

심전도를 이용한 경쟁-협력의 감성 인식 방법

Emotion Recognition Method of Competition-Cooperation Using Electrocardiogram

박상인* · 이동원** · 문성철*** · 황민철****†

Sangin Park* · Don Won Lee** · Sungchul Mun*** · Mincheol Whang****†

*상명대학교 산학협력단

*Industry-Academy Cooperation Foundation, Sangmyung University

**상명대학교 감성공학과

**Department of Emotion Engineering, Sangmyung University

***CJ 헬로 Future Engine Lab.

***CJ Hello Future Engine Lab., CJ Hello

****상명대학교 미래융합공학대학 휴먼지능정보공학과

****Department of Intelligent Engineering Informations for Human, Sangmyung University

Abstract

Attempts have been made to recognize social emotion, including competition-cooperation, while designing interaction in work places. This study aimed to determine the cardiac response associated with classifying competition-cooperation of social emotion. Sixty students from Sangmyung University participated in the study and were asked to play a pattern game to experience the social emotion associated with competition and cooperation. Electrocardiograms were measured during the task and were analyzed to obtain time domain indicators, such as RRI, SDNN, and pNN50, and frequency domain indicators, such as VLF, LF, HF, VLF/HF, LF/HF, \ln VLF, \ln LF, \ln HF, and \ln VLF/ \ln HF. The significance of classifying social emotions was assessed using an independent t-test. The rule-base for the classification was determined using significant parameters of 30 participants and verified from data obtained from another 30 participants. As a result, 91.67% participants were correctly classified. This study proposes a new method of classifying social emotions of competition and cooperation and provides objective data for designing social interaction.

Key words: Emotion Recognition, Social Emotion, Electrocardiogram, Competition, Cooperation

요약

경쟁과 협력을 인식하는 것은 일하는 공간에서 상호작용 디자인을 하는 데에 필요한 요소이다. 본 연구는 타인과의 상호작용에서 유발되는 경쟁과 협력의 사회 감성을 심장의 생리 반응 패턴으로 객관적이고 정량적으로 인식하는

※ 이 논문은 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 <실감교류 인체감응솔루션> 글로벌프론티어사업으로 수행된 연구임(NRF-2010-0029756).

† 교신저자 : 황민철 (상명대학교 미래융합공학대학 휴먼지능정보공학과)

E-mail : whang@smu.ac.kr

TEL : 02-2287-5426

FAX : 02-2287-5425

방법을 개발하는 것이 목적이다. 피험자 60명은 패턴 게임으로 구성된 과제로 경쟁-협력 실험에 참여하였고 심전도를 측정하였다. 심전도로부터 시간 영역 지표인 RRI와 SDNN, pNN50, rMSSD를 추출하였고, 주파수 영역 지표인 VLF와 LF, HF, VLF/HF, LF/HF, *lnVLF*, *lnLF*, *lnHF*, *lnVLF/lnHF*를 추출하였다. 독립 표본 t검정으로 사회 감성에 따라 추출한 지표들의 통계적 유의성을 확인하였다. 통계적으로 유의한 지표들로 단계적 판별 분석을 진행하여 선정된 SDNN, VLF, *lnVLF/lnHF* 지표로 경쟁-협력 규칙을 정의하고 검증하였다. 검증 결과 85%의 인식 정확도를 보였다. 본 연구에서 제안한 감성 인식 방법은 다양한 분야에 적용되어 사용자 맞춤형 서비스 제공에 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

주제어: 감성 인식, 사회 감성, 심전도, 경쟁, 협력

1. 서론

경쟁과 협력은 공동의 목표 달성을 추구하는 조직 구성의 중요한 요소이다. 구성원으로 이루어지는 조직은 구성원들의 조화에 따라 효율 차이가 극명하게 존재하므로(Jordan et al., 2002), 오늘날 기업에서는 효율적인 팀 구성을 위해 조직에 적합한 인원인지 공동의 과제를 부여해 상황에 따른 올바른 경쟁과 협력을 하는지를 통해 인사에 반영한다. 또한, 선행 연구에서는 차원 감성 이론을 주장한 Russell의 어휘 모델링 방법을 이용하여 비즈니스 환경에서 경쟁과 협력이라는 사회 감성 어휘를 도출하였다(Cho et al., 2017).

인간은 사회라는 관계 속에서 다양한 사람들과 감성을 표현하고 공감하며 소통을 하는데, 이처럼 타인과의 상호작용 속에서 유발되는 감성을 사회 감성이라고 한다(Burnett & Blakemore, 2009). 사회 감성은 타인이 공유하고자 하는 정보의 성격, 상대방의 의식 수준 등과 같이 맥락적 요소에 의해 복합적으로 발생하는 감성으로 기본 및 차원 감성에 비해 많은 연구가 되지 않은 분야이다(Parkinson et al., 2005).

감성을 인식하는 방법으로는 설문 및 인터뷰 등의 정성적 측정방법과 행태적, 생리적 반응 등의 정량적 측정방법이 있다. 일반적인 정성적 측정 방법은 실험이 끝난 후 수행되기에 감성이 유발되는 시점과 평가하는 시점의 차이가 존재하기에 피험자의 평가에 의존해야 한다는 한계점이 존재한다. 정량적 측정 방법은 측정이 어렵다는 단점이 존재하지만 감성이 유발되는 시점에 객관적인 측정이 가능하다는 장점이 존재한다. 감성은 얼굴 표정, 음성, 몸짓 등 신체 외부 변화의 외현적 반응과 생리적 변화의 내현적 반응으

로 표현되며(Gunes & Piccardi, 2007; Zeng et al., 2009), 사회 감성도 외, 내현적 반응을 반영한다. 하지만 외현적 반응은 사용자가 살아온 사회나 문화와 같은 환경적 영향을 받기에 객관적이지 않다는 단점이 있다(Darwin et al., 1998). 따라서 객관적이고 정량화하기 쉬운 생리적 반응을 통한 감성 인식 기술에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다(Buck, 1980; Boucsein & Baks, 2009).

