

# 디지털 오너먼트의 패턴생성기법 및 표현특성 연구

## A Study of Pattern Generation Technique & Expressive Characteristics of Digital Ornament

Author 한혜신 Han, Hea-Shin / 정회원, 건국대학교 건축대학원 실내디자인학과 박사과정 수료  
김문덕 Kim, Moon-Duck / 명예회장, 건국대학교 실내디자인학과 교수, 건축학 박사

**Abstract** Conventionally, ornament has developed around linear thinking based on Euclidean geometry, and been explained as simple and lucid natural Euclidean geometrical phenomena. The modular arrangement with vertical, horizontal and diagonal grids has been an organizing principle of classical ornament, but in digital era ornament is found not to be explained only with the principle of traditional arrangement due to the seemingly irregular complex forms. In that sense, this study presents the concept of digital ornament and examined the backgrounds of ornament in digital age, that are complex system and non-Euclidean geometry. Accordingly, the present study takes an approach by dividing new formal types of ornament into algorithmic form, hybrid form and dynamic form to find out a principle of pattern organization.

Lately, architects who actively use computer for their architectural designs take the algorithmic strategies in nature and create various and complex patterns by simple rules. The patterns are not the repetition of the same, but the production of singularities. In addition, hybrid form by morphing shows a topologically flexible evolutionary transformation, and is used to create in-between transitional shapes from the source to target. Finally, the patterns by the interaction between the system components which are corresponded to the embedded forces emerge from dynamic simulation of the natural environment. Rather than objects itself, focus is given to the process of generating forms, and the ornamental patterns as the revelation of such implicit order provide not just the formal beauty but also spatial pathways for lights and air, maximizing the effects of lights.

**Keywords** 디지털, 오너먼트, 패턴, 자연, 모듈  
Digital, Ornament, Pattern, Nature, Module

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경과 목적

산업혁명으로 철이 생산되어지면서 철과 유리를 사용한 건축 공간이 급속히 발전하였던 것과 마찬가지로 21세기 디지털 혁명은 많은 건축가들에게 건축과 디지털 테크놀로지의 적극적인 활용을 가능하게 하였다. 컴퓨터 소프트웨어들은 이미 계획되어진 건축의 결과물들을 이차원 또는 삼차원적으로 표현하기 위한 수단으로 쓰여지는 것이 아닌, 계획의 초기 단계부터 사용하여 기존의 방법으로는 어려웠을 형태와 표현들을 가능하게 하였다. 디지털 틀을 이용한 디자인 방법론적인 변화와 함께 다양한 재료와 제작 프로세스의 발달로 과거처럼 수공예적인 방식에 의존하지 않아도 복잡하고 섬세한 아름다움이 가능해졌다. 이것은 노동집약적이고 사치스럽다고 생각

하여 비난받았던 장식성의 부활을 가져오면서 다양한 디자인적 시도를 가능하게 하였다. 오너먼트의 형태는 보통 함축되어진 패턴으로 나타나는데 패턴을 형성하는 하나의 구성단위를 모듈(module)이라고 한다. 최근 다양한 디지털 모델링 기법을 활용한 건축 및 실내디자인의 오너먼트는 그 모듈의 형태 및 배열, 표현방법에도 있어서 과거와는 다른 양상을 보이고 있다. 이는 최근 디지털 틀을 이용한 설계 방법론적인 변화와 함께 공간의 인식에 있어서 과거 유클리드 기하학에 근거한 선형적 공간 개념으로부터 비 유클리드적, 비 선형적 공간개념으로의 변화와도 연관이 있다. 이러한 배경을 기반으로 한 본 논문의 목적은 디지털 틀을 디자인 프로세스에 적용한 현대 공간에서 새롭게 대두하는 디지털 오너먼트의 패턴 생성기법과 표현특성에 대한 고찰을 통하여 고전적 오너먼트의 개념과 구별되는 새로운 오너먼트적 디자인 방법

론을 이해하는 것이다. 이렇게 새로운 디지털 오너먼트의 개념을 제시하고 그 특성을 파악하는 것은 디지털 시대의 다양한 건축적 현상을 이해하는 데에 도움이 될 것이라 판단되며, 또한 보다 창의적인 조형 감각을 향상시키는 데에도 기여할 것으로 생각된다.

## 1.2. 연구 방법 및 범위

연구방법은 2장에서는 고전적 오너먼트와 디지털 오너먼트의 이론적 고찰을 통하여 디지털 오너먼트의 개념을 정의하고 그 패턴생성의 차이를 제시한다. 3장에서는 디지털 오너먼트의 패러다임적 배경이 되는 복잡성과 비유클리드 기하학에 대하여 살펴보고 이에 따른 디지털 오너먼트의 형태적 특성을 알고리즘적 폼, 하이브리드 폼, 다이내믹 폼으로 구분하여 파악한다. 4장에서는 3장의 이론적 고찰로부터 도출한 세 가지 관점에서 최근 디지털 건축사례에서 보여지는 오너먼트의 패턴생성 기법과 표현특성을 분석한다. 5장에서 결론을 제시한다.

## 2. 디지털 오너먼트의 개념

### 2.1. 디지털 오너먼트의 출현

건축에 있어서 오너먼트의 본래의 기능은 건축이 그 근원이 되는 자연과 커뮤니케이션 하도록 하는 것<sup>1)</sup>으로 오너먼트는 장식, 혹은 구조적 요소에 반복적으로 배열된 모티브들로 구성되어 자연의 순환이나 개화 등을 표상하였다.<sup>2)</sup> 하지만, 비표상으로 특징지어지는 현대 건축에서는 공통 언어나 이해 시스템의 부재로 인하여 같은 대상도 각각의 문화나 컨텍스트에 따라 다르게 받아들여질 수 있음을 인식하고 보다 내재적인 질서로 오너먼트를 건축이나 공간에서 표현하고자 하였다. 이는 현대 디지털 건축의 자기 지시적(self-referential) 표현방식과 함께 새로운 개념의 오너먼트적 건축물들을 출현시켰다. 또한, 현대 건축의 다양한 오너먼트적 사례를 토대로 2006년 발행된 'The Function of Ornament'에서는 후기 구조주의적 사유와 연관하여 감응(affect)와 감성(sensation)<sup>3)</sup>의 필요성에 대하여 설명하고 있다. 즉, 상징적 건축 어휘로 대중과의 커뮤니케이션을 의도하며 건축을 의미적, 기호적으로 해석하였던 포스트모던 시기의 많은 연구들이 실제로 언어와 건축의 본질적인 차이로 인한 건축 의미의 불안정성을 인정하며 그 표상성에 한계를 드러내고, 보다 효과적인 의사소통의 방법으로 감성을 자극하고 감동을 줄 수 있는 그 형태 자체로 존재

가치를 찾고자 한다는 것이다. 더욱이, 그 형태적 아름다움을 생산해내기 위한 컴퓨터의 형태생성 능력과 논리적인 디자인 프로세스는 더욱 중요한 의미를 지니게 되었다. 현대 디지털 건축 시대에 있어서 컴퓨터가 생성해내는 패턴을 기본으로 한 다양한 오너먼트적 건축 현상에 대하여 Andrea Gleiniger와 Georg Vrachliotis는 그들이 편집한 책 'Pattern: Ornament, Structure, and Behavior'에서 "디지털 오너먼트(Digital Ornament)", "새로운 오너먼트(New Ornament)", 또는 "디지털 시대의 오너먼트(Ornament in the Digital Age)"라 언급하며 새롭게 대두되는 중요한 건축적 논제임을 밝혔다. 하지만, 디지털 오너먼트에 대한 정의가 명확히 내려지지 않은 상황에서 "컴퓨터에 의해 생성된, 반복되는 기하학적 요소"는 "디지털 시대의 새로운 오너먼트"<sup>4)</sup>로 광범위하게 여겨져 왔으며, 이는 확실히 고전적 오너먼트와 차별되는 최근 디지털 건축 디자인의 다양한 오너먼트적 경향을 설명하기에는 부족한 면이 있다. 디지털 생성도구에 의해 다양하고 복잡한 패턴의 자동생성이 가능한 현재 오너먼트적 건축 및 디자인 특성을 이해하기 위하여 다음의 이론적 고찰들을 통해 그 개념을 보다 구체화하고자 한다.

### 2.2. 고전적 오너먼트와 디지털 오너먼트의 패턴

#### (1) 고전적 오너먼트의 패턴

오너먼트는 기본적으로 형태의 배열을 위한 조직적 원리와 이러한 조직적 원리에 적합한 형태들이 상호작용하는 특성을 띤다.<sup>5)</sup> 여기서 조직적 원리에 적합한 형태들이란 오너먼트의 패턴을 형성하는 모티브가 되는 요소로서, 많은 이론가들의 저서들에서 약간의 차이가 있으나 주로 기하학적인 형태와 자연적 형태들이 오너먼트의 모티브로 사용되어 왔다.<sup>6)</sup> 모티브는 반복을 이루며 조직적 원리에 따라 결합하여 패턴을 이루게 된다. 패턴을 크게 두 가지로 구분하면, 몰딩의 조각된 장식(enrichment)이나 패널, 카펫 등의 가장자리에 사용되는 '줄 패턴', 그리고 벽지나 패널의 넓은 부분 등에 반복적으로 사용되어 면을 채우는 '평면 패턴'으로 구분할 수 있다. 과거로부터 패턴을 이루는 조직적 원리는 유클리드 기하학에 근거하여 발전하였으며, 반복, 균형, 리듬, 대칭 등의 원리에 따라 시각적 즐거움과 조화를 나타내었다. 또한, 이러

4) Andrea Gleiniger and Georg Vrachliotis, Pattern: Ornament, Structure, and Behavior, Birkhäuser, 2009, p.8, p.37

5) Claudia und Thomas Weil, Ornament in Architektur, Kunst und Design, Callwey, 2004, p.12

6) Franz Sales Meyer는 그의 저서 'A Handbook of Ornament'에서 오너먼트의 요소를 기하학적인 형태, 자연적 형태, 인위적 형태로 세분화했고, James Trilling은 'The Language of Ornament'에서 자유로운 형태, 기하학적인 형태, 재현(묘사)적인 형태로 구분하였다. 또한, John Ruskin은 'The Stone of Venice'에서 자연으로부터 추출 가능한 장식적 요소에 대하여 추상적인 선, 무생물적, 유기체적 요소로 구분하여 서술하고 있다.

