

ITU-R 권고 전송 손실 예측 model과 Cost231-Hata model의 Parameter 비교 분석

정민석, 이범선
경희대학교 정보통신대학원

Comparison Between ITU-R Recommended Path Loss Prediction Model and Cost231-Hata Model

Minseok Jeong, Bomson Lee
Department of Information & Communication, Kyunghee University

요 약

최근에 ITU-R에서 30~3,000MHz 주파수 범위에서 사용할 수 있는 포괄적인 전계 강도 커브를 제시하고 있다. ITU-R Question 중의 하나인 의제 210/3에서 요구하는 내용은 '30MHz~3GHz 대역의 육상이동과 지상방송 업무를 위한 전파전파 예측절차'이다. 이러한 의제를 WP SG3에서 연구하여 부속서 3K/TEMP/4에 정리하였다. 본 논문에서는 위 부속서 3K/TEMP/4에 나와있는 전송손실 예측 그래프의 적용범위와 적용환경을 알아보기 위해 일반적인 실험적 경로손실 예측식인 Okumura-Hata 모델 그리고 Cost231-Hata 모델과 비교 분석하였다.

I. 서 론

30MHz에서 3GHz까지의 주파수 대역에서 육상이동 및 지상방송 서비스 수요가 급증하고 있다. 이에 따라 이러한 서비스 사용량 증가 및 새로운 도입에 따르는 설계 제반 문제점을 해결하기 위하여 ITU-R내 관련 연구반에서는 필요한 전송손실 예측 방법에 대한 조연을 요구하고 있고, 자체적으로 실험을 통한 권고 예측 모델을 발표하였다. 최근 ITU-R SG(Study Group)3 내의 WP(Working Party) 3K-1, 2 에서 주로 논의된 '30MHz에서 3GHz 까지의 주파수 대역에서 지상 및 항공 이동 서비스에 있어서의 전파 데이터 및 예측 방법'이 부속서 3K/TEMP/4에 정리되어 예비 권고안을 발표하였다.

여기에서 ITU-R의 부속서 3K/TEMP/4에서 권고하는 전송 손실 예측 모델과 대도시 주변의 송·수신 안테나 사이의 일반적인 경로 손실 예측 모델인 Okumura-Hata 모델, Cost231-Hata 모델 들을 비교 분석하는 것은 이동 통신망 설계를 위한 적절한 전송손실 예측 모델을 만드는 데 있어서 중요한 연구라 하겠다.

II. Parameter 비교 분석

II-1. 일반적인 전송 손실식

far-field 조건에서 수신전력과 전계에 대한 일반적인 식은 다음과 같이 표현된다[1].

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

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

$$P_r = S A_e = \frac{E^2}{Z_0} \frac{\lambda^2 G}{4\pi\eta} = \frac{E^2 c^2 D}{4Z_0 \pi f^2} \\ \approx \frac{19E^2 D}{f^2} \quad (W) \quad (f의 단위 : MHz) \quad (3)$$

각 파라미터는 다음과 같이 정의된다.

- Pr : 수신전력 (W)
- D : Directivity
- E : 전 계 (V/m)
- S : 전력밀도 (W/m²)
- η : 안테나 효율
- Z₀ : 고유임피던스 (Ω)

A_e : 안테나 유효면적(m^2)

윗 식을 dB로 표시하면,

$$10 \log P_r = 10 \log \frac{19(E \cdot 10^{-6})^2 D}{f^2} \quad (4)$$

(E : $\mu V/m$ 로 표시된 전계)

$$P_r(dB) = 10 \log 19 + 10 \log D - 120 + E(dB(\mu V/m)) - 10 \log f^2 \quad (5)$$

$$P_r(dBm) = -77.21 + E(dB(\mu V/m)) + 10 \log D - 10 \log f^2 \quad (6)$$

이다. 전송 손실(L)은, EIRP, 수신 지점의 전계 그리고 주파수를 이용하여 나타낼 수 있다.

$$P_r(dBm) = P_t G_t(dBm) - L(dB) \quad (7)$$

$$L = P_t G_t(dBm) - P_r(dBm) = P_t G_t(dBm) + 75.06 - E(dB(\mu V/m)) + 20 \log f \quad (D = 1.64) \quad (8)$$

여기서, 다이폴 안테나에서 1 kW의 유효방사전력을 방사한다고 가정했을 시에

$$P_t G_t(dBW) = P_t(dBW) + G_t(dB) = 60 + 2.15 = 62.15(dBW) \quad (9)$$

이므로, 전송 손실식 $L(dB)$ 는 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$L(dB) = 137.21 - E(dB(\mu V/m)) + 20 \log f(MHz) \quad (10)$$

II-2. ITU-R 권고 예측 그래프

최근 ITU-R SG3 내의 WP 3K-1, 2에서 주로 논의된 '30MHz에서 3GHz까지의 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.

