Regular paper
Journal of the KIECS. pp. 677-684, vol. 13, no. 3, Jun. 30 2018, t. 89, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2018.13.3.677

생체 신호 측정 기반 운전자 상태 모니터링 시스템: 1부 시스템 구현

김범준* · 이분진**

Biosignal-based Driver's Emotional Response Monitoring System: Part 1. System Implementation

Beom-Joon Kim* · Boon-Giin Lee**

요 약

최근 운전 도중 운전자가 가지는 부정적인 감정 상태로 인한 문제점이 커지고 있으며 특히 우리나라 포함 교통이 혼잡한 나라에서는 교통사고뿐만 아니라 소위 '분노 운전'이라는 범죄 행위로 이어지는 사례가 잦아지고 있다. 이와 같은 상황에서 무선 통신 및 웨어러블 기술을 활용하여 스트레스나 피로로 인한 운전자의 감정 상태를 측정할 수 있다면 매우 유용할 수 있다. 본 연구는 운전자의 다양한 생체 신호를 측정 및 관찰할 수 있는 시스템을 구현하고 측정 결과 분석을 통하여 운전자의 감정 상태를 판단하고 관찰하며 예측된 운전자의 감정 상태에 대한 신뢰성을 높이기 위한 것이다. 본 논문에서는 이 연구의 전반부로서 현재 개발이 완료된 시스템 구현 과정과 실험 방법에 대해서 소개하고자 한다.

ABSTRACT

Recently, negative emotional responses by drivers are a growing problem, which leads to not only a traffic accident but a crime so called 'road rage' in countries with heavy traffics including South Korea. Under such a circumstance, measuring stress- and fatigue-induced emotional responses by means of wireless communication and a wearable system would be useful. The purpose of this study is to implement a system that measures various signals from a driver, derives and monitors his emotional responses from the measurements and verify its derivations with reliability. This paper, as a first part of the research, describes how the system has been implemented with experimental methods.

키워드

Driver'S Negative Emotional Response, Traffic Accident, Wearable System, Bio-Signal Measurement
운전자의 부정적 감정 반응, 교통 사고, 웨어러블 시스템, 생체 신호 측정

Ⅰ. 서 론

불편한 감정 상태에서의 운전은 교통사고의 잠재적인 요인이 될 수 있다. 여기서 감정이란 운전자 주관적인 느낌이나 기분에 따라 달라질 수 있는데 이는 운전자가 운전하는 도중 발생하는 상황에 대한 운전자의 정신적인 그리고 행위적인 반응에 영향을 미칠 수 있다. 일반적으로 감정 상태는 긍정적인 상태와 부

* 교신저자 : 계명대학교 전자전기공학부
** 계명대학교 전자전기공학부 (bglee@kmu.ac.kr)
• 접 수 일 : 2018. 05. 03
• 수정완료일 : 2018. 05. 24
• 게재확정일 : 2018. 06. 15
• Received : May. 03, 2018, Revised : May. 24, 2018, Accepted : Jun. 15, 2018
• Corresponding Author : Beom-Joon Kim
Dept. of Electronic and Electrical Eng., Keimyng University,
Email : bkim@kmu.ac.kr

정적인 상태로 구분할 수 있는데 특히 부정적인 정신 상태에서는 종종 피로와 불쾌함이 유발될 수 있다. 관련 연구[1]에 따르면 방해로 여겨지는 불편한 생각들과 부정적인 감정 상태는 스트레스를 유발하는 주요 인자가 될 수 있다.

한국도로교통공단에서 매년 발생하는 보고서[2]에 따르면 운전자 과실에 의한 교통사고의 75.6%는 도로 교통 규칙의 위반에 의한 것이고 나머지 24.4%는 운전자의 부적절한 운전 행위에 의한 것이다. 여기서 특히 주목해야할 것은 운전자의 부정적인 감정 상태가 공격적이고 불필요하게 난폭한 운전 행위를 유발할 수 있다는 점이다. 최근 이런 운전 행위를 가리켜 '분노 운전' (road rage)라고 하고 있으며 최악의 경우에는 이와 같은 공격적이고 난폭한 운전 행위는 운전자 자신뿐만 아니라 다른 운전자나 행인을 위협하는 요인이 될 수 있다.

