

전동차와 연동한
승강장스크린도어 (PSD)
제어방식 소개

2006. 5

《 목 차 》

0. 요약
1. 서론
2. PSD의 개요
3. PSD의 제어방식
 - 3-1) ATO 제어방식
 - 3-2) RF통신 제어방식
 - 3-3) 도어검출센서 제어방식
 - 3-4) RF통신 제어방식 + 도어검출센서 제어방식
 - 3-5) 전동차 정위치 정차 유도장치
4. PSD 설치 현장에 따른 제어장치 적용사례
5. 결론

〈영문 약어설명〉

- ATC ; Automatic Train Control
- ATO ; Automatic Train Operation
- ATS ; Automatic Train Stop
- PSD ; Platform Screen Door
- RF ; Radio Frequency

0. 요약

2005년 한해 서울지하철 1호선~8호선의 하루 이용객수는 600만 명에 이르고 연간 이용객수는 무려 22억 명으로 추산되고 있으며 이 수많은 시민들이 이용하는 지하철에는 다양한 안전사고가 발생 되었으며 사상 사고는 사망 23명, 부상 16명 총 39명으로 이중 자살기도로 인한 사고는 무려 30명에 달하고 있다.

이와 같이 지하철 역사에서의 심각성이 더해가는 시민의 안전사고 방지는 승강장의 환경 개선, 에너지 절감 및 화재확산을 방지하기 위한 목적과 더불어 스크린도어의 필요성이 더욱 절실히 요구되는 부분이다.

이러한 승강장 스크린도어가 전동차의 신호체계와 어떻게 정보를 교환하고 있으며 또한 정차시 차량의 출입문과 연동하여 승강장 스크린도어가 어떻게 안전하고 신뢰성 있게 개폐 동작을 구현 할 수 있는가에 대한 소개를 PSD 제어장치 시스템을 통해 설명 하고자한다.

1. 서론

지하철 역사에 설치되는 승강장 스크린도어는 신설역사와 노후된 시설에 대한 개보수 역사에 따라 스크린도어의 제어방식이 다르게 적용된다.

신설노선의 경우는 해당 지하철 공사에서 무인운전 기준의 ATO 시스템의 열차 자동운행방식을 적용하는 추세이고 구 노선의 경우는 ATS 제어시스템인 구기종의 노후열차를 운용하고 있어 현재로서는 구형전동차 운행을 무인화 할 수 없기 때문에 신형전동차로 교체되고 ATO 시스템으로 적용되기 전까지는 다른 방법의 승강장 스크린도어 제어방법을 이용 할 수밖에 없다.

그에 따라 ATO 시스템이 도입되면 ATO로 쉽게 호환 적용이 가능하며 또한 ATO 전환 전까지는 현재의 ATS 전동차 운행 장치에 맞는 안전하고 신뢰성 있는 승강장 스크린도어 제어장치의 필요성이 요구되어 전동차와 무선으로 신호교환을 하며 제어 할 수 있는 RF통신 제어방식과 전동차 출입문의 작동을 센서로 감지하여 전동차 출입문과 연동하여 스크린도어를 개폐하게 하는 도어 검출 센서 방식을 고안하여 적용하게 되었다.

2. PSD (Platform Screen Door ; 승강장 스크린도어)의 개요

스크린도어는 승강장 연단에 설치되는 고정도어와 가동도어, 비상도어, 선로출입문 등을 설치하여 승강장과 선로부를 차단함으로써 승객의 안전과 승강장 환경개선 및 에너지 절감을 위한 시설이며 전동차가 지정된 위치에 멈추면 차량의 출입문과 동시에 열리는 시스템이다.



- 스크린도어의 설치목적

- 승객의 안전확보 : 승객의 추락 방지, 화재시 연기확산 방지, 열차 접촉 방지
- 환경조건 향상 : 이용승객의 불쾌감 해소, 실내공기질 향상, 소음차단의 효과
- 에너지 절감 효과 : 정거장 냉방부하 감소, 환기실 면적 축소가능

- 스크린도어의 구성 및 주요부

- 구성 : 도어샤시, 강화유리, 도어 구동부, 안전센서, 조작반, 제어반 등으로 구성
- 설치위치 : 차량한계로부터 150~200mm (승강장 연단으로부터 100~150mm 후방)
- 크기 : 폭 2,100mm, 높이 2,000mm 정도

- PSD 제어방식
 - . ATO 장치에 의한 제어
 - . 무선(RF)통신에 의한 제어
 - . 출입문 검출장치에 의한 제어

3. PSD의 제어방식

3.1) ATO 제어방식장치

< ATO의 개요 >

열차가 자동으로 운행하는 시스템을 ATO라고 하는데 ATO 시스템은 정해진 구간을 구간별 제한속도(지정속도)로 운행하게 되며 정차시 감속 및 정차선 정지 및 서행신호 및 출입문 취급 등의 정보를 통해 운행되는데 이 신호는 지상에 있는 지상자(지상신호기)에 의해 전동차하부에 있는 차상자(차상신호기)로 운행정보를 송출하여 전동차내부에서 컴퓨터로 자동제어 하는 방식이다.

