

소속함수와 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 이용한 긴장도 평가 알고리즘 개발*

Development of Arousal Level Estimation Algorithm by Membership Function and Dempster-Shafer's Rule of Combination in Evidence

정순철**

Soon-Cheol Chung

Abstract : This research was the first step to develop Expert System for Evaluation of Human Sensibility, where human sensibility can be inferred from objective physiological signals. The study aim was to develop an algorithm in which human arousal level can be judged 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 that was generated from imagination. To induce one final result (arousal 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 level was inferred.

Key words : Arousal Level, Membership Function, Dempster-Shafer's Rule of Combination in Evidence

요 약 : 본 연구는 객관적인 생리신호로부터 인간의 감성을 추론할 수 있는 감성평가 전문가 시스템을 개발하기 위한 첫 번째 단계로 측정된 생리신호를 이용하여 인간의 긴장도를 판단하는 알고리즘의 개발을 목표로 한다. 감성평가와 관련된 애매함을 수리적으로 취급하기 위해 퍼지이론을 적용하여 임의의 감성영역에 속하는 정도를 소속함수로 정량화함으로써 감성평가를 가능하게 하고자 하였다. 소속함수의 결정은 상상을 통해 유발된 긴장/이완의 생리신호 데이터 베이스 결과를 사용하였다. 그리고 두 가지 이상의 생리신호 측정결과와 각 생리신호의 소속함수로부터 하나의 최종결과(긴장도)를 유추하기 위해서 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 적용하였고, 이를 통해 최종적인 긴장도를 도출할 수 있도록 하였다.

주요어 : 각성도, 소속함수, 데미세프 증거합 법칙

1. 서 론

그 동안 다양한 생리신호들은 의학분야에서는 인체 생리변화의 지표로서, 인간공학 분야에서는 작업부하 평가나 심리평가 등의 측면에서 다양하게 사용되어 왔다. 그러나 아직까지 감성평가 분야에서는 뚜렷한

연구결과를 내지 못하는 형편이다. 이는 감성의 구조와 발생과정에 대한 명확한 규명이 이루어지지 않았고, 또한 객관적인 생리적 신호변화를 측정하여 주관적인 감성변화와의 관련성을 규명하는 데 어려움이 있기 때문이다(1).

인간의 감성을 평가하고 판단하는 데 있어서 정량

* 2001년도 건국대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

** 건국대학교 의과대학 의학공학부

적 데이터를 기초로 한 논리적인 추론방법이 강구될 필요가 있으며, 이러한 추론은 체계적인 수학적 모델을 기반으로 형성되는 것이 바람직하다[2]. 그러나 인간의 감성은 매우 주관적이므로 구체적인 수치로 규정하기에는 많은 어려움이 있을 수 있다. 즉, 감성이라는 모호성 혹은 불확실성을 생리신호의 정량적인 값으로, 쾌하다 또는 불쾌하다 등의 이진법적인 논리로 표현하고 판단하는 것보다는 감성의 모호성을 인정하고 그 결과를 퍼지하게 판단하는 것도 감성평가의 한 방법이 될 수 있을 것이다. 이를 위해서는 이미 구축된 데이터와 지식을 바탕으로 확실하지 않은 퍼지한 인간의 감성을 추론하여 평가할 수 있는 퍼지 전문가 시스템(Expert System)이 필요할 것이다[3]. 전문가 시스템은 특정분야의 문제해결을 위해 전문가의 지식을 지식 베이스로 저장해 두고 컴퓨터에 의한 추론으로 문제를 해결하고자 하는 시스템으로 전문가와 동일한 능력을 발휘하는 지적 시스템의 형태를 가지고 있다[4].

본 연구는 생리신호의 결과로부터 인간의 감성을 추론하는 감성평가 전문가 시스템을 개발하기 위한 첫 번째 단계로, 측정된 생리신호를 이용하여 인간의 긴장도를 판단하는 알고리즘의 개발을 목표로 한다. 이를 위하여 본 논문은 다음의 두 부분으로 구성된다.

