Journal of the Ergonomics Society of Korea
Vol. 29, No. 1 pp.47-53, February 2010

운전 생체신호 및 운전 수행도 분석 System 개발*

이원섭[1] · 박장운[1] · 김수진[2] · 윤성혜[2] · Xiaopeng Yang[1] · 이용태[3]
손준우[3] · 김만호[3] · 유희천[1]

[1]포항공과대학교 기계산업공학부 / [2]LG 전자 MC 사업본부 /
[3]대구경북과학기술원 공공원천기술연구센터

Development of an Analysis System for Biosignal and Driving Performance Measurements

Wonsup Lee[1], Jangwoon Park[1], Sujin Kim[2], Sunghye Yoon[2], Xiaopeng Yang[1], Yongtae Lee[3], Joonwoo Son[3], Man Ho Kim[3], Heecheon You[1]

[1]Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH, Pohang, 790-784
[2]Department of Mobile Communication, LG Electronics, Seoul, 153-801
[3]Public & Original Technology Research Center, DGIST, Daegu, 704-230

ABSTRACT

An analysis of biosignal and performance data collected during driving has increasingly employed in research to explore a human-vehicle interface design for better safety and comfort. The present study developed a protocol and a system to effectively analyze biosignal and driving performance measurements in various driving conditions. Electrocardiogram (ECG), respiration rate (RR), and skin conductance level (SCL) were selected for biosignal analysis in the study. A data processing and analysis protocol was established based on a comprehensive review of related literature. Then, the established analysis protocol was implemented to a computerized system so that immense data of biosignal and driving performance can be analyzed with ease, efficiency, and effectiveness for an individual and/or a group of individuals of interest. The developed analysis system would be of use to examine the effects of driving conditions to cognitive workload and driving performance.

Keyword: Biosignal, Driving performance, Analysis protocol, Computerized analysis system

1. 서 론

자동차 내의 human-machine interface(HMI) 기술이 발전함에 따라 운전자가 습득 및 처리해야 하는 정보가 다양해지고 있다. 예를 들어, 자동차 HMI에는 계기판, audio, 공조 장치 등의 전통적인 interface뿐만 아니라, navigation system, entertainment system(예: DMB TV, media player), driving information system(DIS) 등의 새로운 장비에 따른 다양한 interface들이 추가되고 있다. 이로 인해

*본 논문은 2009년 대구경북과학기술원의 지원을 받아 수행되었음.
교신저자: 유희천
주 소: 790-784 포항시 남구 효자동 산31호, 전화: 054-279-2210, E-mail: hcyou@postech.ac.kr

운전자는 주행 정보(예: 속도, 도로 및 교통 상황)와 더불어 추가적인 인지 작업(예: 자동차 상태 알림, navigation 정보, entertainment 관련 정보)들을 처리해야 하는 경우가 발생하고 있다.

운전 정보의 다양화는 운전 작업부하(driving workload)를 증가시키며 안전하고 편안한 운전에 영향을 미치게 된다. 자동차 주행 시 운전자에게 제공되는 부가 정보가 다양해질 경우, 운전자의 정보처리를 위한 인지적 노력이 증가하게 되고 집중력이 분산되어 작업부하가 증가하게 된다. 따라서 부적절한 HMI 설계는 운전자의 실수를 유발할 수 있으며, 심각할 경우는 교통사고를 야기할 수 있다.

자동차 HMI 설계에 따른 운전자의 정신적 작업부하는 생체신호의 측정 및 분석을 통해 정량적으로 평가될 수 있다. 정신적 작업부하는 생체신호의 변화를 수반하므로, 생체신호 분석을 통해 정신적 작업부하 및 심리적 상태를 분석할 수 있다. 예를 들어, 운전자의 분당 심박수와 호흡수가 증가할 경우 운전자의 심리상태가 불안정하고 정신적 작업부하가 높은 것으로 추정할 수 있다. 작업부하를 평가하기 위한 생체신호로는 분당 심박수(heart rate; HR), 분당 호흡수(respiration rate; RR), 뇌파(electroencephalogram; EEG), 피부전기 전도수준(skin conductance level; SCL), 피부 온도(skin temperature) 등이 사용될 수 있다. 예를 들어, Verwey and Veltman(1996)은 자동차 운전 작업에 대한 작업부하 평가 방법 개발을 위해 실제 운전 상황에서 시각적 자극과 청각적 자극에 따른 생체신호 변화(HR, SC, eye-blink)를 분석하였다.