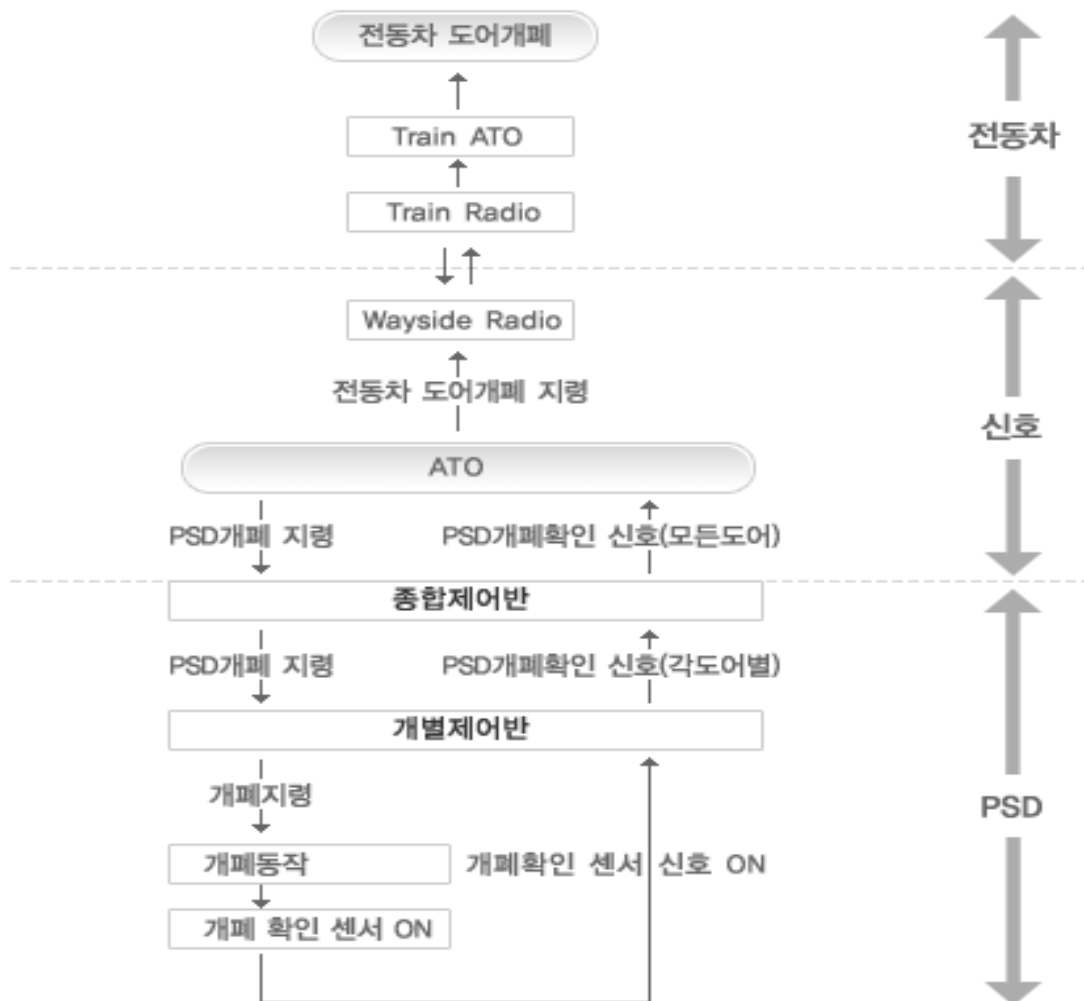
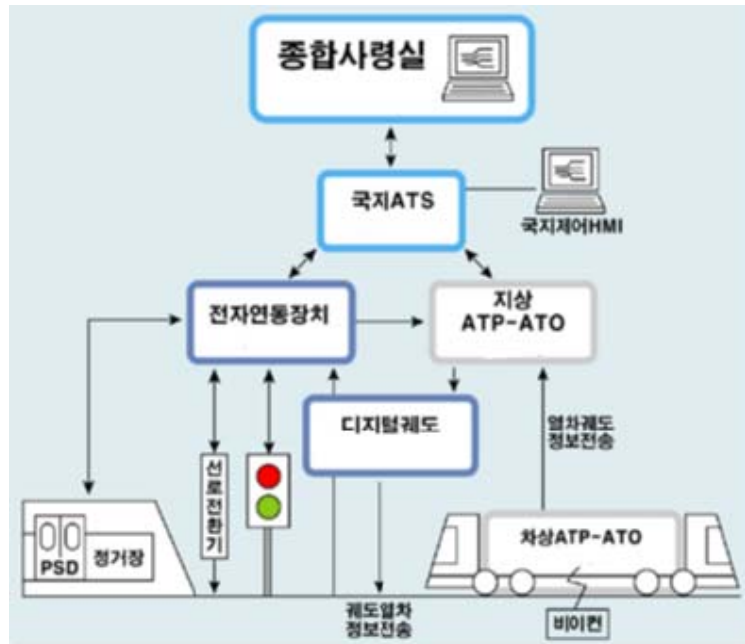
< ATO의 동작 >

무인운전은 ATC/ATO라는 신호체계를 기반으로 운영되며 ATO란 자동으로 열차의 모든 것을 종합사령실, 혹은 지상신호기에서 보내는 신호로 조절하는 것이다. 일정간격으로 늘어선 지상신호기에서 정지, 감속, 운행 등의 신호를 보내고, 이를 열차가 받아 자동으로 시간에 맞춰 운행하게 되는 것이다. 그리고 역내에서 정지하면 지상자 신호를 받아 문을 열고 닫는 동작을 하게 된다.

< ATO의 신호체계 >

ATO는 ATC의 제어범위를 확장해서 종합사령실에서 운행중인 열차의 운행상태와 운행속도 등을 모니터 상에 표시되며 이것을 바탕으로 열차에 대한 전반적인 상황의 체크가 가능하며 가속, 감속 등의 대부분의 운행을 컴퓨터가 담당하는 것이다. 이 방식은 완전 자동이지만, 안전상 기관사가 탑승하여 출입문을 닫고, 비상사태에 대비하고 있다.

ATO는 종합사령실에서 비상사태시 강제로 열차를 세울 수도 있고, 속도조절, 신호기 조작까지 담당하게 된다.



< 그 밖의 열차 운전 제어방식 >

* ATS (Automatic Train Stop, 열차 자동정지 시스템)

지하철 제어대에는 운전자 경보장치 라는 시스템이 있는데, 이 시스템은 기관사가 졸고 있거나 기타 불가항력적인 상황에 처했을 때 전동차를 자동으로 제어해 주는 시스템으로서 만약 열차가 정지신호를 무시하고 진행할 때 장치는 3~5초 정도 비상벨을 울린다.

기관사는 이 벨소리를 듣고 조치를 취해야 하는데, 제어대에 보면 해제하는 버튼이 있다. 이 버튼을 누르면 해제되는데 만약 해제하지 않으면 자동으로 비상정지 된다.

* ATC (Automatic Train Control, 열차 자동제어 시스템)

ATC는 기존에 ATS가 열차를 정지시키는 기능밖에 없었는데, 여기에다가 자동으로 제어를 해주는 시스템을 추가한 것이며 여기에도 물론 운전자 경보장치가 설치되어 있다. 이 시스템은 사령실에서 열차를 직접 제어할 수 있다.

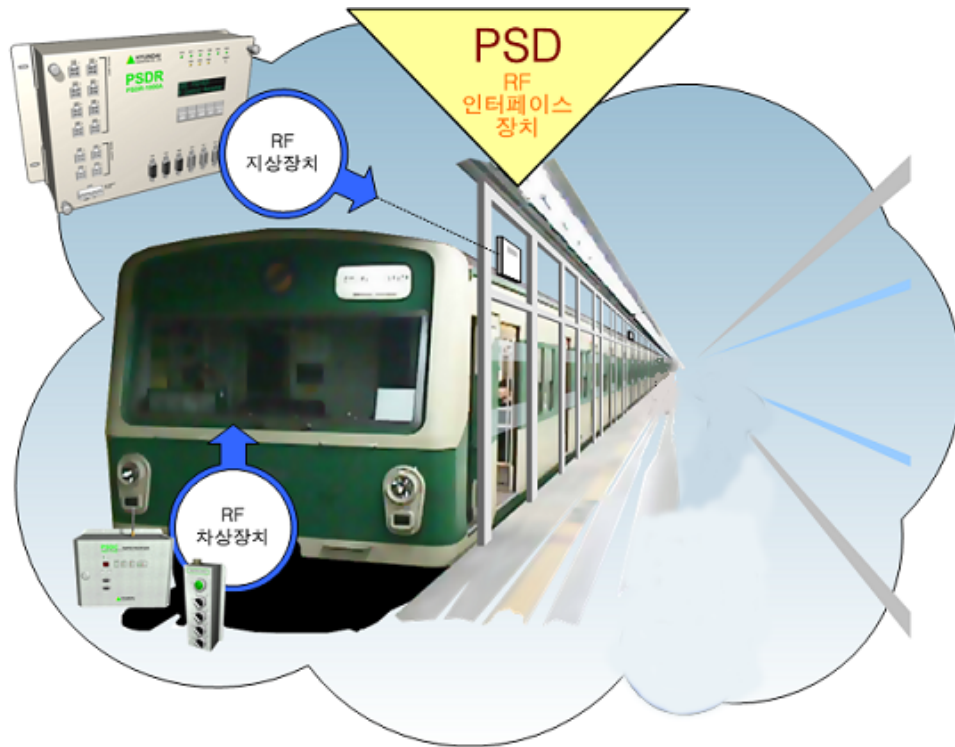
선행열차와의 간격을 측정하여 시간마다 제한속도를 송출하면, 그 속도코드를 열차에서 받아서 현시하는 방식이며 속도를 초과할 시에는 자동으로 제동이 걸려 제한속도 이하로 속도를 줄여준다.

