

농업용 포크리프트의 구동력 및 운동저항 예측을 위한 모델링 기법 개발

조재현*, 김준태*, 정진형*, 장영윤**, 박원엽***, 이상식*

Development of Modeling Technique for Prediction of Driving Force and Kinetic Resistance of Agricultural Forklift

Jae-hyun Jo*, Jun-tae Kim*, Jin-hyoung Jeong*, Young-yoon Chang**,
Won-yeop, Park***, Sang-sik Lee*

요약 본 연구는 고령화와 젊은층의 이탈로 인한 농경사회에서 고령 및 여성 인력의 애로사항을 해결해주기 위해 시작되었다. 기존에 나와있는 농업용 고소리프트의 경우 전문 자격증 및 조작의 어려움과 평지가 아닌 불균형적인 도로 혹은 작업환경에 노출된 위험성과 여성들도 쉽고 효율적으로 생산적 농업을 할 수 있도록 하기 위하여 선행연구를 바탕으로 진행하였다. 먼저 농업용 포크리프트의 목적인 물체를 이용한 견인 성능 예측 모델을 통하여 시뮬레이션을 진행하고, 견인 성능 모델 수식을 이용하여 실험이 진행되고 있는 경남 김해시의 토양(점착력 34.125kPa, 내부마찰각 35.294deg, 외부마찰각 13.620deg, 부착력 5.750kPa, 평균 원추지수 0-15cm cl, 1001.8kPa)에 맞추었다. 시뮬레이션용 포크리프트의 경우 농업용 전동식 포크리프트의 구동력 및 운동저항 예측 모델링을 수식화하고 이를 바탕으로 모터 제어 드라이브는 AC모터 전용 드라이브인 1232E 모델을 적용, 프로그래밍을 통해 두 개의 드라이버를 각각 마스터와 슬레이브로 구분지어 구동할 수 있도록 하였고 메인 PCB에는 모터 구동, 유압구동, 각종 출력을 제어할 수 있도록 시뮬레이션용 모델을 제작하였다. 제작된 시뮬레이션용 모델은 현재 지속적인 시뮬레이션과 수정 및 보완을 진행하고 있으며, 추후 본 연구를 바탕으로 보다 안전하고 효율성이 뛰어난 농업용 전동식 포크리프트의 개발을 위하여 연구를 지속할 예정이다.

Abstract This study was initiated to solve the difficulties of aged and female workers in agriculture society due to aging and demise of young people. In the case of the conventional elevated lift, the risk of exposure to uneven road or work environment, not the difficulty of professional qualification and operation, and the risk of exposure to the uneven road or working environment, were also studied based on previous researches so that women could easily and efficiently perform productive agriculture. First, the simulation was carried out through the prediction model of traction performance using the object of agricultural forklift, and the soil of the Kimhae city in Gyeongnam (34.125kPa, internal friction angle 35.294deg, external friction angle 13.620deg, Adhesion force 5.750 kPa, average cone index 0-15 cm cl, 1001.8 kPa). In the case of the forklift for simulation, the driving force and the kinetic resistance prediction modeling of the agricultural electric forklift are modeled. Based on this model, the motor control drive adopts the 1232E model, which is a drive dedicated to AC motor, and divides the two drivers into master and slave. And the model for the simulation was designed to control motor drive, hydraulic drive, and various outputs on the main PCB. The simulation model is undergoing continuous simulation, modification and supplementation. Based on this research, we will continue research for development of safer and more efficient agricultural electric forklift.

Key Words : driving force, electric forklift, kinetic resistance, prediction model, traction performance

This study was supported by the Agency for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Planning and Evaluation(818024011HD020), (318004032HD020), This paper was supported by KCI Research Support Project of Catholic Kwandong University(201901240001)

*Corresponding Author : Dept. of Biomedical Engineering, Catholic Kwandong University

**Sungbo Ind. Ltd.

***Dept. of Mechanical Engineering, Hankyong National University

Received April 07, 2019

Revised June 23, 2019

Accepted June 23, 2019

1. 서론

1.1 분석결과

현재 농업은 농업인구의 감소 및 고령화, 농업 경영비 상승 등으로 농업여건 개선이 시급한 실정이며 이는 과수원뿐 아니라 수도작 등 모든 농작업에서 대표적인 문제로 대두되고 있다[1]. 과수, 시설원예 등 농작업은 노동집약적이며 전정, 퇴비 살포, 제초, 시비, 유인, 수확 등 여러 가지 작업이 많고 기계화하기 어려운 작업이 대부분이다.

