

# 객체지향 3D캐드를 이용한 공동주택 환경(일조, 조망)분석에 관한 디지털적 분석방법 연구

## A Study on the Analysis of Residential Environment based on Object-oriented 3D CAD System

유 정 원\*  
Ryu, JeongWon

### Abstract

The analysis system has been needed to pre-evaluate and analyze the right for sunlight and the right for view in a residential environment since the urban high density and high rise residential building types have been prevailing these days.

The purpose of this study is to propose an digital analysis method to evaluate sunlight and view conditions in a residential environment to improve the system performance in the sense of speed and accuracy. The digital analysis method using the object-oriented 3D CAD system and parametric library is studied and applied in the system and the various outputs of the analysis system makes possible to modify the design with the speed and accuracy as a result of the analysis. The study includes the evaluation for a daylight and view condition of each unit, and the interruption degree to a vicinity environment in terms of sunlight and view conditions comparing before and after construction.

키워드 : 객체지향 3D 캐드, 환경분석, 일조분석, 조망분석, 디지털

Keywords : Object-oriented CAD, View Evaluation, Daylight Analysis, Digital

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경

산업혁명 이후 근대 도시가 발달되어 오면서 자연환경(생태계, 자원, 녹지, 물, 공기, 기후)에 대한 많은 문제점들이 도출되어 왔고 해결 방안들이 모색되어져 왔다.

그러나 근대의 새로운 도시주거 형태 즉, 도심형 고밀, 고층 주택의 형식으로 인해 새로운 측면의 일조, 통풍, 조망 등의 환경 문제가 대두 되어 왔다.

주택 소유주의 삶의 질에 대한 요구수준의 향상과 새로운 건물의 생성으로 인한 주변 거주자들의 환경권 침해 등의 문제들이 대두 되면서 2003년 12월 1일 서울 구로구 고척동 대우건설 아파트의 일조권, 조망권, 통풍 침해를 서울고등법원이 인정한데 이어, 2004년 4월 22일 서울 도곡동 진달래1차아파트의 일조권, 조망권 침해를 인정하여 서울지방법원은 총 108억원을 배상하라는 판결을 내리는 등 환경권의 법적 보호가 실현되기 시작하였다.

즉, 건물이 준공되기 전에 미래 거주자들의 환경의 질에 대한 예측과 건물 주변 거주자들의 환경침해방지의 양측 모두를 목적으로 주거환경분석 예측 시스템에 대한 요구가 있어왔다.

### 1.2 연구의 목적과 범위

디지털 기술이 발달하기 이전 이러한 주거환경 분석 중, 일조를 분석하기 위한 방법론으로는 대표적으로 월드램(Waldram) 기법을 이용하여 일조환경을 예측 분석해 왔다. 또한 디지털 기술의 발달로 월드램 분석 등의 기법을 디지털 기술로 실현하려는 연구도 많이 이루어져 왔다. 이러한 연구들은 각각의 분석을 위한 자료입력, 디지털 모델링 등을 별도로 하여 각 분석 결과 값을 도출하는 일방향성의 분석방법이며 설계와는 무관하게 분석만을 위한 데이터의 입력을 요구한다.

그러나 디지털 기술과 객체지향 3D 캐드의 발달로 분석 논리 자체의 디지털적인 접근 방법으로 보다 빠르고 정확한 예측의 가능성이 열렸다.

따라서 본 연구에서는 디지털 기술과 객체지향 3D 캐드를 이용하여 아파트 단지 배치를 위한 설계와 동시에 설계안의 일조, 조망 분석과 분석 결과의 다양한 조회를 이용한 설계 변경이 가능한 시스템의 기초연구로서

\* 정회원, 안양과학대학 건축인테리어학부 겸임교수  
본 연구는 (주)삼성물산 건설부문의 연구비 지원으로 이루어 졌습니다.

