

키넥트의 손동작인식성능 개선방안 관련연구 분석

박소현*, 박은영**, 박영호*

*숙명여자대학교 멀티미디어학과

**협성대학교 시각디자인학과

*숙명여자대학교 멀티미디어학과, 교신저자

e-mail : *{shpark, yhpark}@sookmyung.ac.kr, **parkey@uhs.ac.kr

A Comparison Study on Related Work for Improving the Performance of Hand Gesture Recognition on Kinect Devices

So-Hyun Park*, Eun-Young Park**, Young-Ho Park*

*Dept. of Multimedia Science, Sookmyung Women's University

**Dept. of Visual Design, Hyupsung University

요 약

최근, 기계와 사람이 상호작용을 하는 HCI(Human-Computer Interaction)기술이 중요해지고 있다. 그 중에서도 연구자들 사이에서 신체의 골격을 인식하는 동작인식 카메라인 키넥트를 활용한 연구들이 급증하고 있다. 키넥트를 사람과 배경의 깊이를 인식 및 분석한 후 사람인지를 인지한다. 하지만 사람과 배경의 깊이 단계가 같을 경우 사람을 인식하기 힘들다는 한계점이 있다. 본 논문에서는, 이와 같은 한계점을 해결하기 위한 관련 논문을 비교, 분석하고자 한다.

1. 서론

최근, 기계와 사람이 상호작용을 하는 HCI(Human-Computer Interaction)기술이 중요해지고 있다[7]. 그 중에서도 연구자들 사이에 물체간의 깊이를 인식하는 동작인식 카메라인 키넥트(Kinect)를 활용한 연구들이 급증하고 있다. 현재 신체의 머리, 목, 팔, 다리 등은 인식이 가능하지만, 세부적인 손, 손가락 등의 인식 기술은 부족한 편이다[3]. 왜냐하면, 키넥트에서 몸을 인식할 경우에 사람과 배경의 RGB 나 깊이를 인식 및 분석한 뒤에 사람인지를 인지하지만 디테일한 인식이 필요한 손이나 손가락을 인식할 경우에는 카메라에 가장 가까운 물체가 반드시 손 이어야 한다는 점과 사람과 배경의 깊이 레벨이 같을 경우에 손을 인식하기 힘들다는 한계점이 있기 때문이다[1]. 본 논문에서는, 이와 같은 한계점을 해결하기 위한 키넥트를 이용한 손 동작 인식 관련 논문을 비교, 분석하고자 한다.

본 논문에서 비교, 분석하고자 하는 논문은 첫째, Yang et al.[1]의 키넥트의 깊이 인식 카메라를 사용한 손동작 인식하는 정확도를 개선하는 논문이고 둘째, Frati et al.[2]의 웨어러블 디바이스인 햅틱과 키넥트를 결합하여 손 동작인식의 정확도를 개선하는 논문이며 마지막으로 셋째, Yi[3]의 세 가지 알고리즘을 결합하여 손가락 동작을 인식하는 정확도를 개선한 논문이다.

본 논문에서는 동작인식센서인 키넥트의 손 동작 인식률을 높이기 위한 성능개선 관련연구를 비교 분석한다. 2 장에서는 키넥트에 대하여 설명한다. 3 장에서는 손 동작 인식 주요 기술인 K-평균 알고리즘과 컨벡스 헐 알고리즘에 대하여 설명한다. 4 장에서는 키넥트를 활용한 손동작 인식하는 3 개의 키넥트 관련 연구의 알고리즘에 대해 자세히 설명하며 5 장에서는 키넥트를 활용한 손동작 인식하는 3 개의 키넥트 관련 연구를 비교, 분석한다. 마지막으로 6 장에서는 결론 및 향후 연구에 대해 설명한다.

2. 키넥트 설명

본 장에서는 동작 인식하는 센서인 키넥트에 대하여 설명한다. 자세한 사항은 아래와 같다.

