

# 칼만필터 오차공분산에 따른 자주박격포 초기자세 알고리즘 개선

김혜은<sup>1</sup>, 오대산<sup>1</sup>, 이시호<sup>2</sup>, 배공명<sup>1\*</sup>  
<sup>1</sup>국방기술품질원, <sup>2</sup>(주)한화

## The Improvement of Initial Position Algorithm for Self-propelled Mortars according to Kalman Filter Error Covariance

Hyeun Kim<sup>1</sup>, Daesan Oh<sup>1</sup>, Seeho Lee<sup>2</sup>, Gongmyeong Bae<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Defense Agency for Technology and Quality  
<sup>2</sup>Hanwha

**요약** 자주박격포용 복합항법장치는 초기정렬 후 항법모드에서 관성센서를 이용한 순수항법모드와 위성항법장치와 관성센서의 데이터를 칼만필터를 이용하여 계산하는 보정항법모드로 구성된다. 초기정렬 후에는 작전운용을 위해 자주박격포의 급격한 자세변화에도 자세정보의 안정화가 이루어져야 한다. 그러나 항법장치 초기정렬 후 자주박격포의 기동 없이 자주박격포를 구동시키면 해당 위치정보(Roll, Pitch, Heading)가 수렴하지 않고 급격하게 변화하는 현상이 확인되었다. 이는 보정항법모드에서 칼만필터를 구성하는 상태변수 중 오차공분산 값이 수렴하지 않아 발생한 현상이다. 따라서 본 연구에서는 자주박격포용 항법장치 초기정렬 후에 오차공분산 수렴 여부에 따라 순수항법모드와 보정항법모드를 선택할 수 있도록 정렬절차를 제안하였다. 개선된 정렬절차는 성능 및 체계 시험을 통해 성능을 검증하였다. 또한 초기정렬 후 기동 없이 포 조준 시에 신속하게 사격태세의 준비가 가능하기 때문에 소요군 작전수행 능력에 크게 기여할 것으로 판단된다.

**Abstract** The navigation system for self-propelled mortars consists of pure navigation mode using inertial sensors and corrected navigation mode using Kalman filters. After initial alignment, position information must be stabilized despite rapid changes in the mortars' operating position. However, after the initial alignment of the navigation system, the position information (roll, pitch, heading) does not converge, and changes rapidly when the mortar is driven without moving it in corrected navigation mode. This is a phenomenon caused by the error covariance value among the state variables of the Kalman filter in the corrected navigation mode. Therefore, in this study, an alignment procedure is proposed so that pure navigation mode and corrected navigation mode can be selected depending on whether or not the error covariance converges after initial alignment of the navigation device for the mortar. The improved alignment procedure was verified through performance and system testing. In addition, we believe it will greatly contribute to the ability of the army to conduct operations, because it is possible to quickly prepare for firing when maneuvering after the initial alignment.

**Keywords** : Navigation Algorithm, Kalman Filter, Initial Alignment, Error Covariance, Self-propelled Mortar

\*Corresponding Author : Gongmyeong Bae(Defense Agency for Technology and Quality)

email: gmbae@dtaq.re.kr

Received October 20, 2022

Accepted December 7, 2022

Revised November 16, 2022

Published December 31, 2022

### 1. 서론

일반적으로 적지의 타격을 목표로 하는 화포체계에서 위치정보(위도/경도/고도)와 자세정보 롤(Rol), 피치(Pitch), 방위각(Heading)의 획득이 필요하다. 따라서 화포체계는 정확한 사격제원을 산출하기 위한 관성항법장치가 필수적으로 탑재된다. 그러나 관성항법장치(INS, Inertial Navigation System)는 가속도계와 자이로 출력을 적분하여 속도, 위치, 자세 정보를 계산하기 때문에 관성센서의 오차가 시스템 오차로 발생하는 특성이 있다. 이러한 관성항법장치의 특성을 보완하기 위한 비관성 보조센서를 결합하는 관성항법장치에 대한 연구는 다양한 분야에서 진행되고 있다[1-3].

