

# 매설형 안테나를 이용한 유성 버스트 통신의 도통율 개선

\*김병철·이영철·김기채\*

\*영남대학교\*

## Improvement of duty rate of Meteor Burst communication with Buried Antenna

\*Byoung-Chul Kim · \*Yeung-Cherl Lee · \* Ki-chai Kim\*

\*Yeungnam University\*

E-mail : bckim@ee.yeungnam.ac.kr

### 요 약

유성버스트 통신방식은 1000 km 이상의 장거리 VHF NLOS 데이터 통신 시스템을 가장 경제적인 방법으로 구현 시켜줄 수가 있다. 그러나 이 방식은 도통율이 열화 함으로 본질적으로 실용에는 부적합한 것으로 알려져 있다. 송, 수신안테나의 빔 패턴이 공간의 hot-spot을 완전히 포용할 수 있도록 함으로서 버스트의 발생빈도를 증가시키는 동시에 안테나에 유도하는 지상 잡음 전계를 효과적으로 차단함으로써 수신기의 실효 차단전압을 낮추어 시스템의 도통율(duty rate)을 개선 할수 있다.

소개구형 공동형 안테나를 개발하였다. 이 안테나는 지하에 매설하여 사용하는데 이렇게 함으로써 수직방향의 지향성이 개선되고 지상으로부터의 잡음 혼입이 효과적으로 차단된다. 이 안테나는 3 dB 빔 폭이 90° 에 달하여 양각 8-90° 로서 근거리의 hot-spot를 효과적으로 조사(illuminate) 할 수 있다. 지표방향으로의 지향성은 최소로 억제되어 이 방향으로부터 인공잡음의 혼입을 효과적으로 차단하는데 재래식의 Yagi 보다 평균 3 dB 이상 억제된다.

이 안테나를 수신안테나로 사용하여 100 km 경로에서 시험통신을 실시한 결과 동일한 조건하에서 4 소자 Yagi 안테나를 사용한 경우에 비하여 버스트의 발생빈도와 지속시간이 각각 10%와 20% 이상 증가한 것을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

Meteor Burst Communication can provide effective and economical means of communication where long distance VHF NLOS data transmission is needed; often ranges more than 1000 km. It has been, however, so far considered unsuitable for short distance application because of phenomenal decrease in burst durations, which leads to decreation of total duty rate of the system. This paper extensively analyzes characteristics of shot distance MB(Meteor Burst) path and shows the low duty rate may be improved by increasing burst rate through adapting antenna beam width to cover entire hot-spot region in the space and, by compensating effective burst length through cutting down man-made noises introduced by antenna.

Based on the analysis, we are developed a small-opening-cavity antenna, especially designed for short distance MB path. In operation, the antenna is to be buried under ground surface so as to improve directivity and reduces noise introduction. The antenna exhibits power gain of 3 dB with 90 degree beam width and thus enables to illuminate entire hot-spot regions with the elevation angle of 8-90 degree which is the case of transmission less than 100 km. Directivity horizontal to earth surface is suppressed to minimum which enables to cut man-made noises from near-by sources down to more than 3 dB from the level reported with conventional 4 element Yagi..

A series of experiments performed on 100 km MB paths have conformed that, with the antenna installed at receiving site, the burst rate and duration time have been noticed to increase by 10 and 20 percent respectively from the values obtained by conventional 4-element Yagi antenna under same testing condition.

## I. 서 론

유성버스트 통신(Meteor Burst Communication: MBC)은 우주진(meteor dust)에 의해 발생하는 유성적(meteor trail)의 전자파 산란 현상을 이용하여 NLOS(Non-Line-Of-Sight) 통신로를 구현하는 무선 통신 방식이다.

유성적에 의한 전자파 산란 현상은 주로 VHF 대역에서 관측되며 매분 수회에서 수 10회의 빈도로 발생하여 지속시간 수 10, 수 100 초 내외의 버스트 신호 형태로 수신된다. 따라서 이 방식은 지속성의 정보의 전송에는 적합하지 않으나 소용량이고 패킷형 데이터의 전송에서는 극히 유리한 많은 특징을 지니고 있다. 예를 들면 장치의 구조, 운용의 간편성, 고도의 경제성, 융통성, 보안성, 내 방해성, 내 재해성, 무인화와 자동화의 용이성 등이 뛰어나서 특히 병영 지대(deserted region)의 간이형 데이터 통신, 원거리 텔레메터링(telemetry), 군용 또는 재해 대책용 통신망 등에 가장 적합한 것으로 알려져 있다[1]-[2].

