

## A Study on algorithms to Improve Naval Combat Systems Track Fusion Accuracy

Eun-Sol Kim\*

\*Engineer, Naval R&D Center, Hanwha Systems, Gumi, Korea

### [Abstract]

In this paper, we propose a new track fusion algorithm to improve the track fusion accuracy of combat systems. Existing target fusion algorithms mainly use position error as a judgment criterion when fusing target information from multiple sensors. However, in a situation where there are many tracks with small position errors, incorrect fusion may occur. This makes existing algorithms inaccurate and risks providing inaccurate target information to the operator. To address these issues, this paper presents an improved track fusion algorithm to improve accuracy. The proposed track fusion algorithm improves accuracy by adding not only position error but also sensor cycle and track update time error as judgment conditions for fusion. To verify the performance of the proposed algorithm, various scenarios are designed and tested in a warship combat system test environment, and the test results show that the accuracy is 20.69%*p* higher than the existing one, proving its efficiency and accuracy.

▶ **Key words:** Combat System, Local Sensor Track Fusion, Frequency, Time Error, Track Data Management

### [요 약]

본 논문에서는 전투체계의 표적 융합 정확도를 향상시키기 위한 새로운 표적 융합 알고리즘을 제안한다. 기존 표적 융합 알고리즘은 여러 센서의 표적 정보를 융합할 때 주로 위치 오차를 판단 기준으로 사용한다. 그러나 위치오차가 작은 표적들이 밀집해 있는 상황에서는 잘못된 융합이 발생할 가능성이 있다. 이로 인해 기존 알고리즘은 정확도가 떨어지며, 운용자에게 부정확한 표적 정보를 제공할 위험이 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 정확성 향상을 위해 개선된 표적 융합 알고리즘을 소개한다. 제안하는 표적융합 알고리즘은 융합의 판단 조건으로 위치오차 뿐만 아니라 센서 주기 및 표적 갱신시간 오차를 융합의 판단 조건으로 추가함으로써 정확도를 개선한다. 제안한 알고리즘의 성능을 검증하기 위해 다양한 시나리오를 설계하여 함정 전투체계 시험 환경에서 시험하였으며, 테스트 결과 기존 대비 20.69%*p* 높은 정확도를 도출하여 효율성과 정확성을 입증하였다.

▶ **주제어:** 함정 전투체계, 센서 표적 융합, 주기, 시간 오차, 표적관리

- 
- First Author: Eun-Sol Kim, Corresponding Author: Eun-Sol Kim
  - Eun-Sol Kim (eunsol.kim@hanwha.com), Naval R&D Center, Hanwha Systems
  - Received: 2024. 12. 02, Revised: 2024. 12. 19, Accepted: 2024. 12. 27.

## I. Introduction

함정 전투체계(CMS, Naval Combat Management System)는 함정의 두뇌와 같은 역할을 하는 체계로 함정에 탑재된 센서/무장/전술데이터와 연동하여 다양한 정보를 수집하고 분석하는 역할을 수행한다. 또한, 함정 지휘관의 지휘 결심을 돕기 위해 지휘관 및 운용자에게 전술 정보를 전시하고 탐지 및 식별된 표적에 대해 위협 평가를 수행하는 등 위협에 대해 전술 대응하는 역할을 수행한다. 이러한 역할을 수행하기 위해 다양한 기능을 하는 소프트웨어들이 탑재되어 있고 그 중 표적정보처리 소프트웨어는 다수의 표적을 실시간으로 처리하는 핵심적인 기능을 수행한다.[1-3]

표적정보처리 소프트웨어는 동시다발적인 전투 상황에서 함정에 탑재된 센서와 전술데이터링크를 통해 수신된 표적 정보를 수집, 처리, 분석하는 기능을 제공한다. 또한, 함정에 설치된 센서 탐지 체계, 통신 체계 및 무장 체계 등을 하나의 네트워크로 구성해 통합된 전술 상황 정보를 만들어 제공한다.[4] 전시 상황에서 표적정보처리 소프트웨어의 정확한 정보 제공은 함정의 전투 능력을 극대화시키기 때문에 표적정보처리 능력을 향상시키기 위한 알고리즘에 대한 기술 개발이 활발히 진행되고 있다.[1]

