

# 잉크젯 프린팅 기술을 이용한 캐패시티브 터치 페이퍼

윤태화\*, 이삭\*, 임성준<sup>o</sup>

## Inkjet-Printed Capacitive Touch Paper

Taehwa Yun\*, Sak Lee\*, Sungjoon Lim<sup>o</sup>

### 요약

이 논문에서는 잉크젯 프린팅 기술을 이용한 캐패시티브 터치 패드가 제안되었다. 이 터치 패드는 피부의 전기적 임피던스를 인한 유효 캐패시턴스의 변화를 탐지함으로써 터치됨을 감지한다. 종이를 기판으로 이용함으로써 값 싸고, 유연하며, 쉽게 쓰고 버릴 수 있는 터치 패드가 구현되었다. 또한 잉크젯 프린팅 기술을 이용함으로써 쉽고, 빠르고, 친환경적으로 제작이 되었다. 터치 하지 않았을 때, 측정된 캐패시턴스는 163~182pF 범위의 값을 가지며, 터치 하였을 때 218~272pF의 값을 가진다. 각 상태의 캐패시턴스 차이는 손가락의 터치를 인식할 수 있을 만큼 충분히 큼을 확인하였다.

**Key Words** : Touch pad, capacitive touch, inkjet printing technology, paper-electronics, touch paper

### ABSTRACT

In this paper, an inkjet-printed capacitive touch pad is proposed. This touch pad detects contacts of human finger by detecting changes in effective capacitance due to electrical impedance of human finger. A flexible, low-cost and disposable paper is used as a substrate. Inkjet printing technology makes the fabrication fast, simple and environmentally friendly. Measured capacitances of the touched and untouched states are in the range of 163 to 182pF and 218 to 272pF, respectively. The differences in the measured capacitance of each state are sufficiently large to recognize that a finger has made contact with touch pad.

### I. 서론

산업, 가정, 모바일 기기 등에서 널리 사용되고 있는 터치 스크린 기술은 쉽고, 빠르고, 직관적인 장점으로 인해 그 수요가 증가하고 있다. 현재 많은 회사에서 이러한 요구를 충족시키고자 다양한 제품을 개발하고 있는데, 대부분의 제품이 산업용 컴퓨터 시스템, 스마트 폰, 태블릿과 같은 휴대용 제품, 자동차의

네비게이션 시스템 등을 위해 개발되어 지고 있다<sup>1)</sup>.

터치 스크린 기술의 편리함을 경험한 사람들이 증가함에 따라 이 기술을 책 또는 쉽게 쓰고 버릴 수 있는 제품에 까지 적용하고자 하는 요구가 늘어나고 있다. 하지만 현재에 널리 쓰이고 있는 유리 기반의 터치 스크린은 가격이 충분히 싸지 않으며, 얇지 않고 유연하지 않다. 또한 쉽게 쓰고 버릴수 있는 필름이나 종이 기반의 물건들과 결합하기 쉽지 않다는 단점이

\* 이 논문은 삼성전자 미래기술육성센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (과제번호 SRFC-IT1301-03).

• First Author: School of Electrical and Electronics Engineering, College of Engineering, Chung-Ang University, irism Mercury@gmail.com, 학생회원

o Corresponding Author: School of Electrical and Electronics Engineering, College of Engineering, Chung-Ang University, sungjoon@cau.ac.kr, 중신회원

\* School of Electrical and Electronics Engineering, College of Engineering, Chung-Ang University, dltkrkwkd@naver.com  
논문번호 : KICS2015-02-024, Received February 3, 2015; Revised April 6, 2015; Accepted April 27, 2015

있다. 그리하여 오디오북 시장에서 터치 인식을 위해 펜 모양의 외부 입력 장치가 개발되었다. 이 오디오북은 교육적으로 큰 도움을 주고 있으나, 펜 모양의 입력 장치는 상대적으로 가격이 비싸고, 덜 직관적이며, 잃어버리기 쉽다는 단점이 있다. 향후 이러한 단점을 극복한 값이 싸고, 얇고, 유연하며 필름이나 종이와도 결합하기 쉬운 터치 패드에 대한 수요가 증가할 것이다.

