

피부색과 변형된 다중 CAMShift 알고리즘을 이용한 실시간 휴먼 트래킹

Real-Time Human Tracking Using Skin Area and Modified Multi-CAMShift Algorithm

민재홍*, 김인규*, 백중환*

Jae-Hong Min*, In-Gyu Kim* and Joong-Hwan Baek*

요 약

본 논문에서는 사람의 신체 일부분을 추적하는 시스템을 위해서 피부영역을 추출하고 여러 개의 영역을 추적하는 다중 CAMShift 알고리즘(Multi Continuously Adaptive Mean Shift Algorithm)을 제안하였다. 입력 영상에서 피부영역을 추출하기 위해 영상의 RGB의 특징값을 기준으로 피부색에 적응적인 임계값을 적용하였다. 이때 적용된 피부영역을 양손, 얼굴 등에 초기 윈도우를 설정하였다. 이 영역들을 추적함에 있어 영역들 사이에 폐색 영역을 회피하기 위해 가우시안 배경 모델(Gaussian Background Model)을 사용하여 각 추적 영역들을 제한하였다. 또한 폐색영역에 가중치를 부가하여 확률분포영상에서 중심값을 이동시켜 폐색 영역을 회피하였다. 실험 결과 다중 물체들에 강인한 추적을 보이고 유사한 색상을 갖는 물체의 폐색 시에도 우수한 결과를 보임을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose Modified Multi CAMShift Algorithm(Modified Multi Continuously Adaptive Mean Shift Algorithm) that extracts skin color area and tracks several human body parts for real-time human tracking system. Skin color area is extracted by filtering input image in predefined RGB value range. These areas are initial search windows of hands and face for tracking. Gaussian background model prevents search window expanding because it restricts skin color area. Also when occluding between these areas, we give more weights in occlusion area and move mass center of target area in color probability distribution image. As result, the proposed algorithm performs better than the original CAMShift approach in multiple object tracking and even when occluding of objects with similar colors.

Key words : Target Tracking, CAMShift, Background-weighted histogram, Gaussian Background Model¹⁾

I. 서 론

현재 3차원 디스플레이 장치의 발전으로 인해 3차원 콘텐츠들이 계속해서 개발되고 있으며, 또한 요구

되고 있다. 이러한 3차원 콘텐츠들을 제어하기 위한 보다 편리하고 직관적인 인터페이스가 대두되고 있다. 또한 증강현실은 3차원 공간상에 게임처럼 공간을 새롭게 창조하는 것과는 달리 실사 현실의 기반 위에 가상의 사물을 결합하여 부가적인 정보들을 제

* 한국항공대학교(Korea Aerospace University)

· 제1저자 (First Author) : 민재홍
· 투고일자 : 2011년 10월 24일
· 심사(수정)일자 : 2011년 10월 25일 (수정일자 : 2011년 12월 26일)
· 게재일자 : 2011년 12월 30일

공할 수 있다. 이에 마이크로소프트사에서 나탈프로젝트를 통해 키넥트 카메라를 개발하였으며, 스테레오 카메라와 적외선 카메라 등을 이용하여 움직임 인식이 가능하게 되어 3차원 게임에 적용하게 되었다. 이와 같이 게임에 적용되고 있는 움직임 인식 등의 인터페이스를 가상의 컨트롤러를 이용한 3차원 콘텐츠에 적용에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 또한 유비쿼터스 시대에 발맞추어 이동기기 등에 적용이 가능하리라 기대된다. 따라서 이러한 기기들에 부합되는 인터페이스를 구현하기 위해서는 3차원 공간상의 객체를 제어하고 인식하는 요소기술이 필요하다. 이러한 요소기술들은 주변 정보 및 사용자의 시선, 자세, 동작 등을 파악하고, 가상정보를 생성하며, 가상과 현실을 일치시켜 사용자에게 전달한다. 실제 영상에 가상물체를 생성하기 위해 가상물체와 실제 영상 간의 매개체가 요구되며, 이러한 매개체를 지속적으로 추적 인식하여 기준이 되는 좌표계를 설정한다. 추적 및 인식을 위해 기계, 자기, 광학 등이 이용되지만 현재 광학이 가장 높은 정밀도를 보인다. 따라서 마커를 이용한 광학 트래킹이 주류를 이루고 있다. 광학 기반의 트래킹 방법은 조명에 영향을 많이 받게 되므로 이를 극복하기 위해서 IR(infrared) 타겟을 사용하는 방법이 사용되기도 한다[1]. 최근에는 번거롭게 마커를 필요로 하지 않고도 트래킹이 가능한 마커리스 트래킹 기법이 연구되고 있다. 대표적인 예로 PTAM(Parallel Tracking And Mapping)이 있으며 작은 AR(Augmented Reality) 공간을 생성하여 추적 및 맵핑을 한다 [2].

