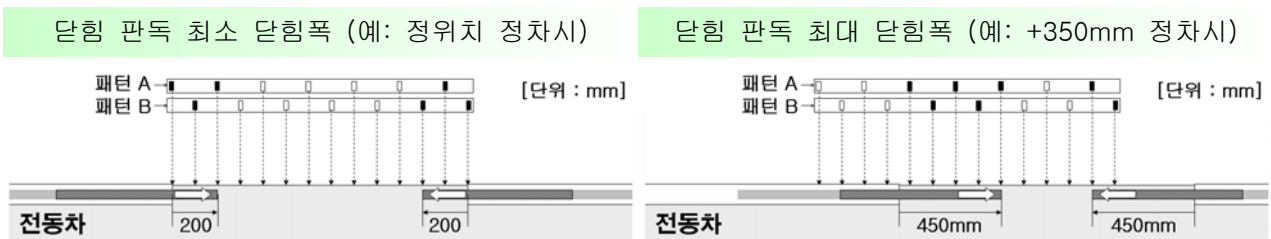
구 분	판 단 조 건
열림 판독	8세트의 출입문 검지반 중에서 2개 이상의 센서가 열림(On→Off) 검지된 세트의 갯수가 4개 그룹이 되었을 경우, 열림조건으로 판단한다.
닫힘 판독	8세트의 출입문 검지반 중에서 3개 이상의 센서가 닫힘(Off→On) 검지된 세트의 갯수가 5개 그룹이 되었을 경우, 닫힘조건으로 판단한다.
채터링 방지	센서 신호 변화 후 200ms 이상 지속된 센서입력만 유효값으로 처리한다.

<표 3>의 열림 판독기준에 따른 전동차 출입문 열림폭을 그림으로 나타내면 <그림 10>과 같다. 전동차의 출입문이 "열림"으로 판단하는 시점은 전동차 출입문이 100 ~ 200mm 열렸을 때의 시점이다.



<그림 10> 열림 판독 시점의 전동차 출입문 열림폭(기준 방식)

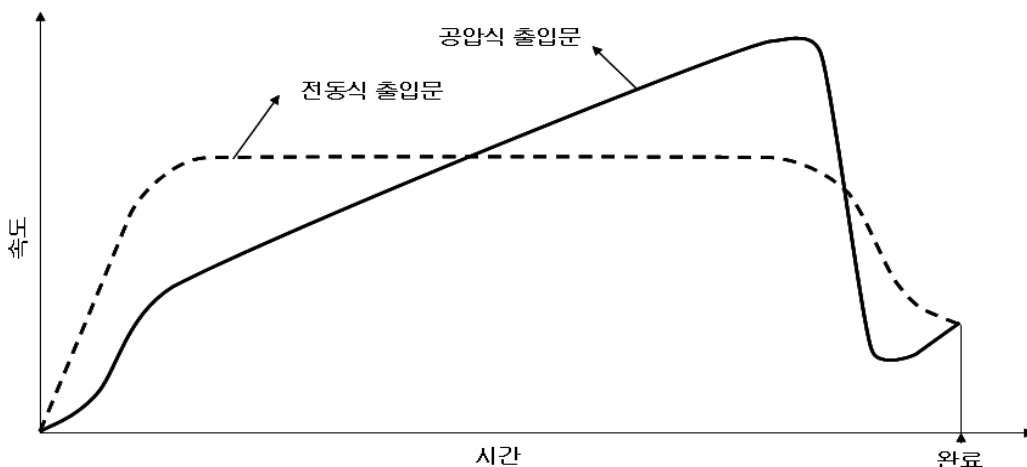
<표 3>의 닫힘 판독기준에 따른 전동차 출입문 닫힘폭을 그림으로 나타내면 <그림 11>과 같다. 전동차의 출입문이 "닫힘"으로 판단하는 시점은 전동차 출입문이 400 ~ 900mm 닫혔을 때의 시점이다.



