Journal of Digital Contents Society Vol. 13 No. 2 Jun. 2012(pp. 255-262)

타원체 모델과 깊이값 포인트 매칭 기법을 활용한 사람 움직임 추적 기술

김남규*

요 약

사람 움직임 추적 알고리즘은 인간과 컴퓨터 상호작용, 화상회의, 감시 시스템, 게임 및 엔터테인먼트 분야에서 반드시 필요한 기술로 인식되고 있다. 과거 다양한 사람 움직임 추적 알고리즘들이 응용 프로그램의 특성에 따라 구현되고, 실시간성을 고려한 보다 효율적인 영상 처리, 컴퓨터 비전, 인터페이스 기술들을 적용하여 구현되고 있다. 본 논문에서는 타원체 형태의 신체 모델과 깊이값 정보를 갖는 3차원 점들과의 매칭을 통해 실시간으로 적용 가능한 움직임 추적 기술을 소개한다. 움직임 추적을 위한 기반 모델은 사람의 모습과 유사한 형태의 타원체 조합의 18개의 관절을 갖는 형태로 구성되어 지며, 영상으로부터 들어온 사람의 모습을 분석하여 일련의 신체 부위를 나누고, 그 정보를 바탕으로 역기구학 기반의 초기 자세를 추출한다. 초기 자세는 3차원 점 매칭 기법을 활용하여 보다 정확한 자세로 수정된다.

Human Motion Tracking based on 3D Depth Point Matching with Superellipsoid Body Model

Nam-Gyu Kim*

Abstract

Human motion tracking algorithm is receiving attention from many research areas, such as human computer interaction, video conference, surveillance analysis, and game or entertainment applications. Over the last decade, various tracking technologies for each application have been demonstrated and refined among them such of real time computer vision and image processing, advanced man-machine interface, and so on. In this paper, we introduce cost-effective and real-time human motion tracking algorithms based on depth image 3D point matching with a given superellipsoid body representation. The body representative model is made by using parametric volume modeling method based on superellipsoid and consists of 18 articulated joints. For more accurate estimation, we exploit initial inverse kinematic solution with classified body parts' information, and then, the initial pose is modified to more accurate pose by using 3D point matching algorithm.

Keywords : Pose Estimation, Point Matching, Body Representation, Superellipsoid, Human Tracking

1. 서 론

사람 움직임 추적 기술은 실시간 영상 처리, 컴퓨터 비전 및 인간과 컴퓨터 상호작용 등의 다양한 기반 기술들을 활용하여 구현되고 있으며, 적용되는 응용 분야에 따라 사용자 움직임을 제한적으로 수행할 것인지, 자유로운 형태로 전신의 움직임을 모두 추적할 것인지를 결정해야 한다. 또한, 움직임 추적 수행이 실시간에 가능한 것인지, 추가 처리 시간을 확보할 수 있는 오프라인 형태 인지에 따라 추적 알고리즘의 형태는 다양하게 존재한다. 요즈음 각광 받고 있으며, 멀티미디어 콘텐츠와의 상호작용이 중시되는 인간과 컴퓨터 상호작용 및 엔터테인먼트 분야

※ 제일저자(First Author) : 김남규
접수일:2012년 05월 24일, 수정일:2012년 06월 25일
완료일:2012년 06월 27일
* 동의대학교 게임공학과,
ngkim@deu.ac.kr
▣ 본 연구는 2010의 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음 (2010AA203)

에 적용되는 사람 움직임 추적 기술은 자유로운 움직임을 추적할 수 있어야 하며, 실시간성이 확보되어야 한다.

본 논문에서는 카메라로부터 들어오는 컬러 영상 및 깊이 정보 값을 활용하여 실시간 수행이 가능한 움직임 추적 알고리즘을 제안한다. 본 움직임 추적 알고리즘은 기본적으로 단일 색상 또는 움직임이 존재하지 않는 배경 환경을 갖는 가상 스튜디오와 같은 정적 배경 환경을 가정한다. 정적인 배경 환경일 경우, 입력 영상으로부터 움직이는 사람의 모습을 완벽히 추출해 낼 수 있다는 장점을 갖고 있다. 이와 같은 장점은 움직임 추적에 있어 알고리즘의 정확도를 더욱 높인다. 또한, 본 알고리즘의 적용 대상 응용 분야가 가상 스튜디오 공간으로 정적 배경 환경에 대한 장점을 충분히 활용할 수 있다.

2장에서는 움직임 추적 및 사람에 대한 신체 표현 방법들에 대한 기존의 연구들을 간단히 살펴본다. 3장에서 제안하는 추적 알고리즘의 전반적인 흐름을 살펴보고, 단계별 세부 알고리즘을 각 장을 통해 서술한다. 4장은 움직임 추적의 기초가 되는 타원체 기반의 신체 모델 표현 방법을 설명하고, 5장은 추출된 사람 영상에서 신체 부위를 나누는 처리 절차를 설명한다. 6장에서는 나뉜 신체 부위 픽셀 정보를 활용하여 역기구학 기반의 초기 자세 추적 알고리즘과 깊이값을 활용하여 보다 정확한 자세를 보정하는 과정을 서술하고 활용 예를 살펴본다. 마지막으로 7장에서 앞으로의 고찰 및 향후 연구 방향을 언급한다.

