

# 상호작용성을 이용한 감성기반 의상디자인 지원 시스템

## (An Emotion-based Fashion Design Aid System using Interactivity)

김희수<sup>†</sup> 조성배<sup>\*\*</sup>  
(Hee-Su Kim) (Sung-Bae Cho)

**요약** 일반적으로 컴퓨터를 이용한 디자인 지원 시스템은 디자이너의 행동과 같은 데이터를 통계적으로 분석하여 일련의 디자인 행위를 추출해 내는 인공지능의 접근 방식을 사용하여 왔다. 그러나 이는 많은 양의 수집된 데이터에 기반한 방법이기 때문에 계속해서 변화하는 유행에 대처할 수 없을 뿐만 아니라 개인의 취향을 반영하기도 어렵다. 이같은 문제점을 해결하기 위해 이 논문에서는 대화형 유전자 알고리즘(Interactive Genetic Algorithm : IGA)을 이용하여 명시적으로 표현하기 어려운 취향을 적절히 반영하는 디자인 지원 시스템을 제안한다. IGA는 상호작용에서 얻어지는 사용자의 평가를 적합도 함수로 사용하는 유전자 알고리즘의 하나로, 일반적인 적합도 함수를 결정하기 어려운 디자인이나 예술 등의 문제 해결에 사용될 수 있다. 한편, 몇 개의 부분적인 곡선으로 의상의 디자인을 표현하였던 기존의 방법들과는 달리 전체 디자인을 목과 몸통, 팔과 소매, 치마와 허리선의 세 가지 부분 디자인으로 나누어 표현함으로써 좀더 현실적인 여성복을 디자인할 수 있었다. 시스템의 인터페이스를 보완하기 위해 OpenGL을 이용한 3차원 모델이 사용되었으며, 사용자들을 대상으로 한 실험 결과 제안한 의상 디자인 지원 시스템이 효과적임을 알 수 있었다.

**Abstract** In general, computer aided design support systems have employed an artificial intelligence approach, which statistically analyzes data such as the behavior of designer to extract formal design behavior. This approach, however, can neither deal with continuous change of fashion nor reflect personal taste well, as it depends only on large amount of collected data. To overcome this problem, we employed an interactive genetic algorithm (IGA) to propose a new fashion design aid system, which can reflect user's preference that is usually difficult to be expressed explicitly. IGA is a sort of genetic algorithm that uses human's response as fitness value when the fitness function cannot be defined easily. Unlike the previous works that attempt to model the dress design by several spline curves, we propose a new encoding scheme that practically describes a dress with three parts: body and neck, arm and sleeve, and skirt. By incorporating the domain-specific knowledge into the genotype, we could develop a more realistic design aid system for women's dress. We implemented the system with 3D models using OpenGL to enhance the system interface. The experiments with several human subjects showed that the proposed fashion design system was promising.

### 1. 서론

산업혁명 이후 가장 크게 변한 것 중 하나는 시장 경

제의 구조이다. 의복의 경우를 보면, 산업혁명 이전에는 소비자가 스스로 옷을 만들어 입거나 소수의 생산자로부터 옷을 구입하여 입었기 때문에 선택의 여지가 거의 없었다. 그러나 산업 혁명은 전과 비교할 수 없을 만큼의 대규모 생산을 가능하게 하였고, 소비자들은 다수의 생산자들이 만든 수많은 옷들 가운데서 자신이 원하는 옷을 골라서 구매할 수 있게 되었다. 시장의 중심이 생산자로부터 소비자로 이동해 가는 이같은 경향은 현재도 계속 진행되고 있으며, 가까운 미래에는 소비자가 원

\* 이 연구는 과학기술부가 지원하는 뇌과학연구 프로그램에 의하여 지원받은 것임

† 비 회 원 : 연세대학교 컴퓨터과학과  
madoka@candy.yonsei.ac.kr

\*\* 중신회원 : 연세대학교 컴퓨터과학과 교수  
sbcho@candy.yonsei.ac.kr

논문접수 : 1999년 8월 13일

심사완료 : 2000년 7월 5일

하는 디자인을 생산자에게 주문하면 이 디자인에 따른 옷이 생산되어 소비자에게 공급되는 시장 형태가 정착 될 것이다[2].

그러나 대부분의 소비자들은 디자인에 있어서 비전문가이기 때문에, 이들이 생산자에게 원하는 디자인을 결정하여 전달하기 위해서는 어떠한 형태로든지 지원이 필요하다. 생산자측의 디자이너가 직접 소비자들과 접촉하여 디자인을 얻어내는 것도 한 가지 방법이 될 것이지만, 비용과 시간이라는 측면에서 그리 효율적인 방법은 아니다. 이러한 상황에서 비전문가를 위한 디자인 지원 시스템의 필요성이 대두되었다. 이상적인 시스템은 상대적으로 적은 비용과 시간으로 사용자가 원하는 디자인을 효율적으로 만들어낼 수 있을 것이다.

이 논문에서는 대화형 유전자 알고리즘(IGA)을 이용한 지식기반 의상디자인 시스템을 개발하였다. 우선 여성복의 디자인을 3개의 부분으로 재구성한 후, OpenGL과 GLUT 라이브러리를 이용하여 각각을 독립된 3차원 모델로 만들고 이들의 조합에서 개체가 만들어지도록 하였다. 의상을 디자인한다는 것은 결국 의상의 기본 요소들로 구성될 수 있는 모든 가능한 조합 중에서 최상의 것을 탐색하는 것과 같은 문제이다. 이같은 관점에서, 본 시스템은 사용자와의 상호작용에 의해 방대한 디자인 탐색공간에서 사용자가 원하는 디자인을 효율적으로 제시해 주고자 한다.

## 2. 배경

### 2.1 의상 디자인

‘디자인’이라는 단어는 라틴어의 ‘데지나르(designare, 표시하다)’에서 파생된 것으로, ‘계획을 기호로 나타내다’라는 어원적 의미를 가지고 있다. 과거에는 단지 계획이나 초안이라는 의미로만 사용되었지만, 오늘날에는 일련의 계획 작업에 의한 결과물이라는 의미도 가지게 되었다. 그러므로, ‘의상 디자인’이란 의복이 취할 수 있는 여러 가지 형태 중에서 어떤 것을 택할 것인지에 대한 결정과정 및 그 결과물이라고 할 수 있다[18].