유사한 색상이 근처에 있을 때 CAMShift는 다중색을 가진 객체를 추적할 수 없으므로 임계값과 다차원 히스토그램을 활용한 가중치 역투영(Back Projection) CAMShift를 이용하여 해결하였다. 처리속도가 실시간으로 유지할 수 있고 여러 색의 개체 또는 이와 유사한 색 배경에서는 CAMShift 보다 나은 성능을 보이거나 유사한 다중 객체들이 서로 움직이는 객체들에 대해서는 대응할 수 없다[3].

마커리스한 인터페이스를 위하여 본 논문에서는 다중 CAMShift 알고리즘을 이용하여 여러 개의 피부영역을 동시에 추적한다. CAMShift 알고리즘은 공간 및 특징을 결합하고 이를 커널로 이용하여 지역적 밀도가 높은 점을 찾아 추적 윈도우로 설정하고 이를

반복한다. 이 때 동일한 색상 히스토그램을 가지는 물체들을 동시에 추적할 경우 폐색이 일어나 추적물체를 잃게 된다. 이를 개선하기 위해 다중 물체의 추적에 관한 새로운 방법을 제안하고 영상을 분할 및 추적함으로써 제안한 방법을 평가한다. 본 논문은 손과 얼굴의 위치를 추적하고 깊이 정보를 추정하여 3차원 콘텐츠에 부합되는 실시간 인터페이스를 제안하며, 추적 영역에서 서로 폐색 영역에 대한 회피 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 피부영역을 추출하는 알고리즘을 기술하며 3장에서는 CAMShift 알고리즘과 추적 물체의 정확한 모양과 각 부분의 구분을 위한 가우시안 배경 모델에 관해 기술한다. 4장에서는 다중 CAMShift 알고리즘에 대해 설명하고 5장에서는 다중 CAMShift 알고리즘의 구현과 결과를 서술하며, 6장에서 결론을 맺는다.

II. 피부 영역 추출 알고리즘

피부 영역을 검출하기 위해 본 논문에서는 무게 중심과 손 영역의 추출이 용이한 피부색을 추출하는 방법을 사용한다. 아래 그림 1은 피부색 검출에 관한 블록도이다.



그림 1. 피부색 영역 추출 블록도

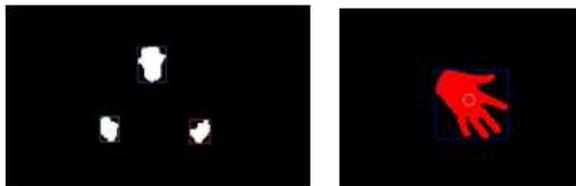
Fig. 1. Block diagram of skin color area extraction.

웹 카메라로부터 들어오는 영상에서 피부색 검출을 위해 일정한 규칙을 적용하여 피부색과 비피부색

에 대한 수치적인 거리를 계산한다. 그 중에 일정 색 공간에서 피부 영역에 대한 경계값을 정의하므로, 매우 단순하면서 빠른 검출이 가능하다. 식 (1)에서 보면, 입력 영상 포맷은 RGB로 설정하였으며, 영상의 각 픽셀값들에 대해 아래의 조건에 부합되면 피부색으로 검출한다[4][5].

$$\begin{aligned} R > 95 \quad G > 40 \quad B > 20 \quad (1) \\ \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15 \\ |R - G| > 15 \quad R > G \quad R > B \end{aligned}$$

이때 R,G,B의 범위는 0~255를 가진다. 그러나 검출하고자 하는 피부색 영역 이외에 다른 부분에 대해서도 잡음처럼 나타난다. 이러한 성분들을 제거하기 위해 팽창과 침식의 모폴로지를 적용한다. 이러한 이진화를 거친 후에 외곽선을 검출하여 검출된 영역에 대한 면적을 연산한다. 이때 화면에 검출된 영역 중에 일정 크기 이상을 가지는 영역을 관심영역으로 설정하여 그 무게 중심을 구한다. 아래 그림 2는 추출된 피부 영역과 무게중심을 보인다.



