

論文99-36S-11-10

머신비전을 이용한 Cross Coil Movement 자동검사 시스템에 관한 연구

(A Study on Auto Inspection System of Cross Coil Movement Using Machine Vision)

李 哲 憲 * , 薛 盛 旭 ** , 朱 在 欽 *** , 李 相 瓚 **** , 南 基 坤 **

(Chul-Hun Lee, Sung-Wook Seol, Jae-Heum Joo, Sang-Chan Lee,
and Ki-Gon Nam)

요 약

본 논문은 움직이는 물체가 존재하는 영상열에서 특정 물체만을 계속 추적하고자 하는 방법을 제안하였다. 밝기값과 동작(motion)경계점에 기반을 둔 윤곽선(contour) 추적 알고리즘을 이용하였다. 영상에서 움직이는 물체의 윤곽선의 동작은 이동, 회전, 크기변화를 나타내는 아핀 동작 모델에 의해 잘 묘사되어짐을 가정한다. 움직이는 물체의 윤곽선은 영상열을 따라 추정되는 B-스플라인에 의해 위치와 동작이 표현된다. 패턴 인식을 이용하여 추적하고자하는 물체인지를 판별한다. 선형 칼만 필터를 사용하기 위해 아핀 동작 매개변수와 움직이는 물체의 윤곽선 모양(shape)의 두 필터로 추정과정을 나누었다. 차량계기판을 대상으로한 실험영상에서 이 방법을 이용하여 방해물체가 존재하는 경우에도 안정된 동작의 추정과 추적된 궤적의 획득이 가능함을 보였다.

Abstract

In this paper we address the tracking method which tracks only target object in image sequence including moving object. We use a contour tracking algorithm based on intensity and motion boundaries. The motion of the moving object contour in the image is assumed to be well describable by an affine motion model with a translation, a change in scale and a rotation. The moving object contour is represented by B-spline, the position and motion of which is estimated along the image sequence. we use pattern recognition to identify target object. In order to use linear Kalman Filters we decompose the estimation process into two filters. One is estimating the affine motion parameters and the other the shape of moving object contour. In some experiments with dial plate we show that this method enables us to obtain the robust motion estimates and tracking trajectories even in case of including obstructive object

I. 서 론

컴퓨터 비전 기술은 모니터링되는 일정 영역에서 움

* 正會員, 梁山大學 事務自動化科

(Dept. of Office Automation, Yongsan College)

** 正會員, 釜山大學校 電子工學科

(Dept. of Electronics, Pusan National Univ.)

*** 正會員, 智山大學 電子計算科

(Dept. of Computer Science, Jisan College)

**** 正會員, 東義工業大學 電子計算科

(Dept. of Image Processing, Dongeui Institute of Technology.)

接受日字:1999年2月5日, 수정완료일:1999年8月27日

직이는 물체의 동작에 관한 정보를 얻기 위해 사용될 수 있다. 예를 들면, 움직이는 물체의 정체 현상과 일정한 흐름 유지 및 흐름의 걸림 현상 등에 관한 정보이다. 이런 유형의 정보를 추출하기 위해 장면(scene)으로부터 움직이는 물체의 분할이 필요하다.^[1] 분할된 결과로 물체의 수와 물체 중심을 이용한 이동벡터, 물체의 방향과 움직인 궤적을 알 수 있으며 동작 변수에서 수집된 통계적 자료로부터 움직임의 안정성, 흐름 및 걸림 현상과 같은 이상 현상들을 분류해 낼 수 있다.

정확한 정보 추출을 위해 물체분할 과정은 모니터링되는 외부 장면들에 빛의 변화에 대한 적응이 필요하다. 움직이는 물체의 추적을 위해서 지금까지 연구된 가장 대표적인 방법은 3차원 모델기반 추적(3D-model-based tracking) 알고리즘이다.^[2,3,4] 3차원 모델 기반 추적 알고리즘은 물체의 정확한 3차원 위치를 추정할 수 있지만, 수행 시간이 많이 걸리고, 모델에 대한 사전 지식이 있어야 한다. 따라서, 3차원 모델 기반 추적 알고리즘은 실시간으로 처리되는 추적 시스템을 구현하기에는 부적합하다. 보다 간단하고 빠르면서 움직이는 물체 변화에 적응력이 뛰어나고 다른 물체의 방해에도 추적하고자하는 대상 물체만을 추적하는 시스템이 필요하다.^[5]

본 논문은 움직이는 물체 변화에 적응력이 뛰어나고 다른 물체의 방해에도 특정 물체만을 추적하는 시스템을 제안코자 한다. 동일한 물체만을 계속 추적하기 위해 2-D 영상에서 움직이는 물체에 대한 모양의 패턴정보^[6]를 사용한다. 투영된 움직이는 물체는 폐윤곽선(closed contour)^[7,8]에 의해 표현된다는 제한 조건을 둔다. 물체 움직임의 변화에 대한 적응력을 높이며, 동작 특성에 따른 동작 추정을 위해 선형 칼만 필터(linear Kalman Filter)^[9]를 사용한다. 제안된 추적 시스템은 동작 분할 단계에서 움직이는 물체의 동작과 모양의 정보를 추출한다. 패턴 인식은 추적 대상 물체를 식별하기 위해 사용된다. 물체의 모양은 볼록다각형(convex hull)^[3,10]의 B-스플라인^[11] 근사화를 이용해 얻은 2-D 윤곽선이며, 추적 대상 물체의 특징을 추출하는데 사용된다. 추적 대상 물체의 특징은 변형된 K-means 알고리즘을 사용하여 연계되며, 최소거리 패턴 분류기를 이용하여 동일 물체로 인식한다.

