

화소 및 이동 정보를 이용한 골프 스윙 궤도 추적 알고리즘

이 흥 로[†] · 황 치 정^{**}

요 약

본 논문에서는 기존의 모델 기반 추적 기법에서의 중심점 고정 문제를 해결하기 위한 비디오 프레임의 화소 정보와 골프채의 이동정보를 이용한 추적 알고리즘을 제안한다. 모델기반의 추적 기법은 골프채의 위치와 스윙 속도에 대한 정보를 4차, 6차 다항식 함수로 모델링하여 고정된 축을 중심으로 궤도를 계산해낸다. 실제 자세 교정이 필요한 골프 초심자의 경우 중심이 많이 움직이는 경우가 많으므로 중심점을 고정하여 스윙 궤도를 모델링하는 모델 기반의 추적 기법을 직접 적용하기에는 어려운 문제점이 따른다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 프레임 간의 화소 정보를 이용하여 모션을 검출한 후, 검출된 모션으로부터 골프채가 평행인 두개의 직선으로 이루어져있다는 특성과 업스윙과 다운스윙 시 이동하는 골프채의 위치를 분석하여 클럽 헤드와 손의 위치를 추출해 낸다. 또한 얼굴의 중심점과 양 발을 잇는 직선의 중심을 추적함으로써 사용자의 중심점을 추적해낼 수 있다. 중심점의 이동정보에 종속되지 않는 강인함을 증명하기 위해 중심점의 이동이 큰 초심자의 데이터를 가지고 실험을 하였으며, 그 결과 실제 클럽 헤드와 손, 그리고 중심점의 궤도를 정확히 추적해 낼 수 있었다.

키워드 : 컴퓨터 비전, 추적, 스포츠, 골프

Tracking Algorithm For Golf Swing Using the Information of Pixels and Movements

Hong Ro Lee[†] · Chi Jung Hwang^{**}

ABSTRACT

This paper presents a visual tracking algorithm for the golf swing motion analysis by using the information of the pixels of video frames and movement of the golf club to solve the problem fixed center point in model based tracking method. The model based tracking method use the polynomial function for trajectory displaying of upswing and downswing. Therefore it is under the hypothesis of the no movement of the center of gravity so this method is not for the amateurs. we proposed method using the information of pixel and movement, we first detected the motion by using the information of pixel in the frames in golf swing motion. Then we extracted the club head and hand by a properties of club shaft that consist of the parallel line and the moved location of club in up-swing and down-swing. In addition, we can extract the center point of user by tracking center point of the line between center of head and both feet. And we made an experiment with data that movement of center point is big. Finally, we can track the real trajectory of club head, hand and center point by using proposed tracking algorithm.

Key Words : Computer vision, Tracking, Sports, Golf

1. 서 론

최근 스포츠 분야에서 경기력 향상을 위해 컴퓨터 비전(Computer vision) 기술을 이용하는 사례가 늘고 있다. 컴퓨터 비전의 물체 추적 기술은 경기의 내용을 자동으로 분석, 처리하는데 활용된다. 스포츠 분야 중 골프가 대중화됨에 따라 사용자의 자세 교정을 위해 컴퓨터 비전을 적용하려는 연구가 시도되었으나 대부분 비디오 영상을 느린 화면으로 재생하거나 여러 영상을 중첩시키는 수준에 머물고 있다.

컴퓨터 비전에 바탕을 둔 전형적인 영상 추적 기법을 골프 스윙 모션 추적에 직접 적용하기에는 많은 어려운 문제가 따른다. 기존의 물체 추적 알고리즘은 크게 무게 중심법, 모델 기반 방법, 시공간 경사법, 영역기반 방법, 대조법, 윤곽선 기반 추적 방법들로 분류할 수 있다[1-6]. 무게 중심법을 이용한 추적은 비교적 계산이 간단하여 계산량 감소를 위해서 물체의 최대 이동 추정 변위에 제한을 둘 필요는 없다는 장점이 있다. 그러나 영상을 표적과 배경으로 분리하는데 어려움이 있어 골프채와 같은 빠른 물체를 추적하기에는 부적합하다[1]. 모델 기반의 추적은 정확성이 높은 모델과 궤적을 복원하는 것으로 상세한 기하학적 물체의 모델이 주어져야 한다는 문제점을 가지고 있다. 이는 골프 사용자의 초심자에