2. 관련 연구

일반적으로 사람 움직임 추적 기술은 신체 모델 초기화(initialization), 실시간 영상 간의 관계 분석을 통한 추적(tracking), 신체 모델과의 정합을 통한 자세 평가(pose estimation)의 단계가 반복적으로 수행된다[9, 10]. 이때, 자세 평가 단계 있어서는 신체 모델의 표현 방법에 따라 추적 대상을 뼈에 해당하는 골격(skeleton) 인지, 또는 피부 모습을 표현하는 다각형(polygon) 형태인지를 가정하게 된다. 따라서 기준 신체 모델 형태의 가정이 중요시 된다.

움직임 추적 알고리즘은 사람의 신체를 표현하고 어떤 형태로 추적 결과를 얻어내는 지에 따라 다음의 4가지로 구분될 수 있다.

첫째로는 일련의 점(point)들의 집합으로 표현하는 형태로, 적외선 마커 기반, 즉 광학 기반의 움직임 추적 시스템에서 활용되고 있다. 둘째는 상자(box) 형태이다. 영상으로부터 신체 부위를 분할하고, 분할된 신체 부위를 경계(bounding) 상자 형태로 추적하게 된다. 셋째는 사람 모습을 외곽선(silhouette) 형태로 추적하는 방법이다. 영상으로부터 사람의 외곽선을 추출하고, 추출된 외곽선 정보에 가장 적합한 사람의 자세를 역으로 계산하는 방법이다. 마지막으로는 블랍(blob) 형태로의 추적 방법이다. 상자 형태 활용 방법과 유사하지만, 분할된 신체 부위를 실제 사람 모습과 가장 유사한 블랍 형태로 근사하는 방법이다.

Gavrila는 가상현실 시스템에서 사용자의 상호작용을 위한 블랍 형태의 실시간 움직임 추적 시스템을 구현하였고[1], Cheung 그룹은 Gavrila와 유사한 추적 알고리즘을 활용하여 스마트 감시 시스템을 완성하였다[2]. Wren 그룹은 인공생명 상호작용 비디오 환경 시스템인 Alive를 소개하면서 사람 분할 및 추적 알고리즘을 개발하여[3], 가상공간에서 아바타를 사용자의 움직임을 기반으로 조정하고, 사용자의 의도를 부여하는 엔터테인먼트 시스템을 개발하였다.

Urtasun과 Fua는 영상 공간이 아닌 시간을 기준으로 하는 움직임 모델을 설계하고, 걷기와 뛰기를 구분할 수 있는 비전 기반의 추적 알고리즘을 소개하였으며, 변형 가능한 신체 모델과 부합한 알고리즘을 구현하였다[4]. 일반적으로 실시간 영상으로부터 사람의 움직임 추적하는 기술은 현재까지도 다양한 분야에서 해결해야 할 문제들을 정의하고 있다. 움직임 추적 알고리즘 완성을 위한 문제 정의 및 해결하는 방안들을 구체적으로 분석 정리하고 있다[5, 6, 7].

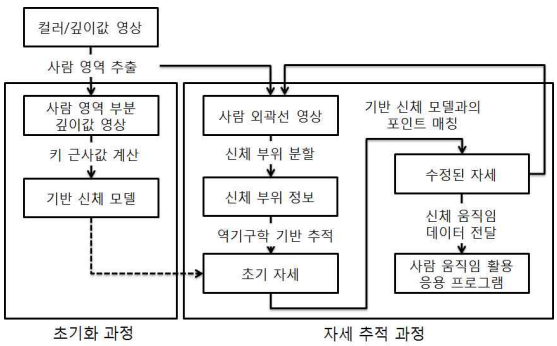
움직임 추적에 있어 영상간의 관계 분석을 위한 추적 단계는 신체 모델의 운동학적 제약 조건(kinematic constraint)을 고려하고 최소한의 오류를 갖도록 알고리즘을 설계하는데 초점이 맞추어 있다. 현재까지 빠르고 효과적인 해결 방안으로는 기계공학에서 정립된 역기구학(IK: inverse kinematics)이 대안으로 알려져 있다.

본 논문에서도 역기구학을 활용하고 있으며, 구현 측면에 있어서는 빠르고 효과적인 CCD

(cyclic coordinate descent) 알고리즘[8, 9]를 채용하였다. 역기구학을 통해 얻은 초기 자세 모델을 산출하고, 픽셀들의 깊이 정보 값을 활용하여 보다 정확한 자세를 추적하도록 점 매칭 기법을 구현하였다. 점 매칭 알고리즘은 ICP(iterative closest point) 매칭으로 다양한 영상 기법에서 활용되고 있으며, 주어진 점들의 두 집합에 대해 근사한 변환 값을 찾아 낼 수 있다 [10].

