

자유 공간 모델과 하타 모델을 이용한 러시아 PNG 지역의 경로 손실 예측에 관한 연구

A Study on Path Loss Prediction for the PNG of Russia Using the Free Space Model and the Hata Model

박경태* 조형래**
(Kyung-Tae Park) (Hyung-Rae Cho)

요약

본 논문에서는 800 ~ 900 MHz 주파수 대역에서 러시아 PNG 지역에 오키무라-하타 모델을 적용하여 경로 손실식을 구하였다. 기존의 경로 손실 모델을 이용하여 러시아 PNG 지역의 새로운 경로 손실 특성식을 구하기 위해서, 최소 자승 평균 기법을 적용하여 기존 모델에 대한 수정치를 구하였다. 자유 공간 및 하타 모델과 측정치의 수정치가 28, 13 dB 임을 알 수 있었으며, 이 값을 적용하여 러시아 PNG 지역에 맞는 새로운 경로손실 모델을 제시하였다.

Abstract

In this paper, we got the 800 ~ 900 MHz path loss model for Russia PNG area using the free space model and the Okumura-Hata Model. In order to add new regional properties to the existing path loss model, the mean square error technique is used to obtain the correction factor. The correction factors for the free space and the Hata model are 28, 13 dB respectively. By applying this correction factors, the new Russian PNG path loss model is proposed.

Key words : RSSI, cellular, path loss model, Russian PNG, mean square error

I. 서론

지난 1990년대부터 현재까지, 이동 통신 시스템은 AMPS, GSM, CDMA 등으로 이어지며 획기적인 발전을 이룩하였다. 이동 통신 전화는 주파수 할당으로 인한 고비용의 사용료가 부과 되어 왔으나, 이

용자 수 증가에 따른 대량 생산이 가능해져서 저렴한 이동통신 서비스가 가능해 졌다. 이동 전화 시스템은 기지국과 이동국으로 분류된다. 기지국 설계시, 동시 사용자 수를 얼마나 많이 수용하느냐 하는 방법이 우선적으로 고려 되고 있다. 여기에 추가하여, 기지국의 서비스 반경을 조정하여 대상 서비스

* 주저자 : 마산대학교 조선전자통신학부 부교수

** 공저자 및 교신저자 : 한국해양대학교 전파공학과 교수

† 논문접수일 : 2011년 5월 25일

† 논문심사일 : 2011년 9월 19일

† 게재확정일 : 2011년 9월 22일

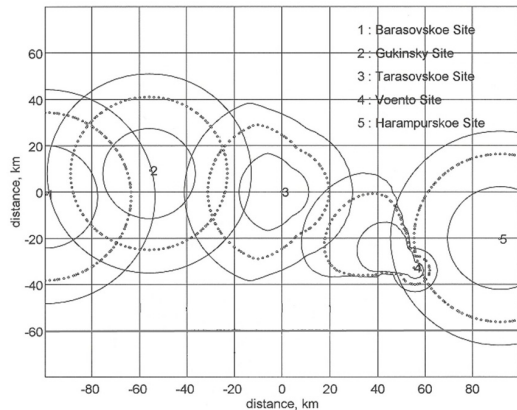
지역을 담당하는 셀 설계 방법이 사용된다[1]. 그리고, 3G 서비스, 와이파이 등의 새로운 데이터 서비스 증가에 맞추어 기지국 시스템 파라미터의 성능 향상이 필수적이다. 외국으로의 국내 셀룰라 기지국 시스템 수출이 점점증하고 있으며, 셀룰라 기지국 시스템의 설치 및 유지 보수를 위한 셀 배치 최적화 방법에 대한 검토가 필요하다. 효율적이고 신뢰성 있는 셀룰라 서비스 지역을 제공하기 위해서는 신호 세기 측정이 무엇보다도 중요하다. 셀룰라 시스템의 통화 성능은 사용 주파수대의 무선 채널에 대처하는 성능에 의해 결정되는데, 기지국 안테나와 이동국 안테나 사이의 전파 특성을 파악하는 것이 무선 통신 시스템 설계시 중요한 요소를 차지한다[2]. 이를 규명하기 위하여 여러 가지 경로 손실 모델들이 제시되어 왔으나, 적용 대상 지역의 지형 및 기후 특성 등에 따라 그에 맞게 수정하여 사용하는 실정이다. 여기서는 러시아 PNG 지역에 대하여 자유 공간 모델과 오투무라-하타 농촌 모델을 적용하였다[3, 4].

