

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 25, No. 1, 2005

인근지역 일조권 확보를 위한 공동주택 층계획 자동화 모듈 개발에 관한 연구

성윤복*, 여명석**, 김광우***

*서울대학교 대학원 건축학과(nike21@snu.ac.kr), **서울대학교 건축학과(msyeo@snu.ac.kr),
***서울대학교 건축학과(snukkw@snu.ac.kr)

The Development of the Automatic Computation Module for Optimum Stories of Apartment Buildings to Assure the Solar Access Right for Neighboring Areas

Seong, Yoon-Bok*, Yeo, Myoung-Souk**, Kim, Kwang-Woo***

*Dept. of Architecture, Graduate School, Seoul National University(nike21@snu.ac.kr),
**Dept. of Architecture, Seoul National University(msyeo@snu.ac.kr),
***Dept. of Architecture, Seoul National University(snukkw@snu.ac.kr)

Abstract

The objective of this paper is to develop a automatic computation module for optimum stories in apartment buildings in order to assure the solar access right for neighboring areas. Compared to the existing solar access right analysis programs, the proposed solar access right analysis program is more improved and expanded by automating the computing process of optimum stories in apartment buildings.

With the result of this research, it would be possible to furnish advanced information for an amicable settlement against the civil petition and disputes, to reduce waste of the time and money, and to improve the efficiency of solar access right analysis works.

Keywords : 일조권(Solar access right), 음영(Shadow), 월드램(Waldram), 자동화(Automation)

기 호 설 명

- L : 단위 건물의 단위세대라인 집합
- B : 단위 건물 집합
- R_B : 단위 건물에 대한 층계획안 집합
- u : 단위 건물의 단위세대 원소

- R_T : 모든 건물에 대한 층계획안 집합
- C : 최적화로 인한 층계획안의 증감비
- a : 최적층계획자동화시 단위세대라인의 예상계 획안
- o : 단순층계획자동화시 단위세대라인의 예상계 획안
- F : 층을 나타내는 기호 첨자
- F_{Max} : 단위세대라인의 최대층을 나타내는 기호 첨자

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 생활수준이 향상됨에 따라 주거환경의 쾌적에 대한 사람들의 관심이 높아지고 있으며, 이로 인해 공동주택에서 일조권과 관련된 많은 문제들(민원 및 법적 분쟁)이 발생하고 있다.

이 경우 분쟁관계자들은 문제해결을 위한 객관적인 정보들을 필요로 하며, 최근까지의 일조권 분쟁 경향을 미루어 볼 때, 요구되는 정보들은 크게 대상물에 의한 "일조권 침해여부 판단 정보"와 "일조권 침해를 수인한도 이내로 만족시킬 수 있는 공동주택의 층계획 정보"로 나타나고 있다.

이러한 문제 해결을 위해, 컴퓨터 모의실험기법(simulation)에 기반을 둔 여러 가지 일조 환경 분석 시스템들이 개발되어져 실무에 적용되어 왔지만, 기존의 일조분석 시스템들은 단순히 제시된 상황(사업대상의 설계원안)에 대하여 분석, 검토하고 일조권¹⁾ 침해여부 판단에 대한 정보만을 제시하고 있을 뿐, 인근 지역의 일조권 침해를 수인한도 이내로 만족시킬 수 있는 공동주택의 층계획 정보는 제공하지 않고 있다.

반면에 현재 실무에서 인근지역의 일조권 침해를

수인한도 이내로 만족시킬 수 있는 공동주택의 층계획 정보 제공에 대한 요구들은 계속해서 증가하고 있다. 현재 일조 침해 정도 판단만을 위한 전산화된 일조분석 시스템은 다수 개발되어져 있으나, 자동화된 층계획 시스템은 부재한 실정이어서 수작업을 통해 일조권 확보를 위한 층계획 관련 업무를 수행하고 있다. 또한 수작업을 통해 공동주택의 층계획 정보를 도출할 경우, 많은 시간과 노력이 소요되고 있는 실정이다. 예를 들어, 실무에서 일조권 확보를 위한 층계획 및 대안 수립에 대한 업무를 수행하기 위해서는, 일조 관련 전문가가 반드시 참여하여 먼저 설계 대안을 검토한 후, 이에 대한 분석 대상의 설계 정보를 조정하여 변경된 기하정보를 시스템에 반영한다. 그리고 분석을 수행하여 그 결과에 대해 평가하고 만족되지 아니할 경우 다시 처음부터의 과정을 반복하여 분석·검토해야하는 반복과정을 거침으로써, 업무의 생산성 및 효율성을 저하시키고 경제적 손실을 초래하고 있다. 따라서 업무의 효율성 저하에 대한 해결 수단으로 공동주택 층계획 자동화가 절실히 요구되고 있는 실정이다.

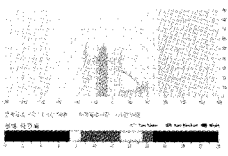

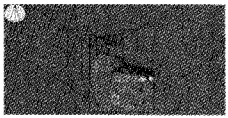
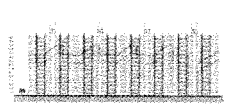
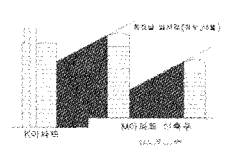

따라서 본 연구에서는 컴퓨터를 활용한 인근 지역의 일조권 침해를 수인한도 이내로 만족시킬 수 있는 객관적 정보를 제공하고자, 일조권 확보를 위한 공동주택의 층계획 정보를 자동으로 도출하여 그 정보를 제공해 줄 수 있는 공동주택 층계획 자동화 모듈을 개발하고자 한다. 이를 통해 일조환경과 관련된 민원·분쟁의 사전방지 및 문제해결 수단을 제공하고 관청, 설계사무소, 건설회사, 민간 등의 시간 및 비용 낭비를 줄이고, 업무의 효율성을 향상시키는데 그 목적을 둔다.

1.2 연구의 범위 및 방법

전술한 바와 같이 본 연구는 공동주택 층계획 자동화 모듈을 개발하여 일조 분쟁 해결을 위한 향상된 정보를 제공하고 기존의 일조분석 시스템의 정보지원 범위를 확대하는 것이다. 이를 위해 일조 분석 기법의 특성 및 분석방법에 대한 이론

1) 김기수(1986)는 일조권을 북측 건물의 거주자가 인접한 남측 토지상의 공간을 통하여 햇빛을 받고 있었는데, 남측 토지의 사용자가 그 토지 위에 건축물 또는 기타 공작물을 설치함으로써 이를 방해받는 경우에 북측 거주자가 일정한 햇빛을 받을 권리를 주장하는 것이라고 정의함.

