터치 기술로 소비자에게 '느낌' 전하는 '정전용량방식'

인간의 감각 기관들은 놀랄 만큼 뛰어나다. 음악가는 단 15Hz에 불과한 C와 C# 간의 차이를 구분할 수 있으며, 올림픽 사격 선수는 2천분의 1인치 정도의 정렬 오차도 감지해낼 수 있다. 또한 시각 장애인은 손가락 끝의 촉각을 이용하여 분당 400단어의 속도로 종이 위에 간격 0.1인치, 높이 0.005인치로 볼록하게 튀어나와 있는 점자를 읽을 수 있다.

에릭 이타쿠라 / IDT 어드벤스드 유저 인터페이스 그룹 시니어 매니저

최신 기술을 접목한 휴먼-인터페이스 디바이스 디자인에는 이러한 '감각 기관의 이해'가 매우 중요하다. 따라서 디바이스 제조업체들은 지속적으로 높아지는 소비자의 기대 수준을 맞추기 위해 다양한 노력을 하고 있다. 예를 들어, 버튼이나 키 패드를 누르게 되면 약 0.23~0.5인치 정도가 가라앉게 된다. 이 때, 뇌에서 접촉 순간 느껴지는 손가락의 속도를 0으로 줄이는 등의 문제를 어떻게 해결할지 등은 디바이스 제조업체들이 직면하고 있는 과제이다.

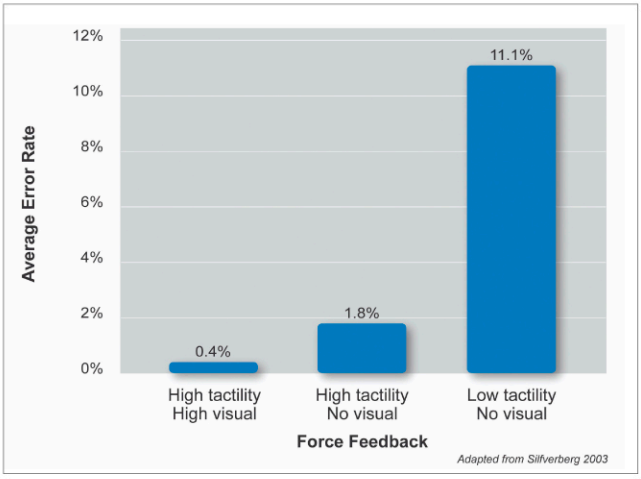
LCD처럼 유리 또는 플라스틱 보호 필름이 입혀진 견고한 평면 스크린의 사용이 늘어나면서 향상된 터치 솔루션에 대한 요구 또한 증가하고 있다. 잘못된 감지 피드백은 사용 장애, 부정확한 데이터 통신은 물론, 심하게는 버튼이나 키패드가 뇌에서 예상하는 상황에 반응하지 못함으로 인해 발생하는 반복 사용 스트레스 증후군(RSI: Repetitive Stress Injury) 등의 물리적 손상과 같은 부작용을 일으킬 수 있다.

이외에도 모바일 컨슈머 전자(CE) 디바이스 제조업체들은 대기 시간을 줄이고, 베이스밴드 프로세서에 대한 의존을 낮추며, 비용을 절감하고 전력 소모를 더 효율적으로 개선하는 등 다양한 기술적 요소를 고려해야 한다.

부품업계의 통합 트렌드는 최근 CE 업계로 하여금 정전용량방식(capacitive)의 터치 기능을 손쉽게 얻을 수 있게 도왔으며, 궁극적으로 사용자의 조건적 기대치 보다 저렴한 고성능 솔루션 제공을 할 수 있는 원동력이 되었다는 평을 받고 있다. 지금부터, 향상된 터치 솔루션에 대한 업계의 요구사항과, 사용 가능한 대안, 그리고 정전용량방식의 터치에 대한 통합적 접근 방식의 이점에 대해 살펴보기로 하겠다.

기술의 발전과 함께 소비자들의 '엣지있는 최첨단 디바이스'에 대한 정의 또한 진화했다. 기계식 키패드가 장착된 핸드폰이나 MP3 플레이어는 더 이상 신선하지 않으며 버블형 멤브레인(bubbled membrane) 키가 탑재된 경우도 기껏해야 특이한 제품쯤으로 인식된다. 최근에는 컨슈머, 상업 및 산업 분야에서 휴먼-기계 인터페이스(HMI: Human-Machine Interface)가 괄목할 만한 인기를 얻고 있다. HMI는 터치 스크린처럼 디스플레이를 기반으로 사용되기도 하고, 버튼, 슬라이더, 스크롤 휠처럼 디스플레이를 기반으로 하지 않는 터치 중심의 입력 시스템으로 구현되기도 한다.

