

## 스마트 섬유



데이터분석본부 충청지원 책임기술원 **김병정** Tel: 042-869-1717 e-mail: bjkim@kisti.re.kr

### KEY FINDING

1. 스마트 섬유는 주변 환경의 자극을 감지해 작동 반응케 하는 기능을 가진 섬유로 착용성, 안전성, 내구성, 세탁성, 편의성, 통기성이 높은 제품에 대한 시장의 수요가 높다.
2. 스마트 섬유는 군사·보호용, 자동차, 우주·항공, 정보 통신 산업 등 첨단 기술 산업의 핵심 소재로 사용되고 있고 타 산업 분야와 연계한 신시장에 대한 확장성이 높다.
3. 열악한 환경에서 사용이 가능한 스마트 섬유 제품으로 산업용 신소재에 인체 공학적 디자인을 적용하여 우수한 위장 성능과 방·투습, 방·발수 기능과 ICT를 접목한 소방복, 전투복, 헬스케어용 의류가 있다.
4. 스마트 섬유의 세계 시장 규모는 2019년 26.3억달러에서 연평균 14.0 %로 성장해 2026년 66.0억 달러가 될 것이고, 국내는 2019년 78.4백만 달러에서 연평균 13.6 %로 성장해 2026년 191.0 백만 달러로 될 것으로 예상된다.
5. 스마트 섬유 시장을 주도하고 국가로는 미국, 유럽 순으로 고기능성 의류 중심의 섬유 산업에서 직물 기반 센서류를 융합한 군사, 의료, 자동차, 항공 등 신산업 분야의 블루오션 시장으로 확대하기 위한 노력이 활발하다.

### 1) 시장의 개요

스마트 섬유는 편의성, 내구성, 안정성, 내열성 등의 기능을 갖는 섬유와 생체 신호 감지 센서, 웨어러블 전자 장치, 데이터 전송, 스마트폰 등을 통한 다양한 신호를 감지하는 정보 통신 기술(ICT)이 결합한 신개념 융합형 섬유를 말한다. 2000년대부터 IT, NT, BT, ET, ST 기술이 발전하면서 기존의 기능성 섬유에서 생체 정보와 각종 센

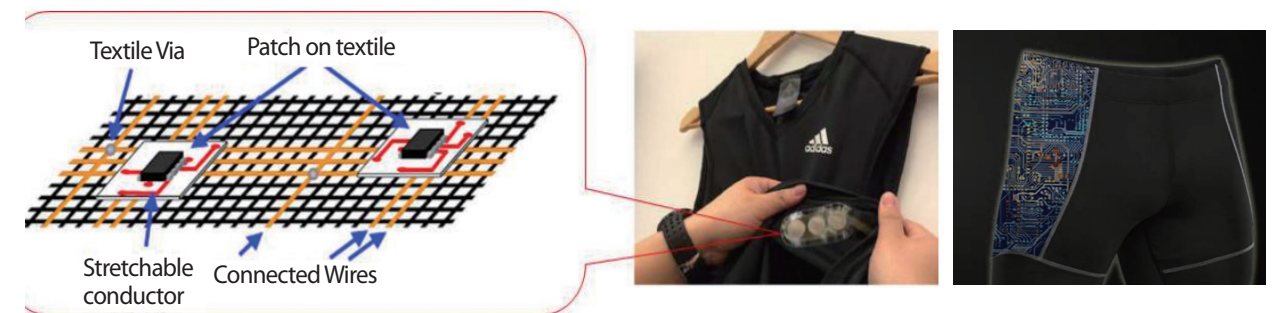
서를 통한 외부 자극 감지 데이터를 상호 교환하면서 스마트 섬유는 의료 및 건강, 헬스케어, 생태 및 환경 보호, 군사 및 항공 우주 분야 등으로 적용 범위를 확산시키면서 시장을 확대해 가고 있다.

