

다중 센서를 이용한 실내 환경 제어용 감성 측정기
이덕동*, 박길흠*, 최두현*, 한대현*, 백운이**, 임정옥***, 황대진****

A Human Sensibility Meter for Indoor Environmental Control Using
Multiple Sensors

Duk-Dong Lee*, Kil-Heum Park*, Doo-Hyun Choi*, Dae-Hyun Han*,
Woon-Yi Baek**, Jeong-Ok Lim***, and Tae-Jin Hwang****

요약

본 논문에서는 실내 환경에서의 환경 인자에 대한 사람의 감성을 측정하기 위한 감성 측정기를 개발하였다. 온도, 습도, CO₂ 및 C₄H₁₀ 농도를 측정할 수 있는 네가지 종류의 센서를 사용하였는데, 감성지수를 정의하기 위해서는 온도, 습도, CO₂ 센서만을 사용하였고, C₄H₁₀ 센서는 내부 공기의 유해도 측정을 위해 사용하였다. 제안한 측정기는 온도, 습도, CO₂ 농도 각각에 대해 따로 감성지수를 설정하고 이를 조합하여 현재 실내환경에 대한 최종 감성지수를 제시하도록 하였다. 제안된 알고리즘의 타당성을 PC 윈도우 95환경에서의 시뮬레이터를 이용하여 확인하였고, 마이크로 프로세서를 사용하여 독립적인 감성측정기를 제작하였다.

Abstract

A new human sensibility (kansei) meter that can measure human sensibility at the indoor environment is developed in this paper. Four sensors that can measure temperature, humidity, CO₂ and C₄H₁₀ concentrations are used. Among these sensors, the first three are used to determine the human sensibility, And the last to protect human from the harmful gas. First of all, human sensibilities are defined for each sensor datum, and then those are linearly combined to make a final human sensibility (kansei). The efficiency and usefulness of the meter are verified using a simulator on Windows 95 and a stand-alone system constructed using a microprocessor.

I. 서론

감성공학 기술은 90년대 초부터 국내에 알려지기 시작한 기술로 인간의 느낌이나 감성을 구체적인 제품설계로 구현해 내고자 하는 공학적인 접근 방법이다. 이는 인간의 감성을 과학적으로 측정/분석하여 이를 제품이나 환경 설계에 응용하여 보다 편리하고 안전한 제품/환경을 만들게 하고 궁극적으로 인간 삶의 쾌적화를 실현하고자 하는 미래 지향적인 기술이다. 즉, 제품 자체의 수치적 성능을 중요시하는 기존의 공업 제

* 경북대학교 전자전기공학부(School of Electronic & Electrical Eng., Kyungpook National Univ.)

** 경북대학교 의과대학 마취과(Department of Anesthesiology, Kyungpook National Univ.)

*** 경북대학교 의학연구소(Medical Research Institute, Kyungpook National Univ.)

**** (주) 키트론 (Keytron Co., Ltd.)

※ 본 논문은 G7 감성공학 개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었음.

품과는 달리 미래의 공산품은 사용자가 느끼는 편리함과 쾌적함에 대한 성능을 더 중요시해야 한다는 시각에 기원을 둔 접근법이다[1]. 감성공학 기술은 선진국에서도 초보 단계에 있으나, 경쟁력 있는 고부가 가치의 제품 개발을 위한 신기술로 큰 관심을 끌고 있다[2].

1986년 일본 마즈다 자동차의 야마모토 회장이 처음으로 감성 공학의 중요성을 제기한 이래 일본을 중심으로 인간 공학, 감성 공학 또는 산업 공학 이라는 이름으로 알려지기 시작하였고, 주로 제품 이용자의 편의성과 쾌적화를 중심으로 연구가 진행되었다[3, 4]. 이는 환경과 인간과의 관계를 다룬 것으로 과학 기술이 발전함에 따라 인간이 환경에 순응하는 피동적 관계에서 환경을 인간에게 적합하도록 바꾸는 능동적 관계로 변화 시키고자 하는데 그 목적이 있다. 이를 위해서는 먼저 환경과 인간 감성과의 관계를 정량적으로 분석할 수 있어야 한다. 즉 개인에 따라 다양한 차이를 보이며 주관적이고, 내적(감정적)/외적 요소에 의해 다양하게 나타나는 인간 감성의 정량화에 대한 연구가 필요하다. 이러한 연구 결과를 이용한 대표적인 예로서 오사카 근교의 간사히 국제 공항, 스포츠 카(car)의 개념을 세단에 적용하는 등의 예가 있다[3,4]. 이외에 차량 시트의 디자인이나 건물의 설계 및 공조 시스템의 운용에 감성공학의 개념이 많이 응용되고 있다[5,6,7]. 국내에서도 일부 가전제품에 기본적인 감성요소를 고려한 제품을 개발한 예가 있고, 광고분야에서도 인간의 감성을 자극하는 시도가 이루어지고 있다[8,9].

