한국섬유산업연합회
Korea Federation of Textile Industries

2020년 섬유산업 HCI 융합섬유 전문인력 양성 방안 보고서

2020년 섬유산업 HCI 융합섬유 전문인력 양성 방안 보고서

2021. 1



2021. 1

산업통상자원부
한국섬유산업연합회
Korea Federation of Textile Industries
SFRDC 섬유산업인적자원개발협의체

산업통상자원부
한국섬유산업연합회
Korea Federation of Textile Industries
SFRDC
섬유산업인적자원개발협의체

섬유산업 HCI 융합섬유 전문인력 양성 방안 보고서

2021. 1

산업통상자원부

한국섬유산업연합회
Korea Federation of Textile Industries

SHRDC
섬유산업인적자원개발협의체

목 차

Ⅰ. 개념 및 배경 ····· 1
1) HCI 융합섬유의 개념 및 범위 ····· 1
2) 산업적 배경 ····· 3
3) 기술적 배경 ····· 5
4) 정책적 배경 ····· 13

Ⅱ. 국내외 HCI 융합섬유 산업현황 분석 ····· 21
1) 국외 현황 분석 ····· 21
2) 국내 현황 분석 ····· 33
3) HCI 융합섬유의 산업적 파급효과 ····· 44

Ⅲ. 국내외 HCI 융합섬유 기술 현황 분석 ····· 54
1) 감성 공학 섬유 기술 ····· 54
2) 전도성 섬유 기술 ····· 57
3) 압전 기반 HCI 융합섬유 기술 ····· 73
4) 스마트 텍스타일 센서 HCI 융합섬유 기술 ····· 79
5) 발열 기능 HCI 융합섬유 기술 ····· 95

Ⅳ. HCI 융합섬유 전문인력 수급 현황 및 양성의 필요성 ····· 98
1) 국내 인프라 현황 분석 ····· 98
2) HCI 융합섬유 전문인력 양성의 한계 및 문제점 ····· 99
3) HCI 융합섬유 미래 인재상 ····· 100
4) HCI 융합섬유 인력 수급 현황 ····· 102
5) 섬유산업 인력 수급 현황 ····· 105
6) HCI 융합섬유 전문인력 양성의 필요성 ····· 108
7) HCI 융합섬유 전문인력 양성 방안 ····· 110

V. HCI 융합섬유 전문인력 양성 세부계획 ····· 111
1) HCI 융합섬유 분야 정의 및 교육과정 분석 ····· 111
2) HCI 융합섬유 전문인력 양성을 위한 교육 프로그램(안) ····· 114

V. HCI 융합섬유의 인력양성 기대효과 ····· 117
1) 인력양성 측면 ····· 117
2) 산업기술 측면 ····· 118

본 보고서는 산업통상자원부가 지원하는
「2020년도 섬유산업 인적자원개발협의체(SC) 활성화사업」의 결과물로,
보고서에 대한 문의는 아래와 같이 하여주시기 바랍니다.

□ 집필자 : 한양대학교 유기나노공학과 한태희 교수

□ 문의처 : 한국섬유산업연합회 섬유SC 사무국
(Tel: 02-528-4038, e-mail: phb1025@kofoti.or.kr)

I. 개념 및 배경

1) Human Computer Interaction(HCI) 융합섬유의 개념 및 범위

○ 최근 전자 및 나노기술의 발달로 다양한 기능을 지닌 각종 전자기기가 개발되고 그 기능이 지속적으로 확대됨에 따라 사용자의 건강상태 모니터링, 활동정보 기록, 모션에 의한 전자기기 제어 등 사용자의 신체와 각종 기기의 직접적인 커뮤니케이션에 대한 요구가 증가하게 되었음.

○ 이에 따라 인간과 컴퓨터의 상호작용(Human Computer Interaction(HCI)) 분야의 활용을 위해 스마트 섬유를 적용한 핵심소재 및 부품 개발에 대한 필요성이 대두되고 있음.

○ HCI 융합섬유는 인간과 컴퓨터의 상호작용에 활용되는 스마트 섬유가 포함된 섬유 소재·부품 전반을 의미하는 것으로 통상 섬유 고유의 화학적, 물리적인 특성에 광학적, 전기적, 에너지 기능성을 부가한 섬유 제품을 말함. Interactive 직물 및 의류의 구성요소, 또는 IT 제품의 소재 부품으로 사용되는 첨단 섬유 기반의 제품군으로 정의됨.

○ 따라서 HCI 융합섬유는 wearable technology와 smart fabrics의 공통영역인 e-textile와 ICT (Information & Communication Technology(정보통신기술))융합섬유 및 제품을 포함하는 광범위한 개념이라고 할 수 있음.

[그림 1] HCI 스마트의류 제품의 기술적 진화단계



ㅇ HCI 융합섬유 제품은 주위 환경이나 인체의 자극에 대한 감지 및 반응 시스템을 적용한 섬유제품으로 다양한 기능을 복합적으로 수행하거나 IT를 포함한 최첨단 신기술과 결합하여 새로운 기능을 구현하는 다기능성 기반 고기능 섬유소재를 의미하며, 이를 바탕으로 사용자 친화적인 제품 및 시스템을 구현이 가능할 것으로 기대됨.

ㅇ 현재 개발되거나 상용화가 이루어진 HCI 융합섬유 제품은 세부적으로는 압전섬유, 습도감응섬유, 온도감응섬유, 감광섬유, 전도성섬유 등의 제조 및 응용기술을 활용한 홈 · 가구 · 인테리어 융합제품, 스포츠 · 피트니스 융합제품, 헬스케어 · 메디컬 융합제품, 안전 · 보호 · 국방 융합제품, 스마트웨어 융합제품 및 자동차 융합제품으로 분류됨.

ㅇ HCI 융합섬유를 구성하는 핵심요소 기술은 유연성이 우수한 전도성 소재를 기반으로 인체정보 및 환경정보를 측정하는 센싱 기술, 정보를 처리하는 유연소자 및 소프트웨어 기술, 정보를 표현해주는 시 · 청각 및 촉각 기능의 출력기술, 그리고 이를 원활하게 작동시키기 위한 에너지를 공급하는 전원 기술 등이 포함됨.

[표 1] HCI 융합섬유의 핵심 요소 기술

분류	요소기술	설명
전도성 섬유	섬유 제조 기술	전기가 통하여 전력 및 신호의 전달이 가능한 섬유 제조 기술, 일반 섬유에 전도성 물질을 기능화한 전도성 섬유 제조 기술
	직물 · 편물 제조 기술	전도사의 제직 또는 편직을 통해 2차원적 형태의 전도사 집합체 제조 기술
디스플레이 섬유	광섬유 직물 제조 기술	빛의 이동에 의해 나타나는 섬유의 발광 효과를 이용한 직물 제조 기술
	발광소자 부착 직물 제조 기술	발광 디바이스를 부착한 디스플레이 섬유 제조 기술
ICT융합	온도 조절	섬유형태의 유연한 발열체를 이용해 발열기능을 가진 섬유 제작 기술
	생체신호 모니터링	각종 센서를 이용하여 심전도, 근육활동량 등의 생체신호를 감지하는 섬유형 센서 기술
	안전보호 · 헬스케어	위급상황을 인식, 안전을 유지하기 위한 융합기술

2) 산업적 배경

□ (산업현안) 무역·통상환경 변화, 저출산・고령화 사회 도래, 기후변화 대응 지속가능한 산업을 추구, 초연결 사회로의 진입, 4차 산업혁명의 확산 등 글로벌 환경변화에 따라 섬유산업의 경쟁력 강화와 미래성장동력 발굴 필요.

ㅇ (패션섬유) 대중 수출품목 고도화와 전세계적 시장다변화, 수출시장 맞춤형 K-fashion 섬유제품 개발, 지속가능한 패션산업구조 구축, 글로벌 패션 브랜드 육성과 디자인 역량 강화, 4차 산업혁명 기술(빅데이터, 인공지능, AR·VR 등)을 활용한 물류유통 혁신이 요구되고 있음.

□ 섬유패션 제품은 과거 고기능성 위주의 제품에서 기술융합을 통한 초연결, 스마트화로 패러다임이 변화하고 있음.

ㅇ (스마트의류 투자 급물살) 미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 글로벌 시장 선점을 위한 전략적인 투자가 집중되고 있음.

- 사용자와 디바이스와의 상호작용을 기반으로 하는 스마트의류는 미래 디지털 라이프 스타일을 제공함으로써 새로운 시장 창출이 가능한 분야로 미래 섬유패션산업의 지형을 바꿀 분야로 급부상.

- 전 세계적으로 초연결 시대로 접어들면서 스마트의류를 기반으로 하는 새로운 UX를 가진 기능과 인터페이스가 주요 대상으로 부각.

- 관련 감성 인터페이스는 최근 국내외 다양한 기관에서 유망 기술로 선정.

□ (소비가치 변화) 제품 → 제품 + 가치(소통・표현・체험)

ㅇ IT융합 미래 기술 예측조사 2025(지식경제부, 한국산업기술평가관리원, 2011) 등에서는 인간의 편리하고 안전한 삶을 위한 주요 기술로 인간 감성과 인터페이스 기술을 포함하고 있음.

- 인터페이스 관점에서 ‘사용자’, ‘제품’, 그리고 그 사이의 ‘상호작용’을 고려한 개선을 통해 사용자에게 보다 편리하고 직관적인 기능과 기기를 개발하는 것이 매우 중요하며, 최근 인터페이스 설계의 핵심에 스마트 섬유가 있음.

ㅇ 고품질 브랜드의 제품 판매이익으로 인한 부가가치 창출에서 탈피하고, 소비자에게 가치(소통・표현・체험)를 제공하는 新사업모델 출현이 절실함.

- 대중화 → 개인화 상품 → 서비스 기능 → 감성・실물 → 가상 → 지속가능성 등으로 소비가치가 변환하고 있음.

ㅇ (스마트의류의 진화) 스마트의류 관련 제품은 시장 니즈에 따라 휴대형(Portable)과 매립형(Built-in) 단계를 거쳐 착용형(Wearable)과 집적형(Integrated)의 커넥티드(Connected) 제품 단계로 진화하고 있음.

□ 4차 산업혁명 확산과 산업 현안

ㅇ (패션섬유) 소비자 중심의 맞춤형 의류패션, 개인 시장 및 브랜드와 프로슈머의 등장, 지역 및 개별 생산 공장, 의류 제품의 공유, 가상·증강현실(VR·AR)과 고객 맞춤형 유통·마케팅 등의 구조변화 진행되고 있음.

ㅇ (의류・생활용 테크니컬섬유) 감지제어, 통신, 작용동작, 저장, 신호처리 기능을 갖는 스마트 섬유제품 기반으로 신체 및 외부 환경 신호를 감지하고 이를 데이터화하여 개별 수요자에게 맞는 기능을 갖춘 전자섬유 기반 개인 맞춤형 제품 시장이 급속히 성장하고 있음.

ㅇ (산업용 테크니컬섬유) 산업 환경 변화에 따라 지능적이고 능동적으로 대처하는 극한성능 슈퍼섬유와 신기능 섬유에 대한 요구가 커지고, 단순 제품판매 중심에서 모니터링, 진단, 제어 등을 수행하는 서비스 산업으로 변화하고 있음.

3) 기술적 배경

□ 섬유소재 해외 기술동향

ㅇ 섬유소재는 의류뿐만 아니라 산업용도의 활용이 증가하면서 ‘산업의 옷’을 만드는 신소재로 부상.

- 섬유소재는 제조 및 성형과정에서 형태, 특징, 용도 등의 기능변경이 가능하여 대부분의 산업 영역에 적용이 용이해 산업용으로 확대 경향.

- 조선, 자동차, 항공, IT, 레포츠산업의 급속한 발전과 기능성 강화로 기술과 시장 양면에서 급속한 발전 추세.

- 세계 산업용섬유 수요(억$): ('05) 1,069→('10) 1,273→('15) 1,905(연평균 5.9%).

- 최근 자원 고갈과 지구 온난화로 수송기기의 연비 향상과 CO_2 배출량 감소를 위하여 초경량 · 고강도 섬유에 대한 관심 급증.

- 탄소섬유복합소재 17% 적용 자동차의 경우 연간 CO_2 배출량 19% 감축.

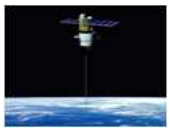
ㅇ 섬유패션산업은 초경량 및 고기능성 섬유, 스마트 섬유, 친환경 섬유, 첨단의료용 섬유 등에 R&D가 집중됨.

- 의류패션용 섬유의 경우 스포츠・레저 분야의 성장에 따라 다양한 기능성 소재를 활용한 다기능 제품의 개발이 주도되면서, 동시에 지속가능성에 대한 소비자 요구에 맞추어 소재개발 추진 중.

- 생활용 섬유의 경우 생활용품에 대한 인식의 변화로 새로운 기능과 친환경 소재를 이용한 고감성・고부가가치 인테리어 제품이 주를 이룸.

- 산업용 섬유의 경우 자동차, 건축 등의 분야에서 기존의 금속소재를 대체하는 부품소재로써 첨단섬유소재 개발이 이루어짐.

[그림 2] 산업용 섬유의 활용사례

우주/항공	수송기기	에너지	전자/기계	건축/토목	스포츠/레저	의료/기타
						
동체, 부품, 내장재	차체, 내장재, 연료탱크, 타이어	블레이드, 시추용 파이프, 연료전지	전자제품, 로봇, 광케이블 보강재	구조재, 내장재, 필터, 지반보강재	골프채, 라켓, 낚시, 요트, 자전거	의료용품 · 기기, 방호 · 방탄 용품
						

ㅇ 섬유가 자동차, 에너지, 의료 · 위생, 우주 · 항공, 국방, 건축 · 토목 등 관련 산업과의 융복합화 기술개발이 활발히 진행되면서 산업의 부품, 소재로 용도로 확대.

ㅇ 극한성능의 슈퍼섬유, 원가혁신 탄소섬유 및 섬유강화복합재, 고성능 부직포 등의 글로벌 기술개발 경쟁 치열.

- 탄소섬유는 도레이(Toray)가 초고강도 T1200G, 파라아라미드섬유는 듀폰(DuPont)이 경량방호복용 Kevlar® XP와 XD, 메타-아라미드섬유는 데이진(Teijin)이 염색성이 우수한 Teijinconex neo, UHMWPE는 DSM이 내절창성이 향상된 Black Dyneema Diamond, 봉합사용 Dyneema Purity섬유를 개발·상업화.

- 산업용 내구재 분야에서 방사속도 프루덴베르그(Freudenberg Performance Materials), Flash spun 방사형 부직포 개발은 듀폰사(Dupont-Tyvek), 용융셀룰로오스 소재 적용 아사이카세이(Asahikasei-Bemliese), 알스트롬(Ahlstrom), 죤스만빌(Johns Manville)이 습식부직포 개발을 주도하는 가운데 하이브리드 공정기술과 전기방사 공정 등 신규 방사공법에 의한 소재·용도제품 개발이 활발.

- 저가 탄소섬유 및 CFRP, 탄소섬유 부직포, Near net-shaped preform, Stamping 성형용 복합재료, 이종소재와의 복합성형 등 핵심기술을 일본, 독일, 프랑스가 선도.

- ATL/AFP에 의한 프리프레그 기술은 엠토레스(MTorres), Forest-Liné, 프리폼 용 3D 패브릭 제조기술은 반 데 휠레(Van de Wiele), 칼 마이어(Karl Meyer), 사카세 아도테크(Sakase Adtech), 마게바(MAGEBA), 고속 성형공정기술은 데이진, 도레이, SGL, 헥셀, 텐케이트 등이 세계 최고의 기술 경쟁력 보유.

ㅇ 코스메틱, 헬스케어 등 생활용 섬유제품 분야의 경우, 유럽 선진국을 중심으로 기존 이종 단순조합 제품에서 특수 기능성·맞춤소재를 활용하여 관리와 취급이 쉬우며 기능은 다양하고 복합적인 ICT, IT, AI 융합형 제품으로의 개발되어 영역이 확대되고 있음.

- 도레이, 데이진, 도요보, 미쓰비시레이온은 섬유소재, 라이테스(Lytess), 쉘러는 기능성 가공, 인비스타는 생활용 소재 및 가공에 대한 선도 기술 보유.

- 프랑스 AB7 Industries社의 셀룰라이트 분해를 돕는 다이어트 이너웨어, 스페인 Nurel社의 보습, 피부탄력 및 주름개선용 마스크팩, 일본 후지보社의 피부미백 및 주름방지기능의 비타민 섬유 등.

- 듀폰의 아라미드섬유와 Tyvek® 부직포 소재, DSM이 UHMWPE섬유, 카네카(Kaneka)가 난연 모다크릴섬유, 도요보(Toyobo)가 고강력 PE, PBO, 텐케이트(TenCate)가 보호용 원단, 밀리켄(Milliken)이 고기능성 가공기술 개발을 주도하고 있는 안전용품 대표기업으로 꼽히고 있음.

- KERNEL, AKATEX, TDV industries 등은 소방복, 군복, 산업용 보호복 소재 및 안전보호용 제품 개발을 주도하고 있음.

ㅇ 글로벌 환경 기술규제는 선진국의 새로운 보호무역 수단으로 작용되고 있으며, 국내·외 정책적 규제 강화와 더불어 민간 자율적으로 시행되는 바이어들의 품질·안전·환경에 대한 규제대상품목(RSL : Restricted Substance List)이 본격 발효되고 있음.

ㅇ 선진마켓을 중심으로 소재·제품 자체의 유해물질 불포함 뿐만 아니라 제조공정 전반에서의 환경친화성을 요구하는 차원 높은 지속가능성 기술이 도입되고 있음.

- 오스트리아 렌징(Lenzing)사는 비스코스 레이온섬유에 지속가능인증을 받은 목재를 사용하고, 생산공정에 '완전 무염소 표백'(Totally Chlorine Free)기법 등 환경영향 극소화 기술을 도입.

○ 나이키 등 주요 브랜드들의 리사이클 제품 확대에 따라 바이오매스 기반 섬유, 리사이클 섬유, 생분해성 섬유에 대한 실질적인 수요가 지속 확대 중이며, 도레이, 그린론, 알텍스 등 많은 기업들이 가격경쟁력과 물성이 우수한 리사이클, 바이오매스 유래 섬유를 상업화하고 있음.

○ 프리미엄 소비재는 1~2개의 기능성을 넘어서는 복합 기능성(multiple functionality) 기술수요가 증가하며 고도의 심미성과 터치감 및 기능성이 요구되는 프리미엄급 패션소재에 대한 요구가 증가되고 있음.

○ 패션과 ICT, 신소재간 융복합을 통해 새로운 프리미엄 소비재 신시장을 창출 중.

- 나이키는 2018년 스스로 사이즈를 조절(auto-lacing adapt)하며 발광하는 초적응(Hyperadapt) 농구화를 발표하며, 스마트기술과 패션의 결합에 대한 당위성을 주장함.

- 타미힐피거는 전 세계 인구의 15%를 차지하는 장애인을 위해 마그네틱 단추를 사용하거나 여밈 위치와 방식에 변화를 준 적정기술형 의복을 개발하여 출시.

[표 2] 세계 웨어러블 디바이스 출하량

구 분	2019년 출하량 (백만대)	2019년 시장 점유율 (%)	2023년 출하량 (백만대)	2023년 시장 점유율 (%)	2019-2023 CAGR (%)
의 류	3.0	1.5	8.5	3.1	30.2
이어웨어	54.4	27.4	86.5	31.0	12.3
시 계	90.6	45.6	131.3	47.1	9.7
손목 밴드	49.0	24.7	50.4	18.1	0.7
기 타	1.7	0.8	2.3	0.8	8.2
합 계	198.5	100.0	279.0	100.0	8.9

자료 : Qaurterly Wearable Device Tracker(IDC, 2019.3)

○ 소비자들의 지속적인 요구로 스포츠와 ICT, NT, BT가 결합된 융·복합 제품에 대한 개발 경쟁이 치열해지고 있음.

- 소비자의 다양한 요구와 높아진 전문성, 심화된 경쟁으로 인한 스포츠웨어 및 신발 등의 스포츠용품에 적용되는 과학기술 개발 경쟁도 심화되고 있음.

- 아웃도어·스포츠 웨어는 기능성은 물론 감각적인 스타일까지 반영한 패션이 주목을 받고 있어, 브랜드들은 차별화된 기능성 소재나 생산 공정을 개발하기 위하여 다양한 방식으로 활발하게 연구를 진행하고 있음.

[표 3] 주요 선진국 산업동향

국 가	주요 산업동향
일본 	• **생산자 중심 → 소비자 중심(Market-in)으로의 시스템 구축** - 글로벌 수요 구조 변화에 대응하여, 후쿠이(福井) 합섬 직물 산지의 생산구조를 산업용 섬유소재 및 고급 패션소재 중심으로 개편 * Toray, Teijin 및 Mitsubishi Rayon을 중심으로 탄소섬유, 아라미드섬유 등 고성능 섬유 및 응용제품 개발을 위하여 R&D 투자 확대 - 과거 Toray社의 Toray Cluster는 공급·생산자 중심의 기업 간 협력 R&D 형태였으나 '10년 이후 소비자 요구 중심의 어패럴 회사가 제품 개발을 주도하는 방향으로 시장 확대 * (과거) Toray社 원사 개발 ⇒ (현재) UNIQLO社 신제품 개발로 시장 주도
유럽 	• **고차 가공기술 개발을 통한 고부가가치 제품화** - (독일) 산업용 소재 및 이에 대한 봉제기술을 집중 개발하여, 수송기기, 건축·토목, 메디컬 분야에서 세계 최고 수준의 소재, 가공기술 보유 * 지속가능한 섬유를 위한 공감대 형성, 산·학·연 협력체계를 중심으로 『인더스트리 4.0』 실행 - (이탈리아) 소기업 중심 Network, 섬유 산지를 중심으로 한 기업 간 Partnership을 형성하여 자체적인 기획, 생산, 마케팅 기능을 갖춘 '산지형 클러스터' 형성 * 이탈리아 북부 지역을 중심으로 고감성 의류 생산단지 구축
미국 	• **섬유·의류 제조, 의류패션 디자인, 패스트 패션, 유통 분야에서 세계적인 업체들을 보유** - 2013년 방글라데시 의류공장 붕괴 이후 안전문제 제기, 미국 경기회복, 아시아지역의 노동 및 운송비용 상승, 소비자들의 미국산 제품 선호 등으로 해외생산기지를 자국으로 전환하는 기업 증가 • **슈퍼섬유, 나노섬유를 비롯한 산업용섬유 분야에서 세계 1위 기술국**

중국 	• **다운스트림인 의류분야에 높은 경쟁력을 확보**하고 업스트림인 섬유소재까지 육성하여 전 벨류체인의 균형적인 성장 • 안전 및 환경 친화적인 고성능 산업용 섬유 수요 증가 - 선진국 제품과 기술력 차이가 있으나, **정부의 지원과 우주·항공·국방 분야의 발전에 따라 기술수준이 급속히 향상**

□ 국내 기술동향

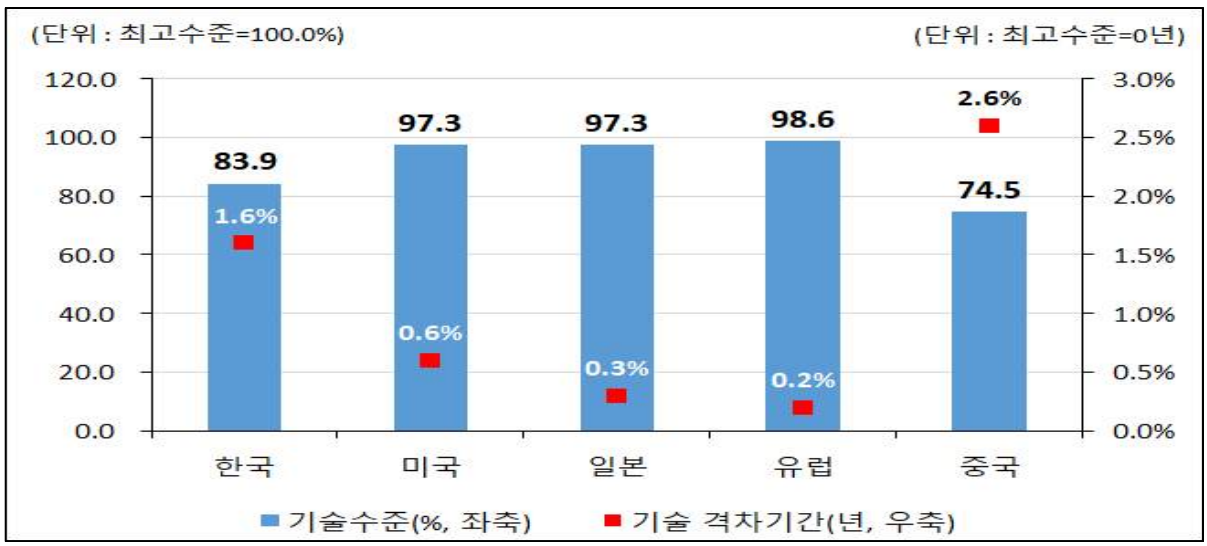
○ 국내 섬유패션 기술수준

- 산업통상자원 R&D 전략기획단에 따르면, 우리나라 섬유패션산업의 기술수준은 최고수준대비 83.9%로 나타남.

- 선진국대비 우리나라는 약 1.6년 격차가 발생한 것으로 분석.

- 중국의 기술수준은 최고수준대비 74.5% 수준으로 우리나라와 기술 격차가 좁혀지고 있는 실정.

[표 4] 주요 국가별 섬유·의류 기술수준 비교



자료 : 2019-2021 산업기술R&D투자전략 (2019.8)

- 산업연구원 분석결과, 국내 섬유패션산업 기술수준은 중국보다 2년 정도 앞서 있으나, 일본보다 4~5년 뒤져있으며, 특히 고성능 산자용 소재, 차별화 패션 소재는 개발 부진으로 기술 수준이 일본의 78% 수준.

[표 5] 섬유패션 분야별 한 · 중 · 일 기술경쟁력 비교

	산업용 섬유사	의류용 섬유사	제 · 편직	염색/가공	봉제	부직포	섬유강화 복합재	섬유패션 산업
중국=100	100	115	110	120	105	110	115	110
일본=100	67	85	87	77	90	85	70	78

자료 : 산업연구원(2019.5)

주 : 수치는 중국과 일본을 100으로 놓을 때 한국의 경쟁력 수준

○ 국내 섬유소재부품산업은 첨단기술을 접목한 고부가가치 제품을 생산 · 공급하는 구조로 전환하는 추세임.

○ 첨단 산업용 섬유제품은 건축, 방호/보호, 공업용 엔지니어링, 메디컬, 수송, 산업플랜트와 같은 유망분야를 중심으로 활용 확대 중.

- 독보적인 핵심기술 보유 및 지속적인 기술개발을 추진하였으나 R&D 인프라 부족, 연구개발 투자부진 등에 따른 기술혁신 및 제품 차별화 미흡으로 미국, 일본 등 선진국과의 기술격차를 좁히지 못하고 있음.

○ 대기업을 중심으로 타이어코드, 아라미드 섬유, 생분해성 섬유 등을 중심으로 산업용 섬유 비중을 확대해 가고 있음.

- 파라계 아라미드섬유 6,300톤, 탄소섬유 5,000톤, 메타-아라미드섬유 2,500톤, PPS 1,200톤, 초고분자량PE섬유 400톤 규모의 고성능섬유 생산기반 구축 중.

○ 국내기업들은 프리미엄 패션제품, 기능성 인테리어 섬유, 기능성 직편물, CFRP, 극한성능 슈퍼섬유에 대한 특허를 활발히 출원하고 있으나, 대부분 선진국 기업들의 원천특허에 대한 방어 특허에 그치는 상황.

○ 산업용 첨단소재 수요는 매년 8.7% 증가세이나, 고성능섬유의 국내 생산 부족으로 90%이상을 수입에 의존.

- 탄소섬유는 프리프레그 등을 제품화하여 주로 국내 중소 부품소재 제조업체에 공급하는 형편이나, 반면 국내 개발/생산된 고성능섬유는 수요업계와의 연계가 부족, 원사 상태로 수출되는 상황.

ㅇ 국내 생활용 섬유 제품 생산은 리빙 및 홈 인테리어 섬유 제품에 대한 수요증가 및 고급화를 겨냥하여 2011~2017년 연평균 4.9% 증가, 동기간 섬유 패션 전체 생산 감소세(-3.2%)에 비해 높은 성장률을 기록.

- 침구기업 '리탠다드'는 여름철 숙면을 지원하는 냉각 베개를 개발, ㈜이브자리는 항균·항독 기능을 적용한 친환경 모달헴프 소재의 베딩제품 등을 개발.

ㅇ 난연사, 고강력사를 이용한 안전보호용 섬유개발이 활발히 진행되고 있으며, 이에 더하여 활동성과 쾌적성을 부여하기 위한 직물조직 설계기술과 투습방수 및 체온조절 등 다양한 기술개발 시도.

- 휴비스는 초고내열성·난연성이 우수한 메타-아라미드섬유 메타원, 코오롱인더스트리는 고강력·고탄성율의 파라계 아라미드인 헤라크론, 그리고 태광은 가격경쟁력이 우수한 안전보호용 난연 모다크릴 섬유를 개발·생산 중.

ㅇ 국내에서는 글로벌 패션시장 진출확대를 위한 디자인 개발, 온라인 및 3D, 빅데이터 기반의 상품기획 및 마케팅 솔루션을 활용하는 추세이며 지속가능 섬유제품 수요확대에 따른 개발도 활발히 진행.

- 한솔섬유 등 주요 벤더기업들은 미국 등 수출시장 납기단축을 위해 3D 디자인 S/W 활용하고 있으며, LF는 온라인 쇼핑몰을 통해 3D 가상피팅 서비스를 제공.

- 삼성물산패션은 온라인몰(SSF샵) 강화를 위해 스타일 큐레이션 플랫폼 '어나더샵(Another#)'을 구축, 고객 소비패턴 분석 및 상품추천 AI 서비스를 추진.

- 코오롱FnC는 모든 제품에 친환경 소재와 공정을 적용, 오가닉 코튼, PET병 및 폐그물 리사이클 소재 채택과 염색용수를 99%까지 절감하는 오존 워싱 기법의 친환경 데님 등을 판매.

4) 정책적 배경

□ 해외 산업정책

ㅇ 주요 선진국은 텍스트로닉스 섬유, 웨어러블 스마트 의류, 섬유강화복합재, 산업용 섬유 생태계 조성하고, 패션섬유 공정혁신 및 수출촉진 정책을 적극 추진.

ㅇ (미국) 국가제조업 혁신 네트워크 전략계획의 일환으로 'National Network of Manufacturing Innovation Manufacturing(NNMI)'을 시행하고 있으며, '16년부터 공공-민간 파트너십(Public- Private Partnerships)중심으로 산업체의 문제를 산업계와 학계가 공동으로 연구하는 협력체인 제조업혁신센터를 추진.

- 2015년 「Institute for Advanced Composites Manufacturing Innovation (IACMI)」를 설립하여 190개 산학연과 CFRP 제조원가를 50%로 낮추는 기술을 개발 중임.

- 스마트 섬유 원천기술을 개발하는 Advanced Functional Fabrics of America Institute(AFFOA)에 32개 대학, 16개 기업, 72개 manufacturing entities, 26개 스타트업 인큐베이터가 멤버로 참여함.

ㅇ (EU) Horizon 2020 정책(2014~2020년)을 통해 섬유패션산업의 기술주도권 확보와 중소·중견기업의 혁신기술 개발 지원, 중소·중견 패션기업들의 생산기술개발 프로그램인 Worth Market Uptake 2015에 1,100만 유로, 중소·중견 섬유기업들의 경쟁력 강화 프로그램인 COSME에 예산 23억 유로 투입.

- 2007년부터 EC(European Commission)는 EU Lead Market Policy를 추진하며 "Lead Market Initiative"를 위해 「eHealth」, 「Protective Textiles & Clothing」을 포함하는 6대 시장을 대상으로 전략적 투자를 진행하고 있음.

- 독일은 2012년부터 5년간 1억2천만유로를 투자하여 자동차 경량화 섬유강화 복합재 개발을 위한 Open Hybrid Lab Factory를 구축하여 OEM기업, 소재·부품기업 및 연구소와 대학들에게 장비와 기술정보 제공, 공동연구, 인력양성을 실행 중이며, 2013년부터 3년간 DFKI(독일인공지능연구센터)에 60억유로를 지원하여 클라우드 컴퓨팅 기반의 웨어러블 스마트 의류를 개발하였음.

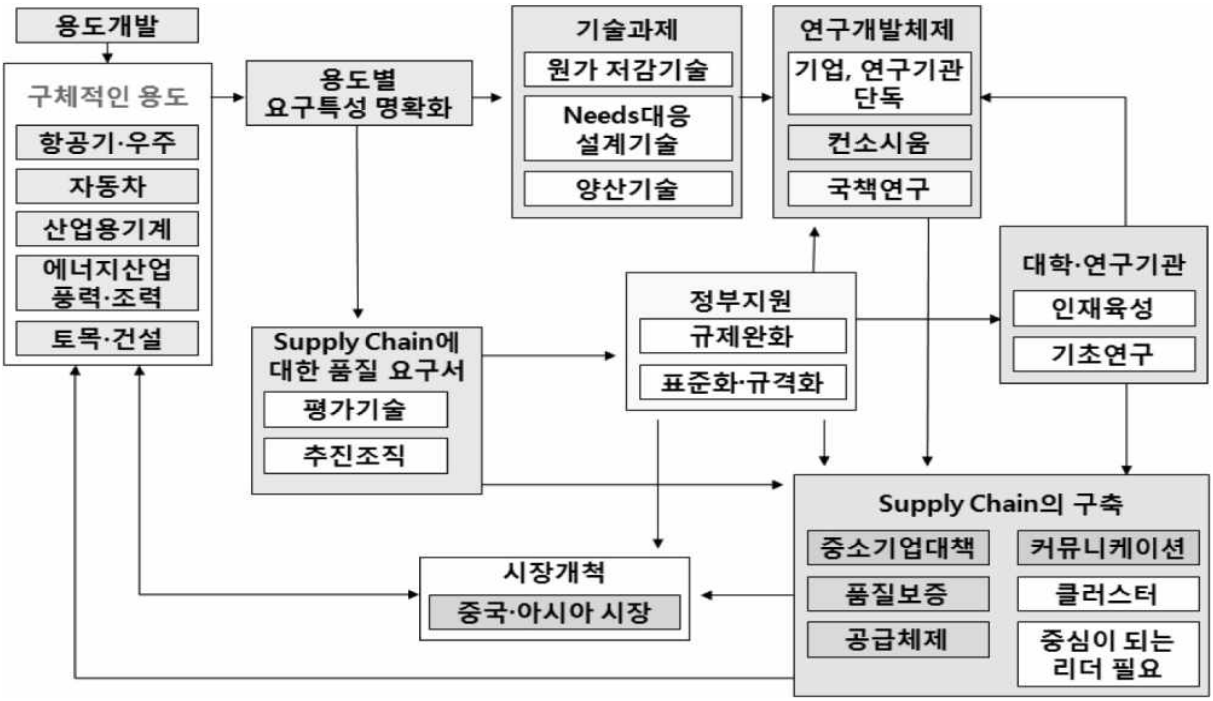
ㅇ (일본) 2019년 경제산업성 주도로 섬유패션산업의 목표와 추진 방향 수립함.

- 글로벌 스타트업 생태계 조성, 기술과 디자인을 앞세운 Smart Textile 및 Fashion Tech 상품에 대해 중소기업의 생산성 혁신 및 마케팅 강화 정책을 추진하고 있음.

- 일본의 패션의류 정책방향은 크게 다음의 세 가지로 요약이 가능함.
  ① 해외 성장시장 진출을 위한 지원 강화
  ② Made in Japan 브랜드 파워 강화
  ③ 감성산업으로 고부가가치화 추진임

- 지난 10년간 CFRP 고속성형기술 개발(90억￥), 5년간 의류용 아크릴 섬유를 사용한 저가 탄소섬유 개발(19억￥) 등 다양한 극한성능 슈퍼 섬유 개발을 추진하였음.

[그림 3] 일본의 극한성능 슈퍼섬유 연계개발 전략



ㅇ (중국) 제13차 5개년 계획에서 첨단 산업용 섬유 육성, 기존제품 고부가가치화, 리사이클 및 바이오매스 유래섬유 생산 확대, 산업구조 고도화를 추진하고 있음.