러시아 PNG 지역에 기지국을 설치하기 위하여 사전 조사를 시행하였으며, 이때 측정된 결과를 본 논문문에 적용하였다. 먼저 측정 대상 지역 환경을 기술하였고 측정에 사용된 장비를 소개하였으며, 실제 측정 결과를 제시하였다. 하타 모델이 대표적인 경로 손실식이기 때문에, 수신된 전력 측정치로부터 러시아 지역의 경로 손실식에 보정치를 추가하여 새로운 경로 손실식을 유추하였다. 측정치와 예측치 간의 비교를 통하여 오차를 줄이기 위하여 보정치를 구하였으며, 러시아 PNG 지역에 대한 새로운 경로 손실 모델을 제시하였다.

II. 경로 손실 이론 및 측정

2.1 러시아 PNG 지역의 측정 환경 및 장비

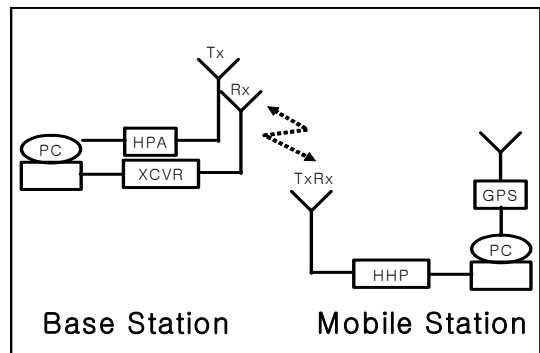
러시아 PNG 지역은 카자흐스탄에서 북쪽으로 1,500Km 정도에 위치해 있다. 다섯 개의 주요 도시를 연결하는 주요 도로 주위에서 이동 전화 서비스가 가능하도록 하려고 한다. 주변은 주로 농촌지형



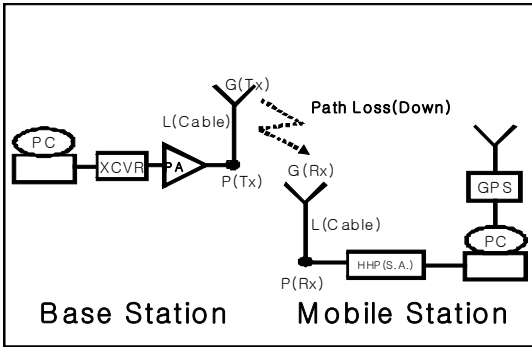
〈그림 1〉 이동전화시스템 기지국 초기 배치
(Fig. 1) The position of the mobile base stations

으로 이루어져 있고, 낮은 초목이 산재되어 있는 지역이다. <그림 1>과 같은 지역의 건물 옥상에 테스트용 기지국을 세우고 RSSI 측정을 실시하였다.

