첨단도시개발사업 1차년도 최종보고서

R&D / 12첨단도시D10

일사량에 따른 맞춤형 차양장치 설계기법 개발 최종보고서

2014. 01. 16.

주관연구기관 / 서울대학교

국 토 해 양 부

국토교통과학기술진흥원

Land Transpot and Maritime R&D Report

12
첨단
도시
D10

일사량에 따른 맞춤형 차양장치 설계기법 개발

최종보고서

2014

국토교통과학기술진흥원

국토해양부

(별색바탕 : C50, M20, Y59, K0)

제 출 문

국토교통부장관 귀하

이 보고서를 "일사량에 따른 맞춤형 차양장치 설계기법 개발"과제의 최종보고서로 제출합니다.

2014. 01 . 16

주관연구기관명 : 서울대학교 산학협력단
주관연구책임자 : 최 재 필
연 구 원 : 안 의 순
" : 박 근 송
" : 김 다 은
" : 임 장 현

보고서 요약서

과제고유번호	12첨단도시D10	해 당 단 계 연 구 기 간	2012.11.19. ~ 2013.11.18	단 계 구 분	(1)/ (1)
연 구 사 업 명	중 사 업 명				
	세부사업명	첨단도시개발사업			
연 구 과 제 명	대 과 제 명	일사량에 따른 맞춤형 차양장치 설계기법 개발			
	세부과제명				
연 구 책 임 자	최재필	해당단계 참 여 연구원수	총 : 8 명 내부 : 8 명 외부 : 0 명	해당단계 연 구 비	정부: 75,000천원 기업: 25,000천원 계: 100,000천원
		총연구기간 참 여 연구원수	총 : 8 명 내부 : 8 명 외부 : 0 명	총연구비	정부 : 75,000천원 기업 : 25,000천원 계 : 100,000천원
연구기관명 및 소 속 부 서 명	서울대학교 산학협력단		참여기업명	㈜유선엔지니어링건축사사무소	
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위 탁 연 구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약				보고서면수	102

본 연구는 직달일사량 조절 성능에 기반한 외부차양 최적화 설계 알고리즘의 개발을 목적으로 한다. 이 알고리즘은 총 3단계로 분석단계, 설계단계, 최적화단계로 이루어진다. 각 단계는 서로 상응하며 긴밀히 연결되어 있으며 알고리즘의 최종 결과물(output)은 연중 직달일사량 조절 성능에 최적화된 외부차양의 설계안이다. 알고리즘은 3D 모델링 소프트웨어인 라이노세로스 3D(Rhinoceros 3D)의 그래스하퍼 (Grasshopper)상에서 사용가능한 파일로 개발되었다. 사용자가 이 파일에 해당 대지와 해당 건물의 3D 정보와 도시 명을 입력하고 분석대상 입면을 지정하면 알고리즘은 스스로 최적화된 외부차양의 형태를 찾고 이에 대한 자세한 정보를 사용자에게 제공한다. 본 알고리즘은 연중 직달일사량 조절 성능을 기반으로 하므로 겨울철 햇빛의 유입량과 여름철 햇빛의 차단량을 모두 고려하여 연중 냉난방 부하를 가장 줄일 수 있는 최적의 안을 도출하는 것이 가장 큰 특징이다.

색 인 어 (각 5개 이상)	한 글	외부차양, 파라메트릭 설계, 최적화, 직달일사량, 성능 평가, 그래스하퍼
	영 어	Louver, Parametric Design, Direct Solar Radiation, Performance based Evaluation, Grasshopper

요 약 문

Ⅰ. 제 목

일사량에 따른 맞춤형 차양장치 설계기법 개발 최종보고서

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

전면유리 건축물의 에너지 낭비

도심의 사무용 건축물의 대표적 유형인 전면유리 건축물의 확산으로 인해 건축물의 과다한 에너지 사용량은 큰 사회적 문제로 제기되고 있다. 재료의 물리적 특성상 커튼월 건축물은 냉난방 에너지 효율이 낮을 수밖에 없으므로 이를 극복하기 위한 노력이 시급하다.

기존의 수직, 수평 외부차양의 한계 극복

현재 전면유리 건축물의 과다한 직달일사량 유입을 차단하기 위하여 대부분의 경우에 수직 또는 수평 차양이 사용되고 있다. 통상적으로 남향에는 수평차양을 동, 서향에는 수직차양을 사용한다. 하지만 기존의 수직, 수평 차양은 단편적으로 직달일사량 차단에만 초점이 맞추어져 있다. 이 때문에 동절기에는 지나치게 직달일사를 차단하여 난방 에너지 사용 증가로 이어지고, 실질적인 에너지 사용량 절감효과는 크지 않다. 따라서 지역기후 및 주변 환경정보에 따른 일조 환경 분석을 통해 하절기와 동절기에 최적화된 외부차양을 정량적으로 계획할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

직달일사량 분석 및 최적화를 위한 평가 시스템 개발

건축물과 분석대상 입면의 위치정보에 따른 일조 시뮬레이션 환경을 구축하고 직달일사량을 분석한다. 하절기와 동절기에 따라 적정량의 직달일사량이 차단 및 유입되는지를 평가하는 평가 시스템을 구축한다.

외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발

다양한 외부차양의 형태를 결정하는 변수를 규정하고 직달일사량 조절 성능에 영향을 미치는 형태변수를 도출한다. 도출된 형태변수를 사용하여 외부차양을 설계하는 파라메트릭 알고리즘을 개발한다.

외부차양 최적화 알고리즘 개발

직달일사량 조절 성능을 최적화하는 외부차양 형태변수를 찾기 위하여, 적절한 최적화 알고리즘을 선정하여 직달일사량 평가 점수 기반으로 최적화된 외부차양을 도출하는 외부차양 최적화 알고리즘을 개발한다. 개발한 알고리즘으로 생성한 최적 외부차양과 기존 차양의 냉난방 에너지 절감 성능을 타 환경성능평가 프로그램으로 비교하여

본 알고리즘을 검증한다.

Ⅳ. 연구개발결과

연구의 성과물

본 연구의 최종 결과물은 전면유리 건축물의 냉난방 에너지 사용량을 줄이기 위해 지역기후와 주변 지형지물을 반영하여 연중 직달일사량 조절 성능에 최적화된 외부차양의 형태를 설계하는 알고리즘이다. 외부차양 최적화 알고리즘을 개발하여 실제 건축물 사례를 포함한 최적화된 외부차양 설계 2건을 도출하였으며, 기존에 설치된 수직, 수평 차양과 성능비교를 통하여 본 알고리즘의 우수성을 검증하였다.

본 연구의 내용을 국외 학술발표대회 2건, 국내학술지 게제 논문 1건에 발표하여 성과목표를 추가로 달성하였으며, 또한 SCI급 저널에 논문 1건이 게제 확정되어 2014년 1월에 게재될 예정이다.

Ⅴ. 연구개발결과의 활용계획

국내 설계업체에서 실제 프로젝트에 활용

본 알고리즘을 활용하여 건축설계 초기 단계부터 최적 외부차양을 설계할 수 있어 신축 건축물의 냉난방 에너지 사용량을 줄일 수 있다.

기존 건축물의 리모델링 프로젝트 활용

노후 건축물의 외장 리모델링시 본 알고리즘을 활용하여 최적 외부차양을 적용할 수 있어 기존 건축물의 냉난방 에너지 사용량을 줄일 수 있다.

건축 설계 교육과정에 활용

디지털 기반의 친환경 설계기법인 본 알고리즘을 건축학과 설계 교육과정에 활용하여 학생들에게 친환경 건축 설계에 대한 새로운 접근방법에 대하여 교육할 수 있다.

SUMMARY

Louver Optimization Algorithm Development

The purpose of this research is to develop a parametric louver optimization algorithm, which optimizes a louver form based on its yearly direct solar radiation control performance. The algorithm is composed of three parts: the analysis part, parametric design part, and optimization part. Each part is connected to the others to produce an outcome. The result is the best performing louver form for the given site from the aspect of its yearly direct solar radiation control performance. The research confirms the performance of the algorithm by comparing the outcome of the algorithm with existing louver designs by using a different environmental analysis software.

The outcome of the research can be used by architects in the field. The strength of this algorithm is that it is easy to use. The algorithm is a Grasshopper file that works in Rhinoceros 3D, which is one of the widely used 3d Modeling software. Therefore, the algorithm can help architects to design more energy efficient buildings. The algorithm can be used not only for the new buildings, but also for the renovation projects as well. The algorithm can also be used in the architectural schools. The algorithm combines parametric design with environmental analysis, which is an important emerging design technique. Students may learn about a new design methodology in the field of green design.

CONTENTS

1. Introduction

2. International Research Trends

3. Parametric Louver Design System

4. Achievements

5. Application Plans

6. Related Information

7. Reference

목 차

제1장. 연구개발과제의 개요 12
제1절. 연구개발의 필요성 12
1. 저탄소 녹색성장 12
2. 건축물의 이산화탄소 배출 문제 12
3. 커튼월 건축물의 에너지 낭비 12
4. 직달일사량 차단 관련 연구 13
5. 수직, 수평 외부차양의 제한된 효과 14
6. 최적화된 외부차양의 필요성 14
제2절. 연구개발의 중요성 15
1. 설계사무소의 경쟁력 15
2. 아날로그 친환경설계의 한계 15
3. 계획분야에서 환경설계 연구의 필요성 16
제2장. 국내외 기술개발 현황 17
제1절. 국내외 관련 기술 및 산업 동향 17
1. 국내 관련 기술 및 산업 동향 17
2. 국외 관련 기술 및 산업 동향 17
3. 연구결과의 현재 위치 18
제3장. 연구개발 수행 내용 및 결과 19
제1절. 연구목표 19
1. 최종목표 19
2. 단계별 진행 계획 19
3. 연구목표 및 내용 20
제2절. 연구 수행 내용 23
1. 주변지형지물을 반영한 외부차양 성능평가 시스템 구축 23
제3절. 연구개발의 결과물 56
1. 세부목표별 결과물 56
제4장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 71
제1절. 목표달성도 71
1. 성과목표 및 성과지표 71
2. 목표달성도 72
3. 관련분야에의 기여도 73
제5장. 연구개발결과의 활용계획 74
1. 학문적 활용계획 74
2. 산업적 활용계획 74

제6장. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 75
제1절. 해외기술정보 75
1. 해외 건축물 사례 75
2. 해외 서적 77
3. 그래스하퍼(Grasshopper) 알고리즘의 발전 동향 77
제7장. 참고문헌 80

부록 85
1. 외부차양 설계 알고리즘 사용 매뉴얼 87
2. 최종성과물 총람 91

제1장. 연구개발과제의 개요

제1절. 연구개발의 필요성

1. 저탄소 녹색성장

지구 온난화 방지와 지속가능한 발전을 위한 탄소 에너지 절감을 위하여 친환경 건축물의 건설은 전 세계적으로 건축 분야의 화두로 떠오르고 있으며, 미국과 유럽, 일본 등의 선진국에서는 이미 오래전부터 건축물의 에너지 사용량 절감을 위한 다양한 연구가 진행 중에 있다.

현 정부는 '저탄소 녹색성장'이라는 정책적 기조 아래 산업 전 분야에 걸쳐 다양한 연구개발과 시행을 유도하고 있으며, 건축분야에서는 친환경 건축물 인증제도 등의 제도적 장치를 통해 친환경 건축의 실현을 독려하고 있다. 건축계에서도 이러한 정책적 방향에 맞추어 친환경 건축의 실현을 위한 다양한 연구 및 제품과 기술 개발 노력들이 이루어지고 있으나, 아직 친환경 건축에 대한 폭 넓은 이해와 적용은 부족한 실정이다.

2. 건축물의 이산화탄소 배출 문제

건설 산업의 이산화탄소 배출량은 전체 배출량의 42%에 이를 정도로 큰 비중을 차지한다. 건축물은 시공단계에서부터 철거·해체단계에 이르기까지 전 생애주기에 걸쳐 이산화탄소를 지속적으로 배출하는데 각 단계별로 이산화탄소 배출량을 살펴보면 건설단계 22.7%, 운영 유지관리단계 71.7%, 해체·폐기단계 4.6%로 건축물의 운영 유지관리 단계에서 발생하는 이산화탄소가 전체 배출량의 절반 이상을 차지하고 있다.[1] 따라서 건축물의 전 생애주기기간 중 운영 유지관리단계에서의 이산화탄소 배출 저감대책이 절실하며 이 단계에서의 이산화탄소 배출은 주로 설비 시스템의 사용에서 나오므로 건물의 에너지 사용량을 줄이는 것이 직접적인 해결책이다.

3. 커튼월 건축물의 에너지 낭비

도심의 사무용 건축물의 대표적인 유형인 커튼월 건축물의 경우 건축물의 외피를 전면유리로 마감하는 디자인의 특성상 건축물의 에너지 부하는 더욱 증가할 수밖에 없다. 최근에는 성능이 좋은 이중유리 또는 삼중유리를 사용하는 등 어느 정도 건축물의 에너지 부하를 줄이기 위한 노력을 하고 있기는 하지만 호화청사로 논란이 되었던 성남시청사의 경우에서처럼 심지어 친환경 건축물로 인증을 받은 건축물이 실제로는 냉난방에 소요되는 에너지 낭비가 심한 경우가 발생하는 등, 아직까지는 친환경 설계기법의 실제적 적용에 있어서는 건축물의 에너지 사용량에 대한 고려가 많이 이루어지고 있지 않다. 친환경 건축물은 건축물의 실질적 운영에서 사용되는 에너지의 효율성이 우선시 되어야 함에도 불구하고 계획 단계에서 친환경 설계 관련 요소들이 고려되지 못하는 점이 가장 큰 문제이다.

1) 건설생애주기별 지구온난화 대응기술, 대한주택공사 세미나, 2008

그림 1 성남시청

그림 2 용산구청

특히 상업 및 공공건축물의 에너지 소비 형태를 보면, 냉난방과 조명부분의 에너지 소비가 대부분을 차지하고 있다. 냉난방과 조명부분의 에너지 소비는 건축물의 설계와 건축자재의 성능과 긴밀한 관계를 맺고 있는데 계획단계에서 얼마나 주의를 기울이느냐에 따라 이 부분의 에너지 사용량이 달라질 수 있다.

주로 외부를 전면유리로 마감하는 커튼월 건물에서 냉난방 에너지 사용량이 더욱 많아질 수밖에 없는데 커튼월 시스템을 적용하는 오피스 빌딩은 도심업무중심지역에서 자연 채광이나 조망에 대한 우수성, 개방감, 하이테크적인 미학 등의 이유로 점점 증가하는 경향을 보인다. 하지만 이러한 커튼월 시스템은 지역의 기후 특성을 전혀 반영하지 않는 탑-다운 계획방식으로 이루어지기 때문에 사계절이 뚜렷한 국내에서는 이로 인한 에너지 낭비의 폐해가 심각하다.

4. 직달일사량 차단 관련 연구

커튼월 시스템의 문제점은 겨울철 내부의 열을 빼앗기는 단열문제와 반대로 여름철 지나친 태양열획득으로 인해 내부의 온도가 심하게 올라가는 문제로 나뉘는데 이로 인한 냉난방으로 인한 에너지 낭비가 심각하므로 이 두 가지 문제점을 해결하기 위한 연구가 시급하다. 커튼월 시스템의 단열문제 해결을 위한 연구는 많이 진행되고 있으며 특히 창호의 성능 개선 등을 통해 점차 나아지고 있다. 하지만 지구온난화로 인해 연평균 온도가 점점 올라가는 국내의 기후상황에도 불구하고 커튼월 시스템의 태양열 차단에 관한 연구는 미미한 실정이다.

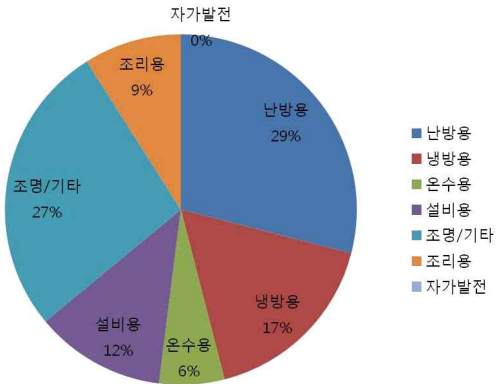


그림 3 건물의 에너지 소비 형태 분석

5. 수직, 수평 외부차양의 제한된 효과

건물의 창을 통해 유입되는 일사부하를 가장 효과적으로 감소시킬 수 있는 방법은 직달 일사가 유리에 도달하기 전에 차단하는 것이다. 외부차양의 종류와 각 케이스별 성능에 대한 연구가 해외에서는 활발하게 진행되고 있지만 현재 국내의 커튼월 시스템에는 대부분의 경우 일률적인 수직, 수평형의 외부차양을 사용한다.

통상적으로 수평차양은 남향, 수직차양은 동, 서향에 적합한 것으로 알려져 있다. 하지만 건축물이 정남향, 정동향, 정서향으로 맞추어서 계획되는 경우는 극히 드물다. 따라서 이러한 외부차양은 정남향과 정동향사이, 정남향과 정서향의 사이에서 그 효율이 떨어질 수밖에 없다. 또한, 일률적인 수직, 수평 외부차양을 냉방부하 저감을 위해 차양의 깊이를 많이 주게 되면 겨울철 일사량 차단에 따른 난방부하가 증가되는 점이 또 다른 문제점이다[2]. 즉, 차양의 깊이나 형태가 각각의 건축물의 주변상황에 따라 달라져야 하는데 일률적인 수직 수평차양은 이러한 다양한 조건들 속에 최적화 되어있지 않기 때문에 고가의 설치비용 대비 그 에너지 저감 효율이 그다지 높지 않은 것이다.

6. 최적화된 외부차양의 필요성

커튼월 건축물의 향후 에너지 사용량을 줄이기 위해서는 단편적으로 직달일사량을 차단하는 기존의 수직 수평 차양에서 진화해야 한다. 아래의 실험결과에서 볼 수 있듯이 지나친 직달일사량의 차단은 겨울철 난방에너지 사용증가로 이어져 외부차양의 효과가 반감되기 때문이다. 따라서 지역기후 및 주변 환경정보에 따른 일조 환경 분석을 통해 하절기와 동절기에 최적화된 외부차양을 정량적으로 계획할 수 있는 알고리즘의 개발이 필요하다.

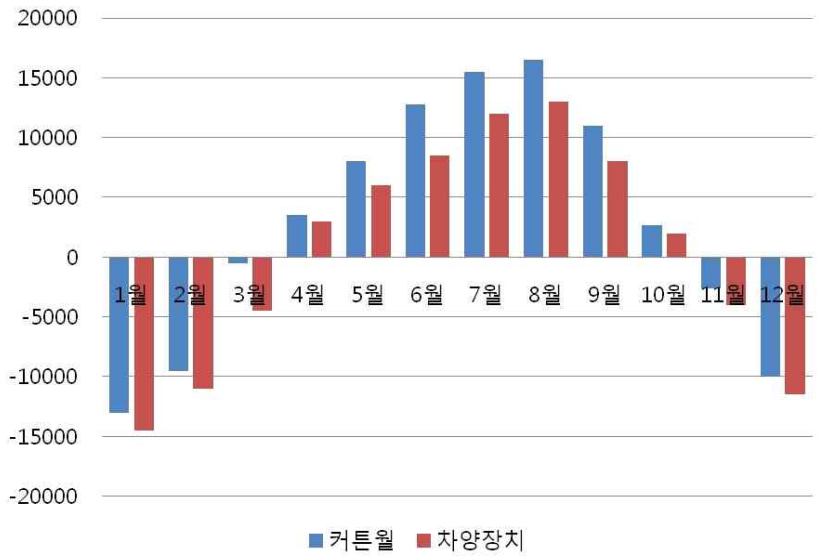


그림 4 커튼월 수직 차양 장치를 적용하기 전과 후의 냉난방 부하 비교
(단위: kcal/h)

2) 친환경건물의 운영단계에서의 이산화탄소 배출 저감에 관한 연구, 현은미. p 33-42.

