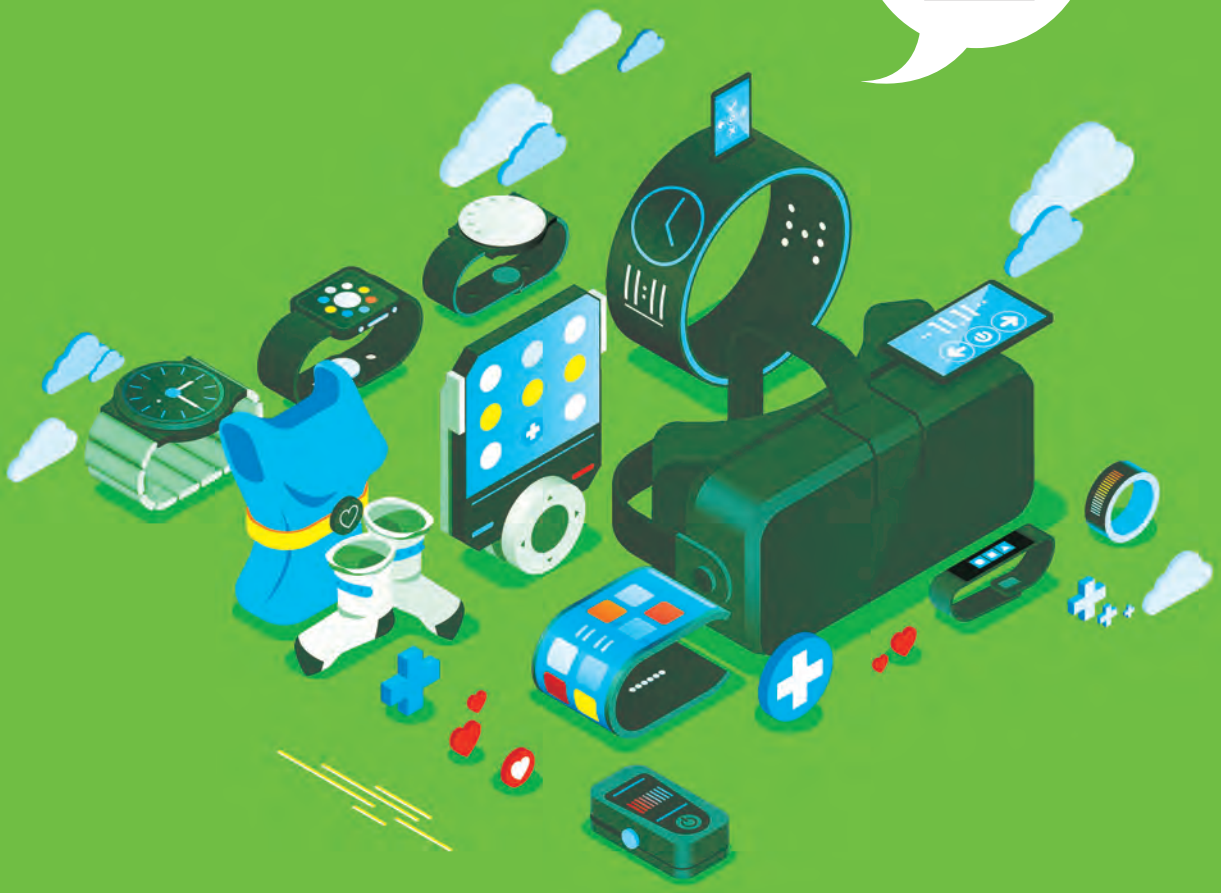
4차 산업혁명과 안전보건

스마트 섬유의
안전보건 적용을
중심으로



서론

김수근
의학박사
직업환경의학 전문의

다양한 유형의 스마트 재료, 센서 기술 및 웨어러블 전자장치를 적용한 안전 보건기술에 대한 사례와 검토를 진행할 것이다. 새로운 과학기술이나 정보통신기술(Information and Communications Technologies, ICT)과 결합하여 개발된 섬유가 '스마트 섬유(Smart Fiber)'이다. 전 세계적으로 섬유-ICT 융합 기술 개발은 2000년대부터 본격적으로 시작된 신규 개발 분야이다. 좁은 의미로는 환경대응 또는 자기감응 기능이 있는 섬유를 말하며, 넓은 의미로는 다기능성 섬유제품을 구성하는 섬유 제조기술과 중간제품을 만드는 섬유제품화 기술을 포함한다.[1)]

