

3차원 보로노이 다이어그램을 활용한 건축 디자인 생성 프로세스에 관한 연구

박종진*, 전한중**

A Study on the Process of the Architectural Design Generation based on the 3D Voronoi Diagram

Jongjin Park* and Hanjong Jun**

ABSTRACT

This paper presents the unique formation process of a volumetric space with the digital algorithm developed for Voronoi diagram in order to generate an effective parametric architectural form. By applying systematic parameters of architectural conditions within digital parametric tools, the interactions among sub-spaces developed by Voronoi diagram are enhanced by manipulating the spatial structures. In this paper, we discuss how the parametric distributing and zoning geometrical system can support designers in developing a free-formed space, and research on how this system creates a 3D volumetric space. With the in-depth research on the system and structure of Voronoi diagram, the approaches to the application of Voronoi diagram into architectural form generation are clarified to be an effective, creative and successful digital tool. The result of the application of the Voronoi diagram improves the design quality with systematic language in the sense that the sub-regions are created and controlled under the systematic and balanced hierarchy having dynamic relationships among each others with the restoration of the equilibrium of forces and tensions. This 3-dimensional Voronoi diagram provides another means for designers to solve architectural issues and to reinforce their design concepts.

Key words : Voronoi Diagram, Digital Architecture, Design Generation, Parametric Design Tool

1. 서 론

컴퓨터의 디지털 기술은 디지털 시대에 접어들면서 건축에 있어서 Computer Aided Architectural Design (CAAD)의 등장과 발전의 기반을 마련하였다. 디자인은 디지털 기술의 도움으로 기존의 아날로그적 단계를 뛰어넘어, 건축의 표현, 영역, 활동의 경계를 허물며 디지털 가상공간상에 현실의 공간을 표현할 수 있게 되었다.

다양한 연구를 통하여 발전되어온 컴퓨터 프로그래밍은 건축에 활용됨에 있어서 이론의 개념적 차원에서 그치지 않고 건축적 공간이 가지는 물리적 한계를

극복하고 수많은 정보와 요구를 건축에 수용할 수 있도록 응용 가능한 형태로 현실화 되고 발전되었으며, 실용화 시키려는 시도가 많이 진행되었다.

본 연구에서는 수학적, 기하학적 개념의 보로노이 다이어그램(Voronoi Diagram)을 이용한 2차원 보로노이 시스템을 3차원으로 확장하여 공간 생성 시스템의 가능성을 살펴보고, 건축 공간의 구성 및 형태생성을 위해 디자인에 어떻게 적용 가능한지 연구해보고자 한다.

1.1 연구의 방법 및 절차

본 연구에서는 2000년 이후 디지털 공간 생성을 위해 보로노이 다이어그램을 디자인 도구로 활용한 프로젝트를 중심으로 인터넷 검색과 문헌조사를 토대로 사례조사를 하였으며, 다양한 사례분석을 위해 실제 건축되지 않은 계획안인 현상설계 출품작 및 연구 프로젝트도 연구의 범위에 포함하였다.

*학생회원, 한양대학교 건축환경공학과 석사과정

**성회원, 한양대학교 건축학과 부교수

-논문투고일: 2009. 03. 04

-논문수정일: 2009. 08. 18

-심사완료일: 2009. 08. 21

2장에서는 문헌조사와 인터넷 조사를 통해 보로노이 다이어그램의 개념을 이론적으로 고찰하였고, 보로노이 다이어그램을 활용한 건축 디자인 사례를 살펴보았다. 3장에서는 보로노이 다이어그램을 2차원 평면에서 구축하는 방법에 대해서 정리하였고, 마지막으로 4장에서는 2차원 보로노이 다이어그램을 확장하여 스트립트를 활용한 3차원 공간에서의 보로노이 다이어그램을 구축하고 이를 건축적 공간으로 활용하는데 있어서 디자인 프로세스상의 방법과 활용성에 대해 알아보았다.

2. 문헌고찰

2.1 보로노이 다이어그램의 이론적 배경

우크라이나의 수학자 보로노이(George Voronoy)에 의해 정의된 보로노이 다이어그램(Voronoi Diagram)은 1850년 독일의 수학자 니리콜레(Peter Gustav Lejune Dirichlet)에 의해 처음 제안 되었으며, 지리·의학·반도체 기술 등의 여러 분야에 사용되고 있는 기술이다.

보로노이 다이어그램은 마이크로 테크놀로지에 있어서 분자구조의 수학적 연산 등에 응용될 뿐 아니라 기하학적 구조에서 출발하였기 때문에 공간 생성과도 상당한 연관성을 가지고 있다^[1].

