
인체 모델링을 이용한 인체의 조인트 자동 검출 및 인체 매핑

곽내정* · 송특섭**

Automatic Detecting of Joint of Human Body and Mapping of Human Body
using Humanoid Modeling

Nae-Joung Kwak* · Teuk-seob Song**

이논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아
수행된 기초연구임(No. 2010-0007549)

요 약

본 논문에서는 인간과 컴퓨터의 상호작용을 위해 연속된 입력영상에서 인체의 실루엣과 조인트를 자동추출하고 조인트를 추적함으로써 객체를 추적하는 방법을 제안한다. 또한 추출된 조인트를 이용하여 인체를 매핑하여 사람의 동작을 재현한다. 이를 위해 인체의 치수를 이용하여 인체 움직임을 제어하는 14개의 조인트로 인체를 모델링한다. 제안방법은 단일카메라로 RGB 컬러로 입력되는 영상을 색상, 채도, 명암의 영상으로 변환한 후 차 영상기법을 이용하여 인체의 실루엣을 추출한다. 추출된 실루엣의 코너점과 인체 모델링 정보를 이용하여 조인트를 자동 검출한다. 객체의 움직임 추적은 전체 영상 중 조인트를 중심으로 블록매칭 기법을 이용하여 추출된 조인트의 위치정보를 이용하여 인체의 움직임을 매핑한다. 제안방법을 실험동영상에 적용한 결과 인체의 실루엣과 조인트를 자동 검출하며 추출된 조인트로 인체의 매핑이 효율적으로 이루어졌다. 또한 조인트의 추적이 매핑된 인체에 반영되어 인체의 움직임도 적절히 표현되었다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the method that automatically extracts the silhouette and the joints of consecutive input image, and track joints to trace object for interaction between human and computer. Also the proposed method presents the action of human being to map human body using joints. To implement the algorithm, we model human body using 14 joints to refer to body size. The proposed method converts RGB color image acquired through a single camera to hue, saturation, value images and extracts body's silhouette using the difference between the background and input. Then we automatically extracts joints using the corner points of the extracted silhouette and the data of body's model. The motion of object is tracked by applying block-matching method to areas around joints among all image and the human's motion is mapped using positions of joints. The proposed method is applied to the test videos and the result shows that the proposed method automatically extracts joints and effectively maps human body by the detected joints. Also the human's action is aptly expressed to reflect locations of the joints

키워드

객체검출, 객체추적, 실루엣, 조인트, 인체 매핑

Key word

object detection, object tracking, silhouette, joint, mapping of human body

* 정회원 : 목원대학교

** 정회원: 목원대학교(교신저자 teukseob@mokwon.ac.kr)

접수일자 : 2011. 02. 08

심사완료일자 : 2011. 02. 22

I. 서 론

오늘날 인간과 컴퓨터, 인간-로봇의 상호작용은 인간의 시각 인지 기능을 기반으로 하여 인간의 행위 및 의사 등을 인식하는 인간공학학 학문의 기술의 기반이 되고 있다. 이와 더불어 제스처 인식, 감성공학 등의 분야가 활발히 연구되고 있으며 사람과 로봇 그리고 컴퓨터 작업 환경에서 효과적인 작업을 위한 인간과 로봇, 컴퓨터 간의 인터페이스분석에 대한 연구도 진행되어 왔다. 또한 이러한 연구의 기반 기술로서 인체를 검출하고 추적하는 기술은 비전 기술의 발전과 컴퓨터 성능의 향상으로 현재 연구가 활발히 진행되고 있으며 컴퓨터 애니메이션이나 보행인식, 행동인식, 자세추정 등의 분야에서 응용되고 있다.

컴퓨터 애니메이션 분야에서는 사람의 동작을 캡처하여 분석하고 그 정보를 이용하여 인체를 모델링하고 컴퓨터 아바타로 매핑하여 응용하고 있다. 이를 위한 인체의 추적과 모델링을 위한 방법으로는 색상을 이용하여 영상을 분할한 후 윤곽선을 분석하여 비슷한 색상으로 연결된 블랍들의 집합으로 인체를 표현하고 카메라로 추적하는 방법[1-2], 다수의 카메라에서 획득된 영상에 템플릿 매칭을 이용하는 방법[3-5], 인체의 특정 부위에 센서나 마커를 부착하여 이를 응용하여 인체의 실루엣이나 윤곽선 및 다른 특징들을 추출하는 방법 등이 있다[6-8]. 그러나 이러한 방법들은 머리와 손만을 피부색으로 제한하거나 인체의 모델과 추적이 머리와 손 발등으로 제한되며 마커 등의 고가의 장비가 필요하며 또한 감시카메라 등의 응용분야에서는 마커나 센서를 사용할 수 없다. 따라서 마커나 센서 등의 보조적 장비가 없이 인체의 특징을 표현할 방법이 필요하다.