표 1. 일조 분석 기법의 특성 분석

분석 기법	특 징	일조시간 계산여부		전산화 및 상용화 여부	예 시	
		수평적 위치	수직적 위치			
태양 궤적도에 의한 분석법	월드랩 친공도 (수직면 태양 궤적도)	· 건물과 천구상의 태양경로를 수직평면상의 직교좌표계로 투영하여 분석점(관측점)에서 방해물에 의해 태양이 가려지는지에 대한 여부를 1분 단위로 체크하여 일조시간을 계산하는 방법 · 정량적 평가가 가능 · 태양의 궤적과 방해물이 동시에 입면상에 도식화되어 이해하기 쉽고 편리함	가능	가능	○	
	수평면 태양 궤적도	· 건물과 천구상의 태양경로를 수평평면상의 직교좌표계로 투영하여 일조시간을 계산하는 방법 · 정량적 평가가 가능 · 이해하기 어렵고, 전문가적 안목이 요구됨	가능	가능	△	
음영에 의한 분석법	평면 일영도	· 시각에 따른 일조 영향을 평면상으로 평가하는 방법으로, 주로 일조영향범위 파악시 사용 · 주어진 날짜에 대한 평가만 가능 · 일조 영향의 정량적 평가(예: 하루 중 몇시간 일조)가 어려움	가능	불가능	△	
	입면 일영도	· 시각에 따른 일조 영향을 입면상으로 평가하는 방법으로 주로 일조 영향 범위를 파악 · 주어진 날짜에 대한 평가만 가능 · 정량적 평가가 어려움	가능	가능	△	
	단면 일영도	· 태양고도에 따른 일조영향을 단면상으로 평가하는 방법으로 주로 일조 영향 범위를 파악 · 좌우면 영향 평가가 불가능하며, 일조 단면에서의 영향과 실제 상황의 영향이 상이할 수 있음 · 주어진 날짜에 대한 평가만 가능 · 정량적 평가가 어려움	불가능	가능	×	
	입체 일영도	· 일영의 흐름을 실시간 3차원으로 분석, 일영 영향을 명확하게 분석할 수 있음 · 주어진 날짜에 대한 평가만 가능 · 정량적 평가 가능 · 좋은 성능의 컴퓨터 하드웨어·소프트웨어가 필요 · 정량적 분석에는 추가의 많은 노력이 필요	가능	가능	○	

○: 현재 전산화·상용화되어 널리 사용되고 있음
 △: 부분적으로 전산화·상용화 되었거나, 사용빈도수가 적음
 ×: 전산화·상용화되지 않음

적 고찰을 통해 층계획 자동화에 적합한 일조 분석 기법을 선정하고, 층계획시 계획안 변경에 대한 변화 요인과 규칙성을 파악하기 위해 공동주택

의 기하학적 설계 특성을 분석하여 공동주택을 구성하는 기하학적 요소들을 정의한다. 층계획 자동화 알고리즘 설계단계에서는, 파악된 공동주택 구

성요소에 대한 정의를 토대로 층계획 자동화를 위한 수학적 모델과 최적화 알고리즘을 제시하고, 제시된 알고리즘을 토대로 층계획 자동화 모듈을 프로그램화한 후, 사례 적용을 통해 개발 모듈의 객관성을 검증하여 개발 모듈의 타당성을 검토하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 일조 분석 기법의 이론적 고찰 및 선정

(1) 일조 분석 기법의 특성

일영 및 일조환경 평가가 수행되기 위해서는 대상 부지에 계획되는 건물을 중심으로 주변 건물 및 지형물 등을 정확히 고려할 수 있어야 하며, 관련 법규와 각 해당 지역의 조례에 명시된 기준²⁾을 만족시킬 수 있는지를 검토할 수 있어야 한다. 이를 위해서는 일영 및 일조 환경을 정량적으로 검토해 볼 수 있는 일조 분석 기법의 적용이 필요하며, 이러한 분석 기법에는 크게 태양궤적도에 의한 분석법과 음영에 의한 분석법으로 분류된다.(서울대학교, 2001)

이러한 일조분석기법에 대하여 고찰·분석한 결과 그 세부 내용은 다음 표 1과 같다. 정량적 일조시간 계산 여부, 전산화 여부, 상용화 여부 등의 다양한 면들을 비교 분석한 결과, 태양궤적도에 의한 분석법에서는 월드램천공도에 의한 분석법이, 음영에 의한 분석법에서는 입체일영도에 의한 분석법이 타 분석법에 비해 비교 우위를 나타내었으며, 현재 실무에서도 일조권 평가를 위해 가장 많이 사용되는 것으로 나타났다.

(2) 일조 분석 기법의 선정

본 연구의 층계획 자동화를 위해서는 층계획 자

동화시 생성될 여러 대안들에 대한 일조권 만족 여부에 대하여 판단 수단이 필요하며, 이를 위해 층계획 자동화를 위한 적정 일조 분석 기법 선정이 선행되어야 한다.

전술된 (1)항에서 일조 분석 기법들을 살펴보고, 그 결과 현재 실무에서 가장 대표적으로 사용되는 분석 기법이 월드램천공도에 의한 분석법과 입체일영도에 의한 분석법으로 나타났다.

본 항에서는 층계획 자동화를 위한 적정 일조 분석 기법 선정을 위해, 두 가지 기법을 공동주택 층계획 자동화 모듈에 적용할 경우, 각 분석기법들이 가질 수 있는 특성에 대하여 비교하여 살펴보고, 그 결과는 표 2와 같다.

분석정밀도 측면에서 월드램 천공도에 의한 분석법이 입체일영도에 의한 분석법 보다 조밀한 시간 간격으로 분석이 수행됨을 알 수 있었다. 분석처리 속도 측면에서는 월드램 천공도에 의한 분석법이 입체일영도에 의한 분석법 보다 빠른 것으로 나타났는데, 이는 수치계산에 의한 월드램 천공도에 비해 입체일영도가 음영(그림자) 계산을 위해 이미지 렌더링에 많은 시간을 소요하기 때문이다. 또한 층계획 자동화시의 예상 프로세스 내의 단위과정 처리 시간은 월드램 천공도에 의한 분석법이 입체일영도에 의한 분석법 보다 분석처리 속도가 최소 2배 정도 빠른 것으로 나타났다.

아울러 층계획 자동화에 있어서 자동화에 의해 생성될 수 있는 계획안은 수백만, 수천만 또는 그 이상의 대안이 존재할 수 있으므로, 이와 같은 무수한 계획안들에 대해 일조 분석하기 위해서는 분석 처리 속도가 무엇보다도 중요할 것으로 판단된다.

이상과 같이 여러 가지 측면에서 두 가지 분석법을 검토한 결과, 월드램 천공도에 의한 분석법이 입체일영도에 의한 일영 분석법에 비해 보다 층계획 자동화에 적합한 분석 기법으로 판단되었으며, 월드램 천공도에 의한 분석법을 본 시스템의 분석 기법으로 선정하였다.

