

열차객실감시시스템의 제한된 무선 대역폭에서의 최적의 서비스모델에 대한 연구

정상국* 최갑봉** 안태기*** 김백현*** 양동석*
 씨아이테크* 서울메트로** 철도기술연구원***

Study on optimum service model of passenger car monitoring system at limited wireless bandwidth

Jeong, Sang-Guk* Choi, Gab-Bong** An, Tae-Ki*** Kim, Back-Hyun*** Yong, Dong-Seok*
 C&I Technologies* Seoul Metro** Korea Railroad Research Institute***

Abstract - In this paper, We studied optimum service model of passenger car monitoring system at limited wireless bandwidth subway and railway. High bandwidth is better if we need more services. But, high bandwidth requires more cost at tunnel of subway. More bandwidth make receive sensitivity to bad. We deduced best bandwidth of subway wireless transmission system reflecting the cost of installation and efficiency of system. Consequently, we decide efficient service model of passenger car monitoring system.

차공간화상설비의 비중이 크지 않아 추가 장착 할수 있도록 예비로만 정의된 경우가 있다.

2.1.1 대열차공간화상시스템

대열차공간화상시스템은 승무원이 운전실에서 역사 진입전, 정차 중, 출발 후 승강장을 감시할 수 있도록 승강장 영상을 표출함으로써 전동차 안전운행을 확보한다. 대열차공간화상시스템은 기관사 1인 승무를 할 경우 매우 유용하다. 1인 승무를 할 경우, 기존에는 열차가 출발하면 승강장 상황을 알 수 없었으나, 대열차공간화상시스템을 적용하면 열차 출발 후에도 운전자가 기관실내에 설치된 모니터를 통해 승강장의 상황을 확인할 수 있어 승객의 안전 확보에 크게 기여할 수 있다.

1. 서 론

차지상간 통합전송시스템은 영상전송 뿐만 아니라 열차 공간의 가능한 모든 데이터를 통합 전송하는 시스템이다. 먼저 광대역 데이터인 영상 전송 시스템을 구성하고, 이후 다른 열차시스템을 연동하도록 진행될 예정이다. 본 논문에서는 차지상간 무선전송시스템의 데이터 중 가장 큰 대역폭을 점유하고 있는 영상데이터의 전송에 대하여 최적의 시스템을 분석하였다. 차지상간 무선전송시스템은 이제까지는 대열차공간화상시스템을 중심으로 설치되어 왔다. 대열차공간화상시스템이란 승강장 영상을 진입 전에 열차운전실로 전송하여 사고를 예방하고자 하는 시스템이다. 그러나 신규로 도입되는 전철 시스템 중 무인운전을 기본으로 하는 경우는 객실감시시스템이 추가 되고 대열차공간화상시스템은 예비가 되어 진행되고 있다. 본 논문에서는 새롭게 도입되는 객실감시시스템의 최적의 시스템구조를 도출해 보았다.

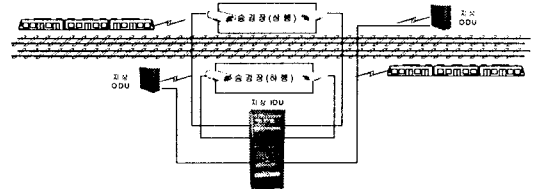


그림 1. 대열차공간화상시스템의 구조

최적의 시스템 구조를 도출하기 위하여 먼저 가능한 기능적 요구조건과 더불어 구현이 가능한 최적의 무선 서비스 대역을 결정하였다. 이러한 기능적 조건과 무선 대역폭을 만족하는 서비스 모델을 도출하였다. 서비스 무선대역폭을 결정하기 위해 검토한 무선 방식은 18GHz 무선랜 방식과 18GHz OFDM모뎀 방식이다. 서비스 모델을 결정하기 위해 기존의 화상방의 구조를 토대로 지능형 감시시스템과 연동할 수 있는 구조로 설계하였다.