ICT 융합 스마트 섬유는 기존 섬유기술에 전자 및 정보통신 기술을 융합하여 산업용 소재, 웨어러블 섬유, 스마트 섬유 및 유비쿼터스 섬유제품을 창출하는 신산업 분야로 많은 잠재력을 가지고 있다. 전기 신호를 전달할 수 있는 전도성이 매우 뛰어난 섬유 소재들이 개발되고, 이러한 섬유로 트랜지스터와 전자회로까지 구성할 수 있게 되었기 때문에 'Wearable Computer'의 가능성은 더 이상 꿈이 아닌 현실로 다가오고 있다. 미국과 유럽에서는 웨어러블 컴퓨터보다는 스마트 의류, 디지털 가먼트, 디지털 의류, SFIT(Smart Fabrics and Interactive Textiles), 인텔리전트 웨어(Intelligent Wear), 일렉트로 텍스

새로운
과학기술이나
정보통신기술과
결합하여
개발된 섬유가
'스마트 섬유'이다.

타일(Electronic Textile, e-Textile) 등의 용어가 더 많이 사용되고 있다.[2)]

산업안전보건에 대한 스마트 섬유의 잠재적 응용분야도 다양하다. 스마트 섬유는 전기, 자기, 열, 광학, 음향, 기계 및 화학 물질을 포함하여 광범위한 자극을 감지하고, 반응하고, 적응할 수 있는 재료이다. 통합 추적 시스템(integrated tracking systems), 작업자의 생리적 상태 모니터링, 통합 가열 및 냉각 시스템, 통신 장치 및 에너지 캡처와 같은 분야에서 매우 유망한 잠재적 용도를 가지고 있다. 기술 및 과학 문헌을 요약하여 산업안전보건(OHS)에 적용될 수 있는 스마트 섬유시장의 기술, 솔루션 및 제품을 파악하고, 적용 분야와 방법은 물론 향후 발전방향을 이해하고자 한다.

스마트 섬유의 기술개발 요구와 함께 스마트 섬유의 편의성, 내구성, 안정성, 내열성 등이 강화되어야 한다.

스마트 섬유(Smart Fiber)

스마트 섬유는 크게 두 가지 종류로 나눌 수 있다. 첫째는 새로운 형태의 기능성을 첨가하여 만든 섬유이고 둘째는 정보통신기술과 결합하여 새로운 정보처리 능력을 갖춘 섬유이다.[3)] 미래의 작업복은 이런 새로운 기술에 발맞춰 크게 변화할 것으로 보인다.

스마트 섬유는 편의성, 내구성, 안정성, 내열성 등이 강화되어야 한다. 융합형 의류 제품을 생산하기 위한 소재개발 기술도 필요하다.[4)]

섬유는 유연하고 신축성이 있어 편안하기 때문에, 옷은 물론 침대, 벽, 실내장식 그리고 바닥재 등 사람이 하루 종일 접촉하는 표면의 70%에 섬유가 사용되고 있어, 이러한 섬유 제품 안으로 각종 전자 디바이스와 센서 등을 통합하려는 시도가 지속적으로 이뤄질 전망이다. 이 기술은 Wearable Computer 기술의 기반이자 향후 각종 전자 디바이스를 대체하거나 IT 기기간의 인터페이스 역할을 하게 될 것이다.

현재까지 스마트 섬유 기술 개발은 섬유에 전자재료를 접목시켜 안정성을 확보하는 기술과 스마트 섬유 회로설계 기술, 스마트 섬유와 IT 기기 간의 커넥팅 기술 등에 집중되고 있다. 직물 기반 전자부품으로는 전도성 섬유를 이용한 전자회로 접점과 안테나 등의 직물 회로와 pH센서, 비접촉 정전용량센서, 압력센서, 온도센서, 습도센서 등의 다양한 센서 시제품, 그리고 물리적인 움직임으로부터 섬유 자체가 발전하는 기술 등이 개발되고 있고, 향후 이러한 전

자부품을 섬유 속에 삽입하거나 궁극적으로 직물 그 자체가 되도록 하는 방법을 제시하고 있다.[2)]

전도성 원사는 ICT 융합 섬유 제품에서 전력을 제공하거나 전기적 입·출력 신호를 전달하는 기능을 수행하는 핵심 소자이다.

1. 전도성 섬유(원사)

전도성 원사는 ICT 융합 섬유 제품에서 전력을 제공하거나 전기적 입 · 출력 신호를 전달하는 기능을 수행하는 핵심 소자이다. 전자기기에서 전선(electric wire) 혹은 회로(circuit)가 하는 역할을 ICT 융합 섬유 제품에서는 보다 유연하고 착용성이 우수한 전도성 원사로 대체할 수 있는 것이다.

