

산악지형에 적합한 경험적 중파 전파 모델링

김범창[°], 권세웅, 윤영중
연세대학교 전기·전자공학과
airphantom@hanmail.net, yjyoon@yonsei.ac.kr

The Experimented MF Propagation Modeling for Mountain geography

Bum Chang Kim, Se Woong Kwon, Young Joong Yoon
Microwave & Antenna Lab., Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei Univ.

Abstract

In this thesis, Middle frequency wave propagation modeling is studied for the varies mountain geography the experimented middle frequency propagation model is researched in a shot time to analyze the broad area that consists of mountains. Due to the Sommerfeld - Norton model which is used broadly the middle frequency propagation model to analyze the broad area in a short time is proposed introducing the newly attenuation parameter of the experimental results on the basis of actual experiments at the mountain configuration regardless of the area of mountain, plane, sea etc.

key word : middle frequency, Sommerfeld - Norton, mountain, attenuation,

I. 서론

고도화 정보화에 따라 고주파에 대한 관심은 증가하고 저주파에 대한 관심은 점차 감소하는 추세이다. 하지만 향후 DGPS의 국내 지역의 서비스 영역 확대에 따라 중파 대역에 대한 관심이 증가할 것으로 예상함에 따라서 우리나라 환경에 적합한 중파 전파 모델의 필요하다. 기존의 국내 중파 전파 모델은 복잡하지 않은 단순 지형에 대해서는 매우 정확한 특성을 보이고 있다. 하지만 산악지형과 같이 복잡하고 혼합 경로로 된 지형에서는 부정확한 특성을 보이고 있다. 해외의 중파 모델링의 경우 full wave 모델을 사용하여 복잡한 산악지형에 대한 해석을 하였다^{[1][2]}. 하지만 이 역시 구간을 넓은 구간의 해석에는 지역을 무수히 많은 셀로 세분화하여야 한다는 단점과 이로 인한 해석 시간이 많이 요구되어 사실상 우리나라와 같이 대부분 산악지형으로 이루어진 지역에서의 전파 예측 모델로서 그 실효성이 매우 떨어진다. 이에 본 논문에서는 산악지형이 많고 혼

합 도전을 이루어진 우리나라 지형에 적합한 중파 모델링을 위해서 기존의 국내 모델인 Norton에 의해 제안된 해석적 모델을 기반으로 혼합 경로를 위한 Millington method를 적용한 모델을 기본으로^[1] 산악지형에 대한 연구를 위해 실측을 바탕으로 한 실험적 결과 값에 의해 산악지형에 대한 새로운 감쇄 파라미터를 도입함으로써 산악지형이나 평지 해양 등의 지형에 관계없이 단시간 내에 넓은 지역의 해석이 가능한 중파 전파 모델링을 제안하고자 한다.

II. 이론

국내의 기존의 중파 전파 모델은 보다 넓고 다양한 우리나라 지역에서 보다 빠른 중파 전파 예측 모델을 제안하기 위하여 Norton의 해석적 모델을 기반으로 하여 Millington method의 혼합 경로 모델까지 송·수신단 경로의 장애물에 대한 고려를 제외한 전 지역(평지, 해양, 혼합지역)에 적합한 중파 전파 모델을 제시하였다^[3]. 본 장에서는

우리나라와 같이 많은 산악지형으로 이루어진 지역에 대한 신뢰성 있는 중파 전파 예측을 위해 실측을 바탕으로 산악지형에서의 새로운 감쇄 파라미터를 도입함으로써 산악지형을 비롯하여 평지나 해양까지 지형에 관계없이 단시간 내에 우리나라의 전 지역의 해석이 가능한 중파 전파 모델을 제안하고자 한다.

II-1. 산악지형에서의 중파 전파 특성

일반적으로 기존의 중파 모델은 단지 송·수신단 경로 사이의 장애물에 대한 영향은 고려하지 않고 지표의 도전을과 유전율의 변화에 의해서만 변화한다. 이는 산악지형이 파장에 비해 매우 작기 때문이다. 하지만 파장이 산악지형 보다 크다고 할지라도 전파가 전달함에 있어서 산악지형은 전파에 적지 않은 영향을 미친다. 지상파가 산악지형을 전파할 때 발생할 수 있는 전파의 원리는 전파 경로의 증가, 흡수, 회절 및 굴절 등의 4가지 물리적 영향으로 구성되어 진다^[4].

