국산화를 위한 CBTC 핵심장치개발 연구

Study for Developing Core Solution of CBTC localization

김 윤배[1)] 윤 호석[2)]
Yun-Bae Kim Ho-Sok Yoon

Abstract

Recently many new subway lines and light rail lines are demanded to build as CBTC system for advanced transportation needs. Already several lines are being installed and some other are planned this days. In early 2008, the first korean CBTC project, Bundang Line Intelligent Train Control System was finished successfully then it showed that many advantage of its functionalities to demonstrate. Nowaday, the technology of CBTC in Korea is not standing alone by itself yet, even though a lot of localization was done last decade include ATS (Automatic Train Supervision) and Radio Communication and manufactures and installations, because the core equipment of CBTC is rely on oversea technologies of major railway signal companies. KRRI has been preparing to develop the core equipment of CBTC (wayside ATP and onboard ATO/ATP) with other 14 local railway signal companies. Now they have consisted two consortiums to develop the core equipment by themselves. In this paper, I will mention about how we should focus on the output for viewpoint of interpretabilities between the two groups and review the case study of front developers efforts considering to standardizations we should be following.

---

1. 서 론

본 연구는 철도교통의 선진화 요구에 따라 최근 신설되는 지하철 또는 경량전철의 열차제어 시스템으로 CBTC가 적극 검토되고 있으며, 이미 몇개의 신규노선이 건설되고 있고, 또한 2008년 초 분당선에서 CBTC 시범사업을 성공적으로 완료하였다. 일부 통신장치 와 사령장치 그리고 설치 및 시공 또한 각종 Commissioning 과 테스트 등이 국산화 되었지만 그 핵심 장치인 지상 ATP 장치 및 차상 ATO/ATP 장치는 아직 해외 선진사의 기술에 의존하고 있는 현실이다. 2007년 중반기부터 한국철도기술연구원 주도하에 CBTC 핵심장치 개발에 대한 국산화 프로젝트를 위한 준비가 진행되었다. 국내 철도신호 분야의 14개 업체가 참여하여 기본 도시철도 및 광역철도의 수요에 맞도록 개발사양서 초안을 작성하였고 참여 업체들이 자발적으로 2개의 컨소시엄을 구성을 하였다. 본 연구에서는 향후 CBTC 핵심장치 개발에 있어 해외개발 사례 및 표준화 부분의 고찰 및 우리가 고려해야 할 점 등을 살펴보고, 각 부분의 핵심 분야에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 본 문

2.1 CBTC의 특징

CBTC란 Communication Based Train Control 시스템의 약어로 기존에 차상과 지상의 통신은 특정적으로 지정된 TWC (Train Wayside Communication)영역에서만 통신이 가능한 반면, 전선로 구간에 지상과 차상사이에 연속된 양방향 통신이 가능하도록 하는 시스템이다. 초기의 CBTC는 선로사이에 통신이 가능한 Inductive Loop를 설치하여 열차와 지상간의 통신을 하고 동시에 각 구간의 Inductive Loop의 위상의 변화를 이용하여 열차의 위치를 감지하였다. 이미 이러한 방식의

1) 삼성SDS(주) SOC2개발팀 수석, 아주대하고 박사수료, 정회원
2) 삼성SDS(주) SOC1사업부 사업부장, 상무, 광운대학교 박사수료, 정회원

CBTC는 1980년 중반부터 사용되기 시작하여 세계적으로 20여개의 라인이 상용운전을 하고 있다.

그러나 이러한 Inductive Loop를 이용한 방식의 단점은 선로가 자갈도상일 경우 정기적으로 선로 정지작업에 불편함이 초래되고, 또한 유지보수 작업 시 Loop가 단락될 위험도 있다. 이러한 단점은 무선통신이 발달되면서 새로운 국면을 맞이하게 되었다. 1990년대 말 무선랜 통신의 발달로 인해 IEEE 802.11의 규약이 발표되면서 Inductive Loop를 대신하여 Radio Frequency를 이용한 무선랜 방식의 CBTC 시스템이 도입되게 되었다. 최초의 무선랜을 이용한 CBTC 프로젝트 New York의 시범선을 시작으로 각국의 CBTC 프로젝트가 진행되었고, 이미 몇 개의 상용운전이 시작되었다. 국내에서도 2002년 말 분당선에 지능형열차제어시스템 시범설비 구축사업을 통해 CBTC의 가능성을 확인하기위해 무선통신 분야를 주축으로 많은 부분이 이미 국산화를 실현하였다고 할 수 있다.

