

# 실루엣과 특징 파라미터를 이용한 사람 행동 분석

김선우\*, 최연성\*, 양해권\*

군산대학교 정보통신공학과\*

## Analysis of Human Activity Using Silhouette And Feature Parameters

Sun-Woo Kim\*, Yeon-Sung Choi\*, Hae-Kwon Yang\*

\*Dept. of Telecommunications Eng., Kunsan National University

E-mail : ssuny@kunsan.ac.kr

### 요 약

본 연구에서는 움직이는 물체가 있는 비디오에서 검출된 전경 영상(실루엣)을 토대로 사람을 추적하고 추적된 사람의 실루엣 형상을 통하여 활동성을 인식하는 실시간 감시 시스템에 적용 가능한 사람의 행동을 인식하고 분석하고자 한다.

전경에서 블랍(사람)을 검출하는 방법은 기존에 연구했던 차영상을 이용하였고, 검출된 블랍을 대상으로 사람임을 판단하고 사람인 경우 검출된 블랍의 실루엣을 이용한 기존의 자세 추정 기법에 추가적으로 4가지 특징들을 추가하여 사람의 행동을 분석한다. 각 파라미터들은 임계치를 통하여 구분하였다. 본 논문에서는 사람의 행동은 크게 네 가지의 경우로 {Standing, Bending/Crawling, Laying down, Sitting} 분류한다.

제안된 특징 파라미터들을 추가한 방법은 기존의 실루엣 기반의 자세 추정 기법만을 사용하는 것보다 좀더 높은 인식율을 보여주었다.

### 키워드

실루엣, 사람 행동 인식/분석, 자세 추정, 움직임 벡터, 원형도

### 1. 서 론

최근 인간의 행동 인식에 대한 분야는 컴퓨터 비전과 영상처리 분야에서 가장 활발하게 연구되고 있는 분야 중 하나이다. 인간의 행동 및 자세 인식은 비디오 감시 시스템, 스포츠 비디오 분석, 비디오 인덱싱, HCI 등 다양한 분야에서 응용이 가능하다. 비디오 감시 시스템에서는 사람, 사물, 차량 등을 구분하는 것보다는 사람의 행동은 인식하여 그 사람이 어떠한 행위를 하고 있는지에 많은 관심을 가지고 연구를 하고 있다. 만약 어떤 사람의 안전을 위협하는 비정상적인 행동들을 하고 있다면, 그것이 즉각 검출되어 통보가 된다면 많은 도움이 될 것이다.

사람의 동작이나 행동을 인식하기 위해서는 크게 실루엣을 이용하는 방법과 2D/3D 모델을 이용하는 방법으로 나뉜다. 후자의 경우에는 연산량이 복잡하고 연산량이 많아서 실시간 감시 시스템에 적용하기에는 아직까지는 좋은 방법이 아니다.[1]

실시간 지능형 감시 시스템에서 사용하기 위해서는 연산이 비교적 간단하면서 정확성이 있어야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 실루엣을

이용하여 자세를 추정하는 기존의 방법을 선택하고, 이것에 추가적으로 움직임 벡터와 원형도, 길이와 넓이의 비율 등의 다양한 파라미터들을 이용하여 사람의 자세를 추정하는 기법을 제한한다. 움직임 벡터는 동영상으로 녹화 시 발생하는 것이고, 원형도와 길이와 넓이의 비율 역시 실루엣을 구하면서 계산이 되기 때문에 동영상의 녹화되는 순간에 실시간으로 처리가 가능하다.

자세를 추정하기 위해서 중요한 실루엣을 검출하기 위해서 가장 중요한 것은 비디오 영상에서 움직이는 블랍(사람)들을 얼마나 정확하게 검출하느냐 이다. 이러한 과정은 기존에 연구했던 가중치 차 영상과 움직임 벡터를 이용하여 두드러진 움직임 정보를 검출하는 기법을 이용하였다.[2] [3]

이렇게 검출된 블랍을 대상으로 실루엣을 추출하고 사람의 자세를 판단한다. 본 논문에서는 실루엣에서 자세를 추정하는 기법으로 기존의 W4의 실루엣을 이용한 2차원 몸 모델 기법을 사용하였다.[4] 이 기법에 추가적으로 원형도, 넓이와 높이의 비율, 움직임 벡터의 방향성, 머리 위치를 고려하여 신뢰도를 높였다.