제안된 추적 시스템은 II장의 동작 분할 단계를 통해 초기화되어진다. 광류(optical flow) 혹은 차이 벡터 분할(displacement vector segmentation)을 이용하는 다

른 동작 분할 방법이 있으나 배경 영상에 기반을 둔 차이영상을 통해 보다 더 좋은 결과와 보다 빠른 수행 결과를 얻을 수 있다. III장은 동일한 물체 인식^[6]을 다룬다. 다른 잡음 물체가 모니터링되어지는 영역에 나타난다해도 추적을 계속할 수 있다. IV장은 추적 단계에서 사용되어지는 아핀 동작 모델^[8]을 설명하고 있다. 동작 분할로부터 볼록 다각형에 기반을 둔 일정한 윤곽선을 추출하게된다. V장은 다음 영상 프레임에서 움직이는 물체의 모양과 동작을 예측하기 위해 선형 칼만 필터를 사용한다. VI장은 추적 시스템의 초기화와 전체 시스템에 관한 알고리즘을 설명한다. VII장은 정상적으로 움직이는 물체를 추적한 결과와 다른 잡음 물체가 출현한 경우에 물체를 추적한 결과 그리고 움직임의 변화가 있는 물체를 추적한 결과를 보여준다.

II. 동작 분할

동작 분할은 영상을 그 구성 성분 또는 물체별로 나누는 영상 분할(image segmentation)의 과정을 거친 후, 그 구성 성분 또는 물체가 움직여서 발생하는 특징을 알아내는 작업을 일컫는다. 추출되는 특징은 물체의 중심점과 방향 그리고 중심점사이의 이동벡터이다.

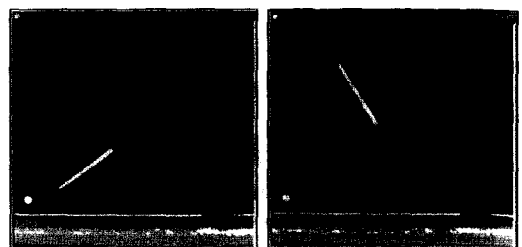
1. 배경 모델

움직이고 있는 물체를 움직이지 않는 배경으로부터 분리하는 가장 간단한 방법은 매번 얻어지는 새로운 영상 프레임과 추정해서 연계되는 변화가 없는 배경 영상(background image)과의 차이(difference)를 측정하는 것이다. 이 방법은 움직이지 않는 배경을 필요로 하게 된다. 배경 영상을 얻는 방법은 다음 (1)식과 같다.

$$I_{bg} = \text{Min}(I_0, I_1) \text{ or } \text{Max}(I_0, I_1) \quad (1)$$

I_0 와 I_1 은 이전과 현재 시간의 영상, I_{bg} 는 배경영상을 나타낸다.

그림 1은 배경을 얻는 과정을 나타낸다.



(a)

(b)

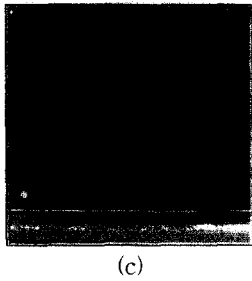


그림 1. 배경 모델
 (a) I0 (b) I1 (c) Ibg
 Fig. 1. Background model.
 (a) I0 (b) I1 (c) Ibg.

물체의 밝기값(intensity)이 주위 배경보다 큰 경우는 $\text{Min}(I_0, I_1)$, 그 반대인 경우는 $\text{Max}(I_0, I_1)$ 로 배경을 얻게 된다. I_0 와 I_1 의 물체가 겹쳐지지 않고 움직인 두 영상을 이용하여 움직이지 않은 배경을 구하게 된다.

2. 영상 분할과 적응 배경 모델

영상 분할은 컴퓨터에 의한 영상 분석에서 반드시 다루어야 할 부분이다. 영상 분할을 통한 물체의 모습이나 구성 성분은 다음 단계에 이어질 영상 해석이나 인지 또는 묘사에서 필요하기 때문이다. 영상 분할은 크게 2가지 주요한 착안에 의하여 이루어질 수 있다. 명암도의 불연속성과 명암도의 유사성이 그것이다. 명암도의 불연속성에 착안한다면 불연속성을 찾아내는 방법이 관건이고, 명암도의 유사성에 근거한다면 명암도가 유사한 화소들을 계속적으로 찾아서 같은 영역 안에 있는 것으로 분류하는 것이 요점이다. 명암도의 유사성에 착안한 영상 분할 방안 중 영역 확대법(region growing)을 사용한다.

실내의 환경하에서 움직이는 물체의 분할은 또한 일정시간이 지난 후 주위의 빛 조건의 변화에 따라 배경의 새로운 추정이 필요하게 된다. 따라서 배경 영상의 움직이지 않은 부분에서 발생된 변화는 움직이고 있는 물체를 분할할 때 차이 측정에 이용되어야한다. 여기에서 주어진 방법은 주위 환경에 따라 변화가능한 적응력이 있는 배경 모델을 사용하고 있다. 배경은 매번 새로운 프레임을 얻은 후 다음 식에 따라 갱신되게 된다.^[10]

$$B_{t+1} = B_t + (\alpha_1(1 - M_t) + \alpha_2 M_t) D_t \quad (2)$$

B_t 는 t 시간에서 배경 모델을 나타내고 D_t 는 현재 프

레이프와 배경 모델사이의 차이를 나타내며, M_t 는 움직이고 있는 물체의 이진 영상을 나타낸다. α_1 과 α_2 는 배경영상의 변화율에 다른 추정치에 기초하며, 시뮬레이션을 통해 좋은 결과를 보여주는 값을 사용하게 된다.

$\alpha_1 = 0.05$ 와 $\alpha_2 = 0.005$ 의 작은 상수값으로 정했을 때 좋은 결과를 얻었다.