ICT 융합 섬유 제품에 사용되는 대부분의 전도성 원사는 주로 세 가지 방법에 의해 제조되는데 첫째, 금속 와이어를 사용하는 방법, 둘째, 일반 고분자 섬유에 전도성 물질을 함유시키거나 코팅하는 방법, 셋째, 전도성을 가진 고분자 섬유를 활용하는 방법이다.

1) 금속 와이어를 사용한 전도성 섬유

금속 와이어를 이용하여 만든 전도성 섬유의 경우 대표적으로는 스테인리스스틸(stainless steel) 방적사, 금속 필라멘트 합연사 등이 있다. 스테인리스스틸 방적사는 전도성이 우수할 뿐 아니라 강도와 기계력에 대한 내구성이 커서 봉제용으로도 적합하다. 그러나 보통 금속 와이어로 만든 전도성 섬유는 신축성 저하와 봉제 시 끊어짐 등의 문제가 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한 얇은 금속 필라멘트와 일반 원사를 합연사 가공할 경우에는 사용된 금속의 종류와 노출 여부에 따라 제품의 물성이 달라지며 산화로 인한 내구성 저하 등의 문제가 발생할 수 있다.

2) 고분자 섬유에 전도성 물질을 결합한 전도성 섬유

일반 고분자 섬유에 전도성 물질을 결합하는 경우는 용융 방사 시 전도성 입자를 첨가하거나 원사 겉면에 전도성 물질을 도금 혹은 코팅하는 것이 대표적이다. 특히 은, 금, 구리, 니켈, 알루미늄 등을 나일론이나 PET, PP 등의 일반 원사에 증착한 전도성 섬유 제품은 현 시점에서 시장성이 가장 우수하며 다양한 ICT 융합 섬유 제품에 활용되고 있다.

3) 전도성 고분자를 활용한 전도성 섬유

근래에는 전도성 고분자(inherently conductive polymer)의 활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 대표적으로 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린

(polyaniline)이 있으며, 이들 고분자를 용융 방사하거나 혹은 일반 원사에 코팅함으로써 전도성 섬유를 생산할 수 있다. 금속을 활용한 전도성 섬유에 비해 크랙(cracking)이나 부러짐(breaking) 등에 대한 염려가 적어 안정적으로 전도성이 구현되며 가공성과 비용 측면에서도 우수하기 때문에 최근에 제품화 연구가 많이 이루어지고 있다.

2. 제·편직물

전도성 섬유를 제·편직함으로써 판상(2D)의 전도성 텍스타일 소자를 제작할 수 있다. 직물 혹은 편물의 전도성 소자는 보다 넓은 범위에서 전기적 신호 센싱(sensing), 에너지 하베스팅(energy harvesting), 커넥팅(connecting) 등의 기능 구현을 가능하게 한다.

제직 공정은 가장 오래된 원단 제조 기술로 빠르고 경제적이며 조직의 변형을 통해 다양한 구조의 직물형 전도성 소자를 만들 수 있다. 편물형 소자는 편직 공정에서 요구되는 전도성 섬유의 물성이 제직 시보다 까다로워서 더 늦게 개발되었으나 편물의 우수한 신축성과 착용성으로 인하여 현재에는 편물형 전도성 소자가 활발히 개발되고 있다. 또한, 자카드 편직기로 회로 디자인에 따라 원하는 위치에 전도성 섬유가 삽입된 편직물도 제작할 수 있게 되었다.

직물 혹은 편물형 전도성 소자가 ICT 융합 섬유제품에 활용되기 위해서는 온

제직 공정은 가장 오래된 원단 제조 기술로 빠르고 경제적이며 조직의 변형을 통해 다양한 구조의 직물형 전도성 소자를 만들 수 있다.

도 등의 환경 변화에 저항성을 가져야 하며, 마찰 등에 대한 내구성과 제품 용도에 적합한 전기적 · 물성적 기능 발현이 확인되어야 한다. 또한, 반복되는 굽힘과 신장에도 일정한 성능을 유지할 수 있도록 형태 회복과 성능 발현에 대해서 낮은 히스테리시스(hysteresis)[5]가 요구된다.

3. 스마트 섬유의 장점

사람들은 일상적인 생활을 하면서 언제나 텍스타일 형태의 제품과 접촉한다. 옷은 물론이거니와 양말, 신발, 카펫, 침대시트 심지어는 자동차의 카시트에 이르기까지 거의 모든 시간을 섬유와 함께 한다. 섬유는 사람과 관련된 모든 것들을 수용할 수 있다. 밟히거나 접촉하거나 눌리거나 늘려지거나 하는 힘에 의해 변형이 일어나면서 이를 전기적 신호로 측정, 사람의 생활 패턴을 감지한다. 그리고 수납, 연결, 접착 등이 가능하기 때문에 다양한 기능을 가질 수 있다. 이용 가능한 기능으로는 음향, 영상, 환경, 통신 등이 있으며, MP3, LCD, LED, 발열체, 휴대폰 등을 옷이나 신발 등에 적용하는 제품이 시장에 등장하였다.

