

스크린도어 시스템 제어를 위한 신호 인터로킹 연구

A Study on Signal Interlocking for Screen Door System

강대윤 *

Kang, Dae-Yun *

ABSTRACT

The Platform Screen Door system(PSD) is scheduled to be installed on the platform of some subway stations in Seoul, Pusan, Kwang-Ju, Daejun and Daegu and all stations of Seoul Subway No 9. will equipped with PSD.

On the other hand Seoul Metropolitan Rapid Speed(SMRT) that has operated the train automatically had finished the basic desic design and the execution drawing of PSD and installed successfully the PSD on the platforms in the Kimpo Airport station in Subway Line No 5. at dec. 2005. The exhibition operations of PSD has made the major contribution to build up the safe and optimum subway for the increasing customers.

Nowadays PSD has operated on ATO sections and ATS sections. But in the case of closing the door manually in ATO sections, it would be delayed about 5 seconds in closing the door of PSD.

Although the interface of PSD, train and the signal system is established automatically, we have to supplement technically on the interface between train, PSD and the ground signal interface equipments.

Therefore I will center on the optimizing methods about the interfacing system between the train and the PSD, train and the signal system to overcome the above problems in this study.

1. 서론

최근 신설되고 있는 승강장 스크린도어(Platform Screen Door-PSD)가 서울 부산 광주 대전 대구지하철의 일부 역사와 2007년 완공 예정인 서울지하철 9호선의 모든 역사에 PSD가 설치될 예정이며, 자동운전을 하고 있는 서울도시철도공사(5~8호선) 에서도 2004년도부터 5호선 김포공항역에 대한 기본설계와 실시 설계를 마치고 2005. 12월에 준공하여 2006년도부터 시범운영 중에 있어 이용객 증가에 따른 보다 안전하고 쾌적한 지하철의 환경조성에 스크린도어의 역할과 기능이 결정적으로 기여하고 있다.

현재 PSD는 자동운전취급(ATO : Automatic Train Operation) 구간과 수동운전취급(ATS : 서울메트로 2호선) 구간에서도 PSD를 설치하여 운영하고 있다.

그러나 5~8호선 처럼 기존의 ATO 운행구간에서 열차출입문을 수동으로 닫을 경우 스크린도어 출입문이 5초 정도 지연되는 현상이 발생되고 있다.

이와 같이 ATO 시스템에서는 PSD와의 열차 및 신호연동치간 연동이 자동시스템으로 이루어지고 있으나 열차 출입문을 수동으로 닫을 경우 5초가 지연되어 스크린도어가 닫히는 현상을 줄이기 위해 ATO 운전 구간에서 PSD장치를 설치하여 운영하기 위해서는 전동차와 PSD 및 지상신호 연동장치 사이의 인터페이스에 대한 기술적인 보완이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 기존의 ATO 운전방식 중 열차출입문을 수동으로 닫을 경우 5초 지연되는 현상을 극복하고자 전동차와 PSD 신호연동장치에 대한 최적화 기술 방안을 연구하고자 한다.

* 책임저자 : 강대윤, 정회원, 소속 : 서울도시철도공사, 부서 : 감사실

E-mail : kdy8237@hanmail.net

TEL : (02)6311-2592, FAX : (02)6311-2657

2. 자동운전 Mode의 ATC 및 ATO 신호장치

ATC는 지상신호조건에 따라 속도코드를 이용하여 전방 열차위치 및 선로조건에 따라 자동적으로 진행신호부터 정지신호까지 운행조건을 지시하여 안전하게 운전할 수 있게 하는 연속제어방식 장치이다. ATC 장치는 열차운전속도를 신호정보 전송장치(임피던스본드)를 통해 레일을 이용, 열차의 Pick-Up 코일에서 수신하여 차내신호기에 현시 된 제한 속도와 허용속도를 비교하여 허용속도를 유지하며 자동모드로 운전시 ATO장치가 승무원을 대신하여 지연시간 이내에 상용제동으로 지시속도 이하로 속도를 감속하며, 열차의 운행속도가 허용속도 초과시 자동으로 제동이 체결되어 감속하는 장치로 열차를 안전하게 운행할 수 있게 하는 장치이다.

