

퍼지 로직을 이용한 지능적인 다중모드 목표물 추적

Intelligent Multimode Target Tracking Using Fuzzy Logic

조 재수, 박 동조
(Jae-Soo Cho, Dong-Jo Park)

305-701 대전광역시 유성구 구성동 373-1
한국과학기술원, 전기 및 전자공학과
(Department of Electrical Engineering, KAIST)
Tel) +82-42-869-8038 Fax) +82-42-869-8038
E-mail) jaesoo@tercel.kaist.ac.kr, djpark@ee.kaist.ac.kr

ABSTRACT

An intelligent multimode target tracking algorithm using fuzzy logic is presented. Multimode tracking represents a synergistic approach that utilizes a variety of tracking techniques(centroid, correlation, etc.) to overcome the limitations inherent in any single-mode tracker. The design challenge for this type of multimode tracker is the data fusion algorithm. Designs for this algorithm are based on heuristic rather than analytical approaches. A correlation-tracking algorithm seeks to align the incoming target image with a reference image of the target, but has a critical problem, so called drift phenomenon. In this paper we will suggest a robust correlation tracker with gradient preprocessor combined by centroid algorithm to overcome the drift problem.

Keywords: Intelligent multimode tracking. Robust correlation, Centroid tracker

I. 서론

목표물 자동 추적 알고리즘은 레이다나 다른 감지 센서로부터의 입력신호를 이용하여 목표물의 현재 위치, 속도, 가속도 등을 실시간으로 추정하는 알고리즘이다. 영상데이터를 이용한 추적 알고리즘으로는 여러 가지가 있으나, 기존의 추적기에서 많이 사용되어온 방법으로는 표적중심법(Centroid method)[1],[2]과 상관방식

(Correlation method)[3]이 널리 이용되고 있다. 표적 중심법의 경우는 각 시변영상을 표적과 배경으로 분리하여 이진화한 후, 표적의 중심을 추출하여 그 중심의 변화로부터 표적의 이동정보를 검출하여 그 중심의 변화로부터 표적의 이동정보를 검출하는 방법이다. 이 방법의 장점은 중심을 검출하는데 많은 시간을 필요로 하지 않으며, 표적이 다양한 움직임을 보이는 경우나 표적의 크기가 변할 경우, 그리고 표적이

비교적 빠른 움직임을 보일 경우에도 추적이 가능하다는 것이다. 그러나 표적과 배경의 밝기가 유사하거나 복잡한 경우에는 표적과 배경을 분리하기 위한 영상 분할(Image segmentation)이 어렵다는 단점이 있고, 영상분할 후 추적창(Tracking window)안에 여러개의 목표물이 있을 경우는 추적이 어렵다는 단점이 있다. 이에 반하여, 상관방식 추적법은 영상처리 및 컴퓨터 비전 분야에서 움직임 추정기법으로 많이 연구가된 블록 정합법(Block matching algorithm(BMA))을 사용한다. 블록 정합법은 현재 입력영상과 이전의 목표물에 대한 기준 영상(Reference image)과의 상관도를 정의하여 가장 상관성이 높은 위치를 현재 입력영상에서의 목표물의 위치로 결정하는 방법으로 영상분할 과정이 필요 없고, 실시간 처리가 비교적 용이한 반면, Aim point가 부정확하며 초기의 에러가 누적되면 목표물을 가지고 있는 기준영상에서 Drift현상이 발생하여, 결과적으로는 추적에 실패하는 단점이 있다.

본 논문에서는 기존의 블록 정합법이 가지고 있는 단점을 알아보고, 이 단점을 보완하는 강인한 블록 정합법을 제안하고, 시뮬레이션을 통해 그 성능을 증명하며, 무게중심법과 결합된 지능적인 다중모드 목표물 추적알고리즘을 제안한다.

