

# 통신 위성파 지상 차량간의 통신에 있어서 신호감쇠

## (Signal Attenuation in Satellite-Land Mobile Communication)

洪 義 錫\* 吳 一 德\*\*

(Ui Seok Hong and Ell Duck Oh)

### 要 約

유한 스트립 장애물에 대한 신호 세기의 변화를 Fresnel의 회절 이론을 근거로 유도하였다. 장애물의 여러가지 파라미터 변화에 따른 신호의 세기를 이론적으로 계산하였으며 결과를 실험치와 비교하였다.

실험 데이터를 얻기 위해서 3mm 두께의 아크릴 판을 이용하였고 그 표면에 Elecoat라는 특수 페인트를 칠하여 표면에서 생기는 반사파와 투과파를 제거하였다. 송수신 안테나는 10소자 Yagi 안테나를 사용하였으며 주파수는 820MHz를 선택하였다.

끝으로 유한 스트립 장애물의 조합으로서 tree model을 만들어서 이러한 tree로 인한 신호 감쇠를 이론 및 실험적으로 구했다. 수치해석으로 계산된 결과는 실험 데이터와 잘 일치함을 볼 수 있었다.

### Abstract

Using Fresnel diffraction theory a formula is derived for signal intensity variation caused by finite strip obstacles. Signal intensity according to parameter variation of the obstacle is theoretically calculated by a computer and compared with experimental results.

For the experiment, an acryl board 3 mm thick was used on which a special material was painted to prevent some reflections and transmissions of the incident wave. 10-element Yagi antennas were used for transmitting and receiving antenna and the frequency was 820 MHz.

Finally a tree model was made as a combination of many different finite strip obstacles. Signal attenuation calculated from numerical analysis agree reasonably with experimental data.

### I. 서 론

현재 사용하고 있는 이동통신시스템 중 하나인 cellular system의 경우는 여러가지 제약조건이 뒤따르게 된다. 특히 대도시 중심의 한정된 지역에서만 통신이 가능하므로 도시권을 벗어난다든지 산악지방을 운행중인 차량의 경우를 카바하는 새로운 이동통신망 구축이 필요하게 될 것이다. 선진국에서는 통신위성을 이용한 지상의 차량과 차량, 또는 차량과

\*正會員, 光云大學校 電子通信工學科  
(Dept. of Telecomm. Eng., Kwangwoon Univ.)

\*\*正會員, 大田工業大學 電子工學科  
(Dept. of Elec. Eng., Taejon Nat'l. Univ. Tech.)

接受日字: 1989年 5月 8日

(※ 이 논문은 1988년도 문교부 학술 연구조성비에 의한 자유 공모과제로 선정되어 연구되었음.)

office간의 이동 통신망 구축에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>[11]</sup>

약어로 LMSS (land mobile satellite system) 라고 칭하는 이러한 시스템은 임의의 지역을 이동중인 차량이 정지통신위성 (geostationary communication satellite)을 이용해서 "mobile line of sight"의 이동통신을 할 수 있도록 새로운 통신방식을 형성할 것이다.<sup>[12]</sup> 이러한 통신에서 중요한 문제로 대두되고 있는 것중의 하나는 진행중인 차량주변에 항상 나타나게 되는 도로 변의 가로수 및 건물 또는 산악과 같은 지형지물로 인한 신호감쇠와 multipath로 인한 신호의 질의 저하 (degradation)이다. 그러므로 land mobile과 satellite간 전자파의 전파 (propagation)에 영향을 미치는 여러가지 문제가 LMSS 통신을 위해서 선결 되어야 한다. 그러나 지금까지 대부분의 논문은 tree로 인한 신호감쇠의 측정치만을 제시하고 있다.<sup>[13,14,15]</sup> 본 논문에서는 Fresnel diffraction이론을 이용해서 유한 스트립 (finite strip) 장애물에 의한 신호감쇠를 계산하기 위한 이론식을 유도하고, 이러한 스트립 장애물의 길이, 폭, 회전자도등이 감쇠에 미치는 영향을 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 수치해석적으로 조사했다.

이러한 이론적 계산 결과를 실험 결과와 비교하므로써 이론의 타당성을 입증하였고 이 결과를 토대로 도로 변의 tree를 유한 스트립의 조합으로서 modeling하였고, 끝으로 이러한 tree model에 의한 신호감쇠를 수신거리를 변화시켜 가면서 계산하였다.

