

# 연속숫자음 인식을 이용한 열차무선호출방식 개선방안 연구

## A Study on Improving the Train Radio Call Using Continuous Digit Recognition

최윤석\*      이상배†  
Yoon-Seog Choi   Sang-Bae Lee

### ABSTRACT

Urban Transit Train Radio is Radio Communication system that is used official business as leading motive for train safety running among the train crew and the central control center and drive-caring-chamber on main line and branch line. This system is operated that organizes talking path on handset of terminal after the train crew receives audio and understands call voice on speaker of terminal at calling the train of the central control center.

When the central control center calls the specific train uses all call radio form, the train crew doesn't recognize the call cause the train situation, noise and action as train control. So there is a delay response cause reset call at the central control center.

This research discusses the management of subway radio system and describes the call the train system that recognize train call number of all-call used between the central control center and the train crew.

### 1. 서론

도시철도 열차무선은 본선 및 지선구간에 운행하는 열차의 승무원과 종합관제소 및 운전취급실간 열차 안전운행을 위한 업무연락을 주목적으로 사용하는 무선통신시스템이다. 이 시스템은 종합관제소의 해당 열차 호출시 승무원이 단말기의 스피커에서 들려오는 호출음성을 가청으로 수신하고 인식한 후에 단말기의 송수화기를 들어 통화로를 구성하여 운영하게 된다.

종합관제소에서 전체호출 무전방식을 사용하여 특정 열차를 호출시 해당열차 승무원은 도시철도내 환경, 열차소음 및 열차 운전조작에 따른 행동으로 인하여 호출을 인식하지 못하게 되어 종합관제소에서 재 호출함으로써 응답이 지연되는 경우가 발생하고 있다.

본 논고에서는 도시철도 열차무선시스템의 현 운영실태를 살펴보고 종합관제소와 열차승무원간 무선통신에서 사용되는 전체호출에서 열차호출번호를 인식하여 해당 열차를 호출하는 시스템을 기술하고 그 결론을 논하고자 한다.

† 정회원, 서울메트로, 기술연구소, 책임연구원  
E-mail : sb11004@seoulmetro.co.kr

\* 정회원, 서울메트로, 기술연구소, 연구원

## 2. 도시철도 열차무선 시스템 구성

지하철구간에서 VHF의 주파수를 사용하여 본선 및 지선구간에 운행하는 열차의 승무원과 종합관제소 및 운전취급실간 열차 안전운행을 위한 업무연락을 주목적으로 사용하는 열차통신시스템으로써 열차무선관제장치(CCE)와 무인 기지국장치(WBS), 열차 이동국장치(TRE), 유지보수용장치, 휴대용무전기, 전원설비 등으로 구성되어 있다.

### 2.1 도시철도 열차무선 시스템 현황

열차무선 시스템 구성은 관제장치(CCE), 열차본선구간 설치된 WBS 기지국과 열차차량기지에 설치된 YBS 기지국 장치, 열차차량에 설치된 이동국(TRE)장치, 유지보수 및 역사 운영에 사용하게 되는 휴대용무전기 등으로 구성되어 있으며, 모든 장치들은 제어용 DATA회선과 통화용(Mic,Voice) AUDIO회선으로 각 장치에 연결되어 도시철도 열차무선시스템의 흐름을 원활히 하고 있다.

전체적인 열차무선시스템의 흐름은 아래 그림1.과 같다.

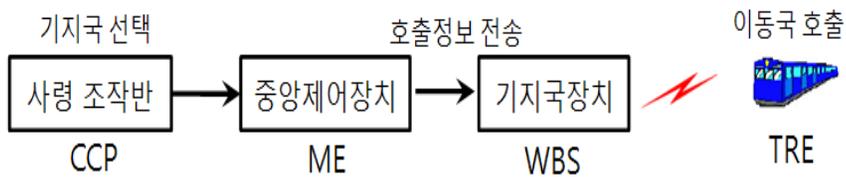


그림1. 열차무선시스템 개략도

#### 가. 열차무선 관제장치

열차무선 관제장치(CCE)는 기지국과 관제장치간의 각종 조작반(Console)을 상호 Interface하여 열차의 승무원과 관제소간 무선통화로를 연결하며, 이동국에서 관제 호출시 관제용 조작반에 해당 기지국, 열차 번호, 호출상태를 호출 순서대로 표시한다.

