

심리·생리 평가를 기반으로 한 통합 감성평가 시스템

정순철^{1,2†} · 탁계래^{1,2} · 이정환^{1,2} · 민병찬³

¹건국대학교 의학교육부 / ²건국대학교 의공학 실용기술연구소 / ³한밭대학교 산업경영공학과

A Synthetic Human Sensibility Assessment System based on Psycho-physiological Evaluation

Soon-Cheol Chung^{1,2} · Gye-Rae Tack^{1,2} · Jeong-Han Yi^{1,2} · Byung-Chan Min³

¹Dept. of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju, 380-701

²Research Institute of Biomedical Engineering, Konkuk University, Chungju, 380-701

³Dept. of Industrial and Management Engineering, Hanbat National University, Daejeon, 305-719

Human sensibility is assessed by measuring and analyzing various physiological signals in an objective way, or by analyzing adjectives chosen by the subjects in a subjective way. The present study aims at developing an integrated human sensibility assessment system that measures changes in a person's objective and subjective sensibility in real-time and analyzes them in an integrative way.

The present system is composed of a real-time subjective sensibility assessment system, an automatic subjective sensibility assessment system and a real-time physiological signal measurement and analysis system for sensibility assessment, which are separated from one another. It can be utilized individually, or can be combined as a synthetic sensibility assessment system for comprehensive sensibility assessment.

Keywords: human sensibility, synthetic sensibility assessment system, psycho-physiological evaluation

1. 서론

인간의 감성을 정량적으로 평가하기 위한 방법과, 정확하고 객관적인 평가 척도를 개발하기 위한 연구가 활발히 이루어지고 있다(Choi *et al.*, 1998; Sohn *et al.*, 1998; Min *et al.*, 1999; Lee *et al.*, 1999; Chung *et al.*, 1999; Whang *et al.*, 2001). 보편화된 감성 평가 방법으로는 형용사가 나열된 설문지 조사를 통한 평가(주관적 감성평가)와 감성 변화에 따른 신체의 생리 변화를 감지하는 전기적 생리 신호 분석(객관적 감성평가)을 통한 평가가 병행되고 있다.

설문지를 이용한 주관적 평가는 감성평가에 적절한 형용사가 제시된 설문지를 이용하는 감성 측정의 한 방법으로, 연구 목적에 부합하는 유용한 자료를 수집하는 수단이며, 얻어진 자료를 분석하여 연구의 결론에 도달하는 중요한 방법이다

(Chung *et al.*, 1999). 설문지를 이용한 주관적 평가 방법은 먼저 조사 목표를 선정하고, 연구 목표에 맞는 모든 감성 어휘를 추출한 후, 의미 변별(Semantic differential) 기법과 요인 분석을 통해 측정하고자 하는 목표에 가장 알맞은 대표 감성 어휘를 추출하고, 추출된 형용사군으로 이루어진 설문지를 이용하여 주어진 자극에 대한 감성을 평가하는 것이다.

그러나 이러한 주관적 평가는 항상 자극 제시 후, 즉 어느 정도의 시간이 경과한 후 과거의 자극에 대한 감성의 상황을 기억하여 평가하는 것으로, 실제 자극이 제시된 순간의 감성을 실시간으로 측정하지 못한다는 문제점이 있다. 특히, 감성 자극량이 미약하거나 또는 실험 시간이 길어지는 경우 실제 자신이 느꼈던 감성의 변화를 정확히 기억하여 표현하지 못하는 경우가 많다(Wierwill and Eggemeier, 1993; Chung *et al.*, 1999, 2001; Min *et al.*, 2001). 그리고 설문지를 이용한 주관적 평가 방

본 연구는 한국과학재단 특장기초연구(R01-2004-000-10593-0) 지원으로 수행되었음.

† 연락처 : 정순철 교수, 380-701 충북 충주시 단월동 322번지 건국대학교 의학교육부, Fax : 043-851-0620, E-mail : scchung@kku.ac.kr
2004년 2월 접수; 2005년 3월 수정본 접수; 2005년 3월 게재 확정.

범은 시시각각으로 변화하는 인간의 감성 변화에 대한 시간적인 정보를 포함하지 못하고 자극 제시 시간 동안의 평균적인 감성 정보만을 내포하고 있다(Chung *et al.*, 2001). 또한, 설문지를 이용하여 측정된 주관적인 감성평가 값들을 데이터베이스화하여 통계적으로 분석하기 위해서는 코딩이라는 입력 작업을 통해 디지털화하게 된다. 그러나 코딩이라는 작업은 시간적 물질적 노력을 요구하게 되고, 입력 과정에서 오류를 범할 수 있는 문제점도 내포하고 있다. 아울러 감성평가 결과를 도출하기 위해서는 복잡한 통계 분석 도구를 사용할 수 있는 전문가적 지식이 필요하다는 어려움도 있다(Min *et al.*, 2003).