II. 회절 (diffraction) 이론

Huygens는 파두면 (wave front)의 각 점이 구면파를 발생시키는 secondary disturbance의 point source가 되고 임의의 시간 뒤에 파두면의 위치는 이러한 모든 구면파로 이루어진 포락면이 된다고 생각했다. Fresnel은 구면파가 상호간섭한다는 가정하에 Huygens의 이론을 보완하여 회절현상을 설명하였다. 이와같은 간섭의 원리와 Huygens의 이론을 합하여 Huygens-Fresnel의 원리라고 하는데 Kirchoff는 이 이론에 대한 수학적 체계를 세웠다. 즉 Kirchoff는 Huygens-Fresnel의 원리를 homogeneous wave 방정식의 해를 나타내는 어떤 적분정리의 근사식으로 간주할 수 있음을 보여주었다.<sup>[16]</sup>

그림 1과 같이 점 P<sub>0</sub>에서 불투명한 평면의 개구면 (aperture)을 통과하여 disturbance가 결정되어야 하는 점 P로 진행하는 monochromatic wave를 생각하자.

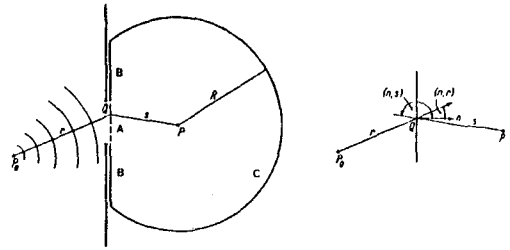


그림 1. Fresnel-Kirchhoff 회절공식을 유도하기 위한 스크린 및 개구면

Fig. 1. Screen and aperture for deriving the Fresnel-Kirchhoff diffraction formula.

평면내의 aperture의 크기는 파장에 비하여 크지만 aperture내의 임의점 Q와 P<sub>0</sub> 및 Q와 P간의 거리, 즉 그림에서 r 및 s에 비하여 작다고 가정하자. 점 P에서 파의 disturbance를 결정하기 위해서는 임의의 구표면 S에 대해서 Kirchoff의 적분을 취하면 된다. 여기서 구 표면 S는 aperture의 면적 A, 스크린의 기하학적 음영부분 B 및 점 P에 중심을 둔 반경 R의 구 표면 C에 의해서 하나의 폐곡면을 이룬다. 그러면 점 P에서 disturbance I(p)는 다음과 같다.

$$I(p) = \frac{1}{4\pi} \left[ \int_a + \int_b + \int_c \right] \left[ I \frac{\partial}{\partial n} \{ \exp(jks)/s \} - \{ \exp(jks)/s \} \frac{\partial I}{\partial n} \right] ds \quad (1)$$

여기서 식(1)의 s는 점 P로부터 면적소 ds까지의 거리를 그리고  $\partial/\partial n$ 는 적분표면에 내향하는 법선 (inward normal)을 따라서의 도함수를 의미한다. 계산의 어려움은 식(1)에 대입할 I 및  $\partial I/\partial n$ 의 값이 각각의 면적 A, B 및 C에서 정확히 주어져야 하나 이것이 불가능하다는 것이다. 그러나 aperture의 바로 인접한 부분을 제외한 면 A상의 I와  $\partial I/\partial n$ 의 값은 스크린이 없을때의 값과 거의 차이가 없고, 면 B에서 이러한 값은 근사적으로 0으로 놓을 수 있다. Kirchoff는 각각의 값을 아래와 같이 놓았다.

$$\text{영역 A : } I = I', \quad \frac{\partial I}{\partial n} = \frac{\partial I'}{\partial n} \quad (2)$$

$$\text{영역 B : } I = 0, \quad \frac{\partial I}{\partial n} = 0$$

$$\text{여기서 } I' = \frac{A \exp(jkr)}{r}$$

$$\frac{\partial I'}{\partial n} = \frac{A \exp(jkr)}{r} \left[ jk - \frac{1}{r} \right] \cos(n \cdot r)$$

이고 A는 상수이다.

식(1)을 Kirchhoff의 boundary condition이라고 하며 Kirchhoff의 회절이론의 기본이 되는 식이다. 영역C에서 I 및  $\partial I/\partial n$ 의 값을 임의로 작게 만들수 있다는 가정하에 이러한 부분으로 부터의 기여도를 무시하면 아래의 식을 얻는다.

$$I(p) = \frac{-jA}{2\lambda} \iint_a \frac{\exp[jk(r+s)]}{rs} [\cos(n \cdot r) - \cos(n \cdot s)] ds \quad (3)$$

식(3)를 Fresnel-Kirchhoff 회절공식이라 한다.

