

論文94-31A-7-5

제주 서부지역의 이동전화 주파수대의 전계강도 예측에 관한 연구

(A Study on Field Strength Prediction for the Band of Land Mobile Telephone Systems in Cheju Western Area)

洪文滉*, 金興洙**

(Mun Sig Hong and Heung Soo Kim)

要約

육상 이동통신에 있어서 서비스지역에 대한 전파특성을 예측하는 것은 매우 중요하다. 전자파 전파손실은 $A + B \log_{10} R$ 형태의 표준공식으로 주어지며, 지역에 따라 이 방정식에 대한 보정방정식이 제시된다. 여기서 A 와 B는 주파수와 안테나 높이의 함수이며 R는 기지국과 이동국 사이의 거리이다. 제주지역은 한라산을 중심으로 크고 작은 많은 오름들이 있어서 기존의 방정식으로는 전파손실을 구하기가 어렵다. 이에 제주 지역의 전파경로에 대한 지역적 특성을 파악하고 적절한 보정방정식을 제시하여 전계강도를 예측한다. 또한 세오름 기지국의 서비스 지역인 제주 서부지역에 대한 측정 결과치와 이론적 예측치를 비교한다.

Abstract

The propagation prediction within a cell coverage in land mobile radio service is very important. The propagation loss is presented in a $A+B \log_{10}R$ form, where both A and B are the parameter as function of the frequency and the antenna height and R is the distance of between base and mobile station. The propagation prediction in Cheju area is not easy, because a great number of peaks are found here and there at the foot of the Hanla Mt. The characteristics of radio propagation in Cheju area are measured for the Seorum transmitter site. The formular of correction which is regard to the configuration of the ground is presented, and the predicted values are compared with the measured one.

1. 서론

육상 이동통신 시스템 설계시 서비스 영역을 예측하고 서비스의 품질 향상을 위하여 전자파 전파

(propagation) 특성을 예측하는 것은 필수적인 요소이다. 이에 많은 학자들이 실험적 결과들과 통계학적 데이터들을 이용하여 기지국 서비스 영역내의 임의 위치에서 좀 더 정확한 전계 강도를 예측하기 위한 계산도표와 순서도들을 개선시켜 왔다. 이러한 결과에서 전자파 전파손실은 거리에 따라 대수적으로 변한다는 것이 증명되었다.

Okumura^[1]는 일본 Tokyo 중심부를 포함한 Kanto 전지역에서 육상 이동통신의 전계강도 예측방법을 제시했고, Barsis^[2-3]는 굴곡이 심한 지형에서

*正會員, 韓國異動通信(株)

(Korea Mobile Telecommunications Corp.)

**正會員, 濟州大學校 通信工學科

(Dept. of Telecom Eng., Cheju Univ.)

接受日字 : 1993年 11月 18日

VHF/UHF 주파수대의 방송과 육상 이동통신 시스템에 대한 전파손실을 구하여 기지국의 서비스 영역을 결정하는 방법을 제시하였다. Black^[4]은 필라델피아 지역에서의 이동통신 전자파 전파특성에 대하여 연구하였고, Durkin^[5]은 기지국에서 임의의 이동국 위치까지의 지형측면도 데이터들을 컴퓨터에 저장하고 전파경로에 대한 감쇄를 계산하여 서비스영역을 예측하였다. Ott^[6]는 셀룰라 이동통신 시스템에서 주파수 재사용 패턴에 대한 전파 환경 분석의 중요성에 대하여 언급했으며, Allsebrook^[7]은 지형에 의한 회절 손실 등 전송 손실에 영향을 주는 요소들의 전파 환경을 분석하였다. 그리고 Yoshikawa^[8]는 UHF 육상 이동통신 시스템에서 기지국의 소형화에 대하여 연구하였다. 그러나 전파 경로는 이동국의 위치 변동 때문에 시시각각으로 변하게되며, 이로 인해 이동국의 전계강도를 정확히 예측하기가 어렵다.