이와 관련하여 한 연구[3]는 평균 심박 수를 통해서 운전자의 분노 정도를 측정할 수 있으며 이의 측정을 가능하게 하는 무선 스트레스 모니터링 시스템이 소개한 바 있다. 이 때 운전자로 하여금 입을 수 있는 측정 장치를 착용하게 하고 운전자에 다양한 자극을 가하여 스트레스나 피로도에 대한 운전자의 반응을 살펴보는 것이 가능하다.

많은 연구에서 감정을 감지하기 위한 많은 파라미터들이 고려되었다. 음성 스트림의 분석을 통해서 감정 상태를 두려움, 분노, 슬픔, 행복, 그리고 보통의 5가지 상태로 구분하기 위한 연구[4]도 있었고 운전자와 자동차 내 인포시스템(Info-system)과의 대화를 통해서 운전자의 현재 감정 상태를 추정하기 위한 연구[5]도 진행되었다. 그 외에도 열화상 카메라를 통한 체열 측정, 영상 카메라를 통한 표정 변화 측정, 그리고 심박 수 측정 및 마이크를 통한 음성 신호의 측정을 통하여 운전자의 감정을 분류하기 위한 연구도 소개된 바 있다[6]. 최근에는 차량의 삼차원 가속도 및 각속도, 운전자의 뇌전도(electroencephalograms : EEG), 심전도(electrocardiograms : ECG), 호흡기 인덕턴스(respiratory inductance), 심박, 그리고 피부 전기 활동(electrodermal activity) 등의 생체 신호를 복합적으로 활용하여 운전자의 감정 상태를 기본적인 분노, 슬픔, 두려움의 세 가지로 감지하기 위한 연구 결과가 소개된 바 있다[7].

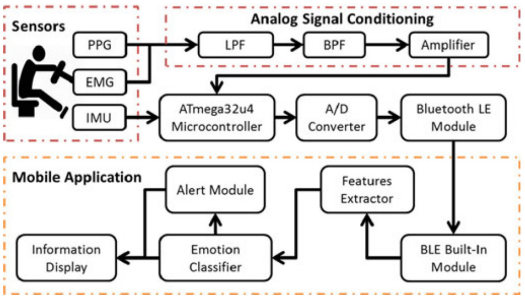


그림 1. 전체 시스템 구조
Fig. 1 Overview of the system design

이와 같은 연구들을 토대로 본 연구에서는 운전자의 부정적 감정 반응(negative emotional response)을 모니터링 할 수 있는 생체 신호 측정 기반 웨어러블 장치를 개발한다. 본 연구에서 개발된 장치는 운전자의 피로나 스트레스 상태를 감지하기 위한 생체신호로서 맥파(photoplethysmography : PPG), 근전도(electromyograph : EMG)를 이용하여 소형으로 구현이 가능하고 특히 관성 측정 장치(inertial movement unit : IMU)를 머리에 장착함으로써 운전자의 졸음 여부도 판정 가능한 특징이 있다.

II. 시스템 설계 및 구현

2.1 전체 시스템 구조

그림 1은 본 논문에서 제안하는 운전자 상태 모니터링 시스템을 위하여 설계된 전체 시스템 구조를 보여준다. 그림 1에 나타난 바와 같이 전체 시스템은 센서 영역, 아날로그 및 디지털 신호 처리 영역, 그리고 모바일 애플리케이션 영역의 세 가지 부분으로 구성된다. 첫 번째 영역인 센서 영역은 PPG 센서, EMG 센서, 그리고 9 자유도를 가지는 IMU 센서로 구성된다. 이들 센서들은 Adafruit사의 FLORA 웨어러블 플랫폼을 통해서 연결되는데 이 플랫폼은 직경이 45mm, 두께가 7mm, 그리고 무게는 4.7g이다. 그리고 이 플랫폼에 장착되어 있는 Atmega32u4 마이크로 프로세서는 기존 아두이노 프로그래밍[9]을 지원하며 가로, 세로, 높이(두께)가 각각 29mm, 36mm, 4.75mm이고 출력이 3.7V, 500mA인 소형 충전식 리튬 이온 폴리머 배터리로 동작 가능하다.