생리 신호를 이용한 객관적 감성평가는 실험 목적에 필요한 생리 신호를 선정하고, 자극에 따른 반응 결과를 측정하고, 실험이 종료된 후 신호를 분석하여 결과를 도출한다. 그러나 이러한 생리 신호를 이용한 평가 역시 항상 실험 종료 후 신호 분석 작업을 통해 결과를 도출함으로써, 이에 따른 시간적 물질적 노력이 필요하다는 제한점을 내포하고 있다. 또한 주관적 평가 결과와의 정확한 연관성을 도출하는 데도 한계를 가지고 있다(Chung *et al.*, 2004).

그러므로 본 연구에서는 종래의 설문지를 이용한 주관적 평가 방법의 여러 단점을 보완하기 위해서, 시간에 따라 변하는 인간의 주관적 감성을 실시간으로 측정하고 분석할 수 있음은 물론 자극 제시 시간 동안의 전반적인 감성평가가 가능한 실시간 주관적 감성평가 시스템에 대해 논의하고자 한다. 또한 설문지를 이용한 주관적 평가의 장점은 살리고 단점은 보완하기 위하여, 입력에서부터 통계적 분석 결과의 도출까지 자동으로 수행되는 자동 주관적 감성평가 시스템에 대해 논의하고자 한다. 아울러 감성평가에 보편적으로 사용되는 생리 신호의 종류와 각 생리 신호의 감성평가 파라미터를 사전 정의하여 생리 신호 측정과 동시에 실시간으로 자동 분석할 수 있는 감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템에 대해 논의하고자 한다. 마지막으로 실시간 주관적 감성평가 시스템, 자동 주관적 감성평가 시스템, 감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템을 종합하여 통합적인 감성평가가 가능한 통합 감성평가 시스템을 개발하고자 한다.

2. 실시간 주관적 감성평가 시스템

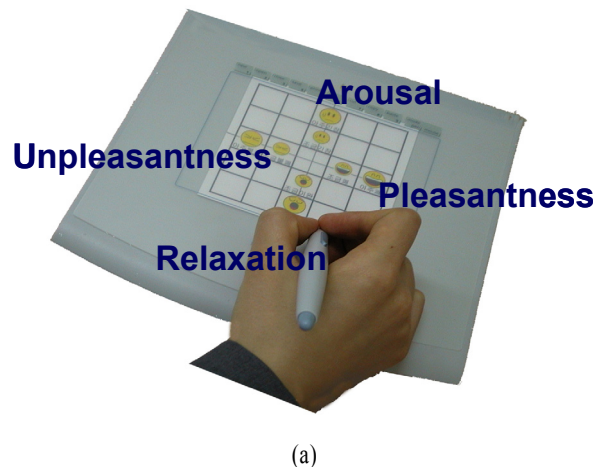
본 연구에서는 설문지를 이용한 비실시간 주관적 평가법의 제한점을 극복하고, 비교적 정확하고 쉽게 피험자가 자신의 감성을 표현할 수 있는 실시간 주관적 감성평가 시스템을 개발하였다(Chung *et al.*, 2001). 정서 혹은 감성의 구조를 밝혀보려는 이론적 접근들 가운데 최근에 가장 보편적으로 널리 받아들여지고 있는 이론인 Russell(1980)의 쾌-불쾌, 각성-수면(이완)의 이차원의 감성이 나타나 있는 입력 board(디지털타이저) 위에 피험자가 자신의 감성을 펜 마우스를 이용하여 실시간으로 입력하게 하였고, 분석 결과 역시 실시간으로 처리할 수 있는 시스

템을 개발하였다.

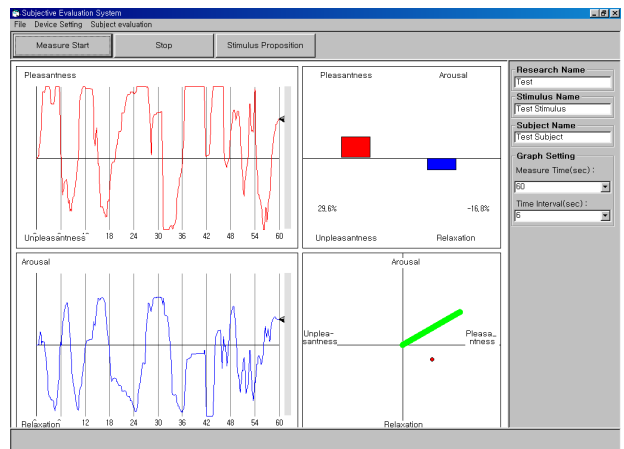
실시간 주관적 감성평가 시스템은 감성 입력 부분, 입력 board와 컴퓨터를 연결하는 RS232C, 컴퓨터에서의 실시간 감성평가 및 디스플레이 부분으로 구성되어 있다. 측정 시간, 피험자 정보, 실험 정보, 주관적 평가를 몇 점 척도로 할 것인가(5점 또는 7점), 데이터 샘플링은 얼마로 할 것인가(10 포인트/초) 등의 설정을 실험자가 입력하도록 하였다.

