

위상차 방식을 사용한 용량방식 터치 스크린 패널의 접촉 위치 검출

Pointing Position Detection of Capacitive Touch Screen Panel using Phase-Difference Method

조 영 철, 장 래 혁, 권 욱 현

(Young Cheol Cho, Naehyuck Chang and Wook Hyun Kwon)

Abstract : This paper describes a contact position detection method of a capacitive touch screen panel. The proposed method is composed of a circuited compensating algorithm generating an output signal having phase difference to an input signal associated with contact position, converts both input and output signals into digital waveform (5V logic), and calculates the phase difference. Finally, position information with the phase difference is obtained by using a low-cost microprocessor, which is convenient to compensate non-linearity error. The proposed method, that computes phase difference directly, has advantages in feasibility and cost because it minimizes the use of analog devices; rather, it utilizes, cost-effective digital circuit. Analytical results are also given.

Keywords : capacitive touch screen panel, phase difference, digital circuit

I. 서론

터치 스크린은 사람과 기계와의 인터페이스(man-machine interface, MMI) 기기의 하나로, 키보드, 디지털 이저, 마우스, 트랙볼등과 같은 입력 장치로 분류된다. 터치 스크린은 광투과성이 우수한 물질을 사용하여 만드므로 음극 출력관, 액정 표시기등의 앞면에 설치가 가능하며, 일반인도 쉽게 사용할 수 있다는 장점이 있다. 현재는 기술적인 문제와 가격 등의 문제로 그 사용 분야가 제한되고 있으나, 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)의 확산과 멀티미디어의 발전따라 사용이 확대되고 있다. 터치 스크린은 패널에서 얻어지는 신호의 형태에 따라서 디지털 방식과 아날로그방식으로 나뉘며, 패널을 구성하는 물질과 구조에 따라서 저항막 방식, 용량 방식, 적외선 방식, 표면음향파(surface acoustic wave)방식 등으로 나뉜다.

첫째, 신호의 형태에 따른 특징은 다음과 같다. 디지털 방식은 패널 자체가 구역별로 나누어져, 지시한 위치에 해당하는 구역 정보가 그대로 위치 검출 제어기로 전달된다. 패널은 스위치 행렬형태로 구성되어 제어기는 매우 간단한 구조로 구현된다. 그러나, 디지털 방식은 패널 구역의 분할 한계가 검출 해상도를 결정하므로, 높은 해상도를 얻기 위해서는 아날로그 방식에 비해서 복잡한 구조의 패널이 요구된다. 그러므로 디지털 방식의 터치 스크린의 해상도는 일반적으로 낮은 것이 보통이며, 저가의 보급형 입출력 기기로 널리 사용된다. 아날로그 방식의 패널에서는 지시 위치에 따른 단조 증가적인 값을

제어기로 출력하고, 이를 분석하여 접촉 위치를 판단하게 된다. 아날로그 방식은 패널의 형태가 간단하고 패널 자체의 구조가 검출 해상도를 결정짓지 않는 반면에 패널의 검출 해상도는 제어기의 정밀도로 결정된다. 따라서 제어기의 구조가 상대적으로 복잡하고 검출 방법도 디지털 방식에 비해서 어려우며, 사용 환경에 따라 제어기의 조정이 요구되기도 한다.

둘째, 패널을 구성하는 물질 및 구조에 따른 특징은 다음과 같다. 저항막 방식(resistive overlay)은 투명한 도전성 물질을 미세한 간격을 두고 배치한 후, 지시하는 물체의 압력으로 지시 점에서 두 도전성 물질이 접촉되게 한다. 도전성 여부에 따라 지시하는 물체가 제한 받지 않는다는 것과, 가격이 저렴하다는 장점이 있다. 그러나, 미세한 간격을 유지하기 위해서 지지대를 사용하여야 하므로 지지대가 눈에 거슬리는 단점이 있다. 더욱이 도전성 물질의 탄력성에 의하여, 투명도 및 표면 굴곡도에 나쁜 영향을 미치는 단점도 가지고 있다[1]. 용량 방식(capacitive overlay)은 투명한 도전성 물질의 막을 만들어 접촉하는 물체와 지면사이의 임피던스를 이용하여 위치를 검출한다. 접촉하는 물체가 인체의 일부일 경우에는 수백 KHz 이하의 교류 신호에 의한 인체의 임피던스는 주로 용량 성분이므로 용량 방식이라 부른다. 용량 방식의 터치 스크린은 패널 구조가 매우 간단하고, 투명도 및 표면의 굴곡도에서 아주 우수하다는 장점이 있으나, 위치 검출 방법이 어렵고, 접촉하는 물체가 도전성이여야 한다는 제약과 주변 환경에 영향을 받는다는 단점이 있다. 적외선 스캔(scanning infrared)방법은 적외선 발광 다이오드와 포토 트랜지스터를 패널 가장자리에 배열하여, 지시하는 물체에 의하여 차단되는 적외선 발광 다이오드의 광선을 검출하여 위치를 판단한다. 장점으로는 구조가 간단하고 내구성이 우수하다는 것이 있으

접수일자 : 1997. 4. 28., 수정완료 : 1998. 5. 10.

