

Ray-Tracing Method를 이용한 일영면적 산정방식 고찰

최정민*, 조성우**

*창원대학교 건축공학과(jmchoi@changwon.ac.kr), **창원대학교 건축공학과(swcho@changwon.ac.kr)

A Study on the Calculation of Overshadowing Area by Ray-Tracing Method

Choi, Jeong-Min*, Cho, Sung-Woo**

*Dept. of Architectural Engineering, Changwon National University(jmchoi@changwon.ac.kr),
**Dept. of Architectural Engineering, Changwon National University(c_sungwoo@hotmail.com)

Abstract

Nowadays, the solar expose right is very important with people's life. Therefore, in calculating the sunshine hours, the point analysis and area analysis methods are used in previous studies. Previous two methods have merits and faults. Therefore, ray-tracing method is used as a alternative. Ray-tracing method is adopted by the software of Autodesk Ecotect which is a widely used program by the architectural company and academic university.

In this study first, ray-tracing methodology is studied with how to calculate the overshadowing area and, secondly, the sensitivity of the two major factors, overshadowing accuracy and sky subdivision, is analyzed. With these results, appropriate application of the ray-tracing method is presented.

Keywords : 레이 트레이싱법(Ray tracing method), 일조환경(Solar expose environment), 일영면적(Overshadowing area), 오토데스크 에코텍(Autodesk ecotect), 점분석(Point analysis), 면분석(Area analysis)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

국내외적으로 친환경건물에 대한 관심이 높아지면서 건물 일조권 계획이나 하절기의 일사차폐 및 동절기 일사유입을 적절히 조절하는 일조환경 계획에 대한 중요성이 점차

증가되고 있다. 그런데 일조환경 계획이 설계자의 의도대로 잘 이루어지기 위해서는 기본적으로 분석대상 건물의 일조면에 대해 음영면적이 어느 정도 되는지를 정확히 산정하는 것이 매우 중요하다.

기존의 김경상, 이덕형의 연구에 의하면 건물 일조환경 평가시 해당 외벽 등에 음영이 지는

면적을 산정하기 위한 여러 방법들 가운데 점 분석과 면분석법의 두가지 유형을 제시하고 있으며, 이 가운데 면분석법을 일조시간 계산 방법의 표준안으로 하되, 점분석 방식의 경우 점분석법을 개선하는 형태로 분석 프로그램들이 개발되어야 한다는 연구결과를 제시한 바 있다. 이상의 점분석법을 개선한 방식중 하나가 Ray-Tracing Method를 적용한 Autodesk사의 Ecotect 프로그램¹⁾이다. 이 프로그램은 대학에서 교육이나 연구시에 또는 설계사무소나 건설회사에서 설계 및 실무에 많이 사용되고는 있지만, 본 Ray-Tracing Method 알고리즘에 대한 정확한 이해 없이 사용하는 경우가 많다.

이에 본 연구에서는 기존 점분석을 개선한 해결책으로서, Ray-Tracing Method의 음영면적 산정 프로세스를 검토해 보며, 이와 함께 분석대상 일조면에서 음영면적(이하, 음영면적율)을 계산하는데 있어 Ray-Tracing Method의 정밀도 및 주요 관련변수들의 중요도를 파악함으로써, 건물 일조 및 차양계획 시 사용의도에 적합한 Ray-Tracing Method 분석이 이루어질 수 있도록 하는데 그 목적을 두고 있다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 다음과 같이 진행한다.

- (1) 일조분석에 대한 기존 연구 고찰
- (2) Ray-Tracing Method를 이용한 음영면적 산출 프로세스 고찰
- (3) 사례검토에 의한 Ray-Tracing Method 정밀도 및 주요 관련변수의 중요도 검증

2. 예비적 고찰

2.1 기존 연구 고찰²⁾

김경상의 연구에 의하면, 점분석과 면분석법

의 차이를 그림 1과 같이 분석하여 제시하였다.

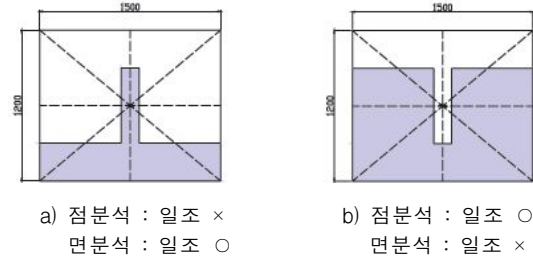


그림 1. 점분석과 면분석 차이

일반적으로 분석대상 일조면에서 태양 노출 비율이 전체 면적에 대해 50% 이상일 때를 가조시간으로 판단할 경우, 그림 1의 a)의 경우 점분석에서는 중심점이 음영영역에 포함되기 때문에 일조유입 시간으로 해석하지 않지만, 면분석에서는 50% 이상이 태양에 노출되어 일조 유입 시간으로 해석된다.