최근 종이 기반의 전자장치에 대한 연구가 종이의 장점으로 인해 큰 관심을 받고 있다. 종이는 가격이 싸며, 쉽게 구할 수 있고, 얇으며 유연하다. 또한 친환경적이며 기존의 FR4나 silicon기판에 비해 쉽게 쓰고 버릴 수 있다는 장점이 있다. 이러한 장점으로 인해 종이 기반의 transistor<sup>[2-4]</sup>, 배터리<sup>[5,6]</sup>, 안테나<sup>[7]</sup>, 센서<sup>[8]</sup>, RFID<sup>[9]</sup>, 터치 패드<sup>[10]</sup>가 연구 되어 왔다. 하지만 대부분의 연구는 단일 기술의 발전을 위해 연구 되었다. 터치 감지를 위하여 polydimethylsiloxane(PDMS) 기반의 저항막(resistive) 방식<sup>[11]</sup>과 정전용량(capacitive) 방식<sup>[12]</sup>의 센서가 제안되었으나, 복잡한 플라즈마 공정<sup>[11]</sup>이 필요하거나 위험한 액체 금속<sup>[12]</sup>을 필요로 한다는 단점이 있다.

이 논문에서는 잉크젯 프린팅 기술을 이용해 종이 위에 구현된 정전식 터치 패드를 제안하고자 한다. 잉크젯 프린팅 기술은 물리적, 화학적 에칭을 사용하는 기존의 PCB제작 공정과 달리 전도성 패턴이 필요한 부분에만 전도성 잉크를 프린팅 하여 경제적이며 제작 과정 중 부산물 및 물질의 낭비를 최소화할수 있는 친환경적 기술이다. 제안된 터치 패드는 손가락으로 인한 유효 캐패시턴스의 변화를 탐지함으로써 손가락이 터치되었음을 감지한다. 전도성 패턴을 프린팅 하기 위해 가정용 프린터와 나노입자 잉크가 사용되었다.

## II. 설계 및 제작 과정

손가락이 접촉됨을 감지하기 위하여 저항막 또는 정전용량 방식이 모두 가능하지만, 이 연구에서는 쉽게 쓰고 버릴 수 있는 제품과의 결합의 용이성을 위해 정전용량 방식을 사용하였다. 종이 위의 두 전극이 그림 1.(a)와 같이 인체 되었을 때, 이 전극들은 그림 1.(d)와 같이  $C_t$ 의 캐패시턴스를 갖는 평행 플레이트 캐패시터로 가정될 수 있으며 이때의 캐패시턴스는 다음과 같은 식으로 계산 되어질 수 있다.

$$C = \epsilon \frac{A}{d} \quad (1)$$

이때에  $\epsilon$ ,  $A$ , 그리고  $d$ 는 각각 유전율, 플레이트의 단면적, 그리고 플레이트 사이의 거리이다. 손가락이 종이로 덮여 있는 터치 패드 위에 위치하였을 때, 두 전극 사이의 임피던스가 변하게 된다. 인체의 컨덕턴스로 인해 각 전극과 손가락 사이에 캐패시턴스  $C_g$ 가 생성되며, 손가락 표면의 임피던스, 인체의 임피던스로 인해 추가적인 전류 통로가 생성된다. 추가로 생성된 전류 통로는  $C_g$ 와 직렬로 연결된 임피던스( $Z_f$ ), 병렬 ( $Z_b$ )로 연결된 임피던스로 표현될 수 있으며, 그림 1.(d)와 같은 등가회로로 표현될 수 있다. 손가락 표면은 전도성을 갖는 물질과 같이 동작하므로, 대부분의 전류 흐름은 손가락 피부를 따라 흐른다<sup>[13]</sup>. 그러므로 터치 패드는 유효 유전율의 변화를 체크함으로써 손가락 접촉을 인식할 수 있다.

