

# 유전자 알고리즘에 기반한 대화식 프랙탈 이미지 생성기

이지애<sup>0</sup> 강태원 김미숙  
강릉대학교 컴퓨터공학과  
{ujja2, twkang, mikiss}@kangnung.ac.kr

## Interactive Fractal Image Generator Base on Genetic Algorithm

Ji-Ae Lee<sup>0</sup> Tae-Won Kang Mi-Suk Kim  
Dept. of Computer Science, Kangnung University

### 요 약

자연의 진화 과정을 모방한 유전자 알고리즘을 이미지 생성기 분야에 적용하여 무한히 다양한 이미지를 생성하는 것은 가능한 반면, 다음 세대에 생성될 이미지들의 예측은 난해하다. 이러한 배경 하에 본 논문에서는 대화식 프랙탈 이미지 생성기를 구현하여, Direct draw mode를 통해 프랙탈 이미지를 생성하기 위해 사용되는 아핀들을 사용자가 직접 변환함으로써 미세 조정이 가능하도록 한다.

### 1. 서론

우리를 둘러싸고 있는 자연계의 복잡하고 불규칙한 모양들을 Mandelbrot는 '프랙탈'의 개념을 사용하여 통일 관점에서 설명하였고, Holland는 두 부모의 유전자로부터 그들 자손의 유전자를 형성하는 유성생식과 자연환경에서 일어나는 진화의 원리를 컴퓨터 알고리즘에 결합시켜 GA(Genetic Algorithm : 이하 'GA')를 고안해 내었다.<sup>[1,2]</sup>

본 논문에서는 자연에 가까운 이미지를 만들기 위하여 이러한 이론들을 이미지 생성기 분야에 적용하고자 한다. IFS(Iterative Function System : 이하 'IFS')를 사용하여 프랙탈 이미지를 생성한 후, GA를 적용하여 변형시키고 Direct Draw Mode를 구현하여 미세 조정이 가능하도록 함으로써, 이미지들의 다양성을 보장한다.<sup>[1,3]</sup>

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 본 논문의 이론적 배경이 된 프랙탈 기하학과 IFS, GA를 소개한다. 3장은 대화식 프랙탈 이미지 생성기에서 염색체를 표현한 방법과 GA의 적용 방식에 대해 설명한다. 4장은 본 논문에서 제안한 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 설계 및 구현, 인터페이스 방법, 특징에 대하여 기술한다. 5장에서는 본 대화식 프랙탈 이미지 생성기를 다양한 방법으로 실험한 과정을 정리하고, 그에 따른 결과를 평가하며, 마지막 6장은 결론 부분으로 본 논문의 최종 연구 결과와 앞으로의 연구과제 및 연구방향에 대해 알아보도록 한다

### 2. 이론적 배경

일반적으로 프랙탈이란 미분가능하고, 정규적 모양을 지닌 유클리드 도형들과는 달리 잘라진 구조를 가지며, 확대할 경우 전체와 닮은 모습을 갖는 도형을 일컫는다. 즉, 프랙탈이란 전체와 부분이 서로 닮은 기하학적 그림이고, 수학적으로 말하면 자기 유사성과 비정수 차원인 프랙탈 차원을 가진 그림을 말한다.<sup>[1,3]</sup>

프랙탈 이미지를 생성할 때 사용하는 IFS는, 초기값에서 정해진 규칙에 의해 다수의 함수 중 하나를 임의로 선택

하고 반복적으로 적용하여 생성하는 것으로, 자기 유사성(Self-similarity)과 재귀성(Recursiveness)을 띤 프랙탈 이미지를 생성하는데 매우 효과적이다.<sup>[1,2,3]</sup>

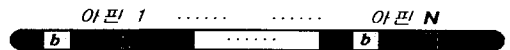
진화와 도태라는 자연계의 특징을 적용한 GA는 교차(crossover)와 돌연변이(mutation)를 통해 생성된 다음 세대의 모집단에서 개체들간의 적합도(fitness : 우열의 법칙에서 살아남을 유전자들을 선택할 때 사용)를 평가하고 적합도가 가장 높은 개체를 다음 세대의 모집단으로 만든다. 즉, 어떤 세대를 형성하는 모집단은 주어진 환경에 잘 적응하는 개체를 선택하고 교차와 돌연변이를 일으키며, 다음 세대에 유전 형질(gene character)을 전달하게 되므로 진화가 거듭될수록 주어진 환경에 더 적합한 유전자들만 남아있게 되는 것이다.<sup>[4,5]</sup>

### 3. 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 GA

#### 3.1 염색체의 표현

GA에서 각 개체들은 유전 연산을 적용하기 위하여 염색체의 형태로 표현되어야 하며 표현 방법은 이진수 문자열, 혹은 트리의 형태도 가능하지만, 여기서는 실수 벡터의 형태로 나타내었다.<sup>[4,5]</sup>

본 대화식 프랙탈 이미지 생성기에서 염색체는 [그림 3.1]과 같다. 프랙탈 이미지에 따라 아핀의 수는 2~6개 까지 다양하게 적용하였으며, 염색체 하나는 아핀 좌표의 값(실수값)들로 구성되어 있다.