보로노이 다이어그램은 공간 스스로 그것이 속한 환경의 변화에 요구되는 것과 반응 속성을 활발히 소통하는 시스템을 지향한다. 건축은 사회 및 환경의 복잡성을 지닌 공간을 창조하고 이에 있어 정보의 수급과 추이는 공간을 형성하며 건축적 해결 사항을 뒷받침하기 위해 연산 가능한 공간에서 중요한 부분이 되었다. 따라서 정보는 공간을 변화·적용·조정하기 위한 뒷받침이 되어 컴퓨터 테크놀로지와 함께 건축에서의 보로노이 다이어그램의 이론은 적용성 및 지원성이 높아졌다고 할 수 있다^[2].

2.2 보로노이 형태의 발생 이론과 알고리즘

보로노이 다이어그램은 점 데이터 p_1, p_2, \dots, p_N 을 기준으로 보로노이 셀인 $C(p_1), C(p_2), \dots, C(p_N)$ 으로 분할되게 된다. 임의의 점 p_i 를 포함하는 보로노이 셀 $C(p_i)$ 영역내의 점들은 다른 영역의 기준점에서의 거리보다 자신이 속한 영역의 기준점까지의 거리가 제일 가까우도록 최단 영역을 찾아내는 알고리즘을 다이어그램으로 표현한 것으로 Fig. 2와 같다.

보로노이 다이어그램은 그 진화적이고 자기발생적 특성에 의하여 디지털 공간의 생성 메커니즘으로

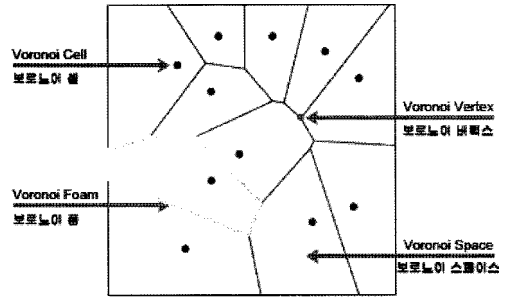


Fig. 1. 보로노이 다이어그램의 구성.

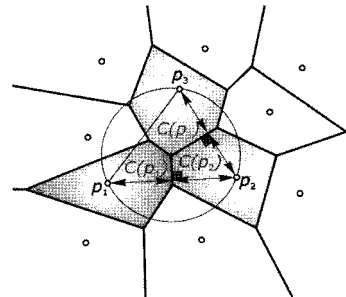


Fig. 2. 보로노이 다이어그램의 알고리즘

거듭나게 된다. 규칙을 가진 체계와 구성요소의 지속적인 진화를 통하여 자연발생적인 패턴의 장발을 이루고, 이는 건축의 마스터플랜, 외피 디자인, 공간 계획 등의 활용 가능성을 더욱 높여주었다.

2.3 보로노이 다이어그램을 활용한 사례

건축 디자인에 있어서 보로노이 다이어그램의 활용 가능성을 살펴보기 위하여 현상설계 출판자 및 다양한 연구 프로젝트 사례를 통하여 그 가능성을 살펴보았다.

2.3.1 국립 가오슝 퍼포밍 아트센터 현상설계(2007)
자하 하디드(Zaha Hadid)에 의해 디자인된 대만의 국립 가오슝 퍼포밍 아트센터 현상 설계안은 건축대지



Fig. 3. 국립 가오슝 퍼포밍 아트센터 현상설계안.

와 주위 환경 데이터를 토대로 방문객의 진입로 설정 및 대지와 구역간의 연관관계를 시각적으로 구성하는데 보로노이 다이어그램을 활용하였다. 또한 캐노피, 파사드, 지붕 등의 건축물 디자인에 직접 활용되었다.

2.3.2 돌룸 박물관(2006)

Andrew Kudless에 의해 디자인된 멕시코의 돌룸 박물관 현상 설계안은 박물관의 외벽 및 지붕의 구조를 보로노이 시스템을 활용하여 보이드된 3차원 세포 형태의 타일 시스템으로 구성하였다. 세포 형태로 구현된 외벽은 경광 구조화되어 각각이 구조체로 작용하게 된다¹⁾.

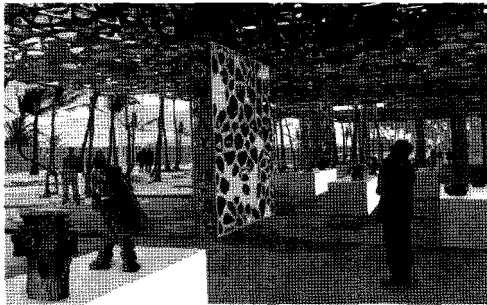


Fig. 4. 보로노이 다이어그램을 활용한 벽체디자인.