- 정책 목표는 다음과 같음.

① 극한성능 슈퍼섬유 생산 능력을 2015년 18만톤에서 2020년 26만톤으로 확대
② 산업용 섬유 생산 비중을 2015년 25%에서 2020년 33%로 제고
③ 화섬 차별화비율을 2015년 59%에서 2020년 65%로 제고

- 세부 추진정책은 아래 3가지로 요약이 가능함.
① 지식 통합 생산시스템 구축, 생산설비 고도화, 첨단 산업용 섬유 생산 능력 확대 등을 통한 구조조정 가속화
② 첨단섬유, 고기능성 섬유 개발, 리사이클 섬유, 바이오 섬유 등 친환경제품 개발, 기술혁신 가속화
③ 디자인 역량 강화, 자체브랜드 개발 및 글로벌 브랜드 육성 등을 통한 패션 산업의 구조고도화 등

□ 국내 산업정책

○ 「문재인정부 국정운영 5개년 계획('17~'21)」의 100대 국정과제로 '고부가가치 창출 미래형 신산업 발굴·육성'을 선정하고 정부의 지원과 육성 분야로 규정하였음.

- 본 사업과 연관성이 큰 미래형 신산업 육성 목표설정, 첨단기술 산업 육성을 위한 R&D 및 실증·인프라 구축 지원 계획이 수립되어 있음.
* 출처 : 문재인정부 국정운영 5개년 계획, 국정기획자문위원회 (2017)

○ 섬유패션산업에 정보통신기술(ICT)을 접목해 세계시장 경쟁력을 높이고 첨단섬유 개발을 지원할 전략 발표하였음.
* 출처 : 산업부, 섬유패션산업 활력제고 방안(2019)

- 주요 전략:
① ICT, 5세대 이동통신과의 융복합을 통한 스마트화
② 자동차, 항공 첨단 산업용 신소재 산업 혁신화

- 섬유패션 전 공정 스피드팩토어(수요자 맞춤형 제품 생산 시스템) 확산을 위해 핵심기술 개발 및 시범사업 지원 및 첨단 섬유신소재 공공수요 창출.

○ 탄소섬유, 슈퍼섬유 등 첨단 산업용섬유 세계시장 점유율을 2018년 기준 4%에서 2022년 10%까지 확대해 섬유패션 5대 강국에 재진입하기 위한 육성 전략을 발표하였음.
* 출처 : 산업부, 섬유패션산업 활력제고 방안(2018)

- 고강도, 고탄성, 고생산성 탄소섬유와 해양 융·복합소재, 의료 및 보건용 섬유, 안전보호용 섬유, 고성능 부직포 등 첨단 산업용섬유 기술을 확보하고 제품 개발을 지원.

- 스마트의류와 ICT 융합 소비자 맞춤 의류 등 AICBM(AI, IoT, Cloud, Big data, Mobile) 기술 기반 글로벌 섬유패션 기업 육성 지원.

○ 산업통상자원부는 2019년 일본 수출규제에 대한 대응전략으로 ‘소재부품장비 경쟁력 강화방안’을 수립하였고, 100대 핵심 전략품목 중 탄소섬유, 헤파필터, 이차전지분리막 등이 포함되었음.

- 100대 핵심 전략품목을 지정하여 조기 공급 안정성 확보, 수요-공급기업 및 수요기업 간 건강한 협력 모델 구축 및 강력한 추진 체계를 통한 전방위적 지원.

- 핵심 소재・부품 기업의 신속한 대외 경쟁력 확보 지원을 위해 신뢰성・실증 Test-Bed를 확대하고, 핵심 품목(수출 규제 품목으로 언급)에 대한 우선지원 및 집중 투자.

○ 미중 무역분쟁 재점화, 코로나 19의 충격으로 인한 글로벌 공급망 재편에 선제적인 대응을 위해 ‘소재부품장비 경쟁력 강화방안’에 이은 소재・부품・장비 2.0 전략을 최근 발표(‘20.7.9).

- 소부장 강국 도약을 위한 공세적인 전략을 펼치고 첨단산업의 세계공장으로 발돋움하기 위해 투자전략 및 인센티브 확대.

- 공급망 관리 정책 대상을 기존 100대 품목에서 338개 품목으로 확대하고 차세대 전략 기술에 ‘22년까지 5조원 이상 집중 투자할 예정이며, 유리섬유(부직포형태), 산업용 섬유 등이 핵심품목으로 선정.

- 일본·미국·유럽 등 반도체 등 첨단 소재·장비 중심의 첨단형 158개 품목, 중국·아세안 등 자동차, 전자전기 등 대량생산형 중심의 범용형 180개 품목을 선정.

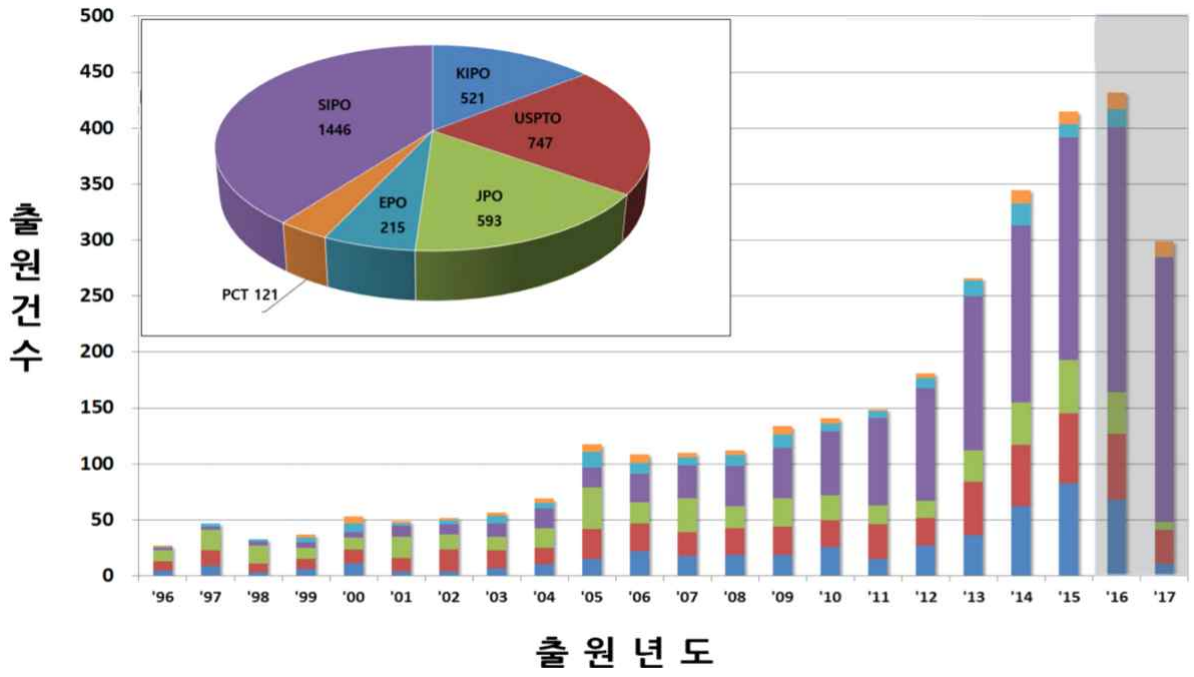
- 소재 관련 정부R&D데이터 수집·관리 플랫폼 구축, 탄소섬유 로드맵 수립 등 섬유분야에서도 글로벌 산업환경 변화에 따른 섬유소재 기술경쟁력 확보 및 핵심소재 공급망 다변화가 필요.

□ 주요 국가별 연도별 출원동향

○ 각 국가별 섬유기반 웨어러블 디바이스용 유연소재 및 플랫폼 기술 관련 특허 출원 현황을 살펴보면, 중국이 1,446건(41%) 로 가장 높은 출원 점유율을 차지하는 것으로 나타나며, 다음으로 미국이 747건(21%) 일본과 한국에서의 출원이 각각 593건(17%), 521건(15%)를 차지하는 것으로 나타나고, 유럽에서의 출원이 215건(6%)를 차지.

[그림 4] 주요 시장국 연도별 특허동향

(단위: 건)



자료 : 한국의상디자인학회지, 22(1), 2020

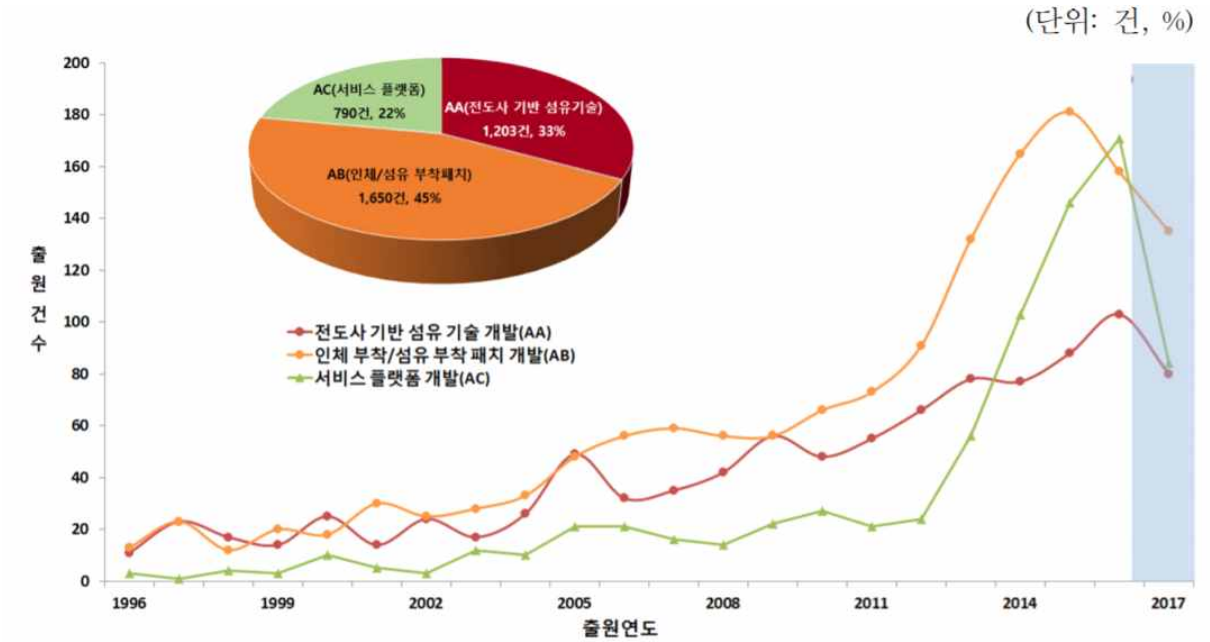
ㅇ 섬유 기반 웨어러블 디바이스용 유연 소재 및 플랫폼 기술과 관련된 특허 건수를 각 세부 기술별로 살펴보면 전도사 기반 섬유 기술 개발은 1,203건(33%)으로 1996년부터 최근까지 꾸준한 출원을 유지하고 있으며, 인체 부착 섬유 부착 패치 개발은 1,650건(43%), 서비스 플랫폼 개발은 790건(22%)으로 2010년 초반 이후 최근까지 출원 건수가 급격히 증가한 것으로 나타남.

- 전도사 기반 섬유 기술 개발은 전도성 내열성이 우수한 전도사 개발 및 인터커넥션 직편물 개발을 포함.

- 인체 부착 섬유/부착 패치 개발은 유연 신축 기판 및 몰딩 소재 개발, 유연 전극 소재 개발, 인체 부착 또는 섬유 부착이 가능한 센서 및 모듈 개발을 포함.

- 서비스 플랫폼 개발은 의류나 인체에 부착되어 생체 신호 및 인체 내부의 생체 정보를 측정하여 사용자에게 의료 서비스를 제공하는 플랫폼과 운동 및 활동을 하는 동안 사용자의 데이터를 수집하여 사용자에게 운동정보를 제공하는 서비스 플랫폼 개발 기술을 포함.

[그림 5] 세부기술별 특허 출원 동향



자료: 한국의상디자인학회지, 22(1), 2020

□ 주요 출원인별 특허출원 동향

ㅇ 섬유 기반 웨어러블 디바이스용 유연 소재 및 플랫폼 기술과 관련하여 주요출원인의 국가별 출원 분포를 살펴보면, 일본 국적의 기관 및 기업이 11개 업체(55%), 중국 국적의 기관 및 기업이 3개 업체(15%), 미국 국적의 기관 및 기업이 2개 업체(10%), 한국 국적의 기관 및 기업이 2개 업체(10%), 이외 네덜란드 국적의 기관 및 기업이 1개 업체(5%)를 차지하는 것으로 나타남.

ㅇ 섬유기반의 웨어러블 디바이스용 유연 소재 및 플랫폼 기술 분야의 다출원 기준 상위 20위의 주요 출원인 중 중국을 제외한 국적의 기업은 자국 외 출원건을 보유하고 있었으며, Nitto Denko Corporation, Toray Industries, Inc., Shin Etsu Chem Co., Ltd., Hitachi Chemical Co., Ltd. 등의 일본 기업은 자국 외에도 미국과 중국의 특허 비중이 높은 것으로 나타남.

ㅇ 미국의 E. I. du Pont de Nemours and Company 및 3M Innovative Properties Company는 자국 외 한국 및 유럽에도 다수의 특허를 출원하였으며, 한국 국적 기관인 삼성전자 주식회사 및 주식회사 엘지화학은 자국 외 미국 및 중국에 다수의 특허를 출원하였음.

ㅇ 섬유 기반 웨어러블 디바이스용 유연 소재 및 플랫폼 기술은 전도사 기반 섬유 기술 개발, 인체 부착/섬유 부착패치 개발 및 서비스 플랫폼 개발 관련하여 주요 출원기관 및 기업의 특허 출원 및 연구개발 활동이 활발한 것으로 나타남.

[표 6] 주요 출원인별 특허 동향

출원인	국적	주요 IP시장국(건수,%)							주력 기술 분야
		출원건수(건)	한국	미국	일본	유럽	국제	중국	
Nitto Denko Corporation	일본	47	8 17%	13 28%	5 11%	5 11%	0 0%	16 34%	AB
Toray Industries, Inc.	일본	45	1 2%	6 13%	31 69%	2 4%	2 4%	3 7%	AA
Shin Etsu Chem Co., Ltd.	일본	40	9 23%	8 20%	16 40%	0 0%	0 0%	7 18%	AB
Zhongyuan University of Technology	중국	26	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	26 100%	AA
Koninklijke Philips NV	네덜란드	23	0 0%	9 14%	44 70%	3 5%	2 3%	5 8%	AC
삼성전자 주식회사	한국	23	14 61%	6 26%	2 9%	0 0%	0 0%	1 4%	AB* AC
Teijin Ltd.	일본	22	3 14%	1 5%	17 77%	1 5%	0 0%	0 0%	AA
Jiangnan University	중국	20	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	20 100%	AA
Toyobo Co., Ltd.	일본	20	2 10%	0 0%	15 75%	1 5%	2 10%	0 0%	AB
E. I. du Pont de Nemours and Company	미국	19	3 16%	8 42%	1 5%	5 26%	1 5%	1 5%	AA
Hitachi Chemical Co., Ltd.	일본	19	0 0%	5 26%	6 32%	2 11%	0 0%	6 32%	AB
Kuraray Co., Ltd.	일본	18	0 0%	0 0%	18 100%	0 0%	0 0%	0 0%	AA
Kanebo Ltd.	일본	17	0 0%	1 6%	14 82%	0 0%	1 6%	1 6%	AA
Sekisui Chem Co., Ltd.	일본	17	0 0%	0 0%	17 100%	0 0%	0 0%	0 0%	AB
Siemens Aktiengesellschaft	독일	16	0 0%	15 94%	0 0%	1 6%	0 0%	0 0%	AA
Univ. of Electronic Science and Technology of China(UESTEC)	중국	15	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	0 0%	15 100%	AB
Teijin Fibers Ltd.	일본	14	1 7%	2 14%	8 57%	1 7%	1 7%	1 7%	AA
주식회사 엘지화학	한국	14	3 21%	3 21%	1 7%	4 29%	1 7%	2 14%	AB
3M Innovative Properties Company	미국	13	3 23%	3 23%	0 0%	2 15%	0 0%	5 38%	AB
Nippon Ester Co., Ltd.	일본	13	0 0%	0 0%	13 100%	0 0%	0 0%	0 0%	AA

AA: 전도사 기반 섬유기술개발
AB: 인체 부착/섬유부착 패치 개발
AC: 서비스 플랫폼 개발

Ⅱ. 국내외 HCI 융합섬유 산업현황 분석

1) 국외 현황 분석

□ 산업동향

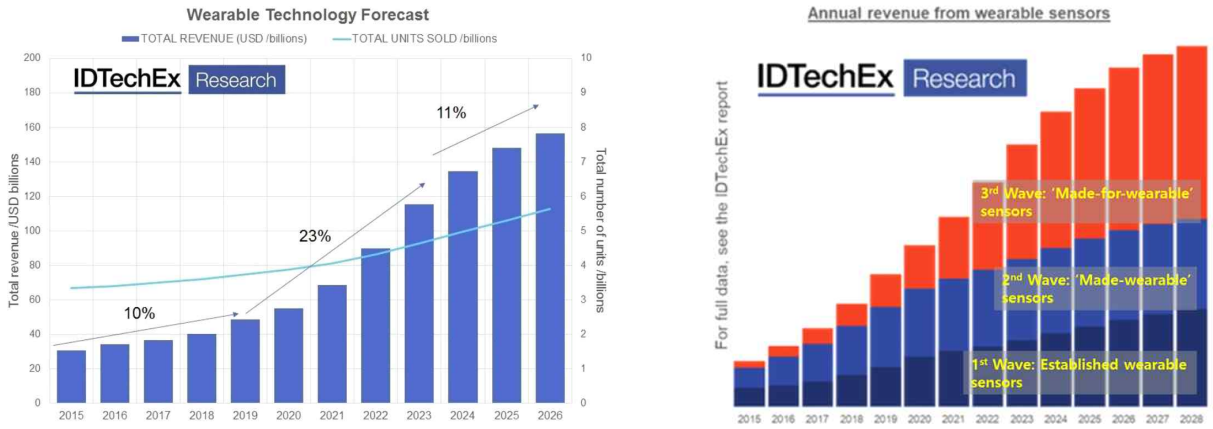
○ 세계적으로 웰빙 트렌드와 라이프스타일 변화에 따라 정보통신기술을 적용하여 사용자와 상호작용을 기반으로 하는 스마트 웨어러블 제품에 대한 관심 및 수요가 증가하고 있음.

○ Technologies, Markets and Players가 2015년에 발표한 보고서에 따르면, 전자기기를 제외한 세계 ICT 융합 스마트 섬유 제품 시장은 2026년까지 3천2백만달러 규모로 성장할 것으로 예측되며, CAGR은 33.6%로 기대되고 있음.

○ 관련 시장은 크게 Fashion, Industrial, Commercial, Military, Home & Lifestyle, Wellness, Medical & Healthcare, Sport & Fitness로 나눌 수 있고, 이 중 가장 큰 규모는 Sport & Fitness 분야로 2016년까지 1천5백만$ 규모로 성장하며 CAGR 34%를 기록함. 그 외에도 Medical & Healthcare, Industrial, Commercial, Military 및 Home & Lifestyle 분야가 기대를 모으고 있음.

○ 현재 세계시장 점유율은 미국 41.2%, 유럽 25.3%, 아시아-태평양 21.6% 순으로 선진국을 중심으로 시장이 형성되어 있음.

[그림 6] 웨어러블 기술 및 센서 세계시장 전망



자료: IDTechEx-Wearable Technology and Wearable Sensors, 2015-2027

[표 7] 세계 스마트 섬유 시장 현황 및 전망

(단위: 백만$)

연도 / 응용분야	2015	2016	2017	2018	2019	2020	CAGR, % (2015-2020)
헬스케어	81.05	115.72	162.48	225.66	308.17	415.61	38.7%
스포츠 & 피트니스	199.85	289.29	411.34	577.92	797.62	1,086.25	40.3%
패션 & 엔터테인먼트	146.55	204.03	279.91	379.77	507.57	670.64	35.6%
군사 & 방호	283.12	365.42	462.75	577.92	706.98	850.11	24.6%
건축	218.72	295.38	392.83	517.37	670.72	859.55	31.5%
자동차	160.99	228.39	318.78	440.32	598.21	802.88	37.9%
기타	19.98	24.36	28.79	33.02	36.26	37.78	13.6%
합 계	1,110.26	1,522.60	2,056.68	2,751.99	3,625.54	4,722.81	33.6%

자료 : Smart Textiles: Global Forecast to 2020, MarketsandMarkets (2015)

□ 해외 기술개발 및 제품화 동향

ㅇ (테크패션 섬유소재) 창의적인 디자인의 프리미엄 패션의류 개발, ICT 융합 기술에 의한 원가혁신 공정개발과 전후방 통합형 공급망 구축.

- (ICT융합 공정혁신 기술) 빅데이터 활용 상품기획-생산-유통, 3D기술을 이용한 디자인, 개인맞춤 제작 시스템, 로봇봉제 등 ICT융합기술 사용 확대.

- (빅데이터 활용 상품기획) 차기 시즌 상품기획, 마케팅 전략 수립, 매장별 판매 예측, 재고 최소화, 조달시간 단축을 위해 ICT 융합 기술 활용.

- (자동 봉제기술) 미국의 봉제 자동화 전문기업 Software Automation은 아이템별 최적의 자동화 생산시스템 개발.

- (3D 기술) Optitex, Browzwear, CLO, FXGear 등의 기업들은 VR/AR기반 신시장 창출을 위해 3D 인체 계측 등 디자인 정보를 활용한 기술 개발.

- (맞춤형 기술) Zazzle, Threadless, Bonobos, Spread shirts, Stripes 등은 DTP 및 맞춤형 생산기술, O2O/O4O 마케팅을 활용한 맞춤형 의류 출시.

- (리싸이클링 섬유제품) 미국 Patagonia, Adidas, Columbia 등이 폐PET병을 재활용한 의류제품 출시, 스위스 Freitag은 방수포를 재활용한 가방 출시.

ㅇ (소비재용 테크니컬 섬유소재) 고감성·신기능성 섬유, 텍스트로닉스 섬유, 바이오 유래 섬유, 혁신 제조공정기술, 신제품 및 비용절감 기술 개발이 활발함.

- (고감성·신기능성 섬유) 일본 도레이, 데이진, 아사히케미칼, EU의 렌징, 고강성, 고기능성, 친환경 원천소재와 혁신 제조공정기술을 보유하고 있으며, 비용절감 및 친환경 기술 개발을 활발히 추진 중.

- (안전보호용 섬유) 미국 듀폰은 파라 및 메타 아라미드섬유와 플래시방사기술 보유. 일본의 데이진은 공중합 아라미드섬유 기술 보유. 네덜란드 DSM은 겔방사 초고분자량PE 섬유 기술, 카네카가 난연 모다크릴섬유 기술, 도요보가 용융방사 고강력PE섬유와 세계 유일한 PBO섬유 기술 보유.

- (건강서비스) 미국 Under Armour, Enflux는 운동 제품, 캐나다 OMsignal는 실시간 생체정보 제공 제품 개발.

- (안전보호) 독일 Lunativ사의 LED와 광섬유를 이용한 발광 재킷, 패션그룹 형지의 Luminous Jacket, 코오롱의 조난 대응용 Life Tech Jacket, 블랙야크의 온도조절 및 발열기능이 내장된 야크온 제품 개발.

- (스포츠/레저용품) 구글(리바이스 협업), 나이키(애플 협업), Avery Dennison (휴고보스, 나이키, 막스앤스펜서와 협업), 아디다스(스타트업 Runtastic 인수) 등 기업들은 전자섬유 기반의 다양한 제품을 개발 중.

ㅇ (산업용 테크니컬 섬유소재) 극한성능의 슈퍼섬유, 원가혁신 탄소섬유 및 섬유강화복합재, 고성능 부직포 등의 글로벌 기술개발 경쟁 치열.

- (극한성능 슈퍼섬유) 강도와 탄성률, 내화학 및 내열성 등 Cost of Performance 를 향상시키는 방향으로 지속적인 연구개발을 추진 중. 탄소섬유는 Toray가 초

고강도 T1200G, 파라아라미드섬유는 DuPont이 경량방호복용 Kevlar® XP와 XD, 메타-아라미드섬유는 Teijin이 염색성이 우수한 Teijinconex neo, UHMWPE는 DSM이 내절창성이 향상된 Black Dyneema Diamond, 봉합사용 Dyneema Purity 섬유를 새롭게 개발하여 상업화.

- (고성능 부직포) 일회용 분야인 의료 및 위생재(보건 및 방역 포함) 등의 분야에서 인체친화성과 유해물질 차단성 등의 요구 급증, 내구재 분야의 경우 자동차, 건축, 토목 등의 분야에서 배터리 등 전지분야까지 지속적 용도 확대. 일회용 품목의 경우 Berry Global(舊, PGI), Kimberly-Clark가, 산업자재 등 건축, 토목, 필터 등 내구재 분야는 프로이덴베르그(Freudenberg Performance Materials), 알스트롬 (Ahlstrom) 등이 주도.

- (섬유강화복합재) 저가 탄소섬유 및 CFRP, 탄소섬유 부직포, Near net-shaped preform, Stamping 성형용 복합재료, 이종소재와의 복합 성형 등 핵심기술을 일본, 독일, 프랑스가 선도.

[표 8] 국내외 기술개발 동향

구분		현재 기술	개발 방향
테크패션 섬유소재	프리미엄 섬유소재	· 공급자 중심 · 2D Apparel CAD/CAM 중심 · 소품종 대량 생산 제품 · Best Item 중심 · 일반 의류패션 제품 · 단일 기능성 제품 · 리사이클 섬유 · 경량 섬유소재 · 습식공정 · 감성 · 친환경소재	· 소비자 중심 · 3D 가상기술과 인공지능 기술 중심 · 대량맞춤 혹은 고객 맞춤 제품 · Long Tail 제품중심 · 스마트 의류패션 제품 · 맞춤형 복합 기능성 제품 · Biomass 유래 및 생분해 섬유 · 초경량 섬유소재 · 건식공정 · 감성과 기능성 융복합 · 제조/유통 전 공정의 친환경
	스마트 섬유소재	· System on Textile 제품 · 외부전원 이용 · 부착형 발광 원단 · 의류용 · 제품 고유기능, 생산 효율성	· System in Textile 제품 · 섬유형 에너지 하베스팅 · Fiber 형태의 자가발광 · 의류·생활용·산업용 · 스마트 제품, 스마트 생산

테크패션 섬유소재	고기능성 아웃도어 섬유소재	· 범용 합섬소재 중심 · 흡한속건 기능 · 단순 제품	· 특수 기능성·감성 소재 · 온도, 수분제어 지능형 · 융합 제품
	생산	· 중앙제어 방식 · 대량 라인 생산방식 · 기술자에 의한 생산방식	· 탈중앙(Decentalized) 로컬제어 방식 · 맞춤형 셀(Cell) 단위 생산방식 · IoT 탑재형 CPS(가상물리시스템) 생산방식
소비재용 테크니컬 섬유소재	인체친화형 메디컬 섬유소재	· 석유화학 원료 · 천연 원료 · 상처치료 섬유	· 바이오매스 기반 친환경 원료 · 생물공학 기반 맞춤형 원료 · 수술 및 이식형 생체재료 섬유
	고기능성 안전보호 섬유소재	· 작업복 · 기능성 중심 · 성능평가 기준 미흡 · 높은 원가의 제품 · 할로겐 함유 섬유제품	· 맞춤형 다기능성 보호복 · 활동편의성이 향상된 고기능성 제품 · 국제 수준의 성능평가 및 인증 확보 · 원가 절감형 고성능 제품 · 비할로겐 섬유제품
	친환경 홈인테리어 섬유소재	· 단일 기능성 제품 · 기능 위주 · 친환경 미확보 제품 · 기능성 인증 제품	· 복합 다기능 제품 · 감성 힐링 개념 · 저독성 친환경 섬유소재 · 기능성 친환경 인증 제품
산업용 테크니컬 섬유소재	수송기기용 고성능 섬유소재	· 경량 인테리어 소재 · 열경화성 복합재료 기술 · 부직포 중간재 성형기술	· 초경량 구조재 · 열가소성 복합재료 초고속 성형기술 · 부직포 중간재 없는 직접성형기술
	건설용 고강도 섬유소재	· 기능, 성능을 만족하는 소재위주 공급 · 슈퍼섬유 단독 제품 기술 · 수요산업 대응 제한된 소재 공급	· 수요산업 맞춤형 해결방안을 함께 제공하는 소재 솔루션 공급 · 금속, 세라믹 등 하이브리드 제품 기술 · 수요산업 맞춤형 최적 소재 포트폴리오 제공
	에너지/환경 산업용 섬유	· 나노섬유 필터 기술 · 대기/수질 등 오염제거기술 · 기능성 소재	· 선택적 투과가 가능한 부직포 나노기술 · 환경변화 대응 능동형 오염방지 기술 · 에너지 하베스팅 소재

□ 해외 주요기업 동향

ㅇ 테크패션 섬유소재·소비재용 테크니컬 섬유소재 분야.

- (고감성·신기능성 섬유소재 개발 확대) 도레이, 데이진, 도요보, 아사히케미칼, 렌징 등은 천연물과 바이오매스 기반의 섬유소재, 쉘러와 라이테스는 기능성 가공 분야에서 지속적인 연구개발 추진 중.

- (빅데이터 활용 상품기획과 유통 급증) 유니클로, H&M, 자라 등 패스트패션 기업들과 에디티드, 앤클라인, 토미힐피거, 디젤 등의 브랜드는 차기시즌 상품 기획, 마케팅 전략 수립, 판매 등을 관리하기 위하여 빅데이터, AI기술 등의 ICT 융합기술을 활용 중.

- (스포츠/레저용품 시장 활황) 미국, 독일의 기업들이 전 세계 스포츠/레저용품과 피트니스 시장을 선도, 나이키, 아디다스, 언더아머, 푸마, 아식스, 뉴발란스, 스케쳐스, 노스페이스 등이 지속적인 투자로 최상위 브랜드로 자리잡고 있으며, 룰루레몬, 아스레타, 아웃도어보이스, 프라나 등이 애슬레저와 프리미엄 스포츠웨어 제품에서 트렌드를 주도.

- (저탄소 자원순환형 섬유소재 시장 확대) 재활용 폴리에스터 섬유는 릴라이언스, 난야플라스틱, 데이진, 도레이, FENC, 인비스타 등이 대표기업이며, 재활용 나일론 섬유는 아쿠아필과 도레이, 재활용 셀룰로오스 섬유는 렌징, 바이오매스 기반 폴리에스터 섬유는 데이진과 도레이, 생분해성 폴리에스터 섬유는 도요보 등이 오랫동안 전략적인 투자로 시장을 선도.

[표 9] 해외 기업의 테크패션·소비재용 섬유소재 분야 기술 개발 및 제품화 동향

업체명	사업영역 및 주요 내용
데이진	· 친환경 리사이클, 바이오매스 기반 소재 제조 · 동작인식 압전섬유, 압력감지 모니터링 패브릭 등 섬유기반 웨어러블 소재 제조
도요보	· 생분해성 폴리에스터 섬유 선도 기술 보유 · 안전보호용 고강력 PE, PBO소재 제조
쉘러	· 세계 최고 수준의 쾌적 및 안전보호 기능성 소재 · 인체 활동성이 뛰어난 스트레치 소재 및 디자인 설계 기술 보유
렌징	· 세계 최고 수준의 텐셀 등 재생 셀룰로스 섬유 소재 및 부직포 경쟁력 보유 · 친환경 생분해성 재생 섬유 소재 제조 및 투자 확대
카네카	· 세계 최고 수준의 난연 모다크릴섬유 제조기술 보유
인비스타	· 세계 최고 수준의 의류 생활용 기능성 소재 기업으로 라이크라, 코듀라 등 생산

○ 산업용 테크니컬섬유 분야

- (극한성능 슈퍼섬유 시장 점유율 확대를 위한 경쟁 심화) 도레이, 데이진, 미쓰비시레이온이 탄소섬유, 듀폰과 데이진이 아라미드섬유, DSM과 허니웰이 UHMWPE 기술개발과 시장 확대를 위한 증설, 도레이, 도요보의 PPS섬유와 쿠라레이의 열방성 액정 폴리에스터 섬유, 고어와 렌징의 PTFE 섬유는 세계 최고의 기술력으로 시장을 선도.

- (고성능 부직포 시장의 확대) 일회용 및 내구재 분야에서 프로이덴베르그가, 베리플라스틱스, 킴벌리클라크, 듀폰, 알스트롬, 홀링스워스앤보스(H&V), 아사히카세이, 일본바이린 등이 선도, 최근 방역에 대한 니즈로 고차단성 플래시 방사 부직포인 듀폰의 Tyvek®과 친환경 위생소재인 아사히카세이의 큐프라 장섬유 부직포 Bemliese® 등에 대한 투자를 지속.

- (자동차, 항공 등 섬유강화복합재 기술 적용은 진행중) ATL/AFP에 의한 프리프레그 기술은 엠토레스, 포레스트라인, 프리폼용 3D 패브릭 제조기술은 반더빌레, 칼마이어, 마게바, 고속 성형공정기술은 데이진, 도레이, SGL, 헥셀, 텐케이트 등이 세계 최고의 기술을 보유하고 있으며 수요시장을 독점.

[표 10] 해외 기업의 산업용 테크니컬섬유 분야 기술 개발 및 제품화 동향

업체명	사업영역 및 주요 내용
도레이	• 세계 최대 탄소섬유 및 탄소섬유 복합재 메이커로 항공·우주, 풍력 블레이드 등 산업용 섬유를 생산 • 아라미드섬유, PPS섬유, PTFE섬유 및 폴리에스터 부직포 생산기업
H &V	• 에어필터, 액체필터, 배터리 분리막 등에 사용되는 기능성 부직포 생산기업 • 나노섬유 코팅기술을 개발하여 Nanoweb® 시장을 주도
듀폰	• 아라미드섬유, 타이벡 섬유 원천기술을 보유한 세계 1위 기업
도요보	• 로프, 낚시줄, 그물, 보호장갑 등에 사용되는 초고강도 폴리에틸렌 생산기업 • 고강도, 방염/내열 PBO섬유 생산기업
데이진	• 마찰재, 타이어코드, 소방복 등에 사용되는 극한섬유인 Para-aramid, 고성능 폴리에틸렌, Meta-aramid 생산기업
푸르덴베르크	• 토목, 건축, 메디컬, 고성능 필터 등에 사용되는 산업용 부직포 세계 최대 생산
베리 플라스틱스	• ‘15년 Avintiv(前, Polymer Group Inc.)를 인수하여 필름/부직포 하이브리드 소재 등 위생재 분야를 중심으로 세계 1위로 등극
텐케이트	• 내화학성, UV내구성, 차수성이 우수한 토목·건축용 부직포 및 직편물, 수송기기용 섬유강화 복합재 생산기업
고어텍스	• 말초혈관용 스텐트, 대동맥용 스텐트, 인공혈관, 혈관용 패치, 창상 피복재 등

□ 국가별 기술 개발 동향

(1) 미국

ㅇ 미 국방성(Department of Defense, DoD) 지원으로 「Advanced Functional Fabrics of America Institute (AFFOA)」를 통해 전투병들을 위한 스마트섬유 개발 추진.

- 32개 대학, 16개 기업, 72개 manufacturing entities, 26개 스타트업 인큐베이터가 멤버로 참여중이며 대표적인 기업으로는 나이키, 뉴발란스, 메드트로닉 등이 있음.

- ‘16년에 7천500만 불이 투입되었으며, 방사능 등의 유해 화학물질 탐지기능을 소지한 군복, 자체 전력생산이 가능한 텐트, 온도 조절 의류 등 특수섬유를 이용한 신개념 스마트섬유 개발 진행 중.

ㅇ 민간분야에서는 글로벌 브랜드 주도의 선제적인 투자가 급증하고 있으며, 중소기업 및 벤처, 스타트업 등이 활발하게 기술개발에 참여.

- 나이키는 '10년 Nike+를 서비스를 시작한 후, '16년에는 애플과 협업하여 웨어러블 헬스케어용 스마트밴드 NIKE+FuelBand SE를 개발하고, 서버를 통해 사용자의 스포츠 환경 모니터링을 통해 5만 명 이상의 소비자 정보를 획득, 분석하여 글로벌 상품기획에 적용하고 있음.

