

# 다중경로 전파환경 분석 모델 개발

채규수, 임중수, 김민년  
백석대학교 정보통신학부/RDRC KAIST  
e-mail : gschae@bu.ac.kr

## Development of an Investigation Model for Multi-path Propagation Environment

Gyoo-Soo Chae, Joong-Soo Lim, Min-Nyun Kim  
Division of Information & Communication Eng.,  
Baekseok University/RDRC KAIST

### 요 약

본 논문에서 다중경로 전파환경에서 전파특성을 연구하였다. 목표지점에서 전계의 세기는 직접파와 지면 반사파의 합으로 구성된다. 이 논문에서는 지면의 반사를 고려하여 목표물 근처 공간의 3차원 전계 분포를 계산하는 프로그램을 개발하였다. 실제 목표물의 궤적에 따라 목표물의 수신기에서의 신호세기를 예측하는 3차원 모델을 개발 하였다.

### 1. 서론

지금까지 전파의 다중경로 전파특성을 고려할 때 지면반사만을 주로 고려하였다[1-3]. 일반적으로 전파의 반사특성은 송신지점과 수신지점 사이의 수평면에서의 반사만 다루었다. 지면의 반사면을 아주 평탄한 지면으로 가정하고 목표지점에서의 전계를 계산하였다. 목표물에서 전계를 좀 더 정확하게 계산하기 위해 지면의 불규칙한 반사면을 고려하는 연구도 활발하게 진행 되었다[4-6]. 본 논문에서는 전파가 반사되는 지면의 디지털지도(DTM : Digital Terrain Map)를 이용하여 실제 지면반사 효과를 더 정확하게 계산하고 분석하는 방법을 제시하고자 한다. 최근에는 산악지형에 대한 고도정보를 포함한 디지털 지도를 사용하여 전파의 전달 경로에 대한 지형의 고도와 반사 및 회절영역을 계산할 수 있어서 전파의 합성전계 특성을 보다 정확하게 계산할 수 있게 되었다.

본 논문에서는 이러한 디지털 지도의 특성을 이용하여 산악지형의 합성전계 강도를 구하였다. 그리고 디지털 지도를 사용하는 경우 양자화 된 고도 데이터만 제공되기 때문에 그 고도에서 지면을 수평으로 간주하고 전파가 반사파를 계산한다. 이 경우에 직

접파만을 고려한 경우 보다는 정확한 데이터를 얻을 수 있지만 실제 지형과 더 가까운 결과를 얻기 위해 지면의 종단면 경사를 고려하여 계산하는 방법을 사용할 필요가 있다.

### 2. DTM을 이용한 다중경로 전파특성 분석

최근에는 여러 가지 용도로 지형 데이터를 디지털 데이터로 바꾸는 작업들이 활발하게 진행되고 있다. 일반적으로 디지털지도는 실제 지형 데이터를 30m<sup>2</sup> 또는 100m<sup>2</sup> 셀로 분해하여 각 셀에 대한 평균 고도 정보를 가진다. 이러한 DTM 자료를 이용하여 레이다와 목표물 사이의 지형을 복원 할 수 있다. 또한 이를 이용해서 전파 가시영역의 산출 및 수평 반사 영역들, 수직 반사영역들, 회절 영역들을 찾아서 전파 특성을 계산한다.

대표적인 초고주파 전파 장비인 레이다 신호가 공간에서 방사될 때, 레이다 신호는 레이다 송신기의 출력, 송신 안테나 이득, 공간을 통과하면서 발생하는 전파 손실의 영향을 받으며 탐지하고자 하는 표적이 있는 곳까지 전달된다. 이때, 표적 또는 표적의 수신 단에서 수신되는 신호의 세기는 식 (1)과 같다.

$$P_R = \frac{P_t G_t A_e}{4\pi R^2} \quad (1)$$

여기서,  $P_t$  는 레이더 송신기 출력,  $G_t$  는 송신 안테나 이득,  $A_e$  는 수신 안테나의 유효 개구면적,  $R$  은 탐지거리이다. 그리고 안테나 유효 개구면적을 이득 값으로 바꾸면,

$$P_R = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi R)^2} = P_t G_t G_r \left[ \frac{c^2}{(4\pi R f)^2} \right] \quad (2)$$

로 표현 할 수 있다. 여기서,  $\lambda$  는 고주파 신호의 파장,  $c$  는 전파의 속도이다.