<그림 11> 닫힘 판독 시점의 전동차 출입문 닫힘폭(기준 방식)

(3) 출입문 검지센서 방식의 PSD 출입문 신호반응 시간

전동차 개폐 판독시간을 계산하기 위하여 PSD 출입문의 개폐 속도가 필요하다. 전동차 출입문은 구동방식에 따라 공압식과 전동식으로 구분할 수 있고, 일반적인 전동차 출입문의 속도-시간 특성 그래프는 <그림 12>와 같다. 현재 운영되고 있는 전동차의 출입문은 공압식이 대부분이고 최근에 전기식으로 점차 확대 운용되고 있다.



<그림 12> 일반적인 전동차 출입문 속도-시간 특성 그래프

전동차 출입문의 속도는 전동차 모델에 따라 다르나, 본 논문에서는 일반적인 공압식 출입문의 속도-시간 특성을 이용하여 이동거리에 따른 이동시간을 계산하였고, 전동차 출입문의 열림 완료 시간은 평균 2.0초를 닫힘 완료 시간은 2.5초로 적용 운용되고 있다. 기존 출입문검지센서 방식의 PSD 출입문 신호반응시간의 계산 결과를 표로 나타내면 아래<표 4>와 같다.

<표 4> 출입문 검지센서 방식의 PSD 출입문 신호반응 시간(기존 방식)

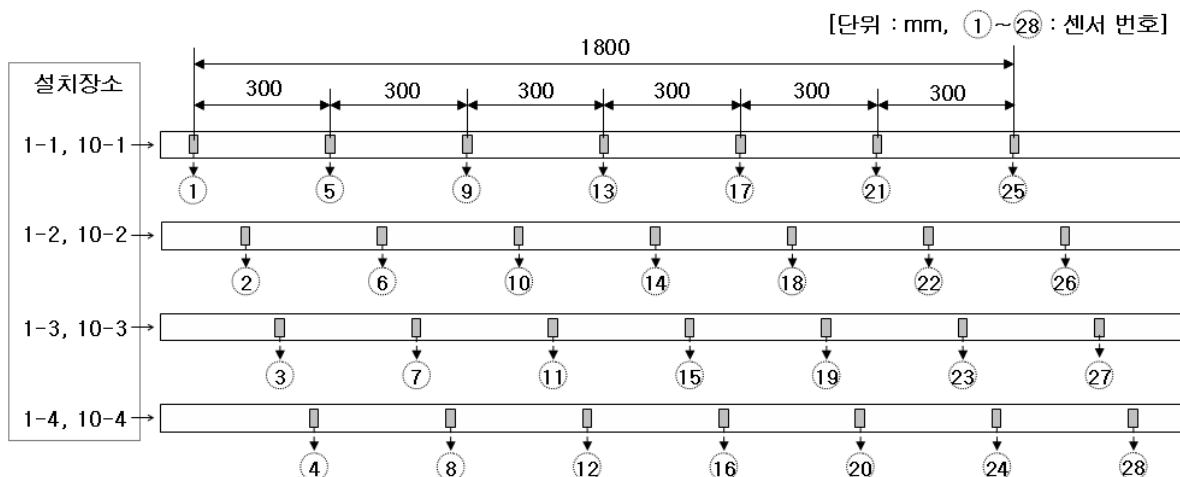
PSD 개폐 프로세스			단위	열림		닫힘	
				최소	최대	최소	최대
개폐 판독기준 센서 검지수			개	1	1	3	3
개폐 판독기준 전동차 출입문 이동 거리			mm	100	200	400	900
P S D 신 호 반 응 시 간	개폐 판독시간	개폐 판독기준 전동차 출입문 이동 시간	sec	0.40	0.58	0.88	1.44
		채터링 방지 시간	sec	0.20	0.20	0.20	0.20
	명령 전달시간	출입문검지 장치 → PSD 주제어반	sec	0.01	0.01	0.01	0.01
		PSD 주제어반 → PSD(개별제어반)	sec	0.01	0.01	0.01	0.01
	합계 (PSD출입문 신호반응 시간)			sec	0.62	0.80	1.10

기존의 출입문검지센서 방식의 PSD 출입문 신호반응 시간은 “열림”의 경우 0.62 ~ 0.80초이고, “닫힘”의 경우 1.10 ~ 1.66초 이다. 이 결과는 출입문 검지센서 방식으로 운영되고 있는 서울메트로 서울(1)역에서 실측한 결과와 일치한다. 이때 닫힘의 경우는 PSD 출입문의 신호반응 시간이 1초가 넘기 때문에 신호반응 시간을 단축할 필요가 있다.

