

# KICTEX

## Engineering Database



연구개발본부 융복합섬유팀



**ECO융합섬유연구원**  
Korea Institute of Convergence Textile

# 국내 ICT융합 스마트섬유 제품화 동향

## 1. 서론

국내 섬유패션 산업은 과거 고기능성 제품개발에서 최근 IT 기술융합을 통한 초연결, 스마트화로 패러다임이 변화하면서 ICT 융합 스마트 섬유가 미래 산업의 지형을 바꿀 분야로 급부상하고 있다.

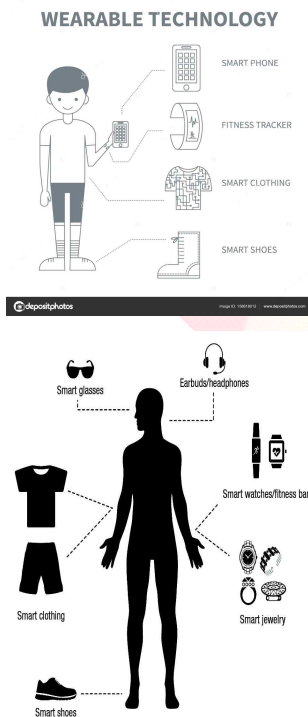
ICT융합 스마트 섬유는 기존 섬유기술을 전자 및 정보통신 기술과 융합하여 산업용 소재, 웨어러블 섬유, 스마트섬유 및 유비쿼터스 섬유제품의 창출이 가능한 신산업 분야로 많은 잠재력을 가지고 있으나, 융합기술 수준은 선진국에 비해 미흡한 상황이다. 하지만 현재 전 세계적으로 섬유-ICT 융합기술 개발은 2000년대부터 본격적으로 시작된 신규 개발 분야로서, 선진국과 비교하여 기술 수준의 격차는 크지 않은 것으로 분석되고 있다.

국내 정부도 “소재·부품산업 산업기술 R&BD 전략”과 “정보통신산업 산업융합원천 R&D 전략” 등을 통해 스마트의류 관련 섬유-IT 융합 분야 R&D에 지속적으로 투자하였으며, ICT 융합 스마트 섬유 분야를 주요 내용으로 다룬 사업은 ‘04~’16년 사이 13년간 89개 과제에 약 170억 원을 투입한 것으로 분석되고 있다. 또한 [2018 섬유패션산업 발전전략] 보고서의 신산업 육성을 위한 주요 지원분야에 스마트의류(smart textonics) 산업 활성화를 내세우며 핵심기술개발, 스마트섬유 제품 양산 및 실증, 데이터 서비스 사업으로의 연계지원 등 향후 지원방향을 구체적으로 제시하고 있다.

그동안 스마트의류 관련 국내 기술개발은 전자섬유 소재의 원천기술과 제품화 기술 확보에 주력하였으나 아직 수요시장의 미성숙으로 기업의 기술개발 방향과 사업화 추진에 많은 난항을 겪으며 본격적인 기업투자가 이루어지지 않은 상태로 판단되고 있다. ‘17년도 국내 ICT 융합 스마트 섬유제품의 시장규모는 500억 원 정도로 추산되어 작은 규모지만 최근 3년간의 연평균 성장률이 50% 이상으로 높아지고 있어 앞으로 기업들의 다양한 제품 전개와 투자가 기대되는 상황이다.

이를 통해 국내 연구소 및 기업들의 초기 연구단계를 벗어난 성장단계로의 진입을 위해서는 섬유, 전자 업제간 기술 장벽을 해소하고 소비자의 니즈를 반영한 디자인, 제품설계 및 생산기반 기술 확보가 중요한 과제로 부각되고 있다.

본 장에서는 국내 ICT 융합 전자섬유 생산기업의 개발동향을 중간재와 완제품으로 구분하여 기능별로 정리하였다. 최근 3년간 정부 지원 사업을 통해 기술개발이 이루어진 기업과 현재 한국섬유수출입조합에서 운영하고 있는 [ICT 융합 전자섬유 산업협의체] 참여기업을 중심으로 소개하였다.



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

## 2. ICT 융합 섬유 중간재 개발 동향

### (1) 전도성 섬유 · 직물

#### ○ 원사

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

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

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

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

근래에는 전도성 고분자(inherently conductive polymer)의 활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 대표적으로 폴리피롤(polypyrrole), 폴리아닐린(polyaniline)이 있으며, 이들 고분자를 용융 방사하거나 혹은 일반 원사에 코팅함으로써 전도사를 생산할 수 있다. 금속을 활용한 전도사에 비해 크랙(cracking)이나 부러짐(breaking) 등에 대한 염려가 적어 안정적으로 전도성이 구현되며, 가공성과 비용 측면에서도 우수하기 때문에 최근에 제품화 연구가 많이 이루어지고 있다.

원사 가공업체 케이원텍스는 ICT 융합 섬유제품으로의 응

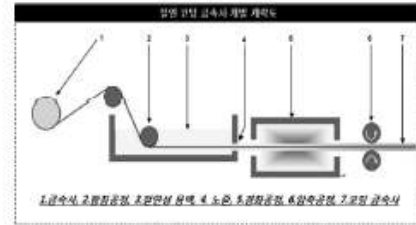


Figure 1. 절연 코팅 구리사의 제조 공정 모식도

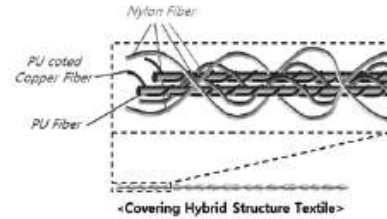


Figure 2. 신호전달용 복합 구조 구리 전도사 구조

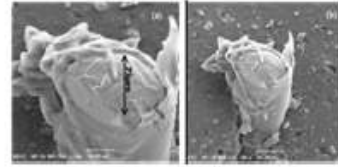


Figure 3. 절연 코팅 구리사 단면(좌: 1,000배, 우: 500배).

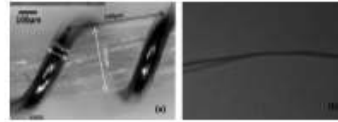


Figure 4. PU 심사를 코팅 구리사로 커버링한 모습.

