

실내 환경에서 통계적 모델링을 위한 손실인자 분석

이권익, 홍성욱, 강부식, 김홍수
제주대학교 공과대학 통신공학과
E-mail : kjfather@hanmail.net

Analysis of Loss Factor for Statistical Modeling for Indoor Environment

Kwoun-Ig Lee, Seong-Wook Hong, Boo-Sik Kang, Heung-Soo Kim
Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.
E-mail : kjfather@hanmail.net

Abstract

In this paper, indoor propagation characteristics are analyzed for various environments such as corridors, walls and corners. In order to present the statistical model for indoor environments the loss factors of each case are obtained by linear regression analysis method with the function of logarithmic distance between transmitter and receiver.

I. 서론

현재의 무선 통신망은 음성과 저속 데이터 서비스를 위주로 이동전화 및 무선 패킷 데이터 망, 그리고 무선 LAN 등을 주축으로 성장하고 있으며, 무선 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증대됨에 따라 IMT-2000, 무선 ATM 통신망에 대한 연구 및 개발이 이루어지고 있다. 무선 ATM 시스템은 Radio ATM과 Mobile ATM라는 두 개의 부 시스템을 통합한 개념으로 볼 수 있으며, 각 부 시스템은 각각 무선 접속을 통해 고정망의 ATM 서비스를 무선 구간으로 확장하여 ATM 단말기에 이동성 기능을 제공한다[1].

일반적인 무선 ATM 물리 계층의 요구사항은 마이

크로 셀 반경이 100~500m, 전송률이 25Mbps이상, 전력은 100mW이하, 낮은 에러율 등으로 요약된다. 무선 물리계층에 필요한 기술적인 사항은 적절한 주파수 대역, 안테나 특성, 무선 셀 반경, 전력, 주파수 재사용을 고려한 마이크로 셀 할당 등이다[1]. 사용 주파수 대역과 안테나 그리고 전력은 적절하게 선택할 수 있으나 주어진 전파 환경에서의 셀 반경은 측정으로 확인하여야 하며, 그로 인하여 주파수 재사용을 고려한 마이크로 셀 할당에 대한 계획을 세울 수 있다. 그러므로 실내외에 대하여 전파 전파에 영향을 주는 여러 요인에 대한 분석과 다양한 환경에서의 전파 모델을 제시할 필요가 있다.

건물 내에서 송·수신기 주변의 물체는 무선 채널에서의 전파 특성에 심각한 영향을 미친다. 따라서 물리적인 주위 환경이 전파 환경에 어떻게 영향을 미치는가를 이해하는 것이 중요하다. 다수의 연구자들이 건물 내에서의 무선 전파를 측정하였고 결과를 통계적으로 모델링 하였다[2][3].

본 연구에서는 2.4GHz 주파수 대역에서 CW 신호를 사용하여 건물 내에서 복도, 벽 및 모퉁이에 대한 다양한 환경에 따른 전파 특성을 분석하고, 경로손실에 대한 통계적 모델을 예측하기 위해 손실인자를 제시하

이 논문은 1998년도 정보통신부 우수대학원 지원사업에 의해 수행된 연구임.

었다. 통계적 분석은 각각의 환경에서 송·수신간의 대수 거리에 대한 선형회귀분석법을 적용하였다[4] [5].

II. 건물내 전파의 통계적 모델

건물 내에서의 전파전파 특성은 송신기와 수신기 주변의 환경이 매우 강하게 영향을 끼친다. 따라서 건물내의 전파전파 특성을 분석하기 위해서는 건물 내부의 환경에 대한 이해가 필요하며 각 환경이 전파전파 특성에 미치는 영향을 분석하는 일은 매우 중요한 과제이다[6].

II-1. 통계적 모델

일반적으로 전파경로 손실은 주파수가 높아질수록 또는 전파 경로가 길어질수록 증가한다. 그 중에서 전파전파는 식(1)과 같이 거리가 증가함에 따라 거리의 n 승에 비례하여 경로손실이 증가한다.

$$\overline{PL}(d) \propto \left(\frac{d}{d_0}\right)^n \quad (1)$$

여기서 \overline{PL} 은 평균 경로 손실이고 n 은 평균 경로 손실 성분이다. d_0 는 기준 거리이고, d 는 송·수신 구간 거리이다.

자유공간에서의 전파 손실은 송신 전력, 안테나 이득, 주파수 또는 파장과 거리의 함수이다. 두 개의 파라미터 L_{OB} 와 G_{RM} 은 각각 장애물 또는 다중 반사에 의한 이득에 기인한 손실 항이다. 따라서 수신 전력 P_R 을 나타내면 다음 식과 같다.

$$P_R = P_T + G_T + G_R + L_F + L_{OB} + G_{RM} \quad (2)$$

여기서

P_T, P_R = 송·수신 전력

G_T, G_R = 송·수신 안테나 이득

L_{OB} = 장애물에 의한 손실

G_{RM} = 반사에 의한 손실

이고 자유공간 손실 L_F 는 다음과 같다.

$$L_F = 20 \log_{10}(\lambda/4\pi d) \quad (3)$$

본 연구에서는 건물내의 다양한 환경에서의 L_{OB} 와 G_{RM} 값을 결정한다. 각각은 선형회귀분석법에 의해 $Y = A + B \log_{10}(d)$ 로 모델링 한다[7].