또한 데이터 통신에 의한 기지국제어 및 감시기능으로 기지국을 원격제어 할 수 있으며, 중앙제어장치는 통신관제 및 각 분소에 설치된 유지보수용 터미널을 Interface하여 제어 및 감시기능에 의하여 시스템의 운영상태와 통화내역을 Real Time으로 확인 가능하고, 통화 및 장애정보내역은 Log file에 1년간 저장된다.

#### 나. 열차무선 기지국 장치

도시철도 본선 및 기지구간에 설치되어 사령과 열차의 승무원 등과 각종 업무연락에 필요한 열차무선 전화장치중 하나이다. 본선 구간에 설치된 연선기지국(WBS: Wayside Base Station)과 차량기지국내에 설치된 차량기지국(YBS : Yard base Station)으로 구분된다.

CCP, ICP, TRCP, PR, EPABX 가입자 등이 통화하는데 필요한 각종 송수신 기능을 수행하는 무인 중계 기지국으로서 MC(MMC, LMC) 등에 의해서 통신관제 및 각 통신분소에서 기지국장치의 동작상태와 장애에 대하여 원격으로 제어 및 감시될 수 있다.

##### ■ 연선기지국장치의 주요기능

- 연선 기지국은 열차나 휴대용 무전기부터 신호를 수신, 분석하여 이를 중앙제어장치나 전화회선 접속장치로 중계한다.
- 연선 기지국은 중앙제어장치로부터 신호를 수신, 분석하여 이를 열차로 중계하며, 전화회선접속장치로부터 신호를 수신, 분석하여 이를 휴대국으로 중계한다.
- 송신기나 수신기의 장애 발생시에는 동작상태에서 예비기로 자동 절체 된다.
- 열차무선 이동국 호출 MSK신호의 전송 속도 : 1200bps

#### 다. 열차무선 이동국 장치

이동국장치(TRE)는 열차내에 설치하여 운용하는 장치로서 VHF 주파수 대역의 전파를 사용하여 관제(CCP)와 승무원(TRCP) 및 운전취급실(IRCP)과 열차 운행에 관한 제반 정보 및 통제 사항을 교신하기 위한 장치이다

2-2 열차무선 시스템의 일반사항

가. 통신방법

반송주파수는 COM, EMER, YARD, MAINT 채널의 송신, 수신주파수가 각각 할당되어 전이중방식으로 통화할 수 있다.

- (1) COM(관제용)Ch은 3개의 통신방법으로 통화하며, 우선순위는 차내방송, 일제호출, 개별호출 순이다.
- (2) EMER(비상용)Ch은 2개의 통신방법으로 통화하며, 일제호출과 비상경보 기능이 있다.
- (3) YARD Ch은 차량기지내에서 운전취급실(YCP)과 통화용으로 사용
- (4) MCh은 C,E,Y Ch 이외의 통신망으로 사용한다.

나. 관제 비상통화

관제실 C.C.P의 EMER 스위치를 누르게 되면 해당구간 (ZONE)의 모든 열차에 대해서 일제호출을 할 수 있으며, COM채널보다 우선 순위가 높기 때문에 COM채널에 선택되어 있어도 "EMER"채널로 자동 절체 된다.

다. ZONE의 개념 및 종류

기지국을 중심으로 하여 LCX의 중단까지를 하나의 ZONE이라 한다.

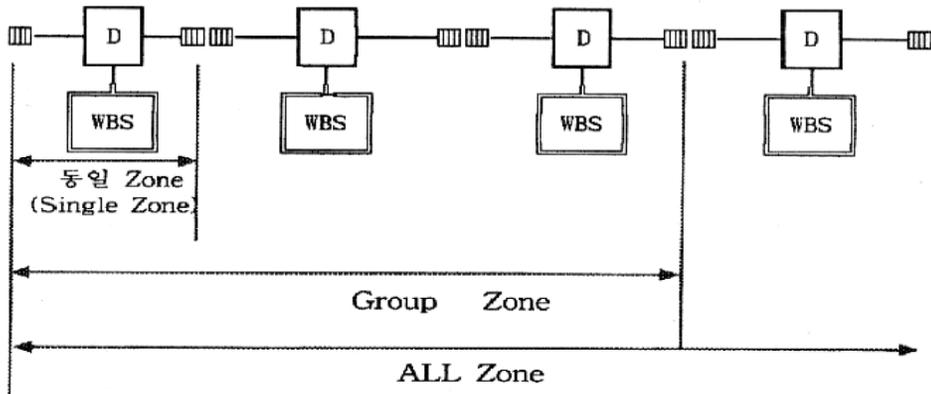


그림2 ZONE의 구분

- (1) 동일 ZONE : 통화를 하고자하는 하나의 기지국 구간
- (2) Group Zone : 몇 개의 기지국(1 Group당 4~5개국)을 묶어서 동일 Zone처럼 사용하며, 5개 Group으로 구성되었다.
- (3) ALL Zone : 전구간의 모든 기지국을 호출 통화할 수 있다.

