

무선통신망 설계를 위한 주요 전송 손실식 비교 분석

Comparison between Path-loss Prediction Models for Wireless Telecommunication System Design

정민석 · 이범선

Minseok Jeong · Bomson Lee

요약

본 논문에서는 Cost231-Hata 모델과 Cost231-Walfisch-Ikegami 모델을 비교 분석하고, 두 모델의 전파환경이 서로 근접하게 되는 송신안테나의 높이, 건물군의 높이, 그리고 도로폭의 상관관계를 나타내는 전송손실 곡선들을 제시한다. 이러한 곡선들은 Okumura-Hata 모델의 정성적인 전파환경(도심지, 교외지역, 개활지)을 정량적인 요소(건물군의 높이, 도로폭)로서 설명하여, Okumura-Hata (Cost231-Hata) 모델을 다른 도시, 나라에 적용시킬 때 하나의 기준으로 활용될 수 있을 것이다. 또한 최근에 제안된 ITU-R 모델과 Okumura-Hata (Cost231-Hata) 모델을 비교 분석한 결과, ITU-R 곡선들은 Okumura-Hata의 교외지역 전파환경에 대한 사용식을 확장한 것으로 사료된다.

Abstract

In this paper, we present the useful curves which compare Cost231-Hata model to Cost231-Walfisch-Ikegami model. These curves enable us to describe Okumura's purely qualitative environment such as urban and suburban in terms of quantitative equivalent building height and street width. This kind of curves can be a good reference when Okumura-Hata (including Cost231-Hata) curves are modified for use in other cities (or countries). We also compare the recent ITU-R model with the Okumura-Hata (OH) model to finally see that ITU-R curves are practically based on OH's suburban area and have been extended to cover longer T_x antenna heights and distances.

I. 서론

무선통신 망 설계에 있어서 송신안테나와 수신 안테나 사이의 전송손실 예측은 매우 중요하며 오래 전부터 많은 연구가 수행되어 오고 있다. 이러한 전송손실에 관한 예측모델은 크게 이론적 모델과 실험적 모델로 분류될 수 있다. 실험적 모델로는 Okumura/Hata 모델, Cost231-Hata 모델, ITU-R 모델 등이 대표적이다^[1]. 이러한 실험적 모델들은 수식이 비교적 간단하고 망 설계 초기에 기지국 수를 예측하는 등의 용도에는 매우 유용하나 대도시, 중

소도시, 교외지역, 개활지 등의 주로 정성적인 전파 환경에 의존하기 때문에 건물 용적률, 건물 높이, 도로 폭 등의 정량적 요소를 고려하지 못하는 단점을 가진다. 반면 광선 추적법 등의 이론적 모델 등은 실험실 안에서 특정 구조를 가정하여 전송 손실과 지면 확산 값 등을 예측하는 모의 실험을 위주로 그 연구가 진행되어 오고 있으나 실제로 무선망 설계에의 활용은 모든 지형 지물의 구조와 그 전자기적 특성(유전율, 투자율, 도전율 등)을 고려해야 하기 때문에 매우 지난한 일임을 알 수 있다. 이론적 모델과 실험적 모델 사이에는 거리는 아직 멀다고 할

경희대학교 정보통신대학원(The Graduate School of Information & Communication, Kyunghee University)

· 논문 번호 : 20010209-016

· 수정완료일자 : 2001년 4월 2일

수 있다.

비교적 최근에 실험적 모델들이 정성적 전파 환경에 근거하는 단점을 보완하기 위해 건물군의 높이와 도로폭을 고려할 수 있는 Cost231-Walfisch-Ikegami(Cost231-WI)^[1] 모델이 제안되었다. 이것 역시 건물군의 동일한 높이를 가정하고 있는 단점을 가지고는 있으나 기존의 실험적 모델에서 진일보한 것으로 사료된다.

최근 논문 [2]에 의해 Cost231-WI에 착오가 있음이 제기되었다. 본 논문에서는 이러한 착오를 검증하고 교정된 Cost231-WI 모델과 Cost231-Hata 모델을 전파환경적 측면에서 비교 분석한다. 이러한 비교 분석은 Okumura의 정성적 전파환경에 정량적인 요소를 가미함으로써 두 모델 사이의 연결 고리 역할을 할 것으로 사료되기 때문이다. 또 최근에 제안된 ITU-R의 포괄적 (30 MHz~3,000 MHz, 1 km~1,000 km) 전송손실 커브의 적용범위를 알아보기 위해 이 커브들을 Okumura-Hata 모델과 비교 분석한다.