의상 디자인은 크게 실루엣(Silhouette), 디테일(Detail), 트리밍(Trimming)의 3가지 형태적 요소로 구성될 수 있다. 실루엣은 의복의 특징을 단적으로 나타내는 전체적인 윤곽선이고, 디테일은 실루엣을 구성하는 세부적인 의복의 형식이며, 트리밍은 의복을 마무리하는 끝처리 장식의 총칭이다. 본 논문은 이 중에서 디테일 요소에 초점을 맞추었으며, 일반적인 여성복의 디테일 요소들은 다음과 같다(그림 1 참조)[13, 25, 27].

- 목 선(Neckline) : 의복의 목 선으로, 얼굴과 가깝

기 때문에 쉽게 눈에 띄는 부분이다.

- 깃(Collar) : 목 둘레에 감는 것의 총칭. 보통 의복의 목 언저리에 붙여진다.
- 소매(Sleeve) : 팔을 감싸는 부분. 움직임이 많은 곳이므로 기능성이 특히 중시된다.
- 커프스(Cuffs) : 소매를 마무리하는 디테일. 보통 밴드 모양을 하고 있다.
- 허리 선(Waistline) : 인체의 중심부이며 의상 디자인의 기준이 된다.
- 스커트(Skirt) : 허리 아래 하반신을 감싸는 독립된 의복, 혹은 의복의 허리 아래 부분의 총칭.
- 바지(Pants) : 일반적인 남성복의 하의에 대한 총칭.
- 주머니(Pocket) : 물건을 담을 수 있는 기능성 디테일. 장식의 요소도 크다.

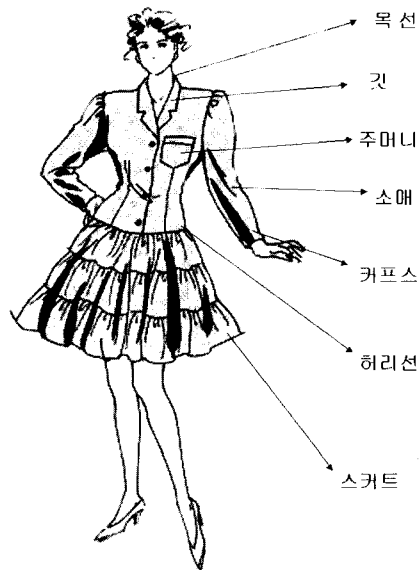


그림 1 일반적인 여성복의 디테일

### 2.2 의상 디자인 지원 시스템

디자인의 의미는 시간이 흐름에 따라 조금씩 변해 왔지만, 디자이너가 의상을 디자인할 때 하는 일들은 크게 변하지 않았다. 기본적인 스케치에서 시작하여 조금씩 살을 붙여서 일러스트레이션을 만들고, 잡지나 패션저널 혹은 다른 디자이너의 작품이나 패션쇼의 사진 등에서 조금씩 오래 낸 부분들을 컨셉으로 하여 샘플을 제작한다. 이 샘플들은 질, 촉감, 미적 요소 등에 대해 매우 엄격한 테스트를 받는다. 최근 이러한 작업들의 효율을 높이기 위해 컴퓨터가 널리 도입되고 있다.

이제까지 많은 의상 디자인 지원 시스템이 개발되어 왔다. Autodesk사의 AutoCAD는 건축이나 제도 등에 사용되는 가장 널리 알려진 컴퓨터 기반 디자인 지원 시스템으로, 의상 디자인을 위해서도 훌륭한 기능들을 제공해 준다. 특히, AutoCAD와 함께 작동하도록 제작된 ApparelCAD등의 플러그인 소프트웨어를 사용하면 디자인 작업들을 크게 간소화시킬 수 있다[14]. Gerber사의 Creative Designer System은 이와는 조금 다르게, 전용의 워크스테이션과 소프트웨어, 몇몇 하드웨어들로 구성되어 있다. 이 시스템은 스케치나 사진, 직물 또는 실제 사물로부터 색상과 이미지를 입력받고, 메뉴를 선택함으로써 이들을 편집할 수 있다[23]. Adobe사의 Photoshop이나 Illustrator와 같은 범용 소프트웨어도 다른 전용 소프트웨어 못지않은 훌륭한 의상 디자인 지원 환경을 제공해 준다[24, 26]. 몇몇 컴퓨터 시스템이 제공하는 가상현실 기술은 샘플을 만들고 테스트하여 수준 이하의 샘플을 버리는 데 드는 시간과 비용을 효율적으로 줄여준다. 레이저 스캐너[5]나 디지털 카메라로 읽어들이는 수치들로부터 사용자의 신체 모델을 만들고, 이를 다시 3차원으로 변환시켜서 사용자와 같은 체형을 가진 가상의 마네킹을 만들어 낸다. 컴퓨터는 이 마네킹이 스크린 안에서 마치 실제의 패션 모델처럼 걸어다닐 수 있도록 해 준다. 이러한 가상현실 시스템으로부터 사용자는 잘 재단된 의상의 3차원 모델과 2차원 직물 도면을 얻을 수 있다[10]. 이러한 시스템들은 매우 유용하게 사용되고 있기는 하지만, 대부분 의상 디자인 분야의 전문가들을 위한 시스템이기 때문에 비전문가인 일반 사용자들이 이들을 이용하여 의상을 디자인하는 데는 무리가 있다.

한편, 몇몇 디자인 지원 시스템들은 진화연산(Evolutionary Computations : EC)을 사용하여 개발되었다. 진화연산은 진화론에 기반을 둔 최적화 및 분류 알고리즘으로 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm : GA), 유전자 프로그래밍(Genetic Programming : GP), 진화 프로그래밍(Evolutionary Programming), 진화 전략(Evolution Strategies : ES) 등이 있다. 이들은 일련의 규칙에 기반하여 미리 정의된 개체를 점차 '진화'시키는 방법이며, 이를 잘 이용하면 비전문가를 위한 의상 디자인 지원 시스템을 개발할 수 있다. 한 예로 Nakanishi는 GP를 사용한 의상 디자인 시스템을 개발하였다[15, 16]. 그는 의복을 몇 개의 길이로 표현하여 유전자형으로 인코딩한 후, 사용자와의 상호작용을 기반으로 전체 디자인 집단을 최적화시켰다. 그러나 이 시스템에는 문제 영역의 지식이 거의 반영되지 않았기 때문

에 디자인 결과가 대부분 비현실적이고 실제 의상 디자인과 동떨어져 있는 것이 많았다.

