

대열차 공간 화상설비의 무선설비 현황 및 전망

Present Condition and View on the Wireless Communications of Geo-spatial Video System in Subway Trains

김 지 호*, 이 향 범
(Ji-Ho Kim and Hyang-Beom Lee)

Abstract : This paper discusses a most suitable wireless communications system for subway trains on condition that a geo-spatial video system is implemented in subway trains. Geo-spatial video system for subway trains refers to the device that can transfer the images captured by cameras within a subway station building or in and around a subway track to on coming trains wirelessly, which allows the operator in operating room to monitor the state of a platform and a subway track, the flow of passengers, and the condition of passengers getting on and off. To minimize the problem, secure civil safety and prevent accidents and calamity from occurring, a geo-spatial video system for subway trains has been increasingly introduced. The wireless communications systems for GVS for subway trains involve HF(High Frequency), IR(Infra Red), M/W(Micro Wave), wireless LAN approaches. Each has its own strengths/weaknesses, and different vendors have different technology.

Keywords: wireless communications system, Geo-spatial video system, HF(High Frequency), IR(Infra Red), M/W(Micro Wave), wireless LAN

I. 서론

최근 다중이용시설의 안전에 대한 의식변화가 크게 일고 있는 가운데 대구 지하철 사고 이후 국가적 재난에 대한 관심이 크게 집중되고 있다. 대구 지하철 사고의 가장 큰 문제점으로 지적된 것 중 하나는 기관사와 사령실에서 실시간으로 사고현장을 파악할 수 있는 어떠한 화상정보도 제공되지 않았고, 오직 음성통신에만 의존하는 것으로 사고범위를 확산시켰다는 점이다.

대열차공간 화상설비는 열차 기관사가 운전실 내에서 승강장 상태 및 선로 상태, 승객의 이동, 승 하차 등을 감시할 목적으로 역사 내 선로주변에 설치된 카메라에서 무선으로 영상을 열차로 전송하는 설비이다.

현재 대부분의 지하철 화상감시설비는 승강장 양쪽 맨끝에 설치된 고정모니터나 후사경(거울)을 통해 승강장 상황을 모니터링하고 있다. 그렇기 때문에 열차 기관사는 출발 전에 승강장을 확인할 수 있으나 승강장 도착 직전, 출발 직후 위험상황에 대하여 확인할 수 없다. 그로 인해 승강장에 열차 도착 전후에 발생하는 추락사고나 승강장 틈에 승객이 끼는 사고에 대하여 기관사가 상황을 인지할 수 있는 방법이 없어 사고 발생시에 대처할 수가 없는 실정이다. 열차가 진입할 역의 화상정보를 제공 받을 수 있다면 미리 대처가 가능할 것이나, 도착역의 상황을 미리 파악하지 못하기 때문에 열차 안전운행에 많은 문제점을 갖고 있었다. 플랫폼의 선로상에서 돌발상황 발생시 가시거리가 짧기 때문에 상황에 대처할 시간적인 여유가 없으며, 선로에 사람이 추락한 사실을 운전자가 인지하였다 하여도 전동차 자체의 제동거리가 길기 때문에 그것은 바로 사고로 이어질 수 있는 확률이 높다. 이와 같은 문제점을 최소화하고 재난·재해를 미연에 방지 및 시민의 안전보장을 위한 방안으로 대열차공간 화상설비가 대두되고 있다.

이 설비는 각 역사 및 선로 등에 설치된 고정감시카메라의 화상을 달리는 열차기관사에게 제공하고, 차량 내에 설치된 객차감시카메라의 화상을 기관사에게는 물론 역무실, 종합상황실 및 유관기관에 실시간으로 제공한다. 본 논문에서 다루고자 하는 부분은 고정 안테나와 달리는 열차간 무선통신 방법으로 가장 효율적인 통신방법을 대상으로 하였다. 현재 전국의 지하철에서 서로 다른 무선구간통신방식의 대열차공간 화상설비가 운영 중이거나 도입될 예정이거나 도입 중에 있다. 하지만 도시철도에 가장 적합하고 효율적인 시스템이 어떤 방식인지에 대한 기준이나 연구도 없는 상황에서 각 지하철마다 서로 다른 기준으로 시스템 도입을 검토하고 있는 실정이다.

열차와 고정 안테나 간의 무선전송방식에는 HF (high Frequency), IR (Infra Red), M/W (Microwave), 무선 LAN 방식 등이 있으며, 제각기 장·단점이 있다. 본 논문에서는 이 4가지 방식의 각각의 장·단점을 제시하고 각 환경에 적합한 대열차공간 화상설비방식에 대하여 검토하고 향후 발전방향을 제시하였다.

II. 대열차공간화상설비의 개요

심각한 교통 체증으로 인하여 지하철, 버스 등의 대중교통의 역할은 중요한 해소 요인이며, 특히 서울을 비롯한 수도권에서 지하철은 대중교통수단으로 가장 널리 이용되고 있다. 승객의 안전을 확보하기 위하여 종합적인 대책들이 나오고 있는 가운데 대열차공간화상설비는 그 중에서도 중요도가 매우 높다고 할 수 있다. 특히 다른 방안들은 사고 후에 중점을 두고 설치되는 시설물인데 반해 대열차공간 화상설비는 사고를 미연에 방지하거나 사고 확산을 사전에 막을 수 있는 설비이기 때문에 매우 중요한 의미를 지닌다.

대열차공간 화상설비는 지하철 역내 플랫폼 및 선로 상황을 열차 기관사가 승객의 승하차 상황을 정확히 판단할 수 있도록 해주고 선로 추락사고로 인한 인적, 물적 피해를 미연에 방지하기 위한 무선 송수신 시스템에 관한 것이다. 또한 차내 CCTV설비를 설치할 경우 기관사가 열차차량 내부상황의 감시도 가능하며 양방향 송수신이 가능한 무선통신

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007.8.16. 채택확정 : 200x. x. xx.

