

IT융합 섬유제품을 위한 전도성 섬유의 개발동향

한국패션산업연구원 | 조 광 년
한국섬유개발연구원 | 정 재 석

1. 서론

IT융합 섬유제품은 지능형 스마트 섬유소재, 스마트 의류, IT융합 공정기술 등을 통하여 언제 어디서나 다양한 서비스를 제공하는 새로운 패러다임을 형성하고 산업적 인프라를 구축함으로써 새로운 국가 경쟁력을 키워가는 핵심기술로 부각되고 있다. 이러한 기술은 디지털지능형 섬유소재 및 지능형 의류제조 기술, 지능형 생산기술, 지능형 서비스 기술을 통한 인간 중심의 편리성과 유용성을 극대화한 형태로 발전하게 될 것으로 전망하고 있다. 특히, IT융합 디지털 지능형 섬유(이하 ‘IT융합 섬유’이라 약칭)는 과거 체온유지 및 개성표현의 의류·패션소재에서 벗어나 정보수집 및 공유, 커뮤니케이션 등의 기능 활용이 가능한 형태로 진화될 것으로 예측하고 있다. 이를 산업적 측면에서 살펴보면 지능형 섬유생산시스템의 도입을 통해 효율 및 생산성이 극대화된 제조시스템을 제공함으로써 산업고도화 및 새로운 시장을 창출하는 효과가 발현될 것으로 기대된다. 이러한 지능형 섬유제품 기술과 함께 정보공유 및 서비스 활용기술도 발전하고 있어 진정한 유비쿼터스(Ubiquitous)형 라이프스타일을 제공하게 될 것으로 전망하고 있다.

IT융합 섬유기술을 분야별로 구분해보면 IT부품들, 모듈(Module)간 또는 시스템의 전원공급을 위한 금속 섬유를 함유한 전도성섬유를 제조하는 기술과 기존의 전자부품을 소형화하고 부품간 연결을 직물(Textile, 織物)형태의 격자(Lattice, 格子)구조처럼 만들어주는 직물 부품화 기술, 직물소재, 전자부품, 전자 기기들간 연결을 위한 다양한 연결기술, 전자기기에서 사용되는 PCB(Printed circuit board, 인쇄회로기판)와 같은 형태의 전자회로기판의 패턴을 직물에 구현하는 직물기반 회로(Textile circuit) 기술, 다양한 적용을 위한 근거리무선 통신기술, 저전력 시스템, 직물기반 전지(Textile based flexible battery), 에너지 하베스팅(Energy harvesting) 기

술 등을 포함한 통신 및 시스템기술과 섬유-IT융합기술을 이용한 다양한 응용서비스를 위한 응용컨텐츠기술 등으로 나눌 수 있다. 한편, IT융합 섬유제품을 주요 기능적 측면에서 살펴보면 전기 및 정보의 이동매체 기능, 정보입력기능, 인터페이스, 열 에너지 생산 및 축적 기능, 센서와 모니터링 기능(맥박, 호흡, 혈압, 체온, 오리엔테이션, 위치변화, 생물학적, 화학적 요소의 감지, 빛, pH, 압력, 온도, 시간 등)이 있으며, 이를 제조하는 생산기술은 섬유기반 Spinning(방사 또는 방직), Weaving(제직), Knitting(니팅), Stitching & Embroidering(자수), Printing(날염), Coating, Laminating, 및 나아가 Embedded system구성 등의 다양한 기술이 적용된 제품으로 개발되고 있다.

그러나 개발하는 주체와 시장과의 연계성이 다소 떨어져지고, 개발되는 제품의 요소기술들이 산발적이고 체계적이지 못한 방법으로 기술개발이 이루어지고 있는 것이 현실이다. 이러한 개발현장의 시급성을 감안할 때, 지금까지 추진되었던 섬유-IT 융합기술 중 전도성 섬유에 대한 기술개발동향에 대한 이력을 정리해야 될 필요성이 제기되었다.

따라서 본 고에서는 1990년대 중반부터 시작하여 현재까지 이루어진 섬유-IT융합제품의 근원을 이루는 기초기술인 전도성 섬유의 개발동향과 그 기술의 진화방향을 고찰해 봄으로써 이후 연구개발이 체계적으로 이루어지는데 도움이 되고자 한다.

2. 전도성 섬유 분류 및 기술개발 동향

2.1 전도성 섬유

전기 전도에 관계하는 섬유 재료는 전자 전도, 이온 전도, 유전성 물질로 대별된다. 3가지 유형의 전도성 물질 중 IT융합 섬유제품으로 사용되는 전도성 섬유재료는 대부분이 전자 전도물질을 사용한다. 전자 전도 물질로는 동, 니켈, 은 등의 금속 물질, 또 이들의 금

속, 카본, 최근에는 카본 나노 튜브 등의 전자 전도성의 분말을 혼합, 복합화한 섬유와 섬유 자체 속에 π 전자의 비국재화(非局在化), 전하 이동 착체를 갖는 전도성 섬유가 있다.

2.2 전도성 섬유의 세대별 분류

2.2.1 제 1세대(금속섬유)

전도성 섬유는 가장 일반적인 전도성 물질인 금속을 사용하여 섬유화한 것으로 시작하였다. 금속박을 함유한 슬리트(Slit) 형태의 실(Slit yarn)이 처음으로 개발되었다. 가장 간단하고 쉽게 제조가 가능하여 현재에도 프로토타입(Proto type)의 전도성 섬유를 만드는데 사용되는 방식이다.

