

능동 특징점 모델을 이용한 스테레오 영상 기반의 실시간 객체 추적

박민규[†] · 장종환^{**}

요약

본 논문에서는 스테레오 영상 기반에서 능동 특징점 모델(active feature model)과 광류(optical flow)를 이용한 객체 추적 기술을 제안한다. 스테레오의 기하학적 정보와 변위를 이용하여 관심 객체와 특징점의 2.5차원 이동 정보(translation information)를 계산한다. 이 정보를 이용하여 폐색 객체의 특징점의 이동 정보를 예측하여 추적 성능을 개선하였다. 정형(rigid) 및 비정형(non-rigid) 객체에 실험을 하였다. 실험 결과 복잡한 배경 속에서의 실시간 객체 추적이 가능하였다. 또한 정형, 비정형 객체에 관계없이 추적이 가능 하였으며 폐색 상황에 향상된 결과를 보였다.

키워드 : 스테레오, 변위 지도, 변위, 광류

Stereo Images-Based Real-time Object Tracking Using Active Feature Model

Mingyu Park[†] · Jongwhan Jang^{**}

ABSTRACT

In this thesis, an object tracking method based on the active feature model and the optical flow in stereo images is proposed. We acquired the translation information of object of interest and the features of object by utilizing the geometric information and depth of stereo images. Tracking performance is improved for the occlude object with this information by predicting the movement information of features of the occlude object. Rigid and non-rigid objects are experimented. From the result of experiment, the OOI can be real-time tracked from complicate back ground. Besides, we got the improved result of object tracking in any occlusion state, no matter what it is rigid or non-rigid object.

Keywords : Stereo, Disparity Maps, Disparity, Optical Flow

1. 서론

현대 사회는 급속한 기술의 발달과 산업 발달로 인구의 도시 집약적 형태를 하고 있다. 특히 빠르게 발전하고 있는 개인용 정보 기기의 기술력으로 사람들은 장소와 시간에 구애 없이 원하는 정보를 손쉽게 얻을 수 있는 환경이 구축되었으며 컴퓨터에 의한 자동화 기술들 역시 많은 발전을 하였다. 이러한 시대의 흐름에 따라 감시 카메라 및 자동 로봇의 시각 처리, 자동차의 영상 시스템, 동영상 분석 등의 여러 분야에서 영상 추적 기술의 중요성이 증가 하고 있다. 특히 개인용 정보 기기의 발달로 정보 유출의 가능성이 커지면서 연속된 프레임에서의 객체 추출 및 추적[1-4] 기법들은 감시 시스템에서 가장 중요한 기능으로 부각되고 있다.

객체 추출 및 추적 기술에는 여러 방법들이 있다. 현재 가장 많이 사용되는 방법으로는 영역 기반 추적 기법으로 프레임 간에 픽셀의 차를 이용하여 이동하는 객체만을 추출, 추적 하는 차분 추적 기법(difference tracking algorithm)[5]과 객체의 사전 정보를 구성 후 객체의 윤곽이나 모양과 가장 근접한 위치를 추적하는 형태 기반 추적 기법으로 대표적으로 윤곽 기반 모델(contour-based method)[6]과 능동 형태 모델(active shape model)[7], 능동 윤곽 모델(active contour models)[8] 등이 있다.

영역 기반은 관심 객체의 부분 폐색(partial occlusion) 현상을 해결할 수 있지만 추적 객체에 대해 미리 정보를 구축해야 한다. 윤곽 기반 모델은 객체를 수렴하는 과정이 매 프레임마다 반복적이어서 실시간 객체 추적에는 적합하지 않은 단점을 가지고 있으며 폐색에 취약하다.

이러한 단점을 해결하고 실시간 객체 추적을 해결하기 위한 방법으로 특정 영역의 추적을 기반으로 하는 능동 특징점 기법(active feature model)이 개발 되었으며 대표적으로 KLT

[†] 준회원: 배재대학교 정보통신공학과 공학석사
^{**} 종신회원: 배재대학교 정보통신공학과 교수(교신저자)
논문접수: 2008년 11월 5일
수정일: 1차 2009년 1월 12일
심사완료: 2009년 1월 13일

특징점 추출 및 추적 기법(Kanade-Lucas-Tomasi feature tracker)[9-12]이 있다. 그러나 이러한 특징점 추출 및 추적 기법에는 단일 영상을 이용한 2차원 영역검출을 기반으로 하기 때문에 복잡한 배경과 잡음과 객체의 부분적인 폐색으로 인해 추적하기 쉽지 않다.

