

스마트의류 기반의 원격진료 시스템에 대한 연구

주 문 일*, 김 희 철**, 정 기 수**

1. 서 론

최근 유비쿼터스 컴퓨팅, 클라우드 컴퓨팅의 시대로서 의료 기술의 발전과 생활수준의 향상에 따라 전 세계는 고령사회로 진입하였고, 생활수준 향상에 따른 생활습관의 변화로 과거와 달리 만성 질환자가 증가하고 있다. 또한, 농어촌 거주자의 의료비 증가는 건강보험 진료비 및 의료비 지출 증가의 원인으로 이러한 상황에서 의료비 지출을 감소하고 나은 의료 서비스를 제공할 수 있는 방법으로는 원격의료서비스가 적합한 대안이다.

현재 우리나라 역시 고령화 사회로 도래하여 의료서비스의 수요가 늘어나고 있지만, 그림1과 같이 도시와는 달리 도서, 산간지역은 의료시설과 전문 인력의 부재로 의료서비스의 혜택을 누리기 힘든 실정이다.

최근, 국내외적으로 원격·재택 진료에 적용할 수 있는 휴대용 기기 또는 가정용 의료기기 개발에 많은 투자가 이루어지는 등 유비쿼터스 헬스케어 시스템에 대한 연구가 집중적으로 이루어지고 있다[1][2]. 유비쿼터스 헬스 케어란 인터넷·휴대폰·쌍방향 케이블TV 등의 정보통신 네트워크

를 이용해 시간과 장소 구애 없이 환자와 의사를 연결해 실시간으로 진단·치료·예방 등의 보건 의료 및 건강관리를 해주는 서비스로 기존의 생체계측기와 치료기기의 크기와 중량을 최소화하여 사용자가 항상 휴대함으로써 언제·어디서나 질병 및 건강을 모니터링하고, 위험상황을 미리 예측하여 통지하며 응급상황 발생 시 자동적으로 구조 요청을 하고, 경우에 따라 치료가 가능한 시스템이다[3].

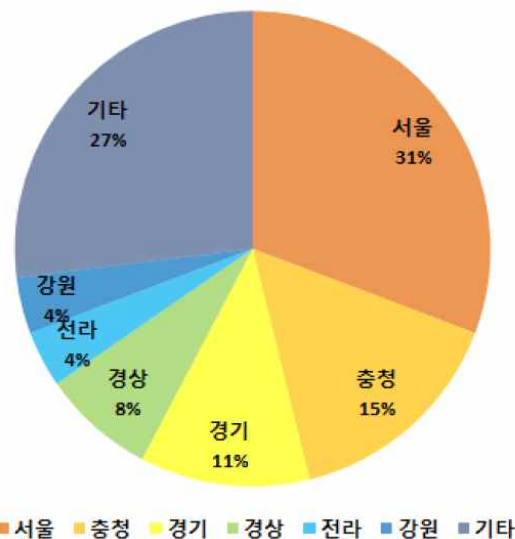


그림 1. 지역별 국내 유비쿼터스 헬스케어 서비스 현황

최근, 세계적으로 만성질환 및 노약자에 대한 의료서비스는 진료의 비용적인 측면과 시간적인 측면에서 전문가의 개입을 최소화하고, 환자의 질

* 교신저자(Corresponding Author): 정기수, 주소: 경기도 안산시 상록구 향가울로 143 한국생산기술연구원, 전화: 031) 8040-6191, FAX: 031)8040-6190, E-mail: gschung@kitech.re.kr

* 한국생산기술연구원 수석연구원

병 징후에 대한 조치를 적절하게 받을 수 있는 의료 정보 서비스에 대한 욕구가 증대되고 있으며, 이러한 시대적 요구에 부응하기 위하여 원격 및 재택 의료에 필수적인 인터넷 또는 무선통신 인프라 구축이 진행이 되고 있어, 재택 및 원격의료에 필수적인 생체신호(심전도, 호흡, 체온 등) 측정이 필요하다.

본 논문은 중요한 생체신호를 측정할 수 있는 디지털 의류와 생체신호 중의 하나인 심전도(ECG)와 움직임을 측정할 수 있는 가속도 데이터를 측정할 수 있는 측정 모듈을 개발하고, PC 혹은 스마트폰에 전송하기 위한 무선 통신 모듈을 개발하고자 한다.