표 1. 제안된 시스템의 하드웨어 규격
Table 1. Hardware specification for proposed system

Parts	Components	Specification
Adafruit FLORA	Micro-controller	ATmega32u4
	Dimensions	45mm diameter × 7 mm thickness
	Weight	4.7 g
Bluefruit LE	Dimensions	29mm × 28mm
	Weight	1.8 g
PPG sensor	LED	940 nm infrared
	Gain	100
	Cut-off frequency	0.5 to 10 Hz (BPF), 24 Hz (LPF)
EMG sensor	Supply voltage	3.3 to 5.5 V
	Dimension	3.8 cm × 3.8 cm
Adafruit IMU	Supply voltage	2.4 to 3.6 V
	Dimension	3.8 mm × 5.2 mm
	Sensors	Tri-axial 16-bits gyroscope Tri-axial 14-bits accelerometer Tri-axial 14-bits geomagnetic
Google Nexus 5	Operating system	Android 6.0 (Marshmallow)
	Wireless	Bluetooth / Bluetooth LE
	Dimension	69.2mm × 137.8mm× 8.6 mm

각 센서로부터 측정된 값은 필터링과 증폭 과정을 순서대로 거친 후 A/D 컨버터를 통해서 디지털 값으로 변환되어 저전력 블루투스 (Bluetooth-based low-energy : BLE 4.0) 모듈을 통해서 주변의 모바일 디바이스와 연결된다[10]. BLE는 ARM Cortex MO 코어로 동작하며 이 때 동작 속도는 16 MHz, 송수신기의 보드율(baud rate)은 9,600, 그리고 직경은 30.5mm, 높이는 4mm에 무게는 2.5g이다. 각 센서로부터의 신호는 40Hz의 속도로 샘플링된다. 표 1에는 제안하는 시스템을 위한 하드웨어의 규격을 정리하였다.

2.2 EMU와 IMU 센서 모듈 구현

EMG는 근육의 움직임에 의해서 발생하는 전기적 신호의 변화를 감지하는 것이다. 보통 근육에는 미세한 전류가 흐르고 있는데 EMG의 측정을 통해서 근육의 전기적인 활성도를 확인할 수 있다. EMG를 관성 측정 장치와 같이 사용되는 경우 3차원 공간에서의 인체의 움직임을 측정할 수 있게 되는데 이는 사람과 컴퓨터 간의 새로운 인터페이스, 인터액티브 게임 등 다양한 분야에 응용될 수 있다. 특히 EMG와 IMU가 같이 사용되게 되면 실제 움직임으로는 나타나지 않는, 예를 들어 주먹 쥔 손을 펴는 것과 같은 등척성(isometric) 근육 활동을 감지할 수 있다는 장점이 있다. 따라서 움직임이 없는 미묘한 제스처를 감지하고 분류하거나 주변 환경에 방해가 되지 않게 제어하는 것이 가능하다.

본 연구에서 운전자의 상태 모니터링에 있어 EMG와 IMU의 적용 가능성을 알아보기 위해서 그림 2-(a)의 구조를 가지는 손동작 인식 장치를 먼저 구현하였다. 이 장치는 EMG 센서 모듈, IMU 센서 모듈, 그리고 프로세싱 모듈로 구성되고 프로세싱 모듈에는 블루투스 모듈이 포함되어 있어 외부와 통신이 가능하다. 그림 2-(b)는 구현 완료된 손동작 인식 장치를 팔에 착용한 상태를 보여준다.

측정된 EMG 값을 분석함에 있어 어려운 점은 잡음을 잘 타는 특성이다. 다른 생체 신호 대비 EMG는 장치 고유의 잡음, 전자기적인 복사(radiation), 동작 잡음(motion artifact), 그리고 다른 조직과의 상호 작용 등에 의해서 유발되는 복잡한 형태의 잡음들이 포함되는 경향이 있다. 따라서 정확한 동작을 인식하기 위해서는 불필요한 잡음을 제거하기 위한 전처리 과정과 웨이블릿 변환을 통한 신호 분석, 그리고 변환된 신호의 분류 등의 과정이 필요하다. 이 과정에 대해서는 추후 본 논문의 2부를 통해서 상세히 설명할 예정이다.

