

일반논문 (Regular Paper)

방송공학회논문지 제25권 제6호, 2020년 11월 (JBE Vol. 25, No. 6, November 2020)

<https://doi.org/10.5909/JBE.2020.25.6.973>

ISSN 2287-9137 (Online) ISSN 1226-7953 (Print)

## 스마트 글래스를 활용한 동공 데이터 수집과 사회 감성 추정 기술

이 동 원<sup>a)</sup>, 문 성 철<sup>b)</sup>, 박 상 인<sup>c)</sup>, 김 환 진<sup>a)</sup>, 황 민 철<sup>d)†</sup>

## Pupil Data Measurement and Social Emotion Inference Technology by using Smart Glasses

Dong Won Lee<sup>a)</sup>, Sungchul Mun<sup>b)</sup>, Sangin Park<sup>c)</sup>, Hwan-jin Kim<sup>a)</sup>, and Mincheol Whang<sup>d)†</sup>

### 요 약

본 연구에서는 동공 반응 데이터를 수집하여 공감의 사회 감성을 객관적이고 정량적으로 추정하는 데 목적이 있다. 52명(남 26명, 여 26명)의 피험자가 실험에 참여하였다. 실험은 30초의 참조 데이터 측정 후, 공감 유무에 따라 얼굴 표정 모방 과제와 자발적 표현 과제로 구분되어 두 사람은 상호작용하였고 동공을 촬영하였다. 이진화 및 원형 윤곽선 검출법의 영상처리를 활용하여 동공 데이터를 수집하였고, 이상 데이터 제거 기법을 활용해 눈 깜빡임 노이즈를 제거하였다. 공감 유무에 따른 동공 크기 데이터는 정규성 검증 및 독립표본  $t$  검정을 통해 통계적 유의성을 확인하였다. 분석 결과, 공감하는 경우( $M \pm SD = 0.050 \pm 1.817$ )와 공감하지 않은 경우( $M \pm SD = 1.659 \pm 1.514$ ) 동공 크기가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다( $t(92) = -4.629, p = 0.000$ ). 판별분석을 통해 동공 크기에 따른 공감 유무를 추정하는 규칙을 정의하였고, 새로운 실험참가자 12명(남 6명, 여 6명,  $M \pm SD = 22.84 \pm 1.57$ 세)을 대상으로 규칙을 검증(추정 정확도 75%)하였다. 본 연구에서 제안한 동공 크기 데이터를 이용한 공감의 사회 감성 추정 기술은 비접촉식 카메라 기반의 기술로 스마트 글래스와 접목되어 다양한 가상 현실 분야에 활용도가 높을 것으로 기대된다.

### Abstract

This study aims to objectively and quantitatively determine the social emotion of empathy by collecting pupillary response. 52 subjects (26 men and 26 women) voluntarily participated in the experiment. After the measurement of the reference of 30 seconds, the experiment was divided into the task of imitation and spontaneously self-expression. The two subjects were interacted through facial expressions, and the pupil images were recorded. The pupil data was processed through binarization and circular edge detection algorithm, and outlier detection and removal technique was used to reject eye-blinking. The pupil size according to the empathy was confirmed for statistical significance with test of normality and independent sample t-test. Statistical analysis results, the pupil size was significantly different between empathy ( $M \pm SD = 0.050 \pm 1.817$ ) and non-empathy ( $M \pm SD = 1.659 \pm 1.514$ ) condition ( $t(92) = -4.629, p = 0.000$ ). The rule of empathy according to the pupil size was defined through discriminant analysis, and the rule was verified (Estimation accuracy: 75%) new 12 subjects (6 men and 6 women, mean age  $\pm SD = 22.84 \pm 1.57$  years). The method proposed in this study is non-contact camera technology and is expected to be utilized in various virtual reality with smart glasses.

Keyword : Social Emotion, Empathy, Non-contact camera, Smart glasses, Pupillary response

Copyright © 2020 Korean Institute of Broadcast and Media Engineers. All rights reserved.