입력 부분은 A4 size의 펜 마우스 입력 방식을 가진 디지털타이저(Wacom Intuos i-400: 인식가능범위 = 127mm × 99mm, 인식 해상도 = 0.01mm, 인식 정밀도 = ±0.25mm, 인식 속도 = 최고 200포인트/초)를 이용하여 <Figure 1>의 (a)와 같이 피험자가 직접 자신의 쾌/불쾌, 긴장/이완의 2차원 감성을 실시간으로 입력하게 하였다.

감성평가 및 디스플레이 부분은 <Figure 1>의 (b)에서와 같이 1차원적인 감성 측정 결과와 2차원적인 감성 측정 결과를 모두 실시간으로 제시할 수 있도록 하였다. 왼쪽 윗부분은 시



(a)

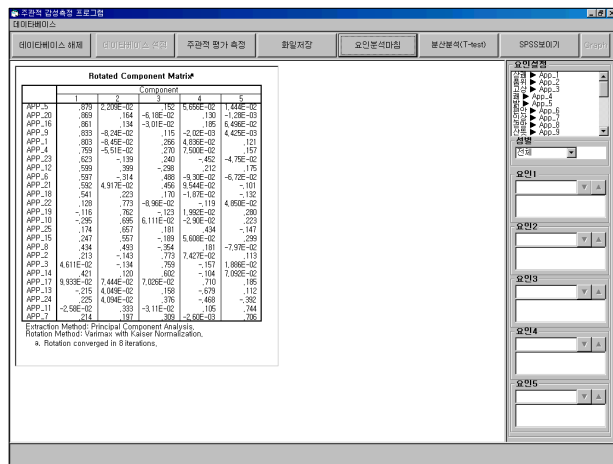


(b)

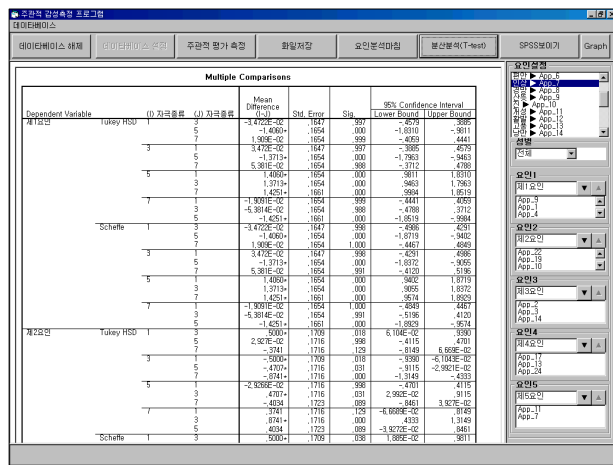
Figure 1. The real-time subjective sensibility assessment system (a) The input part(b) The part for the evaluation of human sensibility and display.

극 정보, 피험자 정보 등을 이용하여 데이터베이스의 키를 만들 수 있도록 구성하였다. 그리고 척도 및 단, 양극 선택이 가능하도록 하였다. 또한 실험 명칭, 피험자 명칭, 자극 제시 명칭을 이용한 검색이 가능하도록 하였다.

데이터베이스에 저장된 측정 데이터를 이용하여 통계 분석이 수행될 수 있도록 SPSS를 이용한 통계 분석 모듈을 개발하여 추가하였다. SPSS에서 사용되는 모든 명령어들을 매크로 형식으로 구축하여 SPSS에서의 사용자 작업은 없도록 하였고, 데이터 입력과 결과 출력 및 통계 분석의 전반적인 작업을 자동으로 수행하도록 프로그램을 개발하였다. <Figure 3>의 (a)는 본 시스템을 이용해서 추출된 요인 분석 결과를 나타낸 화면이다.



(a)



(b)

Figure 3. Results of statistical analysis(a) Factor analysis(b) Analysis of variance.

요인 분석이 끝난 후 분산 분석을 수행할 수 있도록 하였고 화면에 제시된 버튼을 누르는 작업만으로 모든 과정이 이루어 지도록 구성하였다. 요인 분석으로 그룹화된 형용사군의 이름

은 실험자의 판단에 따라 그룹 명칭을 입력받도록 구성하였으며, 입력받은 정보와 요인 분석 결과를 이용하여 분산 분석을 수행하도록 하였다. 이 모든 과정 또한 매크로 함수를 이용하여 SPSS에서의 다른 입력 작업은 없도록 함으로써 본 프로그램에서 모든 명령 및 제어가 가능하도록 구성하였다. <Figure 3>의 (b)는 분산 분석 결과 화면이다. 또한 분산 분석 후 통계 분석된 결과 값을 쉽게 볼 수 있도록 결과를 그래프로 나타낼 수 있도록 하였다.

