

論文98-35T-6-18

L-밴드 전파 전달 특성에 관한 연구

(A study on the radio propagation characteristics for L-band)

文明龍 * , 鄭泳逸 ** , 李門浩 ***

(Myung-Ryong Moon, Young-Il Jeong, and Moon-Ho Lee)

요약

본 논문은 PCS 등 최근 급격히 활용도가 증가하고 있는 L-Band의 전파 전달 특성을 보편적인 국내 환경에서 실험하여 기지국 치국시 실질적으로 활용할 수 있는 방법을 모색하였다. 실험 전파는 1.805 Ghz에서 수직 편파를 사용하였고 예측 모델은 3Km, 300m, 30m 대의 3가지 측정 구간을 설정하여 송수신 고정 상태에서 각각 3~4개월씩 측정하였다. 예측 모델을 통한 실험에서 측정값은 환경에 따라 이론값과 1 dB ~ 6 dB 정도의 차이가 있음을 알았고, 이 같은 내용이 기지국 설치 및 설계에 활용 가능한 자료로 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

Abstract

In this paper, radio-wave propagation characteristics for L-band frequency are investigated using real data in case of base station in universal domestic environment. L-band frequency was recently emphasized the importance in PCS network. Measurements are carried out on vertical polarization characteristics in the 1.805 Ghz frequency, three different estimated models, 3Km, 300m and 30m, are measured separately for 3 or 4 months at TX/RX fixed states. The experimental results of the estimated models are indicating the difference of 1~6dB compared to the theoretical value. The results present useful data in determining the base station sites.

I. 서 론

주파수 이용의 최적화 기술은 시간·공간·주파수

* 正會員, 全州工業大學 電氣科

(Dept. of Elec. Eng., Jeonju Technical College)

** 正會員, 全州工業大學 電子計算科

(Dept. of Computer Eng., Jeonju Technical College)

*** 正會員, 全北大學校 情報通信工學部

(Dept. of Inform. & Comm. Eng., Cheonbuk

Nat'l Univ.)

※ 이 논문은 1996년도 학술 진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

接受日字: 1998年5月1日, 수정완료일: 1998年6月12日

부분에서 많은 검토가 이루어지고 있으며 특히 공간적으로는 다양한 셀(Cell) 기술의 도입으로 주파수 이용 효율을 높이고 있으나 우리 실정에 적합한 L-밴드의 전파 특성 분석 자료가 충분히 확보되어 있지 않아 기지국 설계 및 설치에 많은 어려움이 있는 실정이다.

본 논문에서는 공간적 주파수 이용 기술에 활용할 것을 목표로 L-밴드의 전파 전달 특성의 현장 실험을 통하여 얻어진 자료를 토대로 국내 전파 환경에 적합한 전파 전달 예측 모델의 한 부분을 제시하였다.

현장 실험은 1.805 Ghz의 시험용 송신기·수신기 및 시험용 표준 송신안테나와 수신안테나를 제작하여 단일 주파수, 수직 편파를 이용하였고 중·소도시의 보편적인 도시형태 조건을 갖춘 위치를 선정하여

3km, 300m, 30m대의 3종류 측정구간을 설정하여 구간 당 3~4개월 정도의 측정 실험을 하였다.

현장실험 결과 실제 측정값과 이론값은 환경에 따라 1 dB~6 dB 정도 차이가 있었으며 계절, 시간, 기상 등의 조건 변화에 크게 영향받지 않았음을 알 수 있었고, 이와 같은 내용이 기지국 설계 및 설치에 활용 가능한 자료가 될 것으로 사료된다^{[1], [8], [9]}.

II. 전파 전파 손실

1. 자유 공간 전파의 손실

자유 공간에서의 전파는 송신 안테나로부터 경로 상에 장애물이 없이 이상적인 매질상태에서 진행하여 수신안테나에 직접 수신된다. 실질적으로 주위의 지형이나 건물 등의 환경 때문에 자유 공간에서의 전파 진행은 불가능하다. 자유 공간에서의 전파 진행은 모든 실체적인 전자파 전파 진행 조건에서 상대적인 전파 손실을 나타내는 기준치로 많이 사용된다. 송신 점에서 거리 d 만큼 떨어진 위치에서의 수신 전력은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다^{[1], [5]}.

