

# 전파환경에 따른 밀리미터파 대역 경로손실 측정 및 분석

## The Measurement and Analysis of Path Loss in Millimeter-Wave Band for Different Propagation Environments

정남호\* · 백정기\* · 김준철\*\* · 황정환\* · 한동필\*

Nam-Ho Jeong\* · Jeong-Ki Pack\* · Jun-Chul Kim\*\* · Jung-Hwan Hwang\* · Dong-Pil Han\*

### 요 약

본 논문에서는 27 GHz에서 전파환경별 경로손실을 측정하고, 각 수신지점에서 5분간 측정된 경로손실 데이터의 중앙값, 최대값, 최소값을 선형회귀 모델로 모델링하고 분석하였다. 측정 결과를 살펴볼 때, 밀리미터파 대역 가시경로의 경우에도 도심이나 부심 환경에서는 추가의 경로손실을 고려해야 할 것으로 생각된다.

### Abstract

In this paper, path losses in millimeter-wave band for different propagation environments are measured, and the results are analyzed by modeling the median, maximum, and minimum values of the measurement data for each site, which are recorded for 5 minutes, with a linear regression model. The measurement data shows that in urban and suburban environments, extra path loss must be taken into account for line-of-sight path, even in millimeter wave band.

### I. 서 론

UHF 및 마이크로파 대역 무선통신의 수요증가로 사용 주파수 대역이 점진적으로 높아지고 있으며, 현재 LMDS(Local Multipoint Distribution System), LMCS (Local Multipoint Communication System), P-MP 시스템(Point-to-Multipoint System), RLAN (Radio Local Area Network), WLL(Wireless Local Loop), 단거리 점대점 무선중계시스템(Point-to-Point Radio Relay System) 등 다양한 밀리미터파 대역 시스템들이 연구 개발되고 있다.

밀리미터파 대역 시스템에서는 회절손실이 기존의 UHF 및 마이크로파 대역 통신에 비해 크기 때문에 기본적으로 가시경로 통신을 기본으로 하며, 따

라서 기존 대역과는 경로손실 모델이 달라져야 한다<sup>[1],[2]</sup>. 서비스 반경이 2~3 km 정도가 되면 picocell 등에서 사용되는 ray-tracing 기법에 의한 sight-specific 모델을 사용하기 어려우므로<sup>[3],[4]</sup> 밀리미터 파 대역 가시경로 통신에 대한 일반적인(sight-independent) 모델이 개발되어야 한다.

해외에서는 밀리미터파 대역에서 전파환경에 따른 경로손실에 대한 측정 및 모델링 연구가 수년 전부터 꾸준히 계속되고 있으나 국내에서는 현재 국내 환경에 대한 체계적인 측정 데이터가 거의 없다. Papazian 등은 LMDS 시스템의 cell 설계를 위해, 미국의 전형적인 주거지역에서 임의의 수신점에서의 수신신호 레벨을 측정함으로써 cell coverage에 대한 통계적인 모델링을 시도한 바 있고<sup>[5]</sup>, ITU-R

\* 충남대학교 공과대학 전파공학과(Dept. of Radio Science & Engineering, Chungnam Nat'l Univ.)

\*\* 한국통신 연구개발본부 가입자망연구소(Access Network Lab., R&D Group, Korea Telecom)

· 논문 번호 : 991118-104

· 수정완료일자 : 1999년 12월 29일

에서는 최근 point-to-multipoint 시스템에서 건물높이를 포함한 지형정보와 강우강도의 2차원적인 공간분포를 이용하여, 건물의 차단(blocking)이나 강우감쇠에 대한 cell coverage의 통계적 예측방법에 대한 권고서 초안이 발표되었다<sup>[6]</sup>. 그러나 ITU-R 모델을 이용하기 위해서는 우선적으로 국내의 정확한 3차원 지형정보 및 강우강도의 2차원적 공간분포에 대한 데이터가 필요하다.

본 연구실에서는 국내환경에서 밀리미터파 대역 무선망 설계시 전파경로상의 주변환경이 주어졌을 때 수신전력을 예측할 수 있는 전파 모델 개발을 위해 전파환경별 경로손실, 수풀손실, 강우감쇠 등에 대한 측정을 수행해 왔다. 본 논문에서는 강우감쇠 및 수풀손실이 없는 가시경로에 대한 27 GHz에서의 전파환경별 경로손실 측정결과를 제시하고 전파환경 변화에 따른 경로손실 특성을 분석하였다.

## II. 전파환경 분류 및 측정 환경

본 논문에서는 밀리미터파 대역에서 전파환경 변화에 따른 가시경로상의 경로손실 특성을 알아보기 위해 건물의 높이와 밀집도에 따라 표 1과 같이 도심, 부심, 개방지로 나누었으며, 작게는 도심을 밀집도심과 도심으로, 개방지를 농촌과 개활지로 각각 세분하여 총 5개의 세부지역으로 나누었다.

