

승강장 스크린 도어(PSD)에 대한 고 신뢰성의 감시 및 제어 시스템 개발

논문

59P-2-6

Development of High Reliability Monitoring and Control System for Platform Screen Door

김진식* · 손진근†
(Jin-Sik Kim · Jin-Geun Shon)

Abstract - PSD is automatically opened and closed when subway train arrive on the station. This system was designed to control electric automatic system. These doors will provide passenger safety, energy saving and a good environment in subway. The monitoring and control systems of PSD are configured so that they can be operated in automatic mode in connection with ATO through the composite control panel in the station control room.

The objective of this paper is to obtain high reliability that is essential for monitoring and control systems of PSD. The power supply is based on protection circuit using DC power bridge from two UPS. Also, stable communication system consists of CAN communication line redundancy and RF cross protection algorithm. Monitoring state display results show the validity of the proposed high reliability monitoring and control systems of PSD.

Key Words : PSD(Platform Screen Door), High Reliability Monitoring and Control Systems, ATO(Automatic Train Operation), CAN Communication, RF Cross Protection Algorithm.

1. 서 론

승강장 스크린 도어(platform screen door; 이하 'PSD'라 칭함)는 지하철 등의 전동차 승강장의 선단에 고정 및 가동도어를 설치하여 승강장과 선로부를 차단함으로써 이용고객의 안전사고를 예방하고 냉·난방 부하의 공간을 감소시켜 에너지 비용을 절감시키면서 공기의 질을 향상시키는 설비를 말한다. 이의 설비는 전동차와 연계하여 스크린도어의 운전을 수행함으로써 승객들의 추락이나 접촉사고를 미연에 방지할 수 있으며 승강장내의 소음 및 분진에 대한 환경적 유해 요인을 차단함으로써 승객 뿐 만 아니라 승무원의 근무 환경에 대하여 보다 나은 조건을 제공하게 된다[1,2].

이러한 PSD 시스템에 대한 감시 및 제어 시스템은 차량문의 개폐와 연동해서 승강장내에 설치된 스크린 도어를 자동적으로 개폐할 뿐만 아니라 이의 상태를 감시하고 제어함으로써 승객의 안전성을 확보하고 승무원의 근무환경을 개선할 수 있으며, 또한 상위 관제 시스템과의 정보를 송수신함으로써 개별 역사의 정보를 손쉽게 파악할 수 있어 기관사에게 전동차의 정보를 제공함으로써 전동차 운행에 도움을 줄 수 있는 시스템이다[3,4].

이의 제어시스템은 다양한 기능을 수행하는 여러 장비들로 구성되어 있으며 각 장비별 간 상호 정보를 송수신하여 전체적인 PSD 정보를 구성하게 된다. 즉 전동차가 승강장에 진입하는 시점을 기준으로 하여 정차하고 승객이 승차한 후 전동차가 승강장을 진출하는 동안의 일련의 과정을 분석하여 그에 해당되는 스크린 도어의 상태를 제어하고 모

니터링하며 승강장내 PSD관련 장비로부터 운용 정보를 수집하여 장비의 통계 및 운용 상태 자료를 중앙관제 시스템에 보고하고 중앙관제 시스템으로부터 파라미터 설정 및 프로그램 업그레이드 등을 수행한다[5-7].

이렇듯 PSD 감시 및 제어 시스템은 승강장 내외에서 승객 및 전동차의 안전에 대하여 매우 중요한 업무를 수행하게 되며 이는 종합제어반, RF 장치, 기관사 및 승강장 조차반 등 다양한 설비로 구성되어 있다. 이들의 각각에 대한 설비들은 중앙관제기관 및 종합제어반 등과 상시로 정보를 송수신해야 하므로 시스템의 고 신뢰성 구축은 그 무엇보다 중요한 요소가 된다. 따라서 본 논문에서는 위의 신뢰성 시스템을 구축하기 위하여 PSD에 대한 제어감시 및 역사내의 각 조차반과 중앙관제설비 등과의 인터페이스를 처리하는 매우 중요한 설비인 종합제어반에서의 전원 및 통신 이중화를 구축하는 방안을 제시하고자 한다.

