

論文98-35T-12-14

PCS 시스템 셀설계를 위한 전파예측 모델

(A Propagation Prediction Model for Planning a Cell in the PCS System)

金 松 啟 *

(Song-Min Kim)

요 약

본 논문에서는 전파경로를 해석할 때 기하광학적 영상법과 전파송출법의 단점을 보완하여 계산속도를 향상 시키는 물론 전파의 입사각과 반사각에 따른 전파경로, 진행파의 수평경로 그리고 반사횟수를 동시에 처리 할 수 있는 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘을 활용한 전파예측모델을 제안하고, 반복된 반사에 의해 전파가 진행되는 경우, 임의 지점의 전파경로 손실을 쉽게 계산할 수 있다. 마지막으로 광주광역시 광산구 월곡동에 있는 SK텔레콤 전남지사 주변의 실제 도로 상황을 샘플로 취하여 제안 전파예측 모델을 시뮬레이션하여, 일반적인 타당성을 입증하였다.

Abstract

This paper proposes a propagation prediction model which can calculate a propagation path loss easily at option point in case of the propagation processing by repeat reflection when we analysis a propagation route, it makes the calculation speed which is the defect of a geometrical of image method and a ray-launching method improve and we develop and apply the algorithms which can do an angle of incidence, an angle of reflection with a propagation direct path, a reflection path and a maximum reflection number arithmetic process synchronously. Finally we choose as a sample which is the real road condition where is around SK telecoms chunnam branch office in wolgok-dong, kwangsan-ku, kwangju and simulate proposition model then we demonstrate the relative superiority with comparing the results.

I. 서 론

현재 우리나라에서 상용화된 이동통신, 개인휴대통신(Personal Communication Service : PCS)^{[1] [2]}, 무선데이터통신 등의 주요 통신장비는 고가품으로써 이들 중 상당량을 수입에 의존함으로써 막대한 외화낭비를 초래할 수 밖에 없는 것이 현실이다. 특히 1.8GHz 대의 고주파 대역을 사용하는 PCS 방식의 경우는 더욱 그러하다. 이의 해결을 위한 최선의 방법은 핵심기

은 핵심기술의 개발에 있을 것이나, 많은 시간과 개발비가 투자되어야 하는 문제점을 안고 있다. 따라서 차선의 방법은 "PCS 시스템 셀 설계를 위한 전파환경 해석"을 정확히 하여 시스템 설계에 활용함으로써 소요 기지국 수를 최소화 하는 것이다. 그 결과 최저 출력으로 통화품질을 향상시키는 물론 설비 투자비를 경감함으로써 수입 물량에 따른 외화 유출을 줄이고 운영비와 유지보수비를 최소화 할 수 있을 것이다.

따라서 서비스영역에 따른 기지국의 최적 출력을 산출하기 위해서는 기지국과 이동국 사이에 분포한 각종 건물들과 기지국에서 송신된 전파들의 경로를 추적하여 수신전력 및 전파특성을 예측할 수 있는 경로추적

* 正會員, 益山大學 電子科

(Dept. of Electronics Iksan College)

接受日字: 1998年9月26日, 수정완료일: 1998年12月11日

모델의 개발이 필요하다. 지금까지 경로추적 알고리즘에 대한 많은 연구가 이루어져 왔는데 이는 다중영상 추적법^{[3] [4] [5]}과 전파송출법^{[6] [7] [8] [9]}으로 분류할 수 있다.

그러나 이들 모델의 전파경로 해석에 사용된 다중영상 경로추적법과 전파송출법은 전파예측 코드의 구현이 매우 어렵다는 단점을 안고있다.

그러므로 본 논문에서는 기존의 다중영상 경로추적법과 전파송출법의 단점인 전파경로 예측을 위한 시간을 단축시키고, 더 나아가 전파의 입사각, 반사각, 반사계수 그리고 도로폭의 변화에 따른 경로 해석을 동시 연산처리 할 수 있는 전파예측 모델을 제안하고, 광주광역시 광산구 월곡동에 있는 SK텔레콤 전남지사 주변의 실제 도로 상황을 샘플로 취하여 제안 모델을 시뮬레이션 한다.

II. 전파경로 해석

셀룰라시스템에서 서비스영역 내에 있는 이동국이 가시거리영역에 위치하는 경우에는 직접파와 반사파 그리고 회절파의 영향을 동시에 받기 때문에 통화품질 유지가 충분하나 이동국이 비가시거리영역에 위치하는 경우에는 반사파와 회절파 또는 둘 중 하나 만이 수신되므로 서비스영역을 결정함에 있어서 이를 충분히 고려해야 한다.^{[10] [11] [12]}

그림 1은 비가시거리영역에 이동국이 위치하는 경우 전파경로 해석을 위한 가상 전파경로이다.

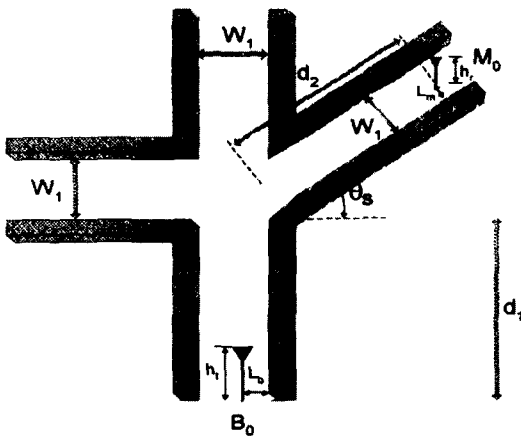


그림 1. 영상법을 위한 가상 전파경로
Fig. 1. Supposition propagation path for image method.

여기서 $M_0(M_{0x}, M_{0y}), B_0(B_{0x}, B_{0y})$

그림 1의 가시거리영역과 비가시거리영역에서의 도로폭은 W_1 이고, 이동국이 위치한 비가시거리영역의 도로는 x 축과 θ_s 만큼 오른쪽으로 기울어져 있다고 가정한다. 이때 기지국 안테나의 높이는 h_t , 이동국 안테나의 높이는 h_r 이다.