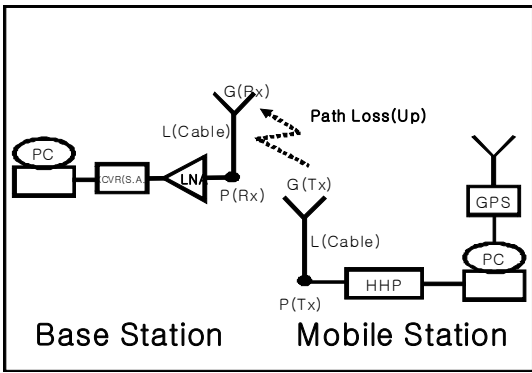
러시아 PNG 지역에 대한 측정 데이터 수집을 위하여 <그림 2>와 같은 장비를 구성하였다. 총 5개의 기지국을 세워서 이동 전화 서비스를 제공하기 위해 사용한 주파수는 800 ~ 900 MHz 대역이다. 기지국 및 이동국의 GPS 장치를 이용하여 위도, 경도, 고도, 시간 정보를 수집하여 기지국과 이동국 장치의 거리를 계산하였다[5]. 기지국에 사용된 안테나는 전방향성 안테나이고, 그중에서 보옌토(Voento) 기지국은 60도 지향성 안테나를 사용하였다[6].



〈그림 2〉 필드 측정 장치의 설치
(Fig. 2) The Field Measurement System



(a) 순방향 링크 버짓



(b) 역방향 링크 버짓

〈그림 3〉 필드 측정 장치의 링크 버짓(Link Budget)
 〈Fig. 3〉 Link Budget of the measurement system

〈표 1〉 측정 장치의 링크 버짓(Link Budget) 사양
 〈Table 1〉 The configuration for the measurement system

기지국	안테나 이득(dBd)	옴니(Omni)	8
		60도 지향성	12
	기지국 케이블손실(dB)		8 ~ 20
	LNA 이득(dB)		12
이동국	LNA의 잡음지수(dB)		2
	안테나이득(dBd)		3
	케이블손실(dB)		3 ~ 6

송신전력은 10 Watts 이며, 측정시 고려된 설계 값은 송수신 안테나 이득 (dBi, dBd), 송수신 안테나 케이블 손실(dB), 수신기 이득(dB), 수신기 잡음지수

(Noise Figure, dB) 등으로 <표 1>과 같으며, 측정은 VAN 차량에서 평균 시속 20 Km/h로 간선 도로를 이동하면서 이루어졌다.

2.2 자유 공간 손실 및 하타 모델 경로 손실

자유 공간에 대한 경로 손실식은 수신 신호 전력 으로부터 아래와 같이 구해진다. 송신 전력은 반지름 이 d인 공의 표면적에 비례하여 줄어들고, 수신 전력 은 수신 안테나 유효 면적에 비례하여 증가된다.

$$L(FreeSpace) = (P_T + G_T) - (P_R - G_R) \quad (1)$$

$$= 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^4$$

여기서, λ 는 사용된 전파의 파장이며, d 는 송수신 안테나 사이의 거리이다.

또한, 오키우라의 일본 동경 지역에 대한 경로 손실 측정 그래프로부터 실험식을 유도한 하타 모델에 따른 도심지역의 경로 손실[dB]은

$$L(Urban) = 69.55 + 26.16 \log(f_C) - 13.82 \log(h_b) - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log h_b) \log(d) \quad (2)$$

$$a(h_m) = (1.1 \log(f_C) - 0.7) h_m - (1.56 \log(f_C) - 0.8)$$

이 되며, 농촌 지역에 대한 경로 손실식은

$$L(Rural) = L(Urban) - 4.78 (\log f_C)^2 + 18.33 \log(f_C) - 40.94 \quad (3)$$

이 되고, 주파수 $f_C = 850$ MHz, $h_b = 50$ m, $h_m = 3$ m에 대하여,

$$L(Rural) = [90.64 + 33.77 \log(d)] \quad (4)$$

가 된다[3].