"This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited and not altered."

## I. 서 론

인간은 다양한 환경과 상황 속에서 타인과 의사소통하며 사회적 관계를 맺으며 살아간다. 이러한 관계 속에서 발생하는 감성을 사회 감성 (Social emotion)이라고 한다. 사회 감성 안에는 상대방과 공유하고자 하는 정보의 성격, 상대방의 의식 수준 등이 내포되어 있어 사회적 유대관계를 형성하는 데 중요한 요소로 작용한다<sup>[1]</sup>.

선행 연구에서는 상대방의 감성을 잘 이해하고 자신의 감성을 상대방에게 잘 전달하는 공감 능력은 교우 관계, 작업성과 및 팀워크의 효율성 등과 긍정적인 상관성을 보고하였다<sup>[2][3]</sup>. 공감이라는 사회 감성을 인식하기 위해 설문조사, 인터뷰 등을 활용한 정성적 방법과 뇌전도(electroencephalogram, EEG), 심전도(electrocardiogram, ECG), 호흡(respiration, RSP) 등의 생리적 반응을 활용한 정량적 방법이 활용되고 있다<sup>[4][5][6]</sup>. 하지만 정성적 방법은 평가 시점의 차이로 대상자의 기억에 의존해야 한다는 단점이 있으며, 정량적 측정은 신체에 센서를 부착해야 한다는 단점이 있어 다양한 분야에 활용이 제한된다.

외부의 감각 자극으로 감성이 발현될 때 불수의 반응인 생리 반응의 변화가 동반되기에 정량적 측정이 가능하다<sup>[7]</sup>. 인체 내 주요 장기 기관에는 미주신경이 연결되어 있어 구심성 경로를 통해 각 장기 기관 정보를 뇌에 전달하고, 뇌에서는 자극으로 발현된 감성을 느끼고 이에 대한 반응적 판단이 내려지면, 숨뇌에 있는 원심성 경로를 통해 주요 장기 기관에 전달되어 반응을 조절하며 장기 기관 간의 동기화 현상을 보인다<sup>[8][9]</sup>. 동공도 미주신경이 연결된 주요 장기 기

관 중 하나로, 홍채 근육에 의해 변하며 우리 몸에서 유일하게 신경이 위부로 노출되어 눈으로도 확인할 수 있다. 또한, 많은 선행 연구에서 동공 반응은 중추신경계와 자율신경계의 영향을 받아 정서, 지각, 인지 부하, 기억, 주의 등을 반영한다고 보고되었다<sup>[10][11][12]</sup>.

따라서 본 연구에서는 비접촉식 측정 방법을 이용하여 동공 반응 데이터를 수집하여 공감의 사회 감성을 규칙을 정의해 객관적이고 정량적으로 추정하는 데 그 목적이 있다. 또한 오늘날 VR 산업 발전 및 확장에 따른 전반적인 산업 (교육, 의료, 엔터테인먼트, 광고 등)에서 가상 현실 활용도가 높아지며 실감형 미디어 가상 현실 플랫폼과 더불어 인터랙션 방식에 대한 중요성이 부각되고 있어 카메라 기반의 사회 감성 추정 기술은 활용도가 높을 것으로 기대된다<sup>[13][14][15]</sup>.

## II. 연구방법

### 1. 실험참가자

본 연구에는 52명(남 26명, 여 26명,  $M \pm SD = 23.34 \pm 1.96$ 세)의 상명대학교 학생들이 실험에 참여하였다. 실험에 영향을 줄 수 있는 중추신경계, 자율신경계, 시각계의 병력 및 가족력이 없는 실험참가자를 대상으로 하였다. 신체적 반응에 영향을 줄 수 있는 흡연, 음주 및 카페인 섭취 등은 실험 시작 24시간 전부터 금하였고, 충분히 수면하도록 요청하여 피로를 최소화하였다. 실험 목적을 제외한 실험에 대해 충분히 설명한 후, 실험 참여 동의를 구하였다. 본 연구의 실험 디자인은 상명대학교 생명윤리위원회(Sangmyung University Institutional Bioethics Review Board, SMUIRB)의 승인을 받아 진행하였다(BE2013-9).