먼저 전파 경로의 증가는 지상파가 산악지형을 만나면 일반적으로 전파의 경로가 산악지형의 표면을 따라 변화함으로써 실제적인 전파 경로가 증가할 것이다. 이는 그림 II-1와 같이 나타낼 수 있다. 중파 전파는 지상파 중 지표파로 전파하기 때문에 그림의 점선 화살표의 형태로 전파된다. 하지만 실제 예측 모델에서는 실선 그림의 형태로 모델링이 된다. 산의 크기가 매우 작은 경우에는 이 둘 간의 차이가 크게 영향을 미치지 않지만 산의 크기가 클 경우는 매우 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 이 추가적인 경로에 관한 감쇄 파라미터가 요구된다. 이 전파 경로의 증가에 대한 추가적인 파라미터의 값들은 산의 크기가 1/4 이상인 경우에 대한 영향만을 고려하였다. 이는 실제 측정 결과를 토대로 분석한 결과이며 일반적으로 산의 크기가 작을 경우는 추가적인 경로의 증가에 의한 영향은 거의 무시되기 때문이다. 그림 II-1에서 점선은 실제 경로이며 실선은 예측되는 경로를 나타낸다.

산악지형에서의 지상파의 물리적 영향의 두 번째는 흡수이다. 실제로 산악을 구성하고 있는 물질은 유한한 도전율로 되어있다. 지상파의 전파는 수직편파를 가지며 전파하며, 따라서 산을 구성하고 있는 나무, 풀 등의 여러 가지 물질에 의해 전파의 흡수가 발생하고 이는 결과적으로 전

파 손실로 작용하게 된다. 실제 실측값을 분석할 경우 계절에 따라서 또는 비나 눈의 영향에 의해서 전파의 세기가 조금씩 차이가 나타남을 알 수 있다. 앞 절에서도 언급하였듯이 중파에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 도전율이며, 따라서 도전율은 ITU-R에서 제시한 도전율 표를 사용하였다. 하지만 이는 대략적인 값만을 사용하였고 우리나라 전 지역의 도전율을 정확하게 측정하기란 사실상 불가능하다. 따라서 대략적인 도전율 값과 더불어 실측값을 바탕으로 한 수신 환경의 형태를 분석하여 감쇄 파라미터를 적용하여야 한다. 마지막으로 고려되는 요소가 회절 및 굴절이다. 지상파가 산악지형 및 계곡과 만나면 또한 강물이나 산악지형의 여러 가지 불완전한 도체와 만나면 회절이나 굴절이 발생하게 된다. 일반적으로 파장보다 매우 작은 건물이나 산에 대해서는 회절이나 굴절에 의한 영향이 무시되기도 하지만 실제로 전파를 무시할 수 있는 사항이 아니다. 따라서 이는 산악지형에서 전파 손실을 발생하는 원인으로 작용하게 된다. 위의 흡수와 마찬가지로 회절이나 굴절 역시 수신 지역 환경의 영향을 분석하여 감쇄 파라미터를 적용하여야 한다.

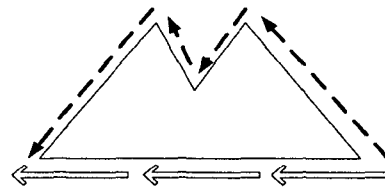


그림 II-1. 전파 경로 증가

II-2. 산악지형에서의 경험적 중파 전파 모델

앞 절에서 소개한 전파 경로의 증가나 수신지역의 산악지형에 대한 여러 가지 작용(흡수, 회절, 굴절)등이 발생한다. 따라서 이에 적합한 추가적인 전파 손실 모델이 요구되며 다음과 같이 간단하게 나타내어 질 수 있다.

$$E = \frac{300\sqrt{(p)}}{r} F - 20 \log(|G(z_t)| * |G(z_R)|) - M_d - M_e - G_h \quad (II-1)$$