또한 본 논문에서는 자동열차 운전장치(automatic train operation; 이하 ATO로 칭함) 시스템의 고장시나 기관사가 전동차 출입문을 수동모드로 취급하였을 경우의 연동운전을 위하여 사용하게 되는 무선송수신(RF)장치에 대한 혼선 방지 알고리즘을 도입하여 시스템의 설비가 고 신뢰성을 유지하도록 하는 방안을 제시하였다. 위와 같이 고 신뢰성이 구축된 PSD에 대한 감시 및 제어에 의한 시스템의 동작을 종합제어반에서의 모니터링 구축화면 등으로 나타내었으며, 기타 승강장 및 기관사 조차반의 구성 및 동작, 통신상태 표시화면 등을 나타내어 논문의 타당성을 입증하였다.

2. PSD 감시 및 제어 시스템의 구성

전동차 운행에 대한 전체 시스템의 구성은 그림 1과 같이 역사 사무실, 중앙관제기관 및 중정비분소, 기계실에 위치하는

* 비 회 원 : (주) 미디어디바이스 대표이사

† 교신저자, 정회원 : 경원대학교 전기공학과 부교수 · 공박

E-mail : shon@kyungwon.ac.kr

접수일자 : 2010년 4월 8일

최종완료 : 2010년 4월 26일

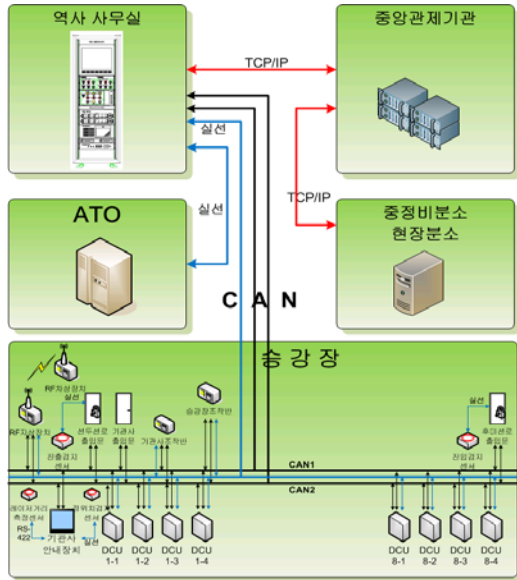


그림 1 전동차 운행에 대한 전체 시스템의 구성
Fig. 1 Overall system configuration for train operation.

표 1 PSD 감시 및 제어 시스템의 구성과 역할
Table 1 Configuration & role of PSD Monitoring/Control System.

| 장치명 | 역할 및 기능 |
|------------------|--|
| 종합 제어반 | 개별 장치로부터 상태 정보 수신 개별장비의 제어 명령 송신 상위 시스템과 역사내 정보 송신 역사내 운영정보 및 알람 정보 저장 ATO와 연계하여 스크린도어 개폐 정보에 대한 통계 및 분석, 각종 보고서 생성 |
| 무선 RF장치 | 차상 RF 장치와 지상 RF장치로 구성 전동차 운전정보를 무선 RF를 통해 송수신 전동차의 운전정보를 종합제어반과 개별제어 반에 송신 |
| 기관사 조작반 | 기관사가 수동으로 스크린 도어 제어 잠금장치 해제 및 오버라이드 기능 상태 및 제어 정보를 종합제어반으로 송신 |
| 승강장 조작반 | 역무원이 수동으로 스크린 도어 제어 스크린도어의 상태 표시 및 잠금장치 해제 오버라이드 기능 상태 및 제어 정보를 종합제어반으로 송신 |
| 기관사 안내장치 | 정위치 감지 장치로부터의 정보를 기관사에 게 표시, 스크린도어의 개폐 상태 표시 |
| 정위치 감지 장치 | 전동차의 선로내 진입, 진출 과 정위치 정차 상태 및 정차 위치로부터의 거리를 측정하 는 센서류로 구성 상태 정보를 종합제어반으로 송신 |
| 선로/기관사 출입문 제어 장치 | 역무원이 선로를 진입하기 위한 출입문 관리 및 동작 정보를 종합제어반으로 송신 기관사가 승강장에 진입하기 위한 출입문 관 리 및 동작 정보를 종합제어반으로 송신 |

