한국 융합신호처리학회

한국융합신호처리학회논문지 Vol. 20, No. 2 : 99~104 June. 2019

FSR 센서 어레이를 이용한 방석형 자세 판별시스템의 구현

김미성[1], 서지윤[1], 노윤홍[2], 정도운[1*]
[1]동서대학교 컴퓨터공학부
[2]부산디지털대학교 컴퓨터공학과

Implementation of Cushion Type Posture Discrimination System Using FSR Sensor Array

Mi-Seong Kim[1], Ji-Yun Seo[1], Yun-Hong Noh[2], Do-Un Jeong[1*]
[1]Division of Computer Engineering, Dongseo University
[2]Department of Computer engineering, Busan Digital University

요 약 최근 현대인들은 잘못된 자세로 인해 다양한 근골격계 질환의 발병률이 높아지고 있다. 근골격계 질환의 근본적인 원인은 잘못된 자세 습관으로 발병한 경우가 많다. 근골격계 질환은 바른 자세 습관을 통해 예방이 가능하지만, 자세를 스스로 인식하여 교정하기는 쉽지 않다. 지속적인 자세 모니터링을 위하여 다양한 연구들이 수행되었으나, 기존 계측 시스템은 구속성 및 고비용으로 인해 일상생활에 적용하기가 적합하지 않다. 본 논문은 일상생활에서 착석 자세 모니터링을 통해 자발적으로 자세 교정을 유도할 수 있는 FSR 센서 어레이를 이용한 자세 판별 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 방석 형태로 설계되어 기존에 보유하고 있는 의자에 적용이 용이하다. 또한, 일상생활에서 가장 대표적인 5가지 자세를 판별할 수 있으며, 안드로이드 기반의 스마트폰 모니터링 애플리케이션을 통해 실시간으로 모니터링이 가능하다. 시스템의 성능 평가를 위하여 각각의 자세를 50회씩 반복하여 측정하였으며, 98.88%의 높은 자세 판별 정확도를 확인하였다.

• 주제어 : 근골격 질환, 자세 판별, FSR 센서 어레이, 모니터링 시스템

Abstract Recently, modern people are increasing the incidence of various musculoskeletal diseases due to wrong posture. Prevention is possible through proper posture habit, but it is not easy to recognize posture by oneself. Various studies have been conducted to monitor persistent posture in daily life, but most studies using constrained measurement methods and high-cost measurement equipment are not suitable for daily life. In this paper, we implemented a posture discrimination system using a FSR sensor array that can induce posture correction spontaneously through sitting posture monitoring in daily life. The implemented system is designed as a cushion type so it is easy to apply to existing chair. In addition, it can identify five most common postures in everyday life, and can monitor real-time through Android-based smart-phone monitoring application. For the performance evaluation of the implemented system, each posture was measured 50 times repeatedly. As a result, 97.6% accuracy was confirmed.

• Key Words : Musculoskeletal disorder, Posture correction, FSR sensor array, Monitoring system

Received 12 March 2019, **Revised** 15 May 2019, **Accepted** 02 June 2019

* **Corresponding Author** Do-Un Jeong, Division of Computer Engineering, Dongseo University, 47, Jurye-ro, Sasang-gu, Busan, Korea.
E-mail : dujeong@gdus.adongseo.ac.kr

Ⅰ. 서론

최근 대부분의 시간을 업무와 학업 등으로 좌식생활을 보내고 있는 현대인들에게 근골격계 질환이 많이 발병하고 있다. 근골격계 질환은 잘못된 자세를 오래 유지하는 습관으로 발병하는 경우가 많다[1]. 잘못된 자세는 척추에 무리를 주고 각종 척추질환을 가져온다는 사실을 인식하고 있지만 대부분은 이를 간과하고 있다. 또한, 바른 자세라도 장시간 착석 자세로 업무 및 학업을 진행할 경우에도 척추에 많은 무리를 준다[2].

질병분류 정보센터에 따르면 근골격계 질환으로 병원을 찾는 환자는 2008년 2,170만 명에서 2014년 2,880만 명으로 약 30% 이상 증가했으며, 의료시설을 이용하지 않는 근골격계 질환 환자 수를 포함하면 더 많을 것으로 추정한다[3]. 근골격계 질환을 예방 및 모니터링하기 위하여 가속도 센서를 이용한 사용자의 척추 만곡점 변화량 모니터링 시스템[4], 압력 센서를 이용한 경추 상태 모니터링 시스템[5], 키넥트 영상처리를 통한 자세 판별 시스템[6] 등 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 하지만 기존 계측 시스템은 구속성 및 고비용으로 인해 일상생활에 적용하기가 쉽지 않다.

