

論文2001-38CI-6-10

CDMA 이동통신의 해상 서비스를 위한 전파예측모델 제안

(A Propose on the Propagation Prediction Model for Service in the Sea of CDMA Mobile Communication)

金榮坤*, 朴暢均**

(Young Gon Kim and Chang Kyun Park)

요약

경제성이 미흡한 지역 특히, 원거리 해상을 대상으로 한 이동전화 서비스 수준은 주거 밀집지역인 도심에 훨씬 못 미치고 있다. 미래 지향적인 보편적 서비스 차원에서 원거리 해상에 대한 이동전화 서비스 또한 도심지역과 동등한 수준으로 향상되어야 할 것이다. 실제, 원거리 해상에 이동전화 서비스를 하는 경우 기지국 건설장소의 부채와 위치 선정에 어려움이 있다. 특히, 서비스에 따른 경영 적자를 줄이기 위해서는 최소화의 기지국 건설비와 운용비로 최대의 서비스 영역을 확보해야 한다. 따라서, 본 논문에서는 확산대역 FA를 1.2288MHz로 하는 협대역 CDMA 방식 이동통신의 제한된 통화권역을 확장하여 원거리 해상을 대상으로 이동전화 서비스를 제공하고자 하는 경우, 기지국의 추가 설치 또는 신설에 따른 불필요한 시설 투자비와 운영비를 최소화하기 위한 방안의 하나로서 해상전용 전파예측모델을 제안한다. 제안 전파 예측 모델은 기지국 시설 투자비를 최소로 하고 채널 용량을 최대로 하기 위하여 5개의 파라미터 즉, 등가 가지거리, PN코드의 칩 지연 또는 시간 지연, 안테나 해발고, 기지국 출력, 안테나 이득을 파라미터로 한다. 마지막으로 제안 전파예측모델을 시뮬레이션하고, 그 결과를 자유공간 손실과 비교함으로써 실용성을 검증한다.

Abstract

Unfortunately, the area without economical efficiency, especially the far distance sea, is much lower than that of a urban area—built-up area. It should be promoted the equivalent level to a urban area in the light of future-oriented universal service. Actually, Because propagation environment of mobile communication in the sea is greatly different from that for inland focused on built-up area, a propagation prediction model in the sea should be distinguished from inland-based one. Accordingly, the purpose of this study is to suggest the propagation prediction model for the sea service as a method to minimize unnecessary facilities investment and maintenance caused by additional or new building of a base station. If mobile phone service for far distance sea is provided by expanding limited communication zone of narrow band CDMA mobile communication whose spread band FA is 1.2288MHz. Suggested propagation prediction model includes five parameters to minimize facilities investment of a base station and maximize channel capacity: equivalent line of sight, chip delay by PN code, antenna altitude, power of base station and gain of antennas. Finally, suggested propagation prediction model is simulated and, the results are examined for its utility by comparing with loss of free space.

* 正會員, 朝鮮大學校 電子情報工科大学
(Dept. of Electronic Engineering Graduate School
Chosun University)

** 正會員, 朝鮮大學校 電子·情報通信工學部
(Dept. of Electronic & Information Engineering
School Chosun University)
接受日字:2001年5月17日, 수정완료일:2001年9月27日

I. 서론

보편적 서비스^{[1][2][3]} 기준에서 볼 때, 우리나라의 경우 대도시를 비롯한 주거 밀집지역에 대한 이동전화 서비스는 비교적 만족한 수준에 이르렀다. 반면 상대적으로 이용자 분포가 낮아 경제성이 미흡한 지역 특히, 원거리 해상에 대한 이동전화 서비스 수준은 대도시나 주거 밀집지역과 비교할 때 훨씬 이에 못 미치고 있다. 그러므로 보편적 서비스 차원에서 경제성 미흡지역에 대한 이동전화 서비스는 주거 밀집지역과 동일한 수준으로 향상되어야 할 것이다.^[1]

현실적으로 주거 밀집지역에 설치할 이동통신의 마이크로셀 중계 시스템이 효율적으로 구축되기 위해서는 많은 문제점들이 해결되어야 한다. 그 가운데 가장 중요한 한가지는 양질의 통화품질과 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하고 보다 많은 수요를 창출하기 위해 소요되는 기지국 건설비 및 운영비로써 이는 이동통신 사업자들의 평균 매출액 대비 약 55%에 이르고 있다. 이상을 감안할 때 경제성 미흡지역의 경우는 매출액 대비 기지국 건설비 및 운영비가 150% 이상 증가할 것으로 예상되어 경영 적자를 부추기는 결과를 초래할 수밖에 없을 것이다.

