

칼만 필터와 가중탐색영역 CAMShift를 이용한 휴먼 바디 트래킹 및 자세추정

Human Body Tracking and Pose Estimation Using CamShift Based on Kalman Filter and Weighted Search Windows

민재홍*, 김인규*, 황승준*, 백중환*

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

요 약

본 논문에서는 사람의 신체 일부분을 추적하는 시스템을 위해서 피부영역을 추출하고 여러 개의 영역을 추적하는 칼만 필터와 가중 탐색 영역을 이용한 다중 CAMShift 알고리즘(KWMCAMShift)을 제안한다. 배경모델을 구성하고 손과 얼굴의 피부색영역을 탐색 영역으로 하는 CAMShift를 제안한다. 이때 CAMShift의 유동적인 탐색 영역을 안정화하기 위해 칼만 필터를 이용한다. 손과 얼굴 등이 상호 겹쳐지는 경우 탐색영역의 손실을 막기 위해 주 탐색영역과 비 탐색영역에 대한 가중치를 부가하여 서로 폐색 영역에 대한 회피 알고리즘을 제안한다. 얼굴 영역과 양손의 영역을 중심으로 인간의 자세를 추정하여 어깨와 손과의 관계로 팔꿈치를 추정하였고, 가우시안 배경 모델에 생성되는 그림자를 제거하여 발끝을 찾아 신체 전체를 추정하였다. 제안된 KWMCAMShift 알고리즘을 적용하였을 때 폐색 시에도 96.82%의 인식률을 보였으며 실시간이 가능하였다.

Abstract

In this paper, we propose Modified Multi CAMShift Algorithm based on Kalman filter and Weighted Search Windows(KWMCAMShift) that extracts skin color area and tracks several human body parts for real-time human tracking system. We propose modified CAMShift algorithm that generates background model, extracts skin area of hands and head, and tracks the body parts. Kalman filter stabilizes tracking search window of skin area due to changing skin area in consecutive frames. Each occlusion areas is avoided by using weighted window of non-search areas and main-search area. And shadows are eliminated from background model and intensity of shadow. The proposed KWMCAMShift algorithm can estimate human pose in real-time and achieves 96.82% accuracy even in the case of occlusions.

Key words : Body Tracking, CAMShift, Pose Estimation, Kalman Filter, Weighted Search Windows

I. 서 론

최근 3차원 디스플레이의 발전과 보급으로 인해

3차원 콘텐츠들이 계속해서 개발되고 있으며, 이러한 3차원 콘텐츠들을 제어하기 위해 보다 편리하고 직관적인 인터페이스의 개발이 요구되고 있다. 따라

* 한국항공대학교(Korea Aerospace University)

· 제1저자 (First Author) : 민재홍

· 투고일자 : 2012년 5월 24일

· 심사(수정)일자 : 2012년 5월 24일 (수정일자 : 2012년 6월 14일)

· 게재일자 : 2012년 6월 30일

서 이러한 기기들에 부합되는 인터페이스를 구현하기 위해서는 3차원 공간상의 객체를 제어하고 인식하는 기술이 필요하다. Kinect나 TOF 카메라와 같은 3D 동작 인식 하드웨어가 개발되어 있지만, 웹캠에 비해서는 가격이 비싼 단점이 있다[1].