본 논문에서는 FSR 센서 어레이를 이용한 방석형 자세 판별 모니터링 및 교정 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 방석 형태로 설계되어 기존 제품에 적용이 쉽고 무구속적으로 측정이 가능하기 때문에 일상생활에서 사용하기 용이하다. 또한, 착석 자세 정보를 기반으로 압력 분포에 따른 사용자의 자세 판단 및 변화율 분석이 가능하며 안드로이드 애플리케이션 모니터링 시스템을 통해 객관적인 자세 정보를 실시간 모니터링 및 교정 유도가 가능하다.

Ⅱ. 본론

2.1 관련 연구

기존 자세 교정을 위하여 압력 센서 및 로드셀을 이용한 앉은 자세 교정 기법[7,8], 3축 가속도 센서를 이용하여 척추 측만도를 판별하기 위한 Cobb’s각도를 3차원상에서 연산하는 방법[9], 카메라를 이용하여 일정한 간격으로 촬영되는 정면 영상과 비교를 통한 자세 판단 시스템[10] 등의 연구들이 진행되어왔다. 그러나 기존 연구 대부분이 구속적인 측정 방식과 모니터링 기능만 있으며 잘못된 자세를 유지하는 경우 경고나 교정 및 피드백 기능이 없다. 또한, 측정을 위하여 고비용, 고성능의 계측 장비가 요구되기 때문에 일상생활에서 사용하기는 적합하지 않다. 하지만 압력 센서를 사용한 연구의 경우 무구속적인 상태에서 사용자의 체중 정보를 기반으로 무게 중심 분포도와 앞, 뒤, 좌, 우 방향의 기울임 자세 판단을 통해 착석자의 자세 변화율 분석이 가능하다. 따라서 본 논문에서는 의자에 밀착된 착석 정보를 무구속적으로 검출하기 위하여 다중채널의 압력분포 센서를 활용하여 압력분포를 측정하기 위한 연구를 수행하였다.

2.2 전체 시스템 구성도

본 논문에서 구현된 시스템의 전체 구성도는 그림 1과 같다. 구현된 자세 판별 시스템은 자세 정보 측정을 위한 측정부, 블루투스를 통해 전송받은 자세 정보 데이터 처리 및 자세 판별을 위한 제어부, 내비게이터를 통해 시각화된 데이터를 확인할 수 있는 모니터링부로 구성되어있다. 측정된 데이터는 전 처리 과정을 통하여 착석 자세의 압력 분포에 따라 자세 판별이 가능하며, 4가지의 비정상 자세 중 특정 상태를 오래 유지하는 경우 착석 정보를 통해 표준화하였던 데이터와 비교 분석 후 사용자에게 피드백을 주어 바른 자세로 교정 유도가 가능하다.

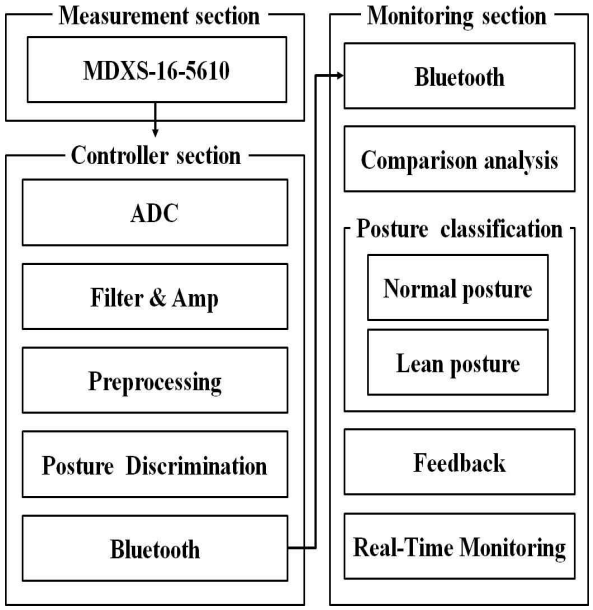
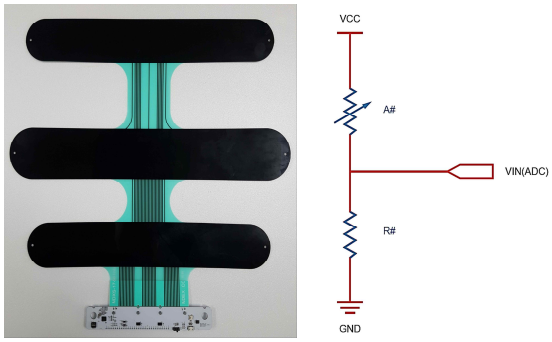