1968년 Okumura는 전파강도 예측방법에 대한 보고서에서 도심지, 교외, 그리고 언덕과 산악지역 등과 같은 불규칙한 지형에 대하여 VHF와 UHF의 여러 주파수대역에서 전계강도를 세밀하게 측정하여 이 데이터로 부터 서비스 지역내의 전계강도 예측방법을 제시하였다. 이것은 이후 여러 사람들의 연구 결과에 대한 비교 데이터로 사용되고 있고, 이러한 예측방법은 오늘날 일본에서 육상 이동통신 시스템 설계에 표준이 되어있다. 전자파 전파 예측방법에서 자유공간을 전파하는 전계강도에 대한 예측곡선은 기지국 안테나 실효고, 주파수, 이동국 안테나 높이의 계수들로 이루어진다. 이 방법에 의해 시스템을 설계하고자 할 때는 이러한 계수들에 의해서 적당한 예측곡선을 선택해야한다.

본 연구에서는 이동전화 주파수대에서 제주 지역의 지형적 특성을 고려한 전계강도 예측 공식을 제시하고자 한다. 예측 공식은 Okumura의 전계강도 표준공식을 이용하여 한라산을 중심으로 많은 오름들이 산재해 있는 제주 지역의 특성에 맞는 보정방정식으로 제시되었고 측정치와 비교했다. 지형의 변화에 따른 기지국 안테나 실효고와 지형의 굴곡변화 그리고 이동국의 수신점 기술기각 변화등 지형특성에 맞는 보정값을 적용하여 지역별로 전계강도를 예측하였고, 세오름 기지국을 중심으로 광활하게 분포되어 있는 제주 서부 지역에서의 전자파 전파손실을 측정하여 보정방정식에 의한 이론치와 비교하였다.

II. 전자파 전파손실 방정식

등방성 안테나의 실효방사 출력(EIRP)이 P_t

(dBW)이고, 등방성 안테나의 수신 전계강도가 E ($\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$)일때 이들 등방성 안테나 사이의 전자파 전파손실 L_p (dB)를 구할 수 있다. A_{eff} 를 등방성 안테나의 실효 개구단면적이라 하고 P_r 를 수신 전력밀도라고 하면 수신전력 P_r 는 다음과 같다.

$$P_r \text{ (dBm)} = P_t \text{ (dBm/m}^2\text{)} + 10 \log_{10} A_{\text{eff}} \quad (1)$$

여기서

$$A_{\text{eff}} = \lambda^2 / 4\pi, \lambda = \text{파장 (m)}$$

$$P_t \text{ (dBm/m}^2\text{)} = E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} - 10 \log_{10}(120\pi) - 90$$

이다.

전자파 전파손실은 방사출력과 수신전력의 차이이기 때문에 식 (1)을 이용하여 다음과 같은 식을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} L_p \text{ (dB)} &= P_t - P_r \\ &= P_t \text{ (dBW)} - E \text{ (dBmV/m)} \\ &\quad - 10 \log_{10} (\lambda^2 / 4\pi) + 145.8 \end{aligned} \quad (2)$$

송신 안테나와 수신 안테나의 이득을 보정해주면 다음과 같다.

$$L_p \text{ (dB)} = 10 \log(P_T / P_r) - G_x - G_r \text{ [dB]} \quad (3)$$

여기서 G_x 는 송신 안테나의 상대이득이며 G_r 은 수신 안테나의 상대이득이다. Okumura의 예측곡선은 1KW ERP/dipole의 조건하에서 수신된 전계강도이므로 ERP/dipole은 EIRP로 단위를 변경하여야 하는데 이것은 다이폴 안테나와 등방성 안테나간의 전력이득에 대한 차이를 보정해주면 된다. 즉 다이폴 안테나의 절대 전력이득은 2.15 dBi이므로 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$P_t \text{ (dBW EIRP)} = P_t' \text{ (dBW ERP / dipole)} + 2.15 \text{ (dBi)} \quad (4)$$

식 (2)와 (4)를 이용하면 송수신 안테나들 사이의 전자파 전파손실 L_p (dB)는 다음과 같은 방정식으로 부터 얻게 된다.

$$\begin{aligned} L_p \text{ (dB)} &= 178 - E \text{ (dB}\mu\text{V/m)} \\ &\quad + 10 \log_{10}(\lambda^2 / 4\pi) - G_x - G_r \end{aligned} \quad (5)$$

비교적 평탄한 지형에서의 전자파 전파손실은

Okumura가 제시한 전계강도 곡선을 이용하여 얻을 수 있다. 이들 곡선을 고찰해보면 전계강도 E (dB μ V/m)가 거리 R (Km)의 함수로 규정되는 특성을 갖고 있다는 것을 알 수 있으며, 즉 R 의 대수 함수로 다음과 같이 표현된다.

