

추적레이다 대공 사격 Pattern 분석

엄광식*

*(주)한화시스템

ks.eom@hanwha.com

A Tracking Radar Anti-Aircraft Hit Pattern Analysis

Kwang-Shik Eom*

*Hanwha Systems Co.,Ltd

요 약

함정용 추적레이다(SPG-540K, KSTR)는 함정에 장착되어 함포 사격을 위한 정밀 표적 정보를 제공한다. 추적레이다의 추적필터는 목표물의 위치와 속도를 추정하고 예측하는데 사용되며 필터 출력은 추적레이다 서보 구동제어와 함포 사격을 위한 표적데이터로 활용된다. 대공 함포 사격 시, 포탄 후면의 RCS로 인해 레이더는 포탄을 탐지할 수 있고 이는 표적에 대한 추적 성능을 저하 시킨다.

[표 2] FFG-II #B함 대공사격결과 (MDI ↔ LOG 비교)

구분		1	2	3	4	5
MDI 결과	방위(도)	330	240	0	90	0
	거리(m)	8	8	8	8	8
LOG DATA	방위(도)	10	250	300	0	350
	거리(m)	10	3	12	5	4

※ #A함의 경우 LOG Data상 5발 모두 검출 되었으나 MDI에는 2발만 수신됨

※ #B함의 경우 MDI 수신 상태는 양호하나 공기저항에 의한 표적 회전으로 방위 데이터 상이

1. 서론

국내 수상함 레이더는 개발/양산 함에 관계없이 체계 통합 시 지원 항공기에 실 표적을 매달아 이 표적에 대해 공중 함포 사격을 실시한다. 표적 주위를 근접하여 지나가는 포탄의 위치 파악을 위해 표적 내부에는 MDI(Miss Distance Indicator) 수신기가 부착되어 있으며, 비행 중 공기저항에 의한 표적의 회전 및 필러임에 의해 수신기의 오동작 또는 오차가 자주 발생하는 편이다. 이에 따라 추적레이다의 함포 사격 데이터 Pattern 분석으로 MDI 수신기를 대체 가능한지 검토하고자 한다.

2. 추적레이다 대공사격 결과 비교

2.1 FFG-II 함정 대공사격 결과 (평가사 각 5발)

[표 1] FFG-II #A함 대공사격결과 (MDI 미수신)

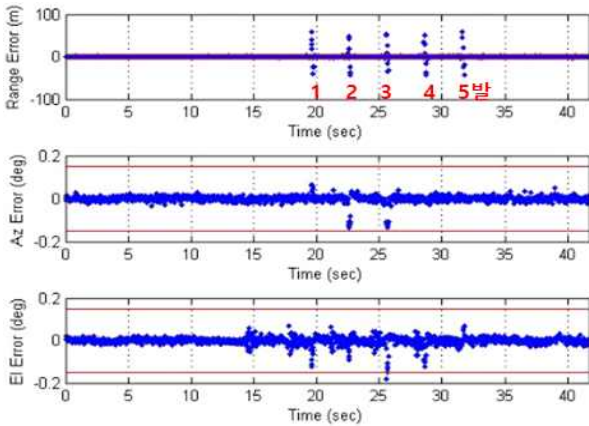
구분		1	2	3	4	5
MDI 결과	방위(도)	330	90	X	X	X
	거리(m)	8	8	X	X	X
LOG DATA	방위(도)	330	60	45	0	200
	거리(m)	7.5	9	11	5	1

2.2 대공사격 LOG Data 분석

사격 시 발사된 포탄이 추적게이트 내에 도달하면 포탄의 RCS로 인해 포탄을 추적하는 현상이 발생되며, 이는 추적 정확도에도 영향을 미친다. 게이트 내에서 포탄을 일시적으로 추적하는 현상을 이용하여 포탄이 표적으로부터 얼마만큼의 오차를 가지는지 계산이 가능하다.

표적 주변 포탄이 근접할 시 추적중인 표적의 속도가 일시적으로 급변하게 되므로, 추적정확도에 미치는 영향을 제거하기 위해 sampling time 동안 표적 속도가 두배 이상 가변되거나 표적 데이터 오차가 아래의 범위를 벗어날 경우 해당 표적 정보는 활용하지 않는다.

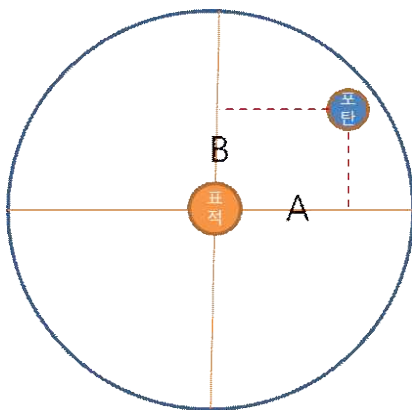
거리: $\pm 5m$, 방위: $\pm 0.15^\circ$, 교각: $\pm 0.15^\circ$



[그림 1] 추적필터 예측값 대비 입력오차

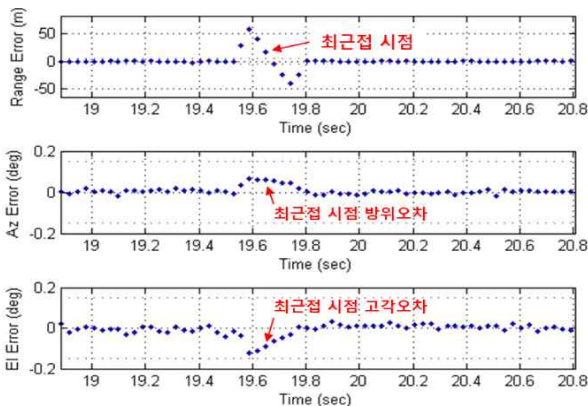
그림1.의 거리, 방위, 고각 오차 정보에서 적색선은 각각 $\pm 5m$, $\pm 0.15^\circ$ 를 나타내는 것으로 이 실선 밖의 데이터는 표적정보에서 제거된다.

