

수동운전(ATS)구간에서 PSD 적용 기술의 성공적 요인 분석연구

A Study of Successful Factor on PSD Application Technique for Manual Operation Mode(ATS)

민 경 윤* 손 영 진** 박 근 수***
Min, Kyung yun Son, Yeong Jin Park, Keun Soo

ABSTRACT

1974. 8.15 SeoulMetro, beginning with the first electric railway established at six cities, so it is managing mass transportation of traffic. Especially, in case of seoul, It is managing that from one to eight lines, 286.9km, 265 stations have installed and now it is carrying about 5.5million of passengers everyday, and 2,000million passengers a year. So accident is increasing from the station every year. For this measure, SeoulMetro prepares safety fence for passengers crash but, as suicides or people who watch the accident took place, for at the bottom of passengers crash protection, PSD installing is needed. Even though, PSD is managing ATO section but, in controlling SeoulMetro, one to four lines sections are (ATS, ATC)section. Between as ATS, ATC section, ATO section, subway gate and PSD must have opened and crossed always at the time. And the interlock control corrosion protection gate, managing skills with installation, method, using in history, apply to 10rail cars one train sets, and maximum applying 224% sections of passengers congested that consideration is to be needed. So 2004, SeoulMetro improved technology and basic design of PSD at ATS section. Based on this, from 2005.4 to 2006.6, using subway 2lines per 12stations set the model installation(full type 11stations, half type 1station) After installing in case of success, it is going about to suggest that effective analysis and hereafter subject.

1. 서 론

1974. 8.15일 서울메트로 1호선 개통을 시작으로 전국 6대 도시에 도시철도가 건설되어 도시교통의 대량 수송수단으로 운영되고 있다.

특히, 서울의 경우 1~8호선까지 286.9km 265개 역사가 설치되어 운용되고 있으며 일일 약 550만 명, 연간 약 20억 명의 승객을 수송하고 있다.

이로 인하여 승강장 승객 사상사고가 매년 증가하고 있다. 이에 대한 대책으로 안전펜스(fence)를 설치하여 승객 추락사고에 대비하고 있으나 자살자, 접촉자 등 근본적인 승객안전사고 예방을 위하여 승강장스크린도어(PSD) 설치가 필요하게 되었다.

PSD는 국·내외적으로 자동운전신호방식(ATO) 구간에서 설치되어 운영되고 있으나, 서울메트로에서 운영 관리하는 1~4호선 구간은 수동운전신호방식(ATS, ATC) 구간으로서 수동운전신호방식(ATS, ATC) 구간에서도 자동운전신호방식(ATO) 구간에서와 같이 전동차출입문과 승강장스크린도어(PSD)의 문이 거의 동시에 개·폐 되도록 하여야 하고 출입문 연동제어방식, 운영기술 및 운용중인 역사에서의

* 책임저자, 회원, 서울메트로 기술연구센터 팀장
E-mail : minky9681@hanmail.net
TEL : (02)520-5961 FAX : (02)520-5969
** 서울메트로 기술본부장 · 정회원
*** 서울메트로 기술연구센터 주임 · 비회원

설치방법, 1편성 당 10량 운행전동차에의 적용, 승객 혼잡을 최대 224%구간의 적용 등의 검토가 필요하게 되어 2004년 수동운전신호방식(ATS) 구간의 기술개발[1]과 기본설계를 하였다. 이를 바탕으로 2005. 4~2006. 6까지 운용중인 지하철 2호선 12개역에 시범설치(완전밀폐형 11개역, 난간형 1개역)하여 성공함에 따라 이에 대한 효과분석과 향후과제 등을 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 운영현황

2.1.1 서울메트로 운영현황

'06. 8. 1 현재

구 분		계	1호선	2호선	3호선	4호선
구 간		4개 노선 (2개지선)	서울역~청량리	성수~성수 (신도림~까치산) (성수~신설동)	지축~수서	당고개~남태령
영 업	영업	134.9km	7.8	60.2	35.2	31.7
	건설	143.1km	9.9	62.1	37.7	33.4
역 수		117개역	10	50	31	26
전동차 (편성수)		1,944량 (199)	160 (16)	834 (88)	480 (48)	470 (47)
표정속도 (km/h)		34.0	29.3	32.7~36.0	34.0	35.8
운행시격		2.5~6분	3~4	2.5~10	3~6	2.5~5
운행횟수		2,586 S1,822, K764	604 S104, K500	1,022 S1,022	436 S334, K102	524 S362, K162
신호방식			ATS		ATC	
기 타			한국철도공사 전동차 직통운전		한국철도공사 전동차 직통운전	

※ 운행횟수의 S : 서울메트로 전동차 운행횟수, K : 한국철도공사 전동차 운행횟수

※ 편성수 : 1호선, 2호선(본선), 3호선, 4호선 : 10량 1편성

2.1.2 서울메트로 수송현황(2005년도 기준)

(단위 : 만 명)

구 분	계	1호선	2호선	3호선	4호선
연간	143,641	17,194	69,877	25,917	30,653
일평균	394	47	192	71	84

2.1.3 승강장 형식

가. 지하역사(97개역) : 상대식 61개역, 섬식 36개역

나. 지상역사(20개역) : 상대식 18개역, 섬식 2개역

2.1.4 냉방역사('06. 6. 1 현재)

가. 대상역사 : 지하 97개역

나. 냉방(50개역): 1호선 10개역, 2호선 19개역, 3호선 11개역, 4호선 10개역

2.1.5 안전거리

가. 차량한계 : 3,200mm

나. 건축한계 : 3,600mm

2.2 안전시설물

2.2.1 승강장 사상사고 현황

○ 서울메트로 1~4호선

(단위 : 명)

구 분	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
계	30	32	29	28	24	48	33	39
사 망	18	23	12	19	17	29	21	23
부 상	12	9	17	9	7	19	12	16

2.2.2 운전방식

구 분	1호선	2호선	3호선	4호선	비 고
운전방식	ATS	ATS	ATC	ATC	수동운전방식
승무원수	2	2	2	2	기관사, 차장

2.3 승강장스크린도어(PSD) 검토

2.3.1 PSD 설치목적

가. 승객의 안전 확보

추락사고 예방, 자살방지, 승객의 전동차 접촉사고 방지, 차량 화재 시 연기확산 방지

나. 환경조건의 향상

실내 공기질 향상, 소음차단 효과, 이용승객 불쾌감 해소

다. 에너지 절감

승강장 냉방부하 감소, 환기실 공조량 감소

2.3.2 국·내외 승강장스크린도어(PSD) 설치현황

가. 국내 지하철

(2003.12 검토당시기준)