### 2.3 대화형 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 1970년대 초에 John Holland에 의해 제안되었다. 이는 교차나 돌연변이, 적자 생존과 같은 자연계의 진화 메커니즘을 최적화 및 기계학습 문제에 적용한 것이다. 유전자 알고리즘은 집단 단위에서 매우 효율적인 탐색 수단을 제공하기 때문에 많은 최적화 및 분류 문제에 적용되어 왔다[3, 9]. 일반적인 유전자 알고리즘의 작동 과정은 다음과 같다[7].

- 1단계 : 염색체들의 집단을 초기화한다.
- 2단계 : 집단 내의 각 개체에 대해 적합도 값을 계산한다.
- 3단계 : 각 개체들의 적합도 값에 비례하도록 새로운 집단을 생성해 낸다.
- 4단계 : 교차와 돌연변이 등의 유전자 연산을 수행한다.
- 5단계 : 특정 조건이 만족될 때까지 2~5단계를 반복 수행한다.

각 염색체는 비트 스트링으로 인코딩되었으며, 교차 연산은 두 염색체 비트 스트링의 일부를 상호 교체한다. 이것은 실제 유전자상의 교차로부터 후손에 해당하는 염색체가 부모 양쪽의 특성을 모두 물려받는 것을 모방한 것이다. 반면 돌연변이 연산은 비트 스트링의 어떤 한 비트를 아주 낮은 확률로 0은 1로, 1은 0으로 바꾸는 것으로 현실 세계에서 낮은 확률로 부모의 특징과 전혀 다른 돌연변이가 발생하는 것을 모방한 것이다. 그림 2는 유전자 알고리즘에서 교차와 돌연변이 연산이 어떻게 적용되는지를 보여준다. 집단내의 각 개체는 세대를 거듭하면서 더 높은 적합도를 갖는 방향으로 진화해 나간다.

대화형 유전자 알고리즘(Interactive Genetic Algorithm : IGA)은 적합도 함수 부분을 제외하면 일반적인 유전자 알고리즘과 같다. 대화형 유전자 알고리즘에서는 사용자가 적합도 함수 대신 각 개체에 대한 적합도를 평가하는 방법으로 사용자와 상호작용함으로써 사용자의 취향이나 감성 등을 진화 과정에 적용시킬 수 있다. 이러한 이유 때문에 대화형 유전자 알고리즘은 디자인이나 예술과 같이 일반적인 유전자 알고리즘으로 해결하기 어려운 문제들에 적용되곤 한다 [15, 16, 17, 19, 28]. 그림 3은 유전자 알고리즘과 대화형 유전자 알고리즘의 작동과정을 비교하여 보여준다.

이 논문에서 다루는 의상 디자인의 예에서 대화형 유전자 알고리즘이 일반적인 유전자 알고리즘에 비해 갖

는 장점은 명백하다. 의상 디자인의 목적은 '디자인이 좋은 옷'을 만드는 것이다. 디자인의 특성들로부터 개체들을 인코딩하고 이들로 구성된 집단을 초기화한 후에 적합도를 '디자인이 얼마나 좋은가'로 정하고 유전자 알고리즘으로 의상 디자인 문제를 해결할 수 있을 것이다. 그러나 실질적으로 '디자인이 좋은 정도'에 대한 명확한 기준이 없기 때문에 이를 표현하는 적합도 함수를 만들어 내는 것은 거의 불가능하다. 설사 가능하다고 해도, 시간이 흘러 유행이 변하고 나면 애써 만들어 놓은 적합도 함수는 무용지물이 되어 버릴 것이다. 이러한 경우에 대화형 유전자 알고리즘은 개체의 적합도가 함수에 의해 계산되는 대신 사용자와의 상호작용에 의해 직접적으로 얻어짐으로써 개인적인 취향 및 선호도나 변화하는 유행 등을 능동적으로 반영해 낼 수 있다[28].

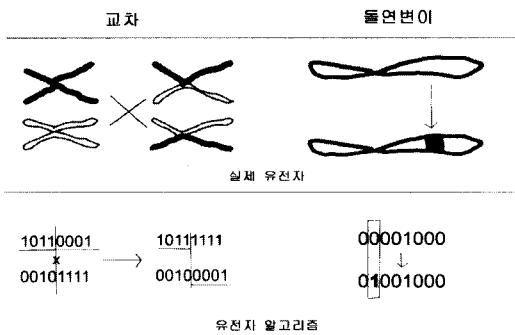


그림 2 교차 및 돌연변이 연산

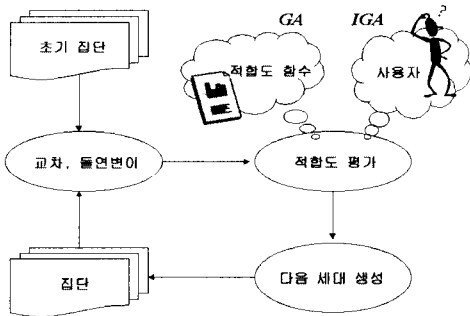


그림 3 유전자 알고리즘과 대화형 유전자 알고리즘

### 3. 시스템 설계

그림 4는 시스템의 전체적인 구조를 보여준다. 시스

템은 의상의 각 부분에 대한 기본 3차원 모델을 데이터 베이스에 저장하고 있으며, 이들을 임의로 선택한 후 조합하여 초기 집단의 디자인 개체를 생성해 낸다. 생성된 집단은 OpenGL에 의해 렌더링된 3차원 그래픽으로 사용자에게 디스플레이되며, 사용자는 각 개체에 대한 주관적인 판단에 따라 적합도 값을 부여한다. 이 값에 비례하여 다음 세대의 집단이 생성되며, 여기에 교차 및 돌연변이 연산을 적용시킨다. 이렇게 만들어진 집단을 다시 화면에 표시하고 앞서의 과정을 반복함으로써 사용자는 더 진화된 집단, 즉 더 나은 디자인들을 얻을 수 있게 된다. 이 때, 사용자가 용어로 표현하기 어려운 느낌이나 감정에 기반하여 적합도를 부여함으로써 사용자의 감성과 부합되는 디자인을 만들어낼 수 있는 것이다.