2.1.2 객실감시시스템

객실감시시스템은 객실에 카메라를 설치하고, 객차내 영상신호를 차지상간 영상전송시스템을 통해 역사로 전송하여, 실시간 객차 감시가 가능하도록 구성한 시스템이다. 무인운전을 기본으로 하는 열차시스템에서는 객실감시시스템이 더 중요한 요소가 된다. 객실감시시스템은 객실의 카메라 영상을 역사로 전달하여 이후 종합사령실로 전송하는 시스템으로 기존의 대열차공간화상시스템과는 구조가 매우 상이하다. 객실의 감시는 종합사령실에서 이루어지므로 객실 감시시스템 구조는 종합사령실로의 화상전송망까지 고려되어야 한다. 현재 도입이 진행되는 객실감시시스템은 객실안내기까지 포함하여 동영상 문자 등을 표시하는 양방향 시스템이다. 객실 감시시스템은 객실 감시영상의 상황 데이터와 객실안내기의 하향 데이터가 주요데이터가 된다.

2. 본 론

2.1 열차무선영상전송시스템

차지상간 영상전송시스템은 승강장과 객실에 카메라를 설치하고, 차지상간 무선데이터통신을 통하여 실시간 영상을 전송함으로써, 사령실/역무실과 전동차 운전실에 설치된 모니터에서 승강장 및 객실 상황을 원격 모니터링할 수 있도록 하는 설비이다. 일반적으로는 두 시스템 모두 승객 안전에 크게 기여할 수 있는 시스템으로 도시철도건설규칙 제46조에 의거 도입이 진행 중이다. 일부 진행 중인 철도 시스템에서 무인운전을 예정하는 전철 시스템에서는 운전자가 열차에 탑승하지 않으므로 대열

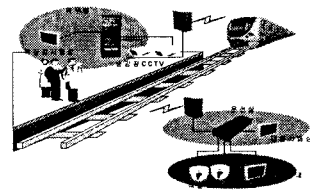


그림 2. 객실감시시스템 구조

2.1.3 객실감시시스템의 추가적요구사항

객실감시시스템에 추가적으로 열차전면의 감시영상이 요구되기도 한다. 이는 무인운전에 도움을 줄 수도 있고 또한 열차 사고에 대한 증거자료가 될 수도 있다. 이때 열차 전면의 감시영상을 전송하게 될 경우, 이 영상에는 지연시간 요인이 매우 중요한 요인이 된다. 이에 따라 적절한 인코딩방법과 데이터율이 선택되어야 한다.

시험운전 또는 비상운전을 위해 유인 운전자가 탑승하는 경우를 대비해 대열차공간화상설비가 요구되기도 한다. 시험운전 또는 비상운전의 경우 1인 승무를 하게 되고, 운전실에서 1인 승무를 하는 경우 승강장 감시영상을 전송해 주는 대열차공간화상설비가 필요하게 될 것으로 예상된다. 따라서 이후로 진행되는 객실감시시스템에는 대열차공간화상설비를 예비로 설치할 수 있도록 무선 대역폭이 확보되어야 할 것이다.



그림 3. 지하철전면영상

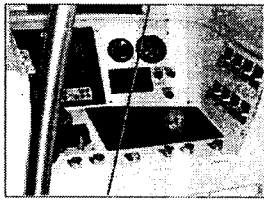


그림 4. 비상운전조작반

2.2 객실내 트래픽과 무선트래픽

객실 감시시스템의 가장 효율적이 시스템 구조를 결정하기 위해서는 객차 내에서 생성되는 데이터와 그 중 무선구간으로 전송 가능한 무선 대역폭이 주요 변수이다. 멀티미디어 통합서비스를 위해서는 무선대역폭이 클수록 유리하다. 그러나 무선대역을 높이면 수신감도의 감소를 초래하게 된다. 따라서 무선 대역폭은 제한될 수 밖에 없다. 이번 절에서 차상내의 영상대역폭과 무선대역폭을 분석하여 이에 가장 적합한 서비스 모델을 도출할 수 있을 것이다. 무선 대역폭은 현재 18GHz 주파수로 구현이 유리한 18GHz 무선랜 방식과 18GHz OFDM모뎀 방식을 분석하였다.

