

# 적외선 방식의 스마트 폰 인터페이스 개발

장재혁<sup>†</sup> · 김병기<sup>††</sup> · 송창근<sup>†††</sup> · 고영웅<sup>††††</sup>

## 요 약

스마트 폰에서 데이터를 입력하기 위해서는 터치스크린이 기본적인 입력 장치로 널리 사용되고 있다. 하지만, 스마트 폰에서 터치스크린은 텍스트 데이터를 입력하는 정도의 간단한 입력 장치로 활용이 되고 있다. 왜냐하면, 화면의 넓이가 협소하여 그림을 그리는 것과 같은 작업을 수행하는 멀티미디어용 입력 장치로 사용하기에는 어렵기 때문이다. 본 연구에서는 적외선 방식을 이용한 스마트 폰의 입력 인터페이스 시스템 방식을 제안하고 있으며 이를 통하여 기존의 약점을 보완하고자 한다. 이 방식은 입력 공간의 제약이 없이 정확하고 빠르게 동작할 수 있다. 본 논문에서는 적외선 포인팅 방식의 사용자 인터페이스의 설계 및 구현에 대해서 기술하였다. 실험 결과를 통하여 기존의 스마트 폰의 터치스크린 방식보다 본 논문의 방식이 더욱 편리하고 효율적인 입력도구로 사용될 수 있음을 보였다.

키워드 : 스마트폰, 인터페이스, 모바일, 터치스크린

## Development of a Smartphone Interface using Infrared Approach

Jang Jae Hyeok<sup>†</sup> · Kim Byung Ki<sup>††</sup> · Song Chang Geun<sup>†††</sup> · Ko Young Woong<sup>††††</sup>

## ABSTRACT

Touch screen technologies are widely used as the basic input for mobile devices. However, for smartphones, touch screens have been utilized as a simple device that merely process text data. It has been considered an inappropriate multimedia input device for one to use design applications, such as painting, due to its narrow touch screen space, which makes it inconvenient to draw pictures. In this study, we propose to enhance this weakness by using infrared approach on a smartphone's input interface. The usage of infrared approach will allow for quick and accurate operations without facing any space constraints. In this paper, we provide a detailed description of the design and implementation of a smartphone user interface using infrared pointing device. Additionally, using experimental results, we prove that our proposed approach is more convenient and efficient than traditional touch screen approaches used in smartphones.

Keywords : Smartphone, Interface, Mobile, Touch Screen

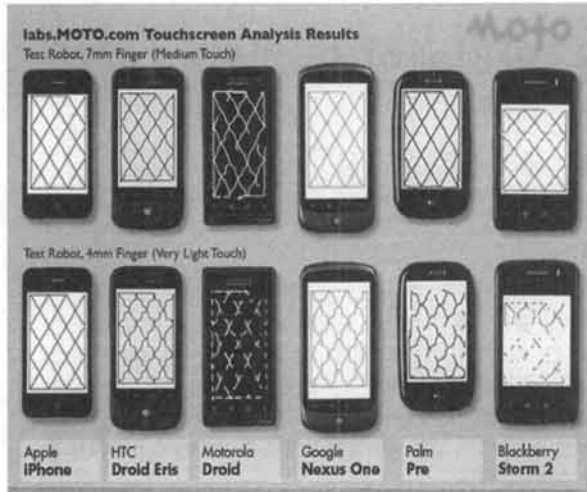
### 1. 서 론

최근 모바일 컴퓨팅 환경의 발전과 함께 스마트 폰의 보급이 확대됨으로서 스마트 폰 시장이 급격히 성장을 하고 있다. 스마트 폰은 사용자의 요구에 따라 다양한 인터페이스 형식으로 진화를 거쳐 왔으며 최근에는 감압식 또는 정전식 터치스크린을 이용해 사용자의 입력을 처리하고 있다 [1]. 최근 Motorola 개발 연구실에서는 스마트 폰의 터치스

크린 능력을 테스트 해 볼 수 있는 프로그램을 개발하고 이를 이용해 현재 출시되어있는 스마트 폰의 인식 정확도 테스트를 했다. 실험 결과 (그림 1)과 같이 각 스마트 폰의 인식 정확도를 확인 할 수 있다. 이처럼 제품별로 터치스크린의 정확도가 다른 것은 일반적으로 터치스크린에 사용된 어플리케이션과 운영체제간의 드라이버 호환성, 컨트롤러의 칩셋 종류 등의 요인이 존재한다고 할 수 있다. 실험 결과 인식성능은 현재 출시된 스마트 폰의 대부분이 터치스크린을 누르는 압력이나 닿는 면적에 따라서 인식률에서 많은 차이를 보이며 정확성 또한 떨어지는 것을 확인 할 수 있다.

