

# 디지털 의류 기술 개발 동향

Trend in Digital Clothing Technology

IT 융합기술 동향 및 전망 특집

김지은 (J.E. Kim) 웨어러블컴퓨팅연구팀 선임연구원  
 정현태 (H.T. Jeong) 웨어러블컴퓨팅연구팀 선임연구원  
 조일연 (I.Y. Cho) 웨어러블컴퓨팅연구팀 팀장

## 목 차

- I . 디지털 의류 개요
- II . 기술 동향
- III . 국내 기술 동향 및 전망

\* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 IT원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2008-F048-01(A1100-0801-2995), u-컴퓨팅 공간 협업을 위한 Wearable Personal Companion 기술 개발]

디지털 의류는 디지털 기술이 의류에 자연스럽게 융합되면서 옷을 입은 사람뿐만 아니라 외부의 디지털 기기와의 자유로운 소통이 가능한 의류이다. 1990년 후반부터 유럽과 미국에서는 섬유기술에 IT 기술을 융합하는 연구가 계속되고 있으며, 직물부품 및 직물회로를 구현하여 의류에 적용한 바 있다. 초기 디지털 의류는 군복과 같은 특수용으로 개발되었으나 요즘에는 MP3 플레이어 내장 의류, 색깔이 변하는 의류, 헬스케어 의류 등 일상생활용도의 의류가 개발되는 추세이다. 디지털 의류는 신소재 산업, 센서 산업 등 기술 집약 산업의 활성화는 물론, 기존 전통 산업에 IT 기술을 접목함으로써 섬유, 패션, 의류산업의 확장과 활성화에 큰 역할을 할 것으로 전망된다. 앞으로 우리나라가 디지털 의류 시장을 선도하기 위해서는 섬유 IT 및 의류 IT 융합 핵심기술의 확보가 시급하다. 본 고에서는 섬유 IT 융합분야의 이해를 높이고자 디지털 의류 기술 개발의 동향을 살펴보고 향후 기술발전 방향을 전망해 보고자 한다.

## I. 디지털 의류 개요

옷은 보통 사람들이 늘 입거나 걸치고 생활하는 것으로 언제 어디에서나 가장 가까운 곳에서 필요한 기능을 제공한다. 사람들은 자연스럽게 보온, 안전, 표현과 같은 전통적인 기능 이외에 첨단기술이 접목된 스마트하고 인텔리전트한 기능이 있는 의복을 요구하게 되었다.

이러한 이유로 1960년대에 컴퓨팅 기기를 분리하여 옷에 넣거나 인체에 직접 착용하는 형태의 웨어러블 컴퓨터(wearable computer)가 탄생하였다[1]. 초기 웨어러블 컴퓨터에서의 옷은 착용을 가능하게 하는 보조적인 수단에 지나지 않았다. 그러나 2000년대에 들어오면서 가젯(gadget) 형태의 디지털 기기를 옷에 착용(on-cloth)하는 단계를 넘어서 옷에 디지털 기능을 내장(in-cloth)하는 단계로 발전하고 있다.

이러한 흐름에 따라 현재 미국과 유럽을 중심으로 ‘웨어러블 컴퓨터’ 보다는 스마트 의류(smart clothing), 인텔리전트 웨어(intelligent wear), 디지털 가먼트(digital garment), 일렉트로 텍스타일(electro-textile, e-textile)이라는 용어가 더 많이 사용되고 있다.

여러 가지 용어가 혼란스럽게 사용되고 있으나, 본 고에서는 디지털 기기가 의류에 자연스럽게 융합되면서 옷을 입은 사람뿐만 아니라 외부의 디지털 기기와도 자유로운 소통이 가능한 의류라는 의미에서 ‘디지털 의류(digital clothing)’라는 용어를 사용하고자 한다. 디지털 의류는 넓은 의미에서 섬유와 IT가 융합된 웨어러블 인터랙티브 일렉트로닉 텍스타일(wearable interactive electronic textile)을 지향한다.

이러한 디지털 의류를 제작하기 위해서는 기존과 다른 섬유 및 IT 융합 기술이 요구된다. II장에서는 디지털 의류 제작 기술 동향을 알아보고, III장에서는 국내 기술 동향 및 전망을 살펴본다.

### ● 용어해설 ●

본 고에서 사용되는 용어는 ‘최신 의류 소재의 동향[2]’을 참고하였음을 밝힙니다.

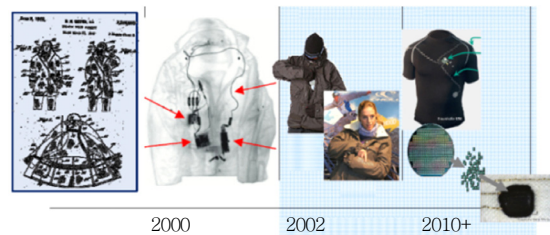
## II. 기술 동향

### 1. 디지털 의류 개발 방향

디지털 의류를 제작하기 위해서는 전자기술, 섬유기술, 패션기술 등이 복합적으로 요구되며 섬유-직물-의복 각 단계에서 IT 기능을 통합하는 것이 가능하다[2]. (그림 1)을 보면 의복-직물-섬유단계 순서로 기술 발전이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

초기에는 O'Neill의 MP3 스노보드 재킷과 같이 의복단계에서 통합이 이루어졌다[3]. 하지만 단순히 IT 부품을 옷 안으로 넣는 형태는 착용상, 사용상의 번거로움이 존재하였다. 이후, 착용성을 높이기 위해 전도성사로 직물회로를 구성하고 디지털 기기를 직물에 통합하는 직물단계의 통합 연구가 이루어지고 있다. 대표적으로 유럽연합에서 진행중인 my-Heart 프로젝트에서는 운동선수, 환자들의 심박을 모니터링 할 수 있는 생체신호 모니터링 의복을 개발하였다[4].

