

독창적 반지 설계를 위한 유전자 알고리즘 기반의 변환생성 디자인

Genetic Algorithm-based Generative Design for Creative Ring Design

김고우* · 강솔지** · 지상현*** · 이승복**** · 이건명**†

Ko Uh Kim, Sol Ji Kang, Sang Hyeon Jee, Seung Bok Lee, Keon Myung Lee†

*충북대학교 소프트웨어학과, **충북대학교 컴퓨터학과

한성대학교 시각·영상디자인학과, *충북대학교 심리학과

† Department of Software Engineering

**Department of Computer Science, Chungbuk National University

***Department of Visual and Image Design, Hansung University

****Department of Psychology, Chungbuk National University

요 약

독창성은 예술작품 뿐만 아니라 장신구, 생활용품 등 다양한 디자인에서 요구된다. 창조적 디자인 작업에 참신한 모티프를 얻기 위해 변환생성 디자인 기법이 활용될 수 있다. 이 논문에서는 유전자 알고리즘을 이용하여 독특한 반지 모델을 만들어 내는 변환생성 디자인 방법을 제안한다. 후보해 표현방법, 연산자, 평가함수 관점에서 제안된 알고리즘에 대해서 소개한다. 제안한 방법은 고객이 자신의 반지 모양에 대한 취향을 선택하도록 하고, 취향을 평가에 반영하도록 하면서 여러 가지 반지 모델을 만들어서 추천하도록 한다. 반지 모델은 3차원 입체로 표현되기 때문에, 고객이 최종적으로 선택한 모델을 3차원 프린터를 통해서 실물로 제작될 수 있다.

키워드 : 변환생성 디자인, 모델링, 유전자 알고리즘, 3차원 프린터

Abstract

Creativity is crucial in designing and producing attractive accessories and daily supplies as well as art works. Generative design can be a paradigm to be used to obtain novel ideas or motifs for creative design works. This paper introduces a generative design method which comes up with unique ring models using genetic algorithm. It presents how the genetic algorithm works in terms of candidate solution coding, operators, and fitness evaluation function. The proposed method allows the customers to express their personal preference and later the preference to be reflected in fitness evaluation. In the final stage of the proposed method, several ring models are suggested for customers to choose on their own. The chosen ring models can be put into physical rings with the help of a 3D printer because the models are expressed in 3D geometric structures.

Key Words : Generative design, Modeling, Genetic algorithm, Ring design, 3D printer

접수일자: 2014년 3월 9일

심사(수정)일자: 2014년 4월 1일

게재확정일자 : 2014년 4월 1일

† Corresponding author

이 논문은 2013년도 정부재원(교육과학기술부 인문사회연구역량강화사업비)으로 한국연구재단의 지원을 받아 연구되었음(NRF-2013S1A5B6054557).

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

1. 서 론

예술활동 뿐만 아니라 제품 디자인 등의 작업에 있어서 독창성은 매우 중요한 요소이다. 3차원 프린터가 보급되면서 개인 취향에 맞는 물건이나 제품을 만들려는 관심이 커지고 있다. 예술작품이나 제품에 대한 디자인 능력은 타고난 능력이 있던지 많은 훈련을 통해서 습득되어야 한다. 현재 CAD(computer aided design) 등 디자인을 보조하기 위한 다양한 소프트웨어가 개발되어 사용되고 있지만, 이들 소프트웨어는 디자인을 도와주기는 하지만, 디자인 자체를 해주는 것은 아니다.

디자인 자체를 생성하는데 정보기술을 활용하려는 시도로서 변환생성 디자인(generative design) 기술[1]이 있다. 이것은 디자인을 직접 하는 것이 아니라 디자인을 생성하는 프로그램을 개발하여, 프로그램이 디자인을 생성하도록 하는 방법이다. 이 논문에서는 개발자의 디자인 개념을 프로그램으로 구현하는 단계를 뛰어넘어, 독창적인 디자인을 프로그램이 생성하는 방법에 대해 소개한다. 반지를 설계하는 것을 대상으로 하여 변환생성 디자인 방법을 위해 유전자 알고리즘을 이용하는 것을 제안한다.

2절에서는 관련연구로서 변환생성 디자인과 유전자 알고리즘에 대한 소개를 하고, 3절에서는 유전자 알고리즘 기반의 변환생성 디자인 방법을 제시한다. 4절에서는 제안한 방법을 기반으로 구현된 시스템의 실험내용 및 결과를 설명하고, 5절에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 변환생성 디자인

일반적으로 디자인은 설계자가 직접 여러 가지 제약조건을 고려하여 목적에 따라 나름대로 독창적인 요소를 가미하여 만들어낸다. 따라서 디자인의 참신성과 정체성은 설계자의 역량에 좌우되며, 디자인의 수정과 보완 등에 많은 노력이 요구된다.

