

깊이 정보를 이용한 가상 터치에서 다중 객체 인식 방법

(Recognition method of multiple objects for virtual touch
using depth information)

권 순 각^{1)*}, 이 동 석²⁾

(Soon-Kak Kwon and Dong-Seok Lee)

요 약 본 논문에서는 가상 터치방식에서 다중 터치를 인식하는 방법에 대해 제안한다. 가상 터치는 물리적 터치 방법에 비교하여 간단한 깊이 카메라만을 설치하고, 객체 깊이값과 배경의 깊이값의 차이만으로 정확하게 객체를 추출하는 방법으로 저비용으로 구현할 수 있는 장점이 있다. 하지만 다중 터치를 구현함에는 정확도가 떨어지는 문제점이 있다. 본 논문에서는 다중 객체 인식을 위한 이진화, 라벨링, 객체 추적의 알고리즘을 통하여 다중 터치의 정확도를 높이는 방법을 제안한다. 모의실험을 바탕으로 다양한 다중 터치 이벤트를 제공함을 보여준다.

핵심주제어 : 깊이 정보, 다중 터치, 터치 이벤트

Abstract In this paper, we propose how to recognize a multi-touch in the virtual touch type. Virtual touch has an advantage that it is installed only simple depth camera compared to the physical touch manners and it can be implemented with low cost for extracting an object exactly from only the difference of the depth values between the object and background. However, the accuracy for implementing the multi-touch has lowered. This paper presents a method to increase the accuracy of the multi-touch through the algorithms of binarization, labelling, and object tracking for multi-object recognition. Simulation results show that the proposed method can provide a variety of multi-touch events.

Key Words : Depth Information, Multi-touch, Touch Event

1. 서 론

현재 스마트폰 등의 터치를 이용한 기기의 보

편화된 보급으로 인해 터치 기술에 대한 관심이 증가하고 있다. 이에 따라 터치를 이용한 응용 분야에 대한 연구가 이루어지고 있다[1-2]. 이때 단일 터치만으로도 이벤트를 제공할 수 있지만, 다양한 조작을 위해서는 보조단추 등의 별도의 조작이 필요하다. 반면 다중 터치를 지원함으로써 핀치인/아웃, 회전 등의 훨씬 많은 종류의 이벤트를 터치 조작만으로 수행할 수 있다.

현재 터치 인식은 주로 정전용량 방식을 통한

* Corresponding Author : skkwon@deu.ac.kr

† 본 연구(No. C0298779)는 중소기업청에서 지원하는 2015년도 산학협력 기술개발사업 연구수행으로 인한 결과물임을 밝힙니다.
Manuscript received December 20, 2015 / revised December 27, 2015 / accepted December 28, 2015

1) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과, 제1저자, 교신저자

2) 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

터치 인식 방법이 주로 이용되고 있다[3-4]. 정전용량 방식의 터치스크린은 정전용량을 통해 터치를 감지하기 위해 쓰이는 ITO(Indium Tin Oxide)의 배치 방법에 따라 감지하기 위한 방법에 따라 상호정전용량(Mutual Capacitance) 방식과 자기정전용량(Self Capacitance) 방식으로 나뉜다. 상호정전용량 방식은 터치패드와 그라운드 사이에서 손가락 접촉 시 증가하는 정전용량 값을 감지하는 방식이며, 상호정전용량 방식은 감지 전극과 구동 전극 사이에 발생하는 정전용량이 손가락 접촉시 감소하는 것을 감지하는 방식이다. 상호정전용량방식은 가로, 세로 M, N 개의 ITO로 이루어진 터치스크린에 대하여 가로축 M 개에 대해 순차적으로 전압을 가하여 각각 세로축 N 개에 유도된 전압을 측정하는 방식이기 때문에 한번 측정에 $M \times N$ 개의 데이터가 발생하기 때문에 측정과 처리가 상대적으로 느리다. 하지만 상호정전용량방식을 사용하면 다중 터치 구현이 간단하게 이루어진다. 반면 자기정전용량 방식의 측정의 경우에는 가로, 세로 M, N 개의 ITO로 이루어지는 터치스크린에서 각 ITO에 동시에 전압을 가하여 전압을 측정하기 때문에 한번 측정에 $M+N$ 개의 데이터가 발생하기 때문에 측정시간과 처리시간이 빠르다. 하지만 이 경우에는 가로, 세로축으로의 데이터만 생성되기 때문에 다중 터치에서 나타나는 ghost 현상, 즉 측정 결과에 따라 가능한 터치 위치가 두 개 이상의 경우가 존재하는 현상이 발생하기 때문에 다중 터치를 구현하는데 어려움이 많은 방식이다. 따라서 현재 대부분의 터치패널은 다중 터치의 구현이 가능한 상호정전용량방식을 채택하고 있다.

