

論文99-36S-7-5

다중표적 추적시스템에서의 표적물의 모델

(Target Models in Multi-target Tracking System)

李淵錫 *

(Yeon Seok Lee)

요 약

다중표적 추적시스템은 여러 개의 표적물을 동시에 추적한다. 표적물의 추적에는 일반적으로 칼만필터를 사용하게 된다. 칼만필터는 최적의 특성을 지니고 있지만, 많은 계산량을 요구하는 단점이 있다. 따라서 여러 개의 표적물을 동시에 추적하는 다중표적 추적시스템의 실시간 구현을 위하여 칼만필터 대신에 계산량이 적은 다른 예측기를 사용하기도 한다. 본 논문에서는 계산량을 줄이기 위하여 칼만필터에서 사용하는 시스템의 모델을 줄이는 방법을 사용하여 보았다. 표적물의 운동을 등속운동으로 가정하여 사용된 모델은 표적물의 추적능력을 지니면서도 그 계산량을 줄일 수 있었다. 간단한 시뮬레이션과 실제의 영상정보에 적용한 결과는 등속운동을 가정한 칼만필터가 원래의 좋은 특성을 유지하면서 계산량을 줄일 수 있어 다중표적 추적시스템에 유리하게 사용될 수 있음을 보여주었다.

Abstract

Multi-target tracking system is defined as tracking several targets simultaneously. Kalman filter is widely used for target tracking problems. Kalman filter is known to be extremely useful as an optimal estimator but has a shortcoming of computational complexity. So a simplified estimator model which has less computational burden is proposed for a real-time implementation of multi-target tracking systems. In this paper, Kalman filter is applied to implement a real-time tracking system with a simplified target model. The proposed Kalman filter model is simpler compared with those of conventional ones, greatly reducing computation time, yet keeping the tracking abilities of the optimal Kalman filter. Through both simulations and experiments with real environments, it is demonstrated that the proposed simplified model works good in real situation with multiple targets to be tracked.

I. 서 론

표적추적시스템에서는 주로 군사적인 목적으로 사용되는 조기경보시스템이나 대공방어망시스템, 그리고 민수용으로 사용되는 항공기의 관제시스템 등의 고도의 기술과 자본이 요구되는 부분에서 발달되어 왔다. 표

적추적시스템은 주로 레이더나 적외선 감지기 등으로 측정된 정보를 이용하여 표적의 탐지나 식별, 그리고 추적을 수행하게 되는데, 이 과정은 추적시스템의 대상물체들이 지니고 있는 현재의 위치, 속도, 그리고 가속도 등에 관한 정확한 정보들을 추출하는 작업을 의미한다.^[1] 표적물의 추적에는 표적물의 운동을 표현하는 모델을 이용하여 측정된 정보에서 유용한 정보만을 추출하여 사용하는 칼만필터를 주로 사용하였다.^[2,3] 운동하는 물체는 어떠한 형태이든지 기동력의 형태로 가속도를 지니고 있는 것이 일반적이다. 이에 대하여 1970년 Singer는 기동입력이 일정한 시

* 正會員, 群山大學校 電氣電子制御工學部
(School of Electrical, Electronic and Control
Engineering, Kunsan National University)
接受日字:1999年5月20日, 수정완료일:1999年6月17日

간내에서는 서로 연관성이 있는 것으로 고려하여, 가속도를 백색잡음으로 구동되는 일차 마코프 프로세스로 기동입력을 모델링하여 추적시스템을 구성하였다.^[4]

Berg는 레이더를 장착한 대공포에 사용하기 위하여 기동입력에 관한 모델을 Singer의 모델에 다시 가속도의 변화량을 추가하여 사용하였다.^[5] 이후로 표적물이 지니는 기동입력에 관한 모델을 사용하는 것이 추적시스템에서의 일반적인 경향이였다.^[6]

