

이 보고서는 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해 발간한 보고서입니다.

산업테마보고서

스마트 섬유

스마트 섬유가 미래 성장 동력 산업으로 주목

요약

산업 생태계 분석

업계 환경 분석

기술 심층 분석



작 성 기 관	NICE평가정보(주)	작 성 자	박광태 책임연구원
---------	-------------	-------	-----------

- 본 보고서는 「코스닥 시장 활성화를 통한 자본시장 혁신방안」의 일환으로 코스닥 기업에 대한 투자정보 확충을 위해, 한국거래소와 한국예탁결제원의 후원을 받아 한국IR협의회가 기술신용평가기관에 발주하여 작성한 것입니다.
- 본 보고서는 투자 의사결정을 위한 참고용으로만 제공되는 것입니다. 또한 작성기관이 신뢰할 수 있는 자료 및 정보로부터 얻은 것이나, 그 정확성이나 완전성을 보장할 수 없으므로 투자자 자신의 판단과 책임하에 종목선택이나 투자시기에 대한 최종 결정을 하시기 바랍니다. 따라서 본 보고서를 활용한 어떠한 의사결정에 대해서도 본회와 작성기관은 일체의 책임을 지지 않습니다.
- 본 보고서에 대한 자세한 문의는 NICE평가정보(주)(TEL.02-2124-6959, kosdaqreport@nicetcb.co.kr)로 연락하여 주시기 바랍니다.



스마트 섬유가 미래 성장 동력 산업으로 주목

- ▶ 기술에 따라 다양한 형태와 용도의 스마트 섬유가 개발되고 있음
- ▶ 인구고령화로 인해 의료·헬스케어 시장이 점차 확대될 전망
- ▶ 스마트 섬유는 자유경쟁시장 형태를 보이며, 스타트업이 혁신을 주도

기술에 따라 다양한 형태와 용도의 스마트 섬유가 개발되고 있음

스마트 섬유는 섬유소재가 지닌 고유의 특성을 유지하면서 주위 환경이나 소재 내부의 자극에 대한 감지·반응 시스템을 갖춘 고기능성 섬유를 의미한다. 스마트 섬유는 제품에 따라 전자·에너지 소자 기반 섬유, 자극 반응형 섬유, 환경 응답형 섬유, 패션·의류·생활용 섬유 등으로 분류할 수 있으며, 기반 소재의 개발과 함께 ICT 기술과의 융·복합화가 활발히 이뤄지고 있다. 최근 전자 및 나노기술의 발달로 다양한 기능을 지닌 각종 전자기기의 개발이 이루어지고 있어 신체를 이용한 전자기기와의 직접적인 커뮤니케이션에 대한 요구가 증가하게 되었고, 이에 따라 스마트 섬유의 필요성이 대두되고 있다.

인구고령화와 건강에 대한 인식 증대로 의료·헬스케어 시장이 점차 확대될 전망

세계 스마트 섬유 시장은 2017년 22.4억 달러 규모로 성장하였으며, 2022년에는 60.8억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 국내의 경우 2017년 792억 원 규모의 시장을 형성하였고, 2022년에는 2,531억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 전자기기의 소형화 및 전자부품의 제조 단가 하락, 이로 인한 첨단기능의 스마트 섬유 시장에서의 수요증대가 향후 시장을 견인할 것으로 예상된다.

용도별로는 아웃도어 시장의 확대와 함께 스포츠·피트니스, 의류·패션 분야에서 먼저 수요시장이 형성되고 있다. 그러나 인구 고령화와 건강에 대한 인식 증대로 인해, 향후에는 의료·헬스케어 분야의 시장이 가장 큰 비중을 차지할 것으로 전망된다.

스마트 섬유는 자유경쟁시장 형태를 보이며, 스타트업이 혁신을 주도하고 있음

스마트 섬유 시장은 지속적으로 새로운 기술이 등장하고, 어느 한 기업이 시장 전체를 좌우하는 과점기업이 없는 경쟁이 활발한 시장형태를 보이고 있다. 또한, 스마트 섬유는 글로벌 대기업 보다 스타트업의 혁신적인 시도에 의해 주도되고 있다. 대부분의 기초소재 산업은 국내 업체와 해외 선진 업체의 기술 격차가 상당한 수준이나, 스마트 섬유의 경우 2000년대부터 본격적으로 개발되기 시작한 신산업 분야로서, 국내 업체의 기술 수준은 선진국과 비교 시 격차가 크지 않은 것으로 분석된다.

스마트 섬유 시장에 참여하고 있는 대표적인 해외 업체로는 Dupont(미국), Sensoria(미국), Toray(일본), Teijin Frontier(일본), Hexoskin(캐나다), OMsigna(캐나다) 등이 있으며, 국내 업체로는 코오롱글로벌, 블랙야크, 케이투코리아, 알파클로, 벤텍스, 케이원텍스, 아모그린텍, 광일섬유, 광림섬유, 영풍필텍스 등이 파악된다.

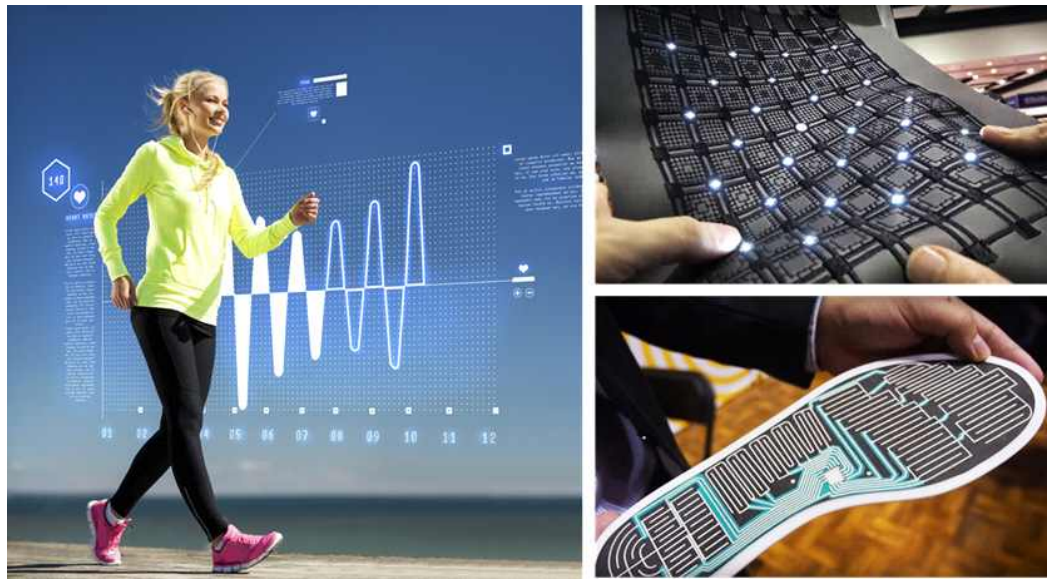
I. 산업 생태계 분석

스마트 섬유의 정의 및 분류

초기의 스마트 섬유가 환경대응 또는 자기감응 기능을 가진 섬유를 의미했었다면, 현재는 미래지향적 기술을 기반으로 기존 섬유에서 발전한 고기능성 섬유를 포괄하는 넓은 개념으로 이해되고 있다.