먼저 감성평가에 관련된 애매함(fuzziness)을 수리적으로 취급하기 위해 퍼지이론을 적용하여 인간의 감성이 어떤 영역에 속한다 또는 속하지 않는다는 이진법 논리로부터 그 영역에 속하는 정도를 소속함수(membership function)로 정량화함으로써 감성평가를 가능하게 하고자 한다[5-7]. 특히 본 연구에서는 안정적인 감성구조로 알려진 “쾌-불쾌”, “각성-수면(이완)”의 이차원 구조에서 지금까지 생리신호로 신뢰로운 데이터를 얻어 온 감성의 한 축인 긴장(각성)-이완 생리신호의 데이터베이스 결과를 이용하여 각 생리신호로부터 긴장도를 평가하기 위한 소속함수를 결정하고자 한다[8-12].

다음으로 두 가지 이상의 생리신호 측정결과와 각 생리신호의 소속함수로부터 하나의 최종결과(긴장도)를 유추하기 위해서 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 적용하여 최종적인 긴장도를 추론하고자 한다[13].

2. 연구방법

2.1 긴장도/이완도 평가 소속함수 결정을 위한 데이터베이스 구축

선행연구에서 감성유발 요인이 개인마다 차이가 있다고 가정하고 각 감성영역에 해당하는 상상을 피험자마다 자유롭게 하도록 함으로써 목적된 영역의 감성변화를 유도하였으며, 이를 주관적 평가와 생리신호를 통해 객관적으로 감성을 변별할 수 있다는 사실을 밝혔다[14, 15]. 이 데이터들 중에서 20대의(평균 23세) 성인 남녀 32명의 긴장도/이완도 평가 데이터를 긴장도/이완도 평가 소속함수를 개발하는 데 사용하였다.

선행연구의 간략한 실험과정은 다음과 같다. 먼저 피험자의 안정상태의 생리신호를 30초간 측정하였다. 그리고 상상할 긴장 또는 이완의 감성에 대한 예시문을 제시한 후 피험자가 편히 상상할 수 있도록 유도하였다. 30초간 피험자가 상상하는 동안 생리신호를 측정하고, 상상이 끝나면 자신이 상상한 내용에 대해 주관적 평가서를 작성하도록 하였다. 주관적 평가가 끝나면 피험자가 어떤 상상을 하였는지 질문하여 녹음한 후, 휴식을 취하도록 하였다.

객관적인 감성평가 지표를 위해 인간의 긴장도 또는 이완도를 쉽게 측정할 수 있는 생리신호인 Electrocardiogram(ECG), Galvanic Skin Resistance(GSR), Respiration(RSP)을 선택하였다[8-12]. ECG는 CM5 기법(쇄골뼈 중간에 도출전극을 부착하고, 왼쪽 갈비뼈와 오른쪽 갈비뼈에 전극부착)으로 측정하였고, GSR은 왼손 검지와 중지, RSP는 측정용 밴드를 가슴에 착용하여 측정하였다. 측정장비로는 Biopac system의 Biopac MP100을 사용하였고, 분석 소프트웨어는 Biopac system에서 제공하는 Acqknowledge 3.5를 이용하였다. 모든 생리신호의 샘플링 주파수는 256Hz로 설정하였다. 주관적 평가는 긴장, 이완, 쾌와 불쾌에 대한 네 가지 감성을 표시할 수 있도록 9개의 셀(3×3 block)이 그려져 있는 자체적인 평가서를 사용하였고, 이를 통해 각 피험자가 상상했던 내용이 어떤 감성영역인지를 자신이 직접 기록하게 하였다[16, 17].