4. 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템

본 연구에서는 이미 구축된 데이터와 지식을 바탕으로, 확실 하지 않은 퍼지한 인간의 감성을 추론하여 평가할 수 있는 감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템을 개발 하였다(Chung et al., 2002a, 2004). 이를 위하여 본 연구팀의 선행 연구 결과인 긴장/이완, 쾌/불쾌의 생리 신호 평가 데이터를 이용하여 소속 함수를 개발하였다(Chung et al., 2002b). 즉, 감성평가에 관련된 애매함을 수리적으로 취급하기 위해 퍼지 이론을 적용하여 임의의 감성 영역에 속하는 정도를 소속 함수로 정량화함으로써 감성평가를 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 추론할 수 있도록 하였다(Kim, 1992; Yang, 1994; George and Tina, 1998).

상상을 통해 유발된 긴장/이완 또는 쾌/불쾌 감성의 생리 신호 데이터베이스 결과를 이용하여 소속 함수를 결정하였다. 선행 연구에서 Electrocardiogram(ECG)의 평균 R-R 간격 그리고 Galvanic Skin Resistance(GSR)와 Skin Temperature(SKT)의 진폭 변화는 이차원의 감성 영역의 한 축인 긴장이완 축의 감성 변화를 변별하는 신뢰할 만한 파라미터가 될 수 있다는 사실을 밝혔고, 본 연구에서는 이를 이용하여 긴장도와 이완도의 소속 함수를 결정하는 데이터로 사용하였다. 또한 Electroencephalogram(EEG)의 α 와 β band의 파워는 이차원 감성 영역의 나머지 한 축인 쾌/불쾌 축의 감성 변화를 변별하는 신뢰할 만한 파라미터가 될 수 있다는 사실을 밝혔고, 본 연구에서는 이를 이용하여 쾌도와 불쾌도의 소속 함수를 결정하는 데이터로 사용하였다(Choi et al., 1998; Sohn et al., 1998; Min et al., 1999; Lee et al., 1999; Chung et al., 1999, 2002a, 2002b; Whang et al., 2001).

같은 전체 집합 내에 있는 두 개의 신뢰 함수에 대하여 Dempster-Shafer 증거합 규칙은 결합된 증거를 나타내는 새로운 신뢰 함수를 만든다(Kim, 1992; Yang, 1994; George and Tina, 1998). 즉, 임의의 감성으로 유발된 두 개의 생리 신호 결과를 결합하여 하나의 감성 값을 산출하는 것이 Dempster-Shafer 증거합 법칙이다. Dempster-Shafer 증거합 법칙은 병렬 처리가 가능하여 추론 시 속도를 향상시킬 수 있는 장점이 있기 때문에 여러 생리 신호를 측정하여 하나의 감성을 실시간으로 추론해

야 하는 본 시스템 개발에 유용하게 사용되었다.

본 시스템은 <Figure 4>와 같이 생리 신호를 Biopac MP100으로 측정하고, DT3010 board를 이용하여 A/D 변환한 후 감성평가를 위한 메인 컴퓨터로 연결하여 실시간으로 감성을 평가할 수 있도록 구성되어 있다.

<Figure 5>는 본 시스템의 사용자 인터페이스를 나타낸다. 실시간으로 측정되는 각각의 생리 신호를 화면의 왼쪽 창에 디스플레이 되도록 하였다. 그리고 측정되는 생리 신호로부터 추출되는 감성평가에 필요한 파라미터의 정량적인 값을 화면의 가운데 창에 나타나도록 하였다.

화면의 오른쪽은 실험에 필요한 다양한 정보를 입력하는 부분으로 실험 명칭, 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 생리 신호의 파라미터 값으로부터 최종 계산된 네 가지 척도의(쾌도, 불쾌도, 긴장도, 이완도) 감성평가 값이 실시간으로 표시되도록 하였다.

5. 통합 감성평가 시스템

본 시스템은 실시간 주관 감성평가 시스템, 자동 주관 감성평가 시스템, 감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템을 종합하여 통합적인 감성평가가 가능하도록 개발되었다.

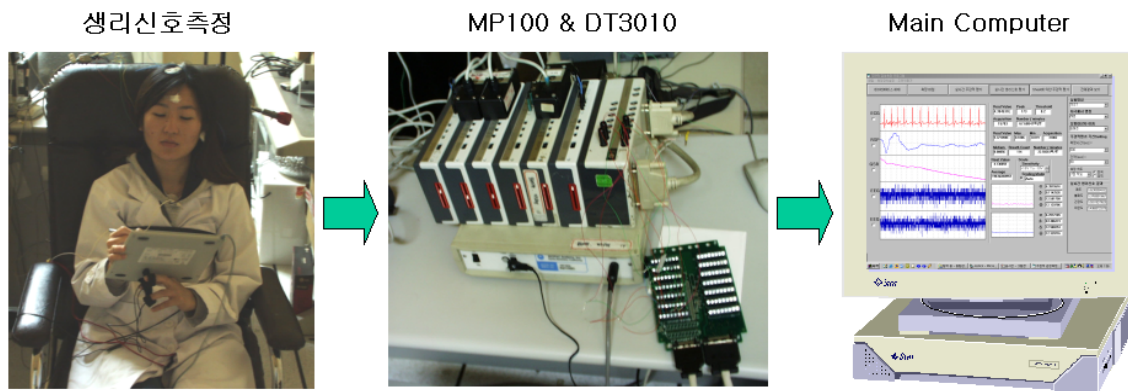


Figure 4. Structure of the real-time physiological signal measurement and analysis system for sensibility assessment.