용을 목적으로 100De 미만의 복합 구조 구리 전도사를 개발하였다(Figure 1-4). 약 100  $\mu\text{m}$  굵기의 구리 와이어를 절연성 에폭시로 코팅·경화한 후, 신도 증진을 위하여 폴리우레탄 심사에 코팅된 구리사를 커버링(Z-하연, 12,000 rpm)함으로써 구리 전도사를 제작했다. 그 후, 제작한 전도사를 나일론 원사로 커버링(S-상연, 12,000 rpm, 47 tpi)함으로써 최종적으로 복합 구조의 구리 전도사를 만들었다.

케이원텍스의 복합 구조 구리 전도사의 저항은 길이에 따라 127.3  $\text{m}\Omega$ (5 cm), 254.7  $\text{m}\Omega$ (10 cm), 509.6  $\text{m}\Omega$ (20 cm)로 측정되었으며, 저항 값은 구리 전도사의 가닥수에 반비례함을 보였다(10 cm의 경우 1가닥 509.1  $\text{m}\Omega$ , 2가닥 254  $\text{m}\Omega$ ). 신호 전달체로서의 성능평가 결과는 복합 구조 구리 전도사의 길이가 증가할수록 capacitance는 증가하며, resonance frequency는 감소함을 보였다. 또한, 사용된 구리 가닥수가 증가할수록



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

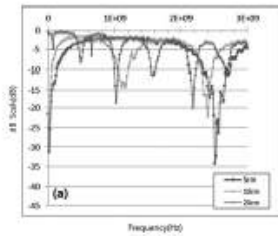


Figure 5. 길이 별 신호전달 특성 분석 결과.

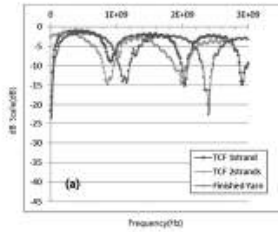


Figure 6. 가닥수 별 신호전달 특성 분석 결과.



Figure 7. ㈜케이원텍스의 신호전달용 복합 구조 구리 전도사.

reflection coefficient가 감소했고, transmission coefficient가 증가했다(Figure 5-7).

벤투스솔루션은 텍스타일형 스트레인 센서에의 응용을 위하여, 신축 원단 내에서 물리적 변형에 따른 전기적 신호를 전달할 전도성 원사를 개발하였다. 은 코팅 나일론사(X-Static 70De/34f) 원사는 편직 공정에서 사절 등의 품질 문제가 발생하여, 이를 또 다른 은 코팅 나일론사와 합사하여 140De로 제조하여 편직 시에도 품질 문제를 해결하였다(Figure 8).

아모그린텍은 전기방사를 통하여 웨어러블 디바이스, 스마트웨어, 스마트 스킨 패치 등에 활용될 수 있는 나노 섬유(AMOFiber)를 개발하였다(Figure 9-10). AMOFiber는 약 100-600 nm 사이 직경을 지니는 나노 구조화된 PVDF 고분자 물질에 내열성, 전도성, 투명성, 비표면적 극대화, 전자기 차폐

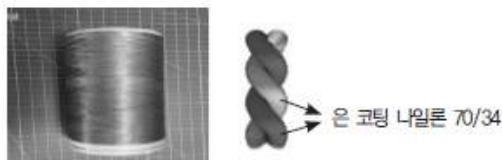


Figure 8. 벤투스솔루션의 개발된 전도성 원사 사진(좌) 및 합사 구조(우).

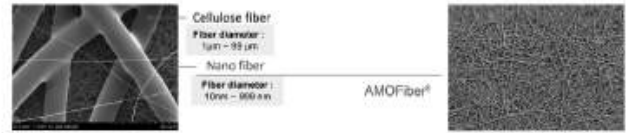


Figure 9. 아모그린텍 나노파이버와 나노 웹 확대 사진.



Figure 10. 아모그린텍 나노파이버의 활용 가능 분야.

등의 기능을 부가하도록 블렌딩, 증착, 열처리, 나노 사이즈 밀링(nano size milling) 등의 고도 기술 접목을 통해 제작되었다. AMOFiber 전기 방사 웹(web)은 전기회로망 구성 및 전극으로의 응용, 미세 전류(microwave)와 열 생산, 센서-안테나-LED-배터리와 통합이 가능하다.

#### ○ 제 · 편직물

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

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

직물 혹은 편물형 전도성 소자가 ICT 융합 섬유제품에 활용되기 위해서는 온도 등의 환경 변화에 저항성을 가져야 하며, 마찰 등에 대한 내구성과 제품 용도에 적합한 전기적·물성적 기능 발현이 확인되어야 한다. 또한, 반복되는 굽힘과 신장에도 일정한 성능을 유지할 수 있도록 형태 회복과 성능 발현에 대해서 낮은 히스테리시스(hysteresis)가 요구된다.

광일섬유는 복합 구조 구리 전도사를 이용한 고전도성 전극용 편직 원단을 개발하였다. 이 과정에서 전도 원단의 후공정과 의 적합성, 최종 제품의 품질, 전도성 발현 효과 등을 고려하여 원사 선정, 조직 설계와 제조 파라미터의 최적화를 시도하



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

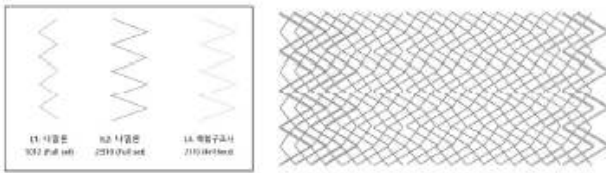


Figure 11. 구리 전도사와 나일론사 4:16 배열 편직물의 조직도.

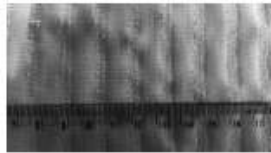


Figure 12. 4:16 배열 원단(생지 상태).

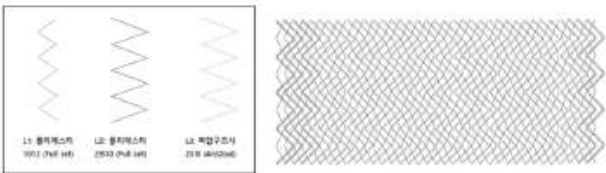


Figure 13. 구리 전도사와 폴리에스터사 4:32 배열 편직물의 조직도.

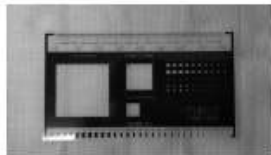


Figure 14. 4:32 배열 원단(생지 상태).

였다.