생리적 반응 측정은 중추신경계 반응과 자율신경계 반응으로 이루어진다. 중추신경계 반응으로는 뇌파를 측정하는 EEG (Electroencephalography)가 있고, 자율신경계 반응으로는 심장 정보를 측정하는 ECG (Electrocardiography), PPG (Photoplethysmography), 피부 전기 반응을 측정하는 GSR (galvanic skin response), 피부 온도를 측정하는 SKT (skin temperature) 신호가 있다(Whang et al., 2004). 본 연구에서는 측정이 용이하고 다양한 분석 지표가 개발되어 있는 심장 반응 정보를 활용하고자 한다.

심장 반응에 따라 감성을 인식하는 기존 연구에 의하면, 기쁨(Happiness)은 교감신경이 활성화되어 심장 박동과 SDNN (Standard deviation of NN intervals)이 증가하는 결과를 보고하였다(Nyklíček et al., 1997; Prkachin et al., 1999; Rainville et al., 2006). 슬픔(sadness)은 교감신경이 활성화되어 심장 박동이 증가하는 동적인 슬픔과 심장 박동과 SDNN이 감소하는 정적인 슬픔으로 구분하여 연구 결과를 보고하였다(Gross et al., 1994; Rottenberg et al., 2003). 공포(fear)와 분노(anger)는 심장 박동이 증가하고, rMSSD (root mean square of successive differences)가 감소한다는 연구 결과를 보고하였다(Rainville et al., 2006; Hamer

et al., 2007; Stemmler et al., 2007). 또한, 기쁨(Happy)과 슬픔(Sad), 분노(Anger), 편한(Comfortable)의 4가지 감성을 심전도의 가속도와 진폭으로 분류가 가능하다는 연구 결과를 보고하였다(Lee et al., 2016). 즐거움, 기쁨, 화남, 그리고 슬픔의 4가지 감성을 심전도 신호의 증감 패턴으로 분류 가능하다고 보고하였다(Niu et al., 2011). 하지만 대부분의 기존 연구들은 생리 반응을 통해 기본 감성 및 차원 감성만을 인식하고 있다. 따라서 본 연구에서는 타인과의 상호작용 맥락 속에서 유발되는 사회 감성 중 경쟁과 협력에 대해 연구하고자 하며, 심장 반응의 패턴으로 객관적이고 정량적으로 인식하는 방법을 개발하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 피험자

본 연구는 자율신경계 병력 및 가족력이 없는 상명대학교 학생 60명(남녀 각각 30명, 평균 나이 23.33 ± 2.05세)이 참여하였다. 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 알코올 및 카페인 섭취는 실험 시작 24시간 전부터 금하였고, 충분한 수면을 요청하여 피로도를 낮추었다. 실험 참가에 대한 피험자비를 지급하여 실험 참여도를 높였다. 실험은 상명대학교 생명윤리심의위원회의 사전 심의를 받아 규정에 따라 수행되었다(IRB 승인번호: BE2016-02).

2.2. 실험설계 및 자극구성

경쟁-협력 실험 과제는 화면에 제시된 목표 게임 판과 동일하게 조작 게임 판을 완성시키는 게임으로 Visual Studio2010 (Microsoft, USA)으로 제작되었다. 자세한 실험 환경과 과제 화면은 Fig. 1, 2와 같고 Fig. 2에서 위는 경쟁, 아래는 협력 과제 화면이다. 경쟁은 두 피험자가 서로 대결하는 과제로, 다른 피험자보다 먼저 자신의 조작 게임 판(피험자 1: 왼쪽, 피험자 2: 오른쪽)의 동전을 제시된 목표 게임 판(화면 가운데 상단부)과 동일하게 완성시키면 점수를 획득하도록 제작되었다. 협력은 두 피험자가 협력하여 컴퓨터와

