

마이크로셀 이동통신의 전파예측 모델에 관한 연구

정회원 노순국*, 최동우*, 김재섭**, 양홍영***

A Study on the Propagation Prediction Model for Microcell Mobile Communications

Sun-Kuk Noh*, Dong-Woo Choi*, Jae-Sub Kim**, Hong-Young Yang*** *Regular Members*

요 약

본 연구에서는 이동국이 마이크로셀에서 가시거리 영역의 전파 음영지역 또는 가시거리 영역과 일정 경사각으로 기울어져 있는 비가시거리 영역에 위치한 경우를 가정하고, 삼각해석법에 의해 반사횟수와 전파경로를 각각 연산처리하는 알고리즘과 가시거리 영역 최종 반사각에 대응한 비가시거리 영역 최초 입사각을 연산처리하는 알고리즘을 개발하여 시뮬레이션하고, 그 결과를 분석함으로써 마이크로셀 이동통신 시스템 설계에 활용할 수 있도록 한다.

ABSTRACT

In this paper we study to improve the faults of each propagation prediction model. For the cases of the mobile station located in the shadow area of the line of sight and the area of the non-line of sight sloping against the line of sight area at variable angles, we develop the algorithms processing operational disposition in order to chase propagation path for each case. The suggested model uses the algorithms which can operate the propagation paths and the reflect numbers changed by the incidence angles, the reflection angles and the width of the roads in each area.

I. 서 론

초창기 셀룰라 방식은 서비스 반경이 수 km에서 수십 km인 매크로셀 방식이었으나 가입자의 폭발적인 증가로 호 처리 용량을 증가시키고 통화품질을 개선할 수 있는 마이크로셀 또는 피코셀 방식을 도입하였다.^{[1][2]}

서비스 반경이 1 km 이내인 마이크로셀 방식은 매크로셀 방식과는 달리 인접 셀 사이의 간섭을 최소로 하기 위해 기지국의 송신출력을 가능한 작게 하고 안테나의 위치를 주변 건물의 높이보다 낮게 설치하기 때문에 셀 반경내에 있는 지형과 구조물들은 전파특성에 매우 큰 영향을 준다. 따라서 저비용 고효율의 마이크로셀 시스템 설계를 위해서는 셀 내 지형지물의 특성에 따라 기지국의 최적 출력을

구할 수 있는 전파예측 모델이 필요하다.^{[3][4][5]} 이를 위해 발표된 대표적 모델로서 다중영상 경로추적법^{[6][7]}과 전파송출법^{[8][9][10]}에 의한 전파예측모델이 있다.

다중영상 경로추적에 의한 전파예측 모델은 전파 경로와 수신전력을 예측하는데 많은 시간이 소요되고, 전파의 입사각과 반사각 그리고 도로폭의 변수를 갖는 경로해석을 할 때 동시 연산처리할 수 없으며, 반사횟수가 많은 경우는 계산이 복잡하여 사실상 예측이 불가능하다.

그리고 전파송출법에 의한 전파예측 모델은 모든 기지국에서 시험 측정을 해야 하고, 불필요한 전파 까지도 경로를 추적하기 때문에 수신전력을 예측하는데 다중영상 경로추적법과 마찬가지로 많은 시간이 소요되고 효율이 나쁘다.

* 동강대학 전자과

** 동강대학 정보통신과 전임강사

*** 동강대학정보통신과 부교수

논문번호 : 99013-0408, 접수일자 : 1999년 4월 8일

따라서, 본 연구에서는 다중영상 경로추적법과 전파송출법에 의한 전파예측 모델의 단점을 보완하기 위해 이동국이 가시거리 영역의 전파 음영지역 또는 가시거리 영역과 일정 경사각으로 기울어져 있는 비가시거리 영역에 위치한 경우로 구분하고, 두 영역에서의 전파경로 추적을 위해 삼각해석법에 의해 전파경로를 해석하여, 기지국으로부터 송신된 신호가 이동국까지 일정 직진경로를 전파하는 동안, 입사각, 반사각, 도로폭 그리고 비가시거리 영역의 경사각에 따라 값이 달라지는 반사횟수와 전파경로를 계산할 수 있는 연산처리 알고리즘을 개발하고, 이를 이용하여 임의의 지점에 위치한 이동국에 도래하는 수신전력을 예측할수 있는 모델을 제안한다.

끝으로, 마이크로셀 PCS 이동통신 도심 전파환경에서 개발 알고리즘과 제안 전파예측 모델을 시뮬레이션하고, 그 결과를 분석함으로써 마이크로셀 기지국의 최적 위치선정과 가입자 서비스 영역에 따른 기지국 출력의 조건을 제시한다.

