

3.4, 5.3, 6.4 GHz 대역 신호의 가시 및 비가시 구간에서의 경로손실 특성

° 조 한 신*, 박 병 성*, 육 종 관*, 박 한 규*, 이 정 수**

* 연세대학교 전지전자공학과.

** SK텔레콤 네트워크 연구원

E-mail : gminor@yonsei.ac.kr

LOS and NLOS Path-loss Characteristics at 3.4, 5.3, and 6.4 GHz in an Urban Environment

° Han-Shin Jo, Byoung-Seong Park, Jong-Gwan Yook, Han-Kyu Park
Yonsei University.

Abstract

This paper presents the a measured path-loss characteristics in urban line-of-sight(LOS) and non line-of-sight(NLOS) environments for 3.4, 5.3, amd 6.4 GHz band signals. A two-ray model is applied to analyse the path-loss charateristics in LOS areas. In LOS areas, an empirical break point, whose distance is shorter than a theoretical break point, is founded. Further, a sudden power level drop occurs at a transition point from LOS region to NLOS area and different path-loss exponents are occured various cases. The power level drop due to corner loss and path-loss exponents both increase as the distance between the transmitter and the corner increases.

Key words : Urban LOS, Urban NLOS, Path-loss, Break point, Corner loss

I. 서 론

4세대 이동통신용 주파수의 경우 국제적 흐름에 비추어 3~8 GHz 대역이 가장 유력하다. 이처럼 4세대 이동통신은 기존의 2, 3세대 이동통신보다 높은 주파수를 이용하고 대용량 멀티미디어 데이터의 고속전송을 보장할 수 있어야 한다. 이러한 요구사항을 만족할 수 있는 통신시스템의 구축을 위해서는 3~8 GHz 대역의 전파전파특성에 대한 연구가 선행되어야 한다.

일반적으로 주파수가 증가 할수록 전파의 경로 손실은 증가한다[1]. 따라서 이용 주파수가 증가하면 셀룰러 방식의 이동 통신 시스템에서 하나의 기지국이 커버할 수 있는 영역은 줄어든다. 또한 이동국의 분포밀도가 높은 도심지역의 경우 채널용량의 한계로 인해 기지국의 커버영역이 더욱 줄어들 수밖에 없다. 따라서 본 연

구는 3.4, 5.3, 6.4 GHz 에 대하여 도심 지역 내 수백 미터 정도의 가시구간과 비가시 구간 경로손실 특성을 분석하였다. 가시구간과 비가시구간의 경로손실에 관한 보다 정확한 송수신단간의 거리 데이터를 얻기 위해 GPS신호 수신 장치를 이용하였다.

본 연구를 통해 다른 주파수를 적용한 가시, 비가시 구간에 관한 기존의 연구[2][3]와 전반적으로 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 가시구간의 측정에서 break point의 존재를 확인하였고 측정을 통해 얻어진 break point는 이론값보다 작았다. 그리고 주파수가 증가함에 따라 break point와 송수신단간의 거리(break point 거리)는 증가하였다. 비가시구간의 측정에서 코너부근의 전계강도가 급격히 감소하는 현상을 관찰할 수 있었다.

II. 측정 장치 구성

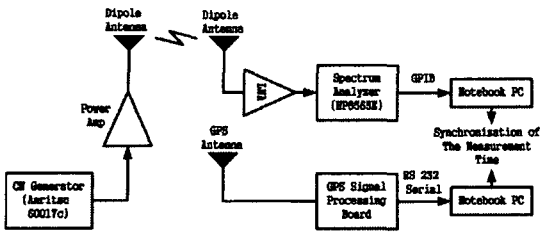


그림 1. 송수신단의 구성

표 1. 송수신 시스템의 출력 파워 및 대역 이득

	주파수(GHz)		
	3.4	5.3	6.4
CW Generator출력(dBm)	-20	10	-10
Power Amp Gain(dB)	48	16	38
LNA이득	35.7	37.6	35.2

그림 1에서 볼 수 있듯이 측정시스템은 송신단과 수신단으로 구성되어 있으며 측정 주파수에 따라 Power Amp와 LNA를 교체하여 장치를 구성하였다. 송신단은 CW(continuous wave)신호발생기, power amp, 송신 안테나, 그리고 각 시스템 구성 장치를 연결하기 위한 RF cable로 구성되어 있다. 수신단은 송신단 으로부터 방사된 CW신호를 수신하는 부분과 GPS신호를 수신하는 부분으로 구성되어 있다.