인체의 추적과 모델링을 위해 추출되는 특징으로는 인체의 실루엣, 윤곽선 정보, 특정 인체 부위 및 연결정보, 조인트 등이 있다. 이 특징 중 조인트는 인체의 각 부위를 연결하는 위치점으로 조인트의 위치를 이용하여 인체의 각 부분을 추정하고 그로 인하여 객체를 재구성하는 것과 추출된 조인트의 움직임을 추적하여 객체를 추적하는 것도 가능하다. 또한 조인트를 추출하여 아바타의 동작생성시 아바타의 각 관절을 표현하여 아바타 애니메이션에도 적용이 가능하며 인간의 행동 패턴을 분석할 경우에 조인트의 변화와 위치에 따라 분류하여

적용하는 것도 가능하다. 다양한 응용분야에서 조인트의 추출과 추적은 중요한 연구의 대상이 된다. 그러나 기존의 연구에서는 조인트 영역에 마커를 부착하거나 센서 등을 부착하여 그 위치를 획득하며 조인트의 위치를 자동으로 인식하거나 조인트의 매핑을 위한 추적하는 방법에 대한 연구는 미비한 상황이다.

본 논문에서는 마커나 센서를 부착하지 않고 인체의 특징을 자동 추출하고 추출된 특징을 이용하여 인체의 움직임 동작을 추적하여 인체의 움직임을 재현하는 방법을 제안한다. 제안방법은 현대의 고정 카메라를 이용하여 마커의 부착이나 센서 등을 필요로 하지 않고 자동으로 인체의 특징을 추출한다. 인체의 특징으로는 인체의 움직임을 구성하는 중요한 관절 14개를 사용하였으며 특징의 자동 추출을 위하여 인체의 치수를 이용하여 인체를 모델링한다.

먼저 배경영상 모델링 기법과 차영상 기법을 이용하여 인체의 실루엣을 추출한다. 또한 인체의 치수정보를 이용하여 인체를 모델링하며 추출된 실루엣과 모델링된 정보를 이용하여 인체의 조인트를 자동 추출하고 검출된 조인트를 추적하여 인체의 움직임을 추적한다. 추출된 조인트는 인체 영상으로 매칭되어 인체의 움직임을 표현한다.

II. 인체의 조인트의 자동 검출 및 동작제어 알고리즘

본 논문에서는 차영상 기법과 인체 모델링을 이용하여 단일카메라에서 입력되는 영상에서 객체의 조인트(joint)를 자동으로 추출하여 조인트를 추적함으로써 객체를 추적하고 인체의 행동을 매핑하는 알고리즘을 제안한다. 먼저 차영상 기법을 이용하여 중심 객체의 실루엣을 추출하고 추출된 실루엣과 인체모델링 정보를 이용하여 조인트를 추출한다. 인체의 모델링은 영상 내 얼굴의 길이와 넓이를 추출하여 실제 측정된 데이터의 비율을 이용하였으며 얼굴 길이와 얼굴 넓이는 OpenCV에서 제공되는 얼굴 탐색기법을 이용하여 추출하였다. 추출된 조인트는 인체를 영상으로 표현하는 위치정보로 사용되며 조인트를 이용하여 객체를 추적함으로써 인체의 움직임을 표현이 가능하도록 하였다. 객체의 추적은 객

체의 전 영역의 움직임을 추적하지 않고 추출된 조인트를 중심으로 블록매칭 기법을 적용하여 객체의 움직임을 추적한다.

2.1. 실루엣 추출

실루엣 추출은 인체의 조인트를 추출하기 위한 전처리 단계로서 인체의 조인트 추출의 정확도를 결정하는 매우 중요한 단계이다. 효율적인 인체 실루엣 추출을 위해 전경과 배경의 분리는 필수적이며 이를 이용한 객체의 분할은 매우 중요한 기술이다. 차영상 기법을 적용하여 배경과 전경을 분리할 때 그림자 영역과 조명의 변화는 장애요소가 되며 이로 인해 정확한 객체의 검출이 불가능한 경우가 발생한다. 따라서 제안방법은 입력을 HSV(Hue Saturation Value) 평면으로 변환하여 처리하며 각 영상을 평활화 및 블러링 처리한 후 차영상을 구하여 그 결과를 동시에 고려함으로써 이러한 단점을 개선한다.

