

# 저밀도 노선 적용을 위한 ATS 제어절차에 관한 연구

## A Study on ATS Control Procedure to adopt Low Density Line

조 봉 관\* · 박 기 준\*\* · 박 평 식\*\*\* · 이 영 수†

(Bong-Kwan Cho · Kee-Joon Park · Pyoung-Sik Park · Young-Soo Lee)

**Abstract** - A study which is to develop the low-cost urban railway system for low-density line such as Gwang-ju subway Line 2 is in progress, and its TCS(Train Control System) is required as an economic system which is able to train operation suitable in low-density line. We have developed the signaling equipment which is configured with automatic block system between stations, and the control center's equipment in order to meet the requirements of TCS mentioned above. In this paper, we propose the control procedure of ATS to be required for train operation management in the low-density line such as Gwang-ju subway Line 2. The control procedure of ATS considered all features such as the requirements analysis for train operation management, the functions of train control system to be applied and the block type. Also, it considered the station(interlocking, passenger, turn-back) type, station control(stop, route, departure, turn-back departure, turn-back) type, and train operation management for exiting and entering depot. The ATS control procedure proposed in this paper has an advantage in the cost and efficiency through unification and optimization of its function. And in cost of operating and maintenance, the ATS system has a feature that can be significantly reduced.

**Key Words** : ATS, Low density, Control procedure, Train operation

### 1. 서 론

복잡한 도시교통을 해소하기 위한 지하철은 주로 지하 20~30m 심도에 건설되므로 건설비용이 많이 소요되고, 시민의 접근성과 타 교통 시스템과의 환승 문제가 대두되고 있다. 지상 고가 방식의 경전철은 기존 지하철에 비해 건설비가 적게 소요되지만, 고가 구조로 인하여 도시 미관을 저해하고 인근 지역에 소음, 진동 등 환경 문제를 야기하고 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 광주 도시철도 2호선은 도로 상면에서부터 저심도(지하 5~7m)로 건설하여 구축비용 측면에서 우월한 경쟁력을 확보하고, 수요와 재정에 최적화할 수 있는 저심도 경전철 방식으로 건설될 예정이다[1].

저심도 경전철은 기존 열차제어시스템을 대체할 수 있는 저비용, 고효율을 지향하며 compact한 구성으로 구축비, 운영 및 유지보수 비용을 저감시킬 수 있는 새로운 시스템을 요구하고 있다.

광주 도시철도 2호선의 경우, 평균 역간 거리는 1km, 출퇴근 시간의 운전시각이 5분 이상인 저밀도 구간으로써, 역간 전자폐색방식의 신호설비 적용을 통해 저렴한 비용 소요 및 높은 효율을 구현하고자 기술개발을 추진하고 있다.

저밀도 신호설비 적용을 위해 열차가 운행하는 전 노선에 대한 원격 제어 및 모니터링을 수행하는 ATS(Automatic Train Supervision)도 이와 같은 슬립화된 신호설비 구성 및 기능에 적합하고, 동시에 무인운전(UTO : Unattended Train Operation), 무인역사 운영을 고려한 구현이 요구된다. 운행노선 밀도에 따른 열차제어시스템은 이미 유럽에서 다양하게 개발되어 선별적으로 적용하고 있다.

독일은 독일운송기업협회(VDV : Verband Deutscher Verkehrsunternehmen)에서 노선별 특성에 따른 적합한 운영 방법, 그리고 신호설비 적용을 어떻게 선택하는 지에 대한 규정(VDV 752)을 정의하여 시행하고 있다[2]. 이 규정의 일례로서 그림 1과 같이, 열차의 수량 및 신호 기술 방식에 따른 비용을 고려하여 비용 최적화를 위한 범위를 산정하고 이를 바탕으로 적용하는 신호설비의 방식(지상 또는 차상신호 방식) 등을 선정한다.

프랑스는 저밀도 또는 고밀도 노선에 각각 차별적으로 적용 가능한 ERTMS(European Rail Traffic Management System) 표준 열차제어시스템을 개발하였다. 저밀도용 열차제어시스템의 경

† Corresponding Author : R&D Center, Techville Co., Ltd. Korea.

E-mail: youngsoo.lee@techville.biz

\* Korea Railroad Research Institute, Korea.

E-mail: bkcho@krii.re.kr

\*\* Korea Railroad Research Institute, Korea.

E-mail: kjpark@krii.re.kr

\*\*\* Dept. of Software Development, R&D Center, Techville Co., Ltd. Korea.

E-mail: pyoungsik.park@techville.biz

Received : March 05, 2015; Accepted : April 24, 2015

우 열차위치검지는 열차 자체에 의해 수행되며, 이와 같은 방법은 차축 계수기(Axle Counter) 또는 궤도회로(Track Circuit) 등과 같은 전통적인 열차검지 장치를 공급하기 위한 필요성을 상당히 감소시킬 수 있다.

또한 지상 신호기를 사용하지 않으므로, 선로변 설비를 위한 투자 및 유지보수 비용을 최소화한다. 이와 같은 방식에서는 선로변 Beacon(또는 Balise 등)에 대한 의존도를 줄이기 위해 기본적으로 인공위성을 기반으로 위치 확인을 수행한다. 저밀도용 열차제어시스템을 적용하는 경우, 구축비용은 고밀도 시스템에 비해 12%~15%를 절감하며 유지보수 비용은 최대 30%까지 절감할 수 있다[3].