[†] 준 회원: 충남대학교 컴퓨터공학과 박사과정

^{**} 종신회원: 충남대학교 전기정보통신공학부 교수

논문접수: 2005년 2월 7일, 심사완료: 2005년 9월 30일

서부터 숙련자에 이르는 다양한 골프 사용 계층에 모두 적용하기 위해서는 각 층에 맞는 모델을 개발해야하기 때문에 많은 비용이 들게 된다[2]. 시공간 경사법은 추적 물체가 회전 운동을 하거나 물체의 움직임이 클 경우 추적의 어려움이 있다[3]. 또한 영역기반의 방법은 차영상에 임계값 이상의 화소를 연결한 영역은 찾을 수 있으나 혼잡한 물체의 상태에서 각각의 물체를 분할해야 하는 단점이 있다[4]. 대조법은 물체의 밝기 변화, 물체의 확장 및 축소, 그리고 물체의 회전에 적절히 대응치 못하기 때문에 다양한 환경에서 사용하기에는 부적절하다는 문제점이 있다[5].

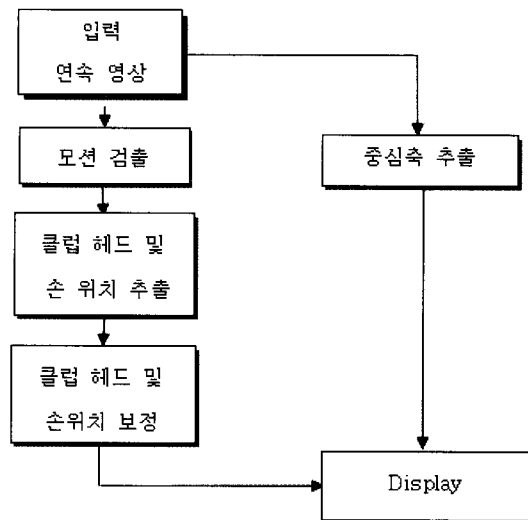
Gehrig[7]은 골프 스윙 궤도 추적에 대해 업 스윙과 다운 스윙의 궤도를 다항식 함수 형태로 모델링하여 출력하는 모델베이스 방법을 적용하였다. 이 방법은 골프 스윙 모션의 중심점을 고정 한 후, 전체 프레임으로부터 검출된 골프채의 위치와 스윙 속도에 대한 정보를 4차, 6차 다항식 함수로 모델링하여 고정된 중심점을 축으로 계산된 궤도를 영상에 중첩시켰다. 이 궤도는 영상으로부터 추출된 골프 헤드의 실제 궤도가 아니며, 만일 사용자의 중심점의 이동이 클 경우 심한 오차를 가져오게 된다. 골프 전문가의 경우, 중심점의 이동이 거의 없기 때문에 모델베이스 방법이 적용 가능하지만, 초심자의 경우 중심축의 이동이 크므로 스윙 모션을 보정하는데 사용하기에는 부적합하다. 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 모델베이스 방법 대신 화소 정보로부터 실제 스윙 궤도를 찾아낼 수 있는 방법을 제안한다. 이 방법은 모델베이스 방법과는 달리 중심축의 이동이 큰 스윙에서도 실제 궤도와 근접한 스윙 궤도를 얻어낼 수가 있다.

제안 알고리즘은 연속된 영상으로부터 모션을 검출한 후, 골프채는 일정한 간격을 유지하는 두 개의 평행한 직선으로 구성되어 있다는 특징과 현재 프레임에서의 골프채 위치는 이전 프레임의 골프채 위치와 비교 시 일정 범위 안에 있다는 성질을 이용하여 클럽 헤드와 손의 위치를 추출하고, 화소의 양자화에 의한 오차를 보완하는 보정 과정을 거쳐 클럽 헤드와 손의 위치를 추출함으로써 실제 스윙 시 위치와의 오차를 크게 줄일 수 있다는 장점이 있다. 다음 장에서는 제안한 추적 알고리즘에 대해서 세부적으로 기술하였다.

본 논문의 구성은 2장에서는 추적 알고리즘의 설계에 대하여, 그리고 3장에서는 실험 결과를, 4장에서는 결론 및 향후 연구방향에 대하여 기술하였다.

2. 추적 알고리즘 설계

본 장에서는 골프 스윙 모션 분석에 필요한 클럽 헤드와 손, 그리고, 사용자의 중심축의 위치를 추적하는 알고리즘을 제안한다. 제안 알고리즘은 연속된 영상에서 모션을 검출한 후, 클럽 헤드와 손의 위치를 추출해 내며 사용자의 중심축은 얼굴 추출 알고리즘[8]을 이용하여 연속된 영상으로부터 직접 추출해 낸다. 제안한 골프 스윙 모션 분석을 위한 추적 알고리즘의 전체적인 구성은 (그림 1)과 같다.