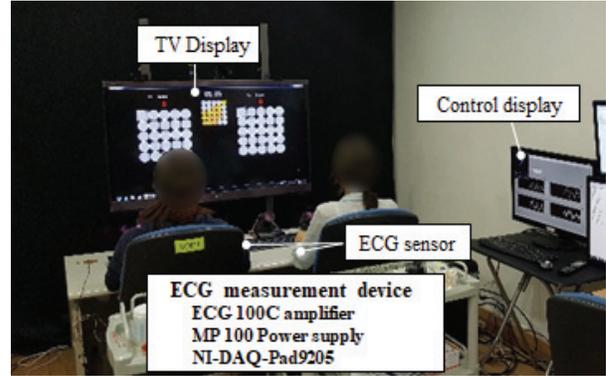


Fig. 1. Experimental environment

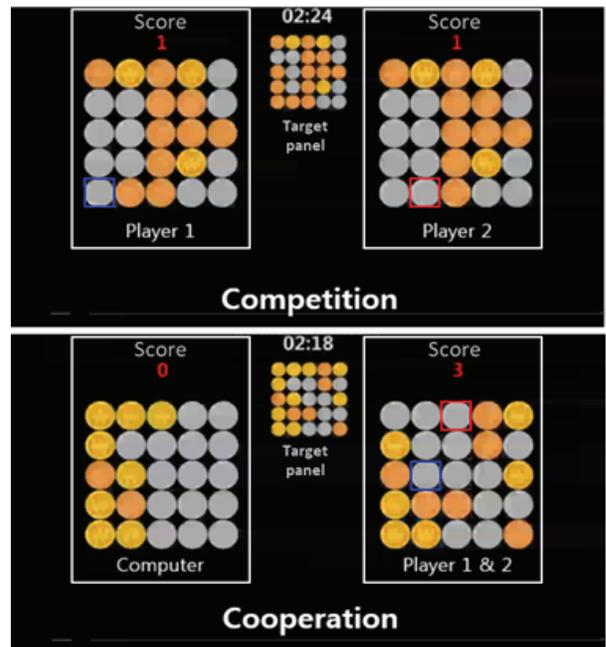


Fig. 2. Competition-Cooperation task screen

대결 하는 과제로, 컴퓨터(왼쪽)보다 먼저 공동 게임 판(오른쪽, 피험자 1: 파란색, 피험자 2: 빨간색)의 동전을 협력하여 목표 게임 판(화면 가운데 상단부)과 동일하게 완성시키면 점수를 획득하도록 제작되었다. 초기의 게임 판의 동전은 모두 회색으로 제시되었으며 두 명의 피험자는 각자 키보드의 방향키(상하좌우 이동)와 지정된 채색키(노란색 → 주황색 → 회색)로 게임 판을 조작하였다. 목표 게임 판과 동일하게 완성되면 점수 획득과 동시에 새로운 목표 게임 판을 제시하며 게임은 3분 동안 진행되었다. 컴퓨터의 패턴 조작 속도는 두 피험자가 협력을 한다면 충분히 이길 수 있는 속도로 구현되었다.

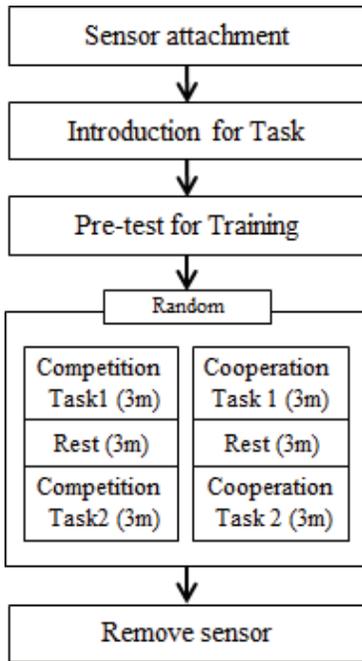


Fig. 3. Experimental procedure

2.3. 실험 절차

심전도 측정 전극을 착용 후 과제를 수행하기 전 피험자에게 실험의 목적을 제외한 실험 방법에 대한 설명을 하였고 원활한 과제 수행을 위한 연습을 진행하였다. 연습은 피험자들이 조작 방법(이동과 채색)을 익숙하다고 느낄 때까지 진행하였다.

피험자는 무작위로 선정된 경쟁과 협력 과제 중 하나의 과제를 3분 동안 2번씩 수행하면서 심전도 (electrocardiogram, ECG)를 측정하였다. 자세한 실험 절차는 Fig. 3과 같다.

2.4. 데이터 수집 및 신호처리

심전도는 표준사지유도법(Lead I)에 따라 측정하였다. 심전도 장비는 MP 100 전원 공급기(Biopac System Inc., USA)로 전원 공급을 하고 ECG 100C 증폭기로 심전도 측정 전극으로부터 취득하는 신호를 증폭하였다. 증폭된 신호는 NI-DAQ-Pad9205(National Instrument Inc., USA)로 디지털화하여 500 Hz 샘플링으로 취득하였고, LabVIEW 2015 (National Instrument Inc., USA)을 통해 신호처리 하였다. 과제 수행하는 3

분 동안 측정된 심전도는 QRS 검출 알고리즘으로 R 피크를 검출하였고 R 피크들과의 간격 차이로 RRI (R-peak to R-peak interval)를 계산하였다(Pan & Tomkins, 1985).

RRI로 심장 박동의 변화를 확인할 수 있는 SDNN (standard deviation of NN intervals), 부교감 신경의 활동 평가에 활용되는 rMSSD (root mean square of successive differences), 심장 박동 간격의 안정성을 확인할 수 있는 pNN50 (proportion of NN50 divided by total number of NNs)과 같은 시계열 지표를 추출하였고, HRV (heart rate variability) 스펙트럼을 추출하기 위해 2Hz로 리샘플링하여 FFT (fast fourier transform) 분석을 진행하였다. HRV 스펙트럼은 교감 신경의 활동 지표인 VLF (very low frequency, 0.0033-0.04 Hz), LF (low frequency, 0.04-0.15 Hz)와 부교감 신경의 활동 지표인 HF (high frequency, 0.15-0.4 Hz) 대역으로 구분하여 교감과 부교감 신경의 균형의 지표인 VLF/HF, LF/HF와 자연로그를 취한 \ln VLF, \ln LF, \ln HF, \ln VLF/ \ln HF와 같은 주파수계열 지표를 추출하였다. 경쟁-협력을 인식하기 위해 심전도에서 추출한 지표는 총 13개이다.