이와 반대로 b)의 경우, 점분석에서는 중심점이 음영영역에 포함되지 않기 때문에 일조 유입시간으로 해석되지만, 면분석에서는 50% 미만이 태양에 노출되므로 일조유입 시간으로 해석하지 않는다. 이러한 사례는 앞 건물의 지붕이 평지붕이 아닌 코어지붕이나 조형물 지붕일 경우에 인근 북측에 위치한 지역의 건물 창문에서 자주 나타나게 된다.

점분석 방식의 경우 계산 알고리즘이 면분석 방식에 비해 간단할 뿐 아니라 계산시간도 비교적 짧아 대부분의 사용화된 프로그램에서 보편적으로 활용되고 있는 반면에, 면분석은 벽체 또는 창문 등의 분석대상 일조면에서 태양노출 비율을 토대로 음영면적율을 계산하기 때문에 산정방식이 까다롭고 계산시간도 상대적으로 길어지게 된다.

2.2 Ray-Tracing Method를 이용한 음영면적 산출 프로세스 고찰³⁾

그림 2에서와 같이 Ecotect의 Ray-Tracing

1) Ecotect은 Square One에서 개발되어, Autodesk사에서 인수한 프로그램으로 건축종합 환경분석을 지원하기 위한 프로그램임.

2) 참고문헌 3, 4를 토대로 제작성함.

3) <http://naturalfrequency.com/articles/shadingcalculations> 참조함.

Method에서는 분석대상 일조면에 일정 수의 점들(Points)을 위치시키고, 이들 점으로부터 그림 3과 같이 작성된 천구 세그먼트(Segment)에 투사된 Ray중 태양이 속하는 세그먼트내에 주변 장애물에 방해받지 않고 도달하는 Ray의 수를 구하여 일영면적율을 산정하는 알고리즘을 적용하고 있다. 따라서 태양의 위치에서 분석대상 일조면을 보는 솔라뷰(Solar View) 개념과는 반대로 View Factor 개념을 적용하여 일영면적율을 산정하게 된다.

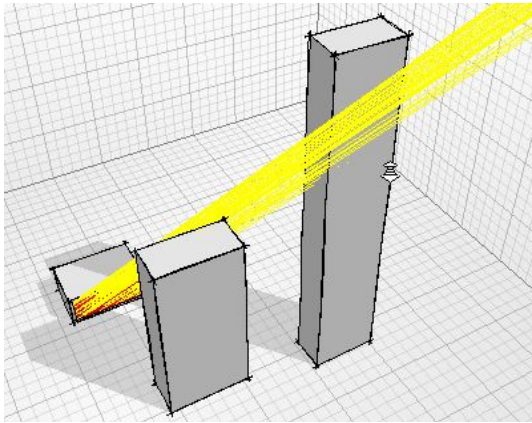


그림 2. 분석대상 일조면과 천공상으로서의 Ray 투사

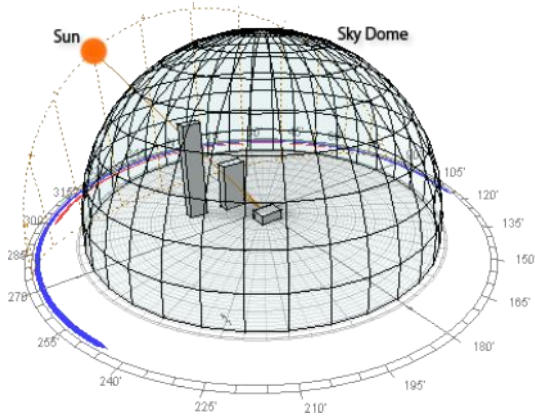


그림 3. 분할된 천구의 세그먼트 예

또한 Ecotect에는 Ray-Tracing Method 관련 주요 변수를 그림 4와 같이 설정할 수 있다.

이 가운데 분석대상 일조면의 검토 포인트 설정 변수(Overshadowing Accuracy)는 포인트 수에 따라 1개에서 625개까지 11단계로 지정할 수 있으며, 천구 분할 설정 변수(Sky Subdivision)는 2~10°의 범위내에서 설정하여 음영면적율을 산정하게 된다.

