

카메라 이동환경에서 mean shift와 깊이 지도를 결합한 다수 인체 추적

(Multiple Human Tracking using Mean Shift and Depth Map with a Moving Stereo Camera)

김 광 수 [†] 홍 수 연 ^{**} 곽 수 영 ^{***} 안 정 호 ^{****} 변 혜 란 ^{*****}
 (Kwangsoo Kim) (Sooyoun Hong) (Sooyeong Kwak) (Jungho Ahn) (Hyeran Byun)

요 약 본 논문은 스테레오 카메라를 이용한 이동 카메라 환경에서 Mean Shift와 깊이 지도를 결합하여 다수의 사람을 다양한 자세, 크기, 조명변화에 강인한 추적을 하는 방법을 제안한다. Mean Shift 추적 알고리즘은 빠르고 안정적인 성능으로 실시간 추적에 적합하다. 그러나 객체의 칼라 정보만으로는 배경과 칼라 분포가 유사한 객체의 경우 추적에 실패할 수 있는 단점을 보완하기 위하여 깊이 정보를 결합하는 방법을 제안한다. 또한 객체가 이동하면서 발생하는 가려짐 문제를 해결하기 위하여 검출된 사람 영역을 머리, 몸통, 다리로 나누어 신체 부위별 모델링을 하였고 박스 크기가 객체의 크기변화에 따라 적응적으로 변하도록 하였다. 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 다양한 데이터에 대해서 실험한 결과 정확한 검출과 추적에 우수한 성능을 확인할 수 있었다.

키워드 : 스테레오 카메라, 이동 카메라 환경, 다수 사람 추적, mean shift 추적 알고리즘, 깊이 정보

Abstract In this paper, we propose multiple human tracking with an moving stereo camera. The tracking process is based on mean shift algorithm which is using color information of the target. Color based tracking approach is invariant to translation and rotation of the target but, it has several problems. Because of mean shift uses color distribution, it is sensitive to color distribution of background and targets. In order to solve this problem, we combine color and depth information of target. Also, we build human body part model to handle occlusions and we have created adaptive box scale. As a result, the proposed method is simple and efficient to track multiple humans in real time.

Key words : active stereo camera, multiple human tracking, mean shift tracking algorithm, depth map, human body part model, real time

1. 서 론

사람을 검출하고 추적하는 기술은 이동로봇 시스템, 감시 시스템, 스마트 룸(Smart room), 운전자 보조 시스템, 인간과 로봇간의 상호작용 등 많은 응용시스템에

서 연구되고 있는 분야 중 하나이다. 현재의 비전 기술을 이용하여 실시간으로 객체를 검출하고 추적하는 일은 어려운 일임에도 불구하고, 컴퓨터 성능의 발달과 영상처리 기법의 발전과 더불어 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

객체를 검출하고 추적하는 기술은 수년간 연구되어 온 분야임에도 정확하고 안정적이며 높은 성능을 갖는 추적 기술의 개발은 여전히 어려운 문제이다. 추적의 어려움은 추적하고자 하는 대상과 주변 환경을 어떻게 정의하느냐에 따라 굉장히 의존적이다. 추적하고자 하는 대상이 고정된 형태를 갖는지, 고유의 색상이나 특징들을 유지하는지, 객체가 카메라 FOV(Field Of View)에서 어느 정도 움직이는지 등에 따라 달라질 수 있다. 또한 대부분 추적의 대상은 움직이는 객체이므로 주변 환경의 영향을 직접적으로 받게 된다. 그 요인으로는 카메라 이

· 본 연구는 학술진흥재단(KRF2004-005-H00005)의 지원을 받아 수행하였습니다.

[†] 정 회 원 : 현대자동차 CL사업부
 kwangsoo.kim.kk@gmail.com

^{**} 정 회 원 : LG전자/DS연구소 연구원
 syhong@cs.yonsei.ac.kr

^{***} 학 생 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과
 ksy2177@cs.yonsei.ac.kr

^{****} 정 회 원 : 강남대학교 컴퓨터미디어공학부 교수
 junghoa@hotmail.com

^{*****} 종 신 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수
 hrbyun@yonsei.ac.kr

논문접수 : 2006년 10월 10일
 심사완료 : 2007년 7월 3일

동에 따른 변화, 객체의 포즈 변화에 따른 변형, 다른 객체로 인한 부분적인 혹은 일시적인 가려짐 현상, 조명 변화 등이 있고 이에 따라 추적의 어려움이 결정 된다.