하지만 이러한 물리적인 터치센서를 이용한 터치 인식의 경우 터치센서의 크기에 따라 가격이 기하급수적으로 증가하기 때문에 현재로서는 모바일 기기에 한정하여 적용되고 있다. 이러한 단점을 극복하고 대형 스크린에도 터치를 적용하기 위해 자기정전용량 방식의 터치센서를 채택하거나, 스크린 주변에 IR 센서[5-6]나 초음파센서[7-8]를 부착하여 터치를 인식하는 방법이 제안되었다. 하지만 자기정전용량 센서를 부착하는 방법은 상술한 대로 다중 터치 인식이 어렵다는

단점이 존재하고, IR 센서를 이용한 방법은 사전 설정 단계가 필수적이다. 또한 초음파센서를 이용한 방법은 터치 수단이 초음파를 발산하는 도구로 한정된다는 단점이 존재한다. 또한 가시광선을 통한 터치 인식 방법도 제안되었지만, 이 경우에는 다중 터치 처리에 대해 인식률이 떨어지는 문제점을 보였다[9].

2010년 말에 Microsoft 사에서 깊이를 측정할 수 있는 기기인 Kinect와 이를 이용하여 사람의 움직임에 대해 처리를 할 수 있는 SDK를 공개한 이후에 깊이 카메라를 이용한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이에 따라 깊이 카메라를 이용하여 사용자의 움직임을 인식하여 이벤트를 제공하는 여러 방법이 제안되었다[11-13]. 이때 깊이 카메라로 깊이 값을 측정하여 터치를 인식하는 방법도 제안되었다[14,16]. 이 방법은 저렴한 가격으로 스크린 크기에 상관없이 터치를 인식할 수 있고, 환경의 영향을 받지 않고 처리를 할 수 있다는 장점이 있지만, 단일 터치만 처리를 할 수 있다.

본 논문에서는 깊이 카메라를 통해 다중 터치를 인식하는 방법을 제안한다. 깊이 카메라를 통해 촬영한 깊이 영상을 통해 배경 영상을 생성한 후에 터치 위치와 가까운 화소를 대상으로 이진화와 라벨링을 수행한다. 그 후 라벨링 된 각각의 객체에 대해 터치 여부와 터치 포인터를 검출한다. 그 후 터치 포인터의 위치를 이전 프레임에서의 위치와 비교하여 각각의 터치 포인터를 추적한다.

본 논문에서 제안하는 방법을 통해 스크린의 크기에 상관없이 깊이 카메라만을 통하여 터치 이벤트를 구현할 수 있기 때문에 기존 물리적 터치 센서를 이용한 방법에 비해 저렴한 가격으로 터치 이벤트를 구현할 수 있다. 또한 본 논문에서 제안된 방법은 터치 이벤트에만 한정되지 않고 사람의 여러 제스처를 인식하는 방법에도 응용할 수 있기 때문에 인터페이스 시장에 새로운 방향을 제시할 수 있다.

2. 가상 터치에서 다중 터치 인식

2.1 기존 가상 터치 방법

이전 연구[14]에서 구현한 가상 터치 방법에 대해 요약하여 설명한다. 가상 터치는 깊이 카메라를 통해 스크린 영역을 촬영하여 획득한 깊이 영상을 이용하여 객체의 터치를 인식한다. Fig. 1은 기존에 제안한 가상 터치 인식의 흐름도이다.

