

구조물의 형태 생성과 Morphogenesis기법

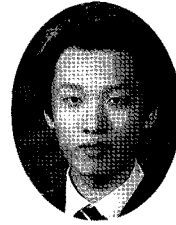
Shape Creation of Structures and Morphogenesis Technique



김 호 수*
Kim, Ho-Soo



박 영 신**
Park, Young-Sin



양 명 규***
Yang, Myung-Kyu

1. 서론

최근 구조물의 형태 생성에 대한 중요성이 대두되고 있으며 국·내외 적으로 이와 관련된 연구가 활발히 진행되고 있다. 과거 구조물의 형태 생성은 설계자의 경험이나 직감에 의해서 수행되었고 이로 인해 과도한 시간이나 노력이 소요되어 매우 비효율적이었다. 하지만 최근에는 컴퓨터의 발달과 연구자들의 노력에 의해 형태 생성에 대한 다양한 기법들이 개발되고 있으며, 이중 최근 가장 이슈가 되는 형태 생성방안이 <그림 1>과 같이 생물학 형태를 건축물의 외양에 적용하는 방안이다. 이런 생물학 형태를 수학적 모델로 표현하기 위한 모델링 방안이 Morphogenesis기법이며 이 기법은 생물학 분야에서 처음 시작되었으며 현재는 다양한 분야에서 연구가 되고 있다.

Morphogenesis기법은 자연 생명체에서 찾은 효율적인 패턴을 구조물의 형태에 도입하여 새롭게 창조적인

대안을 도출하는 기법으로 향후 구조물의 형태 설계에 매우 핵심적인 역할을 할 것으로 판단된다. 따라서 Morphogenesis기법의 대표적인 모델 및 적용 사례에 대해서 살펴보고자 한다.



(a) 슈투트가르트 공항 (b) 밀워키 미술관

<그림 1> 생물학 형태를 건축물에 적용한 사례

2. Morphogenesis 모델

거북의 등껍질, 식물의 성장 등과 같이 자연 생명체가 자기성장을 통하여 다양하고 새로운 형태 및 패턴을 생성하는 것을 Morphogenesis라고 한다.

Morphogenesis는 형태(shape)와 생성(creation)의 합성어로서 자연적으로 이루어진 형태가 가장 효율적이고 기능적이라는 점에서 출발하였으며 이런 자연현상에

* 정회원 · 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

** 정회원 · 청주대학교 건축공학과 박사과정

*** 정회원 · 청주대학교 건축공학과 석사과정

서 얻은 다양하고 복잡한 형태의 Morphogenesis을 시각적으로 표현한 모델 중 대표적인 모델이 Cellular Automata와 L-system이다.

2.1 Cellular Automata(CA)

2.1.1 Cellular Automata 정의 및 구성요소

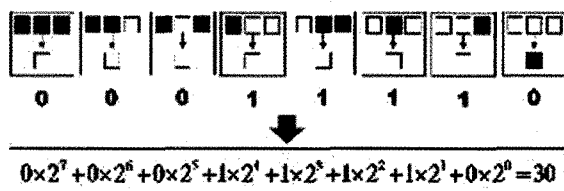
Cellular Automata는 Von Neumann⁹⁾에 의하여 소개된 이론으로, 공간, 시간, 상태가 이산적인 동적 시스템이다. 이산적인 양으로 분할된 공간을 셀이라 부르며 한 번에 한 가지 상태를 가질 수 있다.

격자구조 속의 셀의 상태는 국소적인 규칙에 의하여 수정된다. 즉 주어진 시간의 셀의 상태는 한 단계 전의 자기 자신의 상태와 근처 주변 셀의 상태에만 의존한다. Cellular Automata를 이루는 구성요소는 상태(State), 이웃(Neighborhood), 규칙(Program Rules)의 세 가지로 되어있다. 상태(State)는 각각의 셀을 구분하는 변수로서 수 또는 성질을 말하며, 이웃(Neighborhood)은 상호작용을 일으키는 셀들의 집합을 의미하며, 규칙(Program Rules)은 셀의 현재 상태와 그 셀의 이웃 상태에 따라 해당 셀의 다음 상태를 결정하는 규칙을 말한다.