제2절. 연구개발의 중요성

1. 설계사무소의 경쟁력

건설경기의 추락과 함께 국내 설계업체들 역시 심각한 재정적 어려움을 겪고 있다. 이와 같은 상황에서 고가의 환경성능평가 프로그램을 구입하거나 환경컨설턴트를 따로 두는 등의 일은 현실적으로 불가능 하다. 대규모 설계업체들은 조금 나은 형편이지만 자금력이 약한 중소 설계업체들은 친환경 관련 계획 인력조차 부족한 상황이다. 점점 어려워져만 가는 국내 설계업체들의 친환경 관련 경쟁력을 만들어 주기 위해서는 이와 같은 외부차양 설계 자동화 알고리즘을 개발, 보급하는 것이 절실하다.

본 연구에서 제안하는 외부차양 최적화 알고리즘을 이용하면 설계 업체들이 계획단계에서 건축물의 에너지 효율 문제를 체계적으로 반영 할 수 있다. 실질적으로 대부분의 중소규모의 프로젝트에서는 직달일사량에 따른 건축물의 냉난방 부하를 조절하는 과정이 건축물의 에너지 사용량 계획에 핵심이기 때문이다. 이는 자금력과 친환경 관련 인력이 부족한 중소 설계업체들도 충분히 친환경 건축물을 설계할 수 있도록 경쟁력을 확보해 준다. 또한 초기단계에서 대안선택에 소요되는 시간을 절약할 수 있어 전체적인 설계과정에 투입되는 인력의 낭비를 막을 수 있다.

2. 아날로그 친환경설계의 한계

지금까지의 기후설계관련 연구는 컴퓨테이션을 활용한 정량적인 방법이 아닌 패시브 디자인과 액티브 디자인 요소들에 관한 연구들로 이는 건축 환경설계의 기본적인 내용에 해당된다. 기존의 아날로그 방식의 패시브 디자인은 굉장히 복잡하고 많은 기후 조건들을 설계자가 대략적인 짐작으로만 설계에 반영해야 하는 한계를 가지고 있다. 이로 인해 위치, 건축물의 배치 등에 따라 달라지는 일조량과 주변 건물들과의 관계 같은 상황적 조건에 따라 달라지는 복잡한 상황 속에서 아날로그 방식으로 최적화된 형태를 찾는 것은 불가능하다고 보아야 한다.

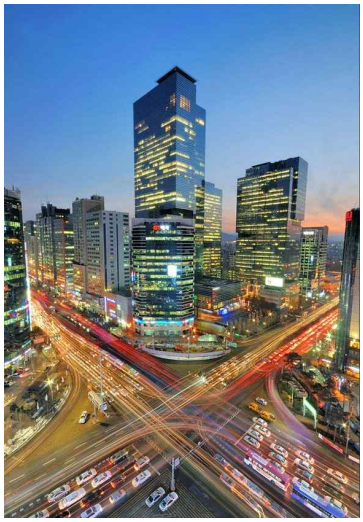


그림 5 삼성타운

그림 6 GT 타워

3. 계획분야에서 환경설계 연구의 필요성

건축환경 분야에서는 건축자재나 건축환경의 성능평가 관련 연구를 많이 진행하고 있으며 또한 그 성과도 많이 축적되어 있다. 그러나 설계안의 변화가 빠르게 진행되는 초기 단계 건축설계 프로세스에서 설계안이 변경 될 때마다 환경 컨설턴트에게 성능평가를 맡기는 일은 현실적으로 불가능하다. 따라서 설계자에게는 한 가지 특정한 디자인에 대한 평가와 분석 보다는 수많은 대안 중 가장 좋은 안을 선택할 수 있도록 도와주는 기술이 필요하다. 빠른 증가추세에 있는 커튼월 건축물의 에너지 소비를 줄이기 위해서라도 계획분야에서 현장에서 바로 적용 가능한 환경설계 연구가 꼭 필요한 상황이다.

제2장. 국내외 기술개발 현황

제1절. 국내외 관련 기술 및 산업 동향

1. 국내 관련 기술 및 산업 동향

아직까지는 몇몇 대형 설계사무소 정도에 의해 파라메트릭 설계기법이 친환경 건축설계에 사용되고 있는데, 장기적으로는 더욱 많은 설계회사들이 이를 사용할 것으로 예상된다. 한편, 파라메트릭 설계기법을 커튼월 건축물의 에너지 부하 저감을 위해 사용한 예는 아직 없으며 이런 점에서 본 연구개발의 필요성을 재차 확인할 수 있다.

2. 국외 관련 기술 및 산업 동향

유럽이나 북미와 같은 선진국에서는 파라메트릭 설계기법을 친환경 건축설계에 적용하는데 관심이 많다. 이와 관련한 실험들이 학계를 중심으로 많이 이루어지고 있는 실정이다. 또한 커튼월 건축물의 에너지 부하를 저감하려는 노력도 많이 이루어져있다. 3중 유리 시스템을 도입하거나 외피에 태양광 발전판을 설치하려는 노력등 에너지 효율성을 높이기 위한 연구들이 다양한 각도에서 이루어졌다. 하지만 3중 유리를 사용하는 것은 생산 과정에서 많은 에너지를 소요하게 되므로 탄소배출 절감 측면에서 효과가 거의 없는 것으로 밝혀졌으며 외피에 태양광 발전판을 설치하는 기술은 아직 초기단계에 있다. 해외에서도 건축물에 차양을 많이 설치하는데 커튼월 건축물은 아니지만 스페인의 엔데사파빌리온의 사례에서 보듯이 다양한 크기의 처마를 알고리즘을 이용하여 하절기와 동절기에 적정 일사량을 조절하도록 깊이를 조정한 예는 찾아볼 수 있다. 하지만 커튼월 건축물 외부차양의 최적화 형태찾기에 관한 연구로 진행된 사례는 아직 없으므로 본 연구개발이 그 시작점이 될 것으로 기대한다.

그림 7 전경련 신사옥 커튼월 설계

그림 8 Endesapavilion, Spain

3. 연구결과의 현재 위치

현재 국내외 환경분석 기술은 특정 설계안의 정확한 환경성능분석을 실시하는 데 그 목적이 있는 반면, 본 연구는 외부차양 설계시 다양한 대안의 평가 및 최적 대안 도출이 가능하다는 점에서 국내외 기술 동향과는 차별성을 지닌다고 하겠다. 또한 파라메트릭 차양 설계 알고리즘을 사용자가 자유롭게 수정할 수 있으므로 본 연구결과를 설계자가 직접 수정하여 특정 건축물 맞춤형 차양을 설계하는 것도 가능하다.

특히, 우리나라는 사계절이 뚜렷하여 더운 여름과 추운 겨울이 모두 존재하여 외부차양을 설계할 때 단순히 덥거나 추운 한 가지 기후만을 고려해서는 안된다는 점에서 본 연구의 최적화 알고리즘은 설계자의 시행착오에 드는 노력과 시간을 크게 줄여줄 수 있다.

제3장. 연구개발 수행 내용 및 결과

제1절. 연구목표

1. 최종목표

본 연구개발의 궁극적인 목표는 외부차양 설계 자동화 알고리즘을 개발하여 외부차양의 도입을 촉진하고 녹색건축의 증진을 도모하는 데 있다. 이를 위하여 본 연구는 지역기후 데이터베이스와 일조 시뮬레이션을 통한 외부차양 자동 평가 알고리즘을 개발하고, 다양한 외부차양 형태를 고려하여 개발한 외부차양 형태찾기 알고리즘에 적용하여 외부차양 설계 자동화 알고리즘을 건축설계 분야에서 파라메트릭 설계에 널리 쓰이는 라이노 3D(Rhinoceros 3D)의 플러그인 프로그램인 그래스하퍼(grasshopper) 기반으로 개발한다. 본 연구에서 개발된 외부차양 설계 자동화 알고리즘은 건축계획의 초기단계에서 설계자가 손쉽게 사용가능한 알고리즘으로 개발하여 앞으로 계획 될 건축물은 물론 이미 지어진 건축물에도 설계자가 손쉽게 이용 및 변형이 가능할 것으로 예상된다. 이를 통해 현재 증가추세에 있는 커튼월 건축물의 에너지 사용량을 점차적으로 줄여나갈 수 있도록 한다.

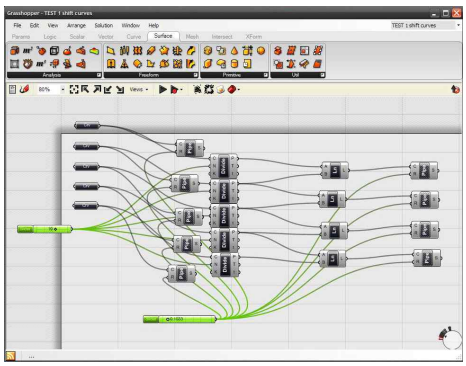


그림 9 그래스하퍼 알고리즘의 예

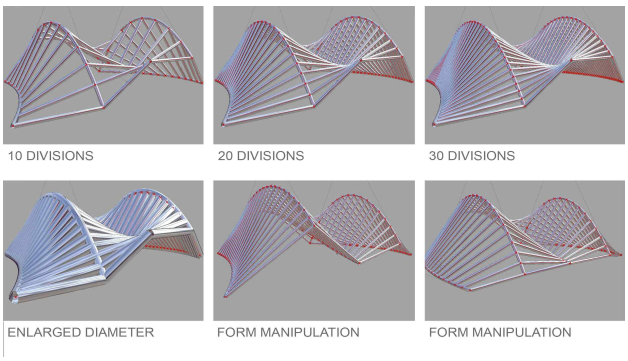


그림 10 알고리즘의 자유로운 응용

2. 단계별 진행 계획

본 연구는 1년동안 진행되며 총 3단계로 나누어 진행된다.

첫 단계에서는 위치정보에 기반을 둔 지역기후 데이터베이스를 구축하여 일조 시뮬레이션 환경을 개발하고, 시뮬레이션 분석을 통하여 외부차양을 평가하기 위한 종합평가지표를 구축한다.

두 번째 단계에서는 기존의 외부차양의 형태를 분석하여 각 타입별로 성능 및 한계점, 그리고 외부차양의 형태에 영향을 끼치는 변수를 분석한다. 이를 바탕으로 외부차양의 형태찾기 알고리즘을 개발한다.

세 번째 단계에서는 주변의 다른 건축물까지도 고려하여 실내의 적당한 조도를 유지하면서 하절기와 동절기의 실내온도 변화에 최적화된 외부차양을 계획하는 알고리즘으

로 개발한다.

연구결과는 기존의 수직, 수평의 매우 제한적인 형태로 적용되고 있는 외부차양과 함께 환경성능평가 프로그램을 통해 에너지효율 향상 여부를 비교 검증하도록 한다.

각 단계는 다음과 같은 연구의 흐름을 따라 순차적으로 진행된다.

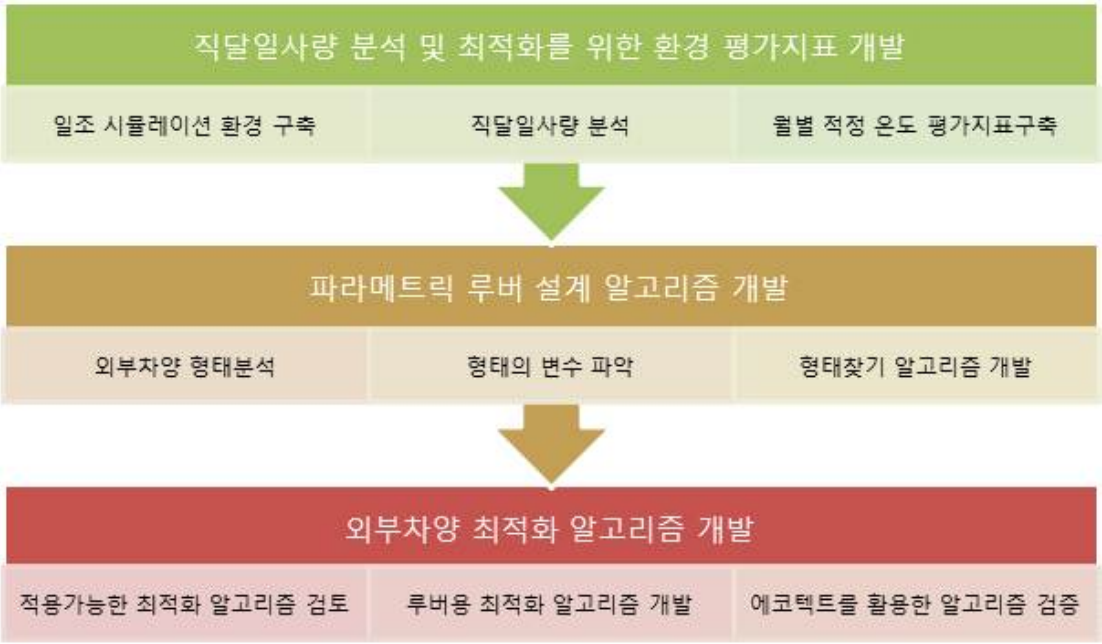


그림 11 연구흐름도

3. 연구목표 및 내용

가. 주요 연구목표 I

- 직달일사량 분석 및 최적화를 위한 환경 평가 지표 개발

위치정보를 활용하여 일조 시뮬레이션 환경을 구축 후 건축물 외피에 직달되는 일사량을 분석한다. 사용자가 위치정보를 입력하면 월별, 시간대별 태양의 위치 및 경로를 확인할 수 있으며 이를 이용하여 해당 대지의 일조량 시뮬레이션 환경을 확인 할 수 있다. 해당 대지에 건축물의 3D 정보를 입력하면 건축물의 외피가 받는 직달일사량을 월별, 시간대별로 계산한다. 본 연구는 기존의 환경성능평가 프로그램에서 가능했던 시뮬레이션을 통한 분석에 그치지 않고 이를 토대로 최적화에 이를 수 있도록 평가지표를 개발한다. 평가지표는 계산된 직달일사량과 더불어 지역기후 데이터를 활용하여 월별 실내온도와 조도의 변화를 기록하여 이를 종합적으로 평가하는 시스템이며 이를 활용하여 외부차양의 최적화 알고리즘을 개발 할 수 있다.

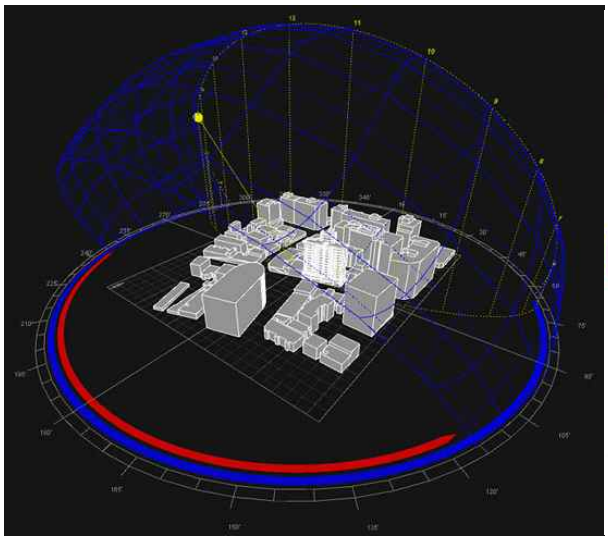


그림 12 일조 시뮬레이션의 예

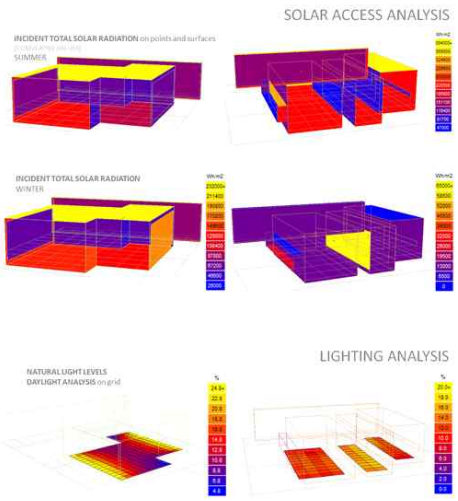


그림 13 실내조도 시뮬레이션의 예

○ 연구내용 및 수행방법

연 차	주요 연구내용	수행방법
1차년도	▪ 위치정보에 따른 일조 시뮬레이션 환경 구축	지역 기후 DB 구축/ 3D 시뮬레이션 환경 구축 (자료수집)
	▪ 직달일사량 분석	시뮬레이션 분석의 점수화 (사례수집/ 전문가 자문)
	▪ 월별 적정 실내온도 및 조도 평가지표 도출	평가지표 구축 (사례수집/ 전문가 자문)

나. 주요 연구목표 Ⅱ

- 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발

기존차양의 형태분석을 위하여 사례조사를 통해 형태별 DB를 구축한다. 이를 토대로 차양의 형태를 이루는 요소들을 분석하고 성능과 연관된 형태 변수를 파악하여 form finding (형태찾기) 알고리즘을 개발한다. 기존의 수직 수평 차양을 넘어서는 다양한 외부차양의 형태를 도출하도록 설계 알고리즘을 개발하고 각각의 형태별로 그 성능을 확인한다.

그림 14 수직차양의 예

그림 15 수평차양의 예

○ 연구내용 및 수행방법

연 차	주요 연구내용	수행방법
1차년도	▪ 기존 차양의 형태분석	형태별 DB 구축 (자료수집, 분석)
	▪ 차양형태의 변수 파악	형태와 성능간의 관계파악 (자료수집, 분석)
	▪ 형태찾기 알고리즘 개발	알고리즘 개발 (연구개발, 전문가 자문)

다. 주요 연구목표 Ⅲ

- 외부차양 최적화 알고리즘 개발

본 연구의 마지막 단계에서는 하절기 및 동절기의 직달일사량, 적정 실내온도와 실내조도 등의 변수 속에서 최적화 된 외부차양의 형태를 도출하는 알고리즘을 개발한다. 기존의 일률적인 수직 수평 차양에서 한 단계 진화하여 하절기에는 직달일사량을 최대한 감소시켜 냉방 부하를 줄일 수 있고, 동절기에는 직달일사량을 최대한 증가시켜 난방 부하를 줄일 수 있으며 동시에 인공조명의 필요성을 감소시킬 수 있도록 연중 적정한 조도가 유지되는 외부차양의 형태를 만들어내는 알고리즘의 개발이 목표이다. 알고리즘이 완성되면 환경성능평가 프로그램을 활용하여 기존의 수직 수평차양과 에너지 효율성을 비교 검증한다.