도로폭이 W_1 인 직선 도로의 오른쪽 가장자리에 있는 기지국을 X,Y 좌표계를 원점 (0,0)으로하고, 이동국은 도로폭 W_1 의 아래쪽 가장자리로부터 L_m 만큼 떨어진 곳에 위치하는 것으로 가정할 때, 이동국의 좌표는 (M_{0x}, M_{0y}) 이다.

1. 영상법을 이용한 전파경로 해석^[3]

영상법을 이용한 전파경로 해석은 일반적으로 비가시영역에 위치한 이동국의 수신신호는 기지국에서 송신된 전파가 가시영역의 양측벽면에 의해 총 i 번 반사된 후 비가시영역의 도로쪽으로 입사한 다음 다시 도로의 양측벽면에 의해 총 j 번 반사된 후 최종 목적지인 이동국에 도달하는 것으로 가정한다.

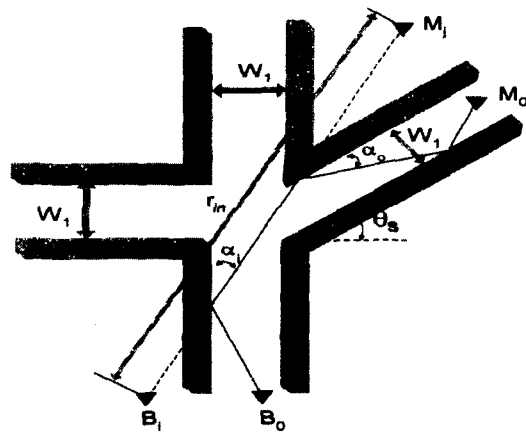


그림 2. 반사파의 영상처리 공간좌표
Fig. 2. Image disposition space coordinates for reflected wave.

그림 2에서 주변 건물들은 모두 Z방향과 평행하고 영상점들의 Z방향 위치는 항상 실제 안테나의 높이와 같아지므로 영상점들의 (x, y) 평면의 위치만을 구하기로 한다. 먼저 i 번째 기지국 영상점 B_i 의 위치를 $(B_{ix}, 0)$ 라고 할 때 B_i 는 식 (1)과 같다.

$$B_{ix} = \begin{cases} i \times W_1 - L_b & , i = \text{홀수} \\ (i-1) \times W_1 - L_b & , i = \text{짝수} \end{cases} \quad (1)$$

여기서, i 가 0이면 기지국의 실제 위치를 가리키고, 영상점은 i 가 홀수 일 때 가시영역 쪽 W_1 인 도로의 좌측, i 가 짝수이면 가시영역 쪽 W_1 인 도로의 우측에 존재한다.

그리고 수신기의 영상점들은 $+x$ 축에 대해 비가시영역의 거리에 수직인 직선에 존재하는 수신기 좌표 (M_{0x}, M_{0y}) 를 기준으로 반사횟수 j 에 따라 거리 $L_m^{(j)}$ 만큼 떨어진 곳에 위치한다. 이때 반사횟수 j 에 대한 $L_m^{(j)}$ 는 식 (2)와 같다.

$$L_m^{(j)} = \begin{cases} j \times W_1 & , j = \text{홀수} \\ (j+1) \times W_1 - 2L_m & , j = \text{짝수} \end{cases} \quad (2)$$

따라서 임의의 j 번째 영상점의 위치 $M_j(M_{jx}, M_{jy})$ 는 식 (3)과 같다.

$$M_{jx} = M_{0x} - L_m^{(j)} \sin \theta_s, \quad M_{jy} = M_{0y} - L_m^{(j)} \cos \theta_s, \quad (3)$$

그림 2와 같이 반사파가 발생할 경우 입사각 α_i 와 반사각 α_o 는 각각 식 (4)와 같다.

$$\alpha_i = \tan^{-1} \left(\frac{M_{jx} - B_{ix}}{\sqrt{(h_i - h_r)^2 + M_{jy}^2}} \right)$$

$$\alpha_o = \tan^{-1} \left(\frac{d_{ij} - \sin(\theta_{M_j} - \theta_s)}{\sqrt{(d_{ij} \cos(\theta_{M_j} - \theta_s))^2 + (h_i - h_r)^2}} \right) \quad (4)$$

여기서,

d_{ij} : 기지국의 i 번째 영상점과 수신기의 j 번째 영상점을 사이의거리를 Z 평면으로 투영한 길이,

θ_{M_j} : 이동국에서 오른쪽 모서리점을 바라보는 각

따라서 기지국의 i 번째 영상점과 수신기의 j 번째 영상점을 사이의거리 즉, 전파의 총 경로 길이 r_k 는 식 (5)와 같다.

$$r_k = \sqrt{(M_{jx} - B_{ix})^2 + (M_{jy} - B_{iy})^2 + (h_i - h_r)^2} \quad (5)$$

여기서 $k=1,2,3,\dots,n$

기지국의 i 번째 영상점과 수신기의 j 번째 영상점을 잇는 길이가 k 번째인 전파의 총 반사계수 Γ_k 은 식 (6)과 같다.

$$\Gamma_k = [\Gamma_i(\alpha_i, \alpha_o)]^{|i|} \times [\Gamma_j(\alpha_i, \alpha_o)]^{|j|} \quad (6)$$

이때 입사각 α_i 와 반사각 α_o 를 임의의 변수 x

로 치환할 때 각 경우의 반사계수는 편파에 따라 식 (7)과 같다.

$$\Gamma(x) = \frac{\sin(x) - \sqrt{\epsilon_r - \cos^2(x)}}{\sin(x) + \sqrt{\epsilon_r - \cos^2(x)}}, \text{ 수직편파}$$

$$\Gamma(x) = \frac{\epsilon_r \sin(x) - \sqrt{\epsilon_r - \cos^2(x)}}{\epsilon_r \sin(x) + \sqrt{\epsilon_r - \cos^2(x)}}, \text{ 수평편파} \quad (7)$$