실제, 원거리 해상을 대상으로 이동통신 서비스를 하는 경우 기지국 건설장소의 부재와 위치선정에 어려움이 있고, 특히 경영적자를 최소화하기 위해서는 주거 밀집지역과는 달리 한 기지국 당 서비스 영역을 최적의 조건에서 가능한 한 최대로 확장할 필요가 있다. 다시 말해 경제성 미흡지역에 대한 이동통신의 보편적 서비스가 보다 빠른 기간 내에 실현되기 위해서는 무엇보다 먼저 최소의 시설 투자비와 유지 보수비가 고려되어야 하고, 이를 해결하기 위한 방안으로써 하나의 이동통신 기지국이 커버할 수 있는 서비스 영역을 최대 확장할 수 있는 기술개발이 선행되어야 할 것이나 아직 이에 관한 연구 결과가 발표된 바 없다.

따라서, 본 논문에서는 확산대역 FA(Frequency Allocation)를 1.2288MHz로 하는 협대역 CDMA(Code Division Multiple Access) 방식 이동통신의 제한된 통화권역을 확장하여 원거리 해상에 이동통신 서비스를 제공하고자 하는 경우, 기지국 추가 설치 또는 신설에 따른 불필요한 시설투자비와 운영비가 예상되는 바, 이를 최소화할 수 있는 방안의 하나로써 해상전용 전파

예측모델을 제안하여 시뮬레이션하고, 그 결과를 자유 공간 전파경로 손실과 비교함으로써 제안한 전파예측 모델의 실용성을 검증한다.

II. 등가 가시거리

해상의 대기 밀도는 해면 가까이에서 가장 높고 위로 올라갈수록 점차 낮아진다. 따라서 해면상을 지나는 전파는 직진하지 않고 대기 밀도가 낮은 층을 따라 거듭 굴절하면서 진행하기 때문에 기하학적 가시거리보다 더 먼 등가 가시거리를 진행하게 된다.^[4]

실제 도시에 위치한 이동통신 기지국의 최대 서비스 영역은 채널 용량 증가를 위한 주파수 재사용의 절실한 필요성과 생활 구조물 등의 장애 요인으로 인해 극히 제한된다. 그러나 해상 이동통신 서비스를 위한 기지국의 최대 서비스 영역은 도심 지역에서의 장애 요인이 전혀 배제되므로 등가 가시거리와 직접 관계가 있다.

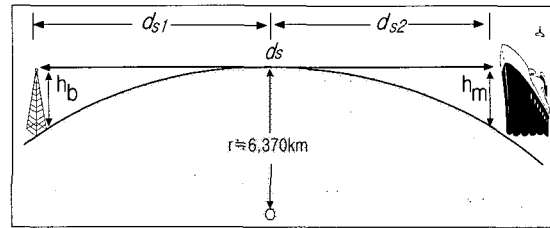


그림 1. 기하학적 가시거리
Fig. 1. Geometric line of sight range.

그림1과 같이 지구는 반경 r (6,370km)인 구면이기 때문에 유한한 가시거리를 갖는다. 이동통신의 경우 가시거리는 기지국과 이동국의 안테나 실효높이에 비례하여 길어진다. 그림1로부터 기하학적 가시거리 d_s 는 높이 h_b 인 기지국 안테나로부터 수평선까지의 거리 d_{s1} 과 높이 h_m 인 이동국 안테나로부터 수평선까지의 거리 d_{s2} 의 합으로서 식(1)과 같다.

$$d_{s[m]} = d_{s1} + d_{s2} = \sqrt{2r} \left(\sqrt{\frac{h_b^2}{2r} + h_b} + \sqrt{\frac{h_m^2}{2r} + h_m} \right) \quad (1)$$

지구반경 $r \gg h_b$, $r \gg h_m$ 의 조건을 식(1)에 대입하면 가시거리는 식(2)와 같다.

