

운전자 정보전달을 위한 차량용 햅틱시트 연구

Study on Vehicle Haptic-Seat for the Information Transfer to Driver

오승용*, 김경태, 유창호, 한갑수, 권대규

S. Y. Oh, K. T. Kim, C. H. Yu, K. S. Han, T. K. Kwon

요 약

본 연구에서는 기존의 시/청각 방식의 운전정보 전달체계의 한계를 극복하고 더불어 교통약자들의 운전 수행에 도움이 되는 자동차용 햅틱시트 기술을 개발하고자 하였다. 이를 위해 동전형 모터 30개를 사용한 진동자극용 시트커버형 시제품과 모터드라이버모듈을 제작하였고 촉각이상이 없는 젊은 남녀 10명을 대상으로 6자유도 모션베이스 상에 구축된 가상운전 시뮬레이터를 사용하여 가상운전상황에서의 시트진동자극에 대한 실험을 진행하였다. 모터의 동작전압(1.5V, 2.5V, 3.5V)에 따라 세기가 가변되는 30개소의 진동자극의 위치별 인지율을 측정하여 분석하였다. 피험자들은 2.5V, 3.5V로 동작하는 30개소의 모터 진동자극을 모두 인지하였고 최저작동전압인 1.5V에서도 일정수준 이상의 인지율을 보여주는 결과를 얻었으며 이 결과는 차량 내에서의 시트를 통한 진동자극의 운전정보 유용성을 보여주는 것으로 사료된다.

ABSTRACT

In this study, the effect of the automotive haptic-seat technology which can transmit the driving information by the vibro-stimulus from the seat was investigated to overcome previous system's limitation relied on the visual and audial method and to help handicap driving. A prototype haptic seat covers with 30 coin-type motors and driver module were developed for this sake. A driving simulator on the 6-DOF motion-base was used for driving situation and we executed the seat vibro-stimulus test with 10 young participants who have normal tactile sense. The haptic recognition ratio by 30 locations was measured and analyzed in the result. The intensity of vibro-stimulus was adjusted by input voltage of motors (1.5V, 2.5V, 3.5V). All vibro-stimulus locations at 2.5V and 3.5V could be recognized by all participants and even in the lowest recognition ratio of 1.5V. The results showed that the seat vibration stimulus could be useful to transfer the drivers' information while driving.

Keyword : Driving, Information, Seat, Vibration stimulus, Haptics.

1. 서론

자동차의 운전은 지각, 의사결정, 운동기능 등 다양한 능력을 필요로 하는 복잡한 행동의 연속으로 지속적인 고도의 의식집중이나 외부자극에 대한 긴장감이 유발되므로 운전자는 운전 시 정신적, 신체적인 피로를 느끼게 된다. 또한, 자동차가 지능화된

접 수 일 : 2014.02.03

심사완료일 : 2014.02.16

게재확정일 : 2014.02.17

* 오승용 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

mn8054@naver.com (주저자)

김경태 : 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

koyletter@hanmail.net (공동저자)

유창호 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

combo418@nate.com (공동저자)

한갑수 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

hanks@jbnu.ac.kr (공동저자)

권대규 : 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

kwon10@jbnu.ac.kr (교신저자)

※ 본 논문은 한국산업단지공단에서 지원하는 산업통산자원부의 산업집적지 경쟁력 강화사업(과제번호1415130494)으로 수행된 것입니다.

에 따라서 운전자가 차량 안에서 제공받을 수 있는 정보나 서비스의 종류는 점점 더 늘어나고 있으며 차량 내 정보 복잡성의 증가는 운전자를 혼란하게 하여 운전안전성에 큰 영향을 끼치고 있다[1].

