

컬러 및 광류정보를 이용한 이동물체 추적

A Moving Object Tracking using Color and OpticalFlow Information

김주현*, 최한고**

Ju-Hyeon Kim*, Han-Go Choi**

요약

본 연구는 칼라기반에서 단일 이동객체 추적을 다루고 있다. 우선 매 영상에서 이동객체 영상의 밝기 변화에 따른 추적 약점을 개선하기 위해 기존의 Camshift 알고리즘을 보완하였다. 보완된 알고리즘도 추적중인 물체와 색상이 같은 주변 물체가 존재할 경우 불안정한 추적을 보여주었는데 본 연구에서는 이를 해결하기 위해 Optical Flow기반의 KLT 알고리즘과 병합하는 방법을 제시하였다. 픽셀기반의 특징점 추적을 수행하는 KLT 알고리즘은 칼라기반의 Camshift의 단점을 보완할 수 있다. 실험 결과 제안된 병합 방법은 기존의 추적단점을 보완하였으며 추적성능이 개선됨을 실험으로 확인하였다.

ABSTRACT

This paper deals with a color-based tracking of a moving object. Firstly, existing Camshift algorithm is complemented to improve the tracking weakness in the brightness change of an image which occurs in every frame. The complemented Camshift still shows unstable tracking when the objects with same color of the tracking object exist in background. In order to overcome the drawback this paper proposes the Camshift combined with KLT algorithm based on optical flow. The KLT algorithm performing the pixel-based feature tracking can complement the shortcoming of Camshift. Experimental results show that the merged tracking method makes up for the drawback of the Camshit algorithm and also improves tracking performance.

Keywords : CamShift, OpticalFlow, KLT(Kanade-Lucas-Tomashi), Object Tracking

I. 서론

최근 사회적으로 일어나고 있는 범죄들로 인하여 감시 시스템의 필요성이 많이 대두되고 있다. 일반적으로 움직임 감지센서를 이용한 감시 시스템이 존재하지만 영상을 이용한 감시 시스템의 경우 좀 더 많은 정보를 얻을 수 있기 때문에 영상을 이용한 감시 시스템의 연구가 활발히 진행되고 있다.

이동물체를 감시하기 위해서는 객체의 검출과 추적기능이 요구된다. 영상기반에서 이동물체를 검출하기 위해 배경을 제거하고 객체를 추출하는 것이 중요하다. 배경과 객체를 분리하는 방법으로는 두 프레임간의 차이를 이용하는 차영상 방법[1], 코드북 방법[2], 그리고 가우시안 혼합모델 방법[3] 등이 있다. 객체를 추적하기 위한 방법은 크게 형판 기반 추적방법의 주성분 방법(Principle Component Analysis)과 SVM(Support Vector Machine), 움직임 기반 방법의 유폴선 추적(Snake Algorithm), 영역 기반 방법의 KLT 추적(Optical Flow), 컬러 기반 방법의 CamShift 추적 알고리즘 등이 있다 [4].

본 논문에서는 초기에 획득한 영상(백그라운드 영상)과 현재 영상과의 차영상을 구하고 모폴로지를 사용하여 영상 내 잡음성분을 제거한다. 전처리된 영상에서 이동 객체를 검출을 수행하였으며, 객체 추적 방법으로서 컬러 기반 방법의 CamShift 알고리즘을 이용하여 기본적인 이동 객체 추적을 수행하였다. 그러나 기존 CamShift 알고리즘을 이용한 추적에서 발생하는 불안정한 추적기능을 개선하기 위해 기존 CamShift 알고리즘을 수정하고 객체 추적방법에서의 영역기반 방법인 KLT 추적 알고리즘과 병합하여 추적기능에서 기존 CamShift 알고리즘의 단점을 보완하였으며, 실험을 통해 안정적인 추적이 수행되는 것을 확인하였다.