[그림 3.1] 염색체

#### 3.2 유전 연산 적용의 단계

대화식 프랙탈 이미지 생성기에 적용된 유전 연산의 구성을 보면 다음과 같다.

1단계는 사전 지식이 결여된 환경으로부터, 탐색할 때 주로 쓰이는 난수 발생기를 통한 무작위 초기화법을 사용하여 16개의 초기 모집단을 생성한다.

2단계는 개체들의 적합도를 평가하며, 본 대화식 프랙탈 이미지 생성기에서의 적합도는 실사용자가 갖고 있는 시각이라고 할 있다. 즉, 사용자의 의도에 따라 16개의 개체 중 가장 적합한 것을 마우스로 클릭 하는 것이 적합도의 평가이며, 그 동작은 선택연산에 해당한다.

3단계는 종료 조건을 검사하여 GA를 끝낼 것인지, 계속 실행할 것인지를 결정해야 한다. 사용자가 의도한 바에 따라 자연스러운 프랙탈 이미지를 생성하는 것이 본 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 목적이므로, 종료 조건은 사용자가 만족할만한 이미지의 모양이 생성되었느냐의 여부이다. 만약 종료 조건이 만족되었다면 원하는 이미지를 얻게 되는 것이고, 종료조건이 만족되지 않았다면 다음에 설명하고 있는 네 번째 단계를 거치게 된다.

4단계에서는 유전 연산을 적용하여 이미지를 생성하는 것이며, 본 대화식 프랙탈 이미지 생성기에서는 교차연산은 사용하지 않았다. 즉, 유전 연산으로 돌연변이 연산과 선택 연산만을 적용하였으며, 평행이동·회전·X축에 대한 반사·Y축에 대한 반사가 아핀에 대한 돌연변이 연산에 쓰이는 것이다. 이 단계에서는 돌연변이 연산과 선택 연산의 결과로 새로운 모집단을 생성한다.

위의 각 단계는 원하는 만큼 얼마든지 반복 가능하다.

#### 4. 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 설계 및 구현

##### 4.1 설계 및 구현

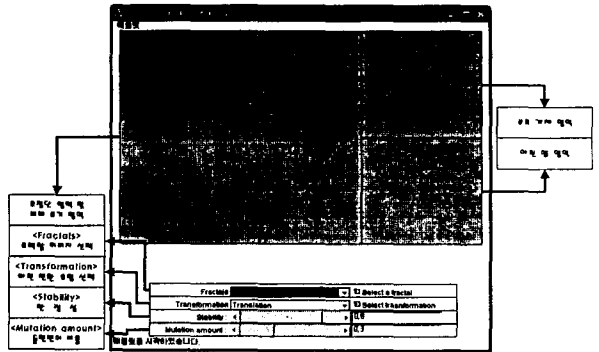
대화식 프랙탈 이미지 생성기 구현의 중점 사항은, 이미 구현되어 있는 아핀값에 의하여 프랙탈 이미지를 생성하게 되면 하나의 정해진 모양으로 프랙탈 이미지가 생성되므로 GA 중에서 돌연변이 연산을 적용하여 16개의 변형된 이미지를 얻고자 한 것이며, 더불어 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 핵심 기능인 Direct draw mode로 돌연변이 연산의 임의성을 사용자가 제어할 수 있도록 하는 것이다.

돌연변이 연산의 결과로 변형되는 이미지는 정확하게 예측할 수 없기 때문에 만약 사용자가 생각하고 있는 변형의 정도가 있다면 그와 같은 결과를 얻는 것은 쉽지 않을 것이다. 따라서 대화식 프랙탈 이미지 생성기에는 Direct draw mode를 구현하여, 사용자가 아핀 각각을 직접 변환함으로써 실시간으로 볼 있는 미리 보기 기능과 함께 이미지를 변형시키는 것이 가능하도록 하였다.

