

## CDMA 이동통신 서비스 영역 확장을 위한 수신전력 예측 모델 제안

최동유\*, 최동우\*, 노순국\*\*\*\*, 김재섭\*\*, 양홍영\*\*\*, 박창균\*\*\*\*

\* 조선대학교 대학원 전자공학과

\*\* 동강대학 정보통신과

\*\*\* 동강대학 전자정보과

\*\*\*\* 조선대학교 공과대학 전자정보통신공학부

연락처 062-230-7060, 011-9621-0004

### A Receiving Power Prediction Model for Exention of Service Area in CDMA mobile communication

Choi Dong-You\*, Choi Dong-Woo\*, Noh Sun-Kuk\*\*\*\*, Kim Jae-Sub\*\*

Yang Hong-Young\*\*\*, Park Chang-Gyun\*\*\*\*

\* Dept. of Electronic Engineering Graduate School Chosun University

\*\* Dept. of Information Dong Kang College

\*\*\* Dept. of Electronic Dong Kang College

\*\*\*\* Dept. of Electronic & Information Engineering Chosun University

E-mail : dy\_choi@hanmail.net

#### Abstract

Generally in the case of mobil communication service for long distance sea, unlike heavily populated residential areas, providers need to maximize the service area per base station.

Therefore, in this thesis, the 800 Mhz CDMA system should be extended to give better long distance communication service.

This model is used to predict the occurring receiving power of the mobile stations that we simulated and analyzed

As a result, the experiment demonstrated the appropriateness of predicting receiving power using this model.

의 보편적 서비스가 보다 빠른 기간 내에 실현되기 위해서는 무엇보다 먼저 최소의 시설 투자비와 유지 보수비가 고려되어야 하고, 이의 해결 방안으로 하나의 기지국이 커버할 수 있는 서비스 영역을 최대로 확장하기 위한 기술개발이 선행되어야 할 것이다.<sup>[2]</sup>

따라서, 본 논문에서는 800Mhz 대역 CDMA 방식 이동통신의 제한된 통화권역을 확대하여 원거리 해상에 이동통신 서비스를 제공하고자 하는 경우, 기지국 추가 설치 또는 신설에 따른 불필요한 시설투자비와 운영비가 소요되는 바, 이를 최소화 할 수 있는 방안으로써 기지국 안테나의 송신출력/채널, 기지국과 이동국 안테나의 이득, 기지국과 이동국간 거리를 가변 파라미터로 한 수신전력 예측모델을 제안하여 시뮬레이션 및 분석하고, 그 결과를 기본 파라미터 시뮬레이션 결과와 비교함으로써 제안 예측 모델의 실용성을 검증한다.

#### I. 서 론

보편적 서비스 차원에서 원거리 해상을 대상으로 이동통신 서비스를 하는 경우, 경영 적자를 최소화하기 위해서는 주거 밀집 지역과는 달리 한 기지국 당 서비스 영역을 최적의 조건에서 가능한 한 최대로 확장할 필요가 있다.<sup>[1]</sup> 다시 말해 경제성 미흡 지역에 대한 이동통신

#### II. 등가 가시거리와 PN코드의 칩 지연

##### A. 가시거리와 등가 가시거리

이동국이 해상에 위치한 경우의 최장 서비스 거리는 등가 가시거리와 같고, 지표면에 위치한 경우는 가시거리 식 (2-1)과 같다.<sup>[3]</sup>

$$d [km] \approx \sqrt{2r}(\sqrt{h_b'} + \sqrt{h_m'}) \approx 112.8(\sqrt{h_b'} + \sqrt{h_m'}) \quad (2-1) \quad (2-4)와\ 같다.$$

여기서,  $d$  : 가시거리,  $r$  : 지구 반경(약 6,370 km),  $h_b'$  : 기지국 안테나의 실효 해발고,  $h_m'$  : 이동국 안테나의 실효 해발고이다.

한편 수면 위에서와 같이 대기 밀도가 높은 곳에서의 전파전파는 굴절에 의해 실제 기하학적 가시거리 보다 더 멀리 전파하게 되며 전파 중심 지구 반경인 등가지구 반경  $R$  는 식 (2-2)와 같다.<sup>[3]</sup>

$$R \approx \frac{4}{3} r \quad (2-2)$$

기하학적 가시거리  $d$ 를 등가 지구 반경에 대응한 등가 가시거리  $D$ 는 (2-3)과 같다.<sup>[3]</sup>

$$D [km] \approx \sqrt{2R}(\sqrt{h_b'} + \sqrt{h_m'}) \approx 130.3(\sqrt{h_b'} + \sqrt{h_m'}) \quad (2-3)$$