2.2.2 제 2세대(전도성 성분 피복형)

금속 섬유 등은 방사 섬유와 비교했을 때, 섬유의 일반적인 물성과 많은 차이가 있어서 생산상의 어려움과 이용방법, 용도가 한정되어 있는 문제가 제기되었다. 따라서 섬유의 성능(일반적으로 합성섬유와 유사한 강신도, 가소성, 유연성)을 갖춘 섬유로 유기전도성 섬유, 금속피복 섬유, 전도성 카본블랙 함유의 중합체 피복 섬유의 개발이 진행되었다.

2.2.3 제 3세대(전도성분 복합형)

표면 특성을 함유하며 기존 섬유와 같이 물성변화가 거의 유사한 범용성 복합섬유의 개발이 앞 다투어 진행되었고, 혼합방사, 복합방사 등 여러 Type이 개발되었다. 그러나 이것은 탄소(Carbon)소재를 주성분으로 사용된 것이어서, 외관이 흑색(Black color)을 띠고 있기 때문에 다양한 색상 전개가 어려운 문제점이 발생되었다.

2.2.4 제 4세대(백색 전도성 섬유)

1980년대 들어서 일반 의류에 범용성이 있는 백색 도전섬유의 연구가 진행되었다. 금속을 화학적으로 결합하는 전도성 섬유, 이어서 금속화합물($TiO_2-SnO_2-Sb_2O_3$)을 이용한 복합형의 도전섬유가 개발되었으며, 1990년대 들어서는 저융점 금속 섬유를 복합방사하는 전도성 섬유가 여러 가지 Type으로 개발되었다.

2.2.5 제 5세대(복합 방사/방적 전도성 섬유)

2000년대 들어서 여러 가지 성분을 동시에 방적할 수 있는 섬유방적 기술이 개발되면서, 전도성 금속과 섬유를 동시에 방적하는 복합 방사/방적 전도성 섬유가 개발되었다. 개발된 섬유의 제조 형태를 살펴보면, 크게 2가지로 요약된다. 전도성 금속물질을 섬유 고분자 물질과 혼합하여 2층 구조형태로 복합 방사하는 Filament yarn Type의 전도성 섬유와 전도성 금속물질과

섬유를 여러 형태로 복합 방적하는 Spun yarn Type으로 구분할 수 있다. 실질적으로 전도성섬유를 활용한 IT융합 섬유제품 개발은 제 5세대 전도성 섬유를 통하여 크게 개발이 확산되었다. 이는 2~4세대 전도성 섬유의 문제점을 크게 개선한 것으로, 전도성 차이, 즉 전기저항으로 인한 전류의 감소, 센싱, 및 모듈작동의 에러 등을 근본적으로 개선한 것으로 해석된다. 상세한 내용은 2.6 전도성 섬유의 제조방법을 참조하길 바란다.

2.3 전도성 섬유의 특징

- 전도성 섬유는 실 한 올의 표면이 금속화된 구조를 하고 있으며 이는 섬유 한 가닥 한 가닥에 금속 박막을 형성시킴으로써 섬유 특징을 살린 상태에 금속 특성을 부여할 수 있게 된다.

- 종전의 필름 적층방법이나 수지 표면 처리방법으로는 섬유직물 전체를 도전화 하기 어렵고 유연성도 떨어진다. 그리고 요철이 있는 복합 형상의 섬유포의 금속화 처리는 용액계 처리인 무전해 도금방법이 최선의 방법이므로 전도성 섬유는 이 방법을 택하고 있다.

- 섬유 무전해 도금에서는 금속박막을 밀착성이 양호하도록 복합화함으로써 금속박은 전도성을 얻을 수 있게 된다. 그리고 금속을 복합화 함으로써 섬유에 전자파 차단성이 주어지게 되며, 이때 상품 대부분은 40~100dB의 성능을 갖게 된다.

- 섬유의 특징은 유연성이 우수하므로 유연성에서는 섬유 소재를 따라갈 수 없다. 또한 가볍고 강한 점과 구조를 다양화 할 수 있는 것도 특징이라 할 수 있다.

2.4 전도성 섬유의 분류 및 용도

전도성 섬유의 정의는 명확하지는 않지만, 일반적으로 금속 반도체, 카본블랙 및 금속 산화물 등의 도체 재료를 사용하여 전기저항이 비교적 낮게 만든 섬유를 일컫는다. 예를 들면, 단섬유 1cm 당의 저항이 $10^{12}\Omega$ 정도이하 또는 전기 비저항(체적 고유저항)이 $10^7\Omega/cm$ 정도 이하, 또는 직경이 $100\mu m$ 이하에서 겉보기 전기저항이 $10^9\Omega/cm$ 이하로 있는 것을 말하기도 한다.

