DBpia

論文 98-23-9-26

차량성능계측 원격측정 시스템의 L-Band 무지향성 원편파 안테나 설계연구

정회원 유 제 택*, 이 장 명**, 구 상 화*

A Design Research on the L-Band Omnidirectional Circular Polarized Wave Antenna for Telemetry System in Vehicle Performence Test

Jae Taeg Yu*, Jang Myung Lee**, Sang Haw Goo* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 차량의 각종 Data 송/수신용 L-Band (1435MHz～1535MHz) 무지향성 원편파 안테나의 설계연구를 수행하였다. 기존의 직선편파 안테나가 장애물 및 지면의 반사잡음의 영향으로 수신신호 크기가 감쇄되어 시험로 일부지역에서 신호손실을 초래하여 안테나 교체가 필요하였다. 그래서 반사의 의한 신호감쇄가 적은 원편파 안테나 특성과 이론적인 배경 및 설계원리를 연구하여 안테나를 제작하였고, 복사특성 실험을 통하여 설계치 보다 우수한 성능을 확인하였다. 또한 차량성능 원격측정 시스템을 이용하여 실차 실험한 결과 직선편파 안테나와 비교하여 수신레벨이 5dB이상 향상됨과, 시험로 전지역에서 신호의 손실 없이 획득 가능함을 입증하였다.

ABSTRACT

An L-band(1435MHz～1535MHz) omnidirectional circular polarized wave antenna is designed and evaluated for transmitting/receiving of vehicle data. Conventional linear polarized wave antenna can not receive clearly all of the vehicle data which come from the wide driving test range on account of distortion. To overcome this problem, an omnidirectional circular polarized wave antenna is required and designed. For the design, first of all, the characteristics, design principle and theoretical background of circular polarized wave with a little signal loss have been reviewed. The characteristics of the designed antenna are analysed and compared to the desired ones. According to, the test results, the received field intensity of the designed antenna is increased over 5dB comparing to that of linear polarized wave. Our results also demonstrate that the strength of vehicle data is flat enough over the full test range using this new antenna.

* 국방과학연구소
** 부산대학교 전자공학과
論文番號 : 97429-1127
接受日字 : 1997年 11月 27日

www.dbpia.co.kr

I. 서 론

무선통신의 초창기에는 기차, 선박, 비행체의 전신을 전송하는 간단한 기능을 목표로 하여 LF에서 HF까지의 주파수 대역에서 모노폴 형태의 휩(whip)안테나가 사용되었다. 그리고 이어서 VHF와 FM 기술의 도입과 함께 자동차간의 통신 또는 선박이나 비행체의 항해 시스템과 같은 공용, 상용 및 군용통신에서 커다란 진전을 맞게 되었다. 후에는 AM과 FM방송 및 TV방송까지 포함한 전파를 수신하는 차량의 수신 장치 부분에서 발전을 보게 되었는데 점차 무선 통신 시스템의 사용자가 증가함에 따라 기존의 무선 통신 시스템의 용량(주파수 대역)이 포화에 이르게 되면서 할당된 주파수 대역이 점차 높아지게 되어 중심 주파수가 30MHz에서 ~수 GHz까지 사용되고 있는 실정이다. 특히 안테나는 상용과 군용으로 구분되어 사용되어 왔으나, 현재는 모두 혼용하여 사용하고 있는 추세이다. 방송 또는 통신의 매개 수단인 안테나는 전파의 특성을 이용하여 그 형태와 크기를 달리하는데 가장 큰 특징이 편파이다. 편파는 전계의 진동 방향과 크기에 의해 결정되는데, 방송 또는 통신에 있어서 편파의 이용은 같은 주파수를 2채널 이상으로 이용할 수 있는 커다란 장점이 있고, 특히 원편파는 직선편파에 비하여 각종 장애물 혹은 잡음에 강하므로 주로 위성통신 및 군용통신에 사용되고 있고, 방송 및 통신 시스템에서 원편파 안테나의 수용이 점차 늘고 있으며, FM 및 기타 통신 방식은 물론이고 TV 송신 방식에서도 좋은 효과가 있다는 실험결과가 발표되어 원편파 안테나 사용 가능성이 점차 높아지게 될 것이다[1].

본 논문은 차량주행 시험장에서 차량성능 계측시스템을 차량에 탑재하고, 주행중인 피험차량이 동적인 상태에서 차량의 각종 성능을 계측하기 위하여 부착된 센서로 부터 탑재된 계측시스템이 데이터를 획득해, 무선선로(Radio Frequency)를 통하여 송신된 신호를 지상부에서 수신하여 획득된 신호를 실시간으로 분석/처리할 수 있는 원격측정 시스템[2][3]의 송/수신 안테나를 시험장의 환경특성 및 시험조건에 적합한 원편파 안테나로 설계하였다. 기존에 사용되고 있는 직선편파 안테나가 차량 주행 시험로 일부구간에서 신호를 수신할 수 없기에 안테나 교체가 필요하여 차량의 주행방향에 관계없이 수신할 수 있는 무지향성(Omni directional)패턴 특성과 장애물 잡음 특성이 강한 원편파(Circular polarized wave)안테나 특성 및 설계원리[4], 모멘트법에 의한 안테나 해석[5][6], 다이폴어레이 이론, 제작관련 전반적인 사항을 연구하여 제작하였다. 또한 설계치의 성능확인을 위해 복사특성 실험을 수행하였고, 원격측정 시스템을 이용한 시험로 운용실험을 통하여 기존의 직선편파 안테나보다 원편파 안테나의 수신 특성이 우수함을 입증하여 차량 주행방향에 관계없이 모든 시험로에서 신호의 손실 없이 수신 가능함을 확인하였다.

II. 편파(Polarization)특성

일반적으로 전파는 전계(E)와 자계(H)로 구성되어 있는데, 전계 및 자계는 전파의 방향에 대하여 직각인 방향으로 진동하고 있으며 서로 수직의 면에 같은 상으로 진동하고 있다. 또한 전파의 진행방향은 전계의 방향을 자계측으로 돌렸을 때 나사의 진행 방향이 되는 것과 같다.