본 논문에서는 실내에서의 쾌적감을 극대화하기 위해 실내 환경인자 측정 시스템 및 생리신호 측정 결과를 이용한 감성 측정기를 설계 및 제작하여 그 동작 특성을 시험하였다. 제작된 감성 측정기는 자동차 실내 뿐만 아니라 일반 주거 및 작업 환경의 쾌적화에 응용될 수 있다.

II. 감성지수 설정

환경을 인식하기 위해서 온도, 습도, CO₂ 및 C₄H₁₀ 농도를 측정할 수 있는 네 종류의 센서를 사용한다. 먼저 각각의 센서 데이터에 대해 독자적으로 감성지수를 설정하고 이를 조합하여 최종적인 환경에 대한 감성지수를 결정한다.

1. 온도에 대한 감성지수(K_T)

온도에 대해서는 일반적으로 알려져 있는 쾌적대(20 °C ~ 26 °C)를 기준으로 감성지수를 설정하였다. 차량 실내 환경을 목표로 하기 때문에 대부분의 사람이 불쾌감을 느끼는 10 °C 이하나 36 °C 이상에 대해서는 최소의 감성지수 40을 할당하였다. 그리고 23 °C 에서 최고의 감성 지수 100을 할당하였다. 쾌적대 내의 온도 상태에 있을 경우 70 이상의 감성지수를 가지도록 하였다. 그림 1은 온도에 대한 감성지수를 나타낸 것이다.

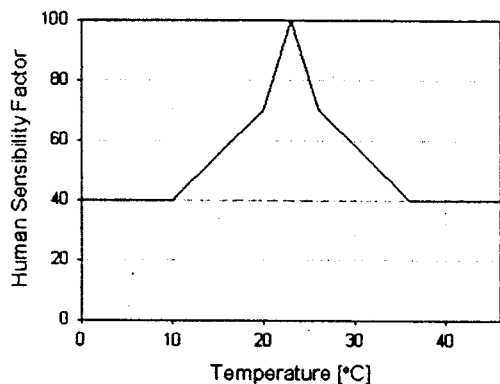


그림 1. 온도에 대한 감성지수 (K_T).

Fig. 1. Human sensibility for temperature (K_T).

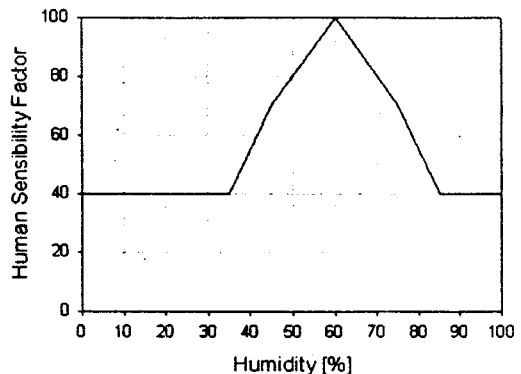


그림 2. 습도에 대한 감성지수 (K_H).

Fig. 2. Human sensibility for humidity (K_H).

2. 습도에 대한 감성지수(K_H)

습도의 경우도 마찬가지로 쾌적대 (45 ~ 75 %)를 기준으로 감성지수를 설정하였다. 온도의 경우와 마찬가지로 차량 등의 실내 환경의 제어를 목표로 하기 때

문에 35 % 이하나 85 % 이상에 대해서는 최소의 감성 지수 40 을 할당하였다. 그림 2는 습도에 대한 감성지수를 나타낸 것이다.