데이터 분석은 ECG 분석을 위해 Acqknowledge 3.5에서 제공하는 find peak를 이용하여 R포인트를 검출하였고, 검출된 R포인트로부터 각 실험상황에서 평균 R-R 간격을 계산하였다. GSR의 분석은 각 실험상황에서 신호진폭의 평균을 계산하였고, RSP는 분당 호흡수를 계산하였다. 최종적으로 안정에 비해 각 실험상황에서 유발되는 각각의 생리신호 변화를 관찰하기 위하여 아래 수식을 이용하여 Normalized Sensitivity (NS)를 계산하였다.

$$NS = \frac{\text{(상상 자극상황의 데이터값 - 안정상황의 데이터값)}}{\text{안정상황의 데이터값}} \dots\dots (1)$$

2.2 소속함수(Membership Function)

측정된 생리신호의 결과는 퍼지한 값이 아니고 crisp한 값이다. 이를 이용하여 인간의 감성(긴장도)을 평가하기 위해서는 먼저 측정된 crisp한 결과값을 퍼지량으로 바꾸어 줄 수 있는 변환장치가 필요하다. 즉, 측정된 생리신호의 결과가 어떤 감성영역에 속하게 될 가능성에 관한 함수가 존재해야 하는데 이를 소속함수라고 정의한다[4-6].

본 연구에서는 가로축(x축)은 각 생리신호의 NS를, 세로축(y축)은 소속함수값을 나타내도록 정의하였다. 또한, 소속함수의 값은 퍼지집합에 포함될 가능성을 나타내도록 한다. 예를 들어, 소속함수값이란 감성자극에 의한 생리신호 변화량(자극상황-안정상황)/안정상황이 긴장과 이완이라는 감성영역에 속할 수 있는 가능성을 나타낸다.

모든 피험자의 생리신호 데이터베이스로부터 하나의 정규화된 소속함수를 구하기 위해서는 먼저 각 피험자들의 데이터의 관계를 나타낼 수 있도록 삼각형 함수로 곱한 후 정규화시켜야 한다[4, 5]. 이 때, 분포 함수를 이용하는 것이 가장 이상적이나 우선적으로 계산이 단순하고 일반적으로 사용되는 삼각형 함수를 선택하였다[6]. 그림 1과 같이 삼각형 함수 꼭지점의 x축의 위치는 계산하기 위한 특정점(한 피험자의 생리신호의 NS)의 위치와 일치시키고, 특정점이 다른 점(다른 피험자의 생리신호의 NS)과의 관계를 나타낼 수 있도록 수식 (2)와 같이 계산한 후 정규화시킨다.

삼각형의 폭은 x축에 나타나는 최소값과 최대값의 차를 이용하였고 높이는 1로 하였다. 본래 특정점의 y축의 값은 의미가 없는 값이나 특정점에 삼각형 함수를 곱한 후 weighting된 Y값을 얻게 된다.

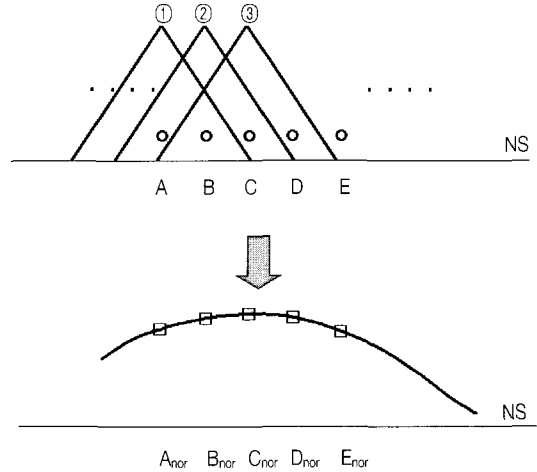


그림 1. 각 피험자의 생리신호의 NS를 구한 후 삼각형 함수를 곱하여 정규화시킨 곡선

- A, B, C, D, E : 각각의 피험자
- A_{nor}, B_{nor}, C_{nor}, D_{nor}, E_{no} : 정규화된 각각의 피험자
- : 각 피험자의 생리신호의 NS값
- : 삼각함수를 곱한 후 정규화된 각 피험자의 생리신호의 NS값

$$\begin{aligned} \square (A_{nor}) &= A \times \text{①번 삼각형} + B \times \text{①번 삼각형} \\ \square (B_{nor}) &= A \times \text{②번 삼각형} + B \times \text{②번 삼각형} + C \times \text{②번 삼각형} \\ \square (C_{nor}) &= B \times \text{③번 삼각형} + C \times \text{③번 삼각형} + D \times \text{③번 삼각형} \end{aligned} \dots\dots (2)$$

다음은 위에 결정된 소속함수의 판단율을 증가시키기 위하여 전문가 rule과 결합한다. 즉, 식 (2)로부터 1차적으로 결정된 소속함수와 다음과 같은 여섯 개의 전문가 rule을 or로 결합하여 최종적인 소속함수를 결정한다.