조영철, 권욱현 : 서울대학교 전기공학부

장래혁 : 서울대학교 컴퓨터공학과

* 본 논문은 삼성코닝에서 지원하여 연구하였습니다.

나, 해상도를 높이기 어렵고 주변환경에 영향을 받는 단점이 있다. 이 밖에, 압전 효과를 이용하는 피에조전기(piezoelectirc), 유리 중첩 센서를 통한 표면 음향파(surface acoustic wave) 방식 등이 있으나 앞의 방식에 비하여 널리 사용되지는 않는다[2]-[6].

적외선 방법은 디지털 방식으로만 가능하며, 저항막 방식과 용량 방식은 디지털 방식 및 아날로그 방식이 모두 가능하고, 용량 방식과 표면 음향파 방식은 아날로그 방식에 용이하다. 이 중에서, 용량 방식은 고해상도의 아날로그 터치스크린을 손쉽게 구현할 수 있는 방법이 된다. 특히, 사무실 및 가정, 공공 장소 등 인체가 접촉할 수 있는 반면, 외관이 우수해야 하는 환경에서는 적용이 가능하므로 그 활용도가 매우 광범위하다.

용량 방식 터치 패널의 접촉 위치 검출 방법은 여러 가지가 연구되었다. 첫째로, 터치 패널의 양끝에 전위를 가하여 접촉하는 인체와 지면 사이에 흐르는 미세한 전류를 측정하여 접촉점의 상대 위치를 측정하는 방법이 있다. 이 방법은 연산 증폭기 및 아날로그 연산 장치를 사용하여 전류 정보로부터 위치 정보를 구한다[7][8]. 둘째로, 터치 패널 양끝에 전위를 가하여, 접촉하는 인체와 지면과의 용량 성분과 터치 패널의 저항 성분에서 일어나는 전압 강하 분을 용량 센서로 측정하는 방법과[4], 충방전 시간의 측정으로 시상수를 직접 구하여 위치를 검출하는 방법이 있다[9]. 셋째로, 접촉하는 인체와 지면과의 용량성분과 터치 패널의 저항 성분이 형성하는 시상수로 발진기를 구성하고 발진 주파수를 측정하여 위치를 검출하는 방법이 있다. 이러한 기존 방법들은 접촉하는 인체와 지면과의 인덕턴스를 적절하게 사용하여 위치 정보를 알아내는 것을 기본으로 한다는 공통점을 가지고 있으나, 개개의 고유한 특징은 모두 특히 출원되어 있어 사용권에 제약을 두고 있다. 또한, 위 방법들은 모두 복잡한 아날로그 회로로 구성이 되어 있어, 회로를 구성하는데 비용이 많이 든다는 단점을 가지고 있다. 근래에 들어서, 아날로그 집적회로에 비해 디지털 집적회로가 눈부시게 발전하고, 가격대 성능 비율이 놀라게 높아지고 있다. 본 논문은 기존 방법들이 연구될 당시에 상대적으로 열세에 있던 디지털 회로를 제어기에 적극적으로 이용하고 아날로그 회로의 사용을 가급적 지양하여 저가의 고성능 터치 스크린을 구성하여 기존 방법에 비해 독자성을 보유하고 있다.

본 논문의 구성은 아래와 같다. 2절에서는 용량 방식 터치 패널의 제조 방법에 대하여 설명한다. 3절에서는 새로운 지시 위치 검출 방법인 위상차를 이용한 위치 검출 방법을 제안한다. 4절에서는 위상차 방법을 실제로 구현하기 위한 위상차 측정 회로와 전극의 형태 그리고 위치 검출 알고리즘에 대하여 언급하며 5절에서 결론을 맺는다.

II. 용량 방식 터치 패널의 제작

용량 방식 터치 패널은 모니터 화면 전반부에 밀착될 수 있도록 투명한 유리판이 곡면 처리된 모양을 하고 있

으며 이 판 위에 신호 감지를 위한 도전성 막과 입출력 단자로 전선이 연결된다. 본 논문에서는 패널의 코팅 물질로 내구성과 저항 사양을 만족시키는 ATO(Antimony doped Tin Oxide)를 채택하였다.

코팅 공법은 스퍼터링(sputtering)이며 상기 조성의 ATO target을 이용하여 단위 면 저항값은 10~50K Ω /inch² 정도로 제작되었으며, 패널상의 저항 분포는 1%/inch로 관리하였다. 본 패널 상에 전기 신호를 인가하고 사용자의 접촉에 따른 신호 변화를 감지하기 위해서는 전극이 필요하므로 은막 접착제(silver paste)로 인쇄하고 열처리하였다. 전극의 인쇄는 스크린 인쇄나 패드법을 이용할 수 있으며 패널의 특성 변형을 최소화하기 위하여 450 °C의 저온열처리용 접착제를 이용하였다.