3. 제안 알고리즘의 수행 흐름

제안 알고리즘이 수행되는 시스템의 입력 영상은 컬러 영상과 3차원 깊이값을 갖는 회색 레벨 영상으로 구성된다. 이 두 영상은 보정 절차가 구현되어 있고, 3개의 렌즈로 구성된 상용 카메라를 활용하여 실시간으로 취득한다 [11].

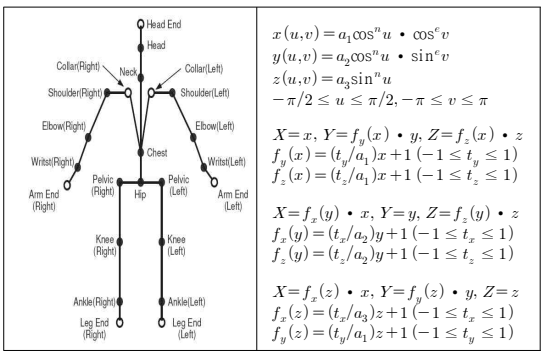


(그림 1) 제안 알고리즘의 흐름도

(그림 1)은 제안 알고리즘의 전체적 흐름을 나타낸다. 입력된 컬러 영상으로 부터 색상을 기반으로 사람의 영역을 추출한다. 사람 영역에만 해당하는 깊이값 영상을 통해 추적 대상 객체의 높이(키) 근사값을 추출하여, 타원체 기반의 신체 모델을 생성한다. 기반 신체 모델 생성 초기화 후에, 실시간으로 들어오는 깊이값 영상을 활용하여 추적 단계를 수행한다. 추적의 첫 단계로 사람 영역의 경계 외곽선 정보를 이용하여 신체 부위를 구분하고, 각 영역의 말단(예, 손끝, 발끝, 머리 등) 정보와 역기구학 알고리즘을 이용해 초기 자세를 만든다. 초기 자세로부터, 신체 모델의 타원체 정보와 깊이값 정보의 포인트 매칭을 통해 보다 정확한 자세를 보정하여, 최종적으로 응용 프로그램에 전달되어 진다.

4. 신체 모델 표현

움직임 추적 알고리즘의 초기화 과정은 추적 대상 객체(사람)가 감지되었을 때, 기본으로 갖고 있는 기반 모델을 대응시키는 절차로써, 초기화 과정이 잘 될수록 뒤따르는 절차에 있어 추적 에러를 줄일 수 있다. 일반적으로 움직임 추적 알고리즘이 수행되는 환경은 주어진 초기화 값이 아닌 시간이 흐름에 따라 다양한 객체들이 들어오게 되며, 이를 위해 추적 시스템에서는 추적 대상이 바뀔 때 마다 기반 모델을 바꾸어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 추적 객체 대상이 처음으로 인지 될 때 마다 추적 대상의 키를 유추하고, 이를 기반으로 새로운 신체 모델을 쉽게 생성할 수 있도록 한다.



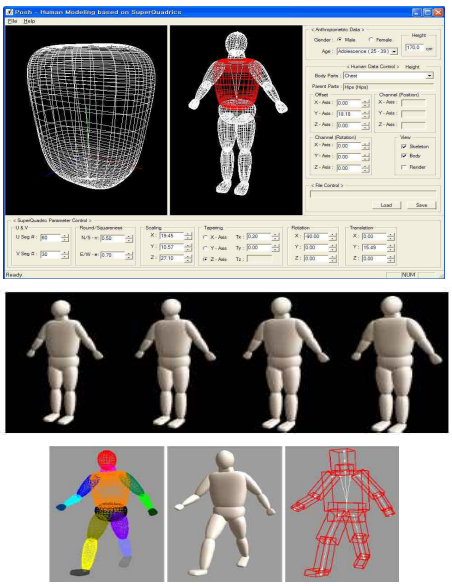
(그림 2) 신체 표현 관절 구조와 모델링을 위한 3차원 타원체 생성 수식

이를 위해 한국인의 표준 신체 지수[12]를 구조화 하여 데이터베이스화 하고, 키와 연령에 따라 자동으로 인간의 모습을 형상화 한다. 형상화 모델은 (그림 2)의 왼쪽과 같이 18개의 관절로 구성되어 있으며, 각 관절은 머리를 기준으로 상대적 위치 좌표로 정의된다. 이와 더불어, 관절과 관절사이의 볼륨이 있는 피부 모습을 정의하기 위해, 근육이나 곡면이 있는 신체구조를 모델링 할 때 사용되는 타원체(Superellipsoid) 수식을 사용하여 정의한다. 이 타원체를 사람 외형과 유사하게 표현하기 위해, 양 끝의 변형을 위한 테이퍼링(Tapering) 기법을 활용하였다 [13].