대지 반사파는 한 번 대지에서 반사한 다음 수신점에 도달되는 전파를 말하며, 대지의 기울기나 전기적 특성이 지역에 따라서 일정치 않을 뿐만 아니라 도전을이 완전 도체와 같지 않기 때문에 광학적 반사를 하지 못하고 발산한다. 그림 1은 수평면 반사 다중경로 전파의 전파 개념도를 보여 주고 있다.

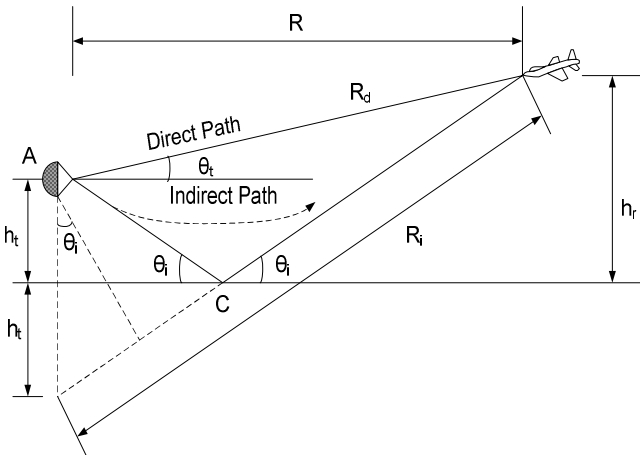


그림 1. 수평면 반사 다중경로 전파의 전파

초단파 이상의 수평편파가 방사된 경우 원거리에서의 수신전계는 직접파와 대지반사파가 주가 되며 지표파의 영향은 거의 무시할 수 있다. 대지를 완전 도체평면으로 가정하고 안테나의 높이( $h_t$ ), 목표물의 높이( $h_r$ ), 안테나와 목표물의 직선거리( $R$ )를 알면 목표물 위치에서의 반사 전계를 구할 수 있다.

직접파와 대지반사파의 전계를  $E_D$ ,  $E_R$  라고하면 식 (3), 식 (4)와 같이 되고, 반사계수가 1이므로 이들의 합성계수는 식 (5)와 같다

$$E_D = |E_D|e^{j\phi_1} \quad (3)$$

$$E_R = |E_R|e^{j\phi_2} \quad (4)$$

$$E = E_D + E_R = E_D(e^{j\phi_1} + e^{j\phi_2}) \quad (5)$$

식 (6)에 나타난 전파계수(F)는 자유공간의 조건을 만족하지 않는 전파의 전달특성을 표현 하고자 할 때 사용된다.

$$F = |E/E_0| \quad (6)$$

목표물에 도착하는 신호는 식 (7)과 같이 표현 된다.

$$F = |f(\theta_t) + f(-\theta_i)\rho D e^{-j\alpha}| \quad (7)$$

여기서,  $f(\theta)$ 는 안테나의 전압 패턴,  $\theta_t$ 는 목표물을 보는 고각,  $\theta_i$ 는 입사각,  $\rho$ 는 지표면 반사계수의 크기,  $D$ 는 발산계수 그리고  $\alpha$ 는 반사파의 위상이다.

