

# 휴대폰의 트렌드, 커패시티브 센싱으로 !

이 글은 휴대폰에 어떻게 커패시티브 센싱 기술의 특징들을 통합할 수 있는지, 그리고 성공적인 설계로 이끄는 중요한 이슈들에 어떻게 부응할 수 있는지를 보여주고 있다. 부과된 주제들은 커패시티브 센싱을 위한 Signal-to-Noise 필요조건, 저전력 소모를 위한 충족사항, 휴대폰을 위한 기계적 고려사항, 시스템 개발에서 프로그래머블 컨트롤러의 장점, 그리고 커패시턴스를 기반으로 한 얇은 터치 스크린 등이다.

자료제공 : 마크 리(Mark Lee) / Senior Applications Engineer  
싸이프레스(Cypress Semiconductor) / [www.cypress.com](http://www.cypress.com)



커패시티브 센싱 유저 인터페이스는 근년에 PMP(Portable Media Player)에서 기계식 버튼을 위한 실용적이고 혁신적인 인터페이스 향상으로 확립되었다. 이와 동일한 추세가 휴대폰에서 부상하기 시작하고 있다. 커패시티브 센서(capacitive sensor)는 기계식 버튼을 위한 삽입 대체식 장치로 보여질 수 있지만 이 기술은 돔(dome) 스위치를 위한 단순한 대역이기 보다는 더 많은 것을 제공하고 있다. 터치 센서를 가진 휴대폰은 휴대폰 설계자들을 위해 새로운 흥미로운 외양과 느낌의 선택사항을 할 수 있도록 만들어 준다.

키맷(Keymat)로 알려진 커패시티브 센서를 사용하는 휴대폰 버튼은 움직이는 부분이 없이 만들 수 있어 부드럽고 매끄러운 터치 표면을 가능하게 해 준다. 선택적으로 설계자는 가벼운 터치로 커패시티브 센서를 촉발하고 무거운 터치로 기계식 스위치를 활성화 시키는 기계식 버튼상에서 커패시티브 센싱을 위한 선택을 할 수 있다.

이와 같은 기술을 통합하고 있는 전화기는 손가락의 위치와 얼마만큼의 힘으로 누르고 있는지 모두를 감지할 수 있다. 가벼운 터치는 전화번호의 메뉴를 통해 호출하는 것과 연계될 수 있으며

더 많은 힘으로 키를 누름으로서 선택된 번호로 통화를 시작할 수 있을 것이다. 최근 몇 년간 휴대폰에서 부상하고 있는 가장 흥미로운 추세의 하나는 커패시티브 센서와 얇은 도체의 콤비네이션에서 비롯되고 있다. 얇은 키맷은 휴대폰 설계자들을 위한 많은 창의적인 선택사항들을 제공한다.

이 글은 휴대폰에 어떻게 커패시티브 센싱 기술의 특징들을 통합할 수 있는지, 그리고 성공적인 설계로 이끄는 중요한 이슈들에 어떻게 부응할 수 있는지를 보여주고 있다. 부과된 주제들은 커패시티브 센싱을 위한 신호대잡음(Signal-to-Noise) 필요조건, 저전력 소모를 위한 충족사항, 휴대폰을 위한 기계적 고려사항, 시스템 개발에서 프로그래머블 컨트롤러의 장점, 그리고 커패시턴스를 기반으로 한 얇은 터치 스크린 등이다.

## 커패시티브 센싱을 위한 SNR

휴대폰에서 확실한 커패시티브 센싱 디자인을 하기 위한 핵심은 높은 SNR(Signal-to-Noise Ratio)이다. 일렉트로닉 커뮤니케이션과 기타 엔지니어링 분야에서 SNR은 데시벨(dB)로 보통