ATO 시스템 및 선로를 포함한 승강장 등으로 구성되어 있다. 도시철도공사 본사에 위치하는 중앙관제기관은 차량의 수선과 유지보수를 위한 각 중정비분소와 각각의 역무실과 이중화된

이더넷 통신망으로 TCP/IP 프로토콜을 이용하여 통신을 수행하며 또한 역무실의 종합제어반은 승강장의 각종 조작반들과 이중화된 CAN(controller area network)통신망으로 연결되어 있고 자동열차 운전장치 ATO 시스템과도 연계되어 있다.

이때의 각 승강장에서는 전동차가 승강장내로 진입하고 진출하는 동안 가동도어를 설치하여 승강장과 선로부를 차단함으로써 이용고객의 안전사고 예방과 공조 효율 및 공기의 질을 향상시키기 위한 설비 즉 스크린도어를 설치하게 된다. 이의 PSD는 전동차의 정확한 정차위치를 파악하여 승객이 안전하게 전동차를 승하차할 수 있도록 하는 등 위의 일련의 과정을 감시 및 제어하는 시스템으로 구성되어 있으며 각각의 고유 업무를 수행할 수 있는 개별 장비들이 상호 정보를 교환하면서 시스템 전체가 유기적으로 연동하도록 구성되어 있다.

이러한 전동차 역사에 대한 PSD 감시 및 제어 시스템은 크게 승강장내 각 장비 및 ATO 시스템과의 정보를 교환하고 상위 관계 시스템과 승강장 전반적 상태 정보를 송수신하는 종합제어반이 구성되어 있으며, 전동차의 정보를 종합제어반에 제공할 수 있도록 하는 무선 RF장치, 기관사가 스크린도어를 조작할 수 있는 기관사 조작반, 역무원이 조작할 수 있는 승강장 조작반이 구성되어 있다. 이하 기관사 안내장치, 정위치 감지 장치, 선로/기관사 출입문제어 장치로 구성되어 있으며 이의 역할과 기능은 표 1에 나타낸바와 같다.

3. 고 신뢰성을 위한 시스템의 구성과 동작

3.1 종합제어반의 구성과 전원 및 통신 이중화

전동차 역사내의 PSD 감시 및 제어 시스템은 단위별 기능을 수행하는 여러 장비들로 구성되어 있으며 각 장비별 상호 정보를 송수신하여 전체적인 PSD 정보를 구성하게 되며 각 장치별 역할 및 기능은 표 2.1에 나타낸바와 같다. 이의 구성은 HMI 모니터, 조작반, 연동제어부, 제어컴퓨터와 스위칭 허브 등 기능별 단위 모듈로 나뉘어져 있으며 모듈별 상호 보완 및 안정된 동작, 유지보수를 위한 장착 및 탈착이 용이하도록 구성하였다. 이러한 종합제어반의 전체 시스템의 네트워크 구성은 그림 2와 같이 나타낼 수 있으며 모듈별 각각의 기능은 표 2에 나타내었다.

표 2 종합제어반의 구성과 역할
Table 2 Configuration & role of composite control panel.

| 구분 | 기능 |
|--------|--|
| 모니터 | PSD 상태 및 정보 표시 |
| 조작반 | 상선/하선조작반 선로출입문으로 분리 PSD 운전 모드 지정 및 PSD 개폐 제어 PSD 잠금장치 설정 및 오버라이드 기능 PSD 상태 표시 |
| 연동 제어부 | PSD 시스템간의 CAN 통신 ATO 신호와 인터페이스, 비상시 실선 제어 제어컴퓨터와 이더넷 통신 |
| 제어 컴퓨터 | 연동제어부와와의 통신에 의한 PSD상태 표시 연동제어부와와의 통신에 의한 PSD 제어 각종 데이터 저장 및 출력, 로그파일 생성 수집된 데이터에 대한 통계 및 분석 상위 관계 시스템과의 이더넷 통신 |
| 스위칭 허브 | 중앙 관제 시스템과의 제어컴퓨터 간의 이더넷 인터페이스 |

