한국군사과학기술학회지 제16권 제1호, pp. 34~39, 2013년 2월

학술논문 전자 · 통신 부문

탐색레이더용 피아식별안테나 후방 방사 수준 개선에 관한 연구

Study on Back-Radiation level Improvement of IFF Antenna for Surveillance Radar

김 영 완* 채 희 덕* 박 종 국*
Young-Wan Kim Heeduck Chae Jongkuk Park
이 동 국** 정 명 득** 한 인 희*** 이 두 연***
Dong-Kook Lee Myung-Deok Jeong In-Hee Han Du-Yeon Lee

Abstract

In this paper, we described the study on back-radiation level improvement of IFF antenna after briefly describing a design of IFF antenna to distinguish the target as the sub-antenna of surveillance radar. The proposed IFF antenna was minimized a size with use all-in-one power divider as a two-channel IFF antenna forming sum and difference pattern. The method for back-radiation level reduction was studied, and the identified method through the simulation confirmed the decrement throught the measurement.

Keywords : Back-Radiation Level, IFF Antenna

1. 서 론

레이더(RADAR : Radio Detecting And Ranging)는 무선탐지와 거리측정의 약어로 마이크로파 정도의 전자기파를 표적에 발사시켜 그 표적으로부터 반사되는 전자기파를 수신하여 물체와의 거리, 방향, 고도 등을 알아내는 무선감시장치이다[1]. 레이더는 제 2차 세계대전에서의 큰 발전을 통해 군수용 외에 민간에서도 다양한 기능과 더불어 다양한 환경에서 사용되어지고 있다. 그 중에서 군수용 레이더는 표적 탐지 및 추적 등의 주 기능 외에 표적의 적아를 구분하는 능력이 중요한 레이더의 기능 중 하나로 인식되고 있다. 실제로 전쟁 중 표적의 적아 오탐에 의한 사고는 과거의 사례에서도 알수 있듯이 빈번이 발생한 것이 사실이다. 이렇듯 표적의 적아를 구분하는 기능을 하는 피아식별 레이다는 주레이더의 보조 레이더로 나날이 중요해지고 있는 것이 현실이다.

피아식별 레이다(IFF : Identification of Friend or Foe)는 질문기가 지향성 안테나를 통하여 코드화된 전자파 펄스를 원하는 표적에 송신하고, 이 송신 신호를 표적

† 2012년 11월 5일 접수~2013년 1월 11일 게재승인
* 엘아이지넥스원(LIG Nex1)
** 국방과학연구소(ADD)
*** 엠티지(MTG)
책임저자 : 김영완(kyoungwan@lignex1.com)

의 응답기가 수신한다. 질문기의 주파수와 다른 주파수로 전방향성 안테나를 통하여 약속된 응답신호를 송신하게 되면, 이 응답신호는 질문기의 지향성 안테나를 통하여 수신된 후 질문기의 응답신호처리기를 거쳐서 식별정보를 주레이다로 전달하는 역할을 한다. 표적의 거리와 방향은 질문에 대한 응답신호의 지연시간과 안테나의 방향에 의하여 결정되고, 기타 정보는 응답신호로부터 얻어진다[2,3].

표적의 오탐은 안테나 전면의 주빔의 왜곡에 의해 원하지 않는 방향에 표적 탐지가 이루어지는 경우가 대부분이지만, 안테나 후면의 방사에 의해 근거리 표적의 오탐이 발생할 수 있다. 이러한 후방 방사 수준을 최소화하는 방법으로 안테나의 파라미터를 최적화하여 이루어질 수 있지만[4~6], 안테나가 장착된 주위 구조물에 의해 발생하는 경우도 빈번하기 때문에 안테나 구조물 장착상태에서의 후방 방사 수준 감소가 필요하다. 주위 구조물이 후방쪽 방사되는 성분을 막아주는 구조가 아니라면 안테나 파라미터의 수정없이 후방 방사 수준을 최소화시키는 것은 오탐을 줄이기 위한 필수 요소일 것이다.

본 논문에서는 합,차 패턴을 형성하는 2채널용 피아식별안테나 설계 과정에 대해 간략하게 설명하고, 궁극적으로 안테나 파라미터 수정없이 주빔의 특성을 유지하면서 후방 방사 수준을 개선시키는 방안에 대하여 기술하였다.

