

도시철도의 열차출입문제어에 관한 연구

A Case Study for SMRT Train Open Doors Control System

원유덕*, 심원섭**
won yu-duck, shim won-sub

ABSTRACT

It followed in system development and SMRT(Seoul Metropolitan Rapid Transit Co)System reached to an automatic train operation(ATO) and driverless operation(DLM) from the manual operation due to the train driver. The train like the general bus or the car vehicle was not serial riding in a car and the Parallel concept which the numerous passenger rides in a car simultaneously occur frequently the charge of the train driver unmanned bitterly from existing manual handling was a possibility of doing, train open door control(ODM) which bites also ATO, it handles it minimized. Like this ATO/DLM, the control system which bites being a Wayside to Train communication for immediacy, it is a system of the Vital concept the immediacy of the citizen Data evil the radio information transmission and the train of the interface which is accurate from unmanned operation and, will decipher, will accomplish it will guarantee. It respects the passenger accident prevention and an air question environment improvement from subway platform and phul leys the screen door of Platform(PSD) with the fire tube frost it refers and part it treats and to sleep it does, ODM which bites is accuracy and immediacy of altitude and when seeing from the viewpoint which demands the trust of altitude, ODM system the trust of car incest interface in the equipment construction which is safe and the comparative analysis back of the system analysis against the control which bites and case study and other subway system it leads from the research which it sees and signal - train in base grudge to sleep it contributes it does.

국문요약

1. 서론

시스템 발전에 따라 도시철도시스템은 기관사에 의한 수동운전에서 자동, 무인운전에 이르렀다. 철도의 차량은 일반 버스나 자가용 차량처럼 Serial승차가 아닌 수많은 승객의 동시 다발적으로 승차하는 Parallel개념이라 할 수 있으며, 열차출입문제어 또한 기존 수동취급에서 자동, 무인취급 하므로써 기관사의 부담을 최소화하였다. 이러한 자동/무인운전에서 출입문제어시스템은 Wayside와 차량간 안전하고, 정확한 인터페이스의 무선 정보전달과 차량의 Data해독, 판독, 수행을 하여야 시민의 안전을 보장할 수 있는 Vital개념의 시스템이다.

지하철 플랫폼에서의 승객안전사고 방지 및 공기질의 환경개선을 위한 플랫폼의 스크린도어(PSD, Platform Screen Door)와 연관성에 관하여도 일부 다루고자 하며, 열차출입문제어는 고도의 정확성과 안전하고 고도의 신뢰를 요구하는 관점에서 볼 때, 본 연구에서는 도시철도 시스템의 열차출입문제어에 대한 시스템분석과 사례연구, 타지하철시스템의 비교분석 등을 통하여 지상-차상간 인터페이스의 신뢰를 기반으로 한 안전한 설비 구축에 기여하고자 한다.

* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, 서울도시철도공사 차장

E-mail: youseya@yahoo.co.kr

TEL: 02)6311-6614,6624,6634, FAX:02)6311-4261

** 서울산업대학교 철도전문대학원교수, 공학박사

2. ATO설비의 출입문제어 및 PSD

2.1 ATO(Automatic Train Operation) SYSTEM

ATO설비는 기존에 기관사가 수동으로 수행하던 역간 운전, 열차정차, 출입문제어, 열차출발, 안내방송 등을 최신의 컴퓨터 기술과 소프트웨어 기술을 결합시켜 열차 운행상태를 TTC에서 감시하므로서, 숙련 또는 미숙련의 기관사에 관계없이 안전한 열차운전이 가능하도록 자동화 설비를 말한다. 이 설비는 아래와 같은 기능을 가지고 있다.

- 차내 프로그램에 의한 자동 가 감속으로 역간 열차 자동운전
- 열차 자동출발(출발버튼 취급) 및 자동정위치 정차
- 열차출입문 자동 개폐제어
- 열차운행정보 자동 송수신

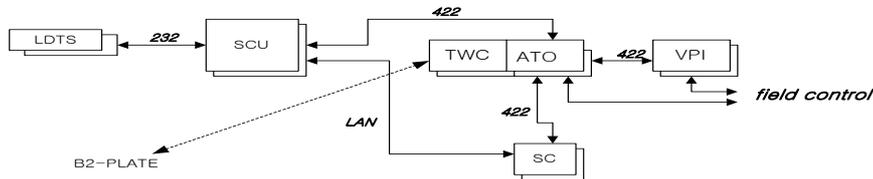


그림1. Signal System(6L Main line)