면적소 ds가 적분 영역내 임의의 면적을 나타내기 위하여 임의의 위치를 취할때 r+s는 일반적으로 수배의 파장만큼 변할 것이며 그 결과  $\exp[jk(r+s)]$ 는 매우 심하게 그 값이 진동할 것이다. 반면에 스크린으로 부터 점 P<sub>0</sub> 및 P까지의 거리가 aperture의 선형적 크기(linear dimension)에 대해서 충분히크면  $\cos(n \cdot r) - \cos(n \cdot s)$ 는 aperture상에서 심한 값의 변화를 일으키지 않을 것이다. 더우기 만일 점 0가 aperture내의 어떤 한 점이라면 직선 P<sub>0</sub>O 및 OP가 PP<sub>0</sub>와 이루는 작은 그렇게 크지 않을 것이므로 이것을  $2\cos\delta$ 로 대치해도 될 것이다. 여기서  $\delta$ 는 직선 PP<sub>0</sub> 및 스크린의 법선이 이루는 각이다.

마지막으로  $1/rs$ 은  $1/r's'$ 로 대치하면 식(3)은 다음과 같이 될 것이다. 여기서 r' 및 s'은 좌표원점으로 부터 각각 P<sub>0</sub> 및 P점까지의 거리이다.

$$I(p) = \frac{-jA \cos \delta}{\lambda r' s'} \iint_a \exp[jk(r+s)] ds \quad (4)$$

Aperture 내에 원점을 둔 각각 좌표계를 도입하고 적당한 변수 변환을 하면 임의의 점P에서 신호의 세기는 다음 같이 표시된다.<sup>[5]</sup>

$$I(p) = |B|^2 (C^2 + S^2) \quad (5)$$

여기서

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

$$C = b \int_a \int_a \cos[(\pi/2)(u^2 + v^2)] dudv \quad (6)$$

$$S = b \int_a \int_a \sin[(\pi/2)(u^2 + v^2)] dudv$$

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

이다. 새로운 변수 u 및 v는 aperture 내의 각각 좌표변수  $\xi$  및  $\eta$  와 다음과 같은 관계가 있다.

$$\begin{aligned} (\pi/2)(1/r' + 1/s') \xi^2 \cos^2 \delta &= (\pi/2)u^2 \\ (\pi/2)(1/r' + 1/s') \eta^2 &= (\pi/2)v^2 \end{aligned} \quad (7)$$

본 논문에서는 위와같은 이론을 그림2에서와 같이 z=0인 x-y 평면에 유한 스트립 장애물이 있는 경우에 적용하고자 한다. 여기서 P<sub>0</sub> 및 P는 source 및 observation point이며  $\delta$ 는 P<sub>0</sub>P를 잇는 선분이 z축과 이루는 elevation angle이다. 또 a 및 b는 원점으로 부터의 strip의 높이 및 폭을 나타낸다. 이 경우 스트립 장애물로 인한 신호 감쇠는 식(4)에서 적분구간을 strip이 차지하는 영역을 제외한 모든 영역에 대해서 취하면 된다.

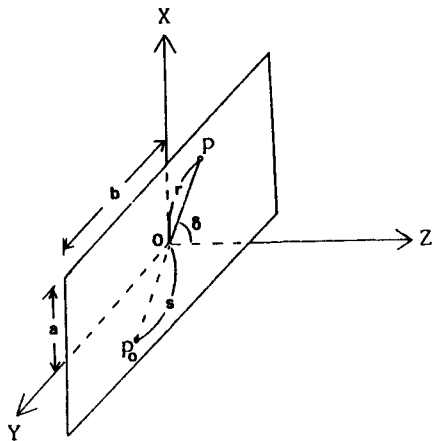


그림 2. x-y 평면상의 유한 스트립 장애물  
Fig. 2. A finite strip obstacle on x-y plane.

장애물이 없을 때의 신호의 세기 I<sub>0</sub>로 정규화된 P점에서의 신호의 세기는 이제 아래와 같다.

$$I/I_0 = 4[\text{Si}(w)\text{Si}(t) - \text{Ci}(w)\text{Ci}(t)]^2 + [1 - 2\text{Si}(w)\text{Ci}(t) - 2\text{Ci}(w)\text{Si}(t)]^2 \quad (8)$$

여기서 Si 및 Ci는 Fresnel의 sine 및 cosine integral이며 변수 w 및 t는 각각 아래와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} w &= [(2/\lambda)(1/r' + 1/s')]^{1/2} a \cos \delta \\ t &= [(2/\lambda)(1/r' + 1/s')]^{1/2} b \end{aligned} \quad (9)$$

식(8)의 I/I<sub>0</sub>를 계산하기 위해서 컴퓨터를 이용 수치해석적으로 여러가지 파라미터 변화에 따른 값을 계산하므로써 유한 스트립 장애물로 인한 신호의 변화를 알 수 있다.

