

열차와 지상간 TWC 통신에 의한 자동운전에 관한 연구

(지하철 ATO/TWC 설비를 중심으로)

A Case study of the automatic operation due to the Train to the Wayside to TWC communication

(Focused on the Subway ATO/TWC equipment)

황인길*

송중호**

HWANG, IN-KIL

SONG, JOONG-HO

ABSTRACT

5678SMRT (Seoul Metropolitan Rapid Transit Co) by a ATC/ATO system the other side which is operated with an automatic movement with a manual operation, the Seoul subway 1.2 lines ATS and 3.4 lines adopt a ATC method and they are operated. But it is improving progressively in SMRT railway ATO method.

The ATO the operation method leads exchange of information of wayside and train system for and it is possible, the TWC system configuration is becoming wayside and train system and the radio antenna. It discussed the equipment for a TWC system and a automatic operation from the dissertation which it sees. It investigated a data exchange, a message format and an interface control method and it joined in and a system maintenance conservative method it discussed.

1. 서론

5678SMRT(서울도시철도공사)는 ATC/ATO 장치에 의해 자동으로 운행되는 반면, 서울지하철은 1·2호선은 ATS, 3·4호선은 ATC방식을 채택하여 수동으로 운행되고 있다. 하지만 서울지하철도 ATO 방식으로 점진적으로 개선하고 있다. ATO 운전방식은 지상과 차량시스템간의 정보 교환을 통하여 가능하며, TWC 시스템 구성은 지상과 차량시스템 그리고 무선안테나로 되어 있다. 본 논문에서는 TWC시스템과 자동운전을 위한 설비를 논하였다.

데이터 교환, 메시지 포맷 그리고 인터페이스 처리방식을 검토하고 더불어 시스템 유지보수방식을 논하였다.

* 서울산업대학교 철도전문대학원 석사과정, (주)삼풍ENC 대표이사.

E-mail : hinkil@hanmail.net

TEL : (02)487-4782 FAX : (02)472-6957

** 서울산업대학교 교수, 공학박사

2. 본 론

2.1 연구목적

지하철 시스템을 살펴보면 대다수의 중요시스템이 외국의 제품을 채택하여 사용하고 있는 게 현실이다. 기술적인 측면, 안전성 입증 문제, 또는 경제적인 측면을 고려한 것이지만 한편으로는 많은 아쉬움이 있다.

이에 우리는 미래의 더 좋은 지하철 시스템을 만들기 위해 노력해야 할 시점에 서있다고 생각한다. 무조건적인 외국시스템 도입보다는 한국적인 시스템 개발이 필요하고 이 시스템이 국제적인 시스템으로 발전할 때 진정으로 지하철 선진국이 되는 것이 아닌가 한다.

본 연구에서는 지하철 시스템 중 열차의 자동제어를 담당하는 ATO/TWC 설비에 대하여 좀 더 자세히 알아보고, 분석연구하여 우리의 기술력으로 시스템을 개발할 수 있는 기반을 이루고자 함에 목적을 두었다.

2.2 연구범위 및 구성

지하철 시스템에 있어서 열차의 자동제어를 담당하는 ATO/TWC 설비는 매우 중대한 설비임을 누구도 부인하지 못할 것이다. ATO/TWC설비는 상시 이용 인구가 많고 사고시 다수의 인명피해가 우려되는 지하철 운행의 안전성을 감안할 때 사고 등에 대한 신속한 조치는 필수적이라 하겠다. 본 논문의 구성은 제1장에서는 연구의 서론을, 제2장에서는 연구목적, 범위와 구성 그리고 서울도시철도공사 6호선 신호시스템 개론 및 ATO/TWC 설비 및 자동무인회차 등을 분석하였으며, 제3장에서는 본 연구를 통한 기대효과 등 유용성에 대해 결론을 맺었다.

2.3 신호시스템 고찰

서울지하철 6호선 신호설비는 10개의 연동장치역, 10개의 기기집중역, 1개의 차량기지역 및 4개의 신호분소로 구성되어 있다.

서울지하철 6호선을 위한 열차의 자동제어를 정의하는 ATC 시스템은 크게 다음과 같이 3개 부분으로 구성되어 있다.

- Automatic Train Protection(ATP)
- Automatic Train Operation(ATO)
- Automatic Train Supervision(ATS)

열차의 자동제어를 정의하는 ATC시스템은 3개의 주요 하부 시스템으로 구성된다. 자동 열차방호, 자동 열차운행, 자동 열차통제 등의 부속 시스템의 작동은 통합된 실시간 제어가 가능하도록 상호간에 연결되어 있다.