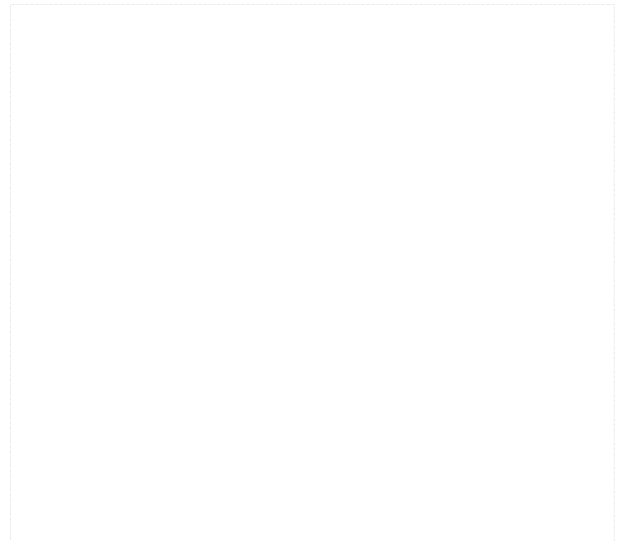


그림 2. 평면반사와 수직반사를 고려한 합성전력 (Range : 레이더로부터 거리)

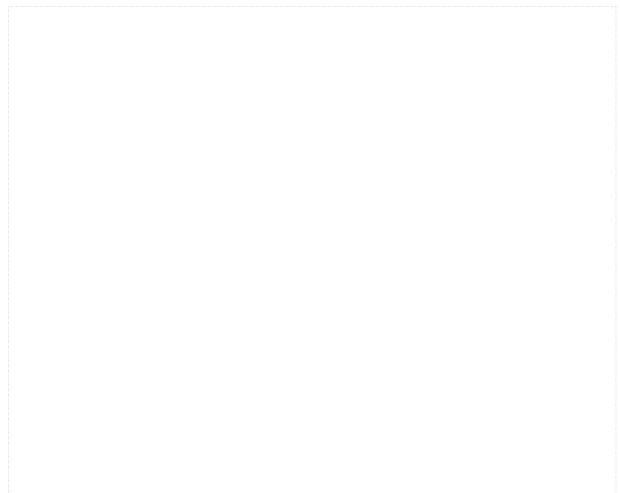


그림 3. 평면반사와 수직반사를 고려한 합성전력 (Azimuth : 레이더에서 1km떨어진 점을 중심으로 좌우 거리)

그림 2에서는 레이더로부터 떨어진 거리에 따른 전계의 분포를 고도에 따라 나타내고 있다. 그림 3에서는 레이더로부터 1km 떨어진 지점에서 최우 1km에 대해서 고도에 따른 전계의 분포를 나타내고 있다. 본 연구에서 3차원의 전계분포를 계산 가능한 모델이 개발 되었으나 2차원의 두 가지 결과만 소개되었다. 위의 두 가지 결과가 다른 연구결과에서 보이는 전파계수의 특성과 약간 차이가 나타나는 것은 지면의 반사면을 실제 고도데이터를 사용하여 좀 더 복잡한 다중경로 특성이 나타난 것이다.

### 3. 결론

본 연구에서는 DTM을 이용한 3차원 다중경로 전파 모델이 소개되었다. 본 연구에서 사용된 파라미터들이 실제 레이더와 정확하게 일치하기는 않지만 다중경로 전파모델의 일반적인 특성을 확인하기에는 만족스러운 결과를 얻었다. 결과의 검증을 위해 실제 테스트 데이터와 비교하는 절차가 필요하다고 사료되며, 추후 연구에서 결과를 발표 할 예정이다.

### 참고문헌

- [1] David K. Barton, *Radar System Analysis and Modeling*, Artech House, Norwood, MA, 2005.
- [2] Richard Curry, *Radar System Performance Modeling*, Artech Huse, Boston, 2001.
- [3] B. R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using Matlab*, Chapman and Hall/CRC, NY, 2000.
- [4] M. L. Palud, "Full-wave computation of clutter for VHF ground radar over irregular terrian", Radar, 2001 CIE International Conference on, Proceedings, pp. 314-318, 15-18 Oct. 2001.
- [5] C. A. Zelle, C. C. Constantinou, "A three-dimensional parabolic equation applied to VHF/UHF propagation over irregular terrain", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. 47, no. 10, Oct. 1999.
- [6] G. S. Chae, J. S. Lim, M. N. Kim, "An Investigation of Multi-path Propagation Characteristics Considering Slope of the Ground", 산학기술학회 추계학술대회, pp. 201-204, 2007.