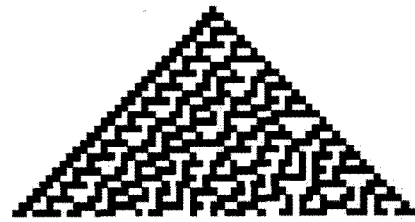
2.1.2 Cellular Automata(CA)의 규칙

CA규칙은 2진수로 표현된 8개의 셀의 값을 10진수로 변환한 값을 말한다. <그림 2>와 같이 8개의 2진수를 10진수로 변환하면 30이 되며 이는 CA규칙 30번을 의미한다.

<그림 3>은 CA규칙 30번을 이용한 패턴생성의 예를 나타낸다.



<그림 2> Cellular Automata 규칙



<그림 3> Cellular Automata의 패턴생성의 예

2.2 L-System

2.2.1 L-System 정의

생물학자인 Astrid Lindenmayer는 식물의 성장을 도식화하는 형식적 체계를 제안하였으며 이는 Lindenmayer system이나 L-system으로 불린다.²⁾

L-system은 식물의 성장과정을 모델링하기 위하여 개발된 수학적 모델로써 미리 정해진 규칙에 의존한 코드의 기록과 재기록의 표현임에도 불구하고 생물학적 자연원리를 근사하게 시각화 할 수 있다. 또한 초기문자열(axiom)로부터 치환규칙의 반복적인 적용에 의하여 생성된 최종문자열은 문자의 의미에 따라 여러 가지 방식으로 해석될 수 있다는 점이 특징이다. L-system의 문자열은 왼쪽에서 오른쪽으로 해석되고 미리 정의된 치환규칙에 의해 초기 문자를 다시쓰기 시작하고 그 치환규칙은 반복적으로 적용이 된다.

2.2.2 L-system의 규칙

L-System의 구성은 크게 G, w, P로 이루어져 있다. G는 시스템에서 사용되는 상징문자들의 집합, w는 초기 문자 또는 문자열, P는 치환규칙의 집합을 의미한다. 예를 들어 L-system이 아래와 같은 구성을 하고 있다면 치환규칙에 따라 <표 1>과 같은 최종 문자열이 생성된다. 또한 <그림 4>는 L-system을 이용한 나무 성장을 나타낸 것이다.

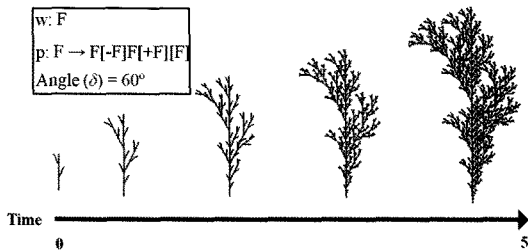
$$\text{Alphabet}(G) = \{a, b\}$$

$$\text{Rules}(P) = \{a \rightarrow ab, b \rightarrow a\}$$

$$\text{Axiom}(w) = b$$

〈표 1〉 문자열 생성

초기 문자열	b
time 1	a
time 2	ab
time 3	aba
time 4	abaab
time 5	abaababa



〈그림 4〉 L-System을 이용한 나무 생성

2.3 Cellular Automata와 L-System의 비교

Morphogenesis의 대표적 모델인 Cellular Automata와 L-System을 특징에 따라 비교하면 〈표 2〉와 같다.

〈표 2〉 Morphogenesis모델 비교

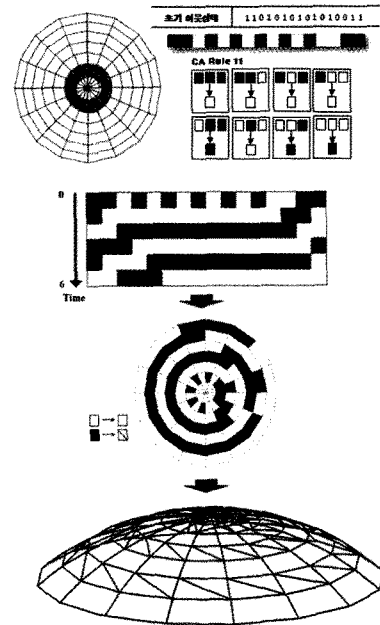
	Cellular Automata	L-system
개념	○ 공간은 유한개의 셀로 나뉘며, 이 셀은 국소적인 규칙에 의하여 수정됨	○ 초기문자열(axiom)로부터 치환규칙의 반복적인 적용에 의하여 최종문자열이 생성됨
공통점	○ 생물계의 여러 가지 현상을 시뮬레이션 하는 모델 ○ CA규칙에 따라 다음 상태가 결정됨	○ 식물의 생장과정을 모델링하기 위하여 개발된 수학적 모델 ○ 치환규칙에 따라 문자열이 생성됨
차이점	○ 셀의 상태는 한 단계 전의 자기 자신의 상태와 근처 주변 셀의 상태에 따라 갱신	○ 문자 사용(문법을 기반으로 하는 모델링)
예		