1. 원편파 (Circular polarized wave)

원편파는 전파의 진행에 따라 전계의 크기는 같고 방향이 변화하여 원을 그리는 것과 같은 전파를 말하고, 전계 크기와 변화 정도가 타원을 그리는 것과 같은 것을 타원편파라고 한다. 또한 원편파는 원을 그리는 방법에 따라 시계방향과 일치하는 우선회(Right hand circular)원편파와 반시계방향과 일치하는 좌선회(Left hand circular)원편파로 구분되며, 아래 그림 1은 가장 많이 쓰이는 우선회 원편파의 전계 방향에 대한 것이다.

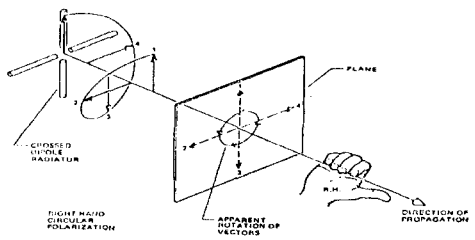

그림 1. 우선회 원편파
Fig. 1 Right hand circular polarized wave

www.dbpia.co.kr

2. 원편파 전파 특성

수평안테나(X)와 수직안테나(Y)의 전계벡터를 그림 2와 같이 각각 $\boldsymbol{E}_x$, $\boldsymbol{E}_y$라고 하면 $\boldsymbol{E}_x = E_x \cdot \boldsymbol{a}_x$, $\boldsymbol{E}_y = E_y \cdot \boldsymbol{a}_y$로 나타낼 수 있다. 크기가 같은 수평편파와 수직편파의 직교편파를 $\pm\pi/2$의 위상 차를 두고 합성하면 원편파가 생긴다. 따라서 전계벡터가 시간에 따라서 일정한 크기를 갖고 시계방향으로 회전하는 우선회 원편파일 경우 합성 전계벡터 $\boldsymbol{E}_t$는 그 크기를 1로 할 경우 식(1) 같이 나타내어진다.

$$\boldsymbol{E}_t = \frac{1}{\sqrt{2}}\ \boldsymbol{E}_x = -\frac{1}{\sqrt{2}} j\ \boldsymbol{E}_y = \frac{1}{\sqrt{2}}\ E_t(\boldsymbol{a}_x - j\boldsymbol{a}_y) \quad (1)$$

한편 우선회 원편파 수신안테나의 유효 길이 벡터를 $\boldsymbol{H}_r$라고 하고 그 크기를 1로 하면 $\boldsymbol{H}_r$는 전파가 도래하는 방향에서 볼 때 식(2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\boldsymbol{H}_r = \frac{1}{\sqrt{2}}\ H_r(\boldsymbol{a}_x - j\,\boldsymbol{a}_y) \quad (2)$$

따라서 우선회 원편파를 이용하여 직접파인 우선회 원편파를 수신할 경우 수신전압 V_{rR}는 다음식(3)과 같이 구할 수 있다.

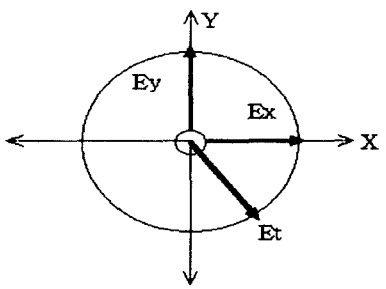

그림 2. 원편파 전계벡터
Fig. 2 The field vector circular polarized wave

$$\begin{aligned} V_{rR} &= \boldsymbol{E}_t \cdot \boldsymbol{H}_r \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}\ E_t(\boldsymbol{a}_x - j\boldsymbol{a}_y) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}\ H_r(\boldsymbol{a}_x + j\boldsymbol{a}_y) \\ &= \frac{1}{2}\ E_t H_r(\boldsymbol{a}_x - j\boldsymbol{a}_y) \cdot (\boldsymbol{a}_x + j\boldsymbol{a}_y) \\ &= E_t H_r \end{aligned} \quad (3)$$

그러나 우선회 원편파가 정면 반사를 할 경우에는 그림 2에서 알 수 있듯이 수평편파의 위상이 180° 바뀌게 되므로 결과적으로 좌선회 원편파가 된다. 따라서 좌선회 원편파의 전계벡터는 $\boldsymbol{E}_t = \frac{1}{\sqrt{2}}\ \boldsymbol{E}_x + \frac{1}{\sqrt{2}}\ j\,\boldsymbol{E}_y$로 나타내어지므로 우선회 원편파 수신안테나에 의한 수신전압 V_{rL}는 식(4)와 같다.

$$\begin{aligned} V_{rL} &= \boldsymbol{E}_t \cdot \boldsymbol{H}_r \\ &= \frac{1}{\sqrt{2}}\ E_t(\boldsymbol{a}_x + j\boldsymbol{a}_y) \cdot \frac{1}{\sqrt{2}}\ H_r(\boldsymbol{a}_x + j\boldsymbol{a}_y) \\ &= \frac{1}{2}\ E_t H_r(\boldsymbol{a}_x + j\,\boldsymbol{a}_y) \cdot (\boldsymbol{a}_x + j\,\boldsymbol{a}_y) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

위의 식(4)로부터 우선회 원편파 수신안테나는 좌선회 원편파를 수신할 수 없음을 알 수 있다. 원편파의 전파가 반사할 경우 수평편파 성분은 그위상이 180° 변하게 되지만 수직편파 성분의 위상은 거의 일정하게 유지되기 때문에 수직과 수평편파의 합성으로 이루어진 원편파는 반사할 때마다 선회 방향이 바뀌게 된다. 따라서 원편파 안테나로 수신할 경우에는 좌선회 반사한 반사파는 선회방향이 반대가 되므로 수신할 수 없게 되어 결과적으로 페이딩을 경감시키는 효과를 가져올 수 있게 된다.