스크린을 촬영할 수 있는 곳에 깊이 카메라를 통해 깊이 영상을 촬영한다. 먼저 깊이 카메라와 스크린 사이에 객체가 존재하지 않는 상태에서의 깊이 영상을 촬영하여 스크린의 깊이 정보로 이루어진 배경 영상을 획득한 이후 영상의 각각의 화소에 대해, 촬영된 깊이 영상의 깊이 정보 D_{xy} 와, 촬영된 깊이 영상의 깊이 정보 B_{xy} 를 비교함으로써 이진화를 수행함으로써 이진화 영상 O 를 획득한다. 이 때 기존 깊이 카메라를 이용한 터치 인식 방법에서는 이진화를 위하여 작은 상수 값 ε 에 대하여 식 (1)과 같이 수행하였다[14].

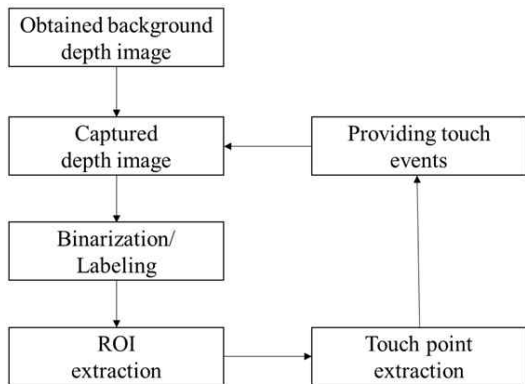


Fig. 1 Flowchart of the existing method of touch detection.

$$O_{xy} = \begin{cases} 0, & \text{if } D_{xy} - B_{xy} < \varepsilon \\ 1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

이진화 과정에서 깊이 영상에서의 잡음으로 인해 객체가 아닌 점이 이진화가 되는 경우가 생긴다. 하지만 깊이 영상에서의 잡음은 Fig. 2에서 나타나듯이 비연속적으로 일어난다. 반면 실제 터치된 점의 주위는 Fig. 3과 같이 터치 위치의 깊이 값과 유사한 깊이 값을 가지게 된다. 따라

서 라벨링을 수행하는 과정에서 라벨링 된 화소의 개수가 N_{min} 개 이하인 객체를 제거함으로써 영상내의 잡음을 제거하고 올바른 객체에 대해서만 처리할 수 있게 된다.

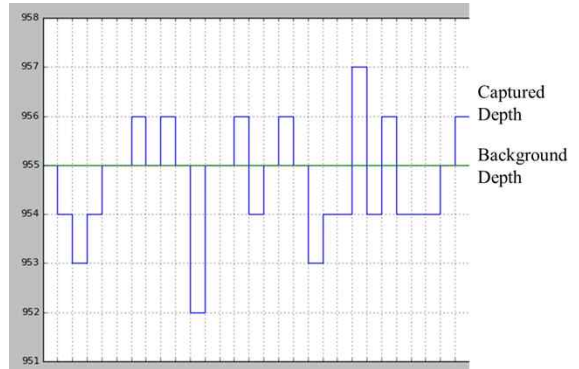


Fig. 2 Captured depth values by the depth camera

라벨링을 통해 추출된 터치 후보 영역에 대해 각각의 라벨링된 객체를 검사한다. Fig. 4에서와 같이 라벨링된 객체에 대해 촬영 깊이 영상에서의 깊이 정보 D_{xy} 와 그 위치에서의 배경 영상의 깊이 정보 B_{xy} 의 차를 비교한다. 객체가 스크린에 대해 식 (2)와 같이 거리가 M 이내로 접근했을 시 그 객체에 대해 터치가 되었다고 간주한다. 여기서 M 은 깊이 카메라의 오차 범위를 고려한 값이다.

