

생체신호를 이용한 저부하형 감성평가알고리즘의 개발

김 동 욱

순천향대학교 공과대학 정보기술공학부

Development of a Lowload Emotion Estimation Algorithm Using Biosignal

KIM Dong-Wook

Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University

요 약

감성은 인간의 생활에서 논리적 사고와 의사결정, 감정의 발생, 행동 등 모든 부분에 깊숙이 영향을 미치고 있어, 최근 감성의 개념을 도입한 공학적 제품의 도입이 활성화되어 여러 분야에 다양하게 사용 되어지고 있다. 그러나 감성을 평가함에 있어서는 단순한 해석의 의미 수준을 벗어 인간의 삶을 향상시키기 위한 제품이나 환경의 개발을 위해서는 인간의 감성을 정확하게 이해한다는 것은 체계적인 연구와 활용을 위한 선행 조건이라 할 수 있어, 생리신호등을 이용한 정량화된 감성평가 알고리즘의 개발 필요성이 있다.

특히, 최근 여러 IT기기들이 주변의 다양한 기술을 융합하여 다기능의 기기로 변모를 하고 있으며, 이러한 IT기기들에 인간의 감성을 평가할 수 있는 모듈을 부가하여 인간친화적인 기기로의 변모를 도모하고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 측정이 용이한 소수의 생리신호만으로 간단하게 인간감성을 정량적으로 평가가 가능하며, SoC등에 간단하게 탑재할 수 있도록 시스템의 리소스를 적게 소비하는 소형 경량의 감성평가알고리즘을 개발하였다.

1. 서 론

그러나 감성이란 단어는 사용자에 따라 또는 목적에 따라 각기 다른 의미를 가지거나 또는 명확한 의미 없이 사용되는 경우가 많이 있다. 인간의 감성연구가 단순한 해석의 의미 수준을 벗어 인간의 삶을 향상시키기 위한 제품이나 환경의 개발을 위해서는 인간의 감성을 정확하게 이해한다는 것은 체계적인 연구와 활용을 위한 선행 조건이라 할 수 있다.

감성은 강도가 강한 심리적 변화로 감성의 발생은 대부분 생리학적인 변화를 동반하며, 감성과 연계되는 이러한 생리학적인 변화는 대부분의 사람들에게 공통적으로 발생된다.

James-Lange은 감성을 임의의 자극이 자율 신경계를 각성시켜 생리적인 변화가 발생된 것을 감지한 결과라 보았다. 즉 생리적인 반응이 없으면 감성이 발생되지 않는다는 주장이다. 또한 Cannon-Bard은 감

정의 발생과 함께 말초의 자율신경계가 각성되며, 이 결과는 시상(thalamus)의 활동을 유발시키고 다음으로 대뇌피질에서의 감정인식과 자율신경계의 활동으로 전개된다고 설명 하였다.

감성은 이러한 정의와 같이 외부로부터의 감각자극에 대한 반응이며 그 결과는 생리신호의 측정을 통하여 감성을 정량화 하 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 가장 측정이 용이한 소수의 생리신호만으로 간단하게 감성을 평가가 가능하며, SoC등에 간단하게 탑재할 수 있도록 시스템의 리소스를 적게 소비하는 소형 경량의 감성평가알고리즘을 개발하는데 그 목적이 있다.

2. 감성평가를 위한 생체계측 시스템의 구성

상기한 바와 같이 감성이 형성되는 과정은 외부로부터의 감각자극에 대한 반응으로 설명할 수 있으며,

그 결과는 생리신호의 측정을 통하여 감성을 정량화 할 수 있다. 감성의 평가를 위해서는 다양한 생체신호의 측정을 통하여 감성을 정량화 하려는 노력이 계속되었으며, 대표적인 생체신호로는 심전도(ECG: eletrocardiogram), 심박동변이(HRV:heartrate variability), 뇌전도(EEG: eletroencephalogram), 피부 저항도 (GSR:galvanic skin response), 안전도(EOG: eletrooculogram), 근전도(EMG: eletro- myogram) 등을 들 수 있다.

그러나, 본 연구의 목적은 SoC등에 탑재 가능한 소형경량의 알고리즘을 구현하는 것이 목적이기 때문에 상기의 모든 생체신호를 대상으로 하여 감성을 평가하는것은 부적절하기 때문에, ECG(HRV)와 GSR을 이용하도록 한다.

ECG 신호에서 심박동을 검출한 후 심전도의 RR Interval의 시간을 푸리에 변환을 통한 주파수 분석을 실시하였으며, 각 영역별 값을 산출하여 평균을 도출했다. 또한 GSR의 변화 값을 검출하여 진폭에 대한 데이터 값을 분석하였다. 무자극 상태인 Baseline과 도출된 두 생체신호의 데이터 값의 차를 통하여 변화량 값을 알 수 있었다. 변화량 값을 감성평가 모델에 대입하여 자극에 대한 감성 평가를 실시하였다.[15]

