

논문 2016-11-21

관절의 회전각을 이용한 자세 매칭률 획득 방법

(A Method of Pose Matching Rate Acquisition Using The Angle of Rotation of Joint)

현 훈 범, 송 수 호, 이 현*

(Hun-Beom Hyeon, Su-Ho Song, Hyun Lee)

Abstract : Recently, in rehabilitation treatment, the situation that requires a measure of the accuracy of the pose and movement of joints is being increased due to the habits and lifestyle of modern people and the environment. In particular, there is a need for active automated system that can determine itself for the matching rate of pose Basically, a method for measuring the matching rate of pose is used by extracting an image using the Kinect or extracting a silhouette using the imaging device. However, in the case of extracting a silhouette, it is difficult to set the comparison, and in the case of using the Kinect sensor, there is a disadvantages that high accumulated error rate according to movement. Therefore, In this paper, we propose a method to reduce the accumulated error of matching rate of pose getting the rotation angle of joint by measuring the real-time amount of change of 9-axis sensor. In particular, it can be measured same conditions that unrelated of the physical condition and unaffected by the data for the back and forth movement, because of it compares the current rotation angle of the joint. Finally, we show a comparative advantage results by compared with traditional method of extracting a silhouette and a method using a Kinect sensor.

Keywords : Pose, Matching rate, Angle of rotation, Angle of joint

1. 서 론

최근 현대인의 잘못된 생활패턴(걸음걸이나 앉는 자세), 습관, 환경으로 인한 많은 질병들이 발생하고 있다 [1]. 이를 해결하기 위해, 자세교정방법, 운동법 등 다양한 해결방안이 나오고 있지만 방법을 제공하는 사람이나 수행하는 사람이나 제대로 이행되고 있는지는 알 수가 없는 상황이다 [2].

일반 사람들이 아닌 환자들의 재활치료 역시 마찬가지이다. 병원을 다니지 않고 집에서 재활을 하는 원격의료가가 이슈인 가운데 간호사의 도움 없이

환자가 얼마나 재활을 잘 수행하는지는 미지수이다 [3]. 이는 운동선수들에게도 적용된다. 부상을 당한 운동선수의 재활이나 일반 운동선수들이 운동을 할 때 본인이 어떤 자세를 취하고 어떤 문제가 있는지 본인은 알 수가 없다 [4].

따라서 다양한 분야에서 자세의 정확성과 관절의 움직임 등을 필요로 하는 상황이 많아지고 있으며 그에 따른 자세 매칭률의 정확성이 얼마나 되는지 본인이 볼 수 있는 능동적인 시스템이 필요하다.

자세를 평가하기 위해서는 본인의 자세뿐만 아니라 본인의 자세와 타인의 자세에 대한 매칭률이 얼마인지를 알 수 있는 방법이 필요하다. 자세 매칭률을 얻기 위해서는 먼저 사람의 형태를 추출하여 비교할 수 있게 해야 하며, 비교대상이 되는 특징점이 존재하거나 비교 가능한 수치를 얻어야한다. 기본적으로 형태를 추출하는 방법으로는 1) 영상처리를 사용하여 실루엣을 추출하는 방법, 2) Kinect를 이용하는 방법, 그리고 3) Kinect와 ToF를 병합하여 이용하는 방법 등이 있다. 하지만 위와 같은 방법

* Corresponding Author (mahyun91@sunmoon.ac.kr)

Received: 18 Mar. 2016, Revised: 1 May 2016.

Accepted: 17 May 2016.

H. B. Hyeon, S. H. Song, H. Lee: Sun Moon University.

※ 본 논문은 한국연구재단의 학술연구비에서 지원하여 연구하였음. (NRF-2013R1A1A1075980)

들은 자세 매칭률을 구하거나 활용하는데 다음 아래와 같은 문제점이 존재한다.

1) 영상처리를 이용해 실루엣을 추출하는 방법의 가장 큰 문제점은 비교대상이 되는 사람을 전혀 인식하지 못하는 문제가 있으며 실루엣만을 추출하기 때문에 세부적으로 겹치는 부분을 알 수 없어 비교자체가 불가능하다 [5].

2) Kinect를 이용한 경우, skeleton-tracking 기법이 물체의 움직임에 따라 오차가 누적되어 발생한다. 또한 앞뒤 움직임에 대한 깊이 데이터의 영향을 받아 skeleton-tracking의 크기가 변형되고 사용자의 다양한 신체조건에 따라 영향을 받는다 [6].

