

X-band 에서의 RF 프로브를 이용한 알루미늄판의 Phi방향 Monostatic RCS 감쇄연구

황주성*, 박상복*, 천창율*, 정용식**
 서울시립대학교*, 광운대학교**

A study on phi directional Monostatic RCS reduction of aluminum plate using RF probe in X-band

Joosung Hwang*, Sangbok Park*, Changyul Cheon*, Young-Seek Chung**
 University of Seoul*, KwangWoon University**

Abstract - 본 논문에서는 RF 프로브를 이용하여 평면 구조물의 RCS(Radar Cross Section)를 감쇄시키기 위한 방법을 제안하였다. 우선적으로, EM 시뮬레이터를 이용하여 제안한 방법에 대한 가능성을 증명 한 후 실험을 수행하였다. x-band 에서 10λ 의 알루미늄판 위에 FR4 기판을 이용하여 patch 형태로 제작된 RF 프로브를 설치하였으며, 그 후 알루미늄 판으로 입사되는 외부 전자파를 상쇄시키기 위하여 RF 프로브로부터 전자파를 방사하였다. 로테이터를 사용하여 알루미늄판을 phi 방향으로 회전하여 입사의 각도로 입사하는 평면파에 대해서도 반사파의 크기를 측정하였다. RF 프로브로부터 방사된 전자파의 세기와 위상은 신호 발생기와 위상 천이기를 이용하여 조절되었다. 결과적으로 무반향실에서의 실험을 통해, 알루미늄판에 의해 반사되는 전자파를 측정하여 외부 전자파의 상쇄 정도를 확인하였다.

1. 서 론

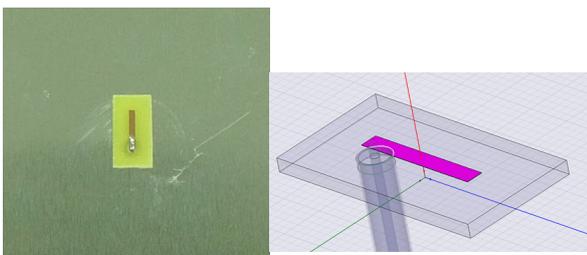
최근 스텔스기의 영향으로 인해 RCS감소에 많은 관심이 집중되고 있다. RCS감소를 하는 방법에는 크게 두가지로 나뉘게 된다. 첫 번째는 구조체를 만들 때 전자파를 흡수하는 매질을 이용하거나 대상의 구조를 바꿈으로 해서 반사파의 크기를 줄이는 수동적 감쇄이고, 두 번째는 구조체에 액티브 소자를 이용하거나 다른 능동적인 방법을 이용하여 반사파의 크기를 줄이는 능동적 감쇄이다. 본 연구에서는 X-band영역에서 외부로부터 알루미늄판으로 입사되는 입사의 평면파에 대한 반사파를 RF 프로브로부터 방사되는 전자파를 이용하여 능동 상쇄시키는 방법을 사용 하였다.

실험에 앞서 이 실험을 검증하기 위하여 본 논문에서는 FEM 시뮬레이터(HFSS)를 사용하여 사전 시뮬레이션을 하였고 이를 통하여 알루미늄 판 위에 RF프로브를 설계하였다. RF프로브에 특정한 크기와 위상을 갖는 전자파를 발생시켜 RCS값이 줄어드는 것을 확인 하였으며 이를 바탕으로 무반향실에서 실험을 하였고 반사파의 크기가 줄어드는 것을 확인 할 수 있었다.

2. 본 론

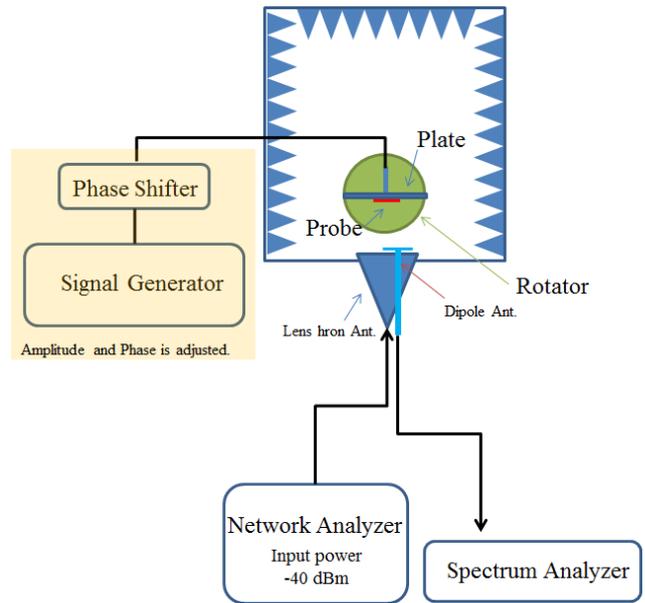
2.1 RF프로브 제작

알루미늄판으로 입사하는 전자파의 반사파를 줄이기 위한 실험을 하기에 앞서, 먼저 능동상쇄를 위해 전자파를 방사할 RF프로브를 제작하였다. 본 논문에서 제안하는 RF프로브는 Patch antenna 원리를 기반으로 하고 있으며 FR-4 기판으로 설계된 마이크로스트립라인에 동축케이블로 Coaxial probe feed를 하는 구조이다.