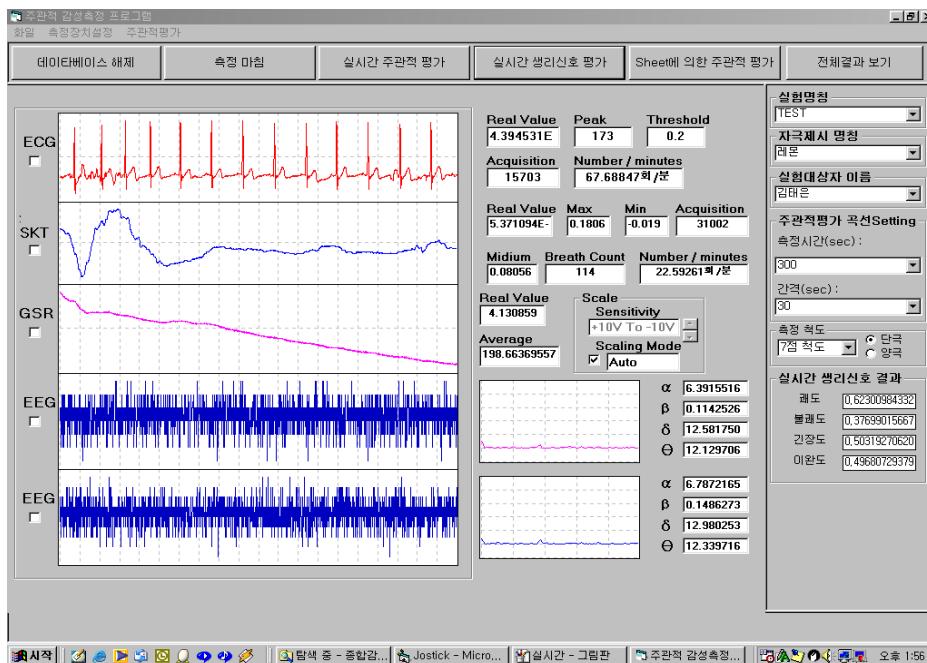


Figure 5. User interface of the real-time physiological signal measurement and analysis system for sensibility assessment.

5.1 통합 감성평가 시스템 구조

통합 감성평가 시스템은 세 가지 시스템을 데이터베이스로 통합하여 하나의 감성평가 시스템으로 구축된다. 실험 진행 시 세 가지 시스템에서 측정되는 모든 신호가 동시에 측정되어 하나의 데이터베이스로 구축되므로 다양한 감성지표를 산출할 수 있게 된다.

<Figure 6>은 통합 감성평가 시스템에서 산출되는 실험 정보 및 실험 결과, 측정 데이터 등을 모두 관리할 수 있도록 구성된 데이터베이스 구조도이다. 데이터베이스는 실험 관련 정보를 실험이 진행될 때마다 자동적으로 입력, 보관할 수 있도록 하여 향후 실험 결과 분석 및 감성 지표 산출에 필요한 자료를 제

공할 수 있도록 설계되었다. 데이터베이스의 가장 큰 목적은 전체 시스템의 통합과 전체적인 데이터 관리이다. 본 데이터베이스는 관계형 데이터베이스를 이용하여 설계하였다.

5.2 통합 감성평가 모델

실시간 주관 감성평가 시스템, 자동 주관 감성평가 시스템, 감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템에서 도출된 각각의 감성평가 결과로부터 하나의 통합된 감성평가 결과를 도출하기 위해 본 연구에서 결정한 통합 방식은 다음과 같다. <Figure 7>과 같이 실시간 생리 신호 측정 및 분석 결과 ①와 실시간 주관 감성평가 결과②는 모두 쾌/불쾌, 긴장/이