3) Kinect와 ToF를 병합하여 이용하는 방법은 Kinect의 누적오차를 줄이기는 했지만, 2)에서 발생한 근본적인 문제점 등을 역시 해결하지는 못하고 있다 [7].

따라서 본 논문에서는 위와 같은 문제점 등을 해결하기 위하여 센서를 활용하여 자세 매칭률을 구하고자 한다. 특히, 전신에 부착한 센서를 이용하여 센서와 센서 사이의 신체 모든 관절의 회전각을 구해 매칭률을 비교하고자 한다. 실시간으로 센서의 회전각을 이용해 해당 관절의 회전각에 대한 데이터를 얻기 때문에 오차가 누적되는 것을 막을 수 있고, 관절의 회전각을 비교하기 때문에 앞뒤 움직임에 대한 깊이 데이터의 영향을 받지 않고 신체조건에 무관하게 동일한 조건으로 비교할 수 있다.

II. 관련연구

기존 연구 특징으로는 자이로와 가속도를 이용하여 오일러 각으로 변환하여 상보필터나 칼만필터를 적용하여 값을 추출하는 방법이 있지만 해당 방법에는 짐벌락(Gimbal lock)이라는 치명적인 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 가속도, 지자기, 자이로 등, 3가지 센서가 융합된 9축 센서를 이용하고자 한다. 그리고 짐벌락 현상을 해결하기 위해 회전각은 오일러 각의 표현을 사용하고 계산에는 쿼터니언(Quaternion)을 이용하고자 한다.

1. 회전각

오일러 각이란 강체(물체)가 놓인 공간을 3차원 공간에 표시하기 위한 각도로 오일러 각을 구하는 식은 (1)과 같다 [8].

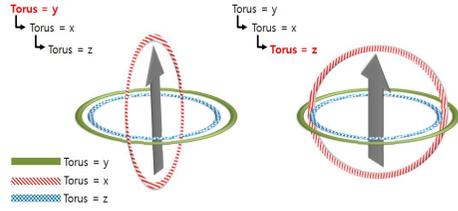


그림 1. 짐벌락(Gimbal lock) 현상
Fig. 1 Gimbal lock phenomenon

$$R_{zyx} = R_z(\gamma)R_y(\beta)R_x(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos\beta\cos\gamma & \sin\alpha\sin\beta\cos\gamma - \cos\alpha\sin\gamma & \cos\alpha\sin\beta\cos\gamma + \sin\alpha\sin\gamma \\ \cos\beta\sin\gamma & \sin\alpha\sin\beta\sin\gamma + \cos\alpha\cos\gamma & \cos\alpha\sin\beta\sin\gamma - \sin\alpha\cos\gamma \\ -\sin\beta & \sin\alpha\cos\beta & \cos\alpha\cos\beta \end{bmatrix} \quad (1)$$

위 식 (1)을 보면 회전되는 축은 총 3가지로 구성되어 있고 그 회전축들은 서로 종속적인 관계에 있다. 종속적인 이유는 강체의 회전시스템을 디지털 화시키다 보니 순차적으로 세 축으로 나눠서 계산하기 때문에 처음 축의 회전 후 다음 축의 회전은 이미 회전이 일어난 상태에 대한 회전이기 때문이다. 기본적으로 3차원 축에서 Roll(z축), Yaw(y축), Pitch(x축)로 표현하고 사용하고 있다.

2. 짐벌락(Gimbal lock)

오일러 각의 종속적인 특성 때문에 발생하는 문제가 짐벌락 현상이다. 짐벌락이란 두 축이 겹쳐서 한 축이 소실되는 현상으로 회전행렬을 적용했을 때 회전의 중심이 되는 축을 제외하고 나머지 축들도 함께 회전하는 것을 말한다 [9].

그림 1에서 보이는 것과 같이 y축과 z축을 따로 돌려도 둘은 항상 같은 회전을 한다. 즉, y축과 z축은 서로 다른 축이지만 하나의 축 역할을 수행하여 축 한 개의 역할이 소실된다.

3. 쿼터니언(Quaternion)

짐벌락 현상을 방지하기 위해, 본 논문에서는 수치표현만 오일러 각의 Roll, Yaw, Pitch를 사용하고 수치계산은 쿼터니언을 이용하여 계산한다.

여기서 오일러 각과 쿼터니언의 가장 큰 차이는 오일러 각은 각 축을 순차적으로 계산하여 종속적으로 묶여 있지만, 짐벌락의 발생을 막기 위해 쿼터니언은 각 축에 대한 계산을 한 번에 수행한다.