2-3. 열차무선 호출 및 통화 방법

통화방식은 Zone의 선택조건에 따라 4가지 방법이 있으며, 통화하고자 하는 열차의 위치를 알 수 없을 때 전체호출방식을 사용하게 되며, Group Zone 및 ALL Zone 선택시에도 열차의 ID를 입력하여 개별호출 할 수 있다. 개별호출방식은 복신방식, 전체호출방식에서 이동국의 경우는 반복신방식으로 통화한다.

가. 개별호출 : Zone 선택후 각 이동국마다 부여된 열차번호(ID)를 입력하여 호출하는 방법으로 이동국이 응답할 때까지 Ring이 동작된다.

나. 전체호출 : 열차번호(ID)를 입력하지 않고 호출할 수 있는 방법으로 Zone 선택후 'ALL Call' Switch를 누르면 통화로가 구성된다. ALL Call선택시 이국에는 벨이 한번만 울리고 즉시 통화로가 구성된다.

- 1개 기지국 선택시 2~3개 기지국 자동 설정되어 전체호출 통화
- 그룹버튼을 선택하여 하나 또는 여러개의 그룹을 연속으로 선택하여 전체 호출 통화
- ALL Zone 버튼을 선택(차량기지국은 선택 안됨)하여 전 구간의 열차를 전체호출 통화

다. 사령(CCP)에서 이동국 호출

1) C채널로 개별호출 방법

송수화기를 들고 열차가 현재 위치한 Zone 선택한 다음 해당 열차번호(ID)를 입력하면 열차가 위치한 지역Zone의 램프가 점멸한다. 송수화기의 Mic SW를 누르고 통화한다(해당 Zone의 채널램프 점등)

2) E채널로 개별호출

송수화기를 들고 EMER CALL 스위치를 PUSH, 열차가 현재 위치한 Zone을 선택하고 해당 열차번호(ID)를 입력하면 열차가 위치한 지역Zone의 램프가 점멸한다. 다음으로 송수화기의 Mic SW를 누르고 통화한다.(해당 Zone의 채널램프 점등)

3) C채널로 전체호출

송수화기를 들고 ALL ZONE이나 GROUP ZONE을 선택하고 ALL CALL 스위치 누른다. 송수화기의 Mic SW를 누르고 통화한다.

4) E채널로 전체호출

송수화기를 들고 EMER CALL 스위치를 누르고, ALL ZONE이나 GROUP ZONE을 선택하여 ALL CALL 스위치 누른다. 송수화기의 Mic SW를 누르고 통화한다.

이와 같이 종합관제소에서 열차를 호출하여 통화하는 방식은 여러 가지가 있으며 그 기능별 해당하는 경우의 수에 맞게 관제사는 열차를 호출하는데 위의 방법을 적용하여 사용하고 있다. 보통의 경우에 많이 적용해서 열차를 호출하는 방식으로 현재 종합관제소에서 C채널 전체호출방식을 사용하여 해당열차의 Zone구역의 Group Zone 스위치 선택, 필요의 열차번호를 호출하여 승무원의 응답을 받아 열차운행 정보교환을 한다.

위의 호출방식으로 전체적인 도시철도 열차무선시스템, 관제소에서 이동국 호출통화 과정 흐름도는 다음과 같다.