스마트 섬유의 세계 시장은 아웃도어 시장의 확대와 함께 스포츠·피트니스, 의류·패션 분야에서 먼저 수요 중심의 시장이 형성되었고, 또한 향후 인구 고령화와 건강에 대한 인식이 강조되면서 고기능성 이면서 건강 상태의 모니터링이 가능한 의료·헬스케어 용도의 수요

가 급증할 것으로 전망된다. 특히 과학기술이 발전하면서 휘어지는 디바이스를 적용한 웨어러블 디바이스와 생체의 변화를 감지해 질병 유무를 판단해 주는 바이오센서를 장착한 스마트 섬유와 음향, 휴대폰, 디스플레이 등을 옷과 신발 등에 부착하는 제품이 시장에 등장하면서 웨어러블 디바이스로 기술이 발전하고 있다.

웨어러블 디바이스를 적용한 스마트 섬유 제품으로는 유헬스케어(U-Health Care), 인체통신망(Body Area Network) 등의 유비쿼터스(Ubiquitous) 기술을 이용해 인체와 의류에 부착되어 일상 생활부터 전투와 소방 등의 극한 업무 수행에 이르기까지 신체의 상태를 실시간으로 모니터링하는 의료 서비스도 가능하다.

그림 1 스마트 섬유의 웨어러블 디바이스 구조



스마트 섬유를 구성하고 있는 핵심 요소 기술로는 크게 전도성 섬유와 발광 섬유 등의 중간재 제조 기술 그리고 발열·온도 조절, 생체

신호 모니터링, 안전 보호·헬스케어 분야에 적용되는 ICT 융합 기술로 분류할 수 있다.

표 1 국내 스마트 섬유의 핵심 요소 기술

분 류		요소기술	설명
중간재 제조	전도성 섬유	전도사 제조 기술	전도성 섬유에 전력을 제공하거나 전기적 신호를 전달하는 기능을 가능케 하는 핵심 소재인 전도사를 제조하는 기술
		전도성 직물·편물 제조 기술	전도사를 제직하거나 편직해 2D 형태 전도성 섬유를 제조하는 기술
		전도성 물질 후가공 기술	전도사를 직접 사용하지 않고 일반적인 섬유 위에 전도성 물질을 코팅 또는 인쇄해 전도성 섬유를 제 조하는 기술
	발광 섬유	광섬유 직물 제조 기술	광섬유를 통해 빛이 이동할 때 광섬유의 측면에서 나타나는 발광 효과를 이용한 직물 제조 기술
		LED 부착 직물 제조 기술	LED 칩을 섬유에 부착해 발광 섬유를 제조하는 기술
	재조합 (합성형원) 백신	발열·온도 조절	텍스타일형 면상 발열체의 유연성을 이용해 어떤 형상에서도 효율적인 가열 효과를 제공하는 기술
ICT 융합	생체 신호 모니터링	스트레인 센서, 정전 용량 센서 등을 이용해 심전도, 근육 활동량 등의 생체 신호를 감지하는 기술	
	안전 보호·헬스케어	위급 상황에서 착용자의 생명과 안전을 보호하기 위한 융합 기술	

스마트 섬유 제품 특성에 따라 전자·에너지 소자 기반 섬유, 자극 반응형 섬유, 환경 응답형 섬유, 패션·의료·생활용 섬유 등으로 분류할 수 있다.

스마트 섬유의 응용 분야는 사람이 생활 속에서 접촉하는 의류, 신발, 침대, 실내 장식, 바닥재 등을 비롯해 패션, 스포츠, 의료, 헬스, 산업, 건축 등으로 활용 범위가 매우 다양하다.

표 2 스마트 섬유의 제품별 요소 기술

제품별 분류	요소기술
전자·에너지 소자 기반 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>복합광 전자 섬유 기술</li> <li>전도성 고분자의 전자 섬유화 기술</li> <li>발광 소자 및 전자 섬유화 구현을 전극 기술</li> <li>에너지 수확 및 저장 기술</li> </ul>
자극 반응형 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>자극 감응형 센서 및 액추에이터 기술</li> <li>비접촉식 바이오 센서 기술</li> <li>형상 기억 스마트 PET(폴리에스테르) 섬유 기술</li> </ul>
환경 응답형 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>생체 기능 융합 섬유 기술</li> <li>PCM(Phase Change Material) 적용 섬유 소재 기술</li> <li>지능형 온도조절 기술</li> </ul>
패션·의료·생활용 섬유	<ul style="list-style-type: none"> <li>센서 기반의 지능형 미디어 의류</li> <li>유비쿼터스형 섬유 기술</li> <li>다방향 송수신을 위한 라이프 미디어 섬유 기술</li> <li>인텔리전트 기능 의류 기술</li> </ul>

