

퍼지이론에 기초한 지적 감성검색시스템에 관한 연구

A Study on Intelligent Image Database based on Fuzzy Set Theory

김 돈 한 (Kim, Don-Han)

울산대학교 정보디자인학과

이 논문은 "1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 지원되었음"(KRF-1999-003-I00069)

1. 서론

2. 디자이너의 사고과정과 발상지원

3. 감성검색시스템의 구성

- 3-1 감성검색시스템의 기본성질
- 3-2 감성검색시스템의 검색모드
- 3-3 컨텐츠(감성)와 검색어 사이의 퍼지관계
- 3-4 퍼지 시소러스 생성방법
- 3-5 퍼지 검색결과 생성방법

4. 감성검색시스템의 프로토타입

- 4-1 감성 이미지어 수집 및 반응계측 유니트
- 4-2 퍼지 시소러스 작성 유니트
- 4-3 시뮬레이션 유니트

5. 결 론

참고문헌

(要約)

[감성지향 제품] 디자인에 있어서는 디자이너가 제품을 통해 표현하려는 이미지와 사용자가 제품을 통해 느끼는 감성적 평가와의 사이에 존재하는 갭(gap)이 문제가 되고 있는데, 이 갭을 해소하는 데에 있어 디자인 과정에서 활용되어진 이미지 화상들과 디자인 평가를 위해 사용되었던 감성적 평가어 사이의 관련도에 관한 정보는 특히 유효하다. 본 연구에서는 이러한 관련도 정보에 근거하여, 이미지 화상 및 이미지어 탐색을 통해 스타일링 디자인을 지원하는 감성검색시스템을 제안한다. 본 시스템에 있어서 관련도 정보는 이미지어와의 유사도를 유어의 계수로 상정한 퍼지 시소러스에 의해 표현된다. 또한 이미지어 사이의 유사도는 이미지 화상 평가를 기초로 산출된다. 이미지 탐색은 검색 중시도(weight)를 파라미터로 한 퍼지 시소러스 전개의 알고리즘에 의해 실행되며, 탐색 모드로서 이미지어 상호간, 이미지어에서 이미지화상, 이미지 화상에서 이미지어, 이미지 화상간의 합계 네 종류의 모드가 제공된다. 또한 이들 모드간의 이행은 직접 조작형 인터페이스에 의해 실행되며, 이로 인해 아이디어 탐색단계에 있어서의 디자이너의 발상과정이 원활하게 지원된다. 시스템은 감성적 평가의 계측 유니트와 갭의 연산, 가시화 유니트로부터 구성되며, 조작의 일관성을 유지하기 위해 통일적인 인터페이스의 환경 하에서 구축하였다.

(Abstract)

Among Human Sensibility-oriented products a gap between the images that designers try to express through that product and users emotional evaluation becomes an issue. The data on the correlation between image words used for design evaluation and images used in the design process are especially significant. This study based on these correlations suggests a Fuzzy retrieval system supporting styling design with images and image words. In the system, the relational data are demonstrated by Fuzzy thesaurus as correlation coefficient from the degree of similarity among image words. And the degree of similarity is produced based on image evaluation. Image retrieval is conducted by the algorithm of Fuzzy thesaurus development, 1) among image words, 2) images to image words, 3) image words to images and 4) among images: 4 different modes are provided as retrieval modes. Also transfer between modes is carried by direct operating interface, therefore divergent thinking and convergent thinking is supported well. The system consists of operation for the gap and the measurement unit of emotional evaluation, and visualization units. Under unified interface environments are set in order for consistency of the operation.

(Keyword)

Image Navigation, Fuzzy Set Theory, Database System

1. 서론

디자인은 사용자의 감성적 욕구(아름답다, 알기 쉽다, 사용하기 편하다)를 충족시키는 것이며, 현상의 문제점으로부터 사용자의 요구를 파악하고 하나의 개념으로서의 언어로 표현하는 것으로부터 출발한다. 또한 추상적인 언어로 표현한 디자인 컨셉을 눈으로 확인할 수 있는 실체적 형태로 구체화시켜 나가는 것이며, 개념적 언어에서 실체적 형태로 구현해 가는 과정 속에서 항상 사용자의 감성적 측면에서의 속성을 결정하기 위한 형태로 전개시켜 나가야 한다. 이 과정 속에서의 모든 단계에서 분기점이 기다리고 있으며 디자이너는 그 때 마다 발상지원을 필요로 하게 된다.

본 논문은 이와 같이 개념을 실체화시켜 가는 과정 중의 스타일링 디자인 단계에 있어서 감성표현 용어(이미지어)나 감성표현 콘텐츠(이미지 화상) 등의 감성적 속성을 결정하는 정보를 이용하여 디자이너의 발상과정을 지원하기 위한 검색시스템에 대한 연구이다. 이하 이를 감성검색시스템이라고 부르기로 한다. 이 감성검색시스템은 디자이너의 아이디어 발상이 한계에 이르렀을 때 발상자에게 새로운 이미지의 세계를 구축하게 하는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 감성표현 용어와 감성표현 콘텐츠를 발상의 실마리로 제공하려는 점에 착목한 연구이며, 단순히 화상만을 제시하는 데이터베이스가 아닌 발상자의 이미지 인지의 공통개념을 기초로 하여 이미지의 세계를 확장시키기 위한 발상지원시스템인 점을 특징으로 하고 있다.

한편 화상 데이터베이스 설계에 있어 종래의 이미지 검색 방법으로는 주어진 화상을 검색 키워드로 이용하여 그 화상과 유사한 화상을 검색하는 유사화상 검색이나, 텍스트를 검색 키워드로 이용한 화상 검색이 주류를 이루고 있었다. 이러한 키워드에 의한 이미지검색에 있어서는 [시소러스(thesaurus)]라고 불리는 각 키워드 사이의 관련성을 기술한 사서(dictionary)가 사용되는데, 이 경우 시소러스는 키워드간의 관련을 {있음, 없음}으로만 나타내던 것이 일반적이었다. 따라서 검색에 있어서도 키워드가 화상의 색인으로 등록되어 있어야만 검색이 가능한 크리스프(crisp) 검색이 대부분이었다. 그러나 디자인 분야에 있어 아이디어 탐색과정이나 제품의 감성평가를 위해 사용되는 이미지 맵, 아이디어 스케치 등의 각종 시각적 자극과 이들의 감성표현용어인 이미지어, 설명어 등은 그 자체에 불확실성이나 애매한 성질을 다수 내포하고 있기 때문에 {있음, 없음}의 관계로만 기술된 시소러스만으로는 검색자의 요구에 유연하게 대처할 수 없었다. 이렇게 불확실성을 내포한 화상정보를 바탕으로 검색자의 감성적 요구에 적합한 검색시스템을 구축하기 위해서는 시소러스, 색인, 검색조건 등을 보다 유연하게 표현하기 위한 퍼지이론¹⁾의 도입이 필수적이다. 본 연구에서 제안하는 감성검색시스템은 이 중에서 시소러스와 색인을 퍼지화 시키고, 검색 키워드 입력이나 검색결과 자체에 애매함을 허용함으로써 디자이너의 발상과정을 보다 유연하게 지원할 수 있도록 설계되어 있다. 감성검색시스템의 사용자는 GUI베이스의 사용자 인터페이스 환경하에서 시스템과의 대화적 검색과정을 통하여 최종 목적으로 하는 이미지어로의 접근이 가능하다.

