

표적 기동에 따른 기동모델 판단 기법

† 김도형 · 서대희* · 김병두* · 이병길*

† *한국전자통신연구원

Method Judging Dynamic Model for Target Motion

요 약 : 최근 다양한 시스템의 상태를 추정하는데 시스템의 운동 특성을 모델링하는 기법이 많이 연구되고 있다. 이 기법은 시스템의 운동 특성을 수학적으로 모델링하는 것으로 모델링의 정확도에 따라 시스템의 상태 추정 정확도에 많은 영향을 미치게 된다. 따라서 본 논문에서는 표적의 기동 특성을 모델링하고 표적의 현재와 과거의 상태를 이용하여 정의된 기동 모델 중 적합성을 판단하는 기법을 제시하며 시뮬레이션을 통하여 기동하는 표적의 모델을 정확하게 판단하는지를 검증하고자 한다.

핵심용어 : 표적 기동 특성, 시스템 모델링

1. 서 론

시스템의 상태 추정에 있어 시스템 모델에 따라 상태 추정 정확도에 많은 영향을 미친다. 이러한 모델의 민감도를 떨어뜨리기 위하여 비선형 시스템을 선형화하거나 다수 모델을 사용하는 필터 기법들이 제시 되고 있다. Song [1]은 선형화의 대표적 필터인 EKF(Extended Kalman Filter)의 개선 방안인 MGEKF(Modified Gain EKF) 알고리즘을 제시하였고 Barshalom [2]은 다수모델을 사용하고 이들을 서로 혼합하는 기법인 IMM(Interacting Multiple Model) 알고리즘을 제시 하였다. 그러나 이러한 기법들은 과도한 선형화에 따른 추정치 발산이나 다수 모델 상태추정 기법은 모델에 따라 많은 연산을 요구하게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하고자 표적정보만 이용하여 현재 표적의 기동모델을 판단하는 기법을 제시하고 시뮬레이션을 통하여 판단한 기법이 현재 표적의 기동과 동일한지를 검증하고자 한다.

$$X_k = F_k^m X_{k-1} + G_k^m W_k \quad (1)$$

여기서, k 는 시점, m 은 모델의 모드($m = 0$ 일 경우 직선기동, $m = 1$ 일 경우 좌측 원운동, $m = 2$ 일 경우 우측 원운동)을 나타낸다. 표적의 상태벡터 X_k 는 $[x_k \ y_k \ \dot{x}_k \ \dot{y}_k]^T$ 로 구성되며 k 시점의 표적의 상태를 의미한다. $x_k, y_k, \dot{x}_k, \dot{y}_k$ 는 이차원 평면 상에서 현재순간 k 시점의 위치와 속도를 나타낸다. F_k^m 은 k 시점의 m 모드일 경우 상태 천이 행렬이며 G_k^m 은 k 시점의 m 모드일 경우 공정잡음 행렬을 의미한다. 각 모드의 행렬은 식 (2), (3)과 같이 나타낸다.

직선 기동의 경우($m = 0$)

$$F_k^m = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad G_k^m = \begin{bmatrix} \frac{T^2}{2} & 0 \\ 0 & \frac{T^2}{2} \\ T & 0 \\ 0 & T \end{bmatrix} \quad (2)$$

2. 시스템 모델

실제 환경에서 시스템은 여러 가지의 동역학 모델을 가진다. 그 중 본 논문에서는 표적의 상태를 추정하기 위하여 표적의 다양한 기동 중에서 직선 기동, 좌측 원운동, 우측 원운동 하는 총 세 가지의 패턴 모델을 정의한다. 이산시간 표적의 동역학 식은 식(1)과 같이 정의한다.

좌, 우측 원운동 할 경우($m = 1, 2$)

$$F_k^m = \begin{bmatrix} 1 & \frac{\sin(\omega_k \times T)}{\omega_k} & \frac{1 - \cos(\omega_k \times T)}{\omega_k} \\ 0 & 1 - \frac{\cos(\omega_k \times T)}{\omega_k} & \frac{\sin(\omega_k \times T)}{\omega_k} \\ 0 & \cos(\omega_k \times T) - \frac{\sin(\omega_k \times T)}{\omega_k} & 1 \\ 0 & -\frac{\sin(\omega_k \times T)}{\omega_k} & \cos(\omega_k \times T) \end{bmatrix}$$

$$G_k^m = \begin{bmatrix} \frac{1 - \cos(\omega_k \times T)}{(\omega_k)^2} & \frac{\sin(\omega_k \times T) - \omega_k \times T}{(\omega_k)^2} \\ \frac{\sin(\omega_k \times T) - \omega_k \times T}{(\omega_k)^2} & \frac{1 - \cos(\omega_k \times T)}{(\omega_k)^2} \\ \frac{\sin(\omega_k \times T)}{\omega_k} & \frac{\cos(\omega_k \times T) - 1}{\omega_k} \\ -\frac{\cos(\omega_k \times T) - 1}{\omega_k} & \frac{\sin(\omega_k \times T)}{\omega_k} \end{bmatrix} \quad (3)$$

† 김도형, dhkim516@etri.re.kr ***.***.***

* 김병두, bdkim@etri.re.kr***.***.***

* 서대희, dhseo@etri.re.kr***.***.***

* 이병길, bglee@etri.re.kr***.***.***

여기서 T 는 샘플링 시간을 의미하며 ω_k 는 k시점의 각속도를 나타낸다.

