

유비쿼터스 시대를 위한 디지털 가먼트 개발 동향

정기수

한국생산기술연구원 스마트 섬유팀

1. 서 론

2002년 개봉된 스티븐 스피버그 감독의 마이너리티 리포트(Minority Report)라는 영화는 미래사회를 주요 소재로 다루어 사람들의 관심을 집중시켰다. 흥미로운 사실 중 하나는 영화 속에 다양한 컨버전스(convergence) 기술베이스의 유비쿼터스 시나리오 환경들이 등장한다. e-Paper, 3D 디스플레이 등 차세대 디스플레이 기술, 생체인식 기술, 지능형 교통시스템(ITS) 등의 미래 사회의 모습이 최근 IT산업의 트렌트를 설명하는 키워드로 급부상하고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 기초로 하고 있다는 점이다. 언제 어디에나 존재한다는 뜻의 라틴어 '유비쿼터스(Ubiquitous)'와 '컴퓨팅'이 조합된 이 말은 1988년 미국 제록스사, Palo Alto Research Center(PARC)의 Mark Weiser 박사가 처음으로 사용하였다. 그는 컴퓨터를 단순히 개인용 컴퓨터(PC) 및 대형 컴퓨터에 한정하지 않고, 마이크로 프로세서와 기본 메모리 등을 탑재한 지능형 기기 전체를 일컫는 광의의 개념으로 보았다. 따라서 유비쿼터스 컴퓨팅이란 말은 도처에 편재해 있는 광의의 컴퓨터가 네트워크로 연결되어 있어서 언제 어디서든 지 접속이 가능한 컴퓨팅 환경을 의미한다¹⁾. 일본의 노무라연구소에 따르면 유비쿼터스 시대는 P2P(Person to Person), P2M(Person to Machine), M2M(Machine to Machine)의 발전 단계를 가진다. 사람들이 언제 어디서든 휴대폰을 통해 커뮤니케이션 하는 단계가 첫 번째인 P2P의 단계다. 현재 우리 생활에서 흔히 볼 수 있는 현상으로 휴대폰으로 사진을 찍어 웹에 바로 올리는 서비스 등이 유비쿼터스가 진행되고 있다는 것을 보여주는 좋은 예다. 두 번째 단계인 P2M은 휴대폰으로 집안의 에어컨을 켜는 등 사람과 기계 사이의 원격 조정이 보편화되는 단계로 '디지털홈'과 같이 우리

생활에서 가까운 미래에 체험할 수 있는 단계다. 현재 우리나라의 유비쿼터스는 첫 번째 단계를 지나 두 번째 단계로 접근중이다.

유비쿼터스 컴퓨팅이 가능한 유비쿼터스 공간에서는 자동차, 도로, 다리, 터널, 건물의 벽과 천장, 가구, 화분, 냉장고, 컵 등 도시공간을 구성하는 수많은 환경과 대상물에 컴퓨터 칩과 센서가 심어져 있고 네트워크로 연결되어 있어서 서로 간에 정보를 주고받을 수 있다. 물리적으로는 떨어져 있지만, 무선 네트워크를 통해서 창출되는 유비쿼터스 공간에서는 삶을 풍요롭게 만들어 주는 다양한 서비스가 제공되면서 인간이 쾌적하게 생활할 수 있도록 지원해 준다. 미래의 주거공간인 유비쿼터스 홈을 예를 들면 다음과 같을 수 있다. 현관에 들어서면서 먼저 가정 내 네트워크와 연결된 카메라 내장형 도어폰을 만나게 된다. 이 도어폰은 어느 방에서든 방문자를 확인할 수 있고, 집에 아무도 없을 때는 거주자에게 방문자의 모습과 함께 음성 메시지가 전송된다. 또한 방문자 또는 거주자가 문 손잡이를 잡는 것만으로도 자신의 신체 신호를 모니터해 준다. 침실에는 수면 중에 혈압이나 체온 등의 이상 변동을 체크하는 침대가 존재하며 아침에 일어남과 동시에 자신의 생체신호를 알아볼 수 있게 해주며 취침 중에 침대 사용자의 몸에 이상이 있을 경우 즉각 병원으로 연락을 취해 필요한 조치를 취하게 하도록 지능화되어 있다. 또한 화장실에는 용변을 보는 동안 변기에 내장된 센서 및 마이크로컴퓨터가 체중, 체지방, 당뇨치 등을 측정하여 홈서버의 개인정보란에 저장하여 관리하고, 이상이 있다면 병원에 자동으로 통보하는 시스템이 구성된다. 주방에는 지능화된 냉장고가 존재하며 각 콘텐츠의 유통기한과 재고를 파악하여 필요 물품을 네트워크를 통하여 마트에 주문하고 폐기해야하는 물품을 사용자에게 알려준다.

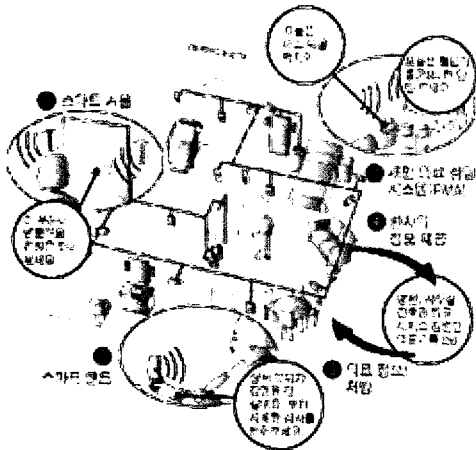


Fig. 1. 유비쿼터스 홈.