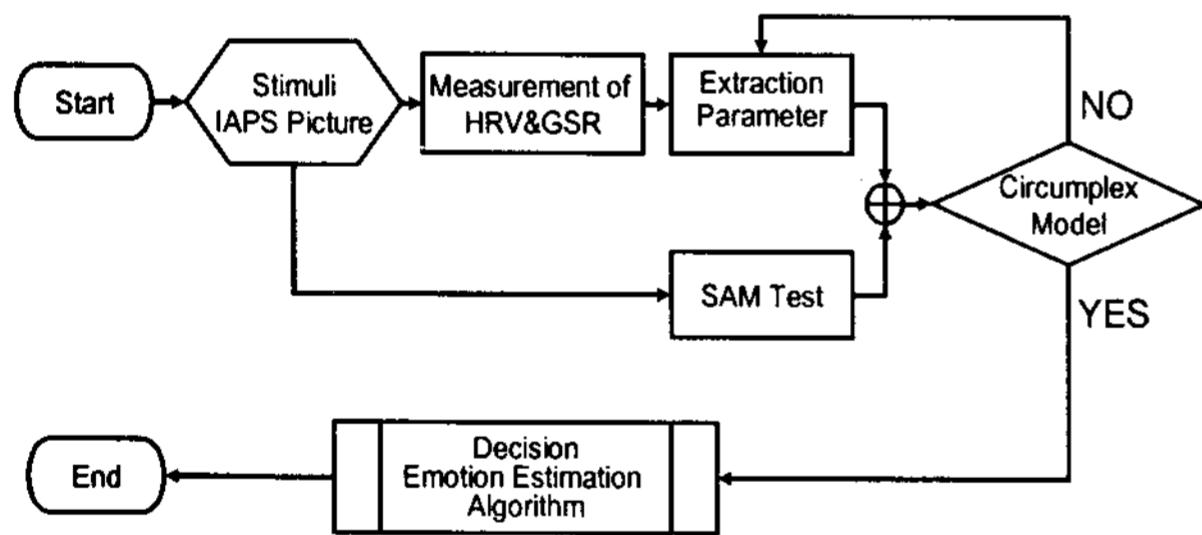


그림 1. 감성평가시스템의 구성

그림 1은 ECG와 GSR을 이용하여 감성 평가 시스템 구축에 관한 계측 구성을 나타낸 그림으로, 정량적인 생체신호에 부가하여 주관적인 감성 설문지표인 SAM Test를 보조적으로 사용하여 생체신호에 의한 감성판단결과를 검증할 수 있도록 하였다.

감성신호 계측 실험은 인가하는 자극에 대한 외부의 영향을 제거하기 위하여 향온, 향습, 방음 및 조도 조절이 가능한 실험실 (온도:23~25℃, 습도:45~50%, 조도:75 lux)에서 실험을 수행하였으며, 피험자는 실험실 내부에 실험자는 실험실 외부에 위치하도록 하여 최대한 외부의 영향을 배제할 수 있도록, 내부에 설치된 카메라를 통해 모니터링 된다. 또한 실험자는

피험자에게 인터폰을 통해 지령을 내릴 수 있는 환경을 구축하였다.

실험대상은 40명의 20대 남성을 대상으로 하였으며, 실험에 대한 충분한 인식을 시켰으며, 실험 3시간 전 카페인과 알코올이 함유된 식품의 섭취를 배제 하였으며 실험 3시간 전 음식의 섭취 또한 배제 하였다. 표 1은 이번 연구에 참여한 피험자군의 특성을 나타내었다. 정상범위를 벗어난 BMI지수의 경우 감성에 따른 HRV변화가 용이하지 않기 때문에 피험자 선정 시 고려하였다.

표 1. 피험자군 범위

성 별	남 성
인 원	40 인
연 령	23 ± 5.97
신 장	172.63 ± 8.62 [cm]
체 중	70.67 ± 2.39 [kg]
BMI	23.73 ± 3.13 [kg/m ²]
체지방	20.36 ± 6.54 [%]

생체신호의 측정은 Biopac사의 MP150을 적용하여, 심전도는 표준 사지 리드-II를 이용하며 ECG 100C를 이용하여 측정하고, 또한 피부 저항도는 GSR100C 모듈을 이용하여 측정 하였으며, AcqKnowledge ver.3.7.3을 사용하여 분석을 실시하였다.

실험시, 자극에 대한 변화 여부의 정도를 판단하기 위하여 무자극상태의 기준 값을 취득하기 위하여 실험 전 5분의 안정화 시간을 부여하여 안정화 된 상태에서의 생체신호를 측정하였다. 4종의 영상자극을 부여하는 동안에는 각 자극 간에 5분의 안정시간을 부여한 후, 각각 3분간 데이터를 수집하며, 데이터를 수집하였으며, 이 기간 중에는 motion artifact를 최소화하기 위하여, 피험자의 움직임 최소화 하도록 요구하였다.

생리신호측정에 의한 감성의 정량화를 시도하기위해서는 피험자에게 제시하는 자극에 대한 감성 값이 표준화되어 있어야할 것이 요구된다. 이 조건을 만족하는 것으로는 국제적으로 통용되고 있는 IAPS(International Affective Picture System)의 영상을 사용하였다.