2.3 PPG 센서 모듈 구현

PPG 센서는 LED와 포토다이오드로 구성되어 있으며 LED로부터의 녹색광이 혈관에서 반사되는 것을 포토다이오드로 검출하는 원리로 동작한다. PPG 센서의 회로 구성은 포토다이오드로부터 수신된 신호의 노이즈 제거를 위한 저역밴드 필터 및 대역밴드 필터, 신호의 증폭 등의 아날로그 신호를 위한 회로부분으로 구성된다. 수집된 데이터는 1초에 5바이트씩 75번의 데이터를 구성하여 서버와 연결된 베이스 스테이

션으로 전송된다. 본 시스템에서 PPG 센서는 운전자의 귓불에 착용할 수 있는 형태로 개발되었다.

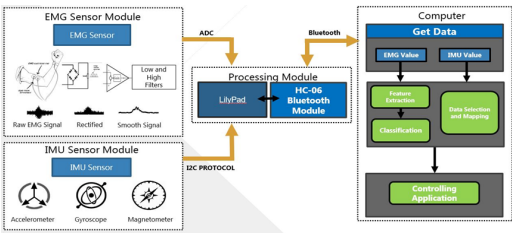
2.4 애플리케이션

모바일 디바이스에서 동작하는 애플리케이션은 BLE와 연결된 후 각 센서들로부터 측정된 값들을 수신한다. 이 후 측정된 값들의 특징을 추출하고 이들은 다시 부정적 감정 반응을 예측하기 위한 학습의 입력으로 사용된다. 만약 예측된 부정적 감정 반응이 연속적으로 사전에 정해 둔 임계값 이상 감지되는 경우 경고 모듈을 동작시키게 되는데 본 논문에서는 이를 위한 임계값을 10으로 설정하였다.

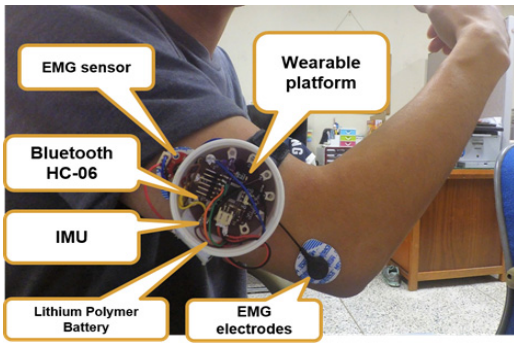
III. 실험 환경 구축 및 실험

3.1 웨어러블 부착물의 제작

본 시스템의 센서 모듈은 그림 3-(a)에 나타난 바와 같이 목 또는 뒷머리에 장착할 수 있도록 제작되었다. 세 개의 센서 모듈, 마이크로 프로세서, BLE 모듈, 그리고 충전 배터리는 3D 프린터로 별도로 제작된 부착물위에 장착되었다. 이 부착물은 그림 3-(b)에 나타난 바와 같이 운전자가 불편함을 느끼지 않도록 운전자의 목이나 뒷머리에 최대한 밀착되도록 제작되었다. 그림 3-(c)에 나타난 것처럼 PPG 신호는 운전자의 귓불에 창작되는 측정부를 통해서 측정되고 EMG 신호는 운전자의 윗 승모근을 통해서 측정된다.



