

고속전철용 운행 제어시스템 기술현황



이 재 덕 (한국전기연구소 제어응용연구팀)

- '83. 2 경북대학교 전자공학과 (학사)
- '86. 2 경북대학교 대학원 전자공학과 (석사)
- '86. 2-현재 한국전기연구소 선임연구원

1. 머리말

산업발달과 더불어 수송량은 계속 증가해 왔으며 최근에는 더욱 많은 인적 교류와 물적 이동이 이루어지고 있다. 이에 따라 공항, 항만, 철도, 도로등 기간망이 계속 증설, 확충되고 수송 체계가 개선되고 있으며 이동속도나 운행 방식 또한 발달하고 있다.

열차시스템도 초기 등장 이래 수송량의 증가와 함께 계속 발달해 왔다. 운행횟수가 늘어나게 되었고 운행 시간 단축을 위한 속도 개선도 계속되었다. 제한된 선로상에서 충돌없이 여러대의 열차들을 운행하기 위한 수단이 필요하게 되었으며 이를 위한 장치나 신호 방법들이 계속 발달해 왔다.

열차 운행을 제어하는 신호방식은 초기 수기 신호 방식에서 출발하여 전체 운행 구간에서의 각 전철기 및 신호기들을 안전하게 자동 점멸하는 연동장치를 등장시켰으며 전철기 및 신호기들의 구동방식도 기계적인 방식에서 → 전기적인 동력 구동 방법으로 신호 및 운행 관련 장치들을 구동하는 제어 Logic도 기계적 → 전기적 릴레이 → μ -process와 전자회로를 이용하는 전자 연동 logic으로 바뀌고 있다.

늘어나는 운행회수와 빨라지는 열차 속도에 대응하기 위한 속도 제어 단계도 출발→정지에서 출발→서행→정지, 출발→다단계 속도제어→정지 방식으로 발달해 가고 있다.

열차 운행 제어시스템은 최신의 신호 설비들과 다단계 속도 제어를 이용하여 고속 열차를 안전하게 빠른 속도로 이동시키고 효율적으로 전체의 흐름을 조절하는 기능을 가지는 시스템을

말한다.

특히 시속 200Km를 능가하는 고속전철의 운행 제어시스템은 운행 효율성, 안전성, 신뢰성 확보 차원에서 가장 중요한 요소로 평가되고 있으며 운행 속도 향상에 한계가 있는 대신 운행 시간 단축을 통한 단위 시간당 수송량 증가가 보다 효율적인 방법이란 측면에서도 그 중요도가 커지고 있다.

본고에서는 제 2장에서 고속전철 운행 제어시스템의 구성과 특성, 제 3장에서는 운행 제어시스템을 구성하는 궤도회로, ATC, interlocking, CTC 시스템의 운행 제어시스템의 기술현황에 대하여 기술하고 제 4장에서 맺는다.

2. 운행 제어시스템 구성

선로가 복잡해지고 열차 운행 회수가 증가되고 속도가 빨라지면서 점점 열차의 흐름을 제어하는 방법도 고도화되어 왔으며 종래 신호 방식에서 사용하던 연동 장치(interlocking)도 이와 더불어 계속 개선되어왔다. 그러나 시속 200 Km 이상의 열차가 등장하면서 열차 운행제어는 종래의 신호 방식에 의존하여 제어하는 것이 불가능하게 되었으며 보다 새로운 장치와 제어방식이 필요하게 되었다.

제어 방식의 변화는 종래 역 주위에 집중되었던 열차 흐름 제어에서 전 구간에서 분산되는 방식으로 즉 점 제어 방식에서 연속제어 방식으로 바뀌었으며, 열차 추돌을 방지하기 위한 보호기능이 강화되고 열차 속도를 직접 자동 제어하는 기능이 추가되었으며(ATC), 종래 선로 주변의 신호 방식(line-side signaling)에서 차상에도 신호를 표시하는 방식(cab signaling)등으로 나타나게 되었다.

