

論文98-35T-6-16

평원지역의 전파환경에 따른 예측모델

(A Prediction Model for Propagation Environments in A plain)

金 松 昉 * , 金 仁 煥 **

(Kim Song-Min and Kim Ihn-Hwan)

요 약

안테나 방사패턴의 전파환경을 예측하는 것은 최적 기지국 위치 선정과 셀의 설계 등 서비스 지역을 결정하는데 매우 중요하다. 안테나 종류, 빔의 각도, 지형과 장애물에 따라 변하는 전파 예측 모델을 분석하므로써 통신망의 경제적 활동, 호의 품질, 전화가입자에 대한 서비스 향상을 기대할 수 있다. 최적 전파 예측 모델을 제안하기 위하여 나주시 세지 기지국 주변의 평원지역의 전계강도를 측정하였다. 현장측정에 대한 시뮬레이션은 Hata 모델, Egri 모델, Carey 모델과 제안 모델을 이용하였다. 그 결과 제안 모델이 다른 모델 보다 우수함을 확인하였다.

Abstract

To predict propagation environments of antenna radiation pattern, it is very important for decision of service area, selection of the best station location and design of cell etc. By analyzing the propagation prediction model that is varied according to the kind of antenna, beam angle, terrain and obstacles, we expect that the economic operating of communication networks, calling quality and service of subscriber will be enhanced. It was measured the fields strength to propose the optimal propagation predicted model of the zone of Seji base station in Naju-city. The simulations of field test are 4 types Hata model, the Egri model, the Carey model and the proposed model. Finally the proposed model are more close agreement with experimental test than other models.

I. 서 론

열린공간을 전송매체로 하는 무선통신은 전송로의 비용을 절감할 수 있는 장점이 있는 반면, 불균일한 매질과 지형지물의 변화가 원인이 되어 신호의 안정된 전송이 어려운 단점이 있다. 따라서 생활공간의 전파

환경을 정확히 예측하여 이동전화와 무선호출 그리고 PCS(Personal Communication Service) 등의 무선통신 시스템에 활용하는 것은 최적의 기지국 위치선정과 셀 설계 등에 있어 매우 유용하다.

결국, 지형지물의 형태와 안테나의 지향특성에 따라 달라지는 전파모델을 보다 정확히 예측하여 활용하는 것은 무선통신 시스템의 효율적 운용과 통화품질 개선은 물론 이용자에 대한 서비스 또한 향상시킬 수 있을 것이다.

특히, 무선통신은 지형의 다양한 형태와 복잡한 환경에 의해 많은 간섭을 받게 되어, 특정 장소의 이론적 수신전계강도와 실측 수신전계강도 사이에는 상당한 차이가 있기 때문에, 이 오차를 최소로 하기 위해

* 正會員, 朝鮮大學校 電子工學科

(Dept. of Electronics Engineering Graduate School Chosun Univ.)

** 正會員, 松源專門大學 電子科

(Dept. of Electronics Song Won College)

接受日字1998年4月20日, 수정완료일:1998年6月12日

서는 현장 측정결과를 근간으로 한 실험적 전파 예측 모델을 만들어 무선통신 시스템에 활용해야 할 필요가 있다. 실제 다중경로의 전파특성을 예측하기 위해 여러 학자들이 근대 생활공간 전파환경에서 실험적 전파 예측모델^{1~8)}을 제안하였지만, 현대 생활공간(평원지역)의 다양한 전파환경 등을 충분히 고려한 전파 예측모델은 아직 발표된 바 없다. 지금까지 널리 활용되어온 평원지역 전파환경을 위한 대표적 전파 예측모델로서 Hata모델,⁹⁾ Egri모델^{10~11)}, Carey모델¹²⁾ 등^{13~15)}이 있으나, 이들 모델을 현대 생활공간 전파환경에 활용하기에는 그 오차가 많아 부적합하다.

본 연구에서는 현대 생활공간 중, 평원지역 전파환경에 알맞는 전파 예측모델을 제안하기 위한 실험 대상지역으로 나주시 세지 기지국을 중심으로 한 그 일대를 선정하고, 기지국 출력을 91.2W로 할 때, 실측 결과와 비교 예측모델인 Hata모델, Egri모델 그리고 Carey모델을 이 지역에 적용한 컴퓨터 시뮬레이션 (PPGIS: Propagation Prediction Geographic Information System) 결과를 비교하므로써 각 비교 예측모델의 부적정성을 먼저 확인하였다.

