

옥내용 이동통신시스템 설계를 위한 고층빌딩의 층간손실에 대한 실험적 분석

안종영 신균호 전정기

한국무선통신연구조합

Tel (02)3453-1890 FAX(02)3452-0797 jyahn@kowri.or.kr

Experimental Analysis for inter-floor loss in multifloored high-floor building for design of indoor mobile communication system

J.Y Ahn J.K. Jeon K.H Shin

Korea Wireless Research Institute

Tel (02)3453-1890 FAX(02)3452-0797 jyahn@kowri.or.kr

Abstract

In this paper, we measured inter-floor loss in multifloored building to surround buildings at 910MHz. Effect of inter-floor diffraction to propagate through out-surface were smaller than effect of reflection of surrounding buildings. If multifloored building were offered W-PBX service, we will have to design optimization of indoor cell to overcome time delay difference.

1. 서론

10 년의 짧은 역사에도 불구하고 국내의 이동통신서비스는 선진국의 이동통신서비스의 양과 질면에서 대등하거나 오히려 월등할 정도로 국내의 이동통신수요와 더불어 발전하였다. 이후 옥내용 이동성을 위해 W-PBX 서비스에 대한 요구도 점점 일고 있는 데 주로 사무실용으로 사용되는 고층빌딩이 그 대상이 될 것이다. 고층빌딩의 설계는 다층셀이라는 3 차원개념으로 접근해야 하기 때문에 서비스전후의 정확한 전파예측과 지속적인 전파측정은 이동통신서비스의 품질을 좌우하는 매우 중요한 일이다. 국내의 마크로셀이나 도심마이크로셀에 대한 전파예측모델은 외국의 수많은 모델

중에서 국부적인 국내지형에 대한 전파측정을 통하여 수정 또는 보상하여 채택하곤 한다. 반면에 실내의 전파환경에 대한 이론적 연구는 모델링, 알고리즘, 시뮬레이션을 통한 예측치와 전파측정을 통한 실측치와의 비교로써 많은 검증이 발표되었다. 실내 전파환경에 대한 연구 분야 중에서 특히 고층건물의 층간 손실에 대한 연구는 상대적으로 그 수가 적은 편이다. 측정을 통한 결과로부터 층간 감쇄 인자(Floor Attenuation Factor, FAF)를 추출하여 층간 경로손실을 예측하는 통계적 모델이 제안되었다. [1] [2] 이 경로손실은 FAF, 송수신안테나의 거리, 그리고 층수차의 함수로써 표현되는 데, FAF는 다양하고 복잡한 매질 때문에 건물에 따라 그 값이 달라진다. 또한 국내는 문 중에서는 영상법에 의한 광선추적기법과 건물 층간의 투과계수를 이용하여, 건물의 수직단면에서 층간 경로손실 분포를 예측하였다. [5] 또한 층간의 투과경로 외에 회절경로를 고려하기 위해 층간 투과손실을 13dB의 일정치로 두고, 건물의 외부 벽면 경로를 고려한 모델도 제안되었다. [3]

층간 손실의 정확한 예측은 일반적으로 투과손실과 회절손실의 각각 정확한 예측의 합으로 표현되는 데,

투과손실은 건물에 따라 약 15- 35dB 정도의 값으로 다양하게 나타난다. [4]층간은 콘크리트, 철제 빔, 천정 보드, 전기 배선 등으로 구성되므로 다양한 유전율과 도전율을 가진 재질로 모델링되는 데, 유전율이 높을수록, 도전율이 낮을수록, 층의 두께가 줄수록 투과 손실이 낮게 나타난다. [5] 또한 층에서의 다중 투과 및 다중 반사도 고려해야 정확한 예측이 가능하다. 옥외의 환경과 같이 송수신층의 차이가 클수록 투과파에 의한 전파크기가 미약하면 회절파가 중요 전송 경로를 갖는다. 그러나 인근 빌딩으로 둘러싸인 고층건물의 경우는 인근빌딩에 의한 반사경로도 무시할 수 없을 것이다.

본 논문에서는 800MHz 에서 900MHz 대를 사용하는 국내 셀룰라, 무선데이터 통신, 디지털 TRS, CT-2 서비스 대역중 910MHz 에서 층간 손실을 측정하고 손실 경로를 고찰해보고자 한다.