이와 같이 열차의 수량 또는 운전시격을 바탕으로 저밀도에 특화된 열차제어시스템의 적용은 철도운영회사의 운영 및 유지보수 비용 절감이 가능하여 경제적인 경영에 이바지할 수 있다. 국내에서도 저밀도 도시철도용 열차제어시스템을 개발하고 있으며, 본 연구에서는 이에 적합한 ATS를 설계함에 있어서 역간 전자폐색방식을 적용하는 신호설비의 구성 및 기능을 고려하여 ATS와 지상/차상설비간 제어절차 수립에 대한 연구를 수행하였다.

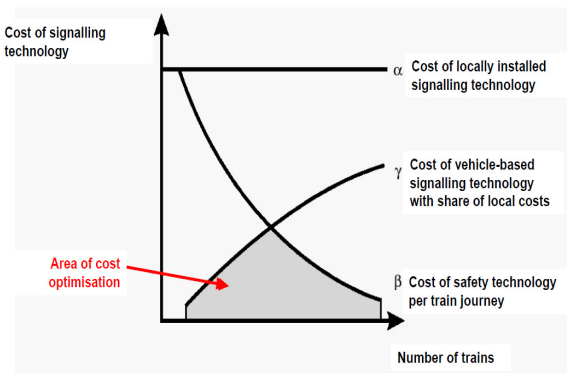


그림 1 신호기술의 비용 및 열차 수량 사이의 관계  
 Fig. 1 The relationship between cost of signaling technology and number of trains

## 2. 본 론

### 2.1 선행 연구

국내에 적용된 신호시스템은 고비용의 관제시스템 및 열차제어 시스템으로 구축되어 있으며, 지상 및 차상 장치는 대부분 국외 솔루션을 도입하고 있다. 건설 및 운영 비용을 획기적으로 저감할 수 있는 저심도 도시철도의 도입이 추진됨에 따라, 이에 적합한 신개념의 스마트 관제시스템 및 열차제어시스템 개발이 요구되고 있다. 국내에서도 저밀도 노선에서 선택적으로 적용할 수 있는 저비용의 신호설비 개발이 필요하며, 서론에서 이미 기술한 바와 같이 국외의 경우, 독일은 FFB (FunkFahrBetrieb)와 같이 운영 및 유지보수 비용의 절감을 위해 저비용 구조의 신호시스템을 개발하여 저밀도 노선 및 한산 선구에서 운영 중에 있다. 표 1은

국외의 저밀도 노선에서 사용하고 있는 열차제어시스템 현황을 나타낸다.

FFB는 저밀도 구간에 적용하기 위해 VDV(독일운송협회) 규정에 따라 열차제어시스템의 요소를 간소화하고 차상에서 선로전환기 및 건널목 차단기를 제어하는 방식으로 개발하였다. CBTS (Communication Based Train Control System)는 무선통신 기반의 열차제어시스템으로써 무선에 의한 차량과 관제센터간 인터페이스를 구현하여 지상설비의 구성을 최소화하였다. COMBAT (COmputer and Microwave Balise-Aided Train control system)은 열차의 검지를 궤도회로 대신 비 접촉식 열차검지 방식을 이용하여 구현함에 따라, 경제적인 시스템 구축이 가능하여 열차운행 밀도가 낮은 선구에서 주로 사용하고 있다.

표 1 국외 저밀도 노선의 열차제어시스템 현황  
 Table 1 The Current state of Train Control System for Low-density line of foreign country

구분	FFB	CBTS	COMBAT
국가	독일	독일	일본
운영 기관	DB AG	WLE	JR 동일본
설비 내용			
주요 특징	저밀도 노선 (Osnabrück Brackwed~Disse n- bath Roth)에서 운영	무선에 의한 차량과 관제센터 통신	한산 선구(츠네즈미~오오아라이)에서 운영
	차상에서 선로전환기 및 건널목 무선 제어	차상에서 선로전환기 및 건널목 무선 제어	열차위치 검지 : 무선을 이용한 비 접촉식

### 2.2 저밀도 열차제어시스템 개요

운전시격이 5분 이상인 저밀도 도시철도 노선에서 요구되는 열차제어시스템은 정거장과 정거장 사이에는 한 대의 열차만 운행 가능하도록 역간 전자폐색방식을 적용한다. 표 2는 저밀도 도시철도용 열차제어시스템을 위한 상세 요구사항을 나타낸다.

