스마트 글래스를 활용한 동공 데이터 수집과 사회감성 추정 기술

*이동원 **문성철 ***박상인 ****김환진 *****황민철

*㈜스마트디아그노시스 **서울기술연구원 ***한국과학기술연구원
****㈜스마트디아그노시스 *****상명대학교

*dw.lee@sdcor.net **sungchul.mun@sit.re.kr ***sipark@kist.re.kr
****maxkim@sdcor.net *****whang@smu.ac.kr

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

*Lee, Dong Won *Mun, Sungchul ***Park, Sangin

****Kim, Hwan-jin *****Whang, Mincheol

*SmartDiagnosis, Inc. **Seoul Institute of Technology ***Korea Institute of Science and Technology ****SmartDiagnosis, Inc. *****Sangmyung University

요약

본 연구에서는 적외선 카메라 기반의 비접촉식 측정 방법을 이용하여 동공 반응 데이터를 수집하여 공감의 사회감성을 객관적이고 정량적으로 추정하는데 그 목적이 있다. 실험에는 10명(남 6명, 여 4명, $M \pm SD$ = 24.17 ± 2.16세)의 피험자가 참여하였다. 30초의 참조 데이터 측정 후, 공감 유무에 따라 과제는 얼굴 표정 모방 과제와 얼굴 표정 자발적 표현 과제로 구분되어 두 사람은 표정으로 상호작용하였고, 2번씩 반복 진행하며 적외선 카메라를 통해 동공을 촬영하였다. 이진화 및 원형 윤곽선 검출법의 영상처리를 활용하여 동공 데이터를 수집하였고, 이동 평균 기법을 활용해 눈깜빡임 노이즈를 제거하고 동공 크기 개인차로 데이터 표준화를 진행하였다. 공감 유무에 따른 동공 크기 데이터는 정규성 검증 및 독립표본 t검정을 통해 통계적 유의성을 확인하였다. 분석결과, 공감하는 경우($M \pm SD$ = 0.508 ± 1.278)와 공감하지 않은 경우($M \pm SD$ = 1.681 ± 0.968) 동공 크기가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($t(18) = -2.313$, $p = 0.033$). 판별분석을 통해 동공 크기에 따른 공감의 유무를 추정하는 규칙을 정의하였다. 본 연구에서 제안한 동공 크기 데이터를 이용한 공감의 사회감성 추정 기술은 비접촉식 카메라 기반의 기술로 스마트 글래스와 접목되어 다양한 분야에 활용도가 높을 것으로 기대된다.

1. 서론

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 형성하는데 중요한 요소로 작용한다.[1]

선행 연구에서는 상대방의 감성을 잘 이해하고 자신의 감성을 상대방에게 잘 전달하는 공감 능력은 교우 관계, 작업성과 및 팀워크의 효율성 등과 긍정적인 상관성을 보고하였다.[2][3] 공감이라는 사회감성을 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.[4][5][6] 하지만 정성적 방법은 평가 시점의 차이로 대상자의 기억에 의존해야 된다는 단점이 있으며, 정량적 측정은 신체에 센서를 부착해야 된다는 단점이 있어 다양한 분야에 활용이 제한된다.

외부의 감각 자극으로 감성이 발현될 때 불수의 반응인 생리 반응의 변화가 동반되기에 정량적 측정이 가능하다.[7] 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 기관간의 동기화 현상을 보인다.[8][9] 동공도 미주신경이 연결된 주요 장기 기관 중 하나로, 홍채 근육에 의해 변하며 우리 몸에서 유일하게 신경이 위부로 노출되어 눈으로도 확인이 가능하다. 또한 많은 선행 연구에서 동공 반응은 중추신경계와 자율신경계의 영향을 받아 정서, 지각, 인지 부하, 기억, 주의 등을 반영한다고 보고되었다.[10][11][12]

따라서 본 연구에서는 적외선 카메라 기반의 비접촉식 측정 방법을 이용하여 동공 반응 데이터를 수집하여 공감의 사회감성을 규칙을 정의해 객관적이고 정량적으로 추정하는데 그 목적이 있다. 향후 교우 관계 증진을 위한 훈련, 작업 성과 및 팀워크 증진을 위한 그룹원 구성 등 다양한 분야에 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