2.3.1 자동열차보호(ATP) 시스템

ATP 서브시스템은 열차 간격 유지, 열차의 진로를 위한 연동 장치의 제어 등과 같은 열차 운영을 안전하게 하기 위한 제어 기능을 제공한다. ATP장치는 선로와 차상 사이에 설치되어 있다. 선로와 차상 사이에 상호 의존하는 관계인 ATP시스템은 어느 부분의 이상도 시스템의 안전을 저해하지 않도록 하는 방법으로 설계되었다.

ATP 서브 시스템은 열차를 선로 조건에 따른 속도 제한 및 열차 간격을 유지할 수 있도록 속도제한을 시행한다.

연동 장치에서 ATP는 열차의 운영을 위해 지속적으로 안전 상태를 점검 평가하여 연동 장치 구간에

열차가 안전하게 운행되도록 설계되었다

연동 장치는 ATP서브 시스템의 연동 장치 제어 기능을 제공한다. ATP 기능은 열차의 유무 검지와 열차 속도 제어 명령의 전송에 의해 수행된다. 열차 검지를 위한 궤도는 블록으로 나누어져 있고 각 블록은 열차 점유를 위해 확인된다. ATP 궤도 장비인 궤도 회로 내에 열차가 검지 되었을 때 속도 명령 신호를 레일에 전송한다. 이 신호는 열차에 의해 수신되고 열차의 속도 제어를 위하여 사용된다. ATP-AF모듈은 ATP 서브 시스템의 차상 신호 및 열차 검지 기능을 제공한다.

2.3.2 자동열차운행(ATO) 시스템

ATO 서브시스템은 열차의 운행에 자동화를 제공하고 Non-VITAL로 간주되며, ATP 시스템이 ATO 시스템의 장비운행을 보장한다. ATO는 다음과 같은 기능을 포함한다.

- 정거장 정위치 정차 및 정차시간
- 자동회차 개시
- 자동진로 설정 등등

ATO 서브시스템은 선로와 열차 사이에 설치되며, ATO-TWC 유닛은 체류와 TWC 메시지 처리와 정거장 정위치 정차를 위한 정보를 제공하는 정위치 정차 마커 시스템을 제어한다.

2.3.3 자동열차통제(ATS) 시스템

자동열차통제(ATS) 서브시스템은 신호기기실의 자동 ATC 통제 설비와 사령실의 제어 및 중앙 집중 감시를 제공하는 ATC 시스템의 일부이다. ATS 시스템은 TTC에 있는 중앙 장비와 L-CTC 제어를 포함한다.

ATS 시스템은 TTC에 의해, 주로 열차의 진로와 schedule을 제어하고 사령 장애시에 L-CTC 또는 LOCAL 콘솔에 의해 현장설비를 제어한다.

열차 운행의 원활한 흐름을 위한 수정은 컴퓨터에 의해 자동적으로 실행하나 심한 이상상태에서는 수동조작 개입이 필요하다.

2.4 ATO/TWC시스템

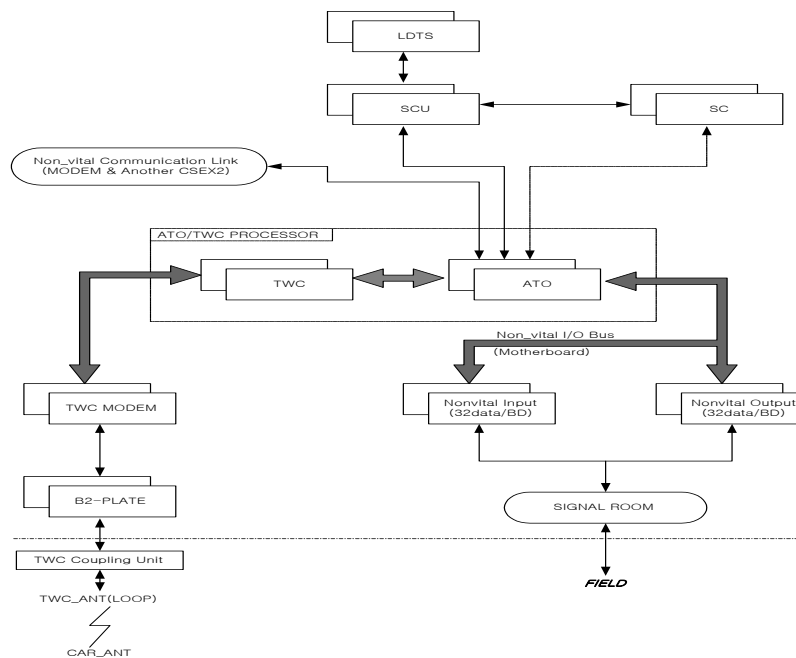


그림 1

5, 7, 8호선의 L-CTC컴퓨터에서 처리하고 있는 열차와의 TWC 정보 및 출입문제어 등 Non-vital ATO정보의 프로세스를 6호선에서는 ATO/TWC Processor장치에서 처리하고 입, 출력을 제어한다. 또한 ATO장치는 IP장치와 통신을 하며 연동장치 제어부분의 Non-vital부분은 ATO장치가, Vital부분은 IP장치가 담당하는 하나의 연동장치 체제를 갖춤으로 ATO장치의 고장이 발생하게 되면 Vital 연동제어 로직을 갖고 있는 IP장치 자체가 동작을 할 수 없게 된다.