○ 연구내용 및 수행방법

연 차	주요 연구내용	수행방법
1차년도	▪ 적용 가능한 최적화 알고리즘 분석	최적화 알고리즘 검토 (자료수집, 분석)
	▪ 최적화 알고리즘 개발	알고리즘 개발 (연구개발, 전문가 자문)
	▪ 에코텍트를 활용한 알고리즘 검증	결과물을 시뮬레이션 테스트로 검증/ 보고서 작성 (환경성능평가 프로그램 사용)

라. 연구개발 최종성과물

본 연구개발의 최종성과물은 직달일사량 평가 알고리즘, 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 및 이에 기반한 최적 외부차양 설계 자동화 알고리즘으로 총 한 차례의 학술 발표와 한 편의 논문을 통해 연구개발 결과를 공유한다.

주요 연구목표	최종성과물	기술수요처
Ⅰ. 외부차양 직달일사량 평가 알고리즘 개발	학술발표 (국내 또는 국외 학술회의에 1편 이상)	국토해양부 대한건축학회 국내 설계업체
Ⅱ. 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발	외부차양 형태 DB 구축 외부차양 성능변수 분석	국토해양부 국내 설계업체
Ⅲ. 외부차양 최적화 알고리즘 개발	논문 (국내 또는 국외 학술지에 1편 이상)	국토해양부 대한건축학회 국내 설계업체

제2절. 연구 수행 내용

1. 주변지형지물을 반영한 외부차양 성능평가 시스템 구축

가. 직달일사량 조절 성능평가 알고리즘

(1) 외부차양 성능평가 기준

외부차양은 건축물의 외부에 장착되어 태양광의 도달을 제어하는 장치로, 직달일사의 조절에 매우 효율적이다. 외부차양은 건축물과 독립되어있고 입면에 접합된 단면적이 작아, 복사, 대류, 전도의 열전달 방법 중 복사 외의 방법에 의한 열전달에는 많은

영향을 주지 않는다. 또한 외부차양은 시야를 크게 가리지 않게 계획되는 것이 일반적이어서 차폐율이 대체로 높지 않은 편이기 때문에 태양복사 중 직달일사를 차단하는 성능은 우수하나 확산일사(천공일사 등)로 인한 열 획득에는 영향이 적다.

따라서 외부차양에 의한 에너지 이득은 직달일사를 건축물의 외피에 도달하기 전에 차단하여 냉방 부하를 감소시키는 것이 중요한 부분이다. 본 연구에서는 이를 반영하여 차양 성능의 평가기준을 정의하였다. 직달일사를 조절하여 냉난방 부하를 낮추고 에너지 소비를 절감할 수 있는 차양의 성능은 그 절감한 에너지 소비만큼 뛰어나다고 볼 수 있다는 전제 하에, 차양이 설치된 입면에 도달하는 직달일사의 유입 혹은 차단으로 인한 에너지 손실 또는 이득의 연간 합계를 차양 성능의 평가기준으로 정의하였다.

(2) 직달일사량 조절 성능평가 점수체계

외부차양의 성능을 직달일사량 조절을 통한 냉난방 부하 절감을 기준으로 평가할 때, 차양의 성능은 여름철 냉방기에는 직달일사를 차단하여 입면에 도달하는 직달일사량이 적을수록, 그리고 겨울철 난방기에는 직달일사를 통과시켜 입면에 도달하는 직달일사량이 많을수록 더 뛰어나다고 평가된다. 따라서 이상적 차양은 냉방기에는 직달일사를 모두 차단하고 난방기에는 일사를 전혀 차단하지 않아 냉난방 부하를 최대한 감소시켜 에너지 이득을 극대화하는 차양이다. 이를 기준으로, 차양 성능은 이상적 차양의 성능에서 냉방기에 통과시킨 직달일사량과 난방기에 차단한 직달일사량을 뺀 값으로 측정할 수 있다. 편의상 이상적 차양의 성능을 0으로 정의하면 차양의 성능을 구하는 식은 다음과 같다.

$$S = -E_{dc} - (E_{dhb} - E_{dh}) \tag{1}$$

여기서,

S : 차양 성능평가 절대점수 (MJ)

E_{dc} : 평가대상 차양의 냉방기 연중 직달일사량 (MJ)

E_{dhb} : 이상적 차양의 난방기 연중 직달일사량 (MJ)

E_{dh} : 평가대상 차양의 난방기 연중 직달일사량 (MJ)

이상적 차양의 성능이 0이고 모든 차양은 항상 이상적 조건보다 에너지 손실이 있기 때문에, 절대점수는 항상 음수가 된다. 절대점수가 높을수록(점수의 절대값이 작을수록) 차양의 성능은 우수하게 평가된다.

한편, 차양 성능의 절대점수는 특정 차양의 성능이 이상적 차양에 비해 얼마나 차이가 나는지는 정확히 알려주지만 이 차양이 얼마나 뛰어난지에 대한 직관적인 정보는 제공하지 못한다. 이런 문제점을 고려해 이상적 차양을 100점으로 하고, 여름철 냉방기에는 직달일사를 모두 통과시키고 겨울철 난방기에는 직달일사를 모두 차단하여 냉난

방 부하를 최대한 증가시키는 최악의 차양을 0점으로 하는 차양 성능평가 상대점수를 정의하였다.

$$S_R = (1 - S/S_w) \times 100 \qquad (2)$$

여기서,

S_R : 차양 성능평가 상대점수 (점)

S : 차양 성능평가 절대점수 (MJ)

S_w : 최악 차양의 성능평가 절대점수 (MJ)

또한, 차양이 없는 조건의 상대점수를 통해 차양 설치의 필요성을 분석하고 평가대상 차양과의 상대점수 차이를 통해 차양 설치시 개선도를 쉽게 평가할 수 있다. 이와 같은 상대점수를 이용한 평가체계를 그림으로 표현하면 그림 16과 같다.

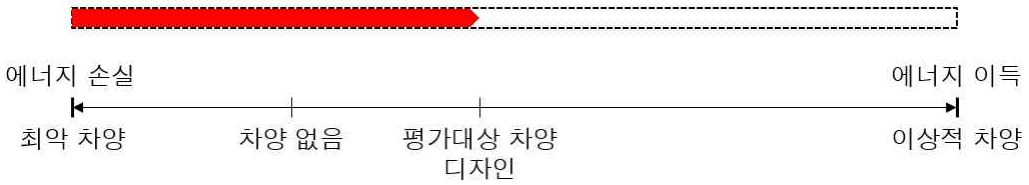


그림 16. 평가점수 설계

이렇게 차양의 직달일사량 조절 성능을 분석하여 점수화하게 되면 다수의 차양 디자인 중 어느 디자인이 가장 우수한 성능의 디자인인지 판단이 가능하고, 또한 차양이 없는 상태를 동일한 방법으로 평가하여 상대점수를 산출할 경우, 차양이 없는 것보다 현재 차양이 얼마나 직달일사량 조절 성능이 개선되는지 손쉽게 알 수 있으므로 차양이 없는 건축물에 외부차양을 설치하는 것이 좋은지 여부도 판단이 가능하다.

(3) 기상조건 및 주변 지형지물을 고려한 성능평가

앞서 설명한 성능평가 점수체계를 이용해 차양 성능을 평가하기 위해서는 입면에 도달하는 연중 직달일사량을 냉방기, 난방기 및 그 외의 3가지 연중 직달일사량으로 분리할 필요가 있다. 냉·난방이 필요한 시기는 계절적 영향, 날씨, 시간대 등 외부적 요인과, 건축물의 단·축열 설계, 사용자의 건축물 이용 패턴 등 내부적 요인에 따라 달라질 수 있기 때문에, 냉방기 및 난방기를 정의하는 것은 다양한 방법이 존재할 수 있다.

본 연구에서는 설계의 초기 단계에서 많은 조건이 유동적일 수 있다는 점을 고려하여, 건축물의 내부 조건과 독립적으로 냉방기 및 난방기를 정의하고자 하였다. 이에 따라 본 연구에서 정의한 냉방기 및 난방기는 실외기온만을 기준으로, 실외기온이 냉방기준온도보다 높으면 냉방기, 난방기준온도보다 낮으면 난방기로 정의하였다. 단 냉방기준온도 및 난방기준온도는 본 연구의 알고리즘을 사용하는 설계자가 직접 설정하게 하

여, 같은 알고리즘에서도 다양한 상황에 대응될 수 있도록 하였다. 건축물의 단열성능, 건축물 이용자의 이용패턴, 실내온도 기준에 따른 냉·난방 정책이 건축물마다 다를 수 밖에 없는 상황에서, 설계자는 냉·난방기준온도를 각각의 상황에 맞게 설정하여 알고리즘을 조절할 수 있다.

이를 위하여 본 연구에서는 태양에너지학회의 '대한민국 표준기상데이터'(이하 표준기상데이터)를 이용하였다. 표준기상데이터는 주요 도시의 1986년부터 2005년까지 20년간의 기상자료를 분석하여, TMY법을 통해 기온 및 수평면 직달일사량(1㎡당 1시간 누적)의 연중 데이터를 1시간 간격으로 제공한다. 1시간 단위로 제공되는 8760건의 연간 기상데이터를 사용자가 설정한 냉·난방기준온도를 기준으로 냉방기, 난방기, 기타로 나누고, 냉·난방기에 해당하는 시간당 직달일사량을 각각 합산하여 냉·난방기 연중 직달일사량을 산출하여 차양 성능평가에 적용하였다.

한편 차양이 없거나, 이상적인 차양이 설치된 경우라고 해도 항상 표준기상데이터에서 계산된 직달일사량을 전부 받을 수 있는 것은 아니다. 특히 도시지역에서는 인접

건물 등 주변 지형지물로 인해 햇빛이 가려지는 시간이 많을 수 있다. 건축물이 실제로 받을 수 있는 최대 직달일사량을 기준으로 평가하기 위해서 지형지물이 직달일사를 차단하는 면적을 분석하여 매 시간당 직달일사량에 미치는 영향을 평가하였다. (그림 17, 18)

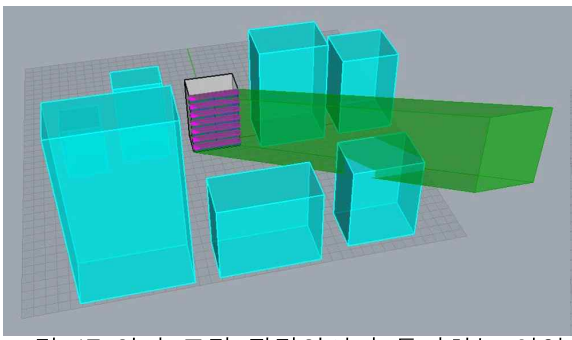


그림 17 입면 도달 직달일사가 통과하는 영역 분석

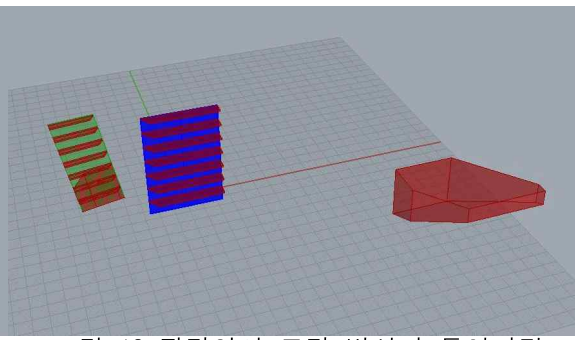


그림 18 직달일사 도달 법선면 투영면적 분석

(4) 직달일사량 조절 성능평가 알고리즘 구현

본 연구에서는 라이노 3D(Rhinoceros 3D)의 스크립트 플러그인인 그래스하퍼(Grasshopper)를 이용하여 직달일사량 조절 성능평가 알고리즘을 구현하였다. 냉·난방기 연중 직달일사량을 산출하기 위하여 라이노 3D의 플러그인 디바(DIVA for Rhino)를 이용하여 시간대별 태양의 위치를 파악하고, 태양 위치에 따라 외부차양 및 주변 지형지물에 의해 직달일사가 차단되는 면적과 입면에 직달일사가 도달하는 면적을 산출한다. 여기에 표준기상데이터에서 추출한 단위면적당 수평면 도달 직달일사량을 법선면 도달 직달일사량으로 변환하여 시간대별로 분석대상 입면에 도달하는 직달일사량을 구한다. 이를 연중으로 분석하면 주변 지형지물을 고려한 해당 외부차양의 연간 직달일사량 성능을 평가할 수 있다.

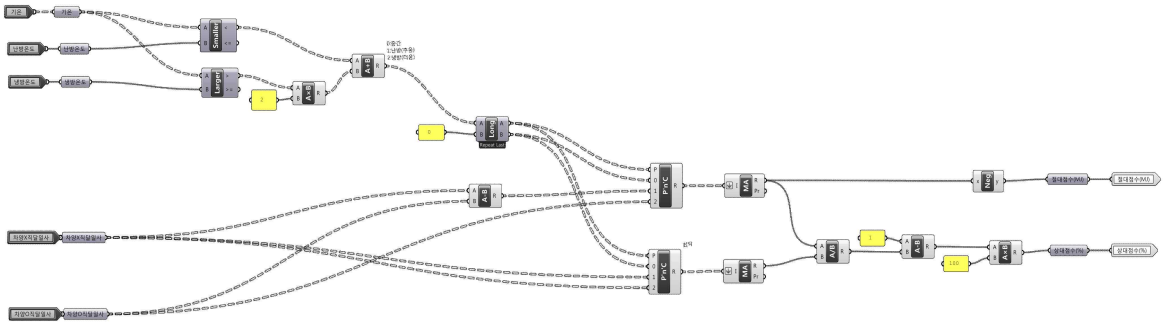


그림 19 외부차양 성능평가 알고리즘 내 성능평가 점수화 모듈 그래스하퍼 정의(Definition)

(5) 사례분석

주변 지형지물은 외부차양의 형태와 무관하게 직달일사를 차단하기 때문에, 지형지물의 유무는 차양의 직달일사량 조절 성능을 평가하는데 영향을 끼치게 된다. 직달일사가 입면에 도달할 때의 태양 위치 및 실외기온 등의 기후분석과 함께 주변 지형지물의 영향까지 분석하여 그에 맞는 차양을 설계해야 직달일사량 조절 성능을 높일 수 있다.

본 연구에서 개발한 직달일사량 조절 성능평가 알고리즘을 주변 지형지물을 반영한 실제 상황에 적용하여 검증하기 위해 실제 건축물의 사례를 통해서 외부차양의 연중 직달일사 조절 성능평가를 실시하였다. 앞서 설명한 성능평가 알고리즘을 서울 시내 커튼월 오피스 건축물에 적용하여 현재 건물에 설치된 차양의 연간 직달일사량 조절 성능을 알아보았다. 또한 대상 건축물 주변에 있는 지형지물이 있는 현 상황과 없다고 가정한 가상의 상황에 대한 성능평가 결과를 비교하여 주변 지형지물이 외부차양의 설계에 고려해야 할 영향력이 있는 요소인지를 정량적으로 분석하였다.

분석 대상 건축물은 서울시내의 대표적 도심지 2곳에(광화문, 여의도) 위치한 외부차양이 설치된 전면유리 사무용 건축물이다. 세종로에 위치한 동아미디어센터는 남향 및 서향에 외부차양이 설치되어 있으며(그림 20, 21), 여의도에 위치한 한국노총빌딩은 남동향과 동북향에 외부차양이 설치되어 있다(그림 22, 23).

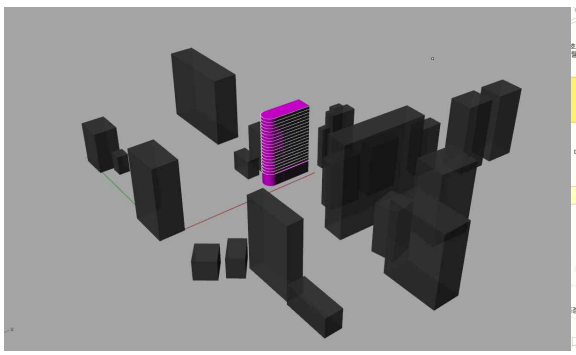


그림 20. 동아미디어센터 주변 지형지물 모델링

그림 21. 동아미디어센터 (서울시 종로구 세종로 138)

우선 해당 건축물 및 대상 건축물의 입면에 유입되는 직달일사에 영향을 줄 수 있는

주변 지형지물을 3D 모델링 프로그램인 라이노3D(Rhinoceros 3D)를 이용하여 모델링 하였으며, 현재 설치된 외부차양의 직달일사량 조절 성능을 주변 지형지물을 고려한 경우와 그렇지 않은 경우 모두에 대하여 분석할 수 있도록 하였다.

냉·난방 기준 온도는 커튼월 오피스 건축물의 경우 컴퓨터와 사무기기 등으로 인한 발열량과 과다한 일사량 유입으로 인해 봄과 가을에도 냉방기기를 가동하는 점을 감안하여, 시뮬레이션을 진행할 때 실외온도 기준 10°와 18°로 각각 정하였다. 따라서 직달일사량을 가장 이상적으로 조절하는 차양을 실외온도가 10° 보다 낮을 때에는 직달일사를 모두 유입하며 실외온도가 18°보다 높을 때에는 직달일사를 모두 차단하는 차양으로 정의하였다.

그림 22. 한국노총빌딩
(서울시 영등포구 여의도동 35)

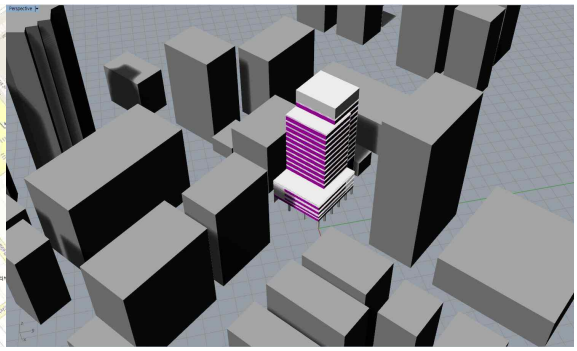


그림 23. 한국노총빌딩 주변 지형지물 모델링

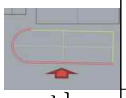
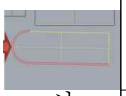
시뮬레이션은 3장에서 설명한 바와 같이 1년간 매 시간별로 분석대상 입면에 도달하는 직달일사량을 구하는 방식으로 진행되며 이를 매 시간 이상적 차양의 값과 비교하여 그 차이를 연간으로 합하여 점수를 구한다. 그리고 차양의 성능을 다각도에서 분석하기 위해 연간 해당입면에 도달하는 냉난방 부하 에너지의 유불리를 나타나는 절대점수와, 이를 1m² 당으로 계산한 단위면적당 절대점수, 그리고 0-100점 사이로 표기하는 상대점수를 모두 구하였다. 또한 분석대상 입면에 차양이 없다고 가정한 상태를 시뮬레이션 하여 현재 차양의 점수와 차양이 없을 때의 점수를 비교하였다. 이 둘의 차이는 현재 차양의 설치로 인해 대상 커튼월 외피의 냉난방 에너지 부하가 얼마나 개선되었는지를 알려주는 점수이다.

(6) 분석결과

동아미디어센터는 청계천을 바라보며 위치한 전면유리 사무용 건축물로 남향과 서향 입면이 둥글게 이어지며 여기에 수평형 외부차양이 설치되어 있다. 차양의 돌출길이는 현장답사를 통해 60cm인 것으로 판단하였다. 또한 이어지는 입면의 주변 환경조건이 변하기 때문에 남향과 서향을 분할하여 분석하였다. 동아미디어센터의 남쪽으로는 서울 파이낸스센터가 위치하고 있고 서쪽에는 현대해상 사옥 외에는 고층건물이 없다. 이 또한 세종대로를 사이에 두고 있기 때문에 사실상 서쪽입면의 경우 주변 지형지물의 영향은 미미할 것으로 보인다. 이 2개의 입면을 주변 지형지물이 있는 상태와 없다

고 가정한 상태로 분석하여 총 4가지 경우의 시뮬레이션을 실행하였다.

