

Fuzzy-Weighted Score를 이용한 쾌적감성 평가모형

전용웅[†] · 조 암

동국대학교 산업시스템공학과

Modeling for Evaluating the Comfort Sensibility using Fuzzy-Weighted Score

Yongwoong Jeon · Am Cho

Department of Industrial System Engineering, Dongguk University, Seoul, 100-715

Human-error and mental stress caused by psychophysiological dissonance between people and artificial environments have become a social problem. And it is a common knowledge that comfort environment reduces human-error and mental stress. Comfort sensibility is related to complex interactions between fabric, climatic, physiological and psychological variables. Currently, comfort sensibility has been evaluated by many sensory tests. However, it is difficult to evaluate comfort sensibility because a concrete concept of comfort sensibility is hard to define. In this paper, we propose a model to evaluate the comfort sensibility using Fuzzy-weighted score on an individual's subjective state for the stimulus. To represent the degree of comfort sensibility level for the stimulus, we represent comfort sensibility using 2 dimensional sensibility vector model. And we use the fuzzy-weighted score that is a fuzzy version of the weighted checklist technique computerized for evaluating the subjects. As an example, this model is applied to 1/f fluctuation sound evaluation. The results show that this model can be effectively used to the quantitative evaluation of comfort sensibility for the stimulus.

Keywords: comfort sensibility, fuzzy-weighted score, quantitative evaluation, vector model

1. 서론

‘쾌적(快適)’ 또는 ‘쾌적성(快適性)’이라는 말을 접할 수 있는 기회가 점차 많아졌으며, ‘스트레스’와 밀접한 상관성이 있을 것으로 생각된다(Miyake, 1994). 이것은 사람들이 보다 쾌적한 삶이나 직장환경을 바라고 있으며, 쾌적한 환경에 있으면 스트레스의 감소로 이어지기 때문일 것이다. 이러한 이유로 쾌적성에 관련된 연구가 각 분야에서 다양한 접근을 통하여 진행 중이다. 특히, 쾌적성에 대한 기존의 연구가 물리적 요소를 중심으로 진행되어진 반면(Mishikawa *et al.*, 1997; ASHRAE, 1992), 인간과 환경을 하나의 시스템으로 보고 인간의 쾌적감성에 대한 기초연구를 중심으로 하는 연구들이 점차 진행되어

지고 있다(Kim and Cho, 1999; Jeon and Cho, 2001; Mishikawa *et al.* 1997; Saito, 1993). 그러나 이들 연구들의 기반이라 할 수 있는 ‘쾌적’이라는 개념에 대한 정의 자체가 모호하고, 이를 제품설계나 생활환경 개선에 활용하기 위한 쾌적성 정량화(定量化)에 관한 연구가 미흡하다.

본 연구는 기존의 연구를 근거로 하여 쾌적성 연구분야에 활용할 수 있도록 쾌적에 대한 개념을 구조화 및 구체화하였고, 자극에 대한 주관적 쾌적감성을 정량적으로 평가하기 위한 쾌적감성 평가모형의 개발을 목적으로 한다. 이를 통하여 모호했던 쾌적의 개념이 구체화되고, 자극에 대한 주관적 평가에서 활용될 수 있는 쾌적감성 평가모형을 통하여 정량적 평가가 이루어질 수 있을 것이다.

[†]연락처 : 전용웅, 100-715 서울시 중구 필동 3가 동국대학교 산업시스템공학과, Fax : 02-2269-2212, E-mail : ywjeon@dongguk.edu
2005년 1월 11일 접수, 1회 수정 후 2005년 5월 13일 게재 확정.

2. 쾌적에 대한 개념적 접근

2.1 쾌적(快適) 개념에 관한 기존 연구

쾌적(快適)의 개념에 관한 연구는 한자의 의미론적 접근을 통하여 주로 일본을 중심으로 진행되어 왔다. <표 1>은 쾌적의 개념에 관한 기존 연구 중 대표적인 예를 정리한 것이다 (Nagamachi, 1992; Saito, 1993; Miwazaki, 1996; Yasukouchi, 1994; ASHRAE, 1992).

2.2 쾌적(快適)의 기본개념 및 정의

쾌적성에 관련된 기존의 연구들에서 개념에 관한 접근적 차이를 보이는 측면은 쾌적(快適)의 범주를 어디까지 볼 것인가 하는 점이다. <그림 1>은 기존의 연구들에서 정의된 쾌적의 범주를 나타낸 것이다.

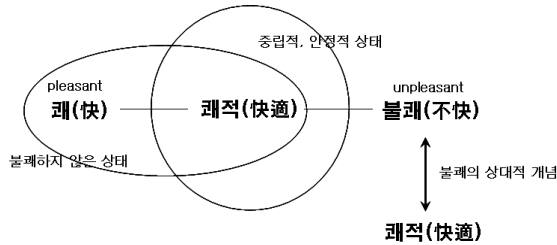


그림 1. 기존의 연구들에서 표현된 쾌적의 범주.

쾌(快)-불쾌(不快) 차원에서 고려해 볼 경우, 쾌적(快適)을

“불쾌(不快)하진 않은 상태”, 즉 쾌의 범주까지 포함한 영역까지 인정할 것인지, 적(適)이라는 생리적·심리적 상태를 범주 안에 포함시켜 쾌, 쾌적, 그리고 불쾌의 상태를 구분하여야 할 것인지, 아니면 쾌적의 상대개념으로 불쾌를 인정할 것인지 하는 문제이다.

기존의 연구들에서 정의된 쾌적의 범주를 살펴보면, 다음과 같은 점을 지적할 수 있다.

첫째, 쾌적을 “불쾌하지 않은 상태”로 규정함으로써 쾌(快)와 쾌적(快適)의 구분이 불명확하다. 즉, 극도의 “쾌(快) 혹은 쾌감(快感)” 상태에서 발생되어지는 안정감이 저하된 심리적·생리적 상태까지 쾌적의 상태로 볼 수 있다는 점이다.

