

이동통신을 위한 전파전파 경로손실 예측 시뮬레이션

임 명섭, 이 상천, 진고환, Jean E. Adams, 임 성준, 이 혁재
한국전자통신연구소 이동통신연구실

The Radio Wave Path Loss prediction for Mobile Radio communications

M.S. Lim, S.C. Lee, G.H. Jin, J.E. Adams, S.J. Lim, H.J. Lee
ETRI Mobile Comm.

Abstract

This paper describes methods of predicting for the radio wave propagation of mobile radio systems using a computer and topographical data. The calculation of path loss are based on various algorithms, most of them well known. The power-distance loss slope of the predicted results shows similarity with the published experimental results.

I. 서론

이동통신에서의 수신 신호는 기지국과 이동국 간의 거리의 변화, 이동국 주변의 지형 및 지물에 의한 차폐현상, 다중파 간섭에 의한 페이딩(Fading) 현상에 의해 큰 폭으로 변동하므로, 실측에 의한 전송손실 측정과 이론적 해석에 의해서 전파 경로 손실 예측이 필수적이다. 이동통신의 전파전송 해석 및 서비스 지역 예측을 컴퓨터 시뮬레이션 함으로써 이동통신 서비스 지역내 다수의 기지국을 배열하거나 또는 새로운 기지국의 추가 설치시 동일채널 간섭효과 배제등 수 많은 경우를 고려한 반복적인 계산작업을 하여 Cell Planning의 정확성을 기할 수 있다.

본 논문에서는 지형 데이터를 이용하여 전파 경로 손실을 예측하였으며, 널리 사용되는 예측모델을 기준으로 하여 시뮬레이션하였다.

II. 이동통신에서의 전파환경 특성

이동통신에서의 전파 전송 특성을 <그림1>에 나타내었으며, 기지국과 이동국의 안테나 복사패턴, 실효 높이, 지형지물은 이동통신 시스템 설계요소로서 중요한 사항이다. 이러한 조건 중에서 특히 자연 현상인 전파 전송을 해석하는 것은 송신출력, 통신 유효 거리, 간섭 조건, 통화 품질 등에 이용되는 기본 변수로서 이동통신 기술의 기본을 이룬다. 실제의 대지 지면은 지형지물의 기복이 심하고, 도심지 건물 및 이동체의 주행에 따라 급속히 변동하는 페이딩 현상때문에 이론적인 해석에 기초한 여러 방식들에 부가하여 많은 실측에 의한 데이터의 통계적인 보정이 필요하다.

전파 해석 모델	전파 경로	해석방법	비 고
자유공간 모델	직접파	이론적 해석적	이상적 모델
평지 모델	직접파·단일반사파		단순 모델
구면 모델	직접파·단일반사파	이론적 해석적	지구의 곡면 효과
Knife edge 모델	회절파		산, 섬의 영향
Nakagami Rice 모델	직접파·다중반사파	실험적	해수면 반사/개방지
Rayleigh 모델	다중 반사파	통계적	시가지/고위지, 지형지물

<그림 1> 이동통신의 전파전송 특성

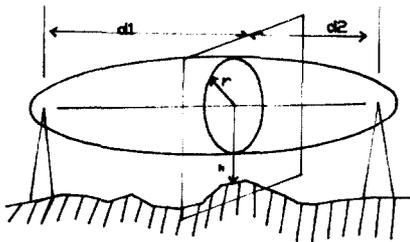
III. 시뮬레이션 시스템 구성

1. CRAND(Cellular Radio Network Design) 모델

전파 전송 특성을 분석하기 위해서는 먼저 지형 데이터를 이용하여 지형단면도의 형태에 따라 가시거리 여부의 판단과 비가시인 경우 회절점을 찾아야 한다. 회절점에서는 전파의 진행을 완전히 차단하는 차단 회절점과 반사파를 발생시켜 직접파에 영향을 주는 방해 회절점으로 나누어 진다. 어떠한 회절점도 존재하지 않으면 그 경로를 가시거리라 하며 자유공간 전송 손실과 같이 취급한다. 어떤 지점이 회절점이 되는지의 여부는 <그림2>와 같이 Fresnel 제1차 반경과 지형고도에 대한 통과 높이의 비율로 결정되며 식(1)에 공식을 나타내었다.

$$r = 548 \sqrt{\frac{d1 \cdot d2}{f(d1+d2)}} \quad \text{-----} \quad (1)$$

$\begin{cases} f : \text{MHz} \\ d1, d2 : \text{Km} \\ r : \text{m} \end{cases}$



<그림 2> Fresnel 제1차 반경

Fresnel 타원체는 직접파와의 경로차가 반파장의 정수배가 되는 점들의 궤적으로 송수신점을 초점으로 하는 여러 개의 회전 타원체 군을 말한다. 이 중 가장 안쪽의 것을 제1차 Fresnel 타원체라 하며, 그 안쪽에 장애물이 없을 경우 회절에 의한 영향을 거의 무시할 수 있다.