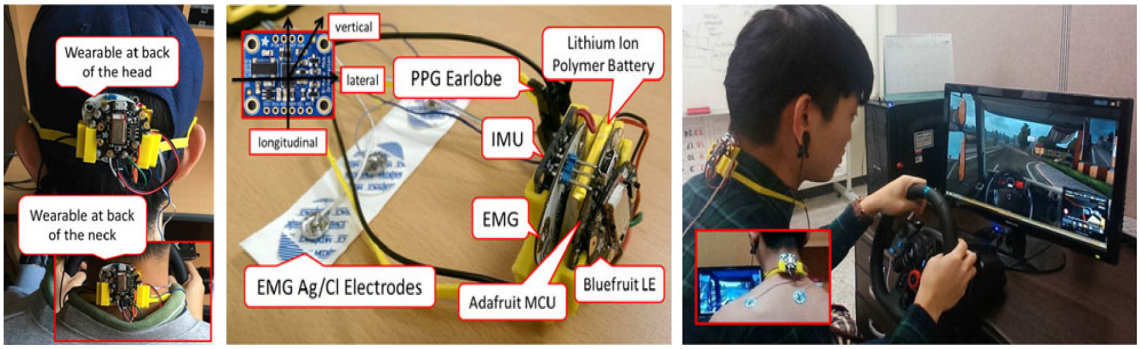
(a)



(b)

그림 2. EMG 센서와 IMU 센서를 이용한 손동작 인식
Fig. 2 Gesture recognition device by EMG and IMU sensors

그리고 IMU센서 역시 윗 승모근에 설치되어 운전자 머리의 움직임을 9 자유도로 측정할 수 있다.



(a) (b) (c)

그림 3. 구현된 운전자 상태 모니터링 시스템
Fig. 3 Implemented driver's emotional response monitoring system

3.2 실험 환경

실험 과정에서 운전자의 부정적 감정 반응을 유발하기 위해서 실제로 도로에서 운전자가 장시간 운전하도록 하는 것은 상당히 위험할 수 있다. 따라서 개발된 시스템의 실험을 위해서 그림 3-(c)에서 볼 수 있는 바와 같이 PC 버전의 유로트럭드라이버 시뮬레이터[11]를 이용하여 실험실 내에 실험 환경을 구축하였다. 그리고 운전자의 운전 동작 제어를 위해서는 Logitech사의 Driving Force G29 스티어링 휠을 사용하였다.

유로트럭드라이버 시뮬레이터에서는 세 가지 다른 시나리오가 가능하다. 첫 번째 시나리오는 그림 4-(a)에 나타난 것처럼 도심 환경 시나리오로 많은 차량, 많은 신호등으로 인해서 스트레스가 심한 소위 헤비 트래픽 환경이다. 이 환경에서는 답답함, 놀람, 그리고 앞차와의 추돌에 대한 염려 등의 감정 상태를 수반할 수 있다. 반면 고속도로에서의 운전 시나리오는 그림 4-(b)에 나타난 것처럼 도심 환경보다는 트래픽이 적기 때문에 운전자의 상태는 다소 편안하고 중립적인 상태로 변할 수 있다. 그렇지만 이 고속도로 시나리오에서는 장시간 운전으로 인하여 운전자가 지루함, 피로감을 느끼기 쉽다. 마지막으로 그림 4-(c) 한적한 시골길을 운전하는 시나리오는 도심 환경보다는 스트레스를 덜 받는 상태이지만 야생 동물, 예기치 않은 장애물 등의 돌발 상황이 발생할 수 있어 더 높은 수준의 주의가 필요하다. 모든 운전 시나리오에는 공통적으로 날씨 변수가 영향을 미치게 되는데 본 시뮬레이터에서는 날씨는 임의로 변하도록 설정되어 맑은 날씨, 다소 어두운 저녁 날씨, 그리고 컴컴한 밤으로 설정된다.

3.3 실험대상자 선정 및 교육, 그리고 평가 방법

본 실험의 대상자로서 총 10명이 참여하였는데 이들은 캠퍼스 내에서 남성 7명과 여성 3명으로 선발되었다. 이들의 평균 나이는 35 ± 9세였으며 평균 몸무게는 75 ± 20kg, 그리고 평균 신장은 172 ± 14cm이었다. 정상적이고 왜곡되지 않은 실험 결과 분석을 위하여 이들 대상자들은 정신적인 장애 또는 불면증이나 심장마비 등을 겪지 않은 사람들로 선발되었으며 대학 병원 기록을 통해서 이의 확인 절차를 거쳤다. 또한 이들은 짧으면 2년에서 길면 20년의 무사고 운전자들이다. 이들이 시뮬레이터에 익숙해질 수 있도록 교육을 실시하였으며 사람에 따라서 이 교육은 1시간에서 3시간 정도 소요되었다.

