

생체신호를 이용한 감성의 정량적 측정 및 평가

임재중

인제대학교 의용공학화

I. 서론

인간의 감성이란 주어지는 환경의 변화나 외부의 물리적인 자극에 반응하여 인간내부에서 일어나는 고도의 심리적인 체험으로 쾌적감, 고급감, 불쾌감등에 대한 복합적인 감정이라고 할 수 있다. 일반적으로 감성은 이성의 반대어로 쓰이고 '인간의 오감이 복합된 감각'을 지칭한다고 하며, 심리학 영역에서는 감성을 감각(sensation), 지각등에 의한 인간의 인지과정 또는 정보처리 과정의 하나로 이해하고 보다 높은 수준의 정서상태로 정의하고 있다^{1,2}. 또한, 우리의 공통 관심사는 '의식주'에 있어서 인간의 삶의 질을 가장 높여 줄 수 있는 환경을 제공하고, 생활에 필요한 제품을 개발하고, 도구들을 제작하고자 하는데 있으며, 이를 위해서는 주위의 환경조건에 따라서 변화되는 감성, 즉 인간의 육체적 및 정신적 반응을 측정하여 제품을 개발하는데 응용하여야 한다. 그러기 위해서 우선적으로 해결하여야 할 과제는 주위의 환경 조건에 따라서 변화되는 인간의 육체적 및 정신적 반응을 측정하고 이를 정량화하는 작업이라 할 수 있을 것이다. 이러한 생리적 현상을 측정하고 분석하여 보다 신뢰성 있고 정확한 정보를 얻기 위해서는 그 현상들이 나타나게 되는 원리를 이해하고 측정 자체에 대한 구체적인 지식뿐만 아니라 측정 과정에서 발생 할 수 있는 모든 상호작용을 아는 것으로부터 시작되어야 할 것이다.

모든 생명체는 생명 활동에 필수적인 생리적 현상으로서 생체항상성의 유지를 위한 기능들을 가지고 있으며, 이러한 기능들은 뇌, 심장, 신경, 근육, 골격 및 혈액계통의 통합적 작용에 의하여 이루어지고 있다. 특히, 뇌는 인간의 생각 및 행동을 지배하는 중추신경계 및 말초신경계로 이루어져 있으며, 외부로부터 주어지는 자극의 종류나 정도에 따른 인체의 반응을 조절하는 기능을 담당하고 있다. 이러한 과정에서 나름대로의 특별한 의미를 가지고 있는 생체신호들이 계속 발생되고 있는데 이들 신호들은 신경정신계통의 이상 유무에 대한 판단 및 심리적인 변화상태의 추세를 보기 위한

중요한 척도의 하나로 널리 사용되어지고 있다. 시스템이 무생물계인 경우에는 이러한 상호작용은 비교적 복잡하지 않고 영향이 크지 않으며, 필요한 수정을 가하기가 수월하고 적절한 정확도를 가진 값을 얻을 수 있다. 반면에, 생물계에 대한 측정은 직접적인 물리적 영향 뿐만아니라 생화학, 생리학 적, 그리고 심리학적으로 발생하는 여러 가지의 민감하고 복잡한 상호작용들을 포함하고 있으므로 측정 결과에 대한 신뢰성 있는 해석을 필요로 하게 되며 이를 위하여 신호의 검출 및 정량적인 분석에 필요한 몇 가지 단계를 거치게 된다. 즉, 데이터 수집 및 기록에 있어서는 검출하는 신호가 왜곡되지 않고 필요한 성분만이 검출되어 질 수 있는 조건을 맞춰야 하며, 검출된 신호는 그 특성에 따라서 분류되어 적절한 분석방법을 선택함으로써 의미있는 변수들을 찾아내게 되는 것이다. 이때, 동일한 신호에 대하여 동일한 분석방법을 수행하였다 하더라도, 그 신호로부터 얻어내고자 하는 정보의 종류에 따라서 불필요한 변수가 있을 수 있고, 연구의 목적에 부합되는 중요한 지표로 사용되어 질 수 있는 변수가 있으므로 이의 선택에 신중한 고려를 하여야 할 것이다.

이러한 과정을 거쳐서 추출된 의미있는 변수들은 궁극적으로는 인체라는 하나의 시스템에 외부의 입력이 주어질 때 나타나는 출력을 예측할 수 있는 하드웨어 및 소프트웨어의 개발에 이용됨으로써 감성평가 시스템의 실현을 통한 인간의 감성을 고려한 제품을 생산하는데 필요한 데이터베이스의 구축이 이루어 질 수 있는 것이다. 검출된 신호들을 분석하는 기법 및 해석하는 알고리즘이 개발된다면 복합적인 환경의 변화에 대한 감성상태를 평가할 수 있는 통합된 소프트웨어의 적용이 가능할 것이다. 이러한 감성을 평가할 수 있는 시스템을 개발하기 위해서는 주어지는 자극환경의 변화에 따라서 발생하는 여러 가지의 생리신호를 검출하고 이를 해석하는 것이 필요하다. 즉, 주위 환경의 자극원에 대한 감성지표를 제공할 수 있는 통합된 시스템을 구축하고자 함이 감성공학에서 추구하는 최종 목표인 것이다.

