Ⅰ. 새로운 산업혁명을
이끄는 스마트 센서 기술
Ⅱ. 스마트 센서의 시장현황
Ⅲ. 주요 산업의 스마트 센서
Ⅳ. 차세대 스마트 센서의
연구
Ⅴ. 맺음말

스마트 센서: 투명 유연 센서

Smart Sensor: Transparent and Flexible Pressure Sensor

김영성 (Y.S. Kim) 투명소자및 UX 창의연구실 초빙연구원
경기욱 (K.U. Kyung) 투명소자및 UX 창의연구실 실장
박선택 (S.T. Park) 투명소자및 UX 창의연구실 책임연구원

물질의 상태를 알기 위해 사용되는 센서 기술은 전기적 신호와 정보 등을 감지하는 전자 기술뿐만 아니라 생물학을 포함한 바이오 기술과 나노 기술과의 융합을 통해 진화하고 있다. 이러한 진화는 아이폰을 시작으로 하는 IT 산업의 변화를 이끌 뿐만 아니라, 헬스케어 분야를 중심으로 빠르게 적용되고 있는 기술로써 첨단 기술의 상징으로 자리매김하고 있다. 이미 많은 사람들이 알고 있는 유비쿼터스 사회에서 꼭 필요한 스마트 센서로써의 현주소를 파악하기 위해서 산업동향과 국내외 주요 연구결과물들을 살펴보고, 향후 발전방향을 예측해 보고자 한다.

© 2012 한국전자통신연구원

Ⅰ. 새로운 산업혁명을 이끄는 스마트 센서 기술

센서라는 용어는 1970년대 중반부터 널리 사용되었다. 그 이전에는 센서라는 말보다 검출기(detector)로서 존재하여 각종 전기회로나 제어 장치에 사용되어 왔다. 과거의 '검출기'가 단지 특정 물질을 '감지'하는 수준에 머물렀다면, '센서'는 감지 신호를 전달하여 중앙 처리 장치가 어떠한 판단을 내리도록 한다는 점에서 그 성격이 매우 다르다고 할 수 있다. '똑똑하다', '현명하다'라는 의미의 영어단어 'SMART'는 주로 지능화된 장비 또는 로봇 등에 사용되어 왔으나 최근 반도체 IC 기술이 보편화되고 마이크로 센서 기술이 발전되면서 센서에도 'SMART'가 사용되고 있다. 스마트 센서는 '똑똑한 센서', 즉 지능화된 센서(intelligent sensor)를 말한다. 1980년대 이후 급속한 발전을 이루고 있는 마이크로머시닝 기술은 종래의 크고 무거운 조립식 센서를 반도체 IC와 같은 실리콘 기판 상에 작게 구현할 수 있게 하여 마이크로 센서를 가능케 하였다. 실리콘 기판 상에 센서를 제조하기 때문에 IC와 함께 공정이 가능하여 증폭회로, ADC(Analog to Digital Conversion)/DAC(Digital to Analog Conversion), MCU(Microcontroller) 등의 반도체회로와 결합한 형태로 개발되고 있다. 이러한 센서를 기존의 지능화된 센서와 구분하여 '마이크로 스마트 센서'라고 명명할 수 있는데 보통 '스마트 센서'라고 줄여 부른다. 또한 스마트 센서는 마이크로 센서 기술에 반도체 VLSI(Very Large Scale Integration) 기술을 결합시킨 것으로 컴퓨터가 갖는 우수한 데이터 처리 능력, 판단 기능, 메모리 기능, 통신 기능 등을 갖기 때문에 종래의 센서에는 볼 수 없는 많은 장점을 갖는다.