또한 대부분의 작업체계에서 항상 운반작업이 이루어지고 있으며 여러 가지 작업단계 중 운반작업에 소모되는 노동력 비율은 매우 높은 것이 사실이다[2]. 이에 따라 많은 종류의 운반차들이 개발되어 시판되었으며, 운반차 겸용의 타 작업기계도 많이 개발되어 있으나 초기에는 대부분 화석연료를 사용하는 동력운반차가 주종을 이루고 있었다.

그러나 지구온난화의 가속화에 따른 기후변화 협약 등 국제 환경규제의 강화로 인해 친환경 에너지의 이용 및 신재생 에너지의 활용도제고에 대한 압력이 날로 높아지고 있을 뿐만 아니라, 화석연료의 고갈이 곧 현실화될 것으로 예상됨에 따라 수소·연료전지 등 차세대에너지의 시장화에 주목하고 있다[3]. 이에 따라 최근 일반작물 생산 활동과 농작물의 운송효율을 위해 전동식 운반기계의 활용이 증가하고 있다. 국내 대부분의 전동 운반기계는 효율성보다는 경제적 측면에서 칼슘 축전지나 납축전지를 사용하고 있으며, 차륜의 차동기어의 액슬(Axle)에 BLDC나 AC모터를 장착하여 동력을 전달해서 사용하고 있다. 동력은 모터구동드라이브의 제어장치에 의해 정역제어 및 속도제어기능을 갖추고 모터의 액슬 축을 회전시켜 전동구동이 이루어진다. 최근 전기자동차, 하이브리드자동차의 개발에 따라 배터리 신기술 제품의 등장, 유도전동기 및 벡터제어 컨트롤러의 적용은, 소형구동 운반장치인 자전거, 스쿠터, 골프카, 휠체어 분야에도 많은 영향을 미쳐 이미 선진국에서는 전동구동에 의한 제품시장이 형성

되기 시작하고 있다. 이러한 전기 자동차는 에너지 효율이 높고 유지비 등이 화석연료를 사용하는 동력운반차에 비해 우수하여 도심지의 대기오염을 방지하기 위한 개념으로 등장된 것으로 농업의 환경에 적합하게 개선한다면 농업용 운반차 시장에서 가장 큰 역할을 할 것으로 기대된다. 여기서 해당 모델은 일반 도로, 농로, 약간의 경사지 등에서 이용이 가능하며 1회 충전 시 약 50~70km를 주행할 수 있다. 그러나 과수원이나 험로 등 실제 많은 농작업이 이루어지는 필드에서는 이용이 제한되어 있고 가격적으로도 부담이 큰 것이 사실이다.

본 연구는 이러한 문제점을 인식하여 농업용 포크리프트의 구동력 및 운동저항을 예측하여 작업시 보다 안전하게 하기위하여 연구를 하기위한 선행연구를 진행하고자 한다[4, 5].

2. 연구 방법

2.1 농업용 전기운반 포크리프트의 견인 성능 예측 모델

로외에서 운용되는 로외차량(off road vehicle)의 성능을 예측하기 위한 방법은 많은 연구자들에 의해 다양한 방법에 의해 많은 연구 결과가 보고되었다. 이에 로외에서 운용되는 차량의 견인성능 예측을 위해 기존에 보고된 많은 연구 결과를 조사 분석하여 본 연구에 가장 적합한 것으로 판단되는 견인성능 예측 방법을 선정하여 농업용 전기운반 농기계의 운반성능 예측 모델에 적용하였다[6].

본 연구에서는 농업용 전기운반 농기계의 운반성능의 예측 및 평가를 위해 Wismer and Luth가 제한한 견인성능 예측 모델을 이용하였다[4].