3. 연구결과

3.1. 시간 영역 지표

본 연구는 경쟁과 협력 과제를 수행하는 동안 경쟁 및 협력 피험자 간 심장 정보 지표를 비교하도록 설계되었다. 사회 감성에 따른 시간 영역 지표의 통계적 유의성 검증은 독립 표본 t검정으로 진행하였다. 모든 통계 분석은 SPSS 21 (IBM, USA)을 사용해 분석하였다.

경쟁이 협력보다 RRI, rMSSD와 pNN50 값이 작은 패턴을 보였지만 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았다. SDNN 값은 경쟁이 협력보다 큰 패턴을 보였으며 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 통계 분석 결과 및 통계적으로 유의미한 결과를 보인 지표의 데이터 패턴은 Table 1, Fig. 4과 같다.

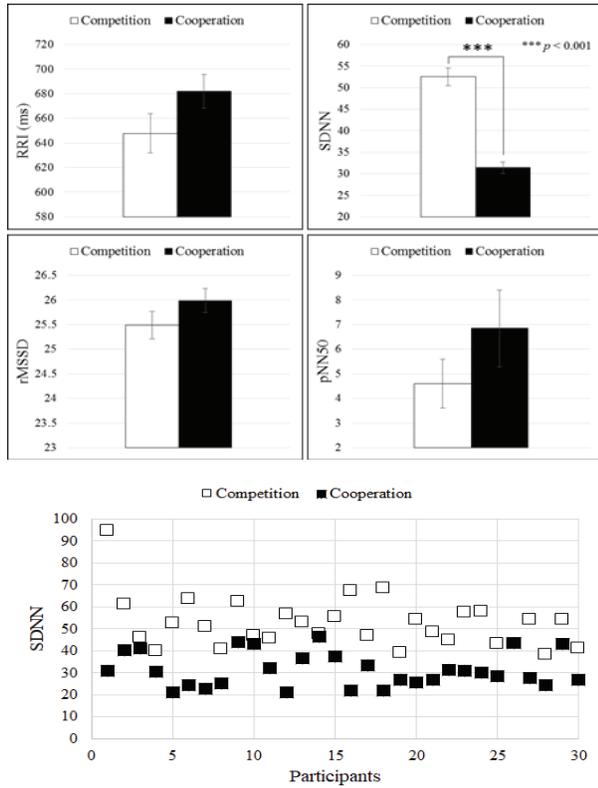


Fig. 4. Result of statistics and data pattern - Time Domain indicator

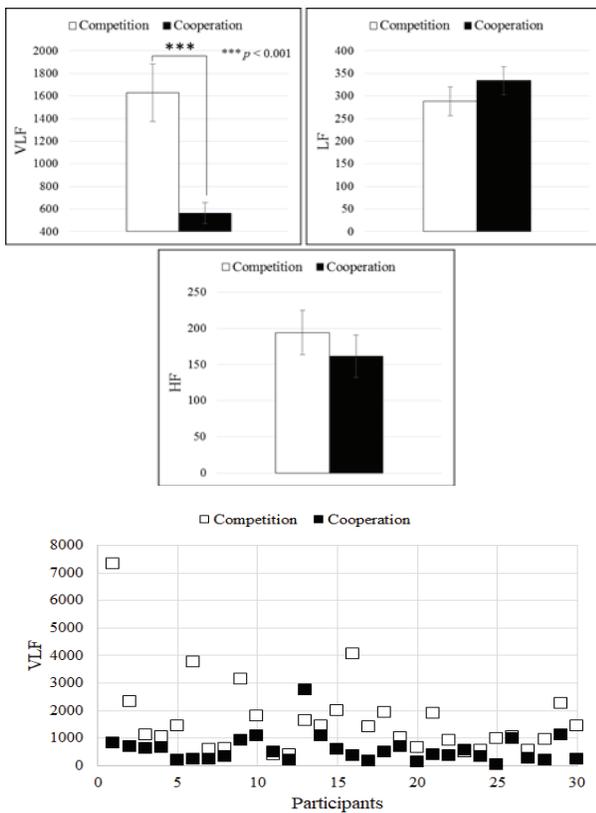


Fig. 5. Result of statistics and data pattern - Frequency Domain indicator 1

3.2. 주파수 영역 지표

경쟁과 협력의 사회 감성에 따른 주파수 영역 지표의 통계적 유의성 검증은 독립 t표본 검정으로 진행하였다.

경쟁이 협력보다 VLF값이 큰 패턴을 보였으며 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. HF값은 VLF와 같은 패턴을 보였으며 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았다. LF값은 VLF와 반대 패턴을 보였으며 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았다. 통계 분석 결과 및 통계적으로 유의미한 결과를 보인 지표의 데이터 패턴은 Table 1, Fig. 5와 같다.

경쟁이 협력보다 VLF/HF값이 큰 패턴을 보였으며 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. LF/HF값은 반대 패턴을 보였으며 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 통계 분석 결과 및 통계적으로 유의미한 결과를 보인 지표의 데이터 패턴은 Table 1, Fig. 6과 같다.