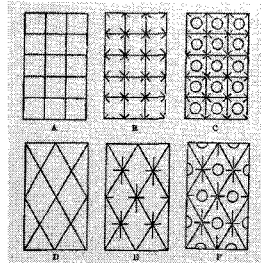
1) RE-Sampling Ornament, S AM No.5, 2008, p.30

2) Kent Bloomer, A Critical Distinction Between Decoration and Ornament, Decoration 306090 Books, Volume 10, 2006, p.49

3) Farshid Moussavi and Michael Kubo, The Function of Ornament, Actar, 2006, p.7

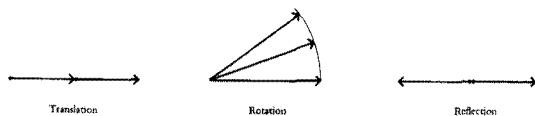
한 유클리드 기하학에 근거한 자연은 플라톤의 미적 형식을 따르며 직선이나 원, 정 다면체 등으로 이상화 되었고 비례는 중요한 미적 근거가 되었다.

오너먼트 연구의 대표적 이론가라 할 수 있는 오웬 존스는 1856년 출간한 '장식의 문법(The Grammar of Ornament)'에서 '건축과 장식 예술에 있어서 형태와 색상 배열의 일반적 원칙'에 대한 37가지의 제안(proposition)을 하였다. 여기서 그는 모든 오너먼트는 기하학적인 구성이 바탕이 되어야 하며<sup>7)</sup>, 자연의 형태를 그대로 모방하는 것이 아니라 자연의 원칙을 이해하고 기하학적으로 추상화하여 새로운 것을 창조할 것을 역설하였다. 또한, '제안 10'에서는 '형태의 조화는 일직선(수직, 수평)과 사선, 그리고 곡선의 적절한 균형과 대비에 있다'고 하였는데, <그림 1>을 예로 들어 설명하면 다음과 같다. 우선, (A) 단조로운 수직, 수평의 그리드에서 (B) 사선을 추가함으로써 흥미가 증가되고, (C) 일직선과 사선 그리고, 곡선의 3가지 요소가 함께 조화를 이루는 패턴의 발전을 보여준다. (D, E, F) 등 변삼각형으로 이루어진 마름모 패턴에서도 역시 비슷한 결과를 보인다. 그는 시각적으로 즐거움을 주는 패턴의 효과를 만들기 위하여, 그리고 배열의 연속성과 예측 가능성을 통한 조화를 이루기 위해 정사각형과 대각선들로 이루어진 그리드의 사용을 권하였다.<sup>8)</sup>



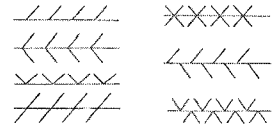
<그림 1> Pattern Development, Owen Jones, The Grammar of Ornament

패턴형성의 조직적 원리에 대한 연구는 이론가, 디자이너들뿐만 아니라 결정학자들(crystallographers) 및 수학자들에 의해 더욱 발전하게 된다. 결정학자들에 의한 결정(crystal)의 대칭성(symmetry) 연구는 결정구조에만 아니라 인간이 만든 패턴에 대한 연구에도 적용하기에 적합하다. Andreas Speiser는 러시아 결정학자 Fedorov의 연구에 이어 패턴 형성의 기하학적 법칙을 연구하였는데, 이는 자와 컴퍼스를 이용하여 그릴 수 있는 단순한 패턴 변환의 요소인 평행이동(translation), 회전이동(rotation)의 두 가지 기하학적 조작을 중심으로 한다.

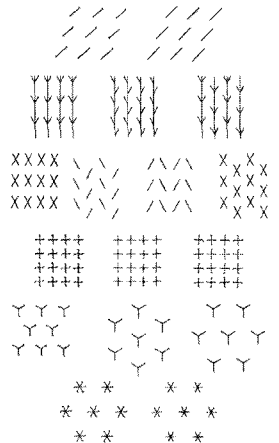


<그림 2> Translation, Rotation, Reflection

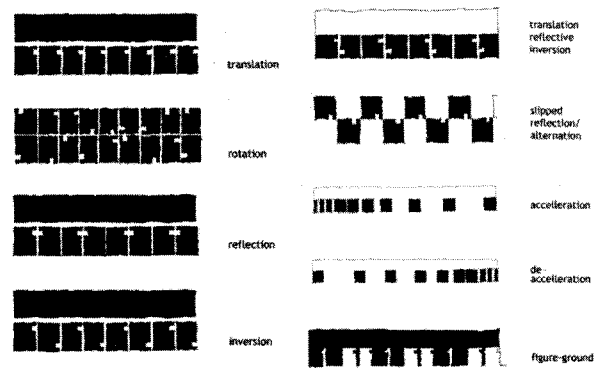
회전이동에 있어서 180도 회전을 하면 반사이동(reflection)을 만들어낼 수 있으며, 이러한 평행이동과 회전이동의 조합으로부터 유클리드 기하학에 의거한 다양한 평면 패턴들을 생성할 수 있다. 하지만, 벽지 등에서 보이는 것과 같이 무수히 다양해 보이는 패턴들도 1891년 Fedorov에 의해 밝혀진 것처럼 결국은 17가지의 오너먼트 그룹 중의 하나에 속한다고 할 수 있다. Speiser는 대칭배열에 의해 가능한 7가지 줄 패턴과 17가지 평면 패턴 양식을 <그림 3, 4>와 같이 분석하였다.<sup>9)</sup> 이러한 패턴들은 이동과 반사를 동시에 한다든지, 이동과 회전과 반사를 동시에 하는 식의 결합적 조작을 통해서 더욱 다양해지는 것이다. 또한, 최근의 이루어진 연구 중에서 Thomas Beeby는 'The Grammar of Ornament/Ornament as Grammar'에서 오너먼트 모듈 배열의 조작적 유형에 대해서 이동(translation), 회전(rotation), 반사(reflection), 역위(inversion) 등 외에 <그림 5>에서 보이는 것과 같이 9가지로 정리하였다.



<그림 3> Seven border types, Speiser, 1937



<그림 4> The seventeen symmetries, Speiser, 1937



<그림 5> Nine ways to manipulate an ornamental unit, Thomas Beeby, 1977

이외에도 많은 사례들에서 보이는 전통적 오너먼트의 패턴생성기법은 유클리드 기하학에 근거하며 비례와 조

7) 제안(Proposition) 8, Owen Jones, The Grammar of Ornament, DK Publishing, 2001, p.24

8) Owen Jones, Carol A. Harvol Flores, Rissoli, 2006, p.76

9) 또한, Dominique Douat은 패턴에 대한 수학적, 시스템적 연구를 하였는데, 정사각형을 대각선으로 나누어 서로 다른 두 개의 색을 주고 이것을 회전하여 얻은 4가지 형태 A, B, C, D의 순열·조합(permutation)에 의한 다양한 패턴생성의 가능성을 도해화 하였다. E. H. Gombrich, The Sense of Order, A study in the Psychology of Decorative Art, Phaidon, 2002, pp.67-72

화, 대칭 등의 형태생성 원리를 가진다고 할 수 있다. 오웬 존스를 위시하여 몇몇 디자이너들은 자연을 모방하기보다 그 법칙을 이해하고 재창조할 것을 주장하였지만 역사적으로 대다수의 오퍼먼트는 자연의 외적 형태로 부터 그 유사(analogy)한 미적 특성을 지닌다.

(2) 디지털 오퍼먼트의 패턴과 개념

앞서 살펴본 것과 같이 오퍼먼트는 자연과 기하학에 밀접한 관련이 있다. 디지털 오퍼먼트의 이론적 바탕이 될 수 있는 자연에 대한 시스템적 사고와 비 유클리드 기하학에 대해서는 3장에서 살펴볼 것이나, 이 장에서는 우선 최근 건축이론의 고찰을 통해 고전적 오퍼먼트의 특성과 대별되는 디지털 오퍼먼트의 개념을 제안한다.

