濟州大學校 産業技術硏究所 論文集, 第8卷, 2號, pp.21~27, 1997. 12
Cheju National Univ. R.I.I.T. Jour., Vol.8, No.2, pp.21~27, 1997. 12

제주도 위성사진에 의한 지형 분포에 따른 반사계수 비교

홍 성 욱* · 김 홍 수**

A Comparison with Reflection Coefficients in the Divided Soil Zone Using the Satellite Photograph of Cheju

Seong-Wook Hong* and Heung-Soo Kim**

ABSTRACT

The goal of this paper is to predict the range of the reflection coefficient on the area which is divided by the satellite photograph in Cheju. We select the sample points on the smooth surface and measure the field strength. The range of the reflection coefficients on the sample area are obtained by the regression analysis as function of the coefficient for incidence angle and the measured field strength. The field strength in the divided area are obtained using this coefficient. The difference between the measured results and theoretical predictions is only within 5dB.

Key words : Reflection coefficient, Satellite photograph

Ⅰ. 서 론

수신 전계 강도에 대한 예측은 서비스 가능 지역을 결정하고 제한된 주파수의 효율적인 사용을 위해서 매우 중요하다. 이러한 예측은 이동 통신 시스템 설계에 있어 통신이 가능한 일정 수준의 수신 전력을 확보하도록 송신 기지국의 위치와 송출 전력을 결정할 뿐만 아니라 셀의 구조 및 크기를 결정하는데 매우 중요한 역할을 한다.

전파의 특성상 전파 환경은 주변 환경의 특성에 따라 도심지(urban), 교외지(suburban), 시골지(rural)와 개활지(open area)로 나누며 직접파의 존재여부에 따라 가시거리 지역과 비가시거리 지역으로 구분된다[1]. 가시거리 지역은 직접파와 반사파로 수신전계강도를 예측할 수 있다. 반사파는 반사면의 거칠기와 전기적 성질에 따라 수신전계강도에 많은 변화를 준다. 그러므로 전파환경에 따른 반사면의 특성 분석은 필요하다. 교외지와 시골지인 제주 지형은 한라산을 중심으로 해안까지 완만한 경사를 이

* 제주대학교 대학원
Graduate School, Cheju Nat'l Univ.
** 제주대학교 통신공학과
Dept. of Telecommunication Eng., Cheju Nat'l Univ.

루고 있고 중산간 지역에는 많은 오름들이 산재해 있다. 제주도의 토지 이용 분포를 나타내는 위성사진으로 이를 확인할 수 있다. 또한 해안지대는 비화산토양으로 경작지이고, 중산간지대는 초지, 중산간과 해안사이의 지대와 한라산 지대는 산림지역이 분포됨을 알 수 있다[2].

토양의 성질과 토지 이용 분포에 따라 반사계수가 달라진다. 토지 이용 분포에 대한 반사계수를 구하기 위해 제주지역을 위성사진을 이용하여 초지지역과 산림지역으로 구분한다. 각 지역에서의 반사계수 범위를 예측하기 위해 지형 굴곡도가 가장 작은 지점을 표본으로 선택하고 고정 측정한다. 지형 경사도는 일정거리에 대한 지형고의 정규분포의 값을 회귀분석하여 구한다. 동일지역의 반사계수는 지형 경사도와 측정값 그리고 예측 범위로 계산한다. 수신전계강도 예측모델인 평면대지 모델은 제주지역에 적합한 모델로 변환한다. 가시거리인 임의의 위치에서의 전계강도는 반사계수가 적합한지를 알기 위해 비교 분석한다.

II. 평면대지 반사모델

이동 전파 환경에서 직접파는 자유공간 전송손실로 구할 수 있고 반사파는 대지의 전기적 특성과 지형 형태를 고려한 대지면의 반사계수를 계산하여 구할 수 있다.

