생리신호를 기반으로 한 자동 감성 평가 전문가 시스템의 개발*

Development of an Automatic Expert System for Human Sensibility Evaluation based on Physiological Signal

정순철**, 이봉수***, 민병찬****

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop an automatic expert system for the evaluation of human sensibility, where human sensibility can be inferred from objective physiological signals. The study aim was also to develop an algorithm in which human arousal and pleasant level can be judged by using measured physiological signals. Fuzzy theory was applied for mathematical handling of the ambiguity related to evaluation of human sensibility, and the degree of belonging to a certain sensibility dimension was quantified by membership function through which the sensibility evaluation was able to be done. Determining membership function was achieved using results from a physiological signal database of arousal/relaxation and pleasant/unpleasant that was generated from imagination. To induce one final result (arousal and pleasant level) based on measuring the results of more than 2 physiological signals and the membership function of each physiological signal, Dempster-Shafer's rule of combination in evidence was applied, through which the final arousal and pleasant level was inferred.

Keyword: Automatic expert system, Human sensibility, Physiological signal, Membership unction, Dempster-Shafer's rule

* This paper was supported by Konkuk University in 2003
** 건국대학교 의과대학 의학공학부
주소:(380-701) 충북 충주시 단월동 322번지 건국대학교 의과대학 의학공학부
전화:(043)840-3759, (043)856-3352 Fax:(043)851-0620
E-mail: scchung@kku.ac.kr
*** 건국대학교 의과대학 의학공학부
**** 한밭대학교 산업경영공학과

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

1. 서 론

다양한 생리 신호들이 그 동안 의학 분야에서는 인체 생리 변화의 지표로서, 인간 공학 분야에서는 작업 부하 평가나 심리 평가 등의 측면에서 다양하게 사용되어 오고 있다. 그러나 아직까지 감성 평가 분야에서는 뚜렷한 연구 결과를 내지 못하는 형편이다. 이는 감성의 구조와 발생 과정에 대한 명확한 규명이 이루어지지 않았고, 또한 객관적인 생리적 신호 변화를 측정하여 주관적인 감성 변화와의 관련성을 규명하는데 어려움이 있기 때문이다. 인간의 감성을 평가하고 판단하는데 있어서 정량적 데이터를 기초로 한 논리적인 추론 방법이 강구될 필요가 있으며, 이러한 추론은 체계적인 수학적 모델을 기반으로 형성되는 것이 바람직하다 (양선모 등, 1998a; 정순철, 2002a). 그러나 인간의 감성은 매우 주관적이므로 구체적인 수치로 규정하기에는 많은 어려움이 있을 수 있다. 즉, 감성이라는 모호성 혹은 불확실성을 생리 신호의 정량적인 값으로 쾌하다 또는 불쾌하다 등의 이진법적인 논리로 표현하고 판단하는 것보다는 감성의 모호성을 인정하고 그 결과를 fuzzy하게 판단하는 것도 감성 평가의 한 방법이 될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 이미 구축된 데이터와 지식을 바탕으로, 확실하지 않은 퍼지 한 인간의 감성을 추론하여 평가할 수 있는 퍼지 전문가 시스템 (Expert System)이 필요할 것이다 (양선모 등, 1998b; 정순철, 2002a). 전문가 시스템은 특정분야의 문제해결을 위해 전문가의 지식을 지식베이스로 저장해 두고 컴퓨터에 의한 추론으로 문제를 해결하고자 하는 시스템으로 전문가와 동일한 능력을 발휘하는 지적 시스템의 형태를 가지고 있다 (김화수 등, 1995).

본 연구에서는 측정된 생리 신호로부터 인간의 감성을 자동으로 추론할 수 있는 감성 평가 전문가 시스템을 개발하고자한다. 이를 위하여 본 논문은 다음의 두 부분으로 구성된다.

먼저 측정된 생리 신호를 이용하여 인간의 감성을 판단 할 수 있는 알고리즘 개발에 관한 내용이다. 본 연구에서는 감성 평가에 관련된 애매함 (fuzziness)을 수리적으로 취급하기 위해 퍼지 이론을 적용하여 인간의 감성이 어떤 영역에 속한다 또는 속하지 않는다는 이진법 논리로부터, 그 영역에 속하는 정도를 소속 함수 (membership function)로 정량화함으로써 감성 평가를 가능하게 하고자한다 (김태윤 1992; 엄정국 등 1996; George et al. 1988). 특히 본 연구에서는 각 생리 신호의 소속 함수를 개발하는데 선행 연구를 통해 축적된 생리 신호의 데이터베이스를 이용하고자한다 (정순철 등, 2001, 2002b). 또한 감성 평가의 타당도를 증가시키기 위해서는 두 가지 이상의 생리 신호로부터 하나의 감성 평가 결과를 도출할 필요가 있다. 본 연구에서는 각 생리 신호의 소속 함수 결과로부터 하나의 최종 결과 (감성 평가 값)를 유추하기 위해서 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 적용하여 최종적인 감성 값을 추론하고자한다 (정순철, 2002a; Yang, 1994).

