

신분당선 CBTC구간과 분당선 ATC구간의 절체운전에 대한 고찰

Guideline for Preparation of Manuscript for Proceedings

장광동*
Jang, Kwang-Dong

차기주**
Cha, Ki-Ju

강덕원***
Kang, Deok-Won

이종성****
Lee, Jong-Seong

ABSTRACT

Sinbundang Line (SBL) Train moves the transition zone where is located between Jeongja station and Migeum station switched over from Communication Based Train Control (CBTC) system area to Automatic Train Control (ATC) system area and viceversa. The SBL train to move the between SBL and Bundang Line is needed to install the Specific Transmission Module (STM) on SBL Line for interface with Bundang Line; STM receives from speed code from Bundang Line. So we suggested the method to ensure mutual compatibility and reliability for train operation on each other signaling system.

1. 서 론

열차제어시스템은 기술동향은 열차의 안전한 운행 및 영업노선의 상업성을 향상시키기 위해 승무원 의시야와 판단에 의존하여 안전을 확보하는 시스템, 지상레일에 설치된 지상신호장치의 속도제한 신호에 의한 제한속도를 현시하며 승무원 조작에 의한 열차의 가감속을 수동으로 제어하는 ATS신호시스템, 지상사령설비가 선행열차의 점유상태 및 속도를 파악하여 사전에 설정된 속도코드를 후행열차에 궤도회로를 통해 전송하는 ATC신호시스템, 무선에 의해 고밀도 운전, 고정밀 열차 위치의 검지, 연속적인 양방향의 차상-지상간 무선데이터 통신, 수명주기 비용저감, 유지보수 인원 및 비용 감소, 고도의 안전성 및 신뢰성, 가용성 및 유지보수성을 보장하는 무인자동운전의 특성을 지닌 CBTC신호시스템으로 변화 및 활용되고 있다. 이러한 열차제어시스템의 변화속에서 국내에서는 처음으로 중전철 CBTC신호시스템인 채택하여 강남역과 정자역을 왕복할 예정인 상업노선 신분당선이 있다.

신분당선 열차는 CBTC구간인 신분당선 정자역과 ATC구간인 분당선 미금역사이의 연결구간을 CBTC신호시스템에서 ATC신호시스템으로 절체되어 운행한다. 신분당선과 분당선에서 신분당선 열차가 운행하기 위해서는 분당선 지상신호설비와의 인터페이스하기 위한 장치인 STM모듈을 설치하여 지상으로부터 전송되는 속도코드(Speed Code)를 수신하여야 한다. 이러한 타 신호시스템간 열차운행을 위하여 신호시스템들간 상호호환성 및 안정성을 확보하기 위한 열차운행모드 및 적용방안을 설명한다.

2. 본 문

2.1 분당선 신호시스템

지상 고정 폐색 설계를 통해 각 궤도에 해당 Cab Signal을 반송주파수와 함께 열차에 송부하는 속도 코드방식이며, 지상폐색방식에 의한 ATP 안전기능을 수행하는 구조로 되어있다. 그림 1와 같이 각 궤도마다 별도의 해당 속도 코드를 부여하여 열차간 충돌을 방지한다.

