

군사용 e-textile

김도윤, 박재근

삼성종합기술원

1. 서 론

Electronic textile(e-textile)의 개념은 착용형 컴퓨터(wearable computer)에서 전개된 것으로 electronics와 interconnection이 함께 짜여 섬유(fabric)로 된 것을 뜻한다. 기존의 전자 부품 생산 방식으로는 성취할 수 없는 유연성과 대면적 사이즈의 electronics를 e-textile을 통해 구현할 수 있다. 부품과 interconnection은 섬유와 합체되어 구분하기 어렵고 부품끼리 뭉치거나 사용환경에 바로 노출되어 파손되는 경우를 줄일 수 있다. e-textile은 요구조건에 따라 컴퓨터나 센서를 가공하여 필요한 위치에 배열시켜 응용 범위가 확대되고 있다. e-textile의 중요한 연구 분야는 착용 컴퓨터와 대면적 센서 네트워크 등이 있다. e-textile을 적용한 착용형 컴퓨터는 사용자의 동작과 주변의 위험요소를 감지하고, 센서 네트워크는 거칠고 위험한 환경에서 적은 에너지로 특별한 유지 보수 없이 사용 가능하게 할 것이다[1-4].

e-textile의 발전 단계를 보면 섬유에 전자부품을 추가하는 단계에서 textile yarn에 직접 전자부품의 기능을 넣어주는 방향으로 진화하고 있다. 제1세대 착용형 컴퓨터는 쓰임새가 분명하게 정의되고 시스템을 입을 수 있도록 만들었다. 하지만 컴퓨터와 interconnection이 사용자의 옷에 통합(integrated)된 것이 아니라 작게 만든 컴퓨터를 탑재한 수준이다. 그럼에도 불구하고 작업현장에서 엔지니어들이 부

품의 청사진을 일일이 보면서 작업하던 일들을 옷에 연결된 컴퓨터를 통해 바로 확인할 수 있게 해 줌으로써 실제적인 착용형 컴퓨터 역할을 하고 있다. 제2세대는 시스템이 옷에 부착(mounted)된 것으로 여러 가지 기능의 부품을 사용자의 편의에 맞게 옷에 배치한 것이다. 요즘 상업용 레저 의류에 MP3, 헤드폰, 소형 리모컨, 휴대폰 등이 내장하고 있는 것이 그 예이다. 조끼나 벨트의 여러 위치에 부착을 하여 옷의 기능에 부가적인 기능을 수행하게 된다. 제3세대에 와서는 electronics와 의복이 같은 위상을 갖게 된다. 의복이 옷의 기능과 감성적인 기능을 동시에 갖게 된다. 유리섬유를 혼합하여 아름다운 빛을 낼 수 있는 드레스가 좋은 예이다. 이러한 제3세대의 기술은 진정한 e-textile로 가기 위한 중요한 단계로 인식 되고 있다. 제4세대부터는 착용형 전자부품과 e-textile의 의미가 서로 섞이게 된다. e-textile yarn에 electronic function을 직접 넣어주는 시도가 시작된 것이다. 실크 낱실과 씨실로 구리 와이어를 감싸서 섬유로 만든 것을 예로 들 수 있다. 이 섬유는 미세 파트에서 전도성을 갖는 fabric으로 낮은 단계의 디바이스 레벨로서 중요한 의미가 있다. 여전히 이종(hybrid)의 단계이다. 그렇지만, 이 전도성 fabric도 textile yarn과 구리 전도체의 기능을 혼합한 수준이고, 여전히 이종(hybrid)의 단계일 수 밖에 없다. 지금까지 언급한 e-textile의 발전 모습은 시스템 레벨의 접근 방법이다. 알려진 전자부품 기능들을 어떻게 하면 편안하

게 입을 수 있을까 하는 문제에 대한 대응이었다. 어떻게 하면 의도하는 전자부품 기능과 textile을 잘 hybrid 할 수 있는지를 고민해 왔다. 그럼으로써 textile은 의복의 기능을, DVD 플레이어는 부품의 기능을 따로따로 하되, 그 기능들을 모으려는 시도였다. e-textile은 앞으로는 yam 레벨에서의 integration이 이루어질 것이다. 그런 yam으로 component를 만들고, 그것으로 circuit과 디바이스를 만들게 될 것이다. e-textile은 microprocessor 산업처럼 component를 될 수 있는 데로 작게 만들어 고집적 기능을 갖게 하고, flat panel 디스플레이 산업처럼 대면적을 지향하게 될 것이다[5].