본 논문의 구성은 제 2 절에서 층간 투과경로에 대해 설명하고 제 3 절에서는 측정대상 및 측정 방법, 그리고 측정결과 및 분석을 제시하고 제 4 절에서는 결론을 맺는다.

2. 층간 투과 경로

다층건물의 층간 전파는 층간 직접투과, 천정과 바닥의 반사와 인근건물의 외벽의 반사에 의한 간접투과 및 외벽을 따라 전파되는 회절 등 다양한 전파메커니즘을 갖는다. 그림 1 은 층간 전파의 일반적인 전파경로를 나타낸다.

이 중에서 층간 직접투과와 천정과 바닥의 반사에 의한 간접투과가 층간 전파경로의 주가 된다. 그림에서 T1, T2, T3로 나타내었다. 국내에 소개된 층간 전파손실 모델링도 이 전파경로만을 고려하는 데, 층간을 손실유전체층으로 보고 층간 투과횟수만큼 투과계수를 연속적으로 곱하여 전체 투과계수를 구한다. 이 경우 투과전계는 층의 투과계수와 반사경로에 의한 전계의 곱으로 나타내고 투과가 고려된 전체 전장이 계산되면 전체 수신전력을 계산할 수 있다. [5]

송신점과 수신점이 여러 층을 사이에 두고 전파될 때

전파가 바닥이나 천정을 투과함에 따라 층간의 철근 구조에 의해 전파 투과 손실이 크게 증가한다. 그러면 회절에 의한 전파경로가 주가 된다. 그림 1에서 보면 송신점이 있는 층의 외부 창과 벽사이에서 회절되어 (S_{11}, S_{12}) 건물 밖으로 나간 전파가 건물의 외벽을 따라 전파하다가 수신점이 있는 층의 창문에 회절되어 (S_{21}, S_{22}) 다시 그 층으로 전파하여 수신점에 도달한다. (S_{31}, S_{32}) 이런 현상을 재침입파라고 하는 데 두개의 전파 경로를 갖는다. 그 중에서 $S_{12} \rightarrow S_{22} \rightarrow S_{32}$ 의 전파 경로를 갖는 회절파가 더 중요하다. 이는 회절파의 크기가 $1/(S_{12}S_{22}S_{32})$, ($i=1, 2$) 에 비례하기 때문이다

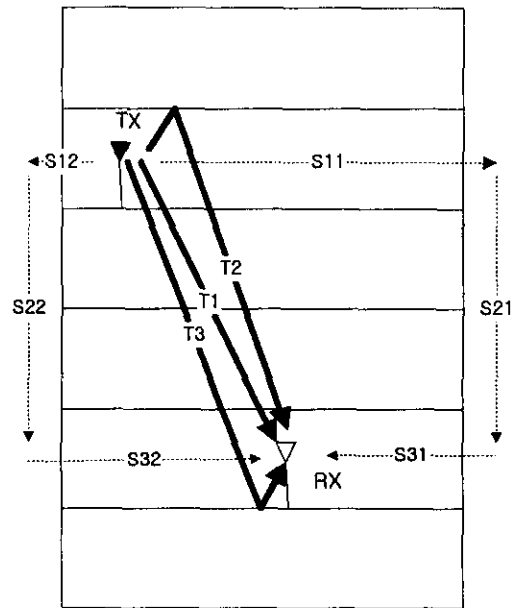


그림 1. 층간 전파 경로

3. 층간손실 측정 및 분석

3.1 측정대상 및 측정방법

층간 경로손실 측정을 위한 건물은 서울 강남구 역삼동에 위치한 녹색지팡이 빌딩이다. 이 빌딩의 주위에는 더 고층의 빌딩들이 근접하여 있다. 녹색지팡이 빌딩에 대한 평면도와 수직단면은 그림 2 와 같다. 그림 2(a)는 지상 3층부터 10 층까지의 평면도이다. 엘리베이터가 위치한 면 외에는 전부 유리로 구성되어 있다. 사무실 면적이 총면적의 70%를 차지하며 중앙은 송신점이자 수신점#1 이고 그 점과 평행하게 창문쪽은

로는 수신점 #2가 위치한다. 그림 2 (b)는 측정대상의 수직단면으로 지하 4층과 지상 12층의 고층건물로서 송신점은 지상 10층의 중앙에 고정되어 있다. 층의 두께는 12cm이고 층과 천정보드의 간격은 70cm이다.