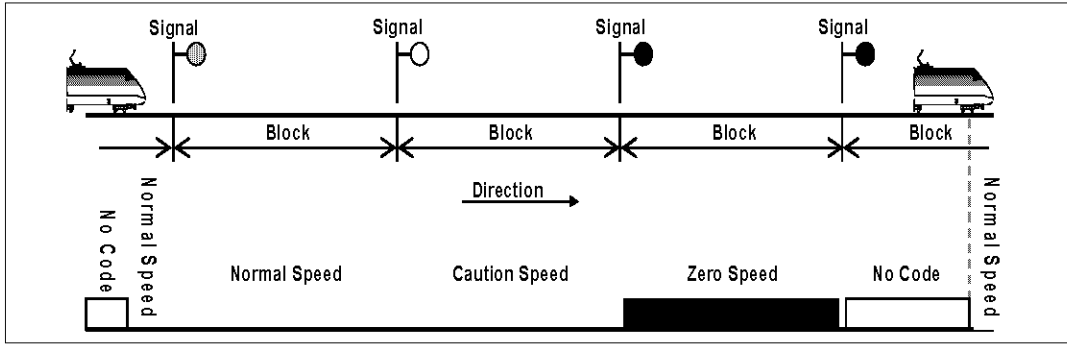


그림1. 분당선 ATC의 고정폐색 신호방식

ATP의 감시하에 기관사에 의한 수동운전 방식으로 지상 궤도 회로로부터 상기와 같은 속도 코드를 수신하여 해당 제한 속도 이하로 운행할 수 있도록 한다. 열차가 해당 궤도를 점유하고 있을 경우에 열차 제한 속도를 알 수 있으며, 앞 궤도에 대한 정보는 알 수 없다. 따라서 안전거리 확보를 위해 열간 최소 궤도 수는 많을 수 밖에 없다.

도표 1. 분당선 ATC시스템의 속도코드

지시속도	주파수(±2%)	운전방식
15km/h	무신호	정지 후 진행
25km/h	3.2Hz	Yard Mode
25km/h	5.0Hz	수동모드
40km/h	6.6Hz	수동모드
60km/h	8.6Hz	수동모드
70km/h	10.8Hz	수동모드
80km/h	13.6Hz	수동모드
Yard Cancel	16.8Hz	정지 후 진행

2.2 신분당선 신호시스템

신분당선 CBTC 신호시스템은 CBTC Moving Block 방식으로 차상 및 지상 설비간 무선 통신 인터페이스를 통해 지상설비로부터 수신된 정보를 참조로 차상신호장치에서 계산하고 Safety Margin 을 고려하여 최대한 앞 열차와 근접하여 운행 가능한 방식이다. 그림 2과 같이 로직 블록을 두어 열차가 해당 블록에서 최대 속도를 유지할 수 있도록 연속적으로 지상 데이터를 수신 및 계산하여 열차를 추돌하지 않도록 제어한다.

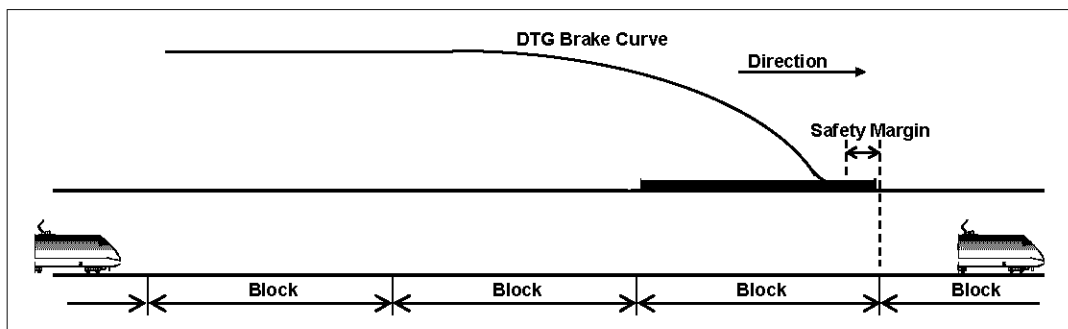


그림2. 분당선 ATC의 고정폐색 신호방식

CBTC 구간에서 기본적으로 자동 또는 무인운전으로 운행하며, 연속 차지상 인터페이스 통신을 통한 열차 제어가 가능하므로 운전 시격을 줄일 수 있다. 따라서 CBTC 구간에서는 신호 시스템의 보호하에 열차를 안전하고 최단 운전 시격으로 열차 운행이 가능하다. 신분당선 운전모드 전이는 크게 통신 기반 Vital 정보 구간에서의 전이 및 비 통신 기반 정보 구간에서의 전이로 아래 그림과 같이 구분될 수 있다.