최근에는 디지털 기기와 센서들 전체 또는 일부를 섬유 안에 통합하려는 시도를 하고 있다. 유럽연합의 Biotex 프로젝트에는 생체신호 모니터링 직물 센서를 이용한 의복을 개발하고 있다[5]. 아직은 간단한 센서를 구현한 수준이므로 섬유 및 IT 각 분야에서 지속적인 연구가 필요한 실정이다.



(그림 1) 디지털 의류 기술의 발전[6]

### 2. 디지털 의류 제작 요소 기술

#### 가. 스마트 섬유(Smart Fiber)

디지털 의류 제작에 주로 사용되는 스마트 섬유

는 광섬유(optical fiber)와 전도성 섬유(conductive fiber)이며, 주로 신호 전달 및 전기 에너지 전달을 위해 사용된다.

1) 광섬유

광섬유는 가느다란 유리 또는 플라스틱으로 통과하는 빛이 전반사가 일어나도록 한 광학적 섬유이다. 광섬유는 대용량의 데이터통신이 가능하지만 일정 굴곡반경 이상에서는 데이터의 손실이 발생하고 끊어질 수 있다.

이러한 이유로 디지털 의류 개발 초기부터 데이터 및 에너지 전송 목적이 아닌 유아 돌연사 방지를 위해 호흡, 맥박 등을 측정하거나 총상 부위를 알기 위한 센서로 활용되었다. 최근에는 광섬유 응용기술이 발전하면서 빛이 나는 의류나 조명으로 사용 가능한 커튼이 개발되기도 하였다(그림 2) 참조).

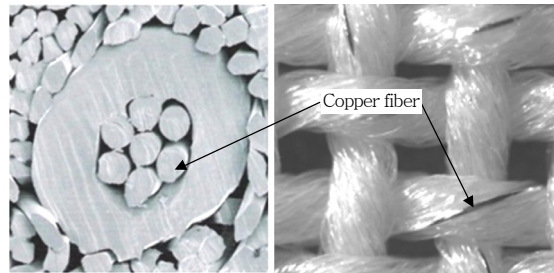


(a) Smart Shirt [7] (b) Luminex [8] (c) Color-tunable Textiles [9]  
(그림 2) 광섬유 응용제품

2) 전도성사

• 금속 섬유사

금속 섬유사는 금속 섬유를 코어에 두고 일반 섬유로 피복하거나, 금속 섬유를 일반 섬유와 꼬아 만든 실이다(그림 3) 참조. 금속 섬유란 금속선을 인발공정(실을 뽑아내는 공정)을 통해 가는 선(micro wire)으로 추출한 것이다. 금속 섬유의 직경을 100 $\mu$ m 이하로 낮추면 금속 고유의 특성이 강한 성질이 사라지고 유연성과 내곡성이 높아져 실과 비슷한 성질을 갖는다[10].



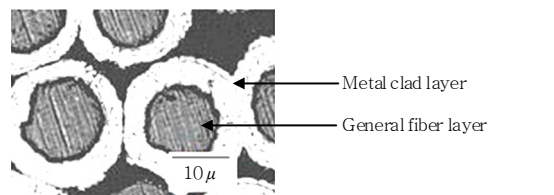
(a) 한국생산기술연구원[10] (b) Textile-wire 제품[11]  
(그림 3) 금속 섬유사

금속 섬유사는 금속 고유의 전기전도성을 유지하며, 금속 섬유 외부를 합성수지로 피복하여 전자파를 차단한다. 또한, 금속 섬유가 표면에 노출되지 않거나 적은 면적이 노출되기 때문에 일반사와 같이 다양한 색으로 제조할 수 있다.

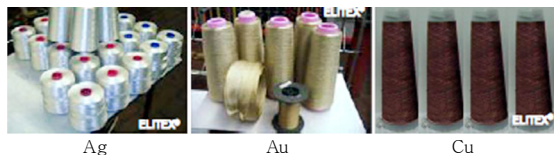
• 금속 코팅사

금속 코팅사(또는 전도성 코팅사)는 비전도성 섬유의 표면에 도전성 금속 피막을 형성시키는 방법으로 제조한다. 전도성이 얼마만큼 필요한가에 따라 코팅 두께를 조절할 수 있어, 전기선의 성능과도 견줄 정도로 전기전도성이 우수한 제품을 개발할 수 있다. 하지만, 제조 비용이 많이 들고 내구성이 떨어지며, (그림 4)에서 보듯이 코팅에 사용하는 금속의 색에 영향을 받아 다양한 색상을 구현할 수 없는 단점이 있다.

최근에는 전도성사에 신축성을 부여한 탄성 전도성사도 개발된 바 있다[12].



