18GHz 차지상간 양방향 영상전송시스템의 도로 및 터널 구간에서 경로손실 특성

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

Pass loss characteristics of full-duplex video transmission system car to platform at tunnel and road.

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

Abstract - It is increased that need of broadband multimedia service to make useful environment for user and to support the operation of railway system. So study of integrated data transmission in a subway and railway is activated. The research deals with pass loss characteristics of 18GHz microwave that is assigned frequency of integrated data transmission in a subway and railway. It is used sample integrated transmission system in subway and railway of KRRI(korea railroad research Institute) at the tunnel and road. Specification of test sample system is blow. It use OFDM modulation, Wireless frequency is 18GHz and 19GHz, Maximum output power is 20dBm, Receive sensitivity is -90dBm. The pass loss exponent and standard variation of road and tunnel is analyzed.

1. 서 론

철도 운영을 효과적으로 지원하고 철도 서비스 이용자의 편익을 증대시키기 위해 차지상간 무선통신시스템에 광대역 멀티미디어에 대한 요구가 꾸준히 증대되고 있다. 이에 따라 차지상간통합전송 시스템의 대한 연구가 진행되고 있다.

무선으로 대용량의 영상을 전송하기위해서는 채널당 10MHz이상의 안정적인 무선 채널이 요구 된다. 따라서 18.86~18.92GHz, 19.20~19.26GHz를 정보통신부 고시 2007-34호로 열차 무선영상전송에 할당하였다[1]. 18GHz 무선주파수는 전용주파수로 혼신의 영향이 없는 반면에 아직 무선특성에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있다.

본 논문은 이후 철도 광대역 무선에 많은 활용이 예상되는 18GHz, 19GHz 무선주파수에 대하여 경로손실 특성을 시험하였다. 직선 구간의 특성을 시험하기위하여 LOS(line of sight)가 가능한 도로구간 200m와 터널구간 200m에서 경로손실특성을 시험하였다. 측정에 이용한 시스템은 철도기술연구원의 18GHz 차지상간통합데이터 전송 시제품으로 OFDM(orthogonal frequency division multiplexing)변조 방식을 사용하고, 18GHz, 19GHz 무선주파수를 사용하며, 최대 출력 20dBm과 수신 감도 -90dBm의 특성을 가진다. 측정 자료를 바탕으로 지상도로 구간과 터널 구간에서 각 경우의 경로손실지수와 표준편차를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 18GHz 양방향 무선영상전송시스템

철도 안전시스템을 위해 무선으로 영상을 전송할 필요성이 증대되었다. 도시철도건설규칙 제46조에서 대열차 공간화상시스템의 설치가 규정되었다. 이에 따라 열차

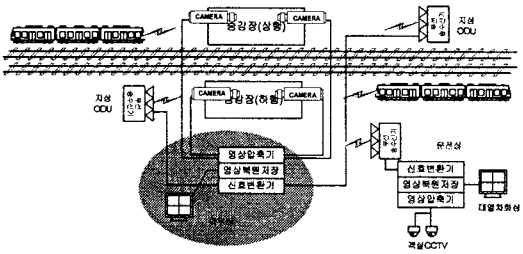

그림 1. 18GHz 양방향 무선영상전송시스템

무선영상전송시스템은 승강장영상을 무선으로 전송하는 대열차공간화상시스템과 객실영상을 무선으로 전송하는 객실감시시스템등이 현재 여러 철도운영기관에서 도입이 예정되어 있다.

2.1.1 18GHz 양방향 무선영상시스템 구조

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. 그림 1과 같이 대열차 공간화상설비와 객실감시설비를 통합한 시스템으로 양방향 영상전송이 동시에 수행 된다.

2.1.2 차지상간 통합데이터 전송 시제품

차지상간 통합데이터 전송은 철도기술연구원에서 차지상간에 영상 및 화재 등의 정보를 통합해서 전송하기 위해 표준화하는 시스템이다. 현재 1단계가 완료되어 2단계연구과제가 진행 중이다. 차지상간 통합데이터 전송은 차지상간에 영상을 포함한 부가데이터를 무선으로 전송하기 위한 시스템으로 하향데이터로 승강장영상과 객실정보전송 채널을 포함한다. 상향 채널로는 객실 감시시스템 채널을 포함한다.