이후 패널의 안정성을 위하여 추가의 코팅을 하는 경우도 있는데 일반적으로 두 가지가 사용된다. 본 논문은 전면부의 보호막 및 후면부의 전자파 차폐용 전도막을 추가하였다. 전면부의 보호막은 내구성이 좋은 실리카이며 후면부의 차폐막은 저저항 사양이 용이한 ITO(Indium doped Tin Oxide)를 채용하였다. 실리카는 아크릴을 기반으로 하는 용액을 이용한 스펀 코팅을 하고 열처리하여 약 2~3 μ m의 후막으로 형성하였고 ITO는 스퍼터링으로 약 500 Ω 의 저항을 가진다. 코팅이 완료된 후 전체적인 광 투과율은 약 79%(광 파장 550 nm)이다. 완성된 패널은 모니터의 전면 플라스틱 베젤(bezel)을 분해하여 화면의 테두리에 밀착하고 재조립한다.

III. 제안된 용량방식 터치 패널의 위치 검출법

본 논문에서는 위상차를 이용한 위치 검출법을 설명하기 위하여 다음과 같은 기호를 사용한다.

v_o : 정현파 신호, $\sin(\omega t) = \sin(2\pi f_o t)$

C_l : 왼쪽 전극에서 바라본 패널과 지면 사이의 정전 용량,

C_r : 오른쪽 전극에서 바라본 패널과 지면과의 정전 용량

C_h : 인체의 정전 용량,

L_h : 인체의 인덕턴스,

R_h : 인체의 저항,

R_l : 양 전극에서 바라본 패널의 저항 값,

R_l : 왼쪽 전극과 지시점 사이의 저항 값,

R_r : 오른쪽 전극과 지시점 사이의 저항 값,

v_l : 왼쪽 전극의 전압,

v_r : 오른쪽 전극의 전압,

ϕ_l : 비 접촉시 v_s 와 v_l 의 위상차,

ϕ_r : 비 접촉시 v_s 와 v_r 의 위상차,

$\hat{\phi}_l$: 접촉시 v_s 와 v_l 의 위상차,

$\hat{\phi}_r$: 접촉시 v_s 와 v_r 의 위상차,

x : 지시점의 X 좌표,

- y : 지시점의 Y 좌표,
- W : 터치 패널의 X 방향의 길이,
- H : 터치 패널의 Y 방향의 길이,
- $\Delta\phi_i$: $\hat{\phi}_i$ 의 변화량,
- $\Delta\phi_r$: $\hat{\phi}_r$ 의 변화량,
- $\Delta\phi$: 위상차의 변화량,
- $\Delta\tau$: 위상차 변화량의 절대시간,
- v_ϵ : 비교기의 검출 오차,
- t_ϵ : 비교기의 검출 오차에 의한 측정 오차,
- ξ : 정밀도.

인체에 대한 전기적 모델은 그림 1과 같이 저항, 인덕터, 캐패시터의 직렬 연결회로로 흔히 표현된다[10]. 각 소자의 값은 문헌에 따라 차이가 있으며, 주변 환경에 크게 영향을 받는다. 경우에 따라서는 여러 개의 캐패시터를 더 사용하거나, 인덕터를 생략한 간단한 모델을 사용하기도 한다. 그림 1에서 C_h 는 인체와 지면 사이의 정전 용량이다. 지면과 발바닥 사이의 정전 용량은 각 개인의 인체에 관계없이 약 100 pF이다. 만일 인체가 벽면이나 기타 주위 사물과 근접해 있을 경우, 추가 용량 성분이 추가되는데, 이 수치는 약 50~100 pF 정도가 된다. 결국, C_h 는 약 50~250 pF 값을 가진다. R_h 는 인체의 저항 성분인데, 약 150Ω 정도가 된다. L_h 는 인체의 인덕터 성분으로 0.1μH 값 이하이다. 수십 KHz 이하의 저주파 신호인 경우에, 인체의 저항과 인덕턴스는 용량 성분에 비하여 상대적으로 작은 값을 가지므로, 전체 임피던스는 주로 용량 성분에 의하여 결정된다. 이 경우에, 전체 인체의 전기적 모델은 용량 성분으로 단순화시킬 수 있다.

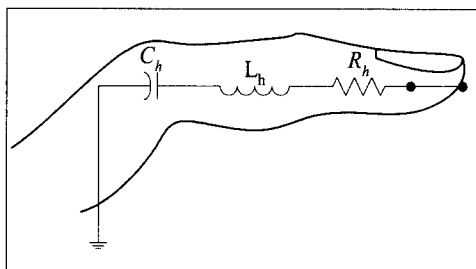


그림 1. 인체와 지면과의 등가회로.
Fig. 1. Equivalent circuit of human body and ground.