여기서,

$\epsilon_r = \epsilon_r' - j\sigma$: 지면의 평균 복소 비유전율,

ϵ_r' : 지면의 비유전율, σ : 전도도

λ : 전파의 파장

이상의 결과 수신점에 도래하는 반사파 수가 k 인 경우 수신전계 E_{CO} 식 (8)과 같다.

$$P_r[W] = P_t \left(\frac{\lambda}{4\pi r_k} \right)^2 \left\{ \sum_{k=1}^n \Gamma_k \exp(-j \frac{2\pi r_k}{\lambda}) \right\}^2 \quad (8)$$

여기서,

k : 전파경로수

($k=0$ 일 때는 직접파, $k \neq 0$ 일 때는 반사파)

Γ_k : k 번째 전파경로의 반사계수

r_k : k 번째 전파의 영상안테나와 수신점간의 거리

따라서 협대역의 경우 경로손실 L_{NB} 는 식 (9)와 같다.

$$L_{NB}[dB] = 10 \log \left\{ \left| \sum_{k=1}^n \frac{\lambda}{4\pi r_k} \Gamma_k \exp(-j \frac{2\pi r_k}{\lambda}) \right|^2 \right\} \quad (9)$$

광대역 경로손실 L_{WB} 는 식 (10)과 같다.

$$L_{WB}[dB] = 10 \log \left\{ \sum_{k=1}^n \left(\frac{\lambda}{4\pi r_k} \Gamma_k \right)^2 \right\} \quad (10)$$

III. 전파경로 알고리즘 제안

그림 3은 비가시영역 내에 이동국이 위치하는 경우 연구자가 제안한 삼각해석법에 의해 직접파를 포함한 반사파의 경로를 해석하기 위한 전파경로 가상모델로서 광주광역시 광산구 하남지역 SK텔레콤 지사 주변

의 실제 도로 상황이다. 전파경로 해석에서 입사와 반사에 의해 진행되는 전파경로가 짧기 때문에 그 구간에서 도로폭 W_n 이 일정하고 반사면이 수직 벽면체인 경우를 가정한다.

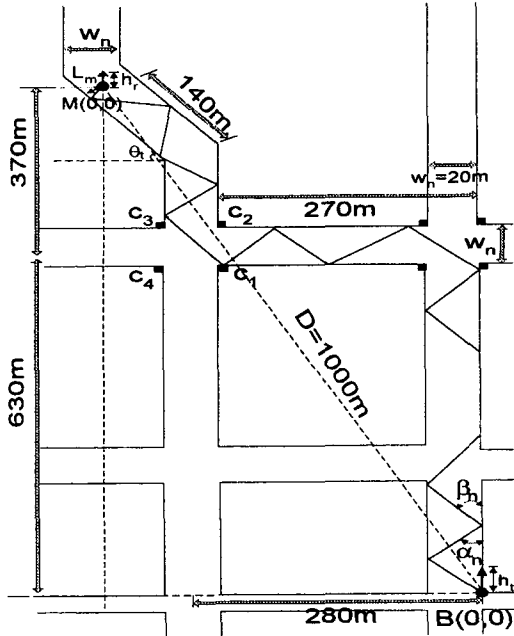


그림 3. 제안 알고리즘을 위한 가상 전파경로
Fig. 3. Supposition propagation path for proposed algorithm.

여기서,

- α_n : 입사각, β_n : 반사각, W_n : 도로폭
- D : $B(0,0)$ 와 $M(0,0)$ 간의 직선거리

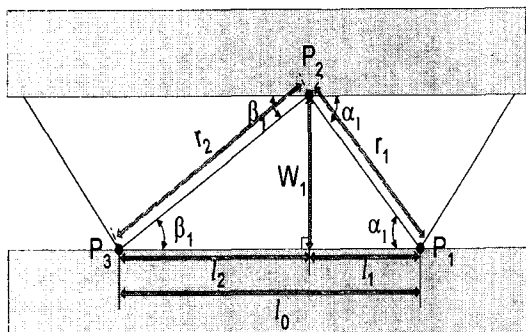


그림 4. 제안 알고리즘을 위한 반사파 경로
Fig. 4. Reflected wave path for proposed algorithm.

그림 4는 삼각해석법에 의해 전파경로를 구하기 위한 그림 3의 특정 전파경로 구간으로써 이 구간의 전파경로 해석을 기초하여 일반화로 확장한다. 송수신 안테나 높이의 차는 전파 이동거리와 비교할 때 충분히 짧기 때문에 이를 무시하고, 해석의 편의상 반사파의 이동은 평면파인 경우로 가정한다.

여기서,

- α_1 : P_1 의 반사각, P_2 의 입사각,
- β_1 : P_2 의 반사각, P_3 의 입사각,
- l_1 : $\overline{P_1, P_2}$ 반사파 경로의 수평거리,
- l_2 : $\overline{P_2, P_3}$ 반사파 경로의 수평거리,
- $l_0 = l_1 + l_2$: $\overline{P_1, P_2, P_3}$ 반사파 경로의 수평거리,
- r_1 : $\overline{P_1, P_2}$ 반사파 경로의 직선거리,
- r_2 : $\overline{P_2, P_3}$ 반사파 경로의 직선거리,
- $r_0 = r_1 + r_2$: $\overline{P_1, P_2, P_3}$ 반사파 경로의 직선거리,
- W_1 : 반사점 P_2 에서의 도로폭,
- P_1, P_2, P_3 : 전파의 반사지점

1. 전파의 반사횟수 계산

그림 4의 점 P_1 으로부터의 반사파가 점 P_2 에 α_1 의 각으로 입사, β_1 의 각으로 반사되어 점 P_3 에 도달할 때 까지의 반사파 경로의 직선거리 $r_0(\overline{P_1, P_2, P_3})$ 에 대응한 도로와 평행한 수평거리, $l_0(\overline{P_1, P_3})$ 는 식 (11)과 같다.

