

EMC 다이폴을 이용한 CS용 마이크로스트립 어레이 안테나의 설계

민경식*, °박세현*, 김동철*, 임학규*, 김상태**
한국해양대학교, 한국산업기술 평가원**

Design for Microstrip Array Antenna with EMC Dipole for Communication Satellite System

Kyeong-Sik Min*, °Se-Hyun Park*, Dong-Chul Kim*, Hag-Gyu Lim* and Sang-Tai Kim**

*Dept. of Radio Sciences & Engineering Korea Maritime University

#1, Dongsam-Dong, Youngdo-Ku, Pusan 606-791, Korea

**korea Institute of industrial Technology Evaluation and Planning

E-mail : ksmin@hanara.kmaritime.ac.kr

ABSTRACT

This paper presents the design method of EMC(Electromagnetic Coupling) microstrip array antenna for CS(Communication Satellite) system. Microstrip dipole antennas are attractive elements owing to the desirable properties such as simplicity, small size and linear polarization. From the optimum simulation results by the FDTD method[1], design parameters such as EMC dipole length, width, height and offset are discussed at 12GHz. The array characteristics of 5-elements and 10-elements array are also presented. By adjusting geometry of model antenna, we can design dual polarization EMC microstrip dipole antenna for CS system. Direction of main beam is easily tilted by the control of distance between dipole elements.

1. 서론

원편파를 사용하는 위성방송(BS)과는 달리 위성통신(CS)은 일반적으로 수평(상향), 수직(하향)의 직선편파를 사용하고 있다. 본 논문에서는 위성통신을 행할 수 있는 안테나를 설계하기 위한 그 첫 단계로 먼저 단일 직선 편파를 가지는 EMC 다이폴 어레이안테나[2]를 제안한다. EMC 다이폴 안테나는 소자어레이와 급전구조가 간단하고, 소형 경량화가 가능하며 직선편파를 얻을 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서 제안하고 있는 안테나에 대한 해석은 FDTD법을 이용하고 있으며 EMC 다이폴에 대한 시뮬레이션 결과를 제시하고 있다. 안테나 설계시 민감하게 작용하는 여러 가지 파라미터들에 대한 파라미터 스터디를 행하고, 여기서 얻은 데이터를 바탕으로 하여 소자의 수를 늘려 어레이로 확장시켰다. 끝으로 어레이시 소자간의 간격을 조정함으로써 빔의 지향각이 변화하는 것을 살펴보았다.

II. EMC 다이폴 소자 설계

2.1 안테나의 구조

CS용 EMC 다이폴 안테나의 구조는 그림 1.과 같다. 급전을 위한 마이크로 스트립라인과 그 위에 EMC 다이폴을 얹은 단순한 구조로 되어 있다. 그림으로부터 알 수 있는 것처럼 급전회로부터의 전계가 기생소자인 EMC 다이폴과 전자기적 결합을 이루는 구조이며, 특히 급전부가 동축핀 급전과 비교하여 매우 간결하므로 전송손실의 감소와 구조의 단순화가 기대된다. 어레이를 하였을 경우, 설계를 위한 파라미터로는 다이폴의 Offset, 다이폴의 길이(DL), 다이폴의 폭(DW) 그리고 다이폴의 두께(DH)등이 있다. 설계주파수는 현재 무궁화 위성을 수신하기 위한 12GHz로 하였다. 그림 2.는 FDTD법으로 해석하기 위한 EMC 다이폴의 구조를 나타내고 있다. 전체 해석 영역의 크기는 $25\Delta x \times 80\Delta y \times 120\Delta z$ 이고, 각각의 셀 크기는 $\Delta x = \Delta y = \Delta z = 0.2$ mm 이다.

2.2 다이폴의 폭(DW) 변화

설계에서는 비유전율 2.2, 두께 0.8mm인 테프론 기판을 고려하였다. 파라미터 스터디의 첫 단계로 먼저 다이폴의 폭을 0.2mm에서 2.2mm까지 변화시켜보았다. 그림 3(a).는 12GHz에서의 다이

폴의 폭(DW)를 변화 시켰을 때의 S11 및 S21의 주파수특성을 나타낸 그림이다. 그림 3(b)는 이때의 방사파워를 나타내고 있는데 다이폴을 통해 약 12.4%가 방사되고 있음을 알 수 있다. 다이폴의 폭이 1.2mm에서 방사 특성이 가장 좋음을 알 수 있다. 방사파워는 다음식에 의해 간단히 구할 수 있다.

$$P_r = 1 - |S_{11}|^2 - |S_{21}|^2$$

2.3 다이폴의 Offset 변화

앞에서 구한 다이폴의 폭을 1.2mm로 고정하고 다이폴의 offset만을 변화시켜 보았다. 다이폴을 마이크로스트립 라인의 가장자리에서부터 중앙까지 변화시켜 보았는데, 마이크로스트립 라인의 가장자리에서 다이폴로부터 방사되는 파워가 최대가 됨을 알 수 있다. 그림 4(a)와 4(b)는 주파수 특성 및 방사 파워를 나타낸다. 다이폴을 Offset 하더라도 S11과 S21의 특성은 큰 변화가 없음을 알 수 있다. 본 연구의 설계에서는 방사파워가 최대가 되는 위치를 선택하기로 한다. 다이폴의 Offset이 0mm일 때 방사파워는 12.4%로 최대가 된다.