II. 전송손실과 전계강도의 상호변환

Far-field 조건에서 수신전력(P_r)은 다음과 같이 표현된다^{[3],[4]}.

$$S = \frac{E^2}{Z_0} (W/m^2) \quad (1)$$

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} G (m^2) \quad (2)$$

$$P_r = SA_e = \frac{E^2}{Z_0} \frac{\lambda^2 G}{4\pi} = \frac{E^2 c^2 G}{4Z_0 \pi f^2} \quad (f\text{의 단위 : Hz})$$

$$\approx \frac{19E^2 D}{f^2} (W) \quad (f\text{의 단위 : MHz}) \quad (3)$$

여기서,

S : 전력밀도 (W/m^2)

E : rms 전계 (V/m)

Z_0 : 매질의 고유임피던스 (Ω)

A_e : 안테나 유효면적(m^2)

λ : 파장 (m)

D : 수신 안테나 지향성(Directivity)

G : 수신안테나 이득

f : 주파수

이고 위 식에서는 $G \approx D$ 라고 가정한다.

윗 식을 dB 스케일로 표시하면 다음과 같다.

$$P_r \text{ (dBW)} = 10 \log P_r = 10 \log \frac{19(E \cdot 10^{-6})^2 D}{f^2}$$

(E : $\mu V/m$ 로 표시된 전계)

$$= 10 \log 19 + 10 \log D + E \text{ (dB } (\mu V/m))$$

$$- 120 - 10 \log f^2 \quad (4)$$

$$P_r \text{ (dBm)} = -77.21 + E \text{ (dB } (\mu V/m))$$

$$+ 10 \log D - 10 \log f^2 \quad (5)$$

전송 손실(L)은, EIRP와 수신 전력의 차이로서 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L = P_t G_t \text{ (dBm)} - P_r \text{ (dBm)} \quad (6)$$

여기서,

P_t : 송신전력

G_t : 송신안테나 이득이다.

식 (6)에 식 (5)를 대입하면($D=1.64$ 를 가정하여) 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$L = P_t G_t \text{ (dBm)} + 75.06 - E \text{ (dB } (\mu V/m))$$

$$+ 20 \log f \quad (7)$$

여기서, $P_t = 1 \text{ kW}$, $G_t = 2.15 \text{ dB}$ 를 일반적으로 가정하므로 전송손실 L (dB)와 전계 E (dB($\mu V/m$)) 사이의 변환식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$L \text{ (dB)} = 137.21 - E \text{ (dB } (\mu V/m))$$

$$+ 20 \log f \text{ (MHz)} \quad (8)$$

이러한 변환식은 본 논문내용에서 필요한 경우마다 사용된다.

III. 수정된 Cost231-WI와 Cost231-Hata 모델 비교 분석

3-1 Cost231-Hata 모델

Cost231-Hata 모델은 인공적인 구조들 사이에서의 전파경로상의 손실을 예측할 수 있는 경험적인 모델로서 Okumura-Hata model을 기초로 하여 Mogenssen의 제안에 의해 $1,500 \text{ MHz} \leq f \leq 2,000 \text{ MHz}$

주파수 범위에서 사용 가능하도록 확장한 모델이다^[1].

3-2 Cost231-Walfisch-Ikegami(Cost231-WI) 모델

Cost231-WI는 대도시 건물군의 회절, 반사를 고려한 경로 손실식으로서, Cost231-Hata와는 달리 건물군의 높이와 거리 폭등 정량적인 요소를 고려할 수 있다.

복잡한 시가지(street canyon)의 가시거리(LOS)에 있어서 경로손실 (in dB)은, $L_0 = 42.6 + 26 \log_{10}(d) + 20 \log_{10}(f)$, $d \geq 20$ m로 표시된다. 비가시거리영역(NLOS)에 대한 경로 손실식은 세 가지 요소로 구성된다^[1].

$$L_p = \begin{cases} L_0 + L_{rts} + L_{msd} : \text{for } L_{rts} + L_{msd} \geq 0 \\ L_0 : \text{for } L_{rts} + L_{msd} < 0 \end{cases} \quad (9)$$

여기서 L_{rts} 는 지붕-거리간의 회절과 산란에 의한 손실식, L_{msd} 는 multi-screen 회절에 의한 손실식이다.