양방향 영상전송을 시험하기 위한 차지상간 통합데이터 전송시스템 시제품은 그림 2의 블록도와 같다.

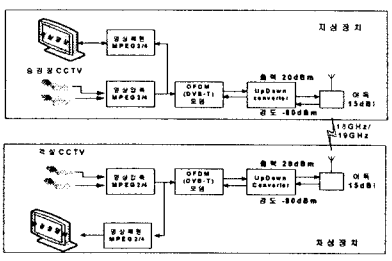

그림 2. 차지상간통합데이터전송 시제품

표 2. 마이크로웨이브의 특성

구 분	규 격
사용주파수	18.86~18.92GHz, 19.20~19.26GHz
대역폭	채널당 10MHz이내
변조방식	OFDM / QAM
송신 안테나이득	15dBi
출력	100mW(20dBm) 이하
수신 안테나이득	15dBi
수신 감도	-90dBm @ 10-6BER

전체시스템은 지상장치와 차상장치로 구분할 수 있다. 지상장치는 승강장카메라, 영상압축기, 영상복원기, 신호변환기 와 무선송수신기로 구성된다. 차상장치는 객실카메라와 영상압축기, 영상복원기, 신호변환기와 무선송수신기로 구성된다.

18GHz 마이크로웨이브의 특성은 표 1과 같다. 사용주파수는 18.86~18.92GHz, 19.20~19.26GHz를 사용하며 변조방식은 OFDM방식을 사용하며 송신 출력은 20dBm이며 송신 안테나 이득은 15dBi이다. 수신측의 마이크로웨이브 특성에서 수신안테나 이득은 15dBi이며 수신감도는 -90dBm@10-6BER이다.

2.2 18GHz 무선의 도로 및 터널의 전파 특성

도로 및 지하 터널에서 18GHz 신호의 경로 손실 특성을 측정하기 위하여 그림 2와 같은 측정 시스템을 구성하였다. 측정시스템은 지상송수신기, 차상송수신기로 구분할 수 있다. 송신기는 영상엔코더의 입력을 신호변환기로 변조하여 발생하였으며, 18GHz로 상향 변환하여 패치 안테나로 송신하였다. 송출되는 신호는 20dBm전력으로 18GHz의 8MHz대역폭의 OFDM신호이다. 송신 안테나의 지향성 이득은 15dBi이다. 수신측의 안테나는 15dBi의 패치안테나이다. 안테나에서 수신된 신호의 신호 전력을 내부 전력 분석모듈이 분석하여 그 결과를 시험저장 장치에 저장하였다.

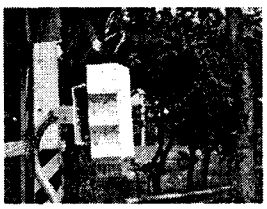

그림 3. 지상무선송수신기

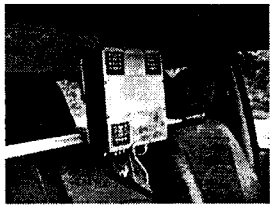

그림 4. 차상무선 송수신기

2.2.1 18GHz 무선의 도로 특성시험

지상 도로에서 전파 특성을 시험하기 위하여 안양시 석수3동의 도로 구간에서 시험을 진행하였다. 시험 구간의 지상도로 구간 사진은 그림 5와 같다. 시험을 진행한 도로는 편도2차선 도로로 총 400m구간이다. 직선구간의 경로손실 특성을 시험하기 위하여 LOS가 가능한 200m로 시험구간을 결정하였다.

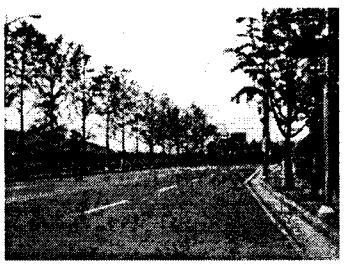

그림 5. 18GHz 무선 도로 특성시험 장소

18GHz 무선채널을 시험한 도로의 전파는 반사, 산란 등의 물리적 특성을 통해 다중 경로를 통해 수신되므로 수신된 신호는 페이딩 특성을 가진다. 측정된 경로 손실 값을 사용하여 경로 손실 모델을 유추하였다. 경로 손실 지수와 log-normal 분포를 갖는 셰도잉을 고려한 경로 손실 모델은 식 (1)과 같다[2].

$$PL(d)[dB] = \overline{PL}(d_0) + 10n\log(\frac{d}{d_0}) + X_\sigma \qquad (1)$$

여기서 n은 터널환경에 따른 경로손실지수이다. $d0$는 기준거리이며 d는 송수신기 간의 거리이다. X_σ는 셰도잉에 의한 손실값으로 표준편차가 σ이고 평균이 0인 가우시안 랜덤 변수이다.

