

## 열차제어시스템 기술개발의 현황과 전망

■ 김 용 규 / 한국철도기술연구원

### 1. 서 론

인간은 도로 상태에 따라 원하는 목적지에 도달하기 위해 자신이 진행할 방향, 이동 거리, 이동 속도, 주변 환경 및 도로 상황, 안전 표지판 등을 판단한 후, 두뇌에서 신체의 각 부분으로 관련 정보를 전송함으로써 이동하게 된다. 이때 신체의 감각 기관은 도로 및 주변 상황을 인지한 후, 두뇌 및 신체로 관련 대응 조치를 전달하며, 필요시 시각, 청각 정보 및 안전 조치를 능동적으로 실행한다. 이러한 기능은 열차의 운행에서도 유사한 조건으로 구현되며, 인간의 사고 작용은 기관사 및 주변 기기 또는 컴퓨터에 의해 실행된다는 점이 큰 차이를 갖는다. 열차의 고밀도, 고속 운전에 있어서 충돌 및 추돌없이 안전한 열차 운행을 실현하기 위해 열차제어시스템은 시간의 흐름과 함께 진화되었으며, 이러한 설비는 무선 통신 및 마이크로프로세서의 발달과 함께 급격하게 변화되고 있다. 과거의 열차 운행은 선형 열차와 후행 열차간의 거리 유지, 열차의 속도 조절, 열차의 위치 확인 등을 선로변에 설치된 신호등을 통해 기관사가 육안으로 확인함으로써 열차 운행의 안전은 대부분 기관사에 의존하였으며, 이와 연관된 기술은 주로 신호등에 의한 열차 운행 속도 제한 명령을 의미하는 신호제어시스템으로 명명되었다. 이는 지상의 신호기계실에서 명령을 생성한 후, 신호등을 통해 기

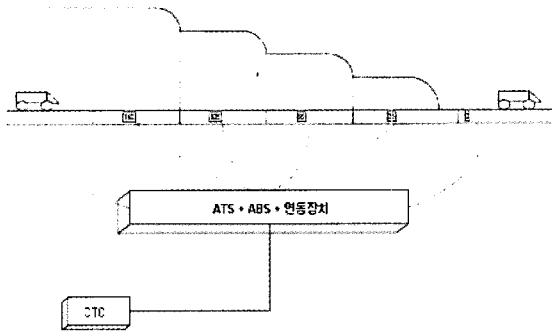
관사에게 열차가 운행할 수 있는 허용 최고 속도를 제공한다. 그러나 현재는 다량, 다종의 특성을 갖는 열차가 함께 고밀도로 운행함은 물론 인간의 가시거리 한계로 불리는 160km/h 이상으로 열차의 운행이 실현됨에 따라 더 이상 선로변 신호등에 의존하는 열차 운행은 안전을 보장할 수 없게 됨으로서 기존의 지상에 설치된 지상 장비 위주의 시스템은 차량의 특성과 차량과의 인터페이스를 통해 열차의 속도를 제어할 필요성이 발생하였다. 그 결과, 기존의 신호제어시스템은 차량 장치의 인터페이스(TIU : Train Interface Unit)가 추가됨으로서 지상과 차량의 통합적인 의미를 갖는 열차제어시스템으로 역할이 변경되었다.

본 논고에서는 신호제어시스템에서 열차제어시스템까지의 변천에 관련된 기술적인 특성 변환 과정을 통해 열차제어시스템에 대한 기술 변천 동향을 취급함으로써 열차제어 관련 기술에 대한 내용을 중점적으로 소개한다,

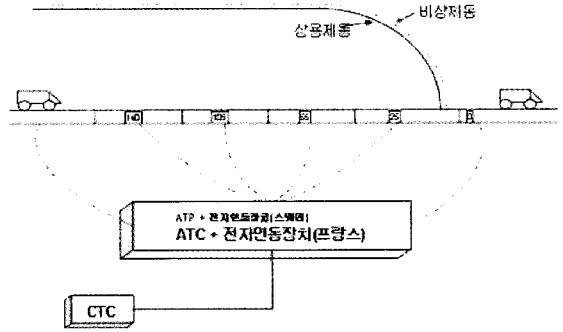
### 2. 열차제어시스템 정의

철도 시스템은 철도 차량, 선로, 역 설비, 차량 에너지 공급설비, 통신설비, 신호설비 등이 종합적으로 구성되어 상호호환성을 가지고 운영되는 시스템 엔지니어링으로 주어진다. 철도 차량은 사용 에너지의 특성