군사용 e-textile은 야전에서 병사들의 신변 보호를 극대화 시키기 위해 일찍부터 연구가 진행돼 왔다. 군 관계 연구진들은 공기중의 화학물질을 탐지하고 방사능 물질에 반응하는 물질을 찾고 있다. 또한, 병사의 체온, 혈압, 맥박 등의 신호를 실시간으로 모니터 하여 부상여부 및 치료의 우선 순위를 알고자 했다. 병사들의 신속한 상태 파악은 전투력의 확대는 물론 피해를 크게 줄일 수 있다. 야전 특성상 동력을 쉽게 충전할 수 없는 상황에 대처하기 위하여 태양광 등으로부터 동력을 얻을 수 있는 가벼운 소재를 연구 하고 있다. 야전 환경은 굉장히 위험하고 거친 것이 특징이다. 기온의 변화가 극심하며(-40 °C ~ 50 °C), 마른 사막, 열대 우림, 진흙, 눈, 비 등과 싸워야 한다. 때로는 달리고 구르며 숲 속을 헤쳐 나가야 한다. 따라서, 군사용 e-textile은 목적의 기능에 환경의 내구성이 특히 강조된다. 커넥터의 역할을 하면서 쉽게 찢어지거나 헤지지 않는 섬유를 기본 구조로 하고 있다. 또한, 기능별로 쉽게 접속 할 수 있는 다기능 커넥터로서의 역할이 중요시 된다. 물에 적셔도 전기적인 절연성이 우수하고 1 암페어 정도의 전류에는 손상이 없어야 한다. 앞서 언급한 바와 같이 높은 레벨의 e-textile은 아니지만, 여러 용도에서 연구가 활발히 진행되고 있으며, 이미 실전에서 쓰이고 있기도 한다. 이러한 연구 결과물들은 민간용으로 기술이 이전되어 레저

나 특수한 직업에 종사하는 사람들을 위해 적용되고 있다[6].

2. 본 론

군사용 e-textile은 임무 중에 발생할 수 있는 병사들의 피해를 줄임과 동시에 최선의 작전명령을 내릴 수 있도록 정보를 모니터 하는데 역점을 두고 개발되어 왔다. 군복으로 착용하면 체온, 맥박, 위치 등의 정보가 실시간 중앙 컴퓨터로 전송이 가능해져 판단의 근거로 활용될 것이다. 자신의 위치가 노출될 위험성이 있는 레이더를 대신하여 textile에 음향센서를 내장하여 위치를 추적하는 기술도 개발되고 있다. 야전에서 에너지를 보다 쉽게 구할 수 있는 직물형 태양발전 시스템도 소개되고 있다.

2.1. Smart shirt

전투에서 발생하는 희생자의 수와 정도는 예측이 불가능하고 현장에서 사용가능한 의료 시스템도 한정적일 수 밖에 없다. 그러한 전투의 어려움에서 병사들의 희생을 최소화하기 위해 다각적인 노력을 기울여 왔다. 그 일환으로 개발된 georgia tech wearable motherboard(GTWM)는 e-textile을 적용한 대표적인 군인용 smart shirt다(Figure 1). 미 해군의 지원을 받아 연구를 시작하여 지금은 민간용으로 응용범위가 확대 되고 있다. 광섬유를 사용하여 총탄에 의한 피격을 감지하고, 임무 중에 발생하는 여러 신체적 변화들을 센서들과 모니터를 통하여

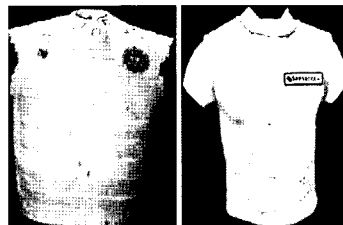


Figure 1. georgia tech wearable motherboard(GTWM)와 Sensatex를 통해서 일반인에게 판매 되고 있는 smart shirt.