운전 작업부하의 정량적이고 종합적 평가를 위해, 다양한 주행 환경 및 운전자들을 대상으로 측정된 생체신호에 대한 분석 protocol 개발이 필요하다(그림 1 참조). 운전 작업부하는 도로 주행 환경(예: 고속도로와 시내 주행, 주변 차량 밀도)과 운전자의 특성에 따라 차이가 있을 수 있다. 예를 들어, 동일한 주행 환경에 대해서도 20대와 60대 또는 남녀 운전자가 느끼는 작업부하가 다르게 나타날 수 있다. 따라서, 다양한 주행 환경과 운전자들을 대상으로 생체신호 변화를 분석하는 것이 필요하며 이를 효과적으로 수행할 수 있는 분석 protocol 개발이 요구된다. 또한 수집된 운전 생체신호 및 운전 수행도 data를 효과적이고 체계적으로 분석하기 위해서는 평가 및 분석 과정이 system화 될 필요가 있다.

그림 1. 운전 생체신호 분석 연구 배경 및 목적

본 연구는 다양한 주행 환경에 따른 운전 생체신호 변화의 정량적 분석을 위해 분석 protocol과 분석 system을 개발하였다. 기존 연구 조사를 통해 생체신호별 평가 measure, 신호처리(signal processing) 방법, 잡음 제거(noise filtering) 방법, 이상치 검출(outlier detection) 방법 등의 분석 protocol을 구축하였다. 또한, 구축된 운전 생체신호 분석 protocol을 토대로 효과적이고 체계적인 운전 생체신호 및 운전 수행도 분석을 위해 system을 개발하였다.

2. 운전 생체신호 및 운전 수행도 분석 System 개발

본 연구는 운전 생체신호 분석 protocol 및 분석 system을 개발하기 위하여 그림 2와 같이 3 단계 연구 추진 절차를 수립하였다. 첫째, 기존 연구 문헌 조사를 통한 생체신호 분석 방법 및 분석 사례를 조사하였다. 둘째, 본 연구의 운전 생체신호 분석에 적합한 분석 protocol을 구축하였다. 마지막으로, 구축된 운전 생체신호 분석 protocol을 토대로 운전 생체신호 분석 system을 개발하였다. 분석은 STISIM Drive™(Systems Technology Inc., USA)를 이용한 모의 주행실험에서 20대와 60대 남녀를 대상으로 기측정된 운전 생체신호 및 운전 수행도 data를 기반으로 수행되었다(이용태 외, 2009).