이동통신을 위한 전파전파 경로 손실 예측 Simulation(90958)

주요 예측 방법을 요약하면 다음과 같다.

가. 가시거리, 자유공간 전송

<그림2>에서 h/r이 1.5 이상이면 자유공간 전송손실로 계산한다.

나. 가시거리, 구면대지 전송

h/r이 0.5 이하이면 지구의 곡면효과에 의해 구면대지 전송으로 계산한다.

다. 가시거리, 천이 상태

h/r이 1.5이하 0.5이상이면 천이상태로 계산하여 평지에 의한 전송손실로 계산한다.

라. 비가시 거리, 단일 회절 전송

전파경로가 지형에 의해 차폐되어 있으며 단일 회절차폐손실에 의해 계산된다.

마. 비가시거리, 다중 회절 전송

전파 경로상의 여러 개의 장애물에 의해 차폐되어 있으며, 다중 회절에 의한 손실을 계산한다.

CRAND 시스템의 주요 입력변수를 <표1>에 나타내었으며 흐름도를 <그림3>에 나타내었다.

<표1> CRAND 입력변수

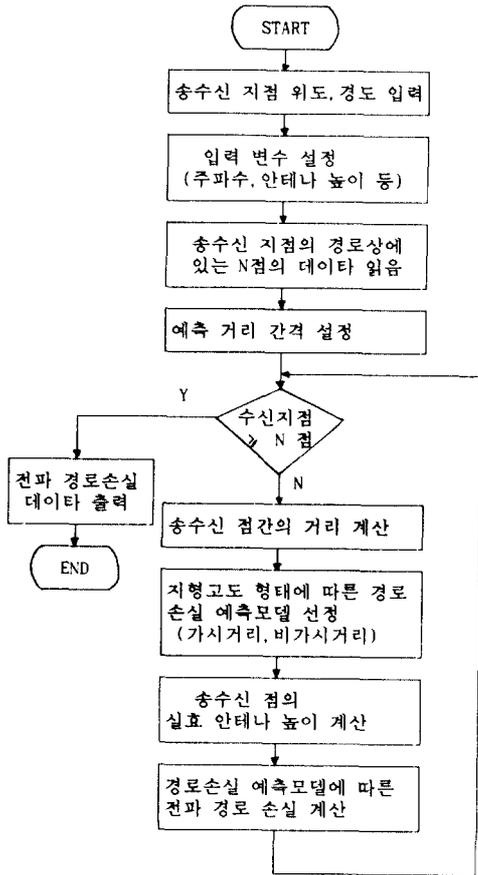
변 수	범 위	비 고
송신점 위치		위도, 경도
지형고도 거리 간격	30m - 1 Km	지형 고도 데이터 거리
해석 거리	1Km - 200Km	
주 파 수	40MHz-20GHz	
송신점 안테나 높이	3 - 3000 m	
수신점 안테나 높이	1 - 1000 m	
송신점 안테나 이득		dB
수신점 안테나 이득		dB

2. GSM(Group Special Mobile) 모델

전파 경로상의 회절점에 의한 전송손실과 실험, 통계적인 데이터를 기초로 한 Okumura 모델을 사용한 방법이다.

수신 전계강도를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$FMED = F0-AM+HEU+HSU+KMOR-KDIF+KHAN+KWAS \quad \text{---} \quad (2)$$



<그림 3> CRAND 프로그램 흐름도

- FMED : 수신 전계강도
- FO : 자유공간 전계강도
- AM : 도심지에서의 손실
- HEU : 송신점의 위치에 의한 안테나 이득
- HSU : 수신점의 위치에 의한 안테나 이득
- KMOR : 지형형태(강, 평야, 산림, 도시)에 따른 보정 계수
- KDIF : 회절 손실
- KHAN : 송수신점의 위치 및 경사에 의한 보정 계수
- KWAS : 육지-바다의 비율에 의한 보정 계수