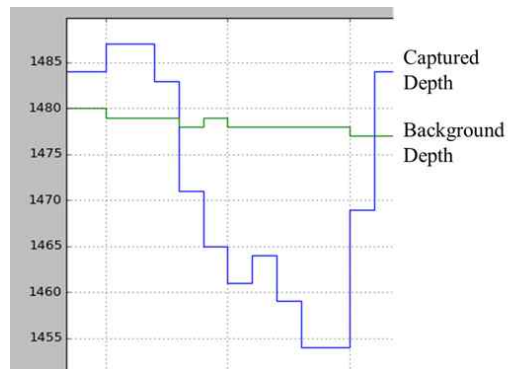


Fig. 3 Depth value in touch area.

$$|B_{xy} - D_{xy}| < M \quad (2)$$

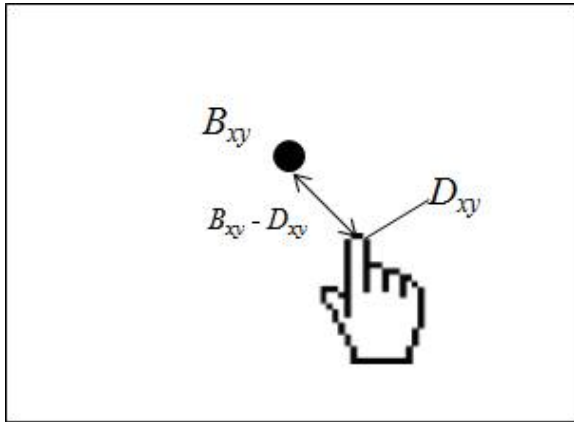


Fig. 4 Comparing of depth images between object and background.

이러한 방법을 이용하면 깊이 카메라를 이용하여 하나의 객체에 대하여 터치 여부와 터치가 된 위치를 알아 낼 수 있다. 하지만 이러한 방법은 다중 터치를 분간하기 힘들다는 단점이 존재한다. Fig. 5는 두 개의 터치가 일어난 경우를 위에서 바라본 모습이다. 이 경우에서 이진화를 수행하게 되면 식 (1)에 의해 손 전체가 하나의 객체로 인식된다. 여기서 라벨링을 수행한 후 식 (2)을 통해 이 객체에 대해 터치가 일어났다는 것을 알 수 있다. 하지만 손 전체가 하나의 객체이기 때문에 이 경우에는 다중 터치를 처리할 수 없다는 문제가 생긴다. 따라서 다중 터치를 인식하여 처리하기 위해서는 기존의 방법 대신에 새로운 객체 추출 방법이 필요하다.

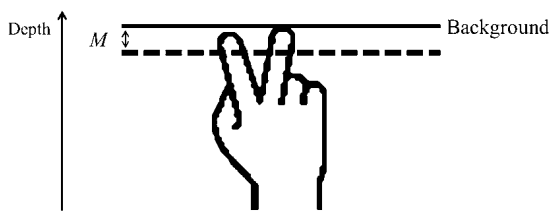


Fig. 5 Detection of multi-touch using existing method.

2.2 다중 가상 터치 방법

기존 가상 터치 방법은 스크린 영역 내에 있는 객체를 하나의 객체로 인식하여 처리를 수행한

다. 이 방법을 통해 객체를 정확하게 인식하여 처리를 할 수 있지만, 하나의 객체에 대해서 하나의 터치만을 처리할 수 있기 때문에 다중 터치 처리를 구현할 수 없다. 이러한 단점을 극복하기 위하여 새로운 이진화 방법을 제안한다.

기존 이진화 방법에서는 배경과 구분되는 부분을 그대로 이진화하여 라벨링을 수행한 결과 하나의 객체로 처리하기 때문에 다중 터치에 대한 처리가 힘들다는 단점이 존재했다. 만약 터치가 가능한 영역을 구하여 그 영역을 구분하여 처리를 하게 된다면 추출된 영역에 대해 터치 여부를 확인하면 되기 때문에 이러한 문제를 해결할 수 있다.

Fig. 5와 같은 영상이 촬영되었을 때, Fig. 6과 같이 배경과 깊이가 T 이하의 차이를 가지는 화소에 대해 식 (3)을 적용하여 이진화를 수행한다. 이 때 T 는 각각의 터치 후보 영역 간 분리를 할 수 있고, 이진화 결과 추출된 터치 후보 영역이 잡음과 구별이 될 수 있는 적절한 값을 정한다. 그 결과 터치가 가능한 각각의 영역에 대해 터치 검사를 할 수 있게 되어 다중 터치를 인식할 수 있다. Fig. 8은 다중 터치가 일어났을 경우에 대해 기존의 방법과 새로 제안한 방법을 각각 적용한 이진영상이다. 그 결과 기존의 방법은 손이 하나의 객체로 인식되는 반면 제안한 방법을 적용한 결과는 터치가 된 두 부분이 나뉜다는 것을 볼 수 있다.

$$O_{xy} = \begin{cases} 0, & D_{xy} - B_{xy} < \epsilon \text{ or } D_{xy} - B_{xy} > T \\ 1, & \epsilon < D_{xy} - B_{xy} < T \end{cases} \quad (3)$$



Fig. 6 Binarization using proposed method.