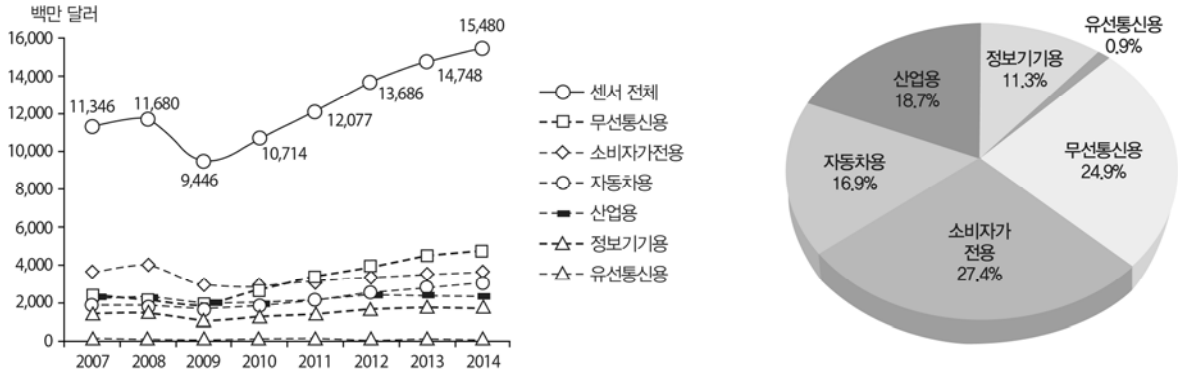
최근에는 네트워크 컴퓨팅 기술과 더불어 스마트 센서가 시공을 초월해 필요한 정보를 얻고 각종 장치들이 스스로 기능을 수행하는 데 있어 중추적인 역할을 할 수 있기 때문이다. 이러한 센서의 지능화는 전통적인 센서 활용 분야를 뛰어넘어 스마트 홈 시스템, 원격진료 시스템, 대규모의 환경감시 시스템 등으로 센서의 활용 영역을 넓히고 있다.

(그림 1)에서 보이는 바와 같이 현재 글로벌 센서 시장은 2007년 113.5억 달러에서 2014년 154.8억 달러로 성장을 예상하고 있다. 그 중에서도 주로 사용되는 분야는 무선통신(휴대폰), 소비자가전(디지털카메라), 자동차(powertrain), 산업용(경비, 보안시스템) 등 분야별로 고르게 분포하고 있다.

Ⅱ. 스마트 센서의 시장현황

1. 아이폰으로 시작된 스마트폰과 스마트 센서

부드러운 터치 센서의 사용으로 스마트폰의 시작을 알린 아이폰은 사용자에게 새로운 유저 인터페이스 그 이상의 의미를 지니기 시작했다. 아이폰에 사용한 터치



(그림 1) 글로벌 센서 생산 현황 및 전망

(그림 2) 애플의 아이폰

센서 기술은 새로운 것이 아니라 기존에 있던 디스플레이 제품인 내비게이션 및 은행의 무인 ATM(Automated Teller Machine), 마트나 식당과 같은 곳에서 사용하는 POS(Point of Sales) 등에서 사용하고 있던 기술이다. 이러한 제품들에서의 터치는 키보드나 마우스 없이 단순한 입력을 즉시 할 수 있다는 장점을 가지고 있었기 때문에, 이미 많은 산업 분야에서 사용되고 있었다.

(그림 2)에서 보이는 것과 같이 아이폰은 이러한 단순한 기능의 터치스크린에 멀티 터치와 부드러운 터치 기능을 부가하여 모바일폰에 적용함으로써 사용자에게 터치 센서의 무한한 유저 인터페이스 기능을 제공하여 스마트폰을 누구나 가지고 싶어하는 꿈의 기기로 탈바꿈시켰다[1].

터치 센서로 시작된 스마트폰에 초소형 제작 기술의 발달과 함께 첨단 스마트 센서들이 더욱 소형화되고 저렴해지면서 더 많은 센서들이 집적되고 기능의 활용성이 더 확장되고 있다. 예를 들면 주변 환경을 감지하는 기능에서 향후 사용자의 신체변화, 감정상태까지 고려하는 지능형 센서로 진화하여 인간과 감성을 교감할 수 있는 핵심 매개체 역할을 할 수 있는 기능을 부여할 수 있을 것으로 기대되고 있다. 또한 이러한 센서들은 인공지능 기술 등과 결합하여 지능형 애플리케이션 시장 성장을 견인하며 모바일 인텔리전스 시대를 가속화할 것으로 전망하고 있다.