설계자의 부담을 줄이고 디자인의 품질을 높이기 위해, 설계자의 창의력과 상상력을 확장시켜줄 수 있는 기법으로 변환생성 디자인(Generative Design)이 있다. 이 기법에서 설계자는 디자인 자체를 만드는 것이 아니라 디자인을 실제로 만들어내는 생성시스템에만 관여한다. 이때 생성시스템은 컴퓨터 프로그램일 수도 있고, 디자인 결과물을 만들어내는 기계일 수도 있는 것이다. 변환생성 시스템에서는 반복적으로 변환작업을 수행한다. 설계자는 변환규칙만 정해서 프로그램으로 변환하는 역할만 한다. 변환규칙에 따라 변환생성 시스템이 만드는 결과를 설계자가 보고, 디자인을 바꾸고 싶은 대로 변환규칙을 수정한 다음에, 변환생성 시스템이 다시 새로운 결과물을 만들어 내도록 하면 수정된 새로운 시스템이 만들어진다. 이러한 과정의 반복을 통해 새로운 디자인을 만들게 된다.[1,2]

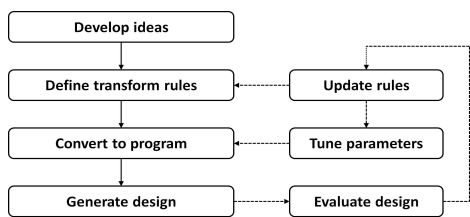


그림 1. 변환생성 디자인 과정 [2]
Fig. 1. Generative Design Process

변환생성 디자인을 통해 참신한 디자인을 얻는 것은 변환규칙 또는 절차를 어떤 방법으로 구현하는가에 달려있다. 일반적으로 설계자에게 디자인 결과물을 평가하는 일은 비교적 쉽지만, 새로운 것을 만들어 내도록 하는 변환규칙 또는 절차를 프로그램으로 구현하는 것은 쉽지만은 않다. 그래서 새로운 형태나 구조를 자동으로 만들어내는 기법들이 변환생성 디자인에 사용될 수 있는데, 런타임이 시스템

(L-system), 형태문법(shape grammar), 셀룰러 오토마타(cellular automata), 창발적 시스템(emergent system), 유전자 알고리즘 등이 이러한 것들이다. 여기에서 구체적으로 이들 기술을 설명하지는 않지만, 이들 기술은 창의적인 새로운 형태나 모양을 컴퓨터 알고리즘의 통해서 만들 수 있도록 하는 것들이다.[2]

2.2 유전자 알고리즘

유전 알고리즘(genetic algorithm)은 자연세계의 진화 과정을 모방하여 복잡한 현실세계의 문제를 해결하고자 하는 진화 알고리즘의 대표적인 예이다.[4] 현실세계의 문제를 풀기 위해 잠재적인 해들을 염색체(혹은 개체)로 나타내고, 다수의 염색체들을 모아 염색체 군을 형성한 뒤, 세대를 거듭하면서 이들의 유전 정보를 서로 교환 하거나 새로운 유전 정보를 부여하여 모의 진화를 시킴으로써, 주어진 문제에 대한 최적의 해를 찾는다.

유전자 알고리즘을 특정 문제의 해를 찾기 위해 사용하기 위해서는 해당 문제에 대한 후보해를 염색체 형태로 코딩하는 방법, 초기 후보해 집단을 생성하는 방법, 염색체로 코딩된 후보해가 해로서의 얼마나 타당한지 평가하기 위한 적합도 평가함수, 염색체들로부터 새로운 염색체(즉, 후보해)를 생성하는 유전 연산자를 개발해야 한다. 유전자알고리즘에서는 후보해의 적합도에 따라 확률적으로 후보해들이 선택되어 새로운 후보해를 생성해가기 때문에 적합도가 개선되는 방향으로 우수한 후보해가 만들어질 수 있다. 이러한 특성을 유지하기 위해 후보해들로 구성된 집단인 세대를 다음 세대로 변환하는 과정에서 상위 우수집단 일부는 그대로 유지하는 방법 등이 사용된다.

