

기존도시철도의 CBTC도입에 따른 병행운전방안 도출연구 The Study for Mixed Operation of CBTC Train and Non-CBTC Ones

김유호* 이수환** 유종천** 김종기*** 백종현****
Kim, Yoo-Ho Lee, Soo-Hwan Yoo, Jong-Cheon Kim, Jong-Ki Baek, Jong-Hyen

ABSTRACT

The Communication Based Train Control(CBTC) System generally used to improving existing lines in the world is efficient and stable for improvement. Also it is efficient for improvement because it does not cause any problems in operation of existing lines. We examined the mixed operation scheme for more efficient and stable improvement when improvement is implemented depending on aged equipment and the increased number of passengers in the Korean city railroad. The biggest point in the mixed operation is to implement a stable test without interfering with the operation of the existing lines. For this purpose, we deduced a method of installing the equipment, a method of testing depending on the installed equipment, and the types of mixed operation, and presented a scheme of execution of the methods depending on the mixed operation.

1. 서론

현재, 세계적인 철도신호의 기술동향은 Communication Based Train Control(CBTC) System을 적용하는 방향으로 중점 연구 및 개발 사용되고 있다. 이는 열차운행시각 조정, 철도시스템의 제어에 대한 신뢰도 및 효율을 높이며, 영업 측면에서 운영경비는 줄이며, 안전을 강화하기 위하여 추진하고 있다. 또한 국내의 지하철은 1974년 8월 15일 서울지하철 1호선의 개통을 시작하여 현재는 많은 시민의 대중교통수단으로 중요한 역할을 수행하여 왔으나, 건설 당시보다 많은 수송수요를 감당하기 어려워지고, 1기 지하철 시스템의 내구연한 도래에 따른 시스템 개량이 불가피한 상황이므로, 이 시점에서 보다 체계적이고 효율적이며 열차 운행에 지장이 초래되지 않는 시스템으로 검토하고, 향후 개량 또는 신설되는 어떠한 지하철에도 적용 가능하며, 현재 사용하는 열차가 적용될 수 있는 최적의 시스템으로 검토할 필요성이 있다. 이에 따라 현재 세계적으로 추진되고 있는 통신을 이용한 열차제어시스템의 국내 도시철도 구축을 위하여 기존열차와 신기술 열차와의 병행운전 방안에 대하여 연구한 결과의 일부를 소개한다.

2. 병행운전을 위한 장비의 설치방안

기존의 도시철도 신호설비를 개량할 경우 영업운전이 시행되고 있는 점을 감안하여, 영업운전이 종료된 심야에 시스템을 절체작업이 진행되므로 작업의 신뢰성 및 안정성의 확보가 중요하다.

* 경봉기술주식회사 부사장, 정회원

** 경봉기술주식회사 차장, 비회원

*** 한국철도기술연구원 책임연구원, 정회원

**** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정회원

이에 따라 시스템의 절체는 아래의 순서에 따라 진행되어야 한다.

새로운 장비의 기계실 반입 및 설치가 완료되고,
 계획된 순서에 의하여 개별적인 시스템에 대하여 절체를 시행하고,
 절체된 시스템은 열차의 CBTC 장비설치가 완료될 시점까지 기존 설비의 병행운전이 가능하
 여야 하며,
 열차의 CBTC 설비가 완료된 시점에서 단계적인 일부 기존 설비의 철거가 시행되어야 하며,
 기존 설비가 철거된 후 새로운 시스템의 재설치 공사가 시행되어야 한다.