2. 디지털실

2.1 디지털실의 물리적 특성

금속섬유는 전기전도성이 좋고 인발공정을 통해서 세선화가 가능하며, 금속섬유의 직경이 100 μm 이하로 내려가게 되면, 금속 고유의 특성인 강성이 사라지고 유연성이 좋아지면서 내굴곡성이 향상된다. 또한 여러 가닥의 금속섬유를 동시에 사용하게 되면, 한 두 가닥에서 사절현상이 발생하더라도 전기전달이나 데이터 통신에 문제가 없다. 금속섬유소재 중에서 구리는 전도도가 온도보다는 조금 낮지만, 금보다 더 높기 때문에 보급형으로 대량생산하는데 적합하다[4].

한국생산기술연구원은 전동성이 좋은 구리소재를 사용하여 디지털실을 개발하였다. 그림 2는 디지털실의 횡 단면도를 확대한 그림이다.

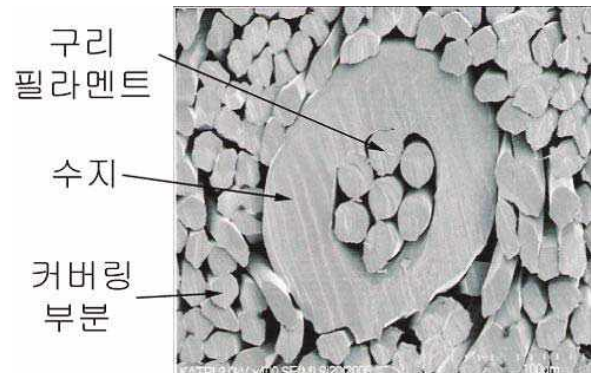


그림 2 디지털사의 구성(횡 단면)

2.2 디지털실의 전기적 특성

디지털실은 일종의 전선이기 때문에 저항 성분을 갖는다. 이러한 저항 성분은 송신부로부터의 신호를 감쇄시키는 주된 원인이다.

그림 3는 디지털실의 길이 당 저항 성분을 보여준다. 의복으로 제작함에 있어서 180cm 신장의 사람을 가정하였을 때, 필요한 디지털실의 길이는 최대 3m의 길이를 넘지 않으므로, 1m 당 6.6 Ω 의 저항을 갖는 디지털실을 디지털 의류에 적용할 수 있다.

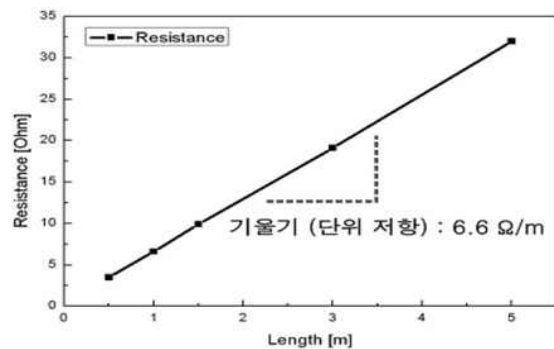


그림 3 디지털실의 단위 저항

그림 4는 디지털실의 입력신호와 출력신호 사이에 일정한 지연시간을 다음과 같이 나타낼 수 있다.

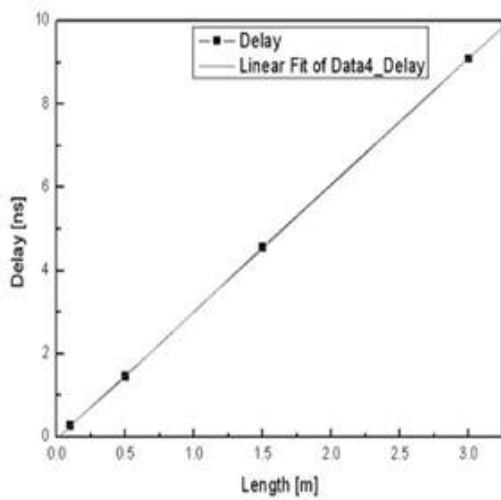


그림 4 디지털실의 전송 지연 시간

2.3 디지털실의 전송속도

디지털실의 데이터전송속도를 측정을 8가닥의 디지털실로 이뤄지며 2가닥씩 1라인을 구성하게 한다. 그림 5에서와 같이 4개의 라인을 구성하며 재봉된 디지털실의 평균 길이는 483cm를 이루며 2대의 노트북에 연결하기 위해서는 그림 6에서와 같이 약 100cm의 디지털실이 스마트의류 표면에 나와서 UTP 케이블에 연결을 한다.