$$E(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}) = \gamma + \beta \log_{10} R \quad (6)$$

여기서 γ 와 β 는 기지국 안테나 실효고와 주파수에 의해 결정되는 상수이다. 그러므로 전자파 전파손실의 표준방정식은 식 (6)에 식 (5)를 대입하여 다음과 같은 식을 얻는다.

$$L_p(\text{dB}) = A + B \log_{10} R - G_x - G_r \quad (7)$$

$$A = 178 - 10 \log_{10} (\lambda^2 / 4\pi) - \gamma - a(h_m) \quad (8)$$

$$B = -\beta \quad (9)$$

여기서 $a(h_m)$ 은 이동국 안테나 높이 h_m (m)에 대한 보정 요소이다. 기본곡선의 h_m 은 1.5m이며 그 외에는 보정곡선이 사용된다. 그러므로 $h_m = 1.5\text{m}$ 일 때를 기준으로 하여 $a(h_m) = 0$ dB로 취하여 계산하면 편리하다. 식 (6), (7)에서 A 는 $R = 1$ (Km)일 때 전계강도 E (dB μ V/m)의 값에 의해 주어지며 B 는 전계강도 곡선의 기울기로 결정되는 값이다.

Okumura가 제시한 전계강도 곡선에서 얻어낸 A 와 B 의 값들을 표 1에 나타내었다.

표 1. A, B의 값

Table 1. Values of the parameter A and B.

구분	A		B	
	h_{te} [m]	f_c	450MHZ	900MHZ
30	117.0	124.5	35.0	35.7
50	114.0	122.5	34.1	33.8
70	112.0	120.5	32.5	32.2
100	110.0	118.0	31.3	32.5
200	106.0	114.5	29.4	29.9
300	102.5	110.5	28.7	29.0
600	96.3	104.5	26.7	27.5
1000	90.5	98.5	25.3	25.2

표 1에서 A 의 값은 다음과 같은 2가지 규칙을 가지고 있음을 알 수 있다. 먼저 각각의 주파수에서 h_{te} (m)가 2배로 증가함에 따라 4정도씩 감소하며, 또한 주파수가 일정할 때는 h_{te} 가 n 배 만큼 높아지면 A 는 $\log n$ 에 비례하여 증가한다. 이런 관계를 고려하면 A 는 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$A = \alpha - 13.82 \log_{10} h_{te} - a(h_m) \quad (10)$$

$$\alpha = 69.55 + 25.82 \log_{10} f_c$$

여기서 h_{te} 는 기지국 안테나 실효고(m), f_c 는 주파수 (MHz)를 나타낸다. 한편 B 의 값은 주파수에 독립적이며, h_{te} 가 대수적으로 증가함에 따라 일정하게 감소한다. 이런 관계에서 B 의 값을 다음과 같은 근사방정식으로 표현할 수 있다.

$$B = 44.95 - 6.55 \log_{10} h_{te} \quad (11)$$

이 식의 최대 변동폭은 약 ± 0.5 이고 이 값은 B 에 대한 직선의 근사값 오차가 된다. 식 (10)과 (11)을 식 (7)에 대입하면 전자파 전파손실에 대한 표준공식을 다음과 같이 얻게된다.

$$L_p(\text{dB}) = 69.55 + 25.82 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_{te} - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_{te}) \log_{10} R - G_x - G_r \quad (12)$$

여기서 $a(h_m)$ 은 h_m 에 대한 보정 값이며 $h_m = 1.5\text{m}$ 일때 $a = 0$ dB가 된다. 식 (12)를 이용하여 세오름 기지국에서 송신되는 신호에 대해 지역별로 기지국 안테나 실효고와 거리의 변화에 따른 수신전력의 평균값을 그림 1에 나타내었다. 수신 전력의 크기는 기지국 안테나 실효고가 높을 수록 증가하고 거리의 대수에 반비례함을 알 수 있다.