최근 디지털 건축이나 디자인에서 컴퓨터는 디자이너에 의해 모두 계획된 것을 단지 시각화하기 위한 재현적 도구로 사용되는 것이 아니라 형태를 유도해내고 변형하는 생성적 도구로서 사용되고 있다. 디지털 형태생성(digital morphogenesis)의 개념으로, 형태는 디지털을 바탕으로 한 다양한 형태생성 기법으로부터 자동적으로 산출된다. 여기서 디자이너는 외부적으로 보이는 형태의 모델링 대신에 그 내재적인 생성의 논리(internal generative logic)를 명확히 하고 발전 가능한 새로운 형태적 가능성을 탐구한다.<sup>10)</sup> 즉, 완결된 대상으로서의 형태로 부터 형태가 생성되는 과정으로 관심이 이동되며, 시간과 공간 속에서 형태는 하나의 스냅샷(snapshot)과도 같이 그 형태생성의 관점에서 이해되어질 수 있는 것이다.<sup>11)</sup> 이는 후기 구조주의의 비 표상적인 사유체계와 관련하여 질 들뢰즈가 이 세계를 존재가 아닌 생성의 관점에서 바라보고 있는 현대 철학과도 그 맥을 같이한다. 그는 하나의 존재에서 다른 존재가 되는 변화를 주목하고, 그러한 변화의 내재성을 주목하며, 그것을 통해 끊임없이 탈영토화 되는 과정을 주목한다.<sup>12)</sup> 이처럼 내재적 질서에 주목하는 내면화(internalisation)는 기호학 연구에서 보면 기호의미 생성의 중심축이 외부에서 내부로 이동되었음을 의미하고, 기호의미 생성에 대한 기존의 외부적 재현의 중심 시각에서 내부적 재현으로서의 비표상<sup>13)</sup>의 시각으로의 중요성을 의미한다. 한 예로, 세실 발몬드(Cecil Balmond)는 ‘외부화에 의한 자연의 모방과 눈에 보이는 것을 복사하는 것은 제한적이다. 내면을 바라보고 외부로 다시 나갈 수 있는 내부적 요인을 찾는

것이 더 바람직하다’<sup>14)</sup> 라며 자연의 외부적 형태의 은유보다는 자연의 결합 체계라든지 상태변화 등에 주목하여 그 내부적 법칙의 패턴을 알고리즘으로 구현, 건축에 적용하고 있다. 결과물로 드러나는 아날로지(analogy, 유추, 유비)보다는 디자인 프로세스의 로직(logic, 논리)이 중요해지는 것이다.

과거 유클리드 기하학, 환원론, 결정론 등으로는 설명이 불가능한 복잡한 자연의 현상 및 형태들을 설명하는 카오스 이론, 프랙탈 기하학, 위상 기하학 등 비 유클리드 기하학의 등장은 디지털 건축 및 디지털 오퍼먼트의 기하학적 배경이 되고 있다. 또한, 디지털 디자인과 제작 기술이 직접 연결되고 컴퓨터의 발달로 인해 패턴의 과학인 수학이 무한한 가능성을 가지고 디지털 오퍼먼트의 내재적 논리로 자리 잡으면서 장식적 구조와 패턴의 중요성이 더해진다. 디지털 오퍼먼트의 패턴은 정지된 상태가 아니라 룰 베이스드 프로세스(rule-based process)에 의해 끊임없이 되풀이되는 과정의 순간적인 결과로 간주된다. 의미론적(semantic) 장식이라기보다는 구문론적(syntactic) 패턴의 형태를 띠며, 고립적인 하나의 요소가 강조되는 것이 아니라 가능한 변화들에 의해 복잡성을 띠는 구조적 패턴으로의 전체적 형태가 강조된다.<sup>15)</sup>

Ralph N. Wornum은 저서 Analysis of Ornament, Characteristics of Styles의 도입부에서 오퍼먼트를 크게 상징적(symbolic)인 것과 미학적(aesthetic)인 것, 두 가지 스타일로 구분한 바 있다. 이상의 이론적 고찰을 통하여 상징과 미학적인 측면에서 고전적 오퍼먼트와 디지털 오퍼먼트를 비교하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 고전적 오퍼먼트와 디지털 오퍼먼트

	고전적 오퍼먼트	디지털 오퍼먼트
상징적 측면	표상 (자연의) 외부화, 형태적 모방	비표상 (자연의) 내면화, 내재적 논리
미학적 측면	유클리드 기하학, 단순성 그리드상 모듈의 반복과 변형, 비례, 대칭, 균형	비 유클리드 기하학, 복잡성 컴퓨터에 의한 디자인에 의한 패턴의 생성, 반복, 변형

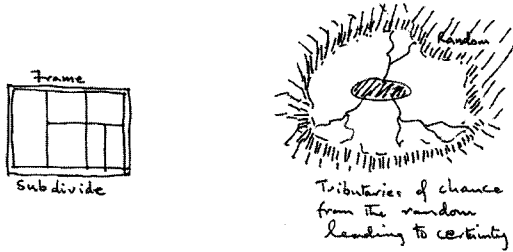
### 3. 디지털 오퍼먼트 패턴의 기하학적 배경과 생성기법의 특성

#### 3.1. 패러다임의 전환

10) Branko Kolarevic, Architecture in the Digital Age · Design and Manufacturing, Taylor & Francis, 2003, p.13  
 11) Achim Menges, Performative Patterns in Computational Design, Zona#4, Bozen Bolzano University Press, 2009, p.27  
 12) 정인하, 투시도법과 디지털 표현방식의 비교를 통한 비표상적 건축에 관한 연구, 건축역사연구 제12권 2호 통권34호, 2003. 6, p.33, 이진경, 노마디즘, Humanist, 2002, p.33 재인용  
 13) 조창연, 비표상적 기호의미 생성에 대한 기호학적 연구, 한국기호학회, 기호학 연구 18권, 2005.1, p.250

14) Cecil Balmond with Jannuzzi Smith, Informal, Prestel, 2002, p.170  
 15) Ingeborg M. Rucker, From Ornament to Pattern: Architectural Structures in the 1960s, Zona#4, Bozen Bolzano University Press, 2009, pp.36-37

전통적으로 건축 공간 계획은 유클리드 기하학에 근거한 이상화된 형태와 선형적 사고를 중심으로 발전되어 왔으며 이 시기 오퍼먼트가 표상한 자연은 유클리드 기하학적인 단순 명쾌한 현상으로 설명되었다. 비례, 대칭, 그리드 등의 건축 이론들을 중심으로 한 고전적 오퍼먼트의 패턴과 달리 최근 디지털 건축에서의 패턴은 자연의 복잡성 및 비 유클리드적 공간의 이해와 함께 컴퓨터 프로그램을 이용한 자기조직적, 창발적 프로세스에 관심을 두고 있다.



<그림 6> 고전적 이론에서의 패턴과 창발 이론에서의 패턴, 세실 발론드 드로잉, *Frontiers of Architecture I*

### (1) 시스템적 사고와 복잡성의 수학

자연과 생명에 대한 새로운 이해는 데카르트와 뉴턴의 기계론적 세계관에서 전일론적(holistic) 세계관으로의 패러다임의 전환을 이루었다. 전일론적 관점은 유기체론적 또는 생태적 관점이라 불리는데, 거둬진 연구를 거치며 생태계(ecosystem)라는 개념을 발전시켰다. 하나의 생태적 단위로 상호작용하는 생물체와 그 물리적 환경으로 이루어진 집단을 의미하는 생태계는 그 자체로 복잡한 생태계이며 그 명칭에서 알 수 있듯이 시스템적 사고(systems thinking)를 불러일으켰다. 시스템적 관점에서 생물 시스템의 특성들은 부분들 사이의 상호작용과 연관성에서 발생하며 부분의 특성들도 전체의 조직이라는 맥락적 측면에서 이해된다. 전체는 부분의 합 이상으로 시스템적 사고는 기본적인 구성재료에 초점을 맞추는 것이 아니라 기본적인 조직원리에 강조점을 두게 된다. 조직이라는 개념의 초기 추창자인 해리슨(Rose Harrison)은 구성(configuration)과 관계(relation)를 조직의 두 가지 중요한 측면으로 간주했다. 이후 이 두 측면은 질서정연한 관계들의 구성으로서의 패턴이라는 개념 속으로 통합되어 들어간다.<sup>16)</sup> 그러므로, 조직의 패턴에 대한 연구는 자연 및 생명의 이해에 필수적인 것으로 인식되었다.

시스템적 사고는 생물학에서뿐 아니라 물리학 및 사회 일반에 이르는 과학적 복잡계 이론과 자기조직화, 창발 현상 등에 대한 핵심적 사고로 자리 잡았다. 복잡한 시스템을 의미하는 복잡계(complex system), 다른 이름으로 동역학적 시스템 이론(dynamical system theory)은

관계와 패턴에 대한 수학적 복잡성의 수학으로 설명되고, 컴퓨터의 발전으로 과거 해결하기 어려웠던 복잡한 방정식들이 해결되면서 카오스나 프랙탈 등의 패턴화된 질서들을 발견할 수 있게 하였다. ZHA(Zaha Hadia Architects)에서 디자인에 관여하고 있으며, 또한 AA school 등에서 강의를 하고 있는 패트릭 슈마커(Patrik Schumacher)는 복잡하고 유동적인, 자연과도 같은 연속성이 두드러지는 현재 디지털 건축의 아방가르드적 시도들에 대해 모더니즘 이후의 새로운 스타일로서 파라메트리즘(Parametricism)<sup>17)</sup>이라 정의하고 있다. 이는 자연에서 보이는 비례미 등 고전적 관점의 질서가 아니라 자기조직적 시스템, 다이내믹 시스템 등 복잡하고 다양한 질서로서의 자연에 대한 새로운 이해를 요구한다.

### (2) 비유클리드 기하학

볼리아이, 로마체프스키, 그리고 리만 등이 개발한 비유클리드 기하학은 유클리드 기하학의 제 5공준인 평행선 공준의 증명에 대한 시도로부터 발견되었다. 볼리아이, 로마체프스키의 기하학을 ‘쌍곡선 기하학’, 리만의 기하학을 ‘타원 기하학’이라고 부르는데, 유클리드 기하학이 평면을 염두에 둔 기하학인 반면, 비 유클리드 기하학은 휘어진 공간을 가정한 기하학이다.

