Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 18, No. 4 pp. 578-583, 2017

https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.4.578
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

2개의 터치인식이 가능한 3D 터치패드

이용민*, 한창호
선문대학교 기계ICT융합공학부

Two-Point Touch Enabled 3D Touch Pad

Yong-Min Lee*, Chang Ho Han
School of Mechanical and ICT Convergence Engineering, Sunmoon University

요 약 본 논문은 최근에 모바일 기기에 적용되고 있는 차세대 터치 기술로서 압력터치 센서를 이용한 3D 터치패드 기술에 관한 것이다. 3D터치 기술은 터치 위치 및 터치 압력을 동시에 검출할 수 있고 멀티터치 기능이 있어야 한다. 본 논문의 목적은 스트레인 게이지를 이용하여 압력터치 센서를 제작하고 2점을 동시에 터치 가능한 압력터치 패드 제작이다. 하드웨어 부분은 터치 인식 센서에 금속 박막형 스트레인 게이지를 이용하였고 각 스트레인 게이지 센서마다 휘스톤 브리지 회로로 미세한 터치 신호를 검출하였다. 또한, 터치 신호 증폭기를 사용하여 터치 신호를 증폭하고 마이크로프로세서를 통해 디지털 데이터로 변환하여 화면에 디스플레이하는 터치 인식 시스템을 만들었다. 소프트웨어 부분은 2점 동시터치가 가능하고 터치 압력에 따라 구별 가능한 터치 인식 알고리즘을 C언어로 제작하였다. 터치 강도와 터치 위치가 다른 두 개의 터치 신호를 동시에 검출하여 화면에 나타내는 실험을 성공적으로 수행하였다. 본 연구를 통해 스트레인 게이지를 이용한 터치 인식 방법으로 3D 터치패드의 응용 가능성을 확인하였다.

Abstract This paper presents a 3D touch pad technology that uses force touch sensors as a next-generation method for mobile applications. 3D touch technology requires detecting the location and pressure of touches simultaneously, as well as multi-touch function. We used metal foil strain gauges for the touch recognition sensor and detected the weak touch signals using Wheatstone bridge circuit at each strain gauge sensor. We also developed a touch recognition system that amplifies touch signals, converts them to digital data through a microprocessor, and displays the data on a screen. In software, we designed a touch recognition algorithm with C code, which is capable of recognizing two-point touch and differentiating touch pressures. We carried out a successful experiment to display two touch signals on a screen with different forces and locations.

Keywords : 3D Touch, Force Touch, Multi Touch, Strain Gauge Sensor, Touch Recognition Algorithm

1. 서론

모바일기기의 급성장과 함께 사용자의 편의성을 증가시키는 터치입력장치의 중요성은 날로 증가하고 있는 가운데 기존의 터치입력 방식으로 대응하기 어려운 새로운 개념의 3D 터치 인터페이스 기술이 요구되고 있다. 기존의 터치입력기술은 크게 4가지 정도로 분류되는데 저항막 방식, 커패시턴스 방식, 적외선방식, 음향파방식 등이 있다[1-4]. 기존의 방식들은 대부분 2차원 평면상의 터치위치 데이터만 제공하므로 터치힘의 방향의 압력터치 강도의 정보를 제공할 수 있는 새로운 3차원 인터페이스 기술이 요구된다. 압력터치센서 기술은 애플이 최근에 터치강도의 레벨을 분별할 수 있는 용도로 개발한 터치 인식 기술[5]로 2014년에 애플 워치 컨퍼런스에서 최초로 공개하였다. 이 기술을 이용하면 터치되는 압력의 강도에 따라 다른 메뉴가 실행되도록 할 수 있어 입력기능

본 논문은 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구과제(NRF-2014R1A1A2058886, NRF-2016R1D1A1B03936089)로 수행되었음.
*Corresponding Author : Yong-Min Lee(Sunmoon Univ.)
Tel: +82-41-530-2349 email: ymlee@sunmoon.ac.kr
Received December 26, 2016 Revised (1st February 24, 2017, 2nd March 8, 2017)
Accepted April 7, 2017 Published April 30, 2017