II. 전파경로 해석을 위한 알고리즘 및 전파예측모델 제안

그림 1은 이동국이 가시거리 영역의 직진도로로부터 약간 벗어난 임의의 전파 음영지역에 위치한 경우와, 직진도로와 일정 경사각 θ_0 로 기울어져 있는 비가시거리 영역의 직진교차로 상 또는 그로부터 약간 벗어난 임의의 점에 위치한 경우, 이동국에 도래하는 전파의 입사각과 반사각은 물론 도로폭과 직진교차로의 경사각 변화에 따라 값을 달리 하는 전파의 반사횟수와 전파경로를 삼각법에 의해 해석하고, 제안 예측 모델을 시뮬레이션하기 위한 가상 전파경로이다.

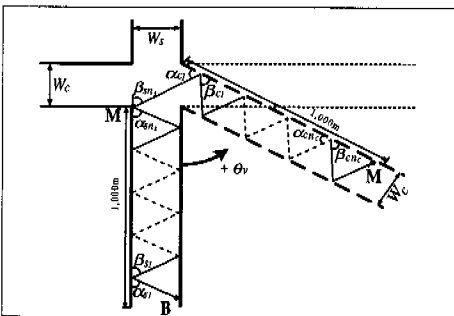


그림 1. 전파경로 해석을 위한 가상 모델

그림 1과 같이 이동통신의 기지국으로부터 송신

된 전파가 양측 건물벽면에서의 반복된 반사에 의해 가시거리 영역의 직진도로를 따라 진행하다가 가시거리 영역과 일정 경사각으로 기울어진 비가시거리 영역의 직진교차로에 진입하여 다시 건물벽면에서의 반복된 반사로 교차로 상 또는 교차로부터 약간 벗어난 임의의 지점에 위치한 이동국에 도달하기까지 전파의 반사횟수와 전파경로를 해석하기 위한 알고리즘을 제안하기 앞서 다음을 가정한다.

첫째, 기지국 안테나와 이동국 안테나 높이 차는 송신안테나로부터 수신안테나까지의 직진경로와 비교할 때, 충분히 작기 때문에 이를 무시한다.

둘째, 전파의 입사각과 반사각이 10° 미만인 특별한 경우를 제외하고, 한번의 입사와 반사에 의해 진행되는 전파의 직진경로와 전파경로는 상대적으로 짧기 때문에 그 구간의 도로폭은 일정한 것으로 가정한다.

셋째, 기지국으로부터 이동국에 도래하는 전파는 단 하나의 파수이며, 가시거리 영역과 비가시거리 영역의 도로변을 따라 수직인 건물벽면에 의해 반사하고, 반사파의 이동은 지면에 평행인 수평파의 경우만을 가정한다.

여기서, 수평파 이외의 반사파와 도로면에 의한 반사파를 무시한 것은 전파가 가시거리 영역의 전파 음영지역 또는 가시거리 영역과 일정 경사각으로 기울어져 있는 비가시거리 영역의 직진교차로에 진입하는 경우까지를 확대 해석하기 때문이다. 실제 가시거리 영역 도로의 수평면에 의해 반사된 전파와 수직으로 반사된 전파는 비가시거리 영역에 진입할 수 없다.

1. 가시거리 영역과 비가시거리 영역을 포함 한 전파경로 해석 알고리즘

1.1 반사파의 직진경로와 총 반사횟수

기지국으로부터 송신된 전파가 그림 1과 같이 도로폭 W_{sn} 인 가시거리 영역에서 임의의 입사각과 반사각으로 n_s 번 반사한 후 도로폭 W_{cn} 인 비가시거리 영역에 진입하고, 다시 임의의 입사각과 반사각으로 n_c 번 반사하여 이동국까지 도래하는 동안 전파의 총 직진경로 l_n 은 가시거리 영역과 비가시거리 영역 직진경로의 합으로서 식 1과 같다.

$$l_n = l_{sn} + l_{cn}$$

$$= \sum_{n_s=1}^{m_s} W_{sn} \left(\frac{\cos \alpha_{sn_s}}{\sin \alpha_{sn_s}} + \frac{\cos \beta_{sn_s}}{\sin \beta_{sn_s}} \right)$$

$$+ \sum_{n_c=1}^{m_c} W_{cn_c} \left(\frac{\cos \alpha_{cn_c}}{\sin \alpha_{cn_c}} + \frac{\cos \beta_{cn_c}}{\sin \beta_{cn_c}} \right) [\text{m}] \quad (1)$$

여기서, 전파의 가지거리 영역 최종 반사각에 대응한 비가지거리 영역의 최초 입사각은 식 (2)와 같다.

$$\alpha_{cl} = 180 - [\beta_{s, n_s} + \theta_{s, n_s}] \text{ [degree]} \quad (2)$$

여기서, θ_{s, n_s} 는 가지거리 영역과 교차하는 비가지거리 영역의 경사각으로써, 6시 방향을 "0" 으로 기준하여 반시계 방향으로 회전할 때 "+" 로 한다.