$$l_0 = \frac{W_1}{\sin \alpha_1} \cos \alpha_1 + \frac{W_1}{\sin \beta_1} \cos \beta_1 \quad (11)$$

$$= W_1 \left(\frac{\cos \alpha_1}{\sin \alpha_1} + \frac{\cos \beta_1}{\sin \beta_1} \right)$$

따라서 전파가 송신점에서 수신점에 도달하는 동안 한쪽 벽면 기준 n번의 입사와 반사를 하고, 그 때 마다 입사각 α_n 과 반사각 β_n 그리고 도로폭 W_n 이 각각 다른 경우, 반사파가 진행한 총 수평거리 l_n 은 식 (12)와 같다.

$$l_n = W_n \sum_{n=1}^{N_n} \left(\frac{\cos \alpha_n}{\sin \alpha_n} + \frac{\cos \beta_n}{\sin \beta_n} \right) \quad (12)$$

여기서, 도로의 한쪽 벽면 반사파만을 기준으로 하였기 때문에 n는 기수 또는 우수 중 하나만을 취해야 한다.

기지국과 이동국이 위치한 장소가 가정될 때, 도로를 따라 이동한 전파 수평거리 l_n 은 지도 또는 실측에 의해 구할 수 있고, 이 결과를 식 (12)에 대입하여 전파의 반사횟수 n 값을 구할 수 있다. 물론 α_n 과 β_n 은 전파경로상 반사면 또는 반사체의 형질에 따라 결정된다.

이상의 삼각법에 의한 전파경로 해석에서 실제 n 의 하나 값에 대하여 2번의 반사가 일어나므로 수평거리 l_n 상에서 반사가 일어나는 횟수 N 은 식 (13)과 같다.

$$N=2n \tag{13}$$

그림 3의 전파경로 가상모델로부터 PCS 마이크셀 시스템의 서비스 반경이 1 [Km] 일 때, 기지국에서 이동국까지의 반사파 진행경로에 대응한 총 수평거리는 1280 [m] 이다. 이상의 조건에서 반사파가 정반사를 하는 경우 입사각과 도로폭에 따른 전파의 구간 수평경로, 반사횟수를 식 (12)를 이용하여 구한 결과는 표 1과 같다.

표 1. 도로폭과 입사각에 따른 전파경로와 반사 횟수

Table.1. Propagation path and reflection number according to the incidence angle and road width.

서비스 반경 1[Km], 채널 당 최대출력 250[mW], 수평거리 1280[m]								
입사각 (α_n)	$W_n=10$ [m]		$W_n=20$ [m]		$W_n=30$ [m]		$W_n=40$ [m]	
	수평 거리 l_0 [m]	반사 횟수 N/2	수평 거리 l_0 [m]	반사 횟수 N/2	수평 거리 l_0 [m]	반사 횟수 N/2	수평 거리 l_0 [m]	반사 횟수 N/2
5	2286.60	5.5	457.20	2.7	6859.8	1.8	9146.4	1.3
10	113.42	11.2	226.85	5.6	340.26	3.7	453.68	2.8
15	74.64	17.1	149.28	8.5	223.92	5.7	298.56	4.2
20	54.94	23.2	109.89	11.6	164.82	7.7	219.76	5.8
25	42.89	29.8	85.78	14.9	128.67	9.9	171.56	7.4
30	34.64	36.9	69.28	18.4	128.67	12.3	138.56	9.2
35	28.56	44.8	57.12	22.4	103.92	14.9	114.24	11.2
40	23.83	53.7	47.67	26.8	85.68	17.9	95.32	13.4
45	20	64	40	32	60	21.3	80	16
50	16.78	76.2	33.56	38.1	50.34	25.4	67.12	19.
55	14	91.4	28	45.7	42	30.4	56	22.8
60	11.54	110.8	23.08	55.4	34.62	36.9	46.16	27.7
65	9.32	137.2	18.64	68.6	27.96	45.7	37.28	34.3
70	7.27	175.8	14.54	87.9	21.81	58.6	29.08	43.9
75	5.35	238.8	10.7	119.4	16.05	79.6	21.4	59.7
80	3.52	362.9	7.04	181.4	10.56	120.9	14.08	90.7
85	1.74	731.5	3.48	365.7	5.22	243.8	6.96	182.8

연구자가 제안한 알고리즘을 이용한 결과인 표 1로 부터 반사파의 입사각이 적으면 적을 수록 한 개의 반사파에 의한 전파경로의 수평거리가 커지므로 기지국으로부터의 전파가 이동국까지 도래하는 동안 반사 횟수는 적어짐을 확인할 수 있다.

2. 전파경로 계산

그림 4의 점 P_1 으로부터의 전파가 점 P_2 에 α_1 의 각으로 입사, β_1 의 각으로 반사되어 점 P_3 에 도달할 때 까지 전파경로의 직선거리 $r_0(P_1, P_2, P_3)$ 는 식 (14)와 같다.

$$r_0 = r_1 + r_2 = \frac{W_1}{\sin \alpha_1} + \frac{W_1}{\sin \beta_1} \tag{14}$$

전파가 기지국으로부터 이동국에 도달하는 동안 $N=2n$ 번의 입사와 반사를 하고, 그 때 마다 입사각 α_n 과 반사각 β_n , 그리고 도로폭 W_n 이 각각 다른 경우, 전파가 진행한 총 경로의 직선거리 r_n 은 식 (15)와 같다.

$$r_n = W_n \sum_{n=1}^{N/2} \left(\frac{1}{\sin \alpha_n} + \frac{1}{\sin \beta_n} \right) \tag{15}$$

3. 제안 알고리즘을 이용한 전파경로손실 모델

기지국으로부터 송출된 전파가 수평거리 경로 상 일 정거리에 있는 비가시영역의 이동국까지 도래하는 동안 전파의 총 경로 r_n 과 최대 반사횟수 N 은 반사파의 입사각 α_n 과 반사각 β_n 그리고 반사지점의 도로 폭 W_n 에 의해 결정된다.