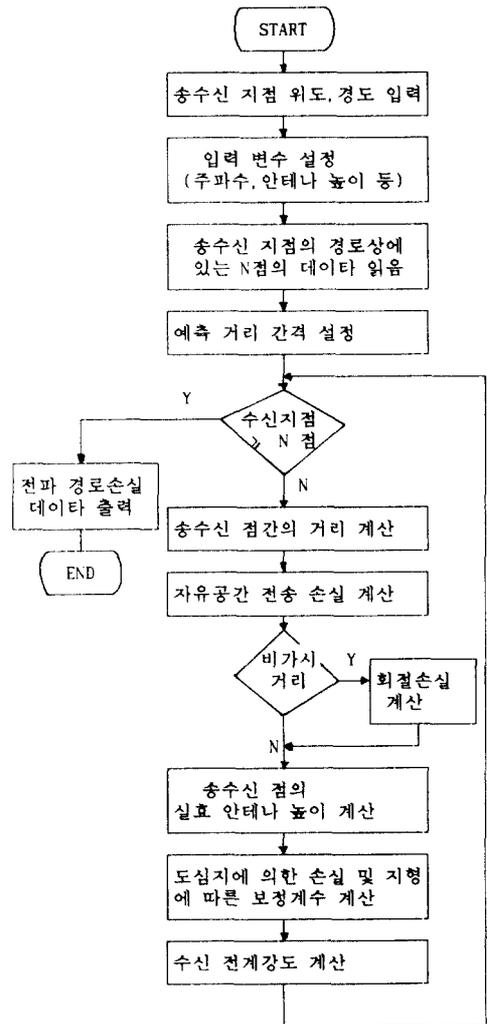
GSM 모델 주요 입력변수를 <표2>에 나타내었으며 흐름도를 <그림4>에 나타내었다.

IV. 결과 분석

지형 형태에 따른 전송 손실 예측 결과를 분석하기 위하여 가상의 전송 경로 모델을 2개 선정하였다. 주요 입력 변수를 표(3)에 나타내었다.

<표2> GSM 모델 입력변수

변 수	범 위	비 고
송신점 위치		위도, 경도
지형고도 거리 간격	30m - 1 Km	지형 고도 데이터 거리
해석 거리	1Km - 200Km	
주 파 수	400MHz-1GHz	
송신점 안테나 높이	10- 1000 m	
수신점 안테나 높이	1 - 10 m	
실효 출력		WATTS



<그림 4> GSM 프로그램 흐름도

이동통신을 위한 전파전파 경로 손실 예측 Simulation(90958)

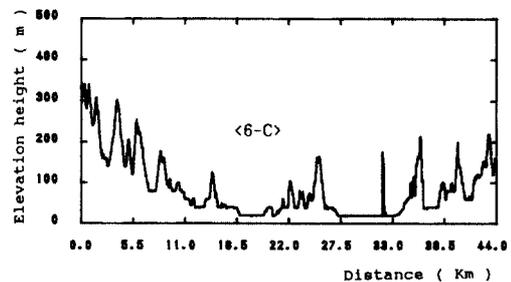
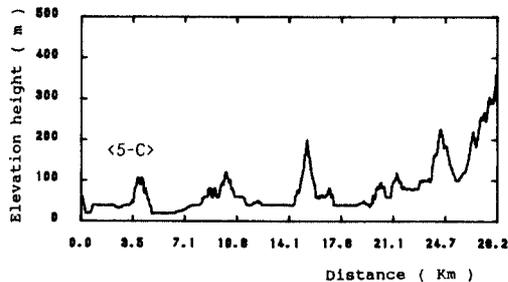
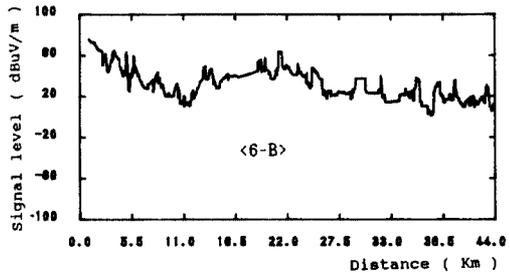
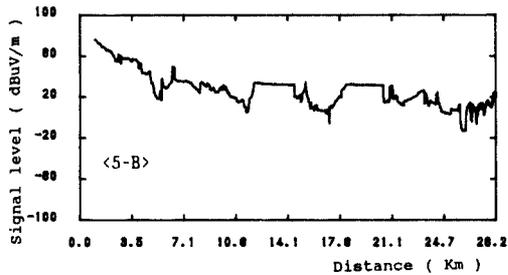
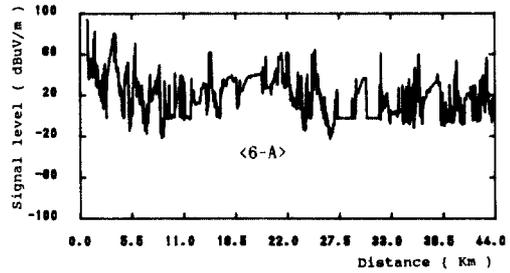
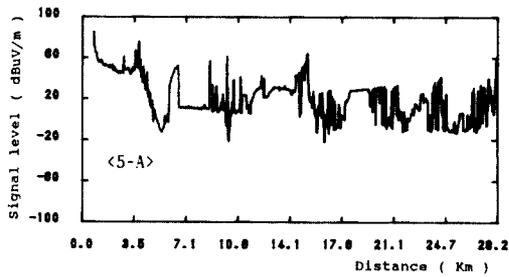
<표 3> 경로 모델 입력 변수