전파환경별 경로손실 측정은 대전과 충남지역을 중심으로 대분류 환경별 6개 사이트, 총 18개 사이트

표 1. 전파환경 분류

Table 1. Classification of propagation environment.

대분류	소분류	전 파 환 경
도심	밀집도심	15층 이상의 건물 밀집지역
	도심	5~15층 건물로 구성된 지역
부심	부심	5층 이하의 건물로 구성된 지역
개방지	농촌	3m 이하의 주택이 있는 촌락 지역
	개활지	가시 경로가 확보된 완전 개활지 및 구릉지

트에서 측정이 이루어졌으며, 전체 측정 사이트는 표 2와 같다. 각 측정 사이트별로 송신기와 수신기 간에 가시경로가 잘 확보되도록 송신기의 위치(건물의 옥상)를 선택하였으며, 측정사이트별 송신안테나의 지면에 대한 높이는 표 2와 같다(실제 지형의 고도가 고려된 높이는 아님). 수신안테나는 측정차량(van)의 지붕위에 설치된 수평, 수직방향 회전 모터가 있는 설치대에 탑재하였고, 수신안테나의 높이는 지면으로부터 3m이다. 측정주파수는 27 GHz, 편파는 수직편파이며, 측정차량에는 위치 측정용 GPS도 탑재되어 있다.

수신안테나 높이와 송신건물 옥상에서의 안테나 배치와 방향성 등을 고려하여 각 사이트 당 8~10개의 장소를 수신지점으로 선정하였다. 각 사이트별로 기지국을 중심으로 2~4 km 지역까지 측정하였

표 2. 측정 사이트 및 송신안테나의 높이

Table 2. Measurement sites and transmitting antenna height for each sight.

대분류	소분류	측정사이트	송신안테나 높이(m)
도심	밀집도심	대전 둔산동	39
		대전 삼천동	39
	도심	대전 오정동	37
		대전 월평동	25
		대전 유천동	30
		대전 도룡동	17
부심	부심	대전 홍도동	36
		대전 문화동	39
		대전 괴정동	13
		대전 용문동	37
		대전 대사동	37
		대전 목동	37
개방지	농촌	논산 부인리	3
		논산 우기리	8
		대전 구암동	26
	개활지	대전 중촌동	37
		논산 부창동	15
		논산 도흥리	18

으며, 수신지점 간의 간격을 200 ~ 300 m로 유지하였다. 각 측정 지점에서 수신전력이 최대가 되도록 송수신안테나의 방향을 조정한 후, 1초 단위의 수신전력을 컴퓨터 화면을 통해 모니터 하면서 GPS의 위치 데이터와 함께 5분씩 기록하였다.

그림 1은 전형적인 도심 환경에 속하는 대전 오정동 지역의 송신지점과 각 수신지점의 위치 및 수신지점에서의 수신전력의 중앙값(median)을 예로 보여주고 있으며, 동일 지역 송신건물 옥상에서 바라본 수신지역의 사진은 그림 2와 같다.

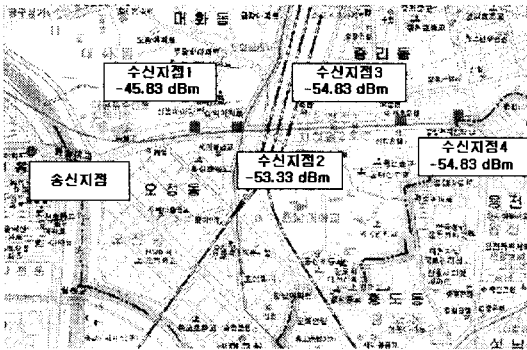


그림 1. 측정 지점 예시도(대전 오정동)  
Fig. 1. Map of a measurement site (Ojung-dong, Taejeon).

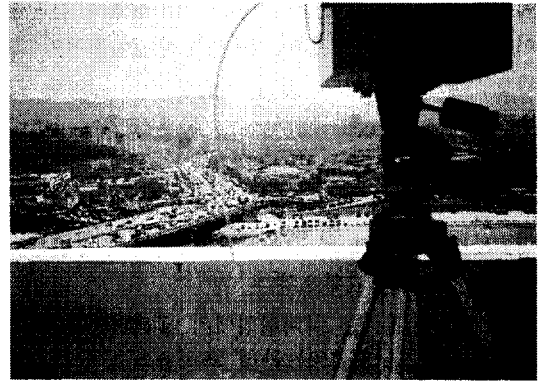


그림 2. 측정 환경 사진(대전 오정동)  
Fig. 2. Picture of a measurement environment(Ojung-dong, Taejeon).