을 단순화 시킬 수 있고 초소형전자기기에서의 효율적인 공간활용이 가능하다. 애플은 이 기술을 "3D 터치" 기술이라 명명하였으며 2015년에 출시한 아이폰 6S와 애플워치, 신형 맥북, 매직 트랙패드 등 다양한 제품에 적용하고 있다. 예를 들어 애플워치에서는 메시지, 음악, 캘린더와 같은 앱에서 화면을 누르는 강도에 따라 추가적인 컨트롤을 할 수 있다. 매직트랙패드는 손가락의 압력과 개수도 감지하는 동시에 햅틱엔진을 통해 다양한 촉각 피드백을 제공한다. 또한 화웨이는 2015년에 자사 휴대폰에 유사한 개념의 압력터치센서 기술을 적용하여 사진의 특정부분을 확대할 수 있는 기능을 탑재하였다. 이와 같은 터치기술로 터치패드를 구현하면 다양한 응용이 가능한데 예를 들어 그림이나 서명을 그릴 때 압력에 따라 획의 굵기 조절이 가능, 영상의 확대 또는 축소, 링크를 눌러 콘텐츠 미리보기, 동영상 빨리감기 속도조절 등 다양한 분야가 있다.

이러한 3D터치 패드를 구현하기 위한 센서기술로 다양한 센서들이 존재한다. 예를 들어 기계적 접촉센서[6], 캐패시티브 센서[7], 스트레인 게이지 센서[8], 압전센서[9], 광섬유 센서[10] 등 여러 가지 기술이 있다. 이 중에 스트레인 게이지 센서기술은 히스테리시스 특성이 적고 선형성이 우수하며 반응속도도 빨라 본 연구의 터치센서 소자로 채택하여 터치시스템을 구성하였다.

본 논문에서는 스트레인 게이지를 이용하여 새로운 터치 시스템을 구성하고 터치강도를 구별하여 인식하면서 멀티터치가 최종 목표이지만 우선 2개의 터치가 동시에 가능한 3D 터치패드 구현에 관한 것이다.

2. 본론

2.1 스트레인 게이지의 개요

스트레인 게이지는 기계적인 미세한 변화를 전기적인 변화량으로 검출하는 센서 [11]로, 일반적으로 기계나 구조물의 표면에 접착시켜 그 표면에서 생기는 미세한 변형을 측정하며 금속선 또는 금속박박형과 반도체형이 있다. 금속선 또는 금속박막형 스트레인 게이지는 Fig.1 (a) 와 같은 형태이며 정확도가 높고 온도변화에 민감하지 않다. 또한 진동이나 외부 충격에 비교적 강하며 주파수 응답특성이 양호한 장점이 있다. 반면에 습도에 따라 오차가 발생하고 변환신호가 작아 증폭부가 반드시 필요한 단점이 있다. 반도체형 스트레인 게이지는 Fig.1 (b) 와 같은 형태이며 실리콘과 같은 반도체에 응력을 부과하면 전기저항이 변화하는 피에죠 저항 효과를 이용하며 일반적으로 p형과 n형 실리콘 단결정으로 제작된 벌크 게이지가 많이 사용된다. 반도체형의 장점으로는 소형화에 용이하며 히스테리시스 특성이 거의 없으며 제품의 규격화가 용이한 반면 단점으로는 온도변화에 매우 민감하고 사용온도 범위가 좁다. 본 연구에서는 금속박박형 스트레인 게이지를 사용하였다.

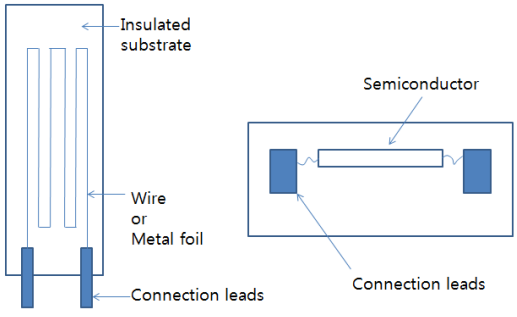


Fig. 1. Configuration of strain gauge (a) metal-wire type (b) semiconductor type

기계적인 변형량은 어떤 물체가 늘어나거나 압축되었을 때 Fig. 2와 같이 원래의 물체의 길이 L 이 $L+\Delta L$ 또는 $L-\Delta L$ 로 변형된다. 이때 변형된 길이의 비율을 변형량 (스트레인) ϵ 이라 하고 식(1)과 같이 나타낸다.