- 언더아머는 '15년에 집중적으로 스마트기기와 연동이 가능한 스타트업 기술들인 엔도몬도(Endomondo), 마이피트니스팔(MyFitnessPal) 및 맵마이피트니스(MapMyFitness) 등 활동 모니터링 분석용 어플리케이션을 인수하는 등 사용자, 디바이스, 관리 시스템이 연결된 피트니스 비지니스 분야를 리드하기 위한 노력을 경주하고 있음.

- '18년 DuPont Advanced Materials(듀퐁)은 DuPont™ Intexar™라는 새로운 브랜드 아이덴터티를 바탕으로 스포츠, 피트니스, 웰니스 분야에 사용될 최신 스마트의류 기술을 선보이고, 여러 기업들과 협업을 추진하고 있음.

* 출처 : http://www.dupont.com

ㅇ 사물인터넷(IoT) 플랫폼을 활용하는 의류, 패션업계의 증가

- '14년 Ralph Lauren은 US 오픈에 심장박동과 호흡 세부정보를 얻을 수 있는 커넥티드 스마트셔츠 시작품을 선보인 후 웨어러블 기기와 동기화가 용이한 모바일 앱 개발에 박차를 가하고 있음.

* 출처 : https://wwd.com/fashion-news/fashion-features/ralph-lauren-polotech-smartshirt-10204865

- '15년 구글과 리바이스가 공동으로 Project Jacquard™를 시작한 후 마침내 '17년 Levi's® Commuter™ Trucker jacket이 출시되었는데, 여기에는 Jacquard Threads라 부르는 제스처 감지 센서가 재킷 소매에 직조방식으로 임베딩되어 무선으로 스마트폰과 연결하여 사용하도록 디자인한 세계 최초의 제품임.

- 최근 글로벌 가방 브랜드인 쌤소나이트는 백팩에 Jacquard by Google 기술을 적용하여 자카드 태그(Jacquard tag)와 직물 기반의 센서가 탑재된 숄더 스트랩을 다양한 방식으로 터치하여 스마트 폰을 제어할 수 있는 기능을 구현함. 주요 기능은 전화 수신 및 메시지 알림, 음악 재생, 카메라 촬영, 구글 어시스턴트에 질문 및 휴대폰 및 백팩 분실 방지 알림 등을 포함.

- 아디다스 GMR는 자카트 태그를 아디다스 축구화 인솔에 장착하여 착용자의 킥, 이동 거리, 속도 등과 같은 운동량을 실시간으로 측정하여 데이터 수집 및 분석이 가능함. 또한, 아디다스, 구글, EA 스포츠가 협업을 통해 현실 정보를 FIFA Mobile 게임과 연동하여 게임 속의 스킬을 업그레이드할 수 있음.

* 출처 : http://atap.google.com/jacquard

- 브랜딩, 라벨링 및 RFID 솔루션, IoT 플랫폼 EVRYTHNG을 가지고 있는 글로벌 리더인 Avery Dennison는 Hugo Boss, Nike 및 Marks & Spencer와 협력 중이며, 고유한 디지털 ID 및 제조자 측면(Point of Manufacturing)에서 클라우드 내에 데이터 프로파일을 가진 제품을 도입.

* 출처 : 10 Billion Items Of Connected Clothing: The Internet Of Things Just Became A Lot More Fashionable. Rachel Arthur, Forbes (2016)

(2) 유럽

ㅇ 유럽은 스마트섬유 관련 기술 개발에 전 세계에서 가장 많은 투자와 연구를 진행하고 있는데, FP6와 FP7을 통해 지능형 스마트섬유 연구를 집중적으로 지원함.

- 디자인 및 제품화 기술을 중점으로 범 EU 주도의 산학연 컨소시엄을 중심으로 패션산업과 의료산업에서의 강점을 접목한 상용화를 통해 글로벌 포지셔닝 전략을 추진하고 있음.

- 섬유기반의 센서를 통해 호흡, 내부온도, 움직임 및 자세를 측정하고 네트워킹 건강 모니터링을 위한 웨어러블 헬스케어 시스템 프로젝트를 추진하여 의료산업에서의 자국의 강점을 IT・섬유 융합전략에 적용함.

ㅇ 미국과 마찬가지로 민간분야에서는 글로벌 브랜드 주도의 선제적인 투자 급증하고 있으며, 중소기업 및 벤처, 스타트업 등이 활발하게 기술개발에 참여.

- 아디다스는 ‘10년부터 체계적인 러닝을 원하는 러너들을 위해 과학적 분석에 의한 트레이닝 시스템인 ’마이코치(miCoach)’ 제품을 개발 판매해왔으며, 개인 목표에 맞는 스포츠 모니터링 어플리케이션 뿐 아니라 축구 등 팀플레이 용 어플리케이션을 제공하는 등을 통해 시장 확대를 추진해왔음. ‘15년 모바일 피트니스 스타트업인 Runtastic을 인수하여 전체 플랫폼을 통폐합 진행 중임.

(3) 일본

ㅇ 화섬업체 주도로 다양한 섬유센서 및 섬유전극 들을 스마트의류에 집적한 제품 개발에 집중하고 있으며, IT업체와의 협업을 통해 커넥티드 환경에 사용 가능한 제품을 공동개발하고 시장을 확대해 나가고 있음.

ㅇ Asahi Kasei는 미국 자회사인 Zoll Medical과 함께 자사의 Roboden 탄성 와이어를 웨어러블 디바이스에 적용하여 중환자 돌봄 및 건강상태 모니터링을 위한 스마트의류를 개발 중.

ㅇ 속옷기업 Gunze도 NEC와 함께 전기가 통하는 섬유에 센서를 부착해 몸의 자세와 심박수, 칼로리 등 데이터를 수집해주는 속옷을 개발.

- 속옷에 부착된 단말기로 수집된 데이터는 스마트폰에 무선으로 송부하여 자세를 파악함으로써 일상적인 어깨 결림 예방, 자세개선이 가능.

- ‘16년 1월부터 개발 제품의 실용화를 추진 중.

ㅇ Teijin Prontier는 교토대학과 함께 몸에 감는 것만으로 심전도를 측정할 수 있는 ‘전극 천’을 개발.

- 패브릭에 다수의 전극을 설치(복대 형상)해 몸에 휘감는 것만으로 심전도 측정이 가능하기 때문에, 구급차에 탑재 시 응급한 상황에서 기존 제품보다 신속하게 심전도를 측정할 것으로 기대하고 있으며, ‘16년 중에 의료기기로 신고 계획을 수립.

ㅇ Toray는 통신사업자인 Nippon Telegraph & Telephone(NTT Docomo)과 공동으로 신체 표면에서 희미한 전기신호를 감지할 수 있는 Hitoe 폴리에스테르 소재를 기반으로 스포츠 활동 중 심장박동수와 더운 환경에서 일하는 공장 근로자의 신체적 부담을 측정하는 기술을 개발.

- ‘16년에 의약품 의료기기 종합기구(PMDA)에 의료기기로 등록, 기존 심전도 측정기와 거의 같은 수준의 정밀도가 있다는 평가를 받음.

- 일본 정부가 관련 기술이 융합된 내의를 의료기기로 인정함에 따라 ‘18년부터 본격적인 양산 시작 계획.

○ Toyobo는 전극과 같은 기능을 하는 전도성 층으로 이루어진 필름 형상의 코코미(Cocomi) 소재를 개발하여, 버스 및 트럭 운전자를 위한 졸음 방지 웨어러블 제품을 테스트 중.

○ Kurabo는 열사병을 예방하기 위한 스마트의류 제품을 운송업체와 협력하여 실증 테스트를 시작. 휴대전화를 잡거나 스마트 터치 화면을 두드리지 않고 운전자의 심박수를 지속적으로 추적하고 감정을 지속적으로 모니터링하며, 심지어 커피값을 자동으로 지불하는 기능도 포함.

○ 이밖에 Teijin은 DuPont과 공동으로 전도성 섬유와 PLA의 끈 형태인 ‘압전 매듭’을 개발 중이며, 미쯔후지는 간질 발작을 사전에 감지하는 섬유 센서가 부착된 셔츠를 개발 중.

* 출처 : Japan Develops Smart Clothing, FashionatingWorld, 08 June (2017)

2) 국내 현황 분석

□ 산업동향

ㅇ 최근 전자 및 나노기술의 발달로 다양한 기능을 지닌 각종 전자기기의 개발이 이루어지고 있어 신체를 이용한 전자기기와의 직접적인 커뮤니케이션에 대한 요구가 증가함

(1) 국내 스마트 섬유 시장 동향 및 전망

ㅇ 아웃도어 시장의 확대와 함께 스포츠·피트니스용 시장을 중심으로 수요가 확대되어 가는 추세이며, 스마트워치, 스마트폰과 연계된 상품의 수요가 급격히 증가함에 따라 향후 국내 스마트섬유 시장은 '15년 45.5백만달러에서 '20년 2.8억달러 규모로 연평균 43.5% 급성장 전망.

- '15년에서 '20년 사이 시장점유율은 헬스케어 제품 분야가 7.1%에서 9.1%, 패션 & 엔터테인먼트 제품 분야가 12.0%에서 11.1%, 스포츠 & 피트니스 제품 분야가 18.6%에서 25.3%, 군사 & 보호 제품 분야가 25.2%에서 15.1%로 변화할 것으로 전망함.

- 의류 브랜드를 중심으로 다양한 스마트웨어 제품이 출시되면서 소비자들의 선택의 폭이 넓어짐으로 인해, 빠르게 성장할 것으로 기대됨.

ㅇ 스마트 섬유는 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 예상.

ㅇ 섬유소재, 섬유공정, 전자·정보통신, 서비스분야 융합을 통해 스마트섬유 융합제품의 신시장 창출이 지속될 것으로 전망됨.

- 섬유-전자-IT 융합기술은 분야에 따라 제공 서비스가 다양하게 확대될 수 있으며 세계 수준의 기술과 국가경쟁력을 바탕으로 고부가가치 산업으로 육성이 기대됨.

(2) 국내 HCI 스마트의류 수요를 견인하는 대내외 환경 분석

ㅇ (고령자 수의 증가) 2000년에 고령인구가 7%를 넘어선 이후 ‘17년에는 두 배인 14%가 될 것으로 예상되며, ‘60년에는 40%대로 급증할 것으로 내다봄.

- ‘14년 기준 고령자(65세 이상 인구)는 필수생활시간(수면, 식사 등)에 11시간 46분(49.0%), 여가생활시간에 7시간16분(30.3%)를 사용하고 있어 신체활동과 관련한 개인 헬스케어 정보 획득 및 관리에 대한 수요 증가.

- ‘15년 5가구 중 1가구(20.6%)는 노인이 가구주이고, 이중 1인 고령자 가구는 7.4%에 달해 커넥티드 기반의 개인정보 획득 및 관리수단의 확충 필요.

* 출처: 「2015 고령자 통계」, 통계청.

ㅇ (소비를 주도하는 액티브 시니어의 증가) 우리나라 전체 인구의 14.3%를 차지하며, 개인의 건강한 생활을 위한 투자(IT, 패션 등)에 적극적임.

- 액티브 시니어는 풍부한 자산과 소득, 높은 구매력이 특징으로 건강, 보험 중심의 시장에서 IT, 가전, 패션, 뷰티로 소비형태가 다양화 되고 있으며, 관련 시장의 사업 규모는 ‘10년 33조원에서 ‘20년 125조원으로 계속 성장 전망.

* 주: 액티브시니어란 전통적인 고령층과 달리 가족중심에서 벗어나 은퇴 이후에도 소비생활과 여가생활을 즐기며 사회활동에도 적극 참여하는 50~60대 세대를 말함.

* 출처: 액티브시니어협회 자료, 경남신문, 2017.8.3 ; 한국능률협회, 2016.6.24.

- 일본의 경우 인구의 약 26.6%가 65세 이상(시니어)인 초고령사회로 고저축 저부채의 재정 상태를 기반으로, 단순히 부양의 대상이 아니라 소비를 주도하는 ‘액티브 시니어(Active Senior)’로 변모하는 것으로 파악하고, 국가·지자체 차원의 고령자 IT 관리 서비스 도입이 이루어지고 있는 추세이기 때문에 생활밀착형 서비스에 대한 니즈가 크며, 금전적 시간적으로 여유 있는 시니어 소비자들은 가격보다는 가치에 우선순위를 두고 병을 치료하기 위한 소비가 아닌 건강을 유지하기 위한 소비에 대한 지출 증가 추세.

* 출처: 일본 시니어 시장 현황 및 우리기업 진출방안, 김지혜 등, KOTRA, 2017.8.14.

- 스웨덴의 경우 인구의 약 19.6%가 65세 이상인 고령사회이지만 수명 연장과 안정적인 사회복지를 기반으로 이전 세대에 비해 활동적일 뿐만 아니라 삶을 즐기는 성향이 높고, 개인소비용품에 대한 지출이 큰 것으로 확인되었는데, 특히 80세 이하의 젊은 시니어들은 의류나 신발 등 패션제품, 화장품, 인테리어 제품, 웰빙 식품, 여행상품, 휴대폰 등 개인전자제품 등에 관심이 높은 편임.

* 출처: '고령사회 스웨덴, 실버산업은 성장 중' 이수정 스웨덴 스톡홀름무역관. KOTRA, 2017.5.19

[그림 7] 고령층 헬스케어를 위해 자동화시스템이 도입된 스마트홈 모식도



(Sensors 17(11) 2496, 2017, 좌)와 Incasa의 스마트홈 모니터링 서비스 (www.incasanet.com, 우)

○ (액티브 시니어를 위한 스마트 리빙웨어 시장의 급성장) 스마트 리빙웨어는 「의료기기 + 일상생활 보조용품 + 패션용품 + 정보통신기기」의 복합적인 기능을 수행하도록 새로이 디자인되어 액티브 시니어의 주요 아이템으로 자리매김할 전망.

- 한국보건사업진흥원에 따르면 액티브시니어의 등장에 따라 고령친화산업시장이 커지고 있는데, '15년 기준 39조3천억원으로 '12년 대비 43.4% 증가했고, '20년에는 72조8천억원의 규모로 성장할 것으로 전망.

[그림 8] 2014년 고령화 친화산업 소비자 수요조사 결과



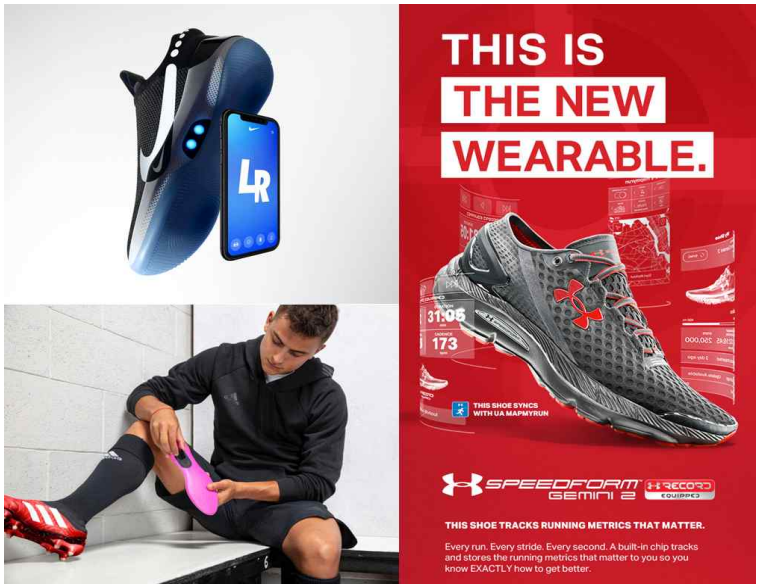
자료 : 액티브시니어의 등장에 따른 산업의 흐름, 한국보건산업진흥원 (2017)

- 스마트의류를 통해 신체활동데이터(걸음 수, 이동거리 등 운동 상태) 및 생체신호데이터(혈압, 심장박동 수, 호흡량 등 신체변화상태)를 측정하여 개인건강애플리케이션(Personal Health 앱 lication, PHA)을 통해 칼로리 소모량, 운동량, 스트레스지수 변화 등의 개인건강정보(Personal Health Information, PHI)를 서비스플랫폼에 저장하고 활용하는 사례가 선진업체들을 중심으로 급성장 중.

ㅇ (건강관리를 위한 스포츠 시장의 급성장)

- 글로벌 스포츠브랜드 나이키, 아디다스, 언더아머 등은 스마트스포츠웨어 시장을 창출하고, 관련 상품들을 지속적으로 개발, 출시하면서 리딩하고 있음.

[그림 9] 나이키, 아디다스, 언더아머를 통해 선보인 스마트 스포츠웨어



자료 : 나이키 (HyperAdapt 1.0, 좌상), 아디다스×구글 (Google x adidas GMR,좌하), 언더아머×삼성 (Gemini 2, 우)을 통해 선보인 스마트 스포츠웨어

- 스포츠웨어는 ① 러닝·워킹 등 일반스포츠용, ② 요가 등 인도어(Indoor) 스포츠용, ③ 선수와 전문가용으로 분류되는데 등산복을 위시한 아웃도어웨어, 캐주얼하게 일상복으로도 입을 수 있는 라이프스타일웨어 시장이 급성장세.

- 미국은 액티브웨어 붐에 따른 스포츠브랜드의 매출 증가가 두드러지는데, 운동할 때 뿐 아니라 일상생활에서도 스포츠웨어를 착용하는 애슬레저 트렌드로 운동복 및 신발의 수요가 확대.

* 출처 : 美 의류·신발 업계에서 찾는 우리 기업의 기회, 김동그라미 미국 뉴욕무역관, KOTRA, 2017.6.19

- 독일은 스포츠 및 웰빙 붐에 기인하여 기능성, 실용성, 디자인을 갖춘 스포츠웨어가 출시되면서 일상생활과 사무실에서도 즐겨 입는 트렌드가 생겨 '16년 시장규모가 약 100억유로를 기록한 것으로 전망되며, 소비 트렌드 설문조사 기관 VuMA에 따르면 스포츠웨어의 구입 목적이 운동 뿐 아니라 평상복 또는 패션 아이템으로 구입하는 것으로 분석됨.

* 출처 : 독일 스포츠웨어 시장, 지속 성장 기대돼, 박해광 독일 프랑크푸르트 무역관, KOTRA, 2016.05.26

- 일본의 스포츠웨어 시장은 4년 연속 성장세를 유지하고 있는 가운데 올해 스포츠의류 시장은 '13년 대비 약 4% 성장한 5,330억엔(한화 5조8,177억원)까지 확대될 것으로 전망.

* 출처 : 애슬레저 붐으로 日 스포츠웨어 시장 성장세, 조은진 일본 오사카무역관, KOTRA, 2017.8.23.

- 삼성패션연구소에 따르면 '16년 기준 국내 스포츠웨어시장 규모는 6조9807억 원으로 전년 대비 5.8% 성장하였는데, 소비자들의 생활수준 향상 및 건강에 대한 관심이 전 연령대로 확산. 시장은 매년 성장 중으로 운동과 여가생활의 벽이 허물어지는 애슬레저 문화 속에서 등산복 브랜드의 스포츠웨어 고도성장 전망.

* 출처 : "7조 스포츠웨어 시장 잡아라" 내년 판 커진다, 아시아경제, 2016.12.7.

- 한국섬유산업연합회가 발표한 자료에 따르면 구매실적을 기준으로 분석한 스포츠웨어 시장규모는 '15년 7조9,460억원을 정점으로 '16년에는 소폭 하락한 7조5,208억원이었으며, 일상생활용 캐주얼 컨셉을 가진 스포츠웨어가 시장을 확대해 나가고 있다고 전망.

* 출처 : 2017 스포츠 마켓 트렌드 - 아웃도어 퇴조속 '스포츠웨어' 일상화 확산, 한국섬유신문, 2017.9.15 ; 한국패션마켓트렌드2017, 한국섬유산업연합회 (2017)

ㅇ 스마트워크웨어 출현

- 근무 중 안전을 위협하는 위험 요소가 산재되어 있는 공장, 병원, 각종 위험 시설 등의 산업현장에서는 근무자들이 착용하는 보호복 시장은 2020년 현재 88억달러 규모로 추산되며 연평균 약 6.9% 성장하여 2025년에는 123억달러 규모에 이를 것으로 전망됨.

* 출처 : Protective Clothing Market by Material Type (Aramid & Blends, Polyolefin & Blends, Polyamide, and PBI), Application (Thermal, Chemical, and Visibility), End-Use Industry (Construction, Manufacturing, Oil & Gas, and Mining) - Global Forecast to 2025, Marketsandmarkets (2020)

- 사물인터넷(IoT) 기반의 웨어러블 기술 도입에 힘입어 보호용 스마트워크웨어의 시장 전망은 밝음.

* 출처 : Smart Clothing and Body Sensors: Market Analysis and Forecasts (2016)

- 근무위치에서의 안전을 확보하기 위한 조명 등 시인성(visibility) 부여 및 주변 환경의 유해성분 센싱 등 다양한 니즈를 고려한 제품이 출시되고 있음.

* 출처 : Rising of smart workwear, by Nicholas Newman, www.lightflex.com

[그림 10] Light Flex 의 printed active light 기술과 해당 기술이 적용된 보호복



자료 : www.lightflex.com

ㅇ 지금은 HCI 스마트의류 시장 확산 및 성장의 최적기

- 소비시장의 새로운 고객층으로 급부상하며 자신에 대한 투자를 아끼지 않는 50~60대의 액티브시니어의 수가 크게 증가하고 있음.

- 일상복과 스포츠웨어가 하나로 애슬레저룩 제품이나 시티스포츠웨어 시장을 견인하는 새로운 소비 트렌드를 형성.

- 스마트공장의 확산으로 사용자와 주변 디바이스와의 상호작용이 요구되는 환경에서 근무하는 근로자들의 수가 급증.

□ 국내 기술개발 동향

(1) 스마트의류 분야 정부 투자 동향

ㅇ 정부는 “소재·부품산업 산업기술 R&BD전략”과 “정보통신산업 산업융합원천 R&D전략” 등을 통해 스마트의류 관련 섬유-IT융합 분야 R&D에 지속적으로 투자하였으며, 전자 소자와 스마트의류 분야를 주요 내용으로 다룬 사업은 ‘04~ ‘16년 사이 13년간 89개 과제에 약 170억원 (정부지원금 기준)을 투입한 것으로 분석됨.

- 스마트의류 관련 전자섬유 소자 원천기술과 스마트의류의 제품화 기술 확보에 주력하였으나, 사업화를 위한 제품 실증 부족으로 성공률이 높지 않음.

- 관련 투자를 통해 사업화에 성공한 과제 수는 13개로 사업화 성공률이 14.6%에 불과한 실정으로 기존 산업부 전체 R&D 사업 47.3% 대비 1/3 수준에 불과한 실정임.

* 출처: NTIS 분석결과를 기반으로 한국생산기술연구원에서 취합 작성 ; 섬유 R&D사업 효율성 극대화를 위한 연구용역 보고서, 한국섬유산업연합회 (2017)

ㅇ 최근 4차 산업혁명으로 주목받았던 AI, IoT 등 정보통신기술이 코로나19 확산을 계기로 디지털 경제구조 전환 가속화될 것으로 전망되나 산업구조 변화, 기술혁신 가속화로 인한 산업현장 요구와 교육과정과의 연계 부족으로 산-학 인력수급 미스매치 심화될 것으로 우려됨.

ㅇ 정부는 친환경 섬유, ICT융합 섬유 소재 및 제조공정 개발 분야 석·박사급 고급 연구인력 양성하고 산업현장 수요를 반영한 실무 전문인력 양성 및 기업 수요 맞춤형 취업지원을 통한 청년 일자리 창출 지원하기 위한 친환경·ICT융합 섬유 분야 전문인력 양성으로 글로벌 기술경쟁력 강화 및 민간투자 활성화 추진.

- 친환경 그린섬유 제조과정 전문인력양성사업 (‘22~’ 26, 총 75억원)

- ICT융합섬유 제조과정 전문인력양성사업 (‘20~’ 24, 총 136억원)

- 수요기업 맞춤형 인력양성 및 취업연계 지원 (‘19~’ 23, 총 40억원)

ㅇ 또한, 코로나19를 계기로 개인보호장비(PPE) 시장이 급성장할 것으로 전망되는 ‘Made in Korea’ 프리미엄을 활용한 방역, 안전분야의 수출 유망 품목 생태계 구축 및 스마트 PPE 제품 실증을 위한 서비스랩 구축에 투자 추진.

- K-방역용 휴먼케어 섬유소재 개발 (‘21~’ 24, 총 200억원)

- 스마트 개인보호장비 실증 서비스랩 구축 (‘22~’ 26, 총 250억원)

ㅇ 안전보호 융·복합 섬유제품 상용화 기술개발 및 기술지원센터 구축하고, 고성능 국방섬유 소재·제품 개발, 첨단 소재 개발 테스트베드 및 완제품 실증센터 구축하여 안전보호 및 국방 섬유제품 개발을 통한 산업재해감소 및 글로벌 시장 선점하고자 함.

- 안전보호 융복합섬유 산업육성 (‘19~’ 23, 총 524억원)

- 국방섬유소재 산업육성 (‘21~’ 25, 총 357억원)

ㅇ 인체친화형, 건축·산업용 고성능 부직포 소재 및 제품개발 및 고성능 부직포 소재 개발을 위한 테스트베드 및 제품 표준화·인증 지원센터 구축을 통한 글로벌 경쟁력 확보 및 국내 부직포산업 생태계 강화.

- 건축·환경용 고차단성 플래시방사 부직포 개발 (‘21~’ 24, 총 150억원)

- 첨단 방사형 부직포 제조 시스템 및 제품화 기술 개발 (‘21~’ 24, 총 180억 원)

- 부직포소재 생산설계 플랫폼 구축 (‘22~’ 26, 총 250억원)

ㅇ 고강도·고탄성 유기섬유, 탄소섬유 복합재 등 전략 핵심소재의 수요·공급 기업 공동 기술개발 및 첨단 산업소재 자립화를 위한 표준화, 인증 및 기업 지원 등 산업 생태계 고도화 추진.

- 고강도·고탄성 유기섬유 및 복합재 개발 (‘20~’ 24, 총 180억원)

- 클린룸 공기질 관리용 헤파필터 소재개발 (‘20~’ 24, 총 150억원)

- 수소저장용기용 탄소섬유 복합재 개발 (‘20~’ 24, 총 150억원)

- 미래 자동차용 친환경・경량 부품소재 개발 (‘21~’ 24, 총 150억원)

(2) 국내 대표기업의 HCI 스마트의류 기술개발 동향

ㅇ (테크패션/소비재용 테크니컬 섬유소재) 삼성물산, LF, 한섬, 코오롱인더스트리, 패션그룹형지 등이 내수시장을 중심으로, 블랙야크, K2 등이 스포츠 제품 기반으로 성장. 유망 디자이너 브랜드의 중국 진출이 활발.

ㅇ (패션소재) 효성T&C, 태광산업, 휴비스 등이 폴리에스터 및 나일론 소재를 공급하고 있으며, 영텍스타일은 고감성 교직물, 비전랜드는 천연염색, 세창상사는 경편직물 주도.

- 코오롱 글로텍은 전도성 잉크를 직물에 프린팅하여 발열성 섬유를 개발, 자체 발생 열로 체온을 일정하게 유지시켜 보온성과 쾌적성 향상.

ㅇ (패션제품) 삼성물산 에잇세컨즈, 이랜드 SPAO 등 SPA 브랜드를 전개, 블랙야크(야크온), 케이투 등의 ICT 융합 패션제품 출시. CLO와 Stripes 등 ICT 융합 의류디자인 및 맞춤 생산 기술, SK Planet 등 IT기술 접목 대여서비스 운영.

- 삼성물산의 스마트 수트는 웨어러블 기기를 손쉽게 휴대 및 착용이 가능하도록 제작한 수트로 안주머니에 QR코드를 삽입해 NFC 기능을 갖춘 안드로이드 스마트폰과 상호 통신 가능하며, 재킷 손목 부위에 스마트 버튼이 내장, 원터치로 명함, 문자 메시지를 전송하거나 내비게이션 프로그램을 실행 가능.

- 블랙야크는 자체 개발 은사(銀絲를)와 야크온 펄스(전용 블루투스 심박 측정 송수신기)를 통해 심박수를 스마트폰 야크온앱에 실시간 전송하고, GPS를 기반으로 한 운동거리 측정, 칼로리 소모 등 운동효과를 시각적으로 확인 가능한 아크온P를 개발하였고, 자체 개발한 발열 섬유와 함께 전원을 공급하고 의류 내부의 온도와 습도를 조절하는 휴대용 장치(Heating Control)로 구성된 아크온H, 그리고, 발광하는 광섬유와 조도(밝기 단위) 센서를 적용해 조도 변화에 따라 자동 점등 기능 보유한 아크온B를 개발함.

- 좋은사람들은 IoT 플랫폼 전문기업인 핸디소프트와 공동으로 심박수, 운동량을 측정하는 전도성 섬유 기반 스포츠웨어 기어비트S(Gearbits ⓢ)을 개발 중에 있으며, 의류뿐 아니라 디바이스, 앱 서비스를 함께 개발 중으로 2017년 하반기 출시하여 핸디소프트의 핸디피아 IoT 플랫폼을 기반으로 운영될 예정.

[표 11] 국내 대표기업의 HCI 스마트의류 제품개발 역사

기업명	제품 개발 역사
코오롱 인더스트리 (FnC 부문)	- 2006년, 영국 패션학교 ‘센트럴세인트마틴’과 산학협력으로 보온성을 강화한 ’라이프세이버’ 재킷을 출시 - 2008년, 소재 개발회사 코오롱글로텍이 개발한 열전도성 섬유 ’히텍스’를 적용해 ‘라이프텍’ 재킷을 처음 개발한 이후 매년 가을·겨울 시즌에 신기술을 적용한 상품 출시 - 2013년, 오른쪽 소매에 휴대폰을 충전할 수 있는 풍력발전기를 부착한 제품 출시. 영국 디자인 전문회사인 ’시모어파월’과 협업한 제품으로 독일 iF 디자인 어워드 2015에서 금상 수상 - 2016년, 5G 통신기술에 기반한 IoT 연결 웨어러블 패션 공동 연구 및 개발을 위해 KT, Nokia와 상호 양해 각서를 체결 (대표제품 : KT와 ‘해상안전 IoT 재킷’과 ‘산악안전 IoT 재킷’ 공동 개발) - 2017년, IT를 활용한 조난 안전구조 ‘라이프텍’ 재킷 신상품 출시 예정
블랙야크	- 2012년, 스마트의류 관련 기술과 시장 분석 진행 - 2014년, 스마트의류 제품 상용화 기술 개발 시작 - 2015년, 스마트폰(블루투스)으로 온도와 습도 조절이 가능한 발열 재킷 ‘야크온H’ 출시. 2016년 대한민국마케팅대상 히트예감브랜드(Ready to hit)에 선정 - 2016년, 어두워지면 옷에서 빛이 나는 스마트웨어 ’야크온B’ 출시
삼성물산 (패션부문)	- 2013년, 남성복 브랜드 로가디스에 ‘스마트 슈트’ 최초 출시 - 2015년, IT 기능 탐재 ‘스마트 슈트’ 출시. - 2015년, 삼성전자와 협업으로 스마트웨어 브랜드 ‘더 휴먼핏’을 공개 - 2016년, 발열 기능의 스마트웨어 ‘히트 스퀘어(Heat Square)’ 시장출시. • IT기술을 적용한 제품라인 확대를 목표로 신소재 R&D팀 산하에 웨어러블TF를 설치해 연구 중으로 삼성전자와 함께 의류, 액세서리 등의 부문에서 협업 중 - 2016~2017년, 삼성전자는 ’CES’에서 스마트슈트, 솔백, 바디콤파스, 웰트 등 총 8개 웨어러블 정보기술(IT) 신제품 출시

(3) 국내 섬유-ICT 융합산업 수준

ㅇ 기존 섬유기술을 전자 및 정보통신 기술과 융합하여 산업용 소재, 웨어러블 섬유, 스마트섬유 및 유비쿼터스 섬유제품의 창출이 가능한 잠재력을 가지고 있으나, 융합기술 수준은 선진국에 비해 미흡한 상황임.

- 그러나, 현재 전 세계적으로 섬유-ICT 융합기술 개발은 2000년대부터 본격적으로 시작된 신규 개발 분야로서, 선진국과 비교하여 기술적 수준의 격차는 크지 않음.

- ICT 융합기술, 즉 사용자와 주변 장치가 상호작용하는 제품에 대한 인식이 산업계로 확산되고 있고 이에 따라 투자 및 연구 개발이 활발히 진행되고 있음.

ㅇ 차세대 스마트의류를 상용화를 통한 세계시장 선점을 목표로 5대 주력산업의 ICT 융합 산업으로 활발히 개발 중에 있음.

- 산업계를 중심으로 ICT 융합기술 개발이 활발히 진행 중이며, 학계 및 국책연구소 중심으로 미래형 원천기술 연구가 다양하게 진행 중임.

3) HCI 융합섬유의 산업적 파급효과

□ 경제적 파급효과

ㅇ 스마트 섬유제품의 지속적인 투자를 통한 시장경제적 기대효과 분석을 위해 분석대상인 ‘스마트의류’ 관련 산업을 중심으로 분석.

- 본 분석자료는 ‘18년 한국산업기술진흥원의 기획사업인 [커넥티드 환경에서의 스마트의류 실증지원 사업]의 보고서를 인용한 자료임.

- (분석대상 산업 설정) 한국은행에서 제공하는 「2014년 산업연관표」의 ‘부문분류표’를 활용하여 ‘스마트의류’와 높은 연계성을 보이는 “섬유 및 의복 산업”으로 설정.

- “스마트의류”는 산업 연관표 부문 분류표의 161개 소분류 중 <섬유 및 의복 (code 011)>에 해당되며, 이는 “섬유 및 의복 산업”과 연계성 존재.

[표 12] 산업연관표의 스마트의류 분류 체계

대분류 (30)	중분류 (82)	소분류 (161)	기본부문 (384)
4. 섬유 및 가죽 제품	11. 섬유 및 의복	024. 섬유사	062. 천연 섬유사
			063. 화학 섬유사
			064. 기타 섬유사
		025. 섬유직물	065. 천연섬유직물
			066. 화학섬유직물
			067. 기타 섬유직물
			068. 편조원단
		026. 섬유 표백 및 염색	069. 섬유 표백 및 염색
		027. 직물제품	070. 직물제품
			071. 근, 로프 및 어망
			072. 기타 섬유제품
		028. 의복제품	073. 봉제의류
			074. 편조의류
			075. 가죽의루
			076. 모피의류 및 모피제품
			077. 의복관련 장신품
5. 화학 제품	19. 화학섬유	041. 화학섬유	121. 화학섬유

자료 : 2014년 산업연관표, 한국은행, 2016

- (분석지표 설정) 한국은행에서 제공하는 「2014년 산업연관표」의 투입 산출표와 고용표를 활용하여 객관적 측면에서의 시장경제적 기대효과를 제시하기 위한 4가지 분석지표를 설정.

① (분석지표) 생산유발계수, 부가가치유발계수, 고용유발계수, 취업유발계수.

② 일자리 창출효과의 측면에서, 한국은행이 제공하는 산업연관표의 생산유발계수, 부가가치유발계수는 <섬유 및 가죽제품(code 04)>의 수준에서 분석하고, 고용표 등은 중분류 수준까지만 공개되므로, 동 세부사업의 고용유발계수와 취업유발계수는 <섬유 및 의복(code 011)> 수준에서 분석.

[표 13] 시장경제적 기대효과 분석 지표

구분 \ 분석 지표	생산유발 계수	부가가치유발 계수	고용유발 계수	취업유발 계수
011. 섬유 및 의복	2.002	0.565	7.8	10.7

자료 : 2014년 산업연관표, 한국은행, 2016

- (시장규모 분석) ‘스마트 의류’ 실증화사업 추진을 통한 궁극적인 목표는 글로벌 시장 진출로 제시되었으나, 신산업 특성상 현재 구체적이고 명확한 근거자료가 없기 때문에 차선책으로 관련 국내 시장전망 분석을 통해 시장 규모를 도출.

① ‘스마트의류’는 넓은 의미에서 제조업 중 “섬유 및 의복 제조업”과 연계성 존재.

② ‘17년 국내시장의 경우에는 실제규모를 제시할 수 있으나 분석 기초자료의 통일성 확보 측면에서 ‘10～‘14년의 연평균 성장률을 기반으로 ‘15～‘26년 전망치를 제시.