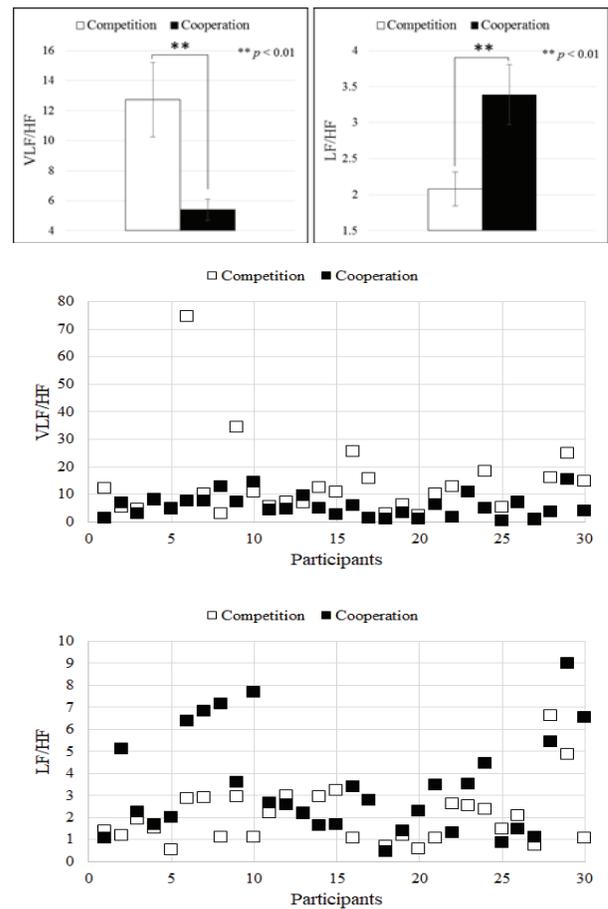


Fig. 6. Result of statistics and data pattern - Frequency Domain indicator 2

Table 1. Result of statistics - Time domain, Frequency domain and combination of indicator (Comp: competition, Coop: cooperation)

			N	Mean	SD	t	p
Time Domain Indicator	RRI	Comp	30	647.85	88.00	-1.610	= .113
		Coop	30	682.01	75.85		
	SDNN	Comp	30	52.52	11.59	8.274	< .001
		Coop	30	31.39	7.83		
	rMSSD	Comp	30	25.49	1.55	-1.332	= .188
		Coop	30	25.99	1.35		
pNN50	Comp	30	4.60	5.50	1.197	= .236	
	Coop	30	6.85	8.69			
Frequency Domain Indicator	VLF	Comp	30	1628.53	1425.00	3.850	< .001
		Coop	30	563.84	513.04		
	LF	Comp	30	288.75	176.49	-1.003	= .320
		Coop	30	334.06	173.45		
	HF	Comp	30	194.15	169.22	0.755	= .454
		Coop	30	161.53	165.50		
	VLF/HF	Comp	30	12.72	13.85	2.785	= .007
		Coop	30	5.39	3.97		
	LF/HF	Comp	30	2.08	1.32	-2.677	= .010
		Coop	30	3.39	2.33		
	lnVLF	Comp	30	7.13	0.73	6.625	< .001
		Coop	30	5.77	0.85		
	lnLF	Comp	30	4.95	0.81	1.162	= .250
		Coop	30	4.70	0.88		
	lnHF	Comp	30	5.50	0.59	-2.386	= .020
		Coop	30	5.84	0.52		
	lnVLF/lnHF	Comp	30	1.30	0.15	9.560	< .001
		Coop	30	0.99	0.11		