### Ⅲ. 측정 시스템

그림 3은 측정에 사용된 송신단과 수신단의 시스템 구성도이며, 27 GHz의 측정주파수에 대한 송신단과 수신단의 제원은 각각 표 3과 표 4에 나타나 있다. 송신단은 신호발생기, 송신 RF Box, 송신 안테나로 구성되고, 수신단은 스펙트럼 분석기, 수신 RF Box, 수신 안테나로 구성되어 있다. 신호발생기와 스펙트럼 분석기는 각각 HP83650L과 HP8564E를 사용하였고, 송·수신 RF Box에는 각각 전력증

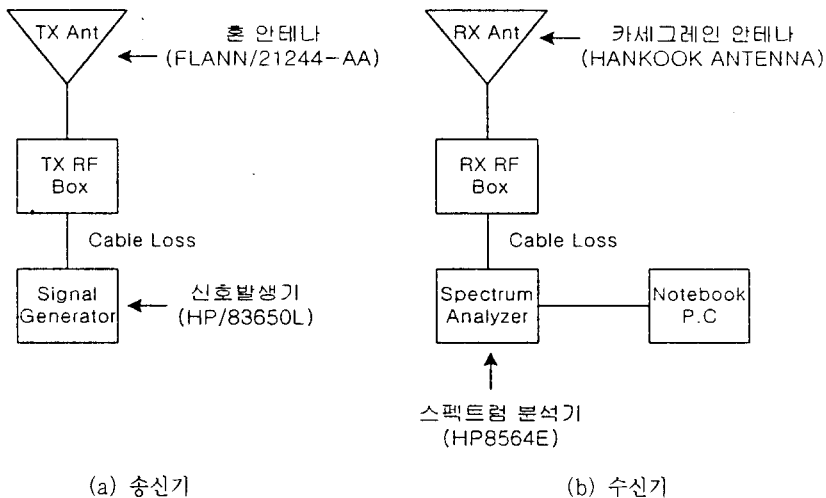


그림 3. 시스템 구성도  
Fig. 3. Block diagram of the measurement system.

표 3. 송신부 제원

Table 3. Specification of the transmitter.

송신기 출력	-11.3 dBm
케이블 손실	4.2 dB
TX RF Box	34.8 dB
안테나 이득	14.7 dB
EIRP	34.0 dBm

표 4. 수신부 제원

Table 4. Specification of the receiver.

안테나 이득	30.0 dB
RX RF Box	18.3 dB
케이블 손실	6.5 dB
Total Gain	41.8 dB

폭기와 저잡음증폭기가 내장되어 있다. 송신 안테나는 수평방향 빔폭이 약 60°, 수직방향 빔폭이 약 12°인 혼 안테나이고, 수신 안테나는 수평·수직방향 빔폭이 모두 약 4°인 카세그레인 안테나이다.

송·수신안테나 모두 RF Box에 직접 연결되어 있으며, 송신 RF Box는 삼각지대 위에, 수신 RF Box는 측정차량 지붕에 있는 로터에 부착하여 측정을 수행하였다.

표 3과 표 4에 주어진 것과 같이 송신 EIRP가 34.0 dBm이고 수신단의 총이득이 41.8 dB이므로 다음 식을 이용하여 수신전력, 즉 스펙트럼 분석기 출력(S.A. Level)으로부터 경로손실값을 구할 수 있다.

$$L(dB) = EIRP + RX\ Gain - S.A.\ Level$$

$$= 75.8 - S.A.\ Level \quad (1)$$

#### IV. 경로손실 측정 결과

그림 4는 도심 환경에 속하는 대전 오정동 지역의 송수신기간 거리가 900 m 되는 지점에서의 시간에 따른 수신 레벨이고, 그림 5는 같은 도심 환경에 속하며 송·수신간의 가시경로상에 도로의 반사면이 매우 근접하게 위치해 있는 대전 유천동 지역의

송·수신기간 거리가 2580 m 되는 지점에서의 수신 레벨을 나타낸 것으로, 그림 4와 그림 5를 비교해 볼 때 거리가 먼 지점에서의 수신레벨의 변화폭이 큰 것을 볼 수 있다.