측정은 보통 야간이나 주말을 택하여 사람의 유동성에 의한 효과를 배제하여 안정된 측정값을 얻으려고 하였다. 측정점에서의 수신전력은 블랙릿을 중심으로 반파장 떨어진 4방위의 측정점을 평균하여 정의하였다

송신점을 건물의 10층 중앙에 고정시키고 9층부터 아래로 내려가면서 3층까지 층의 중앙과 창가쪽의 수신전력을 측정하였다.

녹색지팡이 빌딩의 지하 1층부터 3층은 지하주차장으로서 다른 층에 비해 층간 회절효과가 적어 전파 무회절실로 가정하였다. 지하 3층에 송신기를 위치하고 지하 2층과 1층의 중앙에서 수신전력을 측정하여 손수한 투과에 의한 수신전력으로 간주하였다.

측정시 장비구성으로서는 송신측에는 HP8657B인 신호발생기와 CT-2 상용안테나를, 수신측에는 ROHDE & SCHWARZ의 실험수신기와 다이폴 안테나를 사용하였다. 송신출력은 10mW(= 10dBm)을 사용하였다. 이 때 송수신안테나는 모두 수직편파를 사용하였고 이득은 1dB이다. 송수신높이는 각각 1.5m, 1.2m이다.

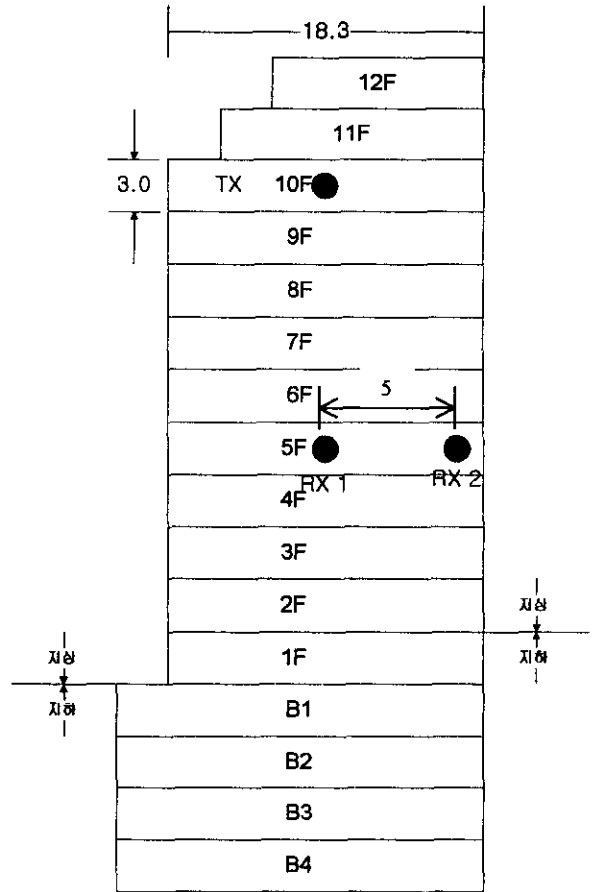


그림 2. (b) 측정대상의 수직도

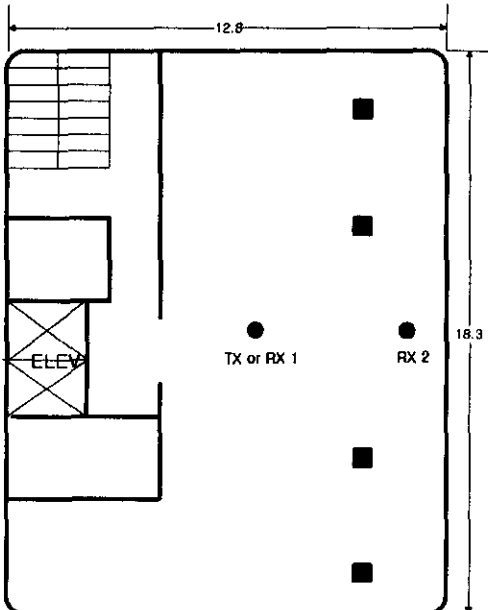


그림 2. (a) 측정대상의 평면도

3.2 측정결과 및 분석

표 1은 층간회절효과를 알아보기 위해 층의 중앙(RX1)과 창가쪽(RX2)에서 수신전력을 측정한 결과이다. 송신점의 10층과 수신점의 9층 간의 손실은 약 33dB, 9층과 8층간의 손실은 약 12dB로 나타나지만 8층이하에서는 층간 손실이 없이 거의 수신전력이 일정하게 나타났다. 또한 RX1와 RX2의 수신전력의 차이도 전혀 느껴지지 않는다. 회절의 효과는 송수신층간이 적어도 5층이하에서 나타나기 때문에 회절의 영향으로 보기에 는 무리가 있다. 사무실빌딩이 운집되어 있는 도심지역에서 한 빌딩의 전파환경은 인근빌딩들에 의한 반사에 의해 많은 도움을 받는다는 것으로 봐야 할 것이다.

층 수	RX1(dBm)	RX2(dBm)
*10 층	-27	-28.6
9 층	-59	-62.6
8 층	-71	-74.4
7 층	-72	-68.1
6 층	-70.8	-71.7
5 층	-72.4	-73.1
4 층	-73.5	-72.5
3 층	-73.8	72.1

표 1 옥내 층별 수신전력(지상)

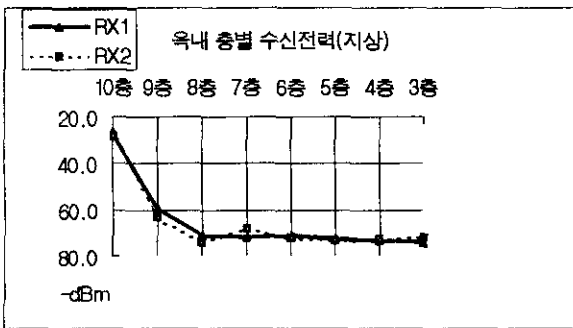


표 2는 전파무회절실로 간주한 지하주차장의 중앙에서 수신전력을 측정한 결과이다.

층 수	#1
*지하 3 층	-30.3
지하 2 층	-62.5
지하 1 층	-74.1