MBC의 가장 큰 결점은 통신로의 발생과 지속 시간이 랜덤(random)하며 그 도통율(duty rate)이 다른 방식에 비하여 낮다는 점이다. 특히, 유성버스트 경로(Meteor Burst path)의 거리가 수 100 km 이하가 되면 이론적으로 버스트의 길이가 크게 줄어들게 되어 있다. 이것은 트레일의 위치가 100 km 로 일정한 고도에 있기 때문에 근거리가 되면 유성 트레일에 대한 전자파의 입, 산란각이 적어져서 산란손실이 커지고 버스트의 감쇄 시정수가 적어진다는 본질적 원인 때문이다.

일반적인 무선 시스템에서는 이러한 경우, 안테나의 전력이득을 높이는 것이 가장 경제적인 방법으로 알려져 있다. 그러나 안테나의 이득 개선은 지향 특성을 높이는 결과가 되기 때문에 이 방법은 유성버스트 경로에서는 그대로 적용하지 못한다. 그 이유는 유성 트레일이 넓은 공간에 랜덤하게 분포하여 발생하기 때문인데 이것은 빔은 가급적 넓혀야만 많은 버스트를 수용할 수가 있기 때문이다. 이러한 이유 때문에 현재까지도 MBC에는 10 dB 수준의 간단한 Yagi 안테나가 사용되고 있는데, 이 안테나로서는 측엽(side robe)으로 인한 잡음의 혼입을 막을 수가 없을 뿐 아니라 수 100 km 이하의 근거리가 되면 높은 양각을 실현시키기가 기계적으로 어려워진다.

본 논문은 이러한 점에 착안한 것으로서 먼저 MBC의 특성을 해석하고 안테나의 이득과 지향특성을 최적화 시킴으로서 이러한 결점이 개선될 수 있음을 밝힌다. 다음에 side robe 가 전혀 없으며 잡음 혼입이 극히 적을 뿐만 아니라, 주 빔 각도가 근거리 유성버스트 경로에 적합하여 결과적으로 근거리에서 버스트 길이의 단축을 크게 보상할 수 있는 새로운 형태의 MBC용 안테나를 해석적으로 도출하고 50 MHz 대역의 모델을 사용하여 시뮬레이션 시킴으로서 그 특성을

확인한다. 끝으로 이 모델을 실제 제작하여 기존의 MBC 시험 통신시설을 사용, 100 km 내외 경로에서 그 도통율이 종래 안테나에 비하여 개선되었음을 보고한다.

## II. 근거리 MBC path 의 해석적 특성

### 2-1 버스트의 길이

두 지점간의 유성 버스트 통신로는 그림1과 같이 송신지점 T와 수신지점 R를 초점으로 하는 회전 타원면에 접하는 위치에 유성 트레일이 발생했을 때 형성된다. 이 때 생성되는 트레일은 비교적 큰 우주진에 의한 전리도가 큰 과밀도 트레일(overdense trail)과 적은 우주진에 의해 생성되는 저밀도 트레일(underdense trail)로 구별되는데 낙하 우주진의 수량은 질량이 적은 것이 압도적으로 많음으로 회선 설계에 있어서는 일반적으로 저밀도 트레일을 대상으로 한다.

저밀도 트레일에 의해 산란되는 전자파의 특성에 관해서는 이미 많은 해석이 되어 있는데 그 대표적인 것으로 식 (1) 이 있다[8].

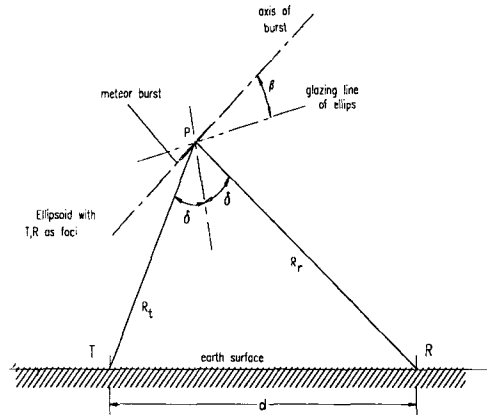


그림 1 유성 버스트 통신 경로

Fig. 1. Meter Burst Communication Path.