그림2에서 elevation angle  $\delta=30^\circ$  일때 스트립의 높이 a 및 폭 b의 변화에 따른 신호의 세기가 그림3에 나타나있다.

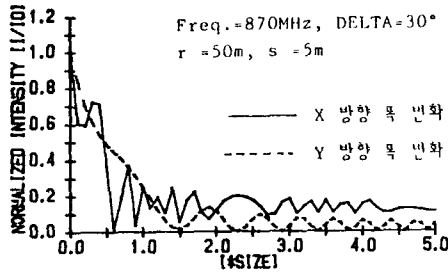


그림 3. 장애물의 높이 및 폭의 변화에 따른 신호세기

Fig. 3. Wave intensity according to the variation of obstacle's height and width.

여기서 주파수는  $f=870\text{MHz}$ 이고  $r'$  및  $s'$ 는 각각 50m 및 5m이다. 그림에서 실선은 폭  $b=1\text{m}$ 일 때 높이  $a$ 를 변화시킨 것이며, 점선은 높이  $a=3\text{m}$ 일 때 폭  $b$ 를 변화시킨 것이다. 장애물의 높이나 폭이 증가하게 되면 수신되는 신호의 세기는 예상대로 줄어들지만 완전하게 0에 수렴하지는 않는데 그 이유는 어느 한방향의 폭이 증가하여도 다른 방향에서의 회절현상으로 인하여 수신단에 도달하는 전자파의 영향에 기인한다.

III. 실험결과 및 고찰

Diffraction 이론을 전개할 때 장애물로 부터 반사 및 투과는 전혀 발생하지 않는다고 가정하였다. 그러므로 그림 4와 그림 5의 실험장치에서 장애물로는 3mm 두께의 아크릴 판을 사용했으며 송·수신 안테나는 10소자 Yagi 안테나를 사용하였다. 또 장애물 표면에는 무반사 및 무투과를 위해서 표 1에서와 같은 특성을 갖는 AN 5101 및 AU 5107의 elecoat라는 특수 페인트를 칠하였다.

그림 4는 송·수신 안테나 사이에  $90\text{cm} \times 45\text{cm}$  크기의 장애물이 놓인 전 실험장치를 보여주고 있으며, 그림 5는 evaluation angle  $\delta=30^\circ$  경우의 실험장치이다.

1. 장애물의 위치에 따른 신호변화

그림 6은 장애물과 송신기 간의 거리  $s'=1\text{m}$ , 장애물과 수신기 간의 거리  $r'=2\text{m}$ 이고 주파수는  $f=820\text{MHz}$ 이며  $\delta=0^\circ$ 일 때 장애물을 x방향으로 5cm 간격으로 이동시켰을 때의 신호변화를 측정하여 이론치와 비교한 것이다. 그림에서 종축은  $I/I_0$ 를 횡축은 장애물이 중심점으로 부터 +x축으로 이동한 거리를 나타내며 실선은 이론치를, 점선은 실험치를 나타낸다.



그림 4.  $90\text{cm} \times 45\text{cm}$  장애물에 대한 측정장치

Fig. 4. Experimental arrangement with  $90\text{cm} \times 45\text{cm}$  obstacle.



그림 5.  $\delta=30^\circ$ 의  $45\text{cm} \times 22.5\text{cm}$  장애물을 위한 측정장치

Fig. 5. Experimental arrangement for  $45\text{cm} \times 22.5\text{cm}$  obstacle with  $\delta=30^\circ$ .

표 1. Elecoat 페인트의 특성

Table 1. Characteristic of Elecoat paint.

특성 종류	조 상	색 상	비저항 ( $\Omega\cdot\text{cm}$ )	표면저항 ( $\Omega/\text{cm}^2$ )	감쇠 특성 (dB)
AN5101	니켈 아크릴계	은회색	$5 \times E-3$ 이하	1 이하	30-60 (0.5-1000MHz)
AU5107	은동복합 아크릴계	은갈색	$5 \times E-4$ 이하	0.2 이하	35-60 (0.5-1000MHz)

그림 6으로 부터 알 수 있듯이  $x=0$ 일 때 장애물의 크기가 클 수록 이론치 및 실험치의 수신 신호의 세기는 0에 접근하며 장애물이 line of sight로 부터 충분히 벗어나면 기대했던 것처럼 1에 접근하고 있다. 또한 일반적으로 실험치가 이론치보다 왼쪽으로 편위되어 있음을 볼 수 있는데 이것은 측정장치를 설

치해 놓은 장소, 송·수신 안테나의 복사 패턴등에 기인하는 것을 볼 수 있다. 특히, 안테나의 지향성으로 인해서 장애물의 크기가 증가함에 따라 이론치와 측정치의 편차가 커짐을 볼 수 있는데 그 이유는 본 논문의 diffraction 이론의 전개과정에서는 등방성을 가정하였고 실험에 사용된 안테나는  $\sin\theta$ 의 지향성을 갖기 때문에 생기는 오차라고 생각할 수 있다.