본 논문에서는 기존의 능동 특징점 모델 기반의 복잡한 배경의 잡음과 폐색에 관한 문제점을 해결하는 방법을 제안한다. 객체의 특징점의 변위 정보를 스테레오 영상의 변위 지도를 통하여 획득한다. 획득한 2.5차원 특징점 정보를 이용하여 폐색 객체의 특징점 이동 정보를 예측하여 추적의 성능을 개선하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 능동 특징점 추적 기법과 문제점을 기술한다. 3장에서는 제안하는 기법에 대해 기술하며 4장에서는 실험을 통해 성능 평가하고, 5장에는 결론을 기술하였다.

2. 기존의 능동 특징점 모델과 문제점

능동 형태 및 윤곽 기법은 추적할 객체의 정보를 입력하고 지속적으로 객체의 윤곽을 수렴함으로 실시간 객체 추적에 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 객체의 특징점을 추출하고 이를 추적하는 능동 특징점 모델이 제안되었다. 대표적 방법 중의 하나인 KLT 특징 추적 알고리즘은 다음과 같다.

2.1 KLT 특징 추적의 광류 방정식

KLT 특징 추적 기법은 특징점의 추적을 위하여 연속된 두 프레임에서 광류 벡터를 계산한다. 광류는 연속된 프레임에서 동일한 밝기 패턴을 가진 픽셀의 움직인 거리와 방향성을 의미한다[Bert[13]]. KLT 특징 추적 기법은 광류 방정식을 기반으로 하며, 시간 t 에 임의의 한 특징점 (x, y) 를 중심으로 일정 크기의 영역의 영상 강도는 dt 의 시간이 흐른 뒤에 $(x+dx, y+dy)$ 만큼 이동된 위치에 있을 것이라 가정하여 다음과 같이 표현한다.

$$I(x, y, t) = I(x+dx, y+dy, t+dt) \quad (1)$$

식(1)에서 $I(x, y, t)$ 는 시간 t 에서의 특징점 (x, y) 의 영상 강도(intensity)이며, dx, dy 는 t 에서 dt 의 시간까지 x, y 방향으로 각각 이동한 거리를 의미한다. 식(1)을 Taylor 급수로 확장 근사 하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$I_x dx + I_y dy + I_t dt = 0 \quad (2)$$

x, y 각각의 이동 속도를 u, v 라 하면 $u = \frac{dx}{dt}, v = \frac{dy}{dt}$ 이다. 이를 식(2)에 대입하면 다음과 같다.

$$I_x u + I_y v + I_t = 0 \quad (3)$$

u, v 를 구하기 위하여 영역 기반 확장을 하며 최소 제곱 방법(least square method)를 적용하여 다음과 같이 오류 E 를 정량화 할 수 있다.

$$E = \sum_{k \in W} (I_{xk} u + I_{yk} v + I_{tk})^2 \quad (4)$$

W 는 영상 블록에 대한 크기이며 오류 E 를 최소화 하는 u, v 에 대해 각각에 대하여 미분 하고 이를 행렬 식으로 표현하면 다음과 같다.

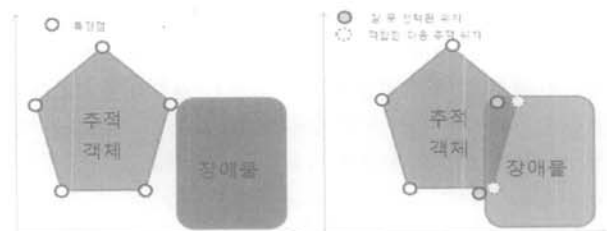
$$\begin{bmatrix} \sum_{k \in W} I_{xk}^2 & \sum_{k \in W} I_{xk} I_{yk} \\ \sum_{k \in W} I_{xk} I_{yk} & \sum_{k \in W} I_{yk}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} \sum_{k \in W} I_{xk} I_t \\ \sum_{k \in W} I_{yk} I_t \end{bmatrix} \quad (5)$$

식 (5)를 만족하는 u, v 가 t 프레임에서의 특징점을 중심으로 한 영역 W 내에서 각 픽셀에 대한 x, y 방향의 영상강도 기울기와 $t+dt$ 프레임에서의 검색 영역 안에서 가장 적은 차이를 보이는 부분의 u, v 가 움직임 정보가 되며 이동 점으로 선택된다.