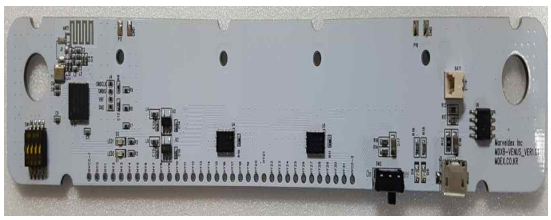
Fig. 1. System configuration

2.3 측정부: 센서 및 인터페이스

사용자의 착석 정보 측정을 위하여 마블덱스社의 MDXS-16-5610 계측 센서를 사용하였으며 데이터 제어를 위하여 무선 측정보드인 Venus를 사용하였다. MDXS-16-5610 계측 센서는 31개의 개별 압력 센서로 이루어져 있으며, 누르는 힘에 반비례하여 저항 값이 변한다는 특성이 있다. 착석 시 넓은 부위의 압력분포를 측정하기 때문에 로드셀보다 정확한 착석 정보 검출이 용이하다. 또한 센서의 두께가 얇기 때문에 기존 의자 및 방석 형태에 관계없이 사용자의 자세 정보를 정확히 판단할 수 있어 자세 판별 모니터링 시스템에 사용하기 적합하다. 정확한 착석 정보 측정을 위하여 ADC 측정 회로 구현을 통해 힘의 세기에 비례하는 전압 출력을 획득하였으며 저항 값을 200Ω으로 설계하였다. 그림 2는 실제 사용된 MDXS-16-5610 계측 센서와 Venus 보드의 외형 및 인터페이스를 나타내었다.



(a) MDXS-16-5610



(b) Venus 보드

Fig. 2. Sensor and Interface

2.4 자세 측정을 위한 데이터 전처리 과정

대표적인 착석 자세 5가지를 분류하기 위하여 측정된 기본 데이터를 그림 3의 전 처리 과정을 수행하였다. DC offset을 거친 데이터를 Moving average 필터를 적용한 후 그림 4의 표준 착석 정보를 통해 착석 자세 유형에 따른 압력 분포의 비율로 자세를 판별하였다.

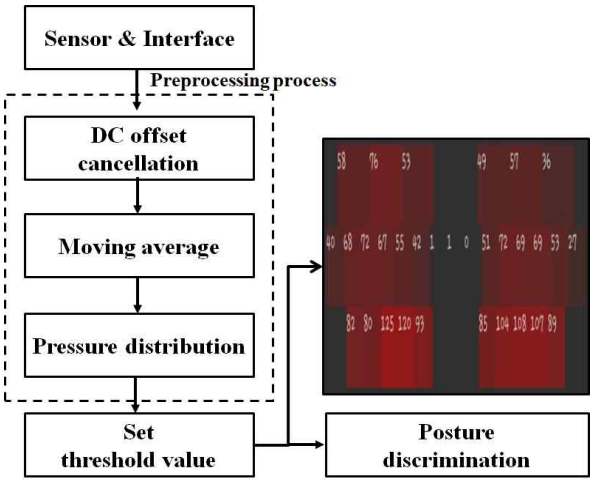
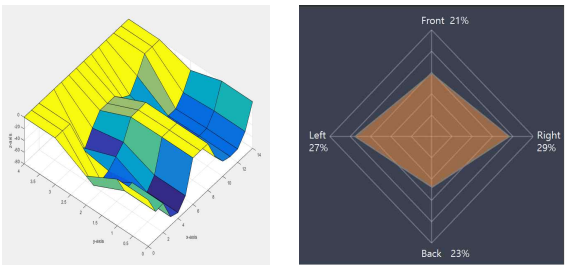
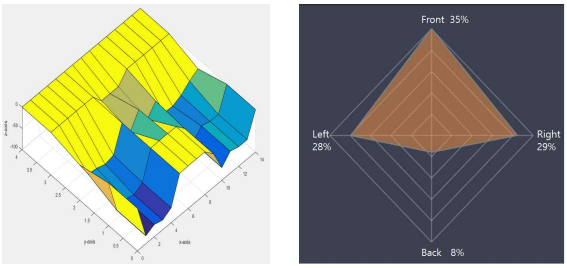


