

# 무인운전 차량의 도어 및 PSD 제어 신호에 대한 연구

## Research for Signal Interfaces between DOORS of DRIVERLESS TRAIN and PSD Control

이희창†  
Hee-Chang Lee

김동일\*  
Dong-Il Kim

전상훈\*\*  
Sang-Hun Chun

---

### ABSTRACT

Recently the demand of the driverless rolling stock is increasing with advancement of the stable communication technique and control technique. The automatic train operating system has advantages which takes low operating cost and is able to dispose elastically in demand. Beside it provides high safety and effectiveness because it will be able to control power, signal and communication system from Operation Control Center and the safety and effectiveness are high.

The establishment of PSD, Platform Screen Door, is advanced in the goal which is passenger safety, fire protection, noise and dust reduction etc.

When but, two advanced systems also have risks of operation delay and accident when two systems are not controlled smoothly.

Thus, I'll introduce control method between onboard controller, door control unit in rolling stock and PSD controller to help system design.

---

### 1. 서론

최근 안정적인 통신 기술 및 제어 기술의 발달로 무인 철도 차량의 수요가 증가하고 있는 추세이다. 무인 운전 시스템은 운영비 절감 효과는 물론 여유 차량만 있으면 수요에 탄력적으로 대처 할 수 있고, 전력, 신호, 통신 시스템을 종합 상황실에서 통제 할 수 있어 안전성, 효율성이 높다.

PSD(Platform Screen Door)의 경우 승객 안전, 화재방지, 소음 및 먼지저감 등의 다양한 목적으로 스크린도어의 설치가 진행되고 있다.

하지만, 이러한 이점을 가진 두 시스템이 원활히 제어되지 않을 때 운행지연 및 자칫 사고의 위험성이 있다. 따라서, 역사 내에서의 원활한 승하차를 위하여 차량내 신호장치 - 차량 출입문- PSD의 제어를 위한 신호 제어 방식의 소개를 통해 시스템 설계에 도움이 되고자 한다.

---

† 이희창, 현대로템주식회사,전기시스템,주임연구원  
E-mail : hchlee@hyundai-rottem.co.kr  
TEL : (31)596-9486 FAX : (31)596-9758  
\* 김동일, 현대로템주식회사,전기시스템,책임연구원  
\*\* 전상훈, 현대로템주식회사,전기시스템,수석연구원

## 2. 개요

본 논문에서는 CBTC 기반의 무인 운전 차량과 역사의 PSD 간의 신호 인터페이스를 통한 제어를 소개하고자 한다.

### 2.1 용어 정의

- PSD : Platform Screen Door
- TIA : Transponder Interrogator Antenna)
- ATC : Automatic Train Control
- ATS : Automatic Train Stop
- DMC-L : Door Maintain Closed-Left
- DMC-R : Door Maintain Closed-Right
- DOA-L : Door Open Authorization-Left
- DOA-R : Door Open Authorization-Right
- DOC : Door Open Command
- DCC : Door Close Command
- TCMS : Train Control & Monitoring System
- DBS : Data Bus system
- CBTC : Communication-Based Train Control
- FSK : Frequency Shift Keying
- PSC : Precise Stopping Contact (정위치 정차시 CPCS-WPCS의 통신상태)
- Berthing Plate : 정위치센서 인식 Plate
- M/T : Matching Transformer
- CPCS : Carborne PSD Control System
- WPCS : Wayside PSD Control System
- DU : Display Unit
- WCC : Wayside Command Center

### 2.2 차상 장치와 지상 PSD간 시스템 구성의 예

차상PSD 제어장치는 열차에 설치되는 CPCS와 무선통신용 FSK안테나, 운전자표시용 DDU, PSD종합제어반과 연결되는 WPCS 및 FSK Loop안테나로 구성되어 있다