이는 주로 도로상의 차량 및 지면의 반사에 의한 것으로 송수신안테나의 높이가 동일한 경우에 거리가 멀수록 지면으로부터의 반사각이 적어져서 반사파가 송수신안테나의 빔 축에 가까워지고 이로 인해 반사파의 영향이 커지기 때문이다. 또한, 이 경우 ISB(Incident Shadow Boundary)로부터의 회절각도 적기 때문에 회절파의 영향도 증가한다. 따라서, 수신안테나의 이득이 높은 가시경로 통신에서는 송신

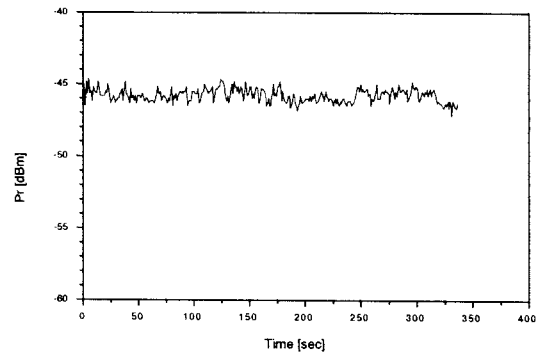


그림 4. 송·수신기간 거리 900 m 지점에서의 수신 레벨(dBm) (대전 오정동 지역)  
Fig. 4. Received power level(dBm) at the distance of 900 m (Ojung-dong, Taejon).

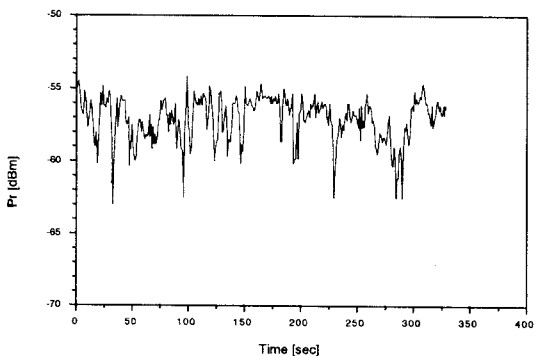


그림 5. 송·수신기간 거리 2,580 m 지점에서의 수신 레벨(dBm) (대전 유천동 지역)  
Fig. 5. Received power level(dBm) at the distance of 2,580 m (Yucheon-dong, Taejon).

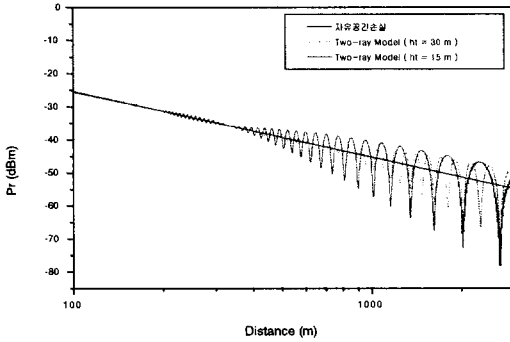


그림 6. Two-ray 모델에 의한 송·수신기간 거리에 따른 한 시점의 수신전력 분포

Fig. 6. Instantaneous distribution of received power along a propagation path, calculated from two-ray model.

안테나의 높이가 낮고 송수신기간 거리가 멀수록 다중경로 전파의 간섭에 의해 수신레벨의 변화폭이 커지게 된다.

그림 6은 송신안테나의 높이가 15 m 와 30 m, 수신안테나의 높이가 3 m일 때, 직접파와 지면 반사파, 그리고 본 측정에 사용된 수신안테나의 패턴을 고려한 two-ray 모델을 사용하여 계산한, 어느 한 시점에서의 경로상의 수신전력을 보인 것이다. 송신부와 수신부의 이득은 표 2와 3에 주어진 값과 동일하게 두었다. 한 측정지점에서 수신전력은 시간에 따라 그림 6에 보인 전력의 변동폭 정도로 변화할 것이므로, 그림 6으로부터 송신안테나의 높이 및 경로길이에 따른 반사파의 영향을 알 수 있다.

### V. 측정 결과 분석

먼저 측정 환경별 경로손실 특성을 알아보기 위해 각 수신지점에서 얻어진 5분간의 수신신호 레벨들을 식 (1)을 사용하여 경로손실 값으로 변환한 후, 그 중앙값(median)을 취한 결과를 분석하였다. 도심, 부심, 개방지의 대분류 측정환경별 경로손실 특성을 그림 7~9에 보였다.

전파환경별 경로손실 특성을 모델링하기 위해

$$L(dB) = a + b \log R \quad (2)$$

의 선형 회귀분석 모델을 사용하였다. 여기서  $R$ 은

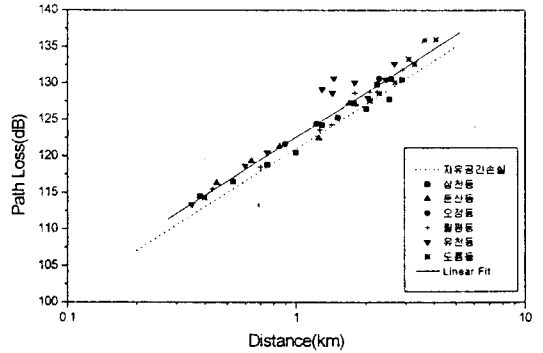


그림 7. 도심환경의 경로손실 특성  
Fig. 7. Characteristics of path loss in urban environments.

