

## SIFT 알고리즘 기반 터치인식

정성훈\*

### Touch Recognition based on SIFT Algorithm

Sung Hoon Jung \*

#### 요약

본 논문에서는 터치스크린 시스템에 강한 잡음이 존재하는 상황에서 안정적으로 터치를 인식하기 위하여 SIFT(Scale Invariant Feature Transform) 알고리즘을 기반으로 고안한 터치인식 방법을 소개한다. SIFT 알고리즘을 기반으로 하여 잡음에 강하며 다양한 크기의 터치를 효과적으로 추출하는 것이 가능하다. 제안한 방법을 검증하기 위하여 터치스크린 상에서 얻은 채널데이터를 이용하여 매트랩 상에서 터치인식을 시뮬레이션 해 보았다. 시뮬레이션 결과 강한 잡음이 존재하는 상황에서 터치 크기와 방향에 상관없이 안정적으로 터치를 인식하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 터치인식 알고리즘을 실제 터치스크린 상에 구현한 결과 SIFT 알고리즘에서 사용하는 DoG(Difference of Gaussian) 연산에 많은 계산량이 필요하여 실시간 터치인식에 문제가 발생하였다. 우리는 이를 극복하기 위하여 DoG의 빠른 근사 방법인 DoM(Difference of Mean)을 사용하여 문제를 해결하였다.

▶ Keywords : 터치스크린, 정전방식, 터치인식, SIFT 알고리즘, DoM

#### Abstract

This paper introduces a touch recognition method for touch screen systems based on the SIFT(Scale Invariant Feature Transform) algorithm for stable touch recognition under strong noises. This method provides strong robustness against the noises and makes it possible to effectively extract the various size of touches due to the SIFT algorithm. In order to verify our algorithm we simulate it on the Matlab with the channel data obtained from a real touch screen. It was found from the simulations that our method could stably recognize the touches without regard to the size and direction of the touches. But, our algorithm implemented on a real touch screen system does not support the realtime feature because the DoG(Difference of Gaussian) of the SIFT algorithm needs too many computations. We solved the problem using the DoM(Difference

•제1저자 : 정성훈 •교신저자 : 정성훈

•투고일 : 2013. 9. 24, 심사일 : 2013. 10. 1, 게재확정일 : 2013. 10. 8.

\* 한성대학교 정보통신공학과 (Department of Information and Communications Engineering, Hansung University)

※ 본 연구는 한성대학교 교내학술연구비 지원과제 임.

of Mean) which is a fast approximation method of DoG.

▶ Keywords : Touch Screen, Capacitive Touch, Touch Recognition, SIFT Algorithm, DoM

## I. 서 론

최근 들어 모바일 기기의 사용이 활성화 되면서 입력장치로 터치스크린이 각광받고 있다[1,2]. 터치스크린은 스크린 위에 터치를 인식할 수 있는 기능을 부가한 것으로 입력장치의 공간적 추가 배치를 최소화 할 수 있으며 사용자가 스크린 상에 직접 입력함으로써 사용의 직관성과 편리성을 제공할 수 있는 장점이 있다[1,2]. 터치스크린에서 터치를 센싱하는 방법은 터치압력에 따른 저항의 변화를 측정하는 방식인 저항방식과 터치로 인하여 변화하는 정전용량을 측정하는 방법인 정전용량방식이 있다. 정전용량방식은 압력을 가하지 않고 가볍게 터치만 해도 센싱이 되기 때문에 최근에는 주로 정전용량 방식이 많이 사용되고 있다[2].