본 논문에서는 RGB 영상에서 신체를 인식하고 추적하기 위한 알고리즘을 제안한다. 손과 얼굴을 기반으로 신체 자세를 추정하기 위해서는 정확한 추적을 요구한다. 그러나 손과 얼굴 등은 서로 색상이 유사하고, 또한 피부색과 유사한 색을 갖는 배경의 경우 추적에 오류가 발생한다. 이를 해결하기 위해 배경 모델을 구성하고 피부색을 검출하여 피부색 영역을 탐색 영역으로 하는 CAMShift를 제안한다[2][3]. 이때 CAMShift의 유동적인 탐색영역을 안정화하기 위해 칼만 필터를 이용한다. 또한 손과 얼굴 등이 상호 겹쳐지는 경우 탐색영역의 손실을 막기 위해 주 탐색영역과 비 탐색영역에 대한 가중치를 부가하여 서로 폐색 영역에 대한 회피 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 신체 검출을 위한 가우시안 배경 모델과 그림자 제거 방법을 기술하고, 3장에서는 손, 얼굴, 팔꿈치, 발끝을 분리하는 신체 부위별 인식 방법을 기술한다. 4장에서는 신체 추적을 위해 가중 필터를 적용하여 폐색 시 추적 영역간의 회피가 가능한 CAMShift 알고리즘과 추적의 안정화를 위한 칼만 필터를 적용한 CAMShift 알고리즘을 설명한다. 5장에서는 제안한 CAMShift 알고리즘의 구현과 실험 결과를 보이며, 6장에서 결론을 맺는다.

II. 신체 검출

2-1 가우시안 배경 모델

신체의 각 부분을 추적하기 위해서는 배경으로부터 신체 부분을 정확히 추출할 필요가 있다. 배경 변화에도 적응적으로 대응할 수 있는 적응적인 가우시안 배경 모델을 사용한다. 다중의 칼라 모델을 기반으로 일정 시간 동안의 배경을 가우시안 확률밀도함수와 가중치를 이용하여 설정한다. 그림 1은 가우시안 배경 모델을 적용하여 원 영상에서 전경영상 추출 예를 보인다.



(a) 배경 영상



(b) 원 영상



(c) 전경 영상

그림 1. 가우시안 배경 모델에 의한 전경영상 추출
Fig. 1. Foreground extraction using Gaussian background model

2-2 그림자 제거

가우시안 배경 모델에 의해 배경 분리 과정을 거친 데이터는 이동 객체와 그림자가 함께 존재한다. 정규화 된 RGB 컬러 모델은 간단한 연산만으로도 화소 값의 밝기를 배제하고 색상만을 비교할 수 있다. 아래의 식 (1)을 통해 정규화 된 RGB 컬러 모델을 이용하여 그림자의 각 화소별 색상 유사도를 계산할 수 있다.

$$r = \frac{R}{T}, g = \frac{G}{T}, b = \frac{B}{T}, T = R + G + B \quad (1)$$

검출된 배경 영역 가운데 임의의 화소가 임계값 이상이면 그림자 영역으로 판단하여 제거하게 된다. 그림 2에서 전경 영상의 하체 부분을 중심으로 그림자를 제거하였으며, 그림자 제거를 통해 발끝을 정확히 분리할 수 있음을 보인다.



(a) 그림자 제거 전 (b) 그림자 제거 후

그림 2. 그림자 제거 영상

Fig. 2. Result of shadow elimination

III. 신체 부위별 인식

3-1 손과 얼굴 영역 인식

피부 영역을 검출하기 위해 본 논문에서는 무게 중심과 손 영역의 추출이 용이한 피부색을 추출하는 방법을 사용한다. 웹 카메라로부터 들어오는 영상에서 피부색 검출을 위해 일정한 규칙을 적용하여 피부색과 비 피부색에 대한 수치적인 거리를 계산한다. 그 중에 일정 색 공간에서 피부 영역에 대한 경계 값을 정의하므로, 매우 단순하면서 빠른 검출이 가능하다. 식 (2)에서 입력 영상 포맷은 RGB로 설정하였으며, 영상의 각 픽셀 값들에 대해 아래의 조건에 부합되면 피부색으로 검출한다[4][5].

$$\begin{aligned} R > 95 \quad G > 40 \quad B > 20 \quad (2) \\ \max\{R, G, B\} - \min\{R, G, B\} > 15 \\ |R - G| > 15 \quad R > G \quad R > B \end{aligned}$$

그러나 검출하고자 하는 피부색 영역 이외에 다른 부분에서도 잡음처럼 나타난다. 모폴로지 연산을 통해 이러한 잡음 성분을 제거하고 일정 크기 이상을 가지는 영역을 관심영역으로 설정한다. 관심 영역의 무게 중심을 그 영역의 좌표로 인식한다. 아래 그림 3은 추출된 피부색 영역과 무게중심을 보인다.