따라서 논자는 이상의 비교 예측모델이 갖는 오차를 최소화하여 현대 생활공간(평원지역) 전파환경에 최적한 전파 예측모델을 제안하기 위해 지금까지의 예측모델에서 고려되지 않았던 기지국과 이동국 안테나 유효높이의 상대차를 보정계수로 추가한 전파 예측모델을 제안하고, 제안모델의 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 현장 측정결과를 비교하므로써 그 적정성을 확인하였다.

II. 비교 전파 예측모델

실험 대상지역으로 나주시 세지기지국을 중심으로 한 그 일대의 평원지역을 선정하고, 현장실험에 의해 측정한 실측결과와 비교하기 위한 대표적 전파 예측모델은 Hata모델, Egri모델 그리고 Carey모델이다.

A. Hata모델

UHF/VHF 대역에서 Okumura는 일본 도쿄지역의 일정 거리를 샘플링하여 측정한 실험데이터를 근거로 예측한 값을 그래프로 만들었으나, Hata모델은 Okumura모델¹⁶⁾의 이용에 따른 불편을 해소하기 위해 실측 실험데이터를 근사화한 전파 예측모델로서, 시가지(중소도시와 대도시), 교외지, 개방지로 구분하여 각각의 경우 경로손실모델을 제시하였고, 대도시는 전물

의 평균 높이가 15m 이상인 경우로 정의하였다⁹⁾.

현장 측정한 실측결과에 대한 제안모델의 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 비교하기 위해 사용한 Hata모델은 교외지 경로손실의 경우로써 식 (1)과 같고, 식 (2)는 시가지 경로손실의 경우이다.

1. 교외지 경로손실

$$L_{ps} [\text{dB}] = L_{pu} - 2 \log\left(\frac{f}{28}\right)^2 - 5.4 \quad (1)$$

$$\begin{aligned} L_{pu} [\text{dB}] &= 69.55 + 26.16 \log f \\ &\quad - 13.82 \log h_t - k(h_m) \\ &\quad + (44.9 - 6.55 \log h_t) \log D \end{aligned} \quad (2)$$

L_{ps} : 교외지 경로손실

L_{pu} : 시가지 경로손실

h_t : 기지국 안테나 유효높이 [m]

$h_b = h_{bs}$ (기지국 안테나 해발고)

- h_e (평균 지상고) [m]

h_m : 이동국 안테나 유효높이 [m]

$h_m = h_{ms}$ (이동국 안테나 해발고)

- h_e (평균 지상고) [m]

$k(h_m)$: $(1.1 \log f - 0.7) h_m$

- $(1.56 \log f - 0.8)$

D : 구간거리 [Km]

f : 사용주파수 [MHz]

2. 안테나 유효높이

실험 대상지역인 나주시 세지 기지국을 중심으로 한 그 일대의 지형조건을 충분히 고려하여 Hata모델의 송신안테나 해발고와 평균지상고를 구하고, 이로부터 기지국과 이동국 안테나의 유효높이를 산출하였다. Hata모델에서는 기지국 안테나 높이는 200m 이내, 이동국 안테나 높이는 1.5m로 하였다.

3. 모델의 문제점

- 1) 대도시 경로손실 계산에서 안테나 보정 인수의 산출방법이 없다.
- 2) 기지국 안테나 유효높이가 200m 까지로 제한되어 있기 때문에 이 범위를 벗어날 경우 실제와 차이가 발생할 것을 암시하고 있다.
- 3) 송신안테나의 높이가 페이저와 같이 낮을 경우 시가지 형태별 경로 손실 차이는 대도시와 중소도시의

경우 큰 변화가 없다.

B. Egri모델

실험 대상지역에서 현장측정한 실측결과에 대한 제안모델의 시뮬레이션 결과 데이터와 비교하기 위해 사용한 Egri모델은 극히 초보적이고 단순한 모델로서, 고충전물이 없는 일상 평면공간의 경로손실에 준시가지 형태의 지형계수와 송수신 안테나의 유효높이 그리고 사용주파수를 변수로 취한 경로손실모델이다^{10~11)}.

1. 일상 평면공간의 경로손실

$$L_{ps} [\text{dB}] = 20\log f + 40\log D - 20\log h_b + k \quad (3)$$

L_{ps} : 일상 평면공간의 경로손실

h_b : 기지국 안테나 유효높이 [m]

h_m : 이동국 안테나 유효높이 [m]

D : 구간거리 [Km]

f : 사용주파수 [MHz]

$k = 76.3 - 10\log h_m, (h_m < 10\text{m})$

$= 85.9 - 20\log h_m, (h_m > 10\text{m})$

2. 안테나 유효높이

일상 평면공간의 개념에서 경로손실을 계산하기 때문에 기지국과 이동국의 안테나 유효높이는 송수신 안테나 지상고의 산술평균치로 하였고 여타 구체적인 제한은 설정하지 않았다.