$$P_R = \frac{\lambda^3 q^2 r_e^2}{16\pi^2} \cdot \frac{P_T G_T G_R}{R_r R_t (R_r + R_t) (1 - \cos^2 \beta \cdot \sin^2 \phi)}$$

$$\cdot \exp\left(-\frac{8\pi^2 r_0^2}{\lambda^2 \cdot \sec^2 \phi}\right) \cdot \exp\left(\frac{2}{\tau} t\right) \quad (W) \quad (1)$$

$$\tau = \left(-\frac{16\pi^2 D}{\lambda^2 \cdot \sec^2 \phi}\right) \quad (2)$$

$P_T, P_R$  : 송, 수신 전력 (W)

$G_T, G_R$  : 송, 수신안테나 이득

- $\lambda$  : 전자파의 파장 (m)
- $q, r_e$  : 트레일의 전자 선밀도(1/m) 및 전자 반경 ( $2.817 \times 10^{-15}$  m)
- $r_o$  : 트레일의 초기 반경 (m)<sup>1)</sup>
- $\beta, \phi$  : 타원면 접선에 대한 트레일의 각도 및 전자파의 입, 산란각
- $R_t, R_r$  : 송, 수신 안테나로부터 트레일까지의 거리 (m)
- $D$  : 트레일의 평균 확산계수<sup>2)</sup>
- $r$  : 트레일의 감쇄 시정수 (S)

이 식에 의하면 저밀도 트레일에서 산란되는 버스트 신호는 그림 2와 같은 지수함수형이 된다.

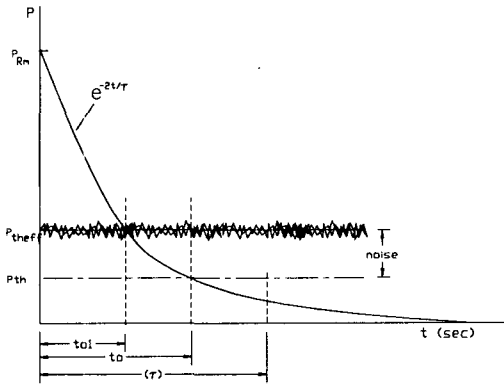


그림 2. 저밀도 버스트의 파형과 문턱전력  
Fig. 2. Underdense burst and effective threshold level.

### 2-2 버스트의 발생빈도

버스트는 우주진에 의해 발생하며 그 산란 전력의 크기는 우주진의 질량에 비례한다. 지금, 질량이  $m < m+dm$  사이의 우주진이 발생한 트레일을 생각할 때 여기에 입사하는 전계를  $v$  라고 한다면  $v dm \propto m^{-s} dm$  의 관계가 있다. 따라서 임의의 질량  $m_1$  보다 큰 유성 트레일에 입사하는 전계는  $v(m > m_1) \propto m_1^{-s+1}$  이 된다. 우주진의 질량과 그 트레일의 전자 선밀도는 비

- 1) 우주진은 직경이 수 mm 내외임으로  $r_o=0$  으로 근사시킬 수가 있다.
- 2) 평균 확산계수  $D$ 는 트레일의 평균 높이를  $h_a$  (km), 주파수를  $f$ (MHz)라 할 때 다음과 같은 실험식으로 주어진다.

$$\log_{10}(D) = 0.067 h_a - 5.6, \quad h_a = 124 - 17 \log_{10}(f)$$

례하므로 전자 선밀도가  $q_0$  이상인 트레일의 수  $N$  은

$$N(q > q_0) = c q_0^{-s+1} = c q_0^{-1} \quad (6)$$

이 된다. 일반적인 독립 유성(sporadic meteor)에서는  $s=2$  로 알려져 있으므로  $N$ 은 매초당  $1 \text{ m}^2$  평면에 떨어지는 유성 트레일의 수가 된다. 여기서  $c$  는 비례상수로서  $1.3 \times 10^2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  이다. 전자 선밀도가  $q_0$  이상이 되는 트레일 수  $q$  는  $q_0$  가 검지 될 때의 수신기의 문턱치를  $P_{th}$  로 한다면 (1) 식과 (5)식 에서 다음과 같이 산출된다.

$$N(q > q_0) = c \cdot \sqrt{K \cdot \frac{P_T G_T G_R}{P_{th}}} \cdot \sqrt{\frac{1}{R_t R_r (R_t + R_r) (1 - \cos^2 \beta \sin^2 \phi)}} \quad (\text{m}^{-3} \text{ s}^{-1}) \quad (7)$$

$$K = r_e^2 \lambda^3$$

즉, 버스트의 발생빈도도 수신기 문턱치에 대한 수신전력의 비의 평방근에 비례한다.