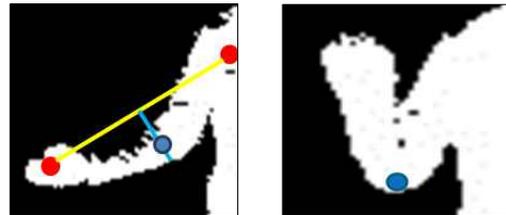
(a) 피부색 영역 추출 (b) 피부색 영역 무게 중심
그림 3. 피부색 영역 추출과 영역 무게 중심

Fig. 3. Skin color area extraction and center of gravity

3-2 팔꿈치 영역 인식

팔의 상박과 하박이 겹쳐질 경우에 팔꿈치의 위치가 애매하므로 구분하여 연산한다. 이때 팔꿈치의 위치는 칼만 필터를 이용하여 보다 안정적인 값을 가지도록 한다. 그림 4의 (a)와 같이 팔이 펴진 상태에서는 팔과 어깨를 거리의 중점을 기준으로 법선 방향으

로 추적한다. 그림 4의 (b)와 같이 상박과 하박이 겹쳐질 경우에는 손과 어깨의 거리가 다른 포즈와 달리 상대적으로 가까워 일정거리 안에 들어가면 겹쳐진 영상이라 판단하며, 가장 멀리 떨어진 부분에 대해서 팔꿈치로 추정한다.



(a) 펼친 팔의 추정 방법 (b) 겹친 팔의 추정 방법

그림 4. 팔꿈치 추정 방법 및 결과 영상

Fig. 4. Result of elbow tracking

3-3 발끝 점 인식

신체가 전면을 향하고 있고 발의 좌우와 신체 중에 발이 가장 낮은 위치에 있다는 가정을 하였다. 그림과 같이 전경영상에서 그림자가 제거된 영상의 하단에서 발을 추적한다. 그림 5와 같이 왼발의 경우 좌에서 우로, 오른발의 경우 우에서 좌로 스캔을 하여 검색되는 픽셀의 수가 임계값을 넘겼을 때 그 픽셀 값들의 중점을 발의 끝으로 판단한다.

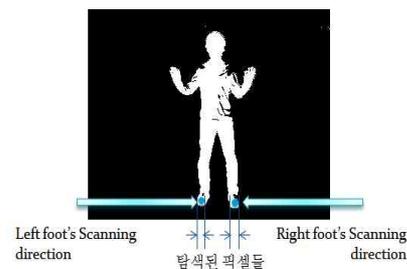


그림 5. 발끝 점 탐색

Fig. 5. Finding toes' ends

IV. 신체 추적

신체 추적 중 폐색 시 추적 영역간의 회피가 가능하도록 가중치를 적용하고 추적의 안정화를 위해 칼만 필터를 적용한 KWMCAMShift 알고리즘의 블럭도를 그림 6에 보인다.