2. 디자이너의 사고과정과 발상지원

디자인 행위에 있어서 아이디어의 탐색과정은 디자이너의 사고유형에 따라 다양한 형태로 나타나게 되나, 이 과정 안에서의 발상과 관련된 문제를 Noguchi H.²⁾는 다음과 같이 지적하고 있다.

첫째, 기획 단계로부터 주어지는 디자인 컨셉을 구체적인 디자인 해결안으로 도출하기 위한 프로세스, 즉 추상적 개념화 단계에서부터 실체적 구체화 단계까지의 거리가 길다. 이 때문에 아이디어의 탐색 방향을 모색하기가 용이하지 않다.

둘째, 아이디어 탐색이 한계상황에 이르렀을 때 이를 타파하지 못하는 것은 디자이너 자신의 고정관념으로부터 벗어나지 못하기 때문이다. 이 때문에 새로운 아이디어의 탐색이 어렵게 된다.

이러한 발상에 대한 문제를 극복하기 위한 방법으로 두 가지를 생각해 볼 수 있다. 먼저, 종래의 통계적인 방법으로서 다양한 정성적 데이터를 정량적 데이터로 변환하여 아이디어 탐색을 위한 실마리로 제공하는 것이다. 다음으로 이미지데이터베이스나 화상데이터베이스 등을 이용하여 외부로부터 자극을 주입함으로써 디자이너의 고정 관념을 타파하고 새로운 발상의 계기로 국면을 전환하는 것이다. 이 두 가지 방법 중 본 연구에서는 후자의 방법을 적용하여 발상지원시스템으로서의 감성검색시스템을 구성하고자 하는 것이며, 이를 이용하면 다음과 같은 세 가지의 형태로 발상과정을 지원할 수 있을 것으로 기대된다.

- 1) 개념의 실체화 단계에서 발상과정이 한계에 도달하였을 때 개념화 단계로 사고를 일시적으로 역행시키게 함으로써 아이디어 탐색공간을 확대시켜, 컨셉에 포함되어 있는 목적의 본질을 명확히 파악시킬 수 있다.
- 2) 컨셉의 목적이 파악되었다면, 이것을 브레이크 다운시키기 위하여 컨셉의 표현 형식을 디자인 대상의 형태적 특징을 규정하기 쉬운 형식으로 전환시킬 수 있도록 지원할 수 있다.
- 3) 실체적 형태로서의 구체화 단계에서는 디자인 컨셉의 언어 표현에 적합한 형태 이미지 표현의 추출을 촉진시킬 필요가 있다. 아이디어 스케치 등으로 표현되어진 디자인 후보 해를 다양한 분류 관점으로부터 분류하고 추상화시킴으로써 디자인 해의 탐색공간을 확장시킬 수 있다.

3. 감성검색시스템의 구성

3.1 감성검색시스템의 기본성질

전술한 바와 같은 목적을 지닌 감성검색시스템은 스타일링 디자인 단계에 있어서 디자이너의 이미지 탐색과정을 디자인에 사용되는 감성표현 콘텐츠(이미지 화상)와, 디자인에 평가를 부여하는 감성표현 용어(이미지어) 간의 퍼지 관련도 정보를 기초로 하여 구축된다. 즉, 개량하려고 하는 디자인 요소의 탐색을 피험자의 감성평가 데이터가 링크 되어 있는 데이터베이스를 이용하여 지원하려고 하는 것이며, 이로 인해 디자이너는 디자인 컨셉과 관련된 화상과의 관계성을 유지한 채로 이미지 참조가 가능하여 결과적으로 보다 유연하게 발상과정을

2) Noguchi H., 「An Approach to the Design Thinking Process by Experimental Method」, Bulletin of JSSD, Vol43 No. 1, 1996

1) ファジィ 理論入門, 中島信之 外, 婁華房(日),1994

지원할 수 있게 된다.

이러한 기능을 실현하는 감성검색시스템의 주요 구성요건으로서는, 1) 감성 데이터 수집—퍼지 시소러스 생성—탐색 결과의 피드백, 2) 시소러스 작성을 위한 퍼지 관련도 결합행렬의 자동생성, 3) 감성표현용어(이미지어)와 감성표현 콘텐츠(이미지 화상) 상호간의 검색, 4) 각 검색모드 사이의 유연한 네비게이션 등의 4점을 들 수 있다. 감성검색시스템은 이들 기능을 반복하여 실행함으로써 검색시스템의 사용자가 원하는 이미지에 최종적으로 도달할 수 있도록 이미지 탐색과정을 지원하게 된다.

그림 1은 이와 같은 감성검색시스템의 개념도를 나타낸 것이며, 이하의 절에서 검색시스템을 구현하는 과정에 대해서 구체적으로 설명한다.

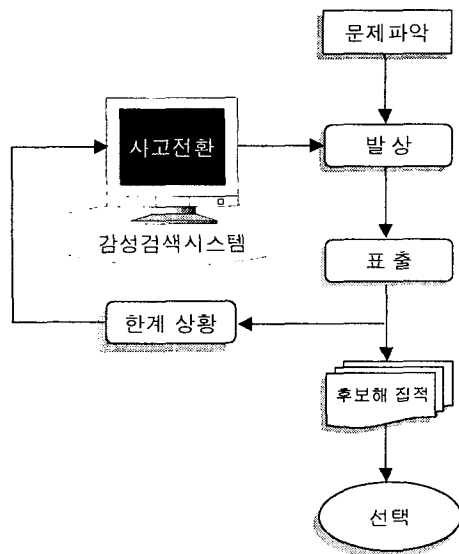


그림 1 감성검색시스템의 개념도

3.2 감성검색시스템의 검색모드

본 연구에서 제안하는 감성검색시스템은 개념의 실체화 단계 즉, 해결안의 탐색의 단계에서 [사고의 전환]이 요구되고 있을 때, 디자이너의 발상과정 (발산적 사고와 수렴적 사고)을 지원하기 위하여 감성표현용어 간, 감성표현콘텐츠 간, 감성표현용어에서 감성표현콘텐츠, 감성표현콘텐츠에서 감성표현용어의 합계 4개의 탐색 모드를 지원하고 있다.