뿐만 아니라 지능화된 공조시스템은 자동 창문 개폐시스템 및 냉난방 시스템과 연동하여 집안의 공기 및 온도 상태를 항상 최적으로 유지시켜 준다. 따라서 이러한 서비스를 유비쿼터스 공간에서 제공받기 위해서는 인간이 언제, 어디로 이동하더라도 인간의 의식과 상관없이 실시간으로 네트워크에 접속해 있어야 한다.

이러한 기능을 제공할 수 있는 단말기로 핸드폰, PDA, 노트북 등이 언급되고 있지만, 손을 자유롭게 만들어 주면서 의식하지 않더라도 인간의 움직임과 24시간 항상 함께할 수 있는 것으로는 입고 다닐 수 있는 의복(garment)보다 더 적합한 것은 없다. 이 때문에 유비쿼터스 시대에 언제 어디서나 네트워크에 접속하여 정보를 공유할 수 있는 정보통신이 가능한 디지털 가먼트(digital garment)를 개발하고자 세계 각국에서 연구를 진행하고 있다^{2,5)}.

웨어러블 컴퓨터(디지털 가먼트)의 발전 과정을 보면 크게 3가지 단계로 나눌 수 있다.

- 1단계는 단지 컴퓨터 자체를 분해하여 나누어 연결하여 부착하여 시스템을 입을 수 있게 만든 것이다.
- 2단계는 시스템이 옷에 부착된 것으로 여러 가지 기능의 부품을 사용자의 편의에 맞게 옷에 배치한 것이다.

요즈음 상업용 레저 의류에 MP3, 헤드폰, 휴대폰 등이 내장된 것이 그 예이다. 1~2단계까지는 전자부품이나 모듈을 컴퓨터용 케이블을 이용하여 연결하였기 때문에 의복은 전자부품이나 모듈을 보이지 않게 잘 감추어 주는 역할만 하였다. 모든 I/O Port를 수작업으로 케이블을 연결해 주어야 하고 이를 의복의 형태로 나타내어야 하기 때문에 샘플 생산은 가능하지만

생산단가가 높았으며 대량생산이 불가능한 경제적인 현실과 함께 한 개의 의복에 부착된 시스템을 다른 의복에 사용할 수 없는 사용상의 한계로 인하여 상업화에 실패하였다. 1~2단계에서는 주로 전자 및 컴퓨팅 기술 중심으로 진행이 되었고 섬유 및 의복제작 기술은 보조하는 역할에 불과하였다.

- 3단계는 전기가 통하는 전기전도성 섬유(e-textile), 정보통신용으로 사용이 가능한 디지털 사(digital yarn) 와 이를 이용하여 의복의 형태로 제작하여 정보통신이 가능하도록 만들어 주는 디지털 가먼트의 개발이다.

전자모듈과 소프트웨어는 기술적으로 큰 진보를 이루어 소형의 크기에도 불구하고 다양한 기능들을 가지게 되었지만, 이런 기능들을 연결하여 소비자가 사용가능한 제품으로 만들기 위해서는 섬유·패션이 매우 중요하게 되었다. 따라서 세계 각국에서는 유비쿼터스 시대의 핵심기술이 될 수 있는 디지털 사 및 디지털 가먼트의 개발을 위해서 많은 연구를 진행하고 있다.

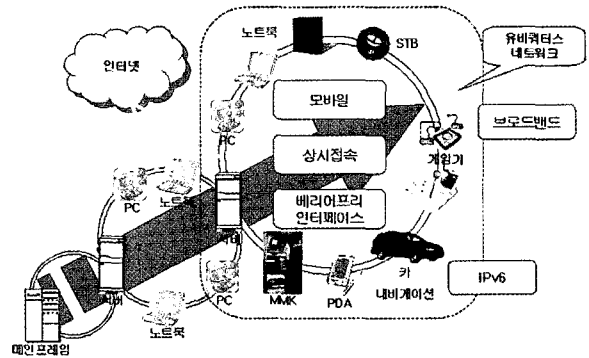


Fig. 2. 유비쿼터스 네트워크.

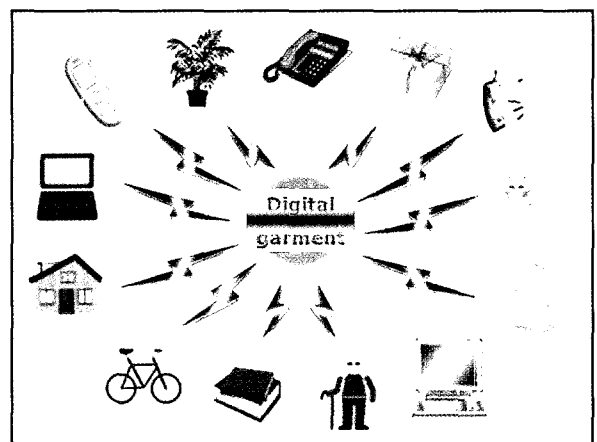


Fig. 3. 디지털 가먼트의 역할.