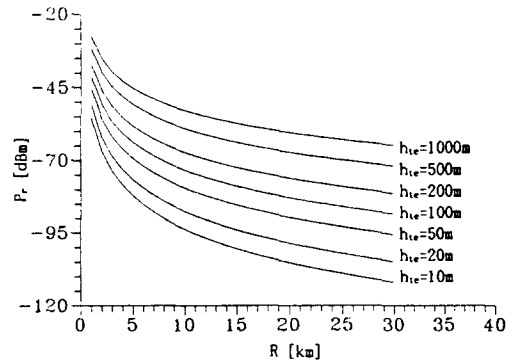


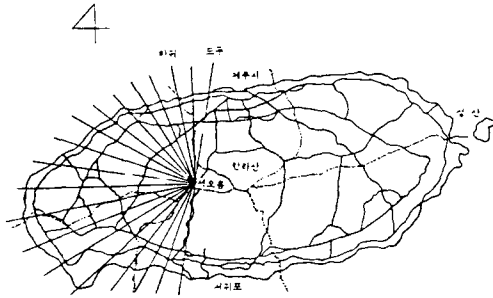
그림 1. 기지국 안테나 실효고와 거리의 변화에 따른 수신전력 변화

Fig. 1. Prediction curves of received power for effective antenna height and distance.

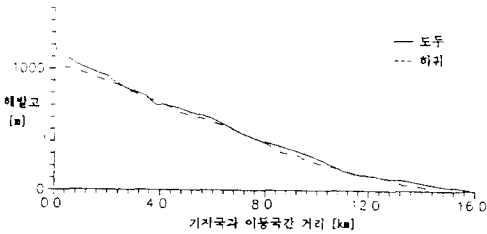
III. 제주지형의 특성과 보정값

지표면에는 다양한 지형 모양들이 존재한다. 특히

제주 지역은 한라산을 중심으로 해안까지 완만한 경사를 이루는 지형이며, 많은 오름들이 산재하여 지형적인 특성이 다른 지역과는 다르다. 따라서 전자파 전파손실은 지형특성에 맞는 보정요소를 고려하여야 한다. 본 연구에서는 세오름 기지국을 중심으로 제주 서부 지역에 대하여 전파 경로에 대한 지형특성을 고려하였다.



(a)



(b)

그림 2. a)제주지형과 서비스지역
b)도두와 하귀지역의 단면도

Fig. 2. a)Configuration of cell coverage and Cheju area
b)Profiles of the Dodu and Hagwi.

그림 2(a)는 한라산 정상 부근에 위치한 해발 1130m의 세오름 기지국의 위치와 서비스 지역을 나타내었다. 그림 2(b)는 도두지역과 하귀지역의 지형 측면도를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 기지국을 중심으로 이동국까지 전체적으로는 완만한 경사를 가진 지형을 나타내지만 중간에 많은 오름들이 산재해 있어서 부분적으로는 굴곡변화가 심한 지형적인 특성을 가지고 있다.

1. 기지국안테나 실효고

어떤 지역에서 정확한 전계강도를 계산하기 위하여

는 기지국 안테나의 실효높이를 정의하여야 한다.

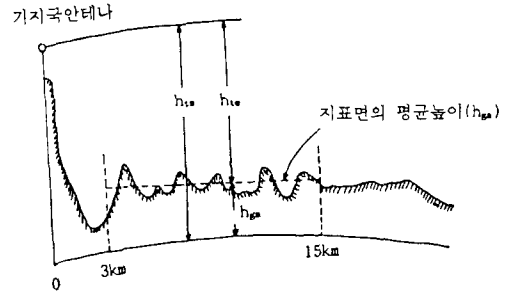


그림 3. 기지국 안테나 실효고 (h_{1e})

Fig. 3. Definition of the site antenna effective (h_{1e}).

그림 3의 지형 측면도에서 보는 바와 같이 기지국 안테나에서 3 ~ 15Km 이내의 거리에서 평균 지표면 높이를 h_{ga} 라 하고 해발에 의한 기지국 높이를 h_{1a} 라 하면 송신 안테나의 실효 높이(h_{1e})는 다음과 같이 정의한다.

$$h_{1e} = h_{1a} - h_{ga} [m] \tag{13}$$

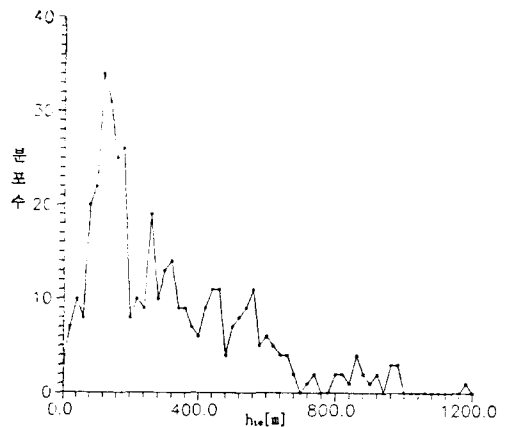


그림 4. 제주지역에서의 안테나 실효고 분포도

Fig. 4. Distribution of the effective antenna height in Cheju Western area.