다음은 개발된 감성 평가 알고리즘을 이용하여 자동으로 인간의 감성 변화를 평가할 수

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

있는 자동 감성 평가 전문가 시스템의 구현에 대해 논의하였다.

2. 긴장도 및 쾌도 평가 알고리즘

2.1 생리신호 Database

선행 연구에서 감성 유발 요인이 개인마다 차이가 있다고 가정하고, 각 감성 영역에 해당하는 상상을 피험자마다 자유롭게 하게 함으로써 목적된 영역의 감성 변화를 유도하였다. 또한 유도된 각각의 감성 변화는 생리 신호 분석을 통해 객관적으로 변별될 수 있다는 사실을 밝혔다 (정순철 등, 2001, 2002b). 이들 데이터 중에서 20대의 (평균 23세) 성인 남·여 52명의 긴장 정도와 쾌 정도에 따라 유발되는 생리 신호 데이터를 본 연구의 감성 평가 소속 함수 개발에 사용하였다.

선행 연구의 간략한 실험과정은 다음과 같다. 먼저 피험자의 안정 상태의 생리신호를 30초간 측정하였다. 그리고 상상할 긴장, 이완, 쾌 또는 불쾌의 감성에 대한 예시문을 제시한 후 피험자가 편히 상상 할 수 있도록 유도하였다. 30초간 피험자가 상상을 하는 동안 생리신호를 측정하고, 상상이 끝나면 자신이 상상한 내용에 대해 주관적 평가서에 응답하도록 하였다.

다양한 선행 연구들의 결과를 바탕으로 일반적으로 인간의 쾌도를 측정할 수 있는 생리 신호로 Electroencephalogram (EEG)를, 긴장도를 측정할 수 있는 생리 신호로 Electrocardiogram (ECG), Galvanic Skin Resistance (GSR), Skin Temperature (SKT) 등을 선택하였다 (민병찬 등, 1999; 손진훈 등, 1998; 정순철 등, 1999, 2001, 2002a, 2002b; 황민철 등, 2001). Fz 및 Cz에서 측정된 EEG 신호의 데이터 처리는 A/D 변환 후 30Hz의 Cutoff frequency를 가지는 디지털 필터를 이용하여 low pass filtering을 하였다. FFT변환을 수행한 후 α는 8~13Hz, β는 13~30Hz, δ는 0.5~4Hz, θ는 4~8Hz로 각 구간을 설정하여 주파수 스펙트럼 분석을 수행하였다. 본 연구에서는 특히 α와 β band의 파워를 소속 함수 개발에 사용하였다. ECG 신호는 Acqknwledge 3.5 (Biopac System, Inc.)에서 제공하는 find peak를 이용하여 R포인트를 검출하였고, 검출된 R포인트로부터 각 실험 상황에서 평균 R-R 간격을 계산하였다. GSR 및 SKT의 분석에 사용한 데이터는 각 자극에 따라 유발된 신호의 진폭의 평균치이었다. 최종적으로 안정에 비해 각 실험 상황으로 유발되는 각각의 생리 신호 변화를 관찰하기 위하여 아래 수식을 이용하여 Normalized Sensitivity (NS)를 계산하였다.

$$NS = (\text{상상 자극상황의 데이터 값} - \text{안정상황의 데이터 값}) / \text{안정상황의 데이터 값} \quad (1)$$

2.2 소속 함수 (Membership Function)

측정된 생리 신호의 결과는 퍼지한 값이 아니고 Crisp한 값이다. 이를 이용하여 인간의 감성을 평가하기 위해서는 먼저 측정된

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

Crisp한 결과 값을 퍼지 양으로 바꾸어 줄 수 있는 변환 장치가 필요하다. 측정된 생리 신호의 결과가 어떤 감성 영역에 속하게 될 가능성을 가정한 함수가 존재해야하는데 이를 소속 함수라고 정의한다 (김화수 등, 1995; 김태윤 1992; 엄정국 등 1996).

본 연구에서는 가로축 (x축)은 각 생리 신호의 NS를 나타내도록 하였고, 세로축 (y축)은 소속 함수 값을 나타내도록 정의하였다. 소속 함수의 값은 퍼지 집합에 포함될 가능성 (확률)을 나타내도록 한다. 예를 들어 소속 함수 값이란 감성 자극에 의한 생리 신호 변화량 ((자극상황 - 안정상황) / 안정상황)이 각 감성 영역에 속할 수 있는 가능성을 나타낸다.

