

확률전파를 이용한 구성요소기반 인체 추적

차은미^o 이경미

덕성여자대학교 지능형 멀티미디어 연구실, CGRC
{scott5^o, kmlee}@duksung.ac.kr

Component-Based Human Body Tracking Using Density Propagation

Eun-Mi Cha^o, Kyoung-Mi Lee

CGRC and Intelligent Multimedia Lab. in Duksung Women's University

요 약

본 논문에서는 인체의 각 구성 요소별로 추적하여 사람의 동작을 추적하는 방법을 제안한다. 입력 영상에서 피부색 등의 색상정보를 이용하여 구성요소를 검출한다. 본 논문에서는 인체의 구성요소 중 동작 추적에 가장 필요한 5가지 구성요소를 검출하여 추적하였다. 이렇게 검출된 구성요소는 개별적으로 확률전파에 의해 추적되어지고, 각 구성요소의 추적결과는 융합을 통해 전체 인체의 동작을 추적할 수 있다. 제안하는 인체동작 추적 시스템은 유아의 동작교육에 이용되는 7가지 동작에 적용되었다.

1. 서 론

최근 사람의 동작을 결정하고 추정하는 것이 컴퓨터 시각 분야에서 중요하게 인식되고 활용할 응용 분야가 급격히 증가하기 시작하였다. 사람의 걸음 동작을 분석하는 의학분야, 아바타 제어를 필요로 하는 가상현실 분야, 사람-기계 상호작용이 필요한 자동화 분야, 보안용 감시 시스템 개발 분야, 발레나 체조 동작을 분석하는 체육학 분야 등이 여기에 속한다 [1,3].

사람의 동작들은 같은 동작이더라도 변형이나 잡음, 관측계의 오차, 특징 추출의 불완전성 등으로 인하여 예기치 않은 변화가 많이 포함될 수 있다. 이러한 성질을 가장 잘 반영해 줄 수 있는 것이 확률적 문법이다 [4-6]. 지금까지 연구된 확률적 문법은 하나의 추적 대상에 대한 하나의 추정을 가정한다. 그러나 인체를 검출하거나 동작을 추적하기 위해서, 인체 전신보다 인체 부위들이 자세나 조명 변화에 덜 민감하고 각 부위들이 독립적으로 검출될 수 있기 때문에, 구성요소에 기반한 인체 검출 방법의 성능이 더 좋다고 알려져 있다. 따라서 여러 개의 추적 대상에 대해 추정된 결과를 융합시키는 방법에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 인체 추적에 필요한 구성요소들을 검출한 후 개별적으로 추정한 후, 구성요소들의 추정 결과를 융합하여 인체의 동작을 추적하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 유아의 동작교육에 필요한 7가지 동작에 적용되었다.

2. 구성요소기반 인체 모델

본 장에서는 프레임에서 인체 부위들을 구성요소로

검출하여 연결하는 정적 사람모델과 동작에서의 각 구성요소의 궤적을 통한 동작 사람모델에 대해 소개한다.

2.1 정적 사람 모델

그림 1은 본 논문에서 사용하는 구성요소에 기반한 인체 모델을 보여준다. 인체는 10개의 부위로 구성된다: 머리, 몸통, 왼쪽 팔 상단, 왼쪽 팔 하단, 오른쪽 팔 상단, 오른쪽 팔 하단, 왼쪽 다리 상단, 왼쪽 다리 하단, 오른쪽 다리 상단, 오른쪽 다리 하단. 각 부위는 기하학적 정보와 외형적인 정보를 포함한다.

$$Human=(C_i, R_i), \quad i=1, \dots, 10$$

여기서 *Human*은 10개의 부위로 이루어진 인체 모델을, *C_i*는 각 부위의 기하 정보와 외형 정보를, *R_i*는 각 부위의 연결 정보를 나타낸다.

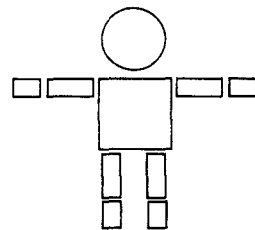


그림 1. 구성요소에 기반한 인체 모델

2.2 인체 구성요소 검출

동작을 추정하기 위해 먼저 인체의 구성요소들을 검출해야 한다. 우선 동영상에서 배경 영상과 현재 영상의 차 영상을 통하여 인체와 배경을 분리하는 전경 분리 과정을 수행한다. 배경이 분리된 영상에서 불필요한 잡음을 제거하기 위해 그룹화를 통해 인체일 확률이 적은 영역을 제거한다 (그림 2(b)).

