

# 새로운 신호시스템 도입에 따른 열차운행 보증기술에 관한 고찰

## A study on the train operation assurance method for installing new signalling system

\*조봉관\*      류상환\*\*      김종기\*\*\*  
Cho, Bong-Kwan    Ryu, Sang-Hwan    Kim, Jong-Gi

### Abstract

East Japan Railway Company developed an digital ATC signalling system instead of conventional ATC system and now is making progress the construction tokyo area Keihin-Tohoku Line between Minamiurawa and Tsurumi. But replacing into new system with existing ATC system in operation should be performed without affecting current running system and the technology that makes it possible for current system and new system to coexist, initialization of system, preparation for an emergency should be organized not to affect overall system. Controlling method of digital ATC signalling system and "assurance technique" for solving the problems when replacing will be mentioned in this paper.

### 1. 서론

JR동일본에서는 종래의 ATC 신호시스템 대신에 디지털 신호를 이용한 획기적인 ATC 신호시스템을 개발하고 현재, 동경권의 京浜東北線(게이힌토호쿠선) 南浦和(미나미우라와)~鶴見(쓰루미) 간에 공사를 진행하고 있다. 그러나, 현행 ATC시스템을 운행하면서 새로운 시스템으로 절체하는 작업은 운영중인 기존의 시스템에 영향을 미쳐서는 안되며 현행의 시스템과 새로운 시스템이 공존할 수 있게 하는 기술, 시스템의 구동초기, 이상시의 대응 등도 전체시스템에 영향을 미치지 않게 구성해야 하는 문제점을 가지고 있다. 본 논문에서는 Digital ATC 신호시스템의 제어방식과 절체시의 문제를 해결하기 위한 "assurance(보증)기술"에 관해 검토하였다.

### 2. 현행의 ATC 개요와 문제점

현행 ATC의 기본적인 동작원리는 궤도회로에 의한 열차검지정보과 연동장치로부터의 진로설정 정보에 의해 지상측으로부터 각 폐색마다 허용속도를 설정하고 ATC신호를 송신하고 있다.

이 시스템은 상당히 안전하고 우수한 시스템이지만 다음과 같은 문제점이 있다.

\* 한국철도기술연구원, 철도신호통신연구팀, 주임연구원

\*\* 한국철도기술연구원, 철도신호통신연구팀, 책임연구원

\*\*\* 한국철도기술연구원, 철도신호통신연구팀장

- ① 차량성능에 관계없이 계단상의 속도제어를 일괄적으로 실시하기 때문에 제동성능이 좋은 차량일수록 제동에 불필요한 요소가 많으며 운전시격 단축이 곤란하다.
- ② 계단상의 속도제어이기 때문에 ATC제동이 걸렸을 때 승차감이 좋지 않다.
- ③ 지상측에서 논리를 가지고 릴레이 로직으로 제어하고 있기 때문에 지상설비의 규모가 크고 고비용이다.

### 3. 새로운 개념의 열차제어시스템

#### 3.1 기본원리와 특징

금번에 개발한 Digital ATC(이하, D-ATC)의 기본원리는 지상으로부터는 정지점의 위치정보만을 디지털정보로 송신하고 차상은 자열차위치를 인식하고 정지점과의 거리를 상시 계산하면서 선로의 곡선, 구배 등의 조건을 추가하여 패턴제동에 의해 필요한 시기에 적절한 제동이 걸리게 한다.

D-ATC시스템은 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① 패턴제동제어와 1단계제동제어를 적용하여 운전시격을 단축하고 고밀도운전이 가능하여 혼잡완화를 도모할 수 있다.
- ② 개통상황을 승무원에게 표시하고 ATC제동제어를 세밀하게 함으로서 제동이 부드럽고 승차감을 개선할 수 있다.
- ③ 범용정보기기 활용과 분산구성의 시스템으로 소형, 저비용의 지상설비를 구성할 수 있다.
- ④ 차량의 가감속 성능 향상에 따라 지상설비의 변경없이 시격단축이 가능한 유연성을 가진다.

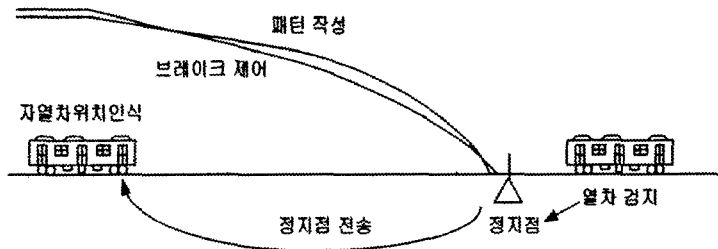


그림 1. D-ATC의 기본원리

#### 3.2 기능의 개요

##### 가. 열차의 재선검지

궤도회로에서는 열차검지신호(TD신호)를 송신하고 열차가 해당 궤도회로에 진입하면 ATC논리부는 열차를 검지한다.