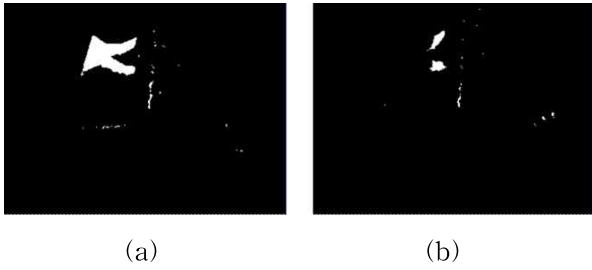


Fig. 7 Results of binarization: (a) existing method, (b) proposed method.

다중 터치를 통해 이벤트를 제공하기 위해서는 터치된 점에 대해 각각의 터치를 추적하는 것이 필요하다. 이때 이전 프레임에서의 터치된 점의 위치 정보를 이용한다. 프레임 간 터치 위치의 이동이 프레임 전환 속도에 비해 매우 빠르지 않다면 각 터치 간의 이동 거리를 계산하여 짧은 이동거리를 기준으로 터치 이동을 확인한다. 이전 프레임에서의 터치 위치에서 현재 프레임의 터치 위치로 가는 모든 경우의 수를 다 따져서 가장 작은 이동거리를 가지는 경우를 선택한다 [15]. Fig. 8에서는 이전 프레임에서의 터치 위치 P_a , P_b 와 현재 프레임에서의 터치 위치 C_a , C_b 에 대해 터치를 추적하는 알고리즘을 나타낸 것이다. 이때 이전 프레임에서의 터치 위치 P_a 에서 현재 프레임으로 갈 수 있는 경우는 C_a , C_b 이므로 각 경로의 이동거리를 비교한다. 이때 C_a 로 이동하는 이동 거리가 최소이므로 C_a 의 터치에

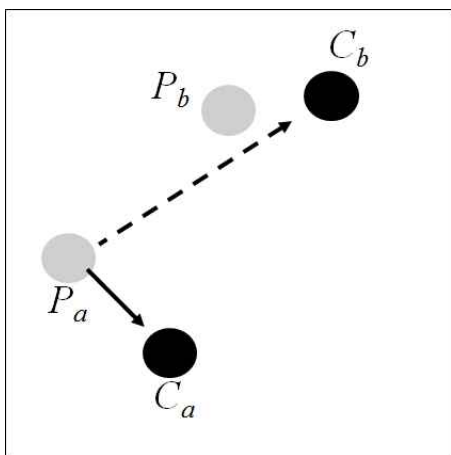


Fig. 8 Tracing touch points by using previous frame.

대해 C_a 로 터치를 추적한다. 만약 프레임 속도가 낮거나 터치 이동이 매우 빠른 경우에는 이를 구별할 수 있는 다른 정보가 제공되지 않는 한 정확한 터치 추적을 수행할 수 없지만, 깊이 카메라의 경우 대부분 30fps - 60fps의 프레임 속도를 지원하므로 이러한 경우는 고려하지 않아도 된다. 이렇게 얻어진 터치 추적 정보를 제공함으로써 여러 종류의 다중 터치 이벤트를 제공할 수 있다.