1.2. 반사파의 총 전파경로

기지국으로부터 송신된 전파가 이동국까지 도래하는 동안 반사파의 총 전파경로 r_n 은 가지거리와 비가지거리 영역 전파경로의 합으로써 식 (3)과 같다.

$$\begin{aligned} r_n &= r_{sn} + r_{cn} \\ &= \sum_{n_s=1}^{m_s} W_{sn_s} \left(\frac{\sin \alpha_{sn_s} + \sin \beta_{sn_s}}{\sin \alpha_{sn_s} \sin \beta_{sn_s}} \right) \\ &+ \sum_{n_c=1}^{m_c} W_{cn_c} \left(\frac{\sin \alpha_{cn_c} + \sin \beta_{cn_c}}{\sin \alpha_{cn_c} \sin \beta_{cn_c}} \right) [\text{m}] \quad (3) \end{aligned}$$

2. 가지거리 전파 음영지역을 위한 전파예측 모델

가지거리 전파음영 지역에 위치한 이동국이 셀 내 기지국으로부터 송신된 전파 중 단 하나의 파수만을 수신하고, 전파가 반사할 때마다 입사각과 반사각에 따른 전파경로와 반사계수 그리고 도로폭을 각각 다른 변수로 취하는 경우, 광대역 경로 손실 L_{SWB} 을 식 (1)을 응용 대입하여 구하면 식 (4)와 같다.

$$\begin{aligned} L_{SWB} &= 20 \log \left\{ \sum_{n_s=1}^{m_s} \frac{\lambda \sin \alpha_{sn_s} \sin \beta_{sn_s}}{4\pi W_{sn_s} (\sin \alpha_{sn_s} + \sin \beta_{sn_s})} \Gamma_{n_s} \right\} \\ &= 20 \log \left\{ \sum_{n_s=1}^{m_s} \frac{\lambda}{4\pi r_{sn_s}} \Gamma_{n_s} \right\} [\text{dB}] \quad (4) \end{aligned}$$

기지국의 실효 방사전력을 P_t 라 할 때, 식 (4)를 응용하여 가지거리 음영지역에 위치한 이동국의 수신전력 P_{rs} [W, dBm]를 구하면 식(5), 식(6)과 같다.

$$P_{rs} = P_t \left\{ \sum_{n_s=1}^{m_s} \frac{\lambda \sin \alpha_{sn_s} \sin \beta_{sn_s}}{4\pi W_{sn_s} (\sin \alpha_{sn_s} + \sin \beta_{sn_s})} \Gamma_{n_s} \right\}^2$$

$$= P_t \left\{ \sum_{n_s=1}^{m_s} \frac{\lambda}{4\pi r_{sn_s}} \Gamma_{n_s} \right\}^2 [\text{W}] \quad (5)$$

$$\begin{aligned} P_{rs} &= 20 \log P_t \times 10^3 \left\{ \sum_{n_s=1}^{m_s} \frac{\lambda \sin \alpha_{sn_s} \sin \beta_{sn_s}}{4\pi W_{sn_s} (\sin \alpha_{sn_s} + \sin \beta_{sn_s})} \Gamma_{n_s} \right\} \\ &= 20 \log P_t \times 10^3 \left\{ \sum_{n_s=1}^{m_s} \frac{\lambda}{4\pi r_{sn_s}} \Gamma_{n_s} \right\} [\text{dBm}] \quad (6) \end{aligned}$$

3. 비가지거리 영역을 위한 전파예측 모델

비가지거리 영역에 위치한 이동국의 수신신호가 기지국으로부터 송신된 전파 중 단 하나의 파수만 이고, 전파가 반사할 때마다 입사각과 반사각에 따른 전파경로와, 반사계수 그리고 도로폭을 각각 변수로 취하는 경우, 광대역 경로 손실 L_{CWB} 를 식 (1)을 응용 대입하여 구하면 식 (7)과 같다.

$$L_{CWB} = 20 \log \sum_{n_s=1}^{m_s} \sum_{n_c=1}^{m_c} \frac{\lambda}{4\pi (r_{sn_s} + r_{cn_c})} \Gamma_{n_s} \Gamma_{n_c} \quad [\text{dB}] \quad (7)$$

기지국의 실효 방사전력을 P_t 라 할 때, 식 (7)을 응용하여 비가지거리 영역에 위치한 이동국의 수신전력 P_{rc} [W, dBm]를 구하면 식 (8), 식 (9)와 같다.

$$P_{rc} = P_t \sum_{n_s=1}^{m_s} \sum_{n_c=1}^{m_c} \left\{ \frac{\lambda}{4\pi (r_{sn_s} + r_{cn_c})} \Gamma_{n_s} \Gamma_{n_c} \right\}^2 [\text{W}] \quad (8)$$

$$P_{rc} = 20 \log P_t \sum_{n_s=1}^{m_s} \sum_{n_c=1}^{m_c} \frac{10^3 \lambda}{4\pi (r_{sn_s} + r_{cn_c})} \Gamma_{n_s} \Gamma_{n_c} \quad [\text{dBm}] \quad (9)$$