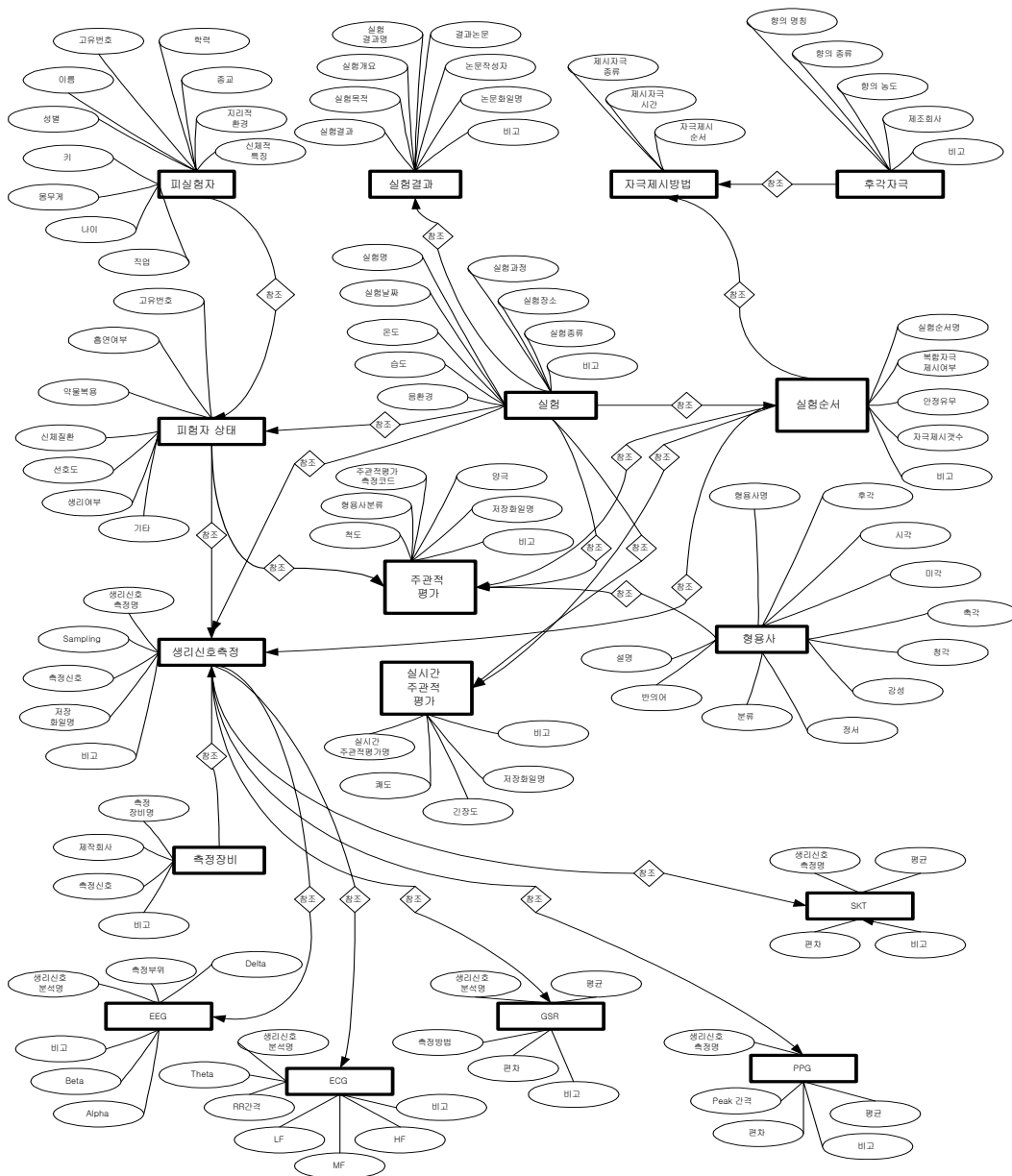


Figure 6. Database structure of the synthetic sensibility assessment system.

완의 이차원 감성 값이 시간의 함수로 나타나므로 쉽게 두 가지 결과를 통합할 수 있다.

이때 두 가지 결과의 통합(③)은 식 (2)와 같이 Weighting Factor(WF)를 적절히 정의하면 된다. 최적의 통합 감성 값을 구하기 위해서는 추후 다양한 실험과 자료로부터 WF 값을 결정하고, 이를 통해 보다 적절한 회귀 방정식을 구해야 할 것이다. 본 연구에서는 우선적으로 WF 값을 0.5로 선정해 사용하고자 한다.

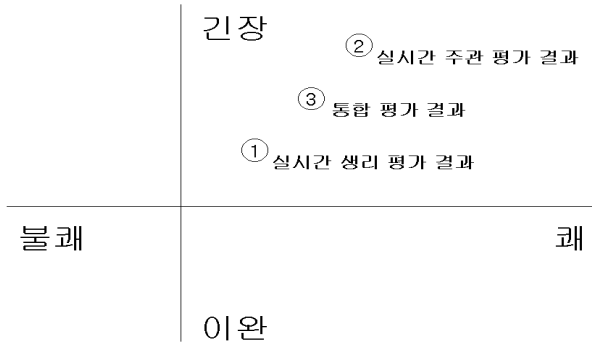


Figure 7. Method of synthetic sensibility assessment.

통합 감성 값(③) = 실시간 생리 신호 측정 및 분석 결과(①) × WF + 실시간 주관 감성평가 결과(②) × (1 - WF) (2)
단, (0 ≤ WF ≤ 1)

그리고 위의 통합 결과를 보조 설명하는 역할로 자동 주관

감성평가 시스템의 결과를 이용하기로 하였다. 이러한 방법은 데이터베이스에 의한 자료 정리는 어렵지만 결과 산출에 있어서 결정적인 값과 설명적인 값을 모두 표현할 수 있다는 장점을 가지고 있다. <Figure 8>은 통합 감성평가 시스템의 최종 결과 화면이다.