본 논문에서는 이동로봇 환경에서 다수의 사람을 추적하는 방법을 제안한다. 인간과 로봇이 상호작용을 하기 위해서 해결되어야 할 중요한 부분 중 하나는 사람의 위치와 상태를 인식하는 것이고 궁극적인 목적은 주변 환경 변화에 영향을 받지 않고 사람의 위치를 파악, 추적하는 기술을 개발하는 것이다. 실제 환경에서는 사람의 움직임이나 시간과 계절의 변화 등으로 조명의 변화가 다양하며, 일시적인 가려짐이 발생할 수 있다. 또한 로봇의 환경이 매우 동적이어서 관찰 대상이 되는 사람과 관찰을 수행하는 로봇 모두에 움직임이 발생하고 이러한 상황에서 사람을 지속적으로 추적하는 것은 매우 어려운 문제이다. 이에 본 논문에서는 스테레오 카메라를 이용하여 이동 카메라 환경에서 조명, 크기변화, 가려짐에 강한 실시간 다수 사람 추적 방법을 제안한다.

2. 관련 연구

추적 알고리즘은 추적하고자 하는 객체의 특징값 선택에 따라 칼라 기반 방법, 윤곽선 기반 방법, 형판(template) 기반 방법으로 나누어 볼 수 있다.

2.1 칼라 기반 추적

칼라 기반 추적 방법은 추적하고자 하는 객체의 칼라 분포를 특징값으로 하여 추적하는 방법이다. 칼라 기반 추적 방법들[1-3]은 추적하고자하는 객체의 칼라 모델을 미리 만들어 놓고 영상에서 칼라 모델과 가장 잘 정합될 수 있는 영역의 위치와 크기를 결정하는 방법으로 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 다른 특징들과는 달리 어떠한 방향에서도 특징이 유지되는 장점이 있다. 또한 간단하고 빠른 연산이 가능하므로 감시시스템과 같은 경우의 실시간 응용분야에 많이 사용된다. Comanicu 등[1]은 객체의 칼라 분포를 히스토그램으로 나타내고 mean shift 알고리즘을 반복적으로 적용하여 다음 프레임에서 확률 분포상 객체와 가장 유사한 후보 영역(Nearest mode)을 찾아내는 방법을 제안하였다. 이 방법은 실시간 추적에 적합하고 이동 카메라 환경에서도 추적이 가능한 장점이 있으나 다른 객체로 인한 가려짐이나 조명의 변화로 인한 객체의 칼라 분포 변화에 민감한 단점이 있다. 이에 Maggio 등[2]과 Liu 등[3]에서는 mean shift 알고리즘과 Particle filter 알고리즘을 결합하여 좀 더 개선된 추적방법을 제안하였다.

2.2 윤곽선 기반 추적

윤곽선 기반 방법은 객체의 윤곽선 정보를 기반으로 추적하는 방법으로 Yilmaz 등[4,5]은 인위적으로 주어진 초기 칸투어(Contour) 정보를 이용하여 추적하는 레벨

셋(Level Set) 방법을 제안하였으며, Davis 등[6]과 Koschan 등[7]은 이동카메라 환경에서 컨덴세이션(Condensation) 알고리즘을 이용하여 보행자를 추적하였다. 윤곽선을 이용하여 추적하는 방법은 추적하고자 하는 대상의 윤곽선 정보를 초기에 인위적으로 지정해 주어야 하며 이미지의 윤곽선 부분의 변화도가 불분명 할 경우 초기 영역을 아주 정확하게 지정해야 하는 단점을 가지고 있다.

2.3 형판 기반 추적

형판 기반 방법은 추적하고자 하는 객체에 대한 형판을 학습하여 추적하는 방법으로 윤곽선 기반 방법보다는 안정적인 성능을 갖는다. 형판 기반 방법으로 사람을 검출하고 추적하는 방법은 사람에 대한 형판을 생성해 학습하는 과정을 거친다. Lipton 등[8]은 실외 환경에서 다수의 카메라로 사람과 자동차를 검출, 추적하였다. 한 명의 사람, 다수의 사람, 자동차, 트럭에 대한 형판을 생성하여 객체를 검지하고 분류하였다. Papageorgiou 등[9]은 학습데이터를 SVM(Support Vector Machine)으로 분류한 다음, 웨이블릿 형판(wavelet template)을 생성하여 보행자를 검출하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 사람의 옷 색상, 질감에 무관하며, 사람의 모습이 정면, 측면, 뒷면인 경우에도 상관없이 보행자를 검출한다. 하지만 사람이 어떤 물체에 의해 일시적으로 가려진 경우 검출하지 못한다는 단점이 있다.