특히, 종합제어반은 역사내 역무실에 위치하여 시스템적으로 상위 관제 시스템과 이더넷으로 연결되어 중요 정보를 교신하며, 역사내 각종 장비와 CAN으로 통신을 수행하여 승강장내 모든 정보를 취합하여 열차 기관사에게 운영 정보 및 알람 등을 제공하며, ATO 시스템과 연계하여 자동으로 스크린 도어를 개폐하는 기능을 가지는 등 매우 중요한 임무를 수행하는 핵심장치이다. 따라서 이의 장치들은 매우 높은 신뢰성을 요구하게 되며 특히 전원 및 통신시스템의 신뢰성 구축은 무엇보다 우선되어야 한다. 본 논문에서는 이러한 신뢰성을 높이는 방안으로 제어컴퓨터 및 연동제어부 등에 전원을 이중화 하였으며, 또한 이들 상호간에 이중화의 CAN 통신라인을 구축하였다.

우선 전원 이중화에서는 그림 2의 좌측 하단부와 같이 상선 및 하선 UPS로부터 각각 DC40[V]의 전원을 병렬로 공급 받아 케이블 및 DC/DC 컨버터를 이중화 시킨 후 반파 정류기 형태의 DC Power Bridge를 통과시켜 제어컴퓨터 등의 주요 장치에 전원을 안정적으로 공급하도록 하였으며, 이의 블럭 다이어그램을 그림 3에 나타내었다.

또한 그림 4는 DC 40[V]의 DC Power Bridge 구성에 대한 일례를 나타내고 있다. 이는 상선 및 하선 UPS로부터 각각 DC 40[V]를 입력받게 되고, 이의 각 전원은 차단기를 통한 후 DC Power Bridge를 통해 해당 장치로 DC 40[V]를 출력하게 된다. 이때 다이오드-1, 2는 방향 1,2로의 전원 공급을 차단하는 역할을 하게되며, 만약 다이오드-1이 단락되어 문제가 생기면 방향 2로 전원이 들어갈 수 있는데 이 경우는 차단기-1에서 차단되어 전원방향-2로 전원이 공급된다. 또한 다이오드-2가 단락되어 문제가 생기면 방향 1로 전원이 들어갈 수 있는데 이 경우는 차단기-2에서 차단되어 전원방향-1로 전원을 지속적으로 공급하게 된다.

또한 본 논문에서는 종합제어반에 대하여 그림 2의 구성과 같이 다양한 방법으로 통신 신뢰성을 높였다. 우선 종합제어반의 제어 컴퓨터와 상위 관제 시스템과는 이중화된 이더넷망을 통해 TCP/IP 프로토콜을 사용하여 PSD의 운용,

장애, 통계 정보를 전송하도록 하였다. 그리고 종합제어반에서는 개별제어반 및 기관사 조작반, 승강장 조작반, 선로출입문 제어장치, 정위치 검지 센서, 기관사 안내장치, 이종의 RF장치 등과 CAN 통신라인을 이중화하여 동작 상태를 모니터링을 하고 제어를 안정적으로 할 수 있도록 하였으며, 이중화된 통신라인까지 정상적이지 못한 비상시에는 실선으로 이의 임무를 수행하도록 하여 고 신뢰성의 시스템을 구축하였다.

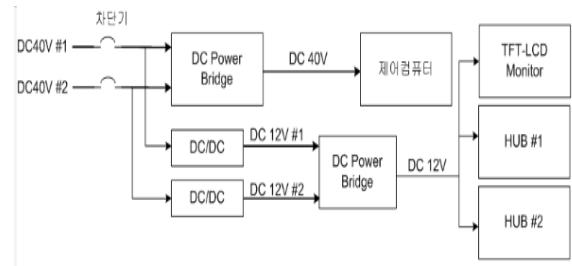


그림 3 전원 이중화의 블럭 다이어그램
Fig. 3 Block diagram of power redundancy.