(a) 코팅사 단면(AmberStrand [13])



(b) 은, 금, 구리 코팅사(ELITEX [12])

(그림 4) 금속 코팅사

나. 직물기반 회로(Textile Circuit)

1) 직조(weaving) 기법

직물회로는 직물 제작시 전도성사를 적당한 간격과 배열에 따라 삽입하는 방식으로 구현할 수 있다. 직조 기법에서는 씨실과 날실을 여러 방법으로 교차하여 짜는 방식(제직)과 실로 뜨개질한 것처럼 짜는 방식(제편)이 많이 사용되고 있다(그림 5) 참조).

대표적인 제편 제품인 니트는 잡아당겨도 늘림에 강하기 때문에 전도성사가 쉽게 끊어지지 않는다. 하지만 실 하나라도 끊어지면 옷이 모두 풀릴 수 있어 디지털 기기를 연결하기 위해 니트의 일부분을 절단하는 것이 어렵다. 또한 디지털 기기의 적은 무게에도 주변이 늘어나 모양이 나빠질 수 있다.

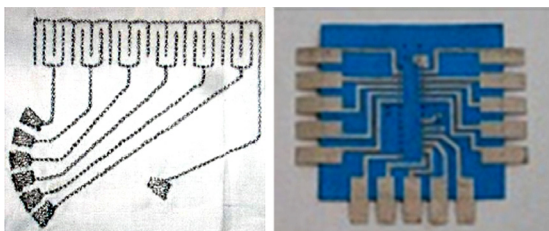


(a) 제직[14] (b) 제편[10]

(그림 5) 직조 회로

2) 자수(embroidering) 기법

직물 회로를 구현하는 데 자주 이용되는 또 다른 기법으로 자수기계를 이용하여 프로그램된 회로대로 수를 놓듯이 제작하는 방법이 있다(그림 6a) 참조). 손바느질이나 재봉기계로 직물에 실을 박아 회로를 구성하는 방법도 가능하지만 정밀한 회로를 구성하거나 동일한 회로를 반복적으로 생산하는 데에



(a) 자수 기법[15] (b) 접착 기법[16]

(그림 6) 자수 및 접착 회로

는 자수기법이 더 적합하다.

직조방법에서는 대부분의 전도성사 및 광섬유를 사용할 수 있는 반면에 기계를 이용하는 자수 및 재봉 기법에서는 사용할 수 있는 실이 제한된다. 일반적으로 금속 섬유사와 광섬유는 신축성이 떨어져 실이 끊어지기 쉽기 때문에 잘 사용하지 않는다. 금속 코팅사도 기계가 허용하는 범위의 실을 사용해야 하는데 이 경우 적절한 굵기와 인장강도가 요구된다. 또한, 상용 금속 코팅사 중 자수에 적합한 제품은 전기저항이 높아 고속 통신선을 구성하는 데 적절하지 않을 수 있다.

3) 프린팅(printing) 기법

전도성 잉크를 일반 직물에 인쇄하여 직물회로를 구현하는 방법을 프린팅 기법이라고 한다(그림 7b) 참조). 전도성 잉크는 전통적인 프린팅 잉크에 탄소, 구리, 은, 니켈, 금과 같은 금속을 넣어 만든다[2]. 기존에는 플라스틱 기판에 많이 적용되었지만 최근에는 직물에 전기적으로 활성을 띠게 될 패턴을 만들어 프린팅함으로써 가볍고 유연한 직물회로보드가 가능하게 되었다. 하지만 먼 소재는 잉크를 많이 흡수하여 번지므로 사용하기 곤란하며 자연방수 기능이 있는 소재가 적합하다. 또한, 소성(잉크에 열을 가하여 알코올을 없애 고착시키고 전도성을 띠도록 함) 과정이 필요하므로 열에 강한 소재를 사용해야 한다.

이외에 부직포 제작시 원하는 배열로 전도성사를 배치시킨 후 함께 융착시키는 방식, 전도성 접착 테이프를 레이저 커팅하여 부착하는 방식(그림 6b) 참조) 등으로 구현된 바 있다[17].



(a) SCB (b) SPB[18]

(그림 7) Stretchable Board

4) 개발 이슈 및 동향

앞에서 직조, 자수, 프린팅과 같은 기법으로 직물 회로를 구성하는 것이 가능함을 설명하였다. 하지만 각 기법들이 기술적 난제를 가지는 만큼 앞으로 이를 해결하기 위해서는 지속적인 연구를 통한 기술향상이 이루어져야 할 것으로 보인다.

직물회로를 구성하는 데 있어 해결해야 할 몇 가지 문제를 정리하면 다음과 같다.

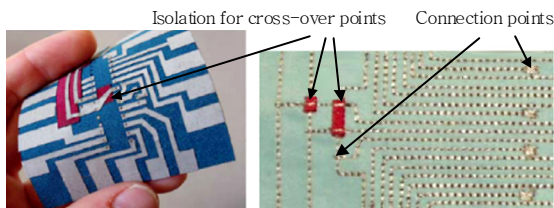
• 조각 회로 연결 문제

스마트 셔츠[7]에서는 옷 전체에 광섬유를 사용해야 했기 때문에 솔기가 없는 옷으로 만듦으로써 직물회로보드의 기술을 한 차원 높인 것으로 평가받는다. 하지만 설계와 제조공정이 쉽지 않기 때문에 기존의 의류제작과 마찬가지로 직물을 잘라 의복을 만드는 것도 고려해야 한다. 이 경우, 일반 의복 제작에서도 하듯이 솔기를 따라 회로가 신뢰성 있게 맞물려지도록 재봉하는 기술 개발이 필요하다.

