

이동통신대역의 경로손실 모델 설정에 관한 연구

A Study on the Path Loss Modeling for Mobile Cellular System

박 경 태 · 정 인 성* · 김 동 일

Kyung-Tae Park · In-Seong Chung* · Dong Il Kim

요 약

이 논문은 이동전화 기지국 설치를 위한 전파 환경 분석을 목적으로 하고 있다. 대상지역의 최대거리는 150 km, 면적은 6000 km²에 이르며, 총 5개의 기지국에서 이동전화 서비스를 할 수 있도록 하기 위하여 필드 측정을 하였다. 이렇게 측정한 전파환경을 하타(Hata)모델과 오키무라(Okumura)모델로 근사시켜 경로손실 예측모델을 선정하였다. 필드테스트 분석 결과, 측정된 지역의 전파환경 경로손실은 농촌지역과 도시근교지역의 중간 지역의 하타(Hata) 모델로 근사할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

Abstract

The purpose of this paper is to analyze the path loss for the mobile cellular system. The maximum distance is 150 km and the area is about 6,000 km² and the field test was performed for the total 5 base stations. The path loss was calculated by Hata and Okumura models, respectively. As a result, it was shown that a proper model for the field test data is the middle one between the rural model and suburban/rural Hata model.

Key words : Path Loss, Mobile Cellular System, Base Stations, Mobile Stations, RSSI

I. 서 론

이동전화 시스템은 교환국 및 기지국으로 구성되어 이동전화 서비스를 수행한다. 기지국은 교환국과 이동국을 연결하는 기능을 수행하는데, 각 무선 구역 중심에 위치하여 셀(Cell)을 통제하고 셀에 할당된 무선 자원을 관리한다.

이동전화 서비스의 통화 품질은 음성, 통화율(통화시도시 실패율, 통화중 호 절단율) 및 서비스 지역의 범위 등에 의해 결정된다.

이러한 통화품질 가운데 통화중 호 절단율을 낮추기 위하여 이동전화 단말기가 기지국 사이를 이동할 경우, 양질의 통화품질을 유지하기 위하여 새

로운 기지국으로 호의 양도처리(핸드오프)가 이루어져야 한다.

필드 테스트 지역의 셀룰라 시스템 설치를 위하여 현장 필드 테스트 결과를 토대로 서비스 반경 및 기지국 시스템 사양을 정하였다^[6].

여기서는 러시아 지역에 설치될 이동전화 시스템 기지국의 필드 테스트 결과를 분석하여 경로손실 범위를 결정하고자 한다^[6].

II. 필드 측정, 분석 및 경로손실 모델 설정

필드 테스트용 기지국은 그림 1과 같이 총 5개 기지국으로 구성되어 있다. 현장 필드 테스트에

「본 연구는 한국학술진흥재단(KRF-2001-005-200015) 지원으로 수행되었음.」

한국해양대학교 전파공학과(Department of Radio Sciences & Engineering, Korea Maritime Univ.)

* 한국해양대학교 전자통신공학과(Electronic Communication Engineering, Korea Maritime Univ.)

· 논문 번호 : 20020506-055

· 수정완료일자 : 2002년 6월 14일

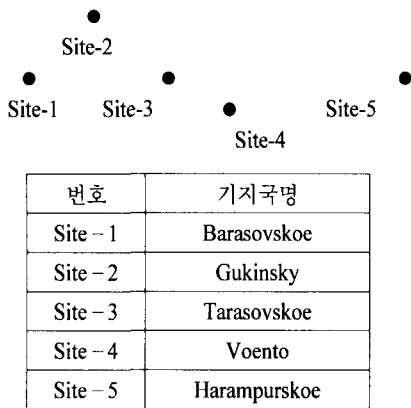


그림 1. 이동전화시스템 기지국 필드 테스트를 위한 초기 배치

Fig. 1. Initial Arrangement for Field Test from the Mobile Station.

앞서 초기 서비스 반경은 단말기에 따라 30~50 km로 예측하였고, 사용 주파수 허가 범위는 AMPS 방식의 A, A" 밴드 일부로 선정하였다.