II. 제안된 이동객체 추적 알고리즘

2.1 이동 객체 검출

이동객체의 검출을 위해 배경 차영상 연산을 사용하는 데, 배경 차영상 연산은 초기 배경 이미지를 저장해 놓은 다음 현재 이미지와 차영상을 계산하여 이동 객체를 검출하는 방법이다. Gray 레벨 영상에서 배경 이미지와 현재 이미지의 차영상을 통해 이동객체가 이미지상에 검출되면 임계값을 이용하여 이진화하고 잡음을 제거하기 위해

* 금오공과대학교 ** 금오공과대학교(교신저자)
 투고 일자 : 2014. 7. 28 수정완료일자 : 2014. 10. 24
 게재확정일자 : 2014. 11. 2

Opening 모폴로지 연산을 사용한 후 이동 객체의 좌표를 추출한다. 그림 1은 이동 객체의 추출과정을 나타내며, 그림 2는 이동 객체의 검출과정을 보여주고 있다.

그림 2에서 그림 (a)는 움직임이 있는 현재 영상이며, 그림 (b)는 초기 이미지와 움직임이 있는 현재 이미지와의 절대값 차연산을 수행한 영상으로서 움직임 변화가 없는 부분은 이미지 픽셀 값이 0으로 검정색으로 표시하였다. 그림 (c)는 차연산을 수행한 영상을 이진화한 영상으로서 Grayscale 영상 내의 픽셀 값이 기준값에 부합하는 경우 픽셀 값은 1, 기준값에서 벗어나면 0으로 표시한 후 모폴로지 연산을 통해 잡음을 제거시킨 영상이다. 그림 (d)는 움직임이 검출된 영상에 대하여 좌표값 추출을 통해 움직임이 검출된 영역을 사각형으로 표시한 영상이다.

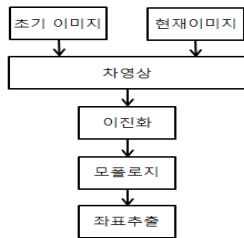


그림 1. 이동 객체 추출 과정
Fig. 1. Extraction process of the moving object

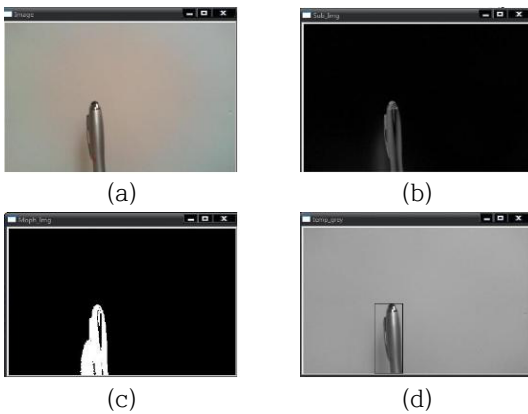


그림 2. 이동객체의 검출 과정
Fig. 2. Detection process of a moving object

2.2 CamShift 알고리즘

객체를 추적하는 방법 중에 컬러 정보를 기반으로 추적하는 알고리즘인 CamShift 알고리즘은 원하는 영역의 컬러 정보를 추출하고, 계속되는 영상에서 색상을 비교하여 원하는 영상 부분을 추적하는 알고리즘이다[5,6]. 기존의 CamShift 알고리즘은 추적을 원하는 객체에 대해 초기 윈도우를 지정해 주어야 하는 단점이 있으나 본 연구에서는 2.1절에서 설명한 것과 같이 이동물체를 검출 후 추적해야 할 객체의 좌표가 결정되기 때문에 초기 윈도우를 따로 지정해 줄 필요가 없다.