$$d_s [\text{km}] \approx \sqrt{2r} (\sqrt{h_b} + \sqrt{h_m})$$

$$\approx 112.87(\sqrt{h_b} + \sqrt{h_m}) \quad (2)$$

등가지구반경 $R (\approx \frac{4}{3} r)$ ^{[4][5]}를 식(2)에 대입하여 등가 가지거리 D 를 구하면 식(3)과 같다.

$$D [km] \approx \sqrt{2R} (\sqrt{h_b} + \sqrt{h_m}) \\ \approx 130.33(\sqrt{h_b} + \sqrt{h_m}) \quad (3)$$

등가 가지거리는 해상에 위치한 이동국을 대상으로 이동전화 서비스를 할 때 하나의 기지국이 줄 수 있는 서비스 가능 최장직진거리이다. $h_m = 3m$ 일 때, 등가 가지거리에 따른 기지국 안테나의 최적 실효 해발고 h_{ob} 를 식(3)으로부터 구하면 표1과 같다.

표 1. 등가 가지거리에 따른 기지국 안테나의 최적 실효 해발고

Table 1. Optimal virtual altitude of basic station's antenna by equivalent line of sight.

D [km]	40	50	60	70	80	90	100	110
h_{ob} [m]	64	108	164	233	313	404	507	623

가지거리 d_s 대비 등가 가지거리를 식(2)와 식(3)으로부터 구하면 식(4)와 같다.

$$D = 1.154 d_s \quad (4)$$

이동전화 서비스 가능 최장직진거리를 가지거리 기준으로 설정할 때, 실제 서비스 가능 최장직진거리는 이에 대응한 등가 가지거리 임을 고려해야 한다.

III. 기본 파라미터의 시뮬레이션

1. PN코드의 칩지연과 서비스영역

칩지연이란 복조부 PN코드의 칩을 지연시켜 복호 시간을 늦추는 것이다. 이동통신 기지국 채널카드의 복조부에 있는 기존 PN코드 384개의 칩지연에 따른 서비스 가능 최장직진거리는 40km이다. 서비스 거리를 40km 이상 확장하기 위해서는 Shift Register로 시간지연을 하는 방법과 PN코드의 칩을 직렬로 부가하여 지연하는 방법이 있으나, 채널 용량 측면에서 전자가 더 유리하

다. 부가 PN코드의 칩지연을 함으로써 서비스가 가능한 최장직진거리 D_m 은 식(5)와 같다.^{[5][6]} 여기서 유의해야 할 점은 서비스 최장직진거리를 확장하기 위해 PN코드의 칩 지연 수를 과다하게 시키는 것은 채널 용량이 줄어드는 결과를 초래한다. 편의상 시간 지연의 경우는 총 시간 지연을 칩 수로 환산하여 계산한다.

$$D_m [km] = 40 + N_a \cdot T_c \cdot C/2 \quad (5)$$

여기서, N_a : 부가지연칩 수, T_c : 칩주기[s], C : 전파 속도[km/s]

부가된 PN코드의 지연칩 수 또는 지연시간 T_d 에 따른 서비스 가능 최장직진거리를 식(5)으로부터 구한 결과는 그림2, 주요 데이터는 표2와 같다.

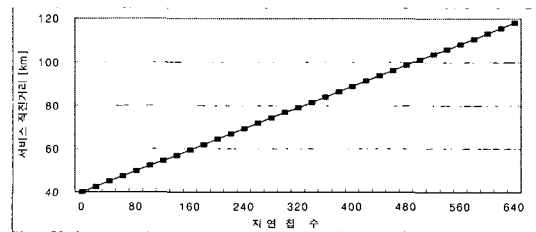


그림 2. 부가 PN코드 지연칩 수에 따른 서비스 가능 최장직진거리

Fig. 2. The maximum straight distance possible to service by additional PN code delay chip number.

표 2. 부가 PN코드와 시간지연에 따른 서비스 가능 최장직진거리

Table 2. Addition PN code and the maximum straight distance possible to service by time delay.