첫째, 디자이너는 개량하고자하는 디자인 요소와 관련이 있는 감성표현용어를 참조하면서 아이디어 전개의 실마리를 탐색하려고 한다. 그리고 연상 등으로부터 얻은 발산하려고 하는 형태의 개념을 언어로 네이밍 함으로써 형태 이미지의 사고를 구체화하려고 한다. 이러한 사고과정 속에서 감성표현용어의 자유로운 발상을 돕기 위하여 본 시스템은 감성표현용어로부터 감성표현용어의 탐색기능을 제공하고 있다. 이것은 개량하고자 하는 감성표현용어와 관련 있는 키워드를 제공함으로써 연상과정을 촉진하려고 하는 것이다. 디자인 요소를 표현하는 한 개, 혹은 복수의 조형 컨셉(감성표현용어)을 입력하면, 후술하는 감성표현용어 상호간의 퍼지 관련도 결합행렬의 전개

에 의해서 관련성이 높은 순으로 감성표현용어를 리스트업 한다. 즉, 이 탐색 모드는 일종의 전자 사서라고 할 수 있는데, 감성표현용어 상호간의 퍼지 관련도는 하나의 자극(감성표현 콘텐츠)에 대하여 공통적으로 나타나는 감성표현용어들 간의 빈도, 즉 공기관계를 기초로 하여 산출된다. 이와 같은 감성표현용어 사이의 탐색은 디자이너와 유저와의 감성적 평가의 값이 크며 이미지 탐색의 전략을 세우고자 할 경우에 유효하다. 둘째, 감성표현용어 사이의 탐색에서 검색되어진 복수의 감성표현용어를 기초로 하여 디자이너는 감성표현용어를 표현하는 구체적인 이미지 즉, 형태를 탐색하는데, 이 사고 과정을 지원하려고 하는 것이 감성표현용어에서 감성표현콘텐츠(화상)로의 탐색이다.

셋째, 감성표현콘텐츠로부터 감성표현콘텐츠로의 탐색모드는 감성표현용어로부터 감성표현콘텐츠로의 탐색으로부터 선택되어진, 각각의 이미지를 대상으로 하여 유사한 감성표현콘텐츠를 탐색한다. 이것은 디자이너가 어느 정도 이미지 생성을 달성하고 나서, 그 이미지를 근거로 유사 이미지를 발산적으로 탐색할 때에 유효하다.

끝으로 감성표현콘텐츠로부터 감성표현용어로의 탐색모드는 아이디어 전개의 과정 안에서 스케치의 방향을 정할 때, 혹은 발산적 탐색에 의해 확산시킨 이미지 화상이 목적으로 하는 조형 컨셉과 비교하여 유저로부터 어떻게 평가되고 있는가를 조사할 때에 사용된다. 이때, 이미지 화상 데이터베이스에 등록되어 있는 유사 이미지 화상을 입력 키워드로 사용하여 유저의 평가 판단을 예측할 수 있다. 화상간, 감성표현용어 간의 공기 관계의 산출은 화상간, 혹은 화상과 감성표현용어 사이에 있어서도 동일하게 이루어진다.

이상으로 4개의 탐색모드를 설명하였는데 본 감성검색시스템은 모드의 선택이나 네비게이션의 전략까지는 제시하고 있지 않다. 이들 모드들의 선택과 이행은 디자인 개량의 성질이나 디자이너와 사용자 사이의 감성적 평가의 정도를 고려하여 최종적으로는 디자이너의 판단에 의해 이루어지는 것이 바람직하기 때문이다. 이것은 디자인 개량의 초기 이미지를 가지고 있는 것은 디자이너이며, 모드의 선택이나 이행을 강제적으로 컨트롤하는 것 자체가 디자이너의 유연한 사고과정을 저해할 우려가 있기 때문이다.

3.3 콘텐츠(감성)와 검색어 사이의 퍼지관계

일반적으로 키워드에 의한 문헌검색에 있어서는 [시소러스]라고 불리는 키워드 사이의 관련성을 기술한 사서가 사용되고 있다. 이 경우, 시소러스는 단어 상호간의 관련을 [있다, 없다]의 관계로만 다루고 있다. 그러나 단어 상호간의 관련성은 처음부터 애매한 성질을 지니고 있으며, 이항관계로는 표현할 수는 없다. 따라서, 본 연구에서는 유저의 감성적 평가에 사용되어진 화상과 감성표현용어 사이의 관련성을 [0,1]의 범위의 퍼지관계로 간주하여 이미지 화상간, 감성표현용어 사이의 퍼지 관련도 결합행렬을 작성하고있다. 그림 2는 이러한 이미지 화상과 감성표현용어와의 퍼지 대응관계를 표시한 것이다.

이하에서는 이러한 감성표현용어 결합 행렬을 작성하는 방법에 대해 설명한다. 일반적으로 감성표현용어에 대해서 [2개의 감성표현용어가 동일한 이미지 화상 내에 동시에 존재하는 빈도가 크면 클수록 이들의 감성표현용어는 상호간에 관련성이

깊다라는 것이 경험적 사실로 알려져 있다. (식 1)에서는 이러한 사고를 기초로 하여 이미지 화상의 반응 데이터로부터 감성표현용어 상호간의 퍼지 관련도 계수를 얻는 식이다.)

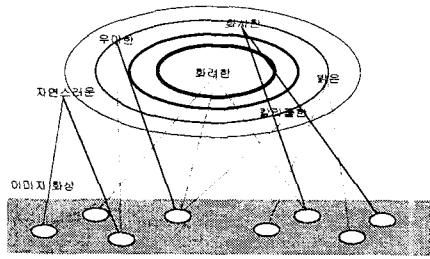


그림 2 이미지 화상과 이미지어와의 퍼지 대응관계

$$W_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_i + N_j - N_{ij}} \quad (\text{식 1})$$

단, N_i , N_j 는 K_i , K_j 를 이미지어로 하고 있는 화상 수, N_{ij} 는 K_i , K_j 를 동시에 감성표현용어로 하고 있는 화상 수를 말한다. 이상의 식을 사용하여 이미지 화상의 평가에 사용되어진 감성표현용어 끼리의 퍼지관계, 즉 감성표현용어 결합행렬을 만들 수 있다. 본 장에서는 이와 같이 자극사상으로부터 얻은 반응 데이터를 기초로 감성표현용어 사이의 관련도를 정량화하고 있는데, 이 퍼지 관련도 결합행렬은 형태, 색채, 레이아웃 등을 이용한 계층 분류형 결합행렬로 구성할 수 있다. 결합행렬을 계층 분류형으로 하면 이미지 데이터 탐색을 위한 결합행렬의 시소러스 전개 시에 데이터 처리를 고속화 할 수 있는 이점이 있다.

3.4 퍼지 시소러스 생성방법

감성검색시스템을 구축하기 위해서는 먼저 감성표현컨텐츠를 자극으로, 감성표현용어를 평정어로 한 피험자의 초기 감성평가 데이터가 필요하며, 이를 이용하여 감성표현 용어 사이의 퍼지 관계를 정의한 퍼지 관련도 결합행렬(퍼지 시소러스)을 작성하게 된다. 이 퍼지 시소러스는 상기의 (식1)에 의하여 구해진다.

여기에서 감성표현용어는 기획 단계나 디자인 컨셉 단계에서 사용된 이미지어들을 의미하며, 감성표현 컨텐츠는 디자인 과정에 사용된 이미지 화상들(추상적인 이미지 화상, 구체적인 아이디어 스케치 예 등)을 의미한다. 본 연구에서는 감성검색 시스템의 사용자를 제품디자이너나 멀티미디어디자이너 등의 분야에서 종사하는 디자이너로 상정하고 있다. 본 시스템은 데이터베이스의 사용자에 의해 초기 설정된 감성표현 컨텐츠와 감성표현용어를 이용하여 피험자의 평가반응을 수집하는 기능과 이 반응데이터를 통하여 퍼지 시소러스를 생성하는 인터페이스를 실장하고 있다.