2.3.3 Net. Lab (2006)

영국 AA스쿨의 디자인 리서치 랩인 G Nome팀에 의해 제안된 Net.Lab. 프로젝트는 16개월간 진행된 리서치 프로젝트로서 보로노이 알고리즘이 사회 시스템, 스케일 및 사용자 요구 등에 대응하여 세포형 공간구조로서 파라메트릭화 되어 적용되는 프로세스를 연구한 프로젝트이다. 보로노이 알고리즘이 적용된 플러그인을 사용하여 건축공간을 디자인하는 프로세스를 진행하면서 디자인의 피드백 및 수정의 일련의 과정을 파라메트릭 방법을 사용하여 운영하였으며, 최종 디자인을 최적화 하였다²⁾.

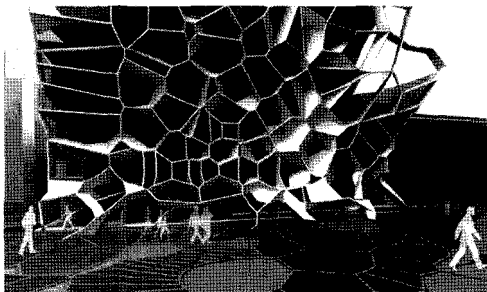


Fig. 5. 세포형으로 구성된 건축 공간 구조.

2.3.4 마곡 워터프런트 국립현상 설계(2008)

Designersfinger Lab.에 의해 디자인된 마곡 워터프런트 국립현상 설계 제출안은 마곡 지역의 기존 도시 축을 기준으로 건축 프로그램에 의해 생성된 새로운 축과의 교차점을 도출하고, 이 교차점들을 보로노이 다이어그램 형상을 도출을 위한 기준점으로 설정한다. 보로노이 시스템에 의해 생성된 세포 형태의 분할된 공간을 솔리드와 보이드의 구성을 통해서 수공간 및 녹지공간으로 디자인을 하였다. 보로노이 다이어그램으로 구성된 각각의 공간은 기준점의 위치 수정에 의해서 다양한 성격의 공간으로 변화가 가능하며, 디자이너로 하여금 디자인 컨셉트에 따라서 여러 가지 디자인 대안을 생성할 수 있도록 해주었다.

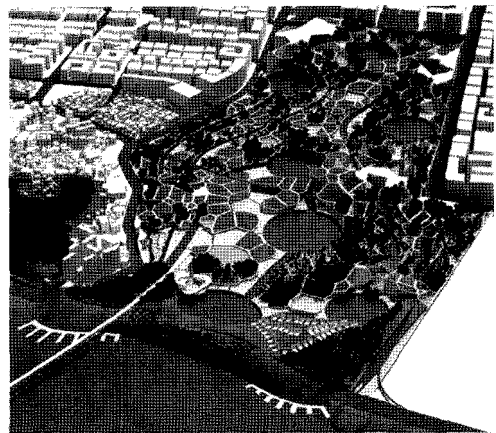


Fig. 6. 솔리드와 보이드의 보로노이 영역을 활용한 워터프런트 현상 설계안.

위의 4가지 사례를 통해 살펴본 보로노이 다이어그램의 건축적 활용 가능성 및 그 적용 방법에 대해서 정리하면 Table 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다³⁾.

보로노이 다이어그램은 건축의 마스터플랜, 구조체 디자인, 외피 및 공간 디자인 등에 활용 되었으며, 이는 건축가에게 있어서 건축요소간의 연관관계를 시각적으로 구성하고 새로운 건축적 언어를 정의하는데 있어서 하나의 지원도구로 사용되었다.

국립 가오슝 피로밍 아트센터와 마곡 워터프런트 현상 설계안의 경우 주로 건축적 공간을 구획하는데 2차원 보로노이 다이어그램을 활용하였고, 볼룸박물관 사례의 경우 공간을 구성하는 건축적 요소들 만들기 위해서 3차원 보로노이 형태를 활용하였다. Net. Lab 프로젝트는 다른 사례와는 달리 3차원 보로노이 형태가 건축적 공간을 직접 구성하고 있지만, 파라메트릭 방법을 통해 공간의 형태 변형을 연구한 프로젝트

