

Oscillation System을 이용한 알루미늄판의 Phi방향 Monostatic RCS 감쇄 연구

A Study on Phi Directional Monostatic RCS Reduction of the Aluminum Plate using the Oscillation System

황 주 성* · 박 상 복** · 장 성 훈*** · 천 창 율†
(Joosung Hwang · Sangbok Park · Sunghoon Jang · Changyul Cheon)

Abstract - This paper proposes a new method that reduces RCS(rader cross section) of the aluminum plate using a oscillation system composed of a VGA(variable gain amplifier) and a phase shifter. Once the oscillation system receives the external-RF signal through a probe on aluminum plate, it makes an amplified signal with a specific phase to cancel the signal reflected from the aluminum plate. The signal transmitted from the oscillation system has the same amplitude and out of phase with the reflected signal. And it can be controlled by the VGA and the phase shifter in the oscillation system. In order to validate the performance of the proposed oscillation system, FEM simulator was used and we measured how much an amplitude of the signal reflected from the aluminum plate rotated in phi direction is reduced in an anechoic chamber.

Key Words : Active cancellation, Backscattering, Oscillation system

1. 서 론

최근 스텔스기의 영향으로 인해 RCS 감쇄 기술에 큰 관심이 모아지고 있다. RCS 감쇄 기술에는 크게 두 가지로 나눌 수 있는데 첫 번째는 전자파를 흡수하는 매질(RAM)을 이용하거나 특수한 구조를 이용하여 반사파의 크기를 줄이는 수동 상쇄 기술이다[1]-[3]. 수동 감쇄 기술은 구조물의 형상이 고정 되어 있어야 하거나 특수한 재질을 사용해야 되기 때문에 기존에 있는 물체에 적용하기 힘들다는 단점이 있다. 두 번째는 구조물에 대한 반사파를 능동적인 장치를 사용하여 상쇄시키는 능동 상쇄 기술이다. 능동 상쇄 기술은 구조물에 모양이나 재질에 상관없이 RCS를 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 본 연구에서는 패치형태의 프로브를 이용하여 여러 각도로 알루미늄판에 입사하는 임의의 평면파에 대한 반사파를 능동 상쇄시키는 방법을 사용하였다.

프로브로 들어오는 외부 전자파 신호의 크기는 반사파에 비해 작기 때문에 반사파를 감소시키기 위해서는 큰 이득이 필요로 한다. 본 연구에서 제안하는 Oscillation System은 프로브로 들어온 작은 신호를 VGA와 Circulator가 포함된

Loop를 통하여 발진을 만들어 원하는 큰 신호를 출력할 수 있다. 입사된 신호가 증폭되어 방사되기 때문에 별도의 신호 발생기가 필요하지 않고 하나의 프로브로 송수신하기 때문에 송수신간의 Isolation문제가 없다는 장점이 있다. 본 연구에서는 X-band 영역에서 단일 주파수를 사용하였고 FEM 시뮬레이터를 사용하여 RCS감쇄를 확인 하였다.

2. 본 론

2.1 Oscillation System의 구성 및 개요

프로브로 수신된 작은 신호를 큰 신호로 증폭하기 위해서 그림 1과 같은 Oscillation system을 구성 하였다. 구조물에 대한 반사파를 상쇄하기 위하여 출력파의 위상과 크기를 결정해야 한다. Phase part 부분에서의 위상변이기를 사용하여 출력파의 위상을 조절할 수 있고 Oscillation part부분에서의 VGA를 사용하여 출력파의 크기를 조절할 수 있다. Oscillation part 부분에서 Loop회로는 수신된 신호의 주파수에 대하여 동위상이 되어야만 발진이 일어나기 때문에 위상변이기를 사용하여 동위상을 만들 수 있다. 한 가지 주의해야 할 점은 Loop이득이 Circulator의 Isolation특성보다 크면 불안정한 발진현상이 나타난다는 점이다. 본 연구에서 사용된 서큘레이터의 Isolation특성은 20 dB이고 VGA최대 이득이 22 dB, Loop에서 생기는 손실이 6 dB이상이기 때문에 불안정한 발진현상이 나타나지 않았다. Oscillation system을 이용하면 큰 이득을 갖지만 저주파 발진 또는 노이즈 신호가 발진이 되어 원치 않는 신호를 발생할 가능성이 있기 때문에 그림 2와 같이 협대역의 특성을 갖는 X-band filter를 제작하였다.

* Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Univerity of Seoul, Korea

** Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Univerity of Seoul, Korea

*** Agency for Defense Development

† Corresponding Author : Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Univerity of Seoul, Korea

E-mail : changyul@uos.ac.kr

Received : August 9, 2012; Accepted : December 27, 2012

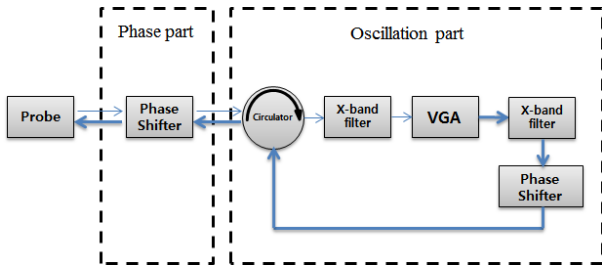


그림 1 제안된 Oscillation System 구성도
 Fig. 1 Block diagram of the proposed Oscillation System

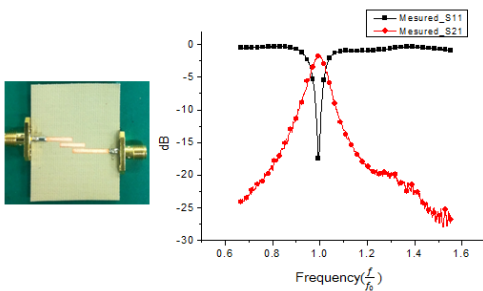


그림 2 X-band filter의 S-parameter 특성
 Fig. 2 S-parameter of X-band filter

2.2 Oscillation System을 사용한 실험 구성

150mm × 150mm 의 크기를 갖는 알루미늄판 위에 그림 3과 같이 패치 형태의 프로브를 설계하였다. 0.8mm의 두께를 갖고 유전율이 4.4인 FR-4 기판과 동축케이블을 이용하여 Coaxial feed를 하는 구조로 제작하였다. 실험구성은 그림 4와 같이 무반향실에서 외부 송수신 안테나와 알루미늄판을 일직선상에 위치시켰다. 신호발생기로 -30 dBm의 크기를 갖는 신호를 렌즈혼안테나를 이용하여 발생시키고 알루미늄판에 대한 반사파는 다이폴안테나를 이용하여 스펙트럼 분석기로 측정하였다. 수직으로 입사하는 외부 전자파뿐만 아니라 여러 각도로 입사하는 외부 전자파에 대한 반사파크기를 감소시키기 위해 로테이터위에 알루미늄판을 설치하여 입사 각도를 조절하였다.