③ 시장규모 분석을 위한 기초자료로 한국무역협회 무역통계, 한국섬유산업연합회 섬유패션산업통계 (2018.4)의 섬유패션산업 통계를 활용 CAGR(2010-2016)을 활용하여 2020년 이후 시장을 전망.

[표 14] 섬유패션 국내시장 규모 및 전망

(단위 : 억 원)

구분 \ 연도	2011	2014	2017(E)	2020(E)	2023(E)	2026(E)	CAGR (‘10-‘16)
섬유패션 (섬유 및 의복)	412,200	482,330	391,810	362,000	334,460	309,020	-0.026%

자료: 한국무역협회 무역통계, 한국섬유산업연합회 섬유패션산업통계 (2018.4)

- (실증대상의 관련 산업 內 비중 분석) ‘스마트의류’는 넓은 의미에서 제조업 중 ‘섬유 및 의복’에 속하지만 보다 명확한 기대효과 분석을 위해 산업 내 비중을 분석.

① ‘섬유 및 의복 산업’은 총 13개 기본부문으로 구성되며, ‘스마트의류’와 높은 연계성을 보이는 섬유[기타섬유직물+기타 섬유제품]와 의류[편조의류]의 산출액은 총산출액을 기준으로 각각 전체의 17.3%와 27.9%의 비중을 차지.

[표 15] 주요 산업의 세부 업종별(섬유 및 의복) 수요 구조

섬 유

단위 : %, 십억원

	총수요							총수요=총공급	총공급			총산출액
	중간수요	최종 수요							총산출	수입	잔폐물	
		민간소비	정부소비	민간투자	정부투자	수출	기타					
천연 섬유사	88.5	0.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	100.0	55.1	44.9	0.0	1,590
화학 섬유사	96.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	100.0	53.3	46.7	0.0	988
기타 섬유사	82.6	1.9	0.0	0.0	0.0	15.5	0.0	100.0	52.0	48.0	0.0	1,213
천연섬유직물	80.5	1.8	0.0	0.0	0.0	17.8	-0.1	100.0	52.2	47.8	0.0	1,354
화학섬유직물	63.5	0.1	0.0	0.0	0.0	36.4	0.0	100.0	87.1	12.9	0.0	4,763
기타 섬유직물	83.9	0.0	0.0	0.0	0.0	16.3	-0.2	100.0	63.6	36.4	0.0	902
편조원단	64.2	0.0	0.0	0.0	0.0	35.8	0.0	100.0	64.6	35.4	0.0	4,006
섬유표백 및 염색	95.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	100.0	99.9	0.1	0.0	2,882
직물제품	65.0	21.2	0.0	1.6	0.0	12.1	0.0	100.0	85.9	14.1	0.0	5,595
끈, 로프 및 어망	66.0	2.6	0.0	4.1	0.2	27.1	0.0	100.0	85.7	14.3	0.0	764
기타 섬유제품	60.0	1.6	0.0	0.0	0.0	38.5	0.0	100.0	80.2	19.2	0.6	5,063
화학섬유	52.9	0.0	0.0	0.0	0.0	47.4	-0.2	100.0	88.7	11.3	0.0	5,436
섬유산업	69.5	3.5	0.0	0.3	0.0	26.7	0.0	100.0	76.0	23.9	0.1	34,555

자료 : 한국은행, 2014년 산업연관표
주 : 1) 최종수요 항목의 기타는 재고증감과 귀중품순취득을 포함
2) 총산출(액)은 자가공정산출을 포함

의 류

단위 : %, 십억원

	총수요							총수요=총공급	총공급			총산출액
	중간수요	최종 수요							총산출	수입	잔폐물	
		민간소비	정부소비	민간투자	정부투자	수출	기타					
봉제의류	26.2	45.3	0.0	0.0	0.0	28.1	0.4	100.0	84.0	16.0	0.0	24,541
편조의류	23.3	13.9	0.0	0.0	0.0	62.7	0.1	100.0	79.8	20.2	0.0	10,286
가죽의류	26.7	62.9	0.0	0.0	0.0	10.1	0.3	100.0	72.5	27.5	0.0	119
모피의류 및 모피제품	4.8	92.4	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	100.0	78.1	21.9	0.0	334
의복관련 장신품	46.1	24.9	0.0	0.0	0.0	29.0	0.0	100.0	68.7	31.3	0.0	1,552
의류산업	26.1	35.8	0.0	0.0	0.0	37.8	0.3	100.0	81.9	18.1	0.0	36,831

자료 : 한국은행, 2014년 산업연관표
주 : 1) 최종수요 항목의 기타는 재고증감과 귀중품순취득을 포함
2) 총산출(액)은 자가공정산출을 포함

* 자료 : 주요산업동향지표, 산업연구원, 2017.12.

- (국내시장 규모 및 전망 세분화) ‘스마트의류’ 관련 국내시장은 해외 시장 전망보고서를 참고하여 전자섬유 소자 시장과 스마트의류 시장을 세분화하여 분석 수행.

[표 16] 스마트의류 국내시장 규모 및 전망 2011～2026 (시장세분화)

(단위 : 억 원)

구분 \ 연도	2011	2014	2017(E)	2020(E)	2023(E)	2026(E)	CAGR ('10-'14)
섬유패션 (섬유 및 의복)	412,200	482,330	391,810	362,000	334,460	309,020	-0.026%
							('14-'20)
전자섬유 소자	-	50	109	304	898	2,652	35.10%
커넥티드 스마트 의류	-	385	995	1,140	22,810	182,477	19.90%
소계	-	435	1,104	1,444	23,708	185,129	22.15%

[섬유패션 시장]
* 주 : 2010년 시장은 국내 [(생산액+수입액)-수출액]으로부터 산정
[텍스트로닉스 소자 시장]
* 주 : 스마트 텍스트로닉스 세계시장 점유율은 2015년 4.1%에서 지속 성장하여 2020년 5.9%에 이를 전망 → 이를 기준으로 2021년 이후 세계시장 점유율을 6.0%로 산정
따라서 '15～' 20년 사이 CAGR은 43.47%이고 '21～' 23년 사이 이후 CAGR은 43.48%로 산정
* 출처 : Smart Textiles: Global Forecast to 2020, MarketsandMarkets (2015)
[스마트의류 시장]
* 주 : 2016년～2017년은 스마트텍스트로닉스 시장의 평균점유율 4.4%를 적용하고, 2018년～2020년 사이는 5.5%, 2021년 이후 시장은 6.0%를 적용하여 산정 (의류시장 점유율 반영)
따라서 '15～' 20년 사이 CAGR은 43.47%이고 '21～' 23년 사이 이후 CAGR은 43.48%로 산정
* 출처 : 1) 2020년, Smart Textile Market, Grand View Research (2016)
2) 2021년～2026년 구간, Smart Textiles and Wearables, Cientifica Research (2016)

○ (단기 시장경제적 기대효과) '스마트 의류' 실증화사업의 추진기간 동안 연구개발비의 투입을 통해 스마트의류 산업에서 단기적으로 기대되는 생산유발효과는 약 1,000억원, 부가가치 유발효과는 약 282억원, 고용유발효과는 약 391명, 그리고 취업유발효과는 약 538명으로 전망.

① 사업기간 : 3년('20～'22년)
② 연구개발비 : 500억 원(국비 250억 원, 민자 250억 원)

[표 17] 연도별 투자 계획

(단위: 억 원)

구분 \ 연도	2020	2021	2022	합계
국고(50%)	85	85	80	250
지방비(0%)	-	-	-	-
민자(50%)	85	85	80	250
합계	170	170	160	500

[표 18] 단기 시장경제적 기대효과

구분 \ 연도	파급효과			합계
	2020	2021	2022	
생산유발 (억 원)	340 (170억 원 X 2.002)	340 (170억 원 X 2.002)	320 (160억 원 X 2.002)	1,000
부가가치유발 (억 원)	96 (170억 원 X 0.565)	96 (170억 원 X 0.565)	90 (160억 원 X 0.565)	282
고용유발 (명)	133 (17억 원 X 7.8)	133 (17억 원 X 7.8)	125 (16억 원 X 7.8)	391
취업유발 (명)	182 (17억 원 X 10.7)	182 (17억 원 X 10.7)	174 (16억 원 X 10.7)	538

* 주 : 단기 시장경제적 기대효과는 동 세부사업 추진을 위한 연구개발비를 매출추정액으로 반영하여 산출

○ (중기 시장경제적 기대효과) ‘스마트 의류’ 실증화사업의 추진기간 동안 연구개발비의 투입을 통해 스마트의류 산업에서 중기적으로 기대되는 생산유발효과는 약 6조9,000억원, 부가가치 유발효과는 약 3조9,000억원, 고용유발효과는 약 69,000명, 그리고 취업유발효과는 약 74,000명으로 전망.

① 일반적인 R&D 사업과는 다르게 연구개발 완료 기술 및 제품의 실증추진 지원을 주요 목적으로 설정하고 있어 별도의 회임기간 없이 사업종료 직후 산업 활성화에 기여가 가능할 것으로 가정하여 분석을 수행.

② 실증대상인 ‘스마트의류’는 신산업 특성상 현재 구체적이고 명확한 기술수명 주기 자료가 없으므로, 글로벌 시장의 신산업 제품수명주기 단축 이슈를 함께 고려하여 사업종료 직후 4년을 기여가능 기간으로 가정.

[표 19] 스마트의류 국내시장 전망 2023~2026 (시장세분화)

(단위 : 억 원)

구분 \ 연도	2023(E)	2024(E)	2025(E)	2026(E)	CAGR ('10-'14)
섬유패션 (섬유 및 의복)	334,460	325,760	317,280	309,020	-0.026%
					('20-'26)
전자섬유 소자	898	1,288	1,848	2,652	43.48%
커넥티드 스마트 의류	22,810	45,619	91,238	182,477	133.01%
소계	23,708	46,907	93,086	185,129	124.55%

[섬유패션 시장]

* 주 : 2010년 시장은 국내 [(생산액+수입액)-수출액]으로부터 산정

[전자섬유 소자 시장]

* 주 : 스마트 전자섬유 세계시장 점유율은 2015년 4.1%에서 지속 성장하여 2020년 5.9%에 이를 전망 → 이를 기준으로 2021년 이후 세계시장 점유율을 6.0%로 산정
  따라서 '15~' 20년 사이 CAGR은 43.47%이고 '21~' 23년 사이 이후 CAGR은 43.48%로 산정
* 출처 : Smart Textiles: Global Forecast to 2020, MarketsandMarkets (2015)

[스마트의류 시장]

* 주 : 2016년~2017년은 스마트 전자섬유 시장의 평균점유율 4.4%를 적용하고, 2018년~2020년 사이는 5.5%, 2021년 이후 시장은 6.0%를 적용하여 산정 (의류시장 점유율 반영)
  따라서 '15~' 20년 사이 CAGR은 43.47%이고 '21~' 23년 사이 이후 CAGR은 43.48%로 산정
* 출처 : 1) 2020년, Smart Textile Market, Grand View Research (2016)
  2) 2021년~2026년 구간, Smart Textiles and Wearables, Cientifica Research (2016)

[표 20] 중기 시장경제적 기대효과

구분 \ 연도	파급효과				합계
	2023	2024	2025	2026	
생산유발 (억 원)	4,746 (2,371억 원 X 2.002)	9,391 (4,691억 원 X 2.002)	18,636 (9,309억 원 X 2.002)	37,063 (18,513억 원 X 2.002)	69,836
부가가치유발 (억 원)	2,682 (2,371억 원 X 0.565)	5,306 (4,691억 원 X 0.565)	10,529 (9,309억 원 X 0.565)	20,940 (18,513억 원 X 0.565)	39,457
고용유발 (명)	2,092 (237억 원 X 7.8)	4,139 (469억 원 X 7.8)	21,080 (931억 원 X 7.8)	41,293 (1,851억 원 X 7.8)	69,233
취업유발 (명)	2,238 (237억 원 X 10.7)	4,428 (469억 원 X 10.7)	22,555 (931억 원 X 10.7)	44,857 (1,851억 원 X 10.7)	74,079

* 주 : 중기 시장경제적 기대효과는 섬유·의복 국내 시장전망 중 '전자섬유 소자'와 '스마트의류' 전체 추정치의 10%를 매출추정액으로 반영하여 산출

○ (시장경제적 기대효과 종합) ‘20년부터 ‘26년까지 ‘스마트 의류’ 실증화사업의 추진을 통한 생산유발효과는 약 7조원, 부가가치 유발효과는 약 4조원, 고용유발효과는 약 68,995명, 그리고 취업유발효과는 약 74,616명으로 전망

[표 21] 시장경제적 기대효과 종합 2021~2026

구분 \ 연도	파급효과							합계
	단기			중기				
	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	
생산유발 (억 원)	340	340	320	4,746	9,391	18,636	37,063	70,836
부가가치유발 (억 원)	96	96	90	2,682	5,306	10,529	20,940	39,739
고용유발 (명)	133	133	125	2,092	4,139	21,080	41,293	68,995
취업유발 (명)	182	182	174	2,238	4,428	22,555	44,857	74,616

* 주 : 섬유·의복 국내 시장전망 중 ‘전자섬유 소자’와 ‘스마트의류’ 전체 추정치의 10%를 매출추정액으로 반영하여 산출

□ 과학기술적 파급효과

○ 스마트섬유 소자를 적용한 스마트의류는 국가 섬유패션의 성장을 주도할 견인차로서 파급효과가 매우 큼.

- 섬유패션, 전기·전자, ICT/IoT 등 국가 기간산업과 관련된 모든 분야에서 새로운 가치를 창출할 핵심 분야.

○ 스마트섬유 소자 기반의 스마트의류 관련 핵심 요소기술의 실증사업을 통해 신뢰성을 확보함으로써 관련 시장에서의 기술경쟁력 강화.

- 섬유센서, 섬유회로 등 스마트섬유 소자의 관련 핵심 요소기술의 내구성 및 신뢰성 확보.

- 중소·중견 기업 주도의 스마트의류 관련 기술을 선점함으로써 섬유산업의 고부가치화를 통한 경쟁력 향상을 실현하고, 기존 제조업 중심의 프레임을 융합기술 기반의 지식산업 프레임으로 전환하여 미래 신산업으로 발돋움.

ㅇ 커넥티드 환경에서의 스마트의류 실증사업 추진을 통해 「High Risk, High Return」 기술 부문의 산업계 수요를 충족.

- 민간 단독 투자가 어려운 분야에 대해 중장기적 관점에서 정부가 미래 유망 분야 전략적으로 투자함으로써 관련 부문에 대한 민간 투자를 유도하고, 활성화가 가능함.

- 정부지원을 통해 민간이 참여하여 개발한 우수기술을 실증을 통해 사업화를 유도함으로써 관련 부문의 국가경쟁력을 향상시킴.

ㅇ 글로벌 시장을 주도할 융합 신산업을 창출함으로써 세계 최고 수준의 「스마트의류」 생태계 구축.

- 스마트섬유 기반으로 기술-산업간 융합신제품 개발을 통해 산업융합촉진정책의 실현하고, 성공적인 투자로 “신(新)산업 성장전략”의 성공사례 발굴.

- 산업부에서 추진 중인 「산업융합 신제품의 적합성 인증」 제도를 통해 조기에 상용화가 가능하도록 추진함으로써, 중소·중견기업 및 벤처기업의 성공적인 시장진출 유도.

ㅇ 스마트의류 생태계를 확보함으로써 미국, 유럽 등 선진시장 진출 기회를 마련하여 일자리 창출.

- 실증연구개발 협력을 통해 시장을 창출하여 중소, 중견기업이 글로벌 전문기업으로 성장하고, 스타트업, 벤처 기업 등의 창업 생태계를 활성화하여 신시장에 진출.

- 세계 최초로 커넥티드 환경에서의 스마트의류 제품을 실증함으로서 중소·중견기업의 글로벌 신시장 창출 기회 제공하고, 스타트업, 벤처기업 등의 창업 생태계를 활성화하여 창의적 융합인재의 고용창출을 실현.

□ 사회문화적 파급효과

ㅇ 미래 스마트의류로부터 얻어지는 빅데이터 기반의 정보제공을 통해 다양한 소비자의 니즈를 충족하는 스마트의류 개발로 소비자에 새로운 가치를 제공.

ㅇ 사회적·국가적·글로벌 니즈에 대응할 수 있는 국가적 실증과제를 추진함으로써 국가 공익적 가치 증대에 기여.

- 건강관리를 중요시 하는 액티브 시니어, 운동을 즐기는 20~30대 젊은이, 스마트공장의 작업자 등 다양한 소비자의 가치변화 요구에 대응하는 실증사업에 도전함으로써 국가적 이슈 해결에 기여.

ㅇ '스마트 의류' 실증사업 추진 시 실증에 투입할 전자섬유 소자와 스마트의류를 개발, 제조 단계로부터 커넥티드 환경에서 실증 시험단계까지 일련의 과정에서 4차 산업혁명 관련분야 인력(스마트제조, 사물인터넷, 빅데이터, 정보보안 등)들을 참여기업에서 활용하도록 유도함으로써, 신규 일자리 창출에 기여.

- 고용노동부에서는 4차 산업혁명 인력양성 훈련과정을 추진 중으로 훈련생으로 선발되면 훈련비 전액과 장려금, 그리고 훈련을 이수하면 훈련 기관과 협약을 맺은 기업에 대한 취업 지원.

□ 타 산업으로의 파급효과

ㅇ 스마트섬유 소자는 섬유산업 패러다임을 주도할 미래 부품・소재 기반을 확보.

- 글로벌 경쟁력을 가지는 스마트섬유 소자를 실증을 통해 확보함으로써 세계 시장 선점이 가능한 미래 부품・소재산업으로 육성함으로써 세계 시장 주도.

ㅇ 섬유패션, 전기·전자, 디자인, SW, 컨텐츠, ICT/IoT, 서비스 등 다양한 산업분야로 확산하여 새로운 시장을 창출하고, 일자리 창출에 기여.

ㅇ 실증 예상 지역인 판교(성남)에 구축중인 스타트업캠퍼스 소재 스타트업들을 발굴하여 본 실증지원사업에 참여하도록 유도하여 기술융합 고도화.

- 본 실증사업에서 ICT 플랫폼 기반을 활용할 예정인 'ICT 디바이스 랩'은

판교 스타트업 캠퍼스 내에 정보통신기술(ICT) 분야 스타트업 · 예비 창업자의 교육과 창업을 지원하는 기관으로 타산업으로 파급효과 기대.

- 스마트의류 관련 기술을 보유한 스타트업들의 실증사업 참여를 통한 과기부에서 추진 중인 I-Korea 4.0실현을 위한 ‘5G 시대 지능형 디바이스 제작 지원 전략’의 대표 성공사례를 발굴.

Ⅲ. 국내외 HCI 융합섬유 기술 현황 분석

ㅇ HCI 융합섬유는 인간이 지니고 있는 여러 감각을 이미지 및 신호화 하여 이를 환경 및 조건에 따라 변화시킬 수 있어서, 보다 편리하고 안전하며 나아가서 인간의 삶을 쾌적하게 만드는 섬유를 의미.

ㅇ HCI 융합섬유는 구체적으로 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 의미.

ㅇ HCI 융합섬유는 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 수행.

1) 감성 공학 섬유 기술

ㅇ 기존 섬유에서의 착용시험을 통해 SD(semantic differential)법 등의 심리학적 수법 (다변량 해석법 등)을 통해 의복을 착용시에 인간이 느끼는 쾌적성의 주 요인은 ① 온/냉감, ② 습윤감, ③ 압박감, ④ 접촉감의 4가지 요인으로 구분.

ㅇ 디지털 시대에 스마트 섬유의 개발을 통해 인간이 느낄 수 있는 쾌적성의 주 요인은 ① 건강정보 (심박수, 수면시간, 칼로리 소모량, 걸음 수 등), ② 생활정보 (음성 인식, 대상 인식, 날씨 등), ③ 정보 전달 (알림 기능, 메시지 등) 3가지로 구분.

ㅇ 인간이라는 시스템에서 감성이라는 출력(output)은 외부로부터 감각과 정보 자극이라는 (Input)에 대하여 두뇌에 기억되어 있는 의사 결정원칙(decision making principle)을 적용한 정보처리의 결과.

□ 자율응답 쾌적 섬유

ㅇ 환경 또는 인체 자극을 센싱하여 자율적으로 응답하는 기능을 가진 섬유로서 PEG (poly ethylene glycol)등의 상변이소재(Phase change materials)를 가지고 다양한 형태나 가공을 부여하여 화학적 변화를 자율적으로 자극에 반응하는 섬유.

□ 천연 감성 섬유

ㅇ 천연섬유 같은 감촉을 느끼기 위해 다양한 합성 섬유에 다양한 공정을 거쳐서 면섬유와 같은 편안함, 울섬유 같은 따뜻함, 실크섬유와 같은 부드러움을 부여하는 섬유가 개발.

□ 스마트 섬유

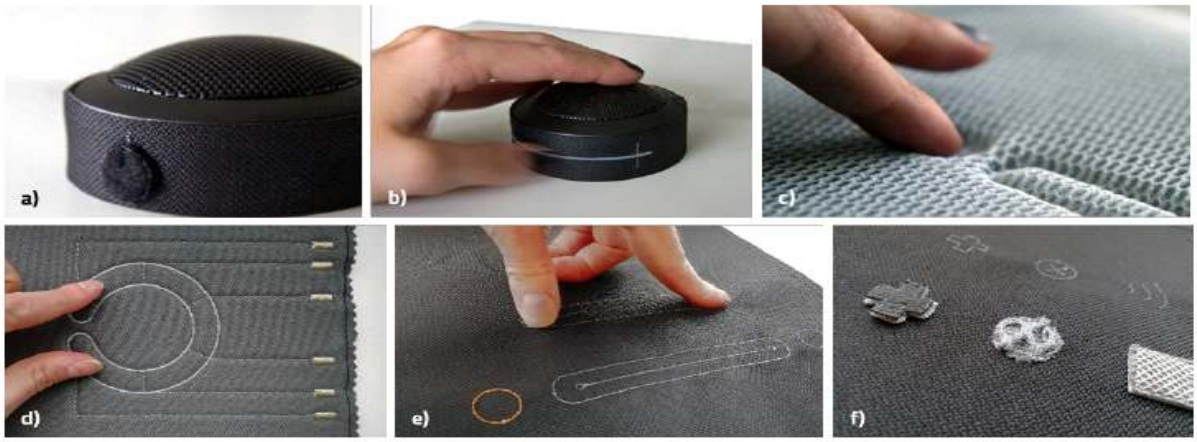
ㅇ 기술 및 용도에 따라 ① 온도조절, ② 신체보호, ③ 신체정보 인식, ④ 발광응용 등으로 분류할 수 있으며, 세부적으로 전도성 섬유, 압전성 섬유, 감각 섬유, 열전성 섬유 등의 발전과 더불어 기존 섬유에서 요구되었던 쾌적성을 극대화하는 방향과 정보의 전달 등을 목적으로 활발한 연구 진행.

□ 사용자 중심의 직물 기반 센서 개발

ㅇ 직물 소재, 조직 및 표면 형상의 촉각을 기반으로 제작된 직물 센서를 전자기기를 조작하기 위한 인터페이스로 개발하고, 전문가 인터뷰를 통한 사용성을 평가 분석함.

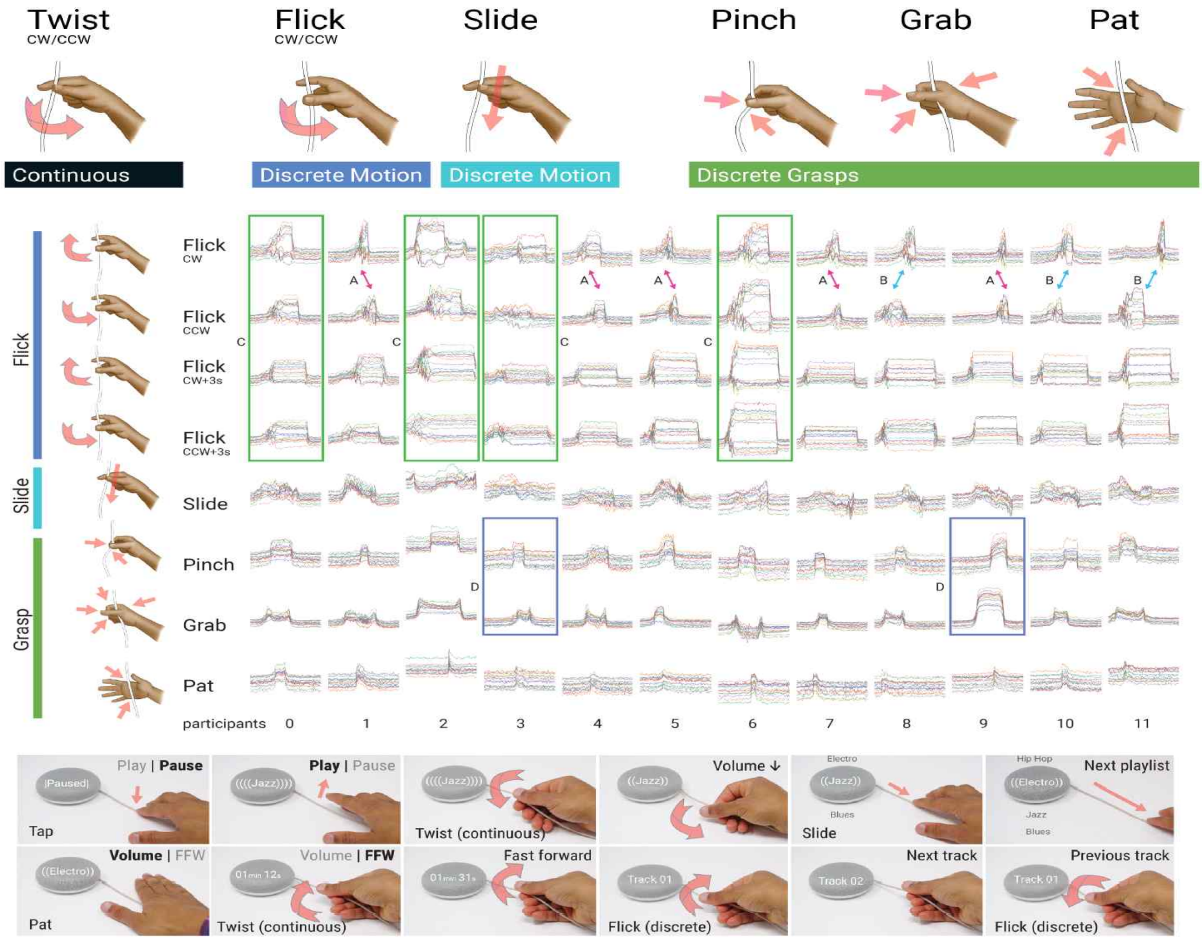
ㅇ 최근 구글은 브레이딩 구조의 용량성(capacitive) 방식 직물 센서를 개발하여 전자 장치의 인터페이스로 활용하기 위한 사용자의 손가락 동작(양방향으로 가볍게 돌리기, 위아래로 슬라이딩, 쥐기 등)의 센싱 성능 및 정확도를 분석함.

[그림 11] 직물의 3D 형상 및 라인 스티지를 적용한 센서를 기반으로 스피커의 음향 및 전원 제어 인터페이스로 활용 연구



자료 : CHI 2020, April 25-30, Honolulu, HI, USA

[그림 12] 브레이딩 구조 capacitive 직물 센서의 사용자 손가락 동작 감지 성능을 분석하고, 스피커의 음향 및 전원 제어 인터페이스로의 사용성 연구



자료: CHI 2020, April 25-30, Honolulu, HI, USA

2) 전도성 섬유 기술

□ 전기전도성 섬유

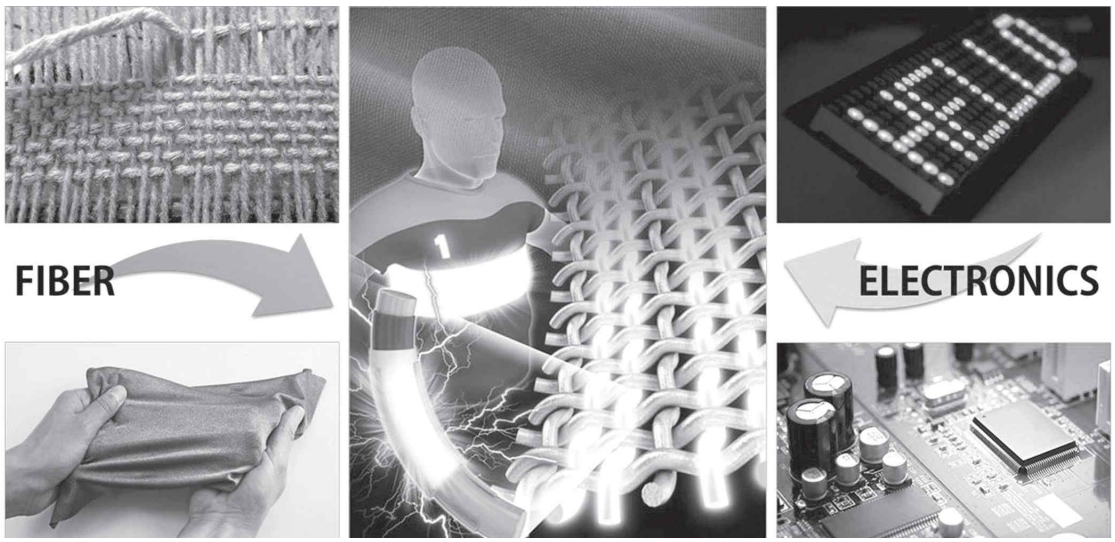
○ 전도성 섬유에서의 기술개발 메가트렌드는 웨어러블 스마트 섬유 추세를 반영하여 ‘고강도·고전도성 섬유 생산기술’을 바탕으로, ‘에너지 저장 섬유’, ‘스마트 섬유 센서’, ‘섬유형 트랜지스터’로 구분

- 에너지 저장 섬유 : 유연하며 에너지를 저장할 수 있는 섬유.

- 스마트 섬유 센서 : 외부 변화를 빠르게 감지해 대응할 수 있는 전도성 섬유.

- 섬유형 트랜지스터 : 전류나 전압 흐름을 조절하는 전자소자 기능이 결합된 섬유.

[그림 13] 섬유 기술과 전자 기술의 융합



○ 고강도/고전도성 섬유 생산 기술 : 분자구조 제어에 의한 유/무기 섬유소재 생산 기술 연구.

○ 전도성 섬유 기술개발 현황으로 2015년 미국 구글社는 Poroject Jacquard를 발표하면서 2019년 리바이스 社와의 협업을 통하여 두 번째 웨어러블 스마트 디바이스인 ‘스마트 재킷’을 출시함.

○ 웨어러블 스마트 의류의 전기·전자적 특성을 구현하기 위한 직물 형태의 유연한 회로보드 개발은 국내·외 기업 또는 연구소에서 활발히 연구되고 있음.

- 미국 조지아공대, 뉴욕대에서는 직물인터페이스를 제조하였고, 영국 사우샘프턴 대학교에서는 터치 센서를 장착한 플렉서블 e-textile을 개발함.

- 애플은 전도성 스마트 섬유회로를 이용하여 혈압, 심박수, 호흡을 모니터링 하는 '헬스케어용 스마트 장갑'과 관련한 특허들을 출원함.

- 전자부품연구원(KETI)는 PET 고분자 직물과 전도성 금속인 니켈 층을 일체화 시켜 플렉서블(flexible) 이차전지를 개발함.

○ '전자 섬유'란 전기 또는 광 신호를 생산, 저장, 전달할 수 있는 섬유형태의 전기전자 소재, 부품 및 제품을 일컬음.

○ 실, 직물, 편물, 부직포 형태의 섬유소재는 신축성, 구김 복원성, 유연성 등이 금속, 세라믹, 필름에 비해 월등히 우수하므로 다양한 모양, 용도와 색상의 전기전자 제품을 제공함.

○ 섬유소재 고유의 감성과 착용감, 전자소자 구현을 위한 전기 및 광 신호의 생산, 저장, 전달 등의 가능성을 갖춘 섬유제품.

○ 상기 서술한 기능이 가능하기 위해선 전도성 섬유의 개발이 그 무엇보다 우선되어야 함.

[그림 14] 전도성 섬유 기반의 텍스트로닉스 제품 및 서비스 공급망



○ IDTechEx의 보고에 따르면, 세계 텍스트로닉스 시장은 2014년 31억달러에서 2020년 208억달러로 연평균 25.2% 성장을 예상함.

○ 텍스트로닉스의 가장 기초는 원사업체의 전도사이며 뛰어난 기능과 생산량이 기반이 되어야 다양한 적용이 가능할 것임.

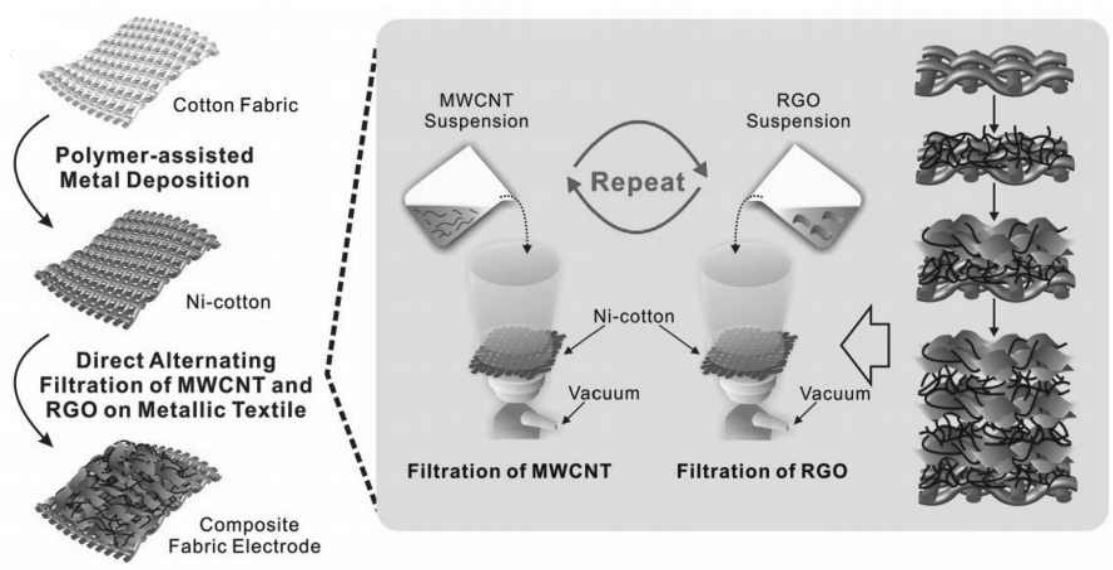
○ 경쟁적인 연구개발 및 사업화 투자가 이루어졌으나, 섬유산업과 전자산업의 융합이 미흡했고 킬러상품과 건실한 Biz. Model을 개발하지 못해 기대치에 미치지 못함.

○ 초연결 및 고령화 사회로의 변화가 가속화됨에 따라 텍스트로닉스의 시장이 급속히 성장하고 센서, 입출력 단말장치 등 소자, 부품 시장과 헬스케어, 피트니스 의류 등 고부가가치 전문시장으로 분할됨.

○ 한국과학기술연구원(KIST) 임정아 박사팀은 세탁해도 성능이 유지되는 섬유형 트랜지스터를 개발했다고 발표했으며, 새로운 소자 구조를 제시함.

○ 국내에서도 대학・연구소・산업체를 중심으로 전도성 섬유에 대한 개발과 융합을 위한 기술개발, 융합형 의류 제품 개발 등이 활발하게 진행되고 있음.

[그림 15] 방수성이 부여된 섬유 전극 제작법의 예



○ 중국 홍콩대 Zijian Zheng 교수팀은 섬유에 물이 침투로 인한 전도성 저하 문제를 해결하기 위해 전도성 섬유와 소수성 섬유의 core-sheath 구조를 기반으로 하여 supercapacitor 섬유를 제작함.

○ 인피니온 社의 경우, 전도성 섬유를 이용해 이어폰이 내장된 의류, RFID 모듈을 위한 직물 안테나, 사람의 동선을 감지하는 스마트 카펫 등을 개발함.

○ Fraunhofer IZM 社와 Berlin Technical University 연구팀은 공동으로 전도성 섬유와 웨어러블 컴퓨터 분야의 연구를 진행하고 있으며 textile pad를 사용하여 체온, 심장박동 등의 생체신호를 모니터링 하는 T-shirt를 개발함.