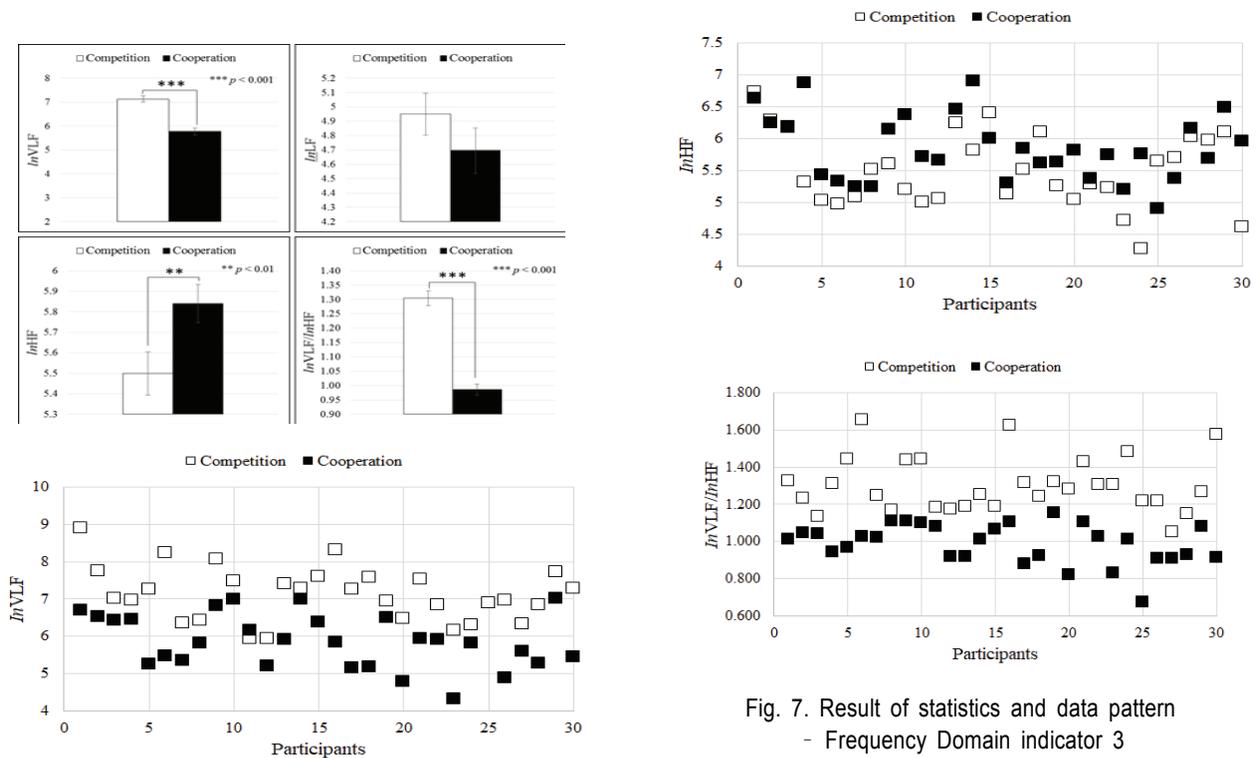


Fig. 7. Result of statistics and data pattern - Frequency Domain indicator 3

경쟁이 협력보다 $\ln VLF$ 와 $\ln LF$, $\ln VLF/\ln HF$ 값에서 큰 패턴을 보였으며 $\ln VLF$ 와 $\ln VLF/\ln HF$ 는 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 하지만 $\ln LF$ 값은 통계적으로 유의미한 결과를 보이지 않았다. $\ln HF$ 값은 경쟁이 협력보다 작은 패턴을 보였으며, 통계적으로 유의미한 결과를 보였다. 통계 분석 결과 및 통계적으로 유의미한 결과를 보인 지표의 데이터 패턴은 Table 1, Fig. 7과 같다.

3.3. 시간 및 주파수 영역 지표를 통한 규칙 도출 및 검증

3.3.1. 규칙 도출

경쟁-협력의 차이가 통계적으로 유의한 SDNN, VLF, VLF/HF, LF/HF, $\ln VLF$, $\ln HF$, $\ln VLF/\ln HF$ 7개의 지표로 단계적 판별분석(stepwise discriminant analysis)을 진행하였다. 단계적 판별분석의 결과, SDNN, VLF, $\ln VLF/\ln HF$ 지표가 규칙의 변수로 선정되었으며, 판별분석을 통해 도출한 경쟁-협력을 인식하는 규칙은 아래의 수식, 분석 결과 및 데이터 패턴은 Table 2와 Fig. 8과 같다. 단계적 판별 분석은 SPSS 21을 사용해 분석하였다.

Table 2. Result of stepwise discriminant analysis

Step/ Variable	Standard discriminant coefficients	Wilks' Lambda	F	df	p
Overall		0.263	75.411	3	< .000
1 $\ln VLF/\ln HF$	0.771	0.388		1	< .000
2 SDNN	0.962	0.308		2	< .000
3 VLF	-0.673	0.263		3	< .000

$$\begin{aligned}
 \text{Competition} - \text{Cooperation Score} = & \\
 (0.962 \times zSDNN) - (0.673 \times zVLF) + (0.771 \times z\frac{\ln VLF}{\ln HF}) & \quad (1)
 \end{aligned}$$

3.3.2. 규칙 검증

60명의 피험자 데이터 중 규칙 도출에 활용되지 않은 30명의 피험자 데이터로 단계적 판별분석을 통해 도출한 규칙을 검증하였다. 검증 결과 경쟁일 경우 전체 30개의 샘플 중 27개의 샘플이 경쟁으로 정확히 구

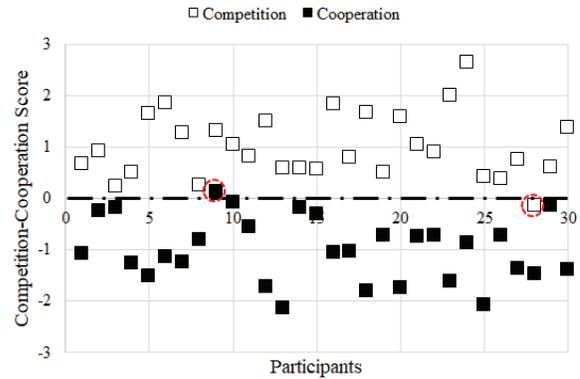


Fig. 8. Rule-base and data pattern of Competition-Cooperation Score (Over 0 value: Competition, Below 0 value: Cooperation)

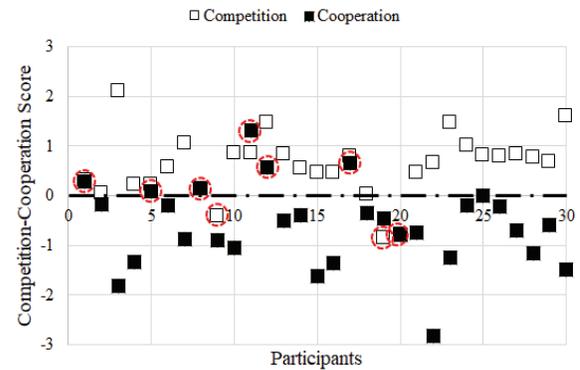


Fig. 9. Rule-verification and data pattern of Competition-Cooperation Score (Over 0 value: Competition, Below 0 value: Cooperation)

분되어 경쟁의 인식 정확도는 $(27/30) \times 100 = 90\%$ 로 확인되었다. 협력일 경우 전체 30개의 샘플 중 24개의 샘플이 협력으로 정확히 구분되어 협력의 인식 정확도는 $(24/30) \times 100 = 80\%$ 로 확인되었다. 따라서 경쟁-협력은 총 60개의 샘플 중 51개의 샘플을 정확하게 구분하였고 9개의 샘플은 에러를 보여 경쟁-협력의 전체 인식 정확도는 $(51/60) \times 100 = 85\%$ 로 확인되었다. 자세한 경쟁-협력의 통합 규칙 검증 데이터 패턴은 Fig. 9와 같다.