##### 나. 정지점 정보전송

ATC지상장치는 열차위치정보와 연동장치로부터의 진로설정정보를 토대로 열차가 정지해야 하는 위치를 계산하고 디지털 ATC 신호로 궤도회로를 통하여 차상으로 전송한다.

#### 다. 열차의 위치 인식

차상에서는 차축에 설치된 속도발전기의 펄스를 카운트함으로써 자기의 위치를 상시 인식하고 있다. ATC신호를 수신한 열차는 전송된 데이터에서 얻은 정지위치정보와 자신의 위치와의 관계로부터 차상의 데이터베이스를 검색하고 제동패턴을 발생한다.

#### 라. 제동제어

제동패턴과 열차속도를 조사하고 제동패턴을 초과하면 제동을 동작시킨다. 더욱이 제동이 걸리면 정지직전에 완화제동을 적용하여 단계적으로 상용최대제동까지 동작시킴으로 승차감 개선을 도모하고 있다. 이 결과 D-ATC시스템은 현행 ATC보다도 저비용으로 현행의 ATC에서 운전시격 2분30초를 2분으로 단축이 가능하다.

### 3.3 시스템의 구성

D-ATC 지상시스템의 기기구성은 검지신호를 생성하여 열차의 존재 유무를 판단하는 부분과 이 신호를 송수신하는 부분으로 구성되며 전자는 논리부, 후자는 송수신부라 부른다. 논리부는 Failsafe한 장치로 하고 선구의 연동역에 설치하고 있다. 또한, 송수신부는 기본적으로는 각 역의 기기실에 설치하고 자율분산시스템으로 구성하고 있다.

차상시스템은 차상데이터베이스를 가지고 ATC신호의 수신제동제어를 담당하는 수신제어부, 지상차로부터 정보를 수신하는 트랜스폰더 송수신부로 구성되며 자기의 위치를 상시 인식하며 지상으로부터의 정지점 정보를 Failsafe하게 처리할 수 있는 시스템으로 한다.

## 4. 시스템 구축상의 과제

자율분산형 열차제어시스템(D-ATC)이 개발됨으로 D-ATC 실용화 공사에 착수하고 실제 시스템을 구축하면서 다음의 몇 가지 새로운 과제가 발생하였다.

### 4.1 신구시스템의 공존

D-ATC시스템을 도입할 때 열차운행을 방해하지 않는 것을 전제로 하지만 1회 열차휴무기간(최종열차-시발열차)동안 전구간의 D-ATC시스템 도입, 절체를 모두 완료하는 것은 비용과 작업량에서 불가능하다.

따라서, D-ATC와 현행 ATC를 일정기간 공존시킬 필요가 발생한다. 이 “공존”의 상황은 D-ATC의 도입에 맞추어 다음의 2단계로 구분된다.

#### (1) 공사기간중

D-ATC공사기간중은 공사의 진보에 맞추어 D-ATC의 지상설비는 차차 늘리고 차상이 D-ATC 신호를 수신해도 현행의 ATC상태로 제어를 실시하는 것이 필요하다. 여기서, 현행의 ATC신호와 D-ATC신호가 상호 영향을 미치지 않도록 배려할 필요가 발생한다.

#### (2) 시험기간중

D-ATC신호를 레일에 송신하는 것을 이용하면 영업시간대에서도 정상적인 전문송신, ATC에 의한 열차검지, 차상의 ATC수신레벨 측정 등의 시험을 실시하는 것이 가능하다. 이것을 실현하기 위해 차상시스템은 현행의 ATC와 D-ATC 양쪽의 동작을 가능하게 하는 시스템으로 구축할 필요

가 있다.

## 4.2 원활한 시스템 이행

### (1) 새로운 시스템의 확장

D-ATC의 도입은 전선구를 한번에 갱신하는 것이 아니라 몇 개의 구간으로 나누어 단계적으로 구축하게 된다. 때문에 D-ATC도입이 완료된 구간과 작업중인 구간의 경계에서 열차제어시스템의 절체가 발생하기 때문에 경계구간에서는 자연스러운 운전계승이 과제이다.