### B. fine-adjust에 의한 칩 지연

기지국과 단말기까지의 거리에 따른 시간지연이 원인이 되어 기지국과 단말기가 인식 가능한 신호에는 한계가 있다. 또한 기지국의 최적화에 따른 망설계시 서비스 영역 확장만을 위하여 무작정 시간지연이 긴 신호를 기지국이나 단말기에서 받아들이는 것은 바람직하지 못하다. 그 이유는 다중경로 페이딩하에서 고속 데이터 전송시 심볼간 간섭은 물론 칩간 간섭이 증가하여 하드웨어 복잡도가 급속히 증가할 뿐만 아니라 임의로 액세스 채널 Preamble\_window\_length를 늘려줄 경우 채널 카드의 액세스 채널 탐색 시간이 늘어나고, 이에 비례해서 호 설정이 길어지기 때문이다.<sup>[4][5]</sup>

기존의 기지국 채널카드의 복조부 칩 지연은 192칩으로써 가능한 서비스 영역의 최대 직진거리는 약 19km이다. 이는 도심 마이크로셀의 셀 반경을 고려한다면 기지국 운영상 아무런 문제가 없다. 그러나 현재 도심 환경이 아닌 평야지역이나 넓은 해상에서는 19km 보다 넓은 서비스 영역을 확보할 필요가 있고, 이를 위해 기지국 채널카드의 복조부 칩 지연을 384칩으로 운용하고 있다. 그 가운데 복조과정에서 칩 지연은 약 54칩이며 실제 거리에 환산되는 총 칩 지연은 330칩으로써 가능한 서비스 영역의 최대 직진거리는 약 40km 이다. 또한, 경제성 마흡지역인 활농 인구 밀도가 상대적으로 낮은 해상을 대상으로 이동통신의 보편적 서비스를 제공하는 경우 비경제성은 물론 기지국 건설장소의 부재와 위치선정에 어려움이 있기 때문에 서비스 영역의 최대 직진거리를 40km 이상으로 확대하려는 노력이 필요할 것이다.

기존 기지국 채널카드의 복조부 칩 지연에 의한 서비스 최대 직진거리 40km로 하고, 여기에 추가로 PN코드의 칩 지연을 함으로써 서비스 가능한 직진 거리는 식

$$\text{최대 서비스 가능 직진거리}[km] = 40 + N \cdot T_c \cdot C/2 \quad (2-4)$$

여기서,  $N$  : 지연 칩 수(정수),  $T_c$  : 칩 주기[s],  $C$  : 전파속도[km/s]이다.

## III. 기본 파라메타의 시뮬레이션

### A. fine-adjust에 의한 칩 지연과 서비스 영역 확장

기존 기지국 채널카드의 복조부 384 칩 지연으로 가능한 서비스 영역 40km를 포함하여 서비스 가능 영역을 더욱 확장하기 위해서 fine-adjust에 의한 지연 칩 수를 추가하는 경우, 추가된 칩 지연 수에 따른 보상 시간과 서비스 영역 확장 범위를 식 (2-4)를 활용하여 구한 결과는 표 3.1과 같다.

표 3.1 fine-adjust에 의한 칩 지연과 서비스 영역 확장 거리

지연 칩 수	지연 보상 시간[μs]	지연보상에 따른 서비스 영역 확장거리[km]	최대 서비스 가능거리[km]
0	0.000	0.000	40.000
20	16.276	2.441	42.441
40	32.552	4.883	44.883
60	48.828	7.324	47.324
80	65.104	9.766	49.766
100	81.380	12.207	52.207
120	97.656	14.648	54.648
140	113.932	17.090	57.090
160	130.208	19.531	59.531
180	146.484	21.973	61.973
200	162.760	24.414	64.414
220	179.036	26.855	66.855
240	195.312	29.297	69.297
260	211.588	31.738	71.738
280	227.864	34.180	74.180
300	244.140	36.621	76.621
320	260.416	39.062	79.062
340	276.692	41.504	81.504
360	292.968	43.945	83.945
380	309.244	46.387	86.387
400	325.520	48.828	88.828
420	341.796	51.269	91.269
440	358.072	53.711	93.711
460	374.348	56.152	96.152
480	390.624	58.594	98.594
500	406.900	61.035	101.035

표 3.1의 결과로부터 해상을 대상으로 이동전화 서비스 영역을 확장할 때, 이동국까지의 직진거리에 따른 칩 지연 칩 수를 요약하면 표 3.2와 같다.