김지호, 이향범 : 숭실대학교 전기공학부

(magnetic1@ssu.ac.kr, hyang@ssu.ac.kr)

방식이 구축될 경우 종합사령실에도 차내 화상을 전송하여 열차내의 사고에 대해서도 신속하고 종합적인 대처까지도 할 수 있는 중요한 역할을 수행하게 될 것이다.

현재 서울시 지하철 9호선, 부산지하철 3호선, 대구지하철 2호선, 대전 지하철 1호선, 광주지하철 1호선을 구축하였고, 인천지하철 1호선의 경우 구축 계획에 있다.

대열차공간화상설비의 구축시 다음의 사항들을 고려하여야 한다.

첫째, 플랫폼 내에서 발생할 수 있는 돌발적인 추락 사고를 미연에 방지하고 추락사고 시 인사사고를 최소화할 수 있어야 한다.

둘째, 운전자가 다음 진입역의 상황을 자유롭게 모니터링함으로써 시각지대에 대한 운전자의 심리적인 안정을 도모하여 전동차의 안전운행에 도움을 줄 수 있어야 한다.

셋째, 무선 모니터링 시스템은 플랫폼 내의 돌발적인 상황 발생시 신속하게 대처할 수 있어 인명 및 재산 피해를 최소화하며, 지하철 및 기차에 대한 이용 승객들의 신뢰성 및 안정성을 확보할 수 있어야 한다.

넷째, 역의 진입뿐만 아니고 열차가 역을 완전히 통과할 때까지 영상을 통해 열차승무원이 직접 감시가 가능하여야 한다.

다섯째, 안전성이 검증된 시스템으로 다른 시스템간의 주파수 상호 간섭이 발생하지 않아야 되며 또한 주파수 승인 및 기타 열차 관련 무선 설비와 간섭이 최소화될 수 있는 무선영상전송설비이어야 한다.

여섯째, 전송되는 승강장의 화상을 역무실, 사령실에서도 감시 가능한 시스템이어야 한다.

마지막으로 대열차공간 화상설비는 현장을 즉시 파악할 수 있는 실시간성이 중요하기 때문에 화상지연이나 끊김 현상이 최소화되고 또한 선명한 화상을 제공할 수 있도록 충분한 전송속도가 보장되어야 한다.



그림 1. 대열차공간 화상설비의 Display.

III. 대열차공간화상설비의 구성

대열차공간 화상설비는 지하철 역내 플랫폼에 설치된 감시카메라의 영상을 운행 중인 전동차로 영상데이터를 무선으로 송수신하는 시스템이다. 즉, 전동차가 역내 진입 전에 플랫폼 및 선로의 상황을 전동차 내의 운전자가 미리 파악할 수 있도록 하는 무선 모니터링 시스템이다.

대열차 공간화상의 구성은 그림 2와 같이 고정설비와 이동중인 열차설비가 무선으로 영상데이터를 송·수신하는 것으로 지하철 역내 플랫폼 및 선로의 상황을 감시하기 위한 CCTV와 CCTV로 촬영된 영상데이터를 전송하기 위한 전송수단과 영상데이터 전송수단으로부터 출력된 영상데이터 신호를 소정 채널을 통해 전송하기 위한 송신채널과 송신채널로

부터 출력된 영상 데이터 신호를 무선에 의해 수신측으로 전송하기 위한 송신안테나와 전동차 내에 설치되는 수신부에는 무선에 의해 송신안테나로부터 전송된 영상데이터 신호를 수신하기 위한 수신 안테나와 수신안테나로부터 수신된 영상데이터를 소정 채널을 통하여 전송받기 위한 수신채널설비와 수신채널설비로부터 채널 선택되어 역내 플랫폼 및 선로의 상황이 담긴 영상데이터를 수신받기 위한 영상데이터 수신설비와 영상데이터 수신설비로부터 출력된 영상데이터를 전동차 내의 운전석에서 모니터링하기 위한 영상모니터 설비 등으로 이루어져 있다.