디지털실의 동적 통신성능을 평가하기 위해 FTP 서버와 클라이언트로 구성을 하며, 전송 파일은 522.767KB의 크기를 전송을 한다[5].



그림 5 8가닥의 디지털실로 재봉된 스마트의류



그림 6 전송속도 데이터 위한 스마트의류

표 1과 같이 총 8번의 실험을 한 결과 평균 8.537MB/s의 전송성능을 보였다.

	전송성능(MB/s)
1단계	8.617
2단계	8.643
3단계	8.390
4단계	8.483
5단계	8.676
6단계	8.547
7단계	8.472
8단계	8.544

표 1 전송속도 데이터 위한 스마트의류

3. 스마트의류 시스템

새로운 미래사회의 변화 패러다임에 맞춰 섬유 의 신성장분야중 하나인 섬유기술과 IT기술을 융합하여 언제 어디서나 생체신호 측정, 처리 기술, 정보전송 기술과 이를 이용한 다양한 부가 서비스 기술이 향후 반드시 필요하리라 평가된다. 스마트 의류(모자, 양말, 벨트, 밴드, 신발 등을 포함)는 의류에 다양한 센서와 모듈을 부착하거나 임베디드 시킨 제품으로써 인간의 생체정보를 습득, 전송하는데 매우 용이하며 사람의 몸에 발생되는



그림 7 스마트의류 시스템

다양한 생체신호(심전도, 호흡, 체온, 피부저항, 혈압, 운동량 등)를 획득할 수 있다.

스마트의류 시스템은 그림 7과 같이 스마트의류에서 바이오센서를 이용하여 생체신호를 측정하고, 이 측정된 생체신호를 통신 모듈에서 단말기로 전송을 단말기는 서버로 전송을 하여 서비스를 제공하는 시스템이다.

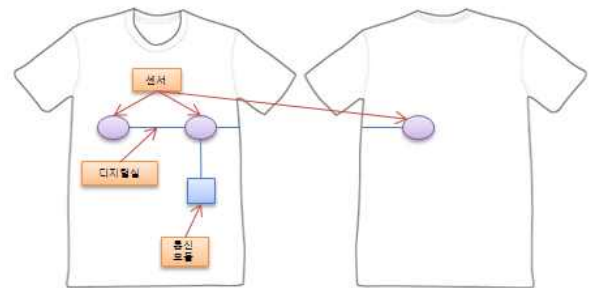


그림 8 스마트의류

3.1 스마트의류

그림 8과 같이 바이오센서, 생체신호 측정 모듈과 무선통신 모듈로 구성되며, 또한, 센서와 모듈을 연결하기 위한 신호 전송 네트워크로 구성된다[6].

바이오센서는 정확성과 신뢰성이 있는 생체신호를 측정하기 위하여 시스템의 가장 중요한 요소이며, 또한, 디지털실은 바이오센서와 전송 모듈을 스마트의류에 재봉을 하여 연결하는 역할을 하며, 불필요한 선의 제거로 인하여 사용자가 의류를 착용 시 불편함이 없는 착용감을 가지게 되며, 재봉으로 인하여 의류에 고정이 되어 신호 전송의 노이즈를 최소화 할 수 있는 장점이 있다[7].

3.2 스마트의류를 이용한 심전도와 HRV(Heart Rate Variability) 측정

본 논문에서는 스마트의류에서 측정된 센서의 신호는 스마트의류에 재봉되어 있는 디지털실에 의하여 통합모듈에 전달이 된다[8].

통합모듈은 심전도와 HRV를 측정하기 위한 구동회로뿐만 아니라 데이터 취득 회로 및 무선 데이터 송·수신부를 포함하고 있기 때문에 스마트의류에 맞는 모양과 크기로 제작해야 한다.

그림 9는 통합모듈의 블록도를 나타내고 있다. 무선 통신은 스마트폰, PC와 AP(Access Point)에서 사용하기 Bluetooth V3.0을 탑재하였으며, 데이터 획득 회로는 통합모듈의 크기를 최소화하기 위하여 EFM32GG995를 사용하였다. 심전도

신호, HRV 신호와 가속도 신호를 전송하기 때문에 이 칩을 사용하여도 사용자는 원하는 성능을 제공할 수 있다.