II. 블록정합법 (BlockMatching Algorithm)

블록 정합법에서 현재 입력 영상과 이전의 목표물을 포함하는 기준 영상(Reference image)과의 상관정도를 나타내는 방법으로는 일반적으로 2가지를 이용한다[4]. 먼저 상관함수(Correlation function)로서 두 영상의 밝기값의 절대적인 차의 합으로 표현되는 MAD(Mean absolute difference)는 검색하고자하는 현재의 입력 영상과 이전의 기준 영상간의 각각의 화소에 대한 밝기 값의 차이를 현재 위치에서 합한 값이 된다.

$$D(i, j) = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M |R(k, l) - S(i+k, j+l)| \quad (1)$$

여기서, $D(i, j)$: 상관함수, $R(k, l)$: $N \times M$ 인 기준 영상, $S(i+k, j+l)$: (i, j) 를 중심으로 한 검색 영상이다. 다른 상관도를 정의 하는 방법으로는 상관계수(Correlation coefficient)로써 다음과 같이 현재 입력 영상내에서 검색 영역의 각각의 화소와 임시 목표물 영역의 화소간의 밝기의 곱을 합한 것으로써 다음과 같이 정의한다.

$$C(i, j) = \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M R(i, j) \cdot S(i+k, j+l) \quad (2)$$

그리고 위에서 정의한 두 상관도에 대한 False peak를 줄이기 위한 정규화된 상관도(Normalized correlation)[4]는 다음과 같다.

$$D_N(i, j) = \frac{\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M |R(k, l) - \bar{R}|}{-S(i+k, j+l) + \overline{S(i, j)}} \quad (3)$$

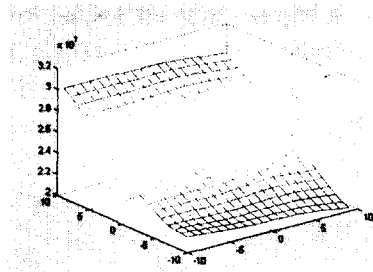
$$\bar{R} = \frac{1}{NM} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M R(k, l) \quad (4)$$

$$\overline{S(i, j)} = \frac{1}{NM} \sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M S(i+k, j+l) \quad (5)$$

$$C_M(i, j) = \frac{[\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M R(k, l)S(k+i, l+j)]^2}{[\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M R^2(k, l)][\sum_{k=1}^N \sum_{l=1}^M S^2(i+k, j+l)]} \quad (6)$$

위의 정규 상관도를 이용할 경우는 정규화되지 않은 상관도에 비해서 발생하는 첨두부(Peak)를 더욱 뾰족하게 함으로써 그 만큼 최대 정합 지점을 검색시 오류를 감소시킬 수 있게 된다. 검색 알고리즘은 현재 입력 영상내에서 가장 잘 정합이 이루어지는 위치를 얼마나 효율적으로 찾아낼 것인가 하는 과정으로 여러 가지 검색시간을 감소시킬 수 있는 방법들이 제시되어 있다. 블록 정합 알고리즘에서는 위의 2가지 상관도를 측정하는 지표로써 이용하며 MAD를 이용할 경우는 상관도 함수가 최소가 되는 점이 현재 목표물이 포함되어 있는 위치가 되고 상관 계수를 지표로 이용할 경우에는 상관계수가 최대가 되는 지점이 목표물이 포함되어 있는 지점이 된다. 일반적으로 MAD가 실제로 구현하기 용이함으로써 많이 이용된다.

블록 정합법의 가장 큰 단점은 목표물의 Aim point가 정확하지 않고, 목표물을 추적하는 동안 추적 에러가 계속 누적되어 결국에는 기준 영상이 목표물을 포함하지 못하게 되어 추적을 실패하게 된다. 그리고 배경이 복잡할 경우 상관함수에 대한 Global minimum 또는 상관계수의 Global maximum point가 실제 목표물이 존재하는 부분이 아닌 다른 부분에서 나타날 수 있다는 것이다. 위에서 언급한 블록 정합법에 대한 단점을 그림 1에서 실제 영상을 이용하여 추적한 시뮬레이션 결과를 보여주고 있다. 그림 1의 (c)는 이전 n-1 frame 목표물이 포함된 기준 영상(a)을 이용하여 검색영역(Search region) 20x20에 대한 상관함수, 식(1)에 대한 Surface를 나타내고, (d)는 상관계수,



(d) 상관계수 Surface

식(2)에 대한 Surface를 나타낸다. 그리고 (b)는 상관함수를 이용한 가장 작은 값(정합점)을 중심으로 한 추적창을 나타낸 것이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 기존의 블록 정합법을 그대로 사용할 수 없음을 알 수 있다.

