

## 위성 추적용 Monopulse L-Band Dipole Feed부의 제작

천 병 진, 홍 성 용, 이 재 현, 나 정 응  
한국 과학 기술 원

### Monopulse L-Band Dipole Feed For The Satellite Tracking

Cheon B.J., Hong S.Y., Lee J.H., Ra J.W.  
KAIST

#### Abstract

Electromagnetic waves from the satellite may be utilized to direct the tracking antenna toward the satellite. We design and fabricate the feed appropriate to the monopulse tracking technique which derive angle-error information on the basis of a single pulse. The feed consists of five cavity-backed turnstile elements mounted on a common ground plane. The turnstile dipole are connected to a set of five quadrature hybrids which convert the dual linear polarization into dual circular polarization. The five feed outputs are then processed in the monopulse comparator which is constructed in microstrip for compactness.

#### 서 론

위성 신호를 수신하여 진자와의 세력이 오는 방향에 따라 안테나를 움직이면 이는 위성을 향하는 방향이 되며 곧 위성 추적이 가능케 된다. 추적 방식중에는 한번의 추적 오차신호를 얻기 위하여 몇개의 펄스를 비교하는 방식(sequential lobing)과 하나의 펄스만을 이용하는 방식(simultaneous lobing)이 있다. 전자의 경우 펄스를 발생시킬 때마다 위성상태가 변화하여 각 펄스들간의 정확한 비교를 할 수 없으나, 후자의 경우 위와 같은 영향을 없앨 수 있다. 위성의 섭동등에 의한 영향을 받지 않는 이것을 monopulse 추적 방식이라 하며 본 연구에서는 이 추적방식에 적합한 feed를 제작하였다.

(\* 본 연구는 전자연구소의 위탁연구과제의 일부로서 수행된 것임.)

한편 위성과 같이 움직이는 목표물과의 통신에 유리한 원편파를 양호하게 수신하기 위하여 E 평면 복사 패턴과 H 평면 복사 패턴이 같아야 한다. 이를 위하여 cavity-backed 형태의 다이폴 안테나를 실험에 의하여 제작하였다.

또한 안테나에 수신된 원편파를 선편파로 바꾸어 주는 quadrature hybrid, 추적 안테나 feed에 수신된 신호들을 처리하여 추적 오차 신호를 발생시키는 monopulse comparator에 이용되는 180° hybrid도 제작하였다.

#### 본 론

##### 1. feed element의 특성

전체 feed시스템을 그림1에 나타나 있는데 주위에 놓여있는 4개의 feed가 추적용 안테나이며 가운데 놓여있는 1개의 feed가 신호수신용 안테나이다. 본 연구에 쓰이는 feed element는 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

##### 가. 원형분극(CP ; Circular Polarization)

원형분극은 주로 움직이는 송수신단 사이에 교신할 경우 자세에 관계없이 신호를 양호하게 수신하고 싶을때 쓰이는데, 90° 이상기를 써서 서로 수직인 두 다이폴 안테나를 90° 위상차가 나게 여기시킴으로써 시간에 따라 분극이 원을 따라 돌아가는 CP를 만든다.

##### 나. 발룬 (Balun)

발룬이란 balanced/unbalanced의 축약형으로 전기적으로 불균형 시스템을 균형시스템으로 바꾸어 주는 장치를 말한다. 반파장 다이폴 안테나를 동축 케이블로 급전할 경우 그림2-a와 같이 동축케이블의 바깥 도체의피와 주위 환경사이에 capacitance가 존재하여 누설전류가 흐르게 된다. 따라서 실제

안테나의 다이폴에 흐르는 전류는 균형을 잃어 복사패턴의 불균형을 가져온다.

그림 2-b와 같이 dummy pole( \*\* )을 달아주고  $\lambda/4$ 되는 곳에서 main pole( \* )과 단락시켜주면, A-A' 면에서는 개방으로 보이게 되므로 누설전류가 흐르지 않게 된다. 따라서 balanced시스템이 되어 복사패턴은 대칭을 이룬다.

다. 박판형 다이폴 날개

본 연구에서 사용된 다이폴은 모두 박판형인데 이를 등가적으로 원형실린더 다이폴로 생각할 수 있다.<sup>[1]</sup> dipole의 길이가 같을 경우, 박판의 나비가 실린더 지름의 2배이면 두 다이폴의 특성은 같게 된다. 일반적으로 실린더 다이폴은 가는 wire 다이폴 안테나보다 광대역 특성을 가지므로 박판형 다이폴 안테나도 광대역 특성을 갖는다.