멤브레인 유형의 키패드 연구는 동일한 기본 문제로 인해 발생하는 최첨단의 터치 기반 HMI의 주요 디자인 관련 시사점을 발견하게 되었다. LCD 같은 견고한 평면 스크린 위나 백색 가전, 핸드폰 등에 사용되는 유리 및 플라스틱 보호 필름 아래에 터치 입력



<그림 1> 2003년, 노키아 연구 센터에서 실시한 연구: 데이터 입력 오류율에 촉감이 미치는 이점을 보여 준다.

기능이 구현되면 사용자에게 유효한 터치 이벤트가 발생했음을 알려주는 피드백인 '움직임(travel)'이 발생하지 않는 것이다. 그렇다고 멤브레인 키패드에서처럼 버블이나 다른 물리적 기법을 통해 움직임을 추가하는 것은 실용적이지 않으므로 새로운 피드백 방식이 요구되고 있다. 이러한 터치 입력 기능이 더 복잡하고 중요한 제품 기능들을 제어함에 따라, 새로운 입력 방식이 사용자의 경험을 향상시킬 것인지 방해할 것인지에 감지 피드백은 매우 중요한 역할을 하게 되었다.

다양한 피드백 방식

초기 멤브레인 키패드에는 촉각 피드백이 도입되었으나, 이내 시각 및 청각 피드백이 추가되었다. 현재 일반적으로 사용되고 있는 멀티 감지 피드백 방식의 수는 매우 많으며, 실질적으로는 무시될 정도로 미세한 피드백도 많이 존재한다.

제품의 감지 피드백에는 시각, 청각, 그리고 촉각의 세 가지 방식이 각각 독립적으로 사용되기도, 함께 복합적으로 사용되기도 한다. 어떤 방식이 가장 효율적인 지는 적용 애플리케이션에 따라 다르다. 일반적으로, 두가지 감각을 함께 사용하거나 세 가지 모두를 사용하는 것이 가장 효과적이다. '햅틱 피드백을 적용한 디자인(2000)' 연구 보고서는 감지 피드백은 사용의 정확도를 높이고 보다 쉽고 빠르게 복잡한 제품을 사용할 수 있도록 해주며, 사용자가 정서적으로 더 친밀하게 사용할 수 있도록 돕는다고 밝힌 바 있다.

■ 시각 피드백

시각은 인간의 감각 중 가장 발달했기 때문에, 긍정적인 결과를 위해서는 시각 피드백을 통합하는 것이 바람직하다. 시각 피드백의 형태는 버튼 압력이 감지될 때 LED를 밝히는 것에서부터 터치 슬라이더에 반응하여 휴대폰 상의 스크롤 전화번호부 화면을 좀 더 복잡하게 표시하는 것에 이르기까지 다양하다. 터치 센서가 통합된 고해상도 LCD의 등장은 버튼 압력 및 슬라이더 애플리케이션에 대한 시각적 반응의 과잉공급으로 이어졌다. 마이크로소프트(Microsoft) 등은 앞으로 터치기술이 이미지를 손으로 '늘여' 그 크기를 조정하는 것 같은 좀더 복잡한 작업을 수행할 것이라고 밝힌 바 있다.

■ 청각 피드백

청각은 고도로 발달된 또 다른 인간의 감각 인지 능력이다. 소리는 오랜 역사에 걸쳐 주요한 커뮤니케이션 수단으로 사용되어 왔다. 모든 사람의 주목을 신속하게 끌기 위한 경보에는 거의 항상 날카로운 소리가 포함되었다. 또한 과거에는 마을 전체에 시간을 알리기 위해 종소리를 사용하기도 했다. 뿐만 아니라 '언어'는 두말할 것 없이 최고인 커뮤니케이션 수단이다.

따라서 청각 자극은 매우 중요한 감지 피드백 방식이라 할 수 있다. 최초의 멤브레인 키패드의 경우 버블은 버튼 위에서 이루어지는 버블의 입체적인 움직임에 긍정적인 영향을 주는 클릭음을 낸다. 오늘날, 시스템으로 진화한 청각 자극은 일부 시스템에는 피드백 및 엔터테인먼트 효과를 제공하는 것은 물론 다른 소리까지 모방할 수 있는 정교한 소리 재생 디바이스가 통합되고 있다.

