

“LMSS에서 樹木으로 인한 신호감쇄”

洪 義 錫
(光云大學 教授)

차례

1. 서론
2. 신호감쇄의 근사치 계산 방법
 - 2-1. Exponential decay model
 - 2-2. Fractal theory model
 - 2-2. Fresnel diffraction theory model
3. Fresnel diffraction 이론을 이용한 신호감쇄의 수치계산
4. 신호감쇄의 측정
5. 결론
참고문헌

1. 서론

UHF나 L-band중 한 주파수를 이용하게 될 정지통신위성과 지상차량간의 통신에 대한 연구가 현재 미국및 캐나다에서 활발히 추진중에 있다.¹⁾

이러한 새로운 통신시스템 방식을 LMSS(Land and Mobile Satellite System)라고 한다. 이러한 시스템은 미국이나 캐나다같은 광활한 넓은 지역에서 서로 수천 마일씩 떨어져있는 지상차량(land mobile)과 차량간 또는 차량과 도시내에 위치한 근무처간의 직접통신(mobile line of sight telephone communication)을 가능케 해준다. 뿐만 아니라 우리나라와 같은 산악지방이 많은 나라에서도 이러한 통신위성을 이용한 LMSS 통신 방식이 앞으로 매우 적합하리라고 생각된다. 왜냐하면 지방의 산중을 운행중인 차량과 도시의 한복판에 위치한 사무실 또는 가정과의 직접통화는 이러한 LMSS로서만 가능하기 때문이다. 그러나 이러한 통신에서 시스템을 설계하기에 앞서 사전에 고려하여야할 여러가지 문제중 가장 중요한것은 움직이고 있는 차량주변의 지형과 수목(terrain and tree)으로인한 감쇄와 다중통로(multipath)로 인한 신호의 질의저하(degradation)이다.

예로서 가로수가 늘어선 도로를 달리고있는 차량은 이러한 가로수들로 인해서 전파(propagation)의 그늘(shadowing)속에 놓이게 된다. 따라서 LMSS에서 전파의 통로는 가로수의 가지와 잎을 통해서 차량에 부착되어있는(이러한 LMSS에 대비해서 앞으로 나올 차량의 모형도는 차량의 지붕에 dish ant를 얻을수 있게끔 지붕이 약간 움푹패였음) 안테나로 연결되는데 현재까지는 이러한 수목들로 인한 신호의 감쇄 또는 질의 저하에 대한 데이터가 빈약한 실정이다.

그러므로 수목(tree)로 인한 신호감쇄에 대해서 지금까지 소개된 몇가지 측정및 계산방법을 설명하고 본론에서 Fresnel diffraction 이론

을 이용한 새로운 수치해석 방법에 대해서 언급 하겠다.

2. 신호감쇄의 근사치 계산방법

지금까지 발표된 참고문헌에 의하면 몇몇 사람이 나무로 인한 신호감쇄를 측정은 하였지만¹⁻⁵⁾ 여러가지 나무의 종류에 따른 감쇄에 대해서는 구체적인 측정데이터가 없는 실정이다.

LaGrone과 Chapman⁶⁾은 약 3 GHz의 주파수에서 나무숲 (tree grove)으로 인한 신호감쇄를 측정하기 위해서 송신기를 높은 타워에 설치하거나 비행기에 탑재해서 수목이 감쇄에 어떠한 영향을 주는가 측정하였다. 그러나 이러한 수목으로 인한 신호감쇄를 이론적으로 정확하게 규명한 사람은 아직없으며 다음에 소개하는 몇 가지 근사적인 이론만이 존재할 뿐이다.

2.1 Exponential decay model

이러한 근사방법은 여러가지 신호감쇄에 대한 측정결과를 토대로 전파가 수목을 통과해서 진행할때 발생하는 손실을 나타내는 근사식으로서 exponential decay (EXD) model과 modified exponential decay (MED) model의 두가지 방법이 있다.

EXD모델에서의 신호감쇄에 대한 표현식은 다음과 같다.

$$L (dB) = 0.26F^{0.77} dl$$

여기서 L은 dB로 표시된 수목으로 인한 손실을 F는 GHz의 주파수를 그리고 dl은 m로 측정된 수목의 깊이 (depth of the tree)를 각각 나타낸다.

MED모델에서의 손실에 대한 근사적 표현식은 수목의 깊이에 따라서 아래의 식에서 보는것처럼 약간 달라지게 된다.

$$L (dB) = 1.33F^{0.284} dl^{0.588}, 14 \leq dl \leq 400$$

$$L (dB) = 0.45F^{0.284} dl, 0 \leq dl \leq 14$$

여기서 첫번째 식은 수목의 깊이가 14~400(m) 일때 적용되며 두번째 식은 수목의 깊이가 0~

14(m) 일때 적용되는 식이다. 그밖의 L, F 및 dl은 EXD 모델 때와 같다.