키넥트(Kinect)는 키네틱(Kinetic)과 커넥트(Connect)의 합성어로 사람의 동작을 인지하여 컴퓨터 시스템에 연결하는 장치를 의미한다. 마이크로소프트에서 2010년 6월에 ver.1을 출시하였다. 또한, 게임 용도가 아닌 임베디드 기기에서 사용될 수 있는 상업용 버전인 'Kinect for Windows'를 출시하였고, 동시에 윈도우 기반 임베디드 기기에 키넥트 센서 디바이스를 쉽게 사용할 수 있도록 Kinect for Windows SDK도 출시하였다[4]. 최근, 2014년 10월에는 키넥트의 ver.2 및 Kinect for Windows가 출시되었다.

3. 키넥트에 사용되는 손동작 인식 알고리즘

본 장에서는 4 장, 5 장에서 설명하고자 하는 손 동작 인식 방법에서 자주 사용하는 알고리즘에 대한 설명을 한다. 3.1 에서는 4.3 에서 사용한 K-평균 알고리즘에 대해 설명하며 3.2 에서는 4.2 과 4.3 에서 사용한 컨벡스 헐 알고리즘의 처리과정에 대해 설명한다.

3.1 손 동작 인식에서의 K-평균 알고리즘

K-평균 알고리즘(K-Means Algorithm)의 자세한 처리과정은 다음과 같다. K-평균 알고리즘의 K 는 임의의 숫자가 될 수 있다. 본 논문에서는 K 를 2 개의 임의의 숫자로 정한다. 사용자의 동작이 바뀔때마다 데이터의 군집을 2 개로 나누고 이것의 군집 중앙 위치를 임의로 정한다[5]. 각각의 데이터에 대하여, 2 개의 군집중앙까지의 거리를 구하고 가장 가까운 군집에 속하게 된다. 각 군집에 속해진 데이터들을 통해서, 그 데이터로부터 군집중앙까지의 평균을 구해서 군집중앙을 다시 새롭게 정해준다. 만약 새롭게 정해진 군집중앙이 이전의 군집중앙과 동일하다면, 알고리즘을 종료한다. 동일하지 않다면, 계속해서 일치하는 군집중앙점을 찾는다.

3.2 손 동작 인식에서의 컨벡스 헐 알고리즘

컨벡스 헐(Convex Hull) 알고리즘의 처리과정은 다음과 같다. 컨벡스 헐은 모든 데이터를 포함할 수 있는 최 상위 바깥쪽의 점들을 선으로 연결하여 컨벡스 헐을 만든다[6].

이때, 최상의 바깥쪽의 점들을 연결한 선의 다각형은 손의 데이터를 모두 포함할 수 있는 최상위 바깥쪽의 점들의 선을 뜻한다. 컨벡스 헐로 손의 데이터를 모두 포함하는 박스를 만드는 과정을 통하여 손을 정확하게 인식 할 수 있다.

4. 키넥트 손동작 인식 성능 관련 연구

본 장에서는 동작인식센서인 키넥트의 손 동작 인식률을 높이기 위한 성능개선 관련연구의 알고리즘을 단계별로 설명한다. 4.1 절에서는 키넥트의 깊이 카메라를 이용한 손동작인식률 개선 논문의 알고리즘을 설명하며, 4.2 절에서는 키넥트 센서를 웨어러블 디바이스에 적용하여 손동작을 인식하는 논문의 알고리즘을 설명하며, 4.3 절에서는 키넥트를 이용하여 손동작을 인식하는 성능을 개선하는 논문의 알고리즘에 대해 설명한다.

4.1 키넥트 깊이 카메라를 이용한 손동작 인식률 개선 알고리즘

Yang et al.[1]은 키넥트의 깊이 카메라를 이용한 손동작인식률 개선방안을 제안한다.

본 논문에서는 키넥트의 두 개의 주여 카메라인 RGV 카메라와 깊이 카메라 중에서 깊이 카메라를 사용하여 손을 인식한다. 본 논문의 손 인식 과정은 다음과

같다. 본 논문의 손 인식과정은 총 두 개의 과정으로 이루어진다. 첫째는, 손을 찾아가는 Tracking Part 이고 둘째는, 손을 인지하는 Recognition Part 이다.

