

적외선 LED 기반 모션 분석을 통한 재활훈련 시스템

최완⁰, 김태영, 임철수

서경대학교 컴퓨터공학과

{wanne⁰, tykim, cslim}@skuniv.ac.kr

A Rehabilitation Training System Using the infrared LED based Motion Analysis

Wan Choi⁰, Tae-Young Kim, Chul-Su Lim

Department of Computer Engineering, Seokyeong Univ.

요 약

본 논문은 모션 인식 분야 중 지체 장애인의 재활훈련과 같은 치료 분야를 위하여 적외선 발광 다이오드를 이용한 모션 분석과 이를 이용한 재활훈련 시스템을 제안한다. 본 시스템은 장애인 사용자의 특징점 위치에 무선 적외선 발광 다이오드 밴드를 착용하고 적외선 필터를 장치한 카메라로 좌표 값을 얻어낸 후 미리 정의되어있는 동작과의 일치 여부를 판별함으로써 모션 분석이 가능하며 분석 과정이 비교적 간단하기 때문에 빠르고 정확한 모션인식이 가능하다. 또한 적외선 발광 다이오드의 특징점 좌표들만으로 동작을 판별하는 것이 아닌 각 특징점 좌표들을 꼭지점으로 가지는 다각형의 무게중심과 특징점 좌표들의 벡터를 구한 후 일정한 거리와 각도 구간으로 구분하고 각 발광 다이오드의 속한 구간을 알아낸다. 이 같은 모션 인식 알고리즘을 이용하여 장애인 치료 전문기관인 삼육 재활학교에서 구성한 재활훈련 시나리오의 동작에 대하여 실험을 수행한 결과 초당 20프레임 정도의 빠르면서도 98%에 가까운 정확한 인식률을 얻을 수 있다.

Abstract

The objective of this paper is to develop the motion recognition method for the rehabilitation program of the people with physical disabilities. Using the infrared ray LED, this method gets the information of the user's motion and tells the difference between the information we get and the pre-defined information. In order to get the fast recognition and comparison, this method positions the specific coordinates of infrared ray LED in the pre-classified sector which keeps certain distance and angle from the point of origin. The result in our experiment shows the speed over 20 frames per second in every motion, and we are satisfied the rate for the recognition of the motions which is near 98%.

키워드 : 적외선 발광 다이오드; 모션 인식; 재활훈련 시스템

Keywords : infrared LED; Motion Recognition; Rehabilitation Training System

1. 서론

* 교신저자(Corresponding Author) : 김태영, 주소: 서울특별시 성북구 정릉동 서경대학교 한림관 302호 (136-704), 전화:02)913-1362, FAX:02)913-1363

최근 장애인의 문화복지에 대한 관심이 높아지면서 장애인의 문화생활, 재활치료, 사회성에 관한 것들이 이슈가

되고 있다. 이 중 우리나라 대부분의 비율을 차지하고 있고 비교적 사회생활을 하고 문화생활을 영위하는데 부담이 적은 지체장애인의 보조 및 치료는 장애인 분야에 있어 가장 큰 화두라 할 수 있겠다. 그러나 장애인 치료는 그 치료기관이 적고, 치료 자체에도 공간적 시간적 제약이 많아 실제 치료에 있어 많은 애로사항을 가지고 있다. 더구나 장애인의 숫자는 매년 증가하는데 비하여 현재 장애인을 대상으로 한 재활 훈련 프로그램은 거의 전무한 상태이다. 특히 뇌졸중, 소아마비 등으로 움직임에 제한이 있는 지체 장애인의 재활훈련 프로그램의 경우 지속적인 반복 훈련과 빠른 결과 확인이 필요하고 또한 지체 장애인들은 정확한 움직임을 하기 힘들기 때문에 재활 훈련을 위해서 상황에 따른 모션 인식의 필요성이 크다.

기존의 모션 인식 연구들[1-6]은 정확한 동작 데이터를 얻어내기 위하여 대부분 비장애인을 대상으로 동작 데이터를 얻어낸다. 그러나 이 같은 모션 인식은 정확한 동작을 하기 힘든 장애인을 대상으로 하는 재활훈련에는 적합하지 않다.