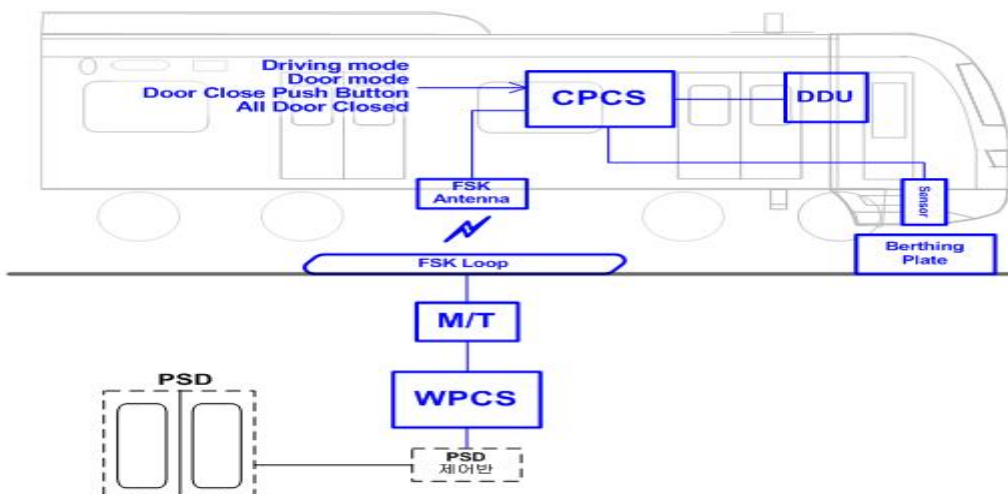


그림 1. 시스템 구성도

## 2.2.1 지상 LOOP 방식

### (1) 시스템 구성

- 통신방식 : FSK 방식
- 주파수 : 차상 => 지상: 97kHz  
지상 => 차상: 68kHz
- 통신속도: 2400bps
- 도달거리: 수십cm
- 통신주기: 200~250ms
- 전송 Data량: 10 Byte 내외
- Data 유효성검사: CRC16 사용
- 설치 장비 차상: FSK 안테나  
지상: Loop
- 사용 실적: 기존 지하철 ATC/ATO 지/차상 통신용 TWC  
서울 5,6,7,8호선, 인천1호선, 광주1호선

### (2) 장점

- 기존 지하철 사용방식으로 신뢰성 및 철도환경에 대한 적합성 인증
- 정위치정차 구역에서만 통신 함에 따른 통신보안 유지
- Loop 설치에 따라 통신 범위를 임의로 설정 가능

### (3) 단점

- 역사 궤도변에 Loop 및 M/T(Matching Transformer) 설치 필요
- 저주파 통신에 의한 Data량 제한

## 2.2.2 근거리 RF 방식

### (1) 시스템 구성

- 통신방식: IEEE802.11x, Bluetooth, UWB(Ultra Wide Band)
- 변조방식: 직접 시퀀스 확산 방식(DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum) 또는 주파수 이동 대역 확산 방식(FHSS, Frequency Hop Spread Spectrum), PPM방식(UWB)
- 주파수: 2.4GHz ISM band(IEEE802.11x, Bluetooth), 3.1GHz~10.6GHz(UWB)
- 통신속도: 2~11Mbps(IEEE802.11x), 1~10Mbps(Bluetooth), 100~500Mbps(UWB)
- 도달거리: 200m(IEEE802.11x), 10m(Bluetooth), 10m~1km(UWB)

### (2) 장점

- 대용량의 Data를 빠른 속도로 전송가능
- 설치가 간편

### (3) 단점

- 무선통신의 보안이 특별히 요구됨
- 일반 상용 무선대역으로 동일한 주파수 사용하는 장치와 간섭이 발생할 수 있음(Nespot, 휴대폰, 컴퓨터, PDA 등)
- 특히 447MHz대역은 일반 자동차 원격시동기 등에 사용되고 있음

## 2.2.3 TRANSPONDER 방식

### (1) 시스템 구성

- 통신방식: FSK 방식
- 주파수 차상 => 지상: 3 MHz  
지상 => 차상: 1.7kHz, 전력파: 256kHz

- 통신속도: 64kbps
- 통신주기: 10~50ms
- 전송 Data량: 10 Byte 내외
- Data 유효성검사: CRC16 사용
- 설치 장비 차상: FSK 안테나, 지상: Transponder
- 사용 실적: 기존 지하철 ATC/ATO 지/차상 통신용 TWC -부산3호선