먼저 조직설계로, 후공정(염색, 가공 등) 시 구리 전도사의 사절 문제를 예방하고 높은 전도성을 유지하기 위하여 구리 전도사와 나일론 원사를 4:16의 비율과 간격으로 배열하여 편직하였다(Figure 11-12). 그 후, 후가공 공정이 보다 수월할 수 있도록 폴리에스터 원사를 사용하였으며, 이 때 전도사와 일반 원사(폴리에스터)의 비율과 간격은 4:32로 설계하였다(Figure 13-14). 또한 복합 구조 구리 전도사를 이용한 최적의 편직 공정 조건 수립을 위하여, 환경(온-습도)조건, 장력조건, 편직유제 코팅조건, 정경속도 등을 실험한 결과, 구리 전도사는 나일론과 폴리에스터와 같은 일반 원사에 비하여 강도와 신도가 현저히 낮아 경편기 부품과의 마찰로 인한 사절 문제, 정전기 문제 등이 발생하므로 이와 같은 문제를 해결하기 위해 공정 조건을 적절히 조절해야 할 필요가 있었다.

환경(온-습도)조건이 온도  $25 \pm 3(^{\circ}\text{C})$ , 상대습도  $50 \pm 5(\%)$ 에서 사절 및 정전기 방지의 효과가 있었고, 최적의 장력은 텐서

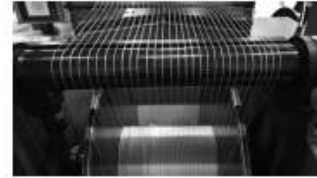


Figure 15. 복합 구조 구리 전도사 정경 모습.

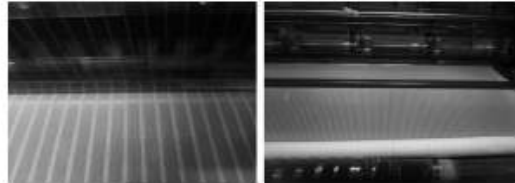


Figure 16. 복합 구조 구리 전도사를 활용한 편직물.

너(tensioner) 4, 즉 12-15 g의 장력이었다. 또한, 구리 전도사의 정전기 방지 및 강도 향상을 위하여 함께 편직했던 폴리에스터 원사에 유제를 코팅함으로써 편직 과정에서 마찰열로 인해 발생하는 불량률을 최소화하였다. 정경 속도는 150-200 rpm, 편직 속도는 900 rpm에서 불량 없이 안정적인 공정이 가능했다(Figure 15-16).

광림섬유의 스마트 섬유 연구소에서는 ICT 융합 섬유 제품을 지속적으로 개발하고 있으며, 섬유기반 무선 충전 구조체, 섬유기반 스트레인 센서, 섬유기반 압력센서, 고감도 신축성 전도사 개발 기술을 가지고 있다. 섬유기반 무선충전 구조체는 유해전자파 차단 및 방열 기능이 있으며, 단순히 스마트 단말기를 얹어놓기만 해도 충전기 가능한 제품이다(Figure 17). 섬유기반 스트레인 센서는 전도성 직물의 신장에 따라 저항이 변하는 원리를 이용하였으며, 피트니스나 웨이트 트레이닝 시 운동 각도 측정 및 호흡 측정용으로 활용될 수 있다(Figure 18). 섬유기반 압력센서는 전도성 원사로 격자(grid) 형태의 직물을 제작하여 만든 압력 센서 구조체로, 이를 활용한 발판은 운동 시 신체 밸런스 유지와 올바른 자세 유지에 도움을 줄 수 있다(Figure 19). 고감도 신축성 전도사는 일반사와의 커버링 형태로, 압저항 방식의 전도사이며 섬유 기반의 센서 등 다양한 분야에 활용 가능하다(Figure 20).

벤투스솔루션은 자체 개발한 전도성 원사(140De, 은 코팅된 나일론사를 두 가닥 합성한 구조)를 활용하여 무선 스트레인 직물 센서와 모듈을 개발하였다(Figure 21-23). 벤투스솔루션의 스트레인 센서용 원단은 반복되는 스트레치에 따른 복원성이 뛰어나며 히스테리시스 편차가 적은 특성을 지니는 싱글저지 편직물 구조로, 폴리에스터 140De와 스판덱스 40De를 기



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile



Figure 17. 섬유기반 무선충전



Figure 18. 섬유기반 스트레인센서.



Figure 19. 섬유기반 압력센서.



Figure 20. 고감도 신축성 전도사.

본 원사로 사용하고, 개발한 전도사를 10 mm 간격으로 편직하였다. 반면, 전극용 원단은 고전도성의 Rib Stop 조직의 직물로, 100% 전도사(은 코팅 나일론사) 70De로 제작하였는데 표면 저항  $0.1\Omega/\square$  이하로 측정되었다. 이를 센서 원단 양 끝에 이어 붙임으로써 텍스타일형 스트레인 센서(최대 변형률 60%, 게이지팩터 1.52~2.15)를 완성하였고, 신호 처리 설계에 따라 다양한 제품으로의 응용 가능성을 검토하였다.

Figure 24. 송이실업 섬유 기반 열로감응 태양전지(상)와 섬유 기반 발열체(하).

격 절감, 에너지 효율 향상, 색상의 다양화, 응용 범위 확대 등의 효과를 얻을 수 있었다. 폭 150 cm로 패브릭형 태양전지 직조가 가능하며, 여러 외국계 기업과 스마트폰 기기, 통신망 등 향후 사업화를 위한 MOU를 체결하였다.

또한, 송이실업의 스테인리스 스틸 직조 기반 발열체는 기존 탄소계 발열체와 달리 필요한 면적으로 재단하여 사용 가능, 물리적 손상에도 안정적 발열, 발열 온도 최고 400-500℃, 다양한 응용 분야(산업플랜트, 자동차, 선박 등), 저렴한 가격 등의 장점이 있다. 또한 절연체로 유리 섬유 대신에 바잘트(basalt) 섬유를 사용하여 유해성이 없다. 이 외에도 송이실업은 스포츠브랜드와 섬유 일체형 웨어러블 디바이스 개발 등 지속적으로 ICT융합 섬유제품을 개발 중이다.

○ 가공

전도사를 직접 사용하지 않고 일반적인 텍스타일 위에 전도성 물질을 코팅(coating) 혹은 인쇄(printing)하는 후가공의 방법으로도 전도성 텍스타일 소재를 만들 수 있다.