3. 모델의 문제점

1) 송수신 안테나 높이와 주파수가 동일하면 지형물의 형태에 관계 없이 전파 예측모델은 거의 동일하고 원형으로 나타난다.

2) 방향별 지형계수를 각각 다르게 설정해야하는 불편이 있다.

C. Carey모델

실험 대상지역에서 현장측정한 실측결과에 대한 제안모델의 시뮬레이션 결과 데이터와 비교하기 위해 사용한 Carey모델은 CCIR Recommendation을 기본으로 작성한 FCC Part 22에서도 규정한 바 있으며, 교외지의 구간거리를 근거리와 원거리로 구분하여 경로손실모델을 제시하였다¹²⁾.

1. 교외지 경로손실

$$L_{ps} [\text{dB}] = 110.7 - 19.1\log h_b + 55\log D \quad (4)$$

단, $8\text{Km} \leq D < 48\text{ Km}$

$$L_{ps} [\text{dB}] = 91.8 - 18\log h_b + 66\log D \quad (5)$$

단, $48\text{Km} \leq D < 96\text{Km}$

L_{ps} : 근거리 경로손실

L_{pd} : 원거리 경로손실

h_b : 기지국 안테나 유효높이 [m]

D : 구간거리 [Km]

2. 안테나 유효높이

기지국 안테나의 유효높이는 실험대상 전지역 해발고의 산술평균값인 평균해발고에 안테나 실제높이(30~150m)를 더한 값이고, 이동국 안테나의 유효높이는 해발고에 관계없이 1.8m로 하였다.

3. 모델의 문제점

1) 사용주파수를 경로손실 인수로 활용하지 않으므로 오차가 커진다.

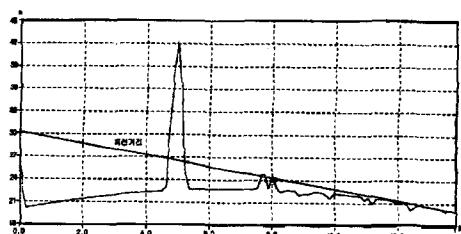
2) 모델의 전파 예측구간을 $8\sim 48\text{Km}$, $48\sim 96\text{Km}$ 로 하고 이 구간지형 높이를 산술 평균하여 모델에 적용하므로써 오차가 커진다.

3) 근거리마다 전파장벽인 고층빌딩이 많은 현대 생활공간의 특수성을 고려할 때 이 모델은 적합치 않음이 예상된다.

III. 전파환경과 각 비교모델의 시뮬레이션

A. 측정 대상지역의 전파환경

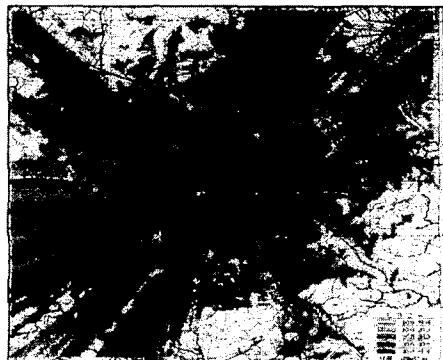
세지기지국으로부터 나주방면까지의 평원지역 지형단면도 및 제원은 그림 1과 같고, 약 5km지점에 위치한 높이 42m의 전파장벽을 제외하면 대체로 평지(최저 20m~최고 25m)로 형성되어 있고, 기지국이 위치한 지역의 해발고와 비교할 때 각 수신지역의 평균해발고가 약 7m정도 낮은 지대로 이루어졌다. 실제 기지국 안테나 유효높이(해발고 30.2m + 철탑고 35.0m)가 65.2m인 점을 감안한 전파경로로 볼 때, 반경 13.8Km내의 수신점 해발고는 기지국 안테나 유효높이보다 13m~35m정도 낮은 지형분포를 갖는다.



- 송신지점 :	- 최저고도 :
세지기지국	19.98 m
경도 : 126° 42' 53"	경도 : 126° 44' 55"
위도 : 34° 56' 8"	위도 : 35° 3' 14"
- 수신지점 :	- 최고고도 :
나주방면	42.33 m
경도 : 126° 44' 59"	경도 : 126° 43' 37"
위도 :	위도 : 34° 58' 45"
34° 3' 24"	

그림 1. 지형단면도와 제원

Fig. 1. Profile map and specifications.