터치 패드 디자인은 손가락 표면적과 손가락 접촉면에 따른 유효 캐패시턴스의 변화량 그리고 캐패시터의 기하학적 구조가 고려되었으며, 단일 레이어에 구현가능하며, 인터디지털 캐패시터의 갭라인의 갯수

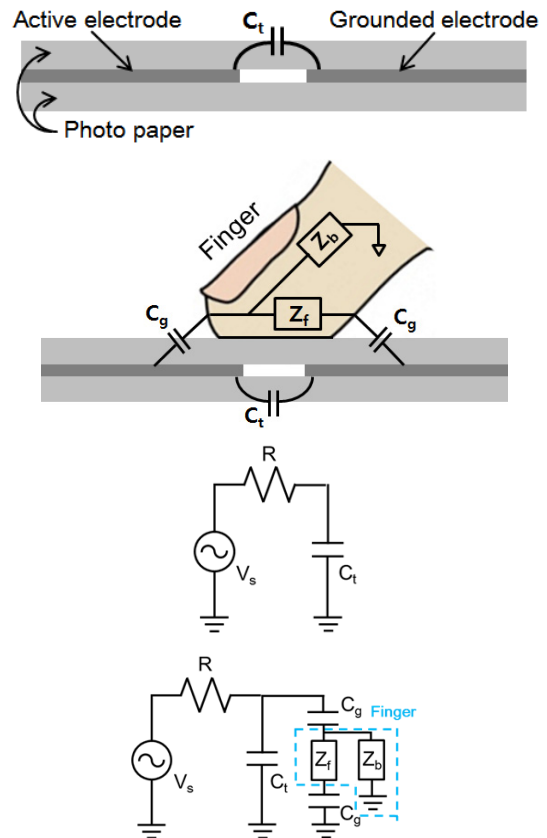
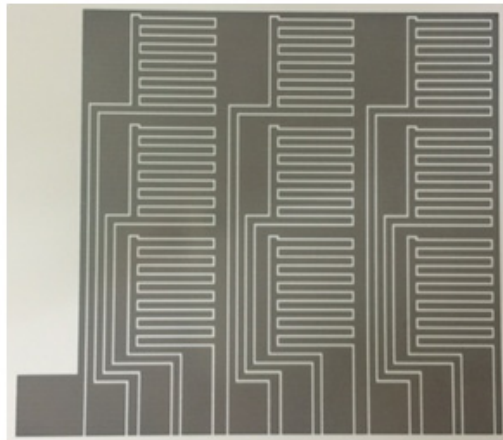


그림 1. (a) 터치하지 않았을 때와 (b) 터치하였을 때의 단면도 및 (c) 터치하지 않았을 때와 (d) 터치하였을 때의 등가회로

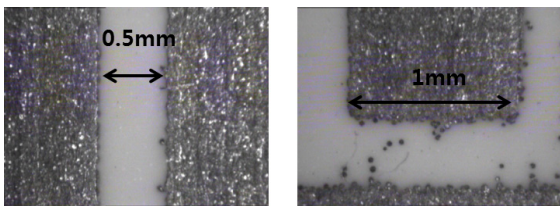
Fig. 1. Cross-sectional view of (a) untouched and (b) touched touch pad, and equivalent circuits of (c) untouched and (d) touched touch pad.



(a)



(b)



(c)

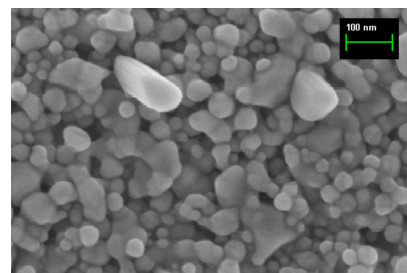
그림 2. (a) 가정용 Epson 프린터(WF-7011) (b) 인쇄된 터치 페이지 (c) 인쇄된 터치패드의 부분 확대 사진  
Fig. 2. (a) Epson WF-7011 (b) Inkjet-printed touch paper, (c) zoomed-in version of inkjet printed touch paper.

를 늘림으로써 캐패시턴스를 변화 시킬 수 있기 때문에 인터디지탈 캐패시터 모양을 터치패드 디자인으로 선택하였다. 향후 상업적 사용을 고려하여, 종이 한 장을 터치 패드위에 추가적으로 배치하여 그림 및 문구가 프린팅 가능하도록 하였다.