쿼터니언은 4차원 복소수 공간의 벡터를 나타내는 것으로 사원수를 통해 정보를 담는다 [8]. 오일러 각을 쿼터니언으로 계산하는 방법은 식 (2)와 같다.

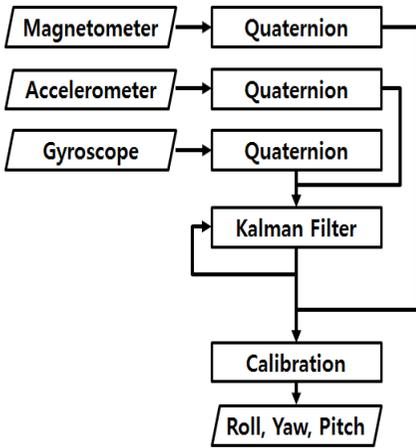


그림 2. 센서의 동작 순서도
Fig. 2 Work flow chart of the sensor

$$q = Q(A) = Q_z(\gamma)Q_y(\beta)Q_x(\alpha)$$

$$= \begin{bmatrix} w \\ x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos(\gamma/2)\cos(\beta/2)\cos(\alpha/2) + \sin(\gamma/2)\sin(\beta/2)\sin(\alpha/2) \\ \cos(\gamma/2)\cos(\beta/2)\sin(\alpha/2) - \sin(\gamma/2)\sin(\beta/2)\cos(\alpha/2) \\ \cos(\gamma/2)\sin(\beta/2)\cos(\alpha/2) + \sin(\gamma/2)\cos(\beta/2)\sin(\alpha/2) \\ \sin(\gamma/2)\cos(\beta/2)\cos(\alpha/2) - \cos(\gamma/2)\sin(\beta/2)\sin(\alpha/2) \end{bmatrix} \quad (2)$$

*A는 오일러 각 $A = (\alpha, \beta, \gamma)$ 를 의미한다.

그림 2는 위와 같은 식(2)을 사용하여 센서에서 값이 나오는 전체적인 순서도를 나타낸 것이다. 가속도, 지자기, 자이로 등, 각각의 센서에서 Raw 데이터를 가져와 개별로 쿼터니언 계산을 수행하고 가속도와 자이로의 값은 칼만필터를 이용해 보정 값을 얻은 후 지자기 센서의 값과 합하여 변화, 조정하여 Roll, Yaw, Pitch 값을 얻는다.

4. Kinect를 이용한 매칭률 추출

회전각을 이용한 매칭률 추출 방법과 비교하기 위해 skeleton-tracking을 기반으로 Kinect를 이용한 매칭률 추출 방법이 있다. Kinect를 이용한 매칭률 추출 방법은 새롭게 제안하는 방법이며, 각 관절의 좌표 값을 비교하여 정확도에 따라 매칭률을 추출하는 방법이다. 특히, 사람의 움직임에 따라 이동하는 tracking을 그림 3처럼 중심점을 중앙에 고정시켜 움직이지 않게 잡아두고 관절의 움직임만 변화한다. 또한 깊이 데이터에 따라 tracking이 변하고 사용자의 신체조건에 따라 변하는 문제를 보정하기 위해 중심 관절의 좌표 값의 차이를 구하여 각 관절의 좌표 값을 보정하여 깊이 데이터와 신체조건을 제약해 보정시킨다.

$$|x_1 - x_2| = x', |y_1 - y_2| = y' \quad (3)$$

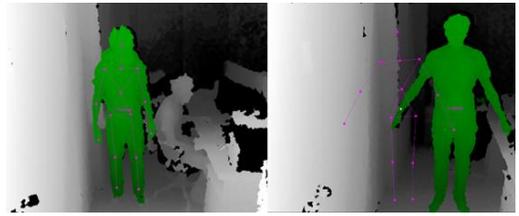


그림 3. tracking의 이동 고정
Fig. 3 Fixed tracking of moving

중심 관절 값을 차이를 구하기 위해 식 (3)과 같이 절대값을 씌워준다. 그리고 중심 관절의 차이 값으로 구해진 x'과 y'의 좌표가 구해지고 식 (4)와 같이 두 사람의 각 관절((x_i, y_i), (x_j, y_j))을 직접 비교하지 않고, 관절의 차이 값이 중심 좌표 값의 보정 값보다 작은지를 비교하여 작으면 매칭 크면 비매칭으로 분류한다.

$$|x_i - x_j| \leq x', |y_i - y_j| \leq y' \quad (4)$$

Kinect를 이용한 매칭률 추출에서 매칭률은 측정 관절의 총 15개의 포인트에 6.6%의 비율을 두고 총 100%에서 비매칭에 해당하는 부분의 개수(n)만큼 6.6% * n 하여 빼준 값이다. 모든 관절에 균등하게 비율을 준 것은 2차원적 평면에서 비교하는 것이 아니라 3차원적 공간에서 축의 움직임도 고려하여 모든 관절의 움직임에 있어 비중의 차이가 없기 때문이다.