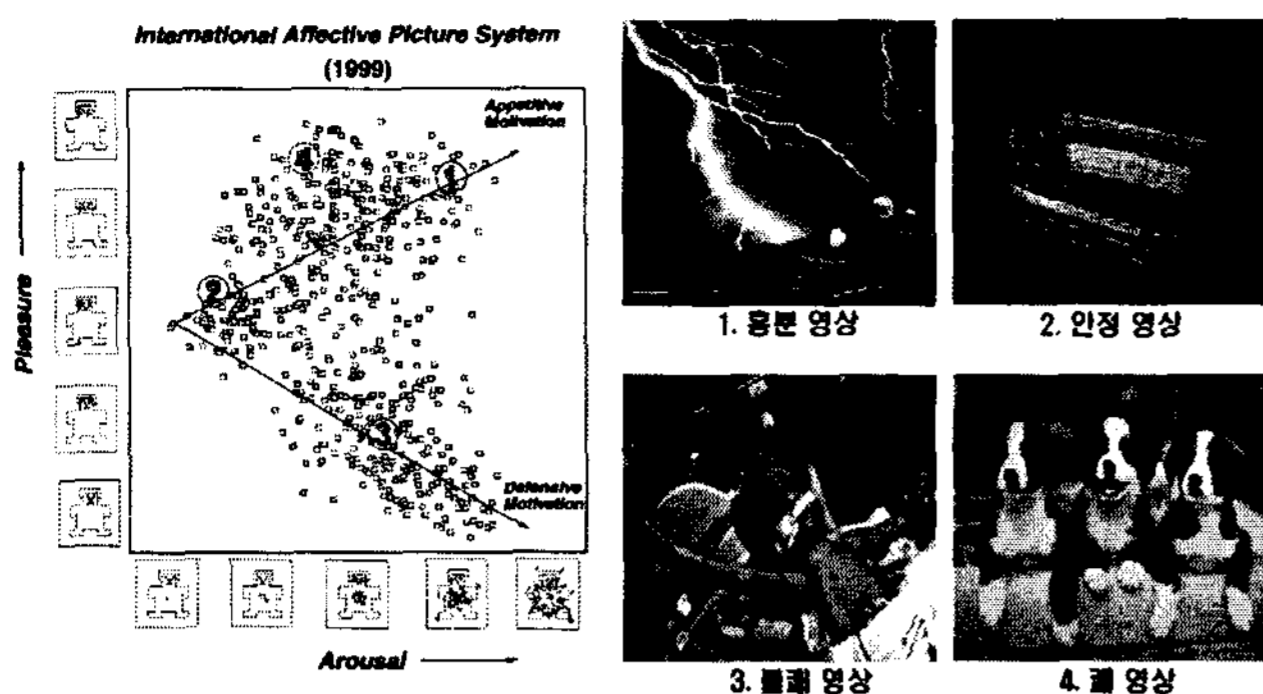


그림 2. 표준감성을 유발하기 위한 IAPS영상 선택

본 연구에서 선정한 영상은 그림 2에 나타내는 4가지 영상을 사용하였다. 각 영상에 대한 IAPS의 위치도 그림 2.에 병기하였다.

표 2는 감각자극에 사용한 영상의 IAPS No. 및 Pleasure값, Arousal값을 나타낸 것이다.

표 2. 선택된 IAPS영상의 정량치

	IAPS No.	Pleasure [Mean±SD]	Arousal [Mean±SD]
흥분 영상	5950	5.99±2.07	6.79±1.98
안정 영상	7010	4.94±1.07	1.76±1.48
쾌 영상	1710	8.02±1.21	5.53±2.07
불쾌 영상	3350	2.00±1.62	5.65±2.27

3. 감성파라미터의 추출

감성의 분류를 위해서는 Russel이 제안한 Circumplex Model을 이용 하였다. Russel의 Circumplex Model은 인간의 감성의 변화를 Pleasure-Unpleasure와 Arousal-Not Arousal의 정도에 따라 정서를 2차원적인 공간으로 제시한 모델로 되어 있다.

따라서, 상기의 4가지의 영상을 각각 Pleasure, Unpleasure, Arousal, Not Arousal영역에서 추출한 후, 생체신호를 통하여 Circumplex Model 2개의 축과 연관이 있는 감성파라미터를 추출하는것이 필요하다.

ECG신호를 측정하여 주파수 분석한 HRV신호를 VLF:0~0.04Hz, LF:0.04~0.08Hz, MF:0.08~0.15Hz, HF:0.15~0.4Hz로 분류한다. 각 주파수영역의 파워스펙트럼 값을 이용하여, HF Normalize(=HF/Total-VLF)와 LF Normalize(=LF/Total-VLF), MF/(LF+HF), LF/HF, MF/HF, MF/LF, LF+MF+HF값의 변화가 각 감성에

영향을 받는가를 분석하였다.

그림 3은 4가지 영상자극 후 얻어진 HRV신호의 파형을 나타낸 것으로, 흥분영상 자극 시 LF영역이 많이 상승했으며, 안정영상 자극 시는 HF영역이 상승한 결과를 나타내고 있다. 또한, 쾌 영상 자극 시는 MF영역이 LF영역보다 상대적으로 상승하였으며, 불쾌 영상 자극 시는 반대로 LF영역이 MF영역보다 상승한 결과를 나타내고 있다.