N_a	0	82	164	246	328	410	492
T_d [μs]	0	66.73	133.46	200.19	266.92	333.65	400.38
D_m [km]	40	50	60	70	80	90	100

PN코드의 1칩 지연당 보상시간은 $0.8138\mu s$ 이므로 RTD(Round Trip Delay)를 고려할 때, 1칩 지연당 서비스 가능 추가 직진거리는 약 122m 이다. 해상 이동통신에 있어서 서비스 가능 최장직진거리를 40km 이상 확장하기 위해서는 부가 PN코드의 칩지연 또는 시간지연이 우선되어야 하나, 결국 서비스 가능 최장직진거리는 등가 가지거리를 초과할 수 없다. 따라서 서비스 영

역확장을 위한 첫 단계는 등가 가지거리의 결정이 최우선이고 다음이 등가 가지거리에 따른 부가 PN코드의 칩지연 또는 시간지연이다.

2. 기지국 안테나의 실효 해발고에 따른 등가 가지거리 이동국 안테나의 실효 해발고를 3m로 가정할 때, 기지국 안테나의 실효 해발고에 따른 가지거리와 등가 가지거리 즉, 서비스 가능 최장직진거리를 식(2), 식(3)으로부터 구한 결과는 그림3, 주요 데이터는 표3과 같다.

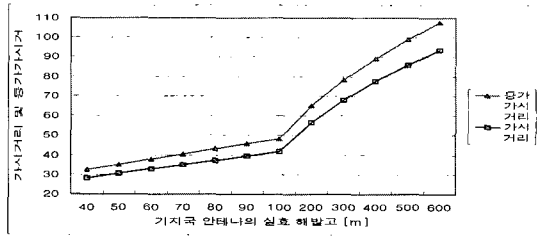


그림 3. 기지국 안테나의 실효 해발고에 따른 가지거리와 등가 가지거리

Fig. 3. Visibility range according to virtual altitude of base station antenna and equivalent line of sight range.

표 3. 기지국 안테나의 실효 해발고에 따른 가지거리와 등가 가지거리

Table 3. Visibility range according to virtual altitude of base station antenna and equivalent line of sight range.

h_b [m]	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	500	600
d_s [km]	28.76	31.42	33.83	36.04	38.11	40.04	41.87	56.66	68.00	77.57	85.99	93.61
D [km]	33.20	36.28	39.06	41.62	44.00	46.23	48.35	65.42	78.52	89.57	99.30	108.09
$D - d_s$ [km]	4.44	4.86	5.23	5.58	5.89	6.19	6.48	8.76	10.52	12.00	13.31	15.08
D/d_s [%]	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115	115

해상 이동통신의 서비스 영역을 확장하기 위해서는 서비스 가능 최장직진거리를 등가 가지거리 기준으로 먼저 설정하고, 이에 따른 기지국 안테나의 실효 해발고를 결정해야 한다.

3. 출력과 자유공간 손실에 의한 수신전력

자유공간 손실을 기준으로 할 때, 실효 방사전력 P_t 인 기지국의 등방성 안테나로부터 일정거리 d 떨어진 임의 수신점에서의 수신전력 P_r 은 식(6)과 같다.^{[7][8][9][10]}

$$P_r \text{ [dBm]} = 10 \log \frac{P_t}{1 \times 10^{-3}}$$

$$= 10 \log \frac{P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2}{1 \times 10^{-3}} = 30 + 10 \log P_t \quad (6)$$

여기서, λ : 파장이다.

기지국의 최대 출력을 120W, 최대 채널 용량을 20으로 하고, 기지국 출력을 임의로 40W, 50W, 60W, 80W, 120W로 가변할 때, 채널당 출력은 각각 2W/Ch, 2.5W/Ch, 3W/Ch, 4W/Ch, 6W/Ch이다.

해상에 위치한 이동국이 수평면 상 직진거리에 있다는 가정 하에 직진거리에 따른 수신전력을 식(6)로부터 구한 결과는 그림4이고, 최소 수신전력을 94 |dBm|으로 기준할 때, 기지국 출력에 따른 서비스 가능 최장직진거리는 그림4와 같고, 주요 데이터는 표4와 같다.