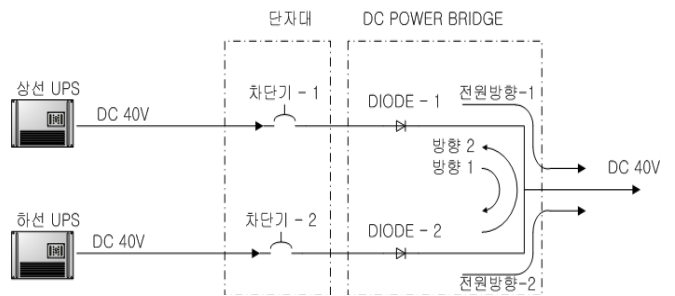


그림 4 DC Power Bridge 회로의 구성
Fig. 4 Configuration of DC power bridge circuit.

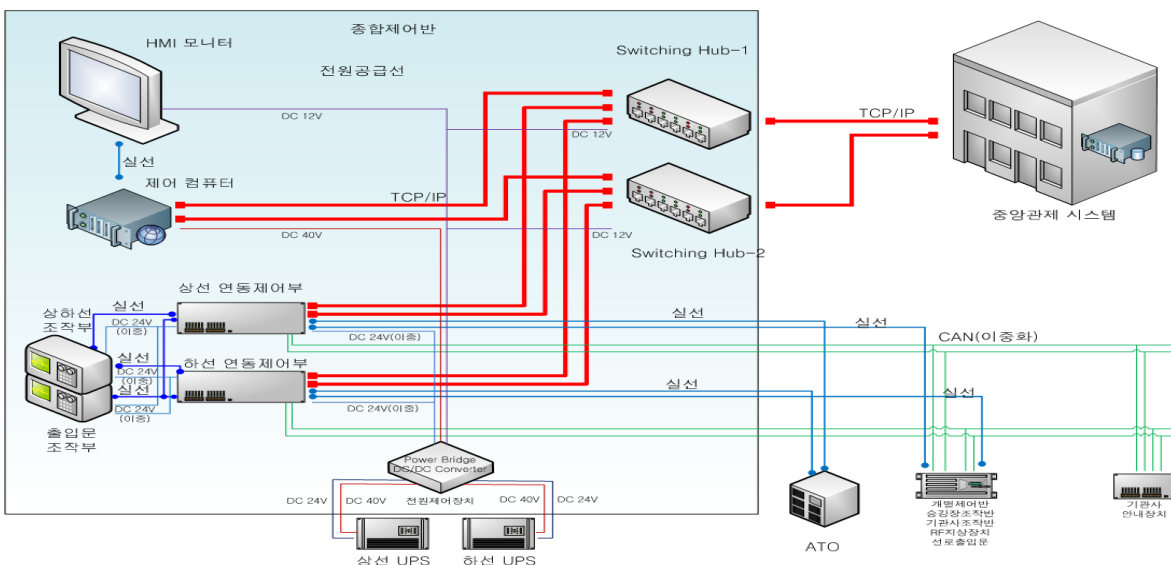
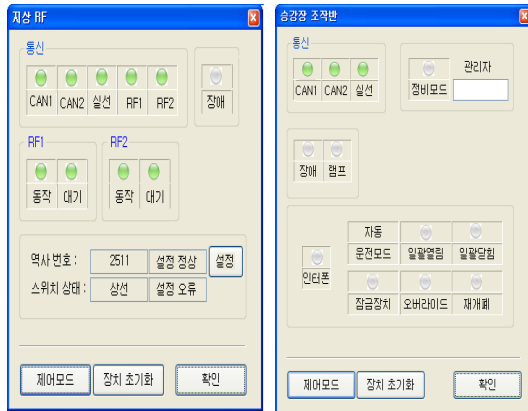


그림 2 종합제어반의 네트워크 구성
Fig. 2 Network configuration of composite control panel.