• 회로 교차(cross-over) 및 절연 문제

전도성 코팅사, 전도성 잉크, 전도성 접착 테이프로 구성된 직물회로는 절연코팅이 되어 있지 않기 때문에 회로를 교차하는 데 문제가 발생한다.

기존에는 (그림 8a)와 같이 일반 직물을 덧대거나 일반 실을 전도성실 위로 카우칭(작은 스티치로 여러 번 박는 것)한 후 회로를 교차시키는 방법이 많



(a) 덧댐[16], 카우칭[13]



(b) 3층 자카드직조[19]  
(그림 8) Isolation

이 사용되었다. 최근에는 전도상사와 일반사를 효율적으로 제직하여 서로 쇼트되지 않도록 하는 방법 (그림 8b)와 직물을 이중직으로 직조하여 두 면에 다른 회로를 구성하고 연결이 필요한 부분만 솔더링 하는 방법도 사용되고 있다.

그리고, 회로 일부분의 교차뿐만 아니라 직물 구김시 발생할 수 있는 회선 간 쇼트 방지와 전자파 차단을 위해 회로 전체를 절연하는 기술 개발도 필요하다.

• 회로 유연성 문제

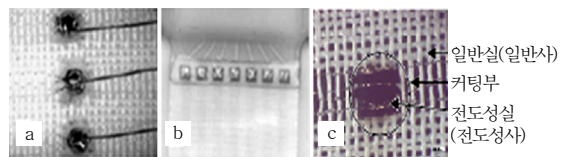
직물회로를 구현하는 데 있어서 신체에 밀착될 필요가 있고 사용하는 사람이 수시로 바뀌는 경우도 있는데 이때는 보다 유연한 직물회로가 요구된다. 유럽연합 Stella 프로젝트에서는 유연한 회로보드인 SCB, SPB, SMI를 단계적으로 개발하고 있다(그림 7) 참조).

다. 연결(Interconnection) 기술

스마트한 기능을 가진 디지털 기기(전자기기, 전자부품, 직물부품 등)를 직물회로에 연결하는 기술은 디지털 의류 제작에 있어 중요한 위치를 차지한다. 디지털 의류의 착용성과 생산성에 많은 영향을 미치기 때문이다.

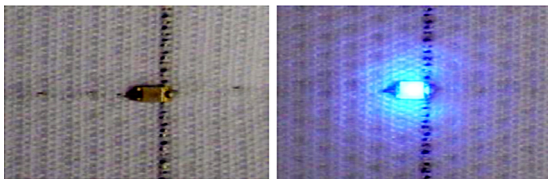
주로 사용되는 연결 방법으로는 솔더링, 본딩, 리본커넥터, 플랫폼케이블, 재봉, 자수, 스매단추, 지퍼 등이 있으며 간단히 살펴보면 다음과 같다.

솔더링(soldering)의 경우 IT 분야에서 가장 일반적인 결합 방법이지만 직물회로에 전도성사 및 디지털 기기를 연결하는 데도 사용할 수 있다. 하지만, 솔더링 시 고온으로 인해 주변 섬유가 탈 수 있으며, 납을 사용하는 경우에는 인체에 유해하기 때문에 실리콘 등으로 몰딩을 해야 한다(그림 9) 참조).



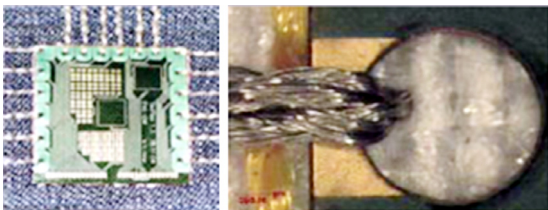
(그림 9) 레이저 커팅 후 솔더링[20]

본딩(bonding)의 경우 대부분 전도성 접착제를 사용한다. 본딩 부분에 열을 가하면 단단하게 굳게 되고 웬만한 힘에는 잘 떨어지지 않는다. 필립스는 기계를 사용하여 작은 LED를 직물에 직접 본딩(또는 솔더링)하는 방법으로 직물기반 디스플레이 장치인 루마니센트 캔버스를 구현하였다(그림 10, 16g 참조).



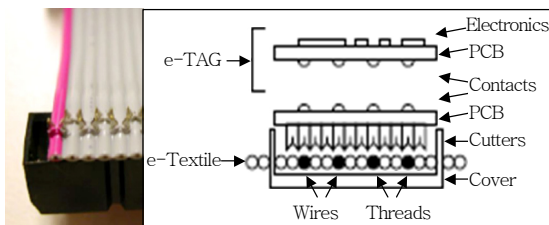
(그림 10) 기계를 이용한 자동 본딩[19]

자수 기계를 사용하기 위해서는 간격, 방향, 위치 등을 프로그램 해주어야 한다. 이후에 디지털 기기를 지정한 위치에 놓으면 재봉시 직물회로와 함께 박아져 연결된다(그림 11) 참조).



(그림 11) 자수기계를 이용한 박음[21]

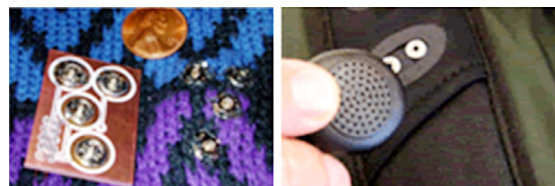
리본 커넥터(ribbon connector)와 플랫 케이블(plat cable)도 전자부품의 연결에 널리 사용되는 방법이지만 전도성사를 케이블화하는 일은 쉽지 않다(그림 12 참조).