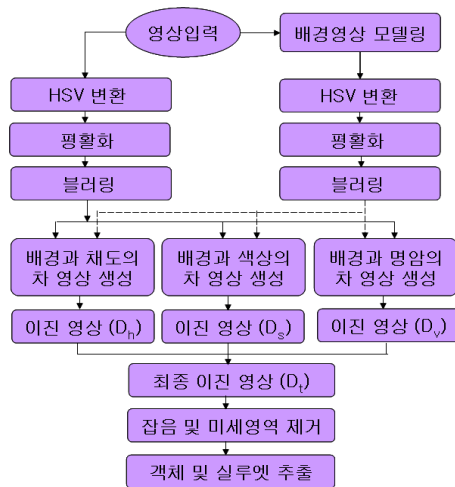


그림 1. 입력영상의 객체 및 실루엣 추출
Fig.1 The extraction of the object and the silhouette of input

그림 1은 제안방법의 실루엣 추출 흐름도로 먼저 카메라로 입력되는 24비트 컬러 영상 $I_C(x,y)$ 의 N 프레임의 평균으로 배경영상 $B(x,y)$ 을 모델링하며 입력 영상과 $B(x,y)$ 를 HSV 컬러로 변환한 후 색상(hue) 영상, 채도(saturation) 영상, 명암(value) 영상을 평활화 처리와

블러링 처리를 수행한다. 평활화 처리는 조도의 영향을 줄일 수 있으며 블러링은 잡음의 영향을 감소시킨다. 각 영상을 배경과의 차영상을 구한후 Otsu의 방법으로 이진화하여 전경과 배경으로 구분된 이진영상 ($D_h(x,y)$, $D_s(x,y)$, $D_v(x,y)$)을 구한다. 각 컬러의 이진화 영상을 합성하여 최종 이진화 영상을 구한다. 각 컬러의 이진영상의 결합은 다음의 수식을 이용하여 얻을 수 있다.

$$D_i(x,y) = \begin{cases} foreground, & (D_h(x,y) = 1 \text{ 그리고 } D_s(x,y) = 1) \\ & \text{또는 } D_v(x,y) = 1 \\ background, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

입력 영상의 이진화 영상은 객체 영역이외의 미세영역이 다수 존재한다. 따라서 최종 이진 영상을 얻기 위한 회색조 영상의 이진영상과 색상의 이진화 영상의 결합 전에 색상의 이진화 영상의 미세영역 및 잡음을 제거한다. 전경과 배경이 분리된 영상에서 추출된 객체는 OpenCV에서 제공하는 외곽선 추적 기법을 이용하여 외곽선을 추출함으로써 실루엣을 추출한다.

2.2. 인체 모델링과 조인트검출

추출된 실루엣에서 인체의 조인트를 검출하기 위해 본 논문에서는 인체의 구조를 기반으로 14개의 조인트를 포함하는 그림 2와 같은 인체모델을 제안한다. 14개의 조인트는 인체의 움직임을 제어할 수 있는 포인트를 고려하여 결정하였다.

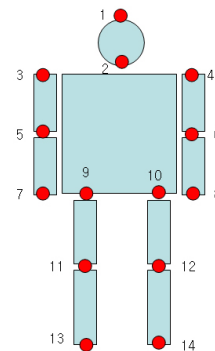


그림 2. 조인트를 이용한 인체모델
Fig. 2 Human body model using joints

각 조인트의 검출은 얼굴의 세로의 길이와 가로길이를 기준으로 각 인체 영역에 대한 비율을 구하여 이용한다. 각 비율을 도출하기 위해 하여 임의의 20명을 모델로 하여 그 결과를 분석하였다. 표1 은 키별 인체 영역의 평균을 구한 결과로 인체 영역의 숫자는 그림 2의 조인트 번호를 의미한다.

표 1. 키별 인체영역의 치수
Table.1 Body sizes according to height

(단위:cm)

| 인체영역 \ 키 | 140-150 | 150-160 | 160-170 |
|--------------|---------|---------|---------|
| 얼굴넓이 | 15 | 16 | 16 |
| 1-2(얼굴길이) | 22 | 22 | 22 |
| 2-3(2-4) | 17 | 19 | 21 |
| 3-5(4-6) | 25 | 27 | 29 |
| 5-7(6-8) | 23.5 | 23.5 | 23.5 |
| 2-9(2-10) | 길이 | 43 | 53 |
| | 넓이 | 12 | 14 |
| 9-11(9-12) | 39 | 41 | 42 |
| 11-13(12-14) | 33 | 35 | 38 |

표 1에서 얼굴의 길이는 키별 데이터에 따라 변동이 없이 동일한 값을 갖는다. 따라서 본 논문에서는 인체의 특징 추출을 위한 비율 값을 산출의 기준으로 얼굴 길이를 사용하며 얼굴의 길이는 OpenCV에서 제공하는 얼굴 탐색 기법을 적용하여 구하였다. 인체 부위별 비율 값은 다음과 같이 구한다.

$$\beta = \frac{T_m}{f_h} \quad (2)$$

여기서 T_m 은 표 1의 영역별 측정치 이고 f_h 는 얼굴의 길이이다. 또한 키별 각 인체영역의 길이 비율이 다르므로 입력영상의 객체영역 높이와 얼굴영역의 길이 및 실제 얼굴 길이를 이용하여 객체의 키를 구하여 조인트 위치 정보 계산 시 적용할 측정치를 결정한다. 다음은 객체의 실제 키를 산출하기 위한 수식이다.

$$R_t = \frac{R_r}{f_r} \times f_h \quad (3)$$

여기서 R_t 는 객체의 실제 키, f_r , R_r 은 영상에서 추출객체 얼굴 높이와 객체의 높이이다.