2.2 ATO/TWC기능

이장치는 Non_vital 입력과 출력을 갖고 각종 경보의 처리와 출입문 자동제어 등 ATO기능을 수행하며, VPI 장치와 통신을 하여 연동장치의 제어 및 표시정보를 Interface하는 연동장치 영역의 Non-vital 부분을 갖고 있는 마이크로프로세서 장치로 각종 Logic 및 통신 Software를 내장하고 있어 VPI장치 외에 신호시스템을 구축하고 있는 주변장치와도 데이터 통신을 하며 정보를 처리한다.

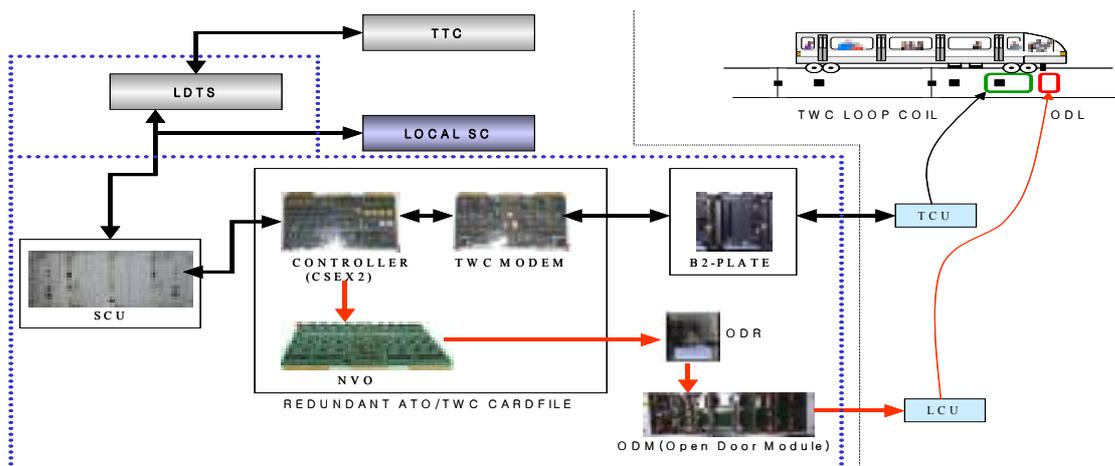


그림2. ATO(Automatic Train Operation) 장치

ATO장치는 하나의 카드화일에 TWC장치와 함께 수용되어 각각의 프로세서에 의해 동작하고 ATO 또는 TWC장치 한 개의 시스템에 고장이 발생시에는 ATO/TWC장치는 카드화일 전체가 절체를 시행하게 된다.