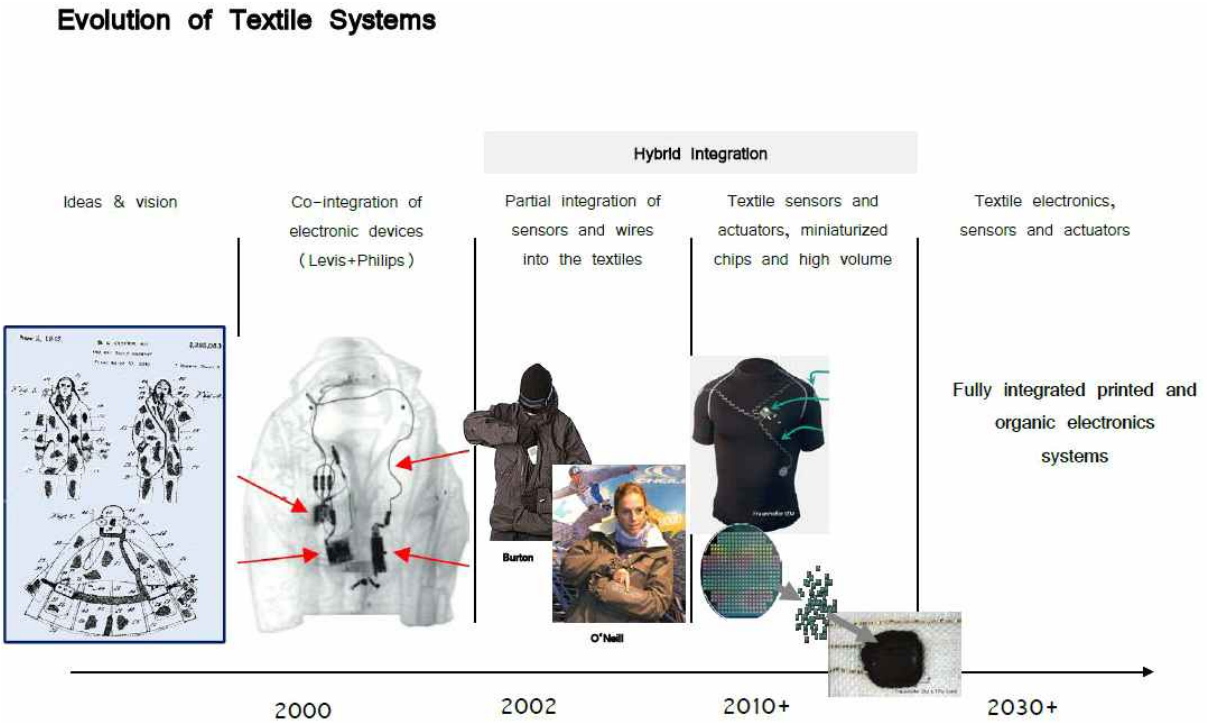
[표 22] 직물형 압력 센서의 생산기술 현황

구 분	기술명	소재	민감도	크기
직물형 캐퍼시터 압력센서	Embroidery	전도성 실	전환 임계값	mm^2-cm^2
	Patterned electrodes	전도성 잉크	0.214V/pF	$32mm^2$
	Surface touch	PEDOT Nylon	0.02pf/mm	직경 5cm
	Laminated electrodes	Thin film deposited metals	0.01Δ C/mN	직경 250 μm
	3D textile capacitor	Conductive fabric 3D textile	$2pF/N/cm^2$	$9cm^2$
	Crosslite™ capacitor	Silver-coated textile PCCR	$0.05pF/N/cm^2$	$100mm^2$
직물형 압력센서	Switch tactile sensor	Plated fabric Cu, Ni	Threshold at $500g/mm^2$	$8mm^2$
	Tooth structured	전도성 직물	2.98×10^{-3}kPa	$760mm^3$
	Polyurethane foam	PPyPolyurethane	0:0007mS/N	$4cm^3$
	Conductive Rubber based	Carbon polymer	250 Ω/MPa	$9mm^2$
	QTC-Ni based	Pressure composite	~10^6 Ω/1% compression	직경 5.5mm

○ 전도성 섬유의 발전에 따라 스마트 섬유의 급격한 진화를 확인할 수 있음.

○ 기존에는 소형 컴퓨팅 기기를 분리하여 옷에 넣거나 직접 착용하던 보조적인 수단에 머무름.

[그림 16] 전도성 섬유를 이용한 Textile System의 변천사



○ 2000년대에 들어서면서 가젯 형태의 디지털 기기를 옷에 장착하는 단계에 진입.

○ 2030년대에는 디지털 기능을 완전히 내장(in-cloth)하는 단계까지 발전할 것으로 예상함.

○ 스위스 취리히 공대(ETHZ) 연구팀은 전도성 섬유를 이용한 직물형 안테나, 트랜지스터, 압력 센서 등을 개발하고 health assistant의 응용으로 사용자 자세 교정, motion aware clothing, back manager 등을 개발함.

○ 국내 기업의 경우 제일모직 社의 보안용 카펫, 낙상방지용 침대, 자동 온열 시트 등의 압력센서로 활용이 가능한 정전용량 변화 센서를 제작.

○ 코오롱 社의 경우는 LED system을 의복에 부착해 야간산행 및 응급상황 시 위치 파악이 용이한 섬유 제품을 개발하였고 IT 기기의 pocketing 기술을 개발한 smart 시리즈, 발열 스마트 섬유 Heatex 등을 개발해 아웃도어 기능성 의류에 적용함.

ㅇ 코오롱 글로텍은 기존의 히텍스 발열 재킷 기술에 다양한 안전장치들이 접목된 라이프 텍(Life Tech) 재킷을 상품화함. 여기엔 블랙박스, GPS 기능, LED 등이 포함되어 있음.

ㅇ 향후 전도성 섬유의 개발은 자체 신호 전달이 가능한 형태에서 신호 생성, 전달, 에너지 수급 등이 가능한 능동형 전자 섬유 시스템으로 발전 할 것.

ㅇ 구글의 자카드 프로젝트와 같이 옷, 가구와 같은 일상의 모든 사물을 스마트 기기로 활용하려는 시도들이 존재함.

ㅇ 전도성 섬유는 주로 ‘금속 와이어’, ‘고분자 섬유에 전도성 물질을 함유시키거나 코팅하는 방법’, ‘전도성을 가진 고분자 섬유를 활용하는 방법’으로 구분됨.

- 금속 와이어 : 스테인리스스틸 방적사, 금속 필라멘트 합연사 등이 있으며 전도성과 강도, 기계력에 대한 내구성이 우수함. 합사의 경우 금속의 종류 및 노출 여부에 따라 제품의 물성이 달라지며 산화로 인한 내구성 저하 등의 문제 존재.

- 고분자 섬유에 전도성 물질을 결합한 전도성 섬유 : 용융 방사 시 전도성 입자를 첨가하거나 원사 겉면에 전도성 물질을 도금 혹은 코팅하는 것이 대표적. 일반적으로 나일론, PET, PP 등의 일반 원사에 알루미늄, 금, 은, 니켈, 구리 등을 증착시켜 사용함. 시장성이 가장 우수함.

- 전도성 고분자를 활용한 전도성 섬유 : 폴리피롤, 폴리아닐린을 용융 방사하거나 일반 원사에 코팅함으로써 전도성 섬유를 생산함. 부러짐이나 크랙 등에 대한 염려가 적고 가공성과 비용 측면에서도 우수해 제품화 연구가 활발함.

ㅇ 전도성 섬유 소재를 이용하여 가볍고 유연한 텍스타일로 만들어진 스트레인 센서에 연구가 활발하게 이루어지고 있으며 특히 호흡, 모션 등의 데이터를 지속적으로 수집할 수 있는 ‘휴먼 인터페이스’가 핵심 기술이 되고 있음.

- 알파클로 社는 스트레인 센서를 의류에 적용하여 근육의 팽창도로부터 운동량을 측정하는 스마트 의류를 개발하였으며 신축성의 폴리우레탄 혼방 원단을 전도성 나노 카본 용액에 함침하여 텍스타일 스트레인 센서를 제작함.

ㅇ 일본에서는 섬유업체 도레이의 나노섬유 기술과 최대 통신업체인 NTT의 전자 기술이 융합된 ‘hitoe’라는 스마트 웨어러블 디바이스를 연구 개발함.

ㅇ 전도성 섬유의 주요 응용 분야

- 전도성 섬유는 전자 전도 메커니즘을 기반으로 하는 기능성 섬유로, 전자 전도 및 코로나 방전을 통해 정전기를 제거해 ‘정전기 방지 섬유’로 사용됨. 특히 전도성 섬유로 만들어진 정전기 방지 작업복은 유전, 오일 처리, 탄광, 전자 산업 및 멸균 의류 또는 특수 여과 재료에 적합함.

- 전자기 전류에 대한 저저항 전도 물질의 반사 및 유도 효과로 원래 전자기장과 반대되는 도체 물질에서 전류와 자기 분극을 발생시켜 원래 전자기장의 방사 효과를 줄여 ‘전자파 차폐 기능 섬유’로서 사용됨. 이러한 특성을 이용하여 정밀 전자 부품, 고주파 용접기 등을 위한 전자파 차폐 커버, 선박의 전자파 흡수 커버로 응용됨.

- 전자 센서의 원리를 기반으로 하는 ‘센서 텍스타일’은 휴대성을 가져 다양한 분야에서 널리 사용됨.

[그림 17] 전도성 섬유 기반의 스마트 아웃도어



자료 : (a) 코오롱 “라이프텍 재킷”, (b) 블랙야크 “야크온H”

ㅇ 코오롱 아웃도어 ‘라이프텍 재킷’은 리모컨으로 3단계 온도 조절이 가능한 열전도성 섬유 ‘히텍스’를 적용함.

ㅇ KT와 공동 개발한 ‘산악안전 IoT 재킷’은 조난자의 위치와 상태까지 알려주며 축 센서와 모듈 센서를 통해 조난 시 비정상적인 몸의 움직임을 감지함.

ㅇ 블랙야크의 ‘야크온H’는 스마트폰을 이용하여 온도와 습도를 조절할 수 있음.

ㅇ 블루투스로 연결하여 조절이 가능하며 GPS기반의 시스템이 입력되어 사용자의 위치와 날씨를 파악하여 적절한 온도와 습도를 스스로 조절하는 기능을 갖춤.

[그림 18] (a) 아진일렉트론社의 전도성 Foam제품과 (b) 생산공정



ㅇ 기존에 습도에 민감했던 다운재킷의 단점을 보완하고 외부의 냉기를 차단하는 에어탱크 기술을 활용함으로써 온도가 일정하게 유지될 수 있음.

ㅇ 국내 아진일렉트론 社의 경우, 전자 기기에서 발생하는 유해 전자파를 막아내는 전도성 섬유를 한국 최초로 개발함.

ㅇ 세계적인 일본의 세이렌 社를 제치고 세계 1위의 생산량과 품질을 유지하고 있음.

ㅇ 전도성 섬유를 통한 신소재 분야 신기술 개발을 통해, 스마트폰, 스마트TV, 의료기기, 자동차 시트 등 다양한 분야에 적용이 가능할 것.

ㅇ 전도성 섬유의 응용 사례

- 다양한 부품 : 전도성 섬유나 각종 커넥터(Connector), 센서 등으로 사용되고 있음. 의류에 부착하거나 소매에 배치한 터치 키(Touch Key)로 전자기기의 조작이 가능하게 하는 제품의 예시.

- 웨어러블(Wearable) 컴퓨터로서의 실례 : 솔라 패널을 부착하여 수많은 곳에 각종 커넥터가 접속할 수 있도록 되어 있음. USB 접속이 가능해지면 다양한 휴대 디바이스도 접속이 가능하며 현재도 개량 중에 있음.

- 군사 관련 e-textile : 안테나를 설치하여 입는 간테나 군복이 존재함. 전도성 섬유와 케이블을 통하여 라디오에 접속되어 있으며 Dupont의 전도성 섬유.

[표 23] 텍스타일 스트레인 센서에 사용되는 전도성 섬유 소재의 종류

구 분	제조 / 구조	저항	Strain range	민감도
MWNT	TPU/MWNT를 함유한 스판덱스 멀티 필라멘트	-	~30%	7
SWCNT	SWCNT/PDMS 필름 스트레인 센서	50~80kΩ	280%	0.3
Graphene	Rubber/PDMS thin film	500~900kΩ	7.1%	2.4~14
Graphite	Graphite paste printed polyester fabric	14~22kΩ	1.%	4~5
Carbon black	50wt%의 carbon black을 함유한 elastomer thread	700Ω/cm	100%	2kΩ/mm
PPy	PPy-coated PU yarn	200~300kΩ	50%	Over 400
	PPy-coated elastic cotton warp knit fabric	2~3kΩ	10%	80→30
	PPy-coated Tactel/Lycra	10kΩ	~50%	~80
PEDOT	PEDOT-coated viscose yarn	63~90kΩ (세탁 전) 1000~7000kΩ (2회 세탁 후)	5~50%	0.32~20
PEDOT-PSS	PEDOT-PSS printed cotton woven fabric	3~4.2kΩ	10%	-5

- 비접촉 자켓(No-contact Jacket) : 내부층은 전도성 섬유로 되어 있어 9볼트의 전지로부터 발생하는 8만볼트의 저전류 전압에 의해 범죄자에게 쇼크를 주도록 설치되어 있음. 전도성 섬유는 DuPont이 개발한 전도성 아라미드 섬유를 사용함. 착용자의 보호를 위해 내부층과 방수성 나일론으로 코팅된 테플론의 샌드위치 구조로 되어있음.

- HealthVest : 인체의 생리기능을 모니터링 할 수 있는 시스템. HealthVest는 조밀하게 편직된 ECG 전극과 호흡 센서 및 도전 통로로 구축된 패널과 기반 구조로 구성됨.

[그림 19] 전도성 섬유를 이용한 플렉서블 LED 스크린



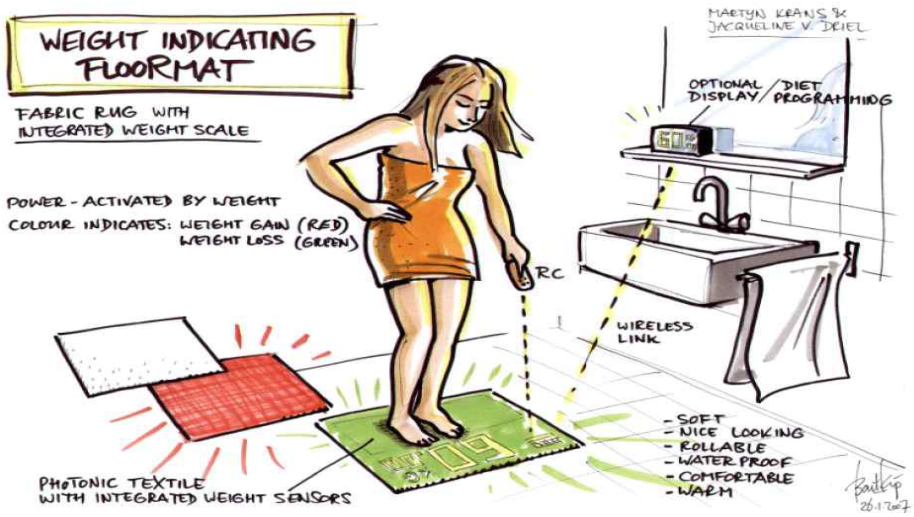
ㅇ 중국의 Beijing Huasun Optoelectronic Sciennce 社는 기존 대형 전광판 디스플레이와 달리 LED를 직물에 직접 부착하여 대형 플렉서블 스크린 디스플레이를 구현하는 데 성공함.

ㅇ 플렉서블 디스플레이에서 가장 문제가 되고 있는 온도 변화에 따른 고분자 기판의 수축 변화가 거의 없도록 내열성을 강화한 고분자 필름 기판을 개발함.

ㅇ 대면적 및 스트레쳐블 디스플레이가 가능하기 위해서는 유연하고 신축성 있는 기판이 필수적이며, 신호 동작이 가능한 전도성 섬유를 이용하는 것이 유리함.

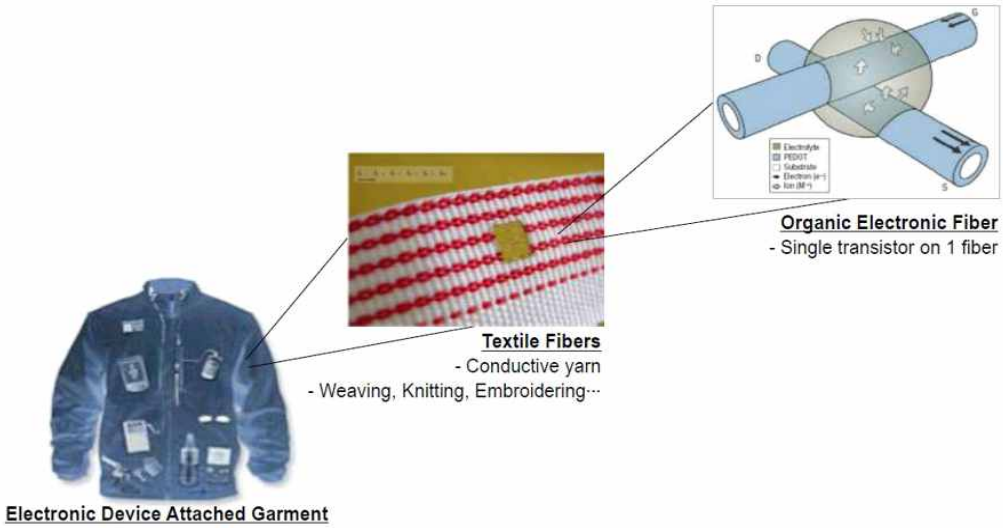
○ 네덜란드의 Philips 社는 Fabric Rug 아이디어를 제안하며 전도성 섬유를 이용해 IT 기술을 접목시키는 예시를 나타냄.

[그림 20] 전도성 섬유를 이용한 Fabric Rug



○ 사람 몸의 무게로 동작되며 기존 체중보다 늘어나면 빨간색, 감량에 성공하면 녹색으로 매트가 변하면서 직관적으로 체중 변화를 알려줌.

[그림 21] 프린팅 기법을 이용하는 직물 구조의 유기 트랜지스터

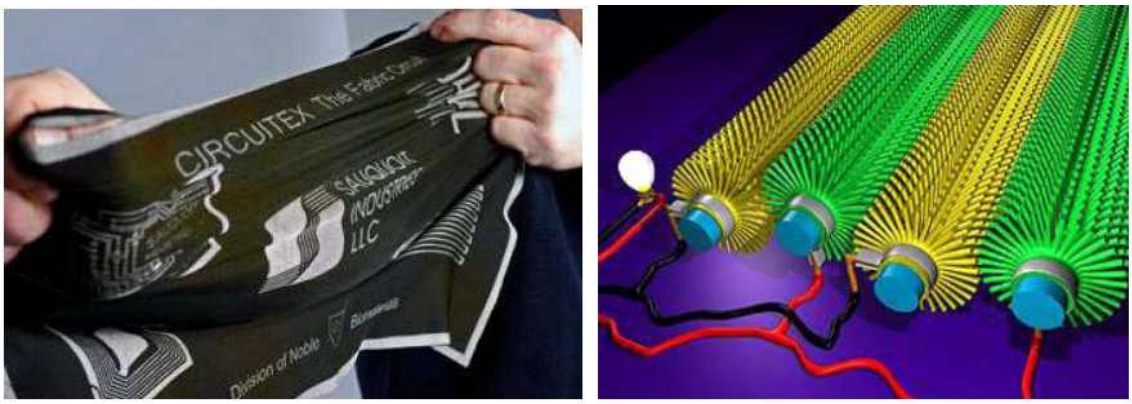


○ 하지만 섬유의 특성과 전기적인 특성을 동시에 구현하는 것이 어려워 상용화에는 시간이 필요함.

○ 전도 특성 이외에도 굽힘, 접힘, 오염 등 물리 화학적인 반응에 견딜 수 있는 내구성과 전원의 개발과 세탁도 가능해야 함.

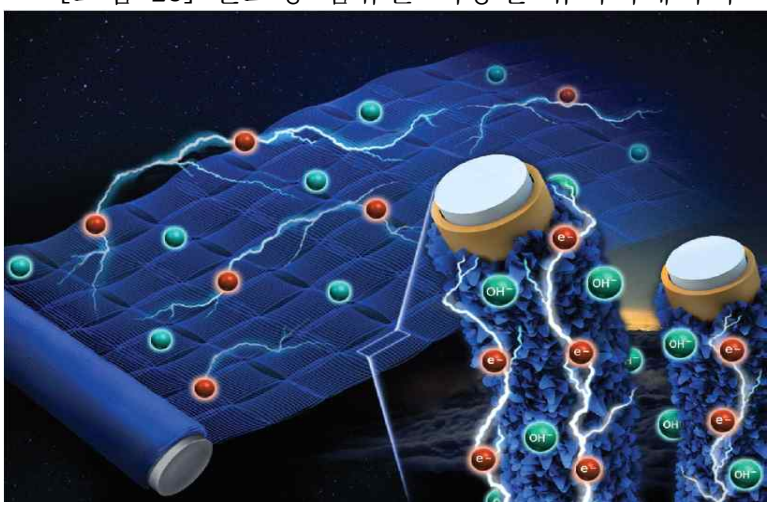
○ 스웨덴의 Linkoings 대학 연구팀에서는 프린팅 기법을 이용하여 직물 구조의 유기 트랜지스터를 구현함.

[그림 22] 전자 부품을 전도성 섬유 내부에 삽입하는 방법의 예시



○ 전도성 실을 이용한 전자회로 접점, 안테나 등의 직물 회로와 pH 센서, 비접촉 정전용량 센서, 압력센서, 온도센서 등의 다양한 센서 시제품이 개발됨.

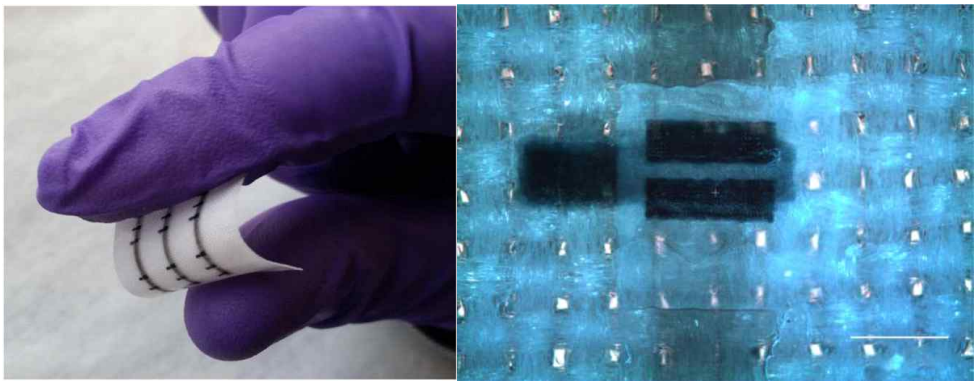
[그림 23] 전도성 섬유를 이용한 슈퍼커패시터



○ 경희대학교 유재수 교수 연구팀은 전도성 섬유를 이용해 슈퍼커패시터를 개발함. 섬유가 휘어졌을 때도 성능이 유지되는 것을 실험적으로 밝혀, Wearable 에너지 저장소자의 가능성도 제시함.

○ 전도성 섬유 기판에 나노구조의 니켈-코발트 전이금속 수산화물 및 산화물을 동시에 합성시킴.

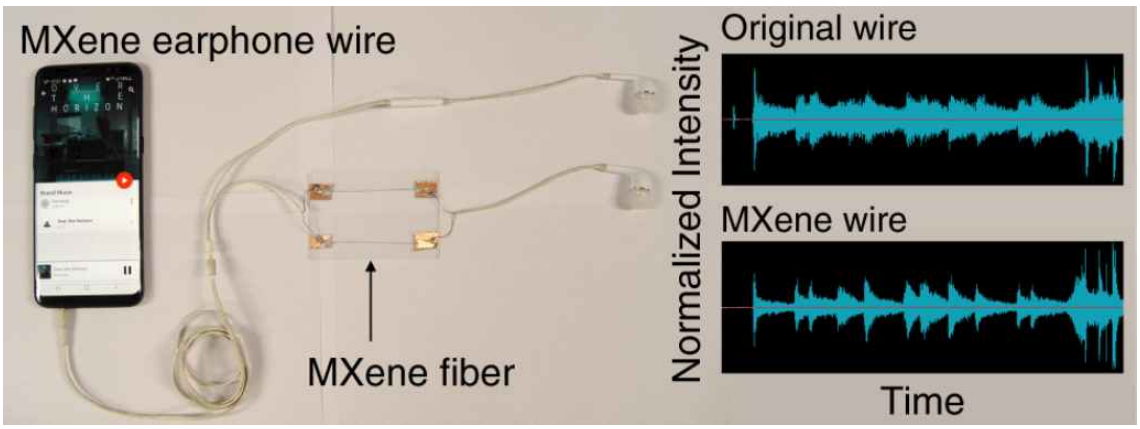
[그림 24] 전도성 섬유 프린팅 기술의 예시



○ 영국, 이태리, 중국의 공동 연구팀이 그래핀 잉크를 잉크젯 프린터를 이용해 섬유에 직접적으로 적용하는 방법을 제시함.

○ 디지털 텍스타일 기술에서 잉크젯을 통한 패터닝은 집적 회로를 직물에 새겨 놓는 것을 가능하게 한다는 것을 보여줌.

[그림 25] MXene 소재 기반의 연속상 전도성 섬유 제조 기술



○ 한양대 한태희 교수 연구팀은 기존 Graphene, CNT 이외에 MXene 소재를 이용한 연속상의 전도성 섬유 제조.

○ 기존에 사용된 전선을 대체할 수 있을 만한 특성을 나타냄.

[그림 26] 전도성 섬유를 이용한 신소재 필터



○ 기존 헤파필터는 물리적인 방법을 통해 미세먼지를 차단하므로 기공이 작아 여과에 필요한 전력 소모량이 많고 소음이나 진동이 발생함.

○ 국내 재료연구소 최동윤 연구팀은 미세먼지를 차단할 수 있는 전도성 섬유 필터를 개발함. 전도성을 띤 필터 주변에 전자기력이 발생하고 이를 이용해 미세먼지를 포집함.

○ 인도 과학교육연구원 IISER의 한 연구팀에서는 정전기를 방지할 수 있는 섬유 소재를 개발했다고 독일 화학 학회에서 발행하는 ‘Angewandte Chemie’에서 게재함.

○ 이러한 전도성 스마트 섬유 시장은 지속해서 새로운 기술이 등장하고 있으며 한 기업이 시장 전체를 좌우하는 과점기업이 없는 경쟁이 활발한 시장 형태를 이룸.

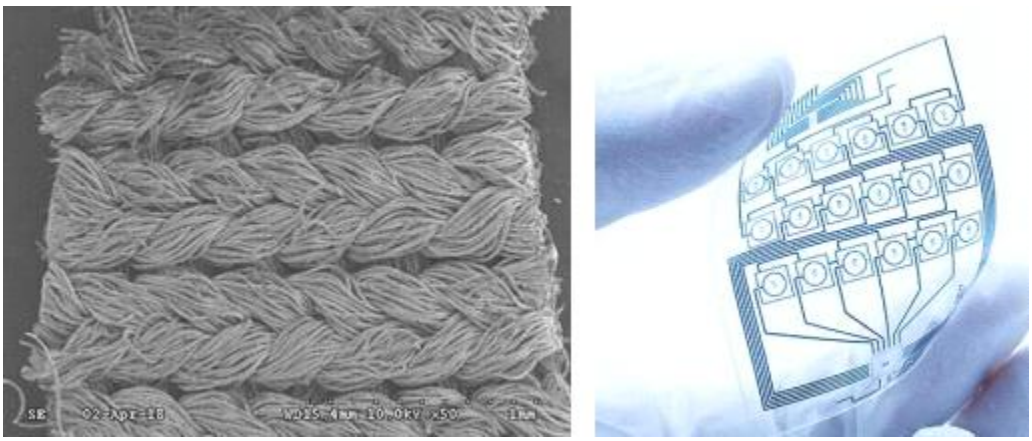
- 스마트 섬유 시장에 참여하고 있는 대표적인 해외 업체로는 미국의 Dupont, Sensoria, 일본의 Toray, Teijin Frontier, 캐나다의 Hexoskin, OMsigna 등이 있음.

- 국내 업체로는 코오롱글로텍, 블랙야크, 케이투코리아, 알파클로, 벤텍스, 케이원텍스, 아모그린텍, 광일섬유, 광림섬유, 영풍필텍스 등으로 파악됨.

ㅇ 영풍필텍스는 나일론 직물, 폴리우레탄이 혼방된 신축성 직물, 고가도 직물 등에 금속과 CNT를 혼합한 전도성 용액을 코팅 가공함으로써 스마트 전도성 섬유를 생산하고 있으며, base fabric과 코팅 용액의 다각화를 시도하고 있음.

- 주로 발열 제품이나 스마트기기 터치용 장갑에 사용되고 있으며 추후 스마트 의류와 같은 ICT 융합제품으로의 적용을 위하여 유연성, 신축성, 내구성 등이 우수한 스마트 섬유 개발을 위해 노력하고 있음.

[그림 27] SVT의 스마트 섬유



ㅇ 대만의 SVT는 신축성 있는 전도성 회로 기술을 활용한 스포츠 의류의 연구·개발이 이루어지고 있으며 TPU 및 폴리우레탄 필름, 열 전도성 잉크와 같은 물질을 섬유 원단에 인쇄하여 회로를 원단에 직접 통합시키는 방법을 이용함.

[그림 28] Dupont 社의 스마트 의류 Intexar™ Fitness



ㅇ 미국의 Dupont은 생체 인식을 기반으로 신체 활동을 모니터링하며 심장박동, 호흡수, 형태인식 및 근육긴장과 같은 중요한 생체 인식 데이터를 일반적인 직물을 통해 수집할 수 있게 한 스마트 의류를 개발함.

- 표준 의류 제조공정에 적용하여 직물에 직접 전도성 잉크를 인쇄하여 디자인 및 설계가 용이하며 신축성과 내구성을 향상시킴.

[그림 29] Teijin Frontier 社의 스마트 Coaching wear 의류



ㅇ 일본의 Teijin은 고기능성 섬유에 움직임을 감지하는 센서를 융합해 다양한 생체 신호를 수집하고 전송이 가능한 스마트 의류 2종을 출시함.

[표 24] 스마트 섬유 산업 내 국내 업체 현황

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

ㅇ 최근에는 스마트 섬유에 무선으로 별도의 연료를 들이지 않고 에너지를 공급하기 위해 인체의 활동에서 발생하는 운동 에너지를 수확하여 전기 에너지로 변환시키는 연구가 활발히 진행되고 있음.

- 이를 위해 인체의 관절 부위, 허리, 복부 등 인장과 수축 동작이 반복되어 에너지 수확 및 감지를 할 수 있는 부위에서 강한 내구성을 가질 수 있는 직물 형태의 소자와 센서에 관한 연구가 필요함.

- 에너지 수확 소자, 안테나, 에너지 저장장치 등을 모두 유연하고 신축성이 뛰어난 섬유 소재로 구현함으로써 착용자가 자체적으로 전기를 생성, 저장 및 통신까지 할 수 있는 ICT 융합 섬유의 개발이 가능할 것으로 예상됨.

□ 이온전도성 섬유

ㅇ 생체활동은 다양한 이온의 전달 및 농도구배를 통해서 생명현상이 유지되고 있음. 최근 생체 모사를 통해 다양한 신호전달 섬유의 개발이 이루어지고 있어 향후 HCI 융합섬유에 활용될 수 있을 것을 기대됨.

ㅇ 이온 전도 성능을 갖는 섬유는 살아있는 생물체의 신경시스템에서 일어나는 이온의 이동 작용을 모사한 것으로 보통 2차원 나노물질 소재를 이용해 구현되고 있음.

ㅇ 이온전도성 섬유는 이온 전달체뿐 아니라 이온의 선택적 수송을 통한 웨어러블 에너지 하베스터 영역까지 응용할 수 있음이 보고됨.

ㅇ 이온 선택성을 갖는 섬유는 향후 기존의 이온 선택성을 갖고 있는 막에서 가능하던 염분차 에너지 하베스팅(salinity gradient energy harvesting)을 섬유에서 구현할 수 있게 됨.

3) 압전 기반 HCI 융합섬유 기술

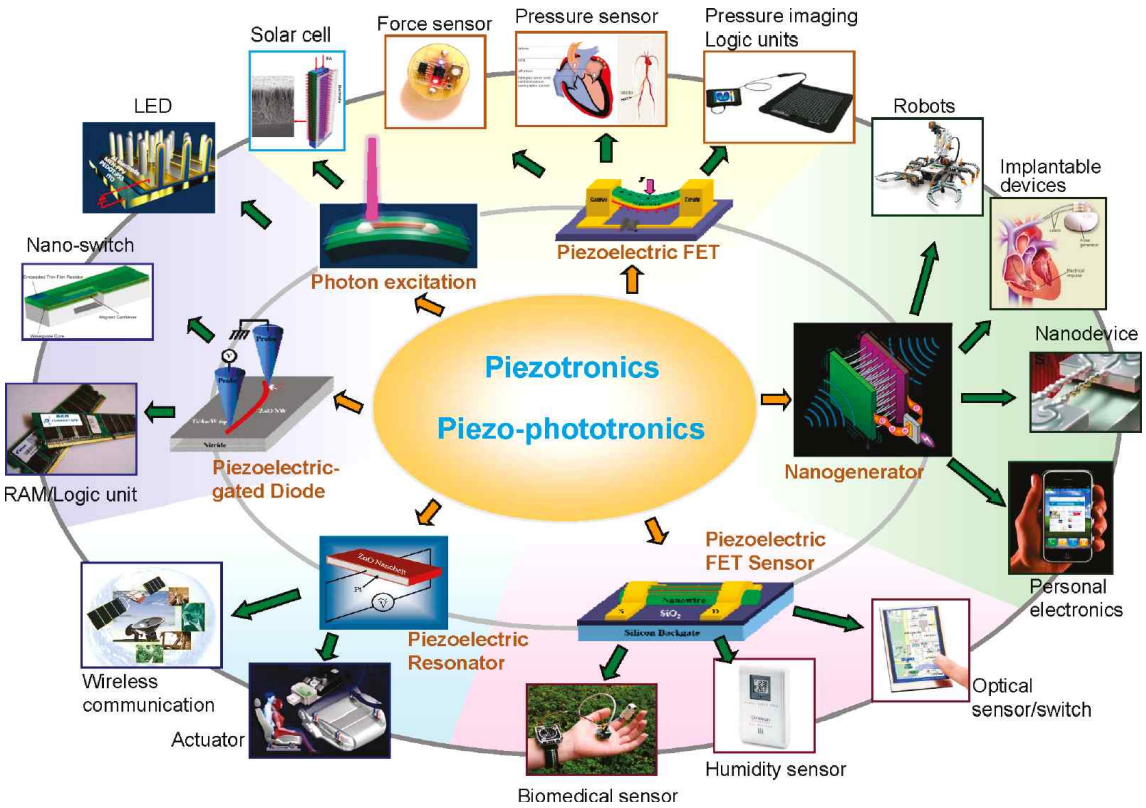
ㅇ 자체 동력 발전 소자 및 에너지 생산기술의 개발을 통해 압전 섬유의 개발이 촉발되었으며 그 재료에 따라 ‘압전 고분자 섬유’, ‘무기 압전 섬유’, ‘무기 나노 와이어’ 및 이들의 복합체로 구분.

- 압전 고분자 섬유 : 저렴한 가격, 높은 유연성 및 낮은 밀도의 장점이 있지만 낮은 출력량, 낮은 물성 등의 단점을 지님.

- 무기 압전 섬유 : 높은 취성, 낮은 인장 변형률 및 PZT 등의 재료에서 나타나는 유독성 등 단점이 존재하지만, 압전 고분자 섬유에 비해 높은 출력량을 가짐.

- 무기 나노 와이어 : 높은 비표면적, 유연성, 응력 방향으로의 높은 기계적 물성으로 인해 가장 많은 연구가 되는 재료.

[그림 30] Nanopiezotronics 소자의 응용 분야



○ 기존의 벌크 형태로 개발된 압전 소재는 장기간 구동 시 내구성 부분에서의 한계가 발생하고 어플리케이션에 제약이 존재하기 때문에 획기적인 형태의 압전 섬유가 개발되는 추세임.

