

대공무기체계 표적거리예측 알고리즘 성능향상에 관한 연구

서승범* · 김영길**

*(주)한화시스템 · **아주대학교

A Study on Performance Improvement of Distance Estimation Algorithm for Anti-Aircraft Weapon System

Seung-bum Suh* · Young-kil Kim**

*Hanwha Systems · **Ajou University

E-mail : sb.suh@hanwha.com

요 약

전투무선망을 통해 방공C2A 체계로부터 전송되는 표적거리는 전투무선망의 여러 가지 특성으로 인해 오차가 발생한다. 본 논문에서는 칼만필터를 이용한 거리추정 알고리즘의 성능을 향상 시켜 오차를 최소화할 수 있는 방법을 제안한다.

ABSTRACT

We suggest a way to improve the performance of a target distance estimation algorithm using Kalman Filter to compensate for the error that occurs when the target track information over the Combat Radio Network is lost.

키워드

표적거리 추정 알고리즘, 방공C2A, 대공무기체계, 전투무선망

Target Distance Estimation Algorithm, Air Command Control and Alert, Anti-Aircraft Weapon System, Combat Network Radio

1. 서 론

전통적인 전장환경에서 대공무기체계는 저고도, 근거리 대공위협에 효과적으로 대응하기 위해 무기체계 자체에 탑재된 탐지레이더를 이용하여 표적을 탐지한 후 주추적장비인 광학추적기 또는 조준기로 표적을 인계하여 표적을 추적한다. 현대전에서 대공무기체계는 네트워크 중심전(Network Centric Warfare, NCW) 하에서 임무를 수행해야 하며, 이는 군사작전을 구성하는 탐지체계, 지휘체계, 타격체계 등의 여러 요소를 전투무선망으로 연결하여 보다 효율적인 작전 수행을 가능하게 한다. NCW 환경에서 탐지체계는 표적을 탐지, 식별하고, 지휘체계는 표적융합 후 타격체계에 표적을 할당하며, 타격체계는 표적을 획득한 후 표적을 추적하여 교전을 수행한다.

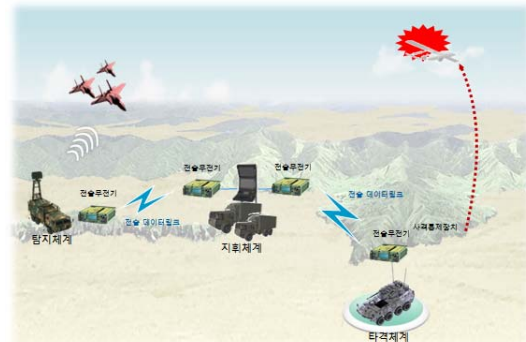


그림 1. 네트워크 중심전 개념도

지휘체계에서 할당되어 수신된 표적은 타격체계 추적장치에서 측정된 표적정보와 일치하여야 하나 현실은 탐지체계의 성능과 네트워크 상태에 따라 수신표적과 실표적 간의 오차가 발생하게 된다. 따라서 지휘체계에서 수신한 표적정보와 추적장치에서 획득한 실표적 간 오차의 최소화가 무기체계 성능을 결정하는 중요한 요소이며, 이는 수신한 표적정보에 대한 추정을 통해 가능하다.

NCW 환경하 표적의 전송 지연 또는 전송 중단을 고려한 위치추정에 관한 연구가 국내에서 수행되어 왔으나 대부분 시스템을 선형으로 모델링하여 최적의 성능을 보장할 수 없었다.[1]

본 논문에서는 비선형 시스템에 대한 표적거리 추정 알고리즘을 이용하여 전투무선망에서 항적 정보가 간헐적 또는 주기적으로 유실되더라도 표적거리를 정확하게 예측하여 오차를 최소화하는 방안을 제안한다.

II. 본 론

1. 표적거리 추정 알고리즘

표적거리 추정은 타격체계에 탑재된 추적장치에 표적거리 추정 알고리즘의 출력을 실시간으로 제공하며, 칼만필터, 거리보간 과정으로 구성된다.

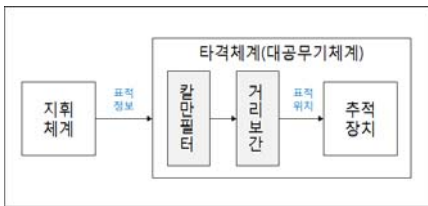


그림 2. 표적거리 추정 알고리즘

1.1 거리보간

지휘체계에서 수신하는 표적정보와 추적장치로 전송되는 표적위치 전송주기가 상이함에 따른 보상과정이다.

2. 칼만필터

2.1 시스템 모델링

표적거리 추정을 위한 시스템 모델링을 위해 표적은 2차원 상에서 고도를 유지하며 등속도 운동하는 것으로 가정하여, 다음과 같이 모델링하였다. 그림3에서 x_{trk} 는 표적까지의 수평거리를 h_{alt} 는 표적의 고도를 의미한다.