추적시스템은 그 측정장치인 레이더 등이 고가의 장비이고, 여기에 사용되는 칼만필터는 복잡한 계산을 처리하여야 하므로, 시스템의 구현에는 많은 기술과 자본이 요구되어 일반상용으로는 활용이 용이하지 않았다. 그러나, 근래에 이르러 급속도로 발전한 전자기술과 컴퓨터기술로 인하여 이들을 비교적 저렴하게 구현하는 것이 가능하게 되었다. 특히 최근에 급속도로 발전한 영상기술과 빠른 컴퓨터의 등장은 추적시스템의 실시간구현을 저렴하고 용이하게 만들어 주었다. 최근에는 추적시스템을 복잡한 공항에서의 항공관제나 복잡한 도심에서의 혼잡한 교통문제를 해결하기 위한 방법으로 확장되고 있다.^[7,8] 추적시스템을 이와 같은 용도로 사용할 경우에는 여러 개의 표적물을 추적해야 한다. 특히 교통정보를 위하여 사용되는 경우에는 다수의 차량을 추적하는 다중표적 추적시스템의 구축이 요구된다. 다중표적 추적시스템에서는 영상으로부터 얻은 여러 개의 독립적인 표적물에 관한 정보로부터 각각의 표적물에 관한 정보로 분리하여야 한다. 추적기에서는 전 상태까지 추적하던 표적물에 관하여 현재의 위치를 미리 예측하여 가까운 위치에 있는 표적물을 추적중인 표적물로 판단하고, 다음의 위치를 예측하는 방법을 사용하게 된다. 이러한 작업을 위하여서는 다수의 표적물 각각에 대하여 독립적으로 위치를 예측할 수 있는 칼만필터를 사용하여야 한다. 칼만필터는 일정한 조건에서 최적을 나타내며, 움직이는 물체의 운동상황을 예측하는 성능이 우수하다. 그러나 칼만필터는 시스템의 동특성을 이용하여 필요한 정보를 추출하기 때문에 계산량이 많은 단점이 있다. 특히, 다중표적 추적시스템과 같이 여러 개의 표적물 각각에 관하여 칼만필터를 운용하여야 하는 경우에는 각각의 계산량이 전체의 시스템에 상당한 영향을 끼치게 된다. 이에 따라서 칼만필터 대신에 저용필터를 사용하는 방법도 연구되었다.

다중표적 추적시스템을 이용하게 되는 상황은 주로 표적물의 움직임이 변화가 심한 곳으로, 표적물의 움직임에 관한 기동입력이 고려되어야 한다. 특히 추적시스템을 교차로의 교통정보에 사용하기 위하여서는 차량의 정지 및 출발상황이 연속되기 때문에 기동입력에 대응이 차량의 추체에 민감한 영향을 줄 수 있다.

이에 따라서 본 논문에서는 교통정보를 위하여 사용되는 경우에 있어서의 추적시스템에 사용되는 표적물의 운동을 기동입력을 고려한 경우와 가장 단순한 등속직선운동으로 고려한 경우를 비교하여, 다중표적 추적시스템의 실시간 구현에 관한 정보를 얻고자 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 추적시스템에 사용되는 칼만필터에 관하여 설명하고, 3장에서는 기동입력의 운동모델에 관하여 고찰하였다. 또한, 4장에서는 각각의 운동모델에 관한 간단한 시뮬레이션과 그 결과를 분석하고, 시뮬레이션의 결과를 실제의 교통영상정보에 적용하여 그 타당성을 고찰하였으며, 이를 5장에서 정리하여 결론을 얻었다.

II. 칼만필터

움직이는 물체를 추적하기 위하여서는 주로 칼만필터를 사용하게 된다. 본 연구에서도 측정된 화상정보로부터 표적물을 추적하기 위하여 칼만필터를 사용하였다. 칼만필터는 필터의 구조가 선형으로 구성되어 있으며, 선형시스템에서 모든 변수들의 분포가 가우시안이고 부가되는 잡음들이 백색의 특성을 지니고 있을 경우에 그 특성이 최적을 나타냄이 잘 알려져 있다.^[9] 식(1)과 같이 주어지는 이산선형시스템에서 상태변수를 측정하는 측정방정식이 식(2)와 같이 주어지는 경우에 칼만필터를 살펴보도록 하자.

$$x_{k+1} = Ax_k + w_k \quad (1)$$

$$y_k = Hx_k + v_k \quad (2)$$

여기에서 w_k 는 시스템에 부가되는 프로세스잡음을 의미하며, 측정방정식에서의 v_k 는 신호를 측정할 때에 발생하는 잡음을 의미한다. 이들은 서로 상관관계가 없으며, 각각의 공분산행렬이 Q_k , R_k 로 주어지고, 각각 영평균 백색잡음의 특성을 지닌다고 가정한다. 시

간 k 에서 상태변수의 측정값 y_k 가 입력되면, 칼만필터는 식(3)부터 식(7)까지의 순환식으로 구성된다.

$$K_k = \bar{P}_k H^T (H \bar{P}_k H^T + R_k)^{-1} \quad (3)$$

$$\hat{x}_k = \bar{x}_k + K_k (y_k - H \bar{x}_k) \quad (4)$$

$$P_k = (I - K_k H) \bar{P}_k \quad (5)$$

$$\bar{x}_{k+1} = A \hat{x}_k \quad (6)$$

$$\bar{P}_{k+1} = A P_k A^T + Q_k \quad (7)$$

식(3)에서의 K_k 는 필터의 이득이며, 전 상태의 예측값 \bar{x}_k 의 공분산행렬 \bar{P}_k 와 입력된 측정값 y_k 가 지니고 있는 공분산행렬로부터 구할 수 있다. 필터이득 K_k 를 이용하여 식(4)와 식(5)와 같이 상태변수의 추정값 \hat{x}_k 와 그 공분산행렬 P_k 의 측정치 보강식을 수행하고, 다시 다음의 측정값이 입력될 때 사용할 예측값 \bar{x}_{k+1} 과 그 공분산행렬 \bar{P}_{k+1} 을 식(6)과 식(7)과 같이 계산하게 된다. 따라서 필터의 초기값 \bar{x}_0 와 \bar{P}_0 를 설정하게 되면, 매번의 측정값이 입력될 때마다 필터식들을 순환적으로 계산할 수 있다. 다중표적 추적 시스템에서는 순환식의 과정에서 얻어지는 예측값 \bar{x}_{k+1} 을 이용하여 여러 표적물들의 측정값으로부터 각각의 표적물에 대응하는 측정값을 선택하여 사용하게 된다.