2.2 KLT 특징 추적 모델의 문제점

단일 영상의 2차원 정보를 가지고 특징점을 추적하는 KLT 특징 추적 모델을 비롯한 능동 특징점 모델은 추적 객체 주위의 복잡한 배경과 객체의 폐색 상황에서는 성능이 저하된다. 이는 (그림 1)에서처럼 이동 점의 선택을 기존 영역과 검색 영역의 밝기 강도의 차이를 이용하여 움직임 정보를 계산 하기 때문에 생기는 문제이다. 2차원의 기하학적 정보는 영상의 x, y 축을 기준으로 한 이동 및 회전 정보를 가지고 있기 때문에 (그림 1)과 같이 장애물로 인한 폐색 상황에서 추적된 이동 점에 예측하기 어렵다. 또한 복잡한 배경으로 인한 잡음으로 이동 점 예측이 어려워 추적에 실패한다.

이러한 폐색 상황과 복잡한 배경에서 잘 추적하기 위한 방법을 제안한다. 스테레오 영상의 2.5차원 기하학적 정보와 변위 정보를 이용하여 객체가 중첩되기 전에 특징점의 광류 정보와 변위 정보를 획득한다. 추적 객체가 폐색 상황에 들어간 경우 기존 정보와 폐색 영역에 들어가지 않은 특징점의 이동 정보를 토대로 폐색 영역에 들어간 특징점의 정보를 예측하여 이동한다.



(a) 폐색 전 (b) 폐색
(그림 1) 2차원에서의 폐색으로 인한 영역 손실

3. 폐색 상황에서 특징점 이동 예측을 통한 객체 추적

본 논문에서 제안하는 것은 기존의 2차원 영상에서의 특징점과 광류를 이용한 객체 추적 알고리즘의 문제를 해결하기 위하여 스테레오 영상에서 획득할 수 있는 변위 정보와 2.5차원 기하학적 정보를 사용한다. 2.5차원 정보와 변위를 이용하면 관심객체가 장애물로 인해 폐색 상황에 들어 갔을 때 원하는 위치에 추적되지 못하던 객체의 특징점을 예측할 수 있다.

특징점의 예측 이동을 위한 2.5차원 이동 정보(M)을 획득하고 유지하기 위해 다음의 세 단계를 거친다.

- 1단계: 스테레오 영상의 왼쪽 영상에서 차분 추적 기법을 통한 관심 객체의 움직임을 나타내는 특징점 추출
- 2단계: 관심 영역 안에서 광류를 통해 관심 객체의 특징점 추출 및 추적 정보 획득
- 3단계: 획득한 2.5차원에서의 관심 객체의 특징점들의 평균 이동 정보와 변위 정보를 통해 2.5차원 M 을 획득 추적 완료까지 2-3단계 반복으로 정보 유지

위의 단계를 거쳐 관심 객체 추적 중에 유지되는 특징점들의 2.5차원에서의 평균 이동 정보를 이용하여 폐색 상황에서 특징점의 이동 정보를 예측한다.

3.1 차분 추적 기법을 통한 복잡한 배경에서 관심 객체의 움직임 검출

객체 추적에서 관심 객체와 복잡한 배경을 구분하는 것은 중요한 문제 중 하나이다. 이를 해결하기 위해 능동 형태 기법은 관심 객체의 특징을 선 정보 획득을 통해 구성하고 이를 토대로 관심 객체와 나머지 배경 및 잡음을 구분하지만 이 방법은 관심 객체의 변화에 취약하며 수행 시간 길다. 대표적인 능동 윤곽 기법인 스네이크 기법을 통한 추적 기법[14,15]의 경우 스네이크 포인트를 매 프레임 마다 객체의 윤곽에 도달하도록 해야 하기 때문에 수행 시간을 단축시키는 방법에 대한 연구가 따로 진행 될 정도로 실시간 수행에서 문제점이있다.

본 논문에서는 실시간 객체 추적에 가장 적합한 움직임 영역 검출 기법인 차분 추적 기법을 통해 관심 객체의 움직임 영역을 검출 한다. 시간 t 에서의 관심 객체의 관심 영역을 $D'_{ROI}(x, y)$ 라 하고 다음과 같이 구한다.

$$D'_{ROI}(x, y) = \begin{cases} D'_{dis}(x, y), & \text{if } |F'(x, y) - F'^{-1}(x, y)| > T_d \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

(6)에서 $D'_{dis}(x, y)$ 는 시간 t 에서 스테레오 영상을 통해 얻은 변위 지도에서의 해당 영역을 의미하며 $F(x, y)$ 는 원본 영상을 의미하며 dis 는 변위(disparity)를 의미한다.