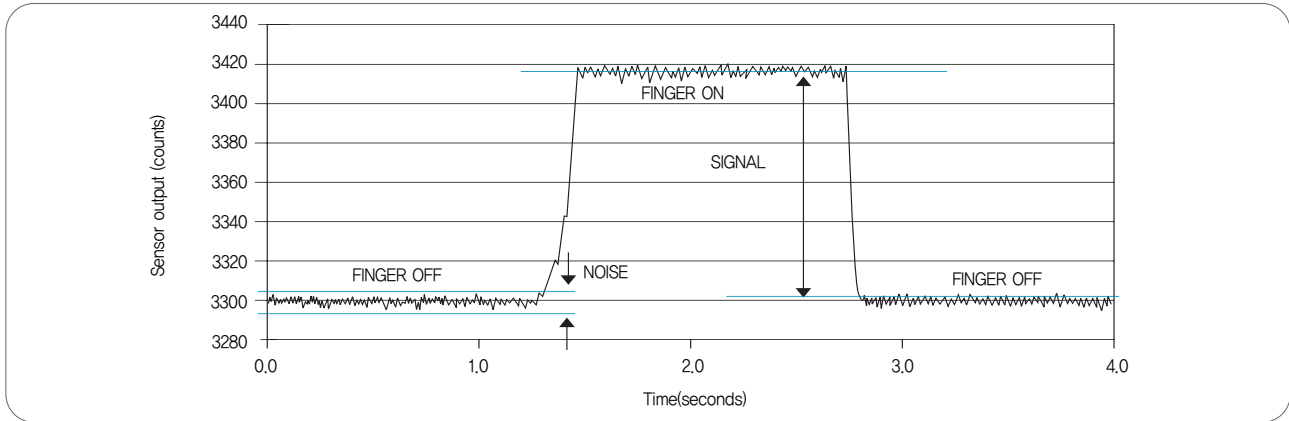


그림 1. 커패시티브 센서 파형의 시그널 및 노이즈 컴포넌트. 이 사례에서 센서 카운트는 손가락이 센서에 놓여졌을 때 증가한다. Peak-peak noise는 8 counts를 가지며 시그널은 118을 가진다. 따라서 SNR은 15:1 이다.

측정된다. 손가락 센싱 애플리케이션에서 dB는 계산의 불확실함으로 인해 SNR 측정을 위해 권유되는 방식이 아니다. 전력을 기반으로 한 dB 방정식은  $10 \times \log(P2/P1)$ 이며, 전압의 양을 기반으로 한 dB 방정식은  $20 \times \log(V2/V1)$ 이다. 어떤 방정식이 터치 애플리케이션을 위해 더 적합한지는 분명하지 않다. 또한, “터치의 dB”에 대한 해석에도 혼란이 존재한다. 이러한 문제들을 피하기 위해 싸이프레스 세미컨덕터사는 커패시티브 센싱 SNR을 위해 보다 선호되는 메트릭으로서 간단한 방식을 채택했다. 싸이프레스가 제공하는 가장 실용적인 가이드라인은 노이즈[I] 보다 최소 5배 더 큰 신호를 달성하는 것이다. 이를 엔지니어링 용어로 표현하면 5:1의 미니멈 SNR이다.

## SNR을 어떻게 측정할 것인가

터치 센서 애플리케이션에서 SNR을 어떻게 측정하는지에 대한 하나의 사례로서 그림 1에 있는 곡선 형태를 고려해 보자. 센서 상에 있지 않은 손가락은 8counts의 peak-peak noise를 초래한다. 센서에 손가락을 놓으면 118counts의 시그널이 된다. 따라서 118:8로 15:1의 비율로 줄어든다. SNR은 최상의 경우(best-case)와 최악의 경우(worst-case)에 있어서의 손가락으로 측정되어야만 한다. 최상의 경우에 있어서의 손가락은 센서 패드의 중앙에 긴 손가락이 있을 것이다. 최악의 경우에 있어서의

손가락은 작은 손가락이 중앙에서 벗어난 상태일 것이다. 실제 손가락을 사용하는 것은 전화기 시스템의 초기 개발을 위한 하나의 허용 가능한 방법이다. 금속 디스크나 나무 막대는 테스트를 더욱 독자적이고 반복적으로 하고자 한다면 실제 손가락을 위한 보완물이 될 수 있다.

Overlay thickness는 신호 강도를 감소시키는 영향을 줄 수 있어 전통적인 접근방식은 계획한 것 보다 약간 더 얇은 오버레이를 이용하는 시스템을 개발하는 것이다. 하이레벨 펌웨어의 마스킹 이펙트(masking effect)를 피하기 위해 가공되지 않은 센서 카운트를 이용하여 SNR을 측정한다. Raw counts는 그림 1에서 보여진 곡선 형태와 유사하게 보일 것이다.

## 노이즈 예산 만들기

노이즈 예산을 만드는 것은 커패시티브 센서의 성능을 관리하는 하나의 방법이며, 시스템의 SNR을 줄일 수 있는 노이즈 소스 리스트를 만드는 것과 관련이 있다. 휴대폰을 위한 이러한 노이즈 소스는 인터널 IC 노이즈, RF 노이즈, AC 라인 노이즈 등을 포함한다. 각 각의 노이즈 소스에 대한 센서 카운트의 영향을 판단해 보자. 설계 마진에 들어간 일부 가외의 카운트를 더한 이러한 모든 카운트 밸류의 합계는 5:1 보다 더 큰 SNR을 초래한다.