기존의 연구 중 현대의 카메라를 이용하여 신체의 파트 별로 나누어 인식하는 방법의 경우[1] 간단한 동작만을 인식할 수 있다는 문제가 있다. 센서와 카메라를 동시에 이용한 모션 인식 방법[2]은 센서의 정보와 카메라로 촬영한 정보를 이용하여 depth 정보와 디스페리티(disparity)정보를 구하여 각 정보를 종합하는데 고가의 장비를 이용하지만 정확한 모션 인식이 되지 않을 경우가 있으므로 본 연구의 취지에 적합하지 않다.

여러 카메라를 사용하여 각 카메라에서 얻어진 영상들을 이용한 모션 인식 방법[3,4]은 모션 인식까지의 시간이 오래 걸려 실시간으로는 사용할 수 없다. 반면 실시간으로 모션 인식을 하는 방법[5,6]은 인식할 수 있는 부분이 사람의 상반신만으로 제한을 두거나 잘못된 동작으로 인식할 경우도 있으므로 장애인 재활 훈련 프로그램에 적합하지 않다. 이와 같은 이유들로 지체장애인을 위한 재활 훈련 프로그램에 기존 연구를 적용하기에는 문제가 있다.

본 논문에서는 사용자의 움직임에 제한을 줄 수 있는 센서 대신에 가볍고 정확한 데이터를 얻어낼 수 있는 무선 적외선 발광 다이오드 밴드를 사용하여 정확하고 빠르게 모션인식을 할 수 있는 기법을 제안한다. 이것은

적외선 필터를 거쳐 배경과 잡음이 배제된 적외선 발광 다이오드 좌표값을 입력으로 받아 각 다이오드의 위치에 따라서 사용자의 동작을 결정하는 방법이다. 이 방법은 다이오드의 위치를 구간 별로 나누어 어떤 구간에 위치하는가를 계산 하므로 별도의 깊이값을 얻어내거나 여러 카메라를 이용하여 얻은 값들의 동기화가 필요하지 않으므로 빠른 모션 인식이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 다이오드 좌표값 비교 방법은 좌표값에 의존하기 때문에 카메라의 위치 변화에 따라 다른 좌표값을 얻을 수도 있고, 이로 인해 정확하지 못한 결과 값을 낼 수도 있다. 여기서는 단순히 다이오드 좌표값만으로 동작을 인식하는 것이 아닌 이를 이용하여 일정한 구간으로 나눈 후 다이오드 좌표의 구간값을 알아내어 카메라의 위치변화 뿐 만 아니라 다른 외부 변화에 의하여 결과값의 변화를 방지하는 방법을 제안한다. 또한 구간이 넓어 모션 인식의 정확도가 낮은 경우를 방지하기 위하여 바깥쪽 일수록 넓어지는 비교 구간을 조밀하게 하여 정확한 모션 인식을 가능케 하였다. 실험 결과, 제안한 방법은 2차원 다이오드 좌표 이외의 값은 필요 하지 않으며 모션 인식을 할 때 구간 비교만을 수행 하므로 기존 방법보다 속도상의 성능이 높아짐을 확인 할 수 있었다.

또한 모션 분석 시 구간을 설정함에 있어 움직임이 비교적 정확한 사용자는 구간을 작게 설정함으로써 좀 더 자세한 모션 분석을 할 수 있으며, 움직임이 정확하지 못한 사용자는 구간을 넓게 설정함으로써 약간 정확하지 않은 동작에도 훈련 목표를 설정할 수 있는 유연함을 가질 수 있다.

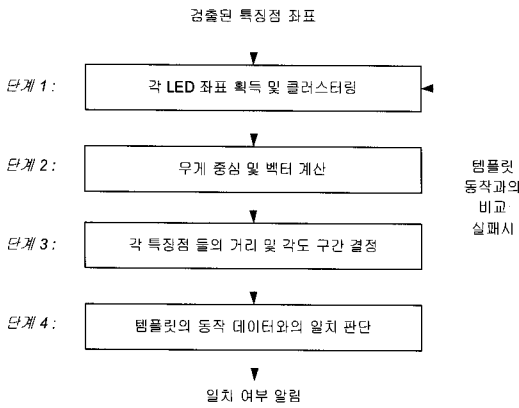
본 논문에서는 1장의 서론에 이어 2장에서는 모션 인식 및 매칭 알고리즘에 대하여 자세히 살펴본다. 3장에서는 본 연구의 시스템에서 실험한 결과와 성능에 대하여 기술한 후 마지막으로 4장에서는 본 연구의 결론에 대하여 기술한다.