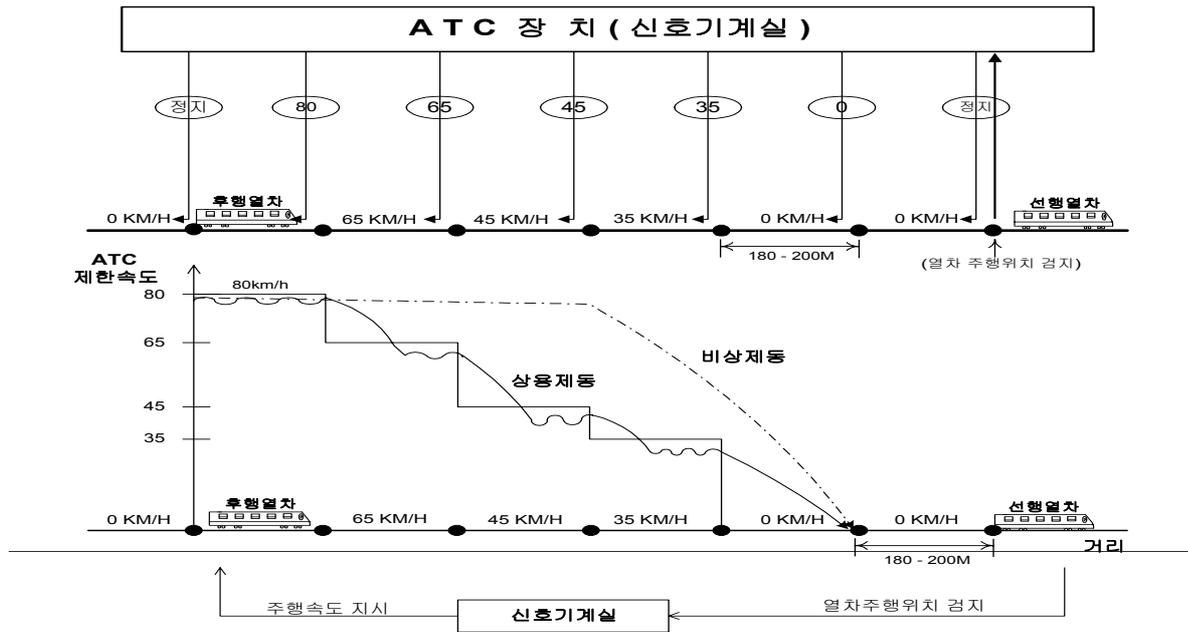


그림 1. ATC 운전제어 곡선

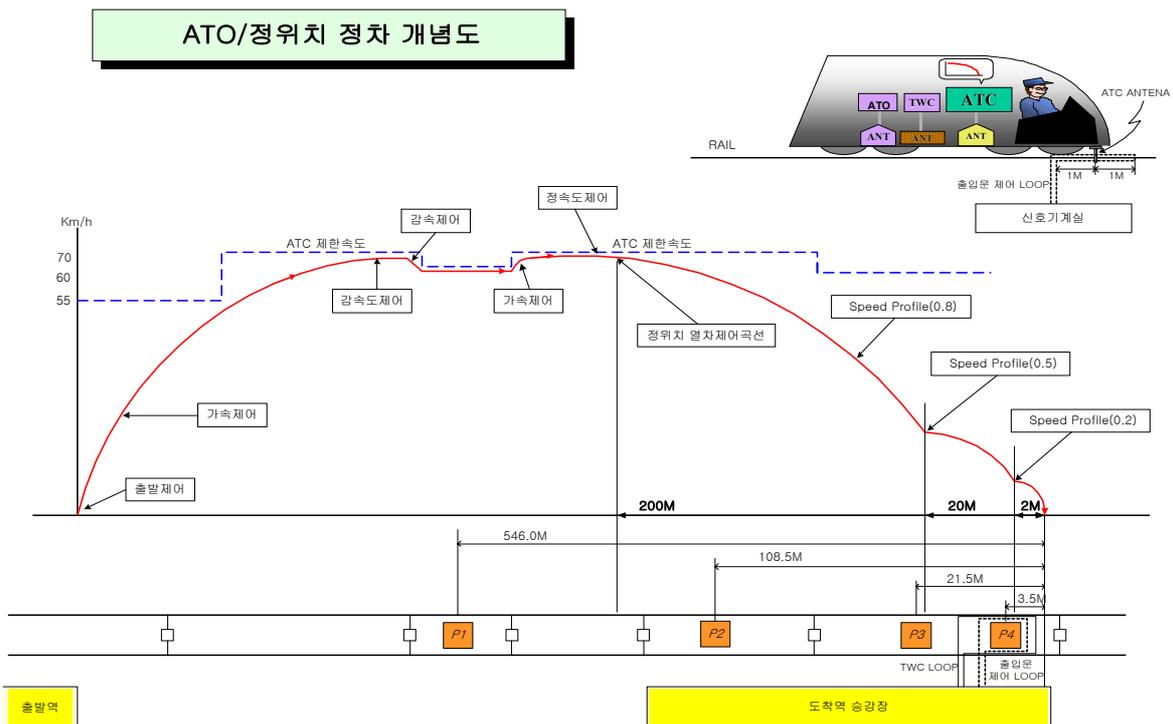
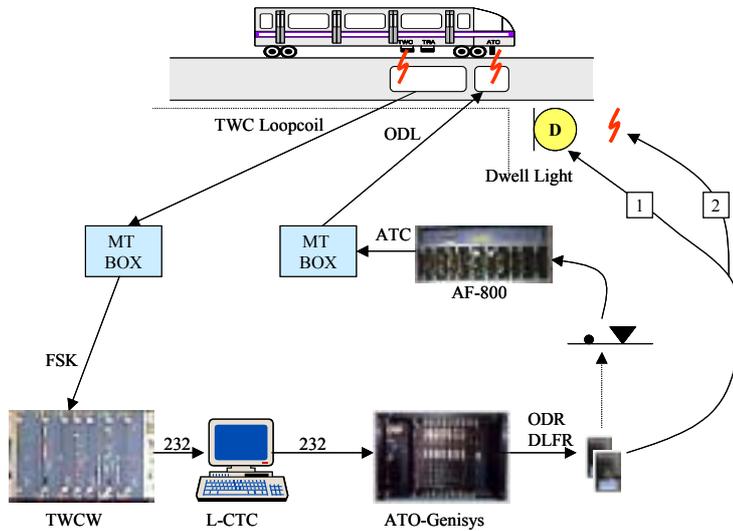


그림 2. ATO/정위치 정차 개념도

3. ATO운행(자동운전) 과정

□ 5,7,8호선의 출입문 제어의 흐름과정



열차가 홈에 정위치정차를 하여 열차의 속도가 5km/h 이하이고 TWC Carrier가 수신될 경우 열차의 정지 상태를 알리는 Train Berthed(열차정차정보 : TB)를 TWCc 장치를 통하여 FSK방식으로 지상으로 송출하면 TWC Loop coil을 통해 무선으로 수신하여 선로 옆에 설치되어 있는 MT-BOX(TWC용 Loop coupling Unit)를 거쳐 지상TWCw가 수신하여 232 Serial로 변환하고, 다시 Converter Board에 의해 485방식으로 변환시켜 L-CTC장치로 전송하고, L-CTC장치로 입력되기 전 다시 RS232로 변환되어

입력된다.

지상의 L-CTC장치에서 TWCc장치로의 전송도 같은 형태로 열차의 TWCc장치까지 전달된다. L-CTC장치는 이 TWC정보에 의해 시스템 소프트웨어의 Open-Door Sequence를 동작시키는데 우선적으로 Flow Chart와 같이 CONDITION "A"의 조건이 만족한지 Check하고 ATO Genisys장치가 평상시 여자되어 있는 ZSR을 Drop시키며 ODR을 출력하게 명령한다.

