

Cross-eye 및 cross-pol 시스템 특성 비교

이정훈, 김소연, 조제일, 유흥균, 이치호
국방과학연구소
e-mail:yougoal@naver.com

The comparison of system characteristics for cross-eye and cross-pol system

Jung_Hoon Lee, Soyeon Kim, Jeil Jo, Hong-Kyun Ryu, Chi-Ho Lee
2nd Research and Development center, Agency for Defense Development

요약

현대의 레이더는 모노펄스 방식을 사용하여 표적의 각도를 추적한다. 모노펄스 방식을 사용하는 레이더에 대응하기 위해 다중원의 각도기만기법이 이에 대응하여 전자전에서는 모노펄스레이더의 대응에 대응하는 유망한 각도기만 기법으로 크로스아이 및 크로스폴이 고려될 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 크로스아이 및 크로스폴의 특성을 비교 분석하였다.

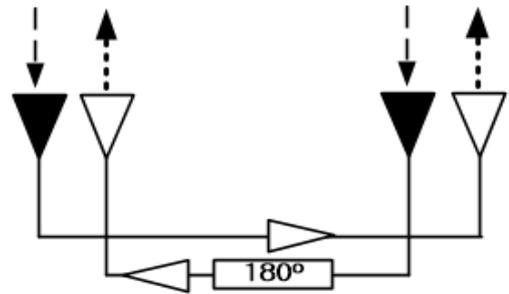
1. 서론

현대의 다중 레이더 및 탐색기는 항재밍 능력을 보유한 모노펄스 안테나를 사용하여 표적의 각도정보를 획득한다. 전자전에서는 다중 재밍원으로 각도 재밍을 수행하여 이를 무력화 할 수 있다. 다중 재밍원으로 재밍을 수행하는 여러 방법 중 가장 유망한 재밍기법으로 cross-eye 및 cross-pol이 고려될 수 있다. 본 논문에서는 두 재밍기법에 대한 재밍특성을 비교 분석하였다.

2. 본론

대부분의 레이더는 대전자전 및 표적의 방향탐지를 위해 모노펄스를 사용하고 있다. 모노펄스에 대해서 단일 재밍원을 사용한 전자공격은 이론적으로 불가능한 것으로 알려져 있다. 따라서, 재밍은 동시에 2개 이상의 다중 재밍원을 사용하는 방법이 주로 연구되어 왔다. 유망한 다중 재밍 방법으로 cross-eye 및 cross-pol가 있다. cross-eye는 두 개의 재밍 송신으로 공간에서 합성된 신호의 파형왜곡으로부터 모노펄스의 각도 오차를 유인하는 방법이다. 반면에 cross-pol은 모노펄스 안테나가 수직 및 수평편파를 동시에 수신하는 특성을 이용한 것이다. 즉, 수직편파를 사용하는 모노펄스 수신기에 대해서는 수직편파의 강한 신호를 수신하도록 하여 모노펄스의 각도오차를 유발하도록 하는 원리이다. Cross-eye는 그림1과 같이 두 안테나 간 거리가

$\lambda/2$ - $\lambda/4$ 로 신호의 세기는 동일하고 위상차가 180도 이어야 한다.



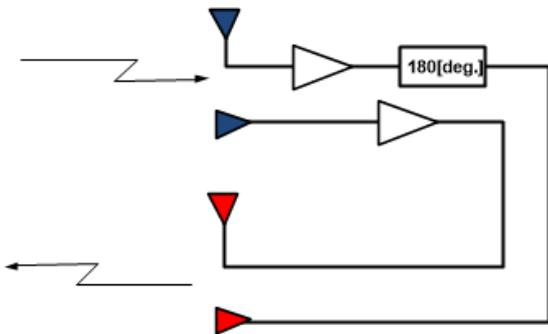
[그림 1] 간략화된 cross-eye

두 개의 소스원은 신호세기 비 및 위상차에 의해 공간으로 방사된 신호원 합성에 의한 파면 왜곡으로 인해 모노펄스의 수신 각도오차를 발생한다. 크로스아이 장치에서 송신하는 두 안테나의 위상차와 신호세기비는 크로스아이 이득(G)으로 식(1) 같이 표현된다.