여기에서는 피험자 감성반응데이터를 수집하여 퍼지 시소러스를 생성하기 위한 구체적인 방법에 대해서 설명한다.

3.4.1 실험 방법

반응 데이터를 수집하기 위한 실험은 피험자 M 인이 각각 퍼스널 컴퓨터를 사용하여 그림 3과 같은 프로세스에 따라 진행한다. 화면상에는 감성표현용어 W_i , 일련의 감성표현컨텐츠(화상) $\{e_k \mid k = 1, 2, 3, \dots, s\}$ 가 무작위로 제시되며 각 자극화상 e_k 에 대해서 관련이 있다고 생각되어지는 감성표현용어 W_i 를 단수 혹은 복수 개를 선택하도록 지시된다. 감성표현용어 상호간의 유의어 계수 S_{ij} 를 계산하기 위하여 같은 계열의 자극사상에 대해서 복수의 감성표현용어 $\{W_i \mid i = 1, \dots, j\}$ 까지 같은 실험을 반복한다. 실험 후에 M 인의 반응 데이터 파일을 집계하여, (식 1)의 방법에 기초하여 퍼지관련도 결합행렬을 산출한다. 본 연구에서는 프로토타입 시스템의 구성과 시뮬레이션을 위해 자극 $\{e_k \mid k = 1, 2, 3, \dots, s\}$ 의 개수 k 를 100개($k=100$)로 가정하여 반응데이터를 수집하였다. 또한 반응데이터의 수집을 위해서 실험용 소프트웨어를 제작하였다. 실험은 위와 같은 순서에 따라 진행될 수 있도록 단순한 구조로 되어 있으며, 모든 실험과정을 비주얼 오소링 툴을 이용하여 제어하는 것에 특징이 있다.

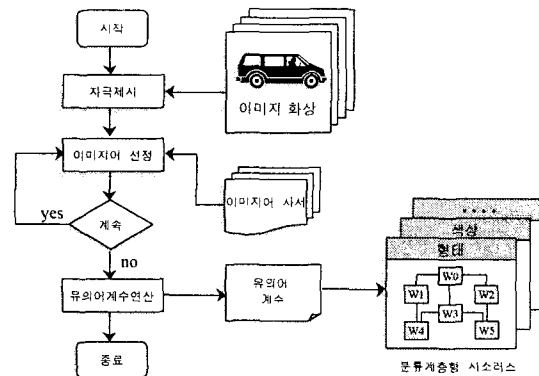


그림 3 반응데이터 수집 플로우

3.4.2 감성표현컨텐츠(자극화상) 및 감성표현용어의 제시방법

유효한 피험자 반응데이터를 얻기 위해서는 명확한 감성표현용어의 제시와 감성표현용어에 적합한 자극화상의 준비가 필요하다. 본 연구에서는 반응 데이터의 수집과정에서 발생하는 바이어스(bias)를 최대한 제거하기 위하여 자극과 감성표현용어를 무작위로 디스플레이 화면에 제시하도록 배려하였다. 이들의 생성에 있어서 특히 다음의 4가지 사항에 유의하였다.

- 1) 감성표현용어를 용이하게 상기할 수 있는 자극 화상을 선정한다.
- 2) 피험자의 특수한 개인적인 경험을 상기할 수 있는 자극화상은 피한다.
- 3) 자극화상 및 감성표현용어의 제시 순서를 무통제/무작위로 행한다.
- 4) 최대한 효율적이며 여분의 시간이 소요되지 않도록 실험을 통제된 실험용 소프트를 제작한다.

이상과 같은 고려는, 첫째는 논리적 사고를 거치지 않고 직감적인 반응을 얻기 위한 배려이며, 둘째는 개인적인 특수한 경

3) 日本ファジィ學會, ファジィデータベースと 情報検索, 日刊工業新聞社, 153-183, 1993

험을 반응데이터로부터 제거하고 불특정 다수의 일반적 경향을 적극적으로 반영하기 위한 배려이다. 예를 들어, 유명 연예인이나 저명한 정치인의 얼굴이 포함된 이미지 화상은 개인의 특수한 취향이 개재될 가능성이 있기 때문에 바람직하지 않다. 셋째는 통계 처리를 위한 배려이고, 넷째는 신뢰도가 높은 반응 데이터를 효율적으로 수집하기 위한 배려이다. 이러한 배려를 통해 반응 데이터의 수집을 용이하게 하고 실험의 신뢰도를 높일 수 있다.

3.5 퍼지 검색결과 생성방법

여기에서는 실험을 통해 수집한 피험자 반응데이터를 이용하여 구축되는 감성표현용어 상호간의 퍼지 결합행렬로부터 퍼지 검색결과를 생성하는 방법에 대해 설명한다. 우선, 임의의 감성표현 콘텐츠(이미지 화상)에 대한 감성표현 용어(이미지어)의 퍼지집합과 그 반대로 이미지어에 대한 이미지 화상의 퍼지집합을 구하는 방법에 대해서 설명한다. 이하는 이미지 화상 집합과 이미지어 집합의 직적에 있어서의 퍼지관계를 나타내고 있다.

$$\text{퍼지색인} : F \quad F: P \times k \rightarrow [0, 1]$$

여기에서는 색인관계가 가장 강한 경우를 1, 없는 경우를 0으로 간주한다. 이러한 퍼지관계로부터, 하나의 임의의 이미지 화상에 대한 이미지어의 퍼지집합을 부여하는 함수 Φ 와 그 역함수(어떤 이미지어에 대한 이미지화상의 퍼지집합을 부여하는 함수) $\Psi(\equiv \Phi^{-1})$ 가 구해진다.

$$\Phi: P \rightarrow [0, 1] k \quad (식2)$$

$$\Psi: K \rightarrow [0, 1] p \quad (식3)$$

그리고 임의의 이미지화상 P 에 부여되어 있는 이미지어의 퍼지집합은 다음과 같이 정의된다.

$$\Phi(p) = \sum_{k \in K} F(p, k) / K \quad (식4)$$

또한, 임의의 이미지어가 부여하는 이미지 화상의 퍼지집합은 다음과 같이 정의된다.

$$\Psi(k) = \sum_{p \in P} F(p, k) / p \quad (식5)$$

다음으로, 퍼지 관련도 결합행렬을 이용하여 퍼지 검색결과를 생성하는 방법에 대해 설명한다(그림 4).

각 이미지 화상 pi 에는 색인관계로부터 부여되는 이미지어의 집합 $\phi(pi)$ 가 존재한다. 또한 각 이미지어(그림중에서는 $\phi(pi) = \{kl, km, kn\}$ 으로 표시)에는 이미지어 결합행렬에 의해 관련 지워진 이미지어의 퍼지집합 vl, vm, vn 이 존재한다. 따라서 이미지 화상과 이미지어와의 관계를 색인관계로부터 직접 연관성을 뿐 아니라, 이미지어 결합 행렬에 따라서도 간접적으로 생

성되는 것으로까지 확장할 수 있다. 즉, pi 와 직접 색인관계가 없는 이미지어 kj 에도 Wmj, Wnj 를 중간 매개로하여 색인 관계를 인정할 수 있는 것이다. 이렇게 이미지어 결합 행렬에 의한 이미지어 간의 관련은 퍼지 관계이기 때문에 그 결과 생성되는 색인관계도 퍼지색인이 된다. 이하에서는 이러한 사고에 기초로 하여 검색 조건에 대한 검색데이터의 퍼지 그레이드를 산출하는 방법에 대해 설명한다.