(그림 12) 변형된 리본 케이블[22]

스냅단추(snap, button)는 전도성사와 디지털 기기를 전기적으로 접속시키기 위한 커넥터로 많이 사

용된다. 단추의 한 부분(수단추)은 디지털 기기에 부착되고 단추의 다른 부분(암단추)은 의복에 부착된다(그림 13 참조). 필요할 때 단추를 떼었다 붙였다 할 수 있고, 다른 기능성이 필요하다면 다른 기능의 단추로 바꿀 수도 있고, 세탁할 때는 빼놓을 수도 있다[17]. 다만, 스냅단추는 땀 때 일정 힘이 필요하므로 너무 얇은 천에서는 사용할 수 없고, 일정한 면적을 차지하기 때문에 연결부분이 커지는 단점이 있다.



(a) e-TAGs[22]

(b) Microphone

(그림 13) 스냅

지퍼(zipper) 역시 의복에서 흔하게 사용되는 부자재다. 지퍼 내의 바퀴가 하나의 접점이 될 수 있고 지퍼를 올리고 내리는 동작은 하나의 사용자 인터페이스로 사용될 수 있다.

그 동안의 개발 사례를 보면, 기존의 전자분야에서 주로 사용되는 방식이 섬유분야에 어떻게 통합될 수 있는지 고민하기도 하고, 반대로 섬유제품에서 사용되는 부자재를 커넥터로 사용하기도 하였음을 알 수 있다. 특히, 의류 부자재가 연결 수단으로 많이 사용된 이유는 의류의 일부로서 거부감이 적으면서 기존 의류 기술로 쉽게 접근할 수 있었기 때문이다.

앞으로도 전도성사와 전도성사의 연결, 전도성사와 디지털 기기의 연결, 탈착 가능한 연결, 늘림 및 당김과 같은 외부변수에 강한 연결, 착용성이 우수한 연결 등을 고려한 효율적이고 안전한 연결 수단 및 방법이 계속 개발되고 시도되어야 할 것이다.

## 라. 통신 기술

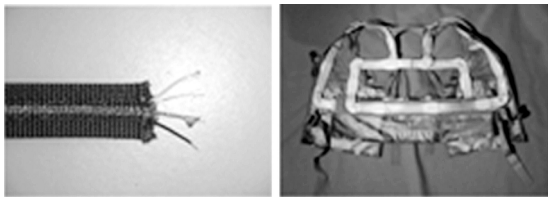
디지털 의류에서는 의류내부 장치간, 의류와 외부 기기간, 또는 의류와 착용자의 상호작용을 위한 WPN 기술도 중요하다. 하지만, 유선방식은 소재 및 물리적 환경 구성의 어려움이 있고, 무선방식은 전력

소모가 크고 주변 환경의 영향을 받기 쉬운 문제가 있어 이를 해결하기 위한 연구가 계속되고 있다[23].

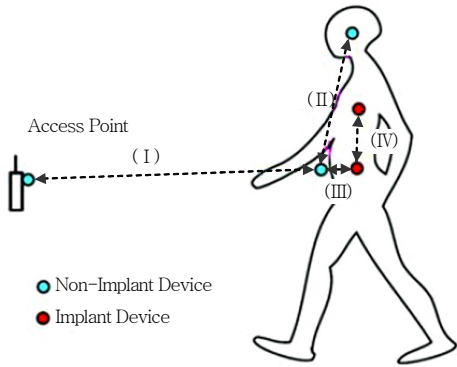
유선 통신에서는 기존의 버스 형태의 통신 방법을 직물과 잘 융화되도록 시도하고 있다. 전도성사와 스냅을 이용하여 I2C 버스를 구현하거나(그림 13a) 참조), 직물 USB 케이블(그림 14a) 참조)을 구현한 사례가 있다. Hum은 FAN의 개념을 처음 소개하고 그 특성을 정리한 바 있다[24].

무선 통신에는 인체 내에 이식된 의료 장치나 사람이 착용하는 옷이나 인체에 부착된 여러 디바이스를 상호 연결하는 것이 가능하도록 WBAN 표준화가 진행중에 있다(그림 14b) 참조).

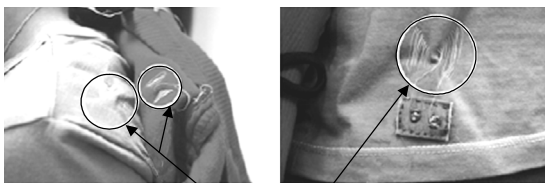
또한, 직물 인덕터(woven inductor)를 구현하여 의류의 외피와 내피 사이를 저전력 무선 방식으로 데이터 통신을 한 경우도 있다(그림 14c) 참조).



(a) 직물형 USB 케이블[25]



(b) WBAN[26]



Woven Inductors

(c) Wireless Woven Inductor[27]

(그림 14) 다양한 통신 방법

#### 마. 직물부품

디지털 의류를 제작하는 데 있어서 앞에서 설명한 스마트 섬유, 직물회로, 연결, 통신 기술을 적용하면 착용 가능한 디지털 의류를 제작할 수 있다.