직접파와 반사파의 크기는 각각 E_d와 E_r이고 직접파와 반사파의 위상차를 θ라 하면 전계의 세기는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E=\sqrt{E_d^2+E_r^2-2E_dE_r\cos(\theta-\pi)} \tag{1}$$

평탄한 대지면상에서의 수신 전계강도는 식(1)에서 직접파 성분을 자유공간 전계강도(E_o)로 놓고 직접파와 반사파의 비인 반사계수(ρ)를 이용하여 표현하면 다음과 같다.

$$E=E_o\sqrt{1+\rho^2-2\rho\cos(\theta-\pi)} \tag{2}$$

반사파의 전체 위상 지연각(θ)은 반사계수의 위상(ϕ_ρ)과 경로길이 차에 의한 지연각(δ)의 합이다. Fig. 1에서 보이는 것처럼 송수신점간 거리와 송수신 안테나의 높이를 각각 D, h_1, h_2라 하면 직접파와 대지 반사파의 경로길이의 차(Δ)와 지연각(δ)은 다음과 같은 관계로부터 구해진다.

$$\Delta=\frac{2h_1h_2}{D} \tag{3}$$

$$\delta=2\pi\frac{\Delta}{\lambda}=\frac{4\pi h_1h_2}{\lambda D} \tag{4}$$

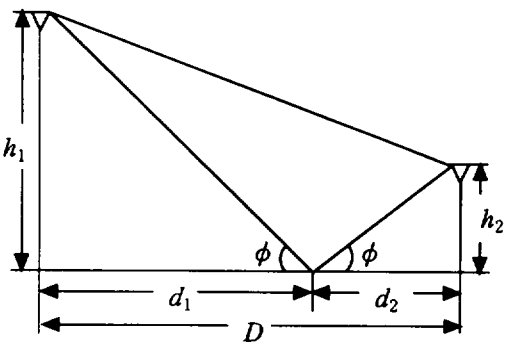


Fig. 1 Propagation path over smooth flat ground

반사계수는 편파 특성과 주파수와 반사면의 도전율(σ) 그리고 유전상수(ε_r)에 따라 변화한다. Table 1은 일반적으로 알려진 대지 조건에 따른 전기적 특성이다[3].

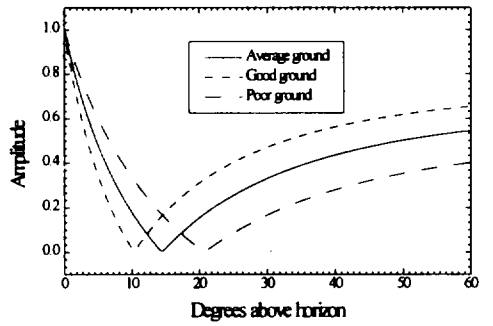
반사계수는 송수신점간의 거리에 따라 변하는 입사각(ϕ)에 대한 함수로 수직편파에 대해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\rho=\frac{\varepsilon_c\sin\phi-\sqrt{\varepsilon_c-\cos^2\phi}}{\varepsilon_c\sin\phi+\sqrt{\varepsilon_c-\cos^2\phi}} \tag{5}$$

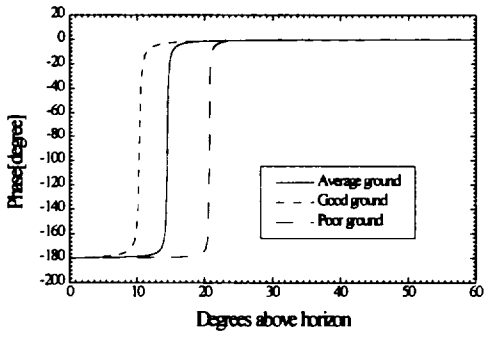
Table 1 Typical values of ground constants

Surface	Dielectric constant	Conductivity
Typical ground	15	0.005
Good ground	25~30	0.020
Poor ground	4~7	0.001

여기서 상대 유전상수(ε_c)는 $\varepsilon_r - j60\sigma\lambda$이다.