2.4.1 ATO 시스템

ATO 서브시스템은 시스템에서 열차 운행의 자동화기능을 수행하며, NON-VITAL로 간주된다. ATO 서브시스템 안전운행의 보장은 ATP 시스템에 좌우된다. 차상의 이러한 기능들은 지시된 속도에 따라 열차의 부드러운 가속과 감속의 속도 조절, 역의 지정된 위치에서 부드러운 정차, 출입문개방, 열차 정차시간, 자동 회차 등의 기능을 한다. ATO 서브시스템은 다른 서브시스템과 인터페이스하며, 선로와 열차사이에 설치된다.

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

ATO 장치는 하나의 카드화일에 TWC장치와 함께 수용되며 각각의 프로세서에 의해 동작하고 ATO 또는 TWC장치 한 개의 시스템에 고장이 발생하게 되면 ATO/TWC장치는 절체를 시행하게 된다.

2.4.2 TWC 시스템

TWC 서브시스템은 열차제어와 감시를 위한 통신매체의 역할을 한다. TWC 서브시스템은 TTC와 Local-CTC 정보를 열차로 전송하고 메시지를 열차로부터 수신한다. 이러한 방법으로 ATO와 자동 열차 제어 서브시스템은 열차에 대한 최신정보를 수신하고 또한, 열차에 제어정보를 제공한다. TWC 서브시스템은 열차의 정차시간 등에 사용되는 정보를 공급하기 위하여 ATO 서브 시스템과 인터페이스하고 속도의 조절 등에 사용되어질 정보를 공급하기 위해 ATS 서브시스템과 인터페이스한다. TWC 서브시스템은 열차와 현장에 설치된다.

현장 ATO/TWC 시스템 장비는 기계실과 궤도 주변에 설치된다. 기계실내의 장비는 ATO/TWC유닛, TWC-ATT, B2-plate 등을 포함한다. 궤도주변에 설치된 장비는 정위치정차 마커코일(PSM)과 출입문 개/폐 루프(ODL)을 포함한다.

2.4.3 정위치 정차 :마커코일(Maker Coil)

ATO모드에서 차상장비는 정거장 안에 미리 정해진 위치에 열차가 정지할 수 있도록 역 플랫폼에 접근할 때 속도규제에 따른 속도감속을 실행한다.

현장 정위치정차 마커는 정지에 관한 거리 정보를 차상의 시스템에 제공하기 위해 사용되어진다. 정위치 정차 마커는 열차에 있는 마커 검지 안테나(TRA)가 현장 정위치 정차마커를 통과할 때 특정 주파수로 발진할 수 있도록 동조된다. 각 마커는 정위치 정차를 위하여 지정된 거리에 해당하는 주파수를 가지고 있다.

2.4.4 정거장 정차시간 및 출입문개방 절차

출입문제어 시스템은 열차 출입문의 개/폐를 제어한다. 열차가 정거장 플랫폼에 정확하게 정차하게 되면 열차정차정보(TB)는 열차에서 TWC를 통하여 현장으로 전송된다. 현장 ATO시스템은 정차 신호

가 수신되면 출입문 개방 절차를 시작한다. ATP시스템은 어떤 필수조건(궤도점유 정보 등)이 검증되면 열차운행 속도코드 전송을 중단하고 출입문개방 모듈과 현장루프를 통하여 출입문 개방명령을 전송한다.

열차가 플랫폼에 있는 그 시간을 정차시간으로 한다. 정차시간은 열차 운행계획에 의하여 TTC 또는 L-CTC로부터 제어된다. TTC 또는 L-CTC로부터 정차시간의 변동이 없을 때는 ATO프로세서에 저장된 기본 정차시간이 사용된다. 열차는 운영자콘솔의 Hold Train with Door Open(HDO) 또는 Hold Train with Door Closed(HDC) 제어에 의하여 플랫폼에 정차되어 진다. 이 명령은 설정된 정차시간 이상 열차를 플랫폼에 정차시킨다.

