

유비쿼터스 RCP 상호작용을 위한 다감각 착신기능모듈의 개발

A Development of Multi-Emotional Signal Receiving Modules for Ubiquitous RCP Interaction

장 경 준, 정 용 래, 김 동 욱, 김 승 우*
(Kyung-Jun Jang, Yong-Rae Jung, Dong-Wook Kim, and Seung-Woo Kim)

Abstract : We present a new technological concept named RCP (Robotic Cellular Phone), which combines RT and CP. That is an ubiquitous robot. RCP consists of 3 sub-modules, RCP Mobility, RCP Interaction, and RCP Integration. RCP Interaction is the main focus of this paper. It is an interactive emotion system which provides CP with multi-emotional signal receiving functionalities. RCP Interaction is linked with communication functions of CP in order to interface between CP and user through a variety of emotional models. It is divided into a tactile, an olfactory and a visual mode. The tactile signal receiving module is designed by patterns and beat frequencies which are made by mechanical-vibration conversion of the musical melody, rhythm and harmony. The olfactory signal receiving module is designed by switching control of perfume-injection nozzles which are able to give the signal receiving to the CP-called user through a special kind of smell according to the CP-calling user. The visual signal receiving module is made by motion control of DC-motored wheel-based system which can inform the CP-called user of the signal receiving through a desired motion according to the CP-calling user. In this paper, a prototype system is developed for multi-emotional signal receiving modes of CP. We describe an overall structure of the system and provide experimental results of the functional modules.

Keywords : ubiquitous RCP interaction, multi-emotional signal receiving modules, tactile module, olfactory module, visual module

I. 서론

최근 국내외에서 CP(Cellular Phone)는 IT(Information Technology) 분야의 핵심기술로 자리 잡고 있으며, 산업 및 경제적으로도 매우 중요한 위치에 있다[1,2]. 그러나 아직은 기존의 CP에 단순한 IT기술이 접목된 수준이며, 이렇듯 단순한 IT기술의 접목만으로는 더 이상 CP기술이 발전하기는 힘든 상황이다. 또한, 세계 시장에서 우위를 점하기 위해서는 새로운 개념의 CP 산업기술과 구현기술을 확보해야만 한다. 이러한 상황에서 현재 큰 반향을 일으키고 있는 유비쿼터스 컴퓨팅은 기존 CP의 한계점을 극복할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 지금의 휴대폰으로 인터넷을 이용하는 것은 더 이상 어렵고 새로운 기술도 아니며 누구나 어디에서나 휴대폰을 이용한 인터넷 콘텐츠로 언제든지 정보를 교환할 수 있다[5-7]. 유비쿼터스는 언제든지 인터넷이라는 방대한 네트워크에 접속할 수 있는 지금 휴대폰을 보다 우리생활의 중심에 둘 수 있도록 하는 촉매제가 될 것이며, 이미 부분적으로 휴대폰에 유비쿼터스 개념을 적용한 홈 오토메이션 기술, 각종 전자결제 시스템, 네비게이션 서비스 등에서 사용되고 있다. 앞으로 CP는 언제, 어디서나 우리의 가장 가까운 위치에서 유비쿼터스 컴퓨팅, 네트워크 서비스를 제공할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

IT분야의 발전과 함께 RT(Robot Technology)분야도 21세기의 유망한 첨단기술로 손꼽히고 있다. 일본의 미즈비시 연구소의 '향후 로봇기술 보고서(2000년)'에서는 IT와 RT의 접목기술이 2015년에는 현 IT시장의 5배 시장을 형성할 것으로

판단하고 있으며, IEEE의 최근 보고서에 따르면, 10년 이내에 1인 1개인로봇을 보유할 것으로 내다보고 있다[5-7]. 따라서, 본 논문에서는 현재의 1인 1CP시대에서 1인 1로봇시대로 넘어가는 징검다리 역할을 할 수 있는 개인로봇형 휴대전화단말기 RCP(Robotic Cellular Phone)의 개발을 통하여 유비쿼터스 로봇 단말기를 구현한다. RCP란 기존의 휴대전화단말기에 개인용 로봇(personal robot)을 결합한 것으로 로봇의 개인 서비스 기능과 엔터테인먼트 기능을 갖춘 새로운 기술이며, 어디서나 유비쿼터스환경을 접할 수 있는 로봇단말기로서 가능성이 높은 CP를 활용함으로써 자연스럽게 유비쿼터스환경 친화성도 높일 수 있을 것이다.

RCP는 RCP^{Mobility}(RCP for Mobility), RCP^{Interaction}(RCP for Interaction), RCP^{Integration}(RCP for Integration) 기능시스템의 3가지 세부 기술로 구성되어 있다.

RCP^{Mobility}는 인간친화형 모션 자동화와 Walking & Arm 기능을 이용한 개인서비스를 위한 기술을 말하며, RCP^{Interaction}은 지능알고리즘을 이용하여 인간과 CP와의 상호작용을 보다 더 긴밀하게 유지하기 위한 기술이다. 감성생성 기술과 사용자의 감성을 유발할 수 있는 감성유발엔진 및 감성모델의 개발을 포함한다. 그리고, 각종 센서를 이용한 사용자 및 외부 환경 인식과 RCP 자신의 상태 감지 등의 모든 인식 기술을 말한다[5-7].

RCP^{Integration}은 RCP^{Mobility}와 RCP^{Interaction}을 지능화기술 및 통신연동기술로 결합하여 이들이 보다 지능적으로 동작하여 각종 응용서비스를 할 수 있도록 제어하기 위한 연동기술로 구성되어 있으며, RCP의 모든 기술을 제어하는 최상위 제어기의 역할도 수행한다.