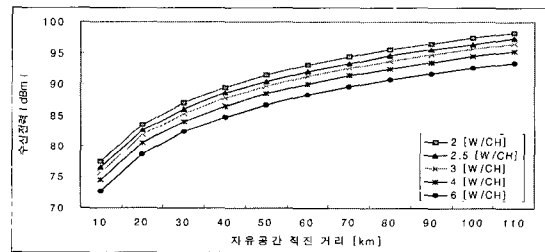


그림 4. 기지국 출력과 직진거리에 따른 자유공간 수신전력

Fig. 4. Base station power and receiving power by straight distance of free space.

표 4. 기지국 출력과 직진거리에 따른 자유공간 수신전력, |dBm|

Table 4. Base station power and receiving power by straight distance of free space.

P_t [W/Ch]	D [km]				
	2	2.5	3	4	6
10	77.49	76.52	75.73	74.48	72.72
20	83.51	82.54	81.75	80.50	78.74
30	87.04	86.07	85.27	84.03	82.26
40	89.53	88.57	87.77	86.52	84.76
50	91.47	90.50	89.71	88.46	86.70
60	93.06	92.09	91.30	90.05	88.29
65	93.75	92.78	91.99	90.74	88.98
70	94.40	93.43	92.63	91.38	89.62
80	95.56	94.59	93.79	92.54	90.78
90	96.58	95.61	94.82	93.57	91.81
100	97.49	96.52	95.73	94.48	92.72
110	98.32	97.35	96.56	95.31	93.55
120	99.08	98.11	97.32	96.07	94.31

해상 이동전화 서비스 경우의 전파환경은 도심지역에서와는 달리 지형지물에 의해 전파방해를 거의 받지 않으므로 서비스 가능 최장직진거리만을 고려한 자유공간손실을 계산하여 기지국 안테나의 출력을 결정한다.

4. 기본 파라미터의 시뮬레이션 결과

이동전화 서비스 가능 최소 수신전력을 94 | dBm | 으로 할 때, 기본 파라미터의 시뮬레이션 결과인 표1, 표2, 표3, 표4로부터 하나의 기지국이 줄 수 있는 서비스 가능 최장직진거리 즉, 등가 가지거리 D_m 에 따른 최적 부가 PN코드의 지연칩 수 N_{oa} 및 최적지연시간 T_{od} , 최적 기지국 실효 해발고 h_{ob} , 기지국 출력 P_t 을 정리하면 표5와 같다.

표 5. 등가 가지거리에 따른 최적 파라미터, 94 | dBm |

Table 5. Optimal parameters by line of sight based on 94 | dBm |.

D_m [km]	N_{oa}	T_{od} [μ s]	h_{ob} [m]	P_t [W/Ch]
40	0	0	64.00	2
45	41	33.36	84.95	2
50	82	66.73	108.86	2
55	123	100.09	135.72	2
60	164	133.46	165.55	2
65	205	166.82	198.33	2
70	246	200.19	234.08	2.5
75	287	233.56	272.78	3
80	328	266.92	314.43	3
85	369	300.29	358.93	4
90	410	333.65	406.66	4
95	451	367.02	457.20	6
100	492	400.38	510.71	6

IV. 전파예측모델 제안 및 시뮬레이션

1. 전파예측모델 제안

식(6)을 근간으로 기본 파라미터의 시뮬레이션 결과인 기지국과 이동국의 안테나 이득 $G_t (= G_b + G_m)$ 그리고 기지국과 이동국간 거리 d 에 대응한 등가 가지거리 D 를 파라미터로 한 전파예측모델 식(7)을 제안한다. 단, 이동국 안테나의 실효 해발고는 3m로 가정한다.

$$P_r [dBm] = -43.37 \log D - 41.98 + 10 \log \left(\frac{P_t}{8} \right) + (G_t - 8) + 20 \log \left(\frac{h_b}{0.018} \right) - \left(\frac{D-40}{8} \right) \quad (7)$$

식 (7)의 상수 43.37은 실험 값으로서 이동전화 서비

스의 직진거리가 10배 확장될 때마다의 감쇄되는 기준 값이며, 상수 41.98 또한 실험 값으로서 안테나에서 전 기신호가 전파신호로 바뀔 때 감쇄되는 값이다. 한편, $20 \log \frac{h_b}{0.018}$ 는 SK텔레콤의 현장 측정결과에 근거한 값으로서 기지국 안테나 높이의 증가에 따른 보정항이며, $\frac{D-40}{8}$ 은 논자가 제안한 등가 가지거리의 증가에 따른 오차 보정항이다.

