

인공생명 기반 진화엔진을 이용한 3차원의 창발적 인공 캐릭터 모양 생성

Creating 3D Emergent Artificial Character Morphology Using Evolution Engine based on Artificial Life

민현정, 조성배

연세대학교 컴퓨터과학과

Hyeun-Jeong Min and Sung-Bae Cho

Department of Computer Science, Yonsei University

E-mail : solusea@cs.yonsei.ac.kr, sbcho@cs.yonsei.ac.kr

ABSTRACT

인공생명 기법의 대표적인 응용분야 중 하나인 창발적인 개체의 생성에서 유전자를 표현하는 방법으로 크게 방향성 그래프와 L-system의 두 가지 방법이 사용되고 있다. 두 가지 방법 모두 각기 좋은 특성이 있지만 L-system은 사용자에게 의해 내부적인 파라미터로 정의되기 때문에 전체적인 실제 모양을 구조적으로 정의하기 어렵다. 본 논문에서는 이런 단점을 극복하고자 실제 모양을 표현하는데 적절한 구조적 방향성 그래프를 도입하여 개체의 유전자를 구조적으로 표현함으로써 실제 개체와 유사한 모양을 창발적으로 생성하고, 이를 클러스터 대화형 유전자 알고리즘에 적용하여 사용자가 생성하고자 하는 실제 모양의 캐릭터를 자동으로 생성하게 하였다. 실험을 통해 3차원에서의 의자모양과 꽃 모양을 생성함으로써 다양한 구조의 창발적인 캐릭터를 생성할 수 있는 가능성을 제시했다.

Key words : 인공생명, 구조적 방향성 그래프, 대화형 유전자 알고리즘, 3D 그래픽스

1. 서 론

인공생명이란 자율성, 적응성, 자기복제, 자기복구 등의 기능을 가지는 인공 시스템을 만들어내는 연구로 스탠포드 연구소의 C. G. Langton에 의해 처음 개념이 정립되어 지금까지 활발한 연구가 진행되고 있다[1]. 이 인공생명 기법의 대표적인 응용 분야 중 하나로 진화 알고리즘을 이용한 인공 개체의 생성에 관한 연구가 진행되고 있다. 최근 인공생명 기법은 컴퓨터 그래픽스, 게임 캐릭터 생성, 컴퓨터 아트의 한 방법론으로 부각되고 있다[2].

진화 알고리즘을 이용한 개체의 자동 생성에 사용되는 기법으로는 방향성 그래프와 L-system이 있다. 방향성 그래프는 K. Sims에 의해 처음 제안된 방법으로 방향성 그래프의 노드와 에지로 개체의 모양과 연결관계를 표현하는 방법이다[3]. 이 방법의 장점은 표현된 개체를 사용자가 직관적으로 알기 쉽고 원하는 개체의 모양 구조를 비교적 빠르고 쉽게 정의

할 수 있다는 것이다. L-system은 생물학자인 A. Lindenmayer에 의해 처음 제안된 방법으로 수학적 형식 언어로 이루어진 규칙의 집합이다[4]. 지역적인 규칙으로 단순한 개체를 계속적으로 바꾸어 나감으로써 결과적으로 복잡한 모양의 개체를 만들어 낸다.

진화적 캐릭터를 생성할 때 가장 어려운 것은 캐릭터의 좋고 나쁨을 어떻게 평가할 것인가 하는 것이다. 캐릭터의 좋고 나쁨은 주관적인 것이며 수학적으로 표현하기 어렵다. 진화 알고리즘과 사람의 주관적인 평가를 결합하는 방법을 대화형 유전자 알고리즘이라 하며, 기본적인 알고리즘은 일반 유전자 알고리즘과 동일하나 적절성의 평가를 사람이 한다는 차이점이 있다.

본 논문에서는 방향성 그래프로 의자모양과 꽃 모양의 구조를 정의하고 유전자 알고리즘에서 사람의 피로를 최소화하고 수렴성을 높이기 위해 적은 수의 개체의 평가만으로 많은 수의 개체를 진화시키는 클러스터 진화 알고리즘을

이용한다.

II. 진화엔진

1986년 Dawkins의 개체 진화실험 이래로 고정된 모양에서의 행동 진화에 관한 연구가 계속되었고, K. Sims는 방향성 그래프를 유전자형으로 사용하여 모양과 신경망을 이용한 행동과 모양의 동시 진화로 캐릭터를 생성하는 연구의 효시가 되었다[5][6]. L-system을 이용해서 개체를 생성하고 진화를 통해 성장 및 소멸하는 모양의 생성은 내부 파라미터 및 반복된 명령어를 통해 이루어지므로 실제 모양의 구조를 정의하기 어렵고 표현형을 유추하는 것에 제약이 따른다. 본 논문에서는 이러한 문제점들을 해결하기 위해 실제 모양의 구조를 유전자형으로 표현하는 구조적 방향성 그래프와 캐릭터 모양의 감성적인 평가를 위한 클러스터 대화형 유전자 알고리즘(IGA)을 제안한다. 그림 1은 제안하는 방법의 전체적인 작동 과정이다.