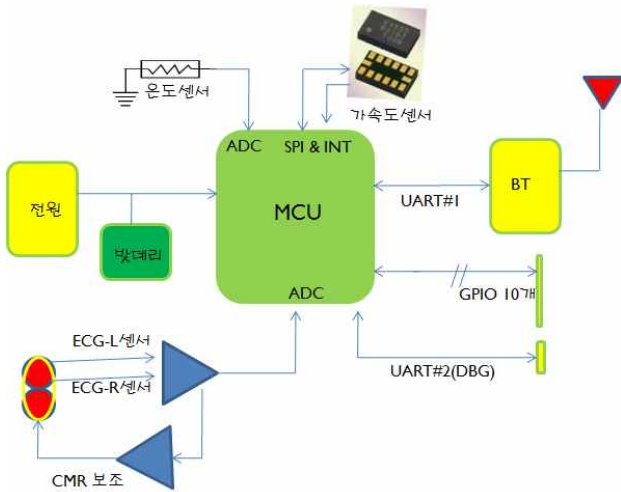


그림 9 통합모듈의 블록도

그림 10은 통합모듈의 외형을 보여주고 있다. 통합모듈의 소형화를 하기 위해서 배터리를 통합모듈에 바로 장착을 하지 않고 스마트의류에 장착을 하기 때문에 소형화가 가능하다.



그림 10 통합모듈 외형

그림 11은 제작된 스마트의류를 보여주고 있다. 착용감 향상과 우수한 생체 신호 획득을 위해 가슴 라인에 센서를 부착할 수 있도록 밴드를 부착하였다.



그림 11 스마트의류

생체신호에서 심전도 파형 QRS를 구분하는 것이 중요하다. 일반적으로 헬스케어용은 R파형을 중요하게 생각하지만, 본 논문에서 연구하는 스마트의류는 원격의료를 목표로 하기 때문에 QRS를 정확하게 판별을 하고자 250Hz의 전송 속도를 가지며, 가속도 신호는 60Hz의 전송 속도를 가지며, 데이터 전송을 실시간으로 할 시에 배터리 소모량의 증가로 인하여 3초 간격으로 심전도 신호와 가속도 신호를 모듈에 저장하여 단말기로 전송을 하고, 1초 간격으로는 HRV와 스마트의류에 부착된 센서가 몸에서 떨어지거나 옷을 벗거나 입지 않았을 때에는 센서가 몸에 부착되지 않았다는 메시지도 포함되어 단말기로 보낸다. 이 메시지는 스마트의류 특성상 사용자가 언제든지 옷을 벗거나 하여 심전도가 측정이 되지 않았을 때 모니터링 시스템에서 자동적으로 파악을 하여 사용자의 상태에 대해 혼돈을 주는 것을 방지하기 위해서이다. 추후 생체신호에 꼭 필요한 체온은 1초 간격으로 HRV 값을 전송하는 데이터에 추가하여 전송을 할 수 있다.

그림 12는 스마트의류에서 측정된 심전도 파형을 보여주고 있다. 3명의 사용자가 각각 5분간 측정된 심전도 파형을 보여주고 있다. (a)와 (b)는 휴식 상태의 누워 있을 때와 앉아 있을 때의 파형을 보여준다. 각 파형들이 균등하게 잘 보여지는

것을 알 수 있다. 걷는 상태인 (c)는 심전도 파형은 정확하게 보이지만 약간의 노이즈가 발생됨을 알 수 있다. 하지만 심전도 파형을 판별하는 데는 충분하다.