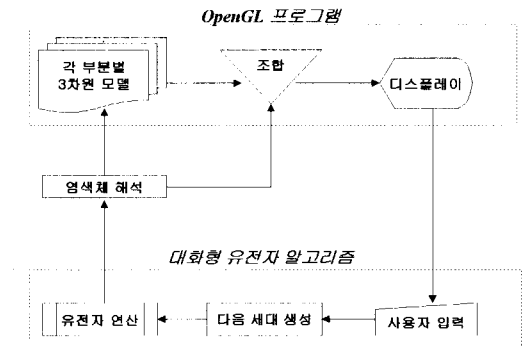


그림 4 시스템의 개요

앞에서도 언급하였듯이 진화연산을 사용한 기존의 디자인 지원 시스템은 대상에 대한 지식이 고려되어 있지 않기 때문에 비현실적인 디자인들을 생성해 낼 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 본 시스템에서는 패션 디자인의 지식에 기반한 디테일 모델들을 유전자형으로 인코딩하였다. 우선 그림 1의 일반적인 여성복의 디테일 요소들을 목과 몸통, 팔과 소매, 스커트와 허리선의 3부분으로 재분류하고 각 부분별로 취할 수 있는 8가지 색상들을 포함시켜 염색체를 구성한다. 결국 하나의 디자인 개체는 3개의 디자인 부분과 각 색상들의 조합으로 이루어지게 되며, 이러한 개체들 중 사용자가 더 선호하는 디자인이 선택되고, 선택된 개체의 특성이 다음 세대에 나타날 확률을 높임으로써 좀더 현실적이고 그럴듯한 의상 디자인을 생성해낼 수 있다. 인코딩된 디테일 요소는 다음과 같이 의상디자인 관련 문헌에서 공통적으로 사용된 가장 일반적인 디자인들이다. (표 1).

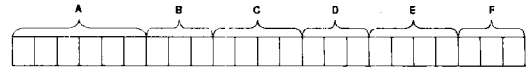
• 목과 몸통 디자인은 목 선과 깃 및 몸통의 모양 등을 포함한다. 모두 34가지의 디자인이 6비트로 인코딩되

었다.

• 팔과 소매 디자인은 팔과 소매 및 커프스 디테일을 포함하며, 팔이 없는 디자인을 포함하여 12가지의 디자인이 4비트로 인코딩되었다.

• 스커트와 허리선 디자인은 허리선과 그 밑의 치마 부분을 포함하는 부분이다. 9가지의 디자인을 선정하여 4비트로 인코딩되었다.

표 1에 나타난 비트스트링 외에 각 부분은 서로 독립적으로 8가지 색상 중 하나를 취할 수 있으므로 색상을 나타내는 데 모두 9개의 추가 비트가 필요하게 된다. 그림 5는 전체 유전자형이 어떻게 구성되는지를 보여주고



총 23 비트

- A : 목과 몸통 디자인
- B : 목과 몸통 색상
- C : 팔과 소매 디자인
- D : 팔과 소매 색상
- E : 스커트와 허리선 디자인
- F : 스커트와 허리선 색상

그림 5 유전자 인코딩

표 1 부위별 디테일 요소들의 인코딩

목과 몸통 디자인			
000000	Asymmetry	010001	Sailor
000001	Camisole	010010	Scalloped
000010	Cardigan	010011	Scooped
000011	Chinese	010100	Slit
000100	Double	010101	Slashed
000101	Enormous	010110	Soutien
000110	Flat	010111	Sports
000111	Halter	011000	Square
001000	Heart	011001	Stand
001001	Henlev	011010	Strapless
001010	High	011011	Surplice
001011	Keyhole	011000	Tucked
001100	Oblong	011101	Tunnel
001101	Off	011110	V-neckline
001110	Petal	011111	Winged
001111	Puritan	100000	Wraped
010000	Round	100001	Zigzag
팔과 소매 디자인		스커트와 허리선 디자인	
0000	Bishop	0000	Aline
0001	China	0001	Bell
0010	Flare	0010	Dirndl
0011	French	0011	Flare
0100	Mandarin	0100	Scooter
0101	Melon	0101	Tailor
0110	Mutton	0110	Tired
0111	Pagoda	0111	Trumpet
1000	Poncho	1000	Wraped
1001	Tight		
1010	Tucked		
1011	No Sleeve		

있다. 이 유전자형이 가질 수 있는 조합의 수, 즉 탐색 공간의 크기는  $34 \times 8 \times 12 \times 8 \times 9 \times 8 = 1,880,064$  와 같이 계산될 수 있다. 즉, 이 시스템은 1,880,064가지의 디자인 조합 중에서 사용자의 감성과 취향에 따라 최선의 개체들을 효율적으로 탐색해준다.

이러한 인코딩 방식이 얻을 수 있는 이점은 스키마 정리로 설명될 수 있다[9]. 스키마 정리는 John Holland가 GA의 적용 과정에서 우수한 개체가 어떻게 진화의 방향을 주도하는지를 설명하기 위해 제안한 이론으로, 스키마  $H$ 의  $t+1$  세대에서의 빈도수  $m(H, t+1)$  을  $t$  세대에서의 빈도수  $m(H, t)$ 의 식으로 나타냄으로써 어떤 스키마가 집단 내에서의 빈도수를 높여가는지 보여준다. 이 이론은 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$m(H, t+1) \geq m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{\bar{f}} \left[ 1 - p_c \frac{\delta(H)}{l-1} \right] [1 - p_m]^{\alpha(H)}$$

$$\approx m(H, t+1) \geq m(H, t) \cdot \frac{f(H)}{\bar{f}} \left[ 1 - p_c \frac{\delta(H)}{l-1} - o(H)p_m \right]$$

- $l$  : 스트링의 길이
- $\delta(H)$  : 스키마  $H$ 에서 첫 번째와 마지막 고정값 사이의 거리
- $o(H)$  : 스키마  $H$ 의 고정값 수
- $f(H)$  : 스키마  $H$ 를 나타내는 스트링들의 적합도 평균
- $\bar{f}$  : 전체 집단의 적합도 평균
- $p_c$  : 교차가 일어날 확률
- $p_m$  : 돌연변이가 일어날 확률

위의 관계에서 얻을 수 있는 결론은 (1)  $\delta(H)$ 가 작고 (2)  $o(H)$ 가 작으며 (3) 평균 이상의 적합도를 가지는 스키마를 building block이라고 할 때, 이러한 스키마의 다음 세대에서의 출현 빈도가 지수적으로 증가한다는 것이다. 본 논문에서는 지식에 기반하여 근접한 디테일 요소들을 3개의 디자인 요소로 나누고, 이들과 각각이 취할 수 있는 색상을 유전자 안의 특정한 블록으로 인코딩하였다. 그 결과 각각의 짧은 building block이 현

재 개체에 해당하는 의상 디자인의 유용한 정보를 갖고 있어, 스카마 정리에 의해 보다 효율적으로 개체를 진화시킬 수 있다. 이에 대한 실험 결과는 5장에서 정리한다.

