

# 철도에 있어서의 운전보안시스템

김 양 모\*

(\*충남대학교 전기공학과 교수)

## 1. 서 언

열차운전은 한 열차의 운전조종과 선로를 달리는 열차群的 제어라는 두가지 측면에서 다를 수 있는데 전자는 열차운전곡선에 따라 승무원이 담당하게 되는 영역이고 후자는 열차다이어에 의존하여 원활한 운전이 이루어지도록 철도관리국에서 관할하게 되는 것이다.

열차운전보안 시스템은 열차를 안전하고 또한 원활하게 운행시키기 위하여 필요불가결한 시스템으로 초장기부터 사용되어 왔지만 열차가 고속화, 고밀도 화되어 감에 따라 고도화, 고성능화되어 가고 있다. 이런 과정을 살펴보면 통표에 의한 閉塞裝置를 비롯하여 자동열차정지장치와 같이 점차 근대화하여 와 열차자동운전에 까지 이르게 되었다.

철도설비로서의 주된 것은 선로, 전기시설, 차량 과 함께 운전보안설비를 들 수 있는데 운전보안설비는 열차의 안전을 도모한다는 면에서 높은 신뢰도가 요구됨과 동시에 기기의 고장, 회선의 단락이나 접 지, 정전등에 대하여 다중적 보안이 필요하며 fail-safe의 원칙에 따라 안전한 쪽으로 동작되도록 구성되지 않으면 안된다.

널리 사용되고 있는 운전보안시스템의 구성예를 보면 다음과 같다.

그림1에서 중요한 요소를 살펴보면 신호기, 연동 장치, 전철기, 건널목보안장치, 궤도회로와 閉塞裝置, 자동열차제어장치, 열차집중제어장치등이 있다.

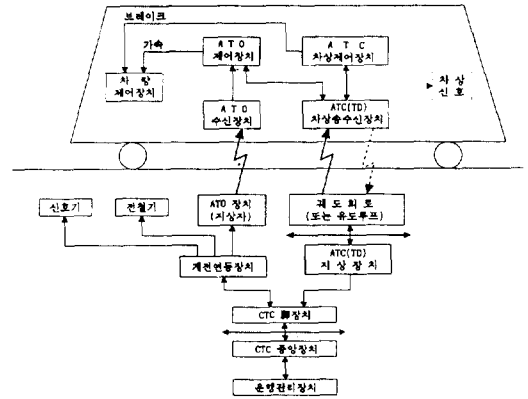


그림 1. 운전보안시스템의 구성예

이 중에서 궤도회로, 閉塞裝置, 자동열차제어장치 및 열차중앙집중제어장치는 서로 연관이 있고 운전 보안장치의 핵심을 이루고 있다.

금년 6월, 우리나라 고속전철의 입찰 및 기공을 앞두고 열차시스템의 성능을 평가받는 척도로서 운전보안시스템의 기술적인 고찰을 통해 우리나라의 기술현황을 조명하여 보고 향후 이루어질 기술이전에 있어 포괄적인 지식을 제공하고자 한다.

## 2. 운전보안시스템

본 2장에서는 운전보안시스템의 종류를 살펴 보고 열차운전제어의 단계별 분류를 통하여 본 시스템의 내용을 개괄적으로 살펴 보기로 한다.

## 2.1 신호장치

신호와 표식으로 이루어지며 신호는 일반적으로 형태, 색, 음등을 사용하여 미리 부호를 정하여 놓고 이 부호에 따라 운전조건을 지시하고 어떤 장소의 선로상태같은 것을 알려주는 장치이다. 표식은 주로 역구내에 있어서 차량진입 변경시 차량의 진행, 정지를 지시할 때 사용되는 보조적 신호장치이다.

## 2.2 閉塞裝置

역사이에서 열차의 추돌 또는 충돌을 방지하기 위하여 역사이를 적당히 몇 개의 구간으로 나눠 한 구역에 한 열차밖에 운전하지 않도록 열차의 진행을 구역마다 한정할때 각각의 구간을 閉塞區間이라 부르며 閉塞區間の 길이는 열차의 운전속도나 운전간격, 선로상태에 따라 결정된다.

일반적으로 복선구간의 경우 自動閉塞式이 사용되는데 自動閉塞式은 궤도회로를 사용하여 열차자체가 자동으로 閉塞과 신호를 나타내는 것이다. 즉, 각 閉塞區間입구에 自動閉塞신호기가 있어 열차의 유무를 전기적으로 검지하여 閉塞과 동시에 신호를 나타내게 된다.(그림2 참조)

## 2.3 ATS(Automatic Train Stop)

앞에서 논한 신호보안장치는 승무원이 신호를 확인하고 신호에 따라 열차를 운전하기 때문에 신호를 확인하기 어려운 기상조건이라던가 운전부주의등으

로 신호를 지키지 못할때 중대사고가 발생한다. 따라서 이러한때 경보를 발하여 주의를 환기시키고 더우기 브레이크를 걸어 열차를 정지시키는 장치가 필요하다. 열차가 정지신호에 접근하면 벨이나 부저로 경보를 발하고 승무원에게 알려 브레이크조작, 기타 필요한 조치를 취하도록 주의를 주는 차내경보장치가 있다. 이 때 승무원이 필요한 조치를 취하지 않으면 자동적으로 브레이크를 걸어 열차를 정지시키는 것이다.(그림3참조)

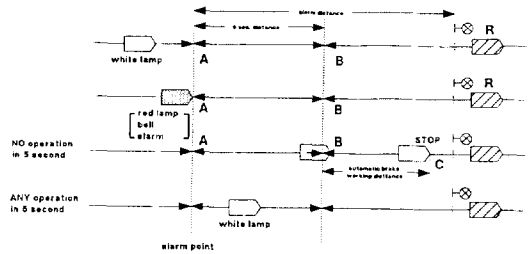


그림 3. ATS 장치

## 2.4 ATC(Automatic Train Control)

고속열차에서는 브레이크거리가 길어져 급히 브레이크를 걸어 정지처리를 하여도 브레이크거리가 부족하여 안전을 기하기 어렵다. 따라서 완전한 자동 열차정지장치로 하기 위하여는 정지브레이크를 걸기 전에 속도를 제한하는 기능을 갖게 하는 것이 필요하다. ATC는 속도제한구간에 있어서 열차속도가 제한속도 이상이 되면 자동적으로 브레이크를 걸어 감속시켜 속도를 제어하는 것이다.(그림4 참조)