현재 야전에서 운용 중인 자주박격포 또한 시간에 따라 오차가 누적되는 관성항법장치의 단점을 보완하기 위하여, 아래 Fig. 1과 같이 관성센서인 자이로스코프 및 가속도계와 상호보완적인 특성을 갖는 비관성 보조센서로 GPS(Global Position System) 수신기와 VMS(Velocity Measurement System)를 사용한다. GPS 수신기는 차량의 3차원 위치, 속도정보를 제공하고, VMS는 속도측정장치로 전진 및 후진 방향의 휠 회전수를 측정하여 차량의 속도를 제공한다.

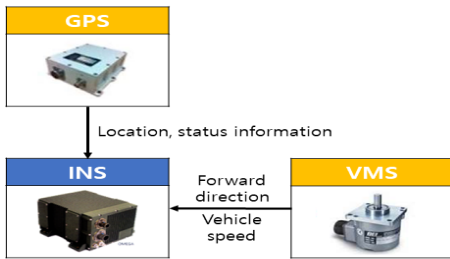


Fig. 1. Non-inertial auxiliary sensor

자주박격포 관성항법장치는 초기정렬 후에는 작전운용을 위하여 자주박격포의 급격한 자세변화에도 자세정보의 안정화가 유지되어야 한다. 그러나 항법장치의 초기정렬 후 자주박격포의 이동이 없었음에도 불구하고 자주박격포의 고각 및 선회각을 구동시키면 해당 위치정보인 롤, 피치, 방위각이 시간에 따라 변화하는 현상이 발생하였다. 이로 인하여 항법모드가 정상적으로 수행되지 않아서 사격제원이 산출되지 않았기 때문에 자주박격포의 사격이 제한되었다. 이는 항법 알고리즘이 자주박격포의 자세를 계산하는 방법으로 순수항법 알고리즘과 보정항법 알고리즘을 사용하고 있는데, 보정항법 알고리즘에서 칼만필터

(Kalman filter)를 구성하는 오차공분산 값이 정지상태의 영향을 받아 수렴하지 않아 발생한 현상이다.

따라서 본 연구에서는 관성항법장치 정밀도에 대한 신뢰성 확보를 목표로 수행되었으며, 연구를 통하여 개선 방안을 도출하였다. 먼저 관성항법장치의 이상 동작으로 인해 자주박격포의 구동이 제한된 고장현상에 대해 분석하였고, 이에 대한 관성항법장치 자세정보 개선방안을 제안하여 검증한 결과를 소개하고자 한다.

### 2. 관성항법장치 작동 원리

자주박격포 관성항법장치는 Fig. 2와 같이 자주박격포 하부에 장착되어 항체의 위치 속도 및 자세 등의 항법 정보를 제공한다. 가속도계와 자이로스코프로 각각 측정된 가속도 및 각속도 정보를 기반으로 항법방정식을 적분하여 위치, 속도 및 자세를 갱신하기 때문에 외부의 도움 없이도 스스로 항법 정보 계산이 가능하나, 속도기반의 데이터이기 때문에 시간에 따라 오차가 누적되는 단점이 있다. 따라서 정확한 위치와 자세정보를 위해 초기 위치, 속도 및 자세가 요구된다. 이를 위해 초기 위치, 속도 및 자세 정보를 획득하는 초기정렬이 필요하다. 초기정렬은 중력가속도와 지구 자전가속도를 이용하여 항체의 대략적인 자세를 구하는 개략정렬(Coarse alignment)과 이 때 발생한 오차를 추정, 보정함으로써 보다 정확한 자세를 계산하는 정밀정렬(Fine alignment) 단계를 거친다[4-6].

관성항법장치는 일정 시간동안 외부의 도움 없이 요구되는 정확도를 유지할 수 있으나, 자이로 오차, 초기 오차 등에 의하여 시간이 지남에 따라 항법오차가 지속적으로 누적되기 때문에 장시간 운용 시에 항법오차를 일정한 범위로 유지시키기 위해서는 GPS와 같은 비관성 보조센서 정보를 결합하는 방법이 필수적으로 요구된다[7]. 자주박격포에서는 비관성 보조센서로 위의 Fig. 1과 같이 GPS와 VMS를 사용한다. 관성항법장치와 비관성 보조센서를 결합한 시스템을 구성하기 위하여 칼만필터가 사용된다.