2. 피아식별안테나 구성 및 제작 결과

탐색레이더 피아식별안테나는 전기적으로는 복사소자와 전력분배기, 기구적으로는 그라운드를 포함하는 안테나 하우징과 기판 고정지그로 구성이 된다. 복사소자는 광대역 특성을 구현하기에 유리한 U자형 슬롯을 가지는 캐버티를 포함하는 패치안테나로 구성되며 복사소자의 기판이 안테나의 레이돔 역할을 할 수 있도록 패치가 그라운드쪽을 향하는 Inveted 패치 형태를 취하고 있다[7]. 전력 분배기는 합/차 2개의 포트와 12개의 출력을 제공하는 마이크로 스트립 구조이며 비균등 전력분배기와 합/차 채널의 격리도가 우수한 링하이브리드 전력분배기로 구성되어 있다. 안테나 하우징은 복사소자와 전력분배기의 체결 및 안테나의 장착을 위한 체결구조를 제공하고 복사소자의 캐버티와 전력분배기 및 복사소자의 그라운드 역할을 한다. 또한 불필요한 부분의 살빼기를 통해 안테나의 중량을 최소화하였다. 복사소자 제작용 기판의 두께가 0.2mm로 얇아 체결에 어려움이 있어 기판 고정지그를 통해 체결력을 높이고 기구적인 보강을 하였다. 피아식별안테나의 구성은 Fig. 1과 같다.

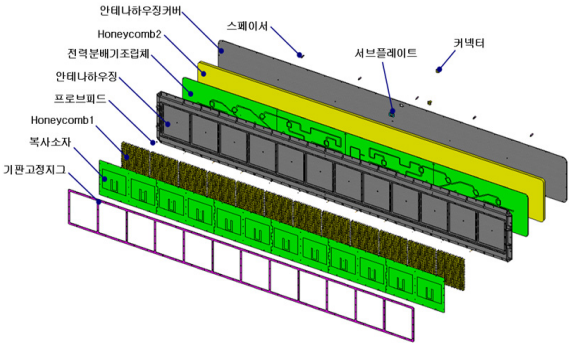


Fig. 1. Construction of IFF antenna

시뮬레이션 및 단계별 제작을 통해 성능이 검증된 복사소자 및 전력분배기는 Fig. 2와 같은 형상으로 조립되었다.

Fig. 2. Assembly shape of IFF antenna

최종 제작된 피아식별안테나의 이득, 빔폭, 합/차 채널의 패턴, 부엽수준은 안테나의 복사패턴 측정을 통해 확인하였다. 안테나의 복사 패턴 시험은 근접전계 시험 장치가 설치되어 있는 전자파 무반사실에서 이루어지며 수집된 근접전계 데이터를 해석 S/W를 통해 원거리 패턴으로 변환하여 특성을 확인하였다. 측정된 결과는 송/수신 주파수에서 Fig. 3과 같았다. 차 패턴은 합 패턴의 주빔 이외의 부엽을 제거하기 위하여

주빔의 최고점에서 35dB 아래 영역까지 합 패턴보다 수준이 높게 설계되었다.

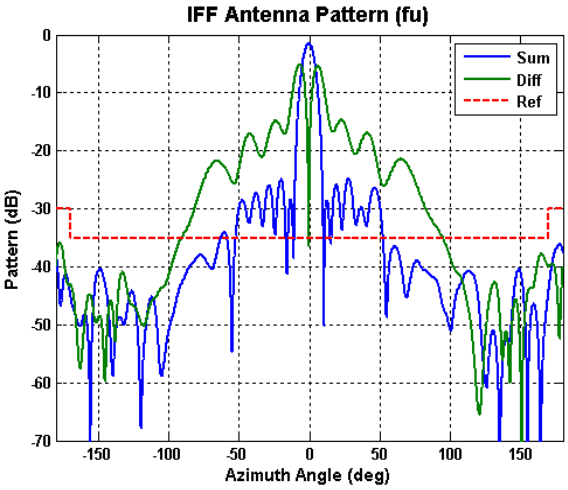


Fig. 3-1. Radiation pattern result(Tx)