식(3)으로부터 구한 안테나의 실효 해발고를 식(7)에 대입하여 이를 등가 가지거리로 나타내면 식(8)과 같다.

$$P_r [dBm] = -43.37 \log D - 41.98 + 10 \log \left(\frac{P_t}{8W} \right) + (G_t - 8) + 20 \log \left(\frac{D-7.14}{17.49} \right)^2 - \left(\frac{D-40}{8} \right) \quad (8)$$

2. 제안한 모델의 시뮬레이션 및 결과검토

이동통신의 서비스 가능 최장직진거리 D_m km와 기

표 6. 제안한 전파예측모델의 시뮬레이션 결과와 자유공간 손실 및 상대오차, (| dBm |)

Table 6. Simulation results of suggested propagation expectation model and propagation channel loss of free space (| dBm |).

D_m	P_t	2			2.5			3		
		P_r	P_s	ϵ	P_r	P_s	ϵ	P_r	P_s	ϵ
40	91.52	89.5	-1.99	90.55	88.57	-1.98	89.76	87.77	-1.99	
50	91.36	91.4	-0.89	91.39	90.50	-0.89	90.59	89.71	-0.88	
60	93.40	93.0	-0.34	92.43	92.09	-0.34	91.64	91.30	-0.34	
70	94.54	94.4	-0.14	93.57	93.43	-0.14	92.78	92.63	-0.15	
80	95.74	95.5	-0.18	94.77	94.59	-0.18	93.98	93.79	-0.19	
90	96.97	96.5	-0.39	96.01	95.61	-0.40	95.21	94.82	-0.39	
100	98.23	97.4	-0.74	97.26	96.52	-0.74	96.47	95.73	-0.74	
110	99.59	98.3	-1.27	98.53	97.35	-1.18	97.74	96.56	-1.18	
120	100.78	99.0	-1.70	99.81	98.11	-1.70	99.01	97.32	-1.69	
$P_r - P_s$		-0.84			-0.83			-0.83		
D_m	P_t	4			6					
		P_r	P_s	ϵ	P_r	P_s	ϵ			
40	88.51	86.52	-1.99	86.75	84.76	-1.99				
50	89.34	88.46	-0.88	87.58	86.70	-0.88				
60	90.39	90.05	-0.34	88.62	88.29	-0.33				
70	91.53	91.38	-0.15	89.77	89.62	-0.15				
80	92.73	92.54	-0.19	90.97	90.78	-0.19				
90	93.96	93.57	-0.39	92.20	91.81	-0.39				
100	95.22	94.48	-0.74	93.46	92.72	-0.74				
110	96.49	95.31	-1.18	94.73	93.55	-1.18				
120	97.77	96.07	-1.70	96.00	94.31	-1.69				
$P_r - P_s$		-0.84			-0.83					

지국 출력 P_r 에 따른 제안한 모델 식(7)의 시뮬레이션 결과 P_r |dBm|, 자유공간손실 P_s |dBm| 그리고 상대 오차 $\varepsilon(P_r - P_s)$ dBm은 표6과 같다.

표6의 결과로써 CDMA 이동통신의 해상 서비스를 위해 제안한 전파예측모델의 타당성과 실용성을 확인한다. 이동전화 서비스 대상 해상지역에 대한 시뮬레이션 결과의 수신전력이 자유공간 손실 기준보다 평균 -0.84dBm 적다. 이는 서비스 가능 최장직진거리를 5~10km의 여유를 갖도록 함으로써 악천후 등에 의한 기상 이변에 무관한 전천후 서비스 가능 최장직진거리를 확보할 수 있도록 하기 위한 보정 값이다.

V. 결 론

확산대역 FA를 1.2288 MHz로 하는 협대역 CDMA방식 이동통신의 제한된 통화권역을 확장하여 원거리 해상을 대상으로 이동전화 서비스를 제공하고 채널 용량을 최대로 하기 위해 이론적으로 검증한 파라미터와 현장에서 줄 수 있는 파라미터를 근간으로 하여 해상 전용 전파예측모델을 제안하였다. 이론적 검증을 위한 파라미터는 PN코드와 지국 안테나 실효 해발고에 따른 등가 가지거리이며, 운영 현장에서 줄 수 있는 파라미터는 지국 안테나의 채널출력, 지국과 이동국 안테나의 이득, 등가 가지거리 기준 지국과 이동국간 거리, 지국 안테나의 높이에 비례하여 증가하는 서비스 가능 최장직진거리 등이다.

