

도시철도에서 무선을 이용한 열차제어시스템 적용방안 연구

류상환 조봉관
한국철도기술연구원

A study on the applicable scheme of Communication Based Train Control system in subway

S. H. Ryu B. K. Cho
KRRI

Abstract - Presently metro in our country has higher rate of passengers as a public transportation of urban area than other transportations. And road is under very restrictive condition to be expanded in many aspects because the streets are completely choked. Therefore increase of capacity in metro and reduction of headway has been seriously required and utmost efforts has been taken by related fields to meet the requirements. The concept of CBTC system came out from this background.

CBTC system can be implemented to detect t location without using the track circuits. It h advantages in aspects of signalling equipments and maintenance. This study investigated exa radio communication system and applicable norms in other countries. And it also revie suggestion for the establishment of radio freq radio network to be considered for applicat control system by radio under Korean metro env

연구에서는 RF로 구성하여 궤도회로없이 열차의 위치를 결정하고 위치, 속도 및 방향을 제어하는 시스템에 대해 검토하였다.

Table 1 CBTC시스템의 구축 사례

New York	San francisco	other North America	UK	Europe	Asia
NYC Transit (Canarsie)	BART	Philadelph ia	Docklands	Paris RATP Line 14	Kuala Lumpur
JFK-Airport	Muni	Van-couver	Jubilee	Paris RATP Line 13	Hong Kong
Long Island Railroad	Airport	Toronto Scar-borough		Lyon	Ankara
		Detroit		Lille	Singapore
		Seattle Airport		Turin	
		Las Vegas			
		Morgan -town			

1. 서 론

현재, 국내의 도시철도는 도시 및 인근지역의 대중교통수단으로서 타 교통수단에 비해 승객 수용담당률이 높고 이미 포화상태에 있는 지상에서의 도로확충은 여러 가지 면에서 상당히 제한적인 실정이다. 따라서, 도시 철도의 수용량 증가 및 운전시각 단축에 대한 요구가 상대적으로 더욱 절실하게 요구되어 왔고 이러한 요구에 부응하기 위한 노력이 관련분야에서 추진되어 왔으며 CBTC(Communication Based Train Control)시스템의 출현도 이러한 배경에서 설명되어 진다.

CBTC시스템은 열차위치검지에 궤도회로를 사용하지 않고 구현이 가능하다는 점에서 신호설비 구축이나 유지 보수 측면에서 여러 가지 장점을 가지고 있다. 본 연구는 국외의 CBTC용 무선통신시스템 사례와 적용 가능한 표준사양을 조사하였으며, 기존 도시철도 신호시스템의 장치별 CBTC 적용방안과 국내의 도시철도 환경에서 무선을 이용한 열차제어시스템을 적용하기 위해 고려해야 할 무선주파수, 무선네트워크 구축(안)에 대해 검토하였다.

2. 본 론

2.1 CBTC시스템 구축 사례

CBTC시스템이란 차량과 지상컴퓨터간의 연속적인 양방향 데이터링크를 사용하는 시스템을 정의하며, 데이터 링크는 inductive loop 나 RF로 구성할 수 있으나 본

Table 1에서 지역별로 CBTC시스템을 구축(시험구축 포함)한 공급사를 살펴보면 다음과 같다.

- Alcatel : JFK-Airport, San francisco Muni, Vanc ouver, Toronto, Detroit, Las Vegas, Docklands, RATP Line 13, Kuala Lumpur, Hong Kong, Ankara
- Siemens : NYCTransit(Canarsie), RATP Line 14, Lyon, Lille
- Bombardier : San Francisco Airport, Philadelphia, Seattle Airport
- Alstom : Singapore
- GE : San francisco BART
- TBD/Other : Long Island Railroad, Morgantown, Jubilee, Turin

아래의 Table 2에는 현재 선진국에서 개발되어 상용화단계에 있는 여러 가지 시스템들과 이보다 더 미래에 채용하고자 하는 차세대 방식(밀리미터파 이용) 및 유럽의 GSM 기술을 이용한 상용화 시스템을 개략적으로 정리한 것이다. 아직 독자적인 기반기술을 갖고 있지 않은 국내 실정에서는 상용화단계에 있는 선진시스템들의 특징을 파악하여 국내여건에 적합한 방식을 도출하는 것이 중요하다. 밀리미터파를 이용한 yamanashi 자기부상실험선의 열차무선시스템은 500km/h의 고속으로 주행하면서 지상과 차상간에 6.312Mbit/s의 고속디지털

전송회선을 제공하고 있지만, 시험선에서 test중인 시스템으로 현 단계에서 아직 성능을 판단하기 어렵다.