CW신호를 수신하는 부분은 수신 안테나, LNA, 스펙트럼 분석기, 노트북 컴퓨터로 구성된다. 수신안테나, LNA, 스펙트럼 분석기는 RF cable로 연결되어 있고 스펙트럼분석기와 노트북 컴퓨터는 GPIB cable로 연결되어 있다.

GPS 신호를 수신하는 부분은 GPS수신 안테나, GPS 신호 처리 보드, 노트북 컴퓨터로 구성된다. GPS 신호 처리 보드에서 나온 정보는 RS232 프로토콜을 이용하는 직렬 포트(serial port)를 통해 노트북컴퓨터로 입력 된다. GPS신호와 CW신호는 각각 측정된 시간 정보를 이용하여 동기를 맞춘 후 위치에 대해 환산하였다

송신단은 송신위치로 결정한 지점에 지지대를 이용해 적절한 높이에 안테나를 위치시키며 RF케이블을 이용해 CW Generator와 LNA에 연결되어 있다. 수신안테나와 GPS안테나는 차량 지붕 위 같은 위치에 설치하였다. 표 1 은 측정에 사용된 각 주파수별 송수신 시스템의 출력 및 대역이득을 나타낸다

시스템의 출력 및 대역이득을 나타낸다

III. 가시구간(LOS)의 경로손실

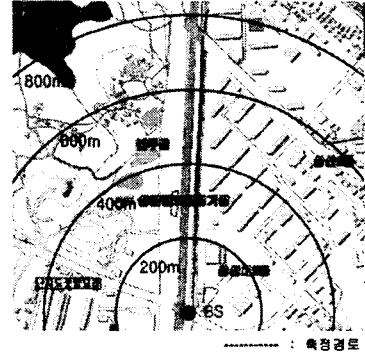


그림 2. 가시구간 측정지역

송수신단간의 가시영역이 확보되는 가시경로구간의 특성을 고려해 볼 때, 가시경로의 경로손실 특성은 2-ray 지면 반사 모델을 적용하는 것이 적합하다[4]. 2-ray 지면 반사 모델은 자유 공간 모델에 지면에 의한 반사파를 고려하며 기본전송손실은 하나의breakpoint와 두 기울기로 나타낼 수 있다. 근사적인 하한값은 식 (1) 로 표현 가능하다[5].

$$L_{LOS,l} = L_{bp} + \begin{cases} 20 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \geq R_{bp} \end{cases} \quad (1)$$

여기서 R_{bp} 는 breakpoint 거리이며 다음과 같이 주어진다.

$$R_{bp} = \frac{4h_t h_r}{\lambda} \quad (2)$$

h_t 는 송신안테나의 높이이고 h_r 은 수신안테나의 높이이다. 근접한 상한값은 다음 식(3)으로 나타낼 수 있다.

$$L_{LOS,u} = L_{bp} + 20 + \begin{cases} 25 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \geq R_{bp} \end{cases} \quad (3)$$