둘째, 쾌와 쾌적, 불쾌의 상태를 구분하였지만, 일차원적인 감성상태만을 인정하여 쾌적감을 표현하기에는 설명이 충분치 못하다.

셋째, 불쾌의 상대적인 개념으로 쾌적을 표현한다는 것은 “쾌” 상태를 쾌적의 범주에 포함시키게 된다거나, “쾌” 상태가 개념적으로 배제될 수 있다는 문제점이 있다.

본 연구에서는 쾌적(快適) 및 쾌적감(快適感)을 다음과 같이 정의하였다.

쾌적(快適)이란, 주위로부터 발생하는 물리적 환경자극을 인간의 감각기관에서 수용하게 될 경우, 자신의 현재의 정서적인 상황과 연결 또는 반영시켜 종합적으로 판단하게 되는 인식의 결과물로서 생리적, 심리적으로 극단적으로 쾌하거나, 불쾌하지 않으며, 안정적인 상태라 할 수 있다. 즉, 인간의 일상생활 및 작업환경에서 생활이나 작업에 안정적으로 몰입할 수 있는 개인의 심리적 최적(optimal) 상태를 나타내며, 같은 조건하에 있다고 하더라도, 각 개인이 처해 있는 당시의 내적 정서 차이

표 1. 쾌적(快適)의 개념에 관한 기존 연구의 예

羽根 義 (1993)	100개의 언어 데이터베이스를 이용하여 1000명을 대상으로 쾌적 이미지와 가장 관련이 있는 언어를 조사. “상쾌한, 생생한, 부드러운, 생동감 있는, 따뜻한, 자유로운, 넓은, 안락한”과 단어와 연관이 있음을 주장
安河内朗 (1994)	amenity는 생물로서의 인간과 문화문명 가운데 생활하는 사람이 일체가 된 환경과 무리 없이 조화로운 때 경험할 수 있는 것. 인간이 인간답게 기분 좋게 하기 위해 필요한 기본적인 조건으로 amenity를 정의
山田 (1994)	쾌감정을 “어떤 작업을 하고 있을 때 계속해서 일을 하고 싶다고 생각하는 상태”, “흥미를 일으키는 일에 접하고 있을 때의 마음의 상태”로 정의
三宅晉司 (1994)	“쾌(快)”에 관한 표현에는 쾌적(쾌적성, 쾌적감), 쾌, 쾌감 등이 있으나 쾌적과 쾌감은 다른 것으로 정의. “쾌적이란 우리에게 상태가 좋고 생리적으로 적합한 여러 조건(생리적 중성 또는 조금 변위한 환경) 혹은 여기에 어떤 종류의 자극이 주어진 조건에 대한 쾌한 반응이며, 안정한 상태이다”라고 정의
劑藤 (1996)	“快·不快·適·不適”의 4가지 개념을 조합하여 쾌적개념을 정의하고 설명
宮崎良文 (1996)	쾌적을 “리듬의 동조이다”라고 정의
長町 (1997)	쾌적은 “사물과 장소에 대해서 생기게 되는 어떤 종류의 여유롭고 기분 좋은 심리상태”로 정의. “「기분 좋은」의 기초에는 기본적 쾌감정과 쾌선 등 환경에 관한 기본적 흥미에서 발생한 쾌감이 있다고 생각된다”고 기술함.
미국 공조학회 (1992)	快適을 그 溫熱環境에 대하여 만족감을 표현할 수 있는 마음의 상태로 정의. 그 집단의 구성원 중 80% 이상의 사람이 周圍溫熱을 받아들일 수가 있는 상태일 때, 그 환경을 快適이라 한다는 기준을 이용하여 정의함.

에 따라 느끼게 되는 쾌적에 대한 민감도는 다르게 된다.

쾌적감(快適感) 혹은 쾌적감성(快適感性)이란, 쾌적(快適)상태에서 인간의 내부에 가지고 있는 지각상(知覺像)을 의미한다. 여기에서 인간이 느낀다고 하는 감(感) 혹은 감성(感性, sensibility)이라는 것은 인간이 내부에 가지고 있는 어떤 지각상이며, 감각수용기를 통하여 자극을 지각, 인지하고 이를 자기 자신에게 학습시켜 온 하나의 의미를 가지는 것이다.

즉, 인간의 감성은 외부로부터의 감각정보에 대하여 직관적(intuitive)이고 순간적(반사적, reflective)으로 발생하는 것이라 할 수 있다. 또한 감성은 복합적이고 종합적인 느낌으로 명확한 표현이 어려운 동시에 개인과 환경변화에 따라 다양하게 변화되는(personal and dynamic) 특성이 있다.

결국 쾌적감 또한 개인마다 가지게 되는 기존의 경험에 근거한 최적 자극수준이 존재하게 된다는 것을 의미하고(<그림 2>), Wohlwill이 주장한 자극 최적화에 대한 순응수준이론과 맥락을 같이 한다고 할 수 있다(Wohlwill, 1974).

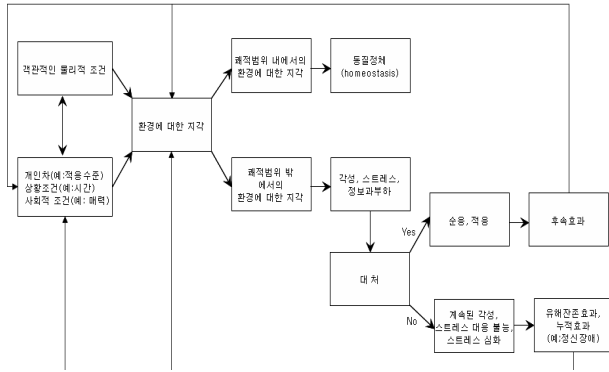


그림 2. 쾌적환경에 대한 지각모형.