2. 본 론

2.1 전기전도성 섬유/디지털 사

일반적으로 고속통신을 위해서 사용하는 인터넷 전용선의 소재가 광섬유이다. 이런 광섬유를 이용하여 가먼트를 구성할 경우, 대용량의 정보통신이 가능하기 때문에 이 분야에 연구가 많이 진행되었다. 그런데 광섬유의 특성상 일정 굵곡반경이상에서는 데이터의 손실이 발생한다. 이 때문에 의복을 구성하는 경위사에 사용하게 되면 기본적으로 굵곡이 너무 많기 때문에 사용상 제약이 따르게 되고 광섬유의 특성상 제직이나 편직이 용이하지 않은 단점이 있다.

고분자물질은 방사하게 되면 바로 사용이 가능하고 제직과 편직에도 문제가 없기 때문에 전기전도성이 좋은 고분자물질을 개발하고자 연구가 많이 진행되었다. 그런데 방사가 가능한 고분자가 많지 않으며 전도성이 좋은 고분자물질을 코팅하여 사용하고 하더라도 생산단가가 매우 높기 때문에 보급형으로 사용할 수 있도록 개발하는 데에는 현실적으로 어려움이 있다.(Table 1)

금속섬유는 전기전도성이 좋고 인발공정을 통해서 세선(細線, micro-wire)화가 가능하다. 금속섬유의 직경이 100 μm 이하로 내려가게 되면, 금속 고유의 특성이 강성이 사라지고 유연성이 좋아지고 내 굵곡성이 향

상된다. 여러 가닥의 금속섬유를 동시에 사용하게 되면, 한 두 가닥에서 사절현상이 발생하더라도 전기전달이나 데이터 통신에 문제가 없다⁶⁻⁷⁾.

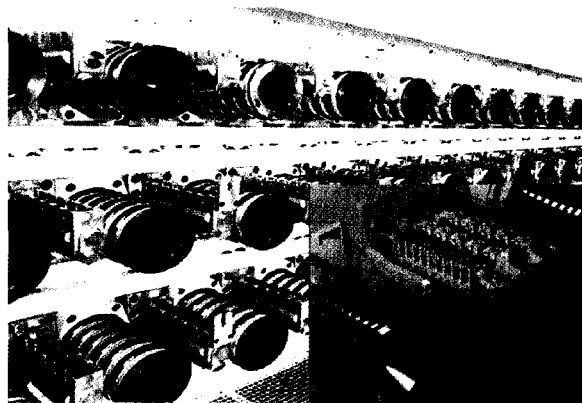


Fig. 4. 인발장치.

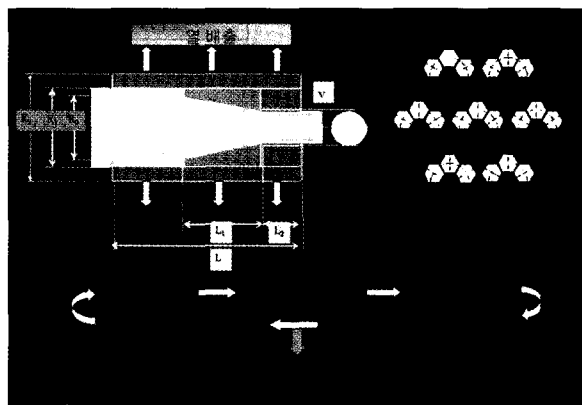


Fig. 5. 세선화 공정도.

Table 1. 고분자의 전기전도성

Polymer(Metal)	conductivity (S/cm)
Copper	5.8105
Gold	4.1105
Polyazulene	1
Polyisothianaphthene	50
Polyfuran	100
Polyaniline	200 ^a
Polyphenylene sulphide	500
Polythiophene	1,000
Polythienylenevinylene	2,700 ^a
Polypyrrole	500-7,500
Poly(3-alkylthiophene)	1,000-10,000 ^a
Polyphenylenevinylene	10,000 ^a
Polyacetylene	10,000 ^a

^aConductivity of oriented polymer

Bekaert 사, ETHZ 연구소, Fraunhofer IZM 연구소에서 개발한 전기전도성 섬유의 경우 MP3에 연결하거나 생체신호전달용으로써 음성정보 정도의 데이터 통신이 가능하지만 대용량의 데이터 통신으로는 사용하기 어렵다(Table 2). 유비쿼터스 시대에는 정보의 정확한 전달을 위해서 주로 영상정보 위주의 통신이 이루어 질 것으로 예상된다. 따라서 대용량의 정보를 고속으로 전송할 수 있는 통신용 전기전도성 섬유, 곧 디지털 사의 개발이 매우 중요한 연구 분야이다. 우리나라에서 구축하고자 하는 고속무선 LAN(IEEE802.11b, 2.4GHz)은 Table 3과 같이 전송거리가 200 M일 경우 전송속도가 최대 11 Mbps 이다. 고속으로 이동하더라도 대용량의 정보를 실시간으로 처리하기 위해서는 10 Mbps 이상의 디지털 사(digital yarn)의 개발이 요구된다³⁾.