이미지어 kl 에 대해 이미지어 결합 행렬로부터 관련되어진 이미지어의 퍼지집합을 vl 로 하면 vl 은 다음과 같이 정의된다.

$$vl = \sum_{kj \in K} W_{ij} / kj \quad (식6)$$

이 vl 을 이용하여 이미지어 결합행렬에 의해 이미지 화상 pi 를 색인으로 하는 이미지어의 퍼지집합 $\Phi(pi)$ 을 다음과 같이 정의한다.

$$\Phi(pi) = \sum_{kl \in \phi(pi)} vl \quad (식7)$$

이 식으로부터 $\Phi(pi)$ 에 있어서 각 이미지 화상의 퍼지그레이드를 구할 수 있다. 단, 본 논문에서는 각 이미지 화상의 합집

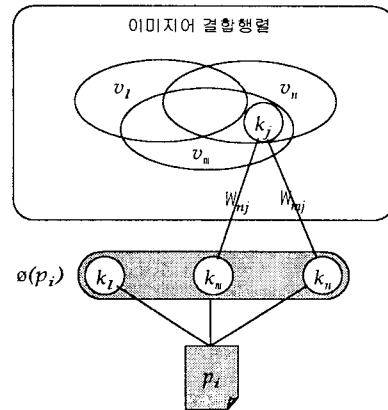


그림 4 이미지 결합행렬에 의한 퍼지집합의 개념도

합의 연산자로서 통상적인 max 가 아닌, 대수합을 사용하기로 한다. 따라서 이미지 화상에 대한 이미지어의 퍼지그레이드 $\mu_{\phi}(pi)(kj)$ 는 다음과 같은 식으로 구해진다.

$$\mu_{\phi}(pi)(kj) = 1 - \prod_{kl \in \phi(pi)} (1 - W_{ij}) \quad (식8)$$

이상과 같은 방법으로 감성표현용어(이미지어) 사이의 퍼지 관련도 결합행렬(시소러스)을 이용하여 감성표현용어에 대한 감성표현 콘텐츠의 퍼지 검색결과를 생성할 수 있다. 또한 그 역방향의 검색 즉, 감성표현 콘텐츠를 검색 키워드로 사용하여 감성표현 용어를 검색할 수 있으며, 감성표현 콘텐츠 상호간의 유사화상 검색, 감성표현 용어 상호간의 유사어 검색 등도 가능하다.

4. 감성검색시스템의 프로토타입

본 장에서는 제 3장에서 기술한 감성검색시스템의 구성방법에 의거하여 구축한 프로토타입 시스템에 대해 설명한다. 프로토타입 시스템은, 1)사용자의 평가 반응데이터를 수집하기 위한 반응 데이터 수집 유니트, 2)수집된 평가반응 데이터를 이용하여 퍼지 관련도 결합행렬(퍼지 시소러스)을 작성하기 위한 시소러스 작성 유니트, 3)검색 결과의 가시화 유니트, 4)시물레이션 유니트 등의 4개 유니트로 구성되어 있다. 시스템 본체는 이미지 화상과의 링크가 용이하며, 또한 서로 다른 플랫폼에서의 이식성에 뛰어난 비주얼 프로그래밍 툴인 Visual studio 6.0에 의해 개발되었다.

Visual Basic 6.0의 기본적인 개발환경은 유니트 하나 하나를 모듈화 하여 복수의 프로젝트로 개발 할 수 있는 오브젝트 지향 프로그래밍 환경이라는 점에 특징을 지니고 있으며, 따라서 각 프로젝트 내에서 모듈 프로그램을 공유할 수 있다는 이점이 있다. 또한 Visual Basic 6.0에서는 감성검색시스템의 개발에 필요한 다양한 형태의 오브젝트(Visual Basic 6.0에서는 이들을 컨트롤이라고 부른다.)들을 제공하고 있다. 예를 들어 데이터 처리를 위한 파일 입출력 관련 오브젝트, 버튼 오브젝트, 화상 처리를 위한 이미지 관련 오브젝트, 동화상 처리를 위한 멀티미디어 관련 오브젝트, 액세스나 SQL 등 외부 데이터베이스와의 연결을 수행하는 데이터베이스 관련 오브젝트, 각 오브젝트간의 이벤트 발생 처리를 제어하는 스크립트를 기술하는 모듈 등이 내장되어 있다. 본 시스템을 구성하고 있는 각 유니트는 각각의 모듈 프로젝트에 실장 되어 있다.

한편 본 시스템의 구성에 있어 디자인 요소는 미리 편집과 조작이 가능한 오브젝트로서 화상 데이터 베이스의 형태로 구축되어 있다고 가정한다. 또한 기획단계로부터 부여되는 디자인 컨셉을 충족시키기 위한 수단으로서의 최초의 아이디어 스케치는 본 시스템과는 별도로 아이디어 편집 지원시스템 등에 의하여 지원된다고 전제한다. 따라서 본 프로토타입 시스템은 디자인 요소의 데이터 베이스와 초기의 아이디어 스케치를 우선 입력데이터로 하고, 그 후에 행해지는 [아이디어 스케치의 개량]이라는 디자이너의 액티비티를 지원하기 위해 사용되어 진다.

프로토타입 시스템의 구성과 시물레이션을 위해서 손목시계를 사례로 설정하여, 손목시계의 각 디자인 요소 중에서 디자이너와 유저와의 감성적 평가의 차이가 크게 발생한다고 여겨지는 밴드 디자인을 제외한 전면 디자인에 대해서 아이디어 스케치의 개량이 필요로 하다는 가정 하에 이를 지원하도록 설계하였다. 그림 5는 이와 같은 특성을 지닌 본 프로토타입 시스템의 조작 플로우를 나타낸 것이다.

먼저 아이디어 탐색의 사고과정이 한계상황에 도달한 상태, 즉 [사고의 전환]의 단계에서 발상을 지원하기 위해 감성검색 시스템이 구동하게 된다. 디자이너는 현재의 아이디어 탐색이 디자인 요소의 어느 수준에서 발생하고 있는지를 파악하여 검색 수준을 설정한다. 다음 검색 수준이 결정되면 형태, 색상, 레이아웃 등의 디자인 요소의 속성 중에서 검색을 필요로 하는 디자인 속성을 선택한다.