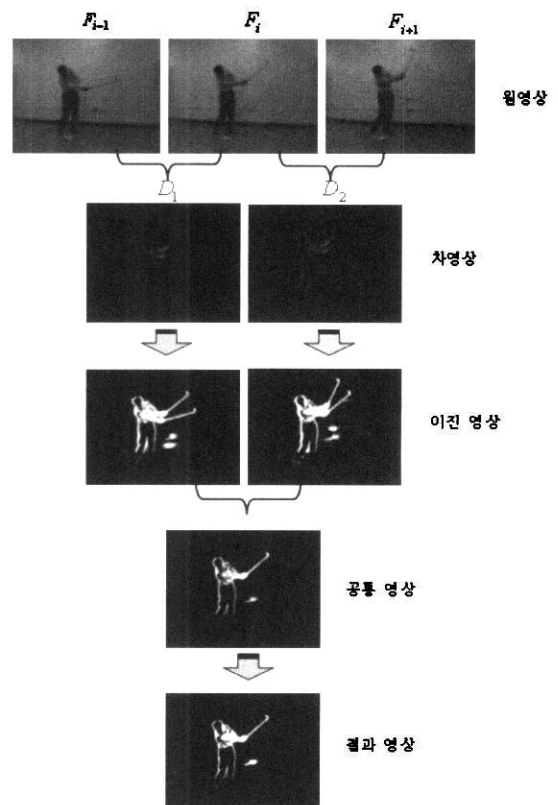
(그림 1) 제안 추적 알고리즘 구성도

2.1 모션 검출

모션 검출은 연속된 영상으로부터 배경을 제거하고 움직임이 있는 부분만을 추출하는 것으로 다음의 과정을 통해 추출해낼 수 있다.

Step 1: 현재 프레임(F_i)과 전, 후 프레임(F_{i-1} , F_{i+1})의 차영상 D_1 , D_2 를 구한다.

Step 2: 각각의 차영상(D_1 , D_2)에 대해 문턱값을 적용하여 이진 영상을 구한다.



(그림 2) 모션 검출

Step 3: 이진 영상에 대해 공통된 부분을 추출한다.
 Step 4: Step 3에 의해 얻어진 영상에 물체의 경계를 부드럽게 하고, 작은 끊김이나 걸프 및 홀을 제거하는 클로징 오퍼레이터를 적용한다.

위 과정은 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$D_i = F_i - F_{i-1}$$

$$D_{i+1} = F_{i+1} - F_i$$

$$M_i = C(H(D_i) \wedge H(D_{i+1})) \quad (1)$$

여기에서 H 는 문턱값을 적용시켜 이진 영상을 구하는 오퍼레이터, C 는 클로징 오퍼레이터, 이진 영상 M_i 는 F_i 에서 움직임이 있는 부분만을 추출한 결과 영상이다(그림 2 참조).

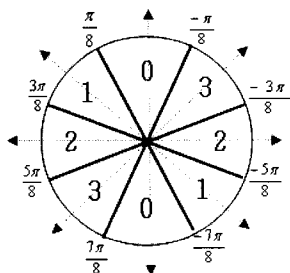
2.2 클럽 헤드 및 손 위치 추출

클럽 헤드와 손은 골프채의 양 끝점에 위치한다는 특성이 있다. 따라서 매 프레임에서의 골프채 위치를 찾아냄으로써 클럽헤드와 손의 위치를 추출해낼 수 있다. 스윙 궤도의 특성 상 스윙 중심에 가까운 쪽을 손, 바깥쪽을 클럽헤드라 가정한다.

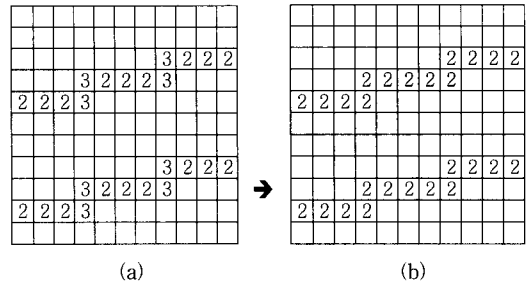
골프채는 일정한 간격을 가진 두 개의 평행된 직선으로 구성되어 있으므로 골프채를 추출하기 위해서는 직선 성분과 함께 직선 방향이 평행한 직선 쌍을 추출하여야 한다. 이를 위해 케니 에지 검출기[9]를 적용시켜 에지의 기울기 정보를 얻어내며, 이를 4개의 섹터 방향으로 분류한다(그림 3) 참조). (그림 4) (a)는 케니 에지 검출기에 의해 검출된 직선의 방향을 나타내고 있다.