3. CO₂에 대한 감성지수(K_{CO2})

CO₂ 농도 변화에 대한 뇌파의 변화를 근거로 하여 감성지수를 정의하였다[10]. 그림 3에 D_{CO2}(CO₂의 농도)에 대한 감성지수(K_{CO2})를 나타내었다. 이는 뇌파 성분의 분포에 대한 분석을 통해서 CO₂의 농도에 대한 사람의 감성을 추정한 것이다. 뇌파 분석 결과 객관적인 불쾌감을 유발하기 시작하는 CO₂ 농도인 4000 ppm 을 경계로 하였으며 이 농도에서의 감성지수(K_{CO2})를 70으로 정하였다. 4000 ppm에서 8000 ppm으로 CO₂ 농도가 증가함에 따라 감성지수는 거의 선형적으로 감소하는 경향을 보이고 있다.

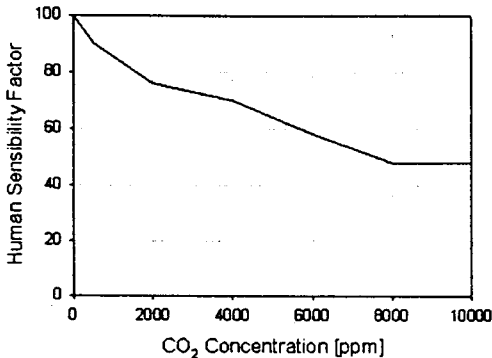


그림 3. CO₂ 농도에 대한 감성지수 (K_{CO2}).
Fig. 3. Human sensibility for CO₂ concentration (K_{CO2}).

4. C₄H₁₀에 대한 감성지수

C₄H₁₀의 경우는 실내에서 발생 가능성 및 그 유해성을 고려하여 감성지수를 정의하지 않고, 1000 ppm 이상의 농도가 되면 유해상황으로 처리하게 하였다.

5. 감성지수(K)

환경에 대한 최종 감성지수(K)를 앞에서 열거한 온도, 습도, CO₂ 농도에 대한 감성지수를 사용하여 정의하였다. 감성지수를 온도와 습도의 쾌적대 여부에 따라 다르게 정의하였다. 즉 온도와 습도가 쾌적대에 있으면 CO₂의 농도에 대한 감성지수를 크게 하고, 온도와 습도가 쾌적대 바깥에 있는 경우 온도와 습도에 의한 감

성지수의 영향이 큰 것을 고려하였다. 밀폐된 공간의 환경에 대한 감성지수이므로 온도와 습도는 비교적 빠른 시간 내에 제어 가능하다는 점을 감안하여 이원화된 감성지수를 설정할 필요가 있다. 전체 감성지수는 그림 4와 같이 정의하였다. 최종 감성 지수가 75 이상이면 아주 쾌적한 것으로 가정하였다. 이는 각각의 감성 지수를 따로 설정하여 각각의 경우 쾌적한 영역을 70 이상으로 정하였기 때문에 약간의 여유를 두어 최종 감성지수의 쾌적 영역은 이보다 크게 하였다. 그리고 차량 실내의 경우 온도와 습도는 일반적으로 감성적인 쾌적대 (자수 70 이상)를 쉽게 유지할 수 있으므로 시간이 지나면 CO₂ 농도의 제어 문제로 귀결된다.

$$\text{If } (K_r \geq 70 \text{ and } K_H \geq 70)$$

$$K = \frac{K_H + K_r + 3 \times K_{CO_2}}{5}$$

else

$$K = \frac{2 \times K_H + 2 \times K_r + K_{CO_2}}{5}$$

그림 4. 감성지수의 결정.
Fig. 4. Determination of human sensibility.

III. 감성 측정기 시뮬레이터

감성 측정기의 동작 상황을 다양한 환경에서 확인하기 위해 감성 측정기 시뮬레이터를 PC 상에서 MS Visual C/C++ 언어를 사용하여 구현하였다. 사용자 인터페이스를 고려하여 그래픽 유저 인터페이스(Graphic User Interface: GUI)도 구현하였다. 간단한 공조 제어 알고리즘을 내장하고 있고 이를 위해 "AirControl"이라는 새로운 메뉴를 작성하였다. 센서 데이터를 입력하기 위한 초기화와 공조 제어 시스템을 구동할 수 있는 메뉴를 부메뉴(sub-menu)로 제공하고 있다.