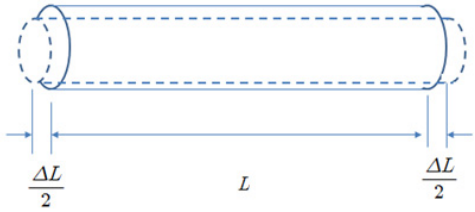


Fig. 2. Definition of strain

$$\epsilon = \frac{\Delta L}{L} \tag{1}$$

금속선 또는 금속박막형 스트레인 게이지로 기계적인 변형을 나타내는 측정치로서 게이지 감도를 사용하는데 식(2) 와 같이 게이지 상수 G 로 표현한다.

$$G = \frac{\Delta R/R}{\epsilon} \quad (2)$$

여기서 $\frac{\Delta R}{R}$ 은 게이지의 저항변화의 비율, ϵ 은 변형량을 각각 나타낸다. 일반적으로 금속선이나 박막을 이용한 스트레인 게이지의 게이지 상수 값은 2 정도 값을 갖는다. 금속과 같은 도체가 스트레인에 노출되면 전기적 저항값이 변하는데 금속선이 늘어나는 길이가 길수록 저항값이 높아진다. 실제 응용에서는 이 저항치는 물체의 변형량 뿐만 아니라 온도와 물질의 특성에 따라 함께 영향을 받는다 [12].

이러한 미세한 스트레인 게이지의 저항치 변화를 검출하기 위해 일반적으로 Fig. 3 와 같이 휘스톤 브리지 회로[8]를 사용한다. 저항값이 같은 4개의 저항으로 이루워진 휘스톤 브리지 회로에 입력전압 (V_{in}) 이 가해질 때 출력전압 (V_{out}) 을 노드 A, B 사이에서 검출한다. 저항 Rg 는 스트레인 게이지의 저항치를 나타내며 스트레인 게이지가 압력을 받으면 이 저항값이 미세하게 변한다. 휘스톤 브리지 회로는 스트레인 게이지의 미세하게 변하는 저항값을 식(3)에 의해 출력전압 (V_{out}) 으로 검출하게 된다.

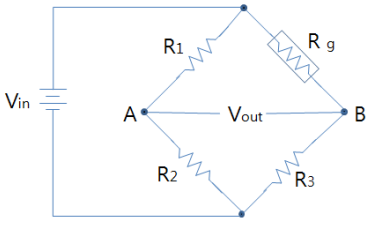


Fig. 3. Wheatstone bridge circuit

$$V_{out} = V_{in}\left(\frac{R_3}{R_g + R_3} - \frac{R_2}{R_2 + R_1}\right) \quad (3)$$

이와같이 휘스톤 브리지 회로의 출력전압의 크기를 검출하여 터치 패드에 가해진 힘의 크기를 분별할 수 있게 된다.

2.2 스트레인 게이지를 이용한 기존의 터치인식 시스템 분석

스트레인 게이지를 이용한 터치시스템 구성을 검토하기 위해 우선 선행된 연구가 있는지 조사하였다. 2007년에 QSI사에 의해 스트레인 게이지를 이용한 터치기술 연구가 시도된 바가 있는데 Fig. 4 과 같이 터치스크린의 각 변에 스트레인 게이지들을 설치하여 터치 위치와 강도를 측정할 수 있는 터치시스템이다 [13]. 금속으로 만든 기판(base plate)에 좁은 간격의 틈새(slot)를 각 변에 만들고 틈새들이 가깝게 만나는 부분에 스트레인 게이지를 2개씩 4쌍을 설치하여 가운데 스크린 영역의 임의 부분이 터치되었을 때 힘을 측정하고 터치 위치를 판단하도록 되어 있다.