4. 제안 전파예측 모델의 시뮬레이션 사양 및 반사계수

4.1 시뮬레이션 사양

제안 전파예측 모델을 시뮬레이션하기 위해 도심 생활공간 1.8 GHz대역의 마이크로셀 PCS 이동통신 전파환경을 선택한다. 그 이유는 PCS 이동통신 시스템을 구축하는데 소요되는 핵심 부품의 수입 의존도가 높고, 제3세대 이동통신 방식인 2 GHz대역의 IMT-2000과 사용 주파수대역이 거의 같기 때문이다.

시뮬레이션에 앞서, 도심 생활공간 전파환경의 양측 건물벽면을 따라 반사한 수평파의 반사계수를 구하고, 그림 1의 가장 전파경로와 표 1의 조건으로

제안 모델 식 (9)를 시뮬레이션한다.

표 1. 시뮬레이션 조건

가상전파경로	그림 1
전파환경	도심 마이크로셀 PCS 이동통신
사용주파수 및 전파파장	1.8 [GHz], 0.167 [m]
실효 방사전력	250 [mW], (PCS CH당 최대전력)
송·수신안테나 높이차	0[m], ($h_t - h_r$)
수신신호의 파수	1 개
직진경로 기준 서비스 가능거리	0 [m] ~ 2,000 [m]
시뮬레이션 전파 직진경로 구간	200[m], 400[m], 600[m], 800[m], 1000[m], 1,200[m], 1,400[m], 1,600[m], 1800[m], 2,000[m]
가시거리 영역 입사각, 반사각	25° (정반사의 경우)
비가시거리 영역 경사각	5° ~ 170°
도로 폭	10 [m], 20 [m], 30 [m], 40 [m]
반사면 비유전율	25, ($\epsilon_r' = 15, \sigma = 2,$ $\lambda = 0.166$)
반사계수	표 2

4.2 반사계수

가시거리 영역과 비가시거리 영역에서 일어나는 모든 전파의 반사는 정반사로써 각 $\alpha_{n,c}$ 라 가정하고, 사용편파가 수직편파인 경우, 입사각과 반사각에 따른 반사계수는 식 (10)과 같다.

$$\Gamma(a_{n,c}) = \frac{\sin(a_{n,c}) - \sqrt{\epsilon_r - \cos^2(a_{n,c})}}{\sin(a_{n,c}) + \sqrt{\epsilon_r - \cos^2(a_{n,c})}} \quad (10)$$

최근 국내에서도 PCS용 마이크로셀 전파특성에 관한 시가지 측정이 이루어지고 있으므로 향후 주변 건물들의 정확한 복소유전 상수를 추출할 수 있을 것으로 기대하지만, 아직은 정확한 값을 모르는 실정이다.

그러므로, 본 논문에서는 이미 선진국에서 추출한 값인 [8]를 반사가 이루어지는 건물벽면의 상대 유전 상수로, λ 는 1.8 GHz대역의 PCS 이동통신 주파수 파장인 0.167 m로하여 $\epsilon_r = \epsilon_r' - j 60 \alpha \lambda = 25$ 를 구하고, 이를 식 (10)에 대입하여 정반사인 경우 입사각과 반사각에 따른 반사계수를 구한 결과는 표 2, 그림(2)과 같 $\epsilon_r' = 15, \sigma = 2$ 다.

표 2. 입사각, 반사각에 따른 반사계수

입사각, 반사각	반사계수	입사각, 반사각	반사계수
0°	-1	45°	-0.75
5°	-0.965	50°	-0.7324
10°	-0.9316	55°	-0.7169
15°	-0.8998	60°	-0.7035
20°	-0.8698	65°	-0.6922
25°	-0.8417	70°	-0.683
30°	-0.8156	75°	-0.6758
35°	-0.7917	80°	-0.6707
40°	-0.7698	85°	-0.6677

표 2의 결과, 반사계수는 입사각과 반사각에 반비례하며, 각이 10° 미만인 경우는 거의 "1"에 수렴한다. 그러나 이동통신의 경우 비가시거리 영역 또는 전파음영 지역에 위치한 이동국까지 전파가 진행되는 동안 여러번의 반사를 하게 되므로 비록 반사파의 입사각과 반사각이 적다 하여도 반사에 의한 신호감쇠는 무시할 수 없다.