### (2) 단시간으로 사용개시 절체

D-ATC시스템 사용개시시의 절체는 최종 열차종료부터 처음 열차출발까지 단시간 열차운행이 없을 때 실시할 필요가 있다. 이를 실현하기 위해 최소한의 조작으로 단시간내에 절체를 하는 방식을 확립할 필요가 있다.

## 4.3 열차운전의 계속성

D-ATC에서 통상 주행시는 물론이고 여러 가지 경우에 대해 운전의 연속성을 확보할 필요가 있다.

### (1) ATS, 현행 ATC와의 경계

D-ATC 도입시에는 전선구에 걸쳐 한번에 도입하는 것은 불가능하다. 따라서, 현행의 ATC와 D-ATC의 절체가 발생한다. 또한, 인접선구가 ATS구간인 역에서는 ATS와 D-ATC의 절체가 발생한다. 이러한 D-ATC와 다른 보안장치의 절체를 원활히 실시할 필요가 있다.

### (2) 시동, 되돌아오는 운전

전차선구간으로 나올 때와 End 교환시에는 D-ATC의 전원을 인가한다. 이 경우 차상의 위치인 식데이터는 클리어 상태이므로 확실한 자위치 확인 및 안전성 확보 등이 해결해야 할 과제이다.

## 5. 보증기술

일반적으로 시스템은 다른 기기종 시스템과 정보를 교환하며 외부 환경변화의 영향을 받으면서 운용하고 있다.

보증기술이란 복수의 시스템이 네트워크 등을 통하여 상호 접속될 때 각각 다른 목적과 기능이 서로 방해되지 않고 상황에 맞게 공존할 수 있는 것을 보증하는 기술이며 열차제어시스템에도 보증기술의 적용이 요구되고 있다. 다음은 D-ATC에서 각각의 과제에 어떤 보증기술을 이용해서 해결하였는지 그 방안을 제시하였다.

## 5.1 기기종 시스템과의 공존

D-ATC에서 기기종 시스템이란 동일 열차제어시스템에서도 요구레벨이 다른 현행 ATC와 ATS가 있으며 이들 시스템은 공사기간, 시험기간 및 사용 개시후에도 공존할 필요가 있다. 따라서, D-ATC에서는 다음과 같은 H/W, S/W 대책을 세웠다.

① D-ATC, 현행 ATC 양쪽의 신호가 궤도회로에 중첩될 수 있도록 현행의 2.8~3.8kHz의 파를 피하고 D-ATC의 주파수대역을 11.9~13.1kHz로 하였다. 또한, 궤도회로분할의 변경을 전제로하

여 무절연 궤도회로를 채용하고 현행의 임피던스본드에서는 현행의 신호과는 차단하고 D-ATC과만을 통과하는 바이패스 본드를 개발, 설치하였다.

② D-ATC전문에는 유효·무효정보를 가지고 이 정보가 무효의 경우에는 차상장치는 현행의 ATC로 제어할 수 있게 하였다.

③ 차상장치는 D-ATC, 현행의 ATC 양쪽의 신호를 수신하고 그 상황에 맞게 어느 쪽의 모드로 제어할지 자율성을 가지게 한다.

## 5.2 시스템 이행

### (1) 시스템 확장

ATC 갱신에서 전선구를 한번에 갱신하는 것이 아니라 몇 개의 단계로 나누어 실시한다. D-ATC 도입을 예정하고 있는 선구는 현행 ATC가 설치된 구간이기 때문에 시스템 도입시에 시스템 경계개소에서 현행 ATC와 D-ATC의 신규절환처리가 필요하다. 이것에 관해서는 ATC, ATS와의 공존의 방법에 따라 연속운전이 가능하다.

### (2) 단시간에 시스템 절환

정해진 시간에 D-ATC 사용개시절환을 하기 위해서는 최소한의 조작으로 D-ATC절환을 실시하는 시스템으로 하여야 한다.

구체적으로는 양쪽의 신호를 송신하는 공통영역을 두고 D-ATC전문에 새로운 시스템 제어가 유효인가 혹은 무효인가의 정보를 더하여 이를 수신한 차상장치가 어느 쪽의 시스템으로 동작할 것인지 선택하는 것으로 하였다. 이것에 의해 현행 ATC제어로 디지털 ATC신호의 송신체크가 가능하면서 디지털 ATC신호의 유효무효정보를 변경하는 것만으로 단시간에 시스템 절환을 실시할 수 있다. ATOS(동경권 수송관리시스템)의 역장치(FX)란 연동역구내의 진로제어를 적절하게 실시하는 연동장치이다. 연동역구내에서 D-ATC는 ATOS의 진로현시정보를 근거로 전문을 작성한다. 한편, 역중간의 궤도회로정보 및 그것에서 작성되는 제어점정보, 근접정보 등은 D-ATC에서 ATOS로 전송된다.