표 3.2 서비스 영역 확장에 따른 최적 지연 칩 수

직진거리[km]	40	50	60	70	80	90	100
지연 칩 수	0	80	164	244	324	408	488

최대 서비스 가능 거리를 확장하기 위해서는 기지국 출력, 안테나 이득, 안테나 실효 해발고, 등가 가지거리와 무관하게 최우선적으로 칩 지연이 우선되어야 한다.

**B. 안테나의 실효 해발고에 따른 가지거리와 등가 가지거리**

안테나의 실효 해발고에 따른 가지거리와 등가 가지거리를 식 (2-1), 식 (2-3)을 활용하여 구한 주요 결과는 표 3.3과 같다.

표 3.3 안테나의 실효 해발고에 따른 서비스 영역 증가율

기지국 안테나 실효 해발고 [m]	100	200	300	400	500	600
가지거리 [km]	41.88	56.67	68.01	77.58	86.01	93.63
등가 가지거리 [km]	48.22	65.24	78.30	89.32	99.02	107.79
가지거리 차 [km] (D-d)	6.34	8.57	10.29	11.74	13.01	14.16
가지거리 대비 등가 가지거리 [%]	115	115	115	115	115	115

**C. 기지국 출력과 해발고에 따른 수신전력의 이론값**

기지국 안테나의 최대 출력을 120W, 최대 채널 수용 용량을 20으로 하여 3dB 간격으로 할 때, 안테나의 출력은 각각 2W/CH, 3W/CH, 4W/CH, 6W/CH이다. 각각의 경우 기지국 출력과 해발고에 따른 수신전력의 이론값은 표 3.4와 같다.

표 3.4 기지국 출력과 해발고에 따른 수신전력

기지국 안테나 출력 [W/CH]	해발고 [m]	이론값 [km]	기지국 안테나 출력 [W/CH]	해발고 [m]	이론값 [km]
2	100	38.4	4	100	54.5
	200	45.6		200	63.0
	300	50.9		300	70.2
	400	53.6		400	77.5
	500	54.5		500	80.1
	600	57.1		600	84.8
3	100	44.3	6	100	69.3
	200	52.8		200	81.7
	300	59.5		300	90.2
	400	63.4		400	96.4
	500	65.3		500	100.7
	600	70.1		600	106.2

**IV. 해상 수신전력 예측모델 제안 및 시뮬레이션**

**A. 해상 수신전력 예측모델 제안**

800MHz 대역 CDMA 방식 이동통신에서 기지국으로부터의 전파가 해상의 일정 점에 위치한 이동국에 도래할 때까지의 수신전력을 예측 모델을 3장의 기본 파라메타를 근거로 하여 식 (4-1)과 같이 제안한다.<sup>16)[7][8][9][10]</sup>

$$P_r[\text{dBm}] = -43.37 \log d - 42 + 10 \log \left( \frac{P_t h_b'}{100} \right) + (G_t - 9) + \frac{3}{2} (P_t - 1) \quad (4-1)$$

여기서,  $P_r$  : 이동국 수신전력[dBm],  $d$  : 전파 거리 [km],  $P_t$  : 기지국 안테나의 출력[W],  $G_t$  : 기지국과 이동국 안테나 이득 [dB],  $h_b'$  : 기지국 실효 해발고[m], 상수 43.37 : 실험치로서 거리가 10배 확장될 때 마다 감소되는 값, 상수 42 : 실험치로서 전신호가 안테나에서 전파신호로 바뀔 때 감소되는 값이다.

단, 기지국 안테나 실효 해발고  $h_b'$ 는 식 (2-3)의 변형 형태인 식 (4-2)로 구한다.

$$h_b'[\text{km}] = \left( \frac{D}{130.9} - \sqrt{h_m} \right)^2 \quad (4-2)$$

**B. 제안 수신전력 예측 모델의 시뮬레이션**

표 4.1의 사양으로 제안 수신전력 예측 모델 식 (4-1)을 시뮬레이션 한 결과는 표 4.2와 같다.

시뮬레이션 사양에서 OMNI형 기지국 안테나의 채널당 최대 출력을 2W, 3W, 4W, 6W로 결정한 것은 기지국 안테나의 최대 출력을 120W, 최대 채널 수용 용량을 20으로 하여 3dB 간격으로 안테나 출력을 조절 할 때의 값이다.