- 1 아파트 단위주거의 일조율 평가  
(아파트 주변 건물의 일조 침해율 평가 포함)
  - 2 아파트 단위주거의 조망율 평가  
(아파트 주변 건물의 조망 침해율 평가 포함)
- 로 그 범위를 한정하였으며 연구를 위한 시스템으로는 Graphisoft사의 ArchiCAD8.1, GDL(Geometric Description Language), API(Application Programming Interface), Visual C++ 6.0 제품을 사용하였다.

## 2. 객체지향 3D 캐드시스템의 개념

캐드의 성장을 살펴보면 초기에는 점, 선 등의 2D 요소(Entity)들의 조합으로 이루어 졌다. 데이터 처리의 효율과 파일 사이즈, 사용자의 편의 등을 위하여 블록 등의 라이브러리 개념이 도입이 되었지만 여전히 단순한 entity들의 조합을 효과적으로 다루는 수단일 뿐이었다.

이후, 3D 캐드가 가능하게 되어 요소(entity)들의 2D 요소에 면(face) 또는 면들의 조합인 geometry 라는 topology개념이 도입이 되었다.

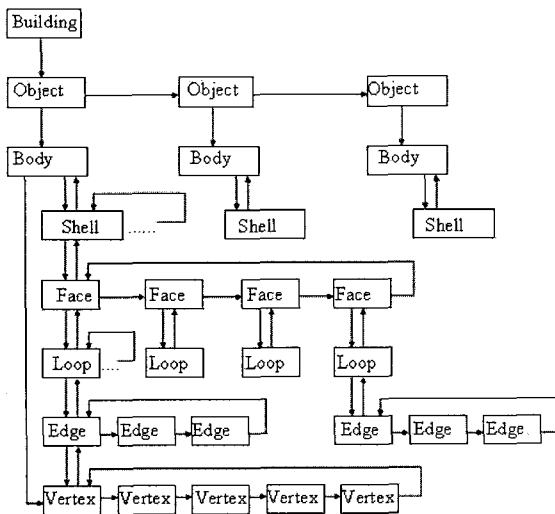


그림 1. Topology개념

이후 이러한 3D 데이터가 단순한 3차원 데이터로서가 아닌 객체로서 존재가 가능한 객체지향 삼차원 캐드가 등장하게 되었다. 이러한 객체지향 캐드는 기존의 3D 캐드 엔진에 객체지향 개념을 탑재시켜 내부적으로는 객체지향 개념을 100% 수용하지 못하는 한계를 가진 캐드도 있고, 실제로 엔진부터 객체지향 개념으로 설계가 되어 등장한 캐드 시스템도 있다.

특히 이러한 객체지향 캐드는 매개변수(parameter)방식을 대부분 수용하고 있고, 이러한 방식은 건축에 적용될 때 시스템의 무한한 발전 가능성을 주고 있다.

최근 건축분야에서는 Building Information Modeling (BIM) 또는 Virtual Building 개념, 즉 컴퓨터 내에 하나의 가상 건축물을 만들어 건물 데이터를 디지털 빌딩 파일로서 관리하는 개념으로 발전되었다. 이는 건물을 구

성하는 각 객체들(벽, 기둥, 슬라브, 창, 문, 지붕, 계단 등)이 각각의 속성뿐만 아니라 서로를 인식하며 CAD 데이터가 단순한 선형 정보가 아닌 건축 정보(길이, 무게,

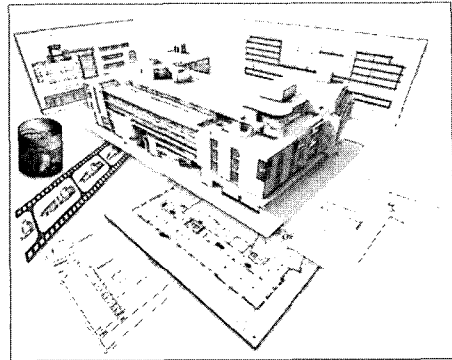


그림 2. Virtual Building

부피, 표면적, 재료, 가격, components 등)로서 존재가 가능하며 건물을 완성하면 각 객체들 서로간의 3D 정보가 간접 계산되어 자동 단면, 입면, 상세도 등의 산출이 가능하다. 설계상의 오류나 설계 수정시 평면, 단면, 입면과의 불일치 오류는 설계진행의 지연과 프로젝트 전체비용의 상승원인이 되며 대규모 프로젝트일수록 비용 상승폭이 크므로 이러한 BIM 또는 Virtual Building 개념의 도입은 건축 시장 전반에 많은 경제적 이익을 가져다 줄 것으로 기대된다.