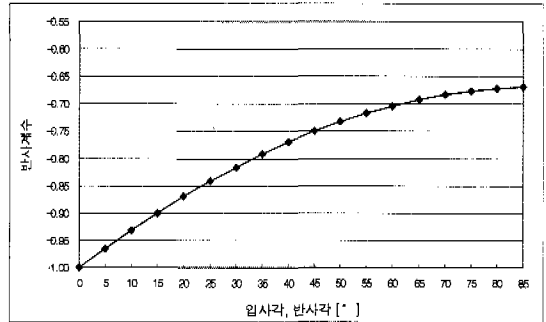


그림 2. 입사각과 반사각에 따른 반사계수

III. 시뮬레이션

1. 제안 전파예측 모델의 시뮬레이션

그림 1과 같은 마이크로셀 PCS 이동통신 도심 전파환경의 가상 전파경로에서 기지국으로부터 송신된 전파가 입사각과 반사각 25°로 정반사하면서 가시거리 영역 양측 건물벽면을 따라 진행하던 중, 가시거리 영역 전파 음영지역 또는 가시거리 영역과 경사각 50°~170°로 기울어진 비가시거리 영역에 위치한 이동국에 도달하는 경우, 수신점에서의 전력 dBm을 구하기 위해 표 1의 사양으로 식 (9)를 시뮬레이션한 결과는 표 3, 그림 3과 같다.

시뮬레이션 결과의 실용성과 신뢰도를 높이기 위

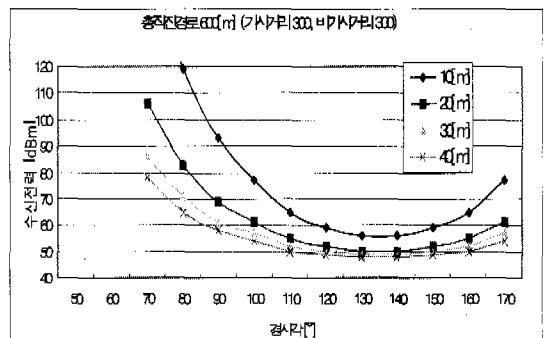
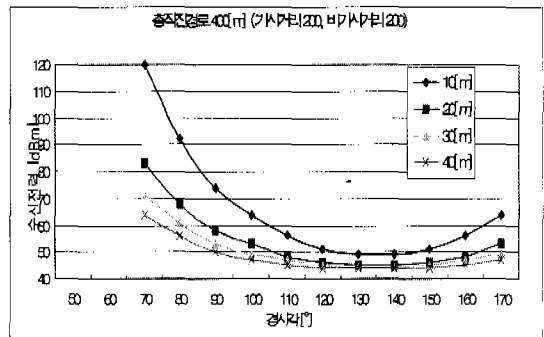
해, 도로폭이 각각 10 m, 20 m, 30 m, 40 m인 경우로 나누고, 가시거리 영역과 비가시거리 영역 직진 경로의 혼성비를 1:1로 하여, 각각 200 m : 200 m, 300 m : 300 m, 400 m : 400 m, 500 m : 500 m, 600 m : 600 m, 700 m : 700 m, 800 m : 800 m, 900 m : 900 m, 1,000 m : 1,000 m 인 10가지 경우로 세분하여 시뮬레이션한다. 단, 가시거리 영역과 비가시거리 영역의 도로폭은 동일한 폭으로 동시에 변하는 것으로 한다.

여기서, 경사각을 50° 이상으로 선택한 이유는 비가시거리 영역에 진입한 전파의 유효파수를 50% 이상 기준 하였기 때문이고, 가시거리 영역의 입사각과 반사각을 25° 로 선택한 이유는 입사각과 반사각 25° 에서 평균 경로 손실이 가장 적기 때문이다.

표 3. 가시거리 영역과 비가시거리 영역의 직진 경로에 따른 수신전력(수신전력 [dBm], 직진경로200[m]~2,000[m], 입사각, 반사각 25°)