3. Morphogenesis 모델의 적용 사례

Morphogenesis를 건축 구조물의 형태 생성에 적용하려는 연구가 여러 분야에서 진행되고 있지만 아직까지는 다양하지 못한 실정이다. 이에 따라 Morphogenesis 기법이 적용된 형태 생성 사례에 대해서 살펴보고자 한다.

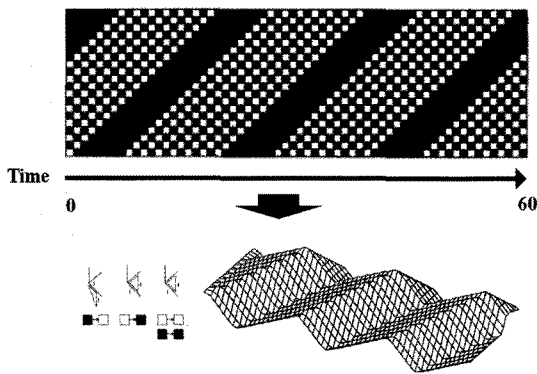
3.1 Cellular Automata(CA) 적용 사례

CA는 생물학, 전산학, 수학 등 여러 분야에서 이용되고 있으며, 최근 건축분야에서도 건축물의 형태 설계 단계에 CA를 이용하기 위한 연구가 진행 중에 있다. 〈그림 5〉는 본 연구자에 의해 CA패턴 결과를 브레이스 부재 유무와 관련지어 돔 구조물을 생성한 사례이다.

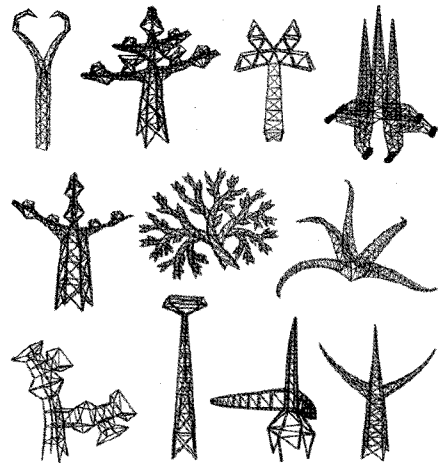


〈그림 5〉 Cellular Automata 적용 사례 1

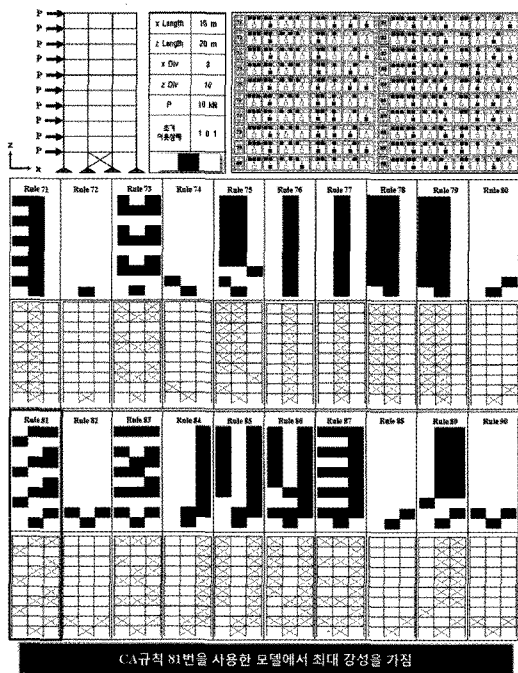
〈그림 6〉은 CA패턴 결과에 따라 부재 연결 각도를 다르게 고려하여 스페이스 트러스 구조물을 생성한 사례를 나타낸다.⁴⁾ 〈그림 7〉은 본 연구자에 의해 가새골조 시스템에 CA규칙을 적용하여 최적형태를 찾아내는 사례를 보여준다.⁷⁾