Table 1. 보로노이 다이어그램의 건축적 적용사례

프로젝트	국립 가오슝 퍼포밍 아트센터	동물박물관	Net.Lab	마곡 워터프린트 현상설계
디자이너	Zaha Hadid	Andrew Kudless	G_Nome	Designersfinger Lab.
사용구분	대지 계획 및 프로그램 설정	벽체(구조체) 디자인	외벽 및 공간 디자인	대지 계획 및 건물배스 디자인
적용방법분류	환경 분석 기반 매개변수 추출	구성요소 분석	구성요소의 데이터화	환경 분석 기반 데이터를 활용한 디자인요소 도출
적용형태	2차원 보로노이 공간 기반	3차원 보로노이 형상 활용	3차원 보로노이 형상 활용	2차원 보로노이 공간 기반
특성	환경에 대응, 질서에 의한 총체적 조합	세분화된 구조체의 교섭	연속된 공간 안에서 경계가 보호한 벽체, 바닥, 구조	전체 공간의 연속성 강조 및 부분공간의 속성 표출

본 연구와는 다른 주제를 가지고 있다. 본 연구에서는 3차원 보로노이 다이어그램을 통하여 공간을 구축하는 디자인 방법론과 구축된 공간이 건축물로서의 역할을 수행하는데 필요한 여러가지 관점에 대해서 구체적으로 살펴 보았다.

3. 2차원 보로노이 다이어그램

3.1 보로노이 다이어그램의 공식화

보로노이 다이어그램의 형태 발생 이론을 공식화하면 다음과 같다. 점 집합 $P = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}$ 으로 구성된 보로노이 다이어그램은 주어진 공간을 $V(p_0), V(p_1), V(p_2), \dots, V(p_n)$ 의 영역으로 분할하고, 보로노이 셀 $V(p_i)$ 는 점 집합 P 내의 임의의 다른 기준점들 보다 점 p_i 에 가장 가까운 거리의 점들의 집합이다. 이는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$V(p_i) = \{x | \text{dist}(x, p_i) < \text{dist}(x, p_j) \text{ for } j = 0, 1, \dots, n \text{ and } j \neq i\}$$

3.2 2차원 보로노이 다이어그램의 프로세스

보로노이 다이어그램을 구축하기 위한 다양한 알고리즘은 오래 전부터 많이 제안되었으며, 컴퓨터의 발전에 의해 그 구축 방법은 더욱 많이 연구되고 있다. 본 연구에서는 다양한 구축 방법 중에서 주어진 기준점과 주위의 입력 점들과의 수직이등분선을 통해서 하나의 보로노이 셀이 구축되는 알고리즘에 대해 살펴 보았다.

하나의 보로노이 셀이 정의가 되는 과정은 총 5단계의 과정으로 이루어지며, 각각의 단계는 다음과 같다.

- (1) 상점/셀의 정의(Fig. 7-a) : 보로노이 다이어그램의 프로세스를 진행하기 전에 임의의 사각형 형태의 영역내부의 VoronoiVertex는 실수(Real

Number)로, VoronoiCell은 VoronoiVertex의 연속으로 정의하는 과정

- (2) 하나의 기준점과 다른 점들 사이의 중심점을 이용한 수직 이등분선 추출(Fig. 7-b) : 하나의 기준점과 또 다른 점들을 선정하고 이 두 점 사이의 중심점을 지나는 수직이등분선을 구하는 과정
- (3) 영역의 경계선과 수직 이등분선의 교차 여부 분석(Fig. 7-c) : 주어진 영역의 경계선과 수직 이등분선의 교차점을 구하여 다음 (4)과정에서의 절단 경계선을 구하는 과정
- (4) 수직이등분선을 이용한 영역 절단(Fig. 7-d) : (3)의 과정에서 정의된 수직이등분선을 기준으로 두 영역으로 분리하고 초기 기준점을 포함하지 않는 영역을 삭제하는 과정
- (5) (1)-(4) 과정의 반복작업을 통한 보로노이 셀 생성(Fig. 7-e) : 영역이 절단된 후, 절단 수직이등분선이 새로운 영역 경계선으로 설정되어 (1)-(4)의 과정이 반복되면 최종 보로노이 셀이 생성된다.

위의 5단계를 그림으로 표현하면 Fig. 7과 같다.

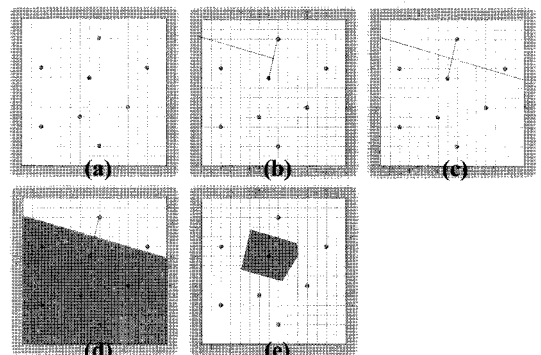


Fig. 7. 2차원 보로노이 셀의 생성과정.