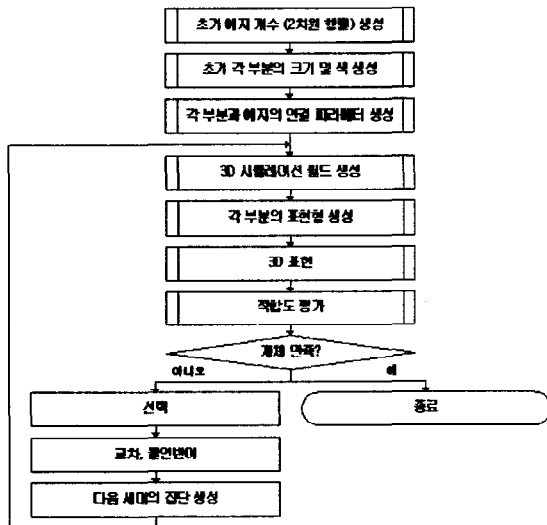


그림 1. 제안하는 방법의 작동과정

2.1 구조적 방향성 그래프

방향성 그래프의 노드와 에지를 이용하여 개체의 표현형을 구조적으로 생성한다. 방향성 그래프의 노드는 개체의 각 파트 정보인 종류, 크기, 색 등의 정보를 가지고 있고, 에지는 각 파트의 연결 정보인 위치와 방향 그리고 연결할 에지의 개수에 대한 정보를 가지고 있다. 그림 2는 의자모양의 구조를 방향성 그래프로 표현한 예를 보여준다.

방향성 그래프 $DG = (V, E)$ 에서 E 에 속하

는 각각의 에지는 두 정점 V 의 순서쌍으로 이루어진다. 그림 2에서 표시된 방향성 그래프에서의 정점과 에지는 다음과 같이 표현된다.

$$V(DG) = \{\text{받침, 등받이, 다리}\}$$

$$E(DG) = \{\langle \text{받침, 받침} \rangle, \langle \text{받침, 등받이} \rangle, \langle \text{등받이, 등받이} \rangle, \langle \text{받침, 다리} \rangle\}$$

$DG = (V, E)$ 에서 $|V|=3$ 이므로 DG 의 인접행렬은 3×3 행렬로 나타낼 수 있는데, 행렬의 각 원소는 다음과 같이 정의된다.

$$a_{ij} = \begin{cases} n, & (v_i, v_j) \in E(DG) \\ n/r, & (v_i, v_i) \in E(DG) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

위의 식에서 n 은 에지의 개수이고, r 은 에지의 반복되는 회수이다.

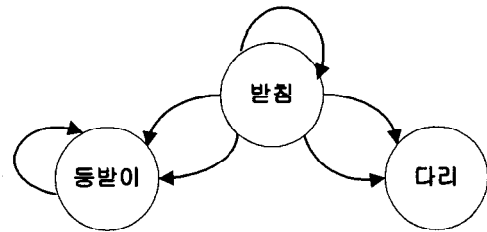


그림 2. 방향성 그래프로 표현된 의자모양 유전자형

2.2 대화형 유전자 알고리즘

생물의 진화 과정을 모방한 대화형 유전자 알고리즘은 적합도 함수가 명시적으로 정의되어 있지 않고 적합도 평가가 애매한 문제에 사용되는 최적화 방법이다. 이 알고리즘은 유전자 알고리즘에서 적합도 평가 부분을 사용자가 평가하도록 변형한 것으로 사용자가 각 개체에 대해 직접 적합도를 평가함으로써 개인의 감성을 진화과정에 적용시킬 수 있는 장점이 있다[7].

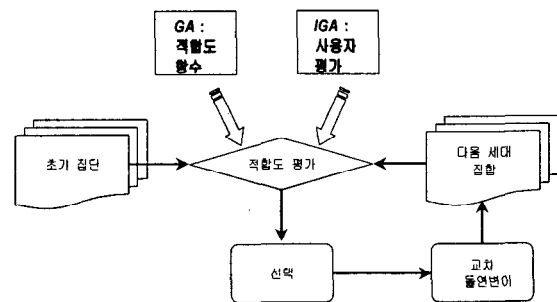


그림 3. 대화형 유전자 알고리즘의 작동 과정

그림 3은 유전자 알고리즘과 대화형 유전자 알고리즘의 작동과정을 비교하여 보여준다. 디자인이나 음악과 같은 문제들은 인간의 감성에 기반하여 평가가 일어나므로 수학적 적합도 함수를 도출하기 어려울뿐더러, 개개인의 선호도의 차이나 변화하는 유행 등을 반영할 수 없기 때문에 일반적인 유전자 알고리즘으로는 해결하기 어렵다[8].