6. 토 의

본 연구에서는 실시간 주관 감성평가 시스템, 자동 주관 감성평가 시스템, 감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템의 개발에 대해 각각 논의하였고, 세 가지 시스템을 종합하여 통합적인 감성평가가 가능한 통합 감성평가 시스템에 대해 논의하였다.

실시간 주관 감성평가 시스템은 자극 제시 기간 동안의 평균적인 감성평가는 물론이고 감성 변화의 과정을 시간의 함수로 관찰할 수 있는 시스템으로, 향후 감성공학의 여러 연구 분야에 유용하게 사용될 수 있다. 예를 들어, 소비자가 제품을 사용하는 동안 감성 변화를 측정하는 데 사용될 수 있다.

즉, 새로운 자동차를 설계할 때 승차감 또는 안락감은 중점적으로 고려해야 할 요소이다. 그러나 실제 자동차가 주행하는 동안 승차감, 안락감, 피로감 등은 시간에 따라 변할 것이고, 이러한 감성 변화를 정확히 측정하고 평가할 수 있다면 인간에게 가장 감성적으로 호소할 수 있는 제품을 설계하는 데 큰 효과가 있을 것이다.

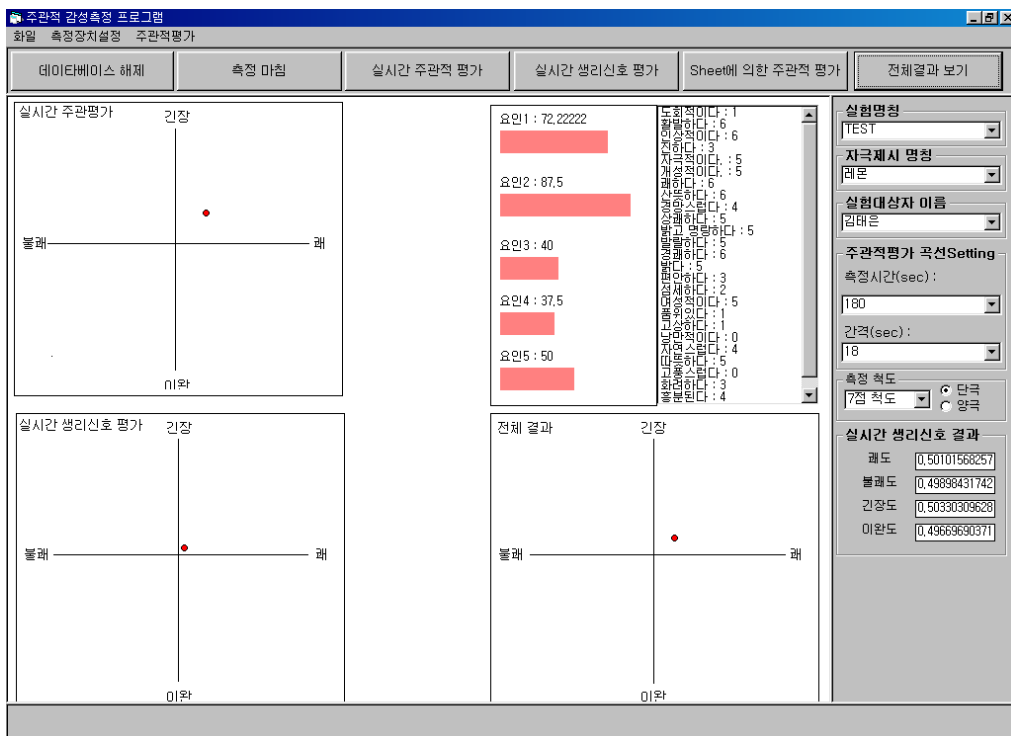


Figure 8. Screen for final result of the synthetic sensibility assessment system.

자동 주관 감성평가 시스템은 주관적 평가의 입력 통계 분석, 통계 결과 추출 및 데이터베이스 저장까지의 전 과정을 자동으로 수행하도록 개발되었다. 즉, 본 시스템은 설문지를 이용한 주관 평가에서 발생될 수 있는 수작업에 의한 코딩 오류, 비전문가에 의한 통계 분석 오류 등을 방지할 수 있고 시간과 인력을 최소화할 수 있는 장점이 있다. 또한 비전문가라도 용이하게 통계 분석을 수행할 수 있도록 SPSS를 부분 모듈로 활용하고 있다.