52명의 모든 피험자의 생리 신호 데이터베이스로부터 하나의 정규화 된 소속 함수를 구하기 위해서는 먼저 각 피험자들의 데이터의 특성을 나타낼 수 있도록 삼각형 함수로 곱한 후 정규화 시켜야한다 (김화수 등, 1995; 김태윤, 1992). 이때 분포함수를 이용하는 것이 가장 이상적이나, 본 연구에서는 계산이 단순하고 일반적으로 사용되는 삼각형 함수를 선택하였다 (엄정국 등 1996; George et al. 1988). 아래 그림 1과 같이 삼각형 함수의 꼭지점의 x축의 위치는 계산하기 위한 특정점 (한 피험자의 생리 신호의 NS)의 위치와 일치시키고, 특정점이 다른 점 (다른 피험자의 생리 신호의 NS)과의 관계를 나타낼 수 있도록 수식 2와 같이 계산한 후 정규화 시킨다. 삼각형의 폭은 x축에 나타나는 최소 값과 최대 값의 차를 이용하였고 높이는 1로 하였다. 본래 특정점의 y축의 값은 의미가 없는 값이나, 특정점에 삼각형 함수를 곱한 후에는 weighting된 y값을 얻게 된다 (정순철 2002a).

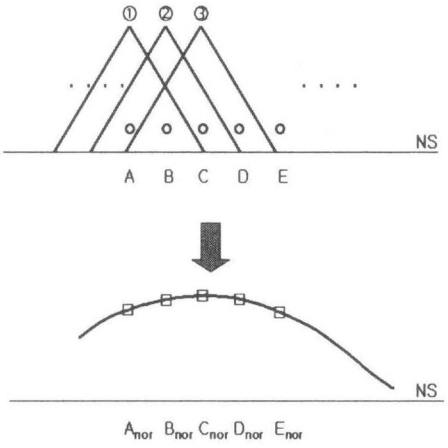

그림 1. 각 피험자의 생리 신호의 NS을 구한 후 삼각형 함수를 곱하여 정규화 시킨 곡선.
A, B, C, D, E : 각각의 피험자
Anor, Bnor, Cnor, Dnor, Eno: 정규화 된 각각의 피험자
o : 각 피험자의 생리 신호의 NS 값□: 삼각 함수를 곱한 후 정규화 된 각 피험자의 생리 신호의 NS 값

$$
\begin{aligned}
Anor &= A^{*}①\text{번삼각형} + B^{*}①\text{번삼각형} \\
Bnor &= A^{*}②\text{번삼각형} + B^{*}②\text{번삼각형} \\
&\quad + C^{*}②\text{번삼각형} \\
Cnor &= B^{*}③\text{번삼각형} + C^{*}③\text{번삼각형} \\
&\quad + D^{*}③\text{번삼각형}
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

다음은 위에서 결정된 소속 함수의 판단율

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

을 증가시키기 위하여 전문가 Rule과 결합한다. 즉 식 2로부터 1차적으로 결정된 소속 함수와 아래와 같은 열 개의 전문가 Rule를 Or로 결합하여 최종적인 소속 함수를 결정한다.

① 긴장을 하면 GSR의 진폭이 증가한다.
② 긴장을 하면 R-R 간격이 감소한다.
③ 긴장을 하면 SKT의 진폭이 감소한다.
④ 이완을 하면 GSR의 진폭이 감소한다.
⑤ 이완을 하면 R-R 간격이 증가한다.
⑥ 이완을 하면 SKT의 진폭이 증가한다.
⑦ 쾌하면 α band의 power가 증가한다.
⑧ 쾌하면 β band의 power가 감소한다.
⑨ 불쾌하면 α band의 power가 감소한다.
⑩ 불쾌하면 β band의 power가 증가한다.

위 열 개의 전문가 Rule은 지금까지 여러 감성 평가 연구에서 얻은 신뢰성 있는 전문가 지식 베이스이다 (민병찬 등, 1999; 손진훈 등, 1998; 정순철 등, 1999, 2001, 2002a, 2002b; 황민철 등, 2001). 퍼지 이론에서 판단율은 정확한 값을 판단하는데 주목적을 두는 것이 아니고 미 판단 요소를 최대한 판단에 반영하는데 주목적을 두는 것이므로 위와 같은 소속 함수 결정 과정은 당연히 필요로 할 것이다. 만일 GSR의 진폭이 확실하게 증가하면 긴장하였다는 정확한 값을 산출할 수 있지만 아주 미미한 증가를 하였다면 어떻게 판단할지 애매모호할 것이다. 그러나 위와 같이 소속 함수를 결정하고 나면 애매모호한 부분이 정량화 된 숫자의 결과로 산출 될 수 있는 것이다.