Table 2 무선 및 네트워크시스템 제작사 및 주요 사양

공급사	공급모델	주요 사양	협력사	비고
Alvarion (미)	IEEE 802.11	802.11b, 2.4GHz, FHSS 802.11a, 5GHz, OFDM	Alcatel	half duplex
Andrew (미)	Model 2400 (독점)	2.4GHz, DSSS, RH-530, half duplex	Bombardier	유선 backbone
Gestec (독)	EasyLon PC/104	IEEE 1473-L (LonWorks)	ABB, Alstom, Siemens	
GE-TS (미)	EPLRS (독점)	2.4GHz, DSSS, IEEE 1473-L, half duplex	GE (Harmon)	무선 backbone
EKE (핀)	-	-	-	1473-L과 TCN 간의 상호통신 게이트웨이 개발
Microsym(캐)	A-190	-	-	
Nexterna (미)	ATCS 200 표준	900MHz, GMSK, RS422 & RS232	-	
Rail Transit consultant s				
Safetran system (미)	R Link (독점)	2.4GHz, DSSS, IEEE 1473-L, half duplex	Safetran	I/O Modules, 무선 backbone
Siemens (프) (이전의 MATRA)		2.4GHz, DSSS, IP & IEEE 1473-L I/F kawasaki R143 NYCT	Siemens / Martra	RATP에서 시험 (DSSS무선의 DCS) DCS는 PailPath와 유사
Siemens (독)	GPRS	GPRS, IEEE 1473-T	ETCS	General Packet Radio System
Spring-Board (캐)	RailPath (독점)	2.4GHz, DSSS, IP based, half duplex, 유선backbone	Alcatel, Alstom, Siemens (1999 NYCT)	
Smoo-Comm(미)	7805-10	IEEE1473-L, ANSI EIA709	-	
RTRI(일)	next generation system	millimeter wave 45GHz, Full duplex	-	Yamanashi linear test line

주) SS=Spread Spectrum, DS=Direct Sequence, FH=Frequency Hopping, IEEE 1473-L(LonWorks), IEEE 1473-T(TCN)

위의 Table 2에서 주요 사양의 통신방식 선정을 보면 half duplex 방식이 주도적이다. 일반적으로 full duplex방식의 경우 통신사업자에 의해 상업적인 주파수 운영이 가능한 이동통신서비스, 점대점 혹은 국간중계 등의 목적으로 사용하는 통신방식이다. 또한, 송수신이 동시에 이루어지기 때문에 half duplex방식보다 송수신 링크구성이 확실하나, 전송대역의 용량을 고려한 경제성과 주파수 환경 등을 종합적으로 고려할 때는 CBTC용 무선통신시스템의 경우 half duplex방식을 채택하는 것이 더 효과적이다.

2.2 도시철도 신호시스템 적용방안

기존 도시철도의 신호시스템을 CBTC로 변경할 경우의 장비변경 방안은 아래와 같다.

1. 궤도회로 : 역간 1개, 역구내 1개만 설치
2. 신호기 : 출발신호기, 분기부의 입환신호기만 유지

3. 열차위치 검지방법 : 차상에 설치된 타코메로 위치확인 트랜스ponder로 거리 보정
4. CBTC용 Radio Block Center 1개만 설치(사령실) - 차량기지용 추가설비
5. 거리보정 장치의 종류별 이름 : Balise, Transponder, Beacon, Marker

Table 3 Overlay CBTC on exiting line only equipped with ATC

Area	Used Old Equipment System	Equipment System to be removed	New Equipment System to be Installed
TTC	All System Used · LDP · Train Control Computer · CDTs · TCC · MSC	None	· RBC Rack (Radio Block Centre) · Central Radio-Dispatch · Software modification
Network	All System Used · Optical cable · Router	None	· New Install Few Router
Station	Signal Room	· LDTS · Interlocking · ATC Equipment · Local Control Computer · Power supply	· ATO/TWC Equipment · Few modifications on interlocking
	Way-Side		Radio Box + Antenna and cabling router
Way Side Out of Station	· Signal · Pointmachine · Track Circuit	· DDL · TWC · PSM Marker Coil · Few Track Circuit · Few Signal	· Transponder (Beacon)
Onboard System		· ATC Equipment · ATO/TWC Equipment · ATC Antenna · TWC Antenna	· Radio · Cab Signal Computer · Button · CBTC Equipment · Transponder Antenna · Tachometers

2.3 무선주파수 선정

무선통신은 주파수라고 하는 한정된 자원을 효율적으로 배분하여 사용해야 하기 때문에 국제적으로 합의된 규약과 또한 각 나라의 실정에 맞게 세분화된 전파규약에 의해 이용이 촉진되기도 하고 상당한 제약이 따르기도 한다. 따라서 무선기반의 열차제어시스템에 대한 요구사항을 검토하는데 있어서 무선시스템에 적용할 주파수 대역을 결정하는 일은 가장 우선적으로 추진되어야 하며 이를 위해서는 가장 유력시 되는 주파수대역에서의 국내 전파규약과 주파수 환경 그리고 향후의 정책방향 등에 대한 고찰이 대단히 중요하다.