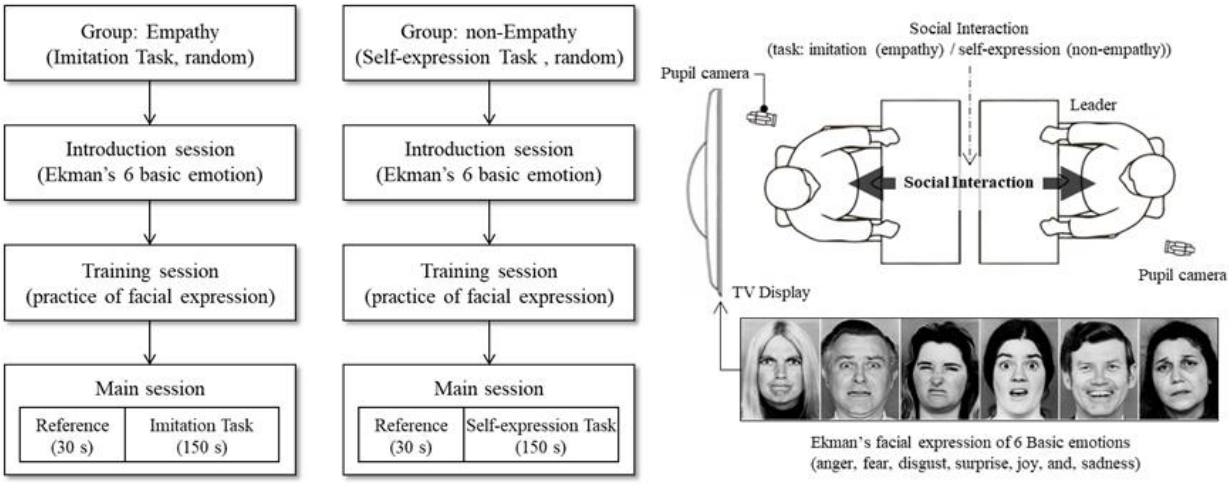

그림 1. 실험 과정 및 환경

Fig. 1. Experimental process and environment

2. 연구방법

가. 실험참가자

본 연구에는 10명(남 6명, 여 4명, $M \pm SD$ = 24.17 ± 2.16세)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, 충분한 수면을 취하도록 요청하여 피로를 최소화하였다. 실험 목적을 제외한 실험에 대해 충분히 설명을 한 후, 실험 참여 동의를 구하였다.

나. 실험설계

실험 참가자들의 공감 유무에 따른 동공 크기 변화를 확인하고자 무작위로 두 명씩 공감하는 그룹과 공감하지 않는 그룹으로 선정되었다. 두 사람은 얼굴을 마주보며 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, joy, sadness, surprise) 사진을 활용하였다.[13] 공감 유무에 따라 과제는 얼굴 표정 모방 과제와 얼굴 표정 자발적 표현 과제로 구분되어 두 사람은 서로의 얼굴 표정을 모방하거나 스스로 표정을 지으면서 상호작용하였다.[14][15] 동일 실험 과제는 2번씩 반복 진행하였고, 반복 사이에는 이전 자극의 효과를 최소화하기 위해 10분의 휴식시간을 설정하였다. 실험 과정 및 환경은 그림 1과 같다.

다. 데이터 수집 및 분석

동공 영상은 PointGrey사(캐나다)의 GS3-U3-23S6M-C 적외선 카메라(infrared camera)를 통해 실험하는 동안 녹화하였다(1920×1080, 13fps). 적외선 카메라로 녹화된 회색조 이미지(grayscale image)는 임계값을 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. 동공 데이터는 눈 깜빡임으로 인해서 연속적인 데이터 측정이 어렵기에 이동 평균 기법(moving average technique)을 활용해 1Hz 리샘플링 하였고, 개인차가 존재하기에 참조 구간의 동공 데이터로 표준화를 진행하였다. 이미지 및 신호 처리 과정은 그림 2와 같다.

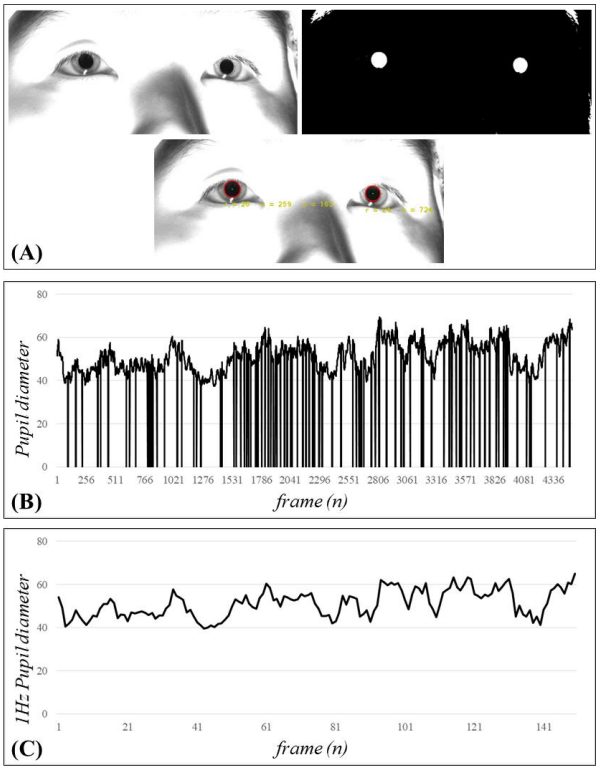

그림 2. 이미지 및 신호 처리(A: 동공 검출 과정, B: 동공 크기, C: 1Hz 동공 크기)

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

3. 연구결과

공감 유무에 따른 동공 크기 데이터의 정규성 검증(Shapiro-Wilk)을 진행한 결과, $D(20) = 0.972$, $p = 0.796$로 정규성을 만족하였다. 이에 독립표본 T 검증(independent t-test)으로 동공 크기의 통계적 차이를 분석한 결과, 공감하는 경우($M \pm SD = 0.508 \pm 1.278$)와 공감하지 않은 경우($M \pm SD = 1.681 \pm 0.968$) 동공 크기가 통계적으로 유의미한 차이를 보였다($t(18) = -2.313$, $p = 0.033$). 효과 크기는 Cohen's d(small: 0.20, medium: 0.50, large: 0.80)에 따라 계산하였다(Cohen's $d = 1.035$, large).[16] 통계 분석 차트 및 데이터 패턴 차트는 그림 3, 4와 같다.