정차시간 완료 및 출입문 폐 절차 10초 전에 현장 정차표시등(DWL)은 열차 출입문들이 출발을 위해 닫힌다는 것을 기관사에게 알리기 위하여 점멸한다. 열차가 출발할 수 있도록, 출입문 개방 명령은 제거되고 열차 출발을 위한 운행속도코드로 교체된다. HDC명령의 경우에서 출입문 개방 명령은 제거되나 그러나 속도코드 명령은 HDC제어가 동작하는 동안은 복구되지 않는다.

2.5 자동무인회차(Driverless mode) 운행

무인운전모드 회차는 단말역 및 회차용 지상 설비가 모두 갖추어져 있는 구간에서만 가능하다. ATO 시스템의 완전한 제어 및 ATC 장치의 안전성 감시하에 열차는 회차궤도(Turnback Pocket Track)로 진입하여 정위치 정차, 선두 전환 및 반대편 승강장으로의 정위치 정차를 하게 된다.

- ① 자동회차 지역에서는 기관사 없이 자동회차 운행(ATB)을 할 수 있는 기능
- ② 열차로부터 TWC시스템을 통하여 ATB무인운전 모드의 확인이 수신된 후 현장설비는 ATP-AF 모듈을 통하여 Key UP명령을 전송.
- ③ 열차는 ATB무인운전 모드 및 제어종료를 TWC시스템을 통하여 확인
- ④ 회차지역으로 열차를 진행시키기 위한 속도코드 명령을 저장
- ⑤ 열차가 회차지역에 도착 ATB무인운전 모드라는 정보를 현장설비로 전송

3. 결 론

본 연구에서는 지하철 자동운행에 있어 중요한 설비인 ATO/TWC 설비에 대하여 연구·분석한 결과 수동 운행에서 자동운행 더 나아가 무인자동운행으로 시스템이 개선 발전되고 있음을 알 수 있었다. 또한 대중시민의 교통수단으로 지하철 운행의 안전성 및 신뢰성이 대단히 중요하게 부각됨에 신호시스템은 높은 신뢰성과 완벽한 안전성을 요구하고 있으나, 사고를 완벽하게 방지할 수 있는 시스템을 구축하는 것은 불가능하고 그에 안전성, 경제성, 신뢰성 등을 조합하여 적절한 시스템을 구축하게 된다. 본 연구에서는 지하철 신호시스템의 신뢰성, 안전성을 고려한 최적의 ATO/TWC 시스템 구축을 위한 시스템 개선 연구를 수행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 본 연구에서는 철도 운행방식에 있어 ATO/TWC 설비 도입으로 열차 자동운행이 가능함에 따라 1인 승무 운영과 시스템 유지보수에 소요되는 비용을 최소화할 수 있는 방안을 제안하며,

둘째, ATO/TWC 장치는 열차자동운행의 안전성/정시성을 확보하는 핵심 설비이지만 국내 기술기반이 취약하여 사고시 원인분석 및 대처능력이 미흡함에 따라 국산화 개발 추진으로 기술력 향상 방안을 제안한다.

셋째, 국내외 여러 가지 철도 운행방식에 따른 상호 호환성을 확보하고 본격적으로 대두될 도시철도 개량사업에 대비하여 도시철도 신호시스템의 발전적인 표준화 체계 구축방안을 제안한다.

끝으로, 본 연구의 조사·분석결과에서 제시한 바와 같이 지하철과 같은 많은 사람이 이용하는 지하철의 신호시스템의 지속적인 연구는 안전성 확보와 신뢰성, 편리성 제고에 매우 유용함을 제안한다.

다만, 본 연구과정에서 자료조사가 서울지하철 6호선에 국한되었고, 우리나라에서는 현재까지 실질적인 자동무인운행이 이루어지지 않음에 따라 자동무인운행에 따른 시민들의 심리적 불안감 등에 대한 연구가 미흡하였음을 밝혀 둔다. 그렇지만 본 연구를 토대로 연구가 지속되어 우리의 기술력으로 시스템을 보다 개선 발전시킬 수 있는 발판이 되기를 바란다.

(참 고 문 헌)

1. 박재영외 2명, “철도신호공학”, 동아출판, 2001
2. 서울시철도공사, “도시철도5, 6, 7, 8호선 신호시스템 해설(EIS)”
3. 서울도시철도, “전자연동장치(SMRT-SIG-95-004)”
4. 이종우외 1명(2002년), “컴퓨터를 활용한 철도제어 시스템에서의 안전성 및 신뢰성 확보방안”, 한국철도학회지/제5권/제4호/2002년/31.
5. 김영태, “철도신호시스템 개론“
6. 철도청, 철도기술연구원, “철도기술백서”
7. 신호제어시스템 연구회편, “철도신호문제연구”, 테크미디어, 2005