송신안테나 높이 $h_b=50$ m, 수신안테나 높이 $h_m=1.5$ m, 건물 사이의 거리 $W=50$ m, 건물높이 $h_{roof}=30$ m, 건물과 수신안테나 사이의 거리 $w=25$ m

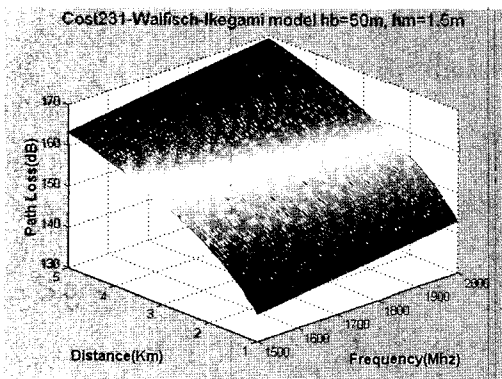


그림 1. 기존의 Cost231-WI에 의한 경로손실 그래프($f=1500 \sim 2000$ MHz, $h_{roof}=30$ m, $w=25$ m)

Fig. 1. Path-loss (Cost231-WI)($f=1500 \sim 2000$ MHz, $h_{roof}=30$ m, $w=25$ m).

일 때로 가정했을 시, 기존의 Cost231-WI에 의한 주파수와 거리에 따른 손실 그래프는 다음과 같다. 주파수가 1,500 MHz에서 2,000 MHz로 증가할 때 손실이 약 6 dB 증가하는데 $10 \log \left(\frac{2}{1.5} \right)^2 \approx 2.5$ dB는 수신 안테나의 유효 면적 감소로 인한 요인으로, 나머지 3.5 dB는 회절손실로 판단된다.

L_{rts} 식에 대한 착오 문제가 최근에 제기되었고^[2], 이에 대한 검증은 III-3에서 기술한다.

3-3 수정된 Cost231-Walfisch-Ikegami (Cost231-WI) 모델의 검증

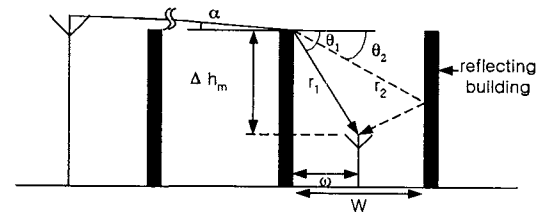
Cost231-WI 식에 있어서 지붕-거리간의 회절과 산란 손실을 표현하는 손실식은 다음과 같다.

$$L_{rts} = -16.9 - 10 \log_{10}(W) + 10 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(\Delta h_m) + L_{ori} \quad (\text{dB}) \quad (10)$$

여기에서 나타난 파라미터들은 그림 2에서 정의되는 바와 같다. L_{ori} 은 파가 그림 2에서와 같이 수직입사 할 때는 0이다.

L_{rts} 식은 원래 Ikegami 논문 [5]에서 도출되었는데 그 과정에서 착오가 있음이 제기되었다. 이 논문에서 그림 2의 수신안테나 전계 E_r 은 다음과 같이 주어진다.

$$E_r = E_0 + 5.8 + 10 \log \left(1 + \frac{3}{L_r} \right) + 10 \log W - 10 \log f - 20 \log \Delta h_m - 10 \log (\sin \phi) \quad (\text{dB}) \quad (11)$$



α : glancing angle, Δh_m : 건물높이-수신안테나높이, w : 건물과 수신안테나 사이의 거리, W : 건물사이의 거리, r_1 : 지붕끝-수신안테나거리, r_2 : 지붕끝-반사벽-수신안테나거리, θ_1 : 건물-회절파각도, θ_2 : 건물-반사파각도

그림 2. L_{rts} 에 사용되는 파라미터 정의

Fig. 2. Geometry of L_{rts} .

여기서,

E_s =수신파의 전계강도(dB)

E_0 =수신안테나 바로 앞 건물에서의 전계강도(dB)

L_r =반사건물에 의한 반사손실($L_r > 1$)

이고 $\phi \approx 90^\circ$ 라고 가정한다면, 두 전계강도의 차 $L_{E_0-E_r}$ 은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$L_{E_0-E_r} = E_0 - E_r = -5.8 - 10 \log \left(1 + \frac{3}{L_r^2} \right) - 10 \log W + 10 \log f + 20 \log \Delta h_m \quad (\text{dB}) \quad (12)$$