2차원 평면에서 구축된 보로노이 셀을 확장하여 3차원 공간에서 보로노이 다이어그램을 구축하면 건축 여러 분야에 활용될 가능성은 더욱 커진다. 다양한 알고리즘에 의해서 구축이 가능한 보로노이 다이어그램을 3차원으로 확장하고, 건물의 외피, 구조, 컨셉트 모델, 공간분석 등에 활용함으로써 디자이너로 하여금 다양한 대안을 도출할 수 있게 지원해주며, 파라미터 변화에 의해서 창의적인 디자인 생성 지원 시스템으로 발전할 가능성을 지니고 있다.

4. 3차원 보로노이 시스템의 건축적 활용

4.1 3차원 보로노이 다이어그램으로의 확장

3상에서는 2차원 평면에서 하나의 보로노이 셀이 형성되는 프로세스에 대해서 고찰해보았으며, 4장에서는 이를 발전시켜 3차원 공간에서의 보로노이 다이어그램을 활용한 공간 디자인 프로세스에 대해서 알아보려고 한다(본 연구에서는 Sander Mulders의 프로젝트를 통하여 3차원 보로노이 시스템을 살펴보았다).

3상에서 살펴보았던 2차원 보로노이 셀의 구축방법은 기본적으로 두 기준점 사이의 수직 이등분선을 이용하여 기준점을 포함하지 않는 영역은 삭제 하는 알고리즘을 사용하였다. 3차원에서는 이를 확장시켜 정해진 영역의 공간에서 두 기준점 사이의 수직 이등분 평면을 사용하여 3차원 보로노이 셀을 구축하는 알고리즘을 사용한다.

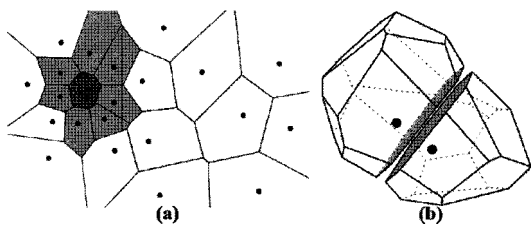


Fig. 8. (a) 2차원 평면에서의 보로노이 다이어그램, (b) 3차원 평면에서의 보로노이 다이어그램^[7].

4.2 스크립트에 의한 3차원 보로노이 셀 생성

스크립트에 의한 3차원 보로노이 셀 생성은 두 기준점에 의해서 한 단계씩 보로노이 볼륨을 계산하는 방식으로 진행된다. 이는 두 기준점을 포함하는 최대 영역을 설정하고 보로노이 셀의 영역이 아닌 부분을 삭제하는 방식으로 구성된다. 이를 좀더 구체적으로 살펴보면 다음과 같은 총 6단계의 과정을 거쳐서 3차원 보로노이 다이어그램을 구축하게 된다.

(1) 3차원 보로노이 셀 생성의 가장 첫 단계는 두 기준점들을 모두 포함하도록 기준점 사이의 거리보다 조금 더 큰 영역상자를 설정하는 것이다. 이 영역 상자내의 모든 기준점들은 영역상자의 표면에 위치하지 않도록 영역상자의 크기를 조절해 줄 필요가 있다.

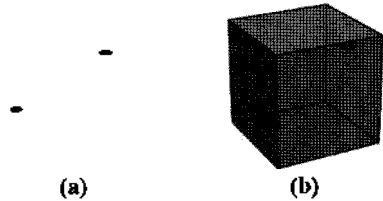


Fig. 9. (a) 보로노이 다이어그램의 기준점 생성, (b) 기준점을 포함하도록 경계 영역 상자 설정.

(2) 보로노이 셀의 영역 상자가 설정된 후에는 두 기준점 사이를 잇는 선분을 생성시킨다.

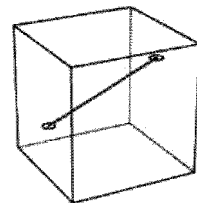


Fig. 10. 두 기준점 사이를 잇는 선분 생성

(3) 이 선분의 중간점에 수직이등분 평면을 생성시킨다. 이 수직 이등분 평면은 영역 상자 밖으로까지 확장시킨 형태로 작성된다.