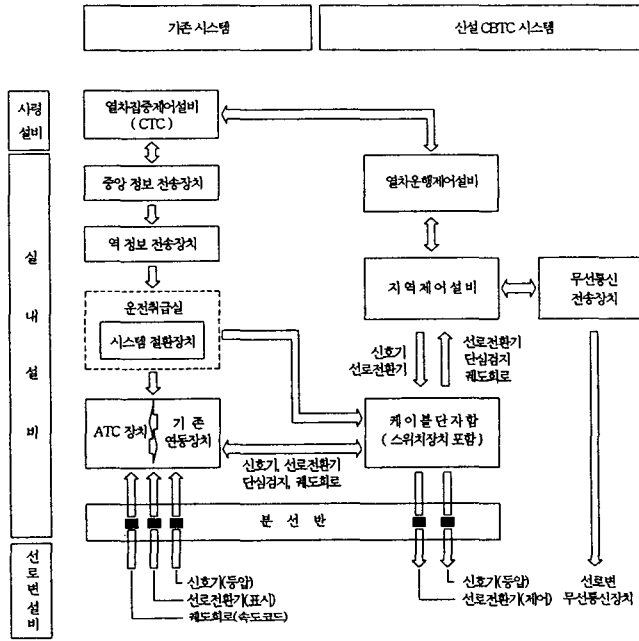


Fig.1 지상설비의 병행제어 방안

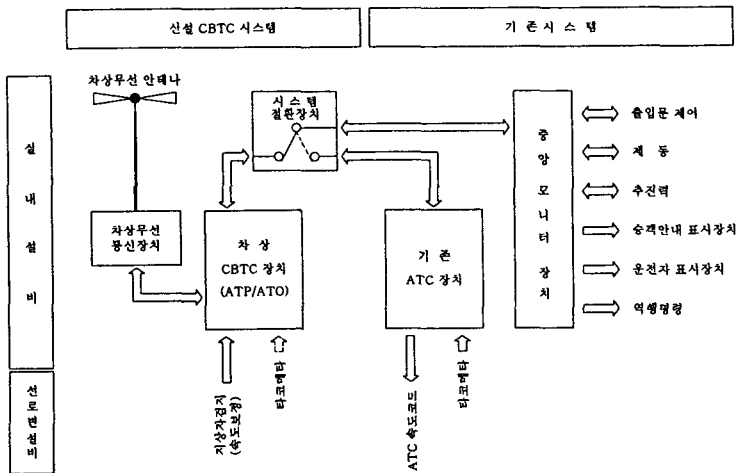


Fig.2 차상설비 병렬운전 계획

3. 병행운전 및 시행방안 연구

통신을 이용한 열차제어시스템의 병행운전은 신설시스템이 기존 열차제어설비와 같이 혼용 설치되어 호환성을 갖고, 기존선 운행에 지장이 없도록 동작하면서 현장설비를 제어하고 상태정보를 수집하는 것을 기본으로 한다.

이 시스템은 병행운전시 안전성 및 운행의 효율성을 확보하기 위하여 현장조사와 설계검토 회의, 관련기관과의 협의를 통해 구현방안을 충분히 검토한다. 다음은 기본원칙과 시험 및 병행운전방안을 제시하였다.

□ 기본원칙

- 운전방안

- o 기존열차만 운행하는 경우 : 제어정보 공유, 기존연동장치가 현장기기 제어
- o 기존열차, 신설시스템 장착열차 병행 운전하는 경우 : 장치정보 공유, 기존 현장기기 제어
- 장치정보 공유 : 선로전환기 상태, 신호기 상태, 궤도회로 상태

- 열차위치검지

- o 기존 열차 : 궤도회로 점유정보로 파악
- o 신설시스템 장착 열차 : 무선통신을 통해 열차위치 송수신

- 열차속도제어

- o 기존 열차 : 궤도회로를 통해 ATC 속도코드 전송
- o 신설시스템 장착열차 : 무선통신을 통해 이동권한 및 최고속도 전송

□ 병행운전의 조건

- 기본방침 : 통신을 이용한 열차제어시스템이 탑재된 열차와 비탑재 열차 또는 그들 상호간 운전 에 있어 지상 및 차상에서 대응하는 방법 및 절차가 열차의 안전운행에 지장을 주지 않는다는 기본 방침 하에 이루어져야 함.
- 표시 : 모든 차상 및 지상 장치는 제어전환장치를 사용하여야 하며, 제어를 위하여 신규장비의 제어출력은 신규장비와 기존설비조건을 비교하여 이루어지고, 표시정보는 공유하도록 한다.
- 제어 : 신규 시스템이 기존 연동장치를 함께 운용토록 하여 기존 현장장치의 제어가 이루어지고, 신규장비의 연동기능은 현장으로 출력되지는 않지만, 제어 전환 스위치 작동에 의하여 언제 든지 출력이 가능함.
- 열차추적 : 신규장치는 평소 통신이 탑재된 열차에 대해서는 어느 때, 어느 곳이든 추적이 가능 하고, 기존궤도회로를 이용하여 비탑재 열차도 추적이 가능. 병행운전 모드는 시험선 구간에 운 행하는 모든 열차에 통신을 이용한 차상제어장치 장착 시점까지 운용한다.

□ 병행운전의 상황구현

통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC)의 구축과정에서 차상장치 탑재열차와 비 탑재열차의 병행운전 처리를 그 목적으로 하며, 신설 설비되는 시스템이 기존 연동장치와 인터페이스 하여 안전운행 확보에 대한 시험이 이루어진다. 발주처에서 제공한 시험열차를 기존열차와 병행운전시 다음과 같이 4가지 상황으로 구현한다.

