

## 도로변 가로수로 인한 전자파의 장애에 관한 연구

正會員 吳 一 德\*

A Study on Obstruction of Radio Waves  
by Trees on the RoadEel Deok Oh\* *Regular Member*

## 要 約

위성을 이용한 차량과의 이동통신시 도로 주변의 가로수가 신호감쇠의 주요 원인이 된다. 이러한 가로수로 인한 신호감쇠를 해석하기 위하여 가로수를 구형장애물들의 조합으로 모델화 시키고, 가로수 모델에 대한 신호세기의 변화를 Fresnel 및 Kirchhoff 회절이론을 근거로 유도하였다.

가로수 모델에 의한 신호감쇠를 송·수신 거리, 송·수신 단의 위치 및 고도각을 변화시켰을 때의 이론치를 수치해석적으로 계산하여 실험치와 비교하였다. 이론치와 실험치와를 비교한 결과 신호감쇠 경향이 일치함을 볼 수 있었다.

## ABSTRACT

In the case of the mobile communication of vehicles with satellite, the signal attenuation is due to roadside trees. To analyze this signal attenuation, a roadside tree was modeled as different obstacles of rectangular type and then using Fresnel and Kirchhoff diffraction theory, a formula was derived for signal intensity variation caused by the roadside tree model.

The signal attenuation of a roadside tree model was obtained by numerical analysis with variation of the elevation angle, the position and distance between a receiver and a transmitter, and these were compared with experimental results. The results of comparison between theoretical and experimental values show, as expected, the good agreement of the signal attenuation trend.

## I. 서 론

\*大田産業大學校 電子工學科  
Dept. of Elec. Eng., Taegon Nat'l Univ. of Tech.  
論文番號: 9466  
接受日字: 1994年 3月 4日

LMSS(land mobile satellite system) 통신시에 중요한 문제로 대두 되는 것은 진행 중인 차량 주변에 항상 나타나게 되는 도로변의 가로수나 건물 또는 산악과 같은 지형지물에 의한 신호 감쇠이다.

그러나 지금까지 발표된 대부분의 논문에서는 통신로상에 나타나는 장애물 중에서 숲이나 수목들로 인한 전자파의 신호 감쇠를 측정 데이터를 근거로 분석식만을 제시하고 있다.<sup>1),2),3)</sup>

본 논문에서는 주파수 공유 통신(Trunked Radio System: TRS) 및 이동 전화의 낮은 Band의 주파수 대인 824~849 MHz의 선과특성을 이해하기 위하여, Fresnel-Kirchhoff 회절이론을 이용하여<sup>4)</sup> 이동 통신용 통신위성과 도로를 진행 중인 차량과의 통신시에 가로수로 인한 신호감쇠를 예측하기 위하여 구형 장애물(rectangular obstacle)이 임의의 위치에서 회절되었을 때의 신호감쇠 정도를 이론적으로 유도하였다.

이러한 이론식을 이용하여 다수의 구형장애물로 구성되는 가로수를 설정하여 차량에서 통신을 행할 때 도로변의 가로수에 의하여 수신 단에서 수신되는 전자파의 강도 변화를 송·수신기리 및 송·수신 단의 위치 등을 변화시켜 가면서 계산하였으며 장애물 사이에 서로 겹치는 부분을 고려하지 않음으로서 오차를 무시하기 어려웠던 Vogel과 Hong의 결과와 비교하여 제시하였다.<sup>5)</sup>

이와 같이 해서 얻은 새로운 이론식을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 수치해석적으로 그 결과를 얻고 실험결과와 비교함으로써 이론의 타당성을 입증 하였다.

## II. 회절(Diffraction)이론

통신로상에 그림 1과 같이 평면내의 개구면의 크기는 파장에 비하여 크지만 개구면 내의 임의의 점 Q와 P<sub>0</sub> 및 Q와 P간의 거리가 r 및 s에 비하여 작다고 가정하자.

여기서 P<sub>0</sub>는 Source Point, P는 Observation Point이며, P<sub>0</sub>와 개구면과의 거리를 r, 개구면과 P점까지의 거리는 s이다.

Fresnel-Kirchhoff 회절공식에 의하여 P점에서의 전자파의 disturbance I(P)는 다음 식으로 나타낼 수 있다.<sup>4)</sup>

$$I(P) = \frac{-jA}{2\lambda} \iint_a \frac{\exp[jk(r+s)]}{rs} [\cos(n, r) - \cos(n, s)] ds \quad (1)$$

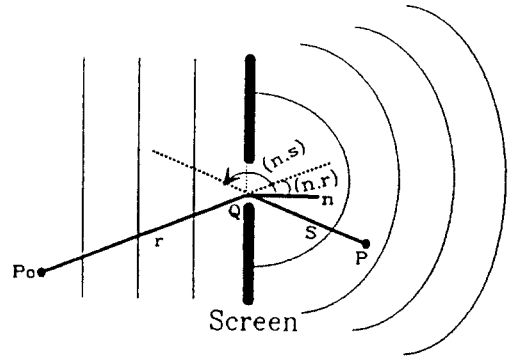


그림 1. Aperture에서의 회절현상  
Fig. 1. Diffraction on by a small aperture.