푸앵카레는 이러한 비유클리드 기하학의 모델을 유클리드 평면 속에서 시각화하였는데, 푸앵카레의 시각화된 기하학은 위상기하학이라 불리는 패턴과 관계의 기하학이었다. 연속적인 변형에 의해서도 변하지 않는 도형의 성질을 연구하는 위상 기하학은 일명 ‘고무판 위의 기하학’이라고도 한다. 점, 선, 면 등의 개수라든가 이들 사이의 연결 상태 등이 같으면 휘기, 늘리기, 비틀기 등의 변형 이후에도 기하학적 형태의 본질에 있어서 동일한 것으로 간주되기 때문이다. 이러한 위상 기하학적 형태의 변형은 1917년 다르시 톰슨(D’Arcy Thompson)의 ‘성장 과 형태에 관하여(On Growth and Form)’에서 예견되었는데, 이는 생명체의 기하학을 다룬 최초의 저작으로 환경적 힘들에 대응되는 자연 형태의 변형을 설명한다. 형태는 고정된 것이 아니라 외부의 다양한 힘들의 매개변수를 내부화함으로써 연속적으로 변형될 수 있음을 의미하는 것이다.<sup>18)</sup> 이처럼 위상 기하학은 유클리드 기하학처럼 완결되고 부동의 기하학이 아니라 시간의 흐름에 따른 형태의 변이(morph)를 포함하고, 힘이나 움직임 등에 반응하여 형태가 변형되는 다이내믹 시스템을 표현하기에 적합하다. 또한, 스크립팅에서 일어나는 변수들의 변화에 대응하여 위상 변형되는 형태들을 효율적으로 생성할 수 있는 장점이 있다.

16) Fritjof Capra, *생명의 그물*, 김용정·김동광 옮김, 범양사출판부, 2004, pp.46-55

17) Patrik Schumacher, *Parametricism A New Global Style for Architecture and Urban Design*, AD Architectural Design, Digital Cities, Wiley, 2009, p.14

18) 김원갑, *건축과 시간속의 운동*, Spacetime, 2009, p.41

도형의 변하지 않는 성질에 관심을 두는 위상 기하학과 마찬가지로 부분으로부터 전체의 구조를 생각하는 프랙탈 기하학도 디지털 오너먼트의 패턴형성에 기하학적 배경이 되고 있다. 프랙탈 기하학은 카오스현상을 기술할 수 있는 언어개념으로 수학 및 자연계의 비규칙적인 패턴을 기술하고 분석할 수 있는 새로운 기하학이다.<sup>19)</sup> 만델브르트에 의해 1975년 처음 정의된 프랙탈(fractal)은 부분과 전체가 닮아있는 자기 유사적 관계를 특징으로 한다. 나뭇가지의 뾰족한 상태, 해안 및 파도의 형태, 구름이나 산 능선의 모습 등 유클리드 기하학에서 다루지 않았던 자연의 형태가 설명 가능한 프랙탈 기하학은 형태 생성의 알고리즘으로 전개되며 단순반복적인 기하학 형태를 근본개념으로 한다. 이처럼 자연의 복잡한 형태가 실은 어떤 법칙에 따른 논리적인 결과라는 사실은 프리랜드의 장식으로 생각되던 복잡한 패턴들도 기하학의 범주로 편입시켜 논리적인 처리가 가능하다고 생각하게 하였다.<sup>20)</sup> 최근 디지털 건축 작품에서 많이 사용되고 있는 타일링 또는 테셀레이션(tessellation)은 알고리즘을 이용한 패턴 형성 기법의 하나로, 암만 타일링(Ammann Tiling), 댄저(Danzer) 타일링, 핀휠(Pinwheel) 타일링<sup>21)</sup>, 그리고 L-system 등은 비주기적 프랙탈 패턴을 형성하며 부분과 부분, 부분과 전체에 있어서 반복적이고 자기 유사적 특성을 띠는 공간적, 구조적 패턴을 형성한다.

### 3.2. 디지털 오너먼트의 패턴생성기법에 따른 형태적 특성

본 장에서는 디지털 오너먼트의 형태생성기법으로 크게 파라메트릭/알고리즘 스크립팅에 의한 방식과 디포머 기능들(deformers)에 의한 혼성적 방식, 그리고 다이나믹스(dynamics) 시스템을 적용한 방식 등으로 구분하여, 이를 알고리즘 폼, 하이브리드 폼, 다이나믹 폼으로 분류하였다.<sup>22)</sup>

19) 권영길, 공간디자인 16강, 도서출판국재, 2003, p.262

20) 스키모토 도시마사, 큐브에서 카오스로, 발언, 2002, p.188

21) 대표적 사례로는 핀휠 타일링을 사용하여 비주기적으로 반복되는 삼각형으로 면을 분할, 복잡하고 독특한 외관이 표현된 페데레이션 스퀘어(Federation Square)와 세 가지의 타일 형태를 기본으로 한 암만 타일링의 패턴이 적용된 빅토리아 앨버트 뮤지엄(Victoria and Albert Museum) 등이 있다.

22) 디지털 오너먼트의 패턴생성기법과 특성을 살펴보기 위하여 디지털 건축의 형태생성기법을 참고로 하였다. 박정대의 논문 '디지털 미디어에 의한 건축 디자인 프로세스의 변화에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 2006'에 의하면 디지털 디자인에 의한 개념-재현 영역의 형태 생성논리로 '유전자알고리즘', '형태변이', '운동기반역학 시스템'의 기법으로 분류한 바 있다. 또한, Kostasa Terzidis의 저서 'Expressive Form, A Conceptual Approach to Computational Design, 2003'에서는 컴퓨터에 의한 디자인을 6가지의 형태적 개념으로 소개하고 있다. 최근 알고리즘에 의한 방식은 다양한 형태적 개념을 포괄하므로 박정대의 논문을 근거로 한 알고리즘 폼, 하이브리드 폼, 다이나믹 폼의 이 세 가지 구분으로 최근 디지털 생성시스템에 의한 오너먼트의 패턴 생성기법에 따른 형태적 특성을 정리하였다.

#### (1) 알고리즘 폼(Algorithmic Form)

최근, 디지털 건축에서는 라이노(Rhino), 마야(Maya) 등의 스크립팅 가능한 프로그램들과 GC(Generative Components), GH(Grasshopper)등 파라메트릭 프로그램들을 사용하여 자연환경의 원리에 따른 자기조직적 생성 알고리즘을 프로그래밍하고 있다. 컴퓨터를 이용한 형태 생성의 프로세스는 다윈의 진화 모델의 수학적 논리와 종의 발생학적 성장과 진화적 발전과정을 결합한 진화발생 생물학으로부터 비롯된 유전적 엔진(genetic engines)에 기반을 두고 있다. 이러한 진화발생의 논리에 근거한 알고리즘은 모듈화되고 비위계적이며, 단순한 행동규칙들에 의거하고, 한 차원 높은 질서구조를 발전시키는 국소적 상호작용과 피드백 등이 사용된다.<sup>23)</sup>

이러한 자연 복잡계의 알고리즘 전략들을 활용한 컴퓨터상의 알고리즘은 입력되는 정보들(inputs)에 따른 결과들(outputs)을 산출하는 일련의 과정들이 진행되며, 여기서 변수들(parameters)은 중요한 역할을 하게 된다. 변수에 의한, 즉, 파라메트릭(parametric) 디자인은 고정된 메트릭이 아니라 하나의 요소가 변하면 이에 상응하여 시스템 전체에 걸친 변화가 일어나는, 오브젝트간의 일관된 관계를 바탕으로 하는 전체론적(holistic) 디자인 과정을 의미한다. 이러한 파라메트릭 디자인의 역할이 중요해지고 있는 동시에 스크립팅(scripting)의 발전은, 단순 반복의 방식으로 그 특유의 속성은 유지하면서도 복잡한 형태들을 가능하게 하는 알고리즘 디자인 프로세스를 활발하게 하였다. 알고리즘(the algorithmic)은 단순 컴포넌트 룰(simple component rules)에 의해 복잡한 형태와 구조를 만들어내는 생성적 도구로써,<sup>24)</sup> 스크립팅(scripting)을 통해 간단히 자동화, 반복화되어 일련의 기하학적 형태들을 생산해낸다. 이처럼, 스크립팅을 디자인 툴로 사용하는 최근 디지털 건축 디자인은 그 미적 가치를 자연의 내재적 생성 논리로부터 찾고 있으며, 이는 열린 시스템에서의 자기조직적 복잡성과 비선형적 창발의 오너먼트적 패턴화 경향을 보인다.