2. 실시간 모션 인식 알고리즘

그림 1은 실시간 모션 인식을 위한 알고리즘의 처리 과정이다. 단계 1에서는 적외선 발광 다이오드를 검출하고 그룹화 시켜 대표 특징점 좌표를 얻어내는 과정이고, 단계 2에서 전 단계에서 얻은 특징점 좌표를 이용하여 무

계 중심을 구한 후 이를 원점으로 한 각 좌표들의 벡터 값을 계산한다. 단계 3은 계산된 벡터를 기반으로 각각을 거리 구간과 각도 구간으로 나눈다. 마지막으로 단계 4에서는 단계 3에서 구해진 거리 및 각도 구간과 템플릿의 동작 데이터가 일치 하는가를 비교 한다. 비교 결과 일치 의 경우 일치 여부를 알리며 불일치의 경우 제한된 시간의 한도 내에서 다시 단계 1부터 반복한다.

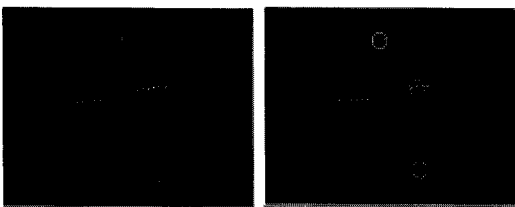
본 방법에서는 실시간으로 모션 인식 및 비교를 하기 위하여 각 좌표들의 구간을 간결하면서도 정확한 비교를 할 수 있도록 나누었기 때문에 단계 4의 템플릿의 동작 데이터들과의 비교 시간을 감소시킨다.



[그림 1] 모션 인식 처리 과정

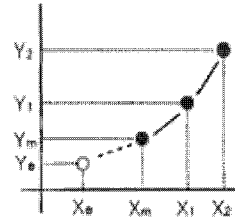
2.1 각 발광 다이오드 좌표 획득 및 클러스터링(LED Detection & Clustering)

그림 2(왼쪽)와 같이 사용자의 발광 다이오드를 검출하기 위해 카메라에 적외선 필터를 장치하여 다이오드 외의 밝은 부분과 배경을 제거하였다. 검출된 다이오드는 기본적으로 머리와 양 손목과 발목의 모양대로 오각형의 모습을 하고 있으며 각 밴드 중 다수(6~8)검출된 다이오드 중 1개의 대표중심 좌표만을 얻기 위해 K-Means 알고리즘을 적용하였다.(그림2의 오른쪽)



[그림 2] 발광 다이오드 디텍션 과 클러스터링

신체 부위의 통합 혹은 교차 현상 및 해결책으로는 신체 각 부위의 영상에서의 위치를 운동방정식(dynamics)을 통하여 추적하고 예측함으로써 부위가 가까워져도 오류가 발생하지 않도록 독립적으로 처리하였다(그림3). 즉, 신체의 움직임은 임의의 한 방향으로 운동할 때, 계속해서 그 방향으로 운동하고자 하는 성질을 운동방정식을 통해서 적용한 것이다. 이를 위하여 5프레임과 3프레임 이전의 LED 좌표를 기억하여 LED의 이동 경로를 예측하게 된다. 이러한 운동방정식을 통한 추적 및 예측은 교차현상(신체의 한 부위가 다른 부위와 순간적으로 겹쳐 뒤바뀌어 인식되는 현상)을 해결하는데도 유용하게 사용되었다.



[그림 3] 운동방정식을 이용한 각 부위의 추적 결과

$$\begin{aligned}
 X_m &= aX_1 + b & Y_m &= cY_1 + d \\
 X_1 &= aX_2 + b & Y_1 &= cY_2 + d \\
 a &= (X_m - X_1)/(X_1 - X_2) & c &= (Y_m - Y_1)/(Y_1 - Y_2) \\
 & & & \downarrow \text{상수 a, b, c, d 의 계산} \\
 X_e &= aX_m + b & Y_e &= cY_m + d
 \end{aligned}$$

$(X_1, Y_1), (X_2, Y_2)$: 3 frame 차이로 측정된 이전의 clustering 좌표값
 (X_e, Y_e) : 예상되는 clustering 좌표값
 (X_m, Y_m) : 현재 측정된 clustering 좌표값