패널의 저항값은 평면에 코팅된 저항 물질의 면저항에 의하여 결정된다. 그림 2는 인체의 손가락이 터치 패널에 접촉하였을 때의 전기적 모델을 1차원으로 표시한 것이다. 패널의 후면 코팅 등의 영향으로 패널과 지면 사이에는 인체의 접촉 없이도 일정량의 정전 용량이 존재하게 된다. 계산상의 편의를 위하여 인체 등가회로에서 $R_h \rightarrow 0$ 과 $L_h \rightarrow 0$ 를 가정한다. $f_o = 50\text{KHz}$ 인 정현파 신호를 인가할 경우에, $Z(R_h) = 150\Omega$, $Z(L_h) = 0.03\Omega$, $Z(C_h) = 20.2\text{K}\Omega$ 이다. 이 가정상에서 생기는 오차는 마이크로

프로세서에서 테이블을 사용한 보정을 거쳐 제거한다. 또, $H \rightarrow 0$ 이면 $R_i = R_l + R_r$ 이다.

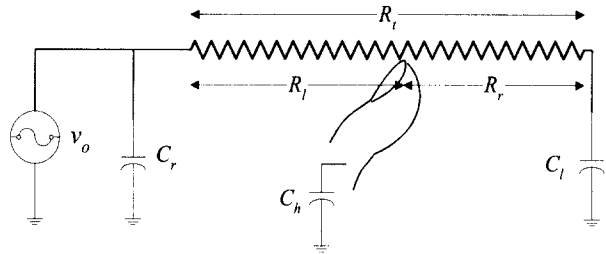


그림 2. 터치 스크린 패널과 인체와의 전기적 모델.
Fig. 2. Circuit diagram of touch screen panel and human body.

터치 패널의 한 쪽 전극은 전압원 v_o 에 연결되어 있다. 전압원으로는 터치 패널과 인체 및 지면이 구성하는 회로가 선형 위상 시스템이 아니므로, 각 주파수 성분에 따른 위상 지연의 값이 서로 달라 파형이 일그러지는 현상(distortion)을 방지하도록 정현파를 사용한다. 주변 환경과 사람에 따른 영향을 배제하기 위하여, 같은 조건으로 양쪽에서 측정을 반복하여 공통되는 변수를 소거시킨다.

터치 패널에 인체가 접촉하지 않았을 때, 좌측 전극으로 인가된 신호에 따른 우측 전극과 접지원 사이에서 관측되는 전압은 $v_r = \frac{v_o}{1 + j\omega R_l C_r}$ 이 된다. 반대로 우측 전극으로 인가된 신호에 따른 좌측 전극과 접지원 사이에서 관측되는 전압은 $v_l = \frac{v_o}{1 + j\omega R_r C_l}$ 이 된다. 따라서, 비접촉시의 위상차는 $\phi_l = \tan^{-1}(\omega R_l C_l)$ 이고, $\phi_r = \tan^{-1}(\omega R_r C_r)$ 이다. 인체가 터치 패널에 접촉되면 위상차는 아래와 같이 구할 수 있다.

$$\hat{\phi}_l = \tan^{-1} \frac{\omega(R_l C_l + R_r C_h)}{1 - \omega^2 R_l R_r C_l C_h} \quad (1)$$

$$\hat{\phi}_r = \tan^{-1} \frac{\omega(R_l C_r + R_r C_h)}{1 - \omega^2 R_l R_r C_r C_h} \quad (2)$$

주어진 (1)과 (2)에서 $1 - \omega^2 R_l R_r C_l C_h \approx 1$ 라 할 수 있으므로,

$$\tan \hat{\phi}_l - \tan \phi_l = \omega R_r C_h \quad (3)$$

$$\tan \hat{\phi}_r - \tan \phi_r = \omega R_l C_h \quad (4)$$

패널의 저항 분포가 균일할 경우 지시 위치는 R_l 과 R_r 의 비로 나타낼 수 있다. 즉, $x = \frac{R_l}{R_l + R_r}$ 이므로, (3) 과 (4)를 이용하여 아래의 식을 구할 수 있다.

$$x = \frac{\tan \hat{\phi}_r - \tan \phi_r}{\tan \hat{\phi}_r - \tan \phi_r + \tan \hat{\phi}_l - \tan \phi_l} \quad (5)$$

이 값은 $R_l C_h C_l C_r$ 에 무관하므로 터치 패널의 제조 오차와 인체와 지면 사이의 환경에 따른 오차를 모두 배제시킬 수 있다. 실제로 구현할 경우에는 $R_l C_h C_l C_r$ 등에 따른 영향은 공통 모드(common mode)로 작용하는 오차의 원인이 된다.

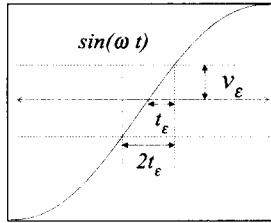


그림 3. 비교기의 오차로 인한 위상차 측정 오차.
Fig. 3. Measurement error of phase difference due to comparator error.