(2) 장점

- 기존 지하철 사용방식으로 신뢰성 및 철도환경에 대한 적합성 인증
- 정위치정차 구역에서만 통신 함에 따른 통신보안 유지

(3) 단점

- Transponder Size에 제한이 있어 신호장치와의 통신 범위의 일치가 어려움

### 3. SIGNAL 제어를 이용한 차상 DOOR 및 PSD 제어

본 논문에서는 TRANSPONDER 방식 이용 사례를 설명하였으며, 그림2의 시스템을 구성하였다. PSD와 열차출입문의 열림 절차는 PSD가 열린 후 차량 출입문이 열리고, 닫힘 절차는 열차의 출입문이 닫힌 후 PSD가 닫히는 순서가 안전한 순서이다.

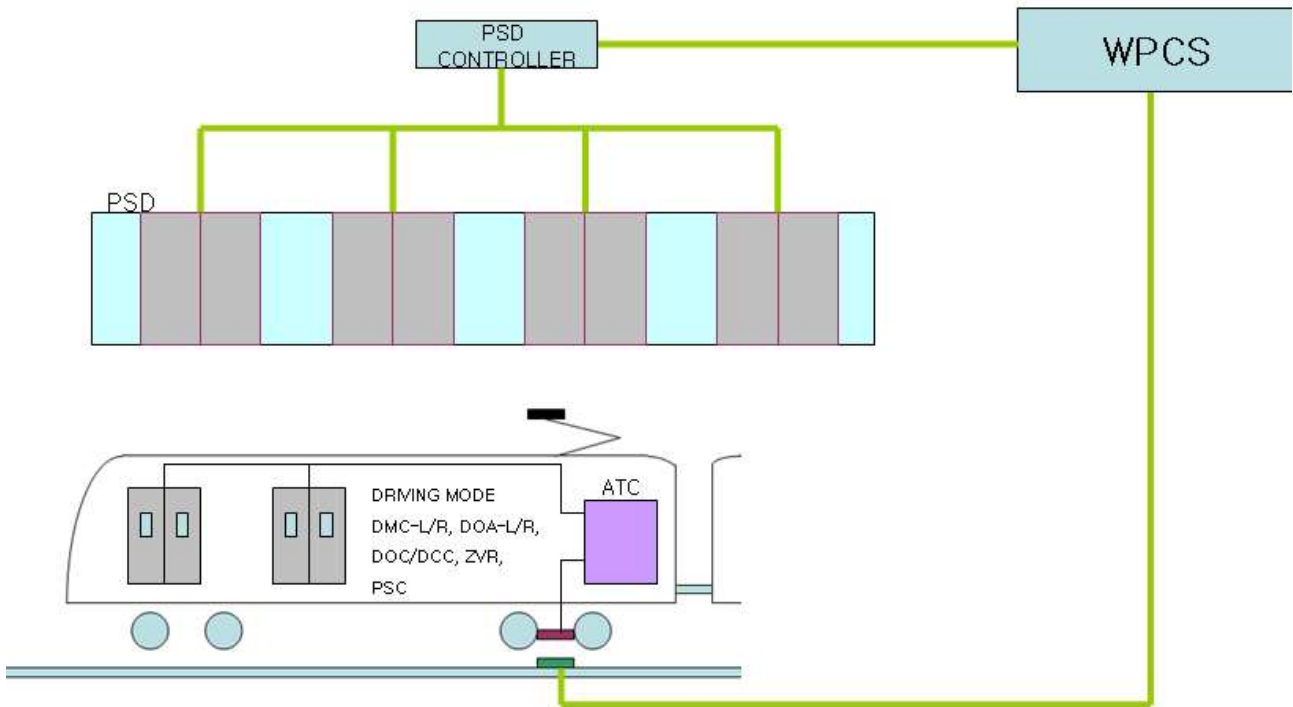


그림 2. 실제 시스템 구성도

차량이 승강장에 도착했을 때, 차량 ATC-WPCS간 Driving Mode, Control Command(DMC, DOA, DOC, DCC), PSC 신호 등을 통신한다.

#### 3.1 정위치 확인.

차량이 승강장 진입 후 차량 DOOR 및 PSD를 제어하기까지의 준비 과정은 다음의 순서도와 같다.