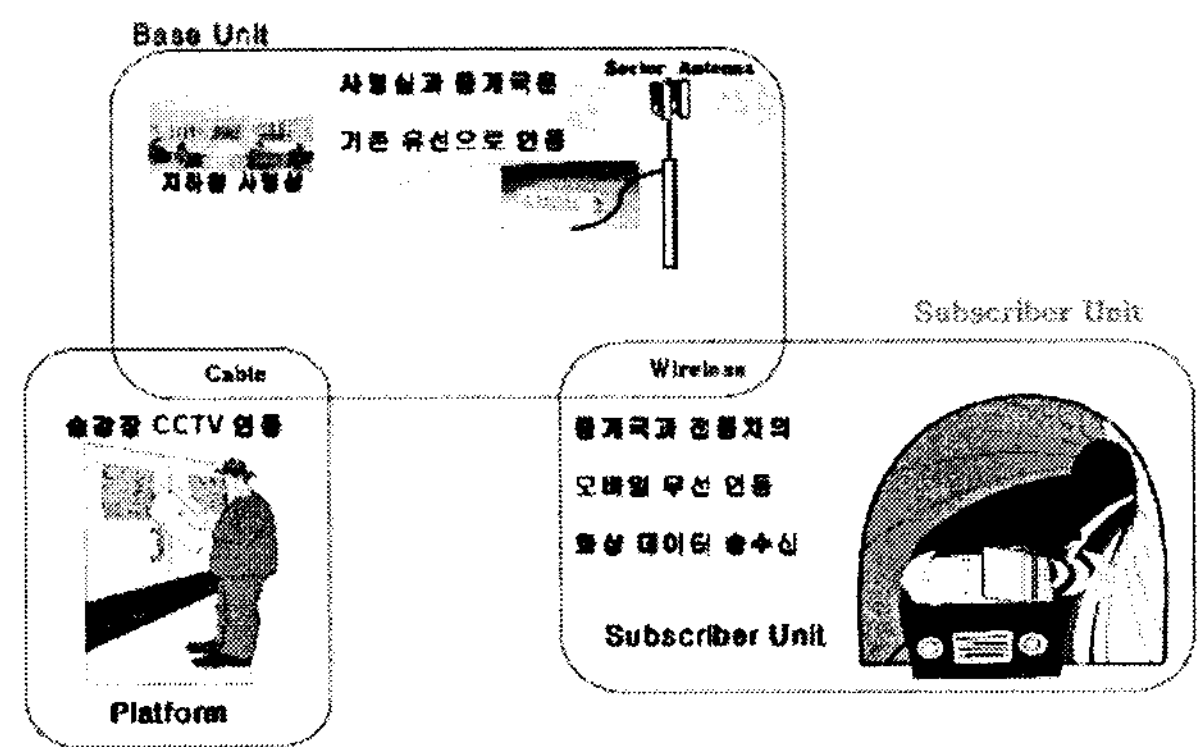


그림 2. 대열차 공간화상설비의 개념도

IV. 대열차공간화상설비의 무선방식

대열차공간화상설비는 기관사가 지상의 카메라로 촬영된 화상을 지상의 안테나를 통해서 차량의 안테나에서 수신하여 운전석 내의 LCD모니터로 표출하는 설비이다. 지하철 대열차 공간화상설비의 무선전송구간에서 적용되는 기술인 적외선방식, HF방식, M/W방식, 무선 LAN방식 등의 방식을 살펴보았다.

1. 적외선 방식

적외선은 전자기파이며 무선과 광파의 성격을 모두 가지고 있으며 적외선은 파장이 매우 짧은 전자기파로 파장은 750~3000nm이며 가시광선 중 가장 주파수가 낮은 적색의 아래쪽 대역에 위치하나 통신상에서 관심이 있는 대상은 근적외선으로 380~750nm의 파장이다. 적외선은 전자기파로 간섭성이 적으나 날씨 변화에 따른 빛의 감쇄가 심하여 그 전송 거리에 한계가 있고 또한 직선성이 뛰어나 보이지 않는 지역은 송신의 한계가 있으므로 이동매체 공간화상으로 사용하기 위해서는 많은 송신기의 설치가 필요하므로 건설에 많은 비용이 드나 무선매체로 전파(300GHz 이하의 전자파)가 아닌 빛을 사용하기 때문에 주파수 사용허가가 불필요하고 역사간 설치된 장비 간 상호 간섭 발생 가능성이 없고 넓은 대역폭과 높은 전송속도가 가능하며 근접 주파수에 대한 간섭이 없고 전자파 장애가 전혀 없는 특징을 가지고 있다.

시스템의 구성은 역무실에서 비디오 매트릭스 스위치에서 제공되는 분할된 승강장 영상을 압축하여 선로변에 설치된 적외선 무선 송출장치를 통하여 진입하는 열차로 송출하고 열차에 부착된 적외선 수신장치로 수신된 영상을 모니터로

표출, 열차진입 시 일정지점을 통과하면 자동으로 승강장 영상이 표출되도록 구성하고 분할기를 이용하여 전체 승강장 상황을 동시에 표출한다.

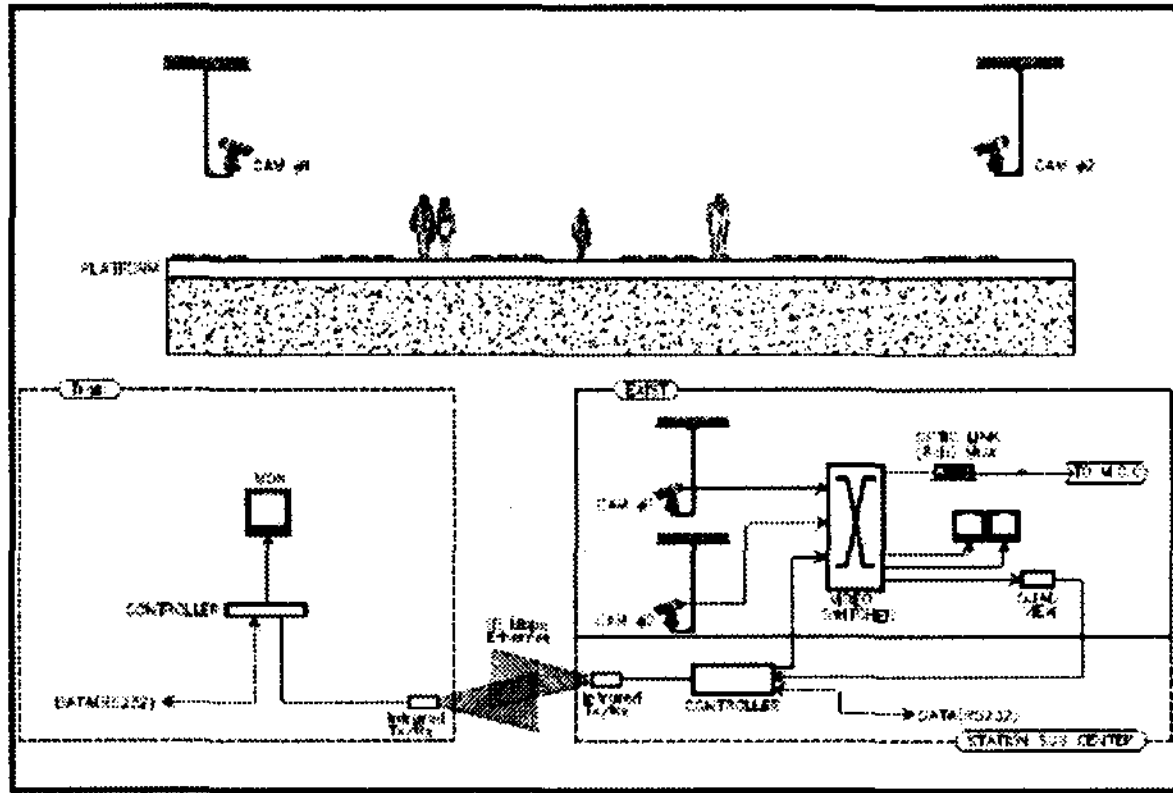


그림 3. 적외선 방식 구성도

적외선방식은 승강장 열차선로 위쪽에 적외선 화상송신장치를 설치하여 차상 수신장치로 화상을 송신하는 기술로서 기본사양은 아래와 같으며 개념도는 그림 4와 같고 화면표출은 그림 5와 같이 구성된다.