스테레오 정합 기법 [16-19]을 통해 얻어지는 변위 지도에서 변위란 카메라 영상에 있어서 카메라로부터 멀리 떨어

진 객체일수록 작은 변위를 가까운 객체일 수록 큰 변위를 가지는 점을 이용하여 이를 수치화 시킨 것이다. 변위 지도는 스테레오 정합 기법과 실험 환경에 따라 차이가 크기 때문에 상황에 고려하여 정합 기법을 사용해서 얻게 되는데 이를 프로그램으로 구현하는 것과 판매되고 있는 스테레오 카메라를 통해 얻을 수 있고 본 연구에서는 실시간 처리에 중점을 두어 상대적으로 속도가 빠른 하드웨어적인 방법을 이용하여 스테레오 카메라로부터 실시간으로 변위 지도를 획득하였다.

본 논문에서는 식(6)을 이용하여 시간 t 에서 과거 영상인 $F'^{-1}(x, y)$ 와 현재 영상인 $F'(x, y)$ 두 프레임의 차의 절대값이 임계치(T_d) 보다 클 경우 $D'_{ROI}(x, y)$ 에는 해당 픽셀에 대응하는 변위 지도에서의 값이 저장되고 나머지는 0으로 저장하여 움직임만을 저장한다. T_d 의 경우 카메라가 위치한 환경에 따라 적절한 값을 선택해 주어야 하며 본 논문에서 실험에서는 실험 환경에 맞추어 10(0~255)을 사용하였다.

(그림 2)는 추출된 $D'_{ROI}(x, y)$ 를 보여준다.

이와 같이 추출 된 관심 영역은 (그림 3)과 같이 2차원이 아닌 $x, y, disparity$ 의 세 정보로 이루어진 2.5차원 영역으로 확장되며 폐색 상황에서 가려진 관심 객체의 위치 정보를 예측하는 근거가 된다.

3.2 관심 영역 안에서의 특징점 추출 및 추적

식(6)을 통해 추출한 $D'_{ROI}(x, y)$ 과 현재 영상 $F'(x, y)$ 를 이용하여 관심 영역 안에서 특징점을 추출한다. 특징점을 추출하기 위해 $D'_{ROI}(x, y)$ 와 $F'(x, y)$ 를 이용해 특징점 추출 영상 $C'(x, y)$ 를 획득하며 다음과 같이 표현한다.

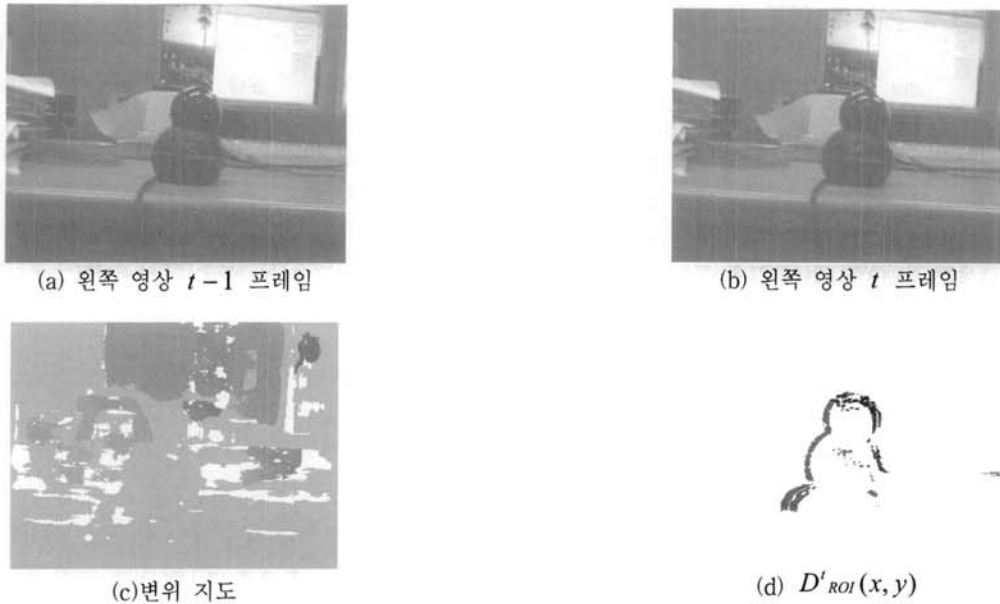
$$C'(x, y) = \begin{cases} F'(x, y), & \text{if } D'_{ROI}(X, y) \neq 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (7)$$

식 (7)를 통해 관심 영역 안에서 원본 영상 픽셀을 획득 할 수 있고 이를 통하여 특징점을 추출한다. 특징점의 고유성을 높이기 위하여 추출된 근접한 특징점 사이의 거리를 측정 후 최소 거리 차에 만족하지 않으면 둘 중 하나를 제거하며, 본 논문에서는 특징점 임계 거리를 0.9로 설정하여 최소 한 픽셀 이상의 거리의 차를 조건으로 추출하였다.