2) 조례와 서울특별시 건축조례에서는 동짓날을 기준으로 9시부터 15시까지 사이의 6시간 중 일조시간이 연속하여 2시간(연속일조시간) 이상 확보되거나 8시에서 16시까지 사이의 8시간 중 일조시간이 누적하여 4시간(누적일조시간) 이상 확보되는 경우 일조권을 만족하는 것으로 인정하고 있다.

표 2. 공동주택 층계획 자동화 모듈 적용시, 월드랩 및 일영분석기법 비

비교 항목	월드랩 천공도에 의한 분석법	입체일영도에 의한 분석법
분석 기법의 특징	분석점에서 태양광이 가려지는지에 대한 여부 분석	분석창에 드리워진 그림자의 면적 분석
결과(일조시간) 도출을 위한 프로세스 과정	< 2단계 > 1. 기하정보 입력 2. 월드랩 분석(일조시간의 수치화 포함)	< 4단계 > 1. 기하정보 입력 2. 렌더링 3. 렌더링 결과 분석, 그림자 면적 정량화 4. 일조시간의 수치화
분석 정밀도	1분 단위로 분석	일정한 분 단위(10~30분 정도)로 분석
분석 처리 결과	1분 단위의 일조여부(TRUE / FALSE)	일정한 분 단위(15분, 30분 정도)의 렌더링 이미지(그림자 면적 산정)
분석 처리 속도	비교적 단시간 소요	비교적 장시간 소요(렌더링시 장시간 소요)
층계획 자동화시 예상되는 프로세스 단계	For(1:n) 1. 대안에 대한 기하 정보 입력 2. 월드랩 분석 (일조시간의 수치화 포함) Next	For(1:n) 1. 대안에 대한 기하 정보 입력 2. 렌더링 3. 렌더링결과 분석, 그림자 면적 정량화 4. 일조시간의 수치화 Next
대안생성 자동화 및 분석 가능 여부	< 가능 >	< 거의 불가능 > 자체 렌더링 엔진이 내장된 경우에만 가능

2.2 공동주택의 기하학적 설계 특성 및 분석

(1) 공동주택의 기하학적 설계 특성

공동주택의 층계획을 위해서는 기하학적 구성요소들을 도출하고, 그 구성 요소들의 상하위 관계와 유기적인 관계를 파악할 필요가 있다. 공동주택을 구성하는 요소들, 그 구성요소들의 상하위 관계, 유기적인 관계 및 특성은 다음과 같다.

1) 공동주택은 1개 이상의 건물동(이하 "BUILDING"이라 함)으로 구성되며, 하나의 [BUILDING]은 크게 단위세대(이하 "UNIT"이라 함), 공용공간(이하 "CORE"라 함)으로 구성되며, 수평면상의 위치가 같고 수직선상에 연속하여 분포된 [UNIT]들은 단위세대라인(이하 "LINE"이라 함)으로 그룹화 된다.(그림 1 참조)

2) [BUILDING]은 다수의 [LINE]들로 구성되며, 각각의 [LINE]은 반복적인 여러 개

의 [UNIT]으로 구성된다.

3) 공동주택은 각 [LINE]을 구성하는 [UNIT]의 수직적인 증감에 따라서 건물의 높이가 결정되며, 수직선상에 동일하게 분포된 [UNIT]들은 해당 [LINE]의 원소들로 볼 수 있다.

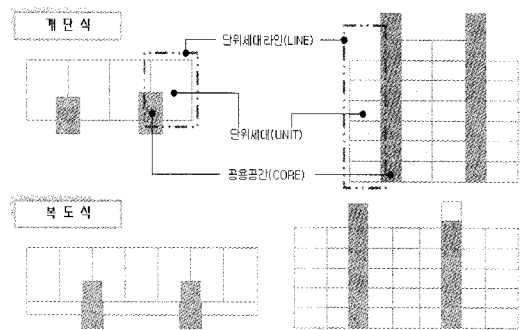


그림 1. 공동주택의 구성 요소(UNIT, CORE, LINE)

4) 또한, 건물 특성상 임의의 [LINE]에서 수직적으로 하위 [UNIT]이 없는 경우의 건

물 기하체는 발생할 수 없기 때문에, 층수가 n 인 [LINE] 전체 집합 L 의 원소들은 0층, 1층, ..., $n-1$ 층, n 층이 존재할 수 있으며, 발생 가능한 부분집합은 $n+1$ 개($u_0, u_1, \dots, u_{n-1}, u_n$)가 존재하게 된다.

- 5) [UNIT]과 상호 연관성을 갖는 [CORE]는 연계된 단위세대의 수직적인 증감에 따라 해당 [CORE]의 높이가 결정된다.
- 6) 이상을 종합하면, 공동주택의 수직적 공간의 주된 결정 요소는 [UNIT]의 수직적 증감이며, [UNIT]의 수직적 증감에 따라 [CORE]의 수직적인 높이가 결정된다.

(2) 공동주택의 기하 정보 분석

공동주택의 층계획 자동화를 위해서는 먼저 분석에 사용되는 기하정보를 공동주택의 기하학적 특성을 고려하여 분류·정의하여야 한다.

공동주택의 층계획 대안이 생성되면 이제 생성된 대안에 따라 공동주택의 기하정보가 변경되어야 한다. 여기에서 실제로 변경되어야 할 기하정보는 [BUILDING]이며, (1)항에서 전술한 바와 같이 [BUILDING]은 [UNIT]과 [CORE]로 분류할 수 있으며, 또한 수평면상의 위치가 같고 수직선상에 연속하여 분포된 [UNIT]들의 집합이 [LINE]이며, 결국 [LINE]단위별로 [UNIT]들의 증감을 통해 층계획화가 이루어지게 된다. 결국 이러한 점들을 고려해볼 때 [BUILDING]은 최하위 객체인 [UNIT]과 [CORE]들의 증감으로 인해 층계획이 이루어지는데, [CORE]객체는 [UNIT]객체에 의해 그 기하학적 형상이 결정되

므로 [UN IT]과 [CORE]는 별도의 자료 군으로 분류되어야 한다.

따라서 이상의 내용과 (1)항에서 살펴본 내용을 토대로 기하정보를 분류해 보면, UNIT에 대한 기하정보, CORE에 대한 기하정보, 공동주택의 인근지역에 분포된 건물 등(이하 "GENERAL" 이라 함)에 대한 기하정보와 같이 크게 3가지 자료 군으로 분류될 수 있고 각 해당 자료군이 내포하는 기하 정보는 그림 2와 같다.