위상차 방식 위치 검출의 정밀도를 정의하기에 앞서 위상차의 변화 범위를 생각한다. 위상차의 변화 범위는 $\Delta\phi_i = \max \hat{\phi}_i - \phi_i$ 와 $\Delta\phi_r = \max \hat{\phi}_r - \phi_r$ 이 된다. 좌우 대칭인 패널에서는 $\Delta\phi_i = \Delta\phi_r$ 이다. 위상차의 변화 범위를 $\Delta\phi$ 로 표현하면, 위상차는 두 정현파가 영교차 (zero-crossing)의 시간차 $\Delta\tau$ 로 측정된다. 즉, $\Delta\tau = \frac{\Delta\phi}{\omega}$ 이다. 위상차 방식 위치 검출의 정밀도는 $\Delta\tau$ 와 위상차를 검출하는 비교기의 오차 (v_ϵ)로 결정된다.

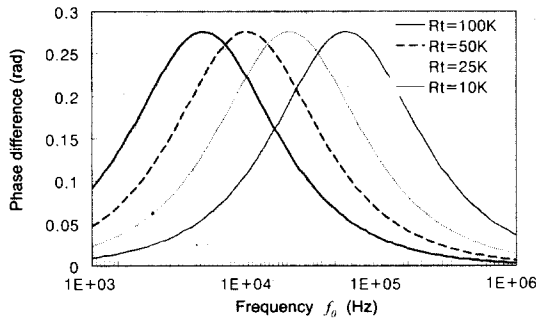


그림 4. 패널 저항 및 주파수에 따른 위상차의 변화 분($\Delta\phi$).
Fig. 4. $\Delta\phi$ according to panel resistance and supply frequency.

그림 3에서와 같이 비교기의 오차에 의한 측정 오차는 $t_\epsilon = \frac{\sin^{-1}(v_\epsilon)}{\omega}$ 이 된다. 따라서, 위상차 방식 위치 검출의 정밀도는 $\xi = \frac{\Delta\tau}{2t_\epsilon} = \frac{\Delta\phi}{2\sin^{-1}v_\epsilon}$ 이다. $C_h = 150\text{pF}$ 이고 $C_l = C_r = 200\text{pF}$ 에 대하여 R_l 와 f_0 를 변수로 하는 $\Delta\phi$ 는 그림 4와 같다. 그림 5는 이러한 위상차를 기반으로

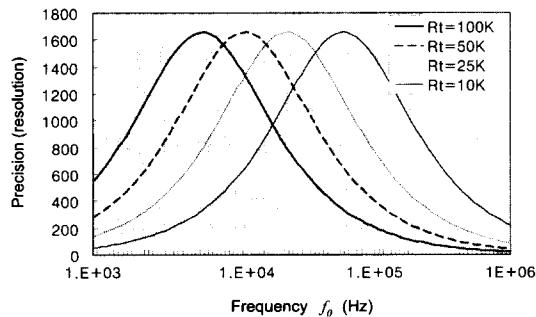


그림 5. 패널 저항 및 주파수에 따른 정밀도의 한계량.
Fig. 5. Precision limit for panel resistance and frequency.

하여 $v_\epsilon = 1\text{mV}$ 일 때의 정밀도를 나타낸다. 예를 들어 $R_l = 10\text{K}\Omega$ 일 때 f_0 가 50KHz 에서 최대의 정밀도를 가진다. R_l 가 커질수록 최대의 정밀도를 가지기 위한 f_0 는 낮은 주파수가 되는 것을 알 수 있다.

IV. 하드웨어 및 소프트웨어의 구현

본 절에서는 2절에서 제안한 방법을 근거로 하여 이하 원의 화면에서 위치를 검출하기 위한 하드웨어와 소프트웨어 구조를 제안하고 실제 구현 결과를 언급한다.

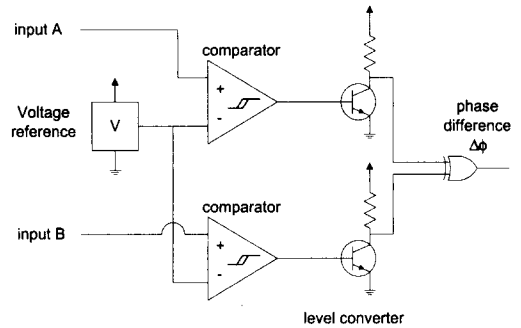


그림 6. 위상차 측정 회로.
Fig. 6. Phase difference measuring circuit.

1. 위상차의 측정

$\Delta\phi$ 는 그림 6에서와 같이 v_0 와 v_i 또는 v_0 와 v_r 의 영교차를 검출하여, 영교차 시의 시간차로 측정한다. 위상차에 비례하는 펄스는 v_0 와 v_l 또는 v_0 와 v_r XOR (exclusive-OR) 하여 얻는다. 본 논문에서 제안하는 방법의 특징은 비교기로 검출한 위상차를 디지털 펄스로 변환한 후, 이를 디지털 회로를 사용하여 직접 계측하는데 있다.