2. 산업현장에서 사용하는 스마트 센서 기술 현황

스마트 센서의 주요 구현 기술은 MEMS(Micro Electromechanical System) 기술, 반도체 SoC 기술, 임베디드 소프트웨어이다. MEMS 및 반도체 일괄 공정을 이용하여 제작하므로 개발비는 높지만 양산 단가가 낮고 초소형화가 가능하며 저전력 소모와 같은 장점을 갖고 있다. 또한 여러 가지 기능을 탑재할 수 있으며 우수한 센서 성능과 높은 신뢰성도 갖고 있다.

센서의 나노화 및 스마트화 경향은 MEMS 기술을 이용한 센서 제작을 가속화하고 있다. MEMS 기술은 반도체 공정 기술을 이용하여 마이크로 단위의 기계적 구조물과 전자 회로를 집적한 시스템을 의미하는 것으로, MEMS 공정을 이용하여 제작된 전자 기계적인 미소 구조체를 이용해 물리적 · 화학적 정보를 전기적 정보로 변환하는 반도체 센서이다. 3차원 미세가공 기술인 MEMS 기술은 기존의 크고 복잡한 기계식 센서를 일괄 생산 공정이 가능한 초소형, 초경량 전자식 반도체 센서로 대체할 수 있도록 한다. 이렇게 제작된 MEMS 센서는 의료진단, 자동차 센서, 착용형 컴퓨터, 광통신 시스템, 군용 무기체계 등 다양한 응용 분야에서 사용되고 있다. 정보통신용 MEMS 기술의 경우 세계 선진 업체가 마이크로 자이로 및 가속도계, 압력 센서, 유량 센서 등 주로 물리량 측정 용도로 사용했으나 다양한 정보통신 서비스가 출현하고 초소형 이동 복합 정보기기가 발전함에 따라 RF MEMS, 광 MEMS 등의 구동기와 바이오 센서 및 화학 센서로 그 개발 범위가 확대됐다. 기존의 MEMS 소자도 IC 기술과 접목함으로써 그 기능이 지능화되고 있으며 USN, 인체친화형 실감통신 서비스 등은 MEMS 센서에 대한 시장을 확대시킬 것으로 예측되고 있다.

MEMS 센서는 대표적인 아날로그(센서)와 디지털(신호처리회로) 융합 기술로 소재, 설계, 공정, 회로, SoC, SoP 및 SiP 기술이 융합된 복합 기술이며 단기간에 기

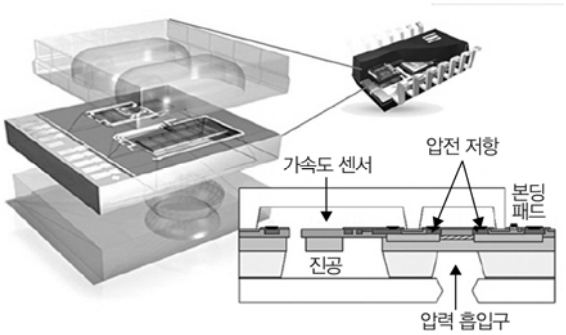
술장벽을 극복하기는 어려운 분야이다. 응용 제품 또한 매우 방대하여 USN 구현을 위한 킬러 애플리케이션 창출에 어려움이 따른다. 즉, 지금까지 CMOS 및 MEMS 공정이 연계된 전용 양산 Fab 시설이 없어 산업체의 아이디어와 설계를 바탕으로 산업화 가능성 여부를 타진하는 시제품을 제작하기 어려웠으며 양산화에도 걸림돌이 됐고, 센서 조립/패키징 기술이 낙후되어 시제품의 신뢰성 확보가 지연됐다. 또한 패키징 가격 부담으로 인해 가격 경쟁력도 확보하기 어려웠다.

스마트 센서는 반도체 및 MEMS 공정을 이용하여 제조되는데, wafer sawing과 die mount, wire bond, Si coating, molding, lead cut, lead finish, testing, packing 과정을 거쳐 제품이 생산된다.