(a) 피부색 영역 추출 (b) 피부영역 무게 중심
그림 2. 피부색에 의한 추출과 영역 무게 중심
Fig. 2. Skin Color Extraction & center of gravity

III. CAMShift 알고리즘과 배경 모델

3-1 CAMShift 알고리즘

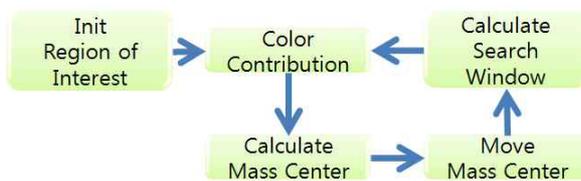


그림 3. CAMShift 알고리즘 블록도
Fig. 3. Block diagram of CAMShift algorithm

그림 3의 첫 관심영역 즉 첫 추적 물체영역에서의 색상(색상) 분포는 히스토그램에 의해 정의한다. 이

때 밀도가 가장 큰 곳 즉 지역 극값(local extrema)을 계산하여 중심값으로 정하고 이동한다. 이동한 중심값으로 다음 프레임에서 추적 창을 설정하며 창 내부에서 색상의 분포에 따른 중심값을 다시 계산한다[6].

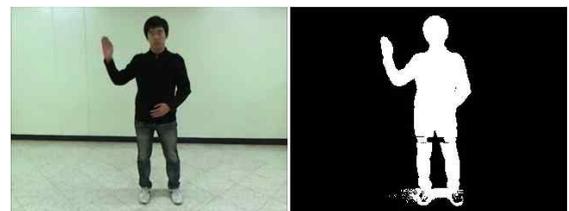
$$\begin{aligned} M_{00} &= \sum_x \sum_y I(x, y) \quad (2) \\ M_{10} &= \sum_x \sum_y x^* I(x, y) \\ M_{01} &= \sum_x \sum_y y^* I(x, y) \end{aligned}$$

$$x_c = \frac{M_{10}}{M_{00}} \quad y_c = \frac{M_{01}}{M_{00}} \quad (3)$$

$I(x, y)$ 는 영상의 픽셀 값을 의미하며, 식 (3)에 의해서 추적 영역에 대한 색상 분포의 중심값을 계산할 수 있다. 이때 M_{00} 는 0차 모멘트이고, M_{01}, M_{10} 은 1차 모멘트이다.

3-2 가우시안 배경 모델

추적 물체의 정확한 모양과 각 부분을 구분할 필요가 있다. 배경의 변화에 대해서 적응적으로 대응할 수 있는 배경 모델로 적응적인 가우시안 배경 모델을 사용한다. 다중의 색상 모델을 기반으로 일정 시간 동안의 배경을 가우시안 확률밀도함수와 가중치를 이용하여 설정한다. 그림 4는 가우시안 배경 모델을 적용하여 원영상에서 전경영상 추출 예를 보인다[7].



(a) 원영상 (b) 전경 영상

그림 4. 가우시안 블록 매칭에 의한 전경영상
Fig. 4. Foreground using Gaussian Block Matching

IV. 제안한 다중 CAMShift 알고리즘

양손과 얼굴 등의 3개의 유사한 색상 값을 가지는 영역을 추적하기 위하여 본 논문에서는 다중

CAMShift 알고리즘을 제안한다. 그림 5에서 보면 오른손 영역과 왼손 영역에 대해서 폐색이 일어날 경우, 분포확률 영상과 피부색 영역 영상에서 양손의 영역이 구분되지 않는다.

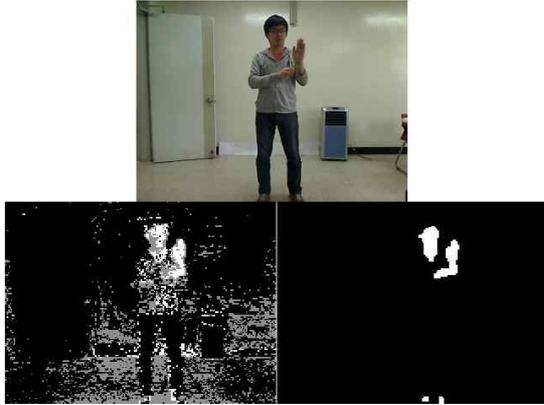


그림 5. 피부색 영역들의 폐색에 따른 영상
Fig. 5. Occlusion image of tracking skin color area

그림 6에서 보이는 개념과 같이 동일하거나 유사한 색상 분포확률을 가지는 추적 영역들에 대한 다중 CAMShift 알고리즘은 다음과 같다.