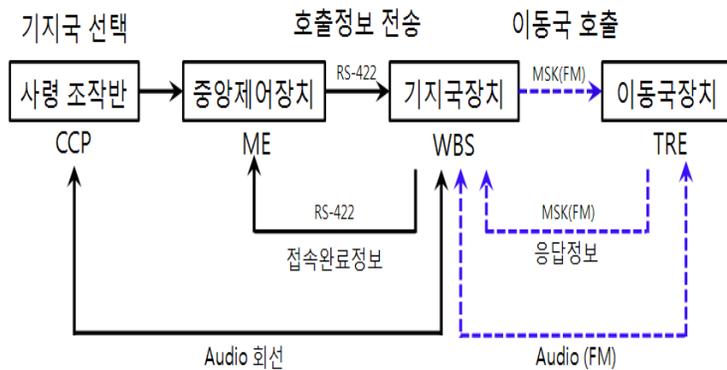


그림3. 관제소에서 이동국 호출통화 과정

우선 종합관제소의 관제사가 해당열차의 위치를 파악하여 해당 Zone구역을 설정하고 열차번호를 호출하거나 전체호출로 본선 모든 구간의 열차의 이동국을 대상으로 호출음을 전하게 되어 해당 열차의 승무원이 관제사의 호출을 인식하여 이동국의 송수화기를 들어 통화로가 개통되어 열차 운행정보를 교환하게 된다. 이런 방식으로 인해 종합관제소에서 특정 열차를 호출시 해당열차 승무원은 도시철도내 환경, 열차소음 및 열차 운전조작에 따른 행동으로 인하여 호출을 인식하지 못하게 되어 종합관제소에서 재 호출함으로써 응답이 지연되는 경우가 발생하고 있다

3. 연속숫자음 음성인식

열차무선시스템의 열차호출 방식은 무전방식으로 종합관제소 관제사에게 강제된 법규는 없으나 사용방법에 있어 일정한 규칙은 가지고 있다. 열차호출시 열차번호에 단위를 첨가하여 호출하고 있다. 예를 들어 “4321” 열차를 호출할 경우 열차무선시스템에서는 “사천삼백이십일 열차”이라는 형식으로 무전방식을 사용하여 열차를 호출하고 있다. “사십이일” 단음절의 일반 전화망 환경에서의 발성과는 차이 있다.

일반 한국어 연속숫자음 음성인식의 경우 많은 학계 및 산업관련분야에서 음성인식의 오인식을 많은 문제

점으로 대두 있다. 한국어 연속숫자음의 경우 숫자음과 숫자음 사이의 경계에서 인접 숫자들의 조음현상  
 의해 고유 발음의 형태가 변화하고 숫자음 서로 음가의 영향을 주어 숫자음 경계 불명확하여 숫자음가의 추  
 출이 어려운 것으로 나타나고 있다.

그러나 열차무선시스템에서는 숫자음에 천,백,십의 단위음이 있어 숫자음과 단위음의 구분으로 각 숫자음의  
 경계를 두음절로 하게 된다. 이러한 조건은 일반 연속숫자음에서 발생하게 되는 숫자음의 불명확한 경계를  
 해소하게 되고 일반 연속숫자음의 오인식률을 낮출 수 있을 것으로 판단된다.(2)

#### 4. 도시철도 열차무선시스템 음성인식 적용

지금까지 열차무선시스템의 개괄적인 개념인 시스템의 흐름과정을 살펴보았다. 본선에 운행중인 열차와 중  
 합관제소간 운행정보 등 정보교환의 수단은 열차무선시스템이 유일한 수단이다. 열차 운행중인 승무원은 중  
 합관제소의 호출을 신속히 인식하고 이동국의 송수화기를 들어 통화로를 개통하여 정보를 수신하여야 하지만,  
 열차의 운전조작 및 도시철도 소음등으로 스피커에서 들려오는 관제사의 호출음, 해당 열차번호를 인지하여  
 호출음에 반응하기가 쉽지 않다. 관제사의 호출음을 인지하지 못할 경우 관제사는 재호출을 하게 되며 따라  
 서 열차무선 소통이 늦어지고 서로간의 정보교환시간이 지체되어 열차운행에 지장을 초래하게 된다.

열차운행의 승무원에게 종합관제소의 호출을 정확히 인지할 수 있게 음성인식의 기술을 적용하여 열차무선  
 시스템 호출방식을 변환하는 방식을 제시하고자 한다.

##### 4-1. 음성인식 구성

정보통신의 발전으로 음성인식 기술 또한 많은 발전을 가져오게 되었으며 그 적용분야는 날이 넓어지고  
 있다. 음성인식은 입력음성신호를 원하는 음원의 특징을 추출하고 그 결과로 음성모델 데이터와 언어모델 데  
 이터를 서로 비교하여 인식대상을 판단하고 그 결과를 도출하는 것으로 본 연구에는 열차무선시스템 음성신  
 호 즉, 열차호출번호를 입력신호로 하여 음성모델과 언어모델의 데이터를 비교하여 그 결과를 도출, 다시 결  
 과정보를 열차무선시스템에 적용하여 이동국 호출신호로 활용하려고 한다. 그 과정은 다음과 같다.

