

국문제목

영문제목

요 약

인간의 동작 인식과 관련된 연구는 기술의 발전과 함께 널리 진행되고 있으며, 그 수요가 증가하고 있는 추세이다. 하지만, 현재까지 나와 있는 방식에 대한 정확도는 센서나 계산된 수치상으로는 유사할 수 있으나 기존의 전문가적 입장에서 관찰해 보았을 때 급격히 떨어진다.

본 연구는 간단한 던벨로우 동작을 기존에 나와 있는 프레임 단위의 동작 인식 방법으로 측정해 보고 거기서 나온 문제점을 개선하기 위해 로테이션 매트릭스(Rotation Matrix)방식을 이용한 동작 인식 방법을 제안한다.

1. 서 론

인간의 동작 인식과 관련된 연구는 기술의 발전과 함께 널리 진행되고 있다. 특히 컴퓨터의 발전으로 인해 동작인식을 기반으로 하는 입력장치에 대한 사용자 요구가 증가되고 있다.

인간 동작의 정확성을 평가하는 시스템은 현재 3D 모션 캡처, Depth카메라를 사용한 방법, 자격을 갖춘 운동 전문가의 시각을 통한 분석 그리고 마지막으로 사람의 주관적 평가가 대표적이다.

본 논문에서는 기존에 사용되고 있는 동작인식 방법을 살펴보고 문제점을 알아본다. 그리고 대표적인 방법 중 하나인 프레임 애니메이션의 동작 인식 과정들을 면밀히 살펴보고, 테스트해 보았다. 그 결과 나타난 동작인식의 한계에 대한 내용을 서술하고, 문제점을 보완하기 위해 새로운 방법인 로테이션 매트릭스를 사용한 측정방법을 제시해보고자 한다.

2. 관련연구

사람이 시각을 통해 주관적으로 동작을 측정하는 경우는 두 가지로 나눌 수 있는데, 전문가가 하는 경우와 본인이 직접 하는 경우이다. 두 경우 다 주관적 판단이라는 것이 개입되기 때문에 부정확할 수 있다. 그리고 전문가의 경우도 여러 사람의 관찰 및 측정을 요하는 경우 그 정확도에서 의심이 될 수 밖에 없다. 본인 자신이 측정하는 경우는 보통 어떠한 동작에 대한 기준이 정해진

상태에서 본인이 직접적인 비교를 해보고 판단하는 경우를 말한다. Portia E. Taylor의 연구에서는 텍스트와 그림으로 이루어진 지시사항을 통해 운동을 진행하였다.[1] 최종결과는 사람의 눈으로 판별을 하였는데, 이 경우 본인이 비전문가이면 측정에 대한 기준은 정확도가 떨어진다는 가정이 있다. 그리고 지시되지 않은 디테일한 부분은 불분명하게 인식할 수 밖에 없다. 즉, 격렬한 동작이나 복잡한 동작은 주어진 기준만을 가지고 정확하게 하기란 매우 힘들다.

3D모션 캡처는 정확한 측정을 사용하는 캡처 시스템의 경우 고가이다. 그리고 피부 장착 마커를 사용하는 등의 방식은 측정 데이터 외에 다른 데이터가 같이 들어가는 등 정상적인 움직임 측정이 방해된다. 그리고 전문 인력의 데이터 생성 및 해석 그리고 많은 시간의 소요가 필요하다. 따라서 이러한 시스템의 경우 측정을 연구실 내에서 해야 하는 등의 한계점이 나타나고 있다.

3D모션 캡처의 대안으로 depth카메라를 사용한 (대표: 키넥트, 립모션 등등) 캡처 방식이 있다. 저비용 및 용이한 사용법으로 연구 및 상업목적을 위해 자주 사용되는 시스템이다. 그러나 본 시스템의 경우 센서를 사용한 방식과 비교하였을 때 정확성이 부족하다. 그 예로 부적절한 조명이나 옷과 같은 것들이 카메라의 측정에 방해를 준다. 그리고 카메라의 촬영 범위가 2m제곱 정도로 정해져 있어 그 이상의 범위는 측정이 불가하며, 사람 외에도 사람과 유사한 운동기구 혹은 물체를 인식하는 등의 오류가 작동되는 것으로 보고 되고 있다.

