차지상간 통합전송시스템의 무선 대역폭 및 시스템에 관한 연구

A study on wireless bandwidth and system of unified data transmission in a subway and railway

정상국† 최갑봉* 안태기** 김백현*** 양동석****

Jeong, Sang-Guk Choi, Gab-Bong An, Tae-Ki Kim, Back-Hyun Yong, Dong-Seok

ABSTRACT

In this paper, We studied efficient design of wireless transmission system for unified data transmission in a subway and railway. It is increased that need of broadband multimedia service to make useful environment for user and to support the operation of railway system. 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. So it need more wireless Station. 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 broadband wireless system at a subway.

Subway broadband wireless transmission system is tested in this year, and it is to be extended to province subway. Cost of subway broadband wireless transmission system is saved, because the system can be efficently designed. Therefore, the effectiveness is expected to be very big.

1. 서 론

철도 운영을 효과적으로 지원하고 철도 서비스 이용자의 편익을 증대시키기 위해 차지상간 무선통신시스템에 광대역 멀티미디어에 대한 요구가 꾸준히 증대되고 있다. 이에 따라 차지상간 통합 전송시스템의 대한 연구가 진행되고 있으며 본 연구는 이 무선 구간의 효율적 설계에 관한 연구이다.

광대역 멀티미디어 서비스 관점에 본다면 서비스 대역폭은 더 클수록 유리하다. 그러나 지하 터널 환경 하에서 대역폭을 높이는 것은 매우 큰 비용을 요구하게 된다. 더 높은 대역을 처리하기 위해서는 수신기의 수신감도가 나빠진다. 이에 따라 더 많은 무선국을 필요로 하게 된다. 본 논문에서는 지하철 및 철도 환경에서 필요한 최적의 서비스 대역을 비용 대비 효용 측면을 검토하여 도출하였다. 이러한 검토 결과를 바탕으로 대역에 가장 적합한 서비스 모델을 제시하였다.

2. 지하터널에서의 무선기술 및 대역폭

차지상간 통합전송시스템은 현재 차지상간 '영상'전송시스템의 형태로 몇몇 곳에 설치되고 현재 추진

† 책임저자 : 정회원, 씨아이테크, 연구소, 책임원구원
E-mail : sgjeong0@shinbiro.com
TEL : (031)465-3445 FAX : (031)465-3448
* 정회원, 서울메트로, 통신전자팀, 팀장
** 정회원, 철도기술연구원, 도시철도표준화연구단, 선임연구원
*** 정회원, 철도기술연구원, 철도시스템연구센터, 선임연구원
**** 비회원, 씨아이테크, 연구소, 연구소장

중인 운영기관도 많다. 차지상간 영상전송시스템은 승강장과 객실에 CCTV카메라를 설치하고, 차지상간 광대역 무선전송시스템을 통해 영상을 전송하게 된다. 전동차운전실에서는 설치된 모니터를 통해 승강장 상황을 확인하고, 사령실/역무실에서는 객실 상황을 모니터링 하도록 하는 설비이다. 현재는 대열차공간화상전송 설비라는 명칭으로 몇 곳에 적용되어 있다. 표1은 현재 적용된 기술 현황이다.

표 1 차지상간 무선통신시스템 국내사례

기관명	호선	전송방식	주파수	전송거리		구축 여부
				진입전	출발후	
광주지하철	1호선	무선랜	5GHz	400m	150m	
대구지하철	2호선	HF(Copper Tube)	50.5MHz	300-130m	108m	
부산지하철	3호선	무선랜	5.8GHz	500m	120m	
인천지하철	1호선	18GHz OFDM모뎀	18.8GHz	전구간		
신공항철도		HF(Copper Tube)	50.5MHz	300-130m	100m	
대전지하철	1호선	18GHz OFDM모뎀	2.4GHz	500m	120m	
철도공사	분당선	18GHz OFDM모뎀	18.8-19.2GHz	400M	200m	예정
철도공사	용산-팔당	18GHz OFDM모뎀	18.8-19.2GHz	400m	200m	예정
서울메트로	2호선시험역사	18GHz OFDM모뎀	18.8-19.2GHz	전구간		예정

부산3호선의 영상무선전송설비 구축에서 5.8GHz대역의 ISM밴드 무선랜 방식을 사용하여 설치되었다. 그러나 이 대역은 공개되어 혼신 및 간섭이 예상되었다. 이에 따라 화상 무선전송 설비의 예상 소요 채널 수 및 대역폭을 고려하여, 혼신의 방지를 위해 무선영상전송자치용으로 정보통신부고시 2007-34호에 의거 주파수대역 18.86~18.92GHz(60MHz폭), 19.20~19.26GHz 대역을 선정하였다.