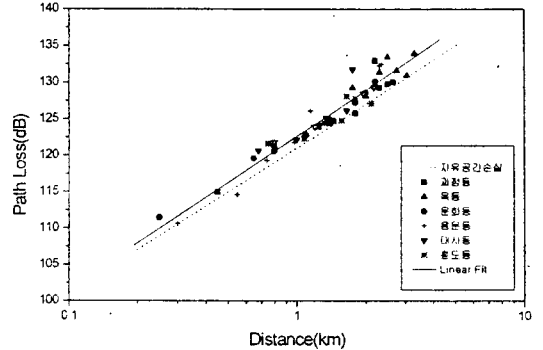


그림 8. 부심환경의 경로손실 특성  
Fig. 8. Characteristics of path loss in suburban environments.

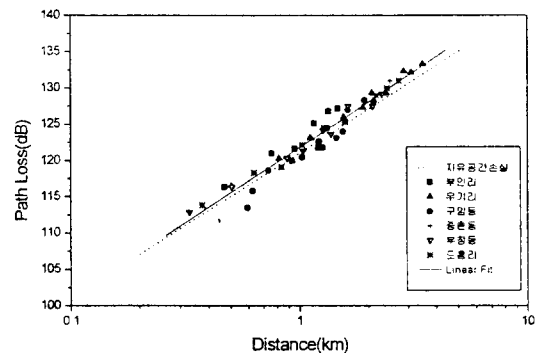


그림 9. 개방지환경의 경로손실 특성  
Fig. 9. Characteristics of path loss in rural environments.

경로 길이를 나타낸다. 전파환경별 경로손실의 중앙값을 식 (2)의 함수로 모델링한 결과를 그림 7 ~ 9 에 자유공간 손실과 함께 나타내었으며, 각 환경에 대한 변수  $a$ 와  $b$ 의 값을 표 5에 정리하였다. 단, 표 1에 주어진 도심과 밀집도심, 농촌과 개활지는 소분류별 특성 차이가 크지 않았기 때문에 대분류 전파환경별로 모델링 하였다.

식 (2)에서 변수는 거리에 따른 경로손실(dB)의 기울기를 나타내는 것으로, 도심환경에서는 자유공간에서의 값 20과 동일하나 부심과 개방지 환경에서는 다소 높은 것으로 나타났다. 그리고, 변수  $a$ 는 자유공간손실에 대한 추가의 손실성분과 관계되며, 자유공간에서의 값 121과 비교할 때 도심과 부심의 경우 1.6 정도의 차이를 보였으며 개방지의 경우는 도심과 부심이 개방지에 비해 다소 적게 나타났다.

변수  $a$ 와 변수  $b$ 는 지면이나 차량에 의한 반사, 그리고 주변건물이나 경로상의 도로표지판, 육교 등의 장애물에 의한 산란 손실의 정도에 따라 그 값이 달라진다. 그림 6에 보인 것과 같이 지면이나 차량에 의한 반사파는 수신안테나의 이득이 높기 때문에 송·수신안테나의 높이에 비해 송·수신기간 거리가 충분히 멀어서 반사파가 빔축에 가까울수록 그 영향이 크며, 가까운 거리에서는 그 영향이 거의 없다. 앞 절에서 언급하였듯이 한 측정지점에서의 수신전력은 시간에 따라 그림 6에 보인 변동폭 정도로 변화할 것이며, 그림 6에서 알 수 있듯이 송·수신기간 거리가 먼 지점에서는 이러한 변동의 중앙값이 자유공간에서의 수신전력보다 적기 때문에 반사파에 의한 경로손실이 증가할 것이다.

개방지의 경우는 장애물에 의한 산란손실이 거의 없기 때문에 그림 9에 보인 것처럼 가까운 거리에서의 경로손실은 자유공간 손실과 거의 같으나 거리가 증가할수록 반사파에 의한 손실이 증가하게 되므로, 변수가 자유공간 값보다 크게 된다. 부심의 경우는 개방지에 비해 주변 장애물에 의한 산란손실이 더 크기 때문에, 변수의 값은 거의 같으나 변수의 값은 약 1 dB 정도 더 크다. 도심은 부심보다 주변 장애물이 더 많기 때문에, 그림 7에 보인 것처럼 가까운 거리에서의 경로손실이 부심보다 크고, 거리에 따른 경로손실의 기울기가 자유공간에 대한 값과 동일하다. 이것은 도심환경에서는 산란손실에 비해 반사파의 영향이 상대적으로 적은 것을 보여 주고 있다.