따라서 쾌적감을 평가하기 위해서는 피험자의 현재 내적 상태를 파악하는 것이 중요하고, 평가실험을 구성하는 데 있어서는 자극제시 전·후에 대한 평가가 이루어져야 하며, 자극제시 전·후에 대하여 피험자의 내적 정서상태가 어떠한 방향성을 가지고 어느 정도 변화되었는지 정량적으로 표현될 수 있다면 환경 및 제품설계 시, 실질적으로 응용하는 데 큰 도움을 줄 수 있을 것이다.

3. 쾌적감성 평가모형 개발

<그림 3>은 쾌적감성을 평가하기 위하여 제안된 평가모형의 개발절차를 나타낸다.

3.1 쾌적감성 평가항목 선정

쾌적감성 평가는 Lang(1997)의 연구를 바탕으로 쾌도와 긴장도를 평가할 수 있는 12개의 양극성 형용사를 사용한다(<표 2>).

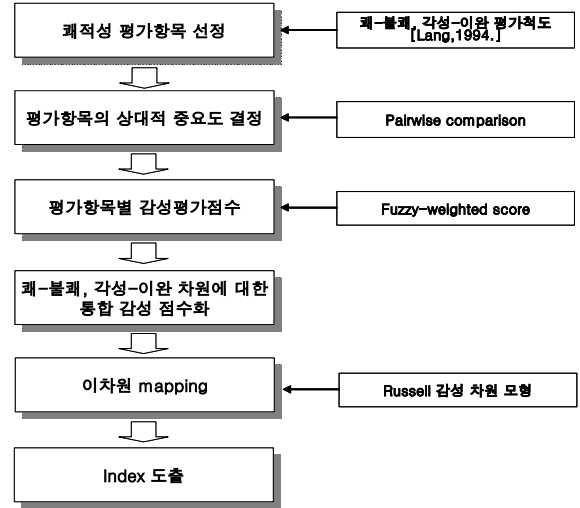


그림 3. 쾌적감성 평가모형 개발 흐름도.

표 2. 쾌도, 긴장도 평가항목

쾌도 (Pleasure)	Despairing-Hopeful(절망적이다-희망적이다)
	Bored-Relaxed(지루해서 짜증난다-편안하다)
	Annoyed-Pleased(불쾌하다-유쾌하다)
	Melancholic-Contented
	(마음이 무겁다-느긋하게 기분좋다)
긴장도 (Arousal)	Unhappy-Happy(불행한 느낌이다-행복한 느낌이다)
	Unsatisfied-Satisfied(불만족스럽다-만족스럽다)
	Dull-Jittery(무감각하다-신경이 곤두서다)
	Sluggish-Frenzied(나른하다-흥분된다)
	Relaxed-Stimulated(느긋하다-자극되었다)
	Unaroused-Aroused
	(전혀 각성되지 않는다-매우 각성된다)
Calm-Excited(평안하다-들뜬다)	
Sleepy-Wide awake(졸립다-전혀 졸립지 않다)	

3.2 평가항목의 상대적 중요도 결정

쾌적감성파악을 위하여 사용될 평가항목을 결정하였다면 평가요인의 가중치를 결정하기 위하여 쌍대비교(pairwise comparison) 기법을 사용해야 하는데, 쌍대비교는 Saaty의 AHP (Analytic Hierarchy Process)에서 사용되는 평가요인 간의 중요도에 대한 비교방법으로 각 요인들의 상대적 중요도를 구할 수 있는 효과적인 방법이다. 그리고, 쌍대비교에 의해 감성평가요인들의 가중치를 결정하는 데 있어서 복수의 평가자가 존재하는 경우에 평가자에 의하여 얻어진 쌍대비교행렬은 대응하는 각 성분에 대한 기하평균(geometric mean)을 취함으로써 통합된다(Saaty, 1977; Park and Kim, 1990).

쾌적감성파악을 위하여 사용될 평가항목을 결정하였다면 다음에는 각 항목의 정규가중치를 결정한다. 평가대상에 대한 피험자의 전체적 감성점수를 파악하는 데 있어 각 평가항목의

중요도는 동일하지 않기 때문에 그들의 상대적 중요도에 대한 가중치를 구한다. 일반적으로 인간의 상대판단능력은 절대판단능력보다 훨씬 우수하기 때문에 쌍대비교의 방법에 의하여 각 평가요인들의 가중치를 효과적으로 구할 수 있다(Saaty, 1977).

평가요인의 가중치를 결정하기 위하여 쌍대비교(pairwise comparison)기법을 사용하는데, 쌍대비교는 Saaty의 AHP(Analytic Hierarchy Process)에서 사용되는 평가요인 간의 중요도에 대한 비교방법으로 각 요인들의 상대적 중요도를 구할 수 있는 효과적인 방법이다. (1)~(3)은 쌍대비교를 통한 평가요인 간의 정규가중치를 결정하는 방법으로 Park and Jeong(1996)에 의하여 검토되었던 내용이다.

(1) 쌍대비교행렬

평가요인의 수가 n개이면 쌍대비교행렬 A는

$$A = (a_{ij})$$

인 n차 행렬이 된다. 여기서, a_{ij} 는 평가자의 추정치를 나타낸다.

$$a_{ij} = \frac{\text{요인 } i \text{의 중요성}}{\text{요인 } j \text{의 중요성}}$$

표 3. 평가자의 추정치 결정을 위한 변수정의

a_{ij}	정의
1	요인i와 요인j의 중요성이 같다
3	요인i가 요인j보다 약간 중요하다
5	요인i가 요인j보다 어느 정도 중요하다
7	요인i가 요인j보다 상당히 중요하다
9	요인i가 요인j보다 절대적으로 중요하다
2, 4, 6, 8	판단기준 사이의 중간 정도의 중요성 역의 중요성에 대응하는 중요성의 역수

(2) 가중치의 결정

피험자로부터 추정된 상대적 가중치의 비교행렬로부터 감성평가요인의 상대적 가중치의 결정은 고유 벡터방법(eigen-vector method)과 가중최소자승법(weighted least square method)의 두 방법에 의하여 행해질 수 있다. 본 연구에서는 최소자승법에 의하여 가중치를 구하였으며, 다음과 같은 제한식을 갖는 최적화 문제로 귀결된다.

