

# 자기정전용량 방식의 TSP에서 멀티터치 인식 및 추적

## Multi-touch Recognition and Tracking for Self Capacitive TSP

정성훈

Sung Hoon Jung

한성대학교 정보통신공학과

Department of Information and Communications Engineering, Hansung University

### 요 약

본 논문에서 우리는 자기정전용량 방식의 TSP(Touch Screen Pannel)에서 멀티터치를 인식하고 추적하는 방법에 대하여 소개한다. 자기정전용량 방식의 TSP는 패널의 가로와 세로로 배치된 ITO 투명전극필름 자체의 정전용량변화를 센싱하여 터치를 인식하는 방법으로 SNR이 좋고 센싱시간이 빠르며 터치인식 및 처리가 간단한 장점이 있으나 멀티터치 처리에 어려운 단점이 있다. 이러한 이유로 최근에는 멀티터치에 어려움이 없는 상호정전용량 방식의 TSP가 많이 사용되고 있다. 그러나 소형으로 개발되는 리모컨 패드나 최근에 개발되고 있는 착용기기에서는 제한된 멀티터치만으로 가능하므로 큰 문제가 되지 않는다. 본 논문에서는 이러한 자기정전용량 방식의 TSP에서 멀티터치를 인식할 때 발생하는 문제와 이러한 문제를 완화하는 방법 그리고 터치이동 시에 이를 추적하는 방법에 대하여 제안한다. 제안한 방법을 실험한 결과 두 터치에서 안정적으로 동작함을 확인하였다.

**키워드** : 자기정전용량, TSP(Touch Screen Pannel), 멀티터치 인식 및 추적

### Abstract

This paper introduces a multi-touch recognition and tracking method for self capacitive TSP(Touch Screen Pannel). Self capacitive TSP recognizes finger touches by sensing capacitive change of ITO transparent conducting film arranged by rows and columns on the TSP pannel. They have some advantages such as high SNR, fast sensing, and simple touch processing, but have very difficulties for multi-touch processing. This disadvantage makes that the mutual capacitive TSPs, which have no such disadvantage, have been more widely used especially for multi-touch applications. However, since the other applications for remote control pad or recently developed wearable devices have only restrictive requirements for multi-touch, the disadvantage of self capacitive TSP is not a critical problem. In this paper, we first describe multi-touch recognition problems in self capacitive TSP and then propose how to overcome those problems and a tracking method of two touches when they are moving. Experimental results of our method showed that our algorithm works well in two touches.

**Key Words** : Self Capacitive, TSP(Touch Screen Pannel), Multi-touch Recognition and Tracking

## 1. 서 론

스마트폰과 같은 모바일기기의 확산과 더불어 손가락을 입력장치로 사용하는 터치스크린이 확산되고 있다 [1]. 터치

스크린을 구현하는 방법은 터치압력에 따른 저항의 변화를 측정하는 방식인 저항방식과 터치로 인하여 변화하는 정전용량을 측정하는 방법인 정전용량방식이 있다. 최근에는 터치감이 좋은 정전용량방식이 많이 사용되고 있다.

정전용량 방식의 터치스크린에는 정전용량을 센싱하기 위한 투명전극필름인 ITO(Indium Tin Oxide)가 가로세로로 배치되어 정전용량을 측정하며 정전용량을 측정하는 방법에 따라서 상호정전용량(mutual capacitance) 방식과 자기정전용량(self capacitance) 방식이 있다. 상호정전용량 방식은 가로 쪽 ITO에 전압을 가하고 세로 쪽 ITO에 유도된 전압을 측정하여 정전용량을 측정하며 자기정전용량방식은 각 ITO에 전압을 가하고 자신의 전압변화를 측정하여 정전용량을 측정한다. 상호정전용량방식은 가로세로 M, N개의 ITO로 이루어진 터치스크린에서 가로축 M개에 각각 차례로 전압을 가하며 세로축 N개에 유도된 전압을 측정하여 정전용량을 측정하므로 MxN개의 데이터가 발생하며 한번 측정에 많은 시간이 소요된다. 반면에 자기정전용량방식에서는 가로 세로 M, N개의 ITO에 동시에 전압을 가하여 정전용량을 측정하기 때문에 M+N개의 데이터가

접수일자: 2013년 9월 1일

심사(수정)일자: 2013년 10월 12일

게재확정일자 : 2014년 3월 24일

† Corresponding author(shjung@hansung.ac.kr)

본 논문은 본 학회 2013년도 추계학술대회에서 선정된 우수논문입니다.