$$P_r = P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{1}{4\pi d}\right)^2 \quad (1)$$

P_r = 수신전력

P_t = 송신 전력

G_r = 수신안테나 이득

G_t = 송신안테나 이득

그리고 $c=f \cdot \lambda$ 이므로 자유공간 전파 손실 식(1)을 정리하면 식 (2) 와 같이 표현할 수 있다^{[1], [5]}.

$$L_p = \frac{P_r}{P_t} = G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{c}{4\pi f d}\right)^2 \quad (2)$$

식 (2)에서 등방형 안테나($G_t, G_r=1$)를 사용하고, 주파수 f 를 MHz, 거리를 Km 단위로 하여 전파손실을 dB로 표현하면

$$\begin{aligned} L_p(dB) &= P_r |_{dB} - P_t |_{dB} \\ &= 10 \log \frac{P_r}{P_t} \\ &= -20 \log f - 20 \log d - 32.44 \end{aligned} \quad (3)$$

식 (3)으로부터 자유 공간에서는 전파 손실이 거리의 제곱에 비례함을 알 수 있다. 즉 거리가 두 배가 되면 전파 손실은 6 dB 또는 거리가 10배가 되면 전

파 손실은 100배(20dB/dec) 더 커지게 된다^[5].

2. 평면 대지 전파의 손실

평면 대지는 일반적으로 전파 경로의 지형 측면도를 고려할 때 지형 고도의 기복이 20m 이내이거나 지형의 평균 높이가 20m 안에서 변할 때를 말한다. 이러한 지형에서는 그림 1과 같이 수신되는 신호는 이상적인 전파 매질(자유 공간)에서의 전자파 전파인 직접파와 지면에 의해 반사되는 반사파, 그리고 지면 내로 흡수되는 지표파로 구성된다. 반사파는 직접파와의 상대적인 위상차에 따라 직접파에 상쇄나 보강의 영향을 미친다. 지면의 존재는 전자파 전파에 영향을 주는데 대개는 수신 신호 세기가 자유 공간의 수신신호세기보다 작아진다. 지면이 부분적으로 전파를 반사하고 일부분은 흡수되므로 이것이 지면 대지 상에서 수신 신호세기에 영향을 주기 때문이다.

평면 대지에 기지국이 위치한 경우 수신 신호는 직접파와 지면 반사파로 구성된다. 이 경우 수신 신호 세기는 다음과 같다^{[1], [2], [5]}.

$$P_r = \frac{P_t \cdot G_t \cdot G_r}{(4\pi d/\lambda)^2} \cdot |1 + ae^{j\frac{2\pi}{\lambda} \Delta d}|^2 \quad (4)$$

a : 반사계수

Δd : 직접파와 반사파의 경로차

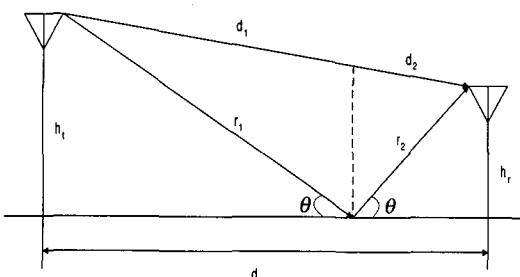


그림 1. 평면 대지 전파경로

Fig. 1. Flat open land radio propagation.

그림 1에서 r_1, r_2 는 각 안테나로부터 반사지점 까지 거리이고, 식 (4)에서 a 는 지면의 반사계수로서, 기지국과의 거리가 안테나의 높이에 비해 훨씬 큰 경우에는 입사각 $\theta=0^\circ$ 가 되어 반사계수 a 는 -1로 근사 된다. 또한 $d=(r_1+r_2)-(d_1+d_2)$ 이므로

$$\Delta d = d \left[\sqrt{\frac{h_t+h_r}{d} + 1} - \sqrt{\frac{h_t-h_r}{d} + 1} \right] \quad (5)$$

이 된다. $x \ll 1$ 이면 $(1+x)^{1/2} \approx 1 + \frac{x}{2}$ 으므로 식 (5)는 다음과 같이 근사화 된다.

$$\Delta d = 2 \frac{h_t \cdot h_r}{d} \quad (6)$$

식 (4)에서

$$|1 - e^{\frac{-2\pi \Delta d}{\lambda}}|^2 = 2(1 - \cos \frac{2\pi \Delta d}{\lambda}) = 4 \sin^2 \frac{\pi \Delta d}{\lambda} \approx (\frac{2\pi \Delta d}{\lambda})^2 \quad (7)$$

이 된다. 위의 식에서 $x \ll 1$ 일 때 $\sin x \approx x$ 를 사용하였다.