이와 같이 터치스크린을 이용한 방식에는 몇 가지 문제점이 존재한다. 첫째, 터치스크린은 사용자의 입력을 처리하기 위하여 버튼과 같은 인터페이스가 존재한다. 제한된 크기의 영역 안에서 다양한 버튼들과 인터페이스가 존재하기 위해 버튼 및 텍스트의 크기가 개인용 컴퓨터(Personal

※ 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구결과임.  
† 준 회 원 : 한림대학교 컴퓨터공학과 석사과정  
†† 준 회 원 : 한림대학교 컴퓨터공학과 박사과정  
††† 종신회원 : 한림대학교 유비쿼터스컴퓨팅학과 교수  
†††† 종신회원 : 한림대학교 컴퓨터공학과 부교수(교신저자)  
논문접수 : 2010년 10월 26일  
수정일 : 1차 2010년 12월 2일  
심사완료 : 2010년 12월 2일



(그림 1) 터치스크린 정확도 실험 결과

Computer)에 비해 매우 작아져야 한다[2]. 따라서 손가락이 닿는 면적을 넓게 터치하는 경우 정교한 제어가 어려우며 원하지 않은 작업을 수행하게 될 확률이 높아진다[3,4]. 둘째, 스마트 폰의 특성상 디스플레이의 작업 영역이 제한적이다. 사용자는 스마트 폰의 제한적인 공간 내에서 제어를 해야 하며 이로 인해 불편함을 겪을 수 있다. 따라서 최근에 출시되는 스마트 폰은 이와 같은 문제를 해결하기 위해 화면을 확대 및 축소해주는 기능을 제공하고 있지만, 이러한 기능은 사용자가 터치스크린을 제어해서 확대 및 축소를 해야 하고 화면에 보여지는 정보가 줄어들게 되는 불편함이 존재한다. 마지막으로, 정전식 터치스크린 방식을 사용하는 스마트 폰을 사용하는 경우 전도체를 사용해야하는 단점이 존재하며, 장애인에 위한 의수 또는 장갑과 같은 부도체를 착용하고 제어하는 경우, 제어가 되지 않는다는 단점이 존재한다, 그리고 감압식 터치스크린은 터치스크린에 가해지는 압력으로 입력을 판단하기 때문에 입력의 신뢰성이 정전식보다 상대적으로 떨어지게 된다.

본 연구에서는 적외선 방식을 이용한 스마트 폰의 입력 인터페이스 시스템 방식을 제안하고 있다. 제안하는 방식은 입력 공간의 제약 없이 정확하고 빠르게 동작할 수 있다. 본 논문에서는 제안하는 적외선 포인팅 방식의 사용자 인터페이스의 설계 및 구현에 대해서 기술하고, 세부적인 시스템의 구성 요소 및 알고리즘에 대해서 설명하였다. 실험 결과를 통하여 기존의 스마트 폰의 터치스크린 방식보다 제안하는 방식이 더욱 편리하고 효율적인 입력도구로 사용될 수 있음을 보였다. 또한 이러한 적외선 인터페이스의 효율성을 증명하기 위해서 그리기 도구를 개발하였으며 적외선 펜을 이용해 그림을 그렸을 경우 기존의 터치방식 보다 부드럽고 정교한 곡선을 그릴 수 있음을 확인 할 수 있었다. 따라서 기존의 터치스크린 방식의 입력 방식보다 빠르고 정확한 입력을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다 2장에서는 기존의 터치스크린을 이용한 인터페이스에 대해 관련된 최근 연구에 대해서 알아보고, 3장에서는 제안하는 시스템의 설계 및 구현에

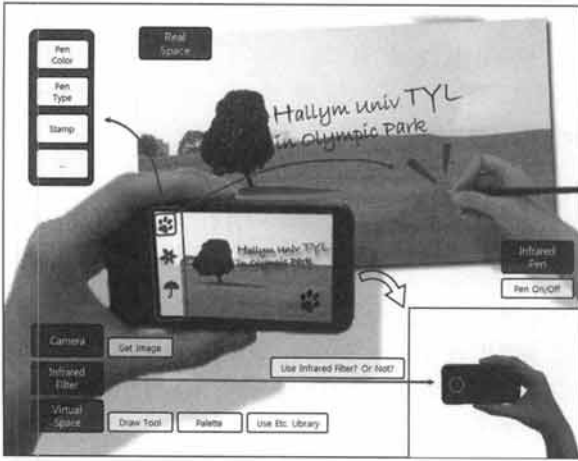
대해서 설명한다. 4장에서는 제안하는 시스템의 성능평가에 대해 기술하였으며 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 방향을 제시한다.