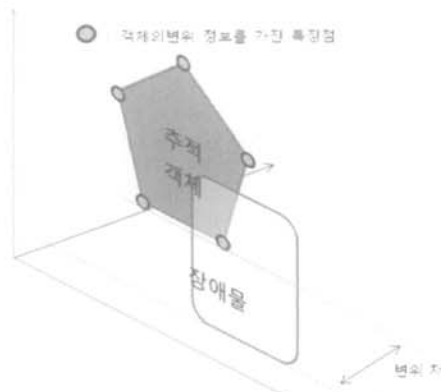
3.3 영상 강도 기울기 특성을 이용한 특징점 추출

특징점은 한 프레임 내에서 특징적인 영역의 중심 점을 기준으로 하는 $N \times N$ (N 은 블록 크기) 영상 블록 W 안에서 영상 강도의 기울기 특성을 이용하여 추적하기 좋은 특징점을 선택 추적하며 다음의 변형 행렬에서 고유치 λ 를 계산함으로써 선택된다.

$$\begin{vmatrix} \sum_{k \in W} I_{xk}^2 - \lambda & \sum_{k \in W} I_{xk} I_{yk} \\ \sum_{k \in W} I_{xk} I_{yk} & \sum_{k \in W} I_{yk}^2 - \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (8)$$



(그림 2) 복잡한 배경에서 차분 기법으로 추출한 $D'_{ROI}(x, y)$



(그림 3) 2.5차원 영역에서의 폐색

식 (8)에서 I_x, I_y 는 특징점 블록 내의 각 화소에 대한 x, y 방향으로의 밝기 강도 기울기를 의미한다.

이렇게 추출한 관심 영역 안에서의 관심 객체 특징점을 $v_i^t = [x_i^t, y_i^t, dis_i^t]^T$ 라 하며 식 (8)를 통해 (그림 4)와 같이 추적한다. 여기서 i 는 특징점 수를 의미한다.

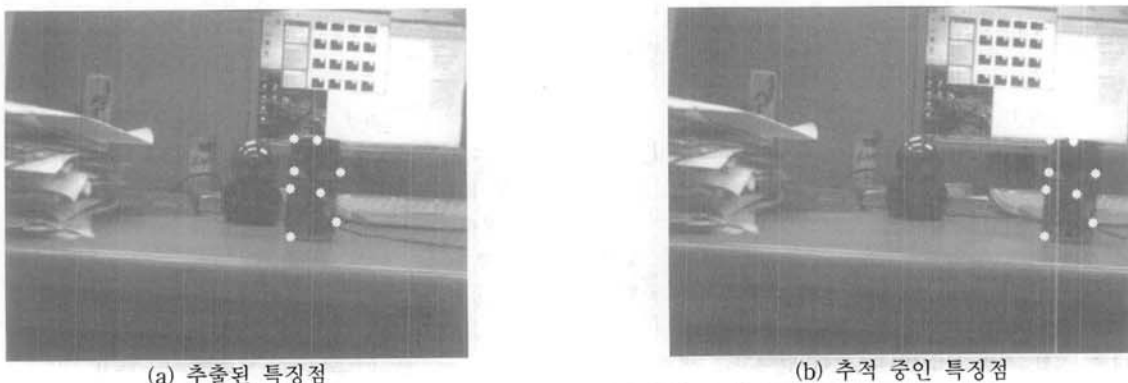
3.4 2.5차원 정보를 통한 특징점 추적간의 변위 및 이동 정보 비교를 통한 폐색 상황 예측

실시간 영상에서 식 (5)을 통해 객체를 추적 하던 중에 움직임을 감지한 최초 시간 t 에서의 특징점을 v_i^t 라 한다. 이 후 객체 추적을 하면서 연속된 시간 $t, t+1$ 에서의 특징점 v_i^t, v_i^{t+1} 의 정보를 이용하여 특징점들의 프레임 간 이동 정보와 변위 변동 폭 정보를 $m_i^{t+1} = [x_i^{t+1}, y_i^{t+1}, dis_i^{t+1}]^T$ 라 하고 다음과 같이 구한다.

$$m_i^{t+1} = v_i^{t+1} - v_i^t \quad (9)$$

실험에 사용된 카메라는 초당 30frame의 영상을 저장하기 때문에 식 (9)를 통한 정보의 정확성을 유지하기 위해 5 프레임간 특징점 비교를 통하여 각각의 특징점 정보가 관심 객체의 이동 방향과 변위에 동일한 경우에만 m_i 에서 각 특징점 정보를 현재 객체의 이동 정보 및 변위 정보로 판단하고 유지시킨다.