2.4 다이폴의 두께(DH) 변화

다이폴의 폭을 1.2mm로 하고 다이폴의 Offset을 마이크로스트립 선로의 가장자리에 두고 다이폴의 두께 (DH)만을 변화시켜 보았다. 그림 5(a)와 5(b)은 이때의 주파수특성을 나타내고 있는데 두께(DH)가 0.8mm 일 때 방사파워는 12.4026%로 최대이며 S11도 -22dB이하로 양호하다.

2.5 다이폴의 길이(DL) 변화

EMC 다이폴의 공진 길이는 다음 식[3]에 의해 간단히 구할 수 있다.

$$DL \approx \frac{\lambda_0}{\sqrt{2(\epsilon_r + 1)}}$$

따라서 설계주파수 12GHz를 위 식에 대입하면 약 9.31mm를 얻을 수 있다. 식을 통하여 얻은 수치를 이용하여 시뮬레이션 해 본 결과 설계주파수 12GHz에 대한 공진길이는 9mm임을 알 수 있었다. 그림 6은 다이폴의 길이(DL)를 7mm에서부터 11mm까지 변화시켜 가면서 주파수 특성을 살펴본 결과이다. 파장과 주파수의 반비례 관계로부터 쉽게 알 수 있는 것처럼 다이폴의 길이에 의해 공진 주파수가 변화하는 특성을 얻을 수 있었다. 본 설계에서는 12GHz에서 공진하는 다이폴의 길이를 9mm로 선택하였다.

2.6 EMC 다이폴 소자의 지향성 패턴

그림 7은 위에서 구한 다이폴 소자의 각 수치들을 이용하여 12GHz에서 구한 지향성 패턴을 제시하고 있다. 설계값들을 정리하면 표 1과 같다. 그림 7(a)와 7(b)는 $\phi = 0^\circ$ 즉, x-z(E-Plane)에서의 지향성 패턴과 y-z(H-Plane)일때의 지향성 패턴을 보여주고 있다. 전계가 정면 방향에서 20°정도 틸트하여 최대치를 나타내고 있다. 틸트한 이유는 EMC 다이폴소자의 Offset에 기인한다.

III. 어레이 설계

표1.에 정리한 EMC다이폴소자의 설계값을 이용하여 어레이 설계를 행하였다. 소자수를 각각 5, 10개로 어레이시켜 보았는데, 그림 8은 Z축 방향으로 다이폴이 일정한 길이와 간격을 가진 EMC 다이폴 어레이 마이크로스트립 안테나를 나타내고 있다. 그림 9는 어레이 소자가 10개일 때의 주파수 특성을 나타내고 있다. 각 소자사이의 간격은 7.8 mm로 하였다. 이때의 S11은 -8.85dB, S21은 -5.34dB이고 방사파워는 57.73%였다. 그림 10은 5소자 및 10소자 어레이 안테나의 E-Plane에 대한 전계의 방사 패턴을 나타내고 있다. 소자수가 증가할수록 지향성이 팬슬빔을 이루며 향상됨을 알 수 있다.

3.1 빔 틸트

그림 11은 12GHz에서 소자의 간격을 조정함으로써 변화되는 빔의 지향각을 나타내고 있다. 소자수는 5개로 하고 소자간의 간격을 변화시켜 보았다. 소자간격을 7.8mm($0.459 \lambda_g$)로 하였을 경우 빔의 지향각은 90°로 정면방향(x축방향)을 나타내고 있고, 6.8mm($0.4 \lambda_g$)로 하였을 경우에는 95°로 정면방향에서 5°정도 틸트되었고, 소자간격이 5.8mm($0.341 \lambda_g$)인 경우에는 100°로 10°정도 틸트된 방향을 가리키고 있음을 알 수 있다. 이는 제안된 안테나의 소자를 어레이시킬 경우 소자간의 간격을 조정함으로써 빔의 지향각을 원하는 방향으로 쉽게 틸트 할 수 있다는 것을 나타낸다.