터치스크린은 스크린 위에 설치되기 때문에 정전용량의 변화를 센싱하는 센서로 투명전극필름인 ITO(Indium Tin Oxide)가 많이 사용되고 있다. ITO를 스크린위에 가로 세로로 다수개의 채널을 배치하고 터치로 인한 정전용량의 변화를 측정하여 터치된 위치를 계산한다. 정전용량의 변화를 측정하는 방식에는 크게 두 종류가 있는데, 투명전극필름 자체의 정전용량의 변화를 측정하는 자기정전용량(self capacitance) 방식과 투명전극필름 사이의 정전용량 변화를 측정하는 상호정전용량(mutual capacitance)방식이 있다[1]. 자기정전용량방식은 터치에 따라 정전용량이 크게 바뀌기 때문에 신호 대 잡음비가 좋은 장점을 가지나 멀티터치에서 고스트현상이 발생하는 단점이 있다. 이에 비하여 상호정전용량방식은 고스트현상이 발생하지 않으나 신호 대 잡음비가 낮기 때문에 잡음이 강한 곳에서 안정적으로 터치를 인식하기 어렵다. 특히 터치스크린이 LCD패널 위에 설치되기 때문에 LCD 패널에서 들어오는 잡음이 심하며 기타 전원잡음과 방사잡음이 쉽게 노출되어 신호 대 잡음비가 더욱 낮아진다. 그러므로 신호 대 잡음비가 낮은 상황에서도 강건하게 터치를 인식하는 알고리즘이 필요하다[2].

터치스크린의 경우 터치에 사용하는 손가락에 따라서 그리고 손가락을 누르는 방향과 압력에 따라서 터치된 영역의 모양이나 크기가 변화한다. 또한 강한 잡음 하에서 이러한 터치

크기나 모양은 왜곡이 발생하여 터치인식을 어렵게 한다. 이와 같은 상황에서 안정적으로 터치를 인식하려면 잡음에 민감하지 않으면서 여러 가지 크기의 모양과 방향에 무관한 특징을 추출해야한다. 우리는 이러한 목적에 부합하는 것으로 기존의 컴퓨터비전 알고리즘 중에서 SIFT 알고리즘을 주목하였다[3]. SIFT의 특징 점 추출 알고리즘은 일반적으로 고주파 잡음제거에 많이 사용하는 가우시안필터를 사용하여 잡음에 강하다. 또한 여러 스케일의 특징 점을 추출하여 지역 극대 값을 구하기 때문에 다양한 크기 중에서 가장 잘 일치하는 크기를 추출할 수 있다.

우리는 제안한 알고리즘을 검증하기 위하여 매트랩 상에서 알고리즘을 구현하여 시뮬레이션 하였다. 실제 터치스크린 상에서 얻은 채널데이터를 이용하여 시뮬레이션 한 결과 강한 잡음 하에서도 안정적으로 다양한 크기의 터치를 인식함을 볼 수 있었다. 그러나 해당 알고리즘을 실제 터치스크린에 적용하여 실험한 결과 SIFT의 특징 점 추출에 사용하는 DoG 연산에서 많은 계산 량이 필요하여 실시간 처리에 문제가 발생하였다. 우리는 이를 해결하기위하여 DoG를 빠르게 근사화하는 알고리즘을 찾았다. 그 중에 비록 근사정도는 낮지만 빠른 계산이 가능한 DoM을 채택하였다[5]. DoM에서는 적분 이미지(integral image)를 사용해 매우 빠른 알고리즘 구현이 가능하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 본 논문에서 제시한 알고리즘의 기본이 되는 SIFT와 DoM알고리즘을 소개한다. 3절에서는 터치인식알고리즘을 설명하고 4절에서는 실험결과를 설명하며 5절의 결론으로 끝을 맺는다.

## II. SIFT 와 DoM 알고리즘

본 절에서는 제안한 터치인식 알고리즘의 기본이 되는 SIFT 알고리즘과 실시간처리를 위하여 도입한 DoM 알고리즘에 대하여 설명한다.

### 2.1 SIFT 알고리즘

SIFT알고리즘은 이미지에서 특징 점을 추출하여 비교하는 알고리즘으로 물체인식에 많이 사용된다[3]. 이미지에 존

재하는 물체들의 특징 점은 해당 물체를 대표하는 특징으로서 물체의 크기, 회전, 조명변화에 대하여 불변해야 물체인식에 유리하다. SIFT 알고리즘은 이러한 목표를 위해 개발된 알고리즘으로 동영상에서 이동 물체 추적 등에 많이 사용된다. SIFT알고리즘의 처리과정은 다음과 같다.