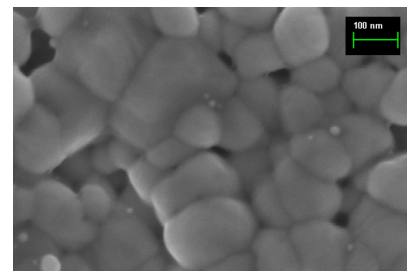
전도성 패턴을 위해서 Novacentrix사의 JS-B25P 은 나노 입자 잉크가 사용 되었으며, 이 잉크는 250 $\mu$ m 두께의 Kodak Premium Photo Paper위에 인쇄되었다. 전도성 패턴의 인쇄를 위해서 그림 2.(a)와 같이 가정용 프린터인 EPSON WF-7011이 사용되었다. 오직 검은색 잉크 카트리지에만 은 나노 입자 잉크를 주

입하였으며, 타 카트리지는 카트리지를 청소하기 위한 용액(aqueous vehicle, Novacentrix사)가 채워진 상태에서 프린터 프로그램 내의 고품질 옵션을 사용하여 프린팅이 진행되었다. 그림 2.(b)와 (c)는 프린팅된 터치패드와 부분 확대 사진을 보여준다. 1mm의 도체 선폭과 도체 패턴 사이의 0.5mm 공백이 가정용 프린터를 이용하여 잘 구현되었다. 간혹 원치 않는 잉크 튜미 발생 하였지만, 지름이 20 - 30 $\mu$ m로 무시할 수 있을 정도로 매우 작았다. 은 나노 입자 잉크는 폴리머 코팅이 된 은 나노 입자들이 솔벤트 용액에 담겨 있어 인쇄된 직후 낮은 전도성을 갖는다. 인쇄된 나노 입자 잉크의 전도성을 높이기 위해 소결 과정이 필요하다. 이 과정은 폴리머 코팅, 솔벤트를 제거 및 태우는 과정으로, 벌크 메탈에 비해 낮은 녹는 점을 가진 나노 입자들은 서로 녹아 큰 덩어리를 형성하게 된다<sup>[14,15]</sup>. 녹아 엉겨 붙은 나노 입자들은 연속된 도체를 형성하게 되어 전도도는 증가하게 된다. 소결 방법으로는 열 소결<sup>[16]</sup>, 레이저 소결<sup>[17]</sup> 방법이 있으며 본 연구에서는 열 소결 방식이 사용 되었다. 인쇄된 터치패드는 건조기에서 180°C에서 8분간 열 소결 과정을 거쳤으며 소결 과정을 전 후의 나노 입자의 형태는 FE-SEM을 이용하여 관찰되었으며 그 결과는 그림 3과 같다.

터치 시스템을 구현하기에 앞서, 제작된 터치 페이지가 캐패시터로 동작하는지, 손가락 터치로 인한 유



(a)



(b)

그림 3. FE-SEM을 이용해 촬영된 소결 과정 (a) 전, (b) 후의 표면 사진  
Fig. 3. FE-SEM images of (a) before and (b) after sintering

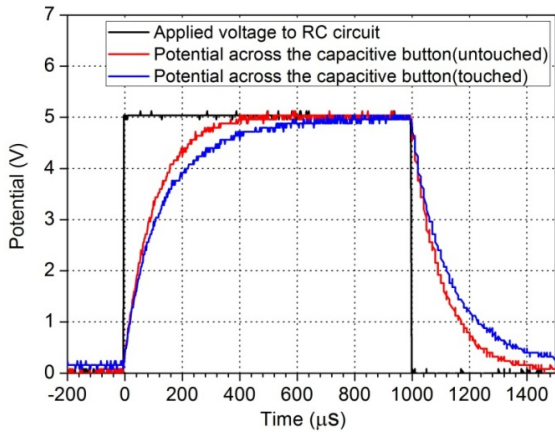


그림. 4. 제안된 터치 페이퍼의 전압 응답 그래프  
Fig. 4. Voltage response of the proposed touch paper

효 캐패시턴스의 변화가 감지할 수 있을 정도로 크지를 확인해 보기 위하여 1MΩ의 저항을 직렬로 터치패드와 연결한 후 전압 응답을 확인하였다.

그림 4는 함수 발생기와 오실로스코프를 이용한 측정 결과로 인쇄된 터치 패드가 캐패시터로 동작함을 확인하였고, 손가락을 접촉하였을 때 캐패시터를 충전하는 시간이 증가하는 것을 확인하여 터치 패드로서 사용 가능함을 확인하였다.