### 2. 실험설계

실험참가자들의 공감 유무에 따른 동공 크기 변화를 확인하고자 무작위로 두 명씩 공감하는 그룹과 공감하지 않는 그룹으로 선정하였다. 두 사람은 얼굴을 마주 보며 편하게 의자에 앉았다. 얼굴 표정이 제시되는 디스플레이는 리더로 선정된 한 명만 볼 수 있도록 하였다. 얼굴 표정의 실험 자극은 Ekman의 6가지 기본 감성(anger, disgust, fear,

a) (주)스마트디아그노시스(SmartDiagnosis, Inc.)

b) 전주대학교 산업공학과(Department of Industrial Engineering, Jeonju University)

c) 한국과학기술연구원 바이오닉스연구단(Center for Bionics, Korea Institute of Science and Technology)

d) 상명대학교 휴먼지능정보공학부(Department of Intelligent Engineering Information for Human, Sangmyung University)

‡ Corresponding Author : 황민철(Mincheol Whang)

E-mail: whang@smu.ac.kr

Tel: +82-2-2287-5426

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4301-9089>

\* 이 논문의 연구 결과 중 일부는 “한국방송·미디어공학회 2019년 추계 학술대회”에서 발표한 바 있음. 서울시 산학연 협력사업(IC190023)

\*\* Seoul R&BD Program(IC190023)

· Manuscript received September 14, 2020; Revised October 22, 2020; Accepted October 22, 2020.

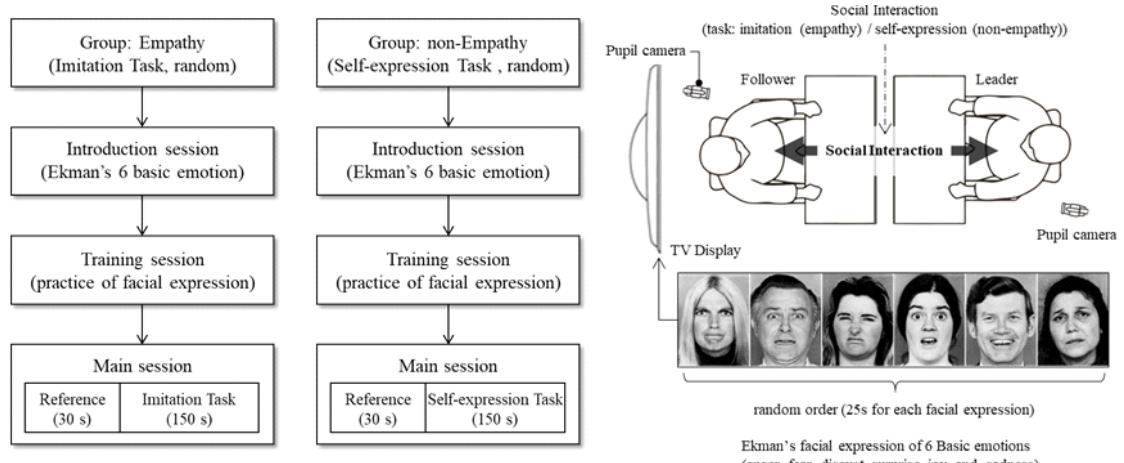


그림 1. 실험 과정 및 환경

Fig. 1. Experimental process and environment

joy, sadness, surprise) 사진을 활용하였다<sup>[16]</sup>. 공감하는 과제에 사용된 얼굴 표정 모방 태스크는 거울 뉴런의 작용으로 사람들 간의 상호 작용을 유발할 때 많이 사용되는 태스크로 공감을 유발하기 위해 사용되었고, 디스플레이에 제시된 자극을 리더가 표현하고 팔로워가 리더의 표정을 따라 하도록 하였다. 공감하지 않는 과제의 자발적 표현 태스크는 리더의 역할은 동일하지만 팔로워는 스스로 짓고 싶은 표정을 짓도록 하였다<sup>[17][18]</sup>. 실험은 2번씩 반복 진행하였고, 반복 사이에는 이전 자극의 효과를 최소화하기 위해 10분의 휴식 시간을 설정하였다. 실험 과정 및 환경은 그림 1과 같다.