표 8. 동아미디어센터 분석 결과

분석대상 입면	평가점수	지형지물 미반영			지형지물 고려		
		평가대상 차양	차양 없는 상태	차이	평가대상 차양	차양 없는 상태	차이
 남	절대점수(MJ) (단위면적당)	-2,015,683 (-473)	-2,193,821 (-515)	178,138 (42)	-1,877,175 (-441)	-2,160,288 (-507)	283,113 (66)
	상대점수(점)	73	70	3	70	65	5
 서	절대점수(MJ) (단위면적당)	-2,021,189 (-759)	-2,219,757 (-834)	198,568 (75)	-1,714,812 (-644)	-1,911,480 (-718)	196,668 (74)
	상대점수(점)	48	43	5	48	42	6

주변 지형지물을 고려했을 때와 그렇지 않았을 때 모두의 경우에, 현재 차양의 성능은 상대점수 기준 3점~6점의 근소한 개선으로 나타났다. 그러나 지형지물을 반영하지 않았을 때는 남쪽 입면과 서쪽 입면 각각 3점과 5점, 지형지물을 고려했을 때는 각각 5점과 6점 개선된 것으로 결과가 나타나 주변 지형지물이 고려되었을 때 현재 차양의 우수성이 조금 더 드러나는 것을 알 수 있다.

여의도의 한국노총빌딩은 여의도역 인근 교차로에 위치한 전면유리 사무용 건축물이다. 국제금융로 6길과 여의나루로 4길의 왕복 4차선 규모의 교차로 서쪽에 위치하고 있으며 남동향과 동북향 입면에 수평형 외부차양이 설치되어 있다. 현장방문 결과 차양의 돌출길이를 20cm 정도로 판단하여 이를 모델링에 반영하였다.

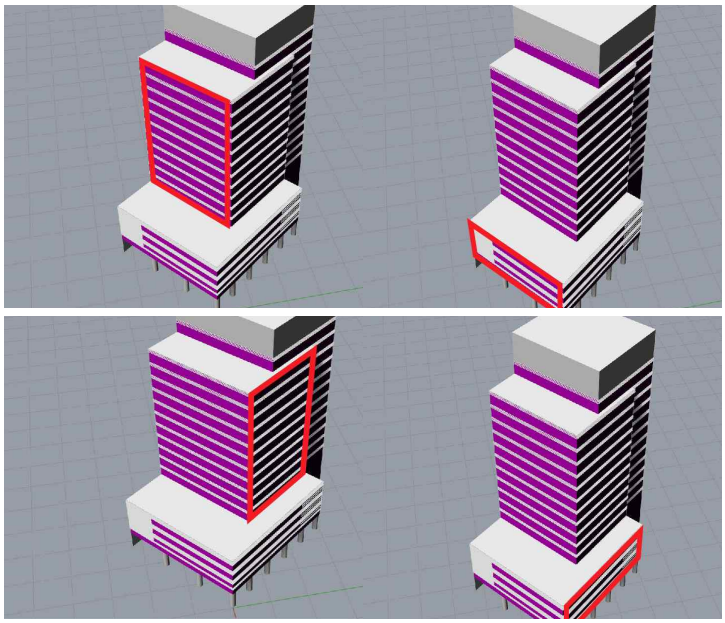
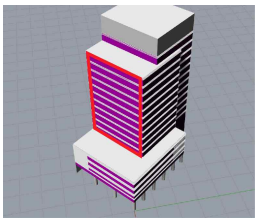
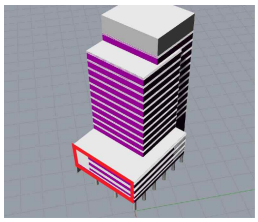
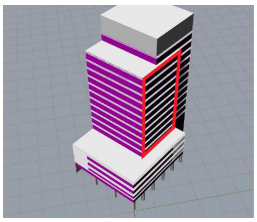
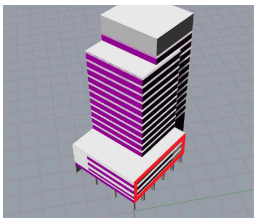


그림 24 한국노총빌딩 입면 (위: 남동향 고층부 및 저층부, 아래: 동북향 고층부 및 저층부)

표 9. 한국노총빌딩 분석결과

분석대상 입면		 남동 고층부		 남동 저층부		 동북 고층부		 동북 저층부	
평가점수		절대점수 (MJ) (MJ/m2)	상대점수 (점)	절대점수 (MJ) (MJ/m2)	상대점수 (점)	절대점수 (MJ) (MJ/m2)	상대점수 (점)	절대점수 (MJ) (MJ/m2)	상대점수 (점)
지형지물미반영	평가대상차양	-429,079 (-326)	65	-190,901 (-379)	60	-46,213 (-42)	37	-18,638 (-34)	48
	차양없는상태	-364,391 (-277)	71	-139,194 (-277)	70	-59,903 (-54)	18	-29,333 (-54)	18
	차이	-64,688 (-49)	-5	-51,707 (-102)	-10	13,690 (12)	19	10,695 (20)	30
지형지물고려	평가대상차양	-399,050 (-303)	64	-95,815 (-190)	57	-45222 (-41)	36	-15108 (-28)	49
	차양없는상태	-359,041 (-273)	67	-103,893 (-206)	54	-58912 (-53)	17	-25280 (-47)	15
	차이	-40,009 (-30)	-3	8,078 (16)	3	13690 (12)	19	10172 (19)	34

한국노총빌딩의 동북쪽으로는 한국증권 선물거래소가 남동쪽으로는 금융보안연구원이 위치하고 있어서 주변 건축물의 영향이 많을 것으로 예상된다. 그림 8.에서와 같이 건축물의 현재 디자인을 고려하여 각 향별로 고층부 입면과 저층부 입면을 각각 따로 분석하였다. 4개의 입면을 주변 지형지물이 있는 상태와 없다고 가정한 상태로 분석하여 총 8가지 경우의 시뮬레이션을 실행하였다.

분석 결과 동북향 입면의 경우 고층부에서는 상대점수 및 차양 없는 상태와의 차이에서 주변 지형지물의 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 저층부의 경우 주변 지형지물을 고려했을 때 차양 없는 상태와의 상대점수 차이가 34점 고려하지 않았을 때는 그 차이가 30점으로 주변 지형지물을 고려했을 때 현재 차양의 우수성이 조금 더 드러났다.

남동향 고층부에서도 주변 지형지물을 반영했을 때와 그렇지 않을 때를 비교해보면 차양 없는 상태와의 상대점수 차이에서 -3점과 -5점으로 주변 지형지물을 고려했을

때 현재 차양의 우수성이 조금 더 드러났다.

한편, 남동향 저층부의 경우 주목할 만한 차이가 발생했다. 주변 지형지물을 반영하지 않았을 때는 현재차양이 차양 없는 상태보다 오히려 10점을 악화시키는 것으로 나타났으나, 주변 지형지물을 고려하자 현재차양이 차양 없는 상태보다 3점 우수한 것으로 평가를 얻었다. 즉, 현재 남동향 저층부에 설치된 차양의 디자인은 주변 지형지물을 고려하지 않은 상태에서 평가시 차양이 없는 상태보다 오히려 성능이 떨어지는 디자인으로 평가될 수 있으나, 현재 주변의 지형지물을 반영하면 평가가 반대로 바뀌는 것을 알 수 있다.

이는 남동향 저층부의 경우 주변 지형지물의 영향으로 낮게 들어오는 겨울철 햇빛은 어차피 유입이 어렵기 때문에 여름철에 높게 들어오는 햇빛을 가려주는 차양의 설치가 냉방에너지 소비를 절감시킬 수 있는 것으로 해석할 수 있다. 하지만 주변 지형지물을 고려하지 않으면 이러한 대지의 주변상황이 반영되지 않기 때문에 현실과 맞지 않는 분석결과가 나온다고 볼 수 있다.

분석결과를 좀 더 자세히 보면 주변 지형지물이 있을 때는 남동향과 동북향 입면 모두에서 고층부와 저층부의 차양 없는 상태의 점수가 다르다. 하지만 주변 지형지물이 없을 때는 고층부와 저층부의 차양 없는 상태의 점수가 거의 같다. 이는 주변 지형지물에 의해 동일한 입면에서도 고층부와 저층부의 환경적 특성이 달라지기 때문으로 판단된다. 이와 같이 동일한 입면에서도 부분별로 환경적 특성이 다르다면 그에 맞는 부분별 또는 층별 맞춤형 차양이 설계되어야 할 것이다.

(7) 최적 외부차양 실제 모델 분석

최적차양 알고리즘을 통해 추출된 최적차양이 설치된 실존건물의 태양조도 분석하기 위해 실제건물을 1/100의 Scale로 모델을 제작하였다. 각 건물모델을 대상으로 최적차양이 태양조도에 대해 어떻게 작용하는지 살펴보고자 아래와 같은 실험을 했다.

(가) 분석대상 건물현황

앞에서 분석을 진행하였던 두 실제 건축물을 모델 분석대상으로 선정하여 분석을 실시한다.

① 세종로 동아미디어센터

주소 : 서울특별시 종로구 세종로 139

준공연도 : 2000년

건축면적 : 856 ㎡

연면적 : 23,215 ㎡

층수 : 21F / B5

용도 : 업무시설

현황 : 건물은 12차선과 2차선이 교차하는 코너에 위치한다. 주 입면의 향은 남향이며 남향과 서향에 외부차양이 설치되어 있다. 건물의 북쪽으로 11층과 5층의 건물이 직접 인접해 있다.

그림 25 동아미디어센터 위치

② 여의도 한국노총회관

주소 : 서울특별시 영등포구 국제금융로6길 26

준공연도 : 2005년

건축면적 : 788 ㎡

연면적 : 16,548 ㎡

층수 : 15F / B6

용도 : 업무시설

현황 : 건물은 4차선 교차로의 코너에 위치한다. 주 입면의 향은 남동향이며 남동향과 동북향에 외부차양이 설치되어 있다. 건물의 남서쪽에 10층 건물이 직접 인접해 있다.

그림 26 한국노총회관 위치

(나) 기존 차양과 최적 차양의 시기별 햇빛에 대한 차단 및 개방

무더운 여름철의 햇빛은 최대한 차단하고 추운 겨울철의 햇빛을 최대한 개방해주는 차양이 건물의 열에너지절약에 큰 도움을 줄 것이다. 이러한 맥락에서 본 실험은 가장 더운 하지와 가장 추운 동지를 기준으로 건물입면에 차양에 의해 생기는 그림자의 형태를 살펴봄으로써 기존차양과 최적차양의 차이점을 확인하도록 한다.

분석대상 모형의 기존차양과 최적차양이 설치된 건물입면에 하지와 동지의 일조상황을 재현하여 살펴보도록 한다. 모델의 배치는 실제 건물의 배치방향과 일치시킨다. 다시 말하면 모델과 가상태양의 위치관계를 실제 현실과 일치시킨다. 시기별로는 서울이 가장 더운 하지(6월 21일)과 동지(12월 22일) 두 시기로 구분하여 최적차양이 이 두 시기에 각각 어떻게 햇빛을 막고, 피하는지 살펴보도록 한다. 지역은 서울시로 하여 실제 서울의 하지와 동지의 태양고도에 맞춰 가상태양을 설치하였다.

하지와 동지의 최적차양의 햇빛에 대한 차단 및 개방에 대한 비교분석은 아래와 같이 가상태양을 하지와 동지의 시간당 평균 온도가 가장 높은 오후 2시를 기준으로 실제 태양위치에 설치하여 각 모형의 차양이 설치된 입면에 대해 사진촬영을 한다. 이렇게 촬영한 하지와 동지에 최적차양에 의해 생기는 그림자의 다소에 따라 비교분석을 한다.

서울시에 있는 두 건물을 대상으로 1/100의 Scale로 모형을 만들었다. 모형은 기존건물에 설치되어 있는 차양을 그대로 만든 것과 최적차양 알고리즘으로 도출한 차양안을 설치한 모형으로 각각 제작하였다.

① 동아미디어센터

동아미디어센터의 기존차양 모형과 최적차양 모형은 아래 그림과 같다.

그림 27 동아미디어센터 기존차양 모형

그림 28 동아미디어센터 최적차양 모형

하지 오후 2시를 가정하여 기존차양 모형과 최적차양 모형을 각각 사진촬영을 한 결과는 아래 그림과 같다.

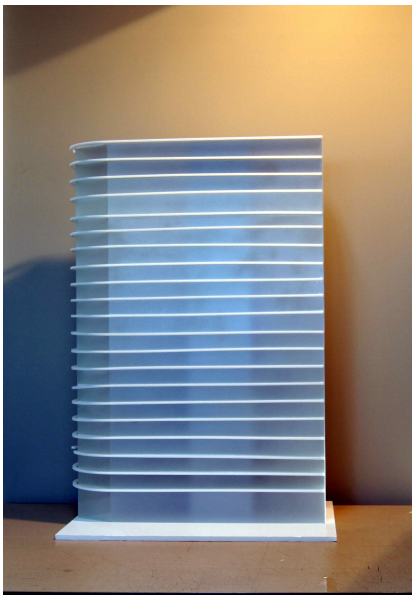


그림 29 동아미디어센터
기존차양 하지 건물입면

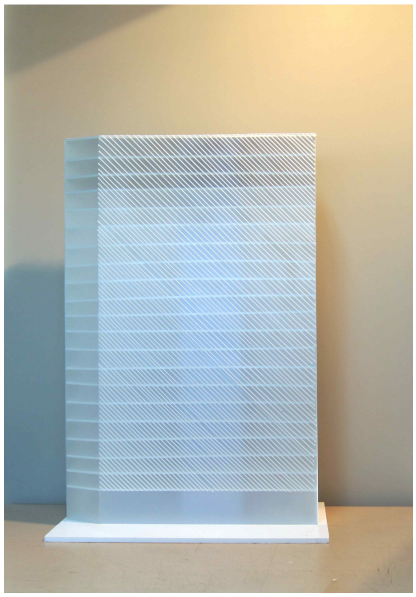


그림 30 동아미디어센터
최적차양 하지 건물입면

가장 무더운 하지 오후 2시의 동아미디어센터 모형의 입면 그림자를 보았을 때 기존차양과 최적차양이 햇빛에 대한 차단효과는 확연한 차이를 보이고 있다. 기존차양 모형은 50%정도의 햇빛을 차단하는 효과를 보이고 있다. 하지만 최적차양 모형에서는 90% 정도의 햇빛이 차단되는 것을 확인할 수 있다. 때문에 기존차양에 비해 최적차양이 하지에 햇빛 차단능력이 약함을 보이고 있다. 이로써 최적차양이 하지의 뜨거운 햇빛을 최대한 차단하기 때문에 여름철 냉방에너지를 기존차양이 설치된 건물보다 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

동지 오후 2시를 가정하여 기존차양 모형과 최적차양 모형을 각각 사진촬영을 한 결과는 아래 그림과 같다.

그림 31 동아미디어센터
기존차양 동지 건물입면

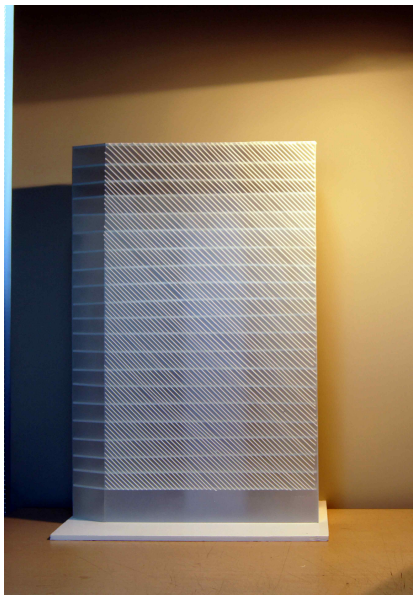


그림 32 동아미디어센터
최적차양 동지 건물입면

가장 추운 동지에 동아미디어센터 모형입면의 그림자를 보았을 때 기존차양과 최적차양이 햇빛에 대한 개방효과는 차이를 보이고 있다. 기존차양 모형은 70%정도의 햇빛을 개방하는 효과를 보이고 있다. 하지만 최적차양 모형에서는 50%의 햇빛이 개방되는 것을 확인할 수 있다. 때문에 기존차양에 비해 최적차양이 동지에 햇빛 개방능력이 약함을 보이고 있다. 최적차양이 동지의 햇빛을 상대적으로 적게 개방하지만 하지의 차단하는 에너지가 이보다 많기 때문에 연중 냉난방에너지를 기존차양이 설치된 건물보다 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

② 한국노총회관

한국노총회관의 모형의 기존차양 모형과 최적차양 모형은 아래 그림과 같다.

그림 33 한국노총회관 기존차양 모형

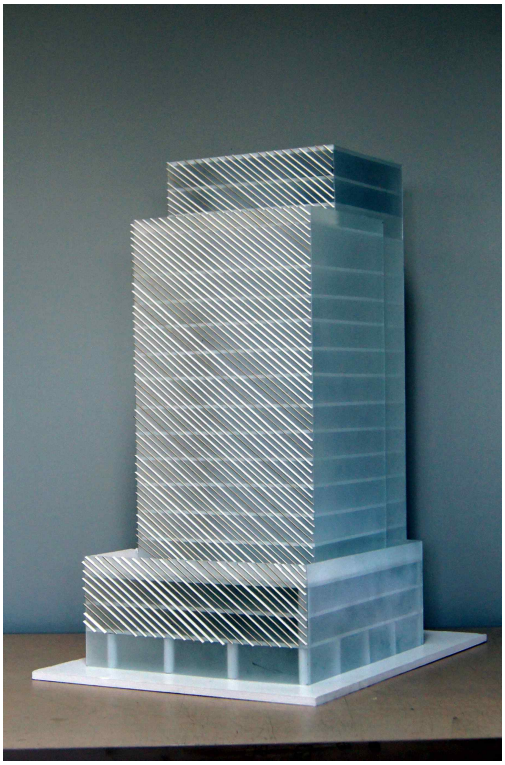


그림 34 한국노총회관 최적차양 모형

하지 오후 2시를 가정하여 기존차양 모형과 최적차양 모형을 각각 사진촬영을 한 결과는 아래 그림과 같다.