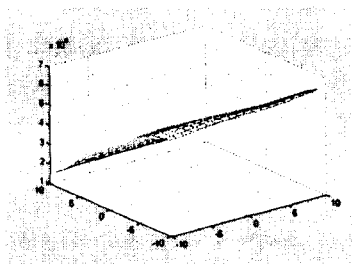
그림 1 (a),(b): 실제 영상 (n-1), (n) frame 추적결과, (c),(d): 상관함수와 상관계수 Surface



(a) n - 1 frame



(b) n frame



(c) 상관함수 Surface

III. 전처리를 이용한 강인한 블록 정합법

앞절에서 기존의 블록 정합법의 단점인 상관함수의 Global minimum or maximum point의 정확성을 높이기 위해서 우리는 그림2에서 처럼 Gradient preprocessor를 사용한 블록 정합 알고리즘을 제안한다. 기준 영상(Reference image)안에 존재하는 배경부분의 상관함수 기여도를 줄이고, 실제 목표물의 경계부분만으로 정합하기 위해서 Gradient preprocessing을 사용하였다. 영상에서 경계선을 검출하는 방법은 여러 가지가 있지만 여기서는 다음과 같이 정의되는 Gradient operator를 사용하였다[5].

$$|\nabla| = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \quad (7)$$

표1과 같은 마스크에서는 다음 수식처럼 근사화가 가능하다.

$$|\nabla| \cong |(Z1 + Z8 + Z9) - (Z1 + Z2 + Z3)| + |(Z3 + Z6 + Z9) - (Z1 + Z4 + Z7)| \quad (8)$$

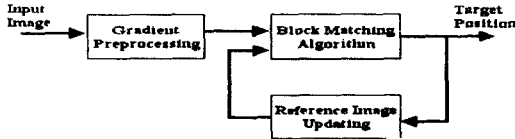
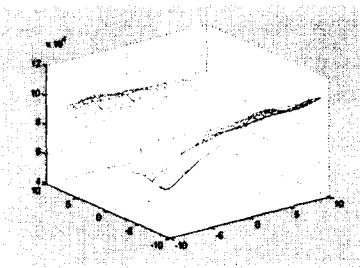


그림 2: 제안된 강인한 블록정합 알고리즘

제안한 방법을 이용하여 앞절과 마찬가지로 실제 영상에 대한 상관함수를 검색영역을 20x20으로 똑같이 하여 상관함수에 대한 Surface와 그 결과를 그림3에 나타내었다. 그림 3의 결과에서 알 수 있듯이 블록 정합법을 사용하여 복잡한 배경위에 존재하는 목표물을 추적하기 위해서는 제안하는 방법이 기존의 방법보다 False peak을 많이 감소시킬 수 있으며, 훨씬 강인하며, 실제 정합점과 상관함수에서의 최소지점이 잘 일치함을 알 수 있다.



(a) 제안된 방법에서의 상관함수 Surface



(b) 제안된 방법에서의 n frame 추적결과

그림 3: 제안된 강인한 블록 알고리즘 시뮬레이션 결과

IV. 퍼지로그직을 이용한 다중모드 목표물 추적

앞절에서 제안한 강인한 블록 정합법과

무계중심법 2가지 추적 알고리즘을 이용하여 다중모드 목표물 추적 알고리즘을 제안할 것이다. 그림 4는 제안한 방법에 대한 전체적인 블록도를 보여준다.

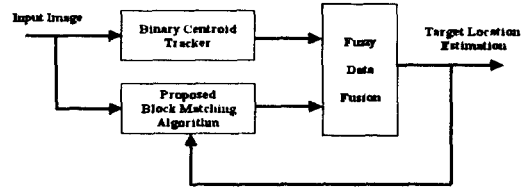


그림 4: 퍼지를 이용한 다중모드 목표물 추적 블록도

무계중심법과 제안된 블록 정합법에 의한 목표물 위치 추적결과를 퍼지규칙에 의해서 최종적인 목표물의 위치를 추정한다. 퍼지규칙에 사용된 입력변수는 다음과 같은 값을 사용하였다.