필드 테스트용 기지국의 위치는 GPS 장치를 사용하여 위도, 경도를 파악하여 이동국과의 상대 거리 등을 구하는 데 이용하였다. 기지국 사이의 거리를 약 20 km로 초기 설정하였으며, 기지국 안테나로는 무지향성 안테나(Omni-directional antenna) 방식과 60도 지향성 안테나로 구분하여 선정하였다. 표 1에 이동전화기지국 시스템에 사용된 초기 안테나 사양을 나타내었다.

2-1 필드 측정 장치의 설치

필드 테스트 지역의 전파 전파특성을 측정하기 위하여 그림 2와 같이 측정 장치를 설치하였다. 기

표 1. 이동전화 기지국 초기 안테나 사양
Table 1. Antenna configuration for the mobile station.

번호	기지국	셀 형태
1	Barasovskoe	전방향
2	Gukinsky	전방향
3	Tarasovskoe	전방향
4	Voento	60도 지향성
5	Harampurskoe	전방향

지국의 설치 예정 장소에 안테나 및 각 송수신 장비를 설치하고, 단말기 측에서는 단말기의 위치를 파악하기 위하여 GPS장비를 설치하였다. 기지국에서 단말기로의 전파 전파특성과 단말기에서 기지국으로의 전파 전파특성을 동시에 측정하는 양 방향용 측정 장비이다.

기지국과 단말기의 측정값을 각 시간에 대하여 동기화 시켜 단말기의 위치, 즉 기지국에서 단말기까지의 거리에 따른 양 방향에서의 측정값으로 변

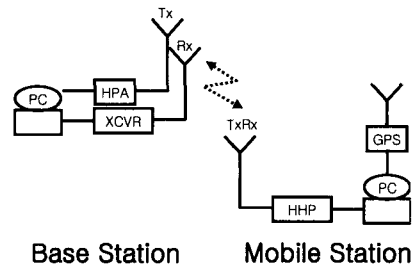
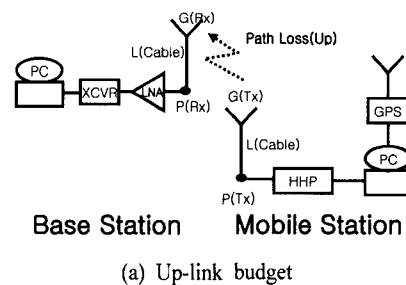
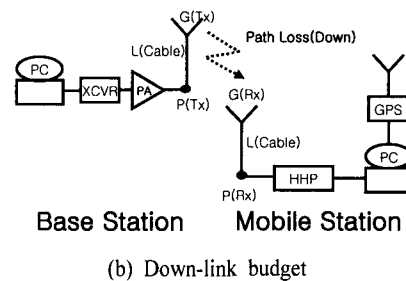


그림 2. 필드 측정 장치의 설치

Fig. 2. Set-up of the field test system.



(a) Up-link budget



(b) Down-link budget

그림 3. 링크 버짓

Fig. 3. Link budget.

표 2. 측정 장치의 링크 버짓 사양
Table 2. Link budget specification for the measurement system.

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

환할 수 있게 하였다. 이러한 측정장비를 이용하여 정보를 전송하고, 수신 신호레벨(RSSI)를 측정하였다^[6].

2-2 필드 측정 장치의 설정치

각 순방향 및 역방향 링크에서 사용된 장치의 필드 측정에 필요한 사항을 고려해 보면 아래와 같다.

- ▶ 송수신 신호레벨(dBm, W)
- ▶ 안테나 이득(dBi, dBd)
- ▶ 안테나 Cable 손실(dB)
- ▶ 수신기의 Noise Figure(dB), Dynamic Range (dBm)
- ▶ 수신기 통과대역에 대한 Noise Floor(dBm)
- ▶ LNA의 Gain(dB), 1 dB Compression Point(dB)

그림 2의 필드 측정장치에서 사용된 기지국 장치의 안테나이득, 케이블 손실, LNA 이득과 필드 측정용 차량 내부에 설치한 단말기의 안테나 이득, 케이블 손실 등을 표 2에 표시하였다.