#### 4. 시스템 구현

우선 각 디자인 요소들을 3차원 모델로 만들어야 한다. 이 과정에서 3D Studio MAX R2.5가 사용되었다. 그림 6은 3D Studio MAX를 사용한 3차원 모델링 과정의 일부를 보여주고 있다. 이렇게 만들어진 3차원 모델을 사용자에게 디스플레이하기 위해 VRML과 OpenGL의 두 가지 방법이 시도되었다.

VRML (Virtual Reality Markup Language)은 웹 상에서 3차원 가상현실을 구현하는 데 사용되는 언어이다[1]. 이는 단순히 3D를 표현하는 것 뿐만 아니라, 3D로 만들어진 가상 공간 내에서 사용자의 화신인 Avatar가 Navigation을 할 수도 있고, 3D Object에 대해 사용자가 “만지면” 움직인다든지, 돌러가면서 자세히 관찰한다든지 하는 Interaction을 제공해 주기 때문에 웹과 연동되어 널리 사용되고 있다. VRML의 경우는 3D Studio MAX같은 대부분의 3D 모델링 도구들이 기본적으로 File Exportation을 지원해 주기 때문에 만들어 내기에 비교적 용이하며, 컨버팅된 결과 자체로만 웹 브라우저상에서 디스플레이가 가능하므로 이 과정에서의 복잡성이 상당부분 줄어든다. 반면 프로그램과의 연동이 제한적이고, 그 과정 또한 번거롭다는 단점이 있다. VRML을 이용하여 시스템을 구현한 결과, 시스템 속도가 너무 느리고 3D Studio MAX로부터의 컨버팅 과정에서 곡면을 다각형으로 간략화하는 등의 모델링 성능 저하가 발생한다는 점이 문제점으로 지적되었다.

이 때문에 본 연구에서는 3D 구현 방법에 있어서

OpenGL을 채택하였다. OpenGL은 원래 SGI에서 산업 표준으로서 제안된 이식성 높고 빠른 라이브러리이다. 윈도우 환경에서 디바이스 컨텍스트를 이용하여 프로그래밍하는 것과 마찬가지로 OpenGL에서 제공하는 렌더링 컨텍스트를 이용하여 3D를 구현한다[22]. OpenGL을 이용한 3차원 구현은 속도가 빠르고 modeling quality drop없이 컨버팅이 가능한 반면, 시스템 구현에 더 많은 시간과 노력이 필요하다. 이러한 이유로 본 시스템의 개발에는 SGI의 OpenGL 라이브러리와 함께 Mark Kilgard에 의해 개발되고 Nate Robins에 의해 Win32로 포팅된 GLUT라이브러리를 사용하였다[12]. GLUT 라이브러리는 Advanced OpenGL 라이브러리의 일종으로, 이의 사용은 빠른 렌더링 속도를 유지한 채로 프로그래밍 부담을 효율적으로 줄일 수 있게 했다.

3D Studio MAX에서 만들어진 모델들은 각각 OpenGL의 리스트 구조로 컨버팅된 후 Microsoft Visual Studio 6.0으로 개발된 C 프로그램에 삽입된다. 시스템은 유전자형을 해석하여 필요한 요소들을 결정한 후 이들을 조합하여 그 결과를 OpenGL 명령어를 통해 사용자에게 보여준다. 그림 7은 개체의 유전자형 비트스트링으로부터 디자인이 조합되는 예를 보여주며, 그림 8은 이 시스템의 사용자 인터페이스를 보여주고 있다. 시스템은 한 화면에 8개의 디자인 개체로 이루어진 현재 집단을 3차원 그래픽으로 보여준다. 각 디자인 개체의 하단부에는 슬라이더 바가 있어서 사용자로부터 주관적인 적합도를 입력받을 수 있다. 화면의 오른쪽 부분은 현재 진행되고 있는 진화에 대한 정보를 보여주며, 다음 세대를 생성하고 이전 세대를 복구시키거나, 프로그램을 종료시키고 결과를 파일로 저장하는 등의 기능을 가진 버튼을 제공한다. 사용자는 이 시스템과 상호작용하면서 상대적으로 큰 탐색공간에서 자신이 선호하는 디자인을 효율적으로 찾아낼 수 있다.

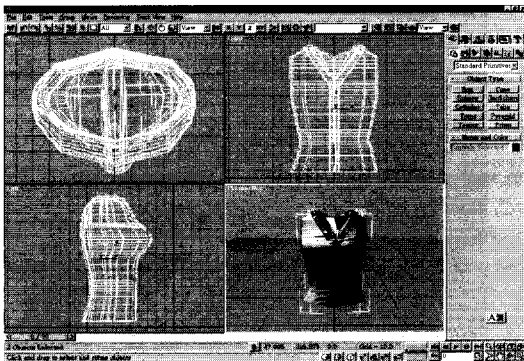


그림 6 3D Studio MAX를 사용한 3차원 모델링

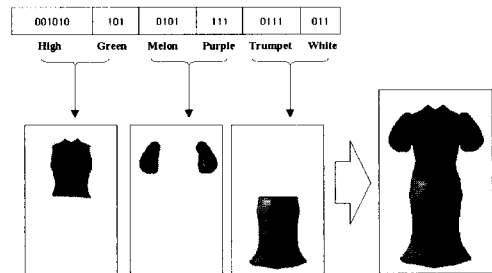


그림 7 유전자형으로부터 디자인 개체가 디코딩된 예



그림 8 사용자 인터페이스

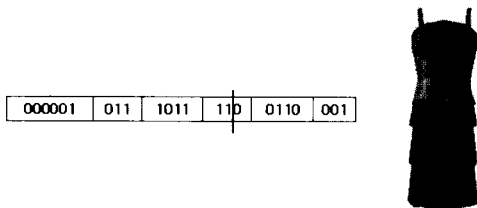
5. 실험 및 결과 분석

5.1 실험 환경

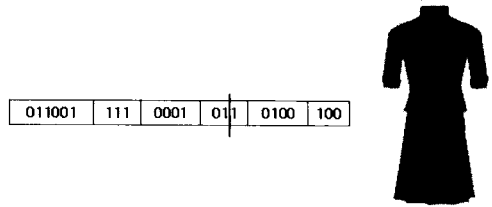
실험은 펜티엄 PC에서 수행되었다. 집단은 8개의 개체로 구성되며 새로운 집단에 대하여 0.5%의 비율로 교차 연산을, 0.05%의 비율로 돌연변이 연산을 적용하였다. 그리고 각 세대에서 가장 적합도가 높았던 한 개체는 다음 세대에도 그대로 나타나도록 하였다. 개발된 시스템의 성능 평가를 위하여 수렴성 테스트와 주관적 테스트를 수행하였다.