$$\min \sum_i \sum_j (a_{ij}w_j - w_i)^2$$

$$s.t. \sum_i w_i = 1$$

where, a_{ij} = 쌍대비교행렬의 (i, j)번째 요소

w_{ij} = 요인i의 정규가중치

이 문제를 풀기 위하여 Lagrangian 함수를 구성하고 이를 w_k 에 대해 미분하면 다음과 같은 연립일차방정식을 얻을 수 있고, 이 연립방정식의 해벡터(solution vector) w 가 우리가 구하고자 하는 정규가중치이다.

$$\sum_i (a_{ik}w_k - w_k)a_{ik} - \sum_j (a_{kj}w_j - w_k) + \lambda = 0 \text{ for all } k$$

(3) 평가치의 결합

쌍대비교에 의해 감성평가요인들의 가중치를 결정하는 데 있어서 복수의 평가자가 존재하는 경우에는 각 평가자의 판단 결과를 정도(精度)의 손실없이 결합해야 한다. 이때 쌍대비교행렬은 역수의 특성(즉, $a_{ij} = 1/a_{ji}$)을 만족해야 하므로 결합된 비교행렬도 역수의 특성을 만족하도록 결합함수를 정하는 것은 합리적이다. Aczel and Saaty(1983)는 복수의 평가자를 포함하는 경우 쌍대비교행렬의 각 성분에 대해 기하평균을 취하면 쌍대비교행렬의 역수특성을 손실하지 않고 효과적으로 여러 평가자의 비교행렬을 결합할 수 있다는 것을 수식적으로 증명하였다. 따라서 여러 평가자에 의하여 얻어진 쌍대비교행렬은 대응하는 각 성분에 대한 기하평균(geometric mean)을 취함으로써 통합된다(Aczel and Saaty, 1983).

3.3 평가항목별 감성평가점수

대상에 대한 감성평가를 위하여 본 연구에서는 Fuzzy linguistic rating 방법을 사용하였다(Park and Kim, 1990).

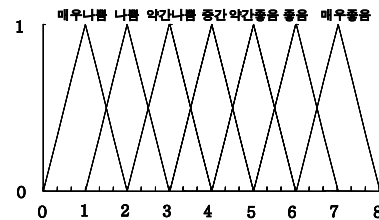


그림 4. 언어변수에 대한 소속함수.

감성평가라는 것은 그 자체가 본질적으로 주관적인 판단을 기초로 하고 있기 때문에 필연적으로 그 평가결과는 불확실하고 모호하다(Park and Choi, 1998). 본 연구에서는 각 쾌적감성 평가항목을 이용하여 「매우 좋음」, 「좋음」, 「약간 좋음」, 「중간」, 「약간 나쁨」, 「나쁨」, 「매우 나쁨」과 같은 언어적 표현을 사용하는 퍼지 언어변수(fuzzy linguistic variable)로 감성평가를 실시하였으며, 이러한 퍼지 언어변수에 대한 소속함수가 <그림 4>에 나타나 있다.

3.4 차원별 통합감성 점수화

쾌-불쾌 차원, 각성-이완 차원에 대한 피험자의 통합감성을

정량화하기 위한 방법으로 각 평가항목에 대한 가중치와 그 감성평가에서 획득된 감성언어점수를 곱하여 각 차원(쾌-불쾌, 각성-이완 차원)에 대하여 전체 감성언어로 합한 값으로 점수화할 수 있다.

$$\widehat{Sp}_i = \sum_{j=1}^6 w_j F(p_j), \quad \widehat{Sa}_i = \sum_{j=7}^{12} w_j F(a_j)$$

where, $i = i$ 번째 감성평가항목($i = 1 \dots 12$)
 $F(p_i) = i$ 번째 감성평가에 대한 감성 퍼지 수
 (쾌-불쾌 차원, $i = 1 \dots 6$)
 $F(a_i) = i$ 번째 감성평가에 대한 감성 퍼지 수
 (각성-이완 차원, $i = 7 \dots 12$)
 $w_i =$ 감성평가항목 i 에 대한 정규가중치
 $\widehat{Sp}_i =$ 쾌-불쾌 차원에 대한 통합감성 퍼지 수
 $\widehat{Sa}_i =$ 각성-이완 차원에 대한 통합감성 퍼지 수

이때 삼각퍼지함수의 소속함수를 결정짓는 세 개의 점은 다음 식에 의해 구한다.

$$a = \sum_i w_i a_i, \quad b = \sum_i w_i b_i, \quad c = \sum_i w_i c_i$$

where, $w_i =$ 감성평가항목 i 에 대한 정규가중치
 $[a_i, b_i, c_i] =$ 대상에 대한 감성평가항목 i 평점의 소속함수

3.5 쾌적감성 차원 Mapping

Russell(1978)은 내적 상태를 나타내는 28개의 단어를 네 가지 통계적 방법으로 분석한 결과를 토대로 하여 개별 정서들이 “쾌-불쾌”, “각성-수면(이완)”의 두 차원상에 원형으로 배열된다는 공간적 모형을 제시하였다. 정서개념의 구조나 표정을 통해 정서인식의 내적 차원에 대한 차원모형이 문화권에 관계없이 얼마나 일관적으로 나타나는지를 살펴보고자 한 국내·외 연구들에서도 이러한 이차원 구조가 일관되게 도출되었다(Kim et al., 1998; Michells et al., 2003; Russell et al., 1989).

본 연구에서는 쾌적감성을 도식적으로 표현하기 위하여 2.2 절에서 개념화·정의되었던 쾌적의 개념을 Russell의 차원모형에 도입하여 나타내었고, 이를 위해서는 쾌적화(快適化)의 의미를 명확히 할 필요가 있다(<그림 5>).