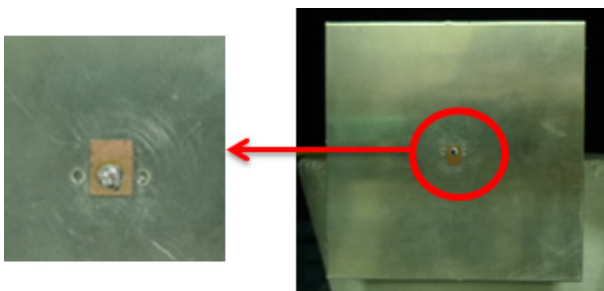


그림 3 제작된 알루미늄판과 프로브
 Fig. 3 Produced probe on the aluminum plate

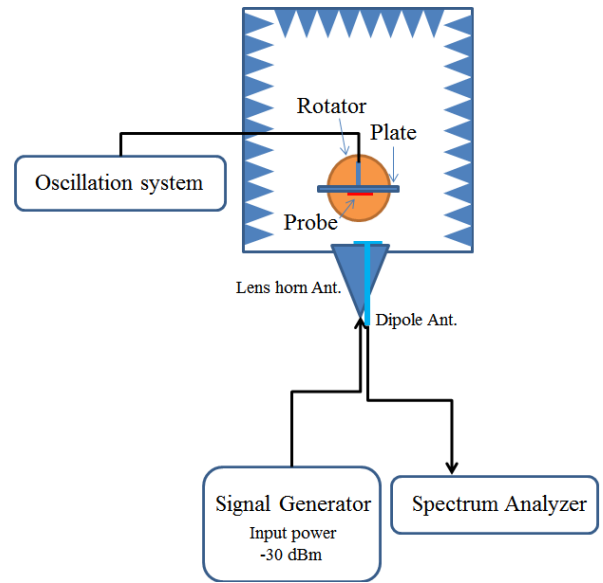


그림 4 Oscillation system을 이용하여 알루미늄판의 반사파를 감쇄시키는 실험 구성
 Fig. 4 Diagram of the experiment for reducing the reflected wave of the aluminum plate using the oscillation system

2.3 입사 각도에 따른 RCS 감쇄 시뮬레이션

실험을 수행하기에 앞서 FEM 시뮬레이션으로 가능성을 보고자 하였다. 제작된 알루미늄판과 프로브를 그림 5와 같이 시뮬레이션으로 구현하였다. 수직으로 입사하는 외부 전자파와 10도 비스듬히 입사하는 외부 전자파신호에 대해서 상쇄신호를 인가함에 따라 RCS 시뮬레이션을 진행 하였다. 입사하는 외부 전자파의 E-field의 방향은 프로브와 Polarization을 같게 하였다. 시뮬레이션 결과는 그림 6과 같다. 0도와 10도로 입사하는 외부전자파에 대해 상쇄신호를 인가한 경우와 인가하지 않은 경우의 RCS변화는 각각 38 dB, 28 dB 감소를 보였다. 시뮬레이션 및 실험결과는 단방향 (Monostatic) RCS값을 줄이는 것을 목표로 하였고 펄스 신호가 아닌 CW(Continuous wave) 신호를 대상으로 하였다.

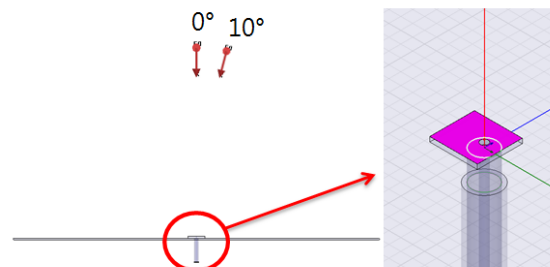


그림 5 0도와 10도의 각도로 입사하는 외부전자파에 대한 RCS감쇄 시뮬레이션 구성
 Fig. 5 Composing of simulation RCS reduction for the incident waves at 0degree and 10degree

