

鐵道信號시스템과 開發비전

Train Signal System and It's Development Vision

철도의 3요소로 보선(保線) 차량기술(車輛技術) 신호(信號)를 이르는 것은 레일, 즉 선로(線路)만 있다고 열차가 달릴 수 없으며 고도의 기술이 가(加)해진 보선이 필요하고 차량 즉 기관차만 확보했다고 말할 수 있는 것이 아니며 운전할 수 있는 기술(증기, 디젤, 전기관차, 전동차)을 요하며 마지막으로 열차의 안전을 보장(保障)하는 운행조건(運行條件)을 지시(指示)하는 철도설비 즉 신호가 필요하다. 초창기에 말을 달려 전방의 안전을 알리는 수신호(手信號)부터 기계식 완목(腕木) 신호를 거쳐 전기신호시대를 지나 이제는 기전시대(機電時代)에서 전자시대(電子時代)로의 전환기로 지상신호(地上信號)에서 차상신호(車上信號)로 변하고 있다. 철도 100년사를 돌아보면서 다국적 신호설비의 현실을 소개한다.



洪性典*
Hong, Seoung Jeon

1. 철도신호의 역사

18세기 말엽 영국에서 시작된 철도는 1898년 9월 18일 노량진~제물포간 경인선 개통이래 우리는 100년의 역사를 갖게되었다.

수송은 전략전술을 변화시켜 승리로 이끌 수 있는 요소로써 일본의 대륙진출정책이 한반도 철도의 수송수요의 급격한 증대로 전기신호가 도입되었으나 한국전쟁으로 모든 신호시설이 회진(灰塵)되었으며 1960년대 경제발전과 더불어 수송량의 증대로 중앙선의 무연탄을 비롯한 물자수송의 감당(勘當)이 중대사로 등장 역구내의 유효장 연장과 기관차의 대형화에도 역부족 일 때 중앙 집중제어장치(中央集中制御裝置) CTC라는 신호 시설 개량으로 운전시격(時隔)의 단축선로용량의 증대로 그 일을 해냈다.

미국 전문가들에 의해 용역결과 60년대에 109억을 들여 8년이 소요되는 복선화(複線化)에 비

해 9억으로 2년만에 신호개량인 CTC 설치로서 복선의 70% 효율을 거두어 실제 청량리~봉양간 32개 역의 일일 열차회수 20회에서 56회까지 증가시키었다.

이제 철도의 높은 안전성과 생산성 향상으로 경영합리화의 주도적 역할을 하고 있는 신호보완 기술도 재래식 계전기(Vital Relay) 방식에서 컴퓨터(Computer) 방식으로 이행되어 가고 있으며 전송방식도 Soldestate(트랜지스터) 방식에서 디지털(Digital) 방식으로 이행되었고 ATS장치도 궤도회로제어신호를 오버랩핑(Overlapping, 重疊)한 연속식(聯續式)으로 변화하였다.

선진국 기술을 우리 것으로 소화하여 창조적인 기술개발의 모델(Model)이 될 수 있는 건널목 경보장치의 원격감시장치(遠隔監視裝置)를 세계 최초로 개발하였으며 광섬유 케이블의 근대화로 연동장치(聯動裝置)도 전자화 해 나가고 있다.

트랜지스터 반도체에서 축적된 기술로 우리 실

*철도신호기술사, 철도신호협회 이사, 기술사사무소 신우엔지니어링 고문.

정에 맞는 독특한 방식의 컴퓨터 CTC의 채택으로 완전한 백업 시스템(Back up System)을 갖추었으며 1대의 주 컴퓨터로 운영하다 고장이 발생하면 즉시 예비 컴퓨터가 가동(稼動), 이것마저 고장이면 사령자(司令者)는 조작표시반에 설치된 Push-Button을 사용하게 되며 DTS(Data Transmission System)가 고장일 경우에만 로컬(Local) 취급하도록 설치되었다.