그림 7은 장애물을 y축 방향으로 위치변화시켰을 때의 신호세기를 나타낸다. 모든 파라메타의 값은 그림 6에서의 경우와 같다. 이 경우 안테나의 지향성으로 인한 영향은 더욱 커짐을 알 수 있다.

2. 송·수신기의 거리변화에 따른 신호감쇠

일반적으로 유한 크기의 장애물 경우, 송·수신기 사이의 거리가 증가함에 따라 장애물로 인한 회절영향은 감소할 것이다. 그림 8에는 송신기와 장애물의 거리  $s' = 1m$ 를 고정시키고 장애물과 수신기 사이의 거리를 변화시켰을 때의 신호의 세기를 나타내고 있다.

그림에서 보듯이 거리변화에 따른 회절영향은 비교적 감소함을 알 수 있으나 기대했던 것처럼 뚜렷한 감소현상을 보이지 않는 이유는 송 수신기 사이의 거리가 증가함에 따라 안테나의 지향성으로 인한 영

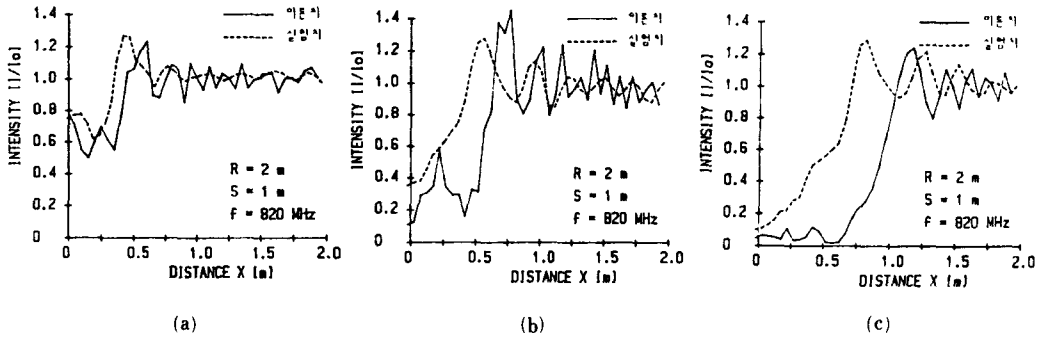


그림 6. 장애물의 x축 변위에 따른 신호의 세기 장애물의 크기 :  
(a) 45cm × 22.5cm (b) 90cm × 45cm (c) 180cm × 90cm

Fig. 6. Wave intensity according to the translation of obstacles along x-axis. obstacle size :  
(a) 45cm × 22.5cm (b) 90cm × 45cm (c) 180cm × 90cm.

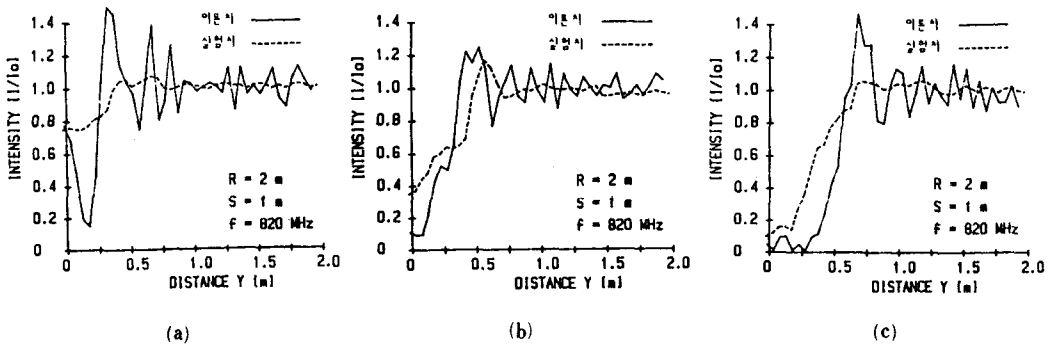


그림 7. 장애물의 y축 변위에 따른 신호의 세기 장애물의 크기 :  
(a) 45cm × 22.5cm (b) 90cm × 45cm (c) 180cm × 90cm

Fig. 7. Wave intensity according to the translation of obstacles. obstacle size :  
(a) 45cm × 22.5cm (b) 90cm × 45cm (c) 180cm × 90cm.