원거리에서도 감지가 가능하다. smart shirt를 통하여 감지, 모니터링 및 정보 전송을 함께할 수 있게 되었다. 유연한 데이터 버스를 통하여 얻

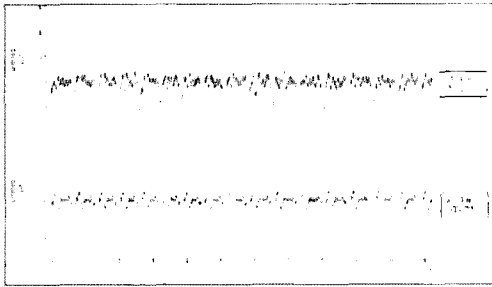


Figure 2. EKG trace from the georgia tech wearable motherboard.

어진 정보들은 혈압계, 체온계, 호흡계 등의 외부 모니터링으로 연결된다. 모니터링된 자료들을 분석하여 위치, 신체상태, 현장상황 등을 종합적으로 판단할 수 있어 전투에 참가한 군인의 피해를 최소화 하는데 크게 기여할 수 있게 되었다. 일단 피격을 당했다더라도 부상부위와 정도를 알 수 있어 신속한 응급 조치를 가능하게 한다. smart shirt로 탐지되어 모니터 된 심전도와 심전도계로 직접 측정된 심전도가 매우 근사한 값을 갖는 것을 알 수 있다(Figure 2). 또한, 이 shirt는 가볍고 누구나 편히 입을 수 있도록 제작이 가능하며 경우에 따라 필요한 센서들을 선택하여 부착 할 수 있다.

이 smart shirt는 내의로 착용을 하며 모두 한 조각(single-piece)으로 되어 있다. 광섬유는 구조 내에 나선형으로 자리하고 있으며 특히 슬기나 팔 입구에서도 끊김이 없이 연결될 수 있도록 weaving process를 개선하였다. 아울러 버튼클립과 유사한 구

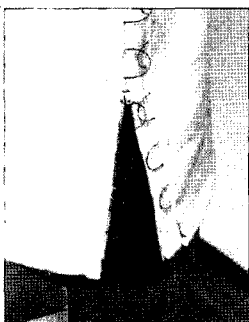


Figure 3. zipper attachment on knitted wearable motherboard.

조인 T-connector가 섬유에 붙어 있어 센서로부터 제공된 정보의 데이터 버스가 되도록 하였다. 착용하는 군인들의 사이즈가 각각 다르기 때문에 측정을 위한 센서의 위치가 변하게 된다. 이를 위해 shirt에 부착되는 센서를 쉽게 탈·부착 될 수 있게 하였다. 또한 양 옆에



Figure 4. WPSM tactical vest.

지퍼를 달아 착용에 용이함을 주었다(Figure 3).

전투에서 부상당한 군인들을 부상의 정도에 따라 군의관이 빨리 분류를 할 수 있도록 도움을 주는 WPSM (warfighter physiological status monitoring) 시스템이 개발 중에 있다(Figure 4).

전장에서는 소수의 군의관이 절대 다수의 군인을 돌보게 되는데, 이 시스템을 사용하면 누가 상처를 입었으며, 부상의 정도와 생사 여부 등을 멀리서도 알 수 있어 군의관으로 하여금 치료의 순서를 신속히 결정할 수 있게 하여 희생을 최소화 할 수 있다. 또한, 이 시스템으로 체온과 박동수 등을 모니터 하여 누가 열병에 걸릴지 미리 알 수 있다. 마지막으로 모든 군인들의 건강상태를 한눈에 파악을 할 수 있어 작전을 수립하는데도 도움을 줄 수 있다. 초기에는 부드러운 벨트로 만들어 졌으나 지금은 e-textile을 이용하여 smart shirt 형태로 개발하고 있다. 수집 된 정보는 무선으로 중앙 컴퓨터로 전송 된다[7-13].