스마트 섬유는 섬유소재가 지닌 고유의 화학적·물리적 특성(신축성, 구김 복원성, 유연성 등)을 유지하면서 주위 환경이나 소재 내부의 자극에 대한 감지 및 반응 시스템(전기·광 신호의 생산, 저장, 전달 등)을 갖춘 고기능성 섬유를 의미한다. 스마트 섬유는 자극에 대한 정보를 수집, 기억하고 환경 및 조건에 적합하도록 자율적으로 응답·대응할 수 있는 자율응답·환경적응형 섬유로, 특수 소재나 초소형 컴퓨터 칩을 사용해 전기신호나 데이터를 교환하고 외부 기기와 연결하여 다양한 기능을 수행할 수 있다.

[그림1] 스마트 섬유의 활용



*출처: IDTechEx (2016), NICE평가정보 재가공

스마트 섬유는 소재 자체가 갖는 능동적이고, 적극적인 기능을 활용한다는 관점에서 단순히 물성만이 개량된 기존의 기능성 섬유와 차별성이 있다. 일반적으로 스마트 섬유의 기반 소재로는 전도성 섬유 및 발광 섬유 등이 활용되며, 기반 소재의 개발과 함께 ICT(Information and Communication Technologies) 기술과의 융·복합화가 이루어진 스마트 섬유의 개발이 활발히 진행되고 있다.

스마트 섬유는 기술 및 용도에 따라 온도조절, 신체보호, 위치인식, 발광응용 등으로 분류할 수 있으며, 제품에 따라 전자·에너지 소자 기반 섬유, 자극 반응형 섬유, 환경 응답형 섬유, 패션·의류·생활용 섬유 등으로 분류할 수 있다[표1].

[표 1] 스마트 섬유의 제품별 분류 및 요소 기술

	제품별 분류	요소 기술
스마트 섬유	전자·에너지 소자 기반 섬유	■ 복합광 전자섬유 기술 ■ 박막태양전지 섬유화 기술 ■ 발광소자 섬유화 기술 ■ 전자섬유 구현을 위한 전극 기술 ■ 전도성 고분자의 전자섬유화 기술 ■ 에너지 수확 및 저장 기술
	자극 반응형 섬유	■ 자극 감응형 센서 및 액추에이터 기술 ■ 비접촉식 바이오 센서 기술 ■ 형상기억 스마트 PET 섬유 기술
	환경 응답형 섬유	■ 생체기능 융합섬유 기술: 자발성, 자기세정 등 ■ PCM 적용 섬유소재 기술: 상전이 물질 등 ■ 지능형 온도조절 기술
	패션·의류·생활용 섬유	■ 센서 기반의 지능형 미디어 의류 ■ 유비쿼터스형 섬유 기술 ■ 다방향 송수신을 위한 라이프 미디어 섬유 기술 ■ 인텔리전트 기능 의류 기술

*출처: 신섬유 기술로드맵, NICE평가정보 재가공

스마트 섬유 산업구조 및 특징

[표 2] 스마트 섬유의 전·후방 연관 산업구조

후방산업	스마트 섬유	전방산업
■ 전도성 원사(전도사) ■ 제·편직물 ■ 전도성 고분자·잉크 ■ 센서 소자 ■ 중합기, 제직기, 편직기 등의 기계장치	■ 전도성 섬유 ■ 발광 섬유 ■ 발열·온도조절 섬유 ■ 자극 반응형 섬유 ■ 환경 응답형 섬유	■ 헬스케어·의료 ■ 안전·보안 산업 ■ 의류 및 패션 산업 ■ 스포츠 및 피트니스 ■ 엔터테인먼트 산업 ■ 군용 산업
		

*출처: NICE평가정보

전통적으로 섬유 산업은 전·후방 파급효과가 높고, 생산, 고용, 업체 수 비중이 높은 핵심 산업이다. 국내 섬유 기술은 미국, 일본 등 선진국 수준으로 발전되어 기능성 섬유, 나노 섬유, 슈퍼 섬유, 스마트 섬유 등 다양한 분야에서 두각을 나타내고 있다. 산업구조를 분석해 보면, 후방산업은 스마트 섬유 제조에 사용되는 주

요 재료 및 기계인 원사, 제·편직물, 염료, 센서(Sensor), 편직기, 방사기 등이 주를 이루고, 전방산업에는 스마트 섬유의 주요 활용분야인 헬스케어(Health Care), 스포츠 및 피트니스(Fitness), 안전·보안 산업 등이 있다.

스마트 섬유는 휘어지는 휴대용 디스플레이 기능, 생체의 변화를 감지하여 질병의 유무를 판단해 주는 기능, 바이러스의 접촉을 알려줄 수 있는 바이오센서 기능 등을 비롯해 입는 컴퓨터의 구현까지 다양한 분야에 적용할 수 있다. 예를 들어, 유-헬스케어(U-Health Care), 인체통신망(Body Area Network) 등의 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술을 이용하여 인체에 부착 되어있는 센서를 통해 일상생활 중에 실시간으로 신체 상태를 모니터링(Monitoring) 하는 의료 서비스가 가능하다.

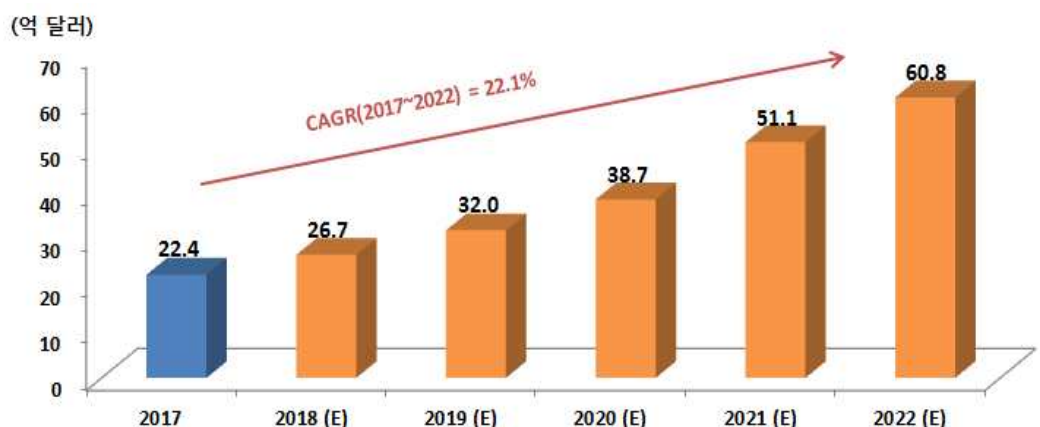
국내·외 시장현황

최근 전자 및 나노기술의 발달로 다양한 기능을 지닌 각종 전자기기의 개발이 이루어지고 있어 신체를 이용한 전자기기와 직접적인 커뮤니케이션(Communication)에 대한 요구가 증가하게 되었고, 이에 따라 스마트 섬유의 필요성이 대두되고 있다. 차세대 웨어러블 제품(Wearable Devices)은 부드럽고 곡선인 인체에 적합하도록 연성이 뛰어난 새로운 재료를 요구하고 있으며, 섬유는 이러한 소재 특성을 만족시키기 때문이다.