이러한 파라메트릭 객체 캐드는 <그림3>와 같이 캐드 엔진과 파라메트릭 라이브러리, 그리고 Add-On 시스템 개발 모듈 세 부분이 삼자 구도를 이루며 구성되어 있다. 이러한 구도는 각각의 독립성 보장과 외부 시스템과의 연계에 열려있는 구조로 확장 가능성이 뛰어난 구조라고 볼 수 있다.

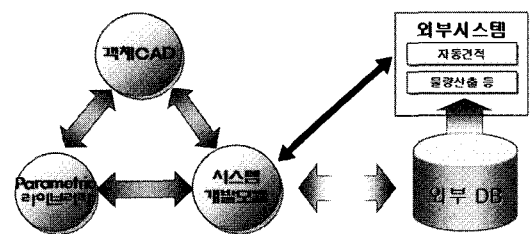


그림 26. 객체 캐드 시스템 구조의 예

실제로 이러한 open된 구조를 이용하여 핀란드의 YIT 건설회사는 10년 전부터 Virtual Building 개념인 ArchiCAD<sup>2)</sup>를 이용하여 COVE(Cost and Value Engineering) 라는 견적 시스템을 발전시켜 왔고, 2004년부터는 3D CAD에 시간(time)과 비용(cost)을 결합한 5D 시스템을 만들어 건설 프로젝트 비용을 2~3%로까지 줄이

1) YIT: 핀란드의 약1만명 직원규모 건설회사  
2) 1982년 Graphisoft사에서 만든 건축 전용 parametric 객체지향 3D CAD

유 정 원

고 있다.