3. 분할화

그림 2는 배경 영상을 이용하여 움직이는 물체를 분할하는 과정을 블록다이어그램으로 나타낸 것이다. 움직이고 있는 물체의 이진 영상은 차영상에서 임계값 이상의 값을 획득함으로써 얻게 된다. 영상의 위치를 x 라면,

$$M_t(x) = \begin{cases} 1 & |D_t(x)| > T_t \\ 0 & \end{cases} \quad (3)$$

식(3)은 차영상의 절대치가 움직이는 물체의 위치에서 T_t 보다 크다는 것을 가정한 것이다.

임계값은 차영상의 명암 히스토그램의 분석을 통해 얻어진 두 개의 마루를 분리하는 최소치이다.

이렇게 얻어진 이진영상에서 영상 분할의 방법중 영역 확대(region growing)방법을 이용하여 움직인 물체의 영역을 분할하게 된다.

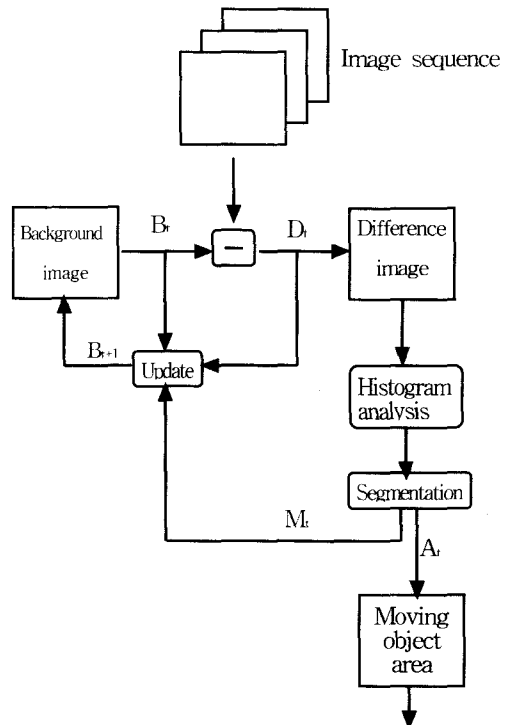


그림 2. 분할과 적응 배경 과정의 블록 다이어그램
 Fig. 2. Block diagram of segmentation and adaptive background procedure.

III. 패턴 인식

움직이는 물체를 추적하는 사람의 시각 기능은 추적하고자 하는 물체의 패턴을 인식한 후, 동일 물체를 따라 추적하게된다. 3D의 물체가 투영되어 2D영상에서 나타나는 물체의 윤곽선을 패턴으로 사용하여 움직이는 물체를 인식하고자 한다.

1. 윤곽선 추출

동작 분할 단계는 움직이는 3-D 물체 투영에 따른 영상 조각(patch)이 주어진다고 가정한다. 영상 분할과 정에서 얻어지는 물체의 영역을 통해 특징을 추출하게 된다. 일반적으로 추출되어지는 특징들은 물체의 윤곽선, 중심점, 방향과 면적이다. 이렇게 얻어진 특징점들은 인식하고자 하는 물체의 패턴으로 사용된다. 물체의 윤곽선은 영역 확대법에 의해 얻어진 픽스맵내에서 블록다각형을 찾는 방법에 의해서 얻어지는 정점들이다. 이들 정점의 수는 영상열을 통해 움직이는 물체의 크기와 모양 변화에 따라 바뀔 수 있다.

윤곽선은 이 정점들 사이를 연결하여 얻게 되는데, 정점 수의 변화에 따라 윤곽선 크기와 모양마저 변화가 있게 된다. 이에 블록 다각형에 의해 얻어진 정점들을 이용하여 B-스플라인 근사화를 함으로써 일정한 형태의 윤곽선을 얻게 된다.

1. 블록 다각형

2차원 영상에서 일반적인 점들의 블록 다각형[10]을 찾는 것은 이들 점들이 x, y 좌표에 의해 정렬되어져 있다는 사실을 이용하게 된다. 따라서 다음과 같은 간단한 방법의 알고리즘을 생각할 수 있다. 그림 3은 다음 과정을 나타낸다. 먼저 첫 번째 scanline에서 시작하게 되고 각 scanline에서 맨 왼쪽과 맨 오른쪽 점을 찾게 된다.

블록 다각형에 관련된 가장 최근의 두 점을 $p_{i-2} = (x_{i-2}, y_{i-2})$ 와 $p_{i-1} = (x_{i-1}, y_{i-1})$ 라 두자. 그리고 현재 scanline에서 선택되는 맨 왼쪽 혹은 맨 오른쪽 점을 $p_i = (x_i, y_i)$ 라고 하자. p_{i-1} 이 불록한 위치의 정점인지는 Hd_i 로 판별되며, Hd_i 는

$$Hd_i = \begin{vmatrix} x_{i-2} & y_{i-2} & 1 \\ x_{i-1} & y_{i-1} & 1 \\ x_i & y_i & 1 \end{vmatrix} \quad (4)$$

과 같고, 판별 조건은

$$Hd_i \begin{cases} \leq 0 & \text{for } p_i \text{ on the left side} \\ \geq 0 & \text{for } p_i \text{ on the right side} \end{cases} \quad (5)$$

이며, 식(5)를 만족하게 된다면 블록 다각형의 정점에서 p_{i-1} 을 제거하도록 한다.

Hd_i 는 실제 세 점의 방향을 결정하게 된다.