5.2 수렴성 테스트

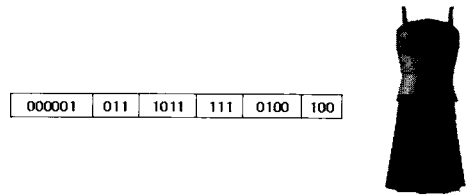
대화형 유전자 알고리즘은 일반적인 유전자 알고리즘과는 달리 인간의 주관적 평가에 기반하여 작동하기 때문에 정량적인 분석으로 그 수렴성을 보이는 것은 매우 어렵다. 그림 9는 시원한 느낌의 옷을 찾는 과정에서 일어나는 유전자형의 진화 및 각각에 해당하는 개체 디자인을 보여주고 있다. (a)와 (b)의 자손 개체인 (c)는 두 부모 개체보다 진화되어, 상대적으로 더 시원한 느낌을 준다. 이 예는 진화 과정에서 유전 연산자가 어떻게 수렴성을 이끌어내는지 보여준다. 그러나 이것은 진화 과정의 한 예일 뿐, 수렴성을 증명하는 실험적 증거는 되지 못한다. IGA에서 실험적으로 수렴성을 보이는 표



(a)



(b)



(c)

그림 9 유전자형과 그에 해당하는 디자인 개체. (a)와 (b)는 부모 개체이고, 표시된 곳에서 교차가 일어나 (c)가 만들어졌다.

준화된 방법은 아직 없지만, 일반적으로 적합도의 변화를 보이거나 진화 과정의 스키마를 분석하는 방법을 사용한다.

전자의 방법으로 수렴성을 보여주기 위해 10명의 피험자에게 이 시스템을 사용하여 시원한 느낌의 옷과 화려한 느낌의 옷을 찾으라고 요구하였다. 각각의 탐색은 10세대까지만으로 제한하였다. 이는 대화형 진화 알고리즘의 특성으로 인한 한계로, 적합도 평가가 사용자에게 의해 직접 이루어지기 때문에 집단의 크기와 세대 수를

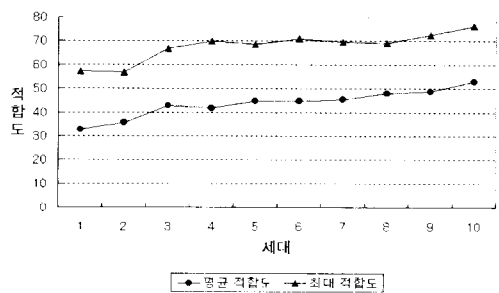


그림 10 시원한 느낌의 옷을 찾는 과정에서의 적합도 변화

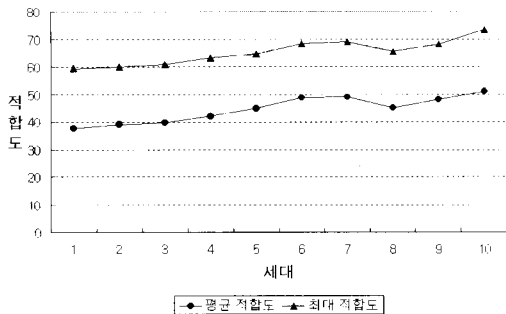


그림 11 화려한 느낌의 옷을 찾는 과정에서의 적합도 변화

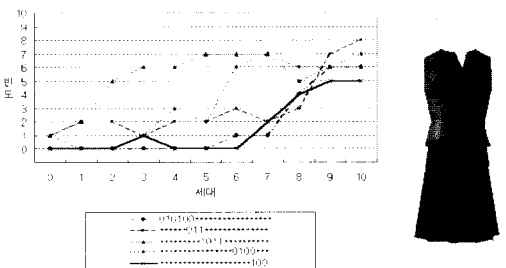


그림 12 근사해에 포함된 스키마 빈도수의 세대별 변화

비교적 작게 제한할 수밖에 없다는 점에 기인한다. 그림 10은 시원한 느낌의 옷을 찾는 과정에서, 그림 11은 화려한 느낌의 옷을 찾는 과정에서 보여지는 세대별 평균 적합도와 최고적합도의 변화를 보여주고 있다. 세대 수가 10번으로 제한되어 있음에도 불구하고 이 그래프들은 평균적합도와 최고적합도가 세대를 거듭하면서 꾸준히 오르고 있음을 보여준다. 한편, 그림 10은 그림 11보다 빠른 수렴을 보여주고 있으며, 이것은 '시원하다'라는 느낌이 '화려하다'라는 느낌보다 명확하고 의미가 복잡하지 않기 때문으로 추측된다.

한편, 스키마 분석은 최종 세대에서의 최적화 개체를 근사해라고 가정하고 여기에 포함된 building block의 각 세대에서의 빈도수를 보이는 방법이다[20]. 앞 실험에서 시원한 느낌의 디자인을 찾는 과정 중 하나를 무작위로 선정하여 진화 과정에서의 스키마를 분석해 보았다. 그림 12는 그 결과를 보여주고 있다. 선택된 근사해에 해당하는 디자인은 흰색 Slit 몸통 디자인, No Sleeve 소매 디자인, 파란색 Scooter 스커트 디자인 등의 특징을 가지고 있으며, 각각에 해당하는 스키마는 서로 독립적으로 수렴한다. 또한, 초기집단에서 위 스키마들의 빈도수가 0에 가깝다는 사실은 세대수가 10으로 제한되어 있음에도 불구하고 탐색이 초기집단에만 의존

하지 않고 진화 과정을 통해 근사해가 찾아진다는 것을 보여준다.