한국생산기술연구원에서 개발한 디지털 사는 Fig. 6과 같은 구조를 갖는다. 코어부분은 10 μ m 직경의 구리 필라멘트를 3~7가닥으로 구성되어 있다. 전자파 차폐를 위해서 미세박막코팅을 하고 절연을 위해서 수지로 코팅을 한다. 제작 및 편직공정에서 마찰을 최소화하여 공정의 작업성을 높이기 위해서 커버링을 한다. 커버링에 사용되는 실은 염색된 실을 사용할 수 있기 때문에 용도나 디자인에 따라서 가먼트로 구성되는 다른 부분의 실의 색상과 동일한 색상을 사용하거나 다른 색상을 사용할 수 있다.

한국생산기술연구원에서 개발한 디지털사를 통신용으로 사용이 가능한지 알아보기 위해서 wiremap 테스트를 수행하였다. 테스트 결과 통신용으로 사용이 가능하다는 결과가 나왔다. 통신용으로 사용하기 위해서는 전

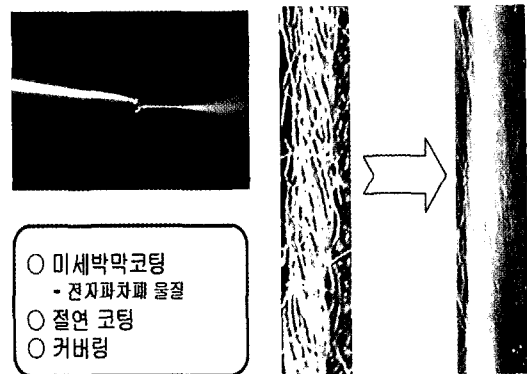


Fig. 6. 디지털 사의 구성.

Table 2. 개발된 디지털 사(전기전도성 섬유)

개발기관	연도	개발내용
벨기에 Bekaert 사		- ϕ 10~20 μ m인 스테인레스스틸 성분의 micro-wire - 전기저항: 40 Ω /m
스위스 ETHZ 연구소	2005	- 구리와 은 성분의 wire - 전기저항: 30 Ω /m
독일 Fraunhofer IZM 연구소	2005	- 은과 polyamide 성분의 wire - 전기저항: 20 Ω /m
한국생산기술연구원 스마트섬유팀	2005	- ϕ 10 μ m 인 구리 성분의 micro-wire - 전기저항: 7.5 Ω /m - 성능 : 5.5 Mbps

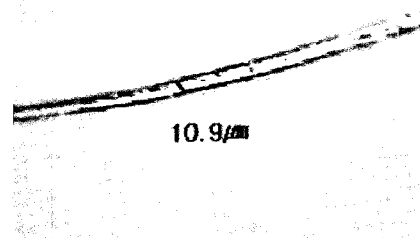


Fig. 7. 구리 필라멘트.

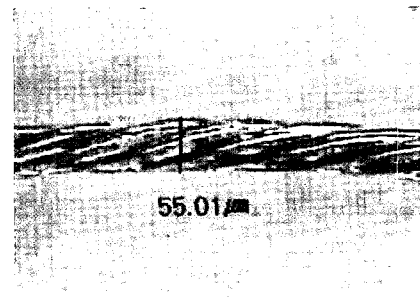


Fig. 8. 디지털사의 코어부분.

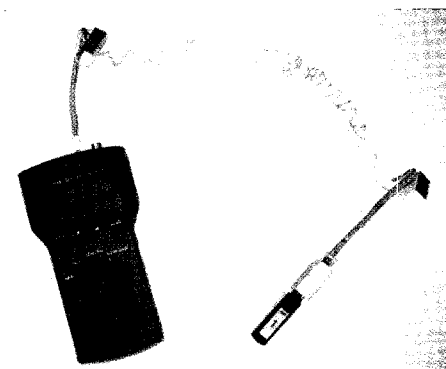


Fig. 9. wiremap 테스트.

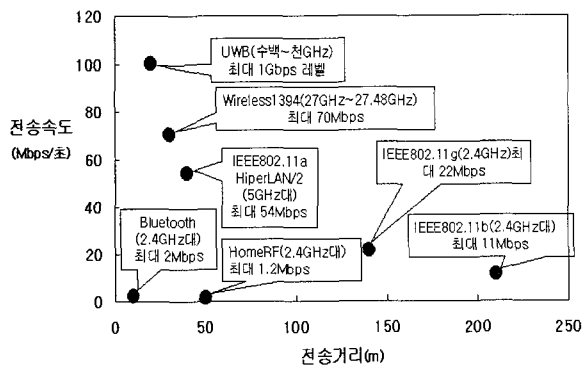


Table 3. 무선LAN의 거리별 전송속도.

송속도가 매우 중요하기 때문에 전송속도를 측정하였다. 두 대의 컴퓨터를 디지털 사로 연결하고 FTP(File Transfer Protocol)로 파일을 전송하여 속

도를 측정하였다. 측정결과 5.5 Mbps의 전송속도를 나타내었다. 위의 실험결과는 현재 정보통신용 디지털 사 분야에서 세계 최고의 속도이다. 앞으로 전송속도를 10 Mbps 이상으로 향상시키는 연구가 진행되어야 한다. 이와 함께 가능한 배터리 소모를 최소화하기 위해서 전기저항을 줄이는 연구도 병행해야 한다.