IV. 결론

CS용 EMC 다이폴 마이크로스트립 안테나의 소자 및 어레이 안테나를 설계하였다. 다이폴소자의 Offset으로부터 방사특성을 조정 할 수 있음을 알 수 있었다. 단일 직선편파에 대한 설계만을 행하였으나 이를 응용하면 편파공용의 특성을 가지는 안테나[4]의 설계도 무난할 것으로 생각된다. 또한 다이폴의 길이만을 변화시킴으로써 다른 주파수로의 적용도 간단함을 알 수 있었다. 소자의 수를 늘려 어레이 시킬 경우 소자간의 간격을 조정함으로써 제안된 안테나의 지향각을 원하는 방향으로 설계 할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 향

후 FDTD법으로 설계된 EMC 다이폴 안테나를 제작·측정하여 제안된 안테나가 CS수신용으로 사용가능한지의 여부를 검토하는 것과 편파공용을 위한 새로운 형태의 소자설계를 행하여 편파공용 안테나를 설계하는 것이 과제로 남아 있다.

참고문헌

- [1] E. Yamasita and Qian, "FDTD Analysis of Microwave Planer Circuits and Antennas," Realize Inc., 1996.
- [2] JR James & PS Hall, "Handbook of Microstrip Antennas", IEE, 1989.
- [3] Jackson, D. R., and Alexopoulos, N. G., "Analysis of planar strip geometries in a substrate -superstrate configuration", IEEE Trans., AP-27, pp. 853-858. 1979.
- [4] 민경식, 박세현, 김동철, Hiroyuki Arai, "이중공진 편파공용 마이크로스트립 패치 안테나에 관한 설계", 1998년도 추계 마이크로파 및 전파학술대회 논문집, Vol.21 No pp. 263-266. 1998.9