본 논문은 RCP 세부기술인 RCP^{Interaction}의 인간과 RCP의 물리적인 접촉을 바탕으로 한 감성전달 기술을 구현하는데 목적이 있다. 이러한 기술은 인간과 CP와의 감성적 친화를 높

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2005. 9. 15., 채택확정 : 2005. 10. 25.

장경준, 정용래, 김동욱, 김승우 : 순천향대학교 정보기술공학부

(jjang5412@hotmail.com/neos001@sch.ac.kr/bmedwkim@sch.ac.kr/seungwo@sch.ac.kr)

여주는 것을 목표로 하기 때문에 유비쿼터스를 구성하는 기술중에 하나인 CP기술과의 자연스런 융합이 이루어질 수 있다. 그리고 감성전달에 대한 객관성 검증을 위해 세부구성기술 중에서 촉각착신모듈을 중심으로 생체계측시스템과 표준화된 분석방법을 도입하여 감성치리에 대한 과학적인 평가 모델을 시도한다. 본론에서는 각각의 착신모듈의 개념과 구성을, 실험 및 결과에선 착신모듈의 구현을 설명하며 특히 촉각착신모듈을 이용한 생체신호측정 방법으로 감성전달의 과학적 접근이 이루어질 것이다. 결론에선 다감각착신모듈의 평가와 가능성을 검토하며, 특히 착신진동모듈의 생체계측실험으로 감성전달의 기술적 가능성을 고찰해 볼 것이다.

II. 본론

본 논문에서 주로 언급하는 RCP^{Interaction} 다감각착신모듈은 다양한 감성모듈(emotional module)을 갖는 CP의 개발을 말한다. 즉, 자연스런 환경의 자극을 인간의 오감 정보를 바탕으로 뇌에서 감정을 느끼는 것처럼 감성을 전달할 수 있는 자극을 발생시킬 수 있는 감성모듈의 개발과 이를 인간에게 전달할 수 있는 기술을 개발하는 것이다.

1. RCP^{Interaction} 다감각착신 모듈

RCP^{Interaction} 다감각착신모듈은 촉각착신모듈, 후각착신모듈, 시각착신모듈의 3가지 다감각착신모듈로 구성된다.

3가지 착신모듈은 서로 독립되어 시스템적으로 동등한 위치에 있으며 착신선택에 의해 각각의 작동을 선택 받는다. 착신모듈을 구성하는 기술로는 바이브레이터(vibrator)의 진동 주파수 가변을 바탕으로 음악이 인간의 감정에 영향을 미치는 것처럼 화음주파수를 바이브레이터의 진동 주파수로 변환하여 전달함으로써 소리가 아닌 진동을 통하여 다양한 감정을 전달하는 기술과, 향(香) 분사 장치에서 발생하는 향의 종류와 분사량 제어에 의하여 인간에게 좋은 느낌을 주는 향과 나쁜 느낌을 주는 다양한 향을 분사함으로써 이를 통하여 사용자에게 감정을 전달하는 기술과, CP에 동적 특성을 부여하여 웹 베이스 네비게이션 기능을 이용하여 사용자에게 다양한 동작을 보여주고, 각각의 동작마다 느낄 수 있는

다른 느낌들을 통해 사용자가 발신자를 판단할 수 있는 기술로 구성 된다[3,7,8].

그림 1은 RCP^{Interaction}시스템의 세부기능모듈의 개념 및 구성을 보여주고 있다.

2. RCP^{Interaction} 다감각착신 모듈의 설계

2.1 촉각착신모듈(tactile receiving module)

기존 착신진동은 하나의 진동모터와 진동패턴으로 착신을 알리는 것에만 치중하였다면, 우리의 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[5,11,12].

주변환경의 음악적 소리들은 복합적인 소리의 패턴으로 구성되어 있으며 그 구성에 가장 많은 영향력을 갖는 것이 앞의 리듬, 멜로디, 비트이며 촉각착신모듈이 표현하려는 음악적 요소로서 사용하였다. 이 각각의 요소들은 하드웨어적으로 진동모터를 구동하는 소스로서 사용되며 우리의 RCP는 각각의 음악적 요소에 해당하는 진동모터를 사용한다.

촉각착신모듈에서 사용하는 진동모터는 모터 회전축의 무게중심이 한쪽으로 치우쳐진 편심형 모터이며 이러한 모터는 회전당 진동모터에 진동을 유발하며 이를 회전진동수로 부른다. 진동모터의 기계적 진동 발생 원리는 회전축에 부착된 편심체가 회전할 때 생기는 가진력(加振力)을 이용하는 것이며 편심회전자 에서 발생하는 가진력의 크기는 (1)과 같다.

(*m*: 편심 질량, *e*: 편심 거리, *w*: 회전 각속도)

$$F = m \cdot e \cdot w^2 \tag{1}$$

가진력은 *w*²에 비례하므로, 회전 각속도는 진동모터의 진동 량에 가장 큰 영향을 준다. 모터의 회전 각속도는 (2)의 토크(*T*) 방정식에서 유도할 수 있다. (*T*:구동 토크, *J*:관성 질량, *D*:점성 마찰 계수, *G*:gyroscopic 계수, *T_f*:마찰 토크)

$$T = J \frac{dw}{dt} + (D + G)w + T_f \tag{2}$$

각속도 *w*가 일정한 정상상태일 경우 (2)는 (3)과 같이 정리된다.

$$w_{const} = \frac{T - T_f}{D + G} [rad / s] \tag{3}$$

(2)에서 *T_f*, *D*, *G*는 기계적인 설계에 의해 결정되며, (3)에서 보이듯이 정상 상태에서의 모터 회전 각속도는 구동 토크 *T*에 비례함을 알 수 있다.