관절 구조와 타원체 정의를 바탕으로, 한국 신체 지수 데이터베이스를 활용한 기반 모델 저작 도구를 구현하였다. 저작 도구는 필요한 기반 모

델의 키와 연령대를 입력하게 되면, 표준 신체 지수 데이터 검색을 통해, 각 관절 구조의 길이를 산출하고, 표준에 해당하는 외형 부피들을 산출하여 기반 모델을 만들어 준다.

(그림 3)은 저작 도구 및 저작도구를 이용해 만든 기반 신체 모델을 보여 주고 있다. 추적 알고리즘 수행에서 있어 대상 객체의 키를 근사하여 저작 도구에 알려 주면 저작 도구는 기본 신체 모델을 반환하여 추적 수행에 활용하게 된다.

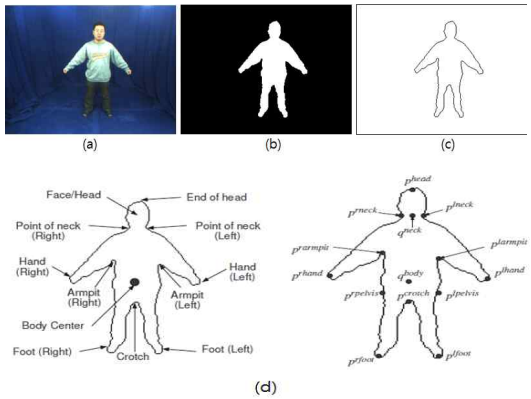


(그림 3) 신체 모델 저작 도구 및 생성된 신체 모델

5. 신체 부위 분할

신체 모델 생성 초기화 과정 이후, 입력 영상으로부터 사람 영역을 추출하는 과정을 수행한다. 사람 영역을 추출하는 것은 추적 대상 외의 배경 정보를 제거하는 것으로 크로마킹 기법과 동일한 단일 색상 또는 움직임이 없는 배경 정보를 이용하여 기준 마스크 영상을 만들고 그를 통해 사람에 대한 외곽선(contour) 정보를 추출한다. 외곽선 정보에는 신체 부위를 분할 할 수 있는 다양한 정보들을 포함하고 있다.

(그림 4)는 컬러 영상으로부터 외곽선 영상을 추출하고, 외곽선 영상으로부터 신체 부위 분할을 위한 유용한 특징 점을 표기 하고 있다.



(그림 4) 외곽선 추출 및 외곽선 상의 특징점
((a) 입력 영상, (b) 마스크 영상, (c) 외곽선 영상
(d) 외곽선 상의 특징 점들과 표기)

각 특징 점들은 <표 1>의 과정들을 통해 순차적으로 추출한다. 외곽선 상의 임의의 픽셀을 $p=(p_x,p_y)$, 외곽선 상의 픽셀을 제외한 마스크 이미지 상의 픽셀을 $q=(q_x,q_y)$, P, Q는 각각 p와 q의 픽셀 집합을 의미한다.

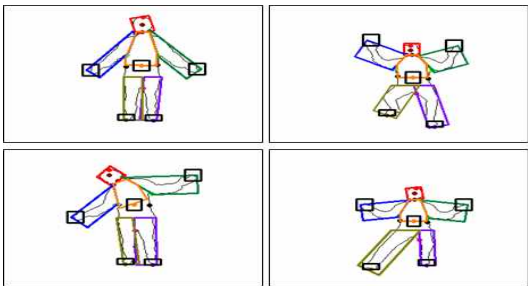
<표 1> 특징점 추출 알고리즘

단계	추출 알고리즘
1	외곽선 중심을 q^{mass}로 가정, 다음의 조건을 만족하는 p^1과 p^2를 찾아 그 중심점을 q^{body}로 추출 $p_x^1 < q_x^{mass}$ & $p_x^2 > q_x^{mass}$ & $p_y^1 = p_y^2 = q_y^{mass}$
2	P에 포함된 점들을, q^{body}를 중심으로 상하 집합으로 구분 $p_y < q_y^{body}$ 의 경우, p는 $P^{upextrm}$, 그외는 $P^{lowextrm}$에 포함
3	$P^{upextrm}$의 점 중, q^{body}로 부터 가장 멀리 있는 점 p^{head} 추출
4	$P^{lowextrm}$의 점 중, q^{body}로 부터 가장 가까운 점 p^{crotch} 추출, p^{head}와 p^{crotch}를 잇는 선을 중심으로 P^{left}와 P^{right}로 구분 P^{left}의 점 중에, 다음의 조건을 만족하는 p^{lpevis} 추출 $p_y^{lpelvis} = (p_y^{crotch} + q_y^{body})/2$ P^{right}의 점 중에, 위 조건과 동일한 $p^{rpelvis}$ 추출
5	P^{left}와 $P^{upextrm}$에 모두 포함되어 있으면서, p^{crotch}와 p^{head}의 연결 직선에 가장 가까운 점, p^{lneck}추출 같은 방법으로 P^{right}에 적용하여, p^{rneck} 추출 p^{lneck}과 p^{rneck}의 중심점을 계산하여 p^{neck}추출
6	P^{left}와 $P^{upextrm}$에 모두 포함되어 있으면서, q^{neck} 과 q^{body}의 연결 직선에 가장 가까운 점 $p^{larmpit}$추출 같은 방법으로 P^{right}에 적용하여, $p^{rarmpit}$ 추출
7	P^{left}와 $P^{lowextrm}$에 포함된 점들 중, 가장 큰 y 값을 갖는 p^{lfoot} 추출, P^{right}로 p^{rfoot} 추출
8	P^{left}와 $P^{upextrm}$에 포함된 점들 중, $p^{larmpit}$과 p^{lneck}의 연결 직선에 가장 먼 점, p^{lhand} 추출 같은 방법으로, P^{right}에 적용하여, p^{rhand} 추출