그림 5에는 초기화를 위한 대화상자를 보여주고 있는데, 일부는 센서로부터 직접 얻어지고, 목표 온도, 목표 습도는 공조 시스템에서 일반적으로 사용하는 쾌적대로 하였다. 목표 CO₂ 농도는 통상적으로 대기중에 나타나는 실측치를 기준으로 하였다. 이러한 목표치를 내장된 공조 제어 알고리즘의 목표치로 사용하였다. 화면 좌측 상단에 감성지수를 표시하여 현재의 환경에 대한 감성지수도 계속적으로 표시하게 하였다. 이렇게

하여 제어가 진행됨에 따라 실내의 환경이 감성지수가 높아지는 방향으로 천이함을 알 수 있게 하였다.

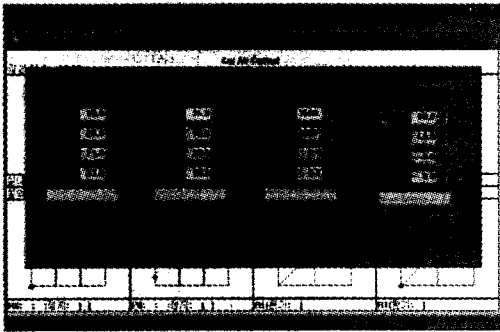


그림 5. 초기화를 위한 대화 상자
Fig. 5. Dialog box for initialization

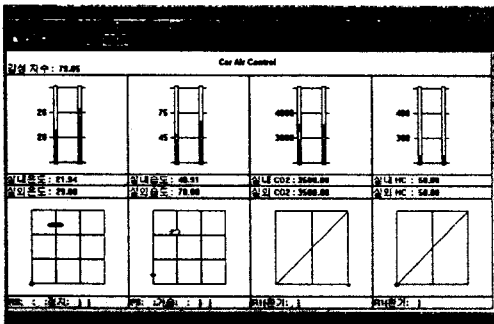


그림 6. 그림 5의 초기화로 공조 시스템을 작동시켰을 때 실내 환경을 쾌적대로 변화 시켜가는 과정
Fig. 6. Screen layout when the air-conditioning system is operated at the initial condition of Fig. 5.

그림 6은 그림 5의 초기화, 즉 실내온도 18 °C, 실외 온도 29 °C, 실내 습도 35 %, 실외 습도 70 %, 실내의 CO₂ 농도 3500 ppm 에서 공조 시스템을 작동시켰을 때, 쾌적대가 되도록 제어해 나가는 모습을 보여 주고 있다. 그림 6의 네쌍의 막대 그래프에서 각각 왼쪽은 실내의 환경 정보를 나타내고, 오른쪽은 실외의 환경정보를 나타낸다. 그림 6에서 알 수 있듯이 실내 환경을 보여주고, 마지막 줄에는 현재 공조 시스템이 취하는 제어 명령을 보여 주고 있다. 온도의 경우는 쾌적대로 진입하여 온/오프 (정지) 제어를 하고 있고, 습도의 경우는 가습(PsHm) 제어를 하면서 쾌적대로 옮겨가는 모습을 보여 준다. CO₂ 농도의 경우는 내부의

온전자로 인해 농도가 높아질 가능성이 있으므로 환기 (Vent)를 하고 있다. 간단한 공조 제어 시스템의 작동에 의한 환경의 변화와 이에 따른 감성지수의 변화를 많은 다른 초기 조건을 이용한 실험에서 확인할 수 있었다. 그림 7에는 그림 5의 초기조건 하에서 시간이 지속됨에 따라 변하는 감성지수를 나타내었다.