2.3 측정치 비교

러시아 PNG 지역에서 측정은 차량 팀과 기지국 팀으로 나누어서 시행되었다. 측정 장치의 링크 버짓(Link Budget) 사양을 고려한 기지국과 단말기 사이의 경로 손실을 구해보면,

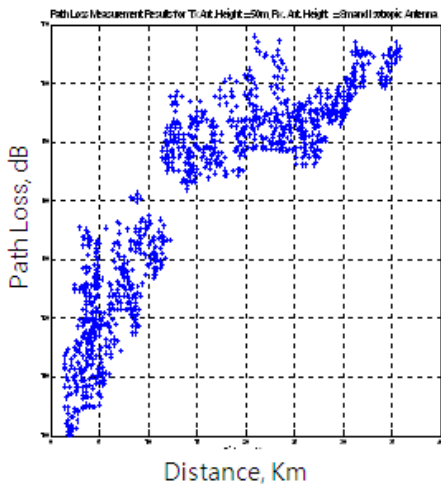
$$L_P = EIRP - (P_R - G_R + L_R). \quad (5)$$

여기서,

$$EIRP = P_T - L_T + G_T \text{이다.}$$

단, P_T : 기지국 송신전력, L_T : 기지국 안테나 케이블 손실, G_T : 기지국 안테나 이득, P_R : 단말기 수신전력, L_R : 단말기 안테나 케이블 손실, G_R : 단말기 안테나 이득 이다[7, 8].

GPS 장비를 사용하여 송수신기 사이의 거리를 계산한 수신 신호 레벨로부터 경로 손실을 계산하여 <그림 4>에 나타내었다.

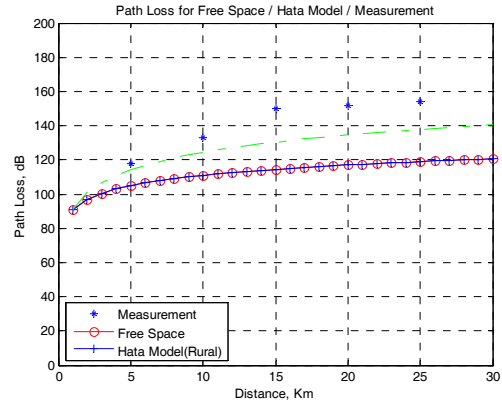


<그림 4> 필드 측정 경로 손실
(Fig. 4) The measured path loss

이 그래프로 부터 5 Km 간격으로 평균치를 최소 자승법 식 (6)으로 구하여 측정치의 특성을 간략화하여 <그림 5>에 나타내었다[9].

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (m - x_k)^2} \quad (6)$$

<그림 5>에, 자유 공간 경로 손실 모델에 대한 식 (1)과 농촌 지역에서 하타 경로 손실 모델에 대한 식 (4)를 같이 표시하였다.



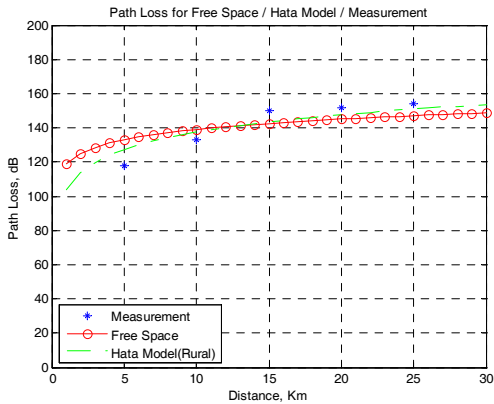
<그림 5> 필드측정 경로손실와 이론모델의 경로손실
(Fig. 5) The path losses of the measurement, the free space model, and Hata model

<그림 5>에서 기지국으로부터 동일한 거리 5 Km, 10 Km, 15Km, 20 Km, 25 Km 지점에서 필드 측정 경로 손실 값과 자유 공간 경로 손실 모델, 농촌 지역 하타 경로 손실 모델 이론값과의 차이에 대한 평균값은