여기서, 수신기의 통과대역에 대한 잡음 전력(Noise Floor)은 섭씨 27도, 통과대역 30 kHz에서 계산된 값을 사용하였다.

▶ 잡음 전력(Noise Floor) = kTB
= -129 dBm

2-3 필드 테스트 측정치의 분석

각 측정장치의 사양과 그림 3의 링크 버짓으로부터 기지국과 단말기 안테나 사이의 경로 손실을 식(1)과 같이 구할 수 있다.

$$\text{Path.Loss. (경로손실)} = P(\text{송신전력}) + G(\text{송신안테나이득}) - L(\text{송신케이블손실}) - \{P(\text{수신전력}) - G(\text{수신안테나이득}) + L(\text{수신케이블손실})\} \quad (1)$$

그림 2의 측정 장치에서 거리에 대한 순방향(Down-link) 및 역방향(Up-link) 각각의 경로 손실 측정값을 그래프로 그려보면 그림 4와 같다. 그림 4에서 측정 지역의 전파 음영현상과 페이딩(Fading) 현상에 의한 경로 손실이 측정 지역에 따라 달라짐을 알 수 있다. 이러한 불규칙적인 측정치를 일반적인 경로 손실식으로 근사하여 비 측정지역에도 적용할 수 있다^{[1]~[3]}.

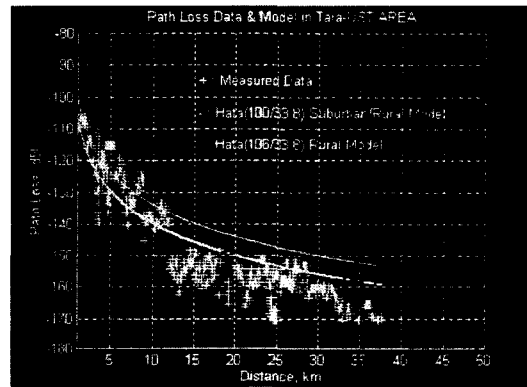


그림 4. 필드 측정치의 Hata 모델 근사 예
Fig. 4. Hata model approximation for the field test data.

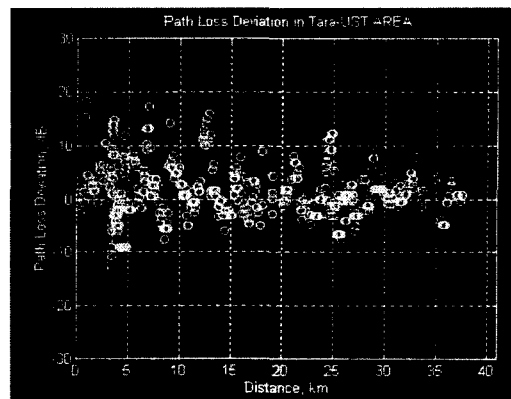


그림 5. 필드 측정치의 평균치에서의 편차
Fig. 5. Deviation from the mean value of the field test data.

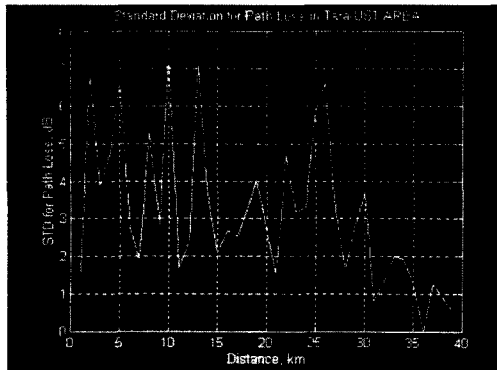


그림 6. 필드 측정치의 평균치로부터의 편차의 분포
Fig. 6. Distribution of the deviations from the mean values for the field test data.