○ 국내 압전 섬유 개발 동향은 한국 세라믹기술원 등의 정부출연연구기관과 대학 연구실을 필두로 진행되며 소재에서부터 모듈, 에너지 변환 소자 등으로 넓혀 가고 있음.

- 연구 동향은 단일 압전 섬유를 활용한 실험에서 금속 물질, 산화물과의 복합체를 이용한 압전 섬유로 관심이 이동하고 있으며 이에 대한 수치 해석 분야도 활발하게 연구 진행 중임.

- 미국 GIT 연구팀은 압전 섬유를 이용해 서로 비벼서 전기를 만들어 내는 방법을 제안하여 의류를 장착하면 별도의 충전기 없이도 의복을 이용해 전자 제품을 가동할 수 있음을 제안.

- Heapsylon은 양말과 발찌에 압전 소자를 적용한 'Sensoria' 라는 스마트 의류를 발표함. 이를 통해 걸음걸이를 체크하고 자세 교정이나 부상의 위험을 방지하는 데에 사용함.

- Stappone 및 TEXIBLE의 압전 섬유를 이용한 스마트 섬유 센서로 노약자들의 건강과 복지를 향상시킴.

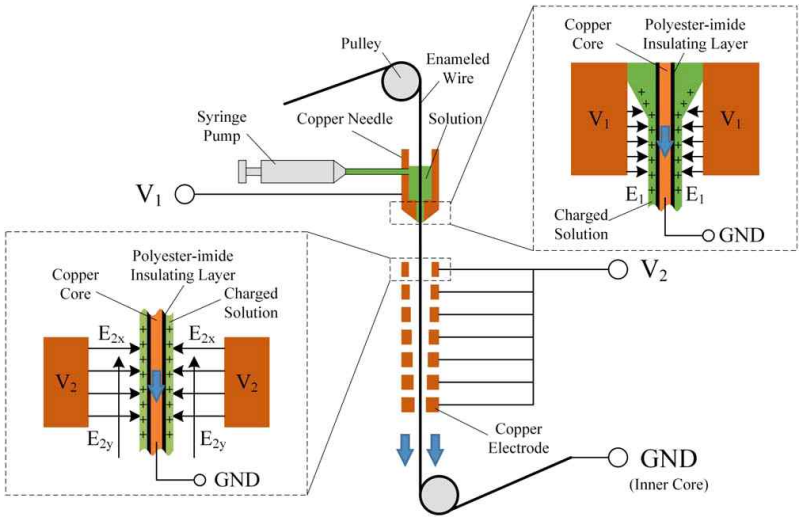
- 국내기업 솔티드벤처의 아이오핏 제품은 신발 깔창에 내장된 압전 소자를 이용해 착용자의 동작을 감지하고 체중 이동정보를 분석하여 실시간 자세 교정 코칭.

- 이 밖에도 Teijin, Dupont의 공동 연구를 통해 압전 매듭을 개발하고 있음.

- 압전 나노섬유 특성상 휘거나 구부렸을 때 구조적 손상이 덜 하므로, 쉽게 접히고(foldable) 늘어나는(stretchable) 전자 소자의 제작이 가능함.

- 근접장 전기방사법, 연속적인 1차원 나노섬유 개발에 따라 나노섬유의 패턴이 가능해 새로운 가능성을 제시.

[그림 31] 건식 방사 방법을 이용한 압전 섬유 제조 방법

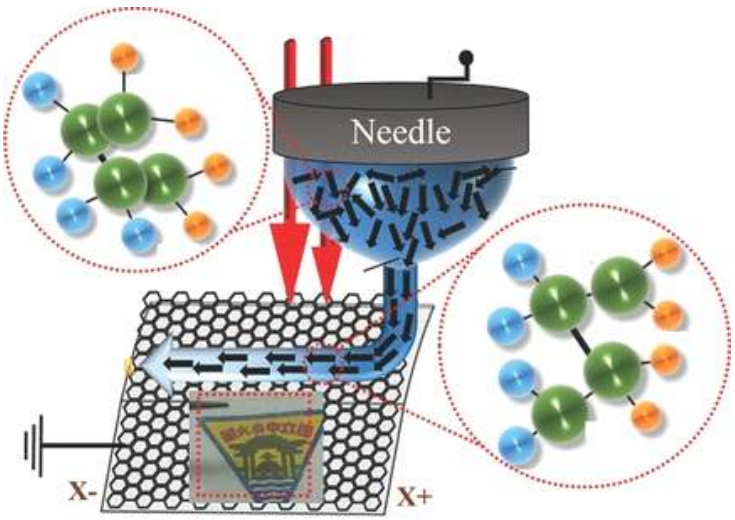


○ 중국의 Xin Fu 연구팀은 electrowetting-aided dry spinning method를 사용해 압전 섬유를 제조함.

○ Core를 금속 재료로 하고 beta-phase의 PVDF로 감싸 완전한 의미의 단사 압전 섬유를 제조함.

○ 이 제조 방식은 압전 섬유 이외에도 액체와 고체 간 계면 접착력이 필요한 다른 공정에도 적용이 될 수 있음.

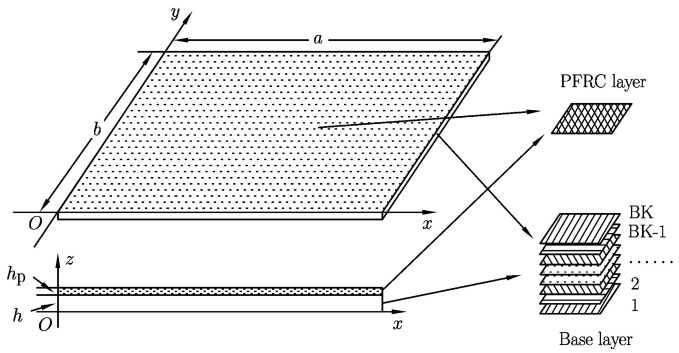
[그림 32] 압전 섬유 기반의 발전기 예시



ㅇ 대만의 En Rui Liu 연구팀은 PVDF/Graphene 기반의 발전기를 개발함.

ㅇ 기존의 불투명한 전극을 대체한 Graphene 전극과 PVDF 섬유를 통해 투명하고 유연한 발전 소자를 제작함. 이는 2V / 200nA의 출력이 가능할 만큼 뛰어난 소자 특성을 가짐.

[그림 33] 압전 섬유로 강화된 플라스틱 복합체 개략도



ㅇ 일본의 Yoshihiro Narita 연구팀은 fiber-reinforced composites의 한 종류로 압전 섬유를 강화재로 사용함.

ㅇ Hamilton’s principle과 Rayleigh-Ritz method를 이용한 최적의 조건이 제시되고 이에 따라 수식적 해석이 가능함.

ㅇ 중국의 Dou Zhang 연구팀은 PZT 섬유 및 복합체를 구성하고 전극 간의 거리, 섬유의 두께 및 적층 구조의 최적화에 관한 수치 해석을 진행함.

ㅇ 상기 제시된 변수들 이외에도 strain value, volume fraction, directions에 따라 구분하여 finite element analysis 진행함.

[표 25] 압전 소재 기술개발 현황

압전 소재					
천연 압전 소재		합성 압전 소재			
무기 물질	유기 물질	압전성 고분자	압전성 결정	압전성 세라믹	비 납계 압전성 세라믹
Quartz (SiO_2)	Bone	Polyvinyliden difluoride	Langasite	Barium titanate	Potassium -sodium niobate
Berlinite ($AlPO_4$)	Hair	Poly trifluoro ethylene	Gallium ortho phosphate	Lead zirconate titanate	Bismuth sodium titanate
Cane sugar	Silk	Poly tetrafluoro ethylene	Lithium niobate	Lead lanthanum	Bismuth ferrite
Rochelle salt	Wood	Polyurea	Lithium tantalate	Zirconate titanate	Bismuth titnate
Topaz	Enamel	Nylon 11	Ammonium dihydrogen phosphate	Sodium tungstate	
Tourmaline-group minerals	Dentin	Poly propylene	Potassium dideuterium phosphate	$Ba_2NaNb_5O_5$	
	DNA	Fluoro ethylene propylene		Zinc oxide	
		Poly acrylonitrile		Potassium niobate	

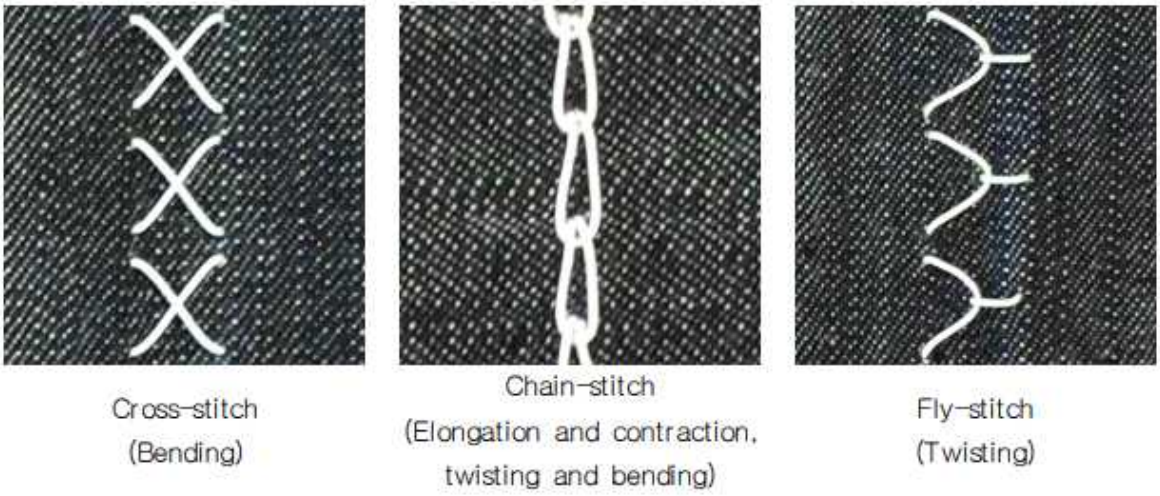
ㅇ 한국생산기술연구원에서 생산기술 개발 사업으로 압전성 텍스타일 제조 및 압력센싱 기술개발에 관한 연구가 이뤄졌음.

- 전도성 섬유 제조기술을 이용하여 섬유와 전도성 입자 결합기술, 기상중합에 의한 전도성 고분자 박막 코팅기술을 개발함.

- 유무기 복합 압전 섬유 제조기술을 이용하여 고농도/균일분산 Master batch 기술과 PLA multi-filament, 압전무기 소재가 함유된 필라멘트 용융 방사 기술을 개발함.

- Multi-layer 섬유형 압력센서 제조기술 및 시스템을 이용하여 탄성 회복 특성이 우수한 방사형 부직포, 압력에 따라 전기적 특성 변화가 큰 센서 제조, 압력 신호처리 시스템을 개발함.

[그림 34] e-스티치의 다양한 매듭 방법의 예



○ 일본 Teijin은 압전 웨어러블 센서 기술을 의류 분야에 도입하기 위해 연구하고 있으며, 압전 웨어러블 센서 'e-스티치'를 개발함.

- e-스티치는 다양한 형태로 직물에 놓아질 수 있으며 직물이 늘어나거나 수축하는 변화를 통해 인체의 움직임을 측정 가능함.

- 이는 각종 압력을 전기신호로 변환시켜주는 PLA 자재 기술을 기반으로 개발하였으며 Teijin은 PLA에 관한 연구를 지속해서 수행할 계획임.

○ 최근 일본의 무라타 제작소와 Teijin Frontier는 압전 효과를 이용해 전기를 일으켜 항균력을 발휘하는 섬유 'PIECLEX'를 공동 개발함.

- 착용자의 움직임에 의해 섬유가 수축하면서 압전 특성에 따라 전기 에너지로 전환시키며 이 에너지로 인해 세균을 불활성화시킴.

4) 스마트 텍스타일 센서 HCI 융합섬유 기술

○ 스마트 텍스타일 센서는 섬유나 실, 직물 등에 전기적, 화학적 특성을 부여하여 다양한 전자장치의 기능을 수행할 수 있도록 구현된 것을 말하며, 의복의 형태와 특성은 유지하면서 기계적, 열적, 화학적, 전기적인 외부 또는 내부 자극의 물리적인 양을 감지 및 검출하는 센서의 성능을 가질 수 있는 텍스타일을 의미함.

ㅇ 스마트 텍스타일 센서의 핵심은 높은 전기적 성능과 더불어 외부 자극에 대한 안정성을 동시에 확보해야함.

ㅇ 최근 높은 전도도를 가지며, 강한 강도 및 유연성을 갖고 안정적인 섬유의 개발로 기존 저민감도 웨어러블 센서의 한계를 뛰어넘는 고감도 센서를 제작할 수 있게 됨.

□ 습도 감응 섬유

ㅇ 습도 감응 섬유 (습도 센서)는 습도의 변화에 따라 전기 저항값이 변하는 센서로 전위차, 온저항, 전기용량, 반응속도 등에 따라 성능이 평가됨.

ㅇ 웨어러블 습도 센서를 제작함에 있어서 중요한 점은 물에 민감한 재료, 높은 유연성과 강도를 가진 직물, 그리고 이 두 가지의 결합임.

ㅇ 복잡 해져가는 산업환경과 삶으로 인해 스마트 텍스타일 분야는 단순한 측정에 국한되어 수동적 센서가 아닌 외부환경으로부터 감지한 자극에 대하여 액추에이터(actuator) 기능까지 수행할 수 있는 능동형 센서로의 확대가 진행되어야 함.

ㅇ 습도 감응 섬유에서의 기술개발 트렌드는 능동센서 및 초스마트센서 추세를 반영하여 ‘전도성 고분자 이용’, ‘직물에 수분 반응성 고분자 코팅’, ‘촉매 물질 도핑’ 등으로 발전해옴.

ㅇ 습도 감응 섬유의 기초 원리는 수분 유무에 따라 저항값 및 소재 자체의 뒤틀림에 따른 변화를 감지하는 것이며 이 변화에 반응하는 엑추에이터 기능 수행 및 실시간 반응이 가능함에 따라 능동센서 및 초스마트센서로 구분.

- 전도성 고분자를 이용 : 흡습에 의한 섬유 팽창으로 고분자 간의 간격에 의해 저항 증가 및 변화를 측정하여 습도 감지.

- 직물에 수분 반응성 고분자 코팅 : 수분 유무에 따라 고분자의 뒤틀림 변화.

- 촉매 물질 도핑 : 물 분자 분해가 가능한 촉매 물질 도핑을 통해 수분 감지 및 민감도 증가.

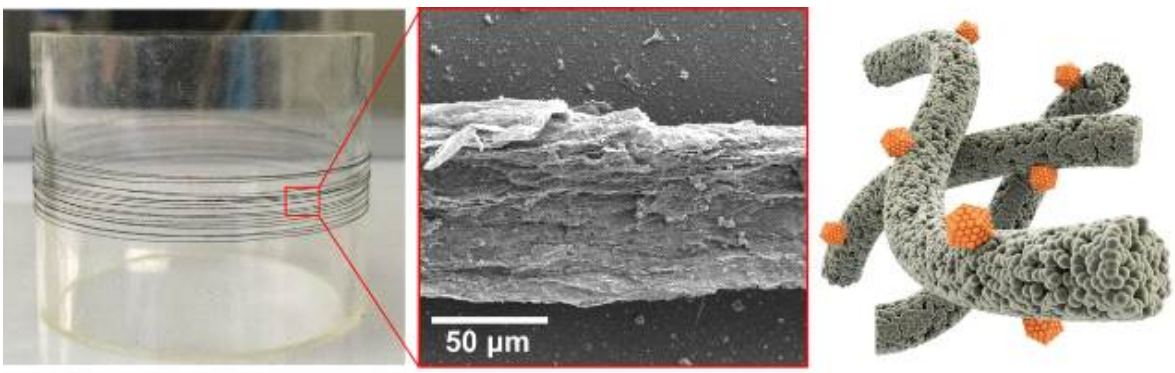
ㅇ 습도 감응 섬유 개발을 통해 Wearable 습도 센서, 환자 관리용 센서 및 Bed wetting 센서 등으로의 활용이 가능할 것.

[그림 35] 습도 감응 섬유를 이용한 직물 제작 사례



ㅇ 메릴랜드 대학 연구팀이 개발한 습도 감응 섬유. 기존 스포츠웨어 특수 의류의 경우 습도 감응을 통한 체온 조절이 5%에 머무름에 반해 35% 이상의 조절이 가능하며 이 섬유를 이용해 만든 스웨터의 가격이 5달러 정도에 불과할 만큼 저렴해 상용화 가능성 제시.

[그림 36] 촉매 물질이 도핑된 습도 감응 섬유



○ 국내 한국과학기술연구원 정현수 박사와 한국과학기술원 김일두 교수팀이 백금 촉매와 그래핀 섬유를 이용해 물 분자에 대한 습도 감응 섬유를 공동으로 개발함.

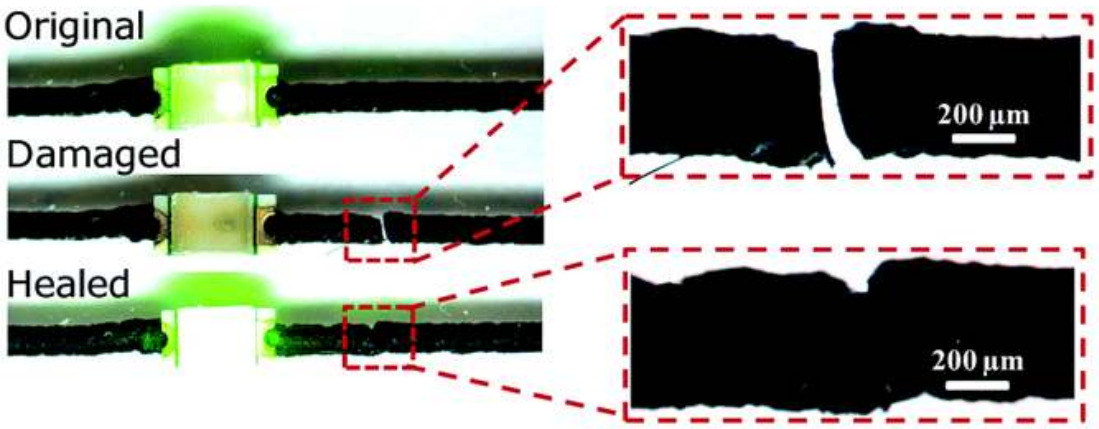
○ 습도 감응 섬유 개발을 통해 주변의 환경을 실시간으로 손쉽게 감지할 수 있을 것으로 예상.

○ 더 나아가 사람의 호흡을 통해서 배출되는 날숨을 파악함으로써, 건강을 모니터링하는 헬스케어 센서로도 응용할 수 있음.

○ 최근 Heuzey 그룹에서 CNTs 키토산으로 제작한 섬유는 CNTs 표면에 물 분자가 흡수되면 키토산과의 전위차가 발생하여 전자가 이동하여 CNTs의 hole의 밀도를 감소시켜 저항이 증가되는 원리로 센서를 제작하였음.

○ 상대습도가 높아짐에 따라 더 많은 물 분자가 흡수되어 저항이 증가되고, RH 35%에서 85%까지의 습도를 감지할 수 있을 뿐만 아니라 수분에 노출시 수초 안에 자가 치유 동작을 보여 주었으며, 이는 일상생활에서의 웨어러블 스마트 센서로서의 실제 활용가능성의 증가를 의미함.

[그림 37] CNTs/ 키토산 섬유의 자기 치유 전극 및 센서 활용



자료: 3D printing of a self-healing nanocomposite for stretchable sensors

○ 미국의 MIT 연구팀은 체온과 땀에 반응해 개폐되는 환기 통로가 있는 통기성 운동복을 설계함.

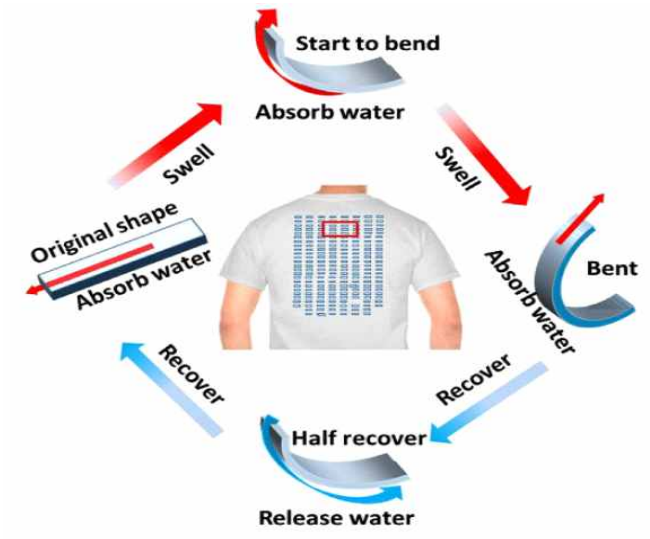
○ 습기에 민감한 세포와 섬유로 구성되어 있으며 기존의 연구와는 다른 접근을 시도함.

[그림 38] 습도에 반응하는 운동복



○ 미생물 세포는 만지거나 의류에 활용돼도 안전하며 실제 실험 결과 신체에서 땀을 효과적으로 제거하고 온도를 낮추는 것으로 나타남.

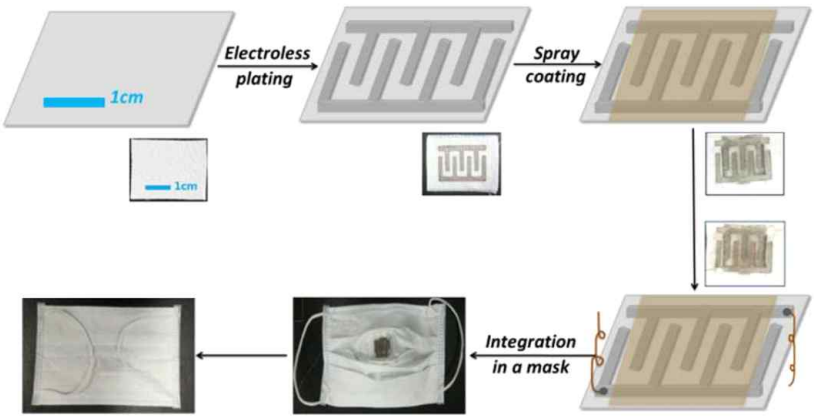
[그림 39] 땀에 반응하는 성질을 가진 나피온을 이용한 습도 감응 의류



ㅇ 중국의 Renken Chen 연구팀은 습도를 감지해 기공이 열리고 닫히는 스마트 의류를 제작함.

ㅇ 가역적인 반응이 가능하며 분자 간에 Water channel을 형성해 확산하는 수분을 감지할 수 있음.

[그림 40] 실크 원단 기반 호흡 센서 제작 공정



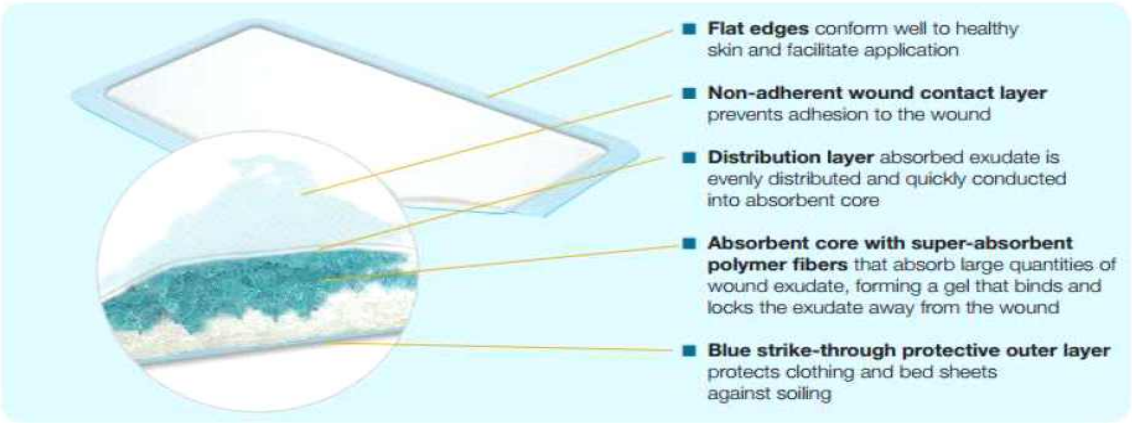
ㅇ 중국 충칭대의 Zhisong Lu 교수팀에서는 graphene oxide를 스프레이 코팅 기법을 통해 직물 기반의 습도 센서를 제작함.

ㅇ 섬유형 고흡수제는 SAFTM 이라는 상품명으로 M2 Polymer Technologies에 의해 개발됨.

- SAFTM은 증류수의 경우 자기 중량의 200배, 염수의 경우에는 60배까지의 흡수가 가능함.

- 수분 감지 섬유를 통해 기저귀, 농업용 자재, 냉매 등 다양한 분야에 적용할 수 있음.

[그림 41] 고흡수성 섬유의 활용 예시



□ 온도 감응 섬유

○ 섬유 기반의 온도 센서는 착용자의 생리적 상태를 모티니링하기 위해 매우 중요하고 웨어러블 온도 감지에서 연속 측정을 위해 충분한 감도와 정확도를 갖춘 센서가 필요함.

○ 온도 감응 섬유는 온도를 감지해 섬유의 색이나 형태가 변하는 지능형 섬유이며 기술개발 트렌드는 '색 변화 섬유', '형태 변화 섬유', '복합 변화 섬유' 로 구분.

- 색 변화 섬유 : 온도 변화에 따라 섬유의 색이 변함.

- 형태 변화 섬유 : 온도 변화에 따라 섬유의 형태가 변함.

- 복합 변화 섬유 : 온도 변화에 따라 섬유의 색과 형태가 같이 변함.

○ 주위 환경 온도의 변화에 따라 대응하며 응답성이 우수한 재료 중 고분자를 이용하기 위한 연구가 진행 중임.

○ 여러 개의 가지를 보유하는 동시에 분자량 분포가 일정한 거대분자를 제조하고 이의 가교반응을 통한 화학적 가교 방법을 주로 이용함.

○ 형상 기억 고분자를 통해 온도에 따른 열팽창/수축기능을 보유한 단사를 제조하고, 더 나아가 복합 직/편물의 제작도 가능할 것.

ㅇ 온도 감응 섬유의 기술개발 트렌드는 기능성 섬유 소재 개발 추세를 반영하여 ‘체온 조절 기능성 섬유’, ‘웨어러블 센서 섬유’ 등으로 발전해 옴.

- 체온 조절 기능성 섬유 : 변화하는 외부 기온에 대한 감지 및 반응 시스템을 적용한 지능형 섬유.

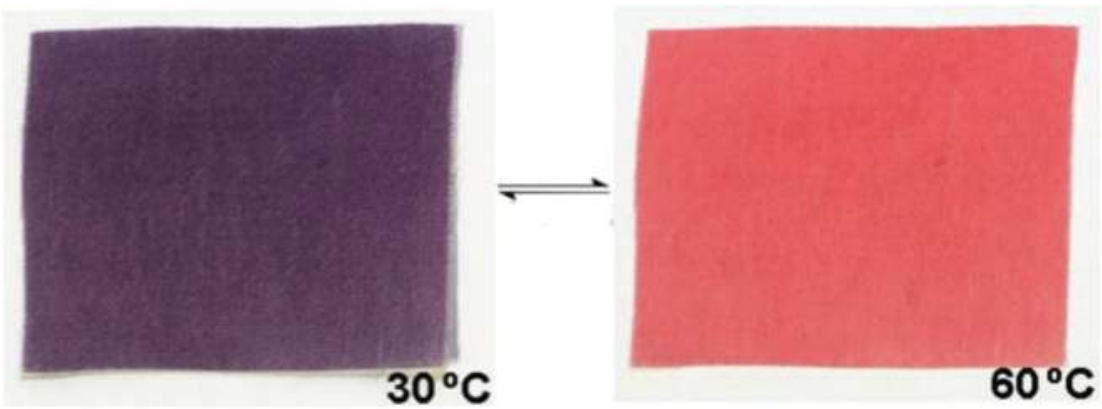
- 웨어러블 센서 섬유 : 온도에 따라 특성이 변하는 섬유.

ㅇ 국내에서는 온도 감응 섬유를 이용한 기능성 섬유 소재 개발 기술, 온냉감 의류 소재 기술개발, 발열 섬유 소재 개발, 체온 조절 기능성 소재 개발을 위한 연구들이 진행 중임.

ㅇ 섬유에 온도 조절 기능을 부여하기 위해 응고열, 기화열 등을 이용하여 온도 조절 시스템을 구축한 Phase Change Material(PCM)에 관한 연구가 이뤄지고 있음.

- 온도 감응 섬유 개발 기술로서 micro-encapsulated PCM을 섬유에 내장시키는 기술이 주로 연구되어 옴.

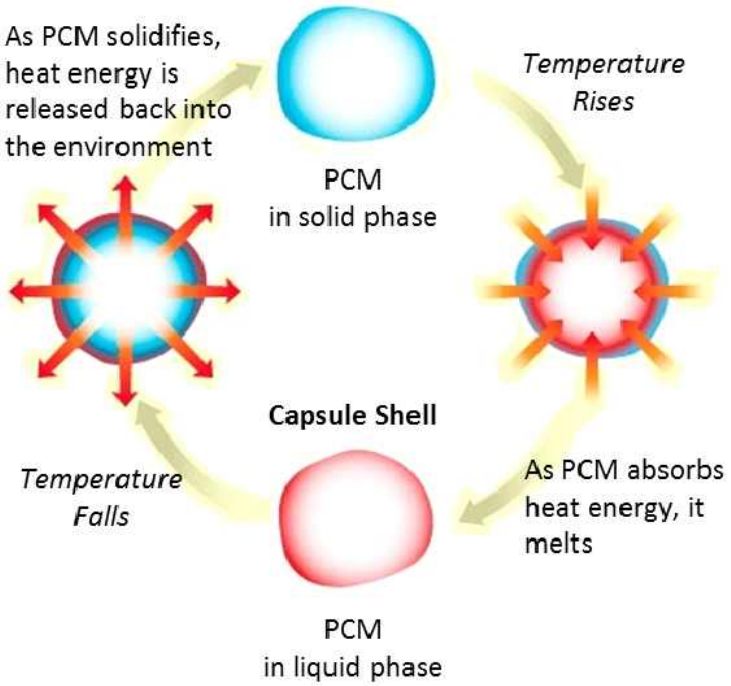
[그림 42] 온도에 따라 색상이 변하는 직물의 예



ㅇ 국내 아미 글로벌 社의 아웃라스트 적용 원단, 특수 파라핀 왁스를 마이크로캡슐에 담아 섬유 속에 넣고 짠 특수 소재.

○ 외부의 열에 반응해 마이크로캡슐이 상변이를 일으키며 흡수 및 방출에 따라 온도를 조절하는 특수 소재임.

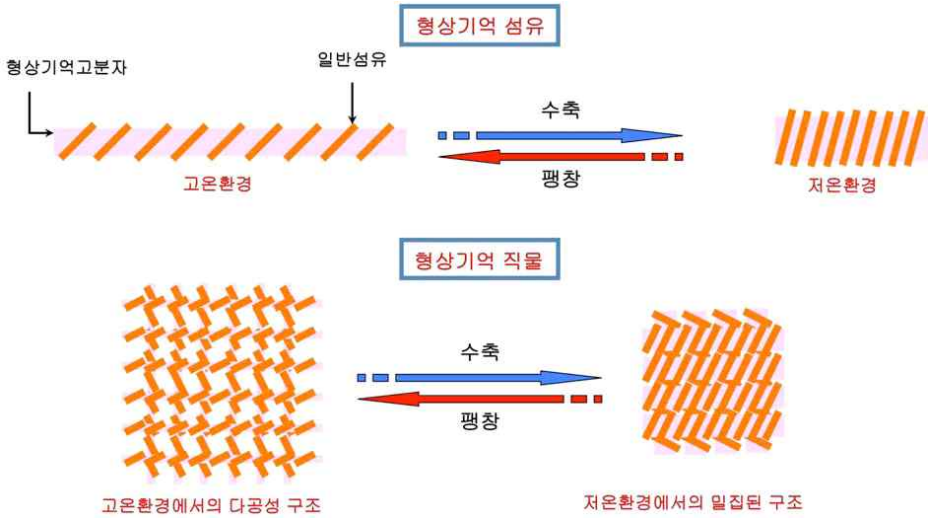
[그림 43] Phase Change Material의 상변화 메커니즘



○ 주변 환경의 온도가 올라가면 열에너지를 저장하고 온도가 내려가면 열에너지를 방출함으로써 기존 섬유 재료와 다른 특성을 가짐.

○ ㈜코오롱패션머티리얼에서는 일상생활용 스마트의류용 고쾌적성 섬유 소재 개발에 관한 연구가 이뤄졌으며 상전이 섬유 원단가공기술 개발이 수행됨.

[그림 44] 온도 변화에 감응하여 팽창 또는 수축하는 혼방 직물의 모식도



- 외부의 온도 변화에 따라 부피가 증감하는 형상기억고분자를 이용해 신소재 섬유를 제조하고 기존 섬유와 혼방하여 가변형 직물을 제조하는 방법.

- 고분자의 전이온도를 10~26도 구간에서 제어할 경우, 인체가 더위를 느끼는 27도 이상의 온도에서는 직물의 구조가 느슨해져 통기성이 향상될 수 있음.

- 의류용 소재는 기능성, 착용감 및 건강상의 안전함의 이유로 분야마다 주로 사용되는 소재가 정해짐. 따라서, 온도 감응 섬유를 혼방하여 사용하면 다양한 분야에 적용이 가능할 것.

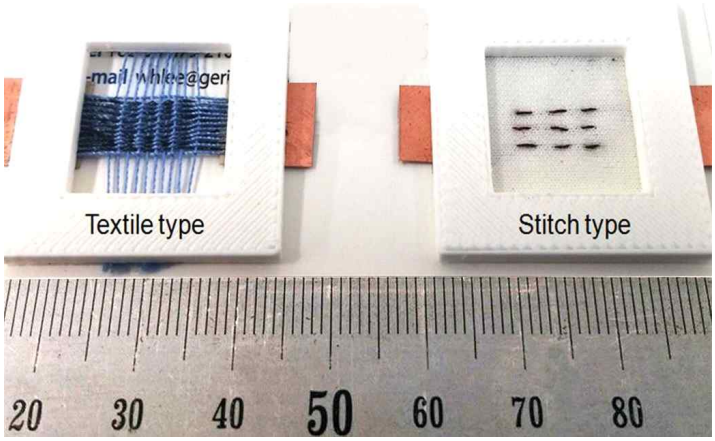
- 국내 구미전자정보기술원 연구팀은 국가 지원사업을 통해 신체 부착형 웨어러블 디바이스의 핵심 기술인 섬유형 온도센서 개발에 성공함.

- 일반 섬유에 온도 감응 전도성 고분자 잉크를 침염 또는 날염 방식을 적용하여 온도 감응 섬유를 제작함.

- 외부 수분 및 이물질과 격리를 위해 보호층을 형성한 후, 금속 배선을 형성함.

- 이를 통해, 기존의 rigid한 온도 감지 센서를 유연하게 사용할 수 있어 다양한 분야에 적용이 가능할 것.

[그림 45] 신체 부착형 웨어러블 섬유형 온도센서



○ 이탈리아의 컨템포러리 패션 브랜드인 스톤 아일랜드에서는 온도에 따라 색상이 변하는 heat reactive fabric을 사용한 의류를 시판함.

- 직물에 코팅된 마이크로캡슐에 담긴 안료 분자가 빛의 경로를 변경하여 온도가 올라가면 색이 변하게 됨.

[그림 46] 스톤아일랜드의 heat reactive fabric



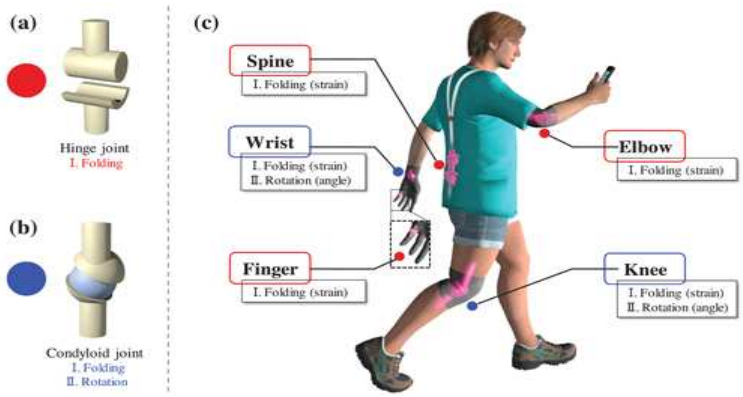
□ 기계적 변화량 감응 섬유

○ 팔꿈치, 척추, 손가락, 무릎, 손목 등의 인체 부위별 관절에서 발생하는 복잡한 동작을 정밀하게 모니터링 할 수 있는 기계적 센서 소자 및 재료에 대한 연구가 진행되고 있음.