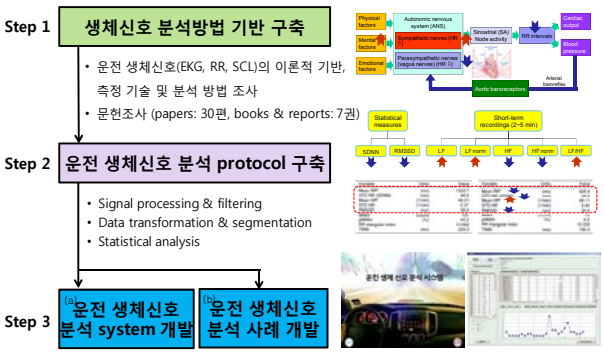

그림 2. 연구 추진 체계

2.1 생체신호 분석 방법 기반 구축

생체신호 분석 방법을 파악하기 위해 본 연구에서 분석하고자 하는 생체신호(HR, RR, SCL)의 분석 방법에 대한 기존 문헌들(30편, 관련 서적 7권)을 조사하였다. 문헌 조사에는 문헌 검색 keyword를 선정(예: 운전, 비행, 생체신호, HR, RR, SCL)하고 인터넷 학술자료 전문 검색 사이트(예: ScienceDirect, Google Scholar)를 이용하여 관련 문헌을 입수하였다. 입수된 문헌을 분석하여 기존 연구의 생체신호 분석 방법과 분석 사례들을 조사하고, 본 연구의 생체신호 분석을 위한 분석 protocol 및 분석 system 구축에 활용하였다.

2.1.1 Electrocardiogram(ECG)

ECG는 신호처리(signal processing)를 통해 분석이 용이한 평가지표(예: SDNN, RMSSD, LF/HF ratio)로 변환되어 분석된다. 측정된 ECG 신호 자체는 심장 박동 시 나타나는 전기 신호의 상대적인 크기이므로 체계적이고 심층적인 분석에는 한계가 있다. 따라서 ECG를 용이하게 분석하기 위해서는 측정된 data를 신호처리하여 분당 심박수(heart rate; HR, beat/min), 심박수 변화(heart rate variable; HRV), 심박수 변화의 변동(standard deviation of normal to normal; SDNN)과 같은 해석이 용이한 평가지표로 변환하여 사용한다(Berntson et al., 1997). ECG는 data의 유형에 따라 시간영역(time domain)과 주파수영역(frequency domain)의 평가지표들로 변환될 수 있다(그림 3 참조). 특히 시간영역의 SDNN과 RMSSD와 주파수영역의 low frequency(LF; 0.04~0.15Hz), high frequency(HF; 0.15~0.4Hz), 그리고 LF/HF ratio가 심전도 분석에 주로 활용되고 있다. HR은 휴식 시에 비해 작업부하가 증가할수록 값이 커지나(Roscoe, 1992; 그림 4 참조), SDNN은 값이 작아지는 것으로 알려져 있다(Malik et al., 1996). 또한, ECG 신호의 주파수영역 변환을 통해 파악되는 LF와 HF

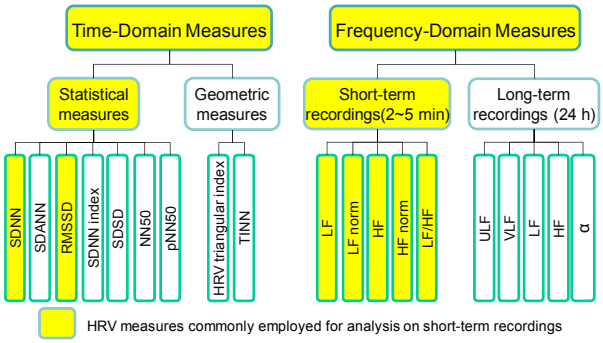

그림 3. ECG data를 활용한 작업부하 평가 measures

의 비율(LF/HF ratio)은 작업부하 증가 시 함께 증가한다(Berntson et al., 1997; Malik et al., 1996).