식 (4), (6), (7)로부터 송수신 전력비는 다음과 같이 된다.

$$P_r \approx P_t \cdot G_t \cdot G_r \cdot \left(\frac{h_t \cdot h_r}{d^2}\right)^2 \quad (8)$$

따라서 전파 손실은

$$\begin{aligned} L_p(dB) &= P_r |_{dB} - P_t |_{dB} \\ &= 10 \log G_r + 10 \log G_t \\ &\quad + 20 \log (h_t \cdot h_r) - 40 \log d \end{aligned} \quad (9)$$

가 된다. 여기서 d, h_t, h_r 은 모두 m 단위이다.

일반적으로 d 가 h_t 이나 h_r 보다 매우 크므로 식 (8)은 유효하다. 결국 평면 대지에서의 전파손실은 거리의 4 제곱에 비례 ($40\text{dB}/\text{dec}$) 한다^{[1], [18]}.

3. 전파 회절의 손실

1) One Knife Edge 회절 (첨두점이 1개인 경우)

그림 2와 같이 송수신 안테나 사이에 산이나 건물 등의 장애물(M)이 가로 놓여 있는 경우에는 회절에 의해 전파가 도달된다. 회절 손실 차원에서 건물이나 지형지물의 높이는 가시 거리 (Line of Sight)와는 상반된 개념을 가지면서 후레넬 (Fresnel) 반경과는 밀접한 관계에 있다.

그림 2에서 회절 손실은 다음 식 (10)과 같이 나타낼 수 있다^{[6], [7]}.

$$L_p(dB) = 6.4 + 20 \log (\sqrt{v^2 + 1} + v), \quad v > -1 \quad (10)$$

d_1 = A 점으로부터의 거리 (Km)

d_2 = B 점으로부터의 거리 (Km)

h = 장애물 높이 (m)

M = edge (첨두점)

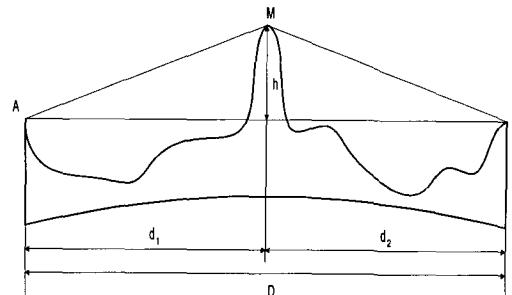


그림 2. One Knife edge 회절
Fig. 2. One Knife edge diffraction.

여기에서 v 는 후레넬 회절 변수로써
 $v = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}$ 로 나타낸다.

장애물의 높이가 제 1 후레넬의 반경보다 큰 경우 회절 손실은 다음과 같이 구한다.

$$L_p \approx 16 + 20 \log \left(\frac{h}{F_1} \right) \quad (11)$$

h : 장애물 높이 (m)

F_1 : 제 1 후레넬 반경(m)

전송로 상에서 제 1 후레NEL 반경이 55%정도만 가려져 있지 않으면 $h=0$ 일 때의 6 dB 손실을 피할 수 있음을 알 수 있다.

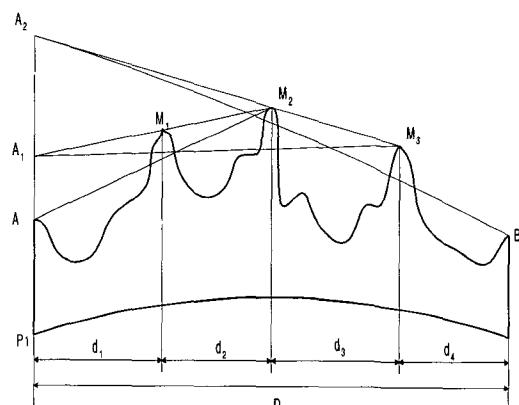


그림 3. Multi Knife edge 회절(일본NTT방법)
Fig. 3. Multi Knife edge diffraction.