지금까지 개발된 안전운전 지원 서비스나 운행 정보 제공 서비스를 살펴보면 운전자의 기본적인 운전능력, 운전 특성 등과 상관없이 일방적으로 정보를 제공해 주고 있다. 이러한 서비스는 운전자의 특성이나 상황을 고려하지 않기 때문에 경우에 따라서 운전자의 운전 주의를 분산시키거나 교통사고를 야기하기도 한다[2]. 이에 따라 기존의 운전정보 체계가 아닌 새로운 전달체계를 이용하여 운전정보를 전달하고자 하는 많은 연구가 있었으며 Damiani, S.(2009) 등은 청각이나 촉각 등의 전달체계를 이용하여 운전부하를 감소해줌으로서 운전시의 안전도를 증가시켜줄 수 있음을 증명하였고[3] Monica N. Lees(2012) 등은 촉각자극이 조합되는 운전정보 체계가 운전인지부하를 줄여주는데 더 효과적임을 실험으로 증명하였다[4]. 또한 Jaemin, Chun(2012)등은 차량 스티어링휠과 시트벨트를 이용한 촉각자극의 정보전달 유용성을 증명하였고[5], Camilla Grane(2013)등은 차량 내 회전형스위치를 이용한 햅틱방식의 정보전달 효용성에 대해 증명하였으며[6], Moon, D. H.(2013)은 영화관에서 의자를 통한 진동자극 전달방식에 대해 연구하였으며[7] Yong Gu Ji(2011) 등은 차량시트에서의 햅틱자극에 대해 연구하였다.[8] 차량용 시트는 인간과 차를 결합하는 부위로서 자동차 부분 중 인간과 가장 생리적으로 밀접한 관계[9]를 가지며 운전자 및 승객의 안전성과 승차감에 직접적인 영향을 주는 매우 중요한 부품이다.

본 연구에서는 기존의 단순한 좌석의 기능을 넘어 차량 주행 시 운전자에게 진동자극을 통한 적절한 운전정보를 제공함으로써 기존의 시각, 청각적인 운전정보전달방식의 한계를 극복하고 부가적으로 인체에 대한 직접적인 진동자극으로 운전피로도에 의해 야기되는 운전자의 부주의한 상태 또는 졸음 상태를 환기시켜 사고를 미연에 방지할 수 있는 차량용 햅틱시트 (haptic-seat)를 개발하고자 하며 그 사전단계로 가상운전상황에서 차량시트를 통한 진동자극에 대한 운전자의 위치별 인지율을 평가하고자 한다.

2. 본론

2.1 연구 방법

2.1.1 피험자

본 연구에서는 촉각 이상이나 기타병력이 없는 남녀 대학생 10명 (평균연령: 20.6±1.1세, 키: 165.9±9.9cm, 체중: 58.4±10.6kg)을 대상으로 실험을 진행하였으며 모든 피험자는 실험에 앞서 관련된 내용을 충분히 숙지한 뒤 실험에 참여하였다.

2.1.2 실험 장비

본 연구에서는 6자유도 모션베이스 (Simuline, Co., Korea) 상에 구축된 가상운전장치(전북대학교)와 주행영상을 제공하기 위한 50인치 PDP 모니터(그림 1)를 사용하고 진동자극 제공을 위한 햅틱시트는 내부프레임의 격자간격(가로/세로 각 50mm)에 배치가 가능한 6행 5열, 총 30개소(M1~M30)의 위치에 진동요소를 설치하여 제작하였다. 진동요소로는 스마트기기에 많이 사용되어지는 동전형 진동모터를 사용하였으며 진동모터의 프레임 장착을 위해 별도의 모터용 하우징(그림 2)을 제작하고 이를 프레임에 장착한 후 시트커버에 내장하여 제작하였다(그림 3). 진동모터 작동용 드라이버 모듈(그림 4)을 별도 제작하였으며 PC를 사용하여 이를 제어하였고 제어용 소프트웨어는 LabVIEW 2009 (NI, Co., USA)을 사용하여 제작하였다.



그림 1. 6자유도 모션베이스상에 구축된 가상운전장치



그림 2. 진동모터용 하우징



그림 3. 30개의 진동모터가 장착된 차량용 햅틱시트

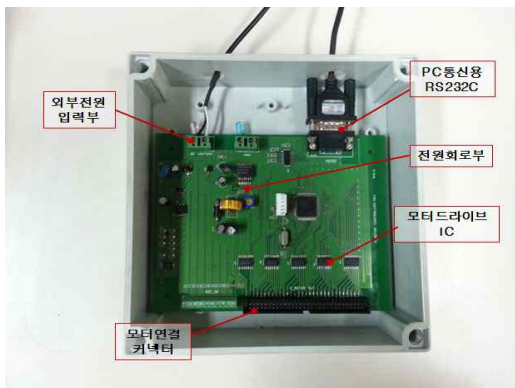


그림 4. 진동모터 드라이버 모듈

시트진동부위의 전압별 진동강도를 측정하기 위하여 Vibration Meter - Type-3116 (ACO Co.,Ltd JPN)(그림 5)를 사용하였다.