만약 시간 $t+6$ 에서 관심 영역 $D^{t+6}_{ROI}(x, y)$ 의 일부분이



(그림 4) 관심 객체의 특징점 추출 및 추적

폐색 영역에 들어가게 되면 영역 정보 변위가 큰 차이를 보이게 된다. 이때 특징점 정보 m_i^{t+5} 와 m_i^{t+6} 을 비교하여 특징점 중에서 기존의 변위에 큰 차를 보이게 되는 특징점이 임계치 이상 생기게 되면 이 때 객체가 폐색 상황에 들어갔다고 판단한다.

본 논문에서는 임계치는 전체 특징점 수 μ 의 약 20%가 포함 될 경우로 가정 하였고 정확성을 위하여 최소 특징점 수는 5개 이상으로 하였다. 20%로 가정한 이유는 30%이상의 특징점이 폐색 이후 손실 될 경우 특징점을 재추출 하게 설계된 상태로 이 상황을 해결하기 위해 10% 낮은 수치에서부터 감시를 하기 위해서 이다.

3.5 2.5차원 M 을 통한 폐색 영역 안의 특징점 예측 이동

폐색 상황으로 판단 된 시간 $t+6$ 에서의 특징점 v_i^{t+6} 에서 m_i 의 비교를 통하여 기존과 동일하게 이동 정보와 변위 변동 정보를 가진 특징점을 폐색 영역에 들어가지 않고 동일한 방향으로 이동 중인 특징점을 $p_i^{t+6} = [x_i^{t+6}, y_i^{t+6}, dis_i^{t+6}]^T$ 라 하고 이들의 평균 이동 정보 t_x, t_y 와 평균 변동 변위 정보 t_{dis} 를 다음과 같이 구한다.

$$t_x = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (x_i^{t+6} - x_i^{t+5})}{N}, \quad t_y = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (y_i^{t+6} - y_i^{t+5})}{N},$$

$$t_{dis} = \frac{\sum_{i=0}^{N-1} (dis_i^{t+6} - dis_i^{t+5})}{N} \quad (10)$$

식 (10)에서 N 은 p_i^{t+6} 의 수를 의미하며 N 의 수가 전체 포인트 수에서 차지하는 비율이 높을 수록 수록 M 의 신뢰도 역시 높아진다. 2.5차원 평균 M 을 다음과 같이 구성한다.

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_{dis} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (11)$$

p_i^{t+6} 를 제외한 폐색 영역에 들어간 포인트를 $q_i^{t+6} =$

$[x_i^{t+6}, y_i^{t+6}, dis_i^{t+6}, 1]^T$ 라 하면 폐색 영역에 들어가기 전 시간 $t+5$ 에서의 q_i^{t+5} 의 정보를 v_i^{t+5} 에서 획득하고 M 을 이용하여 이동 예측 위치를 수정한 q_i^{t+6} 를 구한다.

$$q_i^{t+6} = Mq_i^{t+5} \Rightarrow \begin{bmatrix} x_i^{t+6} \\ y_i^{t+6} \\ dis_i^{t+6} \\ 1 \end{bmatrix} = M \begin{bmatrix} x_i^{t+5} \\ y_i^{t+5} \\ x_i^{t+5} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (12)$$

식 (12)를 통해 예측 완료된 q_i^{t+6} 와 p_i^{t+6} 두 포인트 집합을 합하여 폐색 중 이동 예측이 완료된 특징점 v_i^{t+6} 를 구하고 추적을 수행한다.





4. 실험 결과

본 논문에서는 제안한 기법의 성능을 시험하기 위해 기존의 KLT 특징 추적 알고리즘과 성능을 비교하였다. 실험은 인텔 코어2 듀오 2.4Ghz, 메모리 3Gbyte, 윈도우 XP환경에서 Visual C++6.0을 이용하여 구현을 하였다. 실험에 사용될 실시간 영상(320*240) 획득을 위해 포인트 그레이사 제품의 스테레오 카메라를 이용하였다. 두 대의 카메라 사이의 베이스라인은 5Cm이고 평행하게 설치되어 있으며 초당 30Frame의 영상을 저장하였다.