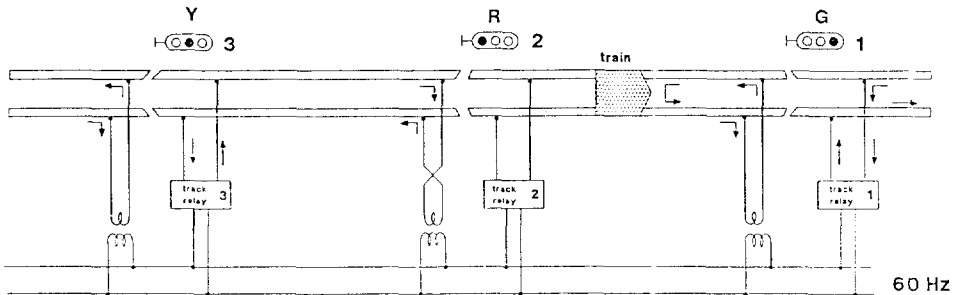


그림 2. 궤도회로와 自動閉塞裝置

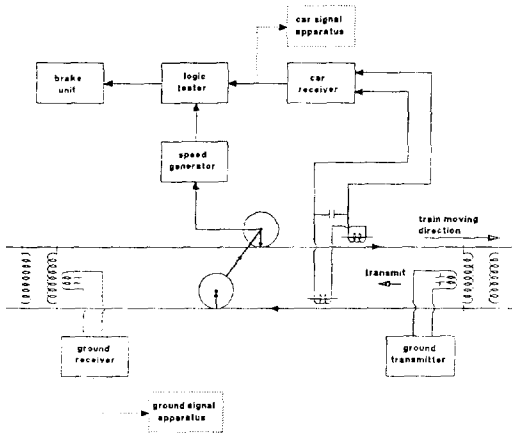


그림 4. ATC의 일예

## 2.5 ATO(Automatic Train Operation)

ATO는 안전도를 향상시키고 승무원에 요구되는 숙련도와 부담을 경감시키고 열차간격의 단축에 의한 수송 밀도의 증대를 목적으로, 기술혁신을 이룬 자동제어기술, 컴퓨터에 의한 열차운행정보의 고속 처리와 전송등을 이용한 시스템이 고안되었다. 일반적으로 ATO에는 ATC에 자동조정기능인 정속도 운전제어, 정위치 정지제어, 정시각 운전제어의 기능을 가한 것이다.

열차의 자동운전을 위하여는 주행중 열차속도, 위치, 운전시각을 아는 것과 함께 선행열차나 선로의 상황을 알아 외부조건에 따라 운전패턴을 수정할 필요가 있어 운전곡선을 프로그램에 의해 처리할 필요가 있다.

## 2.6 CTC(Centralized Traffic Control)

ATC는 주로 열차의 안전운전을 목적으로 사용되는데 비하여 CTC는 열차의 능률적인 운전제어를 목적으로 한 것이다. CTC는 어떤 구간내의 각 역에 있는 전철기와 신호기를 중앙제어소에서 집중적으로 원격제어하고 그 표시나 열차의 운행상황을 감시하면서 열차운전을 능률적으로 하도록 정리, 통제하기 위한 장치이다.

중앙제어소에는 각 역의 배선이 그려져 있는 표시

판이 놓여 있어 램프가 점멸하여 열차의 운행상태가 표시되고 현장의 신호기나 전철기의 개통상황도 표시된다.

CTC에서는 열차운행다이어가 홀으러지면 신속히 운전정리할 수 있고 각 역에 배치된 신호기, 전철기의 취급자가 집약되어 있어 인건비 절감뿐 아니라 열차운행상황을 계속 집중감시할 수 있기 때문에 선로이용률을 높여 선로용량을 높일 수 있다.

## 2.7 열차운전제어의 단계별 분류

열차운전제어를 단계별로 나누어 보면 표1 과 같다.

## 3. 열차운전보안시스템의 현상

초기의 열차제어시스템은 승무원이 잘못하여 정지 신호를 돌진하였을때 이를 방지하기 위한 장치로 출발하여 현대의 기술개혁과 함께 발달한 기술을 바탕으로 운전보안기술이 발달되어 왔다. 여기에서 제어 방식으로 본 열차운전보안은 크게 점제어식과 연속 제어식으로 나눌 수 있는데 점제어식은 특정의 장소에서만 열차와 지상과의 제어가 이루어지는 방식이고 연속제어식은 거의 연속적으로 전 구간에서 열차를 검지하고 속도를 알 수 있는 방식을 말한다. 또한 신호정보가 전달되는 장소로 보아 차상신호방식과 지상신호방식으로 나눌 수 있다. 지상신호기는 기상조건의 제약을 받아 급곡선, 급경사등의 선로조건에 따라 시야를 확보하기가 곤란하다. 이 결점을 보완한 차내신호방식은 이상적 신호방식이라 할 수 있지만 수신, 복조장치가 필요하고 경우에 따라서는 간단한 연산도 필요하게 되어 차중량이 많아진다.

본 3장에서는 철도선진국이라 할 수 있는 프랑스, 독일, 일본, 영국을 중심으로 운전보안시스템의 현상을 소개하고자 한다.

### 3.1 프랑스

프랑스는 속도 160km/h를 중심으로 Crocodile, Preannonce시스템과 TGV시스템으로 나뉘어 있다.