표 2는 β 를 이용한 조인트 추출 방법으로 입력영상에서 얼굴을 인식하여 얼굴영역의 상위좌표와 하위좌표를 기준으로 조인트를 추출한다. $j_N.x(y)$ 는 조인트 번호 N에서의 $x(y)$ 위치이다.

인체 치수는 각 사람마다 다르며 따라서 표1의 각 사람의 인체 치수의 평균을 이용한 비율값을 적용하여 조인트 추출 시 정확한 조인트의 위치를 검출하기 어렵다. 따라서 본 논문에서는 표1의 측정치를 기준으로 표2의 방법을 적용하여 1차적인 조인트를 검출하고 각 사람마다의 조인트 위치를 보완하기 위해 추출 객체의 인체 실루엣에서 코너점을 추출하고 추출된 코너점 중 1차 조인트와 가장 가까운 코너점을 선택하여 최종 조인트를 결정하는데 사용한다.

표 2. 1차 조인트 추출 방법
Table. 2 The extraction method of 1'st joints

| joint번호 | x위치 | y 위치 |
|---------|-----------------------------------|------------------------------|
| 1 | 얼굴영역의 상위 x좌표 | 얼굴영역의 상위 y좌표 |
| 2 | 얼굴영역의 하위 x좌표 | 얼굴영역의 상위 y좌표 |
| 3 | $j_2.x - f_r \times \beta$ | $j_2.y + f_r \times \beta$ |
| 4 | $j_2.x + f_r \times \beta$ | $j_2.y + f_r \times \beta$ |
| 5 | $j_3.x$ | $j_3.y + f_r \times \beta$ |
| 6 | $j_4.x$ | $j_4.y + f_r \times \beta$ |
| 7 | $j_5.x$ | $j_5.y + f_r \times \beta$ |
| 8 | $j_6.x$ | $j_6.y + f_r \times \beta$ |
| 9 | $j_2.x - \text{얼굴넓이} \times 0.5$ | $j_2.y + f_r \times \beta$ |
| 10 | $j_2.x + \text{얼굴넓이} \times 0.5$ | $j_2.y + f_r \times \beta$ |
| 11 | $j_9.x$ | $j_9.y + f_r \times \beta$ |
| 12 | $j_10.x$ | $j_10.y + f_r \times \beta$ |
| 13 | $j_11.x$ | $j_11.y + f_r \times \beta$ |
| 14 | $j_12.x$ | $j_12.y + f_r \times \beta$ |

그림 3은 1차 조인트에서 가장 가까운 코너점을 추출하는 방법을 보인 예로 조인트 JP에서 각 코너점 C1~C4까지의 유클리디언 거리를 구하고 그중 가장 가까운 거

리의 코너를 최종 조인트로 결정한다.

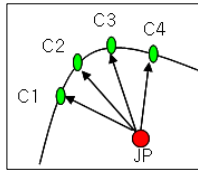


그림 3. 최종 조인트 검출
Fig. 3 The extraction of final joints

최종 조인트 검출시 조인트 1~2는 변경되지 않으며 조인트 3~14가 코너점 및 변경된 조인트를 이용하여 다시 검출된다. 최종 조인트 추출 방법을 표 3에 나타냈다. $c.x(y)$ 는 해당 조인트에서 가장 가까운 코너점의 $x(y)$ 위치이다.

표 3. 최종 조인트 추출 방법
Table. 3 The extraction method of final joints

| joint번호 | x 위치 | y 위치 |
|---------|-----------------------------|------------------------|
| 3 | $c.x$ | $(j_5.y+c.y)/2$ |
| 4 | $c.x$ | $(j_6.y+c.y)/2$ |
| 5 | $(j_5.x+c.x)/2$ | $(j_5.y+c.y)/2$ |
| 6 | $(j_6.x+c.x)/2$ | $(j_6.y+c.y)/2$ |
| 7 | $j_7.x - j_7.x-c.x /2$ | $(j_7.y+c.y)/2$ |
| 8 | $j_8.x + j_8.x-c.x /2$ | $(j_8.y+c.y)/2$ |
| 9 | $(j_9.x+c.x)/2$ | $j_9.y$ |
| 10 | $(j_{10}.x+c.x)/2$ | $j_{10}.y$ |
| 11 | $(j_9.x+j_{13}.x+c.x)/3$ | $(j_{11}.y+c.y)/2$ |
| 12 | $(j_{10}.x+j_{14}.x+c.x)/3$ | $(j_{12}.y+c.y)/2$ |
| 13 | $(j_{13}.x+c.x)/2$ | $c.y+(j_{13}.y-c.y)/2$ |
| 14 | $(j_{14}.x+c.x)/2$ | $c.y+(j_{14}.y-c.y)/2$ |