그림 5. Vibration Meter

2.1.3 실험 절차 및 방법

피험자들은 실험에 앞서 사전 설문조사를 수행한 후 정지된 상태의 운전시뮬레이터에 착석하여 안전벨트를 착용한 후 모션베이스를 차량주행 시 엔진 진동수준 주파수(1~2Hz)[10]로 상하방향으로 가진 시키며 전면의 PDP에는 고속도로 주행 영상을 제공하여 가상운전환경을 구현하였다. 순차적으로 진동하는 30개소의 자극에 대해 피험자가 인지할 경우, 스티어링 휠에 구비된 인지스위치를 누르게 하였고 실험은 진동모터의 입력전압을 다르게 하여 총 3회 실시하였다. 예비실험에서 피험자들은 5V의 입력전압으로 동작하는 30개소(M1~M30)의 진동모터를 모두 인지하는 결과를 보여 본 실험에서는 모터의 정격전압인 3.5V 와 최저작동전압인 1.5V, 그 두 값의 중간 값인 2.5V 의 세 조건으로 실험하였고 진동모터의 촉각자극과 진동음의 혼란을 피하기 위하여 별도의 이어폰을 통해 주행음향을 제공함으로써 진동음을 차단하였으며 피험자 예측을 피하기 위해 1초간 진동 후 8초 지연의 충분한 휴지기를 두고 진동자극을 제공하였다. 실험방법 및 순서는 그림 6 에 도식화 하였다.

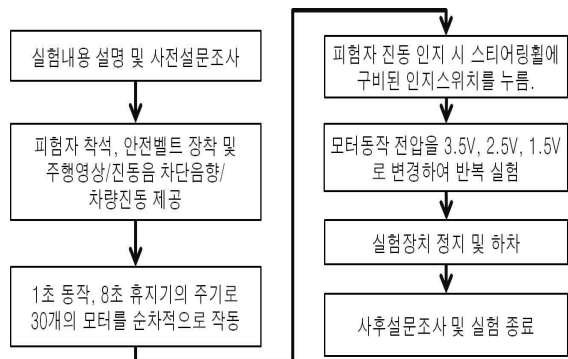


그림 6. 실험방법 및 순서

진동모터의 동작전압에 따른 시트표면에서의 진동강도(가속도)는 표 1과 같다.

표 1. M13위치 시트표면에서의 진동강도(가속도)

모터작동 전압 [Vdc]	5	3.5	2.5	1.5
가속도 [m/s ² RMS]	1.4	0.8	0.3	0.1

3. 실험결과

3.1. 동작전압 별 진동인지율

인지율은 인지하지 못한 경우 0, 인지한 경우

4 재활복지공학회 논문지 제8권 제1호 (2014.02)

100[%]로 표현하였으며 모든 피험자들이 진동모터의 정상적인 동작 상태인 정격전압 3.5V 및 2.5V 조건에서는 30개소의 모든 자극을 인지하였다.

피험자들이 인지하지 못하는 경우가 발생하는 1.5V에서의 평균인지율은 표 2, 3과 같으며 인지율이 50% 이상인 부분을 음영 처리하여 구분하였다.

전체적으로 남성피험자에 비해 여성운전자의 평균인지율이 낮게 나오는 결과를 얻을 수 있었다.

표 2. 남성, 여성 피험자들의 1.5V에서의 진동인지율 평균

남성					단위: [%]
	M7	M13	M19		
M1	0	20	20	40	M25
M2	0	40	60	20	M26
M3	0	80	40	80	M27
M4	40	60	20	60	M28
M5	00	60	60	100	M29
M6	20	20	20	80	M30
	M12	M18	M24		

여성					단위: [%]
	M7	M13	M19		
M1	0	20	0	20	M25
M2	0	0	60	20	M26
M3	20	60	0	60	M27
M4	60	60	0	40	M28
M5	0	60	20	0	M29
M6	20	60	0	0	M30
	M12	M18	M24		

표 3. 전체피험자들의 1.5V에서의 진동인지율 평균

	M7	M13	M19		단위: [%]
M1	0	10	10	30	M25
M2	0	50	60	20	M26
M3	10	70	20	70	M27
M4	50	60	10	50	M28
M5	0	60	40	10	M29
M6	20	40	10	0	M30
	M12	M18	M24		