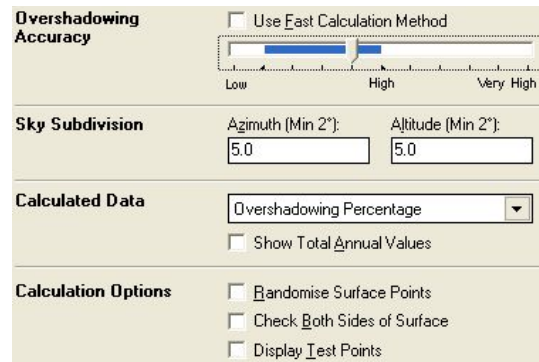


그림 4. Ecotect의 Ray-Tracing Method 관련 주요 변수 설정 화면

3. 사례 검토를 통한 비교

3.1 Ray-Tracing Method 정밀도 및 주요 관련 변수 중요도 검증

Ray-Tracing Method를 이용한 일영면적산정의 검토 사례 모델로서는 그림 5와 같이 좌측의 단층 건물(폭 8m × 깊이 7m × 높이 3m)의

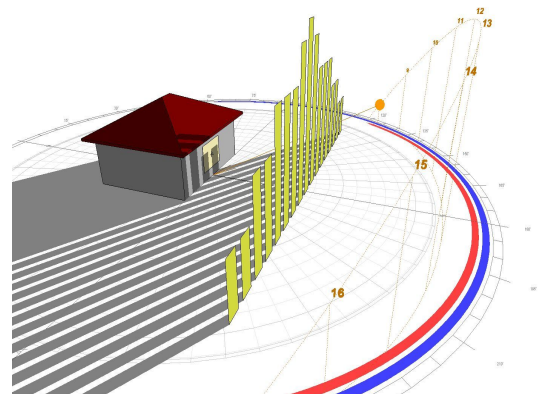


그림 5. 검증 대상 모델

남측벽에 폭 2.4m × 1.8m의 창문(Sill Height 0.6m)을 배치하고, 정남방향으로 7.5m 이격된 위치에 높이 3, 5, 7, 9, 10m의 직사각형 형태 장애물 17개를 수평으로 나란하게 계획하여 동지일에 해당 창문에 그림자를 드리울 수 있도록 설정하였다.

Ray-Tracing Method를 이용한 Autodesk Ecotect의 음영면적값을 정밀도 분석은 표 1과 같이 음영면적 산정을 위한 해당창문의 검토 포인트 설정 변수와 천구 분할 설정 변수의 범위를 기준으로 시뮬레이션된 값과 기존의 CAD 프로그램을 이용하여 산출된 매시간별 음영면적 기준값을 비교하는 것으로 하였다. 검토일시는 동지일 오전 8시부터 오후 4시까지 30분 단위로 분석하였으며, 대상지역 위도는 북위 35.2°, 동경 129.1°이다.

표 1. shading mask의 설정 변수

항 목	범 위
검토 포인트 설정 변수	창문면에 11단계중 1 point(Case 1), 55points(Case 2), 140points(Case 3)의 3가지 경우로 구분
천구 분할 설정 변수	천구의 방위 및 고도각을 동일한 설정 각인 5°(72×18= 1,296개), 2°(180×45= 8,100개)의 2가지로 구분

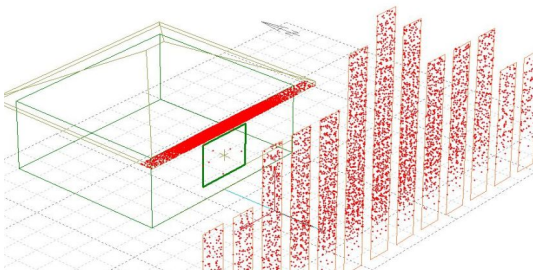


그림 6. Ray-Tracing을 이용한 천구로의 point 투사 예

3.2 시뮬레이션 결과 및 분석

천구분할 설정각을 5°로 하고, 해당 창호에서의 투사 Point 수를 1개와 55개, 140개로 구분하여 검토한 결과, 표 2와 같은 차이를 나타내고 있었다. 표 2의 (a)열은 CAD 프로그

램으로 정밀하게 산정된 매시간별 음영면적을 기준값으로, 동지일 평균 62.6%, 최대 79%, 최소 46%의 값을 보이고 있다. 반면에 Point의 수가 1개인 Case 1인 경우에는 음영여부에 따른 100%와 0%의 2가지 음영면적 값을 보이고 평균 70.6%를 나타내고 있으며, Point의 수가 55개인 Case 2인 경우에는 동지일 평균 61.6%, 최대 80%, 최소 34%의 값을, Point의 수가 140개인 Case 3인 경우에는 동지일 평균 62.1%, 최대 80%, 최소 47%의 값을 나타내고 있다.