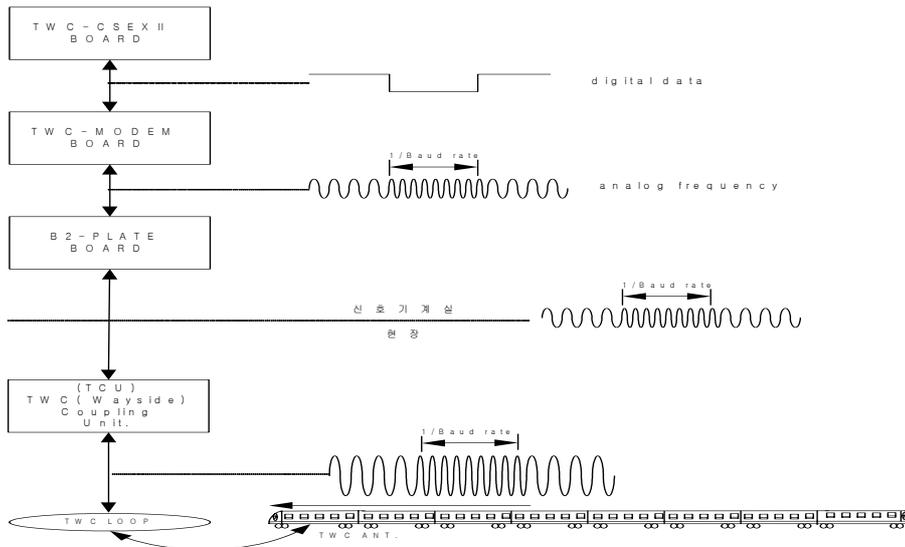


그림3. Wayside To Train Communication

TWC 장치는 차량의 상태정보와 ATO 관련정보를 송, 수신하는 역할을 하며, ATO장치의 CPU와 Input/Output은 모두 이중계 System으로 설치되어 VPI 장치 및 SCU, SC(OC)장치 등 주변장치와 직렬 데이터 정보를 인터페이스하며 출력은 Normal(On-line)에서만 가능하고 Standby(Other-line)의 출력 단에서는 계전기 접점을 사용하여 원천적으로 봉쇄되는 병렬구조로 되어 있어, 입력은 시스템의 A 그리고 B 양쪽에서 모두 수신하여 논리식을 계산할 수 있다. On-line과 Other-line의 개념은 VPI와 같이 우선적으로 처리되어지는 Processor가 On-line이 되며 우선적인 개념은 하드웨어적이거나 소프트웨어적으로 정의되어 있지 않다. 절체기능을 보면 VPI장치와 같이 자동절체는 고장조건을 감시하고 있는 시스템 내부에서 이루어지며 시간의 지연은 발생하지 않는다.

ATO장치의 "A"와 "B"는 VPI장치의 "A"와 "B" 어느 것이라도 통신이 가능하고 제어 및 표시정보를 처리하도록 되어 있으며, 종합사령실 또는 현장 신호취급실에서 제어된 신호제어정보는 직렬 데이터 형식으로 ATO 장치에 전달되며 ATO장치는 독립된 Non-vital Logic Program을 갖고 제어정보를 IP(VPI)장치로 인터페이스를 한다.

IP시스템에서는 ATO장치로부터 받은 정보를 Vital하게 처리하여 현장의 신호장치들을 제어하고 시스템 기록을 한 정보는 다시 ATO장치로 정보가 전달되어 종합사령실과 현장 신호취급실 및 보수자용컴퓨터 기타 장치에 전달되고 각각의 모니터에 표시정보를 전달한다.

2.3 출입문 제어(ODM, Open Door Module)

출입문 제어는 열차출입문 개, 폐를 말한다. 자동 운전 시에는 열차가 역에 완전히 정차하여 모든 문들이 플랫폼 제한구역 안에 있을 때에만 열리도록 자동 수행된다. ATP, ATO/TWC시스템은 이 기능을 위해 상호작용하게 되며, 열차가 플랫폼에 정차 했을 때 차상 TWC송신장치는 현장에 정지신호(TB, TRAIN BERTH)를 보낸다. 로칼에서 이정보를 수신하면 ATP시스템은 레일로 열차 주행 명령전송을 하지 못하도록 하고, 열차 출입문 개방 명령을 하며, 일정 시분은 카운트하여 폐문 명령을 차상으로 주게되므로 폐문이 되며, 동시에 열차 제한속도 명령을 송신하여 열차는 다음역으로 출발한다.

2.4 출입문 제어MODE

차량 시스템의 출입문 제어는, 통상 자동 개방/자동 닫힘, 자동 개방/수동 닫힘, 수동 개방/수동 닫힘의 3가지 출입문 제어모드가 있으며, 차상ATC/ATO 시스템과 연계되어 각 운전 모드별 출입문 동작 상태가 주어진다.

2.5 출입문제어 시퀀스 분석

열차가 승강장에 도착하여 정차 후 현장 TWC 루프를 통해 지상, 차상간 통신하게 된다. 차량(TWCC)은 CD를 지상으로 송신하며, 지상(TWCW)은 ATO 고정값 차량으로 송신한다.

차상에서(CD*ZSR(Zero Speed(3km/h이하))와 PSM4를 검지하여야 비로소 TB를 지상으로 송신하여 역에 정위치 정차 하였음을 알리게 된다. 예에 지상 설비는 다음 절차에 의해 수행되어 출입문을 제어하게 된다.