이처럼 RF-CBTC 시스템의 특징은 기존에 열차의 위치를 검색하고 추적하기 위한 궤도회로를 사용하지 않고도 열차를 안전하게 추적할 수 있으므로 신호분야의 유지보수 작업 중 가장 많은 부분을 차지하던 궤도회로 시스템의 장애를 배제할 수 있어 유지보수 비용의 절감을 기대할 수 있다. 또한 시스템의 단순화로 유지보수 발생의 원천을 감소시킬 수 있으며, 이를 통한 시스템의 신뢰성 및 안전성을 높일 수 있다. 또한 연속적인 열차의 추적이 가능하므로 비상상황 발생을 원격으로 감시가 가능하게 되어 열차의 자동운전의 도입을 수월하게 하며, 기존 궤도회로방식의 열차안전거리 간격을 줄임으로써 열차의 투입을 높여 선로이용률을 증가 시킬 수 있다.

2.2 CBTC 핵심장치의 국산화 필요성

지난 20여 년간 철도신호 분야의 많은 부분의 국산화가 추진되었다. 일부 전자연동장치 및 CTC를 비롯하여 열차 운행관련 부분의 사령설비 부분은 거의 국산화가 완료되었다고 할 수 있다. 또한 분당선 지능형열차제어 시스템을 통해 CBTC의 핵심부분인 통신장치의 국산화를 통해 ATO/ATP 그리고 지상ATP를 제외한 모든 부분은 국내 기술로 완전히 구현이 가능한 수준이다. 국산화 부분에서 ATO/ATP 그리고 지상ATP 또한 국내의 기술로 구현이 가능하나 이를 체계적으로 시험하고 인증하는 절차가 미흡하였다. 현재 국내에서 신규라인은 대부분 CBTC 시스템으로 도입을 추진하고 있으며, 기존선의 개량에도 CBTC를 적극 검토하고 있다. 향후 국내에 도입될 경량전철도 CBTC를 이용하여 구축하는 것이 여러 가지 장점을 갖고 있으므로 국내의 기술을 이용하여 CBTC 전체 시스템을 국산화하는 것이 필요한 시점이다. 이를 위한 경제성 분석을 살펴보면 국내 시장 뿐만 아니라 향후 국제 경쟁에서도 국내 기술로 진출할 경우 충분한 경제성을 갖고 있음을 알 수 있다.

2.3 국산화 경제성 분석

CBTC 핵심장치 국산화의 성공적 추진과 해외진출을 위한 효과적인 전략 수립을 위해 SWOT 분석을 통해 강점요소, 약점요소, 기회요소 및 위협요소를 살펴보고 국내외의 관련부분의 여건 및 기술수준, 해외동향 및 국내외 시장성 등을 분석할 필요가 있다. 이는 국내외 시장개척의 가능성이 상당한 불루오션 시장이며 해외의 진출의 경우 국가 경쟁력 제고와 이에 따른 부가가치의 창출에 큰 기여를 할 수 있다.

(1) 강점요소

해외시장에서 경쟁력을 갖기 위해 CBTC 핵심장치의 기술보유는 경량전철의 차량관련 시스템과 관련된 기술보유 및 해외시스템에 비해 저렴한 유지보수 관리비용 등 가격 측면에서 경쟁력을 꼽을 수 있다.

(2) 약점요소

국내 기술수준을 비교하면 해외 진출 시 약점으로 관련부분의 경험 및 신뢰성 부족, 중저속 열차제어시스템의 운영실적 부족과 해외시장에 대한 정보의 취약으로 기본적인 정보 축적이 미흡한점을 들 수 있다.

(3) 기회요소

세계 철도시장은 년간 약 70조 규모에 이르면 이의 확대 추세와 더불어 경전철 시장도 확대 추세

에 있다. 국내기술로 독자적인 시스템을 개발하여 해외시장을 개척할 수 있으며, 이는 도로교통 중심에서 철도교통 중심으로 변화하는 기회요소를 들 수 있다. 또한 신흥 개발 국에서 적극적으로 철도교통 시장이 확대되고 있어 해외 진출에 좋은 기회를 갖을 수 있다.