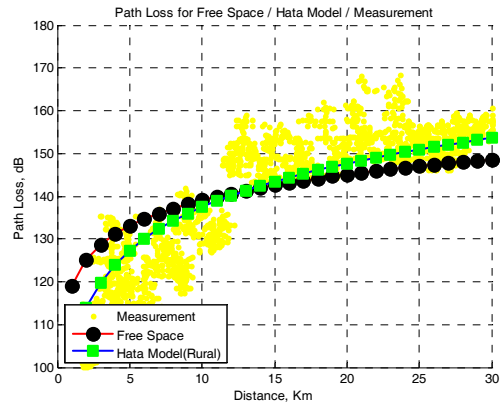
$$(\text{차이값 평균}) = \left[\sum_{1}^N (\text{측정값} - \text{이론값}) \right] / N \quad (6)$$

와 같이 구할 수 있다[9, 10].

자유 공간 경로 손실과 하타 모델 이론값에 대한 측정 경로 손실의 차이 값 평균은 각각 28, 13 dB로 계산 되었으며, <그림 6>에 나타내었다. 이러한 오차의 발생 원인은 기본적으로 러시아 PNG 지역의 지형적, 기후적 차이에 주로 있으며, 기타 여러 가지 요소에 의해 기존의 일반적인 경로 손실 모델을 설정할 경우에는 위에서 구한 보정값이 필요 불가결함을 짐작할 수 있다[11-14].



〈그림 6〉 수정된 경로 손실 이론 모델
(Fig. 6) The proposed path loss model



〈그림 7〉 필드 측정 경로 손실과 수정된 경로 손실 이론 모델
(Fig. 7) The measured path loss and proposed path loss model

Ⅲ. 러시아 PNG 지역에 제안된 경로손실 모델

본 논문에서 측정치와의 비교를 통한 차이 값은 보정치 F_c 를 도입하여 수정해 주어야 할 만큼 큰 값이다. 그런데, 보정치는 측정치와 자유공간 모델의 차이값에 대한 자승 평균이 최소인 조건에 의하여 구하는데, 이를 적용해 다음과 같이 구할 수 있다.

보정된 자유공간 손실 모델은

$$L_N(\text{FreeSpace}) = 20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right) + F_{c_{FS}} \quad (7)$$

$$F_{c_{FS}} = 28 \text{ [dB]}$$

과 같음을 알 수 있고,

하타 경로손실 모델에 이를 적용해 보면,

$$L_N(\text{Rural}) = L(\text{Urban}) + 4.78 (\log f_C)^2 + 18.33 \log(f_C) - 40.94 + F_{c_{HATA}} \quad (8)$$

$$F_{c_{HATA}} = 13 \text{ [dB]}$$

이 된다는 것을 알 수 있었다. 이를 <그림 7>에 나타 내어 보았는데, 전체적으로 필드 측정 경로 손실에 가까운 모양을 나타내고 있음을 알 수 있다.

Ⅳ. 결 론

수신 신호 전력과 경로 손실은 주로 송수신 안테

나 거리, 측정 대상 지역 환경 및 기후, 사용 주파수, 기지국 송신 전력, 단말기 수신 이득 등에 의하여 결정된다. 측정값으로부터 계산된 경로 손실 값은 자유공간 손실 이론식과 하타 모델과 비교 분석하였다. 자유공간 손실 모델은 송수신 거리와 사용된 주파수에 의해 결정되는 간단한 모델로, 측정치와 비교하면 측정 환경이 가장 큰 오차 요인이 됨을 알 수 있었다. 하타 모델은 주파수, 거리 이외에 송수신 안테나 높이까지 고려한 모델로, 특정지역 환경에 의한 요소를 많이 담고 있다. 본 논문에서 측정 대상 지역인 러시아 PNG 지역에 대한 측정치로부터 자유공간 손실과 하타 모델과의 차이점을 계산해보면 28, 13 dB의 경로 손실 보정이 필요함을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] William C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications," McGraw-Hill Book Co., 1995.
- [2] 이상근, 방효창, "CDMA 무선기술," 세화출판사, 2000.
- [3] Masaharu Hata, "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-29, no. 3, pp.317-325, Aug. 1980.
- [4] IEEE Vehicular Technology Society Committee on Radio Propagation, "Coverage Prediction for Mobile