그림 7에서는 Matlab R2010b를 사용하여 평균인지율 데이터를 3차원 보간 처리 후 곡면그래프로

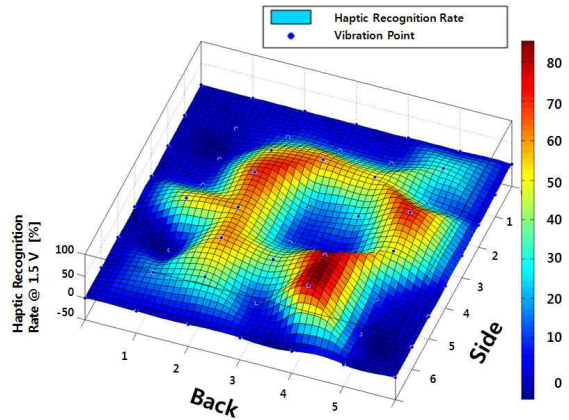


그림 7. 1.5V에서의 진동인지율 평균의 3차원 곡면 그래프

표현하였다.

3.2. 결과 통계분석

실험결과에 대한 통계분석을 실시하기 위해 대부분의 진동을 인지한 남성 1명과 전혀 인지하지 못한 여성 1명의 데이터를 제외한 후 각 변수와 진동 자극 인지율(M1~30)간의 비모수 상관관계수인 Spearman 상관계수를 구하였다. 또한 남성과 여성 성별그룹 간에 따른 위치별 진동인지율의 차이를 알아보기 위해 독립2-표본 (Mann-Whitney)검정을 실시하였으며 귀무가설로 “ 성별그룹 간의 위치별 진동인지율은 같다”라는 가설을 수립하고 유의수준 (p=0.05)로 분석하였고 통계분석프로그램으로는 PASW Statistics 18 을 사용하였다.

3.2.1 각 변수와 위치별 상관관계 분석

표 4에 유의성이 나타난 항목을 정리하여 음영 처리하였다. 성별, 신장, 체중 간에는 높은 상관관계를 보이며 M12의 경우 이들 모두와 음의 상관관계를 나타내는 결과를 얻었다. 또한 M8의 경우 체중과 유의한 음의 상관관계를 보여주고 있다. 여기서 성별의 매개변수는 여성:3, 남성:4를 사용하였다. 성별, 신장, 체중 간에 높은 상관관계가 있는 이유는 평균적으로 남성이 여성에 비해 신장과 체중이 크기 때문이며 M12가 이들과 음의 상관관계를 가진다는 것은 M12에서의 진동자극에 대해 인지 할 확률이 남성보다 여성에서 높게 나올 수 있고 성별 간에 반비례한다는 것을 의미한다. 따라서 이를 확인하고자 성별그룹간의 진동위치별 인지율의 유의성분석을 실시하였다.

표 4. 변수별 비모수 상관계수

			상관계수					
			성별	신장	체중	M4	M8	M12
Spearman 의 rho	성별	상관계수	1.000	.883**	.873**	-.500	-.500	-.775*
		유의확률(양측) N	.004 8	.004 8	.005 8	.207 8	.207 8	.024 8
	신장	상관계수	.883**	1.000	.964**	-.387	-.663	-.741*
		유의확률(양측) N	.004 8	.004 8	.000 8	.344 8	.073 8	.035 8
	체중	상관계수	.873**	.964**	1.000	-.436	-.764*	-.732*
		유의확률(양측) N	.005 8	.000 8	.000 8	.280 8	.027 8	.039 8
M4	상관계수	-.500	-.387	-.436	1.000	.000	.775*	
	유의확률(양측) N	.207 8	.344 8	.280 8	.000 8	1.000 8	.024 8	
M8	상관계수	-.500	-.663	-.764*	.000	1.000	.258	
	유의확률(양측) N	.207 8	.073 8	.027 8	1.000 8	.000 8	.537 8	
M12	상관계수	-.775*	-.741*	-.732*	.775*	.258	1.000	
	유의확률(양측) N	.024 8	.035 8	.039 8	.024 8	.537 8	.000 8	

** . 상관 유의수준이 0.01입니다(양측).
* . 상관 유의수준이 0.05입니다(양측).

3.2.2 성별그룹간의 진동위치별 인지율유의성분석
표 5에 나타나는 통계적 분석 결과 성별그룹간의
위치별 인지율의 차이는 M12를 제외한 모든 위치

에서 유의하지 않은 결과(p>0.05)를 나타내었고
M12의 경우 근사유의확률은 0.040 이나 정확한 유
의확률이 0.114로 0.05보다 큰 결과를 얻었다. 이는