근래에는 전도성 텍스타일 후가공 용도의 전도성 용액 제조 기술이나 후가공 기술의 발전으로, 신축성과 유연성을 갖는 다양한 텍스타일에 전도성 물질을 코팅하여 그 전기적 성질에 따라 스마트 글러브( $10^5 \Omega/\square$ ), 터치펜 팁( $10^3 \Omega/\square$ ), 면상 발열체 및 센서( $10^2 \Omega/\square$ ) 등 다양한 응용이 가능해졌다.<sup>1)</sup> 또한, 디지털 스크린 프린팅 기기를 이용하여 전도성 페이스트를 텍스타일 위에 인쇄할 수 있는데, 원하는 모양의 전자 회로도가 날염된 전도성 텍스타일 소자 구현이 비교적 간단하고 빠르게 가능하다.

코팅의 경우, 예전에는 Agnw(은나노와이어), CNT(탄소나노튜브) 등의 전도성 코팅 수지를 단독으로 사용하여 전기전도성을 발현하는 연구가 주를 이루었으나, 이와 같이 단독 물

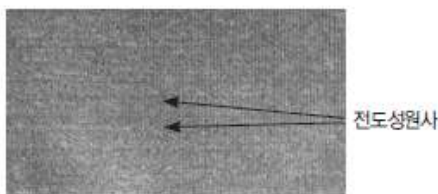


Figure 21. 스트레인 센서용 원단



Figure 22. 전극용 원단



Figure 23. 완성된 텍스타일 센서 키트



질로 전도성을 부여할 경우에는 각 물질 별 전도성 저하, 물성 저하 등의 단점이 현저히 드러나기 때문에 근래에는 여러 가지 물성을 지닌 전도성 물질들을 혼합하여 각 물질의 장점을 동시에 구현할 수 있는 복합가공 전도성 용액을 코팅 수지로 사용하는 연구가 활발하다.

영풍필텍스는 2015년부터 전도성 코팅 가공을 통한 전도 원단을 생산하고 있으며, 최종 용도에 맞춘 물성과 전도성 부여를 위하여 바탕 소재(base fabric)과 코팅 용액의 다각화를 꾸준히 시도하고 있다. 현재 영풍필텍스의 전도성 원단들은 주로 발열 섬유 제품 및 스마트 기기용 터치 장갑 등에 사용되고 있으며, 추후 스마트 의류와 같은 ICT 융합 섬유 제품으로의 다양한 응용을 위하여 유연성과 신축성을 지닌 전도성 소재 개발에 주력하고 있다.

영풍필텍스는 현재 일반 나일론 직물, 폴리우레탄(PU)이 혼합된 신축성 직물, 고강도 직물 등에 금속과 CNT를 혼합한 전도성 용액을 코팅 가공함으로써 전도성 원단을 생산하고 있다(Figure 25-26). 보통 표면 전기 저항  $10^3 \sim 10^4 \Omega$ , 인열 강도 3~5N 이상, 발수도 4급 이상의 제품들이다. 향후 영풍필텍스는 제품의 전기 저항을  $10^1 \Omega$  수준까지 낮추기 위하여 금속과 CNT의 코팅 수지 배합 조건 개발, 코팅 기술 및 조건 설정, 내구성 증진을 위한 기술 개발을 지속적으로 추진 예정이다.

웰테크글로벌은 나노 메탈 와이어와 CNT(탄소나노튜브)를 혼합한 페이스트(paste) 코팅을 통하여, 정밀한 터치펜 팁 및 기모 가공된 아웃도어 장갑 등에 사용될 수 있는 신축성의 전도성 원단을 판매 및 지속 개발하고 있다(Figure 27). 웰테크



Figure 27. 웰테크글로벌 나노 메탈 와이어·CNT 복합 페이스트 전도성 원단(터치 장갑, 터치 펜 활용).

글로벌은 저점도의 나노 메탈 와이어와 CNT 혼합 가공액의 분산성 향상 및 대용량 분산 기술, 원단에의 균일한 처리를 위한 적층(layer-by-layer) 코팅, 균일한 가공액 젖음성(wetting) 처리, 전도도 저하 최소화 유연가공, 전도층의 보호 코팅을 통한 고전도성 및 세탁 내구성 유지 등과 관련한 자체 공정 기술력을 꾸준히 확보해 나가고 있다.

웰테크글로벌의 전도 소재 제품은 스마트 디바이스용 터치 글러브 및 스타일러스 펜 팁 등에 주로 사용되고 있으며, 바탕 소재(base fabric)는 PET·PU 혼방물, 용도에 따라서 중량과 표면 가공, 전도성 조정이 가능하다. 표면 저항은 최저  $10^2 \Omega/\square$ , 신축률 60%에서 성능 검증, 마찰견뢰도 3급, 20회 미만에서 세탁내구성이 있다. 웰테크글로벌은 추가적으로 전도성 조정을 통한 면상 발열체 및 세폭 경편물에 코팅한 스트레인 센서로도 개발하여 원격 로봇 조종 등으로의 응용을 모색 중이다.

## (2) 발광 섬유 소재

### ○ 광섬유 직물

광섬유를 통해 빛이 이동할 때 광섬유의 측면에서 나타나는 발광효과는 ICT 융합 섬유제품에서 패션성, 심미성, 가시성을 증진하기 위해 응용되고 있다. 최근 광섬유 직·편물은 조명 블록, 유리액자, 경관조명 등 세탁과 안전에 대한 우려가 비교적 적었던 인테리어 및 생활용 제품을 넘어서 안전의류 및 패션 의류·잡화 등으로 그 적용 범위가 넓어지고 있다.

그 동안 광섬유의 의류·생활용 섬유 제품으로의 응용이 제한적이었던 이유는 다양하지만, 무엇보다도 열에 취약하고 뻣뻣한 물성의 광섬유가 사염과 제직 등의 공정에서 야기하는 기술적 문제들과 제품화 후의 세탁성이 해결해야하는 주요 한계점 중 하나였다.

에스엔티는 2015년부터 광섬유의 위와 같은 문제들을 해결하고 ICT 융합 섬유제품으로의 응용 및 사업화를 위해 연구 개발을 꾸준히 추진 중이다. 2016년 광섬유를 활용한 자카드 제품을 세계 최초로 개발하였는데, 일반 라피어(rapier) 직기로



Figure 25. 영풍필텍스 금속 및 CNT 복합 가공 전도성 직물.



Figure 26. 영풍필텍스의 전도성 원단을 활용한 스마트 터치 모터사이클 장갑.



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile



Figure 28. 에스엔티 광섬유 원단.