이를 구현하기 위해서는 종래 역 주위에 집중되었던 전철기등 선로 제어기들이 전체 운행 구간에 설치되고 전 구간에서 열차 유무 검지와 지상·차상으로 각종 신호를 전송하는 장치(지상 ATC), 이들 정보를 수집하고 전송하는 궤도회로, 그리고 차상에 신호를 표시하고 열차를 직접 제어하는 차상 자동열차 제어장치(차상 ATC)

가 설치되어야 하며 이들 사이를 연결하는 통신 시스템과 정보의 고속 scanning 및 감시.제어 기능을 가진 중앙 컴퓨터 시스템(CTC)이 필요하게 되었다.

즉 종래 신호기와 전철기들을 구동하는 연동 장치와 더불어 궤도회로, 지상 ATC, 차상 ATC, 고도화된 CTC등이 필요하게 된 것이다. 고속전철 운행의 제어는 이들의 상호 결합에 의하여 이루어지며 전체적인 구성도를 그림 1에 나타내었다. 그림 1의 Signal Box는 TGV의 경우 약 15Km 구간마다 설치되며 전철기와 신호기가 집중되어 있는 역 주위에서는 연동 장치와 ATC 장치 모두 설치되지만 전철기가 설치되지 않는 역 사이의 일부 구간에서는 ATC 장치만 설치되며 Signal box 내에는 선로의 유지 보수를 위한 다른 장치들도 설치되지만 그림에서는 생략하였다. 연동 장치는 통신선을 통하여 CTC 장치와 연결되어 전체적인 흐름 제어를 수행하며 중앙 제어 센터로의 선로 상태 보고는 연동 장치가 처리하게 된다.

ATC 지상장치는 주변의 ATC 지상장치들과 연동되어 있으며 릴레이 logic으로부터 궤도회로 상태 정보를 수집하여 열차 검지, 속도 제어정보 계산등의 일을 처리하며 CTC ↔ 연동 장치와 지상 ATC들 사이의 통신선은 모두 2중화되어 있다.

3. 기술 현황

3.1. 궤도회로

궤도회로는 일정 구간의 레일 양단에 전류를 흐르게 함으로써 회로를 구성하여 열차를 제어함에 있어 가장 근본적인 정보 즉 열차 검지, 열차 진행방향 검지, 선로 상태 정보등을 제공하는 정보 source인 동시에 지상에서 차상으로 보내는 ATC 제어 정보를 송출하는 회로이다.

궤도회로 구성은 레일을 일정길이(TGV의 경우 1.5 ~ 2Km 전후)의 구간으로 분리하여 레일의 한쪽끝에서 전류를 흐르게 하고 다른 한쪽

기존 연구 개발되어온 시스템들과의 호환성과 경제성을 고려하여 개선되어왔기 때문에 절대 비교는 어렵다. 다만 그 나라의 특성과 경제적인 여건등을 고려하여 적용할 문제인 것이다.

궤도회로 구성에도 여러가지 방법들이 있으나 현재 TGV에서 사용하고 있는 방법은 기존 구성 방법들의 여러가지 문제점들을 해결하여 AC 궤도 회로를 이용하고 있으며 인접 궤도회로와의 간섭을 배제하기 위하여 서로 다른 주파수를 할당하여 사용하고 있다.

현재 궤도회로 분야의 가장 어려운 점은 차량 구동에 사용되는 귀선 전류에 의한 유도 잡음과 전력변환 장치에서 발생하는 고주파 방사 잡음 제거이다. 유도 잡음 대책으로써 궤도회로의 릴레이 수전단에 tuning filter를 설치하여 잡음을 제거하고 있으며 방사 잡음 대책으로써는 전력변환 장치의 외함 shielding, 방사 잡음 대역 회피등의 방법을 이용하고 있으나 사용 주파수 대역의 제한성등에 따라 근본적인 제거책은 되지 못하고 있으며 실제 고주파 방사 잡음에 의한 ATC 오동작 사례도 보고되고 있다.