III. 표적물의 모델

2장에서 설명된 칼만필터를 추적시스템에 적용하기 위하여서는 차량의 운동모델을 설정하여야 한다. 일반적으로 공간을 움직이는 물체의 운동방정식은 뉴턴의 법칙에 따라 모델링할 수 있으며, 이는 물체에 작용하는 힘들로부터 물체가 얻는 가속도를 구할 수 있기 때문이다. 또한 차량추적시스템에서는 관심의 대상이 차량의 위치에 관한 정보이므로 이에 관한 식을 차량에 작용하는 힘들로부터 가속도를 적분하여 차량의 위치에 관한 정보를 얻을 수 있다. 방공망 체계에서 사용되는 전술적인 면에 사용되는 추적시스템에서는 주로 사람이 조종하는 비행기나 잠수함 등과 같이 일정한 대상을 표적물로 고려하므로, 주어진 일정한 대상물의 운동능력에 따라 표적물의 운동방정식을 고려하게 된

다. 그러나 다중표적 추적시스템에서는 관찰의 대상이 일정하지 않으므로, 표적물의 운동을 잠음형태의 입력이 가속도에 부가되는 것으로 고려하고 모델링하게 된다. 본 논문의 대상이 되고 있는, 지상의 차량들에 관한 시스템에서도 그 위치와 속도, 그리고 가속도를 상태변수로 선택하여 이산식으로 정리하면, 식(8)과 같이 정리될 수 있다.

$$\begin{bmatrix} p_{k+1} \\ v_{k+1} \\ a_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t & \frac{\Delta t^2}{2} \\ 0 & 1 & \Delta t \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_k \\ v_k \\ a_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} w_k \quad (8)$$

$$y_k = [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} p_k \\ v_k \\ a_k \end{bmatrix} + \nu_k$$

여기에서 p_k 는 표적물의 위치를, v_k 는 표적물의 속도를, a_k 는 표적물의 가속도를, 그리고 Δt 는 표적물의 위치에 관한 측정이 진행되는 시간을 나타내고 있다. [10]

또한 측정방정식에 주어진 ν_k 는 측정잡음으로 영평균 백색잡음을 나타내고, 가속도를 나타내는 식에서의 w_k 는 백색가우시안 프로세스로서 차량에 가해지는 여러 가지 힘의 결과로 얻어지는 차량의 가속도를 의미하며, ν_k 와 마찬가지로 영평균 백색잡음으로 고려되었다. 추적시스템에서는 차량의 가속도를 알 수 없으므로 이를 시스템잡음으로 처리하게 되며, 시스템의 특성에 따라 적절히 모델링할 수 있다.

다중표적 추적시스템에서는 식(8)과 같이 주어지는 표적물의 운동모델은 화상정보에서 취득한 모든 표적물에 관하여 칼만필터의 모델로 사용되게 된다. 앞에서 살펴본 바와 같이 칼만필터는 주어진 조건에서 최적의 특성을 나타내고 있지만, 그 복잡한 구조로 인하여 많은 소요시간을 요구하게 된다. 따라서 다중표적 추적시스템을 실시간으로 구현할 경우에는 각각의 표적물에 관하여 수행되는 추적필터의 수행시간을 줄이는 것이 유리하다. 이에 따라서 표적물의 운동방정식을 좀 더 간단한 형태로 표현하여 사용할 필요가 있다. 식(8)에서의 운동모델에서 가속도에 관한 상태변수를 사용하지 않고, 표적물이 나타내는 가속도를 시스템잡음으로 고려하여 처리할 수 있다. 이와 같이 운동모델을 고려하면 식(9)와 같은 2차 시스템을 구할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} p_{k+1} \\ v_{k+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_k \\ v_k \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} w_k \quad (9)$$