변 수	범 위	
	예 1	예 2
송신점 위치	위도, 경도	위도, 경도
수신점 위치	위도, 경도	위도, 경도
송신 주파수	870.0 MHz	870.0 MHz
송신 출력	100 W (E. R. P)	100 W (E. R. P)
송신 안테나 높이	50 m	50 m
송신 안테나 패턴	무지향성	무지향성
수신 안테나 높이	2 m	2 m
고도 거리 간격	30 m	30 m
해석 거리 간격	30 m	30 m
해석 거리	28 Km	44 Km

시뮬레이션에 의한 전파 전송손실 및 서비스 지역 예측을 위해서는 지형데이터가 우선적으로 필요하며 예측오차를 최소화하기 위해서는 상세한 지도를 사용해야 한다.

<그림5-C> 및 <그림6-C>에는 실제 지형 데이터를 사용하여 작도한 지형 단면도를 보였다. 각 지형 단면도에 따른 CRAND모델에 의한 시뮬레이션 결과를 <그림5-A> 및 <그림6-A>에 수신 전계강도로 표시하였으며, 수신 전계강도 범위는 100dBuV/m 에서 -100dBuV/m이다. GSM모델에 의한 결과를 <그림5-B> 및 <그림6-B>에 나타내었다.

본 논문에서 채택한 지형환경(도심지)에서 두 모델의 거리에 따른 수신 전계강도의 감소 기울기는 대략 40dB/decade 인데 일반적으로 발표된 도심지 환경에서의 기울기 범위(30dB/decade - 40dB/decade)에 포함됨을 알 수 있었다.



<그림5> 예1의 지형 단면도 및 예측 결과

<그림6> 예2의 지형 단면도 및 예측 결과

V. 결론

늘어나는 이동통신 수요에 따른 주파수 자원의 부족현상 해결 및 효율적인 재사용을 위해서는 전파 전송손실 측정 및 예측, 전파 간섭 해석, 서비스 지역 예측 등이 매우 중요하다.

실측자료에 의한 전송손실 예측모델과 이론적 해석에 의한 모델은 많이 발표되었지만, 각 나라마다의 자연조건, 인구 밀집 유형의 차이로 인하여 우리나라의 이동통신 시스템 설계에 적합하지 않은 점이 많으므로 국내의 실측정치에 의한 자료분석과 지형 데이터를 이용한 시스템의 구축이 매우 필요하리라 생각된다. 향후 이동통신 수요의 증가로 Micro-Cell 및 Pico-Cell화가 예상되므로 건물 및 건물 내부의 구조에 따른 전파 환경의 분석이 필연적이므로 건물데이터를 사용한 분석도 연구하고자 한다.

< 참 고 문 헌 >

1. Egli, J. J. " Radio Propagation above 40Mc over Irregular Terrain," Proc. IRE, 45, pp. 1383 - 1391, 1957
2. R. L. Mitchell, " Performance of the Log-normal Distribution," J. Opt. Soc. Am., 58, 9, pp. 1267 - 1272, sept, 1968
3. Y. Okumura, E. Ohmori, T. Kawano, K. Fukuda, "Field Strength and its Variability in VHF and UHF Land-Mobile Service," Rev. Elec. Comm. Lab., Vol. 16, pp. 824-873, 1968
4. P. L. Rice, A.G. Longley, K.A. Norton, A.P. Baris, "Transmission Loss Predictions for Trospheric Communication Circuits," NBS Tech. Note 101, Jan, 1967
5. COST - 207, TD (86) Jan, 1986