설치노선	PSD 설치타입	설치역수	설치년도	제작사	비 고
인천공항철도	-	-	-	-	설치예정
서울지하철 9호선	-	-	-	-	설치예정
대전지하철공사	밀폐형	12	2005 준공예정	현대엘리베이터 (NABCO)	설치중
광주도시철도공사	"	2	2003	"	설치중
신길역(국철)	난간형	1	2003	PSS-TECH	7면시범설치(센서형)

나. 해외 지하철

(2003.12 검토당시기준)

설치노선	PSD 설치타입	설치역수	설치년도	제작사	비 고
프랑스metro 14호선	반밀폐형	7	1998	Faiveley(프랑스)	
영국 주빌리 연장지하철	반밀폐형	8	1999	(영국)Westing House	
대만 타이베이(VAL)	반밀폐형	12	1993	Faiveley(프랑스)	
홍콩지하철	밀폐형	12	1994	(스위스)Kaba Gilgen	
싱가폴 1.2호선	밀폐형	15	1987	(영국)Westing House	
싱가폴 북동선	"	16	2003	"	
싱가폴 창이공항	"	1	2002	"	
덴마크 코펜하겐	"	8	2002	"	
중국 광저우지하철2호선	"	16	2002	"	
일본 도쿄지하철	반밀폐형	14	1991	Nabco	

2.3.3 구성 및 사양

가. 구성

고정 벽, 도어새시, 강화유리, 도어구동부, 안전센서, 조작반, 제어반

나. 설치위치

승강장 연단으로부터 100mm 이내

다. Door 크기

- 밀폐형 = W 2,100mm, H 2,000mm(서울메트로)
- 난간형 = W 2,100mm, H 1,650mm(서울메트로)



<밀폐형>

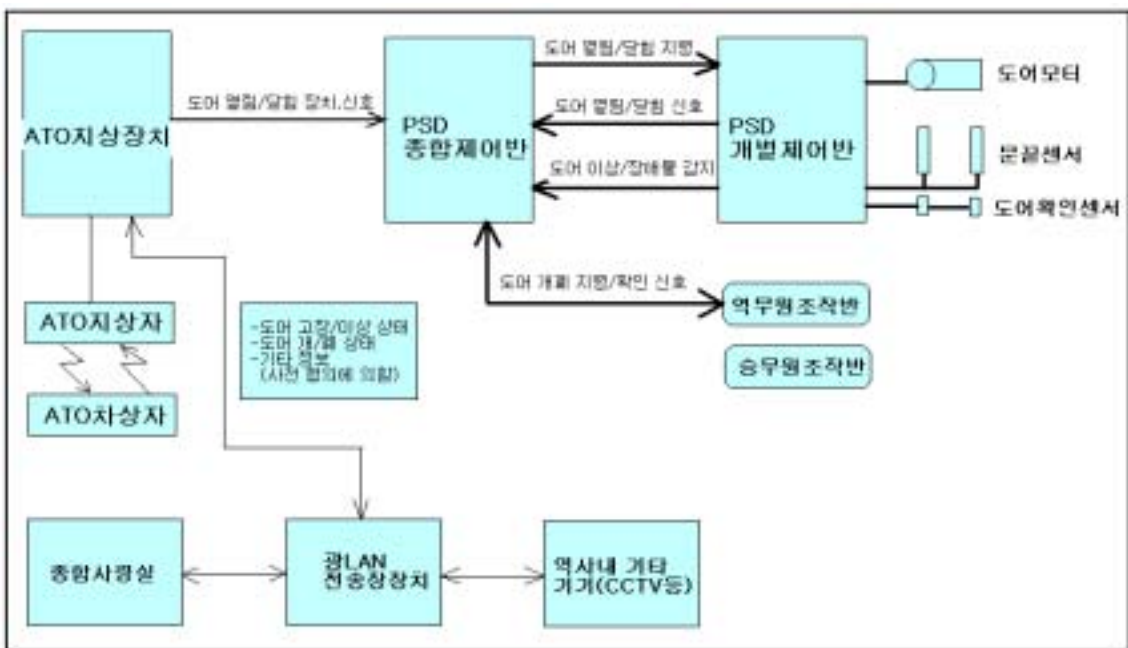


<난간형>

2.3.4 수동운전방식에서 PSD 설치 가능여부 검토

가. 지하철 적용 기본요건

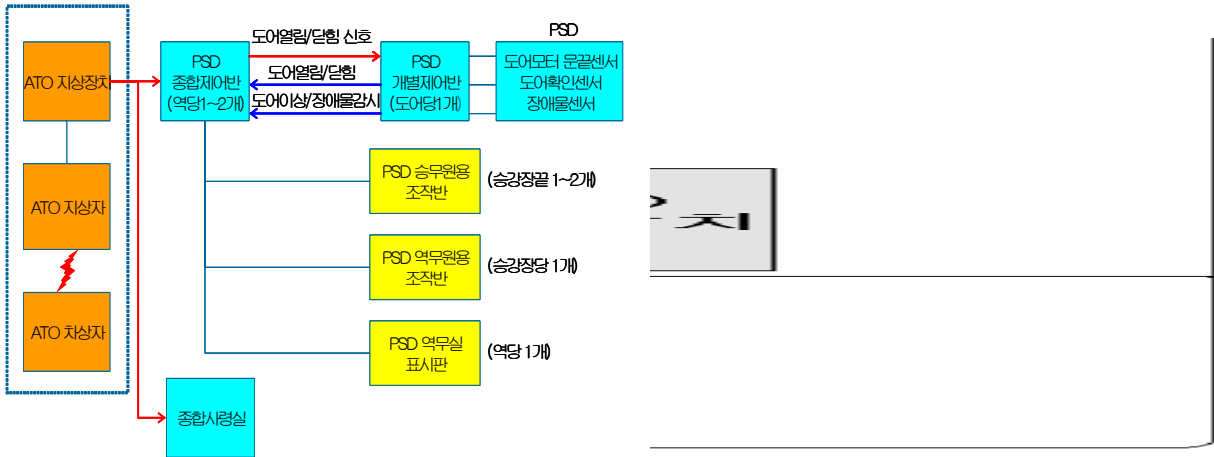
- 1) ATO 방식에 의한 전동차 자동운전방식 구간에 설치



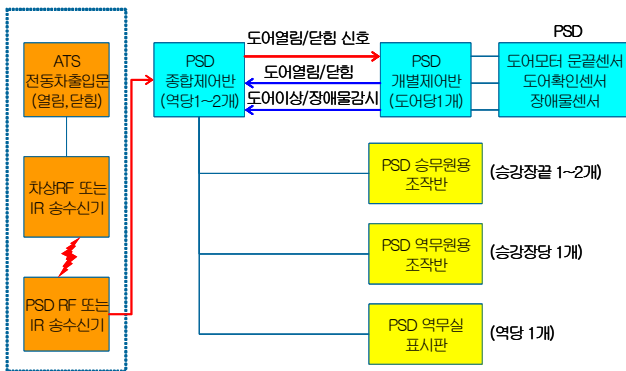
<ATO 신호 체계의 PSD 시스템 기본 구성>

나. 신호방식별 PSD 제어방법

1) 자동운전신호(ATO)방식(기본)