본 연구는 한성대학교 교내 학술연구비 지원과제임

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

발생하며 한 번에 측정하므로 측정이 매우 빠르다. 또한 자기정전용량방식은 터치에 의하여 변화되는 정전용량이 상호정전용량보다 크기 때문에 SNR이 커서 잡음에 강하다. 그러나 자기정전용량방식은 가로세로축으로 M+N개의 데이터만 발생하여 멀티터치 시에 ghost 현상이 발생하고 멀티터치 처리가 어려운 단점이 있다. 이러한 단점으로 최근의 스마트폰에서는 멀티터치가 가능한 상호정전용량방식이 널리 사용되고 있다.

그러나 최근 들어 터치스크린이 리모컨의 패드나 착용기기 같은 소형화면에 사용되면서부터 세 개 이상의 멀티터치가 필요하지 않게 되었다. 이러한 상황으로 SNR이 좋고 빠른 동작이 가능하며 비교적 저렴한 자기정전용량방식의 터치스크린이 시장에서 다시 부각되기 시작하였다. 그러나 소형화면 기기에서도 기본적인 두 터치까지는 안정적으로 제공해야한다. 본 논문에서는 자기정전용량방식에서 안정적으로 두 터치를 인식하고 각종 제스처에 사용할 수 있도록 터치를 추적하는 방법에 대하여 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되었다. 2절에서는 자기정전용량방식의 터치스크린에서 멀티터치 시에 발생하는 ghost 현상에 대하여 설명한다. 3절에서는 이러한 ghost 현상을 극복하고 두 터치를 인식하는 방법 그리고 터치가 이동 시에도 안정적으로 추적하는 방법에 대하여 설명한다. 4절에서는 본 논문에서 제안한 방법에 대하여 실험결과를 제시하며 제안한 방법의 한계에 대하여 논한다. 마지막 5절의 결론으로 끝을 맺는다.

## 2. ghost 현상

정전용량방식의 터치스크린에서는 터치로 인한 정전용량의 변화를 측정하기 위하여 터치스크린 패널 상에 투명전극 필름인 ITO가 가로 세로로 배치되어 있다. 자기정전용량방식에서는 각 ITO에 발생한 정전용량 변화를 측정하기 위하여 각 ITO에 동시에 전압을 가하고 전압이 특정 값에 이르면 걸리는 시간을 측정한다. 터치로 인하여 정전용량이 커진 ITO에서는 전압상승이 느려지게 되고 그러므로 특정 전압에 이르는 시간이 커진다. 결국 이러한 과정을 거쳐서 터치로 인하여 커진 정전용량을 근사적으로 측정할 수 있다. 그림 1은 터치로 인하여 측정된 값과 이를 이용하여 무게 중심법으로 터치위치를 측정하는 상황을 보여준다.

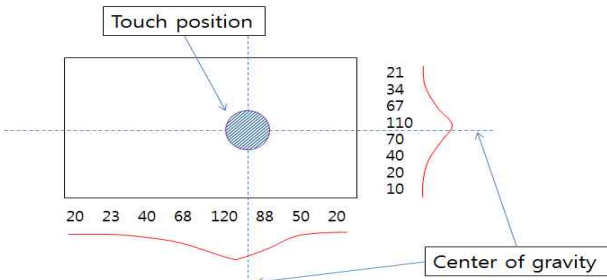


그림 1. 터치위치 획득  
Fig. 1. Acquisition of touch position

그림 2는 두 개의 손가락이 터치된 두 터치 상황을 보여준다. 두 개의 터치가 발생하면 각 축으로 두 개의 터치 위치에 측정값이 상승하게 되고 잡음에 대한 threshold를 적용하여 각 축으로 두 개의 터치가 있음이 확인된다.