또, 열차 속도의 증가에 따라 속도 제어단계가 많아질수록 전체적인 사용 주파수 대역이 늘어나고 제어 단계별 주파수 할당 영역은 좁아져 ATC 차상장치의 신호 수신이 어려워지기 때문에 지상 궤도회로에서의 차상 신호 송신시 신호 coding 방법에도 많은 연구가 필요하며 특히 현재의 지상→차상 단방향 신호 전송 방법을 개선하여 쌍방향 전송으로 할 경우 신호 검지 logic이 복잡해지기 때문에 정확한 선로 특성해석과 신호 전송방법에 많은 연구가 필요하다.

궤도회로의 전송 특성은 이미 오랫동안 연구가 되어왔기 때문에 선로로서 사용되는 재질을 현재와 동일하게 할 경우 습도, 온도등 기후적인 조건만 고려하면 큰 문제가 없을 것으로 보이나 레일 재질이 변경될 경우 레일의 전기적인 특성 해석에 많은 연구가 진행되어야함으로 신중히 생각해야 할 것으로 보인다.

3.2. ATC

ATC는 종래 기관사가 신호 지시에 따라서 직

접 수행하던 감·가속, 제동, 정지등 각종 운행제어를 자동적으로 수행하는 시스템이다. 열차 제어를 자동적으로 처리하는 이유는 시속이 200Km를 넘어서게 되면 안개등 약천후 속에서 신호 판단 자체가 어려워지고 육안 판단후 제동등 운행 제어를 수행할 경우 반응시간 소요에 의해 열차의 충분한 안전거리 확보가 힘들기 때문이다. 실제 제동거리는 속도의 제곱에 비례해서 늘어나며 아무리 좋은 제동 시스템을 사용하더라도 제동거리는 상당히 늘어나며 TGV의 경우 시속 300Km에서 비상 제동 거리만도 6~7Km에 달한다. 따라서 속도가 빨라지는만큼 열차 상호간의 안전을 확보하기 위한 방법이 필요하게 되어 등장한 것이 ATC이며 이 장치를 차상과 지상에 설치하여 자동적으로 열차를 제어하고 종래의 신호 보안 장치와 연동하여 안정성을 높이고 있다. ATC는 차상에 탑재되어 주행속도와 신호 상태를 표시하고 지상 ATC로부터 지시에 따라 직접 차량을 제어하는 차상 ATC와 선로 상태와 인접 구간 정보등을 이용하여 주행 속도를 계산하고 이를 차상으로 송신하는 지상 ATC장치로 구성된다.

3.2.1. 지상 ATC

지상 ATC 장치는 약 15Km 간격으로 설치되는 선로변 signal box에 위치하여 local 궤도회로에 부착된 릴레이 감시 정보와 인접 ATC 지상 장치로부터의 정보, 연동 장치로부터의 정보를 수집하여 열차검지, 열차 진행방향, 선로 상태등을 검출하고 이를 이용하여 i) 열차의 속도를 계산하고 ii) CTC에 보낼 운행 정보를 만들며 iii) 연속 속도제어 정보와 불연속 제어 정보를 차상으로 전송하고 iv) 인접 ATC 및 CTC로 관련 정보를 전송하며 v) 각종 운행 정보를 기록하는 일을 처리하는 시스템이다.

이경우 CTC로의 운행 정보 전송은 동일 signal box에 설치되어 있는 연동 장치의 전송 장치를 통해 전송하며 인접 지상 ATC, 연동장치와의 interface는 모두 2중화되어 있다.

불란서의 경우 지상 ATC 장치는 연속적으로 전송하는 속도 지시 정보뿐만 아니라, 분기지점 표시, 역구내 운행 지시(절대 정지등)등을 위한 불연속 정보도 (점제어 정보) 전송하도록 되어

있고 이 정보 전송장치로서는 10m의 loop cable을 이용하여 1318 ~ 3712Hz의 주파수로 14가지의 정보를 차상으로 전송하도록 되어 있다.