분리된 전경 영상에 대해 피부색 등의 색상에 기반한 영역 분할을 통해 정적 사람 모델의 구성요소 10개 중 중요한 역할을 하는 5개 구성요소(얼굴, 왼팔, 오른팔, 왼발, 오른발)를 검출한다 (그림 2(c)). 그림 2(d)는 검출된 구성요소의 중심과 최소 외접사각형을 보여주고 있다.

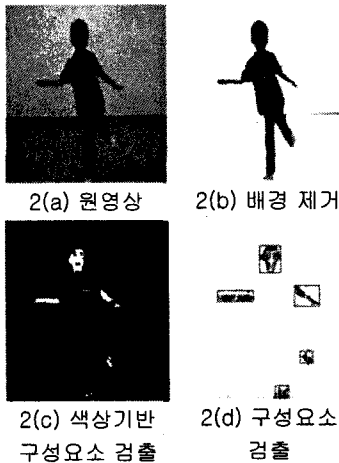


그림 2. 구성요소 검출

2.3 동적 사람 모델

검출된 각 구성요소는 면적(area)이나 구성요소의 중심, 경계길이(주위길이), 그리고 원형도 등에 의한 기하학적 특징들로 표현될 수 있다. 본 논문에서는 각 구성요소의 중심 값을 구하여 각 구성요소의 궤적을 구하였다. 모든 동작은 10개의 프레임으로 정규화되어, 각 동작에 대한 평균 궤적을 구하였다. 즉, 걷기와 같이 동작의 주기가 있는 경우 한 주기를 동작의 단위로 가정하여 10개의 프레임으로 구성된 궤적을 구하였다. 만일 뻗기처럼 특정한 주기가 없는 동작이라면, 10개의 프레임으로 나누어 동작의 단위로 삼았다.

그림 3은 양강질(hopping) 동작에 대한 각 구성요소의 평균 궤적을 나타낸 그래프이다.

이러한 평균 궤적은 동작이 이루어지는 동안 각 구성요소의 움직임 패턴을 파악할 수 있도록 한다.

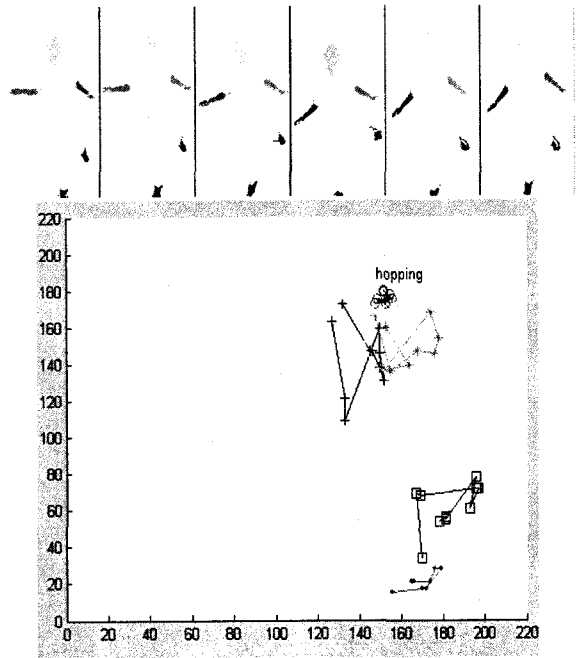


그림 3. 양강질 동작의 각 구성요소들의 궤적
○ : 얼굴, + : 왼팔, * : 오른팔, · : 왼발, □ : 오른발

3. 구성요소 모델을 위한 확률 전파

3.1 확률전파

확률전파 $P(X_k | Z_k)$ 의 목적은 $k-1$ 번째 프레임까지 관찰된 내용을 바탕으로 k 번째 프레임에서의 물체의 확률을 추정하는 것이다. $P(X_{k-1} | Z_{k-1})$ 로부터 표본이 주어진다면, k 번째 프레임에서의 확률은 $k-1$ 번째 프레임에서의 표본을 전파함으로써 구할 수 있다. k 번째 프레임의 상태와 물체에 대한 사전 정보가 주어지면, 전파 규칙에 의해서 새로운 동작의 상태 밀도 $P(X_k | Z_k)$ 를 전파할 수 있다. 전파 규칙은 이전 프레임에서 얻은 거리와 물체를 적용하여 $P(X_k | Z_{k-1})$ 을 얻는다.