전도성 섬유의 일반적인 직경은 8~50 μm 이고, 그 중에서 금속섬유의 전기 비저항은 $10^5\Omega/cm$ 수준이고, 금속레보루 섬유는 전기 비저항이 $10^2\Omega/cm$ 수준이며 겉보기 전기저항은 1~ $10^2\Omega/cm$ 이며, 또한 유기 전도성 섬유의 대부분은 전기 비저항이 $10^3\sim 10^5\Omega/cm$ 수준이고 겉보기 전기저항은 $10^6\sim 10^9\Omega/cm$ 이다. 따라서 일반적인 합성섬유의 전기 비저항 $10^{14}\Omega/cm$ 수준에 비해서 큰 전도성을 보이고 있다. 그러나 금속 섬유의 전도

표 1 전도성 섬유의 전기 비저항 (20℃, 30% RH)

구분		전극, 전선재 EMI재료	발열체 ECF재료	절연 재료
섬유의 구분	비저항 (Ω/cm)	도체 10 ⁻¹⁰ 10 ⁻⁵	반도체 10 ⁰ 10 ⁵	절연체 10 ¹⁰ 10 ¹⁵
금속섬유	精線 (나스론)	↔		
탄소섬유	Toray (도레카)	↔		
금속피복 유기섬유	구라레이 (사루멘구)	↔		
금속화합물 표층함유섬유	링다론	↔		
전도성수지 피복유기섬유	Teijin (메타리안)	↔		
유기배열체 섬유	Toray (SA-7)		↔	
탄소배열 복합섬유	Kuraray (쿠라카보)		↔	
금속산화물 배열복합섬유	Kanebo (베루토론)		↔	
저용접금속 복합섬유	Toyobo (호리도)		↔	
유기전도성 물질	Toray (비레루)			↔
일반의류용 섬유	양모 합성섬유			↔

성은 반도체 영역에 머물러 있으며 유기 전도성 섬유의 경우에는 반도체의 특성을 가진 것이 있는 수준이다.

표 2 전도성 섬유의 주요용도

전기저항수준	제품	용도분야	주요용도
고(高, 높음)	방진작업복	정밀기기, 기계부품, 전자공업, 사진, 식품, 의약품, 화장품, 병원, Computer실 등	방진, 자기파손, 계측불량, 작업 등의 방지
	제전 Competon	호텔, 병원, 불링장, 일반빌딩, OA Floor 등	전충방지, 오염방지, Noise 방지
	제전	화학, 식품, 의약품공업 등	분진폭발방지, 여과효율향상
	제전毛布	병원, 호텔, 차량, 선박, 극한치 등	Shock방지, 인화폭발방지
	제전장갑	Platic, 합성섬유, 합성피혁 고무제품 등의 제조 및 가공	전격방지, 인화폭발방지
	제전봉(縫)	일반 외의류(스커트, 원피스 등), 下着類	방진, 탈의시 불쾌감방지
	제전의자	OA의자, 차량 Seat	Shock방지, Noise방지
중(中, 중간)	방폭형작업복	섬유정제, 탄가이, 탄린수산도, 도장, 석유화학, 석탄산업, Gas 등	인화폭발방지
	제전장치 (자기방전식)	섬유, Plastic, 필름, 종이, 인쇄고무, 식품 등의 제조 및 가공, 복사기	제전에 의한 공정 문제 제거, 제전자 cleaning
	도전작업복	전력회사, 전기공사, 회사 등	정전기유도장해방지
	제전 Rope	석유정제, 탄가이탄린수산도 등	인화폭발방지
	제전포장재	IC, 전자공업 등	정전기방지
저(低, 낮음)	전자파차단기재	방송국, 고주파, 전자기기, 정밀기기, OA Screen filter 등	전자파장해방지
	발열체	Load Heater, 루우히터, 보온복 등	발열에 의한 보온, 동결방지

표 3 전도성 섬유의 전기 저항도별 용도

전기 저항도	제품	용도
고(高, 높음) (10 ⁵ ~10 ⁸ Ω·cm)	무진 작업복	정밀기기, 전자공업, 사진, 병원 등의 계측 불량 등의 방지
	제전장갑	전격방지, 인화 폭발 방지
	제전카펫	호텔, 병원, Bowling장 등의 전충방지, 오염방지, Noise방지
	제전 Bag Filter	분체화학, 식품, 의약품공업 분진폭발방지, 여과효율 향상
중(中, 중간) (10 ² ~10 ⁵ Ω·cm)	방폭형 작업복	석유정제, 도제, 석유화학, 도장산업, Gas 등의 인화 폭발방지
	도전 작업복	전력회사, 전기공사회사 등의 정전기 유도장해 방지
	제전 포장재	IC, 전자 공업 등의 정전기 방지
저(低, 낮음) (10 ⁻¹ ~10 ¹ Ω·cm)	전자파 차폐	방송국, 전자기기, 정밀기기, 컴퓨터의 전자파 장해 방지
	면상 발열체	전기모포, 보온복, Heater 등의 발열에 의한 보온, 동결방지 등
	스마트 의류	신호전달성 소재, Wearable Computer 등

즉, 손실이 적은 전기 전도 기능으로서는 미흡하지만 특정 저항을 가진 전도성 기능에 부응할 수 있다.

유기 전도성 섬유는 전기 비저항에 의해 분류할 수 있다. 즉, 겉보기 전기저항이 1~10⁴Ω/cm인 전도성분 피복형과 겉보기 전기저항이 10⁶~10⁹Ω/cm인 전도성분 복합형으로 분류된다.

2.5 전도성 섬유 개발 현황

1970년에 들어서 일본 精線에서는 Stainless섬유 <나스론>이 실용화되어 우주개발과 특수공업재료로서 사용되며, 또한 대전방지 및 전자파 차단 등으로 용도를 확대했다. 그러나 주된 용도는 전도성 섬유를 극히 미량 혼용함으로써 낮은 습도에서도 우수한 제전성능을 발현시키는 것이다. Stainless 섬유는 방직섬유로서 생산량이 문제가 있고 이용방법 및 용도가 한정되어 있는 단점이 있다. 따라서 유기 전도성 섬유의 개발이 진행되고 있다.

