

전파추적기법을 이용한 마이크로셀 도심지 환경에서의 전파특성에 관한 연구

김희중*, 김관홍*, 박병성*, 박한규*

* : 연세대학교 전파공학과

서울시 서대문구 신촌동 134 (우) 120-749

The Propagation Characteristics using Ray tracing in Urban area

H.J.Kim*, K.H.Kim*, B.S.Park*, H.K.Park*

* : Yonsei Univ. Dept of Radio Comm. Eng.

134, Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul, KOREA, 120-749

Abstract

In high frequency environment such as microcell, it is required to adopt a new method different from the empirical channel modeling applied in macrocell. In this thesis, measurement for residential area in Simrimdong and the result of the simulation are compared and analyzed. Simulation technique utilizes 3D ray launching method to consider some factors which were not included in the ray tracing method. Propagation environment in the urban area shows the typical channel characteristics of the propagation environment. Using 3D ray launching method, pathloss of the wave and delay characteristics of the signal with respect to the height of the transmitter is researched. If the transmitter is located on the top of the building, radiowave experiences diffraction on the rooftop and it influences the total received signal strength.

I. 서론

이동통신 서비스가 이루어지고 있는 도심지 마이크로셀 환경에서는 건물 내부의 일부 또는 수 개의 건물이 서비스 영역이 되므로 기지국과 이동국간의 전파환경에 크게 의존하게 된다[1~2]. 몇 개의 건물 군으로 이루어진 도심지나 주거지와 같은 정형화된 건물이 존재하는 환경에서의 전파는 건물의 벽, 천장 및 지면반사등과 같은 많은 전파장애물에 의해 반사와 투과 그리고 회절을 겪으면서 전파하게

된다[3~4]. 주된 전파경로를 찾을 수 있는 광원방사법은 전파 장애물이 밀집된 환경에서의 전파전파 예측을 위한 방법으로 특히 작은 지역 범위에서 정확하고 효과적이다. 광선방출기법은 계산이 복잡하기는 하지만 다양한 환경에서도 정확하게 전파를 예측할 수 있는 방법으로 진계강도의 예측 뿐만이 아니라 디지털 통신망 설계에 필요한 채널의 지연분산 특성의 계산을 위하여도 매우 유용한 방법이다.

본 논문에서는 마이크로셀이나 피코셀 영역에 적용될 수 있는 3차원 Ray tracing을 이용하여 전파를 예측한다. 본 논문에서 사용된 3차원 Ray tracing은 기존의 2차원적인 Ray tracing기법에 전파의 수직적인 성분을 추가하는 방식으로 건물 지붕위로의 전파성분을 고려하고 건물 위의 수평모서리에 의한 회절을 고려한 방법이다[5].

II. Ray tracing 구조

건물의 지붕 높이에 위치한 송신안테나를 기준으로 건물구조에서 수직 방향의 건물벽을 고려하면서 수평면상에서 전파의 방향을 구별한다[6].

전파와 건물벽이 만나게 되면 그림 2-1 과 같이 각 교차점에서 반사와 회절의 두 방향으로 전파가 진행하게 되고 반사로 결정된 교차점은 또다른 반사점과 회절점을 만든다. 전체 경로 손실은 반사계수와 회절계수의 자유공간 손실 곱에 의해 결정되고, 반사계수는 수직 또는 수평면파에 대해 각각 구한다. 모서리에서의 회절은 UTD 회절 계수의 곱으로써 근사한다.

광원으로부터의 수직 방향으로의 전파 범위는 건물이

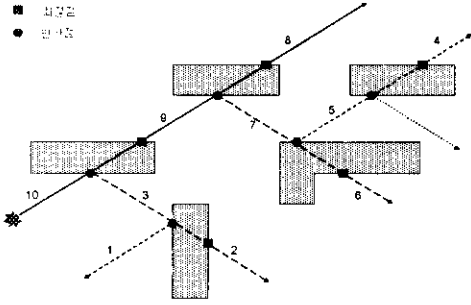


그림 2-1. 건물에서의 반사점과 회절점

존재하지 않을 때 무한범위를 갖지만, 전파가 장애물을 만나게 되면 광원의 위치에 따라 전파범위가 제한된다.