#### (1) Crocodile

프랑스는 160km/h까지의 운전은 비상 브레이크가

표 1. 단계별 열차운전제어

단계별	주요내용	운 전 기 능
1	운전과 브레이크 거리의 제어	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주신호와 위험지점에서의 브레이크 작용제어</li> <li>· 진행지시때 최고속도와 허용속도의 제어</li> </ul>
2	속도제한	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 속도프로필에 따라 주어진 최고속도로 안전하게 유도</li> <li>· 운전실내에 제어속도 지시</li> </ul>
3	신호선행표시	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주신호와 부가신호로 브레이크의 연속제어</li> <li>· 연속정보전송</li> </ul>
4	자동운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 운전자 : 열차운전에서 해방(감시업무만 부여)</li> <li>· 목표위치에서 규정속도와 브레이크거리를 계산 (자동조정장치에 입력)</li> </ul>
5	신호와 정보에 의한 운전	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 閉塞시스템에서 해방</li> <li>· 절대브레이크간격으로 신호와 정보에 의해 운전</li> <li>· 차상→지상 데이터(열차위치, 열차길이) 전송</li> <li>· 지상 : 열차간격 계산→차상에 전송</li> </ul>
6	열차지도	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 궤도번호 및 노정정보→차상에 전송</li> <li>· 승무원 : 지상측 감시의 보조를 받음</li> <li>· 다른 설비와의 협력</li> </ul>
7	시각표의 지시	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 승무원에게 현실적 운전시각표 지시</li> <li>· 기록된 데이터 : 미리 모니터에 표시</li> </ul>
8	구분전송	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 구분적 데이터나 명령→차상에 전송</li> <li>· 열차운행방법 : 직접적으로 제어가능</li> <li>· 열차데이터</li> <li>· 지상데이터</li> <li>· 운전시각데이터</li> <li>· 열차의 진행방향</li> </ul> <p style="text-align: right;">최적의 열차속도계산 →차상에 전송</p>

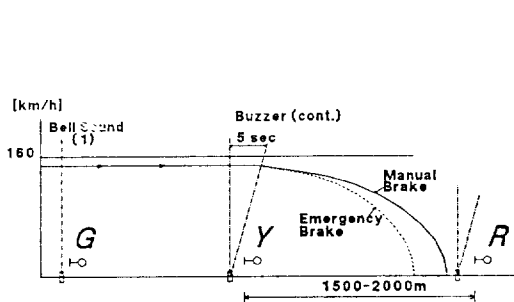


그림 5. Crocodile 시스템

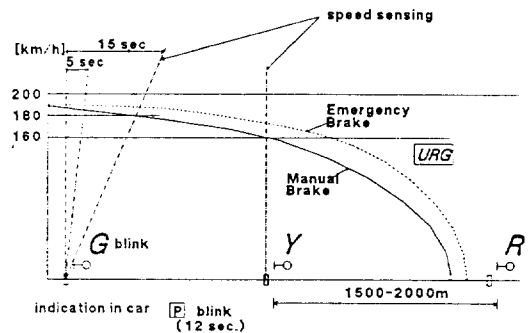


그림 6. Preannonce 시스템

리를 1500m 이내로 하여 이미 설치된 3현시식 自動閉塞式으로 충분하다고 생각하여 차량의 브레이크력을 소규모적으로 개량하고 閉塞區間을 1500m이상 확보하기 위하여 수많은 신호기를 옮겨 설치했다.

최고속도 160km/h까지의 Crocodile시스템(그림5 참조)은 점제어식 ATS를 채용하고 있다. Crocodile은 신호기 바로 밑에 지상자를 설치하여 Y, R의 신호기 밑의 지상자를 차량이 통과하면 차상에 경보(부자, 램프)를 내어 5초이내에 승무원이 확인보턴을 누르면 리세트되지만 누르지 않으면 비상브레이크가 동작하게 된다.

(2) Preannonce

160km/h이상의 속도가 되면 이미 설치된 閉塞區間으로는 브레이크거리에 비해 부족하기 때문에 4현시방식으로 하고 있다. 즉, 주의신호를 현시하는 바깥쪽 신호에 녹색등을 점멸시키는 예고신호를 새로 설치하여 이 지점에서 감속을 지시하고 주의신호를 160km/h이하에서 통과시키도록 하고 있다.

최고속도 200km/h까지의 시스템에는 브레이크 감속도의 신뢰성을 높이기 위하여 속도감시가 필요하기 때문에 Preannonce라는 점제어식 속도조사가능이 붙은 ATS를 채용하고 있다. 신호정보 전송방식은 지상자와 차량자의 전자결합에 의해 60~100kHz의 주파수대에서 변조시키는 다변주식이다. 이것은 그림6에 보인 예고신호 표시장소를 지나치면 차상에

표 2. Preannonce의 차내표시

표시	표시의 내용
B표시 (백색)	Preannonce의 지상자 및 차상장치가 정상적으로 동작
P표시 (녹색)	예고신호 표시구간에 진입한 것을 나타냄. 12초간 점멸 함과 함께 부저가 단속적 울림
URG표시 (적색)	예고신호표시구간에 진입하여 15초후의 속도가 180km/h이상인때 비상브레이크 작동

경보를 내고 15초후에 180km/h, 주의신호표시장치에서 160km/h의 두 점에서 일어나 속도초과의 경우에는 비상브레이크가 동작한다. 차량표시기에는 표 2와 같은 세종류의 표시가 나타난다.

(3) TGV 남동선

지상신호기에 의한 운전은 200km/h가 한계로 차내신호방식으로 하고 있다. 신호정보 전송방식은 Preannonce방식과 같은 점제어식으로는 신호표시가 불연속이 되어 열차밀도를 높일 수 없어 연속제어식으로 하고 있다.

TGV남동선에 채용되고 있는 차내신호 閉塞式 연속제어식 속도조사가능이 붙은 ATS를 그림7에 보인다(그림7 참조). 노선은 약 2.1km의 閉塞區間으로