유기 전도성 섬유로는 1967년에 Carbon black 미세분말을 coating한 Teijin의 “메타리온”이 있고, ICI社에서는 섬유의 표면에 Carbon black 미립자를 함유한 “Epitropic Fiber”가 개발되었다. 1970년대에 들어와서는 섬유에 은과 니켈을 도금하기도 하였다.

1972년에는 복합방사기술을 응용하여 기존 섬유의 물성도 거의 변하지 않는 범용성의 소재로서 동심원 복합형의 전도성 섬유가 DuPont에서 개발되었다. 이것은 유기 전도성 섬유소재의 전망을 밝혀준 획기적 소재로서의 가치가 있다.

Carbon Black이 섬유의 전도성 물질로서 사용되어지는 것은, 역사적으로 1957년에 Bulgin이 비스코스 레이온에 혼입하여, 병원의 수술실에서의 정전기 장애를 해결하려 했던 시도가 처음인 것으로 추측된다. 그러나 30%라는 다량의 카본블랙을 혼입하지 않고는 효과를 얻을 수 없었다. 카본블랙을 다량 혼입하면 섬유물성의 저하가 크기 때문에, 복합방사에 의해 중심 혹은 겉에 전도성 물질을 혼입하는 방법으로 개발이 시도되었다. 그러나 카본블랙 미립자를 사용하고 있기 때문에 외관이 흑색이므로 색상을 다양화하기가 어렵다는 단점을 가지고 있다. 최종 수요자로부터 범용성이 가능한 백색 전도성 섬유가 크게 요구되었으며 착색 문제를 해결하기 위해 여러 가지 대책이 검토되었다. 그러나 아직 색상과 내구성면에서 문제점이 남아 있으므로 현재는 궁극적인 전도성 섬유의 개발이 적극적으로 진행되고 있다.

최근 일본의 쿠라레이(Kuraray)는 미쓰이(Mitsui)와 공동으로 분산용액 기술을 응용한 탄소나노튜브코팅 전도성 폴리에스터 가공사를 개발에 착수하였다. 한국 화섬협회의 해외정보(Textileinfo)에 따르면 양사가

표 4 전도성 섬유의 종류와 전도성 부여 가공법

Type	단면형태	전도성 섬유	제조방법	대표상품
전도성 성분 균일성		금속섬유(stainless steel)	금속을 Dice(bies)에 통과하여 섬유화	일본 精線 <Brauswick> <Brausmet>
		탄소 섬유	Acryl, Rayon, 피치섬유를 소성탄소화	Toray <토루카>
		활성탄 섬유	Rayon, Acryl계섬유, 카이노루계섬유, 비닐론섬유를 탄화	Kuraray <쿠쿠>
전도성 성분 피복형		금속피복 유기섬유	유기섬유 표면에 혹은 진공 증착법에 의한 금속을 피복	Kuraray <세루멧> Rohm & Haars <X-static>
		전도성 수지피복 유기섬유	유기섬유 표면에 전도성 미립자를 분산시켜 유기층을 형성	Teijin <메타리온>
		동심원상 복합섬유	복합방사 기술을 사용하여 전도성 미립자를 표면에 피복	ICI <Epitropic Fiber>
전도성 성분 복합형		금속 화합물 표층함유 섬유	유기섬유 표면에 금속화합물을 함침 시킨 후 화학반응에 의해 고착 처리	Rhone Poulenc <Nylfrance>
		도전체 함유 중합체를 복합 성분화한 복합섬유	전도성 미립자를 분산하여 중합체를 성분(多芯)화 하여 복합방사한다. 전도성 미립자를 분산시킨 중합체를 복합방사	Du pont <Antron-III> Kuraray <쿠라가보> Monsanto <ultron> 종방 <베루도롱> 유니티카 <무가III>
		유기배열체 섬유	전도성 미립자 분산 중합체를 ‘프린트’, 혹은 다심 복합방사	Toray <SA-7>
		저용점 금속을 복합성분화한 복합섬유	저용점 금속을 복합방사	

표 5 전기전도성 섬유의 개발 사례

개발기관	연도	개발내용
스위스 ETHZ 연구소(Eidgenossisch Technische Hochschule Zurich)	2005	- 구리와 은 성분의 미세 Wire를 이용하여 30Ω/m의 전기전도성 섬유 개발 - 성능 : 미발표
독일 Fraunhofer IZM 연구소(Institut Zuverlässigkeit Mikrointegration)	2005	- 은과 Polyamide 섬유를 이용하여 20Ω/m의 전기전도성 섬유 개발 - 성능 : 미발표
한국생산기술연구원 스마트섬유팀	2005	- 구리를 직경 10μm으로 인발하여 7.5Ω/m의 디지털 사 개발 - 성능 : 5.5Mbps
제일모직(주) 한국섬유기술연구소	2009	- 양산화가 가능한 50, 80μm인 구리직경을 기반으로 Sheathe core yarn Type의 제품개발 성공 - 성능 : 3.5Ω/m, 8.5Mbps