ATC는 속도 발전기에서 검출된 속도출력과 수신기의 신호출력이 비교되어 속도 초과인 경우는 브레이크가 자동적으로 작동한다. ATC운전에서는 차내(속도계기판)에 열차의 허용속도를 나타내는 신호를 연속하여 현시한다. ATC는 신호 현시에 따라 그 구간의 제한속도의 지시를 연속적으로 열차에 주어 열차 속도가 제한속도를 넘으면 자동적으로 제동이 걸리고 제한속도 이하로 되면 자동적으로 제동이 해제된다.

3.2) RF통신 제어방식

열차(지하철, 국철, 전철 등) 승, 하차 승객의 안전을 위해 역 구내에 설치되어 운용되고 있는 PSD를 제어하기 위한 장치로 ATO 시스템이 없는 지하철에 적용하여 시스템의 편의성, 안전성 제고를 위한 방식이다.

통신 운영방식은 승강장 채널고정 방식으로 운영되며, 열차승무원이 열차의 상태와 연동되는 PSD의 상태와 제어를 무선으로 할 수 있는 RF-차상장치와 이 RF-차상장치와 무선통신을 할 수 있도록 하는 무선중계장치인 RF-지상장치로 구성되어 있다. 차상장치는 열차에 설치되며 지상장치는 PSD가 있는 역사에 설치한다.

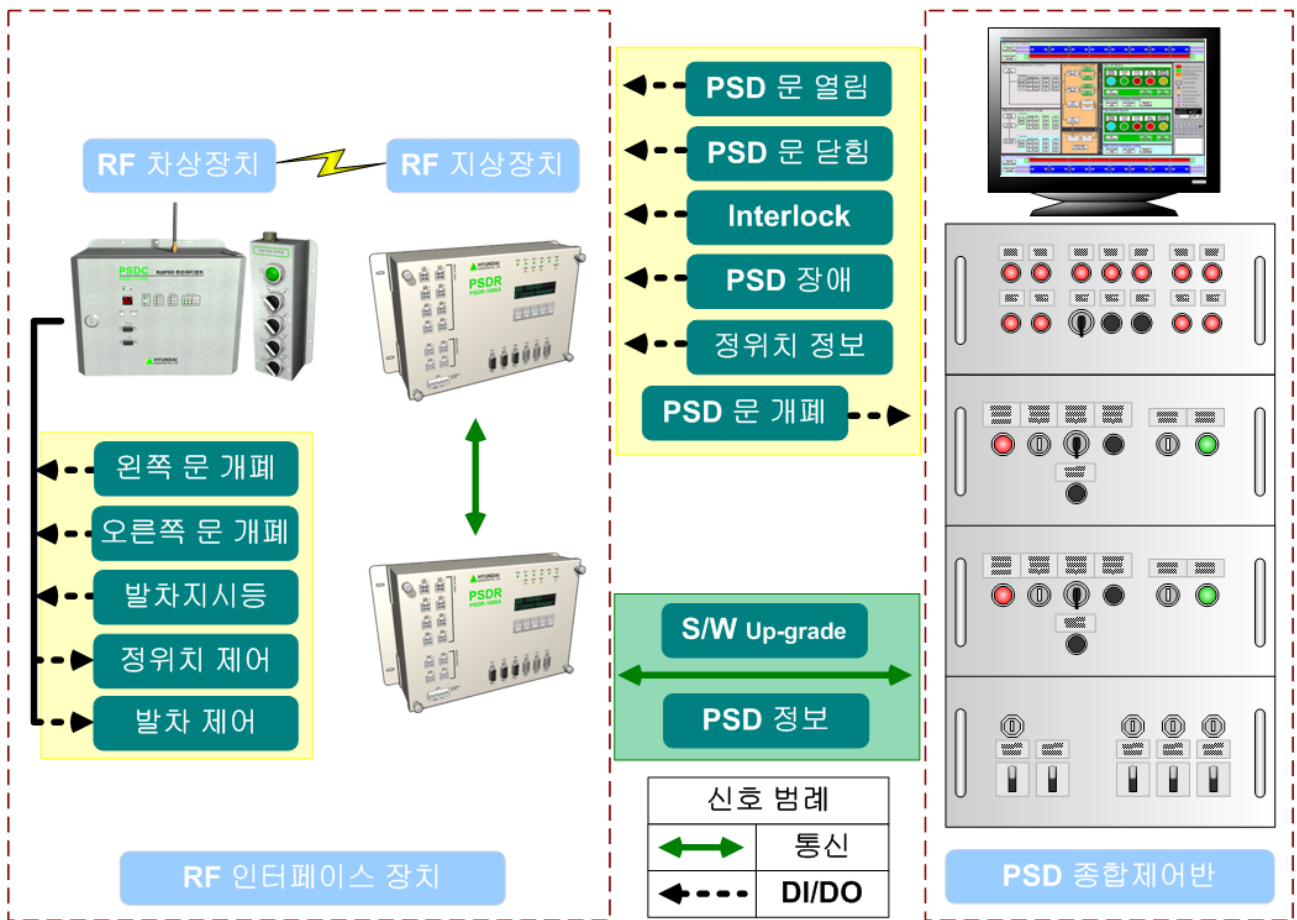


< RF 제어장치 설치목적 >

RF-차상장치는 RF-지상장치로부터 도착역의 PSD 상태정보를 수신하고 지상장치는 차상장치의 해당 차량의 편성번호, 열차의 기종 등을 포함한 열차의 상태정보를 수집하여 전동차의 출입문 개폐와 연동한 PSD의 원활한 개폐 기능을 수행하기 위한 목적이다.

< RF 제어장치 구성 및 동작 >

RF 인터페이스 장치는 『차상장치』와 『지상장치』로 구성되며 별도 옵션으로 “무선 단말기”를 사용할 수 있다. 차상장치는 차량에 부착되어 지상장치와 무선통신을 하고 승무원에게 PSD 제어 상태 및 무선통신 상태에 대한 정보를 제공한다. 지상장치는 차상장치와 무선통신을 하고 차상장치로부터 수신한 열차도어 상태 및 제어신호를 PSD로 전달하고 또한 PSD의 상태 정보를 차상장치로 전달한다.