- a. 긴장을 하면 GSR의 진폭이 증가한다.
- b. 긴장을 하면 R-R 간격이 감소한다.
- c. 긴장을 하면 RSP의 분당 호흡수가 증가한다.
- d. 이완을 하면 GSR의 진폭이 감소한다.
- e. 이완을 하면 R-R 간격이 증가한다.
- f. 이완을 하면 RSP의 분당 호흡수가 감소한다.

휘 여섯 개의 전문가 rule은 지금까지 여러 감성평가 연구에서 얻은 신뢰성 있는 전문가 지식 베이스이다[8-12].

퍼지이론에서 판단율은 정확한 값을 판단하는 데 주목적을 두는 것이 아니라 미판단 요소를 최대한 판단에 반영하는 데 주목적을 두므로 위와 같은 소속함수 결정과정은 당연한 것이다. 만일 GSR의 진폭이 확실하게 증가하면 긴장하였다는 정확한 값을 산출할 수 있지만 아주 미미한 증가를 하였다면 어떻게 판단할지 애매모호할 것이다. 그러나 위와 같이 소속함수를 결정하고 나면 애매모호한 부분이 정량화된 숫자의 결과로 산출될 수 있다.

2.3 Dempster-Shafer 증거합 법칙

소속함수는 퍼지한 요소이다. 그러므로 crisp한 값이 산출되지 않고 모든 결과는 0부터 1 사이의 값으로 나타난다. 만약 0은 false고 1은 true라면 0.5는 완전히 애매모호한 퍼지한 값이다. 이러한 각 생리신호의 결과로부터 얻은 값들을 결합하여 최종적인 인간의 감성(긴장도)을 추론하기 위해서 본 연구에서는 Dempster-Shafer 증거합 법칙으로 결합하고자 한다. 그러나 이 결과 역시 애매모호한 값이 산출될 것이다. 그러므로 신뢰성을 평가하기 위해서는 반복적인 실험으로 true값 설정위치를 결정해야 한다. 가령 0.7 이상 나오면 true라고 지정하는 것이다. 그래서 0.7 이상 나온 값을 true라고 결정하고 0.7 이하의 값을 false라고 가정하면 실제값인 true값과 false값과의 차를 이용해 신뢰성을 평가할 수 있다. 즉, 0.3 이하는 false, 0.7 이상은 true, 그 사이값은 normal이라고 정의하면 비교 실험값을 false, true, normal로 구분하여 비교할 수 있게 된다.

Dempster-Shafer 증거합 법칙은 불확실성을 나타내는 신뢰도에 의존하고 있다. 어떤 가설에 신뢰도를 규정할 때, 주어진 증거에 의하여 어떤 가설에 대한 신뢰도로 0에서 1 사이의 숫자를 사용한다[4-6]. 이 숫자는 어떤 가설을 찬성하는 증거의 정도를 나타내는 것이다. Dempster-Shafer 이론에서는 모든 원인 또는 상태를 전체집합(H)으로 정의하고, 이 전체집합의 부

분집합(subset)에 대한 증거를 신뢰도(또는 지지도) (bpa : Basic Probability Assignment)로 나타낸다. A 를 2^H 개 중의 한 부분집합이라고 하면 $m(A)$ 는 A 라는 부분집합에 주어진 신뢰도를 나타내게 된다. 이 때 모든 부분집합에 대한 m 값의 합은 1이 된다. 같은 전체 집합(H) 내에 있는 두 개의 신뢰함수에 대하여 Dempster-Shafer 증거합 규칙은 결합된 증거를 나타내는 새로운 신뢰함수를 만들어 내도록 한다. Rule 1과 Rule 2 각각의 bpa를 가정했을 때, Dempster의 결합이론에 의하면 새로운 bpa(Rule1 \oplus Rule2)는 각각의 m 값이 결합된 효과를 나타낸다. 이것은 식 (3)과 같이 표현되며, 교집합 테이블에 의해 쉽게 계산된다.