2.2 Fractal theory model

이방법은 fractal theory를 사용해서 나무잎에 대한 scattering model을 밀리미터파 영역에서 세우는 것이다.

나무잎을 water와 solid material의 혼합체로 이루어진 유전체의 얇은 구각 (thin spherical shell)의 한 부분으로 생각한다. 그다음 나무잎들의 곡률반경에 대해서 어떤 정해진 확률밀도함수를 가정 하므로서 규준화 (normalized)된 radar cross section을 계산하는 것이다.

나무잎들의 위치는 나무의 구조에 대한 fractal theory model을 사용해서 계산하며 잎의 경사각 분포는 5개의 서로 다른 형태로 분류된다. 또 컴퓨터로 잎의 면적에서 나무의 작은 면적에 대한 NRCS (mornalized radar cross section)를 계산해서 이러한 NRCS가 나무의 모양을 형성토로 한다. 그러면 이러한 NRCS는 scattering intensity가 위치의 함수가 되도록 하며 이러한 계산 방법에서는 나무잎의 shadowing과 absorption의 두 영향을 모두 고려하는 이점이 있다.

2.3 Fresnel diffraction theory model

지금까지 알려진 Fresnel diffraction 이론을 이용해서 신호의 감쇄를 계산한 것은 다만 나무의 중간부분 줄기 (trunk)로 인한 감쇄를 나무의 후면에서 신호의 진행방향과 수직이 되는 lateral line 상에서의 상대적인 field세기를 계산하는 비교적 간단한 경우였다.⁷⁾

이러한 계산방법에서는 나무의 중간줄기 폭과 같은 폭의 불투명한 장애물 (opaque obstacle) 뒷면에서의 손실을 Fresnel diffraction 이론을 이용하여 계산하였다.

그러나 실제로 통신위성과 지상에서 운행중인 차량간의 송·수신에 있어서 장애가 되는 부분은 나무의 중간 줄기가 아니고 나무의 상단 부분이다. 물론 상단 부분은 어느정도가 이러한 통신에 장애를 주느냐는 송신기의 고도각 (elevation angle), 주행중인 자동차의 도로상에서

의 위치 그리고 도로변의 가로수들의 높이 및 밀집 정도에 따라서 달라지게 된다. 또한 주파수가 너무 높지 않는 ($f=870\sim 1,500\text{MHz}$) 경우에는 나무의 앞으로 인한 영향은 비교적 무시 할 수 있으며 가장 중요한 요인은 나무의 상단 부분 가지 (limb)로 인한 것이다. 그러므로 이러한 각각의 나무가지를 유한크기의 스트립 장애물 (finite strip obstacle)로 간주하고 Fresnel diffraction 이론을 이용해서 각 스트립으로 인한 신호 감쇄를 계산한다.

한 그루의 나무 (single tree)는 이러한 유한 스트립 장애물의 조합으로서 이루어 진다고 생각할 수 있으므로 나무의 상단부분으로 인한 감쇄는 각각의 유한 스트립으로 인한 감쇄의 합이 된다.

그림 1은 이러한 유한 스트립 장애물의 조합으로서 이루어진 한 그루의 나무를 나타내고 있으며 나무의 전체 높이는 약 8m이고, 폭은 약 3.8m이다. 또한 수치계산에 필요한 좌표계의 원점은 그림에서 보는것 처럼 지상으로 부터 약 5m 되는 높이에 그리고 편의상 좌우 대칭으로 나무의 모양을 만들었으므로 그의 중심에 위치한다.

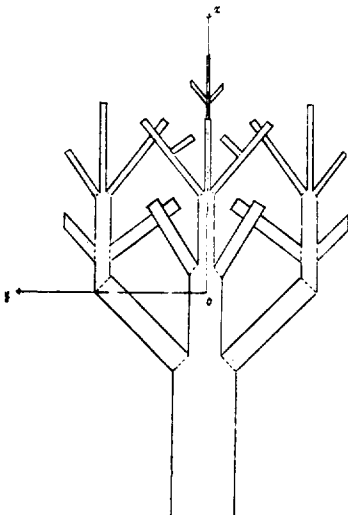


그림 1. finite strip obstacle의 조합으로서 이루어진 나무의 모형.

3. Fresnel diffraction 이론을 이용한 신호감쇄의 수치계산

나무의 가지 (limb)를 나타내는 유한 스트립 장애물로 인한 신호의 감쇄는 Fresnel diffraction 이론에 의해서 쉽게 계산 할 수 있다.