텍스타일 센서(textile sensors)는 기존 전자 센서(electronic sensors)보다 아래와 같은 많은 장점이 있다.

- 유연성(Flexible)
- 걸림돌이 되는 전선 없음(No wires to snag environment)
- 감지할 수 있는 넓은 표면적(Large surface area for sensing)
- 눈에 띄지 않음(Invisible to others)
- 저렴한 제조 원가(Cheap manufacturing)

예를 들어 스마트 텍스타일은 부드럽고 의류에서 거의 눈에 띄지 않는다. 직물 특성에 따라 구부릴 수 있고 통기성이 있다. 마지막으로 가장 까다로운 요구 사항 중 하나는 세탁성이다.

스마트 섬유는 오늘날의 핵심 기술 중의 하나로 간주된다. 유럽과 미국의 정부 프로그램에서도 관련 기술개발이 중요한 관심사항이다. 리바이스, 구글 및 Microsoft와 같은 대기업은 이미 스마트 섬유에 전념하고 있다.[6] 디지털화, 전기 이동성(electro mobility), 에너지 저장, 건강, 생태, 인프라와 같은 키워드는 스마트 섬유에서 언급된 몇 안 되는 주제일 뿐이다.

히스테리시스란?

(=이력 현상)
물질의 물리량이 현재의 물리적 조건으로만 결정되지 아니하고, 이전부터 그 물질이 겪어온 변화과정에 의하여 결정되는 현상

[출처:표준국어대사전]

4. 스마트 섬유의 활용

스마트 섬유를 활용하여 환경 변화를 감지하는 센서부와 센서를 통해 들어온 신호를 전달해 주는 송수신부, 그리고 분석, 저장하는 기기부의 발달로 그동안 적용되기 힘들었던 실시간 환경 감시가 가능해졌다. 센서부에 적용되는 재료 및 제품에 있어서도 많은 발전이 있었다. 소형이면서 높은 정확도를 가진 센서가 개발되면서 이를 터치스크린, 장애물 식별시스템 등에 적용하여 주택, 회사나 자동차 등이 유비쿼터스(ubiquitous)화되고 스마트화가 가능해졌다. 특히 자신의 상태를 스스로 측정, 분석 및 조절해줄 수 있는 스마트 의복의 발전은 인간이 생활하는 데 있어 여러가지를 동시에 해결할 수 있게 해주기 때문에 더욱 발전된 과학기술의 응용 분야로서 기대되고 있다.

스마트 섬유는 오늘날의 핵심 기술 중의 하나로 간주된다. 유럽과 미국의 정부 프로그램에서도 이러한 기술개발이 중요한 관심사항이다.

현재의 MP3, 휴대폰, LED과 같은 전자기기 및 부품을 의복에 삽입하여 웨어러블 컴퓨터화한 것은 이미 널리 알려진 사실이다. 또한, 온도 및 습도 센서를 의복에 탑재하여 의복 내의 환경 상태를 측정하여 사용자에게 알려주며 심장이 뛸 때의 활동 전압을 ECG(electrocardiogram, 심전도) 센서로 측정하는 연구 및 제품도 소개되고 있다. 스마트 섬유를 활용한 창의력에는 한계가 없어 보인다.[7] 스마트 섬유의 기술, 솔루션 및 제품은 크게 세 가지 범주로 나뉜다.

- 센서용 스마트 섬유: 이 범주는 입력 신호가 관심 대상으로 센서용으로 사용하는 스마트 섬유이다. 예를 들어 온도, 가스, 변형 또는 위치 파악을 위한 직물 센서, 직물에 통합된 전극 등이 있다.

- 액추에이터용 스마트 섬유: 이 범주는 출력 신호가 관심 대상으로 엑추에이터용으로 사용하는 스마트 섬유이다. 가열 섬유, 항균 직물(antibacterial fabrics), 직물 스크린(textile screens), 압전 직물(piezomorphic fabrics), 자가 세척 표면(self-cleaning surfaces), 의류 및 광전지 섬유에 통합된 자동 제세동기(automatic defibrillator integrated into apparel and photovoltaic fibres) 등이 그 예이다.

- 재료 및 구성 요소: 스마트 섬유를 생산하는 데 사용되는 폴리머, 탄소, 금속, 잉크, 커넥터, 안테나 등이다.[8]

스마트 텍스타일의 기본은 전자, IT 및 플라스틱 기술과 텍스타일 노하우를 결합한 것이다. 스마트 섬유가 산업에서 응용되는 사례는 다음과 같다.