2.2. Personal area network

가까운 장래에 병사들은 주머니에서 돌돌 말린 키보드를 꺼내 펼쳐서 메시지를 입력할 것이다. 군복 안에 내장되어 있는 라디오 안테나를 통해 도움을 요청하고, 신호를 받아 펼친 디스플레이나 optical 디스플레이를 통해서 정보를 볼 것이다. LAN(local area network)처럼 병사들이 PAN(personal area network)을 지니면, 전장에서 치사율을 줄이고 생존율을 획기적으로 높일 것이다. 그 네트워크는 화학물질 검출, 부상자 상태, 병사 각자의 위치 및 건강 등을 실시간으로 알 수 있는 기능을 갖게 된다. 섬유로 구성된 케이블은 wearable network에 있어서 데이터의 전송을 위해 필요한 요소이며, 섬유로 된 double loop 안테나도 함께 구성되어야 한다.

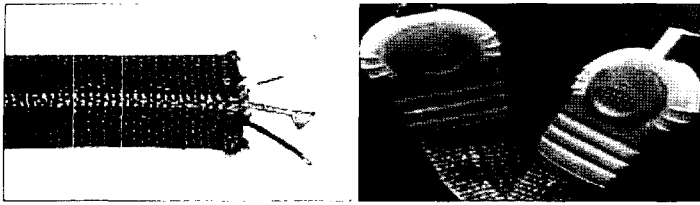


Figure 5. Textile-based USB. From top: white power wire, drain wire, shielded twisted signaling (data) pair, and black power wire.

주 컴퓨터와 말초 신경에 해당하는 각 병사들의 데이터를 전달하기 위한 point to point wearable personal area network의 textile-based components를 실험하기 위해 USB를 선택하였다. USB는 일반 데스크톱 컴퓨터에서 널리 사용되는 시스템으로 개발자 입장에서나 병사에게 사용의 편리성을 주기 때문이다. 일반적인 USB는 딱딱하고 플라스틱으로 두껍게 코

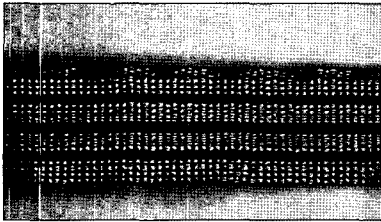


Figure 6. Textile-based radiating conductor.

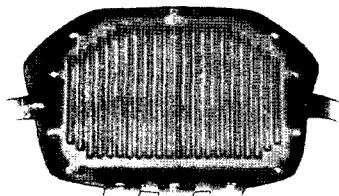


Figure 7. CPU with attached electrotexile cables.

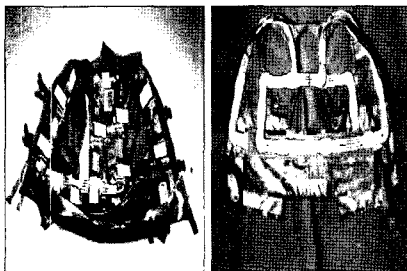


Figure 8. Double loop antenna integrated into vest.

팅되어 있는 둥근 전선 모양인 반면에, PAN에 쓰이는 USB는 유연하고 얇은 케이블을 편평하게 실로 감싸서 섬유로 만들기에 적합하게 하였고 구조섬유와의 조합을 한층 쉽게 하였다 (Figure 5). 이러한 유연하고 얇은 USB는 섬유와 결합이 쉽게 눈에 띄지 않게 만든 커넥터와 연결되어 있

다. 방탄 자켓 내부에 설치할 안테나의 radiating conductor도 역시 납작하게 제작하여 자켓 내에서 조립이 용이하게 하였다(Figure 6). 나일론 필라멘트 yarn을 접착제와 필러로 사용하였다. 열연화성 수지로 얇게 코팅하여 방수처리로 마감을 하였다. CPU는 병사가 입을 때 등쪽으로 위치하며 크기는 작게 설계 하였다(Figure 7). textile-based 파워와 데이터 버스가 연결되어 네트워크를 형성한다. 양쪽으로 electrotexile 케이블을 통해 파워가 들어가고, 데이터는 아래 세 개의 케이블을 통해 전송된다.