표적정보처리 소프트웨어의 주요 데이터 처리 알고리즘 중 하나인 전투체계 표적 융합은 함정에 탑재된 센서들이나 전술 데이터 통신으로부터 수신된 표적 정보들을 처리 및 통합하여 전술표적을 생성한다.[5-6] 전술표적은 소유군의 운용을 지원하기 위해 전투체계 내 다양한 처리를 거쳐 생성된 최종 표적을 의미한다. 대부분의 지휘 결심은 융합 알고리즘을 통해 생성된 전술 표적을 기반으로 이루어지므로, 높은 융합 정확도가 필수적이다. 함정 전투체계에서 여러 센서 표적 정보들을 융합할 때, 위치오차 외에도 여러 요소를 표적 동일성 판단 기준으로 활용하고 있다. 하지만 표적 융합의 주요 판단조건은 위치오차이며, 위치오차가 작은 표적들이 밀집해 있는 상황에서는 잘못된 융합을 초래할 수 있다.[1] 이에 본 논문에서는 표적 융합 정확도를 향상시키기 위해 센서 주기 및 표적 갱신시간 오차를 융합의 판단 조건으로 추가 고려하는 표적 융합 알고리즘을 제안하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 전투체계에 적용된 표적 융합 방법에 대해서 설명하고 3장에서는 표적 융합 정확도를 향상시키기 위한 개선된 표적 융합 알고리즘에 대해 설명한다. 그리고 4장에서는 다양한 성능평가를 통해 제안된 알고리즘의 효율성 및 정확성을 입증한

다. 마지막으로 5장에서는 결론 및 추후 연구과제로 이 논문을 마무리 하였다.

## II. Preliminaries

### 1. Naval Combat System

함정 전투체계 시스템은 함정에 탑재된 모든 센서, 무장, 항해 지원 장비 등을 네트워크로 연결하여 통합된 전술 상황 정보를 만들어 공유하고 표적을 탐지 및 추적하며, 무장으로 교전의 기능을 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 일련의 자동화된 무기체계이다.[7-8] 함정 전투체계 내 전술데이터의 흐름은 Fig. 1과 같으며 표적의 탐지, 추적에서부터 표적융합, 위협평가, 무장할당, 교전 및 명중 여부 평가 분석에 이르기까지 지휘 및 무장통제를 자동화함으로써 위협에 대한 전투효과를 극대화시킨다.[9-10]

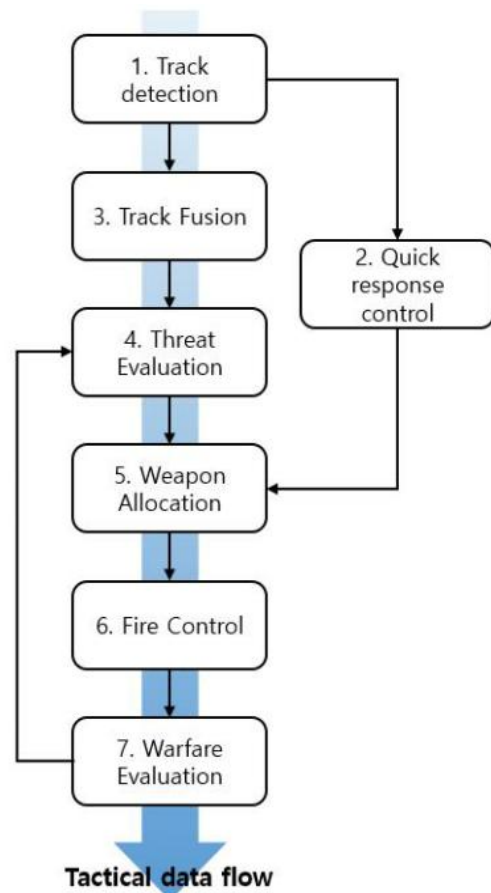


Fig. 1. Data Flows of Naval Combat System

하나의 실물 표적(함정, 항공기 등)이 여러 센서에 동시에 포착되면 각 센서에서 얻은 여러 표적 정보가 생성된다. 그러나 실물 표적은 하나이므로, 함정 전투체계 내 표

적처리 소프트웨어는 이러한 여러 표적 정보를 하나로 통합하여 관리하는 기능을 갖추고 있다.[11]

다수의 표적 정보를 하나의 표적으로 전시하는 처리를 표적 융합이라고 하며 이는 다수의 표적 정보 수신상황에서 운용자의 표적식별에 도움을 준다. 전투체계에 표적 정보를 제공할 때 가장 중요한 요소 중 하나는 정확성이며 현대전은 정보전이라 불릴 만큼 전투체계의 정보가 전쟁의 승패를 좌우한다. [12]

예를 들어 실제 전투체계 운용 환경에서는 수백에서 수천 개의 표적이 전시되는데 이때 필요한 정보를 융합해 운용자에게 제공하면 교전 시 의사결정을 보다 원활하게 할 수 있다. 또한 정확한 표적 위치 및 유형을 식별하여야 적 재적소에 무장 할당을 할 수 있고 무장의 명중률이 높아진다.[13] 이처럼 융합 처리를 거친 전술 표적은 전투체계의 모든 처리에 활용되며, 전반적인 지휘 결심에 직접적인 영향을 미친다. 따라서 표적 융합의 정확성이 더욱 중요하게 부각되고 있다.

