

EMC Cross 다이폴을 이용한 원편파 안테나소자의 설계에 관한 연구

민 경식* · °임 정남* · 김 동철* · 임 학규* · Hiroyuki ARAI**

*한국해양대학교

**요코하마 국립대학교

A study on Design for Circularly Polarized Antenna Element using EMC Cross Dipole

Kyeong-Sik MIN* · °Jung-Nam LIM* · Dong-Chul KIM* · Hag-Gyu LIM* · Hiroyuki ARAI**

*Korea Maritime University

**Yokohama National University

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

요 약

본 논문에서는 광대역특성과 원편파특성을 얻기 위해 급전용 마이크로스트립 라인과 전자기적으로 결합하는 Cross 다이폴로 구성된 안테나를 설계하였다. 다이폴의 길이, 각도, 비유전율, 다이폴과 급전 마이크로스트립 라인의 간격 등의 파라미터 스테디를 통해 광대역과 원편파특성을 만족시켰다. 계산을 통해 주빔의 축비가 0.1 dB이하로 좋은 원편파특성을 나타내고 있으며, 정면방향으로의 Cross polarization의 레벨도 약 -58 dB를 보여준다.

ABSTRACT

This paper described a design for microstrip antenna with EMC cross dipole for circular polarization. To realize the wide bandwidth and circular polarization, the electromagnetic-coupled cross dipole are used. The calculated axial ratio is about 0.1 dB in the main beam direction at 12 GHz and the circular polarization is realized.

1. 서 론

오늘날 위성을 이용한 이동통신 및 위성방송이 급격한 증가 추세에 따라 마이크로스트립 안테나는 많은 무선통신 시스템의 안테나 복사소자로서 널리 사용되어지고 있다. 기존의 위성방송 수신용 파라볼라 안테나는 눈, 비, 바람등 외부환경으로 인한 영향을 비교적 많이 받는다는 단점을 가지고 있었기 때문에, 이에 대한 대안으로 평면안테나의 연구가 활발히 진행중이다[1]. 원편파특성을 갖는 프린트 안테나 소자는 많이 있으나, 마이크로스트립을 이용하였을 경우, 심각한 문제 중 하나는 높은 주파수대에서 협대역폭을 갖고 있다는 것이다. 마이크로스트립 안테나의 이러한 문제점을 해결하기 위해 전자기적으로 결합특성을 가지고 다이폴 소자에 대한 연구가 진행되어

왔다[2][3]. 본 논문에서는 이를 응용한 EMC (Electromagnetic-Coupled) Cross 다이폴을 제안한다. Fig. 2의 (a)와 (b)는 본 논문에서 제안한 안테나 복사소자의 해석모델을 보여준다. EMC 다이폴은 급전 마이크로스트립 라인에 의해 약하게 결합되어 전파를 복사하게 된다. 복사소자의 원편파특성을 실현하기 위해, EMC Cross 다이폴 복사소자를 제안하고 있으며 이에 대한 최적의 설계파라미터의 도출 결과에 대하여 기술한다. 반사 및 투과특성과 복사파워는 EMC Cross 다이폴과 급전 마이크로스트립 라인사이의 간격을 조정함으로써 안테나의 광대역 특성을 얻을 수 있다. 그 외의 파라미터인 마이크로스트립 라인 위의 유전체에 대한 비유전율 ϵ_r , 다이폴 각도 A, 그리고 다이폴 길이 DL 등이 반사특성에 민감한 영향을 준다는 것을 알았다. Fig. 1는 향후 설계할 원편

파용 EMC Cross 다이폴 어레이 안테나를 나타낸다.

II. 안테나의 설계

II-1. 안테나의 구조

안테나의 해석구조를 Fig. 2에 나타내었다. 제안한 안테나는 급전 마이크로스트립 라인과 그 위에 유전체를 사이에 두고 원편파를 발생하기 위한 EMC Cross 다이폴 복사소자로 구성되었다. 설계 파라미터로는 Fig. 2 (a)에서 보여주듯이 다이폴 길이(DL), 폭(DW), 각도(A)와 급전 마이크로스트립 라인과 복사소자간의 간격(DH), 비유전율(ϵ_{r2}) 등이 있다.