본 논문에서의 사람의 행동을 크게 네 가지 {Standing (서있는 자세), Bending/Crawling

(쭈그린 자세), Laying down(누운/엎드리는 자세), Sitting(앉는 자세)}의 경우로 제한하고 연구를 하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 2차원 실루엣을 이용한 자세 추정 방법과 특징 파라미터들을 설명하고, 3장에서는 2장에서 구해진 실루엣에 본 논문에서 추가된 파라미터들을 적용하여 실험한 결과를 설명하고, 4장에서는 결론을 맺는다.

## II. 실루엣과 특징을 이용한 자세 추정 방법

사람 몸 부분(머리, 양손, 양발)의 추적과 검출을 사람의 행동성을 이해하는데 매우 중요하다. 추출된 불량들에서 사람 몸을 추출하기 위해서, 사람이 움직이는 동안에 몸 부분들의 상대적인 위치에 관한 두 가지 기본적인 관찰에 기반을 두고 연구하였다.[4]

첫 번째는 발, 발꿈치, 손, 머리는 실루엣 가장자리에 위치하는 것이 대부분이라는 것이다.

두 번째는 주어진 자세에서 사람의 몸은 몸 부분들의 상대적인 위치가 특정한 순서의 구조를 가진다는 것이다. 실루엣 가장자리를 따르는 몸 부분들의 순서는 사람이 어떤 행동을 할 때 일반적인 자세(걸기)를 유지하기 때문에 대체적으로 변하지 않는다. 그러나 사람의 일반적인 자세(걸기에서 앉기)가 변화할 때에는 순서도 변한다.

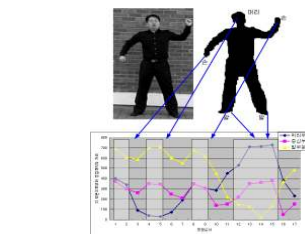
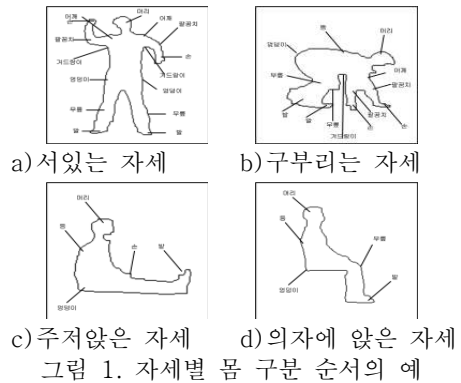
본 논문에서는 6개의 주요 몸 부분들(머리, 양손, 양발, 몸통)의 위치를 알아내기 위해서 실루엣 기반의 몸 모델(Silhouette-based body model)을 사용한다. 그리고 10개의 보조적인 부분(양 팔꿈치, 양 무릎, 양 어깨, 양 겨드랑이, 엉덩이 그리고 등)들은 실루엣 가장자리와 인간의 몸의 위상을 사용하여 주요 부분의 위치를 찾는데 도움을 줄 수 있다.

실루엣 가장자리에서 가능한 몸 부분의 위치를 알아내기 위해서, 사람의 머리를 찾는 것이 가장 중요하다. 머리는 히스토그램기법을 통해서 찾을 수 있다. 머리를 찾은 후 주요한 부분과 부가적인 몸 부분들은 주요 포즈의 순서를 가지고 구성된다.

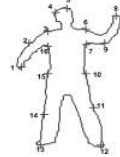
PCA를 이용하여 중심점을 찾고 중심점을 찾은 후에 그 중심점으로부터 convex-hull 알고리즘을 반복적으로 적용하여 실루엣 가장자리에 위치한 주요 위치들을 찾는다.