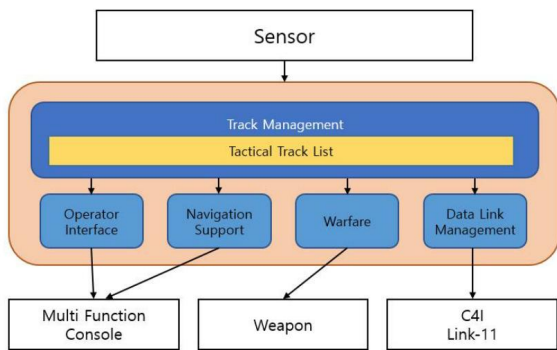


Fig. 2. Track Management of Naval Combat System

2. Related works

2.1 Fusion of existing combat systems

전투체계의 표적 융합은 원시-시스템 점표적 간 이루어지며 크게 다음과 같이 구분할 수 있다.[1]

- 센서표적 자동 융합 (Auto Track Fusion)
- 운용자 수동 융합 (Manual Track Fusion)
- 전술데이터링크 표적 융합 (LINK Track Fusion)

센서 표적 자동 융합은 신규 센서 원시 표적이 수신되거나 융합되어 있던 시스템 표적이 융합 해제될 때 융합 검사를 진행하며, 조건에 부합할 경우 표적 융합을 처리한다. 단, 운용자 생성 표적은 자동 융합하지 않는다. 운용자

수동 융합은 운용자가 두 개의 시스템 표적을 선택하여 융합을 시도하고 조건 검사에 만족할 경우 두 표적이 융합한다. 전술데이터링크 표적 융합은 자함 표적과 전술데이터링크 수신 표적의 융합을 의미하며, 상위함소의 결과에 따른 융합과 표적관리 자체 조건 검사를 진행하여 융합하는 방법이 존재한다. 자함 표적과 전술데이터링크 표적 간 융합을 통해 함대 관점으로 표적 정보를 통합하여 관리한다.[12]

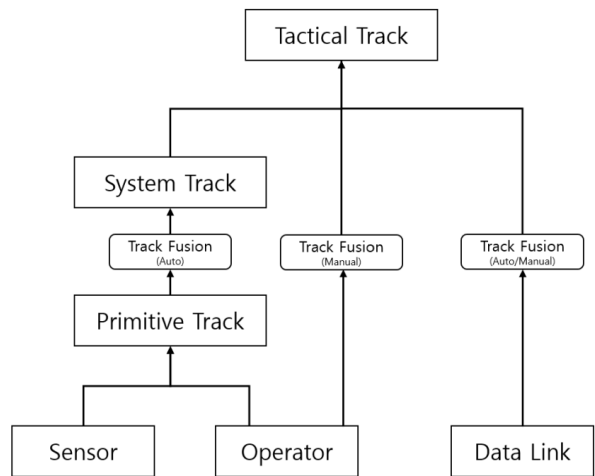


Fig. 3. Combat System Fusion Structure

2.2 Track Fusion Algorithm

기존 융합 알고리즘에서 위치오차 수식은 다음과 같다.

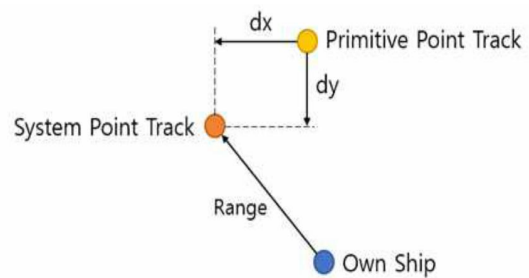


Fig. 4. Track Fusion Conditions

$$\begin{cases} |dx| < \alpha + \beta * Range \\ |dy| < \alpha + \beta * Range \\ |dz| < \alpha + \beta * Range \end{cases}$$

자동 융합 조건에서는 dx, dy, dz가 원시 점 표적과 시스템 점 표적 간의 x, y, z 좌표 차이를 나타내며, 수동 융합에서는 두 시스템 표적 간의 x, y, z 좌표 차이를 의미한다. Range는 자함 기준으로 시스템 표적 거리를 의미하고, α는 표적 융합을 위해 원시 표적과 시스템 표적 간의

최대 허용 위치오차를 설정하는 상수이며  $\beta$  는 자함과 표적의 상대적인 거리를 고려하기 위한 상수이다. 대공 표적의 경우  $x, y, z$  성분 모두에 대해 위치 검사를 진행하며, 대함 표적은  $z$  성분을 제외하고  $x, y$  성분만 검사한다. 본 논문에서 제안하는 표적 융합 알고리즘은 ‘센서 표적 자동 융합’과 ‘운용자 수동 융합’ 적용에 목적을 두었다. 표적 융합 조건 검사 흐름은 다음과 같다.