##### 4.2 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 인터페이스 방법

본 대화식 프랙탈 이미지 생성기는 [그림 4.1]과 같이 자바 애플릿을 사용하였으며, 주어진 초기값으로 개체들을 임의로 생성하여 16개의 초기 모집단을 보여주는 곳이 좌측의 '모집단 영역'이다. 우측 상단은 '부모 개체 영역'으로써 모집단 영역에서 어떤 이미지를 선택하였는지 보여주게 된다. 부모 개체 영역은 클릭 할 때마다 돌연변이를 일으키며, 돌연변이 연산의 결과 새로운 모집단

이 생성되면 '모집단 영역' 위에 다시 그려지게 된다. '아핀맵 영역'은 부모 개체 영역으로 선택된 프랙탈 이미지에 적용된 아핀의 개수와 각각의 모양을 보여준다.



[그림 4.1] 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 초기화면

다음으로 애플릿 창 아래의 4가지 선택 메뉴를 설명하면, "Fractals"는 프랙탈 이미지를 선택하는 메뉴로써 여러 종류의 이미지를 선택할 수 있다. 프랙탈 이미지를 선택하면 모집단 영역에 초기 모집단이 생성되고, 부모 개체 영역에는 그 중 좌측 상단의 첫 번째 이미지가 위치하게 되며, 그에 따른 아핀들이 아핀맵 영역에 표시되므로 Fractals에서 이미지를 선택하는 것이 사실상 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 시작이라고 할 수 있다.

아핀을 변환하기 위한 "Transformation"은 아핀맵 영역에 나타나는 아핀 각각을 직접 제어하기 위한 메뉴이다. 평행이동을 할 수 있는 'Translation', 각을 입력하여 아핀을 회전시킬 수 있는 'Rotation', X축에 대하여 반사시키는 'X-Reflection', 그리고 Y축에 대하여 반사시킬 수 있는 'Y-Reflection' 중 하나를 선택하여 아핀 각각에 적용함으로써 아핀을 변환할 수 있다.

스크롤 바를 조정하거나, 숫자의 직접 입력으로 0부터 1까지의 값의 부여할 수 있는 "Stability"와 "Mutation amount"는 돌연변이 연산과 관계 있다. 안정성을 나타내는 Stability는 변형시키지 않고 어느 정도 원래의 모습을 유지하겠느냐는 것이며, Mutation amount는 돌연변이율을 의미한다.

마지막으로, 아핀 각각의 변환에 의하여 이미지를 변형시키고자할 때 실시간으로 변형되는 이미지를 보여주는 '미리 보기 영역'이다. 아핀맵 영역을 클릭하게 되면 아핀의 변환에 의하여 이미지를 실시간으로 변형시키는 Direct draw mode로 전환된다. 그 다음, Transformation의 메뉴항목을 선택하여 아핀을 변환을 시키게 되면, 모집단 영역 전체가 미리 보기 영역이 되어 아핀을 변환시키면 이미지에 어떻게 적용되는지 실시간으로 보여준다.

##### 4.3 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 특징

본 대화식 프랙탈 이미지 생성기는 진화라는 자연계의 과정과 아주 간단한 규칙으로부터 복잡성을 띠게 된다는 자연의 특징을 그래픽으로 응용하고 있다.

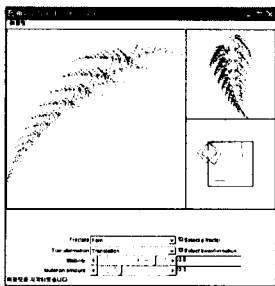
먼저, "Fractals"에서 선택한 이미지에 대하여 16개의

초기 모집단을 생성하여 모집단 영역에 보여주게 된다. 16개의 개체 중 좌측 상단의 첫 번째 개체가 부모 개체 영역에 위치하게 되거나, 특정 개체를 선택했을 때 부모 개체 영역에 위치하게 되며, 그 부모 개체를 다시 클릭하게 되면, 대화식 프랙탈 이미지 생성기는 돌연변이 연산을 수행하여 부모 개체의 자손들을 16개의 사각형으로 이루어진 모집단 영역에 보여주게 된다. 이때, 중요한 것은 선택되지 못한 이미지들은 사라지게 되며, 이 자손들의 생성은 부모 개체의 단순한 복제가 아니라 알고리즘에 의한 복잡한 변형을 거쳐 이루어진다는 것이다.

이미지들은 "Stability"와 "Mutation amount"의 조정에 따라 부모 개체를 닮은 것들도 있고 다르게 생긴 것도 있으며, 완전히 다른 돌연변이도 있다. 이와 같이 생성된 이미지들 중에서 사용자는 다시 선택할 수 있으며, 이 과정은 계속 되풀이된다. 되풀이되는 과정 속에서 진화는 계속되며, 사용자는 도태될 개체와 선택될 개체를 판단함으로써, 자연의 과정과 같이 종의 진화형태를 결정하는 변수로 작용한다. 그리고 이와 같은 선택은 대화식 프랙탈 이미지 생성기에서 의도한 바와 같이 사용자의 심미적 관점이나 주관적인 관점에서 이루어지는 것이다.