II. 감성의 측정 및 평가

1. 주관적 평가

인간의 감성은 감각기관에 의해 감지된 외부의 자극에 대해 인체가 느끼는 2차적인 복합 감정이라 할 수 있다. 이러한 인간의 감성에 대한 평가는 주로 심리학자에 의해서 주관적인 설문조사를 통하여 이루어져 왔으며 의미변별법, 오피니온평가법, 일대일비교법, 등현간격법, 형용사 check-list, 기타 psychometric 척도 등을 사용하여 분석하였다. 일본에서는 나가마찌 교수를 중심으로 감성공학(Kansei Engineering)이라는 용어가 탄생되었으며, 그는 형용사 분석의 일종인 SD (semantic differential) 척도를 이용하여 감성을 정량화시키려 노력하였다. 현재까지의 인간의 감성에 대한 연구는 심리학적 척도를 이용하여 특정제품에 대해 소비자가 요구하는 감성을 만족 시켜줄 수 있는 디자인 요소들을 찾는 방법이라 이해 할 수 있다. 그러나, 예쁘다, 귀엽다, 짝짝하다, 포근하다, 편하다, 쾌적하다, 고급스럽다 등의 형용사로 표현되는 2차감정을 유발하는 감성요인들에 대한 인간의 느낌을 물리적인 척도로는 측정할 수 없기 때문에 이를 정량적, 객관적으로 측정한다는데는 많은 논란이 있을 수 있다. 그리고, 어떠한 디자인 요소들이 해당제품에 대한 소비자의 감성을 만족 시켜줄 것인가를 찾기위한 설문조사 방식의 심리학적 접근은 과정상의 어려움과 함께 소비자들의 욕구를 정확하게 파악하는데 한계가 있으며, 동일한 외부자극이라도 개인에 따라 갖는 느낌에 차이가 있을 뿐만아니라 선호도에도 많은 차이를 나타낼 수 있다. 즉, 객관성이 결여되어 있다고 할 수 있으며 이들 결과를 바탕으로 한 감성제품의 설계에 대한 성공 여부에 의문이 제시될 수밖에 없을 것이다. 결국, 감성제품의 생산을 위해서 가장 기본이 되는 것은 인간의 감성을 객관적, 정량적으로 측정하고 평가할 수 있는 기술의 개발이라고 할 수 있다.

2. 객관적 평가

생물의 기능들을 공학적 개념으로 이해하고자 하는 광범위한 연구들중에 생체신호들의 측정과 분석을 통한 생물체의 객관적인 상태를 규명하고 정량화하려는 노력들은 최근 의학분야 뿐만 아니라 생물학, 물리학, 인간심리학, 사회학 등의 여러 분야에서 이루어져왔다. 이러한 학문분야 전반에서 필요로 하는 공통된 사실은 생체신호에 대한 정량적인 측정과 분석을 가장 선행적인 내용으로 다루고 있으며, 그러한 측정 및 분석기술의 축적이 감성공학에서 이루고자 하는 연구성과의 가장 큰 관건이라고 할 수 있겠다. 감성공학과 관련된 요소 기술을 구체적으로 그 체계를 세워보면, 그 첫째가 제품설계에 활용할 수 있는 인간특성을 파악하는 기반기술이다. 즉 외부환경의 변화나 오감에 대한 자극의 변화에 따른 인간의 중추신경계와 자율신경계의 통합적 조절능력에 의해 나타나는 생체신호의 변화를 분석하면 우리가 알고자 하는 생리현상들을 파악 할 수 있다. 그러므로 감성공학내에서의 생체신호의 분석과 그 정량화 과정은 감성의 더욱 과학적인 해석을 가능하게 해 줄 수 있는 것이다.

III. 감성과 생체신호

인간의 감성변화를 측정하고 평가하기 위해서는 우선 인간의 감성에 대한 이해와 함께 감성의 발생과 변화과정을 파악해야 할 것이다. 그리고, 인간의 감성 발생과 변화에 영향을 주는 요소들에 대한 연구와 이들 요소들이 인간의 감각기관, 두뇌, 그리고 인간 자체에 미치는 영향에 대한 상호관계가 규명되어야 할 것이다.