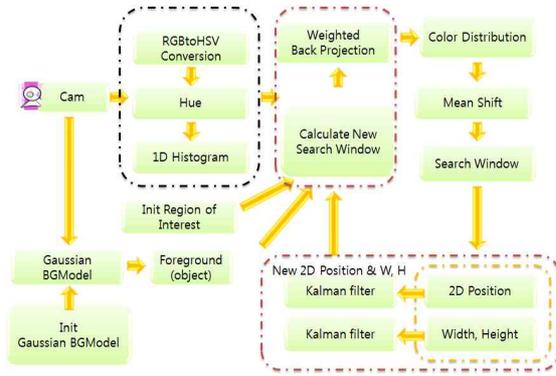
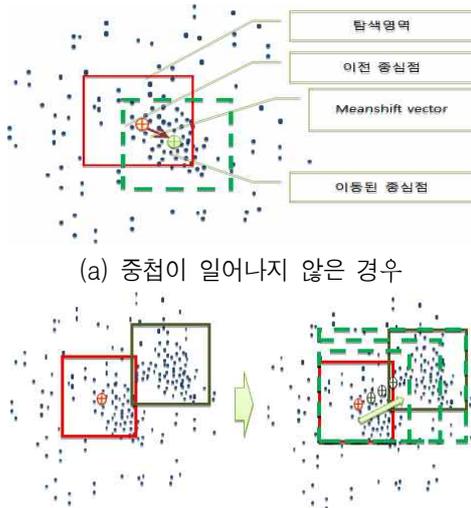


그림 6. KWMCAMShift 알고리즘 전체 블록도
Fig. 6. Block diagram of KWMCAMShift algorithm

4-1 가중 탐색 윈도우를 적용한 CAMShift

손 영역들과 얼굴 영역에 대한 초기 영역은 피부 색 추출에 의해 지정된다. 초기 영역들에서 추출한 색상 히스토그램을 비교하면 서로 유사하므로, 영역 간의 중첩으로 인한 추적 영역의 확산이 일어난다. 또한 영역간의 구분이 없어지며, 추적 영역의 중심점도 거의 유사한 위치에 나타나게 된다.

그림 7의 (b)는 탐색영역이 중첩되면서 색 분포 영상에서 영역이 확장되는 경우이다. 이는 추적의 중심점이 원 탐색 영역에서 다른 탐색 영역으로 점점 확장하는 것을 알 수 있다. 따라서 탐색영역이 상호간 중첩될 경우에 각각의 탐색 영역으로 확산되는 것을 막아야 하며 원래 영역을 유지하는 것이 필요하다.



(a) 중첩이 일어나지 않은 경우
(b) 중첩이 일어난 경우
그림 7. 중첩 발생의 경우
Fig. 7. Non-occlusion and occlusion cases

본 논문에서는 식 (3)과 같이 이전 프레임의 추적 영역에 대해서 가중치를 부가하는 필터를 설계하였다. 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.

$$M_g^a(y_i^a) = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^a w_i g_i \left(\left| \frac{y^a - x_i^a}{h} \right|^2 \right)}{\sum_{i=1}^n w_i g_i \left(\left| \frac{y^a - x_i^a}{h} \right|^2 \right)} \quad (3)$$

새로운 평균 이동 벡터를 추론하는데 이때 중첩영역에 대해서 설계된 식 (4), (5)의 필터를 적용한다.

$$T^a = k_i g_i \left(\left| \frac{y^a - x_i^a}{h} \right|^2 \right) \quad (4)$$

$$k_i = \begin{cases} a_m + b_m w_i & \text{주 탐색 영역} \\ a_n^j + b_n^j w_i & \text{비 탐색 영역} \end{cases} \quad (5)$$

이 때 b_m, b_n^j 의 값은 0에서 1의 값을 가지며, a_m, a_n^j 는 각각의 탐색 영역에서의 가중치이다. a_m, b_m 는 주 탐색 영역의 가중치 부가함수를 나타내고 나머지 a_n^j, b_n^j 는 비 탐색 영역의 가중치 부가 함수이며 j 는 비 탐색 영역의 수이다. 주 탐색 영역에서는 양의 가중치를 부가하여 강조하고, 탐색영역이 아닌 영역에서는 가중치를 적은 값을 부가한다. 히스토그램의 가중치의 변량이 변화하게 되며, 새로운 중심점을 반복적으로 계산하여 추정하게 된다.