3. 기동 판단 기법

표적 기동모델은 현재와 과거 순간의 표적 정보를 이용하여 판단할 수 있다. 그림 1은 표적의 기동을 2차원 평면에 나타낸 것이다. 여기서 $x_{k-1}, y_{k-1}, \dot{x}_{k-1}, \dot{y}_{k-1}$ 는 과거 순간 $k-1$ 시점의 위치와 속도를 나타낸다. 현재와 과거 순간의 표적 정보를 직선의 방정식에 적용하여 기동 판단 기준을 식 (4)와 같이 유도하며 이후 기동 판단 기준을 CJDM(Criterion Judging Dynamic Model)로 지칭한다.

$$CJDM = \frac{\dot{y}_{k-1}}{\dot{x}_{k-1}}(x_k - x_{k-1}) + y_{k-1} \quad (4)$$

따라서 CJDM을 이용하여 아래의 조건에 따라 표적의 기동을 판단한다.

$$\begin{cases} CJDM = y_k & \text{직선기동} (m=0) \\ CJDM > y_k & \text{좌측 원운동} (m=1) \\ CJDM < y_k & \text{우측 원운동} (m=2) \end{cases} \quad (5)$$

4. 시뮬레이션

해상에서 세 가지 기동을 하는 가상 선박을 생성하여 판단 기법에 따라 선박의 기동 모델을 판단하는 시뮬레이션을 수행하였다. 2차원 평면에서 표적의 초기 위치는 (3000m, 5000m)이며 초기속도는 (-20m/s, -4m/s)로 정하였다.

총 시뮬레이션 시간은 300초로 하였으며 표적은 60초에서 100초 사이에 좌측 원운동, 150초에서 200초 사이에 우측 원운동 그리고 나머지 시간 동안 등속 직선운동을 하도록

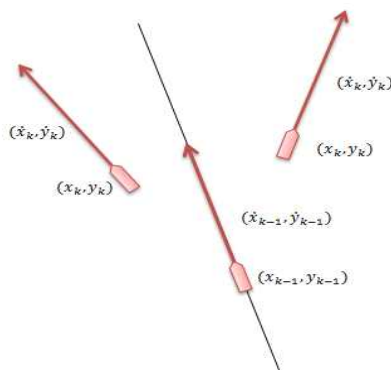


Fig. 1 시간에 따른 표적의 기동

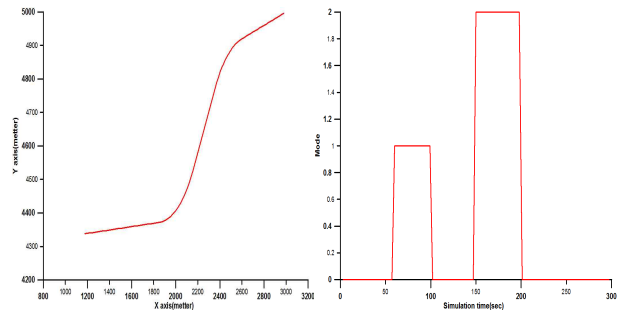


Fig. 2 표적의 위치(XY 평면) 및 모드 변화

시나리오를 생성하였다.

그림 2의 왼쪽은 표적이 움직이는 궤적을 XY평면에 나타낸 것으로 표적이 직선 기동, 좌측 원운동, 우측 원운동을 하는 것을 보인다. 그림 2의 오른쪽은 총 시뮬레이션 시간 동안 기동 모델 판단 기법을 통하여 현재 표적의 기동 모드를 나타낸 것이다. 약 60초에서 100초에 모드1(좌측 원운동), 약 150초에서 200초에 모드2(우측 원운동), 나머지 구간에서는 모드0(직선 운동)을 나타낸다. 가상으로 생성한 표적의 시나리오와 동일하게 기동 패턴을 판단할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서 세 가지 기동 모델 중에서 표적의 기동 패턴을 판단하는 기준을 제시하였고 시뮬레이션을 통하여 표적의 기동과 판단한 모드가 일치하는 것을 보였다. 따라서 본 논문에서 제시된 판단 기준은 표적의 위치와 속도의 오차가 없는 경우 표적의 기동 모델을 정확하게 판단 할 수 있다. 향후 연구 방향으로서는 오차가 존재하는 상황에서 기동 모델을 정확하게 판단할 수 있는 방안에 대한 연구를 추가적으로 수행하고자 한다.

참 고 문 헌

- [1] T.L. Song and J.L. Speyer, "Astochastic analysis of a modified gain extended kalman filter with applications to estimation with bearings only measurements," in Proc. 22nd IEEE conf. Decision contr., 1982, pp1291-1296.
- [2] Barshalom, Y., Chang, K.C., and Blom, H.A.P. "Tracking a manoeuvring target using input estimation versus the interacting multiple model algorithm," IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst., 1989, AES25, (2), pp.296-300

* 본 연구는 해양수산부/한국해양과학기술진흥원 해양안전 및 해양교통시설기술개발사업 연구비지원(ETRI 수행 과제번호 20090403)에 의해 수행 되었습니다.