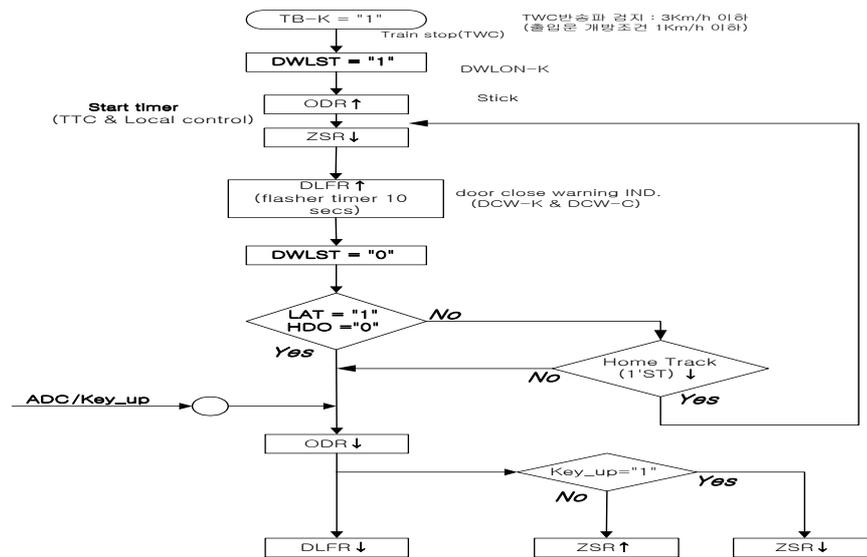


그림4. Open Door Sequence

ATO로직을 통해(TB=1, 홈궤도 점유상태, ODR낙하, KUP낙하, KDN낙하)조건 검사하며 DWLST*여자, ODR여자, ZSR을 낙하시켜 ATC 속도코드 무현시 및 ODL LOOP 출입문제어(개방)한다. 개방후, DWLST여자 10초후에 DWLTE** 여자됨과 동시에 DLF를 여자시켜 현장 D/L등이 FLASHING하게 되며, DWLTE 여자 10초후 DEPFLTE 여자, DWLCMP*** 여자된다. 이후 열차는 전방궤도(LATK)여자상태, 신호현시 상태, HDC/HDO/DLS 조건검사를 하며, DWLST는 낙하되어 OD낙하, ZS여자 되므로서 열차출입문 닫히게 된다. 또한, DWLTE이 낙하되어 DLF낙하, DEPFLTE낙하조건으로 현장의 D/L등이 소등된다.

이로써 출입문 개,폐제어가 종료됨에 따라 ZSR여자로 AF의 속도코드 송출되어 열차는 출발하게 된다. 정상적인 DWELL TIME(5~8과정)이 경과되기 전에 차량에서 출입문을 수동으로 제어하면 ALL DOOR CLOSE 정보(ADC)가 송신되어 신호기계설의 ODR, DLFR 낙하 및 ZSR을 여자시켜 차내에 AF 속도코드가 송출되어 언제든지 열차가 출발 할 수 있다.

2.6 출입문제어와 스크린도어간의 관계

2.6.1 PSD도어 구성

플랫폼스크린도어(PLATFORM SCREEN DOORS,이하 스크린도어 또는psd)는 승강장과 선로사이에 고정벽과 도어를 설치하고 이 도어가 전동차도어와 연동하여 개폐되는 설비로써 신호설비가 상호 인터페이스 하는데 중요한 역할을 담당하고 있다.

PSD 시스템의 구성은 가동부 샤프, 강화유리(슬라이딩 도어)와 고정부 샤프, 강화유리(비상도어 또는 고정샤프 부분)으로 이루어지며, 지지구조 및 구동박스의 도어 개폐의 구동장치, 동력전달장치, 자동·수