### III. 측정 결과

제안된 터치 페이퍼의 성능을 확인하기 위하여 터치패드와 1MΩ의 저항을 직렬 연결한 후 전압 응답을 관찰하였다. 구형파 전압 인가와 유효 캐패시턴스의 변화를 감지하기 위하여 아두이노가 사용되었다. 아두이노는 신호 처리를 위한 마이크로프로세서 기반의 시스템으로 오픈 소스 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 가격이 싼뿐 아니라 쉽게 시스템 구현이 가능하며, 이를 이용하여 에스컬레이터 위험 상황 관리 시스템<sup>[18]</sup>, 압력 센서를 이용한 자세 교정 유도 시스템<sup>[19]</sup>, 저전력 디바이스 통신 구현<sup>[20]</sup>을 위하여 연구되었다. 본 연구에서 아두이노는 터치 패드와 직렬 연결된 저항에 구형파를 인가하고, 터치 패드가 0에서 2V까지 충전되는 시간을 계산한다. 구현하고자 하는 터치 페이퍼의 패드는 9개인 반면, 아두이노는 6개의 아날로그 입력 단자를 제공하기 때문에 디멀티플렉서 (TI CD4067BE 1:16)을 사용하였다. 연산증폭기가 버퍼로써 사용되었으며 저항과 직렬로 연결되었다. 터치 패드의 동작을 확인하기 위하여 9개의 다이오드가 240Ω과 직렬 연결되어 아두이노의 디지털 핀에 연결되었다. 저항, 디멀티플렉서, 연산증폭기 및 다이오드

는 종이 기판을 기반으로 회로 구성이 가능하지만, 제작의 간편함을 위해 0.4mm의 FR4를 사용하여 구동 회로를 구현하였다. 와이어를 이용해 터치 패드와 구동 회로를 연결하였으며, 실버 에폭시를 이용하여

터치 패드에 와이어가 부착되었다. 아두이노의 전압 공급과, 계산된 유효 캐패시턴스를 저장하기 위하여 아두이노는 노트북에 연결되었으며 구현된 터치패드 시스템은 그림 5와 같다.

구현된 터치 패드 시스템을 구동하기 위하여 프로 그래밍을 필요로 한다. 구형파 인가, 디멀티플렉서의 채널 선택, 터치 패드가 충전되기까지 경과 시간, 다이오드 점등을 위해 프로그래밍 되었으며 그림 6은 프로그래밍을 위한 흐름도를 보여준다. 우선 아두이노에서 디멀티 플렉서로 채널 선택을 위해 전압을 인가