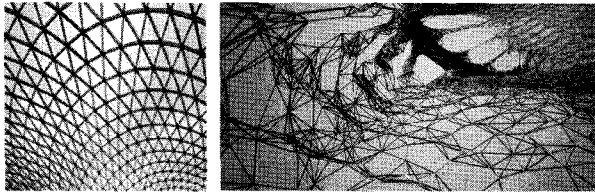
패트릭 슈마커는 이러한 새로운 디자인 스타일에 있어서 부정적 원칙(taboos)과 긍정적 원칙(dogmas)을 제시하였는데, "부정적(금지) 원칙으로는 사각형, 삼각형, 원 등의 고정된(rigid) 기하학적 형태들, 요소들의 단순한 반복, 고립되고 관계없는 요소들이나 시스템들의 병치이며, 긍정적 원칙으로는 모든 형태들의 파라메트릭적 순응성, 다양한 비율에 있어서의 분화, 시스템적 변곡(inflexion)과 상호관계 등이다."<sup>25)</sup> 즉, 원본이 되는 하나의 요소로부터 수많은 가능한 변화들을 계산해낼 수 있는 컴퓨터

23) Michael Hensel, Achim Menges and Michael Weinstock, Emergent Technologies and Design, Routledge, 2010, p.26, p.40

24) Michael Meredith 외, From Control to Design, Actar, 2003, p.3

25) Patrik Schumacher, op. cit., p.16

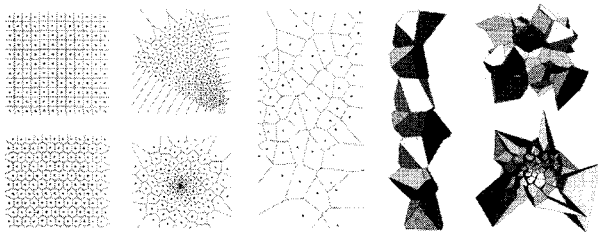
의 수학적 능력은 단지 같은 형태의 반복이 아니라 서로 다른 단일한 형태들의 생성적 반복이 가능한데, 최근 새로운 디자인 스타일은 이처럼 복잡하고 다양한 차별화(differentiation)된 형태들의 증폭에 비중을 두는 것이다.



<그림 7> Compensation vs. Amplification of Differentiation, The Great Court, British Museum, Foster and Interiorities, Csemy, Frincic, Klaska

<그림 7>을 보면, 왼쪽의 패턴은 차이들이 두드러지지 않고 증화된 패턴을 보이고 있으나, 오른쪽의 패턴은 차이들이 눈에 띄게 강조되어 있는 것을 알 수 있다. 이처럼 스크립팅에 의한 다양하고 복잡하게 분화된 자기조직적 패턴에 대한 접근은 건축적 레벨뿐만 아니라 작가는 오너먼트적 패턴생성과 컴포넌트에도 적용이 된다.

AGU, Aranda/Lasch, Matsys 등 스크립팅에 의한 자동연산적인 디자인으로 건축 및 실내디자인에 적용 가능한 새로운 형태들을 발견하려는 리서치 그룹들이 늘고 있는 가운데, Arup의 AGU(Advanced Geometry Unit)는 알고리즘에 의한 디자인 접근 방법으로 Tiling, Packing, Voronoi, Folding, Branching, Knotting 등의 개념을 연구하며,<sup>26)</sup> Aranda/Lasch는 그들의 저서 'Tooling'에서 Spiraling, Packing, Weaving, Blending, Cracking, Flocking, Tiling 등 일곱 가지의 알고리즘에 의한 기법들을 소개하였다. 예를 들어, <그림 8>의 이미지들은 '배치된 점들 간 최단 교차 수직이등분선에 의한 영역의 분할'이라는 단순한 알고리즘의 규칙으로부터 생성된 것들로 배치하는 점들의 위치에 따라 하나의 규칙으로부터 다양한 보로노이 패턴들을 얻을 수 있음을 보여준다.



<그림 8> Subdividing Space : Voronoi Tiling, Aranda/Lasch, 2005

알고리즘들은 모두 자연 현상들을 묘사하거나 시뮬레이션 하는 데에 사용되어질 수 있으며, 일련의 숨겨진

26) Arup의 AGU(Advanced Geometry Unit)는 건물, 구조, 환경에 있어서 각 전문 분야가 서로 협력하기 위하여 건축가, 기술자, 과학자 등이 모인 집단이다. 알고리즘에 의한 디자인 접근 방법을 연구하고 있다. a+u, Cecil Balmond, A+U Publishing, 2006. 11, pp. 138-147

질서들을 드러내는 자기조직적 프로세스를 지닌다. 자연의 알고리즘을 스크립트로 다시 기록함으로써 디자이너는 자연과 유사한 형태를 모방하는 것을 벗어나 자연 시스템의 내재적 논리에 근거한 예측하기 어려운 무한한 잠재성을 실현할 수 있게 되었다. 스크립트 언어를 사용해서 코드화하는 과정은 디자이너의 보이지 않는 디자인 사고를 가시화시키는 과정으로, 수행 단계의 논리적 전개는 그 자체로 디자인 프로세스가 된다.

## (2) 하이브리드 폼(Hybrid Form)

특정한 목표를 달성하기 위해 두 개 이상의 요소가 합친 것을 의미하는 혼성(hybrid)은 생물학적으로 잡종을 가리키며 서로 다른 종이나 계통 사이의 교배에 의해서 생긴 자손을 말한다. 건축에 있어서 혼성적 형태란 두 가지 이상의 요소 변형을 통한 혼성조합의 방법과 단일 요소의 변형을 통한 형태변이의 방법을 말한다.<sup>27)</sup> 이중적 성질의 요소들을 조합, 병치, 또는, 혼합적으로 절충시킬 때에는 선택적인 생략과 포함의 과정을 거치게 되는데, Emergent 그룹의 Tom Wiscombe는 서로 다른 패턴들의 하이브리드, 표면(surface)에서 가닥(strand, 프레임)의 하이브리드, 구조적(structural) 기계적(mechanical) 하이브리드 등을 주요 컨셉으로 하여 서로 다른 요소 간 경계의 차이를 부드럽게 하고 있다.

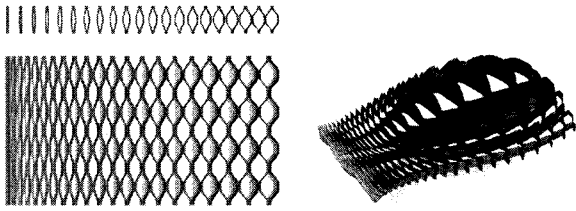
특히, 몰핑(morphing) 기법을 통하여 이론적으로는 하나의 객체라고도 할 수 있지만 근원(source)이 되는 대상으로부터 목표(target)가 되는 대상으로의 혼성(hybrid)적 변형 과정을 언어낼 수 있다.<sup>28)</sup> 일련의 단계들이 생성하는 혼성적 패턴은 보간법(interpolation)에 의한 것으로 두 대상 사이의 중간 과정을 지정하는 수만큼 단계적으로 만들어낸다. 대표적으로 사용되고 있는 블렌드 셰입(blend shape) 툴을 사용하지 않더라도 다양한 디포머들(deformers)<sup>29)</sup>에 의한 변형 후 키프레임 애니메이션(keyframe animation)을 통해서도 패턴들의 생성이 가능하다. 어느 정도 미리 예측 가능한 형태를 얻게 된다는 단점이 있으나, 단순한 모듈의 반복에 의한 일률적 패턴이 아닌 위상적 변환을 수반한 흥미로운 패턴을 형성할 수 있고, 이후 다이나믹 시스템에 의한 변형이 추가되기도 한다.

이러한 몰핑을 하는 데에 있어서 고려되어 져야 할 것은 혼성화가 쉽게 일어나기 위해서는 그 대상 모듈간의 관계가 위상학적으로 동형(동상)이어야 한다는 것이다.

27) 이명식, 건축디자인에 있어서 위상기하학의 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계) 25권 10호, 2009. 10, p.173

28) Kostasa Terzidis, Expressive Form, A Conceptual Approach to Computational Design, Spon Press, 2003, p.24

29) 기본적으로 Blend Shape, Lattice, Wrap, Cluster, Sculpt, Wire, Bend, Twist, Wave 등, 변형 후에도 위상학적으로는 변형이 없는 변형기법들을 말한다. Blend Shape은 대표적인 몰핑 툴로 Keyframe Animation을 할 필요 없이 그 자체에 중간단계 생성기능이 있다.



<그림 9> 보간법에 의한 패턴생성과 위상변환, 본인제작

<그림 9>을 예로 들면, 맨 윗줄의 왼쪽 끝에 보이는 막대 형태는 처음 모델링을 할 때부터 오른쪽 끝의 눈모양의 형태와 같은 개수의 포인트와 세그먼트로 계획되어야 원하는 결과를 얻을 수 있다. 또한, 아래줄 왼쪽 패턴과 오른쪽도 위상 동형이라 할 수 있다.

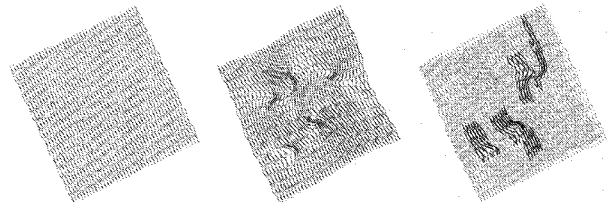
위상 기하학의 개념은 생물체의 형태발생이나 변형 등 진화적인 개념을 표현하는 데에 적합하며 다양한 매개변수들을 포함하는 곡선적 표현으로 나타난다. 이러한 위상학적 변형에 의한 물평은 형태들이 변이되어가는 과정에 주목함으로써 그 과정에서 상호의존적으로 생성되는 불확정적인 형태들의 추출이 가능해진다.