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

$$K = \sum_{B \cap C = \phi} m_1(B) \cdot m_2(C), \quad m_{1,2}(\phi) = 0$$

위 식에서 B, C 는 각 상태에 해당하며, $m_1(B)$ 는 상태 B 에 대한 첫 번째 rule에서의 지지도이다. A 는 상태 B 와 C 가 공유하는 상태가 되며, $m_{1,2}(A)$ 는 결합된 지지도가 된다.

3. 연구결과

3.1 소속함수(Membership Function)의 결정

데이터베이스로부터 산출된 긴장/이완의 감성상태에 따른 각 생리신호의 결과값과 전문가 rule을 결합하여 긴장도 및 이완도를 판단하기 위한 소속함수를 구축하고자 한다.

소속함수를 구하는 자세한 순서는 다음과 같다.

- ① 각 감성상태의 실험에서 측정되고 계산된 각 생리신호의 NS값을 x좌표 상에 기입한다.
- ② 기입된 값 중 최대값과 최소값으로 x축의 폭(최대값-최소값)을 구한다.
- ③ 다음 그림 2와 같이 각 생리신호값 위에 삼각형 함수를 곱하고 최대값이 1이 되도록 정규화(normalize)시킨다.

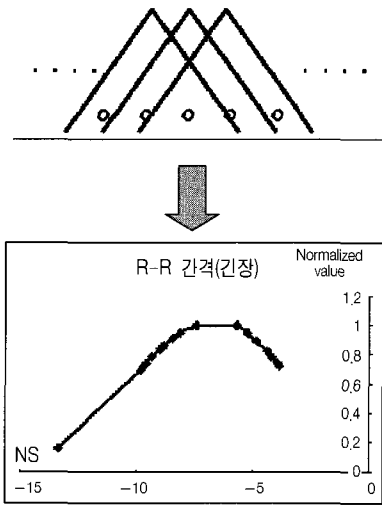


그림 2. 긴장감성에 대한 각 피험자의 R-R 간격의 NS를 구한 후 삼각형 함수를 곱하여 정규화시킨 곡선(○ : 각 피험자의 R-R 간격의 NS)

④ 전문가 rule과 위의 ③에서 구한 곡선식을 or 결합하여 각 감성상태(긴장/이완)에 따른 긴장도 및 이완도의 소속함수를 구한다. 본 연구에서 도출된 ECG, GSR, RSP 생리신호들의 최종 긴장도 및 이완도의 소속함수는 그림 3과 같다.