자극을 주기 전 일반적인 주행 환경에서의 시뮬레이션이 각 실험 대상자 당 시나리오 별 10분 (도심 시나리오, 고속도로 시나리오, 시골 시나리오) 씩 총 30분 진행되었다. 이 때 얻어진 반응은 각 실험 대상자의 평상심에서의 편안한 상태에서의 감정 반응의 기준으로 설정하기 위한 것이었다. 이 후 각 대상자들에게 아브라함 힉스 감정 가이던스 스케일 (Abraham-Hicks Emotional Guidance Scale; AH-EGS)[1]에 따라서 매분마다 자신의 감정 상태를 스스로 평가하도록 하였다.

AH-EGS는 현재 순간에 한 개인이 느끼는 감정의 변화를 나타내기 위해서 널리 사용되고 있는 방법이기 때문에 본 연구에서도 운전자의 감정 상태를 확인하기 위해 활용하였다. 긍정적인 스트레스 반응에 해당하는 유스트레스(eustress)의 대표적인 반응은 열정, 낙관, 만족, 기쁨 등이었고 부정적인 스트레스 반응에 해당하는 디스트레스(distress)의 대표적인 반응은 지루함, 좌절, 걱정, 화, 분노, 그리고 두려움 등이다. 특히 AH-EGS는 1-10까지의 점수로 평가하도록 하는 Likert 스케일[2]에 비해서 특정한 느낌의 발생 여부로만 평가하기 때문에 개인 별 척도의 차이에 의한 혼란이 없다는 장점이 있다. 그 결과 Likert 스케일을 사용했을 때 운전 실험 도중 대상자가 감정 척도에 대한 불확실성으로 인하여 실험에 대한 집중력을 잃어버리는 문제점을 해결할 수 있었고 특정 시점에 대상자가 정확하고 단순하게 자신의 감정을 평가하는 것이 가능하였다.

3.4 실험 방법

운전과 관련된 많은 스트레스 영역에 속하는 감정들 중에서 본 논문에서는 몇 개를 선택하여 사용하였다. 평정심을 유지하는 편안한 상태(relaxed condition)를 클래스 1(C1), 좌절, 조급함, 화, 우울함 등으로 인하여 스트레스를 받는 상태(stressed

1) http://www.discoveringpeace.com/the-abraham-hicks-emotionalguidance-scale.html

2) http://www.simplypsychology.org/likert-scale.html

condition)를 클래스 2(C2), 그리고 지루함 등으로 인하여 피로한 상태(fatigued condition)를 클래스 3(C3)으로 구분하여 정의하였다.

대상자가 실제 실험 전과 실험 후 각각 다음과 같은 설문조사가 이루어졌다. 실험 전 설문조사는 대상자의 인적사항과 더불어 마지막으로 술을 마신 날짜, 평상시 커피 및 음식 섭취량, 잠자는 시간 등을 조사했고 실험 후 설문조사는 실험을 마친 후의 감정 상태, 부착물의 편의성 등에 대한 것이었다.

마지막으로 각 대상자에 대한 실제 실험이 이루어졌다. 앞에서 설명한 유로트럭드라이버 시뮬레이터를 이용하여 실험이 이루어졌는데 이 때 도심, 고속도로, 시골의 세 가지 시나리오와 낮과 밤이 임의로 반복되었다. 이와 같은 환경에서 각 대상자는 2시간동안 운전하는 것으로 설정되었고 대상자의 행동을 기록하기 위한 카메라가 모니터 위에 설치되었다[12]. 이 카메라에 기록된 영상은 추후 의사 등의 전문가 자문을 통한 결과 분석을 위한 것이다. 총 10명의 대상자에 대해서 얻어진 실험 결과를 감정 상태 별로 정리하였고 이에 대한 분석 결과에 대해서는 추후 본 논문의 2부로서 발표할 예정이다.