2) Multi Knife Edge 회절 (첨두점이 다수인 경우)

앞 절에서는 전파 경로 상에 단 하나의 장애물이 있는 경우에 대해 살펴보았으나 실제로는 경로 내에 여러 개의 장애물이 존재할 수 있다. 이러한 경우 일본 NTT 방법 [7], Bullington 등가법, Epstein-peterson

방법등이 제한적으로 사용되지만 공통적으로 one knife edge 계산방법을 근거로 사용하고 있다. 본 논문에서는 일본 NTT 방법을 기반으로 분석하였다^{[1],[8]}.

일본 NTT 방법은 각 장애물에 의한 회절 손실을 계산할 때 유효 송신원 (Effective Source)을 정의하는 방법에 있어서 Epstein - Peterson 방법과 차이를 보인다. 일본 NTT 방법에서 유효 송신원을 정의하는 절차는 다음과 같다. 우선 실제 송신기가 위치한 지점에서 연장선을 도시한다. 다음 각 장애물에 대하여 유효 수신단을 결정한다. 유효 수신단은 해당 장애물 다음에 위치한 회절 대상 장애물의 정점이다. 각 유효 수신단과 장애물의 정점을 연결하는 직선의 연장선과 송신지점 연장선과의 교점이 관련된 장애물에 대한 유효 송신원이 된다. 이러한 경우를 그림 3에 도시하였다.

일본 NTT 방식의 산출 방법은 다음과 같다.

- 1) Multi edge를 선정한다.
- 2) 장애물 M_1 에 대한 손실은 그림 3과 같이 A와 장애물 M_2 를 기준으로 One knife edge방식과 동일하게 계산한다.
- 3) M_2 와 M_1 을 연결하여 P_1 과 A의 연장선과 만나는 점을 A_1 으로 한다.
- 4) M_3 와 M_2 을 연결하여 P_1 과 A의 연장선과 만나는 점을 A_2 으로 한다.
- 5) 이와 같은 방법으로 계속 반복한다.
- 6) 최종적으로 식 (10),(11)과 같이 One knife edge 방식으로 각각의 회절 손실을 구한 후 합하면 총 회절 손실을 구할 수 있다.

4. 건물 투과 손실

이동 통신의 빌딩과 함께 건물 투과에 대한 전파 손실 특성은 매우 중요한 사항으로 부각되었고 많은 연구가 진행되었지만 아직까지 표준 모델은 개발되지 않았다. 그러나 송신 안테나가 건물 외부에, 수신안테나가 건물 내부에 위치하고 건물 내부에서 수신안테나가 이동했을 때 수신안테나의 높이 변동을 무시할 정도의 송수신 거리가 확보되면 다음 사항을 적용할 수 있는 것으로 확인 할 수 있다.

- 1) 수신 신호 전계 강도의 작은 변화는 레일리 분포 모델을 이용할 수 있다.
- 2) 수신 신호강도의 장 구간에 걸친 변화는 Log-Normal에 분포 모델을 이용하고 표준 편차는 여

러 파라미터에 의해 건물내의 층 높이에 비례하여 증가한다.

- 3) 기지국으로부터 직접파가 존재할 때 Log-Normal 분포의 표준 편차는 5-9dB이내이다.
- 4) 기지국으로부터 직접파가 존재하지 않을 때 Log-Normal분포의 표준 편차는 3 dB이내이며, 건물 외부와 내부의 수신 전계 강도를 비교하여 건물 투과 손실을 표시하면 표 1 과 같다.

표 1. 건물 층별 투과손실

Table 1. Penetration loss of indoor.

건물 높이	투과손실
1층	12.5dB
2층	8.2dB
3층	12.5dB
4층	11.1dB
5층	8.9dB

특히 건물 내부의 방과 방사이의 벽, 복도 등의 종류와 크기, 면적 등을 건물 내부 전파 손실 예측을 어렵게 하는 요소들이며 구조물에 따른 평균 손실과 표준 편차는 표 2와 같이 나타낸다.

표 2. 건물내부 구조물 투과손실

Table 2. Construction penetration loss of indoor.