여기서 A는 상수이며 λ는 파장, k는 전파상수이고 a는 P점에서 신호의 크기를 결정하기 위한 개구면의 면적이며, cos(n, r) 및 cos(n, s)는 방향여현이다.

면적소 ds가 적분영역내에서 임의의 면적을 나타내기 위하여 임의의 위치를 취할때 r+s는 일반적으로 수 배의 파장 만큼 변하게 될 것이며 그 결과 exp[jk(r+s)]는 매우 심하게 그 값이 진동하게 될 것이다. 반면에 스크린으로부터 점 P<sub>0</sub> 및 P까지의 거리가 개구면의 선형적 크기(linear dimension)에 대하여 충분히 크면 cos(n, r) - cos(n, s)는 개구면 상에서 심한 값의 변화를 일으키지 않을 것이다. 더우기 만약 점 Q가 개구면 내의 어떤 한 점이라면 직선 P<sub>0</sub>Q 및 QP가 P, P<sub>0</sub>와 이루는 작은 그다지 크지 않을 것이므로 이것을 2cosδ로 대체해도 될 것이다.

여기서 δ는 직선 P, P<sub>0</sub> 및 스크린의 법선이 이루는 각이다. 따라서 1/rs 변수만 1/r's'로 대체하면 식 (1)은 다음과 같이 될 것이다.

$$I(P) = \frac{-jA}{\lambda} \frac{\cos\delta}{r's'} \iint_a \exp[jk(r+s)] ds \quad (2)$$

개구면 내에 원점을 둔 직각 좌표계를 도입하고 변수환을 하게되면 점 P에서의 신호의 세기는 다음과 같이 표시된다.<sup>16)</sup>

$$I(P) = |D|^2 (E^2 + F^2) \quad (3)$$

여기서

$$D = (-jA/\lambda) \cos\delta \{ \exp[jk(r+s)]/r's' \}$$

$$E = d \iint_a \cos[(\pi/2)(u^2 + v^2)] dudv$$

$$F = d \iint_a \sin[(\pi/2)(u^2 + v^2)] dudv$$

$$d = \lambda/2 (1/r' + 1/s') \cos\delta$$

새로운 변수  $u$  및  $v$ 는 개구면 내의 직각좌표변수  $\xi$  및  $\eta$ 와 다음과 같은 관계가 있다.

$$(2/\lambda)(1/r' + 1/s')\xi^2 \cos^2\delta = u^2$$

$$(2/\lambda)(1/r' + 1/s')\eta^2 = v^2$$

### 1. 임의의 위치에서 회전된 구형 장애물

도로변의 가로수는 다수의 구형 장애물의 조합으로 이루어져 있다고 할 수 있으므로 이동통신에서 구형 장애물이 통신로상에 임의의 위치에서 각  $\alpha$  만큼 회전되어 존재하는 경우에 신호감쇠의 영향을 알아보기 위하여 Fresnel-Kirchhoff 회절공식을 이용하여 회절이론을 유도하고자 한다.

그림 2는  $Z=0$  인  $X-Y$  평면에 임의의 위치에서 각  $\alpha$  만큼 회전된 구형 장애물이다.

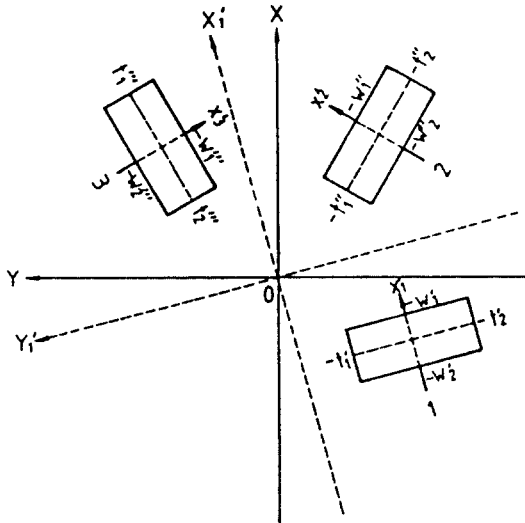


그림 2. 임의의 위치에서 회전된 구형장애물  
Fig. 2. A rotated rectangular obstacle in arbitrary position.