위의 과정을 거쳐서 본 연구에서 도출된 ECG, GSR, SKT 생리 신호들의 최종 긴장도 및 이완도의 소속 함수는 그림 2와 같다. 또한 Fz 및 Cz에서 EEG 생리 신호의 쾌도 및 불쾌도의 소속 함수는 그림 3과 같다.

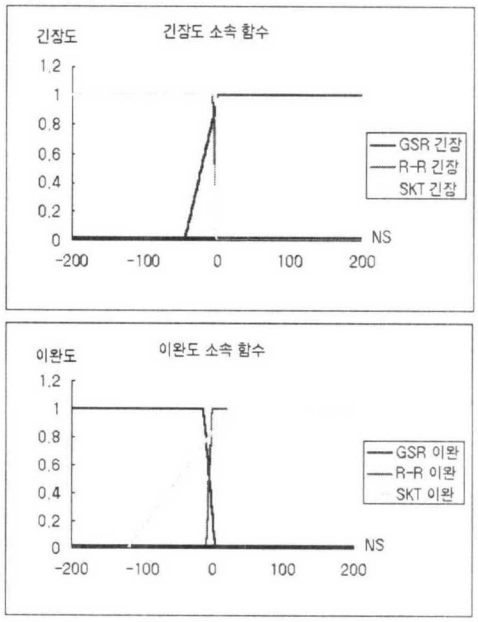

그림 2. ECG, GSR, SKT 생리 신호들의 긴장도 및 이완도의 소속 함수

그림 2와 3에서 각 생리 신호로부터 계산된 소속 함수는 1 또는 0의 값으로 평탄한 부분과 사선 부분이 있다. 이때 평탄한 부분은 긴장, 이완, 쾌 또는 불쾌도의 값이 1 또는 0의 확실한 값을 가진다는 의미이고, 사선 영역은 퍼지 한 영역으로서 각 NS 값에 따라 감성 값을 소속 함수로부터 유추하는 것이다. 예를 들어 임의의 감성 자극으로 GSR 진폭의 NS 값이 약 1 이상이 되면 본 연구에서 개발된 긴장도 소속 함수의 곡선으로는 긴장도가 1이라고 판단을 하고, 1 이하가 되면 사선 부분으로부터 긴장도를 유추하게 되는 것이다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