표 3 용도별 스마트 섬유 제품

구분	내용
패션 의류	착용자의 몸에 맞도록 유연성과 신축성을 갖거나 색상이 변화되는 기능성 의류
스포츠용	방수 및 통기성이 우수한 의류나 각종 센서를 이용하여 운동 상태를 관리하는 스마트 섬유
건강 의료	섬유 기반 스마트 웨어러블 기기를 사용하여 사용자의 생활 습관 및 활동량을 모니터링
헬스케어	피부 온도나 발열, 심박수 등 생리학적 데이터를 모니터링·감지하는 센서를 활용하는 스마트 의류용 섬유
건축	고기능성, 유연성 등이 우수한 섬유 소재를 이용한 단열·방음재, 인조 건축 자재, 건축 보강재
수송	차량, 선박, 항공 산업 분야에 사용되는 시트 커버, 벨트, 에어백, 배터리 격리막 등
소방 및 군사	방사능, 화염, 충격 등의 극한 환경 변화에 대한 방호 및 적응 가능 섬유

## 2) 정책 및 규제 현황

스마트 섬유는 패션, 의료·헬스케어, 군사·방위의 특수 용도와 관련된 분야 등 산업 및 최종 소비자 전반에 적용될 것으로 전망되며, 기술적으로 성숙기에 접어들면서 새로운 활용 분야로 수직적 시장 창출이 가능할 것으로 예상되고, 미국, 유럽 등 주요국들에서는 생체 신호를 이

용한 ICT 적용 연구가 활발하다.

인구가 고령화되고 건강에 대한 인식이 강조되면서 사람이 살아가는데 생필품이면서 인체 정보를 모니터링해 건강을 관리하는데 스마트 섬유의 중요성이 강조되면서, 주요 국가별로 기존의 고기능성 섬유와 ICT를 융합한 스마트 섬유 산업을 육성하는 지원 정책이 활발하게 진행되고 있다.

표 4 국가별 연구개발 내용

국 가	주요 내용
미국	30 개 이상의 생체 신호를 모니터링하는 셔츠, 직물 키패드가 부착된 재킷, 온도 조절 카시트, 운동량 모니터링 및 자세 교정 신발 등을 개발
유럽	미아 방지용 아동복, 영유아의 돌연사 방지를 위한 생체 신호 모니터링 Vest, 유방암 진단 브라, 발열복, 텍스트로닉스 패션 제품 등을 개발
독일	2013년부터 3년간 DFKI(독일인공지능연구센터)에 60억 원을 지원해 클라우드 컴퓨팅 기반의 웨어러블 스마트 의류를 개발
일본	생체 신호 모니터링 셔츠, 노령자 또는 장애인의 보행보 조 타이즈, 디스플레이 기능의 의복, 세계 최고 수준의 각종 섬유 센서와 텍스트로닉스 부품을 공급