구조물 요소	평균손실	표준편차	비고
콘크리트 벽	6.3 dB	1	
나무 벽	2.2 dB	0.5	
벽돌 벽	3.2 dB	0.5	
금속 벽	11 dB	3.5	SGP 칸막이
사무용 가구	1.5 dB	0.5	

III. 측정 결과 및 분석

현장 실험은 3Km, 300m, 30m 대 3가지 측정 구간을 설정하여 각각 3-4개월 정도의 측정실험을 했으며 실험에 사용한 송신기, 수신기 및 송수신 안테나는 실험 주파수인 1.805 Ghz에 맞추어 설계·제작하였고 측정장비는 스펙트럼 분석기(Spectrum Analyzer : HP8594E)를 사용하였다.

1. 실험장비

그림 4는 송신기의 블록도와 송신기 내부를 나타낸 것으로 송신 주파수는 1.805 Ghz, 송신 출력은 +35 dBm(3W), 주파수 안정도는 0.0005%이내, AFC

REF 주파수는 70 MHz로 하였다.

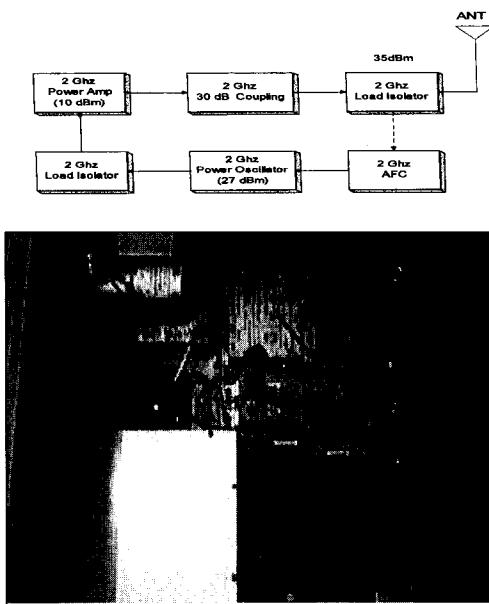


그림 4. 송신기 블록도와 송신기 내부

Fig. 4. Block diagram of transmitter and inner structure.

그림 5는 수신기의 블록도와 수신기 내부를 나타낸 것으로 수신 BPF의 중심주파수는 1.805 Ghz, 대역폭은 10 Mhz, 삽입손실은 1 dB이내, 임피던스는 50Ω이며 LNA의 중심 주파수는 1.805 Ghz, 대역폭 10 Mhz, 이득 10 dB, 입력 임피던스 50Ω으로 하였다.

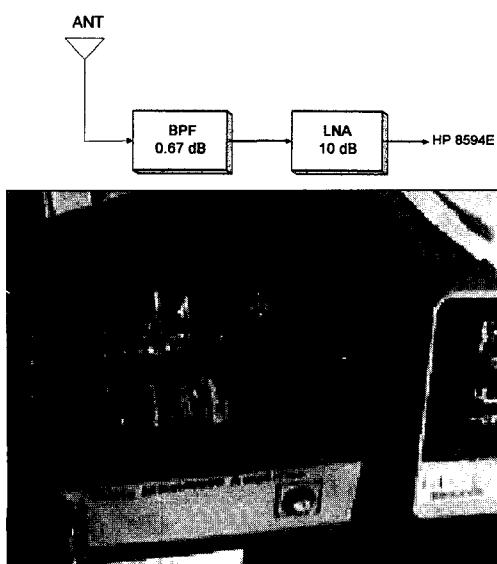


그림 5. 수신기 블록도와 수신기 내부

Fig. 5. Block diagram of receiver and inner structure.

그림 6의 송수신안테나는 수직접지안테나로서 표 3에 표시한 것과 같은 내용으로 안테나 전문업체에 주문 제작하여 사용하였다.

표 3. 안테나 및 급전선 상태

Table 3. State of Antenna and Feeder.

형식	송수신 안테나			급전선				
	전파 지향	이득	입력 임피 던스	입력 전압	형식	임피 던스	손실	길이
Omni	무지 향성	3dBi	50Ω	200 W	HELIX COXIAL CABLE <FSSI-50A > 1/4인치 (ANDREW 사)	50Ω	0.262 dB 1m 단위	송신 : 8m < 2dB> 수신 : 20m <약5dB >



그림 6. 송수신 안테나

Fig. 6. Antenna of Tx and Rx.