## 2. 관련연구

사용자와 인터페이스를 할 수 있는 방법에 대한 연구가 국내외에서 다수 진행되고 있다[5,6,7]. Claudio Pinhanez는 프로젝터로 증강현실을 구현하고 카메라를 통한 컴퓨터 비전 기술로 사용자의 움직임을 인식해 터치스크린과 같은 방식으로 상호작용하는 기술을 개발하였다[5]. 이 방식은 카메라를 이용하여 영상 인식을 하기 때문에 추가적인 장비가 필요하지 않다는 장점이 있다. 하지만 비전 시스템 연산의 복잡성과 사용자 인터페이스를 위해서 직접 벽까지 가야 하는 불편함이 단점으로 제시되고 있다. Xiang Cao는 손으로 들 수 있는 프로젝터로 증강현실을 구현하고 펜을 사용해 인터페이스와 상호작용하는 방식을 제안하였다[6]. 이 시스템은 휴대가 편리하여 다양한 환경에서 사용 가능하다는 장점이 있다. 하지만 펜과 프로젝터의 위치 추적을 위한 Vicon System이 설치되어 있는 곳에서만 사용가능하고 프로젝터 무게 및 배터리의 제한점 때문에 장시간 사용하는데 어려움이 있다. Gesture Pendant는 사용자의 몸에 LED가 부착된 적외선 센서를 착용하고 제스처를 사용해 시스템을 제어한다[7]. 제스처를 사용하면 기존의 리모컨 형식의 인터페이스와 비교해 단순하고 이해하기 쉬운 인터페이스를 제공하는 장점이 있다. 하지만 이 논문에서 제안하는 제스처는 종류가 많고 지속적으로 펜던트를 목에 걸고 다녀야 하는 불편함이 있다. eyeSight는 제스처 인식 인터페이스가 스마트 폰 기반으로 개발된 것이다. 여기서는 전면과 후면의 부착된 카메라를 이용해 사용자가 터치스크린을 직접 만지지 않아도 카메라가 사용자의 움직임을 감지해 작동된다[8]. 따라서 단순한 인터페이스를 통하여 스마트폰 조장이 가능하지만 사용자가 복잡한 제어를 요구하거나 다양한 명령어를 생성하는데 있어서는 제스처 인식 및 처리 과정이 복잡해지는 단점이 존재한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 영상인식이 아닌 스마트 폰 내부에 존재하는 센서를 이용하는 방법도 존재하는데 그 중 가속도 센서를 이용한 제스처 인식도 활발히 연구되고 있다[9]. 하지만 가속도 센서를 이용해 처리하는 만큼 가속도 센서의 민감도에 따라 정확도에서 많은 차이를 나타낸다는 단점이 존재한다.

## 3. 시스템 설계 및 구현

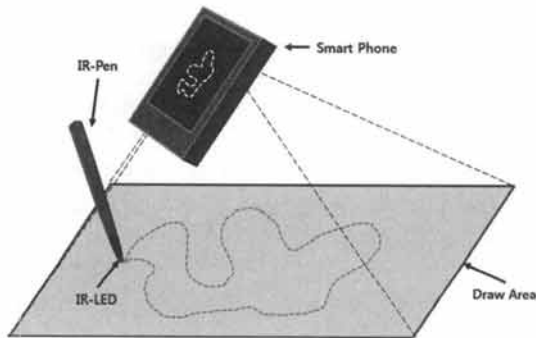
본 연구에서 제안하는 시스템은 (그림 2)와 같다. Real Space는 모바일에서 카메라가 보는 시선을 나타내는 부분으로서, 적외선 펜이 카메라로 보이는 영역 내에서 움직여 카메라가 적외선 포인팅을 추적 할 수 있다. Virtual Space에서는 카메라로 받아들인 적외선 영상으로부터 적외선 포인터를 찾아 추적하는 역할을 수행하며 이러한 과정을 통해 적



(그림 2) 적외선을 이용한 인터페이스 개발 구성

외선 펜을 이용해 사용자는 선택 및 실행 등, 스마트 폰에서 터치스크린을 사용하지 않고도 제어할 수 있다. 또한 사용자는 지면 또는 사물과의 거리조절을 통해 작업 영역을 선택적으로 확대 및 축소를 할 수 있다. 예를 들어 입의 공간에서 그림을 그리기 위해 적외선 펜을 이용해 그림을 그리게 되면 모바일 기기의 카메라는 적외선 포인팅 부분을 추출하여 적외선의 좌표를 추출하며 해당 좌표와 매칭되는 디스플레이에 펜의 이동 경로를 실시간으로 추적하여 그림을 그릴 수 있다.

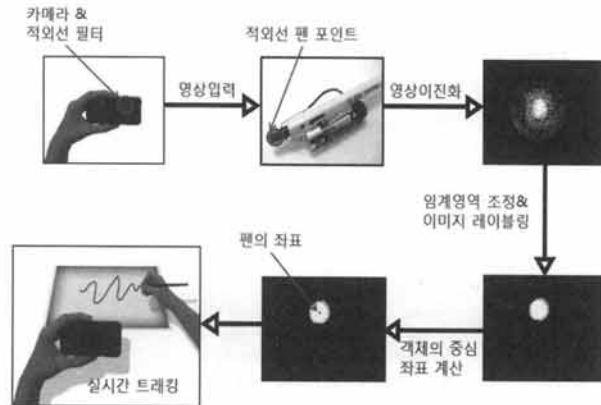
3.1 시스템 구성



(그림 3) 시스템 구성도

본 논문에서 제안하는 시스템의 구성은 (그림 3)과 같이 스마트 폰의 적외선 카메라와 적외선 펜(IR-Pen)을 이용해 동작한다. 스마트 폰의 카메라에는 적외선 필터(Negative Filter)가 부착되어 있어 적외선 영역의 파장만을 통과시킨다. 스마트 폰에서는 IR-Pen에서 방출하는 적외선 포인트를 실시간으로 인식하여 영상처리 과정을 통해 펜의 위치가 변하는 경로를 추적하며, 스마트 폰에서는 추적되는 적외선 포인터(IR-LED)를 기반으로 사용자 입력 처리를 하게 된다.