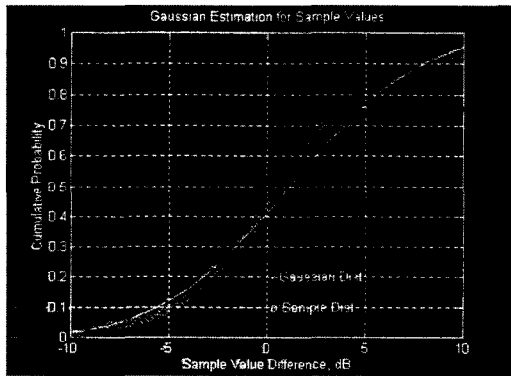


그림 7. 필드 측정치의 평균치에서의 표준편차
Fig. 7. Standard deviation from the mean value of the field test data.

경로 손실 측정치인 그림 4에서 측정 지역의 지형에 의한 음영(shadowing) 및 페이딩 현상에 의한 경로 손실 표준 편차는 측정 지역 평균치에서 측정치를 뺀 값 그림 5에서 구할 수 있다. 그 값들은 대수정규(Log-Normal) 확률 분포를 따름을 그림 6과 7에서 알 수 있으며, 거리에 따른 표준 편차는 그림 7에서 전체적으로 3~5 dB 임을 알 수 있다^{[5],[6]}.

2-4 실험적인 경로 손실 근사 모델

실험적인 측정을 통한 경로 손실을 수식으로 표현한 Hata 모델에 따르면 경로 손실을 아래 식 (2)로 나타낼 수 있다^[1].

$$\text{Path Loss} = A + B \text{Log}[R] \quad (2)$$

여기서 A : 1 km 지역에서의 경로 손실값(dB)
B : 1 km 이상 지역에서의 경로 손실 경사(dB/dec)
R : 기지국과 이동국 거리(km)

그리고, 기지국과 단말기의 안테나 높이는 각각 50 m, 1.5 m이고, 사용주파수가 850 MHz일 때, Hata 모델의 경로 손실식은 식 (3)과 같다.

- ▶ 소도시 지역 : P.L. = 122.7 + 33.8 Log[R]
 - ▶ 도시 근교 지역 : P.L. = 112.9 + 33.8 Log[R]
 - ▶ 평활 지역 : P.L. = 94.4 + 33.8 Log[R]
- (3)

여기에 필드 측정 지역의 측정치에 맞는 근사 모델은 식 (4)와 같다.

- ▶ 농촌 지역 : P.L. = 100 + 33.8 Log[R]
 - ▶ 도시근교와 농촌 중간 지역 : P.L. = 106 + 33.8 Log[R]
- (4)

그리고, 위의 Hata 모델은 30 km 이전 지역의 도시거리 내부에서만 적용할 수 있고, 30 km 이후 지역에 대해서는 10 km당 6 dB가 감소하는 오쿠무라 (Okumura) 모델이 실측치에 근사함을 그림 4에서 알 수 있었다^{[1],[5]}. 즉,

- ▶ Path Loss(30 km 이후) : 6 dB / 10 km

여기서는, 대표적인 측정치를 보이고, 그에 대한 근사 모델을 Hata의 모델 중 농촌지역 모델과 도시 근교와 농촌 중간지역 사이의 모델인 식 (4)로 근사하여 정할 수 있음을 그림 4에서 알 수 있다.

III. 결 론

이동전화 기지국 설치를 위한 전파 환경 분석을 목적으로 하였다. 대상지역의 최대거리는 150 km, 면적은 6000 km²에 이르며, 총 5개의 기지국에서 이동전화 서비스를 수행할 수 있도록 기지국의 위치 및 서비스 지역을 설계하기 위한 사전 전파환경 조사가 요구되었다. 먼저, 초기 기지국을 선정하고 필드 테스트를 통하여 전파환경을 측정하였다. 이렇

계 측정된 전파환경을 하타(Hata) 모델과 오쿠무라 (Okumura) 모델을 통하여 근사시켜 경로손실 예측 모델을 선정하였다. 분석한 결과 이동전화 기지국을 설치하려는 필드 테스트 지역의 전파환경 경로손실은 농촌형 3개, 중소도시형 2개 지역으로 근사할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

측정치로 바탕으로 하여 측정에 필요한 장비의 각종 측정 파라미터의 값을 보상하여 경로손실을 근사하는 방법을 이용하였다. 이러한 경로손실을 계산한 결과, 측정지역에서의 경로손실식은 하타 (Hata) 모델식에서 농촌지역과 도시근교지역의 중간에 위치하고 있음을 알 수 있다.