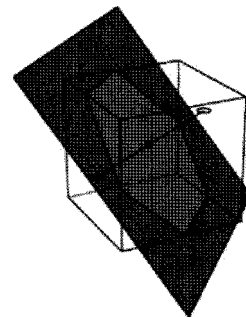


Fig. 11. 두 기준점을 잇는 선분의 중간점에 수직이등분 평면 작성.

(4) 생성된 수직 이등분 평면을 선택된 기준점의 반대방향으로 수직 뚫출시킨다. 뚫출된 수직이등분 평면의 메스는 초기에 설정된 영역 상자 외부까지 연장되도록 설정을 해준다.

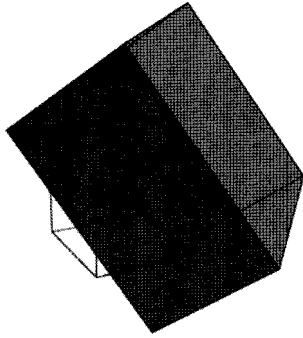


Fig. 12. 수직이등분 평면의 돌출.

(5) 돌출된 수직 이등분 평면 메스를 사용하여 초기 설정된 영역 상자 부분을 절단한다. 절단된 영역 상자는 다음 기준점을 사용하여 (1)-(5)의 과정을 반복하여 하나의 3차원 보로노이 셀을 작성한다.

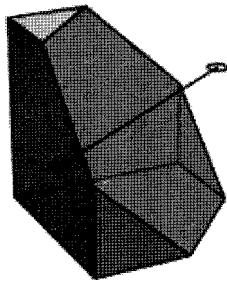


Fig. 13. 수직이등분 평면을 사용한 영역 상자 절단.

(6) 하나의 보로노이 셀이 작성된 후에는 기준점을 바꿔가면서 전체 3차원 보로노이 다이어그램을 생성한다.

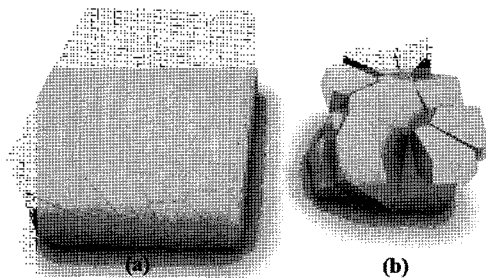


Fig. 14. (a) 기준점과 영역상자에 의한 보로노이 셀 (b) 기준점 영역 밖의 부분을 삭제한 결과물.

3차원 보로노이 다이어그램을 작성하기 위한 6단계의 프로세스를 종합하면 Table 2와 같이 정리 할 수 있다.

Table 2. 3차원 보로노이 다이어그램 구축 단계

단계	결과 이미지	작업내용
1		경계 영역상자 설정
2		기준점 사이의 선분 생성
3		수직이등분 평면 생성
4		수직이등분 평면 돌출
5		영역 상자 절단
6		기준점 변경하여 1-5단계 반복

4.3 3차원 보로노이 시스템의 건축디자인 활용

4.2장에서 작성된 3차원 보로노이 다이어그램을 건축 디자인으로 활용하기 위해서는 몇 가지 부분을 염두하고 작업이 되어야 한다.

첫째로, 4.2장에서 생성된 3차원 보로노이 형상은 임의의 집에 의해서 작성되었기 때문에 건축 디자인으로 활용할 경우 바닥 면적 부분이 확보에 문제가 발생할 수 있다. 영역 상자 내부에서 3차원 보로노이 다이어그램이 작성 되었기 때문에, 바닥 부분이 확보가 되지 않은 상황이 발생할 수 있는 것이다. 이를 해결하기 위해서, 디자이너는 임의로 전체 기준점들을 복사하여 영역상자 내부에서 하단으로 복사된 기준점들을 이동 시킴으로써 최종 결과 물인 보로노이 다이어그램의 바닥부분에 좀 더 많은 영역을 확보하여 건축물의 기준 바닥으로 활용할 수가 있다.

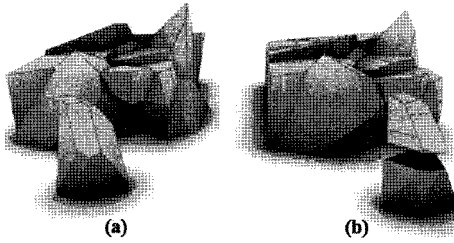


Fig. 15. (a) 최초의 기준점에 의한 브로노이 시스템 (b) 기준점의 복사에 의한 바닥면적의 확보.