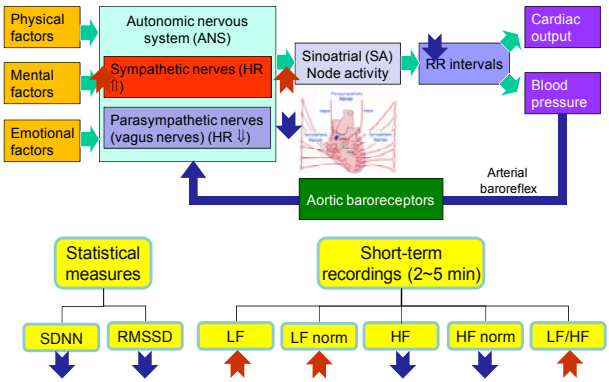

그림 4. Effects of cognitive stress on ECG measures

2.1.2 Respiration rate(RR)

RR은 분당 호흡수(breath/min)의 변화량을 통해 정신적 작업부하의 정도를 평가하는데 활용된다. 일반적으로 휴식 시 대비 작업부하가 높을수록 RR이 증가하는 것으로 알려져 있다(Wientjes, 1992). Yao et al.(2008)은 비행 경험에서 차이가 나는 두 조종사 group을 대상으로 11개 비행 단계를 휴식 시와 비교한 결과, 비행 경험이 적은 조종사들의 RR이 3개 단계(embarking = 25.4±2.9, take-off = 24.6±3.5, landing = 24.8±3.5)에서 휴식 시(21.0±2.7)보다 유의하게 높은 것을 파악하였다. 이와 같이 RR은 다양한 scenario 및 task에 따른 작업부하 정도와 업무 난이도를 평가하는데 활용될 수 있다.

2.1.3 Skin conductance level(SCL)

SCL은 측정치의 크기 및 시각적인 분석을 통해 정신적 작업부하 평가에 활용될 수 있다. SCL은 작업부하가 증가하게 될 경우 신체에 땀이 분비되었다 식었다 하는 것을 이용하여 피부의 전기 전도를 측정하는 것으로, 작업부하 발생 시 SCL값이 순간적으로 높게 측정되며 시간이 지나면 다시 원래 수준으로 회복된다(Gould et al., 2009; Perala and Sterling, 2007; Shimomura et al., 2008). SCL은 주로 분석하고자 하는 구간들의 평균과 표준편차를 비교하여 작업부하의 수준을 평가한다. 또한 특정 구간에서의 SCL 변동(예: SCL peaks)을 시각적으로 분석함으로써 작업부하의 발생 빈도와 작업부하의 크기를 파악해볼 수 있다(Storm et al., 2002).

2.2 운전 생체신호 분석 protocol 구축

본 연구는 다양한 운전 환경에서 측정된 생체신호를 체계적이고 효과적으로 분석할 수 있는 protocol을 개발하였다. Protocol은 기존 연구 문헌 조사를 통해 파악된 ECG, RR, 그리고 SCL의 data 처리 및 가공 방법과 분석 사례를 토대로 개발되었다. 또한 조사된 각 생체신호의 측정 가능 범위를 파악하여 본 연구의 data filtering에 적용하였다(표 1 참조).

표 1. 생체신호 별 가용 범위 조사 결과

Bio-signal	Unit	Typical range	Possible range
HR	Beats/min	50~150	50~200
RR	Breaths/min	10~30	5~50
SCL	Microsiemens	2~25	2~30

측정된 생체신호는 측정 환경 및 측정 장비의 영향으로 인해 왜곡(예: 잡음, 누락)될 수 있으므로 정확한 분석 결과를 위해 data filtering 작업이 필요하다. Friesen et al.(1990)은 ECG 신호가 신체에 부착한 electrode의 접지, 측정 장치와 저장 장치간의 연결 문제, 인체 근육의 수축 및 이완, 그리고 신호처리 기기의 오류 등에 의해 왜곡되는 것으로 보고하였다. ECG 분석을 위해 본 연구는 LIBROW™ 사(Ukraine)에서 개발한 ECG processing (R-peaks detection) 방법을 사용하여 raw ECG data를 filtering하고 inter-beat interval(IBI)을 도출하였다. 도출된 IBI는 심박수 분석을 위한 전문 software인 Kubios-HRV(Biosignal Analysis and Medical Imaging Group, University of Kuopio, Finland)를 이용하여 HR, HRV, SDNN, 그리고 LF/HF ratio 등을 평가지표로 변환되어 분석된다. RR은 분석 구간 내의 평균치에 비해 표준편차의 3배 이상 차이가 나는 data를 오측정된 것으로 판단하여 filtering하였다(Papp et al., 1997). 또한, SCL은 측정치의 유효 범위(2~30 microsiemens)를 벗어난 경우 filtering 하였다(Lim et al., 1996; Storm et al., 2002; El-Sheikh, 2006; Mehler et al., 2008; Shimomura et al., 2008).