HSV 영상 기반에서 CamShift 추적 알고리즘의 추적을 위해 객체의 초기 위치와 크기가 정해진 경우, 먼저 객체

의 위치와 크기를 참고하여 CamShift 알고리즘이 계산될 영역을 정하고 그 영역의 Hue(색) 영역 기반의 히스토그램을 구한다. Hue 영역 기반의 히스토그램을 통해 컬러 확률 분포가 구해지면 탐색 윈도우에서 객체의 중심을 찾고, 그 중심에 탐색 윈도우를 재위치 시키고 영역을 찾는다. 영역의 컬러 확률분포 스코어가 컬러 히스토그램 확률분포 스코어에 수렴할 경우에는 새로이 탐색 윈도우를 설정하고, 수렴하지 않을 경우 탐색 윈도우에서 객체의 중심을 찾고 스코어가 수렴하는 영역을 찾는 일련의 과정들을 수렴할 때까지 반복하게 된다.

그림 3은 CamShift 알고리즘의 도식도를 나타내고 있고, 그림 4는 CamShift 추적영상 및 색상 히스토그램 예를 보여주고 있다.

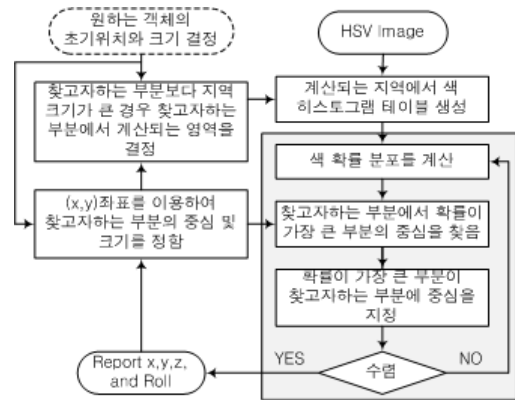


그림 3. CamShift 알고리즘 흐름도
Fig. 3. CamShift Algorithm Flow

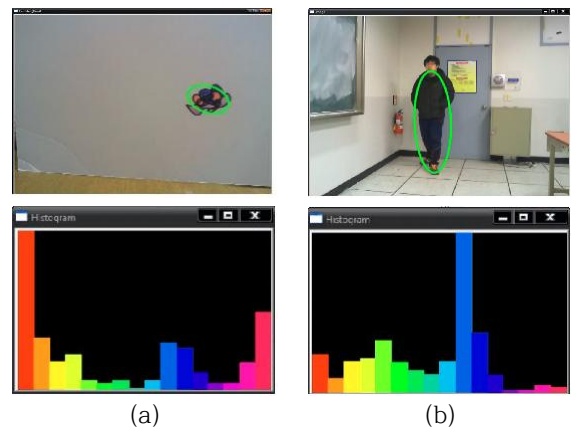


그림 4. CamShift 추적 및 히스토그램 색정보
Fig. 4. CamShift tracking & color information of histogram

2.3 CamShift 알고리즘의 문제점 및 개선

CamShift 알고리즘은 추적하기 위한 초기 위치 영역에 대하여 히스토그램 테이블을 생성하고 색 확률 분포를 구한 후 그 색정보를 이용하여 매 프레임마다 추적과정을 수행한다. 하지만 초기 색 정보를 변경없이 지속적으로 사용할 경우 외부 밝기의 영향으로 추적 중인 객체의 색정보에 변화가 발생하는 환경에서는 불안정한 추적 성능을 보인다

다. 그림 5와 같이 이동객체가 어두운 영역으로 이동할 경우 기존 CamShift로는 객체 추적이 불가능하다.



그림 5. 조도변화에 따른 불안정한 추적
Fig. 5. Unstable tracking according to illumination change

이를 보완하기 위해 기존 CamShift 알고리즘을 다음과 같이 개선하였다. 이동객체의 위치 및 영역이 정해지면 히스토그램 테이블을 생성하여 이동객체의 색정보를 저장한다. 그 뒤 히스토그램 테이블의 색정보에서 색 확률 분포가 높은 상위 3개 색상을 제외한 나머지 색정보는 삭제한 후 히스토그램 테이블을 갱신하고 갱신된 정보를 사용하여 CamShift 알고리즘을 수행한다. 프레임 갱신에서는 초기에 설정한 프레임 횟수마다 히스토그램 테이블을 재추출하여 CamShift 추적에 사용된다.