3. 실험결과

3.1 결정변수와 환경요인의 설정

본 논문에서는 ASUS 사의 Xiton Pro 제품을 이용하여 깊이를 측정하였다. Xiton Pro의 깊이 영상 해상도는 640X480 화소와 320X240 화소를 지원하며 초당 30프레임으로 영상을 촬영하도록 하였다. 인자는 T 는 35, N_{min} 는 120을 적용하여 실험을 수행하였다. 다중 터치 이벤트 실험을 수행하기 위하여 터치된 곳을 따라 선을 그리는 이벤트를 제공하는 프로그램을 이용하여 터치 추적 및 정확도를 실험하였다. 이때 스크린은 17인치 LCD 모니터와, 빔프로젝트를 이용한 폭은 약 2.2m, 높이는 1.7m인 대형 스크린을 대상으로 실험을 수행하였다.

3.2 결과분석

17인치 LCD 모니터를 대상으로 멀티 터치를 수행하여 멀티터치 인식을 실험하였다. 이때 인자는 T 는 35, N_{min} 는 120을 적용하였고, 깊이 영상 해상도는 320X240 해상도를 적용하여 실험을 수행하였다. 실험을 수행한 결과를 Fig. 9에서 볼 수 있다. Fig. 9(a)에서는 이중 터치를 하였을 때 본 논문에서 제안된 방법을 이용하여 터치 인식을 수행했을 때 터치 인식 결과이다. 이때 터치 영역 주위로 잡음이 발생하였지만, 이 잡음들은 라벨링 과정에서 크기가 충분하지 않기 때문에 처리가 되지 않기 때문에 터치 인식에 영향을 주지 않는다. 또한 이진화 영상에서 원이 그려진

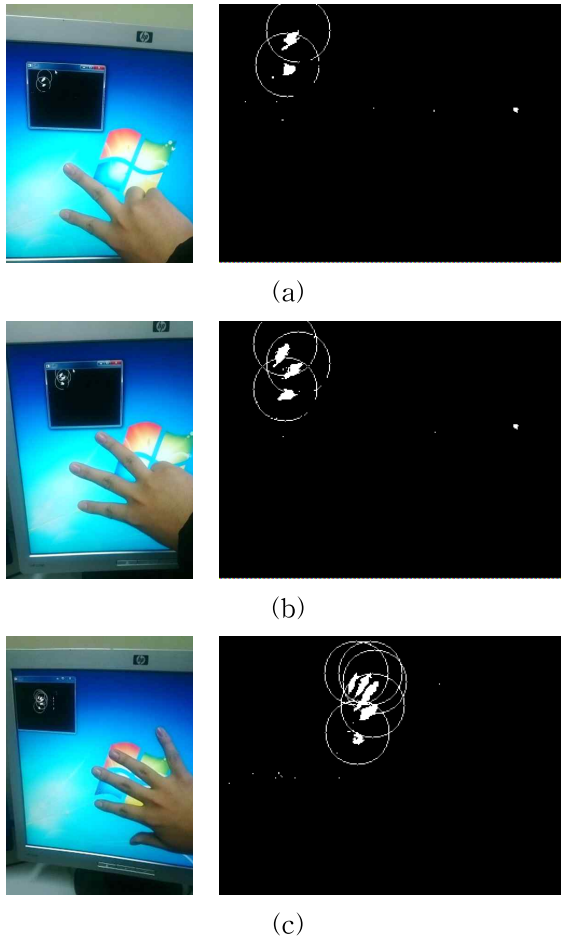


Fig. 9 Detection of multi-touch: (a) two objects, (b) three objects (c) five objects.

중심이 터치가 확인된 지점인데, 여기서 터치를 정확하게 인식할 수 있고, 인식 위치도 정확하다는 것을 확인할 수 있다. Fig. 9 (b), (c)는 각각 3 개, 5 개의 터치를 할 때의 터치 인식을 보여 준다. 이때도 문제없이 인식이 잘 된다는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 10은 터치된 곳을 따라 선을 그리는 이벤트를 통해 17인치 모니터를 대상으로 터치 추적과 터치 정확도를 측정 한 결과이다. 실험 결과 터치된 손가락의 움직임을 따라서 선이 자연스럽게 그려지는 것을 확인할 수 있다. 여기서 멀티 터치 환경에서의 터치 추적이 자연스럽게 이루어지고 있다는 것을 확인할 수 있다.