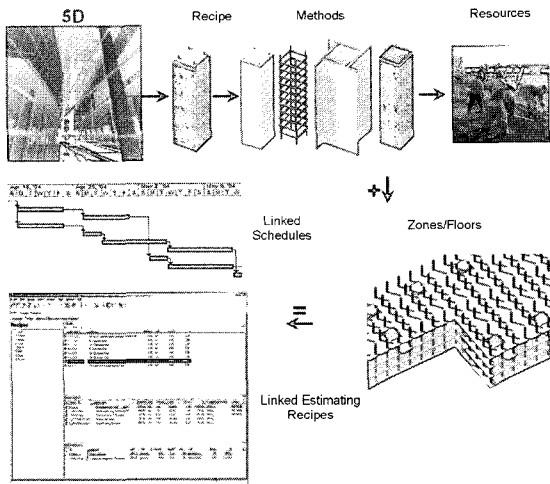


그림 27. YIT 건설회사 5D시스템

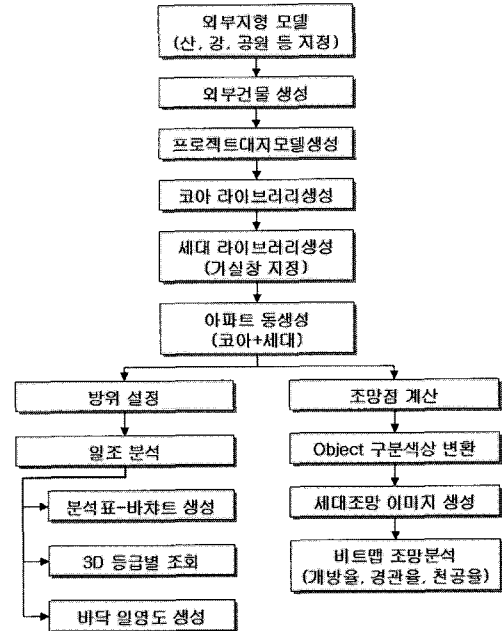


그림 5. 환경분석 시스템 프로세스

### 3. 공동주택 환경분석 시스템의

아파트 환경분석 시스템의 구조는 <그림 6>와 같이 아파트 설계 배치도면을 작성하는 3D 카드시스템과 환경분석을 위한 속성변수들(parameters)을 포함하고 조절하는 Parametric Library 부분, 이 두 부분의 데이터를 조합, 조절하여 일조, 조망율을 분석하고 결과를 다양한 방법으로 사용자에게 제공하는 부분으로 나뉜다. 일련의 프로세스를 거쳐 분석된 결과는 일 방향으로 끝나지 않고 사용자에게 의해 새로운 3D 모델링의 과정 없이 라이브러리 속성변수의 조정과 3D CAD 에서의 위치 변경 등의 간단한 수정을 통해 feed back이 가능하며 변환된 데이터는 다시 새로운 환경분석 결과를 리포트 한다.

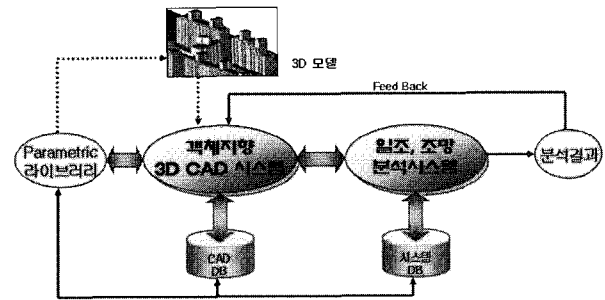


그림 6. 환경분석 시스템의 기본 구조

### 4. 공동주택 환경분석 시스템 구축

#### 4.1 일조분석

일조 분석 계산을 위해서는 아래의 식이 사용되었다.

- 태양고도각( $\beta$ ): 수평면과 태양이 이루는 각도

$$s \sin \beta = \cos L \cos \delta \cos H + s \sin L \sin \delta \quad \text{식(1)}$$

여기서,

$L$  = 경도

$\delta$  = 태양적위 (표 2.8)

$\beta$  = 태양고도각

$H$  시간각 = (minutes of time from local solar noon) / (4min/degrees longitude)

- 태양방위각( $\phi$ ): 수평면상에서 태양의 위치와 진남(true south)과의 각. 남쪽을 기준으로 동쪽은 -, 서쪽은 +.

$$\cos \phi = (\sin \beta \sin L - \sin \delta) / (\cos \beta \cos L) \quad \text{식(2)}$$

여기서,  $\phi$ 는 태양방위각이다.

위의 태양각 산출식을 이용하여 지역에 따른 태양의 좌표값을 산출 한 후, 3D 모델링의 데이터를 분석한다. 즉, 각 일조계산의 위치값과 태양과의 연결선상에서 교차되는 오브젝트가 발견되면 이는 계산 시간 값의 계산 위치에 그림자가 지는 것으로 간주된다. 이때 해당 교차 오브젝트는 자체건물, 외부건물, 대지, 산, 나무 등의 일반 오브젝트 등이 있다. 정확한 일조분석 계산 위치 영역과 위치 선정에 관해서는 좀 더 깊은 연구가 있어야 한다고 보며 이번 연구에서는 일조계산을 오브젝트의 속성과의 연관성에서 3D 데이터를 이용함에 초점을 맞추고 향후 더 범위를 넓혀 가도록 하겠다.

일조계산의 위치값과 태양과의 연결선상에서 교차되는 오브젝트의 발견을 위해서는 모든 오브젝트의 cross calculating 보다는 hierarchy를 주어 평면상의 2D 검토가 우선된다. 오브젝트의 2D 데이터의 상의 교차가 발견되는 경우 3D의 교차여부 확인이 들어가며 이때 일조계산 위치값과 교차대상 물체와의 z값 계산 등의 계산 선행

조건에서 계산의 양을 감소하고 들어간다.