직선의 방향이 수직, 수평을 이루는 직선의 경우 직선을 이루는 에지점들은 동일 섹터값으로 구성되어 있지만 대부분의 직선은 그리드 형태의 양자화 결과로 인해 계단형의 선분으로 구성되어진다. 그러므로 동일 직선을 이루는 에지점들의 방향 섹터값들이 일정하지 않게 된다(그림 4) (b) 참조). 따라서 직선의 양 끝점 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ 을 이용하여 직선의 기울기를 보정한다(식 (2) 참조).

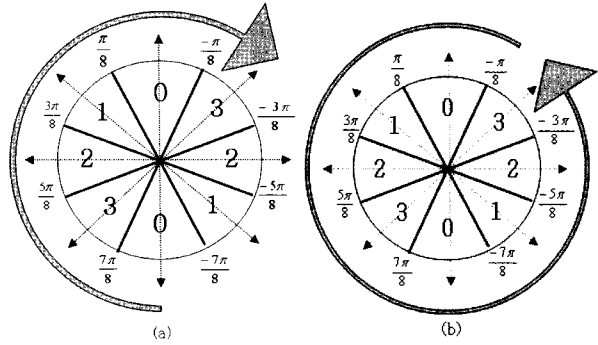
$$\theta(i, j) = \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \quad (2)$$



(그림 3) 검출된 직선의 방향



(그림 4) 직선 검출



(그림 5) 골프채의 이동 방향 (a) 업스윙 (b) 다운 스윙

보정된 결과로부터 골프채는 일정한 간격을 가진 평행된 직선 쌍이라는 특징을 이용하여 같은 방향 섹터들을 가진 직선 중 일정 간격을 유지하고 있는 직선 쌍들을 구함으로써 골프채가 될 수 있는 후보들을 얻을 수 있다.

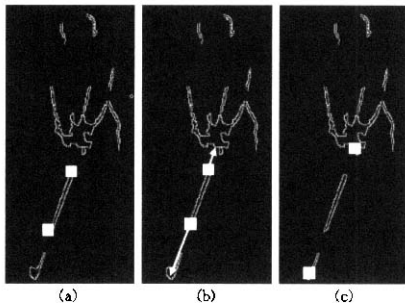
골프채가 될 수 있는 후보들 중에서 실제 골프채를 선택하기 위해서는 전 프레임에서 추출한 골프채의 위치를 이용한다. 즉, 현재 프레임의 위치를 전 프레임에서의 위치와 비교하면 급격하게 변하지 않기 때문에 다음 프레임에서 골프채가 위치할 범위가 예측 가능하다. 손의 위치는 클럽 헤드의 위치에 비해 움직이는 영역이 상대적으로 적으므로 이전 프레임의 손의 위치에서 일정 범위 내에 존재하는 후보 직선 쌍에 대해 골프채 여부를 판별한다.

골프 스윙 모션을 업 스윙과 다운 스윙으로 나누면 업 스윙, 다운 스윙의 연속된 프레임들을 얻을 수 있으며, 각각의 경우 골프채의 방향은 일정한 규칙을 가진다. 즉 업 스윙의 경우에는 이전 프레임의 골프채의 방향을 현재 프레임과 비교하면 같은 방향이거나 섹터값이 1 감소한 방향이며, 다운 스윙의 경우에는 같은 방향이거나 섹터값이 1 증가한 방향이 된다(그림 5) 참조). 그러므로, 이전 프레임에서의 골프채의 위치와 방향 정보를 이용하여 현재 프레임에서의 골프채의 위치를 추출할 수 있다. 추출된 골프채의 스윙 중심에 가까운 쪽이 손의 위치가 되며, 바깥쪽이 클럽헤드의 위치가 된다.