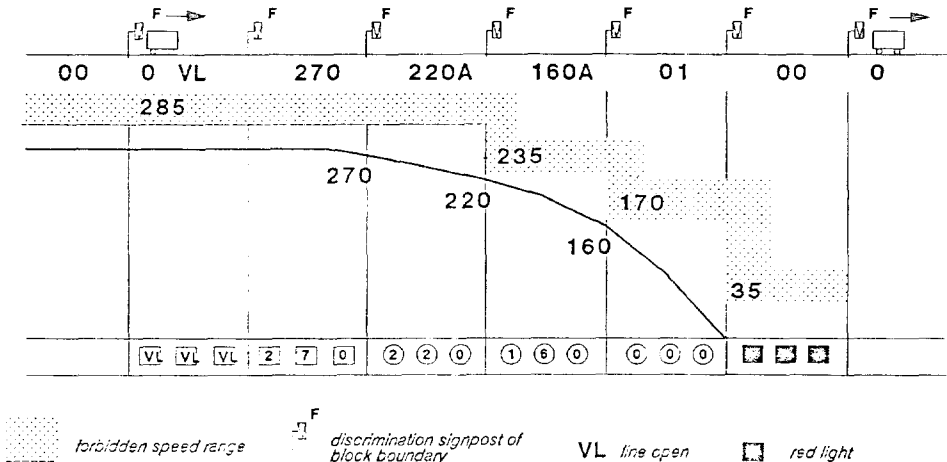


그림 7. TGV 남동선의 신호시스템

분할하여 閉塞區間 경계에는 표지를 설치하고 있다. 차상의 지시속도신호에 대하여 그 閉塞區間내에서 속도를 내리면 되고 VL신호와 270신호에 대하여는 ATS브레이크는 작동하지 않고 속도는 모두 승무원에게 맡겨 놓고 있다. 빗금부분은 허용최고속도보다 대략 15km/h 높은 금지속도영역을 나타내며 이 범위에서는 승무원에 의한 제어에 관계없이 비상브레이크가 걸린다. 즉, 220 신호에 대하여 235km/h, 160 신호에 대하여 170km/h, 0 신호에 대하여는 35 km/h이하로 그 閉塞區間내에서 떨어지지 않으면 비상브레이크가 동작되도록 되어 있다. TGV 대서양선에서는 일부 구간에서는 차내신호설비를 갖고 있지 않은 재래식 열차에 의해서도 운전되는 것이나 TGV 남동선과의 직통운전도 고려하였다.

### 3.2 독일

독일은 Indusi-BWM시스템과 LAB시스템이 있고 고속전철인 ICE의 경우에도 LZB시스템을 이용하고 있다.

#### (1) Indusi 시스템

독일의 신호시스템은 주신호기와 원거리신호기의 조합으로 구성되어 있고 閉塞區間의 길이는 본선의 경우 1000m 또는 700m, 지선의 경우 700m 또는

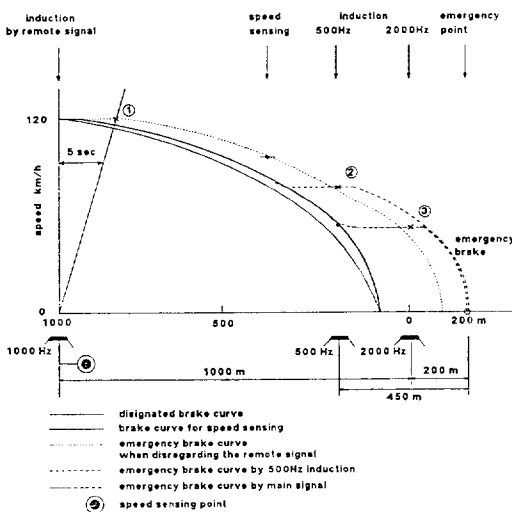


그림 8. Indusi-BWU의 신호시스템

표 3. Indusi의 속도조사

제동 종별	브레이크 백분비	1000Hz유도 속도조사		500Hz유도 속도조사
		시간	속도	
O	100 이상	20초	95km/h	65km/h
M	65-100	26	75	50
U	65 이하	34	60	40

500m의 종류가 있고 열차의 최고속도는 차량성능보다는 오히려 궤도조건에서 결정되고 있다. 최고속도 160km/h까지는 Indusi라는 점제어식 속도조사기능이 붙은 ATS를 사용하고 있다(그림8 참조). 이것은 전자유도 다주파 공진방식의 ATS로 그림4와 같이 원거리신호기, 주신호기 및 주신호기 바로 앞 250m에 지상자를 설치하고 있다(그림8 참조). 주의신호를 표시하고 있는 원거리신호기 지점을 지나 약 4초 이내에 확인을 하지 않으면 비상브레이크가 동작한다. 또 표3에 보인 것처럼 열차의 브레이크성능에 따라 20초, 26초, 34초 후에 95km/h, 75km/h, 60 km/h의 속도조사를 하여 이것을 초과할때 브레이크가 걸린다. 더욱이 주신호기의 바깥쪽 250m 앞쪽의 지상자 통과시에도 열차 브레이크성능에 따라 속도조사를 하여 이것을 통과할때 비상브레이크가 걸린다. 마지막으로 정지표시 주신호기의 지상자를 통과할때 속도에 관계없이 비상브레이크가 걸려 20m의 과주행 여유거리내에 정지시킨다.

독일에서는 Indusi의 결점인 점제어식 속도조사기능을 개선하기 위하여 열차의 브레이크성능에 따라 차상에 8종류의 브레이크 패턴을 발생시켜 연속적인 속도감시기능으로 한 Indusi-BWU시스템이 있다.

#### (2) LZB

독일은 160km/h이상의 열차에 대하여 차내신호 閉塞式의 다정보식 연속제어시스템인 LZB시스템을 채용하였다.

그림9에 LZB시스템의 블록도를 나타내었다. 선로내에 최대길이 12.7km에 달하는 페루우프의 교차유도선이 있어 100m 간격으로 교차하고 있다. 차상장치는 수신레벨이 저하하는 교차점의 수를 세어 열차의 위치를 알 수 있다. 또 차상장치는 안테나를 통하여 열차의 위치, 허용최고속도, 열차길이, 브레이

크성능등의 열차데이터를 지상장치로 송신한다. 지상장치는 이러한 데이터와 지상운전조건 데이터로부터 계산하여 열차에 대하여 운행상 필요한 열차전방의 일정구간내에서의 목표속도, 목표거리 및 열차진행지점에서의 허용최고속도등의 정보를 송신한다. 차상의 LZB표시장치에는 이러한 정보가 표시되어 승무원은 그 표시에 따라 적절한 가속, 감속 제어를 할 수 있다. 열차속도가 허용속도보다 3km/h 높게 되면 표시등이 점멸하고 부저가 울린다. 더욱이 속도가 10-20km/h 초과하거나 안전한계에 달하면 자동적으로 비상브레이크가 동작하고 자동운전제어장치(AFB : Autom. Fahr-u Bremsteue)와 결합하면 자동운전도 가능하다. 또한 교차유도선방식의 LZB 시스템은 한국의 단선에 의해 12.7km 구간이 영향을 받고 궤도의 보수에 대하여 교차유도선이 방해가 되어 작업능률이 떨어지는 단점이 있어 무선방식의 LZB시스템이 검토되고 있다(그림9 참조).