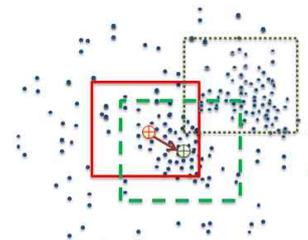
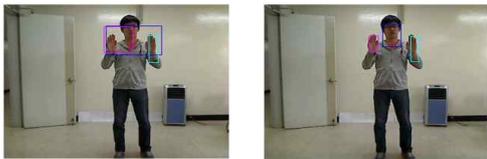


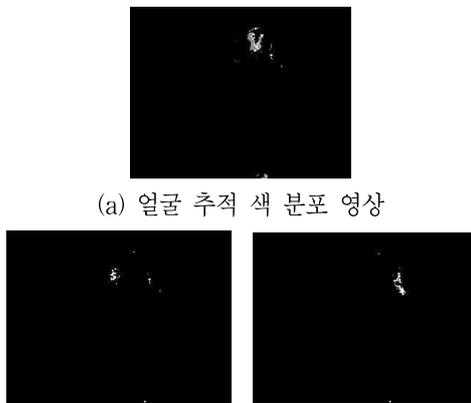
그림 8. 폐색 시 회피되어 계산된 중심점
Fig. 8. Mass center when occlusion

그림 8에서 점선 영역인 비 탐색 영역에 가중치를 부가함으로써 탐색영역 및 중심점의 확산을 방지하였다. 따라서 그림 8과 같이 얼굴영역 탐색 시에 양손의 영역에 가중치를 적게 하여 식 (4)에서 T^a 값이 적어지므로, $M_g^a(y_i^a)$ 에 의한 평균 이동 벡터의 값이 줄어든다. 히스토그램의 가중치의 변량을 조절하여 반복적으로 계산하며, 탐색 영역의 확산을 방지할 수 있으며, 원 탐색영역을 유지할 수 있다.



(a) 알고리즘 적용 전 영상 (b) 알고리즘 적용 후 영상
그림 9. 알고리즘 적용 전 후 영상

Fig. 9. Result of weighted window CAMShift



(a) 얼굴 추적 색 분포 영상

(b) 왼손 추적 색 분포 영상 (좌)

(c) 오른손 추적 색 분포 영상 (우)

그림 10. 알고리즘 적용 후 영역별 색 분포 영상
Fig. 10. Hue distribution images for search areas

그림 9의 (a)는 기존의 CAMShift 알고리즘만 사용한 영상으로 탐색 영역의 2배의 범위에서 다시 계산하게 되므로 범위 내에 유사한 색상 히스토그램을 가지는 영역이 존재하면 영역이 확장됨을 알 수 있다. 히스토그램의 가중치 조절을 통해 그림 10의 각 부위별 탐색 영역을 유지한 결과 그림 9의 (b)와 같이 영역의 확장이 일어나지 않은 결과를 보였다.

4-2 칼만 필터를 이용한 안정화 알고리즘

평균이동에서 얻어진 탐색영역은 안정된 값을 유

지하지 않는다. 왜냐하면 매 프레임에서 얻어진 탐색 영역 내의 손 영역의 모양과 조도가 일정하지 않기 때문이다.

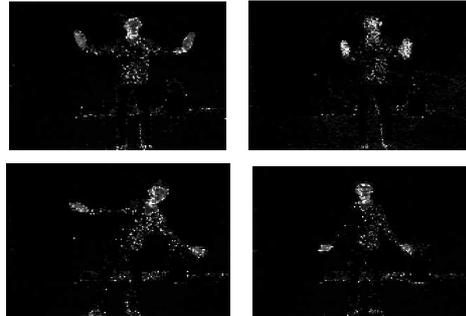


그림 11. 포즈에 따른 색상 히스토그램 역투영 영상
Fig. 11. Histogram back-projection image in various poses

그림 11과 같이 피부영역에 나타나는 모양이 비슷하더라도 조도가 일정하지 않기 때문에 색상 값의 변화가 발생하게 된다. 따라서 평균이동 알고리즘에 의해 계산되지만 매 프레임에서 얻어지므로 색상 히스토그램 역투영에 의해 얻어진 색분포 영상에서의 각 탐색 영역에 영향을 미치게 된다. 이를 해결하기 위해 탐색영역의 중심 값과 탐색영역의 크기를 칼만 필터를 이용하여 추적하게 한다. 제안한 칼만 필터를 이용한 CAMShift 블록도를 그림 12에 보인다.