표 5 주요 국가별 스마트 섬유 산업 육성 정책

구분	주요 내용
미국	<ul style="list-style-type: none"> <li>Manufacturing USA, NITRD(Networking &amp; IT R&amp;D 프로그램 등 스마트 섬유 연구개발 지원</li> <li>스마트 섬유 산업 육성을 위한 '혁신적인 섬유 및 섬유 제조 연구 센터' 설립</li> </ul>
유럽	<ul style="list-style-type: none"> <li>유럽섬유산업연합회(EURATEX)에서 '포스트 코로나 시대 유럽 섬유·의류 산업 경기 회복 전략을 발표(2020.04, EU 주 변국과의 섬유 산업 통합 생태계 구축)</li> <li>新 EU 섬유전략(2021.08)을 통해 신소재 개발을 위한 디지털 혁신 자금 지원, 중소기업의 디지털화 기금 창설 등 투자 확대</li> </ul>
독일	<ul style="list-style-type: none"> <li>'미래의 섬유'라는 국가 전략을 수립하고 '독일의 미래 섬유 동맹' 결성 강화</li> </ul>
중국	<ul style="list-style-type: none"> <li>섬유 산업의 5개년 계획(2021.06)에서 지능형 제조 시스템 구축, 패션 생태계 강화(패션+기술 통합혁신센터 설립 등) 등을 발표</li> <li>신흥전략산업(2018) 발표를 통해 2025년까지 신소재, 바이오 등 9대 분야 제조 강국 진입 목표</li> </ul>
일본	<ul style="list-style-type: none"> <li>일본섬유연맹(JFT)에서 '일본 섬유산업 발전전략 2030' 발표(2020.01)</li> <li>섬유 분야에 디지털 기반의 밸류체인 최적화와 DX 설비 투자 지원 등 강화</li> </ul>
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>섬유 패션의 디지털 전환 전략(2022.02 산통부)으로 스마트 의류(스포츠, 안전보호(전투복, 안전복), 헬스케어)를 신산업으로 전략적 육성</li> <li>섬유패션산업 한국판 뉴딜 실행전략(2020.11, 산통부) 그린·디지털 혁신을 통한 글로벌 신시장 선점</li> <li>국방섬유소재산업 육성사업(2021~2025) 국방 섬유가 한반도 사계절의 작전 환경을 고려한 작전환경실증시험센터 구축사업</li> <li>한국섬유개발연구원 : 5년간 섬유 패션 산업 시 융합 산업 현장 기술 인재 양성</li> </ul>

## 3) 시장 동향

### I 시장 규모 및 전망

스마트 섬유의 세계 시장 규모는 2019년 26.3억 달러에서 연평균 14.0 %로 성장해 2026년 66.0억 달러가 될 것으로 예상된다. 제품군별로 2019년의 시장 규모에서 가장 큰 비중을 차지한 군사·보호용 시장은 6.6억 달러에서 연평균 11.0 %로 성장해 2026년 13.8억 달러가 될 것이며, 성장률이 가장 높은 분야로는 스포츠·피

트니스로 4.4억 달러에서 14.9억 달러로 연평균 18.9 %로 성장할 것으로 전망된다.



표 6 스마트 섬유의 세계 시장 규모 및 전망

(단위: 백만 달러)

용도별 구분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR(%)
군사·보호	665	551	557	587	652	774	994	1,381	11.0
의료·건강	484	421	448	496	278	722	974	1,425	16.7
스포츠·피트니스	447	399	434	490	582	739	1,012	1,499	18.9
패션·엔터테인먼트	341	289	300	323	367	446	587	838	13.7
자동차	278	237	249	270	310	380	505	726	14.7
기타	422	343	340	350	379	439	547	737	8.3
계	2,637	2,240	2,328	2,516	2,568	3,500	4,619	6,606	14.0

출처 : Markets and Markets™(2021), KISTI 재조정

지역별 시장 규모로는 2019년 기준 세계 시장의 비중이 가장 높은 지역은 북미 지역으로 2019년 10.7억 달러에서 연평균 11.0 %로 성장해 2026년 27.8억 달러가 될 것이고, 이어서 유럽 지역이 2019년 7.6억 달러에서 연평균 17.0 %로 성장해 2026년 17.8억 달러가 될 것으로 전망된다. 지역별 성장률이 가장 높은 지역은 아시

아태평양 지역(APEC)이며, 2019년 5.5억 달러에서 연평균 19.2 %로 성장해 2026년 15.4억 달러가 될 것으로 예상된다.

국내 시장은 2019년 0.78억 달러에서 연평균 13.6 %로 성장해 2026년 1.91억 달러가 될 것으로 예상된다.

