

RCP에 의한 감각자극 상태에서 생체신호를 이용한 감성평가시스템 구현

김 동 욱, 김 승 우
 순천향대학교 공과대학 정보기술공학부

Development of a Emotion Estimation System using Biosignal under RCP Stimulation Environment

KIM Dong-Wook, Seung-Woo Kim

Division of Information Technology Engineering, Soonchunhyang University

요 약

최근의 휴대전화 단말기(Cellular Phone, CP)는 IT기술을 적극적으로 접목하여 다양한 기능을 부가하고 있으나, 단순한 IT기술의 접목만으로는 CP기술 발전의 한계를 드러내고 있다. 이러한 상황에서 휴대전화 단말기에 개인용 로봇(Personal Robot)을 결합하여 로봇의 개인 서비스 기능과 엔터테인먼트 기능을 갖춘 개인 로봇형 휴대전화단말기인 RCP(Robotic Cellular Phone)의 개념을 도입한 연구가 진행되고 있다.

본 논문에서는 RCP세부기술 중 하나인 RCP^{Interaction}에 주목한 연구로, RCP의 촉각 및 청각자극환경에서 인간이 느끼는 감성을 생체신호를 활용하여 객관적으로 감성을 평가할 수 있는 시스템에 대한 연구를 수행 하였다.

1. 서 론

최근의 휴대전화(Cellular Phone, CP)의 개발 양상은 IT기술을 적극적으로 접목하여 다양한 기능을 부가한 고기능 CP로 발전을 거듭하고 있으나, 단순한 IT기술의 접목만으로는 CP기술 발전의 한계를 드러내고 있다. 이러한 상황에서 기존의 CP에 개인용 로봇(Personal Robot)을 결합하여 로봇의 개인 서비스 기능과 엔터테인먼트 기능을 갖춘 개인 로봇형 휴대전화단말기 RCP(Robotic Cellular Phone)의 개념을 도입한 연구가 진행되고 있다. 여기에서 제안된 RCP는 크게 3부분의 기능모듈 즉, RCP^{Mobility}(RCP for Mobility), RCP^{Interaction}(RCP for Interaction), RCP^{Integration}(RCP for Integration)을 제안하고 있다.

특히, RCP^{Interaction}은 지능알고리즘을 이용하여 인간과 CP와의 상호작용을 보다 더 긴밀하게 유지하는 개념으로, 감성생성 기술과 사용자의 감성을 유발할 수 있는 감성유발엔진 및 감성모델의 개발이 포함된다.

본 논문에서는 RCP 세부기술 중 하나인 RCP^{Interaction}에 주목한 연구로, 인간과 RCP의 물리적인 접촉을 바탕으로 한 감성전달 기술을 구현하기 위해 함에 있어서, RCP의 촉각 및 청각자극환경에서 인

간이 느끼는 감성을 생체신호를 활용하여 객관적으로 감성을 평가할 수 있는 시스템에 대한 연구를 수행 하였다.

2. 실험구성

2.1 RCP^{Interaction} 다감각착신 모듈

RCP^{Interaction} 다감각착신모듈은 촉각착신 모듈, 후각착신 모듈, 시각착신 모듈의 3가지 다감각착신모듈로 구성된다. 그림 1은 RCP^{Interaction} 시스템의 세부기능모듈의 개념 및 구성을 나타낸다.