2.3.1 CBTC용 무선주파수 검토

Table 2를 보면 CBTC용으로 사용되는 무선주파수로는 2.4GHz 대역의 ISM밴드 주파수 대역을 사용하고 있다. 일부 시스템에서는 900MHz대역의 주파수를 사용하고 있지만 이 주파수대역은 국내에서 이동통신사

업자들이 사용하고 있기 때문에 주파수자원 할당에 여러 가지 제약조건이 있다.

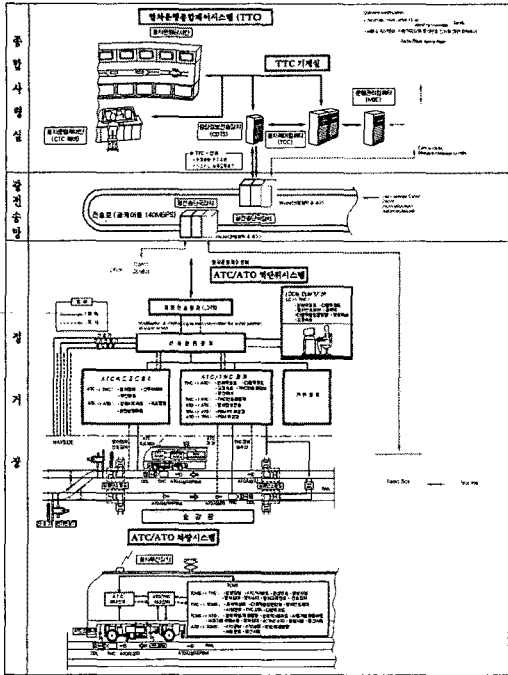


Fig 1. 도시철도신호시스템의 장치별 CBTC 적용방안

ISM(Industrial Scientific and Medical) 대역은 산업, 과학 및 의료용으로 할당된 대역으로 최근 무선통신 기술의 급속한 발전으로 다양한 무선국 수요의 증가 추세로 인해 저전력의 전파를 발생하는 미약 무선국은 전파사용에 따른 허가가 필요 없이 짧은 구역내의 음성/영상 혹은 데이터 전송용, 장비의 원격제어용 등 일상생활 전반으로 이용범위가 확산되어 가고 있는 추세이다.

특히 2.4GHz 대역은 적용기술의 우수성과 법과 제도의 정비, 무선분야의 폭발적인 성장성 등에 비례하여 해당 주파수의 범람이 우려되고 있다.

그러나, 이러한 문제점에도 불구하고 주파수 대역의 기술적 성능과 유연성이 뛰어나기 때문에 거대 통신사업자까지도 상업적 목적의 서비스사업까지 추진하고 있으며 부분적으로 발생하는 상충지역은 적절한 회피와 상호 조정으로 문제점을 해결하고 있다. 또한, 부득이 충돌을 감수해야 하는 극한 상황에서는 이미 할당되어 있는 더 높은 주파수대역을 활용할 수도 있어 심각한 문제가 발생 확률은 매우 적다고 볼 수 있다.

2.3.2 도시철도용 무선주파수 검토

무선기반의 열차제어용 무선시스템에서 사용할 주파수는 2.4GHz ISM 대역을 기본으로 하면서 기존에 도시철도구간에서 영상전송, 실시간 방송서비스에서 사용하는 무선주파수 대역과는 사전에 조율을 해야하지만 현재의 국내 전파법규를 준수하면서도 향후 안정적인 시스템 구성을 감안하여 [이동체식별용]으로 용도를 확정하고 적용하고자 하는 통신방식의 전파형식을 추가하는 절차를 밟아나가는 동시에 연구목적의 무선국 개설을 신청하는 과정이 필요하다. 즉 무선에 의한 열차제어는 그 공공성 측면에서 매우 중요한 분야이기 때문에 관계부처와의 협의를 거쳐 국내의 전파법규나 장비사양 기준에 부합하는 제반조건을 충족시킬 수 있을 것으로 예상되며 의도적으로 강한 방해전파를 발사하는 경우에 대비한 보완책이 향후에 연구되어야 할

것이다.