- 전송주파수 : 적외선
- 신호 대역폭 : 5MHz 이상
- 전송 범위각 : 수평 20° , 수직 5°
- 전송가능거리 : 약 200m / 전송장치
- 신호방식 : FM 변조
- 안테나 형태 : 적외선 화상송신기

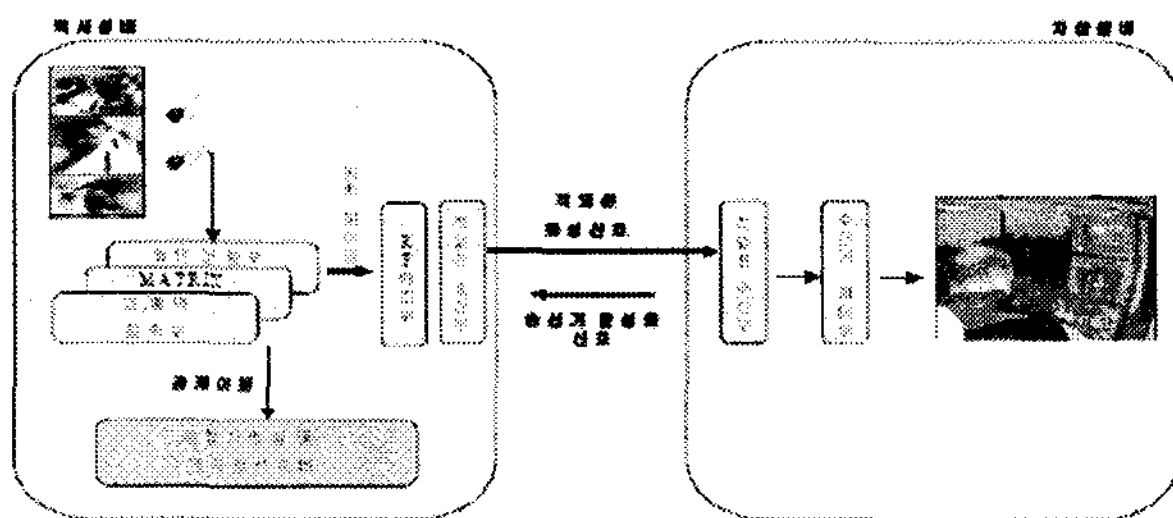


그림 4. 적외선 방식의 개념도

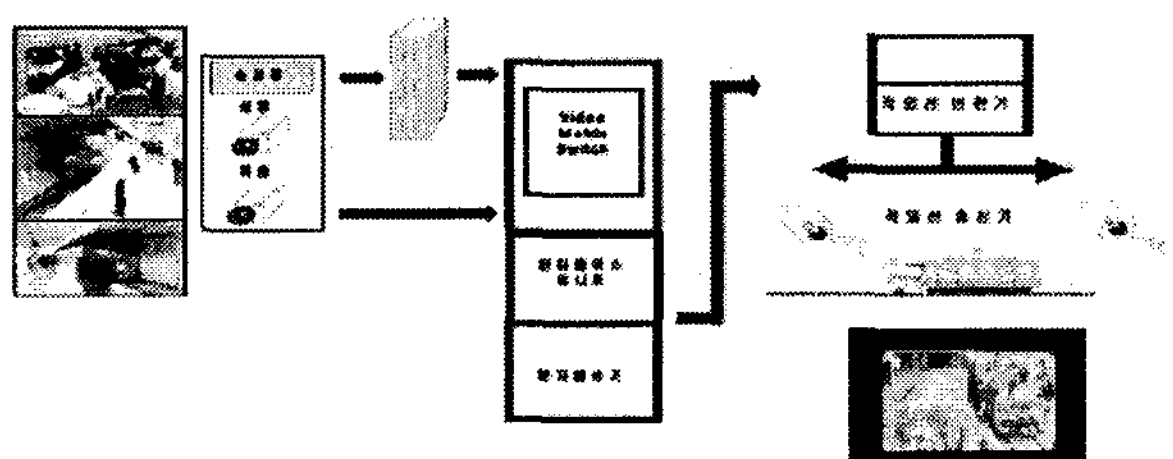


그림 5. 적외선 방식 화면표출

또한 그림 6은 적외선 방사원리를 나타낸 것으로 좌우 옆으로는 방사각이 크며 상하로는 방사각이 작은 특징을 가지고 있다.

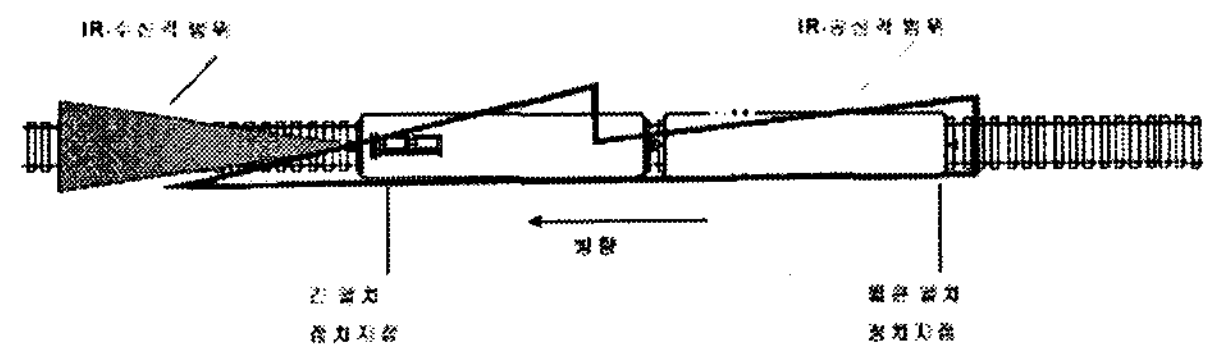


그림 6. 적외선 방식 구성도

세계도시철도의 경우, 1995년 독일의 Schwebbahn Wuppertal과 S-Bahn Berlin-plot Line, 홍콩의 KCRC Hong Kong, 중국의 Metro Shanghai 등을 들 수 있다.