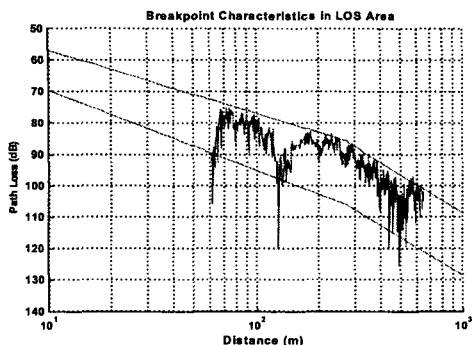


그림 3 주파수 3.4 GHz 신호의 가시구간 경로손실

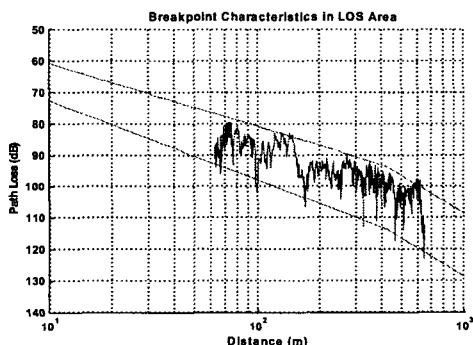


그림 4 주파수 5.3 GHz 신호의 가시구간 경로손실

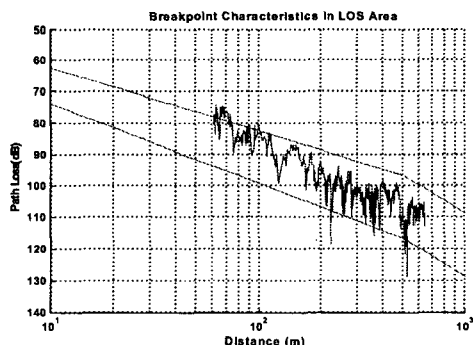


그림 5 주파수 6.4 GHz 신호의 가시구간 경로손실

표 2 이론과 측정에 의해 결정된 break point

	주파수(GHz)		
	3.4	5.3	6.4
이론에 의한 break point거리(m)	272	424	512
측정에 의한 break point 거리(m)	250	400	480

L_{bp} 는 breakpoint에서 기본 전송 손실 값을 나타내며 다음과 같이 정의된다.

$$L_{bp} = \left| 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda^2}{8\pi h_t h_r} \right) \right| \quad (4)$$

본 연구에서 가시구간 경로손실 특성을 분석하기 위해 측정을 시행한 지역은 그림 2 와 같다. 직선구간은 약700 m이며 측정시작위치는 송신단 으로부터 약50 m 정도 떨어진 지점이다. 송신단의 높이는 3 m이고 수신단의 높이는 2 m이다.

그림 3, 4, 5 는 가시구간에서 측정된 각 주파수에 따른 경로 손실 특성을 보여준다. 경로 손실 데이터의 위아래 경계를 이루는 직선은 식(1)과 (3)의 2-ray 모델에서 상한과 하한을 나타내며, 각 직선이 꺾이는 지점이 식(2)에 의한 이론적인 break point 지점이다. 측정에 의한 break point는 최소자승법을 응용하여 구할 수 있다[6]. 3.4, 5.3, 6.4 GHz 에 대한 경로 손실데이터는 상하한선 내에 위치하고 있다.

표 2 에서 볼 수 있듯이 break point의 위치는 주파수가 증가함에 따라 증가하며 수식(2) 로부터 얻어지는 이론적인 값보다 약간 작은 값을 보인다. 이러한 현상이 발생하는 이유는 송수단간에 위치하는 차량이나 보행자가 반사체로 작용하여 반사파의 반사지점이 지면보다 높아지기 때문이다[7].

IV. 비가시(NLOS)구간의 경로손실

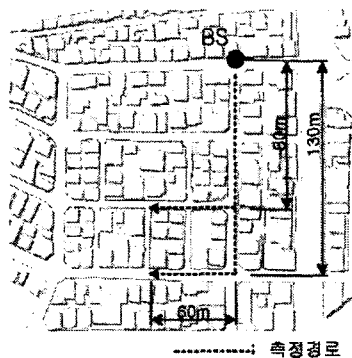


그림 6 비가시구간 측정지역

코너 손실을 측정된 지역은 4~5층 높이의 건물이 밀집해 있는 지역이다. 그림 6 에서 볼 수 있듯이 측정 경로에 두 개의 코너지점이 있다. 송신단(BS)으로부터 첫 번째 코너까지의 거리(가시영역 구간의 거리)는 80 m 이고 두 번째 코너까지의 거리(가시영역 구간의 거리)는

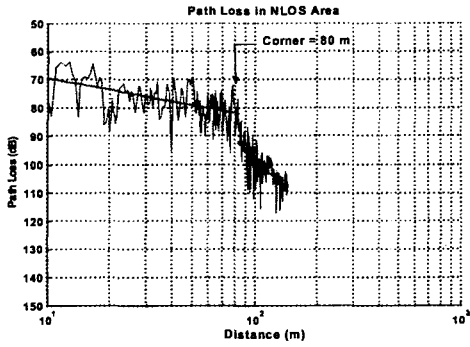


그림 7 코너에 의한 경로손실특성 ($f = 3.4$ GHz, 코너=80 m)

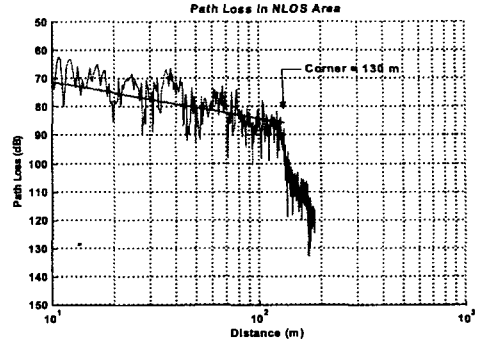


그림 10 코너에 의한 경로손실특성 ($f = 5.3$ GHz, 코너=130 m)