추출된 특징 점들을 기준으로 신체 부위를 분할 할 수 있다. 왼쪽과 오른쪽 팔 부분은 각각의 겨드랑이(armpit), 목(neck), 손끝(hand)을 이은

영역이 되며, 발은 가랑이(crotch), 발끝(foot), 골반(pelvis)을 이은 영역이 된다. 머리는 목점과 머리끝 점의 영역이며, 가슴은 겨드랑이와 목을 연결한 다각형 영역이 된다.

(그림 5)는 결과적으로 얻는 분할된 신체 부위 영역(머리, 왼쪽/오른쪽 팔, 손, 왼쪽/오른쪽 다리, 발끝, 몸 중심)을 보여준다.



(그림 5) 특징점 이용 신체 부위 분할 결과

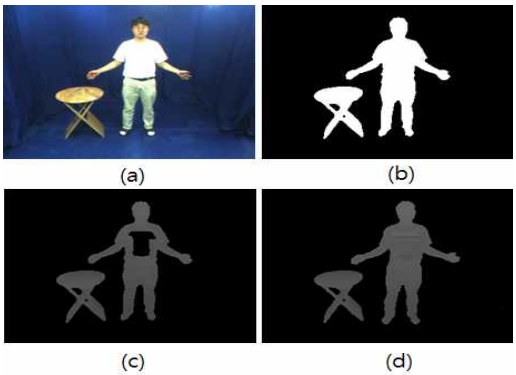
6. 자세 평가

5장의 분할 결과와 신체 모델을 이용하여 자세를 평가한다. 현재까지 많이 활용되고 있는 자세 평가(pose estimation) 알고리즘은 추출된 손, 발끝, 머리 위치 정보와 신체 모델의 연결 정보(chain)를 활용하여 역기구학 기반으로 자세를 추출한다. 이러한 역기구학을 이용한 결과는 반드시 유일(unique)하지 않다. 역기구학 결과의 유일하지 않음의 단점을 보완하기 위하여 미리 정의된 움직임 데이터나 신체의 제약 조건들을 활용하여 주어진 상황에서 최적의 자세를 선택하는 형태로 구현되어 왔다.

본 논문에서는 역기구학 결과의 유일하지 않음을 해결하기 위하여 신체 모델 타원체 정보와 깊이값 정보를 매칭 함으로써 정확한 자세를 보정한다. 일반적으로 3차원 정보간의 매칭은 많은 시간이 소요된다. 따라서 본 논문의 접근 방법은 외곽선으로부터 얻은 유용한 특징점을 기반으로 역기구학을 이용한 초기 자세를 계산하고, 계산된 초기 자세로부터 신체 모델의 타원체 정보와 깊이값 정보와의 매칭을 점진적으로 반복함으로써 자세 추적을 완성한다.

일반적으로 깊이값 정보는 2개 이상의 카메라로부터 얻은 영상간의 대응점 차이(disparity)로 얻을 수 있으며, 카메라 보정을 거쳐 각 대응점의 물리적 3차원 위치를 계산 할 수 있다 [14].

하지만 영상 취득 시 다양한 노이즈로 인해 카메라 간의 정확한 대응 정보 및 3차원 값을 얻어 낼 수 없다. 이러한 경우, 마스크 정보를 활용하여 에러로 표현된 부분을 보간하여 활용한다. (그림 6)은 오류가 있는 깊이 값을 보간한 결과를 보여준다.