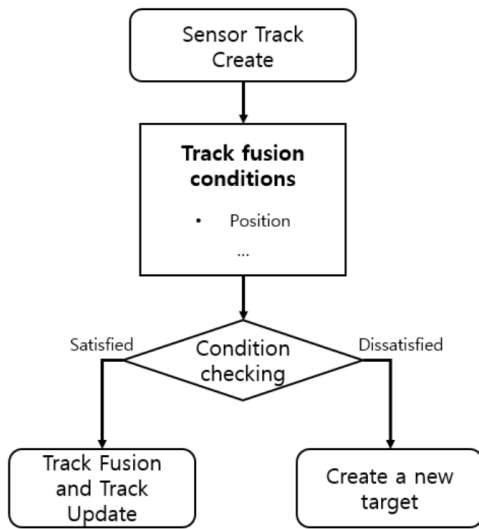


Fig. 5. Track Fusion Algorithm

기존 표적 융합 알고리즘에서 표적의 위치오차가 결정적인 역할을 하며, 융합 조건에 만족하는 시스템 표적이 여러 개 존재할 경우에는 최종적으로 위치오차가 가장 적은 표적에 융합한다. 해당 알고리즘에서 위치오차는 갱신 시간 차이와 표적의 속력 및 침로를 이용하여 표적 융합 조건 검사를 진행하는 시점에 표적의 예상 위치를 예측(DR: Dead Reckoning)하고 예측된 위치와의 거리를 비교한다. 하지만 갱신된 지 오래된 표적일수록 예측된 거리가 부정확할 가능성이 크며, 센서마다 주기가 다름에도 불구하고 현재 융합 알고리즘은 이러한 점을 고려하지 않고 있다.

### III. The Proposed Scheme

#### 3.1 Overview of the algorithm

본 연구에서는 전투체계 표적 융합 정확도를 향상시키기 위한 새로운 융합 알고리즘을 제시한다. 새로운 융합 알고리즘은 기존 알고리즘에서 센서 주기와 표적 갱신 시간 오차를 추가하였다. 각 센서의 탐지 주기는 센서별 ICD(Interface Control Document)에 정의되어 있으며

이를 센서 주기라고 한다. 이 정보는 센서 원시 표적 메시지를 통해 표적정보처리 소프트웨어로 전달할 수 있다. 갱신 오차는 현재시간과 원시표적 정보에 포함된 표적 최근 탐지 시간, 즉 표적갱신 시간 사이의 오차로, 표적정보처리 소프트웨어에서 계산할 수 있는 수치이다.

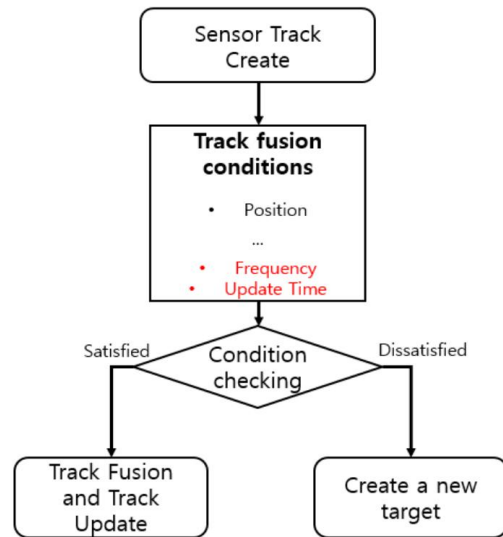


Fig. 6. Proposed Track Fusion Algorithm

#### 3.2 Rationale for using additional information in algorithms

기존 융합 알고리즘에 센서 주기와 표적갱신 시간을 추가로 사용하는 이유는 갱신 시간이 오래된 표적일수록 예측된 거리는 부정확할 가능성이 크며 표적의 주기가 빠를수록, 갱신 시간 오차가 적을수록 더 정확하다고 판단되기 때문이다.

예를 들어 Fig. 9 와 같이 주기가 0.1Hz인 표적과 1Hz인 표적의 예측 위치를 비교하였을 때 1Hz의 표적의 예측 위치 정확도가 더 높다고 판단할 수 있으며 융합 조건 검사 시 신규 표적과의 위치오차가 동일할 경우 갱신 시간 오차가 적은 표적과의 실제 거리가 더 가까울 확률이 높다. 이와 같이 표적의 주기와 표적 갱신 시간은 더 정확한 표적 위치를 판단하는 데 중요한 지표가 될 수 있으며, 이에 따라 표적 융합의 정확도가 높아질 것으로 판단된다.