3. 공동주택 층계획 자동화 알고리즘

3.1. 공동주택 건물의 구성 요소 정의

[CORE]는 [UNIT]에 의해 결정되는 특성을 갖기 때문에 층계획에 대한 대안 생성시 (BUILDING)집합의 원소에서 제외되어야 하며, (BUILDING)집합은 수직적 거동이 동일한 각 [LINE]별로 집합이 세분화될 필요가 있다.

이상의 내용을 종합하면, [BUILDING]집합 B 는 다수의 [LINE] 원소로 구성된 집합이며 식 (1)과 같이 정의될 수 있고, 각각의 [LINE]집합 L 은 수평면상의 위치가 같고 동일 수직선상에 분포된 다수의 [UNIT]들 원소로 구성된 집합이며 식(2)와 같이 정의될 수 있다.

$$B = \{x | x \text{는 해당 건물의 모든 단위세대라인}\} \quad (1)$$

$$= \{L_1, L_2, L_3, \dots, L_n\}$$

$$L = \{x | x \text{는 단위세대라인의 모든 단위세대}\} \quad (2)$$

$$= \{x | x \text{는 발생가능한 모든 계획층수}\}$$

$$= \{u_0, u_1, u_2, \dots, u_n\}$$

$$= \{0_{F}, 1_{F}, 2_{F}, \dots, n_{F_{Max}}\}$$

3.2 층계획안에 대한 기하정보의 변경

생성된 층계획안에 대한 일조분석을 수행하기 위해서는 조정된 각각의 계획안에 부합하도록 기하정보가 변경되어야 하며, 기하정보 변경은 동일 [LINE] 단위로 발생하게 된다. 기하정보 변경을

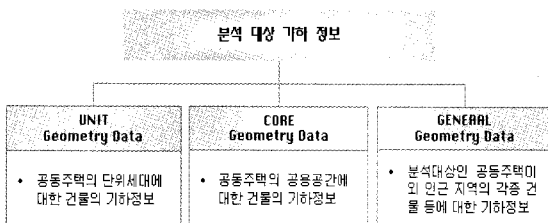


그림 2. 기하 정보 분류(UNIT, CORE, GENERAL)

위한 방법으로는 다음 두 가지 방법이 있다.

- 1) 방법(1): [LINE]의 수직적 높이를 해당 [UNIT]의 증감만큼만 증가·감소시켜 변경하는 방법.
- 2) 방법(2): [LINE]의 수직적 높이를 [UNIT]의 증감만큼 기하정보를 전체 이동시켜 변경하는 방법.

방법(1), 방법(2) 모두 워드랩 천공도에 의한 분석 결과의 정확도 측면에서는 차이가 없으나, 분석 처리 속도 측면에서는 많은 차이가 있다. 방법(1)의 경우, 기하정보 변경을 위해서는 [LINE]의 해당 정점(vertex)들을 정확히 찾아 해당 정보를 변경해야 하는데, 이러한 과정은 방법(2)에 비해 분석 처리 속도 저하를 초래하게 된다. 일조권 확보를 위한 총계획 자동화 모듈에 의해 생성되는 총계획안은 보통 수백에서 수천만 가지에 이르게 된다. 따라서 분석 처리 속도는 총계획 자동화 프로세스 상에서 상당히 중요한 요소이다.

이에 본 연구에서는 총계획안에 대한 각 대안별 일조 분석시 기하정보 변경을 위한 방안으로 방법(1)보다 방법(2)가 보다 적합할 것으로 판단하여 이를 개발 모듈에 적용하였다.

3.3 총계획 자동화의 수학적 모델 및 알고리즘

전술한 3.1.절에서 정의된 공동주택 구성요소의 원소 및 집합을 토대로, 공동주택에서 임의의 1개 건물에 대한 발생 가능한 모든 층조정 계획안들의

논리 집합, R_B 는 식(3)과 같이 주어진 집합들의 카티션 곱(cartesian product)의 부분집합으로 정의될 수 있고, 건물의 개수가 다수일 경우 발생 가능한 모든 층조정 계획안들의 집합, R_T 는 식(4)와 같이 정의될 수 있다. 그림 3은 이를 도식화한 것이다.

$$R_B = L_1 \times L_2 \times \dots \times L_{n-1} \times L_n \quad (3)$$

$$R_T = R_{B_1} \times R_{B_2} \times \dots \times R_{B_{n-1}} \times R_{B_n} \quad (4)$$

3.4 총계획 자동화의 최적화 알고리즘

앞서 정의된 식(4)에 근거하여 사례 대상에 대해 총계획안을 도출한 결과 총 85,766,121가지의 대안이 도출되었다. 이러한 경우의 수를 평균 10건/초의 분석 수행 능력을 갖는 워드랩 천공도에 의한 분석 속도를 고려했을 경우 모든 총계획안에 대한 분석을 위해서는 총 2.4E+03 시간 정도가 소요되는 것으로 나타났다. 이는 단순 전산화만으로 인해 컴퓨터가 가질 수 있는 비효율적이며 불합리한 점으로 판단되며, 전문가가 가질 수 있는 직관성에 해당하는 알고리즘을 개발 모듈에 이식하여 최적화하는 과정이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 전문가가 지닌 지식 활용에 대한 직관성을 부여하기 위한 방안으로, 일조 시간의 측정 시간대와 동지일의 태양 궤적에 대한 정보를 모듈에 인식시킴으로써 개발 모듈을 최적화하였다.

- 1) 현행 일조 시간 계산 기준(8시부터 16시까지

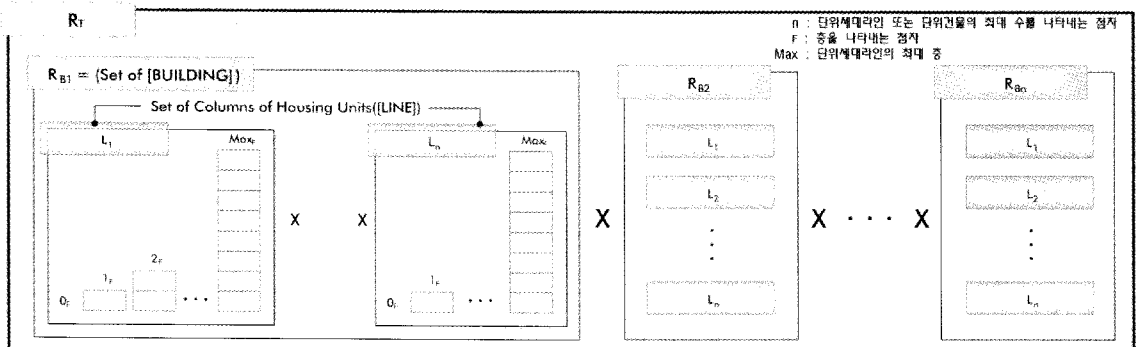


그림 3. [LINE], [BUILDING], R_B , R_T 집합

지)에 근거하여, 단위세대라인((LINE))별로 해당 단위세대라인의 층계획화에 대한 여부를 결정할 필요성이 있다. 즉, 그림 4에서와 같이 8시와 16시를 기준으로 일조 시간 계산에 영향을 미치는 A구간(층계획이 필요한 구간)과 일조 시간 계산에 영향을 전혀 미치지 않는 B구간·C구간(층계획이 불필요한 구간)으로 영역을 구분하여, 단위세대라인별 층계획에 대한 여부를 결정해야 하며, 또한 층계획화가 필요한 구간에 속한 단위세대라인의 경우 몇 층까지 층계획을 수행해야 하는지에 대한 정보를 산출할 필요성이 있다. 이를 위해 각 단위세대라인 별로 '최저한계층수'라는 인자를 둬으로써 이에 대한 정보를 저장할 수 있게 하였다.