본 연구에서 정의하고 있는 쾌적(快適)이란, 쾌(快), 쾌감(快感)과는 구별되는 말로 주위로부터 발생하는 물리적 환경자극을 인간의 감각기관에서 수용하게 될 경우, 자신의 현재의 정서적인 상황과 연결 또는 반영시켜 종합적으로 판단하게 되는 인식의 결과물로서, 생리적, 심리적으로 극단적으로 쾌하거나, 불쾌하지 않으며(쾌-불쾌 차원), 안정적인 상태(각성-이완 차원)이다. 이는 Russell의 차원모형에서 쾌-불쾌 차원, 각성-이완 차원에서 중심점을 인간의 일상생활 및 작업환경에서 생활이

나 작업에 안정적으로 몰입할 수 있는 개인의 심리적 최적(optimal)상태, 즉 쾌적(快適)상태이다. 여기에서 중심점과의 거리(d)를 통하여 피험자의 심리적 내면상태가 쾌적상태에 접근되어 있는 정도, 즉 쾌적도(C)를 찾을 수 있다.

또한, 쾌적화(快適化)란, 쾌적(快適)의 상태로 진행되고 있는 상태를 의미하고, <그림 5>에서 중심으로 쾌적감성상태가 이동되는 상태를 나타낸다. 이는 새로운 자극에 의해서 쾌적감이 이동되는 상태로, 이를 <그림 5>에서와 같이 벡터 모형을 이용하여 표현하게 된다면 새로운 자극에 의해서 쾌적화가 어떠한 방향성을 가지고 어느 정도 진행되었는지 구체적으로 정량화가 가능하다.

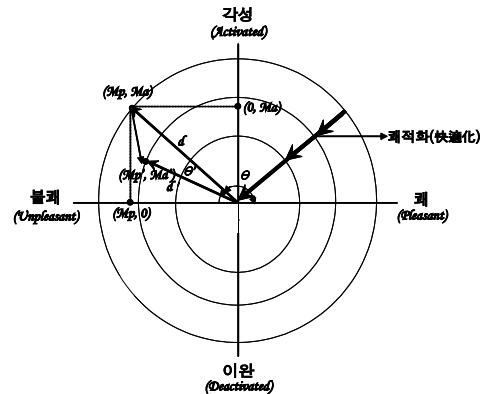


그림 5. 쾌적감성 차원.

쾌-불쾌, 각성-이완 차원에 대한 통합감성 퍼지 수($\widehat{Sp}_i, \widehat{Sa}_i$)의 median 값(Mp, Ma)을 이용하여 Russell의 감성차원 모형에 쾌적감성을 나타내었다.

3.6 Index 도출

쾌적감성 차원에서 쾌적성에 관련된 index를 도출할 수 있다. 쾌-불쾌, 각성-이완 차원에 대한 통합감성 퍼지 수($\widehat{Sp}_i, \widehat{Sa}_i$)의 median 값(Mp, Ma)이 각 축에 mapping된 경우, 차원의 중심으로부터의 거리(d)는 심리적 내면상태가 쾌적상태에 접근되어 있는 정도, 즉 쾌적도(C)를 나타내며, 다른 자극이 제시된 경우, 이 자극에 대한 통합감성 퍼지 수의 median 값(Mp', Ma')과의 중심으로부터의 거리 차는 두 자극이 제시된 경우, 나중 자극에 의하여 어느 정도 쾌적화가 진행되었는지를 나타내는 쾌적화 지수(T)이며, 양(+)과 음(-)의 방향성을 가진다. 또한, 자극에 대한 감성의 위치를 차원상에 각도($\theta, 0^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$)를 통하여 나타낼 수 있다.

$$C = (\sqrt{Dp^2 + Da^2})^{-1}$$

$$T = (\sqrt{Dp'^2 + Da'^2})^{-1} - (\sqrt{Dp^2 + Da^2})^{-1}$$

$$= C' - C$$

where, $Dt = Mt$ 의 좌표변환 값($t = p, p', a, a'$)

- $Mp =$ 통합감성 퍼지 수 \widehat{Sp}_i median 값
- $Mp' =$ 차후 제시된 자극의 통합감성 퍼지 수 \widehat{Sp}'_i median 값
- $Ma =$ 통합감성 퍼지 수 \widehat{Sa}_i median 값
- $Ma' =$ 차후 제시된 자극의 통합감성 퍼지 수 \widehat{Sa}'_i median 값
- $C =$ 쾌적도, $T =$ 쾌적화 지수

4. 쾌적감성 평가절차

<그림 6>은 본 연구에서 제안된 쾌적감성평가 진행절차를 나타낸 것이다. 본 연구에서 제안된 일련의 과정은 프로그램화되어 자동적으로 이루어질 수 있다.

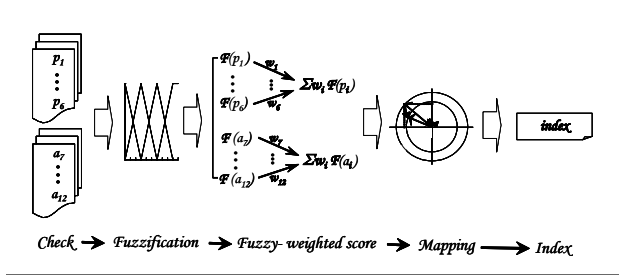


그림 6. 쾌적감성평가 진행절차.

5. 사례연구

본 연구에서는 사례연구로서 제안된 평가모형을 이용하여 두 청각자극이 제시된 경우, 각 자극에 대한 쾌적도와 먼저 제시된 청각자극으로 인하여 발생한 쾌적감이 후에 제시된 청각자극에 의해서 어떤 방향성을 가지고 어느 정도 변화하였는지 정량적으로 파악해 보고자 하였다. 사용된 자극으로는 음의 파워 스펙트럼(power spectrum)이 1/f fluctuation 특성을 지니지 않는 음과 이음을 1/f fluctuation의 특성을 지니도록 처리된 음을 청각자극으로 사용하였다.