표적과 포탄의 위치차이는 표적과 포탄이 최 근접점이 되는 시점의 방위, 고각 오차를 통해 다음과 같이 계산된다.



[그림 2] 표적 시선 축 상 표적 ↔ 포탄간 위치 차이

$$\begin{aligned} A : X\text{거리 편차} &= \tan(\text{방위오차}^\circ) * \text{표적거리} \\ B : Y\text{거리 편차} &= \tan(\text{고각오차}^\circ) * \text{표적거리} \\ \rightarrow \text{표적과 포탄 간 실 거리 차} &= A^2 + B^2 \end{aligned}$$



[그림 3] 포탄의 표적 최 근접 시점의 각도오차(1발)

그림3. 은 포탄의 표적 근접 거리를 알기 위해 그림1. 의 19 ~ 20초 구간(1발)을 확대한 것으로 최대 근접 거리 시 방위오차는 $(0.0583)^\circ$, 고각오차는 $(-0.091)^\circ$ 임을 알 수 있다. 나머지 4발에 대해서도 그림1.을 그림3.과 같이 확대하면 아래의 결과가 도출된다.

[표 3] 각 발사 탄별 방위/거리 차 계산 결과

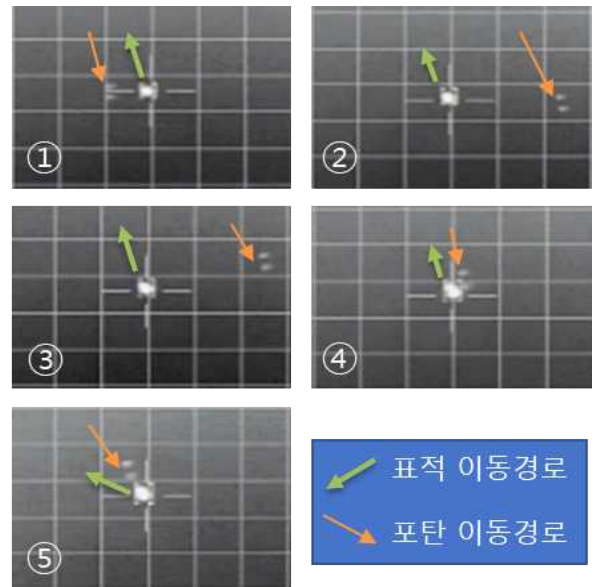
발사 탄수	1	2	3	4	5
표적거리(m)	3,914	3,692	3,462	3,233	3,004
방위오차(도)	0.058	-0.123	-0.125	-0.006	0.004
고각오차(도)	-0.091	-0.056	-0.13	-0.087	0.01
$A^2 + B^2$ (m)	7.37	8.71	10.8	4.9	0.54
포탄 방위각(도)	327	66	43	1.1	200

표2.에서 각 탄의 표적 근접 시 각도(포탄 방위각)는 다음과 같이 계산된다.

$$\text{포탄 방위각} = \tan^{-1}(-B/-A)$$

표3.의 거리차(m)/ 포탄방위각 과 표1.의 Log Data 방위/거리 값이 같음을 알 수 있다.

위 결과와 전자광학 추적장비(EOTS)에 관측된 포탄 위치를 비교하면 이 계산이 유효함이 증명된다.



[그림 4] 전자광학 추적장비에 관측된 각 탄별 표적과의 이격 거리 및 각도

함정에 설치된 추적레이다와 함포 간 이격 거리는 약 26 m이며, 전자광학추적장비와 함포 간 이격 거리는 약 23m 이다. 따라서 그림2. 에서와 같이 레이다의 시선 축 방향으로 정확히 표적이 진입하고 그 정반대 방향으로 포탄이 식별 되진 않는다. 따라서 실제 사격 시 그림4.에 표시된 바와 같이 표적의 각도, 거리에 따라 달리 관측된다.

추적 Log 데이터 상으로 5발 모두 사격 결과가 양호한데 반해 표1.의 MDI 상에는 3발이 미 수신되었고, 표2.의 #B함과 같이 수신 상태가 양호하더라도 표적 회전으로 인해 방위 오차는 언제나 부정확 할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 함정용 추적레이다의 대공 사격 시 추적 Data 분석으로 표적 주위를 지나가는 포탄의 위치 식별이 가능한지와 그 값이 정확한지를 검토 하였고, 이를 통해 현재 군에서 평가 시 사용 중인 MDI(Miss Distance Indicator)수신기를 대체 가능한지 검토하였다. MDI수신기의 오동작이 잦고, 수신이 양호하더라도 측정되는 각도 및 거리 오차가 커 MDI 수신기 대비 Data pattern 분석으로 나온 결과가 더 정확하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] X. Rong Li and Vesselin P. Jilkov, "Survey of Maneuvering Target Tracking", IEEE Transactions on Aerospace and Electronics Systems Vol 39, No.4, 2003
- [2] 강봉수/ "레이더 측정과 확장칼만필터를 이용한 발사체 착점 수정", 2019 한국군사과학기술학회
- [3] 김현주, "기동하는 표적 추적을 위한 적응 칼만필터 연구", 2007 유도무기학술대회