Ⅲ. 주요 산업의 스마트 센서

1. 스마트 압력 센서

타이어 공기압 자동 감지 시스템 애플리케이션(Tire Pressure Monitoring System: TPMS)의 시장 성장률은 타이어 펑크로 인한 치명적 사고가 많이 발생한 후 미국에서 법률이 통과하였기 때문에 상당히 높을 것으로 예상된다. 유럽에서도 이 애플리케이션이 중요해지고 있다. 이러한 시스템은 편리성과 안전성 때문에 중형차 이하의 범주로 진출하고 있다. 타이어 압력 이외에 이 센서는 타이어 온도 및 센서 모듈의 배터리 전압을 측정한다. 가속 센서는 시스템을 모니터링하고 휴지 상태의 물리적 동작을 보고한다. 이것은 차량을 장시간 운행하지 않은 경우 에너지 절약 상태에서 시스템을 재작동하는데 중요하다. 이 애플리케이션의 경우 10년 이상 수명을 유지하려면 배터리가 필요하다. 친숙한 RKE (Remote Keyless Entry) 애플리케이션의 신호를 수신하고 처리할 수 있는 중앙 수신 장치가 중요한 기능을 수행한다.



(그림 3) 스마트 압력 센서

(그림 3)에 나와있는 TPMS 기술은 표면 미세가공과 다르다. 이 제조 프로세스는 칩 표면에만 적용되는 것이 아니다. 이 프로세스에서 구조화 프로세스가 그 구현을 달성하기 위해 밑면에도 적용된다(벌크 마이크로머시닝). 이 기술의 장점은 잠재적으로 강력한 매체의 영향을 견딘다는 점에서 특히 튼튼하다는 것이다. 이 경우 압력 흡입구를 통하여 매체가 센서 전자 부품이 아니라 튼튼한 실리콘 다이어프램과 접촉한다. 자동차 애플리케이션에서 고집적 압력 센서에 대한 표면 미세가공과 벌크 마이크로머시닝의 개발과 완벽한 적용은 매우 적은 공간을 필요로 하는 복잡한 시스템을 구현할 수 있는 가능성을 보여준다. 여기에서 이러한 유형의 압력 센서는 이미 자동차에 널리 사용되고 있으며 향후 애플리케이션에서 필수 불가결하다는 것을 이미 언급하였다. 자동차 애플리케이션용 센서의 개발에 대한 향후 추세와 수요는 고신뢰성, 낮은 시스템 원가, 열악한 작동 조건, 소형 풋프린트, 고정밀도에 대한 요구에 의해 결정된다.

2. 스마트 관성 센서

스마트 관성 센서는 각가속도를 측정하는 관성 센서로, MEMS 기술이 적용된 고집적 첨단 센서이다. 3축 가속도 센서와 3축 자이로 센서가 복합되어 모션 센서, 항법(IMU) 센서로 확장되고 있으며 초소형화 MEMS와 고기능 SoC가 집적된 스마트 마이크로 센서의 대표격이라고 할 수 있다. 이 센서는 모바일 핸드폰, 자동차 자

(그림 4) 자유공간 공중 관성 센서 기술을 이용하는 장치

세 제어, 로봇, 군수(미사일), 우주항공 등에 응용되고 있으며 최근 게임, 스마트폰 등에서 폭발적으로 수량이 급증하고 있고, 특히 2013년부터 자동차에 ESC(자세 제어)가 의무장착됨에 따라 시장 확대(국내 1,000만 대/년)가 예상되고 있다. 특히 모바일 디바이스와 게임 디바이스들에 사용되고 있는 모션 센싱 기술들은 IR 센서 및 관성 센서에서부터 가속도계와 자이로가 합쳐진 콤보 디바이스에 이르기까지 다양하게 상품화되어 있다. 시장에 나와있는 닌텐도 Wii와 애플 iPhone 덕분에 모션 센싱 기술들은 많은 새로운 애플리케이션들을 가능하게 하고 있다. 최근에 발표된 (그림 4)의 레퍼런스 장치는 3D 포인팅에 자유공간 공중 관성 센서 기술을 이용한 루프 레퍼런스 장치이다.