5.1 1/f Fluctuation

파워 스펙트럼 분석이란 주파수 분석을 통하여 음을 구성하고 있는 개개의 주파수 성분별로 분해하여 힘의 강도와 함께 표현하는 방법으로, 파형이나 신호의 분석을 위해 가장 널리 사용되는 방법이다(Kim *et al.*, 1992).

파워 스펙트럼의 특성은 대수축 x축과 y축 상에서 명확하게 나타난다. 파워 스펙트럼의 최소자승법(least square approxima-

tion)을 통하여 얻어진 회귀식을 $y = kx + c$ 라고 하면, 회귀식의 기울기 k는 fluctuation 값(value of fluctuation)으로 정의된다(Ishikawa *et al.*, 2002).

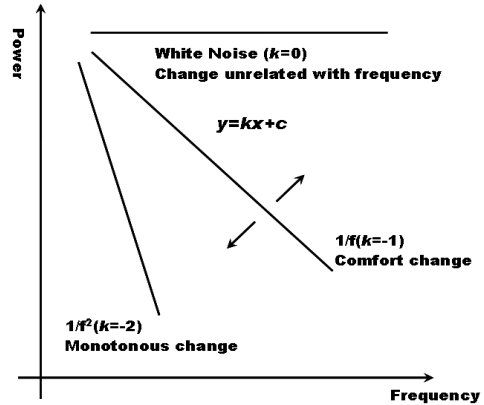


그림 7. Value of fluctuation.

fluctuation 값을 이용하여 신호의 특징을 파악할 수 있다. k값이 작아질수록 신호의 상관관계(correlation)가 높아짐을 의미하고, 여기에는 신호에 관련된 패턴이 발견된다. 반대로 k값이 0에 가까워질수록 신호의 상관관계는 낮아지고 패턴은 랜덤(random)해진다(<그림 7>). 이러한 분석과정을 fluctuation 분석(analysis of fluctuation)이라 말하고 전체 신호, 혹은 부분 신호 사이에 상관관계를 명확하게 알 수 있다(Anders, K. *et al.*, 1996). 회귀식 $y = kx + c$ 에서 k값이 -1일 때, 즉 파워가 파워 스펙트럼 상에서 주파수에 대하여 비례적으로 감소할 때 $x(t)$ 를 1/f fluctuation의 특징을 가지고 있다고 말한다.

1/f fluctuation은 광범위한 자연현상에서 다양한 형태로 관찰되고 있다. 1/f fluctuation이 인간의 쾌적감, 안정감, 혹은 안락감을 느끼게 한다는 사실은 여러 연구를 통하여 가능성을 찾을 수 있다. 즉, 신호가 1/f fluctuation의 특징을 가지면 인간에게 쾌적감, 안정감을 주는 것으로 알려져 왔다. 학계에서는 1/f fluctuation을 응용한 사례들이 발표되고 있으며, fluctuation과 안락감 사이의 상관관계에 있어서 흥미로운 점들이 발견되고 있으나, 효과가 명확히 규명되고 있지는 못하다(Miyake, 1994; Voss *et al.*, 1978; Ishikawa *et al.*, 2002).

5.2 실험자극 선정 및 실험

본 연구의 실험을 위하여 청력이 정상으로 판단되는 남녀 15명(남 9, 여 6)의 대학생(21세~27세)이 참가하였다.

제시된 자극은 'The Neuroscience Institute(www.nsi.edu)' DB에서 제공하는 1/f fluctuation 특성을 가지지 않은 음(자극 1)을 이용하여 1/f fluctuation 특성을 가지는 음(자극 2)으로 변환한 두 청각 자극을 사용하였다. 분석에 사용된 소프트웨어는 Praat 4200, Cool Edit Pro 2.1이며 <그림 8>은 1/f fluctuation음을 생성하는 과정을 나타낸 것이다.

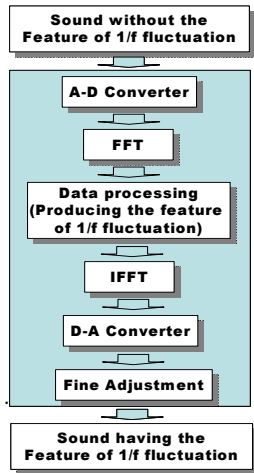


그림 8. 1/f fluctuation 특성을 가지는 음 생성과정.

피실험자들에 대하여 본 실험을 위하여 예비실험을 통한 충분한 교육을 하였고 실험 시 음을 들려주기 위하여 Laptop-PC와 전용 스피커를 사용하였다. 실험장소는 소음을 배제하기 위하여 실험실을 이용하였고, 음의 크기는 40dB로 일정하게 조정하였으며, 실험 시 피실험자가 충분히 인지하고 평가할 수 있도록 첫 번째 자극(자극 1; 30초)과 두 번째 자극(자극 2; 30초)을 번갈아가며 5회 반복하여 들려주었다. 그리고 자극에 대한 인지적 요인의 개입 가능성 판단을 위하여 자유연상기록을 남기도록 하였다. <그림 9>는 청각자극으로 제시된 두 음(자극 1, 2)의 spectrum(FFT) 및 spectrogram이다.

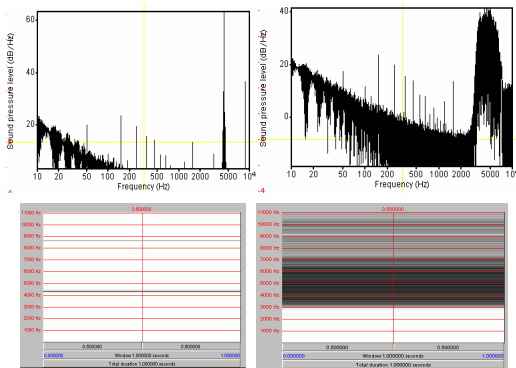


그림 9. 제시된 자극 1(좌)과 자극 2(우)의 spectrum/spectrogram

5.3 평가항목의 상대적 중요도 결정

쾌적감성평가를 위하여 선정된 평가항목들의 상대적 중요도에 대한 정규가중치를 결정하기 위하여 5.2절의 실험에 참여했던 남 15명(남 9, 여 6)의 피험자를 대상으로 각 요인들의 쌍대비교에 대한 설문조사를 수행하였다. <그림 10>은 쾌도 및 긴장도평가를 위한 각 평가항목들의 정규가중치를 나타낸다.