2018년 Mordor Intelligence에서 발간한 ‘Smart Fabrics Market’에 따르면, 세계 스마트 섬유 시장은 2017년 22.4억 달러 규모로 파악되며, 2017년 이후 연평균 22.1% 성장하여 2022년에는 60.8억 달러의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 형태별로는 2017년 기준 수동형(Passive) 스마트 섬유가 8.2억 달러, 능동형(Active) 스마트 섬유가 8.9억 달러, 활성(Ultra) 스마트 섬유가 5.3억 달러로 파악된다. 전자기기의 소형화 및 전자부품의 제조 단가 하락, 이로 인한 첨단기능의 스마트 섬유 시장에서의 수요증대가 향후 시장을 견인할 것으로 예상된다[그림2].

[그림2] 세계 스마트 섬유 시장 규모 및 전망

(단위: 억 달러)



*출처: Mordor Intelligence (2018), NICE평가정보 재가공

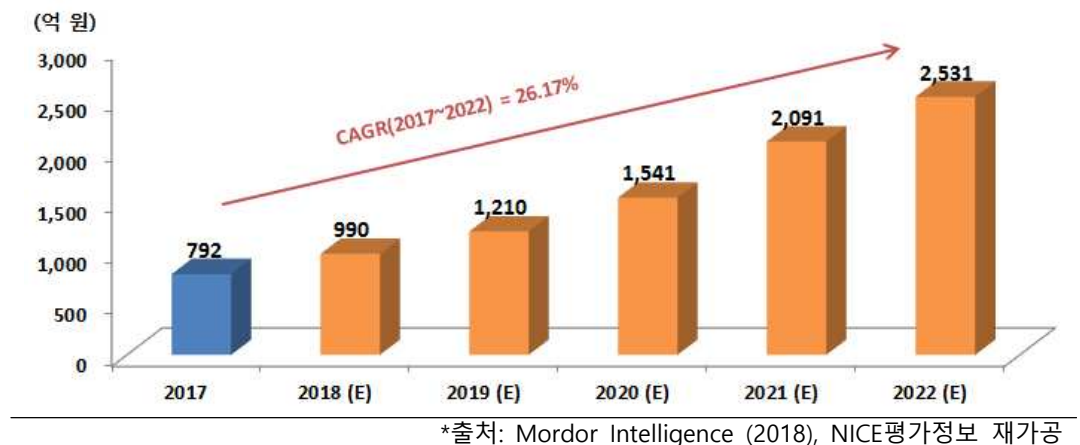
지역별로는 2017년 기준 북미 지역이 10.4억 달러, 유럽 지역이 6.0억 달러, 아시아 및 태평양 지역이 4.1억 달러 규모로 파악되며, 국내의 경우 2017년 792억 원 규모에서 연평균 26.17% 성장하여 2022년에는 2,531억 원의 시장규모를 형성할 것으로 전망된다. 미국의 경우에는 주로 산업·환경용 소재에 중점을 두고 있기 때문에, 웨어러블 스마트 섬유의 범위를 넘어서 환경산업, 방위산업 등 다양한 분야로 확장되고 있다. 또한 군수, 의료 등의 특수용도 중심으로 스마트 섬유가 생산되고 있으며, 정부 주도의 방위산업 관련 개발실적을 기업과 공유하면서 제품개발이 급격히 진행되고 있다.

중국, 인도의 업체들은 낮은 노동비용과 빠른 기술성장을 기반으로 유럽의 스마트 섬유제조 비용을 저감할 수 있는 허브(Hub)로써의 역할을 담당하고 있다. 특히 중국에서는 웨어러블 인포테인먼트(Infortainment)의 수요가 급증하고 있으며, 섬유제조 기술에 선진 스마트 의류 기술을 접목할 수 있는 기회를 모색하고 있다.

국내의 경우 아웃도어 시장의 확대와 함께 스포츠·피트니스용 시장을 중심으로 수요가 확대되어 가는 추세이며, 스마트워치, 스마트폰과 연계된 상품의 수요가 급격히 증가함에 따라 향후에도 높은 성장률이 지속될 것으로 전망된다.

[그림3] 국내 스마트 섬유 시장 규모 및 전망

(단위: 억 원)



스마트 섬유는 패션, 의료·헬스케어 분야, 군사·방위를 비롯한 특수용도 분야 등 산업 및 최종 소비재 전반에 적용될 것으로 전망되며, 향후 스마트 섬유기술이 성숙기에 접어들면 새로운 활용분야의 수직적 시장 창출이 가능할 것으로 예상된다.

특히, 인구 고령화와 건강에 대한 인식 증대는 입는 것만으로도 건강상태를 측정할 수 있는 의료·헬스케어용 스마트 섬유의 수요를 촉진시킬 것으로 전망된다. 현재는 스포츠·피트니스, 의류·패션 분야에서 먼저 수요시장이 형성되고 있으나, 향후에는 의료·헬스케어 분야가 가장 큰 시장을 차지할 것으로 전망된다. 다만, 기존 서비스 대비 높은 가격으로 인해 특수한 성능에 대한 소비자 인식이 확대되는데 일정 기간이 필요할 것으로 판단된다.

포트폴리오 분석

스마트 섬유와 관련이 있는 종목으로 포트폴리오를 구성하였을 때 주식수익률을 확인할 수 있다. 관련 종목 선정은 [표3]에서 조사한 주요 유가증권/코스닥 상장기업들 중 4개 종목으로 하였다. 마이크로 LED 디스플레이를 주제로 포트폴리오 구성 시 최근 3년간 수익률은 [그림4]와 같다. 종목별 동일 비중으로 구성하고, 매 분기말 리밸런싱하며, 거래비용은 없는 것으로 가정하였다. 벤치마크지수는 KOSDAQ지수로 두었다.

스마트 섬유 포트폴리오 지수는 2017년 말을 기점으로 벤치마크 대비 저조한 성과를 나타내고 있으며, 전반적으로 하락하는 추세를 보이고 있다. 수익률(연평균)은 -13.79%, CAPM(베타)는 0.68로 벤치마크 대비 낮은 수준을 나타내고 있으나, 수익률의 표준편차는 28.54로 벤치마크 대비 높은 수준을 보였다.

[그림4] 포트폴리오 성과 분석

항목	포트폴리오	벤치마크(KOSDAQ)
수익률(연평균)	-13.79%	3.49%
표준편차	28.54	19.44
샤프비율	-0.53	0.11
CAPM(알파)	-16.16	0
CAPM(베타)	0.68	1
최대하락폭	-57.35% (17.7.24~ 19.4.26)	-32.07% (18.1.29~18.10.29)



*출처: KISLINE DeepSearch

II. 업계 환경 분석

섬유 산업은 ICT 기술과 융합·발전하면서 기능성 향상과 활용성의 확장 등을 통해 고부가가치 산업으로 성장하고 있으며, 패러다임이 초연결, 스마트로 변화하면서 ICT 융합 스마트 섬유가 미래 산업의 지형을 바꿀 분야로 급부상하고 있다.