### III. 매설형 안테나의 설계

이러한 방사특성을 지닌 안테나로서는 여러 가지를 고려할 수가 있으나 특히 설치의 용이성과 2 방향 지향성 및 잡음 차폐 특성에 중점을 둔 지하 매설형 안테나를 제안한다. 이 안테나는 두 개의 복사 소자로서 구동되는 일종의 개구형 안테나로서 공동은 지하에 매설하여 사용한다.

#### 3-1 구조

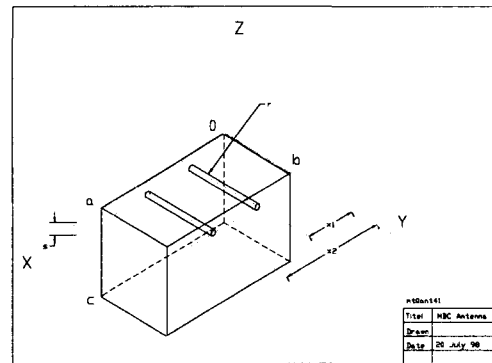


그림 3. 매설 안테나의 구조와 좌표계  
Fig. 3. Structure and the axis.

그림 3은 근거리 유성버스트 통신용으로 제안한 안테나의 구조와 그 좌표계를 나타낸다. 지표면이 개구면( $a \times b$ )과 평행이 되도록 하여 지하로

공동( $a \times b \times c$ )을 만든 형태의 안테나이며 반경이  $r$ 인 2개의 도체봉이 개구면에 평행하게 배치되어 있다. 2개의 도체봉 중에서 하나는 급전을 위한 것이며 하나는 지향성을 조절하기 위한 도체봉이나 본 논문의 범위에서는 지향성의 조절은 고려하지 않고 있다. 두 도체봉 중 어느 쪽에서 급전을 해도 되나 본 논문에서는  $x_1$ 의 위치에 있는 도체봉의  $y=0$ 에서 급전하고 있다.

위에 논술한바와 같이 수 100 km 이내의 근거리 유성버스트 경로에 있어서는 주 지향 빔은 약 각  $70^\circ$  이상의 고각이고 가급적 고이득이면서 hot spot 공간을 완전히 포용할 수 있어야 한다. 뿐만 아니라 수신기의 실효 문턱치를 개선하기 위하여 외래 환경 잡음을 효과적으로 차단할 수 있도록 지표면에 평행으로는 지향성이 전혀 형성되지 않아야 한다.

그림 3과 같은 구조의 안테나는 이러한 목적에 적합한 방사 지향성을 형성시킨다. 이 안테나는 지하에 매설하므로 안테나 설치작업의 용이성 등을 고려하여 가능한 한 소형화 할 필요가 있는데 이를 위해 공동의 크기가 사용파장에 비해 작은 형식을 선택하고 도체봉은 가능한 한 개구면에 가까운 위치에 배치하였다. 이와 같은 소형 개구면 안테나는 개구면의 크기를 변화시키더라도 방사 지향성의 형태는 거의 변하지 않는다는 특징이 있다.

### 3-2 해석

그림 3과 같은 안테나의 방사 지향성을 계산하기 위해서는 도체봉에 흐르는 전류분포 및 개구면에서의 전계분포에 관한 연립적분방정식을 유도하고 그 해를 구하여야 한다. 본 논문에서는 적분방정식의 해를 모멘트 법으로 구하여 방사 지향성을 계산하는 방법을 택하였다.

도체봉에 흐르는 전류분포  $J_1, J_2$  및 개구면에서의 전계분포  $E_a$ 에 관한 연립적분방정식은 다음 식으로 주어진다.