본 논문에서는 위상차에 비례하는 펄스를 계측하는 방법으로 두 가지를 제안한다. 첫째 방법은, 계측하려는 펄스가 1 값을 유지하는 동안 카운터를 동작시켜 카운터에 측정된 값을 사용하는 방법이다. 이 방법은 $\Delta\phi$ 가 마이크로 초 단위의 값을 갖는 경우에 적합하다.

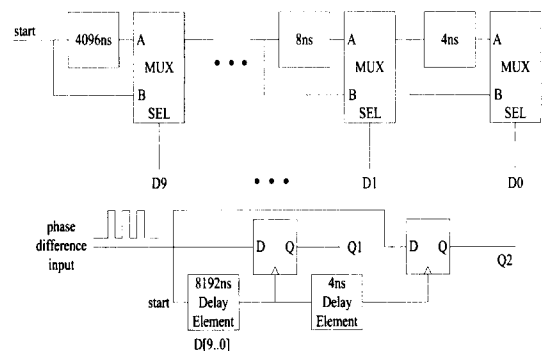


그림 7. 위상차의 정밀 측정을 위한 전달 지연 네트워크.
Fig. 7. Delay network for precision measuring of phase difference.

두 번째 방법은 그림 7에서 볼 수 있는 전달 지연 네트워크를 사용하는 방법이다. 전달 지연 네트워크는 기

준 전달 지연 소자, 이의 2ⁿ배(n은 양의 정수)의 소자 및 선택기로 구성된다. 각 선택기의 선택 신호에 이진 수 값을 넣으면, 공급된 이진수 값과 기준 전달 지연 소자의 전달 지연의 곱에 해당하는 전달 지연이 발생한다. 측정하려는 펄스의 상승 에지에서 전달 지연 네트워크를 동작시키고, 하강 에지가 검출 창에 들어오도록 상위 자리부터 이진수 값을 결정한다. 전달 지연 네트워크는 아주 정밀하게 펄스를 계측할 수 있으므로, 고해상도 터치 스크린 제어기에 적합하며, VLSI로 구성할 경우 매우 효과적으로 구현 가능하다.

2. 용량 방식 터치 패널의 전극의 패턴

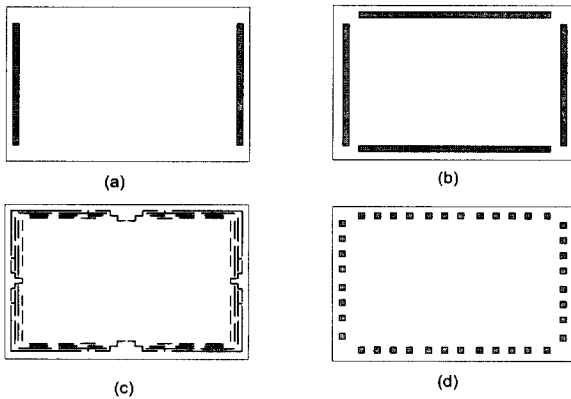


그림 8. 패널의 전극 형태.
Fig. 8. Various style of electrode of panel.

위상차를 이용하여 용량방식의 터치 스크린 패널로부터 위치 정보를 효과적으로 얻으려면, 패널상의 전극 패턴을 형성하는데 두 가지 사항을 고려하여야 한다. 첫째로 이차원의 패널에 균일한 전기장을 형성하도록 하여야 하며, 둘째로 전극에서 바라본 패널의 저항이 전극의 패턴에 의해 저하되지 않도록 하여야 한다. 균일한 전기장을 얻기 위하여 전극의 형태는 그림 8(a)와 같이 막대의 형태를 갖는 것이 이상적이다. 전극이 막대 형태의 패턴을 가질 때 일차원의 전기장은 이상적인 경우와 유사하게 된다. 그러나, 그림 8(b)와 같이 이차원의 패널에 적용하였을 때 옆 전극의 영향을 받아 전기장의 선형성이 왜곡된다. 이러한 단점을 막기 위한 연구 결과로 그림 8(c)와 같은 유사 막대 형태의 전극 패턴이 개발되었다. 이러한 형태의 전극 패턴은 옆 축의 간섭에 의한 선형성의 왜곡을 완화 시켜준다[11]. 하지만, 유사 막대 형태의 패턴은 전극에서 바라본 패널의 저항값을 저하시킨다. 즉, 1차원에서는 패널 저항값의 변화가 없지만 2차원의 패턴에서는 옆 축의 패턴의 영향으로 저항값이 급격히 저하한다. 이러한 전극 형태는 전류의 변화를 이용하여 패널의 접촉 위치를 결정하는 방법에서는 매우 효과적이나, 위상차를 측정하는 방법에는 적합하지 않다.