3. 제안하는 추적 알고리즘

본 논문은 스테레오 카메라를 이용한 이동 카메라 환경에서 다수의 사람을 검출하여 검출된 사람 영역을 칼라정보와 깊이정보를 이용하여 추적하는 방법을 제안한다. 카메라가 이동하게 되면 카메라의 움직임과 검출 대상이 되는 사람의 움직임이 동시에 발생하기 때문에 카메라 움직임을 변환 모델을 사용하여 보정하고, 사람의 독립적인 움직임을 추출하여 사람을 검출하는 알고리즘[10]을 사용하였다. 검출된 사람은 외각사각형으로 나타내었다. 사람이 검출되면 본 논문에서 제안하는 추적 알고리즘이 실행된다. 추적은 검출된 사람 영역, 즉 외각사각형 내부의 칼라 분포를 이용한 mean shift 추적 알고리즘과 깊이 정보를 결합하여 적용하였다. mean shift 추적 알고리즘은 빠르고 안정적인 성능으로 실시간 추적에 적합하다. 또한 객체의 윤곽선이나 움직임 정보를 이용한 추적보다 객체의 이동이나 회전에 강한 장점이 있다. 그러나 객체의 칼라 정보만으로는 배경과 칼라 분포가 유사한 객체의 경우 추적에 실패할 수 있는 단점이 있다. 이러한 문제점을 보완하기 위하여 본 논문에서는 깊이 지도(Depth map)를 이용하여 객체와 배경을 분리하는 깊이 마스크를 생성하는 방법을 제안하고 사

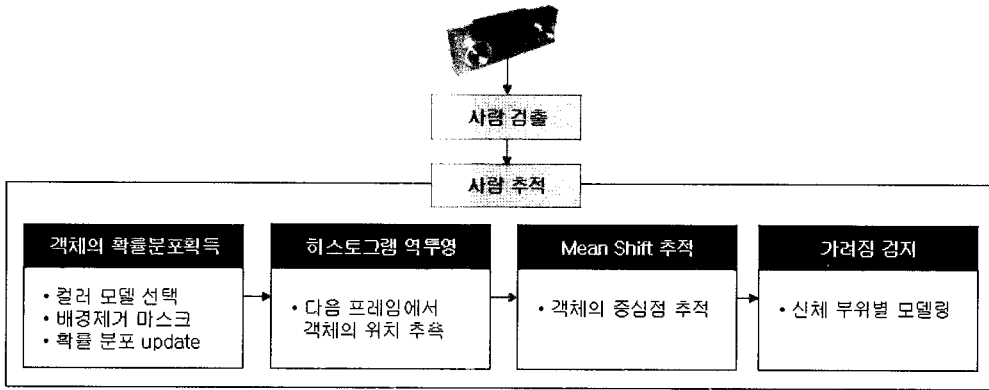


그림 1 시스템 흐름도

람의 이동, 자세변화에 따른 칼라 분포 변화를 수용하기 위하여 매 프레임 사람의 확률 분포를 갱신하도록 하였다. 객체를 추적할 때 빈번히 발생하는 가려짐 및 겹침 문제를 해결하기 위하여 검출된 사람 영역을 신체 부위별 모델(Body part model)을 이용하여 머리, 몸통, 다리로 나누고, 중심점 비교 및 유지를 통하여 가려짐 및 겹침 현상을 판별하는 알고리즘을 제안한다. 그림 1은 본 논문에서 제안하는 추적 시스템의 흐름도이다.

3.1 카메라 움직임 보정을 이용한 사람 검출

본 시스템은 로봇 환경이기 때문에 카메라가 이동한다는 특징을 가진다. 카메라가 이동 카메라가 이동하게 되면 카메라의 움직임과 검출 대상이 되는 사람의 움직임이 동시에 발생하기 때문에 문제가 발생한다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 카메라의 움직임을 보정하는 방법을 적용한다. 카메라의 움직임은 보정하게 되면 사람의 움직임 정보만을 프레임의 차이로써 알 수 있다. 이렇게 추출된 사람의 대략적인 위치 정보와 변위 지도를 결합하여 사람을 검출한다.