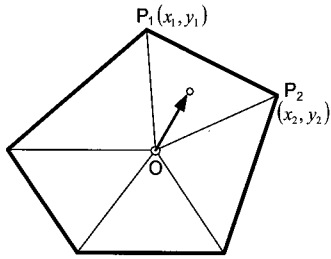
2.2 무게 중심 계산 및 구간 결정

사용자의 모션인식을 위하여 클러스터링 된 발광 다이오드 좌표 간의 관계 데이터를 획득한다. 각 다이오드(특징점) 좌표가 이루는 다각형의 무게 중심을 계산한 후 무게 중심 좌표를 기준으로 각 발광 다이오드의 벡터 값(거리, 각도)을 측정한다. 이를 기반으로 거리 및 각도

구간을 결정하는 알고리즘을 제시한다.

(1) 무게중심 계산

발광 다이오드 좌표는 카메라와 사용자와의 거리, 카메라의 위치 등에 의하여 변화될 수 있다. 이러한 변화에도 일정한 벡터 값(거리, 각도)을 얻어낼 수 있도록 다이오드 좌표들의 무게중심을 구한 후 그것을 중심으로 구간을 측정하도록 한다.



[그림 4] 다각형의 무게 중심

그림4는 각 발광 다이오드 좌표를 꼭지점으로 하는 다각형의 무게 중심을 구하는 예를 보여주고 있다. 다각형의 무게 중심은 원점을 중심으로 각각의 삼각형의 넓이와 무게 중심의 위치 벡터를 곱한 후 다각형의 면적 전체로 나누어 주면 다각형의 무게 중심을 구할 수 있게 된다. 이를 먼저 임의의 삼각형 OP1P2에 대해서 구하게 되면

$$\text{넓이 } A_1 = \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{2} \quad (1)$$

$$\text{무게 중심 } \bar{G}_1 = \left(\frac{x_1 + x_2}{3}, \frac{y_1 + y_2}{3} \right)$$

공식 (1)과 같이 나타낼 수 있게 되며 이는 아래와 같이 공식 (2)로 나타낼 수 있게 된다.

$$A_i = \frac{x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i}{2} \quad (2)$$

$$\bar{G}_i = \left(\frac{x_i + x_{i+1}}{3}, \frac{y_i + y_{i+1}}{3} \right)$$

이를 이용하여 공식 (3)과 같이 다각형의 무게 중심을 구할 수 있다.

$$\bar{G} = \frac{\sum A_i G_i}{A} = \left(\frac{\sum (x_i + x_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A}, \frac{\sum (y_i + y_{i+1})(x_i y_{i+1} - x_{i+1} y_i)}{6A} \right) \quad (3)$$

이는 각 삼각형의 넓이와 무게중심 벡터를 곱하여 합한 후, 전체 넓이로 나눈 것이다.

(2) 거리 구간 계산

발광 다이오드 좌표의 거리 구간은 다이오드 들의 무게 중심에서 각 다이오드까지의 거리를 나타낸다. 이들 거리 구간은 무게중심에서 멀어질수록 조밀해진다. 이것은 약간의 동작 차이만으로도 거리 구간이 달라질 수 있으므로 이를 방지하여 모션인식의 정확도를 높이기 위함이다

거리 구간을 구하기 위하여 입력 받은 발광 다이오드 좌표를 기반으로 구한 무게 중심을 원점으로 하는 2차원 평면에 각 다이오드를 위치시킨다. 원점을 기준하여 다시 정해진 다이오드좌표의 x, y 값을 기반으로 원점과 각 다이오드의 거리를 구한 후 가장 큰 값을 기준하여 n 등분 하게 된다. 이것은 카메라와 사용자의 거리에 따라서 거리 구간의 변동이 없도록 하기 위함으로써 n등분의 공식은 (4)와 같다.

$$\log \left\{ \frac{\bar{op}_x \times n}{\max \cdot op_x} \right\} \quad (4)$$

또한 균등한 비율로 거리 구간을 나눌 시 중심 좌표에서 멀어질수록 동작에 대한 상대적 면적이 넓어짐으로 인하여 모션 인식률의 저하를 막고 정확한 비교를 하기 위하여 그림 5와 같이 원거리 일수록 구간이 조밀해지는 모양을 취하고 있다.