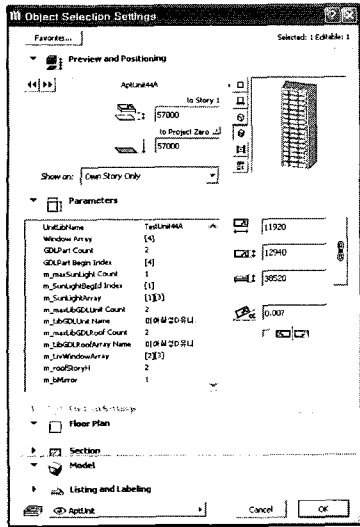


그림 30. 세대 parametric 라이브러리로 구현 예

이러한 결과를 반영한 시스템의 계산 속도는 3000세대의 경우 아파트 단독분석은 1분, 주변건물 고려한 분석은 3분 정도의 빠른 분석속도를 보여주었다.(CPU P4 3GHz / 1GB RAM / Video Card 128MB 기준)

일조분석을 위한 대상 오브젝트들의 속성을 살펴보면 다음과 같다.

우선, 각 오브젝트들은 모델링을 위한 geometry 속성과 분석을 위한 parameter들로 구성이 되며 이는 parametric 라이브러리로 구현되었다.

각 동은 소속된 코아와 세대(unit)의 hierarchy 정보를 갖고 분석 시스템에서 세대 parametric 라이브러리를 접근하여 분석한다. 이때 간접 고려 대상은 산, 대지, 외부 건물, 기타 객체들이 있으며 분석을 위해 각각은 다른 종류의 속성을 갖게 된다.

객체 캐드의 3D geometry data와 parametric 라이브러리의 속성을 가져와 분석 시스템에서는 각 세대별로 일조분석을 한다. 이때 분석기준은 오전 9시부터 오후 15시까지의 연속시간과 오전 8시부터 오후 16시까지의 총시간 두 가지를 분석하여 <그림 9>과 같이 결과를 bar chart로 나타낸다.(12월 21일 동지 기준)

이때, 아파트 세대기준의 일조분석의 경우 아파트만 고려한 자체 일조분석과 주변 건물을 고려한 일조분석 두 가지 방법을 구현한다. 이는 자체 검사만을 위한 속도를 확보하기 위함이다. 또 주변 외부건물의 일조검토 경우, 아파트가 세워지기 이전의 부지 건물을 모델링하여 아파트 시공 이전과 이후 양자 분석방법을 모두 제공하여 결과 값을 비교할 수 있게 한다. 이는 아파트로 인해 얼마만큼의 일조 침해가 악화되었는지, 정량적으로 비교 분석 값을 얻을 수 있다.

계산 값의 또 다른 조회방법으로 일조분석결과 시간값에 등급제를 적용하여 3D 상에서 등급별 조회를 색상 변환으로 가시적으로 조회할 수 있게 한다.

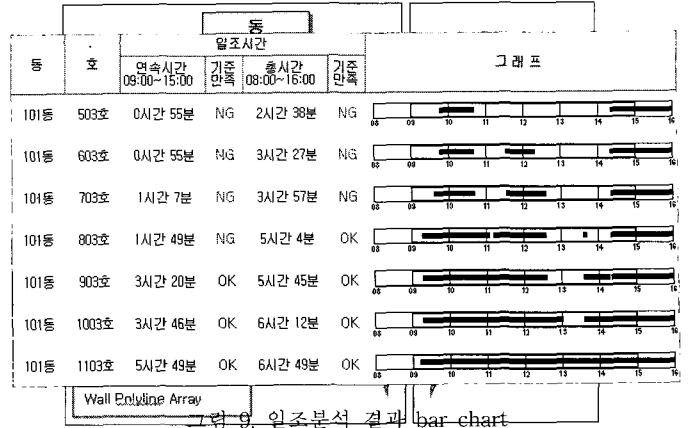


그림 8. parametric 라이브러리의 속성 정의

이때 등급 기준은 아래와 같이 정한다.