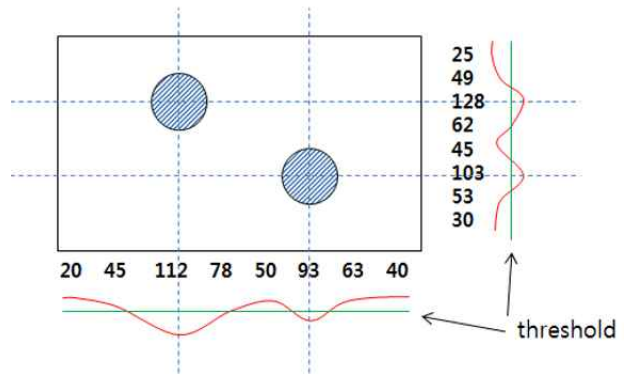


그림 2. 두 터치 상황  
Fig. 2. Situation of two touches

다만 두 터치 경우에 실제 터치위치가 어디인지를 명확히 파악할 수 없다. 즉, 자기정전용량방식에서는 ITO 상호간의 정전용량을 측정하는 것이 아니라 자기 자신의 정전용량변화를 측정하는 것이므로 각 축의 어디에서 터치가 일어났는지를 확인할 수는 없다. 예를 들어 그림 3을 보면 두 개의 다른 터치 상황에서 동일한 측정값을 얻을 수 있다. 두 개의 상황 중에 하나는 진짜이며 나머지는 ghost 이다. 그러므로 두 터치 이상에서는 이와 같은 ghost 현상이 발생한다.

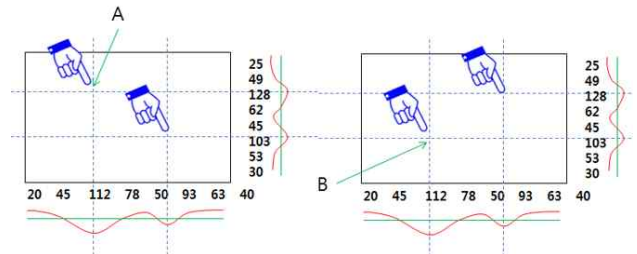


그림 3. 멀티터치에서 ghost 현상  
Fig. 3. Ghost phenomenon of multi-touch

그림 3에서 보듯이 각 ITO에서 측정된 정전용량변화만으로는 두 개의 다른 터치에서 발생하는 실제 터치정보를 확인할 수 없다. 이 때 왼쪽 터치 상황이 실제 상황이면 오른쪽 터치 상황은 ghost 터치가 된다. 이러한 ghost 현상이 발생하는 원인은 각 ITO가 정전용량이 변화한 것만 얻을 수 있을 뿐 어느 위치의 터치로 정전용량이 변화한 것인지 알 수 없어서 발생하는 것이다. 상호정전용량방식에서는 자기정전용량을 측정하는 것이 아니라 가로 세로축 ITO 사이의 정전용량 변화를 측정하는 것이기 때문에 그 위치를 알 수 있다. 설명을 간단히 하기 위하여 그림 3에서는 두 터치로 한정하여 예를 들었으나 실제로는 4곳의 터치 추정 위치에 어디든지 터치가 추가로 있다고 하여도 동일한 상황이 발생할 수 있다.