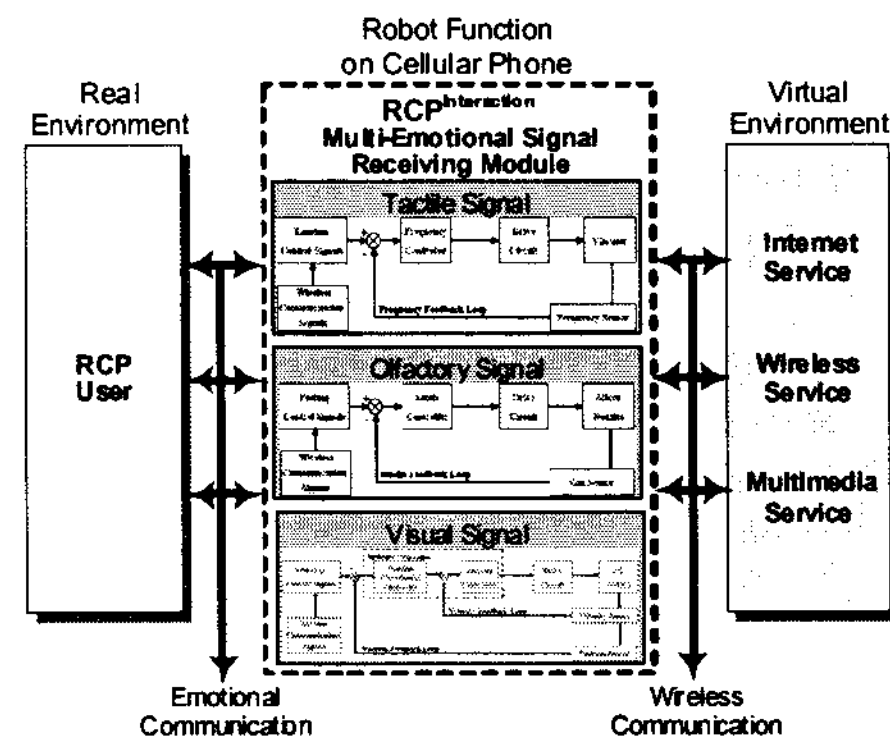


그림 1. RCP^{Interaction} 시스템의 개념 및 구성

촉각착신모듈은 바이브레이터(Vibrator)의 진동주파수를 변경하여 음악정보의 화음 감성을 촉각을 통하여 제시하며, 후각착신모듈은 향(香) 분사 장치를 통하여 향의 종류와 분사량을 제어하여 사용자의 후각을 통하여 감성을 제시하며, 시각착신모듈은 CP의 휠베이스 네비게이션 기능을 통하여 사용자에게 다양한 동작패턴에 의하여 감성을 제시한다.

특히, 본 연구에서는 촉각착신모듈에 의한 인간의 감성평가에 대해서 논하기 때문에, 촉각착신모듈에 대해 자세히 논한다.

기존의 CP에 장착된 착신진동은 단순한 진동패턴에 의하여 착신을 알리고 있으나, 본 촉각착신모듈은 인간의 감각을 자극하는 외부환경요인 중에서 청각을 자극하는 음악의 효과음이 공기의 진동으로 인간에 전달되는 점에 착안하여 여러 음악적 사운드를 CP의 공기의 진동대신 진동모터에서 발생하는 진동으로 음악을 진동으로 표현하는 기술적 개념을 가진다.

음악의 주요한 구성은 리듬, 멜로디, 비트로 이루어져 있으며, 촉각착신모듈에서도 이들의 구현이 가능하도록, 하드웨어적으로 진동모터의 구현이 이루어져야 한다. 촉각착신모듈에서 사용하는 진동모터는 모터 회전축의 무게중심이 한쪽으로 치우쳐진 편심형 모터로 회전속도에 따라 발생하는 진동주파수가 결정된다.

표 1은 진동모터의 음계 높이에 해당하는 공급전압 대비 가변되는 회전진동수를 측정하여 정리한 것이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 우리가 사용한 진동모터의 회전진동수는 2옥타브에서 3옥타프 정도의 표현 영역을 갖고 있음이 확인되었다. 이러한 원인은 첫째, CP에 사용되는 일반적인 진동모터가 단순진동만을 고려한 사양상의 문제를 제시할 수 있고 둘째, 현재 CP의 동작전원은 0~3.7[Volt]이기 때문에 RCP에서 사용되는 진동모터의 주파수표현 제한의 요인이 된다.

표 1. 진동모터의 음계 별 주파수대역 및 입력전압

Scale	Frequency (Hz)	Input Voltage(V)
C2	65.405	0.37
D2	73.416	0.63
E2	82.407	0.74
F2	87.307	0.93
G2	97.999	1.22
A2	110.000	1.39
B2	123.470	1.59
C3	130.813	2.04
D3	146.832	3.33

이러한 제한으로 인하여, 음악을 진동으로 표현할

때는 한옥타프 정도의 음계로 이루어진 음악을 선별하여 표현하여야 하기 때문에 음악의 선정에 제한이 있게 되어 기존의 음악을 사용하는 것 보다는 별도의 작곡이 필요할 수도 있다. 본 연구에서는 한옥타프 정도의 음계로 표현할 수 있는 음악을 선정하여 실험에 사용하였으며, 또한 비트를 위주로 한 작곡을 통하여 자극에 활용하였다.

표 2. 실험에 사용된 자극

자극명	자극종류	비고
자극1	음악	동요"팽이치기"
자극2		동요"등대지기"
자극3	진동	동요"팽이치기"
자극4		동요"등대지기"
자극5		"대~한민국"
자극6		비트1
자극7		비트2
자극8		비트3

실험에 사용한 자극은 표 2와 같이 총 8종류로, 자극1, 2는 음악자극으로 청각을 통하여 제시한 자극이다. 자극1은 동요 팽이치기, 자극2는 동요 등대지기를 사용하였다. 자극3 및 자극4는 각각 팽이치기 및 등대지기의 악보를 채보하여 진동에 의해 촉각을 통하여 제시한 촉각자극이다. 자극5 부터 자극8은 촉각착신모듈의 특성을 고려하여 자체적으로 제작하여 사용한 것으로, 악보를 그림2에 나타내었다.