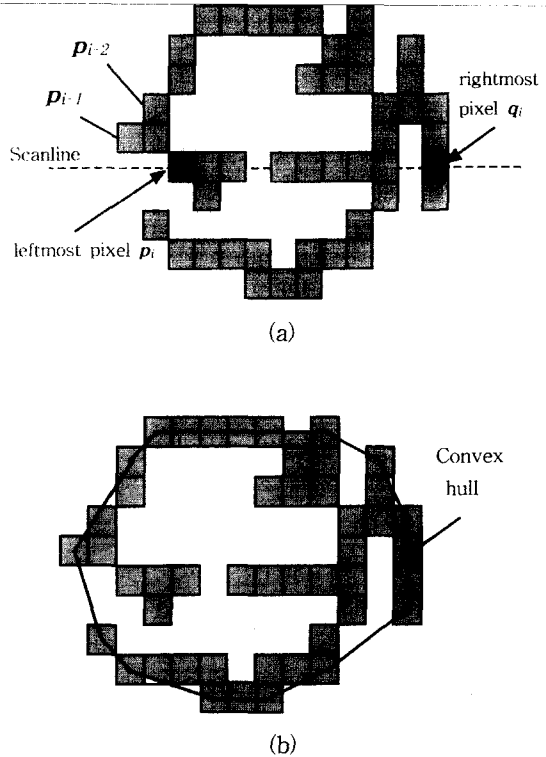


그림 3. 블록 다각형
(a) 블록 다각형의 왼쪽면에 관련된 가장 최근의 두 픽셀들에 대한 scanline의 맨 왼쪽 픽셀 p_i 와 맨 오른쪽 픽셀 q_i
(b) 최종 블록 다각형

Fig. 3. Convex Hull.
(a) the left most pixel p_i and the rightmost pixel q_i of scanline with the last two pixels associated to the left side of the convex polygon: p_{i-2}, p_{i-1} .
(b) final convex hull.

2. 블록 다각형의 B-스플라인 근사화를 통한 분할 구조 묘사
움직이는 물체의 윤곽선은 물체의 영역내부의 모든

후보 윤곽선을 둘러싸는 블록 다각형에 의해 주어진다. 이 블록 다각형은 관련된 블록 다각형의 정점들에 의해 표현되어진다. 이들 정점의 수는 물체의 움직임에 따라 그 크기와 모양이 변함으로 바뀌게 된다. 따라서 이들 정점으로 연결되는 윤곽선 또한 크기와 모양이 변함에 따라 바뀌게 된다. 이에 B-스플라인 근사화를 통해 변화가 적은 곡선의 윤곽선을 얻게 된다.

B-스플라인은 다항식 보간법(interpolation)을 사용한 스플라인의 한 종류이다. 그러나, 이 기법은 곡선의 모든 점을 통과하는 하나의 다항식을 찾기보다는 인접한 점들을 연결하는 다항식들의 집합으로 곡선 적합을 수행한다.

근사 곡선 함수의 차수(degree)를 몇 개로 나누느냐에 따라 n차의 스플라인을 정의할 수 있는데, 여기서는 실용성의 측면에서 2차 B 스플라인을 사용하였다.

2. 특징 얻기

B-스플라인 근사화를 통해 보다 정확한 물체의 모양인 윤곽선을 얻는 전처리 과정을 수행한 후, 특징을 얻게 된다. 움직이는 물체는 크기와 회전 변화가 발생한다. 따라서 특징은 움직이는 물체의 크기와 회전 변화에 불변하는 특성을 가져야 한다.

그림 4는 물체의 크기와 회전 변화에 영향을 받지 않는 특징을 얻는 방법을 나타낸다.

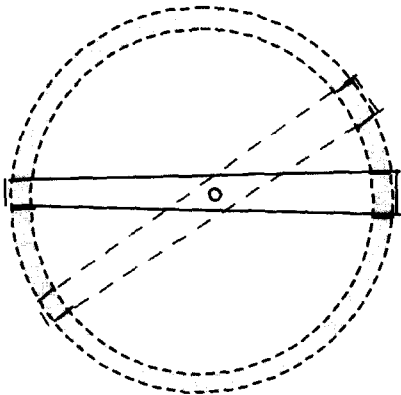


그림 4. 크기와 회전에 영향을 받지 않는 특징
Fig. 4. scale and rotational invariant features.

물체의 중심으로부터 일정 영역 안에 존재하는 경계선 점들을 특징점들로 분류하게 된다. 이렇게 분류된 특징점들은 크기와 회전 변화에 영향을 받지 않는 사각형의 물체의 특성을 나타낸다.

3. 군집화와 패턴 분류기

특징 분류는 군집화 특성을 갖는 특성이 있고 이는 거리함수에 의한 패턴 분류 방법을 사용하여 물체의 특징을 표현하게 된다. 이렇게 거리 함수를 사용한 패턴 분류는 패턴 분류의 변형 정도가 상당히 제한되어 있는 문제를 해결하는데 효율적인 방법이다.

움직이는 물체는 사각형의 특성을 가지고 있다. 따라서 특징으로 분류된 집합의 데이터에서 군집을 특징지우는 모델이나 군집의 중심을 결정하여 물체의 특성에 필요한 특징점들로 단순화시킨다. 데이터 군집 개념은 다소 비형식적인 바탕 위에서 생각하였다.

K-평균 알고리즘의 결과는 명시된 군집 중심의 개수, 초기 군집 중심의 선택, 표본 처리 순서, 그리고 데이터의 기하학적 특성 등에 영향을 받는다. 따라서, 언급된 군집화의 방법에서 데이터의 기하학적 특성에서 군집의 분포가 일정한 간격으로 형성되어 있지 않으므로 초기 군집 중심의 선택으로 인한 군집 분류가 제대로 이루어지지 않게 된다. 이에 K-평균 알고리즘에 변형을 주게 되었다. 사각형의 물체를 4개 군집의 중심점으로 표현한 후, 사각형의 패턴에 대한 묘사를 얻게 된다. 식별하고자하는 물체는 직사각형의 특성을 나타낸다. 따라서 4개의 특징이 직사각형의 특성을 가졌는지를 검사하게 된다. 4개의 점과 두 개의 대칭되는 짧은 선과 두 개의 대칭되는 긴 선으로 형성되어 졌는가에 대한 특성을 묘사한 후 이들 패턴을 패턴 공간으로 표현하게 되고 움직이는 물체에 대한 여러 패턴의 훈련을 통해 물체에 대한 인식을 하게된다. 그림 5의 (a)는 잘못된 초기값 설정으로 발생하는 문제점을 보여주며 군집한 지점은 한점으로 표시되는 경우가 발생한다. 수정된 K-평균 알고리즘은 회전에 따라 초기값이 바뀌는 사각형 물체의 특성을 정확히 얻게 된다. 그림 5의