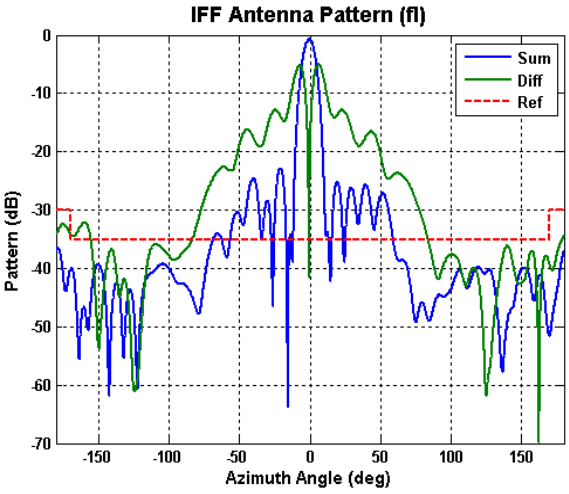
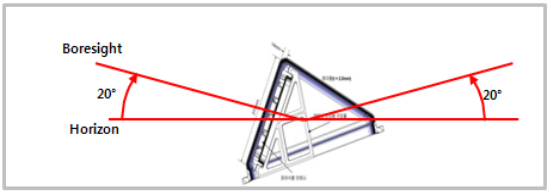


Fig. 3-2. Radiation pattern result(Rx)

3. 구조물 적용한 피아식별안테나 측정 결과

대부분의 피아식별안테나는 부안테나로서 동작하므로 주안테나와 같은 구조물에 장착되어진다. 본 논문에서 설계한 피아식별안테나 역시 Fig. 4에 보이는 것처럼 주안테나의 후면 상단에 장착되어 피아식별 기능을 수행한다. 구조물에 장착된 실 환경에서의 피아식별안테나 후방방사 수준 측정을 위해 구조물에 포함된 상태에서 근접전계 측정을 수행하였고, 실제 후방 방사 수준을 측정한 결과는 Fig. 5와 같았다. 실제 후방 방사 수준은 안테나 중심에서의 주 빔 최대점 대비 후방 수준을 상대적으로 나타낸 값으로 정의하였다. 본 논문에서 제시한 피아식별안테나는 Fig. 4에서 보는 것처럼 수평선과 20° 각도를 이루고 있다. 근거리 표적의 거리를 고려할 때 후면의 안테나 중심 각도 부근에서의 후방 방사 수준 상승은 표적의 오탐으로 이어지기 때문에 후방 방사 수준은 일정 수준 이하로 낮아져야 할 필요가 있다. 본 논문에서 제시한 피아식별안테나는 고각 방향으로 넓은 빔폭을 가지는 팬 빔 형태이므로 피아식별안테나를 세운 후 원통형 근접전계 시험을 수행하였다.



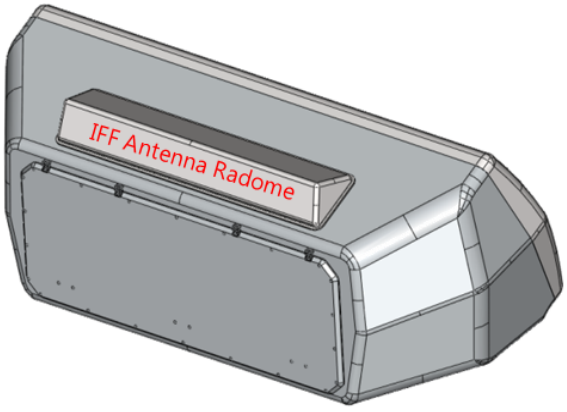


Fig. 4. Structure assembly shape

원통형 근접전계 시험 후 원전계 변환을 거쳐 Fig. 5와 같은 2D 패턴을 확인하였다. 표적의 거리를 고려했을 때 약 20도 부근에서의 수준은 근거리 표적 오탐으로 이어질 확률이 크며 Fig. 6의 고각 빔패턴에서 보듯이 관심 영역인 “A”에서 주빔 대비 약 -15dB 수준까지 상승한 것을 확인할 수 있다.

이는 Fig. 7-1에서 보듯이 구조물과 피아식별안테나와의 장착 부위 사이의 틈(“B”)에서 전기장이 형성되

어 구조물을 따라 전류가 흐른 것으로 분석되었다. 이 표면전류가 Fig. 8의 “A” 부분에서 회절되어 후방쪽 수준 상승을 유발하는 것으로 보고 구조물과 피아식별 안테나 사이의 틈을 차단하는 새로운 추가 구조물을 설계하였다. Fig. 7-2에서처럼 구조물은 틈을 차단하는 역할을 하며 플레이트 하단에 Sielding 가스을 적용하여 전류 흐름을 차단하였다.