그림 6은 지상 도로의 지상수신 경로손실 특성이다. 여기서 직선 200m거리에서 LOS가 보장된다. 지상구간에 대하여 손실 지수는 자유공간의 경로손실 지수보다 조금 낮은 값으로 경로손실이 발생하고, 도로 노면의 반사로 인하여 페이딩이 크게 발생하였다. 측정된 경로 손실 지수는 1.97이였으며, 표준편차는 5.38로 측정되었다.

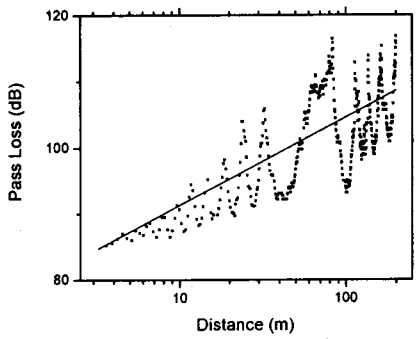

그림 6. 지상도로 지상수신 경로손실

그림 7은 지상도로의 차상수신 경로손실 특성이다. 여기서 직선 200m거리에서 LOS가 보장된다. 지상구간에 대하여 손실 지수는 자유공간의 경로손실 지수보다 다소 낮은 값으로 경로손실이 발생하였다. 도로 노면의 반사로 인하여 페이딩이 크게 발생하였다. 측정된 경로 손실 지수는 1.96이였으며, 표준편차는 5.72로 측정되었다.

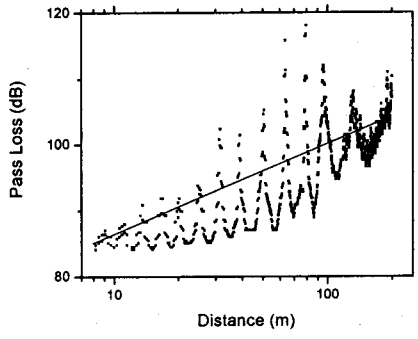

그림 7. 지상도로 차상수신 경로손실

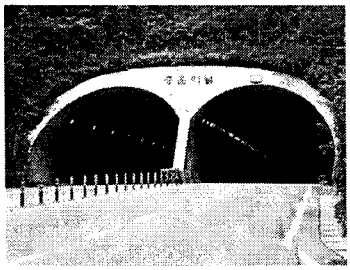

그림 8. 18GHz 무선
터널 특성시험 장소

2.2.2 18GHz 무선의 터널 특성시험

터널구간에서 18GHz 전파 특성을 시험하기 위하여 안양시 충훈터널에서 시험을 진행하였다. 시험 구간의 터널 구간 사진은 그림 8과 같다. 측정을 진행한 터널은 편도 2차선 터널로 총 900m구간이다. 경로손실 지수를 측정하기 위하여 LOS가 가능한 200m 터널 구간에 대하여 경로손실 특성을 시험하였다.

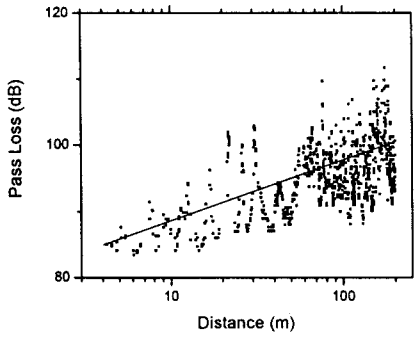

그림 9. 터널 지상수신 경로손실

그림 9는 터널 구간의 지상수신 경로손실 특성이다. 여기서 직선 200m거리에서 LOS가 보장된다. 터널 구간에 대하여 손실 지수는 자유공간의 경로손실 지수 보다 상당히 낮은 경로손실이 발생하였다. 터널 벽면 및 노면의 반사로 인하여 더 많은 페이딩이 발생하였다. 측정된 경로 손실 지수는 1.62이였으며, 표준편차는 4.34로 측정되었다.