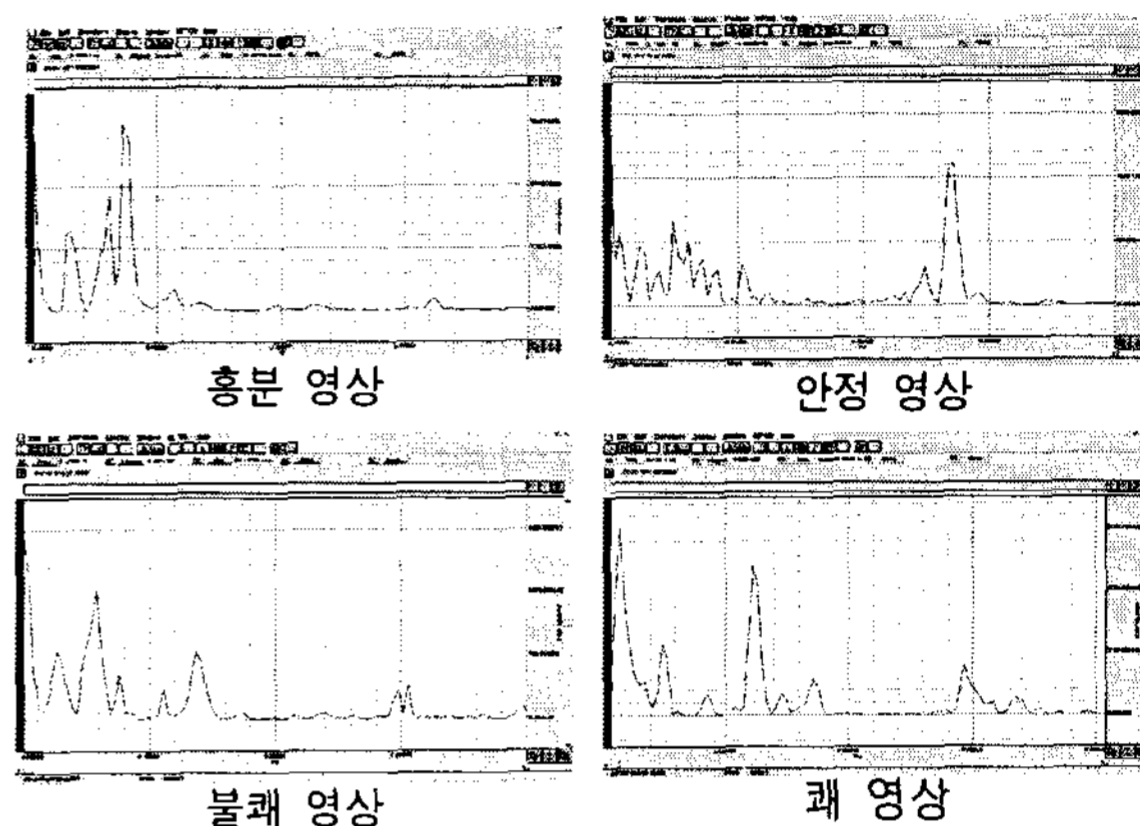


그림 3. 각 자극에 대한 HRV파형

외부 감성자극에 대한 피부반응인 GSR (Galvanic Skin Resistance)은 분석할 때 전기특성의 절대 값을 사용하는 것은 측정오차, 전극크기, 젤성분, 외부환경 등에 따라 변하기 때문에 색인(Indexes)또는 파라미터(Parameter)를 이용하는 것이 효과적인 분석방법이 될 수 있다.

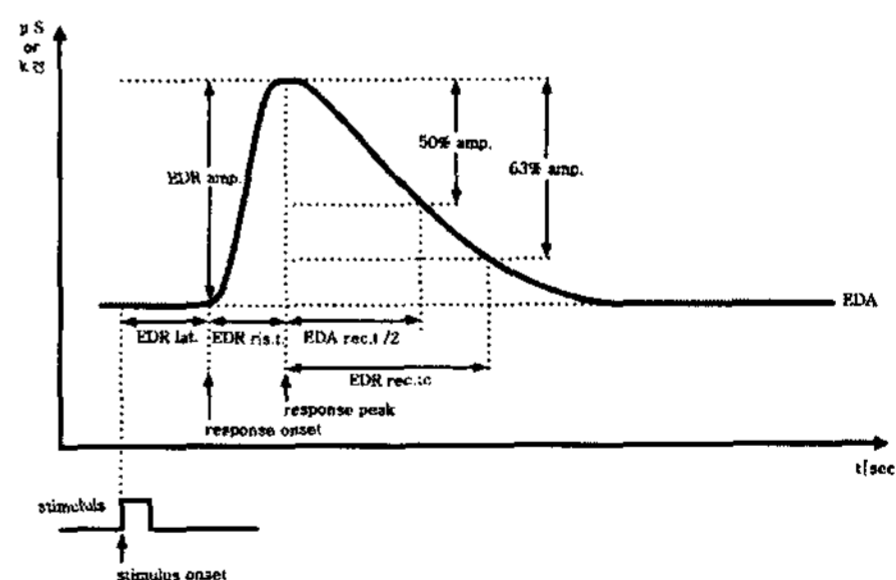


그림 4. GSR 파라미터

GSR의 전형적인 파형이 그림 4에 나타내었다. GSR을 분석하는 파라미터로 잠복기(Latency), 진폭(Amplitude), 상승시간(Rise Time) 및 회복시간(Recovery Time) 등으로 나타낼 수 있다. GSR 잠복기는 입력 자극 후 GSR 신호가 나타날 때까지의 잠복시간을 뜻하며, 상승시간은 GSR 신호의 피크(Peak)까지 올라가는 시간을 뜻하며, 진폭은 피크치