속도가 빨라지면서 속도 제어 단계도 늘어나는 것이 일반적이나 이경우 속도 조회용 반송 carrier을 전후로 해당 속도마다 일정 주파수를 할당하여 송신하고 차상에서는 이를 해독하게 되는데 송신기나 수신기 모두에서 하드웨어적인 부담뿐만 아니라 정밀도, 잡음의 영향등 많은 문제점을 야기시키게 된다. 따라서 최근 불란서에서는 종래의 속도별 신호 전송 대신 미리 정해진 형태의 속도 제어 code를 할당하여 효율적으로 열차 제어가 가능하도록 하고 있으며 이 경우 27bit의 정보를 이용하여 구간의 시작점 속도, 종단속도, 다음 구간의 종단속도, 해당 궤도회로의 길이 및 상태, 예비용 부호등을 전송하여 이를 해결하고 있으며 이경우 차상의 제어 장치에서도 효율적인 운행이 가능하게 되고 운전 시력도 단축 가능한 장점이 있다.

3.2.2 차상 ATC

차상 ATC는 지상으로부터의 지시 정보(속도 및 서행, 정지등 지령)에 따라서 차량을 직접 제어하고 지시 정보를 표시하는 기능을 수행하게 된다. 열차 보호를 위해 차상의 속도를 항상 조사하여 차량 속도가 지시 속도보다 빠를 경우 자동으로 제동이 걸려 속도를 낮추게 되어 있다.

차상에는 지상으로부터의 속도 및 지령을 수신하기 위한 안테나가 설치되어 있으며 이를 통하여 수신된 지시 속도 및 지령은 14~18 가지 단계로 구분되어 현시되며 속도 발전기로부터 차량의 실제 속도를 조회하여 지시 속도와 비교 실제 속도가 지시 속도를 넘어서지 않도록 하고 있다.

한편, 차량 속도가 증가하면 안전하고 편안한 차량 제어를 위해서 속도 제어단계도 늘어나게 되는데 이경우 앞서 지상 ATC에서 언급한 바와 같이 ATC 신호의 송·수신에 문제점을 야기시키게 되고 그림 2)에서 보는 바와 같이 실제적으로 제동 거리도 늘어나게 된다. 그 이유는 그림