- 2) 층계획이 필요한 A구간의 경우, 동지일의 태양 궤적선을 기준으로 하여 각 단위세대라인 별로 설계원안의 층수부터 0층까지 층수를 낮추어 층계획을 하다보면 해당 단위세대라인의 모든 기하형상이 동지일의 태양고도보다 낮게 위치하게 되는 층수가 나타난다. 이때의 해당 단위세대라인의 층수는 일조시간계산에 전혀 영향을 미치지 아니하므로 그 이상의 층수 저감으로 인한 층계획화는 불필요하다. 따라서 이때 층수가 바로 해당 단위세대라인의 최저한계층수가 된다.
- 3) 반면, 층계획이 불필요한 B구간·C구간에서는 해당 단위세대라인은 일조 시간 계산에 전

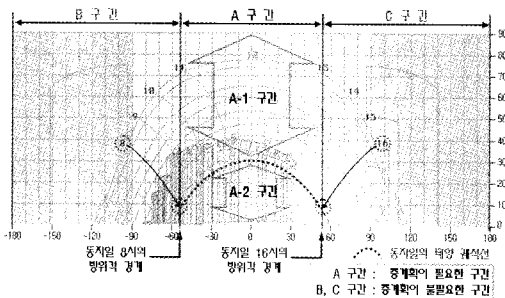


그림 4. 일조시간계산 기준에 따른 층계획 구간 설정

혀 영향을 미치지 아니하므로 설계원안의 층수가 바로 해당 단위세대라인의 최저한계층수가 된다.

- 4) 이상과 같은 이론을 토대로 층계획 자동화의 최적화를 도모할 수 있으며, 이를 위해서는 식(2)에서 정의된 L집합에 대한 재정의가 필요하며, 단위세대라인의 최대한계층수를 고려한 L집합은 해당 단위세대라인이 A구간에 위치할 경우 식(5), 해당 단위세대라인이 B·C구간에 위치할 경우 식(6)과 같이 정의될 수 있다.

이렇게 재정의된 L집합을 통하여 최적화된 층계획안 집합(R_T)을 도출할 수 있다.

$$L = \left\{ \begin{array}{l} x|x \text{는 '설계원안층수'와 '최저한계층수'} \\ \text{범위에서 발생가능한 모든 층수,} \\ \text{단, 최저한계층수} \geq 0 \end{array} \right\} \quad (5)$$

$$= \{U_{Min}, U_{Min+1}, \dots, U_{n-1}, U_{Max}\}$$

$$L = \{x|x \text{는 '설계원안층수'}\} = \{U_{Max}\} \quad (6)$$

4. 공동주택 최적 층계획 자동화 모듈의 프로그램화 및 검증

4.1 개발 모듈의 시스템 설계

(1) 시스템 프로세스 설계

본 절에서는 최적 층계획 자동화 모듈의 프로그래밍을 위해 층계획안의 일조분석을 위한 자료 입력, 입력된 공동주택 기하 정보 분석, 최적화를 통한 층계획안 대안의 생성 그리고 도출된 각각의 층계획안에 대한 일조분석 수행 등의 공동주택 최적 층계획 자동화 일조분석 모듈의 전체적인 분석 프로세스를 설계하였다. 프로세스의 전반적인 내용과 절차는 다음과 같고, 그림 5는 이를 도식화한 것이다.

- 1) 공동주택 인근지역에서의 일조분석 및 일조권 확보를 위한 층계획 기초 자료를 입력한다.

- 2) 층계획 대안 생성을 위해 입력된 공동주택의 기하정보를 UNIT, CORE, GENERAL Data 군으로 분류한다.
- 3) UNIT, CORE, 관측점의 위치 정보를 토대로 층계획 최적화를 위한 각 단위세대라인별 최대한계층수를 도출하고, 최적 층계획안들(모든 건물에 대한 층계획안, R_T)을 생성하여 데이터베이스에 저장한다.
- 4) 반복과정을 통하여 생성된 각각의 층계획안에 대하여 공동주택 인근지역의 관측점(분석점)에서 일조 분석을 실시하여 결과를 저장한다. 그 결과를 토대로 해당 층계획안이 인근지역 일조권 확보를 위한 층계획안으로 적합한지에 대한 여부를 판단하고, 해당 층계획안으로 인해 발생하는 설계원안대비 손실세대수³⁾를

산출하여 그 결과들을 데이터베이스에 저장한다.

(2) 데이터베이스 설계

데이터베이스는 정보를 검색, 정보 저장하는데 있어서 편리하고 효율적인 환경을 제공하며, 현실 세계와 의미를 표현할 수 있는 개념적이고 논리적인 구조 및 관계 표현할 수 있다.(Arbraham Silberschatz, Henry F. Korth and S. Sudarshan, 2001).

이에 본 연구에서는 층계획 자동화에 의해 생성된 모든 층계획안들에 대한 정보와 층계획안의 각 대안별 일조분석 결과, 기타 분석 정보 등을 효과적으로 관리하기 위한 방안으로 관계형 데이터베이스를 선정하였다. 그리고 [BUILDING]집합, [LINE]집합, 공동주택의 층계획안 집합(R_T)에 대한 스키마를 정의하였고, 또한 층계획 자동화 대안에 대한 정보 그리고 기타 정보(CORE 정보, 관측점 정보, 분석결과 정보)를 포함하는 전체 테이블의 스키마를 그림 6과 같이 정의하였다.

4.2 개발 모듈 구현

본 연구에서는 공동주택 최적 층계획 자동화 모듈을 개발을 위해, 일조 분석 시스템은 월드랩 천공도에 의한 분석법에 기반을 둔 일조분석 시스템(김광우, 1997)을 이용하여 최적 층계획 자동화 모듈을 추가하여 개발하였다. 개발 도구는 Visual Basic 6.0을, 자료 관리를 위한 DBMS는 Microsoft SQL Server 2000을 사용하였다. 그림 7은 본 연구에서 개발한 모듈의 사용자 인터페이스이며, 최적 층계획 자동화 모듈의 입·출력 데이터는 다음과 같다.