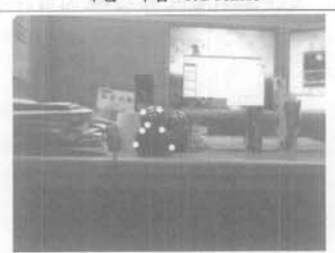











실험 성능은 실내의 복잡한 배경에서 정형 객체와 비정형 객체를 선별하여 관심 객체의 움직임 감지 이후 관심 영역에서 추출된 특징점 수와 폐색 혹은 추적 완료 시점에서의 특징점 수를 비교하여 평가 하였으며 실험에 사용된 관심 객체는 다음과 같다.

모든 실험은 저장된 영상이 아닌 실시간으로 영상을 받아서 실험하여 실제 적용이 가능한지를 실험하였으며 프로그램 수행 중 문제가 생긴 프레임을 중심으로 실험 영상을 선택하여 각 실험 당 세 프레임을 선택하였다.

기존의 KLT 특징 추적 기법을 사용해서 객체 추적을 한 (a),(c),(e),(g),(i)를 보면 복잡한 배경에서 현저하게 낮은 추적 성공률을 보이는 걸 알 수 있다. 이는 단순히 단일영상에서 광류를 이용하여 다음 위치 추적하기 때문이다. 픽셀

정형 객체		비정형 객체	
			
병	카메라	손	사람

(그림 5) 실험에 사용된 관심 객체

a 병			
	KLT 47Frame	KLT 60Frame	KLT 89Frame
b 병			
	제안 기법 47Frame	제안 기법 60Frame	제안 기법 89Frame
c 카메라			
	KLT 14Frame	KLT 46Frame	KLT 77Frame
d 카메라			
	제안 기법 1Frame	제안 기법 18Frame	제안 기법 37Frame
e 병폐색			
	KLT 47Frame	KLT 60Frame	KLT 89Frame
f 병폐색			
	제안 기법 47Frame	제안 기법 60Frame	제안 기법 89Frame

(그림 6) 기존의 KLT 특징 추적 기법과 제안하는 기법 실험 영상



(그림 6) 계속

<표 1> 실험 분석 표

실험 영상	최초 추출된 특징점 수	페색 이후 혹은 추적완료 시점 특징점 수	특징점 추적 성공 백분율
(a)	5	3	60
(b)	6	5	83.3%
(c)	7	2	28.5%
(d)	6	6	100%
(e)	5	0	0%
(f)	5	5	100%
(g)	7	4	57.1%
(h)	8	8	100%
(i)	11	0	0%
(j)	14	12	85.7%

의 밝기 강도 기울기를 정합을 통해 비교 분석 할 때 복잡한 배경에서 원래 특징 영역보다 더 근사치를 보이는 영역이 발견될 수 있기 때문이다. 또한 관심 객체의 이동 정보와 특징점의 광류를 통한 이동 정보의 일치화가 없기 때문

이기도 하다. (i)의 경우 페색 상황을 실험한 것인데 관심 객체는 페색 전에 대부분의 특징점을 잃고 페색 후에 특징점을 모두 잃어버린 것을 볼 수 있다.

제안한 기법을 통해 관심 객체의 추적을 실험한 (b),(d),(f),(h),(j)의 경우 <표 1>의 분석 결과 복잡한 배경에서 추적을 한 경우 80% 이상의 특징점 추적 성공률을 보였다. (d)의 경우 카메라를 기울여 객체의 이동이 좌 우 만이 아닌 위 아래로도 움직였음에도 추적에 성공하는 것을 볼 수 있다. 페색 실험을 한 (f),(j)의 경우 70% 이상의 성공률을 보이고 있는 것을 볼 수 있다. 정형 객체인 (e)에 비해 비정형 객체인 (j)의 경우 성공률이 떨어지며 비정형 객체의 관심 영역에서 변화가 큰 부분에서 특징점 추적이 실패하는 확률이 큰 것을 알 수 있다.

5. 결 론

제안한 능동 특징점과 광류를 이용한 스테레오 영상 기반

의 객체 추적 기술이 기존의 2차원 영상에서의 특징 추적 기법에 비해 높은 성능을 보이는 것을 알 수 있다. 기존의 기법이 복잡한 배경이나 객체의 폐색에 취약한 성능을 보이고 있는데 이에 대한 해결책의 하나를 제안 하였고 실험 결과 정형 객체는 높은 추적 성공률을 보였고 비정형 객체에서도 비교적 좋은 결과를 얻었다. 그러나 실시간으로 변위 지도를 만들어 사용하기 때문에 스테레오 카메라와 관심 객체의 거리나 주위의 광원들에 의해 변위 지도의 정확성이 불규칙하게 나타나는 것을 보였고 이에 따라 객체 추적에 어려움을 보이는 상황도 있었다. 또한 정형 객체에 비해 비정형 객체에서 특징점 추적 성공률이 평균적으로 5~10%정도 안 좋은 결과를 보였다. 이는 정형 객체의 관심 영역이 일정한 반면 비정형 객체는 불규칙하며 변화가 심한 곳과 심하지 않은 곳이 생기기 때문이다. 차후 실시간 변위 지도 형성 기법에 관한 연구와 비정형 객체의 관심 영역의 불규칙 성을 보완할 수 있는 연구가 진행된다면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이라 생각한다.