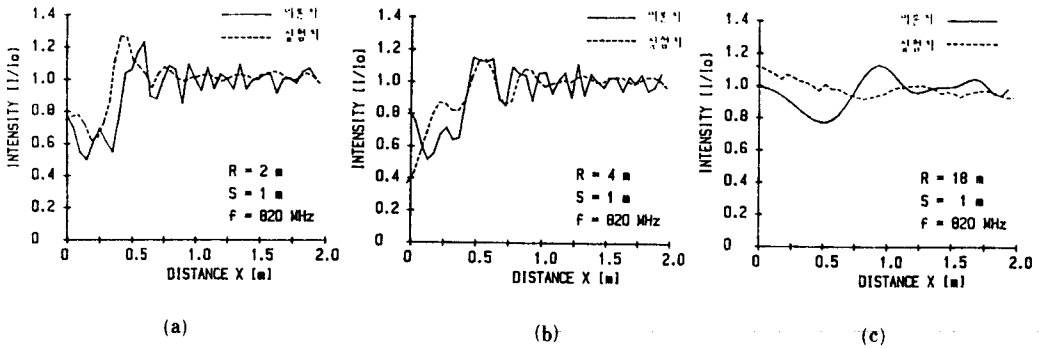


그림 8. 송·수신기 거리변화에 따른 신호변화 장애물의 크기 : 45cm×22.5cm  
 Fig. 8. Wave intensity for distance variation between the receiver and the transmitter. obstacle size : 45cm×22.5cm.

향이 비례해서 커지고 또 주위의 지형, 지물에서의 반사의 영향도 커지는데 기인하기 때문이라고 볼 수 있다.

3. Rotation angle에 따른 신호감쇠

장애물이 공간내 임의의 곳에 위치하고 그림 9에서 처럼 임의의 각  $\alpha$ 만큼 회전되었을 때는 먼저 좌표변환을 시켜야 하며 두 좌표계 사이에는 아래의 관계식을 만족한다.

$$\begin{aligned} x &= x' \cos \alpha - y' \sin \alpha & x' &= x \cos \alpha + y \sin \alpha \\ y &= x' \sin \alpha + y' \cos \alpha & y' &= -x \sin \alpha + y \cos \alpha \\ z &= z' & z' &= z \end{aligned} \quad (10)$$

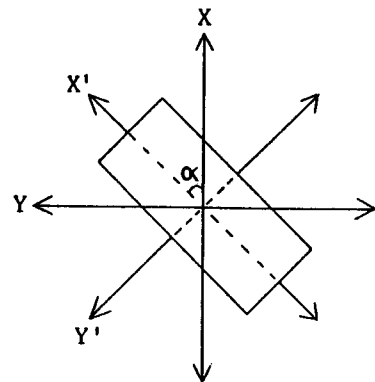


그림 9. 임의의 각  $\alpha$ 만큼 회전된 유한 스트립 장애물  
 Fig. 9. A arbitrarily  $\alpha$ -rotated finite strip obstacle.

이제  $\alpha$ 만큼 회전된 좌표계에서 식(6)의 C 및 S는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} C &= b' \int \int_a \cos [ (\pi/2) (u'^2 + v'^2) ] du' dv' \\ S &= b' \int \int_a \sin [ (\pi/2) (u'^2 + v'^2) ] du' dv' \end{aligned} \quad (11)$$

$$b' = (\lambda/2) [ (r' + s') / r' s' ] \{ 1 / [ (1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta) (1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta) ]^{1/2} \}$$

식(11)의 새로운 적분변수  $u'$  및  $v'$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} (\pi/2) (1/r' + 1/s') (1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta) \xi^2 &= (\pi/2) u'^2 \\ (\pi/2) (1/r' + 1/s') (1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta) \eta^2 &= (\pi/2) v'^2 \end{aligned} \quad (12)$$

그러므로, 이 경우  $I/I_0$ 는 아래와 같다.

$$I/I_0 = K \cos^2 \delta / [ (1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta) (1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta) ] \quad (13)$$

여기서 K는 식(8)로 주어지는데 이 때 새로운 좌표

에 의한  $w'$ 와  $t'$ 는 아래와 같이 정의된다.

$$\begin{aligned} w' &= [ (\pi/2) (1/r' + 1/s') (1 - \cos^2 \alpha \sin^2 \delta) ]^{1/2} a \\ t' &= [ (\pi/2) (1/r' + 1/r') (1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \delta) ]^{1/2} b \end{aligned} \quad (14)$$

그림10(a)부터 (c)까지는 장애물에 대한 rotation angle  $\alpha$ 를  $0^\circ$ 부터  $180^\circ$  회전했을 때의 실험치 및 이론치의 결과를 비교하고 있다. 여기서 송신기와 장애물 그리고 수신기와 장애물과의 거리는 각각  $s' = 1$  m,  $r' = 2$  m이다. 또 evaluation angle  $\delta = 0^\circ$ 이며 주파수는 820MHz이다.