그림 2. 자극 5, 6, 7, 8의 악보

그림 3은 감성평가 실험에 사용된 진동으로 표현된 대표적 자극(자극 3(팽이치기), 자극4(등대지기))에서 동일한 연주시기의 리듬, 멜로디, 비트 3요소에 매핑되어 구동되는 촉각착신모듈의 진동모터 제어신호를 나타낸 것이다. 이렇게 분리된 음악표현 요소는 해당하는 진동모터를 구동하여 3개의 진동모터가 적절한 하모니를 이루며 피실험자에게 제공된다.

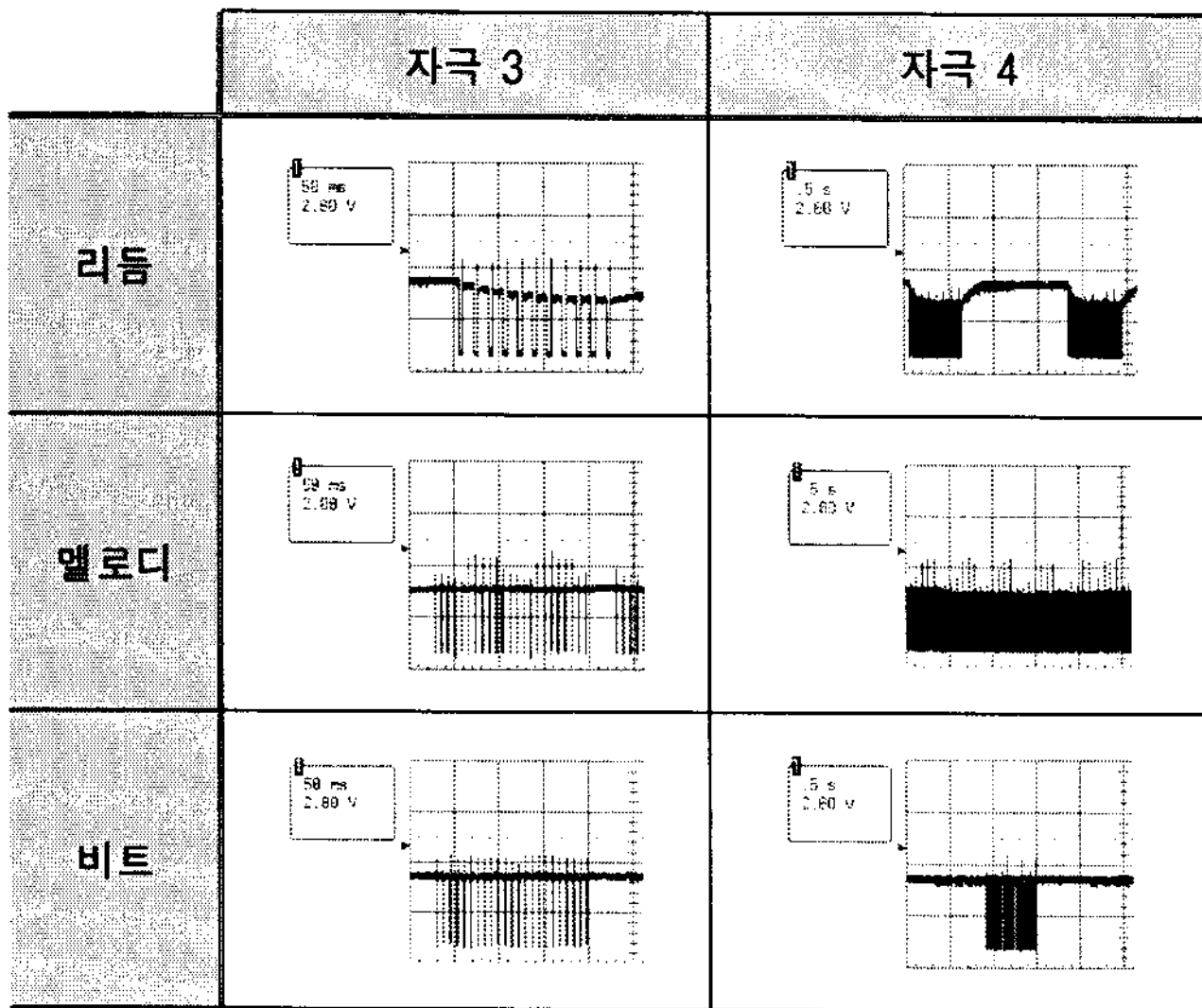


그림 3. 자극에 따른 진동패턴과의 매핑의 일례

2.2 감성평가를 위한 생체계측 시스템의 구성

인가하는 자극에 대한 외부의 영향을 제거하기 위하여 온도, 습도, 방음 및 조도 조절이 가능한 실험실 (온도:23~25℃, 습도:45~50%, 조도:75 lux)에서 실험을 수행하였다.