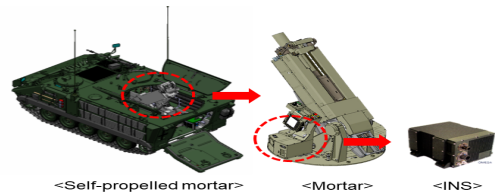


Fig. 2. The position of INS installed

칼만필터는 재귀적으로 현재까지의 모든 측정값을 이용하여 관성센서오차, 위치오차, 속도오차, 자세오차 등의 상태변수를 이용하여 최소평균오차, 분산오차를 갖도록 추정하는 필터이다. 따라서 칼만필터를 이용하여 관성센서 오차 등을 추정하여 장시간 안정적인 항법을 수행할 수 있다. 칼만필터 알고리즘은 아래의 Eq. (1)과 같이 구성된다. 여기서,  $\hat{x}$ 는 상태변수 추정치,  $K$ 는 칼만 필터의 이득(Gain),  $Z$ 는 보조센서 측정치,  $H$ 는 이산시간 관측모델,  $P$ 는 상태변수의 오차공분산,  $R$ 은 측정잡음 공분산이다. 칼만필터는 시스템 모델을 기초로 하여 다음 시각의 상태(예측값)( $\hat{x}_k^-$ )와 오차공분산( $P_k^-$ )이 어떤 값이 될지를 예측한다. 그 이후 측정값( $z_k$ )과 예측값( $\hat{x}_k^-$ )의 차이를 보정해서 새로운 추정값( $\hat{x}_k$ )을 계산하는 과정을 반복하며 현재의 위치를 계산한다.

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k [z_k - H\hat{x}_k^-] \quad (1)$$

$$P_k = P_k^- - K_k H_k P_k^-$$

$$K_k = P_k^- H_k^T [H_k P_k^- H_k^T + R_k]^{-1}$$

### 3. 고장현상 분석

자주박격포 관성항법장치는 초기정렬 이후 차량이 이동한 후에 자주박격포를 구동하면 자세를 출력한다. 그러나 관성항법장치 초기정렬 후 차량 정지상태에서 포의 고각, 선회각 구동을 하면 포가 정지되어 있음에도 불구하고 전시기에 표시되는 방위각(Heading) 값이 시간에 따라 안정화되지 못하고 변화하는 현상이 확인되었다. 여기서 포의 고각이란 차량 바닥면 기준 포의 상하경사 각이며, 선회각이란 차량 후진방향 기준 포의 좌우 회전 각이다. 자주박격포가 사격을 위해 표적 지점으로 이동 시에 방위각은 입력 값과 출력값과의 차이는 방위각은  $\pm 1.0$  mil 이내여야 하고, 롤(Roll), 피치(Pitch)는  $\pm 0.5$  mil 이내여야 한다[10].

해당 현상을 재현하기 위하여 레이트 테이블(Rate Table, Accutronics)을 이용하여 관성항법장치의 방위각, 롤, 피치 값의 변화를 주었으며, 그 결과는 아래 Table 1과 같다. 방위각을 0 mil에서 -956 mil로 이동시켰을 때, 아래 Fig. 3과 같이 정렬 완료 후에 1,200초에서 1,800초에서 방위각 값이 -953.5 mil에서 -956

mil로 2.7 mil의 차이를 보이며 급격하게 변화하였다. 또한 아래 Fig. 4와 같이 자주박격포의 롤을 0 mil에서 -835 mil로 구동시켰을 때, 목표값을 1.3 mil 정도 벗어났고, -836.3 mil에서 -835.5 mil로 0.8 mil의 차이를 보이며 변하는 것을 확인하였다. 아래 Fig. 5와 같이 피치를 0 mil에서 919 mil로 구동시켰다. 919.6 mil에서 920.3 mil로 0.7 mil 정도 벗어났고, 목표값을 1.3 mil 벗어나서 수렴하였다.