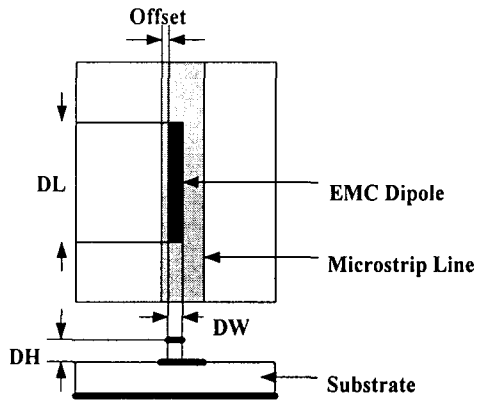


그림 1. EMC 마이크로스트립다이폴의 구조

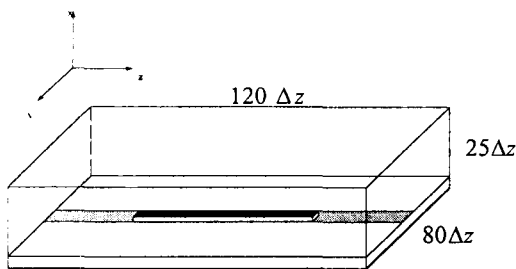


그림 2. FDTD해석을 위한 EMC 다이폴의 구조

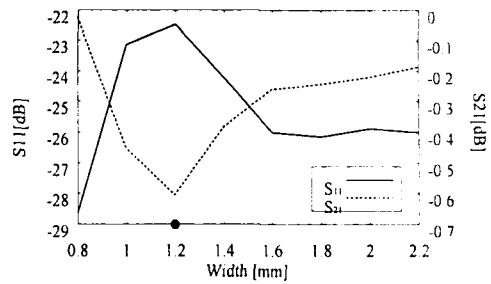


그림 3(a). 다이폴의 폭(DW) 변화에 대한 주파수 특성

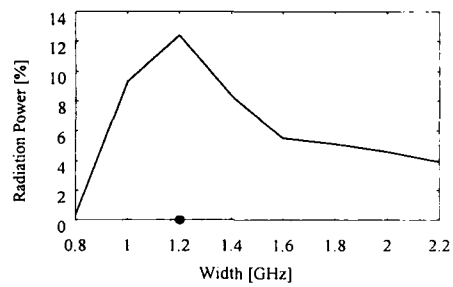


그림 3(b). 다이폴의 폭(DW) 변화에 대한 방사 파워

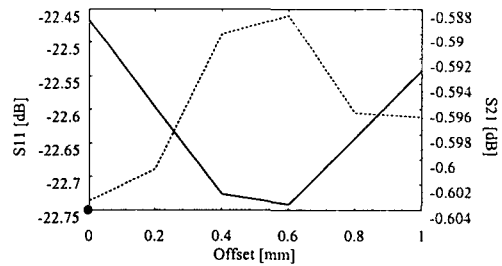


그림 4(a). 다이폴의 Offset 변화에 대한 주파수 특성

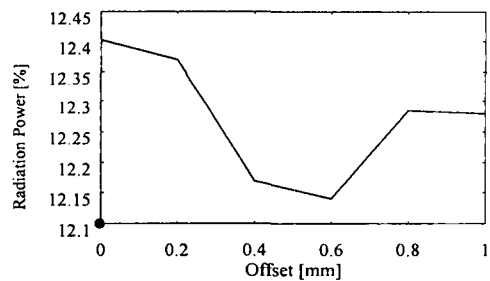


그림 4(b). 다이폴의 Offset 변화에 대한 방사파워

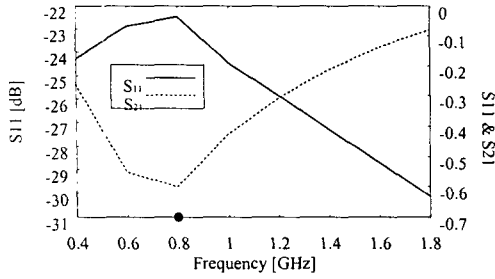


그림 5.(a). 다이폴의 두께(DH) 변화에 대한 주파수 특성

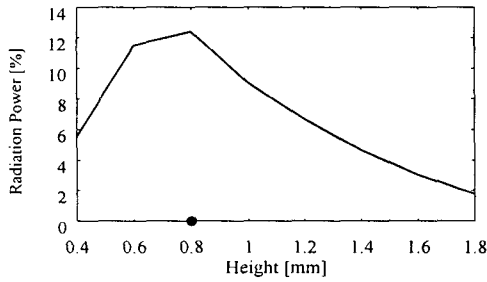


그림 5.(b) 다이폴의 두께(DH) 변화에 대한 방사파워

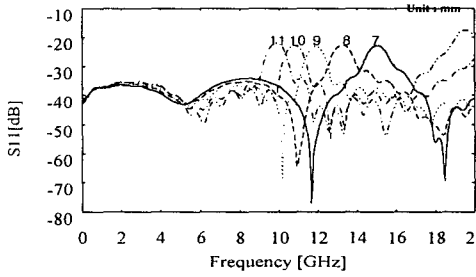


그림 6. 다이폴의 길이(DL) 변화에 대한 주파수 특성

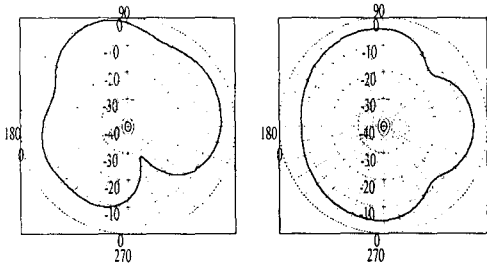


그림 7(a). E-Plane

그림 7(b). H-Plane

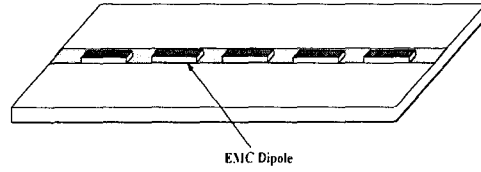


그림 8. EMC Dipole 어레이안테나

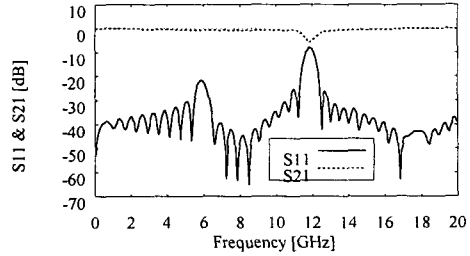


그림 9. EMC Dipole 어레이안테나의 주파수 특성(10 array)

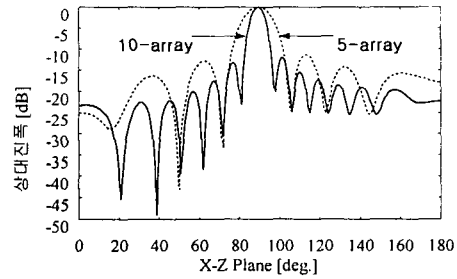


그림 10. 방사 지향성 (10array)

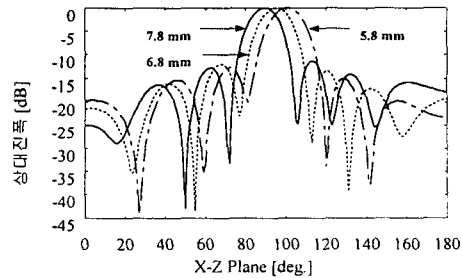


그림 11. 5소자 어레이 안테나의 빔 틸트 변화

설계주파수	12 GHz
ϵ_r	2.6
다이폴 길이(DL)	9 mm
다이폴 폭(DW)	1.2 mm
다이폴 두께(DH)	0.8 mm
Offset	0 mm

표 1. 설계 파라미터