단일 차륜에 대한 많은 실험을 통하여 토양의 점착(cohesion)과 마찰(friction)이 동시에 존재하는 일반토양(cohesive-frictional soils)에서 식 (1)과 (2)와 같이 단일 차륜에 대한 구동력계수, 운동저항계수를 예측할 수 있는 경험적 식이다.

$$\frac{R_c}{W} = \frac{1.2}{C_n} + 0.04 \quad (1)$$

$$\frac{F}{W} = 0.75 (1 - e^{-0.3 C_n S}) \quad (2)$$

여기서, F_s : 단일 차륜의 구동력
(tractive effort), (kN)

R_s : 단일 차륜의 운동저항
(motion resistance), (kN)

W_s : 단일 차륜에 작용하는 정하중
(static load), (kN)

S : 슬립(slip), (decimal, 0-1)

C_n : 차륜지수 (wheel numeric),
(dimensionless),

$$C_n = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W_s}$$

CI : 평균원추지수 (0-15cm), (kPa)

b, d : 타이어의 폭과 직경, (m)

위 식은 현재 제안된 단일차륜에 대한 견인성
능 예측 모델 중 다양한 토양 조건에서 가장 많
이 사용되고 있으며, 타이어의 구름반경(r_r)과
직경(d)의 비(r_r/d)가 약 0.475이고, 타이어의
폭(b)과 직경의 비(b/d)가 약 0.3, 타이어의 단
면 높이(h)에 대한 타이어 변형(δ)의 비(δ/h)
가 0.2인 경우에 대해 예측 성능이 우수한 것으
로 알려져 있다[7].

위의 식 (1)과 (2)로부터 운반차의 운동저항
 R_c 와 구동력 F_c 는 각각 식 (3)과 (4)에 의해 결
정하였다[8].

$$R_c = \left[\frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right] W \quad (3)$$

$$F_c = \left[0.75 (1 - e^{-0.3 C_n S}) \right] W \quad (4)$$

여기서, F_c : 운반기계의 구동력
(tractive effort), (kN)

R_c : 운반기계의 운동저항
(motion resistance), (kN)

W_s : 단일 차륜에 작용하는 정하중
(static load), (kN)

W : 운반기계의 무게
(weight of vehicle), (kN)

위의 식들은 포크리프트의 견인 성능을 검출하
기 위한 이론적 근거로 사용하며, 수식들을 바탕
으로 예측 모델의 시뮬레이션을 진행할 예정이다.

2.2 농업용 전기운반 포크리프트의 구동력 및 운동저항 예측 모델링

2.1에서 선정된 수식 (1)~(4)를 토양조건과 산
업용 포크리프트의 기본적인 제원을 이용하여 전
기운반 포크리프트의 운동저항과 구동력을 예측
하였다.

한편, 포크리프트의 성능 예측에 토양의 물리
적 특성을 나타내는 입력변수로 사용하기 위해,
기존에 국내 주요 지역의 토양물리성을 측정하여
보고된 문헌 자료를 조사하여 본 연구의 목적에
적합한 지역을 선정하여 농업용 전기운반 포크리
프트의 운동저항과 구동력을 계산 하려한다.

농업용 전기운반 포크리프트의 성능 예측에 이
용한 토양조건은 논, 토양 등 14개 지역에서 측
정한 토양의 물리적 특성 자료 중 본 연구의 목적
에 적당한 것으로 판단되는 지역을 선정하였다.

선정된 지역은 경남 김해시 장유면의 논 토양
으로서 측정한 여러가지 토양의 물리적특성 중
운반차의 성능예측에는 토양의 원추지수(cone
index, CI) 값이 토양의 입력변수로 사용되었으
며, 원추지수는 1001.8 kPa 이었다(표 1).

표 1. 포크리프트 성능 예측에 사용된 토양의 물리적 특성
Table 1. Physical properties of soils used for forklift
performance prediction

지역	점착력 (kPa)	내부 마찰각 (deg.)	외부 마찰각 (deg.)	부착력 (kPa)	평균 원추지수 (CI)(kPa)
					0-15cm
경남 김해시	34.125	35.294	13.620	5.750	1001.8

상기 표의 2개 지역의 논토양의 원추지수 값과 농업용 전기운반 농기계의 무게 $W = 800 \text{ kgf}$, 타이어의 직경 $d = 0.45 \text{ m}$, 폭 $b = 0.21 \text{ m}$ 인 전기운반기계의 주요 제원을 이용하여 두 지역에 대한 전기운반기계의 운동저항 R_c 와 구동력 F_c 를 계산하였다. 운반기계의 운동저항 R_c 는 식 (3)으로부터 다음과 같다.

$$R_c = \left[\frac{1.2}{C_n} + 0.04 \right] W = \left(\frac{1.2}{48.252} + 0.04 \right) (800 \times 9.81)$$

$$= 509.10 \text{ N} \approx 51.90 \text{ kgf}$$

단

$$C_n = \frac{CI \cdot b \cdot d}{W} = \frac{1001.8 \cdot 0.21 \cdot 0.45}{(800 \times 9.81)/4} = 48.252$$