2) 수동운전신호(ATS, ATC)방식



다. 수동운전신호(ATS, ATC)방식에서의 적용 검토

1) 기본요건

- 가) 전동차 운전시 승강장 승·하차 위치 오차범위내 정차
- 나) 전동차 출입문(40조)과 PSD출입문(40조)의 연동시 개폐시간 일치 및 개폐동작 지연이 없어야 함.
- 다) 비상시 안전조치 가능

2) 종류

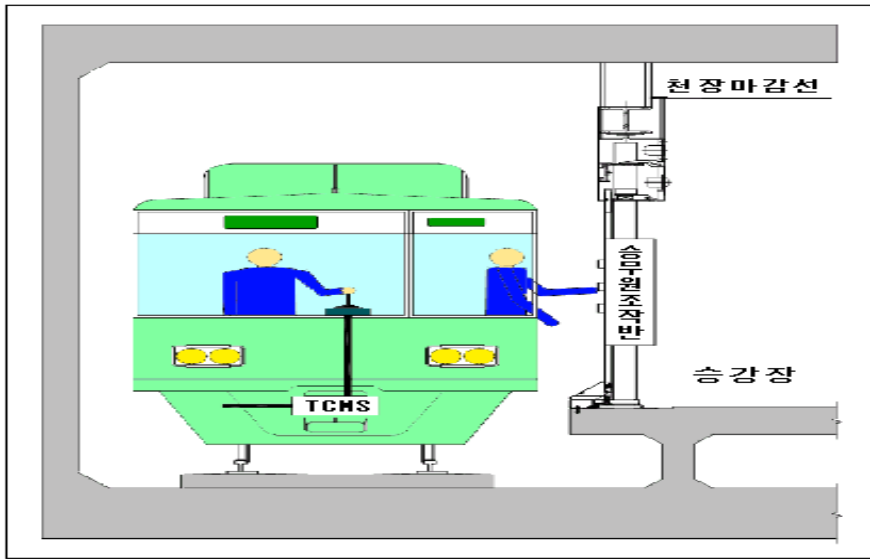
가) 승무원 직접조작방식

① 방법

전동차가 승강장 정차위치에 도착한 후 승무원(차장)이 전동차 출입문 개폐 스위치를 조작 및 승강장에 별도로 설치된 PSD 조작반의 개폐 스위치를 동시 조작하여 PSD출입문이 개폐 동작하도록 하여야 한다.

② 특징

1인의 승무원(차장)이 전동차출입문 및 PSD출입문을 조작시 개폐 조작시간이 과다 소요되므로 2인의 승무원이 조작 또는 무선 리모콘(Remote controller)을 사용한다.



<승무원 직접 조작방식>

나) IR(infra red) 적외선 통신방식 / RF(radio frequency) 무선 통신방식

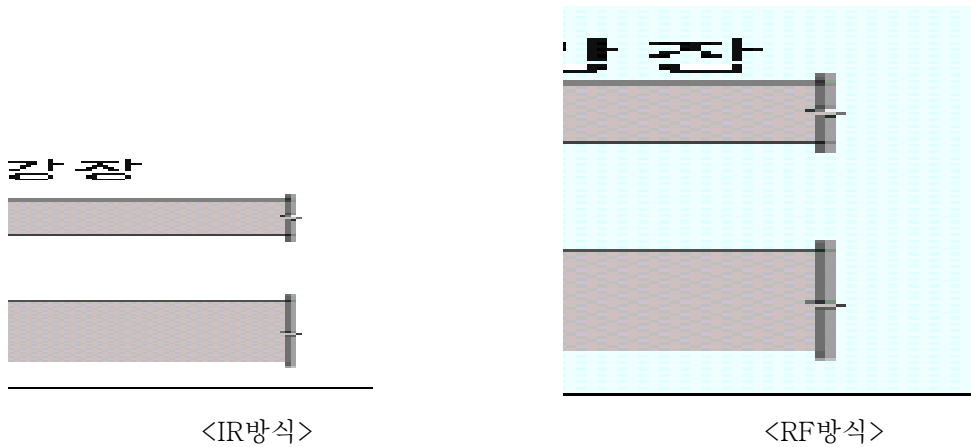
① 방법

전동차가 승강장 정위치에 정차한 후 승무원(차장)이 전동차출입문 개폐스위치를 조작하면 신호가 차량제어 및 감시장치(TCMS)에서 차상 IR/RF통신장치(송신용)를 통하여 승강장에 설치된 지상 IR/RF통신장치(수신용)에 수신되어 PSD출입문과 전동차출입문을 동시에 개폐시킨다.

② 특징

- 전동차출입문 개폐신호를 PSD 개폐신호와 연동시킬 수 있다.
- 차상 통신장치(송신용)를 노선운행 모든 차량에 2조씩(전·후) 설치
- 지상 통신장치(수신용)를 노선의 모든 역사에 2조씩(상·하선) 설치

③ IR방식 및 RF방식



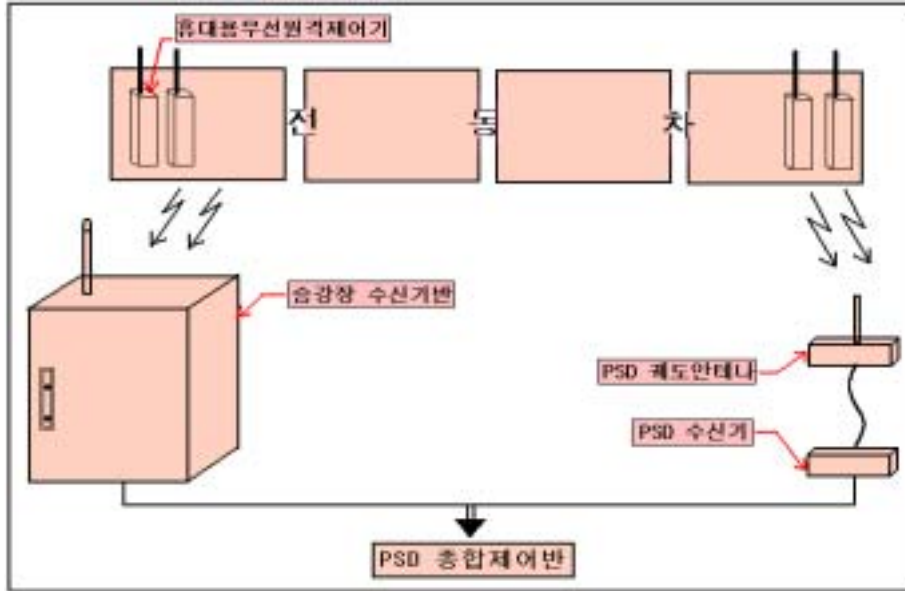
다) 무선원격제어(remote controller) 방식

① 방법

전동차 및 역사에 무선 송·수신장치를 설치하고 무선 수신장치(integrate receiver)를 PSD 종합제어반에 연결한 것으로 차장이 전동차출입문 조작시 휴대용 무선원격제어기(handhold remote controller)를 조작하여 PSD출입문을 개폐 동작시킨다.