이러한 다양한 측정 방식의 문제점을 극복하고자 최근에는 IMU(Inertial Measurement Units)와 같은 센서를 사용한 모션 측정방식을 다양한 방식으로 발전시키고 연구를 진행하고 있다. IMU는 가속도계, 자이로스코프 등 비교적 저렴한 가격의 센서를 사용하여 관성 운동 및 3방향(3d)의 데이터를 수집하고 측정하는 것이다. 그러므로 현재 많은 연구자들이 IMU를 사용한 모션 측정 연구를 진행하고 있다. B. Bruegge의 연구[2]와 T. M Nakra[3]의 연구에서는 휴대형 IMU센서 기기를 이용하여 복잡한 지휘 동작을 검출해 내는 연구를 진행하기도 하였다. 이들 연구가 간단한 팔동작을 검출하는 연구로 전신 동작 인식을 목표로 하고 있는 우리의 연구와는 조금 다른 양상을 보이고 있기는 하지만, 비교적 동작 인식율이 좋았다는 사실은 인정받을 만하다. 하지만, 전문 지휘자의 평가를 들어보면 지휘 동작이 교과서에 나오는 모양과 같은 형태로 이루어지는 것은 아니므로 그 정확도 보다는 음악의 완성도와 같은 다른 부분에 초점이 맞추어져 있다고 할 수 있다.



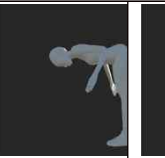



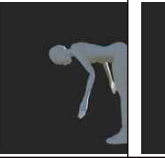









최근 발전하고 있는 IMU센서를 사용하여 동작을 측정할 경우 그 데이터를 가공하고 얼마나 정확하고 빠르게 동작을 측정해 내는지에 대한 문제를 해결하는 것에 중점을 두고 있는 추세이다.

3. 프레임 애니메이션

동작은 손이나 발을 움직이는 행동을 뜻한다. 또한, 시작과 목표 사이 연속되는 모습을 의미한다. 특정 동작을 다른 사람에게 전달하는 방법은 구두를 통해 직접 전달하는 방법과 동영상을 통해 전달하는 방법이 있다. 구두를 통해 전달하는 방법으로는 헬스장의 PT와 같이 전문가가 미숙련자에게 동작을 시범하고 하는 것까지 알려준다. 동영상은 전문가의 행동을 카메라로 녹화를 하여 보여주는 방식과 3D 제작 툴을 활용하여 제작한 동영상을 보여준다. 각 전달의 방법으로는 장단점이 뚜렷하게 존재한다. 구두를 통한 전달은 정확하게 동작을 전달할 수 있으나 소수의 인원만 배울 수 있다. 동영상을 통한 전달은 구두전달과 반대로 불특정 다수에게 누구에게나 전달할 수 있지만 완벽하게 전달하기 어렵다. 그 이유로 전문가의 행동을 카메라로 녹화하는 과정에서는 자세한 동작의 설명과 동시에 같은 동작을 반복해도 완벽하게 동일한 동작을 보여줄 수 없다. 이러한 녹화 영상의 단점을 보완하기 위해 3D 툴을 활용하여 프레임 애니메이션으로 제작하는 것을 볼 수 있다. 프레임 애니메이션은 시작하는 동작과 목표 동작 각각의 프레임을 설정해주고

사이의 프레임은 보간법을 통해 자동으로 동작을 생성한다. 프레임 애니메이션의 단점으로는 제작자가 동작을 완벽하게 숙지를 하더라도 직접 행동하는 것이 아니기에 조금씩 다른 표현을 볼 수 있으며 완벽하게 같은 형태로 3D툴에서 구현하는 것은 매우 어렵다. 이에 섬세한 동작의 구현은 매우 어렵다고 볼 수 있다. 이를 보완하고자 애니메이션 그래프를 조작하여 모션의 속도를 조절할 수 있도록 하였다. 그러나 실제 동작에서 나타나는 아주 미세한 속도의 변화를 3D 제작 툴에서 프레임 애니메이션으로 표현한다는 것은 불가능에 가깝다고 볼 수 있다.