참고로 표 6은 회귀분석 모델에 대한 각 측정 환경별 경로손실 중앙값 분포의 통계량을 보인 것이다. 경로손실 중앙값 분포의 표준편차는 도심환경에서 1.49 dB 정도로 가장 크게 나타났으며, 부심환경과 개방지환경에 대해 각각 1.43, 1.16 dB로 나타났

표 6. 회귀분석 모델에 대한 경로손실 중앙치 분포의 통계량

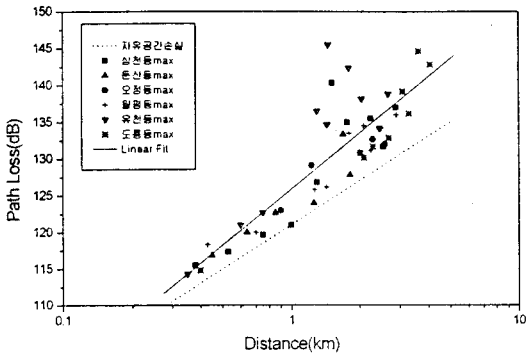
Table 6. Statistics for the variation of median values from the regression model.

통 계 량	표준편차(dB)	최소값(dB)	최대값(dB)
도 심	1.49	-4.74	2.93
부 심	1.43	-3.85	2.62
개 방 지	1.16	-2.46	3.56

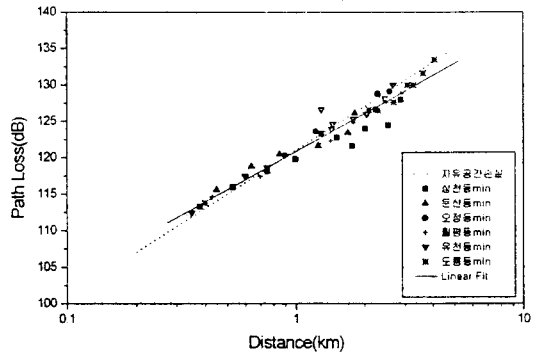
표 5. 27 GHz 대역에서의 전파환경별 경로손실 모델 변수값

Table 5. Values of the parameters of the path-loss model for different propagation environments in 27 GHz band.

전파환경 \ 모델변수	a			b		
	Min.	Median	Max.	Min.	Median	Max.
자유공간손실	121.0			20.0		
도 심	120.8	122.6	125.8	17.3	20.0	25.4
부 심	120.7	122.6	125.4	19.0	21.0	24.1
개 방 지	120.8	121.7	123.3	19.7	20.8	19.3



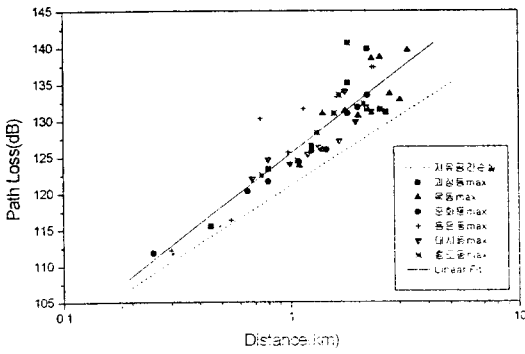
(a) 최대경로손실 특성



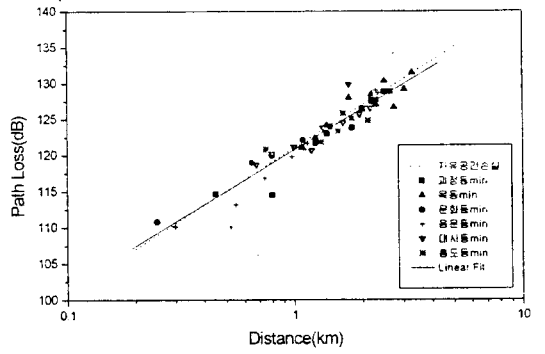
(b) 최소경로손실 특성

그림 10. 도심환경의 최대 및 최소 경로손실 특성

Fig. 10. Characteristics of maximum and minimum path loss in urban environments.