1. 신경계와 생체신호

신경계는 크게 중추신경계(CNS, central nervous system)와 말초신경계(PNS, peripheral nervous system)로 구분되며 말초신경계는 체신경계(somatic nervous system)와 자율신경계

(autonomic nervous system)로 나뉘어 진다. 체신경계는 외부의 자극에 대한 감각과 수용에 관여하는 수의적 신체운동을 지배하는 신경계이며, 자율신경계는 불수의적인 내장운동기관을 지배한다. 자율신경계는 다시 교감신경계(sympathetic nervous system)와 부교감신경계(parasympathetic nervous system)로 나누어지는데 인체의 각 기관들에 연결되어 상호보완적 작용을 한다. 예를 들어 교감신경이 흥분하면 심장박동이 빨라지고 혈압이 상승하며 동공이 확대되는 등 전신적인 에너지 소비를 보이고, 신진대사 속도도 감소하는 경향을 보인다. 이와같이 자율신경계의 활동은 신체가 활동상태에 있을 때에는 교감신경의 지배하에 있으며 반대로 신체내에 에너지를 축적하고 휴식하는 상태에서는 부교감신경의 작용이 우세하게 된다. 또한, 얼굴을 찡그리거나 골격근이 떨리는 반응은 중추신경이 지배하는 반응이며, 웃거나 울거나 성적흥분을 하는 것은 중추신경과 말초신경이 협동하여 나타나는 작용으로 알려져 있다. 이렇듯 심장의 박동이나 호흡의 리듬 및 체온 등도 우리가 의식하지 못하는 사이에 일정하게 유지되도록 하는 생체항상성의 유지기능이 신경계에 의하여 조절되어지고 이때 마다 우리 몸에서 검출될 수 있는 생체신호에 변화가 발생하게 된다. 이렇듯 생명체내에서 이온의 이동, 활동전위의 전달 등의 생체항상성 유지과정에서 발생하는 신호를 생체신호라고 하며, 이는 전기, 임피던스, 음향, 자기(biomagnetic), 역학, 화학, 광학신호 등으로 구분될 수 있다. 이러한 생체신호는 인체의 어느곳에서도 검출되어질 수 있으며, 적절한 검출부위와 검출방법의 선택에 따라서 각 신호들에 대한 의미를 부여할 수 있는 것이다³⁾.

심전도(ECG, electrocardiograph)는 심장에서 흥분도가 발생되고 소실될 때 생기는 전위의 변화를 체표면에서 기록하는 것으로써 측정부위로부터 심장까지의 거리 및 전위가 일어나는 부위에 펼쳐지는 각도, 정상부위와 흥분된 부위의 전압차, 여러 활동전위의 동기화 여부, 그리고 각 심장세포의 활동전위의 모양의 차이에 의해 영향을 받는다. 즉, 심장의 페이스메이커(pacemaker)라고 하는

SA-node로부터 심실근육까지 활동전위가 전달되는 경로를 따라 각 부위에서 발생하는 다양한 모양의 활동전위에 의해서 심장박동의 한 주기동안 P-QRS-T로 이루어지는 전형적인 심전도 파형이 나타나게 된다. 임상에서 심전도는 심장근과 전도를 통한 흥분의 비정상적인 전파, 심방 및 심실의 크기의 변화, 심장근의 손상, 그리고 심장 박동수의 이상 등을 밝히는데 유용하게 사용되고 있다. 근전도(EMG, electromyograph)는 근육의 수축과 이완시에 일어나는 이온의 이동으로 인하여 발생하는 전위로서 파형의 형태 및 크기는 전극이 부착된 피부표면의 아래에서 나타나는 탈분극파의 크기, 피부표면과의 거리, 그리고 각 근섬유에서 발생하는 근육활동전위(map, muscle action potential)의 크기에 의해서 결정된다. 이러한 근전도는 근육의 기능, 신진대사, 피로상태 및 신경근육계 질환의 진단에 사용되며, 생체체환(biofeedback)을 통한 치료 및 재활보조기구의 설계에도 널리 이용되고 있다. 안구전도(EOG, electro-oculograph)는 표면전극을 안구 주변에 부착하여 안구가 움직일 때마다 발생하는 각막-망막전위(CRP, corneal-retinal potential)를 측정하여 기록하는 것을 말한다. 이때 전극을 양쪽 눈의 가장자리에 부착하면 안구의 수평운동을 알 수 있으며, 눈의 위아래에 부착하면 안구의 수직운동의 변화를 관찰할 수 있다. 이 외에도 교감, 부교감 신경계의 흥분상태에 의해서 변화되는 생체신호인 피부저항(GSR, galvanic skin resistance)이 있으며, 혈관질환이나 생리학적 불균형을 진단하는 데는 혈압(BP, blood pressure)을 이용하여 심혈관계의 상태를 판단할 수도 있다. 이와 같이 신경계와 관련하여 우리 인체에서 끊임없이 발생하는 여러 가지의 생체신호의 변화량은 외부환경의 변화나 인간내면의 심리적인 변화량을 반영하는 좋은 지표가 될 수 있는 것이다.