표 7 스마트 섬유의 지역별 시장 규모

(단위: 백만 달러)

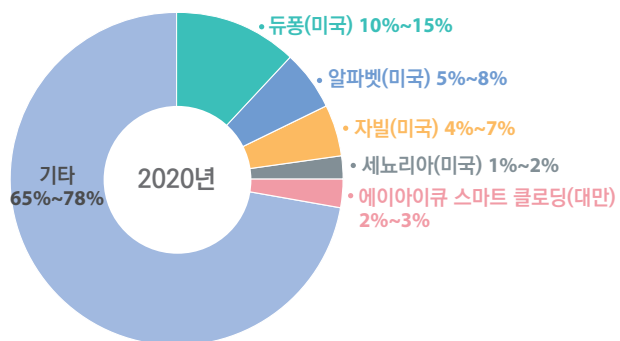
용도별 구분	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	CAGR(%)
북미	1,072	916	957	1,039	1,190	1,460	1,937	2,785	11.0
유럽	769	647	665	711	801	966	1,260	1,780	17.0
APEC	551	476	503	553	641	794	1,065	1,547	19.2
기타	244	202	204	214	236	279	357	493	13.6
합계	2,636	2,241	2,329	2,517	2,868	3,499	4,619	6,605	13.9
한국	시장 규모	78.4	66.5	69.5	74.1	84.2	102.2	134.4	13.6
	비중(%)	3.0	3.0	3.0	2.9	3.3	2.9	2.9	

출처: MarketsandMarkets™(2021), KISTI 재조정

## I 경쟁 현황

스마트 섬유 시장은 2020년 기준 미국의 듀폰(Dupont)이 10~15 %, 알파벳(Alphabet)이 5~8 %, 자빌(Jabil) 4~7 % 순으로 자리매김해 주도하고 있으며, 일본에는 도레이(Toray), 테이진(Teijin Frontier), 캐나다에는 헥소스킨(Hexoskin), 옴시그나(OMsigna), 독일에는 웜엑스(WARMX), 알파파이(Alpha-Fi) 등이 있다.

그림 2 선진 스마트 섬유 기업의 시장점유율



다양한 기능 소재와 ICT가 융합되면서 스마트 섬유 제품도 생활 의료부터 재난·보호용, 헬스케어용 등 다양한 형태로 출시되고 있다.

국내의 경우 블랙야크는 USB 발열 패딩 조끼를 출시하였고, 세양 섬유는 외부 자극(빛, 전기, 압력, 온도 등)의 변화에 의해 색깔이 바뀌는 섬유를, 코오롱글로벌에서는 자체 발열하는 섬유 제품을 엠셀

(Mcell)은 탄소 나노튜브를 섬유에 코팅해 면상 발열 기술을 이용한 제품을 출시하였다. 또한 한국생산기술연구원에서는 복사 냉각 방식을 이용해 자체적으로 냉각이 가능한 나노 섬유를 개발하였고, 카이스트에서는 OLED 전사 섬유 디스플레이를 개발하였다.

표 8 해외 주요국의 스마트 섬유 제품

구분	헬스케어 섬유	내염성 섬유	트러커 자켓	스마트 양말	유아용 의류	전투복	발광 섬유
제품							
핵심기술	심장 박동, 호흡수 등 신체 활동 모니터링	열에 노출된 피부를 보호하는 기능성 섬유	전화 수신, 음악 등 센서 제어 기술	압력 센서를 이용한 온열 측정	심장 박동수 모니터링	방 투습, 방 발수, 화염 보호 기능성 섬유	LED 발광 소재 섬유
출처	듀폰(미국)	듀폰(미국)	구글/리바이스(미국)	세노리아(미국)	세노리아(미국)	MIT(미국)	MIT(미국)

구분	질병 진단 모니터링 의류	청각 장애인용 사운드 셔츠	헬스케어 의류	색상 변화 스웨터	형상 기억 섬유	발광 섬유
제품						
핵심기술	심장 박동수 등 측정 센서 섬유	소리 정보를 진동으로 바꾸는 장치	혈압, 심박수 등 센서 적용	온도에 따라 색상이 변하는 티셔츠	특정 환경에서 기억 형상으로 복원	전도성을 갖는 발광 섬유 이용
출처	국립연구원(영국)	큐트셔츠(영국)	도레이(일본)	스톤아일랜드 (이탈리아)	폴리테크닉대학 (홍콩)	푸단대(중국)