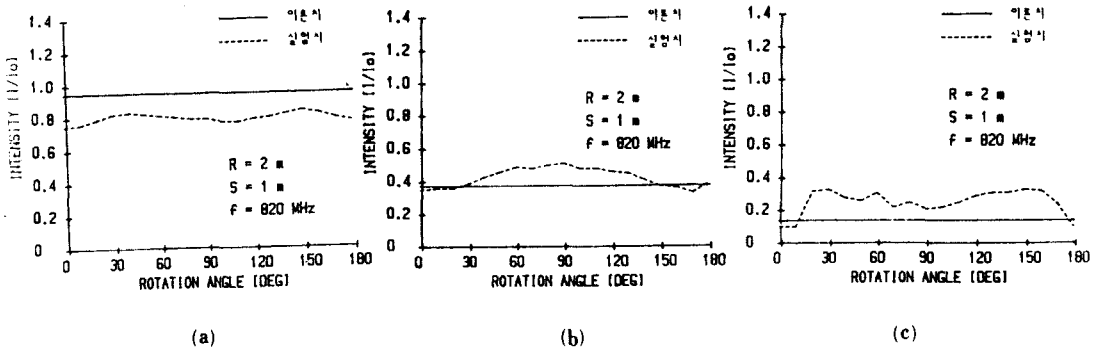


그림10. Rotation angle  $\alpha$ 의 변화에 따른 신호감쇠 장애물의 크기 :

(a) 45cm × 22.5cm (b) 90cm × 45cm (c) 180cm × 90cm

Fig. 10. Signal attenuation for the variation of rotation angle  $\alpha$ . obstacle size :

(a) 45cm × 22.5cm (b) 90cm × 45cm (c) 180cm × 90cm.

그림10에서 보듯, 장애물의 크기가 클 수록 감쇠의 정도는 커지며, 또한 이론치에서는 장애물 모두가 좌 표계의 중심에 놓여 있기 때문에 rotation angle  $\alpha$ 에 무관하게 일정하지만 실험치에서는 안테나의 지향성으로 인해서  $\alpha$ 각에 따라 약간씩 변하고 있을음을 알 수 있다. 이러한 지향성의 영향은 장애물의 크기가 클 수록 심해짐을 그림10(a)와 (c)를 비교함으로써 쉽게 알 수 있다.

IV. Tree Model

유한 스트립 장애물의 조합으로 이루어진 그림11과 같은 tree model의 LMSS 신호감쇠를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 이론적으로 계산하였다. 비슷한 해석이 LaGrone 및 Chapman에 의해서 이루어졌으나 그들은 tree의 중간 줄기 부분에 의해서 신호통로가 차단되는 경우만 취급했다.<sup>[4]</sup>

본 논문에서는 tree를 그림11에서 보는 것처럼 2차원적 모델로 만들었고 편의상 대칭이 되도록 하였다. 그림12에서는 이러한 tree model에 대한  $s' = 10$  km,  $f = 870$  MHz 및 elevation angle  $\delta$ 에 대한 tree와 수신 안테나와의 거리를 변화시켜 가면서 신호감쇠를 계산하였다. 여기서 종축은 나무의 중심으로부터 벗어난 거리를 의미한다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 tree model과 수신 안테나와의 거리가 멀어질수록 신호감쇠는 줄어든다.

$r' = 5$  m일 때 tree의 중심에서 최대 8dB의 신호감쇠가 나타나고  $r' = 20$  m일 때는 약 2.4dB의 신호감쇠만 발생한다. 이러한 계산결과는 Vogel과 Hong의

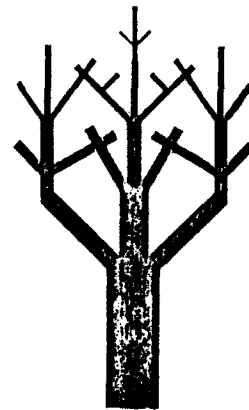


그림11. Tree Model  
Fig. 11. Tree model.