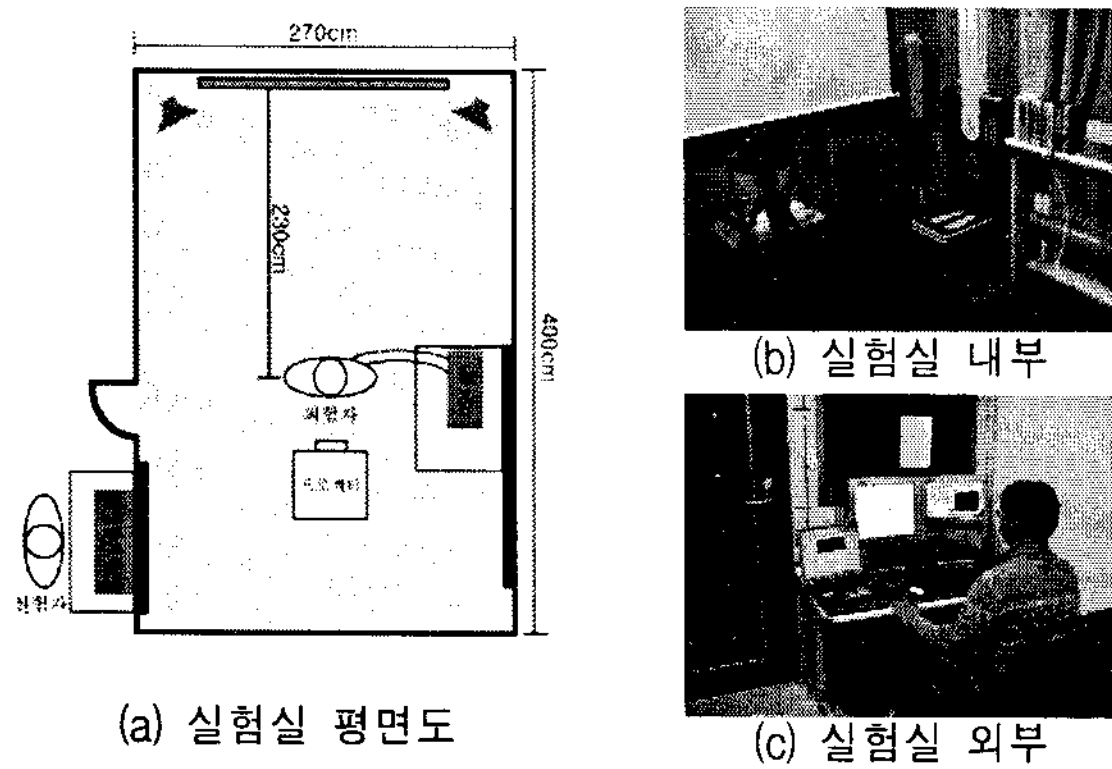


그림 3-1 원격 감시 장비 실험실 구성

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.

본 연구에서는 감성평가를 위한 생체신호로, GSR 및 HRV를 사용하였으며, 생체신호의 측정에는 Biopac사의 MP150을 적용하여, 심전도는 표준 사지 리드-II를 이용하며 ECG 100C를 이용하여 측정하고, 또한 피부 저항도는 GSR100C 모듈을 이용하여 측정 하였

으며, AcqKnowledge ver.3.7.3을 사용하여 분석했다.

표 2. 피험자군 속성

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 [%]

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 3-1은 이번 연구에 참여한 피험자군의 특성을 나타내었다. 정상범위를 벗어난 BMI지수의 경우 감성에 따른 HRV변화가 용이하지 않기 때문에 피험자 선정 시 고려하였다.

3. 휴대폰의 진동자극에 의한 감성평가

RCP에 진동자극을 부여하여 RCP로 하여금 사용자의 감성을 조절하도록 하여, 인간의 감성을 서로 공유하는 인간친화적인 로봇 구현의 가능성을 평가하기 위하여 RCP가 발생시키는 진동감각의 각각의 패턴에 대한 감성평가가 필요하게 된다.

3.1 실험방법

피험자 군과 실험실 구성은 2장과 같은 방법을 사용하였으며, RCP에 의한 음악자극 및 진동자극은 표 2와 같다.