### 3.3 영국

(1) 200km/h 이하

영국은 일반 선로용으로는 세 자리식, 160km/h이상의 선로에는 네 자리식의 신호 시스템을 채용하고 있다. 표준 閉塞區間의 길이는 1200야드(1097m)이기 때문에 일반 열차의 브레이크거리는 1200야드, 160km/h이상의 열차에 있어서는 2400야드(2190m)로 하고 있다. Inter-city 125로 200km/h운전을 개시한 HST(High-Speed Train)은 양단에 디젤기관차를 연결한 퓨슈풀 동력 준집중열차이다. 이 열차의 브레이크거리는 평탄구간에서 125mph(201km/h)에서 상용 브레이크로 2200야드(2012m)이내로 하여 이것은 표준 브레이크성능을 갖는 열차의 100mph(160km/h)에서의 브레이크거리와 같다. 이 때문에 신호방식을 크게 변경하는 일 없이 200km/h운전이 가능하게 되었다.

운전보안시스템에는 AWS(Automatic Warning System)라는 점제어식 ATS를 채용하고 있다. 이것은 신호기 바깥쪽 200야드(183m)지점에 지상자를 설치하여 전방의 신호가 녹색이 아닌 때에는 경보를 내고 승무원이 3초 이내에 확인하지 않는 경우에는 비상브레이크가 동작한다.

(2) 200km/h 이상

원칙적으로 새로운 선로를 건설하는 일 없이 재래선의 부분적 개량에 의해 최고속도를 250km/h로 하고 곡선통과속도를 25-40% 향상시킨 고속화계획을 추진하여 이 열차를 APT(Advanced Passenger Train)이라 부른다. 이 운전보안시스템은 트랜스폰더라고 하는 열차의 차상자 코일과 지상자 코일 사이에서 고속, 고품질의 디지털 부호통신을 하는 점제어식 속도검사기능이 붙은 ATS를 채용하고 있다. 이것은 지상자를 1km마다 설치하여 이 위를 APT열차가 통과한 때에 속도정보를 차상신호의 형태로 바꾼다. 분기기 속도제한, 임시속도제한장소에도 사용되고 지시속도를 초과하고 있는 경우에는 비상브레이크가 작용한다.

### 3.4 일본

일반의 재래식 철도의 최고속도제한은 100km/h로 한정되어 있고 속도향상을 위한 노력이 진행되고 있

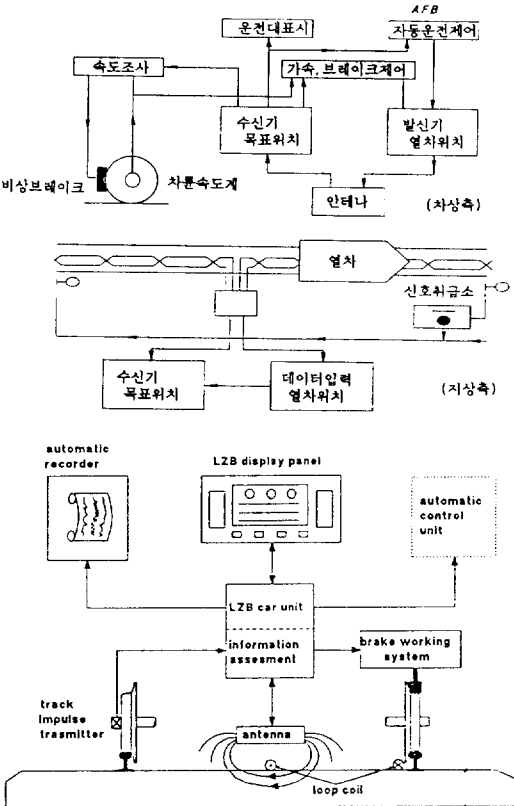


그림 9. LZB 시스템의 블록다이아그램 및 구조

표 4. 新幹線 속도제어단계

ATC신호	지시속도 [km/h]	중요한 용도
260 신호	260	최고허용속도
210 신호	210	계획최고속도
160 신호	160	속도저감 또는 속도제한
110 신호	110	
70 신호	70	
30 신호	확인취급에 의해 30	최종속도단계
정지신호	0 <sub>1</sub>	中間閉塞境界 (30신호 + P 점 지상자)
	0 <sub>2</sub>	정지제어 궤도회로 (0 <sub>2E</sub> 신호 또는 무전류)
	0 <sub>3</sub>	역구내의 진로 시작과 끝

다. 1964년에 개통한 新幹線은 200km/h를 넘는 고속으로 운전되고 있으며 新幹線 역시 속도향상을 위하여 많은 연구가 진행되어 왔다. 따라서 본 강연에서는 新幹線의 속도제어단계를 소개하기로 한다.

新幹線의 속도제어단계를 나타내면 표4 와 같다.

상기 속도제어단계에서 260 신호는 山陽, 東北, 上越新幹線의 지상설비설계상의 목표로 하고 있는 계획최고속도에 대응한 것이고 210 신호는 계획최고속도를 200km/h로 한 경우에 승무원의 조종조절의 여유를 10km/h로 본 것이고 160 신호는 중간적인 속도제어단계로 210km/h에서 160km/h까지의 감속에 요하는 거리와 160km/h에서 정지할때까지 요하는 거리가 거의 같고 110 신호 및 70신호는 급곡선 및 분위기의 속도제한을 위한 것이고 또한 160 신호와 함께 서행운전의 속도제한에도 사용된다. 30 신호는 주의운전하여야 하는 최저의 제한속도로서 설치한 것이기 때문에 정지직전의 최종속도단계이다. 정지신호에는 역중간에서의 진로에 관한 것(O<sub>1</sub>, O<sub>2</sub>)과 역 발착에 관한 것(O<sub>3</sub>)이 있다. O<sub>2</sub>신호는 선형열차에 의해 궤도회로가 단락되어 신호전류가 없는 상태에서의 정지를 의미한다. O<sub>2</sub>신호만으로는 閉塞경