또한, 경우에 따라 단순한 즐거움을 선사하는 것뿐 아니라 기계식 버튼이나 다이얼과 같은 특정한 소리로 제품의 유용성까지 향상시키는 요소가 되기도 한다.

■ 촉각 피드백

매우 중요한 시각 및 청각 피드백과 더불어, 촉각 피드백 또한 디자인에서 간과해서는 안될 주요 요소이다. 휴대폰 벨소리 기능을 무음으로 설정해야 할 경우 진동 설정이 매우 유효한 것처럼 촉각 피드백은 시각 및 청각 경고가 적절하지 않을 경우 좋은 대안일 뿐 아니라 반복 사용 스트레스 증후군의 위험을 줄여주는 장점을 갖고 있다.

촉각을 감지하는 기술은 제품의 기능을 확장하고 매끄러우면서 눈길을 사로잡는 디자인을 통해 산업적 차별화를 꾀하는 방법으로 평가 받는다. 최근, 새로운 터치 입력이 구현됨에 따라 특히 견고한 표면에서 나타날 수 있는 효과적인 촉각 피드백의 중요성과 시각화에 대한 요구가 증가하고 있다.

가장 정교한 터치 반응 메커니즘은 햅틱이다. 터치를 통해 사용자에게 힘이나 움직임 및 진동을 전달할 수 있는 햅틱 기능은 기

본적인 진동 형태의 단순한 감지 피드백 뿐 아니라 보다 고급화된 효과를 제공하도록 구성할 수 있다. 고급형 효과는 진동 종류 및 실행 타이밍을 지정하여 버튼 및 슬라이더 같은 기계식 입력과 터치 느낌을 구현하는 방식으로 얻을 수 있다.

햅틱 피드백은 단순히 터치가 되었다는 사실 자체의 유효성보다 월씬 더 유용하게 사용할 수 있다. 또한 버튼 압력이나 슬라이더 움직임에는 키 압력의 결과에 따른 서로 다른 햅틱 피드백 기능이 통합 가능하다. 예를 들어, 긍정 반응에는 A유형의 터치 피드백이, 오류 반응에는 B 유형의 피드백이 적용될 수 있다. 긍정과 오류 외의 메시지 또한 맞춤형 햅틱 피드백을 지정하여 전달 할 수 있다. 뿐만 아니라, 사용자로 하여금 터치 버튼에 가해지는 압력 수준이나 3차원(Z축) 입력이 가능한 것 같은 느낌도 제공 가능하다.

일반적으로 입력 촉감이 높을수록 촉감이 없거나 낮은 제품에 비해 디바이스의 사용 경험이나 정확도가 크게 향상된다. 노키아 연구 센터(Nokia Research Center)는 2003년, 촉감이 모바일 핸드셋의 숫자 입력 작업에 미치는 영향을 알아보았다. 이동 거리가 1mm 미만으로 튀어나온 높은 촉감의 개별 키와 이동 거리가 0.5mm 정도로 가로 연결된 평평한 낮은 촉감의 키를 사용하여 촉감에 대한 실험을 기획했다. 시각 피드백을 없애기 위해 피실험자는 휴대폰을 볼 수 없도록 했다. 이때, 오류율은 촉감이 높은 조건의 경우 6배가 개선되었다**(그림 1 참조)**. 피실험자가 숫자 입력 과정에서 휴대폰을 볼 수 있는 경우(시각 피드백이 있는 경우)에도 오류율은 촉감의 높은 전화기의 경우가 3배 가까이 더 낮게 나타났다.

터치 기술 선택

최근 사용 가능한 터치 기술이 더 다양해졌다. 물론 각각의 기술마다 그 장단점이 다르기 때문에 애플리케이션의 특성에 따라 적절히 적용되어야 할 것이다. 가장 널리 사용되는 기술들에는 휴대형 내비게이션 디바이스 터치 스크린을 위한 '저항성 터치', 키오스크 및 ATM을 위한 표면 '탄성파(SAW)' 또는 적외선과 모바일 핸드셋, 그리고 휴대형 음악 플레이어를 위한 '정전용량방식 터치'가 있다.

대부분의 소비자 애플리케이션에는 '저항성' 및 '정전용량방식' 터치 기술이 주로 사용된다. 과거에는 저항성 터치 기술이 스마트폰 및 휴대형 내비게이션 장치의 터치 스크린 디스플레이에 주로 구현되었다. 그러나, 최근 애플 아이폰(Apple iPhone) 및 LG 초콜릿폰(LG Chocolate)과 같은 제품을 보면 차별화와 디자인이 중요한 디바이스에는 정전용량방식 터치 기술이 채택되고 있는 것을 알 수 있다. 정전용량방식 터치 기술이 트렌드를 주도하며 인기를 얻는 주된 이유로는 구현의 유연성과 멀티 터치 기능 때문이다.