ㅇ 나일론6 (Nylon6), 나일론66(Nylon66), 폴리우레탄(Polyurethane)이 원사로 사용되고 있고, PEDOT: PSS, 그래파이트 파우더 등이 전도성 필러로 이용된 섬유를 제직 또는 편직하여 웨어러블 센서로 제작한 연구들이 다양함.

ㅇ 사람의 관절을 선정하고 직물의 패턴을 직선, 지그재그, 블라인드 등으로 제작하여 각 관절별로 이용 가능한 고감도 기계적 센서에 대한 연구가 가능하며 이를 바탕으로 사물 인터넷, 헬스케어 등 다양한 분야에서 활용 가능할 전망.

[그림 47] 인체의 관절 별 움직임과 센서의 활용



출처: Highly Bendable and Rotational Textile Structure with Prestrained Conductive Sewing Pattern for Human Joint Monitoring)

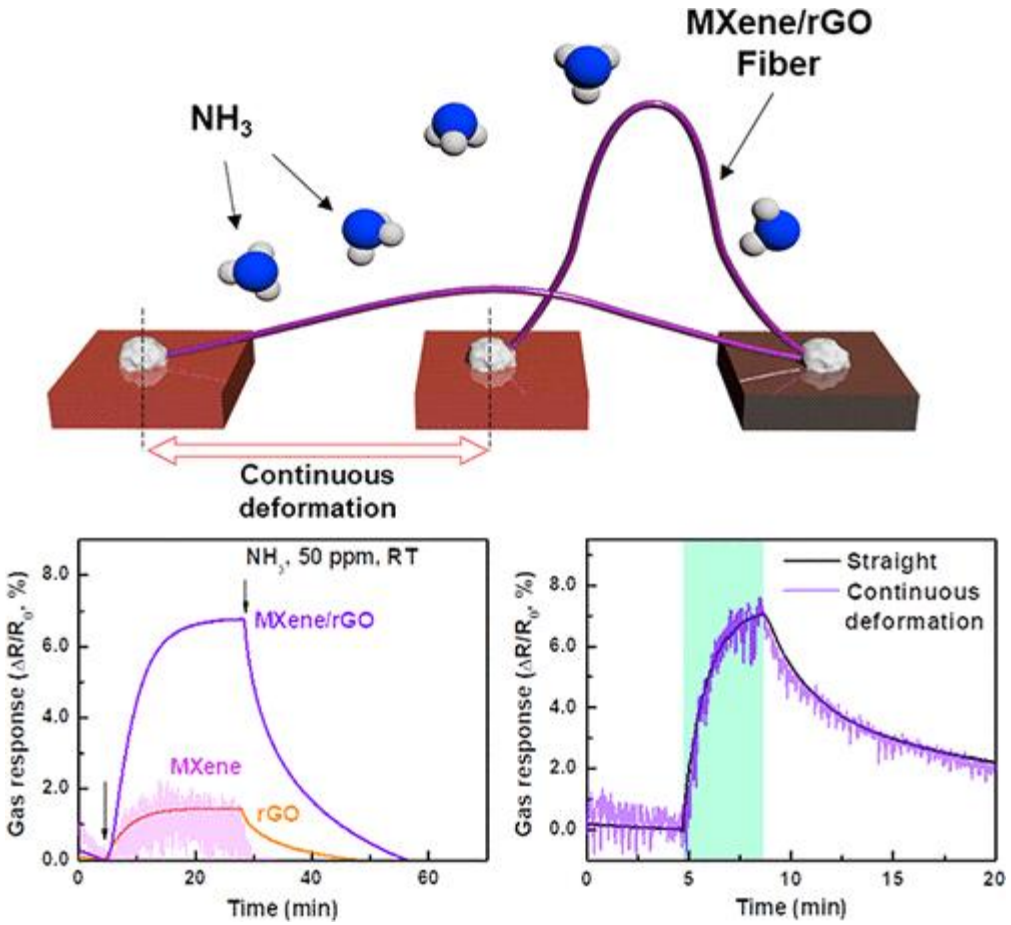
□ 화학 물질 감응 섬유

ㅇ 우리가 살아가고 있는 생활환경에는 많은 종류의 유독 가스가 존재함.

- 가정, 공장, 화학 플랜트 등에서 가스에 의한 인명피해, 폭발 사고 및 오염 공해 등이 잇따르고 있으며, 몇몇 유독가스는 매우 낮은 농도에서도 인체에 심각한 위험성을 지니고 있고 이는 인간 감지능력을 벗어나기 때문에 특정 위치뿐만 아니라 일상생활 모든 부분에서 동작할 수 있는 웨어러블 가스 센서들이 많이 연구되고 있음.

ㅇ 최근 MXene($Ti_3C_2T_x$), 산화 그래핀을 혼합 방사하여 제작된 섬유를 제작하여 NH_3, acetone, ethanol, H_2S, SO_2, xylene, benzene을 검출할 수 있는 연구가 진행되었음. 이 섬유는 뛰어난 반응성뿐만 아니라 충분한 기계적 강도 덕분에 옷에 꿰매어 사용이 가능하였음.

[그림 48] 인체의 움직임을 모방한 멕신/그래핀 섬유의 가스 센싱



출처: Room-temperature, highly durable $Ti_3C_2T_x$ MXene/graphene hybrid fibers for NH_3 gas sensing

□ 감광, 디스플레이 섬유

○ 감광 섬유에서의 기술개발 메가트렌드는 기능성 소재 개발을 위한 ‘UV 감응 섬유 생산기술’을 바탕으로 ‘헬스케어용 섬유’, ‘감성 특성화 섬유’, ‘광 감응 나노섬유’로 구분.

- 헬스케어용 섬유 : 인체의 건강 모니터링 및 관리용 기능성 섬유.

- 감성 특성화 섬유 : 변화되는 감성 패턴에 맞추어 신속하게 대응할 수 있는 섬유.

- 광 감응 나노섬유 : 특정 파장의 빛에 반응하는 나노미터 단위의 섬유.

- UV 감응 섬유 생산기술 : UV에 반응하는 섬유의 생산 및 판매를 위한 공정 기술 연구.

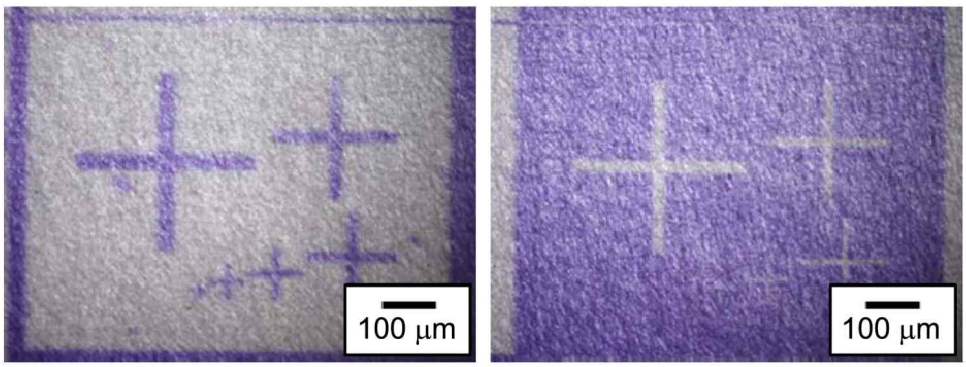
○ 감광 섬유 기술개발 현황으로 spiropyrans, spirooxazines, naphtopyrans, diarylethenes, chromenes 등 염료를 섬유에 염색하거나 WO_3, cyanostilbene 등 가소제를 섬유에 첨가하여 포토크로믹 섬유 생산기술 연구가 이루어지고 있음.

○ ㈜글로얀은 폴리에스터 섬유와 산화알루미늄, 스트론튬 등을 이용해 야광 처리하여 스스로 빛을 모은 뒤 밤이 되면 발광하는 섬유를 개발하였으며 일본의 이도츠상사와 수출 계약이 체결됨.

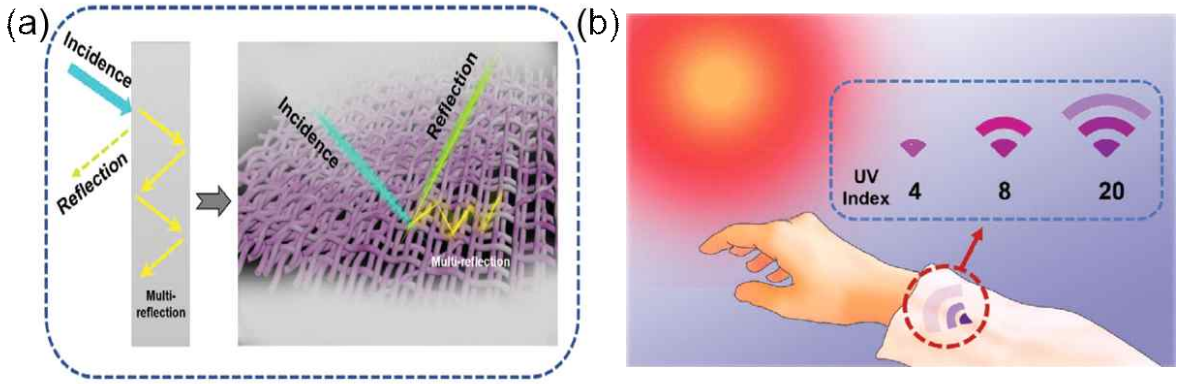
○ 스마트 의류 제작을 위해 광 자극에 대한 readable/erasable intelligent system, 빠른 반응 속도, 선명한 효과, 반복성을 개선하기 위한 연구가 진행되고 있음.

○ 국내에서는 rewritable paper, memory device, sensor 개발을 위해 전기방사를 이용하여 감광성 micro-patterend fiber mat 생산기술에 관한 연구가 진행 중.

[그림 49] 전기방사를 이용한 마이크로패터닝 감광 나노섬유
(UV에 노출된 영역은 색상을 띰)



○ 한양대학교 김종만 교수팀은 나노섬유의 높은 비표면적 특성을 이용해 감광 섬유의 반응성과 지속성을 증대시키며 전기방사를 통해 감광성 섬유 매트를 제작함.



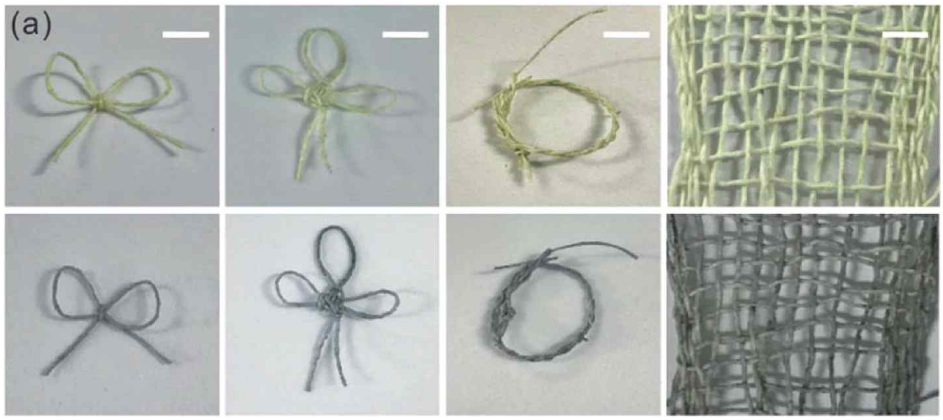
[그림 50] (a) 감광 섬유의 변색 원리와 (b) 감광 섬유를 이용한 UV indicator의 working mechanism

○ 중국 칭화대 Shu Yang 교수팀에서는 spiropyran계 염료 농도의 조절을 통해 섬유의 감광성을 통제한 UV indicator를 개발함.



[그림 51] 적외선 감지에 따라 섬유 온도를 상승시키는 제품

○ 국내 벤텍스 社의 “히터렉스”는 적외선 빛을 감지 및 흡수하여 분자간 충돌과 진동에 의해 수 초안에 섬유 온도를 10도 이상 상승시키는 제품을 출시함.



[그림 52] UV 조사에 따른 감광 섬유의 색 변화 예시

ㅇ 중국의 Yuqing Liu 연구팀은 WO_3와 PVA를 이용하여 빛에 반응하는 섬유를 제작함.

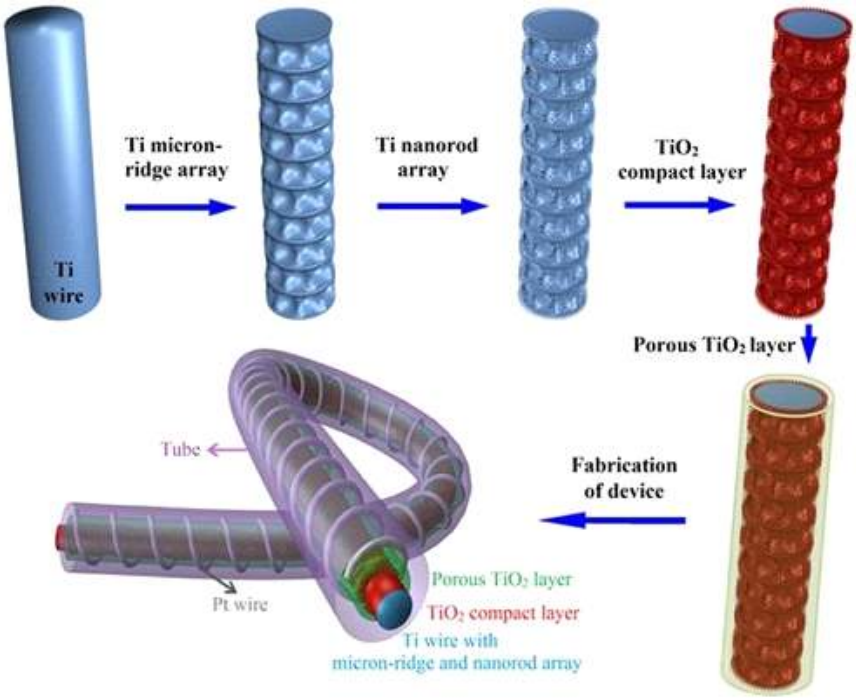
- 기존의 감광 물질은 유기물로 안정성과 가격이 비싸지만 tungsten 계열의 우는 이를 해결할 수 있음.

- 실제 만들어진 섬유로 직조가 가능하며, 세탁도 가능해 향후 photochromic fiber 시장의 가능성을 제시.



[그림 53] 감광 섬유를 이용해 직조한 의류

ㅇ 터키에서는 감광 섬유와 일반 섬유를 core-sheath 구조로 하여 변화되는 패턴을 가지는 의류를 시판 중임.



[그림 54] 감광 섬유를 이용한 섬유 형태의 태양 전지

ㅇ 국내 한국과학기술연구원 이중기 박사 연구팀은 티타늄 와이어의 양극산화 및 표면개질을 이용해 섬유 형상의 태양 전지 기술을 개발함.

- 8.128%의 우수한 광전 변환효율과 93.1%의 광전자집전 효율을 보이며 현재 나노구조체 기반 염료감응형 태양전지 연구 결과 중 매우 우수한 성능을 보임.

5) 발열 기능 HCI 융합섬유 기술

ㅇ 다양성과 개성을 중시하고 건강한 삶의 질을 높이고자 하는 현대인들의 관심이 증가하고 있고 이러한 관심이 기능성 발열 섬유의 수요를 급증시키고 있음.

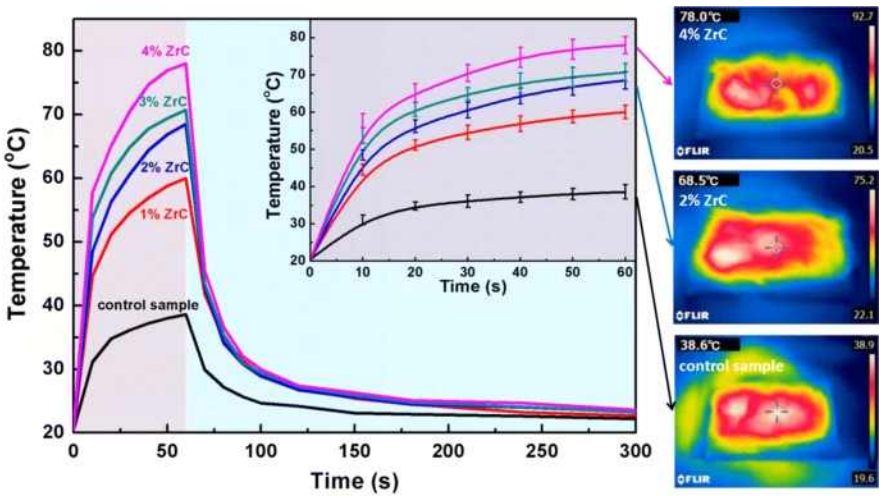
ㅇ 발열섬유의 메커니즘은 크게 i) 광발열, ii) 흡습발열, iii) 전열발열 세 가지로 구분되고 이러한 원리를 활용할 수 있는 소재들로 만들어진 다양한 발열섬유들이 보고되고 있음.

□ 광발열 섬유

○ 광발열의 메커니즘은 지르코니아와 같은 세라믹물질과 같은 태양광을 흡수할 수 있는 소재를 이용하여 흡수한 태양광을 열에너지로 전환하여 축척하는 것임.

○ 특히 일본에 Unitika, Kuraray, Mitsubishi-rayon, 그리고 KB seiren 등에서 탄화 지르코늄을 이용한 광발열 섬유에 관한 많은 연구가 진행되고 있음.

[그림 55] ZrC 농도가 다른 직물의 IR조사시간에 따른 표면 온도



출처: Fabrication and characterisation of viscose fibre with photoinduced heat-generating properties

○ 탄화지르코늄이 도핑된 모직의 경우 도핑이 되지 않은 모직보다 근적외선 50초 조사 후 최대 40 ℃ 정도의 온도 차이가 발생함. 이 외에도 숯, 산화지르코늄, 산화알루미늄, 산화티타늄, 그리고 산화규소와 같은 세라믹 물질을 이용한 발열섬유에 대한 연구들이 존재함.

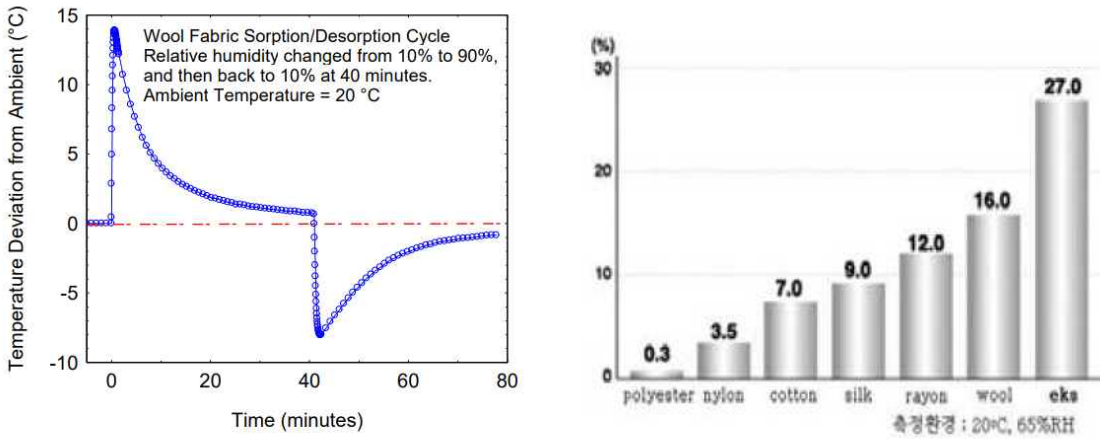
- 일본 산업기술종합연구소(AIST)에서는 폴리도파민이 코일모양으로 표면에 결합된 CNT를 개발하였는데 이는 근적외선의 조사에 의해 고효율로 발열하였음.

○ 최근 중국에서 Alkyl-grafted azobenzene 분자를 이용한 광유도 열저장 및 발열에 대한 연구결과를 발표하였음. 다양한 광발열 소재들의 개발이 진행되고 있으며 이러한 소재를 이용한 광발열 섬유로의 응용이 요구되고 있음.

□ 흡습 발열 섬유

○ 흡습발열은 친수성이 강하거나 친수성을 강화한 소재를 사용하여 대기 에 존재하는 수증기를 흡착시키고 흡착될 때 수증기가 가진 운동에너지를 열에너지로 전환하여 열을 내는 메커니즘임. 때문에 일반적으로 수분과 친화도가 높고 상호작용이 용이한 관능기를 가진 섬유를 이용함.

[그림 56] 직물의 습도변화에 주변의 상대적인 온도변화 그래프와 주요섬유들의 흡습율



출처: Effect of Wool Components in Pile Fabrics on Water Vapor Sorption, Heat Release and Humidity Buffering, 발열섬유소재 및 개발 동향

○ Gibson 연구팀은 천연섬유 중 하나인 모섬유의 함유량이 높은 섬유의 우수한 흡습발열성을 보고. 이는 모섬유가 수분을 흡수하는 성질이 강하기 때문임.

○ 일본 도요보사는 친수성 비닐 중합체 가교물을 활용한 아크릴레이트 소재를 이용한 섬유인 엑스(eks)를 제작했고, 이는 다른 섬유들에 비하여 11% 높은 흡습율을 가졌고 더 높은 발열온도를 보이는 것을 확인하였음.

□ 전열 섬유

○ 전열은 줄 발열(Joule heating) 현상을 이용하여 전기에너지로 열에너지를 만드는 원리임.

○ 도체나 반도체에 전압을 가할 때 흐르는 전자가 전류가 흐르는 매개체에 존재하는 핵의 진동(phonon)과 서로 충돌하여 열이 발생하게 되며, 섬유의 줄 발열을 통해 생산되는 열의 양 Q 은 가해준 전류의 양 I 과 $Q \propto I^2$ 인 관계를 지니게 됨.

V=IR 의 관계식을 적용하면 Q ∝ V^2/R 이 되고 여기서 V 는 해당 전류 I 에서의 전압, R 은 해당 소재의 저항임. 따라서 전열발열 섬유에 사용되는 소재는 낮은 저항을 지니는 소재를 이용하여 최대의 발열량을 얻을 수 있음.

ㅇ 최근 이용되는 소재들은 그래핀, 탄소나노튜브 카본블랙, 맥신 등의 나노소재를 이용한 섬유 또는 고분자 복합체 섬유 등이 존재하고 대표적인 전도성 고분자인 폴리아닐린, 폴리피롤, 폴리사이오펜, 폴리아세틸렌 등을 이용한 섬유가 있음.

Ⅳ. HCI 융합섬유 전문인력 수급 현황 및 양성의 필요성

1) 국내 인프라 현황 분석

□ 섬유 분야 융합기술 연구인력 수급

ㅇ 최근 ICT 융복합 기술이 미래 먹거리가 될 수 있다는 전망과 함께 산업계와 정부의 관심이 커짐에 따라 관련한 인력양성 프로그램이 시작되고, 인프라에 대한 투자가 이루어지고 있음.

ㅇ 산업통상자원부가 ‘20.11.11 「섬유패션산업 한국판 뉴딜 실행전략」발표를 통해 친환경·ICT융합 섬유 분야 전문인력(석·박사급)을 양성할 계획이라고 밝혔으나, 산업수요 대비 전문인력이 부족한 실정임 (친환경 그린섬유 제조과정 전문인력양성사업(‘22~’ 26, 총사업비 75억원)).

ㅇ 또한, 인력양성의 특성 상 고급 전문인력 양성에 많은 자원이 사용되며, 특히 긴 시간이 요구되는 등, 적재적소에 맞춤형 인력을 제공하기 어려워 기업의 자체 교육 부담이 커지고 있는 상황임.

ㅇ 현재 섬유관련 정부출연 연구소 (한국생산기술연구원, 섬유소재연구원 등)과 IT 관련 정부출연 연구소 (전자부품연구원, 전기연구원 등), 대학 (한양대, 단국대, 숭실대, 연세대 등)을 중심으로 섬유와 IT기술을 융복합하여 섬유관련 ICT융복합 분야 원천기술과 이의 실증에 대한 연구를 활발하게 진행하고 있어, 석박사급 고급인력 배출에 대한 전망이 밝아지고 있음.

ㅇ 그럼에도 ‘포스트-ICT’로 여겨지는 HCI 융복합 섬유분야는 국내 대학은 아직 개념 수립 단계에 있어, 고급 전문인력을 배출하여 미래 산업의 세계적 주도권을 선점할 필요가 있음.

ㅇ 국내 대학에서 섬유 기반 융복합 연구는 대부분 학과 내 소수의 개별 연구실을 통해 이루어지고 있으며, 조직적으로 운영 및 공동협력체계가 구축되어 있는 예는 거의 찾아볼 수 없음.

ㅇ 이러한 상황에서 HCI 융합섬유인재를 양성하기 위해 최근 한양대는 유기나노공학과, 의류학과, 체육학과는 휴먼테크 융합전공 대학원을 선제적으로 설립하여 연구인력 수급을 위한 선도적 모델을 제시함.

[표 26] 섬유-ICT 융합 대학원 현황

학교	학과명	핵심 연구 및 교육 분야
한양대	휴먼테크융합전공	HCI융합섬유
단국대	파이버융합소재공학전공	휴먼케어섬유
숭실대	유기신소재파이버공학과	탄소섬유, ICT융복합섬유
국민대	의상디지인학과	ICT섬유
부산대	유기시스템공학과	스마트섬유, 탄소섬유
경북대	섬유시스템공학과	스마트섬유
전북대	유기소재섬유공학전공	섬유제조기기, 유무기복합섬유
전남대	고분자융합소재공학부	탄소섬유

ㅇ HCI 융합섬유의 도입은 상당히 초기 단계에 있어, 분야 간, 특화지역 간, 산업주체 (대기업-중소기업) 간 협력을 통한 기반 구축, 선도기술의 수립, 비즈니스 모델의 확립, 강소기업의 육성 등의 방안을 마련하는 것이 필요함.

2) HCI 융합섬유 전문인력 양성의 한계 및 문제점

□ 수요 시장의 미성숙

ㅇ 스마트웨어러블 기기의 성장과 함께 스마트 섬유, 이를 기반으로 하는 스마트 의류의 수요시장이 빠르게 성장할 것으로 기대를 모았지만, 기대와는 다르게 빠르게 성장하지 않고 있는 추세임.

ㅇ 따라서 제품군을 목적으로 하는 인력의 공급, 산업의 태동을 바라보기 보다는, HCI 기술을 바탕으로 하는 문화 저변의 확대, 섬유 인터페이스를 통한 HCI 기술의 실현이라는 패더라임의 적용과 생활화를 통해 수요시장을 창출해가는 것이 바람직해 보임.

ㅇ 디자인과 마케팅, 유통과 관련된 제품 위주의 수요시장에서는 결국 원천기술에 대한 갈급이 있을 수밖에 없으며 이를 해결할 우수연구 인력의 유입이 반드시 필요함.

□ 고급인력양성을 위한 교육시스템의 부족

ㅇ 대학 내 융합전공 신설은 기존 학과의 틀을 넘어 교육과정과 교수진의 구조적 변화를 수반할 수밖에 없어 행정 및 구조적 한계에 부딪히게 됨.

ㅇ 대학 본부의 행정적 장벽을 극복하고 여러 배경을 갖는 교수진 간의 이해를 조율하기 위해서는 특화대학으로의 구체적인 정부지원이 필요함.

ㅇ 체계적인 교육과정을 구성하고, 양질의 교수진을 확보함으로 HCI 융합섬유 인재를 양성할 수 있는 배경을 갖추어야 함.

ㅇ 특히, HCI 융합섬유 인재양성은 인문·사회적 배경, IC기술에 대한 이해, 섬유 고분자 공학의 이해, 나노과학기술의 적용, 데이터처리에 대한 이해 등 다양한 전공지식이 복합화 된 분야로서 관련 전공의 유기적 통합교육 및 전문화된 특화 교육과정의 개발이 반드시 요구됨.

3) HCI 융합섬유 미래 인재상

□ 인문사회와 과학기술의 융복합 인재

ㅇ HCI기술을 적용하기 위해서는 사회 문화적 배경을 바탕으로 하는 인간행동 분석, 기계와 인간의 관계 해석, 데이터 처리를 위한 알고리즘 해석 의 인문학적 소양이 요구됨. 따라서 HCI 융합섬유인재는 인문·사회적 소양을 갖춘 과학기술인이 되어야함.

ㅇ 디지털 트랜스포메이션 (Digital Transformation)의 확대와 이를 통한 섬유제품의 디자인과 제조, 생산에 이르기까지의 과정이 매우 간단하고 편리하게 정리가 되고 있음. 여기에 인간 밀착형 의료기술의 보급으로 보다 건강한 삶을 영위하기 위한 기술이 복합되어 HCI 기술의 실현이 매우 가까워 짐.

□ IT 기술의 습득

ㅇ 전기전자, 정보처리 관련 기초개념을 이해하고 응용할 수 있는 연계학문을 발굴하고, 이를 발전시켜 실용적인 적용 능력을 함양하는 교육이 필요함.

ㅇ IT융합 기술의 적용은 디지털 전문 인재 양성 외에도 다양한 융합산업인재 양성에 필수적인 요소임. 체계적인 전기전자 및 프로그래밍 수업을 포함한 IT 융합 교육과정 개발이 필요함.

□ NT/ET 융복합 과학기술인재

ㅇ 전도성 원사, 에너지 변환 및 저장 섬유와 직물, 열과 빛과 같은 외부 자극 감응형 섬유, 유해인자 센서 기능을 갖춘 섬유 및 의복과 응용을 가능하게 하여 HCI기술을 구현할 수 있는 인재.

ㅇ 재료과학, 나노과학과 기술, 에너지, 환경 등의 다학제적인 전공을 이해하고 이를 통합적으로 구현해 낼 수 있는 능력.

□ 소비자 중심 사고에 바탕을 둔 공정 및 제품 개발력을 함양한 융복합 과학기술인재

ㅇ 스마트 섬유 제품 및 디지털 기능화 산업은 일반 소비자를 대상으로 하는 것이기 때문에 소비성향과 같은 라이프스타일에 민감하다는 특성이 있음.

ㅇ 따라서 전문적인 정보 습득도 중요하지만 연관 산업에 대해 깊이 있게 이해하고 시장에서 소비자의 수요를 예측할 수 있는 안목을 함양해야 함.

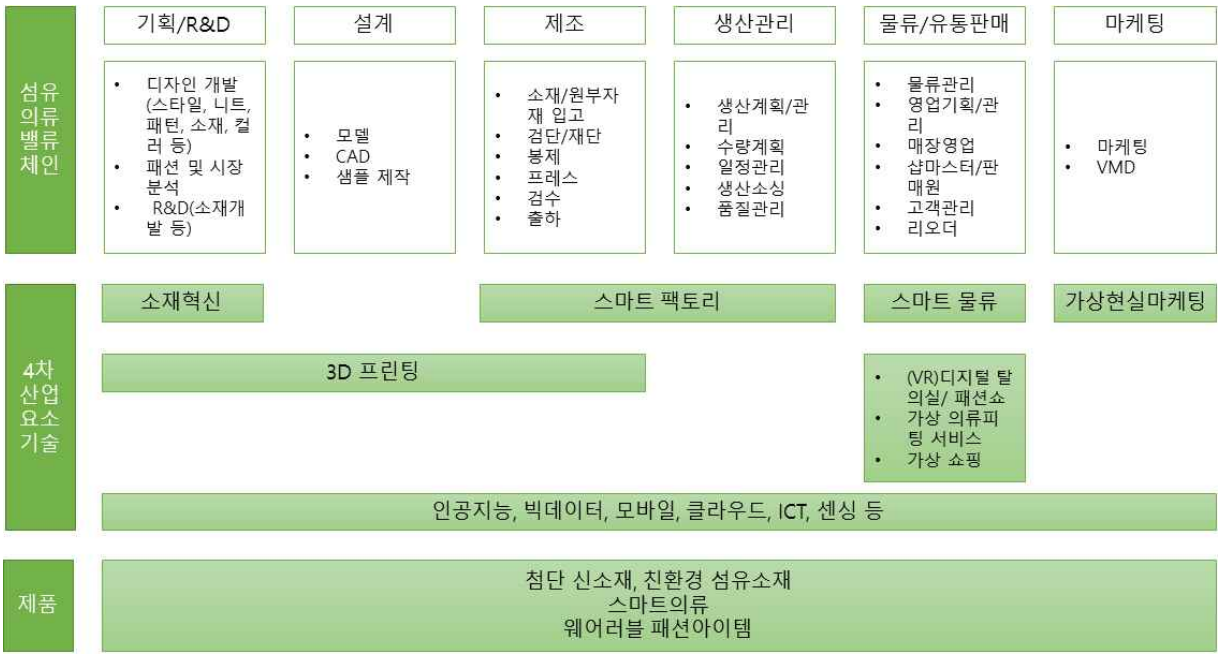
4) HCI 융합섬유 전문인력 수급 현황

○ 섬유 패션 산업은 과거 단순한 상품 및 서비스의 거래에서 인공지능 (AI), 사물인터넷(IoT), 로봇, 가상/증강 현실 (VR/AR), 빅데이터 등 기술 발전과 맞물려 생산, 소비, 유통 등 산업 전반에서 정보를 바탕으로 가치를 창출하는 4차 산업 시대로 진입 중.

○ 하기 그림과 같이 4차 산업혁명 관련 기술이 섬유패션산업 supply chain 전반에 적용되면서 소비자가 초기단계에서부터 개입이 가능하기 때문에 기획・생산・유통에 관여함에 따라 생산자・판매자・소비자의 경계가 모호해지고 있음.

○ 특히 HCI 융합섬유 기능성 제품의 기획에서 구현에 이르는 주기가 짧고 소비자 니즈가 급변하는 상황에 대처할 수 있고 나아가 소비자에게 새로운 가치를 제공하는 전문 인력의 수요가 급격히 증가하고 있음.

[그림 57] 의류산업과 4차 산업혁명



* 자료 : 산업연구원, 4차 산업혁명이 한국 제조업에 미치는 영향과 시사점 (2017.5)

○ 섬유 패션산업의 4차 산업혁명 관련 기술은 독일의 아디다스, 미국의 아마존 및 스티치픽스, 일본의 시타테루 등이 선도하고 있음.

○ 특히 미국의 Software Automation의 봉제 로봇인 Sewbot과 Stitch Fix의 AI 및 알고리듬 분석 등 요소기술이 적용된 제품이 상용화되는 등 섬유・ICT・SW 융합을 기반으로 스마트 제조 공정 도입 뿐만 아니라 스마트의류, 이어웨어, 시계 등 신체에 착용 및 부착하여 정보를 처리하는 웨어러블 스마트 기기 수요 증가로 ICT 융합섬유의 신시장 창출.

○ 우리나라는 정부주도로 ICT 융합 개인 맞춤형 의류생산 시범사업(위드인24) 등을 운영하고, 민간에서도 CLO의 3D 가상 의류가 상용화되는 등 기술의 진보가 이루어지고 있지만 일부 품목을 제외하고는 R&D 단계에 머무르고 있기 때문에 분야의 발전을 위해 전문인력의 양성이 시급함.

○ HCI 융합섬유 전문인력으로서 섬유에 대한 전문지식 이외에도 빅데이터, AI 등 소프트웨어와 센서, 회로, 에너지 소자 등 하드웨어에 대한 심층지식이 요구되는 등 분야의 핵심인력으로 성장하기 위한 높은 교육수준이 요구됨.

○ 그러나 기존 대학의 섬유관련 전공 및 학과의 폐지 및 타 전공과의 통폐합 등으로 인해 섬유기술 관련 전문 인력의 양성 기반이 지속적으로 축소됨에 따라 HCI 융합섬유 전문인력 양성의 토대가 약화되는 실정임.

○ 고용노동부가 2019년 발행한 ‘섬유제조・패션산업 인력현황 보고서’에 따르면 국내 섬유패션산업은 4차 산업혁명, 글로벌 통상환경 변화, 미중 무역분쟁, 환경 이슈 및 한류 등의 성장 동력이 있음.