그리고 자체에서 시간을 카운트한다. ODR이 여자하면 ODR의 여자점점을 이용 AF장치는 홈 궤도회로로 전송하고 있던 ATC속도코드를 제거하고 출입문열림 ATC코드를 정차위치에 설치된 ODL용 MT-BOX를 거쳐 ODL이라는 Loopcoil로 전송하게 된다.

이 ATC신호는 열차의 ATC장치가 수신하여 출입문을 자동으로 열리게 한다. 또한 ODR이 여자 됨으로서 평상시 소등되어 있는 열차정차표시등에 전원이 공급되어 황색램프가 들어온다. L-CTC에서 카운트되던 정차시간이 종료 10초 전이되면 L-CTC장치는 ATO Genisys장치로 DLFR을 출력하게 명령하고 ATO Genisys장치는 DLFR을 출력한다. 이것은 정차표시등의 황색램프를 점멸시키며 기관사로 하여금 출발 10초 전이라는 것을 알려준다.

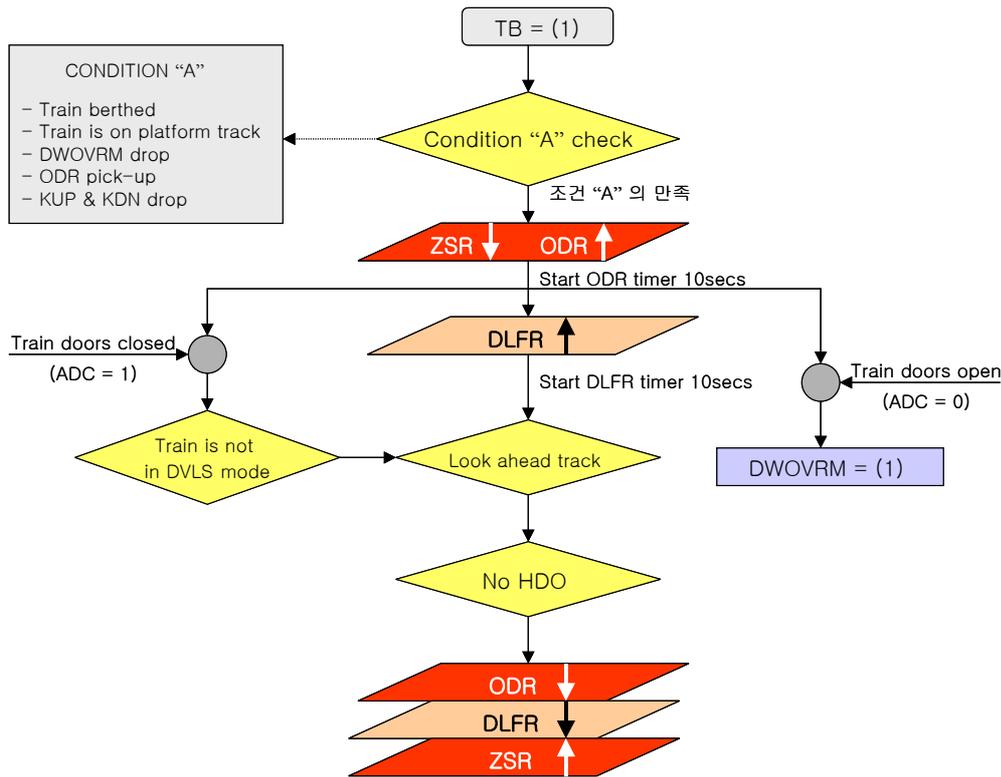
정차시간이 종료되면 L-CTC장치는 모든 것을 평상시 상태로 환원시키기 위한 명령을 하며 ATO Genisys 장치는 ODR과 DLFR의 출력을 제거하고 ZSR을 출력시킨다. AF궤도회로장치는 ODR의 무여자 점점으로 ODL로 전송되던 출입문 ATC코드를 제거하고 홈의 첫 번째 궤도회로로 ATC속도코드를 전송한다.

출입문 ATC코드가 제거되면 열차는 출입문을 자동으로 닫는다. 만약 출입문에 걸림현상이 발생하여 완전히 닫히지 않으면 열차는 열림과 닫힘을 3회 반복하게 되고 그 안에도 정상처리가 되지 않으면 기관사의 재개폐 스위치 조작에 의해 또 다시 자동동작을 시행한다.

출입문이 닫히면 출발표시등이 점등되고 기관사의 출발버튼 누름에 의해 열차는 자동운전에 의해 다음역으로 출발하게 된다.

정차시간이 완료되지 않은 상태에서 기관사가 수동으로 출입문을 닫으면 L-CTC는 TWC장치를 통해 출입문 닫힘정보(ADC=1)를 수신하고 출입문제어 Sequence를 종료시킨다. 또한 출입문제어 Sequence가 동작하고 있을 때 HDO를 제어하면 열차는 계속 출입문을 열고 있게 된다.

그러나 이것은 특별한 상황이 아니라면 로칼에서는 사용을 안 하는 것이 좋다. 왜냐하면 현재 로칼의 신호 취급실에 설치된 설비는 승강장을 감시할 수 있는 모니터가 없기 때문이다. 참고로 DWOVRM BIT에 의해 홈에서 한번 동작한 Dwell Sequence는 열차가 홈을 벗어난 조건이 만족하지 않으면 다시 동작하지는 않는다. LAT(Look Ahead Track)는 터널내의 열차편종을 막기 위해 설치된 기능이며 최초에는 홈에 정차하여 있는 열차를 기준으로 최대속도코드가 현시될 수 있는 위치까지의 전방 궤도회로 조건을 감시하는 기능이다.



이 LAT조건이 불만족하면 Dwell Light는 계속 점멸할 것이며 열차는 홈에서 속도코드를 받지 못하여 출발하지 못하게 된다. LAT조건은 Microlok이나 Track Genisys로부터 받은 정보를 L-CTC가 출입문제어 로직을 동작시켜 ATO Genisys장치로 하여금 DLFR을 계속 여자시키게 하는데 인접 기계실간의 LAT조건정보는 역간의 LTP Line을 이용하여 해당기계실의 ATO Genisys 장치로 입력시키고

L-CTC장치로 전달된다.