2. 측정 환경 및 방법

측정 대상지역은 국내 중·소도시의 보편적인 도시 구성형태를 갖춘 도심 지역을 선택하여 3km, 300m, 30m 거리 기준의 3가지 측정 모델을 설정하였다. 수신안테나는 일정한 위치에 고정시키고 송신 위치를 변경하면서 측정 구간당 3개월 정도 측정을 하였다. 표 4에 측정 구간별 측정 환경을 표시하였다. 그림 7은 3km 측정 구간의 송수신 위치를 1/50000 지도상에서 나타낸 것으로 B는 수신위치 A로부터 3.7Km떨어진 송신위치, C는 3Km 떨어진 송신위치를 나타낸다.

3. 결과 및 분석

표 5는 기상변화와 주·야 시간 변화등이 전파 전파에 미치는 영향을 보기 위하여 동일장소에서 구간별로 3개월 동안 매일 10회씩 측정하여 얻은 결과의 평균값을 표시한 것이다. 이론값과 측정값을 비교하기 위해 가시거리 환경과 knife edge 회절 손실을 가지는 환경에 대해 다음절에서 이론적으로 추정된 계산의 예를 보인다.



그림 7. 3Km 측정 구간별 송수신 위치

Fig. 7. Location of Tx and Rx in measuring coverage of 3Km.

표 4. 측정 구간별 측정 환경

Table 4. Environment of measuring coverage.

환경 거리	수신환경	송신환경	전파경로 환경
3km	▪ 수신위치: 전주시 남노송동 72 (전주공대 제1공학관)	▪ 송신위치: 전주시덕진동 1가664-14 (전북대 공대 7호관) ▪ 안테나: 지상 21m(5층 건물 옥상에서 2m)	▪ 송수신거리: 3.7km ▪ Fresnel Zone 환경 ▪ 학교 3개 ▪ 주택밀집지역 ▪ 주요도로밀집지역 ▪ 송수신 안테나가 서로 보이는 상태
	▪ 안테나: 지상 23m (6층건물 옥상에서 2m)	▪ 송신위치: 전주시 금암동 470번지 (금암파출소) ▪ 안테나: 지상 8m (파출소 옥상에서 2m)	▪ 송수신거리: 3 Km ▪ Fresnel Zone 환경 ▪ knife edge 1개 ▪ 학교 2 개 ▪ 주택및상가 밀집 지역 ▪ 주요도로변 ▪ 송수신 안테나가 서로 안보이는 상태
300m	▪ 수신위치: 전주시 남노송동 72(전주공대 제1공학관) ▪ 안테나: 지상 23m (6층건물 옥상에서 2m)	▪ 송신위치: 전주시 중노 송동 216번지 (전주상고) ▪ 안테나: 지상 4 m(본관건물 층면 지표면에서 4m)	▪ 송수신거리: 450 m ▪ 전파전파환경: -지형여건상 수신안테나가 송신안테나보다 훨씬 높은 곳에 위치한 상태 -주택밀집지역
	▪ 수신위치: 전주시 남노송동 72(전주공대 제1공학관) ▪ 안테나: 지상 23m (6층건물 옥상에서 2m)	▪ 송신위치: 전주시 남노 송동 72번지 (전주공대 제1공학관 1층) ▪ 안테나: 실내바닥에서 1m	▪ 송수신거리: 20m ▪ 전파전파환경: -수신안테나가 옥상에 있는 동일 건물 -콘크리트건물 -1층에서 옥상까지 콘크리트 천장 4개 콘크리트벽 2개

표 5. 측정 구간별 계산값과 측정값의 비교

Table 5. Comparison of theoretical and measurement value in measuring coverage.

측정 구간	실측 거리	계산값	측정값	고려 사항
3Km	3.7Km	-66.92dBm	-67.8 dBm	자유 공간 손실
	3 km	-83.66 dBm	-88.1 dBm	knife edge 손실
300m	450m	-74.3 dBm	-80.7 dBm	투과손실 (25dBm)
30m	20 m	-78.9 dBm	-86.1 dBm	건물 내부 환경

1) 가시 거리 환경을 고려한 전파 손실 추정

송신 위치는 전주시 금암동 전북대학교 공대 7호관이며, 안테나 높이는 지상 21m 이고 수신위치는 전주 공업대학 제 1공학관이며 안테나 높이는 지상 23m 인 경우를 고려하였다. 송수신 안테나가 서로 보이는 가시 거리 환경으로 송수신 거리는 3.7Km이다. 전파 손실은 다음 식 (12)과 같다.