본 연구에서는 비가시영역에 있는 PCS 이동국에 도래하는 반사파의 전파경로를 해석함에 있어 기하광학적 영상법과 전파송출법의 단점인 동시 연산처리 불능을 개선하고 계산속도를 향상시켜, 전파의 입사각과 반사각 그리고 반사폭(도로폭)에 따른 전파경로와 최대 반사횟수 그리고 반사계수의 변수를 동시 연산처리 할 수 있는 알고리즘을 제안함으로써 반복된 반사에 의해 전파가 진행되는 경우, 임의 지점의 전파경로손실을 쉽게 계산할 수 있도록 한다.

여기서는 단일 반사파 만의 경우 경로손실을 계산함으로 광대역 경로손실 L_{wb} 식 (10)은 식 (16)으로 대체된다.

$$L_{wb} [dB] = 10 \log \left\{ \frac{\lambda}{4\pi r} \Gamma \right\}^2 \quad (16)$$

여기서,

λ : 파장, r : 반사파의 전파경로,
 Γ : 반사계수

식 (16)의 r 과 Γ 를 각각 제안 알고리즘의 r_n 과 Γ^N 으로 대치함으로써 연속 반사파가 입사각과 반사각 그리고 도로폭을 반사지점 마다 각각 다른 변수로 취하는 경우 임의 지점에서의 전파경로손실 $L_{wb} [dB]$ 은 식 (17)과 같다.

$$L_{wb} [dB] = 10 \log \left\{ \sum_{n=1}^{N/2} \frac{\lambda}{4\pi r_n} \Gamma^N \right\}^2 \quad (17)$$

식 (17)에 식 (15)를 대입한 결과는 식 (18)과 같다.

$$L_{wb} [dB] = 20 \log \left\{ \sum_{n=1}^{N/2} \frac{\lambda \sin \alpha_n \sin \beta_n}{4\pi W_n (\sin \alpha_n + \sin \beta_n)} \Gamma^N \right\} \quad (18)$$

기지국으로부터의 송신전력을 P_t 라할 때 이동국의 수신전력 $P_r [dBm]$ 은 식 (19)와 같다.

$$P_r [dBm] = 20 \log P_t \left\{ \sum_{n=1}^{N/2} \frac{\lambda \sin \alpha_n \sin \beta_n}{4\pi W_n (\sin \alpha_n + \sin \beta_n)} \Gamma^N \right\} \quad (19)$$

IV. 제안 모델의 시뮬레이션

표 2. 시뮬레이션 조건

Table.2. Simulation condition.

전파경로 가상 모델	그림 3
주파수, 반사파 수	1.8 [GHz], 1
송신전력	250 [mW], (CH 당 최대 전력)
송수신 안테나 높이 차	0, (ht - hr)
서비스 반경	1000 [m]
전파 수평경로	1280 [m]
입사각, 반사각	5 ° ~ 85 °
도로 폭	10 [m], 20 [m], 30 [m], 40 [m]
비유전율	25

연구자가 제안한 모델을 시뮬레이션하기 위한 사양은 표 2와 같다. 제안 모델의 경로손실 식 (18)과 수신전력 식 (19)를 표 2의 조건으로 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다.

1. 도로폭과 입사각에 따른 반사계수, 반사횟수 전파경로, 경로손실, 수신전력

계산의 편의상 반사파가 입사각과 반사각이 동일하고 정반사를 하는 경우를 가정하여, 입사각에 따른 반사계수, 입사각과 도로폭에 따른 반사횟수, 전파경로, 경로손실 그리고 수신전력을 각각 구하고, 그 결과는 표 3 (a), (b), 그림 5, 그림 6, 그림 7, 그림 8, 그림 9와 같다.

표 3. (a) 입사각, 도로 폭에 따른 $\Gamma, N/2, r_n, L_{wb}, P_r$, (b) 입사각, 도로 폭에 따른 $\Gamma, N/2, r_n, L_{wb}, P_r$

Table.3. (a) $\Gamma, N/2, r_n, L_{wb}, P_r$, according to the incidence angle and, road width (b) $\Gamma, N/2, r_n, L_{wb}, P_r$, according to the incidence angle and, road width.

(a)

서비스 반경 1000[m], CH 당 최대출력 250[mW], 수평경로 1280[m]									
입사각 (α_n)	반사계수 Γ	$W_n=10$ [m]				$W_n=20$ [m]			
		반사 횟수 $N/2$	전파 경로 r_n [m]	경로 손실 L_{wb} [dB]	수신 전력 P_r [dBm]	반사 횟수 $N/2$	전파 경로 r_n [m]	경로 손실 L_{wb} [dB]	수신 전력 P_r [dBm]
5	-0.965	5.5	1284	-103	-79	2.7	1284	-101	-77.27
10	-0.9316	11.2	1299	-113	-89	5.6	1299	-106	-82.6
15	-0.8998	17.1	1325	-131	-107	8.5	1325	-115	-91.6
20	-0.8698	23.2	1362	-155	-131.	11.6	1362	-128	-104
25	-0.8417	29.8	1412	-188	-164	14.9	1412	-143	-119
30	-0.8156	36.9	1478	-230	-206	18.41	1478	-164	-140
35	-0.7917	44.8	1562	-282	-258	22.4	1562	-190	-166
40	-0.7698	53.7	1670	-345	-321	26.8	1670	-222	-198
45	-0.75	64	1810	-420	-396	32	1810	-260	-263
50	-0.7324	76.2	1991	-512	-488.	38.1	1991	-309	-285.
55	-0.7169	91.4	2231	-630	-606	45.7	2231	-367	-343.
60	-0.7035	110.8	2560	-780	-756	55.4	2560	-441	-417.
65	-0.6922	137.2	3028	-982	-958	68.6	3028	-544	-521
70	-0.683	175.8	3742	-1271	-1247	87.9	3742	-688	-664
75	-0.6758	238.8	4945	-1734	-1710	119.4	4945	-921	-897
80	-0.6707	362.9	7371	-2629	-2605	181.4	7371	-1370	-1346
85	-0.6677	731.5	14686	-5253		365.7	14686	-2685	-2661