버튼 및 슬라이더에 사용되는 정전용량방식 터치는 다양한 방법으로 구현될 수 있다. 인쇄 회로 기판, 연성 인쇄 회로, 그리고 필름이나 유리의 ITO(Indium tin oxide) 등과 같은 소재들이 정전용량방식 터치를 구현하는 대표적 방법들이다. 또한 정전용량방식 터치는 다양한 두께의 유리, 투명 또는 불투명 플라스틱, 그리고 그 밖의 보호나 장식을 위한 필름을 사용하여 센서 어레이를 덮어도 그 터치 성능에 영향을 주지 않는다. 덕분에 다양한 산업용 디자인 선택이 가능하여, 과도한 옵션이 난무하는 컨슈머 시장에서 제품 모양과 기능을 차별화할 수 있는 혜택을 제공한다.

정전용량방식 터치 기술을 통해 구현되는 멀티 터치 기능은 독특하고 차별화된 사용자 인터페이스를 디자인 및 제작하기 위한 핵심 요소이다. 아이폰은 멀티 터치 제스처(multi touch gesture)를 도입하여 '중첩된' 기존의 메뉴 시스템을 확대나 축소 또는 화면이나 사진의 이동 등 일반적으로 사용되는 명령이 가능한 직관적인 멀티 터치 제스처로 바꾸었다. 정전용량방식 터치 기술을 통해 구현된 이러한 혁신적인 사용자 인터페이스 디자인 덕분에 아이폰 제품 라인은 출시된 이후 2천만 대 이상이 팔리게 되었다.

컨슈머 제품은 연구실 기기처럼 조심스럽게 다뤄지지 않으므로 내구성 또한 매우 중요하다. 정전용량방식 터치 기술을 적용하는 경우, 저항성 터치 기술처럼 마모되거나 손상될 필름이 없기 때문에 안심하고 사용할 수 있다.

정전용량방식 터치 및 통합

정전용량방식 버튼 및 슬라이더에는 상당히 단순한 아키텍처가 사용된다. 이때, 아키텍처에서 측정 가능한 정전용량이 매우 낮으므로 터치 감지 회로가 센서와 매우 가까이에 위치해야 한다. 따라서 여러 아키텍처 요소가 통합되고 다양한 통합된 감지 피드백 옵션을 제공할 수 있도록 최적화된 정전용량방식 터치 컨트롤러에 대한 관심이 높아지고 있다.

전자 업계는 통합이 최선이라는 원칙을 오랫동안 고수해왔으나, 간혹 애플리케이션이 '분리'되어야 하는 경우도 있다. 예를 들어, 이미 수십 가지의 기능이 통합된 시스템 온칩(SoC)에서 과도한 통합으로 인해 성능이 저하되는 문제가 발생하기도 한다. 또한,

Capacitive Touch (unique user interface)

공급업체가 해당 기능을 통합할 수 있는 능력을 갖추기 전에 새로운 사양과 요구 사항이 등장하기 때문에 애플리케이션이 분리되는 경우도 있다. 결국, 분명한 것은 하나의 칩에 가능한 많은 품목을 통합하기보다는 무엇을, 왜 통합할 것인지에 대해 고민하고 결정하는 것이 중요하다는 점이다.

정전용량방식 터치 컨트롤을 사용할 할 때, 컨트롤러의 구동 회로 및 감지 회로가 터치 센서와 물리적으로 가까운 곳에 위치해야 한다. 측정되는 정전용량이 매우 낮기 때문에 길이가 긴 리드나 PCB 트레이스는 노이즈에 대한 취약성이 높아져서 유효한 터치와 노이즈 구별이 불가능할 수도 있다. 따라서 보통 터치 센서 어레이와 떨어져 있는 베이스밴드나 애플리케이션 프로세서에서 정전용량방식 센서 회로를 통합하면 터치 성능의 안정성이 떨어질 수 있다. 때문에 정전용량방식 터치 컨트롤러는 통합률이 매우 높은 SoC와 별개로 사용되어야 하며, 이렇듯 분리된 애플리케이션으로 사용되며 오늘날 가장 강력하고 실용적인 터치 기술로 자리잡게 되었다.