$$\text{전파손실 } (L) = G_{tot} - L_{tot} \quad (12)$$

G_{tot} : 총 시스템 이득
 L_{tot} : 측정 관련 손실

총 시스템 이득은 다음 식 (13)와 같다.

$$G_{tot} = P_t + G_{t,r} + G_{amp} \quad (13)$$

P_t : 송신 이득
 $G_{t,r}$: 송 수신 안테나 이득
 G_{amp} : 수신 증폭기 이득

또한, 측정 관련 손실은 다음 식 (14) 과 같다.

$$L_{tot} = L_p + L_{filed} + L_{cable} \quad (14)$$

L_p : 자유공간 손실
 L_{filed} : 필드 손실(온도, 습도 등)
 L_{cable} : 케이블 손실

먼저 총 시스템 이득 (G_{tot})를 구하기 위해 각각의 값을 식 (13)에 대입하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} G_{tot} &= 35 \text{ dBm} + 6 \text{ dBm} + 10 \text{ dBm} \\ &= 51 \text{ dBm} \end{aligned} \quad (15)$$

또한 측정 관련 손실 (L_{tot})를 식 (14)에 대입하여 구하면 식 (16)과 같다.

$$L_{tot} = L_p + 2 \text{ dBm} + 7 \text{ dBm} = 117.92 \text{ dBm} \quad (16)$$

여기서,

$$\begin{aligned} L_p &= 10 \log \frac{P_r}{P_t} = 10 \log G_t + 10 \log G_r - \\ &\quad 20 \log f [\text{MHz}] - 20 \log d [\text{Km}] - 32.44 \\ &= 108.92 \text{ dBm} \end{aligned}$$

L_{filea} : 약 2 dBm

L_{cable} : 7 dBm

최종적인 전파 손실을 구하기 위해 식 (12)에 대입하면

$$\begin{aligned} \text{전파손실 } (L) &= 51 \text{ dBm} - 117.92 \text{ dBm} \\ &= -66.92 \text{ dBm} \text{ 을 얻을 수 있다.} \end{aligned}$$

표 6에 따라 가시 거리 환경에서는 이론적인 전파 손실과 측정 전파 손실이 거의 같음을 알 수 있다.

2) knife edge 회절 손실을 고려한 전파 손실 추정
송신 위치는 전주시 금암동 금암 파출소이며, 안테나 높이는 지상 8m 수신위치는 전주공업 대학 제 1 공학관이며 안테나 높이는 지상 23m 인 경우를 고려하였다. 송수신 사이에 knife edge가 존재하는 환경으로 송수신 거리는 3Km이다.

전파 손실은 식 (12)과 같으며, 총 시스템 이득은 식 (13)와 같다.

또한, 측정 관련 손실은 식 (14)에 knife edge 회절 손실을 고려 하여 식 (17)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{tot} = L_p + L_{edge} + L_{filea} + L_{cable} \quad (17)$$

L_p : 자유공간 손실

L_{edge} : Knife edge 손실

L_{filea} : 필드 손실(온도, 습도 등)

L_{cable} : 케이블 손실

송신 총 이득은 식 (15)와 같이 51 dBm이며, 측정 관련 손실 (L_{tot})은 식 (17)을 통해 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} L_{tot} &= 108.01 \text{ dBm} + L_{edge} + 2 \text{ dBm} \\ &\quad + 7 \text{ dBm} = 117.92 \text{ dBm} \end{aligned} \quad (18)$$

여기서,

$$\begin{aligned} L_p (\text{dB}) &= 10 \log \frac{P_r}{P_t} = 10 \log G_t + 10 \log G_r, \\ &\quad - 20 \log f [\text{MHz}] - 20 \log d [\text{Km}] - 32.44 \\ &= 108.01 \text{ dBm} \text{ 이며,} \end{aligned}$$

또한 식 (10),(11)을 참조하여 $d_1 = 1.5 \text{ Km}$, $d_2 = 1.5 \text{ Km}$, $h = 13 \text{ m}$ 일 때를 고려하여 knife edge 손실을 구하면 $L_{edge} = 17.65 \text{ dBm}$ 이다.

