

論文2001-38SP-2-5

## 움직임 벡터의 신뢰도에 기반한 이동 목표물 추적 기법

## (Moving Target Tracking Algorithm based on the Confidence Measure of Motion Vectors)

李珍晟\*, 李廣淵\*, 金聖大\*\*

(Jin-Sung Lee, Kwang-Yeon Lee, and Seong-Dae Kim)

## 요약

목표물의 위치 정보를 알아내고 그것을 추적하기 위한 대표적인 방법 중의 하나로 차영상을 이용한 움직임 영역 검출 기법이 지금까지 많이 사용되어 왔다. 이 방법은 배경이 고정되어 있는 상황이라는 가정이 필요하며, 카메라가 움직이는 경우에는 전역 움직임 보상 기법이 반드시 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 카메라가 움직이는 경우에도 차영상 정보를 이용하여 실제 이동하는 목표물을 포함하는 최소 사각형을 정확하게 찾는 방법을 제안한다.

전역 움직임 보상을 위해서 움직임 계수를 구할 때, 오류 벡터로 인해서 전역 움직임 계수를 잘못 추정하게 되면 이동 목표물의 검출에 실패하는 결과를 낳는다. 이러한 문제점으로 인하여 여기에서는 배경 영상의 신뢰성 있는 움직임 벡터를 선별하여 보다 정확한 전역 보상이 이루어지는 알고리즘을 제안하여, 결과적으로 정확한 이동 목표물의 위치를 얻는 방법에 대해서 기술하고 있다.

제안된 기법으로 다양한 영상에 적용한 결과, 배경을 효과적으로 제거하고 목표물의 위치를 대체로 정확하게 찾을 수 있다는 것을 보여 주었다. 특히 움직이는 카메라에서 얻은 영상에 대해서는 기존의 방법보다 매우 우수한 결과를 얻는다는 것을 확인할 수 있었다.

## Abstract

Change detection using difference picture has been used to detect the location of moving targets and to track them. This method needs the assumption of static camera, and the global motion compensation is required in case of a moving camera. This paper suggests a method for finding a minimum bounding rectangles(MBR) of moving targets in the image sequences using moving region detection, especially with a moving camera.

If the global motion parameter is inaccurately estimated, the estimated locations of targets will be accurate either. To alleviate this problem, we introduce the concept of the confidence measure and achieve more accurate estimation of global motion.

Experimental results show that the proposed method successfully removes background region and extracts MBRs of the targets. Even with a moving camera, the new global motion estimation algorithm performs more precisely and it reduces the background compensation errors of change detection.

\* 學生會員, 韓國科學技術院 電子電算學科 電氣 및 電子工學 專攻

\*\* 正會員, 韓國科學技術院 電子電算學科 電氣 및 電子工學 專攻

(Department of Electrical Engineering and Computer Science, Division of Electrical Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology)

※ 본 연구는 국방부 위촉 전자광학특화연구센터의 'ATR 시스템에 관한 연구(과제번호 EO-13)' 과제를 통해서 국방과학연구소(ADD)의 지원으로 수행되었습니다.

接受日字:2000年6月26日, 수정완료일:2000年11月20日

### I. 서론

목표물 자동 추적 기법(Target Detection and Tracking)은 카메라나 레이더 또는 다른 감지 센서로부터의 입력 신호를 이용하여 움직이는 목표물의 현재 위치를 파악하고 이동 정보를 추정하는 방법이다. 최근의 목표물 자동 추적 기법은 다양한 응용을 위한 연구가 진행 중이며, 특히 지상 차량이나 항공기 또는 미사일을 추적하거나 감시하는 시스템으로 많이 이용될 수 있다. 본 연구에서는 특히 입력 영상에서 이동하는 목표물이 포함되는 최소 사각형(MBR : Minimum Bounding Rectangle)을 정확하게 찾는 것을 목표로 하고 있다. 이것은 다음과 같은 점에서 중요한 의미를 갖는다.

우선 전체 영상에서 관심 영역으로 처리 영역을 줄일 수 있게 된다. 이는 다량의 정보를 갖고 있는 동영상의 계산 수행에 있어서 많은 이점을 가져다 준다. 또한 정확한 목표물 영역 분할의 전처리 과정으로 분할 오류를 현저히 줄일 수 있게 된다. 이 외에도 물체의 운동 정보 뿐만 아니라 위치 정보를 통해서 여러 가지 응용에 적용할 수 있다.

목표물의 자동 추적을 위하여 현재 영상에서 목표물의 상태, 즉 목표물의 위치, 궤적, 속도, 가속도 등의 이동 정보를 추출하기 위한 여러 가지 기법들이 지금까지 제안되어 왔다<sup>[1][2][3][4][5]</sup>. 이러한 방법들은 기본적으로

로 2차원 영상 데이터의 실시간 처리라는 큰 부담을 안고 있으며, 때때로 잘못된 검출 결과가 발생하면 그러한 오류가 다음 영상에서 계속 누적되어 나타난다는 단점을 갖고 있다. 또한 응용 범위에 따라서 다양한 입력 상황에 따라서 오류가 발생할 가능성이 높고 잡음에도 민감하며, 이를 개선하기 위하여 여러 가지 부가적인 보완 기법들과 적응적인 필터들이 논의되고 있다<sup>[6]</sup>.