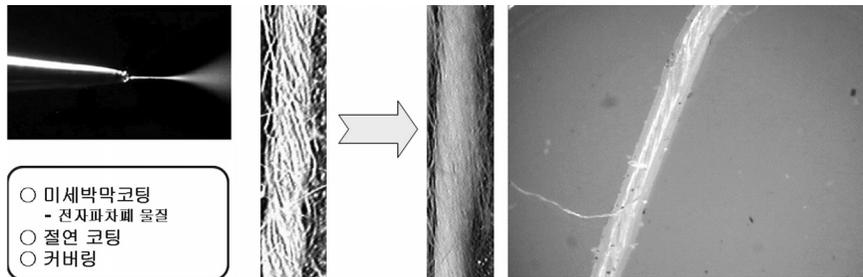


그림 1 디지털 사의 구성 및 절연 코팅된 디지털사

표 6 전도성 섬유제품 개발 동향(국외)

제조사	제품명	개발기술	주요특징
스위코필	스타텍스	나일론 섬유에 금속코팅	유연성 우수
시스콤 테크놀러지	엠버스트랜드	자일론에 금속코팅	유연성과 강도 우수 섬유
듀폰	아라콘	케블라에 금속코팅	고강도, 고내열성
베카르트	베키녹스 VN	번들 드로잉에 의한 스테인레스 스틸섬유제조	내구성과 전도성 우수, 발열, 데이터/파워전송
짐머만	짐시-이커넥트	탄성사와 금속사의 심초구조	신축성, 일반직물의 외관
엘렉트로-포인트라하트	텍스타일 와이어	금속코팅사와 일반사의 합사	전자파차폐, 장식, 데이터전송
(주)조이앤조이	전기전도성 밴드	금속사 삽입한 세폭 밴드	유연한 전도성 밴드
OSNF	OSNF밴드	금속사 삽입한 세폭 밴드	커넥터 부착된 전도성 밴드로 기기와 연결용이
메사추세츠 공대	행렬 패브릭 키보드	행렬방향 전도성 직물 배열 및 절연층 이용	직물형 키패드
일렉트로텍스타일	일렉텍스	5점의 다층구조화	유연하고 구김에 강함
(주)조이앤조이	직물 키패드	전도성 직물과 절연층 이용	두께가 얇고 유연
소프트스위치	소프트스위치	QTC와 전도성 폴리머의 혼합 물질층 활용	구김과 세탁에 내구성
루미넥스SPA	루미넥스	POF표면 에칭하여 LED빛의 발광효과	발열없이 가볍고 유연, 패션제품에 활용
루미텍스	루미텍스	POF제직시 굴곡면 통해 LED 발광효과	균일한 발광효과, 스위치의 백라이트용
프랑스 텔레콤	커뮤니케이션 의복	POF표면 에칭으로 직물형 디스플레이의 픽셀 역할	다운로드받은 영상을 표시하는 직물 스크린
인터내셔널 패션머신	일렉트릭 플레이드	열변성 잉크와 발열직물 조합	색상프로그래밍으로 의류·인테리어에 활용
텍스트로닉스	텍스트로모니터링	직물 신장·수축 감지 광센서	심박과 호흡 활동 감지
밀리오르 스마트텍스	웰씨	스테인레스 스틸사로 전극 편직	심전도 측정
조지아 공대/센사텍스	스마트 셔츠	POF와 전도성 실 삽입 직물	호흡과 맥박 등 측정
메사추세츠 공대	뮤지컬 재킷	전도성 실로 자수한 키패드	음악감상용 의류
휴고보스와 FHTW대학	커뮤니케이션 재킷	직물 키패드, 금속사 신호선	휴대전화가 통합된 의류
큐트셔킷	F+R허그 셔츠	촉각센서, 온도센서, 진동패드	포용을 전달하는 의류

발한 제품명은 “CANAN”으로 폴리에스터 멀티필라멘트 가공사에 탄소나노튜브를 균일하게 코팅함으로써 망상조직을 형성시키는 공법을 적용했다. 이와 함께 미쯔이의 멀티월(Multi-wall)타입 탄소나노튜브 분산용액기술을 도입했다.

그리고 일본의 Toray는 선형저항이 $10^4\Omega/cm$ 로 합섬으로서는 가장 큰 전도도를 갖는 우수한 전도성 Polyester를 개발했다. 동을 함유한 제품의 전도성은 매우 안정적이며 온도, 습도 등 기타 환경요인의 영향이 없어 품질이 우수한 것으로 평가되고 있다. Toray는 실제 사용가능한 기본 기술을 개발하고 있으며, 최종제품을 개발하기 위해 합작도 검토 중에 있으며 다양한 용도 전개에도 노력하고 있는 중이다.

한국생산기술연구원에서 개발한 디지털 사는 그림 1과 같은 구조를 갖는다. 코어부분은 $10\mu m$ 직경의 구리 필라멘트 3~7가닥으로 구성되어 있다. 전자파 차폐를 위해서 미세박막 코팅을 하고 절연을 위해서 수지로 코팅하며, 마찰 및 후속공정의 작업효율을 높이기 위해서 염색된 일반 실로 커버링을 해준다.