Table 1. The change of Heading, Roll and Pitch

	Heading(mil)	Roll(mil)	Pitch(mil)
Max	-953.3	-835.5	920.3
Min	-956	-836.3	919.6
Difference(mil)	2.7	0.2	0.7
Standards	$\leq \pm 1$ mil	$\leq \pm 0.5$ mil	

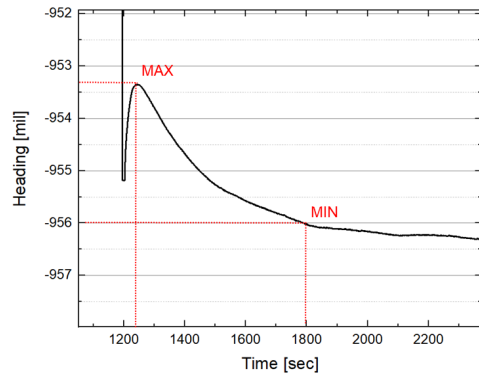


Fig. 3. Variation of heading output

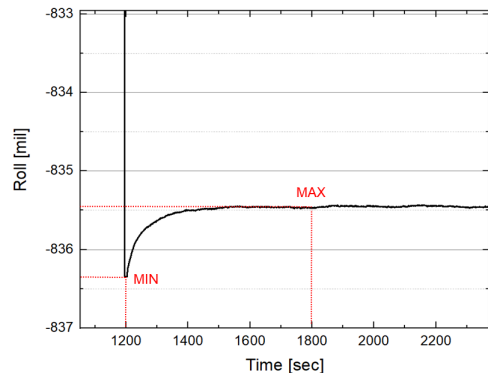


Fig. 4. Variation of roll output

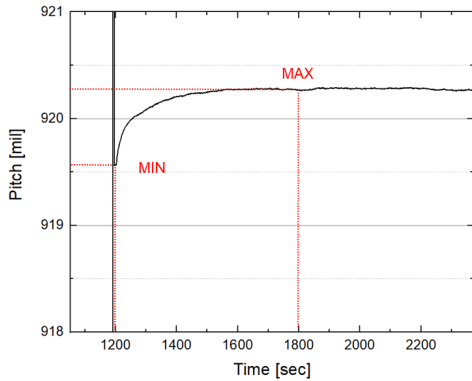


Fig. 5. Variation of pitch output

이와 같은 고장현상을 분석하기 위하여 자주박격포 항법 알고리즘을 확인하였다. 항법 알고리즘의 구성은 아래 Fig. 6과 같다. 먼저 초기정렬을 완료한 이후에는 순수항법 모드에서 관성센서 데이터로 자세계산을 수행한다. 그리고 칼만필터 자세계산 단계에서 칼만필터를 이용하여 관성센서의 잔여오차 및 초기 자세오차, 위치오차, 속도오차를 추정한다. 하지만 식 (1)에서와 같이 칼만필터 상태변수의 추정값( $\hat{x}_k$ )과 참값의 차이를 나타내는 오차공분산( $P_k$ )이 수렴하기 전에는 측정치 및 측정치에 따른 상태변수 추정값( $\hat{x}_k$ )에 변화가 클 수 있다. 특히 초기정렬 후 차량 정지 시에는 해당 위치에 대한 정보가 차량 이동 시 보다 부족하기 때문에 오차공분산( $P_k^-$ )의 값의 수렴이 지연된다.

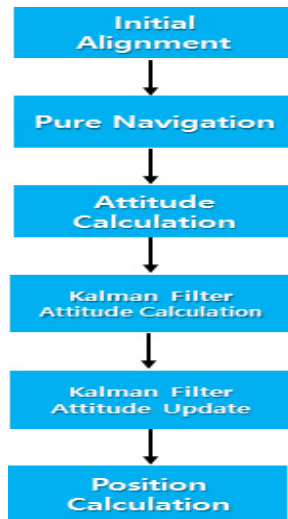


Fig. 6. Navigation Algorithm

이러한 현상은 관성항법장치에 적용된 칼만필터 특성에 의한 것으로 차량 정지 시에는 가관측하지 않은 상태변수의 발생으로 해당 상태에 대한 변수오차가 추정되지 않아 발생한다. 시스템이 가관측하지 않은 경우에는 매우 작은 공정 잡음이나 측정 잡음을 가져 상태변수의 정확한 추정이 불가하기 때문이다[8,9]. 즉 차량 정지시엔, 피치, 방위각 중에서 수직축인 방위각에서는 가속도 센서, 자이로스코프의 데이터가 가장 적게 들어오기 때문에 가관측성이 낮다. 수직축 자세오차처럼 가관측성이 낮은 상태변수는 급격한 자세변화시 수직축인 방위각의 오차공분산이 자세오차 변수 추정에 영향을 미치기 때문에 본 고장현상과 같이 자세값의 안정화를 지연시킨다. 따라서 장비 가동 후 초기단계에서 가관측성 상태에 따른 오차공분산의 영향이 자세값에 영향을 미치지 않도록 자세계산에 대한 항법 알고리즘 개선이 필요하다.