Figure 29. 에스엔티 모듈형 광섬유 부자재가 적용된 스포츠 재킷.

는 자카드 제직에 어려움이 있어 광섬유 자카드용으로 설비를 개조하는 과정이 필요했다. 2017년에는 광섬유 표면에 스크레치와 노치 가공을 하여 약 30%의 광량이 증가된 광섬유를 개발하였다(Figure 28). 또한, 완제품 제작 시의 봉제의 어려움과 배터리 및 회로부와의 연결성을 개선하기 위하여, 세폭 제편 직기를 이용한 띠 형태의 제품을 새로 개발하여 봉제가 용이한 배터리 모듈형 광섬유 부자재를 제작하였다. 띠 형태의 배터리 모듈형 광섬유 부자재는 스포츠 아웃도어용 재킷, 안전 보호 의류, 모자, 가방 등에 적용이 가능하다(Figure 29). 현재 에스엔티는 배터리 모듈형 광섬유 부자재의 광량을 더욱 증진하기 위하여 주변 부속물을 금속사(metal yam)와 재귀반사 필름 등으로 교체한 제품을 개발 중이다.

#### ○ 발광다이오드(LED) 부착 직물

발광 섬유 소재를 만드는 또 다른 방법은 LED 칩을 활용하는 것인데, LED 칩은 크기와 두께가 다양하고 값이 저렴하여 이를 텍스타일 혹은 제품에 부착하는 시도는 꾸준히 있어왔다. 다만, 이 또한 광섬유와 마찬가지로 세탁에 대한 문제, 부드러운 섬유 소재부와 딱딱한 LED의 이질감, 착용감의 저하 문제, 지속적인 마찰과 굽힘 등에 의한 접촉 불량 문제 등이 아직 해결해야 할 문제들로 남아있다.

디엘에스는 신축성의 LED 스트립과 이를 활용한 발광 LED 의류 잠화를 개발하였다(Figure 30). 은 코팅 나일론 전도사를 삽입하여 세폭 경편물을 제작하였는데, 분리된 두 라인에 전



Figure 30. 디엘에스의 신축성 LED 스트립과 이를 활용한 패션잡화 완제품.

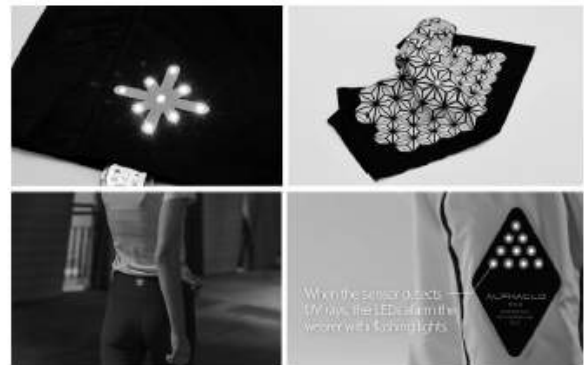


Figure 31. 알파클로의 다양한 와펜형(wappen type) LED 의류 부자재와 이를 부착한 의류 제품들.

도사가 삽입될 수 있도록 디자인하고, 전도성은 각 라인의 두께, 즉, 삽입되는 전도사의 가닥수에 따라서 조절하였다. 두 라인을 각각 양, 음의 전극으로 활용하고, 그 위에 신장이 가능한 LED FPCB(연성인쇄회로기판)를 부착하였다. 그리고 전원 공급부에는 작은 디바이스를 부착하여, 그 안에 배터리 및 발광 프로그래밍과 기타 원하는 기능 부여가 가능한 회로 모듈을 내장할 수 있도록 하였다.

디엘에스의 신축성 LED 스트립은 다양한 제품군에 활용될 수 있다. 일단 굽힘과 신장이 가능한 유연한 텍스타일 제품이 기 때문에 패션 및 안전 의류-잡화에 적용할 수 있으며, 착용성과 봉제성이 우수하다. 회로 모듈에 GPS, 각종 센서, 블루투스 등을 탑재함으로써 ICT융합 섬유 제품으로의 활용을 다각화할 수 있다. 현재까지 디엘에스는 자사의 신축성 LED를 활용하여, 자이로 고글(Gyro goggle; 착용자의 방향 지시 가능), 야간 운동용 발광 자켓, 애견용 발광 하네스, 탈부착 의류 발광 패치 등을 개발하였다.

알파클로는 LED 부착 FPCB(연성인쇄회로기판)를 핫멜팅 시트를 이용하여 직접 원단에 붙임으로써 의류 및 패션잡화에 적용 가능한 LED 와펜을 제작하였다(Figure 31). 배터리가



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

있는 하드웨어는 별도 탈착이 가능하도록 설계하였다. 의류나 잡화 등 바탕 제품의 형태나 재질에 거의 제한이 없이 LED와 팬의 부착 및 봉제가 가능하도록 의류 부자재 형식으로 부품 모듈화 된 제품이다. 현재 LED부의 세탁 문제가 있어, LED부를 보호할 수 있는 기타 커버 공정 혹은 코팅 기술 개발로 내구성을 개선해야 할 필요가 있다.

### 3. ICT 융합 섬유 완제품 개발 동향

#### (1) 발열 · 온도조절

텍스타일형 면상 발열체는 유연하여 어떤 형상에도 효율적인 가열 효과를 제공할 수 있으며, 가볍고 부드러워 타이어 위머, 담요 제품, 의류 제품 등 다양한 제품군에서 적용이 증가하고 있다.

발열 제품은 주로 전류가 흐를 때 도체의 저항에 의하여 열이 발생하는 원리를 이용하며, 용도와 제품에 따라 전도성 텍스타일 소재의 저항을 적절히 조율함으로써 원하는 온도로의 가열이 가능하고 이를 통해 발열과 보온 효과를 얻을 수 있다.

블랙야크는 2015년부터 발열 의류 야크온(YAK ON) H 시리즈를 제작·판매하고 있으며, 이는 의류 내에 세탁 가능한 발열 텍스타일을 내장하고, 온도 제어 디바이스와 스마트폰 어플리케이션을 통해 의류 내부의 온도 및 습도를 제어하는 시스템이다(Figure 32).

야크온 H 의류에는 세탁 가능한 발열 텍스타일이 등판 부위에 내장되어 있고, 오른쪽 앞판 안쪽으로 디바이스와 회로부가 연결되어 있도록 설계되었다. 디바이스는 탈부착의 편의성과 세탁을 고려하여 마그네틱 커넥터로 손쉽게 탈착이 가능하다. 디바이스에는 발열 텍스타일에 전원을 공급하는 배터리와 온습도 센서가 내장되어 있다. 디바이스를 통해 단계 별 온도 제어가 가능하고 어플리케이션과 연동하는 통신 시스템도 포함되어 있다.