2.3. 조인트 중심 블록매칭 기법을 이용한 조인트 추적 알고리즘

기존의 객체 추적방법은 중심객체의 추출 후 중심객체를 추적하기 위해 객체의 색상정보를 이용하거나 템플릿을 이용하는 방법 등을 사용한다. 본 논문에서는 객체의 위치를 조인트의 위치로 표현할 수 있으며 따라서 객체 전 영역에 대한 정보가 아니라 조인트를 중심으로 한 지역정보의 움직임을 추적하므로 객체를 추적하는 것이 가능하다.

또한 카메라로 입력되는 영상에서 인체를 대상으로 하여 객체를 추적하는 경우 특별한 사건이 있을 경우를 제외하고는 인간의 행동은 급작스러운 변화가 나타나지 않으므로 인간의 신체 부위에서는 커다란 움직임의 변화가 발생하지 않는다. 따라서 본 논문에서는 처음 추출된 조인트의 위치를 중심으로 연속으로 조인트를 추적하여 탐색함으로써 기존의 방법에 비해 연산량을 줄였다.

블록은 각 조인트를 기준으로 30×30 의 크기로 하며 입력 영상의 탐색 윈도우는 수평/수직 방향에 대하여 ± 10 의 크기를 설정하여 블록매칭 기법을 적용한다. 이때 RGB 컬러의 입력 영상을 HSV영상으로 변환한 후 색상(hue)과 채도(saturation)의 값을 이용하여 오차가 가장 적은 점을 다음 조인트 위치로 선택한다.

2.4. 조인트 정보를 이용한 인체 재현

본 논문에서는 동영상에서 구해진 인체 추적 결과를 재현한다. 먼저 초기 프레임에서 추출된 조인트 정보와 얼굴 인식 정보를 이용하여 인체의 얼굴 위치와 각 조인트의 위치에 따라 인체를 표현한다. 본 논문에서는 인체를 다각형의 조합으로 표현하였으며 얼굴은 원, 몸은 사각형, 팔과 다리는 타원으로 매핑하였다. 인체의 움직임은 블록매칭 기법으로 추적되는 조인트의 변화를 반영하여 표현하게 된다.

III. 실험 및 결과 분석

제안방법의 성능을 분석하기 위하여 실내 환경에서 실험하였으며 카메라를 이용하여 배경영상과 입력 영상을 실시간적으로 처리하였다. 제안방법은 단일 카메라의 입력으로 인체모델링 정보와 실루엣의 코너점을 이용하여 자동으로 인체의 조인트를 추출하고 움직임을 추적하여 인체의 동작을 표현하는 것을 목적으로 함으로 단순한 배경에서 사람의 움직임이 있는 동작을 대상으로 실험하였으며 시스템은 Intel cpu 2.0GHz, 1G RAM에서 VC++6.0과 Open CV 를 이용하여 구현하였다. 입력되는 영상의 해상도는 감시카메라 등에 제안방법을 응용할 경우 10프레임 정도이면 객체의 추적이 가능하며 임베디드 장비의 처리속도를 감안하여 640×480

24bit 영상으로 초당 10프레임을 전송받는다. 제안 방법을 적용할 경우

3.1. 조인트 자동 추출 알고리즘

그림 4는 제안방법을 적용한 결과를 보여준다. 그림 4(c)는 제안 방법을 적용하여 그림 (b)의 인체의 실루엣을 추출한 결과이며 (d)는 14개의 조인트를 추출하여 나타낸 결과로 조인트를 추출하기 위하여 얼굴영역을 먼저 검출하므로 검출된 얼굴 영역을 나타내었다.

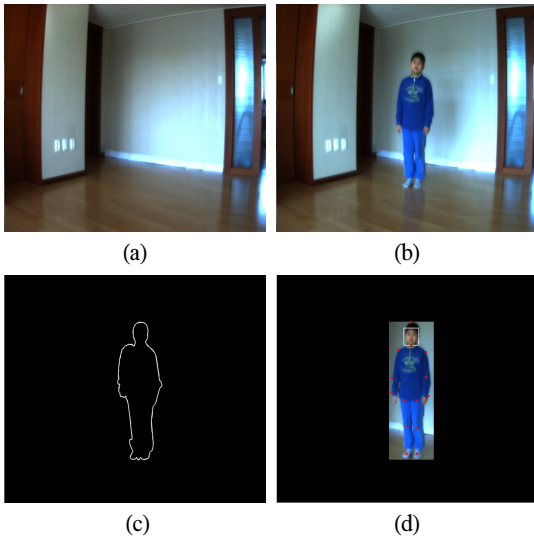


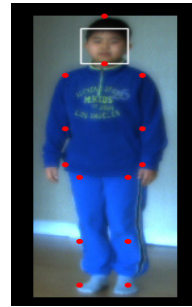
그림 4. 객체의 실루엣 추출 및 joint 추출
(a) 배경영상 (b) 입력영상 (c) 객체의 실루엣 추출
(d) 객체의 joint 추출