III. 안테나 해석

1. 안테나 어레이(Array) 이론

안테나 설계 시 이득을 적절히 설정하기 위하여 수직 및 수평면에 다이폴을 배열시킴으로 안테나의 이득을 조절할 수 있다. 배열안테나의 복사 특성은 안테나 기본소자의 특성과 기하학적인 배열형태에 의하여 결정된다.

1) 배열계수

그림 3은 공간에 분포하고 있는 N개의 안테나를 나타낸다. 각각의 안테나의 전류밀도를 $\boldsymbol{J}_1, \boldsymbol{J}_2, \ldots, \boldsymbol{J}_N$

www.dbpia.co.kr

이라고 하면 m번째 전류밀도 J_m에 의한 벡터포텐샬 A_m은 다음과 같이 주어진다.

$$A_m = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{v_m} J_m(r_m) \frac{\exp(-jk_0 r_m)}{r_m} dV_m \quad (5)$$

여기서 V_m은 J_m이 분포하고 있는 영역, r_m는 기준점 0으로부터 V_m내의 임의 점으로 향하는 위치벡터, r_m는 V_m내의 한 점으로부터 관측 점까지의 거리이다. 그림 4와 같이 V_m내의 기준점 0_m를 취하고 점 0으로부터 변위벡터를 d_m이라고 하고, 기준점 0_m을 기준으로한 위치벡터를

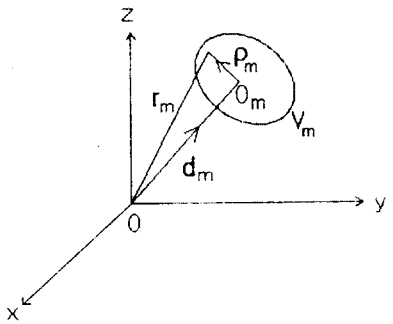

그림 3. N개의 안테나 배열
Fig. 3 Antenna array of N number

ρ_m라 하면 다음 관계식이 성립한다.

$$r_m = d_m + \rho_m \quad (6)$$

그림 4에서와 같이 관측점의 위치벡터를 R이라하면 r_m'은

$$\begin{aligned} r_m' &= |R_m - r_m| = |R-(d_m+\rho_m)| \\ &\fallingdotseq R-(d_m+\rho_m)\cdot i_R \end{aligned} \quad (7)$$

와 같이 근사화 된다. 이 결과를 이용하면 식 (5)의 벡터포텐샬 A_m은 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} A_m &= \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{\exp(-jr_0R)}{R} \int_{V_m} J_m(\rho_m) \\ &\quad \exp[jk_0(d_m+\rho_m)\cdot i_R]\, dV_m \\ &= \mu_0 G_0 \exp[jk_0 d_m \cdot i_R] \int_{V_m} J_m(\rho_m) \\ &\quad \exp[jk_0 \rho_m \cdot i_R]\, dV_m \end{aligned} \quad (8)$$

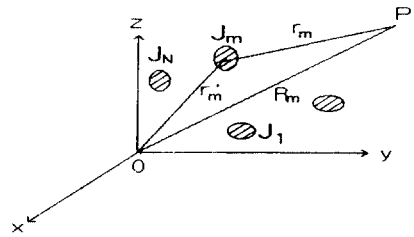

그림 4. m번째 소자의 좌표
Fig. 4 Axis of element in m order number

단, $G_0 = \exp(-jk_0R)/4\pi R$이다. i_R은 R 방향의 단위벡터이다. 각각의 안테나의 전류밀도 $J_1, J_2 \ldots, J_N$이 동일한 전류분포를 갖는다고 하면 이런 배열을 comformal array라고 하며 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$J_m = a_m J_1(\rho_1) \quad (9)$$

여기서 a_m은 전류분포의 크기나 상대적 위상분포를 규정하는 인자이다. 이때 N개의 전류원에 의한 합성 벡터포텐샬은 식(10)과 같이 표현되며,

$$\begin{aligned} A &= \sum_{m=1}^{N} A_m = \mu_0 G_0 \int_{V_1} J_1(\rho_1) \\ &\quad \exp[jk_0 \rho_1 \cdot i_R]\, dV_1 \cdot AF \end{aligned} \quad (10)$$

여기서, AF는 배열계수이고, 식(11)과 같다.

$$AF = \sum_{m=1}^{N} a_m \exp[jk_0 d_m \cdot i_R] \quad (11)$$

www.dbpia.co.kr

따라서 합성벡터 포텐샬은 단일전류에 의한 지향성과 배열계수의 곱으로 주어진다.

2) 선형어레이

그림 5와 같이 안테나 소자가 수직으로 배열되어 있을 때를 선형어레이라 한다. 그림 5에서 소자사이의 간격을 d라고 하면 이때 식(11)의 $d_m \cdot i_R$은 $d_m \cdot i_R = (m-1)\, d\cos\theta$이 된다. 따라서 식 (11)의 배열계수 AF는 식 (12)과 같이 유도된다.

$$AF(\theta, \varnothing) = \sum_{m=1}^{N} a_m \exp[jk_0(m-1)\, d\cos\theta] \quad (12)$$

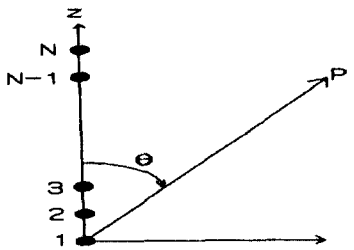

그림 5. 선형 어레이 분포
Fig. 5 Linear array distribution

그림 5에서 안테나소자는 Z축상에 배열되어 있으므로 배열계수 AF는 $\varnothing$ 방향에 무관하다. 그림 5에서 각 소자의 진폭은 균일하고 위상만 변화는 경우를 균일분포 어레이라 한다. 각 소자에 주어진 위상에 의해서 최대복사 방향을 변화시킬 수가 있다. 안테나 배열 축에 대하여 최대 복사방향을 갖는 어레이를 end-fire 배열이라 하고, 배열축에 수직한 방향에 최대 빔방향을 갖는 배열을 broadside array라고 한다. 그림 5에서 인접한 소자들 사이에 δ 크기의 위상차가 난다고 하면 식 (12)의 계수 a_m은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$a_m = \frac{1}{N} \exp[j(m-1)\,\delta] \quad m = 1, 2, \ldots, N \quad (13)$$