3. 취향을 반영하는 변환생성디자인을 통한 반지 디자인

개인의 취향에 따른 맞춤형 제품에 대한 기대가 커지고 있고, 독창적인 디자인에 대한 관심이 많아지고 있다. 이 절에서는 고객의 취향에 따라 변환생성 디자인을 통해 반지를 디자인 하는 방법을 제안한다. 이를 위해서는 고객의 반지에 대한 취향을 나타내는 방법, 자동으로 반지를 디자인하는 방법, 디자인된 반지에 대해 고객 취향에 따른 평가를 하는 방법 등이 필요하다. (그림 1)의 변환생성 디자인 과정을 보면 디자인에 대한 평가를 실제 사람이 하고, 디자인 변경을 위한 규칙수정을 사람이 프로그램에 반영하는 과정을 반복하게 한다. 이 논문에서 제안하는 방법은 디자인의 중간과정에 사람의 개입을 배제하면서 반지를 생성하도록 하는 것이다.

3.1 변환생성 디자인 시스템의 구성

제안한 방법에서는 고객의 취향을 반영하는 반지를 만들기 위해 (그림 2)와 같은 과정을 거친다. 먼저 고객은 자신이 원하는 스타일을 시스템에서 제공하는 선호도 항목 중에서 선택한다. 다양한 방법으로 스타일이 표현될 수 있지만, 이러한 선호도에 대한 만족정도를 수치적으로 계산해야 하기 때문에 제안한 방법에서는 제한된 차원에서 선호도를 표현한다.

다음으로 반지 디자인을 하는 변환생성 시스템을 구현하기 위해 유전자 알고리즘을 적용한다. 유전자 알고리즘을

통해서 매 세대마다 생성되는 반지 모델들에 대해서 고객 선호도에 따른 만족도를 결정하여 적합도로 사용한다. 모집단이 수렴하거나 지정한 세대교체를 반복하면, 모집단 내의 적합도가 높은 일부 반지 디자인만을 고객에게 제시한다. 고객이 특정 디자인을 선택하면, 해당 디자인에 대한 3차원 모델 정보를 3차원 프린터로 전달하여, 실물 반지 프로토타입이 제작되도록 한다.

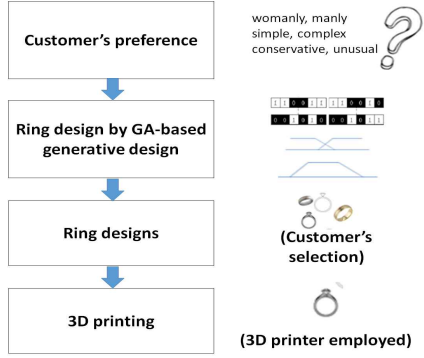


그림 2. 변환생성 디자인 기반 반지 제작 시스템
Fig. 2. Generative Design-based Ring Manufacturing System

3.2 고객취향 선택 및 평가

고객이 원하는 반지를 제공하기 위해서는 고객의 취향이 반영되어야 한다. 고객의 취향은 다양하게 표현이 될 수 있는데, 디자인이 만들어지기 전에 선택되어야 하기 때문에 추상적인 용어를 사용하여 표현될 수 밖에 없다. 이들 척도에 대한 모두가 성공할 수 있는 것을 개발하는 것이 또 다른 연구주제가 될 수 있지만, 제안된 방법에서는 기하적인 분석을 통해서 습득된 정보를 바탕으로 판단한다. 제안하는 시스템에서는 단순성-복잡성, 여성적-남성적, 개성적-안정적 차원을 사용한다.

최종적으로는 디자인을 이러한 선호취향에 따라 평가해야 하기 때문에, 정량적으로 측정될 수 있는 평가 척도가 필요하다.



그림 3. 사용자 취향 선택 차원
Fig. 3. Dimensions of User Preference Selection

3.2.1 여성적 및 남성적 특징 평가

제안한 방법에서는 반지 모델이 ‘여성적’인지 ‘남성적’인지 판정하기 위해 반지의 부피와 모델의 섬세한 정도를 사용한다. 부피는 커질수록, 섬세함은 덜 할수록 모델이 ‘남성적’ 특성이 커진다고 전제하고 평가방법을 제시한다.

부피는 절대적인 값을 사용하는 대신 제안한 시스템이 만들어내는 반지 모델들의 샘플을 수집하여 이들의 평균 부피에 대비한 상대부피를 사용한다. 즉, 모델의 상대 부피 r_V 는 다음과 같이 계산한다.

$$r_V = \frac{V(R)}{V_a} \quad (1)$$

여기에서 $V(R)$ 은 모델의 부피이고, V_a 는 반지 모델들의 평균 부피를 나타낸다.