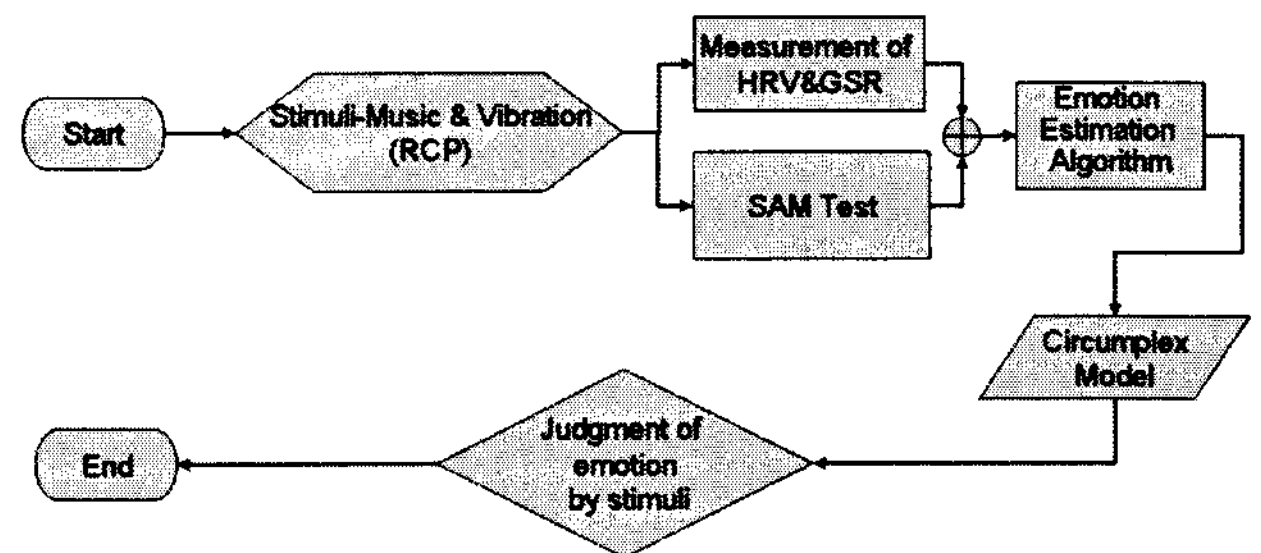


그림 4. RCP 진동 자극에 의한 감성평가 순서

그림 4는 RCP를 이용하여 음악 및 진동에 대한 감성을 평가하기 위한 순서도이다. RCP에 의해 음악 또

는 진동자극을 부여한 후, HRV 및 SAM Test를 실시하여, 본 연구실에서 개발한 감성평가알고리즘을 적용한 Circumplex Model에 의하여 감성을 판단하는 절차를 취하고 있다. 특히, RCP의 계산능력의 한계로 인하여 시스템에 부하를 주지 않는 간단한 모델이 필요하게 되어, SVM과 같이 엄밀하게 정의된 고급의 통계처리 방법을 적용할 수 없기 때문에 본 연구에서와 같은 간단한 형태의 감성평가 알고리즘을 적용이 필요하게 된다.

그림 5는 생체계측 실험을 위한 촉각착신모듈의 제어환경을 보여주고 있다. 피험자는 진동모듈을 손에 쥐고 실험자는 컴퓨터의 제어용 S/W에 지령을 내려 기능모듈로 하여금 다양한 진동을 낼 수 있도록 한다. 이러한 상황이 실제 셀폰을 사용하는 느낌을 주기 위해 기능모듈과 제어용 컴퓨터 사이엔 무선통신으로 구성하였다.