5.3 출입문검지센서 방식에서의 PSD 출입문 신호반응 시간 개선 방안

(1) 출입문 검지센서의 설치 및 검지 영역 개선

출입문 검지센서 방식의 PSD출입문 신호반응 시간 개선을 위하여, 센서의 검지 간격을 줄이고 개폐 판단 알고리즘을 개선하여야 한다. 기존 방식의 센서 배열은 2가지 패턴을 가진다. 본 연구에서는 설치 장소별로 4가지의 패턴을 가지는 설치 방식을 채택하였고, 각 출입문검지반 센서의 배열은 <그림 13>과 같다.



<그림 13> 출입문검지센서의 배열과 설치(개선 방안)

각 출입문 검지반의 센서 간격은 300mm로 동일하다. 그리고 전동차가 승강장에서 정위치 정차시 첫 번째 차량(1량)에 해당하는 출입문 검지반 그룹(1-1, 1-2, 1-3, 1-4)과 마지막 차량(10량)에 해당하는 출입문 검지반 그룹(10-1, 10-2, 10-3, 10-4)으로 나눌 수 있다. 1개의 출입문 검지반 그룹은 1개의 센서 배열로 인식하도록 하였다.



<그림 14> 출입문검지센서의 검지 간격과 검지 영역(개선 방안)

즉, <그림 14>와 같이 ① ~ ㉘번 센서를 동일한 센서 배열로 인식하도록 하여 센서의 검지 간격을 75mm로 축소하였다. 또한 전동차 출입문 검지 영역을 2,025mm로 확대하여, 전동차의 정위치 정차 범위 ±400mm이내에서만 전동차 출입문의 열림 가능 영역(2,100mm)을 커버하도록 하였다. 기존 방식과 개선 방안의 출입문 검지센서 설치 방법을 비교하면 <표 5>와 같다.

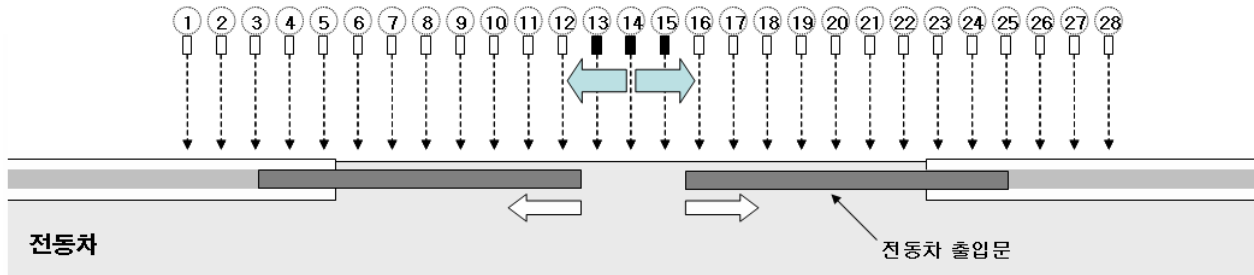
<표 5> 출입문 검지센서 방식에서의 전동차 출입문 개폐 판단조건(기존 방식)

구 분	기존 방식	개선 방안
센서수	56개	56개
설치장소(출입문검지반 수)	8개소(1량, 10량 전동차 출입문)	8개소(1량, 10량 전동차 출입문)
출입문검지반 당 센서수	7개	7개
출입문검지반 센서 간격	200mm	300mm
출입문검지반 검지 영역	1200mm	1800mm
출입문검지반 패턴	2개 패턴	4개 패턴
센서 인식 방식	출입문 검지반별 독립 배열로 인식	1개 그룹(4패턴)의 출입문 검지반을 동일 센서 배열로 인식
센서 검지 간격	200mm	75mm
전체 검지 영역	1300mm	2025mm