a) Speed step 방식



b) Distance to go 방식

그림 3 열차제어방식

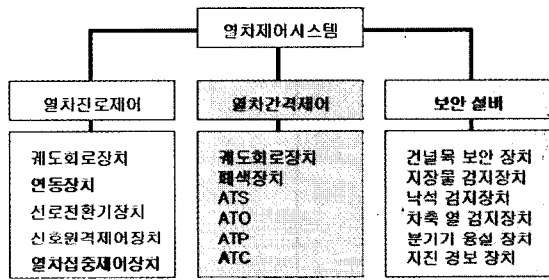


그림 4 열차제어시스템의 구성

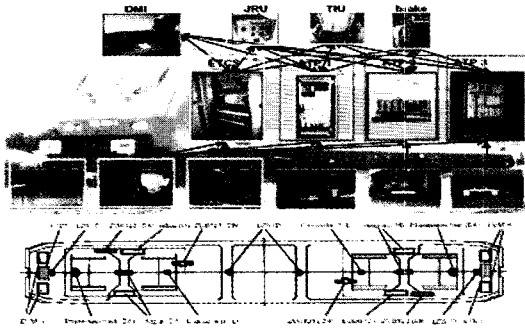
차제어시스템의 연구 방향을 기존의 지상신호방식에서와 같이 기관사의 시각에 의존하지 않으면서, 열차의 운행속도를 제어하는 방향으로의 변환을 유도하였으며, 이는 현재의 차상신호방식이라는 새로운 개념을 탄생시켰다.

이는 기존의 지상 신호등과 기관사의 역할을 차량 컴퓨터로 대체함으로써 기관사는 더 이상 신호등에 의존하지 않고 컴퓨터에 의해 계산된 열차 및 신호변 열차 운행 환경 조건의 분석을 통해 기관실에 설치된 MMI(Man Machine Interface) Display 장치를 현시함으로써 열차의 운행을 구현한다. 또한 열차의 운행은 선로를 일정한 구간으로 분할한 후, 신호등을 통해 열차의 속도를 단계적으로 제어하는 방식(Speed step 방식)에서 후속열차가 지상의 신호기계실로부터 선행열차의 위치, 속도 및 전방 선로 환경 등의 상태 정보를 수신한 후, 실시간으로 열차의 운행 최고 속도를 설정

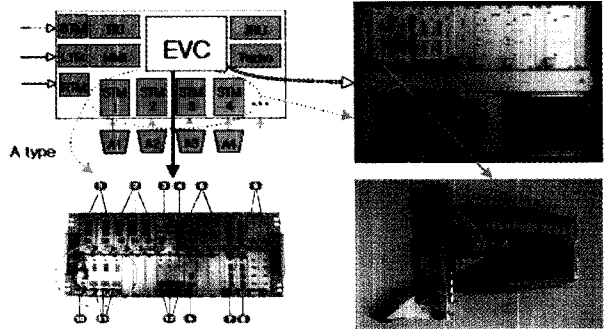
함으로서 항상 열차의 운행 안전거리를 확보한 상태에서 열차의 운행을 제어할 수 있는 Distance to go 방식으로 변환되었다.

차상신호방식은 선로 조건에 따라 다양한 형태로 분류된다. 경부고속선에서는 열차 이동에 대한 제어 및 열차의 안전성과 열차 운행 명령을 자동으로 실행하는 자동열차제어시스템(ATC : Automatic Train Control)이 사용된다. 이는 선행열차의 위치, 운행 진로 등 선로의 제반 조건에 따라 정보 코드가 선로를 통해 열차로 전송되며, 열차에서는 지상에서 전송된 정보를 MMI Display 장치를 통해 기관사에게 현시한다. 이러한 ATC 장치는 자동열차보호시스템(ATP : Automatic Train Protection), 자동열차운영시스템(ATO : Automatic Train Operation), 자동열차감시시스템(ATS : Automatic Train Supervision)의 하부 시스템으로 구성된다. ATP 시스템은 전방 열차와 후방 열차의 안전 거리를 유지함으로써 열차의 안전 운행을 보호하는 개념으로, 국내의 경우에도 2002년부터 ATP 도입 타당성 조사를 기본으로 송정리-함평 구간에서의 시험선 시험운행을 완료한 후, 현재는 경부선, 호남선을 중심으로 2008년부터 운행을 실시할 예정이다. ATO 시스템은 미리 설정된 프로그램에 의해 역에서의 열차 속도 감소 및 정지 관련 열차제어 기능을 실행하며, ATS 시스템은 열차상태 감시 및 열차운행 패턴을 유지하기 위해 열차 운행 명령에 대한 적절한 통제를 실시한다.