$$BE(n) = |RCF(n-1) - PCF(n)| \quad (9)$$

$$CE(n) = PE(n) + VE(n) \quad (10)$$

여기서, $RCF(n-1)$ 은 블록 정합법에서 몇 개의 이전 프레임들에서 사용된 최소 상관함수 값들의 평균을 의미하며, $PCF(n)$ 은 현재 프레임에서의 최소 상관함수 값을 나타내며, 그 차에 해당하는 $BE(n)$ 은 블록 정합법의 정확도를 나타낸다고 생각할 수 있다. 그리고 $CE(n)$ 은 무계중심법의 Position Error와 Velocity Error[2]를 합한 값으로써 무계중심법의 정확도를 나타낸다고 할 수 있다. 이와 같은 퍼지 입력변수를 이용하여 각각의 추적 알고리즘에서 나온 추적결과를 다음과 같은 9개의 퍼지규칙을 생성하였다.

Rule1: If $BE(n)$ is High and $CE(n)$ is Zero, Target Position = 1*CENT + 0*BMA

Z1	Z2	Z3
Z4	Z5	Z6
Z7	Z8	Z9

표 2: 3x3 마스크

Rule2: If $BE(n)$ is High and $CE(n)$ is Medium,

$$\text{Target Position} = 0.9 \cdot \text{CENT} + 0.1 \cdot \text{BMA}$$

Rule3: If $BE(n)$ is High and $CE(n)$ is High,

$$\text{Target Position} = \text{Predicted position}$$

Rule4: If $BE(n)$ is Medium and $CE(n)$ is Zero,

$$\text{Target Position} = 0.7 \cdot \text{CENT} + 0.3 \cdot \text{BMA}$$

⋮

Rule 9: If $BE(n)$ is Zero and $CE(n)$ is High,

$$\text{Target Position} = 0 \cdot \text{BMA} + 1 \cdot \text{CENT}$$

위의 퍼지규칙에서 CENT는 무게중심법에서 나온 목표물의 결과이며, BMA는 블록 정합법에서 나온 추적결과를 의미한다.

V. 시뮬레이션 결과 및 결론

위에서 제안한 다중모드 추적방법을 가지고 실제 영상을 이용하여 시뮬레이션한 결과를 그림5에 나타내었다. CCD 카메라의 Resolution은 640x480이며, 1초에 15 frame씩 4초간 60 frame을 사용하여 추적한 결과이다. 이 영상뿐만아니고 다른 영상에 대해서도 시뮬레이션해 본 결과 기존의 한가지 추적기만으로 추적하는 방법보다는 추적이 매우 양호함을 알 수 있었다.

우리는 이 논문에서 기존의 블록 정합법에 대한 단점을 알아보고, 이 단점을 보완하는 강인한 블록 정합법을 제안하였으며, 제안된 블록 정합법과 기존의 무게중심법을 결합하여 다중



(a) 1 frame



(b) 10 frame

모드 추적 알고리즘을 제안하였다. 그리고 제안된 방법에 대하여 실제 영상을 이용해



(c) 30 frame



(d) 60 frame

서 시뮬레이션 하여, 그 성능을 증명하였다. 앞으로 추후과제로는 실시간 처리에 대한 타당성을 검증하고, 퍼지입력 변수로 입력 영상의

특성을 고려한 입력변수를 선택하여 임의의 영상에 좋은 성능을 나타내는 추적기의 결과를 선택하는 다중모드 추적 알고리즘의 연구가 필요하다.

그림5: 실제영상 60 frame에 대한 추적결과

참고 문헌

- [1] Eliezer Oron, Anil Kumar, Yaakov Bar-Shalom, "Precision Tracking with Segmentation for Imaging Sensors," *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 29, No.3, July, 1993
- [2] 조 채수, 박 동조, "퍼지 필터를 이용한 표적중심 추적기," 제어계측·자동화·로보틱스 연구회 합동 학술 발표 논문집, pp. 487 - 490, 1998. 3.
- [3] Dennis A. Montera, Steven K. Rogers, "Object tracking through adaptive correlation" *Optical Engineering*, Jan. 1994, Vol. 33 No. 1 pp. 294 - 302
- [4] J. S. Boland, L. J. Pinson, E. G. Peters and G. R. Kane, "Design of a Correlator For Real Time Video Comparison," *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, Vol. AES-15, No. 1, pp. 11 - 19, Jan. 1979
- [5] Earl Gose, Richard Johnsonbaugh, *Pattern Recognition and Image Analysis*, Prentice Hall, 1996