### (3) 다이나믹 폼(Dynamic Form)

넵스(nurbs), 스플라인(spline) 등은 고전 및 모던건축 시기의 이상화되고 고정적인 기하학적 형태인 직선, 직사각형, 정육면체 등과 대별되는, 디지털 건축시대의 새로운 기하학적 원형들(primitives)이다.<sup>30)</sup> 디지털 디자인의 장점으로 3차원 곡면들의 자유로운 표현이 가능하다는 점은 이러한 넵스 모델링 방식의 특성이라 할 수 있는데, 넵스에 의해 만들어지는 위상 기하학적 표면은 탄력 있는 고무판처럼 연속된 곡면을 자연스럽게 형성하면서 힘과 움직임을 표현할 때 매우 적합하다.<sup>31)</sup>

디자이너가 사용하는 프로그램들과 기법들에 따라 다양한 방법으로 전개가 가능하지만, 다이나믹 폼은 형태 변형의 요인이 환경 또는 힘에 의한 것으로, 강도, 속도, 궤도 등 내재적 조건의 관계를 조정하여 그 외부적 형태로 발전시키는 과정이라 할 수 있다. 많이 사용되고 있는 Maya 프로그램의 다이나믹스(dynamics)에는 기본적인 물리엔진과 유체엔진 등이 내장되어 있는데, 필드(field)<sup>32)</sup> 또는 플루이드(fluid)등의 기법들을 이용하여 시간적 변수에 따른 힘이나 입자의 흐름을 시뮬레이션하고 이것을 일련의 모듈들로 이루어진 패턴에 적용할 수 있다. 힘이나 움직임 등에 반응하는 유연한 위상 기하학적 변형과 카오스적인 자연 현상을 시뮬레이션 할 수 있는 다이나믹스 시스템은 계속되는 환경의 변화에 대응하며

새로운 패턴을 지속적으로 생성해낸다. 변화하는 기하학적 패턴 속에서 <그림 10>과 같이 디자이너의 직관에 의한 역동적인 형태가 선택되어진다.



<그림 10> 필드(field)를 이용한 다이나믹스 시뮬레이션, Paul Priessner

자연 시스템의 디지털 시뮬레이션은 현존하는 자연 현상들에 놓여있는 생성적 논리를 추출한 것으로, 자연의 작동원리의 추상적 전용(appropriation)을 가능하게 한다.<sup>33)</sup> 이는 무한한 가능성을 지니기는 하지만, 이러한 기법들의 효과들을 정밀하게 조절하기는 무척 힘든 일이다. 보다 의도하는 효과를 얻기 위해 일종의 스크립트라고 할 수 있는 익스프레션(expression)을 적용하여 제어하기도 하고, 어느 정도의 원하는 결과를 얻은 후 여기서 얻은 정보를 스크립트로 번역하여 사용하기도 한다.

국소적으로 부과되는 힘의 강도, 밀도, 방향 등에 따라 요소들이 상호작용하며 전체 시스템에 걸친 창발적 패턴이 생성되는데, 이러한 다이나믹 효과는 건축 작업에 있어서 주로 초기 형태를 연구할 때에 적용되어 자연스럽고도 복잡한 형태의 다양한 시도를 가능하게 하고 있다.

## 4. 디지털 오너먼트의 사례분석

### 4.1. 사례분석

유클리드 기하학에 의거한 배열의 원칙만으로는 설명이 불가능한 디지털 오너먼트는 컴퓨터에 의한 자기조직적 패턴의 생성과 변형의 프로세스를 지닌다. 하나의 프로젝트가 수많은 발전과정과 피드백을 거치는 동안 다양한 기법들이 작품에서 동시에 사용되지만, 사례분석을 위해서 작품의 주된 기법을 중심으로 그 사례를 살펴보았다. 디지털 오너먼트의 알고리즘 폼, 하이브리드 폼, 다이나믹 폼을 형성하는 디지털 생성기법들이 적용된 사례를 두 개씩 선정하여 디지털 오너먼트의 표현적 형태에 따른 패턴 형성의 내재적 질서를 살펴보았다.<sup>34)</sup>

30) Patrik Schumacher, The Parametricist Epoch: Let the Style Wars Begin, AJ The Architects' Journal, No. 16 Vol. 231, 2005

31) 정인하, 현대 건축과 비표상. 아카넷, 2006, p.160

32) 필드(field)의 타입으로는 Air, Drag, Gravity, Newton, Radial, Turbulence, Uniform, Vortex 등이 있다. 파티클 또는 소프트 바디 오브젝트에 적용하여 이동과 변형이 가능하다.

33) Emily Abrusso, Eric Ellingsen, Jonathan D. Solomon, Editors, Models, 306090 Books, Volume 11, 2007, p.96

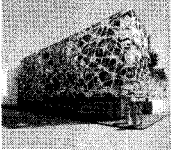
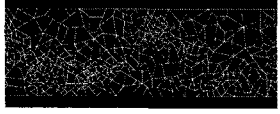
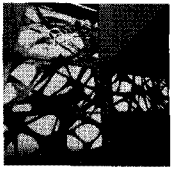
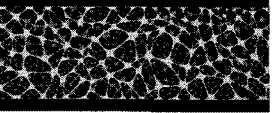
34) 디지털 오너먼트는 디지털을 바탕으로 한 형태생성 기법의 결과로 최근 디지털 건축가들의 작품을 그 대상으로 하였다. 자료 분석을 위하여 단행본 및 잡지 등 문헌의 참고 및 디자이너와의 메일 교환 등으로 연구가 진행되었다. 사례분석의 작가들은 디지털 오너먼트 및 패턴 디자인에 있어서 지명도를 가지고 평가를 받는 작가들로 CAP의 Ali Rahim은 'Catalytic Formations', Emergent는 'Structural Ecologies' 등의 단행본을 출간하였다.



(1) Airspace Tokyo, Beige Architecture and Design, 2007

Thom Faulders를 중심으로 하는 그들의 작업은 자주 패턴화된 형태로 전개되는데 자기 유사적 형태의 건축적 요소가 복잡한 배열을 이룬다.<sup>35)</sup> Airspace Tokyo는 주거와 사진 스튜디오를 위해 새롭게 건축된 4층 건물의 외부 스크린을 디자인한 프로젝트로, 새로운 건물이 들어서기 전 원래 건물의 주위를 둘러싸고 있던 울창한 식물의 형태가 디자인에 반영되었다. 스크린의 기하학적 패턴은 Proce2의 Sean Ahlquist의 개발로 함께 이루어졌는데, 건물 내부의 프로그램과 외부의 조망에 따라 그 밀도를 조절, 다이나믹한 형태로 발전시켰다. 즉, 프라이버시를 위해 외부의 시야를 차단하고자 하는 부분은 패턴의 밀도를 높여 조밀한 스케일로 오프닝을 최소화 하고, 시야를 개방하자 하는 부분의 패턴은 밀도를 약하게 하여 스케일을 크게 함으로써 오프닝을 최대화 하였다. 우선, 스폰지에서 보이는 것과 같은 복잡한 패턴 구조를 얻기 위해 3ds Max에서 메쉬(mesh) 알고리즘을 사용하였다. 배치된 점들을 바탕으로 서브디비전(subdivision)이 집중될 부분을 구분하기 위해서 점들은 어느 정도 수작업에 의해 의도적으로 배치되었다. 이렇게 생성된 메쉬는 다시 GC(GenerativeComponents) 프로그램에서 각각의 분할된 폴리곤 안에 곡선의 구조적 셀(cell)들이 형성될 수 있도록 파라메트릭 방정식이 적용되어졌다. 보다 복잡하고 직관적인 패턴을 위해 두 개의 스킨을 겹쳐 깊이를 주었는데, 각각의 스킨은 이미 두 개의 패턴 레이어가 혼합된 것이다. 이를 통해 사용자가 이동함에 따라 지각을 달리하며 건축과 사용자의 상호작용을 이끌어내는 키네틱(kinetic) 효과를 얻을 수 있었다.

<표 2> Airspace, Tokyo, Japan, 2007


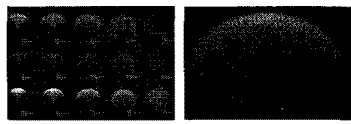


이미지	디지털 오너먼트의 생성과 변형
	
	
	Meshing Algorithms / 3ds Max Cellular Parametric Component / GC

(2) VHTR-New Auditorium of Saint Cyprien, Serero Architects, 2007

생 시프리앵(Saint Cyprien)의 새로운 오디토리엄 캐

노피 디자인은 나무의 정점, 그리고 부지에 있는 플라타너스와 아카시아, 참나무, 포플러 등의 실루엣에서 영감을 받은 기념비적 건물이다. 이중 콘크리트 외피로 이루어진 외관은 계란 모양으로 구멍이 나 있으며 이는 건축물의 내부에서 마치 울창한 숲속의 나뭇가지 사이로 햇살이 스며드는 것처럼 실내에 다양한 빛의 효과를 제공한다.<sup>36)</sup> 나뭇가지 또는 나무의 잎맥은 반복과 분화의 단순한 규칙으로부터 생성되는 복잡한 구조적 특성을 띤다. Serero Architects는 이러한 반복적 분화의 브랜치(branch) 알고리즘을 프로그래밍하여 라이노(Rhino) 스크립트에서 실행하였는데, 나뭇가지 모양의 갈라지는 횡수(division), 줄어드는 길이의 비율(diminution longuer), 각도(angle) 등의 변수들을 조절하며 다양한 실험을 하였다. 반복적이되 동일하지 않은, 비 표준화된 컴포넌트들의 조합으로 이루어진 불규칙적인 외관이 자기 유사성을 띤 단순한 기하학적 원리로부터 생성되었다.