여기에서 편심체가 1회전하는 주기는 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$T = \frac{2\pi}{w_{const}} = \frac{1}{f} \tag{4}$$

f (회전주파수)에 대하여 정리하면

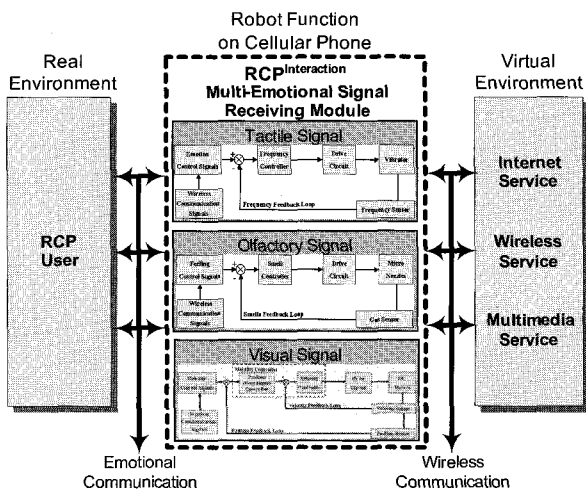


그림 1. RCP^{Interaction}시스템의 개념 및 구성.

Fig. 1. RCP^{Interaction} system configuration.

표 1. 진동모터의 음계 별 주파수대역 및 입력전압.

Table 1. Frequency bandwidth of vibration motor.

Scale	Frequency (Hz)	Input Voltage(V)
Do	65.405	0.37
Re	73.416	0.63
Mi	82.407	0.74
Fa	87.307	0.93
Sol	97.999	1.22
Ra	110.000	1.39
Si	123.470	1.59
Do	130.813	2.04
Re	146.832	3.33

표 2. 후각착신모듈의 마이크로노즐 동작성능.

Table 2. Micro-nozzle spec. of olfactory receiving module.

Resistance	Supplied energy (m Joule)	Pulse Period (us)
65	0.05	10
Frequency Response(Hz)	Initial Velocity(m/s)	Droplet size (um)
5K	12	70
Droplet/ nozzle(um)/(um)	Spatial Resolution	Satellite droplets
0.875	75	Yes

$$f = \frac{w_{const}}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \frac{T - T_f}{D + G} \quad (5)$$

표 1은 진동모터의 음계 높이에 해당하는 공급전압 대비 가변되는 회전진동수를 측정하여 정리한 것이다. 이 결과에서 알 수 있듯이 우리가 사용한 진동모터의 회전진동수는 1 옥타브를 조금 넘는 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.

이러한 문제는 음악형태의 소리를 진동으로 천이하는데 있어서 진동자극 표현범위의 손실을 가져온다. 이러한 손실의 영향을 줄이기 위해 진동모터의 회전진동수가 표현할 수 있는 영역을 최대한 활용하여 비교적 음의 높낮이가 지나치게 높거나 변화가 급격하지 않은 음악을 선별하여 실험에 사용하였다.

2.2 후각착신모듈(olfactory receiving module)

후각착신모듈의 발향 방법은 마이크로노즐을 이용한 방법을 사용하였다. 이 방법은 발향영역이 국소적이고, 발향모듈 자체를 작은 크기로 가공이 용이하며, 저전력으로 사용할 수 있는 장점이 있다. 우리는 이 모듈에 열화형 마이크로노즐을 사용하였으며, 이것의 동작 특징은 짧은 전압 펄스가 내부에 있는 마이크로노즐과 연결된 레지스터에 가해지면, 내부의 분사액체가 급속히 끓는 점 이상으로 도달하고, 이 액체에서 기체로의 전환과정에 의해 방울이 팽창되어 프린터 헤드 마이크로 노즐 밖으로 밀어내게 되며, 이러한 과정이 초당 수 천번 반복적으로 이루어진다.

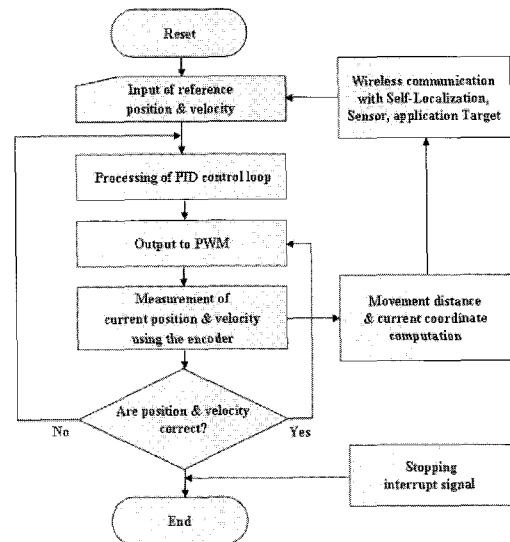


그림 2. 시각착신모듈 제어 순서도.

Fig. 2. Control flowchart of visual receiving module.

표 2는 우리의 RCP에 임베디드되는 열화형 마이크로노즐의 성능을 나타내고 있다. 주파수응답 성능에서 동작 주파수가 최대 5K[Hz]까지, 동작시간은 10us로 사용이 가능하며, 이 두 가지의 성능을 제어함으로써 발향의 양과 속도를 제어할 수 있다

2.3 시각착신모듈(visual receiving module)

사물의 움직임 역시 인간의 감성을 유발하는 주요원인이며 슬픈 사진을 보면 슬픈 느낌이, 부드러운 동작을 보게 되면 안정감을 갖는 것이 인간의 일반적인 반응이며 이러한 시각적 자극이 인간에게 미치는 영향을 정리한 IAPS (International Affective Picture System) 라는 감성표준화 시스템에서도 확인할 수 있다[4,9,14].