본 논문에서는 이러한 방법들 중에서 기본적으로 동영상에서 목표물을 검출하고 추적하기 위한 움직임 영역 검출을 위하여 현재 영상과 이전 영상의 차영상 정보를 이용하였다. 특히 제안된 방법이 움직이는 카메라에서 얻은 입력 영상에 대해서도 대응하려면 이전 영상에 대한 전역 보상이 이루어져야 하는데, 기존의 영상 부호화 시스템에서 사용되는 전역 보상 기법은 어느 정도의 오류가 존재하더라도 그것이 압축율의 감소 결과로 나타나는 반면에, 차영상을 이용하여 이동 목표물을 찾는 방법에서는 치명적인 오류로 영향을 미치게 된다. 따라서 움직이는 카메라에서 얻은 입력 영상에 차영상 기법을 적용하기 위하여, 신뢰성 있는 배경 영상의 움직임 벡터를 선정하여 보다 정확한 전역 보상이 이루어지도록 하였다.

II절에서는 차영상을 이용한 목표물 검출 시스템의 개요를 설명하였으며, 이때 카메라가 움직이는 경우 잘못된 전역 움직임 계수 추정에서 발생하는 문제점을 살펴보았다. III절에서는 이를 해결하기 위하여 움직임 벡터의 신뢰도에 기반한 전역 움직임 추정 기법에 대

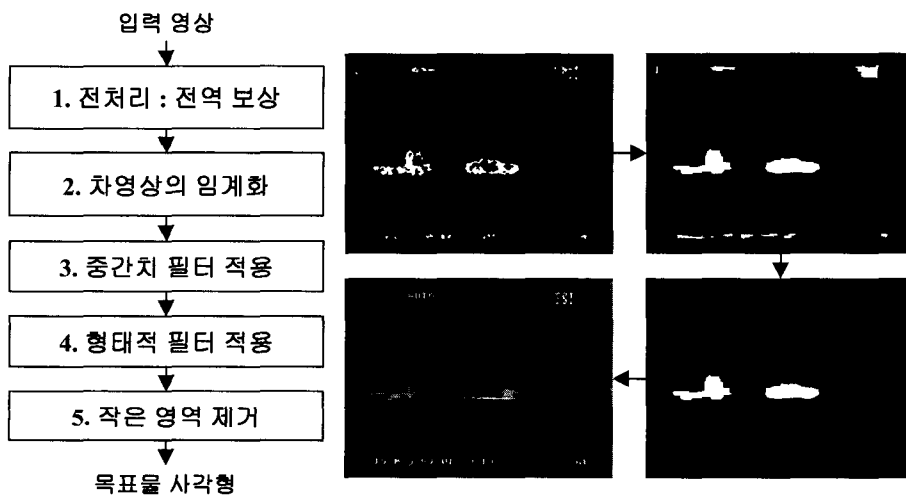


그림 1. 차영상을 이용한 목표물 검출 시스템의 개요  
 Fig. 1. Outline of a Basic Target Detection System using Difference Picture.

해서 제안하였으며, IV절에서 이를 통한 이동 목표물 검출 결과에서 개선 효과를 모의 실험을 통해서 보여 주었다. 마지막으로 V절에서는 결론과 앞으로의 향후 과제에 대해서 제시하였다.

## II. 차영상을 이용한 목표물 검출

연속 영상으로부터 추출된 차영상을 이용하여 움직임 영역을 검출하는 기법은 두 영상의 차이값을 구해서 변화 여부를 결정하므로 배경이 고정된 상황에서 빠른 처리 속도로 이동 목표물을 검출하는 장점이 있으며, 이로 인해서 다양한 실시간 시스템에서 유용하게 사용될 수 있다. 입력 영상의 다양한 상황에 따라서 검출하고자 하는 목표물의 움직임이 없거나 극히 적은 경우에는 검출에 실패하는 경우가 발생하지만, 여전히 움직임 영역을 검출하는데 있어 차영상 정보는 가장 기본적이면서도 중요한 움직임 정보라고 할 수 있다.

따라서 기본적인 차영상 기법을 보완할 수 있도록 전처리와 후처리 기법을 포함하여, 그림 1에 본 시스템에서 구성한 알고리즘의 개요를 나타내었다. 카메라가 움직이는 경우에 대해서는 전역 보상을 수행하여 배경이 고정된 상황에서 시작하며, 이에 적합한 전역 보상 기법에 대해서는 III절에서 설명한다. 그림 1에서 첫째 영상은 차영상을 임계화하고 중간치 필터를 적용한 결과이다. 여기에 형태적 필터를 적용하면 두번째 영상이 되고, 세번째 그림과 같이 작은 영역을 제거하고 나면 마지막으로 목표물을 포함하는 사각형 위치를 나타내는 결과 영상을 얻게 된다.