저밀도 도시철도용 열차제어시스템은 그림 2와 같이 연동역에 위치하는 기계실 설비를 최소화하기 위해 전자연동장치(EIE : Electronic Interlocking Equipment)와 지상 ATP (Automatic Train Protection)는 지상 ATP/EIE(이하 지상제어장치)로 통합하여 관제센터에 위치한다. 지상제어장치의 ATP는 데이터 통신망을 통하여 차상 ATP/ATO(이하 차상제어장치)와 양방향 통신을 수행하고, 지상제어장치의 EIE는 선로전환기 제어망을 통하여 선

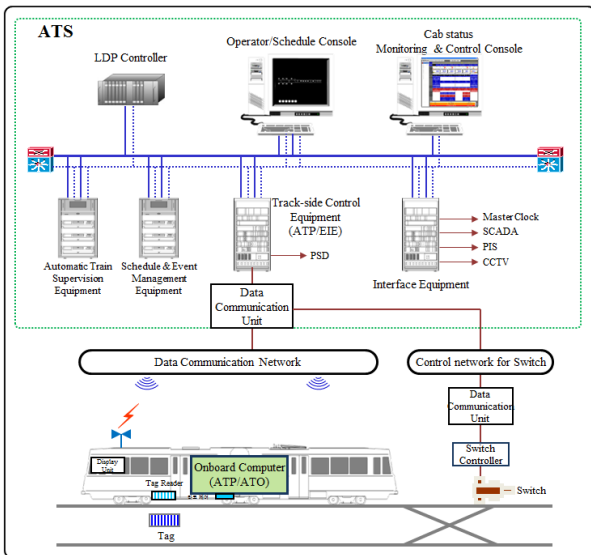
로전환기와 상호 인터페이스를 구성한다. 관제설비는 지상제어장치와 인터페이스를 구성하여 각 역에 대한 원격 제어 및 모니터링을 수행한다.

**표 2** 저밀도 노선을 위한 열차제어시스템의 상세 요구사항  
**Table 2** The detailed requirements of Train Control System for Low-density line

구분	요구사항	비고
폐색 형태	고정폐색방식 (Fixed Block)	역간에는 하나의 폐색만 존재
운전 형태	완전무인운전(UTO)	
운전 시격	5분 이내	
정거장 사이의 평균 거리	1km	
열차위치 추적	양방향 무선통신	정보통신망 이용
위치정보 보정	플랫폼에서의 열차 정지를 위한 태그	역간에는 최소의 태그 적용

관제사의 업무를 지원하는 콘솔은 감독자, 운영자 및 스케줄 등 기능별로 구성하며, 무인으로 운행하는 열차를 고려하여 차량의 상태를 원격으로 표시하고 제어하기 위한 콘솔을 관제설비에 포함한다.

관제설비는 열차의 통합적인 운영 및 관리를 위해 표준시간 정보를 처리하는 표준시각장치, 전차선 가압상태 정보를 처리하는 SCADA(Supervision Control And Data Acquisition), 행선안내정보를 처리하는 행선안내장치 및 화상정보를 처리하는 CCTV 장치들과 상호 인터페이스를 구성한다.



**그림 2** 저밀도 선구를 위한 열차제어시스템 구성  
**Fig. 2** The configuration of train control system for Low-density line

IEC 62267-1137-CVD의 “Railway Applications Automated Urban Guided Transport(AGUT) Safety Requirement”에 의하면 일반적인 관제사의 업무 범위는 차량과 열차의 운전상황을 종합적으로 감시와 통제를 수행하며, 고장 감시 및 관리를 수행하고, 승강장의 감시 및 제어통제, 열차 및 선로의 감시를 수행하는 것으로 정의되었다[4]. 이는 노선의 밀도에 관계없이 일반적인 관제업무를 의미하며, 무인운전을 시행하는 모든 노선에서도 열차제어시스템의 기본적인 동작 및 기능은 거의 동일하다.

단지 역간 전자폐색방식을 사용하는 열차제어시스템의 특성 및 장치 구성을 고려하여 ATS 제어절차는 이와 관련된 특이 사항을 반영한다.

### 2.3 ATS 제어절차 종류 및 제어패턴

저밀도 도시철도용 역간 전자폐색방식의 열차제어시스템은 각 설비 간 상호 연동하여 열차 운행을 효율적으로 감시하고 제어하기 위해서는 역의 구성에 따른 적절한 제어절차가 준비되어야 한다. 운행하는 역의 종류에 따른 제어절차 및 제어패턴은 다음과 같이 정의된다.

#### 2.3.1 제어절차 구분

ATS의 제어절차는 운행하는 역의 종류에 따라 역 정지 제어, 진로 제어, 역 출발 제어, 회차 출발제어, 회차 제어, 입고 및 출고에 대한 열차 운행 과정을 고려하며, 표 3에 그 내용을 정리하였으며 “◎” 표시는 제어 구분에 따른 적용 대상 역을 의미한다.

연동역의 경우는 역 정지 제어, 진로 제어 및 역 출발 제어를 고려하며, 승객역의 경우는 역내에서의 진로 제어가 없으므로 역 정지 및 출발 제어를 고려한다.

**표 3** ATS 제어절차의 종류  
**Table 3** Type of ATS control procedure

구분	연동역	승객역	회차역	입고	출고
역 정지 제어	◎	◎	◎		
진로 제어			◎		
출고 출발 제어					◎
역 출발 제어	◎	◎	◎	◎	
회차 출발 제어			◎		
회차 제어			◎		
입고 제어				◎	
출고 제어					◎

#### 2.3.2 제어패턴

제어패턴(Control Pattern)은 본선의 경우 역 정지 제어, 진로 제어, 역 출발 제어, 회차 출발제어 및 회차 제어로 나누며, 차량

기지의 경우 입고 제어, 출고 제어 및 출고 출발 제어로 구분한다. 표 4는 열차 운영을 위하여 각 제어 패턴 종류별로 ATS를 포함한 열차제어시스템이 수행하는 내용을 나타낸다.