세오름 기지국이 서비스하는 제주 서부 지역은 한라산을 중심으로 하여 해안까지 완만한 경사를 이루고 있으므로 기지국 안테나의 실효높이는 실제 세오름 기지국 안테나의 해발고 1170m 보다 낮게 나타나며 안테나의 평균 실효높이는 302.3m로 나타났다. 제주 서부 지역에서의 실효고 분포도를 그림 4에 나

타났다. 실효고의 분포를 보면 0~1200m까지의 다양한 분포를 보이고 있지만, 200m근처에 많이 분포되어 있음을 알 수 있고, 실효고가 음수값이 되는 경우도 나타나는데 이것은 오름 뒤편의 급경사 부분에서 생기는 현상으로 실제의 전계강도도 미약하거나 불통지역으로 나타나기 때문에 예측에는 고려하지 않았다. 그림 5는 기지국 안테나의 실효고에 따른 거리별 수신전력의 변화에 대한 예측결과를 나타내었다.

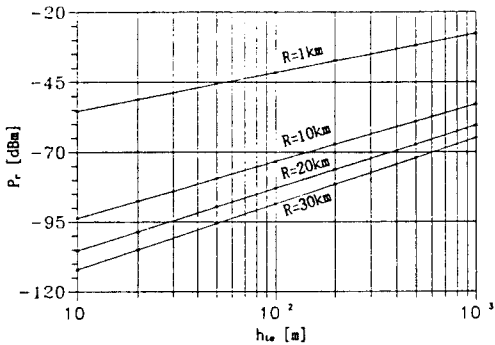


그림 5. 기지국 안테나 실효고에 따른 거리별 수신전력

Fig. 5. Relation of base station effective antenna height and received power.

2. 지형 굴곡변화율

일반적으로 전파 전파경로들은 불규칙한 기록을 갖는 지형으로 이루어져 있다.

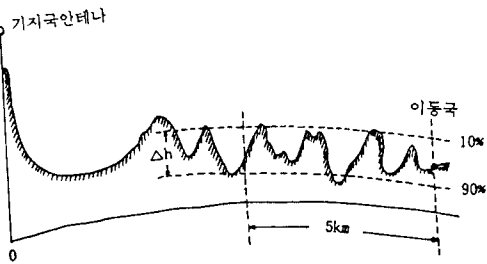


그림 6. 굴곡변화율이 Δh

Fig. 6. Definition of the terrain undulation height Δh.

기복진 언덕지역에서 불규칙성 정도를 표현하는 지형 굴곡 변화율이 Δh(m)는 그림 6에서 처럼 이동국이 위치한 수신점에서 기지국 송신점으로 5Km 이내에서 10 ~ 90 % 사이의 굴곡 변화값으로 나타낸다. 이러한 지형 굴곡 변화율은 다수의 회절에 의해 수

신점에 영향을 주는 산악지역에 적용되며 주파수에 따라 비슷한 특성을 가지고 있다.

기복진 언덕지역에서 전계강도에 대한 보정요소 (K_h)는 Δh의 크기에 따라 달라지며 Δh의 변화에 따른 보정값을 그림 7에 나타냈으며, 굴곡 변화율이 클수록 전파손실은 증가함을 알 수 있다.

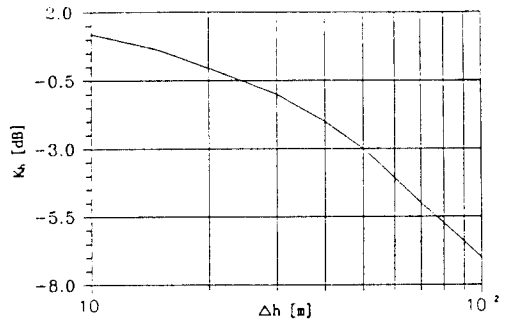


그림 7. 지형의 굴곡변화율이 Δh의 보정값

Fig. 7. Correction values for Δh.