2. HF 방식

HF방식은 50MHz대의 전파를 반송파로 사용하는데 이는 물리적으로 파동의 성질이 우수하여 회절성이 뛰어나 비가시(NLOS : Not Line of Sight) 지역에서도 수신이 가능하나 송신강도를 높일 경우 주로 터널에서 운행하는 지하철의 경우 주 송신파와 반사파의 간섭으로 인한 영상품질의 저하를 야기할 수 있다. 예를 들어 지하철 8호선의 경우 그림 7과 같이 승강장 궤도에 진행파형 안테나(Copper Tube)를 포설하여 방사된 영상을 실은 공간파를 송신안테나에서 50cm 내의 거리에 있는 차상의 안테나를 통하여 수신 운전실 내의 모니터를 통하여 감시할 수 있도록 하였다. 이러한 이유로 유지·보수의 어려움이 있고, 송신안테나의 설치로 인한 건설비 상승 문제가 있다.

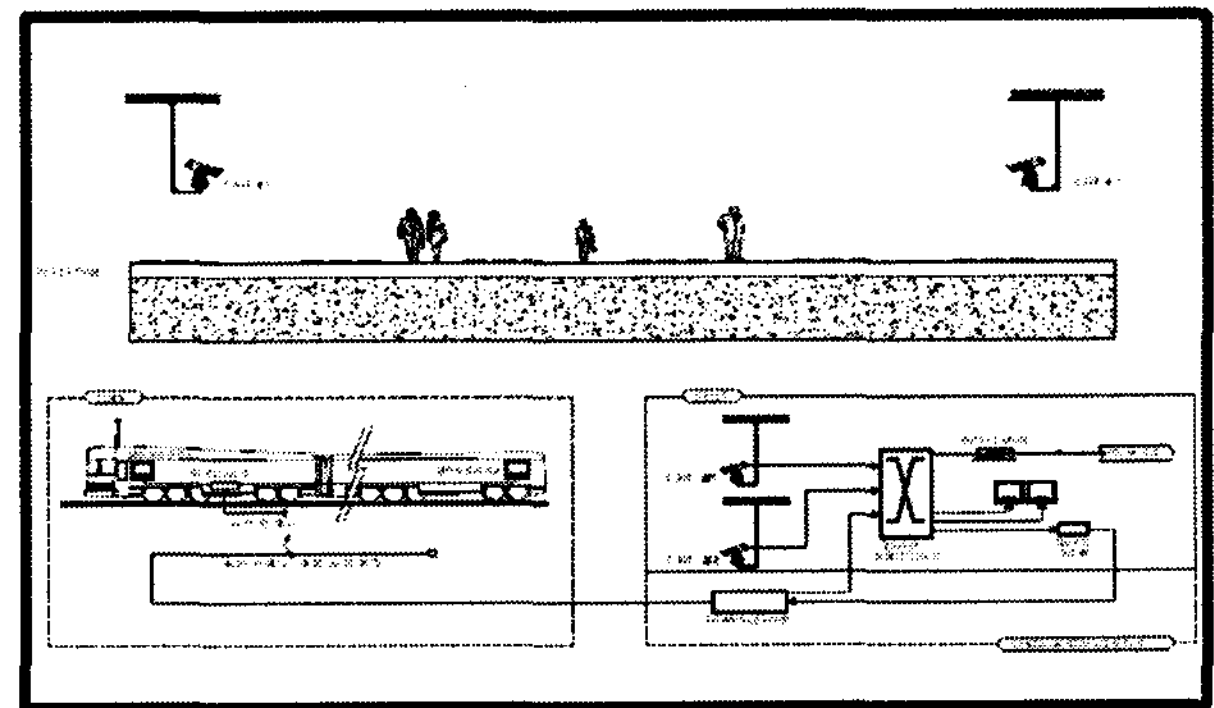


그림 7. HF 방식의 구성도

시스템 구성은 승강장 영상신호를 입력받아 송신기로 입력하여 FM방식으로 변조한 후 증폭 및 필터링하여 선로에 설치된 누설동축케이블을 이용하여 송출하고 열차 하단에 설치된 수신안테나를 이용하여 수신기로 수집된 무선 신호를 다시 복조하여 영상신호로 변환한 후 분배장치를 이용하여 차량 내 모니터로 전송하여 열차 진입 시 일정지점을 통과하면 자동으로 승강장 영상이 표출되도록 구성하고 분할기를 이용하여 전체 승강장 상황을 동시에 표출할 수 있다.

시스템 작동은 카메라 영상은 화면 합성기를 거쳐 송신기에 의해 FM 변조되어 승강장과 레일 사이에 설치된 RF안테나를 통해 차상 내 수신 장치에 전송되며 변조된 영상신호는 열차의 속도가 70km/h 정도까지 아무런 이상없이 전송된다. RF(Slotted)케이블은 170m가 포설되므로 최소 영상수신지점

으로부터 170m 이상까지 연속하여 좋은 화질로 수신되며 송신장치와 화면 합성기, 영상 증폭기, 전원장치는 역사 내 통신실의 화상 랙에 설치하고 송신안테나는 전동차 레일 위에 설치된다.