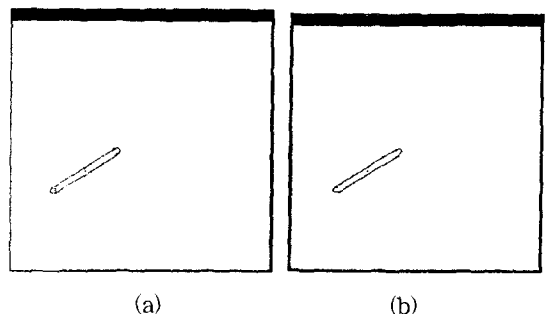


그림 5. K-평균 패턴 분류
(a) 기존 방법 (b) 변형된 방법
Fig. 5. K-means pattern classification.
(a) original method (b) modified method.

(b)는 동일한 상황에서 수정된 K-평균 알고리즘을 사용하여 얻은 특징을 나타내며 정확히 4점을 찾아낸다.

IV. 아핀 동작 모델

영상에서 움직이는 물체의 윤곽선 모양에 대한 속도 필드와 크기 변화는 선형(혹은 아핀) 변환에 의해 근사화가 가능하다.

아핀 동작 모델은 컴퓨터 비전에서 동작 분할과 추적내에서 널리 사용되어지고 있다. 위치 x 에 대해 분할된 영상 조각내부에서 명확한 영상 동작 $u(x)$ 는 다음 아핀 동작에 의해 잘 근사되어진다.

$$u(x) = A(x - x_m) + u_0 \quad (6)$$

x_m 은 영상 조각의 중심을, u_0 는 x_m 의 변이(displacement)이고 A 는, 회전과 크기변화를 나타내는 행렬이다.

중심을 두고 회전하면서 움직이는 물체를 연속 영상으로 획득하여 추적하려고 하며. 이런 연속영상은 회전의 성분이 주를 이루고 크기의 변화는 작다고 예상된다. 따라서 다음 식과 같이 정의된다.

$$u(x) = sR(x - x_m) + u_0 \quad (7)$$

s 는 크기 변화를 나타내고, R 은 회전 특성을 나타낸 것이다.

이런 아핀 변환의 성질에 따라 물체의 동작특성에 대한 모델을 정의하였다. 이때 생성되는 매개변수인 R 과 u_0 는 연속되는 영상 프레임에서 이 매개변수를 사용하여 다음 영상 프레임에서 나타나게되는 물체의 동작과 모양의 변화를 예측하는데 사용되어진다.

V. 추정 구조

연속 영상내의 움직이는 물체를 추적한다는 것은 주어진 변화에 적응력이 뛰어나고 실시간내에서 처리되어야 하기 때문에 단순해야 한다는 필요성을 가진다.

1. 칼만 필터 모델

칼만 필터는 잡음이 따르는 측정을 하게되는 센서를 가진 다이내믹 시스템의 실시간 추정에 사용되어지는 베이즈 추정 기술이다. 이 칼만 필터를 이용하여 이동,

회전과 크기의 변화가 있는 움직이는 물체의 2차원 윤곽선을 추적하게 된다.

칼만 필터는 재귀적 필터이다. 움직이는 물체에서 N 개의 특징 집합을 추적하는데 사용되어진다. 각 특징 $n=1, \dots, N$ 에 대해 물체 모양의 위치와 동작을 표현하기 위해 x_t 와 v_t 상태 벡터를 사용한다. 물체 모양의 위치의 경우에, 상태 벡터는 영상에서 N 개의 특징에 대한 추정된 2 차원 좌표를 의미한다. 즉 $x_t = (x_t^1, y_t^1, x_t^2, y_t^2, \dots, x_t^N, y_t^N)^T$ 이다.

물체의 동작 경우에 상태벡터는 물체의 이동과 카메라로부터 멀어지거나 가까워질 때 크기와 회전을 의미하며 $v_t = (m_{ut}, m_{vt}, s_t, R_t)^T$ 이다.

2. 모양 추정과 예측

측정과 물체 모양 위치 상태 벡터사이의 관계는 다음과 같다.

$$d_t = x_t^- + w_{1t} \quad (8)$$

x_t^- 는 예측치이고, w_{1t} 는 물체 위치 벡터의 측정 오차이다. (-)는 아직 측정을 통한 수정단계가 이루어지지 않았음을 나타낸다.

주어진 특징에 대해 동작 상태 벡터에 대한 관측 행렬 H_{1t} 는 다음과 같이 정의한다.

$$H_{1t} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & x_t^- - x_{ct} \\ 0 & 1 & y_t^- - y_{ct} \end{bmatrix} \quad (9)$$

H_{1t} 의 마지막 열은 물체의 중심점($x_{ct} = (x_{ct}, y_{ct})^T$)을 나타내는 벡터이다. 특징 d_t 는 t 번째 영상 프레임으로부터 계산되어진 특징들의 위치이므로 물체 모양 위치와 동작 상태 벡터간의 측정식 상호관계는 다음과 같다.

$$d_t = H_{1t} \cdot v_t^- + x_t^- + w_{2t} \quad (10)$$

물체 모양 위치에 대한 예측단계는 다음과 같다.

$$x_{t+1}^- = x_t^+ + s_t R_t (x_t^+ - x_{ct}) + (m_{ut}, m_{vt})^T + w'_{1t} \quad (11)$$

물체 모양 위치 상태 벡터에 따른 수정 단계는 다음과 같다.

$$K_{1t} = P_{1t}^- \cdot Id_1 \cdot [Id_1 \cdot P_{1t}^- Id_1 + R_{1t}]^{-1}$$

$$P_{1t}^+ = [I - K_{1t} \cdot Id_{1t}] \cdot P_{1t}^- \quad (12)$$

$$x_t^+ = x_t^- + K_{1t} \cdot [d_t - ((Id_{1t} \cdot v_t^-) + x_t^-)]$$

K_{1t} 는 칼만이득(Kalman gain), P_{1t}^+ 은 상태 공분산, x_t^+ 는 상태 추정을 의미한다.