임의의 위치에서 회전된 구형 장애물이 그림 2와 같이 존재할 때 1의 위치 ( $\alpha = \alpha_1$ )에서 구형 장애물의 적분구간은 다음과 같다.

$$-w' < u' < \infty \quad , \quad -\infty < v' < \infty$$

$$-w' < u' < -w' \quad , \quad -t' < v' < \infty$$

$$\quad , \quad -\infty < v' < -t'$$

$$-\infty < u' < -w' \quad , \quad -\infty < v' < \infty$$

여기서 새로운 좌표에 의한  $w'$  및  $t'$ 는 다음과 같이 정의된다.<sup>[6]</sup>

$$w' = (2/\lambda)(1/r' + 1/s')(1 - \cos^2\alpha \sin^2\delta) x'_n$$

$$t' = (2/\lambda)(1/r' + 1/s')(1 - \sin^2\alpha \sin^2\delta) y'_n$$

또한 새로운 적분변수  $u'$  및  $v'$ 는 다음과 같다.

$$(2/\lambda)(1/r' + 1/s')(1 - \cos^2\alpha \sin^2\delta) \xi^2 = u'^2$$

$$(2/\lambda)(1/r' + 1/s')(1 - \sin^2\alpha \sin^2\delta) \eta^2 = v'^2$$

이때  $x'$  및  $y'$ 는  $x$  및  $y$ 의 좌표이다. 여기서  $n$ 은 구형 장애물의 갯수를 나타내며 그림 3과 같이 각각 4개의 좌표를 갖는다.

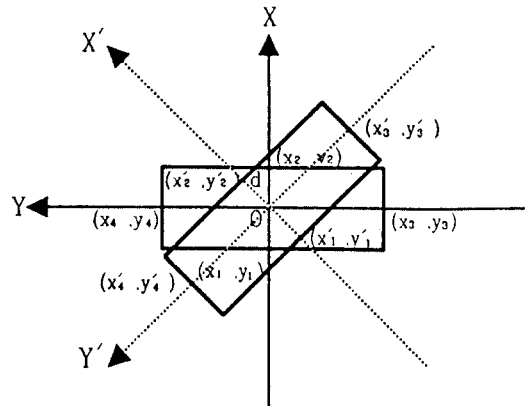


그림 3. 구형 및 회전된 구형 장애물의 좌표  
Fig. 3. Coordinate of rectangular and rotated rectangular obstacle.

이때 임의의 위치에서 회전된 구형 장애물의 좌표 변환된 식은 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned} x_1' &= x_1 \cos \alpha + y_1 \sin \alpha \\ x_2' &= x_2 \cos \alpha + y_2 \sin \alpha \\ y_1' &= -x_3 \sin \alpha + y_3 \cos \alpha = y_3' \\ y_2' &= -x_4 \sin \alpha + y_4 \cos \alpha = y_4' \end{aligned}$$

따라서  $E$  및  $F$ 는 Fresnel 적분의 성질을 이용하여 다음 식으로 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} E &= d' \left[ \int_{-x}^{-w_1} du' \int_{-x}^x dv' + \int_{-w_2}^{-w_1} du' \right. \\ &\quad \left. \left[ \int_{-x}^{-t_2} dv' \int_{-t_1}^x dv' \right] + \int_{-w_1}^x du' \int_{-x}^x dv' \right] \\ &\quad \cos \frac{\pi}{2} (u'^2 + v'^2) \end{aligned} \tag{4}$$

$$\begin{aligned} F &= d' \left[ \int_{-x}^{-w_1} du' \int_{-x}^x dv' + \int_{-w_2}^{-w_1} du' \right. \\ &\quad \left. \left[ \int_{-t_2}^{-t_1} dv' + \int_{-t_1}^x dv' \right] + \int_{-w_1}^x du' \int_{-x}^x dv' \right] \\ &\quad \sin \frac{\pi}{2} (u'^2 + v'^2) \end{aligned}$$

여기서

$$d' = d \frac{\cos \delta}{\sqrt{(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta)(1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta)}}$$

또한 2, 3 위치에서의 회전된 구형 장애물에 대한 전자파의 강도변화를 구하려면, 같은 방법에 의하여 계산할 수 있다.

### 2. 일부가 겹쳐진 구형 장애물

Vogel과 Hong이 고려하지 않은 복합 장애물에서의 중첩된 부분을 고려하기 위하여 그림 4와 같이 구형 장애물의 원점이 통신로상에 위치하고 있는 경우에 일부가 겹쳐진 구형 장애물에 대한 전자파의 강도변화를 유도하고자 한다.<sup>[5]</sup>

그림 4에서 일부가 겹쳐진 구형 장애물 그림(a)는 그림(b)와 같이 장애물이 존재하지 않는 전공간에 대하여 전자파의 강도를 구하고, 그림(c)와 같은 구형 장애물과 그림(d)와 같은 겹쳐진 부분을 제외한 구형

장애물에 대한 전자파의 강도를 구하여 전 공간에 대한 전자파의 강도에서 빼어 주면 된다.