실제 동작과 프레임 애니메이션을 통한 동작의 차이점을 분석했다. <표-01>을 통해 볼 수 있다. 동일한 프레임으로 변환하였으며 덤벨의 위치와 신체의 회전값을 분석했다. 1초 기준 30프레임을 기본속도로 지정하였다. 이를 통해 실제 동작과 3D 툴을 통한 동작은 공통적으로 0프레임은 동작의 시작, 30프레임은 목표자세, 60프레임은 되돌아온 자세로 볼 수 있다. 각 동작은 덤벨을 아래에서 위로 올리는 것을 각각 시작자세와 목표자세로 분할하여 덤벨이 이동한 값을 퍼센트로 비교분석하였다.

프레임 애니메이션				
프레임	0 frame	15 frame	20 frame	30 frame
프레임 애니메이션				
프레임	35 frame	45 frame	51 frame	60 frame
실제 동작				
프레임	0 frame	15frame	20 frame	30 frame
실제 동작				
프레임	35frame	45 frame	51 frame	60 frame

<표-01> 프레임 애니메이션 기법을 이용한 동작인식 단계 분류표

<표-01>의 0, 15, 30, 45, 60 프레임 애니메이션은 순서대로 균일한 속도로 움직이는 것을 볼 수 있다. 이는

프레임애니메이션은 시작동작과 목표동작을 원하는 프레임에 설정하면 그 사이 프레임과 동작을 보간하여 자동으로 생성해주기 때문이다. 그러나 실제 동작의 0, 15, 30, 45, 60 프레임을 순서대로 보면 프레임 애니메이션과 다른 덤벨의 위치 값을 볼 수 있다. 덤벨을 올리는 동작에서는 키프레임 애니메이션과 동일하게 0, 15, 30 프레임의 순서대로 동작의 이동 범위, 속도는 균일했다. 그러나 덤벨을 내리는 동작에서 속도의 변화를 확인할 수 있었다. 표의 프레임 애니메이션 30~60프레임과 실제 동작 30~60프레임을 보면 각 시작과 종료의 시간은 같으나 내려오는 동작의 속도가 다르다. 30~35 프레임까지는 빠른 속도로 덤벨을 50%까지 내리는 것으로 볼 수 있다. 프레임 애니메이션에서는 덤벨의 위치가 동작의 50%에 해당하는 것은 45프레임에 위치한다. 이를 통해 프레임 애니메이션과 달리 빠른 진행 이후 천천히 속도를 조정하는 것으로 볼 수 있다. 그리고 45프레임부터 60프레임까지 천천히 덤벨을 정지속도로 낮추는 과정을 볼 수 있다. 이와 같은 이유는 운동의 효과를 극대화하기 위함과 중력, 근육의 활용등을 통해 나타나는 미세한 차이를 통해 나타난 것으로 볼 수 있다. 또한 해당 구분동작에서 나타나는 차이점은 덤벨의 무게와 상관없이 자주 나타나며, 덤벨의 무게가 무거울수록 속도의 변화를 눈에 띄게 확인할 수 있었다. 또한 세부적으로 동작을 확인한 결과 덤벨을 올리기 직전과 올리고 유지를 하다가 덤벨을 내리는 순간 나타나는 속도의 변화가 있다. 이를 통해 프레임 애니메이션은 실제 동작과 매우 유사해 보이지만 정확한 동작의 표현이라 볼 수 없다.