$$y_k = [1 \ 0] \begin{bmatrix} p_k \\ v_k \end{bmatrix} + \nu_k$$

식(8)로 주어지는 3차 시스템을 식(9)와 같이 2차 시스템으로 고려할 경우에 그 추정방정식은 위치에 관한 정보만을 측정하므로 가속도에 관한 상태변수만을 제거하여 얻을 수 있다. 다중표적 추적시스템에서의 표적물인 도로상의 이동물체들은 비교적 급격한 가속 운동이 적고, 또한 일정한 차선을 따라 이동하는 경우가 많다. 이는 다중표적 추적시스템의 표적물의 모델로 등속운동모델을 사용할 근거를 제공하고 있다. 이와 같이 주어지는 두 가지의 모델이 지니는 특성을 확인하기 위하여 일차원운동을 하는 표적물이 여러 가지 형태의 운동을 하는 경우를 가정하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 상황은 차량이 신호대기를 위하여 정지한 상태에서 출발하는 과정을 고려하여 보았다. 고려된 상황은 운전자가 차량의 기동을 위하여 가속기를 사용하고 그 결과로 얻어지는 차량의 속도의 변화가 그림 1과 같이 주어지는 경우를 고려하였다.

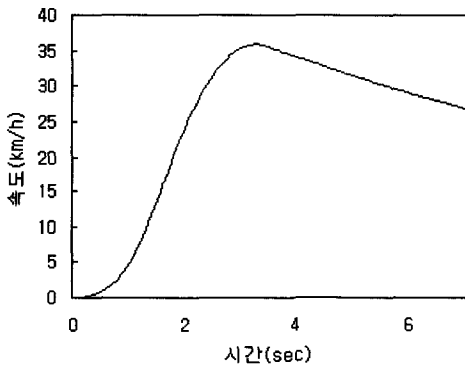


그림 1. 시간에 따른 속도의 변화
Fig. 1. Velocity trend of target.

그림 1에서의 가속의 형태는 가속을 위한 힘이 점차로 증가하여 일정한 수준에 이르고, 서서히 가속기의 조작이 완만하게 되어 가속도가 감소하는 형태로 주어지도록 하였으며, 차량의 속도는 대략 3초 후에 36km/hr의 속도를 얻은 다음에 점차로 감소되어 다시 4초 후에는 그 속도가 26km/hr정도가 되도록 고려하였다. 이와 같은 상황은 도심지 교차로에서의 차량의 운동을 고려한 것이다.

이때의 칼만필터의 입력으로 사용되는 위치에 관한

측정치는 차량의 폭을 고려하여 공분산이 1m로 주어지는 정규분포를 지니는 측정잡음이 부가되는 것으로 하였으며, 이러한 경우에 칼만필터의 결과는 그림 2와 같이 나타나게 된다.

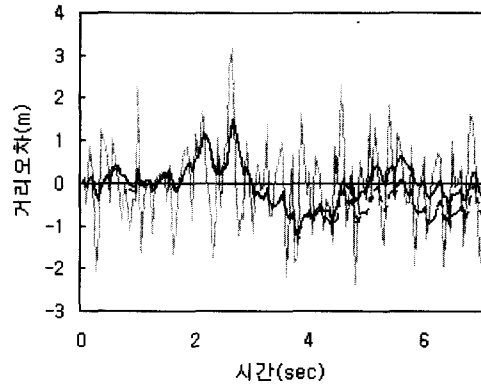


그림 2. 가속운동에서의 거리오차
Fig. 2. Position error in accelerating motion.

그림 2에서 은선으로 나타나는 부분은 차량의 위치에 부가된 측정잡음의 크기이고, 실선은 가속도를 포함한 3차 시스템으로 칼만필터를 운용한 추정오차, 점선은 등속운동을 가정한 2차 시스템으로 칼만필터를 운용한 추정오차를 나타내고 있다. 그림에서 살펴보면, 가속도가 변화하는 앞부분의 4초까지는 두 가지의 결과가 거의 비슷하게 나타나고 일정한 가속도를 가지고 운동하는 뒷부분에서는 2차 시스템을 운용하는 칼만필터의 결과가 일정한 크기의 추정오차를 나타내고 있음을 알 수 있다. 앞의 가속도가 변화하는 부분에서는 3차 시스템을 운용한다고 할지라도 그 운동모델이 정확한 것이 아니므로, 2차 시스템을 운동모델로 하는 경우와 거의 비슷한 결과를 나타내고 있는 것이며, 뒷부분에서의 결과는 가속도가 일정한 값을 유지하고 있는 상황에서는 가속도에 관한 상태변수를 추정할 수 있으므로 모델이 정확한 3차 시스템을 사용하는 경우가 모델이 부정확한 2차 시스템을 사용하는 경우보다 우수한 결과를 나타내게 되기 때문이다.

이와 같은 결과는 단순히 모델의 정확성에 의하여 결정되는 것만은 아니다. 표적물이 등속운동을 할 경우에는 등속운동모델이 정확한 모델이다. 그러나 등속운동의 경우에도 3차 시스템을 사용한 칼만필터의 결과가 2차 시스템을 사용한 결과보다 우수한 특성을 보이게 된다.