표 5. 성별집단에 따른 진동위치별 인지율의 독립2-표본(Mann-Whitney)검정 결과

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
Mann-Whitney의 U	8.000	8.000	6.000	4.000	8.000	6.000	8.000	4.000	8.000	6.000
Wilcoxon의 W	18.000	18.000	16.000	14.000	18.000	16.000	18.000	14.000	18.000	16.000
Z	.000	.000	-1.000	-1.323	.000	-1.000	.000	-1.323	.000	-.683
근사 유의확률(양측)	1.000	1.000	.317	.186	1.000	.317	1.000	.186	1.000	.495
정확한 유의확률 [2*(단측 유의확률)]	1.000 ^a	1.000 ^a	.686 ^a	.343 ^a	1.000 ^a	.686 ^a	1.000 ^a	.343 ^a	1.000 ^a	.686 ^a
	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
Mann-Whitney의 U	6.000	2.000	8.000	6.000	6.000	8.000	6.000	8.000	8.000	8.000
Wilcoxon의 W	16.000	12.000	18.000	16.000	16.000	18.000	16.000	18.000	18.000	18.000
Z	-.683	-2.049	.000	-.683	-1.000	.000	-.683	.000	.000	.000
근사 유의확률(양측)	.495	.040	1.000	.495	.317	1.000	.495	1.000	1.000	1.000
정확한 유의확률 [2*(단측 유의확률)]	.686 ^a	.114 ^a	1.000 ^a	.686 ^a	.686 ^a	1.000 ^a	.686 ^a	1.000 ^a	1.000 ^a	1.000 ^a
	M21	M22	M23	M24	M25	M26	M27	M28	M29	M30
Mann-Whitney의 U	8.000	8.000	6.000	6.000	8.000	6.000	8.000	8.000	8.000	8.000
Wilcoxon의 W	18.000	18.000	16.000	16.000	18.000	16.000	18.000	18.000	18.000	18.000
Z	.000	.000	-1.000	-1.000	.000	-1.000	.000	.000	.000	.000
근사 유의확률(양측)	1.000	1.000	.317	.317	1.000	.317	1.000	1.000	1.000	1.000
정확한 유의확률 [2*(단측 유의확률)]	1.000 ^a	1.000 ^a	.686 ^a	.686 ^a	1.000 ^a	.686 ^a	1.000 ^a	1.000 ^a	1.000 ^a	1.000 ^a

a. 동렬에 대해 수정된 사항이 없음.
b. 집단변수: 성별
M1~M30 : 진동위치

M12 역시 다른 위치와 마찬가지로 성별그룹에 따른 유의한 진동인지율의 차이가 없다는 것을 의미한다. 결과적으로 모든 위치에서의 유의확율이 0.05 보다 크므로 “성별그룹 간의 위치별 진동인지율은 같다”라는 가설을 채택할 수 있고 이 결과가 의미하는 것은 통계학적으로 남성 또는 여성그룹이 다른 성별그룹에 비해 시트의 특정위치에서의 진동을 더 잘 느끼거나 덜 느끼지는 않는다는 것을 의미한다.

4. 결론

피험자들은 정격전압인 3.5V 및 2.5V로 동작하는 30개소의 모터 진동자극을 모두 인지하였고 최저작동전압인 1.5V에서도 일정수준 이상의 인지율을 보여주는 결과를 얻었다. 이는 차량 운전상태에서 시트를 통한 진동자극이 높은 인지율을 보일 수 있다는 것을 의미하며 따라서 시트에서의 진동자극을 통한 운전정보 전달방법은 기존의 시각, 청각을 이용한 정보전달 방법의 한계를 극복할 수 있는 효과적인 방법이 될 수 있을 것으로 사료된다.

부가적으로 각 변수와 위치별 상관관계 분석을 통해 신장, 체중과 관계가 있는 진동자극 위치를 확인하였으며 M12의 경우는 성별과 상관관계를 가지는 것으로 분석되었으나 추가적인 분석에서 성별에 따른 유의한 차이가 없는 결과를 얻었다. 이는 차량용 햅틱시트가 남녀운전자에게 모두 공통으로 적용이 가능할 것이라는 결론을 유추할 수 있다. 비록 본 실험을 통해 시트를 통한 진동자극의 운전정보 전달통로로서의 높은 가능성을 증명하였으나 대상 피험자수가 적었고 또한 기존의 시각, 청각을 이용한 운전정보 전달에 대한 대조실험이 이뤄지지 않았으며 다양한 연령층 및 교통약자에 대한 실험이 이루어지지 못한 것은 본 연구의 한계라고 판단된다.