- 노인들을 위한 난방 양말
- 매일 착용할 수 있는 압력 측정 밑창(pressure-measuring soles),
- 수분을 측정할 수 있는 장갑
- 색이 변하는 티셔츠
- 리바이스 재킷의 제스처 제어를 위한 섬유 센서(Textile sensors for gesture control of the Levis jacket)
- 건강을 향상시키는 Stappone사 및 TEXIBLE사의 압력 측정 기능이 있는 스마트 섬유 센서
- 전기 자동차에 사용되는 스마트 섬유
- 새로운 배터리에 적용하는 고성능 섬유 전극
- 가벼운 알루미늄과 탄소로 만들어진 복합 재료
- 섬유 콘크리트로 도로 및 교량 재건 문제 해결

산업원천기술 로드맵의 섬유의류 분야를 보면, 섬유 물질 자체에 관심을 갖고 생각하는 섬유(Intelligent 섬유), 건강복지 섬유(LOHAS 섬유), 극한환경섬유(Super섬유), 융합기능 섬유(6T 융합섬유) 등을 포함하는 '스마트 섬유'란 용어를 사용하고 있으며, 의류패션 소재, 생활용 섬유, 산업용 섬유 등 3대 분야에서 다양한 스마트 섬유를 개발하고 있다. 우리가 매일매일 접촉하는 대부분의 표면이 섬유제품이라면 그에 적절한 IT기능을 찾아서 하나씩 융합을 이루어내는 것도 중요하다. 스마트 섬유는 시대의 요구에 부응하며 상상을 뛰어넘는 새로운 성능을 갖추는 등 더욱 진화할 것이며, 우리 생활에 보다 가까이 다가올 것이 분명하다. 따라서 섬유산업과 IT 산업 간의 기술적 융합이 더욱 중요해 보인다.[2)]

스마트 섬유는 시대의 요구에 부응하며 상상을 뛰어넘는 새로운 성능으로 더욱 진화할 것이며, 우리 생활에 보다 가까이 다가올 것이 분명하다.

스마트 섬유를 활용한 제품 사례

스마트 섬유를 활용한 안전보건용 제품으로는 작업복, 소방복, 안전화, 보호장갑 등이 있으며, 더 나아가 IT · 디바이스의 융합으로 다양한 웨어러블 스마트 안전보건용 섬유 제품들이 개발되었는데, 다양한 개발 사례들을 알아보고자 한다.

1. 스마트 재킷(휴대폰에서 손과 입을 자유롭게 하는 의복)

재킷을 단순히 터치하는 것만으로 사용자는 전화통화를 할 수 있고 음악을 들을 수 있으며 길 안내를 받을 수도 있다. 구글은 옷이나 가구와 같은 일상의 모든 사물을 스마트 기기로 활용하려는 자카드[9] 프로젝트를 진행하고 있다. 2016년 구글은 전도성 섬유(Conductive yarn)를 활용하여 리바이스와 합작하여 세계 최초의 스마트 재킷을 개발하였다. Levis's Trucker Jacket에 구글의 자카드 기술을 도입한 것이다.

이 재킷은 소매 부분에 스마트 워치처럼 동작을 인식하는 멀티 센서가 부착되어 있다. 이 센서는 사용자의 터치와 제스쳐를 확인하고 이를 스마트 디바이스로 전송하여 광범위한 기능을 제어하게 한다. Bluetooth를 활성화한 후 음악을 듣고 메모를 확인할 수 있다. 전화를 받고 알림신호를 받거나 실제로 전화를 사용하지 않고도 위치 등을 탐색할 수 있다. 휴대전화에서 수신한 알림에 대해 깜박이는 표시등도 있다. 택시 도착 시에도 표시등이 깜박인다. 제스처를 통해 휴대 전화에서 카메라를 트리거할 수도 있다. 소매를 문지르면 손쉽게 기능에 액세스할 수 있다.

재킷의 기본적인 기술은 재킷의 왼쪽 커프스에 클립을 부착하는 Bluetooth 지원 "태그"에 의존한다. 태그를 통해 알림에 대한 진동이 발생한다. 이 태그는 터치 패드 역할을 하므로 음악과 다른 앱을 스와프하여 제어할 수 있다. 왼쪽

소매 커프스의 터치 패드를 통해 제어된다. Jacquard 앱을 사용하면 각 동작에 따른 앱을 따로 설정할 수 있다(동작에는 네 가지가 있다: swipe up, swipe down, double tap, and cover).