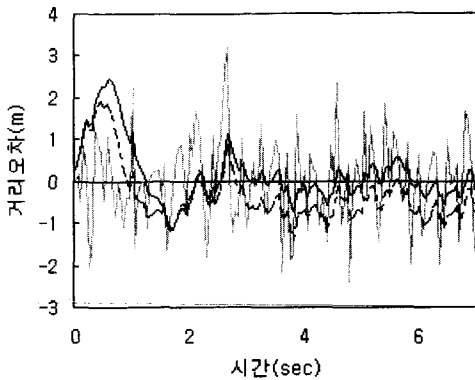


그림 3. 정속 주행시의 거리오차
Fig. 3. Position error in constant motion.

그림 3은 시속 39.6 km/hr의 속도로 정속주행하는 차량을 가정한 경우에 있어서의 칼만필터의 결과이다. 그림에서 은선은 측정잡음의 크기, 실선은 가속운동모델의 칼만필터 추정오차, 그리고 점선으로 주어지는 결과는 등속운동모델의 칼만필터 추정오차를 나타내고 있다. 그림에서 등속운동모델을 사용한 경우가 초기에는 좋은 특성을 보이고 있지만, 시간이 지남에 따라 점차로 가속운동모델을 사용한 경우가 좋은 추정특성을 보여주고 있다. 이는 두 가지의 칼만필터에서 그 입력인 측정치는 위치에 관한 정보 하나만을 사용하는 데, 등속운동모델의 경우에는 추정하여야 할 상태변수가 2개이므로 가속운동모델에서의 3개 상태변수를 추정하여야 하는 것에 비하여 빠른 수렴속도를 나타내게 된다. 초기의 빠른 수렴특성은, 같은 정보로 적은 상태변수를 추정하므로 많은 상태변수를 추정하는 경우보다 빠른 수렴특성을 보여주게 된다.

등속운동의 모델에서는 추정하여야 할 상태변수가 두 개이므로 같은 측정치로 입력된 정보가 두 개의 상태변수에만 사용된다. 가속운동모델의 경우에는 같은 입력정보로부터 3개의 상태변수를 추정하여야 하므로 정보의 분산이 발생하게 된다. 즉 측정치가 지니고 있는 직접적인 위치정보에 관하여서는 많은 정보를 지닌 가속운동모델의 경우가 우수한 특성을 보이지만, 나머지의 정보에 관하여서는 하나의 정보로부터 추정하여야 할 변수가 많은 경우가 불리하게 된다. 가속운동의 상황에서 위치에 관한 추정치는 가속운동모델의 경우가 우수한 특성을 보이고 있지만, 속도정보에 관하여서는 다른 결과를 나타내고 있다. 그림 4는 가속운동의 상황에서의 속도에 관한 추정결과를 보여주고 있다.

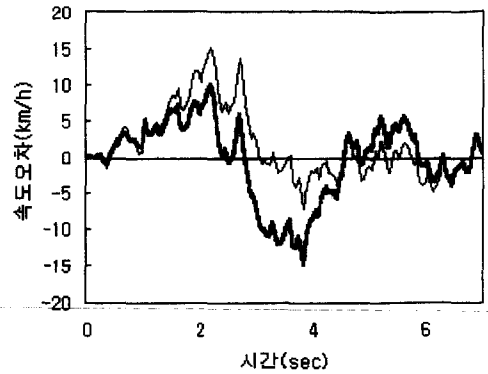


그림 4. 가속운동에서의 속도오차
Fig. 4. Velocity error in accelerating motion.

그림에서 굵은 선은 가속운동모델을 사용한 칼만필터의 추정치, 그리고 실선은 등속운동모델을 사용한 칼만필터의 추정치를 나타내고 있다. 그림에서 2초 부근에서의 결과를 제외하고는 전반적으로 등속운동모델의 결과가 좋은 추정특성을 나타내고 있다. 이러한 결과는 등속운동을 하고 있는 상황에서도 비슷하게 나타난다. 그림 5는 등속운동을 하는 경우의 결과이다. 차량이 등속운동을 할 경우에는 등속운동모델이 적절한 모델이므로 항상 좋은 결과를 얻을 수 있다.

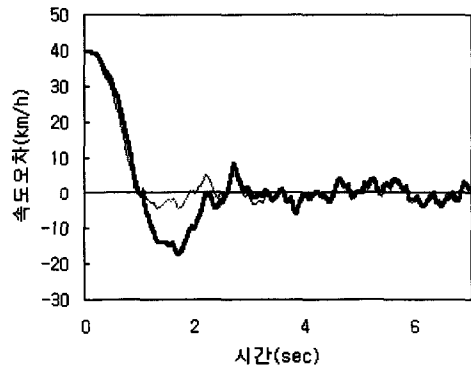


그림 5. 정속 주행시의 속도 오차
Fig. 5. Velocity error in constant motion.