세오름 기지국을 중심으로한 제주 서부 지역의 굴곡 변화율이 Δh의 분포도는 그림 8에 나타냈다.

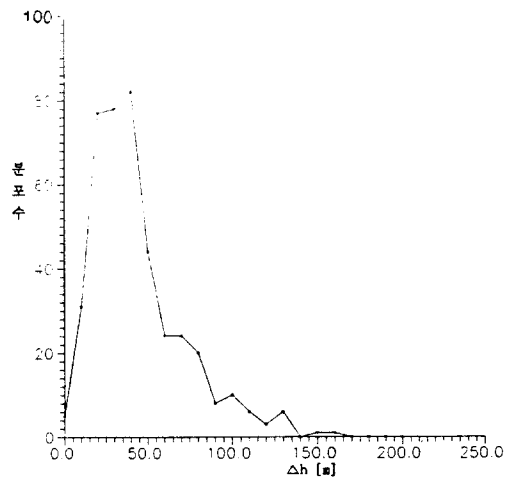


그림 8. 제주지역의 Δh

Fig. 8. Distribution of the Δh in Cheju.

그림 8에 나타난 것과 같이 제주 서부 지역은 낮은 오름들이 곳곳에 산재해 있으나 전체적으로 완만한 경사를 이루고 있으며, 150m까지의 굴곡 변화가 있는 곳도 나타난다. 수신점에서 본 굴곡 변화율의 평균은 43.3m 정도로 나타났다. 따라서 지형 굴곡 변화에 대한 보정요소(K_h)값은 -3.5dB 정도가 되었다.

3. 수신점의 평균 기울기 각 (θ_m)

일반적으로 지역이 평탄하거나 굴곡이 있는 지형이라도 최소한 5 ~ 10Km 정도의 거리에서 경사가 생기게 된다. 그림 9에서 일반적인 경사에 대해 평균각을 나타내었다. 평균 기울기각 θ_m 은 다음과 같이 표현된다.

$$\theta_m = \tan^{-1} \frac{h_n - h_m}{R} \quad (14)$$

여기서 $h_n > h_m$ 인 오르막 언덕일 때의 기울기는 양수값을 가지며, $h_n < h_m$ 인 내리막 언덕일 때의 기울기 값은 음수값을 갖는다.

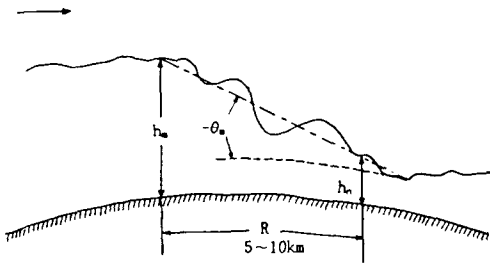


그림 9. 지역의 평균 기울기각 θ_m
Fig. 9. Definition of average angle of general terrain slope.

그림 10은 경사각에 대한 지역 보정요소 값(k_{sp})을 나타냈다.

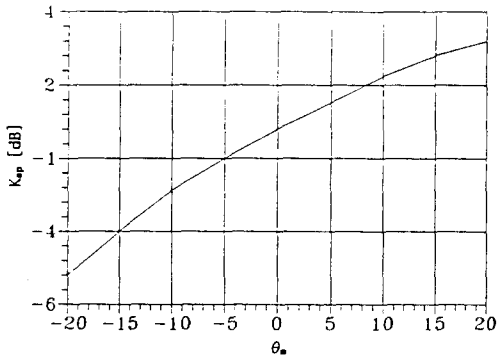


그림 10. 경사각에 대한 보정값
Fig. 10. Correction values for θ_m .

그림 11은 제주 서부 지역에서의 경사각 분포를 나타낸 것인데, 세오름 기지국을 중심으로 해안 일주도로까지 완만한 내리막 경사를 이루고 있으며 경사각은 음수값으로 $0^\circ \sim -7^\circ$ 사이의 분포를 보였다. 경사각이 -6.2° 이하가 되면 기지국 안테나 실효고가

음의 값을 갖게되고 이것은 오름 뒤의 급경사 부분으로 고려 대상에서 제외하였다. 제주 서부 지역에서의 경사각 분포의 평균은 -3.4° 정도가 되었다.