(3) 각도 구간 계산

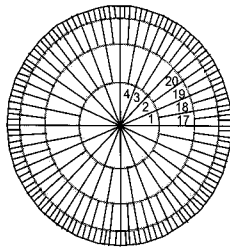
발광 다이오드좌표들의 각도 구간은 다이오드 들의 무게 중심을 원점으로 한 2차원 평면에 재배치된 발광 다이오

드들의 좌표들이 일정한 기준에서 얼마나 회전된 위치에 있는가를 측정하는 것이 기본이 된다. 발광 다이오드 좌표는 움직임에 따라서 무게중심을 기준으로 회전 하게 되며 이는 모션인식에 중요한 입력값이 된다.

무게 중심을 원점으로 하여 배치된 발광 다이오드 좌표들의 거리 별로 나누어진 구간을 0구간부터 n구간, 거리 0구간을 각도 m구간으로 나누는 경우 공식 (5)와 같이 각 거리 구간별로 단위각을 구한다.

$$\angle a = \frac{360}{m \times 2^n} \quad (5)$$

0구간을 16으로 나눌 경우 0구간 16등분, 1구간일 경우 32등분, 2구간일 경우 64등분으로 거리 별로 구간을 조밀하게 나누어 단위각을 구한다.



[그림 5] 거리와 각도를 이용한 구간 구분

이것은 같은 단위각으로 원거리의 각도 구간을 나눌 경우 원거리의 각도 구간은 근거리에 비해 너무 넓어져 정확도가 떨어질 우려가 있으므로 그림 5와 같이 원거리 일수록 조밀한 단위각으로 각도 구간을 측정하게 된다. 원점과 임의의 다이오드 좌표가 이루는 선과 평면의 양의 가로축이 이루는 각 θ 를 atan2함수를 이용하여 알아낸다.

$$\theta = \text{atan2}(y,x) \quad (6)$$

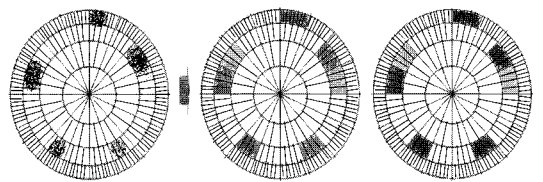
공식(6)에서 나온 결과값을 단위각으로 나눈 결과의 정수부만을 취함으로 공식(7)과 같은 거리에 따른 조밀한 각도 구간이 결정 된다.

$$\text{각도 구간} = \frac{\theta}{\angle a} + \sum (2^n \times m) + 1 \text{의 정수부} \quad (7)$$

2.3 템플릿의 동작 데이터와의 일치 판단

(1) 템플릿의 생성

예제 동작의 템플릿은 현재 사용자가 행하고 있는 동작의 장면과의 일치 여부를 가리는 기준이 되며 사용자와 같은 환경에서 수십 회의 모션인식을 통해 각 특징점이 존재하는 구역을 표시하게 된다. 또한 하나의 장면에 유사도를 측정하기 위하여 같은 장면을 여러 번 동작하여 모션 일치의 오차를 줄이게 된다. 그림 6은 임의의 한 장면의 템플릿을 생성하는 과정을 보인 것이다. 한 장면의 좌표를 수십회 획득하여 유사한 동작에도 일치 판단을 내릴 수 있도록 좌표들을 정리하여 템플릿으로 생성한다. 이는 구간이 조밀하기 때문에 아주 약간의 차이에도 다른 구간으로 인식할 수 있다는 것에 착안한 것으로, 정확한 동작일 경우에는 정확한 동작의 일치 판단을, 유사한 동작에는 유사 판단을 할 수 있도록 템플릿을 생성하는 과정에서 조절 할 수 있다. 일반적으로 내부 구간의 특징점 분포는 동작 일치점으로부터 상하좌우로 1구간, 외부 구간은 상하좌우로 3구간의 분포를 보였다. 작성된 템플릿은 별도의 파일로 저장되며 시스템 장치의 호출 시 사용된다.(그림6)