〈그림 1〉 제작된 알루미늄판위의 RF프로브(좌)와 RF프로브 상세도(우)

2.2 실험구성도



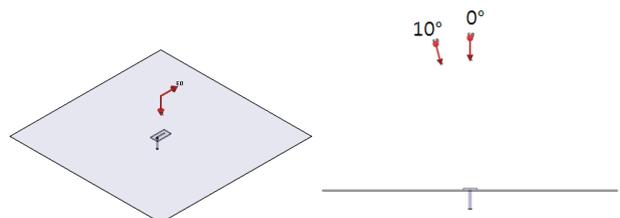
〈그림 2〉 RF프로브로 상쇄신호를 인가하는 실험 구성

〈그림 2〉와 같이 무반향실에서 회로망 분석기(Network analyzer)에 렌즈혼 안테나(Lens horn antenna)를 연결하여 알루미늄판으로 평면파를 입사시켰고 렌즈혼안테나 위에 다이폴 안테나를 설치하여 스펙트럼 분석기(Spectrum analyzer)로 반사파의 크기를 측정하였다. 알루미늄판의 크기는 X-band영역을 고려해서 5λ 인 $15\text{ Cm} \times 15\text{ Cm}$ 를 사용하였다.

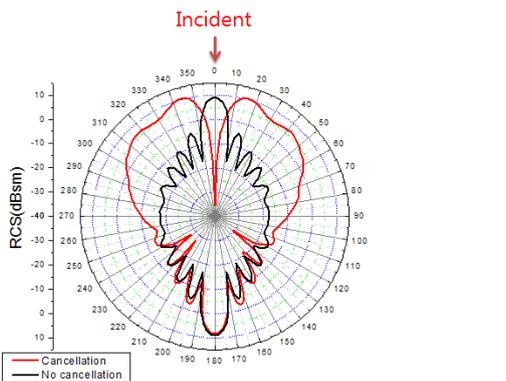
이러한 실험을 하기에 앞서서 몇가지 조건을 설정하였다. RCS 경우는 양방향(Bistatic) RCS값이 아닌 단방향(Monostatic) RCS값을 줄이는 것을 목표로 하였다. 외부신호는 펄스신호가 아닌 CW신호로 가정하였다.

2.3 시뮬레이션 결과

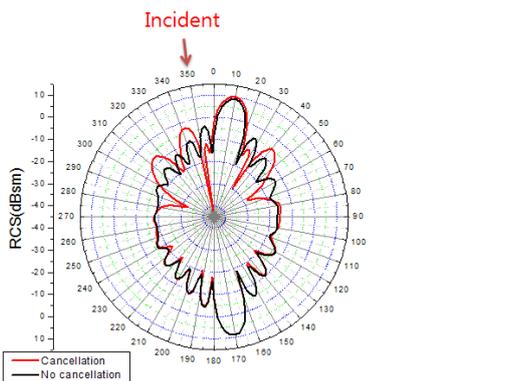
실험하기에 앞서 시뮬레이션을 통하여 가능성을 알아보려고 하였다. 〈그림 3〉과 같이 알루미늄판의 크기는 $15\text{ Cm} \times 15\text{ Cm} \times 0.5\text{ Cm}$ 로 설정하였고 RF프로브에서 마이크로스트립라인의 길이는 7.5 mm 로 설정하였다.



〈그림 3〉 시뮬레이션 구성 전면도(좌)와 입사 각도에 따른 시뮬레이션 구성(우)