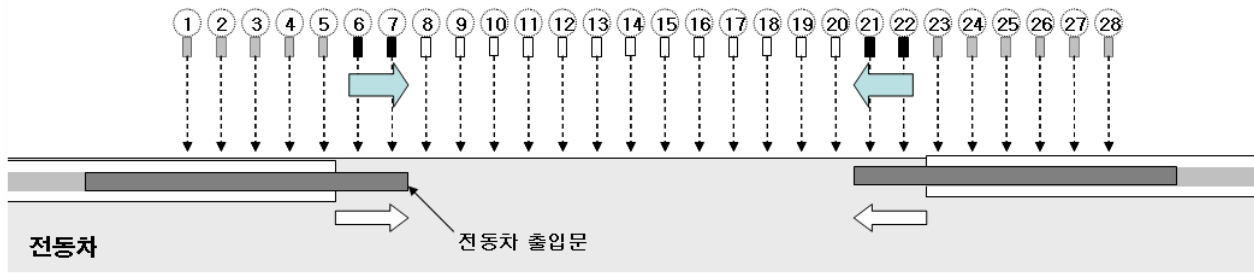
(2) 개폐 판독 알고리즘 개선 (기준점 판독 알고리즘 적용)

기존의 전동차 출입문 개폐 판독 알고리즘은 200mm 간격의 센서 검지 수량에 따라, 개폐를 판독하는 알고리즘이다. 이러한 판독 알고리즘은 전동차 출입문 닫힘 시 최대 900mm(69%) 닫힌 후에 닫힘을 판독할 수 있도록 되어 있다. 이러한 판독시간을 개선하기 위하여 75mm 간격의 센서 신호를 이용하였고, 기준점 판독 알고리즘을 적용하였다. 기준점 판독 알고리즘은 열림 시 최초 검지된 센서(기준점)에서 양방향 인접센서로 신호가 변화하고, 닫힘시 최종 검지된 센서에서 기준점 방향으로 신호가 변화하는 특성을 이용한 것이다. 이러한 특성을 그림으로 나타내면 아래의 <그림 15>와 같다.

● 전동차 출입문 열림 시 센서 신호 변화



● 전동차 출입문 닫힘 시 센서 신호 변화



← : 전동차 출입문 이동방향, ← : 센서 신호 변화 방향

<그림 15> 전동차 출입문 이동방향과 센서 신호 변화

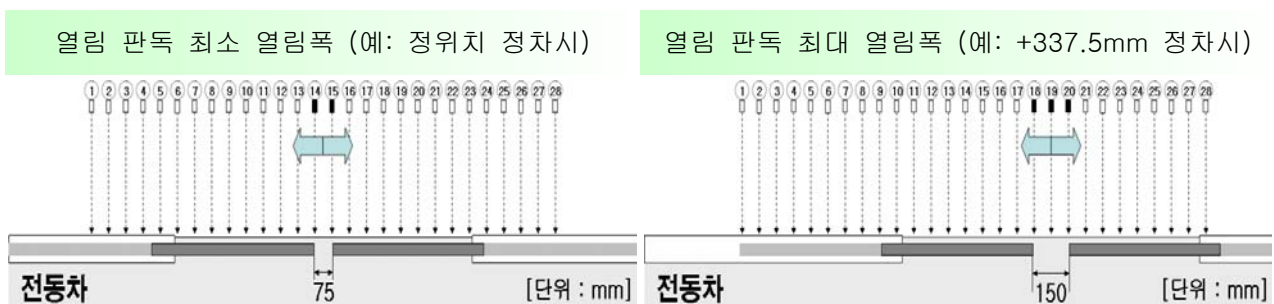
PSD 출입문 신호반응시간을 개선하기 위한 기준점 판독 알고리즘을 정리하면 <표 6>과 같다.

