

신경망을 이용한 쾌적감성과 물리적 환경요소의 구조 분석

최주엽*, 최 익*, 김진성****, 김규식**, 박정민*

*한국과학기술연구원 지능제어연구센터

**서울시립대학교 전자전기공학부

***고려대학교 대학원 전기공학과

Analysis of a Structure between Comfortable Feeling and Environmental Components Using the Neural Network

Ju-Yeop Choi*, Ick Choy*, Jinsung Kim****, Kyu-Sik Kim**

*Intelligent Control System Research Center, KIST

**Dept. of Electric Engineering, University of Seoul

***Dept. of Electrical Engineering, Korea University

요 약

현대인의 활동범위가 넓어지고 작업의 양이 많아지면서, 육체적·정신적 피로를 해결할 수 있는 쾌적 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 쾌적감이란 인간이 쉽게 동조하고 몰입할 수 있어서, 인간과 환경이 일체가 되기 쉬운 상태로서 이에 대한 연구가 활발히 진행되어오고 있다. 본 논문은 수학적으로 표현하기 어려운 인간의 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경 요소의 구조 분석에 신경망 이론을 적용한다. 인간감성 모델과 역인간감성모델을 제안하여, 지능제어 이론인 신경망(Neural Network)이 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경 요소의 구조 분석에 유용하게 사용될 수 있음을 보인다.

1. 서 론

주거환경은 인간생활의 기본이고, 휴식과 재생산의 공간으로써, 정신적·육체적 건강의 근원지일 뿐 아니라 다양한 건강상태와 연령층의 사람들이 공존하는 곳이어서 그 환경조건은 인간발달의 생리적 특성에 맞도록 조절되어야 한다. 또한 현대인의 활동범위가 넓어지고 작업의 양이 많아지면서, 육체적·정신적 피로를 해결할 수 있는 쾌적 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 감성공학은 이러한 인간의 생리적·심리적인 반응을 측정·분석하여 편리하고, 안락하며, 안전한 최선의 제품이나 환경을 제공하는 기술이다. 최근들어 다양한 모델들에서 기본적인 감성요소를 추출하고 기록하며, 검증·분석하는 것이 주목받고 있다. 따라서, 인간 감성과 물리적 환경요소간의 관계를 밝히는 작업은 쾌적한 실내환경을 만들기 위해서 매우 중요하다.

본 논문은 신경망을 이용하여 인간감성모델(Human Sensibility Model)과 역인간감성모델(Inverse Human Sensibility Model)의 개념을 제안하고, 인간의 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경요소의 관계성을 분석한다. 본 논문은 표준

감성 데이터베이스(Database)를 기반으로 현재 대상자로부터 받아들인 대상자 감성 패턴들을 학습하여, 인간감성모델을 제시한다. 학습된 대상자 인간감성모델을 이용하여 현재 물리적 환경에 알맞은 최적의 물리적 환경요소의 설정점(set point)을 결정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다: 2장에서는 기초이론으로 신경망 이론과 감성 데이터베이스를 간단히 정리한다. 3장에서는 신경망을 이용한 인간감성모델과 역인간감성모델을 제안한다. 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경요소 구조를 분석하며 구체적인 예제를 들어 설명한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 내리고, 계속 진행중인 연구방향을 제시한다.

2. 기초이론: 신경망 이론과 감성 데이터베이스

이번 장에서는 신경망 이론에 대하여 간단히 소개하고, 신경망 이론의 적용에 앞서 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경요소에 대한 학습 감성 데이터베이스를 제안한다 [1][2].

2.1 신경망 이론

신경망의 기본적 구성요소인 neuron은 방향성을 갖는 결합(link)으로 연결되어있고, 이 결합에는 결합 하중이라 부르는 값이 부여되어 있어 neuron 간의 신호전달을 제어한다[3].

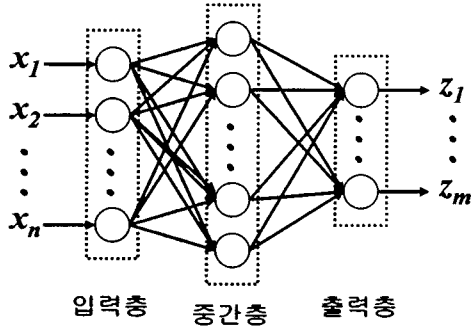


그림 1. 신경망의 구조

신경망은 수학적으로 표현하기 어려운 시스템의 모델링이 가능하다.