3.2 깊이 마스크를 이용한 사람의 칼라 분포 추출

사람 추적은 검출된 사람의 영역에 대해서 수행하게 된다. 사람 영역에 대한 외각사각형 정보가 입력되고 영역에 대한 칼라 분포를 기반으로 다음 프레임에서 객체와 가장 유사한 영역을 찾아 추적하게 된다. 객체의 칼라 정보를 특징값으로 추적을 하게 되면 윤곽선이나 형판 기반 추적 방법에 비하여 회전, 이동, 기울어짐, 크기 변화에 강인한 장점이 있다. 본 논문에서는 추적하고자 하는 대상이 사람이고 사람은 다양한 자세를 취하며 자유롭게 이동하기 때문에 객체의 칼라 정보를 이용한 추적 알고리즘을 선택하였다. 본 논문에서는 검출된 사람의 영역의 칼라 분포를 이용하여 추적하기 위해 히스토그램을 사용하였다. 히스토그램을 사용하여 추적하고자 하는 객체의 모델을 생성할 수 있고 이를 q 라고 나타내

면 q 는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다. m 은 히스토그램 빈(bin)의 개수이며 1부터 m 까지의 히스토그램 빈의 합은 1이 되도록 정규화 한다.

$$\hat{q} = \{\hat{q}_u\}_{u=1 \dots m} \quad \sum_{u=1}^m \hat{q}_u = 1 \quad (1)$$

추적하려고 하는 사람의 칼라 분포를 획득할 때 조명에 대한 영향을 조금이나마 줄이기 위해 HSV 칼라 모델을 사용하였다. HSV 칼라모델 중 H,S 값만을 사용하여 2차원 히스토그램 $H(h,s)$ 으로 객체의 컬러 분포를 추정하였다. 이 때 히스토그램은 $[0, 255]$ 값으로 정규화 하였다.

사람의 추적을 위해서는 사람영역에 대한 정확한 칼라분포가 필요하다. 본 논문에서는 배경을 제거한 사람영역만의 칼라 분포를 추출하기 위하여 외각사각형 내부영역의 깊이 정보를 이용하여 배경제거 마스크를 생성 하였다. 즉, 그림 2에서 보는 바와 같이 외각사각형 내부영역의 깊이 지도를 간단한 영상분할 알고리즘을 사용하여 사람의 영역만을 추출하여 배경 제거 마스크를 생성하였다. 스테레오 카메라를 통해 획득한 객체의 깊이 정보를 추가하여 객체의 모델을 칼라 정보와 깊이 정보가 결합된 3차원 히스토그램으로 생성하였다.

3.3 히스토그램 역투영(Histogram back projection)

3.2에서 획득한 사람의 칼라분포를 특징값으로 사용하여 다음 프레임에서 사람의 위치를 추측해야 한다. 이를 위하여 본 논문에서는 히스토그램 역투영을 사용하였다. 히스토그램 역투영 방법은 모델기반 정합 방법으로 전체 영상에서 객체에 대한 확률 분포를 획득 할 수 있으며 이는 식 (2)로 나타낼 수 있다. 즉, 객체 모델 M 에 대하여 전체 영상 I 에서의 유사도를 측정한다. 객체의 모델은 칼라 히스토그램 분포이고 전체 영상에서의 칼라 히스토그램 분포 비교를 통해 모델과 영상간의 관계를 설정할 수 있다.

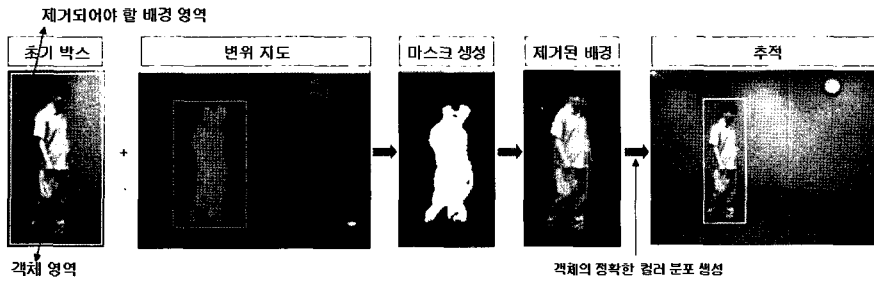


그림 2 배경 제거 마스크 생성 과정

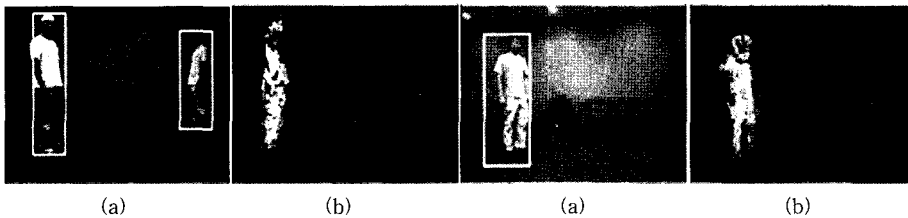


그림 3 히스토그램 역투영 결과 (a) 원영상 (b) 의자사각형 영역의 히스토그램 역투영 결과

$$R = \frac{M}{I} \quad (2)$$

식 (2)를 각 히스토그램 인덱스 i 에 대해서 수행하는 가중 히스토그램 형태로 나타낼 수 있다. $W_i = M_i/I_i$ 가 되고 W_i 는 히스토그램의 가중치가 된다. 히스토그램 역투영을 수행하면 객체에서 분포가 빈번한 칼라 정보를 찾을 수 있는데 이 정보를 다음 프레임에서 객체의 후보 영역(Candidate target)을 찾는 특징 정보로 사용하였다. 이 값을 사용하면 영상에서 사람 영역만을 정확히 추적 할 수 있다. 이때, 영상에 역투영된 이미지는 그