다만, 두 터치에서 터치가 발생한 시점이 차이가 난다면 이를 통하여 첫 번째 터치를 확인하고 이를 이용하여 나머지 터치를 확인할 수 있다. 그러나 두 개의 터치가 동시에 터치된 경우나 약간의 차이가 있으나 잡음 범위 내에서 차이가 발생하는 경우에는 ghost를 정확한 위치로 판단할 수 있기 때문에 이것도 완전한 해결책은 되지 못한다. 만약 두

터치보다 많은 멀티터치가 필요하며 ghost 현상을 용인하지 않는 상황이라면 상호정전용량 방식을 사용해야만 한다. 자기정전용량 방식에서 ghost 현상이 발생하였을 때 실제의 터치 위치를 찾는 방법이 몇 가지 제시되었으나 실제로 사용할만한 방법은 거의 없다 [1,2]. 논문 [1]에서의 방법은 ITO의 터치 위치별로 측정되는 전압의 차이가 발생하는 것을 근거로 하여 ghost 제거하는 방법을 제안하였으나 터치 위치가 약간만 바뀌어도 구분을 할 수 없기 때문에 현실적인 방법이 아니다. 논문 [2]에서는 터치 위치별 주파수 이득 특성을 이용하여 구분하는 방법을 제안하였으나 실제 적용하여 성공할 가능성이 매우 낮다.

위와 같은 이유로 세 개 이상의 멀티터치를 필요로 하는 곳에서는 상호정전용량 방식을 사용해야만 한다. 그러나 최근 들어 사용되고 있는 리모컨의 터치패드나 착용기기의 하나로 등장한 스마트시계에서는 터치화면이 매우 작기 때문에 세 터치 이상의 멀티터치가 필요 없다. 이런 곳에서는 두 터치에서 ghost 현상이 발생하더라도 큰 문제가 없는 경우에는 자기정전용량 방식을 사용하는 것이 속도나 SNR 측면에서뿐만 아니라 저비용 측면에서 권장된다. 즉 원터치나 /두 터치 좌우상하 이동이나 스크롤 혹은 두 터치 확대/축소 정도가 필요하다면 ghost 현상이 발생하더라도 문제없이 처리가 가능하기 때문에 자기정전용량방식으로도 충분히 지원된다. 다만, 회전 경우에는 ghost 현상으로 시계방향회전이 반시계방향으로 인식될 수 있기 때문에 문제가 발생한다. 그러므로 회전을 제외한 두 터치 제스처 기능까지 필요한 경우에는 자기정전용량방식으로 충분하다.

### 3. 멀티터치 인식 및 추적

자기정전용량 방식의 TSP에서 두 터치의 좌우상하 이동이나 스크롤 혹은 확대/축소 동작을 인식하기 위하여 먼저 정확히 두 터치를 인식하고 이동 시에 이를 추적할 수 있어야 한다. 그림 2에서와 같이 가로세로 축으로 두 곳에 터치가 된 경우에는 비교적 두 터치 인식이 쉽다. 그러나 그림 4처럼 나란히 터치된 경우에는 한 측면의 값이 하나 나오기 때문에 신중히 처리하여야 한다.