식 (13)을 식 (12)에 대입하면 식(14)와 같다.

$$AF(\theta, \varnothing) = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^{N} \exp[j(m-1)(\delta + k_0\, d\cos\theta)] \quad (14)$$

이상과 같은 end fire array와 broadside array를 병합하여 원편파 array를 구성하였다.

IV. 안테나 설계

1. 안테나 설계

본 안테나의 임피던스는 Q매칭방법의 임피던스 정합을 사용하여 도출하였다. Q매칭은 그림 6과 같이 안테나의 급전점 임피던스 Za가 피더(Feeder)의 특성 임피던스 Zo와 다를경우 그 단에 특성 임피던스 ZQ의 Q섹션을 삽입하면 피더와 안테나의 매칭을 취할 수가 있다. 이 경우의 매칭 조건을 충족시키는 Q섹션의 특성 임피던스는 식(15)와 같이 Zo 와 Za의 기하평균이 된다.

$$Z_Q = \sqrt{Z_o \cdot Z_a} \quad (15)$$

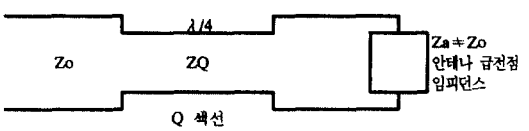

그림 6. 임피던스 Q 매칭 회로
Fig. 6 Circute of Q impedence matching

Q섹션의 피더의 길이는 전기적으로 $\lambda/4$로 취하고, $\lambda/4$(공진 주파수 1519Mhz)가 되는 주파수에 대해서는 매칭작용을 하고 있으나, 주파수가 바뀌면 매칭이 처지게된다. 즉 그림 6에서 안테나의 Za를 37.5Ω라 하고, 피더의 특성 임피던스 Zo를 75Ω으로 하여 Z_Q = 50Ω 하였고, 정재파비의 도출은 일반적인 안테나 정재파비 설계치(1.5~2.0 이하)임을 실험적으로 접근하여 최적의 정재파비를 선정하였다. 또한 수직패턴의 복사특성은 시험장의 직선시험로가 원격측정 지상부로부터 10° 이내이기 때문에 그림 7과 같이 각종 파라미터(공진 주파수 1519Mhz)를 적용하여 수직패턴의 반치각을 20°로 Simulation을 통하여 선정하였다. 차량이 지상부(수신부)를 중심으로 사방으로 시험로를 운행하며 차량의 계측신호를 송신해야 하기 때

www.dbpia.co.kr

문에 무지향성으로 설계하기 위하여 공진주파수의 반파장인 9.8cm의 다이폴을 수직과 수평으로 직교시켜 동서남북 4개면을 구현하였다[8].

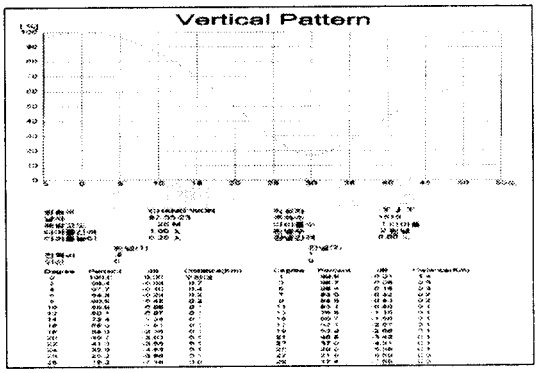

그림 7. 수직패턴 Simulation
Fig. 7 Vertical pattern simulation

또한 다이폴 어레이 이론[9]의 실험적인 모델값[7] (에레이 1단시 ≒ 1dB)을 적용하여 Gain을 2dBi정도로 설계하기 위하여 2단으로 구성하였다, 더 이상 안테나 Gain을 높이면 수신레벨이 증가하나 안테나 크기가 증대되어 차량에 탑재하기 불편하고, 지상부에서 공간적인 제약으로 최적선인 2dBi로 선정하였다. 그리고 최대한 Null구간을 크기를 줄이기 위하여 수직다이폴과 수평다이폴을 X, Y축상태에서 45° Slant 적용하였고, 특히 급전선의 재질은 황동으로 사용하여 효율이 좋게 하였다. 그리고 $\lambda/4$만큼의 거리에 반사판을 설치하여 전파의 지향특성을 증대시켜 복사특성을 향상시키도록 구현하였고, 안테나의 외관은 방수 및 압력으로부터 보호 하기 위하여 FRP로 내장시켰다. 또한 그림 8은 원편파 안테나의 회로도이고, 그림 8에서와 같이 수직다이폴 및 수평다이폴에 전원을 공급할 수 있도록 Power Divider를 사용하여 각각의 수직 및 수평 다이폴에 전원을 공급 할 수 있도록 하였으며, 동위상 신호를 받아 90° 위상차를 급전시키는 하이브리드를 사용하여 우선회원편파(RHCP) 및 좌선회원편파(LHCP)신호를 발생시킬 수 있도록 하였다. 끝으로 차량에 부착 가능하도록 마그네틱을 사용하여 시험시 발생되는 진동에 영향을 받지 않도록 설계 하였다. 그림 9는 제작된 원편파 안테나의 실물 모양이