② 특징

- 휴대용 무선원격제어기를 전동차출입문 조작버튼(button)과 연동할 필요가 있다.



<휴대용 무선리모콘 조작>

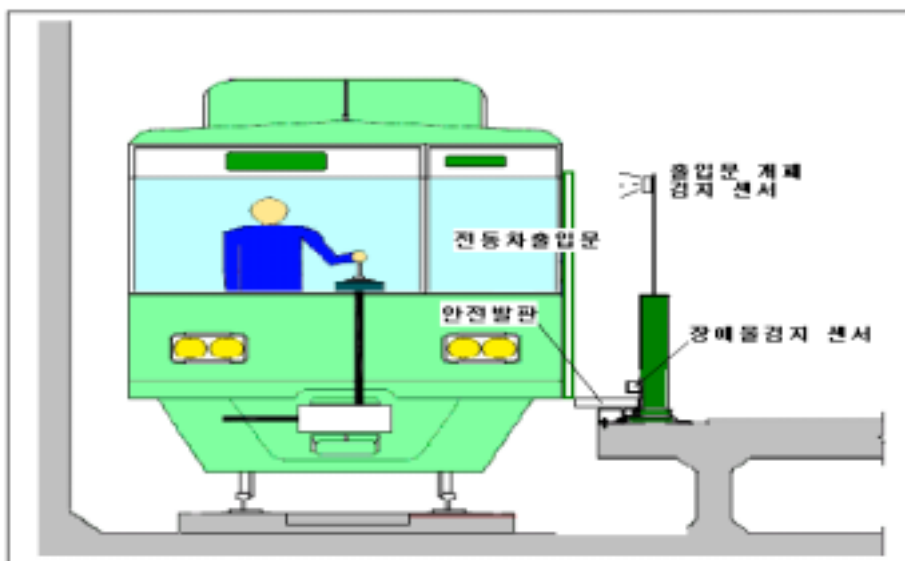
라) 출입문 감시센서(sensor) 방식

① 방법

전동차가 승강장 정차위치 오차 범위내 정차시 PSD출입문 상부에 설치되어 출입문 개폐 감지 센서(독립신호방식)가 전동차출입문의 열림(담힘)을 감지하여 PSD출입문을 개폐 동작시킨다.

② 특징

- 전동차 및 승강장에 전동차출입문 감지용 송·수신기가 불필요하며 설비가 간단하고 경제적이다.
- 전동차신호 및 전동차출입문 조작과 무관한 독립된 감지센서 설치 가능.
- 전동차출입문과 PSD출입문의 개폐연동에 약간의 시간지연 수반



<출입문 감지센서 방식>

마) 적용(서울메트로)

① RF(Radio frequency)제어 방식

○ 원리

- 전동차자동운전구간의 ATO지상자와 차상자간의 자동신호에 의거 전동차출입문 개폐시 PSD의 도어도 동시에 동작하는 개념을 수동운전신호방식(ATS)방식에서는 승무원이 전동차출입문 개폐시 RF제어방식을 적용하여 PSD의 도어를 거의 동시에 개폐하도록 한 방식
- 전동차의 출입문 개폐회로와 PSD도어 개폐회로의 연동과 회로 이상시 상호영향을 없애기 위하여 접점에 의한 회로 개폐가 아닌 반도체소자(Photocoupler)를 사용한 무접점 릴레이(SSR, Solid State Relay)를 사용하였다.
- 전동차출입문 개폐스위치를 ON하면 포토커플러(Photocoupler)내의 발광다이오드(Diode)가 발광하여, 그의 빛을 받아서 포토트랜지스터(Phototransistor)가 ON하여 출력회로에 의하여 전류가 흐르도록 하였다.

※SSR의 특징

- 입력과 출력이 전기적으로 절연되어 있으므로 외부로부터의 영향을 받지 않음
- 전자(電磁)릴레이와 같이 코일을 사용하지 않기 때문에 노이즈(Noise)의 발생이 적음
- 반도체소자를 사용하고 있으므로 적은 전력으로 동작

