

대분류		화학	적용산업	융합섬유제품
RFP명		그래핀 복합소재 섬유 기반 다중 생체신호 감지 스마트 스포츠웨어 상용화		
기초·원천기술 과제명		그래핀산화물 액정섬유 방사원리 및 물성제어 연구		
과제고유번호		2016M3A7B4905613	과제수행기관	KAIST
총괄책임자		김상욱	연락처	sangouk@kaist.ac.kr / 042-350-3339
기술개요	개념	<ul style="list-style-type: none"> ○ 그래핀 산화물(GO)을 기능성 고분자 매트릭스에 복합화하여 전기 전도성과 유연성을 동시에 확보한 기능성 복합소재 섬유를 제조하고, 이를 스포츠웨어에 집적하는 스마트 섬유 제조 기술 개발 ○ 그래핀 복합섬유 기반 직물형·패치형 센서를 활용하여 심전도(ECG), 근전도(EMG), 호흡, 체온, 움직임 등 다중 생체·운동 신호를 실시간으로 동시 측정하는 의류형 웨어러블 센서 모듈 개발 ○ 수집된 생체·운동 데이터와 GNSS/LPS 기반 위치·속도 정보를 통합 분석하여 훈련 강도, 피로 누적도, 부상 위험도를 정량화하고 선수·지도자용 디지털 코칭 플랫폼을 구현하는 AI 분석 기술 개발 ○ 반복 세탁, 발한, 고강도 충격 등 실제 스포츠 환경에서도 센서 성능을 유지할 수 있는 상용화 수준의 고내구성 스마트 섬유 웨어러블 기반 기술 확보 		
	내용	<p><개요></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 본 기술은 그래핀 산화물(GO)을 기능성 고분자 매트릭스와 복합화하여 전기 전도성과 기계적 물성을 동시에 확보한 복합소재 섬유를 제조하는 원천 공정임 ○ 그래핀 함유 복합소재 섬유는 순수 그래핀 섬유 대비 방사 공정 안정성과 가공성이 높고, 상용 고분자 섬유 공정과의 호환성이 우수하여 대량 생산 및 의류 통합에 유리하며, 직물 구조에 통합되어 생체신호 센서, 발열 소자, 전자기파 차폐 기능을 동시에 구현할 수 있음 ○ 다만, 연속 방사 공정 안정성·직물 통합 내구성·AI 분석 정확도의 낮은 기술 성숙도(현재 TRL 4)로 상용화는 미진하며, 국가 차원의 선도적 기술 확보가 필요 <p><연구개발 내용></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 그래핀 함유 복합소재 섬유 제조 및 직물 통합 기술 <ul style="list-style-type: none"> - 그래핀 그래핀 산화물(GO) 분산액 제조 및 고분자 매트릭스(폴리우레탄·나일론 등)와의 복합화 공정 최적화 - 섬유화 방사 공정을 통한 전도성 복합섬유 제조 및 그래핀 함량·분산도 최적화 (전기 전도도 > 0.01 S/cm, 인장 강도 > 500 MPa) - 반복 세탁(50회 이상) 및 고강도 훈련 환경에서도 성능을 유지하는 직물 통합 공정 확립 (상용 직물 제조 공정과의 호환성 확보) ○ 직물형 다중 생체신호 센서 모듈 기술 		

		<ul style="list-style-type: none"> - 그래핀 복합섬유 기반 ECG·EMG·체온 통합형 집적 센서 직물 개발 - 신축성 기판과의 전기적 인터페이스 설계 및 봉제·삽입 가능한 유연 모듈 패키징 <p>○ 패치형 무선 바이오센서 디바이스 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 피부 부착형 심박·근전도·호흡 일체형 초소형 센서 모듈 설계 - BLE(Bluetooth Low Energy) 기반 실시간 데이터 전송 및 저전력 회로 설계 <p>○ GNSS/LPS 통합 퍼포먼스 트래킹 하드웨어 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실내(LPS) 및 실외(GNSS) 통합 위치·속도·거리·고도 측정 하드웨어 모듈 개발 - 센서 융합(Sensor Fusion) 알고리즘을 통한 고정밀 궤적 추적 (실내 < 0.3 m) <p>○ AI 기반 실시간 생체·운동 데이터 분석 플랫폼 기술</p> <ul style="list-style-type: none"> - 피로도·훈련 강도·부상 위험도 예측 AI 알고리즘 개발 및 현장 데이터 기반 검증 - 지도자용 팀 분석 대시보드 및 선수 개인화 피드백 인터페이스 구현 <p><연차별 연구개발 내용></p> <p>○ [1차년도] 그래핀 복합소재 섬유 방사 공정 예비 최적화 및 센서 기초 설계</p> <ul style="list-style-type: none"> - 그래핀 복합소재 섬유(전도도 > 0.005 S/cm, 인장 강도 > 250 MPa) 방사 공정 최적화 및 직물 통합 인터페이스 설계 - ECG·EMG·체온 단일 채널 직물 센서 원형 설계 및 기초 전기 특성 측정 - BLE 기반 패치형 무선 바이오센서 회로 기초 설계 - 훈련 강도·피로도 예측 AI 모델 프레임워크 설계 및 공개 데이터셋 기반 사전 학습 <p>○ [2차년도] 그래핀 복합소재 섬유 공정 확립·센서 시제품 개발 및 통합 시스템 실증</p> <ul style="list-style-type: none"> - 그래핀 복합소재 섬유(전도도 >0.01S/cm, 인장 강도 >500MPa) 방사 공정 최적화 및 직물 통합 인터페이스 설계 완료 - ECG·EMG·체온 통합형 직물 센서 어레이 원형 제작 및 실험실 수준 성능 검증 (SNR >20dB) - 전체 모듈(직물 센서·패치·GNSS/LPS·AI 플랫폼) 통합 시제품 완성 및 엘리트 스포츠팀 1개소 이상 실증 프로토콜 수립 - 실사용 훈련·경기 환경에서 ECG 정확도 >90%, EMG SNR >25dB 달성 및 세탁 40회 후 성능 유지 검증 - GNSS/LPS 통합 현장 검증: 실내 위치 정확도 <0.5m, 실외 속도 오차 <0.2m/s 확보 - 현장 수집 데이터 기반 AI 모델 재학습 및 부상 위험도 예측 정확도
--	--	---

		<p>>80% 달성</p> <p>○ [3차년도] 통합 시스템 성능 최적화 및 다분야 확산·사업화 연계</p> <ul style="list-style-type: none">- 세탁 50회 이상 후 성능 유지율 90% 이상, ECG 정확도 > 95%, AI 부상 위험도 예측 정확도 > 85% 최종 달성- 실내외 통합 위치 추적 정확도 최종 검증 (실내 < 0.3 m) 및 전체 모듈 신뢰성 평가- 특허 출원 3건 이상, SCI급 국제 학술지 논문 2편 이상 게재																															
	목표	<p>○ (최종목표) 그래핀 함유 복합소재 섬유 기반 스마트 스포츠 웨어러블 상용화 및 실시간 AI 분석 플랫폼 구축</p> <ul style="list-style-type: none">- 그래핀 복합소재 섬유 연속 방사 공정 (전기 전도도 >0.01S/cm, 인장 강도 >500MPa)- ECG 측정 정확도 >95%, EMG SNR > 30dB, 세탁 50회 후 성능 유지율 90% 이상- 실내 위치 추적 정확도 <0.3m, AI 부상 위험도 예측 정확도 >85% (현장 실증 기준) <p>○ 개발목표</p> <table><tr><th colspan="2">성능지표</th><th>단위</th><th>달성 목표</th></tr><tr><td>1</td><td>복합섬유 전기 전도도*</td><td>S/cm</td><td>>0.01S/cm</td></tr><tr><td>2</td><td>복합섬유 인장 강도</td><td>MPa</td><td>>500MPa</td></tr><tr><td>3</td><td>ECG 측정 정확도***</td><td>%</td><td>>95%</td></tr><tr><td>4</td><td>EMG 신호 잡음비(SNR)**</td><td>dB</td><td>>30dB</td></tr><tr><td>5</td><td>세탁 내구성(성능 유지율)</td><td>회/%</td><td>50회/90%</td></tr><tr><td>6</td><td>실내 위치 추적 정확도(LPS)</td><td>m</td><td><0.3m</td></tr><tr><td>7</td><td>AI 부상 위험도 예측 정확도</td><td>%</td><td>>85%</td></tr></table> <p>* 전기 전도도·인장 강도는 최종 섬유 시편 기준 ** ECG 정확도는 의료용 12-lead ECG 측정값 대비 기준</p>	성능지표		단위	달성 목표	1	복합섬유 전기 전도도*	S/cm	>0.01S/cm	2	복합섬유 인장 강도	MPa	>500MPa	3	ECG 측정 정확도***	%	>95%	4	EMG 신호 잡음비(SNR)**	dB	>30dB	5	세탁 내구성(성능 유지율)	회/%	50회/90%	6	실내 위치 추적 정확도(LPS)	m	<0.3m	7	AI 부상 위험도 예측 정확도	%
성능지표		단위	달성 목표																														