(a) Magnitude



(b) Phase

Fig. 2 Reflection coefficient for vertical propagation

수직편파인 경우(Fig. 2) 일정한 각도(Pseudo-Brewster's angle)에서 반사계수의 크기는 0에 가까운 값을 가지며 위상은 $-\pi/2$ 이다. 이 각도를 중심으로 이전 영역과 이후 영역에서의 크기는 1로 증가하고 일정한 크기로 수렴한다. 위상은 $-\pi$으로 감소하고 0으로 증가한다[3]. 송수신점간의 거리가 멀 때(송신국의 높이의 2배 이상) 입사각의 크기는 대개 브루스터각보다 작다. 이것으로부터 반사계수의 크기와 위상의 범위를 예측할 수 있다.

2.1 제주 지형에서의 반사모델

제주 지형은 한라산을 중심으로 경사면을 이루고 있어 전파 반사가 평탄한 대지면과 같은 환경에서 이루어지지 않는다. 송수신점 사이의 대지면은 3백여 개의 오름으로 인하여 굴곡이 형성된다. 등고 간격은 한라산 정상으로 갈수록 조밀하며 해안으로 갈수록 넓어진다. 반사는 점차적으로 감소하는 형태의 경사면상에서 이루어진다. 따라서 제주지역에서는 평탄한 대지 모델을 지형 특성의 변화에 적합한 모델로 변환하여야 한다.

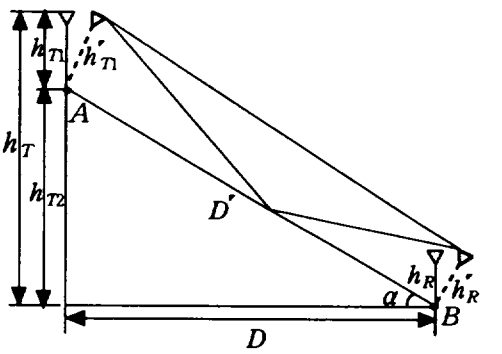


Fig. 3 Propagation path over sloping ground

Fig. 3은 송수신점 사이의 실제 지형의 경사도를 프로파일을 이용하여 나타낼 때 경사 수평면상에서의 전파 현상을 나타내었다. 평면대지 모델이나 구면대지 모델에서 반사점은 거리가 D인 수평면상에 존재하지만 대부분의 실제 지형에서는 경로 AB의 경사면상에서 반사점이 형성되고 이로 인하여 실제 송수신간 거리, 송수신 안테나 높이, 반사각 등이 변하게 된다.

송수신점 사이의 실제 지형은 평탄한 원래의 대지면에 대해 일정한 각(α)을 갖는 평면으로 나타낼 수 있다. 지형의 경사도(α)는 송수신점간의 실제 지형의 굴곡 변화량에서 95.45%의 정규분포를 갖는 값을 선택하고 이 값을 회귀분석함으로서 구할 수 있다.

지형 경사도로 인해 안테나의 높이와 거리는 다음의 관계로부터 변환된다[4].

$$h_T' = \frac{h_{T1}}{\cos\alpha} = \frac{(h_T - h_{T2})}{\cos\alpha} \tag{6}$$

$$h_R' = \frac{h_R}{\cos\alpha} \tag{7}$$

$$D' = \frac{D}{\cos\alpha} \tag{8}$$

따라서 식(4)의 지연각은 변환파라미터에 의해 다음과 같이 구해진다.

$$\delta' = \frac{4\pi h_T' h_R'}{\lambda D'} \tag{9}$$

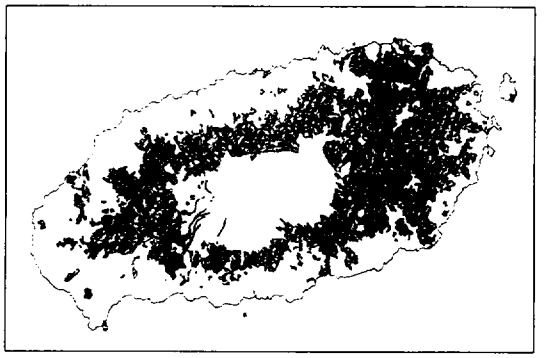
식(9)을 평면 대지 반사모델에 적용하면 다음과 같이 변환된 수신전계강도를 구할 수 있다.