새로 개발된 야크온 H 2.0 버전은 기존 1.0 버전 대비 이물



Figure 32. 블랙야크 발열 의류 시스템 (YAK ON H 2.0).



Figure 33. 코오롱글로벌텍의 히텍스(HeaTex) 재킷

감을 줄이고 착용 쾌적성을 개선하였다. 여러 겹의 원단을 효율적으로 레이어링(layering)하여 온도 유지를 위한 에너지 효율성을 증진하였다. 야크온 H는 착용자의 선택 단계에 따라서 의복 내 원하는 온도 및 습도 설정이 가능하고, 설정 범위에서 온습도가 벗어나면 자동 조절 기능을 통해 쾌적한 상태를 유지할 수 있도록 설계되었다.

삼성물산 패션부문에서는 나일론 원사에 은을 코팅한 전도사로 발열용 소재인 히트 스퀘어를 개발하고 이를 활용한 경량 패딩과 재킷 등을 상품화하였다. 히트 스퀘어는 인체 유해성이 없고 열전도율이 높은 은을 코팅해 의류용 발열 소재로 활용하기에 장점이 있으며, 특히 구김이나 세탁에 대한 내구성을 향상시키기 위해 발열체를 분리하는 등 불편함을 개선했다. 히트 스퀘어는 주로 재킷의 등부분에 부착되어 배터리를 통한 전기공급으로 발열이 시작되며, 어플리케이션을 통해 발열의 정도를 조절할 수 있다. 또한 어플리케이션은 사용자의 편의성을 향상시키고자 히트 스퀘어의 제어 뿐만 아니라 배터리 체크와 날씨정보를 함께 제공하는 등의 제품 완성도를 추구한 면이 있다.

코오롱 글로벌텍은 텍스타일에 전도성 고분자를 텍스타일에 코팅한 발열체를 개발하고 이를 적용한 등산용 발열 재킷, 히텍스(HeaTex)를 개발하고 상품화하였다(Figure 33). 히텍스는 인체의 체온과 외부 기온등을 감지하고 온도를 스스로 조절하



Figure 34. 케이투코리아의 자동 온도 조절 가능한 피부 직접 접촉형 스마트 히팅 티셔츠.



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

는 디바이스를 포함하고 있다. 발열은 배터리의 전원공급으로 이루어지고 35~50 ℃ 수준의 발열이 가능하다.

케이투코리아는 스마트 폰으로 원격 체온 제어가 가능한 스마트 발열 베이스레이어 티셔츠를 개발하였다(Figure 34). 도심 캐주얼과 아웃도어 스포츠를 넘나드는 용도의 디자인으로, 겨울용 보온 제품의 새로운 영역을 창출하였다. 발열 필름이 아닌 은코팅 나일론사를 활용한 텍스타일형 발열체 회로를 구성하고, 각 부위별로 저항값 조율 및 세탁 시에도 단선 등의 문제가 발생하지 않도록 디자인하였다. 배터리와의 연결부는 똑딱이 스냅으로 제작하여, 액티비티 활동 시에도 떨어지거나 흔들리는 등의 문제가 없다. 온도 센서는 의류 앞판 및 뒷판에 각각 하나씩 부착하였다. 의류 제작 시, 착용자의 명치 아래 부위에서 등 까지 텍스타일 발열체가 위치할 수 있도록 하고, 약간 타이트한 패턴 설계를 통해 착용자 피부에 직접 접촉 및 발열감이 최대로 전달할 수 있도록 하였다. 제품은 모바일 연동을 통해 사용자가 본인에 맞게 최적으로 조정한 기준 값에 따라 의복 내 온도 증감 시 적정 온도 유지를 위하여 자동으로 가열 및 중지하는 기능을 갖췄다.

## (2) 생체신호 모니터링

텍스타일형 센서는 크게 스트레인 센서, 정전용량 센서(capacitor), 온습도 센서로 나뉜다. 스트레인 센서는 텍스타일 센서의 신장과 굴곡에 따른 전기 저항 값의 변화를 통해 센서의 기능을 갖는다. 정전용량 센서는 절연 물질에 의해 분리된 두 개의 마주보는 섬유전극으로 구성되며, 전압이 인가되었을 때 전극 사이에 발생하는 전기장을 통해 압력 혹은 변형 센서로 활용된다. 또한, 면상의 텍스타일 센서는 넓은 영역에서 온-습도를 감지하는 센서로도 응용된다.

블랙야크의 YAK ON P 시리즈는 운동 시 착용자의 신체 정보를 추적하여 보다 안전하고 효율적인 운동을 돕는 스마트



Figure 35. 블랙야크의 스마트 운동 모니터링 의류 시스템 YAK ON P 1.0.



Figure 36. 알파클로의 스트레인 센서 (인장 변형에 따른 전기저항의 증가).



Figure 37. 알파클로의 근육 활동량 측정 스마트 피트니스 웨어.

스포츠 의류 시스템이다(Figure 35). 현재 1.0 버전이 출시되었고, 2.0 버전은 개발 중에 있다.

YAK ON P 1.0에는 의류 안쪽에 있는 은사로 구성된 편물형 텍스타일 센서가 ECG 신호를 감지함으로써 심박수를 측정한다. 그리고 연결된 디바이스는 착용자의 심박수를 통신 모듈을 통해 스마트 폰으로 전송하여 착용자에게 알린다. 또한, YAK ON P 전용 어플리케이션은 수신한 심박정보로 착용자의 운동량, 운동거리, 운동시간 등을 계산하여 적정 운동을 통한 건강관리가 가능하도록 운동효과를 모니터링한다.

알파클로는 스트레인 센서를 피트니스 의류에 적용하여 근육의 팽창도로부터 운동량을 측정하는 근육 활동량 측정 스마트 피트니스 웨어를 개발하였다. 신축성의 폴리우레탄 혼방 원단을 전도성 나노 카본 용액에 함침하여 텍스타일 스트레인 센서를 제작하고, 센서 신장 시 코팅된 카본 나노 입자 간 달라지는 거리에 따른 저항값을 통해 신장률을 계산하였다(Figure 36). 그리고 개발된 스트레인 센서를 피트니스 의류 내 근육 팽창도를 측정하고자 하는 부위에 삽입하여 봉제하고, 봉제선을 따라 삽입된 전도사를 통해 디바이스로 신호 값이 전달되도록 최종 의류를 설계하였다(Figure 37).