이어지는 단계는 검색 모드의 선택이다. 본 감성계측 시스템

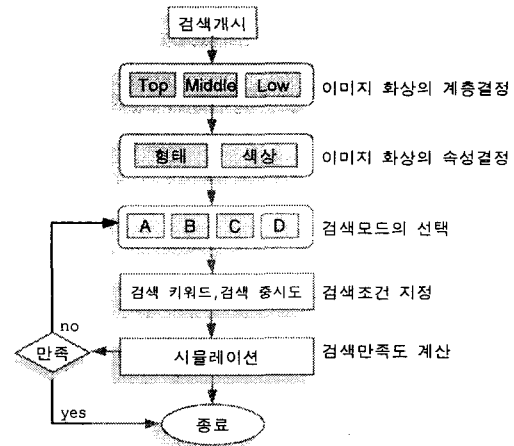


그림 5 감성검색시스템의 조작플로우

에서는 전술한 바와 같이, 1)감성표현용어를 검색 키워드로 이용한 감성표현컨텐츠의 검색, 2)감성표현컨텐츠를 검색 키워드로 이용한 감성표현용어의 검색, 3) 감성표현 용어 상호간의 유사어 검색, 4)감성표현컨텐츠 상호간의 유사화상 검색 함께 4가지 검색모드를 제공하고 있다. 이 단계에서는 아이디어 탐색 목적에 따라 발산 지원을 위한 모드와 수렴 지원모드를 선택한다. 모드 선택 후 검색 조건을 지정하게 되는데, 이 단계에서는 검색 키워드로 이미지를 선택할 것인가, 혹은 이미지 화상을 선택할 것인가를 지정하게 되며, 검색의 중시도 혹은 검색 우선도 지정 기능을 통하여 크리스프 검색에서부터 퍼지그래이드를 조정하는 등 다양한 검색 조건을 지원하게 된다. 검색 조건의 지정이 완료되면 검색 엔진이 구동되어 시스템 자체에 내장된 키워드 결합행렬을 이용하여 퍼지 관련도를 계산하기 위한 시소러스 전개가 이루어지며 최종적으로 검색 조건에서 설정한 파라미터를 충족시키는 검색 만족도가 계산되어 검색자가 원하는 검색 결과를 출력한다. 출력 결과를 판단하여 디자이너는 중복 검색을 할 것인지, 혹은 모드를 변경한 검색을 할 것인지를 판단을 내리게 된다. 이 때문에 퍼지 관련도 결합행렬을 탑재한 퍼지 시소러스는 디자인 요소의 수준별, 이미지 속성별, 검색 모드별로 계층 분류형식으로 작성되게 되며, 시소러스 자체는 수정, 데이터의 갱신이 용이하도록 고려되어 있다. 이하의 절에서 이와 같은 특성을 지닌 본 프로토타입 시스템의 주요 유니트에 대해 설명한다.

4.1 감성 이미지에 수집 및 반응계측 유니트

본 감성검색시스템에 내장되는 데이터베이스는 사용자 평가 반응데이터 데이터베이스, 감성표현컨텐츠 데이터베이스, 감성표현용어 데이터베이스, 퍼지 시소러스 데이터베이스의 합계 4종류의 데이터베이스로 구성된다. 이들 데이터베이스는 시물레이션 모듈인 DBMS(Data Base Management System)를 통해 입출력 및 갱신 처리된다. 감성표현용어 수집 및 평가실험 유니트는 이들 중 감성표현용어 데이터베이스와 평가 반응데이터를 관리하는 기능을 담당한다. 구체적으로는 감성표현용어 수집을 위한 인터페이스와, 수집된 어휘를 평가어로, 손목시계 화상을 자극화상으로 상정하여 평가실험을 수행하는 계측 인터페이스의 두 부분으로 구성된다. 감성표현컨텐츠 데이

터베이스에는 디자인 과정에 사용되어 지는 이미지 화상들로 구축되어지며, 각 이미지 화상에는 감성표현용어를 이용하여 계측한 사용자의 감성 평가데이터도 함께 저장하게 된다. 또한, 감성표현용어 데이터베이스에는 디자인 요소의 감성적 속성, 즉 색, 형, 레이아웃 등에 대한 감성적 평가치를 저장하게 되며, 이 데이터들을 이용하여 퍼지관련도 결합행렬(퍼지시소러스)을 작성하게 된다.

이상에서 설명한 바와 같은 계측과 반응데이터의 수집은 그림 3에서 제시한 프로세스에 따라 이루어졌으며, 본 연구에서는 5명의 피험자가 응답한 반응치의 산술평균 데이터를 이용하여 퍼지관련도 결합행렬을 작성하였다. 다만, 실제로 감성검색시스템을 디자인 현장에 적용시킬 경우에는 데이터베이스의 사용목적에 따라 다양한 피험자 수를 설정하여 퍼지시소러스를 구축해야한다. 예를 들어 특정의 피험자(디자이너 포함) 개인에 대한 감성경향의 파악이 목적일 경우에는 개인의 감성평가데이터가 반영된 퍼지 시소러스를 구축해야할 것이며, 집단적인 감성경향의 파악이 목적일 경우에는 보다 더 많은 수의 피험자 반응데이터를 반영한 퍼지시소러스를 작성해야할 것이다. 본 연구에서는 시스템의 프로토타입 구성과 시물레이션에 목적이 있었기 때문에 5명의 피험자 반응데이터만을 사용하였으며, 디자인하고자 하는 제품의 특성이나 피험자 수 및 데이터베이스 운용에 대한 부분은 논외로 하고 있다.

한편 본 연구에서는 시스템의 시물레이션을 위해 디자인 요소의 4가지 감성적 속성(색상, 소재, 형, 레이아웃) 가운데서 컴퓨터 디스플레이 상에서 계측 가능한 색상과 형태를 중심으로 하여 계측 인터페이스 화면을 구성하였으며, 감성검색시스템의 시물레이션 테스트를 위한 실험용 자극으로는 100개의 손목시계 화상을 사용하였는데 그림 6은 그 중의 일부를 나타내고 있다. 실험을 위한 자극용 감성표현컨텐츠에 있어서도 검색시스템의 사용목적에 따라 다양한 형태로 이용될 수 있다. 표 1은 감성적 평가를 위해 사용한 이미지어 리스트로서 손목시계의 형태의 평가에 관한 연구(4)로부터 인용하였다. 여기에서 사용되는 감성표현용어도 실제로는 검색시스템의 사용자가 수행하는 디자인대상에 대한 컨셉이나 조형 이미지어, 디자인 평가어 등을 사용하게 된다. 그리고 그림 7은 반응 데이터를 수집하기 위한 인터페이스의 일부로서, 자극으로 제시하는 손목시계 화상에 대해서 사용자가 느끼고 있는 감성적 이미지에 적합한 감성표현용어를 우측 화면에 제시하고 있는 이미지어 리스트에서 드래그 앤 드롭 방식으로 선정하는 방식으로 100개의 이미지 화상에 대한 계측실험을 하였다. 실험 중에는 반응 데이터의 수집과정에서 발생하는 바이어스를 최대한 제거하기 위하여 자극과 이미지어를 무작위로 디스플레이 화면에 제시하도록 배려하였다.