여기서 두 식은 L_r 이 0.5가 될 경우 L_{rs} 와 $L_{E_0-E_r}$ 는 같아지게 된다. 그러나 Ikegami 논문 [4]에 의하면 일반적으로 $L_r=6$ dB를 가정할 수 있다고 표현하고 있다. 따라서 $20 \log L_r=6$ (dB)이므로 $L_r=2$ 가 되어 Cost231-WI식에서 L_r 의 사용에 있어서 착오가 있다는 것을 알 수 있다. 부연하면, Ikegami 원논문 [5]에서 사용한 L_r 은 건물에서의 반사계수의 크기의 역수, 즉, $L_r = \frac{1}{|\Gamma|}$ 이나, Cost 231-WI 모델에서는 L_r 을 $|\Gamma|$ 와 같은 것으로 착오를 일으킨 것이다.

$L_r=2$ 로 수정하여 $L_{E_0-E_r}$ 을 표현하면 다음과 같다.

$$L_{E_0-E_r} = -8.23 - 10 \log W + 10 \log f + 20 \log \Delta h_m \quad (\text{dB}) \quad (13)$$

따라서 L_{rs} 도 식 (13)과 같이 수정되어야 한다.

Felsen의 회절식^[6]을 사용하면 Cost231-WI모델의 L_{rs} 식의 착오를 재확인할 수 있다. 여기서 Felsen의 회절식 L_F 는 다음과 같이 주어진다.

$$L_F = -10 \log \left[\frac{1}{r_1} D^2(\theta_1) + \frac{1}{r_2} |\Gamma|^2 D^2(\theta_2) \right] \quad (\text{dB}) \quad (14)$$

여기서, $w = W/2$ 이라는 가정하에,

$$r_1 = \sqrt{w^2 + \Delta h_m^2} \quad r_2 = \sqrt{(3w)^2 + \Delta h_m^2}$$

$$D^2(\theta) = \frac{1}{2\pi k} \left(\frac{1}{\theta} - \frac{1}{2\pi + \theta} \right)^2$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta h_m}{w} \right), \quad \theta_2 = \tan^{-1} \left(\frac{\Delta h_m}{3w} \right)$$

$|\Gamma|$ = 거리 r_2 를 갖는 입사파의 반사계수 이다.

$\Delta h_m \ll w$ 인 경우에 있어서 $r_1 \approx w$, $r_2 \approx 3w$,

$$\theta_1 \approx \left(\frac{\Delta h_m}{w} \right), \quad \theta_2 \approx \left(\frac{\Delta h_m}{3w} \right), \quad D^2(\theta) \approx \left(\frac{1}{2\pi k \theta^2} \right)$$

가정한다면 위의 회절 손실식은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$L_S = -10 \log \left[\frac{1}{2\pi k} \frac{w}{\Delta h_m^2} (1 + 3|\Gamma|^2) \right] = -5.8 - 10 \log W + 10 \log f + 20 \log \Delta h_m - 10 \log (1 + 3|\Gamma|^2) \quad (\text{dB}) \quad (15)$$

여기서 $|\Gamma|=0.5$ 일 경우 위의 L_S 손실식은 $L_{E_0-E_r}$ 손실식과 같아지게 된다. L_S 손실식을 사용할 수 있는 범위를 고찰하기 위하여 L_S 손실식과 L_F 손실식과의 차를 Δh_m 의 변화와 w 의 변화에 따라 그려보면 그림 3과 같다.

w 와 Δh_m 의 높이에 따른 회절 손실식 오차 $|L_S - L_F|$ 가 1 dB 이하되는 범위를 그래프로 나타내면 다음과 같다.

그림 4에서와 같이 Δh_m 이 w 에 비해 약 4배 이하일 경우에 두 식의 차에 의한 손실이 1 dB 이하가 되어 L_S 손실식을 사용할 수 있음을 알 수 있다.

약식 L_S 가 $\Delta h_m=4w$ 까지의 범위에서 큰 차이가 없는 것은 L_S 에 사용되는 두 가지 가정 $r_1=w$ 과 $\theta_1 = \frac{\Delta h_m}{w}$ 이 $\frac{1}{r_1} D^2(\theta_1)$ 의 오차를 줄이는 방향으로 작용하였기 때문이다. 따라서 이러한 범위에서

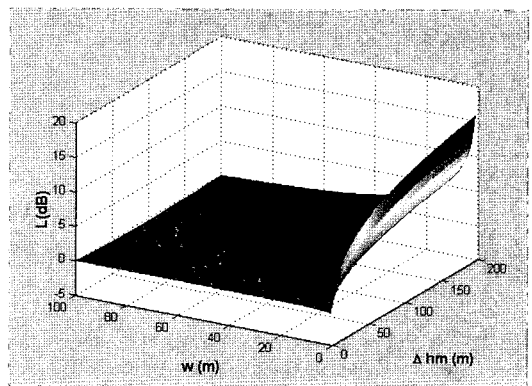


그림 3. Δh_m 과 w 에 따른 오차 비교

Fig. 3. Error ($L_S - L_F$) as functions of Δh_m and w .