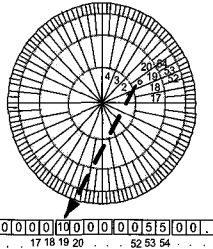


[그림 6] 비슷한 동작을 포함한 동작 비교를 위한 템플릿 생성

(2) 템플릿의 호출

사용자의 모션을 인식하기 전 시스템은 사용자가 해야 할 동작의 템플릿을 호출하게 된다. 호출된 템플릿은 별도의 파일에서 호출되어 각 구간의 유사도 값을 저장하게 되며 미리 정의된 동작에 대한 동작 비교 값은 정확한 동작 구간일수록 높아지게 된다. 예를 들어 그림 7과 같이 19구간이 모션 템플릿에서 정확한 동작 구간인 경우 19 구간은 10의 유사도 값을 가지며 53, 54 구간은

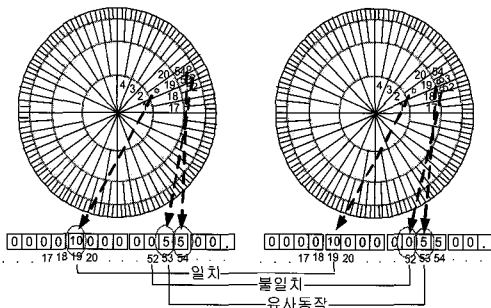
5의 유사도 값을 시스템에 저장하게 되며 나머지 부분은 0으로 표시된다.(그림7)



[그림 7] 템플릿 호출 시 유사도 확인 과정

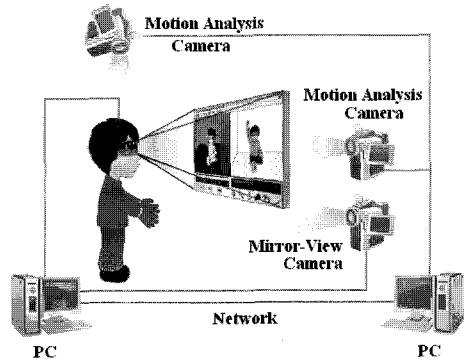
(3) 템플릿과의 비교

그림 8은 동작의 템플릿과 사용자의 동작 벡터와의 일치 여부를 판단하는 한 예이다. 템플릿과의 비교는 벡터가 위치한 구간의 유사도 값이 0이 아닐 경우 일치로 판단되며 그 중에서도 유사도 값이 10일 때 정확한 구간의 일치로 판단한다. 또한 모든 구간의 유사도 값의 일정 값 이상을 가질 때 모션 일치로 판단하게 된다. 동작 데이터는 별도의 표시를 할 필요는 없지만 이해가 쉽도록 구간 간의 비교 그림을 사용하여 비교 하였다. 실제 시스템에서는 3구간, 19구간에 동작 데이터가 있는 경우, 바로 3번째 구간, 19번째 구간만을 검색하여 데이터가 유사도 값을 가지고 있는지 확인 후 모션 일치를 판단한다. 사용자의 동작이 템플릿과 일치 할 때 시스템은 다음 장면이 있을 경우는 다음 장면의 템플릿을 읽어 들여 다음 장면의 모션 인식 및 비교를 준비하고, 최종 장면이 일치할 경우는 한 동작의 일치가 완료되었음을 알리게 된다.



[그림 8] 템플릿과 실제 동작과의 비교

3. 실험 및 결과



[그림 9] 재활훈련 서비스 프로토타입의 시스템 구성도

그림 9는 본 연구에서 사용된 시스템의 구성도이다. 본 실험은 별도의 재활훈련 전용 하드웨어를 사용하지 않고 일반 데스크탑 환경에서 Visual Studio .Net 2003에서 구현하여 성능 실험을 수행하였다. 본 실험환경으로는 사용자의 동작을 인식하기 위하여 적외선 필터 장치 카메라 1대, 사용자가 자기 자신을 볼 수 있도록 하는 카메라 1대가 사용되었으며 각각의 카메라는 사용자의 전체 몸 상태를 찍을 수 있을 정도의 거리에 위치시켰다. 또한 동작인식을 위한 컴퓨터와 사용자가 자신의 모습을 볼 수 있도록 HMD Viewer를 실행 시키는 컴퓨터가 통신을 사용하여 서로 연결되었다. 본 연구의 실험 동작인 재활훈련 시나리오는 사용자의 근력, 유연성 그리고 균형감각을 훈련하기 위한 기본동작으로 이루어져 있으며 지체장애인 재활훈련으로서의 신뢰성을 위하여 장애인 재활학교인 삼육재활학교의 연구진에 의해 작성되었다. 본 실험에서는 표 1에서 보는 바와 같이 이 시나리오에 따라 제시된 동작들의 39가지 동작 중 가장 복잡한 2가지 유형의 동작을 사용하였다.