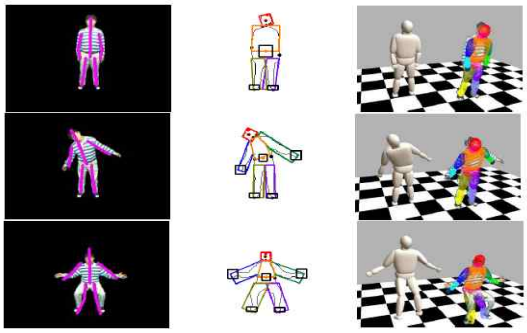
(그림 6) 깊이값 정보 보간 결과
((a) 입력 영상, (b) 마스크 영상,
(c) 깊이값 오류 영상, (d) 보간 후 영상)

6.1 역기구학 이용 초기 자세 추적

초기에는 신체 분할 결과와 역기구학을 활용하여 자세를 추적한다. 역기구학 알고리즘 적용을 위해서는 기본적으로 사람 영상으로부터 관심의 특징 점을 알고 있어야 한다. 5장의 내용과 기존의 연구[15] 결과로부터 특징 점 추출이 가능하였다. 보다 빠르고 효과적인 결과를 얻기 위해서, CCD(cyclic coordinate descent) 알고리즘으로 구현하였다. CCD 알고리즘은 2차원 상의 특징 점들로 이루어지는 자세 방향 벡터를 추출한다. 2차원의 CCD 알고리즘을 각 관절의 회전에 해당되는 3 자유도(DOF)를 갖는 형태로 확장하기 위하여, 회전에 대한 4원수(quaternion)로 표현하여 CCD 알고리즘을 적용하였다.

(그림 7)은 역기구학를 이용한 초기 자세 결과를 보여준다. 이때, CCD 알고리즘은 최종 발의 위치 일치도만을 평가하므로, 중간의 관절(예. 무릎)의 자세를 정확히 산출할 수 없다. 따라서 (그림 7)의 최하단의 결과와 같이 발의 자세가 자연스럽지 못한 결과를 얻어내므로 이를

극복하기 위하여 다음 절의 세부적인 점 매칭 방법으로 수정해 나간다.

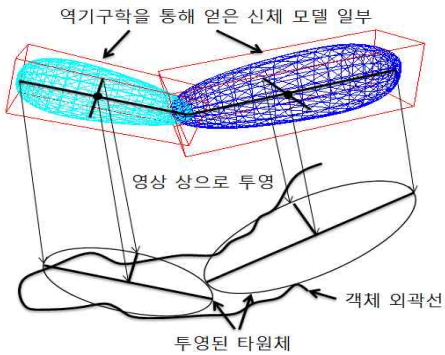


(그림 7) 역기구학을 이용한 초기 자세 결과

6.2 3차원 점 매칭을 통한 자세 개선

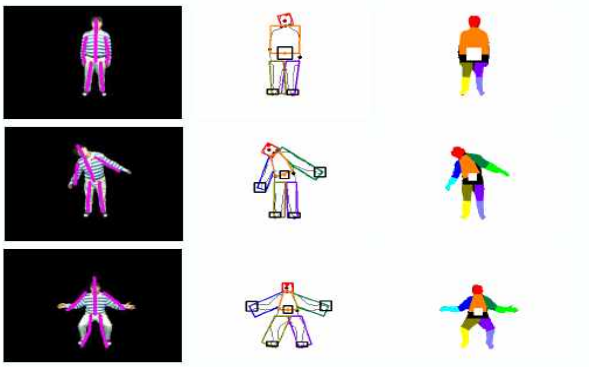
앞선 역기구학에 의한 단점 보완을 위하여 기준 신체 모델 타원체 정보와 카메라로부터 얻은 깊이 값에 해당하는 3차원 위치 정보의 정합을 통해 정확한 자세를 얻어낸다.

(그림 8)에 보는 바와 같이, 초기 역기구학 결과로부터 얻어진 자세를 기준으로 신체 모델의 타원체를 2차원 영상으로 투영하여, 대응 점 집합을 타원 영역으로 선택한다. 이때 타원의 중심점과 장단축의 값을 이용하여 매칭에 활용될 대상 깊이값 정보들을 k-means 알고리즘[18]으로 군집화 한다.



(그림 8) 신체 모델 타원체와
깊이 값 영상간의 정합 구조

(그림 9)는 군집 결과 과정을 보여준다. 왼쪽 열은 초기 역기구학으로부터 얻은 각 신체 부위 타원체의 중심축을 입력 영상에 투영하여 증강시킨 그림이며, 가운데 열은 특징 점으로부터 신체 부위 영역을 표시한 것이다. 오른쪽 열은 초기 역기구학으로부터 세부 신체 모델을 2차원으로 투영한 영역으로 k-means에 의한 세분화된 점들의 군집화 결과를 보여준다.



(그림 9) 타원체 투영을 통한 각 신체 부위 대상 픽셀 군집화

<표 2>는 (그림 9)의 오른쪽 열의 군집화 결과를 위한 알고리즘 절차를 나타낸다.