3. 스마트 헬스케어 센서

헬스케어는 다른 어떤 분야보다 우리 삶의 질과 직접적으로 연관되어 있기 때문에, 센서를 활용한 관련 제품 개발에 있어서도 가장 관심이 모아지고 있다. 센서가 활용되는 영역은 주로 진단 · 검사용 의료기기인데, 과거 '진단 · 검사'라고 하면 정기건강검진 혹은 실제로 질병의 징후가 나타났을 때 시행하는 사후적인 성격에 국한되었다. 그러나 최근에는 진단 · 검사의 목적이 건강의 이상을 느끼고, 질병을 경험하는 과정에서 직면하는 여러 가지 문제를 해결하는 사전적이고 예방적인 성격으로 변하고 있다. 질병에 걸린다는 것은 고통이 수반되는 등 건강상의 불편함이 발생할 뿐 아니라, 병원에서의 치료가 시작되면 수술이나 고가의 장비사용으로 엄청난 의료비 부담 문제가 뒤따른다. 특히 고령자들은 신체적 변화로 인해 또 다른 질병에 노출될 위험이 높아지는 이중고를 겪기 때문에, 건강의 유지가 생활의 최우선 가치가 된다. 건강한 개인 또한 삶의 질 개선, 수명 연장에 대한 욕구 증가로 사전적인 예방에 대한 관심이 점점 높아지고 있다. 따라서 진단 · 검사의 주체가 과거 의료진에 한정되었다면, 이제는 환자 또는 건강한 개인으로 확대되고 있다. 진단 · 검사가 행해지는 장소와 시점도 병원에 방문한 특정 시점이 아닌 가정, 모바일 환경 등 언제 어디서나 가능한 형태로 바뀌고 있다. (그림 5)에서 보

(a) 혈당 심박수를 모니터링하는 손목시계 (b) 전자코

(그림 5) 스마트 헬스케어 센서

이는 혈당 센서와 전자코와 같이 무엇보다도 정교하고도 소형화된 스마트 센서의 등장으로 언제 어디서나, 전문가가 아닌 개인도 쉽게 사용할 수 있는 진단 · 검사 기기의 개발이 가능해지고 있다. 바이오 · 나노 기술과의 융합은 센서의 민감도(sensitivity) 및 측정의 정확도를 향상시켰고, 반도체 및 MEMS 기술의 도입으로 초소형의, 독자적 판단력을 지닌 제품 개발이 가능해졌다. 이런 변화는 헬스케어 영역에서 센서의 역할을 보다 증대시키는 배경으로 작용하고 있다. 나아가 센서는 유비쿼터스(ubiquitous) 헬스케어의 변화를 가능하게 할 실제적 도구로서의 가치를 지니고 있다는 점에 주목해야 할 필요가 있다. 유비쿼터스 헬스케어를 구현하는 핵심 기술은 인체 신호를 감지하는 센서 기술, 통신 네트워크 기술, 데이터 처리 기술 기반의 표준화된 임상 치료 기술 등이라고 할 수 있는데, 이 중 고도화된 센서의 개발은 가장 먼저 해결되어야 할 필수 과제이기 때문이다. 따라서 헬스케어 분야에서 센서 개발의 중요성은 앞으로도 지속적으로 강조될 것으로 보인다.

Ⅳ. 차세대 스마트 센서의 연구

1. 플렉시블 디스플레이와 스마트 센서

플렉시블 디스플레이(flexible display)는 구부러지고 휘는 화면으로 그 자체의 유연성은 물론이고 망치로 때려도 부서지지 않을 만큼의 내구성을 가지고 있다. 이전에 있던 디스플레이들과 비교해보면, 1세대의 두껍고 볼록한 디스플레이가 2세대에 와서 얇아지고 평평해진다. 이것은 시대의 변화를 두께와 화면의 기준으로 나눈 것이지만 현재 얇고, 평평함을 동시에 지니면서 접거나 구부릴 수 있는 3세대 디스플레이의 상품화를 눈앞에 두고 있다. 주요 제작사들은 현재 시제품들이 만들어 테스트하고 있다. (그림 6)은 삼성의 갤럭시 시리즈를 이용하여 차세대 디스플레이를 적용한 콘셉트폰에 대한 것이다. 그림에서 디스플레이 부분의 두께와 유연성을 확인할 수 있다.