비록 정전용량방식 터치 컨트롤러는 분리되어 사용되야 하지만, 꼭 단일 기능의 디바이스일 필요는 없다. 소비자의 터치 경험을 향상시키는 데 있어서 감지 피드백의 중요성을 고려한다면, 이러한 터치 컨트롤러에 통합된 피드백 기능은 실용적인 감지뿐 아니라 명백한 시스템 디자인 이점을 제공할 것임을 알 수 있다.

일부 감지 피드백 로직 및 컨트롤은 소프트웨어를 통해 베이스밴드나 애플리케이션 프로세서에서 구현가능하다. 그러나 이렇게 구현하게 되면 가뜩이나 활용도가 높은 베이스밴드나 애플리케이션 프로세서에 불필요한 부담으로 작용하게 된다. 다른 프로세서 인터럽트의 우선 순위 레벨에 따라 구현된 이러한 피드백 기능으로 인해 불필요한 대기 시간이 생성될 수 있다. 이는 타이밍을 놓쳐 뒤죽박죽 되어버린 피드백 메커니즘을 만들고 충돌이 우려되는 감지 입력 시나리오를 구현하는 등의 사용자 경험 수준을 낮추는 결과를 불러올 수도 있다.

따라서 가장 단순한 디바이스를 제외한 모든 디바이스에서 베이스밴드 프로세서의 모든 피드백 제어 기능을 통합하는 것이 최상의 솔루션은 아니다. 또한 유연한 LED 디밍 옵션 및 실제와 유사한 햅틱 효과 같이 향상된 감지 피드백을 얻으려면 대개 LED 드라이버 및 햅틱 드라이버 같은 외부 부품이 필요하다.

멀티 센서의 미래

HMI와 관련된 연구가 거듭됨에 따라 인간의 여러 감각들이 제품의 사용 편의와 효율성에 상당 부분 관여하고 있음이 밝혀지고 있다. 이러한 인간의 감각을 통한 감지 피드백은 사용자의 경험을 향상시키는 것은 물론 제품을 100% 즐길 수 있는 정보들을 뇌에 제공하는 역할을 한다. 또한 다양한 연구들은 감지 피드백의 부재는 제품 사용자의 신체적인 손상으로 이어질 수 있다는 점도 밝혔다. 뿐만 아니라, 감지 피드백(특히 촉각과 관련된 피드백)은 사용자의 사용 편의성과 신체 손상 방지를 넘어서 사용자의 제품 사용의 정확도를 개선하는 것으로 입증된 바 있다.

이러한 사실은 촉각 피드백은 옵션으로 시각과 청각 피드백을 주로 사용하는 제품 생산자들의 기존 관점을 터치야 말로 여러 애플리케이션에서 가장 중요한 사용자 피드백이 될 수 있다는 관점으로 변화키는 촉매제가 되었다. 이를 바탕으로 최근 제품 생산자들은 터치를 통한 피드백이 주는 느낌을 이용하여 특정 호출자를 식별하거나, 긍정 혹은 부정 피드백을 주거나, 사용자의 기분에 영향을 주는 등의 소위 '한계를 뛰어넘은' 솔루션을 만들어가고 있다. 터치는 비밀스러우면서 조심스럽게 사용자에게 개인적 정보를 전달하기도 한다. 일례로, 현재 공적인 자리에서 사적인 비밀 메시지를 작성하여 보내기 위한 터치 사용 방법과 관련된 연구가 진행 중이다.

단일 칩에 터치 컨트롤 및 감지 피드백 회로를 통합하면, 메인 프로세서는 LED 또는 햅틱 디바이스 구동 등의 일상적인 작업을 수행하지 않아도 되며, 통합으로 인한 현저한 비용 절감과 제조상의 편리함이라는 두 마리 토끼를 잡을 수 있다. 통합형 터치 컨트롤러는 터치 센서 어레이 가까이에 배치하는 것이 이상적이며, 메인 프로세서는 굳이 센서 가까이에 놓지 않아도 적당한 곳에 배치하면 된다. 뿐만 아니라 이처럼 완벽하게 통합된 터치 칩은 제어를 위해 베이스밴드 프로세서를 사용하는 경우나 이산 솔루션에서 요구되는 것보다 전력 소모률이 낮으며 사용되는 외부 부품의 개수 또한 적다.

따라서 멀티 센서는 터치 컨트롤과 사용자 피드백뿐 아니라 오늘날의 컨슈머, 상업 및 산업 제품, 그리고 차세대 신제품과 제품의 변화 및 성장을 위한 핵심 기술이다.