#### 4. 개선방안

기존 항법 알고리즘에 대한 순서는 초기정렬 후 순수항법모드로 들어가서 관성센서를 이용하여 현재 자세정보를 계산한다. 그리고 보정항법모드에서 관성센서와 GPS 등의 측정 값을 이용하여 칼만필터로 자세값을 계산한다. 칼만필터로 자세값을 갱신하는 과정을 반복하여 항법좌표계 위치를 계산한다. 자주박격포 차량이 정지상태에서 항법모드 진입 시에는 칼만필터를 구성하는 여러 상태변수 중 수직축의 자세오차 공분산이 가장 늦게 수렴한다. 이는 칼만필터의 상태변수인 수직축 자세오차 공분산이 수렴하지 않은 상태에서의 급격한 자세변화가 자세오차 변수 추정에 영향을 미치기 때문이다. 따라서 가관측성에 따른 영향성을 제거하기 위하여 아래 Fig. 7과 같이 개선하고자 한다. 자주박격포 차량 초기정렬 후에 수직축 오차공분산 값을 기준으로 하여 오차공분산이 수렴하기 전에는 순수항법모드를 사용할 수 있도록 개선하였다.

개선 후의 항법 알고리즘에 대한 검증시험을 실시하였다. 레이트 테이블을 이용하여 관성항법장치의 방위각을 0 mil에서 -956 mil로 이동시켰다. 아래 Fig. 8과 같이 개선된 알고리즘은 -956.5 mil에서 안정화되고 있으나, 개선 전 항법 알고리즘에서는 약 2.7 mil의 차이를 가지며 급격하게 변하고 약 1,800초 후에야 -956 mil에 이른다. 이는 관성항법장치가 정렬 이후에 항법모드에서 안정화되지 않았기 때문이며, 이는 자주박격포 체계에서 정상적으로 관성항법장치를 운용할 수 없는 상황이다.