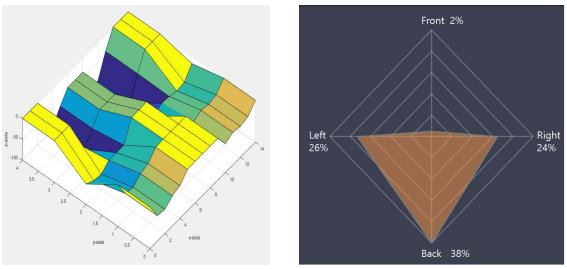
Fig. 3. posture classification process



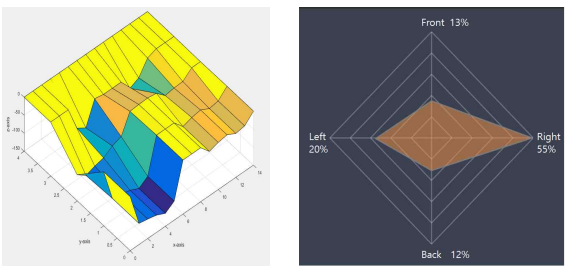
(a) 정자세



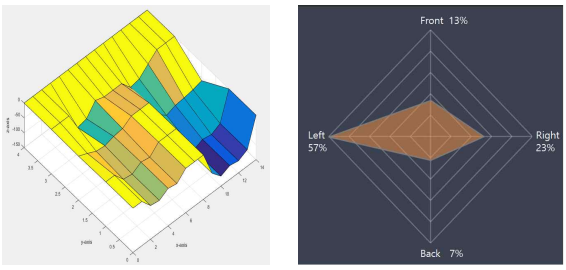
(b) 앞 기울임



(c) 뒤 기울임



(d) 오른쪽 기울임



(e) 왼쪽 기울임

Fig. 4. Standardized data by posture

2.5 자세 판단 알고리즘

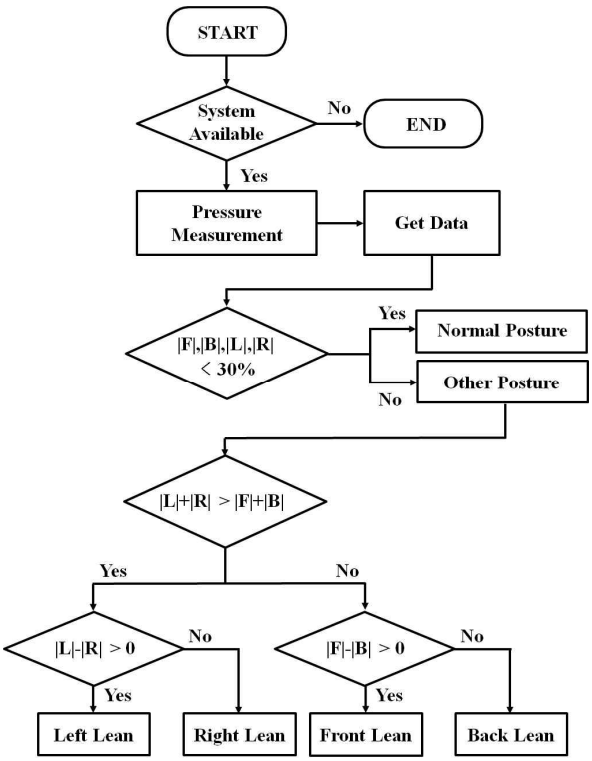


Fig. 5. Posture determination algorithm

표준 착석 정보를 기반으로 정자세 및 앞, 뒤, 좌, 우 기울임 5가지 자세를 판단하기 위하여 자세 판단 알고리즘을 구현하였다. 구현된 알고리즘은 전 처리 과정을 거쳐 획득된 착석 데이터의 앞, 뒤, 좌, 우 압력 분포의 비율이 모두 30% 미만일 경우 정자세로 판별하였으며, 그 외의 경우 기울임 자세로 판별하였다. 기울임 자세로 판단된 경우 앞, 뒤 비율의 합과 좌, 우 비율의 합을 비교하여 기울임의 방향을 구분하였다. $|L|-|R|>0$이 성립될 때 좌 기울임, 성립되지 않을 때 우 기울임, $|F|-|B|>0$이 성립될 때 앞 기울임, 성립되지 않을 때 뒤 기울임으로 판별하였다.