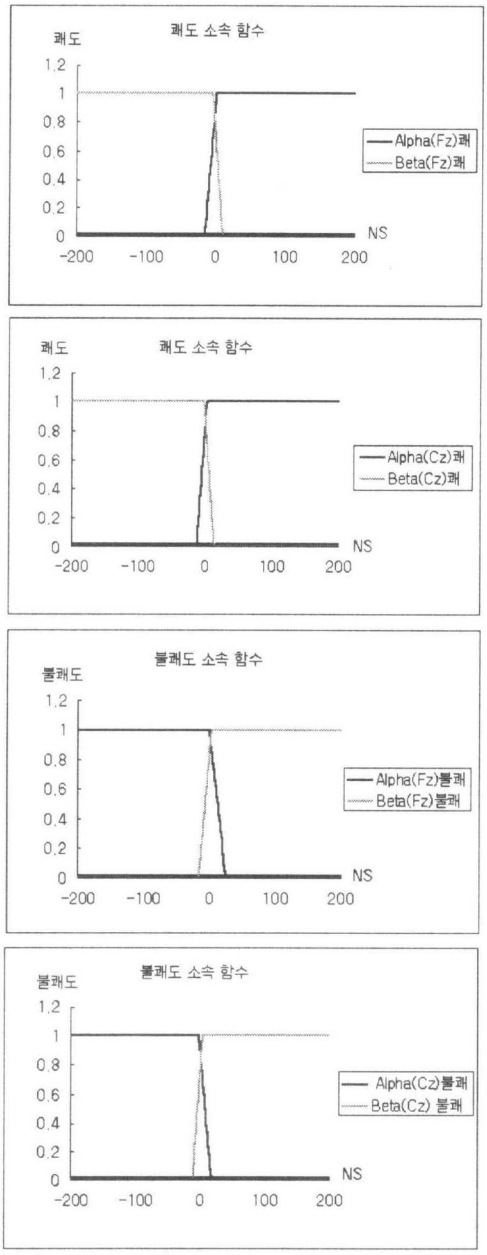

그림 3. Fz 및 Cz 영역에서 EEG 생리 신호의 쾌도 및 불쾌도의 소속 함수

2.3 Dempster-Shafer 증거합 법칙 (Dempster-Shafer's rule of combination in evidence)

소속 함수는 퍼지 함수이다. 그러므로 Crisp한 값이 산출되지 않고 모든 결과는 0부터 1 사이의 값으로 나타난다. 만약 0은 False고 1은 True 라고 하면 0.5는 애매모호한 퍼지 한 값이다. 각 생리 신호의 결과로부터 얻은 소속 함수의 값들을 결합하여 최종적인 인간의 감성을 추론하기 위해서 본 연구에서는 Dempster-Shafer 증거합 법칙으로 결합하고자 한다. 그러나 이 결과 역시 애매모호한 값이 산출될 것이다. 그러므로 신뢰성을 평가하기 위해서는 반복적인 실험으로 True값의 위치를 결정해야 한다. 가령 0.7 이상 나오면 True라고 지정하는 것이다. 그래서 0.7 이상 나온 값을 True라고 결정하고 0.7 이하의 값을 False라고 가정한다면 실제 값인 True값과 False값과의 차를 이용해 신뢰성을 평가 할 수 있다. 즉, 0.3 이하는 False, 0.7 이상은 True, 그 사이 값은 Normal이라고 정의한다면 비교 실험값을 False, True, Normal로 구분하여 비교할 수 있게 된다.

Dempster-Shafer 증거합 법칙은 주어진 증거로부터 어떤 가설에 대한 신뢰도로 0에서 1사이의 숫자로 나타낸다 (김화수 등, 1995; 김태윤 1992; 엄정국 등 1996). 이 숫자는 어떤 가설을 찬성하는 증거의 정도를 나타내는 것이다. Dempster-Shafer 이론에서는 모든 원인 또는 상태를 전체집합(H)으로 정의하고, 이 전체집합(H)의 부분집합

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

(subset)에 대한 증거를 신뢰도 (또는 지지도) (bpa: Basic Probability Assignment)로 나타낸다. A를 2^H개 중의 한 부분집합이라고 한다면 m(A)는 A라는 부분집합에 주어진 신뢰도를 나타내게 된다. 이때 모든 부분집합에 대한 m값의 합은 1이 된다. 같은 전체집합(H) 내에 있는 두 개의 신뢰함수에 대하여 Dempster-Shafer 증거합 규칙은 결합된 증거를 나타내는 새로운 신뢰함수를 만들어 내도록 한다. Rule1과 Rule2 각각의 bpa를 가정했을 때, Dempster의 결합이론에 의하면 새로운 bpa (Rule1 ⊕ Rule2)는 각각의 m값이 결합된 효과를 나타낸다. 이것은 아래 식 (3)과 같이 표현되며, 교집합 테이블에 의해 쉽게 계산된다.

$$K = \sum_{B \cap C = \varnothing} m_1(B) \cdot m_2(C) \quad , m_{1,2}(\varnothing) = 0.$$
$$m_{1,2}(A) = \frac{\sum_{B \cap C = A} m_1(B) \cdot m_2(C)}{1 - K} \quad , A \neq \varnothing \tag{3}$$

위 식에서 B, C는 각 상태에 해당하며, $m_1(B)$는 상태 B에 대한 첫 번째 룰에서의 지지도이다. A는 상태 B와 C가 공유하는 상태가 되며, $m_{1,2}(A)$는 결합된 지지도가 된다.

3. 자동 감성 평가 전문가 시스템

자동 감성 평가 전문가 시스템은 그림 4와 같이 생리 신호를 MP100 (Biopac System, Inc.)으로 측정하고, DT3010 (Data Translation, Inc.) board를 이용하여 A/D 변환한 후 감성 평가를 위한 메인 컴퓨터로 연결하여 자동으로 감성을 평가 할 수 있도록 구성되어 있다.