모든 정보의 디지털화로 오취급(誤取扱)의 책임 소재도 밝힐 수 있게 되었다.

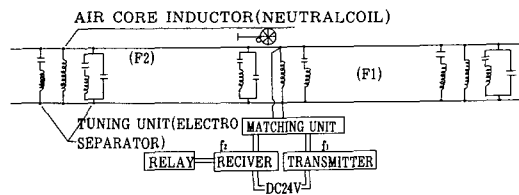
계전기에 대체로 표시반의 표시등은 CDB(Lamp Driver Board)라는 반도체회로가 설치되어 디지털신호를 송수신하여 필요한 등(燈)을 점소등(點消燈)하게 하여 표시하게 된다.

큰 역구내에서 이웃 작은 역의 운전취급을 원격제어장치에 의해 함으로서 경영개선을 해 나가고 있다.

특히 건널목 경보장치의 기구함(器具函) 내에 고장 축전지의 충전상태경보종 각종 표시등이 정상인가의 정보를 송신하게 하고 이를 분소 또는 한 개소에 주재원(駐在員)이 상주하는 곳에서 수신하도록 하여 표시반에 표시하도록 함으로써 매일 순회하던 수고를 덜고 장치는 더 세밀하게 점검 결과를 가져왔다.

무절연궤도회로(無絶縁軌道回路) 방식의 개발은 그림에서 보는 바와 같이 절연이 설치될 장소에 중성점코일(中性点) Neutral Coil을 설치하고 이와 병렬로 전기분리기(ELECTRO SEPARATOR)를 설치하고 여기에 f_1 의 주파수를 가진 전원을 공급하면 자기궤도회로에 대하여는 직렬공진을 타궤도회로에 대하여는 병렬공진을 일으켜 상호 간섭할 수 없게 된다. 다음 연속되는 궤도회로에는 f_2 의 주파수를 갖는 전원을 공급하면 f_1 의 경우와는 반대의 현상이 발생되어 독립된 궤도회로의 기능을 한다.

또한 이 f_1 f_2 의 주파수를 교호(交互)로 상선에 사용하고 f_3 f_4 의 주파수를 교호로 하선에 사용하게 되면 상하선이 상호 간섭이 없을 뿐만 아니라 $f_1 \sim f_4$ 의 주파수에 특정 신호를 오버랩핑(重疊) 시키면 ATC의 기능도 용이하게 갖추어질 수도 있다.



〈그림 1〉

반도체전자기기의 수명연장과 열화(劣化) 방지를 위해 적정온도유지용 냉방장치와 하절기 제습 대책도 기기의 안전 도모를 위해 개선해 나가고 있으며 직류전원장치에 있어서 맥류(脈流) Ripple 제거와 접지방법의 연구가 진행되고 있다.

ATC(열차자동제어장치) 설비로 지상신호(地上信號)는 차상신호(車上信號)로 바뀌고 있으며 ATO(열차자동운전장치)로 무인화(無人化)되어 가고 있어 근대화 개념인 시간과 공간의 정복을 철도에서는 신호가 향도역할을 해오고 있다.

2. 철도신호의 모형(Pattern)

불모지에서 출발한 우리 신호가 행선지시개념(行先指示概念)에서 열차제어로 바뀐 오늘날 경영개선에 기여도는 실로 괄목(刮目) 할만하다. 과거의 약속된 운전규정만으로는 인간능력의 한계에 부딪히자 정보화시대에 발맞추어 고속화에 따른 지상선로에서 지상의 제반조건을 레일을 이용한 궤도회로 차상으로 전달하는 ATC 시대가 되었다. 서울도시철도공사는 Auto System으로 회차무인운전(回車無人運轉)의 역운 전 취급까지도 신호가 담당하게 되었다.

폐색방식의 발달은 이제 차상에서 위치 속도가 속 구배 등의 모든 정보를 가지고서 선행열차(先行列車)의 정보와 비교하면서 운행하는 통신을 이용한 커뮤니케이션 베이스(Communication Base) 방식으로 궤도회로 없이 무인운전(無人運轉)이 가능하게끔 되어 가고 있다.