2.3 클럽 헤드 및 손 위치 보정

차 영상을 획득하는 과정에서 끊김 현상으로 인해 검출된 골프채는 골프채 전체가 아닌 일부분이 검출되는 오류가 발생할 수 있다(그림 6) (a) 참조). 이런 문제점들을 보완하기

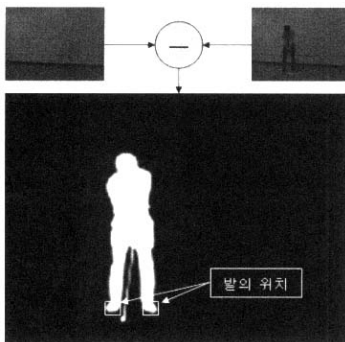
위해 검출된 손과 클럽 헤드의 위치들을 보정해 준다.
 (그림 6) (a)는 골프채가 중간에 끊어져 일부만 검출된 예이다. 이러한 현상이 발생하는 주요 원인들은 모션 검출 과정 중, 배경의 명암 값이 골프채의 명암값과 유사하여 차 영상을 획득하는 과정에서 움직임이 없는 화소로 인식하고, 직선 선분을 얻는 과정에서 문턱값 설정에 의한 오차에 의한 것이다. 골프채는 일정 간격을 유지하는 평행한 직선으로 구성되어 있으므로 (그림 6) (b)와 같이 추출한 직선의 쌍을 같은 방향으로 연장하면 손과 클럽 헤드는 연장된 직선상에 위치하게 된다. 따라서 연장된 직선상에 간격을 만족하는 세그먼트를 발견함으로써 부분적인 골프채로부터 근접한 골프채를 추출하여 보정한다. 클럽 헤드는 대부분 영상의 끝부분에 위치하므로 직선을 영상의 끝부분까지 연장 검사하지만, 손의 경우 다른 움직임이 검출된 부분들과 혼재되어 있으므로 골프채에 의해 생성되어진 세그먼트의 직선의 기울기를 이용한다. 손의 위치 보정 방법은 골프채 세그먼트로부터 얻어진 직선의 기울기를 이용하여 연장선 위에 있는 첫 번째 세그먼트를 추출한 후, 그 세그먼트로의 에지를 추적하면서 기울기를 측정한다. 특정 문턱치를 벗어나는 기울기가 발견될 때 그 곳을 손의 위치로 보정한다.



(그림 6) 클럽 헤드 및 손 위치 보정 (a) 보정 전 위치 (b) 연장선 상 검사 (c) 보정 후 위치

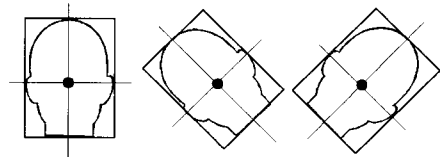
2.4 중심축 추출

중심축은 다리와 얼굴(머리) 부분을 잇는 축으로, 업 스윙 시에는 오른쪽 발과 머리를 잇는 직선이 되고, 다운 스윙 시에는 왼쪽 발과 머리의 연결선이 된다. 스윙 시에 양 발의 위



(그림 7) 발의 위치점 추출

치는 고정되어 있으므로 얼굴 부분을 검출함으로써 중심축을 구할 수가 있다. 차 영상은 움직임을 추출한 결과 영상이기 때문에 얼굴의 일부만 검출되며, 양 발의 경우에는 움직임이 없으므로 골퍼가 없는 배경 영상과 스윙의 첫 프레임을 이용하여 골퍼의 위치를 검출해 낸 후 골퍼의 발을 찾아낸다(그림 7) 참조). 중심축을 추출하기 위해서는 원 영상에 얼굴 추출 알고리즘[8]을 적용한다. 즉, 얼굴을 추출한 후, 추출된 얼굴부분을 포함하고 있는 최소 사각형(그림 8) 참조)의 중심점과 발을 연결하는 선을 중심축으로 사용한다.



(그림 8) 얼굴 중심점 추출 (a) 정자세의 얼굴 중심점 (b) 왼쪽으로 기울어진 얼굴 중심점 (c) 오른쪽으로 기울어진 얼굴 중심점

3. 구현 및 실험 결과

본 장에서는 제안한 스윙 모션 분석 알고리즘의 결과를 검증하기 위하여, Sony사의 XC-HR50 CCD 카메라와 Matrox사의 Meteor II M/C frame Grabber Board, MIL(Matrox Image Processing Library) 7.0을 사용하여 취득한 영상(495 X 640) 데이터 64프레임을 대상으로 Window XP상에서 Visual C++로 구현 실험한 모듈 별 결과에 대해 기술한다.