3.2 구성요소기반 인체 추정

본 논문에서는 한 프레임에 5개의 구성요소 c_i 의 확률 $P(X_k^{c_i} | Z_k^{c_i})$ 을 이용하여 동작을 추정한다. 각 구성요소

(얼굴, 왼팔, 오른팔, 왼발, 오른발)에 대한 확률은 가중치 합으로 융합됨으로써 인체에 대한 동작을 추정할 수 있다.

$$\frac{1}{I} \sum_{i=1}^I \omega_i P(X_k^c | Z_k^c) \text{ 그리고 } \sum_{i=1}^I \omega_i = 1$$

여기서 I는 5이다.

4. 실험 결과

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 운영체제 Windows XP상에서 Microsoft Visual C++6.0를 이용하여 구현되었으며, 실험은 Pentium-IV 3.0GHz인 CPU와 1GB 메모리 사양의 Windows XP환경에서 수행되었다. 실험에 사용된 동영상은 캠코더 Sony DCR-PC330에서 320x240 크기의 영상을 초당15프레임으로 획득하였다.

4.1 동작 교육에의 적용

본 논문에서는 유아의 발달에 적합한 동작 교육에 적용에서 사용되는 7가지 기본 동작에 대해 동작 추적을 적용하였다. 7가지 기본 동작이란 공간 속에서 몸의 위치를 바꾸는 이동 동작인 걷기, 뛰기, 양감질과 몸을 한 장소에 고정시켜 옮기지 않고 움직이는 비이동 동작인 구부리기, 뺨기, 균형잡기, 회전하기를 말한다. 걷기는 한 다리에서 다른 다리로의 무게 이동을 하는 동작, 뛰기는 제자리에서 양 발로 공중으로 뛰어올라 한발로 내리는 동작, 양감질은 제자리에서 한발에 몸의 무게를 주어 바닥에서 밀어 올린 후 같은 발로 착지하는 동작을 말한다. 구부리기는 몸을 구부려 앞으로 구부리는 동작, 뺨기는 두 팔을 위로 뺨는 동작, 균형잡기는 양팔을 벌리고 한발을 들고 중심을 잡는 동작, 회전하기는 몸 전체를 수평으로 도는 동작을 말한다.

4.2 추정 결과

그림 4는 7가지 동작별 구성요소의 평균 궤적 중에서 얼굴, 오른팔, 오른발의 평균 궤적을 보여주고 있다. 그림 4(a)는 얼굴 영역의 평균 궤적을 보여주는데, 7가지 동작에 대한 궤적을 살펴 보면, 구부리기 동작은 위-아래 Y축 운동이고, 회전하기 동작은 왼쪽-오른쪽 X축 운동이고, 나머지 동작들은 비슷한 곳에 배치되어 있음을 볼 수 있다.

그림 4(b)는 오른팔 영역의 평균 궤적을 보여주는데, 뺨기 동작의 오른팔이 제일 위에 위치하고 있고, 뛰기 동작이 그 아래에 위치하고 있다. 균형잡기 동작은 동작 특성상 제일 오른쪽에 위치하고 있다. 구부리기는 얼굴과 마찬가지로 팔의 동작은 위-아래 Y축 운동이고, 회전하기는 왼쪽-오른쪽 X축 운동이다.

그림 4(c)는 오른발 영역의 평균 궤적을 보여주는데,

양감질 동작은 오른발이 제일 오른쪽에 위치하고 있으며, 균형잡기 동작은 동작 특성상 균형을 유지하기 위해 오른발이 왼발 쪽으로 치우치게 된다. 걷기 동작과 뛰기 동작은 위-아래 Y축 운동이다.