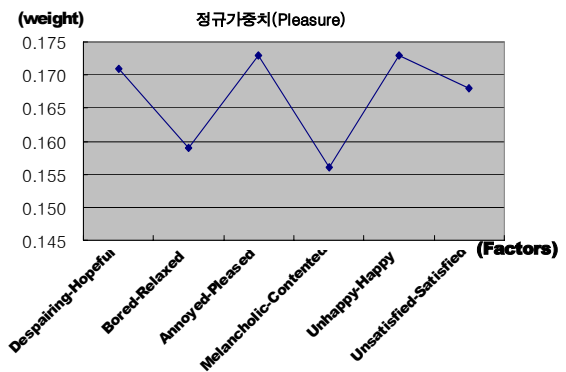
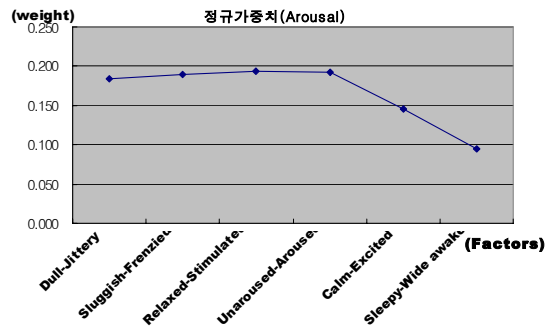


그림 10. 평가항목별 정규가중치.

5.4 차원별 통합감성 점수화 및 쾌적감성 차원 Mapping

두 자극에 대한 각 평가항목들의 Fuzzy linguistic rating 방법을 사용하여 언어평점을 해당항목에 표시(check)하도록 하였고 얻어진 결과를 이용하여 쾌-불쾌, 각성-이완 차원에 대한 통합된 감성 퍼지 수(Fuzzy-weighted score)를 구하였다.

표 4. 쾌적감성 평가결과(피험자 1)

Arousal	weight	membership function
1	0.184	4 5 6
2	0.189	1 2 3
3	0.194	3 4 5
4	0.192	2 3 4
5	0.146	3 4 5
6	0.095	4 5 6
Fuzzy-weighted Score		2.709 3.709 4.709

Pleasure	weight	membership function
7	0.171	2 3 4
8	0.159	3 4 5
9	0.173	3 4 5
10	0.156	4 5 6
11	0.173	2 3 4
12	0.168	2 3 4
Fuzzy-weighted Score		2.644 3.644 4.644

<표 4>는 첫 번째 피험자의 자극 1과 자극 2에 대하여 가중치와 삼각 퍼지 수가 결합함으로써 계산되어진 Fuzzy-weighted score 결과이고, <표 5>는 전체 피험자에 대한 쾌적감성 평가 결과를 나타낸다.

이를 15명의 피험자를 대상으로 수행하고 쾌적감성 차원상에 mapping하였다(<그림 11>).

표 5. 쾌적감성 평가결과(쾌적도, 쾌적화 지수)

피험자	쾌적도(C)		쾌적화 지수(T)
	자극 1	자극 2	
1	2.174853696	3.086184570	0.9113309
2	3.019164589	3.449917117	0.4307525
3	2.872507901	3.316790634	0.4442827
4	1.982777055	3.715829242	1.7330522
5	1.732592327	2.779612155	1.0470198
6	3.033005810	4.093413267	1.0604075
7	3.564660324	4.587686932	1.0230266
8	1.983248826	2.179254437	0.1960056
9	3.015483551	1.711115057	-1.3043685
10	4.072922756	2.300699415	-1.7722233
11	3.108379394	1.710251487	-1.3981279
12	3.483242374	4.068807567	0.5855652
13	3.274625265	1.726744902	-1.5478804
14	2.488054910	4.453249692	1.9651948
15	2.342877875	5.042536719	2.6996588

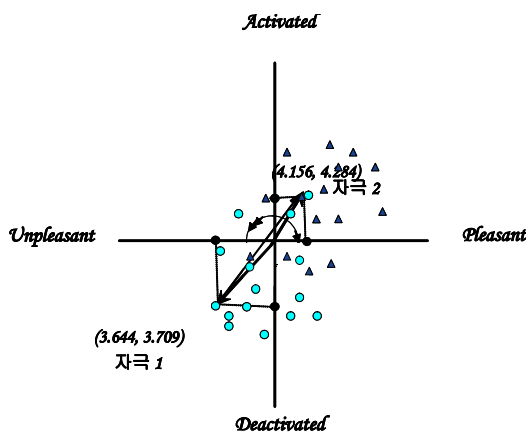


그림 11. 쾌적감성 차원 mapping.

5.5 고찰

자극 1과 자극 2의 Fuzzy-weighted Score의 median 값에 대하여 쾌-불쾌, 긴장-이완 두 차원에 대하여 통계적인 유의차를 보였고, 자극 1에 비하여 자극 2가 쾌-불쾌, 긴장-이완 차원에 대하여 증가(+)의 방향성을 나타내어 쾌감 및 긴장감을 증가시키는 자극임을 확인할 수 있었다(paired t-test, p<0.05).

그러나 쾌적도(C)에 대해서는 유의적인 차이를 보이지는 않았는데, 이는 차원에 대한 두 자극의 벡터 방향만이 다를 뿐, 본 연구에서 개념화된 쾌적도 측면에서 판단해 보았을 때 유의적 차이를 보이지 않았다는 의미이다. 다만, 쾌적화 지수(T)를 통하여 본 결과, 자극 2에 의하여 쾌적화가 다소 진행되었음을 확

인할 수 있었다.