하지만 의류에 가깝고 스마트한 디지털 의류를 개발하기 위해서는 기존의 전자부품을 초소형화하고 직물화하는 기술이 절대적으로 필요하다. 최근 들어 직물 소자, 직물 센서, 직물 액추에이터 등의 직물 부품 개발과 초소형 전자부품을 내장한 섬유/의류를 개발하기 위해 섬유와 IT 간의 기술 융합이 활발히 이루어지고 있다.

개발된 직물부품으로는 전도성사를 이용하여 전자회로의 접점(electrode), 안테나 등의 회로 구성 요소와, Ph 센서, 비접촉 커패시티브(capacitive) 센서, 피에조레지스티브(piezoresistive) 센서, 압력센서, 온도센서, 습도센서 등 직물기반 센서들이 있다(그림 15) 참조). 이들은 헬스케어에 위한 디지털 의류를 개발하는 프로젝트[4],[5],[28]를 수행하는데 필요한 직물부품으로 개발된 것들이 대부분이다.

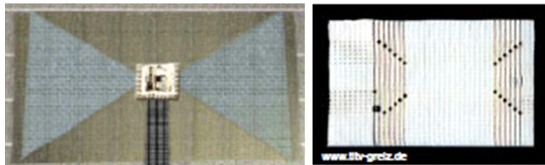
입력 인터페이스분야에서는 위의 직물부품을 활용하여 스위치, 날아다닐 수 있는 키보드, 터치패드가 개발되었다(그림 15f) 참조). 구부림이나 늘어남을 감지하는 장갑과 옷을 개발하여 신체의 움직임 모니터링하는 시스템이 개발하기도 하였다(그림 15e) 참조).

출력 분야에서는 Luminex사에서 에칭한 광섬유를 이용하거나 빛이 나올 수 있는 굴곡을 주어 직조한 광섬유 디스플레이를 개발하였다(그림 1) 참조). Philips사에서는 LED를 본딩한 루마니센트 캔버스를 선보였다(그림 15g) 참조). 최근에는 Fraunhofer IZM TexLab에서 섬유단계에서 OLED를 내장하기 위한 TexOLED 프로젝트를 수행하고 있다[29].

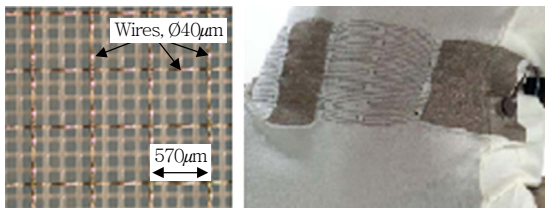
에너지 자가 생성분야에서는 기존에 신발, 무릎 하베스트 장치, 태양열 가방 및 태양열 옷으로부터 생성된 에너지를 디지털 기기에 사용한 사례가 있었다. 최근에는 심장 박동과 발자국과 같은 아주 일상적인 움직임과 문지름만으로 에너지가 생성되는 이른바 '나노 발전기'가 개발되었다[30].



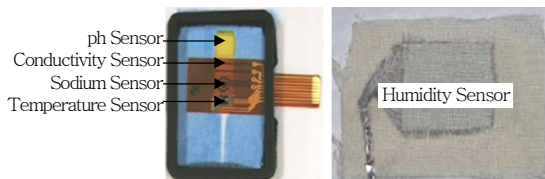
(a) Textile Electrode (좌) 심박[31], (우) 뇌파[13]



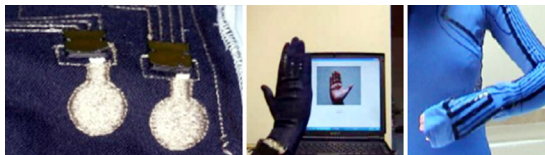
(b) Textile Antenna[32] 및 RFIDlabel[13]



(c) Textile Temperature Sensor[33], Heat Panel[34]



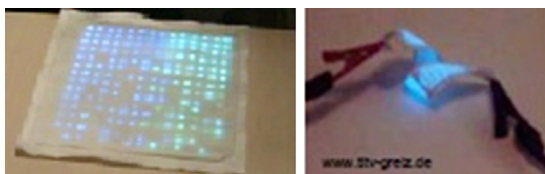
(d) Textile pH[5] 및 Humidity[13] Sensor



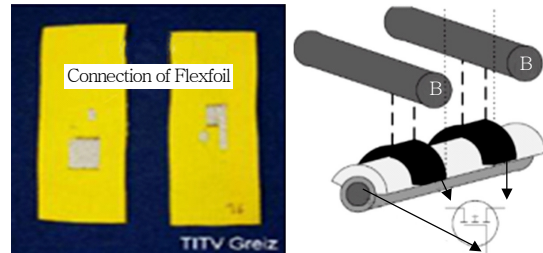
(e) Textile Capacitive[28] 및 Piezoresistive Sensor[35]



(f) Textile Touch Pad[36],[37]와 Switch[13]



(g) Luminescent Textile[18], Illuminating Textiles[13]



(h) Textile Capacitor[13]

(i) Textile Transistor[38]

(그림 15) 다양한 직물부품

### III. 국내 기술 동향 및 전망

앞에서 살펴본 바와 같이, 디지털 의류는 섬유와 IT 기술의 융합, 직물 기반 센서 기술, 연결 및 내구성 등 의류 제작 기술에 기반하여 발전하고 있다. 초창기 IT 장치를 옷에 배치하여 사용성을 시험하던 단계를 지나 직물에 내장하거나 섬유 단계에서 일체화하여 착용성과 성능, 기능을 향상시키는 연구가 진행되고 있다.