표 3. 흥분-안정 영상 자극 제시에 의한 생체신호 변화

	자극 전	흥분(Arousal) 영상 자극				안정(Not Arousal) 영상 자극				
		자극 후	Change Score	p value	p value	자극 후	Change Score	p value	p value	
HRV	LF Norm	0.559±0.218	0.582±0.211	0.018±0.182	.840	NS	0.606±0.174	0.042±0.225	.215	NS
	HF Norm	0.441±0.218	0.418±0.211	-0.018±0.182	.840	NS	0.394±0.174	-0.042±0.225	.216	NS
	MF/(LF+HF)	0.281±0.132	0.270±0.146	-0.010±0.161	.491	NS	0.294±0.130	0.014±0.139	.963	NS
	LF/HF	2.308±2.779	2.398±3.426	0.163±2.848	.048	0.05>p	2.116±1.676	-0.244±2.509	.054	0.1>p
	MF/HF	1.065±1.068	1.093±1.436	0.028±1.165	.866	NS	-0.244±2.509	-0.066±1.199	.520	NS
	MF/LF	0.501±0.132	-0.008±0.235	-0.008±0.235	.533	NS	0.024±0.197	0.024±0.197	.663	NS
	LF+MF+HF	572.5±788.1	494.8±453.7	-77.69±493.4	.162	NS	589.1±664.0	16.55±431.0	.684	NS
GSR	진폭	0	1.439±1.747	1.439±1.747	.000	0.01>p	1.060±1.260	1.060±1.260	.000	0.01>p
	Decade T.	0	3.181±2.336	3.181±2.336	.000	0.01>p	2.243±1.037	2.243±1.037	.000	0.01>p
	Rise T.	0	3.676±1.730	3.676±1.730	.000	0.01>p	3.416±1.819	3.416±1.819	.000	0.01>p
	Recovery T.	0	8.838±9.543	8.838±9.543	.000	0.01>p	5.040±3.224	5.040±3.224	.000	0.01>p

표 4. 쾌-불쾌 영상 자극 제시에 의한 생체신호 변화

	자극 전	쾌(Pleasure) 영상 자극				불쾌(Unpleasure) 영상 자극				
		자극 후	Change Score	p value	p value	자극 후	Change Score	p value	p value	
HRV	LF Norm	0.559±0.218	0.584±0.218	0.007±0.242	.532	NS	0.626±0.185	-0.015±0.312	.784	NS
	HF Norm	0.441±0.218	0.416±0.218	-0.039±0.232	.532	NS	0.374±0.185	-0.114±0.226	.069	0.1>p
	MF/(LF+HF)	0.281±0.132	0.308±0.179	0.024±0.142	.019	0.05>p	0.288±0.127	0.014±0.128	.152	NS
	LF/HF	2.308±2.779	2.101±1.909	-0.065±2.640	.709	NS	2.655±2.296	0.007±3.339	.658	NS
	MF/HF	1.065±1.068	1.251±1.253	0.163±0.888	.045	0.05>p	1.161±1.102	0.234±0.931	.664	NS
	MF/LF	0.501±0.132	0.530±0.200	0.024±0.241	.050	0.05>p	0.486±0.168	-0.021±0.173	.037	0.05>p
	LF+MF+HF	572.5±788.1	672.4±820.5	90.90±436.2	.099	0.1>p	670.4±749.8	71.93±974.3	.146	NS
GSR	진폭	0	0.983±0.972	0.983±0.972	.000	0.01>p	1.734±2.065	1.734±2.065	.000	0.01>p
	Decade T.	0	2.522±1.434	2.522±1.434	.000	0.01>p	2.256±0.688	2.256±0.688	.000	0.01>p
	Rise T.	0	2.888±1.445	2.888±1.445	.000	0.01>p	2.847±1.344	2.847±1.344	.000	0.01>p
	Recovery T.	0	5.235±4.201	5.235±4.201	.000	0.01>p	5.228±4.049	5.228±4.049	.000	0.01>p

의 값을, 회복시간은 신호가 안정 상태로 회복되는 시간을 의미한다. 본 연구에서는 진폭, Decade(50%감소), 상승시간 및 회복시간에 대한 변화를 추적하였다.

그림 5는 각 영상자극시 반응된 GSR신호를 나타낸다.