II-3. Okumura-Hata model

실험적 전파 예측방법 중의 하나인 Okumura-Hata 식은 주파수가 주어지고, 송신안테나 높이(h_b , m)와 수신안테나 높이(h_r , m)가 주어졌을 때 거리(d Km)에 따른 전송손실 식은 실험적인 측정치에 의해 다음과 같이 나타낼 수 있다[2].

$$L_1(dB) = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_r) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log a \quad (11)$$

(대도시의 경우)

$$L_2(dB) = 69.55 + 26.16 \log f - 13.82 \log h_b - a(h_r) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d - 5.4 - 2 \left[\log_{10} \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 \quad (12)$$

(교외지역의 경우)

Okumura-Hata식의 유효범위는 다음과 같다.

표1 Okumura-Hata 식의 유효범위

주파수	$100 \leq f \leq 1500 (MHz)$
송신안테나 높이	$30 \leq h_b \leq 200 (m)$
수신안테나 높이	$1 \leq h_r \leq 10 (m)$
거리	$1 \leq d \leq 20 (km)$

보정계수(Correction factor) $A(h_r)$ 는 아래와 같다.

$$a(h_r) = (1.1 \log f - 0.7) h_r - (1.56 \log f - 0.8) dB \quad (13)$$

(교외지역의 경우)

$$a(h_r) = 8.29 \log^2(1.54 h_r) - 1.1 dB \quad (f \leq 200 MHz)$$

$$a(h_r) = 3.2 \log^2(11.75 h_r) - 4.97 dB \quad (f \geq 400 MHz)$$

(대도시의 경우) (14)

따라서 식(10)과 Hata 수식을 모두 고려하여 표현하면,

$$E_1(dB(\mu V/m)) = 67.66 - 6.16 \log f + 13.82 \log h_b - (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d + a(h_r) \quad (15)$$

(대도시의 경우)

$$E_2(dB(\mu V/m)) = 73.06 - 6.16 \log f + 13.82 \log h_b - (44.9 - 6.55 \log h_b) \log d + a(h_r) - 2 \left[\log_{10} \left(\frac{f}{28} \right) \right]^2 \quad (16)$$

(교외지역의 경우)

거리를 0~20Km, 주파수를 450~1500MHz로 정했을 때, 대도시 환경에서의 거리와 주파수에 따른 전계강도 그래프를 표현하면 다음과 같다.

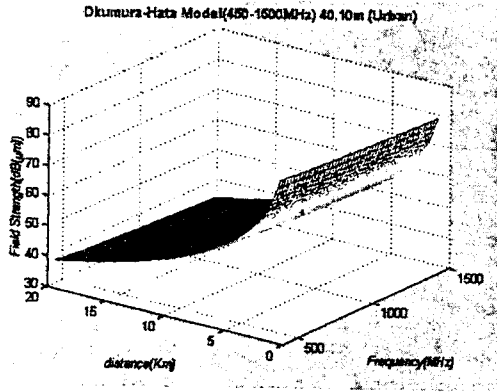


그림1 Okumura-Hata 모델의 거리와 주파수에 따른 전계강도 그래프 (송신안테나높이 40m, 수신안테나높이 10m)

II-4. Cost231-Hata 모델

Cost231-Hata 모델은 Okumura-Hata model을 기초로 하여 Mogensen의 제안에 의해 $1500\text{MHz} \leq f \leq 2000\text{MHz}$ 주파수 범위에서 사용 가능하도록 확장한 모델이다[3].

II-5. ITU-R 손실 그래프와 Hata 손실 그래프와의 비교 및 분석

ITU-R의 부속서 3K/TEMP/4에서 권고하는 거리-전계강도 곡선과 Okumura-Hata 모델, 그리고 Cost231-Hata 모델에서의 손실 곡선의 적용환경을 알아보기 위하여 두 식을 비교 분석해 보았다.

ITU-R의 부속서에 제시된 곡선은 주파수가 100MHz, 600MHz, 2000MHz 일 때 거리(0~1000Km)에 따른 전계 강도를 표시한 곡선이고, Okumura-Hata 모델은 주파수 범위가 100MHz~1500MHz 일 때, 그리고 Cost231-Hata 모델은 1500MHz~2000MHz 일 때의 거리(0~20Km)에 따른 전계강도 곡선을 표시한 전송손실 모델이다. 따라서 부속서에 제시된 곡선과의 비교를 위해 주파수가 100MHz와 600MHz 일 때의 거리에 따른 전계강도 곡선은 Okumura-Hata 모델과 그리고, 2000MHz 일 때의 거리에 따른 전계 강도 곡선은 Cost231-Hata 모델과 비교를 해 보았다.

또한 ITU-R의 부속서에 제시된 곡선은 거리가 0~

1000Km인 광범위한 지역에서의 실험적 모델이므로 Okumura-Hata와 Cost231-Hata 모델의 전파환경을 교외지역으로 가정하여 비교를 해 보았다.