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{j\omega\epsilon} \iint_{S_1} \bar{K}^{11e}(r, r') \cdot J_1(r') dS_1' \\
 & + \frac{1}{j\omega\epsilon} \iint_{S_2} \bar{K}^{12e}(r, r') \cdot J_2(r') dS_2' \\
 & - \iint_{S_a} \bar{K}^{1m}(r, r') \cdot [\hat{z} \times E_a(r')] dS_a'
 \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned}
 & \frac{1}{j\omega\epsilon} \iint_{S_1} \bar{K}^{21e}(r, r') \cdot J_1(r') dS_1' \\
 & + \frac{1}{j\omega\epsilon} \iint_{S_2} \bar{K}^{22e}(r, r') \cdot J_2(r') dS_2' \\
 & - \iint_{S_a} \bar{K}^{2m}(r, r') \cdot [\hat{z} \times E_a(r')] dS_a'
 \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned}
 & \left[ \iint_{S_1} \bar{K}^{1e}(r, r') \cdot J_1(r') dS_1' + \iint_{S_2} \bar{K}^{2e}(r, r') \cdot J_2(r') dS_2' \right. \\
 & \left. + \frac{1}{j\omega\epsilon} \iint_{S_a} \bar{K}^{1m}(r, r') \cdot [\hat{z} \times E_a(r')] dS_a' \right. \\
 & \left. = \frac{1}{j\omega\mu} \iint_{S_a} \bar{K}^{1u}(r, r') \cdot [-\hat{z} \times E_a(r')] dS_a' \right], \quad (14)
 \end{aligned}$$

여기서,  $k = \omega\sqrt{\epsilon\mu}$ , 은 유전율,  $\mu$ 는 투자율이다. 적분핵은 다음 식으로 주어진다.

$$\bar{K}_{ye}^{-1}(r, r') = (\bar{I}k^2 + \nabla\nabla) \cdot \bar{G}_e^{-1}(r, r') \quad (15)$$

$$\bar{K}_{im}^{-1}(r, r') = \nabla \times \bar{G}_m^{-1}(r, r') \quad (16)$$

$$\bar{K}_{mm}^{-1}(r, r') = (\bar{I}k^2 + \nabla\nabla) \cdot \bar{G}_m^{-1}(r, r') \quad (17)$$

$$\bar{K}_{me}^{-1}(r, r') = (\bar{I}k^2 + \nabla\nabla) \cdot \bar{G}_m^{-1}(r, r') \quad (18)$$

$$\bar{K}_{ae}^{-1}(r, r') = \nabla \times \bar{G}_e^{-1}(r, r') \quad (19)$$

모멘트 법의 정식화 과정은 잘 알려져 있으므로 생략하도록 하며, 본 논문에서 중요한 목적 함수인 방사 지향성은 개구면에서의 전계분포에 대응하는 등가자류분포를 이용하면 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$E(R, \theta, \varphi) = \hat{\theta} E_\theta + \hat{\varphi} E_\varphi \quad (20)$$

$$E_\theta = \frac{jke^{-jkr}}{2\pi R} [L_x \cos \varphi + L_y \sin \varphi] \quad (21)$$

$$E_\varphi = \frac{jke^{-jkr}}{2\pi R} [\cos \theta (L_x \cos \varphi - L_y \sin \varphi)] \quad (22)$$

$$L_x = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q E_{xpq} \left[ \frac{jkS_x [(-1)^p e^{jk\alpha y} - 1]}{(p\pi/a)^2 - (kS_x)^2} \right] \left[ \frac{(q\pi/b) [1 - (-1)^q e^{jk\beta y}]}{(q\pi/b)^2 - (kS_y)^2} \right] \quad (23)$$

$$L_y = \sum_{p=1}^P \sum_{q=1}^Q E_{yqp} \left[ \frac{(p\pi/a) [1 - (-1)^p e^{jk\alpha y}]}{(p\pi/a)^2 - (kS_x)^2} \right] \left[ \frac{jkS_y [(-1)^q e^{jk\beta y} - 1]}{(q\pi/b)^2 - (kS_y)^2} \right] \quad (24)$$

여기서  $S_x = \sin\theta \cos\varphi$ ,  $S_y = \sin\theta \sin\varphi$ 이다.

### 3-3 수치 계산 및 검토

#### (1) 방사 지향성과 이득

수치계산에 사용한 안테나의 제원은 다음과 같이 설정하였다.