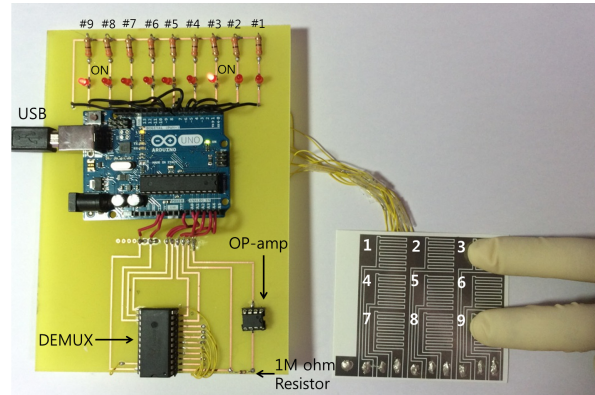


그림. 5. 구현된 터치 페이퍼  
Fig. 5. Picture of the fabricated touch pad system

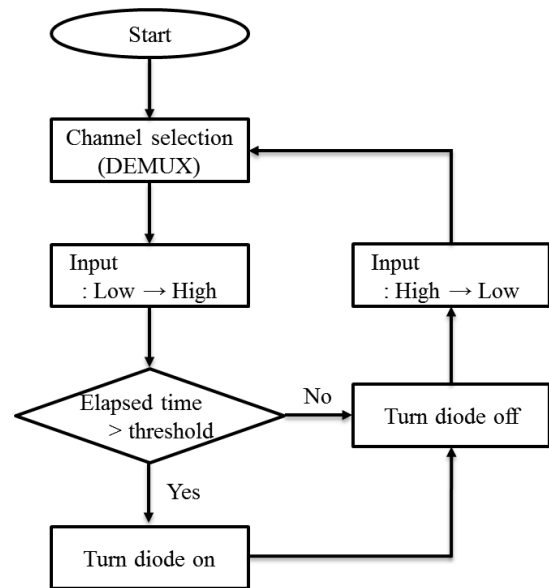


그림. 6. 소프트웨어 프로그래밍을 위한 흐름도  
Fig. 6. Flow chart for software programming

한 후 직렬로 연결된 저항과 터치 패드에 구형파를 인가한다. 이후 2V까지 충전되는데 필요한 경과시간을 측정 한 후, 이것이 한계 시간보다 높을 경우 손가락이 터치 된 것으로 인식하여 다이오드를 켜고, 한계시간 보다 낮을 경우 터치 되지 않은 것으로 인식 하여 다이오드를 끈 상태로 유지한다. 이후 0V를 인가하여 충전된 터치 패드를 방전 시킨 후 다른 채널을 선택하기 위한 전압을 디지털플렉서에 인가하는 루프를 반복하며, 9개의 터치 패드에 대해 위의 과정이 반복하게 되면 1 주기가 끝나게 된다.

측정은 인쇄된 터치 패드에 종이를 올려둔 채 진행되었으며, 측정된 경과 시간은 그림 7. (a)와 같다. 터치 하지 않았을 때 경과 시간은 80 - 88μs의 범위의 시간을 보였으며, 터치 하였을 때 104 - 116μs의 범위의 시간을 보였다. 이 경과 시간은 다음 식을 통해 캐패시턴스로 계산되어 질 수 있다.

$$V_c = V_s(1 - e^{-t/RC}) \quad (2)$$

이때에  $V_c$ ,  $V_s$ ,  $R$ ,  $C$  그리고  $t$ 는 각각 터치 패드에 인가된 전압, 아두이노로부터 인가된 전압, 저항, 터치 패드의 캐패시턴스, 그리고 측정된 경과시간이다. 측정된 결과들로부터 터치 패드가 충전되는데 걸리는 시간은 터치의 유무에 따라 차이가 있고, 터치로 인한 유효 캐패시턴스의 변화는 33 - 66pF임을 확인할 수 있다. 터치 유무에 따른 유효 캐패시턴스 변화량은 손가락의 떨림, 그리고 터치된 위치에 따라 다소 차이를 보였으나, 변화량은 손가락이 접촉했다는 것을 인식할 수 있을 정도로 충분히 컸다. 터치 패드 시스템은 측정된 결과를 바탕으로 95μs를 한계시간으로 정함으로

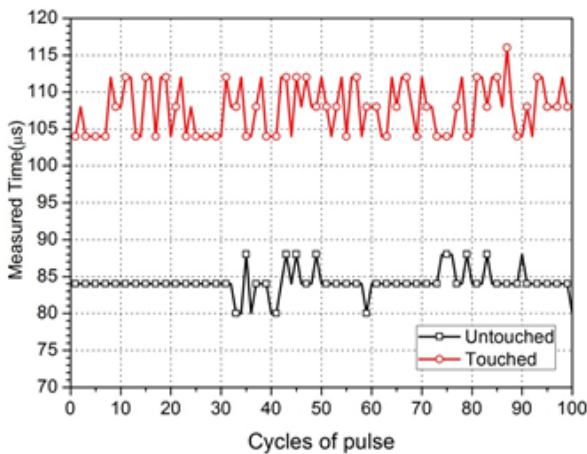


그림 7. 0에서 2V까지 충전되는데 걸리는 경과 시간  
Fig. 7. Measured time required for the potential to reach 0 to 2V