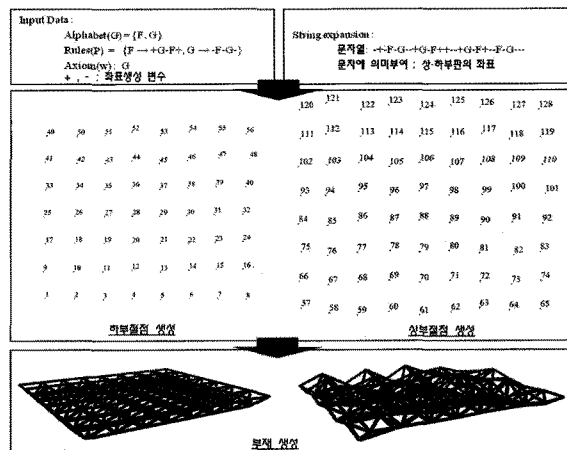
〈그림 6〉 Cellular Automata 적용 사례 2



〈그림 8〉 L-System 적용 사례 1



〈그림 7〉 Cellular Automata 적용 사례 3



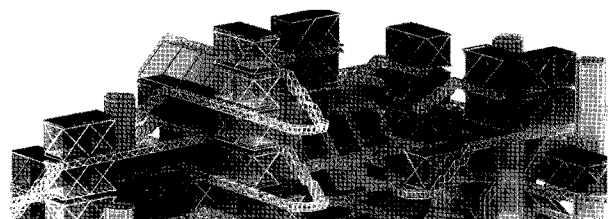
〈그림 9〉 L-System 적용 사례 2

3.2 L-System 적용 사례

〈그림 8〉은 L-system을 이용하여 철탑의 형태를 다양하게 생성한 사례이고,⁵⁾ 〈그림 9〉는 본 연구자에 의해 L-system을 평판 스페이스 프레임의 각 절점의 좌표에 적용하여 비정형 형태로 생성한 사례이다. 또한 〈그림 10〉은 L-system을 건축디자인에 적용하는 건축가인 Michael Hansmeyer의 사례로 실무에 종사하고 있는 건축가도 자연의 패턴 및 형태를 건축물의 형태에 도입을 하기 위해 노력하고 있다는 것을 알 수 있다.



(a) Branching L-System(singe generation)



(b) Modular branching L-System

〈그림 10〉 L-System 적용 사례 3

4. 결 론

Morphogenesis기법의 대표적인 모델인 Cellular Automata와 L-system의 소개 및 적용 사례에 대해서 살펴보았고, 그 결과는 다음과 같다.

1) Cellular Automata와 L-system모델의 공통점으로는 자연현상에서 얻은 다양하고 복잡한 형태를 시각적으로 표현하기 위한 모델이라는 것이고, 차이점으로는 Cellular Automata모델의 경우 이웃셀과의 상호관계에 따라 다음 상태가 결정된다는 것이며, L-system모델은 재귀적 메커니즘에 의해 수행되는 문법기반의 모델링 방법이라고 할 수 있다.

2) Morphogenesis기법을 통해 자연생명체의 패턴 및 형태를 건축 구조물의 형태 생성에 적용 가능성을 알 수 있었고, 이에 따라 다양하고 새로운 구조시스템을 창조하는 데에 유용한 방법으로 판단된다.

3) Morphogenesis기법을 통한 형태 생성 방안은 아직 까지 다른 분야에 비해 적용이 미흡한 실정이며, 구조물의 실용적인 최적 형태를 찾기 위해서는 기존의 위상 및 크기최적화 기법과의 통합적인 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다.

5. Jonathan C. Borg, Philip J. Farrugia, Kenneth P. Camilleri, knowledge intensive design technology, Kluwer Academic Publishers, 2004

6. Silver, M. Programming Culture, Wiley-Academy

7. 양명규, 이민호, 한철희, 박영신, 김호수, 구조물의 형태생성을 위한 Morphogenesis기법의 활용방안, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 39권 1호, 2010. 10

-참고문헌-

1. J. von Neumann, The Theory of Self Reproducing Automata, A. Burks(ed.), Univ. of Illinois Press, 1966

2. J. Mishra and S. Mishra, L-System Fractals, Elsevier Science Ltd, 2007

3. S. Wolfram, Cellular Automata and Complexity, Addison Wesley Publishing Company, 1994

4. Cory Clarke, Phillip Anzalone, Architectural Applications of Complex Adaptive Systems, Association of Computer Aided Design in Architecture, 2003