### 1. 임계값 결정 및 임계화

첫번째 과정은 화소 단위로 움직임 영역인지의 여부를 결정하는 것이다. 임계값을 결정하는 방법은 입력 영상의 상황에 따라서 최소한의 오류를 가질 수 있도록 연속 영상에 대해서 적응적으로 결정되어야 환경의 변화에 따른 성능 저하를 방지할 수 있다. 여기에서는 임계값 결정을 위해서 배경에서 발생하는 차영상의 분포가 평균이 0인 정규 분포를 가진다고 하는 Rosin의 가정<sup>[7]</sup>을 사용한다.

$d(x,y)$ 를 화소  $(x,y)$ 에서의 차영상 값이라고 하면, 실제 적외선 영상에서 차영상의 분포를 구하면 그림 2와 같은 히스토그램을 얻을 수 있다. 이러한 차영상 값의 분포에서 상위 의 밝기가 존재하는 영역을 이동 영역

으로 간주하여 그림 2와 같이 임계값 를 구한다.

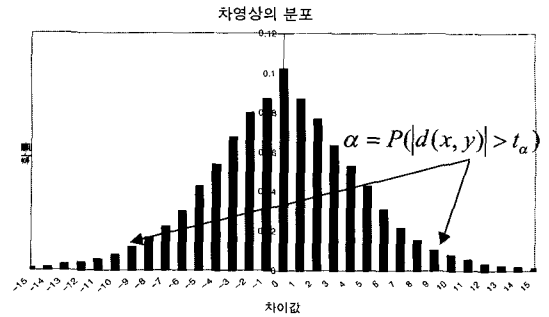


그림 2. 차영상의 분포와 임계값  
Fig. 2. Histogram of Difference Picture and Thresholding Value.

### 2. 배경 잡음의 제거

임계값 분할법으로 영상의 모든 화소를 변한 영역에 속한 화소와 변하지 않은 영역에 속한 화소로 구분하였더라도 오류는 존재하는데, 이로 인해서 실제 움직이는 물체와는 무관한 조그만 영역들이 검출된다. 따라서 이러한 배경 영역의 잘못 검출된 영역들을 제거하기 위해서 3\*3 정사각형 크기의 중간치 필터(Median Filter)와 10\*10 크기의 형태적(Morphological) 필터가 적용된다. 또한 형태적 필터는 하나의 물체임에도 여러 개의 작은 영역으로 나누어진 경우에 대해서 하나의 덩어리(blob)로 뭉쳐지도록 한다.

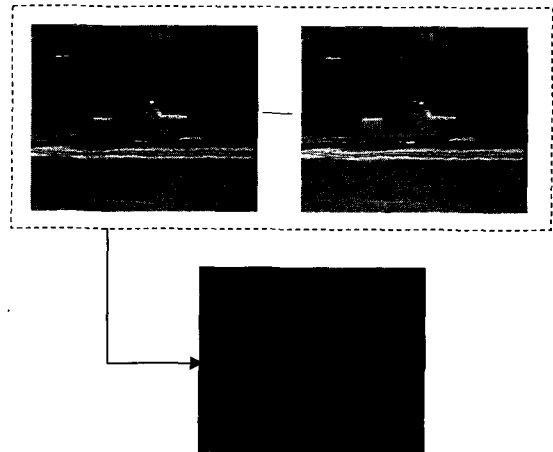


그림 3. 부정확한 전역 움직임 보상으로 인한 검출 오류

Fig. 3. Detection Error in case of Incorrect Global Motion Compensation.

이상에서 설명한 차영상을 이용하여 목표물을 검출하는 기법은 항상 배경이 고정된 상황이라는 기본적인 가정을 전제로 한다. 실제로 입력 영상에서 카메라가 움직이는 경우에는 앞에서 언급하였듯이 전역 움직임 보상 기법을 통해서 배경의 위치를 보상해 주게 되는데, 정확한 전역 움직임 보상을 위해서는 올바른 전역 움직임 계수를 추정하는 것이 필수적이다. 그러나 정확한 계수 추정에 사용되는 움직임 벡터들이 실제로는 여러 가지 요인들로 인해서 제대로 검출되지 않은 경우가 많이 발생한다. 그림 3의 예에서 보듯이, 현재 영상에 대해서 이전 영상의 올바른 전역 움직임 보상이 수행되지 않은 경우 아래 그림과 같이 원하는 결과를 얻지 못하게 된다.

따라서 입력 영상에서 카메라가 움직이는 경우, 차영상을 이용한 기법을 적용하기 전에 수행되는 전역 움직임 보상 기법은 보다 정확하게 이루어져야 한다는 것을 알 수 있다. 이에 적합한 기법에 대해서 다음 절에서 제안하였다.