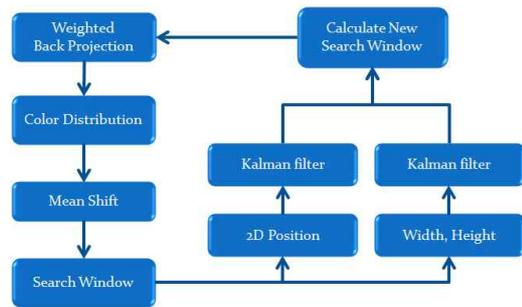


그림 12. 칼만 필터를 이용한 CAMShift 블록도
Fig. 12. Block diagram of CAMShift using Kalman filter

본 논문에서는 상태방정식과 측정방정식은 다음 식 (6), (7) 같이 정의하였다.

$$\begin{bmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \\ v_{x_{k+1}} \\ v_{y_{k+1}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ v_{x_k} \\ v_{y_k} \end{bmatrix} + W_k \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} x_{ck} \\ y_{ck} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \\ v_{x_k} \\ v_{y_k} \end{bmatrix} + V_k \quad (7)$$

이때 W_k, V_k 는 가우시안 잡음이며, x_k, y_k 는 탐색 영역의 중심점이고 x_{ck}, y_{ck} 는 현 측정 중심점이다. 또한 v_{x_k}, v_{y_k} 는 객체의 속도이다.

이와 마찬가지로 탐색영역의 너비와 높이인 w_k, h_k 에 대한 상태방정식과 측정방정식을 식 (8), (9)와 같이 정의하였다.

$$\begin{bmatrix} w_{k+1} \\ h_{k+1} \\ r_{x_{k+1}} \\ r_{y_{k+1}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & T & 0 \\ 0 & 1 & 0 & T \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_k \\ h_k \\ r_{x_k} \\ r_{y_k} \end{bmatrix} + U_k \quad (8)$$

$$\begin{bmatrix} w_{ck} \\ h_{ck} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_k \\ h_k \\ r_{w_k} \\ v_{h_k} \end{bmatrix} + Z_k \quad (9)$$

w_{ck}, h_{ck} 는 현 측정 중심이며, U_k, Z_k 는 가우시안 잡음이고 r_{w_k}, v_{h_k} 은 탐색영역의 크기 비율이다.

V. 칼만 필터와 가중탐색 윈도우를 이용한 CAMShift 알고리즘 적용 및 결과

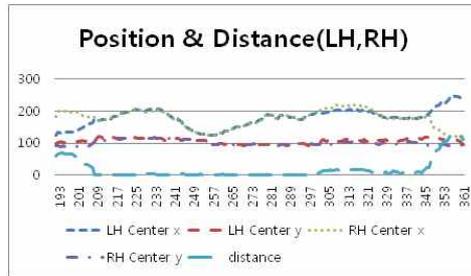
5-1 폐색 시 제안한 알고리즘 성능 비교 실험

그림 13 (a)는 피부색영역을 칼만 필터와 가중 탐색 윈도우를 적용하지 않은 다중 CAMShift 알고리즘을 적용한 결과 영상이다. 유사한 색상 값을 가지는 좌, 우 손 영역에서 각각 평균 이동 알고리즘에 의해