(그림 6) 삼성의 플렉시블 디스플레이를 적용한 갤럭시폰의 가상 이미지

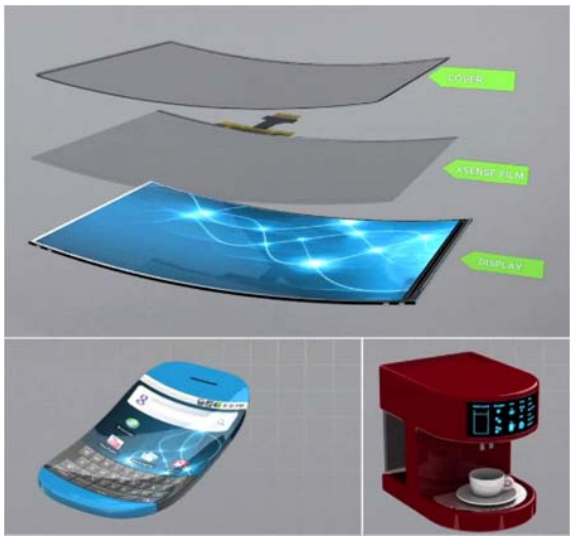
최근에 나오는 모바일 기기들의 가장 큰 이점들은 손가락 하나로 다양한 인터페이스를 수행할 수 있다는 것이다. 이를 위하여 많은 연구그룹들이 더욱더 세밀한 작동이 가능한 터치스크린을 만들고자 시도하고 있다. 최근에 연구되고 있는 플렉시블 디스플레이 장치도 유저 인터페이스는 터치스크린 역할을 하는 센서가 담당하고 있고, 이를 이용하여 유연한 터치스크린을 만들기 위하여 많은 연구가 수행되고 있다. 하지만 아직까지 유연성을 유지하는 센서를 개발하는 목적은 이루지 못하고 있다

2. 센서 기술의 패러다임: 투명 유연 센서

앞에서 설명하였듯이 플렉시블 디스플레이 장치을 동작시키기 위해서는 터치 센서 또는 터치스크린 기술이 완성되어야 비로서 상용화가 가능하다. 그렇기 때문에 플렉시블한 터치스크린을 만들기 위해 많은 연구자들이 기존 방법을 개선하거나 새로운 방법을 제안하고 시도하고 있다.

가. 국외의 투명 유연 센서

미국의 Atmel사는 플렉시블 디스플레이를 위한 터치스크린의 연구를 지속적으로 하고 있고, 콘셉트제품들



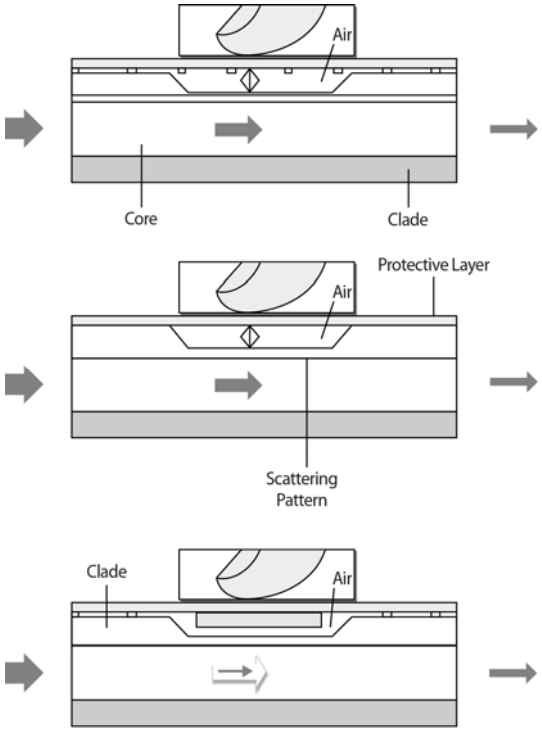
(그림 7) Atmel사의 투명유연터치스크린 Xsense을 이용한 가상제품들

(그림 8) 3M사의 투명유연 터치스크린 콘셉트제품들

을 연구결과물로 내놓고 있다. (그림 7)은 그 제품들이 모바일 기기와 가전 기기에 적용 가능함을 보여주고 있다. 또한 미국의 대표적인 기업 중에 하나인 3M사 역시 투명 유연한 터치스크린의 개발에 참여하고 있고 현재 콘셉트제품으로 플레이스테이션과 같은 게임기와 손목시계를 보여주고 있다((그림 8) 참조).