표 7 전도성 섬유제품 개발 동향(국내)

구분	기술내용
한국과학기술연구원(KIST)/한국과학기술원(KAIST)	군사용 및 언론사 취재기자용 Intelligent 기능 의류 등의 컨셉 디자인을 발표(2002)
연세대	유비쿼터스 캠퍼스화 프로그램의 일환으로, PDA 장치와 주변기기가 의복내에 통합된 캐주얼 재킷을 개발(2003)
한국과학기술연구원(KIST)	무선통신으로 서버에 있는 자료파일을 찾을 수 있는 “착용형 키보드 ScurryTM용 장갑”의 개발에 참여하여 24시간 착용이 가능한 쾌적성이 뛰어난 소재 및 디자인 개발(2003)
제일모직(주) 한국섬유기술 연구소 한국패션산업연구원	전도성 금속물질을 이용한 Sheathe core방적사를 이용하여 정전용량식 센서직물 개발. 보안용 카펫 Smart textileTM, 자동차시트, 낙상방지를 위한 환자용 침대시트 등(2011)

표 8 현재 기술개발(R&D) 추진 현황 (전도성섬유 기술분야)

구분	파라메타	실용화	과제	개발주체
전자매체 접합 섬유소재	접점저항/섬유물성 변화	○	금속사 및 센서의 섬유상 접합기술 센서 등 전자장치의 섬유일체화 기술	Infineon사, Sensatex사, Softswitch사
신호전달 섬유 복합사 무봉제기술	금속데니어	○	금속사와 일반섬유 복합사 편직기술 직편물 상 좌표 표시 및 검출 기술	일본 福井대학 Infineon사
디자인/제조	모듈형 디자인 프로토타입	○	Intelligent 기능 섬유제품의 모듈형 설계 방식 및 디자인 프롤타입과 제조방식의 개발	Infineon사, 연세대
하드웨어	섬유제품용 Digital 기기	○	섬유제품에 적합한 Flexible Digital 기기의 개발 및 의류에의 접목	Philips사, Infineon사
소프트웨어 응용	섬유제품용 소프트웨어 및 시스템	○	유비쿼터스 컴퓨팅을 지원하는 embedded S/W 및 서비스 플랫폼의 개발	Virtex사, Wherify Wireless사, 연세대
섬유기반 센서	섬유 변수 및 밀도별 정전용량 변화	○	전도성 금속물질을 이용한 Sheathe core방적사 및 이를 이용한 센서직물 개발	제일모직(주) 한국섬유기술연구소

사업구분	중앙정부 추진 사업명	주관기관
중기 거점	• 미래 일상생활용 스마트 의류 개발	연세대학교
	• 신호전달성 소재개발	효성
	• POF직물을 이용한 wearable 네트 워크기반 기술 개발	미광섬유
	• Smart fabric용 다기능성 Bio-protection 필라멘트의 제조기술개발	코오롱
	• 스마트 컨버팅을 통한 E-textile 개발	조인앤조이
	• 스마트의류제품화	연세대학교
	• 섬유기반 스마트센서용 차세대 전도사 및 패브릭 개발	제일모직(주)

디지털 사와 일반 원사를 이용하여 편직을 하게 되면, 디지털 사 부분은 전자기 판의 회로와 같은 역할을 하여 이 부분을 통해서 데이터가 송수신될 수 있으며, 일반 원사는 의류를 구성하는 역할을 하고 있다.

2.6 전도성 섬유 제조 방법

IT융합 섬유제품의 핵심 기술인 전도성 섬유(원사)를 제조하는 기술은 제품의 용도에 따라 여러 가지 방법

표 9 Filament yarn Type에 의한 전도성 섬유의 제조방법

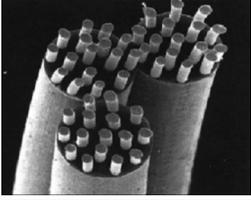
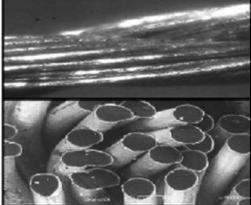
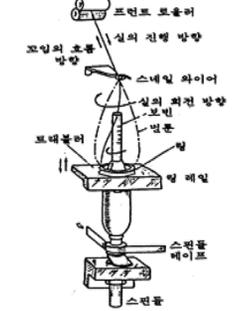
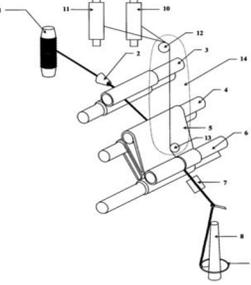
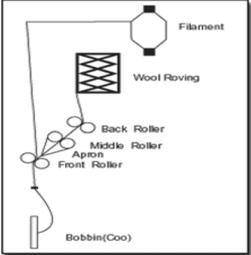
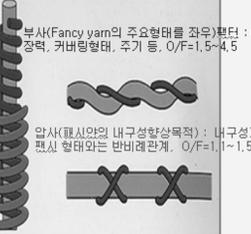
구분	내용	원사 사진
혼합용융방사 (Melt spinning)	<ul style="list-style-type: none"> - 전도성 금속물질을 섬유고분자물질과 혼합하여 일반섬유와 2층 구조로 방사하여 해도사(海島絲, Ultra-microfiber polyester, Islands in the sea type)모양으로 제조한 원사 - 일본/Brauswick 	
코팅섬유 (Coated Filament)	<ul style="list-style-type: none"> - 섬유표면에 은, 니켈, 구리 등과 같은 전도성 금속물질을 코팅한 원사 - 인체계측을 위한 센서용 원사 등 	