한편, 세밀한 정도를 평가하기 위해, 반지 모델을 구성하는 다각형 면의 개수를 평균 대비 비율 r_D 로 다음과 같이 계산한다.

$$r_D = \frac{N_f}{N_{af}} \quad (2)$$

여기에서 N_f 는 주어진 모델에서 면의 개수이고, N_{af} 는 평균적인 반지 모델의 면의 개수이다.

특정 3차원 반지 모델에 대한 남성적 또는 여성적 특성에 대한 만족정도를 측정하기 위해 소속함수를 사용한다. 부피에 대한 남성적 특성에 대한 소속함수 $\mu_{MV}(r_V)$ 는 부피가 클수록 ‘남성적’이라고 평가하기 위해 단조증가하는 함수로 정의하고, 부피에 대한 ‘여성적’ 특성에 대한 소속함수 $\mu_{FV}(r_V)$ 는 ‘남성적’에 대응하는 소속함수를 사용하여 다음과 같이 정의한다.

$$\mu_{FV}(r_V) = 1 - \mu_{MV}(r_V) \quad (3)$$

섬세함수록 여성적으로 판정하기 위해 모델을 구성하는 면의 상대적 개수에 대한 소속함수 $\mu_{FD}(r_D)$ 는 단조감소 함수로 정의한다. 섬세함 측면의 ‘남성적’ 특성에 대응하는 소속함수 $\mu_{MD}(r_D)$ 는 $\mu_{FD}(r_D)$ 를 사용하여 정의한다.

$$\mu_{MD}(r_D) = 1 - \mu_{FD}(r_D) \quad (4)$$

고객이 원하는 반지가 ‘여성적’인 것이라면, 부피는 작을수록 모양은 섬세할수록 만족정도가 커지도록, 다음과 같이 소속함수에 대한 만족정도를 사용하여 만족정도 S_F 를 결정한다.

$$S_F = \max\{\mu_{FV}(r_V), \mu_{MD}(r_D)\} \quad (5)$$

남성적인 반지를 원하는 경우에는 만족정도 S_M 를 다음과 같이 결정한다.

$$S_M = \max\{\mu_{MV}(r_V), \mu_{FD}(r_D)\} \quad (6)$$

3.2.2 복잡성 및 단순성 특징 평가

반지 모델의 복잡도를 평가하기 위해 반지 표면의 요철에 대응하는 거칠기(roughness)를 측정하는 방법을 사용한다. 제안한 방법에서는 거칠기를 평가하기 위해 반지의 3차원 모델 R 에 대응하는 위상 그래프 G_R 를 다음과 같이 정의한다.

$$G_R = (V, E, W) \quad (7)$$

$$V = \{v_i\} : \text{노드의 집합}$$

$$E = \{e_{ij}\} : \text{간선의 집합}$$

$$W = \{w_{ij}\} : \text{간선 가중치의 집합}$$

반지 모델 R 을 구성하는 각 다각형 면 f_i 에 대해 그래프의 노드 v_i 를 만들고, 인접한(즉, 모서리를 공유하는) 두 면 f_i, f_j 에 대응하는 노드 v_i, v_j 사이에는 간선 e_{ij} 를 만든다. 노드 v_i, v_j 사이의 간선 e_{ij} 에 대한 가중치 w_{ij} 는 면이 이루는 각도에 따라 다음과 같이 정의한다.

$$w_{ij} = \text{sign}(f_i, f_j) \cos^{-1} \left(\frac{n(v_i) \cdot n(v_j)}{|n(v_i)| |n(v_j)|} \right) \quad (8)$$

여기에서 $n(f_i)$ 는 면 f_i 의 외부를 향하는 법선벡터를 나타내고, $sign(f_i, f_j)$ 는 두 면이 이루는 각도가 볼록(convex)이면 +1, 오목(concave)이면 -1을 나타낸다. 따라서 w_{ij} 는 $[-180, 180]$ 구간의 값을 갖는다. $sign(f_i, f_j)$ 값을 결정하기 위해 각 면 f_i, f_j 에서 하나의 점 p_i, p_j 를 선택하고, 이들 점의 연장한 선분의 중간점 $((p_i + p_j)/2)$ 을 결정하고, 이 중간점이 반지모형의 내부에 있으면 해당하는 두 면은 볼록이고, 외부에 있으면 오목이다.

$$sign(f_i, f_j) = \begin{cases} +1 & (p_i + p_j)/2 \text{가 모델 내부점인 경우} \\ -1 & \text{그렇지 않은 경우} \end{cases} \quad (9)$$