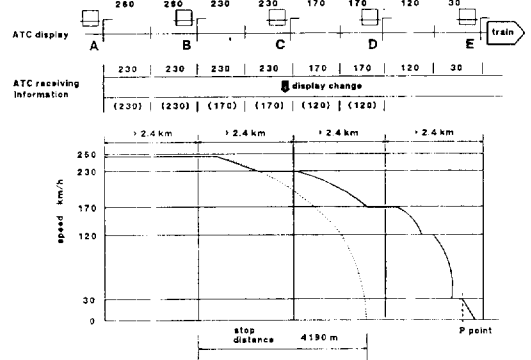


그림 10. 新幹線의 ATC 시스템

계 직후에 선형열차가 정지하여 있는 경우 충돌의 위험이 있기 때문에 경계의 일정거리전(약 150m)에 지상자를 놓아 30신호를 받으며 이 지점을 통과하면 정지신호(O<sub>1</sub>)로 판단한다. 이 관계를 그림10에 보였다.

#### 4. 운전보안시스템의 새로운 기술

운전보안시스템에서의 새로운 기술이라면 移動閉塞이라는 시스템레벨의 것에서부터 트랜스폰더나 디지털식 신호수신기와 같은 요소기술에까지 많은 것이 있지만 몇가지에 대하여 설명하고자한다. (표5 참조).

##### (1) 固定閉塞, 移動閉塞, closing-in방식

열차접근시 固定閉塞과 ATC에 의한 감속곡선을 나타내면 그림12와 같은데 그림과 같이 3현시의 신호시스템에서는 3단계로 감속제어되고 제동거리외에 空走에 의한 거리손실 S<sub>1</sub>+S<sub>2</sub>+S<sub>3</sub>와 閉塞區間이 고정되어 있음으로 이한 거리손실 X<sub>1</sub>+X<sub>2</sub>+X<sub>3</sub>에 열차검지를 閉塞區間 단위로 하기 위한 거리손실 L이 가해져 상당한 손실이 나타난다. 이것을 없애기 위하여는 감속제어를 1단계로 하고 연속으로 열차검지를 하면 제동거리에 空走距離 S<sub>1</sub>, 안전여유 α를 가산한 거리까지 접근할 수 있다. 이 방식을 closing-in이라 부르며 선형열차가 무한대의 감속으로 정지한다 하여도 충돌하지 않는 한계를 말한다. 이보다 시간간격을 줄이려면 선형열차의 속도나 감속을 고려하면서 후속열차를 제어할 수 밖에 없다. 이와 같이 선형열차의 속도나 위치에 따라 연속적으로 열차간격



표 5. 운전보안의 새로운 기술

신 기술	특징 및 목적	내 용
전자연동장치	ME화(fail-safe $\mu$ -computer) 고성능화(저렴화)	계연동장치의 릴레이→ $\mu$ -computer로 치환(2重系) 소프트웨어상에서 고신뢰성 확보
전자폐색장치	ME화(fail-safe $\mu$ -computer) 고성능화	중앙운행감시장치 : 열차의 집중관리 운전사 : UHF대 공간파에 의해 역장치로 정보전송
디지털식 신호수신기	ME화(analog신호의 digital 처 리), 고성능(소형)화	ATS/ATC 차상장치 수신부 : 복조, 변별, 신호표시 속도검사부 : 실속도와 표시 속도의 대조
이동폐색 교차유도선 연속열차위치검지 무절연궤도회로	위치검지 열차제어 }의 고정도화 고밀도화	고밀도 운전에 대응한 폐색시스템
雙子列車	" "	선행열차가 어떤 값 이하로 감속하지 않음 후속열차와의 간격을 줄임
소프트연결	" "	전파를 사용한 거리센서에 의해 일정간격유지
트랜스폰더	정보전송의 고도화 고성능, 고속화, 고밀도화	차상, 지상간 정보전송의 디지털 통신장치 보안장 치외에 열차의 고도의 제어에도 이용 ATS-P로 실용화
인공위성(GPS등)	위치검출 고성능화	정보전송의 간이하 터널통과시의 대책
열차 Nabigation	Intelligent화 고성능화	정보전송의 고도화
운행관리 Expert 시 스템		
구내보안정보전송장치	ME화, 고성능화	

제어를 하는 방식을 移動閉塞이라고 한다.

(2) ATC와 ATD방식

ATC방식은 일반적으로 전술한 바와 같이 몇 단계의 제한속도영역을 갖고 空走시간이 포함되지만 ATD는 짧은 유도루우프와 초다단 정보전송장치및 초다단 운전제어장치등을 사용하여 시간간격을 단축하려는 것으로 이 동작원리는 선행열차의 끝부분에서 일정한 여유거리를 두고 정지할 수 있도록 EB제

한속도패턴을 발생시키는 2현시 1단 제동제어시스템이다. EB패턴과 CB패턴이 있어 열차속도가 EB제한속도를 넘으면 비상브레이크가 걸리기 때문에 비상브레이크가 걸리지 않고 상용브레이크에 의한 감속이 되도록 CB패턴으로 자동제어한다. 또한 역진출측에도 짧은 루우프를 설치하여 열차의 끝부분을 검지하면 시간간격을 더욱 줄일 수 있다. 이 방식은 고정閉塞을 기본으로 하고 있기 때문에 종래 ATC와

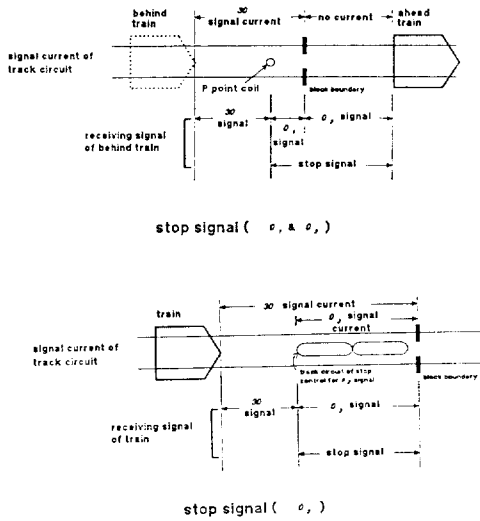
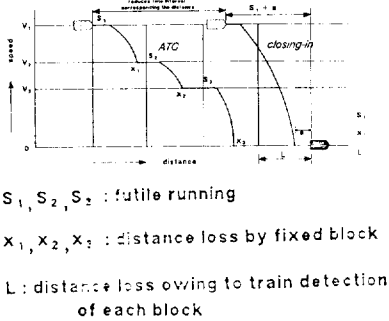