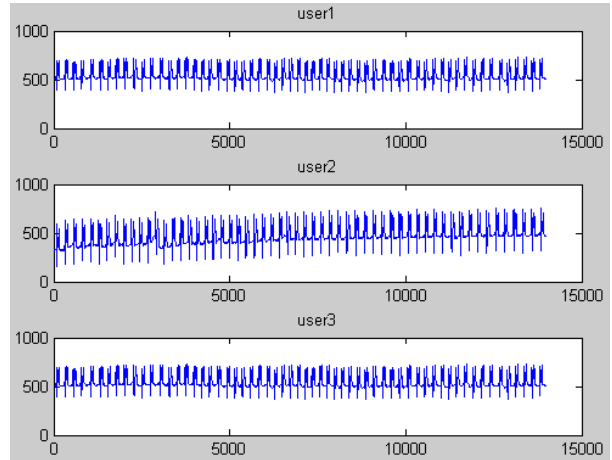
4. 스마트의류 모니터링 시스템

본 논문은 스마트의류의 생체신호를 이용하여 원격진료 시스템을 구현하고자 한다. 언제어디서나 사용자가 자신의 생체신호를 전송하고 위급사항 발생 시 자신의 위치를 실시간으로 전송하기 위해 스마트폰이 단말기 역할을 해야 한다.

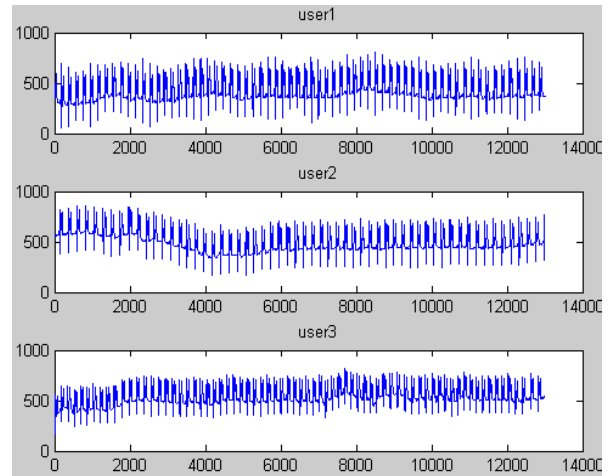
스마트의류는 심전도와 HRV를 측정을 하여, 이 생체신호들은 디지털 의류에 장착된 통합 모듈을 통하여 생체신호를 측정하고 단말기로 신호를 전송하는 역할하며, 단말기는 전송된 신호를 사용자에게 보여주고, 동시에 서버에 전송하는 역할을 한다. 서버는 이 단말기로부터 전송된 생체신호와 GPS신호를 모니터링 화면에 보여주는 기능을 한다.

4.1 스마트폰 어플리케이션

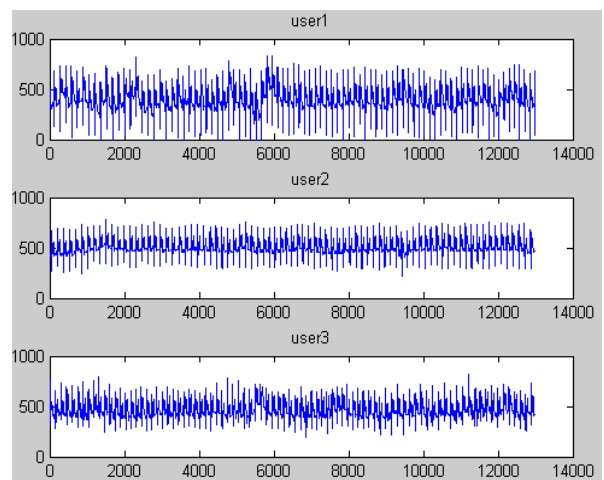
본 논문에서는 스마트폰 중에 안드로이드폰이 이용하여 앱(APP)을 개발하였다. 앱은 통합모듈과 블루투스로 연결을 하게 하였으며, 전송된 심전도 데이터는 20분 동안 데이터를 안드로이드폰에 저장한 후에 HTTP 통신으로 서버로 전송하여 저장하는 방식을 채택하였으며, HRV 값은 안드로이드폰에서 맥박을 추출하여 서버에 20초에 한번씩 전송하게 한다. 또한, 안드로이드폰은 HRV 값에서 추출한 맥박으로 위급사항을 분석하여 위급사항 발생 시 실시간으로 서버에 맥박과 GPS 정보를 전송하여 서버에서 사용자의 위급사항 및 위치를 파악할 수 있다.



(a) 누워 있을 때 심전도 신호



(b) 앉아 있을 때 심전도 신호



(c) 걸을 시에 심전도 신호

그림 12 측정된 심전도 신호

그림 13은 안드로이드폰의 UI 화면으로 안드로이드폰의 배터리사용량을 최소화하기 위해 서비스(백그라운드에서 작동)로 개발을 하였으며, UI 화면이 필요할 시에는 그림 13과 UI와 같이 현재 사용자의 실시간 맥박을 확인할 수 있으며, 'HELP ME' 버튼을 클릭 시 서버로 위급사항을 바로 전송한다.