그림 35 한국노총회관 기존차양 하지 건물입면

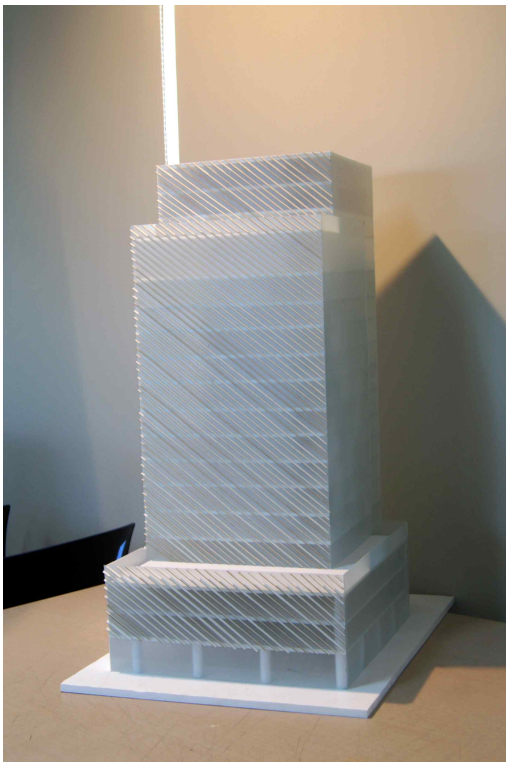


그림 36 한국노총회관 최적차양 하지 건물입면

가장 무더운 하지 오후 2시의 한국노총회관 모형입면의 그림자를 보았을 때 기존차양과 최적차양이 햇빛에 대한 차단효과는 확연한 차이를 보이고 있다. 기존차양 모형은 25%정도의 햇빛을 차단하는 효과를 보이고 있다. 하지만 최적차양 모형에서는 90%의 햇빛이 차단되는 것을 확인할 수 있다. 때문에 기존차양에 비해 최적차양이 하지에 햇빛 차단능력이 우수함을 보이고 있다. 이로써 최적차양이 하지의 뜨거운 햇빛을 최대한 차단하기 때문에 여름철 냉방에너지를 기존차양이 설치된 건물보다 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

동지 오후 2시를 가정하여 기존차양 모형과 최적차양 모형을 각각 사진촬영을 한 결과는 아래 그림과 같다.

가장 추운 동지에 동아미디어센터 모형입면의 그림자를 보았을 때 기존차양과 최적차양이 햇빛에 대한 개방효과는 확연한 차이를 보이고 있다. 기존차양 모형은 70%정도의 햇빛을 개방하는 효과를 보이고 있다. 최적차양 모형에서도 비슷한 수준의 햇빛이 유입되는 것을 확인할 수 있다. 최적차양이 하지의 햇빛을 최대한 차단하면서도 동지의 햇빛을 최대한 개방하기 때문에 연중 냉난방에너지를 기존차양이 설치된 건물보다 우수한 수준으로 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

그림 37 한국노총회관 기존차양 동지 건물입면

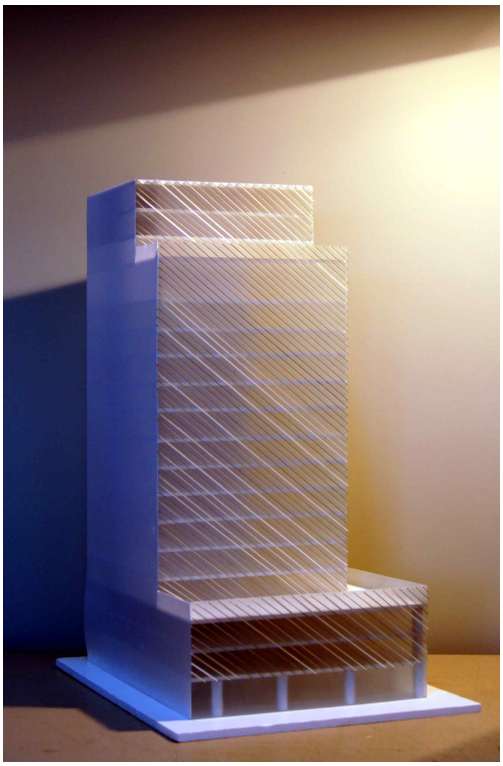


그림 38 한국노총회관 최적차양 동지 건물입면

(8) 소결

본 연구에서는 기후조건 및 주변 지형지물을 고려한 직달일사량 분석을 통하여 외부차양의 연중 직달일사량 조절 성능평가 알고리즘을 개발하고, 이를 기반으로 외부차양이 설치된 실제 서울의 커튼월 오피스 건축물을 대상으로 주변 지형지물이 차양의 성능에 미치는 영향을 정량적으로 확인하였다. 주변 지형지물의 유무에 따른 차양 성능에 대한 평가점수의 변화를 비교하고, 차양 대안 평가 및 차양 설치 결정에 미치는 영향을 분석하였다. 고층건물에 둘러싸인 도심의 커튼월 건축물의 특성상 주변 지형지물의 그림자가 대상 건축물의 입면의 직달일사 획득에 영향을 줄 수밖에 없으므로 이는 외부차양 설계 시 반드시 반영되어야 한다. 또한, 별도의 성능평가 프로그램을 사용하지 않고 설계자가 실제 설계단계에서 가장 많이 활용하는 3D 소프트웨어를 활용하였으며 한국태양에너지학회에서 제공하는 표준기상데이터를 활용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 분석 결과는 해당 입면에 직달일사로 인하여 생기는 연간 냉난방 부하 에너지를 나타내는 절대점수와 이를 $1m^2$당으로 표기한 단위면적당 절대점수, 그리고 가장 좋은 차양과 가장 나쁜 차양사이에서 현재차양의 위치를 나타내는 상대점수 세 가지로 점수화 하여 사용자가 평가 결과를 쉽게 이해할 수 있도록 하였다.

실제 서울시내에 외부차양이 적용 된 두 개의 커튼월 건축물과 주변의 지형지물을 3D 프로그램 상에서 모델링하여 각각의 사례에 해당 알고리즘을 이용하여 주변 지형지물을 고려한 경우와 고려하지 않은 경우를 모두 분석하였다. 그 결과, 동아미디어센터의 경우 남향 입면에서 차양이 없는 것 보다 현재차양이 얼마나 우수한지가 주변 지형지물을 고려했을 때 더 잘 드러났다. 한국노총빌딩의 경우에는 일부 입면의 차양에

서 주변 지형지물의 고려 여부에 따라 결과 값이 완전히 달라지는 결과를 얻을 수 있었다. 또한 한국노총빌딩의 분석결과에서 주변지형지물의 영향으로 인해 동일한 입면에서도 고층부와 저층부의 환경적 특성이 달라지는 것이 명확히 드러났다.

이를 통해 주변 지형지물의 영향으로 동일한 입면에서도 부분별로 전혀 다른 환경조건이 형성되므로 각 부분의 환경에 맞는 다른 형태의 외부차양이 설계되어야 할 필요가 있음을 확인하였다. 그리고 이러한 현실의 환경적 특성을 고려하지 않고 주변 지형지물을 배제하고 분석대상 건축물 자체만을 가지고 외부차양을 평가하게 되면 판단 오류가 생길 수 있음을 실제 서울시내 건축물의 사례를 통해 검증하였다.

나. 파라메트릭 외부차양 설계 알고리즘 개발

(1) 기존 외부차양의 형태적 유형 분석

최적 외부차양 대안을 자동으로 찾는 최적화 알고리즘을 개발하기 위해서는, 다양한 형태의 외부차양 대안을 많이 만들 수 있는 파라메트릭 설계 알고리즘을 개발하여 많은 대안을 자동으로 생성하고 그 성능을 비교할 필요가 있다. 다양한 외부차양 유형을 포괄할 수 있는 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘을 개발하기 위하여, 가장 먼저 외부차양에서 가능한 모든 형태적 변수들을 찾고 분류할 필요가 있다. 이를 위해 먼저 기존 외부차양의 형태적 유형을 조사하였다.

외부차양은 그 형태적 분류에 따라 다양한 종류가 존재하는데, 대표적으로는 처마형, 블레이드 처마형, 수평 블레이드형, 수직 패널형, 테두리형 등으로 분류할 수 있다.

(가) 처마형 (Overhang)

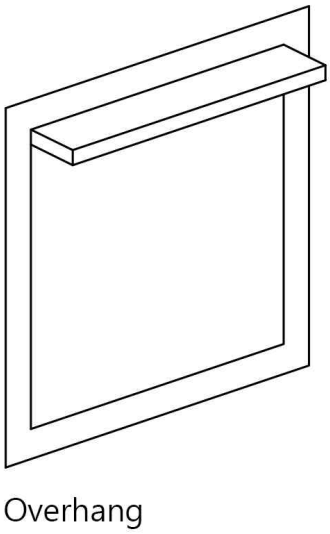


그림 39 처마형

그림 40 Commissioners of Irish Lights Headquarters, Scott Tallon Walker Architects, Dublin

처마형 차양은 창문의 윗면에 수평의 처마형태로 설치하는 외부차양의 유형이다. 주

로 남향에 많이 적용되며 시야를 많이 가리지 않는 장점을 가진다. 수평으로 설치되는 경우도 있으나 차양성능이나 적설 등의 문제로 경사를 두고 설치하는 경우도 있다.

Commissioners of Irish Lights Headquarters 건물은 처마형 유형의 외부차양이 사용된 사례로 외부차양의 표면에 태양전지를 설치하여 차양 기능과 태양광 발전을 겸하고 있다.

(나) 블레이드 처마형(Overhang with Blades)

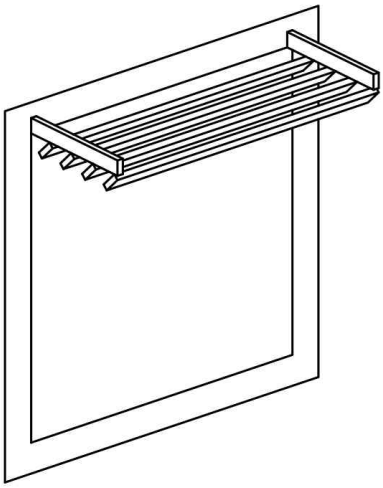


그림 41 블레이드 처마형

그림 42 SBL Offices, Helmut Schimek, Austria, 2009

처마형 차양의 변형된 형태로 단일한 패널 대신 여러 블레이드들이 모여 처마형 차양과 유사한 효과를 발휘한다. 단일 패널로 이루어진 처마형보다 눈이 쌓이지 않고, 유지관리가 편하며, 또한 블레이드의 각도를 설계하기에 따라서는 일년 내내 햇빛을 막는 것이 아니라 동절기에는 햇빛을 받아들이기도 할 수 있는 장점도 있다.

SBL Offices 건물의 외피에는 Overhang with Blades (블레이드 처마형) 유형의 외부차양이 설치되어있다. 이 외부차양의 블레이드에는 태양광 발전판이 설치되어있으며 태양의 위치이동에 따라 블레이드의 각도가 자동 조절되어 일년 내내 많은 양의 전기를 생산할 수 있도록 설계되었다.

(다) 수평 블레이드형 (Horizontal Blades)

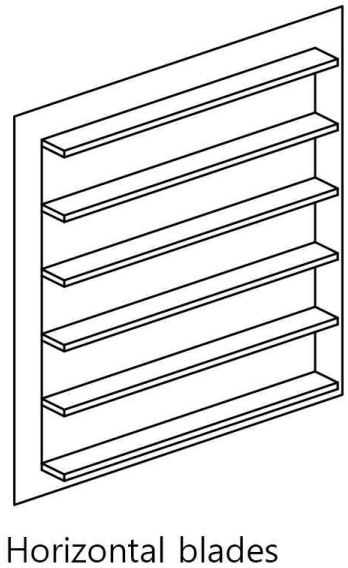


그림 43 수평 블레이드형

그림 44 Torre agbar, Ateliers Jean Nouvel, Spain, 2005

수평 블레이드형 유형의 차양은 수평의 블레이드가 커튼월 입면 전면에 일렬로 붙는 형태의 차양으로 주로 남향의 직달일사 차단에 효과적인 유형이다. 각도나 치수를 조절하여 다양한 직달일사량 조절 효과를 볼 수 있다.

바르셀로나에 위치한 Torre Agbar 건물은 건축가 장누벨의 작품으로 현재 바르셀로나에서 세 번째로 높은 초고층 오피스 타워이다. 이 건물의 외피는 다양한 색채의 빛을 내는 수평 블레이드형 외부차양으로 이루어져 있다. 이 수평 블레이드형 외부차양은 태양의 위치에 따라 각도를 조절할 수 있으며 따라서 건물의 외피에 전달되는 직달일사를 효과적으로 차단하고 동시에 아름다운 텍스쳐를 만들어낸다.

(라) 수직 패널형 (Vertical Fins)

수직 패널형 유형의 차양은 앞의 차양 형태 유형들과 달리 패널이 수직으로 늘어선 형태로 주로 해가 낮은 고도에 위치하는 동향과 서향의 입면에 많이 쓰인다. 수평 블레이드형 차양과 마찬가지로, 각도 등을 조절하여 직달일사량을 다양하게 조절할 수 있다.

Tenley-Friendship Library 건물은 미국의 수도인 워싱턴시에 위치한 공공 도서관이다. 두 개층으로 이루어진 이 건물은 특이하게도 수직패널형 외부차양이 입면 거의 대부분을 덮고 있다. 이 외부차양은 타공판으로 만들어져 모든 입면에 차양이 설치되어 있음에도 내부에서도 답답하게 느껴지지 않도록 설계되었다. 또한 차양의 각도를 다양하게 조절하여 직달일사 차단과 내부의 자연채광 유입을 필요에 맞게 조율하였다.

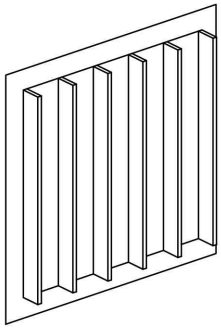


그림 45 수직 패널형

그림 46 Tenley- friendship library, The Freelon Group, US, 2011

(마) 테두리형 (Surrounding)

테두리형 차양은 창의 테두리에 수직과 수평의 차양이 유리를 둘러싸는 형태의 차양이다. 수직형과 수평형의 장점을 결합한 것이 특징이다. 특히 특정 향 입면에만 설치 가능한 것이 아니라 모든 입면에 다양하게 적용할 수 있다는 것이 장점이다.

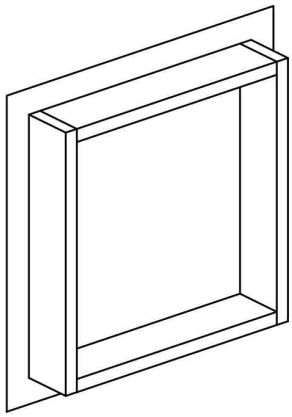


그림 47 테두리형

그림 48 Carpenter center, 1964, US, Le Corbusier

보스턴의 하버드 대학교 내에 위치한 Carpenter center는 1964년에 지어진 건축가 Le Corbusier(르 꼬르뷔지에)의 작품이다. 이 건물의 입면은 구조인 바닥과 벽이 유리면보다 돌출되면서 차양의 역할을 하도록 설계되었다. 벽의 각도를 조절하여 태양의 직달일사를 차단하면서도 내부에서 조망을 열어두었다.

(2) 외부차양 국내 사례 답사

현재 국내에 시공되는 외부차양의 다양한 유형을 알아보고자 서울의 주요 도심인 여의도, 테헤란로, 강남역, 광화문 인근의 사무용 건축물을 대상으로 외부차양이 설치된 전면유리 건축물을 찾아보았다. 이를 위해 본 연구진은 1차적으로 포털사이트에서 제공하는 지도의 거리뷰 도구를 사용하여 약 7개의 건물을 찾을 수 있었다. 하지만 사진 상으로는 차양의 형태 및 차폐비율, 대지 상황 등을 정확하게 판단하기가 어려워 모두 7차례 현장답사를 수행하였다.

국내에 외부차양이 설치된 전면유리 건축물을 조사한 결과 모든 사례들이 앞서 본 연구진이 문헌연구를 통해 분류한 외부차양의 유형에 속하는 것을 알 수 있었다. 따라서 기존 외부차양의 유형 5가지를 모두 포괄하는 차양설계 알고리즘을 개발하면 실무에서 사용하기에 적합할 것으로 판단하였다.

(가) 한국노총빌딩

소재지: 서울시 영등포구 여의도동 35
답사일시: 2013년 9월 11일
향: 남동향, 동북향
용도: 업무용 건축물
외부차양: Horizontal Blades (수평블레이드형)

여의도에 위치한 한국노총빌딩은 3차선 규모의 국제금융로 6길의 서북쪽에 자리 잡고 있다. 남동향과 동북향의 전면유리 입면에 외부차양이 설치되어있으며 차폐비율은 40% 정도이다. 향에 대한 별도의 고려없이 수평블레이드형 외부차양이 두 입면에 설치되어있다.

(나) 동아미디어센터

소재지: 서울시 종로구 세종로 138
답사일시: 2013년 9월 13일
향: 남향, 서향
용도: 업무용 건축물
외부차양: Overhang with Blades (블레이드 처마형)

광화문에 위치한 동아미디어센터는 남향에서 서향으로 둥글게 이어지는 전면유리 입면에 외부차양이 설치되어있다. 블레이드 처마형으로 입면에서 500m정도 돌출되어있다. 향에 대한 별도의 고려없이 블레이드 처마형 외부차양이 남향에서 서향으로 이어지듯 설치되어있다.

(다) 포스코P&S타워

소재지: 서울시 강남구 역삼동 735-3
답사일시: 2013년 10월 7일
향: 북향, 동향
용도: 업무용 건축물
외부차양: Horizontal Blades (수평블레이드형)

테헤란에 위치한 포스코P&S타워는 북향과 동향의 전면유리 입면에 외부차양이 설치되어있다. 설치된 외부차양의 형태는 수평블레이드형으로 입면에서 300m정도 돌출되어있으며 차폐비율은 전체 입면의 약 70% 정도로 판단된다. 이 건물 역시 향에 대한 별도의 고려 없이 동일한 형태의 수평블레이드형 외부차양을 북향과 동향에 설치하였다.

(라) KT여의도타워

소재지: 서울시 영등포구 여의도동 28-2
답사일시: 2013년 10월 15일
향: 북서향
용도: 업무용 건축물
외부차양: Overhang with Blades (블레이드 처마형)

여의도에 위치한 KT여의도타워는 왕복 14차선 규모의 여의대로 남동쪽으로 자리하고 있으며 주 입면인 북서향의 전면유리 입면에 외부차양이 설치되어있다. 설치된 외부차양의 유형은 블레이드 처마형으로 입면에서 500m정도 돌출되어있다. 건물은 3개의 입면이 전면유리로 이루어져 있으며 남동향 입면과 북동향 입면에는 별도의 외부차양이 설치되어있지 않다.

(마) 홍우빌딩

소재지: 서울시 서초구 서초동 1328
답사일시: 2013년 10월 17일
향: 동향
용도: 업무용 건축물
외부차양: Overhang with Blades (블레이드 처마형)

강남역 인근에 위치한 홍우빌딩은 왕복 10차선 규모의 강남대로의 서쪽에 자리하고 있으며 주 입면인 동향의 전면유리 입면에 외부차양이 설치되어있다. 설치된 외부차양의 유형은 블레이드 처마형으로 입면에서 500m정도 돌출되어있다.

(바) 반포효성빌딩

소재지: 서울시 서초구 반포대로 235
답사일시: 2013년 10월 24일
향: 동향, 서향, 남향, 북향
용도: 업무용 건축물

외부차양: Vertical Fins (수직패널형)

고속터미널역 인근에 위치한 반포효성빌딩은 왕복 10차선 규모의 반포대로의 서쪽에 자리하고 있으며 4개의 모든 입면이 전면유리이며 모든 입면에 외부차양이 설치되어있다. 설치된 외부차양의 유형은 수직패널형으로 입면에서 200m정도 돌출되어있다. 포디움 부분을 제외한 타워 전체에 외부차양이 설치되어 있다. 하지만 향에 대한 별도의 고려없이 동, 서, 남, 북 모든 입면에 동일한 외부차양이 설치되어 있다.