< RF 장치의 동작순서 >

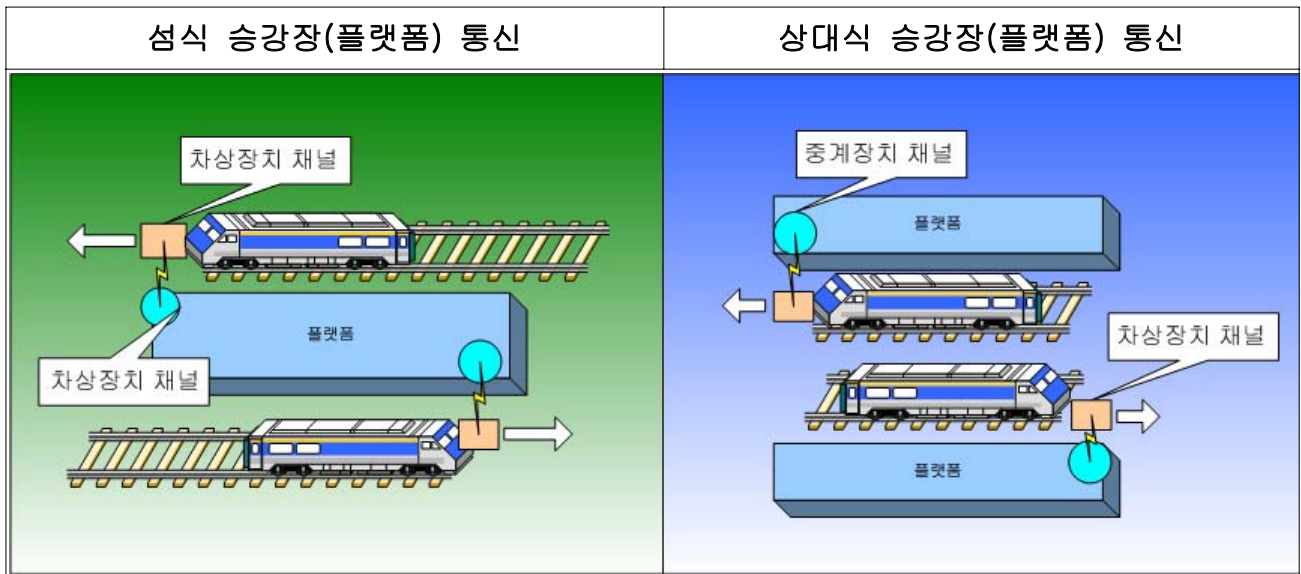
- 차상 무선(RF)장치는 주파수를 변경하며, 지상장치와 통신을 시도한다.
- 전동차가 역내에 진입을 하면 차상 무선(RF)장치는 지상장치와 통신을 하게 되며, 전동차의 상태와 진입하는 역사의 PSD 상태를 주고받는다.
- 지상장치는 정위치 시스템으로부터 정위치 정보(“미달”, “양호”, “초과”)를 수신하여, 진입하는 차상 무선(RF)장치로 정위치 정보를 전송한다.
- 차상 무선(RF)장치는 정위치 정보(“양호”)를 수신하여 전동차 문을 열 수 있는 조건을 만들어 준다.
- 승무원이 전동차의 출입문을 열면 차상 무선(RF)장치는 이를 수신하여 지상장치로 전송하고 지상장치에서는 점점 출력을 통하여 종합제어반으로 제어를 하며, 종합제어반에서는 각각의 스크린도어를 제어 및 감시하고 있는 개별제어반으로 전송하며 수신된 데이터는 전동차의 문 열림 신호를 인지하고 각각의 개별제어반은 스크린도어를 개방하도록 한다.
- 승무원이 전동차의 출입문을 닫으면 위의 내용과 같은 흐름으로 스크린도어를 닫게 되며 모든 승강장 스크린도어의 동작은 전동차 내 출입문 열림/닫힘 버튼과 같이 연동되어야 한다.
- 승강장 스크린도어가 모두 닫힘을 확인하고 전동차가 출발하여 정위치 시스템에서 더 이상의 전동차 정차가 감지되지 않을 경우 지상 무선(RF)장치는 동작순서를 마친다.

< 승강장 채널 고정방식 >

열차 승강장에 설치되는 PSD의 RF 인터페이스 장치 운영방식은 승강장 채널 고정방식으로 운영하며, 열차와 PSD간 RF 무선통신을 위하여 각 역 승강장에 설치되는 RF-지상장치는 내선 및 외선에 따라 각기 다른 무선주파수 채널을 부여한다.

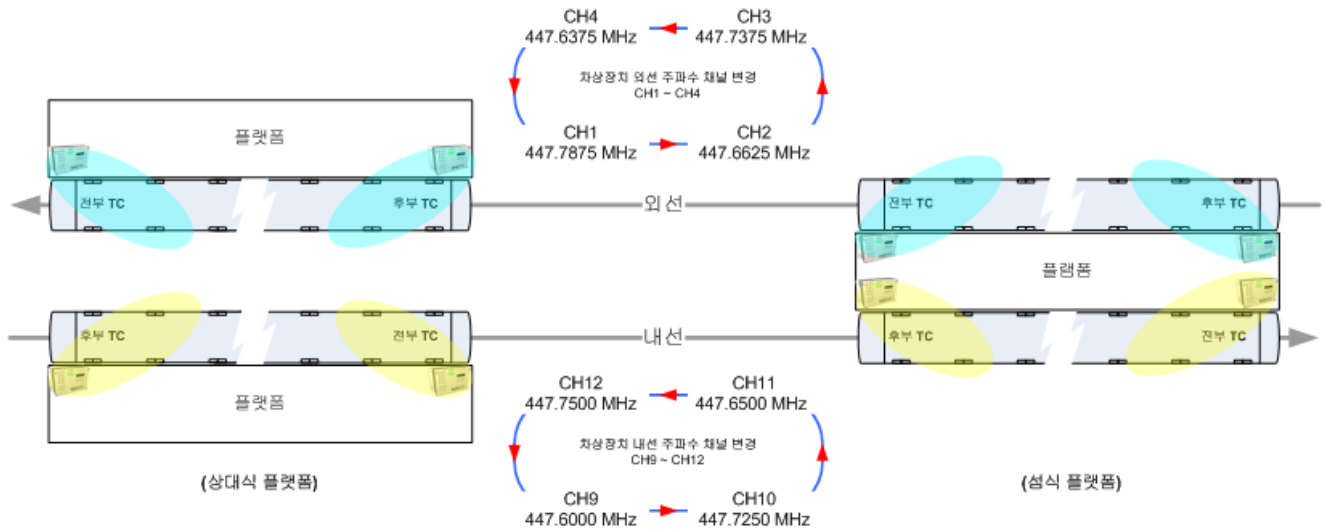
열차에 설치되는 RF-차상장치는 일정한 시간마다 RF-지상장치와 통신을 하며, 통신이 이루어지지 않을 경우 일정한 시간마다 RF-차상장치는 무선주파수 채널을 변경하여 다시 RF-지상장치와 통신을 하여 PSD를 제어할 수 있는 운영방식이다.

< 승강장(플랫폼) 형식별 PSD용 통신장치 위치 >



- 섬식 승강장의 RF-지상장치 설치위치는 승강장 양쪽 끝 레일방향에 RF-지상장치와 안테나를 설치하며 장치간의 통신 시점은 열차가 열차 정위치 정보 송신 구간에 위치시 통신한다.
- 상대식 승강장의 RF-지상장치 설치위치는 상행과 하행 승강장 끝 레일방향에 RF-지상장치와 안테나를 설치하며 열차가 열차 정위치 정보 송신 구간에 위치시 통신한다.