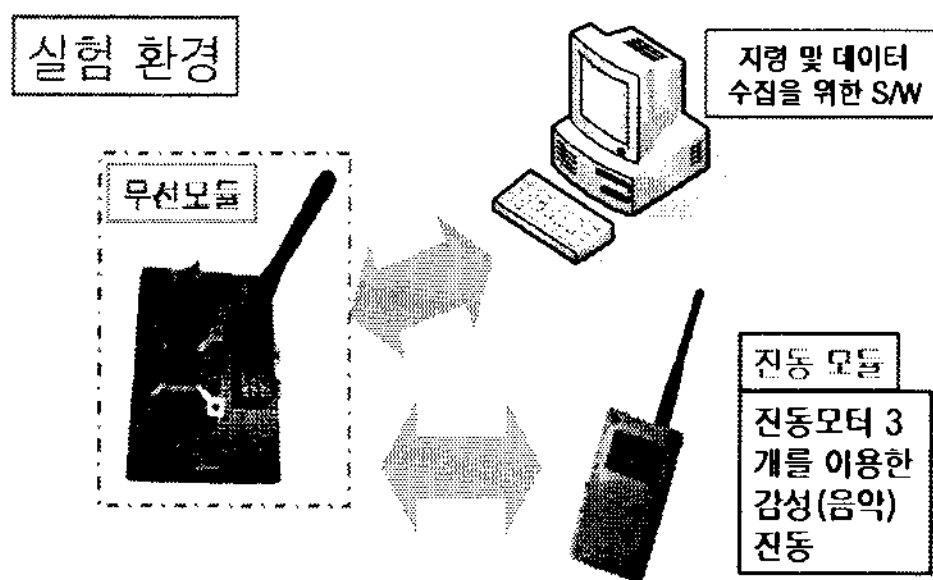


그림 5. RCP 촉각착신모듈의 실험환경

앞서 진동 구현에 제시 했던 방법대로 각 음계에 따른 주파수대 진동을 제작 하였으며, 각 진동자극에 대한 개인의 감성의 정도를 파악하기 위하여 피험자의 주관적인 지표인 SAM Test를 실시하였다.

4.2 실험결과

자극을 부여한 후, Biopac의 ECG 및 GSR모듈을 통하여, 각 신호를 1000Hz의 Sampling Rate로 총 3분간의 데이터를 획득 후, AcqKnowledge ver.3.8.1을 이용하여 분석을 실시하였다.

또한 획득한 데이터는 통계프로그램인 SPSS를 이용하여 유의성을 평가 하였으며, 감성판단을 위한 파라미터는 본 연구진에 의해 규명된 HRV의 LF/HF와 MF/LF의 자극전후의 변화량을 사용하였다. 각 자극에 대한 자극 전후의 각 값에 대한 결과를 표 3에 나타내었다.

표 3. 각 자극에 대한 생체신호(HRV) 측정 결과

		자극 전	자극 후	Change score
자극1	LF/HF	2.308 ±2.779	2.413 ±2.568	0.099 ±2.298
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.538 ±0.225	0.037 ±0.216
자극2	LF/HF	2.308 ±2.779	2.277 ±1.587	-0.029 ±1.905
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.561 ±0.164	0.059 ±0.189
자극3	LF/HF	2.308 ±2.779	2.876 ±2.779	0.429 ±3.017
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.508 ±0.199	0.006 ±0.196
자극4	LF/HF	2.308 ±2.779	2.653 ±2.182	0.325 ±2.872
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.450 ±0.189	-0.052 ±0.155
자극5	LF/HF	2.308 ±2.779	2.419 ±1.619	0.088 ±2.061
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.466 ±0.179	-0.036 ±0.196
자극6	LF/HF	2.308 ±2.779	2.720 ±2.153	0.381 ±2.143
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.512 ±0.169	0.011 ±0.181
자극7	LF/HF	2.308 ±2.779	3.041 ±2.597	0.661 ±3.094
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.478 ±0.220	-0.024 ±0.216
자극8	LF/HF	2.308 ±2.779	3.295 ±2.871	0.925 ±2.527
	MF/LF	0.501 ±0.132	0.467 ±0.172	-0.035 ±0.171

그림 6는 각 자극에 대하여 자극 전후의 LF/HF의 변화량을 그래프로 표현한 것이며, 그림 7은 MF/LF의 변화량을 표시한 것이다.