국내외 시장규모를 간다하게 검토하고 국산화된 CBTC 시스템의 적용을 전략적으로 접근할 필요가 있으며 이를 완성하기 위해서는 기업의 노력과 더불어 관련 철도교통 수요처 및 한국철도기술연구원의 전략적인 추진 또한 중요한 요소라 할 수 있다. 아래의 각 표는 서울대학교에서 용역으로 작성한 국내외 시장규모의 내용을 참조한 것이다.

[표 2-1] 국내 신호시장 규모

	지상신호 시장규모	차상신호 시장규모
낙관적 시나리오	1,907억 원	337억 원
비관적 시나리오	1,144억 원	202억 원

[표 2-2] 지하철 신호개량시장 규모

낙관적 시나리오	비관적 시나리오
623억 원	374억 원

[표 2-3] 국외 경량전철 신호시장 규모

	지상신호 시장규모	차상신호 시장규모	전체 신호 시장규모
낙관적 시나리오	5,971억 원	1,055억 원	7,026억 원
비관적 시나리오	3,018억 원	533억 원	3,551억 원

2.4 CBTC 핵심장치 국산화 추진 경과

철도기술연구원의 주도하에 2007년 중반부터 국내의 철도신호 관련 업체가 참여하여 CBTC 핵심장치 국산화를 위한 간담회를 가져 개발에 필요한 개발 사양서를 작성하였다. 이를 최종 검토하여 초안을 발표하였고 이를 실행화하기 위한 개발 컨소시엄을 구성하여 추진하기로 하였다. 이에 두개의 컨소시엄이 구성되었고, 각각 구성된 컨소시엄간의 긍정적인 경쟁관계를 갖고 선의의 경쟁을 할 수 있는 환경은 향후 국산화에 도움이 될 것이다. 참여업체는 각각의 작업분과 위원회에 참여의사에 따라 참여하였으며, 각 서브시스템 별 분과위는 사령설비(ATS), 지상ATP, 차상장치(ATO/ATP), 연동장치 및 통신장치로 구성되었다. 현재 완성된 초안의 시스템 사양서는 향후 각 컨소시엄에서 추진될 시스템 개발과정에서 철도기술연구원과 협력적인 관계로 두 컨소시엄이 협조하여 공유될 부분은 공유하여 상호 호환성을 갖춘 시스템을 개발하는 것이 목적이다.

[표 2-4] 개발 컨소시엄 구성

	컨소시엄 A	컨소시엄 B
주관회사	삼성SDS, 포스콘	LS 산전
협력회사	대우ENG, 혁신전공 테크빌	유경제어, 대아TI 지엠시스넷

현 계획된 컨소시엄 구성이 완료되어 공식적인 출범을 앞두고 있는 상태이다. 위에 참여한 기업외에 초기 사양서 작성에 참여한 업체가 있으나, 개발 컨소시엄에 참여하지 못한 업체는 철도기술연구원 주관의 시험센터 건설의 인프라 구축에 참여할 계획이다. 양 컨소시엄의 합의에 따라 통신설비는 시험선의 인프라 구축의 일환으로 삼성SDS가 분당선 지능형열차제어시스템에서 개발된 무선통신 시스템 및 유선통신장치 (DCS)를 사용하기로 하였다. 제한된 시험선 인프라를 사용하는데 효율성을 갖기 위해서는 기본적인 인프라는 제공되며 CBTC의 핵심장치인 지상ATP 및 차상ATO/ATP 장치의 개발에 중점을 두는 것이다.