표 9 국내 주요 스마트 섬유 제품

구분	발열조끼	자체 발열 섬유	발광 섬유	스마트웨어	발광 섬유	냉각 섬유
제품						
핵심기술	면상 발열체가 온도를 조절하는 섬유	전도성 고분자에 의해 자체 발열하는 섬유	스마트폰을 통해 색상 조절	IT 접목 발열 섬유	OLED 전사 섬유 디스플레이	복사 냉각 방식을 이용해 자체 냉각하는 나노 섬유
출처	블랙야크	코오롱글로벌	세양섬유	엠셀	카이스트	생산기술연구원

## 4) 분석자 인사이트

스마트 섬유는 방·투습, 방·발수 등의 고기능성 소재에서 4차 산업 혁명의 핵심 기술인 생체 신호 센서와 정보통신기술(ICT)을 융합한

기술로 발전해 왔으며, 디스플레이, 문화 콘텐츠 등을 포함하는 웨어러블 디바이스를 적용해 헬스케어, 소방·군사, 스포츠 레저, 의료 분야 등 산업 안전 보건 전분야로 확대 가능한 성장성이 매우 높은 산업이다.



ICT와 생체 정보를 이용한 스마트 섬유 제품을 살펴보면, ① 발열 및 온도 조절 : 의류 내 발열 텍스타일 등이 내장되어 있어 재킷 내 온도 제어 디바이스와 스마트폰을 블루투스로 연결하면 앱을 통해 재킷의 온도와 습도를 조절, ② 헬스케어 : 벨트에 센서가 부착되어 착용자의 보행수, 허리 돌레, 과식 여부, 활동 시간 등을 측정, 스마트폰을 통해 맞춤형 메시지 전송, 착용자는 생활 습관 및 건강 관리, ③ 스포츠 : 팔창에 내장된 압력 센서가 착용자의 골프 스윙 동작을 감지 및 체중 이동 정보 분석, 스마트폰 앱을 통해 실시간으로 자세를 교정하는 기술이 있다.

스마트 섬유는 건설, 제조, 유통, 수송, 소방 방재 등 다양한 산업 현장에 적용되고 있고, 또한 극한의 환경에서 발생할 수 있는 위험 요소로부터 신체를 보호하거나 작업복에 통합된 화학 센서, 건강 상태, 출입 관리 등 각종 센서를 부착해 생산성을 향상하는데 활용되고 있다. 그리고 스포츠 레저, 의류, 신발 등 일상 생활 용품이나 의료, 헬스케어 등 ICT를 융합한 스마트 섬유 제품이 개발되면서 사람들의 신체 신호를 지속적으로 모니터링하거나 음악, 전화 등 웨어러블 디바이스 소자를 연결해 인간의 삶과 질을 향상시키는 블루오션 산업 분야로서 발전 가능성이 매우 높은 것으로 예상된다.

스마트 섬유 시장은 기존의 섬유 산업에서 고기능성 중심의 시장에서 인간의 삶의 질을 향상 시킬 수 있는 IT, BT, NT, ET, ST 기반의 각종 센서를 적용한 안전 보건 의료 분야의 신시장 잠재력은 매우 높은 것으로 예상된다. 특히 우리나라는 세계 시장의 점유율이 3 % 내외에 머물고 있지만, IT 강국으로서의 이점을 활용한다면 인체 센서나 ICT를 접목한 스마트 섬유 제품의 개발로 시장 비중을 확대시킬 수 있을 것으로 예상된다.

스마트 섬유 산업에 대한 주요 국가별 정책으로는 고기능성 중심의 섬유 산업에서 혁신 직물 기반 센서류와 ICT를 융합한 건강, 의료, 스포츠 등의 산업 안전 보건 분야에 대한 지원 정책이 활성화되고 있다.