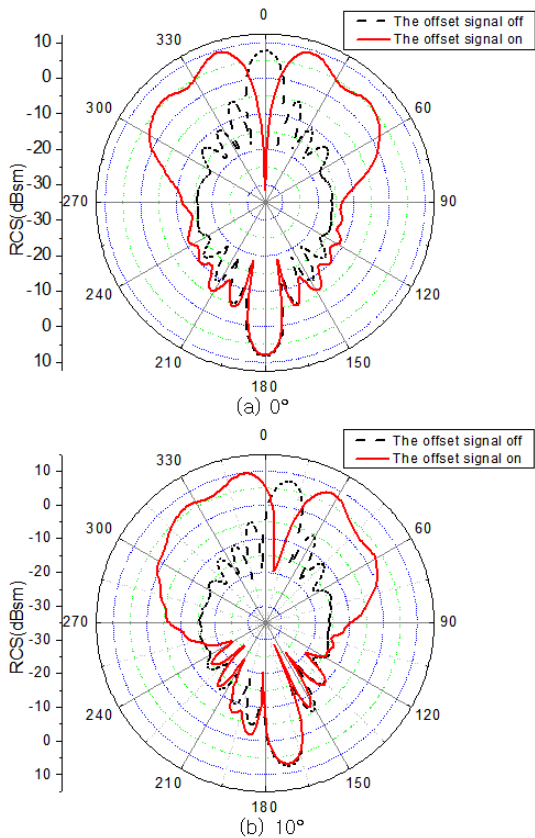


그림 6 0도와 10도로 입사하는 외부전자파에 대해 상쇄신호를 인가하였을 때와 안했을 때의 알루미늄판의 RCS값
 Fig. 6 The RCS of the aluminum plate for the incident waves at 0degree and 10degree whether offset signal is transmitted or not

2.4 실험 결과

실험에서 우선적으로 가정해야할 조건은 렌즈혼안테나에서 발생된 평면파로부터 다이폴안테나로 커플링되는 신호가 반사파 측정에 영향을 끼치는 안 된다는 것이다. 빈공간의 무반향실에서 렌즈혼안테나에 -30 dBm의 신호를 인가하였고 다이폴안테나에 커플링 되는 신호가 노이즈레벨보다 작은 것을 확인한 후에 실험을 진행하였다. 그림 7과 같이 렌즈혼안테나와 다이폴안테나를 정면방향으로 알루미늄판을 배치하였고 여러 각도에서 입사하는 반사파를 측정하기 위하여 로테이터위에 알루미늄판을 배치하였다. 알루미늄판위에 설치된 프로브는 Oscillation system이 연결 되어있다.

Oscillation system은 Oscillation part에서의 위상변이기를 수동으로 조절하여 동위상을 만들고 Phase part에서의 위상변이기로 출력파의 위상을 수동으로 조절하여 반사파와 Out of phase된 출력파를 생성한다. 그림 8은 -30 dBm의 크기를 갖는 외부 평면파가 여러 각도에서 알루미늄판으로 입사할 때 Oscillation system의 VGA이득을 수동으로 변화함에 따라 반사파의 크기를 측정할 것이다. 0도와 5도의 반사파 크기를 측정할 결과 VGA의 이득이 각각 20 dB, 19.36 dB가 되었을 때 프로브에서의 출력파 크기와 알루미늄판의 반사파 크기가 같아지고 Out of phase가 되어 측정되는 반사

파의 크기가 노이즈 레벨인 -100 dBm까지 감소되는 것을 확인할 수 있다. 10도의 반사파크기를 측정할 결과 Oscillation system이 동작하지 않을 때의 알루미늄판의 반사파크기와 노이즈레벨과의 차이가 얼마 나지 않기 때문에 반사파 크기가 약 10 dB 감소되는 것 까지 확인할 수 있었다.

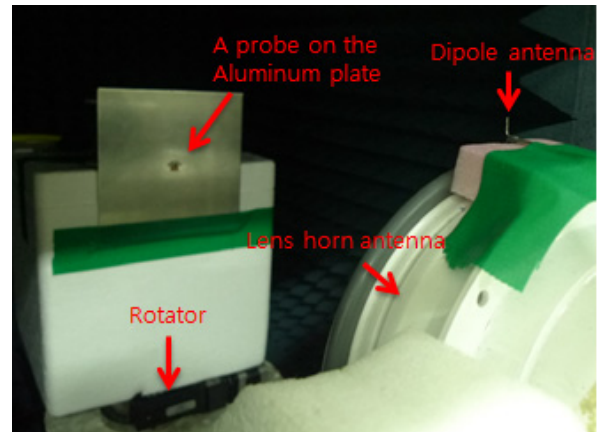


그림 7 무반향실에 배치된 알루미늄판, 렌즈혼안테나 그리고 다이폴 안테나
 Fig. 7 Arranged aluminum plate, lens horn antenna and dipole antenna in anechoic chamber