### 3. 데이터 수집 및 분석

동공 영상은 PointGrey사(캐나다)의 GS3-U3-23S6M-C 적외선 카메라(infrared camera)를 통해 실현하는 동안 녹화하였다( $1920 \times 1080$ , 13fps). 적외선 카메라로 녹화된 회색조 이미지(grayscale image)는 임계 값으로 이용한 이진화 처리(binary image) 및 원형 윤곽선 검출법(circular edge detection)을 활용하여 동공 데이터(x: 동공 중심 x좌표, y: 동공 중심 y좌표,  $2r$ : 동공 지름 크기)를 수집하였다<sup>[19]</sup>. 동공 데이터는 눈 깜빡임으로 인해서 연속적인 데이터 측정이 어렵기에 이상 데이터 제거 기법(outlier detection and removal technique)을 활용해 이상 데이터를 제거하고 초당 동공 크기의 평균을 계산하여 1Hz 리샘플링하였고, 개인차

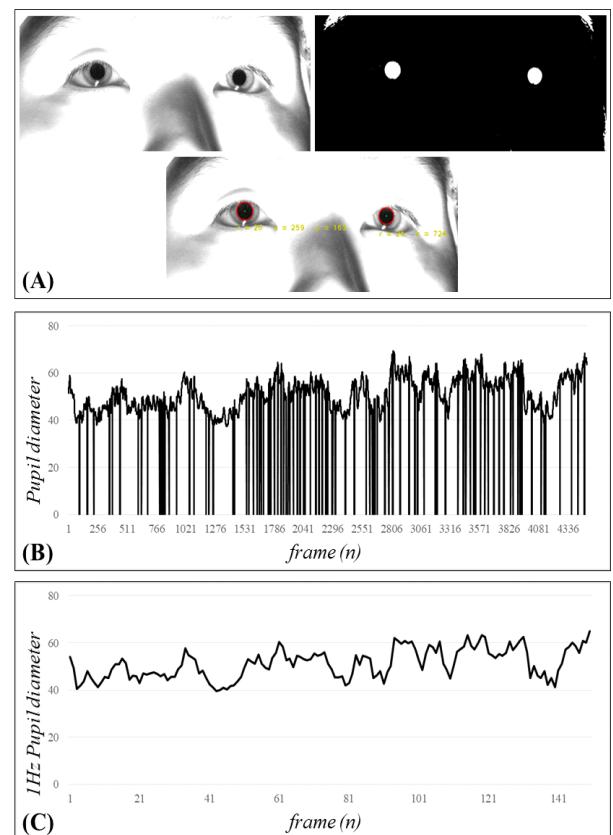


그림 2. 이미지 및 신호 처리(A: 동공 검출 과정, B: 동공 크기, C: 1Hz 동공 크기)

Fig. 2. Image and signal processing(A: pupil detection process, B: pupil diameter, C: 1Hz pupil diameter)

가 존재하기에 참조 구간의 동공 데이터로 표준화를 진행하였다. 이미지 및 신호 처리 과정은 그림 2와 같다.

### III. 연구결과

공감 유무에 따른 동공 크기 데이터의 정규성 검증(Kolmogorov-Smirnov)을 진행한 결과,  $D(106) = 0.061$ ,  $p = 0.200$ 로 정규성을 만족하였다. 이에 독립표본 T 검증(independent t-test)으로 동공 크기의 통계적 차이를 분석한 결과, 공감하는 경우( $M \pm SD = 0.050 \pm 1.817$ )와 공감하지 않은 경우( $M \pm SD = 1.659 \pm 1.514$ ) 동공 크기가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다( $t(92) = -4.629$ ,  $p = 0.000$ ). 효과 크기는 Cohen's  $d$ (small: 0.20, medium: 0.50, large: 0.80)에 따라 계산하였다(Cohen's  $d = 0.962$ , large)<sup>[20]</sup>. 통