II-2. 복도에서의 전파 전파

복도에서의 전파전파 분석은 거리에 따른 자유공간 전파전파 측정 수신 전압의 차인 ΔG_{RM} 을 결정하고 대수 거리 d 와 ΔG_{RM} 의 관계로부터 선형회귀분석식을 계산하여 반사에 의한 손실 G_{RM} 을 구한다. 표1에서 복도A와 B는 송신기 후면은 막혀있고 있고 수신기 후면은 넓게 트여 있는 환경이며, 복도 A와는 달리 B는 20-35m 거리에는 트인 공간으로 구성되어 있다. 표 1에 각 복도별 경로손실의 선형회귀계수를 나타내었다. 표 1에 나타난 것처럼 복도별 경로손실 기울기는 평균 7.045dB이며 상관계수는 -0.6정도이다.

표1. 복도별 선형회귀계수

Table 1. Linear regression coefficient in corridor

	절편A	기울기B	상관계수 R
복도A	4.95	-5.41	-0.6
복도B	10.16	-8.68	-0.63
평균	7.41	-7.045	

II-3. 벽 투과에 의한 손실

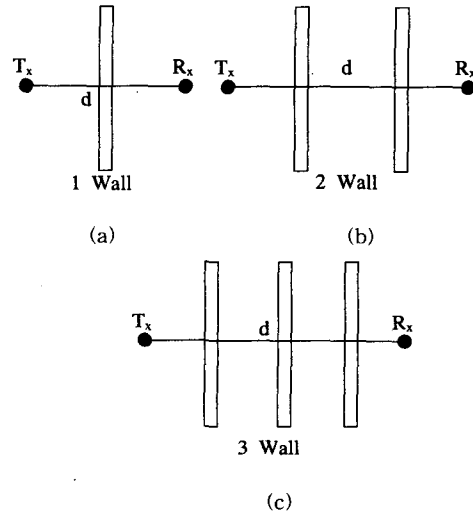


그림1. 벽 투과 전파

Fig 1. Transmission through wall

벽 투과에 의한 경로손실은 그림1과 같은 전파 환경에 대해 각각에 대한 선형회귀분석 계수를 종합하여 벽 수에 따른 손실을 통계분석 하였다.

각각의 환경은 실험실과 연구실로 배치되어 있는 공

간에서 거리 d 를 일정하게 유지하고 중심으로부터 $d/2$ 만큼 떨어진 위치에 송·수신기를 설치한 환경을 나타내었다.

표2. 벽 수에 따른 선형회귀계수

Table 2. Linear regression coefficient through wall n

	절편(A)	기울기(B)
1 Wall	-24.7	8.01
2 Wall	-67.26	44.39
3 Wall	-64.24	21.86
4 Wall	-80.66	33.43

표2는 벽에 의한 손실을 구하기 위해서 송·수신점 사이에 장애물이 없을 때의 경로 손실을 자유공간의 경로손실로 가정하고 측정지점에서의 자유공간 손실과 각각의 경우에서 수신기의 측정점을 일정한 간격으로 선정하여 측정된 데이터와의 비교를 통해 벽에 의한 손실을 선형회귀분석식을 이용하여 구하였다.

II-4. 비가시거리(NLOS) 손실

복도의 모퉁이에서 거리에 따른 회절 손실을 그림 2에 표시된 파라미터를 사용하여 이론식을 유도한 값과 측정 데이터의 차에 의한 회귀분석식을 구하여 회절 손실을 구하였다.

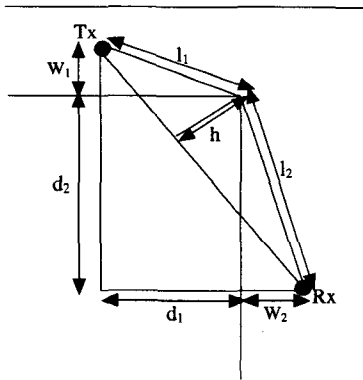


그림 2. 비가시거리 전파 환경

Fig 2. Propagation environment for non-line of sight

그림 2에서 장애물 높이 h 는 회절 손실식 ν 를 계산하는데 이용되는 파라미터로서 이 값과 ΔL_{OB} 에 의해 표 3과 같은 회귀분석식을 구하였다. 여기서 ΔL_{OB} 는 측정값과 이론값 차이이다.