시뮬레이션의 결과에서는 정확한 모델을 사용하는 칼만필터가 좋은 추정능력을 보여주고 있다. 본 논문에서는 칼만필터를 다중표적 추적시스템에 사용할 적절한 모델을 고찰하고 있다. 추적시스템에서 그 표적물의 모델을 정확하게 구할 수 있다면, 그 정확한 모델을 사용하는 것이 당연하다. 그러나 다중표적 추적시스템에서는 여러 가지의 표적물을 추적하므로 하나의 정확한 모델을 사용하는 것은 불가능하다. 또한 다

중표적 추적시스템을 실시간으로 구성하기 위하여서는 좋은 추적특성을 유지할 수 있는 간단한 모델을 사용하여 계산량을 줄여야 한다. 따라서 영상정보로부터 다중의 표적물을 추적하고자 하는 다중표적 추적시스템에서는 시스템의 운동모델을 등속운동으로 설정하여 사용할 수 있다.

IV. 다중표적 추적시스템

앞에서 다중표적 추적시스템에서 차량의 추적을 위하여 칼만필터를 사용할 경우에 그 운동모델에 관하여 고찰하여 보았다. 또한 간단한 시뮬레이션을 통하여 등속운동을 가정한 시스템 모델을 사용할 수 있음을 알아보았다. 이를 확인하기 위하여 실제의 영상정보로부터 다중차량을 추적하는 시스템에 관하여 이러한 결과들을 적용하여 보았다. 여기에 사용된 시스템은 WIN95 환경의 개인용 컴퓨터에서 구현된 시스템으로, 그림 6과 같이 영상입력, 물체의 추출, 표적물 정합, 표적물의 등록 및 삭제, 그리고 표적물 예측 등의 부분으로 설명되는 시스템이다.

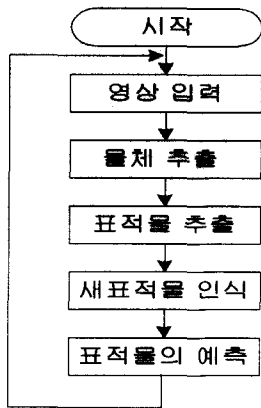


그림 6. 다중표적 추적시스템의 블록선도
Fig. 6. Block Diagram of Multi-target Tracking System.

사용된 다중표적 추적시스템을 살펴보면, 먼저 영상 입력부분에서는 CCD 카메라, 혹은 이미지 센서로부터 얻은 영상을 프레임 그래버를 사용하여 매초 10프레임에서 30프레임 정도의 적절한 속도로 입력받게 된다. 입력된 영상에는 배경을 포함하는 영상영역 내의 모든 물체에 관한 정보가 존재하기 때문에, 이동하는 표적물과 고정된 물체 및 배경을 구분하는 과정이 요구된

다.^[11]

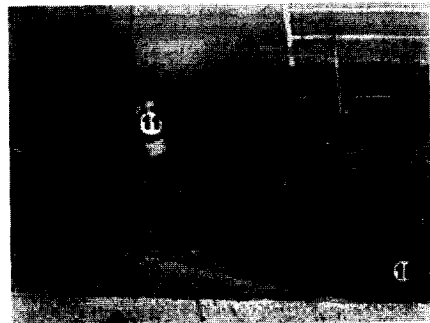
연속으로 입력된 영상으로부터 고정된 물체의 영상을 배제하고 이동하는 물체를 추출하는 과정이 두 번째 단계에 속한다. 물체의 추출방법으로는 전체시스템의 실시간 구현이 용이하도록 계산량이 적은 섭동분포도(disturbance map)을 사용하고 있다. 입력된 영상으로부터 물체의 추출이 이루어지면, 추출된 물체들의 위치정보와 현재 추적하고 있는 표적물들의 예측위치정보와 비교하여 각각의 측정된 위치정보를 각각의 표적물들에게 할당하는 과정이 표적물 추출 과정이다. 또한 현재 추적하고 있는 표적물들이 영상영역 밖으로 사라진 경우와 또 새로운 표적물이 발생한 경우를 고려하는 과정이 새 표적물 인식 과정 등의 표적물을 관리하는 부분이다. 여기에서는 물체추출과정에서 확인된 이동물체 중 표적물추출과정에서 이미 추적하고 있는 표적물들을 제외하고 나머지의 물체들을 새로운 표적물로 등록하게 되고, 또한 지금까지 추적하던 표적물이 정지한 상태인가를 템플릿 정합 등으로 확인하여 표적물의 소멸여부를 결정하는 과정을 포함하고 있다. 마지막 부분인 표적물의 예측부분은 표적물의 정합과정에서 현재 추적중인 표적물의 위치정보가 결정되면, 이를 이용하여 추적중인 표적물의 다음 위치를 예측하게 된다.