표 2. 옥내 층별 수신전력(지하,dBm)

표 3은 건물지상과 지하의 층간 손실을 비교한 것으로서 거의 차이가 없다는 것을 알 수 있다. 그러므로 건물지상이나 지하에서 송신점이 있는 층과 위아래로 2층 정도차이가 층은 서로 전파환경이 동일하다고 봐도 될 것이다.

층간	건물지상	건물 지하
$F_{i1} - F_{i2}$	32	32.2
$F_{b1} - F_{b2}$	12	11.6

F_i : 송신점이 있는 층

F_{i1} : F_i 와 위아래로 1층차이나는 층

F_{i2} : F_i 와 위아래로 2층차이나는 층

표 3. 건물지상과 지하 층간 손실

4. 결론

본 논문에서는 인근 고층빌딩으로 둘러 싸인 한 사무실빌딩의 각 층의 수신전력을 측정함으로써 층간 손실을 구하고 층간 손실환경을 고찰하였다. 건물외벽을 따라 전파되는 층간 회절의 영향은 인근 빌딩에 의한 반사의 영향보다 미약하였다.

이러한 전파환경을 가진 고층빌딩에 W-PBX 서비스를 제공하면 외부반사에 의한 시간지연차를 극복하기 위해서는 최적화된 옥내 셀설계가 필요하다. 그러기 위해서는 옥내외전파환경이 종합적으로 고려된 전파측정이 선행되어야 할 것이다.

[참고문헌]

[1] S.Y.Seidel and T.S.Rappaport, "914MHz path loss prediction model for indoor wireless communications in multifloored building," IEEE Trans.Antennas Propagat., vol.40,no.2,pp.207-217,Feb.1992

[2]T.S.Rappaport, Wireless Communications, IEEE Press, PP.126-127,1996

[3] W.Honcharenko, H.L.Bertoni,and D.Dailing,"Mechaisms governing Propagation between different floors in buildings,"IEEE Trans.Antennas Propagat ., vol.41, no.6, pp.787-790, june 1993

[4] K.M.Ju,C.C.Chiang,H.S.Liaw,and S.L.Her, "Radio Propagation in office buildings at 1.8GHz,"in 7th IEEE Int. Symp.PIMRC 96, vol.3,pp.766-770,Oct.1996

[5] 정백호, 김채영, "고층 건물의 층간 경로손실 예측 모델", Telecommunication s Review"pp.507-513, 1997