1. 크기 공간 극대 값 검출 (Scale-space extrema detection): 이미지 내에서 해당 물체의 크기와 회전에 불변하거나 변화가 작을 것 같은 특징 점을 추출하는 과정이다. 이 과정은 터치인식에서 핵심적으로 사용되는 과정으로 후에 좀 더 자세히 설명한다.
2. 키포인트 결정 (Keypoint localization): 결정된 특징 점 중에서 안정적이지 못한 점들을 제거하고 영상 픽셀상의 특징 점을 이미지 공간상의 위치로 변환한다.
3. 키포인트의 방향결정 (Orientation assignment): 각 특징 점의 방향과 크기를 결정한다.
4. 매칭 (Matching): 템플레이트에 저장된 이미지의 특징 점들과 입력된 이미지에서 구한 특징 점들을 매칭하여 같은 물체인지 아닌지 판단한다.

터치인식에서는 터치스크린에 터치된 손가락의 크기와 방향에 무관하게 터치를 인식해야하기 때문에 SIFT 알고리즘에서 첫 번째 단계인 극대 값 검출단계가 가장 중요하다. 크

기와 방향에 무관한 극대 값이 검출되면 이를 이용하여 두 번째 단계와 유사하게 실제 터치위치를 결정하면 된다. SIFT 알고리즘의 3, 4단계는 터치인식에는 필요하지 않다. 가장 중요한 특징 점을 추출하는 1단계를 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다.

1. 입력된 이미지를 다운 샘플링하여 여러 개의 옥타브 이미지를 생성한다.
2. 각 옥타브이미지에 여러 개의 표준편차를 적용하여 여러 스케일의 가우시안 필터링 이미지를 생성한다.
3. 이웃하는 가우시안 필터링 이미지 사이의 차 영상을 구한다. 이 차 영상이 DoG (Difference of Gaussian) 영상으로 LoG (Laplace of Gaussian)의 고속버전으로 사용된다. LoG는 방울검출(Blob Detection)에서 주로 사용하는 연산으로 주위보다 더 어둡거나 더 밝은 곳을 찾아낸다.
4. 이웃하는 DoG이미지에서 극대 값(주위 보다 밝은 특징 점) 혹은 극소 값(주위 보다 어두운 특징 점)을 찾는다. 해당 극대 값 혹은 극소 값이 특징 점이 된다.

그림 1은 SIFT알고리즘을 제한한 논문에서 있는 것으로서 특징 점 추출과정을 나타낸 것이다. 보다 자세한 터치인식 알고리즘은 3절에서 설명한다.