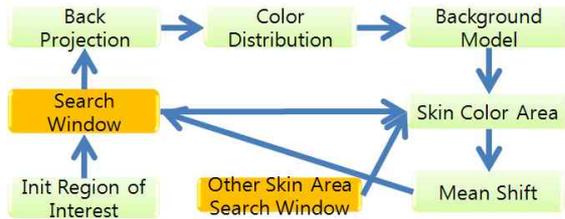


그림 6. 다중 CAMShift 알고리즘 블록도
Fig. 6. Multiple CAMShift algorithm block

손 영역들과 얼굴 영역에 대한 초기 영역을 피부색 추출에 의해 지정된다. 이때 지정된 영역에서 색상 히스토그램을 구하여 역투영으로 색분포 영상을 생성한다. 손 영역들과 얼굴 영역들에 대한 추적 윈도우들을 각각 초기화하고, 다음 입력 영상에서 이전 추적 영역에 있는 다른 추적 영역에 대해 색 영역에서 배제함으로써 폐색 시 색분포 함수에서 중심값 이동에 보다 정확성을 높일 수 있다.

$$m_g^a(y_i^a) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^a w_i g_i \left(\left\| \frac{y^a - x_i^a}{h} \right\|^2 \right)}{\sum_{i=1}^n w_i g_i \left(\left\| \frac{y^a - x_i^a}{h} \right\|^2 \right)} \quad (4)$$

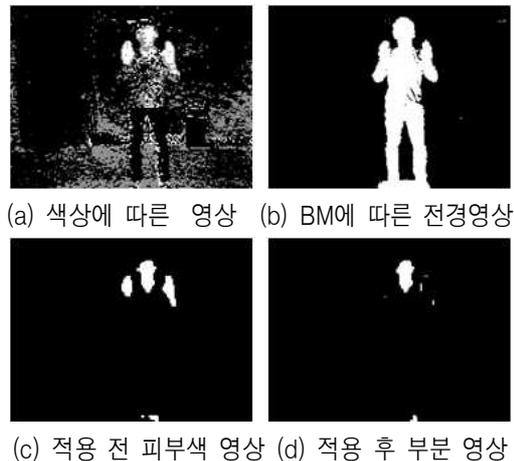
식 (4)에서 m_g^a 는 a 물체의 평균 이동 벡터를 나타내며, y^a 는 추적물체의 다음 위치, n은 추적영역의 픽셀 수이며, w 는 색 가중치이며, g 는 커널 프로파일이고 h 는 윈도우 크기를 나타낸다. 또한, 추적 영역 내에서 다른 추적 영역들의 영역을 분포함수에서 제외함으로써 폐색 시에도 추적을 강인하게 한다.

$$T^a = g_i \left(\left\| \frac{y^a - \alpha_i x_i^a}{h} \right\|^2 \right)$$

$$\alpha_i = \begin{cases} (1-k) & \text{if } otherwindow \in h \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

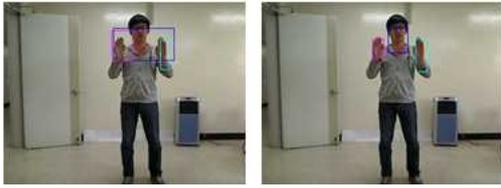
식 (5)에서 α_i 는 영역 h 내에서 각 물체의 추적 영역에 관한 가중치이며, k 는 0에서 1까지의 값을 가진다. T^a 는 거리에 대한 가중치이며, 폐색 영역에 강인한 추적을 가진다.

V. 변형된 다중 CAMShift 알고리즘의 실험 및 결과



(a) 색상에 따른 영상 (b) BM에 따른 전경영상

(c) 적용 전 피부색 영상 (d) 적용 후 부분 영상



(e) 적용 전 영상 (f) 적용 후 영상
 그림 7. 다중 CAMShift 알고리즘 적용 전후 비교
 Fig. 7. Comparison of Multiple CAMShift

그림 7은 단순 피부색영역을 적용한 것과 다중 CAMShift 알고리즘을 적용한 결과 영상이다. 유사한 색상값을 가지는 얼굴과 손 영역에서 각각 Mean shift 알고리즘에 의해 중심점이 주변의 값에 인해 서로 확장함을 알 수 있다. 적용 후 영상에서 보면 각 영역이 구분됨을 알 수 있다.

그림 8은 손이 서로 교차해서 지나갔을 경우의 결과영상이며, 양손의 겹침이 있는 경우 손의 영역이 줄어들음을 볼 수 있으며, 서로 분리 후 복원된다.