현재 세계시장에서는 섬유에 기반한 센서를 개발해 제품이 상용되고 있는 반면, 국내에서는 아직까지는 단순히 IT 기기를 섬유에 부착하는 정도의 수준에 그치고 있었으나, 최근 국내에서도 관련 연구가 출연연구소, 대학, 산업체를 중심으로 활발하게 진행되고 있다. (주)제일모직은 섬유기반의 스마트 센서용 전도사 및 직물개발에, (주)삼광염직은 섬유기반 스마트 센서 소재의 기능성 염가공 기술 개발에, 한국봉제기술연구소(SEWTEC)는 센서 소재를 IT와 융합한 다양한 제품 개발에 힘쓰고 있다.

한국전자통신연구원은 2008년부터 4년간 연제, 어디서나 손쉽게 컴퓨팅 환경을 사용할 수 있게 하는 의류형 플랫폼 기술을 개발하고 있다. 이 기술에는 직물형 회로보드 기술과 직물형 수동 소자 기술, 직물 기반 통신 기술 및 사용자 인터페이스 기술을 포함하고 있다. 직물형 회로보드 기술로는 전도성 잉크를 이용한 인쇄기반의 회로 및 전도성사를 이용한 자수기반의 회로 기술을 개발하고 있으며 수동소자의 개발도 병행하고 있다. 별도의 표준 없이 기존의 통신 방식을 직물 형태로 옮겨 사용하거나 저마



다의 방법으로 시도되고 있는 의류내 통신 문제를 해결하기 위해 직물 내에서 섬유와 의류의 특성을 고려한 유선 기반의 효율적인 통신 기술로서 통신 컨트롤러와 트랜시버를 개발하고 프로토콜 및 프로파일을 포함한 시스템소프트웨어를 개발하고 있으며, 동시에 기술 표준화를 추진하고 있다. 디지털 의류를 이용하여 편리하게 컴퓨팅 환경을 이용할 수 있도록 하는 사용자 인터페이스 기술로서는 직물 기반의 입출력 기술과 손목밴드 형태의 인터페이스 기술 등을 연구하고 있다. 이와 함께 전도성사간의 연결, IT 모듈과의 연결 등 디지털 의류 제작에 필요한 기반 기술을 함께 연구하여 디지털 의류의 상용화를 앞당길 수 있는 연구를 병행하고 있으며, 선진국과의 기술 격차를 좁히기 위하여 국내 산업체, 국내외 대학 연구진과 공동연구로 진행하고 있다.

웨어러블 시스템 시장은 2007년 6억 9천만 달러에서 2012년 15억 2천만 달러로 연평균 17%의 높은 성장률을 보일 것으로 전망되고 있다[17]. 이중 착용형태의 시스템과 비교하여 디지털 의류가 차지하는 비중은 점점 더 커질 것으로 예측되므로 관련 요소 기술의 확보가 어느 때보다 중요하다 하겠다. 디지털 의류는 신소재 산업, 센서 산업 등 기술 집약 산업의 활성화는 물론, 기존 전통 산업에 IT 기술을 접목함으로써 섬유, 패션, 의류산업의 확장 및 활성화에 큰 역할을 할 것으로 전망되며, 우리나라가 디지털 의류 시장을 선도하기 위해서는 앞으로 꾸준한 IT 섬유 및 IT 의류 융합기술 개발에 힘써야 할 것이다.

## 약어 정리

FAN	Fabric Area Network
IT	Information Technology
MP3	MPEG-1 Audio Layer 3
LED	Light Emitting Diode
OLED	Organic LED
SCB	Stretchable Copper Board
SMI	Stretchable Mould Interconnect
SPB	Stretchable Polymer Board

USB	Universal Serial Bus
WBAN	Wireless Body Area Network
WPN	Wearable Personal Network

## 참고 문헌

- [1] MIT Wearable Computing Lab, <http://www.media.mit.edu/wearables/>
- [2] 조길수, "최신 의류 소재의 동향," 시그마프레스, 2006.
- [3] O'Neill MP3 Snowboard Jacket, <http://www.oneilleurope.com/>
- [4] myHeart, <http://www.hitech-projects.com/eu-projects/myheart/>
- [5] BIOTEX, <http://www.biotex-eu.com/>
- [6] Markus Strecker, "Applications, Trends, and Challenges in Wearable Electronics," Smart Fabrics, Rome, Mar. 2009.
- [7] Sungmee Park, Kenneth Mackenzie, and Sundaresan Jayaraman, "The Wearable Motherboard: A Framework for Personalized Mobile Information Processing(PMIP)," *39th Design Automation Conference(DAC)*, June 2002, p.170.
- [8] Luminex, <http://www.luminex.it>
- [9] B. Gauvreau, N. Guo, K. Schicker, K. Stoefler, F. Boismenu, A. Aji, R. Wingfield, C. Dubois, and M. Skorobogatiy, "Color-changing and Color-tunable Photonic Band-gap Fiber Textiles," *OPTICS EXPRESS*, Vol.16, No.20, 29 Sep. 2008.
- [10] 정기수(한국생산기술연구원), '디지털가먼트 개발 동향,' *염색가공*, 2006, Vol.1, pp.55-63.
- [11] textile-wire, <http://www.textile-wire.ch/>
- [12] TITV, "The Institute for Special Textiles and Flexible Materials," Smart Fabrics, Rome, Mar. 2009.
- [13] AmberStrand, <http://www.amberstrand.com/>
- [14] Didier Cottet, Janusz Grzyb, Tünde Kirstein, and Gerhard Tröster, "Electrical Characterization of Textile Transmission Lines," *IEEE Trans. on Advanced Packaging*, Vol.26, No.2, May 2003.
- [15] George F. Eichinger, Kara Baumann, Thomas Martin, and Mark Jones, "Using a PCB Lay-