참 고 문 헌

[1] Kunsu Huh, Jaehak Park, Junyeon Hwang, Daegun Hong, "A stereo vision-based obstacle detection system in vehicles", *Optics and Lasers in Engineering*, Vol.46, No.2, pp.168-178, Feb. 2008.

[2] D. Comaniciu, V. Ramesh and, P. Meer, "Kernel-based object tracking", *IEEE Trans. On Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.25, No.5, pp.564-577. May 2003.

[3] R. Plankers and P. Fua, "Tracking and Modeling People in Video Sequences", *Computer Vision and Image Understanding*, pp.285-302, 2001.

[4] S. McKenna, Y. Raja, and S. Gong, "Tracking Contour Object Using Adaptive Mixture Models", *Image and Vision Computing*, pp.225-231, 1999.

[5] I. Haritaoglu, D. Harwood, and L.S Davis, "W-4: Real-time surveillance of people and their activities", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol.22, pp.809-830, Aug. 2000.

[6] A. M. Baumberg, "Learning deformable models for tracking human motion," Ph.D. dissertation, School of Comput. Studies, Univ. of Leeds, U.K, Oct. 1995.

[7] T. J. Cootes, C. J Taylor, D. H. Copper, and J. Gragam, "Training models of shape form sets of examples", In *British Machine Vision Conference*, pp.9-18, Sep. 1992.

[8] Kass, M., A. Witkin, and D. Terzopoulos. "Snake: Active Contour Models." *Int'l J. Computer Vision*, Vol.1, No.4, pp.321-331, 1987.

[9] J. Shi and C. Tomasi. "Good features to track", In *Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Seattle, Washington, USA, pp.592-600, 1994.

[10] Carlo Tomasi and Takeo Kanade, "Detection and Tracking of Point Features", *Carnegie Mellon University Technical*

Report CMU-CS-91-132, April 1991.

[11] T. Tommasini, A. Fusiello, E. Trucco, and V. Roberto. Making "Good Features Track Better", *Proc. IEEE Conf. Computer Vision*, pp.683-689, 2001.

[12] Stan Birchfield, "Derivation of Kanade-Lucas-Tomasi Tracking Equation", Unpublished, May 1996.

[13] P. J. Bert and J. R. Bergen, "Object Tracking with a Moving Camera," *Proc. of Workshop on Visual Motion*, pp.2-12, 1989.

[14] Kim, S. H., J. W. Jang, and J. H. Choi. "Object Segmentation Algorithm Using Snakes in Stereo Images", *Optical Engineering*, Vol.45, No.3, pp.037005, Mar. 2006.

[15] Kim, S. H., A. M. Alattar, and J. W. Jang. "Snake-Based Object Tracking in Stereo Sequences with the Optimization of the Number of Snake Points", *ICIP2006*, pp.193-196, Oct.2006.

[16] A. Grun, "Adaptive least squares correlation: a powerful image matching technique", *South African Journal of photogrammetry on Remote Sensing and Cartography*, pp.175-187, 1985.

[17] P. Fua, "A parallel stereo algorithm that produces dense depth maps and preserves image features", *Machine Vision and Applications*, pp.35-49, 1993.

[18] M. Hannah, "Digital stereo image matching techniques", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, pp.280-293, 1988.

[19] M. Hannah, "A system for digital stereo image matching", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, pp.1765-1770, Dec. 1989.



박민규

e-mail : samplezero@hanmail.net
 2007년 배재대학교 정보통신공학과(공학사)
 2009년 배재대학교 정보통신공학과(공학석사)
 관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 멀티미디어



장종환

e-mail : jangjw@pcu.ac.kr
 1979년 한양 대학교 전자통신공학과(공학사)
 1986년 North Carolina 주립대학교 전기 및 전자 컴퓨터 공학과(공학석사)
 1990년 North Carolina 주립대학교 전기 및 전자 컴퓨터 공학과(공학박사)
 1990년~현 재 배재대학교 정보통신공학과 교수
 관심분야 : 영상처리, 멀티미디어 검색, 비디오 편집, 컴퓨터 비전