[표 1] 동작 인식을 위한 훈련 동작

훈련 동작	시작 자세	종료 자세
앉은 자세에서 양팔을 머리 위로 들어 올리는 동작(동작 1)	양발을 바닥에 붙이고 의자에 앉은 자세	원위치
앉은 자세에서 물체를 만지는 동작(동작 2)	바닥에 엉덩이를 붙이고 앉은 자세	원위치

동작 1은 의자에 앉아 팔을 자연스럽게 늘어뜨린 자세로부터 좌우로 팔을 뻗어 머리 위로 들어올린 후 내리는 동작이며, 동작 2는 바닥에 앉아 다리를 쪽 뻗은 상태에서 좌우에 놓인 물체를 양손으로 번갈아 가며 만지는 동작이다. 이상의 동작을 웹캠(2종류), 캠코더 등으로 촬영하여 미리 준비되어 있는 모범 동작의 Reference와 비교하였다. 운동 동작들은 확실한 동작 일치 여부를 가리기 위해 한 동작 당 4가지의 장면으로 나누어 장면마다 동작 일치 여부를 판단하였다. 그림 10과 같이 30여 회의 실험 결과, 다음과 같은 결과를 나타내었다.

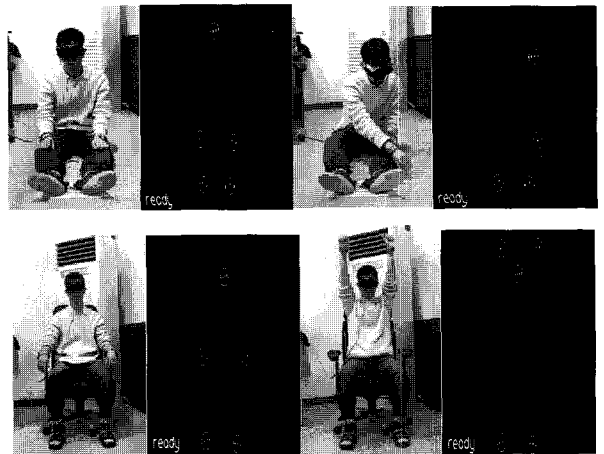
3.1 인식률

[표 2] 동작 인식률에 대한 실험 결과

훈련 동작	템플릿 생성 시에 시험한 횟수에 따른 매칭 확률		
	10회	20회	30회
동작 1	97%	98%	98%
동작 2	96%	98%	98%

그림 10은 각 동작의 실험에 대한 실제 영상을 각각 보여준다. 기존 연구 중 센서를 사용하는 방법은 센서의 전선이 사용자의 동작에 방해가 되는 것에 비하여 본 실험에서는 무선 밴드를 사용함으로써 동작 방해 요인을 배제한다. 또한 운동 동작들은 중간 중간 정확한 동작을 하고 있는지 알아내기 위하여 한 동작 당 4장면으로 나누어 장면마다 모션 일치 여부를 판단하고 최종 장면이 일치 되었을 때 한 동작의 일치를 결정한다. 사용자의 신체 각 부위의 발광 다이오드 밴드들은 각 원으로 표현되었으며 원의 중심 좌표가 각 특징점의 좌표가 된다. 본 연구에서 제시한 알고리즘을 수십여 회 실험한 결과, 시나리오에서 복잡한 자세에 해당하는 본 실험 자세에서 높은 인식률을 보였다. 또한 정확하지 않은 동작에 대하여는 훈련 실패의 결과를 얻어내었다. 템플릿 생성 시 시험한 횟수에 따라서 매칭 판단 확률에 차이가 생겼으나 이는 유사도 정보의 차이에 따름으로 20회 이상의 횟수에서는 같은 정확도를 보였다. 몇 번의 오류가 발생한 것은 실내조명이 가전제품에 반사된 것을 LED로 잡는 현상이었다. 하지만 가전제품에 반사되는 적외선의 경우 극히 단시간 적이고 일부분의 영역이었으며 5개의 LED

들이 정상적으로 검출될 경우에는 노이즈가 운동방정식 상 LED의 이동 예측 경로에 포함되지 않았으므로 문제가 되지 않는다. 그러나 self occlusion 으로 다이오드가 검출되지 않을 경우 새로운 다이오드로 인식하는 데에서 오류가 발생하였지만 이 같은 오류가 인식 결과에 큰 영향을 미치지 않을 정도로 노이즈 발생 빈도가 극히 적었으며, 지체장애인 재활훈련 동작의 경우 self occlusion 이 일어날 동작이 거의 존재하지 않기 때문에 전체적인 오류율은 극히 낮았다. 또한 self occlusion의 경우 5프레임전의 특징점 좌표를 기억함으로써 가려졌다 다시 검출되는 특징점을 바르게 클러스터링 하는 것이 가능하였다.