2.3 운전 생체신호 및 운전 수행도 분석 System 개발

본 연구는 기존 연구에 대한 조사를 바탕으로 도출된 운전 생체신호 및 운전 수행도 분석 protocol을 적용한 system을 개발하였다. System은 MATLAB® R2008a (The MathWorks™, USA)을 활용하여 설계되었다.

2.3.1 System 구성

개발된 운전 생체신호 및 운전 수행도 분석 system은 그림 5와 같이 2개의 분석 module system(생체신호 분석 module, 운전 수행도 분석 module)으로 구성되었다. System은 운전 생체신호와 운전 수행도 분석을 위하여 우선 3종류의 database(실험 참여자 정보, 주행 scenario 정보, 생체신호 및 운전 수행도 raw data)에 따라 측정된 운전자의 생체신호(ECG, RR, SCL)를 개발된 분석 protocol을 적용하여 분석한다. 운전 수행도 분석 module은 주행 scenario에 따라 정량적으로 측정된 운전자의 운전 능력(예: 주행 속도, 차선 변경 횟수, 사고 횟수 등)을 분석한다. Data 분석 결과 중 ECG data는 신호처리와 data filtering을 거치며, Kubios-HRV에서 분석될 수 있는 IBI data가 ASCII 형식의 file로 생성된다. 이외의 생체신호 및 운전 수행도 관련 변수들은 분석 결과를 통계 분석 전문 software

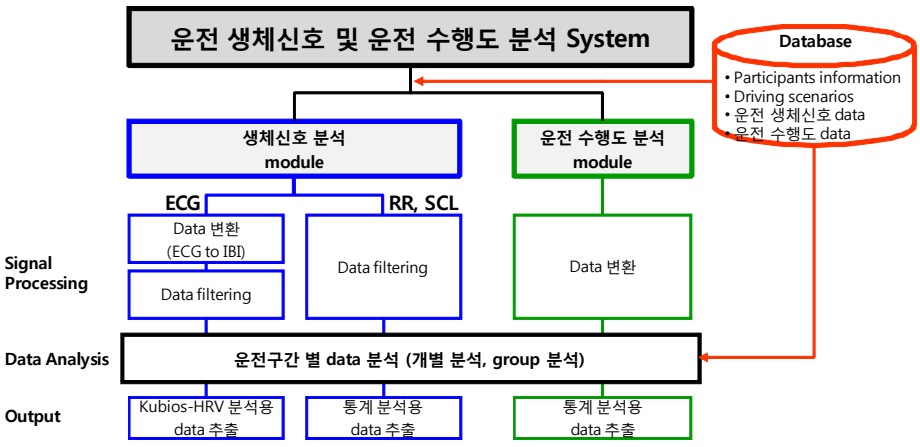

그림 5. 운전자 생체신호 및 수행도 분석 system 구조

에서 통계분석(예: ANOVA)하기에 용이한 양식의 file로 저장된다.

2.3.2 System interface

다양한 종류의 data(실험 참여자 정보, 주행 scenario 정, 운전 생체신호 data, 운전 수행도 data) 체계적이고 효과적으로 분석하기 위한 interface가 설계되었다. System은 개별 분석(individual analysis)과 집단 분석(group analysis)으로 구분된다(그림 6 참조). 개별 분석은 system 구동 시 자동으로 실험 참여자 정보를 불러들이며 분석자는 분석할 대상을 선정한다. 분석된 결과는 그림 6에 예시한 것과 같이 table과 graph를 활용하여 시각적으로 해석될 수 있도록 하였으며, 용이한 통계 분석을 위해 ASCII file로도 생성된다. 집단 분석은 운전 생체신호 및 운전 수행도의 raw data가 아닌 개별 분석이 완료되어 file로 저장된 정보를 불러들여 다양한 실험 참여자들을 종합적으로 빠르게 분석할 수 있도록 하였다.