유연하고 입을 수 있는 섬유형 안테나가 개발되었다. 이 안테나는 modular lightweight load carrying equipment(MOLLE) 조끼에 내장되어 있다. 이 안테나는 스탠더드 30 인치 whip 안테나로서 병사의 몸매에 잘 어울리고 착용감이 우수하다. Natick사가 섬유형 안테나를 개발하고 CECOM이 스윙칭 디바이스를 개발하였다. textile-based 파워와 데이터 버스가 연결 되어 네트워크를 형성하였다. 양쪽으로 electrotexile 케이블을 통해 파워가 들어가고, 데



Figure 9. MOLLE vest. computer로 작전에 필요한

이터는 아래 세 개의 케이블을 통해 전송되었으며, textile-based 안테나가 설치되었다(Figure 8). 이러한 시스템들이 모이면 병사들의 야전 전투복은 wearable electronic network이 되어서 각 병사들의 wearable

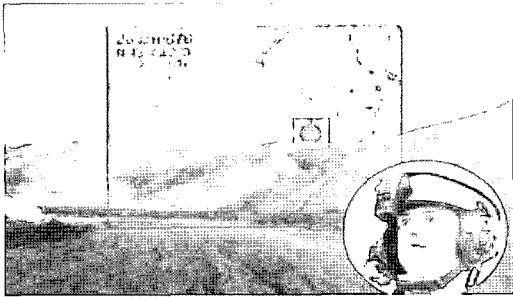


Figure 10. The Nomad wearable computer.



Figure 11. The Xybernaut belt-mounted computer.

정보들이 송수신 되었다. Figure 9는 라디오 안테나와 컴퓨터가 내장된 MOLLE 조끼의 모습을 보여준다[14].

작전 시 상황에 따른 경계를 도와주는 입는 컴퓨터가 Microvision사에서 Nomad라는 이름으로 개발되었다(Figure 10).

Nomad를 사용하면 적군, 아군, 민간인의 구별과 함께 지형지도에 각종 메시지가 나타나게 된다. 이 시스템은 이라크 전쟁에서 실제로 사용하고 있다[15].

미군 아파치 공격용 헬리콥터 정비를 위해 고안된 Xybernaut가 있다(Figure 11). 이것은 일종의 입는 컴퓨터로 무선으로 실시간 정보를 송수신 할 수 있다. 이 컴퓨터를 사용하면 아파치 헬리콥터를 빠른 시간에 정확히 정비할 수 있다. 이 컴퓨터에는 작고 강력한 모바일형 위성 송수신 장치가 내장되어 있어 장소에 구애됨이 없이 수선이 가능하도록 도와준다. 평상 시에는 등쪽으로 돌려 놓았다가 필요 시 편리한 위치에서 사용할 수 있다[16].

2.3. 음향 탐지용 e-textile

섬유에 고성능 마이크를 탑재하여 상대방의 위치를 정확히 알아내는 음향 탐지용 e-textile이 소개되었다. Virginia Tech.의 전기 컴퓨터 공학과의 Mark

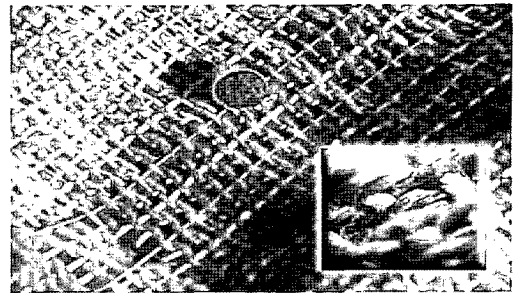


Figure 12. 전선과 집적 마이크 센서, 회로기판으로 만든 음향 배열 섬유의 미세구조.