이후 차지상간 영상전송시스템은 18-19GHz 대역의 무선 통신 시스템으로 구축되어야 한다. 본 논문에서는 표2의 기술규격중 정보통신부고시 18-19GHz의 무선주파수의 가능한 무선전송시스템인 18GHz 무선랜과 18GHz OFDM모뎀 기술 규격을 중심으로 무선 기술 현황 및 대역폭을 비교 분석 하였다.

본 논문에서 중요한 이슈로 다루는 부분은 서비스 '대역'과 설비 '비용'과의 상관관계이다. 기존의 대열차 공간 화상 설비는 도착 전 수백미터와 출발 후 수백미터를 서비스 반경으로 했기 때문에 무선국의 수는 전체 시스템에서 차지하는 비중이 크지 않았으나. 이후 무선전송시스템의 핵심 이슈가 될 객실감시 및 멀티미디어 서비스는 노선 전구간의 서비스를 목표로 한다. 따라서 무선국의 설치비용이 전체 시스템에서 매우 큰 요소가 된다. 또한 전구간의 서비스 반경으로 할 경우, 열차가 더 고속으로 진행하게 되므로 더 큰 이동패널티를 두어야 한다. 본 논문에서 설치비용 부분을 다루기 위해 서비스 반경에 따른 무선국의 설치대수를 기준으로 하였다. 기술 방식간 비교를 위해 18GHz 무선랜 방식과 18GHz OFDM모뎀 방식의 비용을 비교하기 위해 시스템을 복잡도를 기준으로 무선국 1개당 비용에 대해 무선랜 : OFDM모뎀 방식을 1 : 3 비율로 산출하였다.

서비스 거리를 계산에는 여러 요인이 있을 수 있으나 차지상간 통합전송시스템의 경우 지하터널에서 고속이동수신 환경을 고려하여, 이동패널티와 패이딩 마진 등을 최적으로 고려하여야 한다. 이러한 링크버짓의 설계에서 지하터널의 고속이동환경에 따른 마진을 충분히 고려하지 않을 경우 부분적인 음영지역 발생, 열차에 따른 특성 차이, 열차교행에 따른 수신불량, 강우에 따른 수신불량 등이 발생할 수 있다. 그림1은 터널을 고속 이동하며 측정된 수신감도 특성이다.

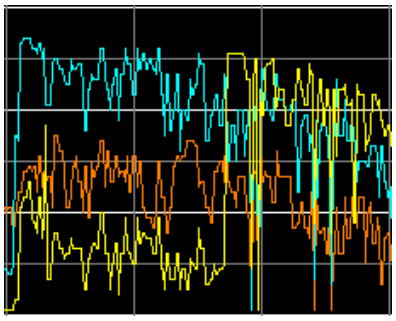

그림 1 터널내 고속이동에 따른 수신감도의 영향

표 2 차지상간 무선방식

	누설전파방식	무선LAN방식	18GHz OFDM모뎀
무선링크	LCX cable	IEE 802.1a 무선랜	
무선주파수	50.5MHz	5.47-5.65GHz	
변조방식	FM 변조	OFDM 서브캐리어 52개	OFDM 서브캐리어 2,000개
통신방식	Simplex	Half Duplex	Full Duplex
채널수		4채널	6채널
대역폭		26MHz	10MHz
화면분할수	2분할	2/4분할	2/4분할
영상처리	Analog	MPEG2	MPEG2
특성	RF Cable(170m 유지보수 부담	간섭 및 보안 취약	철도전용주파수 고화질, 다채널
적용노선	서울8호선 대구2호선	부산3호선 광주1호선	인철2호선 분당선

$$Ls(dB) = 92.45 + 20Logf(GHz) + 20Logd(Km) \quad (1)$$

식(1)는 무선의 감쇄율에 대한 특성 식이다. 각 방식별 서비스 거리를 계산할 때 터널의 고속이동환경을 고려하여 이동패널티와 패이딩 마진을 합쳐 22dB로 하여 서비스 거리를 계산하였다.