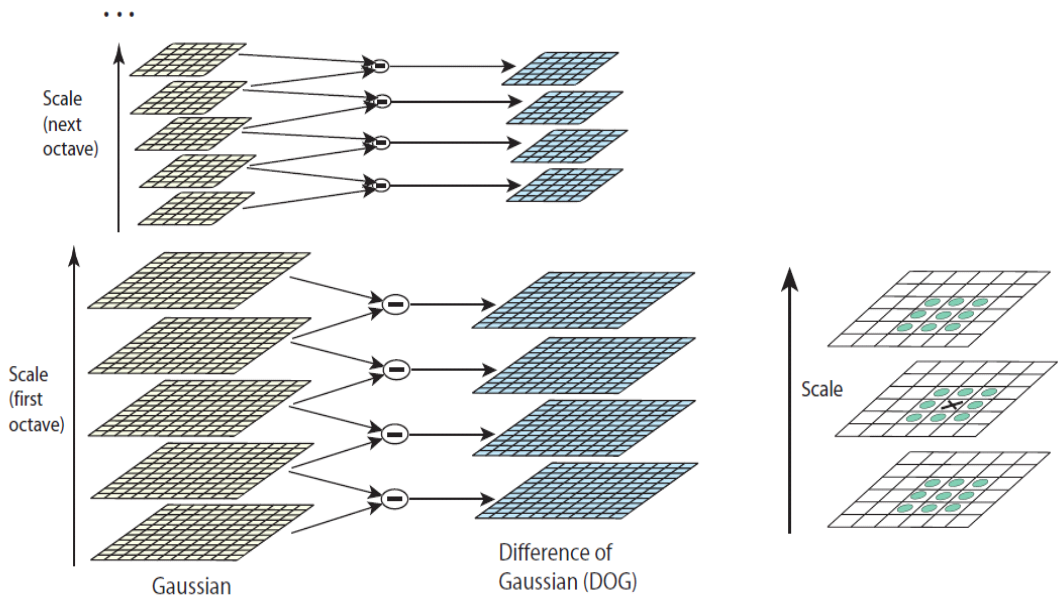


그림 1. 특징 점 추출 과정(출처: Lowe 논문(3))  
 Fig. 1. Extraction of local extrema(origin: Lowe paper(3))

## 2.2 DoM 알고리즘

특징 점 추출 알고리즘에서 사용하는 가우시안필터는 많은 연산을 필요로 한다. 더불어 여러 스케일의 가우시안 필터를 적용하기 때문에 특징 점 추출 알고리즘에 많은 시간이 소요된다. 이러한 문제점은 특징 점 추출 알고리즘을 실제 터치스크린에 적용할 경우 실시간으로 터치를 인식해야하는 상황에서 문제점으로 대두된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 가우시안 필터를 빠르게 처리할 필요성이 있다.

DoG 연산을 빠르게 수행하기 위한 여러 가지 알고리즘들이 제안되었다[5-7]. 논문 [5]는 가우시안을 빠르게 구하기 위해 가우시안필터 대신에 평균필터를 사용하였으며 빠른 평균을 구하기 위해 적분이미지(Integral image)를 사용하였다. 적분이미지는 이미지를 x,y 축으로 미리 적분해 놓은 이미지로서 이를 이용하면 어떤 크기의 2D평균 필터도 동일한 시간 안에 빠르게 계산할 수 있다. 논문[6]은 [5]와 유사하게 적분이미지나 이동평균필터를 사용하여 빠르게 평균을 구하고 이러한 평균필터를 여러 번 적용하여 크기에 상관없이 제한된 시간 내에 가우시안과 유사한 가중치를 갖는 필터를 제공하는 방법이다. 논문[7]에서는 하나의 적분이미지로부터 여러 개의 2D 평균필터를 빠르게 계산하고 이를 누적함으로써 가우시안과 유사한 가중치를 갖는 필터를 제공하였다. 우리는 이들 알고리즘 중에서 계산비용이나 복잡도를 감안하여 최종적으로 DoM 알고리즘을 선택하였다[5]. DoM(Difference of Mean) 알고리즘은 가우시안을 구하지 않고 평균을 대신 사용하는 방법이다[5]. 가우시안의 경우 주어진 이미지와의 연산이 종 모양의 가중치를 갖고 계산이 되는데 비하여 평균은 이미지 내의 모든 값이 동일한 가중치로 계산이 된다. 이 때문에 가우시안 보다는 정확한 극대 점을 찾는 데 한계가 있다. 그러나 극대점이 약간 차이가 나도 최종적으로 터치위치를 계산할 때 무게 중심법을 사용함으로써 실제 계산된 터치 위치는 크게 다르지 않다. DoM에서는 윈도우 이미지의 평균을 빠르게 구하기 위하여 적분이미지를 사용한다. 논문 [4]에서 처음 제안된 적분이미지는 이미지처리를 빠르게 하기 위하여 개발된 방법으로 DoM을 매우 빠르게 동작할 수 있게 한다.

## III. 터치인식

본 절에서는 먼저 터치스크린에서 획득되는 채널데이터에 대하여 설명하고 이를 이용하여 터치를 인식하는 인식 알고리즘을 설명한다.