현재 스마트 섬유 시장은 지속적으로 새로운 기술이 등장하고, 어느 한 기업이 시장 전체를 좌우하는 과점기업이 없는 경쟁이 활발한 시장형태를 보이고 있다. 다만, 군사·소방·안전 관련 특수용도 스마트 섬유 시장의 경우 고기능성 및 강력한 내구성이 요구되는 고도의 기술집약적 분야로 R&D 투자 규모와 리스크가 크기 때문에 미국, 유럽, 일본 등에서는 정부 주도하에 군(軍), 연구소, 대학교 등에서 연구개발이 진행되고 있다.

해외 업체 현황

스마트 섬유 산업 내 해외 업체로는 Dupont(미국), Sensoria(미국), Cyrcadia Health(미국), SIREN CARE(미국), Toray(일본), Teijin Frontier(일본), Toyobo(일본), AI SILK(일본), Hexoskin(캐나다), OMSigna(캐나다), WARMX(독일), Alpha-Fit(독일), SVT(대만) 등이 있으며, 이 외에도 다수의 기업이 시장에 참여하고 있다.

스마트 섬유 산업은 글로벌 대기업 보다 스타트업의 혁신적인 시도에 의해 주도되고 있다. 특히, 스마트 섬유 제품이 가장 활발하게 등장하고 있는 스포츠·피트니스 분야의 경우 Nike, Adidas 등의 글로벌 브랜드보다 Athos, OMSignal, Hexoskin, Sensoria 등의 스타트업이 다양한 제품군으로 시장 성장을 주도하고 있는 것으로 파악된다.

[미국/Dupont] Dupont은 1802년 설립되어 미국 델라웨어주 월밍턴에 본사를 둔 세계 최고의 화학회사로, 2017년 Dow Chemical과 합병하여 DowDupont Inc.를 발족하였다. Dupont은 2018년 전도성 잉크를 이용해 인쇄(Printing) 방식으로 제조할 수 있는 스마트 섬유 Intexar™를 개발하였으며, Fitness, Heat, Health 3개의 제품군으로 상용화 하였다.

대표적으로 Dupont의 Intexar™ Fitness는 생체 인식을 기반으로 신체 활동을 모니터링 하며 심장박동, 호흡수, 형태인식 및 근육긴장과 같은 중요한 생체 인식 데이터를 일반적인 직물을 통해 수집 가능하게 한 스마트 의류이다. 이 기술은 표준 의류 제조공정에 적용하여 직물에 직접 전도성 잉크를 인쇄하기 때문에 디자인 및 설계가 용이하며, 신축성과 내구성이 우수한 장점이 있다. 또한, 100회 이상의 세탁 이후에도 반복적인 스트레칭이나 모니터링 성능에는 변함이 없는 것으로 파악된다.

[그림5] Dupont의 스마트 의류 Intexar™ Fitness



*출처: Dupont, NICE평가정보 재가공

[일본/Teijin Frontier] Teijin Frontier는 섬유, 의류 등의 제품을 개발·생산하는 Teijin 그룹의 자회사로 일본 오사카에 본사를 두고 있다. Teijin Frontier가 개발한 NANOFRONT™는 세계 최초의 700 nm 초미세 폴리에스테르 섬유로, 표면적이 기존 섬유 대비 수십 배에 달하며 우수한 흡수성, 반투명성, 미끄럼 방지 특성, 열 차단 특성을 갖고 있다.

Teijin Frontier는 2019년 1월 고기능성 NANOFRONT™ 섬유에 움직임 감지하는 센서를 융합해 다양한 생체 신호를 수집하고 전송이 가능한 스마트 의류 2종 (Coaching Wear, Vital Sensing Wear)을 출시하였다. Coaching Wear는 착용자의 실제 움직임과 이상적인 움직임 간의 차이를 시각화하는 알고리즘을 구현한 제품으로, 스포츠 기술을 향상시킬 수 있으며, 신체 재활을 받는 사람들에게 적용 시 효과적인 코칭이 가능한 것으로 파악된다. Vital Sensing Wear는 생체 감지 기술을 통해 심박수, 심장의 전기적 활동 수준 등을 측정함으로써, 스포츠 활동 중 착용자의 위험을 예측할 수 있고, 운동능력 향상에 도움을 줄 수 있다.

[그림6] Teijin Frontier의 스마트 Coaching Wear

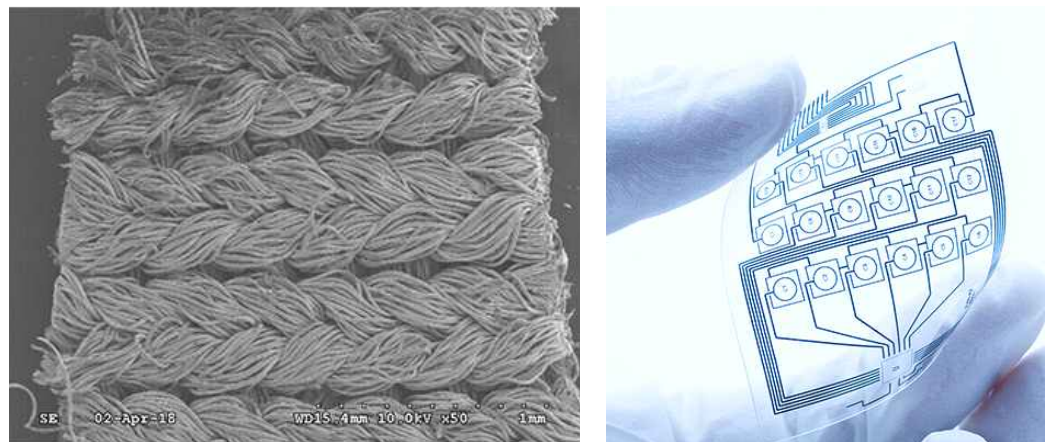


*출처: Teijin Frontier

[대만/SVT] SVT(Sousveillance Technology)는 Aurum International Overseas Limited(영국)와 Canyon Circuit Technology(중국)가 2015년 합작하여 설립한 벤처기업이다. SVT는 인쇄, 에칭(Etching) 등에 대한 전문기술을 두 기업으로부터 전수 받아, 의류, 의료, 자동차 등에 적용 가능한 스마트 섬유를 개발하고 있다.

SVT는 현재 신축성 있는 전도성 회로 기술을 활용한 스포츠 의류 분야를 선도하고 있는데, TPU(Thermoplastic Polyurethane) 및 PU(Polyurethane) 필름, 열전도성 잉크와 같은 물질을 섬유 원단과 같은 유연한 소재에 인쇄하여 회로를 원단에 직접 통합시키고 있다. SVT는 전통적인 인쇄 방법으로 회로를 제조하기 때문에, 최종 스마트 섬유가 얇고, 가벼우며, 100% 이상의 신장(Stretching) 시에도 결함이 없고, 100회 이상 세탁하여도 특성 변화가 크지 않은 것으로 파악된다.

