

An Exquisite movement definition & recognition through the Motion-Matrix

1st Author Name

Affiliation
City, Country
E-mail address

2nd Author Name

Affiliation
City, Country
E-mail address

3rd Author Name

Affiliation
City, Country
E-mail address

ABSTRACT

The gesture input, which is a means for interacting with the computer and human beings, is gradually developing. However, efforts to achieve accurate gesture recognition on existing platforms are reaching their limits. The Motion Matrix defines and extends conventional gesture recognition, and can be used to associate the whole motion with the unit-module interactions. The aim is to improve the accuracy of recognition by analyzing the difference in the human gesture by the exquisite Motion Matrix. Simple motion by using various methods such as video analysis and sensory analysis are measured. In addition, we find out the parts that were ambiguous and problematic in conventional motion recognition and gesture recognition. After that, we will look at what can be improved and complemented by using the Motion Matrix, and we aim to improve it so that it can be applied to more complicated and sophisticated human motion.

Author Keywords

Authors' choice; of terms; separated; by semicolons; commas, within terms only; this section is required.

ACM Classification Keywords

H.5.m. Information interfaces and presentation (e.g., HCI): Miscellaneous; See <http://acm.org/about/class/1998> for the full list of ACM classifiers. This section is required.

INTRODUCTION

RELATED WORKS

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

Paste the appropriate copyright/license statement here. ACM now supports three different publication options:

- ACM copyright: ACM holds the copyright on the work. This is the historical approach.
- License: The author(s) retain copyright, but ACM receives an exclusive publication license.
- Open Access: The author(s) wish to pay for the work to be open access. The additional fee must be paid to ACM.

This text field is large enough to hold the appropriate release statement assuming it is single-spaced in Times New Roman 8-point font. Please do not change or modify the size of this text box.

Each submission will be assigned a DOI string to be included here.

요구가 증가되고 있다.

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

3d 모션 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.

그 대안으로 depth 카메라를 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 2m 제곱 정도로 정해져 있어 그 이상의 범위는 측정이 불가하며, 사람 외에도 사람과 유사한 운동기구 혹은 물체를 인식하는 등의 오류가 작동되는 것으로 보고 되고 있다.

사람이 시각을 통해 직접 측정하는 경우는 두가지로 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. 이 경우 본인이 비전문가이면 측정에 대한 기준은 정확도가 떨어지며, 특히 격렬한 동작이나 복잡한 동작은 주어진 기준만을 가지고 정확하게 하기란 매우 힘들다.

이러한 다양한 측정 방식의 문제점을 극복하고자 최근에는 IMU(Inertial Measurement Units)와 같은 센서를 사용한 모션 측정방식을 다양한 방식으로 발전시키고 연구를 진행하고 있다. IMU 는 가속도계, 자이로스코프 등 비교적 저렴한 가격의 센서를 사용하여 관성 운동 및 3 방향(3d)의 데이터를 수집하고 측정하는 것이다. 그러므로 현재 많은 연구자들이 IMU 를 사용한 모션 측정 연구를 진행하고 있다. 최근 발전하고 있는 IMU 센서를 사용하여 동작을 측정 할 경우 그 데이터를 가공하고 얼마나 정확하고 빠르게 동작을 측정해 내는지에 대한 문제를 해결하는 것에 중점을 두고 있는 추세이다.

본 논문에서는 이러한 측정 과정을 면밀히 살펴보고, 그 과정에서 생기는 문제점을 세밀하게 조사하여 본다. 분석을 통해 향후 발생할 수 있는 문제점을 확인하고 개선방향을 예측해 나간다.

RELATED WORKS

Martin O'raily 가 조사한 과거 10 간의 모션 캡처 관련 연구 중 대표적으로 거론된 Classifying Human Motion Quality for Knee Osteoarthritis Using Accelerometers 논문에서는 성별, 체중, 신장이 다른 9 명의 실험자(여성 5, 남성 4)로부터 데이터를 측정하였다. 피 실험자들은 텍스트 및 그림으로 이루어진 지시 사항을 함께 제공받아 본인이 이해한 대로 운동을 진행하였다. 운동은 SHC (the standing hamstring curl), RHA (reverse hip abduction), SLR (lying straight leg raise) 세가지 종류를 진행하였다.