5,7,8호선의 출입문제어와 관련된 Sequence는 L-CTC장치의 시스템 소프트웨어인 C-언어로 처리되어 있는 반면 6호선의 시스템에서는 ATO장치에서 Boolean 로직으로 처리되어 있다.

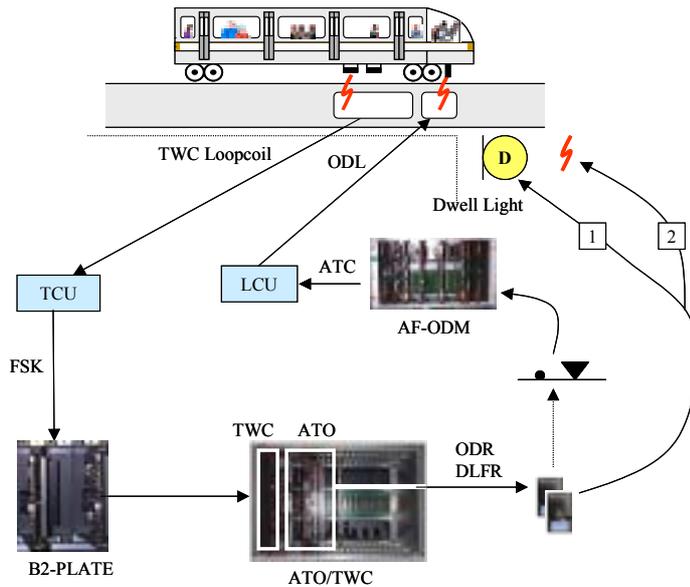
또한 5,7,8호선에는 홈에서 열차의 전부가 위치하고 있는(홈의 첫 번째 궤도회로) 궤도회로의 ATC속도코드와 출입문 제어용 Loopcoil로 전송되는 ATC코드가 같은 AF Module에서 계전기의 동작에 의해 접점을 사용하여 어느 신호를 송출할 것인가를 결정하는데 비해 6호선은 별도의 ODM을 설치하여 각각 제어할 수 있도록 되어 있다. 이 부분은 특별한 문제점을 갖지는 않으나 인터페이스 장치간의 안전성 확보라는 측면에서 보완이 된 것이다. 그렇다고 5,7,8호선의 시스템이 인터페이스에 문제를 일으킬 수 있는 소지를 갖고 있는 것은 아니다. 단지 AF장치의 레벨 조정 시에 유지보수자의 주의가 필요하다. 왜냐하면 궤도회로의 레벨을 조정하다보면 ODL의 레벨도 같이 조정되기 때문에 상관 관계를 고려하여 조정하여야 한다. ODL의 레벨은 보통 Loopcoil 중앙에서 150mA정도의 레벨을 요구한다.

이것은 열차와 지상간의 출입문관련 지상시험 Data이며 열차의 ATC가 높은 코드(CR8)에서 간헐적으로 포화 현상을 나타내는 사례가 있어 출입문 제어가 안될 경우가 발생할 수 있는 원인을 제거하기 위한 적절한 값이다. 궤도회로의 레벨을 높이다 보면 ODL의 레벨도 같이 높아져서 이러한 오류 속에 남을 수도 있기 때문이다. 이러한 조정의 문제를 해결하기 위해 신호기계실에서 ODL출력부분에 별도의 저항을 추가로 설치하였다.

□ 6호선의 출입문제어과정

승강장의 정위치정차 위치의 열차가 5,7,8호선은 5Km/H이지만 6호선은 1Km/H 이하의 주행속도에 대해 열차의 정지 상태임을 검증하며 정지상태 검증정보는 지상 및 TCMS로 전송된다. 열차는 5,7,8호선과 같은 형태로 정차정보 TB(Train Berthed)를 열차의 TWCc로부터 신호시스템으로 전달되어진다. 이 전달된 정보는 TWC Loop Coil을 통하여 TCU(Twc Coupling Unit로 MT-BOX와 같은 기능을 담당)를 거쳐 신호기계실의 B2-Plate Board를 거쳐 ATO/TWC장치의 TWC MODEM으로 전달되어져 복조되고, 복조된 정보는 ATO장치를 통해 처리되어진다. ATO/TWC장치는 하나의 Card-file에 설치되지만 각각의 프로세서인 CSEX II Board를 갖고 처리되어 지고 Data통신을 한다.

Flow Chart에서 보듯이 ATO로직에 의해 ATO장치는 ODR을 출력시키고 평상시 출력되고 있는 ZSR을 제거한다. 이러한 동작으로 홈의 궤도회로에 송출하고 있는 ATC속도코드는 제거되고, ODM(Open Door Module)