총직진 경로[m]	예측 거리 [m]	도로폭	경사각																
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170				
400	가시거리	10[m]	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
		20[m]	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
		30[m]	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	
		40[m]	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	
	비가시거리	10[m]	-	-	-	92	74	64	56	51	49	49	51	56	64	-	-	-	
		20[m]	-	-	-	83	68	58	53	48	46	45	45	46	48	53	-	-	
		30[m]	-	-	-	71	60	53	49	47	45	44	44	45	47	49	-	-	
		40[m]	-	-	-	64	56	50	47	45	44	44	44	44	45	47	-	-	
600	가시거리	10[m]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
		20[m]	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	44	
		30[m]	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	
		40[m]	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	
	비가시거리	10[m]	-	-	-	93	77	65	59	56	56	59	65	77	-	-	-	-	
		20[m]	-	-	-	83	69	61	55	52	50	50	52	55	61	-	-	-	
		30[m]	-	-	-	86	71	61	57	52	50	49	49	50	52	57	-	-	
		40[m]	-	-	-	78	65	58	54	50	49	48	48	49	50	54	-	-	
800	가시거리	10[m]	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	
		20[m]	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	
		30[m]	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	
		40[m]	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	
	비가시거리	10[m]	-	-	-	-	-	91	75	66	62	62	66	75	91	-	-	-	
		20[m]	-	-	-	-	-	80	70	62	57	55	55	57	62	70	-	-	
		30[m]	-	-	-	-	-	83	70	63	57	54	53	53	54	57	63	-	
		40[m]	-	-	-	-	-	89	74	64	59	54	52	51	51	52	54	59	
1,000	가시거리	10[m]	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	
		20[m]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
		30[m]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
		40[m]	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	48	
	비가시거리	10[m]	-	-	-	-	-	85	73	68	68	73	85	-	-	-	-	-	
		20[m]	-	-	-	-	-	90	76	67	61	59	59	61	67	76	-	-	
		30[m]	-	-	-	-	-	91	77	67	61	57	55	55	57	61	67	-	
		40[m]	-	-	-	-	-	81	70	63	58	55	54	54	55	58	63	-	
1,200	가시거리	10[m]	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	
		20[m]	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	56	
		30[m]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	
		40[m]	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
	비가시거리	10[m]	-	-	-	-	-	92	79	73	73	79	92	-	-	-	-	-	
		20[m]	-	-	-	-	-	83	71	65	62	62	65	71	83	-	-	-	
		30[m]	-	-	-	-	-	84	73	65	61	58	58	61	65	73	-	-	
		40[m]	-	-	-	-	-	89	75	67	61	58	56	56	58	61	67	-	

총직진 경로 [m]	예측 거리 [m]	도로폭	경사각																			
			50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170							
1,400	가시거리	10[m]	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71	71				
		20[m]	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59				
		30[m]	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55				
		40[m]	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53				
	비가시거리	10[m]	-	-	-	-	-	-	-	90	77	69	65	65	69	77	90	-				
		20[m]	-	-	-	-	-	-	-	81	78	68	63	61	61	63	68	78				
		30[m]	-	-	-	-	-	-	-	82	72	65	61	59	59	61	65	72				
		40[m]	-	-	-	-	-	-	-	86	76	68	63	61	61	63	68	76				
1,600	가시거리	10[m]	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76				
		20[m]	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62				
		30[m]	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57				
		40[m]	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55				
	비가시거리	10[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	83	83	92	-	-				
		20[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	81	72	68	68	72	81				
		30[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	72	66	63	63	66	72			
		40[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	86	76	68	63	61	63	68	76		
1,800	가시거리	10[m]	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80				
		20[m]	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64				
		30[m]	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59				
		40[m]	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57				
	비가시거리	10[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	87	-	-	-				
		20[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85	76	71	76	85				
		30[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	87	75	69	65	65	69	75	87	
		40[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	79	70	65	63	63	65	70	79
2,000	가시거리	10[m]	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85				
		20[m]	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68	68				
		30[m]	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62	62				
		40[m]	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59				
	비가시거리	10[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	92	-	-				
		20[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	79	74	74	79	91	-	
		30[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	91	79	71	68	68	71	79	91
		40[m]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	82	73	67	65	65	67	73	82



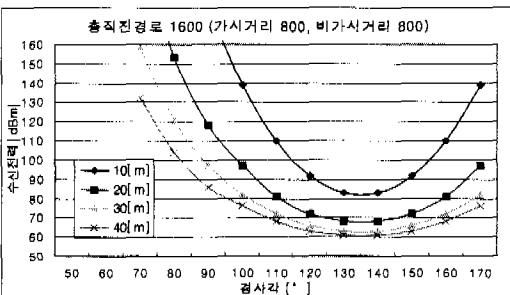
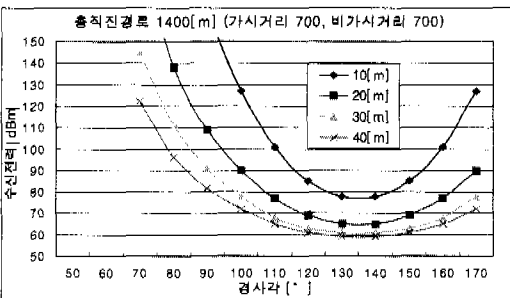
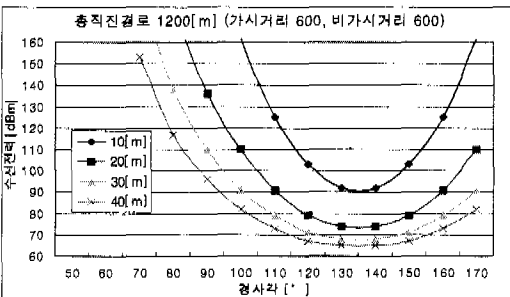
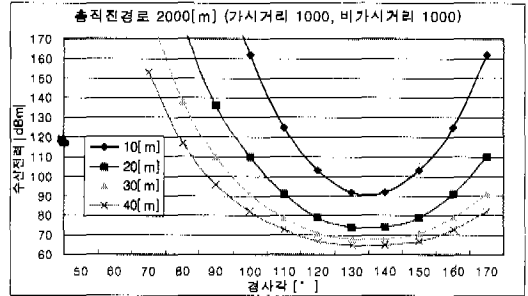
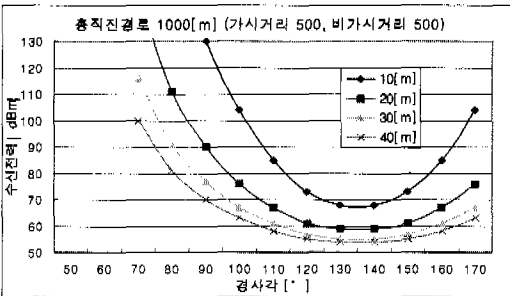
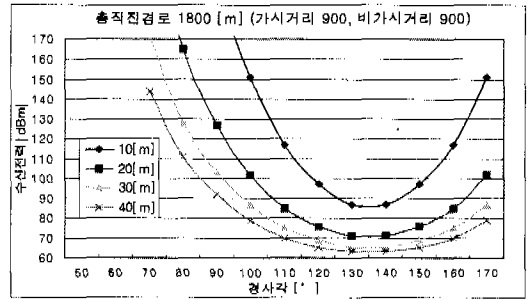
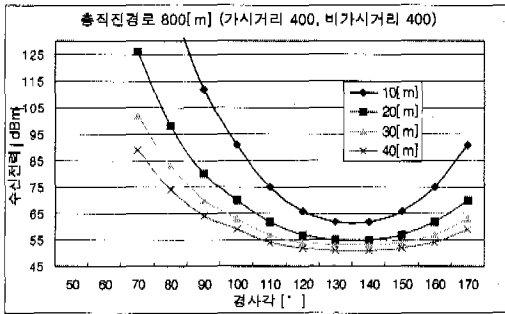