라. cavity-backed 다이폴 안테나<sup>[2]</sup>

feed 시스템 중앙에 위치한 cavity-backed 다이폴 안테나는 신호의 대역폭을 수용할 수 있도록 충분히 광대역이 되어야 하는데 이를 위해 다이폴 날개의 폭을 넓혔다.

그리고 고이득을 얻기 위해 feed에서 복사되는 파는 E와 H 평면에서 동일해야 하고, 적당한 spillover를 가지면서 reflector를 비추주어야 한다. 이를 위해 cavity를 이용하였으며 역할은 다음과 같다.

첫째, cavity가 없고 다이폴만 있을 경우, 복사패턴은 도우넛형으로 E 평면 패턴과 H 평면 패턴이 다르다. 그런데 cavity가 있으므로써 다이폴은 단순히 파를 여기서시키는 역할만 하고 복사패턴은 aperture타입의 안테나로서 동작하게 되는데, cavity의 구조가 정사각형일 경우 E plane 패턴 H plane 패턴은 동일하다.

둘째, cavity는 cavity-backed 다이폴 안테나를 그 주위에 놓여있는 방향추적용 다이폴 안테나와 전기적으로 거리시킨다.

셋째, cavity의 공간현상으로 거의 octave band폭의 VSWR을 얻을 수 있다. (VSWR<2)

2. 실험 및 결과 분석

가. Feed

그림3는 cavity-backed다이폴 안테나 특성을 나타낸 것이다. 그림3의 점선부분은 cavity가 없이 back-plane만 있는 다이폴 안테나의 주파수 특성을 나타낸것으로 1.7GHz에서 한번의 공진이 일어난다. 그림3의 실선부분은 cavity가 뒤에 받쳐주고 있는 다이폴 안테나의 주파수 특성을 나타낸것으로 ( \*\* )의 곳

에서 또 다른 공진이 일어난다.

이 현상을 분석하기 위해, cavity를 길이가 h이며 끝이 단락된 도파관으로, dipole는 단지 excitator로 생각한다.

그러면 본 cavity의 크기(a=b=11cm)에서 여기될 수 있는 mode중 fundamental mode는 TE<sub>10</sub>(또는 TE<sub>01</sub>)로서, cut-off 주파수fc<sub>10</sub>, 파수  $\beta_{10}$ , 특성 임피던스 Z<sub>10</sub>는 다음과 같이 계산된다.

$$fc_{10} = (c/2\pi) \{ (m\pi/a)^2 + (n\pi/b)^2 \}^{1/2}$$

$$= 1.36 \text{ GHz}$$

$$\beta = [ (2\pi f/c)^2 - (m\pi/a)^2 - (n\pi/b)^2 ]^{1/2}$$

$$= [ (2\pi f/3 \times 10^{10})^2 - (\pi/11)^2 ]^{1/2}$$

$$Z_{10} = \omega\mu/\beta_{10}$$

여기서 excitator에서 복사되는 파와, 이 파가 등가전송선을 따라 cavity안쪽으로 갔다가 반사되어 나온파가 입력단에서 동상이 되면 공간으로 잘 복사될 것임을 알 수 있다. 따라서 VSWR은 1에 가까워 질 것이다. 이 두 파사이의 위상차가  $2\beta_{10}h + \pi$ 로 될때 이 값이  $2\pi$ 의 정수배가 되면 두 파는 동상이 된다. 이 조건을 만족하는 주파수를 구하면

$$2\beta_{10}h + \pi = 2\pi$$

$$f = 2.15\text{GHz}$$

이 값은 그림3의 ( \*\* )의 주파수와 일치한다.