운반기계의 구동력은 슬립의 함수로 나타난다. 즉, 로외에서는 차량의 주행시 토양의 파괴현상에 의해 슬립이 발생하게 되며, 슬립이 클수록 구동력도 크게 나타난다. 그러나 일반적으로 로외에서는 슬립 10~20% 구간에서 효율이 가장 높고, 또한 운반작업시 슬립이 너무 클 경우 운반효율이 떨어지므로 본 연구에서는 슬립 10%에 대한 구동력을 계산하였다. 슬립 10% 조건에서 운반기계의 구동력 F_c 는 식 (4)로부터 다음과 같이 결정된다[9].

$$F_c = [0.75 (1 - e^{-0.3 C_n S})] W$$

$$= 0.75 [1 - e^{-(0.3)(48.252)(0.1)}] (800 \times 9.81)$$

$$= 4501.95 \text{ N} \approx 458.91 \text{ kgf}$$

한편, 포장도로(on road)에서 전기운반 농기계의 운동저항은 타이어의 변형에 따른 타이어의 회전저항 즉, 구름저항으로서 구름저항 R_r 은 차량의 하중 W 와 구름저항계수 f_r 의 곱으로 나타난다. 한편 포장도로의 구름저항계수 f_r 은 일반적으로 0.02이하이다. 따라서 포장도로에서 전기운반 농기계의 운동저항 R_r 은 아래 식 (5)와 같고, 이것은 로외에서의 도양다짐에 의한 운동저항 $R_c = 51.9 \text{ kgf}$ 보다 매우 작은 것을 알 수 있다[10].

$$R_r = W f_r = 800 \times 0.02 = 16 \text{ kgf} \quad (5)$$

3. 결과

3.1 농업용 전기운반 포크리프트의 모터 선정 및 주행장치 설계

농업용 전기운반 포크리프트의 모터는 앞서 용량을 가선평하였으며, 기존 연구결과에 따라 경사지 험로 주행 등을 원활하게 하기 위해 직권모터, BLDC 모터 등의 단점을 보완하여 용량에 맞게 개발된 AC 모터를 독립적으로 적용하였다 [11].

일반적으로 모터가 회전하면 역기전력이 발생하는데, 이 역기전력의 형태에 따라 구형파 및 정현파 모터가 있다. 일반적으로 많이 사용되는 BLDC (BrushLess Dc Motor)는 브러시가 없는 모터를 표현하는 것인데, 브러시가 없는 모터 중 역기전력이 구형파와 정현파인 모터가 존재하다 보니 구분이 필요해졌다.

따라서 좁은 의미로 BLDC라고 하면 구형파 역기전력을 가진 brushless dc motor를 의미하며, (BL)AC는 정현파 역기전력을 가진 brushless dc motor를 의미한다. 모터에 흐르는 역기전력 위상과 전류 위상을 같은 상으로 제어하면 토크 제어 입장에서 매우 유리하기 때문에 적용될 모터는 AC 모터의 제어 형태를 가진다. 한편, 좁은 의미의 BLDC는 구형파 형태이기 때문에 전류를 구형파 형태로 제어하려면 6-step형태의 구동방식을 사용하게 되는데, 비교적 간단한 회로와 제어 알고리즘이 된다. 그러나 AC모터는 역기전력이 정현파 형태이므로 전류도 정현파 형태로 인가되도록 해야 하기 때문에 모터 제어 컨트롤은 조금 복잡한 형태가 되지만, 성능측면 (토크 리플, 속도 추종성능 등)에서 보면 BLDC 보다 훨씬 좋은 성능을 지니게 된다[12].

특히, 전기운반 포크리프트는 경사지 등 험로 주행이 많고 선회반경을 좁게 함은 물론 정밀한 제어가 가능해야 하기에 AC모터를 적용하였으며, 기어박스를 제작하여 모터 드라이브를 통해

최적 연동제어가 되도록 하였다.

원활한 구동 및 제어를 위해 DC48V, 6kW AC모터 2대를 양쪽에 독립적으로 적용하였으며, 차축을 통해 동력전달 하도록 하였다. 다음에 주행장치의 주요 구조와 사양과 주행부 조립상태를 나타내었다.