3.2 적외선 포인팅 트래킹 알고리즘



(그림 4) 적외선 추출 알고리즘

(그림 4)에서는 적외선 필터가 장착된 모바일 카메라를 통해 적외선 펜을 인식하고 추적하는 과정에 대한 단계를 설명하고 있으며 크게 적외선 영상, 영상 이진화, 이미지 레이블링, 좌표 계산, 객체 추적 단계로 구성된다. 적외선의 위치를 찾기 위해 먼저 적외선 필터를 이용해 카메라로부터 적외선 영상을 입력 받는다. 모바일 기기는 적외선 필터가 적용이 되어있기 때문에 적외선 펜에 동작버튼을 누르게 되면 영상에는 적외선을 감지 할 수 있게 된다. 하지만 일반적인 적외선 영상을 이진화 영상으로 변환하는 경우 주변 환경에 따라 노이즈가 발생한다. 이러한 노이즈를 제거하기 위해서 임계 값을 설정해 노이즈를 제거하는 연산이 추가적으로 필요하다. 따라서 기존의 컬러 영상을 임계 값을 기준으로 이진화를 수행시킨다. (1)에서 컬러 영상의 픽셀  $f(x,y)$ 의 명도 값을 추출하여 임계 값과 비교 후 (2)와 같이 0또는 1의 이진 픽셀로 변환하는 작업을 수행하도록 한다.

$$f(x,y) = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

이진화가 완료된 이진영상을 바탕으로 (3)에서 침식연산을 수행하게 되며 이를 통해 적외선 포인터 주변에 대한 노이즈 부분을 제거하는 과정을 수행한다. 침식연산이 수행된 이미지에 다시 팽창연산을 적용하여 적외선 포인터 영역을 정확하고 선명하게 처리한다(4). 이런 침식팽창 과정을 통해 이진영상의 영역에 대한 정확성을 높인다[10].

$$(f \ominus b)(x) = \min_{z+x \in D_f, z \in D_b} \{f(z+x) - b(z)\} \quad (3)$$

$$(f \oplus b)(x) = \max_{z-x \in D_f, z \in D_b} \{f(z-x) + b(z)\} \quad (4)$$

처리된 영상을 바탕으로 객체 탐색 작업을 수행하게 된다. 단일 객체인 경우에는 인식에 큰 문제가 되지 않지만 다중 객체가 한 영역 내에 존재하는 경우에는 각각의 독립

**Algorithm 1:** Grass

```

Input: Image
begin
  [M, N] ← size(Image);
  Connected ← Value;
  Difference ← Increment;
  Offsets ← [-1; M; 1; -M];
  Index ← [];
  No_of_Objects ← 0;
  for i: 1: M: do
    for j: 1: N: do
      if Image(i, j) == 1 then
        No_of_Objects ← No_of_Objects + 1;
        Index ← [(j - 1) * M + i];
        Connected(Index) ← Mark;
        while isempty(Index) do
          Image(Index) ← 0;
          Neighbors ← bsxfun(@plus, Index, Offsets);
          Neighbors ← unique(Neighbors(:));
          Index ← Neighbors(find(Image(Neighbors)));
          Connected(Index) ← Mark;
        Mark ← Mark + Difference;

```

(그림 5) Grass 알고리즘

된 단일 객체로 구별하는 연산이 필요하다. 적외선 포인터 영역의 추출은 Grass 레이블링 연산을 통해 분리 할 수 있다[11]. Grass 알고리즘은 (그림 5)와 같다.

Grass 레이블링은 재귀적인 처리를 통해 이진화 된 영상을 탐색하다 픽셀 값이 1인 픽셀은 만나면 라벨링 작업을 시작하며 이 픽셀을 중심으로 주변 인접 픽셀들을 점검하여 인접 픽셀 값이 1인 픽셀을 찾게 된다. 인접 픽셀 검사를 마치게 되면 방문하지 않은 픽셀 값이 1인 픽셀에 방문하여 레이블링 작업을 반복 수행하게 된다.

$$f(n, l) = \frac{h(h(f(n, l-1) + f(n, l) + f(n+1, l) - 1) + h(f(n, l) + f(n+1, l-1) - 1))}{2} \quad (5)$$

여기서  $h(t)$ 에 대한 조건은 (6)과 같다.

$$h(t) = \begin{cases} 0 & \text{for } t \leq 0 \\ 1 & \text{for } t \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

구별된 객체들은 객체별로 (7)과 같이 좌표를 추출하는 연산을 수행하며 이를 통해 레이블링 된 영역에 대한 픽셀 좌표를 추출 할 수 있으며  $x_i$ 와  $y_i$ 는 각각의 레이블링 된 픽셀의 가로 값과 세로 값을 의미한다.

$$x_c = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} x_i, \quad y_c = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{N-1} y_j \quad (7)$$

또한 추출된 이진영상에서의 적외선 영역은 원형에 가까운 형상을 가지게 된다. 따라서 적외선 영역 중심점에서 외각 경계까지의 반지름의 특징 값을 추출하여 적외선 포인터 영역만 분리시키며 (8)과 같이 최종적으로 추출된 각각의 적외선 포인터 영역의 중심좌표를 구한다. 도출된 중심좌표

를 이용해 중점거리를 계산할 수 있으며 이를 이용해 좌표 값을 추출한다. 위의 과정을 마치면 최종적으로 객체들의 위치정보를 알아 낼 수 있으며 위치에 대한 좌표 값을 리스트 형태로 이용해 저장 할 수 있다.