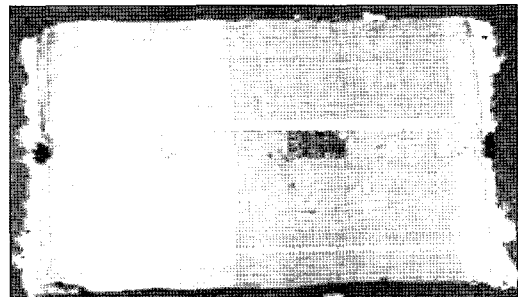


Figure 13. 음향 센서용 e-textile의 완성된 모습.

Jones와 Tom Martin은 미국 국방성 지원으로 군사용 텐트나 위장 막 등에 적용하기에 충분한 대면적 e-textile을 개발하고 있다. 이렇게 만든 e-textile은 가볍고 튼튼하며 매우 유연하다. 또한, 낙하산, 위장막, 울타리 등으로 제작할 수 있어 사용 범위가 크다. 섬유에 마이크, 센서, 커넥터, 회로기판을 결합하여 상대방의 자동차들로부터 나오는 희미한 소리를 감지하고 위치를 파악하는 역할을 할 것이다(Figure 12). Figure 13에는 음향센서용 e-textile을 나타내고 있으며 섬유에 있는 음향센서들은 와이어로 서로 연결됨과 동시에 정보를 교환하게 되어있다. 그림의 가운데 있는 서킷이 음원의 거리를 계산하며, 여러 센서에서의 정보를 통해 정확한 위치를 찾아낸다. 이러한 정보들은 컴퓨터에 의해 이미지와 기타 정보로 종사자가 쉽게 판독할 수 있도록 한다. 현재 9 m 길이의 프로토타입을 개발 중이며 유연하고 저가이면서 파워의 적용이 유리함과 동시에 전파를 사용하지 않는 것을 목표로 하고 있다.



Figure 14. 음향 센서용 e-textile의 실전 가상도.

e-textile을 이용한 네트워크 커뮤니케이션은 라디오 전파를 이용한 것보다 우수한 점이 있다. 실제로 군에서는 라디오 전파를 이용하여 음향을 알아내는 시스템을 사용하고 있지만 전파를 사용하게 되면 전파 자체가 상대방에 노출이 되어 오히려 자신의 위치가 적에게 탐지 수 있다. e-textile에 적용된 센서 시스템은 저전력 소비의 구조를 갖고 있으며 각 센서에서 발생한 정보는 섬유와 함께 짜여 있는 전선을 통해서 전달이 되기 때문에 상대방에게 노출되는 일이 없다. 음향 탐지용 e-textile의 음향 센서 대신 다른 기능의 센서를 탑재하면 여러 방향으로 사용할 수 있다. 위험 화학물질 탐지, 위성신호 접수 등 여러 용도로의 확대를 모색하고 있다[17,18] (Figure 14).

2.4. 태양광 발전용 e-textile

미국의 Kanarka사는 가볍고, 유연하며, 태양열로 발전이 가능한 저가의 e-textile을 개발하고 있다. 필요에 따라 다양한 패턴을 얻을 수 있으며 대면적으로 군사용 발전을 겸한 막사의 제작을 추진하고 있다(Figure 15). 광기전성 화이버를 이용하여 텐트,

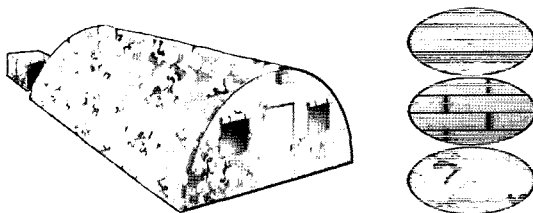


Figure 15. 미국 Kanarka사의 군사용 태양전지 가상건물. 발전용 e-textile은 다양한 패턴으로 제작.

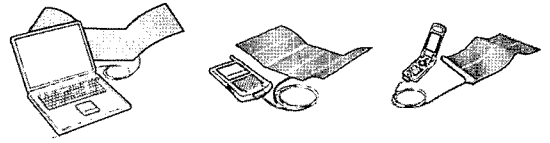


Figure 16. 노트북 컴퓨터나 모바일 기기의 충전에도 사용 가능.