감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템을 퍼지 이론을 적용하여 임의의 감성 영역에 속하는 정도를 소속 함수로 정량화함으로써 감성평가를 수행할 수 있도록 하였다. 소속 함수의 결정은 상상을 통해 유발된 긴장/이완, 쾌/불쾌의 생리 신호 데이터베이스 결과를 사용하였다. 그리고 두 가지 이상의 생리 신호 측정 결과와 각 생리 신호의 소속 함수로부터 하나의 최종 결과(감성 값)를 유추하기 위해서 Dempster-Shafer 증거합 법칙을 적용하였고, 이를 통해 최종적인 긴장도와 쾌도를 도출할 수 있도록 하였다. 본 시스템 역시 결과 분석에 소요되는 시간과 인력을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서는 위 세 가지 시스템의 결과를 종합하여 인간의 감성을 판단할 수 있는 시스템을 개발하고자 하였으나, 실제로는 실시간 주관 감성평가 시스템과 감성평가를 위한 실시간 생리 신호 측정 및 분석 시스템의 결과만이 통합되었고, 자동 주관 감성평가 시스템은 단지 두 가지 통합 결과를 보조 설명하는 역할만 수행하였다. 추후 세 가지 결과를 모두 통합할 수 있는 알고리즘을 구축함으로써 보다 정확한 통합 감성평가 시스템이 될 수 있도록 개선할 예정이다.

통합 감성평가 시스템은 인간의 감성을 평가할 수 있는 기존의 세 가지 방법을 종합하여 하나의 감성평가 결과를 도출할 수 있을 것이고, 측정 데이터 및 분석 데이터를 데이터베이스화함으로써 향후 감성 지표 산출에 크게 기여할 것으로 판단된다. 또한 시시각각으로 변하는 인간의 감성 변화를 종합적으로 측정하고 분석하여 결과를 도출할 수 있는 통합 감성평가 시스템은 소비자에게 감성적으로 호소할 수 있는 고부가가치 상품을 설계하는 데 효과적으로 활용될 수 있을 것이다.

참고문헌

- Choi, J.-M., Whang, M.-C., Bae, B.-H., Yu, E.-K., Oh, S.-H., Kim, S.-Y. and Kim, C.-J. (1998), Quantification of positive and negative emotion by single-channel brain wave, *Korean Journal of The Science of Emotion & Sensibility* 1(1), 59-67.
- Chung, S.-C., Min, B.-C., Min, B.-W., Kim, S.-K., Oh, J.-Y., Kim, Y.-N., Kim, C.-J. and Park, S.-J. (1999), Correlation between real-time and off-time subjective assessments and physiological responses for visual picture stimulus, *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 18(3), 27-39.
- Chung, S.-C., Min, B.-C., Min, B.-W., Kim, Y.-N., Sim, M.-K. and Kim, C.-J. (2001), Real-time subjective sensibility assessment system using digitizer, *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 20(1), 1-13.
- Chung, S.-C. (2002), Development of arousal level estimation algorithm by membership function and Dempster-Shafer's rule of combination in evidence, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility* 5(1), 17-24.
- Chung, S.-C., Min, B.-C., Jun, K.-J., Lee, B.-S., Yi, J.-H. and Kim, C.-J. (2002), A study on changes in human sensibility evoked by imagination, *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 21(3), 35-46.
- Chung, S.-C., Lee, B.-S. and Min, B.-C. (2004), Development of an automatic expert system for human sensibility evaluation based on physiological signal, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 23(1), 1-11.
- George, J.K. and Tina, A.F. (1988), *Fuzzy sets, uncertainty, and information*, Prentice-Hall.
- Kim, T.-Y. (1992), *Fuzzy theory and application*, Jungiksa.
- Lee, K.-H., Yi, I.-G. and Sohn, J.-H. (1999), Development of psychophysiological indices for discrete emotions, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility* 2(2), 43-52.
- Min, B.-C., Chung, S.-C., Kim, S.-G., Min, B.-W., Jung, J.-K., Oh, J.-Y., Shin, J.-S., Kim, Y.-N., Kim C.-J. and Park, S.-J. (1999), Autonomic responses according to driving and road conditions, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility* 2(1), 61-68.
- Min, B.-C., Chung, S.-C., Min, B.-W., Sim, M.-K., Chung, H.-K. and Kim, C.-J. (2001), A study on positive and negative visual stimuli using the real-time human sensibility assessment system, *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 20(1), 31-43.
- Min, B.-W., Min, B.-C., Chung, S.-C. and Kim, C.-J. (2003), Development of automatic subjective assessment system using adjectives, *Journal of the Ergonomics Society of Korea* 22(3), 1-11.
- Russell, J.A. (1980), A circumplex model of affect, *Journal of Personality and Social Psychology* 39(6), 1161-1178.
- Sohn, J.-H., Sokhadze, E.M., Yi, I.-G., Lee, K.-H. and Choi, S.-S. (1998), Patterns of autonomic responses to affective visual stimulation: skin conductance response, heart rate and respiration rate vary across discrete elicited-emotion, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility* 1(1), 79-91.
- Whang, M.-C., Lim, J.-S., Kim, H.-J. and Kim, S.-Y. (2001), Effect on physiological responses according to difference arousals, *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility* 4(2), 89-93.
- Wierwille, W.W. and Eggemeier, F.T. (1993), Recommendations for mental workload measurement in a test and evaluation environment, *Human Factors* 35, 263-281.
- 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.