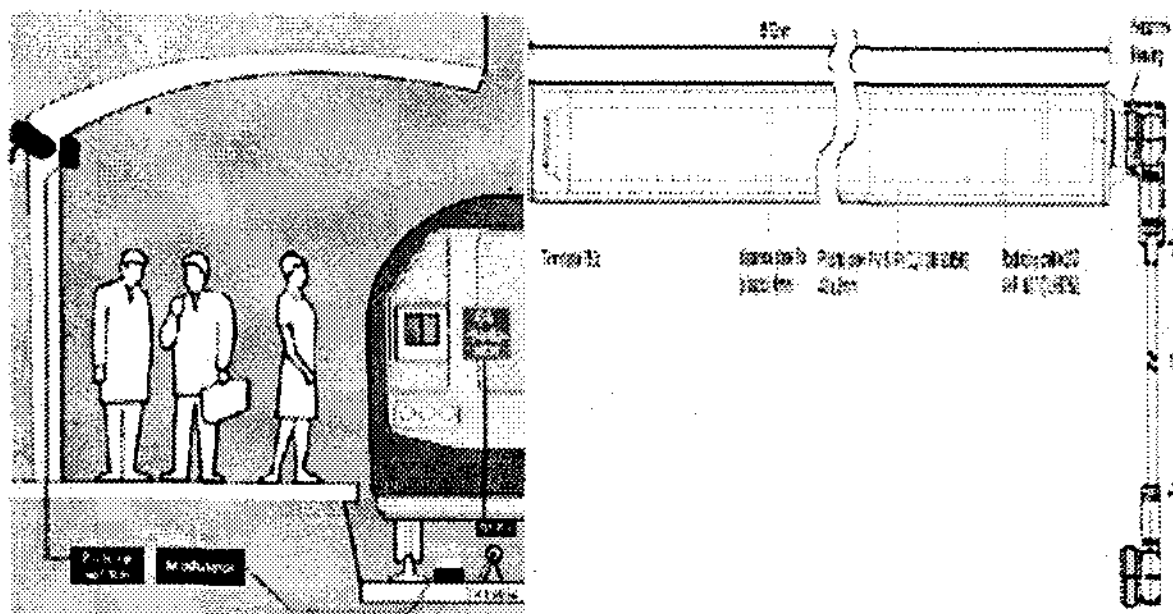


그림 8. Copper Tube 안테나

승강장 열차 Track을 따라 Radiating Tube와 Leaky-Feeder 케이블을 설치하여 차상 수신장치로 화상을 송신하는 방식이다.

- 전송주파수 : 50.5MHz
- 신호대역폭 : 6MHz
- 전송가능거리 : 150m / 전송장치
- S/N 비 : 45dB 이상
- 전송 Level : 108 dBmV 이상
- 신호방식 : FM 변조
- 안테나 형태 : Radiating tube와 Leaky-Feeder cable

3. M/W(Micro Wave) 방식

M/W방식은 파장이 극히 짧은 전파를 이용하여 점 대 점(Point to Point)간 전송기술을 의미하며 이용주파수대는 3GHz~50GHz이다. 국내에서는 Analog Micro Wave는 1960년대부터 도입되었고 Digital Micro Wave의 경우는 1980년대에 도입하여 이용되고 있으며 주요 용도로는 기간 통신사업자의 장거리 대용량 회선 중계용, 방송사 내의 TV 방송프로그램 중계용, 이동통신사업자의 기지국 전용회선 공급용, 자가통신용으로 이용되고 있으며 구축 전제조건으로는 가시거리통신(Line of Sight)로서 경로상 장애물이 없어야 하고 안테나 설치장소가 확보되어야 하며 건물 내 ODU(옥상), IDU(옥내)간 동축케이블 포설 및 연결되어야 한다.

그리고 M/W 방식의 특징은 소형, 경량으로 단기간 시설이 가능하고 설치가 비교적 간단하며 장비 철거 후 재사용 가능하다.

도시철도에 적용된 M/W 방식을 살펴보면

첫째, 무선영상전송시스템(Microwave Wireless Video System)의 적용기술은 카메라의 영상과 음성을 2.4GHz의 마이크로파를 이용하여 무선으로 전송할 수 있으므로 지하철과 같이 케이블 작업이 어렵고 카메라의 위치가 수시로 변하는 곳에서도 자유롭게 설치하고 위치를 변경할 수 있는 시스템이다.

둘째, 적용기술은 자동채널 변환기 방식은 송신측의 데이터 신호를 받아 채널을 자동적으로 변환시켜 주는 장치로 무

선영상전송장치(송신측)에서 보내고 있는 4채널의 영상 신호 중에서 역에 설치된 송신측의 신호를 받아 사람의 조작없이 무선 영상 전송장치(수신측)의 수신채널을 자동적으로 전환시켜 원하는 채널의 영상신호만 수신하여 모니터링할 수 있는 장치로서 사람의 조작없이 자동적으로 채널이 변환되므로 운전사는 안전한 운행에만 전념할 수 있다.