관측 행렬은 직교투영(orthogonal projection)을 가정하고 있기 때문에 단위 행렬로 한다.

3. 동작 추정과 예측

동작에 대한 예측 단계는 다음과 같다.

$$v_{t+1}^- = a \cdot v_t^+ + w_{2t} \quad (13)$$

a 는 동작 특성이 거의 일정하다고 가정하여 상수값으로 주며, w_{2t} 는 동작 벡터의 측정 오차이다. 동작의 수정 단계는 다음과 같다.

$$K_{2t} = P_{2t}^- \cdot H_{2t}^T \cdot [H_{2t} \cdot P_{2t}^- \cdot H_{2t}^T + R_t]^{-1}$$

$$P_{2t}^+ = [I - K_t \cdot H_{2t}] \cdot P_{2t}^- \quad (14)$$

$$v_t^+ = v_t^- + K_{2t} \cdot [d_t - ((H_{2t} \cdot v_t^-) + x_t^-)]$$

이 시스템의 구성 요소는 크게 추적 장치의 초기화 부분과 추적 부분으로 나눌 수 있다.

1. 초기화

가장 중요한 부분은 추적 시스템의 초기화(Initialization or Track Formation)이다. 추적 시스템의 안정성은 초기치에 의존하게 된다. 동작 모델의 경우에, 물체의 두 번째 출현후 초기화가 이루어진다. 어떤 동작 모델에 따라 물체의 $u_0(m_u, m_v)$ 의 초기값은 처음 두 영상 프레임에서 얻어지는 물체의 중심 위치 C_t 에 의해 유도되어진다. 크기 변화는 거의 일정하므로 s 는 1로 두고, 회전값은 이동시 초기값과 같은 방법으로 구해진다.

다음 식은 초기화를 나타낸다.

$$u_t = C_t - C_{t-1} \quad (15)$$

$$s_t = 1$$

$$R_t = R_t - R_{t-1}$$

2. 추적 과정

초기화 단계를 거친 후, 추적 모드로 바뀌게 된다. 초기화에서 얻어진 값과 측정에 의한 새로운 윤곽선 특징에 의해, 다음 영상 프레임에서 형성되는 윤곽선을 예측하게 된다. 추정된 윤곽선은 동작 분할 모델 과정을 통해 새로 측정되는 윤곽선과 오차를 보정하게 된다. 이때 동작 분할 모델을 통해 윤곽선을 측정하는 과정을 거치게 되는데, 추정된 윤곽선을 포함하는 경계 영역(bounding area)를 이용함으로써 측정과정 시간을 단축하고자 한다. 또한 움직이는 물체의 패턴 인식을 통해 추적하고자 하는 물체만을 계속 추적하고자 한다. 이는 추적하고자 하는 물체를 포함하는 영상에서 다른 잡음에 해당하는 물체가 출현해도 추적하고자 하는 물체를 식별하여 추적하고자 하는 물체를 계속 추적하게 된다.

VI. 추적 시스템

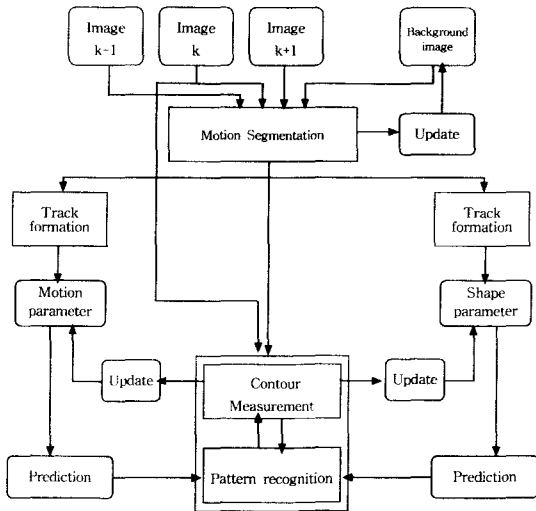


그림 6. 물체 추적 시스템의 블록 다이어그램
Fig. 6. Block diagram of tracking system.

제안된 움직이는 물체 추적 시스템의 블록 다이어그램은 그림 6과 같다.

VII. 실험 및 결과

본 논문에서 중점을 둔 영상은 차량 계기판의 dial plate 배경에 움직이는 물체로 바늘이 놓여 있는 경우이며 이 영상에 본 알고리즘을 적용해 보았다. 적용한 영상은 512×512 크기의 영상을 사용하였으며 133Mhz 컴퓨터에서 물체가 1회전하는데 걸리는 5초 동안 80 프레임을 실시간 처리하였다. 어떤 동작의 추정을 위해

다음과 같은 값을 설정한다.

$$R_i = \begin{pmatrix} 1 \cdot 10^{-3} & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 1 \cdot 10^{-3} & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1 \cdot 10^{-3} \end{pmatrix},$$

$$Q_i = \begin{pmatrix} 0.05 & 0.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.05 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 0.05 \end{pmatrix},$$

R_i 는 측정모델의 공분산, Q_i 는 시스템 모델의 공분산을 나타낸다.