모든 시스템이 많은 시련의 단계를 거쳐 수정하고 개선하고 있으며 세계는 우리가 상상하는 것보다 훨씬 빠르게 변하고 있다. 현대는 기술 하나로 몇 백만 명을 먹여 살리는 기술우위시대다.

간단한 장애발생이라 하더라도 출퇴근시간에는 감당하기 어려운 혼잡(混雜)이 오게 마련이므로 그 원인 규명을 위해 가닥을 잡고 맥(脈)을 찾아서 사전예방보수를 철저히 해 나가고 있다.

전기설비의 시스템화는 고장자동검지기가 예방보수까지도 예고가 가능해지고 있으며 낭비를 줄이고 무리는 안하는 것이 능률이요 경영의 합리화(合理化)다.

차세대 철도 시스템의 기술과제는 열차의 조정제어란 점에서 고밀도 운전의 대응능력과 인력난으로 전후열차가 연휴(連携)된 주행제어(走行制御)가 요구되며 자동운전을 함으로써 운전을 지원하고 운전사에게 인간의 고도의 판단을 요하는 업무만 주로 하게 하도록 이행(履行)하는 것이 바람직하다.

3. 철도신호의 주요기술

초기의 기계식연동장치에서 전기식연동장치로 꾸준히 개량하여 발전해 왔고 그 후 경제발전과 더불어 수송량의 증가에 맞도록 ABS(自動閉塞裝置)를 신설하여 선로용량을 증가시켜왔고 이에 따른 안전도 향상을 위해 ATS(列車自動停止)장치를 전선구(全線區)에 신설하여 설치를 100%에 이르고 있으며 그 후 CTC 및 ATC 장치와

최근에는 집중식 전자연동장치를 개발하여 중앙선(淸량리~봉양)에 사용하고 있다.

이러한 발전과정의 역사는 불과 50년의 짧은 시간 속에 신호인들의 고난과 역경 속에서 이루어낸 피땀 어린 결정체라 할 수 있다.

외국의 모델링(Modeling)을 연구하여 우리 실정에 맞는 형(型)으로 장점만을 채택하여 규격서(Specification)를 만들어 사용 중 시행착오를 거듭하면서 오늘의 우리 것으로 만들어 오는 동안 우리는 항상 왜 그렇게 구성했는가 그렇게 구성하기까지의 이론적 학문적 근거는 어떻게 이루어졌는가 하는 점에서 항상 부족했다. 국립산업대학과 산업협력체제를 구축 1997년 2월에 철도전기분야의 위탁교육과정을 개설했으며 고급 과정으로 광운대학교 산업정보대학원 철도신호 교과를 신설하여 1996년부터 기술개발에 관한 연구에 여념이 없다. 수도권전철구간에서 영등포역의 경우 1일 열차회수가 전동차 706회 일반열차와 화물열차 314회로 약 1,020회가 넘으며 운전시격(Headway)은 2.5분대로 운행하고 있다.

장애예방을 위하여는 인력만으로는 불가능하다. 따라서 최첨단(最尖端) 전자장치에 의한 자기고장진단(Diagnostics) 기능을 확대 설치하여야겠다. 한편 보수요원이 선로를 순회(巡廻)하여 수작업에 의해 각종 데이터(Data)를 추정(推定) 기록 조정하던 것을 개선코자 신호검측차(信號檢測車)를 개발하여 1998년부터 운행할 계획으로 신호설비 보수의 자동화가 이루어지게 될 전망이다.