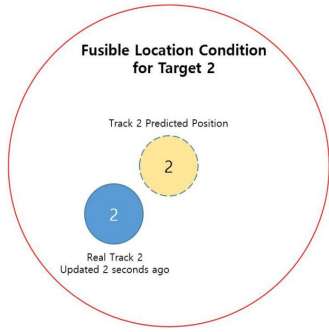


Fig. 7. Target 2's fusion coverage and actual vs. expected data

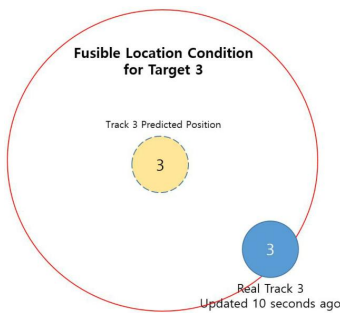


Fig. 8. Target 3's fusion coverage and actual vs. expected data

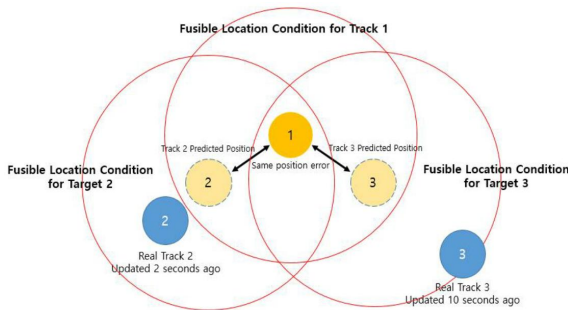


Fig. 9. Expected Fusion Situation

이에 본 논문에서는 함정 전투체계 표적 융합의 정확도를 향상시키기 위해 표적 융합 판단 조건으로 위치오차, 표적 분류, 식별 정보, 표적 형태, 센서 소스 외에 센서 주기와 표적 갱신 시간 오차를 추가로 고려하고자 한다.

### 3.3 Algorithm implementation details

#### 3.3.1 Algorithms over time

기존 표적 융합 알고리즘에서는 융합 조건에 부합하는 표적이 여러 개일 경우, 거리 오차가 최종 판단 값으로 사용되며 이 값이 가장 작은 표적이 최종 융합 표적으로 선택된다. 기존 전투체계의 소프트웨어 구조를 크게 변경하지 않는 범위 내에서 새로운 알고리즘을 구현하기 위해 해당 기준을 제안 알고리즘에도 동일하게 적용시켰다. 갱신

시간 오차가 클수록 최신 데이터가 아니기 때문에 상대적으로 부정확한 표적으로 간주된다. 따라서 갱신 시간 오차가 클수록 점수가 낮아지는 반비례 수식을 적용하는 것은 적절하지 않다고 판단하여, 오차가 클수록 점수가 높아지는 비례수식을 적용하였다. 갱신 시간 오차가 클수록 점수가 높아지는 함수로는 선형증가함수(Linear Growth), 지수증가함수(Exponential Growth), 역수함수(Inverse Function), 로그증가함수(Logarithmic Growth)가 있다.[14-16] 이 중 표적의 성능을 평가하기 위해서는 로그증가함수(Logarithmic Growth)를 사용하는 것이 적합하다고 판단하였다. 시간오차에 따른 가중치를 달리하고, 초기 시간 오차에 대한 변별력을 상대적으로 높일 수 있기 때문이다.[14]

$$S(t) = k \cdot \ln(1 + t)$$

- S(t) = 시간 t에 따른 융합 지수
- k = 로그감소율 조절 상수
- ln = 자연로그

#### 3.3.2 Algorithms based on frequency

표적 데이터는 주기가 빠를수록 연속적인 데이터를 제공하므로 더 정확한 표적으로 간주된다. 따라서 주기가 빠른 표적일수록 융합 조건 결과 값이 작아져야 하며 이를 수식에 적용하기 위해 주기가 클수록 결과 값이 줄어들도록 주기를 새로운 수식의 분모에 배치하였다.