(b)

서비스 반경 1000[m], CH 당 최대출력 250[mW], 수평경로 1280[m]									
입사각 (α_n)	반사 계수 Γ	$W_n=30$ [m]				$W_n=40$ [m]			
		반사 횟수 $N/2$	전파 경로 r_n [m]	경로 손실 L_{wb} [dB]	수신 전력 P_r [dBm]	반사 횟수 $N/2$	전파 경로 r_n [m]	경로 손실 L_{wb} [dB]	수신 전력 P_r [dBm]
5	-0.965	1.8	1284	-100	-76	1.3	1284	-100	-76
10	-0.9316	3.7	1299	-104	-80	2.8	1299	-102	-78
15	-0.8998	5.7	1325	-110	-86	4.2	1325	-107	-83
20	-0.8698	7.7	1362	-118	-94	5.8	1362	-113	-89
25	-0.8417	9.9	1412	-128	-105	7.4	1412	-121	-97
30	-0.8156	12.3	1478	-143	-119	9.2	1478	-132	-108
35	-0.7917	14.9	1562	-160	-136	11.2	1562	-146	-122
40	-0.7698	17.9	1670	-181	-157	13.4	1670	-160	-137
45	-0.75	21.3	1810	-207	-183	16	1810	-180	-156
50	-0.7324	25.4	1991	-238	-214	19	1991	-206	-182
55	-0.7169	30.4	2231	-277	-254	22.8	2231	-234	-210
60	-0.7035	36.9	2560	-328	-304	27.7	2560	-328	-304
65	-0.6922	45.7	3028	-397	-374	34.3	3028	-324	-300
70	-0.683	58.6	3742	-496	-472	43.9	3742	-397	-373
75	-0.6758	79.6	4945	-652	-628	59.7	4945	-516	-492
80	-0.6707	120.9	7371	-950	-926	90.7	7371	-742	-718
85	-0.6677	243.8	14686	-1829	-1805	182.8	14686	-1401	-1377

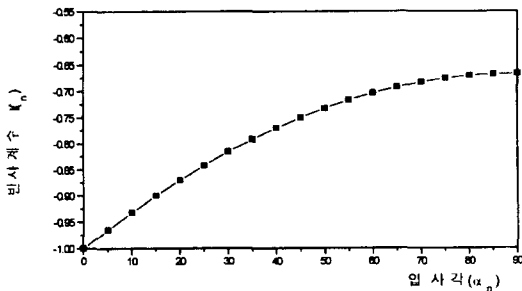


그림 5. 입사각, 반사각에 따른 반사계수
Fig. 5. Reflection coefficient according to the incidence angle, reflection angle.

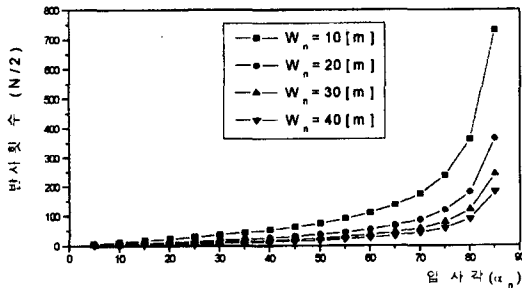


그림 6. 입사각, 반사각, 도로 폭에 따른 반사횟수
Fig. 6. Reflection number according to the incidence angle, reflection angle, road width.

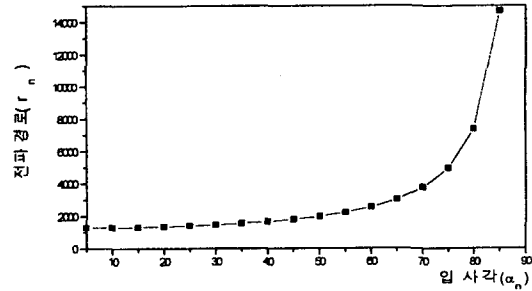


그림 7. 입사각, 반사각에 따른 전파경로
Fig. 7. Propagation path according to the incidence angle, reflection angle.

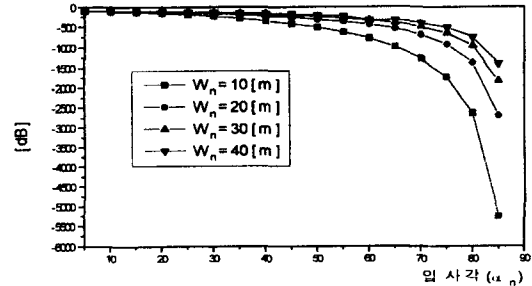


그림 8. 입사각, 도로 폭에 따른 이동국에서의 경로 손실
Fig. 8. Path loss in mobile station according to the incidence angle, road width.

연구자가 제안한 알고리즘을 이용한 결과인 표 1, 표 2로부터 전파경로는 도로폭과 무관하게 반사파의 입사각에 의해서 결정되고, 입사각이 크면 클 수록 전파경로가 길어지기 때문에 기지국으로부터의 전파가 이동국까지 도래하는 동안 경로손실이 증가함에 따라 수신전력이 적어짐을 확인할 수 있다.