나. 광도파로를 이용한 투명 유연 센서

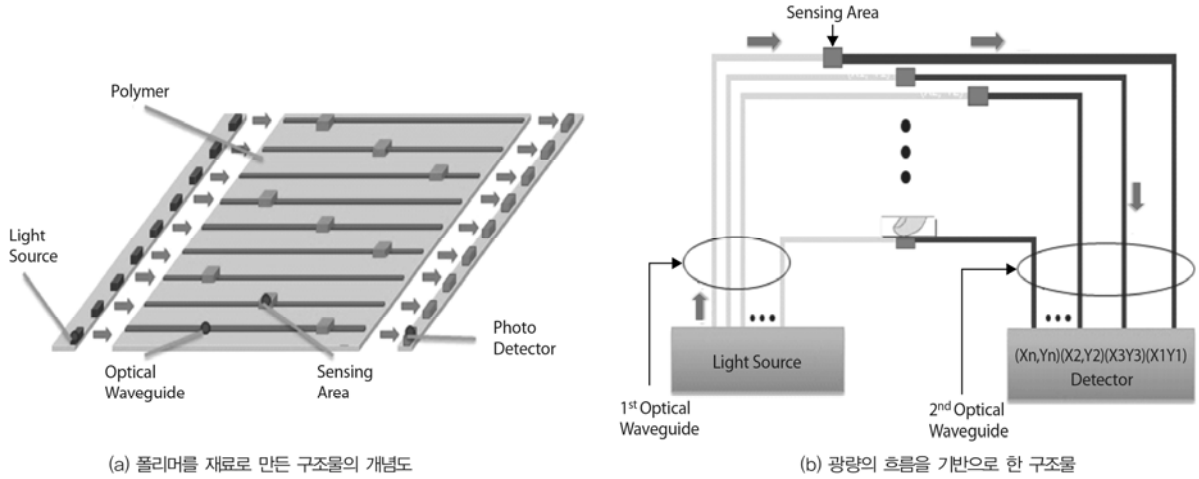
한국전자통신연구원에서는 플렉시블한 터치스크린을 만들기 위해서 광센서를 이용하여 터치 센서를 구현하고 있다.



(그림 9) 광도파로를 기반으로한 촉각 센서의 동작 개념도

우선, 터치스크린으로 사용하기 위해서는 투명도가 95% 이상이어야 하기 때문에, 재료의 선정이 매우 중요하다. 투명도를 유지하기 위한 폴리머를 사용하여 (그림 9)와 같은 구조물을 사용한다. 이 그림은 광도파로를 이용하여 압력의 정도를 인지하는 동작의 개념을 나타낸다. (그림 9)를 보면 센서가 2개의 클래딩층과 1개의 코어층으로 된 3중 구조로 이루어져 있다는 것을 알 수 있다. 맨 위층에 클래딩층은 얇은 두께의 필름으로 둘러싸여 있고, 광센서가 위치한 부위의 클래딩층은 코어층에 가깝게 scattering되어 있다.