2.6 모니터링부

압력분포 센서 기반의 자세 판단 알고리즘을 통하여 분류된 자세 정보 데이터는 DB를 활용하여 사용자의 일일 자세 평균의 그래프 및 퍼센트 점수 모니터링 가능하다. 왼쪽의 도형그래프는 사용자의 평균 자세를 시각적으로 나타내고 있으며, 오른쪽 점수는 사용자가 자세를 쉽게 인지할 수 있도록 퍼센트 점수로 표시하였다. 또한, 장기간 비교가 용이하도록 사용자의 일일 자세 정보를 애플리케이션의 하단에 그래프로 나타내었다. 이 과정에서 피드백 횟수와 일일 전체 자세 정보를 취합한 통계 데이터를 제공하므로, 사용자는 일일 자세 변화량 모니터링뿐만 아니라, 주간 변화량, 월간 변화량을 장기간 모니터링 가능하다.

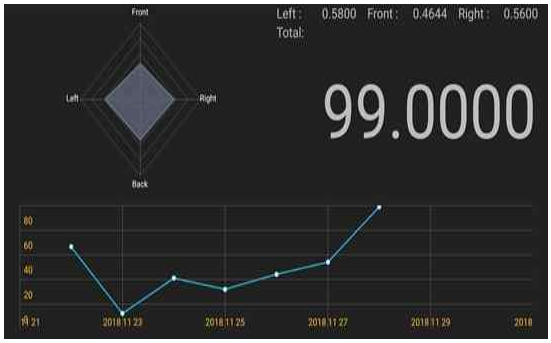


Fig. 6. Average of normal posture

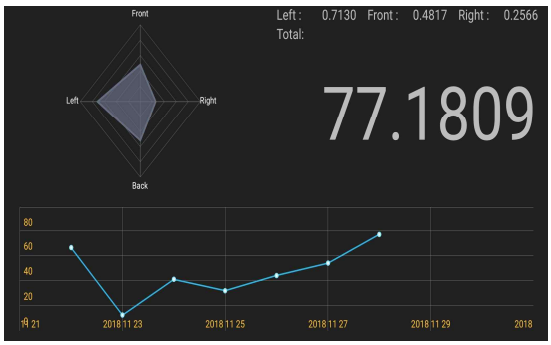


Fig. 7. Average of left posture

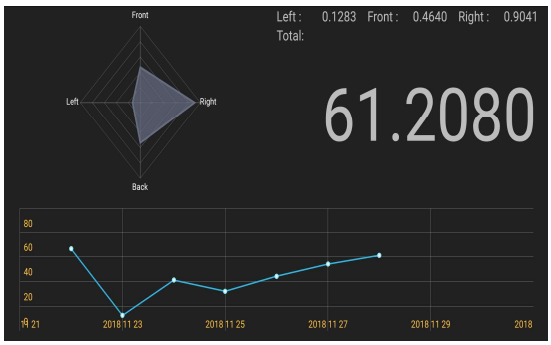


Fig. 8. Average of right posture

Ⅲ. 실험 및 결과

(a) 정자세

(b) 앞 기울임

(c) 뒤 기울임

(d) 우 기울임

(e) 좌 기울임

Fig. 9. Five kind of posture

구현된 시스템의 성능평가를 위하여 5명의 피실험자를 대상으로 5가지 자세 판별 실험을 진행하였다. 실험은 그림 9의 5가지 자세를 50회씩 반복 측정하였으며, 실험자가 실제 취한 자세와 알고리즘을 통해 판별된 자세를 시각적으로 측정하여 비교 평가하였다. 실험 결과를 표 1에 나타내었으며, 평균 98.88%의 높은 정확도의 자세 판단 성공률을 확인하였다. 특히, 정자세와 왼쪽, 오른쪽 기울임의 경우 99%의 자세 검출 결과를 확인하였다. 일부 오차율은 사용자의 체형에 따른 센서 인식 부분의 한계와 센서의 기본적인 오차범위로 인해 생긴 것으로 사료된다.