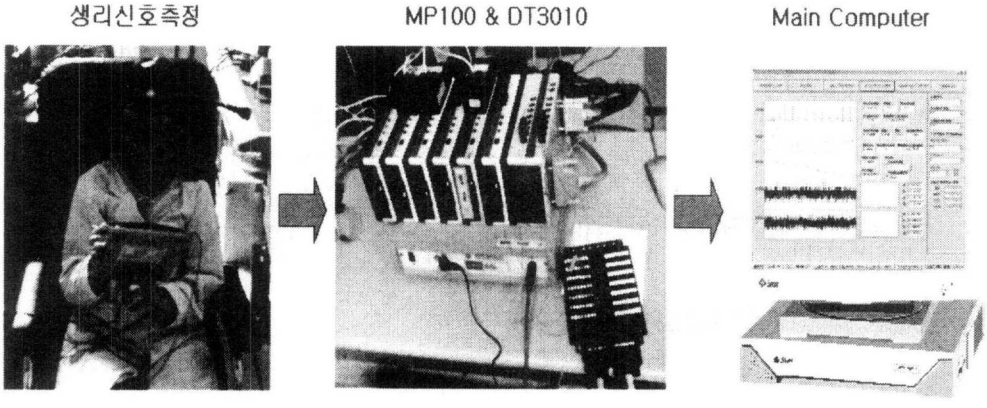

그림 4. 자동 감성 평가 전문가 시스템의 구성

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

3.1 자동 감성 평가 과정

Visual BASIC 6.0과 Visual C++를 이용하여 생리 신호를 기반으로 한 자동 감성 평가 전문가 시스템을 개발하였다. 자동 감성 평가 과정을 자세히 설명하면 다음과 같다.

본 시스템은 먼저 감성 자극 전의 안정상태(reference state)에서 30초간 생리 신호(EEG, ECG, GSR, SKT)를 측정한다. 다음은 감성 자극을 주거나, 상상을 하도록 하여, 이에 의해 유발된 생리 신호를 측정한다. 안정상태를 기준으로 자극상황에서 측정되는 생리 신호를 비교 분석하여 (NS 값을 계산하여) 감성 평가에 필요한 파라메터 값을 도출한다. EEG 신호로부터 FFT변환을 수행한 후 α와 β band의 파워 값의 NS를 계산한다. ECG 신호는 R포인트를 검출하고, 검출된 R 포인트로부터 R-R 간격의 NS를 계산한다. GSR과 SKT는 시간 축으로 적분하여 신호 진폭의 NS를 계산함으로서 파라메터 값을 도출한다 (손진훈 등, 1998; 정순철 등, 1999, 2001, 2002a, 2002b; 황민철 등, 2001).

각 생리 신호로부터 도출된 파라메터 값을 본 연구에서 개발된 각 소속 함수에 대입하여 각 생리 신호로부터 긴장도/이완도 및 쾌도/불쾌도의 감성 평가 지수를 산출한다.

마지막으로 두 가지 이상의 생리 신호의 소속 함수 결과로부터 하나의 최종 결과 (감성 평가 값)를 유추하기 위해서 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 적용하여 최종적인 감성 값을 도출한다. 이러한 전 과정은 실시간으로 처리된다.

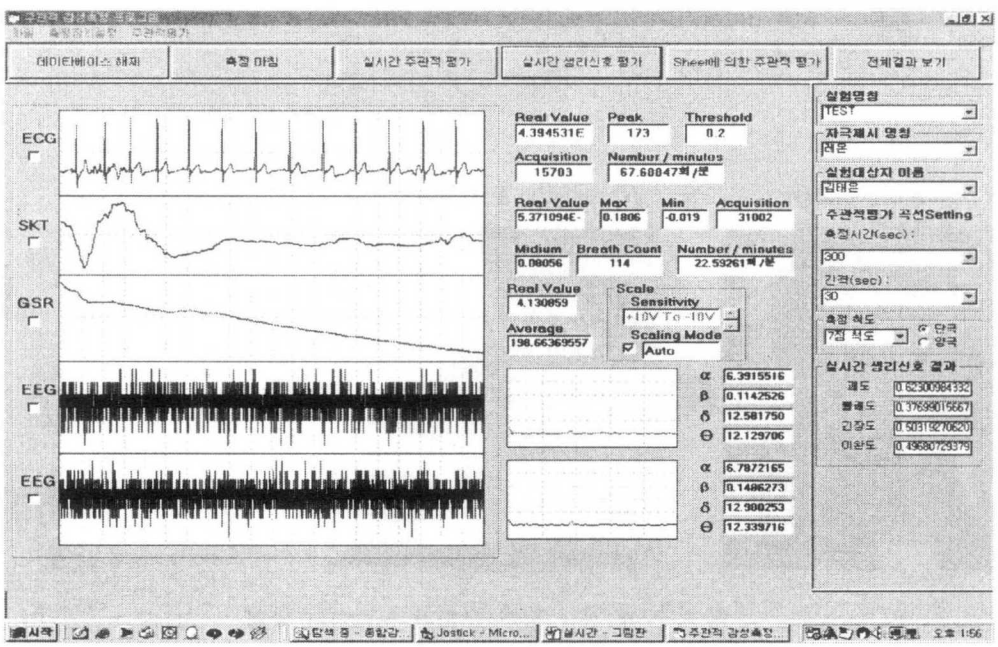

그림 5. 생리 신호를 기반으로 한 자동 감성 평가 전문가 시스템의 메인 화면

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

3.2 자동 감성 평가 전문가 시스템의 메인 화면

그림 5는 생리 신호를 기반으로 한 자동 감성 평가 전문가 시스템의 메인 화면을 나타낸다. 실시간으로 측정되는 각각의 생리신호를 화면의 왼쪽 창에 디스플레이 되도록 하였다. 그리고 측정되는 생리 신호로부터 추출되는 감성 평가에 필요한 파라메터의 정량적인 값을 화면의 가운데 창에 나타나도록 하였다.