둘째로, 브로노이 다이어그램을 생성하기 위해서 필요한 기준점들은 기본적으로 임의의 점을 생성하여 3차원 형상을 구축할 수도 있고, 디자이너의 컨셉트에 의한 설정 좌표에 의해서 생성이 될 수 있다. 그러나 기준점들에 의해 생성된 브로노이 다이어그램이 건축 디자인 요소로 활용되기 위해서는 기준점 선정에 있어서 건축적인 논리가 적용되어 디자인의 방법론 측면에 있어서 논리적이고 설득력이 있는 프로세스를 발전되어야 한다.

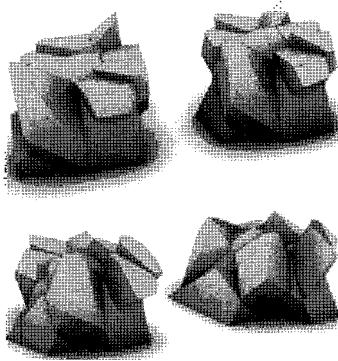


Fig. 16. 다양한 기준점에 의한 여러 가지 디자인 대안.

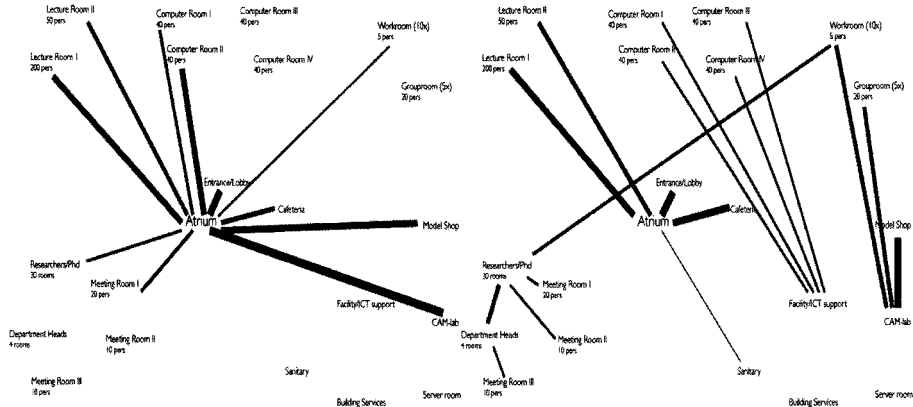


Fig. 17. 공간 위계관계 분석에 따른 기준점 선정 사례.

셋째로, 4.2장에서 살펴본 3차원 브로노이 다이어그램의 생성과정에 있어서 각각의 기준점들 사이의 선분과 수직이등분 평면의 계산은 기준점들의 수가 증가할수록 프로세스의 능률을 저하시키게 된다. 따라서, 기준점들 사이의 계산에서의 최적화가 필요하다. 이는 불필요한 영역의 삭제 단계 이전에 각각의 기준점들 사이의 선분 계산단계에서 브로노이 영역 외의 지역에 있는 기준점들을 계산상에서 제거함으로써 계산의 부하를 줄일 수 있다.

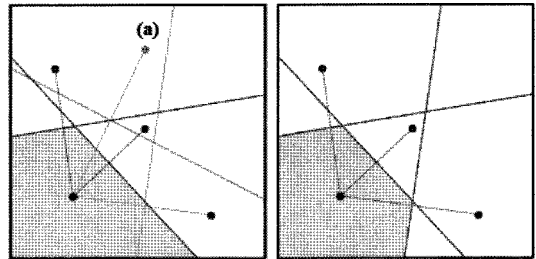


Fig. 18. 브로노이 영역 외의 지점에 있는 (a) 기준점의 계산세의 방법을 통한 프로세스 최적화.

마지막으로 현재까지의 브로노이 다이어그램에 의한 디자인 결과물은 Surface Model에 불과하다. 이 형상이 건축물에 사용되기 위해서는 건축물의 구조체로서의 역할을 수행하도록 변형이 되어야 한다. 솔리드 부분은 솔리드로, 오픈된 공간은 구조체를 사용함으로써 건축물로서의 성능을 발휘하도록 해야 한다. 이 문제는 브로노이 다이어그램의 각각의 면의 경계선을 오프셋 함으로써 구조체를 생성시킬 수가 있고, 같은 방법으로 면을 오프셋 함으로써 벽면으로서 기능을 수행하도록 할 수 있다.