1) 입력 데이터

- 공동주택의 기하 정보 자료(DXF or DWG)
- 인근지역 분석점의 위치 정보 자료
- 분석 대상의 지리 정보 자료

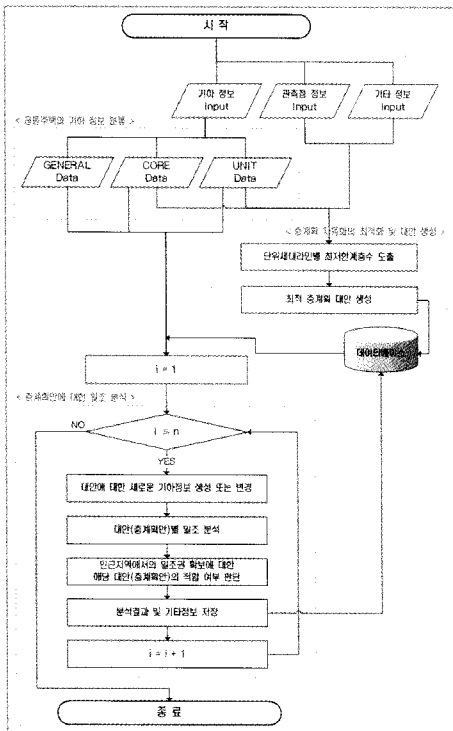


그림 5. 층계획 자동화 일조 분석 프로세스

- 3) 설계원안에 대하여 층계획안으로 인해 발생하는 손실세대수를 "설계원안대비 손실세대수"라고 정의함.

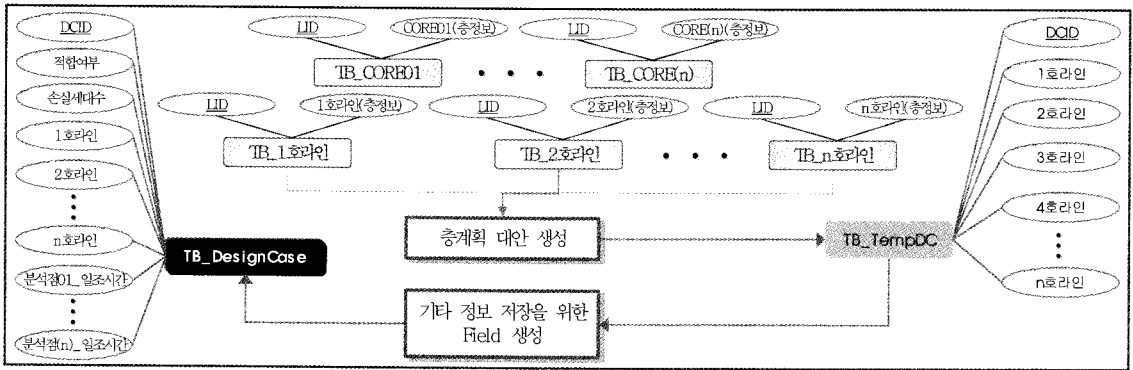


그림 6. 데이터베이스 스키마 및 테이블 구성

그림 7. 최적 층계획 자동화 모듈의 사용자 UI

2) 출력 데이터

- 최적 층계획 자동화에 의해 발생 가능한 모든 층계획안
- 각각의 층계획안에 대한 분석점에서의 일조시간(연속일조시간, 누적일조시간)
- 각각의 층계획안이 인근지역 일조권 확보를 위한 층계획안으로 적합한지에 대한 여부의 판단 결과
- 해당 층계획안의 층계획으로 인해 발생된 설계원대비 손실세대수 산출 결과

4.3 사례적용을 통한 개발 모듈의 객관성 검토

본 연구에서 개발한 최적 층계획 자동화 모듈 객관성 검토를 위하여, 과거 수행한 일조권 감점 사례

(서울대학교, 2003)를 개발 모듈에 적용하여 분석한 후, 그 결과를 사례 결과와 비교·검토하여 두 가지의 결과가 모두 동일함을 확인함과 동시에 층계획 자동화에 의한 공동주택의 기하정보 변경이 정확히 수행되었는지에 대한 여부와 이로 인한 분석결과와의 일치 여부를 비교함으로써 개발 모듈의 결과에 대한 객관성을 검증하였다.

적용 사례의 프로젝트 최종 목표는 인근지역인 C 아파트 202동 모든 세대에서의 일조권 만족을 위한 가해건물인 신축아파트 103동에 대한 층계획이었다. 가해건물 103동은 총 6개의 단위세대라인으로 구성되었으며 설계원안은 모두 20층으로 계획되었다. 이러한 조건에 의해 단순 층계획 자동화에 의해 발생하는 층계획안은 각 단위세대라인의 0층을

표 3. '수작업에 의한 층계획안의 일조 분석 결과'와 '층계획 자동화에 의한 층계획안의 일조 분석 결과'의 비교

설계 대안	손실 세대수	수작업에 의한 층계획안의 일조 분석 결과				층계획 자동화에 의한 층계획안의 일조 분석 결과			
		202동 101호		202동 105호		202동 101호		202동 105호	
		연속 일조시간	누적 일조시간	연속 일조시간	누적 일조시간	연속 일조시간	누적 일조시간	연속 일조시간	누적 일조시간
선정안 01	10세대	3:08	4:28	0:37	1:53	3:08	4:28	0:37	1:53
선정안 02	12세대	3:22	4:56	0:54	2:37	3:22	4:56	0:54	2:37
선정안 03	14세대	3:59	4:59	0:54	2:42	3:59	4:59	0:54	2:42
선정안 04	16세대	3:59	4:59	1:39	2:55	3:59	4:59	1:39	2:55
선정안 05	20세대	3:59	4:59	1:39	2:55	3:59	4:59	1:39	2:55
선정안 06	21세대	4:00	5:32	1:39	3:37	4:00	5:32	1:39	3:37
선정안 07	22세대	4:15	5:15	2:05	3:21	4:15	5:15	2:05	3:21
선정안 08	24세대	4:37	5:37	2:05	3:21	4:37	5:37	2:05	3:21

표 4. 단순 층계획 자동화와 최적 층계획 자동화에 의해 도출된 층계획안 비교

		적용 사례 대상 103동을 구성하는 단위세대라인						층계획안수
		1호	2호	3호	4호	5호	6호	
설계원안정보		20층	20층	20층	20층	20층	20층	85,766,121
단순 층계획 자동화	최저한계층수	0층	0층	0층	0층	0층	0층	
	예상계획안(건)	21	21	21	21	21	21	85,766,121
최적 층계획 자동화	최저한계층수	12층	12층	10층	10층	5층	4층	
	예상계획안(건)	9	9	11	11	16	17	2,665,872

포함하여 총 85,766,121(=21*21*21* 21*21*21) 가지의 층계획안이 도출되었다. 반면, 최적 층계획 자동화에 의해서는 단위세대라인 1호부터 6호까지 최저한계층수가 각각 12층, 12층, 10층, 10층, 5층, 4층으로 나타나 발생하는 층계획안은 포함하여 총 2,665,872(=9*9*11*11*16*17) 가지의 층계획안이 도출되었다.