그러므로, 최종적인 전파 손실을 구하기 위해 식 (12)에 대입하면

$$\begin{aligned} \text{전파손실 } (L) &= 51 \text{ dBm} - 134.66 \text{ dBm} \\ &= -83.66 \text{ dBm} \text{ 을 얻을 수 있다.} \end{aligned}$$

여기에서 knife edge가 송수신 중간에 위치하는 3 Km 측정 환경에서는 이론적인 전파 손실과 측정 전파 손실 차이가 4.34 dB로써 약간의 차이를 보이고 있다. 전파 환경이 도시 지역인 경우 전파 경로상의 건축 구조물들의 밀집도나 크기, 안테나와 건물의 간격등이 가장 큰 변수로 작용하고 있음을 알 수 있다. 또한, 실험 측정 결과 눈·비등 기상 변화와 주·야 계절 변화는 측정값에 크게 영향이 없었음을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 특정 주파수의 한정된 지역이지만 중소 도시 지역의 L-밴드 전파 전달 특성 현장 실험을 통하여 실질적으로 활용 가능한 실측 전파 손실 자료를 확보하였다. 지금까지 수많은 전파 전파 예측 모델과 실험식이 발표되었으나, 우리의 모든 환경에 적용할 수 있는 표준 예측 모델은 아직까지 찾기 어려운 실정이다. 실험 측정 결과 이론값과 측정값과의 오차에 대한 표준 편차는 환경에 따라 다소 차이가 있으나 가시거리 환경에서는 자유공간 손실이 크게 작용하고 송수신 사이에 장애물에 따라 Knife edge 회절 손실을 고려해야만 한다. 또한 건물내의 송수신에 있어서 건물 투과 손실이 크게 영향을 끼침을 알 수 있었다. 전체적으로 이론 값과 측정값의 편차가 약 1~6dB로 현장 실무에 적용할 때 보정 계수로 사용할 수 있다고 판단된다. 한편 구간 변동폭에 대한 보완 작업과 지하, 터널 등 특수 조건지역에 대한 실험과 연구는 지속적으로 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 현

- [1] W.C.Y Lee, Mobile Communication Design Fundamental 2nd edition, Wiley-Inter-

- science publication, 1993.
- [2] W.C.Y Lee, Mobile Communication Engineering, McGraw-Hill, New York, 1982.
- [3] Shigekazu Shibuya, A Basic Atlas of Radio-Wave propagation, Yokohama, Japan, 1987.
- [4] K. Bullington, "Radio Propagation for Vehicular Communications", IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. VT.26, No. 4, 1977, pp295-308.
- [5] Kamilo Feher, Wireless Digital Communications : Modulation & Spectrum Applications, Prentice-Hall PTR 1995.
- [6] 조성준, 디지털 마이크로웨이브 통신, 대광문화사, 1989
- [7] 안희수, 이동통신 공학, 기다리, 1992
- [8] 이강영, 이동통신과 마이크로파의 실무와 이론, 기다리, 1993
- [9] 김태하, 디지털 무선통신 구축 실무, 우선, 1995

저자소개



文明龍(正會員)

1982년 조선대학교 전기 공학과(공학사). 1984년 조선대학교 대학원 전기 공학과(공학석사). 1998년 전북대학교 대학원 영상정보과(박사수료). 1976년 ~ 1979년 전남전신전화국 건설국.

1990년 ~ 현재 전주공업대학 전기과 부교수. 관심분야: 영상처리, 전파측정, 무선페이지



李門浩(正會員)

1990년 8월 일본동경대(공학박사, 통신기술사). 1985년 8월~1986년 8월 미국 미네소타 주립대 전기과 연구교수. 1990년 8월~1992년 12월 독일 아현 공대 및 하노버대 전기과 연구교수. 1997년 디지털 지상파 방송 추진위원 및 정보통신정책 심의위원. 1980년 ~ 현재: 북대 정보통신공학부 교수. 관심분야: 디지털 이동통신 및 디지털 영상 신호처리, 무선 ATM



鄭泳逸(正會員)

1974년 숭실대학교 전자공학과(공학사). 1981년 숭실대학교 대학원전자공학과 (공학석사). 1998년 전북대학교 대학원 영상정보과(박사수료). 1977년 ~ 현재 전주공업대학 전자계산과 교수

수 관심분야: 영상처리, 전파측정, 무선페이지