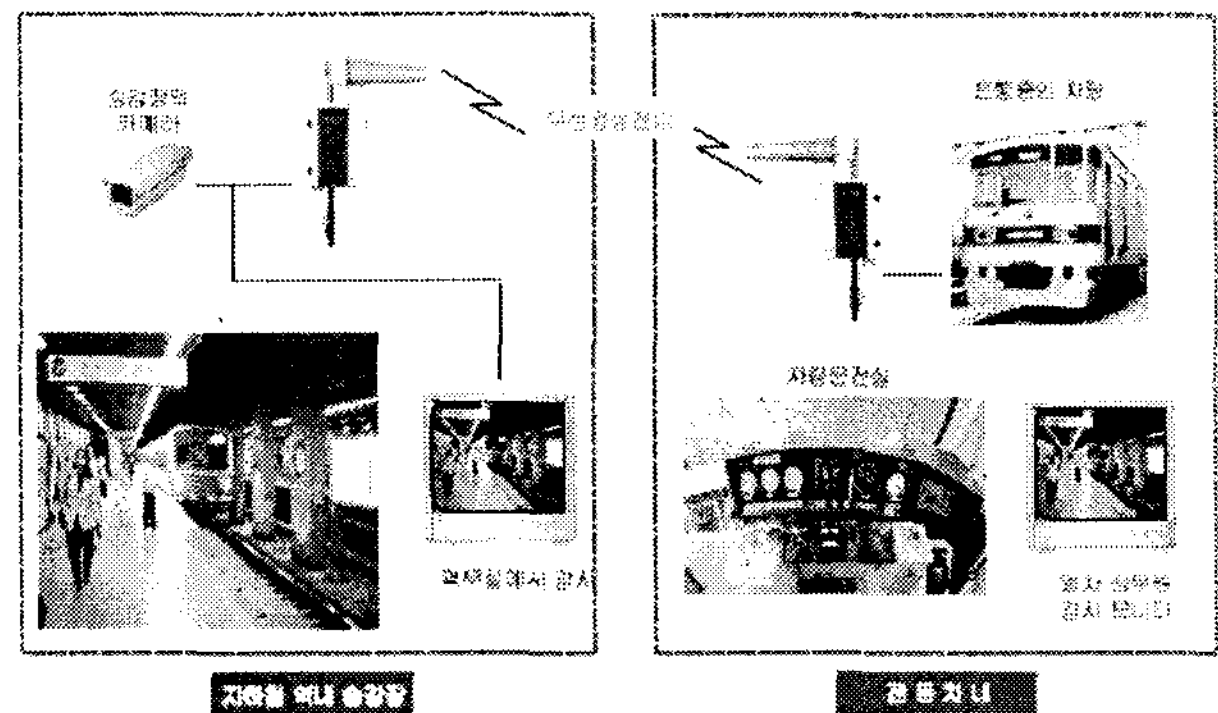


그림 9. M/W 방식 구성도

4. 무선 LAN 방식

무선 LAN은 전송매체로서 무선주파수를 이용하며 유선 전송선을 가설하기 어렵거나, 단말의 이동성을 지원해야 할 때, 혹은 즉석에서 LAN을 구성하고자 할 때 유용하다. 많은 경우 2.4GHz의 ISM 대역을 사용하며, 추가 장비없이 단말기들만으로도 즉석에서 구축할 수 있는 AD-HOC 타입의 망구성도 가능하다. 지하철 환경에서 적용할 수 있는 무선 LAN 방식의 적용기술은 초고속 무선인터넷을 가장 경제적이고 쉽게 구현할 수 있는 기술이며 최근에는 OFDM 기술을 활용하여 전송속도는 더욱 빠르게 제공할 수 있게 되었다. 이와 같은 무선 LAN 기술이 이동 IP 기술과 결부되면서 이용 지역의 제한에서 벗어나 유선망과 동일한 수준의 콘텐츠를 무선으로 통하여 제공받을 수 있게 되었다.

무선 LAN 구조의 기본 단위는 여러 개의 단말(노드)로 구성된 Basic Service Set(BSS)이다. 하나의 BSS에 의해 운용되는 지역을 Basic Service Area(BSA)라 부르며, 이 영역 내의 단말들은 보통 하나의 제어기의 직접적인 조정하에 있다. BSA는 셀룰러 시스템의 셀과 유사하나, 기지국(Basic Station)과 같은 중간 노드의 개입 없어도 노드 사이의 통신이 가능하다. 무선 LAN은 구성 규모에서 두 가지 유형으로 나뉜다. 하나는 단일 BSS만으로 된 AD-HOC 타입의 네트워크로서 특정한 노드없이 같은 수준의 단말기만으로 구성된 형태이고, 또 하나의 AP(Access Point)를 통해서 무선 단말들을 이더넷과 같은 기존의 유선 LAN에 연결하는 형태이다. 여기서 지하철에 적용되는 형태는 후자로서 그림 10과 같이 승강장에 AP를 설치하고 통신기계실의 데이터 전송망에 연결시키는 방식이다.