B. 비교 예측모델의 시뮬레이션

표 1의 제원을 활용하여 비교모델인 Hata모델, Egri모델 그리고 Carey모델을 각각 PPGIS(Propagation Prediction Geographic Information System)로 시뮬레이션한 예측결과는 별첨과 같고 각 비교모델의 등전계도는 그림 2, 그림 3, 그림 4와 같다.

표 1. 실험 제원

Table 1. Experimental specifications.

기지국명	세지기지국	기타손실	0.0dB
기지국위치	126° 42' 53", 34° 56' 8"	수평패턴	없음
평균 지상고	22.7 m	수직패턴	없음
기지국 안테나 유효높이	65.2 m	기울기	0
이동국 안테나높이	2.8 m	회전각	0
기지국 헤발고	30.2 m	회절모델	Multi-Knife-Edge
기지국 철탑고	35.0 m	지형형태	교외지역
사용주파수	900.0 MHz	기후특성	100%
송신출력	91.2 W	해석간격	4"
급전선손실	1.0dB	분석반경	13.3~13.8Km



그림 2. Hata모델을 이용한 등전계도

Fig. 2. Equifield intensity curve by the Hata model.

그림 3. Egri모델을 이용한 등전계도

Fig. 3. Equifield intensity curve by the Egri model.



그림 4. Carey모델을 이용한 등전계도

Fig. 4. Equifield intensity curve by the Carey model.

IV. 측정 및 비교 분석

측정에 활용한 제원은 비교 예측모델에서 활용한 제원(표 1)과 같고, 실측에 사용한 실험장비는 표 2이다.

측정구간이 길고 수신 전제강도의 변화가 다양하기 때문에 특수 지형형태와 시가지 구조를 고려하여 세지기지국으로부터 나주간 국도를 따라 자동차로 이동하면서 45m ~ 50m 마다 측정하였다. 이 때 사용주파수는 Bband 340CH의 900MHz이고 자동차에 부착된 수신 안테나의 높이는 1.8m이다.

표 2. 실험 장비

Table 2. Experimental equipments.

장비명	규격	제조원
FM/AM-1600S (communications service monitor)	주파수 : 0.2500 ~ 999.999MHz 채널 : 1 ~ 1023 주파수 리스트 : 0 ~ 99 초기값 : 10.0MHz	SYSTEMS, Inc (U.S.A.)
SMRTSA™MTM (cellular mobile telephone system access monitor)	Frequency range : 869.04 ~ 899.97MHz Channel spacing : 30 kHz SAT Sensitivity : -106dBm RSSI Range : -30 dBm ~ -120dBm	SAFCO Corporation (U.S.A.)

B. 비교 분석

표 1의 제원을 활용한 현장 실측 데이터와 비교모델인 Hata모델, Egri모델 그리고 Carey모델의 컴퓨터 시뮬레이션 예측 데이터를 구체적으로 비교한다. 그림 6은 세지 ~ 나주간 실측 결과와 비교모델의 예측결과이다. 좌표상에서 전계강도의 변동폭이 $20 \text{dB } \mu \text{V/m}$ 정도로 끊임없이 크게 변동하는 이유는 수신 안테나의 높이가 측정지역 주변 구조물보다 낮고 이동국의 연속적인 움직임 때문에 무수한 전파로가 형성되기 때문이다. 다시 말해 여러 경로를 통해 수신된 짚고 빠른 페이딩에 의해 전계강도는 큰 변동을 일으킨다.^{17~18)}

구간별 실측값과 각 비교모델의 예측값을 비교할 때, 구간거리 1.5Km 미만에서 Hata모델은 평균 $+15 \text{dB } \mu \text{V/m}$, Carey모델은 $+30 \text{dB } \mu \text{V/m}$, Egri모델은 $-15 \text{dB } \mu \text{V/m}$ 정도로서 큰 오차를 보였으며, 한편 1.5Km ~ 12.5Km에서는 Hata모델은 $+10 \text{dB } \mu \text{V/m}$, Carey모델은 $+5 \text{dB } \mu \text{V/m}$ 정도 커 비교적 실측값에 근사하였고, Egri모델은 $-30 \text{dB } \mu \text{V/m}$ 정도로 큰 오차를 보였다. 그리고 구간거리 12.5Km 이상에서는 Hata모델과 Carey모델은 $+15 \text{dB } \mu \text{V/m}$, Egri모델은 $-20 \text{dB } \mu \text{V/m}$ 로 역시 큰 오차를 보였다.