그림 5는 종합제어반에서 구축된 기관사 안내장치와 승강장 조작반의 정보표시를 각각 나타내고 있다. 이의 모니터링에 대한 제어모드 그림에서 각각 RF 및 CAN 통신이 각각 이중화되어 표시되고 있음을 보여주고 있다.



(a) 기관사 안내장치의 정보표시 (b)승강장 조작반의 정보표시

그림 5 RF 및 CAN 통신 이중화 표시

Fig. 5 Communication redundancy display of RF & CAN.

3.2 RF 혼선 방지 알고리즘

PSD 감시 및 제어 시스템의 구성 중에서 RF장치는 ATO 신호의 고장이나 기관사가 전동차 출입문을 수동으로 취급하였을 경우, PSD가 전동차의 출입문과 정확한 연동운전을 하기 위한 무선송수신 통신장치이며 본 시스템에서는 차상 RF 및 지상 RF 장치를 설치하여 PSD의 정상적인 운전이 가능하도록 하였다. 이때의 두 개의 RF 장치에 대한 CPU는 모두 CAN Controller 내장형 ARM7 마이컴인 AT91SAM7A3을 사용하여 ZigBee 및 CAN 통신이 이루어지도록 하였다. 이때의 RF기능은 다음과 같다.

- 전동차의 출입문 개/폐, 운전모드 정보를 차상 RF 장치가 수신하여 지상 RF 장치로 무선으로 전송하고, 지상 RF 장치는 종합제어반과 개별제어반으로 이를 전달한다.
- 차상 RF 장치는 전원 공급이 없을 시 배터리로 전환되어 동작한다.
- 전동차 선두부 신호가 일정시간 발생되지 않으면 배터리 동작은 중지한다.
- 지상 RF 장치는 연동제어부를 통하여 개별제어반으로 열림/닫힘 신호를 전달한다.
- 연동제어부 CAN 통신장애 시 실선으로 열림/닫힘 신호를 전달한다.

위와 같이 RF장치는 차상 및 지상으로 통신하면서 다양한 기능을 수행하지만 만일 한 개의 역사에 두 대의 차량이 동시에 진입할 경우나 중선역사에 여러 대의 열차가 동시에 진입 때에는 반대편 선로의 차량에 탑재되어있는 차상 RF장치와 지상 RF장치간 혼선이 발생하여 제어신호를 잘 못 오인함으로써 PSD시스템이 오동작하는 문제가 발생하게 된다. 이러한 혼선 방지를 위하여 본 논문에서는 다음과 같은 알고리즘을 개발하여 프로그램을 작성하였으며 이에 대한 알고리즘 순서도를 그림 6에 나타내었다.

- 지그비(zigbee) 통신장치에 채널 설정을 통하여 상·하선을 구분한다. (지그비 모뎀 자체 기능)

승강장 스크린 도어(PSD)에 대한 고 신뢰성의 감시 및 제어 시스템 개발

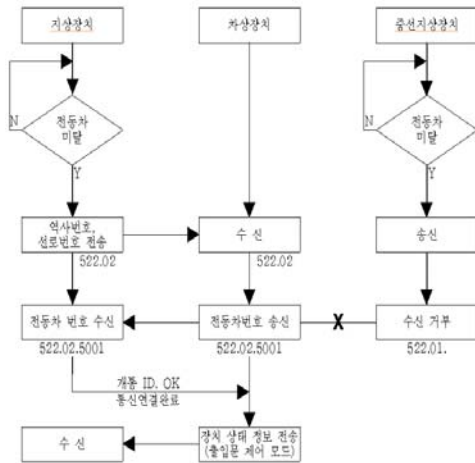


그림 6 RF 장치 혼선 방지 알고리즘의 순서도

Fig. 6 Flowchart of RF cross prevention algorithm.