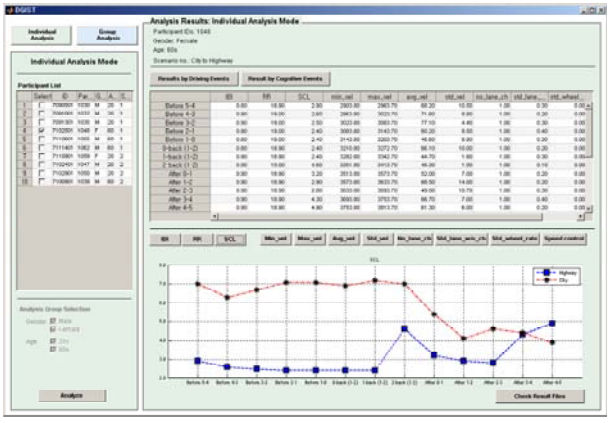

그림 6. 운전자 생체신호 및 수행도 분석 system 구조 및 분석 결과 예시

3. 토 의

본 연구는 운전 생체신호의 체계적인 평가를 위한 분석 protocol을 개발하였다. 본 연구는 운전 생체신호 분석을 위해 ECG, RR, 그리고 SCL를 선정하였으며, 생체신호 분석 protocol을 개발하기 위하여 기존 문헌들을 조사 및 review하였다. 생체신호 중 ECG와 SCL는 지표간 독립성이 우수하고 측정이 용이한 것으로 파악되었다(박준영 외, 2003). 또한, ECG data는 분석이 용이한 여러 평가지표(예: SDNN, RMSSD, LF/HF ratio)로 변환하여 사용되는 것으로 파악되었다. 본 연구는 측정된 생체신호에서 측정 시 포함된 신호 잡음(noise)을 제거하고 분석에 용이한 평가지표로의 변환을 위해 data를 신호처리(signal processing)하는 일련의 protocol을 개발하고 system 설계에 적용하였다.

본 연구는 다양한 운전자와 운전 scenario에 대하여 기측정된 운전 생체신호 및 운전 수행도 data를 체계적이고 효과적으로 분석하기 위한 분석 system을 개발하였다. 운전 생체신호 및 운전 수행도 data는 20대와 60대의 남녀를 대상으로 측정되었다. 또한 data는 고속도로와 도심 구간에서 발생할 수 있는 다양한 운전 상황을 포함한 운전 scenario에 대하여 STISIM Drive™ simulator를 사용하여 측정되었다. 개발된 분석 system은 운전 구간별과 운전자 특성(연령, 성별)별로 측정된 방대한 양의 운전 생체신호 및 운전 수행도 data를 종합적이면서 체계적이고 효과적으로 분석할 수 있다. System은 직관적이고 쉬운 system의 사용을 위해 one-stop으로 분석될 수 있도록 하였으며, 분석 결과를 graph로 시각화하여 해석이 용이하도록 하였다. 또한, system은 실험 참여자별 분석을 통해 측정된 운전 생체신호의 quality를 확인한 후, 여러 참여자를 대상으로 group 분석할 수 있도록 개발되었다. 모든 측정된 data는 통계 분석 양식의 file로 저장되어 ANOVA 등의 통계 분석을 용이하게 수행할 수 있도록 하였다.