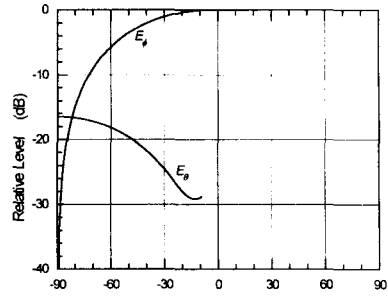
그림 4는 모델 안테나의 H 면 방사 지향성을 계산한 결과이다. 그림으로부터 알 수 있는 것처럼, 방사 지향성의 H 면 패턴은 지표면 방향으로 지

향성을 갖지 않으므로 지표면으로부터의 외래잡음을 완벽히 차단할 수 있음을 알 수 있다. 그림 5는 전력이득의 계산결과를 나타낸다. 이 안테나의 수직방향(Z축, 즉  $\alpha=90$ )의 전력이득은 약 8.5 dB로서 개구면이 소형인 단일 안테나로서는 대단히 높다. 이 주파수 대역에서 일반적으로 사용하고 있는 4 소자 Yagi 안테나는 이득이 10 dB 정도인데 안테나의 크기는 대형이 되고 소자 수가 4개이므로 취급 및 설치가 어렵다. 이에 비하면 본 논문에서 제안한 안테나는 소형인 개구면 안테나로서 약 8.5 dB의 이득이 얻어지는데, 10 dB 이상의 전력이득을 얻고자 하면 개구면의 크기를 크게하면 되므로 목적에 맞게 적절한 크기의 안테나를 실현시킬 수 있으며 지하에 매설하므로 설치가 용이하다는 장점이 있다.

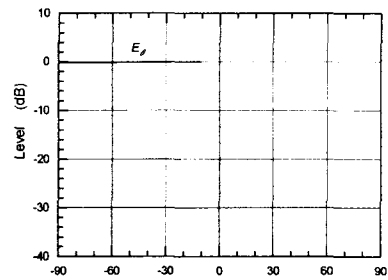
표 1. 모델 안테나의 제원  
Table 1. Spec. of model antenna

구분	제원	비고	추기
사용주파수	50MHz		
개구면치수 (cm)	a	160	개구면은 지표면과 평행이고 수평편파로 사용
	b	80	
공동의크기 (cm)	a	160	공동내부는 동망(Cu-me sh)을 부착
	b	80	
	c	100	
도체봉(cm)	r	0.6	r: (직경)
	l	80	l: (길이)
main 빔폭 (degree)	$\psi_h$	90	지표면과 평행면 3 dB 폭
	$\psi_v$	63	지표면과 수직면 상동
앙각 (degree)	$\alpha$	90	지표면에 대한 앙각 빔 중심선 각도

또한, 이 안테나의 3 dB 빔 폭은 X-Z 평면, Y-Z평면 다같이 거의 90도 이상이 됨으로 100 km 경로에서 집중 조사방식을 택하였을 경우의 최적각을 모두 만족한다. 특히 이 안테나의 빔



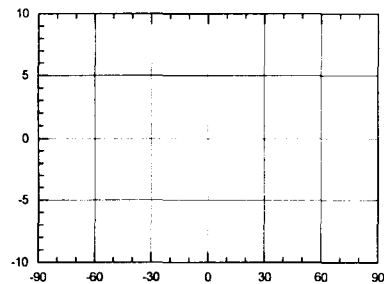
(a) H 면



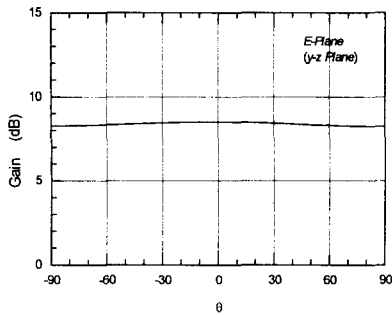
(b) E 면

그림 4 방사 지향성  
Fig. 4. Antenna Radiation.

은 수평면에 관한 한 거의 전방위형으로 되어 있음으로 특히 이동 통신국을 상대로 하는 기지국 용으로도 적합한 특성을 지니고 있다고 할 수 있다.



(a) H 면



(b) E 면

그림 5. 안테나 이득  
Fig. 5. Antenna Gain.

이 안테나는 광역 조사 방식으로 사용하는 경우에 더 효과적이다.