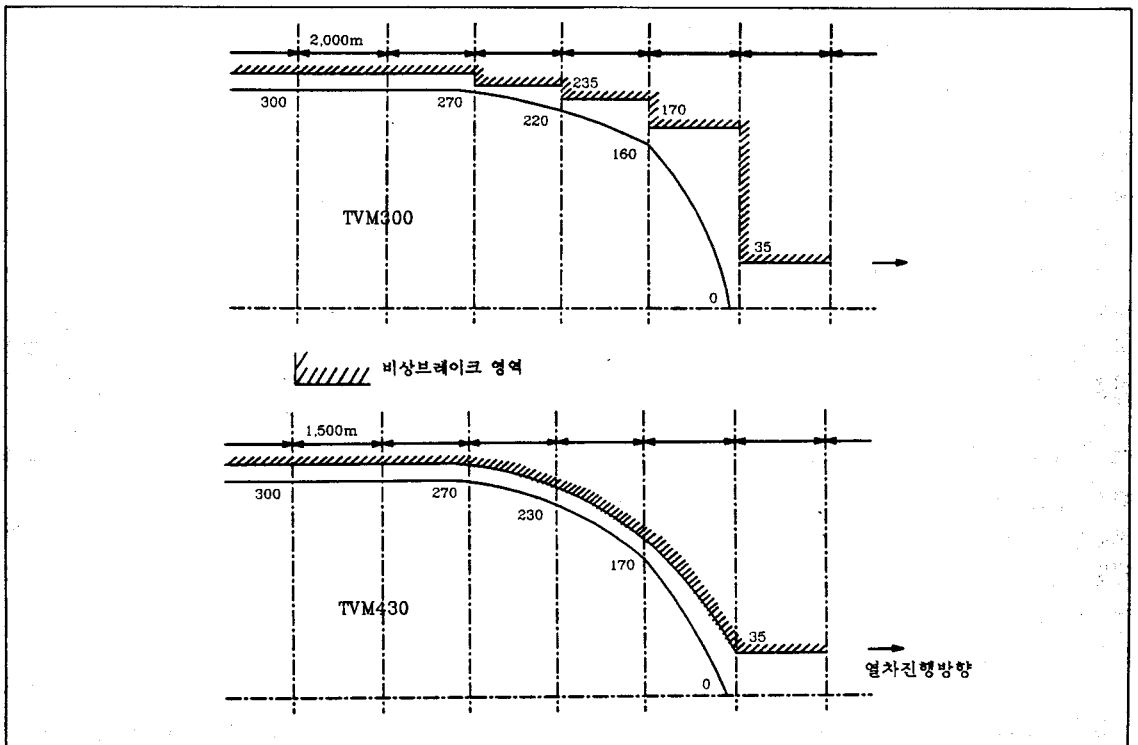


그림 2. ATC 속도 제어 방식 비교

2) 상단 TVM300의 비상 브레이크 영역에서 보는 바와 같이 제동이 연속적으로 발생하지 않고 속도 단계별로 발생하기 때문이며 열차속도가 일단 허용 범위내에 들어오면 제동을 멈추고 지속적인 제동이 걸리지 않아서 승차감이 좋지 않을뿐더러 제동거리도 늘어나게 된다. 이를 해결하기 위하여 새로운 TGV ATC TVM430은 지상에서 연속적인 지시 속도를 전송하는 대신 구간의 시작속도, 종단속도, 다음구간의 종단속도를 전송하고 차상에서는 이를 수신하여 열차길이, 제동특성, 무게당 차량 데이터를 이용하여 최적의 제동 pattern을 발생시켜 연속적인 제동을 하도록 하고 있으며 이에 따라 궤도회로 길이도 2Km에서 1.5Km 전후로 줄이고 최소 운전시각도 4분에서 3분정도로 줄이고 있다.

그림 3)에 차상 ATC 장치의 개략적인 개념 block도를 나타내며 그림에서 속도 및 거리 측정은 속도 발전기 데이터를 이용하며 열차 위치 계산 및 보정은 차량의 차륜 반경 변동을 보정하기 위한 차량의 실제 위치점을 계산하기 위하여 필요한 부분이다. 이때 실제 선로변에 설치된 궤도회로 교차점의 reference point 정보를 이

용하여 정확한 열차 위치를 계산하게 되며 차량속도 제어는 지시속도, 측정속도, 차량 위치 정보를 참조하여 제동 명령을 발생하게 된다.

한편 ATC가 자동 감속을 위주로 하는 대신 지시 속도를 최적으로 추종하고 선로의 profile 등을 따라서 효율적, 경제적으로 자동 운전하는 기능을 가진 시스템을 ATO라 하며 계속적인 연구 개발이 되어왔다.

ATO는 ATC의 기능 일부를 포함하여 이미 일본에서 적용하고 있으며 승차감, 승무원의 편리성, 경제성등에서 양질의 service를 제공하고 있다. 일본의 경우 유럽 국가들과 운행 방법에서 약간의 차이를 가지고 있으며 서구에서는 운전자 위주의 운행방법을 위주로 하고 있어 ATO 개념의 점진적인 도입을 하고 있는 상황이며 일본의 경우는 ATO 의존성이 높은 운전방식을 취하고 있다.