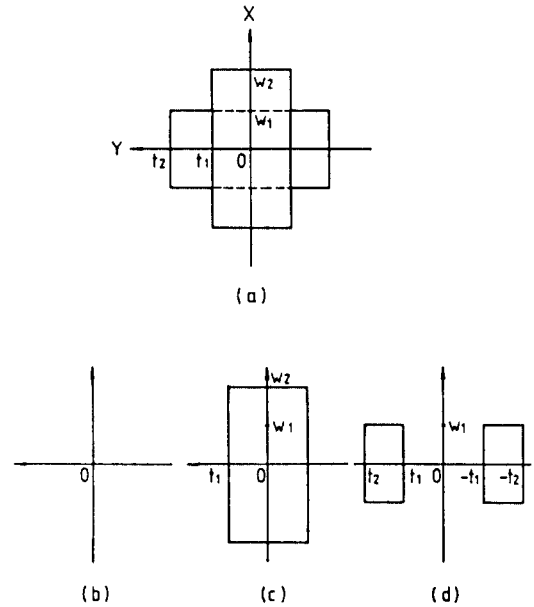


그림 4. 일부가 겹쳐진 구형 장애물  
Fig. 4. Rectangular obstacles with some overlapped.

$$\begin{aligned} E &= 2d \left[ \int_0^x du \int_{-x}^x dv - 2 \int_0^{w_2} du \int_0^{t_1} dv \right. \\ &\quad \left. - 2 \int_0^{w_1} du \left[ \int_0^{t_2} dv - \int_0^{t_1} dv \right] \right] \cos \frac{\pi}{2} (u^2 + v^2) \end{aligned} \tag{5}$$

$$\begin{aligned} F &= 2d \left[ \int_0^x du \int_{-x}^x dv - 2 \int_0^{w_2} du \int_0^{t_1} dv \right. \\ &\quad \left. - 2 \int_0^{w_1} du \left[ \int_0^{t_2} dv - \int_0^{t_1} dv \right] \right] \sin \frac{\pi}{2} (u^2 + v^2) \end{aligned}$$

### 3. 가로수 모델 (Tree model)

Tree model을 구형 장애물의 조합으로 이루어지는 과정에서 발생하는 겹치는 부분들을 중첩의 원리를 적용하여 고려함으로써 정확한 전자파의 강도변화를 계산하였다.

그림 5는 33개의 구형 장애물의 조합으로 이루어져 있는 Tree model이다.

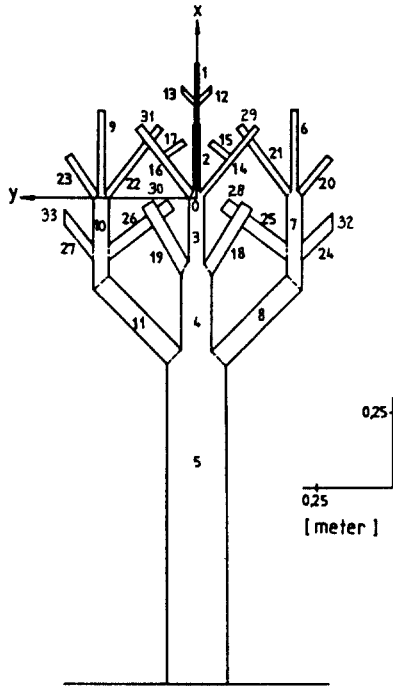


그림 5. 가로수에 대한 표본화  
Fig. 5. Modeling of roadside tree.

이제 Tree model에 대한 전자파의 신호감쇠를 유도하고자 한다.

$I = |D|^2 (E^2 + F^2)$  이므로 다음과 같이  $E$  및  $F$ 를 구하면 된다.

$$\begin{aligned}
 E &= E_0 - \sum_{i=1}^n E_i \\
 &= \left[ d \int_{-x}^{\infty} du \int_{-x}^x dv - d \int_{x_1}^{x_2} du \int_{y_1}^{y_2} dv \right. \\
 &\quad \left. - d' \int_{x_1'}^{x_2'} du' \int_{y_1'}^{y_2'} dv' - \dots \right] \cos \frac{\pi}{2} (u^2 + v^2) \\
 &= \left[ d \int_{-x}^{\infty} du \int_{-\infty}^{\infty} dv - \int_{x_1}^{x_2} du \int_{y_1}^{y_2} dv \right. \\
 &\quad \left. - \frac{\cos \delta}{\sqrt{(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta)(1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta)}} \int_{x_1'}^{x_2'} du \right. \\
 &\quad \left. \int_{y_1'}^{y_2'} dv - \dots \right] \cos \frac{\pi}{2} (u^2 + v^2)
 \end{aligned} \tag{6}$$