(2) 외래잡음 차단율의 검토

앞에서 고찰한 방사 지향성 및 이득의 계산결과로부터 지표면 방향에서 발생하는 외래잡음의 차단 효과를 검토할 수 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이 모델 안테나에 관해서 Z방향의 전계강도를 해석적으로 구한 후 주 빔의 최대치로서 규격화시켜 지향성을 시뮬레이션 해 본 결과, 지표면(즉,  $\theta=90$  일 때)에 근접할수록 상대 전계강도는 급격하게 떨어져서 지표면에서는 최대치의 -60 dB 이하로 내려가는 특성을 나타내는데 이로부터 이 안테나는 50 MHz 대역의 잡음성분에 관한 한 거의 완벽히 차단한다는 것을 알 수가 있다.

IV. 실험

이 장에서는 위에서 개발한 매설형 안테나를 사용하여 시험통신을 실시한 결과를 보고한다. 실험은 위의 해석과정에서 설정한 환경에 최대한 부합되는 근거리 유성버스트 경로를 선택한 후, 모델 안테나를 제작하여 송신 안테나로 사용한 경우의 이 경로의 버스트 검출 빈도와 평균 지속시간을 측정하여 기존의 안테나를 사용한 경우와 비교하였다.

4-1 실험 경로 및 방법

근거리 경로로서는 경산-영양군내 계곡간의 100 km 구간을 취하였다. 이 구간에는 수신안테나 근방에 900m 가량의 능선이 있어서 지상파는 최대로 감쇄되어 수신기의 문턱치 이하가 된다. 따라서 유성 트레일의 산란파 만이 수신된다고 할 수 있다. 모델 안테나는 영양군 계곡에 설치하고 경산에서 50 MHz 대 200 W

의 송신기로서 송출되는 CW 파를 수신하여 기록한 후, 연구실에서 수신 신호를 해석, 통계하여 버스트의 발생수와 길이를 산출하는 방법으로 실험을 진행하였다.

4-2 실험설비

(1) 사용 안테나

실험용 안테나는 위에서 해석한 모델에 최대한 부합되도록 제작하였는데 그 제작도면은 그림 6과 같다.

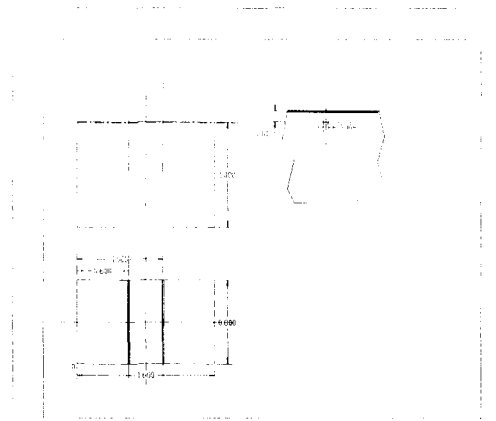


그림 6. 실험용 안테나 제작도  
Fig. 6. Plan view of experimental antenna.

(2) 시험 시스템

시험 시스템은 그림 7과 같이 구성하였다.

송신기는 IC-756에 Linear Amplifier를 부착하여 51.115MHz에서 주파수 1200Hz의 LSB 변조된 신호를 출력 200W로서 송신케하고 이 신호를 수신하여 DAT에 기록한 후, 해석하는 방법을 택하였다. DAT에 실시간으로 기록된 수신 신호는 FFT 처리하여 1200Hz 성분만을 선택하되 배경잡음과의 S/N비가 특정치를 초과하는 것이 30ms 이상 계속되는 경우를 버스트로 인식하도록 하였다.

4-3 실험 결과 및 평가

실험을 통하여 측정된 수신 버스트의 특성은 그림 8과 같았다.

즉, 100 km path에 있어서 제안된 안테나를 사용하는 경우, 재래식의 Yagi antenna 보다 버스트 지속시간은 평균 50 ms 정도가 더 길어져서 25 % 정도의 개선을 보이며, 버스트 발생빈도는 분당 평균 1 회정도 더 증가하기 때문에 18%

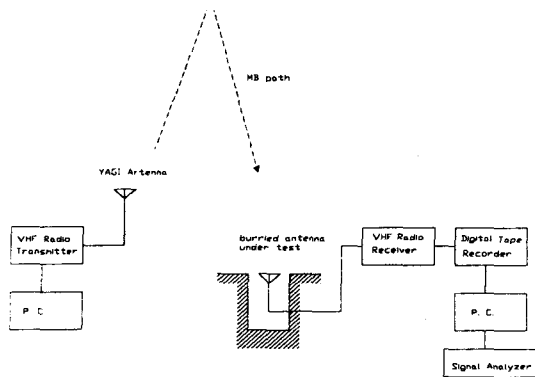


그림 7 시험통신 시스템 구성도  
Fig. 7. Test facility for the experiment

정도 개선되는 것을 확인할 수가 있다.