그림4의 실선은 cavity-backed 다이폴 안테나의 복사패턴을 측정한 것으로 3dB빔폭이 80°이다. 점선은 주의의 4개의 추적용 안테나의 합패턴을 측정한 것으로 3dB빔폭이 35° 밖에 되지 않는다. parabola 안테나에서 고이득을 얻기 위해서는 약간 의 spillover를 가져야 되는데 추적용 안테나의 합패턴의 빔폭이 좁으므로 이를 해결하기 위해 별도의 신호수신용 cavity-backed 다이폴 안테나를 썼다. 한편 다이폴 뒤에 90° hybrid를 연결하여 CP를 발생시켰을때 VSWR특성이 좋아짐을 알 수 있다. 그 이유는 hybrid를 통해 간간 파가 안테나에서 복사되고 나머지가 반사되는데, 그 중 반이 50 $\Omega$  termination port로 흡수되기 때문이다.

나. 90° 와 180° Hybrid

Branch-line hybrid와 ring hybrid를 이용하여 90°, 180° hybrid를 각각 제작하였다. Fractional bandwidth가 15.4%이므로 narrow band technique으로도 가능하며, 다만 양호한 추적 오차신호를 얻는데 영향을 주는 출력들 간의 amplitude unbalance와 phase unbalance를 줄이기 위하여 구조의 대칭성,

불연속 효과 등을 고려해야 한다.

결론

L-band (1.5-1.75GHz) 위성 수신호수신용 feed를 설계 제작하였다. 개구면 안테나가 특성은 좋으나 L-band에서는 너무 커지므로 다이폴 안테나로 제작하였고 비교적 양호한 VSWR 특성을 얻었다. (대역내에서 2.0이하)

박판형과 실린더 다이폴의 등가성을 보였으며, 특히 공중 접지면의 중앙에 있는 신호 수신용 feed는 cavity-backed 형태를 이용하여 안테나의 E 평면 패턴과 H 평면 패턴이 유사해지도록 하였으므로 원편과 수신이 양호하다.

안테나에 수신된 쌍 원편파를 쌍 선편파로 바꾸어 주는 quadrature hybrid들을 제작하였다. 대역내에서 두 출력 사이의 진폭차이가 0.2dB이내이고 위상차이가 0.5°이내이며 VSWR이 1.08이다.

또한 quadrature hybrid들을 거친 출력들로부터 추적용 오차 신호를 만들어 내는데 사용하는 180° Hybrid도 제작하였다. 두 출력 사이의 진폭차이가 0.1dB이고 위상차이가 3°이내이며 VSWR은 1.3이하이다.

이상의 특성으로 보아 위의 세부분과 RF sw.를 연결하면 위성 추적이 가능하며 신호의 수신이 양호한 RF단을 구성할 수 있으리라 본다.

References

- [1] R.S. Elliot, *Antenna theory and Design*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J. 1981, Chap.7, pp 321-325
- [2] R.E. Fisk & Donovan, "A New DP Antenna for Television Broadcarting Service", *IEEE Trans. on Broadcasting*, vol. BC-22, No. 3, Sep 1976, pp. 91-96

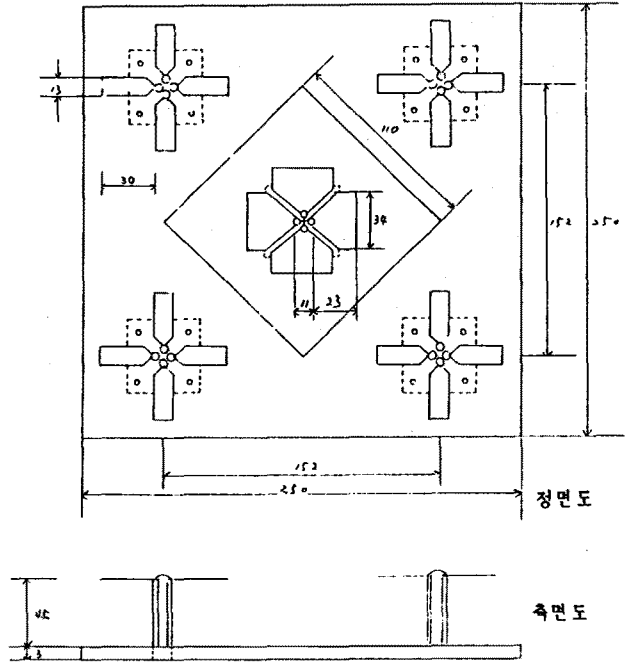


그림 1. Monopulse 안테나 feed (단위 ; mm)