구글은 자카드의 기능 중 일부를 업그레이드하여 더 많은 앱에서 작동하도록 재킷을 프로그래밍할 수 있다. 음악이나 전화 응답을 제어할 수 있을 뿐만 아니라, 제스처를 사용하여 휴대 전화로 셀카를 찍거나 구글 어시스턴트를 트리거하거나 캘린더 및 현재 교통 상황에 따라 하루의 개요를 확인할 수 있다. 재킷을 착용한 상태에서 휴대폰과 분리된 경우 경고 메시지를 보낼 수 있는 '항상 함께(Always Together)' 기능도 있다. 결론적으로 스마트 재킷을 착용한 사용자는 간단한 터치만으로 전화를 받거나 음악을 듣고, 구글 지도를 활용하여 길 안내를 받을 수 있다〈사진 1〉.[10] 이러한 기술을 작업복에 적용시킨다면 근로자의 사고예방에 도움이 될 것이다.

〈사진 1〉 스마트 재킷

출처: https://mashable.com/article/google-levis-jacquard-trucker-jacket/

2. 소방복 및 보호구(위치 추적 및 경고 알림 가능)

소방복 및 보호구 등 안전보호 장비 제조업체 '산청'은 재난과 위급 상황에서 소방대원의 위치 추적과 경고 알림이 가능한 스마트 디바이스를 개발하였다. 이는 고온의 방화 현장에서 사용 가능하고, 소방복에 탈부착이 가능한 웨어러블 제품이다.

제품의 시스템은 대원 위치 확인을 위한 GPS와 함께, 대원의 움직임과 정확한 위치 추적을 위한 자이로(Gyro)계와 고도계가 정보를 중앙관제실로 송신할 수 있도록 설계되어 있다. D2D 기반의 원격 무선통신 거리는 현재 45m, 정보

처리 시간은 30초 이내, 위치 정밀도는 5m 이내, 경보 알림 소리 크기는 90 dB 등이다. 이 제품을 착용하면 화재현장에서 위급 혹은 실종 상황에 처했을 시, 중앙관제실에서 대원의 위치를 실시간으로 탐색하고 주위 동료들에게 알리는 것이 가능해져 발 빠른 현장 대처와 사후 사고 예방이 가능할 것이다.[11]
GPS와 위급 상황 알람 기능을 탑재한 중앙 컨트롤형 웨어러블 세이프티 시스템이 상용화될 것을 기대할 수 있다.

3. 라이프 텍 재킷(발열과 통신 가능)

코오롱 글로텍은 기존의 히텍스(HeaTex) 발열 재킷 기술에 더하여 아웃도어 활동 중 조난에 대비할 수 있는 다양한 안전장치들이 접목된 라이프 텍(Life Tech) 재킷을 상품화하였다. 라이프 텍은 히텍스 기술에 바탕한 발열 기능과 영상 촬영이 가능한 블랙박스, 모스부호로 신호전달이 가능한 LED, GPS 기능을 포함하고 있다.

따라서 조난 시 이러한 기능들을 통해 조난신호를 스마트폰을 통해서 보낼 수 있다. 또한 재킷에 부착된 윈드 터빈은 풍력을 이용해 자가발전이 가능한데, 스마트폰이나 배터리의 충전이 가능해서 생존과 안전에 도움이 될 것이라 예상된다.[11]

겨울철에 어업이나 임업 작업자는 물론, 한랭 환경에서 옥외작업을 하는 근

로자들의 방한복과 홀로 작업하는 근로자들의 위치 추적이 가능한 작업복에 적용할 수 있을 것이다.

4. 스마트 슈즈(보행자세 분석 가능)

피에스솔루션은 웨어러블 헬스케어 제품을 지속적으로 개발하고 있다. 2017년에는 보행자세 교정용 3차원 측정 센서를 장착한 스마트 슈즈를 개발하였다. 아웃솔(밑창)에 3축 가속도 센서와 블루투스, 정보 처리 회로, 배터리를 장착한 소형 모듈을 삽입하였는데, 삽입물 형태에 따라 아웃솔에 알맞은 공간을 특수 제작하였다. 자체 개발한 데이터 처리 프로그램으로 초당 100회의 보행 데이터를 획득하여 착용자의 보행 자세를 분석할 수 있다. 보행 속도 감지 범위는 12 km/h, 가속도 감지범위는 10 G, 각속도 감지범위는 300 degree/sec이며, 소형화된 모듈의 사이즈는 27 mm(가로)×21 mm(세로)이다.