우선, Tracking Part 에서는 과도 모양으로 움직이는 물체가 있으면 손이라고 인식한다. 손을 인식한 후에는 CAMSHIFT(Continuously Adaptive Mean Shift) 알고리즘이 적용된다. CAMSHIFT 알고리즘은 계속적으로 변하는 손의 위치를 추적한 뒤 히스토그램을 업데이트 하는 알고리즘이다.

손을 인식하고 CAMSHIFT 알고리즘이 처리되어 Tracking Part 가 완료된 후, Recognition Part 를 수행한다. Recognition Part 에서는 손의 특징 점을 추출한 하여 동작을 인식하는 방법이다. 손의 동작을 인식할 때는 기계학습의 한방법인 Hidden Markov Model 을 사용한다.

4.2 햅틱 디바이스와 키넥트 센서를 결합한 손동작 인식 성능 향상 알고리즘

Frati et al.[2]은 키넥트 센서를 내장한 웨어러블 디바이스를 제안한다.

본 논문에서 제안하는 손동작 인식 방법은 다음과 같다. 본 논문의 손 인식과정은 총 네 과정으로 이루어진다.

첫째는 웨어러블 디바이스에서의 깊이 이미지 데이터를 키넥트에서 처리가능 하도록 데이터 형을 변환하고, 둘째는 손을 인식하는 단계이며, 셋째는 컨벡스 헐을 사용하여 손을 다각형 모양으로 박싱하는 단계이며, 마지막 단계는 필터링 단계이다.

첫 번째 단계에서는 깊이 센서로 인식한 사용자의 손을 웨어러블 디바이스에서 처리할 수 있도록 깊이 이미지를 11bit 에서 8bit 로 처리한다. 두 번째 단계에서는 카메라에서 가까운 대상을 손으로 인식하여 범위를 좁히기 위한 박싱 처리를 한다. 세 번째 단계에서는 컨벡스 헐을 사용하여, 손가락의 엄지 끝부분 검지 끝부분 엄지와 검지 사이를 인지한다. 마지막으로 네 번째 단계에서는 카르만 필터링(Karman Filtering) 방법을 통하여 전 단계에서 컨벡스 헐을 이용하여 다각형 모양으로 인식한 손의 직선들을 곡선으로 부드럽게 처리한다.

4.3 키넥트를 이용한 손가락인식 개선 알고리즘

Yi[3]은 키넥트 센서를 이용하여 손동작 인식의 성능을 높이기 위한 방안을 제안한다. 제안하는 손동작 인식 방법은 다음과 같다.

본 논문에서 제안하는 손동작 인식 방법은 다음과 같다. 본 논문의 손 인식과정은 총 세 과정으로 이루어진다.

첫째는, 손을 인지 하고 둘째는, 손가락을 인지하며 마지막으로 셋째는, 최종적으로 손이 어떤 동작을 하는지 인지 및 판단한다.

첫 번째 단계에서는 손을 인식한다. 손을 인식하기 위하여 깊이 카메라를 사용한다. 깊이 카메라를 사용하여 사람과 배경의 깊이를 분리하는 방법으로 사람

의 손을 인식한다. 손을 인식하기 위한 카메라로부터의 최적의 거리는 0.6m 에서 0.8m 사이이다. 이 사이 거리에서 두개의 손 인식이 가장 잘 수행한다. 손을 인식할 때, 우선 K-평균 알고리즘을 사용하여 두개의 손의 중심점을 파악하며 그 후에 컨벡스 헐을 사용하여 손의 범위에 박싱처리한다.