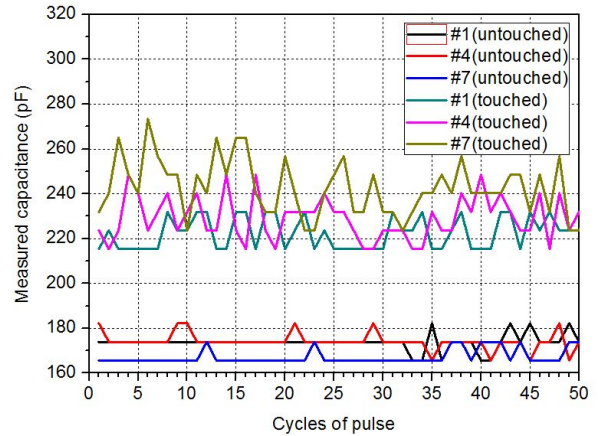


그림 8. 1,4,7번 버튼을 눌렀을 때 측정 결과  
Fig. 8. Measurement results as you press the button 1 4 7

써 원활이 동작할 수 있었으며, 그림 5.는 3번과 9번이 터치 되었을 때 잘 동작하는 모습을 보여준다. 그림 8 같은 경우 터치패드를 터치한 그룹과 터치하지 않은 그룹으로 나누어 구분한 그래프이다. 세로로 배열된 1번 4번 7번 버튼을 누름으로써 다중터치가 가능한 것을 확인하였고 신호라인에 길이에 의해서 각각 다른 캐패시턴스값을 가지게 된다. 동시에 여러 개의 터치패드의 버튼을 누르더라도 각각의 캐패시턴스 값에 의해서 어떤 버튼이 눌러졌는지 확인 할수 있다.

#### IV. 결 론

이 논문에서는 잉크젯 프린팅 기술을 이용해 종이 위에 구현된 정전식 터치 패드가 제안되었다. 제안된 터치 페이퍼는 인체의 임피던스로 인한 유효 캐패시턴스의 변화를 감지해 터치됨을 감지한다. 종이위에 은 나노 입자 잉크를 잉크젯 프린팅 기술을 이용해 인쇄함으로써 값 싸고, 유연하며, 쉽게 쓰고 버릴 수 있는 터치 패드를 구현할 수 있었으며, 빠르고 친환경적으로 제작 가능할 수 있었다. 터치 패드 시스템을 구동하기 위해 아두이노가 사용되었으며 구동하기 위한 소프트웨어 프로그래밍이 수행되었다. 터치 패드가 터치 되지 않았을 대 163 - 182pF의 유효 캐패시턴스를 보였으며, 터치 하였을 때 218 - 272pF의 유효 캐패시턴스를 보여 손가락의 접촉을 인식할 수 있을 만큼 충분한 차이가 남을 확인하였다.

#### References

[1] H. Kim, S. Lee, and K. Yun, "Capacitive tactile sensor array for touch screen