그림 6은 개선된 CamShift 알고리즘의 도식도를 나타내고 있으며, 그림 5와 같은 환경에서도 정상적인 추적이 수행함을 확인할 수 있다(3.2.2 참조).

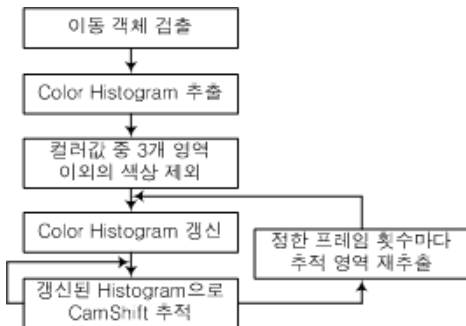


그림 6. 개선된 CamShift 알고리즘
Fig. 6. Improved CamShift algorithm

2.4 개선된 CamShift 알고리즘과 KLT 알고리즘과의 병합

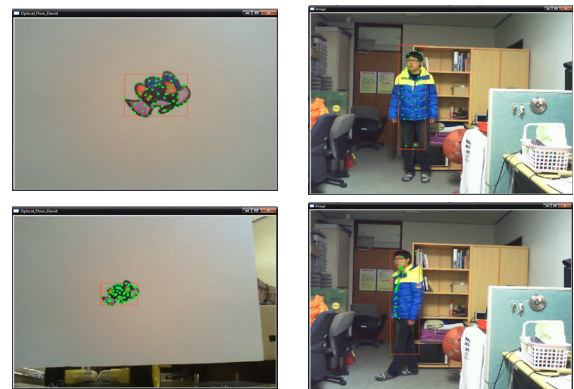
2.4.1 KLT(Kanade-Lucas-Tomashi) 특징 알고리즘

광류(Optical Flow)란 관찰자의 입장에서 어떠한 물체나 장애물을 바라보았을 때 발생하는 상대적인 움직임을 말하며 속도 벡터로 나타낸다. 광류 계산 방법으로는 여러 가지가 있지만 본 논문에서는 가장 많이 쓰이는 방법 중 하나인 KLT 추적 알고리즘을 이용하였다.

그림 7은 이동 객체에 대하여 KLT 추적 알고리즘을 적용한 영상으로서 그림 (a)는 간단한 그림의 경우이며, 그림 (b)는 이동객체인 사람의 경우의 특징점(점으로 표시)과 추적(사각형으로 표시)을 각각 보여주고 있다. KLT 알고리즘은 픽셀 기반 추적을 수행하는데, 그림 (a)의 경우 양호한 추적 성능을 보이지만 그림 (b)의 경우 좌측 영상의 특징점과 우측 영상 특징

점 위치의 차이가 있음을 확인할 수 있다. 이는 움직이는 사람의 특징점을 추출한 후 특징점을 추적하는데 있어 사람이 좌우로 움직이는 것이 아닌 뒤돌아버리거나 카메라에서 바라보는 사람이 정면이 아닌 측면으로 보이게 되면, 추적 중인 특징점들이 이동하는데 발생하는 현상이다.

이와 같은 단점으로 인해 KLT 알고리즘은 추적 시스템을 구현하는데 있어 주요 알고리즘으로 사용되지 못하지만 컬러기반 추적 알고리즘의 단점을 보완할 수 있는 방법으로 사용할 수 있다. 즉, 컬러기반 추적방법에 특징점 기반 추적방법이 추가되면 컬러기반 CamShift 알고리즘에서의 문제점인 추적 객체와 유사한 색상의 배경이 존재하는 경우 불안정한 추적 동작을 해결할 수 있다.