2.2.1 객실내 트래픽

CCTV시스템은 기존에는 아날로그 카메라였다. 그러나 여러 가지 장점으로 인해 네트워크 방식의 카메라로 변경되고 있다. 네트워크 방식의 카메라는 디지털로 인코딩되어 네트워크 자원을 공유하게 된다. 네트워크 카메라를 효율적으로 구성하고 관리하기 위해서는 카메라의 트래픽을 분석할 필요가 있다.

카메라 트래픽은 지연이 크지 않은 엔코딩 방법에서 SD급의 화질을 고려하여 카메라 1개당 2Mbps로 예상하였다. 객실 1개당 앞뒤로 카메라 2대가 설치된다고 할때, 전체 영상트래픽수는 객차수 × 2대 × 2Mbps가 된다. 객차의 편성수는 운영기관별로 다르지만 서울메트로의 10량 정도가 가장 클 것으로 예상된다. 서울메트로 10량편성의 경우 예상 영상 트래픽 량은 40Mbps이다. 추가로 전후방 영상을 처리하려고 하면 최대 44Mbps가 열차내 유선구간 대역폭이다.

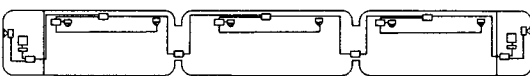


그림 5. 객실 감시카메라의 설치구조

2.2.2 차지상간 무선의 최적의 트래픽 분석

열차무선영상전송시스템에 현재 이용될 수 있는 무선 기술은 18GHz 무선랜방식과 18G OFDM모뎀 방식을 들 수 있다. 그림6과 그림7은 18GHz 무선랜 방식과 18GHz

OFDM모뎀 방식의 객실 감시시스템의 블록도이다. 무선 방식에서 서비스 대역을 높이는 데에는 비용이 수반되게 된다. 그것은 서비스 대역을 높이면 수신기의 수신감도가 나빠지고 이에 따라 서비스 거리가 줄어들어 결국 필요한 무선국수가 더 늘어나게 된다. 표1 18GHz 무선랜과 18GHz OFDM 모뎀의 수신감도를 나타내고 있다. 이 표에서 서비스 대역을 높임에 따라 수신감도가 나빠짐을 알 수 있다. 이러한 비용을 분석한 결과 18GHz 무선랜의 경우 대략 8Mbps정도에 비용이 급속히 증가하므로 8~10Mbps서비스를 구현하는 것이 적합하다고 분석되었다. 18GHz OFDM모뎀의 경우가 수신감도 특성이 무선랜에 비해 우수하므로 1Km 서비스가 가능한 무선대역인 12Mbps에서 서비스 대역을 구성하는 것이 적합할 것으로 분석되었다. 두 방식의 시스템 구축 비용은 그림8과 같이 수신감도 특성이 우수한 18GHz OFDM모뎀 방식이 다소 유리한 것으로 분석되었다.

이후 서비스모델의 분석은 두 가지 무선시스템 모두에서 수용 가능한 8-10Mbps를 기준으로 분석하였다.