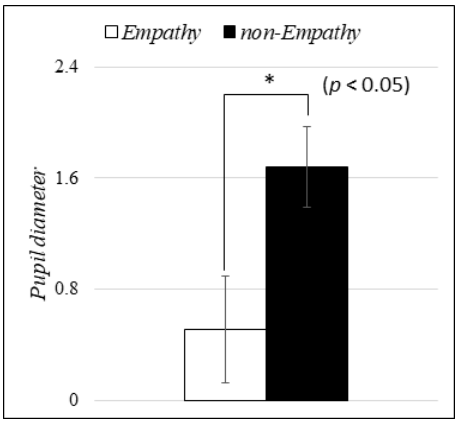

그림 3. 통계 분석 차트

Fig. 3. The chart for statistical analysis

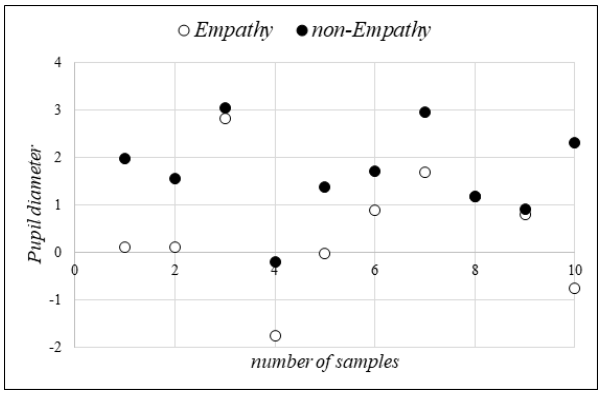

그림 4. 데이터 패턴 차트

Fig. 4. The chart for data pattern

공감 유무에 따른 동공 크기 데이터로 규칙을 도출하기 위해 판별 분석을 진행하였다. 판별 함수 규칙은 75%의 판별력을 가지고 있다고 예측되었다. 도출된 규칙은 식 (1)과 같다. 모든 통계 분석은 SPSS 17로 수행하였다.

$$\text{공감도규칙} = 0.882 \times Pupil\,diameter_{(standardization)} - 0.965 \quad (1)$$

4. 결론

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

얼굴 표정 모방 표현 과제와 얼굴 표정 자발적 표현 과제로 공감의 유무에 따른 동공 크기 데이터 수집하여 독립표본 t검정으로 통계적 유의성을 보이는지 확인하였고 판별 분석을 통해 규칙을 도출하였다. 본 연구를 통해 공감하지 않는 경우에 공감하는 경우보다 평상 시 동공 크기를 기준으로 비교했을 때 통계적으로 유의미하게 더 확장된 패턴을 보이는 것으로 확인되었다. 이는 타인을 모방하는 과정으로 거울 뉴런이 작용하여 정서적 공감이 형성이 되고 일치감과 연대감을 갖게 되면서 평상시의 동공 크기와 거의 변함없는 안정적인 패턴을 보인 것으로 판단된다[15][17]. 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.[18] 통계적 유의차를 보인 공감 유무의 동공 크기 데이터로 판별 분석을 진행하여 규칙을 도출하였다.

본 연구에서 제안한 공감의 사회감성 추정 기술은 비접촉식 카메라 기반의 기술로 다양한 사회 분야(교육, 비즈니스, 대인 상담, 감성 인식 훈련 등)에 활용도가 높을 것으로 기대되며, 향후 스마트 글래스에 현실 세계에 가상의 이미지를 정합해 보여주는 증강현실(Augmented reality, AR) 기술과 같이 적용되면 다른 사람들과 관계를 맺는 것을 어려워하는 사람들에게 실시간으로 정보 제공을 할 수 있어 많은 도움이 될 수 있을 것이라 생각된다.

하지만 본 연구에서는 데이터 샘플 수가 부족하다는 한계점을 가지고 있다. 추후 연구에서는 결과에 대한 신뢰성과 도출된 규칙에 대한 검증력 확보를 위해 샘플 수를 늘려 연구를 진행하고자 한다.

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] 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).

[14] 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).

[15] 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).

[16] S. W. Huck, W. H. Cormier, and W. G. Bounds, "Reading statistics and research", *New York: Harper & Row*, pp. 74-102, 1974.

[17] 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).

[18] 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).