### III. 신뢰도에 기반한 전역 움직임 계수 추정 및 보상 기법

여기에서는 입력 영상에서 카메라가 움직이는 경우 전역 움직임 계수를 추정할 때, 차영상을 이용한 움직임 영역 검출 기법에 적용하기 위해서 기존의 방법에 비해서 보다 정확하게 전역 움직임을 추정하는 것을

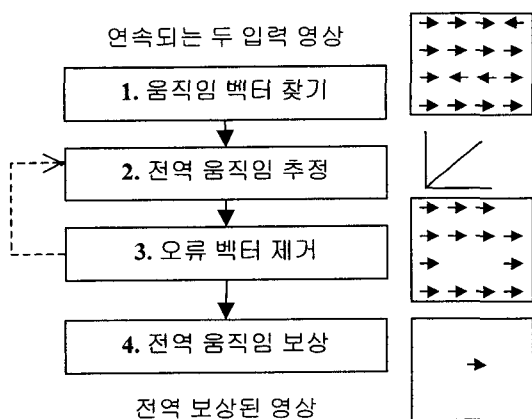


그림 4. 움직임을 벡터를 이용하는 전역 움직임 보상 기법의 개요

Fig. 4. Outline of Global Motion Compensation Algorithm.

목표로 한다. 이를 위해서 우선 기존의 전역 움직임 보상 기법의 개요를 그림 4에 나타내었다. 먼저 블록별로 움직임 벡터를 찾은 후에, 초기 전역 움직임 계수들을 추정한다. 여기에서 국부적인 움직임과 오류 벡터를 제거한 후에 이 과정을 반복하여 최종적으로 전역 움직임 계수를 얻어서 전역 움직임 보상을 수행하게 된다.

이러한 방법을 적용하였을 때 그러면 어떠한 상황에서 전역 움직임 추정 오류가 발생하는지에 대해 알아보기 위해서, BMA 기법을 통해서 움직임 벡터를 구해 보았다.(그림 5) 그림 5의 입력 영상은 카메라가 오른쪽으로 평행 이동한 경우인데, 그림에서 보듯이 배경에서 특징 없이 대체적으로 균일하게 나타나는 부분에서는 잘못된 움직임 벡터가 많이 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 이상과 같이 동영상으로부터 검출되는 움직임 벡터가 정확하지 않은 경우가 많은 것을 알 수 있으며, 이러한 움직임 벡터를 이용하여 그대로 전역 움직임 계수를 추정하는 것이 문제가 있다는 것을 알 수 있다. 결국 전역 움직임 계수를 추정할 때 사용되는 블록별 움직임 벡터들이 실제 움직임 벡터와 상당히 근접해야 하지만, 실제의 경우에는 많은 오차가 발생한다. 이를 해결하는 방법으로 여러 가지가 있을 수 있으나 본 논문에서는 움직임 벡터들 중에서 신뢰성 있는 것들을 골라서 전역 움직임 계수를 추정하는 기법을 제안한다.

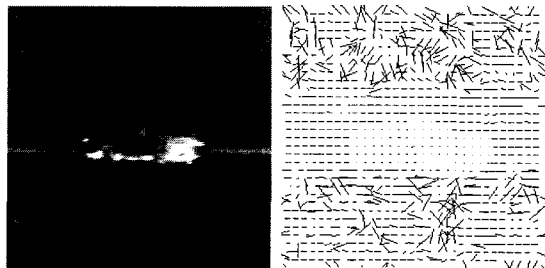


그림 5. BMA로 추정된 움직임 벡터  
Fig. 5. Motion Vectors by BMA.

이제 전역 움직임 계수 추정을 위한 정확한 움직임 벡터를 선별하는 기준에 대해서 알아본다. 신뢰성 있는 움직임 벡터를 찾을 수 있다고 생각되는 블록의 특징은 그 블록에 속한 에지들의 방향이 여러 방향으로 다양해야 하며, 코너 성분이 큰 블록이 이러한 조건을 만족한다고 할 수 있다. 코너도의 크기를 정의하는 방법에는 여러 가지가 있으나 대표적인 것이 Plessy 코너점 검출 기법<sup>[8]</sup>이다. 그러나 이 방법의 한계점은 영상 내

에서 코너점의 수가 제한적이므로, 코너점이 많지 않은 경우에는 통계적인 움직임 추정이 불가능해지며, 영상 내에서의 잡음으로 인하여 코너점이 잘못 검출된 경우에는 움직임 벡터가 잘못 추출되어 치명적인 오류로 영향을 미치게 된다. 따라서 단순히 배경 영역에서 블록의 코너도를 판별하는 것뿐만 아니라 밝기 정보에 따른 블록의 두드러짐(distinctness) 척도를 통해서 보완함으로써 각각의 블록에서 찾은 움직임 벡터에 대해서 그 정확성을 나타내는 척도인 신뢰도를 부여하여 전역 움직임 추정을 하는 것이 필요하다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 블록 내의 특징을 기반으로 움직임 벡터에 신뢰도를 할당하는 방법을 다음에서 제안한다.