철도신호보안장치는 고장안전측(故障安全側 : Fail Safe)원칙이 적용되는 선로이용률을 최대한으로 향상시키고 열차 상호간의 안전과 운행열차를 방호하는 설비로서 신호장치, 선로전환장치, 연동장치, 폐색(閉塞)장치, 건널목보안장치, 집중열차제어장치(CTC), 자동열차제어장치(ATC),

기타 보안장치 및 이에 부대 되는 모든 신호보안 시설을 통틀어 신호보안장치라 하며 이중 견널목 보안장치는 도로통행과 직접적인 연관을 가진 안전설비로서 그 사명과 특수성도 대단히 큰 비중을 차지하고 있다.

열차의 이동상황을 현재 제어자(制御子) 방식에서 비접촉식차륜검지기(Wheel Detector)를 이용하여 열차를 검지하고 이를 마이크로 컴퓨터로 속도를 산출 경보개시점(警報開始點)을 설정함으로써 고속열차와 저속열차에 관계없이 정시간(定時間) 정보제어가 되도록 신뢰성을 향상시켰다.

정시간견널목경보장치를 전자화 하기 위하여 대기이중계(Hot-stand Bysparing) 방식으로 구현하였고 각 모듈간 데이터의 연계성을 위하여 소프트웨어적으로 상호간에 데이터를 전송함으로써 자기진단(Self Checking) 기능과 모듈간 상호 감시 기능을 향상시켰다.

또한 차륜검지기를 일정거리 떨어진 위치에 이중으로 설치하고 두 검지간의 위치에 이중으로 설치하고 두 검지간의 열차검지 시간 차이를 이용하여 열차의 속도를 계산하였다. 따라서 경보개시점을 열차의 속도에 따라 일정 시간 후 경보함으로써 기존의 열차 견널목에 존재하던 경보사고로 인한 인적 및 물적 피해를 줄일 수 있는 가능성을 제시하고 구성된 대기이중계시스템의 신뢰도를 구하기 위하여 마코보 모델을 사용 MIL-STD-217F의 데이터에 기준을 두고 신뢰도를 높였다.

4. 무인운전(無人運轉)

새로운 교통시스템의 신철도는 종래의 철도와 구분되는 몇 가지 특성을 가지고 있는데 그 대표적인 것이 「고속도운전」과 「고밀도운전」, 「경영합리화, 생산성제고」 방식의 채택이다. 신호설비의 시설 목적은 「열차의 안전, 신속, 정확한 운행

과 경영합리화」다.

다만 현재 시설되고 있는 신호설비는 우리의 표준제품이 없이 세계 각국에서 모델이 공급시설되고 있는 실정이어서 공학적 이론의 정리와 근거자료의 제시가 미비하다.

특히 고속도·고밀도 열차를 총괄적으로 제어하고 열차의 안전운행을 담당하는 열차제어기술 분야 즉 신호기술은 신철도의 3대 요소 선로, 차량, 열차제어로서 더욱 중요한 것이다.

열차운행시력의 단축과 표정속도(表定速度)를 향상 시간을 절약하는 방안으로 ATC, ATO장치를 사용하고 운영 인원을 최소화하기 위하여 무인자동차 시스템을 도입 각 분야가 적용하며 무보수화(Maintenance Free) 장치로 시스템을 조성하여 경영합리화 생산성 제고가 가능한 시대로 나아가야 한다.

〈표 1〉 열차편성수, 운전시격과 최대 수송인원

열차편성수	운전시격	운행회수/시간	최대수송량/시간
6량편성	1.5분(90초)	40회	72,000명
8량편성	2.0분(120초)	30회	72,000명
10량편성	2.5분(150초)	24회	72,000명

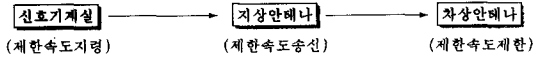
〈표 2〉 시스템 비교(1기, 2기 지하철)