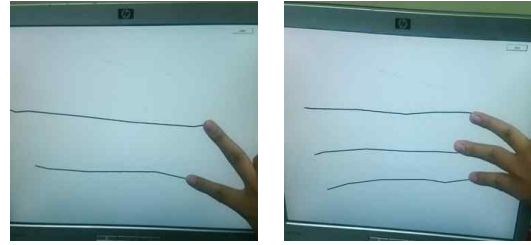


Fig. 10 The drawing line tracing multi-touch.

빔 프로젝터를 이용한 대형 스크린을 대상으로 도 Fig. 11과 같이 실험을 수행하였다. 대형 스크린 환경에서도 멀티 터치 인식 및 추적이 원활하게 이루어짐을 알 수 있다.

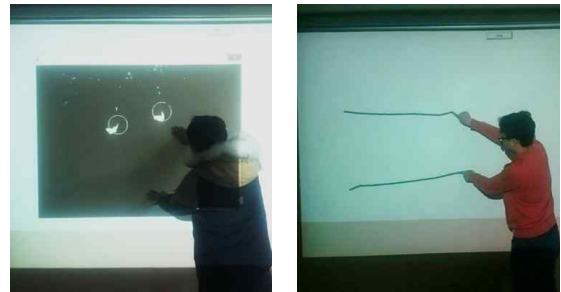


Fig. 11 The detection of multi-touch in a large screen.

또한, 다중 터치를 수행할 때 두 터치의 거리에 따라 다중 터치 인식 성능에 대해 실험을 수행하였다. T 값이 너무 크면 터치의 거리가 가까울 경우 하나의 객체로 인식하여 다중 터치가 인식이 안되는 경우가 생길 수 있다. 또한 T 가 너무 작으면 인식된 터치 영역의 크기가 작아 잡음과 구별이 안되어 라벨링 과정에서 제거되는 경우가 생긴다. 이런 실험을 T 에 따라 두 개의 터치가 인식되는 최소 거리를 측정하는 실험을 T 에 대해 각각 20회 수행하였다. 이 실험에서 N_{min} 는 120을 적용하였고, 빔 프로젝터를 이용한 대형 스크린을 대상으로 실험을 수행하였다. 또한 깊이 영상 해상도는 320x240을 적용하였다. 실험 결과는 Table 1과 같다. 이 때 T 가 작을수록 터치 간 거리가 가까울 때에도 인식이 잘되었다. 하지만 T 가 너무 작으면 잡음의 영향으로 인해 터치 인식 성능이 나빠지는 문제가 발생하였다.

Table 1 Simulation result of multi-touch.
(320x240 Depth image)

T	Minimum distance between two-touches to detect each touch correctly (cm)
20	5.1
25	5.5
30	5.7
35	5.9
40	6.2
45	6.5
50	6.9

또한 깊이 영상 해상도를 640x480화소로 변경하여 동일한 실험을 수행하였다. 실험 수행 결과인 Table 2에서도 T 값이 작을수록 터치간 거리가 가까울 때에도 더 인식이 잘되었다는 결과가 나왔다. 또한 깊이 해상도가 320x240화소일 때보다 좀 더 좋은 성능을 보인다는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 해상도가 커짐에 따라 터치 반응 속도는 약간 느려짐을 확인할 수 있었다.

Table 2 Simulation result of multi-touch. (640x480 Depth image)

T	Minimum distance between two-touches to detect each touch correctly (cm)
20	4.8
25	5.0
30	5.4
35	5.6
40	5.9
45	6.1
50	6.4

4. 결론

본 논문은 깊이 카메라를 통해 배경 영상을 획득 후, 터치 후보 영역들을 검출하여 각 영역마다 터치 여부를 판단하여 멀티 터치를 인식하는 방법을 제안하였다. 또한 멀티 터치에 대해 각각을 추적하여 여러 멀티 터치 이벤트를 제공할 수

있다는 것을 보였다. 제안 방법을 실제로 적용한 결과 깊이 카메라를 이용하여 멀티 터치 이벤트를 원활히 제공할 수 있다는 것을 보였다.