3.3. 연동장치

연동장치는 종래 열차의 신호 시스템으로써 주로 차량 운행이 빈번한 역 구내나 검차장등에

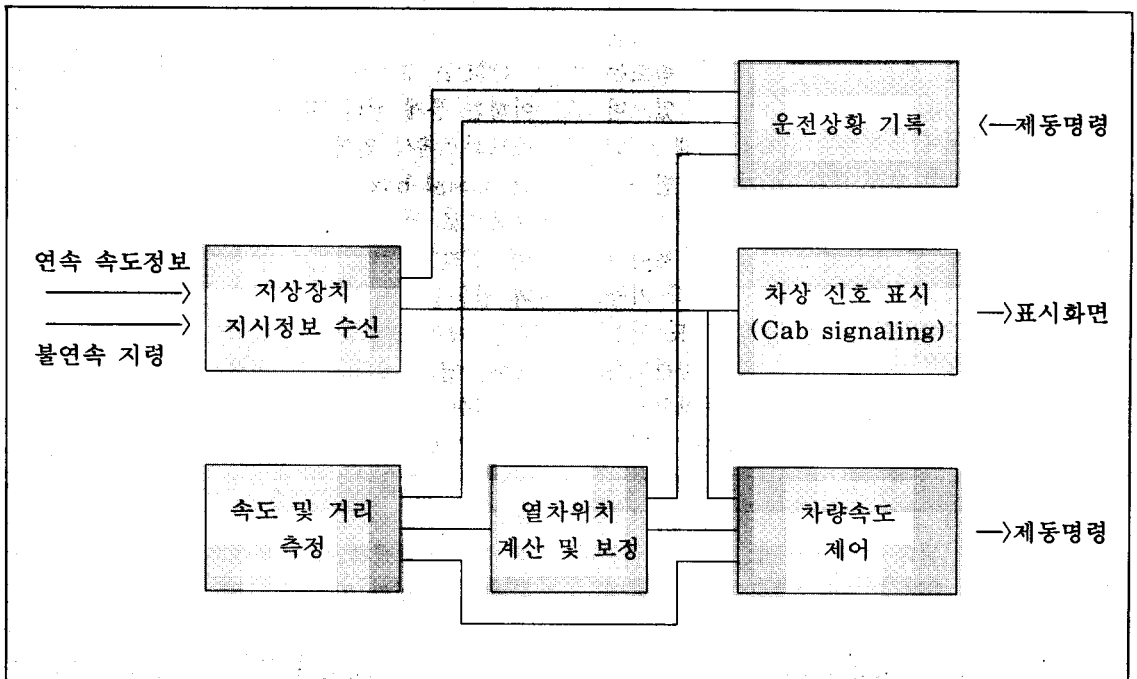


그림 3. ATC 차상장치 개념도

설치되어 열차 상호간에 안전성을 제공하고 효율적인 운행을 보장하기 위해 사용되어 왔다. 역 구내의 하나의 선로로 열차가 진행하거나 정차중일 경우 동일 선로로 다른 열차가 진입하지 못하도록 신호기와 전철기를 구동하는 역할을 하는 절대 안전 보장 장치이다.

고속 전철에서도 이 연동장치는 그대로 이용되며 역할은 주로 정해진 상·하행 교차 구간(20~30Km 정도)을 설정하여 전철기를 설치하고 이 구간내에서의 열차 진행이 절대 안전하게 진행되도록 진로 제어를 하고 필요한 보호 신호를 발생하는 기능을 하며 이 정보를 CTC와 ATC 지상 장치와 교환하면서 전체 운행의 절대 안전을 담당하는 것이다.

고속 전철이 운행되는 국가들 중에서 일본의 신간선은 상하행 교차 운행이 불가능하여 실제 연동장치는 정차장과 검차장 이외에서는 거의 불필요하여 주로 역 주위에 설치되어 있으며 열차 보호기능은 궤도회로의 열차 검지 기능에 의존하여 ATC가 주로 처리하고 있다.

불란서의 경우 전철기를 역 구내와 20~30Km 간격마다 설치하고 약 15Km 마다 설치되는 signal box를 전철기 주위에 배치하여 연동장치가 인접 구간과 연동하면서 진로 제어를 하고 있다. 진로 변경시 전철기 통과 속도는 150Km 이상을 유지할 수 있도록 되어 있으며 이경우 열차 보호와 주행속도 감속을 위해 ATC와 정보를 교환하며 보통 CTC의 지령을 받아서 진로 제어가 이루어진다.