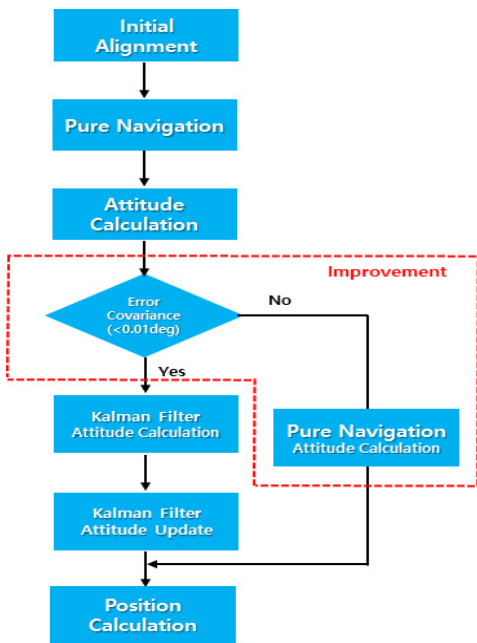


Fig. 7. Improved Navigation Algorithm

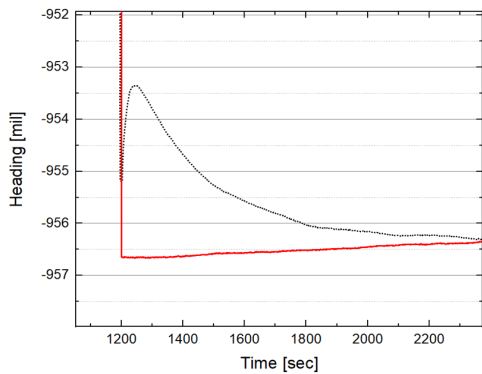


Fig. 8. Variation of heading output

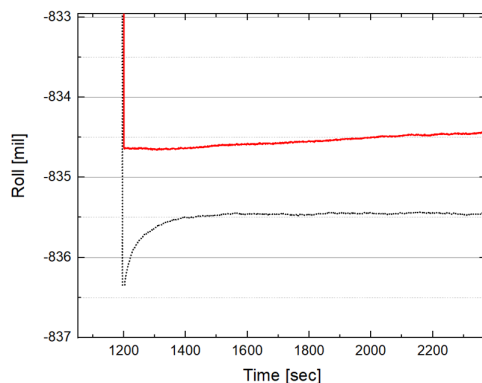


Fig. 9. Variation of roll output

포의 롤을 0 mil에서 -835 mil로 이동시켰다. 아래 Fig. 9와 같이 개선 후의 알고리즘이 기준을 만족하며 -834.5 mil 근처에서 안정화되고 있다. 그러나 개선 전의 알고리즘은 기준을 벗어나서 정렬 후 약 200초간 급격하게 변화한 후에야 -835.5 mil에서 수렴한다.

포의 피치를 0 mil에서 919 mil로 이동시켰다. 아래 Fig. 10과 같이 개선 후의 알고리즘이 기준을 만족하며 919 mil에서 안정화되고 있다. 그러나 개선 전의 알고리즘은 919.5 mil에서 부터 약 200초간 급격하게 변화한 후에야 약 920.3 mil로 수렴하나, 이는 기준을 초과하였다.

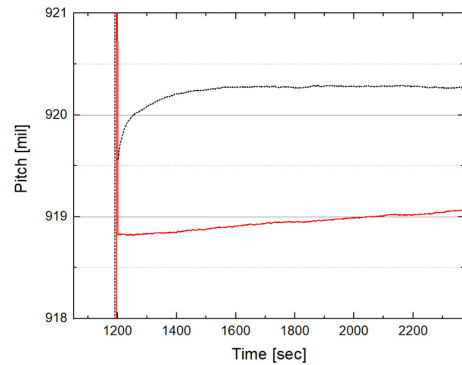


Fig. 10. Variation of pitch output

## 5. 검증시험

본 연구에서 제안한 항법 알고리즘 개선방안에 대한 입증을 위하여 관성항법장치의 롤, 피치, 방위각과 관련된 성능시험(정렬반복도, 자세반복도)과 관성항법장치를 차량에 장착하여 주행 중 성능시험 및 실시하였다.

### 5.1 관성항법장치 성능시험

개선 알고리즘이 적용된 관성항법장치에 대한 성능확인 항목인 정렬 반복도 및 자세 반복도 확인 시험을 진행하였다. 정렬 반복도는 1축 로터리 테이블을 이용하여 기준 방위각 (0°, 90°, 180°, 270°)에서 4회의 시험을 하여 아래 Table 2와 같은 방위각, 롤, 피치의 정확도 기준을 만족하는 시험이다. 반복도의 지표는 기준 방위각 정렬결과에 대한 각 자세오차의 평균제곱근값(Root Mean Square)이다. 시험결과 롤, 피치, 방위각 모두 기준을 만족하였다.

자세 반복도는 자세반복도 기준에 따라 2축 레이트 테이블을 이용하여 관성항법장치 자세의 방향을 아래

Table 3과 같은 조건으로 13회 이동시켜 실시하였다. 해당 위치에서의 롤, 피치, 방위각을 측정하여 기준을 만족하는지 확인하였다. 반복도 지표는 정렬반복도 시험과 동일하게 롤, 피치, 방위각 각각 기준자세에 대한 평균제곱근이다. 아래 Table 4와 같이 모두 기준을 만족함을 확인하였다.