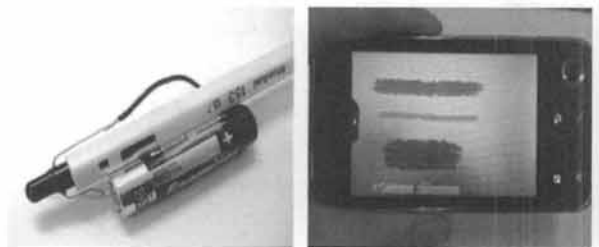
$$x'_c = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{N-1} R_i(x_c), \quad y'_c = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^{n-1} R_j(y_c) \quad (8)$$

이와 같은 과정을 통해 얻은 좌표 정보를 통해 적외선 객체의 위치를 추적할 수 있으며, 사용자는 적외선 펜을 사용해 움직였던 위치정보를 이용해 현재 사용자가 디스플레이 상에서 포인팅 하고 있는 지점을 알 수 있다. 또한 적외선 펜에 존재하는 버튼을 통해 클릭과 같은 이벤트를 사용할 수 있다. 그러나 실험 환경에 따른 조도 변화에 대해서 적외선 영상의 노이즈 제거에 어려움이 있다. 따라서 현재의 주변 환경의 조도 변화에 따른 동적 임계치 값 설정을 필요로 하게 된다. 본 논문의 실험에서는 수동으로 임계치 값을 설정하게 할 수 있는 상태이며 향후 동적으로 임계치 값을 설정할 수 있도록 연구를 진행 할 계획이다.

**3.3 적외선 포인터 보정 알고리즘**

적외선 펜을 스마트 폰에 입력도구로써 적용하는 경우 몇 가지 문제점이 존재한다. 첫째는 현재 포인팅 되고 있는 적외선 포인터 좌표 값 부분의 미세한 노이즈가 존재하며, 둘째로는 사용자가 적외선 펜을 들고 있는 동안 사용자 손의 흔들리는 현상이 발생하게 된다. 흔들리는 적외선 좌표를 기반으로 제어를 하는 것은 정확성에 문제가 발생 할 수 있으므로 적외선 포인터의 정확성 개선을 위해 흔들리는 좌표를 보정시켜 주는 알고리즘을 추가해야한다. 따라서 좌표 값 벡터를  $\vec{v}(t)$ 로 정의 할 때 적외선 좌표  $x(t)$ 와  $y(t)$ 에서  $t$ 가  $t+1$ 로 변화할 때의 변화량을 구한 뒤 허용 오차 값을 설정한다. 여기서 사용자 정의 값이  $m$ 이고 허용 좌표 값 변화량이  $k$ 일 경우 (9)로 정의 할 수 있다.  $n$ 의 값이 클수록 신뢰성이 높아진다.

$$v_o(t) = \begin{cases} \frac{\vec{v}(t+1) - \vec{v}(t)}{m(k-n)} & \text{if } n \leq k \\ \vec{v}(t) & \text{if } n \geq k \end{cases} \quad (9)$$

**3.4 시스템 구현**

(그림 6) 프로토타입 시스템 구현 화면

본 논문에서는 (그림 6)과 같이 전체 시스템을 설계 및 구현 하였다. 구현에 사용된 모바일 기기는 안드로이드 플랫폼 기반의 스마트 폰으로 하였으며 최대 30프레임/sec를 지원하는 카메라이며, 평균적으로 적외선 포인팅을 처리하는데 걸리는 시간이 30ms 미만이면 부드러운 트래킹이 가능하다고 할 수 있다. 또한 실험 결과 포인트의 개수를 늘려도 부드러운 트래킹이 가능하다는 것을 알 수 있다. 모바일 기기 특성상 이동이 편리하므로 카메라의 인식영역을 사용자가 임의대로 거리를 조절함으로써 영역을 설정할 수 있으며 스마트 폰에 부착된 카메라를 이용해 거리에 따른 작업 영역 변화를 실험한 결과 스마트 폰의 단점인 제한된 작업 영역을 해결 할 수 있다는 것을 알 수 있었다.



(그림 7) 적외선 필터(좌), 적외선 필터 장착 후(우)