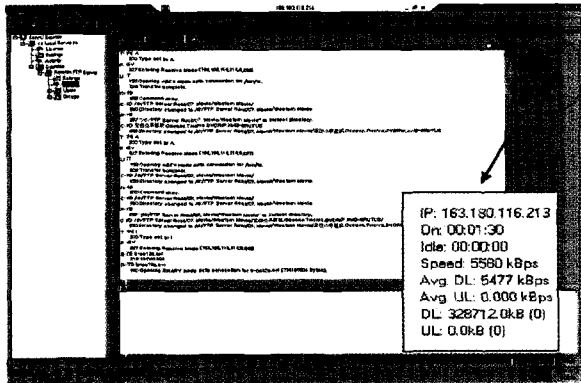


Fig. 10. 디지털 사의 전송속도 결과.

2.2 디지털 가먼트

디지털 가먼트는 90년대 후반과 2000년대 초반에 전자모듈을 컴퓨터 케이블로 간단하게 연결하는 2단계와 전기전도성 섬유를 사용하거나 통신이 가능한 디지털 사를 사용하여 가먼트형태를 갖추어 나가는 3단계의 형태가 혼재되어 개발되었다. 특별히 통신용 디지털 사를 사용하는 2000년대에 들어서 패션기술보다는 섬유기술이 중요하게 되었고 섬유기술 중에서도 편직기술을 이용하여 디지털 가먼트를 개발하는 경향을 보이고 있다.

2.2.1 일상생활용

Phillips와 Levi's사가 2000년에 공동 개발 한 sports jacket은 재킷 안에 음성 인식 휴대전화와 MP3 player등이 내장되어 있고, 모든 와이어와 기기가 탈부착 가능 하도록 설계된 "IDC+(industrial clothing division plus)" 재킷을 개발하였다.(Fig. 11) 미국의 Burton Snowboards사에 의하여 개발된 Snowboard jacket은 Soft Switch사의 전도성 섬유 소재를 사용하여 MD플레이어를 재킷 내에 내장시켰다.(Fig. 12)

핀란드의 Tampere 대학에서는 의복에 직물 센서를 내장시킴으로써, 착용자의 맥박, 혈압, 체온 등을 모니터링 하여 디스플레이 해주는 기능, 라디오 수신기능을 지닌 스마트 스키복을 개발하였으며, 그 외에도 GPS를 부착하여 스키어들이 길을 잃는 것을

방지, 온도센서가 감지하는 의복 내 온도에 따라서 발열하는 기능도 갖추었다⁸⁾.

최근 독일에서는 최첨단 장비로 무장한 미래의 우편배달부가 탄생했다. Fraunhofer IZM 연구소에서 베를린 우편배달부의 어려움을 조사한 결과 지도를 탐색하는 데 어려움을 겪을 뿐만 아니라 자전거 도난과 겨울철 도로 결빙 정보를 받는 데 문제가 많았음을 알게 되어 이를 해결하고자 연구를 진행하였다. 우편배달복에 인공위성을 이용한 위치확인시스템(GPS)이 장착하였고 윈 소매부위에 디스플레이를 위한 액정화면

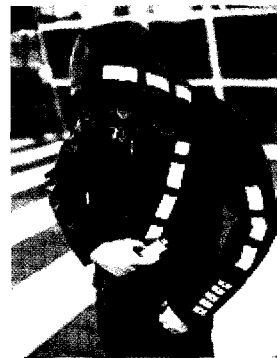


Fig. 11. Sports Jacket.

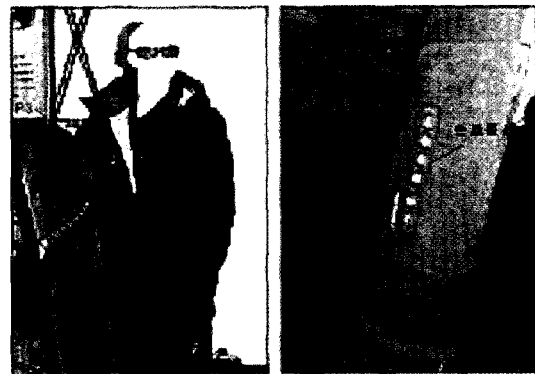


Fig. 12. Snowboard Jacket.



Fig. 13. Ski Wear.



Fig. 14. Fraunhofer IZM의 우편배달복

을 달아 지도와 교통 정보 등을 받는 것이 가능하도록 하였으며 새로운 지시사항이 내려오면 음성으로도 정보를 받아 목적지로 이동할 수 있도록 하였다. 액정화면 이외에 입력이 가능하도록 섬유 키보드가 부착됐다. 또한 자전거를 위한 자동안전시스템이 도입됐다. 섬유 속 전파 송수신기를 통해 자전거의 소유자가 멀어지면 자동으로 자전거 자물쇠가 잠기고 다시 돌아오면 열리도록 만들었다. 또한 우편 배달부의 몸을 따뜻하게 할 수 있도록 겨울에는 발열섬유 패드를 부착하였다⁹⁾.