시각착신모듈은 DC모터를 2개 사용한 바퀴 구동방식의 모듈로 다양한 주행이 가능하며, 이러한 주행능력으로 인간의 감성을 유발할 수 있는 다양한 동작패턴을 만들어 낼 수 있다.

RCP에 임베디드 되어야 하기 때문에 3.7V의 휴대폰 배터리로도 구동이 가능한 저전력의 소형 DC모터가 사용되었고 베벨기어를 이용한 동력 전달 방법으로 모듈을 소형화 하였다. 바퀴를 이용한 주행시스템은 필요한 위치에 정확하게 추종되어야 하기 때문에 정밀한 제어가 필요하며 그림 2에서 제어 알고리즘을 나타내고 있다.

2.4 RCP^{Interaction} 다감각착신모듈의 감성평가

RCP에 다감각착신 기능을 부여하여 RCP와 인간이 서로 감성을 공유하는 인간친화적인 로봇의 구현이 가능하게 된다. 이를 위해서는 RCP에서 부여하는 다감각착신모듈에 의한 각종 자극에 대한 감성평가가 필요하게 된다.

외부에서의 환경변화나 여러 요인에 의하여 자율신경계가 자극을 받았을 경우에는, 그 균형이 파괴되어 자율신경계는 이것을 회복시키기 위한 여러 작용을 하게 되는데, 이 과정에서 그림 3과 같은 메커니즘에 의하여 생체신호(HRV 및 GSR)에 변화가 발생하기 때문에 이 과정을 역으로 거슬러 올라가면, 생체신호(HRV 및 GSR)에 의한 감성평가가 가능하게 된다.

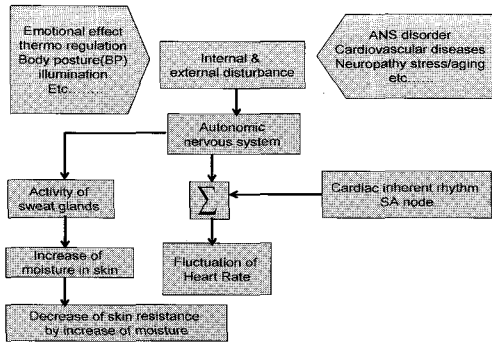


그림 3. 자율신경계의 영향에 의한 HRV/GSR 통합 메커니즘.
Fig. 3. A HRV/GSR integration mechanism of autonomic nerve system.

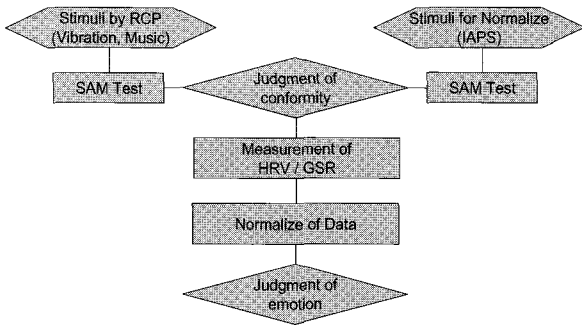


그림 4. 감성판정 순서도.
Fig. 4. An estimation flowchart of emotions.

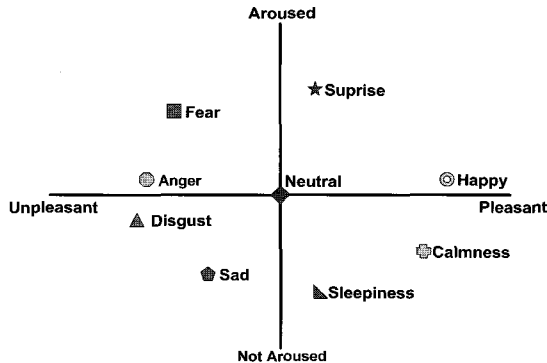


그림 5. 감성에 대한 circumplex model.
Fig. 5. A circumplex model of emotions.

즉, 그림 4와 같이 외부자극에 의한 생체신호의 변화 및 피험자의 주관적인 평가에 해당되는 SAM test에 의한 감성평가시스템을 구축할 수 있다.

생체신호처리에 의한 감성평가를 위해서는 생체신호에 대한 인자분석을 통하여 생체신호의 특징을 취하여 각 인자 값에 따라 감성으로 판단하는 알고리즘이 필요하게 되며, 본 연구에서는 그림 5와 같이 Russel에 의해서 제안된 감성의 Circumplex모델을 활용하였다[18]. 즉 제1인자는 aroused-not aroused로 표현되며, 제2인자는 pleasant-unpleasant로 표현되는 2차원 모델이다.

피험자에 따라서는, 동일한 감성자극을 인가하였을 경우에

도 발현되는 생체신호에는 차이가 있기 때문에, 생체신호 그 자체의 절대값을 이용하여 감성을 평가하였을 경우에는 오류의 가능성이 뒤따르게 된다. 따라서, 피험자에게 IAPS에서 제안한 표준화된 영상자극을 부여하였을 때 나타나는 생체신호를 기준으로 한 표준화를 실시하여 감성평가에 활용하였다[14].