5. 스마트 매트(자세교정 가능)

피에스솔루션은 2018년에 광섬유 압력 센서를 이용한 자세 교정용 스마트 매트를 개발하였다. 광섬유는 본래 광송수신을 통한 정보 전송 용도의 제품이지만 굴절이나 압축 등으로 인한 광전송량의 변화를 감지하는 센서로도 활용이 가능하다. 광섬유를 격자 구조로 배열하여 매트를 만들고, 피에스솔루션은 압력 부하에 따라 달라지는 광섬유의 출력 광량 및 광전송의 특성을 분석하는 프로

그램을 개발하였다.

사용자가 매트 위에 앉았을 때 자세에 따른 압력 분포를 통해 자세를 파악하고, 일정 시간 자세의 변화가 없으면 가벼운 진동을 통해 사용자에게 경고를 주어 바른 자세로 고쳐 앉도록 유도한다. 피에스솔루션은 본 제품에서 광섬유의 감도를 향상시키기 위하여 광섬유 센서의 코어 사양을 설계하였고 자체적으로 광섬유 코어 가공 공정 특허 기술을 보유하고 있다.[11)]

6. 스트레인 및 압력 센서

섬유 기반 스트레인 센서는 전도성 직물의 신장과 굴곡에 따라 저항이 변하는 원리를 이용하였으며, 피트니스나 웨이트 트레이닝 시 운동 각도 측정 및 호흡 측정 용도로 활용될 수 있다.

섬유기반 압력 센서는 전도성 원사로 격자(grid) 형태의 직물을 제직하여 만든 압력 센서 구조체로, 이를 활용한 발판은 운동 시 신체 밸런스 유지와 올바른 자세 유지에 도움을 줄 수 있다.

이러한 센서를 작업복이나 안전화에 적용하여 근골격계질환 예방에 활용할 수 있을 것이다.

7. 스마트 섬유 습윤 센서

습윤 센서(wetness sensors)는 소량의 물 또는 기타 액체와 얼음을 기판에서 감지한다. 텍스타일 습윤 센서의 가장 일반적인 측정 원리는 두 개의 전도성 전극 사이의 저항 측정이다. 전극이 형성되는 지지 직물(support fabric)은 절연 재료(예: 폴리에스테르, 면, 폴리프로필렌)이다. '건조한' 상태에서, 직물은 매우 낮은 전기 전도성을 갖는다. '습식' 상태에서 이온 전도가 시작되고 저항이 1 MΩ에서 1 kΩ으로 변경된다.

직물 센서의 큰 장점은 직물이 액체를 매우 잘 흡수하고 퍼지게 한다는 것이다. 따라서 소량의 액체만 감지해도 저항 변화가 매우 크다. 또한 두 전극의 설계는 시프트(shift)의 크기에 매우 큰 영향을 미친다. 전극 사이의 공간이 작을수록 센서가 더 민감하다. 노이즈를 최소화하려면 저항 영역을 정의하고 원하는 측정 영역에 맞게 분압기(voltage divider)를 조정하는 것이 좋다.

습윤 센서는 작업자의 땀에 반응하는 작업복에 적용될 수 있다.

습윤센서는
소량의 물 또는
기타 액체와
얼음을 기판에서
감지한다.

결론

섬유는 이미 안전보호용으로 활용되어 다양한 안전보호 섬유제품으로 개발되었다.

섬유는 이미 안전보호용으로 활용되어 다양한 안전보호 섬유제품으로 개발되었다. 즉, 재해, 전쟁, 산업현장, 스포츠레저, 일상생활 등에서 인명과 재산을 보호하는 데에 섬유제품과 섬유부품이 사용되고 있다. 이러한 안전보호용 섬유제품에는 소방복, 방탄복, 전투복, 작업복, 장갑, 신발, 추락방지 로프, 마스크, 커튼, 안전벨트, 필터 등이 있다. 안전보호용 섬유부품으로는 호흡보호구, 헬멧, 청각보호구 등에 안전대, 조임 끈, 충격방지 보호대 등이 있다. 이와 같이 섬유는 안전보호용으로서 건설, 제조, 스포츠레저, 식품, 유통, 엔터테인먼트, 발전과 전력, 의료, 자원채굴, 연구개발, 소방방재 등 산업 현장에서 발생할 수 있는 위험요소로부터 신체를 보호하기 위해 다양하게 활용되고 있다.

ICT 기술을 융합한 스마트 섬유 제품들이 개발되어 착용하기만 하면 자신의 신체 상태를 지속적으로 파악하는 역할을 해주거나, 휴대폰에서 손과 주머니를 해방시켜 입으로만 자유롭게 통화할 수 있는 세상이 다가오는 것이다.