〈그림 4〉 외부전자파가 수직으로 입사하는 경우

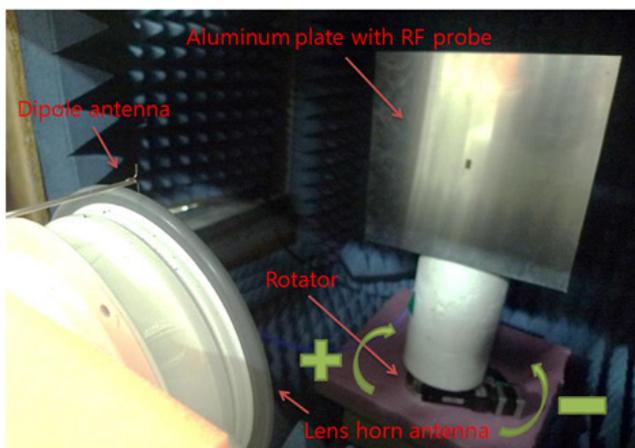


〈그림 5〉 외부전자파가 10도 틀어져서 입사하는 경우

〈그림 4〉와 같이 외부전자파가 수직으로 들어왔을 때 RF프로브에 신호가 인가되지 않았을 경우 8.9 dBsm인 반면 RF프로브에 신호를 인가하였을 경우 -35 dBsm정도로 약 -44 dB 감소된 것을 볼 수 있다. 〈그림 5〉와 같이 외부전자파가 10도로 비스듬히 입사하였을 때 RF프로브에 신호가 인가되지 않았을 경우 -8.5 dBsm인 반면 RF프로브에 신호를 인가하였을 경우 -42 dBsm정도로 약 -34 dB 감소된 것을 볼 수 있다.

2.4 실험 결과

실험에서 가정해야 할 기본조건은 렌즈혼안테나에서 발생된 평면파와 다이폴안테나와의 커플링이 반사파 측정 실험에 영향을 끼치는 안된다. 빈 공간의 무반향실에서 렌즈혼안테나에 -40dBm의 신호를 인가하였고 다이폴 안테나로 커플링되는 신호가 노이즈레벨 밑으로 떨어지는 것을 확인 한 후에 실험을 진행하였다.



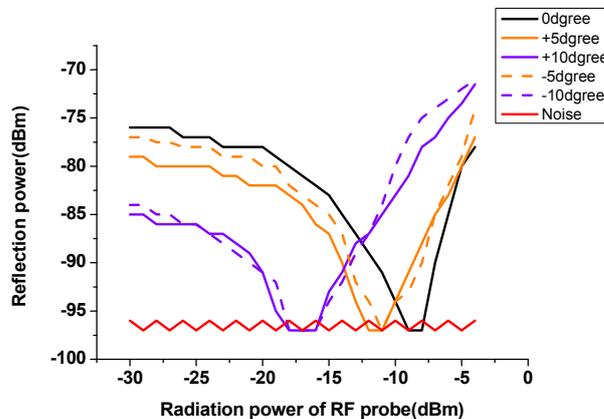
〈그림 6〉 무반향실에서 알루미늄판, 렌즈혼안테나, 다이폴안테나 그리고 로테이터를 설치한 모습

실험은 수직입사, +5도, -5도, +10도, -10도로 회전하며 진행하였다. <표 1>과 같이 RF프로브에 신호를 인가하지 않았을 때 반사파를 측정

하였다.

〈표 1〉 RF프로브에 신호를 인가하지 않았을 때 반사파 측정

	Reflection power(dBm)
0 도	-75
+5 도	-77.5
-5 도	-76.5
+10 도	-83
-10 도	-82.5



〈그림 7〉 RF프로브에 인가된 신호의 세기에 따라 여러 각도에 대한 알루미늄판 반사파 크기

〈그림 7〉에서 여러 각도에 대해 RF프로브에 신호발생기와 위상천이기를 조절하여 인가되는 신호에 따라 반사파의 세기가 노이즈 레벨 밑으로 감소되는 것을 볼 수 있다. 반사파의 크기를 줄이기 위해서 RF프로브에 인가되는 신호의 크기는 반사파의 크기에 따라 달라지는 것을 확인 하였다.

3. 결 론

알루미늄판으로 입사된 평면파의 반사파 세기를 줄이기 위한 실험이 수행되었다. 회로망 분석기를 통하여 렌즈혼안테나에 -40 dBm의 신호를 인가하였고 렌즈혼 안테나 위에 다이폴 안테나를 설치하여 반사파 크기를 측정하였다. 로테이터를 사용하여 0도, +5도, -5도, +10도, -10도에 따른 반사파의 크기를 측정하였고 그에 따라 RF프로브에 인가되는 신호의 크기와 위상을 조절하여 노이즈 레벨까지 감소되는 것을 보았다. 결과적으로 RF프로브를 이용하여 평면도체 구조물에 여러 각도로 입사하는 평면파에 대해 단방향(Monostatic)반사파의 크기를 줄일 수 있다는 사실을 시뮬레이션과 실험적으로 검증하였다.

[참 고 문 헌]

[1] Fawwaz T.Ulaby, Richard K. Moore, Adrian K.Fung, *Microwave Remote Sensing Active and Passive Volume I*, Addison-Wesley Publishing Company.
 [2] David K. Cheng, *Field and Wave Electromagnetics 2ed.*, Addison Wesley.