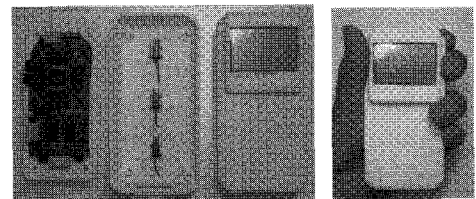
III. 실험 및 결과

1. RCP^{Interaction} 다감각착신모듈의 구현

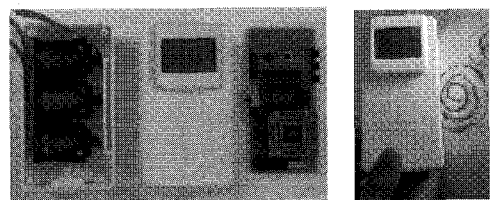
그림 6은 다감각착신모듈의 구현을 보여주고 있다. 촉각착신모듈은㉠ 3개의 진동모터와 이를 구동하는 구동드라이버, 그리고 모듈을 제어하는 프로세서로 구현되어 있으며 무선 실험환경을 위한 무선모듈이 설치되어 있는 것이 왼쪽 사진에 나타나 있으며 진동실험 모습을 오른쪽에서 보여주고 있다.

후각착신모듈은㉡ 마이크로노즐 카트리지를 설치하고 이를 구동하기 위한 스위칭 구동소자와, 스위칭 구동소자를 제어하기 위한 프로세서로 구성된다. 오른쪽의 사진은 향 분사의 가시성을 위해 검은색으로 도색된 액체를 분사하는 상황을 보여주고 있다.

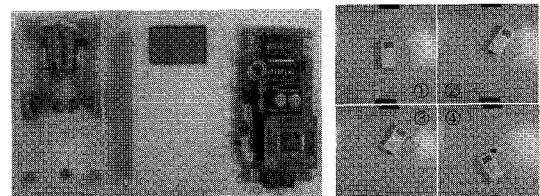
시각착신모듈은㉢ RCP의 이동성능을 위한 소형 DC 모터가 2개 사용되며, 소형화를 위해 베벨기어로 동력을 전달하는 구조로 되어있고, 구동드라이버와 위치제어를 위한 제어기가 구현되어 있는 마이크로프로세서와 무선통신을 위한 블루투스모듈로 구성된다. 오른쪽의 그림은 시각착신모듈의 다양한 감성유발 동작 중 하나를 보여주고 있다.



(a)



(b)



(c)

그림 6. RCP^{Interaction} 다감각 착신모듈의 구현.
Fig. 6. Implementation of RCP^{Interaction} multi-emotional receiving module.

2. 실험방법

2.1 촉각촉신모듈의 구성

그림 7은 생체계측 실험을 위한 촉각촉신모듈의 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.

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

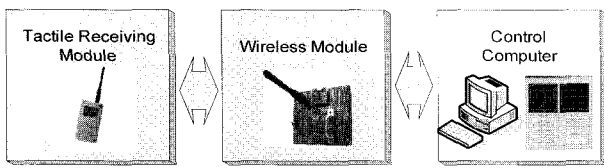


그림 7. 촉각촉신모듈의 실험환경.

Fig. 7. Experimental setup of tactile module.

표 3. 음악구성요소와 진동패턴과의 매핑.

Table 3. Mapping of music configuration elements and vibration pattern.

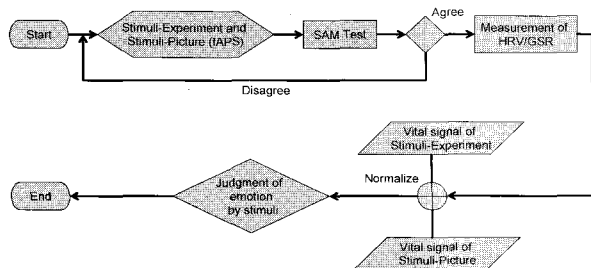
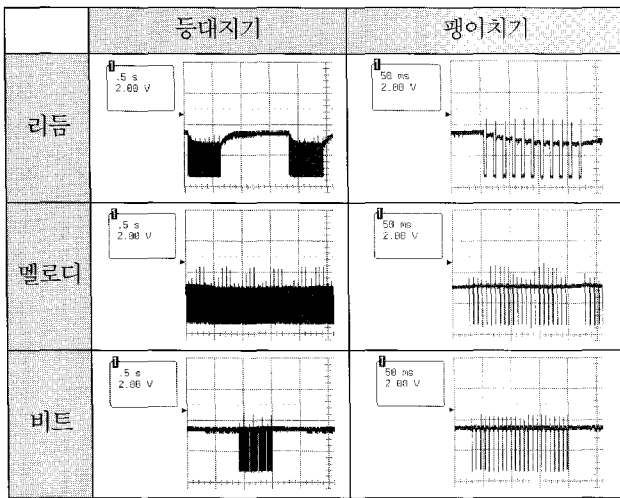


그림 8. 실험순서.

Fig. 8. A Experimental flow chart.

2.2 실험환경

인가하는 자극에 대한 외부의 영향을 제거하기 위하여 항온, 항습, 방음 및 조도조절이 가능한 실험실 (온도:25℃, 습도:45%, 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 18명의 20대 남녀를 대상으로 하였으며, 실험 전에 본 실험에 대한 목적을 충분히 설명하여 긴장감을 배제시키도록 하였으며, 실험 3시간 전에는 카페인과 알코올이 함유된 식품의 섭취를 배제 하도록 지시하였다. 생체신호의 측정에는 Biopac사의 MP150을 이용하여 측정을 하였으며, AcqKnowledge ver.3.7.3을 사용하여 분석을 실시하였다.

실험의 순서는 그림 8과 같으며, 자극에 대한 변화 여부의 정도를 판단하기 위하여 기준선(baseline)을 규정하기 위해 실험 전 5분의 안정화 시간을 부여한 후 가장 안정화 된 상태에서의 생체 신호를 측정하였다. 영상, 음악, 진동의 자극들은 각각 3분간 데이터를 수집하며, 데이터를 수집하는 동안에는 HRV 및 GSR이 동적 잡음을 최소화하기 위하여, 피험자의 움직임을 제한 하도록 하며, 각 자극에 대한 실험은, 이 전자극에 의한 간섭을 최소화하기 위하여 3분 이상의 안정화 시간을 부여 하였다. 본 실험에서 촉각자극에 대해서는, 총 6종류의 자극을 사용하였다.