II-2. 설계 파라미터

본 논문에서는 주파수 대역폭을 넓히기 위해 EMC 기술을 적용하였고, 원편파를 복사하기 위해 EMC Cross 다이폴을 제안했다. 설계 중심 주파수는 무궁화 위성의 위성방송용 주파수대역인 12 GHz로 하였다. Table 1은 12 GHz에서의 안테나의 설계 파라미터를 계산한 것이다. 급전 마이크로스트립 라인의 설계 파라미터는 중심주파수 12 GHz에서 폭(SW)=2.2 mm, 유전체의 두께(SH)=0.8 mm 그리고 비유전율(ϵ_{r1})=2.6일 때 복사파워가 14.44 %로 최적의 특성을 나타냈기 때문에 설계를 위한 계산에서 상수로 사용하였다.

Fig. 3은 EMC 다이폴과 급전 라인의 간격변화(DH)에 따른 반사특성을 나타내고 있다. DH가 증가할수록 반사특성은 조금씩 좋아지며 대역폭 또한 증가하고 있음을 알 수 있다. DH가 1.8 mm일 때, 8~15 GHz의 주파수 대역에서 -20 dB이하의 반사특성을 가지고 있는 것을 알 수 있으며, 11.1 GHz에서 반사가 약 -20 dB이고, 이때 복사소자에서 최대복사파워가 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 안테나의 광대역특성을 위해 중요한 파라미터가 된다. 이후의 파라미터 스터디에서는 어레이에서의 설계와 제작의 용이성을 위해 DH의 길이를 1.8로 유지했다. DH이외의 다른 파라미터들은 Table 1의 파라미터를 적용하였다.

Fig. 4는 ϵ_{r2} 의 변화에 따른 반사특성을 나타낸다. ϵ_{r2} 가 점차 증가함에 따라 반사의 레벨은 거의 변화하지 않지만 설계주파수의 값이 낮은 주파수로 이동하는 것을 알 수 있다. 이는 DH와 마찬가지로 어레이시에 복사파워를 조절할 수 있는 파라미터이다. 하지만, 제작의 용이성과 설계의 간소화를 위해 ϵ_{r2} 는 2.1로 고정한다. ϵ_{r2} 가 2.1일 때 최대 복사 파워가 설계 주파수인 12 GHz에서 최대가 되며, 반사특성도 -20 dB이하이다.

Fig. 5는 EMC Cross 다이폴의 각도 변화에

따른 S11의 주파수 특성을 나타냈다. A가 변화함에 따라 최대복사파워의 주파수가 변화한다. ϵ_{r2} 의 경우와 같이 A의 각도가 커지면 낮은 주파수대로 이동하며, S11은 여전히 -20 dB이하로 유지하고 있다. 설계주파수인 12 GHz에서 최대복사파워를 내는 각도는 70~75°이다.

Fig. 6은 다이폴 길이 DL의 변화에 따른 S11의 주파수특성을 나타낸다. DL의 길이에 따라 중심주파수의 변화가 일어났다. 이는 DL의 길이가 수신전파의 주파수에 의존하는 것으로 당연하다고 할 수 있다.

III. 계산 결과

Fig. 7은 Table 1의 설계 파라미터로하여 계산했을 때의 MoM법을 적용한 Ensemble과 FDTD법의 계산결과에 의한 반사 및 투과특성을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 12 GHz에서 최대 복사파워를 나타내고 있으며, 넓은 주파수대역에서 -20 dB이하의 반사특성을 나타내고 있어 광대역 특성을 만족시켰다. 12 GHz에서 Ensemble과 FDTD법으로 계산한 복사파워는 각각 14.44 %와 15.72 %로 유사한 결과를 얻었다. Fig. 8은 Table 1에 주어진 설계 파라미터로 계산한 복사 패턴의 Ex와 Ey성분을 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 넓은 각도에서 좋은 원편파특성을 나타내고 있으며, 정면방향으로의 Cross polarization 레벨도 약 -58 dB를 보여준다. Fig. 9는 축비(Axial Ratio)의 주파수특성을 나타낸다. 그림에서 점선으로 나타낸 3 dB이하의 범위가 약 580 MHz이며, 중심주파수 12 GHz에서 약 4.9 %의 대역폭을 나타내었다.