림 3에서와 같이 사람에 대한 정보 중 분포가 가장 빈번한 픽셀에 대한 확률 분포가 된다.

3.4 mean shift 알고리즘

3.3에서 얻어진 역투영 영상을 이용하여 다음 프레임에서 사람 영역이 가지는 가장 큰 확률 분포 값의 중심을 찾아 이동한다. 본 논문에서는 3.2에서 얻어진 확률 분포의 중심값을 찾기 위해 확률분포의 기울기(gradient) 값을 반복적으로 찾아가는 mean shift 알고리즘을 [1] 사용하였다. mean shift 알고리즘을 이용하여 중심값을 찾는 방법을 그림 4에 나타내었다. 이렇게 3단계

가정 : 이전 프레임에서 객체의 위치 y_0 와 추적하고자 하는 객체 모델 q 는 주어져 있다.

1. 현재 프레임에서 이전 위치 y_0 에서의 후보 모델 p 를 계산 하고 p 와 q 간의 유사도를 수식 (3)을 사용하여 계산한다.

$$d(y) = \sqrt{1 - \rho(\hat{p}(y), \hat{q})} \quad (3)$$

2. 후보 모델 히스토그램의 가중치를 계산한다.
3. 수식 (4)를 사용하여 새로운 위치 y_1 을 계산한다.

$$\hat{y}_1 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i w_i g\left(\left\|\frac{\hat{y}_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)}{\sum_{i=1}^n w_i g\left(\left\|\frac{\hat{y}_0 - x_i}{h}\right\|^2\right)} \quad (4)$$

4. 새로운 위치 y_1 에서의 후보모델과 객체모델 q 간의 유사도를 계산한다.
5. 만약 y_1 에서의 유사도가 y_0 에서의 유사도 보다 낮으면 y_0 와 y_1 의 평균값을 y_1 으로 대체한다.
6. $|y_1 - y_0|$ 이 ϵ 보다 작으면 멈춘다. 그렇지 않으면 $y_0 = y_1$ 로 대체하여 2번째 단계로 가서 계속 반복적으로 수행한다.

그림 4 mean shift 추적 알고리즘

를 거치게 되면 검출된 사람의 다음 프레임에서의 위치를 추적할 수 있게 된다.

3.5 가려짐 발생 검지

3.4까지의 알고리즘을 반복수행하면 검출된 사람의 위치를 추적 할 수 있지만 다른 사람에 의해서 가려짐이 발생하였을 때나 어떠한 객체에 의해 가려짐이 발생하였을 때에는 사람의 확률값이 가려지는 다른 객체에 의해 부정확하게 계산된다. 이러한 상황에서도 추적을 안정적으로 하기 위하여 본 논문에서는 신체 부위별 모델을 제안하였다. 사람을 머리, 몸통, 다리로 나누어 모델링하여 각 신체 부위에 대하여 확률 분포를 관찰함으로써 신체 부위에 부분적으로 발생하는 가려짐이나 겹침등을 검지하여 가려짐이 발생하게 되면 이전 프레임의 사람의 확률분포를 그대로 유지하여 사람을 추적 하도록 하였다. 그림 5(a)와 같이 사람의 1/5에 해당하는 영역을 머리, 2/5에 해당하는 영역을 몸통, 2/5에 해당하는 영역을 다리로 모델링 하였다. 그림 5(b)는 모델링한 결과영상이다.

가려짐 및 겹침 문제는 크게 두 가지로 구분 할 수 있는데 첫 번째는 사람이 아닌 배경 물체에 의해 발생하는 가려짐이고 두 번째는 추적하는 다른 사람에 의해 발생하는 가려짐이다. 이에 본 논문에서는 두 가지 상황을 구분하여 가려짐 문제를 해결하였다.