- 통신 패킷에 열차번호를 포함시켜 전동차를 구분한다. (RF 장치간 프로토콜)
- RF 지상 장치는 진입센서에 전동차가 감지되어 있을 때에만 차상 장치에 통신을 시도한다.
- 역사번호를 상하행에 따라 구분한다. 가령 5호선 방화역을 1번으로 한다면, 상행일 경우는 1로, 하행일 경우에는 101로 본래 역사번호에 100을 더하여 사용한다.
- RF 지상 장치는 진입센서에 전동차가 감지되어 전동차가 미달되는 시점에 있을 때부터 차상 장치에 통신을 시도하며, 전동차가 초과위치(진입센서에서 벗어남)가 되면 통신을 종료한다.
- 지그비 통신장치의 주파수 전송거리를 설정하여 중선이 있는 역사의(방화역) 혼선을 방지한다. (통신설정 거리 : 간섭조건이 없을 경우 약 2[M]~100[M] 가능)

3.3 시스템의 동작 디스플레이

전동차 역사내의 PSD 감시 및 제어 시스템에서 종합제어반은 역사 PSD 감시 및 제어 시스템의 중추적인 역할을 수행하며 역사내의 구성장비와도 통신상으로 서로 연결이 되어 있으며각 장비에서 발생한 모든 운용 및 장애의 정보까지도 수집한다.

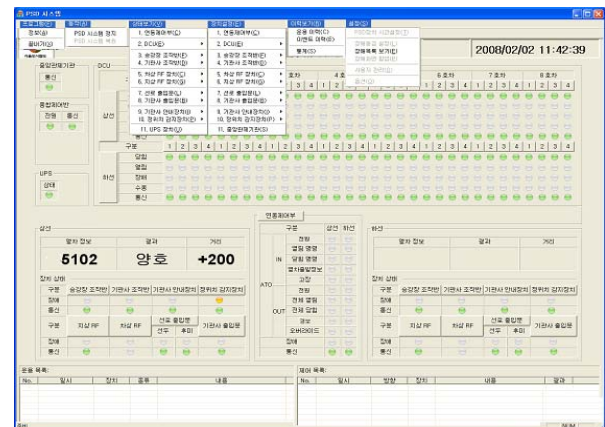


그림 7 HMI 메인 메뉴 디스플레이

Fig. 7 Display of HMI main menu.

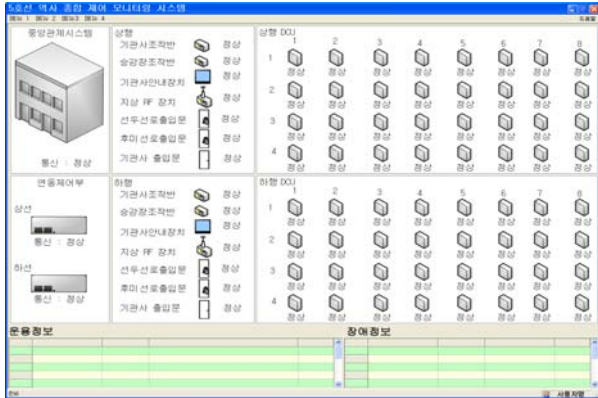


그림 8 각종 장비간 통신 상태 표시화면
 Fig. 8 Display of communication state between each equipment.

종합제어반에서의 제어컴퓨터는 연동제어부와 실시간으로 데이터를 송수신하면서 각 장비간의 현재 상태를 현시한다. 그림 7은 이와 같은 일련의 과정을 처리하는 HMI 메인화면의 다양한 메뉴를 디스플레이한 그림을 나타내었다. 또한 그림 8은 개별 PSD 및 각종 장비간 통신 상태를 표시하는 화면을 나타내고 있다. 상위 중앙 관제 시스템 및 연동제어부와와의 이더넷 통신 상태 및 연동제어부와 기타 PSD 장비간의 CAN 통신 상태를 정상 및 불량으로 나타낸다.