표 2. 시뮬레이션용으로 설계된 주행장치의 주요 사양
Table 2. Main specifications of the traveling device designed for simulation

항 목			특 징
AC 모터	전압	V_{DC}	48
	출력	W	6,000
	회전속도	rpm	3,000
타이어	형식	-	16*8.50-8
	직경	mm	450

3.2 예측 모델링을 통한 모터제어드라이브 및 컨트롤러 제작

전기운반 포크리프트는 전동형으로 구성되었으므로 컨트롤러는 모터 드라이브와 작업자 조작 패널로 구성되어진다. 제어컨트롤러는 차체 전면 상단부에 박스를 구성하여 설치하였으며, 제어박스 안에 통합 컨트롤 PCB와 파워서플라이 및 부하에 따른 토크 및 속도제어 등을 담당하는 모터 드라이브, 유압 컨트롤러, 출력부를 함께 배치하였다[13].

모터 제어 드라이브는 curtis사의 AC모터 전용 드라이브인 1232E 모델을 적용하였으며 프로그래밍을 통해 두 개의 드라이버를 각각 마스터와 슬레이브로 구분지어 구동할 수 있도록 하였다. 메인 PCB에는 모터 구동, 유압구동, 각종 출력을 제어할 수 있도록 일체로 구성하였으며, 다음에 제어 구성도, 메인 PCB 회로 및 제작 결과와 드라이브 구동을 위한 펌웨어 소스 일부를 발췌하여 나타내었다.

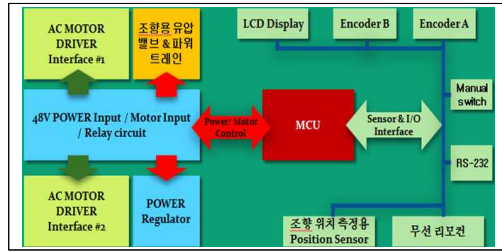


그림 1. 제어부 구성도
Fig. 1. Control block diagram

3.3 농업용 전기운반 포크리프트의 모의 시뮬레이션

1차로 제작된 시제품은 다음 그림과 같으며 원격 리모트 컨트롤을 이용하여 주행 테스트중이며 추가 성능 시험 및 구조적 문제 등을 분석중이다. 또한 상부 운전석 및 적재함 등을 구상하여 모델링 하고 포크리프트의 장착을 통하여 최적의 작업을 수행할 수 있도록 진행중에 있다.



그림 2. 구동력 및 운동저항예측을 통한 시뮬레이션용 모델
Fig. 2. Model for simulation through prediction of driving force and kinetic resistance

4. 결론

본 연구에서는 안전하고 친환경적이며 고효율 농민 및 부녀자도 쉽게 조작이 가능한 전동식 포크리프트를 개발하는 것이 최종목표이며, 전동식 포크리프트의 기본 서계 및 간이 시험용 제어부 제작을 목표로 차륜형 주행 및 프레임부, 조향시스템, 유압시스템 및 제어장치로 구성되어 각 부

분별 검토 및 제작을 하였다. 최초 설계 및 기존 선행연구들을 토대로 여러 가지 수정 및 보완작업을 거쳤으며 현장에서 제작된 전동식 포크리프트 운행부를 통하여 시뮬레이션을 하면서 발생하는 각종 문제점들을 파악하여 수정하고 최적의 설계를 하고자 한다.

현재 시뮬레이션용 모델을 통하여 농업용 전동식 포크리프트의 운행시 안전성과 효율성을 높이기 위해 연구하고 있다. 이러한 연구들은 농경사회에서 젊은층이 사라진 지금 나이가 있는 작업자 및 여성들도 쉽고 간편하게 작업을 할 수 있고 효율성을 갖을 수 있는 농업용 포크리프트로 인하여 농경사회에 이바지하고자 한다. 본 연구에서 구동력 및 운동저항 예측을 통하여 시뮬레이션용 모델을 제작하였다. 현재 지속적인 운행 시뮬레이션을 하고 있으며, 추후 유한요소 및 생형하중과 자중에 따른 Frame 변형 분석, 진동해석 등의 연구를 바탕으로 최종적인 농업용 전동식 포크리프트의 완성과 전동식 농업사회에 이바지가 되도록 노력할 것이다.