(사) 사랑의 교회

소재지: 서울시 서초구 서초동
답사일시: 2013년 10월 29일
향: 동북향, 북서향
용도: 업무용 건축물
외부차양: Horizontal Blades (수평블레이드형)

서초역에 위치한 사랑의 교회 신축건물은 왕복 10차선 규모의 반포대로의 서쪽에 자리하고 있으며 비정형의 형태로 모든 입면이 전면유리이다. 동북향에서 북서향으로 이어지는 입면에 외부차양이 설치되어있고 설치된 외부차양의 유형은 수평블레이드형으로 입면에서 200m정도 돌출되어있다. 차폐비율은 입면면적의 약 60%정도로 판단된다.

(3) 차양 형태변수 분석

앞에서 외부차양의 다양한 형태 유형을 조사한 데 더하여, 차양의 형태와 성능 사이의 관계를 다룬 선행연구에서 어떤 형태변수로 차양의 형태를 설명하였는지를 분석하였다. 국내 학회에서 차양의 형태와 성능을 다룬 총 24편의 논문을 전수조사하여, 각 논문에서 차양의 형태가 어떻게 달라지는지를 분석하고 그 결과를 형태변수라는 개념으로 정리하였다. 한 논문에서 다루는 차양 형태들은 하나 또는 여러 형태변수로 표현할 수 있는 차양 설계의 여러 대안으로 간주하였다. 표 10은 각 논문에서 어떤 형태변수를 연구하였는지를 나타내고 있는데, 총 6개의 형태변수로 모든 논문에서 다룬 차양

대안을 모두 포괄할 수 있음을 알 수 있다. 이 변수들은 회전각, 차폐비율, 차양간격, 이격거리, 돌출길이, 경사각이다.

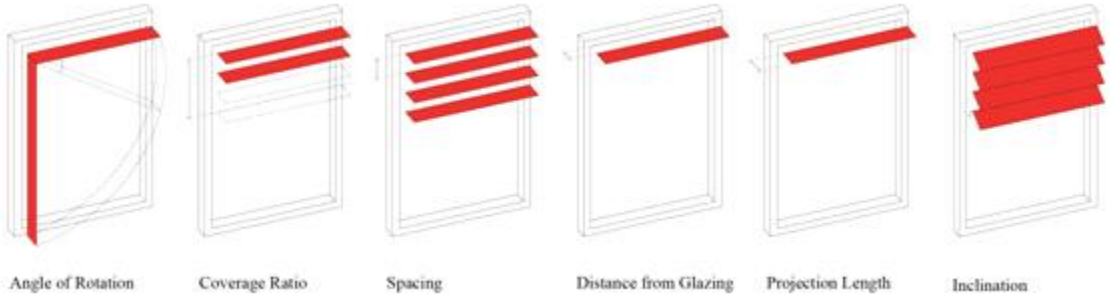


그림 63 외부차양의 6가지 형태변수

(가) 회전각

많은 선행연구에서 수직 또는 수평 외부차양에 대한 분석을 다루면서, 수직차양과 수평차양이라는 두 가지 경우만을 고려하여 연구를 진행하였다. 본 연구에서는 수직과 수평의 두 가지 경우만을 고려하지 않고 두 경우를 모두 포괄하면서도 일반적으로 차양 설계에 적용할 수 있는 형태변수로 회전각을 도입하였다.

회전각은 차양면과 커튼월 입면이 만나는 선이 수평방향과 이루는 각도로 정의된다. 수평차양은 회전각이 0°인 상태이고, -90°~90°의 범위 안에서 가능한 모든 각도를 표현할 수 있다.

(나) 차폐비율

차폐비율은 차양이 입면을 차폐하는 비율로 정의된다. 입면 중 일정 부분에만 차양이 설치되는 경우를 포괄하기 위해 필요한 변수이다.

(다) 차양간격

차양간격은 평행한 각 차양면 사이의 간격으로 정의된다. 차양간격은 돌출길이와 함께 태양광의 입사각과 차폐각에 큰 영향을 미치는 변수이다. 차양간격 또는 돌출길이 중 하나만 이용하여도 차양의 차폐효과를 다양하게 조절할 수 있으나, 많은 선행연구에서 두 변수 모두를 다르게 하며 효과를 분석하였다. 따라서 가능한 모든 경우를 포괄하기 위하여 두 변수 모두 차양의 형태변수로 반영하였다.

(라) 이격거리

이격거리는 외부차양이 커튼월에서 이격된 거리를 의미하며, 외부차양과 입면 사이의 거리로 정의된다.

표 16 차양형태변수 선행연구 분석

연도	제목	회전각	차폐 비율	차양간격	이격거리	돌출길이	경사각
2000	소규모 사무공간 외피 존의 에너지 절감을 위한 투과체 및 차양계획에 관한 연구	O		O		O	
2002	투명 유리 사무소 건물의 냉방부하 감소를 위한 적정 외부차양 배치에 관한 연구	O					O
2004	독립형 외부 차양장치의 일사량 분포에 관한 연구			O	O	O	
2004	독립형 외부차양장치의 형태계수에 관한 평가	O		O	O	O	
2005	창 벽면적비 20%인 소규모 건물의 수평 차양장치의 민감도 분석				O	O	
2005	독립된 외부 차양장치의 환경성능에 관한 평가		O	O	O	O	O
2005	다목적 외부 차양장치의 개발에 관한 이론적 연구			O		O	O
2006	External Shading Devices in Commercial Buildings_ The Impact on Energy Use, Peak Demand, and Glare Control	O				O	
2006	건물의 환경성능 향상을 위한 독립형 외부 차양장치의 응용에 관한 연구					O	O
2006	도서관 열람공간의 방위 및 루버시스템에 따른 주광성능 평가	O		O		O	
2007	건물의 환경성능 개선을 위한 접이식 차양장치에 관한 연구						O
2007	접이식 차양장치의 최적 설계에 관한 이론적 연구	O				O	O
2008	사무소건물의 가동식 수평차양에 대한 연구					O	O
2010	국내 초고층 공동주택의 냉방부하 저감을 위한 외부차양 적용성 및 에너지 분석에 대한 연구	O	O	O		O	
2010	Effect of Louver Shading Devices on Building Energy Requirements	O				O	O
2010	사무공간의 수평차양과 차폐계수 변화에 따른 방위별 부하 절감 방안에 관한 연구		O			O	
2010	사무소건물의 투과체 및 차양계획을 위한 주광 및 열성능 평가	O		O		O	
2011	냉난방에너지 최소화를 위한 차양 설계에 관한 연구					O	
2012	냉,난방을 고려한 차양식 BIPV의 경사각에 대한 연구					O	O
2012	동적 시뮬레이션을 이용한 차양방식에 따른 남향 교실의 주광환경평가					O	O
2012	블라인드형 외부차양의 종류 및 반사율에 따른 건물에너지 저감효과 분석	O		O	O	O	O
2012	사무공간의 냉난방 및 조명부하 저감을 위한 수평루버형 외부차양에 관한 연구				O	O	
2012	창의 형태 및 차양 계획에 따른 다인 병실의 에너지 소비량과 주광조도의 평가 및 분석	O				O	

(마) 돌출길이

돌출길이는 차양면이 입면에서부터 돌출되는 거리를 의미한다. 경사각이 없는 수평 블레이드에서는 쉽게 정의될 수 있으나, 경사각 개념을 도입하면 차양설계의 목적을 고려하여 다양한 방식으로 정의될 수 있다. 본 연구에서는 차양면의 폭을 그대로 돌출길이로 정의하였다. 이러한 정의를 따르면 경사각의 변경은 단순히 차양면의 회전으로 정의될 수 있기 때문에 변수간의 관계가 좀 더 명쾌해지는 장점이 있다.

(바) 경사각

경사각은 차양면이 입면과 수직하지 않고 기운 정도를 의미한다. 차양면과 입면이 이루는 각도에서 90°를 뺀 값으로 정의된다. 따라서 차양면과 커튼월 입면이 서로 수직하는 일반적인 경우가 경사각 0°가 된다.

(4) 파라메트릭 차양 디자인 알고리즘 개발

앞에서 정의된 6가지 차양 형태변수를 모두 포괄하여 일반적인 외부차양 유형 및 선행연구에서 다룬 차양 대안들을 모두 재현할 수 있는 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘을 개발하였다. 파라메트릭 설계 도구인 Rhino 3D의 플러그인 Grasshopper는 프로그래밍 비전문가도 매개변수를 이용한 디자인을 쉽게 만들 수 있는 도구로, 상기한 형태변수를 사용하여 알고리즘을 설계하는 데 사용하였다.

본 연구에서 개발한 알고리즘은 설계자가 쉽게 사용할 수 있는 도구로 개발되어 활용이 쉽고, 다양한 입면을 대상으로 6가지 차양 형태변수를 조절하여 무한하게 다양한 외부차양 대안을 생성할 수 있다는 장점이 있다. 본 알고리즘은 앞서 설명한 외부차양의 일반적 유형과 선행연구에서 다룬 차양 대안들을 모두 생산할 수 있다.

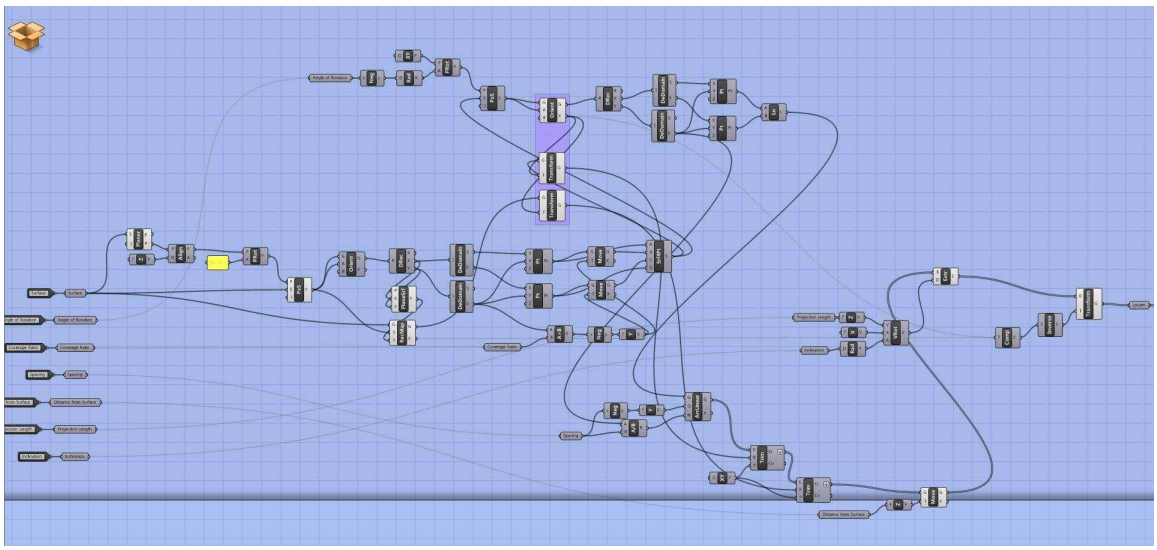


그림 64 파라메트릭 차양 디자인 알고리즘

(5) 파라메트릭 민감도 테스트

앞에서 개발한 직달일사량 성능 평가 알고리즘 및 파라메트릭 차양 설계 알고리즘을 이용하여, 6가지 차양 형태변수가 직달일사량 조절에 미치는 영향을 실험하고 그 민감도를 분석하였다. 각 형태변수는 매년 직달 일사 제어성능에 미치는 영향을 시험했다. 직달일사량 성능 평가시스템은 형태변수의 민감도 시험을 위해 사용되는데, 0~100점 스케일로 평가되는 상대점수를 사용하였다.

파라메트릭 차양 설계 알고리즘을 사방 1미터인 5방향(동향, 남동향, 남향, 남서향, 서향) 입면에 적용하고, 각 형태변수를 조작하면서 직달일사량 상대점수의 변화를 측정하였다. 각 형태변수의 조절에 따른 편차의 범위는 해당 변수가 외부차양 성능 최적화에 얼마나 중요한지를 나타내주는 값으로 해석할 수 있다.

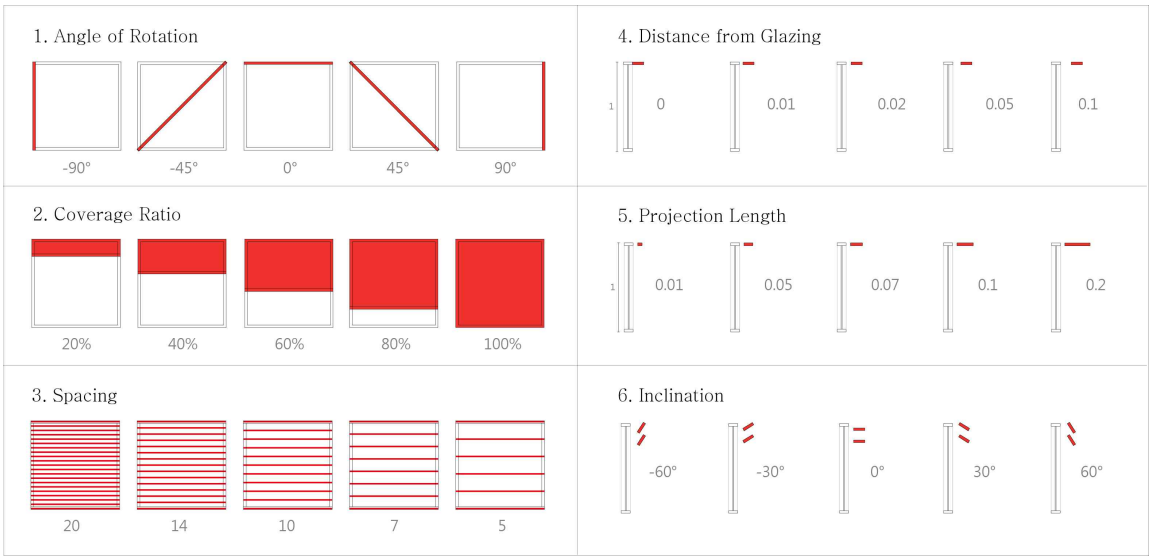


그림 65 민감도 테스트를 위한 차양 형태변수 설정 범위

분석 결과, 이격거리를 제외한 5개 형태변수에서는 형태변수의 조절에 따라 직달일사 조절 성능이 크게 달라졌다. 이격거리의 경우 차양을 입면에서 입면 길이의 10%까지 이격하여도 차양 성능에는 미미한 영향만을 주고 있는 것을 관찰하였다. 따라서 어느 정도의 이격거리는 차양 성능에 큰 영향을 미치지 않으며, 실제 시공난이도 등을 고려하면 일반적인 외부차양에서 이격거리는 차양 성능에 영향을 미치지 않아 무시할 수 있는 변수라는 결론을 얻을 수 있다.

또한, 차폐비율의 경우 변수값의 변화에 따라 직달일사량 조절 성능이 변화를 보이기는 하였으나, 차폐비율이 높아질수록 차양 성능이 높아지는 일방향적인 관계를 보였다. 이론적으로, 차양 설치시 차양 성능이 높아진다면 차양을 더 많은 면적에 설치할수록 더 성능은 높아지는 것이 자명하다. 반대로, 차양 설치시 오히려 직달일사량 조절 성능이 감소한다면 차양을 아예 설치하지 않는 편이 가장 높은 성능을 얻을 수 있다. 따라서 차폐비율은 0% 또는 100% 둘 중 하나를 택하면 되는 변수이며, 특히 뛰어난 최적 외부차양 설계를 본 연구결과를 적용해 얻었을 경우는 차폐비율은 무조건 100%으로 고정할 수 있다.

형태변수 민감도 테스트 결과 중요하지 않은 변수 2개(차폐비율, 이격거리)가 제거되었다. 따라서 차양 성능에 영향을 미치는 형태변수는 회전각, 차양간격, 돌출길이, 그리고 경사각 4개의 변수로 구성되었다. 따라서 이 4가지 형태변수를 이용하여 잘 설계된 외부차양은 직달일사량을 효율적으로 조절할 수 있음을 볼 수 잇었다.

마지막으로 민감도 테스트의 결과을 파라메트릭 차양 디자인 알고리즘에 반영하여, 차폐비율과 이격거리를 제외한 4개의 변수만 사용하여 차양 설계대안을 생성하도록 업데이트하였다.

표 17 차양 형태변수에 대한 민감도 테스트 결과(편차)

형태변수	서향	남서향	남향	남동향	동향
회전각	35 ~ 63 (28)	48 ~ 74 (26)	52 ~ 84 (32)	41 ~ 80 (39)	36 ~ 73 (37)
차폐비율	40 ~ 63 (23)	56 ~ 72 (16)	74 ~ 84 (10)	72 ~ 80 (8)	56 ~ 73 (17)
차양간격	49 ~ 82 (33)	63 ~ 74 (11)	80 ~ 86 (6)	76 ~ 81 (5)	63 ~ 78 (15)
이격거리	60 ~ 63 (3)	67 ~ 72 (5)	78 ~ 84 (6)	78 ~ 80 (2)	67 ~ 73 (6)
돌출길이	38 ~ 79 (41)	55 ~ 74 (19)	73 ~ 84 (11)	72 ~ 81 (9)	55 ~ 77 (22)
경사각	29 ~ 65 (36)	39 ~ 73 (34)	38 ~ 84 (46)	44 ~ 80 (36)	32 ~ 73 (41)

다. 최적화 알고리즘 개발

직달일사량 성능이 가장 뛰어난 최적 차양 설계대안을 도출하기 위하여 Grasshopper 내 유전 알고리즘을 이용한 최적화 모듈인 Galapagos를 이용하여 외부차양 최적화 알고리즘을 개발하였다. 앞서 개발한 직달일사량 평가 상대점수를 최적화를 위한 평가점수로 삼고, 차양 성능에 영향을 미치는 4개 형태변수를 자동으로 변경해가며 생성한 다양한 외부차양 대안 중에서 최적 설계대안을 찾도록 구성하였다.

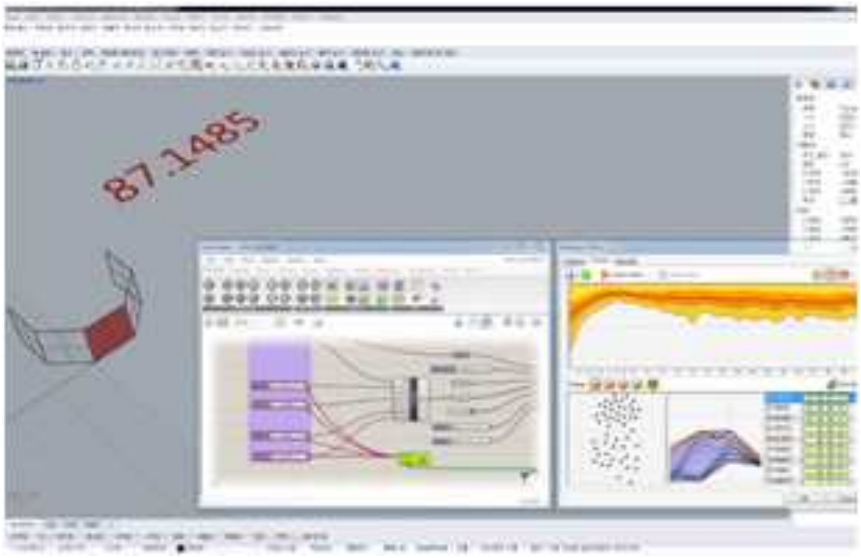


그림 66 유전 알고리즘 모듈을 이용한 최적화 알고리즘 개발

라. 환경성능평가 소프트웨어를 활용한 알고리즘 검증

(1) 가상 건물 대상 검증

본 연구에서 제안하는 최적차양 모델을 사용함으로써 차양을 설치함에 있어서 기존 건축가의 형태적인 접근과는 달리 차양의 성능적인 측면에서 보았을 때 그 의미를 확인하기 위해 가상건물을 대상으로 정량적인 분석을 할 필요가 있다. 사례분석 방법은 다음과 같은 절차를 통해 수행하였다. 첫 번째, 분석할 대상건물을 선정한다. 두 번째, 차양 최적화 모델을 이용해 최적차양을 도출한다. 세 번째, 위 단계에서 도출된 최적차양의 성능을 평가하기 위해 Autodesk ECOTECT 2011을 이용해 차양의 영향에 따른 건물에너지소모량 차이를 비교분석하였다.