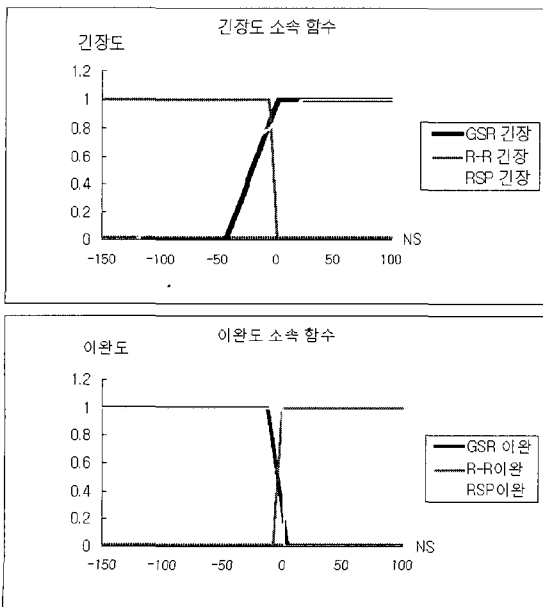


그림 3. ECG, GSR, RSP 생리신호들의 최종 긴장도 및 이완도의 소속함수

그림 3에서 각 생리신호로부터 계산된 소속함수는 1 또는 0의 값으로 평탄한 부분과 사선부분이 있다. 이 때, 평탄한 부분은 긴장 또는 이완도의 값이 1 또는 0의 확실한 값을 가진다는 의미이고, 사선영역은 퍼지한 영역으로서 각 NS값에 따라 긴장도 및 이완도를 소속함수로 유추하는 것이다. 예를 들어 임의의 감성자극으로 RSP의 NS값이 약 15 이상이 되면 본 연구에서 개발된 긴장도 소속함수의 곡선으로는 긴장도가 1이라고 판단을 하고, 15 이하가 되면 사선부분의 직선으로부터 긴장도를 유추하게 되는 것이다. 그림 3에서 긴장도 소속함수들의 사선영역(퍼지영역)이 이완도 소속함수들의 사선영역보다 넓은 것을 알 수 있는데, 이것은 긴장도를 판단하는 데 애매한 영역이 보다 더 넓게 존재한다는 의미이다.

3.2 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 이용한 긴장도 평가방법

위에서 구한 긴장도 및 이완도 소속함수를 사용하여 이제 실제 측정된 생리신호를 이용한 긴장도 및 이완도를 평가하는 방법에 대하여 논의하고자 한다. 자세한 순서는 아래와 같다.

- ① 식 (1)을 이용하여 측정된 각 생리신호 데이터의 NS를 구한다.
- ② 계산된 NS값을 소속함수에 대입하여 긴장도 및 이완도의 값을 구한다. 예를 들어 R-R 간격의 NS값이 1, GSR의 진폭의 NS값이 2, RSP의 분당 호흡수의 NS값이 -1일 때, 이 값들을 각각 긴장도 및 이완도의 소속함수(그림 3)에 대입하여 결과값을 계산하면 표 1과 같은 각 생리신호로부터 추론한 긴장도와 이완도 결과를 얻을 수 있다.

표 1. 소속함수를 이용하여 추론한 각 생리신호의 긴장도 및 이완도 결과

생리신호 : NS	긴장도	이완도
R-R : 1	0.1	0.3
GSR : 2	0.7	0.2
RSP : -1	0.4	0.5

위의 결과는 R-R 간격이 증가하면 이완도가 증가하고, GSR의 진폭이 증가하면 긴장도가 증가하며, RSP의 분당 호흡수가 감소하면 이완도가 증가한다는 사실을 소속함수로부터 추론한 것이다. 또한, 이러한 사실은 본 연구에서 개발된 생리신호를 이용한 긴장도 평가 소속함수가 유효하다는 하나의 증거가 될 수 있다.

- ③ Dempster Shafer 증거합 법칙을 적용하기 전에 먼저 각 생리신호로부터 추론한 긴장도와 이완도의 값을 식 (4)를 이용하여 정규화시킨다. 이 결과를 표 2에 나타내었다.

$$\begin{aligned} \text{긴장도의 정규화} &= \text{긴장도} / (\text{긴장도} + \text{이완도}) \\ \text{이완도의 정규화} &= \text{이완도} / (\text{긴장도} + \text{이완도}) \end{aligned} \quad \dots (4)$$

표 2. 정규화된 생리신호의 긴장도 및 이완도 결과

생리신호 : NS	정규화된 긴장도	정규화된 이완도
R-R : 1	0.25	0.75
GSR : 2	0.78	0.22
RSP : -1	0.44	0.56

- ④ 다음은 ③의 과정에서 정규화된 세 가지 생리신호의 결과에서 추론된 감성값으로부터 하나의 최종 결과를 유도해야 한다. 즉, 세 가지 생리신호의 정규화된 긴장도 및 이완도의 결과로부터 Dempster-Shafer 증거합 법칙(식 (3))을 이용하여 하나의 최종결과를 추론한다. 먼저 R-R 간격과 GSR의 진폭의 생리신호를 식 (3)을 이용하여 결합하면 추론된 긴장도는 0.54, 이완도는 0.46이다. 이 결과를 다시 식 (3)을 이용하여 RSP의 생리신호와 결합하면 최종적으로 추론된 긴장도는 0.52, 이완도는 0.48이다.