### 1. 제안된 신뢰도 할당 기법

우선 이전 목표물에 해당하는 영역은 신뢰도 할당 영역에서 제외한다. 이 영역에서 나타나는 움직임 벡터는 전역 움직임이 아니라 국부적인 움직임이므로 신뢰도가 전혀 없다고 할 수 있다. 여기에서는 8\*8 크기의 블록에서 찾은 움직임 벡터에 대해서 크게 다음의 두 가지 기준으로 신뢰도를 결정하게 된다.

(i) 화소 기반 기준 : 블록 내에 포함된 화소들의 코너도가 커야 한다.

(ii) 블록 기반 기준 : 블록 내에서 코너도가 큰 점이 밝기 측면에서도 두드러져야 높은 신뢰도를 갖는다고 간주한다.

첫번째 기준을 위해서, 먼저 영상 전체로 볼 때 n번째 8\*8 크기의 블록에서, 블록 내의 64개 화소에 대해서 각각 Plessy 코너 검출 기법에서 정의한 코너도를 계산하여 최대값과 최대값을 가지는 위치를 식 (1)과 같이 구한다. 이 최대값  $C_n$ 을 현재 블록의 코너도로 정하며, 최대값을 가지는 화소 위치를  $i$ 로 둔다.

$$c_i = \text{Det}(A) - k \cdot \text{Trace}^2(A) \quad i=0,1,\dots,63$$

$$C_n = \max\{c_i\}$$

$$A(x, y) = \begin{bmatrix} \langle I_x^2 \rangle & \langle I_x I_y \rangle \\ \langle I_x I_y \rangle & \langle I_y^2 \rangle \end{bmatrix} \quad (1)$$

A에서 I는 각각 x, y 방향에 해당하는 밝기의 일차 미분값이며,  $\langle \rangle$  기호는 가우시안 평탄화 처리를 의미한다. 가우시안 필터링을 위한 윈도우 크기는 8\*8 화소로 정하였다.

두번째 기준을 위해서, 앞에서 구한 블록 내에서 최대 코너도를 가지는 점  $p_n$ 이 얼마나 블록 내에서 두드

러지는지를 나타내는 척도  $L_n$ 을 다음과 같이 SUSAN 특징 블록 검출 기법<sup>[9]</sup>에서 정의하는 식을 적용하여 식 (2)와 같이 구한다. 이때  $th$ 값은 밝기 면에서 상호 두드러짐 정도를 판별하는 기준 임계값이 된다.

$$L_n = \sum_{i=0}^{63} (1 - e^{-\frac{I(p_n) - I(i)}{th}})^6 \quad (2)$$

결과적으로 신뢰도는 두 가지 기준을 서로 보완하는 방향으로 적용하기 위해서, 블록 n에 대해서 식 (1)의  $C_n$ 와 (2)의  $L_n$ 의 조합으로 구성된다. 이 때  $C_n$ 와  $L_n$  값의 레벨이 다르므로 이를 조절하는 계수를  $\lambda$ 로 둔다. 즉, 0과 1사의 값을 갖는 신뢰도  $w_n$ 은 다음과 같이 결정된다.

$$w_n = (C_n + \lambda L_n) / \max_k (C_k + \lambda L_k) \quad (3)$$

### 2. 결정된 신뢰도를 이용한 전역 움직임 추정

전역 움직임 계수는 많이 사용되는 6계수 추정 기법을 이용하며, 모든 움직임 벡터의 총 개수를 N이라고 할 때, 앞에서 구한 신뢰도를 가중치로 하여 새로운 전역 움직임 계수를 다음과 같이 구한다. 여기서  $a_1 \sim a_6$ 는 각각의 6계수 값을 나타낸다.

$$\begin{aligned} E(a) &= \min \left\{ \sum_{i=1}^N w_i \epsilon(i)^2 \right\} \\ &= \sum_{i=1}^N \{ w_i \cdot [v_X(x_i, y_i) - \hat{v}_X(x_i, y_i) - \hat{v}_Y(x_i, y_i)]^2 \} \\ a &= [a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6]^T \\ \begin{bmatrix} \hat{v}_X(x_i, y_i) \\ \hat{v}_Y(x_i, y_i) \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_4 & a_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_i \\ y_i \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} a_3 \\ a_6 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4)$$

식 (4)를 통해서 구한 6계수 식을 나타내면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N w_i x_i^2 & \sum_{i=1}^N w_i x_i y_i & \sum_{i=1}^N w_i x_i \\ \sum_{i=1}^N w_i x_i y_i & \sum_{i=1}^N w_i y_i^2 & \sum_{i=1}^N w_i y_i \\ \sum_{i=1}^N w_i x_i & \sum_{i=1}^N w_i y_i & \sum_{i=1}^N w_i \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N w_i v_X(x_i, y_i) \\ \sum_{i=1}^N w_i y_i v_X(x_i, y_i) \\ \sum_{i=1}^N w_i v_X(x_i, y_i) \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} a_4 \\ a_5 \\ a_6 \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N w_i x_i^2 & \sum_{i=1}^N w_i x_i y_i & \sum_{i=1}^N w_i x_i \\ \sum_{i=1}^N w_i x_i y_i & \sum_{i=1}^N w_i y_i^2 & \sum_{i=1}^N w_i y_i \\ \sum_{i=1}^N w_i x_i & \sum_{i=1}^N w_i y_i & \sum_{i=1}^N w_i \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N w_i x_i v_Y(x_i, y_i) \\ \sum_{i=1}^N w_i y_i v_Y(x_i, y_i) \\ \sum_{i=1}^N w_i v_Y(x_i, y_i) \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (5)$$