그림 11. 新幹線の 정지 신호



$S_1, S_2, S_3$  : futile running  
 $X_1, X_2, X_3$  : distance loss by fixed block  
 $L$  : distance loss owing to train detection of each block

그림 12. 고정폐색과 closing-in

병용할 수도 있고 역진입부나 역진출부에 루우프를 설치하는 것만으로 효과를 기대할 수 있다. (그림 13-15 참조)

(3) 트랜스폰더

지상에서 차상으로 또는 차상에서 지상으로의 정보전달은 차상자와 지상자의 사이에서 무선에 의해 이루어지는데 일반적으로 ATS에서는 특정지역의 지상자를 통과할때 차상으로 정보가 전달되는 점제어의 형태를 취하고 있다. 이 점제어방식은 열차제어에 있어서 제한점을 갖고 있다.

이에 비해 트랜스폰더는 차상자와 지상자와의 정보의 수수라는 원리는 같으나 거의 연속에 가깝게 정보를 교환할 수 있다는 것과 차상자에서 지상자로

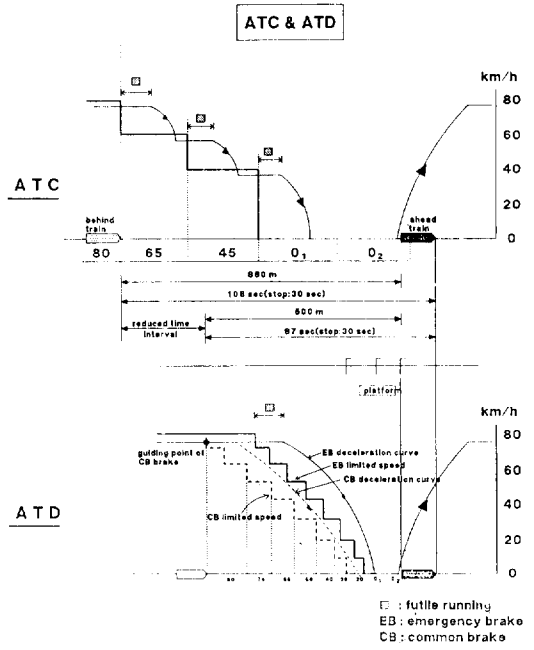


그림 13. ATC와 ATD

□ : futile running  
 EB : emergency brake  
 CB : common brake

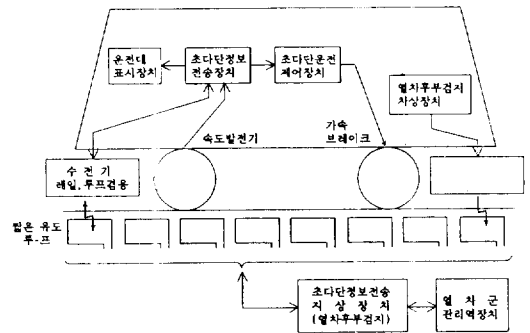


그림 14. ATD시스템의 구성에

표 6. 트랜스폰더의 전송특성

		전송규격
정보전송	지상→차상	1.7MHz(FSK변조)
		최대 64 kbit/s
정보전송	차상→지상	3.0MHz(FSK변조)
		최대 64 kbit/s
전력전송	차상→지상	245kHz

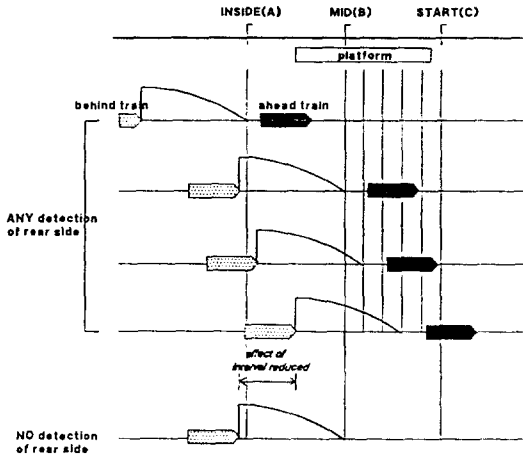


그림 15. 열차후부검지의 효과

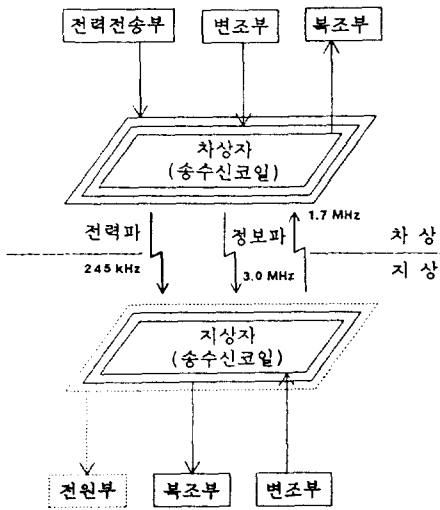


그림 16. 트랜스폰더의 구성

정보파뿐 아니라 전력파도 보내어 지상자에 전원을 공급하고 있다. 그림 16은 트랜스폰더의 구성을 나타낸 것이고 그림17은 ATS에 적용된 예를 보인 것이다. 트랜스폰더의 전송주파수는 표6과 같은데 변조방식은 잡음에 강한 FSK를 채용하고 있고 전송속도는 최고 64kbit/s이며 안테나의 형상은 0재형, 8자형이 있다.