그러나 대화형 유전자 알고리즘은 사용자가 모든 개체들을 평가해야 하므로 사람이 느끼는 피곤함이 크며, 이에 따라 집단의 크기와 집단 세대수를 제한할 수밖에 없다. 따라서, 해 검색 공간을 적절히 사용하지 못하게 되며, 그로 인해 유전자 알고리즘의 성능을 충분히 끌어내지 못하게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 입력 인터페이스와 디스플레이 인터페이스를 향상시키는 법, 유전자 알고리즘의 수렴을 가속시키는 방법과 같은 다양한 개선 방안이 연구되고 있는데 본 논문에서는 클러스터 GA 방법을 이용한다.

2.3 클러스터 대화형 유전자 알고리즘

IGA의 경우 사람이 평가를 수행하기 때문에 개체 평가시간도 많이 소요되고 시간이 지남에 따라 사람의 피로도도 증가한다. 클러스터 GA는 이러한 문제를 해결하기 위해 최소의 평가만으로 집단의 크기를 크게 유지하는 특성을 지니고 있다[9][10]. 클러스터 GA는 집단의 모든 개체를 평가하는 것이 아니라 대표적인 개체만을 평가하고 나머지 개체들은 대표 개체의 상대적인 거리로 계산한다.

그림 4는 클러스터 IGA를 이용한 캐릭터 모양의 진화과정을 보여준다. 개체의 유전자형에 대해 3차원의 표현형을 생성하면 평가자는 표현형을 보고 개체에 적합도를 준다. 클러스터의 중심에서 가까울수록 높은 적합도를 받을 수 있음을 보여준다. 클러스터링 알고리즘을 이용하여 유사한 그래프를 클러스터별로 묶는다. 하나의 클러스터에 모인 개체 중에서 중심에 가장 가까운 개체를 선택하여 사용자가 평가하도록 한다. 중심에 위치한 개체의 적합도는 다른 개체들의 적합도를 계산하기 위한 기준으로 사용한다. 중심에 위치한 개체와 클러스터내의 다른 개체들 사이의 거리를 계산한다. 클러스터링 기법으로 K-means 알고리즘을 사용하였는데, K-means 알고리즘은 다음과 같다[12].

각 개체들은 벡터 $x = [x_1, \dots, x_n]^T$ 로 표현하고, Euclidean Norm을 다음과 같이 정의하면,

$$\|x\| = \left[\sum_{i=1}^n x_i^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

같은 차원의 두 벡터 x 와 z 의 Euclidean distance는 다음과 같다.

$$\|x - z\| = \left[\sum_{i=1}^n (x_i - z_i)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

- 1) 초기화 단계:
생성할 클러스터의 개수 K 를 정하고, K 개의 각 클러스터에 대하여 클러스터의 중심을 초기화 한다.

$$\{z_1(l), z_2(l), \dots, z_K(l)\}$$

- 2) 개체분산 단계:
개체들을 각 클러스터에 분산시킨다.

$$x^p \in S'_j \quad \text{if } \|x^p - z_j(l)\| < \|x^p - z_i(l)\|$$

for all $i=1, 2, \dots, K, i \neq j$

- 3) 새로운 클러스터의 중심 계산 단계:
개체분산 단계의 결과로 각 개체들이 클러스터에 할당되면 각 클러스터의 중심을 클러스터에 속하는 거리 합이 최소가 되도록 다시 계산한다.

$$D_i = \sum_{x^p \in S'_j} \|x^p - z_j(l+1)\|^2 \quad j=1, 2, \dots, K$$

- 4) 수렴여부의 확인
K-means 알고리즘은 더 이상 각 클러스터의 중심에 변화가 생기지 않을 때 종료된다.