3. 실험결과

6종류의 촉각자극에 대한 감성평가를 위하여 HRV 및 GSR을 측정하여 그 결과에 대해 살펴본다.

3.1 HRV측정결과

심박동변이(HRV, Heart Rate Variability)는 심박의 변화를 주파수 분석하면 자율신경계의 반응을 기록할 수 있는 신호로, 감성평가의 지표로 활용 될 수 있다. 본 연구에서는 단기분석법을 통하여 분석하였으며, 주파수 범위는 LF(0.01-0.08Hz) MF(0.08-0.15Hz), HF(0.15-0.5Hz)로 구분하였다[15-17].

자극부여 전후의 HF변화량과 MF(LF+HF) 변화량, LF/HF 변화량 및 HR의 SDNN변화량을 그림 9에 나타내었다.

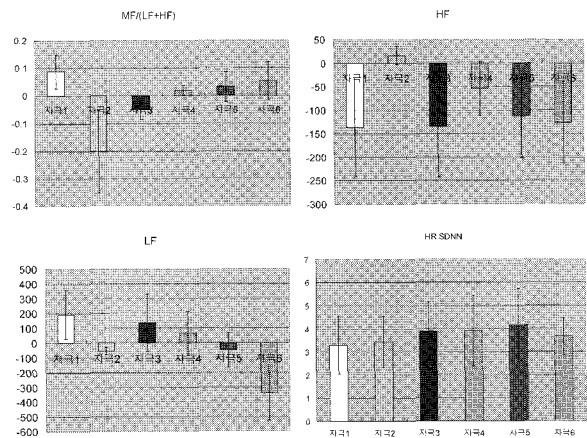


그림 9. HRV 결과 분석 그래프.

Fig. 9. A result of HRV analysis.

3.2 GSR측정결과

환선의 활동도에 따른 피부저항이 변화를 기록한 것으로, 자율신경계의 반응을 나타내는 지표로, 그림 10에 GSR의 일반적인 신호를 나타낸다.

GSR을 판단하는 파라미터로는 잠복기(EDR Lat.), 진폭기(EDR amp.), 상승시간(EDR ris.t) 및 회복시간(EDR rec.t/2)으로 나타낼 수 있다. GSR 잠복기는 입력 자극 후 GSR 신호가 나타날 때까지의 잠복시간을 뜻하며, 상승시간은 GSR 신호의 피크(Peak)까지 올라가는 시간을 뜻하며, 진폭은 피크치의 값을, 회복시간은 신호가 안정상태로 회복되는 시간을 의미한다.

본 연구에서는 GSR의 진폭(EDR amp.) 및 GSR의 피크의 수를 카운트한 두 가지 파라미터를 추출하여 감성평가에 활용하였으며, 그 결과를 그림 11에 나타내었다.

각 자극에 대하여 측정된 HRV 및 GSR 신호에 대하여 SPSS통계에 의한 귀무가설을 이용하여 p-value와 유의 수준 α 를 비교하여 실험데이터의 유용성을 검증한 결과를 표 4에 정리하였다.

6종류의 자극에 대하여 실험데이터의 유의성을 검토한 결과, HRV에서는 HF 및 MF/(LF+HF)가 공통적으로 유의하였으며, LF 및 HR SDNN에 대해서는 유의성이 없는 것으로 나타났다. 또한, GSR신호의 경우는, count peak에서는 유의성이 없었으며, GSR의 진폭에서는 유의한 차이가 있음을 알 수 있었다.

유의차가 확인된 HRV 및 GSR결과를 바탕으로 각 자극에 대한 그룹화를 실시하면, 자극 1, 3, 6이 동일한 경향을, 그리고 자극 2, 4, 5가 동일한 경향을 나타내고 있는 것을 알 수 있어, 각 그룹이 동일한 감성을 가지고 있는 것으로 판단할 수 있다. 또한, 생체신호측정 실험 시, 제시된 자극에 대하여 피험자가 주관적으로 느끼는 감성에 대하여 흥분-안정에 대한 자극의 강도를 1-9단계로 평가하도록 한 SAM test를 실시한 결과를 표 5에 나타내었다.

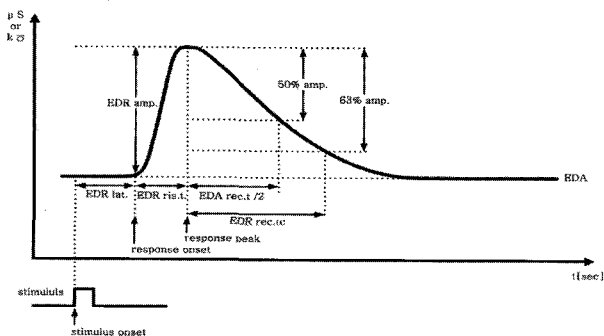


그림 10. 전형적인, EDR파형과 파라미터.

Fig. 10. A typical wave form and parameters of EDR.

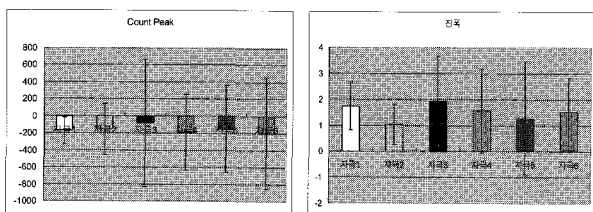


그림 11. GSR 결과 분석그래프.

Fig. 11. A result of GSR analysis.