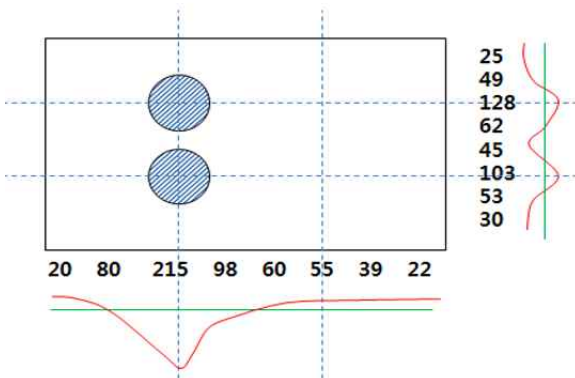


그림 4. 나란히 터치된 경우  
Fig. 4. Case of parallel touches

왜냐하면 그림 4처럼 실제로 나란히 터치된 경우이면 문제가 되지 않으나 그림 2와 같은 두 터치를 하려는 상황에서

두 번째 손가락이 터치되려고 할 때 일시적으로 한쪽의 threshold 값이 하나로 나타난 경우 그림 4처럼 인식되기 때문이다. 이 경우 그림 4처럼 측정되었다가 빠르게 그림 2의 터치상태로 전환되므로 마치 사용자가 두 번째 손가락을 빠르게 이동한 것처럼 처리된다. 자기정전용량방식에서는 이것을 해결하는 방법도 명확하지 않다. 다만 그림 4처럼 나란히 터치된 경우에는 한쪽의 측정값이 다른 쪽의 값보다는 크게 나올 것이라는 것이다. 그러나 이것도 터치위치에 따라서 달라질 수 있기 때문에 명백한 것은 아니다. threshold 값을 높이면 이러한 현상을 완화할 수 있으나 이 경우에는 터치 인식이 잘 안 되는 경우가 발생할 수 있다. 특히 빠르게 이동 중에는 빠른 이동으로 인하여 터치 값이 크게 나오지 않는다. threshold 값을 높이면 빠르게 이동시 터치가 인식되지 않을 수 있다.

각 축으로 터치가 발생했는지를 검출하기 위한 threshold 값은 위와 같은 이유에서 신중하게 선택해야 한다. 그래야 잡음에 민감하지 않으면서도 안정적으로 터치를 인식할 수 있다. 본 논문에서는 이를 위하여 초기 threshold는 크게 두고 이동 시에는 threshold를 낮추어 터치를 인식하게 하였다. 그러나 터치로 인하여 측정되는 정전용량은 온도에도 많은 영향을 받는다. 그러므로 TSP를 사용하는 기기의 온도가 장시간 사용으로 인하여 올라갈 경우에도 threshold를 조정해 주어야 한다. 이러한 것은 온도에 따른 측정값의 변화율을 실험하여 적절한 간격으로 threshold 값을 재조정 해주어야 한다.

나란히 터치된 것을 포함하여 멀티터치를 인식하는 알고리즘은 다음과 같다.

- (1) X축, Y축으로 정전용량변화를 측정하여 기록한다.
- (2) X축, Y축으로 일차원 peak detection을 수행하고 peak 값만을 남겨 놓고 다른 값은 0으로 만든다.
- (3) X축, Y축으로 peak 값을 정렬한다.
- (4) 각 축으로 큰 peak 값부터 하나씩 처리하여 터치위치를 구한다. 이 때 한 축으로 남은 peak 값이 없으면 나란히 터치된 경우로 간주하여 처리한다. 다만 이 경우 위에서 이야기한 것을 고려하여 새로운 알고리즘을 적용할 필요가 있다.

(5) 최종적으로 하나 혹은 두 개의 터치 위치를 구한다.  
위와 같이 터치위치를 결정하면 두 터치가 동시에 터치된 경우 실제터치와 ghost 터치가 구별되지 않는다. 그러나 앞에서 이야기한 것처럼 회전을 제외한 두 터치 동작 인식에서는 ghost터치로 인식해도 동작에는 문제가 없다. 왜냐하면 이동이나 확대/축소는 두 개의 터치의 절대 위치가 중요한 것이 아니고 상대위치가 중요한 것이기 때문이다. 다만 멀티터치추적에서는 매우 중요하다. 즉, 멀티터치가 이동 중에 ghost 터치와 실제 터치를 혼동하면 두 터치 확대/축소 및 이동 스크롤도 제대로 구현되지 않기 때문이다. 이를 위하여 매 프레임에 발생하는 두 개의 터치 사이에 어떤 터치가 어떤 터치로 이동한 것인지를 명확히 구분해야 만이 정확한 이동이나 제스처가 처리된다.