[그림7] SVT의 스마트 섬유



*출처: SVT

국내 업체 현황

스마트 섬유는 2000년대부터 본격적으로 개발되기 시작한 신산업 분야로서, 국내 업체의 기술 수준은 선진국과 비교 시 격차가 크지 않은 것으로 분석된다. 미국, 유럽, 일본 등과 마찬가지로 국내 정부도 ‘소재·부품산업 산업기술 R&BD 전략’, ‘정보통신산업 산업융합원천 R&D 전략’ 등을 통해 섬유와 ICT 기술의 융합 분야에 지속적으로 투자해왔다. 또한, ‘2018 섬유패션산업 발전전략’ 보고서의 신산업 육성을 위한 주요 지원 분야에 스마트 섬유 핵심기술 개발, 제품 양산 및 실증, 데이터 서비스 산업으로의 연계지원 등 향후 지원방향을 구체적으로 제시하며, 스마트 섬유 산업 내 자국의 경쟁력 제고를 위해 노력하고 있다.

스마트 섬유 시장에 참여하고 있는 대표적인 국내 업체로는 코오롱글로벌텍, 블랙야크, 케이투코리아, 알파클로, 벤틱스, 케이윌텍스, 벤틱스솔루션, 아모그린텍, 광일섬유, 광림섬유, 영풍필텍스, 휴비스, 피에스솔루션 등이 파악된다.

[블랙야크] 블랙야크는 1990년 설립된 비상장 기업으로, 2015년부터 스마트 의류 야크온(YAK ON) 시리즈를 선보이고 있다. ‘야크온 H’ 는 의류 내에 세탁이 가능한 발열 섬유를 내장하고, 온도제어 디바이스와 스마트폰 어플리케이션을 통해 의류 내부의 온도 및 습도를 제어하는 시스템이다. ‘야크온 H’ 는 유럽 최대 스포츠 아웃도어 박람회인 ISPO에서 2016년 글로벌 황금상 등 11개 부문에서 수상하며 세계 시장에서 주목을 받았다.

‘야크온 H’ 의 온도제어 디바이스는 탈부착의 편의성과 세탁을 고려하여 마그네틱 커넥터로 손쉽게 탈착이 가능하며, 디바이스에는 발열 섬유에 전원을 공급하는 배터리와 온·습도 센서가 내장되어 있다. ‘야크온 H’ 는 착용자의 선택 단계에 따라서 의류 내 원하는 온도 및 습도 설정이 가능하고, 설정 범위에서 온·습도가 벗어나면 자동 조절 기능을 통해 쾌적한 상태를 유지할 수 있도록 설계되었다.

블랙야크의 ‘야크온 P’ 는 운동 시 착용자의 신체 정보를 추적하여 보다 안전하고 효율적인 운동을 돕는 스마트 의류 시스템이다. ‘야크온 P’ 에는 의류 안쪽에 있는 은사로 구성된 편물형 텍스타일 센서가 ECG(Electrocardiogram) 신호를 감지함으로써 심박수를 측정한다. 그리고 연결된 디바이스는 착용자의 심박수를 통신 모듈을 통해 스마트폰으로 전송하여 착용자에게 알린다. 또한, ‘야크온 P’ 전용 어플리케이션은 수신한 심박정보로 착용자의 운동량, 운동거리, 운동시간 등을 계산하여 적정 운동을 통한 건강관리가 가능하도록 운동효과를 모니터링 할 수 있다.

[그림8] 블랙야크의 스마트 섬유가 적용된 야크온 시리즈



*출처: 블랙야크

[코오롱글로텍] 코오롱글로텍은 1987년 설립된 비상장 기업으로, 전도성 고분자를 섬유 위에 직접 적용해 전기를 통하게 해 원하는 온도로 자유롭게 열을 발생시키는 발열 스마트 섬유 ‘HeaTex’ 를 개발하고 의류, 장갑, 방석, 매트 등에 적용하였다. ‘HeaTex’ 는 인체의 체온과 외부 기온 등을 감지하고 온도를 스스로 조절하는 디바이스를 포함하고 있다. 발열은 배터리의 전원공급으로 이루어지고 35~50 ℃ 수준의 발열이 가능하다.

또한, 코오롱글로벌텍은 기존의 발열 스마트 섬유 'HeaTex' 기술에 더하여 아웃도어 활동 중 조난에 대비할 수 있는 다양한 안전장치들이 접목된 'Life Tech'을 출시하였다. 'Life Tech'은 발열 기능뿐만 아니라, 영상 촬영이 가능한 블랙박스, 모스 부호로 신호전달이 가능한 LED, GPS 기능을 포함하고 있다. 따라서 조난 시 이러한 기능들을 통해 조난 신호를 보낼 수 있으며, 의류에 부착된 윈드 터빈은 풍력을 이용해 자가발전이 가능해서 생존과 안전에 도움을 줄 수 있다.

[그림9] 코오롱글로벌텍의 HeaTex 및 적용제품(Life Tech Jacket)



*출처: 코오롱글로벌텍, 코오롱인더스트리

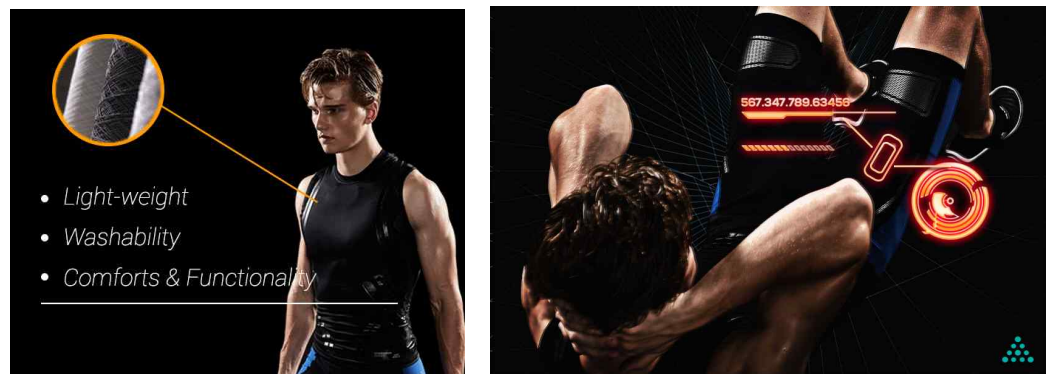
[영풍필텍스] 영풍필텍스는 1994년 설립된 비상장 기업으로, 2015년부터 스마트 섬유를 생산하고 있다. 나일론 직물, 폴리우레탄이 혼방된 신축성 직물, 고강도 직물 등에 금속과 카본나노튜브(CNT; Carbon Nano Tube)를 혼합한 전도성 용액을 코팅 가공함으로써 스마트 섬유를 생산하고 있으며, 용도에 맞게 물성과 전도성을 조절하기 위하여 바탕 소재(Base Fabric)와 코팅 용액의 다각화를 시도하고 있다. 현재 영풍필텍스의 스마트 섬유들은 주로 발열 제품 및 스마트기기 터치용 장갑에 사용되고 있으며, 추후 스마트 의류와 같은 ICT 융합 제품으로의 적용을 위하여 유연성, 신축성, 내구성 등이 우수한 스마트 섬유 개발을 위해 노력하고 있다.