* DWLST : Dwell Start

** DWLTE : Dwell Timer

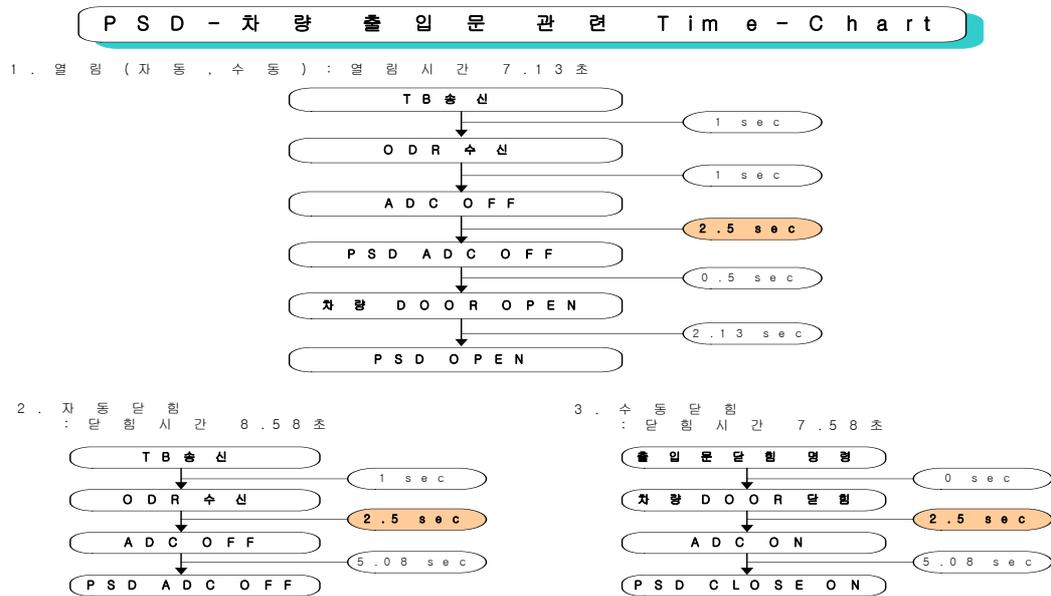
*** DWLCMP : Dwell Complete

동 잠금 및 해제장치, 안전센서, 제어반 및 조작반으로 구성된다.

2.6.2 동작조건

도어 개폐방법은 ATO의 신호수신에 의해 개폐하며, 열차가 승강장에 정차하고 있지 않는 상태에서는 도어가 잠금장치에 의해 잠겨 있어서 강제로 열 수 없도록 하고, 정전일 경우에는 비상스위치를 사용 잠금장치를 해제 도어를 열 수 있어야 하며, 닫힘 동작 중에 승객이나 물체가 접촉할 경우 이를 자동 감지하여 도어를 다시 개방되어야 한다. PSD와 열차도어 사이의 공간에 승객이 갇히는 것을 방지하기 위한 안전장치 설치하여야 한다.

2.6.3 ODM, PSD 및 차량간 TIME 분석결과



2.6.4 타지하철의 PSD시스템

1) 신공항철도 및 9호선의 PSD시스템

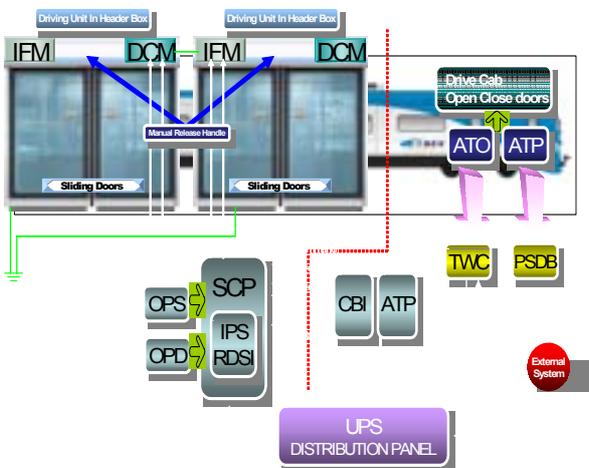


그림6. 신공항철도 PSD시스템

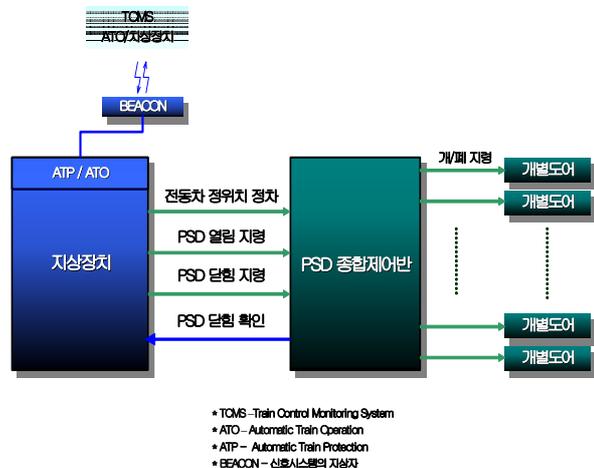


그림7. 9호선 PSD시스템

자동운전시 닫힘동작 열차가 출발하기 전, 종합제어반이 신호기로부터 닫힘 지령을 수신하면 종합제어반에서 PSD의 각 개별제어반으로 닫힘 지령을 송신하는 기능 “신호시스템용 릴레이 로직”이 PSD 제

어장치에 설치되어 정위치 정차 신호등을 수신한다. PSD 제어장치는 정위치 정차 신호가 ON 되어 있는 동안 도어 열림/닫힘 신호를 수신하고 수신된 신호는 PSD 컨트롤 장치에 홀딩되고 이중 점점으로 DCU장치로 출력된다. 제어반으로 부터 닫힘 지령을 수신하면 부저가 울리고 닫힘 동작을 개시하는 기능이 있으며, DCM이 SCP로부터 도어 닫힘 명령을 수신한 후 부저가 1초간 울리고 닫힘 동작을 개시한다.