2.2 감성 데이터베이스

신경망 학습을 위해서는 학습 패턴이 필요하다. 감성 구성요소, 즉 물리적 환경요소들을 합리적으로 선택하여, 입출력 패턴을 생성하는 방법으로 표본조사 감성DB와 수치적 감성DB의 두가지 유형을 간단히 제안한다.

표본조사 감성DB는 설문지 및 실제 공조시스템 실험을 통하여 실제의 표준 인간감성DB를 작성한다. 이 경우 학습에 필요한 패턴들을 추출하는데는 많은 시간과 노력이 필요하다. 그러나, 실제적인 자료들을 기반으로 작성하므로 실제 인간감성DB로서의 적극적인 의미가 있다. 수치적 감성DB는 가중치를 포함한 최소값 방법[1][2] 및 무게 중심법으로 학습에 필요한 패턴들을 추출한다. 이 경우 가우스함수를 이용하여 물리적 환경요소와 감각이미지의 관계를 정의하고, 정의된 감각이미지에 가중치를 포함한 최소값 방법이나 무게 중심법을 적용하여 입출력 패턴을 추출한다.

<가중치를 포함한 최소값 방법[1][2]>

쾌적감 요소이미지

$$= \min[\mu F^{1-w_f}, \mu B^{1-w_b}, \mu N^{1-w_n}, \mu A^{1-w_a}]$$

여기서

감각이미지 - F : 온도, B : 밝기, N : 소음, A : 맑기
 감각가중치 - w_f : 온도, w_b : 밝기, w_n : 소음, w_a : 맑기

이다.

min 연산자는 다른 감각이미지가 어느 정도 충족이 되었다 하더라도 하나의 감각이미지 요소가 충족되지 않으면 쾌적감 요소이미지의 충족이 되지 않기 때문에 최소한의 느낌을 가질 것이라는 가정에서 적용한다. 또한 감각이미지의 가중치를 소속값에 $1-w_i$ 승의 연산을 한 것은 소속값이 1보다 작은 값을 가지기 때문에 감각이미지의 소속값이 증가하면 가중된 소속값도 증가할 수 있도록 한 것이며, 감각이미지의 가중된 최대값을 1로 만들기 위함이다. 감각이미지는 가우스 함수를 이용하여 작성한다.

<무게 중심법>

$$\text{쾌적감 요소이미지} = \frac{W \cdot si + \sum_{i=1}^n SI_i}{W + (n-1)}$$

합성된 감각이미지의 무게 중심(center of gravity)을 구하여, 그 해당하는 쾌적감 요소이미지를 출력으로 사용하는데, 그 과정에 있어서 최소 감각이미지에 대한 가중치를 두어 최소 감각이미지에 대한 비중을 고려한다. 최소 감각이미지에 대한 가중치 W 를 높일수록, 최소값 방법을 응용한 감성DB의 쾌적감 요소이미지 값과 유사해진다.

가중치를 포함한 최소값 방법을 구체적인 예로서 설명하고자 한다. 여기서 물리적 환경요소는 온도[°C], 습도[%], 조도[Lux]이고 쾌적감 요소이미지는 안락감, 상쾌감이다. 가우스함수를 이용하여 물리적 환경요소와 감각이미지 관계를 정의한다. 그 중에 온도와 온도 감각이미지의 관계를 나타내면 다음과 같다:

Gauss 함수를 이용한 물리적 값과 온도감각이미지 간의 소속함수, 안락감

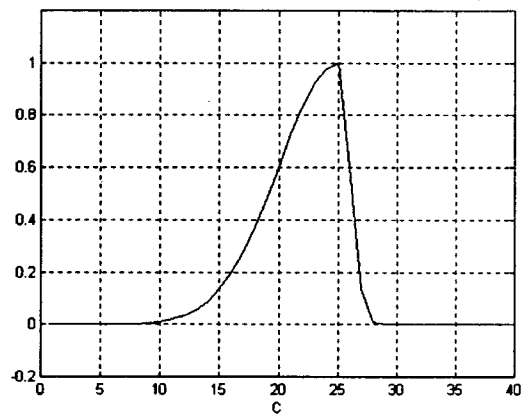


그림 2. 가우스함수를 이용한 물리적 환경요소와 감각이미지의 관계

물리적 환경요소에 의하여 작성된 감각이미지를 사용하여, 가중치를 포함한 최소값 방법으로 쾌적감 요소이미지를 결정한다. 물리적 환경요소와 쾌적감 요소이미지에 대한 감성 데이터를 정리한다. 그 중에 온도와 밝기에 대한 안락감의 변화를 정리하면 다음과 같다:

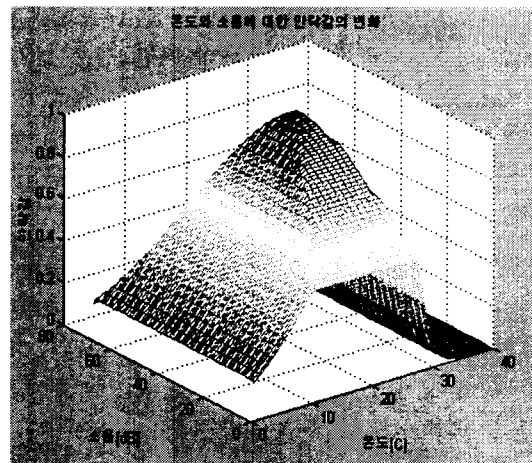


그림 3. 온도와 소음에 대한 안락감의 변화

3. 신경망을 이용한 인간감성모델과 역인간감성모델

이번 장에서는 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경요소 이미지의 관계성을 신경망을 이용하여 분석하고, 그 결과로서 인간감성모델을 제안한다. 또한 구한 인간감성모델을 이용하여, 현재의 물리적 환경요소에 대한 최적(optimal)의 물리적 환경요소 설정값(set point)을 선택한다. 이 과정을 역인간감성모델로 제안한다. 본 장에서 사용되는 패턴은 충분한 조사와 실험을 통하여 선택된 패턴이라 가정하고, 물리적 환경요소와 쾌적감 요소이미지는 정규화된 값을 사용한다.

3.1 인간감성모델(Human Sensibility Model)

본 절은 수학적으로 표현하기 어려운 물리적 환경요소 이미지와 쾌적감 요소이미지의 관계를 신경망으로 이용하여 분석하고자 한다. 그 결과인 신경망의 결합하중을 인간감성모델로서 제안한다.

본 논문에 적용된 신경망 구조를 나타내면 그림 4와 같다:

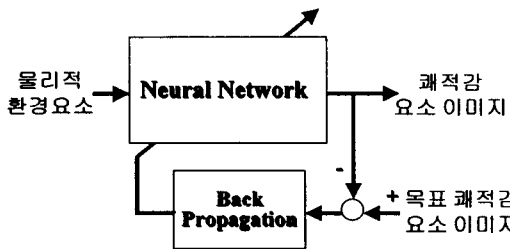


그림 4. 인간감성 학습을 위한 신경망 구조

앞 절의 소개한 방법으로 감성 데이터들을 학습 패턴으로 선택한다. 여기서 학습 패턴의 입력은 물리적 환경요소(온도[°C], 습도[%], 조도[Lux] 등)이고, 출력은 쾌적감요소 이미지(안락감,상쾌감 등)이다. 생성된 패턴을 신경망 학습에 이용할 학습패턴과 학습 결과를 확인할 수 있도록 학습에서 제외시킨 검증패턴으로 나눈다. 검증패턴은 학습 결과를 점검하는데 사용된다. 좀 더 나은 학습 결과를 얻고자 다양한 접근을 한다. 신경망 구조의 중간층 변화, 학습 패턴의 shuffling 그리고 신경망 알고리즘에 모멘텀(momentum) 첨가 등이 그 예이다. 학습과정을 정리하면 다음과 같다:

<인간감성모델 : 신경망을 이용한 쾌적감성과 물리적 환경 요소의 관계성 분석>

- 입력 패턴 작성
 - 입력 패턴 : 물리적 환경 요소
 - 출력 패턴 : 쾌적감 요소이미지
 - 학습패턴과 검증패턴의 분리
 - 신경망 학습의 다양한 시도
 - 신경망 구조의 중간층 변화
 - 패턴의 shuffling
 - 모멘텀 첨가
 - 학습 상태 검증 방법
 - Back Propagation을 이용한 학습패턴의 결합 하중 결과를 구한 뒤, 그 결과를 검증패턴에 적용하여 학습상태를 점검
- 중간층 neuron 수 증가, 패턴의 shuffling 및 모멘텀 첨가의 효과 확인

인간감성모델의 구체적인 예로서 설명한다. 본 신경망 학습에서는 수치적 감성DB인 4050개 입력 패턴 중 학습패턴 3645개와 검증패턴 405개로 나누었다.