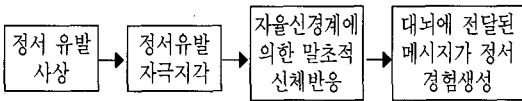
특히, 뇌파(EEG, electroencephalograph)는 대뇌에서 발생하는 전위를 대뇌피질(cerebral cortex), 또는 머리표면(intact scalp)에서 기록하는 방법으로써, 인간의 정서상태를 나타내는 대표적인 생체신호라 할 수 있다. 이러한 뇌파는 피험

자의 상태에 따라서 특정 주파수범위를 갖는 $\delta, \theta, \alpha, \beta$ 파형을 나타낸다^[4]. 이들 파형 중 δ -파는 깊은 수면상태에 있을 때나 갓난아이에서 주로 나타나며 4H_z 이하의 주파수대를 보이고, θ -파는 $4\sim 8\text{H}_z$ 의 파형으로서 정서적으로 불안한 상태에 있거나 주위가 산만할 때 주로 나타난다. 그리고, α -파는 정신적으로 안정되고 눈을 감고 있는 상태에서 뚜렷이 나타나고 $8\sim 13\text{H}_z$ 의 주파수를 포함하며, β -파는 13H_z 이상의 주파수로서 뇌의 활발한 활동에 의한 빠르고 불규칙한 형태로 나타난다. 뇌파를 이용하였을 때 정상적인 파형의 변화로부터 벗어나는 파형이 검출되는 경우에는 뇌의 병리적인 상태를 예측할 수 있다. 일반적인 뇌파는 뇌사, 뇌종양, 간질, 다발성 경화증, 무의식등의 진단에도 널리 이용되고 있다. 또한, 외부의 자극에 의해서 발생하는 유발전위(evoked potential)나 CNV(contingent negative variation)은 임상 뿐만 아니라 심리학에서도 널리 사용되고 있다.

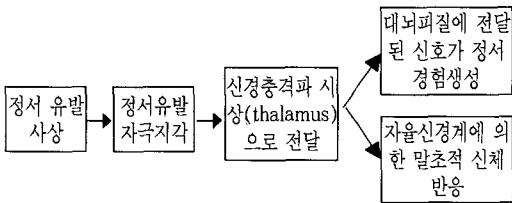
2. 감성과 생체신호

감성의 실태를 파악하고자 하는 노력은 아주 오래전부터 꾸준히 있어 왔으며, 중추신경계와 생체신호의 변화가 나타나는 각 기관들의 관계를 포함해 감성의 발생과정을 처음으로 모형화한 사람은 James와 Lange였다. James-Lange 이론은 감성을 신체반응 자체에 그 초점을 맞추어 대뇌피질과 운동계, 내분비계가 직접 연결되는 모형으로 설명하였다. 그림 1에서 볼수 있듯이 우리가 정서라고 부르는 것은 자율 신경계를 각성시키는 상태에 대한 신체의 반응을 우리가 감지한 결과라는 것이다. 이 모형은 감성 발생과정에 대뇌피질 외에 시상(thalamus)의 역할이 강조되는 것과 자율신경계의 반응은 너무 느리다는 것, 그리고 동일한 말초신경 변화가 다양한 정서적인 혹은 비정서적인 상태에서 발생하기 때문에 어떻게 생리적 변화를 가지고 정서를 규정할 수 있는냐고 하는 반박으로 Cannon-Bard 이론에 의해 수정되었다. 그림 2의 Cannon-Bard 이론에 따르면 정서유발 상황이 시상을 자극하고 그런 연후에 정보가 동시에 두 방향 즉, 자율신경계를 통과해서 신체의 내부 기관

으로의 하부방향과 대뇌 피질로의 상부방향으로 전달된다고 한다. 자율신경계는 정서와 연관되어 있는 말초적 생리적 각성을 일으키고 대뇌피질은 주관적인 정서경험을 갖게된다. 그 이후에도 Hess, Flynn, Papez 등에 의해서 정서의 경험에 의한 자율신경계의 변화에 대한 많은 이론이 소개되어 왔다. 결국, 내부 환경의 변화나 오감에 대한 자극의 변화에 따른 인간의 중추신경계와 자율 신경계의 통합적 조절능력에 의해 나타나는 생리신호의 변화는 감성의 객관적 평가를 위해 고려하여야할 기층적이면서도 큰 비중을 차지하는 요소라는 연구의 배경을 제시한 것이라 할 수 있다.



(그림 1) James-Lange의 정서이론



(그림 2) Cannon-Bard의 정서이론

인간의 감성과 관련하여 인간공학 분야에서는 그 동안 작업부하로 인한 육체적 또는 정신적 피로와 주어진 작업에서의 성능의 저하나 주위 집중력 저하 등의 객관화 가능한 부분을 추정하기 위해서 다양한 생리적 지표들을 사용해 왔다. 심전도, 근전도, 피부저항, 혈압 등을 이용해 자동차 운전자나 비행기 조종사의 육체적 정신적 부담을 측정하여 작업부하를 경감하는 방향으로 인간-기계 체계를 설계하는 것과 작업장내 소음의 주파수대역을 분석하여 1~100Hz대역의 저주파소음이 불쾌감을 일으킨다는 사실에 대한 대응책으로 방음벽이나 실내에 카페트와 같은 흡음체를 사용하여 작업환경을 개선한 일례도 있으며, 일본의 경우 지하철의 플랫폼에 전차가 접근할 때의 경고음을 날

카로운 경고음으로부터 배경소음의 음폐가 덜 일어나는 멜로디로 바꾸어 승객들의 감정을 자극하지 않도록 배려한 사실들을 그 예로 들 수 있다.