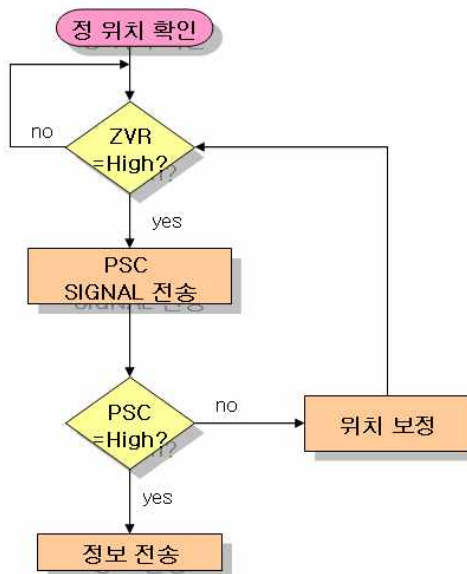


그림 3 정위치 확인 순서도

역사 진입 신호에 따라 ATC에서 정위치 확인 명령을 보낸 후 차량측에서 실제로 정지하였는지를 다시 모니터링 한다. 실제로 정지되었음이 확인 되면 정위치 정차 여부를 묻는 PSC 신호를 전송하여 WPCS로부터 피드백이 있는지를 확인한다. 피드백 신호가 도달할 시 PSC=high 가 되며, 정보 전송을 시작한다. PSC 신호가 감지되지 않을 경우, 차량이 정위치에 정차 하지 않았으므로 간주하며, 위치 보정을 시작하며, 3회 까지 PSC 신호가 없을 경우 ATC는 오류를 나타내며 비상제동을 체결한다.

### 3.2 DOOR OPEN/CLOSE 제어

PSC 피드백 신호가 수신됨에 따라 DOOR 제어 신호 관련 ATC와 WPCS는 동기화 되며, ATC의 제어를 받는다. 하지만, WCC에서 WCPS의 이상 동작을 감지하여 수동으로 전환할 수 있다.

ATC에서는 DOA, DMC, DOC, DCC 등의 신호를 통하여 차량 DOOR와 PSD를 제어하며, 수동운전(통상적으로 무인 운전차량의 수동운전은 비상운전으로 간주 된다)시에도 제어가 가능토록 ATC의 신호에 상응하는 회로 구성을 한다.

DOOR 제어 신호를 조합하여 다음 도표 1 과 같이 자동운전모드에서의 신호에 따른 동작 테이블을 얻을 수 있다.

Door Open Authorization	1	1	1	1	1	1
Door Maintained Closed	1	1	1	1	0	0
Door Opening Command	1	1	0	0	1	1
Door Closing Command	1	0	1	0	1	0
Train Door action when already closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Open	Open
Train Door action when already open	Closed	Keep open	Closed	Keep open	keep open	Keep open
PSD action when already closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Open	Open
PSD action when already open	Closed	Keep open	Closed	Keep open	keep open	Keep open

Door Open Authorization	1	1	0	0	0
Door Maintained Closed	0	0	1	1	1
Door Opening Command	0	0	1	1	0
Door Closing Command	1	0	1	0	1
Door action when already closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed
Door action when already open	Keep open	Keep open	Closed	Keep open	Closed
PSD action when already closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Open	Keep closed
PSD action when already open	Keep open	Keep open	Closed	Keep open	Closed

Door Open Authorization	0	0	0	0	0
Door Maintained Closed	1	0	0	0	0
Door Opening Command	0	1	1	0	0
Door Closing Command	0	1	0	1	0
Door action when already closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed
Door action when already open	Keep open	Keep open	Keep open	Keep open 주) 수동운전시 에는 CLOSE 되도록 한다.	Keep open
PSD action when already closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed	Keep closed
PSD action when already open	Keep open	Keep open	Keep open	Keep open 주) 수동운전시 에는 CLOSE 되도록 한다.	Keep open