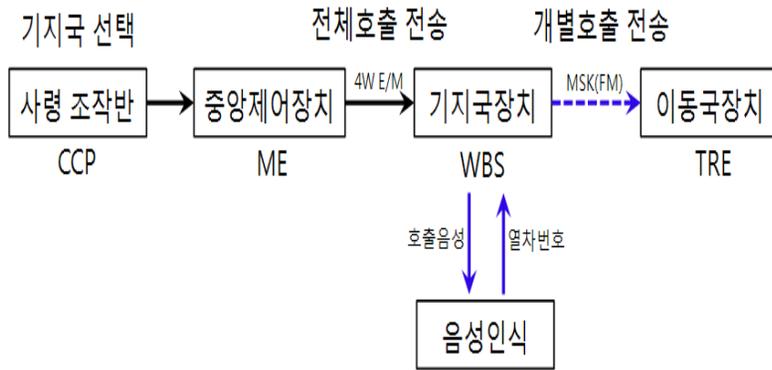


그림4. 음성인식을 적용한 열차무선 호출 과정

종합관제소에서 전체호출로 해당 열차를 호출하게 되면 그 호출음은 전송로 광전송시스템을 거쳐 열차무선  
 중계 장치인 기지국장치를 통해 이동국으로 전송하게 된다. 이 과정에서 중계장치 기지국장치에서 호출음을 음  
 성인식기에 음원으로 사용하게 되고 음성인식에는 그 음원의 특징추출을 통해서 열차번호를 음성인식기의 결  
 과물로 도출하게 된다. 도출된 결과물 열차번호를 해당 열차의 이동국을 호출하기 위해 전체호출에서 개별호  
 출 방식으로 변환하여 열차번호 주파수가 무선 전파를 통해서 이동국으로 전송하게 된다. 또한 이동국에서  
 기존 스피커를 통해서 들려오는 열차호출음에서 개별호출과 같은 벨을 울려주되 벨을 인지가 보다 확실한 벨  
 소리로 교체하고 램프의 점등을 추가하여 승무원의 호출인식에 효과적인 시스템을 구성하였다.

4-2 음성인식 음원연결 방법

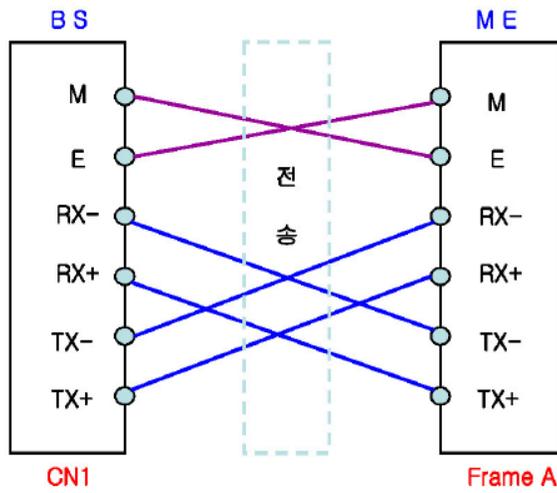


그림5. 기지국 Audio라인 결선도

열차무선 종합관제소 호출시 Audio 음성은 위 그림과 같이 광통신시스템의 전송과정을 거쳐 기지국 단자까지 전송되게 되며 그 단자에서 Audio성분을 음성인식 음원 입력부에 직접 연결하여 데이터를 처리하여 음성 속에 포함되어 있는 열차번호의 성분을 추출하게 된다. 일반 마이크로 음성인식의 음원을 추출할 경우 도시 철도내에서 발생하는 소음은 음성인식의 오인식률에 커다란 하나의 요인으로 작용하게 된다. 따라서 음성인식의 음원은 시스템내에서 직접 음성인식기에 연결하므로 열차무선시스템내 노이즈의 문제를 해결하면 된다.