2.1 18GHz 무선랜방식

기존 무선랜 방식은 IEEE 801.11a 무선랜 방식을 사용하며, 주파수 대역은 5.8GHz를 사용한다. 802.11a의 경우 주파수 분배에 따라 최대 4채널을 사용하며, 채널 간섭을 고려하여 상행선과 하행선간, 역간 중첩되는 않는 채널로 구성하여 설치하였다. 그러나 이러한 무선 랜 방식은 일반에게 공개되고 혼신을 우려가 있는 ISM 주파수를 사용하고 있기 때문에 장기적으로 주파수의 혼신에 따른 문제점이 불가피할 것으로 예상된다. 따라서 현재 18GHz 철도전용 주파수를 사용하도록 구조를 변경하는 제품이 개발 중이다. 이러한 제품의 구조는 그림1과 같다. 이 방식의 경우 18GHz 업다운컨버터가 추가로 개발되어야 한다. 무선국간 로밍기술과는 별개로 18GHz 업다운컨버터에서 기술적으로 고려되어야 할 많은 부분이 있다. 첫째 802.11a의 1개 채널 점유대역 20MHz를 정보통신부 고시 대역폭인 10MHz로 제한하는 방법, 둘째 802.11a의 전체 채널의 무선대역인 80MHz의 광대역을 업다운할 경우 4개의 인접 채널의 잡음도 증폭하게 되므로 무선국간 간섭 배제 방법, 셋째 Half Duplex를 사용하므로 송수신의 제어기의 구현 방법 등이 있다. 이에 따라 설계 특성을 만족시키기 위해 개발 중이다. 본 논문에서는 이 방식의 가능한 최고의 특성을 기준으로 무선국의 서비스 반경 과 비용의 관계를 산출하였다.

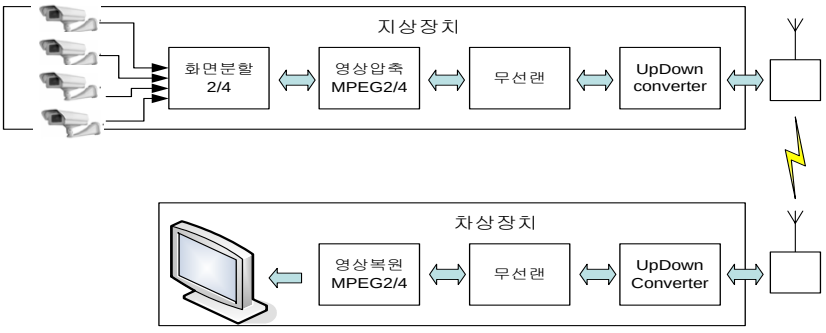

그림 2 18GHz 무선랜의 시스템 구조

표 3 18GHz 무선랜의 주요 특성

주파수 대역	5.725~5.825 GHz
채널 대역폭	20MHz
변조 방식	OFDM (Sub Carrier 52)
매체엑세스프로토콜	CSMA / CA (Carrer Sense Multiple Access with Collision Avoidance)
비중복 채널	4개

표 4 무선랜의 서비스속도와 수신감도

5.8GHz 무선속도(Mbps)	12	24	36	48	54
18GHz 실효속도(Mbps)	2.7	5.3	8.0	10.7	12.0
수신감도(dBm)	-90	-84	-81	-76	-74