면의 거칠기를 결정하기 위해서 인접면의 곡률 부호가 전도(reverse)되는 빈도를 사용한다. 3개의 연속된 인접면 f_i, f_j, f_k 에 대해서 곡률 부호의 전도 $CR(f_i, f_j, f_k)$ 는 다음과 같이 정의한다.

$$CR(f_i, f_j, f_k) = \begin{cases} 0 & \text{if } sign(f_i, f_j) \times sign(f_j, f_k) > 0 \\ 1 & \text{if } sign(f_i, f_j) \times sign(f_j, f_k) < 0 \end{cases} \quad (10)$$

$CR(f_i, f_j, f_k)$ 가 0이면 곡률 부호의 전도가 없는 것으로, 세 연속된 인접면이 비교적 부드러운 면을 구성한다. 반면 $CR(f_i, f_j, f_k)=1$ 이면, 곡률 부호의 전도가 발생한 것으로 면이 거칠게 변화하고 있는 부분이다.

모델의 거칠기를 정의하기 위해 위상 그래프 $G_R = (V, E, W)$ 에서 거친 노드(rough node)의 개념을 도입한다. 각 노드 v_i 에 대해서 v_i 에서 시작하는 홑(hop)이 2인 모든 경로들 $\{(f_i, f_j, f_k)\}$ 중에서 곡률 부호 전도가 하나라도 있는 것을 있으면 해당 노드는 거친 노드(rough node)라고 하여, $rf(v_i)=1$ 하고, 그렇지 않으면 $rf(v_i)=0$ 이라 한다. 모델 R 의 거칠기 $RF(R)$ 는 거친 노드의 비율로 다음과 같이 정의한다.

$$RF(R) = \frac{|\{v_i | rf(v_i) = 1\}|}{|V|} \quad (11)$$

복잡도는 거칠기도 높을수록 큰 것으로 간주한다. 복잡성에 대한 특성에 만족도 S_C 은 거칠기 $RF(R)$ 값에 단조증가하는 소속함수 $\mu_S(RF(R))$ 를 사용하여 결정하고, 단순성에 대한 만족도는 S_S 는 복잡성에 대한 만족도를 사용하여 정의한다.

$$S_C = \mu_S(RF(R)) \quad (12)$$

$$S_S = 1 - \mu_S(RF(R)) \quad (13)$$

3.2.3 안정적 및 개성적 특징 평가

반지 모델이 ‘안정적’인지 ‘개성적’인지 기하적인 정보로부터 직접 평가하기 어렵기 때문에 기계학습 방법의 하나인 로지스틱 회귀분석[3] 방법을 사용한다.

3차원 반지 모델 R 과 이에 대한 위상 그래프 G_R 로부터 여러 가지 특징을 추출하여 입력으로 사용하고, 개성적인지 여부에 대한 판정결과를 출력으로 사용한다. 입력특징으로 사용하는 것은 모델을 구성하는 면의 개수 n_f , 모델이 차지하는 부피 V_R , 음수 가중치 및 양수 가중치 각각에 대한 평균 $\mu_{\theta_P}, \mu_{\theta_N}$ 과 표준편차 $s_{\theta_P}, s_{\theta_N}$, 최대 절대 가중치 $MW = \max_{w_{ij}} |w_{ij}|$, 거친 노드 비율 $RF(R)$, 일정크기의 이상 면의 비율 $FC(\theta_A)$ 을 사용한다. 개성을 판정하는 로지스틱 회귀분석 함수 S_P 는 이들 속성의 함수로 표현된다.

$$S_P = f(n_f, V_R, \mu_{\theta_P}, \mu_{\theta_N}, s_{\theta_P}, s_{\theta_N}, MW, RF(R), FC(\theta_A)) \quad (14)$$

안정성에 대한 만족도 S_N 는 개성에 대한 만족도 S_P 를 사용하여 다음과 정의한다.