4.2 퍼지 시소러스 작성 유니트

퍼지 시소러스 작성 유니트는 전장에서 제안한 방법에 의해 수집되어진 피험자의 반응데이터를 사용하여 각 감성표현용어 간의 관련도 및 이미지 화상간의 관련도 행렬(퍼지 시소러스)을 자동적으로 생성하게 된다(그림 8). 검색자(디자이너)가 단

표 1 이미지화상 평가를 위해 사용된 이미지어들의 일부

Alluring	Balanced	bold	brilliant	Casual	Charming
Chic	Child Like	Classic	Clean	Clair	Colorful
Compact	Dandy	Dapper	Decorative	Disliking	Dressy
Dynamic	Elegant	Enjoyable	Familiar	Fashionable	Feminine
Fleet	Formal	Fresh	Friendly	Gentle	Gorgeous
Graceful	Hard	Harmony	Intense	Liking	Luxurious
Metallic	Plain	Polished	Practical	Precise	Pretty
Pure	Refine	Refreshing	Repetition	Romantic	Sober
Soft	Speedy	Sporty	Sturdy	Symmetry	Urbane

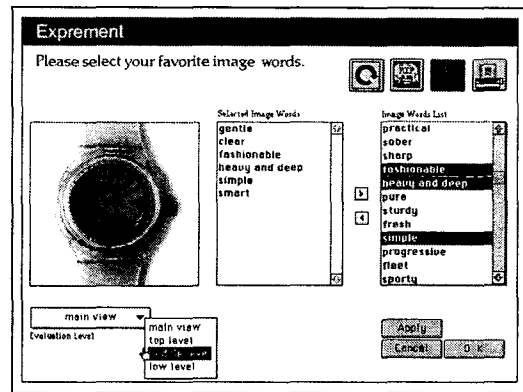


그림 6 피험자 반응데이터 수집을 위한 인터페이스 화면

수 혹은 수 개의 검색어를 입력하고 검색 개시 버튼을 누르면 시스템이 검색어를 시소러스 전개하여 퍼지 검색어군을 생성하게 된다. 이 유니트의 특징으로는 시소러스의 카테고리 마다의 2분할(색상, 형태), 어구 관련도(퍼지 그레이드)의 간단한 표기가 가능한 점을 들 수 있다. 유니트는 색상, 형태의 2개의 분류형 시소러스로 나누어 구성되며 이들 카테고리마다 각기 다른 시소러스가 생성되게 된다. 시소러스를 카테고리마다 분할한 것은, 1)시소러스 생성의 고속화, 2)유연한 시소러스 전개, 3)데이터 손상시의 리스크 분산 등을 피하기 위해서이다. 본 시스템은 대단히 많은 데이터 군으로부터 구성되며, 이것을 검색하기 위한 퍼지 색인을 미리 작성해 두는 것은 용이한 일은 아니다. 게다가 시스템의 실용성을 높이기 위해서는 퍼지 시소러스 작성에 있어 매우 많은 어구간의 멤버십 그레이드를 결정하여 링크해 두지 않으면 안된다. 또한 이 유니트에는 이와 같은 시소러스 작성과정에 있어서의 번잡함을 피하고 보다 간단하게 시소러스를 작성하기 위하여 어휘간, 이미지 화상간의 분류계층형 시소러스를 작성하는 기능이 내장되어 있다. 따라서 종래의 퍼지 시소러스는 하나의 어구에 대하여 등록되어 있는 모든 어구에의 어구 관련도를 표기하여 퍼지표를 작성하여 두지 않으면 안되었으나, 이 유니트에서는 관련되어진 어구간만의 관련도를 구하도록 설계되어 있기 때문에, 이미지 어휘의 추가 및 삭제가 용이하며, 대량의 이미지 어휘의 입력이 가능하여 검색상의 실용성이 뛰어나며, 검색자체를 고속화 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 또한 퍼지 시소

4) Watanabe, M., Developing a system for watch-dial design by using of fuzzy inference, JSSD vol. 41 No. 2, 9-18, 1994

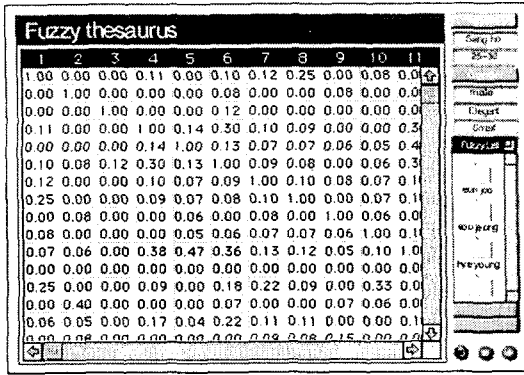


그림 8 퍼지 관련도 결합행렬의 일부

러스는 2개의 분류형 뿐 아니라 평균 집단별, 각 개인별로도 생성할 수 있게 되어 감성의 개인차나 집단적인 경향을 함께 분석할 수도 있다.

다음절에서 설명하는 시뮬레이션 유니트에서 이와 같이 검색 목적에 따라서 피험자 개인 별, 혹은 성 별, 연령별로 작성된 시소러스를 전개하여 시뮬레이트하기 위한 인터페이스가 내장되어 있다.

4.3 시뮬레이션 유니트

감성검색시스템은 디자이너가 새로운 아이디어를 탐색하기 위한 사고과정을 다양한 방법으로 지원할 수 있는 인터페이스 환경을 제공할 필요가 있다. 그러기 위해서는 검색과정과 그 결과를 이용한 시뮬레이션이 통일된 인터페이스 환경 하에서 이루어지는 것이 바람직하며, 시뮬레이션이 자체도 고속으로 이루어져야 한다. 또한 이미지 검색정보 이외에도 사용자 개인 혹은 표준집단의 평가에 대한 기초 통계량의 표시, 이미지 맵에 의한 이미지어 표시, 각 디자인 요소의 유사도 분석 등을 위한 인터페이스가 GUI베이스의 환경 하에서 제공됨으로써 시스템 자체의 실용성을 대폭적으로 확장시킬 수 있게 된다. 이와 같은 요건을 충족시키기 위해 시뮬레이션 유니트는 검색과 비주얼 시뮬레이트의 두 가지 인터페이스로 구성되어 있다.

먼저 검색 인터페이스에 대해서 설명한다. 여기에서는 검색 대상이나 검색 모드의 선택, 검색 조건의 설정, 검색 모드간의 네베게이션 등의 제어가 이루어진다. 또한 검색자가 검색조건으로 입력한 파라미터를 이용하여 시소러스의 전개나 검색결과와 가시화 조작이 이루어진다. 검색 대상의 선택은 수목구조로 표현한 각 디자인 요소를 임의로 선택함으로써 수행된다. 구체적으로는 검색 대상 전체를 2개의 카테고리 [형, 색]로 분류하여 이들에 대해 각각 검색을 지정할 수 있도록 허용함으로써 검색자가 다음 단계의 검색 대상을 용이하게 지정할 수 있도록 고려하고 있다. 또한 검색 조건의 설정은 검색 중 시도를 적절하게 설정하는 것에 의해 이루어진다. 더 나아가 검색 결과에 대한 만족도를 퍼지 그레이드로서 지정할 수 있게 함으로써 보다 상세하게 디자이너의 검색의도를 반영한 검색결과를 출력할 수 있도록 안내되어 있다.