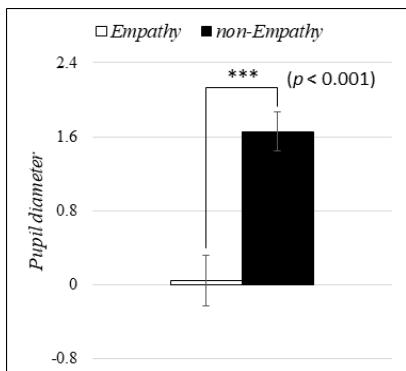


그림 3. 통계 분석 차트  
Fig. 3. The chart for statistical analysis

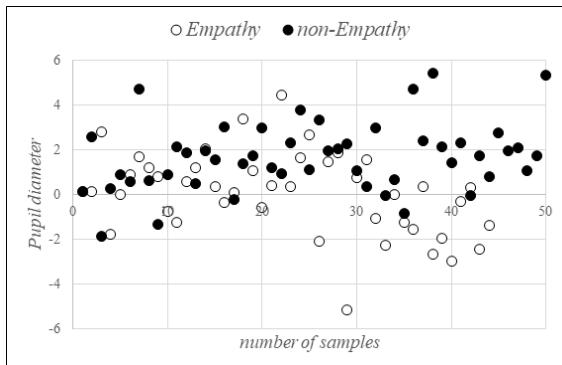


그림 4. 데이터 패턴 차트  
Fig. 4. The chart for data pattern

계 분석 차트 및 데이터 패턴 차트는 그림 3, 4와 같다.

공감 유무에 따른 동공 크기 데이터로 규칙을 도출하기 위해 판별분석을 진행하였다. 판별 함수 규칙은 70.2%의 판별력을 가지고 있다고 예측되었다. 도출된 규칙은 식 (1)과 같다. 모든 통계 분석은 SPSS 17로 수행하였다.

$$\text{공감도 규칙} = 0.595 \times \text{Pupil diameter}_{(\text{standardization})} - 0.539 \quad (1)$$

본 실험 결과를 기반으로 공감 유무에 따른 동공 크기 데이터로 규칙을 도출하였고, 이를 검증하기 위한 추가 실험을 진행하였다. 검증 실험에는 본 실험에 참여하지 않은 12명(남 6명, 여 6명,  $M \pm SD = 22.84 \pm 1.57$ 세)의 상명대학교 학생이 실험에 참여하였다. 실험참가자의 모집 조건 및 실험 과정은 본 실험과 동일하였다. 검증 결과, 총 12명 중 9명의 실험참가자 공감 유무를 정확하게 인식하여 75%의 정확도를 보였다. 자세한 검증 결과는 표 1과 그림 5와 같다.

표 1. 공감 규칙의 검증 결과  
Table 1. Results for verification of empathy rule

Social Emotion	Subjects	Pupil diameter (standardization)	Rule Score (T/F)
Empathy	S1	-1.763	-1.588 (T)
	S2	-2.650	-2.116 (T)
	S3	-2.250	-1.878 (T)
	S4	-1.684	-1.541 (T)
	S5	-0.589	-0.890 (T)
	S6	-1.178	-1.240 (T)
non Empathy	S7	1.191	0.170 (T)
	S8	-0.636	-0.917 (F)
	S9	0.291	-0.366 (F)
	S10	4.333	2.039 (T)
	S11	2.819	1.138 (T)
	S12	0.866	-0.024 (F)

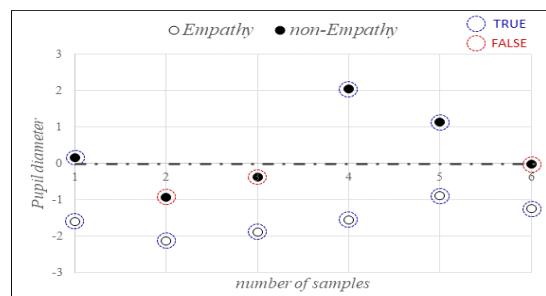


그림 5. 공감 규칙의 검증 패턴 차트  
Fig. 5. The chart for verification pattern of empathy rule

#### IV. 결 론

본 연구는 적외선 카메라 기반의 비접촉식 측정 방법을 이용하여 동공 반응 데이터를 수집하여 공감의 사회 감성을 관찰하고 정량적으로 추정하는 것을 목적으로 하였다.