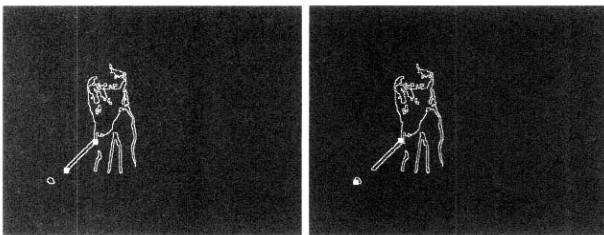
3.1 모션 검출 결과

차영상을 이용하는 모션 검출 방법은 스윙이 시작되기 전 데이터의 처음 프레임들은 움직임이 없거나 미세하여 모션 검출이 일어나지 않는다. 이러한 특성을 이용하여 골프 스윙 시점을 알아내었으며 본 실험에서는 움직임이 없는 처음과 끝부분의 일부 프레임들을 제거한 총 60프레임을 대상으로 실험하였다. 움직임이 있는 프레임 중 골프채의 형태가 나타나지 않는 프레임들이 존재하였다. 이는 하드웨어에 의한 오류, 즉 영상취득 시 카메라의 셔터 스피드나 모션 흐림에 따른 오류가 원인으로 이러한 경우 골프채의 추출은 불가능하였다. 이를 해결하기 위해 골프채가 나타난 그 이전 프레임과 다음 프레임을 이용해 큐빅 스플라인을 적용하여 보간하였다. 골프채의 검출은 모션 검출 결과 영상으로부터 추출하므로 검출된 영상에 골프채의 존재 여부가 관건이 된다. 모션 검출 결과 영상은 잡음을 제거할 때에 적용하는 문턱값의 수치에 따라 많은 차이를 나타내었다. 즉, 케니 에지 검출기의 문턱값을 높이면 골프채의 에지가 검출되지 않는 프레임의 수가 많아졌으며, 값을 낮추게 되면 골프채가 나타난 프레임의 수는 늘어났으나 다음에 설명되는 골프채의 검출에 있어 어려움이 높아졌다. 본 실험 결과 문턱값의 수치가 35일 때 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

3.2 골프채 검출 결과

골프채의 검출을 위해 첫 프레임에서 초기 검색 영역을 적용하였다. 초기 검색 영역으로는 (200, 410)로부터 검색하였으며 방향 성분 0섹터를 사용하였다. 검색 시작 영역을 위와 같이 둔 기준은 스윙이 시작하는 첫 프레임에서는 모션이 이루어지지 않아 골프채의 검출이 이루어지지 않기 때문에 스윙 시작시의 골프채 헤드의 위치를 정의하였다. 손의 위치 이동은 업 스윙의 경우 다운 스윙에 비해 이동 정도가 상대적으로 적으므로 이전 프레임에서의 손의 위치로부터 특정 영역을 검색함으로써 방향성에 따른 직선 쌍을 구함으로 검출 속도를 향상시켰다.

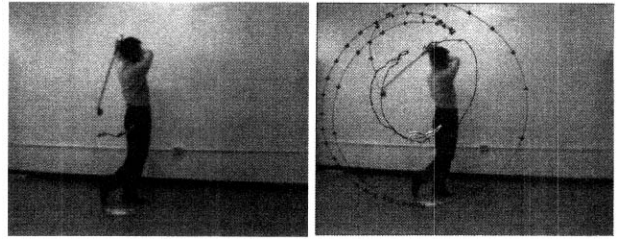
골프채 검출을 위한 윈도우의 사이즈는 업스윙 시보다 다운스윙 시 스윙의 속도가 빠르기 때문에 업 스윙의 경우 윈도우 사이즈를 20×20으로 하고, 다운 스윙의 경우 윈도우 사이즈를 30×30으로 하였으며, 특정하게 정의한 검색영역의 크기에 종속되지 않도록 검출에 실패한 프레임이 있을 경우 연속적으로 실패한 프레임 수에 따라 검색 영역을 넓혀 주었다. 즉, 검색 영역은 업 스윙 경우 20+5×(연속 실패한 프레임 수-1), 다운 스윙의 경우 30+10×(연속 실패한 프레임 수-1)이다. (그림 9)는 추출한 골프채 위치를 나타낸 결과이며 (그림 10)은 골프채 위치를 보정한 결과이다. (그림 9)를 보면 골프 클럽이 있음에도 불구하고 골프채와 골프클럽 사이의 끊김 현상으로 인해 실제 클럽헤드의 위치를 검출하지 못하였다. 본 논문에서 제안한 방법을 이용해 보정한 결과 (그림 10)과 같이 실제 클럽헤드의 위치와 가까운 위치점을 검출해 낼 수가 있었다. 즉, 실제 클럽헤드의 위치점과 오차가 적은 위치점을 검출할 수 있음을 눈으로 확인할 수 있다.