지금까지 아이어맨, 아바타, 어벤저스, 아큐아맨, 블랙팬서 등과 같은 영화로 상상해 온 수중, 지상, 공중에서 자유롭게 이동하고, 외부의 환경이나 생체 정보를 스캔해 맞춤형 건강 상태를 유지토록 하며, 슈트의 색상을 다양하게 변화시키면서 자신을 보호할 수 있는 스마트 섬유의 기술은 지속적으로 진화할 것으로 예상된다. 

표 9 스마트 섬유의 SWOT 분석

#### 촉진요인

- 첨단 소재 분야의 디지털 전환 가속화
- 세계 최고 수준의 IT 강국
- 환경 보호 강화에 따른 ESG 경영의 섬유업계 도입 활발
- 다양한 고기능성 의류 요구
- 국방, 민간, 의료, 산업 현장 등 안전·보호의 수요 확대
- 국내 섬유 기업의 활발한 연구개발로 기초 연구 다수

#### 저해요인

- 스마트 섬유 분야 타산업 대비 정부 지원정책 미흡
- 미국, 유럽, 대만 등 세계 스마트 섬유시장 심화
- 섬유 센서, 액츄레이터 등 기반기술 확보 미흡
- 초기 투자가 높은 기술산업으로 사업 기회 확보 취약

#### 기회요인

- 산업 안전 보건 분야의 스마트 섬유 고부가가치 선점 필요
- 친환경 소재 기술 보유 기업 사업 다각화 활로 기회
- 안전 보호 수요 확대로 신규 시장 기회 확보
- 스마트 섬유 제품의 용도 다양화로 전략 제품 개발 가능

#### 위험요인

- 선진국의 지적재산권 선점
- 기술 융합화에 따른 유사 업종간 경쟁 심화
- 섬유형 센싱 등 인적 물적 자원 부족
- 양방향 통신, 세탁 결리도 등 기술력 부족
- 중소기업의 진입 장벽 높음

#### 참고문헌

- [1] Markets and Markets SMART TEXTILES MARKET WITH COVID-19 IMPACT ANALYSIS - GLOBAL FORECAST TO 2026 (2021.09)
- [2] 글로벌 패션테크(섬유패션+IT) 선점을 위한 섬유패션의 디지털 전환 전략(2022.02, 산업통상자원부)
- [3] 섬유패션산업 한국판 뉴딜 실행전략(2020. 11, 산업통상자원부)
- [4] 섬유패션의 디지털 전환 전략(2022.02, 산업통상자원부)
- [5] 운동기능 향상을 위한 하이브리드 스마트 의복 및 모니터링 시스템(2021, 문화체육관광부)
- [6] 섬유산업 HCI 융복합 전문인력 양성방안 보고서(2021, 섬유산업연합회)
- [7] 중소기업 전략기술 로드맵(2019, 중소벤처기업부)
- [8] 혁신성장품목보고서 스마트 섬유(2020.08, 한국IR협의회)
- [9] 산업혁명과 안전보건 2020 Vol. 382 Wide Information
- [10] 스마트 의류의 제품 사례 연구, 2021 Vol 45, No 1, 한국의류학회지
- [11] 생활을 바꾸는 스마트 섬유(2017.07, JOURNAL OF PRAUDEN. )
- [12] Google and Levi's introduce a new smart jacket that can answer calls and snap selfies. 2019.9.30. mashableasia.
- [13] <https://www.irsglobal.com/>
- [14] 스마트 섬유기술(2015.11, KIST 융합연구정책센터)
- [15] 어패럴뉴스(APN, <http://m.apparelnews.co.kr>)
- [16] 한국섬유개발연구원([www.koteri.re.kr](http://www.koteri.re.kr))
- [17] 한국화학섬유협회([www.kcfa.or.kr](http://www.kcfa.or.kr))
- [18] 사이언스타임즈 <https://www.sciencetimes.co.kr/>
- [19] 스마트 센싱 기술과 스마트 섬유에 기반한 웨어러블 의료 제조법 개발(유튜브)