이 터치 시스템에서 스트레인 게이지를 2개씩 쌍으로 설치한 이유는 다음과 같다. 일반적으로 압력식 터치스크린에서 터치가 일어날 때 수직적으로 가해지는 힘과 수평적으로 가해지는 힘이 동시에 발생하며 수직적으로 가해지는 힘의 크기만을 측정해야 한다. Fig. 4의 기판의 틈새(slot) 사이에 위치한 2개의 스트레인 게이지들은 수평적인 힘은 서로 상쇄되고 수직적인 힘을 측정하도록 고안되어 있다. 이 터치 시스템은 힘의 세기에 따라 수직적으로 가해지는 힘을 효율적으로 검출해 내는 장점이 있으나 멀티터치 방식으로는 사용할 수 없는 단점이 있다.

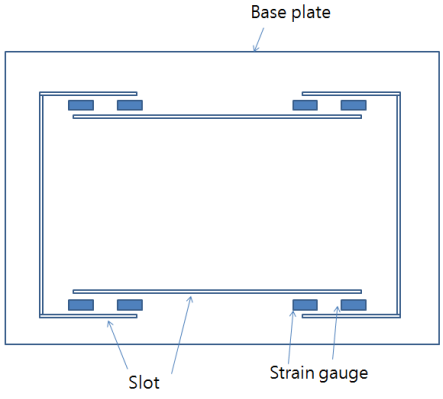


Fig. 4. Configuration of the QSI's touch screen

2.3 2개의 터치가 가능한 압력식 터치패드 설계

본 연구에서는 스트레인 게이지를 이용하여 터치압력 구별 및 2개의 터치가 가능한 터치 패드를 구현하기 위해 Fig. 5(a)와 같이 압력터치 패드부, 터치신호 증폭부, A/D변환부, 터치신호 인식 알고리즘부와 표시부로 구성하였다.

압력터치 패드부는 Fig. 5(b) 와 같이 가로, 세로로 다수의 금속 박막형 스트레인 게이지를 일정간격으로 배열

하여 설계하였다. 이 박막형 스트레인 게이지의 크기는 100 mm × 3 mm 이며 저항치는 120 Ω 이다. 박막형 스트레인 게이지로부터 디지털 정보량으로 변화시키기 위한 방법[14]으로 터치신호 증폭부, A/D변환부, 터치신호 표시부로 설계하였다. 터치신호 증폭부는 터치시 발생하는 각각의 스트레인 게이지의 저항치의 미세 변형량을 Fig. 3 와 같이 휘스톤 브리지 회로로 검출하고 Fig. 5(c) 와 같이 계측증폭기 (amp1)과 연산증폭기 (amp2) 로 증폭시켜 아날로그 디지털 컨버터를 통해 디지털 정보로 변환시킨다. 스트레인 게이지 센서 1개당 1개의 연산증폭기가 필요하며 증폭된 아날로그 전압을 디지털 정보로 샘플링하는 과정에서 연산증폭기의 오프셋 전압 조정 및 적절한 증폭도 조절이 필요하다. A/D변환부는 각 스트레인 게이지의 검출신호를 증폭한 아날로그 전압을 아날로그 멀티플렉서를 통해 순차적으로 마이크로프로세서에 입력하여 10비트 A/D 컨버터로 디지털 신호로 변환한다. 터치신호 표시부는 터치되는 힘의 크기를 구별하고 또한 멀티터치가 가능한 알고리즘에 의해 GUI화면에 터치신호를 나타내는 화면으로 구성한다.