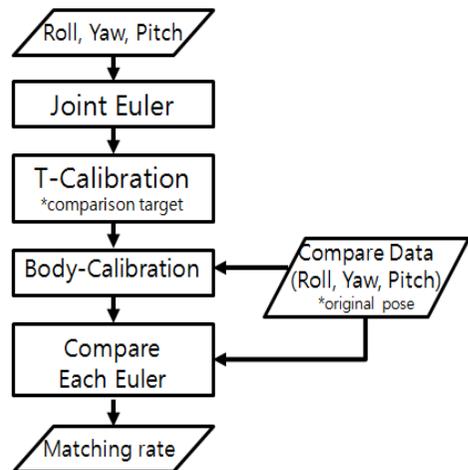


그림 4. Kinect를 이용한 매칭률 획득 절차
Fig. 4 Obtaining matching-rate flow chart using the Kinect

그림 4는 Kinect를 이용한 매칭률 획득 절차를 나타낸 것으로 skeleton-tracking을 수행한 후, 중심점을 중앙으로 옮기고 Body-Calibration에서 비교 대상자와 비교하고자 하는 원본 자세의 중심 관절 좌표를 빼서 보정한 후, 각 관절의 값을 빼서 보정된 값과 비교하여 매칭률을 얻는다.

III. 관절의 회전각을 이용한 매칭률 추출

그림 5와 같이, 관절의 회전각을 이용해 매칭률을 추출하는 방법은 센서의 회전각을 이용해 각 관절의 회전각을 구하여 비교하는 방법이다. 9축 센서를 총 17개를 부착하여 회전각을 추출한 후 센서와 센서 사이 관절의 회전각을 구하여 총 13개의 관절의 회전여기서, 관절의 회전각을 구하는 방법은 센서와 센서의 회전각을 뺀 값으로 관절의 회전각을 구한다. 관절의 회전각은 관절의 움직임을 보기위한 각이기 때문에 단순히 센서와 센서의 회전각을 빼는 것으로 정의할 수 있다.

센서의 회전각이 아닌 관절의 회전각을 이용하는 이유는 세그먼트 단위의 비교가 아닌 관절의 움직임에 따른 매칭률을 얻어 비교하고자하기 때문이다. 즉, 전체 자세를 찍어놓은 후, 일치하는가를 보는 것이 아니다. 각을 비교하여 매칭률을 얻는다.

절대적 기준이 아닌 관절의 상대적 기준으로 유용성을 높이기 위해, 그림 6과 같이, 직선상의 센서

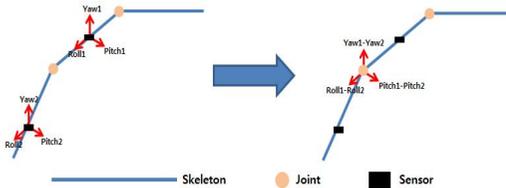


그림 5. 관절의 회전각 구하기

Fig. 5 Obtaining the angle of rotation of the joint

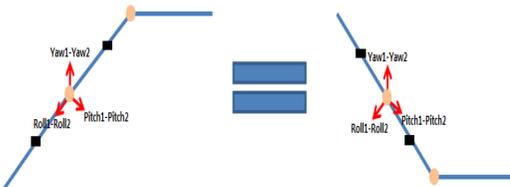


그림 6. 회전각의 상대적 관점

Fig. 6 Relative viewpoint of the angle of rotation

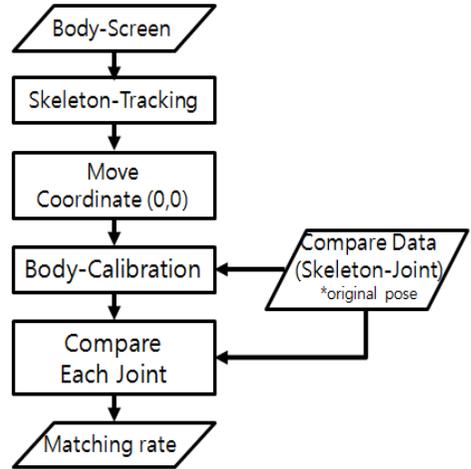


그림 7. 회전각을 이용한 매칭률 추출 흐름도
Fig. 7 Extraction matching rate flow chart of angle of rotation

와 관절을 팔로 보고 꺾인 부분의 관절을 어깨 관절로 보면 관절의 회전각만을 보기 때문에 직선인 팔은 매칭으로 보고 꺾인 부분의 어깨에 대한 관절로 추가 매칭률을 판단한다. 그리고 센서를 착용 후 데이터를 바로 비교하는 것이 아니라 부피에 대한 보정을 수행해야 한다.