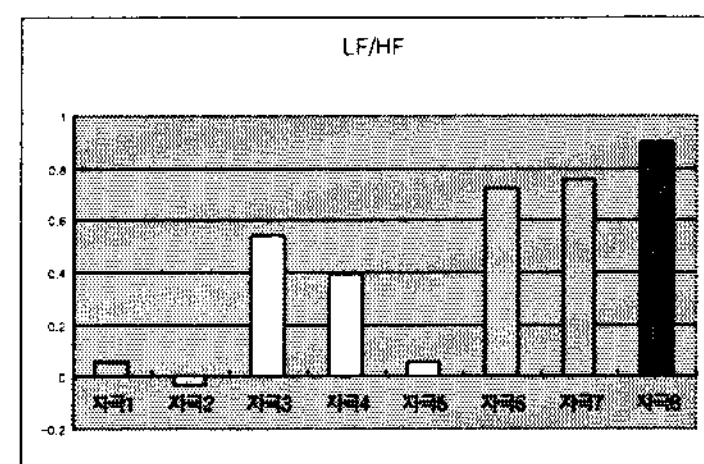


그림 6. 자극에 대한 LF/HF 값

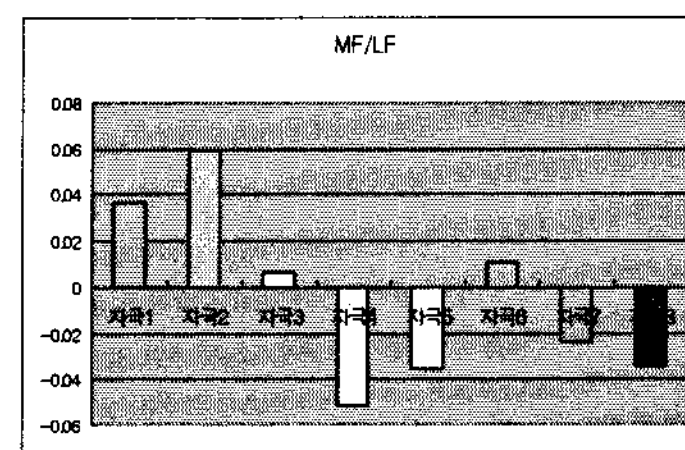


그림 7. 자극에 대한 MF/LF 값

그림 6을 살펴보면, 상기한 바와 같이 LF/HF는 감성의 Arousal축을 나타내는 것으로, 양의 값을 나타내면, Arousal하며, 음의 값을 나타내면 not Arousal하다는 것을 의미한다. 이 그림을 통하여 판단을 하면, 자극 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8은 Arousal영역이며, 자극2는 not Arousal영역을 나타낸다.

그림 7의 MF/LF의 변화량의 경우는, Circumplex Model의 Pleasure축을 나타내는 지표로 사용하며, 양의 값을 나타내는 경우는 Pleasure영역에 해당되며, 음의 값을 나타내는 경우는 Un-pleasure영역을 나타내고 있다. 이 그림을 통하여 판단을 하면, 자극 1, 2, 3,

6은 Pleasure 영역에 속한 감성이며, 자극 4, 5, 7, 8은 un-pleasure영역을 나타낸다.

또한 생체신호에 의한 감성판단과 함께, 피험자의 주관적인 판단이 SAM Test에 의한 평가도 실시하였으며, 그 결과를 표 4에 정리하였다.

표 4. 각 자극에 대한 SAM Test 설문조사 결과

자극 종류		SAM Test						
		Arousal			Pleasure			
		평균	평가	p	평균	평가	p	
자극1	음악	팬이치기	4.037±1.829	+(흥분)	<0.05	6.643±1.545	+(쾌)	<0.05
자극2		등대지기	3.111±1.867	-(안정)	<0.05	5.643±1.660	+(쾌)	<0.05
자극3	진동	팬이치기	4.815±1.841	+(흥분)	<0.05	5.679±1.786	+(쾌)	<0.05
자극4		등대지기	4.815±1.962	+(흥분)	<0.05	3.607±1.571	-(불쾌)	<0.05
자극5		대한민국 응원구호	5.593±1.647	+(흥분)	<0.05	4.714±1.979	-(불쾌)	<0.05
자극6		Beat1	5.259±1.430	+(흥분)	<0.05	5.429±1.399	+(쾌)	<0.05
자극7	동	Beat2	4.889±1.805	+(흥분)	<0.05	4.714±1.487	-(불쾌)	<0.05
자극8		Beat3	6.630±1.182	+(흥분)	<0.05	3.464±1.753	-(불쾌)	<0.05

SAM Test결과 Arousal감성영역에서는 자극2에서 안정적인 감성을 느꼈으며, 다른 나머지 자극에서는 흥분의 감성을 보인 것을 알 수 있다. 또한, Pleasure 감성영역에서는 자극1, 2, 3, 6이 쾌의 감성을 자극 4, 5, 7, 8에서 불쾌의 감성을 나타냄을 알 수 있다.

표 5는 생체신호에 의한 감성평가 및 SAM test에 의한 감성평가 결과를 종합해서 나타낸 것으로 양 평가방법에 의한 판정결과는 서로 일치하고 있음을 나타내고 있다.

표 5. 각 자극에 대한 HRV와 SAM Test 비교

자극 종류		Arousal			Pleasure			
		LF/HF변화		SAM	MF/HF변화		SAM	
자극1	음악	팬이치기	0.099**	+(흥분)	+(흥분)	0.036**	+(쾌)	+(쾌)
자극2		등대지기	-0.029	-(안정)	-(안정)	0.059**	+(쾌)	+(쾌)
자극3	진동	팬이치기	0.429**	+(흥분)	+(흥분)	0.006**	+(쾌)	+(쾌)
자극4		등대지기	0.325**	+(흥분)	+(흥분)	-0.051**	-(불쾌)	-(불쾌)
자극5		대한민국 응원구호	0.088**	+(흥분)	+(흥분)	-0.036**	-(불쾌)	-(불쾌)
자극6		Beat1	0.381**	+(흥분)	+(흥분)	0.011**	+(쾌)	+(쾌)
자극7	동	Beat2	0.661**	+(흥분)	+(흥분)	-0.024**	-(불쾌)	-(불쾌)
자극8		Beat3	0.925**	+(흥분)	+(흥분)	-0.035**	-(불쾌)	-(불쾌)

p<0.05(*), p<0.1(**)