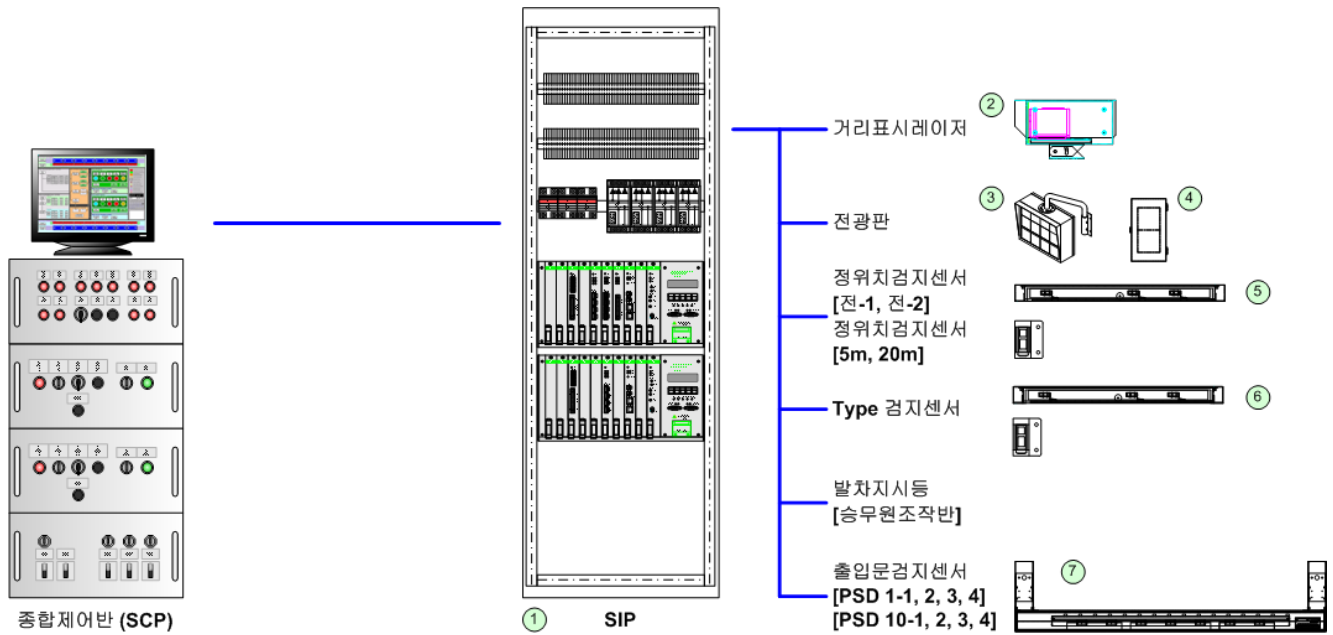
< 전동차가 승강장에 도착시 채널변경 과정 >



- RF 인터페이스 장치간의 정상적인 통신은 RF-차상장치에서 RF-지상장치로 상태조회를 하면 RF-지상장치에서 상태응답을 하는 흐름으로 통신을 한다.
- RF-차상장치는 RF-지상장치와 무선통신을 하는데 700msec 동안 3번의 상태조회에 대한 상태응답이 없으면, RF-차상장치는 설정되어 있는 노선별 주파수 채널을 변경한 후 다시 RF-지상장치와 통신을 시도한다.
- RF-차상장치의 채널 변경시 노선이 내선으로 설정되어 있으면, CH9, CH10, CH11, CH12 순으로 순환을 하면서 주파수 채널을 변경하여 통신을 시도한다.
- RF-차상장치의 채널 변경시 노선이 외선으로 설정 되어 있으면, CH1, CH2, CH3, CH4 순으로 순환을 하면서 주파수 채널을 변경하여 통신을 시도한다.
- RF-차상장치는 RF-지상장치로 상태조회를 하는데, 이 조회내용에는 전동차의 노선정보, 발차지시등 상태, PSD 수동모드 상태, 전동차 좌·우 문 열림 및 닫힘 상태, 전동차 종류 등의 정보를 RF-지상장치로 전송한다.
- RF-지상장치는 RF-차상장치로 상태응답에 하는데, 이 응답내용에는 전동차 정위치 정보(초과, 양호, 미달), PSD 상태(열림, 장애, 닫힘) 등의 정보를 전송한다.

3.3) 도어검출센서 제어방식

도어검출 센서방식 또한 RF 통신제어 방식과 같이 PSD를 제어하기 위한 장치로 ATO 시스템이 없는 지하철에 적용하여 시스템의 편의성, 안전성 제고를 위한 장치로서 운영방식은 전동차 출입문을 마주 볼 수 있는 위치에 스크린도어 센서를 설치하여 이 센서가 승강장에 정차된 전동차의 전동차문 개폐 상태를 감지하면 스크린도어도 함께 개폐 하도록 하는 방식이다.



< 설치목적 >

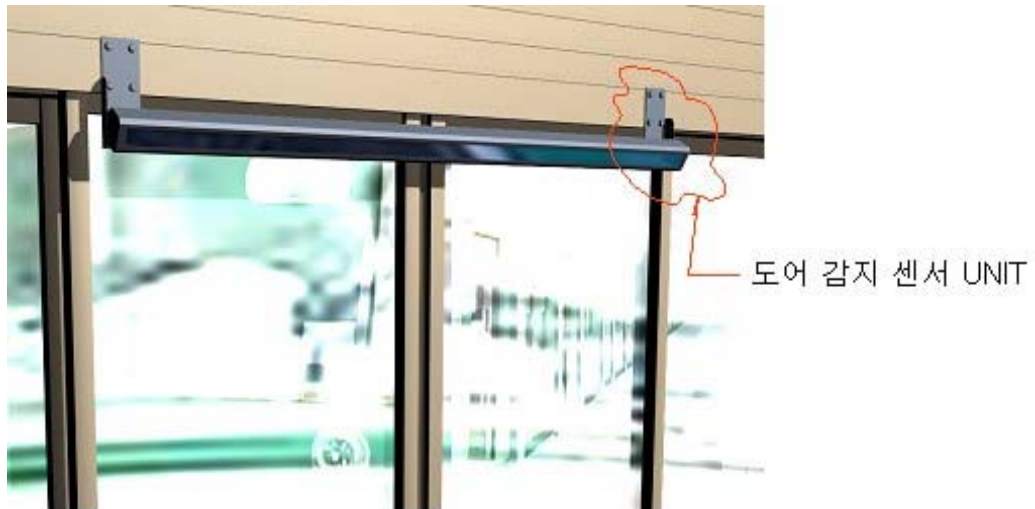
도어검출센서 장치는 전동차와 승강장에 설치되는 PSD와의 유기적이고 안전한 연동이 주된 목적이다. 이런 목적을 달성하기 위해 센서를 이용하여 전동차 도어 상태 감지를 통한 PSD 개폐 제어기능을 수행할 수 있도록 한다.

< 도어 검출센서 Unit >

전동차 도어 검출센서는 PSD 상단에 설치하여 전동차 도어의 개·폐 여부를 검출하는 기능을 담당한다. 검출된 전동차 도어 개·폐 상태는 프로세서부로 전달되어 PSD 개·폐와 연동될 수 있도록 한다.