3. 생체신호의 분석

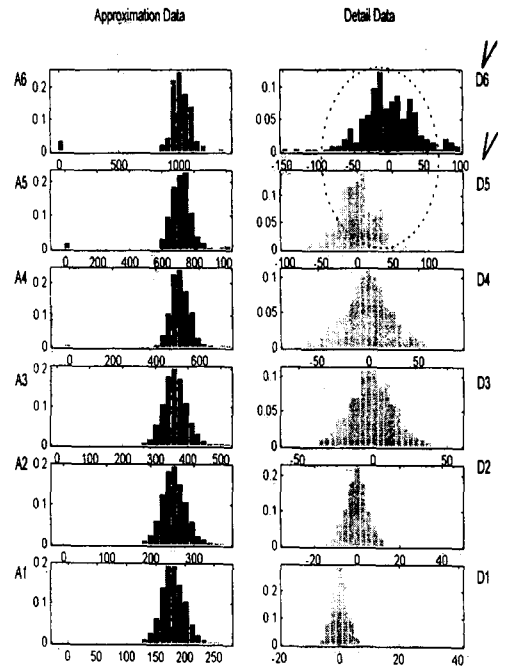
일반적인 신호의 분석은 크게 시간영역과 주파수영역의 두 가지 차원에서 이루어지고 있다. 시간영역 분석에서의 주 분석변수들은 진폭이나, 시간축과의 교차빈도수, 어느 시점에서의 기울기 등의 값들을 분석하는 경우와 평균값, 분산값으로부터 신호자체의 분포경향을 파악하는 기초적인 분석들이 있다. 그리고, 신호의 주기성을 고려한 자기상관함수와 두 신호에 대한 유사성을 시간지연이나 시간이동에 관계없이 판정하거나 신호들이 시간적으로 얼마만큼 뒤지고 있는가를 분석하는 상호상관함수 분석들이 있다. 또한, 신호의 값들에서 발생될 수 있는 확률이 변화하는 비율을 분석하여 확률밀도를 찾는 방법, 시스템의 응답특성 및 입력을 알고 있을 때 출력특성을 알아보기 위한 상층적분 분석이 있고, 일정구간의 초기신호 데이터에 대하여 Prony's method 등의 시계열모델을 설정하여 분석창을 옮겨가면서 설정된 모델과 일치하는 부분을 찾는 방법도 사용되고 있다. 근래에는 이러한 시계열분석 알고리즘에 신경망이론을 적용하여 반복적인 연산을 통해 최적의 해를 구함으로써 데이터들로부터 통계적으로 유의한 특징들을 추출하기도 한다. 주파수영역에서의 분석은 시간영역에서의 데이터들을 푸리에변환을 통해 주파수영역의 값으로 변환하는 스펙트럼 분석을 통하여 이루어진다. 또한, 구해진 전력 스펙트럼을 이용하여 각 조건에서의 신호들의 특성을 coherence 분석을 통하여 비교할 수 있다. 즉, 생체신호의 경우 주위 자극조건의 변화를 입력으로 간주하고 입력변화에 따라 나타나는 생체신호를 출력으로 놓았을 때 입력출력간의 관계를 설명할 수 있는 것이다.

오랜 기간동안 생체신호의 분석에서는 시계열 분석과 주파수 분석방법들을 이용하여 해석하려는 노력들이 많았었다. 예를 들어 심장의 전기적인 활동도를 나타내는 심전도의 경우 시간축상에서 파형의 R-R 간격의 변화량을 통해 부정맥의 판단

이나 이상질환에 대한 정량적인 분석을 하였으며, 심박변동율(HRV, heart rate variability)의 스펙트럼으로부터 저주파성분과 고주파성분을 분리하여 이들의 비를 분석하는 경우도 있다. 뇌파의 경우에는, 신호 자체가 다양한 주기성분을 가지고 있으므로 이 주기성을 주파수성분의 진폭이나 전력값들로 나타냄으로서 그 신호의 특이성을 분석, 검출하는 방법을 주로 사용하여 왔다. 그러나, 뇌파의 경우는 신호자체에서 규칙성이 보이지 않는 불규칙한 신호이며, 피검자의 눈 움직임이나, 근육의 움직임등 여러 가지의 요인에 의해 원신호가 가진 정보량들이 소실되는 경우가 빈번하고 짧은 시간 동안 순간적으로 특성이 변화하는 경우 그 변화 지점을 찾아내어 신호에 포함된 정보를 찾는 분류 작업은 기존의 시계열분석법이나 주파수분석법만으로는 부적절하다 할 수 있다. 심전도의 경우에도 혈압이나 맥파에서와 마찬가지로 돌발적인 형태의 파형이나 부정맥의 경우는 아직까지도 명확한 해석이 이루어지고 있지 않은 실정이다. 이러한 생체신호의 불규칙적인, 그리고 시간대역이 아주 짧은 신호들의 해석에 있어서 기존의 신호처리 방식에서 잡음으로 처리할 수도 있는 정보량들로부터 유의한 정보들을 도출하기 위한 새로운 알고리즘을 제시하기 위해 시간-주파수 축상에서의 분석법인 웨이브렛 변환을 도입하기도 하였다^[5-7].