화면의 오른쪽은 실험에 필요한 다양한 정보를 입력하는 부분으로 실험명칭, 자극 제시 명칭, 실험 대상자 이름, 생리 신호 측정 시간, 그래프의 눈금 표시 간격 등을 입력할 수 있도록 하였다. 그리고 오른쪽 화면의 아래에는 추출된 각 생리신호의 파라메터 값으로부터 최종 계산된 두 가지 척도의 (쾌/불쾌도, 긴장도/이완도) 감성 평가 값이 실시간으로 표시되도록 하였다.

4. 결론 및 논의

본 연구에서는 이미 구축된 데이터와 지식을 바탕으로, 확실하지 않은 퍼지한 인간의 감성을 추론하여 평가할 수 있는 자동 감성 평가 전문가 시스템을 개발하였다. 이를 위하여 선행 연구 결과인 긴장/이완, 쾌/불쾌의 생리 신호 평가 데이터를 이용하여 소속 함수를 개발하였다. 감성 평가에 관련된 애매함을 수리적으로 취급하기 위해 퍼지 이론을 적용하여 임의의 감성 영역에 속하는 정도를 소속 함수로 정량화함으로써 감성 평가를 가능하게 하고자 하였다. 그리고 두 가지 이상의 생리 신호 측정 결과와 각 생리 신호의 소속 함수로부터 하나의 최종 결과를 유추하기 위해서 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 적용하여 최종적인 감성 값을 추론하였다.

상상을 통해 유발된 긴장/이완 또는 쾌/불쾌 감성의 생리 신호 데이터베이스 결과를 이용하여 소속 함수를 결정하였다. 선행 연구에서 ECG의 평균 R-R 간격 그리고 GSR과 SKT의 진폭 변화는 이차원의 감성 영역의 한 축인 긴장/이완 축의 감성 변화를 변별하는 신뢰로운 파라메터가 될 수 있다는 사실을 밝혔고, 본 연구에서는 이를 이용하여 긴장도와 이완도의 소속 함수를 결정하는 데이터로 사용하였다. 또한 EEG의 α와 β band의 파워는 이차원의 감성 영역의 나머지 한 축인 쾌/불쾌 축의 감성 변화를 변별하는 신뢰로운 파라메터가 될 수 있다는 사실을 밝혔고, 본 연구에서는 이를 이용하여 쾌도와 불쾌도의 소속 함수를 결정하는 데이터로 사용하였다 (정순철 등, 2001, 2002a, 2002b).

같은 전체집합 내에 있는 두 개의 신뢰함수에 대하여 Dempster-Shafer 증거합 규칙은 결합된 증거를 나타내는 새로운 신뢰함수를 만든다. Dempster-Shafer 증거합 법칙을 이용하여 임의의 감성으로 유발된 두 개 이상의 생리 신호 결과를 결합하여 하나의 감성 값을 산출하였다. Dempster-Shafer 증거합 법칙은 병렬 처리가 가능하여 추론시 속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있기 때문에 여러 생리 신호를 측정하여 하나의 감성을 실시간으로 추론하여야하는 본 시스템 개발에 유용하게 사용되었다.