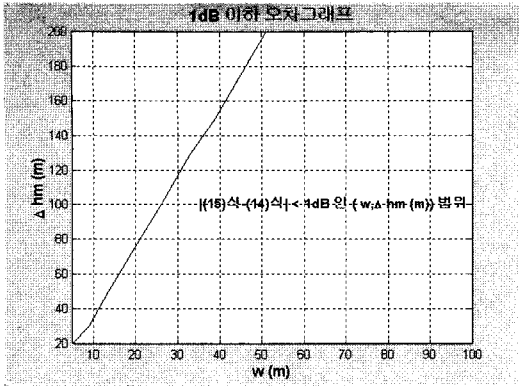


그림 4. $|L_S - L_T| < 1$ dB 이하인 $(\Delta h_m, w)$ 구역
 Fig. 4. Region of $(\Delta h_m, w)$ where $|L_S - L_T| < 1$ dB.

지붕-거리간의 회절과 산란 손실을 표현하는 손실 식 L_{rts} 는 최종적으로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{rts} = -8.23 - 10 \log_{10}(W) + 10 \log_{10}(f) + 20 \log_{10}(\Delta h_m) + L_{ori} \quad (\text{dB}) \quad (16)$$

위의 수정된 식을 이용하여, $h_b=50$ m, $h_m=1.5$ m, $h_{roof}=30$ m, $W=25$ m일 때로 가정했을 시, 수정된 Cost231-WI 모델의 주파수와 거리에 따른 손실 그래프를 그려보면 그림 5 에서와 같이 원래의 그래프

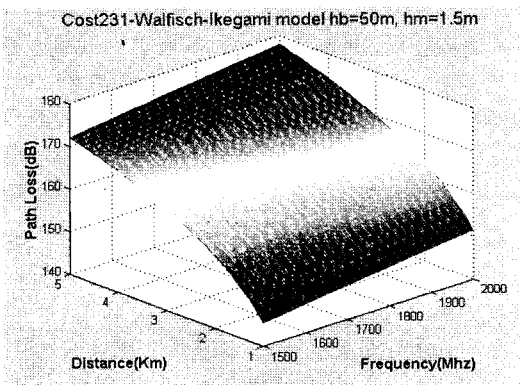


그림 5. 수정된 Cost231-WI에 의한 경로 손실 그래프(1500~2000 MHz, $h_{roof}=30$ m, $W=25$ m)

Fig. 5. Path-loss(corrected Cost231-WI)(1500~2000 MHz, $h_{roof}=30$ m, $W=25$ m).

보다 약 8 dB 정도의 초과된 손실값을 가지고 있음을 알 수 있다.

3-4 수정된 Cost231-Walfisch-Ikegami(WI) model 과 Cost231-Hata model의 비교분석

정량적 접근 방법을 사용하는 Cost231-WI를 근거로 Cost231-Hata에서 제시된 정성적 전파환경을 정량적으로 추정해 보기 위한 시도로 두 모델에서 제시되는 전송 손실식을 비교해 본다.

두 식의 비교를 위해 아래와 같은 비교 범위를 설정하였다.

- $1,500 \leq f \leq 2000$ (MHz)
- $4 \leq h_b \leq 50$ (m)
- $1 \leq h_m \leq 3$ (m)
- $0.2 \leq d \leq 5$ (km)
- $W = 2 \times w$ (m)

먼저 $f=2000$ MHz, $h_b=40$ m, $h_m=1.5$ m로 고정하고 h_{roof} 를 변화(10, 15, 20, 25 m) 했을 시에, 각각의 W (20, 50 m)에 따른 경로손실 커브들은 그림 6과 7에서 보는 바와 같다.

그림 6에서는, W 가 20 m인 경우에는 $h_{roof}=10 \sim 15$ m일 때 Cost231-WI와 Cost231-Hata가 매우 유사함을 알 수 있다.