2.2.2 비즈니스용

2002년에 South Australia 대학에서 Business Suit을 타겟으로 e-Suit는 개발하였다. 의복 안으로 기기들을 보이지 않도록 디자인하여 패션을 중요한 영역으로 보고 설계하였다. e-Suit는 컴팩의 Microsoft Pocket PC2000 인 Window CE 3.0 기반의 iPAQ을 사용한 의복하였고 Microsoft Outlook 기능과 업무 데이터를 관리하는 기능이 제공되었다.

Phillips사의 항공사직원의 유니폼 'Imaginair'을 개발하였다. 유연성(Flexible)있는 LCD스크린과 무선이어폰이 달린 개인용 디지털 보조기구로써 소매에 있는 스크린을 통해 스튜어디스(Air Hostess)의 다양한 업무를 하면서, 다른 승무원들과 의사소통을 하면서 업무지원도 할 수 있도록 설계하였다.

2.2.3 생체신호측정용

Georgia Tech에서 1996년부터 1999년까지 미 해군의 지원을 받아 광섬유와 센서를 이용하여 착용자의 심박동수, 호흡수, 체온, 소모된 칼로리의 데

이터를 파악하여 컨트롤러에 의하여 송신함으로써 원거리에서 모니터를 통해서 착용자의 상태를 실시간으로 파악할 수 있도록 군사용 목적으로 GTWM (georgia tech wearable motherboard)를 개발을 개발하였다¹⁰⁾.

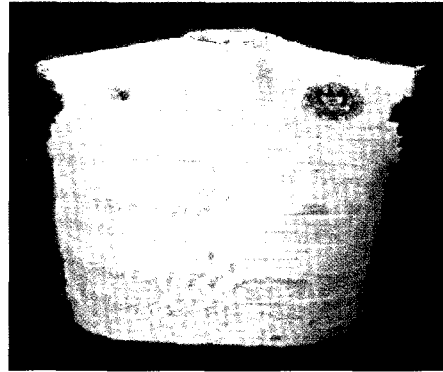


Fig. 15. Giogia Tech의 GTWM.

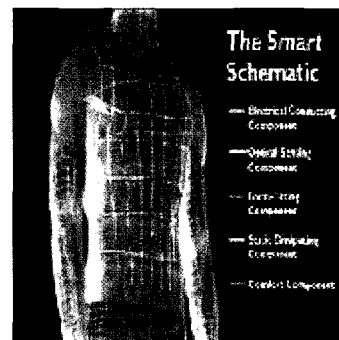


Fig. 16. GTWM의 구성도.



Fig. 17. VivoMetrics 사의 LifeShirt.

VivoMetrics 사에서는 조기 형태로 개발하였는데, 개인용 PDA단말기가 유선으로 연결되어 있어서 가먼트 속의 센서와 PDA를 통해 30가지 이상의 바이오 정보를 기록하고 모니터링 가능하다. 말초시신경

디바이스를 통해 혈압, 혈류 내 산소 함유량, EEG, EOG, 피부온도 등을 측정할 수 있으며 작업 시, 운동 시, 수면할 때 등등 모든 일상생활에 적용이 가능하다.

이탈리아에서 개발 중인 WEALTHY는 Lycra원단에 carbon으로 coating한 압저항 센서와 금속사(stainless steel)를 이용하여 신체에서 나오는 신호들을 측정할 수 있도록 편성물로 만들어진 디지털 가먼트이다. WEALTHY는 일상생활에서 호흡패턴, 심전도, 심근도, 활동성향, 체온 등을 측정하기 위하여 최초 고안되었다. WEALTHY는 옷의 각 부분에 붙어있는 센서들을 통하여 측정된 생체 신호들은 portable patient unit(PPU)에 접속되게 되어 핸드폰, PC, PDA 또는 서버 관리자(병원 등) 등에 전달하는 시스템이다.

심전도 센서 및 각종 센서들은 심장근처와 전면부에 위치하게 되며, 활동성향을 측정하는 센서는 어깨, 팔꿈치, 대퇴부 근육이 있는 엉덩이 부분에 위치하게 된다. 현재 개발된 garment로 심전도와 활동성향이 휴식과 운동을 하는 실험을 통해 측정되었으며, 어느 정도의 noise가 나타나지만 그다지 크게 문제되지 않는 정도까지 기술이 발전되어 있다.

프랑스에서 개발 중인 생체신호 측정용 디지털 가먼트는 VTAM이다. 금속사(stainless steel)를 이용하여 편직한 부분에 센서를 접합하여 신체에서 나오는 신호들을 측정할 수 있도록 만들었다(Fig. 20).

한국전자통신연구원(ETRI)에서는 생체신호를 측정할 수 있는 바이오셔츠를 개발하였다. 생체신호를 측정하기 위해서 금속사 성분의 전도성 센서를 사용하였다. 생체신호를 실시간으로 측정하여 저장하거나 Bluetooth 통신모듈을 내장하여 PC/PDA로 사용자의 생체신호를 실시간으로 볼 수 있다(Fig. 21~23) 이와 함께 Bluetooth 통신모듈을 통하여 휴대폰으로 데이터를 전송할 수 있는 프로그램도 개발하였다.