두 번째 단계에서는 손가락을 인지한다. 손가락을 인지하기 위해서 세 단계의 처리과정을 거친다. 첫째는 손의 전체부분을 스캔하는 기능인 Contour Tracing Algorithm 이고 둘째는 손가락의 방향을 구하는 기능인 Three-Point Alignment Algorithm 이며 셋째는 어떤 손가락인지 판단하는 기능인 Finger Identification Algorithm 이다. 첫 번째 알고리즘인 Contour Tracing Algorithm 에서는 다섯 손가락 끝을 인식한다. 손의 위에서 아래에까지, 왼쪽에서 오른쪽에서까지 스캔하여 손가락의 끝부분을 인식한다. 두 번째 알고리즘인 Three-point Alignment Algorithm 에서는 손의 중심점을 구하여 손의 방향을 구한다. 세 번째 알고리즘인 Finger Identification Algorithm 은 엄지손가락은 검지보다 짧고 새끼손가락은 엄지손가락 보다 떨어져있다 같은 규칙을 이용하여 어떤 손가락인지 판단한다.

세 번째 단계에서는 어떤 동작인지를 인식 및 판단한다. 세 번째 단계에서는 3 단계의 분류기를 통해 어떤 동작인지 인식 및 판단된다. 첫째 분류기에선 펼쳐진 손가락이 어떤것인지 판단한다. 둘째 분류기에서는 해당된 펼쳐진 손가락의 분류기로 들어간다. 둘째 분류기에서는 첫번째 분류기에서 펼쳐진 손가락이 어떤 특정한 동작에 해당되는지 검사한다. 유일한 동작에 해당하면 분류기는 작동을 멈추고 유일한 동작이 아니라면 계속해서 셋째 분류기로 들어간다. 셋째 분류기에서는 펼쳐진 손가락이 몇번째 손가락인지를 판단하고 펼쳐진 손가락 사이의 각도를 각각 측정한다.

5. 키넥트 손동작 인식 성능 관련 연구 분석

본 장에서는 키넥트 관련 연구를 분석한다. 각 논문마다 문제, 주요해결방안, 주요알고리즘, 장점, 보완해야 할 점, 성능실험여부를 비교한다. <표 1>은 손동작 인식방안의 개요를 나타낸다. 방법 A 는 키넥트 기반 깊이 카메라로 손동작 인식률을 높이는 연구 [1]이고, 방법 B 는 웨어러블 디바이스인 햅틱과 키넥트를 결합하여 햅틱 장치의 손동작 인식률을 높이는 연구 [2] 이며, 방법 C 는 손동작보다 더 디테일 한 손가락의 동작을 인식하는 논문[3] 이다.

5.1 방법 A 분석

방법 A 는 키넥트의 깊이 카메라를 이용하여 손동작을 인식률을 높이는 방안에 대하여 연구한다. 기존의 RGB 카메라를 이용했을 시에 배경과 사람의 색상이 같을 경우와 조명이 바뀔 시에 손동작 인식률이 떨어진다는 단점을 해결하기 위하여 깊이 카메라를 이용하여 손동작을 인식한다. 깊이 카메라를 이용하

여 손동작을 인식하기 위하여 Tracking Part 와 Recognition Part 을 수행한다. Tracking Part 에서는 파도모양으로 움직이는 물체가 있으면 손이라고 인식한 후에, CAMSHIFT 알고리즘을 적용하여 계속적으로 변하는 손의 위치를 추적한 뒤에 히스토그램을 업데이트한다. 그 후에, Recognition Part 에서는 기계학습의 한 방법인 은닉 마코프 모델(Hidden Markov Model)을 이용하여 손의 특징 점을 추출하여 손동작을 인식한다. 위의 두 가지 절차를 통해 손 동작 인식하는 것은 손목과 팔목이 같은 깊이 레벨에 있을 경우에도 구분해 준다는 장점이 있다.