또한  $E_0$ 는 전 공간에 대한 cosine integral 이고  $E_n$ 은 각각의 장애물에 대한 cosine integral이다.

$$\begin{aligned}
 F &= F_0 - \sum_{i=1}^n F_i \\
 &= d \left[ \int_{-x}^{\infty} du \int_{-\infty}^x dv - \int_{x_1}^{x_2} du \int_{y_1}^{y_2} dv \right. \\
 &\quad \left. - \frac{\cos \delta}{\sqrt{(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta)(1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta)}} \int_{x_1'}^{x_2'} du \right. \\
 &\quad \left. \int_{y_1'}^{y_2'} dv - \dots \right] \sin \frac{\pi}{2} (u^2 + v^2)
 \end{aligned} \tag{7}$$

여기서  $F_0$ 는 전 공간에 대한 sine integral 이고,  $F_n$ 은 각각의 장애물에 대한 sine integral 이다.

각 항에 대하여 cosine integral을 계산하여 보면 다음과 같다.

$$E_0 = [1/2 + Ci(x)] - [1/2 + Si(x)] = Ci(x) - Si(x) \tag{8}$$

$$\begin{aligned}
 E_n &= \frac{\cos \delta}{\sqrt{(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta)(1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta)}} \{ [Ci(x_2')] \\
 &\quad - Ci(x_1')] [Ci(y_2') - Ci(y_1')] - [Si(x_2') \\
 &\quad - Si(x_1')] [Si(y_2') - Si(y_1')] \}
 \end{aligned} \tag{9}$$

같은 방법으로 sine integral을 계산하면 다음과 같다.

$$F_0 = [1/2 + Si(x)] + [1/2 + Ci(x)] = 1 + Ci(x) + Si(x) \tag{10}$$

$$\begin{aligned}
 F_n &= \frac{\cos \delta}{\sqrt{(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta)(1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta)}} \{ [\sin(x_2')] \\
 &\quad - Si(x_1')] [Ci(y_2') - Ci(y_1')] + [Ci(x_2') \\
 &\quad - Ci(x_1')] [Si(y_2') - Si(y_1')] \}
 \end{aligned} \tag{11}$$

이다. 장애물이 없을 때의 신호의 세기  $I_0$ 는  $I_0 = 4 |D|^2 d^2$  이므로 정규화된 P점에서 신호의 세기는 다음 식에 의하여 구할 수 있다.

$$\frac{I}{I_0} = \frac{1}{4} \left[ (Ci(x) - Si(x)) \frac{\cos \delta}{\sqrt{(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta)(1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta)}} K' \right]^2$$

$$+ [1 + Si(x) + Ci(x)] \quad (12)$$

$$\frac{\cos \delta}{\sqrt{(1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta)(1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta)}} K' ]^2$$

여기서

$$K' = \{ [Si(x_2') - Si(x_1')] [Ci(y_2') - Ci(y_1')] + [Ci(x_2') - Ci(x_1')] [Si(y_2') - Si(y_1')] \}$$

이다. 위의 (12)식의 이론치를 얻기 위해서 FORTRAN IV 프로그램을 개발하였다.

이러한 결과는 III장에서 실험치와 비교 될 것이다.

### III. 실험결과 및 고찰

송신 안테나에서 복사된 전파가 무반사 및 무투과를 위해서 3mm 두께의 아크릴판에 표 1에서와 같은 특성을 갖는 AU 5107의 Elecoat라는 특수 도료를 coating하였고, 송신 안테나는 10소자 수신 안테나는 5소자 Yagi 안테나를 사용하였다.



사진 1.  $\delta = 30^\circ$  인  $90\text{Cm} \times 205\text{Cm}$  Tree model 장애물에 대한 측정장치

Photo 1. Experimental arrangement for  $90\text{Cm} \times 205\text{Cm}$  Tree model obstacle with  $\delta = 30^\circ$ .

표 1. Elecoat 페인트의 특성

Table 1. Characteristics of Elecoat paint.