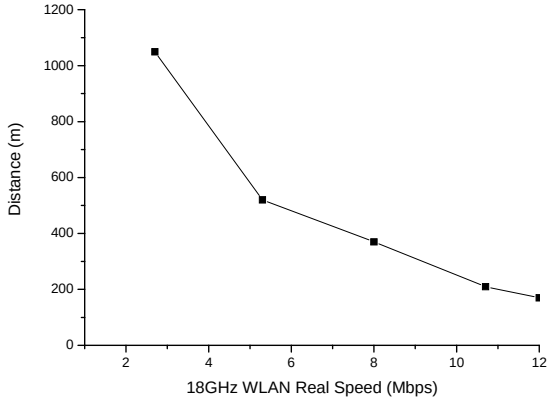

그림 3 18GHz 무선랜의 실효속도와 거리

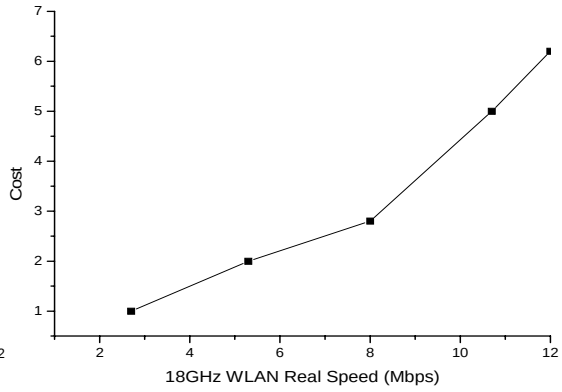

그림 4 18GHz 무선랜의 서비스속도와 비용

2.2 18GHz OFDM모뎀 방식

18GHz OFDM모뎀 방식은 OFDM 변조를 하며 각 서브캐리어는 QPSK/QAM16 변조를 사용한다. OFDM의 부반송파(Sub-carrier) 수(2K)와 Guard Interval의 적용으로 터널 내부에서 발생하는 짧은 다중경로 채널에 대한 신호간의 간섭을 극복하여 안정적이 영상 및 데이터 전송을 보장한다. 그림5는 OFDM모뎀방식의 블록도이다. 영상신호를 효율적으로 전송하기 위하여 디지털 방송의 전송기술을 적용하여 영상품질에 장점이 있다. 반면 데이터전송을 위해서는 추가의 회로가 필요한 점이 있다. 현재 데이터 부분의 양방향성을 구현하기 위해 FDM방식의 Full-Duplex방식을 사용하여 데이터서비스가 가능한 제품이 구현되어 있다. 표2는 18GHz OFDM모뎀방식의 제품의 무선특성이다.

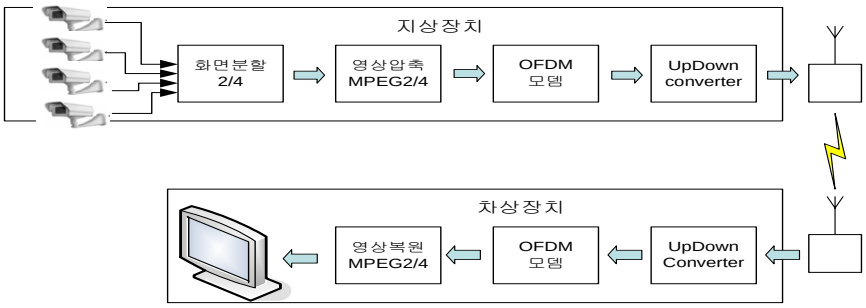

그림 5 OFDM모뎀방식의 블록도

표 5 18GHz OFDM모뎀방식의 특성

항목		특성	비고
변복조방식		OFDM	
주파수	송신	18.62~18.92GHz	
	수신	19.20~19.26GHz	
보유채널수		12	
채널당 대역폭		10MHz	

표 6 18GHz OFDM모뎀의 서비스속도에 따른 수신감도

실효속도(Mbps)	6.03	8.04	12.06	16.09
수신감도(dBm)	-96	-94	-90	-87

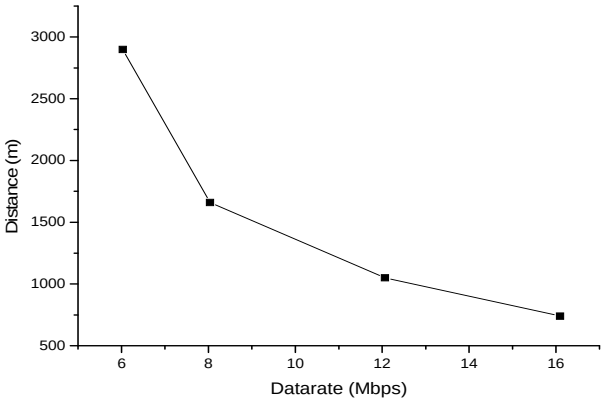

그림 6 18GHz OFDM모뎀의 서비스속도와 거리

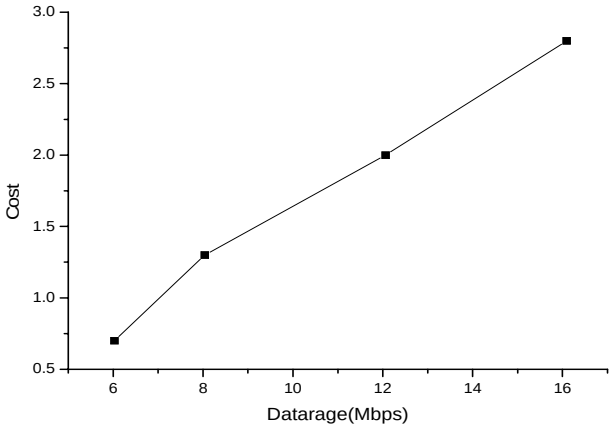

그림 7 18GHz OFDM모뎀의 서비스속도와 비용

2.3 무선방식에 따른 비용과 최적의 서비스 대역

비용 면에서 본다면 대역을 가능한 적게 구성하는 것이 유리하나, 이후 차지상간 통합전송시스템으로 여러 시스템을 수용하기 위해서는 일정 수준(8~10Mbps) 이상은 보장되어야 한다. 분석결과 서비스 비용은 무선랜의 경우 8Mbps를 기준으로 급격히 높아지므로 8Mbps의 서비스 속도를 구성하는 것이 추천된다. 무선방식간의 비용에 대해서는 18G 무선랜과 18GHz OFDM모뎀 방식은 수신감도 특성으로 인해 18GHz 무선랜 방식의 비용이 다소 높을 것으로 분석되었다.