$$G = \frac{1 - a^2}{1 + 2a \cos \phi + a^2} \quad (1)$$

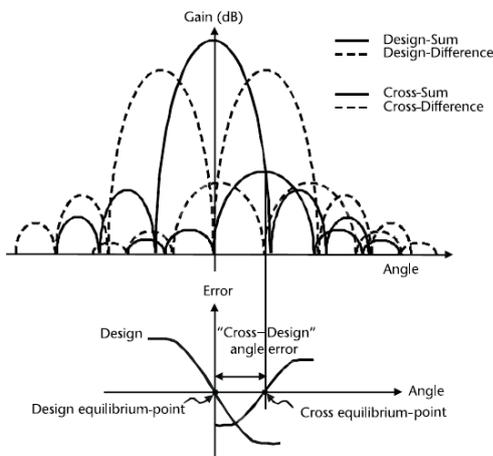
여기서, a 는 두 송신 신호 세기비, ϕ 는 두 송신신호의 위상차비이다. 또한, 2개의 재밍원으로 재밍을 수행하는 방

법으로 cross-pol이 있다. 도1에 나타낸 것처럼 수신안테나와 송신안테나의 이격거리가 매우 짧기 때문에, 송신안테나의 송신신호가 수신안테나로 유입될 수 있다. 즉, 자기 송신신호가 수신안테나로 유입될 수 있기 때문에 송수신 격리도가 매우 중요한 요인이 된다. 그림2는 간략화된 cross-pol을 도시한 것이다. 송신안테나와 송신안테나의 이격거리는 cross-eye와 같이 수십m를 요구하지 않는다. 단지 충분한 격리도를 확보할 수 있는 거리이면 충분하다. 두 시스템의 주요특성에 대해 표1과 같이 나타내었다. 수평으로 수신된 신호는 증폭 및 180도의 위상편이가 발생된 후 수평편파로 송신하고, 수평으로 수신된 수평편파 신호는 증폭을 수행하여 수직편파로 송신한다.



[그림 2] 간략화된 cross-pol

그림3은 정상적인 모노펄스 수신기의 방사패턴특성과 cross-pol 신호의 수신에 의한 모노펄스 수신기의 방사패턴을 나타낸 것이다[3]. Cross-pol 재밍에 의해 합인 패턴의 차의 방사패턴으로 변환되고 차의 방사패턴은 합인 방사패턴이 형성된다. 즉, 합인 방사패턴은 차의 방사패턴이 되어 각도 기울기는 정상적인 기울기와 반대의 기울기가 형성되어 각도 오류를 발생시키는 것을 알 수 있다.



[그림 3] cross-pol 재밍 시 모노펄스 수신기의 방사패턴

[표 1] 주요특성비교

주요항목	cross-eye	cross-pol
이격거리	수십-수십m	수m
요구JSR*	20[dB]이상[1]	20~40[dB][2]
편파	동일편파	교차편파
재밍응답 특성	각도기만 (TOJ 혹은 HOJ)	각도기만
송수신격리도	수십[dB]이상	상대적으로 적은 격리도

* JSR: Jamming to signal ratio

* TOJ: Track on jam, HOJ: Home on jam

두 시스템에 대한 주요 특성을 표1에 나타내었다. 구현 시 cross-pol은 cross-eye보다 상대적으로 물리적 거리가 적은 곳에 유리하다. 하지만, 요구되는 JSR은 cross-pol보다는 cross-eye가 더욱 유리하다. 왜냐하면, JSR이 20[dB] 이상을 유지한다면 위협대상에 대해 각도기만이 되기 때문이다. 하지만, cross-pol은 위협대상의 수신안테나의 편파 방사 패턴의 특성에 따라 다른 반응을 나타낼 수 있기 때문에 어느 정도의 JSR이 요구되는 지 정확히 알 수 없다는 단점이 존재한다. 두 재밍시스템 구현 시 고려되어야 하는 중요변수 중 하나로 송수신 격리도이다. 이 항목에서는 cross-eye의 송수신안테나가 인접해 있기 때문에 송수신 격리도를 확보하는데 용이하지 않다. 반면에, cross-pol은 수신안테나와 송신안테나가 인접해 있지 않아도 되기 때문에 송수신 격리도를 확보하는데 있어 상대적으로 유리하다. 두 시스템의 전자공격 시 모노펄스 수신기의 재밍응답특성은 각도기만이다. 따라서, 강한 재밍신호에 의한 TOJ나 HOJ가 발생할 수 있으나 궁극의 목적인 각도기만에는 영향을 미치지 않는다.

3. 결론

본 논문에서는 모노펄스 위협에 대응하여 유망한 각도기만 기법인 cross-eye 및 cross-pol에 대해 비교 분석을 수행하였다. 특히, 두 시스템에 대한 주요특성인 이격거리, 요구JSR, 편파, 재밍응답특성 및 송수신 격리도에 대해 비교를 수행하였다.

참고문헌

- [1] Filioop.neri, Introduction to Electronic defense systems, artech house,2001.
- [2] D. Curtis Schleher,Electronic warfare in the information age, artech house, 1999.
- [3] Andrea De Martino, Introductioin to Modern EW systems, artech house, 2012.