향후 다양한 연령층에 대한 더 많은 실험과 인체의 촉각 분포와의 연관성 및 시, 청각 전달방법과의 대조실험을 통해 복잡한 운전상황에서도 정확한 운전정보 전달이 가능한 차량용 햅틱시트의 개발이 가능할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] Bengtsson, P., Grane, C., & Isaksson, J, “HapticKraphic Interface for In-Vehicle Comfort Functions - a Simulator Study and an Experimental Study,” 2nd IEEE international workshop on haptic, audio and visual environments and their applications - HAVE 2003, pp. 25 - 29, 2003
- [2] Yoon, D.S, Hwang, Y.S, Kim, H.S, “Evaluation of Self-reported Driving Workload Assessment,” HCI 2010, pp. 296-300, 2010
- [3] Damiani, S., Deregibus, E., & Andreone, L., “Driver - vehicle interfaces and interaction: Where are they going?,” European Transportation Research Review, vol. 1, pp. 87 - 96, 2009
- [4] Monica N. Lees, Joshua Cosman, John D. Lee, Shaun P. Vecera, Jeffrey D. Dawson, Matthew Rizzo, “Cross-modal warnings for orienting attention in older drivers with and without attention impairments,” Applied Ergonomics, vol. 43, pp. 768-776, 2012
- [5] Jaemin Chun, Sung H. Han, Gunhyuk Park, Jongman Seo, In lee, Seungmoon Choi., “Evaluation of vibrotactile feedback for forward collision warning on the steering wheel and seatbelt,” International Journal of Industrial Ergonomics, vol. 42, pp. 443-448, 2012
- [6] Camilla Grane, Peter Bengtsson, “Driving performance during visual and haptic menu selection with in-vehicle rotary device,” Transportation Research Part F 18, vol. 18, pp.123-135, 2013
- [7] Moon, D. H., “Development of Vibroacoustic Stimulation Seat for a Movie Theater Chair,” Journal of the Korean Society for Power System Engineering, vol. 17, No. 1, pp. 42-49, 2013
- [8] YongGu Ji, Kwangil Lee, Wonil Hwang, “Haptic Perceptions in the Vehicle Seat,” Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries, vol. 21, pp. 305 - 325, 2011
- [9] J.M. Lee, Y.H. Yum, M.H. Sung, S.H. Shin, “A Study on the Safety and Human Engineering for the Design Quality - improvement of Vehicle Seats,” KSAE, vol.8, No.3, pp. 55-67, 1986
- [10] Jaeyoung Kang, Keysun Kim, Seokmin Choi, Taejin Choi, “Vibration Analysis of Vehicle Seat Depending on Driving Condition,” Transactions of the Korean Society of Automotive Engineers, vol.18, No.3, pp. 110-115, 2010



오 승 용

1997년 2월 전북대학교 정밀기계공학과 졸업 (학사)
2012년 9월 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

관심분야 : 재활복지공학, 고령운전자 협응, HMI



권 대 규

1993년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업 (학사)
1995년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업 (석사)
1999년 2월 일본 동북대학교 기계전자공학과 졸업 (박사)
2004년 3월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 교수

관심분야 : 바이오메카트로닉스, 재활공학, 생체역학, 웰니스, 스포츠과학



김 경 태

2012년 8월 전북대학교 바이오메디컬공학부 졸업 (학사)
2012년 9월 - 현재 전북대학교 헬스케어공학과 석사과정

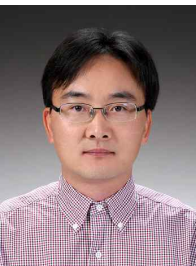
관심분야 : 감성공학, 헬스케어기기 및 웰니스기기



유 창 호

2005년 2월 전북대학교 기계공학과 졸업 (학사)
2007년 2월 전북대학교 헬스케어공학과 졸업 (석사)
2012년 3월 일본 동북대학교 의공학과 졸업 (박사)
2012년 4월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

관심분야 : 재활공학, 혈류역학, 생체역학, 헬스케어기기



한 갑 수

2008년 아이오와대 의공학과 졸업 (박사)
2013년 11월 - 현재 전북대학교 바이오메디컬공학부 연구교수

관심분야 : 생체역학, 재활공학