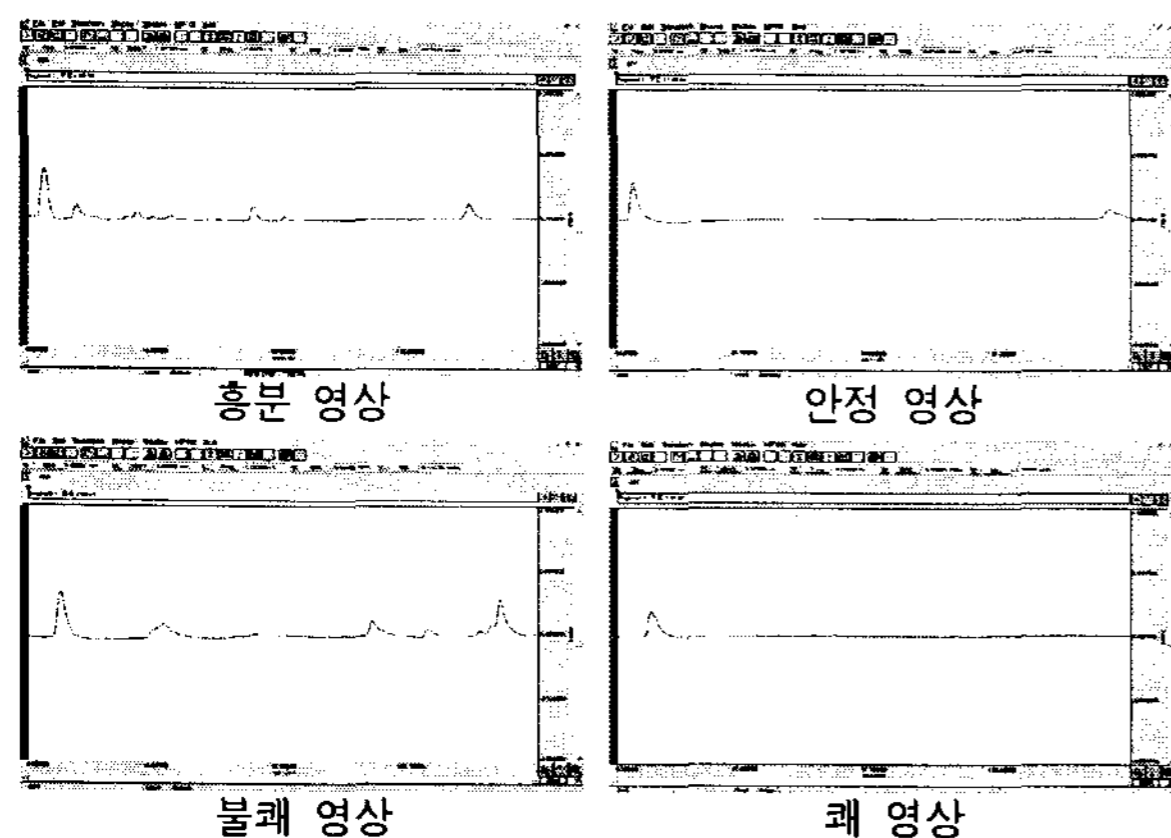


그림 5. 각 자극에 대한 GSR파형

각 피험자에게 영상자극을 부여한 후에 추출된 생체신호에 대하여 상기의 파라미터들에 대한 변화량을 분석하여, 각 영상자극이 영향을 미치는 파라미터를 추출하기 위한 분석을 실시하였다.

표 3은 Arousal-not Arousal에 대한 상대비교를 위하여 흥분영상과 안정영상을 자극하였을 경우의 생체신호의 변화량 및 통계처리결과를 정리한 것이다. 흥분영상을 자극하였을 경우의 HRV를 살펴보면 LF/HF파라미터가 영상흥분과의 상관성이 있을 유의 확률이 95%를 나타냈으며, GSR의 경우 모든 파라미터가 99%의 유의 확률을 나타냈다. 또한 안정영상을 자극하였을 경우의 HRV를 살펴보면, LF/HF파라미터가 영상흥분과의 상관성이 있을 유의 확률이 90%를 나타냈으며, GSR의 경우 모든 파라미터가 99%의 유의 확률을 나타냈다.

흥분영상 및 안정영상을 제시하였을 경우, LF/HF 파라미터가 공통적으로 유의한 차이가 있음을 나타냈다. 흥분영상 자극의 경우 LF/HF값은 증가하는 경향을 나타냈으며, 안정영상을 자극하였을 경우, LF/HF

값은 감소하는 경향을 나타내고 있다.

표 4는 Pleasure-Unpleasure의 상대비교를 위하여 쾌영상과 불쾌영상을 자극하였을 경우의 생체신호의 변화량 및 통계처리결과를 정리한 것이다. 쾌영상을 자극 하였을 경우 HRV의 MF/(LF+HF), MF/LF, MF/HF가 95%, LF+MF+HF가 90%신뢰도 수준에의 유의한 차이가 있음을 나타내었으며, GSR은 모든 파라미터 99%수준에서 유의한 차이가 있음을 나타내고 있다. 또한, 불쾌영상 자극 시에는 HRV의 HF Norm이 90%수준에서, MF/LF가 95%수준에서 유의성이 있었으며, GSR은 모든 파라미터 값이 99%수준의 유의성을 보이고 있다.

Pleasure축의 감성평가 파라미터로 사용하기 위해서는 쾌와 불쾌 모두에서 공통적으로 유의한 결과를 보여야 하기 때문에 HRV의 MF/LF의 파라미터가 공통적으로 95%수준의 유의성을 나타내고 있으며, 쾌영상 자극 시는 상승하는 경향을 보이며, 불쾌영상 자극 시는 감소하는 경향을 나타내고 있다.

Arousal축에 영향을 미치는 파라미터로는 HRV의 LF/HF의 변화량이 잘 반영되고 있다. 즉, 흥분 감성 상태에서는 LF/HF값이 증가하며, 안정 감성일 경우는 LF/HF값은 감소한다. Pleasure축에는 HRV의 MF/LF의 변화량으로 적용할 수 있다. 즉, Pleasure 감성의 경우는 MF/LF값이 상승하며, Unpleasure감성의 경우에는 MF/LF값이 감소한다.

GSR의 경우를 살펴보면, GSR의 모든 파라미터가 모든 감성 자극에 대하여 상승하는 경향을 나타내고 있어, GSR의 변화량을 활용하여 Circumplex Model에 적용하기는 어려웠다.

표 5. IAPS영상에 대한 SAM Test 설문결과

자극종류	Arousal		Pleasure	
	평균	평가	평균	평가
흥분영상	5.333±1.148	+(흥분)	4.630±1.235	-(불쾌)
안정영상	2.593±2.117	-(안정)	5.222±1.476	+(쾌)
쾌영상	2.778±2.082	-(안정)	6.926±1.639	+(쾌)
불쾌영상	6.370±2.060	+(흥분)	2.519±1.087	-(불쾌)

또한, 상기의 4종류의 영상자극에 대한 영향을 측정하기 위하여, 생체신호의 측정과 함께, 피험자에 대한 설문조사법으로 감성을 평가할 수 있는 SAM Test의 설문결과도 동시에 진행하였으며, 그 결과를 표 5에 나타내었다. SAM Test는 Arousal 및 Pleasure에 대하여 1-9 범위의 값을 기록하도록 되

어 있으며, 5가 중성 값에 해당된다.