- 구현 #1 (기존 열차가 다른 기존 열차에 후속 운전)

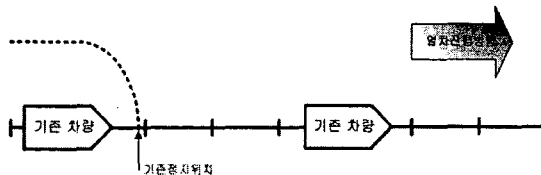


Fig.3 병행운행의 기존 열차간 운행

- o 후속 열차는 기존의 신호 처리 원칙을 준수하면서 고정 폐색 신호 역시 고려하므로 지역제어

장치는 후속 열차의 신호들을 감안해야 하며 기존 연동 기능을 통해 신호를 제어한다.

- 구현#2 (CBTC 열차가 기존 열차에 후속 운전)

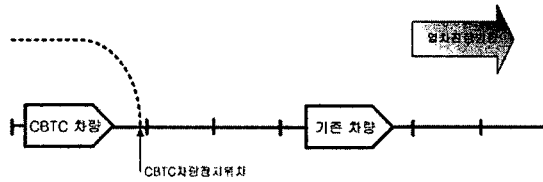


Fig.4 병행운전의 CBTC열차와 기존 열차간 운행

- o CBTC 열차는 기존열차의 안전거리를 확보한 열차의 후방 폐색 구간의 끝까지 이동할 수 있는 권한을 부여 받는다. 이 이동 권한은 점유된 궤도회로를 통해 기존열차의 위치를 감지하고, 해당 점유가 통신을 이용한 열차제어시스템에 의한 것이 아님을 지상 장치가 확인 한 경우에 주어진다.

- 구현#3 (기존 열차가 CBTC 열차에 후속 운전)

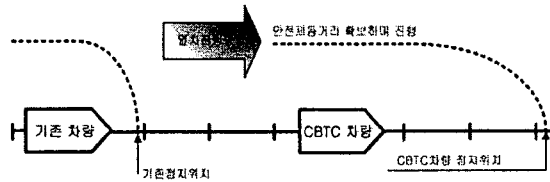


Fig.5 병행운전의 기존 열차와 CBTC 열차간 운행

- o 열차자동제어장치(ATC) 열차는 기존신호방식을 준수한다.

- 구현#4 (CBTC 열차가 다른 CBTC 열차에 후속 운전)

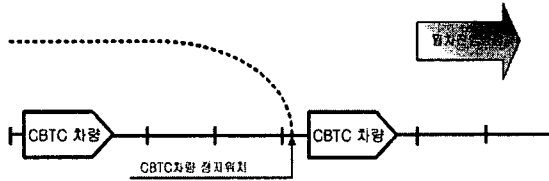


Fig.6 병행운전의 CBTC 열차간 운행

- o 통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC) 열차는 선행 통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC)의 후부까지 이동권한을 부여받는다. 지역제어장치는 선행 열차의 위치 정보에 따라 후속 열차의 이동권한을 결정하며, 통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC) 열차에 대한 신호를 확인한다.

□ 장비의 설치절차

- 신설 지상장비는 신호기계실 또는 이와 동등한 조건을 갖춘 실내에 설치되며, 기존 연동장치를 통하여 선로전환기나 궤도회로 등 기존 신호처리 시스템과 연결된다.
- 제어전환장치는 지상의 신호기계실과 같은 실내에 설치된다. 각 설치물들은 시험을 통해 기존 신호시스템에 영향을 미치지 않는지를 확인하고 장치의 안전성 및 효율적인 운용 여부를 시험한다.
- 두 편성의 열차에 신설 차상제어장치를 병행 장착한다. 이 열차들은 영업운전 이후에 시스템 시험용으로 사용된다. 제어전환장치가 차상에도 설치되어 기존의 차상제어장치와 신설 차상제어장

치 간에 절체에 사용된다.

□ 병행운전의 사전작업

- 기존 시스템과 신설 시스템 간 연동시험은 영업운전이 끝난 이후에 실시한다.
- 신설장비를 통한 기존 선로 전환기의 개별 제어시험을 수행하고 차상의 제어전환장치의 기능을 시험하여 동작에 지장이 없음을 확인한다. 그리고 신설 지역제어장치가 현장의 설비들과 연결하여 정상 동작하는지를 확인하여야 한다. 그러므로 신설 차상제어장치를 장착한 열차의 경로지정 및 통신보호 기능을 수행할 수 있는지를 확인하여야 한다.
- 병행운전을 시행하기 위하여 운전취급실의 조작자와 열차의 운전자와 같이 병행운전과 관련된 인원에 대하여 교육이 이루어져야 한다.