분야	구분	서울지하철공사(1~4호선)	도시철도공사(5~8호선)	비고
	운전방식	ATC반자동운전	ATC/ATO 자동운전	인력 및 에너지절약 자동운전을 위한 출입문 제어 및 정위치 정차 기능 지원
	연동장치	계전연동장치	전자연동장치	열차원전 지장요인 사전 발견으로 신속조치 가능
	전철기	기계식 크러치	전자식크러치	기본레일과 일체형으로 체결되어 왜정 및 밀착 불량요인감소
	시스템 구성	상용 설비만 설치	주요설비 2중계	상용 설비 고장시 예비 설비가 작동신호설비의 안정화 및 열차 운행 지장 요인감소

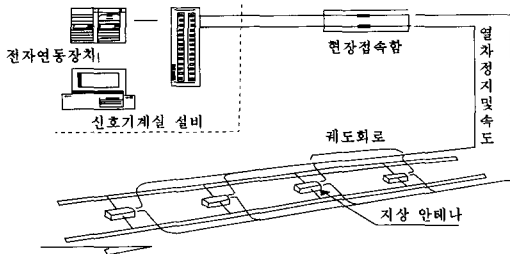
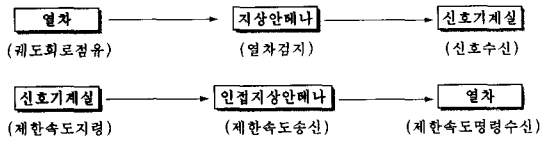
1) ATC/ATO 운전 방식

가. ATC 기능

① 열차운전 제한속도 지령



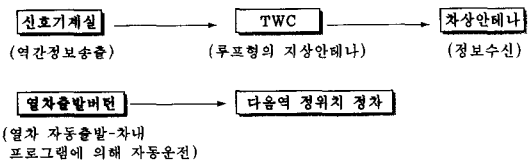
② 선행 열차와의 안전거리 확보



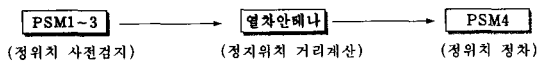
<그림 2> ATC궤도회로 구성도

나. ATO 기능

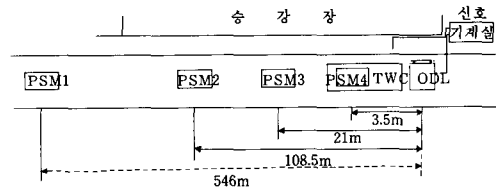
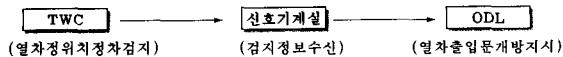
① 역간 열차 자동운전(차내 프로그램에 의한 자동 가감속)



② 열차 정위치 정차



③ 출입문 자동제어



참고
PSM : Precision Stop Marker(열차 정위치 정차 코일)
TWC : Train and Wayside Communication(열차 지상간 정보통신 장치)
ODL : Open Door Loop

<그림 3> ATO설비 설치도

5. 신호인의 사명(使命)

철도 신기술개발을 선도(先導)하는 분야가 될 수 있도록 차세대 철도시스템의 기술 과제로 열차의 조정 제어란 점에서 대응능력을 길러야 할 때라고 생각한다.

철도는 다양한 기술의 종합적 산물로서 다른 분야는 일반산업에서 널리 사용하는 기술이지만 신호는 철도에서 만 사용하는 특수분야로서 열차를 안전, 신속, 쾌적하게 운행하기 위한 핵심 기술분야일 뿐만 아니라 컴퓨터와 전자기술을 응용하는 첨단분야로써 철도의 발전수준을 대표한다.

바둑 1급 실력을 갖춘 10명이 머리를 싸매고 함께 달려들어도 1단을 이기기 힘든 이치와 같이 신호도 유단자 배출에 힘쓰고 있다. 기술사 34명의 배출이 증명하고 있다.

이제 기술 없는 사람은 자산이 아니고 부채(負債)인 셈이다.

바로 위험요소를 투철한 사명감으로 척결할 수 있는 실력 있는 전문인력 양성이 우리가 서둘러 풀어야 할 최선의 과제요 사명이다.

(원고 접수일 1998. 7. 7)