지붕, 창문, 차일 등에 전기를 생산하는 기능을 주어 유사시 손쉽게 전기를 얻을 수 있게 한다. 노트북이나 모바일 기기를 야전에서 유사시 충전 할 때 사용할 수 있는 장치도 아울러 개발하고 있다[19] (Figure 16).

3. 결 론

군사용 e-textile은 작전 중에 발생할 수 있는 피해를 최소화 하고 안전을 담보하기 위하여 개발되고 있다. 실(fiber)은 기본적으로 전도성 기능을 부가하고 직물과 혼용 또는 결합할 수 있도록 유연하고 가늘게 만든다. 또한 사용환경이 열악하기 때문에 내구성도 중요하게 생각하고 있다. 군사용 e-textile은 구리나 알루미늄 같은 금속을 전도성을 주기 위해 사용하며, 핵심기능을 하는 센서나 컨버터, 프로세서 등은 따로 제작하여 직물에 내장 또는 연결한다는 점에서, 앞의 서론에서 언급한 발전 단계에 의하면 e-textile의 제 1세대와 제 2세대가 혼재되어 있다고 보여진다. 핵심부품은 MEMS나 반도체 디바이스 기술을 이용하여 작게 만들고 전도성 실에 여러 가지 센서를 연결하고 있다. 직물은 기본적인 의복의 역할과 센서 또는 디바이스의 지지대 및 연결고리 역할을 우선하고 있다. Kanarka의 태양광 발전용 e-textile을 보더라도, 광기전성 실 (photovoltaic fiber)로의 진화를 모색하고 있지만 아직은 플라스틱 기판을 사용한 태양전지이다. 플라스틱을 기판으로 한 염료 감응형 태양전지(dye-sensitized solar cell)이다. 염료 감응형 기술은 실용화하기에는 효율 및 가격 측면에서 더 많은 기술적 진보가 요구되고 있다. 이 전지를 섬유에 부착하여 텐트나 천

막 등으로 사용하여 에너지를 얻고자 하는 것이다. 따라서, 이 경우에도 직물은 텐트의 걸감 또는 외피와 태양전지의 지지대의 역할을 하게 된다. 지금까지의 군사용 e-textile이 갖는 기술적 한계는 직물에 기능(function)을 부가하려는 목적에서 시작됐다고 봐야 옳을 것이다.

서론에서 언급하였듯이 e-textile의 미래는 실 스스로가 기능을 발휘하는데 있을 것이다. 태양전지의 경우처럼 광기전성 실을 만들어 직물 자체가 태양전지의 기능을 할 수 있게 하면 보다 더 유연하고 다양한 용도로 쓰일 것이다. 실에 시각적인 on-off 기능을 갖는 직물은 자체가 디스플레이어가 될 수 있게 한다. 배선도 구리 같은 금속이 아닌 전도성 fiber를 사용하면 e-textile을 보다 가볍고 유연하며 착용감이 좋아질 것이다.

요즘 전자업계에서도 e-textile에 대한 관심이 높아지고 있다. 직물이 갖는 유연성과 대면적, 원가 절감, 응용성의 확대 등에 주목하고 있다. 벽지형 디스플레이, 태양 전지, e-book 등은 차세대 디바이스로서 충분히 고려해야 할 대상이기 때문이다. 이런 예측 가능한 이유들로 전자업계로 하여금 e-yarn 즉, fiber에 기능을 주는 연구에 추이를 살피고 있다. 기능의 적응을 통해 가늘고 긴 일종의 fiber 형태 디바이스를 만들려고 한다는 것이 더 맞는 표현일 것이다. 이 하나하나의 디바이스를 fabric으로 만들어 시스템으로 완성할 수 있을 것이다.