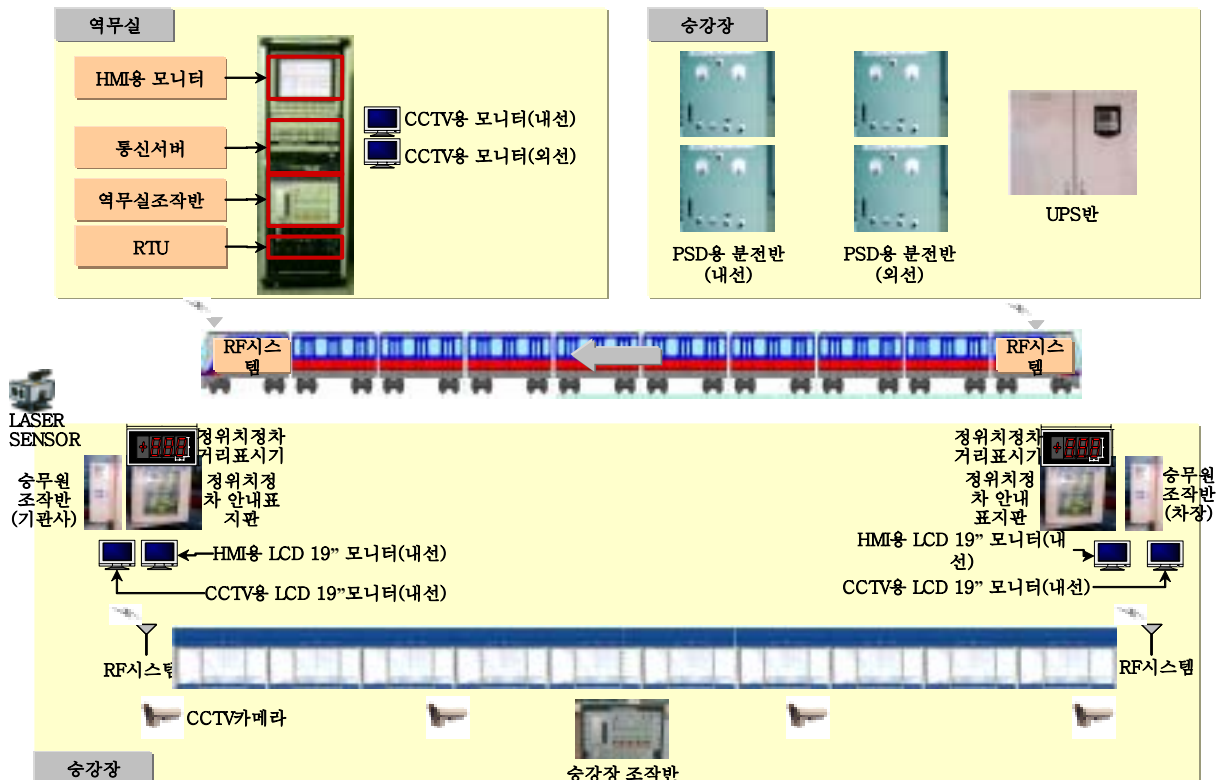
○ 장점

- 전동차출입문과 거의 동시에 PSD출입문 개폐조작 가능
- 승강장 정차범위를 벗어났을 때 전동차출입문 및 PSD출입문 개폐 미 동작
- PSD출입문이 닫히지 않은 상태에서 전동차출발 불가회로 적용

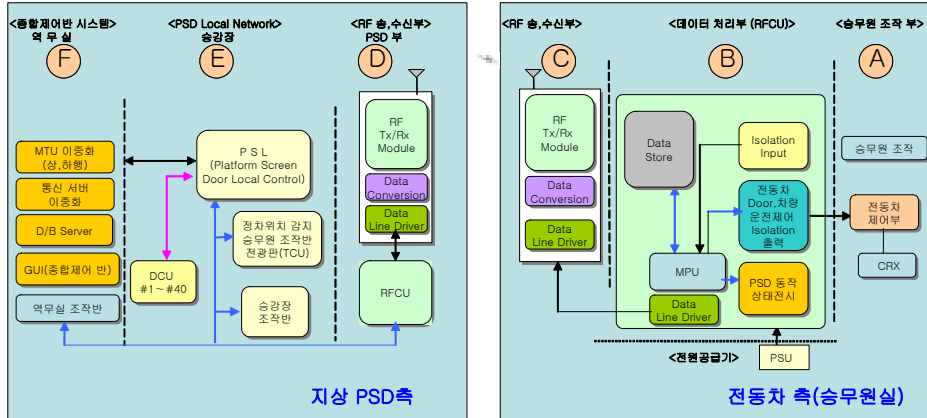
○ 단점

- 전동차 및 승강장 PSD 전·후부에 RF 송·수신장치 설치 필요
- 전동차출입문 개폐회로 개조 필요(RF 조작회로 삽입)

② 서울메트로 PSD System 구성도



③ RF제어방식과 PSD 조작회로



2.4 서울메트로 적용 PSD의 주요 안전장치

2.4.1 안전운전 장치

가. 무선(RF)장치 사용 전동차출입문 개폐 연동

- 1) 원리 : 전동차 출입문 개폐스위치(CRS)의 열림/닫힘 접점과 병렬로 인출하여 1차 측과 절연, 회로를 구성하여 전동차 출입문 열림/닫힘 조작시 점접심호를 무선(RF)장치를 통하여 PSD 도어 열림/닫힘과 연동시킨다.



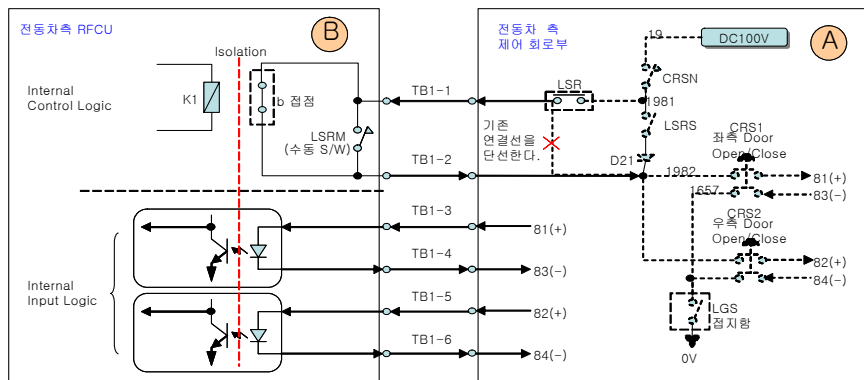
<승강장 RF장치>



<전동차 RF장치>

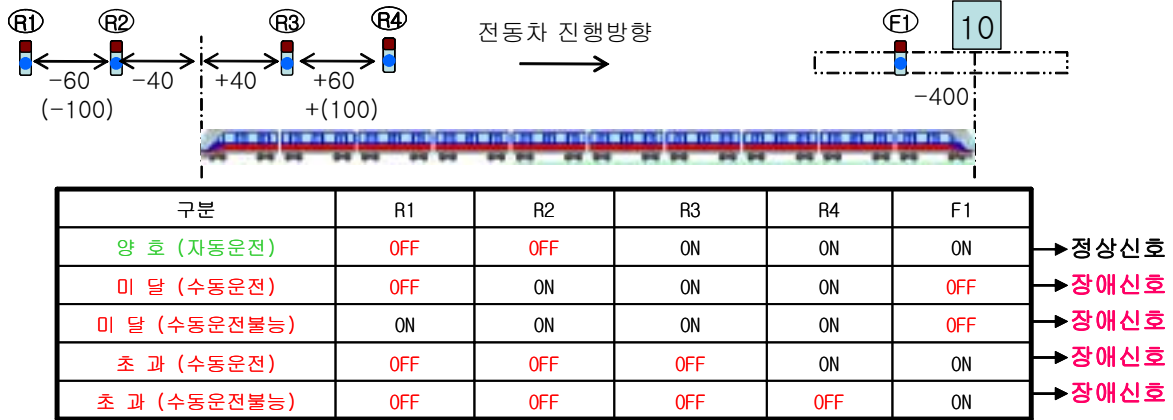
2) 특징

- 가) 전동차출입문 열림/닫힘 조작시 거의 동시에 PSD도어 열림/닫힘 연동



<출입문 개폐 연동 및 정위치 정차 연동회로>

- 나) 정위치 오차범위를 벗어나 정차시 PSD를 센서에 의해 전동차출입문이 열리지 않음.
 ○ 정위치 정차와 연동(전동차가 정위치가 아닐 경우 전동차 출입문은 열리지 않음)