운전자의 생체신호 분석은 운전 작업부하(driving workload)를 평가하는데 활용 가능하나 작업부하 원인 분석에는 한계가 있다. 운전 중의 navigation system이나 driving information system(DIS)의 사용은 운전자에게 작업부하(예: 집중력 분산, 혼란, 느린 판단)를 증대시키며, 이는 운전자의 생체신호의 변동에 유의한 영향을 주게 된다. 따라서 생체신호의 크기와 변화 pattern을 분석함으로써 운전자의 작업부하 수준을 평가할 수 있다. 이러한 일련의 과정은 추후 운전자에게 인지적 부담을 일으키는 운전 환경을 개선하는 데 활용될 수 있다. 하지만 운전 구간별 작업부하의 변화 경향을 파악할 수는 있으나 작업부하를 발생시키는 원인을 규명하는 데에는 한계가 있다. 따라서 작업부하 양상에 따른 생체신호 변화와 자동차 human-machine interface(HMI) 설계 요소 및 사용 작업 간의 종합적인 상관관계 분석을 위한 심층 연구가 필요하다. 예를 들어, 주행 중의 HMI 설계 요소(예: audio system, navigation system, DIS) 및 사용 작업의 특성(예: 중요도, 난이도, 빈도수 등)을 파악하고 실험을 통해 생체신호 변화와의 연관관계를 분석하여 작업부하의 원인을 규명하는데 본 연구에서 개발한 운전 생체신호 분석 system이 유용하게 활용될 수 있다.

운전자 생체신호 분석 및 작업부하 평가 결과는 자동차 HMI의 인간공학적 설계 및 평가에 적용될 수 있다. 예를 들

어, 자동차에서 운전자의 생체신호 변화를 지속적으로 파악하여 상황에 따라 적절한 기능 및 서비스(예: 졸음 방지 기능, 안전 운전 도우미, 사고 예측 및 알림 기능)를 제공해주는 system 설계에 활용될 수 있다. 특히 차세대 지능형 자동차(smart car) HMI의 인간공학적 설계 및 평가에도 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예상된다. 이러한 HMI의 인간공학적 설계는 운전자의 운전 만족도 향상과 안전 운전에 기여할 것으로 예상된다.

감사의 글

본 논문은 2009년 대구경북과학기술원의 지원을 받아 수행되었음.

참고 문헌

박준영, 박장현, 박지형, 박동수, "생체신호 분석을 통한 인간감성의 측정", *대한기계학회 2003 춘계학술대회지*, 13 (pp. 935-939), 2003.

이용태, 김만호, 손준우, 연령증가에 따른 주행 중 인지 부하의 특성 변화, *대한인간공학회지*, 28(3), 73-79, 2009.

Berntson, G. G., Bigger Jr, J. T., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., Stone, P. H. and Van Der Molen., M. W., Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats, *Psychophysiology*, 34, 623-648, 1997.

El-Sheikh, M., Children's Skin Conductance Level and Reactivity: Are these measures stable over time and across tasks?, *Developmental Psychobiology*, 49(2), 180-186, 2006.

Friesen, G. M., Jannett, T. C., Jadallah, M. A., Yates, S. L., Quint, S. R. and Nagle, H. T., A comparison of the noise sensitivity of nine QRS detection algorithms, *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 37(1), 85-98, 1990.

Gould, K. S., Røed, B. K., Saus, E. R., Koefoed, V. F., Bridger, R. S. and Moen, B. E., Effects of navigation method on workload and performance in simulated high-speed ship navigation, *Applied Ergonomics*, 40(1), 103-114, 2009.

Lim, C. L., Barry, R. J., Gordon, E., Sawant, A., Rennie, C. and Yiannikas, C., The relationship between quantified EEG and skin conductance level, *International Jounal of Psychophysiology*, 21, 151-162, 1996.

Malik, M., Bigger, J. T., Camm, A. J., Kleiger, R. E., Malliani, A., Moss, A. J. and Schwartz, P. J., Heart rate variability, *European Heart Journal*, 17, 354-381, 1996.

Mehler, B., Reimer, B., Coughlin, J. F. and Dusek, J. A., "The impact of incremental increases in cognitive workload on physiological arousal and performance in young adult drivers", *Proceedings of Transportation Research Board 88th Annual Meeting*, Washington, DC. 2008.

Papp, L. A., Martinez, J. M., Klein, D. F., Coplan, J. D., Norman, R. G., Cole, R., De Jesus, M. J., Ross, D., Goetz, R. and Gorman, J. M., Respiratory psychophysiology of panic disorder: Three respiratory challenges in 98 subjects, *American Journal of Psychiatry*, 154 (11), 1557-1565, 1997.