3. 결론

전체로 도시철도 건설규칙의 승강장 안전시설 규정에 따라 각 분야별 설치되어야 한다. Non-Vital설비인 ATO설비 중 출입문제어와 PSD 장치는 승객의 직접적인 안전과 직결되는 장치로서 차량과 지상의 정확한 정보 전달이 요구된다. 출입문제어의 지연, 부정 개방으로 인한 열차 지연요소를 사전에 차단으로 표정속도 향상에 기여하고 있으나, 현행 각 역사에 일률적인 정차시분(Dwell Time)을 환승역, 혼잡역, 비혼잡역 등을 조사, 분석하여 해당 역에 맞는 최적의 시간을 적용함으로써 표정속도 향상과 대 시민서비스 개선에 관한 기술적 검토가 요구된다.

초창기 시스템 구축시 열차 출입문이 부정개방(반대방향)열림 현상이 많이 발생하였다. 지하철 구조물상 지하공간에서의 각종 노이즈 및 전파 간섭 등이 존재하고 있다. 따라서 차상의 출입문제어 시스템은 지상신호의 고 감도의 필터링과 Sampling, 양자-부호화 과정이 고 신뢰도와 안전성을 가져야 할 것으로 사료된다. 앞에서 거론은 안 되었지만 부정개방에 대한 대책으로 차상의 ATC시스템의 S/W Program을 보완하여 신뢰도를 높여 문제를 해결하였다.

출입문제어 더불어 시민의 쾌적한 환경과 안전을 위한 Psd설비 역시 고 안전성과 신뢰도를 바탕으로 한 ODM, PSD과 차상의 정보 Interface가 정확하게 이루어져야 할 것으로 본다. 첫째는, PSD의 도어가 닫히는 도중에 사람이나 물체가 구동부 과부하센서 또는 문끝 센서 및 장애물 센서에 감지될 경우 도어를 재 개폐되어야 하며, 둘째, 이와 같은 동작이 연속하여 반복되는 경우, 도어를 개방상태로 하고 승강장도어 상부의 표시등을 점멸하여 종합제어반에 이상신호를 송신하며, 셋째, 이상신호를 수신한 종합제어반은 승무원 조작반, 승강장 조작반, 역무실 조작반, 사령실조작반에 이상 신호를 송신하고 각 조작반의 표시등을 점등하는 기능 유지하여야 한다.

PSD는 정전 또는 화재시 대응으로 역사 정전시 열차 도착 이전에 역무원이 각 PSD에 설치되어 있는 개별제어반 내의 잠금장치 해제 레버를 조작하여 PSD를 수동개방이 가능한 구조여야 하며, 화재 등의 비상시 승객의 탈출 방안 비상사태로 인해 열차가 정위치에 정차하지 않거나 자동으로 PSD가 Open되지 않는 경우에는 PSD에 설치된 승무원 조작반, 역무원 조작반 등을 통해 해당 승강장의 모든 PSD를 일괄적으로 개폐 가능한 구조가 되어야 할 것으로 본다.

- 참고문헌 -

1. 이종우의 1명, "철도 신호보안장치 안전성 규격의 발전 동향", 한국철도학회지/제5권/제4호(2002)
2. 서울시철도공사, 도시철도5, 6, 7, 8호선 신호시스템 해설(EIS)
3. 김영태 저, 신호제어시스템(테크미디어,2003)
4. 도시철도건설규칙(건설교통부령 제412호 일부개정 2004.12)
5. 서울 9호선 민간투자사업 보고서 기술자료 제4권 스크린도어 (2002.3)
6. 광주도시철도 PSD관련 협의사항 (2003.11)
7. 도시철도공사 PSD기술검토서(2006.10)
8. 서울도시철도, 전자연동장치(SMRT-SIG-95-004)