표 4 ATS 제어 패턴의 종류

Table 4 Type of control patterns for the train operation

구분	주요 기능	비고
역 정지 제어	플랫폼에 정차 후 출발하기까지의 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 목표지점에 열차 정차</li> <li>• 출입문 및 PSD 개폐</li> <li>• 출발정보(현재역, 다음 정차역, 다음 정차역에서의 출입문 방향, 정차시간)의 송수신</li> </ul>	
진로 제어	역에서 열차 출발을 위한 진로 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 출발 진로 제어</li> <li>• 회차구역에서의 출발 진로 제어</li> <li>• 입고에 대한 출발 진로 제어</li> </ul>	
출고 출발 제어	기지로부터 출고에 대한 열차 출발 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 출고 진로 제어</li> <li>• 열차 출발 제어</li> </ul>	출고궤도에서 플랫폼으로 진입
역 출발 제어	역에서 열차 출발에 대한 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 출발 진로 제어</li> <li>• 열차 출입문과 PSD 닫기 제어</li> <li>• 열차 상태 검사 및 출발 제어</li> </ul>	
회차 출발 제어	회차구역에서 열차 출발에 대한 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 열차 상태 검사</li> <li>• 열차 출발 제어</li> </ul>	회차구역으로부터 플랫폼으로 진입
회차 제어	회차구역에서의 열차 출발 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 회차구역에 열차 진입 및 정차</li> <li>• 회차진로 제어</li> <li>• 열차운행 방향 변경</li> <li>• 출발정보(현재역, 다음 정차역, 다음정차역에서의 출입문 방향, 정차시간)의 송수신</li> </ul>	
입고 제어	입고궤도에서 기지로 입고하는 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 입고궤도에서 열차 출발 제어</li> <li>• 기지로 입고 후, ATS에서 열차 감시 종료</li> </ul>	
출고 제어	출고열차의 진로 및 출발 제어절차 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 본선에 있는 출고 궤도에 열차 진입</li> <li>• 열차 감시 시작</li> <li>• 진로 제어</li> </ul>	

2.4 연동역의 제어절차

연동역의 제어절차는 선로전환기가 포함된 역에서, 열차가 도착하고 출발하기까지 각 신호설비가 수행하는 절차 및 방법을 나

타낸다. 열차가 이전 역을 출발하여 연동역으로 진행하여 연동역 플랫폼에 정위치 정차하면, ATS는 다음역 운행정보를 포함하는 ATO 제어 정보를 차상제어장치로 전송하고, 지상제어장치의 EIE에게 출발진로 설정 제어를 전송한다. 해당 열차가 당 역을 출발하는 조건을 만족하면, 차상제어장치는 열차를 ATO 정보에서 정의된 다음역으로 진행시킨다.

2.4.1 역 정지 및 진로 제어절차

연동역의 역 정지 및 진로 제어절차는 그림 3에 나타내며, 열차가 역에 진입하면서 열차 접근, 정위치 정차, 출입문 열림, PSD 열림, 출발정보 갱신, 출발을 위한 진로 제어 및 진로 설정까지를 정의한다.

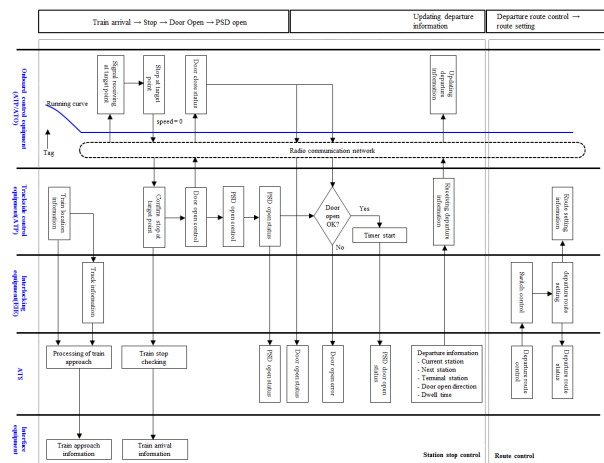


그림 3 연동역의 제어절차 블록도

Fig. 3 Diagram of control procedure in Interlocking station

역 정지 제어절차는 열차가 해당 역에 진입하여 정위치 정차까지를 정의하며, 차상제어장치는 연동역으로 진입하는 지점의 태그로부터 진입지점을 확인한다. 지상제어장치는 열차의 위치를 주기적으로 감시하며, 열차위치 정보를 ATS로 전송한다. 지상제어장치의 EIE는 위치정보를 이용하여 그 위치에 해당하는 궤도 상태를 생성하고 이를 ATS로 전송한다. ATS는 열차의 위치 정보 및 궤도 정보를 이용하여 열차의 접근 정보를 인터페이스 장치를 경유하여 PIS(행선안내장치)로 전송한다.