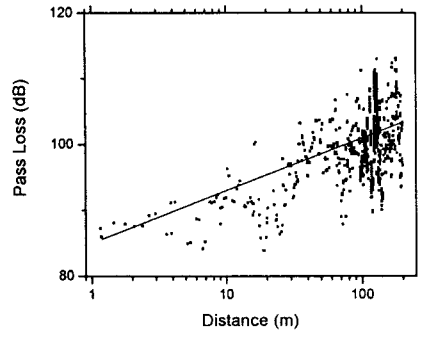

그림 10. 터널 차상수신 경로손실

그림 10은 터널 구간의 차상수신 경로손실 특성이다. 여기서 직선 200m거리에서 LOS가 보장된다. 터널 구간에 대하여 손실 지수는 자유공간의 경로손실 지수보다 상당히 낮은 값으로 경로손실이 발생하였다. 터널 벽면 및 노면의 반사로 인하여 더 크게 페이딩이 발생하였다. 측정된 경로 손실 지수는 1.71이였으며, 표준편차는 4.57로 측정되었다.

구간 유형별 경로손실지수와 표준편차를 표 2에 비교표로 나타내었다. 경로손실지수는 도로구간에 비하여 터널 구간이 낮게 측정되었다.

표 3. 18GHz 무선 경로손실 지수 및 표준편차

구간유형	영역	경로손실 지수(n)	표준편차 (s)
도로지상수신	가시	1.97	5.38
도로차상수신	가시	1.96	5.72
터널지상수신	가시	1.62	4.34
터널차상수신	가시	1.71	4.57

3. 결 론

본 논문에서는 측정을 통해 지상 도로와 지하터널에서 차지상간 양방향 무선영상전송시스템에 활용될 18GHz의 무선 전파전파 특성을 분석하였다.

철도기술연구원의 18GHz 차지상간통합데이터전송 시험시스템으로 도로구간과 터널 구간에서 시스템 특성시험을 진행하였다. 시험 시스템은 OFDM변조 방식을 사용하고 18GHz, 19GHz 무선 주파수를 사용하며, 최대 출력 20dBm과 수신 감도 -90dBm의 특성을 가진다.

직선 구간의 특성을 시험하기위하여 LOS가 가능한 도로구간과 터널구간 200m에서 경로손실특성을 시험하였다. 시험 결과 18GHz의 지상도로 구간에서 경로손실 지수는 1.97과 1.96을 가졌으며 터널 구간에서 경로 손실치는 1.62와 1.71의 경로 손실지수를 가졌다.

시험 결과 지상 도로의 경우 노면에 의한 반사 특성으로 경로손실 지수가 조금 낮게 측정되었다. 터널의 경우 터널 벽면에 벽면이 도파관 역할을 하게 되므로 경로손실지수가 상당히 낮게 측정되었다. 경로손실지수와는 별도로 다중경로의 영향으로 페이딩이 심하게 발생하였으며, 지상의 경우보다 터널의 경우가 다중경로 페이딩의 영향이 컸다.

본 논문에서 분석한 18GHz 경로손실 특성은 18GHz를 실제 활용하게 될 지상 구간 및 지상선로구간에 대한 경로손실특성에 대한 유용한 기초 자료 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

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

[참 고 문 헌]

[1] 안준오 외, "지하철 무선영상전송장치용 주파수 분배방안 연구", 정보통신부, 2007

[2] 조한신,김도윤,육종관, "지하철 터널 환경에서 2.65GHz 대역신호의 경로손실 특성", 한국통신학회논문지, vol. 31 no. 10A, pp1014-1019, 2006

[3] 송기홍, "지하철 터널 형태에 따른 2.4GHz 대역 무선영상신호의 페이딩 특성", 한국해양정보통신학회, 제12권 제2호, pp223-230, 2007

[4] 김백현, 신덕호, "열차무선시스템 최신 연구 동향", 철도학회, 07, 2004