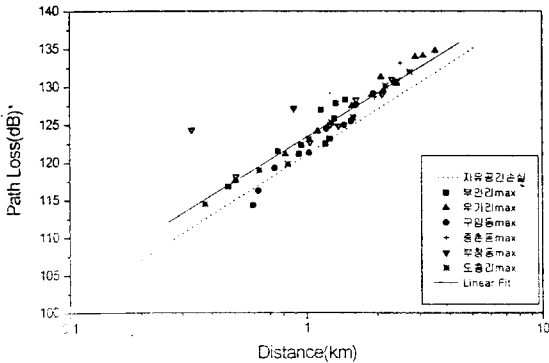
(a) 최대경로손실 특성



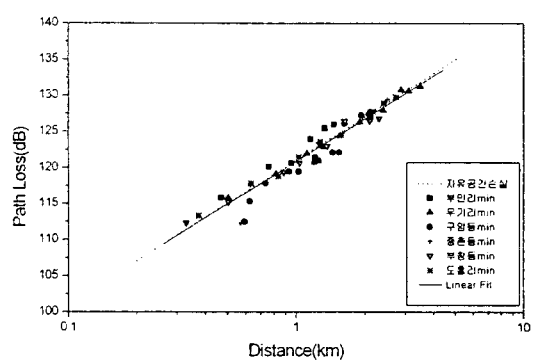
(b) 최소경로손실 특성

그림 11. 부심환경의 최대 및 최소 경로손실 특성

Fig. 11. Characteristics of maximum and minimum path loss in suburban environments.



(a) 최대경로손실 특성



(b) 최소경로손실 특성

그림 12. 개방지환경의 최대 및 최소 경로손실 특성

Fig. 12. Characteristics of maximum and minimum path loss in rural environments.

다. 이것은 도심과 부심의 경우 가시경로 주변(특히, 경로 아랫부분)의 건물이나 도로표지판 등의 영향이 크고, 개방지의 경우는 그러한 영향이 적기 때문이다.

자유공간의 경로손실값과 모델링한 결과를 비교할 때 전파환경별 추정거리 이내에서 도심, 부심, 개방지의 경우 각각 최대 1.6, 2.1, 1.0 dB의 차이를 보였으며, 각 측정지점에 대한 측정치의 중앙값과 비교할 때는 각 환경별로 최대 4.7, 3.9, 3.6 dB의 차이를 보였다.

다음은 각 수신지점에서 시간에 따른 전파환경별 수신전력의 변동특성을 살펴보았다. 그림 10 ~ 12는 경로손실의 최대값과 최소값을 식 (2)로 모델링한 결과를 보인 것이다. 각 환경별 변수  $a$ 와  $b$ 의 값은 중앙값에 대한 모델링 결과와 함께 표 5에 주어져 있다. 경로손실의 최대값의 모델링 결과와 자유공간 손실과의 차이는 예상되는 바와 같이 도심, 부심, 개방지의 순으로 나타났으며, 모델링한 결과를 기준으로 할 때 측정거리 내에서 도심, 부심, 개방지의 경우 자유공간 손실에 비해 각각 최대 9.2, 6.5, 2.6 dB의 추가손실을 보였다. 그리고 각 측정지점에 대한 측정치의 최대값과 비교할 때는 각 환경별로 최대 16.4, 9.8, 10.3 dB의 차이가 났다.

경로손실 최소치를 모델링한 결과는 자유공간 손실과 거의 같으며, 측정치와 비교할 때 자유공간 손실에 비해 각 환경별로 최대 3 ~ 5 dB 정도 손실이 적게 나타나는 지점이 있다. 이는 그림 6의 two-ray 모델 결과로부터 쉽게 이해할 수 있다.

## VI. 결 론

본 논문에서는 27 GHz에서 전파환경별 경로손실을 측정하고, 측정 결과를 전파환경별로 분류하여 자유공간 손실과 비교, 분석하였다. 건물의 높이와 밀집도에 따라 도심, 부심, 개방지의 전파환경으로 분류하고 각 환경별로 6개씩의 측정 사이트를 선택하여 측정하였다. 측정시 송신지점과 수신지점은 가시경로가 확보되도록 선정하였으며, 송신 안테나는 건물의 옥상에, 수신 안테나는 측정차량의 지붕에 설치하여 측정하였다.

각 수신지점에서 5분간 측정된 경로손실 데이터

의 중앙값, 최대값, 최소값을 전파환경별로 분류하고 선형 회귀분석 모델을 사용하여 분석하였다. 수신안테나의 이득이 높은 가시경로 환경에서의 경로손실은 지면이나 차량에 의한 반사 및 주변 장애물에 의한 산란의 영향을 받는다. 전반적으로 경로손실의 크기는 전파경로 주변 장애물의 영향으로 도심, 부심, 개방지의 순으로 나타났다.

중앙값을 분석한 결과, 거리에 따른 경로손실 (dB)의 기울기를 나타내는 모델변수는 부심과 개방지 환경에서는 자유공간에 대한 값 20 dB보다 약 1 dB 정도 크고, 도심의 경우는 자유공간 값과 동일하게 나타났다. 그리고, 자유공간에 대한 추가손실과 관계되는 모델변수는 자유공간값 121에 비해 도심과 부심의 경우는 1.6, 개방지의 경우는 0.7 정도 크다. 이러한 경향은 앞에서 언급한 것처럼 도심의 경우는 주변 장애물의 영향이 크고, 개방지의 경우는 지면에 의한 반사파의 영향이 지배적이며, 부심의 경우는 반사파뿐만 아니라 주변 장애물의 영향도 다소 나타나기 때문인 것으로 판단된다. 경로손실의 중앙값을 자유공간 손실과 비교할 때, 환경별 추정거리 이내에서 모델링한 결과를 기준으로 최대 2.1 dB, 각 측정지점에 대한 측정치의 중앙값을 기준으로 최대 4.7 dB의 차이를 보였다.