IV. 결론

본 논문에서는 광대역과 원편파특성을 위해 급전용 마이크로스트립 라인과 EMC Cross 다이폴 복사소자로 구성된 안테나를 설계하였다. EMC Cross 다이폴과 급전 마이크로스트립 라인 사이의 전자기적 결합을 계산하기 위해 MoM법을 적용한 상용 소프트웨어인 Ensemble과 FDTD법을 사용하였다. 파라미터 스터디를 통해 DH, ϵ_{r2} , A 그리고 DL의 변화에 따른 반사특성을 계산하였다. 우리는 어레이 설계시 이러한 파라미터들을 조정함으로써 균일한 복사파워를 발생시킬 수 있다는 것을 알았다. 향후 어레이 안테나의 설계시, DH와 ϵ_{r2} 는 간단한 설계와 제작의 용이성을 위해 일정한 값으로 고정되어야 한다. EMC Cross 다이폴의 각도는 70 ~ 75°에서 좋은 특성을 나타냈지만, 반사계수와 중심주파수 변화에 대해서는 민감한 변화는 없었다. Table 1의 설계 파라미터를 파라미터 스터디를 통해 얻었으며, 이를

Ensemble과 FDTD법으로 비교하여 설계의 타당성을 제시하였다. 복사패턴을 계산하여 주엽의 축비가 0.1 dB 이하로 원편파특성을 나타내었다. 또한 중심주파수 12 GHz에서 대역폭이 약 4.9 %로 광대역특성을 만족시켰다.

감사의 글

본 논문의 설계 일부는 Ansoft korea의 Ensemble에 의하여 이루어졌으며, 본 연구를 수행할 수 있도록 지원해 주신 Ansoft korea의 금 용조 사장님을 비롯한 직원 여러분에게 감사의 마음을 전합니다.

참고 문헌

[1]K. Kechagias, E. Vafiadis and J. N. Sahalos, "On the RLSA antenna optimum design for DBS reception", IEEE Trans. on Broadcasting, vol. 44, no. 4, pp. 460-469, Dec. 1998.
 [2]JR. James and PS. Hall, "Handbook of microstrip antenna", Ch. 5, IEE, 1989.
 [3]K. S. Min, S. H. Park, D. C. Kim and H. Arai, "Design for microstrip array antenna with EMC dipole for communication satellite system", Korea Institute of Maritime Information & Communication Science, vol. 3, no. 2, pp. 120-124. 1999. 11.
 [4]E. Yamasita and Qian, "FDTD analysis of microwave planer circuits and antennas", Realize Inc., 1996.

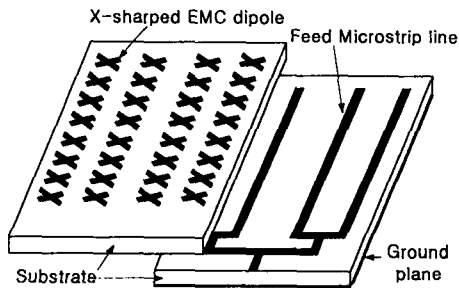
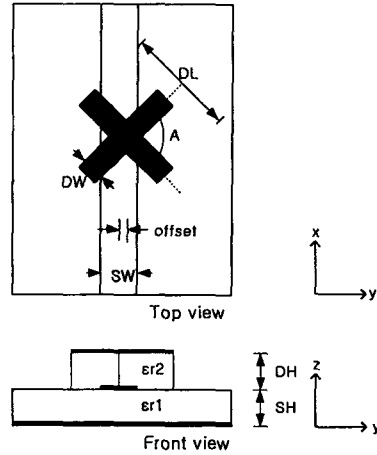
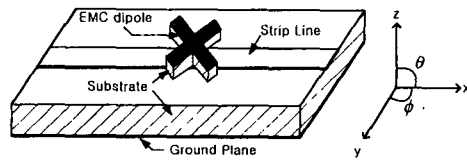


Fig. 1. Microstrip array antenna with EMC cross dipole



(a) Analysis model



(b) Geometry of antenna model

Fig. 2. The antenna composed with microstrip line and EMC cross dipole

Table 1. Design parameters of model antenna

EMC dipole length (DL)	9.0 mm
EMC dipole width (DW)	1.2 mm
EMC dipole height (DH)	1.8 mm
Dielectric constant of upper layer(ϵ_{r2})	2.1
EMC dipole angle (A)	75°
Microstrip line width (SW)	2.2 mm
Microstrip line height (SH)	0.8 mm
Dielectric constant of lower layer(ϵ_{r1})	2.6