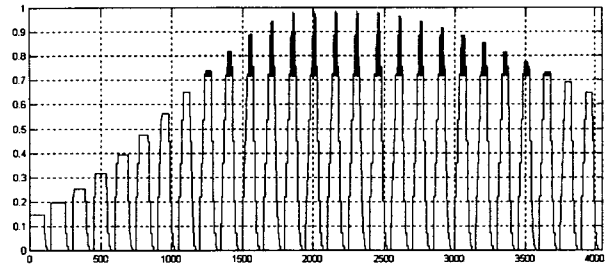


그림 5. 인간감성모델에 사용된 패턴

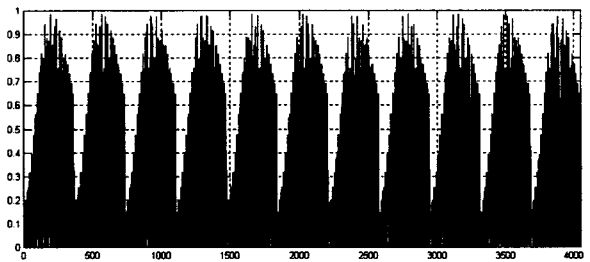


그림 6. 인간감성모델에 사용된 shuffling 패턴

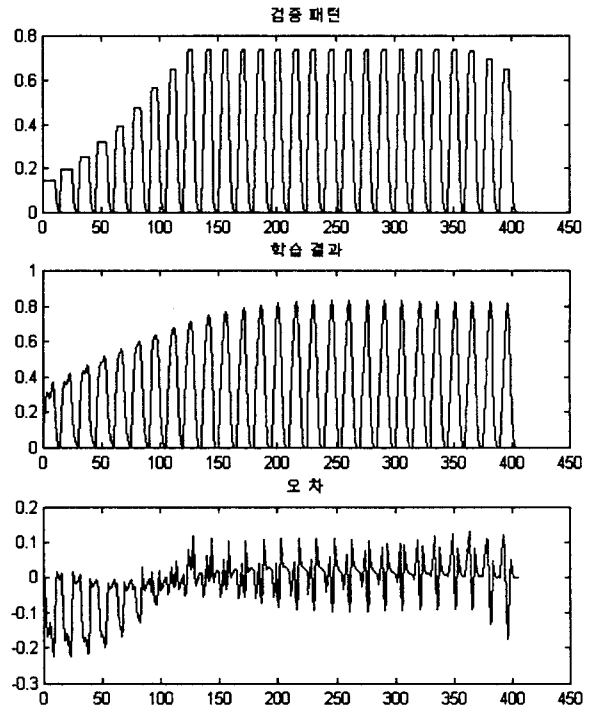


그림 7. shuffling하지 않은 패턴의 학습 결과

입출력 패턴들의 학습을 위하여 신경망 구조의 중간층 변화와 패턴의 shuffling과 같은 다양한 시도를 해보았다. 중간층 neuron의 수를 5-20로 변화를 준 결과, neuron 수가 너무 적으면 학습이 이루어지기 어렵고, 또한 증가시킨다고 하여 계속 학습 결과가 좋아지는 것이 아님을 결론지었다. 그림 5를 보면, 입력패턴의 변화에 따라 출력패턴의 변화가 없는 경우가 있는데, 이것은 쾌적감 요소이미지가

하나의 가장 낮은 감각이미지에 의하여 결정된다는 가정에 기인한다. 이것은 패턴들의 모양이 학습하기에 적당하다고 볼 수 없다(그림 7). 이러한 점을 극복하고자, 신경망 학습에 알맞게 패턴을 shuffling하였다. 그림 6과 같이 입력 패턴을 shuffling한 후, 중간층 neuron 수가 5-20개로 조정하며 학습상태를 관측한 결과, 중간층 neuron 수가 15개일 때, 제한적 허용오차 안에서 학습 가능함을 알 수 있었다(그림 8).