측정결과와 거의 일치하였다.<sup>[7]</sup>

V. 결 론

여러 선진국에서는 기존의 cellular system으로서는 수용할 수 없는 광범위한 지역의 이동통신을 위해서 정지통신위성을 이용, 새로운 이동통신 시스템을 구축하려고 하고 있다. 특히 우리나라와 같은 산악지방이 많은 나라에서는 기존의 car-phone system으로는 전국을 수용하기가 어렵다. 그러므로 LMSS 통신을 이용함으로써 만이 이러한 난점을 해결하리라 본다.

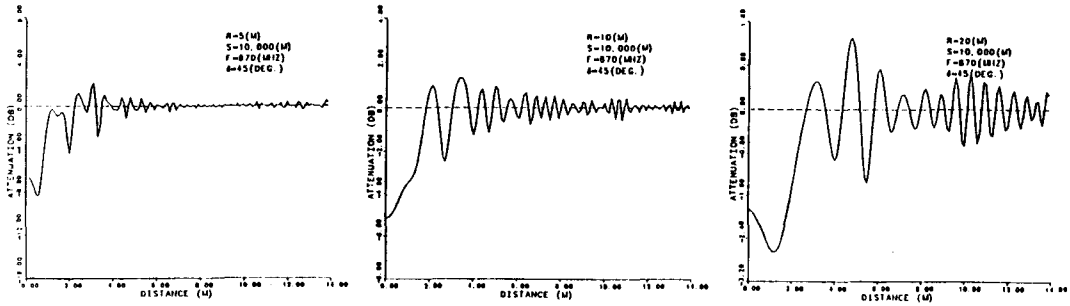


그림12. 수신거리 R의 변화에 따른 신호감쇠  
Fig. 12. Signal attenuation according to the distance variation R.

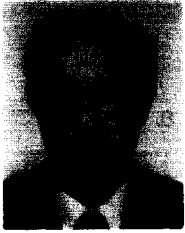
본 논문에서는 LMSS 통신시 가장 중요한 신호감쇠 요인으로 나타나는 도로변의 가로수로 인한 신호감쇠의 이론치 계산을 하기 위한 기본적인 유한스트립 장애물에 대한 회절이론을 유도해서 그 결과를 실험치와 비교하였다. 전반적인 신호감쇠에 대한 추세는 이론치와 실험치가 잘 일치하였다. 그러므로 본 논문의 이론을 이용, 가로수를 유한 스트립 장애물의 조합으로 모델링해서 그로인한 신호감쇠를 예측할 수 있을 것이다. 특히 이러한 결과는 통신위성을 이용한 이동통신 시스템 설계시 차량 안테나의 형태, 변·복조방식, 송·수신 주파수, 송신기의 출력 및 수신기 형태를 결정하는 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

#### 參 考 文 獻

- [1] J.S. Butterworth, "propagation measurements for land-mobile satellite systems at 1542 MHz," Commun. Res. Center, Tech. Note 724, Ottawa, Aug. 1984.
- [2] J.S. Butterworth, "Propagation measurements for land-mobile satellite systems at 1542 MHz," Commun. Res. Center, tech. Note no. 723, Ottawa, Aug. 1984.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] M. Born and E. Wolf, "Principles of Optics," Pergamon Press, 1980.
- [6] 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.
- [7] 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. \*



著 者 紹 介



洪 義 錫 (正會員)

1946年 1月 16日生. 1968年 2月  
광운대학교 통신공학과 졸업. 1973  
年 9月 연세대학교 대학원 전자  
공학과 졸업 공학석사학위 취득.  
1982年 11月 독일 Aachen 공대 전  
자공학과 졸업 공학박사학위 취득.

1968年~1970年 육군통신학교 무선학부 정비 교관,  
1974年~1976年 광운대학교 응용전자공학과 전임강  
사. 1976年 10月~1982年 12月 독일 Aachen공대 초  
고주파연구소 연구원. 1986年 2月~1987年 2月 미  
국 텍사스 주립대 (Austin) 객원교수. 1987年 3月~  
현재 광운대학교 전자통신공학과 교수. 주관심분야는  
초고주파 공학, 안테나 및 전파전파 등임.



吳 一 德 (正會員)

1944年 10月 6日生. 1968年 2月  
광운대학교 전자공학과 졸업. 1982  
年 2月 건국대학교 전자공학과 석  
사학위 취득. 1988年 8月 광운대  
학교 전자통신공학과 박사과정 수  
료. 현재 대전공업대학 전자공학

과 부교수. 주관심분야는 마이크로웨이브 회절 임.