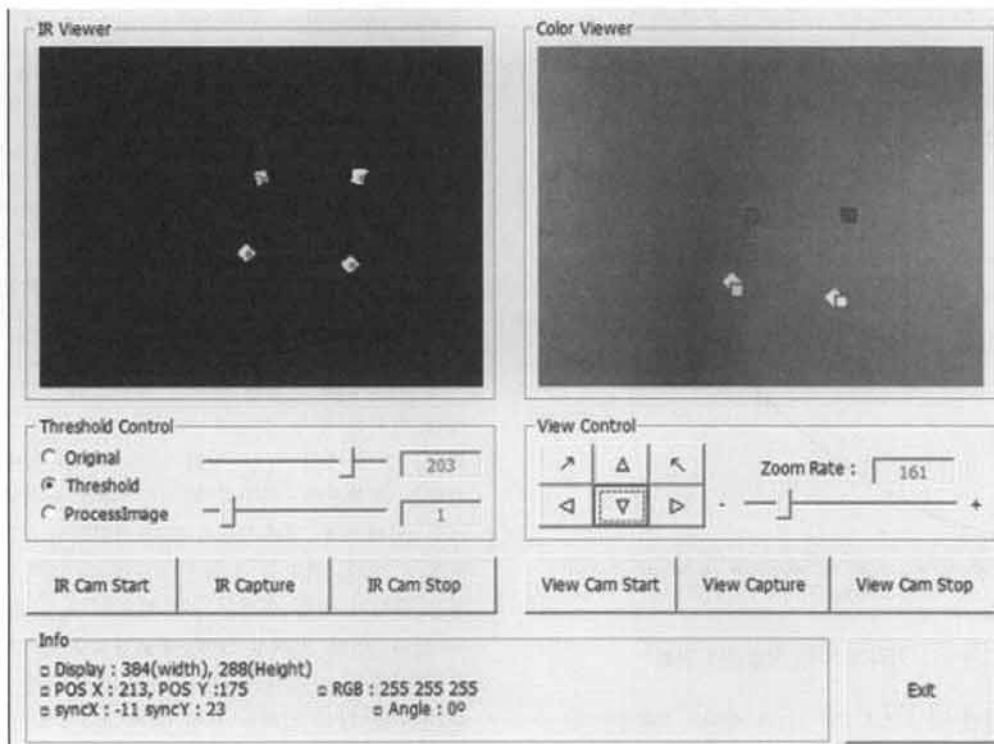
일반 모바일 기기의 카메라는 적외선을 인식하지 않는 렌즈이기 때문에 적외선을 인식할 수 있도록 간단한 필터를 만들어 (그림 7)과 같이 렌즈 앞에 부착해 적외선을 인식할 수 있도록 했다.

#### 4. 시스템 성능 평가

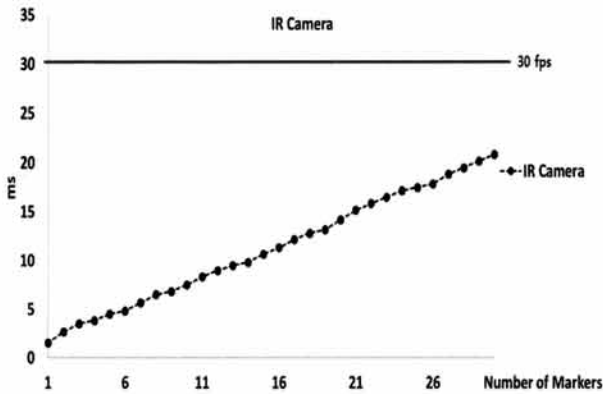
스마트 폰 기반 적외선 인터페이스 시스템에서는 기존의 터치식 입력 방식을 이용해 제어하는 시스템보다 처리속도를 향상시키고 인식률을 높이는 것을 목표로 한다. 따라서 본 논문에서는 적외선 포인팅 처리 연산 성능을 평가하기 위한 실험을 수행했다. 실험을 위해 스마트 폰에서 직접 실험한 것은 아니지만 모바일 기기 카메라의 경우 초당 30프레임을 지원하기 때문에 데스크 탑에서 동일한 프레임을 지원하는 웹 카메라를 이용하였으며 실험에 필요한 시뮬레이션 프로그램을 (그림 8)과 같이 제작해 실험을 수행했다.

(그림 9)는 카메라를 이용해서 적외선 펜의 좌표를 계산할 때 걸리는 시간을 측정하는 것이다. 사용자가 적외선 펜을 사용함에 있어서 부드러운 영상을 지원하기 위해서는 적외선 펜의 좌표를 계산하는데 30ms 이내에서 적외선 포인터의 좌표를 찾아야 한다. 따라서 적외선 포인터 개수의 증가에 따른 연산 처리 속도 측정에 대한 실험을 수행했으며 실험결과 적외선 LED의 개수를 30개까지 늘려도 30ms 안에 모든 적외선 포인터 좌표를 계산할 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다. 결과 그래프를 통해서 알 수 있듯이 실험을 통해 제안하는 방법이 적외선 포인터를 처리하는 데 있어서 끊임 없이 부드럽게 적외선 펜의 좌표를 찾을 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

또한, 스마트 폰의 제한된 작업 영역에 대해서 카메라의 거리를 통해 작업 영역을 조절함으로써 작업 영역 제한에 대한 해결 방안을 제시했으며 이에 따라 거리에 따른 카메라