$$E = E_o\sqrt{1+\rho^2-2\rho\cos(\delta'+\phi_\rho-\pi)} \tag{10}$$

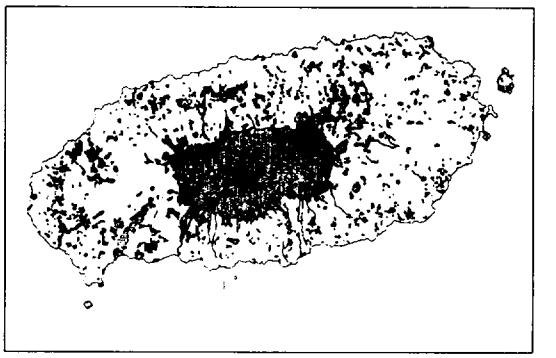
2.2 토지 이용 분포에 따른 반사계수

토지 이용 분포도를 나타낸 위성사진은 제주 토양 성질과 식물의 분포를 보여주고 있다. 토양은 화산회토와 비화산회토로 구분하고 있고 토지 이용 분포는 Fig. 4에서 보이는 것처럼 초지지역과 산림지역 그리고 경작지로 나누고 있다.

초지지역과 산림지역에서의 반사계수는 입사각에 의한 반사계수의 가능범위와 측정 전계강도로 계산된 반사계수의 분포로부터 예측할 수 있다. Fig. 5는 지형굴곡이 작은 분포된 표본지점에 대한 프로파일이다. 초지지역에서의 표본지점의 지형경사도는 각각 3.3도와 4.4도이고 표준편차는 0.68도이다. 산림지역에서의 경사도는 1.6도와 1.1도이고 표준편차는 0.6도와 0.58도이다.



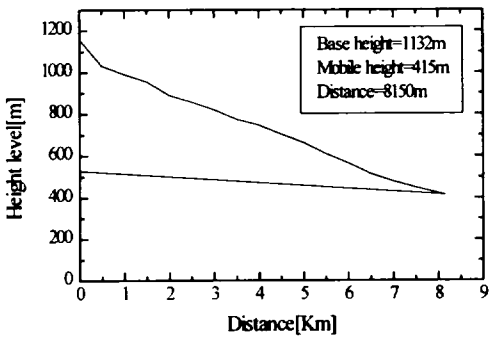
(a) Grassland



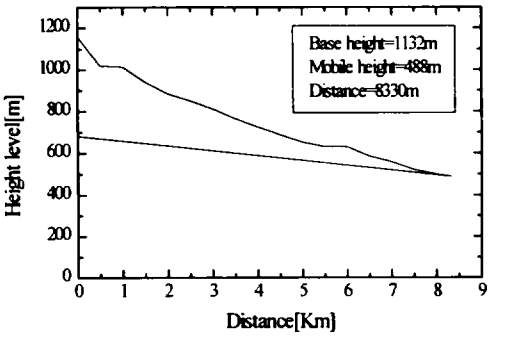
(b) Forestland

Fig. 4 Soil zones of Cheju

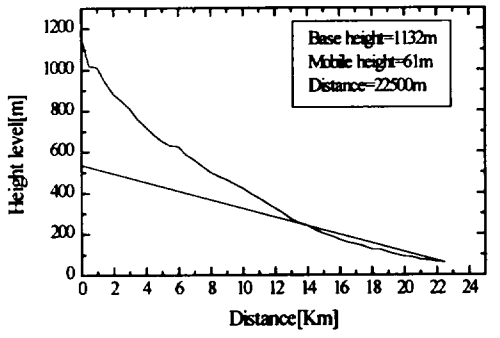
Fig. 6은 주파수가 324.75MHz일 때 초지지역 표본지점의 측정치로부터 계산된 반사계수의 크기와 위상이다. 초지지역에서의 반사계수 크기가 0.1~0.2이고 위상이 -180도일 때 두 지역의 전계강도 분포가 일치하고 있다. 산림지역에서 전계강도 분포가 일치되는 반사계수의 크기와 위상은 0.35~0.55와 -171이다.