그림 7은 일정한 속도로 움직이는 물체를 예측하고 예측된 영역에서 움직인 물체의 분할과 윤곽선 추적 결과를 나타내었다. 그림 8은 계기판의 바늘이 일정한 속도로 움직일 경우와 걸림현상이 발생한 경우에 추적한 궤적결과를 이동과 회전으로 나타내었다. 정상적으로 동작한 경우는 예측치와 측정치 사이의 오차가 크지 않으므로 원만한 추적이 이루어짐을 알 수 있으나 비정상적으로 동작한 경우는 예측치와 측정치에 대한 큰 오차로 인하여 순간적인 추적에는 실패하였지만 칼만이득에 의해 오차를 보상함으로써 지속적인 추적이 이루어짐을 알 수 있다. 그림 9은 추적하고자 하는 물체 이외의 다른 물체가 나타날 경우에 추적하고자 하는 물체를 계속 추적하고 있는 결과를 나타내었다. 주어진 환경 변화가 완만한 경우에 적응력이 있으며 다른 잡음에 해당하는 물체가 나타나도 제대로 물체를 추적함을 알 수 있다.

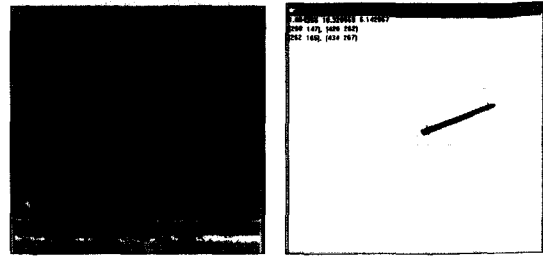
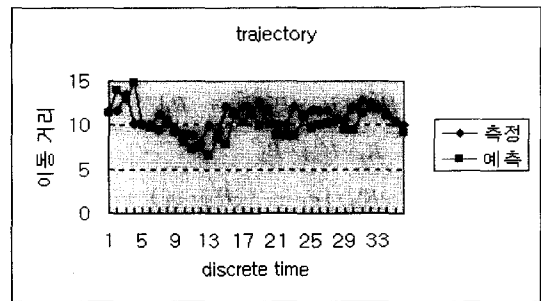


그림 7. 정상 동작시 예측된 영역에서 움직인 물체의 분할과 윤곽선 추적 결과

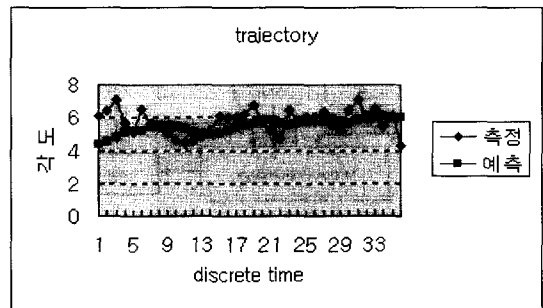
- (a) 영상 프레임 #0 (b) 영상 프레임 #18
- (c) 영상 프레임 #33

Fig. 7. result of segmentation and contour tracking within predicted area in normal case.

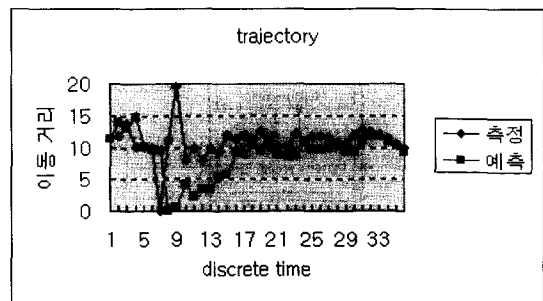
- (a) frame #0 (b) frame #18 (c) frame #33



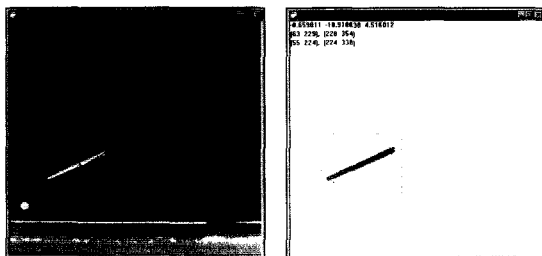
(a)



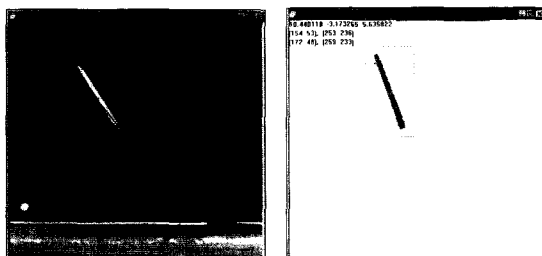
(b)



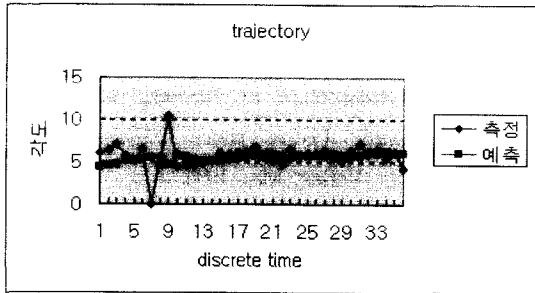
(c)



(a)



(b)



(d)

그림 8. 추적한 궤적

- (a) 정상적 동작시 이동거리 (b) 정상적 동작시 회전 각도 (c) 비정상적 동작시 이동거리 (d) 비정상적 동작시 회전 각도

Fig. 8. tracking trajectories.

- (a) translation in normal case (b) rotation in normal case (c) translation in abnormal case (d) rotation in abnormal case.

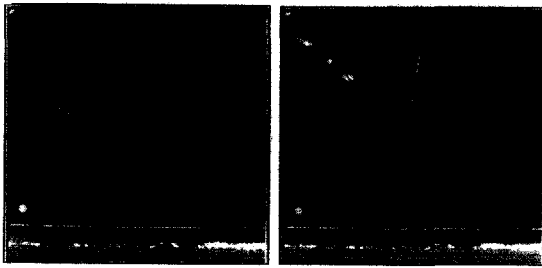


그림 9. 방해 물체가 있는 경우

Fig. 9. in case of obstructive object.