얼굴 표정 모방 표현 과제와 자발적 표현 과제로 공감의 유무에 따른 동공 크기 데이터 수집하여 독립표본  $t$  검정으로 통계적 유의성을 보이는지 확인하였고 판별분석을 통해 규칙을 도출하였다. 본 연구를 통해 공감하지 않는 경우에 공감하는 경우보다 평상시 동공 크기를 기준으로 비교했을 때 통계적으로 유의미하게 더 확장된 패턴을 보이는 것으로 확인되었다. 이는 타인을 모방하는 과정으로 거울 뉴런이 작용하여 정서적 공감이 형성되고 일치감과 연대감을 느끼게 되면서 평상시의 동공 크기와 거의 변함없는 안정적인 패턴을 보인 것으로 판단된다<sup>[18][21]</sup>. 하지만 공감하지 않은 경우에는 평상시보다 동공이 확장된 상태로 공감하지 않는 타인에 대해 대립각을 세우고 잠재적 위협에 대해 효과적으로 반응할 수 있도록 각성 상태를 유지하여야 하므로 자율신경계 반응에 영향을 받는 동공 크기가 확장한 패턴을 보인 것이라 판단된다<sup>[22]</sup>. 통계적 유의차를 보인 공감 유무의 동공 크기 데이터로 판별분석을 진행하여 규칙을 도출하였고, 본 실험에 참여하지 않은 새로운 실험참가자 12명을 모집하여 검증하였다. 총 12명 중 9명 실험참가자의 공감 유무를 정확하게 인식하여 75%의 정확도를 보였다. 이는 동공 크기 데이터 하나의 변수를 통한 결과로 추후 동공에서 추출 가능한 여러 변수를 추가하여 규칙을 도출한다면 보다 향상된 성능을 보일 것이라 예측된다.

본 연구에서 제안한 공감의 사회 감성 추정 기술은 비접촉식 카메라 기반의 기술로 다양한 사회 분야(교육, 비즈니스, 대인 상담, 감성 인식 훈련 등)에 활용도가 높을 것으로 기대된다. 향후 HMD를 비롯한 스마트 글래스에 적용되면 가상 공간에서 감성적 인터랙션이 가능해 시각적인 컨텐츠 및 정보에 따른 공유가 아닌 공감적 사회적 관계를 형성할 수 있을 것이다. 이는 현실과는 또 다른 경험의 가치를 공유 할 수 있기에 카메라 기반의 사회 감성 추정 기술은 현실과 가상 현실을 산업 분야 모두에서 활용도가 높을 것으로 기대된다.