순서들은 같은 주요 자세에서 몸이 가만히 있는 동안은 유지된다. 예를 들어 만약 우리가 시계방향 순서에서 그림 1처럼 머리로부터 시작하였다면, 똑바로 선(standing) 또는 서있는(standing) 자세에 대한 주요 순서는 {머리->어깨->팔꿈치->손->겨드랑이->무릎->발->발->무릎->겨드랑이->팔꿈치->손->어깨->머리}와 같은 순서가 된다. 이러한 순서는 다른

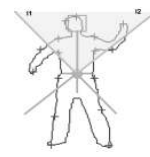
시야에서 본다면 변경될 수 있다. 어떤 부분들은 작은 가림현상이나 또는 부분들의 상대적인 움직임이 있을 수 있기 때문에 이러한 부분들의 지역적인 순서(팔꿈치->손 또는 손->팔꿈치 등)가 변경될 수 있고 실루엣 가장자리를 발견하지 못할 수도 있다. 그러나 어떤 부분들(머리, 발)의 상대적인 위치는 유지된다. 예를 들어 머리->팔꿈치->어깨 또는 손->발->무릎은 서있는 자세라고 받아들일 수 없는 불완전한 순서들이다. 주어진 실루엣에서 몸 부분들의 순서는 이웃하는 부분(팔꿈치->손)의 순서를 바꾸거나 또는 잃어버린 부분을 지움으로써 주요 자세의 순서로써 위치가 만들어지게 된다. 하지만 그림 1의 c)와 d)에서처럼 주저앉은 자세와 의자에 앉은 자세의 실루엣은 실루엣의 특징상 무릎, 손, 팔꿈치, 겨드랑이 등과 같은 특징들을 검출되지 않는 단점들이 있다.



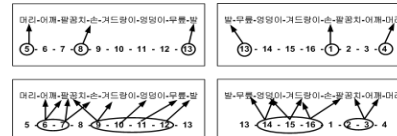
a) 주요 몸 부분과 정점까지의 거리



b) 정점 표시



c) 머리 위치 표시



d) 몸 부분 라벨 순서

그림 2. 몸 부분이 어떻게 라벨링되는지의 예

그림 2는 기존의 몸 부분이 어떻게 라벨링이

되는지에 대한 실제 실험 결과이다.

그림 2의 c)에서처럼 머리를 먼저 발견하고 그 후 중심점을 찾아서 중심점과 일직선을 긋는다. 머리의 위치가 어디인지는 후에 Bending/Crawling을 구분하기 위해서 사용되어진다.

하지만 이러한 실루엣을 이용한 몸 부분들만을 가지고 사람의 자세를 판단하기는 충분하지 않았다. 따라서 본 논문에서는 사람의 자세에 보다 정확한 척도를 위해서 추출된 실루엣을 이용하여 원형도, 넓이와 길이의 비율, 그리고 움직임 벡터의 방향성을 추가로 적용한다.

원형도(Compactness)는 형상의 모양이 얼마나 원에 가까운가를 나타내는 척도로서 이상적인 원에 대해서는 1의 값이 나오며 원형에서 멀어질수록 값이 작게 나오게 된다. 식 1은 원형도를 계산하는 수식이다.

$$C = \frac{4\pi A}{l^2} \quad (1)$$

여기서  $l$ 은 추출된 실루엣의 주위 길이 또는 형상의 경계 길이이고,  $A$ 는 형상의 면적이다. 동일한 면적에서 들쭉날쭉한 외각 형상을 가지면서 형상이 복잡해질수록 경계의 길이가 늘어나므로 원형도는 떨어지게 된다.

가로 세로 비율은 추출된 블랍 또는 실루엣의 길이와 넓이의 비율을 구한 것이다.

$$A_r = \frac{W}{L} \quad (2)$$

여기서  $W$ 는 추출된 실루엣의 넓이,  $L$ 은 실루엣의 높이이다.

움직임 벡터의 방향성으로 판단할 수 있는 것들은 방향성이 좌에서 우로 또는 그 반대의 값을 가지다가 0으로 멈추게 되는 경우이고, 사람이 서 있다가 앉거나 구부리는 경우와 그 반대의 경우에는 움직임 벡터의 방향성이 위에서 아래로 향한다는 점을 고려하였고 반대의 경우는 아래에서 위로(일어서려는 동작) 방향성이 향한다는 점을 고려하였다.