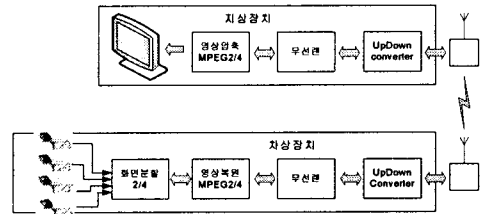


그림 6. 18GHz 무선랜의 객실감시시스템 블록도

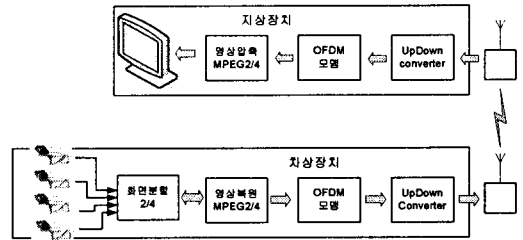


그림 7. 18GHz OFDM모뎀의 객실감시시스템 블록도

표 2. 18GHz 무선랜과 18GHz OFDM모뎀의 수신감도

18GHz 무선랜	실효속도 (Mbps)	5.3	8.0	10.7	12.0	
	수신감도 (dBm)	-84	-81	-76	-74	
18GHz OFDM	실효속도 (Mbps)	6.03	8.04	10.56	12.06	16.09
	수신감도 (dBm)	-96	-94	-91	-90	-87

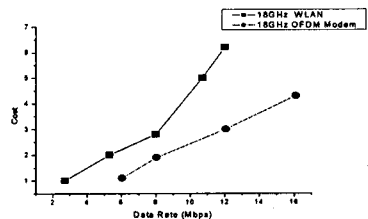


그림 8. 18GHz 무선랜과 18GHz OFDM모뎀 방식의 비용

2.3 객실감시시스템의 구성 방안

기존의 지상화상감시시스템을 분석하고 무선서비스 대역 특성을 고려하여 최적의 객실감시시스템을 도출한다.

2.3.1 지상 화상감시시스템

기존의 화상감시시스템은 일반역-관리역-사령실의 3 단계로 구성되며, 아날로그CCTV영상을 비디오매트릭스 시스템을 사용하여 역내 이벤트 상황에 따라 선택된 영상을 관리역으로 전송한다. 관리역은 대략 8개 정도의 일반역을 관찰하여 전송받은 일반역의 영상을 발생한 이벤트에 따라 적합한 영상을 표출하게 된다. 화상망에서는 저장장치 용량과 전송망 용량 등을 고려하여 관리 영상 모두를 관제센터로 전송하지는 않는다.

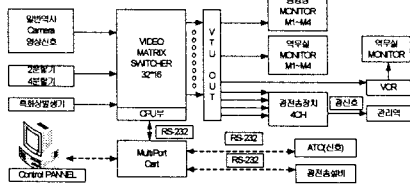


그림 9. 기존 지하철 지상화상감시시스템

기존 화상시스템은 일반적으로 아날로그 카메라를 대상으로 한 시스템이었으나 현재 지능형 감시시스템으로 진화 하고 있다. 지능형 감시시스템은 영상을 인코딩하여 네트워크로 멀티캐스트 하는 카메라 설치와 전송받은 영상 데이터를 저장하는 DVR과 멀티비전을 통해 출력을 제어하는 비디오서버와 선택된 영상데이터를 네트워크로 통해 중앙관제센터로 전송하는 스위치 등으로 이루어진다.

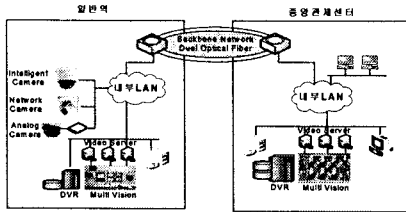


그림 10. 지능형 감시시스템

2.3.2 무선 대역을 고려한 객실감시시스템

가능한 무선대역 8-10Mbps를 고려하고 지능형 감시시스템을 적용한 객실 감시시스템의 차상시스템 구성은 그림12과 같다. 객실에서 생성된 최대 44Mbps의 영상데이터를 모두 무선 구간으로 전송할 수는 없으므로 8-10Mbps의 데이터로 선택적으로 전송하는 시스템이 도출되었다. 객실의 CCTV카메라는 객실에 2대씩 설치된다. 네트워크카메라는 NVR 설치 개수에 따라 트랙픽이 늘어나지 않도록 멀티캐스트로 전송된다. 운전실의 NVR은 객실에서 LAN을 통해 멀티캐스트된 모든 카메라 영상 신호를 하드디스크로 저장하고, 화상관리시스템에 검색 기능을 제공한다. 제한된 무선송신을 위해 객실 내에서 전달되어온 영상데이터중 1-2개를 영상선택제어기에 의해 선택적으로 무선구간으로 전송하고 NVR에서 출력되는 분할화면을 인코딩하여 무선구간으로 전송한다. 따라서 열차에서 전송되는 영상은 그림11과 같이 분할영상 + 선택영상 1-2개 가 된다.