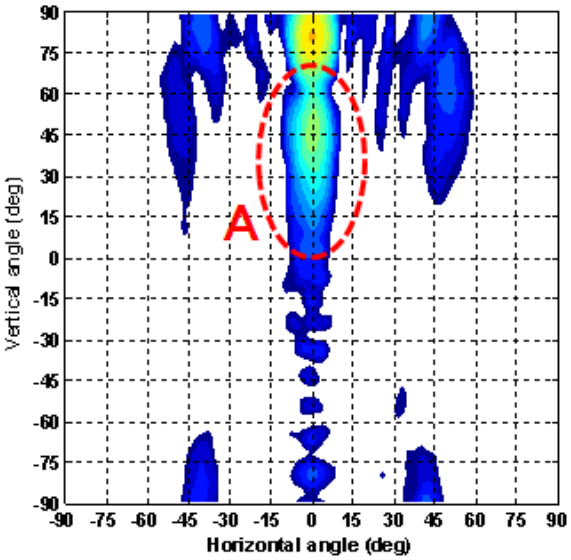


Fig. 5-1. Back radiation 2D pattern(Tx)

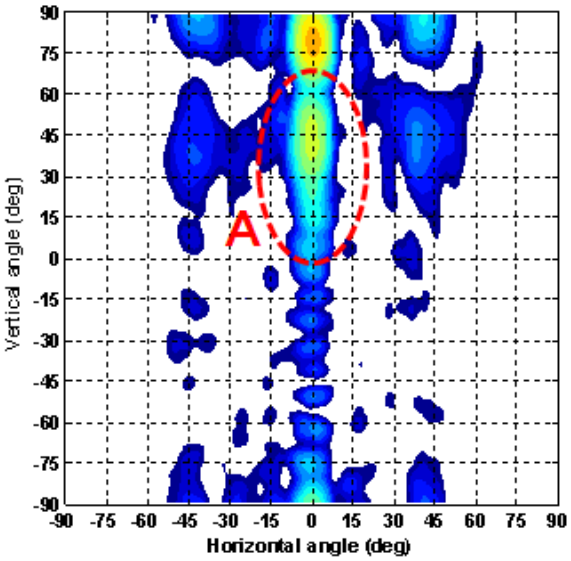


Fig. 5-2. Back radiation 2D pattern(Rx)