멀티터치 이동 시에 터치를 추적하기 위해서는 이전 프레임에서의 터치 정보와 이후 프레임에서 터치정보를 이용하여 이동이 매우 빠르지 않다고 가정하면 (다른 말로 프레임 전환이 매우 빠르다면) 이동거리로 터치를 추적할 수 있다. 즉, 각 터치 간에 이동 거리를 계산하여 짧은 이동 거리를 기준으로 터치 이동을 확인 한다 [3]. 다만, 이 경우 이전 프레임에서의 터치 와 이후 프레임의 모든 터치로의 모든 이

동 경우의 수를 다 따져서 가장 작은 이동 거리가 계산된 것을 선택해야한다. 또한 중요한 것은 각 프레임에서의 터치가 ghost터치인지 실제 터치인지를 확인할 수 없기 때문에 이동거리를 계산할 때 ghost 터치의 경우도 포함해야한다. 즉 이동 시에는 이전 프레임에서의 두 개의 터치 위치와 현재 프레임에서 두 개의 터치 위치를 따질 때 현재 프레임에서의 두 개의 ghost 위치와의 거리도 함께 따져야한다는 것이다. 만약 현재 프레임에서 ghost 위치가 이전 프레임에서의 두 터치와 거리가 더 가깝다면 현재 프레임에서 ghost 위치를 터치 위치로 변경해야한다. 이는 현재 프레임의 두 터치의 위치는 이전 프레임에서의 두 터치가 정확하다는 전제하에 계산되는 것이기 때문이다. 이는 첫 번째 터치에서는 ghost나 실제 터치나 모두 문제가 되지 않기 때문이다. 만약 첫 두 터치에서 시간차가 발생하여 정확한 터치 위치를 계산하였다면 이후의 두 터치에서의 이동거리로 실제 터치 위치를 얻을 수 있다. 그러나 첫 두 터치에서 시간차가 발생하지 않아 실제 위치를 얻지 못하고 ghost 위치가 선택되었다고 하더라도 그 이후의 터치에서 계속 ghost로 추적한다면 회전을 제외한 다른 제스처 인식에는 전혀 문제가 없다. 다만 두 터치 이동 시에 실제 위치와 ghost 위치가 섞여서 얻어진다면 많은 문제가 발생한다. 결론적으로 첫 번째 터치에서 ghost 터치로 인식되었다면 그 이후 터치도 모두 ghost로 추적하면 되고 첫 번째 터치에서 실제터치로 인식되었다면 그 이후 터치도 모두 실제 터치로 인식하면 된다.

그러나, 위의 과정은 모두 프레임 전환속도가 터치 이동 속도보다 매우 빠르다는 전제로 얻은 결론이다. 만약, 이동거리로 두 터치를 추적할 때 프레임 속도가 낮거나 터치 이동이 매우 빠른 경우 실제로 이동한 터치와 다르게 추적이 일어날 수 있다. 이것은 거리 정보만으로 실제의 움직임을 모두 유추할 수 없기 때문이다. 예를 들면 이전 프레임에 있던 두 터치에서 위치에서 아주 빠르게 서로의 위치로 이동된 경우, 거리만으로 가까운 것을 추적하면 이전 프레임의 두 터치가 느리게 조금 이동한 것으로 판단될 수 있다. 그러나 이는 물리적 한계로서 이를 구별하는 다른 정보가 제공되지 않는 한 해결할 수 없다.

본 논문에서는 이러한 것을 모두 검토하여 자기정전용량 방식의 TSP에서 두 터치의 인식 및 추적을 할 수 있는 알고리즘을 다음과 같이 제안한다.

- (1) 멀티터치인식 알고리즘으로 하나 혹은 두 개의 터치 위치를 구한다.
- (2) 계산된 두 터치 위치와 이전 프레임에서의 두 터치 위치 사이에 거리를 계산한다. (이 때 현재 프레임에서 계산된 두 터치의 ghost 위치와의 거리도 함께 계산한다.)
- (3) 계산된 거리 정보를 이용하여 현재 프레임의 터치를 최종 결정한다. (이 때 ghost 위치와의 거리가 더 가까우면 계산된 위치를 버리고 ghost 위치로 변경하여 최종 출력한다.)