위의 (그림 9)에서 압력을 인지하는 동작원리는 간단하다. 광소스로부터 발생하여 광도파로 내부의 코어층으로 방사된 빛은 광도파로 센서 부위에서 클래딩층을 통해 일정하게 광이 난반사되어 빠져 간다. 센서의 형태가 물리적인 변하지 않다면, 빠져 나가는 광량은 항상 일정하게 발생한다. 하지만 사용자가 가하는 압력에 의해 위층에 있는 클래딩층이 코어층 방향으로 이동하면



(a) 폴리머를 재료로 만든 구조물의 개념도 (b) 광량의 흐름을 기반으로 한 구조물

(그림 10) 광도파를 이용한 센서의 구조물

서 압력이 가해진 위쪽 방향으로 방사되는 광량이 많아지게 된다. 따라서 코어층으로 통과하는 광량은 광도파로 센서 부분을 통과하면서 줄어들게 되고 최종 디텍터에서 측정되는 양이 현저히 줄어든다. (그림 10)은 이러한 센서 부위를 어떻게 구현할 수 있는지 보여주고 있고 압력에 따른 광량의 변화를 세 단계에 나누어서 보여주고 있다.

위와 같은 원리를 바탕으로 유연한 폴리머 재질에 위의 구조물을 일정한 간격으로 (그림 10a)와 같이 구현할 수 있다. 이와 함께 (그림 10b)에서 터치 센서를 통해서 입력되는 입력장치부터 디텍터의 구조를 전체적으로 표현하였다.

이 센서의 장점은 기존의 촉각 센서가 가지지 못한 유연성과 민감도를 동시에 가지는 압력 센서라는 것이다. 또한 투명도와 유연성이 매우 뛰어나서 인체와 같은 다양한 굴곡을 가진 부위에 적용할 때 아주 뛰어난 부착력을 가지고 있다. 때문에 여러 산업 분야에 적용할 수 있는 스마트 압력 센서로써 그 가치를 높게 평가할 수 있을 것이다.

V. 맺음말

차세대 스마트 센서로써 투명 유연 센서는 플렉시블 디스플레이를 사용할 수 있게 해줄 뿐 아니라 사용자에게 또 다른 유저 인터페이스를 제공할 수 있다. 예를 들면 장치를 특정 방향으로 비틀거나 구부리면 명령이 수행되는 것이다.

그렇기 때문에 단순한 터치 센서로 사용하는 산업 분야뿐만 아니라 로보틱스, 메디컬 분야 등 다양한 응용분야에 적용이 가능할 것으로 보인다. 또한 IT 분야의 사용자 인터페이스에 사용한다면 인간에게 보다 편리한 기능을 제공하는 센서가 될 것으로 기대된다.

용어해설

스마트홈시스템 자동화를 지원하는 개인 주택을 말하며, 미국에서는 domotics라고도 부름. 인텔리전트 빌딩의 각종 자동화 기법(조명이나 온도 제어, 문과 창 제어, 보안 시스템 등)은 가정 자동화에도 적용할 수 있음.

원격진료 시스템 일반적으로 상호작용하는 정보통신 기술을 이용하여 원거리에 의료 정보와 의료 서비스를 전달하는 모든 활동

MEMS 반도체 제조 기술을 이용해 실리콘 기판 위에 3차원의 구조물을 형성하는 기술로, 유럽에서는 MST(Micro System Technology), 일본에서는 마이크로머시닝으로 불림. 일반적으로 작은 실리콘 칩 위에 마이크로 단위의 작은 부품과 이들을 입체적으로 연결하는 마이크로 회로들로 제작되며, 정보기기의 센서나 프린터 헤드, HDD 자기 헤드, 기타 환경, 의료 및 군사용도로 이용됨.

광도파로 광도파로란 전기 회로 중을 전자가 흐르듯이 기판상에 형성한 회로에 굴절률의 차이 등을 이용해 광신호를 이끌 수가 있도록 만든 빛의 배선판임. 원리적으로는 광섬유와 같음. 광섬유가 섬유장인데 비해 광도파로는 평면 구조임.

약어 정리

ADC	Analog to Digital Conversion
ATM	Automated Teller Machine
DAC	Digital to Analog Conversion
MCU	Microcontroller
MEMS	Micro Electromechanical System
MST	Micro System Technology
POS	Point of Sales
RKE	Remote Keyless Entry
TPMS	Tire Pressure Monitoring System
VLSI	Very Large Scale Integration

참고문헌

[1] 나연묵 외, “터치기반 스마트 단말 UX 기술,” Keit PD Issue Report, vol. 12, no. 6, 2012, pp. 109-121.