우선 그림 7을 보면 관절의 회전각을 이용한 매칭률 추출 방법의 전체 순서도를 알 수 있다. 센서에서 오일러 각의 표현으로 값을 가져온 후, 각 관절의 회전각을 구하고 신체부피에 대한 보정을 위해 그림 8과 같이, T-calibration을 수행한다.



그림 8. T-calibration 자세 수행
Fig. 8 T-calibration Pose

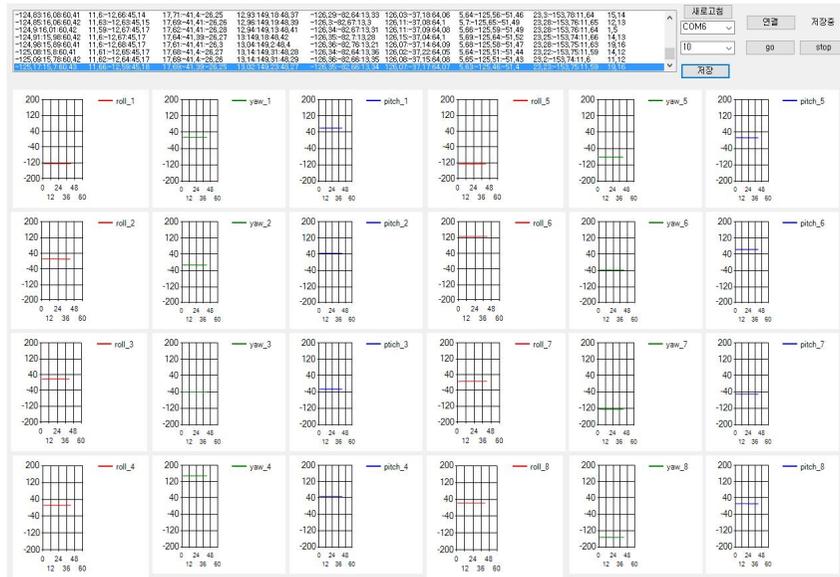


그림 9. 매칭률 추출 시스템
Fig. 9 System for matching rate

T-calibration은 그림 8처럼 차렷 자세에서 양 팔을 나란히 벌리는 모형으로 T모형과 같은 모형의 자세를 유지하여 현재 자세의 센서 값을 가져와 자세 교본에 저장된 값과 보정을 한다. 즉, 본인에게 맞는 T-calibration을 수행한 후 보정 값을 얻어 오는데, 현재 구해진 관절의 회전각과 교본의 회전각의 차이만큼 결과에서 보정해준다. 또한 환경에 따라 변하지만 이상적인 환경에서 Roll, Pitch값은 0.2도 이하, Yaw값은 0.5도 차이가 나기 때문에 기본 1도의 오차 범위를 보정시켜준다.

Body-Calibration에서 보정을 끝낸 후, 각 관절의 회전각을 비교하여 매칭률을 구한다.

관절의 회전각을 이용한 매칭률 추출에서 매칭률은 13개의 회전각에 3개의 속성이 존재하므로 비교 대상은 총 39개의 값을 비교하고 39개의 값에 같은 비중을 두어 하나에 2.55%의 비중을 두고 총 100%에서 비매칭에 해당하는 부분의 개수(n)만큼 $2.55\% * n$ 하여 빼준 값이 관절의 회전각을 이용하여 얻은 매칭률이다. 관절의 회전각에서 모든 관절에 균등하게 비율을 준 것은 회전각이라는 특성으로 2차원적 평면에서 비교하는 것이 아니라 3차원적 공간에서 회전을 고려하여 모든 관절이 움직임에 있어 비중의 차이가 없기 때문이다.