Fig. 4 The extraction of object's silhouette and object's joint (a) background image (b) input image (c) the extraction of object's silhouette (d) the extraction of object's joint

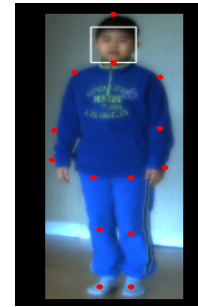
그림 5는 표2의 인체 모델링 정보를 적용하여 1차 조인트를 추출한 결과 영상과 실루엣의 코너점을 추출하여 표3의 식을 적용함으로써 최종 조인트를 추출한 결과 영상을 보여준다. 그림 (b)의 조인트 3~14가 그림 (c)에서 변화가 있음을 알 수 있다. 이것은 실루엣 정보의 코너점을 고려함으로써 좀 더 정확한 조인트를 검출하고 있음을 보여준다.



(a)



(b)



(c)

그림 5. 1차 및 최종조인트 추출
(a) 입력영상 (b) 1차 조인트 (c) 최종 조인트
Fig. 5 The extraction of 1'st joints and final joints
(a) input image (b) 1'st joints (c) final joints

3.2. 블록매칭을 이용한 조인트 추적 및 객체 추적

제안방법은 객체 추적을 위해 객체전체의 움직임을 추적하지 않고 조인트 위치의 움직임을 블록 매칭방법을 이용해 추적한다. 이것은 객체 전체에 블록 매칭 방법을 적용했을 경우에 비해 연산량을 줄일 수 있다.

$M \times N$ 크기의 객체를 $l \times m$ 의 블록으로 탐색 원도우 $p \times q$ 영역을 적용하여 탐색할 경우 기존의 방법은 $M \times N \times p \times q$ 의 비교횟수와 덧셈이 필요하며 제안방법은 $l \times m \times p \times q \times 14$ 의 비교횟수와 덧셈이 필요하다. 따라서 비교횟수와 덧셈에서 $\frac{M \times N}{l \times m \times 14}$ 의 연산을 줄일 수 있다.

만약 객체의 크기가 300×240 인 영상에 30×30 블록을 10×10 의 탐색영역으로 하여 적용할 경우 기존의 블록매칭방법과 제안방법의 연산량을 표4에 나타내었다. 표 4에서 보여 주듯이 제안 방법은 기존의 블록 매칭 방법에 비해 연산량을 절감하며 조인트를 추적할 수 있다.

표 4. 기존블록매칭방법과 제안방법의 연산량
Table 4. computing complexity of the conventional blocking method and the proposed method

| 방법 \ 계산횟수 | 1프레임 | | 10프레임 | |
|-----------|------------------------|-----------------|-------------------------|-----------------|
| | 비교 | 덧셈 | 비교 | 덧셈 |
| 기존블록매칭 | $72 \times 105 + 3200$ | 72×105 | $72 \times 106 + 32000$ | 72×106 |
| 제안방법 | $45 \times 104 + 560$ | 45×104 | $45 \times 105 + 5600$ | 45×105 |

그림 6은 인체의 조인트 추적결과로 처음 추출된 조인트를 중심으로 다른 프레임에 블록매칭 알고리즘을 수행하여 이루어 (a)의 처음 조인트 추출된 결과에서 (b)로의 변화를 보여준다. 그림 (c)는 (a)와 (b)의 움직임 벡터 영상이다. 머리부분과 각 조인트의 변화를 알 수가 있다.