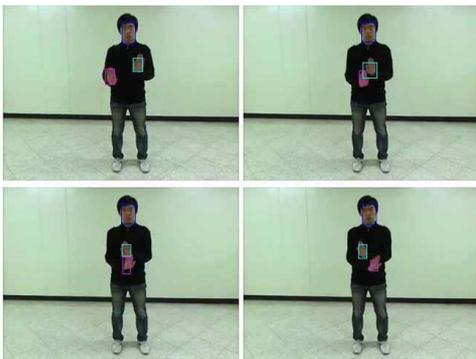
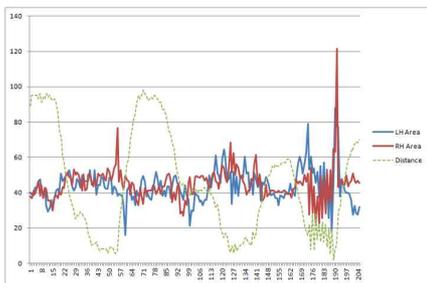
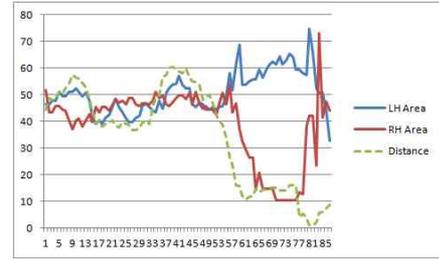


그림 8. 양손 겹침 결과 영상
 Fig. 8. Result in occlusion of hands

그림 9는 손이 서로 교차해서 지나갔을 경우의 결과 영상이며, 추적 영역의 거리와 넓이를 비교할 때 각각의 영역에 상대적으로 일정 크기 이상의 넓이를 가져야 추적에 성공함을 알 수 있다.



(a) 폐색 후 복귀 시 추적 성공



(b) 폐색 후 복귀 시 추적 실패
 그림 9. 양손 폐색 시 양손 넓이와 거리
 Fig. 9. Area and distance between hands

VI. 결 론

본 논문에서는 사람의 신체 일부분을 추적하는 시스템을 위해서 피부영역을 추출하고 여러 개의 영역을 추적하는 다중 CAMShift 알고리즘을 제안했다. 유사한 색상값을 가지는 다중 물체들을 추적 시에 추적에 어려움이 있다. 이를 개선하기 위해서 각 추적 영역들의 상호 폐색 시 폐색영역에 가중치를 부가하여 확률분포 영상에서 중심값을 이동하였다. 실험결과 본 논문에서 제안한 다중 CAMShift 알고리즘은 실시간으로 다중 물체들의 상호 폐색영역에 대해서도 강한 추적을 보임을 확인하였다.

감사의 글

본 연구는 경기도지역협력연구센터 (GRRC) 프로그램에 의해 한국항공대학교 차세대방송미디어기술 연구센터의 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김용훈, 이수웅, 이준석, 노경희, “혼합현실 기반 이리닝 기술동향”, *전자통신동향분석* 제24권 제 1호, Feb. 2009.
- [2] G. Klein and D. Murray, “Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces”, *6th IEEE and ACM International Symposium on In Mixed and Augmented Reality*, pp. 225-234, Jun. 2008.
- [3] Sun L, Wang B R, Ikenaga T. “Real-time non-rigid object tracking using CAMShift with weighted back projection.”

In:International Conference on Computational Science and Its Applications. Fukuoka, 2010. 86-91

- [4] V. Vezhnevets, V. Sazonov, A. Andreeva, "A survey on pixel-based skin color detection techniques", *GRAPHICON03*, pp. 85-92, 2003
- [5] PEER, P., KOVAC, J., AND SOLINA, F. 2003. "Human skin colour clustering, for face detection", *EUROCON 2003*.
- [6] G. R. Bradski. "Computer vision face tracking for use in a perceptual user interface", *Intel Technology Journal*, 2nd Quarter, 1998.
- [7] Xun Cai, Long Jiang, Xing-wei Hao, and Xiang-xu Meng, "A New Region Gaussian Background Model for Video Surveillance," *Natural Computation*, vol.6, no., pp.123-127, 18-20 Oct. 2008.

민재홍 (閔載泓)



1995년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과 졸업(공학사)
1998년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과 졸업(공학석사)
2007년 3월~현재 : 한국항공대학교
정보통신공학과 박사과정
관심분야 : 영상처리, 패턴인식,
Stereo vision

김인규 (金仁奎)



2011년 2월 : 한국항공대학교 정보
통신공학과(공학사)
2011년 3월~현재 : 한국항공대학교
정보통신공학과 석사과정
관심분야 : 영상처리, 멀티미디어, 3D
Vision

백중환 (白重煥)



1981년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과 졸업(공학사)
1987년 7월 : 오클라호마주립
대학원 전기 및 컴퓨터공학과
(공학석사)
1991년 7월 : 오클라호마주립
대학원 전기 및
컴퓨터공학과(공학박사)

1992년 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공전자 및 정보통신
공학부 교수
관심분야 : 영상처리, 패턴인식, 영상압축, 멀티미디어