산업안전보건 분야에서도 기존의 섬유를 사용한 작업복과 개인보호장비에 스마트 섬유를 다양하게 적용하기 위한 연구는 물론, 현장 적용이 시도되고 있다. 스마트 섬유를 산업안전보건 분야에 적용하는 경우로는, 극한의 환경에서 사용되는 보호복을 위한 온도 조절 시스템, 격렬한 활동을 위한 온도 조절 시스템, 코트 또는 작업복의 노출을 감지 및 정량화하기 위해 작업복에 통합된 화학 센서, 격리 또는 통제 공간의 출입 작업자를 위해 의복에 통합된 위치 측정 기능이 있는 생체 신호 센서, 수행할 작업 및 손의 숙련성을 반영하는 조절 가능한 보호장갑 등이 있다.

스마트 섬유 및 재료는 산업안전보건용 보호복 및 장비와 관련된 많은 문제에 대해 유망한 해결책을 제공할 것이다. 스마트 섬유는 의료 및 특수 용도에 활용할 목적으로 개발되고 있다. 이러한 과정에서 발전하는 Wearable Technology의 성과로 섬유시스템 기술의 진보가 이루어질 것이며, 이러한 기술을 근로자의 안전과 건강보호 및 건강증진에 적용 가능한 상황이 올 것이다. 기존의 섬유에 전자 디바이스를 적용한 스마트 섬유는 다양한 용도로 사용될 것이다. 작업자의 작업복, 신발, 각종 보호장구에 이러한 섬유가 적용될 것이다.

또한, 산업안전보건 분야에서 스마트 섬유 사용에 있어 예상되는 문제들을 살펴볼 필요가 있다. 여기에는 기술 성숙도 부족(lack of maturity of

the technologies), 건강 및 안전에 대한 잠재적 부작용(potential adverse effects on health and safety), 잠재적 간섭 또는 비호환성 문제(potential interference or incompatibility problems), 지식 부족, 표준 및 테스트 방법의 부족, 접근성 어려움, 섬유 사용 및 유지 관리 문제, 기술에 대한 확인된 관심 부족(lack of confirmed interest in the technology), 적절한 폐기물 및 수명 종료 관리의 문제(appropriate waste and end-of-life management) 등이 포함된다.

참고 문헌

1. [네이버 지식백과] 스마트 섬유 [Smart Fiber] (지식경제용어사전, 2010. 11., 산업통상자원부). https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=302413&cid=50345&categoryId=50345
2. 김원근 전자부품연구원. 전자섬유(Electronic Textile)의 기술개발 동향, 섬유패션산업 동향, 2012.1 http://www.kofoti.or.kr/bbs/data/120112_data_09.pdf
3. 이수경. 생활을 바꾸는 스마트 섬유. JOURNAL OF PRAUDEN. 2017년 7월 21일. http://prauden.co.kr/vol-5_2/
4. [네이버 지식백과] 스마트섬유연구원 (한국직업사전, 2016.). https://terms.naver.com/entry.nhn?docId=3658705&cid=42117&categoryId=42117
5. 자극보다 반응이 늦게 나타나는 현상을 말한다.
6. WEARIC. What is behind Smart Textiles? https://www.wearic.com/learn/the-reason-to-use-smart-textiles/
7. 윤선, 김갑진. 스마트 의복을 위한 고분자 및 섬유기반 센서. 섬유기술과 산업, 제14권 4호, 2010년 ; 225-238
8. Patricia Dolez, Justine Decaens, Thibault Buns, Dominic Lachapelle, Olivier Vermeersch, Jacek Mlynarek. Analysis of the Potential Application of Smart Textiles to Occupational Health and Safety. Institut de recherche Robert-Sauvéen santéet en sécuritédu travail (IRSST). 2018 https://www.irsst.qc.ca/en/publications-tools/publication/i/101008/n/smart-textiles
9. 여러 색의 실을 사용하여 무늬를 짜낸 원단으로 두툼하다. 특징은 다음과 같다.
   - 인쇄 형태가 아니므로 세탁 후에도 무늬에 손상 없음
   - 원단이 두툼해 무게감이 있고, 늘어지지 않음
   - 가격이 비싼 편이며, 재질과 문양에 따라 가격 차이가 남
   - 소파매트, 침구, 커튼 등 홈패션에 많이 사용됨 *출처 : [네이버 지식백과] 자카드 (쇼핑용어사전)
10. Karissa Bell. Google and Levi's introduce a new smart jacket that can answer calls and snap selfies. mashableasia. 2019.9.30. https://mashable.com/article/google-levis-jacquard-trucker-jacket/
11. 심명희, 조윤경, 박소현. 국내 ICT 융합 스마트섬유 제품화 동향. 섬유기술과 산업 22권 3호, 223-234