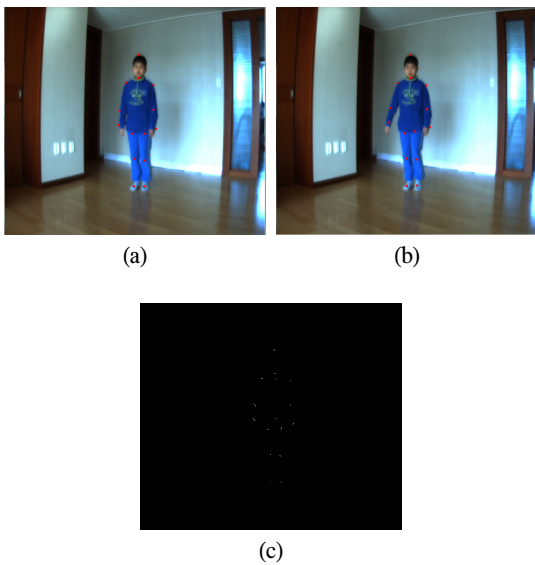


그림 6. 객체의 조인트 추적영상
(a) 원본 영상 (b) 추적 영상 (c) 움직임 벡터
Fig. 6 The tracking image of object's joints
(a) original image (b) tracking image (c) motion vector

3.3. 조인트를 이용한 인체 매핑

그림 7은 입력영상의 첫 프레임에서 조인트를 추출한 후 5프레임 후의 영상에서 조인트를 추적한 영상과 두 영상의 인체 움직임을 영상으로 표현한 결과이다. 그림 (a)에서 (b)로의 움직임이 반영되어 (c)의 인체 매핑 결과에서 (d)의 매핑 결과에 반영되었음을 보여준다.

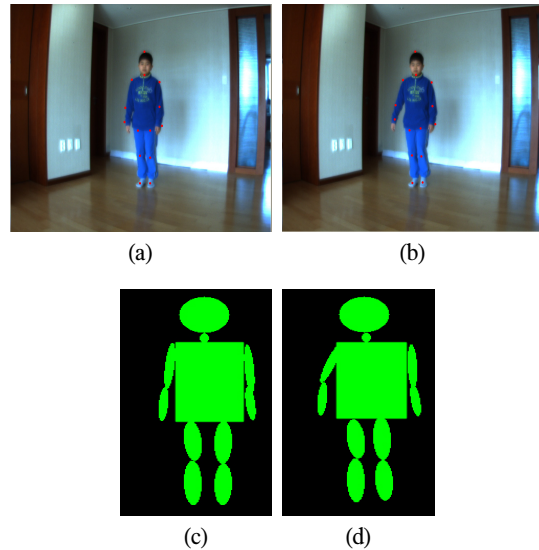


그림 7. 조인트 영상과 인체매핑 영상
(a) 원본 영상 (b) 추적 영상 (c) (a)의 인체 매핑
(d) (b)의 인체 매핑

Fig. 7 joints image and body mapping image
(a) original image (b) tracking image (c) body mapping of (a) (d) body mapping of (b)

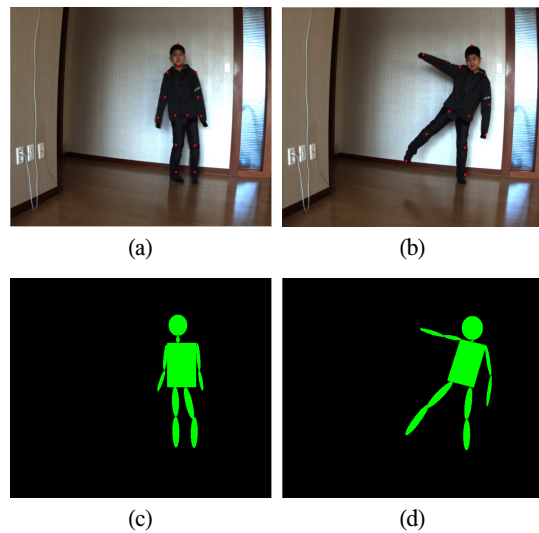


그림 8. 객체 추적과 인체 매핑 영상
(a) 원본 영상 (b) 추적 영상 (c) (a)의 인체 매핑
(d) (b)의 인체 매핑

Fig. 8 object's tracking and body mapping image
(a) original image (b) tracking image (c) body mapping of (a) (d) body mapping of (b)

그림 8은 입력영상의 첫 프레임에서 조인트를 추출한 후 76 프레임 후의 영상에서 조인트를 추적한 영상과 두 영상의 인체 움직임을 영상으로 표현한 결과이다. (c)와 (d)는 제안 방법이 조인트를 검출하여 인체를 재현할 수 있으며 조인트를 이용하여 객체를 추적하고 그 결과로 효율적으로 인체를 재현함을 보여준다.

3.4. 조인트 자동 추출과 추적을 및 인체 매핑 결과 분석

제안방법을 다양한 동영상에 적용한 결과 실루엣 추출 및 조인트 검출 등에서 95%의 완성도를 보였으며 객체 및 조인트 추적은 93% 정도의 추적율을 얻었다. 오차의 발생 원인은 실루엣 추출 및 조인트 검출에서는 조명의 변화 및 그림자 정보등으로 인한 실루엣 추출의 실패가 주 원인이 되었으며 객체 및 조인트의 추적에서는 인체의 갑작스런 동작으로 블록매칭 알고리즘의 탐색 범위를 벗어나 조인트가 이동하였을 때 조인트를 추적하지 못하는 경우가 발생했다. 또한 조인트를 이용한 인체 매핑은 조인트를 이용하여 재현이 가능하였고 움직임 또한 효율적으로 표현이 가능하였다.

