

원격측정 시스템의 송수신 능력 향상을 위한 원편파 안테나 연구

°유 제 택*, 이 장 명**, 구 상 화*
국방과학연구소*, 부산대학교 전자공학과**

A Research of Circular Polarized Wave Antenna for the Improvement of Transmitting/Receiving Ability of Telemetry System

Jae Taek Yu*, Jang Myung Lee**, Sang Haw Goo*
Agency for Defense Development*, Pusun National University**

ABSTRACT

An L-band 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 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 designed antenna characteristics are analysed and compared to the desired ones. Our results demonstrate that the strength of vehicle data is flat enough over the full test range using this new antenna.

I 서론

본 논문에서는 원격측정 시스템의 송/수신 안테나를 시험장의 환경특성⁽²⁾ 및 시험조건에 적합한 원편파 안테나로 설계하였다. 기존에 사용되고 있는 직선편파 안테나가 차량 주행 시험로 일부구간에서 편파특성에 의한 왜곡으로 인하여 신호를 수신할 수 없어 안테나 교체가 필요하였다. 시험로 특성상 차량의 주행방향에 관계없이 수신할 수 있는 무지향성(Omnidirectional) 특성과 원편파(Circular polarized wave)특성⁽¹⁾ 및 원편파 안테나 설계원리⁽⁴⁾, 다이폴에 레이 이론⁽⁶⁾ 등 설계관련 전반적인 사항을 적용하여 안테나를 설계하였다. 또한, 안테나의 기본성능화인을 위해 정재파비, 방사 패턴, 안테나 이득을 측정하였고, 끝으로 원격측정 시

스템을 이용한 시험로 운용 실험을 통하여 기존의 직선편파 안테나보다 원편파 안테나의 수신 특성이 우수함을 입증하여 차량 주행방향에 관계없이 모든시험로에서 신호의 손실 없이 수신 가능함을 확인하였다.

II. 원편파 안테나 설계 배경

당 연구소의 차량성능 시험장은 각종 군용/상용차량의 기본성능 및 기술시험을 수행하는 곳이다. 특히 차량의 기본성능, 충격 및 각종 기술시험시 차량의 부착된 각종 센서 신호를 실시간으로 획득/분석 및 저

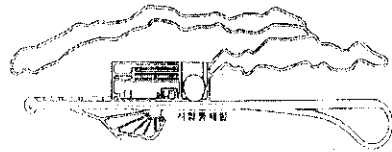


그림 1. 시험로 구성도

장 할 수 있는 시스템이 원격측정 시스템⁽²⁾(Telemetry System)이다. 당 연구소의 차량성능 원격측정 시스템은 차량에 장착되어 센서로부터 계측된 신호를 획득하여 무선선로를 통하여 전송하는 탑재부(On Board)와 전송된 신호를 수신하여 저장 및 분석/처리 할 수 있는 지상부(Ground)로 구성되어 있다. 특히 차량성능 및 기술시험시 차량특성상 연속적인 신호획득 및 분석이 필수적이거나 그림 1의 시험로 일부구간에서 계측신호가 수신되지 못하여 연속적인 신호획득이 불가능하

므로 기존의 직선편파 안테나의 교체가 필요하였다. 그림 1은 당 연구소의 시험로 구성도 이다

III. 편파(Polarization)특성

일반적으로 전파는 전기(E)와 자기(H)로 구성되어 있는데, 전기 및 자기는 전파의 방향에 대하여 직각인 방향으로 진동하고 있으며 서로 수직의 면에 같은 상으로 진동하고 있다.

3.1 원편파 (Circular polarized wave)

원편파는 전파의 진행에 따라 전기의 크기는 같고 방향이 변화하여 원을 그리는 것과 같은 전파를 말하고, 전기 크기와 변화 정도가 타원을 그리는 것과 같은 것을 타원편파라고 한다. 또한 원편파는 원을 그리는 방법에 따라 시계방향과 일치하는 우선회(Right hand circular)원편파와 반시계 방향과 일치하는 좌선회(Left hand circular)원편파로 구분되며, 아래 그림 2는 가장 많이 쓰는 우회 원편파의 전기 방향에 대한 것이다.