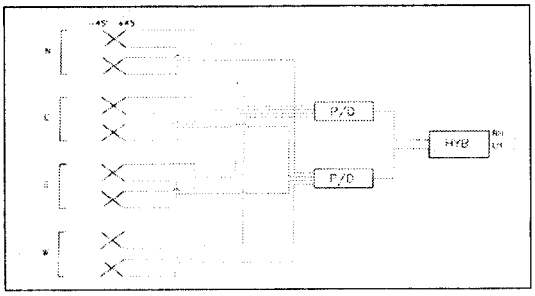

그림 8. 원편파 안테나 회로도
Fig. 8 Circular polarized wave antenna

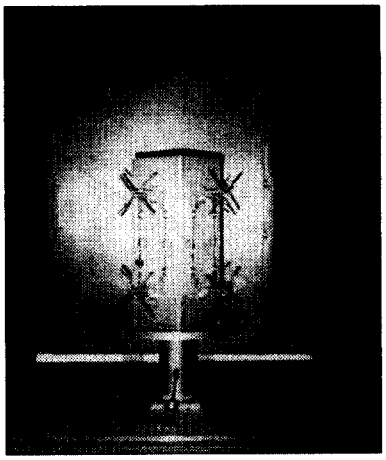

그림 9. 안테나 내부실물
Fig. 9 Inside actual object of antenna

고, 표 1은 안테나 개발규격이고, 표 2는 안테나의 구성품 및 기능이다.

표 1. 안테나 개발규격
Table 1. Development standard of antenna

Frequency		1435MHz ~ 1535MHz
V. S. W. R		1 : 1.5
Gain		2dBi
Polarization		Circular
Pattern	Vertical	Omni Directional
	Horizontal	Less Than 30°
Input Connector		"N"-Type Female
Output Impedence		50 Ω
Dimension		ø250×600

www.dbpia.co.kr

표 2. 안테나의 구성품 및 기능
Table 2. Construction element and function of antenna

품명	재질	수량	용도	비고
o복사부 (Dipole)	황동	16 EA	-전파를 복사하는 장치로써 +/-45° slant설치	Cross-Dipole
o반사판 (Reflecter)	알루미늄	1EA	-전파의 지향특성을 증가	사각
o방설카바	F.R.P	1EA	-안테나를 외부의 물체 및 압력으로 부터 보호	Fiber Glass Reinforced
o하이브리드 (hybride)	-	1EA	-전력 분배와 위상차 발생(90°)	L-Band용
o전력분배기	황동	2EA	전력 분배	iu: 4 out:1
o급전부	황동	8EA	임피던스 매칭	피더의 특성 임피던스 75Ω
o케이블	RG-141			
o콘넥터	황동	1EA		N-Famale
o클램프 및 마그네틱	알루미늄	1EA	안테나 지지금구	수신 및 차량 부착용

2. 복사특성 측정

안테나의 VSWR, 이득, 수평/수직 패턴등 복사특성을 그림 10과 같이 무반향 실험실에서 수행하였다.

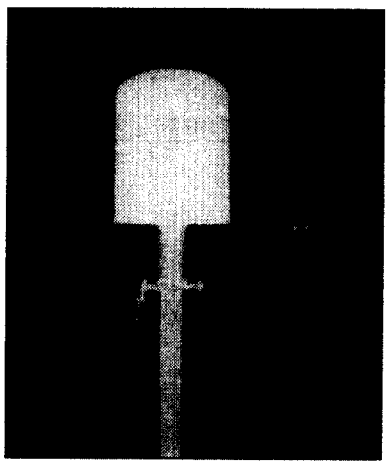

그림 10. 복사특성 실험모습
Fig. 10 Measurement features of radiation pattern

1) 정재파비(Voltage Standing Wave Ratio : VSWR)측정

그림 11은 무지향성 안테나의 VSWR측정치이다. VSWR은 설계시 실험적으로 공진주파수(f_o 1519Mhz)에서 VSWR값을 1.5이하(공급전력의 96%이상이 부하에 전달됨)를 만족하도록 설계하였다. Network Analyzer 8752A(HP)를 사용하여 측정한 결과 1505MHz에서 VSWR은 1.36(그림 11의①)이고 1525MHz에서는 1.185 (그림 11의②)이므로 공진주파수 1519MHz는 1.36과 1.18의 사이에 존재하므로 임피던스 매칭이 잘되고 있음을 알 수 있다. 다만 1525Mhz 이상에서 최저 VSWR 값이 존재하나, 송신기의 운송주파수 대역과 무관하여 더 이상 최저점을 공진주파수와 일치시키려고 더 이상 설계변경을 하지 않았다.

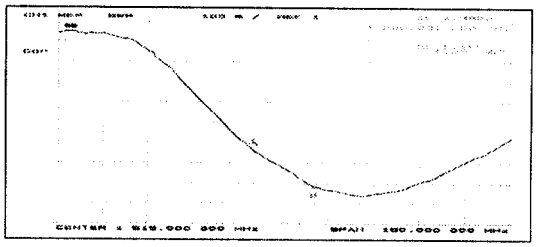

그림 11. VSWR 측정결과
Fig. 11 VSWR measurement result

2) Gain측정

무지향성으로 설계하였기 때문에 2dBi(0dBd)의 설계치를 만족하는지 측정하였다. 그림 12는 Spectrum Analyzer 8561E(HP)를 사용하여 측정한 결과이고, 측정결과 1519MHz에서 표준안테나의 Gain은 13.4dBd를 사용하여 측정한 결과 12.23dBd이므로 실제로는 1.1dBd (3.1dBi)의 Gain을 가지고 있음을 알수 있고, 실험적인 모델값(7) 보다 높은 Gain을 유지할 수 있었다.