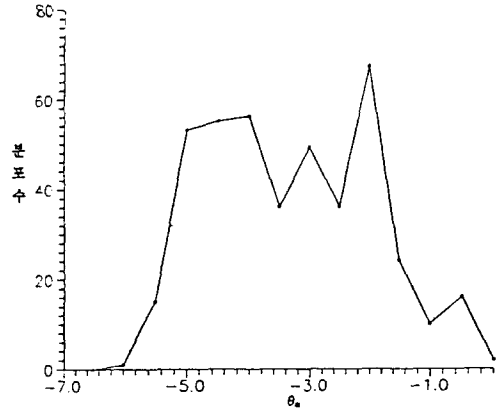


그림 11. 제주지역의 경사각 분포도
Fig. 11. Distribution of slope angle in the Cheju Western area.

IV. 전계강도 예측치와 측정결과 비교

Okumura의 예측방법에 따르면 제주 서부 지역과 같은 개활지(open area)에서의 보정 요소 Q_r (dB)은 다음 식으로 주어진다.

$$Q_r \text{ (dB)} = 4.78(\log_{10} f_c)^2 - 18.33 \log_{10} f_c + 40.94 \quad (15)$$

따라서 개활지에서의 전자파 전파손실 L_{p0} (dB)는 다음과 같이 계산될 것이다.

$$L_{p0} \text{ (dB)} = L_p - Q_r \quad (16)$$

개활지에서의 전자파 전파 손실식인 식 (16)을 이용하여 제주 지역특성에 맞는 보정방정식을 만들기 위해 지역형태를 파악하여 굴곡 변화높이 Δh 의 변화에 따른 보정요소 K_n 와 지역의 평균 기울기각 θ_m 의 변화에 따른 보정요소 K_{sp} 를 보정하여 다음과 같은 식으로 전자파 전파손실을 나타내었다.

$$L_{p0} \text{ (dB)} = 69.55 + 25.82 \log_{10} f_c - 13.82 \log_{10} h_{te} - a(h_m) + (44.9 - 6.55 \log_{10} h_{te}) \log_{10} R - G_x - G_r - Q_r - K_b - k_{sp} \quad (17)$$

식 (17)에 의해서 전파손실에 의한 전계강도 예측치의 타당성을 입증하기 위하여 전계강도를 지역별로

측정하였다. 측정 방법은 1/75,000의 축적지도를 이용하여 임의 지역의 지형 특성을 파악하고, 그 특성에 맞는 보정값을 이용하여 전계강도를 계산하고, 예 측정점에서 도로를 따라 10Km/h의 속도로 이동하면서 수신 데이터를 얻는다. 이 때 측정에 사용된 제원은 표 2와 같다.

표 2. 측정에 사용된 제원

Table 2. Parameters used for measurement.

동작주파수	879.960[MHz]
기지국 안테나 해발고	1,170[m]
이동국 안테나 높이	1.5[m]
기지국의 방사 출력	100[W]
기지국 안테나 이득	9[dBi]
이동국 안테나 이득	3[dBi]

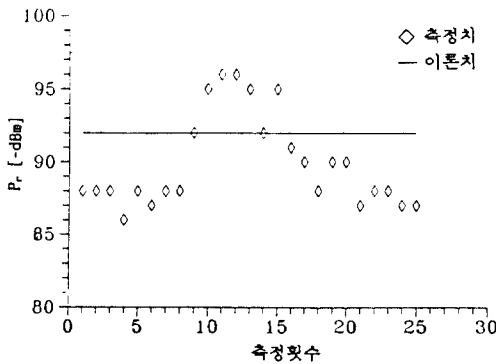


그림 12. 도두지역의 전계 강도
Fig. 12. Field strength at Dodu.

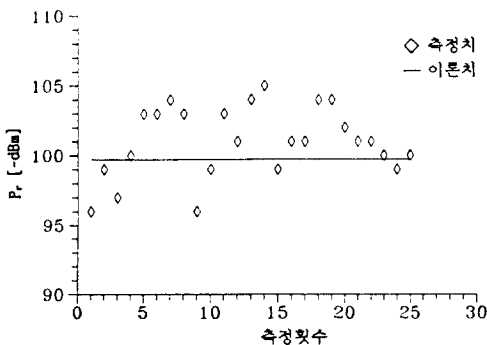


그림 13. 하귀지역의 전계강도
Fig. 13. Field strength at Hagwi.