## 3.1 터치데이터의 획득

터치스크린에서 발생하는 채널데이터는 터치스크린을 구현하는 방식에 따라 다르다. 터치스크린 상에 배치된 투명전극 필름은 X, Y축 상에 여러 가지 패턴으로 1층 혹은 2층으로 배치된다. 센싱 방법은 X, Y축 상에 배치된 투명전극 자체에 전압을 가하고 각 투명전극의 전압의 변화를 측정하여 정전용량의 변화를 측정하는 자기정전용량(self capacitance) 방식과 X축 투명전극에 전압을 가하고 Y축 투명전극에 유도된 전압을 측정하는 상호정전용량(mutual capacitance) 방식이 있다. 두 방법 모두 터치로 인하여 정전용량이 변화하면 측정되는 전압이 변화하는 것을 이용하여 터치 위치를 인식하는 방법이다. 자기정전용량방식은 X축 투명전극의 개수와 Y축 투명전극의 개수를 합한 만큼의 데이터가 발생하는데 동시에 측정할 수 있어서 매우 빠른 속도를 구현할 수 있고 정전용량의 변화가 커서 데이터가 잡음에 강한 특성이 있다. 반면에 멀티터치에서는 고스트(ghost)현상으로 멀티터치를 인식하기 어려운 단점이 존재한다. 상호정전용량방식에서는 X축 투명전극별로 Y개의 데이터가 얻어지기 때문에 총  $X*Y$  개의 데이터가 발생한다. 그러나 X축 투명전극을 하나씩 구동하면서 Y축 데이터를 얻기 때문에 데이터 획득 시간이 오래 걸리고 터치로 인한 상호정전용량의 변화가 작아 잡음에 취약한 단점이 있다. 그러나 자기정전용량과 같은 고스트현상이 없어서 멀티터치를 제공하는데 유리하다.

본 논문에서는 상호정전용량방식의 터치스크린을 가정하기 때문에 데이터는 총  $X*Y$ 개의 2차원 채널데이터가 획득된다. 터치가 되지 않았을 때 일정 기간 획득한 데이터의 평균을 갖고 있으면서 이 값을 계속 빼주기 때문에 터치가 일어나지 않은 경우 잡음이 크지 않은 환경에서는 대부분의 데이터가 0의 값을 갖으며 일부분에서 무작위적인 작은 잡음 데이터가 발생한다. 그러나 잡음이 심한 환경에서는 무작위적으로 큰 값이 여기저기에서 발생한다. 또한 온도변화의 의하여 투명전극의 특성이 변화하고 터치스크린의 투명전극별로 센서까지의 길이가 다르기 때문에 다양한 잡음 특성이 나타난다. 이러한 특성은 터치시의 센싱 값에도 영향을 주어서 채널별 온도별 환경별 센싱된 데이터 값에 많은 변화가 발생한다. 그러므로 터치인식 알고리즘은 잡음에 강건하게 설계되어야 한다. 또한 터치하는 손가락의 종류와 크기 및 손가락의 방향과 터치하는 세기에 따라서 여러 가지 다양한 형태의 터치모양이 발생되기 때문에 안정적으로 터치를 인식하는 알고리즘이 필요하다.

### 3.2 터치인식 알고리즘

잡음에 강건하면서 스케일이나 회전 및 방향에 불변하는 SIFT의 특징 점 추출 알고리즘을 기본으로 하여 터치인식 알고리즘을 제안하였다. 제안한 알고리즘의 동작절차는 다음과 같다.

1. 2차원 채널데이터를 스케일에 따라 필터링을 수행하여  $n$ 개의 가우시안 필터링된 데이터를 생성한다(가우시안의 표준편차  $\sigma$ 는  $n$ 에 따라 증가한다).
2.  $n$ 개의 가우시안 필터링데이터에서 이웃하는 데이터와의 차를 이용하여  $n-1$ 개의 DoG(difference of Gaussian) 데이터를 구한다.
3.  $n-1$ 개의 DoG를 이용하여 지역극대점을 찾는다.
4. 찾은 극대점을 정렬하고 일정치 이하는 버린다.
5. 극대점을 중심으로 주변의 값을 이용하여 무게 중심법으로 터치 위치를 계산한다.