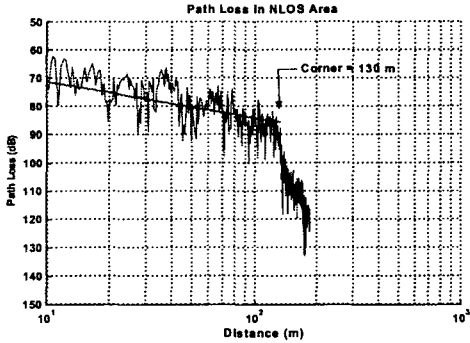


그림 8 코너에 의한 경로손실특성 ($f = 3.4$ GHz, 코너=130 m)

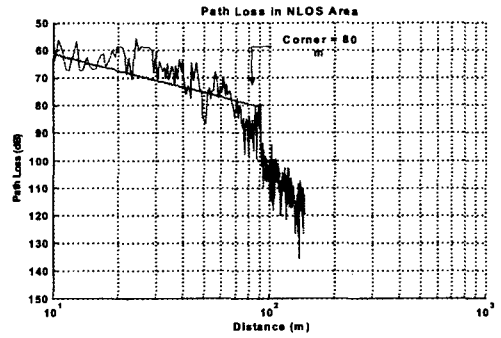


그림 11 코너에 의한 경로손실특성 ($f = 6.4$ GHz, 코너=80 m)

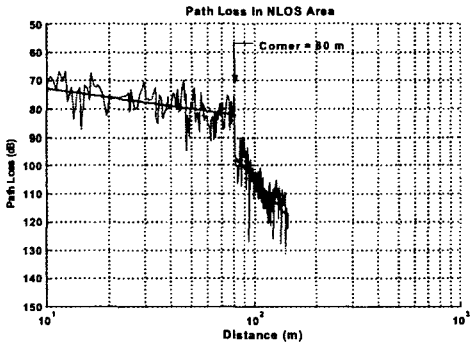


그림 9 코너에 의한 경로손실특성 ($f = 5.3$ GHz, 코너=80 m)

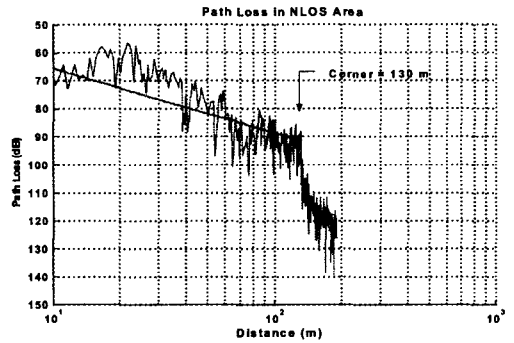


그림 12 코너에 의한 경로손실특성 ($f = 6.4$ GHz, 코너=130 m)

표 3 코너위치에 따른 비가시영역의 주파수별 경로손실특성

	주파수(GHz)					
	3.4		5.3		6.4	
코너까지의 거리(m)	80	130	80	130	80	130
가시영역에서 경로손실지수	1.3	1.3	1.0	1.0	2.0	2.3
비가시영역에서 경로손실지수	7.2	14.8	8.1	12.4	10.0	12.2
코너에서 전력감소(dB)	10	13	12	14	15	19

130 m이며 비가시영역의 거리는 60 m이다. 가시영역 구간의 도로폭은 6 m 이고 첫번째 코너를 지나서 비가시 영역 구간의 도로폭은 4.6 m, 두번째 코너를 지나서 비가시 영역 구간의 도로폭은 6 m이다. 송신단의 높이는 3.6 m이고 수신단의 높이는 2 m이다.

각 주파수에 대해 두 가지 경로를 이동하며 GPS데이터의 수신전력 데이터를 얻었다. 첫번째 경로는 80m지점의 코너에서 비가시 영역으로 진입하는 140m구간이 두번째 경로는 130m지점의 코너에서 비가시 영역으로 진입하는 190m구간이다. 또한 사람이나 차량에 의한

효과를 줄이기 위해 유동인구가 없는 시간대에 측정하였다.