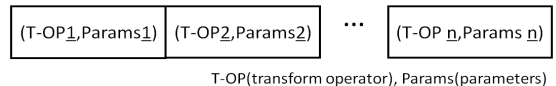
$$S_N = 1 - S_P \quad (15)$$

3.3 유전자 알고리즘 기반 변환생성 디자인

3.3.1 염색체 표현

변환생성 디자인에서는 디자인 자체를 하는 것이 아니라 디자인을 생성하는 프로그램을 만들어내야 한다. 제한한 방법에서는 디자인을 생성하는데 사용될 수 있는 모듈을 만들어 두고, 이들 모듈을 여러 가지 파라미터를 변화시켜가면서 조합하여 실행함으로써 디자인을 생성한다. 각 모듈은 3차원 입체 모델을 변화시키는 역할을 하는데, 주어진 모델에 해당 모듈 고유의 디자인 변형 작업을 추가적으로 수행한다. 기본적인 모듈로서 밴드생성, 중심석 추가, 깎아내기, 부분변형 등으로 구성된다. 밴드생성은 반지를 구성하는 기본 형태를 만드는 모듈이고, 중심석 추가는 반지의 위쪽에 반지를 추가하는 역할을 하고, 깎아내기는 주어진 반지 모델의 특정위치를 파라미터에 따라 도려내는 역할을 한다. 부분변형은 반지의 지정된 부분을 파라미터에 따라 변형하는 역할을 한다. 밴드생성 모듈은 맨처음 한번만 수행되고 다른 모듈은 반복적으로 여러번 수행될 수 있다.

염색체는 변환모듈들의 리스트로 구성되는데, 변환모듈들은 변환모듈이름과 관련 파라미터들로 나타낸다. 염색체의 첫 번째 변환모듈은 밴드생성 모듈이어야 하고, 이후에는 중심석 추가 모듈이 선택적으로 올 수 있고, 깎아내기, 부분변형은 임의의 개수가 임의의 순서로 올 수 있다.



T-OP(transform operator), Params(parameters)

그림 4. 염색체 표현

Fig. 4. Chromosome encoding

3.3.2 초기 모집단 구성

초기 모집단을 구성할 염색체들은 염색체에 대한 제약조건인 첫 번째 변환모듈 지정, 중심석 추가 모듈의 선택적 도입을 만족하면서 임의의 개수의 변환모듈을 무작위로 선택하여 만든다. 파라미터는 각 변환모듈 별로 파라미터 값의 허용범위 내에서 무작위로 선택하도록 한다.

3.3.3 유전 연산자

모집단을 구성하는 염색체에는 포함되는 변환모듈의 개수가 다르기 때문에 염색체의 길이가 서로 다를 수 있다. 기존의 염색체들로부터 새로운 염색체를 만들기 위한 연산자로 교차 연산자, 돌연변이 연산자를 사용한다. 교차 연산자는 두 개의 염색체에 대해서 수행하는데, 우선 각 염색체에서 절단 위치를 임의로 선택한다. 절단 위치는 변환모듈들의 경계부분이 되도록, 즉 변환모듈 중간에서 절단이 되지 않도록 한다. 절단 위치를 기준으로 하나의 염색체의 절단 위치의 앞쪽 부분과 다

른 염색체의 절단 위치 뒷부분을 결합하여 새로운 염색체를 만든다. 중심석 추가 모듈이 두 개 나타나는 경우에는 하나만 무작위로 선택한다. 돌연변이 연산자는 선택된 연산자에 대해서 임의로 선택된 파라미터를 허용되는 범위 내의 무작위로 선택한 값으로 변경하여 새로운 염색체를 생성한다.

3.3.4 적합도 평가

염색체에 대한 적합도는 염색체에 표현된 변환모듈을 순서대로 적용하여 생성한 반지 모델에 대한 만족도이다. 생성된 3차원 모델에 대해서 고객이 선호하는 특징에 따라 평가하여 만족정도를 계산한다. 여성적 특징과 남성적 특징에 대한 만족도 S_F , S_M 는 각각 식 (5)와 (6)을 사용하여 결정한다. 복잡성과 단순성에 대한 만족도 S_C , S_S 는 식 (12)와 (13)에 의해 결정한다. 안정성과 개성에 대한 만족도 S_N , S_P 는 식 (14)와 (15)를 사용하여 결정한다. 이들 만족도는 구간 [0,1]상의 값으로 주어지는데, 퍼지 연산자를 사용하여 결합한다.

각각의 선택 차원에 따라 하나의 선호 특징이 선택되면, 생성된 3차원 반지 모델에 대해서 기하학적 특징이 추출되어 선호특징에 대한 만족도가 결정된다. 예를 들어, 여성적, 단순성, 개성적인 선호가 선택되면, 반지 모델 M 에 대한 해당하는 만족도 $S_F(M)$, $S_S(M)$, $S_P(M)$ 이 계산되고, 전체적인 만족도 S_T 는 퍼지 연산자 f 를 사용하여 다음과 같이 결정된다.

$$S_T(M) = f(S_F(M), S_S(M), S_P(M)) \quad (16)$$

보수적인 결합을 위해서는 연산자 f 로서 min(최소값), product(곱)을 선택할 수 있고, 융통성있게 원하는 특성을 하나라도 만족하는 것을 얻고자 할 때는 max(최대값)을 선택할 수 있다.