터치스크린에서 획득한 2차원 채널데이터를 이용하여 스케일에 따라서 5개의 가우시안 필터링 데이터를 얻는다. 이때 스케일에 따라서 가우시안 필터에 적용하는 표준편차 값을 증가시킨다. 스케일별 표준편차 값의 선택은 터치인식에 매우 중요하다. 왜냐하면 이 표준편차의 값에 따라서 인식하는 대표 터치 크기가 결정되기 때문이다. 5개의 가우시안 필터링 데이터를 이용하여 4개의 DoG 데이터를 구한다. 이는 각 데이터 별로 큰 스케일의 데이터에서 작은 스케일의 데이터를 빼는 방식으로 구한다. 이후 4개의 DoG 데이터를 이용하여 지역극대점을 찾는다. 극대점은 그림 1의 오른쪽에서처럼 윗 스케일의 DoG데이터와 아래 스케일의 DoG데이터를 이용하여 각 데이터 위치별로 이웃하는 26개의 값과 비교하여 최소(혹은) 최대 값을 갖는 극대점을 찾는다. 터치인식에서 이 극대 값은 해당 터치모양과 가장 일치하는 크기의 스케일에서 가장 중심부에서 발생한다. 그러므로 이 극대 값은 해당 크기의 터치의 위치정보가 된다. 잡음에 의하여 발생하는 극대 값을 제외하기 위하여 일정치 이하의 극대 값은 버린다. 남은 극대 값의 개수가 터치 개수가 되며 각 극대 값의 주변 값을 이용하여 무게 중심법으로 실제 터치위치를 계산한다. 이렇게 계산된 터치 위치는 X, Y채널 상의 위치로 터치스크린에 사용하려면 터치스크린의 해상도로 환산하여 출력한다. 터치 센싱 값은 투명전극의 개수만큼 발생하나(예를 들어 20x12) 해상도는 보통 680x480 이상이다. 기본적으로 가우시안 필터링은 잡음제거 효과가 크기 때문에 잡음에 강건하며 여러 스케일에 걸쳐서 가장 잘 매칭되는 스케일의 터치를 구하기 때문에 손가락의 종류나 크기 그리고 누르는 세기와 방

향에 크게 영향을 받지 않는 터치인식을 할 수 있다.

그러나 제안한 알고리즘을 실제로 터치스크린에 구현하여 실험한 결과 최소한의 사양인 초당 60프레임이상을 처리하지 못하였다. 이는 제안한 방법에서 사용한 DoG가 연산 량이 많아서 많은 시간을 소요했기 때문이다. 터치스크린에서 터치처리는 최소한의 사양을 만족해야하며 가능한 빠르게 처리할수록 좋다. 왜냐하면 빨리 처리해놓고 정지모드로 동작하면 전력소모가 작아지기 때문이다. 터치스크린이 많이 사용되는 모바일 기기에서는 특히 중요한 사항이다. 우리는 DoG를 빠르게 근사하는 여러 가지 방법을 검토하였으며 그 중에서 근사 정도는 비교적 약하나 연산 량이 매우 작은 DoM 방법을 채택하였다[5-7]. DoM은 2절에서 설명한 것처럼 가우시안 필터링 대신에 평균을 이용하며 빠른 평균을 구하기 위해 적분 이미지를 사용한다. 적분이미지는 이미지를 X축 Y축 상으로 미리 적분해 놓은 이미지로 특정 윈도우에서 평균을 구할 때 평균을 빠르게 구할 수 있다. 어떤 크기의 윈도우에서도 평균을 구할 때 3번의 더하기와 한 번의 나누기로 구할 수 있다. 예를 들어 이미지의 4행 4열 까지 모두 더한 것을  $I(4,4)$ 로 나타내면 X축 Y축으로 3,4행의 2x2 윈도우의 이미지 합은  $(I(4,4) - I(4,2) - I(2,4) + I(2,2))/4$ 로 구할 수 있다 [4,5].

## IV. 터치인식 실험

본 논문에서 제안한 알고리즘의 동작성을 확인하기 위하여 여러 가지 테스트를 하였다. 먼저 실제 터치스크린에서 얻어진 데이터를 이용하여 매트랩 상에서 DoG 방식을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션은 원터치에서 멀티터치 그리고 선 그리기 등 많은 경우에 대하여 수행하였다. 특히 터치 실험의 난이도를 높이기 위하여 여러 개의 터치가 세로나 가로로 연속으로 있는 경우에 대하여 테스트하였다.