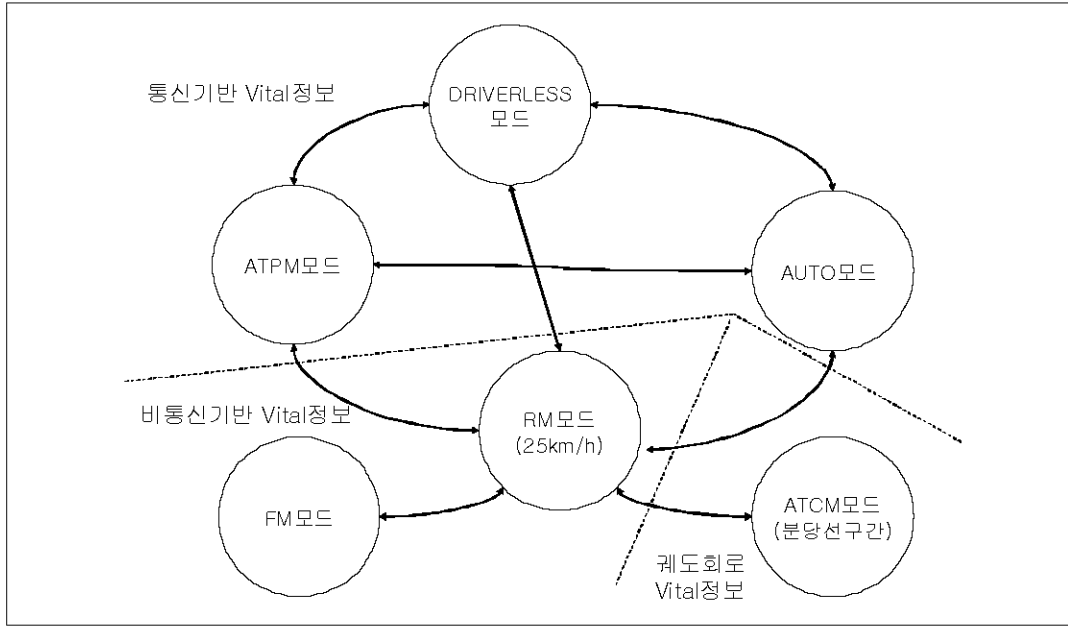


그림3. 신분당선 운전모드 전이도

- 통신기반 Vital 정보 구간에서의 운전 모드 전이

- ① Vital 연속 통신으로 열차의 위치 파악이 실시간으로 이루어진다
- ② CBTC 구간에서 차지상 연속 Vital 통신을 통한 ATP 보호를 받는다

- 비통신기반 Vital 정보 구간에서의 운전 모드 전이

- ① CBTC 가 없는 구간에서 ATP 보호는 제한적이다.
- ② Vital 연속 통신으로 열차의 위치 파악이 실시간으로 이루어진다
- ③ 임의의 열차는 앞 열차의 위치 파악이 되지 않는다.
- ④ ATP Vital 통신 링크가 고장난 상태로 간주되고 안전 확보가 불가능한 상태이므로 열차는 반드시 정차되어야 하고 기관사 책임모드로의 전환이 이루어진다.
- ⑤ 궤도회로 Vital 정보 구간도 CBTC 가 없는 구간으로 Cab Signal 구간의 운전임을 인지하고 STM 으로부터 수신되는 신호를 신뢰하기 위해 별도의 ATCM 모드가 존재한다.

2.3 STM

신분당선 열차가 분당선 구간을 이용시 기존 AF-400 지상 신호 장치로부터 속도코드를 수신하기 위해서는 별도의 장치가 필요한데 이를 위해서 STM은 신분당선 CBTC구간에서의 차상신호장치와 인터페이스가 가능한 장치이다. STM은 Vital 기능이 제외된 Non-Vital 기능만을 제공 하며, 또한 차량의 Propulsion system 과 Braking System에도 직접적으로 영향을 주지 않으므로 신분당선 열차의 차상신호장치(CBTC System)가 지령속도에 대한 계동 및 안전을 보증하고 차상신호장치에 의한 적절한 열차 제어가 이루어진다.