#### 참 고 문 헌 (References)

- [1] J. Gratch, W. Mao, and S. Marsella, "Modeling social emotions and social attributions", Cambridge University Press, pp.219-251, 2006.
- [2] P. Salovey, and J. D. Mayer, "Emotional intelligence. Imagination", cognition and personality, Vol.9, No.3, pp. 185-211, 1990, <https://doi.org/10.2190/DUGG-P24E-52WK-6CDG> (accessed Mar. 1, 1990).
- [3] S. G. Barsade, "The ripple effect: Emotional contagion in groups", Yale SOM Working Paper, No.OB-01, 2000, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.250894> (accessed Jul. 30, 2001).
- [4] R. A. Baron, "The sweet smell of... helping: Effects of pleasant ambient fragrance on prosocial behavior in shopping malls", Personality and Social Psychology Bulletin, Vol.23, No.5, pp. 498-503, 1997, <https://doi.org/10.1177/0146167297235005> (accessed May. 1, 1997).
- [5] L. Steinberg, S. D. Lamborn, N. Darling, N. S. Mounts, and S. M. Dornbusch, "Over time changes in adjustment and competence among adolescents from authoritative, authoritarian, indulgent, and neglectful families", Child development, Vol.65, No.3, pp. 754-770, 1994, <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1994.tb00781.x> (accessed Jun. 1994).
- [6] L. Tarassenko, M. Villarroel, A. Guazzi, J. Jorge, D. A. Clifton, and C. Pugh, "Non-contact video-based vital sign monitoring using ambient light and auto-regressive models", Physiological measurement, Vol.35, No.5, 807, 2014, <https://doi.org/10.1088/0967-3334/35/5/807> (accessed Mar. 28, 2014).
- [7] W. Boucsein, and R. W. Backs, "The psychophysiology of emotion, arousal, and personality: Methods and models", Handbook of digital human modeling: Research for applied ergonomics and human factors engineering, 35, 2009.
- [8] S. W. Porges, "Orienting in a defensive world: Mammalian modifications of our evolutionary heritage. A polyvagal theory", Psychophysiology, Vol.32, No.4, pp. 301-318, 1995, <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1995.tb01213.x> (accessed Mar. 23, 1995).
- [9] R. McCraty, M. Atkinson, D. Tomasino, and R. T. Bradley, "The Coherent Heart Heart-Brain Interactions, Psychophysiological Coherence, and the Emergence of System-Wide Order", Integral Review: A Transdisciplinary & Transcultural Journal for New Thought, Research, & Praxis, Vol. 5, No.2, 2009.
- [10] E. H. Hess, and J. M. Polt, "Pupil size in relation to mental activity during simple problem-solving", Science, Vol.143, No.3611, pp. 1190-1192, 1964, <https://doi.org/10.1126/science.143.3611.1190> (accessed Mar. 13, 1964).
- [11] D. Kahneman, and J. Beatty, "Pupil diameter and load on memory", Science, Vol.154 No.3756, pp. 1583-1585, 1966, <https://doi.org/10.1126/science.154.3756.1583> (accessed Dec. 23, 1966).
- [12] M. M. Bradley, L. Miccoli, M. A. Escrig, and P. J. Lang, "The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation", Psychophysiology, Vol.45, No.4, pp. 602-607, 2008, <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00654.x> (accessed May. 22, 2008).
- [13] J. Lee, K. Suh, and S. Nam, "C-P-N-D Ecosystem-based Broadcasting/Media Virtual Reality (VR) Prospects", Journal of Broadcast Engineering, Vol.23, No.1, pp. 19-25, 2018, <https://doi.org/10.5909/JBE>.