알파클로 근육 활동량 측정 스마트 피트니스 웨어의 센서 게이지팩터는 32.82, 압력 범위 5.8 N/cm<sup>2</sup>, 압력 해상도 0.4 N/cm<sup>2</sup>, 히스테리시스 3.4%의 성능을 보였다. 또한 세탁이 가능하고, 기타 필름 등이 의류 내 부착될 필요가 없으므로 이물감이 전혀 없으며 착용감이 우수하다. ECG 측정 방식이 아닌 근육 팽창도를 통해 근육 활동량을 측정한다는 점이 타 유사 기능의 제품과 차별되는 부분이다. 전용 어플리케이션은 근육 사용량, 부위 별 균형 정도, 운동 목표에 따른 달성 정도 등을 가



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

시화하여 스마트 폰으로 전달함으로써 착용자 스스로도 보다 정확하고 효율적인 운동을 할 수 있도록 돕는다.

### (3) 안전보호 · 헬스케어

소방복 및 보호구 등 안전보호 장비 제조업체 산청은 재난과 위급상황에서 소방 대원의 위치 추적과 경고 알림이 가능한 스마트 디바이스를 개발하였다(Figure 38). 이는 고온의 방화 현장에서 사용 가능하고, 소방복에 탈부착이 가능한 웨어러블 제품이다. 제품의 시스템은 대원 위치 추적을 위한 GPS, 대원의 움직임과 정확한 위치 추적을 위한 자이로(Gyro)계, 고도계가 정보를 중앙관제실로 송신할 수 있도록 설계되어 있다. D2D 기반의 원격 무선 통신 거리는 현재 45 m, 정보 처리 시간은 30초 이내, 위치 정밀도는 5 m 이내, 경보 알람 90db 수준으로 가능하다. 이 제품을 착용하면 화재현장에서 위급 혹은 실종 상황에 처했을 시, 중앙관제실에서 대원의 위치를 실시간으로 탐색하고 주위 동료들에게 알림을 제공하는 것이 가능해져 발빠른 현장 대처와 사후 사고 예방이 가능할 것이나, 제품 상용화 단계에 이르기까지는 지속적인 추가 연구 개발이 필요하다.

케이투코리아는 안전 취약층인 여성을 위한 세이프터 스마트 웨어러블 제품인 가디언즈(Guardians)를 개발하여 올해 하반기에 선보였다(Figure 39). 모듈형인 이 제품은 전국망이 확보된 저전력통신망(LPWAN) LoRa(Long Range Wide Area Network)를 탑재하여, 통상적으로 사용되는 GPS 시스템과의 상호 작용을 통해 보다 완벽한 위치 추적이 가능하도록 설계하였으며, 디바이스는 가볍고 소형으로 디자인하였다. 또한, 착용자의 상황이나 취향에 따라 의류 혹은 가방 등 자유롭게 부착할 수 있는 고리형 제품이다. 위급 상황에서 소비자는 가디언즈를 한 번만 누르면, 연계된 스마트 폰 등으로 SOS 긴급 위치 전송이 가능하고, 본인만의 안전 지대 설정 및 주기적인 위치 추적 또한 가능하다.

코오롱 글로텍은 기존의 히텍스(HeaTex) 발열자켓 기술에 더하여 아웃도어 활동 중 조난에 대비할 수 있는 다양한 안전



Figure 38. 산청의 대원 위치 추적 및 경고 알림 기능 웨어러블 스마트 디바이스.



Figure 39. 케이투코리아 가디언즈(Guardians).

장치들이 접목된 라이프텍(Life Tech)재킷을 상품화하였다. 라이프텍은 히텍스를 기술에 바탕한 발열기능을 포함, 영상 촬영이 가능한 블랙박스, 모스 부호로 신호전달이 가능한 LED, GPS 기능을 포함하고 있다. 따라서 조난 시 이러한 기능들을 통해 조난 위치 등 조난 신호를 스마트폰을 통해서 보낼 수 있다. 또한 재킷에 부착된 윈드 터빈은 풍력을 이용해 자가발전이 가능한데, 스마트폰이나 배터리의 충전이 가능해서 생존과 안전에 도움이 될 것이라 예상된다.

피에스솔루션은 웨어러블 헬스케어 제품을 지속적으로 개발하고 있다. 작년(2017)에는 보행자세 교정용 3차원 측정 센서를 장착한 스마트 슈즈를 개발하였다(Figure 40). 아웃솔에 3축 가속도 센서와 블루투스, 정보 처리 회로, 배터리를 장착한 소형 모듈을 삽입하였는데, 삽입물 형태에 따라 아웃솔에 알맞은 공간을 특수 제작하였다. 자체 개발한 데이터 처리 프로그램으로, 초당 100회의 보행 데이터를 획득하여, 착용자의 보



Figure 40. 피에스솔루션 보행자세 교정용 스마트 슈즈.

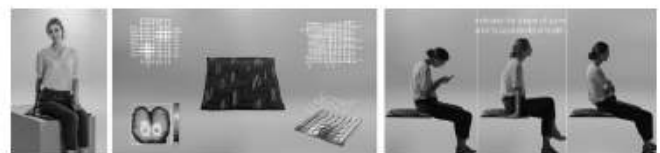


Figure 41. 피에스솔루션 자세 교정용 스마트 매트.



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

행자세를 분석할 수 있다. 보행 속도 감지 범위는 12 Km/h, 가속도 감지범위는 10 g, 각속도 감지범위는 300degree/sec이며, 소형화된 모듈의 사이즈는 27 mm(가로)×21 mm(세로)이다.

또한 피에스솔루션은 금년(2018)에 광섬유 압력센서를 이용한 자세 교정용 스마트 매트 개발하였다(Figure 41). 광섬유는 본래 광 송수신을 통한 정보 전송용도의 제품이지만, 굴절이나 압축 등으로 인한 광 전송량의 변화를 감지하는 센서로의 활용이 가능하다. 광섬유를 격자 구조로 배열하여 매트를 만들고, 압력 부하에 따라 달라지는 광섬유의 출력 광량 및 광 전송의 특성을 분석하는 프로그램을 개발하였다. 사용자가 매트 위에 앉았을 때 자세에 따른 압력 분포를 통해 자세를 파악하고, 일정 시간 자세의 변화가 없으면 가벼운 진동을 통해 사용자에게 경고를 주어 바른 자세로 고쳐 앉도록 유도한다. 피에스솔루션은 본 제품에서 광섬유의 감도를 향상시키기 위하여 광섬유 센서의 코어 사양을 설계하고 자체적으로 광섬유 코어 가공 공정 특허 기술을 보유하고 있다.

