

Literature Survey on the Emotion Recognition Technologies based on Physiological Signals and Facial Expressions

Hyeji Jang, Sung H. Han, Joohwan Park, Mingyu Lee, Dong Yeong Jeong

Department of Industrial Management and Engineering, POSTECH, Pohang, 37673

ABSTRACT

This study aims to review the recent research trend and the current state of the emotion recognition technologies. Nowadays, the road rage became one of the most important social issues. As the cause of road rage is the anger of a driver, it is necessary to detect the driver's anger and provide adequate feedbacks to prevent severe damages that could be caused by the road rage. For the sake of the reason, many researchers attempted to develop emotion recognition technologies to detect anger of the drivers based on several signals such as physiological signals and facial expressions. Literature survey was conducted to collect and analyze the academic literatures that containing information about the emotion recognition technologies. Collected emotion recognition technologies were analyzed from several perspectives such as the type of the sensors, signals, recognized emotions, and emotion classification algorithms. Most of the researchers preferred to classify emotions into several discrete groups. However, several studies tried to propose technologies to estimate driver's emotional state on the continuous mood space. The most frequently used physiological signals to recognize the drivers' emotion were heart rate and Galvanic skin responses. Visible light camera and infrared camera were used for facial expression recognition. The result of the study could be useful for the researchers who want to understanding the current state of the art of the emotion recognition technologies.

Keywords: Emotion recognition technology, Anger detection, Physiological signal, Facial expression

1. Introduction

난폭/보복 운전은 자신뿐만 아니라 다른 운전자 및 보행자의 안전에 위협이 된다. 난폭/보복 운전에 대한 사회적 관심이 높아짐에 따라 이를 예방하기 위해 운행 기록 장치, 안전운전 유도 장치 개발 등 관련 분야에 대한 연구가 활발하게 수행되고 있으나, 분노 조절을 위한 운전자 지원 시스템에 대한 연구는 상대적으로 미흡하다. 난폭/보복 운전의 원인은 분노 감정이므로 이를 조절하기 위해 운전자의 감정을 인식하는 것은 중요하다.

인간의 감정 상태를 인식하기 위한 연구는 컴퓨터 공학, HCI(Human-Computer Interaction), 인간 공학 등 관련 분야에서 활발하게 진행되어 왔다. 현재 감정 인식 기술은 주로 얼굴 표정, 음성, 생체 신호 등을 기반으로 인간의 감정 상태를 추론하는 방향으로 발전하고 있다(Kim, 2009).

생체 신호는 인간의 감정 상태와 강한 상관관계가 있다(Park et al., 2012). 생체 신호의 경우 음성이나 얼굴 표정에 비해 소음, 조도와 같은 외부 환경에 영향을 덜 받으며, 사용자에 따른 사회적, 문화적 차이에 덜 민감하다는 장점을 갖는다(Cha et al., 2010).

얼굴 표정을 통해 상대방의 감정 상태를 유추할 수 있다는 사실은 심리학 등 분야에서 이미 널리 알려져 있다. 인간이 얼굴을 마주보는 대화에서 얼굴 표정이 전달하는 메시지의 비율이 55%로 가장 많은 메시지를 전달한다(Lee and Shin, 2014). 또한 얼굴 표정의 경우, 인식 대상에게 직접적으로 센서를 부착할 필요가 없어, 비침습적이며 준비 절차가 단순하다.

본 연구에서는 인터넷 문헌 조사를 통해 생체 신호와 얼굴 표정을 기반으로 하는 감정 인식 기술의 종류와 분석에 사용되는 데이터의 특징에 대해 알아보려고 한다.

2. Method

본 연구에서는 생체 신호와 얼굴 표정을 기반 감정 인식을 수행한 문헌을 수집하였다. 수집된 감정 인식 기술의 최신 현황을 파악하기 위해 수집 대상 문헌은 2001년부터 2015년까지 최근 15년 사이에 발표된 논문으로 한정하였다. Scopus, IEEE Explorer, RISS 등의 학술 문헌 DB를 통해 관련 키워드를 기반으로 생체 신호 및 얼굴 표정을 바탕으로 감정 인식을 수행한 연구 문헌을 수집하였다.