위와 같은 알고리즘을 구현하기 위해, 본 논문에서는 센서 17개와 송신기 수신기를 1개씩 사용하여

Roll1	Roll2	Yaw1	Yaw2	Pitch1	Pitch2
joint1	joint1	joint1	joint1	joint1	joint1
joint2	joint2	joint2	joint2	joint2	joint2
joint3	joint3	joint3	joint3	joint3	joint3
joint4	joint4	joint4	joint4	joint4	joint4
joint5	joint5	joint5	joint5	joint5	joint5
joint6	joint6	joint6	joint6	joint6	joint6
joint7	joint7	joint7	joint7	joint7	joint7
joint8	joint8	joint8	joint8	joint8	joint8
joint9	joint9	joint9	joint9	joint9	joint9
joint10	joint10	joint10	joint10	joint10	joint10
joint11	joint11	joint11	joint11	joint11	joint11
joint12	joint12	joint12	joint12	joint12	joint12
joint13	joint13	joint13	joint13	joint13	joint13

그림 10. 매칭률 획득 방법
Fig. 10 A method of obtaining matching rate

시스템을 구성하였다. 또한 그림 9와 같이, 각 센서에서 나온 값의 차이인 관절의 회전각 13개를 실시간으로 가져와 비교하였다.

결과적으로 매칭률 획득방법을 그림 10과 같이 표현할 수 있다. 그리고 Yaw의 joint6, 7번과 Pitch의 joint10, 13번이 다르기 때문에 총 매칭률은 89.8%로 나타낼 수 있다.

IV. 실험 및 분석

본 논문에서는 Kinect를 이용한 영상처리를 이용하여 매칭률을 추출하는 방법과 관절의 회전각을 이용하여 매칭률을 추출하는 방법을 비교 실험하였다.

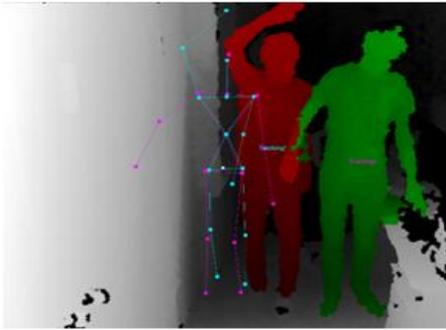


그림 11. Kinect 동작 테스트
Fig. 11 Kinect pose test

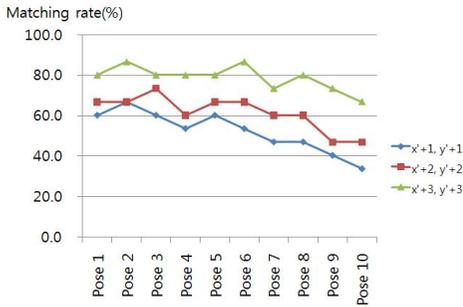


그림 12. (Kinect) 오차범위 테스트 그래프
Fig. 12 (Kinect) Graph of error range test

그리고 비교하는 동작의 자세는 같은 동작으로 수행하였다.

1. Kinect를 이용한 매칭률 추출

Kinect를 이용한 매칭률 추출에서 실험은 같은 거리상에서 신체조건이 유사한 실험자들이 전신이 모두 보이는 상태에서 여러 자세를 비교하였다. 그림 11처럼, 같은 동작을 수행하여 매칭률을 비교하며 Kinect의 최대 이상적 거리인 2m거리에서 같은 자세에 각 비교 대상인 x'과 y'에 오차범위를 다르게 주며 실험하고, 자세 재수행과 거리에 따른 변화량을 측정하였다. 수행횟수와 거리에 따른 실험은 +2의 오차범위를 주고 실험하였다.

그림 12와 같이, 오차범위가 클수록 높은 정확도를 내기는 하지만 기본적인 매칭률 획득에 대한 성능이 대체적으로 낮은걸 알 수 있다.

그림 13의 그래프를 보면, 자세를 수행함에 있어, 오차가 누적되어 갈수록 그 정확도가 떨어진다. 즉, 지속적인 움직임의 사용이나 사용시간이 긴 시스템

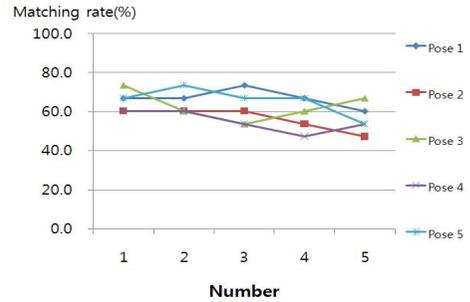


그림 13. (Kinect) 수행횟수 테스트 그래프
Fig. 13 (Kinect) Graph of execution count test

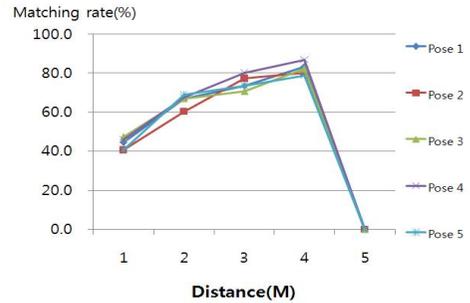


그림 14. (Kinect) 거리 테스트 그래프
Fig. 14 (Kinect) Graph of distance test

에서 사용하기 부적합하기 때문에 적합한 사용처를 찾기 어렵고 여러 응용분야에 사용할 수 없다.