○ 이에 따라 전 세계적 섬유 수요는 2018년 100백만톤에서 연 2.8%의 성장을 거듭하여 2030년에 140백만톤에 이를 것으로 보이며, 이중에서도 산업용 섬유 시장은 2017년 2347억달러 규모에서 연 4.5% 성장하여 2022년에 3350억달러 규모, 웨어러블 디바이스 출하량은 2019년 199백만대에서 연 8.9% 성장하여 2023년 279백만대로 확대되는 등 섬유 분야의 핵심 성장 동력임.

○ 이와 같은 시장의 확대에 따라 국내 하이테크섬유 산업인력의 수요도 2017년 3374명에서 연평균 2.3%성장하여 2027년 4217명으로 증가할 것으로 기대됨.

○ 특히 연구개발(성장률 3.1%), 설계・디자인(성장률 2.5%), 시험평가・검증(성장률 4.4%) 직종의 전문인력 양성이 치열한 국제무대에서의 경쟁력 확보를 위한 핵심 요소임.

ㅇ 우리나라는 섬유산업은 하기 그림과 같이 업스트림에서 다운스트림에 이르기까지 탄탄한 기반을 갖추고 있음.

ㅇ IT, BT, NT, ET 등 각 기술요소별로 세계 최고 수준의 전문 인력이 있기 때문에 HCI 융합섬유 전문인력 양성을 위한 교육체계의 확립과 인프라 확충을 통해 단시간에 세계 최고 수준의 인력 양성이 가능한 국가적 저변이 마련되어 있음.

업 종	업체수 (개, 비중)	고 용 (명, 비중)	생산 (십억원, 비중)	비 고
섬유원료/사 (천연/화학섬유)	2,252 (4.7%)	22,411 (7.6%)	6,717 (16.7%)	대기업 업종 화섬과 방적으로 구분 화섬생산 세계 6위(중국 1위)
⬇				
직물/니트	16,231 (27.7%)	70,525 (23.9%)	8,977 (22.4%)	대구(화섬직물), 경기(니트) 섬유산업의 대표 수출품목 기술수준은 일본이 최고
⬇				
염색/가공/날염	4,037 (8.4%)	36,311 (12.3%)	3,959 (9.9%)	경기, 대구, 부산 등 단지화 색/무늬/기능성 부여공정 작업여건 열악/기술수준 높음
⬇				
봉제/의류/패션	25,118 (52.5%)	140,164 (47.6%)	16,365 (40.8%)	봉제와 패션의 융합 컨버터 및 프로모션 활성화 이태리, 프랑스가 선도
산업용섬유	3,209 (6.7%)	25,079 (8.5%)	4,096 (10.2%)	산업화 초기단계 탄소섬유, 아라미드 등 개발 미국, 일본, 독일 등이 선도
합계	47,847	294,490	40,113	

[그림 58] 국내 섬유패션 산업의 스트림 구조 (2017)

* 자료 : 1. (업체수, 종사자수) 통계청 전국사업체조사 (1인 이상 사업체 조사자료)
2. (생산) 통계청 광업·제조업조사(10인 이상 사업체 조사자료)

5) 섬유산업 인력 수급 현황

ㅇ 섬유산업 (의류・신발산업 포함)은 업체수 및 고용비중이 높고 전후방 파급효과가 큰 핵심 기간산업임. 2017년 (10인이상, 제조업대비) 업체 수 50,632개 (11.7%), 고용인원 314천명(7.7%), 생산액 42.6조원(2.8%), 부가가치 16.8조원 (2.4%) 을 점유하고 있으며, 수출은 2018년 기준 145.9억$로 우리나라 수출의 2.4%를 점유하고 있음

ㅇ 우리 섬유패션산업은 섬유제조 선진국 중 유일하게 원사~의류신발패션까지 전 스트림에 걸쳐 균형 잡힌 생산기반을 보유. 그럼에도 불구하고 1990년대 초반 84만명을 넘어서던 섬유・의류・신발산업 종사자수는 2017년에 이르러 314,116명으로 감소하였으며, 관련 유통 및 서비스업 등 연관 산업을 포함한 전체 고용은 약 85만명으로 추산됨.

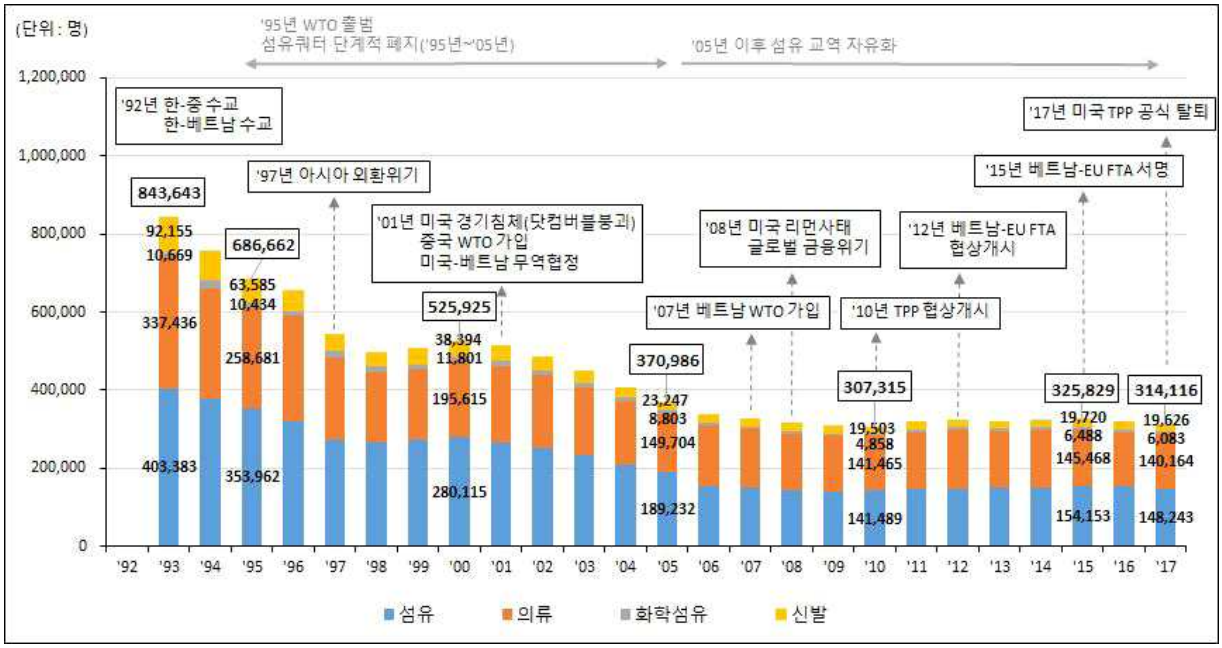
[표 27] 우리나라 섬유산업 현황 및 국가경제적 위상

구분	업체수 (개)	종사자수 (명)	생산액 (십억원)	부가가치 (십억원)	수출 (백만$)
섬유・의류・신발	50,632	314,116	42,569	16,835	14,588
제조업대비 비중(%)	11.7	7.7	2.8	3.1	2.4
제조업	433,64	4,103,986	1,517,683	543,341	604,860

* 자료 : 1. (업체수, 종사자수) 통계청 전국사업체조사(1인 이상 사업체 조사자료, 2017년 기준)
2. (생산) 통계청 광업·제조업조사(10인 이상 사업체 조사자료, 2017년 기준)
3. (수출) 한국무역협회 (2018년 기준)

ㅇ 통계청 발표에 따르면 산업별로는 섬유와 의류 종사자가 148,243명 (47.2%) 및 140,164명 (44.6%)으로 전체의 90%이상에 해당하며, 섬유산업연합회 발표에 따르면 직종별로는 생산직 36.6%, 일반사무직 28.4%, 영업직 8.3% 순으로 Wearable HCI 분야의 성장에 기여할 수 있는 기술직 (4.7%), 디자이너 (2.5%), 연구개발직 (1.9%)의 비율이 10% 이내로 낮아 국제 경쟁력을 갖추기에 어려운 여건으로 보임.

[그림 59] 섬유·의류·신발산업 종사자 추이



자료 : 통계청 전국사업체조사(1인 이상 사업체 조사자료)

○ 통계청 발표에 따르면 10인 미만 규모 소기업 종사자가 153,081명으로 전체의 48.7%, 10인 이상 규모 기업 종사자가 161,035명으로 전체 51.3%를 차지함. 고용노동부 사업체노동력 조사에 따르면 2018년도 월평균 섬유패션산업 전체 채용을 포함한 입직자 대비 이직자의 수가 많고 입직자 감소율이 제조업대비 높아 지속적인 산업내 인력 부족율의 원인이 됨

[표 28] 2018년 월평균 섬유패션산업 산업별 입직자·채용·이직자 수 현황

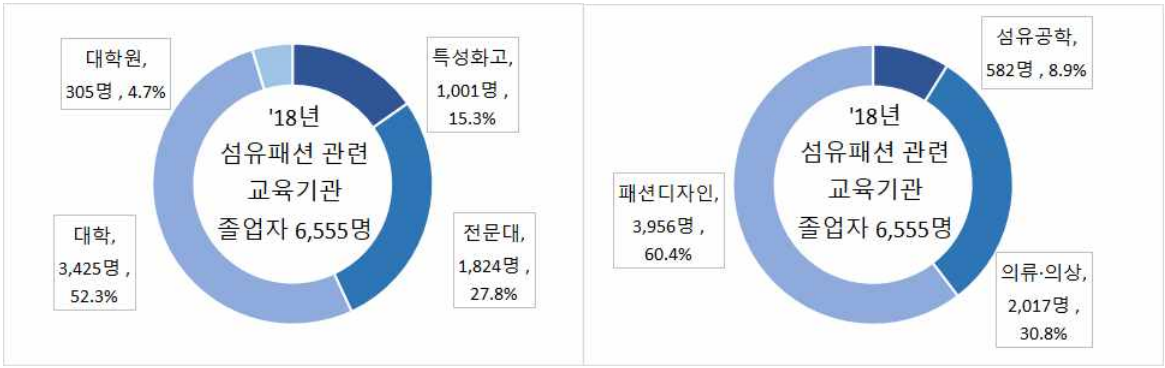
(단위: 명, 전년대비 %)

산업	입직자			채용			이직자		
	인원	증감	증감률	인원	증감	증감률	인원	증감	증감률
섬유	2,638	-275	-9.4	2,512	-318	-11.2	3,203	73	2.3
의류	4,552	-600	-11.6	4,366	-685	-13.6	4,775	-196	-3.9
가죽·가방·신발	858	-384	-30.9	835	-387	-31.7	1,166	-76	-6.1
섬유패션	8,048	-1,259	-13.5	7,713	-1,390	-15.3	9,144	-199	-2.1
제조업	103,984	-1,437	-1.4	97,743	-2,380	-2.4	105,802	1,807	1.7

자료: 고용노동부 사업체노동력조사 (종사자 1인 이상 사업체 25,000개 표본조사)

○ 교육통계연보에 따르면 2018년도 우리나라 섬유패션산업 관련 교육기관 졸업자수는 6,555명으로 나타남.

[그림 60] 2018년 섬유패션 교육기관별 (좌) 전공별 (우) 졸업자 현황



자료: 교육통계서비스 교육통계연보

[표 29] 2018년 섬유패션산업 교육기관별 졸업자 현황

(단위: 명, %)

구분	특성화고	전문대	대학	대학원(석사)	대학원(박사)	합계	
							비중 (%)
섬유공학(공학계열)	56	188	296	34	8	582	8.9
의류・의상(자연계열)	86	247	1,459	176	49	2,017	30.8
패션디자인(예체능계열)	859	1,389	1,670	33	5	3,956	60.4
합계	1,001	1,824	3,425	243	62	6,555	100.0

자료: 교육통계서비스 교육통계연보

○ 전세계적인 인구 및 소득 증가로 세계 섬유 수요 증가 및 패션시장의 지속 성장이 전망됨. 특히, 우주항공, 자동차 등 산업용섬유시장이 지속적으로 성장할 것으로 예상되며, 정보통신 발달에 따른 인공지능 (AI), 사물인터넷 (IoT), 빅데이터 등 성장 동력이 분명하며, 환경이슈 등에 대한 정책적인 지원도 분야의 성장을 뒷받침하고 있음.

ㅇ 2027년까지 섬유패션산업의 성장은 지속될 것으로 전망되지만 공장 자동화 및 해외이전 등의 영향으로 취업자수의 소폭 감소가 예상됨.

ㅇ 반면, 스마트 제조공정 도입 및 웨어러블 제품 개발 등을 위한 HCI 전문 인력의 수요와 고기능성 산업용섬유 수요 증가에 따른 관련 인력 수요가 함께 증가하며 산업의 체질개선이 함께 동반될 것으로 전망됨.

6) HCI 융합섬유 분야 전문인력 양성의 필요성

ㅇ 사양산업으로 인식되던 섬유패션산업은 최근 들어 인공지능 (AI), 사물인터넷 (IoT) 및 빅데이터 등 정보통신과 연계되어 신성장 동력을 얻어왔고, 모바일 헬스케어 등 신규 산업의 토대가 마련되는 등 4차 산업혁명의 핵심산업의 일부가 되었으며, Covid19와 같은 전세계적인 보건재해의 1차 방어수단 공급원으로 그 입지를 공고히 해오고 있음.

ㅇ 그럼에도 불구하고 국내 섬유패션산업은 기술 및 설비투자 부족으로 경쟁력이 약화되어왔음.

ㅇ 특히 미국・독일 등 선진국이 산업용섬유・기능성소재・웨어러블소자 등 고부가가치 구현을 위한 기술투자에 주력하는데 반해, 국내 섬유 산업은 연구개발 투자 부진 및 연구인력 부족 등으로 기술개발이 미진하고 원천기술 및 기술혁신역량 확보가 미흡하여 여전히 산업의 중심이 저부가가치의 의류용・범용 직물 생산에 머무름.

ㅇ 산업부 발표에 따르면 국내 산업용 섬유 기술은 미국의 68% 수준으로 수출 비중에 있어서도 독일 49%, 미국 48%, EU 44%의 반 정도인 23%에 이르는 등 선진국과의 기술격차가 확연함.

ㅇ 과학기술부・한국과학기술기획평가원 발표에 따르면 국내 섬유산업연구개발비는 2017년 기준 총액 4270억원으로 제조업 연구개발비 총액 (약 56조원)의 1%에 미치지 못하고, 매출액 대비 연구개발비는 1.52%로 제조업 평균 (4.2%)의 36% 수준, 종업원 천명당 연구원수는 86명으로 제조업 평균 (128.6명)의 67%수준, 연구원 일인당 연구개발비 85.7백만원으로 제조업 평균 (212.8백만원)의 40% 수준으로 모든 면에서 열악하기 때문에 획기적인 연구 성과 도출 및 우수한 전문인력 양성을 기대하기 어려움.

○ HCI 융합섬유 제품의 기술적 leadership 확보를 위해서는 국내 패션 브랜드의 국제적 인지도가 중요하지만 산업통상자원부 발표에 따르면 2016년도 기준 소비자에게 직접적으로 상품을 판매하는 패션 브랜드 중 세계 Top 100 이내에 포함되는 국내 브랜드가 단 한 곳도 없어 각 3곳의 홍콩과 중국에도 밀리는 등 국제적 인지도가 매우 낮음.

○ 특히 섬유패션 48천개 기업 중 약 90%가 10인 미만 영세기업으로 섬유공학 연구원 및 패션디자이너 등이 부족하기 때문에 대기업에 주로 종속되어 있고 신기술의 도입 및 발전 역량이 매우 부족함.

○ 한편, 정부의 지속적인 지원과 기업의 치열한 경쟁 분위기하에서 국내 IT, NT 및 ET 기술 수준은 세계 최고 수준으로 올라섰고, 이를 바탕으로 삼성전자, LG화학, 현대자동차 등은 세계적 브랜드 이미지를 구축함.

○ 이러한 신기술은 타산업과의 결합을 통해 새로운 가치를 창출할 수 있으며, 특히 우리나라는 섬유분야 세계 6위의 공급 기지로, 업스트림에서 다운스트림까지 유기적으로 연결된 바람직한 인프라를 갖추고 있기 때문에 섬유분야와의 결합을 통해 파생되는 Wearable HCI 분야에서 기술간 결합의 파급 효과가 클 것임.

○ Google X Levi’s의 스마트 재킷의 예와 같이 50불 정도의 재킷에 전도사가 적용된 스마트 원단과 소자 유닛인 자카드 태그를 도입하여 음악 제어, 사진 촬영 등 스마트폰의 원격 리모컨 기능을 부여함으로서 4배에 달하는 약 200불의 상품가격을 형성하며 부가가치를 높일 수 있음.

[그림 61] 구글과 리바이스 협력을 통해 제조된 재킷



ㅇ HCI 융합섬유 분야는 아직 기술 개발의 초기단계로 다양한 목적과 형태의 소자 형성을 통한 발전의 방향이 무궁무진하며 IT, NT 및 ET 등 타 분야의 첨단 기술을 섬유패션산업의 제조부터 제품에 이르는 단계에 접목시킴으로써 부가가치를 획기적으로 높이고 섬유산업의 기술적 진보를 이루어 인류의 생활 환경 개선에 기여할 수 있음.

ㅇ 국내 첨단기술과 섬유패션산업의 저변을 밑거름 삼아 HCI 융합섬유 기술 분야 세계 최고의 미국・독일과의 기술격차를 좁히고 기술적 leadership을 확보하기 위해서는 무엇보다 섬유와 IT, NT, BT 및 ET 등 기술을 공히 알고 첨단기술을 효과적으로 도입할 수 있는 전문 인력 양성이 절실히 요구됨.

ㅇ HCI 융합섬유 분야의 발달에 따라 기획-연구-설계-평가-제조-판매에 이르는 새로운 supply chain이 형성될 것이기 때문에 새로운 고용창출에 대응하기 위해 초반 기술전문인력 양성 이외에도 세부분야별 전문 인력의 양성이 필요할 것으로 사료됨.

7) HCI 융합섬유 전문인력 양성 방안

ㅇ HCI 융합섬유 인력 양성의 제약조건

- 4차 산업혁명 대비 등 세계적 흐름이 반영되지 않은 인재 육성 커리큘럼.

- 섬유 관련 학과의 축소 및 통폐합.

- 기술투자 및 연구개발 인력 부족.

- 임가공 생산 구조 및 영세화 등 국내 섬유산업 구조적 취약성.

- 신규 인재 영입을 위한 분야 경쟁력 미비.

ㅇ 상기 문제 해결을 위해 섬유 뿐만 아니라 정보통신, 나노기술 및 에너지기술 등 다른 기술/산업과의 융합학문을 전문적으로 교육/재교육하는 체계적인 커리큘럼이 필요함. 기술적 전문가 이외에도 고객의 needs를 반영하거나 가치를 선점하여 제조된 제품의 가치를 획기적으로 높일 수 있는 비이공계 인재의 육성도 매우 중요한 과제임.

ㅇ HCI 융합섬유 인력 양성의 구체적인 방안

- 기존에 배출된 섬유패션 관련 석·박사를 대상으로 IT, NT, BT 및 ET 전문 교육을 통한 HCI 전문인력 육성.

- 섬유공학과 학부 및 대학원생을 대상으로 적극적인 산학연 연계를 통해 인력 양성의 효율성 제고.

- 국내외 산업 환경 변화에 대응하기 위한 시의성 있는 직업훈련 공급 확대.

- 중소기업 재직자 역량 강화를 위한 방문교육 및 온라인 교육 기회 제공.

- 언어·철학·인식개선 등 비기술 역량 강화 위한 교육 기회 확대.

ㅇ HCI 융합섬유 분야의 전문인재 육성에 있어 기술 역량의 제고도 중요하지만 향후 산업의 변화에 기민하게 대응할 수 있는 역량의 함양이 중요함

V. HCI 융합섬유 전문인력 양성 세부계획

1) HCI 융합섬유 분야 정의 및 교육과정 분석

□ HCI 융합섬유의 정의

ㅇ HCI (Human Computer Interaction) 기술은 인간과 상호작용하는 컴퓨팅 시스템을 설계·평가·구현하는 일련의 과정과 이를 둘러싼 주요 현상들에 대한 연구를 포함하는 것으로 정의됨 (신희숙, Wearable HCI 기술 동향).

- 웨어러블 컴퓨팅 기술은 착용감(착용을 의식하지 않을 정도의 무게감과 자연스러움), 항시성 (신체적 피로의 최소화 및 유해요소 차단), 사회성 (사회·문화적 통념에 부합하는 외형) 등을 기본 기능으로 벨트/머리 착용형, 손가락/손목/팔 착용형 및 의류형으로 개발되고 있음 (신희숙, Wearable HCI 기술 동향).

- 공정별로 원료 합성, 방사, 방적, 사가공, 제직, 편직, 부직포, 염색, 가공, 복합재료, 봉제/성형, 디자인 등의 제조 생산기술 및 유통, 마케팅 등의 판매 전략 기술의 전주기를 포함함.

- 제품별로는 섬유(fiber), 사(yarn), 직/편물, 부직포, 복합재료 등으로 소재부품 및 중간제품과 센서 및 액츄에이터, 통신소자, 에너지 변환 소자, 에너지 저장 소자 등 포괄적으로 적용함.

- 용도별로는 데이터 전송 및 스마트폰 제어, 발열 및 온도조절 (온도 및 습도 조절), 헬스케어 (생활습관 및 건강상태 모니터링 목적 생체 신호 감지), 스포츠 (운동 자세 교정) 등이 대표적임.

ㅇ HCI 융합섬유는 사용자 (human), 컴퓨터 (computer), 상호작용 (interaction)을 기본구성요소로 하여 유용성 (usefulness, 목적을 효과적으로 달성함), 사용성 (usability), 감성 (affect)의 원칙을 충족하기 위해 설계 (design)와 평가 (evaluation), 분석 (analysis)을 포괄하는 개념(신희숙, Wearable HCI 기술 동향)으로 소형화된 인터페이스에 착용성을 부여하는 기존의 방식에서 유연소자를 설계하는 방식, 전도성 섬유, 압전 섬유, 형상기억 섬유 등 첨단 섬유 기술을 적용하여 직물화된 인터페이스를 설계하는 방식에 이르기까지 다양한 층위의 연구개발 및 제품의 상용화가 동시에 진행되고 있음.

□ 인재상

ㅇ 기존의 섬유를 비롯하여 다양한 신섬유에 대한 이해도 높은 인력.

ㅇ 전도성 섬유, 압전 섬유 등 고기능 고성능 섬유에 대한 이해 및 발현 메커니즘을 이해하고 있는 인력.

ㅇ 일반섬유 및 고기능, 고성능 섬유를 이용하여 다양한 섬유제품 개발할 수 있는 역량을 갖춘 인력.

ㅇ 슈퍼섬유 등 고기능·고성능 섬유에 대한 이해 및 발현 메커니즘을 이해하고 있는 인력.

ㅇ HCI의 개념을 바탕으로 신섬유의 필요성과 개발의욕을 가진 인력.

□ 교육과정 분석

ㅇ 최근 산업트렌드 및 학문 분야의 변화에 따라 기존 섬유공학과의 명칭 변경이 일반화 되었으며 동시에 교육과정의 변화를 통해 섬유관련 전공교과가 축소되었으며 이에 따라 섬유분야 학점 비율이 낮고 재료공학관련 학과목의 비중이 높아졌음. 이러한 경우 섬유과정에 대한 심도 있는 교육과정이 요구됨.

ㅇ 그럼에도 융복합 기술에 대한 이해의 폭이 넓어졌고, 다양한 분야에 신섬유를 이용하게 됨에 따라 웨어러블 전자섬유, 로보틱스 등 새로운 섬유 시장을 이해하는 시각을 제공한다는 긍정적인 효과가 있음.

ㅇ 이론교육의 범위와 내용

- 기초 산업용 섬유 및 제직/직물/편성물 등 일반적인 기술내용은 기존의 전공교과목 커리큘럼으로 대체 가능함.

- 스마트 섬유/wearable HCI 기술과 관련해서는 교과목의 개정 또는 특강 등을 통해서 가능함.

- 유사학과의 경우 섬유공학에 대한 심도 있는 이론 교육이 필요.

ㅇ 실무교육의 범위와 내용

- 실질적인 실무교육의 기회를 늘리기는 현실적으로 어려움이 있으나 방학기간 중 특강 및 현장실습 등의 교과과정 운영을 통하여 이론 학습의 기회와 다양한 실무경험을 제공할 수 있음.

- 이미 확보하고 있는 실험실습교과목의 개정활용과 설계교과목의 활용이 대안이 될 수 있음.

- 관련 연구기관과 연계하여 단기간의 실무교육을 외부 위탁하는 방법이 현실적인 대안이 될 수 있음.

- 새로운 제품개발 과정에 참여하기 위한 설계 능력이 요구됨.

- 연구기관 및 기업과의 공동프로젝트를 적극 활용하여 사전실무교육의 효과를 누릴 수 있음.

2) HCI 융합섬유 전문인력 양성을 위한 교육 프로그램(안)

□ HCI 융합섬유 전문인력 교육 과정안

ㅇ 교육 목표

- HCI의 개념을 이해하고, 관련한 융합섬유 기술을 학습하여 전문화된 연구자 양성.

- 보다 건강한 인류의 삶과 행복을 추구할 수 있는 환경을 제공할 수 있는 제품 개발 및 연구 방안 모색.

ㅇ 필요성 및 타당성

- 융합기술 시대의 새로운 도약을 위한 인적자원 양성.

- 기술 및 경영의 융복합을 통한 창의적 인재 양성 기관 양성 수행.

- 융합시대 대비를 위한 산학협력을 통한 현장 맞춤형 인력양성.

□ 교육과정 운영사항

수업연한	학기운영	이수학점	수여학위명
2년	2학기제	15학점	공학석사, 이학석사

ㅇ HCI 융합섬유 융합전공 대학원 (석/박사) 교육과정 (안)

	과목명	강의내용
1	HCI 이해와 미래 기술	인문사회과학적 소양과 과학기술적 이해를 가질 수 있게 함으로써 HCI기술에 효과적으로 접근할 수 있게 함. 인체밀착형 융합섬유 소재/소자로의 활용과 미래기술(ICT융복합)과 관련한 다양한 과학기술을 다루게 됨. - HCI의 이해, 4차산업 혁명과 미래, 웨어러블 개론, 창의・공학적 사고 및 실험설계, IoT프로그래밍 - 프로젝트 계획 수립 및 관리, 국제표준 및 지식재산권, 조직과 리더십, 창업과 경영
2	웨어러블 산업과 HCI 융합	최신 웨어러블 산업의 흐름을 파악하고 신산업/신기술 공백 분야를 찾아 새로운 HCI기술의 도입으로 신가치 창출 활동할 수 있게 함
3	휴먼감성공학과 HCI	인간 감성으로 발생하는 뇌 신호, 심장신호, 피부 변화 등의 복합적인 감성을 과학적으로 측정하고 분석하는 방법 등을 다루게 됨 - 인간의 삶을 쾌적하게 만드는 기술 - 단편적인 데이터 분석에서 벗어나 개별화된 인간의 행동과학 분석 기초
4	HCI 데이터 마이닝 기초	HCI에 기반한 디바이스의 수용성 및 인간정보의 심리리적 요인의 빅데이터 분석, 초근접 환경 기술의 적정성을 평가하는 내용을 포함
5	HCI 데이터 마이닝 심화	휴먼인식, 태도, 행동의 심리학적/사회학적 해석, 사회정체성과 행동패턴 데이터 기반 분석을 학습함
6	HCI텍스타일 적용 기초 : 소자	텍스타일 디바이스의 구조 및 신호인식 코딩 기초 및 디바이스 신호 인식 및 데이터 처리회로 설계를 연구
7	HCI텍스타일 적용 심화 : 센서 인터페이스 설계	센서를 섬유 내부에 삽입할 때의 신호 인식 및 데이터 처리회로 구조 최적화 및 계층형 인터페이스 디자인
8	HCI텍스타일 적용 심화 : 반도체 소자 설계	웨어러블 반도체 물리, 유연소자의 이해, 디스플레이, 전자소자 소재 및 일렉트로닉스 소자 설계를 포함

9	HCI텍스타일 적용 심화 : 소자 인터페이스 설계	HCI 시스템 필요성 및 구성요소, 센서기술, 성능지표, 센서의 물리적 원리, 센서소재, 인터페이스 구조를 연구하고 학습
10	HCI텍스타일 적용 심화 : 에너지 변환 및 저장	인간밀착형 에너지 저장 및 변환 전기화학, 유연성 에너지 소자에 대해서 이론 및 실습을 병행
11	HCI응용을 위한 소재 설계 기초	다양한 섬유소재의 인간밀착형 후처리 가공 및 스마트섬유제조를 위한 나노고분자 재료의 이해 및 설계를 포함
12	HCI응용을 위한 소재 설계 심화	미세구조 및 거시적 구조의 계층화 디자인을 통해서 웨어러블 시스템에 사용 가능한 소재의 설계 및 직접 적용
12	HCI웨어러블 플랫폼 설계 기초	디지털 인체 테이터 측정, 웨어러블 디바이스용 가상의류 구조 설계 및 3D 의류 시뮬레이션
13	HCI웨어러블 제품 디자인	인간근접환경에 존재하는 기술연구 성능 평가분석과 지역사회/산업의 문제 해결을 위한 프로젝트성 교과목

Ⅵ. HCI 융합섬유의 인력양성 기대효과

1) 인력양성 측면

ㅇ 기존의 ICT섬유시장을 넘어선 HCI 미래섬유시장은 국가경쟁력을 제고할 수 있는 틈새 (niche) 영역으로 연구분야를 선도할 수 있는 전문 인력 역량강화는 반드시 필요함.

ㅇ 섬유 관련 분야의 기업들과 컨소시엄 구성 및 운영을 하여 직접적, 간접적으로 석・박사들에게는 ‘교육과 기술개발‘이 동시에 이루어지는 혁신적 교육모델을 통하여 원천기술이 빠르게 성장할 수 있는 기회를 제공 하고 연구 능력 향상 및 의욕을 증진 시킬 뿐만 아니라 관련 섬유 기업에게는 관련 분야의 전문 인력을 안정적으로 수급하여 발전할 수 있도록 발판을 마련하여 전문 인력 양성의 파급효과를 기대함.

□ 직접적 효과

ㅇ 전문 R&D연구 전문 인력 확보가 어려운 시점에서 석・박사 과정의 학생 능력을 증진시켜 해당 분야의 전문 인력으로 성장시키고, 이론・실전 응용능력을 겸비한 핵심 기술 인력을 양성하여 섬유업계의 고급인력 부재를 해소 시킬 수 있을 것으로 기대.

ㅇ R&D 인력을 지속적으로 양성하고 공급하여 기업의 고용에 대한 리스크를 최소화 및 안정화 시킬 수 있음.

ㅇ 현장 실용화 교육 강화로 실용적인 교육을 바탕으로 현장성을 제고하여 이론과 실전에 최적화된 고급 인력 양성으로 성장시키고 지속적인 교육과 최첨단 교육 설비의 공동 활용으로 향후 국내 섬유산업의 미래를 책임질 인력양성 인프라 구축.

□ 간접적 효과

ㅇ 전문 인력 역량강화 및 확대에 따라 연구 과제를 증대시키고, 고급화 지향에 따른 업체 간 과다경쟁을 방지.

ㅇ 업체의 기술경쟁력 제고를 통한 지역 경제발전에 기여 하고, 취업률 증대와 지역산업구조 혁신 및 경제 활성화에 기여.

ㅇ 산·학·연 협동체제 구축으로 인한 효율적인 정보 기술 공유.

ㅇ 상호보완적 교육협력 및 공동 연구 프로젝트 개발.

2) 산업기술 측면

ㅇ 산업 전문 인력 역량강화사업을 통하여 아래와 같이 산업, 기술 및 사회적 측면에 기여할 것으로 기대됨.

□ 산업·시장 측면

ㅇ HCI 하이브리드/슈퍼섬유소재 제품의 세계시장 규모 확대와 세계 일류상품화 가능성을 비추고 수요증가에 따른 산업간 시너지효과를 발생.

ㅇ 새로운 수요 창출을 통하여 섬유 산업 외 관련 산업 (전자, 우주항공, 건설, 기계 등)에 기여하여 동반 성장.

ㅇ HCI 융복합화 섬유 전문연구인력의 연구개발 능력 향상과 전문 경영인의 융복합화 기술에 대한 이해 증진으로 인한 경영능력 향상.

ㅇ 기업들의 신기술 개발 및 도입하여 부가가치 향상 효과.

ㅇ HCI 섬유관련 소재의 새로운 용도 개척을 통한 매출 증대 효과.

□ 기술적 측면

ㅇ HCI 융합섬유와 하이브리드/슈퍼섬유소재 제품에 6T를 접목한 미래형 기술을 개발하여 선진기술 확보 및 기술우위 지속가능성.

ㅇ HCI 융합섬유 기술 개발을 통해 기존 섬유소재 기술의 핵심인 고분자 합성, 중합, 방사, 섬유 구조-물성 관계 해석 등 섬유분야 외에 다양한 응용분야와의 융·복합 기술을 확보.

ㅇ HCI 융합 섬유 제품화 기술의 지적재산권 획득, 신소재 산업의 기술 경쟁력을 선진국 수준으로 향상.

ㅇ HCI 융합 하이브리드/슈퍼 융·복합제품 산업화를 위한 기반 Pilot plant 설비 구축 후 One-step 지원시스템을 이용한 공정별 네트워크 및 특화센터 간 협업 체제 구축.

ㅇ 이를 통해 제품수출기업, 관련 중소기업체의 상품기획, 제품설계 및 상품화를 위한 연구개발 클러스터 구축을 도모할 수 있을 것으로 기대하고 있고, 첨단 설비를 갖춘 Pilot plant, 우수한 연구인력 및 공정기술의 Data Base 등 구축된 인프라를 바탕으로 제품생산, 신기술개발, 기술정보 등 새로운 용도 창출기술을 확보할 수 있을 것으로 기대됨.

ㅇ 기존의 범용섬유에서 하이브리드/슈퍼섬유로의 변환으로 고급 R&D 인력양성이 이루어지고 업체의 제품 경쟁력이 향상되며, 국내 섬유산업의 대외 경쟁력이 강화되어 종합적인 역량을 강화할 수 있을 것으로 기대됨.

ㅇ 고급연구개발 인력양성을 통한 신기술 개발 인프라를 조성하여, 타산업과의 융합에 필요한 핵심 섬유원천기술을 확보할 수 있는 기회가 넓어지고, 세계 섬유산업의 주도국가로의 위상정립.

ㅇ 실무적용이 가능한 심화 교육을 통하여 교육생의 지식의 폭이 넓어지며, 지속적이고 체계적인 교육을 통한 연구 개발 인력의 질적 향상 도모.

ㅇ 선도기업 및 선진기술 심화교육을 통한 후발 기업의 능력 향상과 고급 선행 제조기술에 대해 교육을 통한 정보습득으로 후발기업의 기술향상 및 동일 기술 개발비용의 중복투자를 방지.

□ 사회적 측면

ㅇ HCI 융합섬유 산업을 생산 지향적에서 시장 지향적으로의 전환시킬 수 있을 것으로 기대됨.

ㅇ 창조적 기업문화 창출, 신기업 패러다임 추구, 협력시스템 구축을 실현.

ㅇ 지역 간의 경제력 불균형 완화 효과를 기대할 수 있으며, 지역 내 특화산업체와 기술개발 및 정보 교류의 허브역할을 통해 지역경제 혁신을 선도할 수 있을 것으로 기대함.

ㅇ HCI 융합 첨단섬유 제품의 수출 분야를 확대함으로써 선진화된 섬유수출국으로의 진입 초석 마련하여 고용창출 효과를 극대화 할 수 있음.

2020년 섬유산업 HCI 융합섬유 전문인력 양성 방안 보고서

:
발 행 처 : 한국섬유산업연합회
홈페이지 : www.kofoti.or.kr
주 소 서울 강남구 테헤란로 518
: (대치동) 섬유센터 16층
전 화 : 02-528-4038
발 행 일 : 2021. 1. 8.
:

〈비매품〉

Copyright@2020 by KOFOTI, All rights researved.
[비매품] 본 보고서의 저작권은 한국섬유산업연합회에 있습니다.
저작권법에 의해 한국 내에서 보호를 받는 저작물이므로 무단전재와 무단복제를 금합니다.