(그림 9) 골프채 추출 결과 영 (그림 10) 골프채 위치 보정 결과 영상

3.3 중심축 추출 결과

중심축 추출은 카메라로부터 취득한 원 영상에서 얼굴의 중심점과 발끝을 잇는 연결선을 구함으로서 검출하였다. (그림 11)은 중심축의 중간 부분을 점으로 표시한 결과이다. 중심축이 크게 이동하는 초심자의 데이터를 사용한 결과 중심축의 이동이 매우 큰 결과를 보였다. 따라서 (그림 11)과 같은 중심점의 이동이 있음에도 불구하고 한 점을 고정시킨 후 그것을 중심으로 궤도를 계산하는 방법을 사용한다면 그만큼 오차가 발생할 수 있음을 확인할 수 있다. 본 실험에서는 실시간으로 중심축을 추적하여 그만큼 오차를 줄일 수가 있었다.



(그림 11) 중심점 이동 결과 (그림 12) 디스플레이 결과

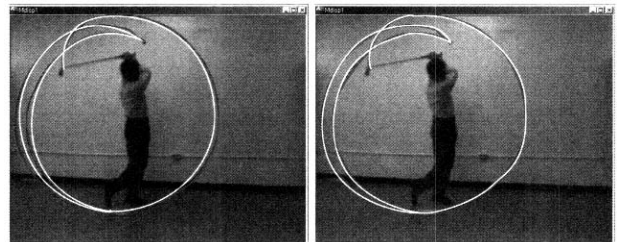
3.4 디스플레이

최종 결과 디스플레이는 궤도를 원만한 곡선으로 표현하기 위해 큐빅 스플라인을 사용하여 보간하였으며 손의 위치, 클럽 헤드 위치, 중심축의 궤도를 각각 또는 겹쳐서 볼 수 있도록 설계하였다(그림 12 참조). 또한, 이 과정에서 필수적으로 요구되는 것 중 하나는 다운 스윙 시 공이 맞는 프레임의 클럽 헤드 위치가 검출되어야 한다. 하지만 공이 맞는 프레임에서는 스윙 속도가 최고조에 이르기 때문에 골프채가 검출되지 않는 문제점이 발생하였다. 이를 충족시키기 위해 스윙 시작의 첫 프레임에서 검출된 클럽 헤드의 위치와 같은 값을 삽입하여 보간하였다.

3.5 실험 결과 분석

본 논문에서 제안한 알고리즘과 Gehrig[7]에 의해 제안된 모델베이스에 의한 클럽헤드 추적을 비교 분석한 결과, 모델베이스에 의해 생성된 클럽헤드의 궤도는 제안된 알고리즘의 궤도보다 반지름이 작은 원을 생성하였다(그림 13 참조). 이는 모델베이스 방법을 적용하기 위해 초기 회전 모델의 중심점을 고정해 놓아 생긴 결과이다. 그러나 제안된 알고리즘에 의해 추적되어진 궤도는 실제 골프채가 그린 궤도와 흡사한 결과를 나타내었다. 이는 본 논문에서 제안한 알고리즘이 모델베이스 방법과는 달리 초기 중심점의 위치에 종속되지 않고 화소 자체로부터 실제 클럽의 위치를 추출해낸 후, 궤도를 그려주었기 때문에 실제 클럽헤드의 위치와 근접한 궤도를 그리는 결과를 가져왔다.

<표 1>은 모델기반의 방법과 제안한 방법의 실제 클럽헤드와 손의 위치에 대한 MSE(Mean Square Error)를 측정된 결과이다. MSE의 계산은 n개의 프레임이 있을 때, 프레임 i에 대한 실제 클럽 위치점 (X_i, Y_i) 와 본 논문에 의해 검출된 클럽헤드의 위치점 (x_i, y_i) 을 사용하였다.



