

# 통신을 이용한 열차제어시스템의 기존 도시철도 적용을 위한 시행절차연구

## The Study for execution procedural to apply CBTC(Communication Based Train Control) on the subway

\*김 유 호 · \*\*이 훈 구 · \*\*\*이 수 환 · \*\*\*\*김 종 기 · \*\*\*\*\*백 종 현  
(You-Ho Kim · Hoon-Koo Lee · Soo-Hwan Lee · Jong-Ki Kim · Jong-Hyen Baek)

**Abstract** - Improvement is required to solve problems depending on long term use of signal equipment in the existing city railroad and to raise quality of passenger services. Accordingly, for more efficient improvement, we examined the procedure of executing construction of the communication based train control system in Korean city railroads, which is globally studied. The procedure of executing construction of the system is to present a plan for construction first of all, and then to prepare a strategy for construction of the system. It is required to establish a procedure for execution in each step depending on the prepared strategy and then to establish a detailed execution plan. We studied such an execution procedure, divided the execution procedure for application of the train control system through five steps to prepare the execution procedure.

**Key Words** : 시행절차, CBTC, 시험구축, 병행운전, 표준화

### 1. 서 론

기존 궤도회로를 이용한 고정색색 방식을 개량하여 무선 통신을 이용한 열차제어 방식을 적용함으로써 운전시각 단축으로 인한 높은 선로 이용률, 양방향 데이터 통신에 의한 유연한 열차운영, 지상설비의 단순화로 유지보수 비용절감 등을 가능케 하는 첨단 통신을 이용한 열차제어시스템을 국내 도시철도에 적용하기 위한 시행절차에 관하여 연구하므로 국내 시스템 개량의 시행절차를 제시한다.

### 2. 시스템구축의 시행절차

통신을 이용한 열차제어 시스템의 기존 도시철도 적용을 위하여 우선적으로 현장조사 및 자료입수를 통한 근본적인 국내 시스템의 사양 및 운영환경을 검토하여 그에 따른 문제점 및 특성을 도출하고 이에 따른 동일성을 작성하여 각각의 장비 및 설비에 맞는 표준을 도출한다. 작성된 표준에 따라 통신을 이용한 열차제어시스템 구축에 필요한 하부 시스템별 고려 사항과 제반사항을 작성하여 노선별 특징 및 기능이 다른 국내 기존 도시철도에 적용하기 위한 최적의 시행절차에 대하여 연구하였다.

#### 2.1 시스템 구축전략

- \* 정 회 원 : 경봉기술(주) 부사장
  - \*\* 비 회 원 : 경봉기술(주) 신호제어연구소 이사
  - \*\* 비 회 원 : 경봉기술(주) 신호제어연구소 차장
  - \*\*\* 정 회 원 : 철도기술연구원 책임연구원
  - \*\*\*\* 정 회 원 : 철도기술연구원 주임연구원
- 접수일자 : 2003년 10월 10일  
최종완료 : 2003년 10월 15일

표 1-1 구축방안의 제시  
Table 1-1 s

요구 사항	지상-차상간의 양방향 무선통신	정확한 열차 위치의 검지	
구축 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 안정적 무선 통신망 구축</li> <li>-Balise</li> <li>-Inductive Loop</li> <li>-Leaky Waveguide</li> <li>-GSM-R</li> <li>-스펙트럼확산 무선방식</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 안정적 열차위치 검지방식 적용</li> <li>-Balise</li> <li>-위성확인 시스템 (GPS)</li> <li>-스펙트럼확산 무선방식</li> <li>-Induction Loop and Onboard Sensor</li> </ul>	
요구 사항	운전시각 단축 및 수송용량 증대	높은 안정성 및 신뢰성 확보	향후 확대적용 방안 수정
구축 방안	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 열차운전방식교체에 따른 운전시각단축 및 유연한 열차운행 지원</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 해외에서 적용하여 입증된 기술을 바탕으로 한 시스템 구축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 표준화방안제시</li> <li>· 다른 차량에도 적용 가능하도록 구축</li> <li>· 현재 운영중인 시스템에 대한 지장을 최소화</li> </ul>

#### 2.1.1 H/W 구축전략

CBTC 시스템의 기능 및 성능을 만족시키며, 확장성, 호환성, 신뢰성, 유지보수성을 고려하여 H/W를 구축하도록 한다. 중요장비는 이중화하고 마이탈 설비는 병렬 이중처리

(Two out of Two)하여 안정성, 가용성, 신뢰성을 높이도록 구축한다.

### 2.1.2 S/W 구축전략

CBTC 시스템의 소프트웨어는 모듈별 소프트웨어 개발로 확장이 용이하며, ISO 표준 프로그래밍어를 이용하여 호환성을 고려함과 동시에 M/L Standard 882-C의 안전표준절차를 따라 설계하고, 객체지향성의 소프트웨어 개발 방안을 제시하고, 시스템 기능들을 독립적으로 분리하여 타 시스템과 연계시 입력의 손실 및 기능 상실을 최소화하도록 설계, 제작되어야 한다.