### 5.3 주관적 테스트

사용자가 시스템의 성능에 대해 얼마나 만족하였는지를 알아보기 위하여 Sheffé의 쌍비교법을 사용하였다[6]. 이 방법은 사용자로 하여금 각각의 디자인을 몇몇 상대적 기준과 일대일로 비교하도록 함으로써 찾아진 디자인에 대해 지나치게 주관적으로 평가하는 것을 막아준다.

우선 전체 탐색공간에서 500개의 샘플 디자인을 무작위로 추출한다. 그리고 3명의 피험자에게 이 디자인들을 시원한 정도와 화려한 정도의 두 가지에 대하여 -2부터 2까지 5단계로 평가하도록 한다. 다음으로, 3명이 부여한 점수의 평균을 구하여 가장 시원한 느낌을 주는 10개의 개체와 가장 화려한 느낌을 주는 10개의 개체를 선정한다. 이 개체들이 차후에 본 실험의 결과를 평가하는 지표가 된다.

이번에는 10명의 피험자에게 이 시스템을 사용하여 시원한 느낌의 옷과 화려한 느낌의 옷을 찾으라고 요구한다. 각 탐색은 10세대로 제한하였으며, 10세대가 지난 후 사용자는 마지막 집단에서 가장 시원한 느낌을 주는 옷, 혹은 가장 화려한 느낌을 주는 옷을 선택하게 된다. (그림 13은 시원한 느낌을 주는 옷으로 탐색된 디자인들의 예이다.) 사용자는 이 디자인 개체를 앞서 만들어진 10개의 기준 디자인과 일대일로 비교하여 -3에서 3까지 7단계로 점수를 주고, 이 결과를 통계적으로 분석한다.

그림 14는 두 디자인 결과에 대한 사용자의 상대적 만족도를 각각 95%와 99%의 신뢰도에서 보여주고 있다. 만일 시스템이 효율적으로 수렴해서 해를 제시해 주지 못했다면 앞서 선정된 지표 디자인들과 시스템의 탐색 결과 사이에는 만족도에 있어서 그다지 큰 차이가 없을 것이며, 따라서 일대일 비교 결과는 0 주변에 집중되어야 할 것이다. 그러나 피험자들은 시스템이 제시한 시원한 느낌의 옷에 대해 평균 2.17점을, 화려한 느낌의 옷에 대해 1.74점을 줌으로써 시스템이 찾아낸 디자인들에 대해 상당히 큰 상대적 만족도를 표시하였다. 한편, 앞서 행한 수렴성 테스트에서와 마찬가지로 사용자들은 대체적으로 시원한 느낌의 옷을 검색하는 데 있어서 더 높은 만족도를 표시하였으며 만족도 구간도 더 좁았다.

이러한 결과들로부터 시스템이 찾아낸 디자인에 대해 사용자들이 상당한 수준으로 만족하였음을 알 수 있으며, 따라서 패션 디자인에 대화형 유전자 알고리즘을 적용하는 것은 유용하다고 할 수 있다.



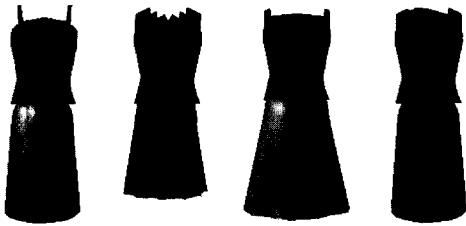


그림 13 시스템에 의해 검색된 시원한 느낌의 의상 디자인들

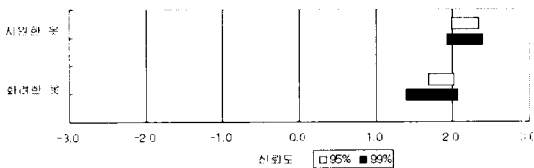


그림 14 시스템이 제시한 디자인에 대한 사용자들의 만족도

6. 결론 및 향후 연구

이 논문에서는 대화형 유전자 알고리즘에 기반한 의상 디자인 지원 시스템을 제안하였다. 이 시스템은 이전에 개발된 시스템과는 달리 사용자의 감성과 취향에 따라 상호작용을 통해 디자인 개체들을 '진화'시키므로 비전문가도 어렵지 않게 디자인 공간에서 자신의 취향에 맞는 디자인을 만들어 낼 수 있다. 또한, 의상 디자인 분야의 도메인 지식에 기반한 디테일 모델들을 유전자형으로 인코딩하고 이를 사용자에게 OpenGL을 통해 3차원 그래픽 모델로 디스플레이함으로써 보다 현실적이고 합리적인 디자인들을 얻을 수 있었다. 대화형 유전자 알고리즘은 사용자의 감성과 선호도를 효과적으로 사용하여 상대적으로 커다란 탐색 공간에서 사용자가 원하는 디자인을 효율적으로 찾아내도록 한다.

제안된 시스템의 성능을 평가하기 위해서 수렴성 테스트와 주관적 심리 테스트를 수행하였다. 이 실험에서 사용자와의 상호작용을 통해 시스템이 제시한 디자인들에 대하여 사용자들이 상당히 만족하는 것으로 나타났다. 따라서 패션 디자인 영역에 대화형 유전자 알고리즘을 적용하는 것이 타당함을 알 수 있었다. 그러나, 이 시스템에는 몇 가지 개선의 여지가 남아 있다.

우선, 현재의 탐색공간을 확장할 필요가 있다. 현재 탐색공간의 크기는 1,880,064이다. 이것도 결코 작은 수

는 아니지만, 실제로 의상을 디자인할 때의 탐색 공간은 거의 무한대에 가까울 것이므로 현재의 탐색 공간의 크기는 충분치 못하다고 할 수 있다. 따라서, 현재의 시스템에 아직 인코딩되지 않은 의상 디자인 요소들을 추가하여 탐색공간을 확장하는 작업이 필요하다. 대표적인 예가 텍스타일 디자인이다. 텍스타일은 옷감의 재질이나 감촉, 무늬, 천의 부드러운 정도 등을 나타내는 것이다. 오늘날 대부분의 의상 디자인은 각각 독특한 텍스타일 디자인을 보유하고 있으며, 텍스타일 디자인은 의상 전체의 느낌에 커다란 영향을 미치는 요소이므로, 이를 인코딩하여 시스템의 유전자형에 포함시키는 것은 매우 바람직한 일이다. OpenGL과 GLUT라이브러리가 텍스처 기법을 지원하지므로 이를 시스템에 포함시키는 것은 근시일 내에 가능할 것이다.