뿐만 아니라 정지상태가 아니고 신체가 움직이는 상태인 조깅이나 마라톤을 하는 경우에도 신체의 이상여부를 측정할 수 있는 마라톤복도 개발하였다. 한국생산기술연구원에서는 디지털사를 이용하여 심전도 측정용 디지털 가먼트를 개발하였다. 디지털사와 일반 사를 이용하여 편직을 하였는데, 편직구성도는 (Fig. 24)와 같고 심전도 측정용 디지털 가먼트는 (Fig. 25)과 같다.

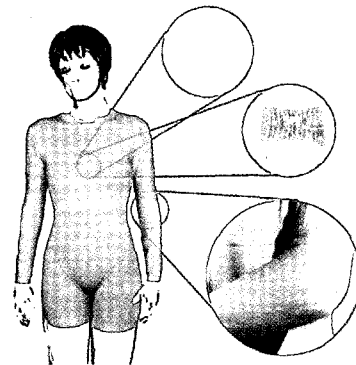


Fig. 18. WEALTHY.

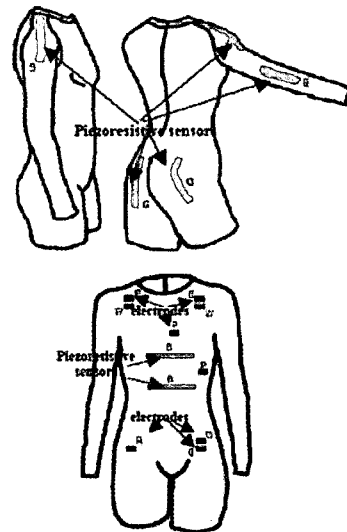


Fig. 19. WEALTHY 구성도.

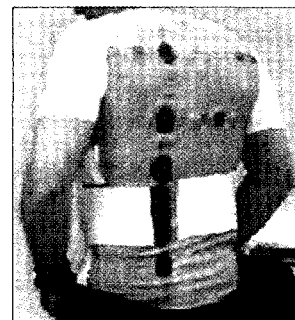


Fig. 20. VTAM.

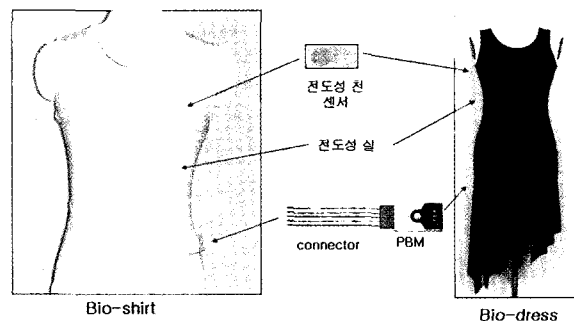


Fig. 21. 바이오셔츠.

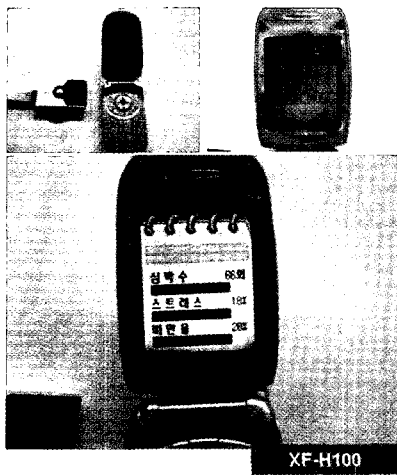


Fig. 22. 휴대폰 전송프로그램.

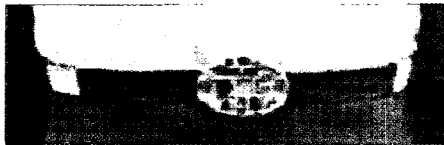


Fig. 23. 생체신호 측정용 마라톤 복.

심전도 측정용 디지털 가먼트를 착용하여 측정
한 결과와 일반적으로 사용되는 심전도센서를 사용
한 측정한 결과를 비교하였다. 측정 결과물을 보면
알 수 있듯이 노드모양이 거의 일치하는 것을 볼 수
있다. 한국생산기술연구원에서는 2007년 상반기에
는 최대 300 가닥의 통신라인이 필요한 디지털 가먼
트를 대량생산할 수 있는 기술을 개발할 예정이다.

3. 결 론

전 세계적으로 디지털 사 및 디지털 가먼트의 개
발사례를 살펴볼 때, 90년대와는 달리 현재는 외국
과 한국의 기술격차가 거의 없는 것을 알 수 있다.
생체신호 측정용 디지털 가먼트 분야에서는 휴대폰
을 이용한 데이터 전송시스템에서는 한국이 더 앞
서 있다. 특별히 디지털 가먼트 분야에서 핵심기술
인 고속전송용 디지털 사를 한국이 개발하였다. 또
한 이를 이용한 편직기술을 개발하여 시제품을 생
산하였으며 더 나아가 대량으로 생산할 수 있는 기
술을 개발하고 있다. 따라서 향후 5년 안에 한국이
디지털 가먼트 분야의 기술을 선도할 수 있을 것으
로 생각이 된다. 유비쿼터스 시대에 한국이 디지털

가먼트를 대량으로 생산할 수 있는 섬유기술을 개
발하여 섬유산업의 고부가가치화를 창출하고 무한
한 성장가능성이 있는 세계시장을 선점해 나갈 수
있길 바란다.