그림 2는 가로방향으로 세 개의 손가락을 나란히 터치한 경우의 시뮬레이션 결과이다. 일정치 이하의 값을 0으로 제거하여 터치 주변은 0으로 깨끗하게 나오나 세 개의 터치 사이에 잡음이 심하여 사람이 인식하기에도 어려울 정도이다. 특히 터치 사이가 5mm이하로 매우 가깝게 터치되어 터치인식 알고리즘이 좋지 않은 경우 두 개의 터치를 하나로 인식하는 등의 문제가 발생할 수 있다.

그러나 그림에서 보듯이 본 논문에서 제안한 방법은 정확히 모든 터치를 인식하는 것을 볼 수 있다. 그림 2에서 보듯이 좌표 (7,11)과 (9,11)은 터치크기가 작아 스케일 2로 찾아졌으며 좌표 (3,10)은 터치 크기가 커서 스케일 3으로 찾

아졌다. 이와 같이 본 논문에서 제안한 방법은 터치 크기에 따라서 인식하는 것을 볼 수 있다. 또한 잡음에 의하여 터치 모양이 변하는 경우에도 문제없이 인식하는 것을 볼 수 있었다. 그림 3의 경우는 4개의 손가락을 나란히 위치한 것으로 터치 간의 간격이 더욱 좁은 경우이다. 이 경우에도 터치 위치를 정확히 인식하는 것을 볼 수 있었다.

매트랩 상에서 터치인식이 제대로 되는 것을 확인한 후에 실제 터치스크린에 제안 알고리즘을 구현하여 테스트하였다. 그러나 3절에서 언급한 것처럼 DoG를 적용하여 계산량이 많이 소모되었고 초당 60프레임처리가 되지 않았다. 우리는 이 문제를 해결하고자 DoM방식을 적용하였다. DoM 방식을 적용하여 속도를 3배 정도 향상시켰으며 초당 100프레임 이상을 처리할 수 있었다.

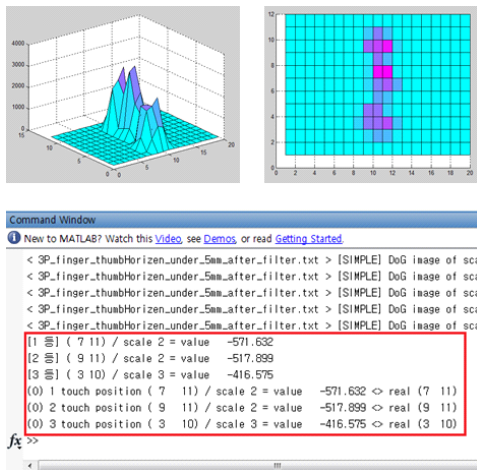


그림 2. 시뮬레이션 결과 1  
Fig. 2. Simulation result 1

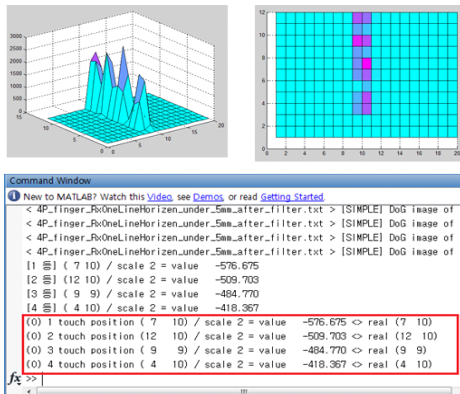


그림 3. 시뮬레이션 결과 2  
Fig. 3 Simulation 2

속도 향상에도 불구하고 터치인식 결과는 DoG의 결과와 거의 유사하였다. 이런 결과로 보았을 때 본 논문에서 제안한 알고리즘이 실용적으로 유용함을 알 수 있다. 그림 4와 5는 실제 터치스크린 상에서 실험한 결과이다. 터치스크린에서 계산된 터치를 PC로 전송하여 PC 상에서 터치위치를 나타내었다.