법적기준	NG		OK				
	시간	등급	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5
시간	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	
등급	6	5	4	3	2	1	

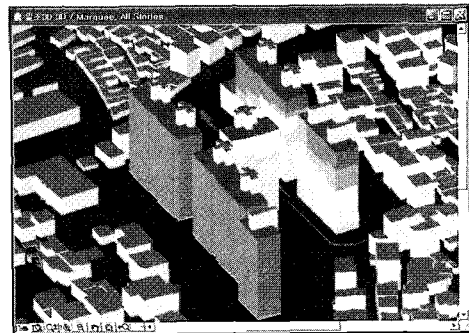


그림 33. 일조분석 결과 3D 등급별 조회

단지내 또는 인근 외부건물에 아파트가 미치는 일영을 파악하기 위한 방법으로 바닥 일영도를 산출한다. 이때 이번 연구에서는 비트맵 분석 방식을 취한다. 3D 상의 Top view에서 정확한 태양의 위치값 입력으로 얻어지는 그림자를 캐드 엔진의 렌더링 결과값 이미지를 주어지는 시간 간격 마다 산출하여 이미지 비트맵을 분석한다. 산출된 이미지 시리즈는 하나의 복합 이미지로 합쳐지며 이때 그림자 부분의 겹침 정도를 비트맵 색상 분석을 하여 1시간 부터 9시간 즉 영구일영 부분으로 분리하여 각 영역별로 구분하기 쉬운 약속된 색상으로 색상변환을 한다. 사용자는 <그림 11>와 같은 시간대별 색상으로 분리된 바닥 일영도를 보게 되며 단지 내 영구일영 부분 파악, 외부건물 일조 침해도 등을 시각적으로 정확히 파악할 수 있게 한다.

#### 4.2 조망분석

조망 분석의 기준은 연세대 김병선 교수의 삼성건설 주택부문 연구결과로 건축학회에 제출한 "3차원 조망분석 프로그램 개발" 최종보고서를 근거로 하였다.

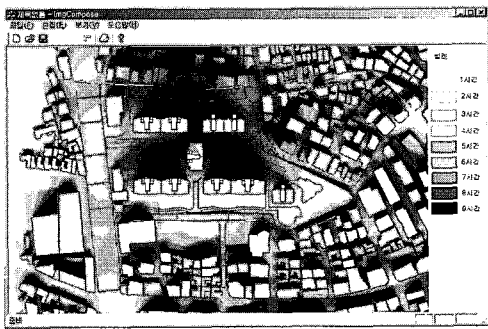


그림 34. 바닥 일영도

주택내의 조망경관을 평가하기 위한 조망의 정의는 자발적인 의지로 창을 통해 열려진 공간을 보는 시각적 경험으로 사전적 정의를 내릴 수 있지만 본 연구에서 주택에서의 조망 분석을 위한 조망은 무의식적으로 창을 통해 열려진 공간을 보는 행위에 의해 얻게되는 시각적 경험<sup>3)</sup>이라고 정의한다.<sup>4)</sup>

조망의 평면 기준점은 거실 창의 양 끝에서 내부로 120도 각도를 이루는 평면의 위치와 바닥에서 1.5미터 높이의 눈높이의 단면적 위치와 각도는 상하 60도 각도를 기준으로 한다. 이에 근거하여 조망 창 이미지를 산출하면 2:1(가로:세로) 비율의 세대 조망 이미지가 산출된다.

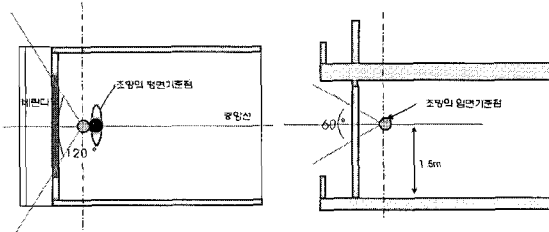


그림 35. 조망점 기준

산출된 이미지는 개방율, 경관율(산, 강 등의 각 경관 요소의 비율), 천공율을 산출하며 이때 개방율은 일정거리 이내의 건물과 땅을 제외한 경관(산, 강)을 포함한 비율을 의미하며 경관율은 경관이라 지정되는 항목(산, 강, 일정거리 밖의 건물 등)의 합의 비율을 의미한다. 여기서 일정거리의 의미는 주택내의 조망경관시 외부건물이 조망침해로 인식되는 거리의 한계로 본 거리이며 연구결과는 약 500미터에 가까운 수치로 되어있으며, 이를 초과시 사람들이 외부건물을 조망침해보다는 경관으로 인식한다는 연구결과에 근거한 것이며 시스템을 이용한 분석시에는 이 거리 값을 사용자의 의지에 따라 수치

3) 최윤정, 공동주택단지의 조망이 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구, 서울시립대, 2001.