본 논문은 두 가지 목적에 부합하기 위하여 그림 8(d)와 같은 다수의 점전극을 사용한다[2]. 여기서, 점 패턴이 여러 개로 존재하므로 선형적인 전기장을 형성하도록 도우면서 타 축의 패널의 저항값을 저하시키지 않는다. 본 논문에서는 적절한 점 전극의 갯수를 구하기 위하여

ANSYS 5.0 전기장 시뮬레이션 패키지를 사용하여 전극 패턴에 따른 전기장의 모의실험을 실행한 결과, 7 개 이상의 점전극에 의하여 유사 막대 패턴보다 더 좋은 선형성을 얻을 수 있었다. 이 실험은 가로 세로 400×300개의 셀을 형성한 후 좌측의 점전극에 5V를, 우측의 점전극에는 0V를 인가하고, 등 전위선은 약 0.1V의 간격으로 출력하였다. 9개의 점전극으로 모의 실험한 결과는 그림 9에서 볼 수 있다.

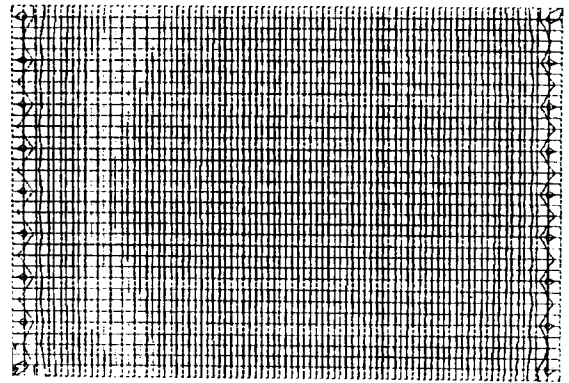


그림 9. 점전극의 전기장 모의 실험.
Fig. 9. Simulation of electric field for dot-shaped electrode.

이차원 평면 패널인 경우에는 $H \gg 0$ 이고, 전극 형태가 선전극인 경우, $2R_l = R_l + R_r$ 이다. 따라서 위치를 구하는 식은

$$x = \frac{\tan \hat{\phi}_r - 2 \tan \phi_r}{\tan \hat{\phi}_r - 2 \tan \phi_r + \tan \hat{\phi}_l - 2 \tan \phi_l} \quad (6)$$

로 변형된다.

3. 위상차 방법의 알고리즘

$\hat{\phi}_l, \hat{\phi}_r, \phi_l, \phi_r$ 로 부터 x 를 구하는 식은 비례식이 아닌 삼각 함수 값을 계산하여야 하는 비선형의 식으로 표현된다. 과거와 같이 아날로그 회로로써 이를 구하는 것은 간단한 일이 아니다. 그러나, 근래에 들어서 마이크로프로세서를 저가로 사용 가능한 경우에 이 식은 손쉽게 연산된다. 본 논문에서는 두 가지 방법을 통하여 위 식을 계산하는 것을 제안한다. 첫째로, 터치 스크린의 장치 구동 소프트웨어를 통하여 위 식을 계산하는 방법을 든다. 이 방법의 장점은 계산 능력이 뛰어난 일반 컴퓨터를 사용하므로, 터치 스크린 제어기의 형태가 매우 간단하게 된다는 것이다. 단점으로는 컴퓨터가 장치 구동에 소비하는 시간이 길어지고, 장치 구동 소프트웨어의 크기가 커진다는 것이 있다. 그러나, 요즘의 고성능의 개인용 컴퓨터의 환경에서 이 식을 계산하는 추가 비용은 거의 고려하지 않아도 된다고 할 수 있다.

두 번째는 터치 스크린 제어기에 간단한 마이크로프로세서를 탑재하여 삼각 함수 값을 계산하는 방법이다. 저가의 마이크로프로세서에는 삼각함수를 계산 하는 기능이 없으므로, 삼각 함수 근사표를 메모리에 내장하여 계산한다. 이 방법은 터치 스크린 제어기의 단가가 높아지

는 단점이 있는 대신에, 일반 입력 장치와 같은 표준 구동장치 소프트웨어를 그대로 사용할 수 있다는 장점이 있다.

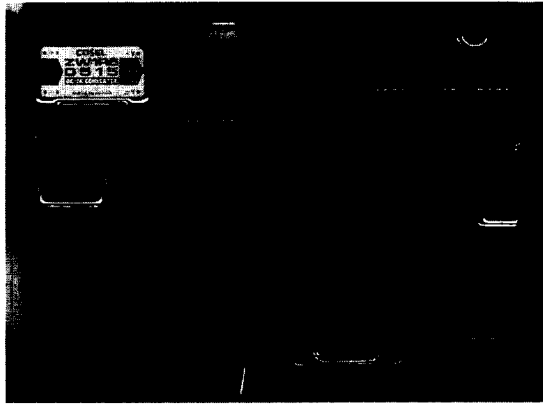


그림 10. 원형 시스템의 사진.
Fig. 10. Photograph of prototype.