□ 병행운전 계획

- 목적 : 통신을 이용한 열차제어시스템 탑재열차와 비탑재 열차를 병행 운행시켜서 지상제어장치와 차상장치 또는 그 상호간에 기능적인 충돌이나 불일치 사항을 검출하여 수정, 보완하려함.
- 방법 : 실제운전이 이루어지지 않고는 직접적인 문제를 도출해 내기가 어려우므로 실제운행상황을 시연하면서 접근하되 보다 안전한 방법을 취하도록 함. 따라서 영업운전 시간외에 통신장비가 탑재되지 않은 열차를 탑재된 열차와 병행운전 시험을 수행하여 가능성을 확인함.
- 계획

표1 병행운전계획

구분	투입편성수	시험열차
1단계	기존열차 2편성	비영업 시간대
2단계	통신을 이용한 열차제어시스템 열차 2편성 기존열차 2편성	비영업 시간대

- 선행조건

- 시험열차 : 통신을 이용한 열차제어시스템이 장착되어 시험이 완료된 열차
- 기존열차 : 열차자동제어장치(ATC)운전에 지장이 없는 열차
- 승무원 : 통신을 이용한 열차제어시스템(CBTC) 교육훈련을 이수한 승무원
- 기록 : 각 단계별 기록준비 및 평가시행

□ 병행운전의 시행

- 병행운전의 시험을 위하여 신호요원을 현장의 선로전환기와 열차의 운전석에 배치하여 각각의 제어전환장치를 사용하여 현장설비와 차상설비를 신설장비로의 전환할 수 있도록 한다. 일단 제어 기능이 전환되었음이 확인되면, 제어국 내에 있는 시험 요원과 신설 장비를 장착한 열차 내에 탑승한 시험요원이 시험 대상 구역을 운용할 수 있게 된다.
- 시험이 끝나면 신호요원이 제어전환장치를 설정하여 이전 시험 구역 내의 선로 전환기들을 기존 신호시스템으로 연결 시켜준다. 일단 전환이 이루어졌음이 확인되면, 제어권한이 기존 설비로 전환되며, 신설 장비의 통제를 받는 열차는 이 시스템을 벗어나게 된다.
- 이상의 모든 시험은 영업운전이 종료된 시간에 이루어진다.

4. 결론

도시철도 시스템의 개량은 우선적으로 영업운전을 하고 있는 선로에서의 작업이므로 안전이 최우선으로 보장되어야 하며, 이를 위해서 앞에서 검토된 내용처럼 계획적인 장비의 병렬 설치가 이루어지고 그에 따른 운전의 방법과 시험방법을 구체적으로 수립하여야 한다. 또한 시험의 방법은 기존선의 영업운전이 종료된 이후에 시행하고 그 결과에 따라 본선에서의 시험운전을 고려하여야 한다. 시

험상황의 구현은 기존의 지상설비, 기존의 열차, 신설된 지상설비, 개량된 열차 등의 상호간의 정보송수신 및 인터페이스의 문제점을 고려하여 모든 상황을 계획하여야 한다. 또한 기존 장비와 신설장비의 교체 기능을 하는 Change Switch와 CUT-OVER BOX는 각각의 장비와 인터페이스가 원활하여야 할 것이다. 위에서의 연구결과에서의 병행운전을 위한 준비 작업이나, 이를 위한 장치들의 조건 및 시험에 대한 계획은 상당히 중요한 가치를 가진다. 그러나 이것보다 더욱 중요한 것은 현재의 기존 설비와의 호환성 및 향후 구축되는 통신·전자 기술과 부합되는 시스템으로 해외 기술을 도입 수용하여 적용하되 향후에는 국내 기술로 해결하여야 함을 인식하여야 한다.

참고문헌

1. Trade Press PUBLISHING corporation, Communications-Based Train Control An analysis of Market Growth and Technology Development, 2000
2. 류상환 외, “도시철도 신호시스템 표준화”, 건설교통부 도시철도 표준화사업 연구보고서, 2002
3. New York City Transit, “CANARSIE LINE-CBTC PROJECT Contract’S-32701”, 2000

후 기

본 연구는 건설교통부 도시철도 표준화사업으로 지원된 “CBTC 시스템 시범구축을 위한 시행방안 수립”과제의 연구결과 일부입니다.