- ▶ 농촌 지역 : P.L. = 100 + 33.8 Log[R]
- ▶ 도시근교와 농촌 중간 지역 : P.L. = 106 + 33.8 Log[R]

또한, 30 Km 이상 지역에서는 오쿠무라 (Okumura) 모델을 적용할 수 있음을 알 수 있었다.

- ▶ Path Loss(30 km 이후) : 6 dB / 10 km

필드 테스트 측정 도중에 발생한 페이딩 현상 등으로 인한 측정치의 통계적인 값은 대수정규 분포를 이루었으며, 전체적인 평균값은 3~5 dB 임을 알 수 있었다.

이렇게 측정된 필드 측정값들로부터 얻은 경로손실식은 동일 기지국내의 미측정 지역에 대한 수신

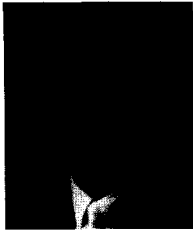
신호세기(RSSI)를 예측할 수 있는 근거가 된다.

본 연구에 사용한 측정 데이터를 얻는데 도움을 주신 삼성전자(주) 이동통신팀 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] Masaharu Hata, "Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Radio Services", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. Vt-29, no. 3, August 1980.
- [2] IEEE Vehicular Technology Society Committee on Radio Propagation, "Coverage Prediction for Mobile Radio Systems Operating in the 800/900 MHz Frequency Range", *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 37, no. 1, Feb. 1988.
- [3] Szu-Wei Wang and Irving Wang, "Effects of Soft Handoff, Frequency Reuse and Non-ideal Antenna Sectorization on CDMA System Capacity", *IEEE Vehicular Technology Conference*, 1993.
- [4] *Probability, Random Variables and Stochastic Processes*, McGraw Hill, popoulis, 1991.
- [5] 차균현, 성태경, "셀룰라 전화시스템", 1993.
- [6] Mobile Team SEC, "Report on PNG Site Field Test Measure Result and RF Engineering on the PNG System", 1993.

박 경 태



1990년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자과 (공학사)
1992년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자과 (공학석사)
1992년 3월~1995년 11월: 삼성전자(주) 근무
1996년 2월~1999년 2월: 한진정보

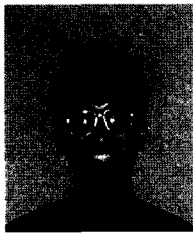
통신(주) 근무

1999년 3월~현재: 마산대학 전자정보계열 교수

2002년 3월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 대학원 박사과정

[주 관심분야] 초고주파공학, CDMA이동통신공학

정 인 성



1992년 2월: 부경대학교 전자공학과 (공학사)
1994년 2월: 부경대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1995년 3월~현재: 한국해양대학교 대학원 박사과정
1994년 2월~1995년 6월: 부일이동

통신 부설연구소 연구원

1995년 7월~1999년 12월: 모토로라 코리아 무선시스템 그룹 과장

2000년 1월~현재: Vertel Korea Software Engineering Group 부장

[주 관심분야] Cell Planning, NMS for mobile network, RF network performance tuning

김 동 일



1975년 2월: 한국해양대학교 항해학과 (공학사)

1977년 2월: 한국해양대학교 대학원 전파공학전공 (공학석사)

1984년 3월: 일본 동경공업대학원 전기전자공학과 (공학박사)

1975년 3월~1993년 9월: 한국해양대학교 조교~부교수

1990년 3월 10일: 산학협동상 대상 수상

1993년 12월 11일: 한국전자과학회 학술상 수상

1995년 4월 21일: 과학기술진흥 대통령 표창 수상

1998년 9월 30일: 한국항해학회 우수논문상 수상

1993년 10월~현재: 한국해양대학교 전파공학과 교수

2002년 1월~현재: 한국전자과학회 회장

[주 관심분야] 마이크로파 및 밀리미터파 회로의 설계, CATV 전송회로의 설계, 고성능 전파흡수체의 개발, EMI/ EMC 대책 등