표 4.1 시뮬레이션 사양

OMNI형 기지국 안테나 출력 [W/CH]	기지국 안테나 이득 [dB]	이동국 안테나 이득 [dB]	기지국 안테나 실효 해발고 [m]	국간 거리 [km]
2, 3, 4, 6	19	2	100, 200, 300, 400, 500, 600	10 ~ 100

표 4.2 안테나 실효 해발고와 거리에 따른 수신전력

기지국 안테나 출력 [W/CH]	해발고 [m]	시뮬레이션 값[km]	기지국 안테나 출력 [W/CH]	해발고 [m]	시뮬레이션 값 [km]
2	100	38	4	100	52
	200	44		200	60
	300	48		300	66
	400	52		400	72
	500	54		500	74
	600	56		600	78
3	100	44	6	100	66
	200	52		200	78
	300	58		300	86
	400	62		400	92
	500	64		500	96
	600	68		600	100

- 기지국 안테나의 출력 3W 이하에서는 안테나 실효 해발고와 무관하게 이론값이 시뮬레이션 값보다 약 2~3% 높게 나타났다.
- 기지국 안테나의 출력 4W 이상에서는 안테나 실효 해발고와 무관하게 이론값이 시뮬레이션 값보다 약 7~8% 높게 나타났다.

이상의 결과로써 본 연구에서 제안한 수신전력 예측 모델의 타당성을 확인할 수 있었다. 제안 수신전력 예측 모델의 시뮬레이션의 결과가 이론값보다 높게 한 것은 최대 서비스 영역이 여유를 갖게 하기 위한 의도였다.

[참고 문헌]

C. 시뮬레이션 결과 검토

제안 수신전력 예측 모델의 시뮬레이션 결과인 표 4.2와 수신전력 이론 값인 표 3.4의 결과를 비교하기 위한 데이터는 표 4.3과 같다.

표 4.3 이론값과 제안 모델 시뮬레이션 결과 비교  
[안테나 이득 21dB, 최저 수신전력 -94dBm 기준]

기지국 안테나 출력 [W/CH]	해발고 [m]	이론 값 [km]	시뮬레이션 값 [km]	기지국 안테나 출력 [W/CH]	해발고 [m]	이론 값 [km]	시뮬레이션 값 [km]
2	100	38.4	38	4	100	54.5	52
	200	45.6	44		200	63.0	60
	300	50.9	48		300	70.2	66
	400	53.6	52		400	77.5	72
	500	54.5	54		500	80.1	74
	600	57.1	56		600	84.8	78
3	100	44.3	44	6	100	69.3	66
	200	52.8	52		200	81.7	78
	300	59.5	58		300	90.2	86
	400	63.4	62		400	96.4	92
	500	65.3	64		500	100.7	96
	600	70.1	68		600	106.2	100

- [1] 노순국, "이동통신의 보편적 서비스 제공을 위한 정책 분석 및 방안에 관한 연구"(공학 박사 학위 논문, 조선대학교, 2000), pp.17-20
- [2] 김종승, "해상 이동통신 서비스를 위한 기지국 최적 안테나 해발고와 출력에 관한 연구"(공학 석사 학위 논문, 조선대학교, 1999), p.1
- [3] 이기학, 김천석, 최광재, 신현숙, "전자파 및 안테나 공학", 광문각, 1994, pp.240-243
- [4] 김남수, "CDMA 이동통신공학", 대영사, 1999, pp.40-43.
- [5] L.B.Milstein and R.A.Litis, "Signal processing for interference rejection in the spread-spectrum communications", IEEE Acoust, Speech, Signal Processing Soc. Mag., April 1986, pp. 18-31
- [6] 박창균, "이동통신 시스템 셀 설계를 위한 전파경로 해석"(공학박사학위논문, 전남대학교, 1999), pp.13-17.
- [7] T.Iwama and M.Mizuno, "Prediction of propagation characteristics for microcellular land mobile radio", Proc. ISAP, Sapporo, Japan. 1992, pp.421-424.
- [8] 박종천, 박창균, "도심지역 이동통신의 전파특성 예측 모델", 1996년도 한국통신학회 광주전남지부 학술발표논문지, June 1996, pp.112-142.
- [9] 박성렬, 박창균, 임영석, "이동통신 환경에서의 전파전파 모델", 한국음향학회 논문지, June 1996, pp.89-96.
- [10] 장자영, 김재섭, 박창균, "LMDS 방식의 무선 CATV 전파 경로 손실에 관한 연구", 대한전자공학회 광주전남지부 학술발표회 논문지, Nov. 1997, pp.63-72.

VII. 결 론

800MHz 대역 CDMA 방식 이동통신의 제한된 통화권역을 확대하여 원거리 해상에 이동통신 서비스를 제공하고자 하는 경우, 이동국에 도래하는 수신전력을 예측하기 위한 모델을 제안하여 시뮬레이션 및 분석하고, 그 결과를 이론값과 비교한 결과는 아래와 같다.