5.2 방법 B 분석

방법 B 는 기존의 웨어러블 장치의 위치 정보 센싱률이 낮다는 것을 해결하기 위하여 웨어러블 디바이스인 햅틱과 키넥트를 결합하여 손동작 인식률의 정확도를 높이는 방안에 대하여 연구한다. 손동작 인식률을 높이기 위하여 웨어러블 디바이스에서 처리할 수 있도록 깊이 이미지의 크기 변환을 한 후에, 카메라에서 가까운 대상을 손으로 인식하여 박싱 처리한다. 다음 단계에서는 컨벡스 헐을 이용해 엄지와 검지의 끝부분을 인식한 후에 카르만 필터링(Karman Filtering) 방법으로 처리한다. 본 논문은 웨어러블 장치인 햅틱의 손가락 인식 정확도를 높였다는 장점이 있지만 햅틱 장치를 착용한 손가락이 키넥트 카메라와 수직으로 있을 경우에는 손가락을 인식률이 현저히 떨어진다는 보완해야 할 점 이 있다.

5.3 방법 C 분석

방법 C 는 키넥트의 깊이 카메라를 이용하여 손가락의 인식률을 높이는 방안에 대하여 연구한다. 기존에 손가락의 동작을 인식하는 기술이 존재하지 않는다는 문제점이 있었다. 본 논문에서는 세가지 알고리즘을 결합하여 손가락 동작을 인식하는 정확도를 개선한다. 깊이 카메라를 이용하여 손가락 동작을 인식하기 위하여 손 인지 단계, 손가락 인지 단계, 손의 동작 판단 단계를 수행한다. 손 인지 단계에서는 K-평균 알고리즘을 사용하여 두 손의 중심점을 파악하며 그 후에 컨벡스 헐을 이용하여 손의 범위에 박싱 처리한다. 손가락 인지단계에서는 손의 전체부분을 스캔하는 기능인 Contour Tracing Algorithm 이고 둘째는 손가락의 방향을 구하는 기능인 Three-Point Alignment Algorithm 이며 셋째는 어떤 손가락인지 판단하는 기능인 Finger Identification Algorithm 을 거친다. 각각 다섯 손가락의 끝을 인식하고, 손의 중심점을 구하여 손가락의 방향을 인지하며, 어떤 손가락인지 판단하는 과정이다. 마지막으로 손의 동작 판단 단계에서는 3 단계 분류기를 거쳐 최종적으로 손이 어떤 동작을 하는지 판단한다. 본 논문은 이전에는 어려웠던 손가락의 동작을 인식하는 기술이 가능해졌다는 긍정적인 점이 있다는 반면에 손가락을 인식하는 정확도를 향상시켜야 한다는 보완해야 할 점이 있다.

<표 1> 손동작 인식방법 개선 방안의 개요

방법	A	B	C
문제	키넥트의 RGB 카메라 기반 손동작 인식률이 낮음	웨어러블 장치의 위치정보센싱률이 낮음	손가락의 동작을 인식하는 기술이 존재하지 않음
주요 해결 방안	키넥트의 깊이 인식 카메라를 사용하여 손동작 인식하는 정확도를 개선	웨어러블 디바이스인 햅틱과 키넥트를 결합하여 정확도를 개선	3 가지의 알고리즘을 결합하여 손가락 동작을 인식하는 정확도를 개선
주요 알고리즘	CAMSHIFT 알고리즘	Hand Tracking 알고리즘	Contour Tracking 알고리즘, Three-Point Alignment 알고리즘, Finger Identification 알고리즘
장점	손목과 팔목이 같은 깊이 레벨 상에 있을 경우에도 구분이 가능함	웨어러블 장치인 햅틱의 손가락 인식의 정확도를 높임	이전에는 어려웠던 손가락의 동작을 인식하는 기술이 가능
보완해야 할 점	손목과 팔목이 같은 깊이 레벨 상에 있을 경우의 손 동작을 인식하는 정확도를 향상해야 함	손가락이 키넥트 카메라와 수직으로 있을 경우의 손가락 인식하는 정확도를 향상해야 함	손가락을 인식하는 정확도를 향상해야 함
성능 실험 여부	8 개의 손동작에 대하여 인식률을 실험함	2 개의 동작에 대하여 두개의 손가락에 두개의 웨어러블 장치를 착용하고 한사람에게 실험	9 개의 손가락 동작에 대하여 4 사람에게 양손을 각각 50 십번씩 실험함

6. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 키넥트에 대하여 설명 한 후, 관련 연구의 주요 기술에 대하여 설명하였다. 후에는 관련 연구의 알고리즘에 대하여 자세히 설명하고 각각 알고리즘을 비교 분석하였다.