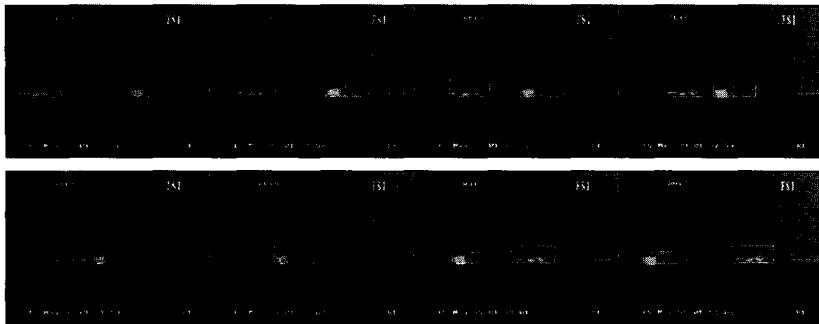


그림 6. 목표물 사각형 검출 결과  
Fig. 6. Target Detection Results.

이와 같이 신뢰도를 할당하여 전역 움직임을 추정하여도 추정된 결과에 크게 벗어나는 오류 벡터가 존재하게 된다. 결정된 초기 6계수 값을 통하여 실제 구한 움직임 벡터와 대응시켜 잘못된 움직임 벡터를 찾아내어 제거하고, 이와 같은 과정을 반복하여 수렴이 이루어지는 최종적인 전역 움직임 계수들을 구한다.

IV. 실험 결과 및 분석

II, III절에서 제시한 목표물 위치 추정 알고리즘의 성능을 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 수행하였다. 입력 영상은 세가지 목표물(티코, 세피아, 트럭)에 대한 적외선 영상으로 하였으며, 각각 평행 이동, 회전 이동, 확대 이동을 나타내는 총 287장의 영상을 사용하였다.

그림 6은 두개의 목표물이 서로 교차하는 연속 영상에 대해서 10프레임마다 나타나는 검출 결과를 연속적으로 나타낸 것이다. 그림 6에서 보듯이 여러 개의 목표물이 존재하는 경우에도 검출 현상이 발생한 후 각각의 목표물을 제대로 추적하고 있다는 것을 알 수 있다.

1. 무게 중심의 변화

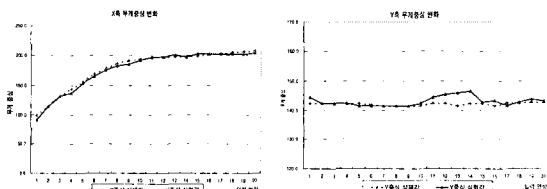


그림 7. 검출된 목표물의 무게 중심 변화  
Fig. 7. Temporal Transition of the Centroid of Detected Target.

앞의 결과를 좀더 수치적으로 보이기 위하여 그림 7에 목표물의 실제 무게 중심값을 점선으로, 검출 결과 얻은 실험값을 실선으로 나타내어 비교하였다. X축 무게 중심, Y축 무게 중심값이 모두 대체적으로 실제 위치값에 근접하여 나타난다는 것을 확인할 수 있다.

2. 평균 검출 오차

평균 검출 오차는 표 1에서와 같이 약 2.7화소로 나타났다으며, 이 값은 전체 영상의 해상도 면에서 볼 때 상대적으로 작은 값이므로 평균적으로 잘 검출한다는 것으로 간주할 수 있다.

표 1. 검출 오차의 평균

Table 1. Average Detection Errors.

목표물	영상 수	왼쪽	오른쪽	위	아래	에러 합	평균
티코	163	2.350	1.644	6.086	0.859	10.939	2.735
세피아	38	5.395	2.474	2.605	0.842	11.316	2.829
트럭	86	5.616	2.302	1.593	0.512	10.023	2.506
계	287	3.732	1.951	4.279	0.753	10.714	2.679

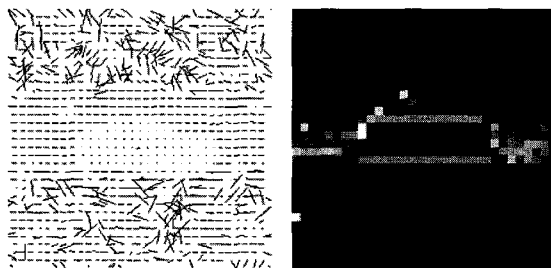


그림 8. 적외선 영상의 움직임 벡터 신뢰도 할당 결과  
Fig. 8. Confidence Measure Assignment of Motion Vectors and their Confidence Measures in a FLIR Image.