최종결과는 사람의 눈으로 판단하여 데이터와 비교하는 방식으로 결정되었다. 실험 결과 몇가지 문제가 발생하였다. 일단 세가지 운동을 제외한 다른 동작의 판별이 불가능하다는 점이다. 특히 판별을

위해 전문가 집단이 필수로 필요하다는 사실은 비용적인 측면에서도 큰 어려움이 있다. 기본적으로 비전문가를 사용한 실험의 경우 그 판별이 불분명하고 결과가 좋지 못했었다. 그리고 모든 단계가 자동화된 것으로 보이지만, 실제로 데이터를 반복하여 나누는 것은 사람이 일일이 해 줘야 하는 단점도 존재했다.

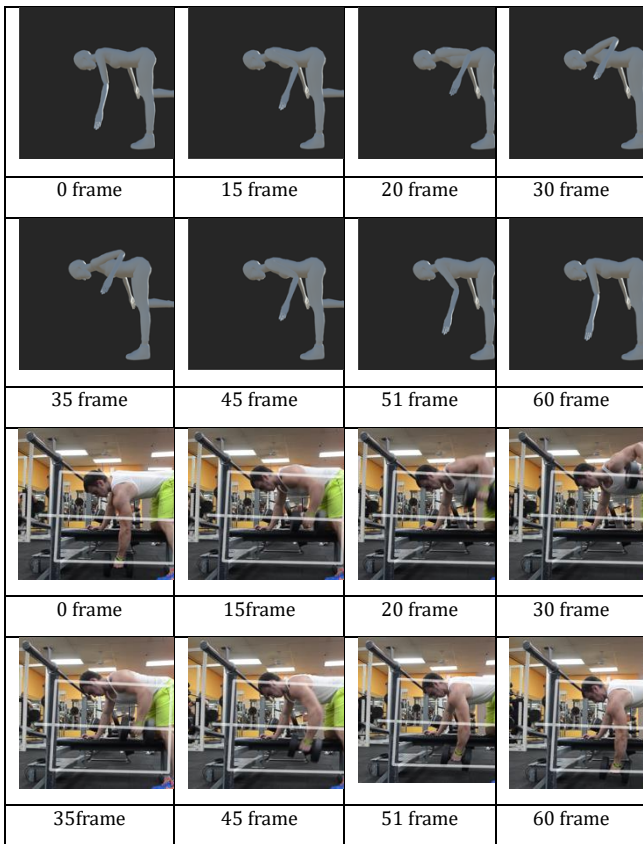
Max Mathews 의 Radio Baton 은 가장 오래된 음악 동작인식 및 연습 도구이다. 물론 지휘 동작을 인식한다는 측면에서 본다면 정확히 그 동작의 형태는 일치하지 않는다. 허나 음악 동작 인식의 기준은 동작의 정확성 보다는 음악의 완성도를 통해 측정되는 경우가 있기 때문에 그 연구는 현재까지도 많은 연구의 레퍼런스로 인용되고 있다. 이러한 요소들은 후속 연구들인 Smartphone-based Music Conducting, Pinocchio: Conducting a virtual symphony orchestra, and Virtual Maestro: An Interactive Conducting System 등에서도 언급되고 있다. 그러나 후속 연구들은 기술의 발전을 통해 정확한 동작인식에도 힘쓰고 있다.

최근 인공지능을 사용하여 동작인식을 구현한 Everybody Dance Now 가 있다. 전문가의 춤 동작 비디오에서 데이터를 저장하여 비전문가의 동작 영상에 대입시켜 똑 같은 움직임을 구현해 내는 영상관련 연구이다. 최근 인터넷에 그 구현 영상이 널리 유포되어 주목 받고 있는 연구인데, 그 정확도를 실제 춤 연구를 진행했던 사람들에게 보여준 결과 ‘알 수 없는 이유’로 비교 동작은 유사하지 않다는 의견을 제시하였다.