여기에서 최적 층계획 자동화 모듈에 의해 생성된 모든 설계 대안 중 일조 분석 계산 결과 비교를 위해 층계획 대안을 일부 선별하였으며, 선정된 계획안들의 결과를 기존 수작업에 의한 사례 결과와 비교·검토한 결과, 두 경우의 분석 결과(표 3. 참조)가 모두 동일한 것으로 나타났다.

4.4 개발 모듈의 효율성 검토

(1) 수작업과의 비교

본 연구에서 개발된 최적 층계획 자동화 모듈에 의한 층계획 업무와 수작업에 의한 층계획 업무에 대해 정량적으로 비교함에 있어서는 다소 무리가 있다. 이는 컴퓨터의 업무 처리 속도와 대조하여 수작업시 소요되는 전문 인력의 업무 능력이나 업무 처리 소요 시간을 객관적으로 산출할 수 없기 때문이다.

이에 본 논문에서 인용한 적용 사례의 과거 수작업에 의한 프로젝트 수행 경험을 토대로, 최적 층계획 자동화 모듈이 가질 수 있는 효율성을 정

성적 측면에서 밝히고자 한다.

- 1) 층계획시 전문 인력의 투입이 불필요하여, 이로 인한 인건비 절감 효과를 갖는다. 과거 수작업에 의한 프로젝트 진행시에는 결과를 도출함에 있어서 책임연구원 1인, 연구원 1인, 연구보조원 1인이 참여한 반면, 최적 층계획 자동화 모듈에 의한 업무 진행시에는 연구원 1인의 참여만으로도 그 결과를 도출할 수 있었다.
- 2) 최적 층계획 자동화 모듈을 통해 층계획시 업무 처리 시간의 경감 효과를 갖는다. 과거 수작업에 의한 프로젝트 진행시에는 층계획 결과를 도출하는데 약 7일이 소요된 반면에 최적 층계획 자동화에 의한 경우 약 3일(74시간=컴퓨터 기동 시간)이 소요되었다.
- 3) 층계획 자동화를 통해 수작업시 발생될 수 있는 판단 착오로 인한 실수등을 배제할 수 있다.

(2) 단순 층계획 자동화와의 비교

단순 층계획 자동화에 일조 시간의 측정 시간대와 동지일의 태양 궤적에 대한 고려와 같은 전문가의 판단력을 컴퓨터에 인식시킴으로써 층계획 자동화 모듈을 최적화할 수 있었다. 이로 인해 단순 자동화에 비해 최적 층계획 자동화 모듈이 갖는 효율성은 다음과 같다.

- 1) 최적 층계획 자동화를 통해 층계획안 생성시 불필요한 층계획안들을 자동으로 선별하고 사전에 제거함으로써 단순 전산화가 갖는 업무의 비효율적인 측면을 개선할 수 있었다.
- 2) 최적 층계획 자동화를 통하여 분석 처리 속도를 향상시킬 수 있었다.

적용 사례의 경우, 층계획 대상인 103동은 총 6개의 단위세대라인으로 구성되었으며 모두 20층으로 설계되었다. 이러한 조건에 대해 표 4에서 나타난 바와 같이 단순 층계획 자동화에 의한 층계획안은 총 85,766,121

(=21*21*21*21*21*21) 가지 대안이 도출되었으며, 최적 층계획 자동화에 의한 층계획안은 총 2,665,872(=9*9*11*11*16*17) 가지의 대안이 도출되었다. 이러한 결과는 최적 층계획 자동화로 인해 불필요한 층계획안을 사전에 83,100,249(최적화로 인한 층계획안의 증감율=3.11%)건 만큼 제거함으로써 단순 층계획 자동화에 비해 약 32.2배의 분석 처리 속도 향상 효과를 갖는다. 그러나 이러한 정량적 효과는 공동주택의 단위세대라인의 개수, 단위세대라인의 층수에 따라 그 결과가 달라질 수 있으며 일반화할 필요성이 있다. 따라서 상기의 수치적 결과 즉, 최적 층계획화로 인한 '최적화로 인한 층계획안의 증감비(C)'는 식(7)과 같이 일반화시킬 수 있으며, 식(7) 즉, '최적화로 인한 층계획안의 증감비(C)'의 역수는 층계획시 '최적 층계획 자동화로 인한 분석 처리 속도 향상 배율'이 된다.

$$C = \frac{\prod_{j=1}^n a_j}{\prod_{j=1}^n o_j} \quad (7)$$

5. 결 론

본 연구에서는 인근지역의 일조권 침해를 수인한도 이내로 만족시킬 수 있는 객관적인 정보를 제공하고, 일조권 확보를 위한 공동주택의 층계획 정보를 자동으로 도출하여 그 정보를 제공해 줄 수 있는 공동주택 최적 층계획 자동화 모듈 개발에 관한 연구를 수행하였다.

이로 인해 주거건물에서의 일조 환경을 보다 유연하고 포괄적으로 검토할 수 있을 것으로 판단되며, 본 연구의 결과 활용을 통해 건축 설계, 시공 및 준공이후 단계에서 주거건물에서의 일조 환경에 대한 설계 활용 정보, 사업적 전략 정보를 창출할 수 있

을 것으로 사료된다.

본 연구의 주요 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 층계획 자동화에 적합한 일조 분석 기법 선정
을 위하여 다양한 일조 분석 기법들을 비교·
분석한 결과, 타 분석법에 비해 비교 우위를
나타내는 2 가지 분석법(월드랩 천공도에 의
한 분석법, 입체일영도에 의한 분석법)을 선
정하였다. 그리고 선정된 2가지 분석법을 다
시 분석 프로세스의 단순화에 의한 계산 속
도, 분석 정밀도, 대안생성자동화 실현 가능
여부 등을 비교·분석한 결과, 월드랩 천공도
에 의한 분석법이 모든 측면에서 적합한 것으
로 나타나, 이를 본 시스템의 분석 기법으로
선정하였다.