전파경로 추적은 각 수신단에 의해 송신단에서의 전파 방향, 전체 경로 길이, 수신단에서의 도달 방향, 그리고 수신단에서의 전파의 전력밀도 등의 정보를 포함한 각각의 정보를 저장한다.

III. 측정방법

도심지 주거지역 형태의 정형화된 건물들이 존재하는 아파트 단지를 대상으로 측정하였다.

그림 3-1 은 측정장소인 신림동 주거지역을 나타내는 지도이다. 송신단과 수신단의 높이에 따라 비가시 거리를 중심으로 측정하였다. 건물 지붕과 지상에 각각 송신 안테나를 설치하여 수신세기를 전계강도로 측정하고 측정자료와 시뮬레이션의 결과를 비교하였다. 수신 경로의 시작은 '●'로 나타내고, 수신 경로는 '→'로 각각 나타내었다. 신림동 아파트 단지는 각 아파트 옥상에 지물이 다양하게 분포되어 산란체가 많이 존재하고, 건물간의 간격과 각 건물의 높이가 일정한 특성을 갖고 있다.

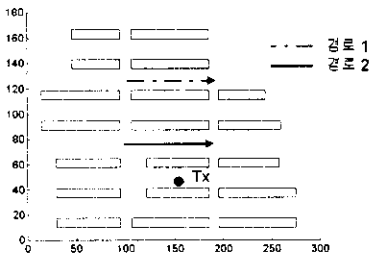


그림 3-1. 신림동 아파트 단지의 측정지도

그림 3-2 은 전계강도 측정시스템의 블록도를 나타낸다. 전계강도 측정 시스템은 크게 송신부와 수신부로 나눌 수 있다. 송신단 안테나는 건물의 높이에 해당하는 15m 높

이의 건물 옥상근처에 설치되어 있으며, 수신단 안테나는 지면으로부터 2m 높이에 위치한다.

일정한 속도(약 3km/h)로 주행하는 차량에 수신안테나를 고정하고 0.5초마다 데이터를 획득하였다. 이때의 송신기 발진 주파수는 IMT-2000-8 주파수대역에 해당하는 마이크로셀 환경에서의 경로손실을 연구하기 위해 각각 2GHz로 고정하였고 송신 출력은 19dBm으로 하였다.

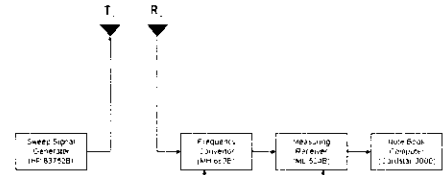


그림 3-2. 측정 시스템

IV. 측정 및 시뮬레이션 결과 비교

안테나의 높이에 따른 측정결과 비교와 수신단의 위치에 따른 신호레벨의 측정결과를 시뮬레이션의 결과와 비교함으로써 3차원 광원방사법의 유용성에 대해 검증한다.

측정은 높이에 따른 전파측정과 전파측정환경에 따른 전파측정의 두가지를 기본으로 하였다. 실측한 신림동 아파트 단지는 3차원 지형데이터를 구축하여 그림 4-1 과 같이 도시할 수 있다.

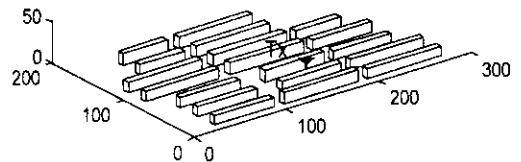


그림 4-1. 신림동 아파트 단지의 3차원적 데이터

측정된 아파트 단지에서는 지면에서 약 2~3m정도 크기의 나무들에 의한 산란과 건물옥상의 가건물들에 의한 산란현상이 공존한다. 그림 4-2 와 그림 4-3, 그림 4-4 와 그림 4-5 는 송신단의 높이에 따른 수신신호에 대한 경로손실관계를 실제 측정된 값과 시뮬레이션의 결과값과 각각 비교하여 나타낸 것이다.

경로 1의 경우에 높이에 따른 수신레벨의 차이가 건물 옥상에서의 회절로 인한 건물위로 진행하는 전파에 의해 수신레벨의 차이를 보이고 있다.