그림 14의 그래프를 보면 거리에 따라 정확도가 변하는 것을 볼 수 있다. 1m에서는 전신이 전부 나오지 않아 매칭률이 현저히 떨어지고, 그 후 차차 늘어나는데 3~4m구간은 멀어질수록 트래킹이 작아져 자연스럽게 오차범위가 좁혀지게 돼서 매칭률이 올라간다. 5m에서는 사람이 인식되지 않아 매칭률 자체가 측정되지 않는다. 거리에 제한이 있기 때문에 사용에 한계가 있다.

2. 관절의 회전각을 이용한 매칭률 추출

관절의 회전각을 이용한 매칭률 추출에서 실험은 센서를 신체의 정 중앙에 부착한다(허벅지 길이의 중앙 점, 종아리길이의 중앙 점 등). 또한 신장의 차이는 상관하지 않고, 신체부피의 차이가 극심한 실험자를 사용하지 않고 유사하거나 옷의 두께가 두껍고 얇은 정도의 차이를 두고 여러 자세를 비교하였다.



그림 15. 센서 동작 테스트
Fig. 15 Sensor pose test

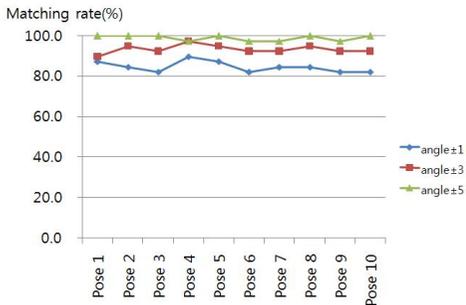


그림 16. (Sensor) 오차범위 테스트 그래프
Fig. 16 (Sensor) Graph of error range test

그림 15처럼 같은 동작을 수행하여 매칭률을 비교하여 같은 자세에 비교 대상인 Roll, Yaw, Pitch에 여러 오차범위를 주며 실험하고, 수행횟수와 거리에 따른 변화량을 측정한다. 자세 재수행과 거리에 따른 실험은 ± 3 의 오차범위를 주고 실험하였다.

그림 16의 그래프를 보면 오차범위를 크게 주면 그에 따른 정확도가 상당히 떨어지는 것을 볼 수 있다. 뿐만 아니라 오차범위의 보정이 크지 않아도 높은 매칭률 검출 성능을 보여준다. 그리고 그림 17을 보면 반복되는 동작의 수행에도 실시간으로 해당 값을 가져와 누적되는 오차가 없이 해당 자세에 대한 값을 정확히 가져올 수 있다. 그래프에서 보이는 차이는 수행 중 움직임에 센서가 흔들리는 벨크로 밴드의 한계가 있어 생긴 오차이다.

본 논문에서의 실험에는 벨크로밴드를 사용하여 너무 낮은 오차 범위에서 센서를 신체에 부착하는데 고정하는 부분의 문제와 동작 수행 시, 센서가 움직이는 한계로 문제가 있어 보일 수 있지만, 해당 부분을 벨크로가 아닌 소켓을 사용하여 해결하면

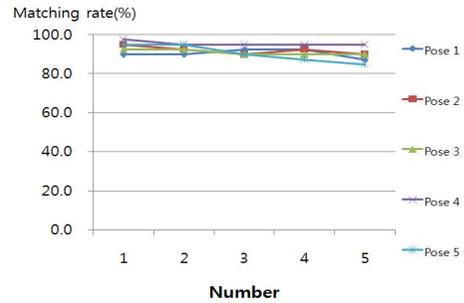


그림 17. (Sensor) 수행횟수 테스트 그래프
Fig. 17 (Sensor) Graph of execution count test

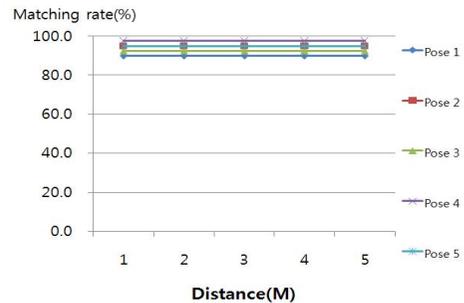


그림 18. (Sensor) 거리 테스트 그래프
Fig. 18 (Sensor) Graph of distance test

낮은 오차범위와 지속적인 사용에도 높은 매칭률 성능을 기대할 수 있다.