MOVEMENT DEFINITION BY KEYFRAME ANIMATION

특정 동작을 다른 사람에게 전달하기 위해서 사람이 직접 옆에서 동작을 알려주는 방법 밖에 없었다. 그러나 기술의 발전을 통해 다양한 방법으로 전달할 수 있게 되었다. 다양한 방법 중 가장 많이 활용되는 방법은 동영상상을 통해 전달되는 방법이다. 이는 동영상상을 제작하여 다른 사람이 보고 따라 할 수 있도록 하는 것이다. 동영상은 전문가의 행동을 카메라로 녹화를 하여 보여주는 방식과 3D 제작 툴을 활용하여 제작한 동영상상을 보여주는 것으로 나뉜다. 전문가의 행동을 카메라로 녹화하는 과정에서는 자세한 동작의 설명과 동시에 같은 동작을 반복해도 완벽하게 동일한 동작을

보여줄 수 없다. 이러한 것을 극복하고자 3D 툴을 활용하여 프레임 애니메이션으로 제작하는 것을 볼 수 있다. 프레임 애니메이션은 시작하는 동작과 목표 동작 각각의 프레임을 설정해주고 사이의 프레임은 보간법을 통해 자동으로 생성을 하여 보여준다. 프레임 애니메이션의 단점으로는 제작자가 동작을 완벽하게 숙지를 하더라도 직접 행동하는 것이 아니기에 조금씩 다른 표현을 볼 수 있으며 완벽하게 같은 형태로 3D 툴에서 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.



본 연구에서는 실제 동작과 프레임 애니메이션의 차이점을 분석하기 위해 동일한 프레임으로 변환 후 덤벨의 위치와 신체의 회전값을 분석하였다. 1 초 기준 30 프레임으로 변환하였다. 0 프레임은 동작의 시작, 30 프레임은 목표자세, 60 프레임은 되돌아온 자세로 총 2 초의 동작 시간을 가졌다. 각 동작은 덤벨이 가장 아래에 내려오는 것과 가장 높이 올라가는 것을 구분동작으로 분할하여 퍼센트로 이동 범위를 분석하였다.

표의 0, 15, 30, 45, 60 프레임 애니메이션을 순서대로 보는 경우 균일한 속도로 움직이는 것을 볼 수 있다. 이는 프레임 애니메이션은 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 형태의 동작을 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 30~60 프레임과 실제 동작 30~60 프레임을 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 45 프레임에 위치한다. 이를 통해 프레임 애니메이션과 달리 빠른 진행 이후 천천히 속도를 조정하는 것으로 볼 수 있다. 그리고 45 프레임부터 60 프레임까지 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 보기 어렵다.

MOVEMENT DEFINITION BY THE MOTION MATRIX

준비자세와 실행자세로 덤벨로우(dumbbell row) 동작을 구분하였다. 각 자세의 단계에 따라 회전행렬(Rotation Matrix)을 도출하여 오일러 각(Euler Angle)로 변환하였다. 그 후에 유니티(Unity)에서 해당 부위에 회전값으로 적용하였다. 왼손좌표계가 기반인 로컬좌표계를 사용하였고 회전순서는 ZXY 이다.

Table 1 덤벨로우 준비자세 Rotation Matrix

Order	Coordinate axes	Part	Rotation Matrix
0	C_0	World	—
1	C_1	Hips	$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{4\pi}{9}) & \sin(\frac{4\pi}{9}) \\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{9}) & \cos(\frac{4\pi}{9}) \end{bmatrix}, r_1$
		$R_{HI} = r_1 R_1, E_{HI} = < 83.7, -180, -180 >$	