[알파클로] 알파클로는 2016년 설립된 비상장 기업으로, 스트레인(Strain) 센서를 의류에 적용하여 근육의 팽창도로부터 운동량을 측정하는 스마트 의류를 개발하였다. 신축성의 폴리우레탄 혼방 원단을 전도성 나노 카본 용액에 함침하여 텍스타일 스트레인 센서를 제작하고, 신장 시 코팅된 카본 나노 입자의 거리 변화에 따른 저항값을 통해 신장률을 계산하였다. 그리고 개발된 스트레인 센서를 피트니스 의류 내 근육 팽창도를 측정하고자 하는 부위에 삽입하여 봉제하고, 봉제선을 따라 삽입된 전도사를 통해 디바이스로 신호 값이 전달되도록 제품을 설계하였다.

알파클로의 스마트 의류 제품은 세탁이 가능하고, 필름 등이 의류 내 부착될 필요가 없으므로 이물감이 전혀 없으며 착용감이 우수한 장점이 있다. ECG

(Electrocardiogram) 측정 방식이 아닌 근육 팽창도를 통해 근육 활동량을 측정한다는 점이 타 유사 기능의 제품과 차별되는 부분이다. 전용 어플리케이션은 근육 사용량, 부위별 균형 정도, 운동 목표에 따른 달성 정도 등을 가시화하여 스마트폰으로 전달함으로써 착용자 스스로도 보다 정확하고 효율적인 운동을 할 수 있도록 돕는다.

[그림10] 알파클로의 스트레인 센서가 적용된 스마트 의류



*출처: 알파클로

[표3] 스마트 섬유 산업 내 국내 업체 현황

분류	세부	업체
중간재	전도사	남광섬유, 아모그린텍 , 케이원텍스, 벤투스솔루션, 광림섬유
	제 · 편직물	코오롱글로벌텍, 영풍필텍스, 웰테크글로벌, 풍전티티, 신평섬유, 송이실업, 광일섬유, 에스엔티, 디엘에스, 알파클로, 벤틱스, 휴비스, 솔루에타 , 하나일렉콤, 한일합섬
ICT 융합제품		데상트코리아, 피에스솔루션, 블랙야크, 케이투코리아, 코오롱인더스트리, 알파클로, 삼성물산 패션부문, 와이에이치에이, 신영와코루

*볼드 및 밑줄 친 기업은 코스닥 기업임

*출처: NICE평가정보

Ⅲ. 기술 심층 분석

스마트 섬유의 종류 및 핵심 요소기술

스마트 섬유는 큰 구조적 변형에도 발생하는 변형률이 매우 낮고, 섬유 소재의 조립에 따른 손상 저항성이 뛰어난 특징으로 인해 전세계적으로 활발한 연구·개발이 진행되고 있다. 다양한 형태의 스마트 섬유가 개발되고 있지만, 이들은 발전 단계에 따라 크게 수동형 스마트 섬유, 능동형 스마트 섬유, 활성 스마트 섬유로 나눌 수 있다.

수동형 스마트 섬유는 센서에 기초하여 사용자에게 대한 감지 기능이 적용된 기술이고, 능동형 스마트 섬유는 액추에이터(Actuator)와 센서가 통합되어 환경에의 자극에 반응하는 기술이다. 활성 스마트 섬유는 주어진 상황에 자신의 동작을 감지하여 반응하고 적응하는 기술로 가장 진보된 형태이나 아직은 연구개발 단계에 있으며, 현재 대부분의 스마트 섬유는 수동형과 능동형 제품이다.

스마트 섬유를 구성하는 핵심 요소기술로는 전도성 섬유, 발광 섬유 등의 중간제조 기술과 발열·온도조절, 생체신호 모니터링, 안전보호·헬스케어, 인포테인먼트 등의 ICT 융합 기술로 분류할 수 있다.

[표4] 스마트 섬유의 핵심 요소기술

분류	요소기술	설명
전도성 섬유	전도사 제조 기술	전도성 섬유에 전력을 제공하거나, 전기적 신호를 전달하는 기능을 가능하게 하는 핵심 소재인 전도사를 제조하는 기술
	전도성 직물·편물 제조 기술	전도사를 제직 또는 편직함으로써 2D 형태의 전도성 섬유를 제조하는 기술
	전도성 물질 후가공 기술	전도사를 직접 사용하지 않고 일반적인 섬유 위에 전도성 물질을 코팅 또는 인쇄하여 전도성 섬유를 제조하는 기술
발광 섬유	광섬유 직물 제조 기술	광섬유를 통해 빛이 이동할 때 광섬유의 측면에서 나타나는 발광효과를 이용한 직물 제조 기술
	LED 부착 직물 제조 기술	LED 칩을 섬유에 부착하여 발광 섬유를 제조하는 기술로, 이질감, 착용감 저하, 접촉 불량, 세탁 등의 문제가 있음
ICT 융합	발열·온도조절	텍스타일형 면상 발열체의 유연성을 이용해 어떤 형상에서도 효율적인 가열 효과를 제공하는 기술
	생체신호 모니터링	스트레인 센서, 정전용량 센서 등을 이용해 심전도, 근육 활동량 등의 생체신호를 감지하는 기술
	안전보호·헬스케어	위급상황에서 착용자의 생명과 안전을 보호하기 위한 융합 기술

*출처: NICE평가정보

전도성 섬유

[표4]와 같이 스마트 섬유를 구현하는데 다양한 요소기술이 필요하나, 이중에서도 전도성 섬유가 가장 핵심적인 기술로 파악되어, 해당 기술 분야에 대해 심층적으로 분석하고자 한다.

스마트 섬유의 기반 소재인 전도성 섬유는 전기저항을 낮춘 섬유로, 금속 반도체, 카본블랙 및 금속산화물 등의 재료를 사용하여 제조한다. 전도성 섬유의 전기적 특성은 스마트 섬유 응용기술의 기본이 되며, 각 섬유가 지닌 전기 비저항 및 물리·화학적 특성에 따라 여러 가지 기능성 제품에 적용이 가능하다. 이러한 전도성 섬유를 제조하기 위해 필요한 핵심 기술로는 전도성 원사(전도사) 제조 기술, 전도성 직물·편물 제조 기술, 전도성 물질 후가공 기술 등이 있다.

전도사 제조 기술

전도사는 전도성 섬유 제품에서 전력을 제공하거나 전기적 입·출력 신호를 전달하는 기능을 수행하는 핵심 소재이다. 전자기기에서 전선 혹은 회로가 하는 역할을 섬유에서는 보다 유연하고 착용감이 우수한 전도사가 대체할 수 있다. 대부분의 전도사는 주로 세 가지 방법에 의해 제조되는데, 1) 금속 와이어를 사용하는 방법, 2) 일반 고분자 섬유에 전도성 물질을 함유시키거나 코팅하는 방법, 3) 전도성을 가진 고분자 섬유를 활용하는 방법이다.