종류	특성	조성	색상	비저항 ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )	표면저항 ( $\Omega \cdot \text{cm}^2$ )	감쇠특성 (dB)
AU5107		은동복합 아크릴계	은갈색	$5^{-4}$ 이하	0.2이하	35~68 (0.5-1000MHz)

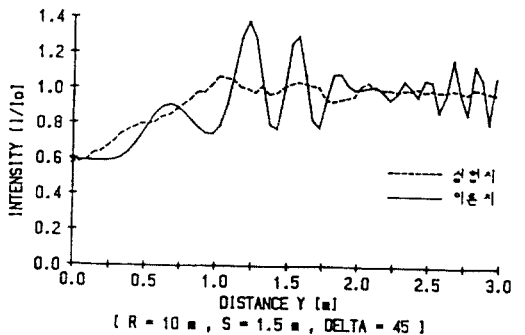
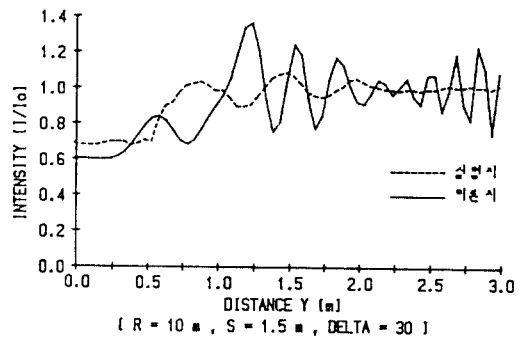
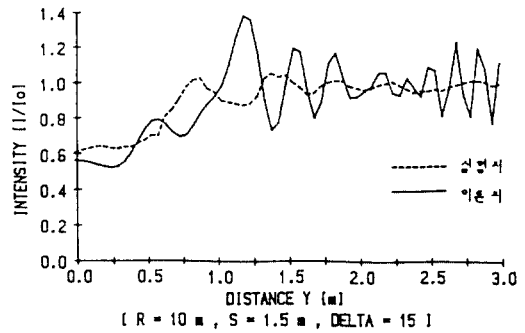


그림 6. Tree model의 고도각  $\delta$  변화에 따른 신호변화  
송·수신 거리 :  $r = 10\text{m}$ ,  $s = 1.5\text{m}$

Fig. 6. Wave intensity for elevation angle variation between of tree model.

receiver and transmitter distance :  $r = 10\text{m}$ ,  $s = 1.5\text{m}$ .

사진 1은 송·수신 안테나 사이에 90cm×205cm 크기의 Tree model이 높은 실험장치를 보여주고 있다.

통신로상에 그림 5에 제시한 Tree model 장애물이 위치하고 있을 경우에 송·수신기와 장애물 간의 거리를 고정시키고, 고도각을 변화시켰을 때와 고도각을 고정시키고, 송·수신기와 장애물간의 거리를 변화시켰을 때 신호변화에 따른 실험결과를 고찰하고자 한다.

Tree model을 구형 장애물이 중첩된 부분을 고려한 경우에 수신 신호의 세기와 중첩된 부분을 고려하지 않았을 때, 수신 신호의 세기를 비교하여 보면 비슷한 특성곡선을 그리면서 미소한 차이를 나타내고 있으며, 송신기와 Tree model 간의 거리  $r=10m$ 이고 Tree model과 수신기 간의 거리  $s=2m$ 이며 고도각  $\delta=15^\circ$  일 때 중심축에서 Y축 방향으로 Tree model을 1.28m 이동시킨 지점에서 수신 신호의 세기가 최대 3.3% 정도 차이가 있었다.

그림 6은 Tree model과 송신기 간의 거리  $r=10m$ , Tree model과 수신기 간의 거리  $s=1.5m$ 로 고정시키고 주파수는 820MHz 일 때 고도각  $\delta$ 를  $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$  로 각각 변화시켰을 때, Tree model을 통신로상의 원점에서 Y 방향으로 5cm 간격으로 3m 까지 이동시켰을 때의 신호 변화를 측정하여 이론치와 비교한 것이다.

그림에서 종축은 정규화된 전자파의 강도  $I/I_0$ 를, 횡축은 Tree model을 Y 방향으로 이동한 거리 변화를 나타내며 실선은 이론치를, 점선은 실험치를 나타내고 있다.

그림 6으로 부터 알 수 있듯이 Tree model의 가시선(line of sight) 근처에서는 실험치가 이론치에 접근하고 있으며 가시선으로 부터 충분히 벗어나면 기대했던 것처럼 1에 접근하고 있다.

그림 7은 Tree model과 송신기 간의 거리  $r=20m$ , Tree model과 수신기 간의 거리  $s=1.5m$ 로 고정시키고 주파수가 820MHz일 때 고도각  $\delta$ 를  $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ$  로 각각 변화시켰을 때, Tree model을 Y 방향으로 그림 6과 같은 방법으로 이동시켰을 때 이론치와 실험치를 비교한 것이다.