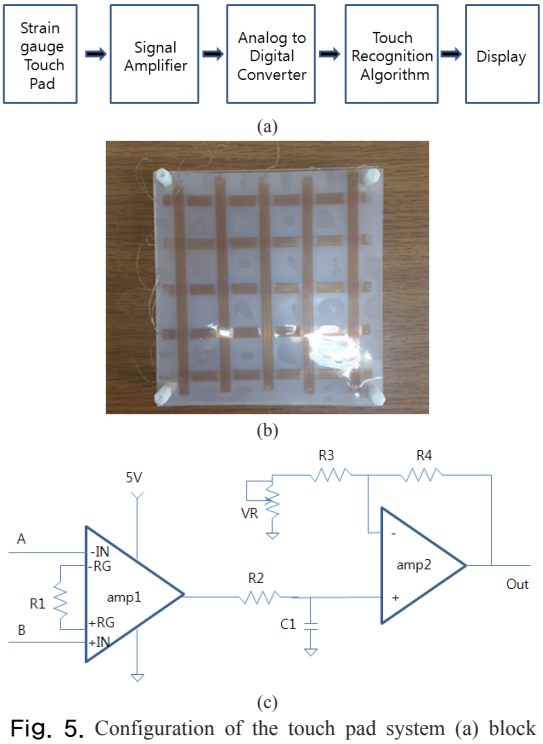


Fig. 5. Configuration of the touch pad system (a) block diagram of the system (b) constructed strain gauge touch pad (c) touch signal amplifiers

2개의 터치 인식이 가능한 알고리즘은 Fig. 6 와 같이 구성하여 C언어로 제작하였다. 터치센서의 구성이 가로 세로 5개씩으로 제한되어 있으므로 2개의 터치가 가능하도록 알고리즘을 구성하였다. 먼저 10비트 A/D 컨버터로부터 데이터를 순차적으로 받아들여 X축과 Y축상에서 각각 데이터의 중앙값들을 계산한다. 그리고 중앙값 중에 큰 값 기준으로 X축과 Y축상에서 2개씩 선택한 후 그 좌표와 터치강도를 계산하여 스크린에 디스플레이하여 2개의 동시터치 기능을 확인하였다.

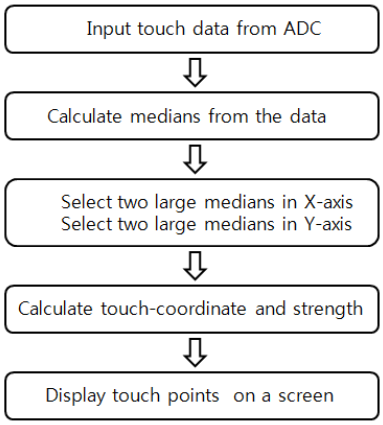


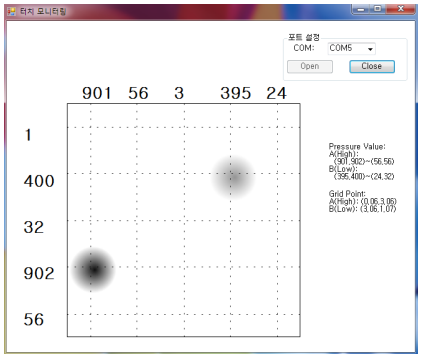
Fig. 6. Flow chart of touch recognition algorithm

3. 실험결과 및 고찰

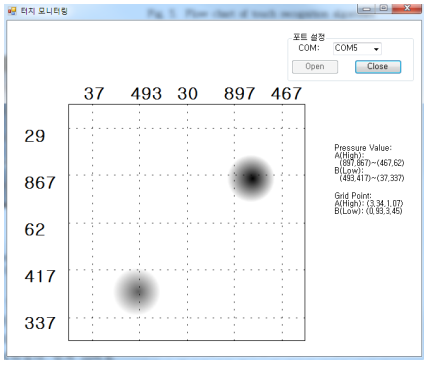
2개의 터치동작을 동시에 인식이 가능한 알고리즘을 완성하여 본 압력식 터치 센서에 적용하여 터치인식 실험 결과를 Fig. 7 에 나타내었다. 가로축과 세로축에 나타낸 숫자들은 터치패드의 가로축과 세로축으로 배치된 각각의 스트레인 게이지의 디지털 출력정보로서 터치강도에 따라 0 ~ 1024 까지의 숫자로 표시된다. Fig. 7 (a) 는 좌측아래쪽 터치부분이 우측위쪽 터치부분 보다 좀 더 세게 누른 경우의 검출결과를 나타낸 화면이고 Fig. 7 (b) 는 우측위쪽 터치부분이 좌측아래쪽 보다 좀 더 세게 누른 경우의 검출 결과를 나타낸 화면이다. 또한, 터치압력 세기에 따른 터치신호 증폭기부의 출력전압의 차이를 Fig. 8 에 나타내었다. Fig. 8 (a) 는 약하게 터치되었을 경우의 증폭기의 출력전압이 오실로스코프 상에 100 mV 이내로 측정되었으며 Fig. 8 (b) 는 세게 터치되었을 때의 증폭기의 출력전압이 200 mV 이상이 되어