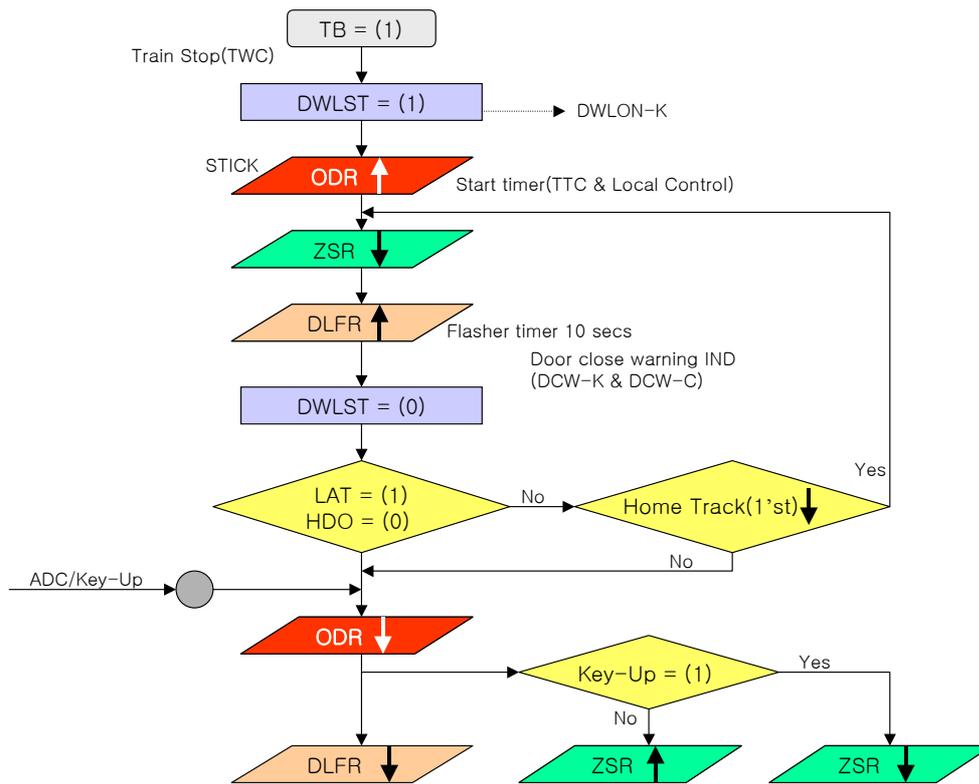
이라는 AF장치는 ODR의 접점을 이용하여 출입문제어용 ATC코드를 송출하게 된다. 이 신호는 레일 옆에 설치된 LCU(Loop Coupling Unit로 5,7,8호선의 MT-BOX와 같은 기능을 담당)를 거쳐 ODL (Open Door Loopcoil)로 전송되어 열차의 ATC 안테나와 무선으로 전달하고 열차의 ATC장치가 수신하게 되면 출입문을 자동으로 열 수 있도록 한다. 다른 모든 것은 5,7,8호선과 동일한 동작을 갖는다.

다만 ATO장치에서 로직에 의해 처리된다는 것만 다를 뿐이다. 특이

한 것은 5,7,8호선은 LAT조건이 만족하지 않을 때 Dwell Light가 계속 점멸하고 속도코드를 전송하지 않으며 DLFR의 계속 여자로 홈의 궤도회로는 속도코드가 전송되지 않아 다음 열차도 정상적으로 홈에 정위치정차를 할 수 없는 반면 6호선은 Dwell Light가 동작하지 않는다.

또한 수동으로 출입문을 닫지 않으면 Dwell Time이 종료되어도 OD는 계속 출력이 되고 출입문을 수동으로 닫을 경우

OD는 출력되지 않으나 ZS조건에 의해 LAT가 만족할 때까지 ATC 속도 코드는 송출되지 않는다. 열차가 어떠한 방법으로 든지 홈을 출발하고 나면 ZSR이 여자되어 다음에 들어오는 열차가 홈에 정위치정차를 할 수 있도록 홈 첫 번째 궤도회로에 ATC속도코드를 전송한다. 물론 홈에서 가까운 궤도회로가 무여자되어 있다면 열차는 단계별 ATC속도코드에 의해 홈으로 진입하게 될 것이다. HDO는 OD가 출력될 때 제어가 가능하다.



열차정차정보 TB는 열차가 홈에 도착하여 정위치정차를 하면 TWC통신이 이루어지고 열차는 TWC장치를 통해 TB정보를 송출한다. 6호선의 TB정보는 수동운전 시에는 Vo가 검지되면 무조건 송출을 하게되나 자동운전 시에는 5,7,8호선과 다르게 PSM4를 추가로 검지하여야만 송출하도록 되어 있다. 이것은 5,7,8호선에서 경형한 열차가 홈이 아닌 위치 또는 정차위치가 아닌 개소에서 출입문이 열릴 수도 있는 오류를 방지하기 위한 것이다.

- 다음은 종합사령실과의 출입문 관련 기본적인 ATO정보의 교환과정이다
 - 가. 열차가 승강장에 도착했을 때 현장으로부터 표시정보 수신
 - 나. 수신된 정보를 비교하여 ATO제어정보를 송출

다. 출입문이 OPENED 되었을 때 현장에서부터 표시정보 수신

라. 출입문이 CLOSED 되었을 때 현장에서부터 표시정보 수신

마. 사령에서 비교 분석한 DATA를 현장으로 송신

바. 사령실에서 제어정보 송출 후 현장의 상태정보(표시)를 수신

※ ACK정보로 정보의 송, 수신상태 확인 통신불량 등 EVENT가 발생하면 수시 정보 송, 수신 처리

□ PSM5의 기능

기지에서 본선으로 열차가 진입할 때 첫 번째 TWC LOOP 다음에 설치하며 정지 목적으로 사용되는 것은 아니고 거리계산의 동기, 본선진입 전에 TRA동작을 검사하기 위해 사용되는데 열차의 ATO장치가 이 PSM을 검지하면 규정된 거리안의 모든 PSM을 무시한다.

또한 회차 역의 상, 하선 진로가 겹쳐진 개소에도 설치하여 반대방향으로 홈에 진입하는 열차가 정차위치까지 정상적으로 운행할 수 있도록 홈에 설치된 각각의 PSM3, 2, 1을 무시하는데도 사용된다.

홈에 정차한 열차는 다음 역에서의 정위치정차를 위해 홈을 출발하기 전에 TWC장치와의 교신을 통하여 자신이 가고자 하는 역의 거리정보를 갖고 출발하게 되는데 이러한 부분은 열차가 운행을 하면서 미리 정의된 위치에서 만나는 PSM에 의해 정위치정차를 할 수 있도록 보장된다.

□ PSM 미검지시 현상

※ 참고로 공개된 차량분야의 PSM(Precision stop markers) 미검지시의 교육자료 내용을 소개한다.

가. PSM(Precision stop markers) 1,2 미검지 시 검토내용

ATO는 TDB의 원도 범위 내에 있어야할 PSM1 또는 PSM2를 검지하지 못했을 경우 자동운전을 취소하며 FSB 제동체결로 정지한다.