사례분석결과, 제시된 쾌적감성측정을 위한 벡터 모형을 통하여 자극에 대한 주관적 쾌적감성을 보다 구체적이고 정량적으로 평가할 수 있었다.

일련의 과정이 프로그램화되어 자동적으로 수행되어지면 자료수집 및 연산을 보다 효과적으로 수행할 수 있을 것이고 쾌적감성의 크기나 방향성을 가시화하여 연구자에게 편의성을 제공해 줄 수 있다. 또한, 지금까지 감성을 측정하는 연구들에서 보편적으로 진행되었던 것처럼 주관적 평가결과와 자극에 대한 생리신호의 측정결과를 동시적으로 분석되어서 본 평가 모델을 보완할 경우보다 구체적인 분석결과를 도출해 낼 수 있을 것이다.

6. 결론

본 연구는 기존의 연구를 기초로 하여 쾌적에 대한 개념을 구체화하고, 쾌적감성모형을 구조적으로 표현하고자 하였다. 또한, 쾌적을 정량적으로 표현하기 위하여 가중 퍼지 수(fuzzy-weighted score)를 이용한 일련의 쾌적감성 평가모형을 개발하였다.

이를 통하여 쾌적성을 연구하는 다양한 분야에서 주관적 쾌적감성을 평가하기 위한 모형으로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

Anders, K., Ulf, L., Maria, T., Lena, S. & Elisabeth, A.(1996), The Effect Nonphysical Noise Characteristics, ongoing Task and Noise Sensitivity on Annoyance and Distraction due to Noise at Work, *Journal of Environmental Psychology*, 16, 123-136.

ASHRAE(1992), Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy, *ANSI/ASHRAE Standard*.

Ishikawa, Y. & Zhao, H.(2002), A Study on Speech Quality Improvement System by 1/f Fluctuation Theory, *Proc. of IEICE, A-4-22*, 2002.

Jeon, Y-W. & Cho, A.(2001), Development of Comfort Feeling Structure in Indoor Environments Using Hybrid in Neuralnetworks, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 20(2).

Kim, J. & Cho, A.(1999), A Structural Analysis between Comfort Feeling and Sensing in Indoor Environment Using Fuzzy Inference, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 18(2).

Kim, J-K., Moon, H-S., & Oh, K-J.(1998), Validating the Stability of Two-dimensional Structure of Emotion, *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 2(1), 43-52.

Kim, Y-A., Kim, J-K., Park, S-K., Oh, K-J., & Chung, C-S. (1998), Dimmision of the Emotion Structure through the Analysis of Emotion related terms in Korean Language, *Korean Journal of the Science of Emotion and Sensibility*, 1(1), 144-152.

Kim, H-D., Kim, J-C. & Kim, J-T.(1992), A study on the Changes in the Electromyographic Power Spectrum of the Masticatory Muscles during Orthodontic Treatment of the Class III Malocclusion Children, *Korean*

- Academy of Pediatric Dentistry*, 19(1), 45-62.
- Lang, P. (1997), International Affective Picture System(IAPS), *Technical manual and affective ratings*, NIMH center for the Study of Emotion and Attention.
- Michells S., Russell J., & Ahn, C-K(2003), Affect among Koreans(New Scales and their Structure), *Korean Journal of Psychology*, 22(1), 115-136.
- Miwazaki, R.(1996), The Concept of Comfort, *The Japanese Journal of Industrial Management Association*, 6(3).
- Mishikawa, K., Hirajawa, R., & Nagamachi, M.(1997), Evaluation of Thermal Environment using Kansei Engineering, *The Japanese Journal of Industrial Management Association*, 33(5).
- Miyake, S.(1994), *Comfort Engineering*, SenBunDo Press., Tokyo, Japan.
- Nagamachi, M.(1992), *Comfort Science*, KaiBunDo Press., Tokyo, Japan.
- Park, K-S., & Kim, J-S.(1990), Fuzzy Weight-Checklist with Linguistic Variables, *IEEE Trans. on Reliability*, 3(3), 1-5.
- Park, K-S. & Jeong, K-T. (1996), Product Image Evaluation Technique using Fuzzy-Weighted Checklist, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 15(1).
- Park, M-Y. & Choi, C-S. (1998), A Cause Study of a Customer-Oriented Beeper Design using Fuzzy Linguistic Rating and Quality Function Deployment Concepts, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 17(3).
- Russell, J.(1978), Evidence of convergent validity on the dimension of affect. *Journal of Personality and Social Psychology*, 30, 1152-1168.
- Russell, J., Lewick, M., & Nitt. T.(1989), A cross-cultural study of a circumplex model of effect, *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 848-856.
- Saaty, T.(1977), A scaling method for priorities in hierarchical structures, *J. Mathematical Psychology*, 15, 234-281.
- Saito, M.(1996), The Concept of Human Comfort and, *The Japanese Journal of Industrial Management Association 「Management System」*, 6(3).
- Tadashi, H.(1993), The Concept and Aspect of Comfort, *The Japanese Journal of Ergonomics*, 29(2).
- Voss, R. & Clarke, J.(1978), 1/f Noise in Music : Music from 1/f Noise, *J. Acoust. Soc. Am.*, 63(1), 258-263.
- Wohlwill, J.(1974), Human response to levels of environmental stimulation, *Human Ecology*, 2(1).
- Yasukouchi, A.(1994), Make a Human Comfort: Comfortable Office Environment, *Physiological Anthropology Semina*(20), Japan Society of Physiological Anthropology.



전용응

동국대학교 산업공학과 학사
 동국대학교 산업공학과 석사
 현재: 동국대학교 산업시스템공학과 박사과정
 관심분야: UI, 제품개발, 감성공학



조 압

와세다대학교 공업경영학과 학사
 와세다대학교 공업경영학과 석사
 와세다대학교 인간과학 박사
 현재: 동국대학교 산업시스템공학과 교수
 관심분야: 입체영상, VR, 감성공학, 산업안전