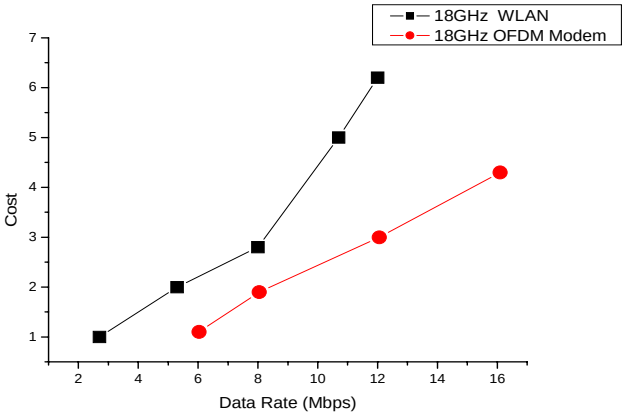

그림 8 18GHz 무선랜과 18GHz OFDM모뎀 방식의 비용

2.4 무선 대역에 따른 시스템 모델

영상의 표출방식은 객차 수에 관계없이 표시될 수 있는 표준적인 방식이 권장된다. 디지털 인코딩 지연이 너무 크지 않는 압축율을 고려할 때 영상의 데이터율은 2~8Mbps정도가 적합하다. 8~10Mbps 속도는 2Mbps의 영상2~3개와 2Mbps의 멀티미디어데이터 1개를 할당할 수 있을 것으로 분석된다. 따라서 객차수가 많은 경우 All-IP방식으로 객차내의 CCTV카메라를 모두 직접 제어하는 것은 무선구간에 너무 높은 데이터율을 요구 하게 되므로 구현이 어려울 것으로 예상된다. 일반적으로 CCTV시스템의 경우 사령실에서 전체 카메라를 관리할 수 없으므로 이벤트 표출에 따라 제어되는 수십 대 정도의 모니터를 구성하고 있다. 따라서 열차 내에서 이벤트에 의해 제어되는 분할 화면과 순차(비상)화면을

사령실로 전송하는 것이 시스템 구성 측면에서도 유리할 것으로 판단된다. 적합한 구성은 분할화면 1~2개 + 순차화면(비상화면) 1개 + 멀티미디어 1개 로 분석되었다.

(a) 분할화면 (b) 순차화면

그림 9 화면 표출 방식

3. 결 론

연구결과 차지상간 통합전송시스템에서 서비스 대역을 높이는 것은 큰 비용을 필요로 하게 된다는 것을 확인하였다. 각 무선 방식별 서비스 속도에 따른 비용을 분석한 결과 적합한 서비스 대역은 8~12Mbps로 분석되었다. 18GHz 무선랜 방식과 18GHz OFDM모뎀 방식을 비교한 결과 수신감도 특성으로 인해 18GHz 무선랜 방식의 비용이 좀 더 높게 분석되었다.

영상의 표출방식은 객차 수에 관계없이 표시될 수 있는 표준적인 방식으로 분할화면1~2개+ 순차화면(비상화면) + 멀티미디어데이터로 구성하는 것이 전체 감시시스템 구조상 적합할 것으로 판단된다. 주어진 서비스 대역에 대한 효율적인 구성방안은 이후 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

차지상간 통합 시스템은 객실감시시스템의 형태로 금년 내 지하철에 시험 도입되어 전국적으로 확대 시행될 예정이다. 제시한 서비스 대역과 시스템을 적용함으로써 필요한 서비스는 모두 수용하고 비용 측면에서는 매우 효율적인 시스템 도입을 할 수 있게 되어 그 효과가 매우 클 것으로 기대된다.

감사의 글

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

참고문헌

1. 안준오 외(2007), “지하철 무선영상전송장치용 주파수 분배방안 연구”, 정보통신부
2. 조봉관 외(2002), “무선을 이용한 지상과 차상간 통신방식에 관한 연구”, 한국철도학회, 2002-10, pp.478~483
3. 최성렬 (2005), “지하철 터널의 전파전파 환경을 고려한 중계기의 효율적인 설치에 관한 연구”, 석사학위논문, 인천대학교
4. 박정주 (2005), “한국철도의 재난대비를 위한 이동화상의 효율적인 전송방식 연구”, 석사학위논문, 전북대학교