원래 휴대폰 RF 에너지가 높은 환경을 만들며 이는 시스템에 적은 노이즈 카운트를 더하는 것 보다 시스템에 더 큰 영향을 끼칠 수도 있다. RF 전송기 다음의 커패시티브 센서를 작동시키는 문제는 센서 추적이 효과적인 안테나로서 작용할 수도 있다는 것이다. 컨트롤러 IC로 많은 양의 RF 에너지를 결합하는 것은 센서 시스템에서 예상치 못한 결과를 초래할 수도 있어 터치 센싱이 실용적이지 않게 만들 수도 있다. 이러한 잠재적인 문제점을 위한 간단한 해결책은 시리즈 레지스터를 이용하여 올림을 약하게 하는 것이다.

## 저전력 소모를 내포한 모바일

휴대폰을 위한 커패시티브 센싱 솔루션은 전력을 적게 소모하는 것이 필요하다. 배터리 수명을 길게 하기 위한 핵심은 센서가 데이터를 활발하게 스캔하고 가공할 때 흐르는 평균 전류의 수준을 최소화 하는 것이다. 평균 전류는 활성 전류와 슬립(sleep) 전류의 간단한 타임(time-weighted) 평균을 이용하여 산출 된다. 따라서 스캔 사이에 활동을 중지하고 있는 컨트롤러가 오래가면 오래갈수록 배터리 수명은 더 오래간다. 오랜 슬립 인터벌(sleep interval)에 하나의 실질적인 제한요소는 시스템의 레이턴시(latency)이며, 이는 터치 이벤트와 터치로의 시스템 반응 사이의 시간 지연이다. 기계에 밝지 않은 사용자는 느리거나 굵은 버튼처럼 높은 레이턴시를 나타낼 것이다.

극단적인 경우 아주 오랜 슬립 인터벌은 유저 인터랙션의 일부를 놓치는 결과를 초래할 것이다. 휴대폰 디자인에서의 과제는 빠른 센서 반응과 낮은 전력 소모간의 밸런스를 잘 찾는 것이다. 30~50밀리초의 레이턴시는 휴대폰 디자인을 위한 하나의 좋은 목표이다. 전력 소모를 훨씬 더 낮추기 위해 센서를 더 긴 레이턴시 모드에 들어가게 하는 것은 일반적인 것이다. 스탠바이 모드라 불리는 이같이 느린 스캐닝 모드는 100ms 이상의 레이턴시를 가진다.

$$I_{AVE} = \frac{t_1 I_{ACTIVE} + t_2 I_{SLEEP}}{t_1 + t_2} \quad (1)$$

다음 사례의 계산은 12-센서 휴대폰 디자인에서 어떻게 단 33uA의 스탠바이 모드에서 평균전류에 도달하는지를 보여주고 있다. 평균전류의 방정식  $I_{AVE}$ 은 방정식 1에서 보여주고 있다. 스캔 시간은 센서 당 0.5ms로 맞추어져 있다( $t_1 = 12 \times 0.5 = 6ms$ ). 스탠바이 모드에서 리포트 비율(report rate)은 100ms이며 따라서 슬립 인터벌은 94ms에 맞추어져 있다( $t_2 = 100 - 6ms$ ). 슬립 전류와 활성 전류는 컨트롤러 IC 데이터시트에서 읽혀진다 ( $I_{SLEEP} = 3uA$ ,  $I_{ACTIVE} = 1500uA$ ). 이러한 매개 변수로 방정식 1을 평가하면 93uA의 평균전류를 산출한다. 만약 센서의 단 하나의 부분집합이 스탠바이 모드에서 스캔된다면 평균전류는 훨씬 더 줄어들 수 있다. 3개의 그룹에서 12개 센서를 어레인지하면 스캔 시간은 줄어든다( $t_1 = 12/3 \times 0.5 = 2ms$ ). 이 경우 평균전류는 33microamps로 떨어진다.

## 휴대폰을 위한 기계적 고려요소들

휴대폰의 패키지 추세는 보다 얇은 패키지로 가고 있으며 따라서 그림 2에서 보는 것처럼 기계적인 스택업(stackup)은 시스템 설계를 위한 하나의 중요한 고려요소가 된다. 사실, 센서 트레이스(sensor traces)의 빈약한 레이아웃과 과도한 overlay material thickness는 휴대폰에서 낮은 SNR을 초래하게 만든다. 회로 보드는 일반적으로 신축 회로이거나 일부의 경우 얇은 단단한 보드이다. 회로 보드는 센서에서 오버레이에 이르기까지 전자적 부분의 결합을 향상시켜주는 얇은 층의 비전도체 점착성 필름을 이용하여 오버레이에 놓여있다. 이 점착성 층은 또한 손가락의 가볍고 무거운 압력 모두를 위한 지속적인 반응을 가진 안정적인 기계 시스템을 만들어 낸다. 1~3mm의 오버레이 목표 두께는 커패시티브 센싱을 과도하게 약화시키지 않고 휴대폰 패키지에 기계적 강점을 제공한다.