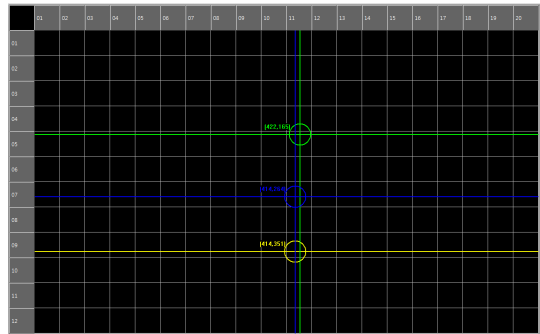


그림 4. 터치인식 실험결과 1  
Fig. 4. Touch recognition result 1

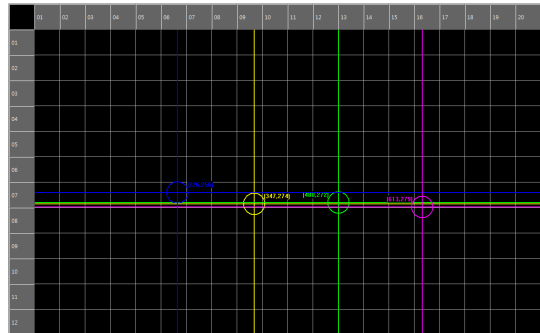


그림 5. 터치인식 실험결과 2  
Fig. 5. Touch recognition result 2

시뮬레이션과 유사하게 세 개와 네 개의 터치를 나란히 하여 실험하였다. 실험결과 그림에서처럼 정확히 터치를 인식함을 보였다.

## V. 결론

본 논문에서는 상호정전용량방식의 터치스크린에서 잡음이 심한 경우에도 터치 손가락이나 터치크기 그리고 손가락 방향에 상관없이 안정적으로 터치위치를 인식하는 알고리즘을 제안하고 이 알고리즘의 동작성을 테스트하였다. 이를 위하여 기존에 연구된 알고리즘들을 검토하여 SIFT 알고리즘의 특징점 추출 방법을 기반으로 터치인식 알고리즘을 제안하였다. 실

제 터치스크린에서 얻은 데이터를 이용하여 제안한 알고리즘을 매트랩 상에서 테스트한 결과 알고리즘이 정상적으로 동작함을 확인하였다. 그러나 해당 알고리즘을 실제 터치스크린에 구현한 결과 DoG의 많은 계산량으로 실시간 특성이 좋지 않음을 확인하였다. 이를 극복하기 위하여 DoG를 대체하는 빠른 알고리즘으로 DoM을 찾아서 적용하였으며 적용결과 성능이 유사하면서도 빠른 처리가 가능함을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] F. Wang, X. Ren, and Z. Liu, "A Robust Blob Recognition and Tracking Method in Vision-based Multi-touch Technique," 2008 International Symposium on Parallel and Distributed Processing with Applications, pp. 971-974, 2008.
- [2] X. Wu, B. W. Lee, C. Joung, and S. Jang, "Touchware: a software based implementation for high resolution multi-touch applications," 2010 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT 2010), pp. 1703-1710, 2010.
- [3] D. G. Lowe, "Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints," International Journal of Computer Vision, vol. 60, pp. 91-110, Nov. 2004.
- [4] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features," IEEE Conference Computer Vision and Pattern Recognition, vol. 1, pp. 511-518, Dec. 2001.
- [5] M. Grabner, H. Grabner, and H. Bischof, "Fast approximated SIFT," 7th Asian Conference on Computer Vision, pp. 918-927, 2006 .
- [6] P. Kovesi, "Fast Almost-Gaussian Filtering," 2010 International Conference on Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), pp. 121-125, 2010.
- [7] E. Elboher and M. Werman, "Efficient and Accurate Gaussian Image Filtering Using Running Sums," 2012 12th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA), pp. 897-902, 2012.

## 저자 소개



### 정 성 훈

1988: 한양대학교 공학사.

1991: 한국과학기술원 공학석사.

1995: 한국과학기술원 공학박사.

1996 - 현재: 한성대학교

정보통신학과 교수

관심분야: 지능시스템, 시스템생물학,

뇌공학

Email: shjung@hansung.ac.kr