3.5.1 배경 물체에 의해 발생하는 가려짐

객체에 의한 가려짐은 위에서 제시한 신체 부위별 모델을 사용하게 된다. 가려짐은 머리 부분에는 발생하지 않는다고 가정 하였고 다른 신체 부위인 상체나 하체에 대한 가려짐만을 고려하였다. 신체 부위별 모델을 사용하여 상체 혹은 하체에 급격한 확률 분포의 변화가 일어나게 되면 그 부위에 가려짐이 발생했다고 판단하고 다른 신체 부위의 중심점을 사용하여 중심점을 보정하게 된다. 예를 들어 다리 부위에 다른 물체에 의한 가려짐이 발생할 경우 다리 부분에서 발생하는 확률 분포의 변화로 중심점이 위로 치우치는 현상이 종종 발생하는데 이런 현상을 다른 신체 부위의 중심점을 사용하여 보정하는 것이다. 확률 분포가 정해진 임계값(threshold) 이하로 급격히 떨어지는 부위에 대해서는 가려짐이 발

생하였다고 검지하였고 신체 부위별 중심점 유지 및 비교는 위에서 제시한 신체 부위별 비율에 기반 하여 판단하였다.

3.5.2 추적하는 다른 사람에 의해 발생하는 가려짐

사람이 다수 등장하게 되면 위에서 제시한 배경 물체에 의한 가려짐 판단 방법 이외에도 다른 사람에 의한 가려짐을 판단해야 한다. 다른 사람에 의한 가려짐은 등장하는 사람에 대한 트랙 정보에서 중심점을 서로 비교 하면서 판단하게 된다. 다른 사람과의 중심점 간의 거리비교를 통해서 정해진 임계값이하로 거리가 줄어들게 되면 가려짐이 발생할 수 있다는 판단을 하고 사람에 대한 확률 분포 업데이트를 중지하였다. 중심점 간의 거리 비교는 City block distance를 사용하였고 몇 프레임 간 발생하는 가려짐에 대해서 확률 분포가 급격히 변화하더라도 트랙을 유지하며 프레임이 지나간 후 조금씩 등장하는 가려졌던 사람의 확률 분포를 찾아내어 계속 추적하도록 하였다.

4. 실험 결과 및 평가

본 논문에서 제안한 방법은 Windows XP에서 Visual C++ 6.0을 이용하여 구현하였다. 펜티엄 4의 CPU 2.4 GHz와 1GB RAM의 하드웨어에서 실험하였다. 실험데이터는 Videre 사의 STH-MDCS2 스테레오 카메라를 이용하여 다양한 환경과 자세를 가지는 실험데이터를 실내 환경에서 촬영하였다. 각각의 비디오는 700 프레임의 길이를 가지며 영상 크기는 320x240이다. 실험 데이터 촬영은 크게 고정된 카메라 환경과 이동 카메라 환경으로 구분하였고 등장인물 수와 자세의 변화 여부, 가려짐 발생 여부에 따라 분류하여 실험 하였다. 또한 본 논문에서 사용한 깊이지도는 STH-MDCS2 스테레오 카메라에서 제공하는 깊이지도 획득 함수를 사용한 것이다.

4.1 가려짐 및 겹침에 대한 추적 결과

추적에서 빈번히 발생하는 가려짐이나 겹침의 문제는 추적에서 가장 어려운 문제에 속하고 또한 지금까지 이를 안정적으로 해결하는 방법론은 제시되지 못하고 있다. 가려짐 및 겹침 문제를 해결하기 위한 연구는 활발