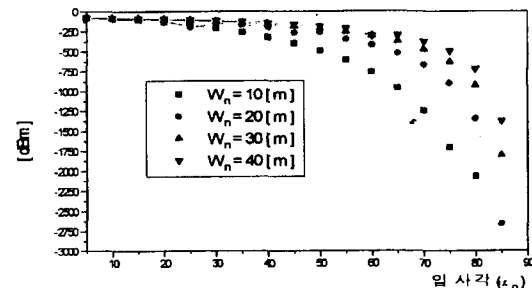
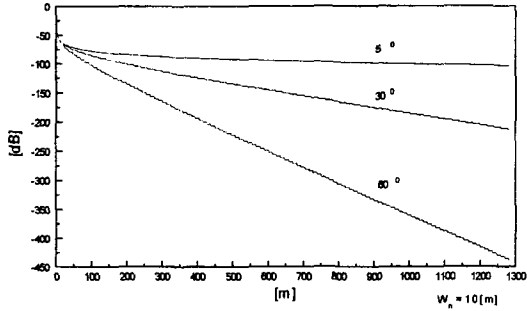


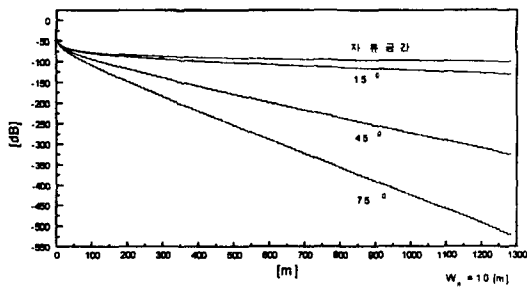
그림 9. 입사각, 도로 폭에 따른 수신전력
Fig. 9. Received power according to the incidence angle, road width.

2. 입사각과 도로폭에 따른 전파경로손실

입사각과 도로폭에 따른 전파경로손실은 그림 10 (a), (b), 그림 11 (a), (b), 그림 12 (a), (b), 그림 13 (a), (b)와 같다.



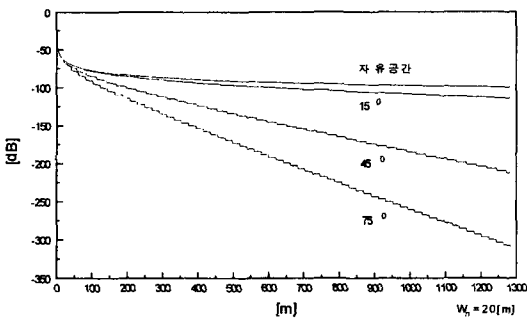
(a)



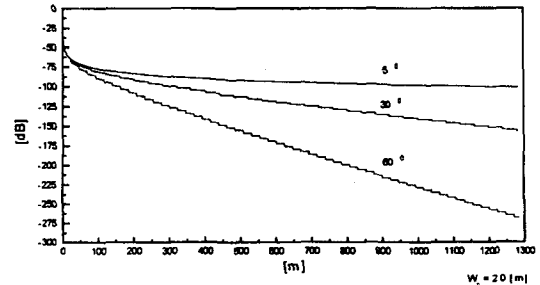
(b)

그림 10. 도로 폭에 따른 전파경로손실 [$W_n=10$]
 (a) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 (b) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 Fig. 10. Propagation path loss according to road width [$W_n=10$].

(a) Propagation path loss according to the incidence angle, road width (b) Propagation path loss according to the incidence angle, road width



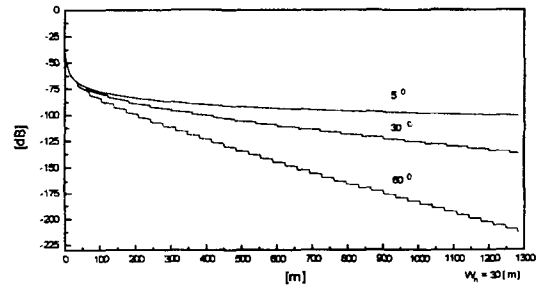
(a)



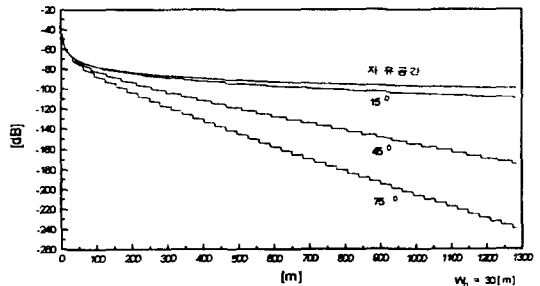
(b)

그림 11. 도로 폭에 따른 전파경로 손실 [$W_n=20$]
 (a) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 (b) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 Fig. 11. Propagation path loss according to road width [$W_n=20$].

(a) Propagation path loss according to the incidence angle, road width (b) Propagation path loss according to the incidence angle, road width



(a)



(b)

그림 12. 도로 폭에 따른 전파경로 손실 [$W_n=30$]
 (a) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 (b) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 Fig. 12. Propagation path loss according to road width [$W_n=30$].

(a) Propagation path loss according to the incidence angle, road width (b) Propagation path loss according to the incidence angle, road width

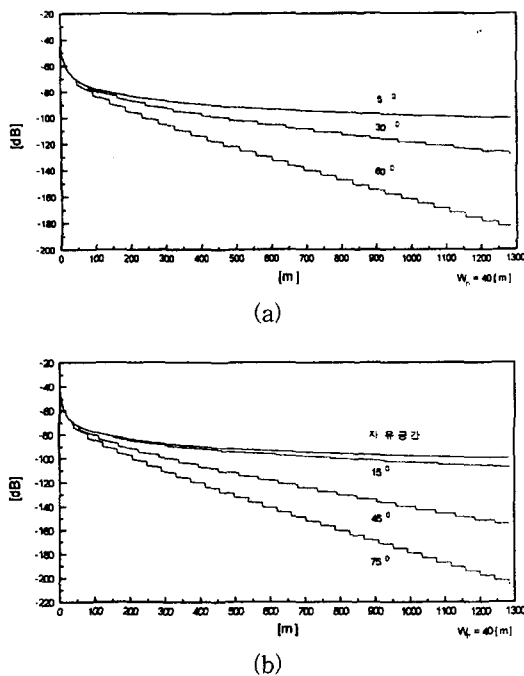


그림 13. 도로 폭에 따른 전파경로 손실 [$W_n = 40$]
 (a) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 (b) 입사각, 도로 폭에 따른 전파경로 손실
 Fig. 13. Propagation path loss according to road width [$W_n = 40$].
 (a) Propagation path loss according to the incidence angle, road width (b) Propagation path loss according to the incidence angle, road width

V. 결론

도심전파 환경에서 이동통신의 경우 이동국은 70% 이상 전파음영지역에 위치하게된다. 따라서 기지국의 서비스 반경과 임의 지점에 위치한 이동국의 경로손실을 해석하기 위해서는 기본적으로 직접파보다는 반사파에 의한 영향을 충분히 검토해야한다.