그림 2a와 2b는 그림 1의 나무가 통신위성과 지상차량 사이의 교신통로에 놓여 있을때 신호 감쇄에 어떠한 영향을 주는가에 대한 수치계산

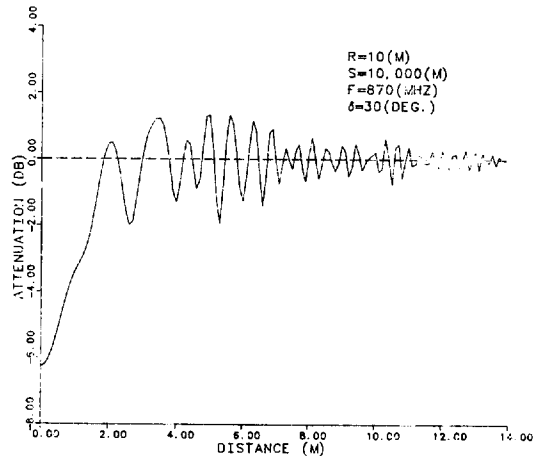
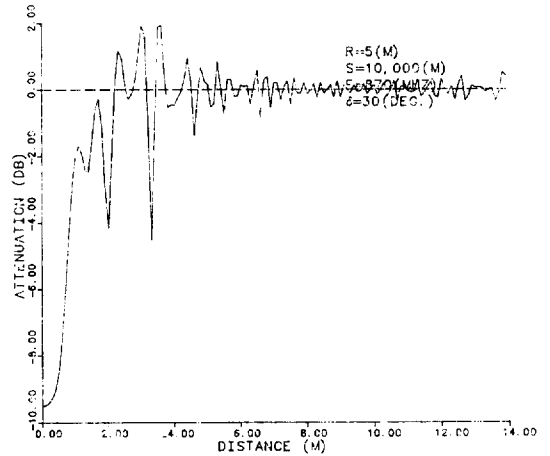


그림 2. Fresnel diffraction이론을 이용한 그림 1의 장애물로 인한 신호감쇄.

결과이며 이러한 수치계산은 컴퓨터를 이용해서 얻었다.

먼저 그림2a에서 나무로부터 수신기까지의 거리 $R=5m$, 송신기까지의 거리 $S=10km$, 송신기의 고도각 $\delta=30^\circ$ 그리고 송신 주파수를 $f=870MHz$ 로 잡았을때 나무의 중심으로부터 송·수신기의 위치가 측면으로 동시에 이동할때 거리(그림에서 횡축)에 따른 신호의 감쇄를 보여주고 있다. 또한 그림2b는 모든 파라미터의 값이 그림2a의 경우와 같으며 다만 나무로부터 수신기까지의 거리가 $R=5m$ 에서 $R=10m$ 로 변했을 때의 신호감쇄 곡선이다.

우리가 예상했던 대로 나무의 중심 부근에서는 가지들이 밀집해 있으므로 그로 인한 신호감쇄가 매우크고 나무가 중심으로 부터 멀리 떨어질수록 이러한 감쇄는 줄어들어 결국 무손실 0(dB)에 접근해 감을 볼수있다. 또한 그림 2a와 2b를 비교해 볼때 나무로부터 수신기까지의 거리가 멀어질수록 신호의 감쇄는 적어짐을 알수있다. 이러한 이론적인 계산치는 신호감쇄의 측정치와 잘 일치함을 볼수 있었다.

4. 신호감쇄의 측정

위에서 언급한 것처럼 정지통신위성과 지상차량간의 통신에 큰 영향을 주는 도로변의 가로수들로 인한 신호감쇄를 측정하기 위해서 헬리콥터에 송신기를 탑재하고 이러한 송신기로 부터의 870MHz의 무변조 신호를 송신토록 했다.

지상에서는 수신기를 탑재한 차량을 헬리콥터와 같은 속도및 방향으로 진행토록 하면서 송신기 고도각 변화에 따른 도로변의 가로수들로 인한 신호감쇄를 측정 하였다.

그림 3은 이와같이 해서 얻은 측정결과를 보여주고 있다. 그림에서 횡축은 신호감쇄를 증축은 감쇄가 횡축의 감쇄보다 클 확률을 나타낸다. 또한 Run001은 송신기의 고도각을 50° 로 Run002는 45° 로 5° 씩 고도각을 줄여 가면서 최종 Run006일때는 고도각을 25° 로 취했을 때의 신호감쇄 곡선이다.