그림 8은 고도각  $\delta$ 를  $15^\circ$ 로 고정시키고 송신기와 Tree model과의 거리를 각각  $r=10m, 20m$ 로 이동시키고, Tree model과 수신기 간의 거리  $s=2m$ 로 하였을 때 Tree model을 통신로상의 원점에서 Y 방향으로 각각 5cm 간격으로 3m까지 이동시켰을 때의 신호변화를 측정하여 이론치와 실험치를 비교한 것

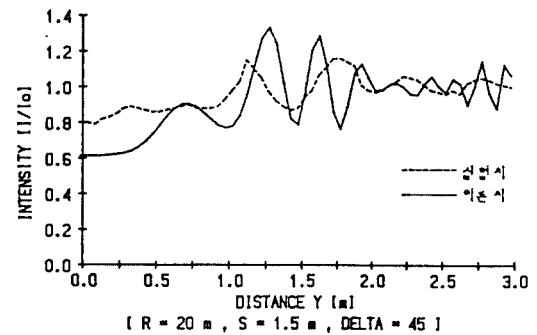
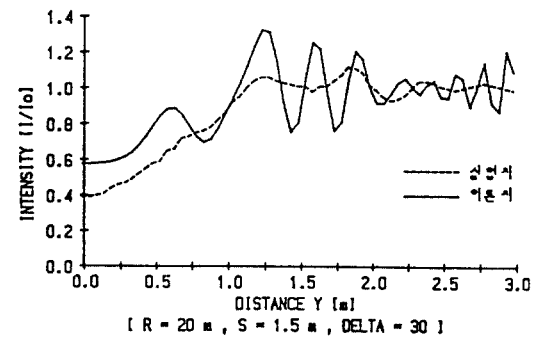
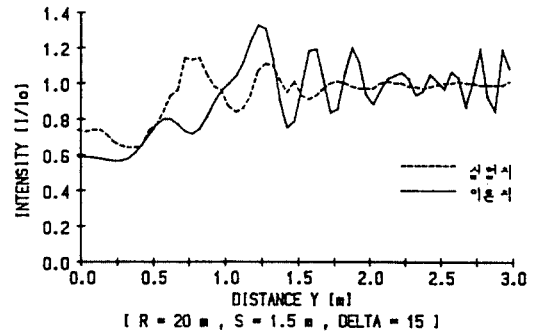


그림 7. Tree model의 고도각 변화에 따른 신호변화  
송·수신 거리  $r=20m, s=1.5m$

Fig. 7. Wave intensity for elevation angle variation of tree model.  
receiver and transmitter distance :  $r=20m, s=1.5m$ .

이다.

그림에서 볼 수 있듯이 송·수신 거리가 멀어짐에 따라, Tree model이 통신로상의 원점에 있을 때에는 신호의 세기가 이론치에 접근함을 알 수 있으며 가시선에서 멀어짐에 따라 점차 1에 접근하고 있다.

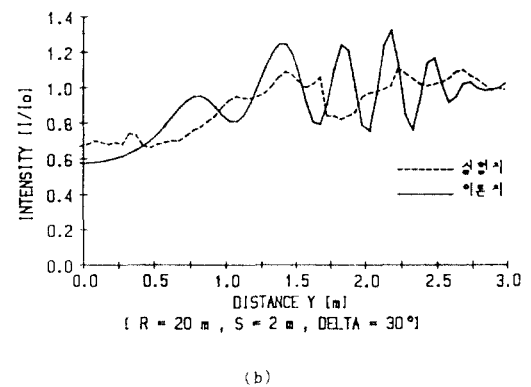
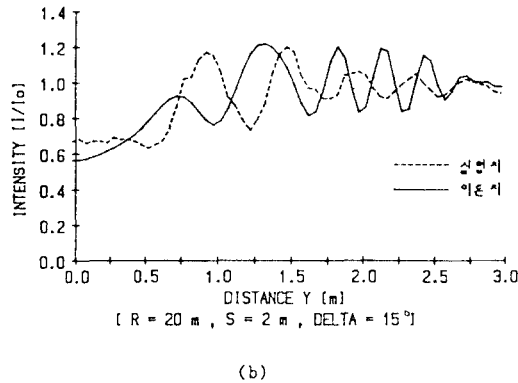
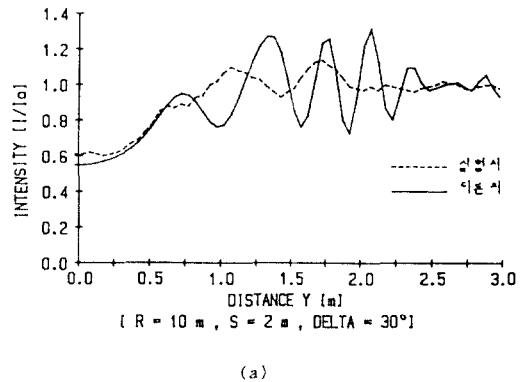
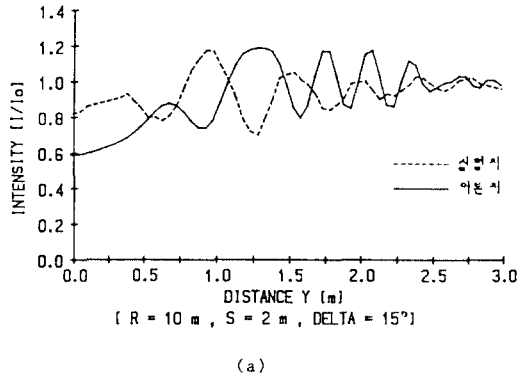