(a) (b)
그림 7. KLT 알고리즘을 이용한 이동객체 추적
Fig. 7. Moving object tracking using KLT algorithm

2.4.2 알고리즘 병합

CamShift 알고리즘 자체가 컬러 기반 추적이기 때문에 2.3 절에서 조도변화에 대응하기 위해 기존의 CamShift 알고리즘을 개선하였더라도 단일 영상 내에 추적 물체와 비슷한 색 정보를 갖는 물체 혹은 배경이 존재하는 경우 추적이 불가능할 수 있다. 그림 8의 오른쪽 그림과 같이 이동물체가 유사 색상을 갖는 배경에 인접한 경우 개선된 CamShift 알고리즘의 불완전한 추적을 보여주고 있다.



그림 8. 유사색상의 물체로 인해 불완전한 추적 성능을 보이는 개선된 CamShift 알고리즘
Fig. 8. Improved CamShift algorithm showing an incomplete tracking performance due to the object of similar color

이러한 CamShift 알고리즘의 단점을 보완하기 위하여 2.4.1절에서 소개한 KLT 추적 알고리즘과 개선된 CamShift 알고리즘을 병합하여 추적 물체 주변 내지 배경에 비슷한 컬러

러영역이 존재하더라도 추적을 수행할 수 있게 하였다. 그림 9는 개선된 CamShift 알고리즘과 KLT 알고리즘을 병합한 도식도이다.

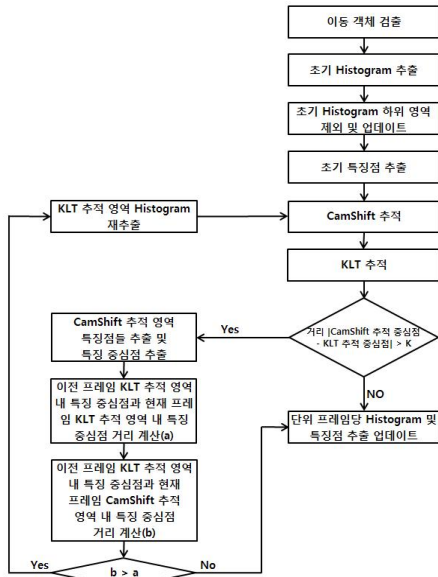


그림 9. 개선된 CamShift와 KLT 알고리즘과의 병합
Fig. 9. Merge with improved CamShift and KLT algorithm

개선된 CamShift 방법에 KLT 방법을 추가하기 위해선 초기 Histogram 영역 추출 후 KLT 추적에 사용되어지는 특징점 정보를 검출 영역에서 획득하여야 한다. 그 후 CamShift 추적을 실행하고 뒤이어 KLT 추적을 수행하는데 앞서 초기에 획득하였던 특징점들의 정보를 가지고 특징점을 추적하게 된다. 개선된 CamShift 추적에서 추적 객체와 유사한 색상의 물체가 존재하는 경우 앞서 발생하는 문제와 같이 CamShift 추적영역은 유사한 색상의 물체로 이동하게 된다. 그림 10은 이 상황을 설명하고 있다.

하지만 KLT 추적에 사용되는 특징점들은 색상영역에 크게 영향을 받지 않기 때문에 정상적인 추적성능을 보인다. 이럴 경우 추적 객체가 아닌 유사한 색상 쪽의 CamShift 추적 영역에서 특징점을 추출 중심점을 구하고 KLT 추적 중인 특징점들의 중심점을 구한 후, 이전 프레임의 특징점의 중심점과의 거리 평균 연산을 하여 어느 특징점이 올바르게 추적중인 특징점인지 판단하여 KLT 추적 영역의 중심점과 어느 정도 차이가 나지 않을 정도까지 CamShift 추적 중인 영역의 Histogram을 재추출하여 CamShift 추적을 못하게 한다. 그리고 추적 객체가 유사색상의 물체에서 벗어났을 경우 두 추적 영역의 중심점이 차이가 나지 않게 되면 CamShift 알고리즘을 수행하여 이동물체를 추적한다.