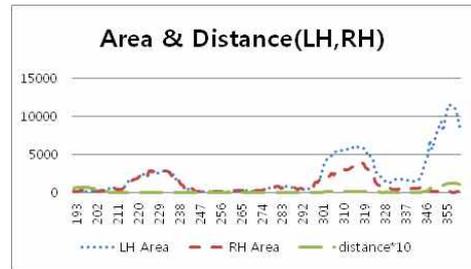
중심점이 주변의 값에 인해 서로 중첩이 일어남을 알 수 있다. 그림 13 (b), (c)에서 좌, 우 손 영역의 넓이가 205 frame 부근에서 확장하였고 또한 겹쳐짐으로 인해 추적에 실패함을 알 수 있다.



(a) 결과 영상



(b) 좌, 우 손의 중심점과 거리

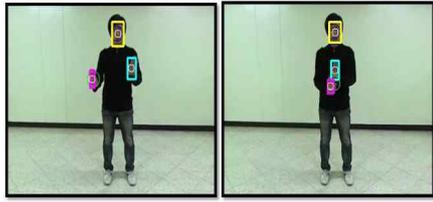


(c) 좌, 우 손의 넓이와 거리

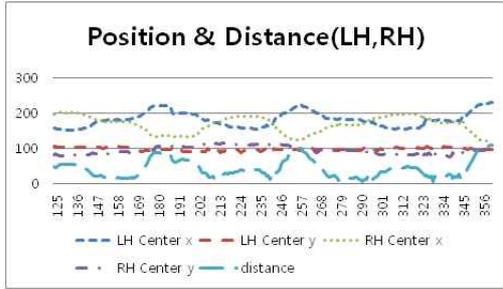
그림 13. 가중치 탐색 윈도우를 적용하지 않은 CAMShift 알고리즘 결과

Fig. 13. Result of CAMShift without weighted search window

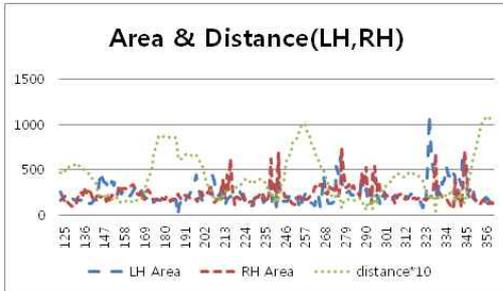
그림 14 (a)는 제안한 알고리즘을 적용한 다중 CAMShift 알고리즘 결과 영상이다. 좌, 우 손 영역의 폐색 시 추적이 회피되어 원래 탐색영역을 유지할 수 있음을 보인다. 그림 14 (b), (c)에서 좌우 손의 중심점이 상호 교차하여 움직이고 거리 또한 가까워지고 멀어짐을 알 수 있다. 손이 서로 중첩되었을 경우 넓이가 확장하였다가 다시 줄어들어 본래의 크기로 되 돌아감을 알 수 있다.



(a) 결과 영상



(b) 좌, 우 손의 중심점과 거리

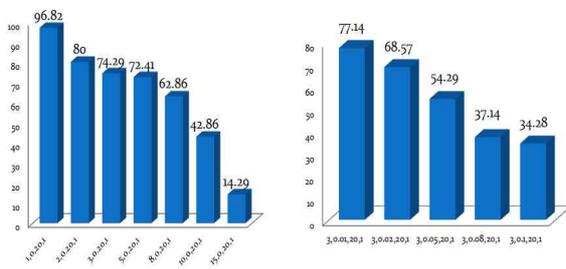


(c) 좌, 우 손의 넓이와 거리

그림 14. 제안된 KWMCAMShift 알고리즘 결과
Fig. 14. Result of proposed KWMCAMShift

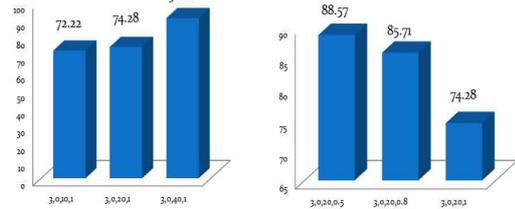
5-2 손 좌우 겹침 영상에서 폐색 시 가중치에 따른 실험

그림 15와 16 은 폐색 시 가중치에 따른 인식률을 알아보기 위해 식 (5)의 k_i 값의 가중치 변수 (a_n^j, b_n^j, a_m, b_m)를 각각 변경하였다. 실험 결과 (1, 0, 20, 1)의 가중치에 96.82%의 인식률을 보였다.