< 설치방법 >

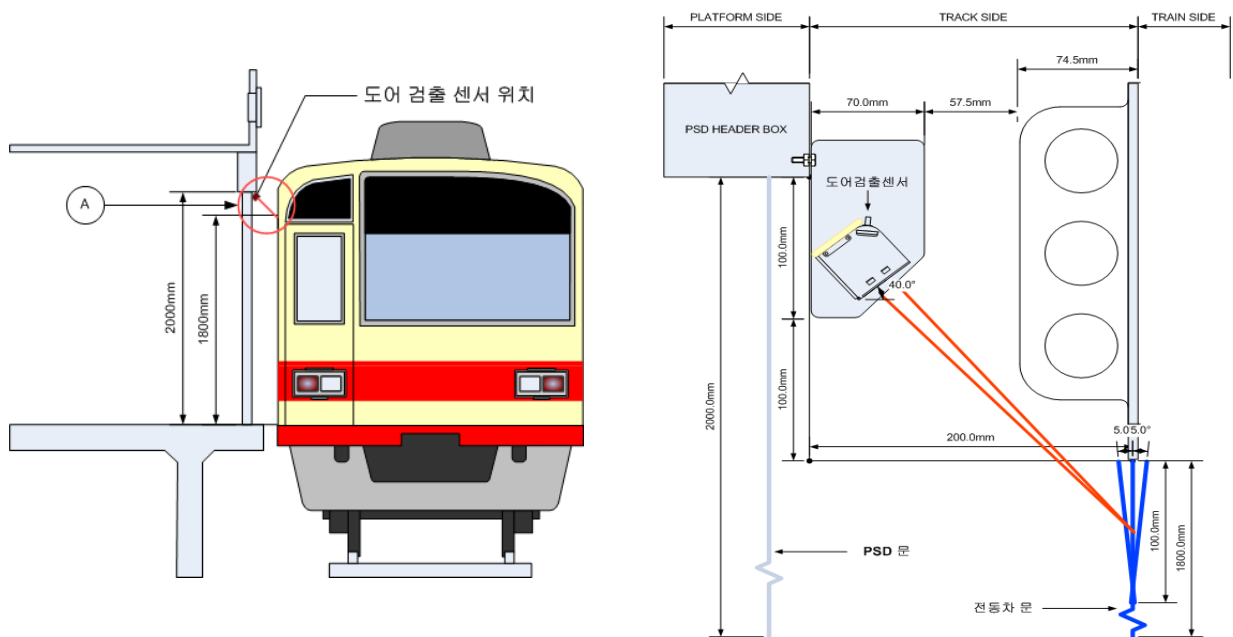
전동차 도어검출 Unit의 설치위치는 PSD의 헤더박스 하부에 설치한다. 설치된 센서는 전동차 도어의 개·폐를 확인하기 위해 전동차 도어의 상단 부분을 향해 각도를 주어 설치된다. 센서의 설치시 센서의 부착 높이가 기능상에 중요한 요소이므로 센서 Unit을 설치할 때 전동차 레일의 경사(CANT)와 승강장과 전동차 사이의 거리를 확인하여 센서 설치 높이를 결정한다.



<전동차 도어 검출센서 Unit 설치 예>

위 그림에 나타나 있는 전동차 도어 검출센서 Unit의 설치 방법은 아래와 같다.

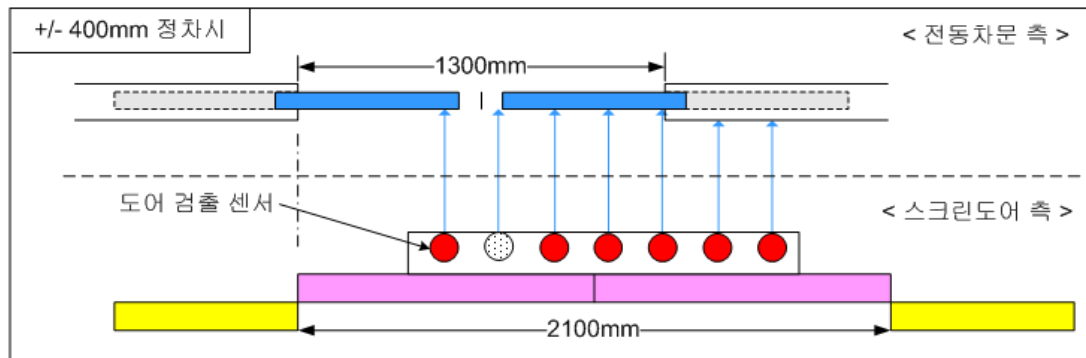
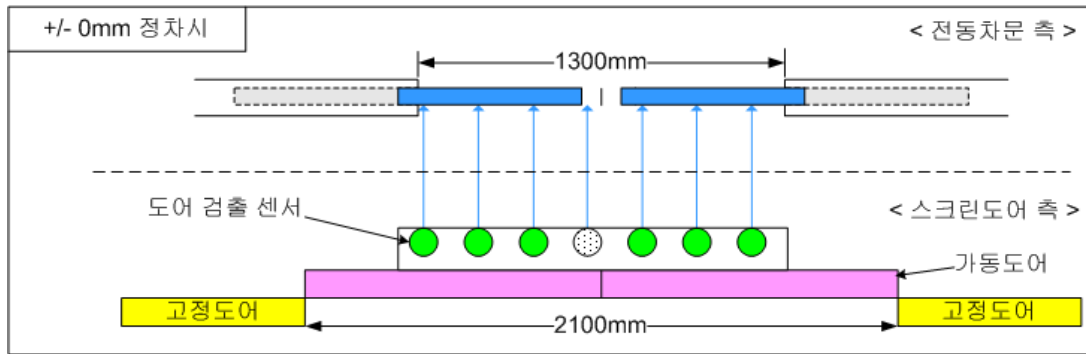
도어검출 센서는 PSD 구동부(Header Box) 하부에 설치하며, 전동차의 운행에 지장을 주지 않는 크기로 제작한다. 도어검출 센서를 설치 시 전동차 문의 개폐를 검출하기 위하여 센서의 검출 각도 및 거리 설정 등을 편리하게 설정할 수 있게 하며, 한 전동차 문에 설치되는 7개의 센서를 레일형식으로 고정할 수 있게 하여, 센서 측정간의 거리를 쉽게 옮길 수 있게 기구를 제작한다.



<도어 검출센서 Unit 설치 위치>

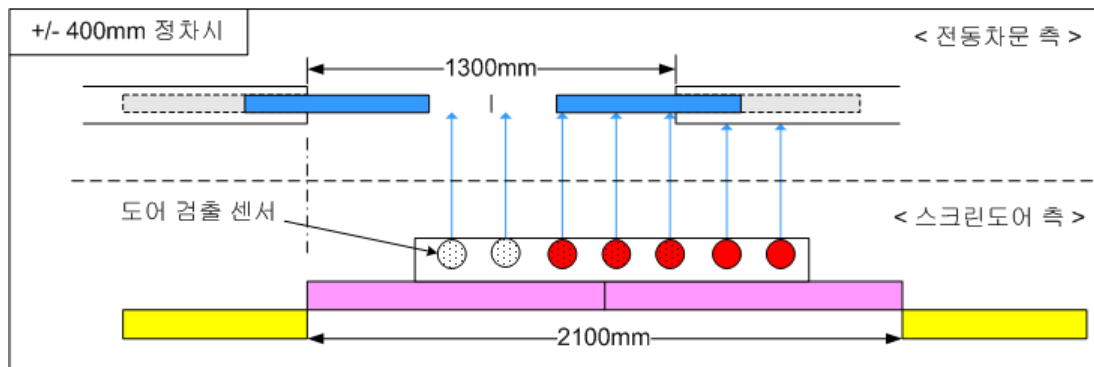
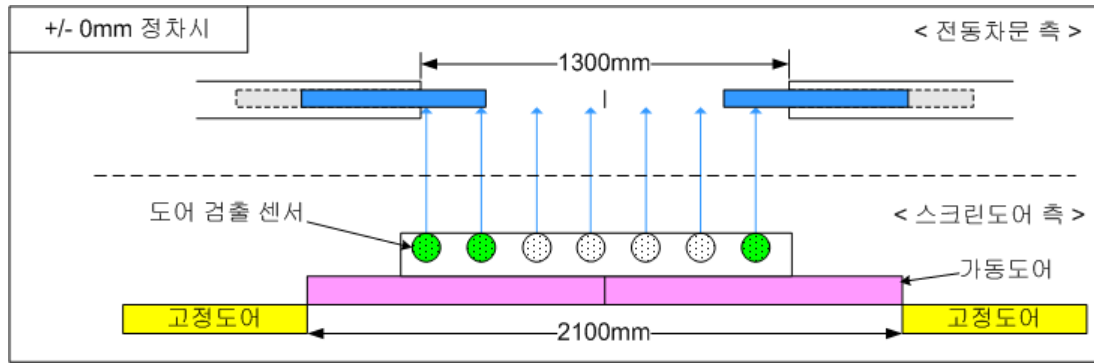
< PSD 열림 조건 >

- 1) 전동차가 정위치 정차 조건에서 전동차 문 열림을 감지하여 PSD를 개방하게 한다.
- 2) 센서는 ON 상태에서 OFF 상태로 변화 될 때를 열림 인식으로 기준 한다.