구별됨을 보여준다.

본 실험을 통해, 2개의 터치 동작을 동시에 인식이 가능하고 터치강도 표시도 가능한 터치 시스템을 성공적으로 완성하였다. 본 실험에서는 가로, 세로방향으로 각각 5개의 스트레인 게이지 센서로 구성된 터치패드의 크기의 제한으로 인해 2개의 터치인식을 하는 실험을 진행하였다. 만약 충분히 큰 사이즈의 터치패드가 구성된다면 터치인식 알고리즘에서 현재 2개의 중앙값을 구하는 대신 여러 개의 중앙값을 구하도록 하면 멀티터치 인식도 얼마든지 가능할 것으로 예측된다. 또한 본 방식의 터치 시스템은 한 점 터치방식에서 멀티터치 방식으로 변환할 경우 단순히 터치인식 알고리즘을 변환하면 가능하다는 것을 파악하였다.

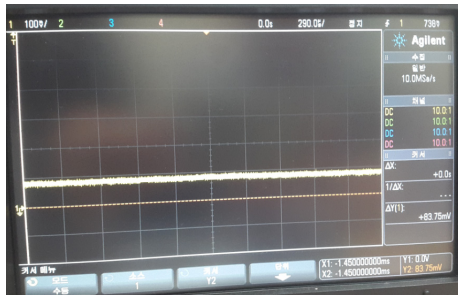


(a)

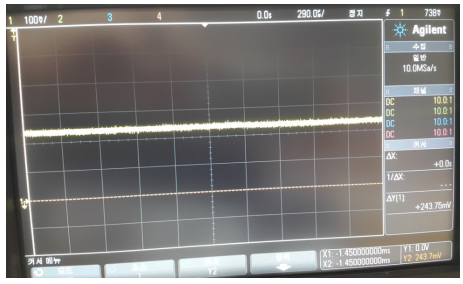


(b)

Fig. 7. Displayed touched points on a screen



(a)



(b)

Fig. 8. Touch signal amplifier output at different touch preassure (a) low touch preassure (b) high touch preassure

스트레인 게이지를 이용한 터치기술로 본 제안 연구의 장단점을 종래의 QSI사의 기술과 비교하여 표1 에 나타내었다. 터치압력의 세기 구분이 가능하다는 점은 종래 기술과 같고 본 제안기술의 특징은 터치패드 위주의 응용이 가능하며 멀티터치 구현이 가능하다. 다만 본 제안기술은 사용되는 스트레인 게이지 센서 수가 더 많아지는 단점이 있다.

Table 1. Comparison of touch technologies between previous QSI's research and the proposed research

Spec.	QSI's research	Proposed research
applications	touch screen	touch pad
multi touch	x	O
touch pressure recognition	O	O
no. of strain gauges	8	10

4. 결론

스트레인게이지를 이용하여 터치강도와 터치위치를 구별하는 터치시스템을 구성하고 멀티터치가 가능한 터

치인식 알고리즘을 제작하여 2개의 터치인식이 가능함을 성공적으로 구현하였다. 향후 본 연구에서 설계된 2개의 터치강도를 구별하는 터치인식 시스템을 바탕으로, 터치패드의 바닥면에 위치한 베이스 패드 재료의 경도에 따라 터치센싱 감도가 달라지는 관계를 규명하는 연구를 진행할 예정이다. 또한 각 스트레인 게이지의 터치 검출 신호를 증폭하는 증폭단이 스트레인 게이지 수만큼 필요한데 멀티플렉서를 이용하여 증폭단의 수를 줄이는 연구도 진행할 예정이다.