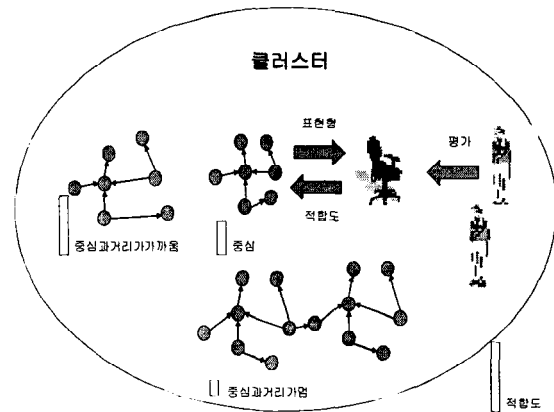


그림 4. 클러스터 IGA를 이용한 의자모양의 진화

III. 실험 및 결과

모양진화는 생성되는 캐릭터 행동의 우수성으로 평가되는 행동진화와는 달리 사람의 주관적인 요소에 많이 영향을 받는다. 따라서 실험

에서는 의자 모양과 꽃 모양 캐릭터를 방향성 그래프와 대화형 유전자 알고리즘을 이용하여 진화시켰다. 이 실험을 위하여 MathEngine이라는 3차원 물리엔진을 이용했다. 3차원 환경으로 시뮬레이터의 물리적인 환경을 설정해주고, 캐릭터의 몸체와 관절들의 생성을 도와주는 그래픽 API이다. 기본적으로 C 언어로 제공되고 있으며 물리적 시뮬레이션의 생성 및 캐릭터의 body, joint들의 생성은 라이브러리로 제공된다[11].

그림 5는 시뮬레이션을 통해 생성된 의자 모양과 꽃 모양에 대한 표현형의 예이다. 그림에서 생성된 캐릭터는 진화를 통해 생성된 꽃 모양과 의자모양의 한 예이다.

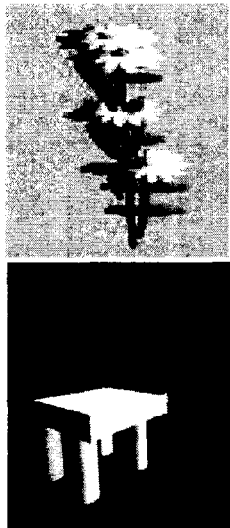


그림 5. 진화를 통해 생성된 캐릭터 예

IV. 결 론

본 논문에서는 실제 모양의 구조로 쉽게 유전자형을 정의할 수 있고 표현형에 대한 피드백을 알 수 있는 방향성 그래프와 정량적인 평가가 어려운 문제에 적합한 대화형 유전자 알고리즘을 적용했다. 그리고 집단 내에 많은 개체수를 허용하는 클러스터 IGA를 이용하여 3차원에서 개체를 자동으로 생성할 수 있는 방법을 제안하였다.

방향성 그래프를 이용한 염색체의 표현으로 그래프를 반복적으로 적용하여 유사한 부분에 대한 재생산성을 높일 수 있으며 그래프를 이용하여 구조적으로 표현함으로써 사용자에게 쉽게 구조를 알 수 있도록 한다는 장점이 있다. 생성된 모양과 함께 자연스러운 움직임을 표현하는 문제와 다른 복잡한 모양의 개체를 구조

적으로 정의하여 생성하는 것에 대한 연구가 과제로 남는다.

감사의 글 : 본 연구는 한국문화콘텐츠진흥원의 지원에 의한 것임.

V. 참고문헌

- [1] C. G. Langton, "Artificial life," *Santa Fe Institute Studies in the Sciences of Complexity*, vol. 6, pp. 1-44, Addison-Wesley, 1989.
- [2] L. Mignonneau and C. Sommerer, "Creating artificial life for interactive art and entertainment," *LEONARDO Journal*, vol. 34, no. 4, pp. 303-307, 2003.
- [3] K. Sims, "Artificial evolution for computer graphics," *Published in Computer Graphics*, vol. 25, no. 4, pp. 319-328, 1991.
- [4] A. Lindenmayer, "Mathematical models for cellular interaction in development. Parts I and II," *Journal of Theoretical Biology*, vol. 18, no. 2, pp. 80-99, 1968.
- [5] R. Dawkins, *The Blind Watchmaker*, Harlow Longman, 1986.
- [6] K. Sims, "Evolving 3D morphology and behavior by competition," *Proceedings of the Fourth International Workshop on the Synthesis and Simulation of Living Systems*, pp. 28-39, 1994.
- [7] 이주영, 조성배, "감성기반 영상검색을 위한 대화형 유전자 알고리즘의 적용," *정보과학회 논문지 (B)*, 제 26권 3호, pp. 422-430, 1999.
- [8] T. Back, D. B. Fogel, and Z. Michalewicz, *Evolutionary Computation 1: Basic Algorithms and Operators*, Inst. Of Physics, 2000.
- [9] J.-Y. Lee and S.-B. Cho, "Sparse fitness evaluation for reducing user burden in interactive genetic algorithm," *Proceedings of 1999 IEEE International Fuzzy Systems Conference*, pp. 998-1003, 1999.
- [10] H.-S. Kim and S.-B. Cho, "An efficient genetic algorithm with less fitness evaluation by clustering," *Congress on Evolutionary Computation*, pp. 887-894, 2001.
- [11] T. Taylor and C. Massey, "Recent developments in the evolution of morphologies and controllers for physically simulated creatures," *Artificial Life*, vol. 7, no. 1, pp. 77-87, 2001.
- [12] 이종하, *대화형 진화 연산을 이용한 캐릭터의 행동생성*, 석사학위논문, 2002.