표 10 Spun yarn Type에 의한 전도성 섬유의 제조방법

구분	내용	이미지 사진
Ring Spinning	<p>정방(Spinning)공정은 섬유의 로빙에 꼬임을 가하며 가늘게 늘여 원사를 만드는 공정으로 정방공정은 방적공정의 마지막 단계로서 로빙을 원하는 굵기로 드래프트하여 필요한 굵기를 만들고, 동시에 방출하는 실에 강력을 부여하기 위하여 적당한 꼬임을 주어, 실로 방출하여 보빈(Bobbin)에 일정한 모양으로 감아주는 공정이다.</p> <p>정방기의 주요 작용은</p> <ul style="list-style-type: none"> - 드래프팅(Drafting, 연신운동) - 트위스팅(Twisting, 가연운동) - 와인딩(Winding, 권취운동)으로 구성되며, 금속섬유(Fiber) 혼합(Mixing)하여 전도성 기능을 부여한다. 	
Core Spinning	<p>한 가닥의 섬유속(Sliver) 중앙에 Filament사가 위치하게 고정시키면서 제조하는 방적방법으로, 전도성섬유의 경우 Filament사 대신 금속사(Cu, Ag 등)를 삽입하여 방적하게 된다. 코어방적법에 의해 제조된 전도성 섬유는 원사의 중앙에 금속사가 배치되어 안전성이 높은 특성을 발휘한다.</p>	
Siro-fil Spinning	<p>한 가닥의 섬유속(Sliver) 또는 Strand에 2차 성분사를 결합시키는데, 2차 성분사는 통상의 단사 또는 연속 Filament 사를 사용하여 합연 및 부수 공정없이 제직 가능한 단사(單絲)생산이 가능한 방적방법이다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 금속사(Cu, Ag 등)를 원사 외곽에 위치시켜 외부의 신호를 감지하는 기능을 위한 전도성 섬유를 제조하는 유용한 방법으로 평가된다. 	
Double & Covering process	<p>완성된 단사(單絲)를 이용하여 원하는 외관효과 및 성능을 부여하기 위하여 각각의 원사에 필요한 Over-feed 및 꼬임을 가하여 원사를 만드는 공정으로 원사의 기둥이 되는 심사, 효과를 주는 부사, 부사효과와 내구성을 부여하는 압사 등으로 구성된다.</p> <ul style="list-style-type: none"> - 금속사(Cu, Ag 등)를 원사 외곽에 위치시켜 외부의 신호를 감지하는 기능을 주는 전도성 섬유 제조하는 방법으로, 가장 쉬우면서도 적은 양으로도 생산이 가능한 방법으로 평가된다. 	 <p>부사(Fancy yarn의 주요형태를 좌우) 형태 : 0/F, 강력, 커버링형태, 주기 등, 0/F=1.5~4.5</p> <p>압사(靛시와의 내구성향상목적) : 내구성과 편식 형태되는 반비례관계, 0/F=1.1~1.5</p>

으로 구분하여 제조가 가능하다. 아래 방법은 섬유제조 설비 기반으로 양산화가 가능한 전도성 섬유제조방법을 간략히 기술한 것이다.

2.6.1 정보전달 및 전원전달용 전도성 섬유

정보전달 및 전원전달용 전도성 섬유의 주 역할은 전송 출발지에서 전송 목적지까지 전송시 손실되는 정보 또는 전원의 전송량 감소없이 전달되게 하는 것이 주 목적이다. 그러므로 원사의 단면부문이 가능하면 원사의 안쪽에 위치하여 외부로부터 보호받을 수 있도록 설계·제조하는 것이 중요하다. 일반적으로 Filament Type으로 전도사를 제조하는 방법과 Spun yarn Type으로 제조하는 방식의 2가지 방식으로 구분할 수 있으며, Filament Type은 인체신호 측정용으로, Spun yarn Type은 정보전달용 방식으로 사용하는 것이 일반적이다. Spun yarn Type중 Core spinning 방식은 정보 전달용으로 사용하는데 가장 안정적인 제조방법으로 평가되고 있다. 한편 금속사를 외곽으로 위치하게 하는 Double & Covering process 방식은 인체신호측정용으로 사용이 가능한 전도성 섬유(원사)이며, 다양한 용도로 변형이 가능한 다용도 전도성 섬유제조방법으로 구분된다.

2.6.2 인체신호측정용 전도성 섬유

신체의 건강신호 등을 측정하기 위해서는 전도성 섬유의 외부 측면에서 정보나 신호 등을 받을 수 있는 조건을 형성시켜야 한다. 구리나 은을 함유한 금속사를 외부에 위치시키기 위하여 Siro-fil spinning형태의 방적 Type이나 Double & Covering process로 제조방법을 선택해야 한다. 그래야만 외곽의 금속사가 외부의 환경신호를 감지하여 전송해줄 수 있는 기능을 구성해 줄 수 있는 형태를 갖추기 때문이다.

2.6.3 인터페이스용 전도성 섬유

전도성 섬유를 이용한 융합제품은 대부분이 움직이는 IT제품이므로 제품간 연결부분이 섬유-IT-섬유제품이나, IT-섬유-IT제품으로 연결된 상태로 그 기능이나 서비스를 이용하는 것이 대부분이다. 단순한 연결은 물리적 연결(Physical Connection)만으로도 처리가 가능하나 다양한 정보를 전달하기 위해서는 무선처리 방법 등으로도 연결을 하는 경우가 많다. 이때 많이 사용되는 소재가 POF(Plastic Optical Fiber)이다. 원사의 구성 또는 직·편물 형성을 통하여 데이터의 전송이 가능한 장치를 만드는 것이 핵심기술이다. 일반적으로 일체화된 시스템을 구성하는 하드웨어나 소프트웨어 등을 접속하기 위한 포괄적인 용어를 인터페이스(Interface)라고 총칭한다. 또한 IT제품과 섬유제품 등 서로 소재를

연결하거나 접속하는 기술이나 공정도 인터페이스란 용어로 사용된다.