<표 2> 대응 픽셀 군집화 과정

단계	알고리즘 설명
1	초기 자세로부터 얻은 각 신체 부위의 타원체 중심점을 2차원으로 투영하여 점 군집을 위한 중심 위치로 활용
2	각 신체 부위를 이루는 타원체의 장단축에 해당하는 두 벡터를 활용하여 공분산 행렬을 계산. k-means 알고리즘을 통해 거리를 기준으로 영역에 포함되는 점들을 군집화
3	영역에 포함되는 점 집합이 점진적으로 커지도록 새로운 중심과 공분상 행렬을 수정
4	반복에 의해서 포함되는 점의 개수가 임계값보다 작을 경우, 군집화 과정 종료. 아닌 경우 2 단계로 반복.

군집된 영상의 픽셀들에 해당하는 3차원 위치 값과 대응되는 타원체 표면상의 3차원 위치 점의 비교를 통해 정확한 각 신체 부위의 자세를 추적한다. 이때, 두개의 3차원 위치 값의 매칭은 ICP(iterative closest point) 알고리즘을 활용한다. ICP 알고리즘은 3차원 상의 2개의 점 집합 간의 변환 행렬(transform matrix)을 구하기 위한 것으로 다음의 절차 <표 3>으로 구성된다.

<표 3> 타원체 정보와 깊이 값 대응 변환 연산

단계	알고리즘 설명
1	선택(selecting): 타원체 상의 표면에 해당하는 3차원 점을 샘플링하여 선택한다.
2	매칭(matching): 영상 상의 군집화된 점 집합과 샘플링된 타원체 간의 변환을 구한다.
3	가중(weighting): 대응간의 정확도를 거리값을 기준으로 평가한다
4	제외(rejecting): 정확도가 낮은 점들을 대응 집합에서 제외한다.
5	적용(assigning): 상호 대응 변환을 적용한다.
6	최적화(Minimizing): 변환된 행렬을 적용하여 선택으로 돌아가 높은 정확도가 확보될 수 있도록 과정을 반복 수행한다.

ICP 알고리즘의 최적 성능과 실시간성을 확보하기 위하여 구현 과정에 있어서 주어진 반복 회수와 정확도 임계값(threshold)을 미리 정의하여 주어진 시간 내에 해결 값을 찾도록 하였다.

(그림 10)은 알고리즘 수행 과정에 따른 추적 결과를 보여준다. (a)는 입력 영상으로부터 특징점과 신체 부위를 나눈 결과를 보여주며, (b)는 역기구학을 이용하여 얻은 추적 결과로 발의 자세에 있어 오류를 보여준다. (c)는 점 매칭을 통해 얻은 올바른 자세 추적 결과를 보여준다.

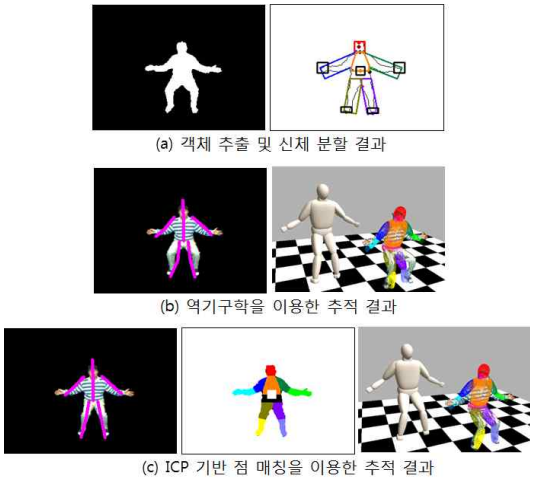
(그림 11)은 실시간으로 사람 움직임 추적이 가능한 프로그램의 실행 화면으로, 초당 약 16-20 프레임의 성능을 갖고 있다.

6.3 움직임 추적의 활용 예

구현된 움직임 추적 알고리즘을 활용하여 가상 스튜디오 상에서 진행자가 가상의 객체와 상호작용 하는 예를 (그림 12)에서 보여 주고 있다. (a, b, c)는 가상공간 안에 사람이 앞으로 나오는 가운데 상단의 공이 왼쪽으로부터 오른쪽으로 움직(a)이다가 사람의 머리와 충돌을 일으켜(b) 공의 방향이 바뀌는 화면(c)이며, (d, e, f)는 사람이 손을 뻗어 왼쪽으로부터 오른쪽으로 움직(d)이는 중앙의 공을 막아(e) 방향이 바뀌는 (f) 결과를 보여주고 있다.