(2) 공동주택의 기하학적 설계특성 분석을 통해
공동주택의 수직적 형상을 결정하는 주요 요
소를 파악한 결과, 공동주택은 1개 이상의 건
물동 [BUILDING]으로 구성되며, 1개의
[BUILDING]은 단위세대([UNIT])과 공용
공간([CORE])로 구성되며, 수평면상의 위치
가 같고 수직적으로 연속하여 분포된 [UNIT]
들은 단위세대라인([LINE])으로 그룹화 되었
다. 또한 공동주택의 수직적 높이를 결정하는
주된 결정 요소는 [UNIT]의 수직적 증감으
로 나타나, 결국 층계획시 각 [LINE]별로
[UNIT]들의 증감에 의해 층계획화가 이루어
짐을 알 수 있었다. 또한 [UNIT]의 수직적
증감에 따라 [CORE]의 높이가 결정되는 것
으로 나타났다.

이에 UNIT에 대한 기하정보, CORE에
대한 기하정보, GENERAL에 대한 기하정보
(공동주택의 인근지역에 분포된 건물 등의 기
하 자료 포함)과 같이 크게 3가지 자료 군으
로 분류하여 정보를 관리하였다.

(3) 층계획 자동화 모듈 설계 단계에서는 이미 정
의된 [BUILDING]집합과 [LINE]집합들의
카티전곱(cartesian product)을 통해서, 자

동화에 의한 모든 건물에 대한 층계획안 집합
인 R_T 를 생성하는 기초적인 수식 모델을 수
립하였다. 그리고 단순 자동화만으로 인해 컴
퓨터가 가질 수 있는 비효율적이며 불합리한
점들을 개선하고자, 일조 전문가가 지닌 지식
활용에 대한 직관성을 부여하기 위한 방안으
로, 일조 시간의 측정 시간대와 동지일의 태
양 궤적에 관한 정보를 모듈에 인식시킴으로
써 층계획 자동화 모듈을 최적화하였다.

(4) 최적 층계획 자동화 모듈의 프로그램화 단계
에서는 전술된 수식모델 및 알고리즘을 토대
로 최적 층계획 자동화 모듈의 전체적인 프로
세스를 설계하였고, 층계획 자동화에 의해 생
성된 층계획안들에 대한 정보와 층계획안의 각
대안별 일조분석결과, 기타 분석 정보등을 효
율적으로 관리하기 위하여 관계형 데이터베이
스를 선정하였고, [BUILDING]집합, [LINE]
집합, 공동주택 층계획안 집합(R_T), 분석 결과
및 기타 정보를 위한 테이블의 스키마를 정의
하였고, 월드랩 천공도에 의한 분석법에 기반
을 둔 일조분석 프로그램에 최적 층계획 자동
화 모듈을 추가하여 프로그램화 하였다.

(5) 최적 층계획 자동화 모듈의 효율성 검토 단계
중, 수작업에 의한 층계획 자동화 결과와 비
교 검토한 결과, 일조시간 계산 결과를 비교
한 결과 두 경우의 결과(일조시간)가 모두 동
일하게 나타남으로써, 정량적 측면에서 최적
층계획 자동화에 의한 각 대안별 층계획의 기
하정보 변경이 정확히 이루어짐이 입증되었
다.(표 3. 참조) 아울러 수작업에 의해 도출
된 층계획안과 층계획 자동화 모듈에 의해 도
출된 층계획안이 모두 동일하게 나타남으로써
개발 모듈의 객관성을 검증할 수 있었다. 또
한, 업무 수행 측면에서 경험적 사실에 근거
한 결과 수작업에 의한 층계획에 비교했을
때, 최적 층계획 자동화를 통해서 업무 처리
시간의 절감, 인력 자원에 대한 절감 효과와

같은 향상된 기대 효과를 볼 수 있었다.

- (6) 최적 층계획 자동화 모듈의 효율성 검토 단계 중, 단순 층계획 자동화의 결과와 비교 검토한 결과, 단순 자동화에 의한 층계획 보다 층계획을 수행함에 있어서 빠른 분석 처리 속도를 나타내었으며, 본문에서 제시한 수식(7)의 '최적화로 인한 층계획안의 증감비(C)', '최적 층계획 자동화로 인한 분석 처리 속도 향상 배율' 만큼의 정량적 기대 효과를 가질 수 있을 것으로 판단된다.

끝으로, 본 연구에서 제시한 최적 층계획 자동화 모듈을 활용을 통해, 인근지역 일조권 확보를 위한 공동주택 층계획 작업을 자동화함으로써, 첫째, 설계자 및 건설사업자 측에서는 사업대상물이 인근지역 일조 환경에 미치는 영향에 관한 정량적인 자료를 신속히 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 또한 이러한 자료를 토대로 사업대상물의 층별 분양가 책정시 객관적 자료로의 활용, 민원 및 분쟁 발생시 예상되는 경제적 손실액 등의 산정, 적정 보상 범위 책정 등과 같이 사업 추진과 관련한 대처방안 및 전략 등을 사전에 수립할 수 있을 것으로 사료된다. 둘째, 민원인 측에서는 본인의 건물이 일조 환경을 확보하기 위한 가해건물의 설계 정보를 정확히 파악할 수 있으며, 일조권 침해로 인한 경제적 보상 범위를 확정하는 등의 객관적 자료로의 활용이 예상된다.

후 기

본 연구는 서울대학교 공학연구소의 연구비지원으로 수행되었음(과제번호 : 0415-20030015)

참 고 문 헌

1. 권혁천, 적정 일조시간 확보를 위한 공동주택의 인동거리 기준에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 1994.02.

2. 김광우, 컴퓨터를 이용한 일조권분석에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, v.12, n.3, 1992.12., pp.1-9.
3. 김광우 외, 서울 구로구 고척동 서림아파트 일조영향에 대한 분석연구, 서울대학교 공학연구소, 1997.12.
4. 김광우 외, 적정 일조시간 확보를 위한 공동주택의 인동거리 기준에 관한 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회논문집, 1994.
5. 김기수, 일조권에 의한 생활침해, 월간고시 12, 1986.
6. 서울대학교, 공동주택 설계 자동화의 일조분석 시스템 개발 최종보고서, 건설교통부 한국건설기술개발연구원, 2001.11.
7. 서울대학교, 대구 대왕아너스 아파트 신축에 의한 일조권 침해정도 감정보고서:청구2차가 든하이츠에대하여, 대구지방법원, 2003.01.
8. 성윤복, 여명석, 김광우, 인근지역 일조권 확보를 위한 공동주택 적정 층수 산정에 관한 연구, 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집(계획계), v.24 n.1, 2004.04., pp.673-676.
9. America Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., ASHRAE HANDBOOK 1989 FUNDAMENTALS, 1989.
10. Arbraham Silberschatz, Henry F. Korth and S. Sudarshan, Database System Concepts 4th Edition, McGraw-Hill, 2001.
11. Beckman, William A and John A. Duffie, SOLAR ENGINEERING OF THERMAL PROCESSES, John Wiley & Sons, Inc., 1980.
12. Mazria, Edward, PASSIVE SOLAR ENERGY BOOK, Rodale Press, 1979.