<정위치 정차 정지센서 배치도> ※ Sensor 수량 및 위치는 변동 가능



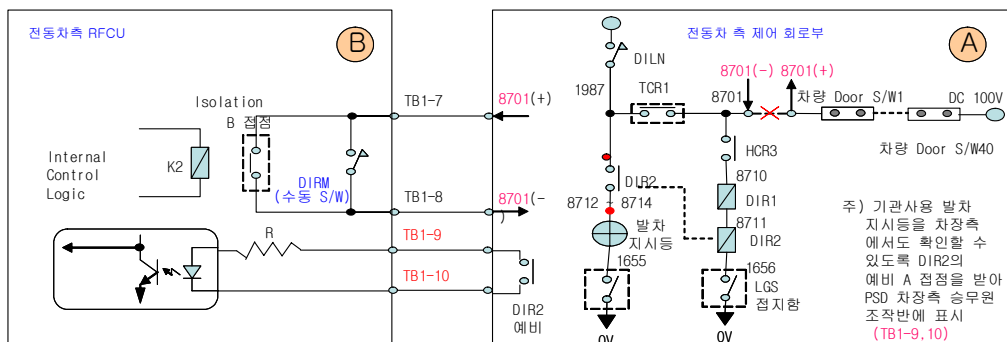
<레이저 거리센서>



<정위치 정차센서>

- 나. 전동차 발차 지시등과 연동

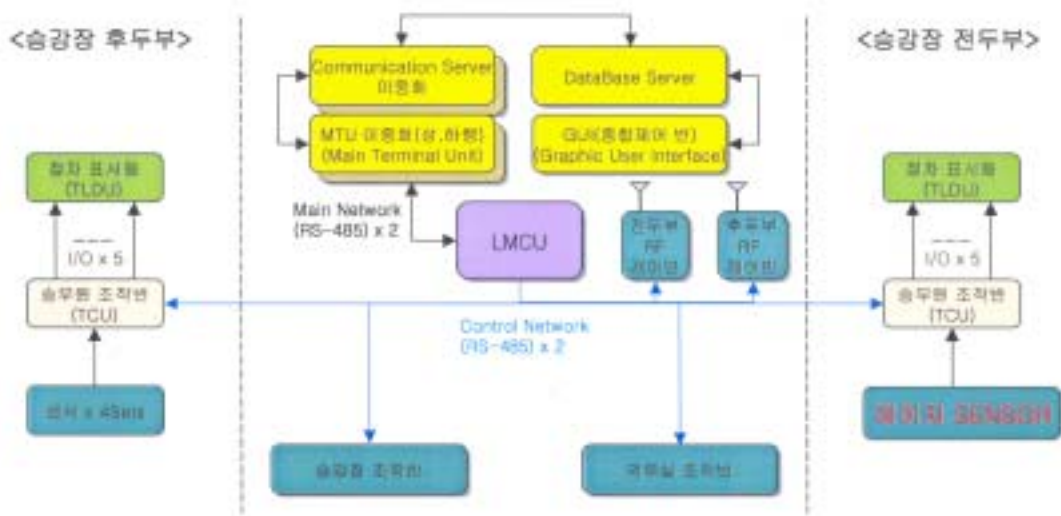
- PSD도어가 닫히지 않을시 전동차 발차지시등 회로와 연동하여 구성



<전동차측 발차지시등 및 PSD 도어 개폐 연동회로>

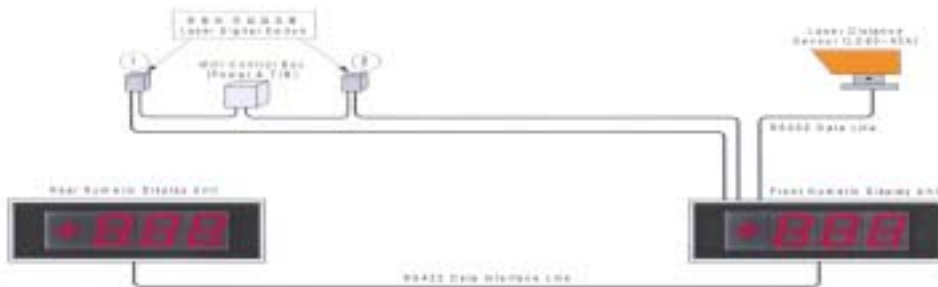
- 다. 전동차 발차지시등을 차장이 확인 가능하도록 PSD의 차장측 승무원 조작반에 표시등 설치
 라. 전동차 정위치 정차유도(안내) 장치 및 거리표시기 설치

- 1) 정위치 정차안내 유도장치와 별도로 레이저(razer)를 이용하여 전동차 정위치 정차위치를 거리 (mm)로 표시하며 수동운전방식 기관사의 정위치 정차 정확성 향상

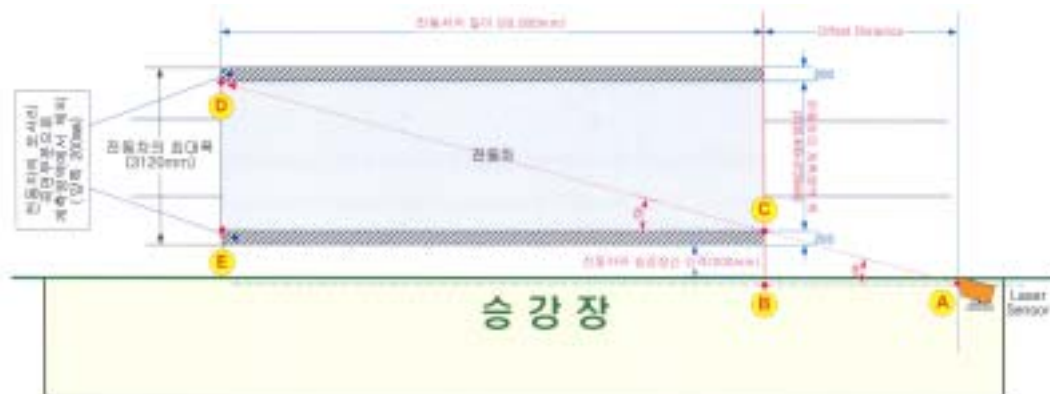


<전체 구성도>

2) 레이저 거리표시 장치



<설치도>



<거리측정 및 표시 알고리즘(Algorithm)을 위한 구성도>

2.4.2 승객안전장치

가. 감지기

- 1) 이물질 검지장치(문뜰끼임방지)와 장애물 검지장치(전동차와 PSD 사이) 설치
- 2) 장애물 검지센서는 4.8m마다 설치하여 전동차와 PSD 사이 전 구간을 감지하여 안전성 향상