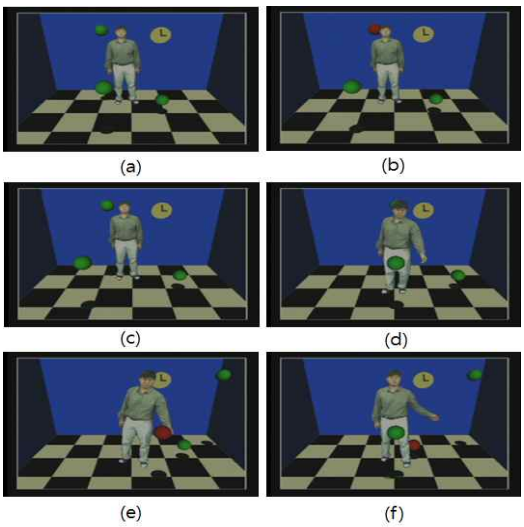
7. 고찰 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 사람 움직임 추적을 위해 기준이 되는 신체 모델로 타원체를 활용하여 사람의 모습에 가깝도록 디자인하고, 신체 부위 분할과



(그림 10) 자세 추적 결과

(그림 11) 사람 움직임 추적 프로그램화면 예



(그림 12) 가상 객체와의 상호작용 예

역기구학을 이용한 초기 자세 추적과 점 매칭 알고리즘을 통해 자세 추적 정확도를 향상 시켰다. 또한, 가상 스튜디오 상의 활용 예를 보여줌으로써 관련 상호작용 응용 분야에 충분이 적용 될 수 있음을 확인하였다.

현재 카메라로부터 깊이 값 정보를 추출할 수 있는 저가의 카메라(예, 마이크로소프트사 키넥트)가 보급되고 있고, 사람의 움직임에 대한 관절 추적 결과도 산출할 수 있다. 본 논문에서는 움직임 추적 시 관절에 대응되어 타원체의 정보를 이용하여 동시 추적함으로써, 부피가 있는 가상 객체 상호작용에 보다 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대하며, 향후, 기존의 움직임 추적 알고리즘과의 성능 분석이 필요할 것이다. 또한 신체 부위의 가려짐 현상에 대한 오류도 수정해 나 갈 것이다. 앞으로 본 알고리즘 적용을 통한 게임 및 엔터테인먼트 분야의 콘텐츠 제작을 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] D. M. Gavrila, “The visual analysis of human movement: A survey,” Computer Vision and Image Understanding, Vol. 73, No. 1, pp. 82-98, 1999.

[2] K. M. Cheung, “Visual hull construction, alignment and refinement for human kinematic modeling, motion tracking and rendering,” Ph.D. dissertation, Carnegie Mellon University, Tech. Report, CMU-RI-TR-03-44, Oct. 2003.

[3] P. Maes, T. Darrell, B. Blumberg and A. Pentland, “The ALIVE system: Wireless, full-body interaction with autonomous agents,” Multimedia System, Vol. 5, No. 2, pp. 105-112, 1997.

[4] R. Plaenkers and P. Fua, “Articulated soft objects for multiview shape and motion capture,” IEEE Transition on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 25, No. 9, pp. 1182-1187, 2003.

[5] T. B. Moeslund, A.Hilton and V. Kruger, “A survey of advances in vision-based human motion capture and analysis,” Computer Vision and Image Understanding, Vol. 104, pp. 90-125, 2006.

[6] R. Poppe, “Vision-based human motion analysis: An overview,” Computer Vision and Image Understanding, Vol. 108, pp. 4-18, 2007.

[7] R. Horaud, “Human motion tracking by registering an articulated surface to 3D points and normals,” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 31, pp. 158-163, 2009.

[8] S. B. Niku, “Introduction to robotics: Analysis, systems, applications,” Prentice hall, 2001.

[9] L. T. Wang and C. C Chen, “A combined optimization method for solving the inverse kinematics problem of mechanical manipulators,” IEEE Transactions on Robotics and Automation, Vol. 7, No. 4, pp. 489-499, 1991.

[10] S. Rusinkiewicz and M. Levoy, “Efficient Variants of the ICP Algorithm,” 3rd International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling(3DIM), 2001.

[11] Point Grey Research Inc. “Digiclops and Triclops: stereo vision SDK,” http://www.ptgrey.com

[12] Korea standard body size index, http://sizekorea.kats.go.kr

[13] A. Barr, “Global and local deformations of solid primitives,” Computer Graphics, Vol. 18, No. 3, pp. 21-30, 1984.

[14] A. K. Jain, M. N. Murty, and P. J. Flynn, “Data Clustering: A Review,” ACM Computing Surveys, Vol. 31, No. 3, pp. 264-323, 1999.

[15] N. Kim and J. Park, “Human motion tracking based on body parts classification of silhouette images,” 2nd International Conference on Information and Multimedia Technology (ICIMT2010), Vol. 3, pp. 346-349, 2010

김 남 규

1995년 : 한국과학기술원 전산학과 (공학사)

1998년 : 포항공과대학교 전자계산학과(공학석사)

2005년 : 포항공과대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

2006년~2009년: KT 중앙연구소 선임연구원

2009년~현재: 동의대학교 게임공학과 조교수

관심분야 : 가상현실(Virtual Reality), 증강현실(Augmented Reality), 인간과 컴퓨터 상호작용(Human Computer Interaction), 컴퓨터 게임(Computer Game)