Table 2. The results of align repetition test

Items	Results (mil)	Standards (mil)
Roll	0.008	< 0.5
Pitch	0.012	< 0.5
Heading	0.757	< 1.0

Table 3. The criteria of position repetition

No.	Roll angle	Pitch angle	Heading
1	0°	0°	0°
2	15°	15°	30°
3	45°	45°	60°
4	75°	75°	90°
5	90°	-75°	120°
6	-90°	-45°	150°
7	-75°	15°	180°
8	-45°	0°	210°
9	15°	-	240°
10	0°	-	270°
11	0°	-	300°
12	-	-	330°
13	-	-	0°

Table 4. The results of position repetition test

Items	Results (mil)	Standards (mil)
Roll	0.01	< 0.5
Pitch	0.005	< 0.5
Heading	0.0017	< 1.0

### 5.2 관성항법장치 차량시험

항법 알고리즘 개선 후 관성항법장치가 차량 탑재 후 주행 중에 성능에 영향이 없는지 확인을 위하여 차량시험을 실시 하였다. 확인방법은 주행 횟수에 따른 측지통제점(Survey Control Point)에 대한 오차 및 주행궤적을 확인하였다. 측지통제점은 위도 35.1858°, 경도는 128.6996°, 고도 51.6 m이다. 측지통제점 및 주행 궤적은 아래 Fig. 11과 같다. 차량 탑재시험 기준은 수평 원

형공산오차(CEP, Circular Error Probability) 기준으로 18 m 이하이다. 시험결과 1.72 m (CEP)로 18 m (CEP) 이내를 충족함을 확인하였다.

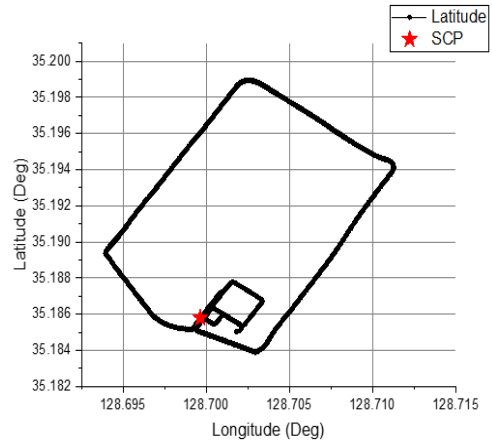


Fig. 11. Vehicle movement trajectory

차량 이동 시에 측지통제점 기준 위치 오차를 확인하기 위하여 아래 Fig. 11과 같은 주행 궤적에 따라 6회를 주행하였다. 그리고 시험 횟수에 따른 위치 오차는 아래 Fig. 12와 같다. 차량 탑재시험 요구조건은 수평 원형공산오차(CEP, Circular Error Probability) 기준으로 18 m 이하이다. 시험결과 1.72 m (CEP)로 요구조건인 18 m (CEP) 이내를 충족함을 확인하였다.

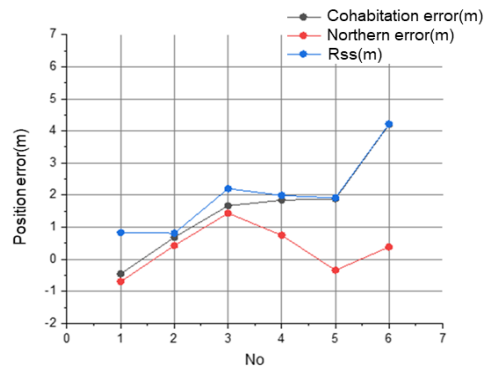


Fig. 12. Position error according to vehicle test

## 6. 결론

본 연구에서는 자주박격포의 관성항법장치 초기정렬 후 자주박격포를 구동하였을 때 위치정보가 안정화되지

않고 시간에 따라 변화하는 현상에 대해 분석하였다. 이를 통하여 기동화력장비에 탑재되는 군용 항법장치에 대한 양산품질을 향상시키고자 하였으며, 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

칼만필터의 구성 요소인 수직축 오차 공분산 값이 수렴하지 않아 자세값 안정화에 지연이 발생하였다. 따라서 항법장치 안정화를 위하여 수직축 오차 공분산 수렴 여부에 따라 순수항법과 보정항법 모드를 구분할 수 있도록 알고리즘을 개선하였다. 개선된 항법 알고리즘은 성능시험과 체제시험을 통하여 효과성을 입증하였으며, 항법장치의 자세값이 수직축 오차공분산에 영향을 받지 않고 안정적으로 출력됨을 확인하였다.