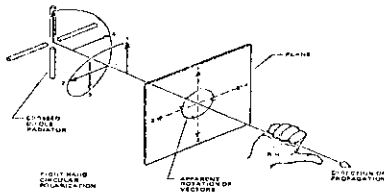


그림 2. 원편파 방사형태

3.2 편파손실 및 반사특성

전파가 안테나를 떠나 건물 또는 지표면과 같은 물체에 반사되면 편파가 바뀌는 경우가 있는데 이러한 경우 수신 안테나의 입사전파 사이에는 편파 부정합(Polarization mismatching)이 일어나게 되어 편파 손실을 가져오게 된다. 그림 3과 같이 편파 손실은 아래의 식으로부터 계산할 수 있고, 입사전파의 전기장도 식은 (1)으로 주어진다.

$$\mathbf{E} = \hat{\rho}_w \mathbf{E}_a \quad (1)$$

(단, $\hat{\rho}_w$ 는 전파의 방향을 나타내는 단위 벡터이다) 수신 안테나의 전기구성은 식 (2)와 같이 주어진다

$$\mathbf{E} = \hat{\rho}_a^* \mathbf{E}_a \quad (2)$$

(단, $\hat{\rho}_a$ 는 단위 벡터이다) 식 (1), (2)로부터 편파손실 계수(Polarization loss Factor)로 유도하면 식 (3)과 같이 표현된다

$$PLF = |\hat{\rho}_w \cdot \hat{\rho}_a^*|^2 = |\cos \omega_p|^2 \quad (3)$$

위(3)식을dB로 표현된다.

$$PLF(dB) = 10 \log 10 PLF \quad (4)$$

또한 편파의 반사특성은 표 1와 같이 전파가 직선편파

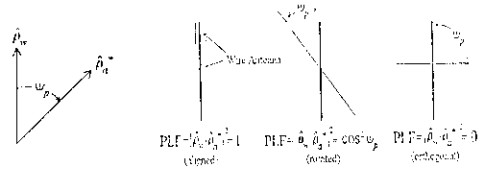


그림 3. 편파손실계수

일 경우 임의의 수평면 및 수직면에 1차 반사되어 직진파와 합성되므로 전기의 세기가 동위상일 경우는 증가하나, 위상이 반전 시는 감소하게 된다. 그러나 전파가 우선회 원편파인 경우는 수직면/수평면에 반사 시 좌선회 원편파가 되어 직진파와 합성되지 않으므로 반사파의 영향으로 인한 수신전계 감소의 손실을 줄일 수 있다.

표 1. 편파종류별 반사특성

	반사면	수직면 반사	수평면 반사
직선편파	수 직	동 위 상	위상반전
	수 평	위상반전 (역위상반사)	동 위 상
원편파	우 선	좌 선	좌 선
	좌 선	우 선	우 선

IV. 안테나 설계

안테나 설계는 전파의 편파특성/반사특성⁽¹⁾⁽⁴⁾ 및 원편파 안테나 설계원리⁽⁴⁾ 및 배열계수 의한 실험적인 모델값⁽⁷⁾을 근거로 하여 설계하였다.

4.1. 안테나 설계

본 안테나의 임피던스는 Q매칭방법의 임피던스 정합을 사용하여 도출하였다. Q매칭은 그림 4와 같이 안테나의 급전점 임피던스 Z_a 가 피더(Feeder)의 특성 임피던스 Z_0 와 다를 경우 그 단에 특성 임피던스 Z_Q 에 Q섹션을 삽입하면 피더와 안테나의 매칭을 취할 수가 있다. 이 경우의 매칭 조건을 충족시키는 Q섹션의 특성 임피던스는 식(5)와 같이 Z_0 와 Z_a 의 기하평균이 된다

$$Z_Q = \sqrt{Z_0 \cdot Z_a} \quad (5)$$

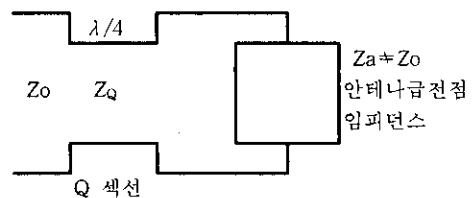


그림 4. 임피던스 Q 매칭 회로

Q 섹션의 피더의 길이는 전기적으로 $\lambda/4$ 로 취하고,

$\lambda/4$ (공진 주파수 1519Mhz)가 되는 주파수에 대해서는 매칭작용을 하고 있으나, 주파수가 바뀌면 매칭이 저지해된다. 즉 그림 4와 같이 안테나의 Z_a 를 37.5Ω 라 하고, 파더의 특성 임피던스 Z_0 를 75Ω 으로 하여 $Z_0=50\Omega$ 하였고, 정재파비의 도출은 일반적인 안테나 정재파비 설계치(1.5~2.0 이하)임을 실험적으로 접근하여 최적의 정재파비를 선정하였다. 또한 수평패턴의 복사특성은 시험장의 직선시험로가 원격측정 지상부로부터 10° 이내이기 때문에 그림 5와 같이 각종 파라미터 (공진 주파수 1519Mhz)를 적용하여 수직패턴의