따라서 시간오차 t가 0보다 클 때 무조건 양수의 결과가 나오도록  $\ln(1 + t)$  로 설정하였다. 마지막으로 갱신 시간 오차가 없을 경우 조건 검사에 영향을 미치지 않도록 기존 로그 수식의 결과에 1을 더한다.

$$C(t) = \frac{S(t)}{f} + 1$$

$$C(t) = \frac{k \cdot \ln(1 + t)}{f} + 1$$

해당 수식을 기존 표적 융합 조건 결과 값인 거리 d와 결합하면, 다음과 같은 수식으로 정의된다.

$$C(t) = d \cdot \left( \frac{k \cdot \ln(1 + t)}{f} + 1 \right)$$

### 3.3.3 Setting weighting constants for algorithmic formulas

앞서 제시된 수식에서 전투체계에 적합한 가중치 상수  $k$ 를 설정해야 한다. 해당 수식에서 가중치 상수  $k$ 는 갠신 시간 및 주기가 더 중요하다면 크게 설정하고, 거리가 더 중요하다면 작게 설정하여 상대적으로 거리가 더 큰 영향을 미치도록 할 수 있다. 전투체계 표적 융합 알고리즘에서는 기존 알고리즘에서 주요 판단요소로 작용하는 거리 값이 더 중요하다고 판단되어 1보다 작은 수로 설정하는 것이 적합하다.

최종적으로 산출된  $C(t)$ 는 각 표적의 최종 융합 지수를 나타내며, 융합 여부를 판단하는 기준이 된다. 이 중 값이 가장 작은 표적이 최종 융합 표적으로 결정된다.

## IV. The Results and Evaluation

3장에서 제안한 표적 융합 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 모의한 시뮬레이션 환경에서 실제 상황을 모사한 시나리오를 구성하여 성능 검증을 진행하였다.[10]

시험 환경은 개체생성기 1대, 정보처리장치 1대로 구성된다. 개체생성기는 모의로 표적을 생성하여 정보처리장치에 전송하고 정보처리장치에는 표적정보처리 소프트웨어가 실행되어 개체생성기로부터 수신한 원시 표적 정보를 처리한다. 개체생성기에서 생성되는 표적은 어떤 실물표적에서 생성되었는지 알 수 있으므로 표적 융합의 정확도를 측정할 수 있다. 예를 들어 개체생성기에서 생성된 1, 2번 표적은 실물표적 A에서 파생된 것임을 알 수 있으며 두 표적의 융합 여부로 융합 정확도 측정이 가능하다.

표적 융합 알고리즘을 검증하기 위해 개체생성기로 생성한 58개의 데이터를 이용하여 시나리오를 생성해 비교 시험을 진행하였다. 시나리오는 다음과 같은 조건으로 생성하였다. 실물표적 A로부터 파생된 1번 표적과, 근접하게 위치한 실물표적 B로부터 파생된 2번 표적을 생성한 후 실물표적 A로부터 파생된 3번 표적을 생성하여 1, 2번 표적 중 어떤 표적에 융합하는지를 관찰하였다. 해당 시나리오의 결과로 1번 표적에 융합한 경우, 정확한 융합이 이루어진 것으로 볼 수 있으며, 반대로 2번 표적에 융합되거나 어떠한 표적에도 융합되지 않은 경우는 정확도가 낮은 처리로 판단할 수 있다. 다수의 시나리오 중 대표적으로 네 개의 시나리오에 대한 결과를 기술하였으며 시나리오별 시험에 사용된 두 표적 정보는 다음과 같다.

Table 1. Track information in the first scenario

| Item      | A Track          | B Track         |
|-----------|------------------|-----------------|
| Bearing   | 60               | 30              |
| Range     | 0.71NM(1314.92m) | 0.42NM(777.84m) |
| Course    | 240              | 210             |
| Velocity  | 116              | 50              |
| Frequency | 0.1              | 0.25            |
| Time      | 8                | 2               |

Table 2. Track information in the second scenario

| Item      | A Track        | B Track        |
|-----------|----------------|----------------|
| Bearing   | 230            | 310            |
| Range     | 1.1NM(2037.2m) | 0.98(1814.96m) |
| Course    | 50             | 130            |
| Velocity  | 191            | 260            |
| Frequency | 0.125          | 0.33           |
| Time      | 5              | 2              |

Table 5. Compare the results of the existing and proposed algorithms

| Item                                | scenario I |         | scenario II |         | scenario III |         | scenario IV |         |
|-------------------------------------|------------|---------|-------------|---------|--------------|---------|-------------|---------|
|                                     | A Track    | B Track | A Track     | B Track | A Track      | B Track | A Track     | B Track |
| Position Error                      | 725.68     | 726.22  | 1543.35     | 1545.18 | 939.33       | 940.31  | 1181.08     | 1185.68 |
| Time Error                          | 8          | 2       | 5           | 2       | 1.5          | 0.5     | 1           | 0.5     |
| Existing algorithm fusion results   | 0          | X       | 0           | X       | 0            | X       | 0           | X       |
| Suggestion algorithm fusion results | X          | 0       | X           | 0       | 0            | X       | 0           | X       |
| Actual fusion results               | X          | 0       | X           | 0       | 0            | X       | 0           | X       |