연동장치는 CTC의 진로제어 시스템이 제어하도록 되어 있으나 유사시 현장에서도 동작 가능하도록 되어 있으며 현장 절환 동작시에도 인접 구간의 선로 상태와 운행상태가 표시 가능하도록 현장에 표시반이 설치된다. 전체 연동장치들은 CTC와 2중으로 연결된 통신선을 통하여 상태를 보고하며 CTC는 전체적인 열차의 흐름을 파악하여 조정에 따른 진로 변경 정보를 현장 연동장치로 내보내게 된다. 불란서 TGV의 연동장치는 ATC 운행 관련 정보의 CTC 전송도 처리하고 있으며 이는 동일 signal box내의 ATC가 운행 정보를 CTC의 전송장치로 전송 요청하여 처리하고 있다. 연동장치는 선로를 따라서 설치

된 궤도회로의 열차 검지 기능을 이용하여 열차간 상호 근접을 방지하는 보호 장치로도 사용 가능하며 최근 처리속도가 향상되고 인터페이스가 용이한 전자식 연동장치의 경우 열차 보호 시스템으로도 이미 활용되고 있다.

연동장치 분야의 최근 동향은 전자화 추세이며 이는 ATC 및 CTC와의 연계 필요성이 대두되면서 더욱 가속화되고 있다. 또 하드웨어적인 제어 logic 이 μ -processor 기술과 계산 처리속도 향상, 주변 소자의 처리속도 향상에 힘입어 소프트웨어화 되고 있다. 따라서 제어 logic의 변경에 융통성이 있고 간단한 데이터 조작에 의해 현장 설치가 가능하고 메모리의 증설에 의해 대규모 시스템 구성이 가능하면서 전체적인 처리속도가 향상되고 적은 공간을 차지하는 연동기들이 등장하고 있다.

TGV의 연동장치는 주로 계전식 연동장치를 표준화하여 사용하여 왔으나 최근 영국의 전자 연동장치인 SSI를 도입 자국 일부 구간에서 시험한 바 있으며 국내에는 전자식 연동장치를 제안하고 있다.

3.4. CTC

CTC는 고속전철 운행 구간의 전체 흐름을 제어하는 통제 센터이다. 각 운행 구간에 설치된 궤도회로에서 얻어지는 정보들은 선로변에 설치된 signal box의 연동장치와 지상 ATC에서 우선적으로 처리되고 구간내의 열차 유무, 신호상태, 전철기 상태, 선로 상태등의 정보들은 ATC와 연동장치를 거쳐 CTC로 보고된다. CTC는 각종 제어 정보들을 수집하여 연동장치의 원격 제어, 열차 발차 시격 조정, 운행 스케줄 계산 및 자동 갱신, 열차 주행상태 추적 및 표시, 열차의 진로 자동 설정등 전체 구간의 열차들이 안전하고 효율적으로 이루어지도록 흐름을 조절하게 된다.

CTC는 원격지 즉 연동기와 선로 유지 보수용 단말기로부터의 각종 정보를 중요도에 근거하여 계속적으로 수집하는 원격 검침용 전용 컴퓨터와 이들 정보를 이용하여 각종 정보를 계산하는 주 컴퓨터, 전체 운행 구간 상황 표시용 상황반과

이를 구동하는 PLC, 주 컴퓨터가 처리하는 각종 데이터 표시용 workstation, CRT, 각종 기록기등으로 구성되며 전체 시스템은 고속 전송용 Network로 연결되어 있다. 원격 검침용 컴퓨터와 주 컴퓨터는 fault tolerant하도록 2중화되어 있으며 빠른 계산을 위한 Real time O.S가 탑재되어 있다.