그리고, 최대값과 최소값을 분석한 결과, 최소값의 모델링 결과는 자유공간 손실과 거의 같으나, 최대값의 경우 모델링 결과를 기준으로 할 때 최대 9.2 dB, 각 측정지점의 측정치의 최대값을 기준으로 할 때 최대 16.4 dB의 추가 손실을 보였다.

결론적으로 경로손실 중앙값을 모델링한 결과는 자유공간 손실과 큰 차이가 없으나, 최대값을 모델링한 결과는 상당한 차이를 보이며, 특히 각 수신지점에서의 측정치를 살펴보면 수신지점의 환경에 따라 큰 추가의 손실이 발생함을 볼 수 있다. 따라서 밀리미터파 대역 가시경로의 경우라도 도심과 부심 환경에서는 전파경로에 대한 추가의 경로손실을 적절히 고려하여야 할 것으로 생각된다.

## 참 고 문 헌

- [1] M. Hata, "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services," *IEEE*



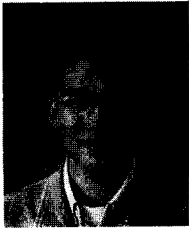
*Trans. Veh. Tech.*, vol. 29, no. 8, pp. 317-325, 1980.

- [2] ITU-R P.530-7, "Propagation Data and Prediction Methods Required for Design of Terrestrial Line-of-Sight Systems," 1997.
- [3] S. Y. Tan and H. S. Tan, "Propagation Model for Microcellular Communications Applied to Path Loss Measurements in Ottawa City Streets," *IEEE Trans. Veh. Tech.*, vol. 44, no. 2, pp. 313-317, 1995.
- [4] K. R. Schaubach and N. J. Davis, "Microcellular Radio-Channel Propagation Prediction,"

*IEEE Trans. Antennas Propagat.*, vol. 36, no. 2, pp. 25-33, 1994.

- [5] P. B. Papazian et. al., "Study of the Local Distribution Service Radio Channel," *IEEE Trans. Broadcasting*, vol. 43, no. 2, pp. 1-10, 1994.
- [6] Draft New Recommendation ITU-R P.[DOC. 3/47], "Propagation Data and Prediction Methods Required for the Design of Terrestrial Broadband Millimetric Radio Access Systems Operating in a Frequency Range of about 20 ~ 50 GHz," March, 1999.

정 남 호



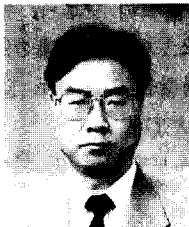
1999년: 충남대학교 전파공학과(공학사)  
 1999년 3월~현재: 충남대학교 전파공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 전자파 전파 및 산란

김 준 철



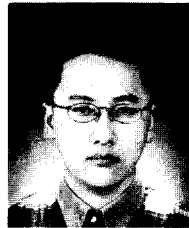
1994년: 인하대학교 전자공학과(공학사)  
 1996년: 인하대학교 전자공학과(공학석사)  
 1996년~현재: 한국통신 연구개발본부 가입자망연구소 무선망설계 연구실 전임연구원  
 [주 관심분야] 전자파 전파 특성, IMT2000 무선망 설계, CDMA 시스템 및 네트워크, B-WLL 무선망 설계, 무선망 설계툴 개발

백 정 기



1978년: 서울대학교 전자공학과(공학사)  
 1984년: Virginia Tech.(공학석사)  
 1988년: Virginia Tech.(공학박사)  
 1978년 3월~1983년 2월: 국방과학연구소  
 1988년 10월~1989년 2월: 한국전자통신연구원  
 1989년 3월~1995년 2월: 동아대학교 전자공학과  
 1995년 2월~현재: 충남대학교 전파공학과 부교수  
 [주 관심분야] 전자파 전파 및 산란, 초고주파 회로

황 정 환



1998년: 충남대학교 전자공학과(공학사)  
 2000년: 충남대학교 전파공학과 석사과정  
 2000년 3월~현재: 광전자 반도체  
 [주 관심분야] 전자파 전파 및 산란

한 동 필



1998년: 공주대학교 정보통신공학과(공학사)  
 1998년 3월~현재: 충남대학교 전파공학과 석사과정  
 [주 관심분야] 전자파 전파 및 산란