표 4. HRV 및 GSR결과 분석.

Table 4. Analysis of HRV & GSR signal.

	HRV			HR SDNN.	GSR		
	HF	MF/(LF+HF)	LF		Count Peak	진폭	
자극 1	기준치	76.8±46.0	0.26±0.13	157±69.9	3.65±1.29	176±124	-0.11±0.11
	자극후	-135±106	0.09±0.06	191±164	3.23±1.24	-173±751	1.63±2.01
	변화량	-212±129	-0.17±0.24	34.7±481	-0.42±1.47	-349±760	1.74±2.19
	p value	<0.1	<0.1	NS	NS	NS	<0.05
자극 2	기준치	76.8±46.0	0.26±0.13	157±69.9	3.65±1.29	176±124	-0.08±0.07
	자극후	16.7±18.9	-0.20±0.15	-55.7±25.8	3.44±1.10	-156±443	0.95±1.23
	변화량	-60.1±51.5	-0.46±0.46	-212±129	-0.21±1.03	-332±419	1.03±1.31
	p value	<0.01	<0.05	<0.01	NS	<0.05	<0.05
자극 3	기준치	76.8±46.0	0.26±0.13	157±69.9	3.65±1.29	176±124	-0.06±0.13
	자극후	-135±108	-0.04±0.03	134±195	3.89±1.27	-82.4±508	1.89±1.50
	변화량	-211±319	-0.31±0.16	23.0±602	0.24±1.18	-259±532	1.95±1.66
	p value	<0.05	<0.01	NS	NS	NS	<0.01
자극 4	기준치	76.8±46.0	0.26±0.13	157±69.9	3.65±1.29	176±124	-0.13±0.19
	자극후	-53.6±57.8	0.02±0.02	199±150	3.90±1.53	-192±655	1.44±1.54
	변화량	-130±164	-0.24±0.14	-138±454	0.25±1.59	-368±675	1.57±1.63
	p value	<0.01	<0.01	NS	NS	NS	<0.05
자극 5	기준치	76.8±46.0	0.26±0.13	157±69.9	3.65±1.29	176±124	0.05±0.33
	자극후	-113±88.5	0.03±0.05	-50.9±116	4.15±1.58	-147±389	1.32±1.11
	변화량	-190±264	-0.23±0.21	-208±348	0.50±1.36	-323±412	1.27±1.15
	p value	<0.05	<0.01	<0.1	NS	<0.05	<0.05
자극 6	기준치	76.8±46.0	0.26±0.13	157±69.9	3.69±1.29	176±124	-0.04±0.26
	자극후	-126±86.9	0.07±0.07	-194±190	3.66±0.80	-201±633	1.52±1.09
	변화량	-203±262	-0.21±0.3	-350±755	0.01±1.60	-377±656	1.52±1.09
	p value	<0.05	<0.1	<0.1	NS	NS	<0.01

표 5. SAM test 결과.

Table 5. Results of SAM test.

	자극 1	자극 2	자극 3	자극 4	자극 5	자극 6
평균	6.0± 1.3	3.9± 1.6	6.1± 1.8	4.5± 1.7	4.3± 2.0	6.8± 1.6
p-value	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

표 6. 각 촉각자극에 대한 감성평가 결과.

Table 6. Results of emotional estimation by tactile-sensation stimuli.

자극명	촉각자극종류	감성평가
자극 I	동요“팽이치기”	흥분
자극 II	동요“등대지기”	안정
자극 III	“대~한민국”	흥분
자극 IV	비트1	안정
자극 V	비트2	안정
자극 VI	비트3	흥분

5.0을 중심값으로 하여 높으면, 흥분성 낮으면 안정성을 나타낸다.

SAM test의 결과를 살펴보면 자극 1,3,6은 흥분성 감성을 자극 2,4,5는 안정성 자극을 나타내는 결과를 보여주고 있다.

표 4의 생체신호에 의한 그룹의 분류와 표 5의 SAM test에 그룹이 동일한 것을 알 수 있다. 따라서, 피험자의 주관적인 감성평가와 생체신호에 의한 감성평가의 동일성을 확인할 수 있어, 향후, 생체신호에 의한 감성평가의 신뢰성을 확보할 수 있는 결과를 얻었으며, 이상의 결과로부터, 각 자극에 대한 감성을 평가하면, 표 6과 같이 판단할 수 있다.

IV. 결론

본 연구는 RCP^{Interaction} 다감각착신시스템을 구성하는 3가지 기술, 촉각, 후각, 시각착신모듈의 새로운 CP의 착신 기능을 제안하여 앞으로의 CP발전 방향을 제시하였으며 기능모듈의 구현으로 가능성을 발견하였다.

촉각기능모듈은 음악의 진동주파수로의 전환실험이 성공적으로 이루어져 초기 프로토타입을 이용한 생체신호 계측 실험을 실시하였다.

(음악, 진동)에 대한 HRV와 GSR을 이용하여 느끼는 감정을 판단하였다. 감정을 나타내는데 있어서 교감신경과 부교감신경계의 활성화 여부가 많은 영향력을 보이기 때문에 감정을 판단하는 파라미터로 이용하였다. 이러한 생체 신호 실험을 통하여 흥분(aroused)과 안정(not aroused)으로 나누어 감정의 여부를 판단하는 것이 정확한 판단이 될 수 있는 가능성을 발견하였으며 우리의 진동모듈이 인간의 감정에 일부 영향을 줄 수 있음을 증명하였다. 이러한 점은 앞으로 계속될 생체신호 실험과 보다 진보된 진동유발 방법의 연구로 보다 그 정확성이 높아질 것으로 기대되고 있다.