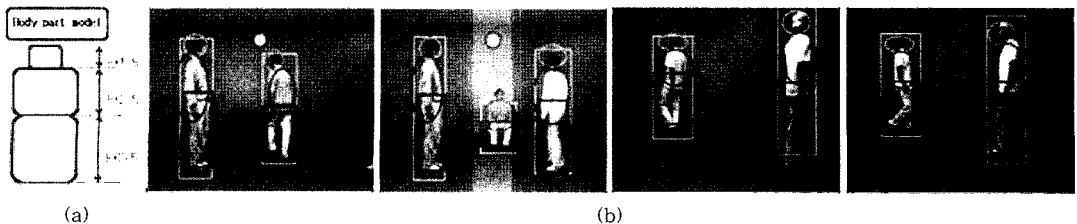


그림 5 (a) 신체 부위 모델 (b) 신체 부위별 모델링 결과

히 진행되고 있지만 대부분의 연구가 배경이 고정된 환경이라는 제한이 있었다. 이에 본 논문에서는 카메라가 이동하는 환경에서 가려짐 및 겹침 문제를 해결하는 방법론을 제시하였고 이를 기존의 mean shift 추적 알고리즘과 성능을 비교하여 결과를 나타내었다. mean shift 추적 알고리즘은 Comaniciu가 제안한 방법[1]을 사용하여 실험하였다. 실험은 이동카메라 환경에서 실내에서 직접 촬영한 동영상상을 사용하였다. 그림 6에서는 이동 카메라 환경에서 두 사람 간 부분적인 가려짐이 발생하는 상황에서의 추적 결과를 mean shift 추적 방법과 제안하는 방법을 비교하여 나타내었다. 이 데이터는 두 사람 모두 비슷한 색깔의 옷을 입고 있어 확률 분포가 유사한 두 사람 간의 가려짐이 발생하는 상황이다. 그림 6(a)처럼 기존의 mean shift 추적 알고리즘의 경우 추적하는 객체 간 칼라 분포가 유사한 경우 추적을 실패하지만 제안하는 방법론을 사용하여 칼라 분포가 유사한 두 객체간의 추적과 이에 발생하는 가려짐 또한 해결할 수 있음을 보여주었다. 그림 7은 처음에 한명의 사람만 등장하고 카메라가 이동하면서 뒤이어 두 번째 사람이 나타나서 두 사람 간 가려짐이 발생하는 상황에서

의 추적 결과를 mean shift 추적 알고리즘과 비교하여 나타내었다. 그림 7의 마지막 영상을 보면 기존의 mean shift추적 알고리즘은 사람이 마지막 사람을 추적 실패하였으며 크기변화에도 적합하지 않은 결과를 나타내었지만 본 논문에서 제안하는 알고리즘은 사람의 다양한 자세 변화에 적합하게 외각사각형의 크기를 조절하였음을 볼 수 있다.

4.2 추적 결과 평가

사람 추적 결과에 대한 평가는 다음 3 가지 조건을 만족하는지 여부에 따라 오류로 판단하여 평가하였다. 새로운 사람이 나타날 경우 새로운 트랙을 생성하는가, 추적하는 사람의 궤적이 올바른가, 박스가 사람을 모두 포함하는가 여부에 따라 오류를 판단하여 평가하였다. 사람을 포함하는 박스 크기의 경우 +10~-10 픽셀의 범위를 두었다. 제안한 방법의 우수성을 증명하기 위하여 추적에서 가장 보편적으로 사용되는 mean shift 추적 알고리즘과 Maggio와 Cavallaro가 제안한 mean shift 알고리즘과 Condensation 알고리즘을 결합한 하이브리드(Hybrid)추적 기법[2]을 비교하였다. 에러율은 (오류로 판정된 프레임)/(전체 프레임)*100으로 백분율로 수



그림 6 (위) mean shift 추적 결과 (아래) 제안하는 방법론의 추적 결과 (Test Set B)

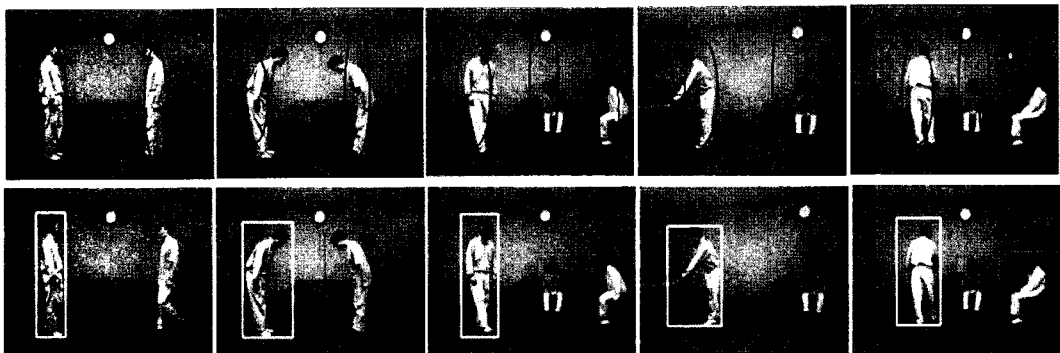


그림 7 움직이는 카메라에서 다수에 대한 추적 결과 (위) mean shift 추적 결과 (아래) 제안하는 방법론의 추적 결과 (Test Set D)

표 1 사람 추적률

테스트 데이터	전체 프레임수	mean shift 추적기법	하이브리드 추적기법	제안한 방법
Test Set A	700	88.59%	93.16%	96.72%
Test Set B	700	85.64%	86.95%	96.21%
Test Set C	700	60.26%	79.60%	94.98%
Test Set D	700	81.84%	85.70%	95.05%
Test Set E	700	61.50%	86.05%	93.38%