이상의 결과를 사용하여, 2차원 그래프에 도시하게 되면, 그림 8 및 그림 9와 같은 결과를 얻을 수 있다. 양 그래프 모두 자극 1, 3, 6은 1사분면에 위치하고 있으며, 자극 2는 2사분면에 위치하고 있으며, 영상안정과 영상 쾌, 자극 2는 2사분면에, 자극 4, 5, 7, 8은 4사분면에 위치하고 있다.

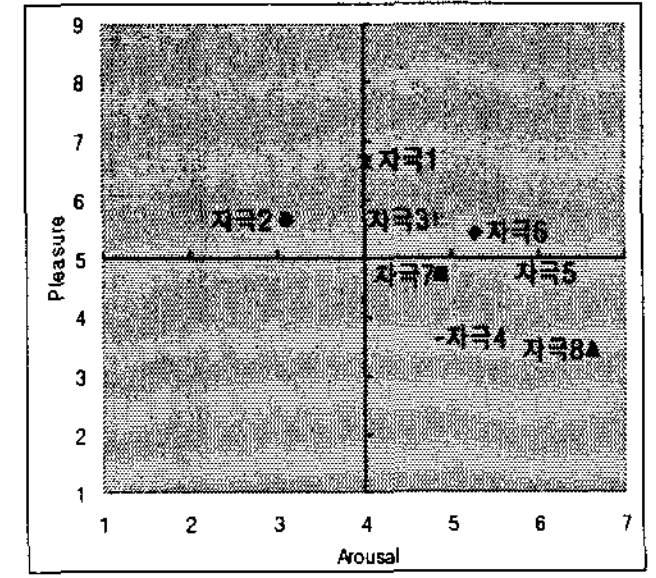
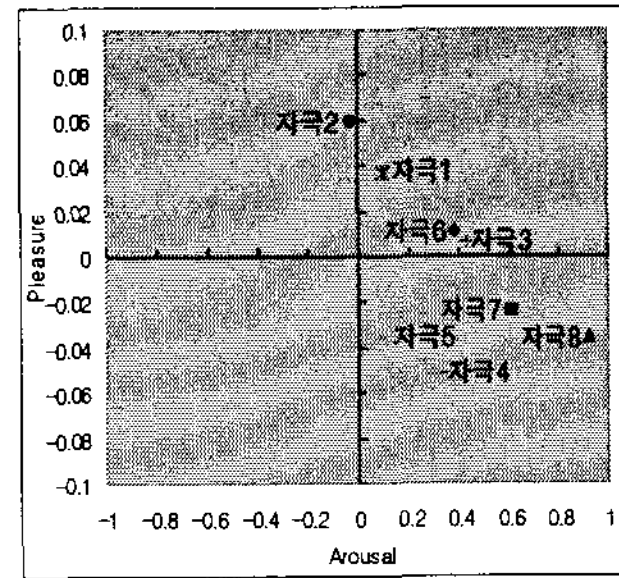


그림 8. HRV 결과의 도시 그림 9. SAM Test 결과의 도시

이상의 결과와 같이 RCP에 의한 각 자극의 감성평가가 가능하였으며, RCP에 의한 진동자극의 변화에 의해 다양한 감성의 유발이 가능함을 나타내고 있다.

4. 결 론

본 연구는 RCP^{Interaction}에서 감성의 정량적 평가에 목표를 두고 진행 하였다. 본 연구의 결과 인간의 감성을 유발함에 있어서 오감 중에 하나인 청각과 촉각 기능을 가지고 연구하여 휴대폰의 기능에서 진동과 음악을 이용하여 인간의 감성을 유도할 수 있음을 확인 할 수 있었다.

향후, RCP에 ECG신호를 측정할 수 있는 모듈을 구현하여 본 연구에서 적용한 감성평가알고리즘을 적용함으로써 Circumplex Model을 기초로 Arousal축과 Pleasure축을 규명한 감성평가 모델이 사용 가능함을 확인 하였다.

참 고 문 헌

- [1] Seungwoo Kim, Jaeil Choe, "A Study on Infra-Technology of RCP Interaction System, Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems, pp. 1121-1125, Aug. 2004.
- [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] John Cammetal., "Heart rate variability", European Heart Journal, Vol. 17, pp. 354-381, 1996