Table 3. Track information in the third scenario

| Item      | A Track         | B Track       |
|-----------|-----------------|---------------|
| Bearing   | 120             | 145           |
| Range     | 0.52NM(963.04m) | 0.51(944.52m) |
| Course    | 330             | 305           |
| Velocity  | 35              | 17            |
| Frequency | 0.5             | 1             |
| Time      | 1.5             | 0.5           |

Table 4. Track information in the fourth scenario

| Item      | A Track          | B Track         |
|-----------|------------------|-----------------|
| Bearing   | 215              | 45              |
| Range     | 0.64NM(1185.28m) | 0.65NM(1203.8m) |
| Course    | 35               | 215             |
| Velocity  | 8                | 71              |
| Frequency | 1                | 1               |
| Time      | 1                | 0.5             |

모든 시나리오의 운동 정보는 융합시킬 기준표적에 상대적인 값이며 시간 값은 융합 시점과 표적갱신 시점 간의 오차 즉, 기준표적과 융합 시 갱신되지 않은 시간을 의미한다. 개체생성기 상으로 확인했을 때 융합되어야 할 표적은 Table 5의 '실제 융합결과'에 작성하였고, 기존 표적 융합 알고리즘에 네 가지 시나리오를 적용한 결과는 '기존 알고리즘 융합결과'에 작성되었다.

기존 전투체계의 개념 및 소프트웨어 구조를 크게 변경하지 않는 범위 내에서 알고리즘을 개선하기 위해 주기 및 시간 요소보다 거리 오차에 더 가중치를 두었으며, 다양한 상수로 시험한 결과 상수  $k$ 를 0.0006으로 설정하였다. 이를 적용한 제안 알고리즘 결과 값은 Table 5의 '제안 알고리즘 융합결과'와 같다.

Table 5의 결과에서 제안 알고리즘 융합은 위치오차에 시간 오차를 추가적으로 판단한다. scenario I과 scenario II는 두 표적 간의 시간 오차가 커 기존 알고리즘으로는 정확한 융합 결과를 얻을 수 없었다. 하지만 제안된 알고리즘을 적용하면 상대적으로 정확도가 높은 최신 데이터인 B 표적을 기준으로 융합이 이루어져 실제 융합 결과와 동일한 결과를 도출할 수 있었다.

scenario III과 scenario IV는 두 표적 간 시간 오차 차이도 크지 않을뿐더러 기준표적과의 시간 오차 차이도 크지 않다. 두 표적 간 정확도가 유사한 것으로 판단되어 제안 알고리즘을 적용할 경우에도 A 표적에 융합된다. 해당 결과로 인해 제안 알고리즘을 적용한 표적 융합은 거리 오차 조건을 중요시하되 시간 오차가 클 경우에는 시간 오차

를 고려하여 보다 더 정확한 융합 결과를 제공한다는 것을 확인하였다.

총 58개의 데이터를 이용하여 융합 알고리즘 성능을 비교한 결과, 기존 알고리즘은 58개 중 42개를 정확하게 융합한 반면, 제안된 알고리즘은 58개 중 54개를 정확하게 융합하여 기존보다 20.69%p 개선된 결과를 보였다.

## V. Conclusions

본 논문에서는 표적정보처리에서 제공하는 데이터의 정확성을 향상시키기 위해 개선된 표적 융합 알고리즘을 제안하였다. 표적 융합 정보의 정확성은 함정의 전투능력을 향상 시키기 위해 중요한 요소이다. 그리고 함정 전투체계 시험 환경에서 다양한 시나리오를 통해 개선된 표적 융합 알고리즘의 효율성과 정확성을 입증하였다. 기존 융합 알고리즘에서는 주기와 갱신 시간이 긴 표적에 대해 전투체계 소프트웨어에서 공통으로 사용하는 예상 위치 예측 수식을 활용한다. 이 수식의 정확도는 높지만, 실제 센서로부터 수신되는 데이터와의 오차가 존재할 수 있다. 따라서 더 정확한 데이터를 활용하기 위해 센서에서 제공하는 주파수와 갱신 시간을 고려한 새로운 알고리즘을 고안하였다. 기존 알고리즘에서는 전투체계에서 자체적으로 위치 예측하여 계산하는 비중이 컸다면 제안 알고리즘에서는 더 정확한 센서의 데이터를 적극적으로 활용한다는 점에서 높은 정확도를 예상할 수 있다. 새로운 알고리즘 적용 시 기존 방식보다 정확한 표적 융합 정보를 제공하여 운용자의 표적 식별 및 전투체계의 자동 교전할당 등 각종 기능 운용에 효과적이다. 또한 정확한 데이터를 정보함으로써 지휘 결심의 오류를 줄일 수 있으며 전시 상황에서 더욱 정확한 무장 할당 및 발사를 통해 함정의 전투 능력을 극대화시킬 수 있다.