<장애물 검지센서>



<출입문 검지센서>

나. 접지, 절연장치

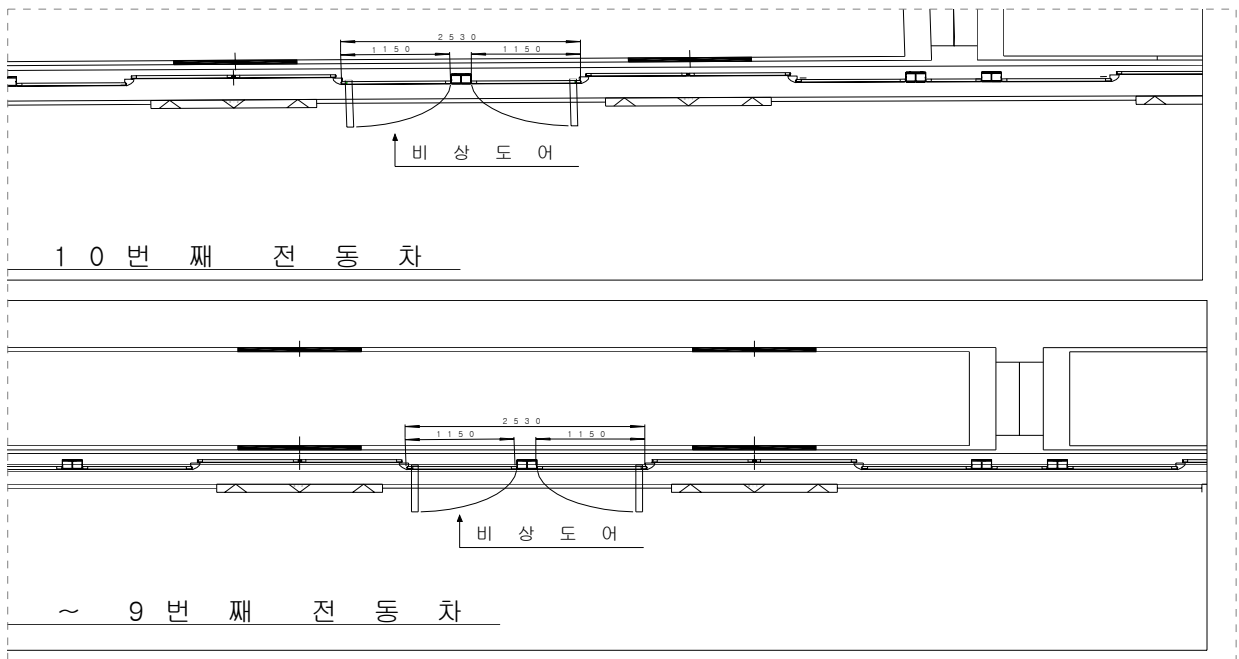
- 1) 구조체 절연도장, 구조체간 등전위본딩, 단독접지설비 설치로 감전예방 및 전위차에 의한 전기적 쇼크 방지

다. 비상문(EED, emergency escape door)

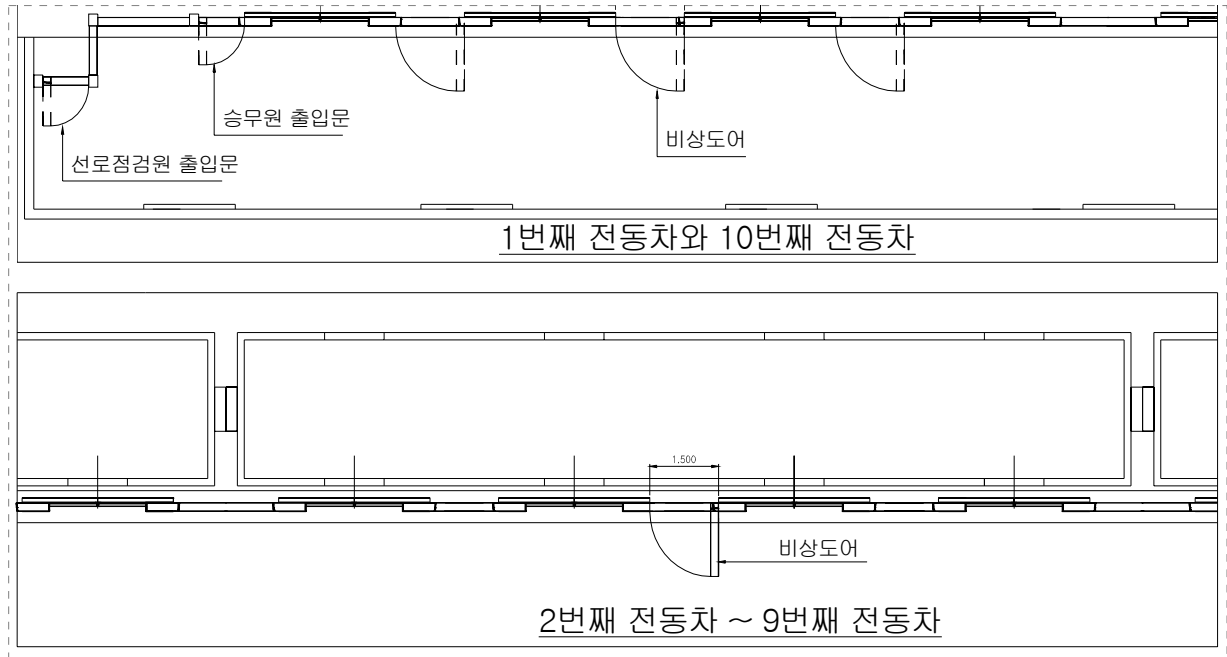
전동차가 정위치 정차 후 PSD도어의 열림동작이 안될시에는 PSD도어를 승객이 수동으로 열수 있으나, 전동차가 정위치 정차범위를 벗어난 위치에 정차 후 정차위치의 수정이 불가능한 상태 등의 비상상태 또는 고장발생시에 대비하여 여닫이식의 무동력 출입문을 설치하여 전동차측에서 열수 있도록 하였다.