### 2.1.3 운영전략

개량공사 수행기간 동안 기존 선로의 상업운행을 완벽하게 지원하고 안전을 보장하는 것을 최우선의 운영전략으로 고려한다. 따라서 기존 운영에 영향을 미칠 가능성이 있는 설치 및 시험기간 중 기존시스템에 끼치는 영향을 완벽히 차단하는 한편, 영업종료 시점부터 익일 개시시점까지의 짧은 가용시간 동안 효율적인 설치 및 시험, 시운전을 위한 시스템 운영 전략이 절대적으로 필요하다. 또한 운영시스템의 절체가 손쉽게 이루어지고, 복잡하지 않도록 하여 시스템 절체로 인한 시간지연을 최소화한다.

### 2.1.4 유지보수전략

시스템의 중단없는 운영을 위해 주요장비의 이중화 및 고장경보 등의 기능을 충분히 고려하여 설계하고, 설비를 모듈화함으로써 장애복구시간을 최소화하여 장애로 인한 전체설비의 영향을 최소화 할 수 있는 장애 대책을 강구해야 한다. 이를 위하여 고장부품을 현장에서 판별 즉시 교체하는 1차 정비를 통하여 최소화하고 중단 없는 서비스가 될 수 있도록 하며, 궁극적으로 운영체의 독자적 유지보수 능력을 확보할 수 있도록 지원한다.

## 2.2 단계별 시험절차

국내의 입찰제안방식 및 도시철도 운용환경을 고려한 단계별 시스템의 교체 시나리오의 개략적인 업무 흐름도는 다음과 같이 크게 5단계로 구분되며, 최종적인 국내 도시철도 운용환경에 적합한 시스템에 대한 성능 및 안전성을 검증하기 위한 기술표준 사양을 도출한다.

### 2.2.1 입찰단계(1단계)

사업발주기관에서의 입찰 공고후 사업구간의 특성 및 운용환경에 따른 기술제안 요구사항에 적합한 기술제안서를 기존 시스템의 현장조사 및 자료조사를 통하여 작성하고 입찰에 참여한다.

### 2.2.2 계약단계(2단계)

입찰단계(1단계)를 거쳐 낙찰된 업체는 계약 후 계약에 따른 계약사양서를 사업 발주기관에 제출하여 승인 요청을 한다.

### 2.2.3 승인단계(3단계)

계약단계(2단계)로부터 접수받은 사업 발주기관은 계약사양서(기능사양서, 설치 및 유지보수 매뉴얼, 시험 및 검사절차서)를 검토 후 승인하고, 또한 사업발주기관의 계약사양서 수정 보완 요청시 재작성하여 승인을 받는다.

### 2.2.4 실행단계(4단계)

#### 1) 예비시험단계

승인단계(3단계)에 따른 시범적용사업 실행계획 승인으로 예비시험구간에 따른 각 장치의 시험은 물론, 운행모드, 통신 및 환경 적응성 및 각 장치간의 인터페이스 등의 시험을 수행하여 기술표준사양(초안)을 작성하고 사업발주기관에 승인을 요청한다.

예비시험단계의 평가 실패시 재입찰 공고하여 다른 사업자를 선정 후 재수행토록 한다.

※ 예비시험단계 : 사업구간의 짧은 선로구간에 제안된 시스템을 설치하고, 테스트하여 각종 시험 통과시 적용단계로 확대 적용함.

#### 2) 적용단계(사업구간 전노선)

예비시험 단계를 통과한 시스템을 적용단계의 사업범위인 전구간에 걸쳐 지상, 차상, 통신설비를 확대 설치하여, 이에 따른 안전성 시험, 기존 신호장치와의 인터페이스, 타 설비와의 연동종합시험 등을 실시하여 적용시험구간의 시험결과를 분석하고 보고서를 작성하여 사업발주기관에 승인 요청한다.

적용단계에서의 평가 실패시 예비시험단계에서와 동일하게 사업은 종료되고 사업발주기관은 재입찰 공고하여 새로운 사업자를 선정하여 재수행토록 한다.

### 2.2.5 최종단계(5단계)

위의 실행단계(4단계)에서 각종 시험에 대한 평가 결과의 합격 판정으로, 이에 따른 각 장치별 시험결과를 토대로한 최종적인 기술표준 사양서를 작성하여 통신을 이용한 열차제어시스템의 표준화를 구축한다.