현재 물리적 터치 기술은 스크린의 크기에 따라 가격이 증가하므로 현재는 소형 포터블 기기에만 적용할 수 있다. 이에 따라 대형 스크린에 적용할 수 있는 여러 대안적인 방법이 여럿 제안되고 이중 몇 가지는 실제로 시판되었지만 각각마다 한계점을 가지고 있다. 본 논문에서 제안된 방법은 저렴한 가격으로 대형 스크린에서 원활한 터치 이벤트를 제공할 수 있다. 또한 본 논문이 제안한 방법은 향후 전자철판, 교육[16] 등의 여러 응용분야에 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] D. H. Lee, M. K. Kang, and T. S. Yun, "Development of a tangible interface using multi-touch display on an irregular surface," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 16, No. 3, pp. 65-72, 2011.
- [2] J. I. Lee, S. C. Kim, and H.C. Won, "Voice-based messenger using NXT touch-sensor input unit and the Bluetooth wireless communication for the blind," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 13, No. 5, pp. 78-86, 2008.
- [3] G. Walker, "A review of technologies for sensing contact location on the surface of a display," Journal of the Society for Information Display, Vol. 20, No. 8, pp. 413-440, 2012.
- [4] W. S. Cheong, C. H. Hong, and J. H. Shin, "Technological and industrial trends on touch sensor, 2014 electronics and telecommunications trends", ETRI, pp. 31-42, 2014.
- [5] V. Soni, M. Patel, and R.S. Narde, "An interactive infrared sensor based

- multi-touch panel,” International Journal of Scientific and Research Publications, Vol. 3, No. 3, pp. 610-623, 2013.
- [6] J. Leitner, J. Powell, P. Brandl, T. Seifried, M. Haller, B. Doray, and P. To, “A tilting multi-touch and pen based surface,” Proceeding on CHI’09 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 3211-3216, 2009.
- [7] H. Nonaka and T. Da-te, “Ultrasonic position measurement and its applications to human interface,” IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 44, No. 3, pp. 771-774, 1995.
- [8] G. F. Russell, B. A. Smith, and T.G. Zimmerman, Digital Pen using Ultrasonic Tracking, U.S. Patent 6703570, 2004
- [9] J. W. Park and Y. J. Jeong, “A study on touch-screen development using visible-ray,” The Institute of Electronics Engineers of Korea - Signal Processing, Vol. 48, No. 3, pp. 50-61, 2011.
- [10] S. J. Jung, G. J. Choi, and E. S. Cho, “Presentation control using a Kinect sensor,” Proceeding on Korea Computer Congress 2012, Vol 39, No. 1(A), pp. 370-372, 2012.
- [11] M. K. Lee and J. B. Jeon, “Personal computer control using Kinect,” Proceeding on Korea Computer Congress 2012, Vol. 39, No. 1(A), pp. 343-345, 2012.
- [12] S. K. Kwon and S. W. Kim, “Motion estimation method by using depth camera,” Journal of Broadcasting Engineering, Vol. 17, No. 4, pp. 676-683, 2012.
- [13] C. G. Kim and B. S. Song, “Development of home training system with self-controlled feedback for stroke patients,” Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 18, No. 1, pp. 37-45, 2013.
- [14] D. S. Lee and S. K. Kwon, “Touch pen using depth information,” Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 18, No. 11, pp. 1313-1318, 2015.
- [15] X. Li, Y. Wang, and J Xie, “Analyzing algorithm of multi-camera multi-touch system for educational application,” 2009 Second International Conference on Education Technology and Training, pp. 90-94, 2009.
- [16] A. Dippon and G. Klinker, “KinectTouch: accuracy test for a very low-cost 2.5 D multitouch tracking system,” Proceeding on the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces, pp. 49-52, 2011.
- [17] S. K. Kwon, Y. H. Park, O. J. Kwon, and S. W. Han, “Cascade mentoring system for computer major education,” Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 20, No. 5, pp. 71-80, 2015.



권 순 각 (Soon-Kak Kwon)

- 정회원
- 경북대학교 전자공학과 공학사
- KAIST 전기및전자공학과 공학석사
- KAIST 전기및전자공학과 공학박사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 교수
- 관심분야 : 멀티미디어처리, IOT



이 동 석 (Dong-Seok Lee)

- 정회원
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 공학사
- 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과 석사과정
- 관심분야 : 멀티미디어 신호처리, 영상 인식