## 개발을 더욱 유연하게 하는 프로그래머블 솔루션

시스템 컨트롤러를 위한 많은 옵션들이 있다. 스펙트럼의 고도로 통합되고 유연한 끝은 작업 막바지에도 설계 변경과 비-커패

시티브 센싱 기능 지원 모두가 가능한 프로그래머블 센싱 디바이스이다. 싸이프레스의 PSoC(Programmable System on Chip) 제품군 디바이스는 휴대폰에 아주 잘 맞는 프로그래머블 솔루션을 제공한다. 싸이프레스의 캡센스 (CapSense)에 의해 지원되는 커패시티브 센싱 기능들은 버튼, 슬라이드, 터치패드, 프록시미티 센서 등을 포함하고 있다. 캡센스 플러스(CapSensePLUS)로 불리는 부가가치 기능의 개념을 통해 PSoC 칩은 하나 이상의 다른 디바이스에 의해 일반적으로 수행된 다른 많은 기능들에 더하여 커패시티브 센싱 기능을 수행한다.

예를 들어, 휴대폰이 키보드의 커패시티브 센싱, 포토다이오드를 통해 둘러싸인 조명 센싱, 가속도계를 통한 틸트 센싱, 그리고 휴대폰이 진동 모드에 있을 때 작동하는 작은 모터의 모터 드라이빙 등을 필요로 할지도 모른다. 싱글 PSoC 칩은 C에서 수행된 유연한 소프트웨어 개발로 이러한 모든 기능들을 통합 지원할 수 있다.

프로그래머블 솔루션에 의해 부가된 가치의 또 다른 사례는 다음 시나리오를 고려해 보자. 모든 센싱 및 컨트롤 기능들이 소프트웨어 컨트롤 하에 있는 관계로 저전력 스탠바이 모드 동안 프록시미티 탐지를 위한 커패시티브 구성과 일상 작동 모드에서의 터치 센서를 동일한 센서로 재구성하는 것이 가능하다. 스탠바이에서 프록시미티 센서는 1~2cm 구역에서 손가락 존재를 스캐닝한다.

접근하는 손가락이 감지되었을 때 PSoC는 소프트웨어에서 재구성되며 따라서 프록시미티 센싱 기능은 터치 센싱 기능에 의해 대체된다. 휴대폰은 사용자가 커패시티브 센서와 상호작용하는 것을 중단할 때까지 이러한 모드의 작동을 계속할 것이다.

## 커패시턴스를 기반으로 한 투명한 터치 스크린

휴대폰에서 터치 센싱의 최신 경향은 유리나 플라스틱 필름 상에 ITO를 사용하는 것이다. ITO(Indium Tin Oxide)는 얇은 필름에 적용될 때 투명한 전도체 물질이다. 이것은 또한 저항(Resistive) 터치 스크린 분야에서 여러 해 동안 사용되어 왔다. 마이크로컨트롤러에서의 최근의 진전된 내용은 동일한 터치 스

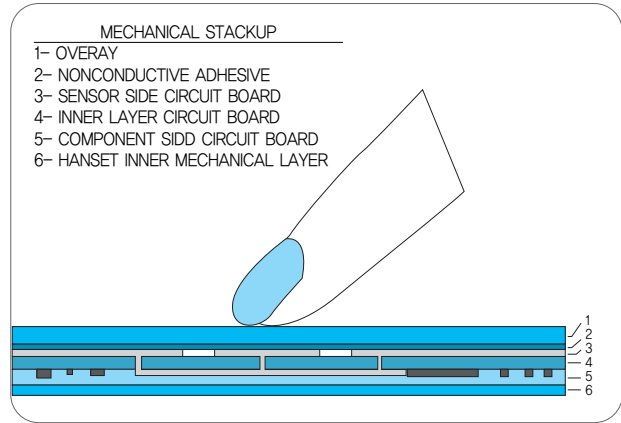


그림 2. 휴대폰 커패시티브 센서의 mechanical stack-up의 cross-sectional 장면

크린의 커패시티브 버전을 실용적으로 만들었다. 저항 터치 스크린이 터치 표면의 기계적 편향에 의존하는 관계로 궁극적으로 마모되고 교체가 필요하다. ITO 터치 스크린의 커패시티브 버전은 기계적 편향을 필요로 하지 않는다. 이러한 기계적 오류 모드 제거는 표준 저항 스크린에서 커패시티브 기반의 ITO 터치 스크린의 장점 중 하나이다.

이상으로 이 글은 휴대폰으로 어떻게 커패시티브 센싱의 특징적인 요소들을 통합하는가를 설명했다. 커패시티브 센싱 기술을 이용하여 향후 어떤 새로운 특징들이 부상할지 지켜보는 것도 흥미로운 일이 될 것이다. 