(a) ($a_n^j, 0, 20, 1$) (b) ($3, b_n^j, 20, 1$)

그림 15. 비 탐색 영역 가중치 변화에 따른 인식률
Fig. 15. Result of various non-search window weights



(a) ($3, 0, a_m, 1$) (b) ($3, 0, 20, b_m$)

그림 16. 주 탐색 영역 가중치 변화에 따른 인식률
Fig. 16. Result of various main-search window weights

5-3 신체 자세 추정 결과 영상

제안한 알고리즘을 적용할 때 신체 자세 추정 결과 영상을 그림 17에 보인다.

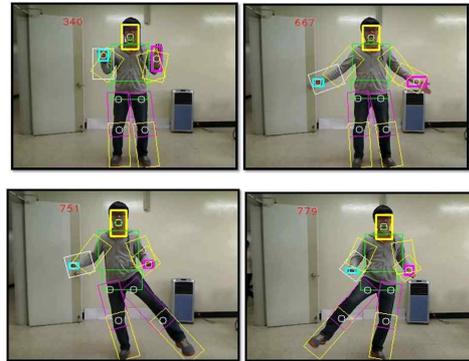


그림 17. 제안한 알고리즘을 적용한 자세 추정 결과
Fig. 17 Result of pose estimation using proposed algorithm

VI. 결 론

본 논문에서는 사람의 신체 일부분을 추적하는 시스템을 위해서 피부영역을 추출하고 여러 개의 영역을 추적하는 칼만 필터와 가중 탐색 영역을 이용한 다중 CAMShift 알고리즘을 제안하였다. CAMShift 알고리즘의 탐색 영역에 대한 좌표와 Width, Height를 칼만 필터를 이용하여 추정하였고, 평균 이동 벡터에서 주 탐색영역과 비 탐색 영역에 가중치를 부가하여 상호 겹침이 일어날 경우 정확한 탐색이 가능하게 하

였다. 본 논문에서 제안한 KWMCAMShift 알고리즘을 적용하였을 때 폐색 시에도 96.82%의 인식률을 보였다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] Shotton, J.; et al. "Real-time Human Pose recognition in parts from single depth images," *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on*, vol., no., p.1297-1304, 20-25 June. 2011.
- [2] G. R. Bradski. "Computer vision face tracking for use in a perceptual user interface", *Intel Technology Journal*, 2nd Quarter, 1998.
- [3] Xun Cai, Long Jiang, et al. "A New Region Gaussian Background Model for Video Surveillance," *Natural Computation*, vol.6, no., pp.123-127, 18-20 Oct. 2008.
- [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*.

민 재 흥 (閔載泓)



1995년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과 졸업(공학사)
1998년 2월 : 한국항공대학교
항공통신공학과 졸업(공학석사)
2012년 2월 : 한국항공대학교 정보
통신공학과 졸업(공학박사)
관심분야 : 영상처리, 패턴인식,
Stereo vision

김 인 규 (金仁奎)



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

황 승 준 (黃承俊)



2012년 2월 : 한국항공대학교 정보
통신공학과(공학사)
2012년 3월~현재 : 한국항공대학교
정보통신공학과 석사과정
관심분야 : 영상처리, 멀티미디어,
3D Vision

백 중 환 (白重煥)



1981년 2월 : 한국항공대학교 항공
통신공학과 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