수집된 문헌의 분석은 다음과 같이 수행되었다. 각각의 문헌에서 분류 대상인 감정을 분류하는 기준, 감정 분류에 활용되는 신호(signal)/특징(feature)의 종류, 감정 인식에 활용된 모델 혹은 분류 알고리즘 등을 분석하여 정리하였다. 또한, 생체 신호 기반 감정 인식 연구에서는 각각의 생체 신호를 신체의 어느 부위에서 수집하였는지를 분석하였으며, 얼굴 표정 기반 감정 인식의 경우 얼굴의 부위를 감정 인식의 추출하여 감정을 분류하였는지 역시 살펴보았다.

3. Results

문헌 조사 결과 총 75개 문헌이 수집되었다. 이 중 55개의 문헌에서는 감정에 따른 생체 신호의 변화를 살펴 보았으며, 이 중 47개 문헌에서는 실제로 피실험자의 생체신호를 기반으로 현재 감정 상태를 인식하였다. 8개의 문헌에서는 감정 변화에 따른 생체 신호의 경향을 알아보았다. 나머지 20개 문헌은 얼굴 표정을 기반으로 피실험자의 감정 상태를 인식한 문헌이었다.

3.1 감정의 분류

기존 문헌에서는 인식 대상 감정을 분류하는 데 있어서, 크게 세 가지 접근 방식이 존재하였다. 첫 번째는 대표적인 감정 유형을 정의한 후, 각각의 감정 상태 별로 대표적인 생체 신호 및 표정의 특징을 수집한 후, 피실험자의 생체 신호 혹은 표정이 이들 중 어떠한 감정 상태에 가장 가까운지를 추정하는 접근 방식이다. 두 번째는 스트레스 정도와 같은 단일 지표(Index)를 사용하여 감정을 분류하는 방식이다. 세 번째는 감정 상태를 분류하는 데 널리 활용되는 arousal, valence와 같은 2개 이상의 지표를 이용하는 방식이다.

생체 신호를 기반으로 한 감정 인식의 경우, 55개의 논문 중 대표 감정을 이용해 분류한 것이 35개, 단일 지표를 사용한 것이 8개, arousal-valence와 같이 다수의 지표를 사용한 것이 12개였다. 얼굴 표정을 기반으로

한 감정 인식은 20개의 논문 모두 대표 감정을 기반으로 분류하였다.

75개 문헌에서 평균적으로 3.08개 감정을 인식 대상으로 선정하여, 중복을 포함한 총 231개의 감정이 인식 대상으로 언급되었다. 각 문헌에서 인식하고자 한 감정들을 Russell(1980)이 제안한 arousal-valence 평면에 대응한 결과, 높은 arousal, 높은 valence 영역에 속하는 감정은 46번 사용되었다. 높은 arousal, 낮은 valence 영역에 속하는 감정이 총 135번으로 감정 인식 대상으로 가장 많이 사용된 반면, 낮은 arousal, 높은 valence 영역에 속하는 감정은 한 번도 사용되지 않았다. 낮은 arousal, 낮은 valence 영역에 속하는 감정은 44번 사용되었고, 중립 상태의 감정은 6번 사용되었다 (Table 1 참고).

Table 1. Type of emotion in arousal-valence coordination

Area	Emotion	Number of use
High Arousal-High Valence	Happiness	38
	Joy	8
	Total	46
High Arousal-Low Valence	Anger	48
	Fear	27
	Disgust	24
	Stress	6
	Surprised	29
	Nervous	1
	Total	135
Low Arousal-High Valence	Total	0
Low Arousal-Low Valence	Sadness	44
	Total	44
Neutral	Total	6

3.2 생체 신호를 기반으로 한 감정 인식

생체 신호를 기반으로 감정 인식을 수행 한 문헌에서 수집한 생체 신호의 종류와 신호 측정 부위는 Table 2와 같다.