2.5 국산화 추진에 필요한 요소

국내에서 보유한 기술의 장점을 활용하여 CBTC 핵심장치 개발 시 고려해야 할 점들과 두개의 컨소시엄으로 진행되는 과정에서 서로 협력할 부분과 상호 호환성을 위해 고려해야 할 점들을 살펴보기로 하자. 우선 가장 핵심적인 부분인 지상과 차상의 통신부분은 철도기술연구원에서 구축할 인증시험 센터용 시험선 인프라구축의 한 부분으로 두개의 컨소시엄이 공통으로 사용될 것이다. 삼성SDS가 분당선 지능형열차제어 시스템에 사용된 통신설비를 공용으로 사용하기로 두 컨소시엄이 합의하였고, 이는 차상과 지상 양 끝단에 통신단말 장치와 지상간의 백본을 이용한 데이터 통신장치인 DCS를 제공하는 것으로 구성된다. 이때 통신장치는 지상과 차상간의 통신을 구성해주는 매개체이므로 이는 전적으로 통신 수단일 뿐 열차제어의 안전성에 영향을 주는 장치는 아니지만, 기본적으로 통신의 연속성 및 안정성을 보장해주는 설비이어야 한다. 또한 신호의 중요 데이터가 무선으로 전송되기 전 모든 데이터는 암호화 되어야 하며 이를 위한 암호화 모듈도 함께 제공될 것이다. 각 컨소시엄에서 개발될 장비는 통신장비와는 TCP/IP 레벨로 연결되도록 구성된다.

두개의 컨소시엄은 향후 상세 개발을 시작하기 전 통신장비의 사양을 충분히 인지하고 이와 인터페이스가 되도록 개발사양서를 작성하여야 하며, 이를 위한 정기적인 협의가 필요하다. 이와 함께 진행되어야 할 협의체는 향후 진행될 상호 호환성을 고려하여 열차가 지상에 주는 데이터의 포맷 및 차상이 지상에 주어야 할 데이터의 포맷 등을 고려하여 기본적인 데이터 구성을 표준화 할 필요가 있으며, 표준화된 데이터를 기준으로 각 각의 컨소시엄의 추가적인 데이터는 별도로 인식할 수 있도록 구성할 필요가 있다. 이에 따라 기본적으로 구성되어야 할 프로토콜을 합의하여 결정하여야한다. 기본적인 데이터로는 각 열차가 지상에 자기의 위치를 인식한 후 그 위치를 정기적으로 지상에 전달하여야 하며, 이때 각 열차의 ID를 인식하는 방식을 통일 하여야 한다. 그 외에 열차의 상태 정보 및 부가적인 정보는 기본적으로 맞출 것은 맞추고 추가적인 데이터 구성으로 컨소시엄별 특별한 데이터를 추갈 할 수 있는 구성을 구축할 필요가 있다. 또한 지상 장치 즉 ATP는 열차의 안전거리를 확보 할 수 있는 PMA를 작성하여 열차로 지령을 내보내는 가장 중요한 부분을 담당하므로 이 또한 두 컨소시엄이 데이터 구성을 통일할 필요가 있다. 이는 기본적으로 철도기술연구원이 작성한 도시철도 표준화 방안을 따르며 개발에 따라 필요한 부분을 추가하는 것으로 추진할 것이다.

다음은 지상과 차상간에 주고 받을 정보의 표준을 위한 예시를 보여주는 것이며 이는 향후 본격적인 개발에 들어가 양 컨소시엄의 책임자간에 협의를 통해 확정하여 상호 호환성을 위해 필요한 요소

이다. 유선과 무선을 포함하여 CBTC의 지상-차상의 인터페이스 설계에서 기본적으로 두개의 채널이 필요하다. 그 하나는 차상의 정보를 지상으로 전달하여 사령설비 등에서 차량의 상태를 모니터링 할 수 있는 Non-Vital 무선통신이고 또 다른 하나는 차상의 위치정보를 지상의 ATP로 전송하고 전송된 차량들의 위치에 따라 지상 ATP는 차량 간의 안전거리를 확보할 수 있도록 PMA(Permissive Movement Authority) 즉 이동권한 정보를 전달하는 Vital 무선통신이다. 그 외의 정보들은 유선으로 연결된 내부 통신망을 통해 전달되므로 그 속도는 충분히 보장되며 안전성을 보장할 수 있다.

- ❖ 1. Non-Vital 무선통신: ATS ←→ATO (ATO 명령, 차량상태정보)
- ❖ 2. Vital 무선통신: 지상ATP ←→차상ATP (Movement Authority, Position)
- ❖ 3. 유선통신: ATS ←→ WCU (진로명령, Wayside 상태정보)