표 3 및 4의 결과 중 각 영상자극에 대하여, LF/HF값을 가로축에, MF/LF값을 세로축에 대응시켜 2차원 그래프를 작성하면 그림 ??를 얻을 수 있으며, 표 5의 SAM Test결과에 대하여 Arousal값을 가로축에, Pleasure값을 세로축에 대응시켜 2차원 그래프를 작성하면 그림 6, 7과와 같은 결과를 얻을 수 있다.

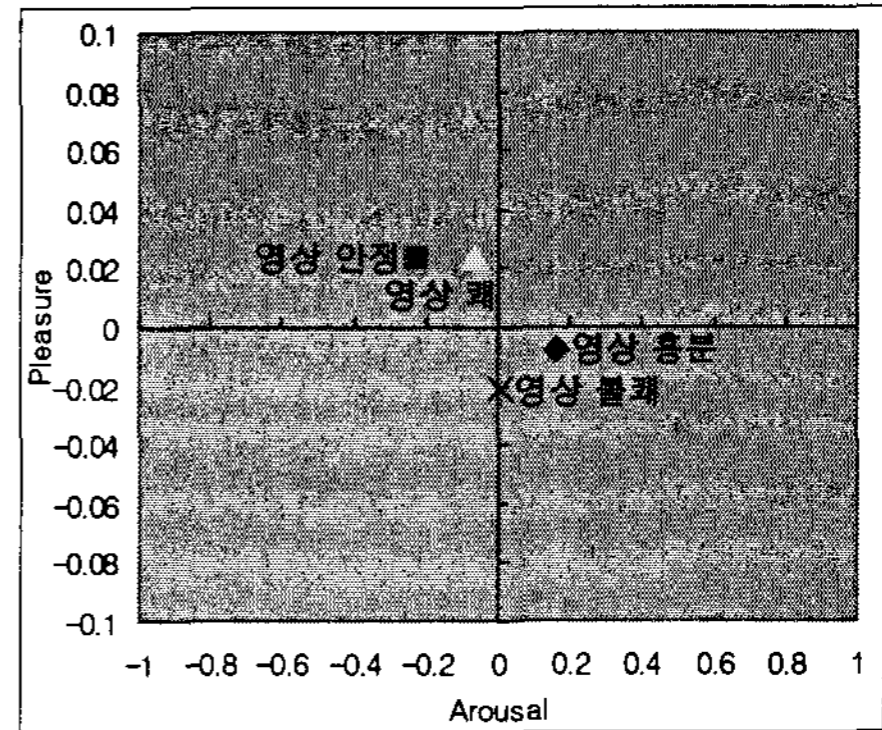


그림 6. HRV 결과의 정리

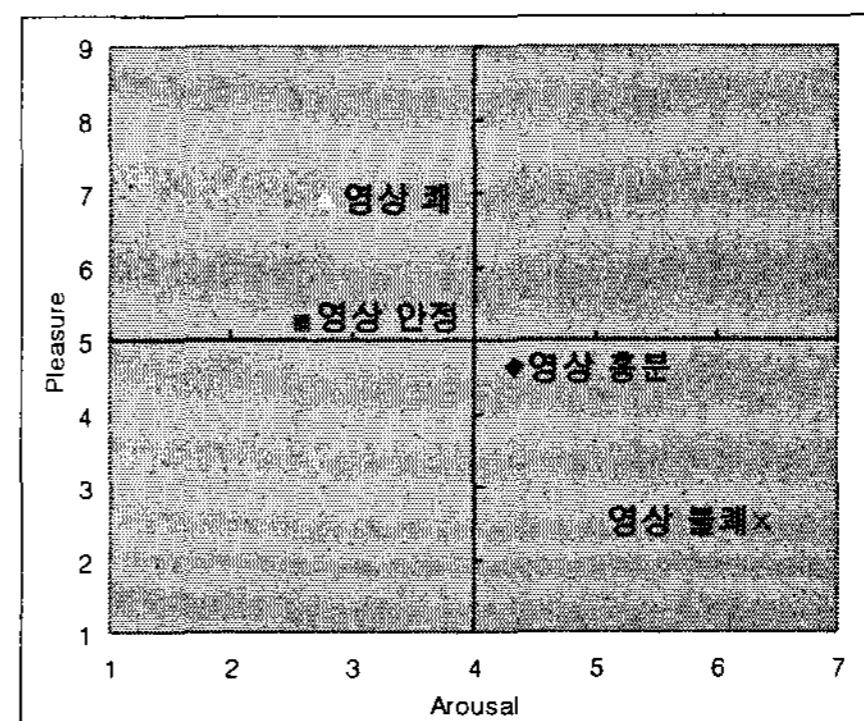


그림 7. SAM Test 결과의 정리

그림 6, 7의 그래프를 비교하면, 2사분면에는 안정영상 자극, 쾌 영상자극이 존재하며, 4사분면에는 흥분영상 자극, 불쾌영상 자극이 존재하고 있다.