Perala, C. H. and Sterling, B. S., *Galvanic Skin Response as a Measure of Soldier Stress* (Tech. No. ARL-TR-4114), Army Research Laboratory, 2007.

Roscoe, A. H., Assessing pilot workload. Why measure heart rate, HRV and respiration?, *Biological Psychology*, 34(2-3), 259-287, 1992.

Shimomura, Y., Yoda, T., Sugiura, K., Horiguchi, A., Iwanaga, K. and Katsuura, T., Use of frequency domain analysis of skin conductance for evaluation of mental workload, *Journal of Physiological Anthropology*, 27(4), 173-177, 2008.

Verwey, W. B. and Veltman, H. A., Detecting short periods of elevated workload: A comparison of nine workload assessment techniques, *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 2(3), 270-285, 1996.

Wientjes, C. J. E., Respiration in psychophysiology methods and applications, *Biological Psychology*, 34(2-3), 179-203, 1992.

Yao, Y. J., Chang, Y. M., Xie, X. P., Cao, X. S., Sun, X. Q. and Wu, Y. H., Heart rate and respiration responses to real traffic pattern flight, *Psychophysiology Biofeedback*, 33(4), 203-209, 2008.

◐ 저자 소개 ◑

❖ 이 원 섭 ❖ mcury@postech.ac.kr
한동대학교 산업정보디자인학부 학사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 통합과정
관심분야: 인간공학적 제품 설계, 3차원 스캐닝, 3차원 인체 모델링, 공학디자인, 경험디자인

❖ 박 장 운 ❖ parkjw@postech.ac.kr
아주대학교 산업정보시스템공학부 학사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 통합과정
관심분야: 인간공학적 제품 설계, 3차원 동작 분석, 3차원 인체 모델링, 사용성 평가

❖ 김 수 진 ❖ usagi@postech.ac.kr
포항공과대학교 산업경영공학과 석사
현 재: LG 전자 MC 사업본부
관심분야: 인간공학적 제품 설계, 3차원 동작 분석

❖ 윤 성 혜 ❖ sunghea@postech.ac.kr
포항공과대학교 산업경영공학과 석사
현 재: LG 전자 MC 사업본부
관심분야: 인간공학적 제품 설계, 3차원 스캐닝, 손 형상 측정

❖ Xiaopeng Yang ❖ yxp233@postech.ac.kr
서울대학교 경제학과 석사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 통합과정
관심분야: 인간공학적 제품 설계, inverse kinematic hand model, 3차원 손 동작 분석, 3차원 인체 모델링

❖ 이 용 태 ❖ lyt@dgist.ac.kr
계명대학교 산업공학과 박사
현 재: 대구경북과학기술원 연구원
관심분야: 중·고령자의 기능특성, 고령친화형 HMI 기술, 유니버설디자인

❖ 손 준 우 ❖ json@dgist.ac.kr
부산대학교 지능기계공학과 박사
현 재: 대구경북과학기술원 연구책임자
관심분야: 고령친화형 Human-Machine Interface 기술 차량 임베디드 시스템 신뢰성 향상 기술

❖ 김 만 호 ❖ mhkim@dgist.ac.kr
부산대학교 지능기계공학과 박사
현 재: 대구경북과학기술원 연구원
관심분야: HVI, 결함허용시스템, 자동차 네트워크

❖ 유 희 천 ❖ hcyou@postech.ac.kr
미국 펜실바니아 주립대학교 산업공학과 박사
현 재: 포항공과대학교 산업경영공학과 부교수
관심분야: 인간공학적 제품설계 기술, 사용자 중심의 제품설계, 가상 환경 기반 인간공학적 제품 설계 및 평가, 사용성 공학, 근골격계질환 예방 및 통제

논 문 접 수 일 (Date Received) : 2010년 02월 06일
논 문 수 정 일 (Date Revised) : 2010년 02월 25일
논문게재승인일 (Date Accepted) : 2010년 02월 25일