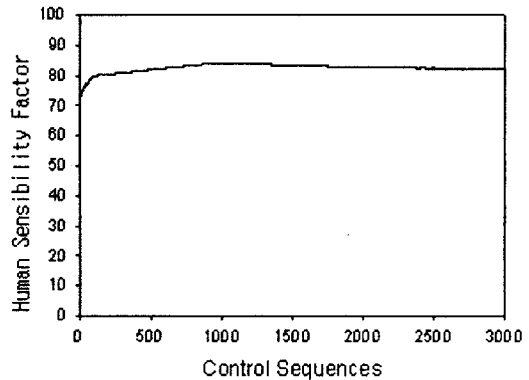


그림 7. 그림 5의 초기조건에서 시간에 대한 감성지수의 변화

Fig. 7. Human sensibility change as the time goes for the initialization of Fig. 5.

IV. 감성 측정기

시뮬레이터를 사용하여 타당성을 확인한 후 직접 하드웨어로 감성 측정기를 제작하였다. 감성 측정기의 구성을 그림 8에 나타내었다. ROM에는 실제로 센서 데이터로부터 감성지수를 계산하는 일련의 과정과 차량 실내 환경을 가장 쾌적한 상태로 바꾸기 위한 제어 명령을 제시하는 간단한 공조 제어 프로그램이 내장되어 있다. 센서 데이터를 디지털로 변환하여 (A/D Conversion) 마이크로 프로세서 혹은 컴퓨터의 입력으로 사용한다. 이러한 센서 데이터는 현재 환경요소의 상태를 측정하는데 사용된다. 측정된 현재의 환경을 감성적으로 최적의 상태로 바꾸기 위한 제어 명령을 마이크로 프로세서가 제시해 주게 된다.

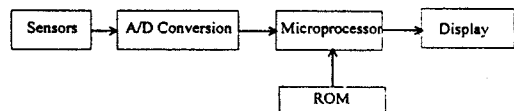
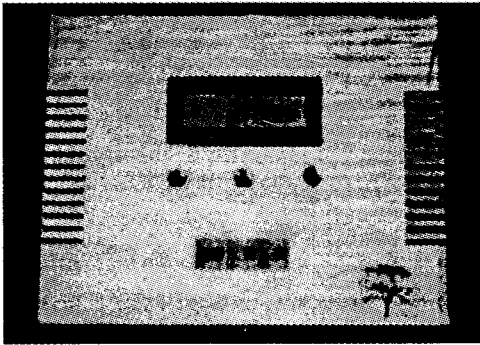


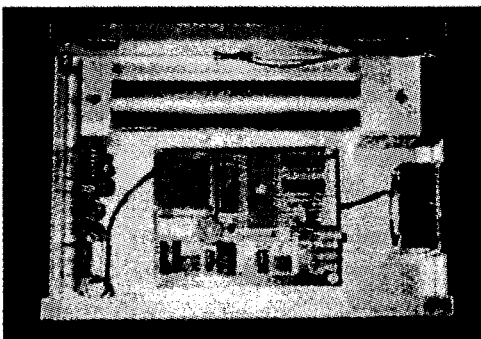
그림 8. 감성 측정기
Fig. 8. Human sensibility meter

제작한 감성 측정기는 인텔 80C196KC one-chip microcontroller를 사용하였다. 이 프로세서는 8개의 8-bit A/D 변환기를 칩 안에 내장하고 있어서 다중 센서 데이터를 처리해야 하는 감성 측정기 구현에 적합한 프로세서이다.

그림 9는 시제품(prototype)으로 제작된 감성 측정기를 보인 것이다. 차량의 12 V 배터리를 입력 전원으로 사용할 수 있게 하였고, 소켓을 차량의 시거 잭으로 하여 장착과 이동이 용이하게 하였다. 액정을 사용하여 감성 지수는 물론, 시스템의 현재 상태 및 각 센서로부터 들어오는 환경에 대한 정보를 실시간으로 표시하게 하여 시스템의 동작상태를 한 눈에 알아볼 수 있게 하였다.



(a)



(b)

그림 9. 감성 측정기 시제품 (a) 외형, (b) 내부
Fig. 9. Prototype of a human sensibility meter
(a) exterior, (b) interior.