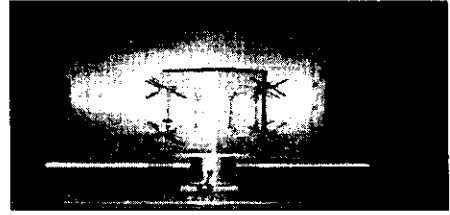


그림 6. 설계안테나 실물

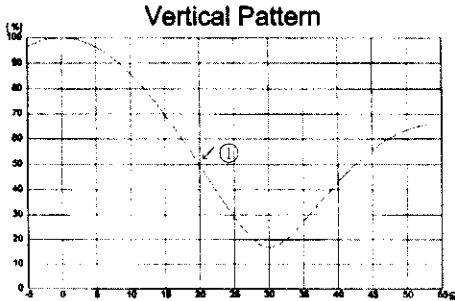


그림 5. 수직패턴 설계 Simulation

반치각을 20° (그림 5의 ①지점)로 Simulation을 통하여 선정하였다. 차량이 지상부(수신부)를 중심으로 사방으로 시험로를 운행하며 차량의 계측신호를 송신해야 하기 때문에 무지향성으로 설계하기 위하여 공진 주파수의 반파장인 9.8cm의 다이폴을 수직과 수평으로 직교시켜 동서남북 4개면을 구현하였다. 또한 다이폴 어레이 이론⁽⁹⁾의 실험적인 모델값⁽⁷⁾ (에레이 1단시는 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 Null구간의 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 지향 특성을 증대시켜 복사특성을 향상시키도록 구현하였고, 안테나의 외관은 방수 및 압력으로 부터 보호하기 위하여 FRP로 내장시켰다. 그림 6은 제작된 원편파 안테나의 실물 모양이다..

4.2. 복사특성 측정

안테나의 VSWR, 이득, 수평/수직 패턴등 복사특성을 무반향 실험실에서 수행하였다.

4.2.1 정재파비 (V.S.W.R.)측정

VSWR은 설계시 실험적으로 최적치를 설계하였기 때문에 설계치와 측정치가 같고, Network Analyzer

8732A(HP)를 사용하여 측정결과 1505Mhz에서 VSWR은 1.36이고 1525Mhz 에서는 1.185이므로 실제 공진주파수 1519Mhz는 1.36과 1.18의 사이에 존재하므로 임피던스 매칭이 잘되고 있음을 알 수 있다

4.2.2 Gain측정

안테나 Gain을 Spectrum Analyzer 8561E(HP)를 사용하여 측정한 결과 1519Mhz에서 표준안테나의 13.4dBd인 Gain을 사용시 12.23dBd이므로 실제로는 1.1dBd(3.1dBi)의 Gain을 가지고 있음을 알 수 있었고, 실험적인 모델값⁽⁷⁾ 보다 높은 Gain을 유지할 수 있었다.

4.2.3 수직패턴 측정

수직패턴 측정은 Digital Pattern Recorder 1780을 가지고 측정하였다. 수직 패턴의 Simulation된 설계치의 반치각은 20° 이나, 설계 안테나는 각 방향에 대한 반치각이 $\pm 18^\circ$ 정도를 유지하고 있어서 설계치에 거의 접근함을 알 수 있다. 다만 Null구간 발생부분은 최대 10dB정도의 loss가 발생 하지만, 지상부의 근접한 위치에서 발생하므로 신호수신에 문제가 없다.

4.3. 설계 안테나의 수신입력 예상치

설계된 송수신 안테나를 차량과 지상부에 설치하여 송수신시 예상되는 시험로 각지점별 수신입력을 계산하여 수신전계의 세기를 예측하였다(단 지면의 반사특성 고려치 않음).