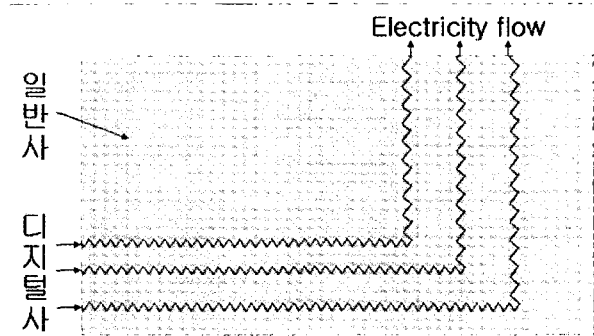


Fig. 24. 편직구성도

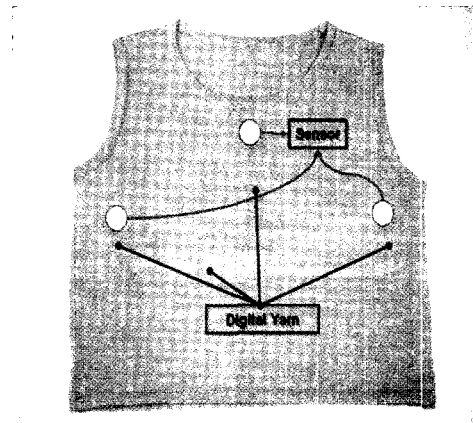


Fig. 25. 심전도 측정용 디지털 가먼트.

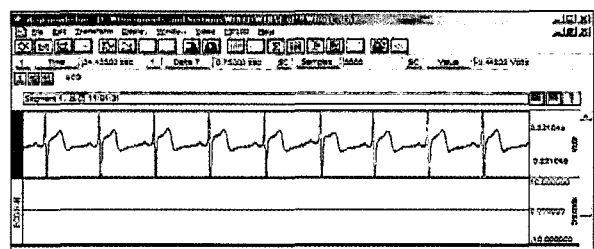


Fig. 26. 일반 센서를 이용한 심전도 그래프.

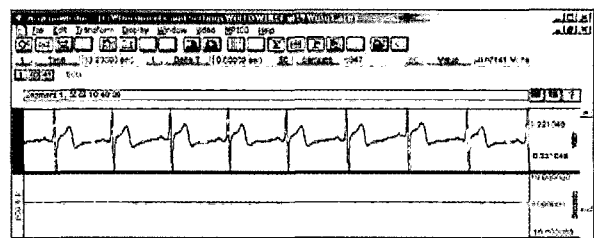


Fig. 27. 디지털가먼트 착용 후 심전도 그래프.

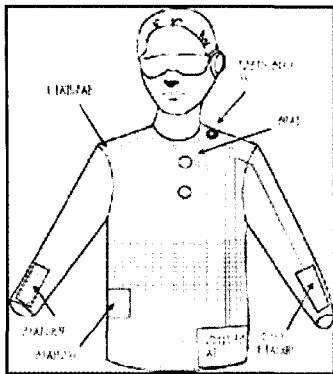


Fig. 28. 개발할 디지털 가먼트 구성도.

참고문헌

1. 이성국, 김완석, "세계 각국의 유비쿼터스 컴퓨팅 전략", 전자신문사, 서울, pp.22~24, 2003.
2. S. Wagner, E. Bonderover, W. Jordan, and J. Strum, "Electrotextiles Concepts and Challenger", *저널명*, 12(2), 185(2000).
3. 노무라 종합연구소, "유비쿼터스 네트워크와 신사회 시스템", 전자신문사, 서울, pp.35~46, pp.76~77, 2003.
4. 최원규, 김동환, 최남희, "유비쿼터스 IT혁명과 전자공간", 전자신문사, 서울, pp.128~134, 2004.
5. 안영무, 유비쿼터스 컴퓨팅 의복, *섬유기술과 산업*, 8(1), pp.1-10, 2004.
6. X. Tao, "Wearable electronics and photonics", Woodhead Publishing Ltd, Combridge, England, pp.13~15, pp.105~135, 2005.
7. 정기수, 전기전도성 소재로서의 metal yarn의 응용, *섬유공학회 춘계세미나*, 2004.
8. 이주현, 일상생활용 디지털 의류, *섬유기술과 산업*, 8(1), 11-18(2004).
9. Annual Report 2004, Fraunhofer IZM.
10. 김도운, 박재근, 군사용 e-Textile, *섬유기술과 산업*, 10(1), 9-16(2006).

저자소개



정기수

1988 경희대학교 섬유공학과(학사)
 1991 경희대학교 섬유공학과(석사)
 1993~2000 독일 Stuttgart 대학
 공정공학과(박사)
 2001.2~현재 한국생산기술연구원 스마트섬유팀
 선임연구원

Tel. : 02-3406-3213; Fax. : 02-3406-3210
 E-mail : gschung@kitech.re.kr