4. 결론

인간은 사회라는 관계 속에서 다양한 사람들과 상호작용을 하며 살아간다. 하지만 오늘날 사회는 한정된 자원이라는 상황으로 인해 경쟁과 협력은 필수불

가결한 요소로 작용한다. 경쟁과 협력은 회사나 학교 등 공간에서 업무, 공부, 운동 등 행위와 결부되어 나타나며, 특히 이익을 추구하는 회사에서 경쟁과 협력은 중요한 사회 감성으로 작용한다. 따라서 본 연구는 심장의 생리 반응 패턴으로 타인과의 상호작용 속에서 유발되는 경쟁과 협력의 사회 감성을 객관적이고 정량적으로 인식할 수 있음을 확인하고자 하였다.

연구 결과, SDNN과 VLF, VLF/HF, LF/HF, *ln*VLF, *ln*HF, *ln*VLF/*ln*HF 지표에서 경쟁과 협력의 통계적 유의성을 확인할 수 있었으며, 단계적 판별분석을 통해 선정된 SDNN, VLF, *ln*VLF/*ln*HF로 규칙을 도출하였다. RRI와 부교감 신경의 활동도를 나타내는 지표들인 rMSSD, LF, HF에서 통계적으로 유의미하지 않은 결과를 보였는데 이는 경쟁 및 협력 과제가 각성을 유발하는 게임으로 구성되었기 때문이라고 해석할 수 있다. 반면에 SDNN은 전체 RRI의 표준편차값으로, 그 값이 클수록 심장박동이 변화가 심함을 나타내기에 각성 및 교감 신경이 활성화된다고 해석할 수 있다(Nykliček et al., 1997; Prkachin et al., 1999; Rainville et al., 2006). VLF는 심장박동 변화율(Heart Rate Variability, HRV)의 주파수 영역의 지표로 교감 신경의 활성화 정보를 반영하고 HF는 이완 및 부교감 신경의 활성화 정보를 반영한다(McCraty & Watkins, 1996). 따라서 *ln*VLF/*ln*HF는 교감 신경과 부교감 신경의 상대적인 비율로 전반적인 균형을 정량화하는 지표이다(Malliani et al., 1991; Kamath & Fallen, 1993). SDNN과 VLF, *ln*VLF/*ln*HF 지표는 모두 경쟁이 협력보다 높은 패턴을 보여 두 피험자가 대결하여 승자에게만 보상이 주어지는 경쟁 과제가 컴퓨터를 상대로 진행되는 협력 과제보다 각성 및 교감 신경이 상대적으로 활성화되는 결과를 확인하였다. 교감 신경과 부교감 신경의 균형을 나타내는 Fig. 7의 *ln*VLF/*ln*HF의 데이터 패턴과 통계 결과(경쟁: $M \pm SD = 1.30 \pm 0.15$, 협력: $M \pm SD = 0.99 \pm 0.11$)를 보면 협력은 교감 신경과 부교감 신경이 비율이 일치하는 경향을 보였지만 경쟁은 교감 신경의 활성화 비율이 더 높은 경향을 보였다. 본 연구에서 진행한 경쟁과 협력 과제는 모두 게임으로 진행되었지만 협력 과제의 경우에는 교감 신경과 부교감 신경의 균형을 이뤘음을 확인할 수 있었다. 이는 협력은 공동의 목표를 달성하기

위해 두 사람 이상이 함께 협력하여 과업을 수행하는 것으로 목표 달성을 위한 상호의존 및 상호관계 속 협력을 하여 경쟁 과제보다는 심리적인 안정감을 느껴 교감 신경과 부교감 신경의 균형을 이루는 결과를 보였다고 해석할 수 있다.

최근 사람간의 소통이 아닌 제품 및 서비스와 사람간의 소통으로 사용자의 감성을 인식하여 상황에 맞는 서비스를 제공하는 감성 ICT 기술이 주목 받고 있으며, 다양한 산업과 융합하여 2020년 약 43조 원의 국내 시장 규모를 형성하며 고부가 가치를 창출할 수 있는 기술로 예상된다(Shin et al., 2014). 따라서 본 연구에서 제안한 경쟁과 협력의 사회 감성 인식 기술은 생체 반응 패턴으로 인식하므로 객관적이고 정량적이라는 장점이 있다. 또한 기본 및 차원 감성이 아닌 사회적 관계 속에서 발생하는 사회 감성을 인식한다는 점에서 다양한 분야에 접목되어 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 추후 다른 생리 반응으로 추가 연구를 진행할 예정이다.

REFERENCES

- Boucsein, W., & Baks, R. W. (2009). The psychophysiology of emotion, arousal, and personality: Methods and models. *Handbook of digital human modeling: Research for applied ergonomics and human factors engineering*, 35.
- Buck, R. (1980). Nonverbal behavior and the theory of emotion: the facial feedback hypothesis. *Journal of Personality and Social Psychology*, 38(5), 811. DOI: 10.1037/0022-3514.38.5.811
- Burnett, S., & Blakemore, S. J. (2009). Functional connectivity during a social emotion task in adolescents and in adults. *European Journal of Neuroscience*, 29(6), 1294-1301. DOI: 10.1111/j.1460-9568.2009.06674.x
- Cho, J. E., Lee, D. W., Park, M., & Whang, M. (2017). Analysis of Gaze Related to Cooperation, Competition and Focus Levels (협력, 경쟁, 집중 수준에 따른 시선 분석). *The Journal of the Korea Contents Association*, 17(9), 281-291.