해상전용 제안 전파예측모델을 시뮬레이션 한 결과의 주요 내용은 다음과 같다.

- 이동전화 서비스 가능 최장직진거리를 등가 가지거리로 확산함으로써 불필요한 PN코드의 지연 칩 수를 최소화하고 지국의 채널 용량을 최대로 할 수 있었다.
- 등가 가지거리를 이동전화 서비스 가능 최장직진거리로 설정함으로써 지국 안테나의 최적 출력과 최적 높이를 결정할 수 있었다.
- 제안 전파예측모델에 현장측정결과에 따른 보정 상수와 제안자의 오차 보정 상수를 추가함으로써 최장 서비스 가능 직진거리에 따른 수신전력 예측 값의 오차를 최소화할 수 있었다.

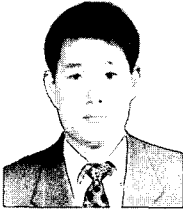
따라서, 향후 원거리 해상을 대상으로 이동전화의 보

편적 서비스를 제공하기 위하여 지국을 신설 또는 추가 설치를 하는 경우, 이에 따른 불필요한 시설투자비와 운영비를 줄이고 채널 용량을 최대로 하기 위해서는 논자가 제안한 전파예측모델을 유용하게 활용해야 할 것으로 믿는다.

참 고 문 헌

- [1] 노순국, "이동통신의 보편적 서비스 제공을 위한 정책 분석 및 방안에 관한 연구"(공학박사학위논문, 조선대학교, 2000), pp. 1~2, pp. 20~21, pp. 22~27, pp. 28~30
- [2] Tapscott, D. and Caston, A. Paradigm Shift, "The New promise of Information Technology", McGraw-Hill, 1993.
- [3] Stephen Graham, James Conford and Simon marvin, "The Socio-Economic Benefits of a Universal Telephone network" Telecommunications Policy, Vol. 20, No. 1, 1996, pp.3~10.
- [4] 이기학, 김천석, 최광제, 신현숙, "전자파 및 안테나 공학", 광문각, 1997, pp.240~243
- [5] 양홍영, "CDMA 이동통신 서비스영역 확장에 관한 연구", (공학박사학위논문, 조선대학교, 2001), pp.1~3, pp.15~18, pp.39~41, pp.63~65
- [6] B. Sklar, "Digital Communication", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1998.
- [7] 박창균, "이동통신 시스템 셀 설계를 위한 전파경로 해석", (공학 박사학위논문, 전남대학교, 1999), pp.39~96
- [8] 노순국, 박창균, 임영석, "도심 환경에서의 전파 전파 예측 모델", 한국통신학회 하계종합 학술 표회 논문집, 1996.6, pp.1524~1529
- [9] 박성렬, 박창균, 임영석, "이동통신 환경에서의 전파전파 모델", 한국음향학회 논문지, 1996.6, pp. 89~96
- [10] 이강영, "이동통신과 마이크로파 통신의 실무와 이론", 도서출판 기다리, 1993. pp.71~76

저 자 소 개



金榮坤(正會員)

1987년 2월 : 조선대학교 전자공학과 학사. 1995년 2월 : 조선대학교 전자공학과 석사. 1999년 3월~현재 : 조선대학교 전자공학과 박사 학위과정. 1974년 8월~1981년 12월 : 체신부 근무. 1982년 1월~1988년 5월 : 한국통신 근무. 1988년 6월~현재 : SKTelecom 재직 <주관심분야> 이동통신, 전파전파



朴暢均(正會員)

1968년 2월 : 조선대학교 전기공학과 학사. 1979년 2월 : 동국대학교 전자공학과 석사. 1999년 2월 : 전남대학교 전자공학과 박사. 1968년 1월~1974년 2월 : 서울 M/W 건설국 근무. 1974년 3월~현재 : 조선대학교 전자정보통신공학부 교수 <주관심분야> 통신시스템, 이동통신, 전파전파