STM은 크게 세 부분 수신부, 해독부, 출력부로 구성되며 장치의 구동 전원은 차량으로 공급받는다. 수신부 장치는 분당선 지상신호장치에서 송신되는 무선주파수를 수신하는 ATC안테나와 이를 통해서 공급받은 무선주파수를 속도코드로 연산하는 해독부, 그리고 속도코드를 신분당선 차상신호장치에 전송하는 출력부로 구성된다.

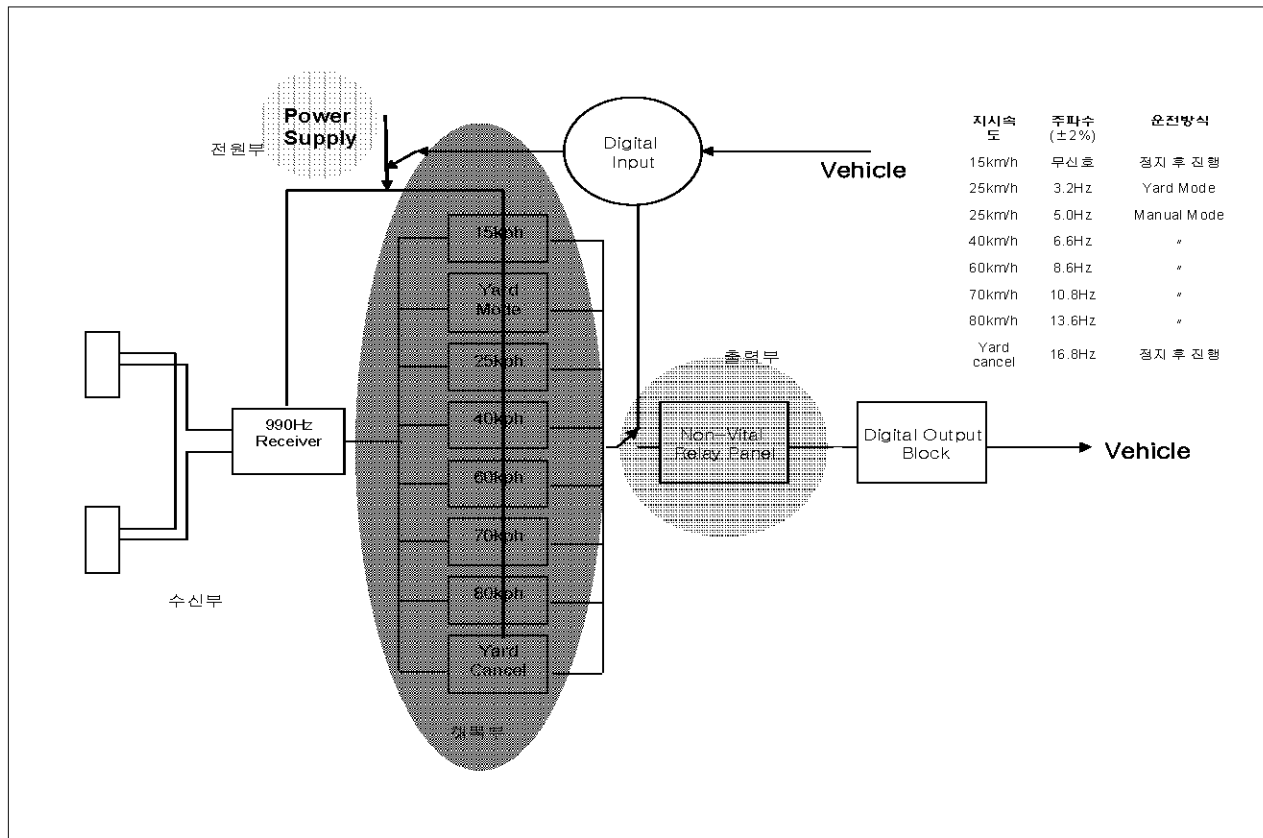


그림4. STM 구성도

2.4 CBTC 신분당선구간과 ATC구간 분당선구간의 절체운전

신분당선의 신호시스템에 적용되는 신호시스템은 CBTC신호시스템으로 ATC신호시스템을 사용하는 분당선과 차별성을 갖는다. CBTC신호시스템은 차지상간 통신을 실시간으로 하면서 열차의 운행을 제어하는 방식으로 지상신호시스템과 통신이 이루어져야 안전을 확보할 수 있다. 분당선과 신분당선에서 사용되는 열차제어시스템이 서로 다르므로 신분당선에서 분당선 또는 분당선에서 신분당선으로 열차가 진입시 신분당선열차에는 분당선구간을 운행하기 위해서 STM모듈이 탑재되어 속도코드를 수신하여 운전자가 열차의 이동을 제어하게 된다.