도표 1 신호에 따른 도어 동작

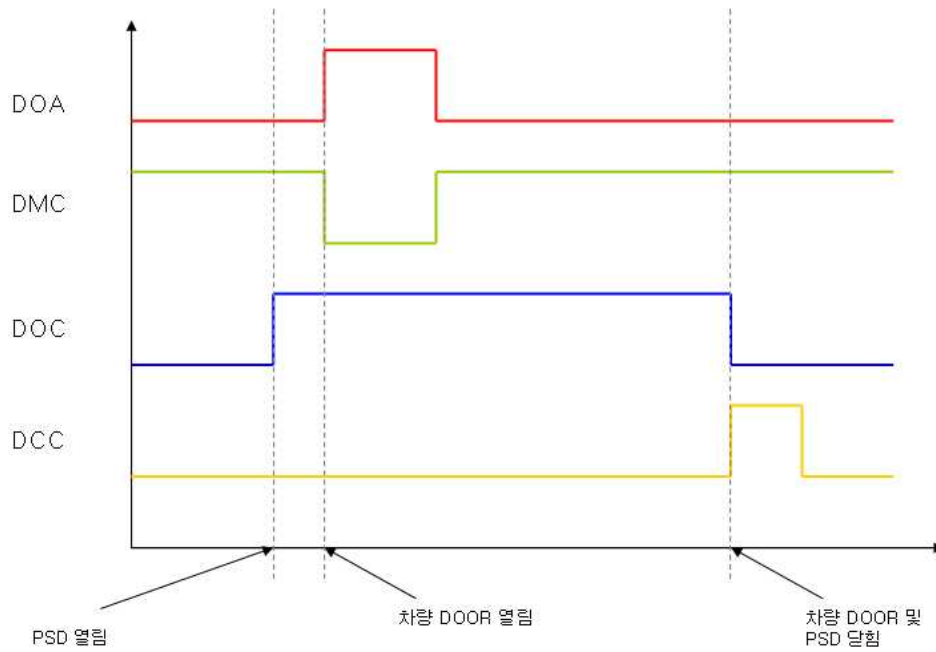


그림 4. 신호 제어 시퀀스

신호 조합을 이용하여 그림 4 에서와 같이 프로파일을 만들 수 있다.

### 3.2.1 열림 절차

차량 DOOR와 PSD의 문열림 절차는 자동 운전시와 수동 운전시로 나뉜다.

자동운전시 ATC는 DOA, DOC를 통하여 차량 DOOR와 PSD를 제어하며, 수동 운전시에는 운전자의 수동 조작이 각각의 신호와 연동시킴으로서 제어가 가능하다. DOOR SIDE SELECTOR는 DOA, DOOR OPEN 버튼은 DOC, DOOR CLOSE 버튼은 DCC와 연동시킨다. 그림 5에서의 TIMING CHART와 같이 제어되도록 한다.

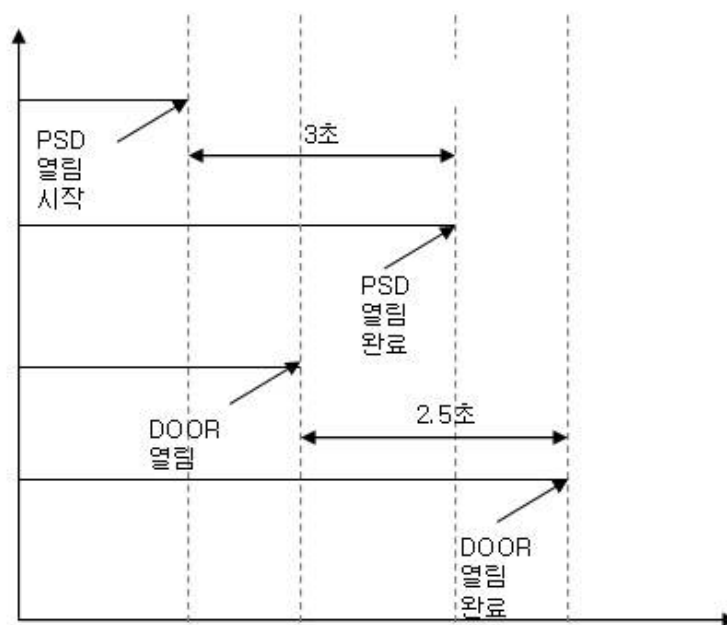


그림 5 열림 TIMING CHART

### 3.2.2 닫힘 절차

차량 DOOR와 PSD의 문닫힘 절차 또한 DOA, DOC 신호를 통하여 차량 DOOR와 PSD를 제어하며, 수동 운전시에는 운전자의 수동 조작이 각각의 신호와 연동시킴으로서 제어가 가능하다. DOOR SIDE SELECTOR는 DOA, DOOR OPEN 버튼은 DOC, DOOR CLOSE 버튼은 DCC와 연동시킨다. 그림 6에서의 TIMING CHART와 같이 제어되도록 한다.