그림 10은 감성 측정기의 액정 화면에 표시되는 내

용을 나타낸 것이다. 예를 들어 현재의 표시 상태가 그림과 같다면 현재 온도는 26.7 °C, 습도는 80.6 %, CO₂와 C₄H₁₀ 농도는 각각 14 와 13 ppm임을 보여주는 것이다. 실외의 경우는 센서를 연결하지 않아서 0으로 표시된다. 이 경우의 감성지수는 65.4임을 보여주고 있고, x라고 표시된 부분은 현재 어떤 제어 작업이 이루어지고 있다는 것을 의미한다. 제어 작업의 종류는 오른쪽 마지막 줄에 표시하였다. 현재는 (Vt:Cl:Mh) 인데 첫번째 요소는 환기(Ventilation; Vt)할 것인가 안 할 것인가 (No Ventilation; Nv)를 나타낸다. 두 번째 요소는 온도제어에 관련된 것으로 난방기 가동 (Heating; Ht) 혹은 냉방기 가동(Cooling; Cl) 두가지의 제어 명령을 보여준다. 마지막 요소는 습도에 대한 것으로 가습 (Plus Humidity; Ph)과 감습(Minus Humidity; Mh) 두가지의 동작이 있다. 현재(Vt:Cl:Mh), 환기와 냉방 및 감습을 위한 제어가 이루어지고 있음을 보여주는 것이다. 많은 실제 시험에서도 잘 동작함을 확인할 수 있었다. 예를 들면, 온도 센서를 손으로 잡았을 경우 온도가 상승하고 감성지수가 변함을 쉽게 확인할 수 있었다. 마찬가지로 가습할 경우 습도의 변화에 따른 감성지수의 변화를 확인하였다.

T:267:	0:EmoMeter
H:806:	0:Emo:65.4
C: 14:	0:x x x
D: 13:	0:Vt:Cl:Mh

그림 10. 감성 측정기의 액정 표시
Fig. 10. LCD display of a human sensibility meter

V. 결론

주어진 환경요소의 변화에 따른 감성지수를 측정할 수 있는 감성 측정기를 설계 및 제작하였다. 온도, 습도 및 CO₂의 세가지 환경인자의 쾌적대를 고려한 각각의 감성지수인 K_T , K_H 및 K_{CO2} 를 정의하고, 이들 감성지수를 기초로 하여 전체 감성지수, K 를 결정하였다. 실내 온도와 습도의 경우 그 쾌적영역인 20 ~ 26 °C 및 45~75 % 상태에 있는 경우와 그렇지 않은 경우에 대해 각 요소의 감성지수의 무게를 달리한 이원화된 감성지수를 제시하였다. 많은 다른 초기조건을 사용한

모의 실험을 통해 감성 측정 알고리즘의 타당성을 확인하였고, 인텔 80C196KC 마이크로 컨트롤러를 사용하여 감성 측정기 하드웨어를 제작하였다. 제작된 감성 측정기는 차량의 12V 전원으로 사용할 수 있으며 현재의 환경인자 값과 감성지수가 액정 화면상에 나타나도록 하였다. 제작된 감성 측정기가 실제 환경에서도 잘 작동함을 확인하였다.

감성 측정 알고리즘의 타당성은 검증하였으나, 앞으로 보다 복잡한 환경인자를 동시에 고려한 감성 측정기 및 환경 제어 시스템 개발이 필요할 것으로 생각된다. 이를 위해 보다 일반적인 감성지수의 설정과 제어 패러다임의 작성에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 이 경우 많은 센서로부터 들어오는 정보의 효과적인 처리를 위해 신경망이나 퍼지의 적용도 검토할 필요가 있다.