[그림 10] 동작 1과 2의 특징점 추출 및 클러스터링 예

3.2 속도

[표 3] 동작 인식속도에 대한 실험 결과

훈련 동작	속도		
	캠코더 사용시	웹캠 사용시 (anicam)	웹캠 사용시 (Logitech Quick cam Pro 5000)
동작 1	20 fps	8 fps	18 fps
동작 2	21 fps	7 fps	18 fps

표 3은 두 동작에 대한 속도를 보여준다. 본 연구에서 제시한 알고리즘의 수행 속도는 카메라의 속도에 영향을

받지 않는 바는 아니지만 아주 느린 카메라를 제외하고는 빠른 속도를 보임을 알 수 있다.

4. 결론

재활훈련에서 동작 인식을 지체장애인 분야에 활용하려면 원하는 때에 훈련 결과를 확인 할 수 있어야 하고, 정확하게 동작을 인식할 수 있어야 한다. 본 연구에서는 이러한 조건을 만족하는 재활훈련 시스템을 설계하고, 사용자의 모션 인식 및 모범 동작과의 모션 일치 알고리즘을 제시하였다. 실험 결과 제시된 알고리즘으로 재활훈련 시나리오 상의 모범동작과 일치하는 사용자의 동작을 높은 확률로 인식할 수 있었다. 이는 본 연구의 최종 목표인 모델기반의 모션 인식으로의 기반을 다지며 차후 다방면의 재활 훈련에 적용하여 시간적 공간적으로 제한되어 있는 지체 장애인들의 재활 훈련을 좀 더 쉽게 활용할 수 있도록 하는데 도움이 될 것이다. 그러나 본 알고리즘에서는 목이 긴 경우 또는 팔다리의 길이가 길거나 짧은 등의 체형이 많이 다른 장애인에 관하여 완벽하게 인식하지는 못할 것으로 예상되며 한계를 극복하기 위하여 차후 연구과제로 모델기반의 매칭이나 다중카메라를 이용한 각 특징점의 벡터 추적에 의한 매칭 방법에 관한 연구를 수행할 예정이다.

Acknowledgement

본 연구는 문화관광부 및 한국문화콘텐츠진흥원의 문화콘텐츠기술연구소(CT)육성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고문헌

[1] Huazhong Ning and Liang Wang, "Model-based Tracking of Human Walking in Monocular Image Sequences", TENCON '02. Proceedings. 2002 IEEE
[2] Steffen Knoop and Stefan Vacek, "Sensor Fusion for 3D Human Body Tracking with an Articulated 3D Body Model Sensor Fusion for 3D Human Body Tracking with an Articulated 3D Body Model", Proceedings of the 2006 IEEE International Conference on Robotics and Automation, May 2006.

[3] Kristen Grauman and Gregory Shakhnarovich, "A Bayesian Approach to Image-Based Visual Hull Reconstruction", In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Madison, WI, June 2003
[4] German K.M. Cheung and Simon Baker, "Visual Hull Alignment and Refinement Across Time: A 3D Reconstruction Algorithm Combining Shape-From-Silhouette with Stereo", Computer Vision and Pattern Recognition, 2003 IEEE
[5] Joachim Schmidt and Jannik Fritsch, "Kernel Particle Filter for Real-Time 3D Body Tracking in Monocular Color Images", Proceedings of the 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition (FGR'06), 2006 IEEE
[6] Takashi Yamamoto and Rama Chellappa, "Shape and Motion Driven Particle Filtering for Human Body Tracking", ICME 2003, pp.61-64, 2003 IEEE
[8] David A. Forsyth and Jean Ponce, Computer Vision A Modern Approach, International Ed., Prentice Hall, pp.315-317, 2003.