열차가 플랫폼 궤도에 진입하여 정지하면, 차상제어장치는 정위치 정차용 지상자를 통해 정위치 정차 여부를 지상제어장치로 전송한다. ATS는 열차의 정지를 확인한 후, 인터페이스 장치로 열차 도착 정보를 전송한다. 지상제어장치는 열차의 정지가 확인되면, 차/지상간 무선망을 통해 차상제어장치로 출입문 열림 제어를 전송하고, PSD가 설치된 경우, PSD 열림 제어를 수행한다. 차상제어장치는 출입문 열림 제어 정보와 자신이 저장하고 있는 ATO 정보를 이용하여, 출입문을 열고 그 상태를 지상제어장치로 전송한다.

지상제어장치는 출입문 열림 상태를 수신하여 ATS로 전송하

고, PSD 열림 상태와 출입문 열림 상태를 AND 조건으로 확인하여, 출입문/PSD 열림 상태를 ATS로 전송한다. 만일 출입문/PSD 열림 상태가 정상이면, 정차시간 만큼 타이머를 구동한다. ATS는 지상제어장치로부터 출입문 열림 상태 정보를 수신한 후, 다음역 운영을 위해 운행정보(현재역, 다음역, 종착역, 다음역에서의 출입문 열림 방향 및 정차시간 등)를 지상제어장치로 전송하고, 지상제어장치가 차/지상간 무선망을 통해 이 정보를 차상제어장치로 전송하면, 차상제어장치는 이 정보를 수신하여 출발정보를 갱신한다.

진로 제어절차는 해당 역에서 열차를 출발시키기 위해 수행되는 절차를 정의한다. ATS는 열차의 정차시간이 종료되기 전의 지정된 시간 이내에 지상제어장치에게 출발진로 설정 제어를 전송한다. 지상제어장치의 EIE는 수신한 진로제어에 대해 선로전환기를 해당 위치로 전환시키고 진로를 설정한 후, 설정된 진로 정보를 지상제어장치와 ATS로 전송한다.

2.4.2 역 출발 제어절차

역 출발 제어절차는 열차가 해당 역 출발을 위한 제어절차이며, 출발예고제어, PSD 닫기 및 닫힘 상태 확인, 출입문 닫기 및 닫힘 상태 확인, 열차 상태 확인, 출발 제어 및 열차 출발까지를 정의하며, 그림 4와 같다.

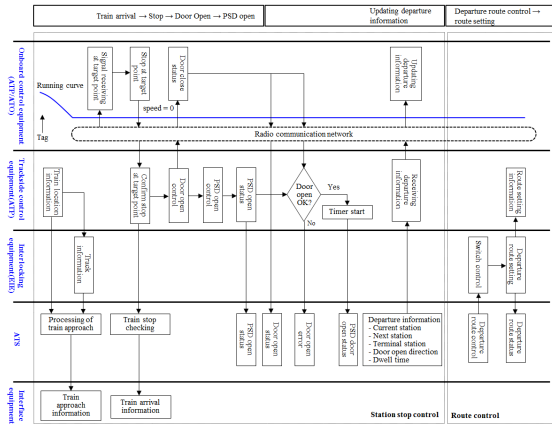


그림 4 연동역의 역 출발 제어절차 블록도  
Fig. 4 Diagram of control procedure for train departure in Interlocking station

지상제어장치는 출입문 열림 타이머가 종료된 후, ATS로부터 출발예고 제어를 수신하였으면 PSD 닫기 제어를 수행하고, 차상제어장치로 출입문 닫기 제어를 전송한다. 만일 출발예고 제어를 수신하지 않았으면, ATS로 출발예고제어 수신 오류 정보를 전송하고 출발예고제어 수신을 기다린다. 지상제어장치는 PSD 닫힘 상태와 출입문 닫힘 상태를 ATS로 전송하고, PSD와 출입문 닫힘이 모두 정상이면, 출발제어를 위해 차상제어장치로부터 열차의 상태 정보를 수신하여 이를 확인한다.

열차의 상태가 정상이면, 지상제어장치는 차상제어장치로 출발

제어를 전송하고, 차상제어장치는 이 정보를 수신하여 열차를 출발시킨다. 열차의 상태가 정상이 아니면, 열차 이상 정보를 ATS로 전송한다. 열차가 출발하면 지상제어장치는 열차의 위치 정보를 ATS로 전송한다. 지상제어장치의 EIE는 열차의 위치 정보를 이용하여 궤도 정보를 생성하고, 그 상태 정보를 ATS로 전송한다. ATS는 열차의 위치 및 궤도 정보를 이용하여 열차의 역 출발을 확인하고, 인터페이스 장치에게 열차의 출발 정보를 전송한다.

2.5 승객역의 제어절차

승객역의 제어절차는 선로전환기가 포함되지 않은 역에서, 열차가 도착하고 출발하기까지 각 신호설비가 수행하는 절차 및 방법을 나타낸다. 열차가 이전 역을 출발하여 승객역으로 진행하고 승객역의 플랫폼에 정위치 정차하면, ATS는 다음역 운행정보를 포함하는 ATO 제어 정보를 지상제어장치로 전송한다.

해당 열차가 당 역을 출발하는 조건이 되면, 차상제어장치는 ATO 정보에 있는 다음역으로 열차를 진행시킨다. 승객역의 제어절차는 열차가 역에 정차하는 절차인 역 정지 제어 절차, 정차한 열차가 승객역을 출발하는 절차인 역 출발 절차로 구성되며, 승객역의 역 정지 및 역 출발 제어절차는 연동역의 제어절차와 동일하다.