결국 2.4GHz ISM 대역을 사용한 시스템 운영시 자연발생적으로 문제가 발생하지는 않겠지만 인위적이고 악의적인 외부의 시도를 가능하면 사전에 차단하거나 불가피한 경우 즉각적인 상황인식과 대처가 가능하도록 대책을 세우는 일은 신중히 고려해야 한다.

2.4 열차제어 네트워크 구축(안)

전체적인 열차제어 네트워크 구축방안은 Fig 2와 같이 크게 사령설비와 역의 연동장치, 신호설비 그리고 선로변 무선기지국(Access Point)과 차상무선설비로 구분할 수 있으며, 지상무선기지국과 차상무선설비간의 전송방식은 IEEE 802.11 규격을 준용하며, 지상무선기지국간의 링크는 광케이블망을 통하여 연결되며 차상설비와 사령설비간의 정보를 전송한다.

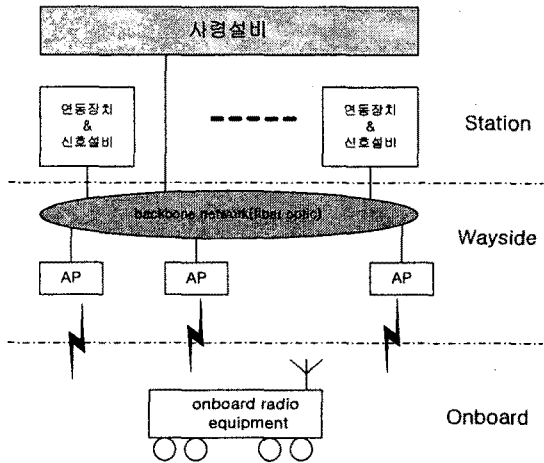


Fig 2. 열차제어 네트워크 구축(안)

열차제어용 네트워크를 구축하기 위해 역사이의 AP 간을 무선으로 구축할지 아니면 유선으로 구축할지를 검토해야 한다. 현재까지의 검토결과로서는 Fig 2와 같이 역간의 AP사이를 유선 Backbone 네트워크를 통해 연결하는 것이 바람직할 것으로 판단되며, 무선으로 구성하는 경우는 AATC(BART PJT)방식과 같이 열차의 전두/후미 무선장치와 선로변 장치간의 통신시간 거리에 따른 전파의 도달시간을 측정하여 열차의 위치를 파악하는 기술을 적용한 것이다.

Table 2의 주요사항을 보면 무선링크구간에서 스펙트럼 확산방식의 Half duplex(반이중)방식을 주로 사용하고 있다. 이에 대한 비교를 Fig 3에서 표시하였으며 전체적인 접근방법은 스펙트럼확산방식 반이중 유선 Backbone으로 진행되는 추세임을 알 수 있다.

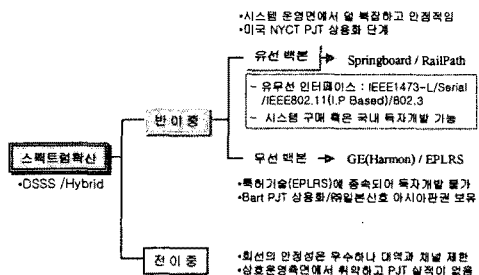


Fig 3. 무선통신방식의 Logic Tree

3. 결 론

본 연구과제는 건설교통부에서 주관하는 도시철도 신호시스템 표준화 연구과제 성과물의 일부로서 지금까지 국외 CBTC시스템 구축사례와 국내에 적용하기 위한 무선주파수 검토 및 열차제어 네트워크 구축방안에 대해 검토하였다. CBTC시스템의 적용으로 궤도회로없이 열차제어가 가능한 여러 장점들을 가지고 있지만 아직 상용화되어 운행되는 구간은 없으며 시험선에 검증이 일차적으로 완료된 단계이다. 따라서, 국내의 철도에 적용하기까지 여러 시험과정을 거쳐 검증자료가 도출되어야 하며 상용화하기 이전에 안전성과 가용성에 대한 검토가 선행되어야 할 것이다.

향후, 연구과제를 진행하면서 도시철도의 열차제어에 무선통신시스템을 적용하기 위한 방안에 대한 검토 및 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다...

[참 고 문 헌]

[1] 류상환, 조봉관, "도시철도 신호시스템 표준화 연구개발", 한국철도기술연구원, 2001. 12.