표 2. 창문 음영면적율(%) 시뮬레이션 결과 (동지일 8-16시, 30분 간격)

Local Time	기준값 (a)	천구분할 설정각 (b)					
		5°			2°		
		포인트 수	포인트 수	포인트 수	포인트 수	포인트 수	포인트 수
	Case 1	Case 2	Case 3	Case 1	Case 2	Case 3	
8:00	50	100	34	72	0	45	37
8:30	48	100	60	47	0	49	48
9:00	61	100	80	61	100	47	52
9:30	60	100	52	62	0	41	51
10:00	79	0	60	63	0	78	82
10:30	69	0	76	74	100	76	71
11:00	70	100	60	64	100	60	63
11:30	63	100	56	50	100	49	52
12:00	79	100	78	66	0	61	83
12:30	64	100	78	64	100	76	71
13:00	58	100	67	56	100	61	64
13:30	73	0	63	80	100	56	62
14:00	74	0	49	55	0	78	71
14:30	61	100	80	73	100	69	62
15:00	54	100	52	50	100	47	55
15:30	46	100	41	57	100	41	42
16:00	55	0	61	61	100	54	54
평균값	62.6	70.6	61.6	62.1	64.7	58.1	60.0
최대값	79	100	80	80	100	78	83
최소값	46	0	34	47	0	41	37
기준값 대비 편차 계곱합 (b)	-	45,480	2,813	1,875	43,480	1,850	764

여기서, Case 3의 경우가 동지일 평균 음영율 및 최대, 최소 음영율값에서 기준값에 가장 근접한 것으로 나타났으며, 기준값 대비 각 시간대별 음영면적율의 편차를 제공하여 총합을 구한 값(이하, 편차 제공합)에서도 가장 작은 값인 1,875를 나타내어(표 2. (b)열 참조), 포인트 수가 많을수록 정밀도가 증가하는 것으로 나타났다. 친구분할 설정각을 5°에서 2°로 더 세밀히 분할하면, Case 1, Case 2에서는 평균 음영면적율값이 기준값에 더욱 근접하는 것으로 나타났다.

편차 제공합의 측면에서 변화추이를 살펴보면 Point 수가 1개인 Case 1인 경우에는 45,480에서 43,480으로 편차 제공합이 4.4% 줄어들지만, Point의 수가 55개인 Case 2인 경우에는 2,813에서 1,850으로 34.2% 줄어 들고, 포인트의 수가 140개인 Case 3인 경우에는 1,875에서 764로 59.3% 줄어들어 드는 것으로 나타나, 투사 포인트의 수가 많을수록 또한 친구분할 설정각을 더 작게 분할할 경우 정밀도가 더 향상되는 것으로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 일조환경 계획에서 기본이 되는 음영면적율 산정과 관련한 기존의 점, 면분석을 개선한 해결책으로서, Autodesk사 Ecotect에서 적용하고 있는 Ray-Tracing Method를 이용한 음영면적 산정에 대하여 검토해 보았으며, 도출된 주요 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 일영면적율 값은 태양뷰(Solar View)를 이용하여 해당 창문이나 벽면중 보이는 부분의 면적이나 또는 점들이 균등하게 위치할 경우 보이는 점들의 개수를 파악하여 산정하는 것이 일반적이다. 그러나 Autodesk사 Ecotect의 Ray-Tracing Method에서는 이러한 방식으로 음영면적율을 산정하지 않고, 해당면에 포인트들을 임의로 위치시키고, 이들 포인트에서 친구를 일정한 각도로 구분한 각 세그먼트에 포인트로부터 투사된 Ray수를 구하여 일영면적율을 산정하는 방식을 채택하고 있다.
- (2) 또한, Ecotect의 Ray-Tracing Method에서는 태양의 위치가 일별, 시간별로 바뀔 때 마다 매번 일영면적율을 계산하는 것이 힘들고, 또한 특정시점에 해당하는 천공상 태양의 위치 지점에 정확히 도달하는 Ray의 수를 구하는 것이 번거롭기 때문에, 친구를 그림 3과 같이 여러 세크먼트로 분할하여 View Factor의 개념으로