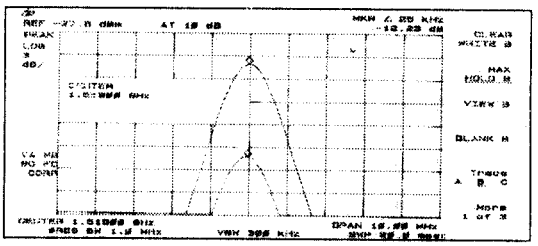

그림 12. Gain 측정결과
Fig. 12 Gain measurement result

www.dbpia.co.kr

3) 수직/수평패턴 측정

수직/수평패턴 측정은 Digital Pattern Recorder 1780을 가지고 측정하였다. 그림 14에서 수평패턴이 360° 원궤적의 설계회로를 만족함을 알 수 있고, 수직 패턴의 Simulation된 설계치의 반치각은 20°이나, 그림 13은 안테나의 각 방향에 대한 반치각이 ±18° 정도를 유지하고 있어서 설계치에 거의 접근함을 알 수 있다. 다만 Null구간 발생부분은 최대 10dB정도의 loss가 발생 하지만, 지상부의 근접한 위치에서 발생하므로 신호수신에 문제가 없다.

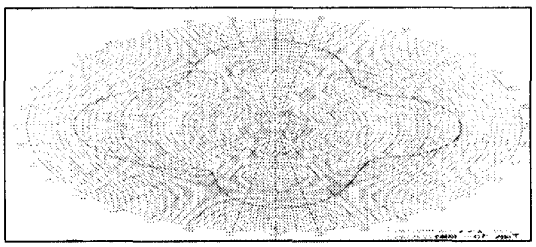

그림 13. 수직패턴 측정결과
Fig. 13 Vertical pattern measurement result

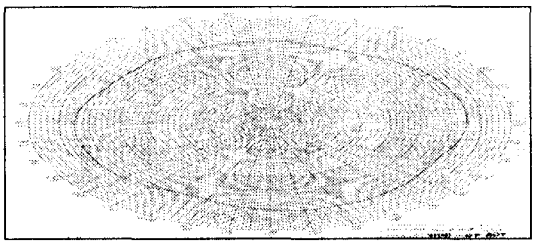

그림 14. 수평패턴 측정결과
Fig. 14 Horizontal pattern measurement result

V. 실험 및 결과 고찰

1. 실험방법

본 논문의 실험은 기존의 원격측정 시스템의 송수신 안테나(직선편파)가 시험로 일부 구간에서 신호 손실 현상을 보완하고자, 그림 15의 신호획득 실험 구성도와 같이 설계한 원편파 안테나를 차량 계측용 원격측정 시스템의 탑재부와 송신안테나를 시험 차량에 탑재하고, 수신 안테나를 18m 높이에 설치하여 원격측정 지상부 시스템을 통하여 신호의 수신상태를 확인하였고, HP8561E Spectrum Analyzer를 이용하여 수신 전계의 시험결과를 획득하였다. 실험조건은 표 3과 같이 송신부와 수신부의 안테나를 이용하여 직선편파와 원편파 안테나의 수신특성을 비교하여, 설계된 원편파의 수신특성이 우수함을 입증함과, 신호가 왜곡부분 수신특성을 향상시켜 직선로 전구간에서 신호의 수신이 가능함을 확인시키기 위하여 수행하였다. 차량의 속도는 50km/h로 정속주행을 하였고, 시험주행거리는 지상부를 중심으로 좌/우측 각각 700m에서 주행시험을 수행하였다. 또한 원편파 안테나 주행시험 결과 특이현상 발생의 원인을 해석하기 위하여 위의 표 3의 실험방법 3, 4와 같이 추가 시험을 통해 원인을 분석하였다.

표 3. 실험방법
Table 3. Test methed

시험방법	송신 안테나	수신 안테나	비고
1	직선편파 무지향성	직선편파 무지향성(0dB)	기존 안테나
2	원편파 무지향성	원편파 무지향성(0dB)	설계 안테나
3	원편파 무지향성	직선편파 무지향성(0dB)	편파 loss분석
4	원편파 무지향성	원편파 지향성(8dB)	지면의 매설물에 따른 수신감도 왜곡 현상분석

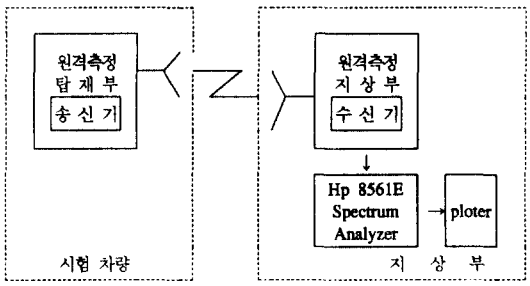

그림 15. 전계강도 및 신호획득 실험 구성도
Fig. 15 Field intensity and equipment block diagram for data aqusition

2. 실험결과 및 분석

그림 16과 그림 17은 앞에서 설명한 실험방법 1, 2

www.dbpia.co.kr

에 의하여 수행한 수신전계 실험결과이다. 실험결과 x축은 시험로 거리(좌/우 700m) 및, y축은 거리에 따른 수신전계(dBm)고, −86.9dBm은 신호수신가능 한계레벨이며, 수신레벨이 최대인 지점 근처가 지상부의 위치이다(0m). 그림 16과 그림 17에서 알 수 있듯이 원편파 안테나가 직선편파 안테나와 비교하여 전체적으로 수신레벨이 수~수십dB 이상 향상되었고, 특히 직선편파의 신호수신 불능지역(그림 16의 ⑥⑦⑧ 지점)과 원편파의 최소 수신레벨인 지역(그림 17의 ④,⑤지점)을 비교하여도 5dB 정도가 향상되어, 시험로 전구간에서 신호가 수신됨을 확인하였다. 또한 시험로 거리에 따라 설계안테나 패턴분석에 의한 각 지점별 수신전계의 이론적인 계산결과가 그림 18, 19와 같고, 실차 실험결과 그림 17과 비교시 일부 특이현상을 제외한 수신전계의 값 및 경향이 계산치에 접근함을 알 수 있었다.