현재 감성요소기술에서는 다양한 종류의 자극이 제시될 때의 생리신호들을 검출, 분석하는 연구들이 활발히 진행되고 있다. 뇌파의 경우는 그 특성이 시간에 따라 변화하는 nonstationary한 신호이며 주어지는 자극의 속성에 의해서 순간적으로 특성이 변화할 수 있으므로 이러한 지점을 찾아내어 분류하기 위하여 wavelet 변환중에서도 matching pursuit 기법을 이용하여 순간적으로 변화하는 뇌파파형의 변화를 찾아내고자 시도하였다. Wavelet 변환을 이용하여 EEG 신호의 energy distribution map을 구성하고 긍정과 부정적인 자극시의 wavelet coefficient를 비교하였다. 피부자극이 제시되었을 때 EEG 신호의 주파수 성분이 고 주파수 영역에서 나타남을 알 수 있었으며, spectral energy는 피검자들이 불편한 감성을 경험하게 될

때 더욱 고주파수 영역에 분포되고 있음을 발견하였고 이는 F4 영역에서 명백히 관찰되었다. 또한, 청각자극을 제시하였을 때는 긍정적인 청각음보다 부정적인 청각음에 대한 뇌파의 변화가 잘 구분되었으며, 특히 부정적인 자극시에는 α -wave 성분이 자극 전에 비하여 감소하고 있음을 알 수 있었고 자극의 영향은 자극 제시 후 약 30초간 지속됨이 나타났다. 온열감에 대한 반응으로써는 온풍(warm)을 제시할 때 무 자극시에 비하여 중간 주파수대역(12-18Hz) energy의 미소한 감소가 나타났으며, cold 및 hot 조건에서는 큰 변화를 찾아볼 수 없었다. 그림 3과 표 1에 뇌파에서의 wavelet coefficient를 히스토그램으로 표현한 예와 긍정자극과 부정자극시에 나타난 detail 신호의 coefficient에 대한 변수값들이 비교되어 나타나 있다.



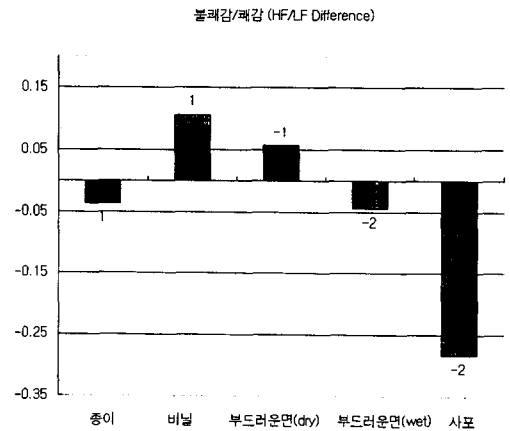
〈그림 3〉 뇌파신호를 MRWT(multi-resolution wavelet transform)로 분할했을때 approximation과 detail 신호의 wavelet coefficient 히스토그램

〈표 1〉 긍정자극과 부정자극시의 뇌파의 detail 신호에 대한 coefficient 값의 비교

변수값	상 태	부정반응		긍정반응	
		detail 5	detail 6	detail 5	detail 6
Mean		0.02458	0.09561	1.991	1.105
Median		-0.0607	-0.04179	2.004	-1.23
Mode		-1.762	-0.2724	-0.9687	-15.32
Maximum		56.03	67.62	130.1	176.9
Minumun		-49.04	-55.82	-82.47	-118.8
Range		105.1	123.4	212.6	295.7
Standard Deviation		4.014	4.897	26.97	43.22
Median Absolute		1.631	1.942	14.24	26.76
Median Absolute Deviation		2.515	2.896	19.69	33.27

심전도 신호로부터는 HRV(heart rate variability)를 계산하고, 주파수분석을 수행한다 [8,9]. 즉, 교감신경계와 부교감신경계의 우세정도를 나타내기 위하여 청각자극이 제시되었을 때의 HRV의 스펙트럼을 구하고 이로부터 0.03Hz 대역(LF)과 0.15Hz 대역(HF)의 주파수 성분의 비율(HF/LF)을 변수로 정의하였다. 그 결과 피부자극원으로 젖은 면(wet cotton)과 사포(sand paper)를 제시하였을 때 야기되는 불쾌감을 경험한 피험자들에서는 HF/LF 값이 감소하는 반면에 부드러운 면(dry cotton) 등의 자극원으로 피험자가 쾌적함을 경험했다고 설문에 답한 경우에는 HF/LF 값이 증가함을 확인하였으며, 그림 4에 각 자극조건에 대한 변수값의 비교가 나타나 있다. 그리고, 청각자극이 제시되었을 때도 공통적으로 부정의 자극에서보다 긍정의 자극에서 HF/LF의 값이 더 높게 나타남을 확인하였다. 온열감에 대한 반응으로써는 온도가 높아지는 조건일수록 HF/LF 값이 증가하는 추세를 보임을 알 수 있었다. 그리고, 냉풍을 신체 부위별(발, 무릎, 얼굴, 목 뒷부분)로 제시하였을 때는 무릎 부위에 제시하였을 때 HF/LF 값이 감소하였으며, 다른 부위에서는 rest 상태일 때에 비하여 증가하고 있음을 확인하였다.