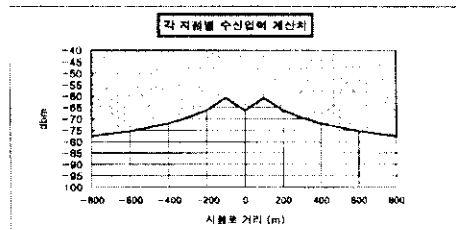


그림 7. 원편파 수신입력 계산치

특히 실험결과와 비교분석을 통하여 지면의 반사특성에 의한 수신신호의 감쇠를 파악 가능하였다. 그림 7은 송수신 안테나 Gain(각 지점에 따라변화), 원격측정 송신기출력(7 watt), 송수단 케이블 손실(21.92dB) 및

자유공간손실 등을 고려하여 수신입력을 계산결과 그래프이다.

V.안테나 송수신 실험 및 결과 고찰

5.1. 실험방법

설계된 안테나 송수신성능 및 기존의 안테나 비교실험을 위해 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 수신전계의 시험결과를 획득하였다. 실험조건은 차량의 속도는 50km/h로 정속주행을 하였고, 시험주행 거리는 지상부를 중심으로 좌/우측 각각 700m에서 주행시험을 수행하였다.

5.2. 실험결과 및 분석

그림 8은 설계(원편파)안테나, 그림 9는 기존(직선편파)안테나의 수신전계 실험결과이다. 실험결과 x축은 시험로 거리(좌/우 700m) 및 y축은 거리에 따른 수신전계이고, -86.9dBm은 신호수신가능 한계레벨이며, 수신레벨이 최대인 지점 근처가 지상부의 위치이다(0m). 그림 8과 그림 9에서 알 수 있듯이 원편파 안테나가 직선편파 안테나와 비교하여 전체적으로 수신레벨이

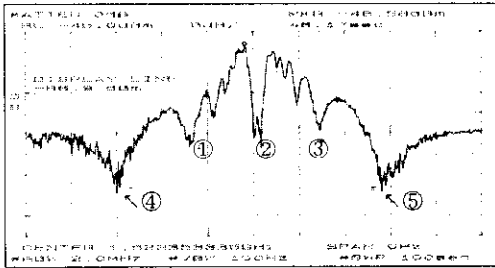


그림 8. 원편파 안테나 전계강도 결과

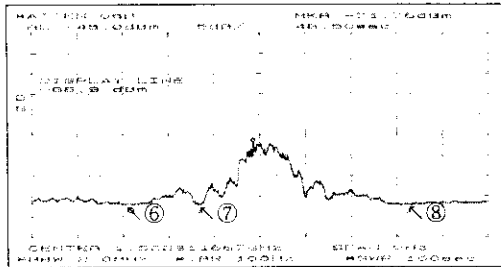


그림 9. 직선편파 안테나 전계강도 결과

5dB 이상 향상되었고, 특히 직선편파의 신호수신 불가능지역(그림 9의 ⑥⑦⑧지점)과 원편파의 최소 수신레벨인 지역(그림 8의 ④,⑤지점)을 비교하여도 5dB 정도가 향상되어, 시험로 전구간에서 신호가 수신됨을

확인하였다. 또한 시험로 거리에 따라 설계안테나 패턴분석에 의한 각 지점별 수신전계의 이론적인 (반사특성 적용안함) 계산결과인 그림 7과 실차 실험결과 그림 8을 비교시 일부 특이현상을 제외한 수신전계의 값 및 흐름이 계산치에 접근함을 알 수 있었다.

5. 맺음말

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

설계 안테나를 가지고 차량계측용 원격측정 시스템을 이용하여 실차실험을 수행한 결과, 기존의 차량통신용 직선편파 안테나의 문제점인 지면의 반사특성에 의한 위상변화로 시험로 일부구간에서 신호의 왜곡현상을 해결할 수 있었으며, 전구간의 수신전계의 특성이 우수함을 입증하였고, 차량의 데이터 신호수신이 가능함도 보였다.

이상의 연구 결과로부터 원편파 안테나가 기존의 직선편파보다 설계가 복잡하지만, 차량 데이터 통신 및 이동통신의 단점인 장애물에 의한 반사특성⁽¹⁾ 영향을 최소화할 수 있다는 측면에서 차량데이터 통신용으로 적용 가능하리라 사료된다.

참고 문헌

1. 이돈신, "방송 및 통신용 안테나 시스템 기술" 안테나 기술 워크샵 논문집, pp. X-1~ X-21, 1997.5.
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 Wiley & sons Inc. , Chap 7, 1981
7. 배현기, *안테나 핸드북*, 세진사 , pp 275 ~ 290 , 1995. 6
8. 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