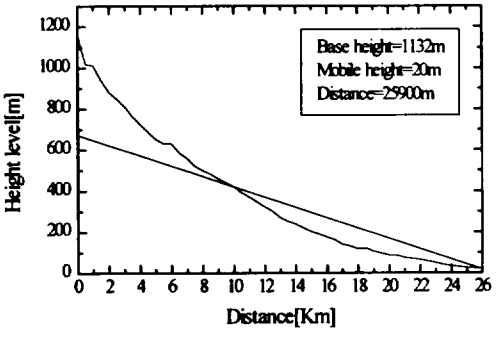
(a) Grassland a



(b) Grassland b

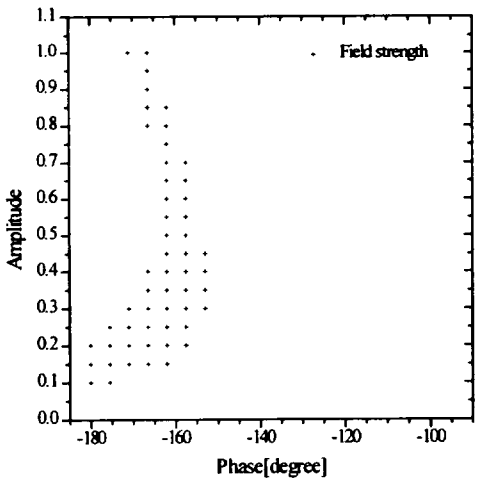


(c) Forestland a

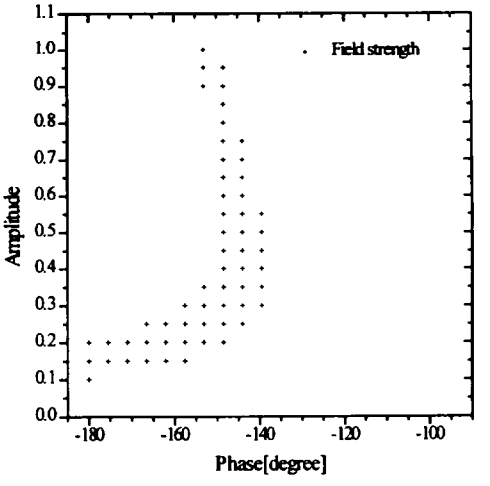


(d) Forestland b

Fig. 5 Profile for sample point



(a) Sample point a



(b) Sample point b

Fig. 6 Reflection coefficient(grassland)

III. 측정결과 및 고찰

반사계수를 적용한 신호세기와 측정 신호세기의 변화를 고찰한다. 초지지역과 산림지역에서 가시거리 위치를 임의로 선정하였다. Fig. 7에 표시된 임의의 위치에서 측정한 신호세기는 Table 2와 같고 계산치와 5dB 이내 오차를 보인다.

IV. 결 론

반사계수는 도형의 성질과 토지 이용 분포에 따라 달라진다. 제주지역에 대한 위성 사진을 이용하여 토지의 이용 분포 지역을 구분하고 제주지역 특성에 따른 반사계수를 구하였다. 동일 지역의 표본지점에서는 지형 경사도와 측정값 그리고 예측 범위로 계산하여 반사계수를 비교