Table 2. Physiological signals and measurement points

Physiological signals	Measurement points	Number of use
ECG	Upper limb/Wrist	14
	Hand	8
	Lower limb	5
	Chest	4
	Others	8
	Total	40
GSR	Finger	15
	Upper limb/Wrist	5
	Others	5
	Total	25
Temperature	Finger	5
	Upper limb/Wrist	4
	Neck	2
	Others	3
	Total	14
EMG	Face/Chin	3
	Neck	2
	Upper limb/Wrist	1
	Others	7
	Total	13
Respiration	Chest	4
	Others	6
	Total	10
SCR	Finger	4
	Others	3
	Total	7
EEG	Head	5
	Total	5

가장 널리 활용된 신호는 ECG(Electrocardiogram)였다. ECG란 심근의 활동에 의해 생기는 전위변화를 신체 표면에서 측정하여 기록한 것이다. ECG를 측정 한 문헌은 총 40개였으며, 주로 팔과 손목 또는 손에서 신호를 수집하였다. 수집된 ECG 신호로부터 추출 가능한 특징(feature)은 다양하나, R-R interval의 평균 및 분산이 가장 많이 추출되었다. 이 외에도 파형의 최고점, Heart Rate, HRV(Heart rate variability) 등의 값이 활용되었다.

두 번째로 많이 수집된 신호는 GSR(Galvanic Skin Response)이었다. GSR은 피부의 두 지점 사이의 전기적 저항 또는 활동전위 차를 말한다. GSR 신호는 대부분 손가락 또는 팔과 손목에서 수집되었다. GSR 신호의 경우 Normalized한 값을 가장 많이 사용하였으며 smoothing한 데이터를 사용하기도 하였다.

피부 온도와 EMG(electromyography), 호흡수는 각각 14, 13, 11개의 문헌에서 활용되었다. 분노 감정에서 피부의 온도는 증가하고, 공포를 느낄 때는 피부의 온도가 감소한다(Sharma at al., 2014). 피부 온도는 주로 손가락과 팔 또는 손목에서 측정되었으며, 목에서 측정하기도 하였다. 수집된 피부 온도 데이터는 현재 피부온도 뿐 아니라, 분산, 최댓값, 최솟값 등의 수치로도 사용되었다. EMG는 특정 근육의 활동이나 근육 수축의 빈도를 말한다. 감정 변화 시, 근육 수축 빈도는 증가하는 경향을 보인다(Haag at al., 2004). EMG는 주로 턱, 얼굴, 목에서 측정되었다. 인간이 스트레스를 받으면 호흡수가 증가하고 호흡 패턴이 불안정해진다(Choi at al, 2012). 호흡수의 경우 대체로 가슴 부위에서 측정되었다. 호흡수의 표준편차 값 역시 특징으로 활용되었다. 이 외에도 감정 인식을 위해 PPG(Plethysmogram), 혈압, EEG(Electroencephalogram) 등의 신호 역시 활용되었다.

3.3 얼굴 표정을 기반으로 한 감정 인식

얼굴 표정 수집에는 카메라 모듈이 사용되었다. 대부분의 연구에서는 가시광선 영역을 촬영하는 카메라를 사용한 반면, 일부 연구에서는 적외선 혹은 근적외선 영역의 전자기파를 통해 어두운 환경에서도 얼굴 표정을 수집/인식하는 기술을 시도하였다. 얼굴 표정 기반 감정 인식의 경우 조명의 밝기나 얼굴 각도에 따라 인식의 정확도가 달라질 수 있어, 대부분의 연구에서는 실내, 정면 얼굴의 표정을 기준으로 감정 인식을 수행하였다.

얼굴 영상으로부터 감정을 인식하기 위해서는 감정 상태를 효과적으로 드러내는 얼굴 부위를 특정하여야 한다. 얼굴의 각 부위를 특정하여 추출하기 위해 사용되는 대표적인 알고리즘으로는 AAM(Active Appearance Model)이 있다.

감정 인식에 사용되는 얼굴 부위는 주로 눈, 눈썹, 입의 모양 등이 활용되었다. 해당 부위 간의 거리 변화, 크기 변화, 각도 변화 등을 주로 감정 인식에 활용하였다. 구체적인 예시로는, 눈과 눈썹 사이 거리, 눈썹 사이의 거리 등의 변화나, 눈의 크기의 변화, 입이 기울어진 정도와 같은 값들이 사용되었다.