< PSD 닫힘 조건 >

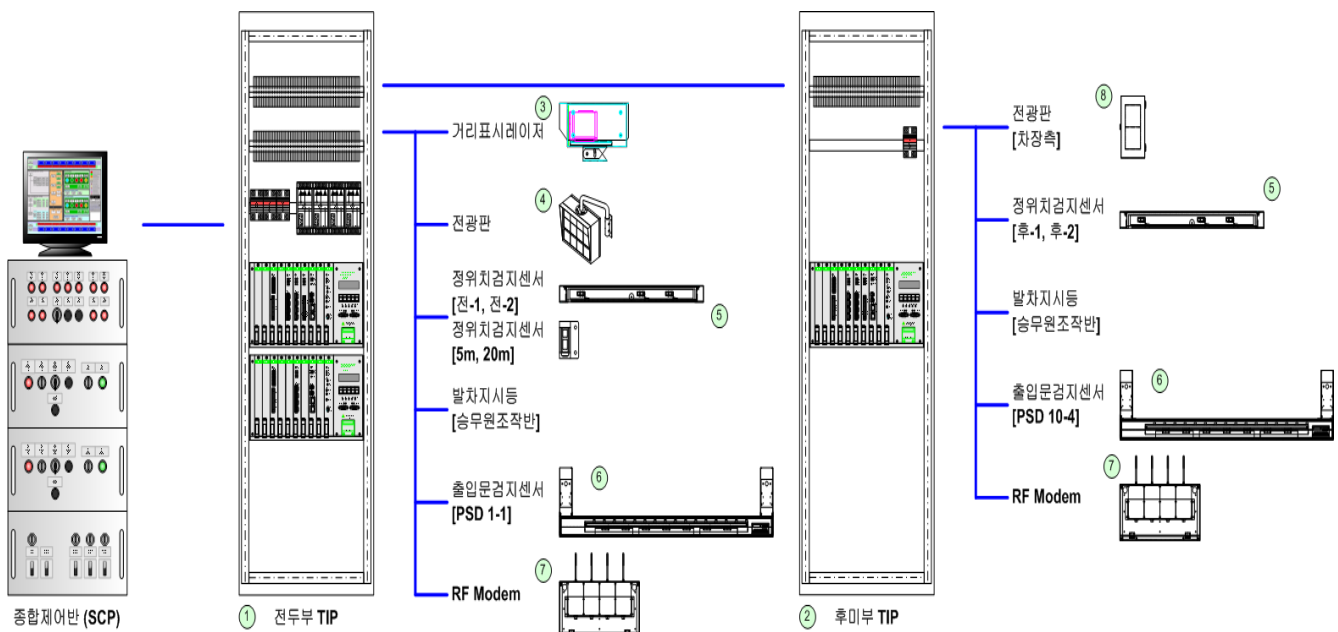
- 1) 전동차가 정위치 정차 조건에서 전동차 문 닫힘을 감지하여 PSD를 닫는다.
- 2) 센서는 OFF 상태에서 ON 상태로 변화 되는 시점을 열림 인식으로 기준 한다.
- 3) 닫힘 조건은 승객의 승하차가 빈번하게 발생할 수 있어 이 경우 실제의 물체인지 아닌지를 판단하기 위한 절차의 조건이 필요하여 열림에 비해 응답성이 약간 떨어진다.



3.4) RF통신 제어방식 + 도어검출센서 제어방식

< 개요 >

RF 통신방식과 도어검출 센서방식을 같이 사용하는 경우로서 RF장치에 장애가 있을 경우 Back-Up 개념으로 승강장 스크린도어를 도어 검출센서 장치에 의해 개폐 하도록 하는 PSD 제어방식이다.

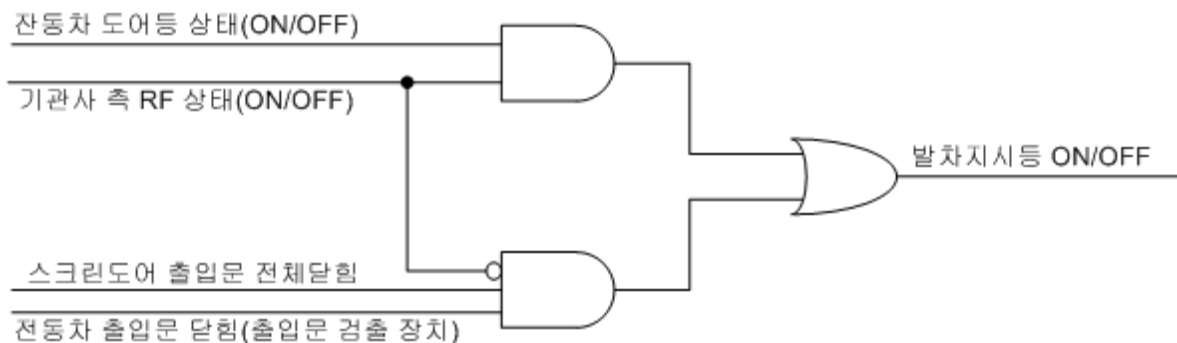


< RF 통신장애 구분 >

- 차상장치에서 지상장치로 통신을 하는데 지상장치에서 무응답시 700ms 마다 대기 후 3회 재 전송하며 접속을 위해 채널을 변경한다.
- 전동차가 양호 정차 후 상기의 과정을 수행하는 동안 2~3초 동안 차상장치로부터 수신되는 데이터가 없을 경우 지상장치는 차상장치와 통신 장애가 있다고 판단한다.
- 전동차가 역내 정차 후 전동차 편성번호가 한 편성 이상으로 차상장치와 통신이 되면 RF 혼신으로 인한 장애로 간주한다.

< RF 통신장애시 도어검출 센서에 의한 발차지시등 점등 >

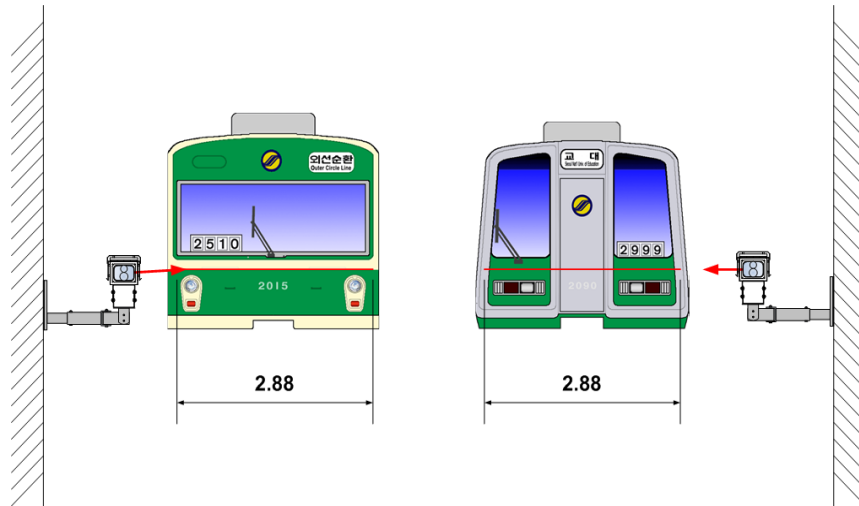
기관사측 RF 통신이 이루어지면 설령 차장측 통신이 되지 않아도 스크린도어의 개폐는 정상적으로 수행 할 수 있다. 그러나 문제는 승무원 조작반의 발차지시등이 점등되지 않아 전동차의 출발이 가능해도 차장이 전동차 출발 지시를 하지 못해 열차가 지연 될 수 있는 상황이 된다. 따라서 이에 대한 해결책으로 기관사측 통신에 장애가 발생되면 차장측 RF 통신으로 스크린도어는 정상 개폐작동을 하고, 발차지시등은 도어검출센서를 이용하여 승무원조작반에서 표시 할 수 있게 한다.