참고 문헌

- 모의 실험을 통해 감성 측정 알고리즘의 타당성을 확인하였고, 인텔 80C196KC 마이크로 컨트롤러를 사용하여 감성 측정기 하드웨어를 제작하였다. 제작된 감성 측정기는 차량의 12V 전원으로 사용할 수 있으며 현재의 환경인자 값과 감성지수가 액정 화면상에 나타나도록 하였다. 제작된 감성 측정기가 실제 환경에서도 잘 작동함을 확인하였다.
- 감성 측정 알고리즘의 타당성은 검증하였으나, 앞으로 보다 복잡한 환경인자를 동시에 고려한 감성 측정기 및 환경 제어 시스템 개발이 필요할 것으로 생각된다. 이를 위해 보다 일반적인 감성지수의 설정과 제어 패러다임의 작성에 대한 연구가 이루어져야 할 것이다. 이 경우 많은 센서로부터 들어오는 정보의 효과적인 처리를 위해 신경망이나 퍼지의 적용도 검토할 필요가 있다.
- <http://www.hql.or.jp/eng/n02/forum.html>.
- [10] 백 운이 외, "자동차 실내 가스(CO₂) 농도 변화에 대한 EEG 변화 연구," 한국 감성과학회 춘계학술대회, pp. 57-62, 1998.
- [1] 이 순요, 장정삼생, *정보화시대의 감성인간공학*, 양영각, 1996.
- [2] 김 철중 외, *감성 측정 및 평가 기술*, 한국표준과학연구원, 1997.
- [3] 이 순요, *미래지향적 인간공학*, 박영사, 1992.
- [4] 김 철중, 이 남식, "감성공학과 인간공학," 감성공학 기술 관련 자료집, 한국 표준 과학 연구원, 1992.
- [5] G. B. J. Andersson, "The Load on the Lumbar Spine in Sitting Posture," in *Human Factors in Transport Research*, (D. J. Osborne and J. A. Levis, ed.), pp. 231-239, 1980.
- [6] S. Habsburg and L. Middendorf, "Calibrating Comfort: Systematic Studies of Human Responses to Seating," in *Human Factors in Transport Research*, (D. J. Osborne and J. A. Levis, ed.), pp. 215-230, 1980.
- [7] P. W. Fairey, "Passive Cooling and Human Comfort," FSEC(Florida Solar Energy Center) Publication DN-5, 1994.
- [8] C. J. Kim, "Human Sensibility: Ergonomics Research in Korea," HQL FORUM in <http://www.hql.or.jp/eng/n07/forum.html>.
- [9] K. H. Lee, "Ergonomics and Sensibility: Ergonomics in Korea," HQL FORUM in

 著 者 紹 介

**최 두현**

1967년 12월 15일생. 1991년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1993년 2월 포항공대 대학원 전자 전기공학과 졸업(공학석사). 1996년 8월 포항공대 대학원 전자 전기공학과 졸업(공학박사). 1996년 8월 ~ 현재 경북대학교 전자전기공학부. 주관심분야: 뉴럴, 퍼지, 유전, 진화 연산 알고리즘, 지능형 시스템, 센서 융합 시스템.

**황 태진**

1972년 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1981년 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학석사), 1962~73년 원자력연구소 연구원, 1979년 ~ 현재 호서대학교 교수, 현 (주) 키트론 대표이사 회장, 주관심분야 : 센서 application.

**백 윤이**

1949년 9월 29일생. 1975년 2월 경북대학교 의과대학 졸업(의학사), 1980년 3월 경북대학교 대학원 의학과(의학석사) 및 마취과 전문의 취득, 1987년 3월 전북대학교 대학원 의학과(의학박사), 1989년 9월 -1990년 3월 일본경도대학 마취과학교실 Foreign Scholar (혈관약리학) 1984년 3월 ~ 현재 경북대학교 마취과학교실. 주관심분야 : 혈관약리학, 신경외과마취 및 뇌파분석

이 덕동

『센서학회지 제1권 제1호』 논문 92-13, p.116 참조
현재 경북대학교 전자·전기공학부 교수

임 정욱

『센서학회지 4권 4호』 p. 87 참조

박 길흠

1982년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1984년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업(공학석사), 1990년 한국과학기술원(공학박사), 1984년 3월~현재 경북대학교 전자전기공학부 조교수, 주 관심분야 : 의료영상신호처리, 컴퓨터그래픽

한 대현

1964년 6월 24일생. 1986년 8월 경북대학교 전자공학과 졸업(공학사), 1990년 2월 포항공대 대학원 전자 전기공학과 졸업(공학석사), 1996년 8월 포항공대 대학원 전자전기공학과 졸업(공학박사). 1996년 8월 ~ 현재 경북대학교 전자전기공학부. 주관심분야 : 마이크로파 및 전자장, 센서 시스템.