멀티터치 이동 중에는 다음과 같은 여러 상황이 발생할 수 있다. 즉, 이전 프레임에서의 터치 개수가 0, 1, 2개 일 수 있으며 현재 프레임에서의 터치 개수는 0, 1, 2개가 발생할 수 있다. 그러므로 총 9개의 경우가 발생한다. 하나의 터치 추적은 전혀 문제가 없으며 두 개의 터치의 경우에도 두 개의 터치가 동시에 떨어진 경우는 문제가 없기 때문에 4개의 경우가 멀티터치 추적에 있어 중요하다.

- 1) One touch tracking has no problems
  - 2) Two touch tracking has the following cases
    - # of previous → # of next touches
    - ① 0      2 : synchronously two touches (ghost)
    - ② 1      2 : no problem of ghost (distance based)
    - ③ 2      1 : distance based tracking
    - ④ 2      2 : distance based tracking
- 2      2 : distance based tracking including ghost because the ID of touches can be changed during moving

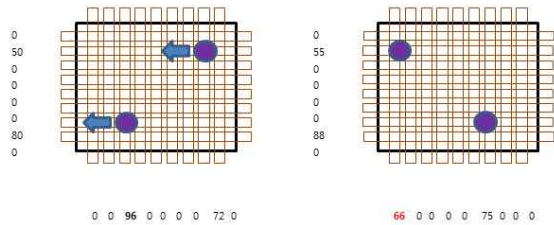


그림 5. 멀티터치 추적  
Fig. 5. Tracking of multi-touch

그림 5는 멀티터치 추적에서 발생할 수 있는 상황에 대하여 정리하였다.

각각의 경우 모두 터치간 거리로 어떤 터치가 계속 이동 중에 있는지 어떤 터치가 떨어졌는지를 판단한다. 그러나 빠른 이동에 있어서 하나의 터치가 threshold를 넘지 않아 순간적으로 하나의 터치가 떨어진 것으로 판단되는 문제가 발생하기도 한다. 이러한 것은 위에 언급한 것처럼 이동 중에 threshold를 낮추어 어느 정도 해결하나 threshold를 낮추면 잡음에 민감해지는 문제가 발생할 수 있어서 신중히 결정해야만 한다. 또한 거리만으로 어떤 터치가 계속 이동 중이고 어떤 터치가 떨어졌는지를 확인하기 때문에 TSP의 프레임 속도가 빠르지 않은 경우 이동되는 터치와 떨어진 터치를 잘 못 인식하는 경우가 발생할 수 있다. 이러한 모든 문제는 일차적으로 자기정전용량을 사용한 것에 기인하는 만큼 물리적으로 대처하는데 한계가 있다. 그러함에도 불구하고 자기정전용량의 장점이 있기 때문에 제한된 범위에서 적절히 사용될 수 있다.