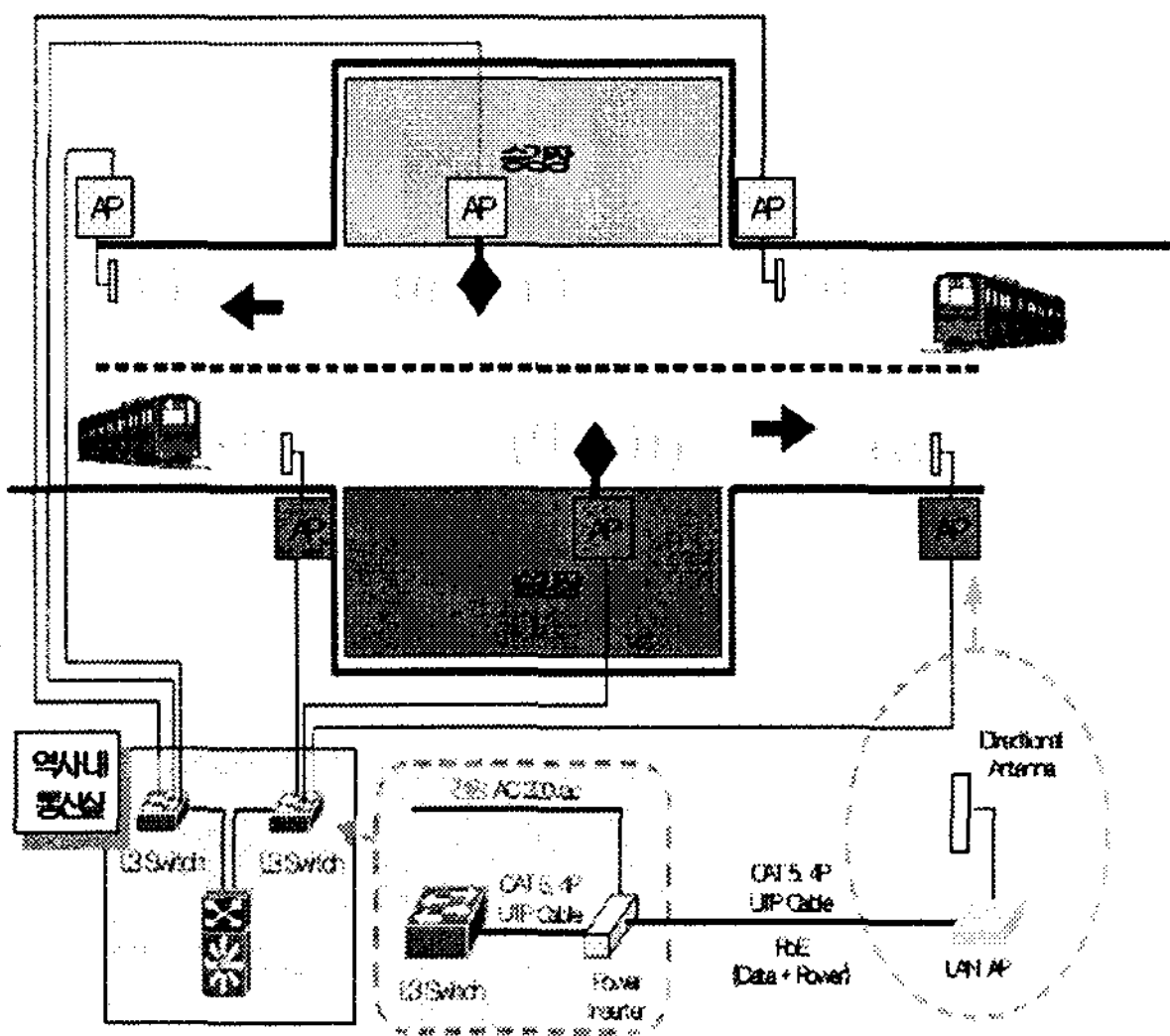


그림 10. 무선 LAN 방식 구성도

V. 대열차공간 화상설비의 구축효과

대열차공간 화상설비의 구축효과는 두 가지 측면으로 설명할 수 있다. 승객의 안전 확보측면과 지하철 운영의 효율화 측면이 있다.

승객의 안전 확보 측면에서 살펴보면

첫째, 열차가 승강장에 도착하기 전에 열차 운전자가 미리 승강장 등의 상황을 볼 수 있기 때문에 화재 및 추락사고 등에 신속한 대처할 수 있다.

둘째, 열차운전자가 승강장 진입 시 극도로 불안한 상태를 보였는데 설비 구축 후 심리적 안정으로 보다 편안한 운전을 할 수 있다.

셋째, 운전실에서 열차 출발 전 출입문 상태를 보다 정확히 확인할 수 있어 더욱더 안전하게 열차를 출발시킬 수 있다.

넷째, 화상정보를 종합사령실 등 유관기관에 전송하여 열차운전자가 확인을 못하였을 경우 또는 사고시 열차 운전자의 판단이 잘못되었을 경우 신속한 후속 조치를 할 수 있다.

다섯째, 열차 출발 후에도 열차가 승강장을 완전히 빠져 나갈 때까지 승강장을 감시할 수 있어 승강장에서 열차를 기다리고 있는 승객의 안전을 확보할 수 있다.

지하철 운영의 효율적 측면에서 살펴보면

첫째, 승강장에서 승객 승·하차 감시를 최적화함으로써 지연없는 열차운행을 할 수 있다.

둘째, 선명한 화질을 제공함으로써 열차운전자의 감시업무를 효율화시킬 수 있다.

셋째, 승강장 내 고정 설비의 감소와 유지보수 업무의 간소화로 인하여 시설 관리비용 절감의 효과를 얻을 수 있다.

VI. 결론

다중 시설의 안전에 대한 인식이 커지고 있는 가운데 지하철의 대열차 공간화상설비는 승객의 안전과 직결되므로 반드시 확보되어야 하는 설비로써 지금도 국내·외의 많은 지하철에서 설치되고 사용되어지고 있다. 이러한 대열차공간화상설비는 선진지하철 건설을 위해 무엇보다도 중요한 설비

로서 무선 통신구간에 대한 많은 기술이 개발되고 있으며 다양한 방식들이 운영되고 있다. 다양한 무선통신방식 중에 지하철 환경에 가장 적합한 방식을 시험을 통해 확인하고 경제성, 향후 발전가능성 등을 종합적으로 평가하여야 한다.

세계 유수의 많은 지하철에서 적외선방식으로 운영되고 있다. 이는 기술적 특성으로 간섭에 영향을 덜 받고 많은 데이터를 디지털로 전송할 수 있기 때문에 영상 전송에 적합하다. 국내의 지하철 환경과 경제성을 고려하고 향후 발전성 등을 고려할 때 좋은 기술이라고 할 수 있다.

HF 방식의 경우 현재 전 세계에 가장 많이 설치되고 운영되고 있어 안정성 측면에서 탁월한 면을 보이고 있으나 새로운 기술발전으로 우수한 대체 기술이 나오고 있다.

M/W 기술은 넓은 대역폭과 고속에서도 많은 데이터를 전송할 수 있기 때문에 실외 철도환경에서 많이 사용되고 있는 기술이다. 그러나 기술개발로 인하여 지하철 구간에서도 높은 성능을 보이고 있다.

무선 LAN은 지하철에 설치 운영하여 어느 정도 안전성이 검증되었으나 약간 지연현상이 있어 보완이 필요한 기술이지만 정보통신 환경변화를 고려할 때 매우 적합한 기술이다. 특히 인터넷서비스와 바로 연동하여 다양한 부가 서비스를 제공할 수 있기 때문에 발전성이 아주 큰 기술이다.

본 논문은 대열차공간 화상설비에 사용되는 무선방식에 대한 현황 및 특성을 분석하였다. 국내 실정에 알맞은 방법을 찾아 기본설계 및 실시 설계시 참고가 될 수 있는 자료로 판단이 된다.

참고문헌

- [1] 서울지하철 9호선 기본설계보고서, 통신·자동화요금수납설비, 제 3장 운영관리를 위한 통신설비, 4. 화상전송설비 p3-52~3-76, 2001
- [2] 조용관, 철도신호, 철도인력개발원, 2005.11
- [3] 이복만, 정보전송시스템, 철도인력개발원, p59~83, 2005.10
- [4] 최상돈, 무선통신, 철도인력개발원, 2001.8
- [5] 차동완 외 2인, 인터넷정보기술, 무선 LAN기술, 2004



김지호

2004년 숭실대학교 전기공학부 졸업. 2006년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업. (공학석사) 2006년~현재 숭실대학교 대학원 전기공학과 재학중 (박사과정). 관심분야는 전기기기, 철도통신설비, 비파괴검사



이향범

1989년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1991년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 1995년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1995년 기초전력공학공동연구소 선임연구원. 1998년~현재 숭실대학교 전기공학부 교수. 관심분야는 전기기기, 비파괴검사, 전자장 수치해석 및 설계, 전자기 센서 설계 및 개발