그림 13 안드로이드폰 앱 화면

4.2 모니터링 어플리케이션

그림 14는 상황실 모니터링 시스템으로 단말기에서 전송된 맥박, 위치와 위급 사항 발생 시 화면에서 실시간으로 보여주는 화면이다.

구굴에서 나온 구굴맵을 이용하여 단말기에서 전송되어온 위도와 경도를 이용하여 사용자의 위치를 보여준다. 하지만, 사용자가 건물안에 들어가 있을 시에는 위도와 경도 정보를 획득할 수 없는 문제점이 있지만, 외부에서는 세계 어느 나라에서든 확인을 할 수 있다.

단말기에서 위급 사항 발생 시 모니터링 시스템에서는 위급 상황 발생한 사용자를 자동적으로 보여주며, 알람음과 화면에 자동적으로 표시한다.



그림 14 모니터링 어플리케이션

5. 결 론

세계적으로 고령화 시대로 진입하여 의료에 대한 부담이 증가하고 있는 추세이다. 여러 기관에서 원격·재택 진료에 대한 연구가 활발하게 진행되고 발전하고 있지만, 디지털실을 이용한 스마트의류에 대한 연구는 이제 시작 초기단계로 본 논문에서 제안한 디지털실을 이용한 스마트의류는 사용자가 착용하기 쉬우면 세탁에 대한 내구성이 검증이 되고 언제 어디서나 생체신호를 측정할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 본 논문의 스마트의류는 심전도만을 측정할 수 있는 한계점을 가지고 있다. 추후 지속적으로 연구를 계속하여 다양한 생체신호 즉, 혈압, 체온, SpO2 등을 측정하고 분석할 수 있는 시스템 개발이 필요하다.

참 고 문 헌

[1] 이민호, U-Health care 동향, EIC 매거진, 5(2009), 16-21.

[2] 성건용, 장문규, 정문연, 김승환, 박수준, 박선희, 유비쿼터스 라이프케어 기술동향, 전자통신동향분석, 5(2007).

[3] Berler A., Pavlopoulos S., and Koutsouris D., Design of an interpretability framework in an regional healthcare system, In Proceeding of Engineering in Medicine and Biology Society, 2(2004), 3093-3096.

[4] Chung, G., An, J., Lee, D., Hwang, C., A Study on the Digital Yarn for the High Speed Data Communication, The 2nd International Conference on Clothing and Textiles, (2006), 207-210.

[5] Gi-Soo Chung, Dae-Hoon Lee, Yeon-Sang Kim, Jun-Ho Park, Study on a Conductive Yarn for Data Communication, The 37th Textile Research Symposium, 2008, 311-313.

[6] Kim, H., Kim, T., Joo, M., Yi, S., Yoo, C., Lee, K., Kim, J., and Chung, G., Design of a Calorie Tracker Utilizing Heart Rate Variability Obtained by a Nanofiber Technique-based Wellness Wear System, Applied Mathematics and Information Science, 2(2011), 70-73.

[7] Tae-Gyu Lee, Gi-Soo Chung, Wearable P2P Communication System Organization on Digital Yarn, Ubiquitous Information technologies and Applications, 1(2012), 601-609.

[8] 김정도, 김갑진, 정기수, 이정환, 안진호, 이상국, ECG와 호흡 측정이 가능한 모바일 헬스케어 의류 시스템, 정보처리학회지, 3(2010), 145-152.



주 문 일

- 2013년 인제대학교, 컴퓨터학과, 박사과정
- 현재 (주)에스디지텍 연구원
- 관심분야: 웨어러블 컴퓨팅, HCI



김 희 철

- 2001년 Stockholm, 컴퓨터과학, 박사
- 현재 인제대학교 컴퓨터공학부 교수
- 관심분야: HCI, CSCW, 웨어러블 컴퓨터, 웰니스/헬스케어 시스템, e-learning, 스마트홈



정 기 수

- 2000년 Stuttgart, 공정공학, 박사
- 현재 한국생산기술연구원, 수석연구원
- 관심분야: IT융합, 스마트섬유, 디지털의류