본 연구를 통해 효과성이 입증된 자주박격포 항법 알고리즘은 항법장치의 신뢰성 및 운용성 향상에 기여할 것으로 기대되며, 현재 야전에 적용되어 운용중이다. 이와 같은 다양한 소요군 작전 수행 능력 기여를 위한 안정적인 항법장치 운용에 대한 연구는 지속적으로 필요하다. 본 연구는 향후 유사무기체계에 대한 고장분석 및 설계방안의 참고자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

## References

- [1] S. Kim, "Method of Maintaining Initial Azimuth of Tactical Grade IMU by Using Zero Velocity Update Algorithm", *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol.68, No.1, pp.122-128, 2019.  
DOI: <http://doi.org/10.5370/KIEE.2019.68.1.122>
- [2] Y. Kim, S. Kim, S. Park, T. H. Anh, J. Song, "Adaptive Navigation Algorithm Based on Vision for Special Mission Drone in Unusable GNSS Area", *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, Vol.27, No.10, pp.784-792, 2021.  
DOI: <https://doi.org/10.5302/J.ICROS.2021.21.0130>
- [3] H. M. Oh, M. Y. Kim, "Kalman Filter Based Pose Data Fusion with Optical Tracking System and Inertial Navigation System Networks for Image Guided Surgery", *The transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers*, Vol.66, No.1, pp.121-126, 2017.  
DOI: <https://doi.org/10.5370/KIEE.2017.66.1.121>
- [4] D. Titterton and J. Weston, "Strapdown Inertial Navigation Technology", *Peter Peregrinus Ltd.*, 1997.
- [5] K. R. Britting, "Inertial Navigation System Analysis", *John Wiley & Sons, Inc.*, 1991.
- [6] C. Kim, I. Lee, J. Oh, H. Yu, H. Park, "Performance Analysis of Positioning Method Using Inertial Navigation System and Self-Alignment Based on Kalman Filter Using That Positioning Information",

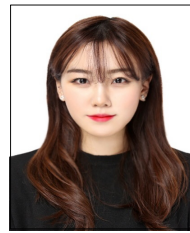
*Journal of Institute of Control Robotics and Systems*, 26(8), pp.604-615, 2020.

DOI: <https://doi.org/10.5302/J.ICROS.2020.20.0063>

- [7] R. M. Rogers, "Applied Mathematics in Integrated Navigation System", *John Wiley & Sons, Inc.*, 1991.
- [8] H. Kim, S. Baek, H. Kim, M. Jo, "Observability Analysis of INS/GNSS System for Vehicles Moving with a Large Pitch Angle Change", *Journal of Advanced Navigation Technology*, 22(3), pp.220-227, 2018.  
DOI: <https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.3.220>
- [9] C. Yang, K. Park, H. Kim, D. Shim, "Transfer Alignment Using Velocity Matching/Parameter Tuning and Its Performance and Observability Analysis", *Journal of Advanced Navigation Technology*, 19(5), pp.389-394, 2015.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.5.389>
- [10] Korea Defense Standards (1015-4013)

김 혜 은(Hyeun Kim)

[정회원]



- 2017년 2월 : 전북대학교 전자공학부 (공학학사)
- 2017년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 연구원

<관심분야>

국방, 항법, 전기/전자, 정보통신

오 대 산(Daesan Oh)

[정회원]



- 2013년 8월 : 연세대학교 기계공학 (공학석사)
- 2022년 8월 : 서울과학기술대학교 자동차공학과 (공학박사)
- 2014년 1월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

고장분석, 유동 특성 평가, 제어-계측, 트라이블로지

이 시 호(Seeho Lee)

[정회원]



- 2000년 2월 : 충남대학교 전자공학  
학과 (공학석사)
- 2006년 6월 ~ 현재 : 한화방산

<관심분야>

국방, 항법, 신호처리, 정보통신

---

배 공 명(Gongmyeong Bae)

[정회원]



- 2006년 8월 : 부산대학교 기계공학  
학부 (공학학사)
- 2008년 8월 : 부산대학교 기계공학  
학부 정밀가공시스템전공 (공학석사)
- 2014년 2월 : 부산대학교 기계공학  
학부 정밀가공 시스템전공 (공학박사)

- 2015년 9월 ~ 현재 : 국방기술품질원 선임연구원

<관심분야>

국방, 항법, 기계/재료