그림 11. 무선구간으로 전송되는 영상의 예

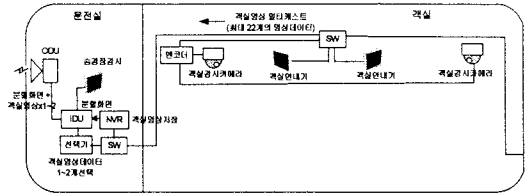


그림 12. 무선특성을 고려한 객실 감시시스템

2.4 객실감시시스템과 지상화상시스템과의 연동방안

차이 지상 화상망은 지형형 네트워크 망으로 진화될 것으로 예상된다. 이러한 화상시스템은 역내 화상설비에서 생성된 영상데이터를 DVR에 저장하고 비디오 서버를 통해 멀티비전으로 표출하고 이벤트에 따라 선택된 영상을 중앙관제실로 전송하는 시스템이다. 차지상간 화상 시스템도 네트워크 시스템으로 구성하였으므로 차상에서 전송된 영상 데이터도 지상의 화상시스템과 연동하여 중앙관제실로 전송하도록 그림13와 같이 시스템을 구성할 수 있다.

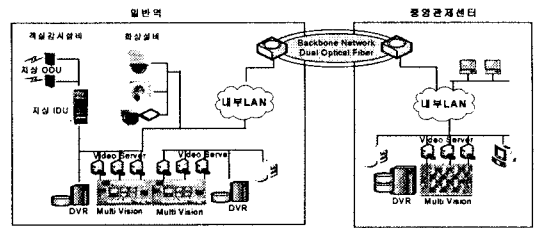


그림 13. 지상 화상시스템과 연동

3. 결 론

연구결과 객실감시시스템에서 열차 내부의 영상데이터의 최대 대역폭은 44Mbps이고 무선구간의 최대 전송용량은 8-12Mbps정도이다. 비용대 효율을 고려할 때 18GHz 무선랜은 8Mbps정도 까지 적합하고, 수신감도가 더 좋은 18GHz OFDM모뎀은 12Mbps정도가 적합하다. 최대 44Mbps의 내부 데이터를 8-12Mbps정도의 무선구간에 최적으로 전송하기 위한 분석을 진행하였다. 분석 결과 분할 화면1개와 이벤트 또는 시간에 따라 선택된 영상1-2개를 전송하는 구성이 적합할 것으로 분석되었다. 열차 내부의 영상 전송망은 지능형 감시시스템으로의 확장을 고려해 디지털 인코딩하는 네트워크 방식의 카메라설비로 구성하여 네트워크 망으로 구성하는 것이 추천된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 안준오 외, "지하철 무선영상전송장치용 주파수 분배방안 연구", 정보통신부, 2007
- [2] 최성렬, "지하철 터널의 전파전파 환경을 고려한 중계기의 효율적인 설치에 관한 연구", 석사학위논문, 인천대학교, 2005
- [3] 박정주, "한국철도의 재난대비를 위한 이동화상의 효율적인 전송방식 연구", 석사학위논문, 전북대학교, 2005
- [4] 김백현, 신덕호, "열차무선시스템 최신 연구 동향", 철도학회, 07, 2004

감사의 글

본 연구는 국토해양부 도시철도표준화2단계연구개발사업의 연구비지원(07도시철도표준화A01)에 의해 수행되었습니다.