D-ATC의 도입에 따른 연동역구내의 폐색분할을 변경할 경우에는 연동과 입출력하는 정보도 도입전후가 다른 경우가 있다. 따라서, D-ATC도입 전후에서는 각각 다른 데이터를 가진 FX와의 인터페이스가 필요하다. D-ATC의 시험 및 절환에서는 신·구 데이터 2측면을 가진 모든 FX를 설치하고 중개로서 비트맵변환·타이밍조정 등의 기능을 가진 인터페이스장치를 설치한다. 이것에 의해 FX 개선을 하지 않고 절환전 시험 및 단시간에 신·구 절환을 가능하게 하였다.

## 5.3 열차운전의 계속성

### (1) ATS, 현행 ATC와의 경계

D-ATC가 설치된 구간과 현행 ATC 또는 ATS가 설치된 구간을 연계 운행하는 열차는 구간경계에서 시스템의 절환이 필요하다. 기존에는 정차후 지상시스템의 절환과 차상시스템의 승무원조작에 의한 수동절환 방법을 취하고 있다.

본 개발시스템에서는 절환구간의 D-ATC전문에 “절환정보”를 추가하여 D-ATC로부터 현행

ATC로는 이 정보에 의해 자율적으로 절환을 실시한다. 또한, 역의 경우는 D-ATC전문을 수신하여 D-ATC로 자동 절환된다. 또한, 이러한 구성을 취함으로써 운전의 계속성을 도모할 수 있다.

(2) 시스템 구동시

D-ATC에서는 차상에서 자위치인식이 안전성을 요구하고 있으며 위치정보를 최대한 잃어버리지 않게 시스템상에 고려를 하고 있다. 그러나, 전원 구동시나 앤드교환(운전방향의 교환)에 의한 전원을 투입할 경우, 차상장치에서 자위치정보는 클리어된 상태로 된다. 이 경우에도 안전성을 잃어버리지 않게 일정 제한을 근거로 초기상태를 취득할 수 있게 고안하고 있다. 구체적으로는 전원투입시 전문중 위치정보로부터 초기위치설정 가능한 개소인가를 검지하고 설정가능하면 개소마다 설정된 잠정적인 주행 가능한 거리를 설정한다. 더욱이 주행 가능한 거리간에 위치설정용 지상자를 설치하고 이것에 의해 위치 취득을 가능하게 한다. 만일 주행가능거리간에 위치 취득을 할 수 없을 경우에는 비상제동을 걸어 즉시 정차하게 한다.

6. 결론

철도에서 적용되는 시스템의 구축에 관해서 ATOS, ATS, 현행 ATC 등 이기종 시스템과의 접속점은 시스템구축에서 가장 어려운 부분중에 하나이며 장애도 발생되기 쉬운 소위 시스템 구축에서 약점이다. 때문에 이기종 시스템과의 공존에 관해서는 특히 신중하게 접근해야 한다.

또한, 향후, 실제 시스템 구축에서 더욱 심도있는 검토를 하여 보증성을 보다 한층 더 높여야 한다.

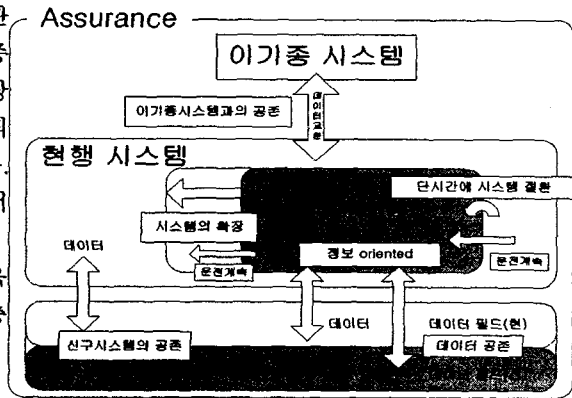


그림 2. D-ATC에서 보증기술

참고문헌

1. I-Ling Yen, R.Paul and K.Mori, "Toward Integrated Methods for High-Assurance Systems", IEEE Computer, Vol.31, No.4, 1998
2. 森 : Assurance 시스템의 요구와 기술동향, 일본전자정보통신학회, assurance system 연구회, 2000-11
3. 松本, 細川 : 山手・京浜東北선용 새로운 차상주체형 ATC의 개발, JREA, Vol.42, No.10, 1999-10