4. 토 의

본 연구는 이미 구축된 데이터와 지식을 바탕으로 확실하지 않은 퍼지한 인간의 감성을 추론하여 평가할 수 있는 퍼지 감성평가 전문가 시스템을 개발하기

위한 첫 번째 단계로, 측정된 생리신호를 이용하여 인간의 긴장도를 판단하는 알고리즘의 개발이 목표이다. 이를 위하여 선행 연구결과인 긴장도/이완도 평가 데이터를 긴장도/이완도 평가 소속함수를 개발하는데 사용하였다. 즉, 감성평가와 관련된 애매함을 수리적으로 취급하기 위해 퍼지이론을 적용하여 임의의 감성영역에 속하는 정도를 소속함수로 정량화함으로써 감성평가를 가능하게 하고자 하였다. 그리고 두 가지 이상의 생리신호 측정결과와 각 생리신호의 소속함수로부터 하나의 최종결과(긴장도)를 유추하기 위해서 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 적용하여 최종적인 긴장도를 추론하였다.

상상을 통해 유발된 긴장 혹은 이완감성의 생리신호 데이터베이스 결과를 이용하여 소속함수를 결정하였다. 선행연구에서 ECG의 평균 R-R 간격, GSR의 진폭, RSP의 분당 호흡수는 이차원의 감성영역의 한 축인 긴장/이완 축의 감성변화를 변별하는 신뢰로운 파라미터가 될 수 있다는 사실을 밝혔고, 본 연구에서는 이를 이용하여 긴장도와 이완도의 소속함수를 결정하는 데이터로 사용하였다[14, 15].

같은 전체집합 내에 있는 두 개의 신뢰함수에 대하여 Dempster-Shafer 증거합 규칙은 결합된 증거를 나타내는 새로운 신뢰함수를 만들어 낸다. 즉, 긴장감성으로 유발된 두 개의 생리신호 결과를 결합하여 하나의 긴장도의 신뢰함수를 산출하는 것이 Dempster-Shafer 증거합 법칙이다. Dempster-Shafer 증거합 법칙은 병렬처리가 가능하여 추론시 속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있기 때문에 향후 여러 생리신호를 측정하여 하나의 감성을 추론하는 실시간 감성평가 전문가 시스템을 개발하는 데 유용하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구결과는 아직까지는 여러 가지 부족한 점들이 많이 있다. 첫째, 감성판단의 기준이 되는 소속함수를 결정하는 데이터의 수가 충분하지 않다는 점이다. 현재까지는 32명의 데이터로 소속함수를 결정하였지만 데이터수가 증가할수록 감성판단의 정확도가 증가할 것이므로 지속적으로 데이터수를 증가시켜 보다 정확한 소속함수를 결정하는 것이 필요하다. 둘째, 본 연구에서 사용한 여섯 개의 전문가 rule은 단지

ECG, GSR, RSP의 세 가지 생리신호로부터 얻은 전문가 지식 베이스이지만 이외에도 다른 전문가 rule이 존재한다면(긴장도를 평가할 수 있는 신뢰로운 다른 생리신호 결과를 포함한다면), 이들을 포함시켜 보다 다양하고 정확한 소속함수를 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, 인공지능 기법 등의 다양한 지식 표현 방법들이 존재하기 때문에 이들 중에서 감성판단 알고리즘 개발에 최적의 지식 베이스를 찾는 것도 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다. 넷째, Dempster-Shafer 증거합 법칙 이외에 감성판단에 적절한 결합규칙을 찾는 연구가 필요할 것으로 판단된다. 마지막으로 본 연구에서 개발된 긴장도/이완도 평가 알고리즘의 정확도를 검증하는 연구가 선행되어야 할 것이다. 아직까지는 객관적인 비교기준이 없기 때문에 주관적 평가와 비교검증하는 것이 적절하다고 판단된다.