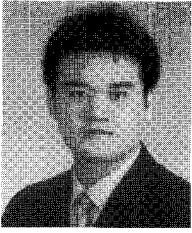
발향착신모듈은 마이크로노즐을 이용한 분사실험을 성공적으로 실시하였으며 RCP의 임베디드에 최적화 할 수 있도록 소형화가 진행중이다.

시각착신모듈은 감성자극을 유발하는 다양한 동작을 구현하여 촉각착신모듈에서 적용한 생체계측 실험을 적용하기 위한 기반환경을 구축하고 있다.

이러한 다감각착신모듈의 개발성과는 현재 유비쿼터스기술에서 중요한 역할을 담당할 CP가 인간의 감성유발에도 영향을 줄 수 있도록 함으로써 인간과 유비쿼터스기술과의 연결을 보다 직접적이고 견고하게 유지할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

참고문헌

- [1] M. Fujita, "Digital creatures for future entertainment robotics," *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation*, vol. 1, pp. 801-806, 2000.
- [2] C. Breazeal (Ferrell), "A motivational system for regulating human-robot interaction," *In Proceedings of AAAI 98. Madison, WI, 1998.*
- [3] S.-Y. Yoon, 2000. "Affective synthetic characters," *Ph D. diss. Department of Brain and Cognitive Sciences, Massachusetts Institute of Technology. Forthcoming.*
- [4] S.-Y. Yoon, B. M. Blumberg, and G. E. Schneider, "Motivation driven learning for interactive synthetic characters," *Proceedings of Autonomous Agents, 2000.*
- [5] S. W. Kim, J. Choe, "A study on the new technological concept of robotic cellular phone(RCP)," *International Journal of Intelligent Material Systems and Structures*, pp. 2005.
- [6] J. Choe, S. W. Kim, "A study on infra-technology of robotic cellular phone," *Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp. 3571-3576, Sept., 2004.
- [7] S. W. Kim, J. Choe, "A study on infra-technology of RCP interaction system," *Proceedings of International Conference on Control, Automation and Systems*, pp. 1121-1125, Aug., 2004.
- [8] C. Kline, and B. Blumberg, "The art and science of synthetic character design," *Proceedings of the AISB 1999 Symposium on AI and Creativity in Entertainment and Visual Art, Edinburgh, Scotland, 1999.*
- [9] D. Isla, R. Burke, M. Downie, and B. Blumberg, "A layered brain architecture for synthetic creatures," *Proceedings of the International Joint Conferences on Artificial Intelligence*, pp. 1051-1058, 2001.
- [10] H. Miwa, T. Umetsu, A. Takamishi, and H. Takano, "Robot personality based on the equation of emotion defined in the 3d mental space," *Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation* pp. 2602-2607, 2001.
- [11] T. Kato, T. Arita, *Proceeding of the 9th International Symposium on Artificial Life and Robotics*, 2004.
- [12] D. Doerner, H. Schaub, T. Staudel and S. Strohschneider, "Ein system zur handlungs-regulation oder die interaktion von emotion, kognition und motivation," *Sprache & Kognition*, vol. 4, pp. 217-232, 1988.
- [13] B. Blumberg, Action-Selection in Hamsterdam: Lessons from Ethology. *In Third International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior*, 108-117. Brighton, England: MIT Press. 1994.
- [14] A. Angrilli, "The influence of affective factors on time perception," *Perception & Psychophysics*, vol. 59, no. 6, pp. 972-982, 1997.
- [15] M. M. Bradley and P. J. Lang, "International affective picture system (IAPS): technical manual and affective ratings," 1997.
- [16] J. Camm et al., "Heart rate variability," *European Heart Journal*, vol. 17, pp. 354-381, 1996.
- [17] K. H. Kim, "Emotion recognition system using short-term monitoring of physiological signals," *Medicla & Biological Engineering & Computing*, vol. 42, pp. 419-427, 2004.
- [18] j. Russel, "A circumplex model of emotion," *Journal of Personality and Social Psychology*, vol. 39, pp. 1161-1178, 1980.



장경준

1978년 서울 출생. 2004년 2월 순천향대학교 정보기술공학부 졸업. 현재 동 대학원 석사과정 정보제어공학과 재학중. 관심분야는 로봇제어, 유비쿼터스 서비스로봇, RCP 상호작용.



정용래

1976년 아산 출생. 2002년 순천향대학교 공학사(제어계측공학). 2004년 동 대학원 공학석사(정보제어공학). 2004년~현재 동 대학원 공학박사(정보제어공학). 관심분야는 로봇제어, 유비쿼터스 서비스로봇, SFFS Tech.



김동욱

1964년 10월 23일생. 1988년 전북대학교 기계공학과(공학사). 1990년 전북대학교 대학원 기계공학과(공학석사). 1992년 Hokkaido Univ. 대학원 생체공학과(공학석사). 1995년 Hokkaido Univ. 대학원 생체공학과(공학박사). 1995년 Hokkaido

Univ. 특별연구원. 2000년~현재 순천향대학교 정보기술공학부 조교수. 관심분야는 실버공학, 감성공학, U-Healthcare, 의료공학 등.



김승우

1961년 서울 출생. 1987년 연세대 전자공학과 졸업. 1989년 동 대학원 공학석사(제어공학). 1994년 동 대학원 공학박사(로봇공학). 현재 순천향대학교 정교수. 1989년~1990년 삼성종합기술원 선임연구원(DD로봇). 1998년~1999년 Case

Western Reserve Univ. 교환 교수. 2003년 일본 나고야대학 로봇연구소 방문교수. 관심분야는 로봇제어, 퍼지제어시스템, SFFS Tech, 유비쿼터스 서비스로봇, 엔터테인먼트 로봇.