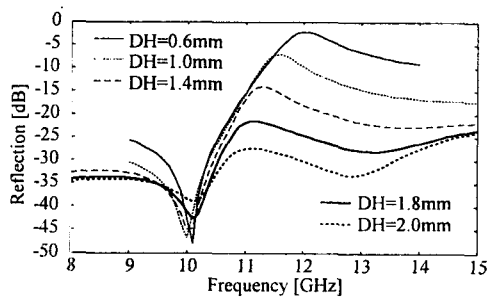


Fig. 3. S11 as functions of the variations of DH

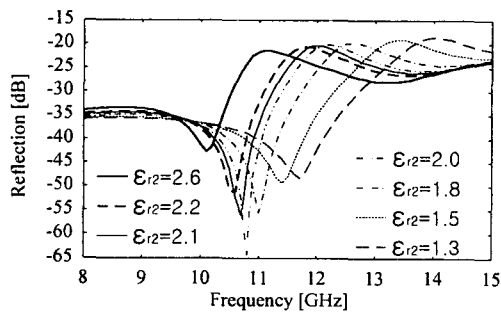


Fig. 4. S11 as functions of the variations of A

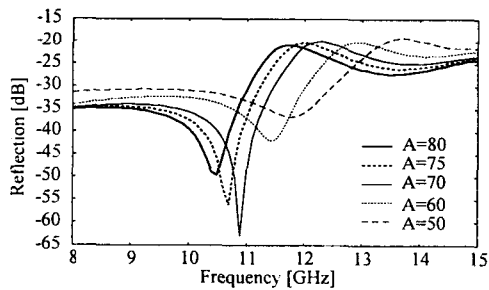


Fig. 5. S11 as functions of the variations of A

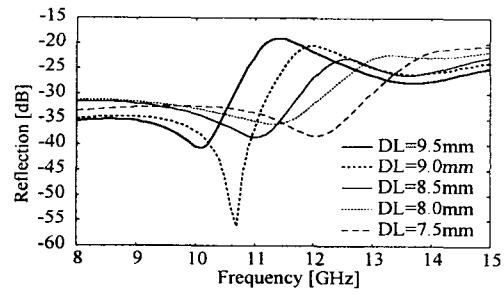


Fig. 6. S11 as functions of the variations of DL

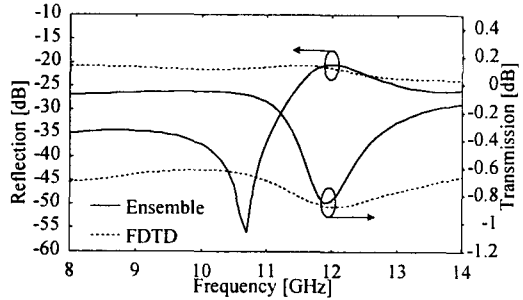


Fig. 7. The calculated S11 and S21 of the model antenna with the parameter given in Table 1.

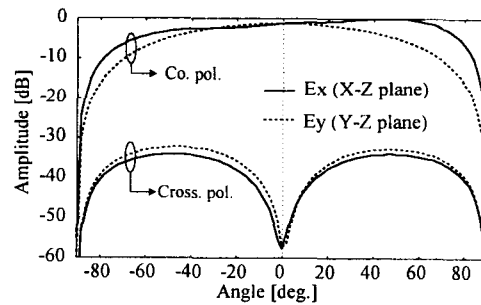


Fig. 8. The calculated radiation patterns of the model antenna at 12 GHz

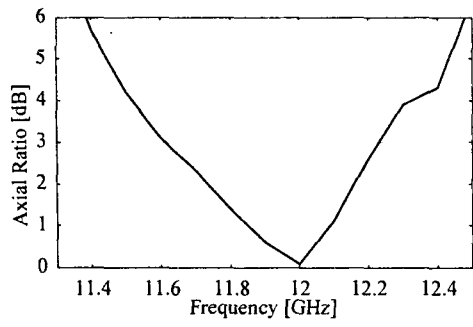


Fig. 9. The calculated axial ratio of the model antenna