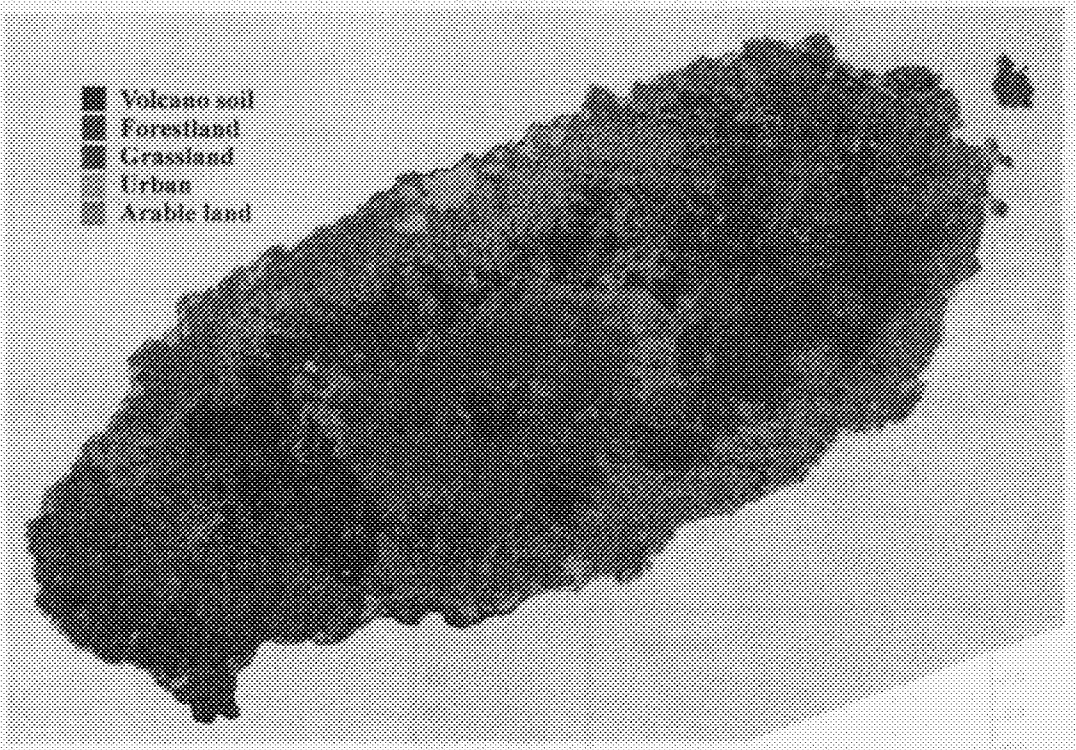


Fig. 7 Position of base stations and mobile stations

Table 2 A comparison with field strength

Type of ground	Position	Predicted value (dBμV/m)	Measured value (dBμV/m)	Error (dB)
Forestland	1	77.8	78.1	0.3
	2	77.3	75.1	2.2
	3	66.9	64.0	2.9
	4	61.5	56.9	4.6
	5	72.8	72.0	0.8
Grassland	6	80.0	75.3	4.7
	7	83.5	81.2	2.3
	8	61.2	62.7	1.5

하였다. 지형 경사도는 일정거리에 대한 지형고의 정규분포의 값을 회귀분석하여 구하였다. 가시거리인 임의의 위치에서의 전계강도는 측정치와 5dB 이내의 오차를 보였다. 위성사진에 의한 토지 이용 분포에 대한 반사계수는 적합하다고 볼 수 있다.

참고문헌

1) Okumura, Y., Ohmori, E., Kawano, T. and Fukuda, K., 1968, "Field strength and its variability in VHF and UHF land mobile radio service", *Elec. Commun. Lab.*, Vol. 16, pp. 825-873.

2) 後藤惠之輔, 湯藤義文, 七條哲彰, 武政剛弘, 1990, "韓國濟州島の土地利用分類への海洋觀測衛星MOS-1デ-タの適用", 九州大學校型計算機センタ-計算機科學研究報告 第7号, pp.19-28.

3) Hess, G. C., 1993, *Land-mobile radio system engineering*, Artech House, pp.35-56.

4) 이권익, 홍성욱, 강부식, 김홍수, 1996, 제주서부지역의 전파 전파 예측 모델, 제주대학교 산업기술연구소 논문집, 제7권 2호, pp.49-56