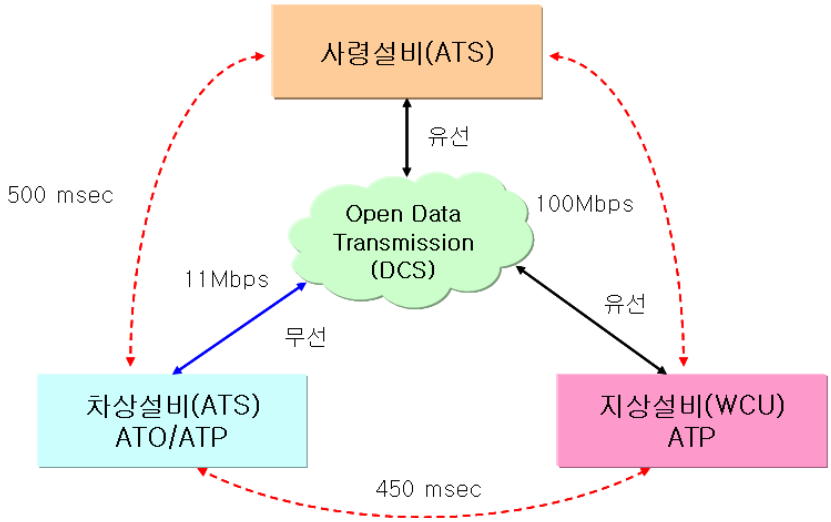

그림 2-1 CBTC 시스템의 데이터 전송 개념도

위의 그림은 CBTC에서 각 서브 시스템간의 데이터 전송 개념도이다.

(1) Non-Vital 무선통신

하나의 무선통의 채널로써 차상의 정보를 지상의 사령설비로 전송하여 열차의 연속적인 감시가 가능하도록 하여주며, 그 정보는 일정 시간마다 주기적으로 전달한다. 여기게 제시된 내용 이외에 앞으로 개발될 핵심장치에서 컨소시엄간에 협의를 통해 필요한 정보들을 정의하고 표준화 할 필요가 있다.

다음은 ATS와 차상의 ATO간 Non-Vital 통신의 내용의 예를 나타내고 있다.

Byte	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
1	운전모드			EB 상태정보	STAND BY MODE (Not used)	STATION HOLD IN EFFECT		SPARE
2	Center of Train Location (현재 열차가 점유 중인 BLOCK ID)							
3								
4	Train Speed - 열차의 속도 [1/256 m/sec 단위로 증가]							
5								
6	Device Reporting Fault		Doors Status		열차의 진행 방향		Coupler Status (사용하지않음)	
7	이상상태	Fault Code (이상상태 코드)						

8	Fault Code Parameter							
9	Spare	Spare	Spare	Spare	Train Audio Status (Not used)	Reduced Speed Signal (Not used)	Reduced Brake Rate (Not used)	Station Hold Signal
10	Devices Statuses							
11								
12								
13								
14								

표 5 ATO - ATS 정보전송 내용

주기적인 차량의 상태정보가 차상에서 지상의 ATS로 전달되는 것과 달리 ATS의 명령도 차량의 자동운전 기능을 위해 전송된다. 이는 주기적인 정보는 아니고 운전 사령의 필요에 따라 간헐적으로 전송되는 명령들이다. ATS에서 차상에 전송되는 명령들은 다음과 같다.

- 승강장 개방/폐쇄 명령
- 열차 출발/정지 명령
- 비상정지 해제 명령
- 열차 대기 명령
- PAS 음성정보 명령
- 출입문 제어 명령
- 열차 속도 조정 명령
- 승강장 정차시간 명령
- 차상장치(VOBC) 절체 명령
- 차상장치(VOBC) 리셋 명령
- 목적지 코드 설정 명령

위에 언급된 내용은 분당선의 지능형열차제어 시스템에서 사용된 명령들로 이 밖에도 시스템에 필요한 정보들은 향후 컨소시엄간의 협의에서 결정되어야 될 것이다.

(2) Vital 무선통신

차량과 지상간의 Vital 통신으로는 차량이 자신의 위치정보를 주기적으로 지상으로 전달하고 이의 응답으로 지상의 ATP 장치는 각 차량에 필요한 PMA 정보를 전달하여 차상의 ATP 장비가 안전하게 운행할 수 있도록 도와주어야 한다.