다음으로 비주얼 시뮬레이션 유니트에 대해서 설명한다. 이 인터페이스는 디자이너의 검색 요구에 따라 검색되어진 결과를 이용하여 디자이너가 새로운 발상의 계기를 찾을 수 있도록

다양한 형태로 시뮬레이션하기 위한 인터페이스이다. 검색 결과는 디자이너의 발상을 용이하게 하기 위해 퍼지 그레이드별로 이미지 화상 및 감성표현용어를 소트하여 시각적으로 제시되며(그림 9), 검색자는 이러한 출력 데이터들을 이용하여 시뮬레이트 해 봄으로써 다음 단계에서의 탐색전략을 용이하게 세울 수 있게 된다.

또한 디자이너는 검색된 결과를 2차원 맵에 배치하여 감성표현용어 상호간, 또는 감성표현컨텐츠(화상) 상호간의 유사성이나 관련도를 직감적으로 비교하여 봄으로써 발상단계에서 사로잡히기 쉬운 고정관념으로부터 탈피할 수 있다(그림 10).

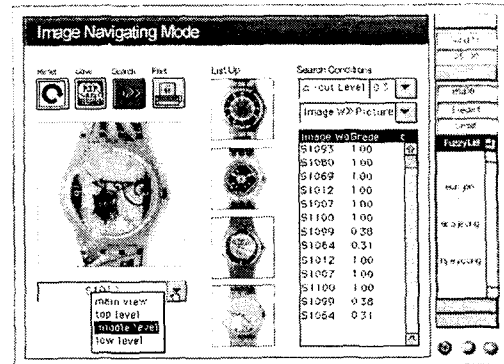


그림 9 검색결과와 피드백 화면 (어휘를 이용한 검색화면)

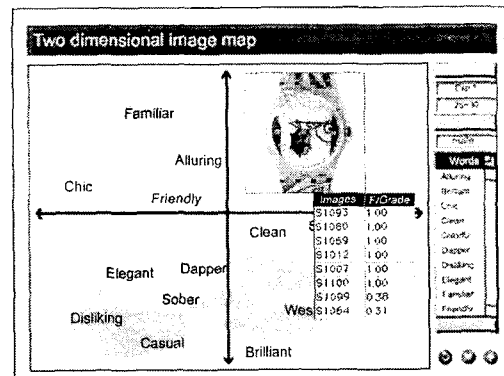


그림 10 검색결과와 피드백 화면(이미지화상을 이용한 2차원 가시화)

감성표현용어를 이용한 2차원 이미지 맵에서 감성표현용어를 클릭하면 해당하는 감성표현용어에 대한 이미지 화상이 퍼지 그레이드 순으로 소트되어 표시된다. 이러한 가시화 방법은 이미지 화상을 이용한 2차원 이미지 맵에 있어서도 동일한 방법으로 제시된다.

5. 결론

본 연구에서는 제품 디자인과 같은 분야에 있어서 디자이너의 발상과정을 지원하는 감성검색시스템을, 디자인에 사용되어진 이미지화상과 디자인에 대한 평가를 부여하는 감성표현용어와의 관련도 정보에 기초를 두어 구성하는 방법을 제안하였다. 감성검색시스템에서는 이미지의 탐색과정을 반복적으로 지원하게끔 되므로 그것을 원활히 행할 수 있게끔 프로토타입 시스템에서는 모든 절차를 공통의 인터페이스에서 행할 수 있도록

록 실장하고 지원 시스템의 유저 인터페이스를 일관성 있게 설계 하였다. 프로토타입 시스템의 시뮬레이션을 실시한 결과 다음과 같이 시스템의 성능을 확인하였다.

우선 발산적 사고와 수렴적 사고를 원활하게 지원하도록 고안된 감성표현용어간, 감성표현컨텐츠 화상간, 그리고 양방향간 등의 4개의 모드로서 검색 및 네비게이션이 유연하게 수행되는 것을 확인할 수 있었다. 다음으로 데이터 수집-퍼지 시소러스의 생성-검색결과와 출력 등이 고속으로 이루어지는 것도 확인하였다.

끝으로 디자이너의 사고 프로세스 특징에 유연히 대처 가능한 다양한 형태의 중복 검색 알고리즘의 선택, 사용자 개인의 감성적 평가 데이터를 이용한 퍼지 시소러스의 자동 생성, 검색 결과를 이용한 다양한 형태의 분석 인터페이스 화면의 제시, 검색 조건에 있어서 퍼지 그레이드 설정에 따른 의사결정 지원 기능 등을 내장함으로써 향후 지적검색시스템으로서의 발전가능성과 유효성을 확인 할 수 있었다.

이 후의 남겨진 과제로서 다음과 같은 점을 들 수 있다.

먼저 본 연구에서는 시뮬레이션을 위해 디자인 요소 중 아이디어 스케치의 형태로 완성된 이미지만을 대상으로 하여 시스템을 가상적으로 구축하였기 때문에 실제의 디자인 현장에 있어서의 시스템의 범용성에 대한 검증작업은 이루어지지 못하였다. 또한 디자인 과정에 사용되어진 감성정보(감성표현 용어, 감성표현 컨텐츠) 뿐만이 아니고, 디자인 대상과 그 대상이 놓여질 환경, 사용자 등에 대한 정보도 디자이너의 발상을 촉진시키는 주요한 감성적 변수가 되기 때문에 이 부분의 데이터베이스 연동에 관한 연구가 요청된다.

마지막으로 시소러스 자체의 정도를 올리기 위해서는 유전적 알고리즘이나 뉴럴네트워크 등을 이용한 학습방법에 대한 추가 연구가 필요로 한다.

결과적으로 본 시스템은 데이터베이스의 기본이 되는 데이터의 취득이 용이한 점과, 데이터 취득-퍼지 시소러스 생성-검색 결과의 제시까지의 일련의 프로세스를 고속으로 실행하는 것에 큰 특징이 있으며, 이들의 기능을 발전시킴으로써 데이터베이스의 갱신이나 증식을 지능적으로 행할 수 있는 시스템을 구축 할 수 있다. 따라서 데이터베이스의 갱신 및 증식이 불가피하며 향후 이러한 동적 데이터베이스 구축을 위한 연구를 수행할 예정이다.

참고문헌

- ファジィ 理論入門, 中島信之 外, 裳華房(日), 1994
- Nohuchi H., 「An Approach to the Design Thinking Process by Experimental Method」, Bulletin of JSSD, Vol43 No. 1, 1996
- 日本ファジィ學會, 「ファジィデータベースと情報検索」, 日刊工業新聞社(日), 1993
- Watanabe, M., 「Developing a system for watch-dial design by using of fuzzy inference」, JSSD vol. 41 No. 2, 9-18, 1994
- Akio Utsugi, 「Human Interface for Kansei Measurement」, 8th Symposium on Human Interface, 227-232, 1992

- Hironari Nozaki, 「Information Retrieval Method of Fine Arts Data Base System on Internet」, 13th Fuzzy symposium, 751-752, 1997

- Yoshine Katsumi, 「Fine Arts Data Base based on Internet」, 13th Fuzzy symposium, 753-754, 1997

- 國際ファジィ學 研究所, 「ファジィ思考による知的情報處理」, コンピュータエージ 社(日), 1995

- 日本ファジィ學會, 「ファジィ専門家 システム」, 日刊工業新聞社(日), 1993

- 淺居 喜代治 編, 「ファジー科學」, 海文堂(日), 1994