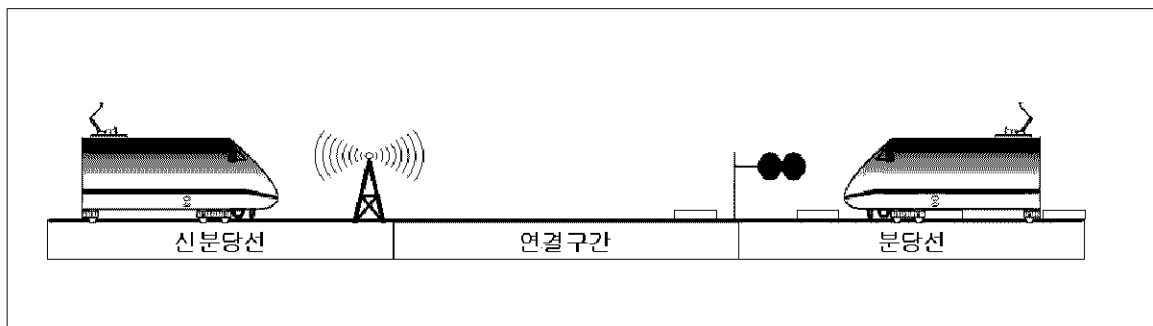


그림5. 신분당선 분당선 연결구간

CBTC 방식의 차상신호장치는 CBTC 구간에서만 차지상 연속 통신 인터페이스를 통해 ATP 보호 및 운전 시격을 단축하기 때문에 CBTC 구간이 아닌 구간의 다른 ATC Cab signal 구간에서 운행을 위해서는 열차를 정차후 RM 모드 전환후 ATCM 모드 설정하여 운행을 해야 한다. 따라서 CBTC신호시

시스템과 ATC신호시스템의 모드변경은 이중 시스템간의 절체이므로 안전을 확보하기 위해서 열차가 정지 시 차상신호시스템의 전환이 이루어야만 한다. 또한 임의의 열차의 신분당선에서 분당선 진입시 신분당선의 허용 루트를 분당선에서도 연동하여 진입 허용 루트를 내주고 분당선에서 신분당선 진입시 분당선의 허용 루트를 신분당선에서도 연동하여 진입 허용 루트를 내주지 않는다면, 즉 신분당선과 분당선의 연동장치를 비롯한 관련 설비가 한 시스템처럼 연동이 이루어 지지 않는다면, 안전을 확보한 연속 무정차 운전은 불가능할 것이다.