2.6 회차역의 제어절차

열차가 회차 구간으로 진입하고 회차궤도에 정지하면, ATS와 지상제어장치의 EIE는 회차 진로를 설정한다. 열차에서는 열차의 전두부와 후두부간 운전대 절환, 즉 열차의 운행 방향이 전환된다. 열차의 상태가 정상이면, ATS는 출발예고제어를, 지상제어장치는 출발 제어를 통해 열차의 출발을 제어한다. 회차역의 제어절차는 열차가 역을 출발하여 회차구간에서 회차 한 후 다시 역으로 진입하여 정차하기까지 각 신호설비가 수행하는 절차 및 방법을 나타낸다.

회차역에서 회차에 대한 제어절차는 역 출발 제어 절차, 역 정

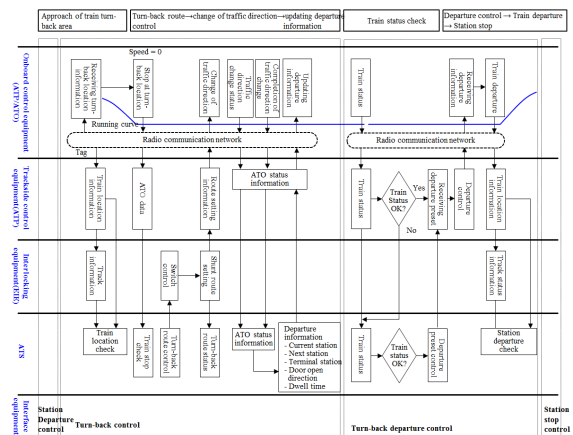


그림 5 회차역의 제어절차 블록도  
Fig. 5 Diagram of control procedure in Turnback station



지 절차, 회차 출발 제어 절차 그리고 역 정지 제어절차로 구성된다. 그림 5는 이 절차 중에서 회차 제어와 회차 출발 제어를 나타내며, 역 정지 제어절차와 역 출발 제어절차는 연동역의 제어절차와 동일하다.

### 2.7 입고 제어절차

입고 제어절차는 열차가 본선의 입고 구간에서 차량기지로 입고할 때까지 각 신호설비가 수행하는 절차 및 방법을 나타낸다. 열차가 이전 역을 출발하여 입고 구간에 진입하고, 본선의 입고 궤도에 정차하면, ATS는 열차운행 스케줄을 이용하여 열차의 유형이 입고 열차인지 확인한 후, 입고 열차이면 입고에 필요한 정보, 즉 현재역, 다음역, 종착역, 다음역에서의 출입문 열림 방향 및 정차시간 등으로 구성된 출발제어정보를 지상제어장치로 전송하여 입고 제어를 처리하고, 입고열차가 아닐 경우는 회차 열차로 처리한다.

지상제어장치는 차상제어장치로부터 ATO 정보를 수신하고, 이를 확인하여 차상제어장치로 출발제어를 전송하고, 차상제어장치는 이 정보를 수신하여 열차를 출발시킨다. 만일, 차상제어장치로부터 수신한 ATO 정보를 통해 열차에 오류가 있다고 판단되면, 차상제어장치로 출발제어를 전송하는 대신, ATS로 열차 출발제어 오류 정보를 전송한다. 열차의 차상제어장치가 지상제어장치로부터 열차의 출발제어를 수신하여 열차가 출발하면 지상제어장치는 열차의 위치 정보를 ATS로 전송한다. 열차가 입고 궤도를 출발하여 차량기지로 진입하면 ATS는 해당 열차의 감시를 종료한다. 그림 6은 열차가 이전 역을 출발하여 입고 구간에 정차한 후, 차량기지로 입고하는 제어절차를 나타낸다.

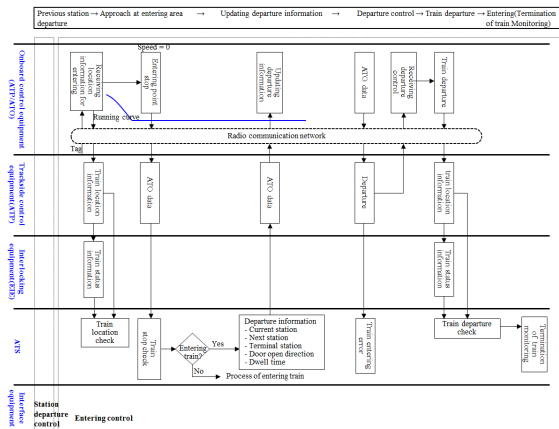


그림 6 차량기지 입고를 위한 제어절차 블록도  
 Fig. 6 Diagram of control procedure to exit from main line to depot

### 2.8 출고 제어절차

출고 제어절차는 열차가 차량기지에서 출고하여 본선으로 들어올 때까지 각 신호설비가 수행하는 절차 및 방법을 나타낸다.

다. 열차가 본선의 출고궤도에 진입하여 정차하면, ATS는 운행 예정인 열차번호 리스트에서 이 열차에 대한 열차운행 스케줄을 로드한다. ATS는 이때부터 열차번호를 이용하여 열차의 감시를 시작하고, 해당 열차의 운행스케줄을 이용하여 지상제어장치로 열차의 운행정보(현재역, 다음역, 종착역, 다음역에서의 출입문 열림 방향 및 정차시간 등)를 전송한다.