특이현상 결과 분석은 시험로가 지상부로 부터 가시거리에 위치하고 있으므로 장애물에 의한 Fading 현상이 거의 무시되고, 지면의 1차 반사파 영향도. 원편파 특성상 고려치 않아도 되므로 수신레벨의 감쇄가 발생하지 않아야 되는데도 원편파 안테나 시험결과 그림 17의 일정지역(①, ②, ③, ④, ⑤지점)에서 수신레벨이 일시적으로 감쇄가 발생하고 있다. 이러한 원인을 분석하기 위하여 실험 3의 방법으로 수신측에 원편파 지향성 안테나(8dB, ±15°)를 가지고 차량을 추적하여 실험분석결과 그림 17의 ①,②,③,의 감쇄현상은 송수신 안테나가 Null point에서 송수신시 발생되는 원인으로 분석되었고, 신호수신에는 큰 영향을 미치지 않음을 알 수 있었으며, 특히 안테나 패턴상 Null point의 영향이 없음에도 불구하고 ①,⑤의 지점에서 수신전계가 최대 14dBm이 감소함을 알 수 있다. 실험 3의 실험결과 그림 21에서도 동일한 위치에서 동일한 현상이 발생된 바, 그림 17의 ①,⑤지점에서 지면에 특수한 매설물이 포설되어 있다고 판단되어, 시험로 설계도면을 참고 하였더니 우연하게도 감쇄지역(①,⑤지점)이 절토와 성토의 경계 지역이기 때문에 20cm×20cm의 철구조물이 도로 10cm밑에 수십 미터 포설되어 있음을 확인하였으며, 결과적으로 시험로 매설물에 의한 전자파의 영향으로 수신전계 감쇄가 일어나고 있는 것으로 판단된다. (추후 실험 및 이론정립이 필요함) 그림 21은 실험방법 4의 결과이며, 송수신 안테나의 편파가 Matching되지 않으면 수신특성

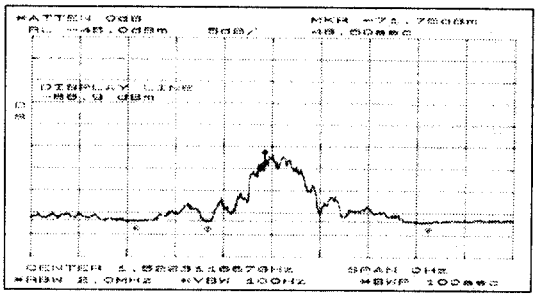

그림 16. 직선편파 안테나 전계강도 실험결과
Fig. 16 Test result of field intensity with linear polarized wave antenna

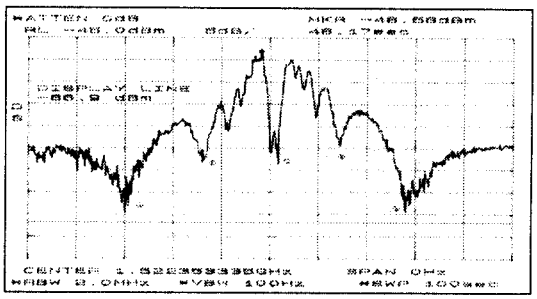

그림 17. 원편파 안테나 전계강도 실험결과
Fig. 17 Test result of field intensity with circular polarized wave antenna

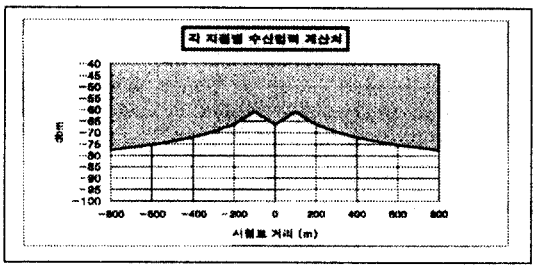

그림 18. 원편파 수신입력 계산치
Fig. 18 Calculating value of receiving input by circular polarized wave

이 좋지 않음을 확인할 수 있었다. 또한 그림 22는 송수신단 총 RF 케이블(RG 8) 손실을 분석한 결과이고, Network Analyzer8752A와 Spectrum Analyzer 8561E를 사용하여 측정한 결과 21dBm의 손실이 발생하였다. 이는 저 손실 RF 케이블로 교체시 10dB정도는 보

www.dbpia.co.kr

상되므로, 전체적인 수신전계가 향상되어 차량신호 계측에 전혀 문제가 없기에 설계 사양을 만족하였다.

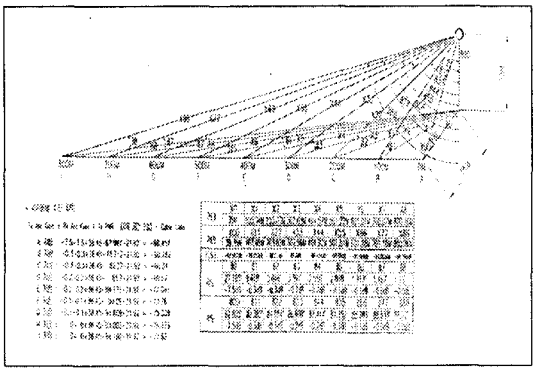

그림 19. 시험로에서 원편파안테나 전파분석
Fig. 19 Radio wave analysis of circular polarized weav antenna in the test range

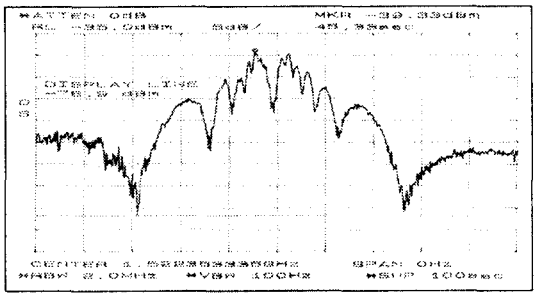

그림 20. 원편파와 지향성원편파 전계강도 실험결과
Fig. 20 Test result of field intensity by circular and directional circular polarized weav antenna