그림 2와 3에서와 같이 주파수 100, 600MHz 일 때, Okumura-Hata 모델과 ITU-R의 3K/TEMP/4의 부속서에 제시된 커브를 비교해 보면, 교외지역 환경의 Okumura-Hata 모델의 커브와 3K/TEMP/4의 부속서에 보인 커브가 송신안테나 높이가 300m 일 때를 제외하고는 거의 유사함을 알 수 있다. 이는 Okumura-Hata 모델의 조건이 송신안테나 높이를 30~200m 까지 제한하고 있어 그에 대한 오차로 보여진다.

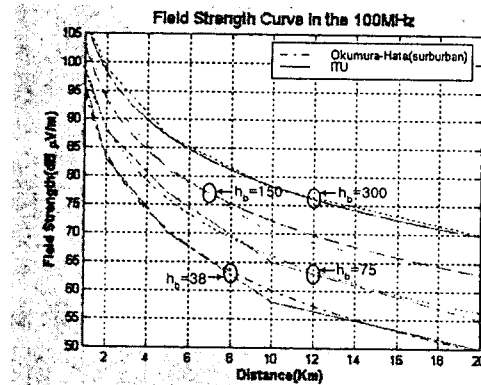


그림2 Okumura-Hata 곡선과 ITU-R 곡선의 비교를 위한 거리에 따른 전계강도 곡선 (f=100MHz, 수신안테나높이=10m)

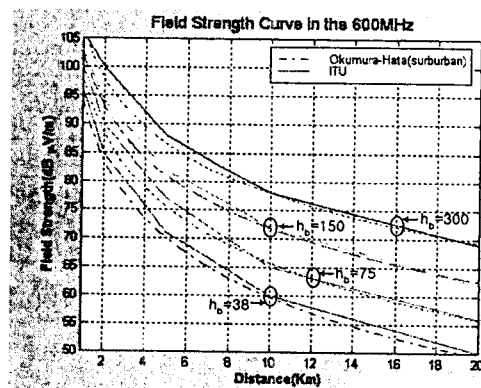


그림3 Okumura-Hata 곡선과 ITU-R 곡선의 비교를 위한 거리에 따른 전계강도 곡선 (f=600MHz, 수신안테나높이=10m)

그림 4은 앞서 소개된 Okumura-Hata 모델과 마찬가지로 교외지역에서의 Cost231-Hata 모델과 ITU에 권고되어있는 거리에 따른 전계강도 곡선과 거의 유사함을 알 수 있다.

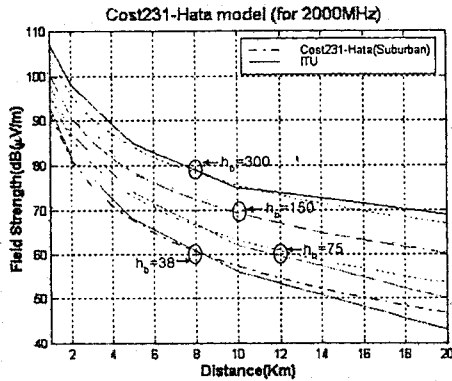


그림4 Cost231-Hata 곡선과 ITU-R 곡선의 비교를 위한 거리에 따른 전계강도 곡선 (f=2000MHz, 수신안테나높이=10m)

이러한 비교 분석 결과를 놓고 볼 때, ITU-R에서 제시하는 전계강도 예측 곡선들은 30~3000MHz 주파수 범위, 0~1000Km 거리 범위에서 육상이동 통신이나 방송 서비스 설계에 사용할 수 있는 포괄적인 것으로 Okumura 모델의 교외지역 전파환경 사용식을 확장한 것으로 사료된다.

III. 결론

본 논문에서는 ITU-R의 부속서 3K/TEMP/4에서 권고하는 전송 손실 예측 모델과 대도시 주변의 송·수신 안테나 사이의, 일반적인 경로 손실 예측 모델인 Okumura-Hata 모델, Cost231-Hata 모델 등을 비교 분석하여 보았다. 그 결과, 수신 안테나 높이(h_r)=10m, 송신안테나(h_b)가 200m 보다 작은 높이를 갖는 범위 안에서는 ITU-R이 제시하는 30MHz~ 3GHz 대역에서의 포괄적 전송 손실 모델이 교외지역 환경에서의 Okumura-Hata 그리고 Cost231-Hata 모델과 유사함을 알 수 있다.

참고 문헌

[1] Reinaldo Perez "Handbook of Electromagnetic

Compatibility", Academic Press, pp 801-802

[2] Masaharu Hata "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services" IEEE Trans. Veh. Technol., vol pp. 317-325, Aug. 1980

[3] Gordon L. Stuber "Principles of Mobile Communication" KAP 1996 pp. 99-101.