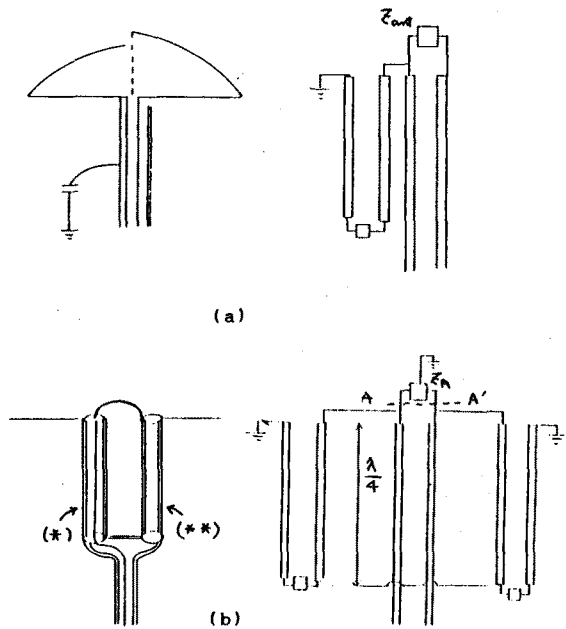


그림 2. (a) 발본이 없는 다이폴 안테나의 동가 전송선  
(b) 발본이 있는 다이폴 안테나의 동가 전송선

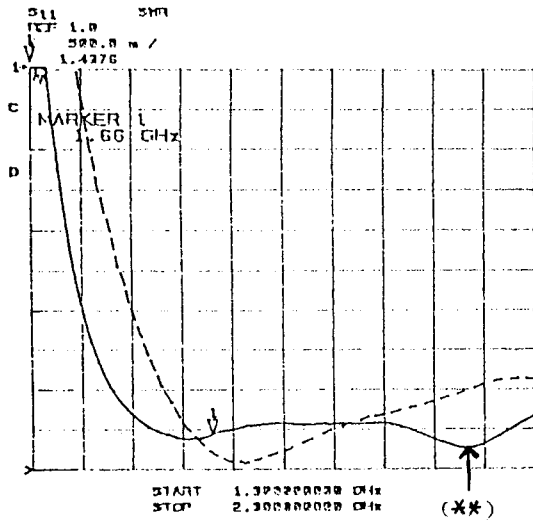
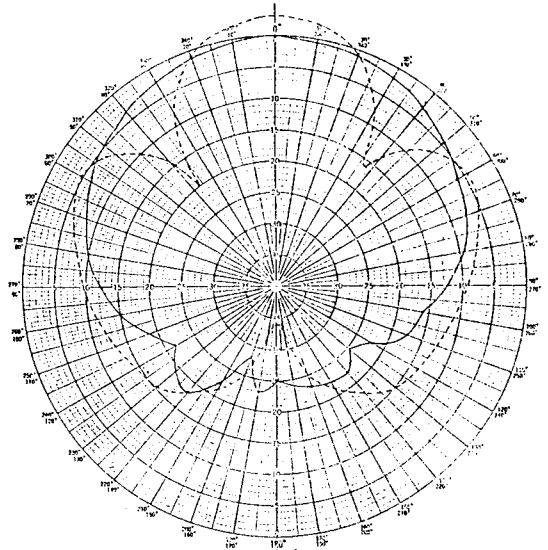
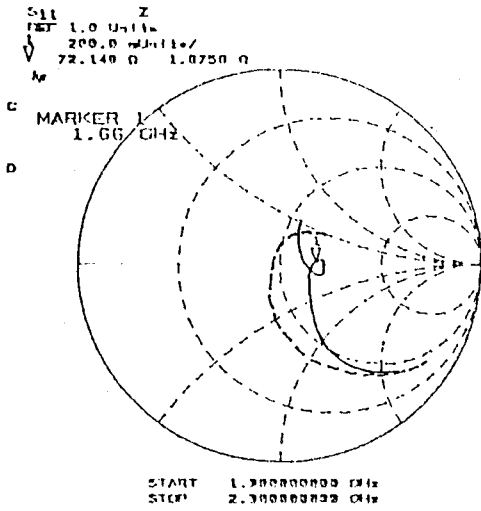


그림 4. Cavity-backed dipole 안테나의 복사패턴

$$f = 1.625\text{GHz}, \text{CP}$$

----- CBDA, - - - - - SUM

그림 3. Cavity 안테나의 주파수 특성에 대한 효과