나. PSM3 미검지 시 검토내용

ATO는 PSM3을 검지하지 못했을 경우 자동운전은 유지하나 ATO Position 값을 보장하지 못한다.

따라서 이후에 PSM4를 검지한다고 하더라도 ATO는 이미 정위치 정차점에 상당히 접근한 상태이므로 정위치 정차에 오차가 발생할 수 있다. 만약 PSM2에서부터 연산된 ATO 자체 Position 값이 (+)오차가 크다면 조기서행 가능성이 높고 (-)오차가 크다면 상기와 반대로 초과 정차의 가능성이 높아진다.

다. PSM4 미검지 시 검토내용

ATO는 PSM4를 검지하지 못했을 경우 자동운전은 유지하나 PSM3에서부터 ATO가 자체 연산한 정차점 Position으로 정위치 정차를 시도한다.

만약 PSM3에서부터 연산된 ATO 자체 Position 값이 (+)오차가 크다면 조기서행 가능성이 높고 (-)오차가 크다면 상기와 반대로 초과 정차의 가능성이 높아진다.

라. PSM5 미검지 시 검토내용

PSM5는 2.5m 거리 이내에 있는 다음 PSM을 무시하기 위한 기능을 가지고 있으며 미검지시 인식하지 않아야 할 PSM을 인식하게 되어 TDB 데이터와의 비교 오류로 "PSM이상검지"라는 고장을 현시하지만 자동운전은 계속된다.

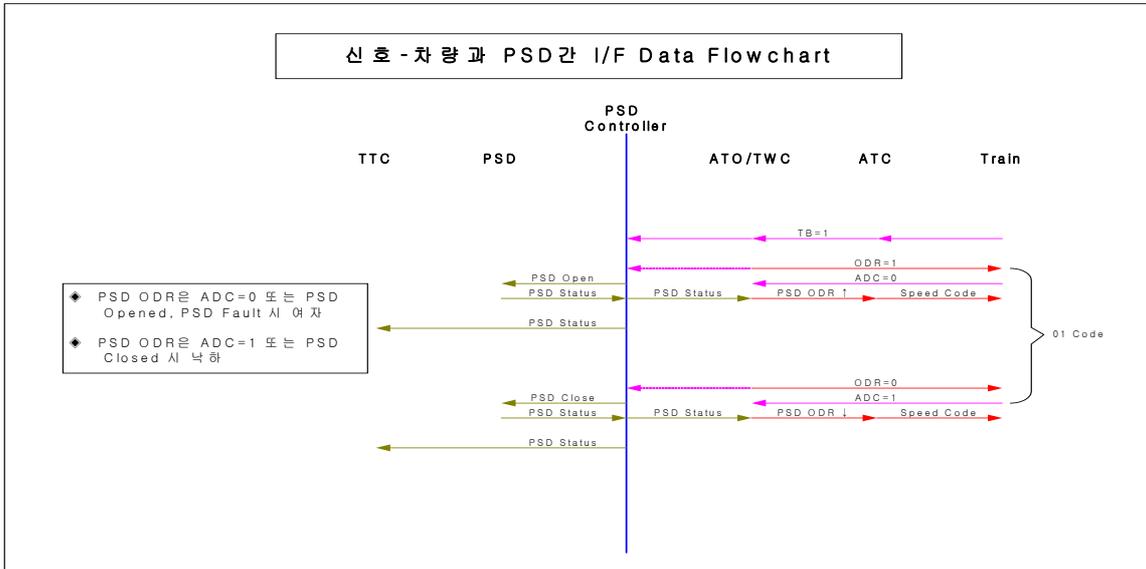
마. PSM6 미검지 시 검토내용

회차선에 설치된 PSM으로 PSM6 미검지시 자동운전은 취소되지 않고 역간 거리에 의해 정밀정지를 수행한다.

바. PSM1, 2를 미검지 시 자동운전의 해제

자동운전을 해제시키는 이유는 전동차 출발이후 거리 주행 연산오류에 대한 리셋으로 거리 보정을 실시해야 하나 PSM1, 2를 미 검지함으로 인해 거리계산 착오로 속도조절에 착오를 일으켜 정위치정차를 실패할 확률이 높기 때문에 자동운전을 해제하여 수동운전으로 정차시키도록 하기 위함이다. 거리보정을 실시하기 위한 PSM의 정확한 검지는 자동운전에서 필수이다.

4. 신호-차량과 PSD 장치간 data 인터페이스 Flow-chart



가. 출입문 열림 관계

열차가 승강장에 도착하면 열차로부터 승강장에 도착하였다는 정보(TB)를 신호기계실의 전자연동 장치로 전송하게 되며, 신호기계실의 전자연동장치는 열차로부터 승강장에 도착하였다는 정보(TB)를 수신한 후 출입문 열림 제어정보(Open Door Request)를 열차와 해당 승강장 PSD로 송출하여 열차와 스크린도어의 출입문을 열게 한다.

나. 출입문 닫힘 관계

승하차 승객이 없으면 기관사는 출입문 닫힘 버튼(수동취급)을 작동 후 열차 출입문 64개가 정상으로 닫힌 후 닫힘(ADC=1) 정보를 신호기계실 전자연동장치로 전송하게 되며, 신호기계실 전자연동장치에서는 닫힘 정보(ADC=1)를 수신한 후 전자연동장치는 열차출입문 닫힘 정보(ADC=1)를 PSD 장치로 열차 출입문 닫힘 정보(ADC=1)를 송출한다. 이때 PSD는 신호기계실 전자연동장치로부터 열차출입문 닫힘 정보(ADC=1)를 수신한 후 PSD를 닫도록 명령한다. 이후 PSD의 64개의 문이 모두 닫힌 후 PSD 닫힘 정보(PADC=1)를 신호기계실 전자연동장치로 송출하면 신호기계실 전자연동 장치는 PSD 닫힘 정보(PADC=1)를 수신한 후 ATC 속도코드를 열차로 송출하게 되며, ATC속도코드를 수신한 해당열차는 출발버튼을 취급하여 운행하게 된다.