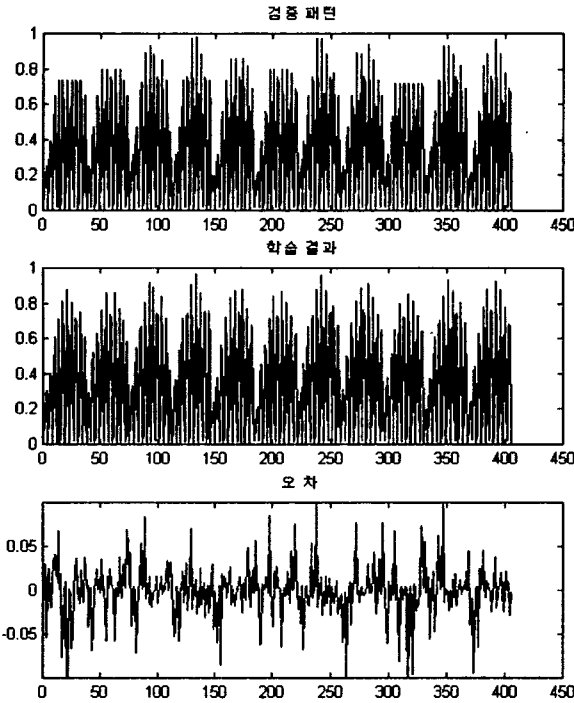


그림 8. shuffling된 패턴의 학습 결과

3.2 역인간감성모델(Inverse Human Sensibility Model)

인간감성모델을 제안한 궁극적인 목적은 물리적 환경요소와 쾌적감 요소이미지의 관계성을 분석하여, 최적의 물리적 환경요소를 구하는데 사용하기 위함이다. 본 절에서는 임의의 쾌적감 요소이미지 정도가 요구될 때, 최적의 물리적 환경요소의 설정점(set point)을 제시하는 방법으로서 역인간감성모델을 제안한다. 주의할 점은 물리적 환경요소와 쾌적감 요소이미지 정도의 관계는 일대일 대응이 아니라는 것이다. 임의의 쾌적감 요소이미지에 대한 물리적 환경요소의 설정점이 요구될 때, 동일한 쾌적감 요소이미지를 갖는 여러 가지 물리적 환경요소들 중에서 한가지를 선택해야하는 상황에 직면한다. 이러한 경우 합리적인 선택 기준이 요구되는데, 그 기준으로서 물리적 환경요소 설정점의 거리(Distance)를 제안한다:

$$D = \sqrt{\Delta d_1^2 + \Delta d_2^2 + \dots + \Delta d_n^2}$$

여기서 Δd_i 는 정규화된 물리적 환경요소의 차이이다. 현재 물리적 환경요소에 대한 거리가 최소인 환경요소를 선택한다면, 동일한 쾌적감 요소이미지를 가지면서 현재 환경에서 변경하기에 가장 용이한 설정점을 제시하게 된다. 과정을 간단히 정리하면 다음과 같다:

<역인간감성모델 : 인간감성모델을 이용한 최적의 물리적 환경요소 선택>

- 현재 물리적 환경요소와 목표 쾌적감 요소이미지 입력
- 인간감성모델을 이용하여, 목표 쾌적감 요소이미지에 해당하는 물리적 환경요소 추출
- 현재 물리적 환경요소에 대한, 정규화된 거리가 최소인 물리적 환경요소 설정점 선택

앞 절의 결과인 인간감성모델을 사용하여 역인간감성모델의 예를 설명한다. 현재 물리적 환경이 18[°C], 400[Lux], 23[ppm]이고, 정규화된 목표 쾌적감 요소이미지 값이 0.77이다. 이 경우 0.77의 동일한 쾌적감 요소이미지를 갖는 물리적 환경요소들 중 거리가 적은 순으로 5개만 나열하면 표 1과 같다.

표 1. 목표 쾌적감 요소이미지 0.77에 대한 물리적 환경요소

거리(D)	온도[°C]	습도[%]	조도[Lux]
0.12083	18	345	22
0.12727	17	345	22
0.12728	19	345	22
0.13000	18	340	22
0.13601	17	340	22

따라서, 동일한 쾌적감 요소이미지 0.77을 유지하면서 현재 환경에서 변경하기에 가장 용이한 설정점은 18[°C], 345[Lux], 22[ppm]이다. 밝기와 온도에 대한 분포도는 그림 9, 10과 같다.