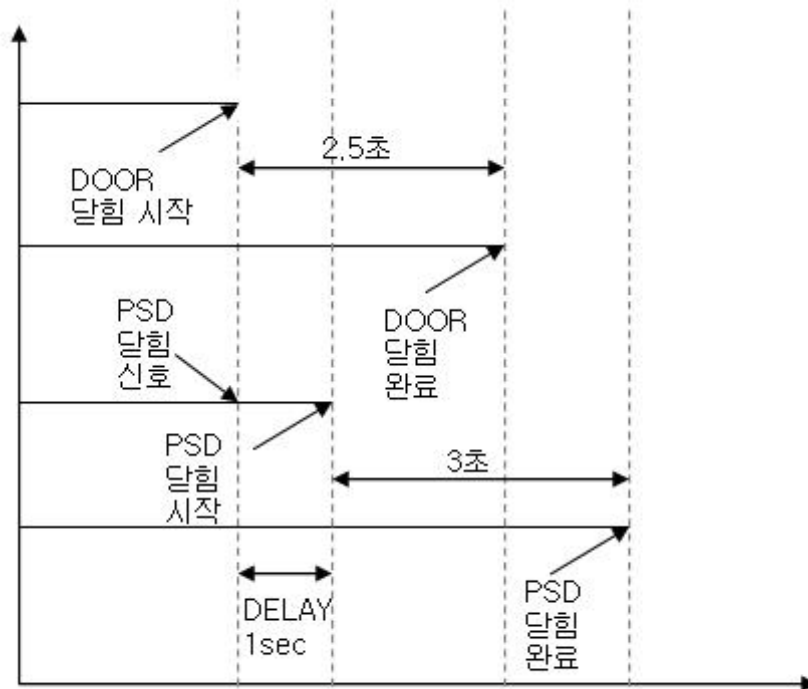


그림 6 닫힘 TIMING CHART

### 3.3 PSD 및 차량 도어 닫힘 상태에서의 출발 가능 신호

차량 DOOR와 PSD가 닫힘 상태에서의 출발은 ATC에서 PSD와 차량 DOOR의 닫힘 상태를 확인한 후 시작되며, PSD의 닫힘 상태는 PSC 통신이 HIGH인 상태에서 이루어진다.

그림 7에서와 같이 각 신호의 조합을 이용하여 ATC는 START ENABLE 신호를 받는다.



그림 7 START ENABLE 신호의 조건

### 3.4 운전중의 안전 제어 신호

운행중의 문 열림을 방지 하기 위하여, ATC에서는 도표 1 에서와 같이 항상 DMC 신호를 HIGH로 둔다. DMC 신호는 DOOR를 제어하는 VITAL OUTPUT으로서 DOA, DOC, DCC 등의 신호보다 우선한다.

또한 차량측 제어 회로를 구성할 때 ZVR(Zero Velocity Relay) 의 N.C 접점을 이용하여 차량이 운행중 일 때는 ATC의 DMC 신호와 같이 묶이도록 하는 방법으로 구성한다.



#### 4. 결론

현재 안전성과 효율성의 장점으로 무인 철도 차량의 수요가 증가하고 있는 추세이며, 안전 및 편의성으로 인하여 역사내의 PSD는 거의 일반화 되어 있는 상황이다.

이에 따라 본 논문에서는 차량과 PSD 간의 신호 제어방법을 소개하였으며, 국내 및 해외 각지에서 지속적인 수요가 창출될 것으로 예상되어지는 바, 다양한 제어 방법에 대한 연구가 지속되어야 할 것이다.