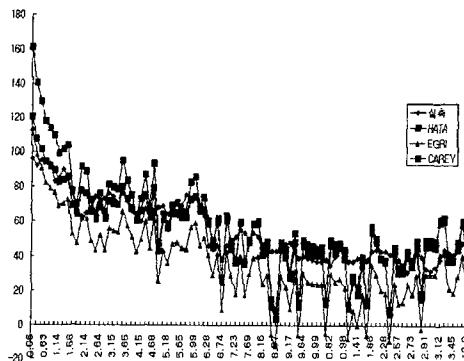


그림 6. 측정결과 및 각 비교모델을 이용한 예측결과
Fig. 6. Results of field test and prediction by each comparison model.

이상의 결과 근거리와 원거리를 제외한 나머지 구간에서만 Carey모델과 Hata모델에 의한 예측결과는 비교적 실측결과에 근접하였으나 Egri모델에 의한 예측결과는 전구간에 걸쳐 큰 오차를 보였다.

지형단면도(그림 1)를 고려할 때, Hata모델과 Carey모델에 의한 예측결과는 예상할 수 있는 결과인 반면, Egri모델에 의한 예측결과는 전혀 예측할 수 없

는 결과를 보였다.

V. 실험적 전파 예측모델 제안 및 시뮬레이션

A. 실험적 전파 예측모델 제안

표 1의 제원(사용주파수 B band 340CH의 900MHz)으로 평원지 전파환경(나주시 세지기지국을 중심으로 한 그 일대)에서 현장실험을 통해 측정한 실측값을 근거하여 제안한 실험적 전파 예측모델의 개략적 함수관계는식 (6)과 같다.

제안한 전파 예측모델에서는 지금까지 발표된 여러 전파 예측모델에서 사용하지 않은 기지국 안테나와 이동국 안테나의 유효높이 상대차를 보정 인수로 활용하므로써 오차를 최소화 하였다.

$$L_{pp} [\text{dB}] = k_0 + k_1 \log f + k_2 \log D - k_3(h_t - h_m) - k_4 \log |h_b| - k_5 \log h_m \quad (6)$$

L_{pp} : 제안모델 전파 경로 손실

f : 사용주파수 [MHz]

D : 구간거리 [Km]

h_b : 기지국 안테나 유효높이 [m]

h_m : 이동국 안테나 유효높이 [m]

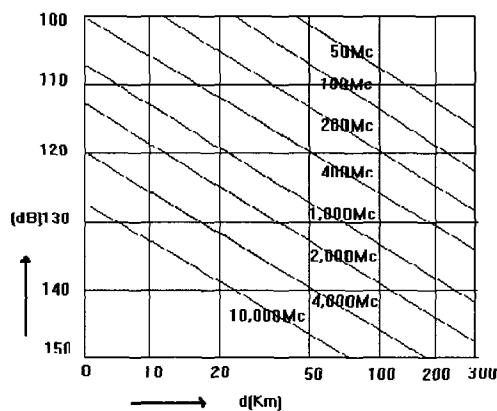


그림 7. 거리와 주파수에 따른 자유공간손실
Fig. 7. FSL along with distance and frequency.

* k_1 값 결정 [$k_1 \log f$]

그림 7에서 자유공간손실은 동일 거리에서 주파수에 비례한다. 제안모델의 활용범위를 Pager, 이동통신 그

리고 PCS까지 확대하기 위해 사용주파수 범위를 300 ~ 1,000 [MHz]로 가정하고, 그림 1과 그림 2로부터 개략적 통신거리를 14Km로 할 때 주파수에 따른 공간손실은 각각 105dB와 116dB이다. 따라서 k1 값은 $k1\log 300 = 105$ dB부터 $k1\log 1,000 = 116$ dB의 범위를 만족해야 한다. 이로부터 k1값의 범위는 38.7 ~ 42.4이다. 이 범위 내에서 제안모델을 만족할 수 있는 k1값을 반복 실험에 의해 구한 결과, 40.5이었다.

* k2값 결정 [$k2\log D$]

실험에 의한 실측결과로 부터 세지기지국을 중심으로 한 각 방면별 최소거리 0.1Km와 최대거리 13.8Km지점에서의 최대 경로손실과 최소 경로손실의 차를 구하면 약 39 dB(50-11)이다. 이에 근거하여 k2 값은 제안모델식의 $k2\log D$ 에 거리 0.1Km와 13.8 Km를 대입한 결과의 범위를 만족해야 한다. k2값의 범위는 -34에서 39를 구하고, 제안 모델을 만족할 수 있는 k2값을 반복실험에 의해 구한 결과 33.3이다.