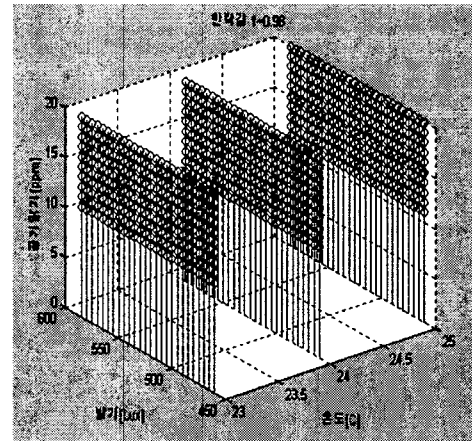


그림 9. 안락감 1-0.98 환경요소의 분포도

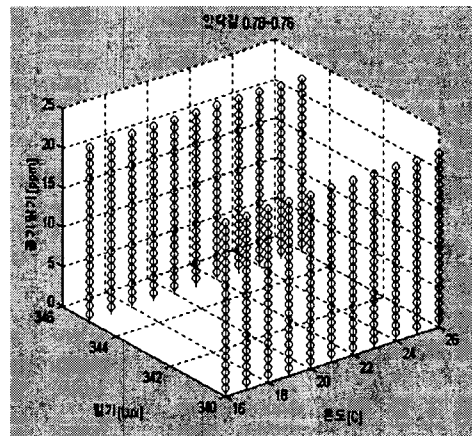


그림 10. 안락감 0.78-0.76 환경요소의 분포도

4. 결 론

본 논문은 인간과 환경이 일체가 되기 쉬운 상태로 정의되는 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경요소의 구조 분석에, 지능제어 이론인 신경망 이론을 적용하였다. 신경망을 이용한 인간감성모델과 역인간감성모델을 정의하고, 각각의 과정에 대하여 방법론을 제안하여, 지능제어 이론인 신경망(Neural Network)이 쾌적감 요소이미지와 물리적 환경 요소의 구조 분석에 유용하게 사용될 수 있음을 보였다. 인간감성모델의 모의실험은 shuffling한 경우의 중간층 neuron 수가 15개 일 때, 제한적 허용오차 안에서 학습 가능함을 알 수 있었다. 또한 역인간감성모델 과정을 통하여, 동일한 쾌적감 요소이미지를 가지면서 현재 환경에서 변경하기에 가장 용이한 설정점(set point)을 제시할 수 있음을 보였다.

추후 연구 과제로 실제 표준 인간감성의 표본조사 감성 DB를 기반으로하여, 대상자로부터 실시간 학습패턴을 입력받아 더욱 정확한 대상자 인간감성모델을 구하고, 역인간감성모델 과정을 보완하여 최적의 환경을 조성하는데 적용하고자 한다.

참고문헌

- [1] 김진, 조암, “퍼지추론을 이용한 실내환경 쾌적감과 감각과의 구조분석”, ‘98한국감성과학회 추계 학술대회 논문집, 1998.
- [2] 김진, 조암, “쾌적환경에 대한 쾌적감의 소고찰”, ‘98 대한인간공학회 춘계학술대회논문집, 1998.
- [3] Martin T. Hagan, Howard B. Demuth, Mark Beale, Neural Network Design, PWS Publishing Co., 1996.
- [4] 김영아, 김진관, 박수경, 오경자, 정찬섭, “정서관련 어휘분석을 통한 내적상태의 차원 연구”, 한국감성과학회지, 1권 1호, 1998.
- [5] 박경동, 이상민, 고희동, “감성공학을 위한 실시간 워크스루 시스템의 개발”, HCI'97 학술대회 발표논문집, 1997
- [6] 안신호, 이승혜, 권오식, “정서의 구조 : 한국어 정서단어 분석”, 한국심리학회지, 7권, 1호, 1993.
- [7] 윤정숙, 유복희, “거주자 반응에 기초한 실내환경의 쾌적성 평가 모델 개발”, 대한건축학회, 12권 10호, 1996.
- [8] 이지숙, 주거실내 환경의 쾌적성에 관한 거주자 반응 평가 연구, 연세대 주거환경학과, 박사학위논문, 1997.