$\frac{300\sqrt{(p)}}{r} F - 20 \log(|G(z_t)| * |G(z_R)|)$ 는 국

내의 기존 중파 전파 모델로 정의되어진다. M_d 는 지상파가 전파할 때 전파 경로 상 산악지형에 의해 전파 경로의 증가가 발생하고 이를 전파 감쇄 요인으로 하여 나타내는 식이다. 중파의 전파는 앞에서도 언급하였듯이 지표파의 형태로 전파한다. 따라서 지표파가 진행 시 겪게 되는 경로상의 일정 크기 이상의 산악이나 장애물은 지표파의 경로를 증가시키는 역할을 하며 이런 영향을 고려할 새로운 감쇄 파라미터가 필요하고 이를 M_d 로 나타냈으며 식 (II-2)과 같이 표현된다. 여기서 r_d 는 산의 크기 성분을 나타내며, mountain-density parameter로 정의되어진다. 즉 전체 경로 상에서 산에 의한 영향이 얼마 만큼인가를 나타내는 양이다.

$$M_d \approx 35 \log(1 + r_d) \quad (\text{II-2})$$

M_e 는 수신지역 환경의 영향에 대한 감쇄 요인 파라미터로서 수신기와 그를 둘러싸고 있는 지형파의 영향에 의해 계산되며 식 (II-3)과 같이 표현된다. 이는 산의 높이 및 수신기를 둘러싸고 있는 산의 밀집도 등도 고려된다. 여기서 r_e 는 수신지역의 환경 파라미터로서 한 파장 이내 수신지역을 둘러싸고 있는 환경이 어느 정도 높이의 산으로 얼마만큼의 비율로 수신지역을 둘러싸고 있으며 송신단과의 직선거리를 기준으로 최고 높이의 산과 수신단과의 거리가 어느 정도인가에 의해 결정되는 값이다.

$$M_e \approx 85 \log(1 + r_e) \quad (\text{II-3})$$

식 (II-1)의 마지막항의 G_h 는 산악지형에 의한 추가적인 고도 감쇄 요인으로서 앞서 언급한 높이 이득 함수에 추가적인 고도 손실 파라미터를 더하는 값이다. 앞 식에서 고도에 대한 높이 이득 함수를 적용하였다. 이는 송·수신단의 도전율과 높이에 대한 보정 계수로 나타난다. 하지만 중파 대역에서 특히 중파가 산악지형에 위치하였을 경우는 추가적인 감쇄 요소가 더 적용 되어야 한다. 이에 대한 식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$G_h = 10(1 + 0.002 \times d) \log(1 + (h_r + h_s)) \quad (\text{II-4})$$

d 는 송·수신단의 거리를 나타내며 h_r, h_s 는 송·수신단의 높이를 나타낸다. 이는 Norton에 의해 수행된 측정에 의해 결정된 값들이다. 이는 표면파로 전파하는 중파에서 높이에 따라 전계강도가 감소하는 이유로 설명되어진다.

II-2-1 전파 감쇄 파라미터(r_d, r_e) 유도

앞서의 절에서 감쇄 요소의 원인에 대한 원리에 대해서 설명하였다. 이런 이유로 인하여 감쇄 파라미터는 지표파의 에너지를 다른 형태로 전환하여야 할 것이다. 지표파 감쇄는 필연적으로 발생하고 경로에 따라 산의 높이나 밀집도 및 수신단의 주위환경에 영향에 의해 영향을 받는다는 것을 알았다. 이런 산악지형에 대한 지표파의 총체적인 손실은 다음과 같이 결론짓는다

$$A_g = A_d A_e \quad (\text{II-5})$$

여기서 A_d 는 산의 밀집도에 의한 추가 경로의 영향을 받는 손실이다. 또한 A_e 는 수신단 주위 산의 영향에 의해 생성되는 손실이다. A_d 는 여분의 경로에 의한 감쇄 요소를 나타내며, 지표파가 산과 접촉하였을 경우 추가적인 경로의 증가에 의해 생성되는 요소로서 앞 절에서 언급하였다. 이 물리적 영향은 지표파 손실과 전파 거리가 이 관계의 유사성에 의해 생성된다. 여기서 손실은 거리에 대략 1.75 배에 비례하는 값을 가진다. 이 값은 산악지형에서의 실측값을 바탕으로 실험적인 분석에 의해 얻어낸 결과 값으로 대부분의 경우 경로에 산에 의한 전체 경로 거리에 의한 지수는 1.75 배보다는 조금 작다. 일반적으로 산악에 의한 추가적인 경로 손실은 파장이 매우 길기 때문에 크지 않으며, 식은 다음과 같이 근사화될 수 있다.