대화식 프랙탈 이미지 생성기는 사용자의 이러한 관점과 컴퓨터의 창조적 능력에 의해 진화하여 하나의 계를 형성해 나가게 되는 것이며, 이것이 본 논문에서 제안한 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 Interactive한 특징이다.

가장 중요한 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 특징은 Direct draw mode이다. 아핀의 변환에 의한 이미지의 변형 과정을 실시간으로 보여준다는 것도 Direct draw mode의 커다란 장점이지만, 새로운 모집단에서 생성될 개체를 정확하게 예측할 수 없는 돌연변이 연산의 단점을 보완한다는 점에서 가장 큰 의의를 갖는다[그림 4.2].

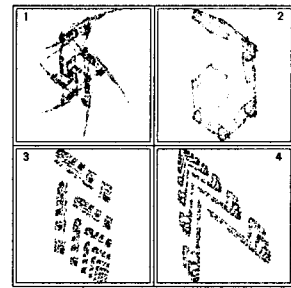


[그림 4.2] Direct draw mode

5. 평가

대화식 프랙탈 이미지 생성기는 이미 알려져 있는 아핀값으로 프랙탈 이미지를 생성한 후, GA과 Direct draw mode 두 가지 방법으로 이미지를 변형시킨다.

프랙탈 이미지를 변형시킬 수 있는 방법에서 먼저, GA의 돌연변이 연산을 적용한 것은, 프랙탈 이미지를 보다 다양화시키고자 한 의도에 맞게 부모 개체에서 적당히 변형된 것부터 부모 개체는 상상도 할 수 없을 만큼 완전히 다른 모양에 이르기까지 상이한 이미지를 생성한다. 또 다른 방법으로, Direct draw mode는 사용자



[그림 5.1] Dragon의 변형

가 직접 Transformation 메뉴의 평행이동, 회전, X축 반사, Y축 반사를 이용하여 사용자가 직접 아핀을 변환하고, 프랙탈 이미지가 변형되는 것을 미리 보기 영역에서 실시간으로 확인할 수 있다.

Dragon 이미지를 선택하여 실험한 과정을 보면[그림 5.1], 돌연변이 연산과 Direct draw mode에 의해 이미지를 여러 모양으로 변형시키면서, 결과적으로 초기 이미지와 전혀 다른 이미지도 생성될 수 있음을 알 수 있다.

6. 결론

구현한 대화식 프랙탈 이미지 생성기는 여러 가지 프랙탈 이미지들 중 하나를 선택한 후, 각 이미지를 그릴 때 사용되는 아핀들의 변환을 통하여 변형시키거나 또는, GA의 돌연변이 연산을 적용하여 다양한 모양으로 변형시킨다. 사용자는 변형된 이미지를 심미적 관점이나 주관적 관점에서 취향에 맞게 이미지를 선택할 수 있다.

본 대화식 프랙탈 이미지 생성기의 향후 발전 방향을 살펴본다면, 유전 연산이 수행될 때와 Direct draw mode 일 때 아핀을 추가·삭제하도록 할 수 있을 것이다. 또한, Transformation의 메뉴들을 선택한 아핀에 대하여 아핀맵에서 직접 변환할 수 있도록 User Interface를 향상시킬 수 있을 것이다. 마지막으로, 여기서 구현한 이미지들은 실제 '그려낸' 형태가 아니라 '프로그래밍'된 것이지만, 결과적으로 보면 이런 것들은 단지 정교한 하나의 그래픽처럼 보인다. 그러므로 향후에는 선택한 이미지가 일반적인 시각디자인에 사용될 수 있도록 편집 기능을 추가해도 좋을 것이다.

7. 참고문헌

[1] Ning Lu, "FRACTAL IMAGING", Academic Press, 1997, p.2-50  
 [2] Peter J. Bentley & David W. Corne, "Creative Evolutionary System", Academic Press, 2002, pp.339-365  
 [3] Gary William Flake, "The Computational Beauty of Nature", The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 1999, p.59-136  
 [4] Jose L. Ribeiro Filho, Philip C. Treleaven, Cesare Alippi, "Genetic Algorithm Programming Environments", IEEE Computer, June 1994, pp.28-43  
 [5] MITSUO GEN, RUWEI CHENG, "GENETIC ALGORITHMS AND ENGINEERING DESIGN", 1996, Wiley-Interscience p.118-127