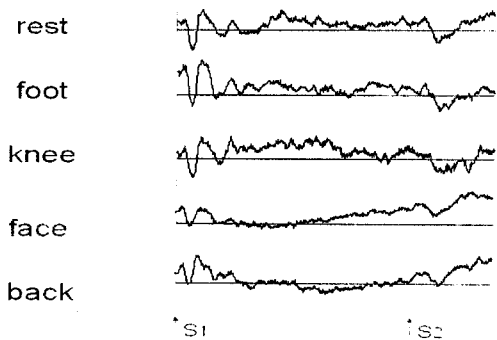
주위의 환경변화에 따른 피험자의 복합적인 생리심리 변화를 반영한다고 할 수 있는 EEG와는 달리 CNV(contingent negative variation)는 주



〈그림 4〉 다양한 피부자극원을 제시하였을 때 HRV 스펙트럼 변수인 HF/LF의 변화(막대그래프상의 각 숫자는 주관적설문의 결과 점수로써 음(-)의 값일수록 불쾌한 상태를 나타냄)

어지는 자극이 피험자에게 이완감(relax)을 주는가, 아니면 긴장감(alert)을 주는가의 심리적 상태를 간접적으로 판단할 수 있는 신호로써 온열감이나 후각자극에 대한 반응을 측정하기에 적합한 생체신호라고 할 수 있다. 데이터의 수집 방법으로는 두 단계의 자극을 제시한다. 첫 번째 자극(S1, 1KHz의 청각자극)이 제시되면 피험자는 두 번째 자극을 기다리게 되며, 1.7초 후에 제시되는 두 번

재 자극(S2, 직경 5mm의 붉은 원을 피험자 앞의 모니터에 제시)이 나타나면 피험자는 마우스의 button을 누른다. 실험하고자 하는 온도조건을 제시하는 동안 이러한 자극과 반응을 30-50회 반복한다. 각 조건에서 반복되어 수집된 데이터를 평균함으로써 깨끗한 CNV파형이 얻어지게 되고, 이로부터 변수를 추출한다. 변수로서는 피험자의 인지 능력과 반응상태를 나타내는 0.5~1.5초 사이의 파형의 적분값을 계산한다. 온열쾌적감 연구에서는 냉풍을 신체 부위별(발, 무릎, 얼굴, 목 뒷부분)로 제시하였을 때를 조건으로 하였으며, 그 결과 무릎 부위에 제시하였을 때는 무 자극일 때에 비하여 energy 값이 증가 하였으며, 발에 제시하였을 때는 약간 감소하는 추세를 보이고, 얼굴 전면과 목 뒷부분에 제시하였을 때는 그림 5에 나타나 있듯이 그 energy 값이 현저히 감소함을 발견하였다.



(그림 5) 다양한 조건의 냉풍을 제시하였을 때의 CNV의 변화

IV. 맺음말

외부의 자극에 대해 신체는 생리학적 또는 심리적으로 복잡한 반응을 하며, 이 반응결과는 미세하지만 신경계와 홀몬계 등을 자극하여 신체 전반에 걸쳐 변환을 일으킨다. 인체 또는 대뇌의 상태에 따라 변화되는 이러한 생리현상을, 인체에 가해

지는 외부자극을 정확하게 조정하여 정밀하게 측정할 수 있다면, 인체 감각기관에 의해 지각되어 특정한 느낌을 발생시키는 감성요인의 연구에 효과적으로 사용될 수 있을 것이다. 주어지는 자극에 따른 피험자의 주관적 감성평가를 위한 설문내용은 감각 및 감성의 심리적, 주관적 척도를 고려하여 설계되는데, 이 때 감성요인의 측정과 분석에 보다 객관적인 생리학적 척도들을 이해 할 수 있으면 디자인 요소의 결정에 신뢰도있는 자료를 제공할 수 있을 것이다. 그러나, 불행히도 일상적인 감각에 의한 미세한 생리변화를 선택적으로 정밀하게 측정할 수 있는 장비나 방법은 아직 개발되어 있지 못한 실정이다.