* k3값 결정 [$k3|h_b - h_m|$]

각 방면별 현장 실험에 의한 실측결과로부터 기지국과 이동국의 안테나 유효높이의 상대차 $|h_b - h_m|$ 를 방면별로 구하고, 나주 방면은 약 20~45m이다. 향후 미래의 통신망이 마이크로셀화 될 것을 고려하여 비교적 평지로 구성되어 있는 나주 방면을 기준으로 하였고, 제안모델의 $k3|h_b - h_m|$ 이 20 ~ 45을 만족하는 값을 써 k3값을 0.25로 결정하였다.

* k4값 결정 [$k4 \log|h_b - h_m|$]

k3값 결정에서와 마찬가지로 중계시스템의 마이크로셀화 경향을 감안하여 비교적 평지로 구성되어 있고, 기지국 유효 안테나와 이동국 유효 안테나의 상대높이의 평균 차 $|h_b - h_m|$ 가 20 ~ 45 m인 나주 방면을 기준하여, $k4 \log|h_b - h_m|$ 이 약 20을 만족하는 k4값으로써 6으로 결정하였다.

* k5값 결정 [$k5\log hm$]

이동국 안테나의 최저 해발고가 약 20m, 최고 해발고가 44.3m인 점을 감안하여 $k5\log hm$ 이 약 20을 만족하는 k5값으로써 12 ~ 16의 범위내에서 13.8로 결정하였다.

* k0값 결정

k0값은 식 6에 이상과 같이 결정된 k1 ~ k5값을 대입하여 얻어진 결과가 방면별 측정결과에 가장 근사할 수 있도록 한 자유공간 전파 보정상수로서 $D \leq$

6Km에서는 18, $D > 6Km$ 에서는 25로 결정하였다. k0로부터 k1, k2, k3, k4, k5, k0의 결과를 식 6에 대입하여 제안한 실험적 전파 예측모델은 식 7과 같다.

$$L_{pp} [\text{dB}] = 25(18) + 40.5\log f + 33.3\log D - 0.25$$

$$|h_b - h_m| - 6\log |h_b - h_m| - 13.8 \log h_m \quad (7)$$

단, $D < 14Km$ 이다.

L_{pp} : 평원지 전파환경의 경로손실

f : 사용주파수 [MHz]

D : 구간거리 [Km]

h_b : 기지국 안테나 유효높이 [m]

h_m : 이동국 안테나 유효높이 [m]

B. 제안한 전파 예측모델의 시뮬레이션 및 결과

표 1의 실험체원으로 제안모델과 각 비교모델인 Hata, Egri, Carey 모델을 시뮬레이션(PPGIS)한 결과와 실측값을 표 4에 나타내었다. 표4의 결과, 제안모델에 의한 시뮬레이션의 결과를 실측값과 비교할 때 거리에 따른 상대적인 오차가 약 ± 5 dB 범위를 초과하지 않았고 전 지역 평균 오차는 $D \leq 6Km$ 에서 + 0.1 dB, $D > 6Km$ 에서 - 1.1 dB로써 실측값과 거의 동일함을 보였다. 한편 실측값에 대한 각 비교모델의 평균 오차를 $D \leq 6Km$ 의 경우와 $D > 6Km$ 의 경우로 각각 나누어 비교할 때 Hata모델은 -2.4dB, +2.4dB, Egri모델은 +12.5dB, +22.1dB, Carey 모델은 -15.6dB, +4.4dB였다. 이상의 결과 비교모델중 Hata모델이 비교적 실측값에 근사하였으나 거리에 따른 상대적인 오차가 10dB 이상으로써 사실상 오차는 제안모델의 오차보다 훨씬 큰 것으로 확인되었다.

제안모델에 의한 시뮬레이션의 결과를 실측값과 비교할 때 거리에 따른 각 측정점의 상대적인 오차가 약 ± 5 dB 범위를 초과하지 않았고 전 지역 평균 오차는 $D \leq 6Km$ 에서 + 0.1 dB, $D > 6Km$ 에서 - 1.1 dB로써 실측값과 거의 동일하였다.

실측값에 대한 각 비교모델의 평균 오차를 $D \leq 6Km$ 의 경우와 $D > 6Km$ 의 경우로 각각 나누어 비교한 결과는 다음과 같다.