그림 11은 다른 물체의 동일색상으로 잘못 추적된 CamShift 추적영역의 특징점과 기존의 KLT 추적 중인 영역의 특징점, 그리고 이전 프레임의 KLT 추적 영역의 특징점들간의 거리 평균 연산을 그림으로 설명하고 있다.

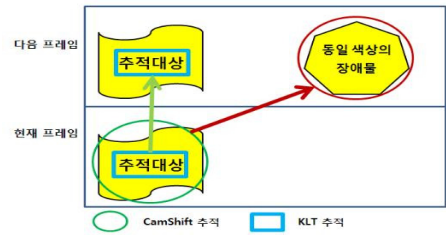


그림 10. Camshift 추적에서의 문제 상황
Fig. 10. Problem situation in Camshift tracking

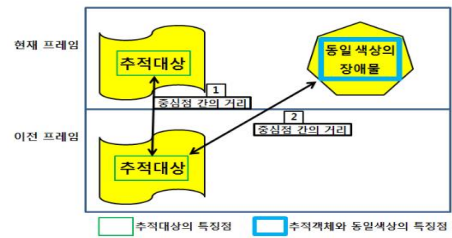


그림 11. 특징점들의 평균 계산
Fig. 11. Average value computation of feature points

III. 실험 및 결과

3.1 실험 환경

본 논문에서 제안한 방법은 WindowsXP, VisualStudio 2008 Pentium IV 3.0GHz 사양의 개인용 컴퓨터를 사용하여 구현하였다. 카메라는 Microsoft사의 LifeCam HD-3000를 사용하였으며 640×480 해상도로 실험하였다. 영상 획득 및 디스플레이, 객체 검출, 기본적인 추적 알고리즘은 영상처리 오픈소스인 OpenCV라이브러리를 이용하였다.

추적중인 이동물체가 현재 영상내에 표시하기 위해 카메라 방향을 이동물체에 따라 움직이도록 Pan-Tilt 기능 수행이 요구되는데, 이를 위해 삼성테크윈의 스피트 돔 카메라 SPD-1000 상단부에 HD-3000 카메라를 부착하여 Pan-Tilt 기능을 구현하였다. 그림 12는 실험을 위한 하드웨어 구성도와 인터페이스 방식을 보여주고 있다.

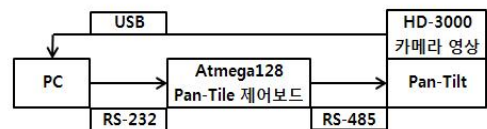


그림 12. 실험을 위한 하드웨어 구성도
Fig. 12. Hardware block diagram for experiment

3.2 실험 내용 및 결과

3.2.1 기존 CamShift에 의한 추적

그림 13은 서로 다른 색상에 대해 실내에서 기존 CamShift 알고리즘을 이용한 추적을 보여주고 있다. 기존 CamShift 추적의 경우 초기 Histogram 정보만을 이용하여 추적한다. 실내에서 추적하는데 있어 객체의 위치가 외부 조도의 문제가 되

지 않는 범위에서 안정적인 추적 성능을 보인다.



그림 13. 기존 CamShift 알고리즘 추적
Fig. 13. Tracking of existing CamShift algorithm

그림 14는 기존 CamShift 알고리즘 추적에 있어서 천막의 그림자로 인해 조도가 어두어짐으로 인해 추적이 불가하게 되는 영상을 보여주고 있다. 기존 CamShift 추적이 초기 Histogram을 이용하여 추적하기 때문에 조도에 따라 추적 중인 객체의 색상 정보 값이 변하게 될 경우 Histogram 컬러 정보 값과 맞지 않기 때문에 추적이 불가하다.