- 신분당선 → 분당선 절체 순서

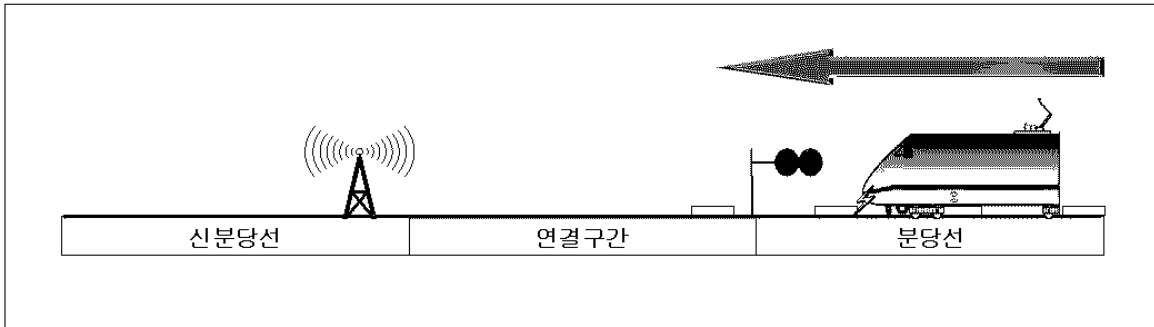


그림6. 신분당선에서 분당선으로 이동

- ① 열차가 연결구간전에서 정차
- ② 열차의 운행모드를 RM모드에서 ATCM모드로 설정
- ③ 신호기 확인 후, 열차 이동이 시작
- ④ 이동허용 속도 수신 및 제한속도에 준해 운행
- ⑤ 분당선구간 진입완료

- 분당선 → 신분당선 절체 순서

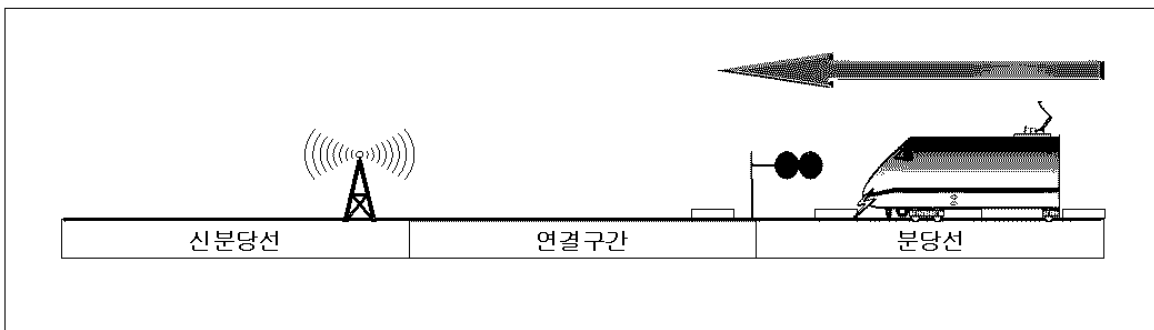


그림7. 신분당선에서 분당선으로 이동

- ① 열차가 연결구간 전에서 정차
- ② 열차의 운행모드를 ATCM모드에서 AUTO모드 또는 ATPM모드로 설정
- ③ 신호기 확인 후, 열차 이동이 시작
- ④ 중앙사령실과 통신 완료 후, 열차 이동이 시작
- ⑤ CBTC구간의 신분당선 진입

3. 결 론

신분당선 열차는 개통예정인 CBTC구간인 신분당선 구간과 ATC구간인 연결구간을 CBTC신호시스템에서 ATC신호시스템으로 절체되어 운행하는데 열차가 이중구간을 진출입하기 위해서는 진출입 전 연동도표의 연동조건에 의해 선로전환기, 신호기의 쇄정등으로 연동장치에 의한 신호현시 확보하여 신분당선 열차와 분당선 신호시스템간의 연계구축이 가능할 것이다. 이를 위해서는 STM이라는 ATC구간에서 속도코드를 수신할 수 있는 STM이라는 장치를 사용할 예정이고 또한 안정성과 효율성을 극대화하기 위한 열차운영방안이 필요할 것으로 판단되어 이에 대한 검토가 필요하다.

참고문헌

1. 김유호, 이수환, 유종천, 김종기, 백종현 (2003), "기존도시철도의 CBTC도입에 따른 병행운전방안 도출연구", 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.151-156.
2. IEEE Standard for Communication Based Train Control(CBTC) Performance and Functional Requirements, IEEE Std 1474.1-2004
3. Thales (2008) "SBL System Design Overview".
4. 김광영, 최규형 (2006), "CBTC와 ATC에서의 시스템 인터페이스 항목 비교분석에 관한 연구", 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp.87-92.