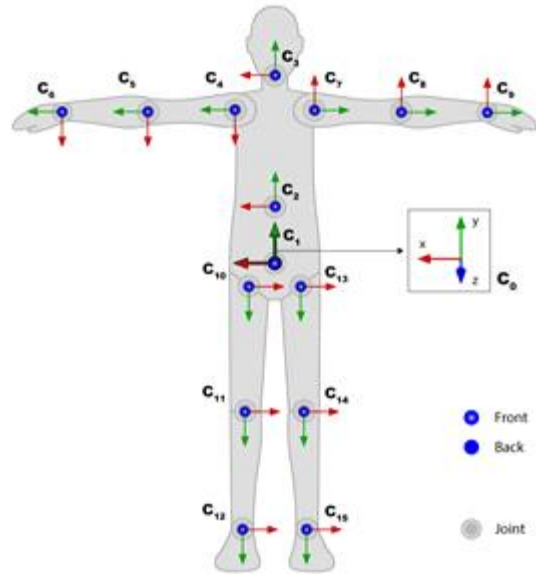
4. 로테이션 매트릭스(Rotation Matrix)를 사용한 방법

3차원 공간상에서 오일러 각(Euler Angles)과 로테이션 매트릭스(Rotation Matrix)를 사용하여 물체의 회전을 표현할 수 있다. 오일러 각이란 각 x, y, z 축의 회전량을 지정된 순서대로 곱하였을 때 물체의 모든 방향을 표현하는 방법이다.[4] 오일러 각으로 로테이션 매트릭스는 서로 밀접한 관계가 있으며 본 논문에서는 각 자세의 단계에 따라 로테이션 매트릭스를 도출한 후 오일러 각으로 변환하여 회전 값을 적용해보고자 한다. 그 후에 게임 엔진인 유니티(Unity)에서 해당 부위의 오일러 각을 적용하였고 회전 순서는 Z, X, Y 이다.[5]

4.1 회전 축 정의

몸 전체에서 각 부위별로 회전축을 찾아 총 16개로 분

류하였다.



<그림-01> 회전축과 신체 부위 분류

<그림-01>은 각 부위마다 회전축을 표현한 것이다. 각 부위의 회전축은 왼손좌표계가 기반인 로컬좌표계를 사용 하였다. 처음에 설정한 기본 축은 y 축이 머리, 팔, 다리로 향하게 설정하였다. 이 규칙은 동작의 단계가 진행될 때도 동일하게 적용 된다.

회전축	부위	회전축	부위
	World		Left Lower Arm
	Hips		Left Hand
	Spine		Right Upper Leg
	Head		Right Lower Leg
	Right Upper Arm		Right Foot
	Right Lower Arm		Left Upper Leg
	Right Hand		Left Upper Leg
	Left Upper Arm		Left Foot

<표-02> 회전축과 신체부위 분류

<표 02>는 16개의 회전축이 어떤 부위에 해당하는지를 보여준다. 회전축 C_0 은 전체의 기준이 되는 월드좌표계를 나타낸다. 각 부위들은 Left Upper Arm은 LUA, Right Lower Leg는 RLL로 줄여서 표현된다.

4.2 동작 실행

앞서 연구한 동작과 같은 덤벨로우(dumbbell row)를

준비 자세와 실행 자세로 구분하였다. 이때 로테이션 매트릭스는 R로 오일러, 각은 E로 표현하였다.

4.2.1 덤벨로우 시작 자세

순 서	회 전 축	부 위	로테이션 매트릭스
0		World	
1		Hips	$= ,$
			$= , = < 83.7, -180, -180 >$
2		Left Upper Arm	$= , ,$ $= ,$
			$= ,$ $= < -20.28, -116.60, 0 >$
3		Right Upper Arm	$= , ,$ $= ,$
			$= ,$ $= < -20.28, 116.60, 0 >$
4		Left Upper Leg	$= ,$
			$= ,$ $= < -20.28, 0, 0 >$
5		Right Upper Leg	$= ,$
			$= ,$ $= < -20.28, 0, 0 >$
6		Right Lower Leg	$= ,$
			$= ,$ $= < -20.28, 0, 0 >$

<표-03> 로테이션 매트릭스를 이용한 덤벨로우 준비자세

<표-03>은 모든 부위의 회전 값이 < 0,0,0 >인 World에 서 준비 자세까지의 로테이션 매트릭스로 총 6 단계로 구성되었다. 1단계에서 Hips(C_1)을 회전축으로 < 83.7, -180, -180 >회전시킨 후 2단계에서 Left Upper Arm(C_7)을 회전축으로 < 20.28, -116.60, 0 > 회전하였다. 이 단계에서 roll회전과 pitch회전이 순서대로 진행

되어 두 로테이션 매트릭스를 곱해주었다. 3단계에서 반대쪽인 Right Upper Arm(C_4)을 회전축으로 < -20.28, 116.60, 0 > 회전시켰으며 전 단계와 마찬가지로 두 로테이션 매트릭스를 곱해주었지만 pitch회전은 - 값으로 적용하였다. 4,5단계에서 양쪽 다리가 바닥에 닿아 있도록 Left Upper Leg (C_13) 와 Right Upper Leg (C_10)을 회전축으로 <-20.28, 0, 0 > 회전 하였다. 6단계에서 엎드린 자세에서 하는 동작인 덤벨로우의 특성상 한쪽 다리를 굽히기 위해 Right Lower Leg (C_11)을 회전축으로 < -20.28, 0, 0 > 회전하였다.