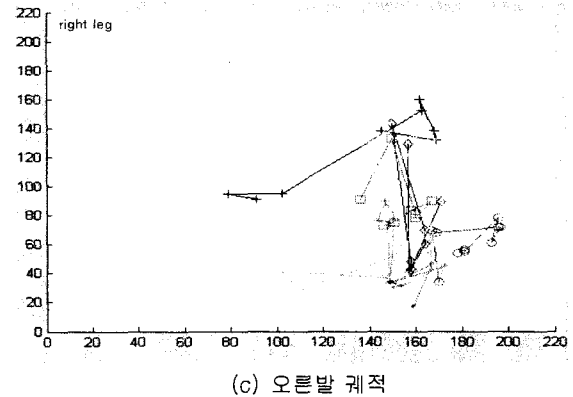
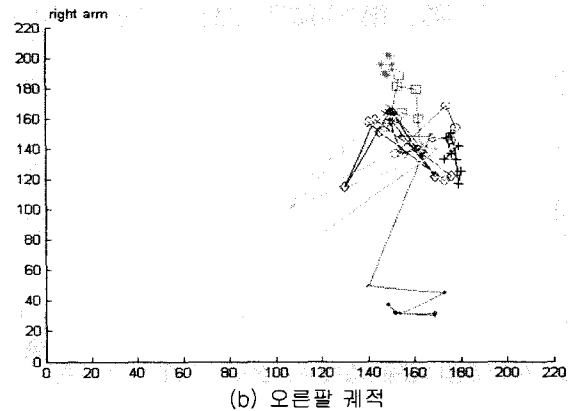
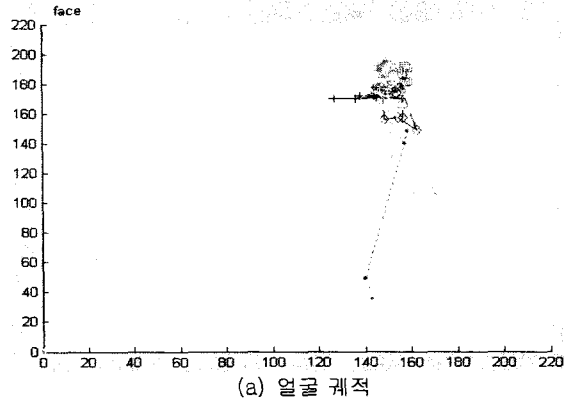


그림 4. 7 가지 동작에서의 각 구성요소의 평균 궤적
 + : 균형잡기, ○ : 양감질, * : 뺨기,
 · : 구부리기, ◇ : 걷기, x : 회전하기, □ : 뛰기

5. 결론

구성요소 기반 인체 동작 추적은 기존의 방법에 비해 다음과 같은 장점을 가진다. 구성요소에 기반을 둔 방법은 겹침 등으로 인하여 부분적으로 왜곡되어 모든 구성요소가 명확하게 검출되지 못하여도 적당한 인체 동작을 추적할 수 있다. 또한, 색상 정보를 이용하여 인체 부위 또는 정적 모델의 구성 요소를 각각의 중심 값을 구함으로써, 누적된 평균 모델을 통해 어떤 동작인지 추정이 가능하다. 그리고 제안하는 구성 요소에 기반을 둔 방법은 인체 각 부위에 대한 다양한 빛이나 조명에 영향을 덜 받아 상대적으로 인체 추적이 용이하며 다양한 동작들이 포함된 영상에서 유아들이 취하고 있는 동작을 인식할 수 있다.

Acknowledgement

본 연구는 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행되었음. (KRF-2005-042-D00285).

6. 참고문헌

[1] L. Campbel and A. Bobick, " Recognition of Human Body Motion Using Phase Space Constraints" , MIT Media Lab Perceptual Computing Group TR 309, pp. 624, 1995.
[2] C. Chang, R. Ansari, A. Khokhar, " Density Propagation for Tracking Initialization with Multiple Cues" , pp. 629-632, icassp 2004.
[3] E. Clergue, et al. " Automatic Face and Gestual Recognition for Video Indexing" , Int' l Workshop on Automatic Face and Gesture Recognition, pp.110-115, 1995.
[4] S. Frey et al. " Das Berner System zur Untersuchung nonverbaler Interaktion" , Methoden der Analyse von Face-to-Face-Situationen, Stuttgart, Metzler, pp. 203-236, 1981.
[5] K.S. Fu " syntactic Methods in Pattern Recognition" , Academic Press, pp. 124-229, 1974.
[6] R.C. Gonzalez and M.G. Thomason, " Syntactic Pattern Recognition" , Addison-Wesley Publishing Company, pp. 177-270, 1978.
[7] C. Sminchisescu, A. Kanaujia, Z. Li, D. Metaxas, " Discriminative Density Propagation for 3D Human Motion Estimation" , pp. 390-397, CVPR 2005.
[8] 이경미, " 인체 자세 추정을 위한 구성요소 모델의 계층적 탐색" , 제 17회 영상처리 및 이해에 관한 워크샵 발표 논문지, pp. 348-353, 2005.

[9] 이영자 이기숙 이정옥, 유아교수· 학습방법, (주) 창지사, 2000.