REFERENCES

- [1] Y. Y. Jang, "Development of electromotive forklift for multipurpose operation", Research report on research and development project for agriculture, forestry and animal husbandry conducted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Livestock, 2018
- [2] Sang-sik Lee, Jun-tae Kim, Won-yeop Park "Structural analysis for the development of a vertically raise type aerial work machinery" the korea institute of information & electronic communication technology, Vol. 10, No. 3, pp.225-231, 2017
- [3] Y. Y. Jang, "Development of eco-friendly electric cultivator using HBSR dual motor", Research report on research and development project for agriculture, forestry and animal husbandry conducted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Livestock, 2014
- [4] Young Joo Kim, Wan Su Kim, Sun Ok Chung, Dae Hyun Lee "Analysis of Technical Trend of Electric Agricultural Field Machinery" Korean Society of Food and Agricultural Information Science, Vol. 6, No. 2, pp.40-48, 2014
- [5] Jun-tae Kim, Gi-yeong Lee, Snag-sik Lee, Won-yeop Park, "Centralized controller high-altitude work car elevations lift structure safety assessment", Kiiect Volume 10, No 4, pp. 350-357, 2017
- [6] Won-yeop Park, Kyou-seung Lee "Prediction of Tractive Performance of Off-Road Wheeled Vehicles" Transactions of korea society of automotive engineers, Vol. 8, No. 5, pp.188-195, 2000.
- [7] Myung Ho Bae, Tae Yeol Bae, Sung Kwang Choi, "The Study on Bending Stress Analysis of Gear Train for Hydro-Mechanical Continuously Variable Transmission for Forklift" The korea society of fluid power & construction equipments, pp.168-173, 2016
- [8] Myung Ho Bae, Tae Yeol Bae, Sung Kwang Choi "The Critical Speed Analysis of Gear Train for Hydro-Mechanical Continuously Variable Transmission" The korea society of fluid power & construction equipments, Vol. 14, No. 4, pp.71-78, 2017
- [9] Yong Hong, Bo myung Kim, Seok jun Yu, Seung ho Hwang, Byung guk Lee, Dong pyo Hong "A Study on a Structural Stability that Design the Main Frame of the Aerial Working Platform" Transactions of the korean society of mechanical engineers, Vol. 2012, No. 4-2, pp.111-112, 2012
- [10] Byeong-soo Kim, Jae-hwan Son, Kee-jin Park, Seung-min Woo "A study on optimizing design and stability of orchard high place operation car" Korean journal of computational design and engineering, vol. 2012, no. 2, pp.853-855, 2012
- [11] Sang-sik Lee, Se-yoon Jang, Tae-soo Kim, Kyou-cheol Nam, Won-yeop Park, "Design of Motor-driven Traveling System for High Clearance Working Machinery based on Tractive Performance and Hill Climbing

Ability”, The Korea Institute of Information & Electronic Communication Technology, Vol. 9, No. 3, 2016

[12] Y. Y. Jang, “Development of smart high clearance working machinery for multipurpose operation in orchard”, Research report on research and development project for agriculture, forestry and animal husbandry conducted by the Ministry of Agriculture, Forestry and Livestock, 2017

[13] Se-Yoon Jang, “The Development of inclination adjustable electric high place operation car”, Kyungil University Master's Thesis, 2016

저자약력

조재현 (Jae-Hyun Jo)

[정회원]



- 2015년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
- 2017년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학석사)
- 현재: 가톨릭관동대학교 일반대학원 의료공학과 박사과정

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리,

김준태 (Jun-Tae Kim)

[정회원]



- 2007-2014년 관동대학교 학사
- 2014-2016년 가톨릭관동대학교 석사
- 2017-현재 가톨릭관동대학교박사과정

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 의용기계, 생체역학, Medical Device 임상, 피부생체의료기기

정진형 (Jin-Hyoung Jeong)

[정회원]



- 2012년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업 (학사)
- 2014년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학석사)
- 2017년 8월: 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업 (공학박사)
- 2017년 9월 ~ 현재: 가톨릭관동대학교 초빙교수

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리,

박원엽 (Won-Yeop Park)

[OO회원]



- 1984-1988년 성균관대학교학사
- 1988-1990년 성균관대학교석사
- 1990-1998년 성균관대학교박사
- 2004-현재 한경대학교기계공학과 교수

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 의용기계, 제어시스템

이상식 (Sang-Sik Lee)

[중신회원]



- 1993-2000년 LG전선(주)
- 1996-2000년 성균관대학교 박사
- 2001-2004년 (주)미도테크
- 2004-2010년 성균관대학교 연구교수
- 2011-현재 가톨릭관동대학교 의료공학과 교수

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, u-Health, 생체역학, 의용전기전자