$$A_d \approx (1 + r_d)^{1.75} \quad (\text{II-6})$$

A_d 를 dB 값으로 표현하면 앞에서 언급한 M_d 와 같이 나타내어진다. 이는 실제 측정값을 바탕으로 log 함수 적으로 계산되어진 값이다. r_d 는 경로에서의 산의 밀집도를 나타내는 값으로 대표

되며 쉽게 결정된다. 일반적으로 우리나라 지도를 전체 영역으로 하여 경로 상에 산이 존재하는 지역과 그렇지 않은 지역과의 비로 나타내어진다. 또한 산의 높이는 일반적으로 $\lambda/4$ 이상의 산에 대해서만 적용한다. 따라서 경로가 100km라고 가정하면 그 중에 $\lambda/4$ 이상의 산이 존재하는 거리가 20km 이고 산이 존재하지 않는 지역이 80km라고 가정하고, 식은 $r_d = \frac{20}{80} = 0.25$ 가 된다.

A_e 는 산악지형으로 둘러싸인 환경에 의해 생성되는 감쇄 요소이다. 이는 수신단에 가장 근접한 산의 높이, 산과 수신단과의 거리 그리고 수신단 주위의 산의 밀집도에 의해 결정되는 값이다. 수신단 주위 환경에 의한 주요한 영향은 회절, 흡수, 굴절 등에 의한 영향으로서 A_e 는 매우 일반적이고 쉽게 이해될 수 있다. 예를 들어 수신안테나가 지면에 위치에 있고 주위가 계곡으로 둘러싸여 있다고 가정한다면, 수신되는 전계 강도는 넓은 지역에 위치한 안테나에 비해서 매우 적게 수신된다. 이런 종류의 감쇄 손실은 매우 크고 복잡한 요소를 갖추고 있기 때문에 이를 정확하게 일반화시켜서 표현하는 데는 다소 어려움이 있다. 따라서 실험적으로 실측에 의해서 $(1+r_e)$ 의 지수를 4.25로 선택하였고, 따라서 다음 식 (II-7)과 같이 나타내어진다. 이 값 또한 실측값을 바탕으로 실험적인 분석을 통해서 얻는다.

$$A_e \approx (1+r_e)^{4.25} \quad (II-7)$$

여기서 r_e 는 식 (II-3)에서 언급한 수신지역의 환경에 대한 영향에 대한 전파 손실을 나타내는 요소이다. 이를 dB 값으로 나타내면 식 (II-3)에서의 M_e 의 값으로 나타내어진다. 이 이론의 기본은 앞서서도 언급하였듯이 다양한 지역에서의 실측을 바탕으로 한 실험에 의해서 얻어진 값이며, 환경에 대한 일반적인 specification은 다음 3개의 요소 (h_e, d_e)에 의해서 결정된다. h_e 는 수신단에서 가장 근접한 거리의 산의 높이를 나타내며, d_e 는 한 파장 내에서의 산과 수신단의 거리를 나타낸다. 본 논문에서는 우리나라 전 지역에 걸친 실측 및 전계 강도의 전계 데이터를 바탕으로 분석 정리하여 r_e 의 값을 정리하였다.

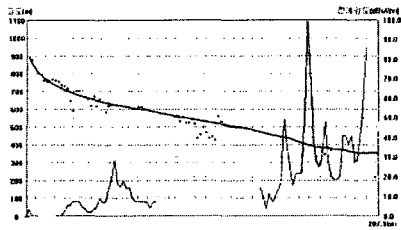
III. 측정 및 전파 모델 검증

중파 전파 측정을 위하여 현재 중파 대역을 사용하고 있는 DGPS 기준국을 중심으로 산악지형을 측정하였다. 그림 III-1은 호미곶 기준국을 기준으로 산악지형과 평지를 측정한 데이터와 비교 그래프를 나타내고 있다. 그림 III-1의 경로 1,2의 (a)는 산악지형에 대한 새로운 파라미터를 적용하지 않은 그래프이며 (b)는 산악지형에 대한 새로운 파라미터를 적용하였을 때의 그래프이다. 그래프에서 빨간색 실선은 예측값을 나타내며 검은색 점은 실측값을 나타낸다. 또한 아래쪽의 산 모양의 그림은 지형 단면도를 나타내며 지형단면도의 색은 도전을 값을 나타낸다. 우리나라 도전을 ITU-R에서 제시한 도전을 표를 적용하였다. 좌측 세로줄은 고도값을 나타내며 우측 세로줄은 전계 강도 값을 나타내고 있다.