그림 3. 직진경로에 따른 수신전력

표 3과 그림 3의 경사각 60° 미만에서 수신전력 기록 난을 무데이터로 처리한 것은 가지거리 영역 최종 반사각이 25° 일 때, 비가지거리 영역에 진입한 모든 전파가 역반사 하여 유효파수가 없기 때문이다. 한편, 음영처리된 부분은 이동국이 양질의 서비스를 받을 수 없는 경우로서 수신전력이 -95 dBm 이하인 경우이고, 구형으로 처리된 부분은 경사각 130°~140° 사이에서 수신전력이 최대가 되는 경우이다.

표 3과 그림 3의 결과, 가지거리 영역 입사각과 반사각 그리고 도로폭과 경사각을 변수로 하여 값을 달리하는 이동국 수신전력의 특징을 정리하면 다음과 같다.

- ◆ 가지거리 영역의 동일한 입사각과 반사각에서 가지거리 영역과 비가지거리 영역에서의 수신전력은 도로폭에 비례하여 도로폭이 클수록 커진다.
- ◆ 가지거리 영역의 동일한 입사각과 반사각 그리고 도로폭에서 비가지거리 영역의 수신전력은 경사각 130°~140°까지는 경사각에 비례하여 수신전력은 경사각이 클수록 커지고, 그 각을 중심으로 대칭적으로 감소한다.
- ◆ 모든 경우의 전 직진경로와 도로폭에서 수신전력이 최대가 되는 경사각은 130°~140° 사이이다.
- ◆ 가지거리 영역의 동일한 입사각과 반사각 그리

고 경사각에서 수신전력은 도로폭에 비례하여 도로폭이 클수록 커진다.

한편, 서비스 가능 수신전력을 -95 dbm으로 가정 할 때, 도로폭과 경사각에 따라 값을 달리하는 가입 자 서비스가 가능한 직진경로를 표 3으로부터 구한 결과는 표 4와 같다.

표 4. 도로폭과 경사각에 따른 서비스 직진경로 서비스 가능 직진경로[m]

경사각 \ 도로폭	10[m]	20[m]	30[m]	40[m]
70[°]	140	510	710	910
80[°]	400	780	1,080	1,370
90[°]	600	1,140	1,540	1,950
100[°]	850	1,740	2,000	2,000
110[°]	1,250	2,000	2,000	2,000
120[°]	1,750	2,000	2,000	2,000
130[°]	2,000	2,000	2,000	2,000
140[°]	2,000	2,000	2,000	2,000
150[°]	1,720	2,000	2,000	2,000
160[°]	1,270	2,000	2,000	2,000
170[°]	860	1,540	2,000	2,000

IV. 결론

본 논문에서는 다중 영상법을 이용한 전파경로 해석과 전파송출법의 단점을 해결하기 위해 먼저, 가시거리 영역과 비가시거리 영역에서 발생하는 반사횟수와 전파경로 그리고 최종 반사각에 대응한 최초 입사각을 연산처리할 수 있는 알고리즘을 각각 개발하여 분석하고, 개발 알고리즘을 활용한 전파예측 모델을 제안하여 시뮬레이션 및 분석하였다.