<표 3> New Auditorium of Saint Cyprien, France, 2007

이미지	디지털 오너먼트의 생성과 변형
	
	
	Branch Algorithms / Rhino

(3) Dragonfly, Emergent, 2007

Tom Wiscombe가 설립한 Emergent 그룹은 컴퓨터 및 과학기술을 활용하고 재료 과학, 항공우주 공학, 디지털 애니메이션 등을 포함한 건축 외적인 분야로부터의 접근을 하는 실험적인 집단이다.<sup>37)</sup> 이들의 작업에 있어서 중요한 요소는 창발(emergence) 현상으로 구성요소들이 서로 상호작용하며 정보를 교환, 전체는 부분을 합을 넘어 자생적 조직화에 의한 예기치 않은 특성을 만들어 내게 된다. Dragonfly 프로젝트를 위해 잠자리의 날개를 분석한 결과, 유연한 세포막의 작용을 하는 벌집 모양(honeycomb)의 패턴과 딱딱한 빔과 같은 작용을 하는 사다리 타입(ladder-type)이라는 두 가지 패턴으로 구분이 되었다. 구조와 피막의 작용을 위한 이 두 가지 상이한 패턴의 하이브리드(Beam-Branes) 개념은 구조로부터 피막으로의 변화를 유연하게 해준다. 이 기하학적 패턴


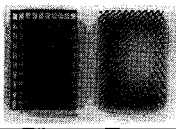

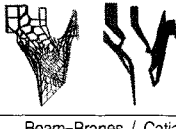
35) Neil Spiller, Digital Architecture Now, Thames & Hudson, 2008, p.119

36) Arch-Manual, Design+Concept+Script+Process, AACU, 2008, pp. 438-440

37) Neil Spiller, op. cit., p.100

들은 CATIA 프로그램에서 캔틸레버 설치를 위한 중력, 지진하중, 지지, 좌굴 등 여러 상이한 변수들에 의해 지배되었다. 세포의 크기와 밀도는 각 경계간의 상황에 따라 조절되었으며, 시맥(vein)은 힘의 흐름에 따른 복잡한 형태를 띤다.<sup>38)</sup>

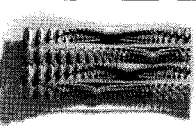


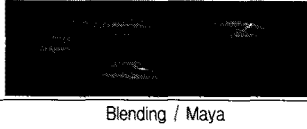
<표 4> Dragonfly, SCI-Arc, California, USA, 2007

이미지	디지털 오너먼트의 생성과 변형
	
	
	Beam-Branes / Catia

(4) Sorrento Bathing Platform, Jerry Tate Architects, 2007

다양한 디자인적 접근과 기술, 그리고 자연에 관심을 가지는 Jerry Tate는 최신의 구조 기술과 컴퓨터 기술의 통합으로 지속가능한(sustainable) 건축을 추구한다. Sorrento Bathing Platform에서 플랫폼의 형태는 수생의 셸(shell) 구조나 골격 구조의 연구로부터 유래하였고, 컴퓨터 환경에서 모의적으로 물의 유동성을 표현하기 위해 플루이드 다이내믹 시스템(fluid dynamic system)이 적용되었다.<sup>39)</sup> 우선, 상점과 레스토랑의 형태로부터 개인 풀장과 수영을 위한 장소들로의 매끄러운 혼성적 변환을 위해 Maya 프로그램에서 블렌딩(blending) 기법이 사용되었다. 즉, 상점과 레스토랑의 형태는 근원(source) 대상이 되고 풀장과 수영을 위한 장소는 변환의 목표(target) 대상이 되어, 서로 다른 공간 유닛 사이의 중간 단계들이 생성된 것이다. 이후, 유체 시뮬레이션 제작 툴인 리얼플로우(Realflow)에서 다이내믹 플루이드 필드(dynamic fluid field)를 적용하여 보다 유동적 형태로 조절하였다. 혼성적 형태의 간극 사이에 펼쳐지는 단계적 형태변이는 놀라움과 즐거움을 제공한다.

<표 5> Sorrento Bathing Platform, Sorrento, Italy, 2007


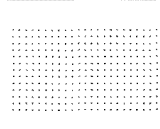

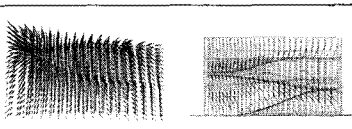
이미지	디지털 오너먼트의 생성과 변형
	
	
	Blending / Maya Dynamic Fluid Field / Realflow

38) Digital Diagram, Architecture + Interior, Archiworld, 2007, p.81  
39) www.jerrytatearchitects.com/sorrento.htm

(5) 리복 플래그쉽 스토어, CAP, 2004

Ali Rahim과 Hina Jamelle가 이끄는 CAP는 건축 공간의 디자인 방법으로 실재를 생성시킬 잠재력을 가지고 있는 디지털 가상공간을 이용한다. 이들의 작업은 다이내믹 시스템과 형태변이(shape-shifting) 등의 변형 과정을 통하여 비선형적인 결과를 도출해내는 특징이 있다.<sup>40)</sup> 리복 플래그쉽 스토어 계획에서는 브랜드의 전략인 'Wear the Vector: Outperform'을 컨셉으로 하여 벡터의 운동성은 공간을 디자인하는 데 있어서 중요한 요인이 되었다. 즉, 상점을 방문할 고객들이나 점원, 진열될 상품들의 움직임에 따른 고 강도와 저 강도의 압력을 설정해주고, 이에 따른 유동적 형태가 상점의 공간적 요구에 맞게 디자인 된 것이다. 디지털 디자인 프로세스로 Maya 프로그램에서 파티클 그리드를 형성한 후 여기에 모션패스(motion path)를 따라 뉴턴 필드 다이내믹스(newton field dynamics)를 적용시켰다. 모션패스를 따라서 움직이는 뉴턴 필드는 시간의 흐름에 따라서 파티클 그리드의 변화를 일으키는 어트랙터(attractor)로 작용한다. 컨셉을 시각화하기 위한 많은 시도들과 함께, 필드 다이내믹스에 의해 얻어진 파티클의 굴곡된 이미지를 따라 넵스 커브들(nurbs curves)로 이루어진 2D 패턴을 형성하였다. 이러한 패턴들은 알맞게 조절되어 바닥, 벽, 천정, 계단 등에 사용되었다.

<표 6> Reebok Flagship Store, Shanghai, China, 2004

이미지	디지털 오너먼트의 생성과 변형
	
	
	Particle Grid & Field Dynamics / Maya



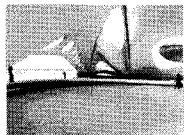
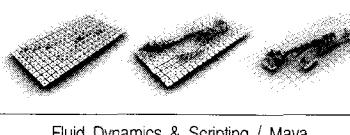
(6) 상하이 엑스포 파빌리온, Ludovico Lombardi 외, 2008

상하이 엑스포 파빌리온은 2010년 상하이 엑스포가 열리는 지역이 그 사이트로, 가속되는 도시화의 혁신적 형태를 디자인하기 위한 마스터 플랜 리서치 프로젝트의 한 부분에 속한다. 도시적 그리드의 대안으로 고도의 통합되고 응집된 시스템을 이루기 위해 컴퓨터를 이용한 플루이드 다이내믹스(fluid dynamics)가 디자인 툴로 사용되었다. 밀도, 수직성, 그리고 광대한 오픈 공간은 다양한 프로그램들과 랜드 스케이프, 하부 구조들을 위한 자기 유사적 형태의, 파라메트릭적으로 생성된 패턴들에

40) Ali Rahim, Catalytic Formations: Architecture and Digital Design, Taylor & Francis, 2006, p.138

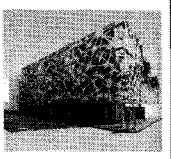
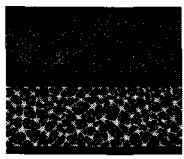

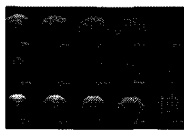


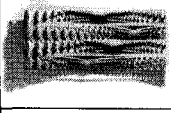

상호 관련되어 있다. 플루이드 다이나믹스에 입력된 행위적 패턴들과 정보는 공간과 형태의 구성으로 통합되는데, 이는 도시 계획적 측면뿐만 아니라 파빌리온의 디자인에도 적용되었다.<sup>41)</sup> 디자이너의 의도에 의한 세밀한 조작을 가능하게 하기 위하여 플루이드 시뮬레이션을 통하여 얻은 이미지 결과(resolution)의 정보들은 다시 스크립트로 번역되었다. 플루이드의 밀도(density), 속력(velocity), 방향(vector) 등은 스크립트에 의해 컴포넌트들에 선택적으로 적용되어 변형, 오프닝, 회전 등의 변화를 발생시킨다.

<표 7> Expo Pavillion Design Research, Shanghai, China, 2008


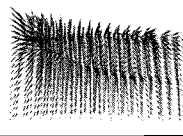

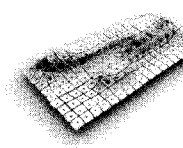
이미지	디지털 오너먼트의 생성과 변형
	
	
Fluid Dynamics & Scripting / Maya	

## 4.2. 소결

<표 8> 패턴생성 기법에 따른 디지털 오너먼트 사례분석

형태	프로젝트	이미지	오너먼트의 패턴생성과 변형
알고리즘 품	Airspace, Tokyo, Japan, 2007		
		Meshing Algorithms / 3ds Max Cellular Parametric Component / GC	
하이브리드 품	New Auditorium of Saint Cyprien, France, 2007		
		Branch Algorithms / Rhino	
하이브리드 품	Dragonfly, SCI-Arc, California, USA, 2007		
		Beam-Branes / Catia	
하이브리드 품	Sorrento Bathing Platform, Sorrento, Italy, 2007		
		Blending / Maya Dynamic Fluid Field / Reallflow	

41) Tom Verebes, Experiments in Associative Urbanism, AD Digital Cities, Wiley, 2009, p.29

다이나믹 품	Reebok Flagship Store, Shanghai, China, 2004		
	Particle Grid & Field Dynamics / Maya		
다이나믹 품	Expo Pavillion Design Research, Shanghai, China, 2008		
	Fluid Dynamics & Scripting / Maya		

## 5. 결론

반복(repetition)과 변형(variation)은 디지털 디자인의 장점이라 할 수 있으며, 동시에 오너먼트 모듈들의 상호작용과 조직적 원리에도 많은 변화를 가져왔다. 디지털 오너먼트가 단지 디지털 기술을 이용한 오너먼트 전체를 의미하는 광의적 개념이라면, 유클리드 기하학적 형태의 단순반복에 의한 대칭적 어레이(array) 작업 모두 디지털 오너먼트에 속한다고 할 수도 있을 것이다. 하지만, 본 논문은 최근 디지털 건축 디자인에서 보이는 복잡하고 비 유클리드적 특성을 띠는 디지털 오너먼트 경향을 과거 고전적 오너먼트의 패턴생성 기법과 비교하여 그 차별되는 특성을 파악하고자 한 것이다. 컴퓨터를 디자인 툴로 사용하는 디지털 건축 디자인에서 오너먼트 패턴의 형태는 한두 가지의 기법에 의한 결과가 아니라, 다양한 프로그램과 기법들에 의한 수많은 생성과 변형의 프로세스를 지닌다. 일견 복잡해 보이는 불규칙적 형태로 나타나지만 컴포넌트에 작용하는 단순한 규칙적 질서와 요소 간 상호작용에 의한 조직적 원리를 지니며, 크게 알고리즘 품, 하이브리드 품, 다이나믹 품으로 구분할 수 있다.