3. 향후 전망

3.1 현재 문제점

IT융합 섬유기술은 향후 가까운 미래에 기존 전자기기 기능을 우리가 항상 입고 사용하는 의류 및 생활용 섬유제품에 이식되고, 이에 따른 새로운 서비스산업이 등장할 것으로 예측하고 있다. 국내에서도 IT융합제품의 다양한 제품 개발을 전개하기 위한 전도성 원사의 니즈가 점진적으로 증가하고 있는 추세이다. 그러나 상업적으로 이용하려면 아직도 넘어야 할 산이 많은 것이 현실이다. 상품화를 위한 다양한 색상과 디자인전개, 제품의 거래단위, 제품규격, 품질 표준화 등 상거래에 필요한 기본적인 요건 등은 아직도 판매할 수 있는 시장과는 많이 동떨어져있는 실정이다. 현재 개발된 성과를 보면 연구개발차원의 제품중심으로 이루어져 있다. 시장에 판매 또는 출시하기 위한 상품개발이나 품질규격화 등의 측면에서 보면 아직 미흡한 수준이다. 그리고 IT융합 섬유제품은 기본적으로 유비쿼터스 환경을 고려한 제품으로 설계되어야만 그 진가를 발휘할 수 있는 제품군이다. 그런데 현재 기술수준으로는 운동범위가 크고 진동수가 큰 제품에서는 성능이나 품질 내구성 측면에서 많은 문제점을 가지고 있는 것이 현실이다. 이를 해결하기 위한 상업화 연구들이 원천기술개발 못지않게 중요한 영역을 차지하고 있다는 것을 명심해야만 한다.

3.2 향후 전망

지금까지 살펴본 IT융합 섬유기술동향을 바탕으로 문제점과 개선사항을 기 개발된 기술과 앞으로 개발해야 할 기술로 요약해보면, 첫째 이미 개발된 기술은 기업의 자발적 참여를 유도하여 미래에 다가올 융합제품에 대한 필요기술로 받아들일 수 있는 공감대를 형성하는 것이 무엇보다 중요하며, 기술로드맵(Technology roadmap)을 통한 산업내·간 미래기술 확보에 대한 전략구성이 필요한 시점이다. 그리고 양산화를 위한 생산기술 확보 및 제품생산 표준화 등에 대한 관심이 필요한 시점이라 하겠다. 2010년대 들어 국내·외의 발빠른 기업에서는 IT융합기술을 발판으로 연구개발을 통한 사업화 전략을 세워나가는 선진기업들이 나타나고 있다. 둘째 향후 개발해야 될 기술 분야에서는 현재 문제점으로 제기된 유비쿼터스환경에서 품질확보를 위한 내구성이 좋고 양산성이 확보된 전도성섬유 개발

이 우선적으로 필요하다. 이 분야의 대안으로 산업용 섬유(Super fiber)와 IT융합 섬유간 또 다른 융합기술이 접목된 기술영역이 새롭게 부각될 것으로 생각된다. 그리고 산업기술향상과 더불어 상업적으로 유통이 가능한 상거래 단위, 제품규격, 신뢰성평가 등 제도마련도 시급히 이루어져야 한다. 또한 IT융합 섬유제품의 실질적 성과확산이 빠른 시일내 가시화되기 위하여 국가적 차원의 체계적인 지원이 동시에 수반되어야 한다.

IT융합 섬유기술은 미래에 의류·섬유산업과 IT산업 등 여러 관련 분야간 유기적 협업을 통하여 공생하며 고부가가치산업으로 이끌어가야 할 유망기술로 평가되고 있다. 현재 우리가 보유한 우수한 자원과 기술들이 미래에 빛을 발할 수 있는 환경을 만들기 위해서는 연구기반 구축과 더불어 연구·기획자들의 각고의 노력이 더욱 필요한 시점이라 생각된다.

참고문헌

- [1] 조광년 외, “Sheath-core 구조 전도성 섬유센서의 염색가공 조건에 따른 전기·물리학적 특성연구”, 한국섬유공학회지, 연구논문지, 제48권 제3호 pp.156-165, 2011.
- [2] 김종훈 외, “2011 산업기술로드맵(신산업)”, p.5, p.12, 한국산업기술진흥원, 2012.
- [3] 한상철 외, “섬유IT 융합기술의 현황과 발전방향”, KEIT PD 이슈리포트 2012-8호, pp.125-126, 한국산업기술평가원, 2012.
- [4] 정재석 외, “IT-섬유 융합기술을 위한 상품설계실무”, pp.244-247, 한국섬유개발연구원, 2011.

약 력



조 광 년

2007 계명대학교 물리학(학사)
 2010 경북대학교 섬유시스템공학(석사)
 2008~현재 한국패션산업연구원 융합연구팀
 (주임연구원)
 관심분야 : 의류제품개발, IT-섬유융합제품개발
 E-mail : ckn7282@krifi.re.kr



정 재 석

1990 서울대학교 천연섬유학(학사)
 2000 숭실대학교 섬유패션공학(석사)
 2000 제일모직(주) 상품개발팀장
 2011~현재 한국섬유개발연구원 전문위원
 관심분야 : 섬유공정개발, IT-섬유융합제품개발
 E-mail : jsh6022@textile.or.kr