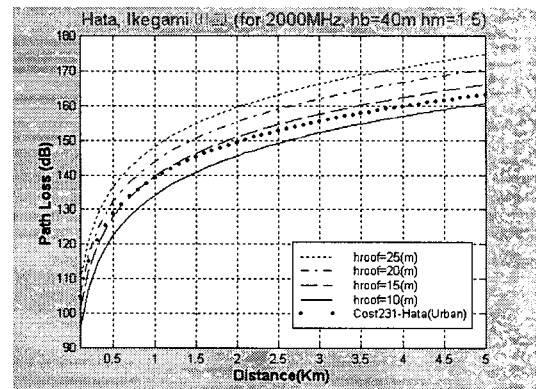


그림 6. Cost231-Hata(urban)과 Cost231-WI의 비교 ($W=20$ m)

Fig. 6. Path-loss of corrected Cost231-WI and Cost231-Hata ($W=20$ m).

을 알 수 있다. 더 많은 비교해 보았으나 이 같은 추세와 크게 다르지 않음을 확인할 수 있었다.

IV. 최근의 ITU-R 권고 전계강도커브와 Okumura-Hata 모델의 비교

4-1 ITU-R 권고 예측 그래프

최근 ITU-R SG3 내의 WP 3K-1, 2에서 주로 논의된 ‘30 MHz에서 3 GHz 까지의 주파수 대역에서 지상 및 항공 이동 서비스에 있어서의 전파 데이터 및 예측 방법’이 부속서 3K/TEMP/4에 정리되어 예비 권고안을 발표하였다. 이 권고안의 자세한 내용은 www.itu.int 사이트를 참조하기 바란다.

4-2 Okumura-Hata model

실험적 전파 예측방법 중의 하나인 Okumura-

표 1. Okumura-Hata 식의 적용범위

Table 1. Application range of Okumura-Hata.

| 주파수 | $100 \leq f \leq 1,500$ (MHz) |
|----------|-------------------------------|
| 송신안테나 높이 | $30 \leq h_b \leq 200$ (m) |
| 수신안테나 높이 | $1 \leq h_r \leq 10$ (m) |
| 거리 | $1 \leq d \leq 20$ (km) |

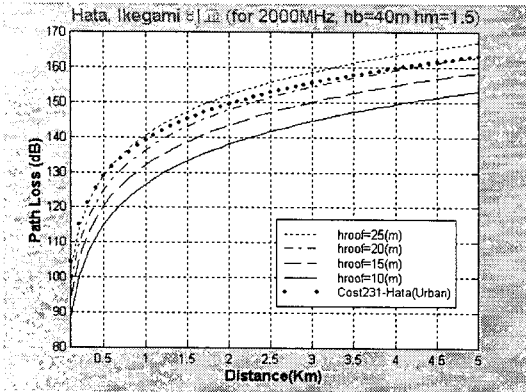


그림 7. Cost231-Hata(urban)과 Cost231-WI의 비교 ($W=50$ m)

Fig. 7. Path-loss of corrected Cost231-WI and Cost231-Hata ($W=50$ m).

그림 7에서는, W 가 50 m인 경우에는 $h_{roof}=20 \sim 25$ m일 때 Cost231-WI와 Cost231-Hata가 매우 유사함을 알 수 있다.

그림 8에서는 $f=1,500$ MHz인 경우를 비교하였는데 $W=50$ m인 경우는 $h_{roof}=25$ m일 때 Cost231-WI와 Cost231-Hata가 매우 근접함을 알 수 있다.

따라서, $h_b=40$ m, $h_m=1.5$ m으로 고정되어 있다고 가정했을 시, 대략 W 의 약 1/2이 되는 높이를 갖는 건물군이 존재하는 전파환경에서 서로 근접함

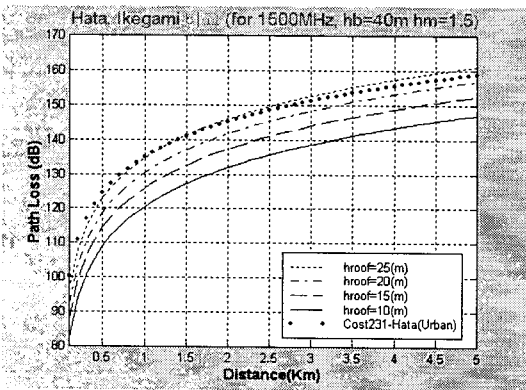


그림 8. Cost231-Hata(urban)과 Cost231-WI의 비교 ($f=1,500$ MHz, $W=50$ m)

Fig. 8. Path-loss of corrected Cost231-WI and Cost231-Hata ($f=1,500$ MHz, $W=50$ m).