주어진 시스템에서는 실시간 구현을 위하여 예측기로 칼만필터 대신에 유한구간응답필터를 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 구성된 다중표적 추적시스템에서 예측기로 유한구간응답필터를 사용한 경우와 가속운동모델의 칼만필터를 사용한 경우, 그리고 등속운동모델의 칼만필터를 사용한 경우를 같이 비교하여 보았다. 비교에 사용된 실제의 영상정보는 일반적인 삼거리 교차로에서 얻을 수 있는 실제의 영상화일로서, 240x180의 크기로 매초 15프레임의 속도로 약 17초 동안 입력된 실제의 AVI화일이다. 영상화일에서 주어진 17초 동안에 나타나는 표적물들은 사람과 이륜차, 그리고 승용차와 트럭 등의 모두 14개의 표적물을 포함하고 있다. 그림 7은 주어진 실제의 영상정보에 대하여 각각의 예측기를 사용하여 약 10초 후의 결과들을 보여준다. 그림에서 18번으로 표현된 모터사이클의 궤적을 살펴보면, 칼만필터의 결과들은 등속운동모델의 결과와 가속운동모델의 결과가 모두 표적물을 끝까지 하나의 표적으로 추적하고 있음을 알 수 있다. 이와는 달리 유한구간응답필터의 결과인 그림 7의 (c)에서는

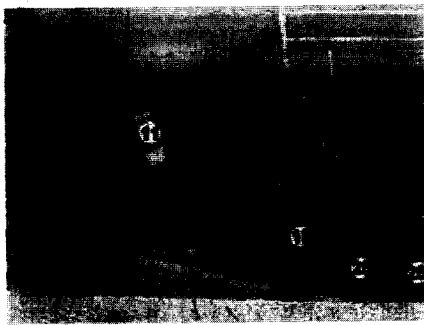
도로의 정지선 부근에서 18번의 궤적이 끊기고, 다시 25번 표적물로 추적하고 있어, 모터사이클의 추적에 실패하고 있음을 확인할 수 있다. 계속하여 다음의 상태를 보여주고 있는 그림 8의 (a)와 (b)에서는 11번으로 표현된 승용차의 궤적이 유지되어 칼만필터의 경우에는 승용차의 추적이 잘 진행되고 있음을 보여준다. 그러나 유한구간응답필터의 경우를 보여주는 그림 8의 (c)에서는 전 상태에서 추적에 실패한 모터사이클이 다시 승용차와 함께 추적되고 있다.



(a)



(b)



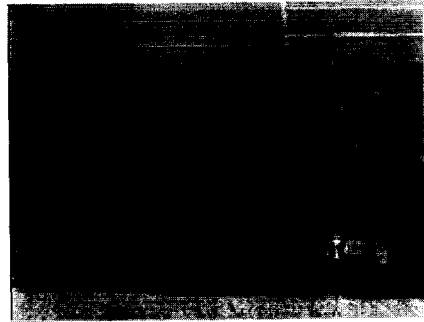
(c) FIR

그림 7. 모터사이클의 추적. (a)가속운동모델, (b)등속운동모델, (c)유한구간응답필터

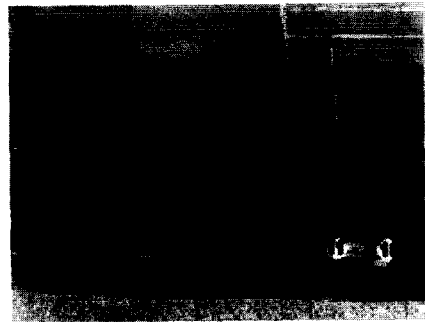
Fig. 7. Tracking of a motorcycle. (a)Model with acceleration, (b)Model with constant velocity, (c)FIR filter.



(a)



(b)



(c)

그림 8. 승용차의 추적. (a)가속운동모델, (b)등속운동모델, (c)유한구간응답필터

Fig. 8. Tracking of a car. (a)Model with acceleration, (b)Model with constant velocity, (c)FIR filter.

이러한 결과는 다중표적 추적시스템에서 실시간 구현을 위하여 유한구간응답필터를 사용하는 것보다는 칼만필터의 시스템모델을 달리하여 사용하는 것이 유리하다는 것을 말해준다. 실제로 이들의 계산량은 가속운동모델의 칼만필터가 곱셈이 129회, 덧셈이 94회이고, 탭수가 3개인 유한구간응답필터의 경우에는 곱셈이 66회, 덧셈이 50회의 계산량이 요구되어 유한구간응답필터의 경우가 계산량이 현저하게 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 그러나 같은 칼만필터를 사용하되,

그 운동모델을 등속운동으로 사용할 경우에는 곱셈이 48회, 덧셈이 32회로 오히려 유한구간응답필터보다 계산량을 줄일 수 있으며, 또한 칼만필터가 지니는 우수한 특성을 이용하여 좋은 추적능력을 유지할 수 있게 된다.