- 2018.23.1.19 (accessed Oct. 11, 2018).
- [14] S. Mun, M. Whang, S. Park, D. W. Lee, and H. I. Kim, "Overview of VR Media Technology and Methods to Reduce Cybersickness" Journal of Broadcast Engineering, Vol.23, No.6, pp. 800-812, 2018, <https://doi.org/10.5909/JBE.2018.23.6.800> (accessed Oct. 16, 2018).
- [15] M. M. Bradley, L. Miccoli, M. A. Escrig, and P. J. Lang, "The pupil as a measure of emotional arousal and autonomic activation", Psychophysiology, Vol.45, No.4, pp. 602-607, 2008, <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2008.00654.x> (accessed May. 22, 2008).
- [16] P. Ekman, "An argument for basic emotions", Cognition & emotion, Vol.6, No.3-4, pp. 169-200, 1992, <https://doi.org/10.1080/02699939208411068> (accessed Jan. 7, 2008).
- [17] E. Hatfield, J. T. Cacioppo, and R. L. Rapson, "Emotional contagion", Current directions in psychological science, Vol.2, No.3, pp. 96-100, 1993, <https://doi.org/10.1111/1467-8721.ep10770953> (accessed Jun. 1, 1993).
- [18] G. Rizzolatti, and L. Craighero, "The mirror-neuron system", Annual Review of Neuroscience, Vol.27, pp. 169-192, 2004, <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144230> (accessed Jul. 21, 2004).
- [19] E. C. Lee, K. R. Park, M. Whang, and K. Min, "Measuring the degree of eyestrain caused by watching LCD and PDP devices", International Journal of Industrial Ergonomics, Vol.39, No.5, pp. 798-806, 2009, <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2009.02.008> (accessed Mar. 18, 2009)
- [20] S. W. Huck, W. H. Cormier, and W. G. Bounds, "Reading statistics and research", New York: Harper & Row, pp. 74-102, 1974.
- [21] S. D. Preston, and F. B. De Waal, "Empathy: Its ultimate and proximate bases", Behavioral and brain sciences, Vol.25, No.1, pp. 1-20, 2002, <https://doi.org/10.1017/S0140525X02000018> (accessed Jan. 23, 2003).
- [22] G. Bohner, and T. Weinerth, "Negative affect can increase or decrease message scrutiny: The affect interpretation hypothesis", Personality and Social Psychology Bulletin, Vol.27, No.11, pp. 1417-1428, 2001, <https://doi.org/10.1177/01461672012711003> (accessed Nov. 1, 2001).

---

## 저자 소개

---

### 이동원



- 2014년 2월 : 삼명대학교 디지털미디어학과 이학사
- 2016년 2월 : 삼명대학교 김성공학과 공학석사
- 2019년 2월 : 삼명대학교 김성공학과 공학박사
- 2019년 2월 ~ 현재 : 쥬스마트디아그노시스 연구개발팀장
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-4952-7474>
- 주관심분야 : Human-computer Interaction, User Experience, Emotion Engineering

### 문성철



- 2015년 2월 : 한국과학기술연구원(UST) HCI & Robotics 공학박사
- 2015년 3월 ~ 2016년 11월 : 한국과학기술연구원 국가기반기술연구본부 박사후연구원
- 2016년 12월 ~ 2017년 6월 : 골프존뉴딘그룹 전략사업실 책임연구원
- 2017년 7월 ~ 2019년 6월 : CJ Hello Future Engine Lab. 부장
- 2019년 6월 ~ 2020년 8월 : 서울기술연구원 스마트도시연구실 연구위원
- 2020년 8월 ~ 현재 : 전주대학교 산업공학과 조교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-4596-9889>
- 주관심분야 : Digital Healthcare, Smart Media, Human Factors, HCI, Deep Learning

### 박상인



- 2012년 8월 : 삼명대학교 김성공학과 공학석사
- 2016년 2월 : 삼명대학교 김성공학과 공학박사
- 2016년 4월 ~ 2019년 3월: 삼명대학교 산학협력단 특임교수
- 2019년 4월 ~ 현재 : 한국과학기술연구원 바이오닉스연구단 Post-doc
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-1236-0754>
- 주관심분야 : Emotion Engineering, Social Emotion, Human Factors, 3D

---

저자소개

---



김 환 진

- 1999년 8월 : 서울과학기술대학교 기계설계 공학사
- 2002년 4월 : Univ. of New South Wales 대학교 대학원 산업공학 공학석사
- 2013년 8월 : 한국기술교육대학교 대학원 기술경영박사
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-2378-961X>
- 주관심분야 : 기술경제, 기술경영, 기업가정신, 혁신



황 민 철

- 1983년 2월 : 인천대학교 의공학과 공학사
- 1990년 2월 : Georgia Institute of Technology 대학교 대학원 의공학 공학석사
- 1994년 2월 : Georgia Institute of Technology 대학교 대학원 의공학 공학박사
- 1998년 ~ 현재 : 상명대학교 휴먼지능정보공학과 교수
- ORCID : <https://orcid.org/0000-0003-4301-9089>
- 주관심분야 : HCI, Human Factors, Emotion Engineering, BCI, Neurocardiology