추후 연구과제에서는 본 연구에 더불어 표적 히스토리 정보를 이용한 표적 융합 알고리즘을 연구하여 표적 융합 정확도를 더 높일 예정이다. 각 센서 표적의  $n$ 회 데이터를 저장하여 해당 표적의 전반적인 기동 상태를 살펴피 기동 흐름이 유사한 표적들끼리 융합한다면 정확도를 높일 수 있을 것으로 예상된다. 이 외에도 융합 정확도를 높이는 방안을 함정 전투체계에 적용하기 위해 더 많은 연구가 필요하다.

## REFERENCES

- [1] Jung, Young Ran, "A Study on Multi Sensor Track Fusion Algorithm for Naval Combat System," Journal of the Korea Institute of Military Science and Technology, Vol. 10, No. 3, pp. 34-42, September 2007.
- [2] Werner Henrich and Thomas Kausch, "Data Fusion for the Finnish Fast Attack Craft Squadron 2000 : Concept and Architecture", Processing of the seventh International Conference on Information Fusion, ISIF, pp.842 ~ 849, 2004.
- [3] Werner Henrich and Thomas Kausch, "Data Fusion for the new German F124 Frigate Concept and Architecture", Processing of the sixth International Conference on Information Fusion, ISIF, pp. 1342 ~ 1349, 2003.
- [4] Cheol-Hoon Kim, Dong-Han Jung, Young-San Kim and Hyo-Jo Lee "A Study on Standardization of IISS Software for Combat Interface Information Analysis of Naval Combat Management System", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 29 No. 2, pp. 119-126, February 2024.
- [5] Jong-Hyeon Im, "A Study on the Design of System Access Control Software For the Improvement of the Stability and Survivability of Naval Combat Management System", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 28, No. 12, pp. 137-145, December 2023.
- [6] Yeon-Hee Noh, Dong-Han Jung, Young-San Kim and Hyo-Jo Lee, "A Study on the Standard Architecture of IFF Interface SW in the Naval Combat Management System", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 29 No. 1, pp. 139-149, January 2024.
- [7] Hwan-Jun Choi, "A Study on the Software Standardization and Simulator Design for Efficient Reliability Test in Combat System", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 27 No. 12, pp. 151-159, December 2022.
- [8] Dong-Kwan Kim, Dong-Han Jung, Won-Seok Jang, Young-San Kim and Hyo-Jo Lee "A Study on Efficient Design of Surveillance RADAR Interface Control Unit in Naval Combat System", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 28 No. 11, pp. 125-134, November 2023.
- [9] Jae-Geun Lee "A Study on the Standard Architecture of Weapon Control Software on Naval Combat System", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 26 No. 11, pp. 101-110, November 2021.
- [10] Jin-Hyang Ahn and Chi-Sun Baek "A Study of the Submarine Periscope Detection Algorithm using Characteristic of Target HRRP Information", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 29 No. 1, pp. 131-138, January 2024.
- [11] Ho Chul Lee, Tae Su Kim, and Hyung Jo Shin, "Multi Sources Track Management Method for Naval Combat Systems", Journal of Institute of Control, Robotics and Systems, Vol. 20, No. 2, pp. 126-131, February 2014.
- [12] Seung-Joon Lee, "Research on the application of Machine Learning to threat assessment of combat systems", Journal of The Korea Society of Computer and Information, Vol. 28 No. 7, pp. 47-55, July 2023
- [13] Woo-Cheol Lee, Soon-Seo Park, Dae-Sung Jang and Han-Lim Choi "Track Management of the Multiple Radars Fusion System for Multi-Target Tracking", JKASAS 2016 Fall Conference, pp. 936 - 937, November 2016.
- [14] Clawson, Calvin C. (1999), *Mathematical Mysteries: The Beauty and Magic of Numbers*, Da Capo Press, p. 112, ISBN 9780738202594.
- [15] Slavov, Nikolai; Budnik, Bogdan A.; Schwab, David; Airoldi, Edoardo M.; van Oudenaarden, Alexander (2014). "Constant Growth Rate Can Be Supported by Decreasing Energy Flux and Increasing Aerobic Glycolysis". *Cell Reports*. 7 (3): 705–714. doi:10.1016/j.celrep.2014.03.057. ISSN 2211-1247. PMC 4049626. PMID 24767987.
- [16] Peano, Giuseppe (1903). *Formulaire mathématique* (in French). Vol. IV. p. 229.

## Authors



Eun-Sol Kim received the B.S degrees in Department of Intelligent Robotics and Convergence Engineering from Changwon University, Korea, in 2016. She is currently working in Hanwha Systems Co.

She is interested in Naval Combat System and Track Management System.