(4) ATS의 개량

일본 JR의 경우, ATS는 ATS-S형이 대부분으로

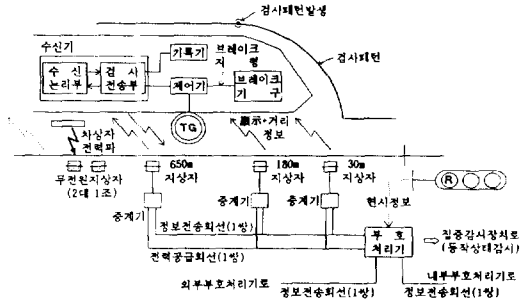
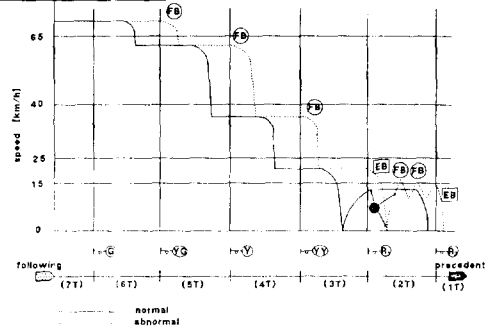


그림 17. 트랜스폰더의 ATS 적용예

Ground & In-car Signal

ground signal system



in-car signal system

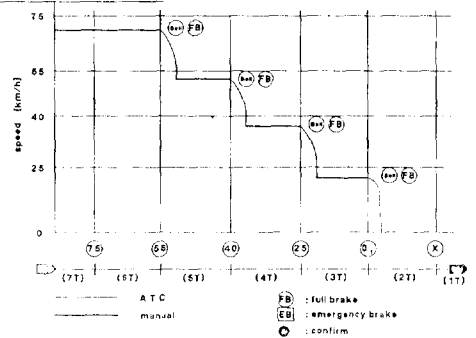


그림 18. 지상신호방식과 차내신호방식

이것이 안고 있는 문제는 「확인취급」과정이 필요하다는 것이었다. 이러한 문제를 극복하고 보안도를 향상시키기 위한 보안시스템으로 ATS-SP또는 ATS-P의 개발이 이루어졌다. 여기서 「확인」과정이란 정지라는 현시에 대하여 경보를 발하고 승무원이 정해진 「확인」취급을 하면 그 후의 보안은 모두 승무원

에게 맡기기 때문에 그 후 신호를 무시하고 돌진하여도 브레이크가 작동되지 않아 열차사고가 이 「확인」절차에 관련이 있다(그림15참조). 이것을 해결하기 위하여는 열차의 주행속도를 체크하는 속도감사 기능을 도입하고 필요한때만 브레이크가 자동적으로 걸리게 되는 시스템이다.

(5) 고밀도운전을 위한 운전보안시스템

도시권의 철도의 혼잡률은 점점 심해져 수송력을 증강시키는 것이 필요한데 수송력증강에는 신설건설, 증설공사, 열차의 장편성, 운행의 고밀도화등을 들 수 있는데 이 중에서 비교적 단기간에 실현가능한 것은 열차운행의 고밀도화로서 운행열차수를 증가시키는 것이 유효하지만 기존 운전보안시스템을 전제로 하면 한계에 달하기 때문에 운전간격을 보다 단축시키기 위하여는 새로운 고안에 의한 운전보안시스템을 개발할 필요가 있다. 고밀도화를 위한 운전보안시스템의 문제점 및 대책을 차내신호방식과 지상신호방식으로 나눠 논하기로 한다. 차상신호 및 지상신호의 차이점은 그림18에 나타내었다.

1) 차내신호방식

- ① 각 신호속도단계마다 브레이크의 空走距離를 확보하기 때문에 이 누적손실이 크다.
- ② 각 신호속도단계마다 브레이크거리의 차이가 있어 능률적인 閉塞區間설정이 곤란하다.
- ③ 신호로서 설정할 수 있는 속도가 수 종류밖에 없어 곡선, 경사, 분기기등의 제한속도에 적절한 신호속도가 없어 필요이상의 속도저하를 초래한다.
- ④ 過走방지에서 검사지점간의 가속을 고려할 필요가 있어 보통 진입시 운전속도를 낮게 설명하게 된다.
- ⑤ 열차가 있는 閉塞區間의 신호조건밖에 모르기 때문에 열차지연이 발생하면 전방의 운전정보를 알지 못하여 지연을 증폭시킨다.

2) 지상신호방식

- ① 일정 제한속도를 갖고 있기 때문에 신호기를 밀하게 놓아도 신호기사이에서 각 현시가 지시하는 제한속도까지 저하하지 못하는 곳이 생겨 같은 현시를 연속하게 되는 이른바 현시 오버랩이 되어 운전속도의 저하를 초래한다.
- ② 중간신호현시에 제한속도를 갖고 있기 때문에 다단계 속도제어에 의한 閉塞區間마다 空走距離및

감속여유거리를 갖게 된다.

③정차위치로부터 過走여유거리가 불충분한 곳이 많아 역진입속도의 저하를 가져 온다.

④半重複신호제어방식에서는 선행열차가 반중복구간을 진출할 때까지 현시오버랩하지 않는다. 이러한 문제점들에 대하여 고밀도화를 위하여는 다음과 같은 것이 연구되었다.

차내신호방식

- ① 열차검지의 세분화
- ② ATC 속도신호의 다단계화
- ③ 1단계제어방식의 채용
- ④ 過走방지대책
- ⑤ 예고정보의 채용

지상신호방식

- ① 閉塞의 세분화
- ② 새로운 신호현시의 채용
- ③ 보안장치에 의한 정지위치
- ④ 過走방지대책
- ⑤ 반중복제어와 B점제어의 병용
- ⑥ ATS지상차의 복수 설치
- ⑦ ATS, ATC설비 : 패턴제어식  
1단계어

4. 결 언

우리나라는 300km/h에 달하는 속도의 고속전철을 도입할 단계에 있다. 이 시점에서 고속전철의 운전보안 시스템을 조사하고 철도기술의 선진국이라 할 수 있는 프랑스, 독일, 영국, 일본의 기술단체를 채용해 봄으로써 도입될 전철에 대한 기술이전에 대한 바탕을 제공해 줄 수 있다는 점에서 본 강연내용이 조그만 보탬이 되리라고 기대해 볼 수 있다.



김양모(金良模)

1950년 3월 29일생. 1973년 서울대 공업교육학과 졸업. 1986년 일본 동경대 전기공학과 졸업(공학). 현재 충남대 공대 전기공학과 교수.