Hata모델 : -2.4dB, +2.4dB

Egri모델: +12.5dB, +22.1dB

Carey 모델: -15.6dB, +4.4dB

표 4. 시뮬레이션 결과
Table 4. The results of simulation.

실측 dB μ v/m	D (Km)	실 측 (dB)	계 앙 (dB)	Hata (dB)	Egri (dB)	Carey (dB)
96	0.06	-87.6	-58.52	-63.13	-69.78	-22.23
95	0.45	-88.6	-86.96	-82.36	-92.87	-53.97
83	0.98	-100.6	-98.24	-94.36	-107.1	-73.51
85	1.48	-98.6	-104.2	-98.01	-111.4	-79.45
61	1.98	-122.6	-108.4	-105.6	-120.4	-91.87
74	2.46	-109.6	-111.6	-122.6	-140.4	-119.4
76	2.99	-107.6	-114.4	-112	-127.9	-102.1
76	3.48	-107.6	-116.7	-103.4	-117.8	-88.32
63	3.99	-120.6	-118.6	-123.2	-141.1	-120.3
63	4.51	-120.6	-120.4	-121.4	-139	-117.5
69	5	-114.6	-125.1	-122.9	-140.8	-119.8
63	5.5	-120.6	-123.3	-118.5	-135.6	-112.8
73	5.89	-110.6	-124.3	-111.3	-127.1	-101.1
63	6.2	-120.6	-125	-116.8	-133.6	-109.9
46	6.58	-137.6	-132.9	-124.1	-142.1	-121.7
48	7.08	-135.6	-134	-135.4	-155	-139.3
53	7.53	-130.6	-134.9	-147.8	-166.2	-146.9
51	8.01	-132.6	-135.8	-124.9	-143.7	-123.9
43	8.5	-140.6	-136.6	-168.5	-189	-172.7
47	9.01	-136.6	-137.4	-139.8	-161.3	-144.1
39	9.49	-144.6	-138.2	-170.2	-189.2	-173
38	9.85	-145.6	-138.7	-137.8	-159.3	-142.7
37	10.1	-146.6	-139	-138.5	-159.6	-142.7
40	10.7	-143.6	-139.9	-137.1	-158.3	-141.5
37	11.1	-146.6	-140.4	-171.5	-191.5	-173.9
40	11.5	-143.6	-140.9	-144.2	-165.4	-148.2
44	11.9	-139.6	-141.4	-133.7	-154.2	-135.2
41	12.4	-142.6	-141.9	-174.0	-193.1	-176.8
35	12.6	-148.6	-142.2	-149.2	-170.3	-153
42	12.7	-141.6	-142.3	-134.9	-154.4	-138.5
44	12.9	-139.6	-142.5	-123.8	-141.8	-121.2
44	13.2	-139.6	-142.8	-123.8	-141.8	-121.2
45	13.6	-138.6	-143.3	-135.2	-154.8	-139.1
47	13.9	-136.6	-143.6	-143.6	-162.2	-143.6
평 균 (dB)	D≤6Km	-109.3	-109.7	-106.9	-121.8	-93.7
	D>6Km	-140.5	-139.4	-142.9	-162.7	-145.0
평균오차 (dB)	D≤6Km	0	0.4	-2.4	12.5	-15.6
	D>6Km	0	-1.1	2.4	22.1	4.4

VI. 결 론

현대적 생활공간인 평원지역 전파환경에 알맞는 전파 예측모델을 제안하기 위해 지금까지의 예측모델에서 고려되지 않았던 기지국과 이동국 안테나 유효높이의 상대차를 보정계수로 추가한 전파 예측모델을 제안하고, 제안모델의 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 현장 측정결과를 비교하므로써 그 적정성을 확인하기 위해 비교적 평원 공간이 많은 지역인 나주시 세지 기지국을 중심으로 한 그 일대를 실험지역으로 선정, 실측값을 구하여 이를 근간으로 전파 예측모델을 제안하였다. 제안모델의 적정성을 확인하기 위해 제안모델과 각 비교모델을 시뮬레이션(PPGIS)하고 그 결과를 실측값과 비교한 오차의 정도는 다음과 같다.

· 제안모델에 의한 시뮬레이션의 결과를 실측값과 비

교할 때 거리에 따른 각 측정점의 상대적인 오차가 약 ± 5 dB 범위를 초과하지 않았고, 전 지역 평균 오차는 D≤6Km에서 +0.1dB, D>6Km에서 -1.1dB로써 실측값과 거의 동일하였다.

· 실측값에 대한 각 비교모델의 평균 오차를 D≤6Km의 경우와 D>6Km의 경우로 각각 나누어 비교한 결과는 다음과 같다.