지상제어장치는 이 정보를 차상제어장치로 전송하고, 열차는 본선으로 진입하는 진로가 설정되고, ATS로부터 열차 출발제어를 수신하기를 기다린다. ATS는 열차의 운행 스케줄에 있는 운행시간에 맞추어 열차의 진로를 제한한 후, 지상제어장치로부터 수신한 열차 정보를 검사하여 열차의 상태가 정상으로 판단되면 지상제어장치로 열차 출발제어를 전송한다. 지상제어장치는 열차 출발제어를 차상제어장치로 전송하고, 이를 수신한 차상제어장치는 열차를 출발시킨다.

열차가 출발하면 지상제어장치는 열차의 위치 정보를 ATS로 전송한다. 지상제어장치의 EIE는 열차의 위치 정보를 이용하여 궤도 정보를 생성하고, 그 상태 정보를 ATS로 전송한다. ATS는 열차의 위치 및 궤도 정보를 이용하여 열차의 운행을 감시한다. 그림 7은 열차가 차량기지에서 본선으로 들어오는 제어절차를 나타낸다.

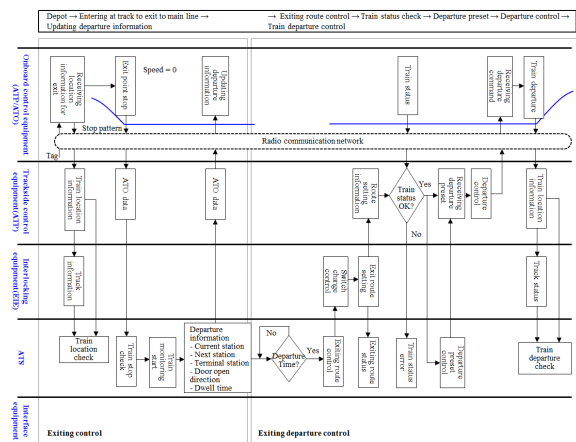


그림 7 본선 출고를 위한 제어절차 블록도  
 Fig. 7 Diagram of control procedure to enter from depot to main line

### 2.9 기존 열차제어시스템과의비교

저밀도 도시철도용 열차제어시스템은 기존과 비교하여 슬림화된 시스템으로써, 구축 비용, 운영 및 유지보수 비용 측면에서 우수한 차별성을 갖는다. 표 5는 기존 기술 대비 차별성을 나타낸다.

저밀도 도시철도용 열차제어시스템은 표 5에서 설명한 것과 같이, 신호설비의 슬림화 및 최적화를 통하여 신호설비간 인터페이스 단계를 줄인다. 그리고 무인운전 열차의 특성상, 기관사가 수행하는 대부분의 기능은 시스템과 관제사에 의해 수행된다. 이를 위해 관제사는 차량상태 표시/제어 콘솔을 이용하여 열차의 상태를 실시간으로 파악할 수 있으며, 또한 본 논문에서 정의되

**표 5** 저밀도 및 고밀도간 열차제어시스템의 차이점

**Table 5** Difference in the Train Control System between Low-density and High-density line

구분		저밀도	고밀도
ATS 설비	주 컴퓨터 제어 콘솔 대형표시반	제어영역 : 본선 및 차량기지	제어영역 : 본선(차량기지는 별도 구성)
	차량상태 표시/제어콘솔	차량별 상태 표시 및 원격 제어	없음
지상 설비	연동장치 ATP	전 노선을 위해 1 set (집중형)	역별 1 set (분산형)
	차상 설비 ATP/ATO	차량당 2 sets	차량당 2 sets
ATS 비용	건설비	약 30억원	약 70억원
	운영 및 유지보수비	신호, 통신 및 전력 인원 : 약 10명	신호, 통신 및 전력 인원 : 약 23명

**표 6** 저밀도 및 고밀도 선구간 ATS 제어절차의 차이

**Table 6** Difference in the ATS Control Procedure between Low-density line and High-density line

	저밀도 노선 (역간 폐색 시스템, CBTC 방식)	고밀도 노선 (고정폐색, 궤도회로 방식)
차상/지상간 통신	차상/지상간 무선망 통신 장소에 관계없이 데이터 통신	유전원 지상자(ATO/TWC 통신) 이용으로, 플랫폼 구간에서만 데이터 통신
인터페이스 경로	제설비와 열차의 차상신호장치간, 신호설비의 종류 및 기능이 단순함	관제설비와 열차의 차상신호장치간, 신호설비의 종류가 많고 기능이 복잡함
열차 원격제어	본선 및 차량기지의 모든 열차를 감시 및 원격 제어	본선 구간의 열차만 관리
	정위치 정차 오류 시, 수동/자동 인칭 제어	기관사에 의한 수동 운전
	정차시간을 관제설비에서 제어	정차시간을 지상제어장치에서 제어

는 제어절차를 통해, 열차의 통제를 적절하게 수행할 수 있다. 표 6은 저밀도 도시철도용 열차제어시스템의 ATS 제어절차와 고밀도 열차제어시스템에서의 ATS 제어절차간 차별성을 나타낸다.