따라서 본 연구에서는 기존의 다중영상 경로추적법과 전파송출법의 단점인 전파경로 추적을 위한 시간을 단축시키고, 더 나아가 전파의 입사각, 반사각, 반사계수 그리고 도로폭의 변화에 따른 경로 해석을 보다 편리하게 동시 연산처리 할 수 있는 전파예측 모델 식 (17), 식 (18), 식 (19), 식 (20)을 제안하고, 광주광역시 광산구 월곡동에 있는 SK텔레콤 전남지사 주변의 실제 도로 상황을 샘플로 취하여 제안 모델을 시뮬레이션한 결과는 다음과 같다.

(1) 입사각과 반사각 그리고 도로폭에 따른 전파경

로와 반사횟수 그리고 반사계수 등의 변화에 따른 전파환경 예측을 동시 처리할 수 있음은 물론 처리 시간을 충분히 단축시켰다.

(2) 수평경로를 1280 [m]로 하고, 입사각과 도로 폭에 따른 반사계수, 반사횟수, 전파경로, 경로손실, 수신전력 구하였고, 그 결과 반사계수는 입사각에 반비례하였다. 즉, 입사각이 적을 수록 크고 입사각이 클 수록 작았고, 전파경로는 반사파의 입사각이 동일한 경우 도로폭이 변화하더라도 일정하였다.

(3) 전파경로를 1000 [m]로 하고, 입사각과 도로 폭에 따른 전파경로손실을 구한 결과는 다음과 같다.

① 도로폭이 10 [m], 20 [m], 30 [m]일 때 입사각이 5°~15°인 경우에는 100 [dBm] (-124 [dB]) 이상을 유지하였고, 30°~75° 경우에는 -160 [dBm] (-184 [dB]) 이하였다.

② 도로폭이 40 [m]일 때 입사각이 5°~30°인 경우에는 -100 [dBm] (-124 [dB]) 이상을 유지하였고, 45°~75°인 경우에는 -116 [dBm] (-140 [dB]) 이하였다.

결과적으로 전파경로 1000 [m]에 위치한 이동국이 -100 [dBm]의 수신전계 강도로 서비스를 받을 수 있는 도로 폭에 따른 입사각과 반사각은 도로 폭 10 [m]에서 13° 이하, 도로 폭 20 [m]에서 20° 이하, 도로 폭 30 [m]에서 23° 이하, 도로 폭 40 [m]에서 29° 이하로서 동일한 입사각과 반사각에 대해 도로 폭이 넓을 수록 수평경로가 길어지기 때문에 서비스 반경이 확장되었다.

이상의 결과를 토대로 GHz대역을 사용하는 이동통신으로서 이미 상용화되어 서비스 영역을 확장하고 있는 PCS 방식이나 2000년대에 서비스를 목표로하는 제 3세대 이동통신 방식인 2GHz 대역을 사용하는 IMT-2000의 시설투자비 절감을 위해서 GHz대역 셀 설계를 위한 전파환경을 정확히 분석하여 시스템 설계에 활용 함으로써 소요 기지국 수를 최소화 할 수 있을 것이다. 그 결과 최저 출력으로 통화품질을 향상시키는 물론 설비 투자비를 경감함으로써 수입 물량에 따른 외화 유출을 줄이고 운영비와 유지보수비를 최소화 할 수 있을 것으로 믿는다.

참 고 문 헌

[1] Shahram Hassanzadeh, Homayoun

- Hashemi, "A Propagation Model for Microcellular Mobile and Personal Radio Communications", IEEE, pp. 392-396, 1995.
- [2] DONALD C. COX, "Wireless Network Access for Personal Communications", IEEE Communication Magazine, pp. 96-115, December 1992.
- [3] 김세운, 김상욱, "임의의 교차각을 갖는 도심 도로에서 PCS를 위한 GTD 전파모델", TELECOMMUNICATION REVIEW, 제6권, 제3호, pp. 208-220, 1996. 5
- [4] 김채영, "도심지 전파환경에 관한 고찰", TELECOMMUNICATION REVIEW, 제6권, 제3호, pp. 63-85, 1996. 5
- [5] 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.
- [6] 장광록, 김효태, "전파송출법의 계산효율 개선에 관한 연구", TELECOMMUNICATION REVIEW, 제6권, 제3호, pp. 698-714, 1996
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] K. R. Schaubach, N. J. Davis, IV, and T. S. Rappaport, "A ray tracing method for predicting path loss and delay spread in microcellular environments", in 42nd IEEE Veh Technol. Conf., Denver, CO, May. 10-13, 1992, vol. 2, pp. 932-935.
- [10] L.E. Vogler, "An attenuation function for multiple knife-edge diffraction", Radio Sci., vol. 17, pp. 1541-1546, 1982.
- [11] R.J. Luebbers, "Finite conductivity uniform GTD versus knife edge diffraction in prediction of propagation path loss," IEEE Trans. Antennas Propagat., vol. AP-32, no. 1, pp. 70-76, Jan. 1984.
- [12] Grey Lampard, Tuong Vu-Dinh, "The Effect of Terrain on Radio in Urban Microcells", in Proc. IEEE, pp. 314-317, 1993.

 저 자 소 개

金松旼(正會員)

1987년 ~ 1992년 조선대학교공과대학 전자공학
 학과(공학사). 1992년 ~ 1994년 조선대학교대
 학원 전자공학과(공학석사). 1995년 ~ 1998년
 조선대학교대학원 전자공학과(공학박사). 1998
 년 9월 현재 국립 益山대학 전자과 교수