Hata모델 : -2.4dB, +2.4dB

Egri모델: +12.5dB, +22.1dB

Carey 모델: -15.6dB, +4.4dB

이상의 결과 각 비교모델중 Hata 모델의 예측값이 비교적 실측값에 근사하였으나 거리에 따른 각 측정점의 상대적인 오차가 10dB 이상으로써 실제적 오차는 ± 2.4 dB 보다 훨씬 큰 것으로 확인되었다.

참 고 문 헌

- [1] Dreissen, P. F., "Multipath delay characteristics in mountainous terrain at 900 MHz," in Proc. 42nd IEEE Veh. Technol. Conf., pp. 520-532, Denver, Co, May 10-13, 1992.
- [2] Lawton, M.C. and McGeehan, P.j., "The application of GTD and ray launching Techniques to channel modeling for cordless radio systems," in Proc. 42nd IEEE Veh. Technol, Conf, pp. 125-130, Denver, Co., May 10-13.
- [3] Davies, R, Bensebti, M, Beach, M.A and MacGeehan, J.p., "Wireless propagation measurement in indoor iultipath environments at 1.7GHz and 60Hz for small cell system." IEEE Veh. Technol. Conf., '91, pp. 589-593, 1991.
- [4] Bensebti, M., McGeehan, J.P. and Beach, M.A., "Indoor Multipath Radio Propagation Measurement and Chracterisation at 60GHz," Proc. 21st European Microwave Conf, pp. 1217-1222, Sep. 1992.
- [5] Ott, G.D., and A.Plitkins, "Urban path-loss characteristics at 820 MHz," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. 27, pp. 189-197, Nov. 1978.

- [6] Constantine A. Balanis, Advanced Engineering Electromagnetics, John Wiley & Sons, 1989.
- [7] Rustako, Jr A. J., Amitay, N., Owens, G. J. and Roman, R. S., "Radio propagation at microwave frequencies for line-of-sight microcellular mobile and personal communications," IEEE Trans., Veh. Technol., vol. 40, no. 1, pp. 203-210, Feb. 1991.
- [8] Xia, H. H., Bertoni, H.L., Maciel, L.R. and Lindsay Stewart, A., "Radio propagation measurements and modeling for line-of-sight micro-cellular system," in Proc. 42nd IEEE Veh. Technol. Conf., pp. 349-354, Denver, Co, May 10-13, 1992.
- [9] M. Hata, "Empirical formula for propagation loss in land mobile radio services," IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 29, no. 3, pp. 317-325, Aug. 1980.
- [10] J.J. Egli, "Radio propagation above 40 Mc over irregular terrain," Proc. IRE, vol. 45, no. 10, pp. 1383-1391, Oct. 1957.
- [11] W. C. Jakes, Microwave Mobile Communications, Wiley, 1974. New York.
- [12] R. Carey, "Technical factors affecting the assignment of facilities in the domestic public land mobile radio Service," FCC Washington DC, Rep. R-6406, 1964.
- [13] R.E. Edwards and J. Durkin, "Computer prediction of field strength in the planning of radio systems," Proc. Inst. Elec., vol. 116, no. 9, Sept. 1969., pp. 1493-1500.
- [14] Kozono, S. and Takeuchi, T., "Recent Propagation studies on land mobile radio in Japan," IEICE Trans., vol. E-74, no. 6, Jun. 1991.
- [15] Takeuchi, T., Sako M. and Yoshida, S., "Multipath delay profile prediction on a workstation for urban mobile radio communications," International symposium on persona, indoor and mobile radio communications, pp. 13-18, London, 1991.
- [16] Y. Okumura, "Field strength and its variability in UHF and VHF land-mobile radio service", Rev. Elec. Commun. Lab., vol. 16, pp. 825-873, 1968.
- [17] 정만영외, "공중선과 전파전파", 문운당, pp. 56, 57, 1992
- [18] 이강영, "이동통신과 마이크로파 통신의 실무와 이론" pp. 49-56, 기다리 출판사

저자 소개

金 松 玥(正會員)

1987년 ~ 1992년 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사). 1992년 ~ 1994년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1995년 ~ 1998년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학박사)



학 전자과 교수

金 仁 煥(正會員)

1982년 ~ 1986년 조선대학교 공과대학 전자공학과(공학사). 1986년 ~ 1988년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학석사). 1988년 ~ 1995년 조선대학교 대학원 전자공학과(공학박사). 1992년 ~ 1998년 현재 송원대학