4.2.2 덤벨로우 실행 자세




순 서	회 전 축	부 위	로테이션 매트릭스
0		Wo rld	
1		Lef t Up per Ar m	$= ,$
			$=$ $= < -2.18, -122.94, -31.29 >$
2		Lef t Lo wer Ar m	$= ,$
			$= ,$ $= < 30.18, -75.96, -151.08 >$
3		Lef t Up per Ar m	$= ,$
			$= ,$ $= < -20.28, -116.60, 0 >$
4		Lef t Lo wer Ar m	$= ,$
			$= , = < -7.41, -57.73, 133.76 >$

<표-04> 로테이션 매트릭스를 이용한 덤벨로우 준비자세

<표-04>는 준비자세에서 시작하여 실행자세까지의 로테이션 매트릭스이다. 총 4단계의 왼쪽 팔만 움직이는 동작으로 1,2단계는 덤벨을 들어올렸을 때 자세이고 3,4단계는 덤벨을 바닥을 향해 내렸을 때 자세이다. 1단계에서 Left Upper Arm()을 회전축으로 $\langle -2.18, -122.94, -31.29 \rangle$ 로 회전시킨 후 2단계에서 Left Lower Arm()을 회전축으로 $\langle 30.18, -75.96, -151.08 \rangle$ 로 회전하였다. 3단계에서 Left Upper Arm()을 회전축으로 $\langle -20.28, -116.60, 0 \rangle$ 로 회전하여 준비 자세의 Left Upper Arm()와 같은 각도가 되었고 2단계에서 Left Lower Arm()을 회전축으로 회전하여 $\langle -7.41, -57.73, 133.76 \rangle$ 값을 가공하여 $\langle -7.41, -20, 133.76 \rangle$ 로 적용하였다.

4.3 실행 결과

<표-05>는 회전행렬 3D모델링에 적용한 것을 각각 비교한 이미지이다.

자세	단계	이미지
준비자세	1~6	
실행자세	1~2	
	3~4	

<표-05> 로테이션 매트릭스를 이용한 덤벨로우 동작 영상

로테이션 매트릭스와 오일러 각은 실제로 사람이 하는 덤벨로우 동작과 비슷한 패턴의 애니메이션이 보이는 것을 확인 할 수 있었다. 하지만 원활한 동작을 위해 데이터를 가공해야 하는 경우가 있어 정확한 동작을 표현하기에는 어려움이 있었다. 이 애니메이션은 연구자가 임의로 지정한 값을 적용하여 단순히 회전값만을 사용하여 동작을 만들었다. 또한 동작을 하는 사람의 신체적 조건, 전문적인 훈련도, 덤벨의 무게 및 크기 등에 따라

값이 변형될 수 있는 변수를 반영할 수 없다. 이러한 이유로 로테이션 매트릭스와 오일러 각은 동작의 절차를 정의하는 수단으로 한계가 있었다.

5. 결 론

본 연구에서는 동작인식의 대표적인 방식인 프레임 애니메이션을 사용하여 덤벨로우 자세 측정을 진행하였다. 그리고 새로운 방법으로 로테이션 매트릭스를 이용한 동작인식 측정법에 대해 실험해 보고 그 문제점을 찾는 것을 중심으로 하고 있다.

기존의 동작인식 방법에서 쓰는 대부분의 방식은 프레임 애니메이션과 같이 각 신체 부위의 위치와 시간을 비교 계산하여 움직임을 측정해 내는 것이다. 즉, 특정 정지동작과 정지동작을 연결하는 방식으로 진행이 된다고 볼 수 있다. 이 경우 동작과 동작 사이의 미세한 부분의 움직임은 컴퓨터가 대략적으로 계산하여 처리하게 때문에 그 정확성은 매우 떨어진다. 또한 운동중 필요로 하는 호흡 조절, 힘의 조절과 같은 부분에 대한 정보를 제공해 줄 수 없다.