그림 14. 기존 CamShift 알고리즘의 불안정한 추적
Fig. 14. Unstable tracking of existing CamShift algorithm

3.2.2 개선된 CamShift에 의한 추적

초기 영상의 조도와 이후 영상에서의 조도세기가 다른 경우 불안정한 추적을 보여주었는데 이를 개선하기 위해 기존 CamShift에 일정한 프레임 횟수마다 Histogram을 재추출하여 사용하였고, 초기 Histogram 추출 시 추적하고자 하는 객체의 Hue 영역 중 빈도수가 가장 높은 Hue 영역만 추출할 수 있게 Histogram에서 추출할 수 있는 Hue 영역의 개수를

수정하였다.

그림 15는 개선된 CamShift 알고리즘의 추적영상과 갱신 중인 히스토그램을 보여주고 있다. 그림 15를 통해 알 수 있듯이 개선된 CamShift 알고리즘은 초기 Histogram에서 추출한 색상 영역 이외에는 다른 색상 영역을 추출하지 않으면서 Histogram을 재추출하여 이동 객체를 추적하고 있다.

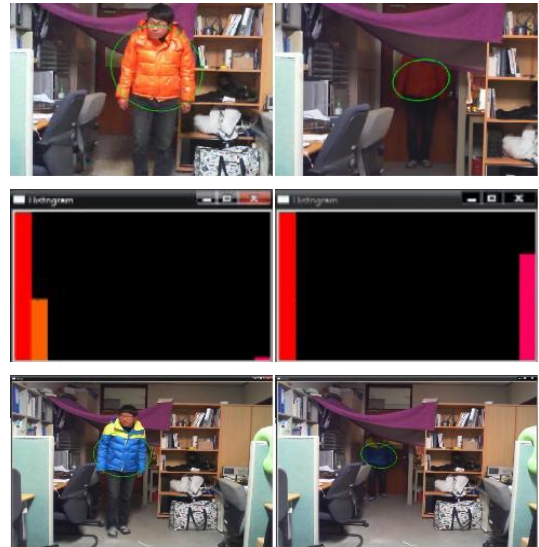


그림 15. 개선된 CamShift의 추적 및 갱신 중인 히스토그램
Fig. 15. Tracking of improved CamShift and updating histogram

3.2.3 개선된 CamShift 알고리즘의 불안정한 추적 예

그림 16은 개선된 CamShift 알고리즘이 영상 내에 추적객체와 유사한 색상의 배경물체로 인해 이동물체의 지속적인 추적이 수행되지 않음을 보여주고 있다. 개선된 CamShift 알고리즘일지라도 유사한 색상의 물체가 영상 내에 존재할 경우 추적객체가 배경물체에 가까이 접근하면 유사 색상을 추적객체와 동일하게 인식하기 때문에 그림 16과 같이 추적객체가 아닌 배경내 객체로 추적하게 됨을 알 수 있다.



그림 16. 개선된 CamShift의 추적 불가 예
Fig. 16. Example of unstable tracking of improved CamShift

3.2.4 병합 알고리즘의 추적

그림 17은 실외 실험으로서 추적 객체와 유사한 색상의 배경물체가 없을 경우 병합 알고리즘에 의한 객체 추적은 안정된 추적을 수행하는 것을 확인할 수 있으며, 다른 색상에 대한 실험에서도 동일한 결과를 보여주었다.

그림 18은 추적 객체와 유사한 색상의 물체가 존재할 경우의 병합한 알고리즘 객체 추적 영상이다. 추적 객체와 비슷한 색상의 물체와 거리를 두고 있을 경우 안정된 추적을 보인다. 그리고 유사 색상 물체의 주변으로 이동할 경우 CamShift 추적 영역을 나타내는 타원이 일시적으로 객체 주변 유사색상의 물체로 이동하는 불안정한 동작을 보여주지만 다시 추적객체가 유사색상의 물체로부터 거리를 두게 되었을 시 다시 안정적인 추적이 수행됨을 그림을 통해 확인할 수 있다. 하지만 이동 객체가 배경물체를 완전히 중첩되는 경우에는 이동 객체의 특징점이 물체로 이동하게 되어 불안정한 추적을 보여주었다.