VIII. 결론

본 논문에서는 움직이는 물체를 포함한 일련의 영상들로부터 특정 대상 물체만을 추적하는 추적시스템을 제안하였다. 제안된 추적시스템은 특정 대상 물체를 판별하기 위해 움직이는 물체의 윤곽선을 패턴으로 이용하는 물체인식을 사용하였으며, 다음 프레임에서 얻어질 물체의 경계영역 정보를 예측하기 위해 칼만 필터를 사용하였다. 칼만필터는 움직이는 물체의 영역을 예측함으로써 동작 분할과정의 수행 시간이 단축되어 전체 추적시간을 줄일 수 있었으며, 물체인식을 이용함으로써 특정 대상 물체만을 계속 추적할 수 있었다. 추적시스템은 움직이는 물체가 다른 방해 물체에 의해 일부분이 가려지는 경우에도 추적이 가능하도록 개선되어야 한다.

본 논문에서 제안한 추적시스템은 예측되는 물체의

변화가 완만하고 다른 물체로 인한 가려진 부분이 없을 경우에 적합한 것으로 판단된다. 앞으로 물체의 가려진 부분이 있는 경우에도 물체 추적이 가능한 방법이 연구되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] P. Salembier and J. Serra, "Morphological Multiscale Image Segmentation", SPIE Visual Communications and Image Processing," Vol. 1818, 1992.
- [2] D. M. Gavrilu and L. S. Davis "Towards 3-D Model-based Tracking and Recognition of Human Movement" In *Martin Bichsel, editor, Int. Workshop on Face and Gesture Recognition, pages 272-277 IEEE Computer Society, June 1995.*
- [3] D. Koller, K. Daniilidis, H. H. Nagel, "Model-Based Object Tracking in Monocular Image Sequence of Road Traffic Scenes," *International Journal of Computer Vision* 10:3 1993 pp.257-281.
- [4] A. D. Worrall, R. F. Marslin, G. D. Sullivan, K. D. Baker, "Model-Based Tracking," in *Proc. British Machine Vision Conference, Glasgow, UK, Sept.24-26, 1991, pp.310-318.*
- [5] S. Intille, J. Davis, and A. Bobick "Real-Time Closed-World Tracking", In *International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pages 697-703, IEEE Computer Society Press, Puerto Rico, June 1997.*
- [6] Liyanage C. De Silva, Kiyoharu Aizawa, and Mitsutoshi Hatori "Detection and Tracking of Facial Features by using a Facial Feature Model and Deformable Circular Template", *IEICE Transactions on Information and Systems, E78-D(9):1195-1207, September 1995.*
- [7] B. Blake, R. Curwen, A. Zisserman, "Affine-invariant contour tracking with automatic control of spatiotemporal scale", in *Proc. Int. Conf. on Computer Vision, Berlin, Germany, May, 11-14, 1993, pp.66-75.*

[8] S. Gil, R. Milanese, and T. Pun "Feature selection for object tracking in traffic scenes", In *Conf. SPIE, Photonic Sensors and Controls for Commercial Applications-Intelligent Vehicle Highway Systems*, pages 253-266, 1994.

[9] R. F. Marslin, G. D. Sullivan, K. D. Baker, "Kalman Filters in Constrained Model-Based Tracking," in *Proc. British Machine Vision Conference*, Glasgow, UK, Sept, 24-26, 1991 pp.371-374.

[10] Dieter Koller, Joseph W. Weber, and Jitendra Malik "Robust Multiple Car Tracking with Occlusion Reasoning" In *European Conference on Computer Vision*, pages 189-196, LNCS 800, pringer-Verlag, May 1994.

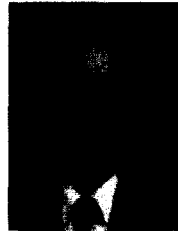
[11] R. Bartels, J.Beatty, B. Barsky, "An Introduction to Splines for use in Computer Vision", Morgan Kaufmann, 1987.

저 자 소 개



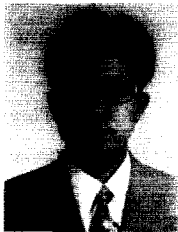
李 哲 憲(正會員)

1989년 2월 부산대학교 전자공학과 학사. 1991년 2월 부산대학교 전자공학과 석사. 1991년 1월~1998년 2월 대우정밀 기술연구소 선임연구원. 1996년 3월~부산대학교 전자공학과 박사과정. 1998년 3월~양산대학 사무자동화과 전임강사. 주관심분야는 영상처리 및 컴퓨터 비전, 물체추적, 멀티미디어



李 相 璿(正會員)

1985년 부산대학교 전자공학과 학사. 1994년 부산대학교 전자공학과 석사. 1985년 1월~1991년 6월 효성 T&C 컴퓨터 사업부 근무. 1994년 부산대학교 전자공학과 박사과정. 1997년 4~현재 동의공업대학 영상정보처리과 전임강사. 주관심분야는 영상처리, 컴퓨터 비전, 멀티미디어



薛 盛 旭(正會員)

1995년 2월 경성대학교 컴퓨터공학과 학사. 1998년 2월 부산대학교 대학원 전자공학과 석사. 1998년 9월~부산대학교 전자공학과 박사과정. 주관심분야는 영상처리 및 컴퓨터 비전, 얼굴 인식, 멀티미디어



南 基 坤(正會員)

제 36권 S편 제 5 호 참조. 현재 부산대학교 전자공학과 교수. 부산대학교 컴퓨터 및 정보통신 연구소 연구원



朱 在 欽(正會員)

1998년 부산대학교 전자공학과 학사. 1990년 부산대학교 전자공학과 석사. 1994년~부산대학교 전자공학과 박사과정. 1990년~1992년 2월 삼성전자 가전종합연구소 1992년 3월~현재 지산대학 전자계산과 조교수. 주관심분야는 패턴인식, 컴퓨터 비전, 가상현실