또한 Bending/Crawling시에는 실루엣에서 머리의 위치가 위가 아닌 옆에 위치한다는 사실을 고려하여 머리의 위치를 Bending/Crawling과 Sitting을 구분할 때 머리의 위치가 위인지 옆인지를 판단한다. Sitting의 경우에는 머리의 위치가 옆이 되는 경우가 거의 없었다.

### III. 실험 결과

실험을 위해서 하나의 영상에 4가지 자세를 차례로 촬영하였다. 서있는 자세는 처음에 Standing 자세로 시작해서 4가지 자세를 연속적으로 취하였으며, 각 자세를 취하는 중간 중간에도 Standing 자세를 취했다. Visual C++ 6.0을 이용하여 실험하였다. 총 2200 프레임의 영상에서 해당 프레임을 뽑아내었다. 이중 성공한 것이 대부분이지만 그림 3의 f)번의 경우처럼

Lay down 이 되어야 하지만 Bending/Crawling으로 오인되는 경우도 있다.

미리 검출된 실루엣 형상과 움직임 벡터 값을 이용하여 실루엣 형상에서는 자세, 원형도, 넓이/높이 비율, 머리 위치를 찾아내고, 움직임 벡터를 이용하여 좌/우/정지/아래/위의 방향성을 찾아낸다.

실루엣 형상에서의 자세 판단 결과를 원형도와 넓이/높이 비율, 머리 위치 파라미터들을 이용하여 다시 판단한다.

방향성은 실루엣 형상으로부터 추출된 파라미터들과 함께 첫 번째 단계에 반영한다. 이렇게 판단된 자세들을 대상으로 각 단계마다 구분을 위한 임계값을 이용하여 최종 단계를 판단한다. 예를 들어, Standing은 원형도가 0.3 이하인지, 머리 위치가 위인지, 넓이/높이 비율이 0.8이하이면 Standing으로 판단한다.

Bending/Crawling의 경우에는 원형도가 0.5 이상인지, 넓이/높이 비율이 1.2이상일 경우로 한다. 단, 이 경우는 머리의 위치는 옆일 경우는 그림 2처럼 구부리는 자세로 판단하였다.

표 1은 그림 2에 대한 서있는 자세와 구부리는 자세의 원형도와 넓이와 높이의 비율과 방향성을 나타낸다. 표 1에서 나타난 것처럼 원형도는 구부리는 자세가 서있는 자세보다 원에 더 가까운 것을 알 수 있고 넓이와 높이의 비율도 구부리는 자세가 서있는 자세보다 더 큰 것을 알 수가 있다.



a) 서있는 자세      b) 구부리는 자세  
그림 3. 자세 실루엣의 예들

표 1. 그림 3 자세의 특징 값들

서있는 자세		구부리는 자세	
원형도	0.19	원형도	0.68
넓이와 높이의 비율	107/175 = 0.611	넓이와 높이의 비율	120/82 = 1.46
방향성	없음	방향성	아래
머리위치	위	머리위치	옆

여러 명의 사람으로부터 취득한 160개의 실루엣을 사용하여 자세를 이용한 추적에 대한 방법을 실험하였다. 실루엣 샘플은 4가지 서로 다른 사람들에게 대한 포즈로 실험하였고 결과는 Standing 50개, Sitting 40개, Laying down 35개, Bending/Crawling 35개이다.