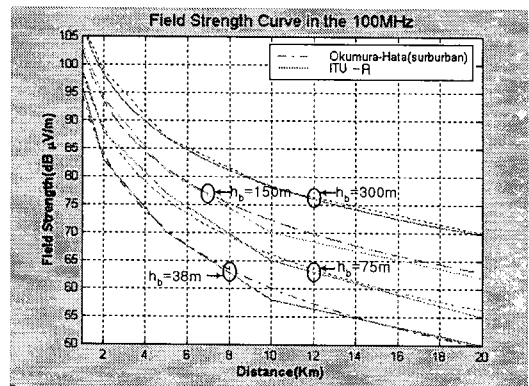


그림 9. Okumura-Hata와 ITU-R의 전계강도 비교($f=100$ MHz, $h_m=10$ m)

Fig. 9. Field strength of Okumura-Hata and ITU-R ($f=100$ MHz, $h_m=10$ m).

Hata식의 유용범위는 다음과 같다.

식 (8)을 이용하여 Okumura-Hata의 전송 손실식을 전계강도로 표현하면 다음과 같다.

$$E_1(dB (\mu V/m)) = 67.66 - 6.16 \log f + 13.82 \log h_b - (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d + a(h_m)$$

(대도시의 경우) (17)

$$E_2(dB (\mu V/m)) = 73.06 - 6.16 \log f + 13.82 \log h_b - (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d + a(h_m) - 2 \left[\log_{10} \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2$$

(교외지역의 경우) (18)

4-3 ITU-R 손실 그래프와 Hata 손실 그래프와의 비교 및 분석

ITU-R의 부속서 3K/TEMP/4에서 권고하는 거리-전계강도 곡선의 적용 전파 환경을 알아보기 위하여 기존의 Okumura-Hata 모델, 그리고 Cost231-Hata 모델과 비교해 보았다. ITU-R의 부속서에 제시된 곡선은 주파수가 100 MHz, 600 MHz, 2,000 MHz 일 때 거리(0~1,000 km)에 따른 전계 강도를 표시한 것이고, Okumura-Hata 모델은 주파수 범위가 100 MHz~1,500 MHz일 때, 그리고 Cost231-Hata 모델은 1,500 MHz~2,000 MHz 일 때의 거리(0~20 km)에 따른 전계강도 곡선을 제시한다. 따라서 ITU-R 부속서에 제시된 곡선과의 비교를 위해 주파수가 100 MHz와 600 MHz일 때의 거리에 따른 전계강도 곡선은 Okumura-Hata와 그리고, 2,000 MHz일 때의 거리에 따른 전계 강도 곡선은 Cost 231-Hata와 비교를 해 보았다. 또한 ITU-R의 부속서에 제시된 곡선은 거리가 0~1,000 km인 광범위한 지역에서의 실험적 모델이므로 Okumura-Hata와 Cost231-Hata 모델의 전파환경을 교외지역으로 가정하여 비교를 해 보았다.

그림 10과 11에서는 각각 $f=100$ MHz와 600 MHz 일 경우 수신안테나 높이를 $h_m=10$ m로 고정하고 송신안테나 높이를 $h_b=38$ m, 75 m, 150 m, 300 m로 변경하면서 ITU-R과 Okumura-Hata(suburban)의 전계강도 곡선을 비교해 보았는데 매우 유사함을 알 수 있다.

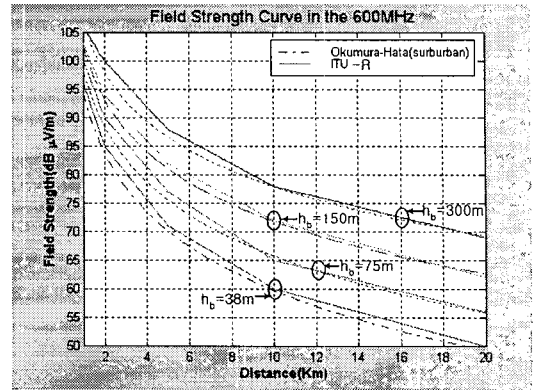


그림 10. Okumura-Hata와 ITU-R의 전계강도 비교 ($f=600$ MHz, $h_m=10$ m)

Fig. 10. Field strength of Okumura-Hata and ITU-R ($f=600$ MHz, $h_m=10$ m).