## 2.3 시험절차에 따른 세부수행계획

### 2.3.1 사업착수 통보

입찰에 참여하여 계약자로 선정된 후 사업착수 통보 접수

### 2.3.2 시스템 설계

- 시스템 요구사항 분석
- 선로변 리스트 개발
- 최종 선로변 데이터 입수
- 차상장치 하드웨어 설계
- 최종 운전 데이터 입수
- 지상장치 하드웨어 설계
- 차량 특성 입수
- 하드웨어 설계 최종 완료
- 인터페이스 데이터 입수
- 최종 설계 검토 완료

- 시스템 설계
- 인터페이스 설계
- 서브시스템 요구사항 분석- 설치 설계
- 인터페이스 설계 승인
- 설계 검토 완료
- 시스템 운전 분석

- 시스템 통합 시험
- 수정 및 수정후 시험
- 운영 성능시험
- 시스템 안전성 시험 및 안전보고서 작성시험

**2.3.3 시스템 개발 및 제작**

- 시스템 납품
- 장비 설치를 위한 선로변 준비 완료
- 장비 설치를 위한 기계실 준비 완료
- 지상제어장치 설치
- 기계실 전원 준비 완료
- 선로변, 기계실 장비 시험 준비 완료
- 현장시험을 위한 소프트웨어 준비 완료

**2.3.9 사업적용구간 완료**

- 사업적용 구간의 각종시험 결과보고에 따른 시험분석 및 평가
- 시스템 운용 환경 및 특성에 적합한 표준사양서 작성

**2.3.4 시스템 납품 및 설치(예비시험구간)**

- 시스템 납품
- 장비 설치를 위한 선로변 준비 완료
- 장비 설치를 위한 기계실 준비 완료
- 지상제어장치 설치
- 기계실 전원 준비 완료
- 선로변, 기계실 장비 시험 준비 완료
- 현장시험을 위한 소프트웨어 준비 완료시

**2.4 CBTC시스템 구축 시행방안**

CBTC 시스템 구축에 따른 절차 단계를 시험구축, 시험적용 구축, 병행운전, 시범운영, 완료 등의 5단계로 구분하였다.

표 2 단계별 시행절차

Table 2 F

구분	절 차	내 용
시험 구축 단계	시험 구간의 선정 시험구간 CBTC 장비설치 지상장치 표준화 차량시스템 표준화	- 기존선의 일부에 CBTC 지상장치(시험선) 구축 - 시험차량에 CBTC 시스템 장비 장착 - 표준 지상장치 활성화 - 표준 차상장치 활성화 - CBTC장비의 각종시험 및 특성 테스트 - 기존장비와의 인터페이스 시험 - 시험선 운영을 통한 표준 차량시스템의 도출
시범 적용 구축 단계	사업구간 전체에 CBTC 시스템 구축 및 시험	- 영업운전 이후 표준차량을 투입 지상설비의 설치 시험 및 조정 - 영업운전 이후 표준차량을 투입 지상장치 시험 및 조정
병행 운전 단계	CBTC장비 탑재차량과 비탑재 차량의 병행운전	- 영업시간 이후에 CBTC 차량과 기존 차량을 병행운전 - 비첨두 시간대에 CBTC 시스템 차량 투입 병행운전
시범 운영 단계	CBTC시스템에 의한 운영	- 전체 차량에 CBTC 시스템을 장착 완료 - 영업운전 시간에 CBTC 시스템 차량을 투입 운영
완료 단계	기존설비 일부 철거	- 기존 설비의 일부 철거 - CBTC 시스템 운영에 따른 효과 분석

**2.3.5 예비시험구간의 시험**

- 지상설비 설치시험
- 선로변 통신시험
- 구역 통신시험
- 시스템 통합시험
- 차상설비 설치시험
- 수정 및 수정후 시험
- 차량 동적시험
- 운영 성능시험
- 열차자동운행감시장치 설치시험
- 데이터 통신시험

**2.3.6 예비시험구간의 평가**

예비시험 구간의 각종시험 결과 보고에 따른 시험 분석 및 평가

**2.3.7 사업적용구간 시스템 설치**

- 시스템 납품
- 장비 설치를 위한 선로변 준비 완료
- 장비 설치를 위한 기계실 준비 완료
- 지상제어장치 설치
- 기계실 전원 준비 완료
- 선로변, 기계실 장비 시험 준비 완료
- 현장시험을 위한 소프트웨어 준비 완료

**2.3.8 사업적용구간 시험**

- 지상설비 설치시험
- 구역 통신시험
- 데이터 통신 시험
- 선로변 통신 시험

### 3. 결 론

본 논문에서 검토된 바와 같이 현재 국내 도시철도의 장비 사용에 따른 장비의 내구연한 도래와 도시인구 집중화에 따른 수송수요의 증가로 인하여 시스템의 개량이 불가피한 현실에 직면할 수도 있기 때문에 철도신호시스템분야에서 세계적으로 중점 연구되고 개발 사용되는 Communication Based Train Control을 기존 도시철도의 시스템에 적용하기 위한 시행절차를 연구하였다. 시스템의 도입을 위한 시행절차는 크게 시스템의 구축과 단계별 시행절차 및 세부 시행절차로 검토하였다. 그 핵심적인 내용은 크게 다섯가지로 설명할 수 있으며, 이는 시험구축단계, 시범적용단계, 병행운전단계, 시범운영단계, 완료단계로 나누어지며, 각각의 단계에 맞는 세부 시행과제들로 이루어져 있다. 모든 과정들이 모두 중요하나, 가장 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.

#### 감사의 글

본 연구는 2003년도 철도기술연구원의 지원에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

#### 참 고 문 헌

- [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.