그림 8. Tree model의 송·수신기 거리 변화에 따른 신호변화 고도각  $\delta = 15^\circ$

Fig. 8. Wave intensity for distance variation between the receiver and the transmitter, elevation angle  $\delta = 15^\circ$

실험치가 이론치보다 편위되는 정도도 그림 (a)에 비하여 그림 (b)가 감소하지만 커지는 것을 볼 수 있다.

그림 9는 고도각  $\delta$ 를  $30^\circ$ 로 고정시키고, 다른 파라미터는 그림 8과 같은 방법에 의하여 송·수신 거리를 변화시켰을 때 신호의 세기에 대한 이론치와 실험치를 비교한 것이다.

그림 (a)의 경우에는 통신로상의 원점에서 가시선 근처까지는 이론치와 실험치가 근접하고 있으나 점차 가시선에서 멀어짐에 따라 1에 접근하고 있다. 그러나 그림 (b)와 같이 송신기의 거리가 멀어짐에 따라 안테나의 지향성에 의한 영향으로 신호의 세기에 대한 편차가 커짐을 알 수 있다.

그림 9. Tree model의 송·수신기 거리 변화에 따른 신호변화 고도각  $\delta = 30^\circ$

Fig. 9. Wave intensity for distance variation between the receiver and the transmitter, elevation angle  $\delta = 30^\circ$

#### IV. 결 론

본 연구에서는 Fresnel-Kirchhoff 회절이론을 이용하여 도로변의 가로수로 인한 신호감쇠의 이론치를 계산하기 위하여, 임의의 위치에서 회전된 구형 장애물에 대한 회절이론을 유도하여, 이러한 유한 장애물의 조합으로 이루어진 Tree model을 제시하여 장애물이 서로 겹치는 부분을 고려하여 수치해석적으로 계산함으로써 Vogel과 Hong이 제시한 Tree model에서 겹치는 부분을 고려하지 않음으로써 발생하는 신호감쇠의 오차를 개선하였다.

Tree model에 대한 실험치는 이론치에 비하여 왼쪽으로 편위되어 있으며 고도각이 작을 때에는 이론



치에 근접하고 있으나 고도각이 커짐과 송·수신 거리가 멀어짐에 따라 그 편차가 커짐을 알 수 있으며 이러한 오차는 지향성이 높은 안테나를 사용함으로써 개선 할 수 있을 것이다.

실험결과는 전반적으로 이론치와 잘 일치하고 있으며, 이러한 결과는 통신위성을 이용한 이동통신 시스템 설계시 차량 안테나의 형태, 변·복조방식, 송·수신 주파수, 송신기의 출력을 결정하는 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

### 참 고 문 헌

1. A.H. LaGrone and C.W. Chapman, "Some propagation characteristics of high UHF signals in the immediate vicinity of trees," IRE Trans. of Anten. and propag., pp. 487-491, September, 1961.
2. W.J. Vogel and E.K. Smith, "Theory and measurements of propagation for satellite to land-mobile communication at UHF," Proc. IEEE 35th Vehic. conf., Boulder, Co, pp. 218-223, 1985.
3. J. Goldhirsh and W.J. Vogel, "Roadside tree attenuation measurements at UHF of land-mobile satellite systems," IEEE Trans. Anten. and Propagation, vol. 35, no. 5, pp. 589-596, May 1987.
4. M. Born and E. Wolf, "Principles of Optics," Pergamon press, 1980.
5. W.J. Vogel and U.S. Hong. "Measurements and modeling of land mobile satellite propagation at UHF and L-band," IEEE Trans. Anten. and Propagation, vol. 36, no. 5, pp. 707-719, May, 1988.
6. 홍의석, 오일택, "통신 위성과 지상 차량간의 통신에 있어서 신호감쇠," 대한전자공학회 논문지, 제 26권 제7호, pp.21~29, 1989년 7월.



吳 一 德(Eel Deok Oh) 正會員  
 1944년 10월 6일생  
 1968년 2월 : 광운대학교 전자공학과(공학사)  
 1982년 2월 : 건국대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1990년 2월 : 광운대학교 대학원 전자통신공학과(공학박사)

1979년 8월 ~ 현재 : 대전산업대학교 전자공학과 교수  
 ※주관심분야 : 고주파 공학, 안테나 및 전파전파 등