Yang et al.[1]은 키넥트의 RGB 카메라의 손 인식률이 낮다는 한계점을 해결하기 위하여 키넥트의 깊이 인식 카메라를 사용하여 손동작을 인식하는 연구를 하였다. 알고리즘은 Tracking Part 와 Recognition Part 의 두 부분으로 이루어졌고 수행한 결과 손목과 팔목이 같은 깊이 레벨에 있을 경우에도 서로를 구분해 낸다는 성과를 낼 수 있었다.

Frati et al.[2]은 웨어러블 장치의 위치 정보 센싱의 정확도가 낮다는 한계점을 해결하기 위하여 키넥트와 웨어러블 디바이스인 햅틱을 결합하는 연구를 하였다. Hand Tracking 알고리즘을 통하여 손가락 인식의 정확도를 높였다는 성과를 낼 수 있었다.

Yi.[3]는 손 동작 인식 기술은 많지만 손가락 동작

을 인식하는 기술은 적은 점을 해결하기 위하여 키넥트의 깊이 카메라를 이용하여 손가락을 인식하는 연구를 하였다. 알고리즘은 손 인지 단계, 손가락 인지 단계, 손의 동작 판단 단계의 세 부분으로 이루어졌고, 수행한 결과 이전에는 어려웠던 손가락 동작을 인식했다는 성과를 낼 수 있었다.

세 개의 논문 모두 손 동작의 인식률을 높이기 위한 논문이었다. 키넥트의 깊이 카메라를 이용할 경우 손목과 팔목이 같은 깊이 레벨 상에 있을 경우나 손가락이 키넥트 카메라와 수직으로 있을 경우의 상황 별 손 동작 인식률의 개선이 필요해 보인다.

본 논문의 저자는 향후 연구에서 앞의 세 개의 논문에서 상황 별 손 동작 인식의 정확도의 개선이 필요해 보이므로, 키넥트를 활용하여 다양한 상황 별 손동작 인식 정확도 향상 연구를 진행할 것이다.

사사문구

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2012003797)

참고논문

1. Yang, C., Jang, Y., Beh, J., Han, D., Ko, H., "Gesture Recognition using Depth-based Hand Tracking for Contactless Controller Application," IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), pp. 297-298, 2012.
2. Frati, V., Prattichizzo, D., "Using Kinect for hand tracking and rendering in wearable haptics," IEEE World Haptics Conference, pp. 317-321, 2011.
3. Yi, L., "Hand Gesture Recognition Using Kinect," IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS), pp. 196-199, 2012.
4. Cruz, L., Lucio, D., Velho, L., "Kinect and RGBD Images: Challenges and Applications," Graphics, Patterns and Images Tutorials (SIBGRAPI-T), 2012.
5. Jain, A. K., "Data clustering: 50 years beyond K-means," Pattern Recognition Letters, Vol. 31, No. 8, pp. 651-666, 2010.
6. Ihm, S.Y., Lee, K. E., Nasridinov, A., Heo, J. S., Park, Y. H., "Approximate convex skyline: A partitioned layer-based index," Knowledge-Based Systems (KBS), Vol. 61, pp. 13-28, 2014.
7. Collazos, C. A., "Human-Computer Interaction in Colombia: Bridging the Gap between Education and Industry," IEEE IT Professional, Vol. 17, No. 1, pp. 5-9, 2015.
8. J, Selvakumar., A, Lakshmi., T. Arivo., "Brain tumor segmentation and its area calculation in brain MR images using K-mean clustering and Fuzzy C-mean algorithm," International Conference on Advances in Engineering, Science and Management (ICAESM), pp. 186-190, 2015.