- application,” *Sensors and Actuators A: Physical*, vol. 165, pp. 2-7, Jan, 2011.
- [2] S. Yun, S. Jang, G. Yun, J. Kim, and J. Kim, “Paper transistor made with covalently bonded multiwalled carbon nanotube and cellulose,” *Appl. Phys. Lett.*, vol. 95, 2009.
- [3] R. Martins, A. Nathan, R. Barros, L. Pereira, P. Barquinha, N. Correia, R. Costa, A. Ahnood, I. Ferreira, and E. Fortunato, “Complementary metal oxide semiconductor technology with and on paper,” *Adv. Mater.*, vol. 23, pp. 4491-4496, Sept. 2011.
- [4] E. Fortunato, N. Correia, P. Barquinha, L. Pereira, G. Gonçalves, and R. Martins, “High-performance flexible hybrid field-effect transistors based on cellulose fiber paper,” *IEEE Electron Device Lett.*, vol. 29, pp. 988-990, Sept. 2008.
- [5] K. B. Lee, “Urine-activated paper batteries for biosystems,” *J. Micromech. Microeng.*, vol. 15, no. 9, Aug. 2005.
- [6] L. Hu, H. Wu, F. La Mantia, Y. Yang, and Y. Cui, “Thin, flexible secondary Li-ion paper batteries,” *Acs Nano*, vol. 4, pp. 5843-5848, Sept. 2010.
- [7] H. F. Abutarboush and A. Shamim, “Paper-based inkjet-printed tri-band U-slot monopole antenna for wireless applications,” *IEEE Antennas and Wirel. Propag. Lett.*, vol. 11, pp. 1234-1237, Dec. 2012.
- [8] S. Kim, A. Traille, H. Lee, H. Aubert, K. Yoshihiro, A. Georgiadis, A. Collado, and M. M. Tentzeris, “Inkjet-printed sensors on paper substrate for agricultural applications,” in *2013 Eur. Microwave Conf. (EuMC)*, pp. 866-869, Oct. 2013.
- [9] L. Yang, A. Rida, R. Vyas, and M. M. Tentzeris, “RFID tag and RF structures on a paper substrate using inkjet-printing technology,” *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. 55, pp. 2894-2901, Dec. 2007.
- [10] A. D. Mazzeo, W. B. Kalb, L. Chan, M. G. Killian, J. Bloch, B. A. Mazzeo, and G. M. Whitesides, “Paper Based, Capacitive Touch Pads,” *Adv. Mater.*, vol. 24, pp. 2850-2856, Apr. 2012.
- [11] R. K. Kramer, C. Majidi, and R. J. Wood, “Wearable tactile keypad with stretchable artificial skin,” *2011 IEEE Int. Conf. Robotics and Automation (ICRA)*, pp. 1103-1107, May 2011.
- [12] D. P. Cotton, I. M. Graz, and S. P. Lacour, “A multifunctional capacitive sensor for stretchable electronic skins,” *IEEE Sensors J.*, vol. 9, pp. 2008-2009, Dec. 2009.
- [13] R. M. Fish, L. A. Geddes, and C. F. Babbs, *Medical and bioengineering aspects of electrical injuries*, Lawyers & Judges Publishing Company, 2003.
- [14] B. S. Cook and A. Shamim, “Inkjet printing of novel wideband and high gain antennas on low-cost paper substrate,” *IEEE Trans. Antennas and Propag.*, vol. 60, pp. 4148-4156, Sept. 2012.
- [15] J. R. Greer and R. A. Street, “Thermal cure effects on electrical performance of nanoparticle silver inks,” *J. Acta Materialia*, vol. 55, no. 18, pp. 6345-6349, Oct. 2007.
- [16] L. Yang, A. Rida, R. Vyas, and M. M. Tentzeris, “RFID tag and RF structures on a paper substrate using inkjet-printing technology,” *IEEE Trans. Microwave Theory and Techniques*, vol. 55, pp. 2894-2901, Dec. 2007.
- [17] P. Laakso, S. Ruotsalainen, E. Halonen, M. Mäntysalo, and A. Kemppainen, “Sintering of printed nanoparticle structures using laser treatment,” in *Proc. ICALEON*, vol. 205, pp. 1360-1366, 2009.
- [18] J. H. Eom, H. S. Nam, J. E. Shin, J. W. Park, and H. J. Lee, “Real-time risk detection system for passenger safety in escalator using Arduino embedded platform,” in *KICS Conf. 2014 Fall*, pp. 26-27, Daejeon, Korea, Nov. 2014.
- [19] Y. J. Shin, K. H. Oh, H. Bahn, and H. Kang, “A posture correction guidance system using Arduino and force sensitive resistors,” in *KICS Conf. 2014 Fall*, pp. 262-263, Daejeon, Korea, Nov. 2014.

- [20] C.-H. Kim, H.-W. Kang, J.-I. Kim, and S.-J. Koh, "An implementation of the low power device communication using CoAP protocol in internet of things environment," in *KICS Conf. 2015 Winter*, pp. 102-103, Gangwon, Korea, Jan. 2014.

이 삭 (Sak Lee)



2013년 2월 : 백석대학교 정보통신학부 졸업  
2014년 9월~현재 : 중앙대학교 전자전기공학과 석사과정  
<관심분야> 안테나, RF 시스템, RF 센서

윤 태 화 (Taehwa Yun)



2013년 2월 : 중앙대학교 전기전자공학부 졸업  
2013년 3월~현재 : 중앙대학교 전자전기공학과 석사과정  
<관심분야> 안테나, RF 시스템, RF 센서

임 성 준 (Sungjoon Lim)



2002년 2월 : 연세대학교 전기공학부 졸업  
2016년 3월 : University of California at Los Angeles (UCLA) 전자전기공학과 석·박사 과정 졸업  
2007년 2월~현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수 재직 중  
<관심분야> 메타물질, 잉크젯 프린팅, RF 센서