도시 생활공간 마이크로셀 이동통신 전파환경에서 이동국이 가시거리 영역 내에 위치할 때는 직접 파와 반사파 그리고 회절파의 영향을 동시에 받기 때문에 통화품질 유지가 충분하나, 비가시거리 영역 내에 이동국이 위치할 때는 반사파와 회절파 또는 둘 중 하나 만이 수신되므로 기지국의 출력에 따른 서비스 영역을 결정함에 있어 이상의 결과를 충분히 고려해야 한다.

따라서 마이크로셀 이동통신 시스템 셀 설계시, 셀 내 도로상황을 면밀히 검토하여 본 연구 결과를 적용하면 기지국의 최적 출력과 위치선정을 하는데 매우 유용할 것으로 생각된다.

참고 문헌

- [1] W.C.Y.Lee, "Mobile Communications Design Fundamentals", Wildy Interscience 1993.
- [2] W.C.Y.Lee, "Microcell Architecture", IEEE Communications Magazine, Nov. 1991.
- [3] 노동수, 박창균외 4명, "교외지역 무선통신을 위한 전파환경 분석", 1996년도 한국음향학회 종합학술발표회 논문집, pp141-147, June 1996.
- [4] 김재섭, 박창균, "교외지역 전파환경을 위한 예측 모델 제안", 한국음향학회 논문지, pp 49-56, May 1997.
- [5] T.Iwama and M.Mizuno, "Prediction of propagation characteristics for microcellular land mobile radio", Proc. ISAP, pp.421-424, Sapporo, Japan, 1992.
- [6] 김세운, 김상옥, "임의의 교차각을 갖는 도심 도로에서 PCS를 위한 GTD 전파모델", Telecommunication Review, 제 6 권, 제 3 호, pp.208-220, May 1996.
- [7] S. Y. Tan and H. S. Tan, "A microcellular communications propagation model based on the uniform theory of diffraction and multiple image theory," IEEE Trans., Antennas Propagat., Vol. 44, pp.1317-1326, Oct. 1996.
- [8] 장광록, 김효태, "전파송출법의 계산효율 개선에 관한 연구", Telecommunication Review, 제 6 권, 제 3 호, pp.698-714, 1996.
- [9] M. C. Lawton and J. P. McGeehan, "The applications of a deterministic ray launching algorithm for the prediction of radio channel characteristics in small-cell environments", IEEE Trans. Veh Technol., vol. 43, pp. 955-969, Nov. 1994.
- [10] Scott Y.seidel, Theodore S.Rappaport, "Site-specific Propagation Prediction for Wireless In-Building Personal Communication System Design", IEEE Cellular Radio and Communication Vol.2., pp.223-891, 1994.

노 순 국(Sun-kuk Noh)

정회원



1995년 2월 : 조선대학교 공과대
학 전자공학과 (공학사)
1997년 2월 : 조선대학교 대학원
전자공학과(공학석사)
1998년~현재 : 조선대학교 대학
원 전자공학과 박사과정

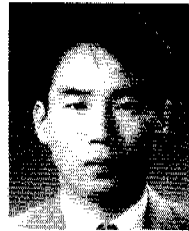
1998년 4월~현재 : 조선대학교 전자정보통신연구소
연구원

1997년 3월~현재 : 동강대학 전자과, 정보통신과 시
간강사

<주관심 분야> 통신시스템, 이동통신, 위성통신 등

양 흥 영(Hong-Young Yang)

정회원



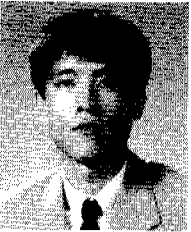
1990년 2월 : 조선대학교 공과대
학 전자공학과 (공학사)
1993년 8월 : 조선대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1998년 2월 : 조선대학교 대학원
전자공학과 박사과정
수료

1998년 3월~현재 : 동강대학 정보통신과 부교수

<주관심 분야> 통신시스템, 이동통신, 무선CATV
등

최 등 우(Dong-woo Choi)

정회원



1990년 2월 : 조선대학교 공과대
학 전자공학과 (공학사)
1999년 2월 : 조선대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1999년~현재 : 조선대학교 대학
원 전자공학과 박사과정

1999년~현재 : 팽주기계공고 전자과 교사

1999년~현재 : 동강대학 전자과 시간강사

<주관심 분야> 통신시스템, 이동통신, 무선 CATV
등

김 재 섭(Jae-sub Kim)

정회원



1990년 2월 : 조선대학교 공과대
학 전자공학과 (공학사)
1993년 8월 : 조선대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1998년 2월 : 조선대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)

1998년 3월~현재 : 동강대학 정보통신과 전임강사

<주관심 분야> 통신시스템, 이동통신, 무선CATV
등