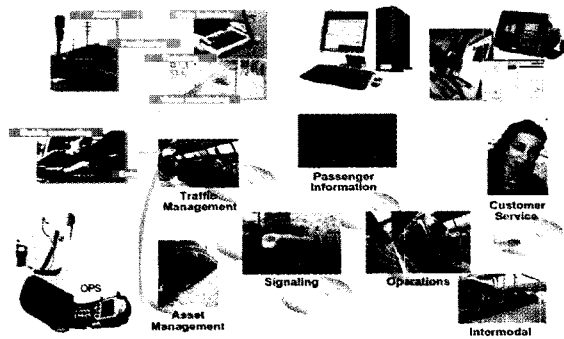


a) 하드웨어에 의한 방법

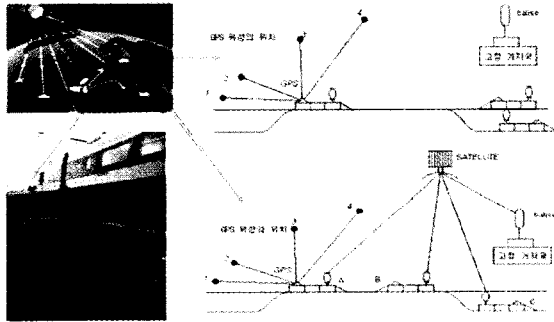


b) 소프트웨어에 의한 방법

그림 6 다중 열차제어시스템 장착



a) 무선의 확대 적용 예상 분야



b) GPS 시스템의 적용

그림 7 철도시스템에서의 무선 활용

로 선로변 설비의 기능을 무선으로 구현한 ETCS Level 2가 개발, 사용되고 있으며, 완전한 무선 시스템에 의해 열차제어시스템의 기능을 구현하는 ETCS Level 3는 향후 개발될 예정이다.

두 번째로 주어지는 속도에 무관한 열차제어시스템은 현재 고속선, 기존선, 도시철도에 사용되는 시스템

이 각각의 주어진 환경에 적합한 속도와 연관되어 개발되었지만, 향후 도시철도, 광역철도망, 기존선, 고속선의 인터페이스 및 상호운용성을 고려한다면, 이러한 각각의 시스템은 운영의 효율성을 위해 통합되어야 하며, 통합 시스템은 무선에 의해 실현될 것으로 예상된다.

세 번째는 설비의 소형화, 모듈화로, 전자 소자 및 정보기술(IT : Information Technology)의 개발에 의해 기존의 하드웨어 중심의 장비가 소프트웨어와 마이크로프로세서 중심의 장비로 전환됨에 따라 이에 대한 연구 개발은 유지보수 측면에서 더욱 요구될 것으로 예상된다. 이는 기존의 유지보수에 따른 열차 운행 중단의 문제점이 모듈화를 통해 단순한 전자 보드의 교체로 열차의 운행에 지장을 주지 않으면서 효율적으로 결함 장비의 장애 유지보수를 실현할 수 있으며, 하드웨어 위주의 전기 설비는 소프트웨어 중심의 전자 카드로 대체되어 열차 내의 기기 점유 공간을 최소화할 수 있음을 의미한다.

네 번째로는 주어진 선로 환경에 대해 선행열차와 후행 열차의 간격을 나타내는 운전시격을 최소화함으로써 선로 용량의 극대화를 통해 열차의 고속화와 고밀도 운영을 실행할 수 있다. 이는 대중 서비스 및 영업 이익 창출이라는 두 가지 명분을 모두 만족할 수 있을 것으로 기대된다. 기존의 방식은 선로를 열차 운행에 필요한 임의의 거리로 분할하여(기존선 : 600~800m, 고속선 : 1500m, 지하철 : 200~400m), 이를 전기적인 폐회로로 구성함으로써 각각의 구간에는 열



어시스템의 제어 영역에 의해 주어지며, 이러한 목적에 부합한 열차제어시스템의 연구 개발은 열차 운행 환경 및 열차 운행 속도에 무관한 단일화한 통합된 열차제어시스템을 요구하고 있다. 따라서 미래의 열차제어시스템은 위와 같은 기본 개념을 바탕으로 무선 및 위성의 적극적인 활용과 이와 관련된 기반 연구를 바탕으로 고속화, 무인화, 모듈화, 단일화라는 개념 하에 안전성에 입각하여 추진될 것으로 예상된다.

### 참고문헌

- [1] 김용규, “21세기 범유럽 교통망에서의 철도의 역할” 한국철도기술, 2004, 7·8월호, pp91-110
- [2] “한국형 도시철도용 무선기반 열차제어시스템 개발체계 연구 보고서”, 한국철도기술연구원, 2006.
- [3] 김종기, 양도철, 정의진, “도시철도 신호시스템 표준화”, 한국철도기술, 2006, 9·10월호, pp20-25
- [4] <http://www.ertms.com>
- [5] 김용규, “열차제어시스템의 무인 자동화 기술현

황”, 전자공학회지, 2008, 제34권 11호, pp1291-1299

- [6] 윤용기, 김용규, 백종현, “ESM에 의한 열차제어시스템 기술 개발”, 한국철도기술, 2008, vol 18, pp54-61

### 저자 소개

- 1984년 2월 단국대 전자공학과 공학사
- 1987년 2월 단국대 전자공학과 공학석사
- 1993년 9월 프랑스 INPL(Institute National Polytechnique de Lorraine) 제어공학과 DEA
- 1997년 7월 프랑스 INPL(Institute National Polytechnique de Lorraine) 제어공학과 공학박사
- 1985년 3월 ~ 1989년 2월 단국대학교 조교
- 1993년 10월 ~ 1997년 7월 프랑스 CRAN(Centre de Recherche en Automatique de Nancy) 연구원
- 1997년 12월 ~ 현재 한국철도기술연구원 열차제어·통신 연구실장
- 주 관심 분야 : TCS, ATC, ATP, CBTC