(a) 모델 기반 방법의 추적 결과 (b) 제안된 방법에 의한 추적 결과 (그림 13) 제안된 알고리즘과 모델베이스 방법에 의한 추적의 결과

모델 기반의 추적 방법은 골프채의 위치와 속도에 대한 정보를 4차, 6차 다항식 함수로 모델링하여 임의로 고정된 축을 중심으로 궤도를 계산해낸다. 따라서 스윙 시 몸의 중심을 많이 움직이는 초심자의 데이터를 사용한 결과 예상대로 MSE가 크게 나타났다. 즉, 모델 기반의 방법은 몸의 중심이 크게 움직이는 사람의 스윙에서 오차가 큰 궤도를 그리고 있음을 알 수 있다. 본 논문에서 제안한 방법은 스윙 시 나타나는 중심점의 이동에 영향을 받지 않는 알고리즘임을 확인할 수 있다.

〈표 1〉 MSE(Mean Square Error) 결과비교

	모델기반의 방법		제안한 방법	
	손의 위치	클럽헤드 위치	손의 위치	클럽헤드 위치
MSE	1.2348	6.7631	0.0283	0.2742

4. 결 론

본 논문에서 제안한 알고리즘은 중심점 이동에 따른 골프채의 궤도를 정확히 추적하였다. 이를 통해 중심축이 많이 움직이는 초심자의 모션에서도 정확한 클럽헤드의 위치를 추적해 낼 수 있는 알고리즘임을 증명하였다. 또한, 복잡한 배경에서 나타나는 골프채의 끊김 현상 및 화소의 양자화 문제에 대해서도 강인한 추적 결과를 얻을 수 있었다.

향 후, 추출된 클럽 헤드와 손의 위치 및 중심점 외에도 스윙 궤도 교정에 필요한 특징점들(팔의 굽힘 정도, 어깨의 회전 정도, 머리의 움직임)을 추출해 3차원 모델에 적용하여 여러 각도에서 보는 스윙 모션을 디스플레이 함으로서 초보자 또는 프로 골퍼 등 다양한 계층의 사용자들에게 활용, 도움이 될 수 있는 시스템을 구축하는 방안에 대해 연구할 예정이다.

참 고 문 헌

[1] R. Venkateswarlu, K. Sujata and B. Venkateswara, "Centroid Tracker and aim point selection," *SPIE, Acquisition, Tracker and Pointing IV*, Vol.1697, pp.520-529, 1993.

[2] D. Koller, J. Daniilidis and H. Nagal, "Model-based Object Tracking in Monocular Image Sequences of Road Traffic Scenes," *Int'l J. of Computer Vision*, Vol.10, No.3, pp.257-281, 1993.

[3] T. Augi, T. Ishihara, H. Nagahashi and T. Nagae, "Contour tracking and synthesis in image sequences," *SPIE '95*, pp. 834-845, 1995.

[4] P. Salesmbier, L. Torres, F. Meyer and C. Gu, "Region-based Video Coding Using Mathematical Morphology," *Proc. of the IEEE*, Vol.83, No.6, pp.843-857, 1995.

[5] H. Naseri and A. Sttler, "Segmentation motion estimation," *ICASSP In Proc. European Conf. Computer Vision*, pp.343-356, 1996.

[6] M. Isard and A. Blake, "Contour Tracking by Stochastic Propagation of Conditional Density," *In Proc. European Conf. Computer Vision*, pp.343-356, 1996.

[7] N. Gehrig, "Golf Club Visual Tracking for Enhanced Swing Analysis Tools," *In British Machine Vision Conference*, Norwich, UK, September, 2003.

[8] C. G. Yoo, "Robust Face Detection And Segmentation Using Sub-Block Processing," *Computer Science, Graduate School in CNU*, Aug., 2004.

[9] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol.8, No.6, Nov., 1986.

[10] <http://www.dartfish.com>

[11] <http://www.sporam.com>



이 흥 로

e-mail : hrlee@cnu.ac.kr

2002년 충남대학교 컴퓨터과학과(학사)

2005년 충남대학교 컴퓨터과학과

(이학석사)

2005년~현재 충남대학교 컴퓨터공학과

박사과정

관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비전, 워터마크



황 치 정

e-mail : cjhwang@ipl.cnu.ac.kr

1975년 서강대학교 수학과(이학사)

1985년 코네티컷주립대학 전산학과(석사)

1987년 코네티컷주립대학 전산학과(박사)

1987년 코네티컷주립대학 객원교수

1988년 한국원자력연구소 선임연구원

1999년 충남대학교 전자계산소장

1997년 충남대학교 정보통신연구소장

1988~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 교수

관심분야: 영상처리, 컴퓨터 비전, 컴퓨터 그래픽스