4) 김광호, 김병선, “아파트 조망 평가를 위한 Viewpoint 연구”, 대한건축학회지, 20권 1호, 2004.01

를 조정할 수 있도록 하였으며 개방율과 경관률의 정의를 다음과 같다.<sup>5)</sup>

$$\text{개방율} = (W \times H) - \text{건물들의 면적}(500\text{미터 이내}) / (W \times H)$$

$$\text{경관율} = \text{경관의 총 입면적} / (W \times H)$$

본 연구에서는 조망분석을 위한 디지털적 방법으로서는 비트맵 분석 방법을 사용한다. 즉, 조망분석(개방율, 경관율, 천공율)을 위한 대상-하늘, 산, 대지, 강, 공원, 외부건물 등의 오브젝트들의 분석 구분 색상으로의 변환이 선행되어야 한다.(일정 거리 이내의 외부건물과 이상의 외부건물은 다른 색상 속성으로 구분되어 조망 분석시 조망침해요소와 그렇지 않은 요소로 구분된다.) 설계자의 의도가 아닌 시스템이 비트맵 조망 분석을 하기 위한 구분자로서의 색상변환이 분석시에 시스템에 의해 자동으로 이루어진 후 분석을 시작한다.(분석 후 캐드 사용자에게 의해 주어진 색상과 재질 값 등의 캐드 속성값 들은 원래대로 복귀된다. 이는 형성된 3차원 캐드 모델이 단순히 분석용이 아닌 캐드 모델 자체로서의 사용적 가치를 높이기 위함이다.)

각 세대의 위치정보(평면정보와 층, 높이정보)와 parametric 라이브러리가 갖고 있는 거실 창의 좌표값에 의해 앞에서 언급한 조망 기준점 산출 기준에 의해 각 세대의 거실에서의 조망 Viewpoint를 계산하여 선행된 색상변환된 분석용 조망을 카메라 목표지점(target)으로 하여 2:1(가로:세로) 비율의 세대 조망 이미지가 3차원 캐드가 제공하는 카메라(120도 cone을 속성으로함)에 의해 이미지화 된다.

이미 약속된 각각의 색상을 갖는 조망 요소들(산, 강, 하늘, 대지, 고원, 외부건물 등)의 색상 변이값을 추정하여 범위를 지정하고 그 범위에 의해 조망 이미지는 해당 색상의 픽셀수를 계산하여 각 세대의 천공율, 경관율, 개방율을 산출 해 낸다.

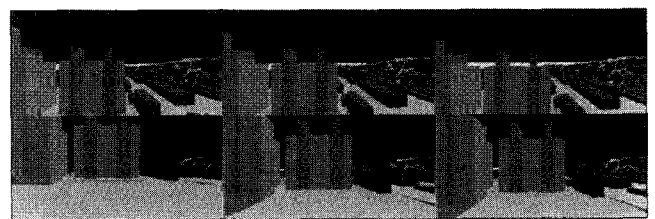


그림 36. 조망 비트맵 분석 근거이미지

## 5. 결론

5) 김병선, “3차원 조망분석 프로그램 개발”에 관한 연구의 최종 보고서, 대한건축학회, 2001, 12

참고문헌

본 연구는 기존의 2D 캐드에서 실행되고 있는 일조와 조망분석 시스템의 속도와 기능향상, 정확도 향상을 목적으로 수행되었다. 객체지향 3D 캐드를 이용한 디지털적 일조, 조망 분석 방법을 개발함으로써 기존 시스템보다 더 나은 생산성과 효율성, 정확성을 제공한다.