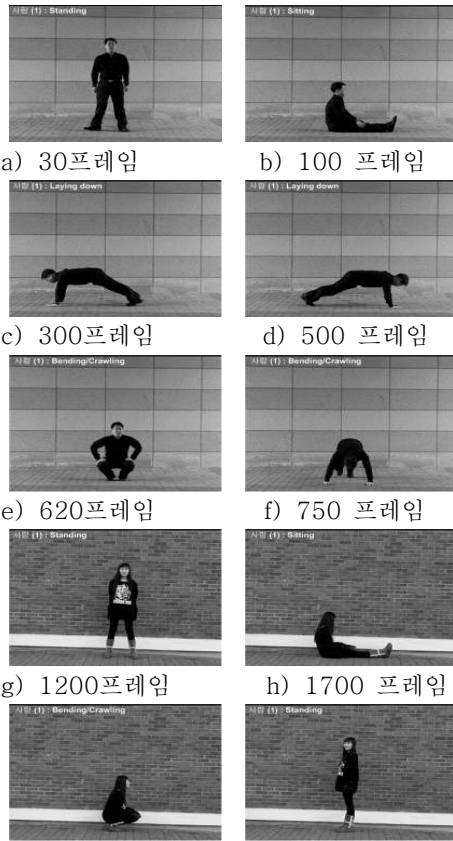


그림 4. 자세를 이용한 분류 실험 결과

아래 표 2은 실루엣만을 이용하여 몸 자세 분류를 실험한 결과표이다. Standing의 경우에는 94%로 성공률이 높았지만 나머지 3가지 자세는 82~88%대의 실험 결과를 보였다.

표 2. 실루엣만을 이용한 몸 자세 분류 결과표

구 분	실험 상황	성공	실패	성공률 (%)
Standing	50	47	3	94
Bending/Crawling	40	33	7	82.5
Lying down	35	31	4	88.5
Sitting	35	30	5	85.7

표 3. 제안된 사람 행동 분류 결과표

구 분	실험 상황	성공	실패	성공률 (%)
Standing	50	49	1	98
Bending/Crawling	40	36	4	90
Lying down	35	33	2	94.3
Sitting	35	32	3	91.4

표 3은 네 가지 파라미터들이 추가 되었을 때

의 결과를 보여준다. 파라미터들이 추가됨으로써 4~8% 정도 성공률이 좀 더 높아진 것을 알 수가 있다. 하지만 표 3에서도 볼 수 있듯이 여전히 Bending/ Crawling의 자세와 Sitting의 자세를 구분해 내기가 쉽지 않았다.

#### IV. 결 론

본 연구에서는 감시시스템에 적용할 수 있는 저 수준의 사람의 행동을 인식하고 분석하기 위해서 실루엣을 이용하여 사람의 자세와 움직임 벡터, 원형도, 넓이와 높이의 비율, 머리의 위치를 이용하여 {Standing, Sitting, Bending/Crawling, Laying down} 으로 분류하였다. 실험 결과는 단순히 실루엣의 자세만을 이용할 때보다 특징 파라미터를 추가하였을 때 90~98%까지의 성공률이 더 높아진 것을 볼 수 있었다.

일반적으로 분류 실패가 발생하는 것은 사람이 한 자세에서 다른 자세로 변환할 경우와 Sitting과 Bending/Crawling을 구분하지 못하는 경우에 분류 실패가 발생하였다. 또한 카메라를 측면이 아닌 정면으로 볼 경우 실패할 확률이 많았다.

향후 연구과제로는 저 수준 뿐만 아니라 고 수준의 사람 행동 인식에 대해서 보다 세부적인 연구가 필요할 것이다. 또한, 분류의 신뢰성을 높이기 위해서 특징 파라미터들의 값을 좀 더 많은 실험을 통하여 적응적으로 변경할 수 있어야 할 것이며, 다른 특징 파라미터를 추가하여 접목시키는 것이 필요하다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J.Candamo, M.Shreve, D.B.Goldgof, D.B. Sapper and R.Kasturi., "Understanding Transit Scenes:A Survey on Human Behavior-Recognition Algorithms", Intelligent Transportation Systems, IEEE Transactions on, vol.11, no.1, pp. 206-224, Oct. 2009.
- [2] 김선우, 하태령, 박춘배, 최연성, "가중치 차영상과 움직임 벡터를 이용한 두드러진 움직임 정보 검출 방법", 한국해양정보통신학회 논문지, vol.11, no.4, pp.779-785, 2007.
- [3] 박재준, 김선우, 최연성, 박춘배, 하태령, "다양한 특징 매칭을 이용한 움직이는 물체 추적 시스템에 관한 연구", 한국해양정보통신학회 논문지, vol.11.no.4, pp.787-792, 2007.
- [4] I.Haritaoglu, D.Harwood, and L.s. Davis, "W<sup>4</sup>:A real time system for detecting and tracking people". In Computer Vision and Pattern Recognition, pp.962-967, 1998.