그림 17. 유사 색상의 물체가 존재하지 않을 경우 병합 알고리즘의 객체 추적

Fig. 17. Object tracking of merged algorithm in such a case of not existing objects of similar color

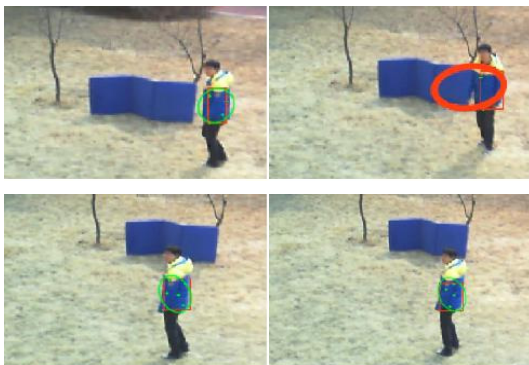


그림 18. 유사 색상의 물체가 존재할 경우 병합 알고리즘의 객체 추적

Fig. 18. Object tracking of merged algorithm in such a case of existing objects of similar color

IV. 결론

본 연구는 컬러 및 광류정보를 이용한 이동물체의 추적을 다루고 있다. 외부 밝기에 따라 적응하면서 추적을 수행하도록 CamShift 알고리즘을 개선하였으며, 이동객체 주변에 유사색상을 갖는 물체가 존재할 경우 불안정한 추적을 보완하기 위해 개선된 CamShift 알고리즘과 광류벡터 기반의 KLT 알고리즘을 병합하여 기존 Camshift 보다 안정적으로 추적이 수행되는 것을 검증하였다.

CamShift 알고리즘은 HSV 공간에서 동작을 하는데 밝기 변화에 더 강인한 특성을 구현하기 위해 향후 연구에서는 영상에 따라서 자율적으로 Saturation 값과 Value 값을 설정할 수 있는 연구가 추가적으로 필요하다[7].

참고 문헌

- [1] 유범상, 김경철, 이후관, 양창완, “산업용 로봇과 생산자동화 기술,” 한국로봇공학회 학회지 제 6권, 제 2호, pp. 16-32, 2009.
- [2] Craig. John J, Introduction to Robotics, Prentice Hall, 2007.
- [3] 김동현, 박상신, 성영휘, “이형 제품간 접합 공정 로봇 시스템,” 로봇학회논문지 제 6권, 제 2호, pp. 141-146, 10, 2011.
- [4] 박찬훈, 박경택, “산업용 양팔로봇의 설계 및 제어,” 한국정밀공학회지, 제 25권, 제 11호, pp.58-65, 2008.
- [5] Yoshikawa. T., “Manipulability and redundancy control of robotic mechanisms,” Pro. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.1004-1009, 1985.
- [6] 이종화, 김자영, 이지홍, 김동혁, 임현규, 류시현, “여유자유도를 갖는 산업용 로봇의 역기구학 해석 및 최적 동작 계획,” 로봇학회논문지, 제 7권, 제 1호, pp.35-44, 2012.
- [7] 성영휘, 주백석, “여유자유도 실링 로봇에서의 최적 경로 계획,” 전기학회논문지, 제 61권, 제 12호, pp.1911-1919, 2012.



김 주 현 (Ju-Hyeon Kim)

2011년 금오공과대학교 전자공학부 (학사)

2011-현재 금오공과대학교 전자공학과
(석사과정)

관심분야 : 디지털신호처리, 영상처리



최 한 고 (Han-Go Choi)

正會員

1979년 경북대학교 전자공학과 (학사)

1988년 플로리다대학교 전기전자공학과 (석사)

1992년 플로리다대학교 전기전자공학과 (박사)

1979~1986년 국방과학연구소 연구원

2001년 MIT Research Scientist

1993년~현재 금오공과대학교 전자공학부 교수

관심분야 : 신호 및 영상처리, 생체신호처리, DSP 응용