그림 4-3 의 경우 경로손실이 평균적으로 잡음에 가까운 -140dB를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과에 의하면

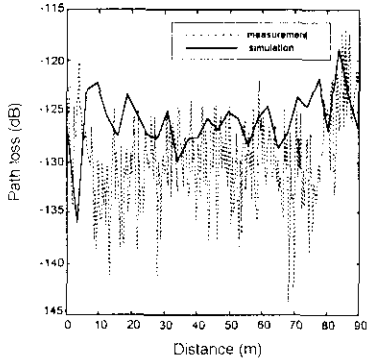


그림 4-2. 경로 1에서의 수신전력(Tx의 높이:15m)

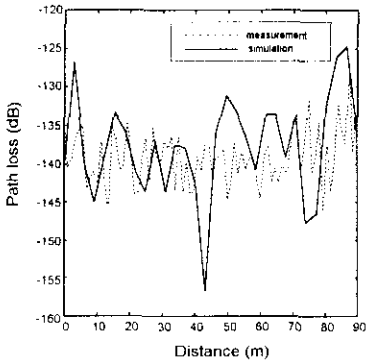


그림 4-3. 경로 1에서의 수신전력(Tx의 높이:2m)

송신단이 높게 위치한 경우 평균 경로손실 차이가 송신단이 낮게 위치한 경우와 비교할 때 약 15dB 정도로 나타나고, 측정결과를 비교할 때 약 7~10dB 정도의 차이 보인다. 선속과의 오차는 건물의 옥외에 놓여진 산란체들과 내부에 의한 산란현상으로 인한 수신레벨의 감소로 보인다.

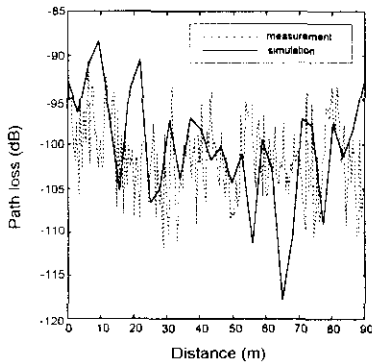


그림 4-4. 경로 2에서의 수신전력(Tx의 높이:15m)

경로 2의 경우 송신단과 수신단의 거리와 전파경로차에 의한 결과로 경로 1과 비교시 20~35dB 정도 높은 수신전력값을 갖는다. 그림 4-5 와 같이 송신단의 높이가 낮게 위치한 경로 2에서 수신단이 아파트의 도포에 존재하는 수신거리 0~30m 사이는 송신단과 수신단 사이의 거리 및 전파경로가 매우 가깝게 위치함으로 평균적으로 약 10dB 정도의 높은 결과값을 얻을 수 있다.

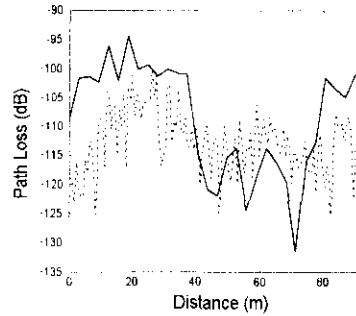


그림 4-5. 경로 2에서의 수신전력(Tx의 높이:2m)

V. 시간 지연 결과 분석

산란 및 다중 경로 현상은 전송채널의 특성은 매우 복잡하게 만들며, 이러한 특성은 또한 시간에 따라 변화한다. 3차원 광원방사법에 의해 얻은 결과를 이용하여 수신단에 들어오는 각 신호들에 대한 지연특성을 송신단의 높이에 따라 각각 구할 수 있다. 주로 수신단으로 수신된 신호는 건물의 지붕 및 2차원적인 반사와 최첨단 다양한 신호성분들의 합으로서 구성되므로 송신단과 수신단의 직선거리에 의해 수신신호의 지연이 결정되는 경향을 보인다.

그림 5-1 은 신림동 아파트단지에서 송신안테나의 높이

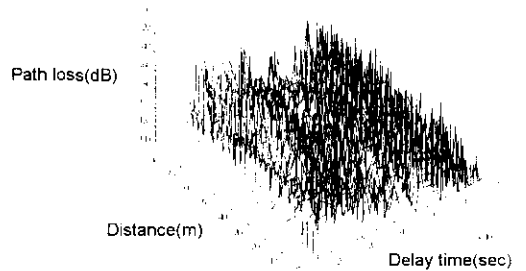


그림 5-1. 경로 2에서의 시간지연결과(Tx의 높이:15m)

가 15m 이내의 시간지연 결과를 나타낸다.