예로서 그림에서 10(dB)의 전력손실을 갖고

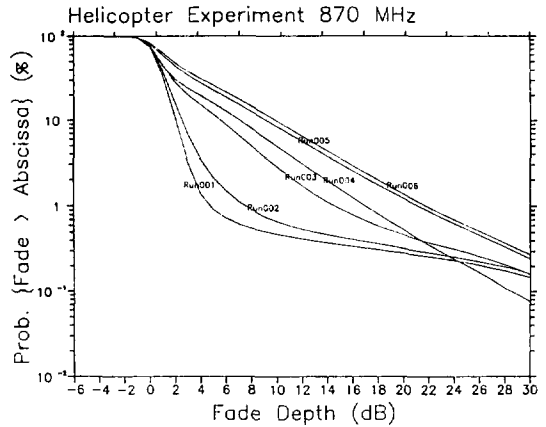


그림 3 가로수들로 인한 신호감쇄 곡선

통신위성과 지상차량간의 통신을 할수있는 확률은 고도각이 50° 일때 (Run001) 99.6%인데 반해서 고도각이 25° 일때 (Run006)에서는 90%로 그 확률이 떨어짐을 알수 있다.

그 이유는 고도각이 50° 일때 자동차와 통신위성간에 가로수가 나타날 확률이 고도각이 25° 일때보다 낮기 때문이다.

5. 결론

정지통신위성과 지상에서 이동중인 자동차간의 통신에서 도로변의 가로수가 중요한 변수로 작용함은 분명하다.

이러한 가로수들로 인한 감쇄는 일반적으로 송·수신 주파수, 신호의 polarization, 안테나의 고도각 그리고 가로수의 종류에 따라서 크게 변한다.

그러므로 이들로 인한 신호감쇄를 정확히 계산하는 것은 거의 불가능 하리라고 본다. 여기서 소개한 Fresnel diffraction 이론을 이용한 근사해법은 앞으로 곧 실현될 통신위성을 이용한 LMSS의 시스템 설계에 매우 유용하게 사용되리라고 본다.

참고 문헌

- (1) J.S.Butterworth, "Propagation measurements for Land-Mobile Satellite services in the 800 MHz band", Communication Research Center Technical Note

No.724, Ottawa, August, 1984.

- (2) J.S.Butterworth, “Propagation measurements for Land-Mobile Satellite systemes at 1542 MHz”, Communications Research Center Technical Note No. 723, Ottawa, August, 1984.
- (3) W.J.Vogel and E.K.Smith, “Theory and Measurement of Propagation for Satellite to Land Mobile Communication at UHF”, 35th IEEE Vehicular Technology Conference, Boulder, Co., May 21-23, 1985.
- (4) International Radio Consultative Committee (CCIR) of the International Telecommunication Union, Recommendations and Reports of the CCIR, Volume

V, Propagation in Non-Ionized Media, XVth Plenary Assembly, Geneva, 1982.

- (5) J.A.Saxton and J.A.Lane, “V.H.F. and U.H.F. Reception”, “Wireless World, pp.229-232,1955.
- (6) A.H.LaGrone and C.W.Chapman, “Some Propagation Characteristics of High UHF Signals in the Immediate Vicinity of Trees”, IRE Trans. of Anten. & Progag., September, 1961.
- (7) J.S.McPetrie and L.H.Ford, “Some Experiments of the Propagation of 9.2cm Wavelength, Especially on the Effects of Obstacles”, Journal of the IEE, Part IIIa, London, England, 1964.

大韓電氣協會 主催

「電力電子工業을 이용한 産業設備 自動制御 세미나」안내

대한전기협회(회장 박정기)에서는 最近 電力設備의 自動化 및 高度의 精密化 趨勢에 따라 自動制御 應用에 關한 先進技術의 普及으로 國內 産業의 技術向上과 生産性 提高를 爲한 國際的 産業機器 專門 메이커인 西獨의 B.B.C (Brown Boveri & Cie)所屬 金昌德 首席研究員 特別 招請세미나를 아래와 같이 개최함.

- 期 間 : 1987. 5. 25(月) ~ 5. 29(金) 1987.
- 場 所 : 大韓電氣協會講堂 大韓電
- 受 講 料 : 70,000원(教材代 包含)
- 講 題 目 : * 最新 電力用半導體素子の 概況
 - * 電力用 半導體의 特性
 - * Power-Thyristor, Transistors Diode
 - * 自動制御 回路
 - * Power Rectifier System
 - * Rectifier의 原理
 - * Thyristor의 통제전환(Commutating)
 - * Converter
 - * Inverter
 - * Power Regulator

接 受 處 : 社團法人 大韓電氣協會

☎☎☎ - □□ 서울特別市 中區 水標洞 11-4. Tel : 274 - 1661

○ 온라인番號 : 025 - 13 - 18923 - 3 (외환은행 을지로지점)