Ⅳ. 결론

본 논문은 생체 신호를 측정하여 이를 기반으로 운전자의 감정 상태를 판단하고 관찰할 수 있는 시스템 구현에 관한 것이다. 구현된 시스템은 운전자의 신체에 착용되어 EMG, PPG, 그리고 IMG 세 가지 종류의 생체 신호를 측정할 수 있다. 개발된 시스템의 효용성을 확인하기 위한 실험 환경을 구축하여 실험이 진행되었다. 측정된 값들을 분석하고 이를 토대로 운전자의 상태를 판단하기 위한 과정에 대해서는 추후 본 논문의 2부로 발표할 예정이다.

(a) City

(b) Highway

(c) Countryside

그림 4. 세 가지 실험 운전 시나리오
Fig. 4 Three experimental driving scenarios

References

[1] R. S. Lazarus, “From psychological stress to the emotions: A history of changing outlooks,” Annu. Rev. Psychol., vol. 44, no. 1, pp. 1 - 21, 1993.

[2] "Road traffic accidents in Korea 2012," Traffic Accident Anal. Center, Seoul, South Korea, Tech. Rep. 2013-0246-083, Sept. 2013.

[3] S. Jansen, A. Westphal, and A. Riener, "Detection of drivers incidental and integral affect using physiological measures," in *Proc. 5th Int. Conf. Automotive User Interfaces Interactive Veh. Appl., Eindhoven,* The Netherlands, Oct. 2013, pp. 97–98.

[4] F. A. Machot, A. H. Mosa, A. Fasih, C. Schwarzlmuller, M. Ali, and K. Kamakya, "A novel real-time demotion detection for advanced driver assistance systems," *Auton. Syst., Develop. Trends,* vol. 391, no. 1, pp. 267–276, Nov. 2011.

[5] C. M. Jones and I. M. Jonsson, "Detecting emotions in conversations between driver and in-car information systems," *Affect. Comput. Intell. Interaction,* vol. 3784, no. 1, pp. 780–787, 2005.

[6] D. Isa, G. C. Chieh, and R. Arelhi, "Abnormal driver behavior detection using parallel CPU and GPU algorithm through facial expression, thermal imaging, and heart rate data fusion," *Int. J. Eng. Innov. Technol.*, vol. 2, no. 3, pp. 53–64, Sep. 2012.

[7] M. Gutmann, P. Grausberg, and K. Kyamakya, "Detecting human driver's physiological stress and emotions using sophisticated one-person cockpit vehicle simulator," in Proc. *Inf. Technol. Innov. Business Conf.,* Kharkiv, Ukraine, Oct. 2015, pp. 15–18.

[9] T. Bae, J. Kang, J. Park, B. Kim, and B. Lee, "Improving Safety of Biycle Driver System using Arduino," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science,* vol. 12, no. 4, Aug. 2017, pp. 525-531.

[10] H. Park, Y. Ko, S. Lee, J. Jang, B. Lee, "Walking Assistance System for Visually Impaired People using Vultiple sensors," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science,* vol. 12, no. 4, Aug. 2017, pp. 533-538.

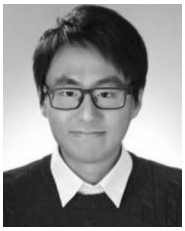
[11] G. Li, B. L. Lee, and W. Y. Chung, "Smartwatch-based wearable EEG system for driver drowsiness detection," *IEEE Sensors J.*, vol. 15, no. 12, pp. 7169–7180, Sep. 2015.

[12] K. Kim and H. Wei, "Development of a Face Detection and Recognition System Using a RaspberryPi," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 12, no. 5, Oct. 2017, pp. 859-864.

저자 소개

김범준(Beom-Joon Kim)

1996년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1998년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2003년 8월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
계명대학교 전자전기공학부 교수
※ 관심분야 : 5G 이동통신, TCP Optimization



이분진(Boon-Giin Lee)

2009년 8월 동서대학교 전자공학과 졸업 (공학석사)
2012년 8월 부경대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
계명대학교 전자전기공학부 교수
※ 관심분야 : 헬스케어 시스템, 모바일 프로그래밍