알고리즘의 스크립팅에 의한 디지털 오너먼트는 반복적 모듈의 자동 생성으로 구조적 패턴의 성격을 띤다. 자연에서 생성되는 복잡한 자기조직적 패턴과 창발현상 등의 과정을 이해하고 이러한 알고리즘을 전략적으로 사용함으로써 단순한 규칙으로부터 예측하기 힘든 잠재성을 실현시킨다. 동일한 요소의 단순 반복보다는 다양하고 복잡한 패턴, 반복적이지 않은 형태의 패턴들을 생성하여 한눈에 파악되지 않는 차이들의 미묘한 아름다움을 표현한다.

하이브리드 품은 이중 요소들의 변형을 통한 혼성적 조합과 단일 요소의 변형에 의한 형태변이의 성격을 띤다. 디포머들에 의한 위상학적 변형으로 형태가 생성되는데 형태들이 변형되어가는 과정에 초점을 둬으로써 상호의존적으로 생성되는 불확정적인 형태들의 추출이 가

능해진다. 대표적으로 몰핑 기법은 근원과 목표가 되는 두 대상들 간의 중간 단계적 패턴들을 형성하므로 어느 정도 예측이 가능하다는 점에서 한계가 있지만, 위상변환을 수반한 혁신적이고도 유연한 진화적 형태변이를 보인다.

다이나믹 폼은 형태 변형의 요인이 자연 환경 또는 외부의 힘에 의한 것으로 필드나 플루이드 등의 다이나믹 시뮬레이션을 통해서 디자인을 추출할 수 있다. 전체와 부분의 강도의 차이는 시스템 요소들 간에 상호작용하며 전체 시스템에 걸친 창발적 패턴을 형성하는데, 이는 공간적으로나 입면적으로 강약의 밀도, 압력의 변화 등을 표현한다. 그렉 린(Greg Lynn) 이후 유행되었던 직관적 애니메이트 폼을 넘어 보다 수학적이고 논리적인 프로세스로 스크립팅과의 호환이 증가된다.

사례 분석을 위하여 다양한 컴퓨터 프로그램들이 사용된 프로젝트들을 제시하였지만, 여기서 중요한 것은 무슨 프로그램을 사용하였느냐가 아니라 어떤 의도를 가지고 어떤 프로세스로 진행을 했느냐이다. 디지털 생성기법에 의한 오너먼트적 디자인 작품들은 그 형태 자체만으로도 존재 가치를 지니는 감각적이고 개성적인 특징을 보인다. 이러한 외형적, 시각적 결과물에서 디자이너의 의도와 프로세스는 간혹 쉽게 드러나지 않을 수도 있지만 그 내재적 원리를 정확히 파악하려는 노력이 필요하다.

디지털 시대의 다양한 건축 공간 디자인의 내재적 원리와 그 철학적, 이론적 고찰을 위해서는 이에 상응하는 디지털 생성 프로그램들의 이해를 위한 지속적인 노력 또한 요구되어지며, 앞으로 진행되는 연구들은 건축 및 실내 디자이너들이 디지털 생성 툴을 자신의 작업에 실제 창의적으로 활용할 수 있도록 보다 실질적인 방향으로 이루어져야 할 것이다.

디지털 생성 능력을 디자인 툴로 사용함으로써 한편으로는 인간적 감성과 창의성이 부족하게 되었다는 비판도 있지만, 디지털 기술을 사용한다 하더라도 디자이너의 판단에 의한 선택과 수작업을 포함한 수많은 피드백이 요구되어지기 때문에 여전히 디자인 감각이 중요시된다. 또한, 컴퓨터의 사용으로 프랙탈 이론이 발견되고 시각화될 수 있었던 것처럼 스크립팅 등의 이해는 기존 형태의 한계를 넘는 또 다른 형태 발견(form finding)과 형태 형성(formation)의 도구가 될 수도 있으리라 생각된다.

컴퓨터에 의한 디자인에 의한 디지털 오너먼트의 패턴은 미묘한 변화로부터 전체에 이르는 광범위한 다양성을 표현할 수 있다. 이것은 단지 형태적 아름다움뿐만 아니라 공간적으로는 오너먼트의 패턴에 따른 솔리드와 보이드의 교차로 빛과 공기의 통로를 제공, 빛의 효과를 극대화하여 사용자의 감성을 자극한다.

## 참고문헌

1. 김용운 · 김용국, 도형에서 공간으로, 우성, 2002
2. 김원갑, 건축과 시간속의 운동, Spacetime, 2009
3. 권영걸, 공간디자인 16강, 도서출판국제, 2003
4. 윤영수 · 채승병, 복잡계 개론, 삼성경제연구소, 2009
5. 이정우, 접힘과 펼쳐짐, 거름, 2000
6. 정인하, 현대 건축과 비표상, 아카넷, 2006
7. 스키모토 토시마사, 큐브에서 카오스로, 발인, 2002
8. 프리츨프 카프라, 생명의 그물, 김용정 · 김동광 옮김, 범양사출판부, 2004
9. Balmond, Cecil, with Smith, Jannuzzi, Informal, Prestel, 2002
10. Bloomer, Kent, The Nature of Ornament, Norton, 2000
11. Gleiniger, Andrea, and Vrachliotis, Georg, Pattern: Ornament, Structure, and Behavior, Birkhäuser, 2009
12. Gombrich, Ernst, The Sense of Order, A Study in the Psychology of Decorative Art, Phaidon, 2002
13. Hensel, Michael, Menges, Achim, and Weinstock, Michael, Emergent Technologies and Design, Routledge, 2010
14. Jones, Owen, The Grammar of Ornament, DK Publishing, 2001
15. Kolarevic, Branko, Architecture in the Digital Age · Design and Manufacturing, Taylor & Francis, 2003
16. Meredith, Michael 외, From Control to Design, Actar, 2003
17. Moussavi, Farshid, and Kubo, Michael, The Function of Ornament, Actar, 2006
18. Rahim, Ali, Catalytic Formations: Architecture and Digital Design, Taylor & Francis, 2006
19. Spiller, Neil, Digital Architecture Now, Thames & Hudson, 2008
20. Kostasa, Terzidis, Expressive Form, A Conceptual Approach to Computational Design, Spon Press, 2003
21. Weil, Claudia, and Weil, Thomas, Ornament in Architektur, Kunst und Design, Callwey, 2004
22. 박정대, 디지털 미디어에 의한 건축 디자인 프로세스의 변화에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계) 22권 1호, 2006. 01
23. 이경훈 · 이윤진, 디지털건축에 있어서 형태생성의 특성에 관한 연구, 한국문화공간건축학회논문집 통권 제25호, 2009
24. 이명식, 건축디자인에 있어서 위상기하학의 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계) 25권 10호, 2009. 10
25. 이영수 · 유명희, 현대건축에 있어서 생태 패러다임에 기초한 자기조직화의 적용에 관한 연구, 대한건축학회논문집(계획계) 20권 2호, 2004. 02
26. 정인하, 투시도법과 디지털 표현방식의 비교를 통한 비표상적 건축에 관한 연구, 건축역사연구 제12권 2호, 2003. 06
27. 조창연, 비표상적 기호의미 생성에 대한 기호학적 연구, 한국기호학회, 기호학 연구 18권, 2005. 01
28. 최윤미 · 김종진, 확장적 패턴화 과정을 바탕으로 한 스킨 이미지 구축에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집 제17권 2호 통권67호, 2008. 04
29. 한혜신 · 김문덕, 현대 상업공간 실내디자인에 나타나는 오너먼트의 표상성에 관한 연구, 한국실내디자인학회논문집 제18권 6호 통권77호, 2009. 12
30. AD Digital Cities, Wiley, July/August 2009
31. Arch-Manual, Design+Concept+Script+Process, AACDCU, 2008
32. Digital Diagram, Architecture+Interior, Archiworld, 2007
33. Models, 306090 Books, Volume 11, 2007
34. RE-Sampling Ornament, S AM No5, 2008
35. Zona#4, Bozen Bolzano University Press, 2009

[논문접수 : 2010. 01. 31]

[1차 심사 : 2010. 02. 19]

[2차 심사 : 2010. 08. 29]

[게재확정 : 2010. 10. 08]