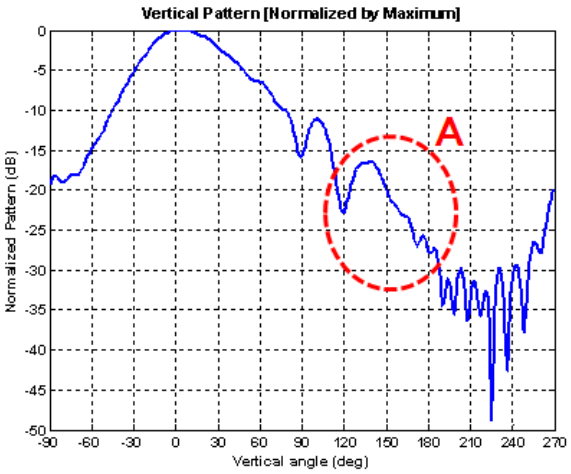


Fig. 6. Elevation beam pattern Without additional structure

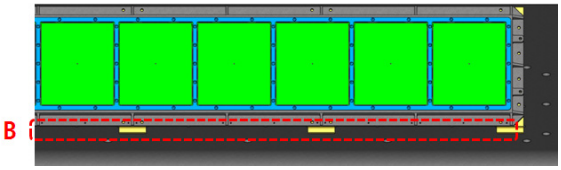


Fig. 7-1. Gap between antenna and structure

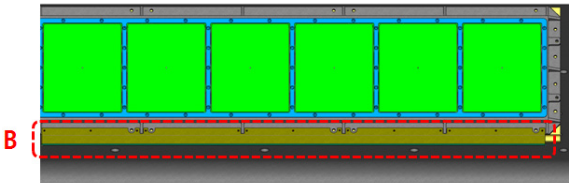


Fig. 7-2. Surface current block plate application

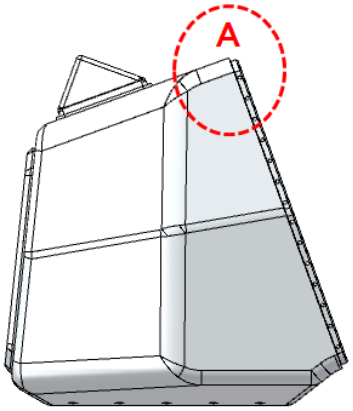


Fig. 8. Position of maximum back radiation

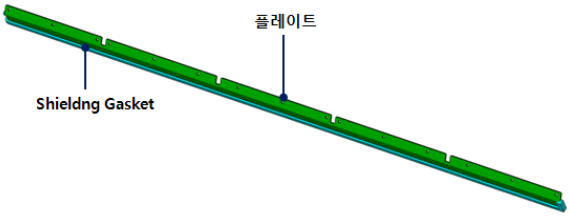


Fig. 9. Shape of surface current block plate

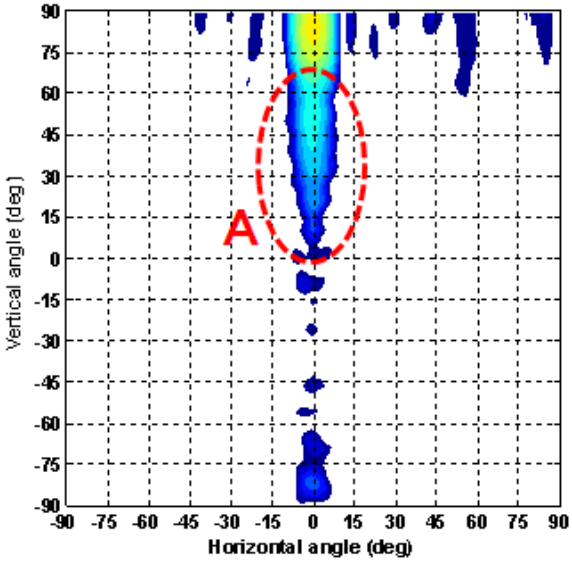


Fig. 10-1. Back radiation 2D pattern(Tx)

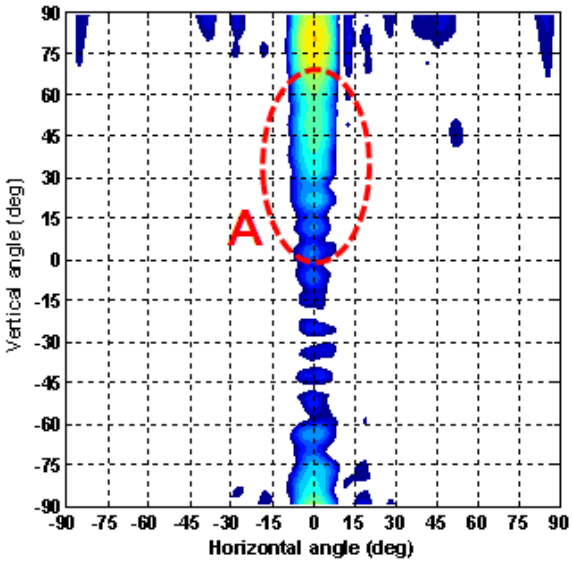


Fig. 10-2. Back radiation 2D pattern(Rx)

Fig. 9와 같은 형상의 표면전류차단 플레이트는 피아식별안테나 주빔 특성에 거의 영향을 주지 않으면서 구조물과 안테나 틈 사이에 장착되었다. 표면전류차단 플레이트는 그림에서 보는 것처럼 금속으로 제작되었으며 하단에는 Shielding 가스켓을 적용하여 구조물을 따라 흐르는 전류를 최대한 차단하였다.

추가 구조물 적용 후 동일한 원통형 근접전계 시험을 실시한 결과는 Fig. 10과 같았다. 그림에서처럼 실제 관심영역인 A 지점에서 후면 방사수준이 2D 패턴상에서 상당부분 제거 되었음을 확인하였다. 실제 표면전류차단플레이트 유무에 따른 고각 빔 패턴은 Fig. 11과 같았다. 관심영역에서 약 5dB 이상의 후방 방사수준 개선을 보였다.

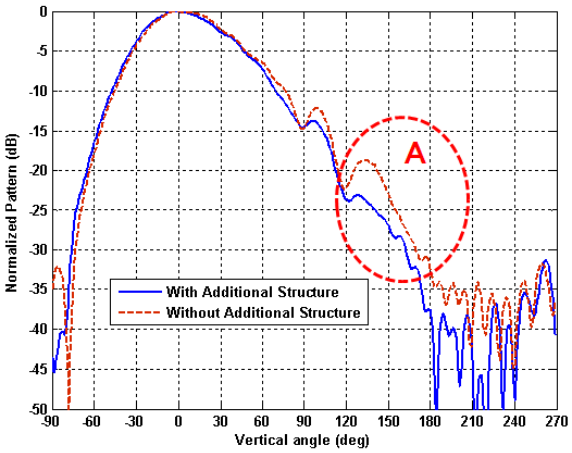


Fig. 11-1. Elevation beam pattern(Tx)