1) 배치도

- 밀폐형(10량 편성기준) : 20조(40쪽) = 1량당 2조(4쪽) 설치



○ 난간형(10량 편성기준) : 14조(28쪽) = 전·후부차는 1량당 3조(6쪽), 2~8번째량은 1량당 1조(2쪽)



2) 비상문 설치 사진



<밀폐형 EED>



<난간형 EED>

라. 건축한계(승강장 연단으로부터 PSD 설치 거리) : 100mm 이내

2.4.3 PSD 감시장치

가. 감시모니터, 카메라

- 1) 승강장에 50m 간격으로 카메라 설치 : 역당 8대
- 2) 승무원(기관사, 차장)용 감시모니터 설치(19" 4분할 LCD) : 역당 4대



<내/외선 카메라>



<승강장 CCTV>



<역무실 CCTV>



<HMI>

- 3) 승무원(기관사, 차장)용 PSD 동작표시(40조) 모니터 설치(19" LCD) : 역당 4대
- 4) 역무실(제어반용) 감시모니터 : 19" LCD 2대, 19" LCD×HMI 1대
- 5) 디지털 녹화장치(DVR) 1대 설치



<DVR>

<역무실 모니터>

<차장측 전광판(난간형)>

2.4.4 시설물 안전성 보완

가. 전식(電飾), 부식(腐蝕) 방지

- 1) 절연패드(pad) 설치
천장 및 바닥철골 앵커(anchor) 부분
- 2) 절연도장 시행(난연성, 불연성)
빔(beam)-분체도장, 샤키(shahi)-세라믹코팅(ceramic coating)

2.5 기대효과 분석

2.5.1 기대효과

가. 승객 안전사고 방지(추락, 접촉, 자살)

나. 환경개선(쾌적성)

- 1) 미세먼지 감소(39%)
- 2) 소음 감소(7.9%)
- 3) 전동차 진입시 열차풍 감소(불쾌감 감소)

※ 상기 효과는 PSD가 설치된 역사 중 2호선 사당역(승환역)을 실측한 수치(%)로 승환역이 아닌 일반역사를 대상으로 실측할 경우 효과치(%)가 더 상승할 것으로 기대.

다. 에너지 절감

- 1) 냉방효율 향상(최대 40% 예상)
- 2) 동력비 절감

라. 새로운 광고수입 창출

마. 미려한 외관으로 미적 환경 개선

2.5.2 수동방식 적용 기술개발에 따른 기대효과

기술개발로 국산화 성공 및 입찰시 국·내외 제작사간 경쟁력 유발로 향후 서울메트로 117개역 설치 완료시 약 1,000억원 이상의 예산절감 효과가 예상되며 국내 타 도시철도에 적용시에도 동일한 효과가 기대된다.

가. 국·내외적으로 처음으로 수동운전신호방식(ATS) 구간 및 운영중인 10량편성 구간에 자동운전신호방식(ATO) 구간에서와 거의 같은 PSD 기능을 할 수 있도록 제어(RF)방식 적용

나. 비상문(EED)은 서울메트로만의 독자 모델 적용

다. 감지센서(sensor)의 이중화 적용

라. 정위치 정차 거리안내시스템 개발(Razer sensor)-거리 표출

마. 연단으로부터 최소거리(100mm) 유지

2.6 향후과제

2.6.1 ATS방식에서 ATO방식으로의 전환시의 과제

현재의 RF제어방식을 ATO방식으로 전환시 전동차출입문과 PSD도어 간의 상호 인터페이스 방법

2.6.2 기존 ATO방식 구간에 PSD 신설시의 과제

기존신호방식과 신설 PSD간의 인터페이스 방법(Protocol의 적용)

2.6.3 PSD 설치에 따른 승강장 진입전동차번호 인식 방법

2.6.4 승강장에서 전동차 고장시 전동차 하부 출입방법과 고장조치시간 지연 문제

3. 결론

서울메트로는 도시철도공사와 더불어 서울시의 대표적인 대량 수송수단으로서 항상 승강장 안전사고의 위험성 내포, 초기 건설시의 터널 내 자갈 노반으로 인한 분진발생, 전동차진입시 전동차풍에 의한 불쾌감발생, 에너지 절감 등의 문제는 서울메트로뿐만 아니라 타 도시철도도 마찬가지일 것이다. 서울메트로에서 용역시행 없이 자체 기술력으로 수동운전신호방식(ATS)구간에 적합한 제어방법 개발과 12개역사의 성공적인 시범설치 및 운용결과로 지금까지의 ATO방식에서 운용되어온 PSD와 거의 동일한 기능을 할 수 있게 구현 하였다.

특히 승객안전을 위한 장치는 fail safe개념을 도입하여 외국 제작사들의 타입(type)별 기능적용과 비상문(EED)등의 독자적인 기술개발적용은 우수한 외국 PSD와 비교하여도 손색이 없는 기반기술을 확보하였다.

개발당시의 신설노선의 국내도시철도에는 외국제작사의 PSD를 기술제휴 또는 수입 제작 설치하는 실정이었으나, 금번 서울메트로의 기술개발로 인한 시범설치운영의 성공으로 국내 PSD제작 기술력 및 신뢰성향상으로 국내 제작사의 PSD 성장 동력원으로 크게 기여할 것으로 기대된다.

또한 국산화 및 경쟁력 유발로 PSD의 가격인하 효과가 기대되며, 이는 서울메트로 뿐만 아니라 향후 PSD를 설치 예정인 타 도시철도에도 제작설치 가격인하로 인한 예산절감과 가격인하로 인한 국가이익에도 크게 기여 할 것으로 판단된다.

서울메트로는 시범설치역사 12개역을 비롯하여 현재 17개역에 PSD를 제작설치운영 중에 있으며 2010년까지 117개 전 역사에 설치할 계획으로 안전성향상, 쾌적성, 에너지 절감 등을 통하여 경쟁력 제고에 노력 할 것이다.

향후 기존 운영중인 자동운전신호방식(ATO)구간의 PSD 제작 설치 시 전동차출입문과의 연동(interface)을 위하여 신호기계실로부터의 PSD간 케이블 포설 대신 승강장 ATO 지상자의 신호를 받아서 PSD를 동작 시킬 수 있는 기술개발의 향후 연구 과제를 남겨놓고 있다.

참고문헌

1. 수동Mode에서 PSD System최적화 연구(한국철도학회2004년도 추계학술대회 논문집, 손영진, 민경운, 이강원, 방연근)
2. PSD 기술관련 검토보고서(2003.12, 서울메트로 기술연구센터)
3. 승강장스크린도어 기술사양서(2004.10, 서울메트로 기술연구센터)
4. 대만 고웅시 지하철 PSD 기술사양서(ATO 운전방식)
5. 일본 Nabuco PSD 기술자료(ATO 운전방식)
6. 프랑스 Faiveley PSD 기술자료(ATO 운전방식)
7. 영국 Westing House PSD 기술자료(ATO 운전방식)
8. 일본 Hidachi PSD 기술자료(ATO 운전방식)
9. 한국 PSS-TECH PSD 기술자료(독립센서방식)