- Radio System Operating in the 800/900 Mhz Frequency Range,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 37, no. 1, pp.3-72, Feb. 1988.
- [5] M. Yang and W. Shi, “Linear Least Square Method of Propagation Model Tuning for 3G Radio Network Planning,” *Fourth International Conference on Natural Computation ICNC*, Jinan, pp.150-154, Oct. 18-20 2008.
- [6] B. S. L. Castro, I. R. Gomes, F. C. J. Robeiro and G. P. S. Cavalcante, “COSTA231-Hata and SUI Models Performance Using a LMS Tuning Algorithm on 5.8 GHz in Amazon Region Cities,” *Antennas and Propagation, 2010 Proceedings of the Fourth European Conference*, 2010.
- [7] 송기홍, “8 GHz 대역에서의 마이크로셀용 전파 전파 예측 모델 개발,” *한국전자과학회논문지*, 제17권, 제12호, pp.1212-1223, Dec. 2006년.
- [8] 최명선, 김도윤, 조한신, 문철, 육종관, 박한규, “지하철 터널환경에서 2.65 GHz 대역신호의 전파전파 특성,” *한국전자과학회논문지*, 제16권, 제5호, pp.541-548, 2005.
- [9] Papoulis, “*Probability, Random Variables, and Stochastic Processes*,” McGraw Hill Book Co., 1991.
- [10] 조한신, 육종관, “마이크로 셀룰라 환경에서의 차세대 이동 통신을 위한 전파전파 특성,” *한국전자과학회논문지*, 제17권, 5호, pp.430-439, May 2006.
- [11] Nazar. Elfadhil, M. A. Salam, A. Al-Lawati, O. Al-Qasmi, M. Al-Gheithi and Z. Nadir, “Modification of an Open Area Okumura-Hata Propagation Model Suitable For Oman,” *TENCON 2005 IEEE Region 10*, 2005.
- [12] W. A. Shinttu, B. G. Bajoga, F. Anwar and M. J. E. Salami, “Prediction of Received Power and Propagation Path Loss in Open/Rural Environments using modified Free-Space Loss and Hata Models,” *2008 IEEE International RF and Microwave Conference Proceedings*, pp.126-130, Kuala Lumpur, Malaysia, Dec. 24 2008.
- [13] Hironari Masui, Masanori Ishii, Kozo Sakawa, Hiroyuki Shimizu, Takehiro Kobayashi and Masami Akaike, “Microwave Path-Loss Characteristics in Urban and NLOS Environments,” *IEEE VTS 53rd Vehicular Technology Conference*, pp.349-354, Spring, 2001.
- [14] Mahdi Orooji and Bahma Abolhassani, “New Method for Estimation of Mobile Location Based on Signal Attenuation and Hata Model Signal Prediction,” *Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, pp.6025-6028, Sep. 2005.

저자소개



박 경 태 (Park, Kyung-Tae)

1999년 ~ 현 재 : 마산대학교 조선전자통신학부(부교수)
 1996년 ~ 1999년 : 한진그룹 한진정보통신(시스템 엔지니어)
 1992년 ~ 1995년 : 삼성전자 정보통신부문(연구원)
 2011년 8월 : 한국해양대학교 전파공학과(공학박사)
 1992년 2월 : KAIST 전기및전자과(공학석사)
 1990년 2월 : KAIST 전기및전자과(공학사)



조 형 래 (Cho, Hyung-Rae)

1996년 ~ 현 재 : 한국해양대학교 전파공학과(교수)
 2004년 ~ 2007년 : (재)한국조선기자재연구원(원장)
 1993년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학박사)
 1984년 2월 : 연세대학교 전자공학과(공학석사)
 1982년 2월 : 광운대학교 응용전자공학과(공학사)