(가) 분석 대상 건물

전면이 유리 커튼월로 된 중규모 사무빌딩을 Rhino 3D를 이용해 구축하였다. 분석 대상 건물은 서울에 위치하고, 40m x 30m 평면이 10층 적층되어 있다. 이 건물은 교차로의 북동쪽 코너에 위치하여 남향 및 서향 입면이 사거리에 면한다.

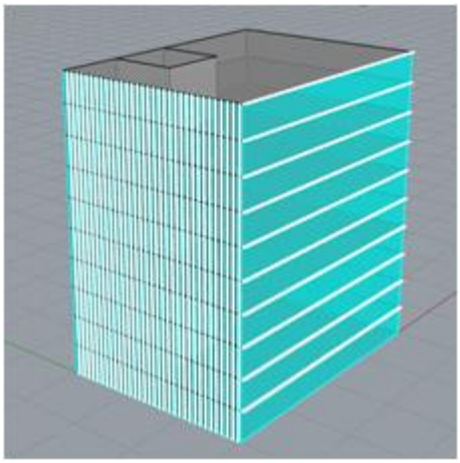


그림 67 기존 차양 디자인을 가진 가상 건물

표 18 분석대상 건물 개요

층수	10층
층고	4m
건폐면적	1,200m²
연면적	12,000m²
커튼월	남향, 서향

표 19 기존 차양 개요

형태변수	남향	서향
회전각	0°	90°
차양간격	4,000 mm	900 mm
돌출길이	500 mm	300 mm
경사각	0°	0°

기존 일반적인 외부차양을 설치했을 때와 개발된 최적화 알고리즘을 통해 도출된 최적 외부차양을 비교하기 위하여, 남향에는 수평 블레이드형 차양이, 서향에는 수직 패널형 차양이 설치되어 있었다고 가정하였다. 이들 기존 차양의 형태변수 값은 연구진

에 의해 일반적인 값으로 정해졌다.

외부차양 최적화 알고리즘을 이용하여 분석 대상 건물에서 가장 성능이 높은 최적 차양 대안을 도출하였다. 그 결과는 다음과 같다. 남향은 기존 차양과 마찬가지로 수평 차양이었으나 서향에서는 사선차양이 가장 효율적인 것으로 나타났으며, 차양간격에 비교해볼 때 돌출길이의 비가 크게 증가하였다.

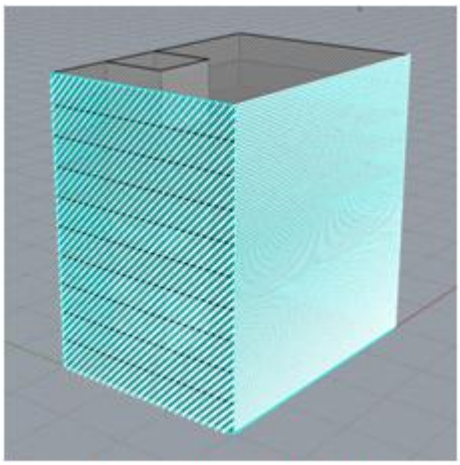


그림 68 최적 차양 설계대안

표 20 최적 차양 설계대안

형태변수	남향	서향
회전각	0°	-45°
차양간격	400 mm	780 mm
돌출길이	240 mm	500 mm
경사각	31°	25°

(나) 분석결과

직달일사량 평가 알고리즘은 최적 차양 설계대안에 기존 차양보다 더 높은 점수를 주었다. 심지어 기존 차양은 서향 입면에서 차양이 없는 것보다 더 안좋은 점수를 받기도 하였다.

그러나 본 연구진이 개발한 최적화 알고리즘으로 도출한 최적 차양은 차양이 없는 경우나 기존 차양이 설치된 경우보다 월등히 높은 점수를 기록하여 최적 차양 설계대안이 직달일사량을 조절하는 성능이 뛰어남을 보이고, 알고리즘의 활용성을 검증하였다.

표 21 차양 대안 분석결과 평가점수

입면	차양 없음	기존 차양	최적 차양
남향	71	74	86
서향	34	29	89

마. Ecotect 분석 검증

Ecotect는 설계자들이 초기 단계에서 에너지 분석을 쉽게 할 수 있는 환경성능평가 프로그램이다. 현재 가장 널리 쓰이는 환경분석 도구로서 전문적인 정밀한 분석은 불가능하지만 여러 대안에 대해 냉·난방 부하 등 다양한 환경분석 결과를 손쉽게 측정할 수 있다. 본 연구에서는 Ecotect의 열적 성능 분석 기능을 이용하여 기존 차양과 최적 차양 설계대안의 냉·난방 부하 감소 성능을 비교하였다.

분석조건은 일반적인 사무용 건물을 가정하여, 한 층에 60명이 근무하는 개방형 사무실 조건을 기준으로 분석하였다. 구체적인 조건은 그림 69와 같다.

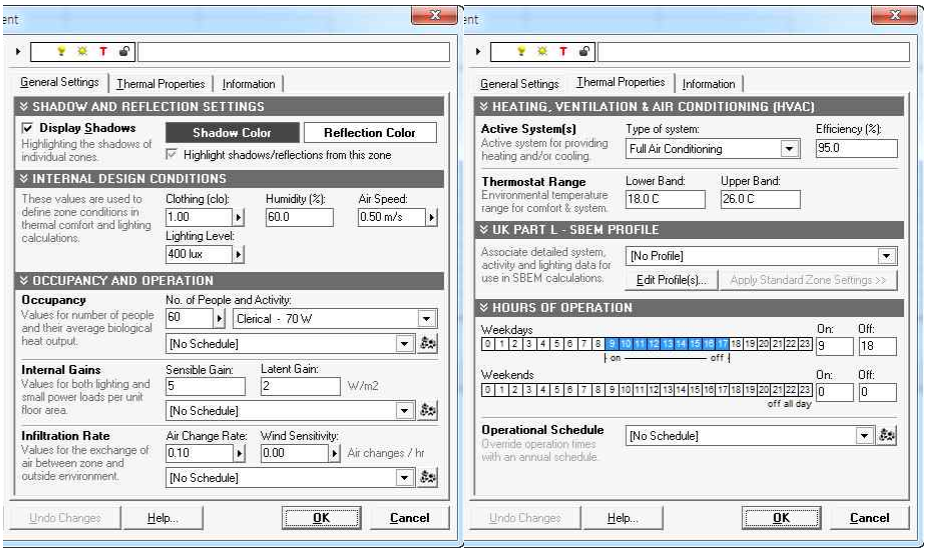


그림 69 Ecotect 분석 조건

차양이 없는 경우, 기존 차양이 설치되어 있는 경우, 본 연구의 최적화 알고리즘을 적용한 최적 차양이 설치되어 있는 경우 3가지 조건으로 분석을 실시한 결과, 표 22의 결과를 얻었다. 냉·난방 부하는 차양이 없는 조건에서 가장 높았고, 기존 차양은 차양이 없을 때보다 1제곱미터당 연간 357Wh의 부하를, 최적 차양은 연간 899Wh의 부하를 감소시키는 것으로 나타났다. 이러한 절감 효과는 총 냉난방 에너지 소비량의 3%에 달하는 양으로, 건물 전체로는 연간 1만kWh의 냉난방 에너지가 절약되는 효과이다.

따라서 본 연구에서 개발한 최적화 알고리즘은 차양이 없는 경우 및 설계자에 의해 관습적으로 설계된 일반적인 수직·수평 차양에 비해 훨씬 우수한 차양 설계대안을 도출하였다는 점을 확인할 수 있었다.

바. 소결

본 연구는 외부차양을 설계하는 새로운 방식을 탐구하였다. 전통적으로 외부차양 설계는 설계자의 직관적인 설계 결정에 따라 이루어지고, 설계대안의 성능에 대한 평가를 통해 객관적인 방식으로 이루어지지 못했다. 본 연구는 직달일사량 성능 평가를 다양한 외부차양 설계대안에 적용하여 가장 성능이 우수한 최적 외부차양 설계안을 도출

하는 알고리즘을 개발하였다. 본 연구의 알고리즘은 기후, 주변 지형지물, 입면 조건, 차양 형태 등을 모두 반영하여 최적의 설계대안을 도출할 수 있었다.

본 연구결과를 검증하기 위하여 최적 설계대안의 직달일사량 성능 평가 및 냉난방 부하 절감 효과를 측정한 결과, 본 연구의 알고리즘이 도출한 최적 차양은 기존 차양에 비하여 직달일사량 조절 및 냉난방 부하 절감이 매우 우수한 설계안임을 확인할 수 있었다.

표 22 차양 대안별 Ecotect 분석 결과

월	차양 없음			기존 차양			최적 차양		
	난방 (Wh)	냉방 (Wh)	계 (Wh)	난방 (Wh)	냉방 (Wh)	계 (Wh)	난방 (Wh)	냉방 (Wh)	계 (Wh)
1월	38,472,736	0	38,472,736	38,935,960	0	38,935,960	39,609,524	0	39,609,524
2월	25,549,694	0	25,549,694	26,037,166	0	26,037,166	26,741,144	0	26,741,144
3월	6,203,785	0	6,203,785	6,426,280	0	6,426,280	6,753,406	0	6,753,406
4월	1,458	2,331,326	2,332,784	2,057	2,264,277	2,266,335	2,464	2,138,516	2,140,980
5월	0	30,992,158	30,992,158	0	29,873,366	29,873,366	0	28,137,136	28,137,136
6월	0	45,665,952	45,665,952	0	44,420,684	44,420,684	0	42,531,568	42,531,568
7월	0	54,930,372	54,930,372	0	53,726,300	53,726,300	0	52,000,336	52,000,336
8월	0	66,360,108	66,360,108	0	65,131,360	65,131,360	0	63,370,744	63,370,744
9월	0	41,643,540	41,643,540	0	40,811,020	40,811,020	0	39,601,672	39,601,672
10월	0	9,087,996	9,087,996	0	8,832,242	8,832,242	0	8,457,029	8,457,029
11월	5,491,896	1,017,831	6,509,726	5,656,284	962,963	6,619,246	5,890,958	795,175	6,686,132
12월	20,926,790	0	20,926,790	21,306,616	0	21,306,616	21,853,560	0	21,853,560
계 (Wh)	96,646,360	252,029,280	348,675,648	98,364,360	246,022,208	344,386,560	100,851,056	237,032,160	337,883,200
m^2당 (Wh)	8,054	21,002	29,056	8,197	20,502	28,699	8,404	19,753	28,157
m^2당 절감 (Wh)						357			899

제3절. 연구개발의 결과물

1. 세부목표별 결과물

가. 외부차양의 직달일사량 조절 성능 평가 알고리즘 개발

(1) 직달일사량 영향 요인조사 1-1-①

차양을 통과하여 입면에 도달하는 직달일사량을 계산하는 것은 직달일사량 조절 성능 평가 알고리즘을 만들기 위해 가장 핵심적인 부분이다. 본 연구에서는 이러한 직달일사량 산출을 위하여 직달일사량을 산출하는데 필요한 요인과 그 산출방법을 연구하였다.

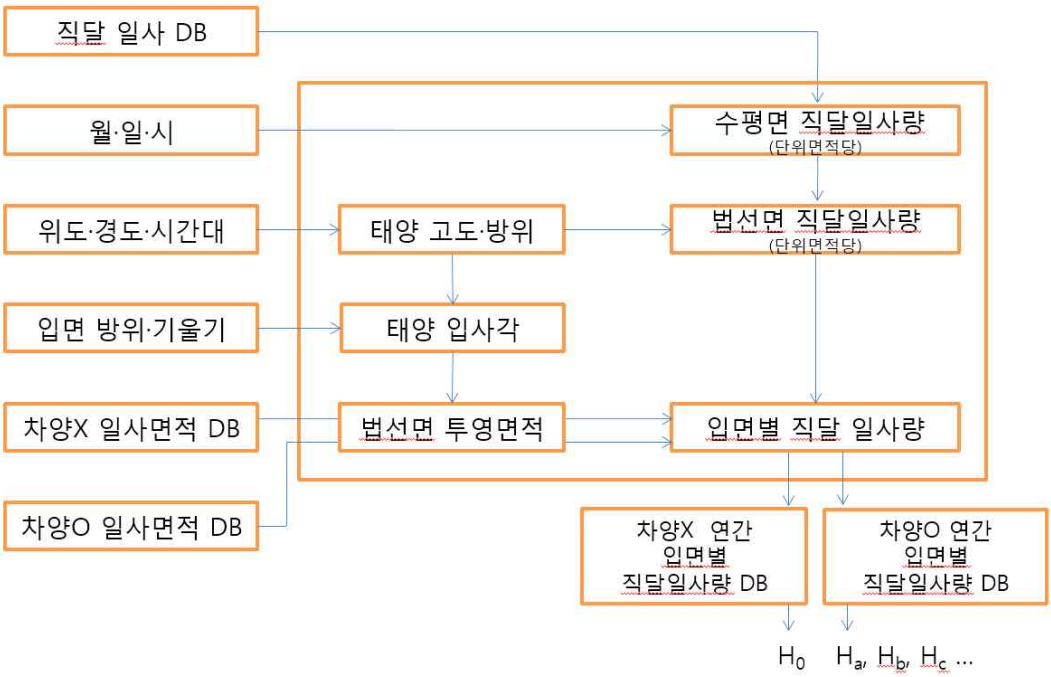


그림 70 직달일사량 산출 알고리즘

본 연구에서 개발한 직달일사량 산출 알고리즘에서는 다음과 같은 요인이 입면 도달 직달일사량에 영향을 주게 된다.

(가) 수평면 직달일사량

본 연구에서 이용한 한국태양에너지학회의 대한민국 표준기상데이터에서는 수평면에 도달하는 단위면적당 직달일사량이 포함되어 있다. 본 연구에서 필요한 법선면 도달 직달일사량을 산출하기 위해서는 수평면 도달 직달일사량에 태양 고도 및 방위 등을 추가로 고려할 필요가 있다.

(나) 위도·경도·시간대

위도·경도·시간대가 주어지면 특정 시각의 태양 고도와 방위를 산출할 수 있다. 본 연구에서는 DIVA에 포함된 태양 위치 산출 함수를 이용하였다.

(다) 입면 방위·기울기

입면의 방향은 입면 도달 직달일사량을 산출하는데 필수적인 요인이다.

(라) 일사도달면적

태양에서부터 지형지물과 차양을 통과하여 입면까지 직달일사가 도달하는 면적은 입면에 도달하는 총 직달일사량을 산출하는데 필수적이다.

(마) 기온

기온은 직달일사량을 산출하는 데는 영향이 없으나 직달일사량 조절 성능에 영향을 미치는 요인이다. 냉·난방기를 실외기온을 기준으로 설정하였을 경우, 실외기온은 직달일사량 조절 성능을 결정하는 중요한 요인이 된다. 본 연구에서는 대한민국 표준기상데이터에 포함된 건구온도를 기준으로 냉·난방 기준 온도를 설정하였다.

본 연구진은 이 내용을 2013년 대만에서 열린 해외학회 7th International Conference on Planning and Design에서 “An Evaluation System for Thermal Performance of Parametric Exterior Louver Design Alternatives”라는 제목의 학술발표논문으로 발표하였다. 또한, 이를 더 발전시키고 또 실제사례에 적용한 예와 함께 2013년 대한건축학회지 10월호에 “주변 지형지물을 고려한 외부차양의 연중 직달일사량 성능평가 알고리즘 개발 연구”라는 제목의 논문으로 발표하였다.

(2) 기후DB구축 1-1-②

본 연구에서는 서울특별시와 6개 광역시, 세종특별자치시 총 8곳의 주요 도시에 대하여 기후 DB를 구축하였다. 기후DB에는 위·경도 좌표, 시간대(모두 동일), 수평면 직달일사량 및 기온 DB가 포함된다. 수평면 직달일사량 및 기온은 대한민국 표준기상데이터에서 참조하였으나, 세종특별자치시의 경우 아직 기상데이터가 충분하지 않아 지리적으로 인접한 대전광역시의 데이터를 인용하였다.