하지만, e-textile은 용도와 난이도에 따라 군사용 e-textile나 레저용 의복처럼 직물에 electronic 기능을 주는 분야와 전자업계의 관심 사항처럼 fiber device를 만드는 연구가 공존 할 수 밖에 없을 것이다. Fiber device를 개발하기 위해서는 해결해야 할 문제점이 많고 갈 길이 멀다. 길이 방향으로의 전극 처리, 외부 전극과의 연결, 코팅 또는 적층, 균일성, 유연성, 섬유가공 등 난제들이 기다리고 있다. 이러한 문제들을 극복하고 미래 e-textile의 실현을 위해서는 섬유관련 전문가와 전자관련 전문가의 협력과 교류가 무엇보다 우선 시 된다. 섬유와 전자 양대기술의 초

우량 강국인 우리나라야 말로 미래 e-textile의 절대 강자가 될 것임을 믿어 의심하지 않는 바이다.

참고문헌

1. S. Bailey, "Interactive and experiential design in smart textile products and applications", *Pers Ubiquit Comput*, **8**, 274(2004).
2. L. Langenhove and C. Hertleer, "Smart clothing: a new life", *International Journal of Clothing Science and Technology*, **16**(1/2), 63(2004).
3. A. Bonfiglio, D. Rossi, T. Kirstein, I. Locher, F. Mameli, R. Paradiso, and, G. Vozzi, "Organic field effect transistors for textile application", *Information Technology in Biomedicine*, **9**(3), 319(2005).
4. E. Ethridge and D. Urban, "Electrotexiles", *International Journal of High Speed Electronics and Systems*, **12**(2), 365(2002).
5. S. Wagner, E. Bonderover, W. Jordan, and, J. Strum, "Electrotexiles: Concepts and Challenges", **12**(2), 185(2002)
6. <http://www.gtwm.gatech.edu/gtwm.html>
7. F. Capri and D. Rossi, "Electroactive polymer-based devices for e-textiles in biomedicine", *Information Technology in Biomedicine*, **9**(3), 295(2005).
8. D. Marculescu et al., "Electronic textiles: A platform for pervasive computing", *IEEE*, **22**(3), 23(2003).
9. <http://www.smartshirt.gatech.edu>
10. S. Park, K. Mackenzie, and, S. Jayaraman, "The wearable motherboard: A framework for personalized mobile information processing(PMIP)", presented at the ACM/IEEE 39th Des. Autom. Conf. New Orleans, LA, Jun., 10, 2002.
11. R. Rajamanickam, S. Park, and, S. Jayaraman, "A structured methodology for the design and development of textile structures in a concurrent engineering environment", *J. Textile. Inst.*, **89**(3), 44(1998).
12. S. Park and S. Jayaraman, "Smart textiles: Wearable electronic systems", *MRS Bulletin*, 585, 2003.
13. D. Meoli and T. Plumlee, "Interactive electronic textile development: A review of technologies", *J. of Textile and apparel. Technology and Management*, **2**(2), 1(2002).
14. C. Winterhalter et al., "Development of electronic textiles to support networks, communications, and medical applications in future U.S. military protective clothing systems", *Information Technology in Biomedicine*, **9**(3), 402(2005).
15. <http://www.microvision.com>
16. <http://www.xybernaut.com>
17. R. Service, "Electronic textiles charge ahead", *Science*, 301, 909, 2003.
18. Virginia Tech Bradley Department of Electrical & Computer Engineering-Annual Report, 2003.
19. <http://www.konarka.com>

저자 프로필



김도윤

1990. 서울대학교 섬유공학과 졸업
1995. University of Akron(Ph.D.)
1995-현재. 삼성종합기술원 Materials Center, 전문연구원
(440-600)경기 수원시 장안구 수원우체국 사서함 111
전화: 031-280-9295, Fax: 031-280-9349
e-mail: doyunkim@samsung.com



박재근

1983. 서울대학교 화학교육학과 졸업
1984. 한국과학기술원 화학과(석사)
1988. 한국과학기술원 화학과(박사)
2003-2005. University of Illinois, Urbana-Champaign 방문연구원
1988-현재. 삼성종합기술원 Materials Center, 전문연구원