전체적으로 주어진 17초 동안에 추적하여야 할 표적물 14개에 대하여 가속도를 고려한 3차 시스템을 사용하는 칼만필터의 경우에는 모두 40개의 표적물을 추적하였으며, 유한구간응답필터를 사용하는 경우에는 44개의 표적물을 추적하였다. 그리고 등속운동을 고려한 2차 모델을 사용한 칼만필터의 경우에는 가속도를 고려한 경우와 같이 40개의 표적물을 추적하였다. 다중표적 추적시스템에서 추적하게 된 표적물의 수가 실제의 표적물보다 많은 이유는 영상정보를 처리하여 배경과 이동물체를 구분하는 부분에서의 오차로 인한 것이 대부분이다. 따라서 예측기 자체의 특성으로 인하여 나타나는 차이점을 고려하면, 3차의 유한구간응답필터를 사용하는 경우에는 가속운동모델을 사용하는 칼만필터보다 계산량은 절반으로 줄어들지만 추적시스템의 성능저하를 감수할 수밖에 없다. 그러나 칼만필터를 사용하되 시스템의 모델을 간단히 하여 등속운동으로 하였을 경우에는 추적시스템의 성능변화를 줄이면서 계산량을 줄일 수 있는 장점이 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 다중표적 추적시스템에서 사용되는 예측기의 종류에 따르는 시스템의 성능에 관하여 고찰하여 보았다. 다중표적 추적시스템에서는 여러 가지의 표적물을 동시에 추적하게 된다. 추적기로는 최적 추정자로 잘 알려져 있는 칼만필터를 이용하는 것이 일반적이거나 많은 계산량으로 인하여 시스템의 실시간 구현이 어려운 단점이 있어, 다중표적 추적시스템에서는 비교적 계산량이 적은 유한구간응답필터를 사용하게 된다. 여기에서는 추적기로 칼만필터를 사용하되, 그 계산량을 줄이기 위한 방법으로 운동물체의 모델을 등속운동으로 가정하여 모델의 크기를 줄이는 방법을 사용하였다. 그리고 이러한 방법이 전체적인 시스템에 주는 영향을 실제의 영상정보에 적용하여 확인하여 보았다. 주어진 방법을 다중표적 추적시스템에 적용한 결과는 칼만필터의 특성을 그대로 유지하면서 계산량을 절반이하로 줄일 수 있는 장점을 보였다. 특히 여

러 가지의 표적물을 추적하는데 있어서 영상정보로부터 얻은 위치정보를 이용하여 적은 수의 상태변수를 추정하는 것이 표적물의 운동속도에 관한 정보를 얻는데 유리한 것으로 나타났다. 이상과 같이 다중표적 추적시스템의 실시간 구현에 있어서 칼만필터를 사용할 수 있으며, 칼만필터에 사용되는 시스템의 모델을 적절히 운용하여 좋은 특성을 얻을 수 있음을 확인할 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] Y. Bar-Shalom, *Multitarget-Multisensor Tracking: Advanced Applications*, Artech House, 1990.
- [2] R. G. Brown and P. Y. C. Hwang, *Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering*, 2nd ed., John Wiley & Sons, Inc., 1992
- [3] S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, 3rd ed., Prentice Hall, 1996
- [4] R. A. Singer, "Estimating Optimal Tracking Filter Performance for Manned Maneuvering Targets," *IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-6, No. 6, pp.473-483, Jul, 1970.
- [5] R. F. Berg, "Estimation and Prediction for Maneuvering Target Trajectories," *IEEE Trans. on Automat. Contr.*, Vol. AC-28, No. 3, pp.296-304, Mar, 1983.
- [6] 황익호, 이장규, 박용환, "기동 표적 추적을 위한 일반화된 입력 추정 기법," *전기학회논문지*, 제45권, 1호, 139-145쪽, 1996년 1월
- [7] D. Beymer, P. McLauchlan, and B. Coifman, and J. Malik, "A Real-time Computer Vision System for Measuring Traffic Parameter," *Proc. of CVPR 97*, pp. 495-501, July, 1997.
- [8] M. Yeddanapudi, Y. Barshalom. and K. R. Pattipati, "IMM Estimation for Multi-target Multi-sensor Air Traffic Surveillance," *Proc. of the IEEE*, vol. 85, No. 1, pp. 80-94, Jan. 1997.
- [9] A. Gelb, *Applied Optimal Estimation*, M.I.T. Press, 1974
- [10] K. V. Ramachandra, E. R. Mohan, B. R.

Geeta, "A Three-State Kalman Tracker Using Position and Rate Measurement," *IEEE Trans. Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-29, No. 1, pp215-221, Jan. 1993.

[11] V. Markandey, A. Reid, and S. Wang, "Motion Estimation for Moving Target Detection," *IEEE Trans. on Aerosp. Electron. Syst.*, Vol. AES-32, No. 3, pp. 866-874, July. 1996.

저 자 소 개



李 淵 錫(正會員)

1960년 5월 26일. 1984년 서울대 공대 제어계측공학과 졸업. 1986년 동대학원 제어계측공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(공학박). 현재 군산대학교 공과대

학 전기전자제어공학부 조교수