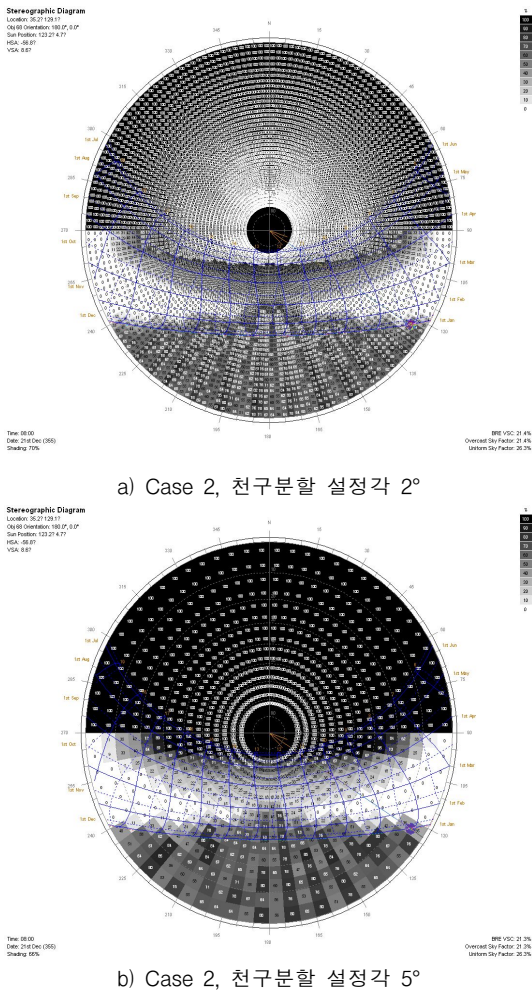


그림 7. 음영면적율 산정을 위한 분석결과 shading mask 작성 예

분석대상 일조면으로부터 해당 세그먼트에 도달하는 Ray의 수를 구하여 대상면의 일영면적을 구하는 알고리즘을 채택하고 있다. 따라서 해당 세그먼트 영역에 대응하는 일영면적은 특정시점의 음영면적이 아니라 이 세그먼트 영역내에 포함되는 기간대의 평균 일영면적을 의미하게 되므로, 특정시점의 태양뷰를 통한 일영면적과 비교했을 때 오차가 생길 수밖에 없으므로, 설계사무소나 건설회사에서 설계 및 실무 적용시 Ecotect Ray-Tracing Method에서 채택한 알고리즘의 충분한 이해를 토대로 일영면적을 사용하는 것이 요구된다.

- (3) 본 연구에서는 폭 $2.4\text{m} \times 1.8\text{m}$ 의 창문을 대상으로 동지일 8시부터 16시까지의 30분 단위별 기준 음영면적을 기존 CAD 프로그램을 이용하여 산정하였으며, 이 기준값을 토대로, 표 2에 Ecotect에서 채택한 Ray-Tracing Method의 주요변수인 검토 포인트 변수와 천구 분할 변수의 민감도가 음영면적에 영향을 검토하여 제시하였다.
- (4) 천구 분할 설정각을 5° 로 기준한 음영면적 분석에서는 해당 창호에서의 방출 포인트 수가 1개에서 55개, 140개로 증가함에 따라, 평균, 최대, 최소의 값들이 기준값에 근접하는 것으로 나타났으며, 기준값 대비 편차 제곱합도 급격히 줄어들게 된다. 또한, 천구분할 설정각을 5° 에서 2° 로 더 작게 설정하면, 기준값 대비 편차 제곱합을 감소시키게 된다. 따라서, 보다 더 정확한 음영면적을 구하기 위해서는 해당 면의 포인트 수를 늘리고, 천구 분할 설정 변수 각도를 작게 설정하는 것이 요구된다.

후 기

“이 논문은 2009~2010년도 창원대학교 연구비에 의하여 연구되었음”

참 고 문 헌

1. 김광우 외, 건축환경계획론, 태림문화사, 1996.
2. 이경희, 건축환경계획, 문운당, 1994.
3. 이덕형, 최창호, 이현우, 건물 일조시간 계산방법(점,면)에 관한 비교연구, 한국태양에너지학회논문집, 24권, 3호, 2004.
4. 김경상, 김지현, 송규동, 일조시간 분석의 객관화를 위한 점분석 방식 개선방안 연구, 한국건축환경설비학회 학술발표대회 논문집, 2008.
5. <http://naturalfrequency.com/articles/shadingcalculations>.