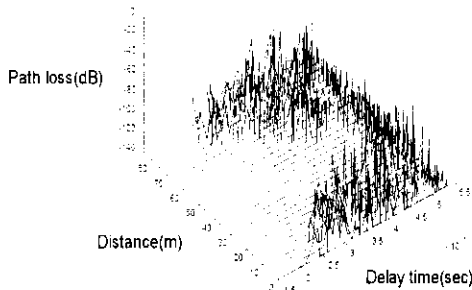


그림 5-2. 경로 2에서의 시간지연결과(Tx의 높이:2m)

송신단의 높이가 높게 위치한 경우 건물 위로 진행된 신호와 건물사이의 도로를 따라서 반사만으로 진행된 신호와의 수신 경로의 차이가 거의 같은 결과값을 가지므로 신호가 고르게 수신됨을 알 수 있다.

그림 5-2 는 송신 안테나의 높이가 2m일 때의 수신신호에 따른 신호의 지연관계를 나타낸다. 아파트가 10~70m사이에 존재함을 신호지연의 프로파일을 이용하여 알 수 있다. 송신안테나가 낮게 위치함에 따라 건물의 유무에 따른 신호의 지연이 분명함을 보인다.

V. 결 론

본 논문에서는 3차원 광원 방사법을 이용하여 기존의 2차원적 해석상에서 분체가 되었던 건물의 지붕에서 발생하는 전파에 대한 예측의 한계성을 극복하여 좀더 정확한 결과를 유도하였다. 송·수신단의 높이와 지형 지물의 높이를 고려함으로써 실제 이용되고 있는 이동통신 시스템의 환경과 접근이 가능해졌다. 이 알고리즘은 효율적으로 이용가능함으로 모든 도시적 영역에서의 전파전파를 예측할 수 있게 한다. 또한 다중경로 전파로 인한 거리에 따른 지연시간을 계산할 수 있다.

본 논문은 마이크로셀 환경에서의 주거지역에 대한 측정 및 시뮬레이션 결과를 비교하였고, 비교결과에 의해 3차원 광원방사법의 타당성을 입증하였다. 그러나 3차원 광원추적시 측정장소는 이상적인 환경을 가정하여 시뮬레이션은 하였고 각 건물에 해당하는 정확한 유전율값과 유리 및 지붕위에 설치된 산란체들을 고려하지 못하였다. 이러한 전파장애 요소들에 의해서 실제 측정값과 시뮬레이션의 결과값 사이에 오차가 발생하게 된다. 향후 연구할 내용으

로는 이러한 전파장애요소인 보행자와 자동차등의 이동체들에 의해 발생하는 임의의 산란체들과 또다른 형태의 산란체인 터널, 다리, 고가도로등과 같은 구조물에 의해 발생하는 오차에 대한 각각의 보정계수를 구하여 좀더 정확한 전파예측을 가능하게 하는 것이다.

VI. 참 고 문 헌

- [1] Walter H.W. Tuttlebee, *Cordless Telecommunication Worldwide*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1997.
- [2] H.H. Xia, H.L. Bertoni, L.R.Maciél, A. Lindsay-Stewart, and R. Rowe, "Microcellular Propagation Characteristics for Personal Communications in Urban and Suburban Environments", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 43, no. 743-752, August 1994.
- [3] Leonard Piazzi, George Liang, Henry L. Bertoni, "Comparison of Measurement Based and Site Specific Ray Based Microcellular Path Loss Predictions", *IEEE 46th Vehicular Technology Conference*, pp. 656-660, 1996.
- [4] Dongsoo Har, Howard H. Xia, Henry L. Bertoni, "Path Loss Formulas for PCS Microcells Based on Environmental Parameters", *IEEE 46th Vehicular Technology Conference*, pp. 832-836, 1996.
- [5] George Liang, Henry L. Bertoni, "A New Approach to 3D Ray Tracing for Site Specific Propagation Modeling", *IEEE 17th Vehicular Technology Conference*, pp.1113-1117, 1997.
- [6] J. B. Keller, "Geometrical Theory of Diffraction", *Journal of the Optical Society of America*, vol. 52, no. 2, pp. 116-130, February 1962.