- out Tool to Create Embroidered Circuits,” *11th IEEE Int’l Symp. on Wearable Comput.*, Oct. 2007, pp.1-2.
- [16] L. Buechley and M. Eisenberg, “Fabric PCBs, Electronic Sequins, and Socket Buttons: Techniques for e-textile Craft,” *Personal and Ubiquitous Computing*, Vol.13, No.2, 2007.
- [17] 섬유산업협회, “미국섬유시장보고서,” 섬유기술동향, 2007.
- [18] STELLA, <http://www.stella-project.de/>
- [19] Rabin Bhattacharya, “Lumalive Light Emitting Textiles: A Vision for the Future,” Smart Fabrics, Rome, Mar. 2009.
- [20] Stefan Jung, Christl Lauterbach, Marc Strasser, and Werner Weber, “Enabling Technologies for Disappearing Electronics in Smart Textiles,” *IEEE*, 2003.
- [21] Torsten Linz, Christine Kallmayer, Rolf Aschenbrenner, and Herbert Reichl, “Embroidering Electrical Interconnects with Conductive Yarn for The Integration of Flexible Electronic Modules into Fabric,” *ISWC’05*, 2005.
- [22] David I. Lehn, Craig W. Neely, Kevin Schoonover, Thomas L. Martin, and Mark T. Jones, “e-TAGs: e-Textile Attached Gadgets,” *Proc. of Commun. Networks and Distributed Systems: Modeling and Simulation*, San Diego 2004.
- [23] 백인걸, 박충범, 명노환, 은창수, 최훈, “웨어러블 컴퓨팅을 위한 Fabric Area Network 토폴로지,” 한국차세대컴퓨팅학회논문지, 2009. 3.
- [24] Alex P.J. Hum, “Fabric Area Network: a New Wireless Communications Infrastructure to Enable Ubiquitous Networking and Sensing on Intelligent Clothing,” *Computer Networks: The Int’l Journal of Computer and Telecommunications Networking Archive*, Vol.35, Issue 4, Mar. 2001, pp.391-399.
- [25] Carole A. Winterhalter, Justyna Teverovsky, Patricia Wilson, Jeremiah Slade, Wendy Horowitz, Edward Tierney, and Vikram Sharma, “Development of Electronic Textiles to Support Networks, Communications, and Medical Applications in Future U.S. Military Protective Clothing Systems,” *IEEE Trans. on Information Technology in Biomedicine*, Vol.9, No.3, Sep. 2005.
- [26] 장병준, 최선웅, “Wireless Body Area Network 기술 동향,” 한국전자과학회, 2008. 5.
- [27] Seulki Lee and Hoi-Jun Yoo, “A Healthcare Monitoring System with Wireless Woven Inductor Channels for Body Sensor Network,” *IEEE 5th Int’l Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, 2008.
- [28] context, <http://www.context-project.org/>
- [29] Fraunhofer IZM TexLab, <http://www.izm.fraunhofer.de/abteilungen/siit/forschung/mikrosysteme/texlab.jsp>
- [30] Nature, Yong Qin, Xudong Wang, and Zhong Lin Wang, “Microfibre-nanowire Hybrid Structure for Energy Scavenging,” *Nature*, Vol.451, Feb. 2008, pp.809-813.
- [31] Rita Paradiso, “Smart Sensing Textile-System for Bio-monitoring,” Smart Fabrics, Rome, Mar. 2009, proeTex <http://www.proetex.org/>
- [32] Enzo Pasquale Scilingo, “Radiant Sensing Technology to be Integrated into Textile-substrates,” Smart Fabrics, Rome, Mar. 2009.
- [33] I. Locher, T. Kirstein and G. Tröster, “Temperature Profile Estimation with Smart Textile,” *Proc. 1st Int’l Scientific Conf. Ambience 05*, Tampere, Finland, Sep. 2005, pp.19-20.
- [34] Alexandra Fede, “I-JEANS: StoneInteractive Jeans,” Smart Fabrics, Rome, Mar. 2009.
- [35] Danilo De Rossi, “Multisensory Wearable Solutions for Neuromotor Rehabilitation,” Smart Fabrics, Rome, Mar. 2009.
- [36] M. Sergio, N. Manaresi, M. Tartagni, R. Guerrieri, and R. Canegallo, “A Textile Based Capacitive Pressure Sensor,” *IEEE*, 2002.
- [37] Jan Meyer, Paul Lukowicz, and Gerhard Trosster, “Textile Pressure Sensor for Muscle Activity and Motion Detection,” *IEEE*, 2006.
- [38] Josephine B. Lee and Vivek Subramanian, “Weave Patterned Organic Transistors on Fiber for E-Textiles,” *IEEE Trans.*, Vol.52, No.2, Feb. 2005.