그림 12는 세오름 기지국의 신호를 도두지역에서 이

동하면서 수신한 신호의 세기를 측정한 결과를 나타내었으며 식 (17)에 의한 손실식을 이용하여 수신전력을 계산한 결과(-92dBm)와 비교하였다. 이 결과에서 측정치와 계산치의 차이는 ± 8 dB 이내의 값을 갖음을 알 수 있다.

그림 13은 하귀지역에서 측정한 결과를 이론적 예측치(-99.8dBm)와 비교한 것이며, 측정치와 계산치의 차이는 ± 5 dB이내의 값을 가지고 있었고 다른 지역에서도 비슷한 결과를 얻을 수 있었다.

V. 결론

이동통신 시스템을 설계하기 위한 단계로서 Okumura의 전자파 전파 예측방법을 이용하여 전자파 전파손실식을 제시하였다. 본 연구에서는 한라산을 중심으로 많은 오름들이 산재해 있는 제주 지역 특성에 적절한 전자파 전파손실의 보정방정식을 제시하였다. 특히 세오름 기지국을 기준으로 제주 서부 지역의 지형에 대한 굴곡 변화율과 평균 기울기각등 지역별 특성을 파악하여 전자파 전파손실에 관한 보정방정식을 제시하였다. 이 방정식의 타당성을 입증하기 위하여 이론적 예측치를 실제 측정치와 비교한 결과 ± 8 dB 이내의 값으로 거의 일치함을 증명했다. 한편 오름이 있는 지역에서는 측정치와 ± 8 dB 이상의 차이를 나타내는 경우도 나타 났으며 이러한 지역에 대해서는 회절에 의한 영향을 고려해야 정확한 예측치를 얻을 수 있을 것으로 본다.

향후 제주도 전역의 기지국을 대상으로 육상 이동통신의 전파환경에 대하여 연구하고자 한다. 이 연구 결과는 기지국간 서비스 영역을 파악하는데 도움이 될 것이며, 기지국간 출력을 적절히 조정해 주므로써 효율적인 주파수 재사용과 간섭없는 통화를 제공하여 셀룰라 이동통신 전파 환경의 최적화에 기여할 것이다. 또한 제주도 전역의 지형적인 조건을 데이터 베이스로 저장하여 활용한다면 전파 불감지역 발굴 및 기지국 위치 선정에 많은 도움을 줄 것이며, 이동통신 품질을 향상시키는데 큰 몫을 할 것이다.

參考文獻

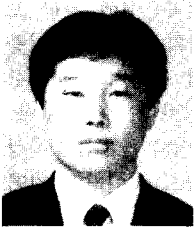
[1] Y. Okmura et al., "Field strength and its variability in UHF and VHF land-mobile radio service." Rev. Elec. Comm.Lab. vol. 16, 1968.
[2] A. P. Barsis, "Radio wave propagation over irregular terrain in the 76-9200

- MHz frequency range." IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-20, Aug. 1971.
- [3] D. M. Black and D. O. Reudink. "Some charactics of radio Propagation at 800 MHz in the Piladelphia area." IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-21, May 1972.
- [4] A. P. Barsis. "Determination of service area for VHF/UHF land mobile and broancast operations over irregular terrain." IEEE Trans. Veh. Technol. vol. VT-22, May 1973.
- [5] J. Durkin. "Computer prediction of service area for VHF and UHF land mobile radio services." IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-26, Nov. 1977.
- [6] G. D. Ott. "Vehicle location in cellular mobile radio system." IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-26, Feb. 1977.
- [7] K. Allsebrook and J. D. Parsons. "Mobile radio propagation in British cities at frequencies in the VHF and UHF bands." IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-26, Nov. 1977.
- [8] N. Yoshikawa and T. Nomura. "On the design of a small zone land mobil radio system in UHF band." IEEE Trans. Veh. Technol., VT-25, Aug. 1976.

 著 者 紹 介

金 興 洙(正會員) 第 27卷 第 3號 參照

현재 제주대학교 통신공학과 부교수



洪 文 滉(正會員)

1963年 12月 13日生. 1988年 2月
 제주대학교 통신공학과 졸업 (공
 학사). 1989年 3月 ~ 현재 한국
 이동통신(주) 근무. 1992年 3月
 ~ 현재 제주대학교 통신공학과
 석사과정 재학중. 주관심 분야는

이동통신 전자파 전파 등임.