표 3. 비가시거리에 대한 선형회귀분석 계수

Table 3. Linear regression coefficient for non-line of sight

	값	오차	상관계수 R
절편 A	16.35	1.15	0.95
기울기 B	4.41	0.44	

III. 측정결과 및 고찰

건물내 전파전파의 통계적 예측 모델은 복도, 벽 투과 및 회절 현상을 평가하기 위해 대수 거리에 의한 선형회귀 분석식을 적용하여 계산한 L_{OB} 와 G_{RM} 을 분석하였다.

III-1. 복도

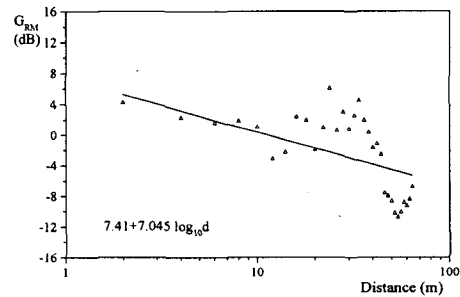


그림 3. 복도 B에서의 감쇠

Fig 3. Attenuation (gain) in corridor B (without obstruction)

그림 3으로부터 복도의 끝과 20~35m 구간에서는 비교적 확트인 공간으로 일반적으로 구형으로 이루어진 복도에 비해 신호의 변화폭이 심하고 높은 경로 손실 기울기를 가지며 자유공간손실에 비해 더 높은 경로손실을 보인다.

III-2. 벽 투과 손실

표2와 그림 4를 이용하여 경로 손실 기울기에 대한 평균값과 벽 수에 대한 회귀분석식을 적용 함으로서 자유공간에서의 초과 손실을 구하면 다음식과 같다.

$$L_{OB} = -4.51 - 11.11n + 21.7 \log_{10}(d) \quad (4)$$

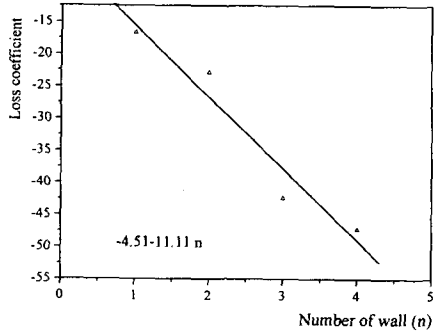


그림 4. 벽 수에 따른 손실 계수

Fig 4. Coefficient of loss for number of wall n

III-3. 회절

쇄기형 장애물에 대한 회절 이론에서 장애물 높이 파라미터항 h 변화에 따른 자유공간에 대한 초과 경로 손실을 통계적으로 모델링 하였다.

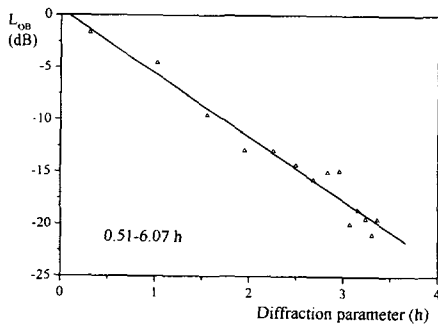


그림 5. 비가시거리에 대한 자유공간 초과손실

Fig 5. Attenuation in excess of free space for non-line of sight

IV. 결 론

본 논문에서는 실내 전파 환경에 대한 측정 데이터로부터 선형회귀분석법을 적용하여 각 환경에 대해서 통계적으로 모델링하기 위해 손실 인자를 분석하였다.

초과 경로 손실 인자인 L_{OB} 와 G_{RM} 각각은 복도, 벽, 모서리 회절에 대해서 반사, 투과 및 회절 현상에 대해 거리 d , 벽 수 n 와 회절계수 h 의 변화에 따른 전파환경을 통계적으로 분석, 제시하였다.

참고문헌

- [1] 한국전자통신연구원, "무선 ATM 기술개론", 진한 도서, pp.1-9, 1998.
- [2] S.Y. Seidel and T.S. Rappaport, "914MHz Path Prediction Models for Indoor Wireless Communications in Multifloored Buildings", IEEE Trans. A.P. Vol. 40, No.2, pp.207-217, Feb., 1992.
- [3] T.S. Rappaport, "Characterization of UHF multipath radio channels in factory building", IEEE Trans. A.P., Vol.37, pp.1058-1069, Aug. 1989.
- [4] E. C. Bryant, "Statistical Analysis", McGRAW-Hill, pp.123-140, 1966.
- [5] 김우철외, "일반통계학", 영진문화사, pp.306 -340, 1998.
- [6] William C.Y.Lee, "Mobile Cellular Telecommunication Systems", McGRAW-Hill, 1990.
- [7] Jean. F.L., and Michel L., "Measurement and Modeling of Propagation Losses in a Building at 900MHz", IEEE Trans. V.T. Vol. 39, No.2, pp.101-108, May. 1990.