Table 1. posture discrimination performance evaluation result

		Take Posture				
		a	b	c	d	e
Posture Discrimination	a	250	-	-	-	-
	b	-	245	-	1	1
	c	-	-	246	2	1
	d	-	2	2	247	-
	e	-	3	2	-	248
Avg.		100	98	98.4	98.8	99.2
		98.88%				

Ⅳ. 결론

본 논문에서는 사용자의 착석 상태를 모니터링하기 위하여 FSR 센서 어레이를 이용한 방석형 자세 판별 시스템의 구현하였다. 구현된 시스템은 기존 압력 센서를 이용한 자세 교정시스템보다 객관적인 데이터 측정을 위하여 31개의 압력 센서를 어레이 배치하였으며 실시간 자세 모니터링이 가능하다. 또한, 잘못된 자세일 경우 피드백을 통해 바른 자세를 유도가 가능하기 때문에 근골격계 질환의 예방이 가능하다. 측정된 데이터와 실제 착석 자세를 비교를 통한 정상 자세와 4가지의 비정상 자세를 판별하는 실험을 진행하였으며 98.88%의 높은 검출 정확도를 확인하였다. 향후 연구에서는 31개의 압력 센서를 활용하여 보다 정밀한 체형별 착석 자세 구분을 위한 알고리즘을 구현하여 보다 정확하고 신뢰성 있는 연구를 진행할 것이다.

ACKNOWLEDGMENTS

본 논문은 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No.2018R1D1A1B07045337, No.2016R1D1A1B03934866)의 결과물임을 밝힙니다.

REFERENCES

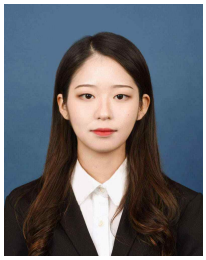
[1] Kim JS, Hans Shin B, Kim SJ, Park HJ, "Work Posture Analysis for Preventing Musculoskeletal Disorders Using Kinect", 2016.

[2] Mun-Ky Song, Ji-Young Kong, “Effects of Sitting Habits and Physical Activity Levels on Spine and Pelvis Def

ormations in School Children", 2017.
[3] Health News, "Musculoskeletal Checkup Required to Improve Quality of Life", 2018.
[4] Sanyona Ma, Sangpyo Hong, Hyeon-min Shim, Jang-Woo Kwon, Sangmin Lee, "A study on Sitting Posture Recognition using Machine Learning", The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers, 65(9), 1557-1563, 2016.
[5] Seung-Jin Moon, Yoon-Sung Park, "The Design and Implementation of the Position Calibration System Using Sensor on u-WBAN", Journal of Korean Institute of The Intelligent System, 20(2), 304-310, 2010.
[6] Yongjoo Cho, Kyoung Shin Park, "Design and Development of the Multiple Kinect Sensor-basd Exercise Pose Estimation System", Journal of The Korea Institute of Information and Communication Engineering, 21(3), 558-567, 2017.
[7] Ho-jin Ha, Chang-dong Lee, "Design of Algorithm for Guidance of Sitting Posture Correction Using Pressure Sensor and Image Processing Interpolation Technique", 2016.
[8] Yun-Hong Noh, Do-Un Jeong, "Implementation and Evaluation of Chair-type ECG Monitoring System using Unconstraint Electrode", The Korea Institute of Convergence Signal Processing, 2015.
[9] An YS, Kim KS, Song CG. "Posture guidance system using 3-axis accelerometer for scoliosis patient", ICS 2009 Information and Control Symposium, 2009.
[10] Jun JI, Park JI, "Posture-Correction-Guidance System Using Monocular Camera", Korean Broadcasting Engineering Conference, 2011.

저자 소개

김 미 성 (Mi-Seong Kim)



2019년 2월 : 동서대학교 컴퓨터공학부(공학사)

서 지 윤 (Ji-Yun Seo)

2016년 2월 : 동서대학교 정보통신공학(공학사)
2019년 2월 : 동서대학교 유비쿼터스 IT(공학석사)
2019년 2월 ~ 현재 : 동서대학교 컴퓨터공학과 박사과정

노 윤 홍 (Yun-Hong Noh)

2008년 2월 : 동서대학교 정보네트워크공학과(공학사)
2010년 2월 : 동서대학교 유비쿼터스 IT(공학석사)
2013년 2월 : 동서대학교 유비쿼터스 IT(공학박사)
2017년 12월 ~ 현재 : 부산 디지털대학교 조교수

정 도 운 (Do-Un Jeong)

2000년 2월 : 동서대학교 전자공학(공학사)
2002년 2월 : 부산대학교 의공학(공학석사)
2005년 8월 : 부산대학교 의공학(공학박사)
2005년 3월 ~ 현재 : 동서대학교 컴퓨터공학부 교수