4. 구현 및 실험환경

4.1 변환모듈 구현

디자인을 생성할 때 사용되는 변환모듈의 종류는 밴드 생성, 중심석 추가, 깎아내기, 부분변환 등 4가지 이다. 실험에서 사용하도록 구현한 모듈은 종류별로 한 개씩이다. 밴드생성 모듈은 두 개의 밴드 형태(기본형, 나선형)를 지정하고 이들에 대한 속성으로 단면 구성 면의 개수, 높이, 너비, 각도를 갖는다. 기본형 밴드에서는 밴드를 원형으로 구성하고, 나선형 밴드에서 원형이 아닌 나선형으로 밴드 모델을 구성한다. 단면을 구성하는 면의 개수는 3개 이상이어야 하고, 40개가 넘으면 원으로 간주한다. 높이는 0.2~3cm, 너비는 0.2~1cm 범위 내의 값을 갖는다. 각도는 원형의 기본 밴드인 경우에 손가락을 둘러싸고 있지 않는 부분으로 0~90°의 범위를 갖는다.

중심석 모듈은 속성으로서 형태, 크기, 테두리를 갖는다. 형태는 사면체 이상의 다면체이고, 크기는 0.2~3cm의 범위를 갖는다. 테두리는 중심석을 둘러싸고 있는 0.05~0.1cm의 두께를 가진 둥근 띠로 0~10개의 범위를 갖는다.

깎아내기 모듈은 위치, 방향, 간격, 깊이, 형태, 크기의 속성을 갖는다. 위치는 밴드에서 기준위치 기준으로 0~360도 범위의 각도로 표현되고, 방향은 깎아내는 방향으로 0~180도의 범위를 갖는다. 간격은 현재 위치 기준으로 각

도와 개수로 표현되고, 깊이는 전체 두께를 1로 하여 0~1 사이의 값을 갖도록 한다. 형태는 깎아내는 형태로 원형, 다각형(3~8각형)을 가질 수 있다. 크기는 지정된 방향의 단면의 최단폭을 1로 하고 0~1사이의 범위를 갖도록 한다.

부분변환 모듈은 영역, 모양, 크기 등의 속성을 갖는다. 위치는 기준위치에 대한 각도 구간으로 표현하고, 변형방법은 표면에 다면체 추가와 일정한 패턴으로 오목하게 만드는 것을 가질 수 있다. 다면체 추가의 경우 파라미터로 다면체의 종류(구형, 사면체, 육면체), 크기, 간격이 사용되고, 일정패턴 추가인 경우 패턴의 종류(볼록 밴드와 오목밴드)와 크기 등이 파라미터로 주어진다.

4.2 유전자 알고리즘

유전자 알고리즘은 3.3절에 소개한 방법에 따라 구현하였다. 염색체로 표현된 반지 디자인 생성모듈에 따라 3차원 반지 모델을 만들고 적합도 평가 방법에 따라 염색체의 적합도를 평가하였다. 적합도 평가에서 개성에 대한 로지스틱 회귀분석은 개성에 대한 평정의 주관성과 가용한 특징의 제약등으로 인해 유의한 p-value를 갖는 일관성있는 모델이 만들어지지 않았다. 로지스틱회귀가 개성에 대한 적합도를 평가하는 방법론적으로 적용가능한 것이나 아직 모델의 학습에 대한 부분에 추가적인 연구가 필요하다. 실험에서 적합도 평가는 여성적/남성적 특징 차원과 단순성/복잡성 특징 차원의 적합도만 반영하였다.

4.3 3차원 반지 모델링

반지 모델은 3차원 그래픽을 쉽게 지원하는 Processing 언어[5]를 사용하여 구현하였다. 3차원 모델은 다각형을 사용하여 입체를 구성하는 형태로 구성하였다. 3차원 다각형으로 구성된 모델은 3차원 프린터에서 사용되는 포맷으로 프린터 제작사에서 제공하는 프로그램으로 변환하여 프린터에 입력으로 사용하였다. (그림 5)는 제안한 방법으로 생성한 반지 모델의 예를 보인 것이다.

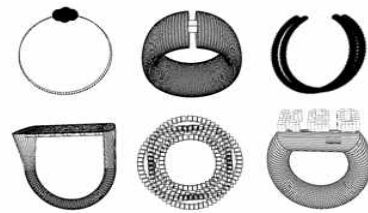


그림 5. 생성된 반지 모델의 예
Fig. 5. Examples of generated ring models

4.4 3차원 프린터 제작 환경

제안한 반지 디자인 시스템은 고객이 선호 취향을 선택하면, 유전자 알고리즘에 의해 자동으로 여러 가지 반지 모델을 생성하여 제시하고, 고객이 선택한 모델을 3차원 프린터로 직접 제작하는 것이다. 실험 환경에서는 3차원 프린터를 통해 전 과정의 마지막 단계를 수행하였다.