#### (4) 인포테인먼트

앞서의 요소 기술들을 활용하여 사용자 경험의 재미를 위한 오락 기능, 네비게이션 기능과 같은 생활의 편의를 증대시키는 기능을 갖춘 제품이 개발되기도 한다. 이러한 용도에 따라 정보(information)와 엔터테인먼트(entertainment)란 용어가 결합해 인포테인먼트(info-tainment)라 분류되고 있다. 최근에는 특히 4차 혁명의 중심이 되는 사물인터넷(IoT), 가상현실(VR), 빅데이터 등과 같은 기술과 접목하기 위한 오락용 ICT 융합 섬유제품에 대한 관심이 증가하고 있다.

이명수디자인랩은 음성인식 시그널 넥밴드(자일넥밴드) 및 백팩(자일백)을 개발하였다(Figure 42). 이 제품은 사용자의 음성을 통해 인식된 단어를 LED로 출력하는 제품으로, 야간 운행 시 후방에 운행 상태 혹은 운행 방향을 알려주는 기능이 있다. 단순 시인성의 기능 뿐 아니라 엔터테인먼트의 요소도 지녔으며, 이 기술은 다양한 섬유 제품으로의 응용이 가능할 것으로 보인다. 제품은 '주행', '자회전', '우회전', '정지', '비상'의 5가지 명령어를 인식할 수 있으며, 사용자의 음성을 머신



Figure 42. 이명수디자인랩 음성인식 시그널 넥밴드 및 백팩.

트레이닝을 통해 인식하기 때문에 사용을 지속할수록 인식 정확도가 높아지도록 설계되어 있다. 제품에는 LED 무선 컨트롤러, 블루투스, 리튬폴리머배터리, 마이크, 스피커, 음성인식 모듈, 음악청취 및 핸드프리 모듈이 내장되어 있다. 기존의 단순 LED 출력 장치에서 벗어나, 사용자 본인의 음성으로 직관적인 인터페이스 조작이 가능한 제품이다.

삼성물산 패션부문에서 개발한 스마트 슈트는 재킷 내부의 스마트폰 전용 주머니에 NFC(근거리 무선통신)태그를 장착하고 전용 어플리케이션과 연동하여 다양한 편의 기능을 제공하도록 설계되었다. 기본적인 NFC 기능을 비롯해 주머니에 넣거나 빼는 동작으로 스마트폰의 잠금 해제, 전화 수신, 에티켓 모드로의 전환, 음악 재생 등이 가능하다. 또한 결제나 출입확인 같은 기능도 추가될 수 있도록 개발을 추진 중이다. 그 외에도 허리치수와 활동량 체크가 가능한 스마트 벨트인 웰트, 바다 콤파스 2.0, 등 스마트 제품의 다기능화를 추구하고 있다.

또한 태양광 충전모듈을 갖춘 가방, 솔백(sol bag)을 개발하고 상품화하였다. 태양광 패넬을 디자인적 요소를 더해 가방 외관에 부착했는데, 4시간 정도 태양광에 노출되면 스마트폰을 완전히 충전할 수 있는 발전 효율을 갖추었다.

직고는 초소형 센서와 전도성 섬유를 이용하여 VR, 게임, 스마트 글래스 등과 연동 가능한 IoT 스마트 글러브를 개발하였다. 또한 전화기 대체 장치, 키보드 입력 장치로도의 활용이 가능하다. 글러브에는 각 손가락 부위에 전도사가 삽입되어 있고, 이 전도사는 손가락의 특수한 움직임에 따라 각기 다른 전기적 신호를 발생시켜, 장갑에 부착된 모듈을 통해 수신된 전기 신호를 사전 프로그래밍된 알고리즘에 따라 분석 후 알맞은 출력을 수행한다. 현재 상용화 전 단계에서 지속적으로 개발 중이나, 향후 기대되는 응용분야는 모바일 게임, VR 기기, 시각장애인을 위한 스마트 기기 등 다양하다.

#### 4. 맺음말

스마트 의류의 기능 고도화와 산업 활성화를 위해서는 센서를 포함한 섬유중간재의 개발과 함께 제품 기획 및 설계를 진행하는 완제품 기업의 균형적인 육성이 수반되어야 한다. 또한 다양한 기술융합을 지원할 수 있는 프로그램의 구성으로 소비자 맞춤형의 창의적인 상품 기획과 시제품 제작이 활발하게 이루어져야 할 시점으로 판단된다.

앞서 소개한 대부분의 전자섬유 제품들은 그간 2~3년간의



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

다각적인 노력과 시행착오를 거친 끝에 얻은 국내 ICT 융합 스마트 섬유 제품의 개발 첫 단계의 결과물이다. 이제 기존의 기술을 바탕으로, 2단계의 고성능화, 사용 편의성 증대, 기능의 실증화 과정들을 거쳐 소비자가 다양하게 선택할 수 있도록 효용성 높은 제품 개발이 시급히 추진되어야 글로벌 시장에서 경쟁력을 갖추고 기술을 선도할 수 있을 것이다.

또한 미래에 ICT/IoT 산업 시대에 부합하는 스마트 의류의 도래를 위해서 단순한 기능 발현보다 데이터 플랫폼 사업으로의 확대를 꾀하고 스마트 의류를 매개로한 초연결 사회로의 진입을 리드하는 제품 개발과 국내 기업 육성이 지속적으로 진행되어야 할 것이다.



※ 출처 : 섬유기술과 산업 22권 3호



**ECO융합섬유연구원**  
Korea Institute of Convergence Textile

KI@TEX KI@TEX KI@TEX KI@TEX



ECO융합섬유연구원

Korea Institute of Convergence Textile

54588 전라북도 익산시 서동로 594 ECO융합섬유연구원 / TEL. 063-830-3500, FAX. 063-830-3540  
Korea Institute of Convergence Textile 594, Seodong-ro, Iksan-si, Jeollabuk-do, 54588 Republic of  
Korea / TEL. +82-63-830-3500, FAX.+82-63-830-3540

KI@TEX KI@TEX KI@TEX KI@TEX