3. 움직임 벡터의 신뢰도 할당 결과

실제 영상에서 블록 별로 움직임 벡터를 찾은 후에 각각의 움직임 벡터에서 신뢰도가 어떻게 할당되는지를 알아 본다. 그림 8에서 어두운 부분은 신뢰도가 낮고 밝은 부분은 신뢰도가 높다는 것을 의미한다. 오류 벡터에 대해서는 낮은 신뢰도가 할당되고, 정확한 벡터에 대해서 높은 신뢰도가 할당되는 것을 그림 8에서 알 수 있다.

4. 전역 움직임 계수 추정 결과

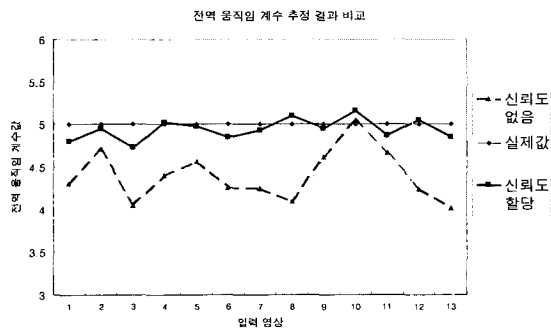


그림 9. 전역 움직임 계수의 추정 결과 비교  
Fig. 9. Estimation results comparison of global motion parameters.

움직임 벡터에 신뢰도를 할당하지 않는 기존의 방법에 비해서 신뢰도를 할당한 기법이 전역 움직임 계수 추정에서 얼마나 개선되는지를 수치적으로 알아볼 수 있도록, 실제 전역 움직임 계수값을 알고 있는 실험 영상을 제작하여 모의 실험을 수행하였다. 동일한 조건에서 신뢰도를 사용한 것과 사용하지 않은 경우에 실험을 통해서 얻은 계수값을 그림 9에서 비교하였다. 여기에서는 640\*480크기로 획득한 영상에서 256\*256 크기의 윈도우를 오른쪽으로 일정 크기만큼 이동시켜 가면서 입력 영상을 획득함으로써, 시간적으로 변하는 잡음이 존재하면서 전역 움직임의 실제 크기를 알 수 있도록 카메라가 움직이는 입력 영상 환경을 구현하였다. 그림 9는 전역 움직임 6계수 중에서 평행 이동의 크기를 추정한 결과를 실제값과 비교한 것이다. 한 프레임을 제외하고 모든 영상에서, 신뢰도를 할당하여 전역 움직임 계수를 구했을 때가 신뢰도를 할당하지 않았을 때보다 실제값과 훨씬 더 근접하여 나타났다.

그림 10에 CCD 입력 영상에 대해서 목표물 검출 결과를 나타내었다. 기존의 기법으로 목표물을 검출한 경우, 전역 움직임 추정에서의 약간의 오류로 인하여 실

제 목표물의 크기보다도 더 크게 검출하였다. 이에 반해서 제안된 기법으로 검출한 결과는 목표물을 포함하는 사각형을 거의 정확하게 찾아내었다.

그림 11에 나타난 적외선 영상의 경우에는 이러한 오차가 더욱 커진다. 배경이 복잡하기 때문에 기존의 기법과 같이 전역 움직임 추정에서 오류가 발생하는 경우에는 이러한 배경까지 모두 포함하는 커다란 사각형으로 검출하였으며, 반면에 신뢰도를 할당한 개선된 기법을 적용하였을 때는 정확한 전역 움직임 보상으로 인하여 목표물을 정확하게 검출하였다.

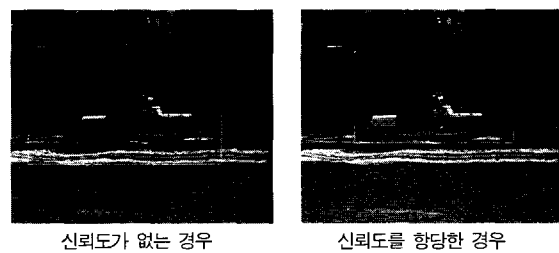


그림 10. CCD 영상에서 움직임 보상 후 목표물 검출 개선 결과  
Fig. 10. Improved target detection result after motion compensation in CCD image.

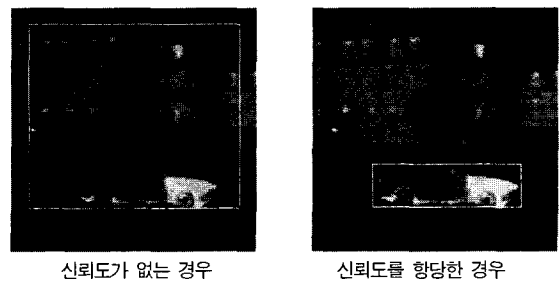


그림 11. 적외선 영상에서 움직임 보상 후 목표물 검출 개선 결과  
Fig. 11. Improved target detection result after motion compensation in FLIR image.