금속 와이어를 이용하여 만든 전도사의 경우 대표적으로는 스테인리스 스틸(Stainless Steel) 방적사, 금속 필라멘트 합연사 등이 있다. 스테인리스 스틸 방적사는 전도성이 우수할 뿐 아니라 강도와 기계력에 대한 내구성이 커서 봉제용으로 적합하다. 그러나 보통 금속 와이어로 만든 전도사는 신축성 저하와 봉제 시 끊어짐 등의 문제가 발생할 수 있는 것으로 알려져 있다. 또한, 금속 필라멘트 합연사의 경우에는 사용된 금속의 종류와 노출 여부에 따라 제품의 물성이 달라지며 산화로 인한 내구성 저하 등의 문제가 발생할 수 있다.

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 등을 나일론이나 PET, PP 등의 일반 원사에 증착한 전도사 제품은 현재 시장성이 가장 우수하며 다양한 전도성 섬유 제품에 활용되고 있다.

또한, 전도성 고분자의 활용에 대한 관심도 점차 증가하고 있다. 대표적으로 폴리피롤(Polypyrrole), 폴리아닐린(Polyaniline)이 있으며, 이들 고분자를 용융 방사하거나 혹은 일반 원사에 코팅함으로써 전도사를 생산할 수 있다. 금속을 활용한 전도사에 비해 크랙(Crack)이나 부러짐(Breaking) 등에 대한 염려가 적어 안정적으로 전도성이 구현되며, 가공성과 비용 측면에서도 우수한 장점이 있다.

전도성 직물·편물 제조 기술

전도사를 제직 또는 편직함으로써 판상(2D)의 전도성 직물 또는 편물을 제조할 수 있다. 전도성을 지닌 직물 또는 편물은 전기적 신호 감지(Sensing), 에너지 수확(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 섬유를 만들 수 있다. 편물형 전도성 섬유는 편직 공정에서 요구되는 전도사의 물성이 제직 대비 까다로워서 더 늦게 개발되었으나, 편물의 우수한 신축성과 착용성으로 인하여 현재에는 편물형 전도성 섬유가 활발히 개발되고 있다. 또한, 자카드 편직기로 회로 디자인에 따라 원하는 위치에 전도사가 삽입된 편직물도 제작할 수 있게 되었다.

직물 또는 편물형 전도성 섬유가 스마트 섬유 제품에 활용되기 위해서는 온도 등의 환경 변화에 저항성을 가져야 하며, 마찰 등에 대한 내구성과 제품 용도에 적합한 전기적·물리적 기능 발현이 확인되어야 한다. 또한, 반복되는 굽힘과 신장에도 일정한 성능을 유지할 수 있도록 형태 회복과 성능 발현에 대해서 낮은 히스테리시스(Hysteresis)가 요구된다.

[그림11] 편물형 전도성 섬유



*출처: 광일섬유, NICE평가정보 재가공

전도성 물질 후가공 기술

전도사를 직접 사용하지 않고 일반적인 섬유 위에 전도성 물질을 코팅 또는 인쇄하는 후가공의 방법으로도 전도성 섬유를 제조할 수 있다. 최근에는 전도성 용액과 후가공 기술의 발전으로, 신축성과 유연성을 갖는 다양한 원단에 전도성 물질을 코팅한 제품이 출시되고 있다. 또한, 디지털 스크린 인쇄 기기를 이용하여 전도성 페이스트(Paste)를 섬유 위에 직접 인쇄할 수 있는데, 이 방법은 전도성 섬유의 구현이 비교적 간편하고 빠른 것이 특징이다.

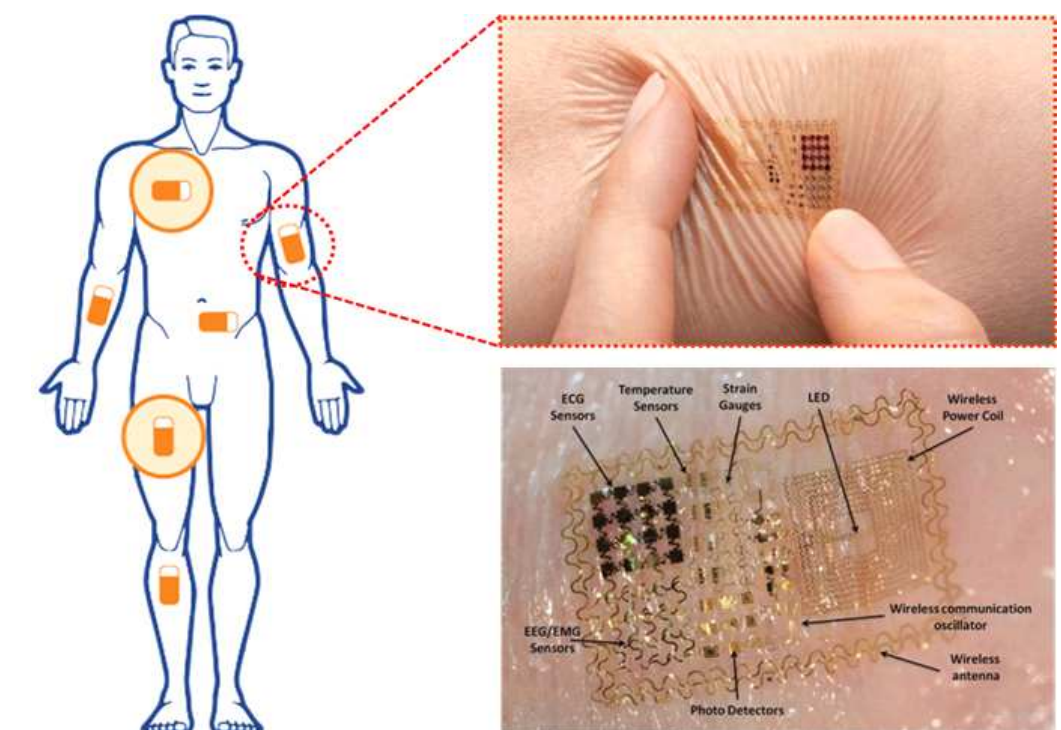
ICT 융합 기술

스마트 섬유는 전도성 섬유를 기반으로 ICT 기술과 융합된 형태의 제품군으로 다양하게 확장되고 있으며, 기존의 ICT 제품을 스마트 섬유로 대체 가능토록 하는 융·복합 기술도 개발되고 있다.

의료·헬스케어용 스마트 섬유는 운동선수나 환자, 일반 수요자들의 생체신호를 모니터링 하는 섬유로, 분석 모니터링 기술, 생체신호 추출기술, 플렉서블(Flexible) 배터리 기술이 중요한 요소기술이다. 분석 모니터링 기술은 바이오 센서를 통해 심장박동, 호흡 등의 생체신호를 감지하여 이를 전송하고 외부로부터의 자극에 능동적으로 대처하는 기술로, 전도성 섬유 기술과 융합하여 의료, 헬스케어, 재난 및 위급한 환경에서 사용이 가능한 스마트 섬유를 제조할 수 있다.