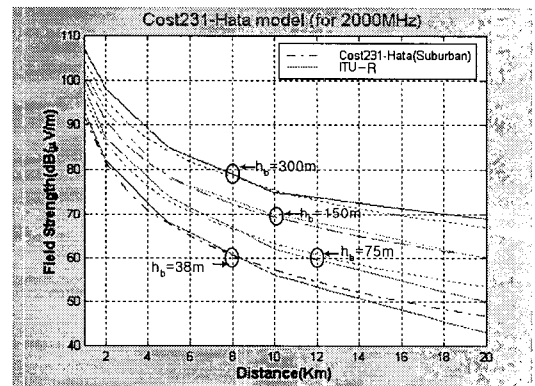


그림 11. Cost231-Hata와 ITU-R의 전계강도 비교($f=2000$ MHz, $h_m=10$ m)

Fig. 11. Field strength of Okumura-Hata and ITU-R ($f=2,000$ MHz, $h_m=10$ m).

그림 12에서는 $f=2,000$ MHz인 경우에 Cost231-Hata (suburban)와 ITU-R의 전계강도를 같은 조건에서 비교하였는데 역시 거의 유사함을 알 수 있다.

이러한 비교 분석 결과를 놓고 볼 때, ITU-R에서 제시하는 전계강도 예측 커브들은 30~3,000 MHz 주파수 범위, 0~1,000 km 거리 범위에서 육상이동 통신이나 방송 서비스 설계에 사용할 수 있는 포괄적인 것으로 Okumura 모델의 교외지역 전파환경에 대한 사용식을 확장한 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 논문에서는 먼저 최근에 제기된 Cost231-WI의 지붕-거리간 경로손실식(L_{rms})의 착오를 검증하고 수정된 Cost231-WI이 사용될 수 있는 적용범위가 $\Delta h_m \approx 4w$ 까지임을 알 수 있었다. 그리고 수정된 Cost231-WI를 Cost231-Hata와 전파 환경적 측면에서 비교 분석해 보았는데 대략 도로폭 W 의 1/2이 되는 건물군이 존재하는 전파환경에서 서로 근접함을 알 수 있었다. 또, 최근에 ITU-R에서 제시하는 포괄적 전계강도 곡선의 적용 전파 환경을 고찰하기 위하여 $f=100$ MHz, 600 MHz에서 Okumura-Hata와 $f=2,000$ MHz에서 Cost231-Hata와 각각 비교하였는데 Suburban 환경에서 근접함을 알 수 있었다. 이러한 전파환경적 접근을 이용한 비교분석은 독립적으로 제시된 Okumura-Hata, Cost231-WI, ITU-R 모델의 상호연관성에 대한 이해의 폭을 넓히는 계기가 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] Gordon L. Stuber, *Principles of Mobile Communication*, KAP pp. 99-101, 1996.
 [2] Dongsoo Har, Alix M. Watson, and Anthony G. Chadney, "Comment on diffraction loss of rooftop-to-street in Cost231-Walfisch-Ikegami model" *IEEE Trans. Veh. Technol.*, pp. 1451-1452, Sep., 1999.
 [3] Reinaldo Perez, *Handbook of Electromagnetic Compatibility*, Academic Press, pp. 801-802.
 [4] Robert E. Collin, *Antennas and Radiowave Propagation*, McGraw-Hill Book Company, pp. 25-27, 1985.
 [5] F. Ikegami, S. Yoshida, T. Takeuchi, and M. Umehira. "Propagation factors controlling mean field strength on urban streets." *IEEE Trans Antennas Propagat.*, vol. 32, pp. 822-829, 1984.
 [6] L. B. Felsen and N. Marcuvitz, *Radiation and Scattering of Waves.*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, pp. 652-665, 1973.

정 민 석



1999년: 경희대학교 우주과학과 (학사)
 2000년 3월~현재: 경희대학교 정보통신대학원 석사과정
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파, RF회로

이 범 선



1982년 2월: 서울대학교 전기공학과(공학사)
 1991년 8월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학과
 1995년 5월: 미국 네브래스카 주립대 전자공학(공학박사)
 1995년 5월~1995년 8월: 미국 네브래스카 주립대 포닥(Post Doctor)
 1995년 9월~현재: 경희대학교 전자정보학부 부교수
 [주 관심분야] 안테나 및 전파전파, 초고주파 수송회로