<표 6> 출입문 개폐 판독을 위한 기준점 알고리즘(개선방안)

구 분	판 단 조 건
열림 판독	최소 열림 신호(On→Off)을 발생한 후, 그 센서 기준으로 양방향(좌우방향) 센서가 열림 신호(On→Off)를 검지하였을 경우, 열림으로 판단한다.
닫힘 판독	양측(좌우측)의 최종 열림 검지센서가 닫힘 신호(Off→On)를 발생한 후, 기준점 방향(중심 방향)의 센서가 닫힘 검지(Off→On) 신호를 검지하였을 경우, 닫힘으로 판단한다.
채터링방지	센서 신호 변화 후 200ms 이상 지속된 센서입력만 유효값으로 처리한다.

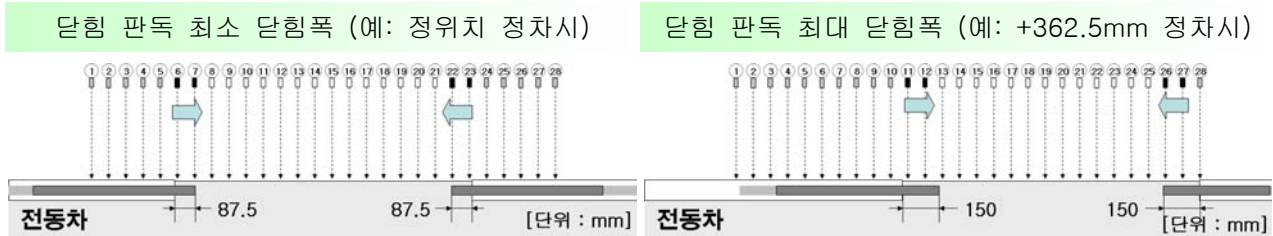
기준점 알고리즘을 적용 할 경우, PSD 출입문 신호반응시간을 개선할 수 있을 뿐만 아니라 센서의 오검지로 인한 개폐 판독 오류를 방지할 수 있다. 서울메트로는 현재 승/하차 승객이 많은 서울메트로 2호선 신도림 역사에 기준점 알고리즘을 적용하여 원활하게 운영하고 있다.

기준점 알고리즘에 따른 열림 판독 시, 전동차 출입문 열림폭을 그림으로 나타내면 <그림 16>과 같다. 전동차의 출입문이 열림으로 판단하는 시점은 전동차 출입문이 75 ~ 150mm 열렸을 때의 시점이다.



<그림 16> 열림 판독 시점의 전동차 출입문 열림폭(개선 방안)

기준점 알고리즘에 따른 단힘 판독 시, 전동차 출입문 단힘폭을 그림으로 나타내면 <그림 17>과 같다. 전동차의 출입문이 단힘으로 판단하는 시점은 전동차 출입문이 175 ~ 300mm 단혔을 때의 시점이다.



<그림 17> 단힘 판독 시점의 전동차 출입문 단힘폭(개선 방안)

(3) 출입문검지센서 방식에서의 PSD출입문 신호반응 시간(개선 방안)

일반적인 공압식 전동차 출입문의 속도-시간 특성을 이용하여, 개선된 출입문검지센서 방식의 PSD 출입문 신호반응시간을 표로 나타내면 <표 7>과 같다.

<표 7> 출입문 검지센서 방식의 PSD출입문 신호반응시간(개선 방안)

PSD 개폐 프로세스			단위	열림		단힘	
				최소	최대	최소	최대
개폐 기준 센서 검지수 (X 그룹수)			개	2(X2)	3(X2)	4(X2)	4(X2)
개폐 판독기준 전동차 출입문 이동 거리			mm	75	150	175	300
P S D 반 응 시 간	개폐 판독시간	개폐 판독기준 전동차 출입문 이동 시간	sec	0.34	0.49	0.54	0.75
		채터링 방지 시간	sec	0.20	0.20	0.20	0.20
	명령 전달시간	출입문 검지반 → PSD 주제어반	sec	0.01	0.01	0.01	0.01
		PSD 주제어반 → PSD(개별제어반)	sec	0.01	0.01	0.01	0.01
	합 계 (개선방안의 PSD 출입문 신호반응 시간)		sec	0.56	0.71	0.76	0.97
기존방식의 PSD 출입문 신호반응 시간			sec	0.62	0.80	1.10	1.66

개선된 출입문 검지센서 방식의 PSD 출입문 열림 신호반응 시간은, 판독오류를 감소시키는 기준점 알고리즘을 적용하고도 0.06~0.09초 감소시켰다. 그리고 기존 방식에서 문제가 되었던 1초 이상의 PSD 출입문 단힘 반응시간(1.10~1.66초)은 1초 이하(0.76~0.97초)로 크게 개선하였다.