4. 결 론

승강장 스크린 도어 PSD는 지하철도나 경전철 승강장 위에 고정벽과 가동문을 설치해 차량의 출입문과 연동하여 개폐될 수 있도록 만든 안전 장치이다. 이는 지하철 이용승객의 안전 확보, 유지 보수의 자동화에 따른 비용절감과 소음 등의 문제를 해결할 수 있는 등 다양한 장점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 PSD 시스템에 대한 감시 및 제어 시스템을 개발함에 있어서 중요 요소인 신뢰성 확보에 초점을 맞추었다. 이의 시스템은 종합제어반, 무선 RF 장치, 기관사 및 승강장 조작반 등 다수의 개별 장치들로 구성되어 있으나 본 논문에서는 종합제어반에서의 전원 및 통신 이중화의 구현과 무선 RF장치에 대한 혼선 방지 알고리즘을 별도로 개발하여 제품의 신뢰성을 확보하였다.

종합제어반에서는 전원을 DC Power Bridge를 이용하여 각 제어컴퓨터 등에 공급하였으며, CAN 통신라인의 이중화 및 실선 제어라인을 통하여 고 신뢰성의 통신 및 제어시스템을 구축하였다. 특히 본 논문에서는 자동열차 운전장치인 ATO 시스템의 고장시 등에 사용되는 무선RF장치에 대하여 두 개의 열차가 동시에 진입하는 경우 등의 혼선에 대비하여 이의 방지 알고리즘을 구축하여 신뢰성을 한층 강화하였다. 이러한 전체 시스템에 대하여 각 장치별 구성요소와 기능 및 전반적인 동작에 대한 표시화면을 논문에 나타내었으며 시스템 운영에 대한 결과는 양호한 특성으로 나타났다.

감사의 글

이 연구는 2010학년도 경원대학교 지원에 의한 결과임

참 고 문 헌

- [1] Jeong-geun Lee, Sang-hoon Byeon, Jai-hyo Lee, "The effect of platform screen door (PSD) for fine particles at subway train in Seoul, Korea", ICROS-SICE International Joint Conference 2009, pp.1707-1710. 2009. 08.
- [2] M. J. Nieuwenhuijsen, "Levels of particulate air pollution, its elemental compositions, determinants and health effects in metro systems," Atmospheric Environment, 41, pp.7995-8006, 2007.
- [3] S. N. Kang, H. J. Hwang, Y. M. Park, H. Y. Kim, C. H. Ro, "Chemical compositions of subway particles in Seoul, Korea determined by a quantitative single particle analysis," Environ. Sci. Technol., 42, pp.9051-9057, 2008.
- [4] 이종성, 민영기, 김경식, 최종목, "철도차량시스템과 PSD 간 인터페이스 방안 및 적용 현황", 한국철도학회 2004년도 추계학술대회논문집, pp.284-289, 2004. 6
- [5] 김수홍, 현용섭, 우상훈, 류동배, 한경훈, "전기설비에 전원공급을 위한 보호시스템 향상방안", 한국철도학회 2009년도 추계학술대회논문집, pp. 2367-2374, 2009. 11.
- [6] 서울메트로, 대우엔지니어링, "PSD 통합원격관리시스템 제작설치 실시설계용역 보고서", 2007.
- [7] 김용협, 현용섭, 류호중, 김진수, "서울메트로 PSD 통합관제시스템 구축방안에 대한 연구", 한국철도학회 2007년도 추계학술대회논문집, pp. 736-741, 2007. 11.

저 자 소 개



김진식 (金 溱 植)

1991년 숭실대학교 전자공학과 졸업. 1993년 동 대학원 전자공학과 졸업(석사). 1993 ~ 1999 현대중공업(주) 기전연구소 선임연구원. 2000.2 ~ 2005.2 (주)인포이큐 연구소장. 2005.3 ~ 현재 (주)미디어디바이스 대표이사.



손진근 (孫 珍 勗)

1990년 숭실대 전기공학과 졸업. 1992/1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사/박사). 1992~1995 현대중공업(주) 기전연구소 주임연구원. 2002. 2~2003. 2 (한국과학재단) 일본 가고시마대학 전기공학부 Post-doc., 2009. 1~2010. 2 Michigan State University Visiting Scholar. 현재, 경원대학교 전기공학과 부교수.
 Tel : 031-750-5711, Fax : 031-750-5354
 E-mail : shon@kyungwon.ac.kr