이상의 결과로부터, 피험자의 주관적 감성표현인 SAM Test의 결과와 생체신호 변화에 의한 결과에서 서로 동일한 경향을 나타내고 있어, 생체신호의 변화에 의한 감성의 정량평가가 가능한 것으로 평가할 수 있다.

따라서, ECG만의 측정으로, HRV의 LF/HF, MF/LF의 값을 추출하고, 이 값의 상대적인 변화를 Circumplex Model에 적용함으로써 감성의 판단이 어느 정도 가능하기 때문에, 그림 8과 같은 알고리즘을 제안할 수 있다.

참 고 문 헌

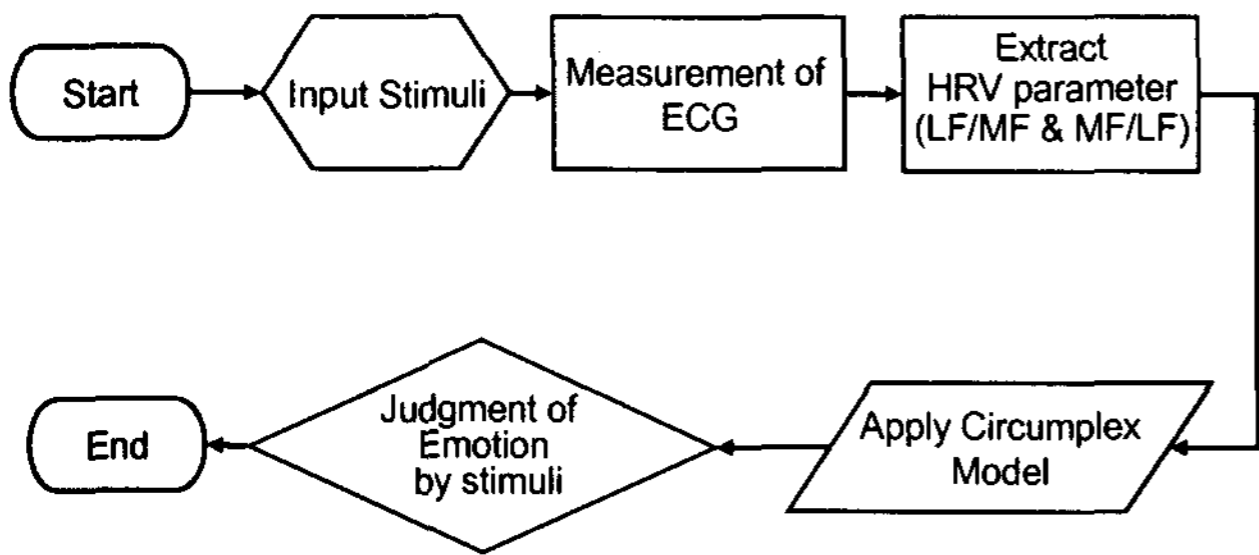


그림 8. HRV에 의한 감성평가 모델

특히, 이와 같이 간략화 된 감성평가 알고리즘은 휴대전화기 와 같이 시스템의 리소스가 한정된 휴대용기에 적용할 수 있을 만큼 가벼운 시스템이 될 수 있기 때문에 SoC등에 쉽게 알고리즘을 이식할 수 있는 장점이 있다.

최근 휴대전화기에 로봇기술을 융합한 컨버전스형 기기로 RCP의 연구가 진행되고 있으나, RCP의 중요한 기능중의 하나가 RCP^{Interaction}으로, 휴대전화기기가 사용자의 감성을 판단하여, 능동적으로 사용자의 감성을 유발할 수 있는 감각자극 (진동, 음향, 모션)을 부여하는 기능이 주목을 끌고 있다. 이와 같은 경우는 휴대폰의 리소스의 한정 때문에 간략한 감성평가 알고리즘의 개발이 요구되기 때문에, 이와 같은 장면에서 본 알고리즘의 위력을 발휘할 수 있다고 생각 된다.

4. 결 론

본 연구는 감성의 정량적 평가를 목적으로, 기 정의된 IAPS 감성 표준영상을 활용하여 시각자극을 부여한 후, 생리신호를 측정하여 그 신호중 감성과 관련된 파라미터를 추출 하고, 이를 통하여 감성평가를 수행하였다.

그 결과, ECG신호를 통하여 추출한 HRV의 여러 파라미터중, Arousal축에 영향을 미치는 파라미터로는 LF/HF의 변화량, Pleasure축에는 HRV의 MF/LF의 변화량이 작용을 하고 있음을 알 수 있었다. 이 두 값을 이용하여 Circumplex Model의 Arousal축 및 Pleasure축에 대응시키면 2차원적인 감성의 평가가 가능한 알고리즘을 구할 수 있었다.

[1] Alesandro Angrilli, "The influence of affective factors on time perception", Perception & Psychophysics, Vol. 59, No. 6, pp. 972-982, 1997

[2] Russel j. , "A circumplex model of emotion", Journal of Personality and Social Psychology, Vol. 39, pp. 1161-1178, 1980

[3] Rollin McCraty, "The Effect of Short-term Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability", The American Journal of Cardiology, Vol. 76, pp. 1089-1093, 1995

[4] Margaret M Bradley and Peter J. Lang, "International Affective Picture System (IAPS): Technical Manual and Affective Ratings", 1997

[5] Kirno K, "Can galvanic skin response be used as a quantitative estimate of sympathetic nerve activity in regional anesthesia?" Anesth Analg, 73(2), 138-42, 1991