인간의 동작 인식과 관련된 연구들은 동시 다발적으로 많이 진행되고 있지만, 그 정확성의 향상은 한계에 부딪치고 있다. 특히 그 측정방식과 통일되지 않은 각 연구자 간의 검증 시스템 등 많은 문제점이 생기고 있다. 수많은 동작 데이터를 어떻게 가공하여 사용하느냐 부터 시작하여 어떤 데이터를 담아 정확하게 전달하느냐에 대한 논의는 끝없이 계속되어 오고 있다.

이번 연구에서 우리가 제안하는 로테이션 매트릭스 방식 동작 측정은 그 결과가 다른 연구들에 비해 인간의 동작과 비교적 유사하게 도출 되었다. 하지만, 전체적인 정확도는 아직까지 그리 높지가 않은데, 그 이유는 사람이 특정 동작을 함에 있어서 생기는 변수에 대한 고려를 전혀 하지 않은 상태로 진행이 되었다는 것이다. 프레임 애니메이션과 마찬가지로 수시로 변화되는 힘의 세기 정보를 저장하여 표현하거나 제공할 수 가 없다.

향후 로테이션 매트릭스와 같은 유사도를 가지면서도 조금 더 정확하고 세밀한 동작인식 데이터를 저장하고 전달할 수 있는 프로토콜 수준의 공동 표준 규격의 개발이 필요하다. 이를 통해 센서에 따라 데이터양의 증감에 관계없이 환경에 관계없이 동작 측정이 가능한 동작인식이 이루어 질 수 있을 것이라 예상해 본다.

참 고 문 헌

1. Taylor PE, Almeida GJM, Kanade T, Hodgins JK. Classifying human motion quality for knee osteoarthritis using accelerometers. In: 2010 Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc. 2010. p. 339 - 43.

2. B. Brügge, C. Teschner, P. Lachenmaier, E. Fenzl, D. Schmidt, and S. Bierbaum. Pinocchio: Conducting a virtual symphony orchestra. In Proceedings of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (ACE '07) (Salzburg, Austria, June 15-17, 2007), 294-295.

3. T.M. Nakra, Y. Ivanov, P. Smaragdis, and C. Ault. The USB Virtual Maestro: An Interactive Conducting System. In Proceedings of the International Conference on New Interfaces for Musical Expression (NIME '09) (Pittsburgh, PA, June 4-6, 2009).

4. https://ko.wikipedia.org/wiki/오일러_각

5. <https://unity3d.com/kr>

참고문헌란에 인용한 순서대로 기술.

- 기술 순서는 저자, 제목, 학술지명, 권, 호, 쪽수, 발행년도 순으로 작성.

⑥ 부록(해당사항이 있는 경우만 작성)

4. 기타

- 논문작성폰트 임의사용 가능, 글자크기는 9pt이상 사용, 논문파일은 PDF로 제출 권장합니다.

- 샘플논문(KCC2012발표):

<http://www.kiise.or.kr/conference02/data/sample1.pdf>

- 논문심사는 저자와 심사위원 상호 비공개로 진행됩니다. 따라서, 심사용(저자정보 삭제)과 출판용(저자정보 포함)으로 나눠 제출합니다. 최초 투고 시에는 심사용을, 최종본 제출 기간에는 출판용을 업로드 하시면 됩니다.

[학술대회 논문작성시 유의사항]

1. 논문 페이지 수

- 2쪽이상 3쪽이내

2. 용지 및 여백처리

- 용지: A4, 용지방향 - 세로

- 여백: 위 쪽 30mm, 아래 쪽 20mm,

왼 쪽 10mm, 오른 쪽 10mm

3. 논문구성

- 아래 순서대로 작성하며,

① ~ ③ 항목은 1 단(column)

④ ~ ⑥ 항목은 2 단으로 구성

① 제목(국문)

② 제목(영문)

③ 요약

④ 본문

- 장 및 절에 해당되는 번호는 아라비아 숫자로 각각 1., 1.1 등과 같이 표기

- 그림의 명칭은 하단에, 표는 상단에 각각 그림 1 및 표 1로 표기

⑤ 참고문헌

- 본문중에 참고문헌 번호를 쓰고, 그 문헌을