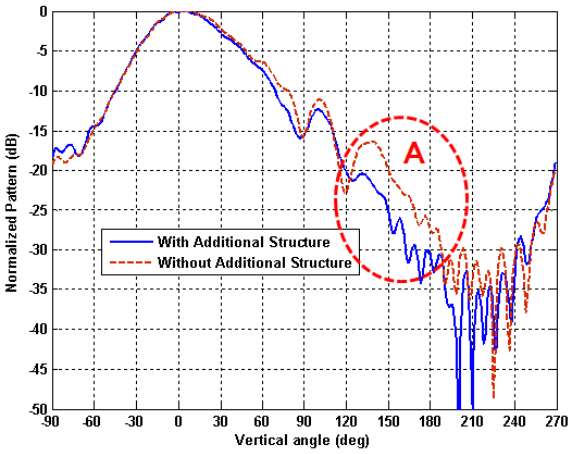


Fig. 11-2. Elevation beam pattern(Rx)

전면 주빔 최대점 대비 후방 방사 수준 측정 결과는 구조물에 따라 Table 1에서 보는 것처럼, 구조물 적용 후 송수신 모두 -20dB 이하의 결과를 보였으며, 구조물 적용에 따라 최대 5dB 이상 개선 효과를 보였다. 표면전류차단플레이트는 주빔의 이득이나 경향성은 거의 변화가 없는 상태에서 관심영역인 후방 “A” 지점에서의 수준을 감소시키는 역할을 하였으며, 결과적으로 후방 방사 수준의 개선 효과를 보였다.

Table 1. Back radiation level due to structure application

항목	단위	후방 방사 수준	
		f1(송신)	f2(수신)
추가 구조물 적용 전	dB	-18.71	-16.47
추가 구조물 적용 후	dB	-23.08	-20.41

4. 결 론

본 논문에서는 피아식별안테나 후방 방사 수준 개선을 위한 연구를 수행하였다. 표적의 적아를 구분하는 피아식별안테나의 근거리 오탐 확률 개선을 위해서는 주빔의 반대 방향의 후방 방사 수준을 개선 시켜야만 한다. 실제 빔을 방사하는 안테나 파라미터 수정없이 추가 구조물을 이용하여 주빔의 특성은 유지하며 후방 수준을 개선시키는 방안에 대하여 연구하였다. 탐색레이더에 장착되는 피아식별안테나의 구조물에 의한 수준 상승을 방지하기 위해 표면전류플레이트라 명한 구조물을 적용하여 근접전계 시험을 통해 후방 방사 수준 및 주빔의 특성을 확인하였다. 확인 결과 주빔의 특성은 거의 변화가 없었으며, 후방쪽 관심 영역에서의 수준 감소 효과를 확인하였다.

본 표면전류차단플레이트는 실제 전류의 흐름을 최소화시켜 탐색레이더에 적용하는 피아식별안테나의 후방 방사 수준 개선에 효과가 있음을 확인하였고, 안테나 설계 변경없이 추가 구조물만 장착하므로 효율성 면에서도 우수함을 확인하였다.

후 기

본 연구는 국방과학연구소 지원으로 수행되었음.

References

[1] Merrill l. Skolnik, Introduction to RADAR systems, McGRAW-HILL, 2001.

[2] Michael C. Stevens, Secondary Surveillance Radar, Cossor Elctronics Ltd, 1988.

[3] Scientific-Industrial Centre of Professional Electronics RADWAR SA, “Monopulse IFF Interrogator Antenna with Optimised Parameters, Minnimising the Possibility of Generating False Replies by Transponder”, IEEE Conference Publications, pp. 3335～3339, 2009.

[4] 강승택, 김중표, “GA 최적 설계된 최소 후방방사 특성의 S-대역 Quadrafilar 배열 안테나”, 대한전기학회 논문지, 58(12), pp. 2468～2473, Dec. 2009.

[5] Petr Cerny, Martin Mudroch, “Back Radiation Minnimization of Ultra Wideband Vivaldi Antenna for Radar Application”, IEEE Conference Publications, pp. 3335～3339, 2009.

[6] Qinjiang Rao, Tayeb A. Denidni, and Ronald H. Johnston, “A Single-Substrate Microstrip Fed Slot Antenna Array with Reduced Back Radiation”, IEEE Journals & Magazines, pp. 265～268, 2004.

[7] A. Balanis, Antenna Theory, Wiley Interscience Publication, 1997.