5. 결론

본 연구에서, 승객의 안전과 편의를 위하여 자동열차운행(ATO) 구간에서의 전동차 출입문과 PSD 출입문을 동시에 개폐할 수 있는 방법을 제시하였고, 수동열차운행(ATS/ATC) 구간에서의 전동차 출입문의 개폐에 대한 PSD출입문의 개/폐 신호반응시간 개선 연구를 수행하였다.

수동열차운행 구간에서의 전동차와 PSD의 출입문 연동 방식인 무선(RF) 연동방식과 출입문 검지센서 연동방식에서의 기존 방식을 분석하였고, 그 분석 결과를 토대로 PSD 출입문의 신호반응시간 개선 방안을 제시하였다. 무선(R/F) 연동방식에서는 명령라인을 실선으로 교체함으로써 명령전달 시간을 단축하여 PSD 출입문 신호반응시간을 개선하였다. 출입문검지센서 연동방식에서는 검지센서의 설치 방식을 개선하고, 기준점 판독 알고리즘을 적용함으로써 PSD 출입문 신호반응시간을 개선하였다. 그 개선의 결과는 <표 8>과 같다.

<표 8> 수동열차운전(ATS/ATC) 구간에서 기존 방식과 개선 방안과의 PSD출입문 신호반응시간 비교

전동차 출입문과 PSD 출입문의 연동방식		PSD출입문 신호반응시간(sec)				비 고
		기존 방식		개선 방안		
		최소	최대	최소	최대	
무선(RF) 통신 방식		0.16	0.66	0.08	0.23	명령전달을 실선통신으로 개선
출입문 검지센서 방식	열림 반응시간	0.62	0.80	0.56	0.71	센서 설치 방식 개선, 판독 알고리즘 개선
	닫힘 반응시간	1.10	1.66	0.76	0.97	

무선(R/F) 통신방식에서는 PSD출입문 신호반응시간을 50%이상 감소하였다. 또한 출입문검지센서 방식에서 문제가 되었던 1초 이상(1.10~1.66초)의 PSD출입문 닫힘 신호반응시간을 1초 미만(0.76~0.97초)으로 단축하였다.

본 연구는 수동열차운전(ATS/ATC) 구간에서 PSD 설치시, 승객의 편의와 안전을 향상하기 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 향후 연구과제로 수동열차운전(ATS/ATC)에서 자동열차운전(ATO)으로의 전환을 대비하여 전동차와 PSD간 연동시스템의 전환에 관한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 이무호, 양기희(2007), “열차 수동운전 방식에서의 PSD 시스템을 위한 정위치정차 판독기술”, 한국철도학회 2007 춘계학술대회
2. 김재필, 현용섭, 장경송(2007), “2.4GHz 무선 통신을 이용한 PSD 인터페이스 및 이동형 열차운행시스템”, 한국철도학회 2007 춘계학술대회
3. 민경운, 손영진, 박수근(2006), “수동운전(ATS)구간에서 PSD 적용 기술의 성공적 요인 분석연구”, 한국철도학회 2006 추계학술대회
4. 문완기(2006), “전동차와 연동한 승강장_스크린도어 제어방식 소개”, 한국승강기공학회 2004 춘계학술대회
5. 삼성SDS SOC2개발팀(2005), “PSD TWC Interface”, 서울메트로 ATO 교육자료
6. 손영진, 민경운, 이강원, 방연근(2004), “수동 Mode에서 PSD System 최적화 연구”, 한국철도학회 2004 추계학술대회 논문집, pp.162-167
7. Juan Martin(2004), “Interface Specification PSD-SIG”, E&M Contract - Incheon International Airport Railroad Project