다. PSD장치의 기능 이상시 ATC 속도코드 미 송출 관계

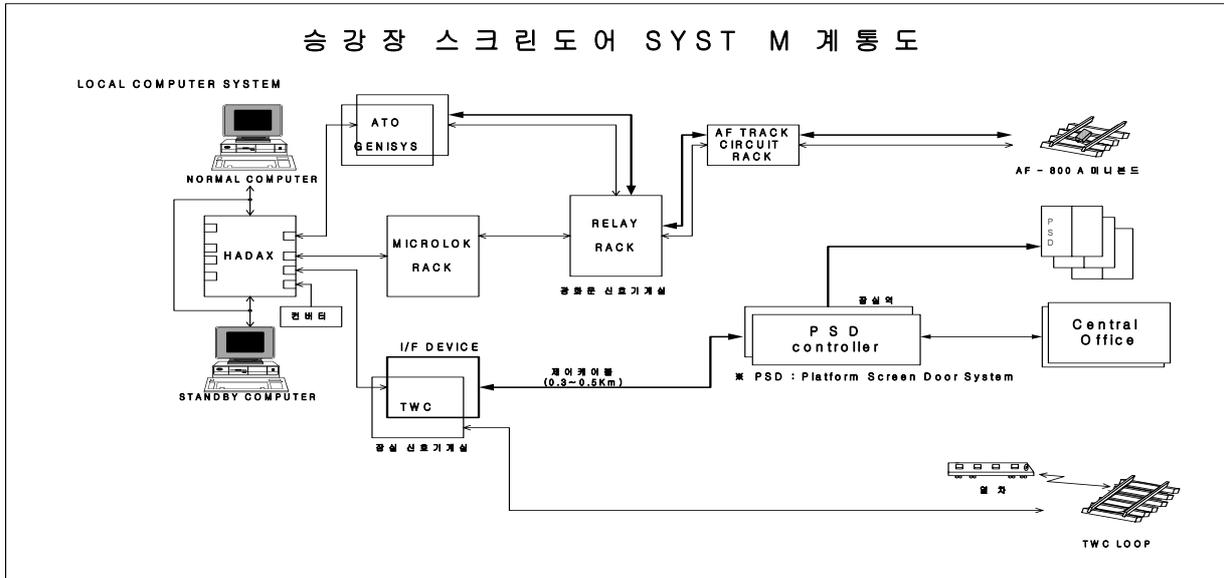
만약 PSD장치에서 경보 사항(PSD 개별 열림, 또는 기타고장)이 발생되면 PSD 장치로부터 신호 기계실로 PSD닫힘 정보(PADC=1)가 수신되지 않으며, 신호기계실의 전자연동장치는 ATC 속도코드를 열차로 송출하지 않는다. 이때 기관사는 출발버튼을 취급하여도 열차는 운행되지 못한다.

그러나 PSD에서 Override 조건(경보 바이패스)을 설정하면 PSD 닫힘 정보와 상관없이 신호기계실의 연동장치는 ATC 속도코드를 송출하게 되며, 해당 열차의 기관사는 ATC 속도코드를 수신한 후 출발버튼을 취급하여 열차를 운행한다.

라. PSD가 열차안전운행에 직접적인 영향을 준다.

위와 같이 PSD장치가 정상적으로 운용될 때는 열차에 이중으로 출입문이 있는 것과 동일(엘리베이터의 이중문과 동일)하여 열차안전운행에 직접적으로 영향을 주는 중요한 열차안전운행설비이다.

5. 승강장 스크린도어 시스템 계통도(신호분야)