이 결과를 750 km의 중거리 path에서의 재래식 yagi를 사용한 경우와 비교하여 보았는데, 근거리 path에 비하여 버스트의 지속시간은 분명히 길게 나타나나 제안된 안테나를 사용하면 버스트의 발생빈도가 상대적으로 증가하기 때문에 도통율(duty rate)은 거의 비슷한 수준이 된다는 것을 알 수가 있다.

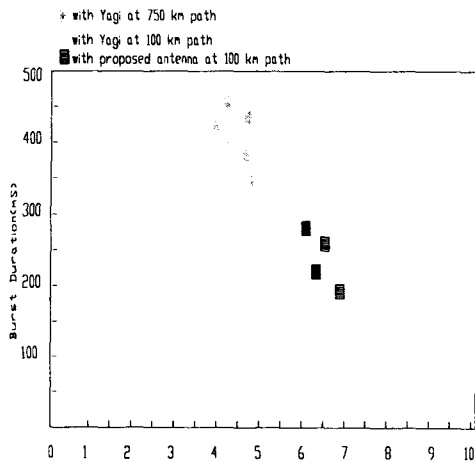


그림 8. 제안 안테나의 측정결과 및 Yagi와의 비교  
Fig. 8. Result of experiment with proposed antenna and with conventional Yagi.

## V. 결 론

유성 버스트 통신로의 특성을 해석해 본 결과 산란손실의 보상은 안테나의 이득을 높임으로서 개선할 수가 있고 버스트 길이의 보상은 수신기의 실효 문턱치를 낮추면 상당수준 개선이 가능하다는 것을 알았다. 이것으로 새로운 형태의

안테나를 사용함으로써 해결할 수가 있다고 보고 지하에 매설하는 개구형 공동형의 안테나를 개발하였다. 이 안테나는 크기가 160 x 80 cm의 개구면을 가진 높이 100 cm의 공동을 지하에 매설한 형태로 되어 있는데 50 MHz 대역을 모델을 사용한 시뮬레이션 결과, 주 빔의 전력이득이 약 15 dB에 이르고 측엽이 전혀 발생하지 않는다는 것을 확인하였다. 특히 지표면과 평행방향으로는 주빔에 비해 70 dB 이상의 감쇄를 보이기 때문에 외래잡음의 혼입이 최소한으로 억제된다.

이 안테나를 사용하여 경북 경산시를 중심으로한 100 km 경로에서 시험통신을 실시하였는데 그 결과는 종래의 Yagi 안테나를 사용한 경우에 비하여 버스트의 발생율은 18% 정도, 버스트의 길이는 25% 정도 길어져서 종래의 장거리 경로에 근사한 값이 되어 만족한 근거리 통신이 가능한 도통율이 됨을 확인할 수가 있었다.

## 참고문헌

- [1] J. Z. Schunker, "Meteo Burst Communications" Artech House, Boston, 1990
- [2] J. D. Oetting, "An Analysis of meteor burst communications for military applications", IEEE Trans. Comm. COM-28,9, pp.1591-1600 Sept. 1990
- [3] 김병철, 김기채, 이무영 "참조경로비교법을 이용한 유성 버스트 무선로의 특성 추정", 한국전자과학회 논문지, 제9권 제1호, pp 72-86, 1998년 2월
- [4] 福田明 "流星 burst 通信system 特性" 信學論(B), pp.943-950 1982.7
- [5] 福田明 "流星 burst 通信" 電磁環境 [學情報], pp.90-99 Oct 1991
- [6] A. N. Ince "Spatial properties of meteor burst propagation" IEEE Trans, Comm, pp.841-845 June 1980
- [7] P. S. Cannon "The evolution of meteor burst communication system" J.Inst.Electron.Radio Eng., vol 57,3, pp 101-112 May 1987
- [8] J. A. Weitzen "Predicting the arrival of meteors for MBC" Radio Science, pp.1009-1020 Nov-Dec. 1986