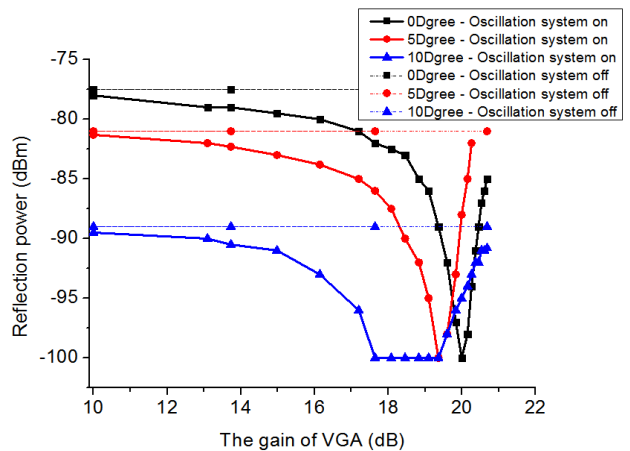


그림 8 Oscillation system에서 VGA의 이득 변화에 따른 알루미늄판의 반사파크기
 Fig. 8 The amplitude of the reflected wave from the aluminum plate with different gain of the VGA in Oscillation system

3. 결론

본 논문에서는 Oscillation system을 이용하여 여러 각도로 입사하는 외부 전자파에 대해 플레이트 구조물에 대한 반사파를 감소시키는 방법에 관하여 논의 하였다. Oscillation system은 수신된 신호를 소스로서 Oscillation part의 VGA를 사용하여 출력신호의 크기를 조절하고 Phase part의 위상변이기를 사용하여 출력신호의 위상을 조

절할 수 있다. FEM 시뮬레이션으로 RCS감쇄 가능성을 확인하였고 실험은 무반향실에서 외부신호를 발생하는 렌즈혼 안테나와 반사파를 측정하는 다이폴안테나를 설치하여 진행하였다. 로테이터위에 알루미늄판을 설치하여 여러 각도로 입사하는 외부 전자파에 대한 반사파 감쇄정도를 보고자 하였으며 결과적으로 0도, 5도, 10도에 있어서 반사파 크기가 노이즈레벨까지 감소하는 것을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 국방 피탐지 감소기술 특화연구센터 사업의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] Cihangir Kemal Yuzcelik, "Radar Absorbing Material Design," Naval Postgraduate School Master's thesis, September 2003.
- [2] Dimitris V. Dranidis, "Airborne Stealth in a Nutshell-Part I," the Magazine of the Computer Harpoon Community <http://www.harpoonhq.com/waypoint/>, (Accessed February 2009).
- [3] Federation of American Scientists Systems Assessment Group, Missile Technology Control Regime Annex Handbook "Item 17 Stealth," http://www.fas.org/nuke/control/mtrc/text/mtrc_handbook_item17.pdf, (Accessed February 2009).

저 자 소 개



황 주 성 (黃 柱 盛)

2011년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부 졸업. 2011년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학과 석사과정 재학중. 관심분야는 생체전자기학, EMI/EMC 등.



박 상 복 (朴 商 馥)

2007년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학부 졸업. 2009년 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학과 석사졸업. 2009년~현재 서울시립대학교 전자전기컴퓨터 공학과 박사과정 재학중. 관심분야는 생체전자기학, EMI/EMC 등.



장 성 훈 (章 成 勳)

1996년 서울시립대학교 전자공학과 졸업. 1998년 서울시립대학교 전자공학과 석사 졸업. 1998년~현재 국방과학연구소. 관심분야는 레이더 시스템 등.



천 창 울 (千 昌 律)

1983년 2월 : 서울대학교 전기공학과(공학사), 1985년 2월 : 서울대학교 전기공학과(공학석사), 1992년 : 미국University of Michigan, Ann arbor(공학박사), 1992년~1995년 : 강원대학교 전기공학과 조교수, 1995년~현재 : 서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수
주 관심분야 : RF, RF Power Amplifier, EMC 등