V. 결론 및 향후 과제

본 논문에서는 이동하는 목표물이 존재하는 연속 영상을 대상으로 하여 목표물을 포함하는 최소 사각형을 찾을 수 있는 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 고정된 카메라 상황에서 빠른 속도로 수행되었으며, 특히 카메라가 움직이는 경우에도 정확하게 배경 움직임 보상을 하여 차영상 기법을 적용할 때의 오류를 최소화

하도록 하였다. 제안한 기법의 성능 평가를 위하여 목표물의 밝기값이 배경과 뚜렷하게 구별되지 않는 적외선 입력 영상 287장에 대해서 실험을 수행한 결과, 사각형 좌표 하나의 평균 검출 오차가 약 2.7화소로 나타났다. 특히 신뢰도를 할당한 움직임 벡터를 통해 전역 움직임 보상을 수행하는 제안한 방법이 신뢰도를 할당하지 않고 전역 움직임 보상을 수행하는 기존의 방법에 비해서 매우 우수한 이동 목표물의 검출 결과를 얻을 수 있도록 하였다.

앞으로 본 연구에서는 신뢰도를 결정하는 방법을 좀 더 다양한 상황에 적용해 보고, 여러 가지 오류 상황에도 민감하지 않은 개선된 식을 도출해 낼 수 있는 논의가 계속되어야 할 것이다. 또한 신뢰도를 도출하는 식에는 여전히 실험적으로 결정해야 할 고정적인 인자 값들이 남아 있으므로, 이를 적응적으로 결정할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하다. 마지막으로 현재까지는 단지 이전 영상과 현재 영상의 차영상 정보만을 이용하고 있는데, 목표물의 움직임의 연속성을 고려하여 이전에 목표물의 위치 정보들을 함께 이용한다면 더욱 정확하게 목표물의 위치를 추정할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Don Murray and Anup Basu, "Motion Tracking with an Active Camera", IEEE Trans. Pattern Analysis and Mach. Intel., Vol.16, No.5, pp.449-459, May, 1994.  
 [2] Rohit Gupta, Mitchell D.Theys, Howard Jay Siegel, "Background Compensation and an Active-Camera Motion Tracking Algorithm", Proc. of 1997 Int. Conf. On Parallel Processing, pp.431-440, 1997.

[3] Anil Kumar, Yaakov Bar-Shalom, Elizer Oron, "Precision Tracking Based on Segmentation with Optimal Layering for Imaging Sensors", IEEE Trans. Pattern Analysis and Mach. Intel., Vol.17, No.2, pp.182-188, Feb., 1995.  
 [4] S.M.Smith, J.M.Brady, "ASSET-2 : Real-Time Motion Segmentation and Shape Tracking", IEEE Trans. Pattern Analysis and Mach. Intel., Vol.17, No.8, pp.814-820, Aug. 1995.  
 [5] 장순화, "Difference Picture의 영역과 경계를 이용한 이동벡터의 추정과 이동물체의 추출", 한국과학기술원 석사학위논문, 1987  
 [6] 김병규, "동영상 데이터에서 부최적 임계값을 이용한 적응 정밀 추적 알고리즘", 한국과학기술원 석사학위 논문, 1998  
 [7] Paul L. Rosin, "Thresholding for Change Detection", Proc. of ICCV '98, pp.274-279, 1998.  
 [8] C.G.Harris and M.Stephens, "A Combined Corner and Edge Detector", Proc. of Alvey Vision Conf., 1988.  
 [9] S.M.Smith and J.M.Brady, "SUSAN-A New Approach to Low Level Image Processing", Int. Journal of Computer Vision, Vol.23(1), pp.45-78, 1997.  
 [10] 이진성, 이훈철, 김성대, "적외선 영상에서 움직임 영역 검출을 이용한 목표물 검출 및 추적 기법", 제 12회 신호처리 합동학술대회 논문집, pp.185-188, 1999

저 자 소 개



李 珍 晟(學生會員)  
 1998년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학사). 2000년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 2000년~현재 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 박사과정. 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터 비전, 움직임 추적



李 廣 淵(學生會員)  
 1996년 한양대학교 전자통신공학과 졸업(공학사). 1998년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사). 1998년~현재 한국과학기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공 박사과정. 관심분야 : 영상분할, 컴퓨터 비전, 영상기반 렌더링





金聖大(正會員)

1977년 서울대학교 전자공학과 졸업  
(공학사). 1979년 한국과학기술원 전  
기 및 전자공학과 졸업(공학석사).

1983년 프랑스 INPT ENSEEIHT  
졸업(공학박사). 1984년~현재 한국  
과학기술원 전기 및 전자공학과 교

수. 관심분야 : 영상처리, 영상통신, 컴퓨터 비전, VLSI  
구현 등