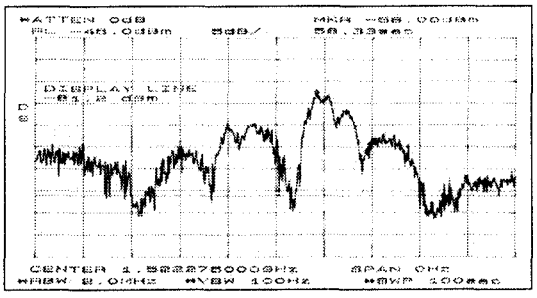

그림 21. 직선편파와 원편파안테나의 전계강도 실험결과
Fig. 21 Test result of field intensity by linear and circular polarized weav antenna

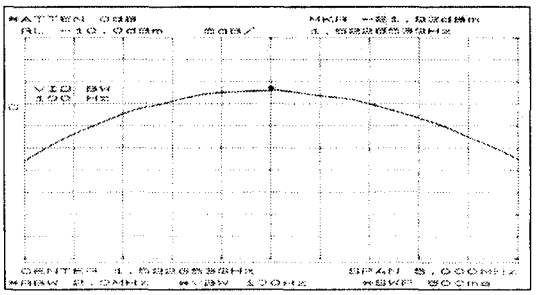

그림 22. 송/수신단 총 케이블 손실결과
Fig. 22 Total cable loss of transmitting/receiving group

VI. 결 론

본 연구에서는 위성통신, 군용통신에 주로 사용되고 있는 원편파 안테나를 차량 데이타통신 및 이동통신 등과 같은 분야에 적합하도록 원편파 무지향성 안테나 설계에 대한 연구를 수행하였다.

특히 방송 또는 통신의 매개수단인 안테나의 가장 큰 특징인 편파의 특성에 대한 제반사항 연구를 수행하였고, 안테나 어레이 이론을 이용하여 안테나 다이폴 어레이 설계방법을 제시하였으며, 또한 원편파안테나 설계제작 과정에서 이득, VSWR, 방사패턴을 수차례 보완 후 설계치를 만족하는 안테나를 설계하였다. 마지막으로 설계된 안테나를 가지고 차량계측용 원격측정 시스템을 이용하여 실차실험을 수행한 결과, 기존의 차량통신용 직선편파 안테나의 문제점인 시험로 일부 구간에서 신호의 왜곡현상을 해결할 수 있었으며, 전구간의 수신전계의 특성이 우수함을 입증하였고, 차량의 데이타 신호수신이 가능함을 보였다. 또한, 실험결과의 특이현상을 보충실험을 통하여 원인도 분석하였다.

이상의 연구 결과로부터 원편파 안테나가 기존의 직선편파보다 설계가 복잡하지만, 차량 데이터 통신 및 이동통신의 단점인 장애물에 의한 Fading 현상의 영향을 최소화할 수 있다는 측면과 방향에 상관없이 무지향성을 추구하는 측면에서는 적용가능 하리라 사료된다.

참 고 문 헌

1. 이돈신, "방송 및 통신용 안테나 시스템 기술" 안테나 기술 워크샵 논문집, pp. X-1～X-21, 1997. 5.

www.dbpia.co.kr

2. 유제택, 배봉수, 원태현, "기동시험장 원격측정시스템 특성 연구", 연구 보고서 GWSD 519-960956, 국방과학연구소. 1996. 10.
3. 유제택, 외2명 "Telemetry System을 이용한 기동시험계측 기술 연구", 제1회 기동 시험발전 세미나 논문집, 국방과학연구소, pp. 69~86, 1995. 11.
4. John E. hill, *Antenna Designer's Guide*, Watkins-Johnson Company pp. 97~123, 1989. 6.
5. R. F Harrington, *Field computation by Moment Methods*, Macmillan Co. Chap. 4, 1986. 3.
6. W. L. Stutzman, G. A. Thiele, *Antenna theory and design*, John Wiely & sons Inc., Chap 7, 1981.
7. 배현기, *안테나 핸드북*, 세진사, pp. 275~290, 1995. 6
8. T.L. Blakney, J.R. Burnett, and S.B. Cohn, *A Design Method for Meander Line Circular Polarizer*, 22d Ann. Symp. USAF Antenna R&D Prog., University of Illinois, Urbana, pp. 1~15, 1972.
9. J.E Hudson, *Adaptive Array Principle*, LEE, 1989.
10. Isamu, Chiba, "Transmittinhg Null Beam Forming with Beam Space Adaptive Array Antenna" '94 IEEE Vehicular Technology Conference

유 제 택(Jae Taeg Yu) 정회원
1966년 4월 21일생
1990년 2월 : 인하대학교 공과대학 전자공학과 졸업(공학사)
1997년 2월~현재 : 부산대학교 메카트로닉스 대학원 석사과정
1990년 3월~현재 : 국방과학연구소 연구원
※주관심분야 : 원격측정(Telemetry), 안테나, 계측 및 신호처리

구 상 화(Sang-hwa Goo) 정회원
1958년 11월 17일생
1981년 2월 : 부산대학교 기계공학과 졸업(공학사)
1986년 2월 : 부산대학교 기계공학과 대학원 졸업(공학석사)
1993년 2월 : 부산대학교 기계공학과 박사과정 수료
1986년 2월~현재 : 국방과학연구소 선임연구원
※주관심분야 : 제어계측, 디지탈 신호처리

이 장 명(Jang-Myung Lee) 정회원
1957년 11월 22일생
1980년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1982년 2월 : 서울대학교 전자공학과 대학원 졸업(공학석사)
1990년 12월 : 남가주대학(USC) 박사학위취득(공학박사)
현재 : 부산대학교 공과대학 전자공학과 부교수
※주관심분야 : 다관절 로봇 시스템의 설계 및 제어, μ-processor 응용 시스템 설계, Moter 구동방식 및 제어

www.dbpia.co.kr