본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

- 1) 일조 분석 디지털적 계산방법을 연구하여 시스템에 적용하여 분석수행의 속도와 정확도를 향상시켰다.
- 2) 일조분석 결과물의 조회방법의 다양화는 수치적인 텍스트 조회가 아닌 시각적인 인식방법으로 사용자에게 결과의 정확한 파악과 설계변경 반영에 대한 속도와 판단력을 향상시켰다.
- 3) 일조분석 바차트 결과표는 일조연속시간, 총시간 등의 결과적인 수치값이 아닌 구체적인 시간대별 분석 결과를 시각적으로 확인할 수 있으며, 특히, 시공 전과 후의 분석을 실시하여 바차트의 비교표를 제공함으로써 실제 아파트에 의한 일조 침해인지 아닌지에 대한 여부를 빠른 시간내에 정확히 판단 할 수 있다.
- 4) 3D 등급별 일조분석 조회는 실제 3차원 모델의 아파트에 해당 세대의 분석 결과값을 3D 창에서 제공함으로써 사용자가 정확한 원인 파악을 할 수 있도록 한다.
- 5) 시간대별 색상으로 분리된 바닥 일영도는 사용자에게 단지 내 영구일영 부분 파악과 외부건물 일조 침해도 등을 시각적으로 정확히 파악할 수 있는 수단을 제공한다.
- 6) 조망분석시 3차원 데이터를 계산식에 의해서가 아닌 3차원 캐드 데이터와 카메라를 이용한 실제 있는 그대로의 이미지 생성으로 인한 정확한 결과값의 신뢰를 제공하며 파라메트릭 라이브러리를 이용한 속성값 일시 변환으로 인한 천공율, 개방율, 경관율의 정확한 정량화된 값을 제공한다.
- 7) 결과 값의 화면 조회, 대화상자의 조회뿐만 아닌 출력, 엑셀로의 리포트 등을 제공하여 환경을 분석하는 취지인 결과 값의 설계에의 반영이 정확하고 효율적으로 일어나도록 하였으며 수정된 설계안은 별도의 새로운 입력 없이 시스템 안에서 그대로 분석할 수 있는 일방향성 분석이 아닌 피드백 방식의 분석을 제공한다.

파라메트릭 기법을 이용한 라이브러리와 객체지향 3D 캐드 시스템의 엔진을 활용한 이 시스템은 향후 무한한 확장의 가능성을 갖고 있다고 볼 수 있다.

분석을 위해 입력된 공동주택의 데이터들은 이미 그 확장성을 내포하고 있으며 이는 단지 배치를 위한 설계, 설계 검토, 자동 법규 검토로 확대가 가능하며, 더 큰 범위에서는 자동 물량산출, 견적, 공정관리 시스템 까지 확대가 가능한 잠재력의 측면에서도 가치가 있는 연구이며 이에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 본다.

1. 성운복, 고일두, 김광우, “일조분석용 공용 데이터 모델 및 해석 모듈 개발”, 대한 건축학회 학술발표논문집 23권, 1호, 2003.4.26
2. 김병선, “3차원 조망분석 프로그램 개발”에 관한 연구의 최종보고서, 대한건축학회, 2001, 12
3. 김광호, 김병선, “아파트 조망 평가를 위한 Viewpoint 연구”, 대한건축학회지, 20권 1호, 2004.01
4. 김광호, 김병선, “아파트 단위주거의 조망평가 모델 개발을 위한 예비적 고찰과 평가변수들의 등급결정”, 대한건축학회지, 21권 8호, 2005.08
5. 최윤정, 공동주택단지의 조망이 주택가격에 미치는 영향에 관한 연구, 서울시립대, 2001.
6. 김영옥, “일영도표법을 이용한 일조환경평가 연구”, 연세대, 1988
7. 최재필, “서울 주거의 사회문화적 특성”, 서울 20세기 생활.문화 변천사, 2001
8. 이기석, “20세기 서울의 도시성장”, 서울 20세기 공간 변천사, 2001
9. P. Dickens, "Human Nature, Society and the Home", Housing Studies, 1989
10. J. Levy, Contemporary Urban Planning, 2000