3차원 프린터에는 큰 덩어리를 조각하듯 깎는 절삭형과 층층히 쌓아 올리는 적층형이 있다. 실험에서는 굵은 실모양의 필라멘트를 녹여붙이는 적층형 방식의 프린터인 Cubify Cube 3차원 프린터를 사용하였다. (그림 6)는 실험에서 사용한 3차원 프린터와 제작된 반지 모형을 보인 것이다.



그림 6. 3차원 프린터와 제작된 반지 모형
Fig. 6. 3D printer and produced ring models

5. 결론

이 논문에서는 유전자알고리즘을 기반으로 변환생성디자인에 의해 반지를 제작하는 시스템을 소개하였다. 기존의 변환생성 디자인 방법에서는 개발자가 중간에 개입하여 결과물을 평가한 후 프로그램을 반복적으로 수정하여 개선된 결과를 얻도록 한다. 제안한 방법에서는 유전자 알고리즘과 모델을 평가하는 평가함수를 사용하여 개발자의 개입없이 반지 모델이 생성되도록 자동화하는 것이 특징이다. 실제로 실험을 통해서 반지 디자인을 생성할 수 있으며 제안된 접근방법이 유용한 것이 될 수 있음을 확인했다. 향후 사용자의 취향을 더 잘 반영할 수 있는 평가함수와 새로운 모델 변환 모듈을 추가적으로 개발하여 보다 다양한 모델을 생성하는 시스템으로 개선할 필요가 있다.

References

- [1] C. Soddu, F. Collabell, "Generative Design Teaching," *Proceedings of the Generative Art Conference*, 2009.
- [2] S. H. Ji et al, *Peep the Beauty - Beauty in the Perspective of Science*, Saheopyungron, Korea, 2013.
- [3] C. M. Bishop, *Pattern Recognition and Machine Learning*, Springer, 2006.
- [4] M. Mitchell, *An Introduction to Genetic Algorithms*, The MIT Press, 1996.
- [5] I. Greenberg, *Processing: Creative Coding and Computational Art*, Springer-Verlag, 2007.

저 자 소개



김고우(Go-Woo Kim)
2010년~현재 : 충북대학교 사회학과 학사과정
2011년~현재 : 충북대학교 소프트웨어학과 학사과정

관심분야 : AI, Computer Graphics
E-mail : rlarhdn66@chungbuk.ac.kr



강솔지(Sol-Ji Kang)
2014년 : 충북대학교 컴퓨터공학부 학사
2014년~현재 : 충북대학교 컴퓨터학과 석사과정

관심분야 : AI, Big Data, Machine Learning
E-mail : solji9931@gmail.com



지상현(Sang-Hyeon Jee)
1984년 : 홍익대학교 미술대학 산업도안과 미술학사
1987년 : 홍익대학교 대학원 시각디자인과 미술학석사
1996년 : 연세대학교 심리학과 문학박사
1989년~2001년 : 연암대학 시각디자인과 근무

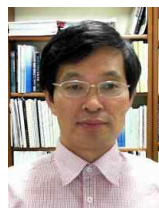
2008년~2009 : 일본 게이오대학교 교환교수
2002년~현재 : 한성대학교 시각·영상디자인과 교수

관심분야 : 미술양식, 교차비교를 통한 문화분석, 아름다움의 심리
E-mail : psyjee@hansung.ac.kr



이승복(Seung-Bok Lee)
1977년 : 서울대학교 심리학과 문학사
1979년 : 서울대학교 심리학과 문학석사
1987년 : 서울대학교 심리학과 문학박사
1984년~현재 : 충북대학교 심리학과 교수

관심분야 : Cognitive neuroscience, Neuroaesthetics, Language acquisition,
E-mail : lsb2193@hanmail.net



이건명(Keon Myung Lee)
1990, 1992, 1995년: KAIST 전산학과 학사, 석사, 박사
1995년~1996년 : 프랑스 INSA de Lyon, Post-Doc.
1996년 : 미국 PSI 사, Staff Scientist
1996년 ~현재 : 충북대학교 교수
2001~2003년 미국 University of Colorado at Denver 객원교수
2008~2009년 미국 Indiana University 객원학자

관심분야 : AI, Machine learning, Data Mining, Big data applications
E-mail : kmlee@cbnu.ac.kr