분당선의 경우는 CBTC 시스템이지만 논리적인 블록을 시스템 설계 시에 미리 설정하고 이에 대한 점유 상태에 따라 열차의 진행방향에 따라 필요한 논리블록의 PMA 상태를 전달하는 방식을 취하고 있지만, 향후 컨소시엄에서 구성할 CBTC의 블록 컨틀롤 방식에 따라 그 데이터 전송 포맷을 달리할 것으로 예상된다. 전체적인 라인의 모든 상태를 DB화하여 열차가 갖고 있고 또한 지상ATP도 그 DB데이터를 갖고 있어 열차가 현재 위치한 지점에 따라 선행 열차의 위치를 고려하여 다이내믹하게 열차의 속도프로파일을 생성하는 방식을 택할 수 있다. 그러나 여기서 중요한 것은 열차의 위치결정과 속도프로파일의 정의가 아니라 어느 정도의 주기로 데이터를 전송하며 전송된 데이터가 무선을 이용하므로 전송의 실패를 고려하여 실패한 경우의 처리상황을 설정하는 것이 중요한 점이라

생각된다. 각 컨소시엄의 설계방식이 다르겠지만 사전에 기본적인 콘셉트를 통일하여 진행한다면 향후 상호 호환성을 대비하여 처리할 수 있다고 판단된다.

또한 Vital 정보는 기본적으로 무선을 통해 전송되므로 지상과 차상의 ATP 설계 시에는 무선의 예외성을 고려하여 정보가 전달되는 않는 경우를 고려하여 즉 안전 측 동작을 고려하여 설계하여야 한다. 예를 들어 열차가 기본적으로 주기적인 데이터를 주고받는 데 있어 특정 시간동안 전송이 실패된 경우 열차는 안전하게 정지하도록 하는 것으로 처리하여야 한다.

(3) 위치 측정 시스템

앞으로 CBTC의 핵심장치를 국산화 하는데 있어 또 하나 고려해야 할 점으로 위치 측정 시스템을 들 수 있다. 현재 해외의 경우 각각의 솔루션을 보유한 회사별로 지상 위치 측정 시스템을 달리하고 있다. 북미의 경우 Transponder Tag 와 같이 간편한 RFID Tag를 이용하여 위치를 특정하고 있으며, 유럽의 회사들은 ETCS에서 사용하고 있는 Euro-Balise를 사용하고 있다. 각각의 장단점이 있겠지만, 우리가 하나의 선로를 대상으로 두개의 컨소시엄이 개발하고 있으므로 지상의 위치 시스템은 통일하여 하나의 인프라로 구축하는 것이 바람직할 것이다. 국내에서는 철도공사에서 이미 ATP 사업으로 Euro-Balise를 도입하여 사업을 진행하고 있으므로 도시철도 뿐만 아니라 광역철도를 고려하여 위치 측정시스템은 하나의 시스템으로 통일하는 것이 향후 시스템 간의 열차 상호운영성도 가능하게 할 것이다.

3. 결 론

국내에 CBTC가 도입된 지도 벌써 5년이 넘었다. 분당선에서 시범설비로 그 성능과 기능을 입증하였고, 사업이 진행되는 동안 무선통신의 CBTC가 여러 선로에 도입되어 상업운전을 위해 현재 한창 진행 중인 사업도 있다. 국내에서 철도신호의 오랜 역사에도 불구하고 아직까지 그 핵심장치인 ATP 및 차상장비를 국산화를 완벽하게 수행하지 못한것이 현실이다. 이번 철도기술연구원 주도하에 국내 각 철도신호와 관련된 업체들 간의 협력으로 국내 기술만으로 독자적인 CBTC 전체 시스템을 구현하여 그 성능과 기능을 시험하여 인증된다면 앞으로 국제 경쟁력에서도 중요한 전기가 마련된다고 할 수 있다. 모처럼 구성된 국내 업체 간의 자발적인 컨소시엄이 소기의 성과를 거둘 수 있도록 각 기업의 적극적인 참여와 이와 관련된 각 철도관련 수요처 들은 지대한 관심이 필요한 시점이라 생각된다. 앞에서 언급된 국산화에 필요한 부분 각 세부상항은 아직 언급할 단계는 아니지만 곧 소기의 성과를 이루어 상세한 발표가 되기를 바란다.

참고문헌

1. 김윤배, (2004), “CBTC를 위한 무선통신 위치 최적화 연구”, 2004년 철도학회 추계학술대회.

2. 김윤배, (2006), “CBTC를 위한 무선통신 고속로밍 알고리즘 및 위치 최적화 연구”, 2006년 철도학회 춘계학술대회.