2	C_1	Hips	$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{4\pi}{9}) & \sin(\frac{4\pi}{9}) \\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{9}) & \cos(\frac{4\pi}{9}) \end{bmatrix}, r_1$
	C_2	Spine	$R_2 = I, r_2$
	C_7	Left Upper Arm	$R_{7a} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{\pi}{2}) & \sin(\frac{\pi}{2}) \\ 0 & -\sin(\frac{\pi}{2}) & \cos(\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{7a},$ $R_{7b} = \begin{bmatrix} \cos(\frac{\pi}{2}) & 0 & -\sin(\frac{\pi}{2}) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(\frac{\pi}{2}) & 0 & \cos(\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{7b}$
	$R_{LUA} = r_{7a}R_{7b}r_{7a}R_{7a}r_2R_2r_1R_1 =$ $\begin{bmatrix} -0.4480 & 0 & -0.8939 \\ 0.3098 & 0.9377 & -0.1552 \\ 0.8382 & -0.3466 & -0.4201 \end{bmatrix}$ $E_{LUA} = < -20.28, -116.60, 0 >$		
3	C_1	Hips	$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{4\pi}{9}) & \sin(\frac{4\pi}{9}) \\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{9}) & \cos(\frac{4\pi}{9}) \end{bmatrix}, r_1$
	C_2	Spine	$R_2 = I, r_2$
	C_4	Right Upper Arm	$R_{4a} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{\pi}{2}) & \sin(\frac{\pi}{2}) \\ 0 & -\sin(\frac{\pi}{2}) & \cos(\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{4a},$ $R_{4b} = \begin{bmatrix} \cos(-\frac{\pi}{2}) & 0 & -\sin(-\frac{\pi}{2}) \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin(-\frac{\pi}{2}) & 0 & \cos(-\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{4b}$
	$R_{RUA} = r_{4b}R_{4b}r_{4a}R_{4a}r_2R_2r_1R_1 =$ $\begin{bmatrix} -0.4480 & 0 & 0.8939 \\ -0.3098 & 0.9377 & -0.1552 \\ -0.8382 & -0.3466 & -0.4201 \end{bmatrix}$ $E_{RUA} = < -20.28, 116.60, 0 >$		
4	C_1	Hips	$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{4\pi}{9}) & \sin(\frac{4\pi}{9}) \\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{9}) & \cos(\frac{4\pi}{9}) \end{bmatrix}, r_1$
	C_{13}	Left Upper Leg	$R_{13} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{\pi}{2}) & \sin(\frac{\pi}{2}) \\ 0 & -\sin(\frac{\pi}{2}) & \cos(\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{13}$
	$R_{LUL} = r_{13}R_{13}r_1R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9377 & 0.3466 \\ 0 & -0.3466 & 0.9377 \end{bmatrix}, E_{LUL} = < -20.28, 0, 0 >$		
5	C_1	Hips	$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{4\pi}{9}) & \sin(\frac{4\pi}{9}) \\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{9}) & \cos(\frac{4\pi}{9}) \end{bmatrix}, r_1$
	C_{10}	Right Upper Leg	$R_{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{\pi}{2}) & \sin(\frac{\pi}{2}) \\ 0 & -\sin(\frac{\pi}{2}) & \cos(\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{10}$
	$R_{RUL} = r_{10}R_{10}r_1R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9377 & 0.3466 \\ 0 & -0.3466 & 0.9377 \end{bmatrix},$		

$E_{RUL} = < -20.28, 0, 0 >$			
6	C_1	Hips	$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{4\pi}{9}) & \sin(\frac{4\pi}{9}) \\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{9}) & \cos(\frac{4\pi}{9}) \end{bmatrix}, r_1$
	C_{10}	Right Upper Leg	$R_{10} = I, r_{10}$
	C_{11}	Right Lower Leg	$R_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(-\frac{\pi}{2}) & \sin(-\frac{\pi}{2}) \\ 0 & -\sin(-\frac{\pi}{2}) & \cos(-\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{11}$
	$R_{RLL} = r_{11}R_{11}r_{10}R_{10}r_1R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0.9377 & 0.3466 \\ 0 & -0.3466 & 0.9377 \end{bmatrix},$ $E_{RLL} = < -20.28, 0, 0 >$		

< 표 - 1>은 모든 부위의 회전 값이 < 0,0,0 >인 World 에서 준비자세까지의 회전행렬(Rotation Matrix)로 총 6 단계로 구성되었다. 1 단계에서 Hips(C_1)을 회전축으로 < 83.7, -180, -180 >회전시킨 후 2 단계에서 Left Upper Arm(C_7)을 회전축으로 < 20.28, -116.60, 0 > 회전하였다. 이 단계에서 roll 회전과 pitch 회전이 순서대로 진행되어 두 회전행렬을 곱해주었다. 3 단계에서 반대쪽인 Right Upper Arm(C_4)을 회전축으로 < -20.28, 116.60, 0 > 회전시켰으며 전 단계와 마찬가지로 두 회전행렬을 곱해주었지만 pitch 회전은 -값으로 적용하였다. 4,5 단계에서 양쪽 다리가 바닥에 닿아 있도록 Left Upper Leg (C_{13})와 Right Upper Leg (C_{10})을 회전축으로 < -20.28, 0, 0 > 회전 하였다. 6 단계에서 엎드린 자세에서 하는 동작인 덤벨로우의 특성상 한쪽 다리를 굽히기 위해 Right Lower Leg (C_{11})을 회전축으로 < -20.28, 0, 0 > 회전하였다.