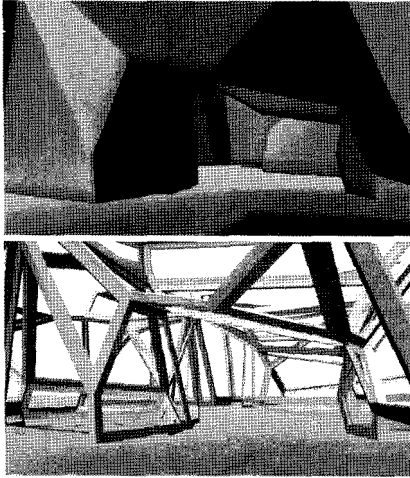


Fig. 19. 오프셋 기능을 통한 벽체 및 구조체 생성.

5. 결 론

다양한 방법으로 구축이 가능한 보로노이 다이어그램은 여러 분야에서 활발히 연구되고 있으며, 건축에서도 디지털 기술의 도움으로 그 활용 가능성이 점점 커지고 있다. 본 연구에서는 컴퓨터의 스크립트를 활용하여 기존에 수직이등분선에 의한 보로노이 다이어그램 형태 생성 알고리즘을 같은 개념으로 3차원으로 확장하여 3차원 보로노이 다이어그램 형태를 생성하는 방법이 사용되었고, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

- 1) 보로노이 다이어그램은 건축 환경의 정보 분석과 피드백을 통해 공간 개념을 정리하고, 생성의 과정을 통해서 그 데이터들을 매개 변수화 하여 시각적으로 표현할 수 있다.
- 2) 제어자의 의도에 따라서 여러 가지 형태로 유도가 가능한 보로노이 다이어그램은 그 기준점을 조절하는데 있어서 논리적인 방법론이 필요하다.
- 3) 다양한 알고리즘에 의해 구현이 가능한 보로노이 다이어그램은 알고리즘의 변형에 의해서 건축 디자인을 사용하기 위한 최적화 과정이 필요하다.

4) 본 연구에서 살펴본 3차원 공간에서의 보로노이 다이어그램은 형상적인 정보에 머물지 않고 건축 공간으로서 사용되기 위해서 건축요소로서의 변형 과정을 거쳐서 건축 디자인에 사용될 수 있는 정보로 발전할 수 있다.

보로노이 다이어그램은 그 구성 방법의 다양한 확장 가능성과 여러 가지 대안을 효율적으로 단 시간 내에 생성할 수 있는 가능성 때문에 건축 디자인 분야에서 다양한 방법으로 도입이 되고 있다. 하지만 초기의 기준점을 선정하는데 있어서 아직까지 논리적인 방법론의 연구가 필요하고, 기준점들에 의해서 생성된 보로노이 다이어그램을 건축 실무에서 사용하는 데에 있어서 단지 기하학적인 정보에 의한 형상에 머물지 않고, 건축 실무에서 사용되는 다른 시스템과 연동이 되어 통합설계 프로세스 상의 건축정보를 모델링하는 지속적인 연구가 필요하다.

또한, 최근 많은 관심을 받고 있는 Building Information Modeling (건축정보모델링: 이하 BIM)의 기술과 통합하여 건축 디자인 생성과정에 접목하여 디자인 생성 방법론 상의 또 하나의 논리적인 프로세스의 출현이 가능하다. 이를 위해서는 BIM 도구 간의 효과적인 연동과 데이터 관리의 연구가 더욱 필요하다.

참고문헌

1. Voronoi Diagram, <http://www.wikipedia.org>
2. 김가애, 윤세은, "디지털 공간에서의 보로노이 다이어그램 적용에 관한 연구", 한국실내디자인학회논문집, Vol. 17, No. 3, pp. 156-164, 2008.
3. Matsys, <http://www.materialsystems.org>
4. Net. Lab, <http://www.gnome-netlab.com>
5. 박종진, 지승열, 전한중, "건축 디자인 생성에서의 보로노이 다이어그램 적용에 관한 연구", 대한건축학회 학술발표대회 논문집, pp. 25-28, 2008.
6. Design Space Exploration, <http://www.digisan.nl/dse>
7. Hugo, L. and Christopher M. G., "The 3D Voronoi Diagram: A Tool for the Modelling of Geoscientific Datasets", GeoCongress Quebec, 2007.



박 종 진

2006년 한양대학교 건축공학부 학사
2007년~현재 한양대학교 건축환경공학
과 석사과정 재학중
관심분야: Parametric Design, VR, BIM



전 한 중

1985년 한양대학교 건축공학과 학사
1987년 한양대학교 건축학과 석사
1997년 University of Sydney 건축학
박사
1998년~현재 한양대학교 건축학과 교수
관심분야: 건축계획 및 설계, Design
Computing