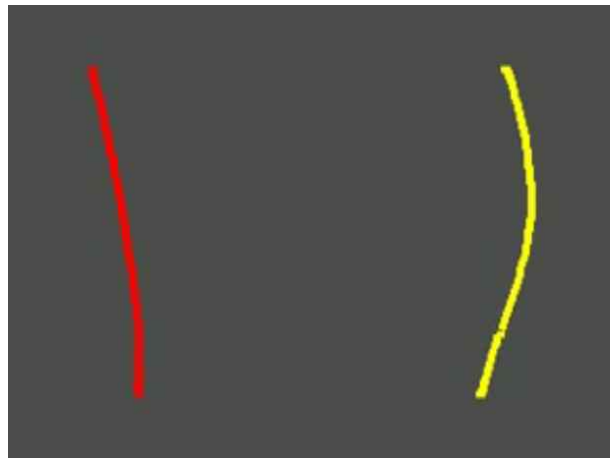


그림 6. 두 터치 나란히 밀으며 긁기 실험  
Fig. 6. Test of parallel drawing of two touches

#### 4. 실험결과

본 논문에서 제안한 알고리즘의 동작성을 확인하기 위하여 여러 가지 테스트를 하였다. 그림 6은 두 개의 터치를 나란히 밑으로 긋는 실험이다. 그림에서 보듯이 두 개의 터치 간격이 멀기 때문에 빠른 속도로 선을 그어도 인식 및 추적에 전혀 문제없이 동작하는 것을 확인할 수 있었다. 두 번째 실험은 난이도가 높은 실험으로 두 개의 터치를 X축으로 같은 위치에서 시작해서 빗겨 이동하여 빠르게 무작위로 그리는 실험을 하였다. 2절에서 논의한 것처럼 두 개의 터치 위치가 한 축으로 같았다가 달랐다가 하면서 빠르게 이동하는 것이기 때문에 알고리즘이 잘 못된 경우에 많은 문제가 발생할 수 있는 실험이다. 그러함에도 불구하고 그림 7에서 보듯이 제대로 동작되는 것을 확인할 수 있었다.



그림 7. 두 터치 이동 및 추적 실험  
Fig. 7. Test of moving and tracking of two touches

이와 같은 실험결과로 보았을 때 본 논문에서 제안한 방법이 자기정전용량방식의 TSP에서 비교적 안정적으로 멀티터치를 인식하고 추적하는 것을 확인할 수 있었다. 다만 2절에서 논의한 것처럼 두 개의 터치가 짧은 간격으로 연속으로 일어날 때 순간적으로 두 개의 터치가 한쪽으로 같은 위치에 있었다가 떨어지는 문제가 발생하였다. 이 문제를 완화하기 위하여 추가적인 알고리즘이 개발되어야 할 것으로 판단된다. 간단한 방법으로는 이전 프레임과 현재 프레임 사이에서 특정 거리 이상으로 터치가 발생한 경우에는 무시하는 방법을 생각해 볼 수 있다.

#### 5. 결론

본 논문에서 우리는 자기정전용량 방식의 TSP에서 멀티

터치를 인식하고 추적하는 알고리즘을 제안하였다. 특히 자기정전용량 방식에 의하여 발생하는 ghost 현상을 감안한 두 터치 추적방법을 설명하였으며 여러 가지 추가적으로 발생하는 문제에 대하여 언급하였다. 본 논문에서 제안한 방법을 실제로 TSP에 구현하여 동작성을 테스트 해 보았다. 테스트 결과 비교적 안정적으로 두 터치를 인식하였으며 복잡하고 빠르게 두 터치가 이동하는 가운데에서도 비교적 문제없이 터치를 추적함을 볼 수 있었다. 다만, 본 논문에서 제안한 방법은 여러 가지 다른 알고리즘이 가능한 가운데 제안된 하나로서 장점과 단점을 가질 수 있으나 현재 다른 방법에 대한 논문이 거의 없어서 비교실험은 하지 못하였다. 또한 2절에서도 설명했듯이 자기정전용량방식을 사용한 방법으로 두 터치 이상이나 회전과 같은 제스처에서는 사용할 수 없는 한계가 있다.

#### References

- [1] X. Wu, B. W. Lee, C. Joung, and S. Jang, "Touchware: a software based implementation for high resolution multi-touch applications," 2010 10<sup>th</sup> IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT 2010), pp. 1703-1710, 2010.
- [2] P. Coni, J. N. Perbet, Y. Sontag, and J. C. Abadie, "Eliminating Ghost Touches on a Self-Capacitive Touch-Screen," SID Symposium Digest of Technical Papers, vol. 43, Iss. 1, pp. 411-414, Jun 2012.
- [3] 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.

#### 저 자 소 개



##### 정성훈(Sung Hoon Jung)

1988년: 한양대학교 전자공학과 공학사  
 1991년: KAIST 전기및전자공학과 공학석사  
 1995년: KAIST 전기및전자공학과 공학박사  
 1996년~현재: 한성대학교 정보통신공학과 교수

관심분야 : 지능시스템, 시스템생물학, 융합과학

Phone : +82-2-760-4344

E-mail : shjung@hansung.ac.kr