Table 2 덤벨로우 실행자세 Rotation Matrix

Order	Coordi nate axes	Part	Rotation Matrix
0	C_0	World	-
1	C_1	Hips	$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{4\pi}{9}) & \sin(\frac{4\pi}{9}) \\ 0 & -\sin(\frac{4\pi}{9}) & \cos(\frac{4\pi}{9}) \end{bmatrix}, r_1$
	C_2	Spine	$R_2 = I, r_2$
	C_7	Left Upper Arm	$R_{7a} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\frac{\pi}{2}) & \sin(\frac{\pi}{2}) \\ 0 & -\sin(\frac{\pi}{2}) & \cos(\frac{\pi}{2}) \end{bmatrix}, r_{7a},$

< -7.41, -57.73, 133.76>값을 가공하여 < -7.41, -20, 133.76>으로 적용하였다.

< 표 - 3 >은 Rotation Matrix 를 3D 모델링에 적용한 이미지 이다.

Table 3 덤벨로우 Rotation Matrix 이미지

Rotation Matrix 는 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 회전값 만을 사용하여 동작을 만들었다. 또한 동작을 하는 사람의 신체적 조건, 전문적인 훈련도, 덤벨의 무게 및 크기 등 에 따라 값이 변형될 수 있는 변수를 반영할 수 없다. 이러한 이유로 Rotation Matrix 는 동작의 절차를 정의하는 수단으로 한계가 있었다.

THE MOTION MATRIX WITH SENSOR INPUT

CONCLUSION

ACKNOWLEDGMENTS

Sample text: We thank all the volunteers, and all publications support and staff, who wrote and provided helpful comments on previous versions of this document. Authors 1, 2, and 3 gratefully acknowledge the grant from NSF (#1234-2012-ABC). This is just an example.

REFERENCES FORMAT




References must be the same font size as other body text. References should be in alphabetical order by last name of first author. Example reference formatting for individual journal articles [3], articles in conference proceedings [7], books [9], theses [10], book chapters [11], an entire journal issue [6], websites [1,4], tweets [1], patents [5], and online videos [8] is given here. This formatting is a slightly edited version of the format automatically generated by the ACM Digital Library (<http://dl.acm.org>) as “ACM Ref”. More details of reference formatting are available at:

http://www.acm.org/publications/submissions/latex_style

Note that the Hyperlink style used throughout this document uses blue links; however, URLs that appear in the references section may appear in black.

REFERENCES

1. @_CHINOSAUR. 2014. VENUE IS TOO COLD. #BINGO #CHI2016. Tweet. (1 May, 2014). Retrieved February 2, 2014 from https://twitter.com/_CHINOSAUR/status/461864317415989248
2. ACM. How to Classify Works Using ACM's

자세	단계	이미지
준비자세	1~6	
실행자세	1~2	
	3~4	

Computing Classification System. 2014. Retrieved August 22, 2014 from

http://www.acm.org/class/how_to_use.html

3. Ronald E. Anderson. 1992. Social impacts of computing: Codes of professional ethics. *Soc Sci Comput Rev* 10, 2: 453-469.
4. Anna Cavender, Shari Trewin, Vicki Hanson. 2014. Accessible Writing Guide. Retrieved August 22, 2014 from <http://www.sigaccess.org/welcome-to-sigaccess/resources/accessible-writing-guide/>
5. Morton L. Heilig. 1962. Sensorama Simulator, U.S. Patent 3,050,870, Filed January 10, 1961, issued August 28, 1962.
6. Jofish Kaye and Paul Dourish. 2014. Special issue on science fiction and ubiquitous computing. *Personal Ubiquitous Comput.* 18, 4 (April 2014), 765-766. <http://dx.doi.org/10.1007/s00779-014-0773-4>
7. Scott R. Klemmer, Michael Thomsen, Ethan Phelps-Goodman, Robert Lee, and James A. Landay. 2002. Where do web sites come from?: capturing and interacting with design history. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (CHI '02), 1-8. <http://doi.acm.org/10.1145/503376.503378>

8. Psy. 2012. Gangnam Style. Video. (15 July 2012.). Retrieved August 22, 2014 from <https://www.youtube.com/watch?v=9bZkp7q19f0>
9. Marilyn Schwartz. 1995. *Guidelines for Bias-Free Writing*. Indiana University Press.
10. Ivan E. Sutherland. 1963. *Sketchpad, a Man-Machine Graphical Communication System*. Ph.D Dissertation. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.
11. Langdon Winner. 1999. Do artifacts have politics? In *The Social Shaping of Technology* (2nd. ed.), Donald MacKenzie and Judy Wajcman (eds.). Open University Press, Buckingham, UK, 28-40.