3.4 감정 분류에 사용된 알고리즘

생체 정보 기반의 감정 인식에 사용된 알고리즘은 Table 3과 같다. 여러 종류의 알고리즘이 사용되었는데, 생체 정보 기반 문헌에서는 SVM(Support Vector Machine)이 17번으로 가장 많이 사용되었다. 두 번째로 많이 사용된 알고리즘은 KNN(K-Nearest-Neighbor)였고, LDA(Linear Discriminant Analysis), Random Forests, Neural Network 등의 다른 알고리즘은 두 알고리즘에 비해 상대적으로 적은 빈도로 사용되었다. Table 2에 나타나지 않은 알고리즘은 SOM(Self Organizing Map) 알고리즘, Fuzzy logic model 등이 있었다.

Table 3. Kind of algorithm used in physiological signal based emotion classification

Used Algorithm	Number of use
Support Vector Machine	17
K-Nearest-Neighbor	11
Linear Discriminant Analysis	4
Random Forests	4
Neural Network	3
Fisher Linear Discriminant	3
Random Forests	3
Support Vector Regression	2
Others	13

얼굴 표정 기반의 감정 인식에 사용된 알고리즘은 Table 4와 같다. 생체 신호 기반의 감정 인식과 마찬가지로 SVM이 9번으로 가장 많이 사용되었고, KNN와 Neural Network 알고리즘이 다음으로 많이 사용되었다. 이 외에 Quadratic Bayes Normal Classifier, Otsu Algorithm 등이 사용되었다.

Table 4. Kind of algorithm used in facial expression based emotion classification

Used algorithm	Number of use
Support Vector Machine	9
K-Nearest-Neighbor	2
Neural Network	2
Others	11

4. Discussion

인식 대상으로 언급된 총 231개의 중복을 포함한 감정 중 절반 이상인 135건이 분노, 스트레스 등의 감정을 나타내는 높은 arousal, 낮은 valence 영역에 있었던 반면, 이와 반대 영역인 낮은 arousal, 높은 valence 영역의 감정은 한 번도 인식 대상으로 선정 되지 않았다. 이는 분노, 긴장, 스트레스 등의 감정이 인간의 폭력적인 행동이나 부정적인 생체 반응을 이끌어내어 문제를 발생시키기 때문으로 보인다.

본 연구에서 언급된 생체 신호 중 SCR과 PPG는 돌발 상황에서 다른 생체 신호에 비해 민감하게 반응한다(Bae et al., 2008). 해당 생체 신호의 경우 분노운전 등 감정 인식에 따른 즉각적인 피드백이 필요한 분야에서 활용하기 좋을 것으로 예상된다. 생체 신호는 손, 팔, 다리 등 신체 말단에서 수집하는 경우가 많았다. 이는 피실험자의 신체 말단에 센서를 부착하기 용이하기 때문이다.

얼굴 표정의 경우 개인의 성향 또는 사회, 문화적 차이에 따라 같은 감정에 대해 얼굴 표정의 변화 정도가 다르게 나타날 수 있어, 감정 인식 대상의 국가, 인종, 성격 등에 따라 인식의 정확도가 감소할 수 있다. 또한, 어두운 곳이나, 인식 대상의 위치와 각도가 변하는 경우 유용한 데이터의 수집이 어렵다는 한계점이 있으므로, 대상의 움직임이 크거나, 빛의 밝기에 변화가 많은 상황에서 역시 얼굴 표정을 통한 인식에 어려움이 있을 것으로 예상된다.