다음으로, 집단 크기가 작기 때문에 일어나는 해의 쏠림(genetic drift) 문제를 해결해야 한다. 대화형 유전자 알고리즘은 사용자가 직접 개체를 평가해야 하므로 집단의 크기를 크게 할 수 없어서 해의 쏠림현상이 일어나기 쉽다. 이를 해결하는 한 가지 방법은 집단의 크기를 크게 유지하면서, 전체 집단을 몇 개의 클러스터로 분류한 다음 각 클러스터의 대표 개체들만을 사용자에게 디스플레이하여 적합도를 평가받는 것이다. 각 클러스터의 나머지 개체들에 대한 적합도는 해당 클러스터의 대표 개체가 받은 적합도로부터 상대적으로 산출된다. 이처럼 샘플들을 비슷한 특성들을 가지는 개체들끼리 분류하는 작업을 클러스터링이라고 하며, 분류된 집단을 클러스터라고 부른다[4, 8, 11]. 대화형 유전자 알고리즘에 있어서 클러스터링은 사용자가 적합도를 판정하는 과정에서의 부담을 가중시키지 않고도 집단의 크기를 크게 유지할 수 있는 한 가지 대안이 된다.

개체이주(migration) 방법을 구현한 다중필드 사용자 인터페이스[21] 역시 다른 각도에서의 해결책이 될 수 있다. 이 방법은 섬 모델(island model)에서의 개체이주를 모방한 것으로, 대화형 진화연산에서의 상대적으로 작은 집단에서도 개체의 다양성을 유지함으로써 해의 쏠림현상을 방지하는 방법이다. 하나의 대륙이 지질학적으로 몇 개의 섬으로 나뉘어지면, 그때까지 대륙에 살고 있던 종들은 각 섬에 분산되어 서로 다른 진화의 양상을 보인다. 섬들간에는 교류가 불가능하기 때문에 오랜 시간이 흐른 후에는 각 섬에 서로 다른 종들이 출현할 것이다. 각 섬에서의 종들이 어느 정도 세대를 거치면서 수렴한 후 이들을 다시 교배시킴으로써, 상대적으로 적은 수의 집단으로부터 보다 나은 결과를 기대할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] Ames, A.L., Nadeau, D.R. and Moreland, J.L., *VRML 2.0 Sourcebook*, John Wiley & Sons Inc., 1996.

[2] Brockman, H.L., *The Theory of Fashion Design*, John Wiley & Sons, Inc., 1965.

[3] Chamber, L., *Practical Handbook of Genetic Algorithms*, CRC Press, 1995.

[4] Chen, C.H., *Statistical Pattern Recognition*, Hayden, Washington, D.C., 1973.

[5] Cyberware Inc., <http://ghiberti.cyberware.com>.

[6] David, H.A., *The Method of Paired Comparison*, Charles Griffin and Co. Ltd., 1969.

[7] Eberhart, R., Simpson, P. and Dobbins, R., *Computational Intelligence PC Tools*, Waite Group Press, 1996.

[8] Gose, E., Johnsonbaugh, R. and Jost, S., *Pattern Recognition and Image Analysis*, Prentice Hall PTR, 1996.

[9] Goldberg, D.E., *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Co. Inc., 1989.

[10] Gray, S., "In virtual fashion," *IEEE Spectrum*, pp. 19-25, Feb. 1998.

[11] Fukunaka, K., *Introduction to Statistical Pattern Recognition*, Academic Press, New York, 1990.

[12] Kilgard, M.J., *The OpenGL Utility Toolkit (GLUT) Programming Interface API Version 3*, Silicon Graphics, Inc., [http://reality.sgi.com/mjk\\_asd/spec3/spec3.html](http://reality.sgi.com/mjk_asd/spec3/spec3.html).

[13] McKelvey, K., *Fashion Source Book*, Blackwell Science, 1996.

[14] Miller, P. B., *AutoCAD for the Apparel Industry*, Delmar Publishers Inc., 1994.

[15] Nakanishi, Y., "Applying evolutionary systems to design aid system," *Proc. of Artificial Life V (Poster Presentation)*, pp.147-154, 1996.

[16] Nakanishi, Y., "Capturing preference into a function using interactions with a manual evolutionary design aid system," *Genetic Programming 1996 Late-Breaking Papers*, pp. 133-138, 1996.

[17] Ohsaki, M., Takagi, H. and Ingu, T., "Methods to reduce the human burden of interactive evolutionary computation," *Proc. of Asia Fuzzy Systems Symposium*, 495-500, 1998.

[18] Sharon, L. T., *Inside Fashion Design*, Harper & Row, Publishers, Inc., 1984.

[19] Takagi, H., "Interactive evolutionary computation Cooperation of computational intelligence and human KANSEI," *Proc. of Int. Conf. on Soft Computing*, pp. 41-50, 1998.

[20] Toquenaga, Y., "A mechanistic model of contest and scramble competition observed in *Callosobruchus speies*," *Fukuoka Symposium of Theoretical Ecology*, Category A 14 p. 46, 1990.

[21] Unemi, T., "A design of multi-field user interface for simulated breeding," *Proc. of Asia Fuzzy Systems Symposium*, pp. 489-494, 1998.

[22] Wright, R.S. and Sweet, M., *OpenGL Superbible*, Waite Group Press, 1996.

[23] 구인숙, *컴퓨터 패션디자인*, 교문사, 1994.

[24] 김순구, *실정화, 패션디자인을 위한 컴퓨터 Graphics*, 신지서원, 1998.

[25] 오희선, 박화순, *의상디자인*, 경춘사, 1998.

[26] 이순자, *컴퓨터 패션 및 직물 디자인*, 형설출판사, 1999.

[27] 이승렬, *복식도감(Details & Fashion Design Collection)*, 문예마당, 1998.

[28] 이주영, 조성배, "감성기반 영상검색을 위한 대화형 유전자 알고리즘의 적용", *정보과학회 논문지(B) 제 26권 3호*, pp. 422-430, 1999.



김희수

1999년 2월 연세대학교 컴퓨터과학과 졸업(학사). 1999년 3월 ~ 현재 연세대학교 컴퓨터과학과. 관심분야는 대화형 진화연산, 신경망, 가상현실.

조성배

정보과학논문지: 소프트웨어 및 응용 제 27 권 제 3 호 참조