3.5) 전동차 정위치 정차 유도장치

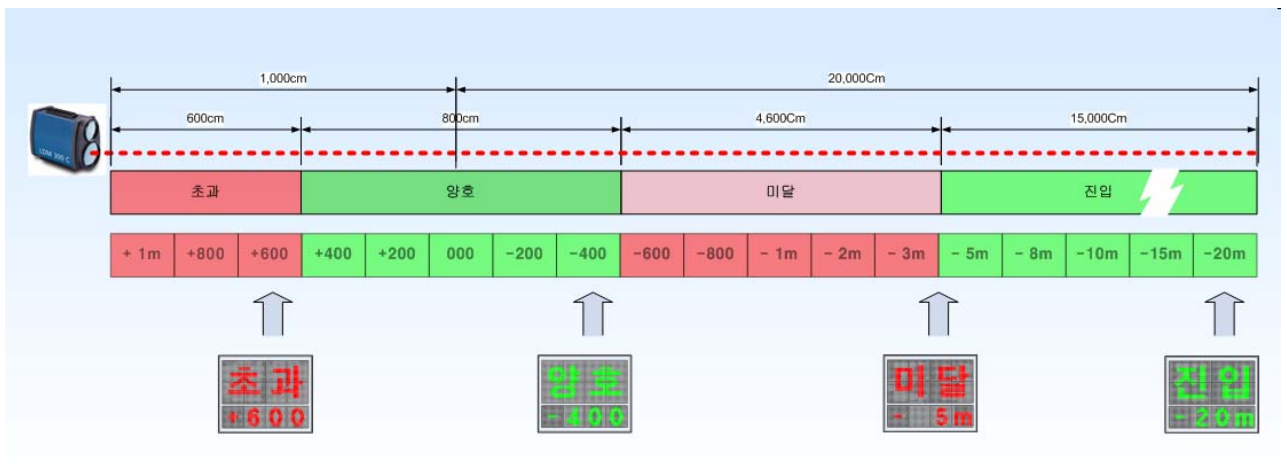
< 레이저 거리측정 장치 >

전동차가 승강장에 진입하는 경우 승무원이 정확한 정위치 정차를 유도하기 위해 거리 측정 센서로 레이저 센서가 사용된다.



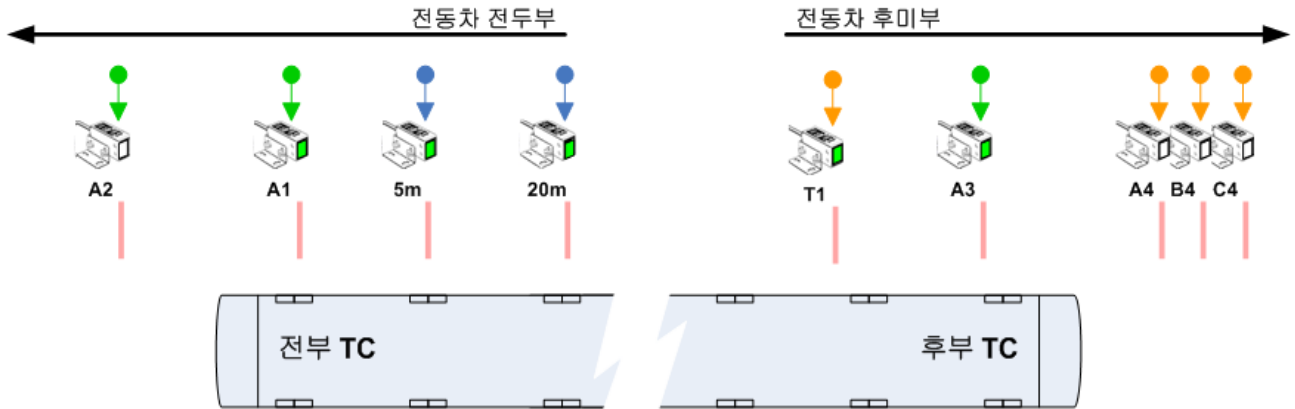
< 전동차 정위치 정차 유도장치 (전광판) >

전동차가 승강장에 진입하는 경우 승무원이 정확한 정위치 정차를 유도하기 위해 표시장치이다.



< 전동차 정위치 검출센서 장치 >

전동차 정위치 검출센서는 전동차의 전두부와 후미부의 위치를 검지하여 열차의 정차 위치에 대한 정보를 제공하는 기능을 담당한다. 검지된 정위치 정보는 승무원에게 제공되어 PSD와 전동차의 도어위치가 정확하지 않아 발생할 수 있는 사고를 방지할 수 있도록 한다.



4. PSD 설치현장에 따른 제어장치 적용 사례

- 1) 광주지하철 : ATO
- 2) 인천공항철도 : ATO
- 3) 대구지하철 : ATO
- 4) 대전지하철 : ATO
- 5) 서울지하철1호선 동묘앞 : 도어 검출센서 장치
- 6) 서울지하철2호선 지선(성수~신설동) 용두역 : RF장치
- 7) 서울지하철2호선 본선 : RF장치 + 도어 검출센서 장치
을지로입구역, 을지로3가역, 삼성역, 영등포구청역, 이대입구역, 강변역
- 8) 서울지하철3호선 을지로3가역 : 도어 검출센서 장치
- 9) 서울지하철4호선 동대문역 : 도어 검출센서 장치

5. 결론

신설 노선에 적용되는 ATO 방식은 종합사령실에서 전체차량의 운동을 컴퓨터로 제어하며 안전하고 효율적인 무인운전을 추구하는 시스템이고, 신설노선에 설치된 스크린도어 또한 ATO 장치와 신호 교환을 통해 제어된다. ATS 또는 ATC 운전 제어 시스템으로 운용되는 구노선에는 전동차가 역사에 진입 하였을 때 차상에 장착한 RF 차상장치와 지상장치 간의 무선 통신이 접속되어 쌍방의 RF 통신 신호 교환으로 스크린도어를 제어하며 도어 검출 센서 방식의 스크린도어 제어 방식은 스크린도어의 헤더박스에 부착된 센서가 전동차 출입문의 움직임을 인지하여 스크린도어가 제어 되는 것이다. 향후 과제로는 지하철 신호 체계가 궁극적으로는 ATO 시스템으로 갈 것이기 때문에 이러한 ATO로의 교체 과정에서 신형 차량과 구형 차량이 혼합 운행되는 기간이 생기게 되어 ATO로 작동되는 차량과 RF 장치, 도어 검출 센서 장치로 연동 되는 차량이 한 노선에 서게 된다. 때문에 이에 대한 대비책으로 현재 스크린도어가 설치된 역사의 지상장치와 종합제어반의 기능을 업그레이드 하여 향후 오버랩 운용 기간 하에서도 안전한 제어에 문제가 없도록 하는 것이다.