1	복합섬유 전기 전도도*	S/cm	>0.01S/cm																														
2	복합섬유 인장 강도	MPa	>500MPa																														
3	ECG 측정 정확도***	%	>95%																														
4	EMG 신호 잡음비(SNR)**	dB	>30dB																														
5	세탁 내구성(성능 유지율)	회/%	50회/90%																														
6	실내 위치 추적 정확도(LPS)	m	<0.3m																														
7	AI 부상 위험도 예측 정확도	%	>85%																														
지원필요성		<p>○ 스마트 웨어러블 및 스포츠과학 데이터 플랫폼에 대한 수요 증가</p> <ul style="list-style-type: none">- 글로벌 웨어러블 기술 시장은 Grand View Research 기준 2024년 약 842억 달러에서 2030년 약 1,861억 달러로 성장하여 10년 내 약 3배의 시장으로 확장될 것으로 전망 (CAGR 13.6%)- 스포츠 퍼포먼스 분석 플랫폼 시장은 전기차·배터리 시장과 유사하게 엘리트 스포츠를 시작으로 학교·생활체육, 군사·산업안전 분야로 적용 범위가 빠르게 확장되고 있는 상황- 특히 최종 수요자는 웨어러블 디바이스 선택 시 측정 정확도와 착용 편의성을 가장 중요한 요소로 고려하고 있으며, 최근 빈번하게 발생하는 선수 부상 및 과훈련 이슈로 인해 실시간 생체신호 기반 과학적 훈련 체계에 대한 수요가 급격히 증가하고 있는 상황																															

	<ul style="list-style-type: none"> ○ 기존 단일 센서 기반 웨어러블 기술의 한계와 국산 원천기술 확보 필요성 <ul style="list-style-type: none"> - 기존 기술은 단일 생체신호 측정에 그치거나 직물 통합 내구성이 낮아 실사용 환경에서의 신뢰도가 부족하며, 측정 정확도·세탁 내구성·복합 신호 통합 측면에서 상용화 한계에 직면 - Apple Watch, WHOOP, Catapult 등 글로벌 기업이 복합 생체신호 제품 출시를 가속화하고 있으나, 직물 통합형 그래핀 소재 기반 고내구성 솔루션은 아직 초기 단계로 국가 차원의 선도적 기술 확보가 필요 - 대한민국은 나노소재원천기술개발을 통해 세계 최고 수준의 그래핀 섬유 원천기술을 확보하였으며, 직물 통합·센서·AI 분석 상용화 기술 이전의 최적 시점에 도달한 상황 ○ 기대성과 <ul style="list-style-type: none"> - 그래핀 복합소재 섬유 기반 스마트 스포츠 웨어러블은 기존 웨어러블 디바이스의 성능을 상회하는 첫번째 국산 통합 플랫폼이 될 것으로 예상. 이러한 선도성은 사업 초기에도 공격적인 투자유치 및 고용창출 효과를 기대할 수 있으며, 상용화 시 국내 섬유·스포츠 산업 디지털 전환의 핵심 기반으로 자리매김 가능 - 거시적으로는 그래핀 스마트 섬유 플랫폼은 스포츠 웨어러블에 그치지 않고 소방·군사·산업안전 분야의 스마트 방호복 등으로 확장되어 국가 안보 경쟁력 강화에 기여하고, 미래 스마트 섬유 산업의 새로운 성장 동력이 될 것으로 기대
활용(응용)분야	<ul style="list-style-type: none"> ○ 그래핀 복합소재 섬유 기반 스마트 스포츠웨어는 ECG·EMG·체온·위치 데이터의 실시간 통합 분석을 통해 엘리트·학교·생활체육 전반의 과학적 훈련 체계 고도화 및 부상 예방 시스템에 적용 가능 ○ 특히 스포츠 현장에 적용 시 기존의 단일 센서 웨어러블 대비 복합 생체신호의 동시 측정과 AI 기반 퍼포먼스 분석이 가능하여 코칭 과학의 데이터 기반 전환을 가속화 가능 ○ 그래핀 복합소재 섬유는 기존 섬유 제조 공정과의 호환성 및 고유연 특성으로 인해 스마트 헬스케어 웨어러블, 의료용 홈케어, 재활 모니터링 기기 등 기계적 변형을 요구하는 다양한 폼팩터에도 적용 가능
지원기간	<ul style="list-style-type: none"> ○ 개발기간: 24개월 ○ 정부출연금: 총 정부지원연구개발비 10억 원 이내 (1차년도: 1.67억원 이내) ○ 주관연구개발기관: 중소기업 (기초·원천기술 보유자 및 소속기관의 공동연구개발기관 참여 필수) ○ 기술료 징수여부: 징수