4-3 음성인식의 구성

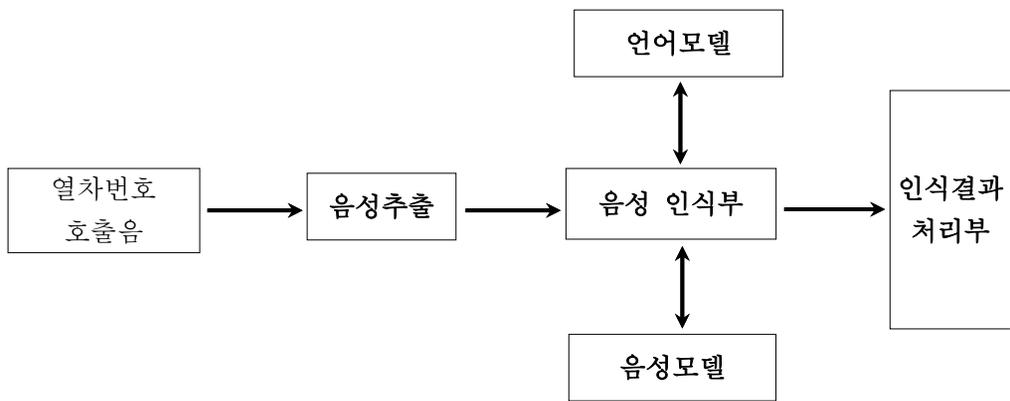


그림6. 음성인식 구성도

열차무선 종합관제소 호출시 Audio 음성은 광통신시스템의 전송과정을 거쳐 기지국 단자까지 전송된 Audio성분을 음성인식 음원 입력부에 직접 연결되어 위 그림6과 같은 과정을 거쳐 열차무선 호출음 음성인식이 이루어진다.

- 가. 음성추출부는 열차번호 연속숫자음 추출과정으로서 종합관제소로부터 열차호출한 음성이 기지국으로 전송된 음원을 음성인식부가 판단하고 결과를 처리가 용이하게 음원의 해당부분을 추출하는 과정으로 정확한 샘플의 추출이 이루어진다.
- 나. 음성모델은 Tri-Phone을 사용, 모델형태는 HMM(Hidden Markov Models)을 적용하며, 언어모델로는 한국어 연속단위 연결 숫자음 및 연결어를 사용하여 시스템에 적용하였다. 차후 열차무선시스템의 적응기를 거쳐 종합관제소와 승무원간의 통화자료를 토대로 모델의 데이터를 새롭게 추가 예정이다.
- 다. 음성인신부는 열차호출음 음성의 특징 추출음을 음성모델과 언어모델의 데이터와 비교하여 정확한 데이터의 결과를 추출하는 과정이다. 열차번호 인식결과를 결과처리부로 전송한다.

라. 인식결과 내용을 기지국에서 개별호출방식으로 전파를 전송할 수 있게 열차번호의 결과를 처리하여 기지국에 전송한다.

추후 이런 모든 과정을 열차무선시스템의 개량에서 한 과정으로 적용하여 업그레이드를 시킬 수 있으며, 더 크게는 종합관제소 열차무선장치의 개량이 있을 때 적용한다면 더 효과적인 시스템이 될 것으로 본다.

## 5. 결론

지금까지 도시철도(서울메트로)의 열차무선시스템의 현황과 열차 운영중의 문제점을 고찰해 보고 그 개선을 위해 음성인식이라는 기술을 적용하여 개선하고자 하는 내용을 기술하였다. 열차무선이 무전방식의 통신이다 보니 스피커음, 종합관제소의 호출음(열차번호)을 인식해야하는 구조를 발전하는 음성인식 기술로 시스템구조를 변경하는데 도움이 되었으면 한다. 그러나 이 연구는 음성인식의 안정된 정착화 즉, 음성모델의 데이터를 현 종합관제소와 열차 승무원간의 통화 데이터 자료를 추출하고 이 자료를 토대로 음성모델의 데이터로 만들어 열차무선에 적용하는 오랜 기간의 정착화 노력이 수반될 경우 음성인식이 높아져 좋은 열차무선시스템을 구축할 수 있을 것이다.

나날이 발전하는 정보통신에 발맞추어 한걸음 나아가기위해 신기술의 개발과 그 기술의 적합한 도입으로 효과적인 도시철도 운영을 위해 꾸준한 기술개발과 연구가 지속되어야 할 것이다.

## 참고문헌

1. 서울메트로 “정보통신일반Ⅱ” -열차무선장치, 2007.
2. 서은경, "변형된 연쇄 상태 분할을 이용한 한국어 연속숫자음 인식성능 향상에 관한 연구" 광운대학교 석사학위논문, pp.1-3, 2004.