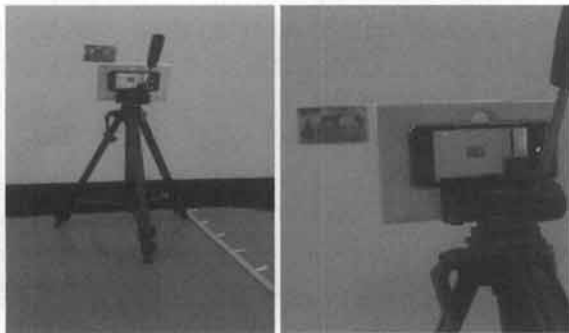


(그림 8) 실험을 위한 시뮬레이션 프로그램



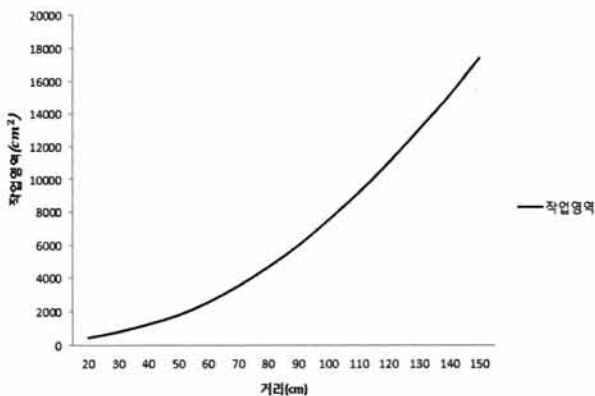
(그림 9) 적외선 포인터 추적 처리 속도

작업 영역 변화에 대한 실험을 진행했다. 실험환경은 (그림 10)과 같이 구성하였으며 화면 중앙에는 일반적으로 쓰이는 카드를 비교 대상으로 부착하여 거리에 변화에 따른 카드 크기의 상대적 변화도 함께 확인하였다.



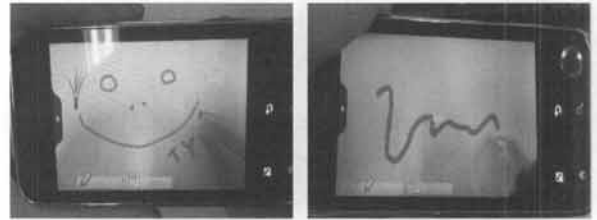
(그림 10) 거리에 따른 작업 영역 실험 환경

실험 방법은 10cm씩 상대 면과 카메라 사이의 거리를 늘려가며 현재 해당 거리에서의 카메라가 촬영하는 영역을 넓이를 측정해 데이터를 도출했다.



(그림 11) 거리에 따른 작업영역 변화

본 실험에 대한 결과는 (그림 11)과 같다. 그림에서 알 수 있듯이 카메라의 거리가 지면 또는 사물에서 멀어질 경우 작업 영역은 거리에 따라 제곱에 비례하는 작업영역을 얻을



(그림 12) 실제 동작되는 적외선 펜 인터페이스 시연 화면

수 있었다. 따라서 사용자는 디스플레이 사이즈에 따른 작업 영역에 상관없이 그 이상의 원하는 영역을 조절해서 사용할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

이후 실제 스마트 폰에 적외선 인터페이스를 적용해 적외선 필터를 장착 후 그림을 그려 정확성 실험을 수행했으며 필터를 제거한 후에 확인하였다. 실험 결과 (그림 12)와 같이 기존의 터치방식에 비해 높은 정확성과 빠른 처리속도를 보였으며 사용자에게 부드러운 곡선을 표현해 줄 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 적외선 좌표 보정을 통해 정확한 위치에 그림 또는 패턴을 표현해 줄 수 있다는 것도 확인 할 수 있다.

<표 1> 기존 방식과 적외선 방식에 대한 비교

	기존 방식	적외선 방식
입력 방식	손 또는 펜을 이용한 직접 터치	적외선 펜을 사용한 카메라 인식
작업 영역	고정적(800x480)	가변적(거리조절을 통한 영역 조절)
인식 정확성 (순수인식률)	70% 이하	90% 이상
처리속도	터치스크린 하드웨어 의존적	카메라 하드웨어 의존적 (20fps 이상 프레임 보장)
확장성	고정적	영역추출을 통한 객체인식 증강현실 모듈로 사용가능
성능개선 (순수성능)	불가능	업데이트를 통한 성능개선

실험을 통해 확인된 결과를 바탕으로 기존의 터치입력 방식과 적외선 펜을 사용한 방식에 대한 주요 내용을 비교하였다. 그 중에서 작업 영역과 인식 정확성에 대해서 많은 차이를 보였으며, 기존의 방식은 작업 영역에 대해 터치스크린 사이즈에 의존적으로써 작업영역이 고정적인 모습을 보이는 반면, 적외선 방식은 카메라와 적외선 펜의 거리조절을 통해서 작업 영역을 가변적으로 조절 할 수 있음을 알 수 있다. 인식 정확성 또한 후보정 처리를 거치지 않고 순수 인식률을 비교 했을 경우 동일하게 원을 그리는 행동을 한 경우에 터치 입력을 통한 결과 보다 적외선 펜을 이용해 입력한 경우 부드러운 곡선을 표현할 수 있었다. 또한 카메라를 통해 인식된 좌표도 기존 방식보다 인식률이 높아 점

들의 간격이 세밀하다는 것을 확인 할 수 있었다. 적외선 펜을 이용해 입력할 경우 카메라의 처리속도가 20fps 이상이 보장이 되면 사용자가 눈으로 보기에 불편함 없이 처리되며, 본 논문에서 구현된 영상처리 모듈을 이용해 적외선 인식뿐만 아니라 일반영상에서 객체인식을 적용하면 증강현실에서 객체 인식 모듈로 사용될 수 있어 확장성 또한 높은 것을 확인 할 수 있었다. 마지막으로 성능개선 부분에서는 터치스크린의 성능을 개선하기 위해서는 하드웨어를 교체하기에는 불가능하지만, 적외선 인터페이스 방식은 소프트웨어 업데이트를 통해 지속적인 성능개선이 가능하다는 점을 알 수 있다.