생체신호 추출기술은 사람의 자율신경계 활동에 의해 나타나는 생체신호로부터 인간의 감성을 추론하기 위해 피부전기전도도(GSR; Galvanic Skin Response), 피부온도(SKT; Skin Temperature), 심전도(ECG; Electrocardiogram), 뇌파(EEG; Electroencephalogram), 근전도(EMG; Electromyogram) 등의 신호를 감지하고, 변화를 종합적으로 분석하는 생체신호 처리 기술이다. 미국의 스타트업 MC10이 개발중인 바이오 스탬프(BioStamp[®])는 반창고나 스티커 문신처럼 피부에 붙여 몸의 상태를 모니터 할 수 있게 해주는 기술로, ECG 센서, EEG/EMG 센서 등을 통해 신체 변화를 모니터링 하고, 수집된 데이터는 스마트폰을 통해 클라우드로 전송되어 분석이 이루어지게 된다 [그림12].

[그림12] 생체신호 추출기술을 활용한 BioStamp[®]



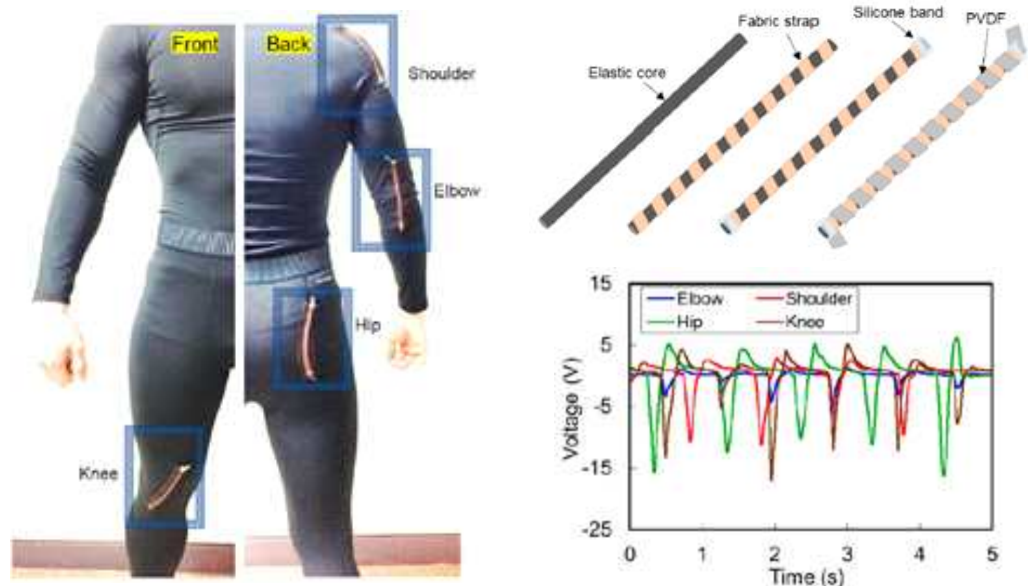
*출처: mc10, NICE평가정보 재가공

안전·보안용 스마트 섬유에서는 발한량 측정, 온·습도 측정, 발열·온도조절, 화학가스 탐지, 위치인식 기술 등이 핵심 요소기술이다. 보안업체, 운송업체, 경찰, 소방관의 근무복에 착용자의 안전성을 제고하기 위해 특정부위(발, 손목, 가슴, 머리 등)에 EL(Electronic Luminance)기술을 접목시켜 착용자의 위치를 제공하거나, 바이오 센서를 삽입해 심장박동, 호흡 등의 생체신호를 감지하고, 이를 전송하고 외부로부터의 자극에 능동적으로 대처하는 것이 가능하다.

기술개발 동향

최근에는 스마트 섬유에 무선으로 별도의 연료나 비용을 들이지 않고 에너지를 공급하기 위하여 인체의 활동에서 발생하는 운동 에너지를 수확하여 전기 에너지로 변환시키는 연구가 활발히 진행되고 있다. 이를 위해서는 섬유와 혼용하여 옷감으로 제작할 수 있고, 인체의 관절 부위, 허리, 복부 등 인장·수축 동작이 반복되어 에너지 수확 및 감지가 가능한 부위에서 강한 내구성을 가질 수 있는 직물 형태의 에너지 수확 소자와 센서에 대한 설계가 필요하다. [그림13]는 에너지 수확 소자가 적용된 프로토타입의 스마트 섬유로, 관절의 인장과 수축 동작이 반복될 때마다 전기가 생성되는 것을 보여주고 있다. 해당기술이 상용화 된다면 착용자의 움직임만으로 전기를 생성하여 간단한 휴대용 전자기기를 충전하는 것이 가능할 것으로 판단된다.

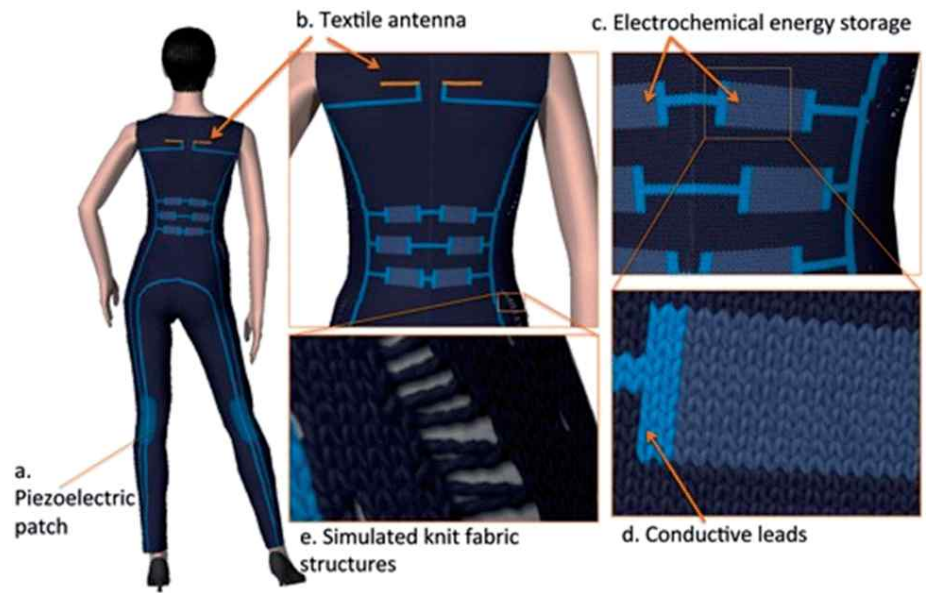
[그림13] 에너지 수확 소자가 적용된 프로토타입 스마트 섬유



*출처: *Micromachines*, 8, 115 (2017)

또한, 미래에는 에너지 수확 소자, 안테나, 에너지 저장장치 등을 모두 유연하고 신축성이 뛰어나 섬유 소재로 구현함으로써, 착용자가 별도의 에너지원 없이 자체적으로 전기를 생성·저장하고, 통신까지 할 수 있는 ICT 융합 스마트 섬유의 개발이 가능할 것으로 예상된다.

[그림 14] 차세대 ICT 융합 스마트 섬유의 개념도



*출처: *J. Mater. Chem. A*, 2, 10776 (2014)