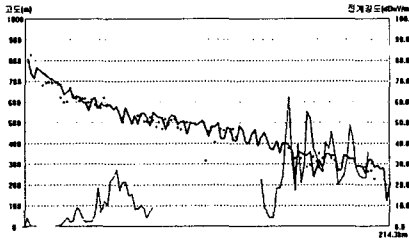
경로 1의 경우는 일반적으로 평지에 대한 그래프이다. 따라서 전체 적으로 두 그래프가 비슷한 양상을 보이고 있다. 하지만 끝 부분의 산악지형에서 실측 예측값이 틀려지는 것을 알 수 있다. 경로 2의 경우는 산악으로 이루어진 지형에 대한 예측 실측 비교 그래프이다. 그래프에서와 같이 산악지형에서의 둘간의 차이가 많이 발생하는 것을 알 수 있다. 특히 산악지형의 새로운 파라미터를 적용한 그래프가 실측값과 매우 유사한 형태를 나타내고 있다. 따라서 본 논문에서 제시한 산악지형에서의 새로운 파라미터를 적용하였을 경우 산악지형과 평지등 지형에 관계없이 보다 정확한 예측 모델임을 검증할 수 있다.



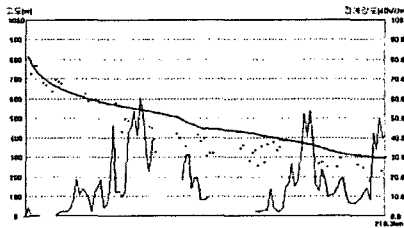
측정 데이터



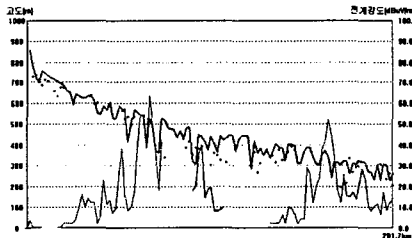
경로 1(a)



경로 1(b)



경로 2(a)



경로 2(b)

그림 III-1. 전파 모델 비교

IV. 결론

본 논문에서는 현재 국내에서 아직 연구가 미흡한 중파 전파에 대한 모델링에 대하여 연구하였다. 기존 국내의 송·수신단의 경로상 장애물이 존재하지 않는 지역에 대해 매우 좋은 특성을 가지고 있는 기본적인 중파 전파 모델링을 기본으로 하여 산악지형에 대한 새로운 파라미터를 도입함으로써 해양, 도심, 혼합경로, 산악지형 등 모든 환경에서 매우 정확한 특성을 보이고 있는 중파 전파 모델링을 수행하였다. 이 모델링은 국내에서 중파 대역의 주파수를 사용하는 모든 장비

에 대한 서비스 커버리지를 정하거나 앞으로 전국적으로 보급될 DGPS 등의 중파 전파의 예측 모델로서 매우 유용한 모델로 사용되어 질 것으로 예상된다. 또한 현재 국내와 같이 좁은 지역에서는 다루지 않은 상공파(sky wave)에 대한 연구가 이루어진다면 매우 넓은 지역까지 정확한 중파 모델링이 될 수 있고 월경과 같은 문제점의 해결에도 도움이 될 것으로 생각된다.

참고문헌

- [1] M. Levy, Parabolic Equation Methods for Electromagnetic Wave Propagation, London, IEE, Institution of Electrical Engineers, 2000.
- [2] M. D. Collins, " A Split-Step Pade Solution for the Parabolic Equation Method, " J. Acoust. Soc. Am, 94, 1993, pp. 1736-1742.
- [3] 김범창, 권세용, 윤영중, "Differential GPS 서비스를 위한 MF 대역 전파 예측 모델", 전자파기술 하계학술대회, pp. 169-172. 2003
- [4] Luo. Lichun, " A New MF and HF Ground-Wave Model for Urban Areas". IEEE Antennas and Propagation Magazine, Vol 42, No. 1, February 2000.