위와 같은 운영 환경을 통해 저밀도 도시철도용 열차제어시스템은 인터페이스 단계마다 발생할 수 있는 속도 저하에 따른 성능 감소 및 에러율 증대 등을 방지할 수 있으며, 관제사에게 무

인으로 운전하는 열차 운영을 안정적으로 감시하고 제어하기 위한 최적의 운영 환경을 제공할 수 있다.

그리고 기존 고밀도 노선의 ATS 제어절차는 특별한 정의가 없으며, 본 연구를 통하여 저밀도 열차제어시스템 구성에 적합한 제어절차를 개발하였다.

### 3. 결 론

광주 도시철도 2호선에서 계획하고 있는 저심도 도시철도 시스템은 구축비, 운영 및 유지보수 비용을 저감시킬 수 있는 새로운 열차제어시스템을 요구하고 있다. 역간 전자폐색방식의 신호설비는 광주 도시철도 2호선과 같이 저밀도 구간에 최적화된 솔루션으로 인식하여 관련 기술개발을 추진하고 있다.

이와 같은 저밀도 신호시스템의 적용을 위해서는 열차가 운행하는 전 노선에 대한 원격 제어 및 모니터링을 수행하는 ATS 관제설비의 최적화도 함께 요구되고 있다. 본 논문에서는 열차의 운행 밀도가 비교적 낮은 저밀도 도시철도용 열차제어시스템에 적용할 수 있는 ATS 제어절차를 제시하였다. ATS 제어절차에는 열차 운영을 감시하고 제어하기 위한 절차 및 방법을 정의하기 위해 역의 특성 및 기능별로 연동역, 승객역, 화차역, 입고 및 출고로 구분하고 있다. 이와 같이 시스템 설계단계에서 정의된 제어절차는 관제설비의 기능을 제작하고 구현함에 있어 보다 향상된 품질과 완성도를 확보할 수 있다.

저밀도 도시철도를 주요 대상으로 하는 새로운 ATS 및 신호설비를 적용하면, 구축 및 유지보수비를 절감하고 운영효율을 증대시킬 수 있을 것으로 기대된다. 또한 본 연구를 통하여 정의된 ATS 제어절차에 의해 저밀도에 특화된 ATS 및 신호설비가 개발됨에 따라 노선의 특성에 따른 적합한 솔루션을 채택할 수 있으므로 철도운영회사의 선택의 폭은 다양해 질 것으로 예상된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 “저심도 도시 철도시스템 인터페이스 및 성능검증 연구” 연구비지원 (14RTRP-B068672-02)에 의해 수행되었습니다.

### References

- [1] A.H. Lee, "An outline and application case of low-cost and low surface light rail transit", Railway Journal, Vol 15, 2nd Edition, pp 9-16, 2012. 4.
- [2] Ausschuss für Eisenbahnbetrieb, Empfehlungen zur Auswahl geeigneter Betriebsverfahren für ein'gleisige Eisenbahnstrecken, Verband Deutscher Verkehrsunternehmen (VDV), pp. 4-11, 2003.
- [3] Achieved at www.jarnvagsnyheter.se.
- [4] IEC 62267-1137-CVD, Railway Applications Automated Urban Guided Transport(AGUT) Safety Requirement, pp. 56-57. 2009.

저 자 소 개



**조 봉 관(Bong-Kwan Cho)**

1995년 3월 : 일본 게이오대학교 계측공학과(공학석사)

2011년 2월 : 한양대학교 전자통신전파공학과(공학박사)

1996년 12월~현재 : 한국철도기술연구원 선임연구원 재직

2002년 8월~2004년 8월 : 서울과학기술대학교 겸임교수

2014년 5월~현재 : 국토교통부 철도기술전문위원

<관심분야>

철도신호통신기술, 무인경전철기술, ICT/IoT/M2M기술

Tel : 031-460-5439

E-mail : bkcho@krri.re.kr



**박 기 준(Kee-Joon Park)**

1987년 2월 : 아주대학교 기계공학과(공학사)

1989년 2월 : 아주대학교 기계공학과(공학석사)

2011년 8월 : 성균관대학교 기계공학과 (공학박사)

1997년 1월~현재 : 한국철도기술연구원 광

역도시철도시스템연구실 책임연구원 재직

<관심분야>

철도 시스템 엔지니어링, 철도 차량 인터페이스, 신뢰성 분석

Tel : 031-460-5712

E-mail : kjpark@krri.re.kr



**박 평 식(Pyoung-Sik Park)**

1992년 2월 광운대학교 전자계산학과(공학사)

2006년~현재 (주)테크빌 소프트웨어 개발팀 상무 재직

<관심분야>

철도 관제기술

Tel : 031-420-4362

E-mail : pyoungsik.park@techville.biz



**이 영 수(Young-Soo Lee)**

1988년 8월 중앙대학교 전기공학과(공학사)

2008년 2월 서울과학기술대학교 철도전기신호공학과(공학석사)

2010년~현재 : (주)테크빌 연구소장 재직

<관심분야>

철도 관제기술, 철도 시스템 엔지니어링

Tel : 031-420-4364

E-mail : youngsoo.lee@techville.biz