운전 상황에서 분노 인식을 할 경우, 운전을 방해하지 않아야 하며, 인식을 위해 운전자의 추가적인 준비 작업 없이 생체 신호나 얼굴 표정을 수집할 수 있는 방법이 적합하다. 본 연구에서 수집된 생체 신호들은 대부분 센서를 직접 피부에 부착하기 위한 준비 작업을 요구되며, 부착된 센서가 운전을 방해할 수 있다. 반면, 얼굴 표정 인식의 경우 카메라를 차량 내부에 부착하여 운전자 추가적인 준비 작업 없이도 얼굴 표정을 수집할 수 있으며, 운전에 방해가 되지 않으므로, 얼굴 표정 인식이 더욱 효용이 높을 것으로 예상된다. 하지만, 야간에 운전하거나 터널을 지나는 등의 상황에서 빛의 밝기의 변화에 따라 얼굴을 인식하는 데 어려움이 있을 것으로 예상되므로, 일반 카메라보다는 적외선 카메라를 이용하여야 외부 상황 변화에 강건한 감정 인식이 가능할 것이다.

5. Conclusion

본 연구는 생체 신호와 얼굴 표정을 통해 감정을 인식한 문헌을 수집하여 분석하였다. 본 연구를 통해 감정 인식을 위해 수집되는 신호의 종류, 분류 알고리즘 관련 연구 동향에 대해 파악 가능하였다. 본 연구의 결과는 향후 연구자 및 관련 산업계에서 감정 인식을 위해 생체 신호 또는 얼굴 표정을 활용할 때, 도움이 될 것으로 예상된다.

Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education (No. 2013R1A1A2013231).

References

- Bae, J., Won, W. and Son, J., "Data Collection, Variable Selection and Parameter Quantification for Driver Physiological Signal of Ages under Unexpected events", *Proceedings of The Korean Society of Automotive Engineers*, pp.1147-1152, 2008
- Cha, W., Shin, D. and Shin, D., Analysis and Comparison of the Emotion Recognition by Multiple Bio-Signa, *Korea Computer Congress*, 37(1), 104-105, 2010
- Choi, J., Ahmed, B. and Gutierrez-Osuna, R., Development and Evaluation of an Ambulatory Stress Monitor Based on Wearable Sensor, *IEEE Transaction and Information Technology in Biomedicine*, 16(2), 279-286, 2012
- Haag, A., Goronzy, S., Schaich P. and Williams J., Emotion Recognition Using Bio-Sensors- First Steps Towards an Automatic System, *Affective Dialogue Systems*, pp. 36-48, 2004
- Kim, N. S., Present status and Perspectives on Emotion Recognition Technologies, *Telecommunications review*, 19(5), 773-785, 2009.
- Lee, J. and Shin, D., A study on the enhancement of emotion recognition through facial expression detection in user's tendency, *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 17(1), 53-62, 2014
- Park, B., Jang, E., Kim, S., Hug, C. and Sohn, J., "Emotion Recognition and Feature Selection using Physiological Signals", *Proceedings of HCI 2012*, pp.431-433, 2012
- Russell, J. A., A Circumplex Model of Affect, *Journal of Personality and Social Psychology*, 39(6), 1161-1178, 1980
- Sharma, T. and Kapoor, B., "Intelligent Data Analysis Algorithms on Biofeedback Signals for Estimating Emotions", *Proceedings of the 2014 International Conference on Reliability, Optimization and Information Technology*, pp. 345-340, 2014

Author listings

Hyeji Jang: wdfkj@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Position title: MS candidate, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Human-Computer Interaction, User Experience Design, User Interface

Sung H. Han: shan@postech.ac.kr

Highest degree: PhD, Industrial and System Engineering Department, Virginia Polytechnic Institute and State University

Position title: Professor, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Human-Computer Interaction, Usability Engineering, Affective Product/Service Design, Intelligent User Interfaces, User Experience, Context Aware

JooHwan Park: pkjhwan@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Position title: PhD Candidate, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: User Interface, HCI, User experience, Intelligent UI

Mingyu Lee: mk3215s2@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Position title: PhD Candidate, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: User Experience, User Interface, Human-Computer Interaction, Automotive Ergonomics

Dong Yeong Jeong: comnet924@postech.ac.kr

Highest degree: BS, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Position title: MS candidate, Department of Industrial and Management Engineering, POSTECH

Areas of interest: Human-Computer Interaction, User Experience Design, Gesture Interface, User Interface