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

향후 여러 가지 보완되어야 할 사항들이 있다. 첫째, 감성 판단의 기준이 되는 소속 함수를 결정하는 데이터의 수가 충분하지 않다는 점이다. 현재까지는 52명의 데이터로 소속 함수를 결정하였지만 데이터수가 증가할수록 판단의 정확도가 증가할 것이므로 지속적으로 데이터 수를 증가시켜 보다 정확한 소속함수를 결정하는 것이 필요할 것이다. 둘째, 본 연구에서 사용한 열 개의 전문가 Rule은 단지 EEG, ECG, GSR, SKT의 네 가지 생리 신호로부터 얻은 전문가 지식 베이스이지만 이외에도 다른 전문가 Rule이 존재한다면 (감성을 평가할 수 있는 신뢰로운 다른 생리신호 결과를 포함한다면), 이들을 포함하여 보다 다양하고 정확한 소속 함수를 구할 수 있을 것이다. 셋째, 본 연구는 전문가 Rule의 지식 베이스를 사용하였지만 이외에도 Semantic Net, Frame, Case-Based Reasoning, Object-Based Shells, Neural Network, Induction Learning, 그리고 인공 지능 기법 등의 다양한 지식 표현 방법들이 존재하기 때문에, 이들 중에서 감성 판단 알고리즘 개발에 최적의 지식 베이스를 찾는 것도 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다. 넷째, Dempster-Shafer 증거합법칙 이외의 감성 판단에 적절한 결합 규칙을 찾는 연구가 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 본 연구에서 개발된 감성 평가 알고리즘의 정확도를 검증하는 연구가 선행되어야 할 것이다. 아직까지는 객관적인 비교 기준이 없기 때문에 주관적 평가와 비교 검증하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

참고 문헌

김태윤, 퍼지이론과 응용, 정익사, 1992.

김화수, 조용범, 최종욱 , 전문가 시스템, 집문당, 1995.

민병찬, 정순철, 김상균, 민병운, 오지영, 장진경, 신정상, 김유나, 김철중, 박세진, "운전 및 도로 상황에 따른 자율신경계의 반응" 한국감성과학회지, 2(1), 61-68, 1999.

손진훈, Estate M. Sokhadze, 이임갑, 이경화, 최상섭, "정서시각자극에 의해 유발된 자율신경계 반응패튼: 유발정서에 따른 피부전도반응, 심박률 및 호흡률 변화" 한국감성과학회지, 1(1), 79-90, 1998.

양선모, 이순요, 안범준, "퍼지 의사결정 모델에 의한 감성제품 디자인 요소의 추론에 관한 연구" 대한인간공학회지, 17(1), 37-46, 1998.

양선모, 안범준, 이순요, "프로토타입 감성제품 개발 전문가 시스템 개발에 관한 연구", 대한인간공학회 추계학술대회 논문집 112-118, 1998.

엄정국, 원성현, 퍼지 이론 및 응용, 홍릉과학출판사, 1996.

정순철, 민병찬, 김상균, 민병운, "동적 시각자극과 도로 굴곡 변화에 따른 자율신경계 반응" 한국감성과학회지, 2(2), 75-82, 1999.

정순철, 민병찬, 전광진, 김유나, 성은정, 신미경, 김철중, "심상 자극에 의해 유발된 감성 변화의 평가", 한국감성과학회 춘계학술대회 논문집 182-185, 2001.

정순철,"소속함수와 Dempster-Shafer 증거합

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.

법칙을 이용한 긴장도 평가 알고리즘 개발" 한국감성과학회지, 5(1), 17-24, 2002.

정순철, 민병찬, 전광진, 이봉수, 이정한, 김철중, "상상으로 유발된 감성 변화에 관한 연구" 대한인간공학회지, 21(3), 35-46, 2002.

황민철, 임좌상, 김혜진, 김세영, 한문성, "각성의 유형이 생리신호에 미치는 영향", 한국감성과학회 추계학술대회 논문집 59-63, 2001.

George J. K. and Tina A.F., Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information, Prentice-Hall, 1988.

Yang J.B., "An Evidential Reasoning Approach for Multi-Attribute Decision Making with Uncertainty" IEEE Trans. on Sys, Man, Cybern., 24(1), 1-18, 1994.

저자 소개

◈ 정순철

건국대학교 의과대학 의학공학부에서 조교수로 재직중이다. 주요관심분야는 fMRI, 의공학, 감성공학, 인간공학 등이다.

Soon-Cheol Chung,
Tel: 043-840-3759,
E-mail: scchung@kku.ac.kr

◈ 이봉수

건국대학교 의과대학 의학공학부의 조교수로 재직중이다. 주요관심분야는 의광학, 방사선의공학, 의료영상 등이다.

Bongsoo Lee,
Tel: 043-840-3755,
E-mail: bslee@kku.ac.kr

◈ 민병찬

한밭대학교 산업경영공학과에서 조교수로 재직중이다. 주요관심분야는 생체신호 디지털 신호처리, 감성공학, 관능평가, 후/미각에 관한 메커니즘 규명 등이다.

Byung-Chan Min,
Tel: 042-821-1591,
주소: 대전시 유성구 덕명동 산 16-1
한밭대학교 산업경영공학과,
E-mail: bcmin@hanbat.ac.kr

논문접수일 (Date Received): 2003/08/06
논문게재승인일(Date Accepted): 2003/11/06

Copyright (C) 2003 NuriMedia Co., Ltd.