CTC 분야의 최근 동향은 여객 서비스의 확충, 제어 기술 향상에 주력하는 경향이 있으며 여객 안내 정보를 위한 정보량의 증대, 운행 제어 분야로의 AI, fuzzy제어와 같은 사람의 경험적인 지식이나 사람의 사상 체계 접목, 운행 시격 단축을 위한 이동 폐색 구간식 운행 제어 방식등이 연구되거나 적용되고 있다.

여객 서비스 확충을 대폭 강화하고 있는 대표적인 CTC는 일본의 신간선 CTC 시스템이며 일본의 경우 차내 승객들에게 도착시간등 운행 정보와 정차역에서의 교체 선로 안내등 여객 service를 통합하여 처리하는 전용 컴퓨터를 설치하여 운전하고 있다.

독일의 경우에는 제어기능의 분산에 의한 전체적인 흐름 조절을 통해 수송력 강화를 추구하고 있으며 대규모 집중 연동역을 중심으로 진로 제어를 하고 다시 이 데이터를 전체 연동하는 방법을 사용하고 있다. 분산 처리에 의한 제어 기능을 강화하고 중앙 집중식 관리를 함으로써 전체적인 운행 제어 목적을 달성 하고있다. 이유는 재래선과의 병행 운영을 위해서이며 CTC 처리능력에 한계가 있어 이를 분산 처리하는 것이다. 일본의 경우 고속 전철 제어시스템 제작사를 중심으로 이동 폐색 구간 방식의 운행 제어 방식이 검토되고 있다.

불란서 CTC는 전력 관리를 운행 관리와 병행하고 있는 것이 특징이며 주 컴퓨터가 열차 제어와 전력 공급을 동시에 처리하며 주 컴퓨터 시스템과 검침 전용 컴퓨터 및 표시용 workstation 모두 fault tolerant 시스템으로 구성되고 있다.

4. 맺음말

고속 전철 운행 제어 시스템은 열차의 3대 요소 신속, 정확, 안전성을 제공하는 가장 중요한 시스템이다. 특히 여객의 편리성 제공측면에서, 또 속도 향상에 많은 시간과 개발비용이 소요되는등의 어려움이 따르는 대신 효율적인 운행 제어 시스템의 구현을 통해 단위시간당 수송량을 높임으로써 속도향상과 같은 효과를 얻을수 있다는 경제적인 측면에서 최근 그 중요성이 다시 강조 되고 있는 시스템 이며 이미 고속 전철을 운행하고 있는 각국에서 활발한 연구 개발이 계속되고 있다.

고속전철 운행 제어 시스템은 사람의 감각에 해당하는 각종 검지 및 검침장치들과 이들 정보를 보고하고 다시 지시할 때 사용되는 신경 조직과 같은 통신망, 각종 수집된 정보들로부터 빠르고 정확한 해를 찾는 두뇌와 같은 컴퓨터 시스템, 처리된 결과에 따라서 정확하게 동작하는 손발과 같은 제어 기기들이 함께 협조 동작하는 시스템이며 한부분이 고장나더라도 다른 한부분이 즉시 그 기능을 대신하도록 중요 부분은 다중으로 구성되고 연결되어 한부분의 고장이나 정체가 사고나 병목현상을 유발하지 않는 fault tolerant 시스템이다.

이러한 고기능 제어 시스템은 항공 산업, 대규모 plant 제어 시스템, 각종 기간망 제어 시스템이 요구하는 모든 고급 기술을 포함하고 있으며 이분야의 기술 개발 또한 절실하다는 점에서도 운행 제어 시스템의 중요성을 인식하고 컴퓨터, 통신, 제어, fault tolerant 시스템 구성 기술 등 관련기술 확보와 우리 실정에 맞는 시스템 설계를 위한 종합 엔지니어링 기술력을 키워야 하겠다. 기술이전 뿐만아니라 우리실정에 적합한 표준화와 독자개발을 위한 기술력 확보가 가능하도록 연구, 개발 환경 조성과 지속적인 투자 확대가 필요 하다고 하겠다.