그림 18의 그래프를 보면 센서를 착용하여 리시버에서 거리가 멀어져도 값에 변화 없이 정상적으로 일정한 매칭률 값을 가져온다. 5m 이상의 장거리에서도 문제없이 작동한다. 거리에 제한 없이 사용가능하고 장거리 통신이 가능하기 때문에 활용성이 높다.

V. 결론

위 실험에서 알 수 있듯이 Kinect를 이용한 매칭률 측정보다 센서를 이용하여 관절의 회전각을 비교함으로써 매칭률을 얻는 것이 훨씬 좋은 성능을 보인다는 것을 알 수 있다. 추가적으로 센서의 부착과 움직임에 대한 부분을 해결하면 훨씬 더 정확한 매칭률을 획득할 수 있고 필요에 따라 관절 내부의 면운동 같은 미세한 차이도 비교할 수 있다. 이렇듯 센서를 이용하여 매칭률을 획득하는 것으로 자세를

교정해주거나 재활치료를 받는 환자, 원격진료에 대한 치료, 운동선수의 재활운동 등 전문가가 옆에 없어도 본인이 본인의 자세, 치료, 운동의 상태를 볼 수 있고, 이에 따른 성과를 육안으로 확인할 수 있게 된다.

본 논문에서는 정적인 자세에 한한 매칭률을 획득하는 방법을 제시하였지만, 추후 연속적인 동작에서의 매칭률 역시 비교할 수 있는 동작 매칭률에 대한 연구역시 진행할 예정이다.

References

- [1] Ç. Tüzün, İ. Yorulmaz, A. Cindaş, S. Vatan "Low Back Pain and Posture," *Clinical Rheumatology*, Vol. 18, No. 4, pp. 308-312, 1999.
- [2] B.W Lee, H.S Shin, "Feasibility Study of Sitting Posture Monitoring Based on Piezoresistive Conductive Film-Based Flexible Force Sensor," *Sensors Journal, IEEE*, Vol. 16, No. 1, pp. 15-16, 2015.
- [3] C.J. Kucik M.D, M.A, D.M.C.C, F.C.C.P, "Telemedicine and Future Innovations," *Trauma Team Dynamics*, pp. 187-192, 2016.
- [4] J.R. Andrews, G.L. Harrelson, K.E. Wilk, "Physical Rehabilitation of the Injured Athlete," pp. 1-618, 2012.
- [5] S.Y Kwok, H.R Byun, "People Detection, Tracking and Silhouette Extraction System for Humanoid Robots," *Institute of Korea Communication Sciences*, Vol. 34, No. 6, pp. 593-603, 2009 (in Korean).
- [6] L. Herda, P. Fua, R. Plankers, R. Boulic, D. Thalmann, "Using Skeleton-based Tracking to Increase The Reliability of Optical Motion Capture," *ELSEVIER Human Movement Science*, Vol. 20, No. 3, pp. 313-341, 2001.
- [7] L.A. Schwarz, A. Mkhitaryan, D. Mateus, N. Navab, "Human Skeleton Tracking from Depth Data Using Geodesic Distances and Optical Flow," *ELSEVIER Image and Vision Computing*, Vol. 30, No. 3, pp. 217-226, 2012.
- [8] U.Y. Usta, "Comparison of Quaternion and Euler Angle Methods for Joint Angle Animation of Human Figure Models," *Storming Media*, 1999.
- [9] Books Llc, "Gyroscopes: Gyrocompass, Gyroscope, Inertia, Reaction Wheel, Gimbal Lock, Control Moment Gyroscope, Vibrating Structure Gyroscope," *General Books LLC*, 2010.

현훈범 (Hun-Beom Hyeon)



He received the B. E. degree at the Sun Moon University in 2015. His current research focus on wellness human-care system based on sensor fusion and the real-time

decision making system.
Email: hbtd@naver.com

송수호 (Su-Ho Song)



He received the B. E. degree at the Sun Moon University in 2015. His research interesting is focused on DNN, CNN, RNN, Deep learning and image processing issues

for making autonomous computing.
Email: mania2785@gmail.com

이 현 (Hyun Lee)



He received the Ph. D. degree in the Univ. of Texas at Arlington in 2010. He is an assistant professor at CSE Dept. of Sun Moon Univ. His current research interests

include sensor fusion issues for proving the reliability of contextual information in cyber physical systems.

Email: mahyun91@sunmoon.ac.kr