향후 본 연구의 부족한 사항들을 보완하고 이차원의 감성영역의 다른 한 축인 쾌/불쾌 축의 감성변화를 변별하는 신뢰로운 생리신호 파라미터를 선별하여 데이터베이스를 구축한 후, 쾌/불쾌를 판단할 수 있는 소속함수를 결정한다면 객관적인 생리신호로부터 이차원의 인간감성을 추론할 수 있는 감성평가 전문가 시스템을 완성할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] 한국표준과학연구원(1998), 종합적 생리신호 측정 해석 시스템 개발 최종보고서, 과학기술부.
- [2] 양선모 · 이순요 · 안범준(1998), 퍼지 의사결정 모델에 의한 감성제품 디자인 요소의 추론에 관한 연구, 대한인간공학회지 17(1), 37-46.
- [3] 양선모 · 안범준 · 이순요(1998), 프로토타입 감성 제품 개발 전문가 시스템 개발에 관한 연구, 대한인간공학회 추계학술대회 논문집, 112-118.
- [4] 김화수 · 조용범 · 최종욱(1995), 전문가 시스템, 집문당.
- [5] 김태윤(1992), 퍼지이론과 응용, 정익사.
- [6] 엄정국 · 원성현(1996), 퍼지이론 및 응용, 홍릉과학출판사.
- [7] George J. K. and Tina A. F(1988), Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information, Prentice-Hall.
- [8] 손진훈 · Estate M. Sokhadze · 이입갑 · 이경화 · 최상섭(1998), 정서 시각자극에 의해 유발된 자율신경계 반응패턴: 유발정서에 따른 피부전도반응, 심박률 및 호흡률 변화, 한국감성과학회지 1(1), 79-90.
- [9] 민병찬 · 정순철 · 김상균 · 민병운 · 오지영 · 장진경 · 신정상 · 김유나 · 김철중 · 박세진(1999), 운전 및 도로상황에 따른 자율신경계의 반응, 한국감성과학회지 2(1), 61-68.
- [10] 정순철 · 민병찬 · 김상균 · 민병운(1999), 동적 시각자극과 도로굴곡 변화에 따른 자율신경계 반응, 한국감성과학회지 2(2), 75-82.
- [11] 황민철 · 임좌상 · 김혜진 · 김세영 · 한문성(2001), 각성의 유형이 생리신호에 미치는 영향, 한국감성과학회 추계학술대회 논문집, 59-63.
- [12] Chung S.C., Min B.C., Kim S.K., Min B.W., Kim J.H., Kim C.J., Park S.J(1999), Analysis of Physiological Responses Resulting from Vehicle Speed Change, The 4th Asia-Pacific Conference on Medical & Biological Engineering, 1312.
- [13] Yang J.B.(1994), An Evidential Reasoning Approach for Multi-Attribute Decision Making with Uncertainty, IEEE Trans. on Sys, Man, Cybern., 24(1), 1-18.
- [14] 정순철 · 민병찬 · 전광진 · 김유나 · 성은정 · 신미경 · 김철중(2001), 심상자극에 의해 유발된 감성변화의 평가, 한국감성과학회 춘계학술대회 논문집, 182-185.
- [15] 정순철 · 민병찬 · 전광진 · 김철중, 상상으로 유발된 감성변화에 관한 연구, 대한인간공학회지(출판중).
- [16] 정순철 · 민병찬 · 민병운 · 김유나 · 신미경 · 김철중(2001), 디지털타이저를 이용한 실시간 주관적 평가 시스템, 대한인간공학회지 20(1), 1-13.

[17] 민병찬 · 정순철 · 민병운 · 신미경 · 정학기 · 김철
중(2001), 실시간 주관적 감성평가 시스템을 이용
한 긍정 및 부정 시각자극에 대한 연구, 대한인간
공학회지 20(1), 31-43.