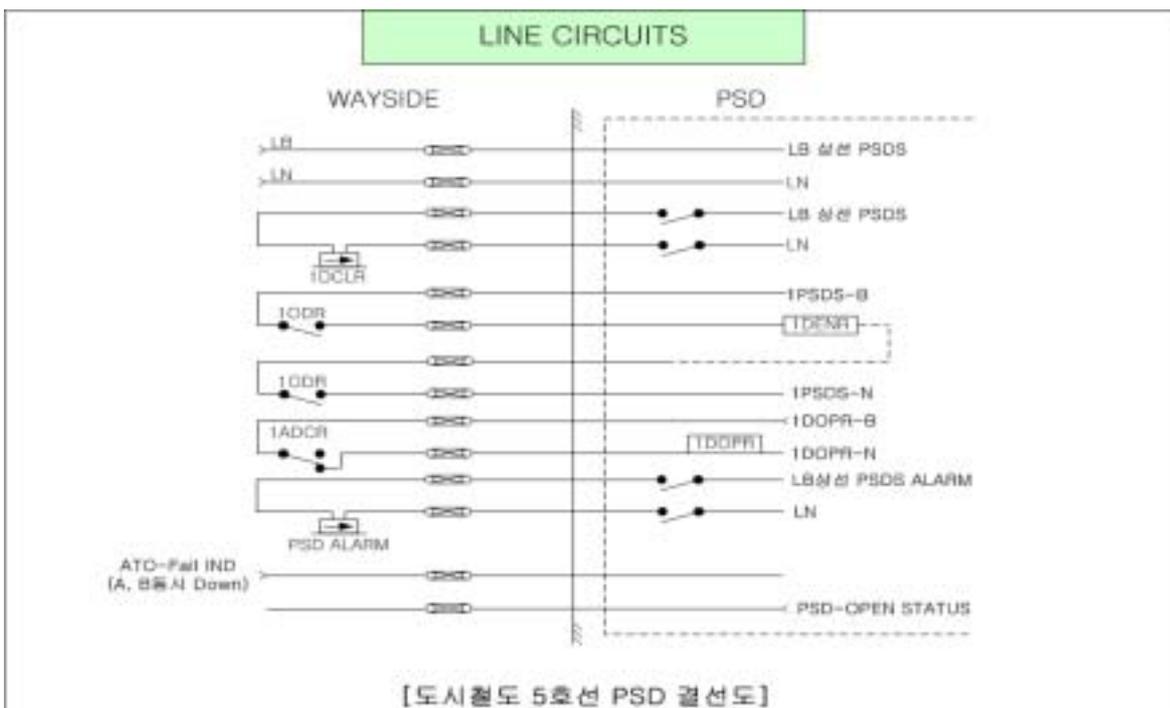
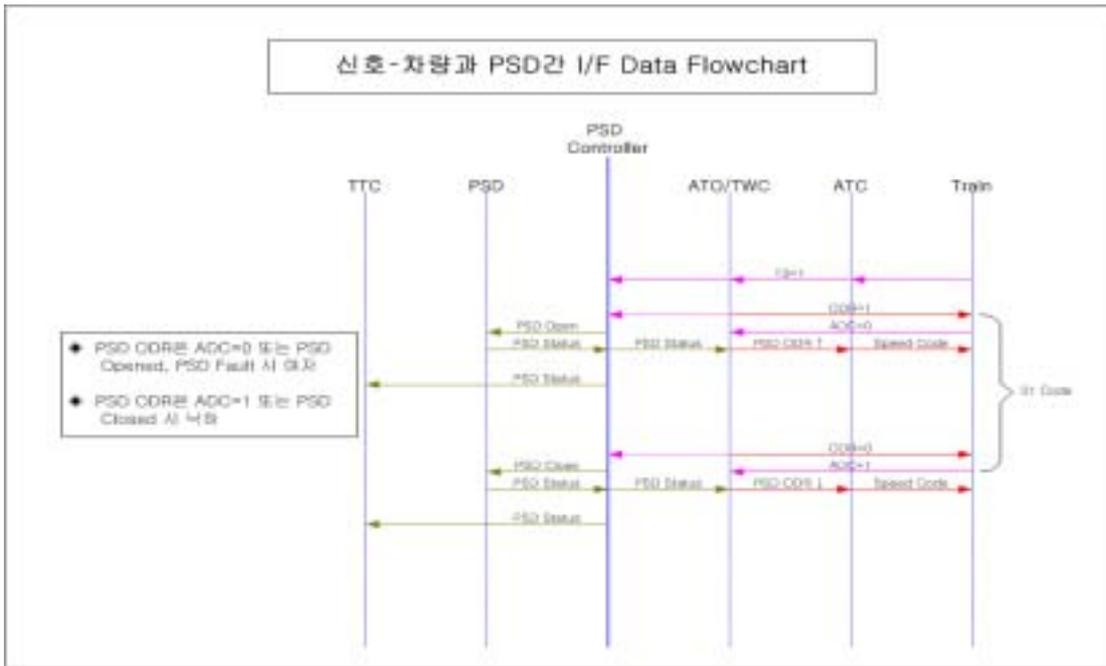


PSD 동작순서(출입문 자/자 Mode)



6. 문제점

기관사가 열차 출입문 운용 모드를 모두(열림·닫힘) 자동으로 선택한 경우에는 PSD 출입문 닫힘에 지연이 발생치 않으나 기관사가 열차 출입문 운용 모드를 도착시 자동 열림으로 하고 닫힘을 수동모드로 선택할 때는 PSD 출입문 닫힘에서 열차 출입문이 닫히고 나서 3초 후에 스크린도어가 닫히며, 이 정보가 신호기계실로 전송된후 신호기계실에서 열차로 속도코드를 송출할 때 까지의 시차 2초를 포함하면 총 5초의 지연시차가 발생되어 열차 이용승객에게 불편을 초래하고 열차운행시간에 지연을 초래하게 되어 결과적으로 열차 편성수가 늘어나게 되며 기관사가 더 투입되는 상황이 발생하게 되어 비경제적이다.



7. 결론

본 연구는 기존의 자동운전 구간에서 전동차 TCMS 장치의 판단에 의하여 승강장 플랫폼에 자동적으로 정위치 정차 위치를 맞추어 허용 오차의 범위 내에 정차한 후 승객이 하차할 수 있도록 열차 출입문과 PSD 출입문을 동시에 개방한 후 승객이 승하차를 완료한 이후 기관사가 수동으로 출입문을 닫을 경우 시퀀스 적으로 발생하는 열차 출입문이 닫힌 후 5초 후에 PSD 출입문이 닫히게 되어 승객에게 불편을 주고 있으며, 특히 열차가 지연되는 현상이 발생되고 있어 이러한 기술적인 문제점을 극복하고자 전동차와 스크린도어 및 지상신호장치에 IR(적외선) 또는 RF(무선주파수)시스템을 추가하여 기관사가 출입문을 수동으로 닫을 경우에 IR 또는 RF시스템 작동에 따라 열차출입문과 PSD출입문이 동시에 닫아 지도록 보완하여

기관사가 수동으로 달을 경우 5초 지연을 해소하여 PSD시스템이 정상적으로 구현되도록 조치하여 기존의 자동운전 구간(ATO)에서도 시공 때부터 설계되어 설치되는 최근의 PSD에 버금가는 PSD시스템이 되도록 연구하였다.

열차와 PSD와의 연동시스템은 주(Master)로 구축하고, 해당 열차를 부(Slave)로 하여 PSD의 출입문과 열차의 출입문 개·폐 속도를 일치하였으며, 항상 PSD 출입문이 닫힌 상태에서 ATC 속도코드를 열차로 송출된 후 출발이 가능하도록 기능이 부여된 안전연동시스템으로 구현하였다.

본 연구에 의한 시스템은 5호선 자동운전구간(ATS)의 차량과 PSD시스템간의 부조화로 발생하는 결점을 보완하여 PSD를 설치하게 되어 승객의 편의와 열차안전운행에 최소한 이바지할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 김영태 (2003년) “신호제어시스템” 테크미디어
2. 신호실무교재(2000년) 서울지하철공사
3. 윤만수(2002년) “센서제어공학”, 일진사
4. Train control system Matra Transport(1995. 8)
5. Railway Control Systems A&C Black(1991)