### 5. 결론 및 향후 연구

기존의 터치식 입력 방식을 통한 인터페이스를 사용하는 시스템이 아닌 적외선을 이용한 인터페이스 시스템과 적외선 포인팅 추적 방법에 대해서 설명했다. 특히 적외선 포인터를 이용했을 경우 기존의 터치식 입력보다 정확한 입력이 가능하였음을 실험을 통해서 알 수 있다.

본 논문의 주요 핵심은 기존에 존재하던 터치식 입력을 통해 스마트 폰을 제어 했을 때보다 적외선 포인터를 사용했을 경우 향상된 정확성과 제한된 작업 영역을 해결 할 수 있었다. 또한 실험을 통해 적외선을 이용한 인터페이스 시스템이 기존의 터치 방식보다 처리속도 및 포인터 인식률이 기존 보다 향상되었음을 확인 할 수 있었으며, 카메라와 피사체의 거리 변화를 통해 작업 영역을 조절할 수 있다. 이러한 인터페이스를 바탕으로 적외선을 이용한 증강현실 시스템에도 적용할 수 있으며 높은 효율을 보여준다는 것을 검증하기 위해 모바일 멀티미디어 틀을 제작했다. 그리고 사용자가 디스플레이에 직접 손이나 도구를 사용해 그림을 그리거나 입력 등을 하지 않아도 사용할 수 있는 적외선 펜을 이용한 새로운 개념의 모바일 인터페이스를 제작함으로써, 기존의 터치스크린과 다르게 하드웨어에 의존적이지 않고 사용자의 사용 목적에 맞게 유연하게 활용할 수 있어서 활용 분야가 넓을 것으로 보인다.

### 참 고 문 헌

[1] Displaybank's Research Division, "Touchscreen Panel Market and Issue Analysis", Displaybank, 2007.  
 [2] Canesta Usability Lab, The Mobile Input Usability Threshold, Canesta White Paper, 2002.  
 [3] J. Mooser, S. You, and U. Neumann, "Large document, small screen: A camera driven scroll and zoom control for mobile devices," in Proc. ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games (i3D), pp.27-34, Feb., 2008.

[4] V. Balakrishnan and P. H.P. Yeow, "A study of the effect of thumb sizes on mobile phone texting satisfaction," in Journal of Usability Studies, 2008.  
 [5] Claudio Pinhanez, Rick Kjeldsen, Lijun tang, Anthony Levas, Mark Podlaseck, Noi Sukaviriya, Gopal Pingali, "Creating touch-screens anywhere with interactive projected displays", International Multimedia Conference, pages 460-461, 2003.  
 [6] Xiang Cao, Ravin Balakrishnan, "Interacting with Dynamically Defined Information Spaces using a Handheld Projector and a Pen", Proceedings of the 19th annual ACM symposium on User interface software and technology, 2006.  
 [7] Thad Starner, Jake Auxier, Daniel Ashbrook, Maribeth Gandy, "The Gesture Pendant: A Self-illuminating, Wearable, Infrared Computer Vision System for Home Automation Control and Medical Monitoring", iswc, pp 87, Fourth International Symposium on Wearable Computers(ISWC'00), 2000.  
 [8] A. Mulder, "Hand gesture for hci," Technical Report 96-1, Simon Fraster University, 1996.  
 [9] J. Mäntyjärvi, J. Kela, P. Korpipää, and S. Kallio, "Enabling fast and effortless customisation in accelerometer based gesture interaction," in Proceedings of the 3rd international conference on Mobile and ubiquitous multimedia, 2004.  
 [10] Su Chen, "Recursive erosion, dilation, opening, and closing transforms", IEEE Transaction on Image processing, Vol.4, No.3, pp.335-245, 1995.  
 [11] I.Pitas, "Digital Image Processing Algorithms and Applications", pp.300, WILEY, 2000.



#### 장 재 혁

e-mail : jaehyok2@hallym.ac.kr  
 2010년 한림대학교 컴퓨터공학과(학사)  
 2010년~현 재 한림대학교 컴퓨터공학과  
 (공학석사)  
 관심분야: 운영체제, 임베디드 시스템,  
 스마트 폰 등



#### 김 병 기

e-mail : bkkim@hallym.ac.kr  
 2006년 한림대학교 컴퓨터공학과(학사)  
 2008년 한림대학교 컴퓨터공학과  
 (공학석사)  
 2008년~현 재 한림대학교 컴퓨터공학과  
 (공학박사)  
 관심분야: 가상 및 증강현실, 운영체제, 가상화, 모바일 콘텐츠 등



### 송창근

e-mail : cgsong@hallym.ac.kr  
1981년 서울대학교 계산통계학과 이학사  
1983년 한국과학기술원(KAIST) 공학석사  
1992년 University of Oklahoma (EECS)  
공학박사  
1984년~현 재 한림대학교 유비쿼터스  
컴퓨팅학과 교수

관심분야: 가상 및 증강 현실, 게임, HCI, 컴퓨터 그래픽스 등



### 고영웅

e-mail : yuko@hallym.ac.kr  
1997년 고려대학교 컴퓨터학과(학사)  
1999년 고려대학교 컴퓨터학과(공학석사)  
2003년 고려대학교 컴퓨터학과(공학박사)  
2003년~현 재 한림대학교 컴퓨터공학과  
부교수

관심분야: 운영체제, 실시간 시스템, 임베디드 시스템