IV. 결론

본 논문에서는 단일 카메라로부터 실시간 입력되는 동영상에서 인체의 실루엣과 조인트를 자동으로 검출하고 추적하여 추출된 조인트로 인체를 매핑하고 움직임을 표현하는 시스템을 제안한다. 제안방법은 조인트를 자동으로 추출하기 위하여 인체 수치의 비율을 이용하여 인체를 모델링 하였고 모델링 정보를 이용하여 동영상에서 자동으로 인체의 조인트를 추출한다. 또한 한대의 카메라를 통해 획득한 정보로만 인체의 실루엣과 조인트를 추출한다. 객체의 추적은 처음 영상에서 추출된 조인트를 이용하여 조인트를 중심으로 블록매칭기법을 사용하여 조인트의 움직임을 추적하여 수행되며 전체 영상을 사용하지 않고 국부정보를 이용함으로 객체 추적시 연산량을 줄였고 객체 추적에서도 좋은 효율을 보였다. 또한 인체를 다각형과 추출된 조인트 정보를 이용하여 표현하고 조인트 추적 정보로 인체의 동작을 묘사하였다.

제안방법은 깊이 정보를 반영하여 3D 애니메이션의 표현에 응용할 수 있으며 조인트 정보는 인체의 표현에

적절한 방법으로 보행인식, 인간의 행동 패턴 인식등의 분야에도 다양하게 응용이 가능하다. 그러나 조명의 변화나 그림자 영역으로 인한 잡음과 겹침 영역 부분에서 조인트 추출 및 추적이 강건하지 못하며 이를 개선한 연구가 필요하다. 또한 본 논문은 인체의 정면 영상을 대상으로 연구가 되었으므로 인체의 측면이나 굽혀진 경우 등에 대해 인체의 조인트 자동추출을 위한 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] G. Mori and J. Malik, "Estimating Human Body configurations using Shape Context Matching," in *Processings of ECCV*, pp. 666-680, 2002.
- [2] C.Wren, A. Azarbayejani, T. Darrell and A. Pentland, "Pfinder: Real-time tracking of the human body," *IEEE trans. on PAMI*, vol. 19, no. 7, pp. 780-785, 1997
- [3] S. Iwasawa, J. Ohya, K. Takahashi, T. Sakaguchi, S. Kawato, K. Ebihara and S. Morishima, "Real-time 3D estimation of human body postures from triocular images," in *Processings of Workshop on modeling people*, pp.3-10, 1999
- [4] T. E. de Campos, D. W. Murray, "Regression- based Hand Pose Estimation from Multiple Cameras CVPR 2006, vol. 1, pp. 782-789
- [5] Q. Delamarre and O. Faugeras, "3D articulated models and multi-view tracking with silhouettes," *Proc. ICCV*, pp. 716-721, Sep. 1999
- [6] E. Murphy-Chutorian and M. Trivedi, "Head Pose Estimation in Computer Vision: A survey," *IEEE Trans. on Pattern Anaysis and Machine Intelligence*, vol. 31, no. 4, pp.607-626, April 2009.
- [7] T. Horptasert, I. Haritaoglu, C. Wren, D. Harwood, L. Davis and A. Pentland, "Real time 3D motion capture," in *Processings of Workshop on perceptual user interface*, 1998.
- [8] Pengfei Zhu and Paul M.Chrlan, "On Critical Point Detection of Digital Shapes," *IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.17, no.8, August 1995.

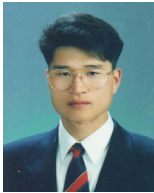
저자소개



곽내정(Nae-Joung Kwak)

1993년 2월 : 충북대학교
정보통신공학과 (공학사)
1995년 2월 : 충북대학교
정보통신공학과 (공학석사)

2005년 2월 : 충북대학교 정보통신공학과 (공학박사)
2005년 3월 ~ 2006년 2월 : 목원대학교 정보통신 공학과
프로그래밍 전문강사
2006년 3월 ~ 2009년 2월 : 목원대학교 정보통신 공학과
강의전임
2009년 3월 ~ 현재 : 목원대학교, 한밭대학교 시간강사
※ 관심분야 : 멀티미디어 정보처리, 멀티미디어 통신,
컴퓨터 비전



송특섭(Teuk-Seob Song)

2001년 2월 : 연세대학교 수학과
(이학박사)
2006년 2월 : 연세대학교
컴퓨터과학과 (공학박사)

2006년 3월 ~ 현재 : 목원대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : 웹환경 어노테이션, 가상환경, 사이버
클래스, 스케치기반 인터페이스