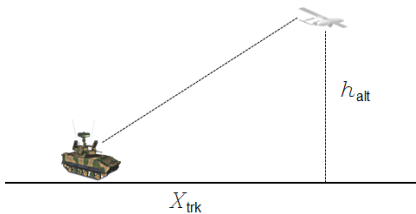


그림 3. 시스템 모델링

$$x = \begin{Bmatrix} \text{수평거리} \\ \text{이동속도} \\ \text{고도} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{Bmatrix}$$

$$\begin{Bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} 0 \\ w_1 \\ w_2 \end{Bmatrix}$$

$$= Ax + w$$

$$\dot{x}_1 = x_2$$

$$\dot{x}_2 = w_1$$

$$\dot{x}_3 = w_2$$

$$r = \sqrt{x_1^2 + x_3^2} + v$$

$$= h(x) + v$$

$$f(x) = Ax$$

$$A = I + \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times dt$$

$$H = \begin{bmatrix} \frac{\delta h}{\delta x_1} & \frac{\delta h}{\delta x_2} & \frac{\delta h}{\delta x_3} \end{bmatrix}$$

$$= \begin{bmatrix} \frac{x_1}{\sqrt{x_1^2 + x_3^2}} & 0 & \frac{x_3}{\sqrt{x_1^2 + x_3^2}} \end{bmatrix}$$

수평거리의 변화율(미분)은 이동속도이며, 이동속도와 고도는 잡음에 의해 이상적인 값에 영향을 준다. 표적까지의 거리 역시 잡음(v)에 영향을 받는다. 또한 시스템 모델을 오일러 적분법을 이용하여 이산 시스템 모델로 계산한다.[2]

3. 모의실험 및 평가

다음 모의실험은 고도 1km에서 100m/s의 속도로 퇴각하는 표적에 대해 지휘체계에서 수신하는 표적거리 정보와 표적거리 추정 알고리즘을 통해 계산되는 추정 거리를 모의하였다. 지휘체계에서 수신되는 표적정보(거리, 속도, 고도) 정보에는 임의(random)의 잡음(w, t)을 추가하였으며, 임의의 잡음 정보를 추가했음에도 표적거리 추정 알고리즘 수행 결과 잡음이 거의 제거되었음을 그림 4~6의 그래프에서 확인할 수 있다. 단, 표적거리 추정 알고리즘 수행 초기에 속도값은 초기 값 오차에 의해 추정 오차가 크지만 시간이 지나면서 실제 속도에 수렴한다.

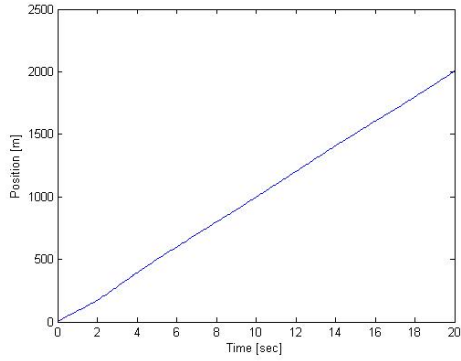


그림 4. 표적거리 추정 알고리즘 수행 후 수평위치 예측 결과

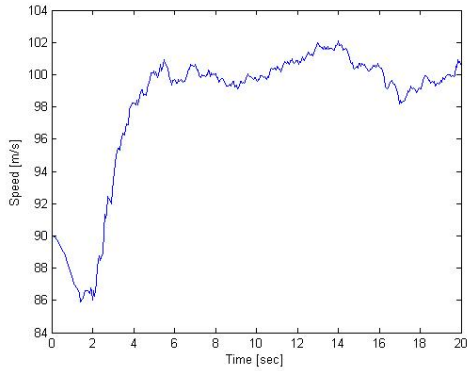


그림 5. 표적거리 추정 알고리즘 수행 후 표적속도 예측 결과

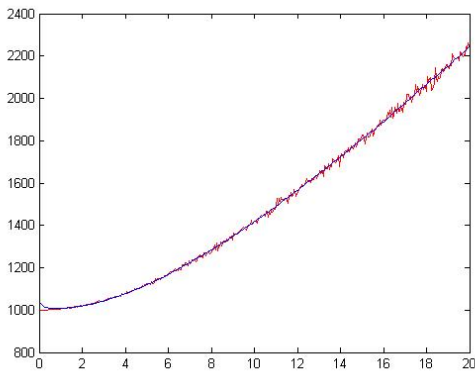


그림 6. 표적거리 추정 알고리즘 수행 후 표적까지의 거리 예측 결과

III. 결 론

본 논문에서는 NCW 환경하 지휘체계에서 수

신된 표적정보 획득시간 단축을 위해 칼만필터를 이용한 예측 알고리즘을 제안하였으며, 시뮬레이션 결과 우수한 성능을 입증하였다. 미래 대공무기체계 개발시 표적탐지 및 추적을 위한 고비용 레이더 또는 추적장치의 탑재에 대한 다양한 선택 가능성을 확인할 수 있었다. 추후 실 전투환경하에서 입력되는 표적정보를 활용하여 시스템 모델링을 보완하고 시뮬레이션을 추가 수행함으로써 해당 알고리즘의 신뢰성을 확보해 나갈 계획이다.

참고문헌

- [1] 박매훈(2016), "무선 네트워크 환경에서 전송지연을 고려한 위치추정 알고리즘 연구", 2016년 한국군사과학기술학회 추계학술대회 pp.27-28
- [2] 김성필(2010), "칼만필터의 이해", 아진