References

[1] Y. C. Wen, J. L. Heng, "Real multitouch panel without ghost points based on resistive patterning," J. Display. Technol., vol. 7, pp. 601-606, 2011.
DOI: https://doi.org/10.1109/JDT.2011.2159479

[2] J. Lee, M. Cole, J.C.S. Lai, A. Nathan, "An analysis of electrode patterns in capacitive touch screen panels," J. Display. Technol., vol. 10, pp. 362-366, 2014.
DOI: https://doi.org/10.1109/JDT.2014.2303980

[3] M. Takasaki, T. Nara, S. Tachi, "A tactile display using surface acoustic wave," Proc. of the IEEE International workshop on Robot and Human Interactive Communication, pp. 364-367, 2000.
DOI: https://doi.org/10.1109/roman.2000.892524

[4] M. R. Bhalla, A. V. Bhalla, "Comparative Study of various touchscreen technologies," J. Computer Applications, vol. 6, no. 8, pp. 12-18, 2010.
DOI: https://doi.org/10.5120/1097-1433

[5] U. S. Patent no. US 2013/0135244A1 "Embedded Force Measurement", May 2013.

[6] T. N. Clements, C. D. Rahn, "Three-dimensional contact imaging with an actuated whisker," IEEE International Conference on Intelligent Robotic Systems, pp. 598-603, 2005.
DOI: https://doi.org/10.1109/iros.2005.1545213

[7] D. M. Siegel, et al., "A Capacitive Based Tactile Sensor," SPIE Conference on Intelligent Robots and Computer Vision, Cambridge, Massachusetts, pp. 153-161, 1985.

[8] J. Manojlovic, P. Jankovic, "Bridge measuring circuits in the strain gauge sensor configuration," Mechanical Eng., vol. 11, no. 1, pp. 75-84, 2013.

[9] P. Dario, G. Buttazzo, "An Anthropomorphic Robot Finger for Investigating Arctician Tactile Perception," International Journal of Robotics Research, vol. 6, no. 3, pp. 25-48, 1987.
DOI: https://doi.org/10.1177/027836498700600302

[10] J. L. Schneiter, T. B. Sheridan, "An Optical Tactile Sensor for Manipulators," Robotics and Computer-integrated Manufacturing, vol. 1, no. 1, pp. 65-71, 1984.
DOI: https://doi.org/10.1016/0736-5845(84)90081-4

[11] K. Hoffmann, "An Introduction to Measurements using Strain Gauges," Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH, Darmstadt, Germany, 1989.

[12] H. Packard, "Practical strain gauge measurements," Application note 290-1.

[13] D. A. Soss, "Advances in Force-Based Touch Panels", Information Display, no. 12, pp. 20-24, 2007.

[14] S. G. Kwon, K. Kim, Y. M. Lee, " Force-based touchpad design," 2016 IEIE summer conference, pp. 1304-1305, 2016.

이 용 민(Yong-Min Lee) **[정회원]**

- 1986년 2월 : 인하대학교 전자공학과 (공학사)
- 2005년 1월 : Univ. of Edinburgh 전자공학과(공학박사)
- 1985년 12월 ~ 2007년 2월 : 삼성SDI 수석연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 선문대학교 기계ICT융합공학부 부교수

<관심분야>
디스플레이, 광통신소자, 터치패널 구동기술

한 창 호(Chang Ho Han) **[정회원]**

- 1993년 2월 : 청주대학교 전자공학과 (학사)
- 1995년 2월 : 동 대학원 전자공학과 (석사)
- 2010년 2월 : 선문대학교 전자공학과 (박사)
- 2014년 ~ 현재 : 선문대학교 기계ICT융합공학부 조교수

<관심분야>
영상처리, 모션캡처