본 논문의 실제 구현 예에서는 후자의 방법을 사용하여 원형 장치를 구현하였다. 구현된 장치는 그림 10에서 볼 수 있다. 원형 장치는 정현파 발생 및 비교기로 구성된 아날로그 부분, FPGA(Xilinx 3042LCA)로 구현된 디지털 회로 부분 및 8051 마이크로 프로세서로 이루어진 알고리즘 수행 부분으로 구성되었다.

구현 결과 같은 실장 환경에서 전류 측정 방법에 비해 외란의 영향에 강한 우수한 특징을 보였다. 본 원형 시스템에서는 약10K Ω 의 면저항을 갖는 터치 패널에 입력 사인 주파수는 50KHz를 사용하여 접촉위치의 검출시간은 약 0.7ms(상용의 경우 약 5~10ms)였다. 또한 해상도는 약 200 \times 200정도를 얻을 수 있었다. 검출위치의 측정 오차는 주로 영점 교차를 하는 비교기(comparator)에 의해 발생하는데 본 원형 시스템에서 측정오차의 한계는 약 0.05 inch였다. 이론적인 해상도(1000 \times 1000)를 얻기 위해 향후 개선해야 할 문제점으로는 정확한 크기 및 주파수를 유지하고 드리프트가 없는 $v_0 = \sin \omega t$ 를 발진하는 것과, 수십 K Ω 정도의 비교적 고저항 터치 패널의 고저항 분포를 얻는 것, 양 끝 전극에서 본 임피던스가 정확히 대칭이 되도록 하는 실장의 고려 등을 들 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 용량 방식 터치 스크린의 접촉 위치 검출을 위하여, 위상차를 직접 측정하는 방식을 제안하고, 패널 저항 및 인가 전압 등의 설계 변수가 제안된 방법에 주는 영향을 분석하였다. 제안된 위치 검출 방법은

주변환경에 따른 변수의 영향을 제거하도록 되어있다. 제안된 방법을 이차원 화면에 적용하기 위한 위상차 계측 회로와 접촉 위치를 구하는 알고리즘을 제시하였다. 제안된 방법을 실제로 구현하기 위해서, 적절한 변수를 선택하기 위한 해석 및 시뮬레이션을 하였으며, 이를 근거로 원형 시스템을 제작하였다.

참고문헌

- [1] Blair Evans, Idlewild and Mich, "Method of and apparatus for sensing the location, such as coordinates, of designated points on an electrically sensitive touch-screen surface," *U.S. Patent 4,806,709*, Feb., 1989.
- [2] Krein-PT and Meadows-RD, "The electro-quasistatics of the capacitive touch panel," *IEEE trans. Industry Applications*, vol. 26, pp 529-534, 1990.
- [3] H. H. Ng and B. R. Hatvany, "Displaying device having unpatterned touch detection," *U.S. Patent 4,476,463*, Oct., 1984.
- [4] R. David. Meadows, Beaverton and R. McCoy, "Capacitive touch system with randomly modulated position measurement signal," *U.S. Patent 4,922,061*, May, 1990.
- [5] Adler-R and Desmares-PJ, "An economical touch panel using saw absorption," *IEEE trans. Ultrasonics Ferroelectrics and Frequency Control*, vol. 33, pp. 792-792. 1986.
- [6] Dieulesaint, E., Royer, D., Legras, "Acoustic plate mode touch screen," *Electronics Letters*, vol. 27, pp 49-51, Jan.-Mar., 1991.
- [7] William Pepper and Jr., Bethesda, "Touch panel system and method," *U.S. Patent 4,293,734*, Oct. 1981.
- [8] William Pepper and Jr., Bethesda, "Human-machine interface apparatus," *U.S. Patent 4,071,691*, Jan., 1978.
- [9] Kazuo Yoshikawa, Atsugi, Toru Asano and Kawasaki, "Coordinate detecting apparatus," *U.S. Patent 4,680,430*, July, 1987.
- [10] H. W. Ott, *Noise Reduction Techniques in Electronic Systems*, A Wiley-Interscience Publication, pp. 327-331, 1989.
- [11] William Pepper and Jr., Bethesda, Md. "System for producing electric field with predetermined characteristics and edge terminations for resistance planes," *U.S Patent 4,198,539*, Apr., 1980.



조 영 철

1994년 서울대 제어계측공학과 졸업.
동대학원 석사(1996), 1998년~현재
서울대학교 전기공학부 박사과정, 관
심분야는 디지털시스템 설계, 이산현
상시스템 모델링 및 제어, 실시간 시
스템 설계.



장 래 혁

1989년 서울대 제어계측공학과 졸업.
동대학원 석사(1992), 동대학 박사
(1996). 1998년~현재 서울대학교 컴
퓨터공학과 정임강사. 관심분야는 디
지탈 시스템 설계, 실시간 시스템, 이
산현상시스템, PLC설계, 병렬 및 분

산 시스템.

권 욱 현

제어·자동화·시스템공학회 논문지 제 3권 제 3호 참조.