식 (5)에 나타내었다. 실험 데이터에는 다수의 사람이 등장하기 때문에 각각의 사람에 대한 오류 프레임수를 합산하여 영상에 등장하는 사람 수로 나누어 평균 오류 프레임 수를 계산하였다.

$$\text{에러율}(\%) = \frac{\text{오류로 판정된 프레임}}{\text{전체 프레임}} \times 100 \quad (5)$$

실험데이터는 5개의 테스트 데이터로 이루어져 있으며 모두 실내 환경에서 스테레오 카메라를 이용하여 이동카메라 환경에서 촬영한 데이터를 사용하였다. 실험데이터 A는 사람 한 명이 등장하여 여러 가지 자세를 취하는 데이터이다. 데이터 B는 두 명의 사람이 등장하고 서로 간의 가려짐이 발생하는 데이터이다. C와 D는 다수의 사람에 대한 추적 결과이다. 마지막으로 데이터 E는 다수의 사람이 다양한 자세를 취하며 부분적인 가려짐이 발생하는 데이터이다. 결과는 표 1과 같이 전체 95.09%의 추적률을 보였다. 사람 추적은 평균 17fps의 속도를 나타내어 실시간 추적이 가능하였다.

5. 결론

본 논문에서는 기존의 mean shift 추적 알고리즘의 문제점을 해결하였다. 첫 번째로 추적하고자 하는 객체의 칼라 분포를 업데이트함으로써 기존의 Mean Shift 추적 알고리즘이 갖는 객체의 확률 분포 변화 수용의 한계점을 해결하였다. 확률 분포를 업데이트함으로써 프레임이 진행되면서 변화하는 칼라 분포를 갖는 옷을 입은 사람에 대한 추적이 가능해졌고 자세 변화 혹은 조명 변화에 의한 객체의 확률 분포 변화를 수용할 수 있었다.

두 번째로 추적에서 빈번히 발생하는 문제인 객체 간 가려짐 및 겹침 문제에 대한 해결책을 제시하였다. 가려짐 문제는 크게 배경 물체에 의한 가려짐과 추적하는 다른 대상과의 가려짐으로 나누어 볼 수 있다. 배경 물체에 의한 가려짐은 신체 부위별 모델링을 통하여 가려짐을 감지하여 중심점을 보정하였고 다른 추적대상과의 가려짐 문제는 객체 간 발생하는 깊이 정보의 차이를 사용하여 해결하였다.

참고 문헌

- [1] D. Comaniciu, V. Ramesh, and P. Meer, "Kernel-based object tracking," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2003.
- [2] E. Maggio and A. Cavallaro, "Hybrid particle filter and mean shift tracker with adaptive transition model," IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 2005.
- [3] F. Liu, Q. Liu, and H. Lu, "Robust Color-based Tracking," International Conference on Image and Graphics, 2004.
- [4] A. Yilmaz, X. Li and M. Shah, "Object Contour Tracking Using Level Sets," Asian Conference on Computer Vision, 2004.
- [5] A. Yilmaz, X. Li and M. Shah, "Contour-Based Object Tracking with Occlusion Handling in Video Acquired Using Mobile Cameras," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, pp. 1531-1536, 2004.
- [6] L. Davis, V. Philomin and R. Duraiswami, "Tracking humans from a moving platform," International Conference on Pattern Recognition. Vol.4, No.4, pp. 171-78, 2000.
- [7] A. Koschan, S. Kang, J. Paik, B. Abidi, and M. Abidi, "Video Object Tracking Based on Extended Active Shape Models with Color Information," European Conference on Color in Graphics, Imaging, and Vision, 2002.
- [8] A. Lipton, H. Fujiyoshi and R. Patil, "Moving Target Detection and Classification from Real-Time Video," IEEE. Workshop on Application of Computer Vision, 1998.
- [9] C. Papageorgiou, M. Oren and T. Poggio, "A General Framework for Object Detection," International Conference on Computer Vision, pp. 555-562, 1998.
- [10] Boyoon Jung and Gaurav S. Sukhatme. Detecting moving objects using a single camera on a mobile robot in an outdoor environment. In International Conference on Intelligent Autonomous Systems, pp 980-987, 2004.

김 광 수

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용
제 34 권 제 3 호 참조



홍 수 연

2006년 연세대학교 컴퓨터과학과 석사
졸업. 2006년~현재 LG전자 DS연구소
주임연구원. 관심분야는 컴퓨터 비전 및
패턴인식

곽 수 영

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용
제 34 권 제 7 호 참조

안 정 호

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용
제 34 권 제 1 호 참조

변 혜 란

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용
제 34 권 제 3 호 참조