- DOI: 10.5392/JKCA.2017.17.09.281
- Darwin, C., & Prodger, P. (1998). *The expression of the emotions in man and animals*. Oxford University Press, USA.
- Gross, J. J., Fredrickson, B. L., & Levenson, R. W. (1994). The psychophysiology of crying. *Psychophysiology*, 31(5), 460-468.
DOI: 10.1111/j.1469-8986.1994.tb01049.x
- Gunes, H., & Piccardi, M. (2007). Bi-modal emotion recognition from expressive face and body gestures. *Journal of Network and Computer Applications*, 30(4), 1334-1345. DOI: 10.1016/j.jnca.2006.09.007
- Hamer, M., Tanaka, G., Okamura, H., Tsuda, A., & Steptoe, A. (2007). The effects of depressive symptoms on cardiovascular and catecholamine responses to the induction of depressive mood. *Biological Psychology*, 74(1), 20-25.
DOI: 10.1016/j.biopsycho.2006.06.003
- Jordan, P. J., Ashkanasy, N. M., Härtel, C. E., & Hooper, G. S. (2002). Workgroup emotional intelligence: Scale development and relationship to team process effectiveness and goal focus. *Human Resource Management Review*, 12(2), 195-214.
DOI: 10.1016/S1053-4822(02)00046-3
- Kamath, M. V., & Fallen, E. L. (1993). Power spectral analysis of heart rate variability: a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Critical Reviews in Biomedical Engineering*, 21(3), 245-311.
- Lee, D. W., Park, S., Won, M. J., Hwang, S. T., & Whang, M. (2016). Recognition of 2D emotion using Acceleration and Amplitude of Electrocardiogram (ECG) (심전도의 가속도와 진폭을 이용한 이차원 감성 인식 기술). *Extended Abstracts of Hci Korea*, 2016, 59-61.
- Malliani, A., Pagani, M., Lombardi, F., & Cerutti, S. (1991). Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation*, 84(2), 482-492.
DOI: 10.1161/01.CIR.84.2.482
- McCraty, R., & Watkins, A. (1996). *Autonomic assessment report: A comprehensive heart rate variability analysis*. Heart math research center reports. Boulder Creek, CA: Institute of Heart Math.
- Niu, X., Chen, L., & Chen, Q. (2011, October). Research on genetic algorithm based on emotion recognition using physiological signals. In *Computational Problem-Solving (ICCP), 2011 International Conference on (pp. 614-618)*. IEEE.
DOI: 10.1109/ICCP.2011.6092256
- Nyklíček, I., Thayer, J. F., & Van Doornen, L. J. (1997). Cardiorespiratory differentiation of musically-induced emotions. *Journal of Psychophysiology*.
- Pan, J., & Tompkins, W. J. (1985). A real-time QRS detection algorithm. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 3, 230-236.
- Prkachin, K. M., Williams-Avery, R. M., Zwaal, C., & Mills, D. E. (1999). Cardiovascular changes during induced emotion: An application of Lang's theory of emotional imagery. *Journal of Psychosomatic Research*, 47(3), 255-267.
DOI: 10.1016/S0022-3999(99)00036-7
- Parkinson, B., Fischer, A. H., & Manstead, A. S. (2005). *Emotion in social relations: Cultural, group, and interpersonal processes*. Psychology Press.
- Rainville, P., Bechara, A., Naqvi, N., & Damasio, A. R. (2006). Basic emotions are associated with distinct patterns of cardiorespiratory activity. *International Journal of Psychophysiology*, 61(1), 5-18. DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2005.10.024
- Rottenberg, J., Wilhelm, F. H., Gross, J. J., & Gotlib, I. H. (2003). Vagal rebound during resolution of tearful crying among depressed and nondepressed individuals. *Psychophysiology*, 40(1), 1-6.
DOI: 10.1111/1469-8986.00001
- Shin, H. S., Hahm, C. Y., Um, N. K., Kim, M. K., Lee, S. H., & Kim, Y. S. (2014). Trends of Emotional Information & Communication Technology (감성 ICT 기술 및 산업동향). *Electronics and Telecommunications Trends*, 29(5), 30-39.
- Stemmler, G., Aue, T., & Wacker, J. (2007). Anger and fear: Separable effects of emotion and motivational direction on somatovisceral responses. *International Journal of Psychophysiology*, 66(2), 141-153.
DOI: 10.1016/j.ijpsycho.2007.03.019
- Whang, M., Chang, G., & Kim, S. (2004). Research on Emotion Evaluation using Autonomic Response (자율신경계 반응에 의한 감성 평가 연구). *The Korean*

Society For Emotion & Sensibility, 7(3), 51-56.

Zeng, Z., Pantic, M., Roisman, G., & Huang, T. S. (2009). A survey of affect recognition methods: Audio, visual, and spontaneous expressions. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions*, 31(1), 39-58. DOI: 10.1109/TPAMI.2008.52

원고접수: 2017.11.15

수정접수: 2018.08.06

게재확정: 2018.09.19