현재 분석중에 있는 대표적인 생리신호로서는 EEG, ECG, EMG, CNV, GSR, respiration, temperature 등이 있으며, 앞으로 ERP(event-related potential), blood flow, blood pressure 등의 생리신호도 검출, 분석하여 다양한 생리신호의 변수들과 주관적 평가간의 상관관계 수립에 적용하게 될 것이다. 감성공학의 요소기술 연구에서는 새로운 생리신호 변수의 추출기법을 개발하여 감성과 생리신호간의 더욱 유의한 상관관계를 찾고자 하는 연구를 시도하고 있으며, 이들 생체신호의 분석을 통하여 심리적인 측면에서 인간의 감성을 조절하는 자율신경계에서의 특징적인 변화를 평가하는데 좋은 지표를 얻을 수 있을 것이다. 현 단계에서는 자극의 종류를 긍정/부정 혹은 쾌/불쾌의 차원에서 구분되었으나 향후 연구에서는 감성의 표현을 더욱 세분화된 단계로 구분할 수 있도록 주관적 평가의 항목을 추가하고, 보다 현실적으로 적용 가능한 다양한 자극원을 사용하게 될 것이다. 즉, 감성의 좌표축을 교감, 부교감신경계로 구성하여 각 생리신호로부터 검출된 변수들이 좌표축 내에서 분포되는 형태를 분석함으로써 자극간의 구분을 시도하고자 하는 것이다.

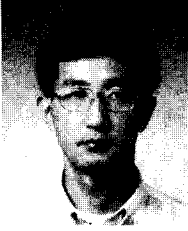
최근 연구들에서의 전자공학이 이루어낸 센서기술의 발전과 전기생리학 분야의 발달은 인체 생리변화의 미세한 부분까지의 측정뿐만 아니라 생체시스템의 전기적인 모델링도 가능하게 하였다. 더 나아가 임상분야에서 진단이나 치료를 주목적으로

사용되어왔던 생체신호분석은 인간의 신체활동 이외에도 인지과정, 감성변화등을 측정하는 분야로 까지 확대 적용되기 시작하였다. 즉, 자율신경계의 변화에 의한 심장박동이나 피부 저항의 변화, 내분비계에 의한 생리적 변화 등에 대한 객관적이 측정이 가능하다면 이를 통해 감성의 질적 종류와 양적 강도에 대한 평가도 가능할 수 있을 것이다. 생리신호를 감정분석의 객관적 지표로서 정량화하기 위한 측정기법 및 데이터 구축상의 문제와 생리신호 분석 기법상의 문제를 이상적으로 해결하고, 환경변화에 따른 다양한 생리신호의 특성과 감성의 변화에 대한 상관관계를 찾아낸다면 감성의 정량적인 해석이 가능한 알고리즘의 수립으로 획기적인 감성평가기술이 개발될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- (1) N.R. Carson, Physiology of Behavior, Needham, Massachusetts, Allyn and Bacon, 1991.
- (2) J.L. Andreassi, Psychophysiology—Human Behavior and Physiological Response, 3rd Ed, New Jersey, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, 1995.
- (3) J.G. Webster, Medical Instrumentation — Application and Design, Houghton Mifflin Comp., Princeton, New Jersey, 1992.
- (4) R.J. Davidson, “Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion,” Brain and Cognition, 20, pp.125–151, 1992.
- (5) P.J. Durka and K.J. Blinowska, “Analysis of EEG Transients by Means of Matching Pursuit,” Ann. Biomed. Eng., 23(5), pp.608–611, 1995.
- (6) M. Akay, “Wavelets in Biomedical Engineering,” Ann. Biomed. Eng., 23, pp.531–542, 1995.
- (7) 김정환, 황민철, 임재중, “Time—Frequency Mapping에 의한 뇌파의 변화량 분석에 관한 연구,” 대한의용생체공학회 춘계 학술대회, 19(1), pp.370–373, 1997
- (8) N. Sato, S. Miyke, J. Akatsu, and M. Kumashiro, “Power Spectral Analysis of Heart Rate Variability in Healthy Young Women During the Normal Menstrual Cycle,” Psychosomatic Medicine, 57, pp.331–335, 1995.
- (9) 오상훈, 황민철, 임재중, “HRV 스펙트럼과 청각감성과의 연관성에 대한 연구,” 대한의용생체공학회 춘계 학술대회, 19(1), pp. 176–178, 1997

저자소개



任 在 重

1958年 8月 15日生

1977年 2月~1983年 2月 건국대학교 전자공학과(공학사)

1986年 5月~1988年 5月 Texas A & M 대학교 의용공학과(공학석사)

1988年 9月~1991年 12月 Texas A & M 대학교 의용공학과(공학박사)

1982年 12月~1984年 10月 현대자동차 부품개발부 전장과

1986年 9月~1991年 12月 Texas A & M 대학교 의용공학과 연구조교

1988年 9月~1989年 12月 Texas A & M 대학교 의용공학과, 수학과 강의조교

1992年 3月~현재 인제대학교 의용공학과 조교수

주관심 분야: 의료기기 개발-모니터링 장비(각종 생리신호), 뇌파계, 심전계, 생리신호
검출 및 분석기법 개발