그림 7~12는 가시영역과 비가시영역의 경로손실 데이터를 나타낸다. 코너 이전까지의 부분이 가시영역에서 경로손실 데이터이며 코너 이후의 부분이 비가시영역에서 경로손실 데이터를 나타낸다. 그리고 가시, 비가시 영역에 대해 최소자승법(least square method)을 이용하여 경로손실의 추세를 보다 간략한 직선으로 나타내었다.

두 구간에서 직선의 기울기를 비교해 보면 주파수에 관계없이 비가시구간의 경로 손실이 가시구간보다 급하게 증가하고 있다. 특히 송신단과 코너간의 거리가 증가할수록 경로손실이 급격히 증가하고 있음을 알 수 있다. 또한 가시영역에서 비가시 영역으로 넘어가는 지점에서 수신전력의 갑작스런 강하현상도 관찰할 수 있으며 코너의 거리가 증가할수록 수신전력의 강하폭이 증가함을 알 수 있다. 이처럼 코너의 거리가 증가할수록 수신전력의 강하폭이 증가하고 경로손실 기울기가 증가하는 이유는 코너의 거리가 멀수록 비가시 영역에 도달할 수 있는 반사파의 양의 줄어들기 때문이다 [2][8]. 표 3은 주파수와 코너의 위치에 따른 비가시 영역에서 경로손실 특성을 나타낸다.

V. 결론

본 연구에서 도심의 가시구간과 비가시 구간에서 경로 손실 특성을 측정 분석하였다. 가시영역과 비가시영역의 전파전파 특성을 얻기에 적합한 지역을 선정된 뒤 송수신 시스템을 설치하고 수신전력을 측정하였다. 그리고 보다 정확한 송수신단간의 거리 데이터를 얻기 위해 GPS신호 수신 장치를 이용하였다.

가시영역에서 각 주파수에 대한 경로 손실데이터는 이론적인 경계 내에 위치하며 break point 거리는 이론적인 값보다 약 10%이하로 작았다. 한편 측정 주파수가 증가함에 따라 break point 거리는 증가하였다.

비가시 구간에서 코너에 의한 경로 손실 특성을 분석한 결과 주파수에 관계없이 비가시 구간에서 경로 손실이 가시 구간보다 급하게 증가하고 있음을 알 수 있었다. 코너에 의한 전력의 손실은 약 10~19 dB 정도였다. 그리고 동일한 주파수에 대해 코너의 거리가 증가할수록 코너 이후 비가시 구간의 경로손실 지수와 코너에서 발

생하는 수신전력의 강하폭이 증가했다. 본 연구를 통해 4세대 이동통신 시스템의 구축에 도움이 될 것이라 기대한다.

감사의 글

본 연구는 SKTelecom 사의 차세대 이동 무선 환경에서의 전파모델링 연구 사업의 지원으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] J. D. Parsons, *The Mobile Radio Propagation Channel Second Edition*, Pentech Press Publishers, London, 1996.
- [2] Vinko Erceg, Saeed Ghassemzadeh, Maxwell Taylor, Dong Li, "Urban/Suburban Out-of-Sight Propagation Modeling", *IEEE Commun. Mag.*, pp.56-61, June 1992.
- [3] H. Masui, M. Ishii, K. Sakawa, H. Shimizu, T. Kobayashi, M. Akaike, "Microwave Path-loss Characteristics in Urban LOS and NLOS Environments", in *Proc. 53rd IEEE VTC 2001 Spring*, vol.1, pp. 395-398.
- [4] Theodore S. Rappaport, *Wireless Communications Principles and Practice*, Prentice Hall, 1996.
- [5] L. B. Milstein, et al., "On the Feasibility of a CDMA Overlay for personal Communications Networks", *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, May 1992.
- [6] H. Masui, M. Ishii, K. Sakawa, H. Shimizu, T. Kobayashi, M. Akaike, "Upper-and Lower-Bound Evaluations in Microwave Urban LOS Propagation", *IEE 11th International Conference on Antennas and Propagation* pp. 419-422, April 2001.
- [7] Yasuhiro Oda, Koichi Tsunekawa, Masaharu Hata, "Advanced LOS Path-Loss Model in Microcellular Mobile Communications", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 49, no. 6, pp. 2121-2125, November 2000.
- [8] Vinko Erceg, A.J. Rustako, Jr., R. S. Roman, "Diffraction Around Corners and Ots Effects on the Microcell Coverage Area in Urban and Suburban Environments at 900MHz, 2GHz, and 6 GHz", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 43, no. 3, pp. 762-766, August 1994.