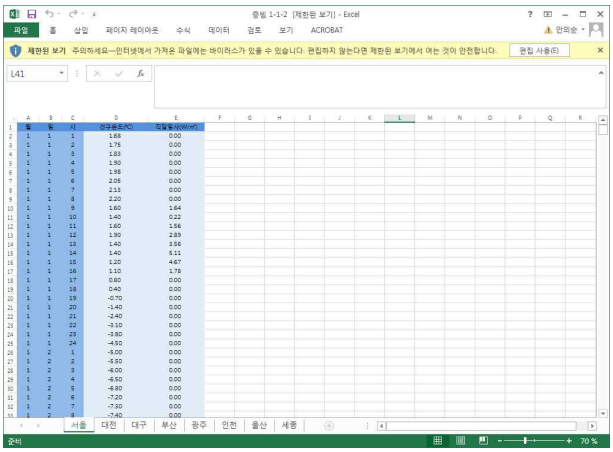


그림 71 서울 지역 기후 DB

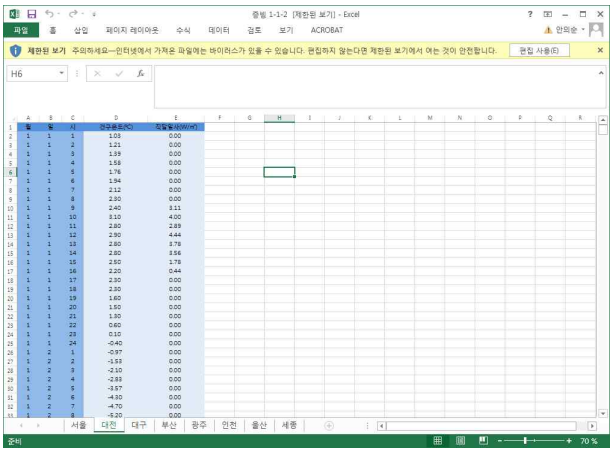


그림 72 대전 지역 기후 DB

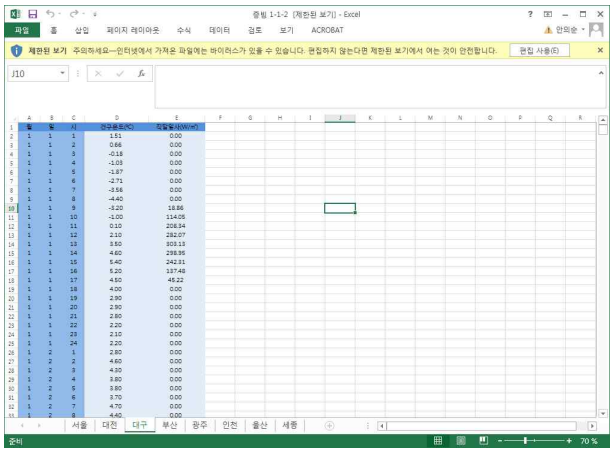


그림 73 대구 지역 기후 DB

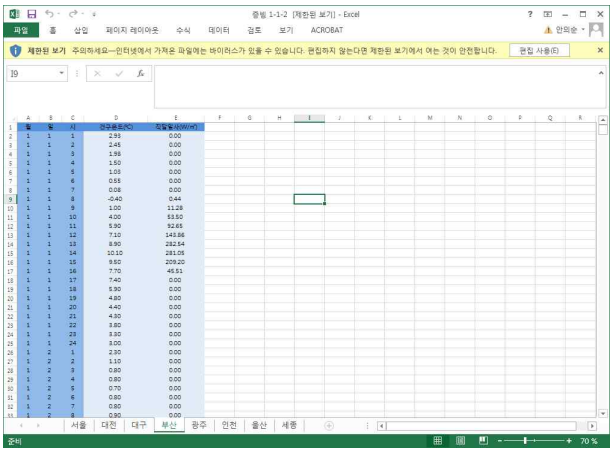


그림 74 부산 지역 기후 DB

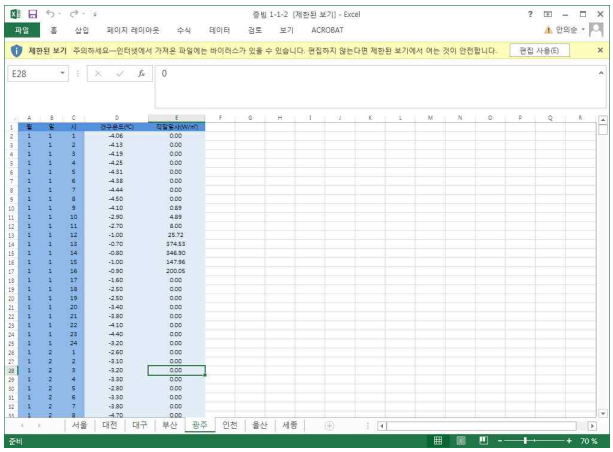


그림 75 광주 지역 기후 DB

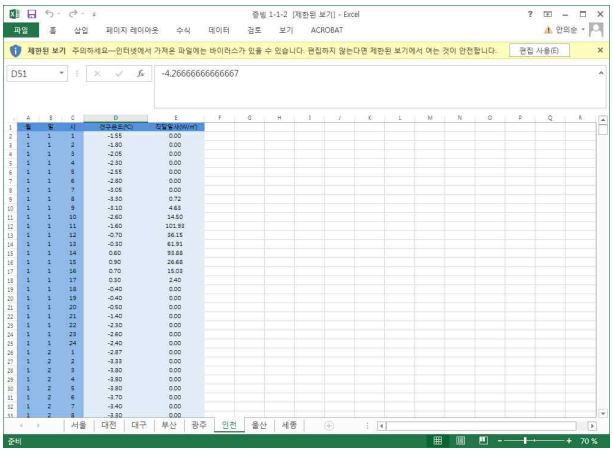


그림 76 인천 지역 기후 DB

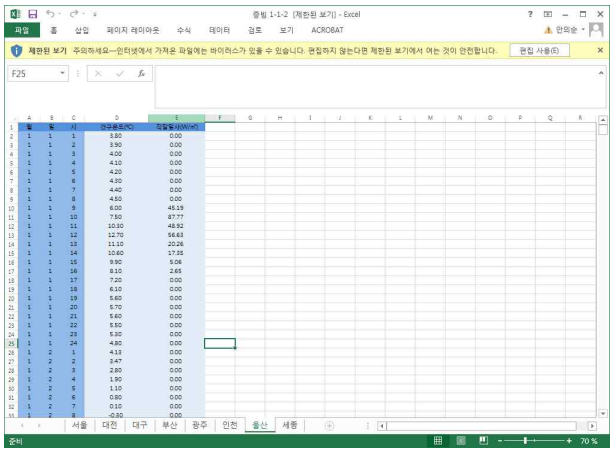


그림 77 울산 지역 기후 DB

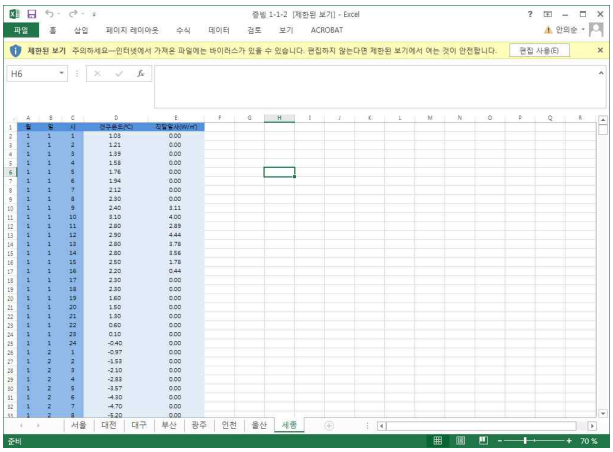


그림 78 세종 지역 기후 DB

나. 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발

(1) 기존 차양 형태 유형 분석 1-2-①

기존 외부차양의 형태유형을 분석하기 위하여 총 36건의 해외사례를 조사하여 차양의 형태를 5가지 유형으로 분류하였다. 이렇게 해서 구축한 기존 외부차양 형태 DB는 다음과 같다.

	Louver Type	Building	Architect	Location	Year	Program
1	Overhang	Manchester Civil Justice Centre	Denton Corker Marshall	Manchester, UK	2008	Government
2	Overhang	Solar Active House	Architekturburo Reinberg	Austria	2009	Residential
3	Overhang	Green Office	Ateliers 115	France	2011	Office
4	Overhang	Eleven Times Square	Fxfowle Architects	NY, USA	2010	Office
5	Overhang	Commissioners of Irish Lights Headquarters	Scott Tallon Walker Architects	Dublin, Ireland	2008	Office
6	Overhang with Blades	Spencer Townhouse	Thomas Phifer and Partners	US	2003	Residential
7	Overhang with Blades	OHSU Center for Health and Healing	GBD Architects	US	2006	Hospital
8	Overhang with Blades	SBL Offices	Helmut Schimek	Austria	2009	Office
9	HorizontalBlades	Sino-Italian Ecological and Energy Efficient Building	Mario Cucinella Architects	Beijing, China	2006	Educational
10	Horizontal Blades	Pcital-Parque Cientifico Y Tecnologico Agroalimentario	Equip d'Arquitectural Pich-Aguilera	Lleida, Spain	2009	Office
11	Horizontal Blades	The New York Times Building	Renzo Piano Building Workshop, Fxfowle Architects	NY, USA	2007	Office
12	HorizontalBlades	Hemiciclo Solar	Ruiz-Larrea & Asociados	Spain	2009	Residential
13	Horizontal Blades	Fujy Project	Luca Lancini, Fujy	Spain	2005	Residential
14	Horizontal Blades	Sensible House	Rockhill + Associates	KS, USA	2008	Residential
15	Horizontal Blades	Kroon Hall	Hopkins Architects	New Haven, USA	2009	Educational
16	Horizontal Blades	Center for Global Conservation	Fxfowle Architects	NY, USA	2009	Office
17	Horizontal Blades	Citigrouup Data Centre	Arup Associates	Frankfurt, Germany	2009	Office
18	Horizontal Blades	Horizontal Skyscraper Vanke Centre	Steven Holl Architects	Shenzen, China	2009	Mixed Use

	Louver Type	Building	Architect	Location	Year	Program
19	Horizontal Blades	The New 42nd Street Studios	Platt Byard Dovell White	NY, USA	2000	Cultural
20	Horizontal Blades	Torre Agbar	Ateliers Jean Nouvel	Barcelona, Spain	2005	Office
21	Horizontal Blades	Torre Cube	Estudio Carme Pinos	Guadalajara, Mexico	2005	Office
22	Horizontal Blades	Yale Sculpture Building	Kieran Timberlake Associates	New Haven, US	2007	Educational
23	Horizontal Blades	Blaas OHG	Monovolume	Italy	2007	Mixed Use
24	Vertical Fins	Vancouver Olympic/ Paralympic Centre	Hughes Condon Marler Architects	Vancouver, Canada	2010	Sports
25	Vertical Fins	Rossignol World Headquarters	Herault Arnod Architectes	France	2009	Office
26	Vertical Fins	Chilexpress Corporate Building	Guillermo Hevia/GH+A	Chile	2006	Office
27	VerticalFins	Alesia Museum and Archeological Park	Bernard Tschumi	France	2012	Museum
28	Vertical Fins	Harmonia 57	Triptyque	Sao Paulo, Brazil	2008	Residential
29	Vertical Fins	Integral House	Shin-Sutcliffe Architects	Toronto, Canada	2008	Residential
30	Vertical Fins	One Omotesando	Kengo Kuma and Associates	Tokyo, Japan	2003	Mixed Use
31	Vertical Fins	US Federal Buildling	Morphosis	San Francisco, USA	2007	Government
32	Vertical Fins	Selimex	Werner Tscholl Architekt	Italy	2005	Office
33	Vertical Fins	Tenley Friendship Library	The Freelon Group	US	2011	Cultural
34	Vertical Fins	Zahner Factory Expansion	Crawford Architects	US	2011	Office
35	Surrounding	Ter Pitte	Import-Export Architecture	Belgium	2008	Residential
36	Surrounding	Selimex	Werner Tscholl Architekt	Italy	2005	Office

표 23 기존 외부차양 형태유형분석

위의 분석을 통해 도출한 5가지 형태유형은 다음과 같다. 이들은 가장 많이 사용되는 외부차양의 형태이며 이 모든 형태를 포함할 수 있는 형태변수들을 찾아내기 위하여 이들의 형태적 특성을 분석하였다.

1. Overhang- 처마형
2. Overhang with Blades-블레이드 처마형
3. Horizontal Blades-수평블레이드형
4. Vertical Fins-수직패널형
5. Surrounding-테두리형

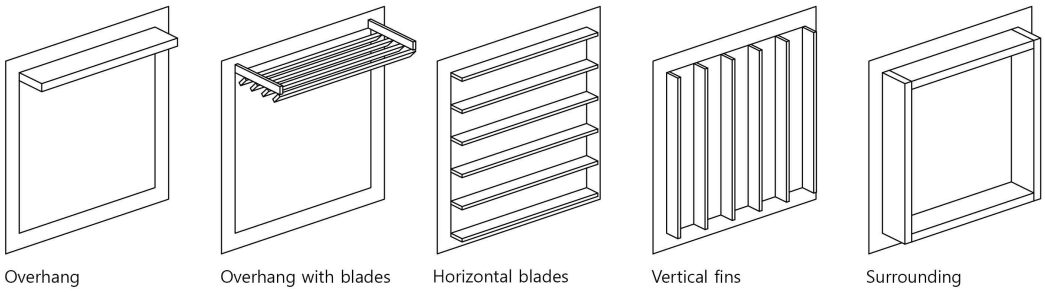


그림 79 기존 외부차양 형태유형

(2) 직달일사량 조절 차양 형태 변수 분석 1-2-②

외부차양의 형태를 만드는 변수를 도출하기 위하여 국내 학회지에 실린 모든 논문을 검토하였으며 차양의 형태변수를 다음 표와 같이 도출하였다.

앞서 3장에서 설명한 봐와 같이 문헌연구를 통해 도출한 형태변수들 중에 직달일사량 조절 성능에 끼치는 영향을 검사하기 위하여 직달일사량 민감성 테스트를 진행하였다. 이를 위해 1단계에서 만든 직달일사량 조절 성능평가 알고리즘을 사용하였다. 각 향별로 일정한 6개의 형태변수들의 값으로 만들어진 Default setting 을 정한 후 변수별로 일정하게 값을 변화시키면서 점수값의 차이를 기록하였다.

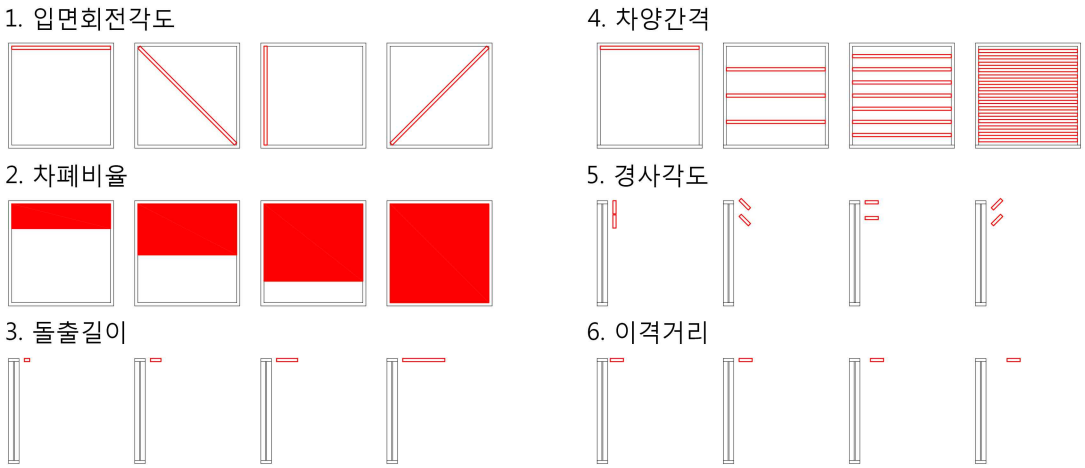


표 24 차양형태변수 선행연구 분석

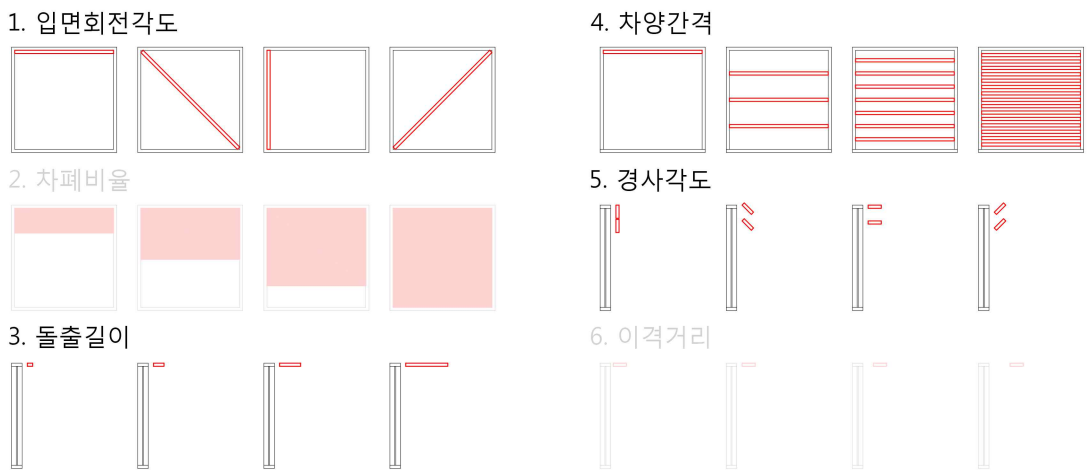
연도	제목	회전각	차폐 비율	차양간격	이격거리	돌출길이	경사각
2000	소규모 사무공간 외피 존의 에너지 절감을 위한 투과체 및 차양계획에 관한 연구	O		O		O	
2002	투명 유리 사무소 건물의 냉방부하 감소를 위한 적정 외부차양 배치에 관한 연구	O					O
2004	독립형 외부 차양장치의 일사량 분포에 관한 연구			O	O	O	
2004	독립형 외부차양장치의 형태계수에 관한 평가	O		O	O	O	
2005	창 벽면적비 20%인 소규모 건물의 수평 차양장치의 민감도 분석				O	O	
2005	독립된 외부 차양장치의 환경성능에 관한 평가		O	O	O	O	O
2005	다목적 외부 차양장치의 개발에 관한 이론적 연구			O		O	O
2006	External Shading Devices in Commercial Buildings_ The Impact on Energy Use, Peak Demand, and Glare Control	O				O	
2006	건물의 환경성능 향상을 위한 독립형 외부 차양장치의 응용에 관한 연구					O	O
2006	도서관 열람공간의 방위 및 루버시스템에 따른 주광성능 평가	O		O		O	
2007	건물의 환경성능 개선을 위한 접이식 차양장치에 관한 연구						O
2007	접이식 차양장치의 최적 설계에 관한 이론적 연구	O				O	O
2008	사무소건물의 가동식 수평차양에 대한 연구					O	O
2010	국내 초고층 공동주택의 냉방부하 저감을 위한 외부차양 적용성 및 에너지 분석에 대한 연구	O	O	O		O	
2010	Effect of Louver Shading Devices on Building Energy Requirements	O				O	O
2010	사무공간의 수평차양과 차폐계수 변화에 따른 방위별 부하 절감 방안에 관한 연구		O			O	
2010	사무소건물의 투과체 및 차양계획을 위한 주광 및 열성능 평가	O		O		O	
2011	냉난방에너지 최소화를 위한 차양 설계에 관한 연구					O	
2012	냉,난방을 고려한 차양식 BIPV의 경사각에 대한 연구					O	O
2012	동적 시뮬레이션을 이용한 차양방식에 따른 남향 교실의 주광환경평가					O	O
2012	블라인드형 외부차양의 종류 및 반사율에 따른 건물에너지 저감효과 분석	O		O	O	O	O
2012	사무공간의 냉난방 및 조명부하 저감을 위한 수평루버형 외부차양에 관한 연구				O	O	
2012	창의 형태 및 차양 계획에 따른 다인 병실의 에너지 소비량과 주광조도의 평가 및 분석	O				O	

그 결과, 이격거리는 모든 향에서 영향력이 미미한 것으로 판단되었고 차폐비율은 해당 차양의 성능이 우수하다면 높을수록 좋은 결과가 나왔다.

	서(W)	남서(SW)	남(S)	남동(SE)	동(E)
	점수	점수	점수	점수	점수
차양 없음	34	52	71	70	51
1.입면회전각도					
-90	44	61	62	52	36
-60	58	71	66	48	44
-45	63	74	71	49	46
-30	63	72	76	51	48
0	57	59	84	62	52
30	51	49	69	80	68
45	47	48	61	68	73
60	44	51	57	55	60
90	35	58	52	41	39
2.차폐비율					
0.2	40	56	74	72	56
0.4	46	60	77	75	61
0.6	52	65	79	77	66
0.8	59	69	82	79	70
1	63	72	84	80	73
3.차양간격					
50	82	71	86	80	76
70	74	74	81	81	78
100	63	72	84	80	73
150	54	66	82	78	66
200	49	63	80	76	63
4.이격거리					
0	63	72	84	80	73
10	63	72	82	80	71
20	63	71	80	80	72
50	62	69	80	79	70
100	60	67	78	78	67
5.돌출길이					
10	38	55	73	72	55
20	42	58	76	74	58
50	55	68	82	78	68
70	63	72	84	80	73
100	73	74	84	81	77
200	79	64	83	78	72
6.경사각도					
-60	42	39	51	44	34
-45	35	43	71	54	32
-30	29	59	84	70	34
-15	30	73	74	80	45
0	43	72	62	75	57
15	56	68	56	68	67
30	63	65	48	60	73
45	65	61	40	54	71
60	63	58	38	49	65

입면방향 / 형태변수	서(W)	남서(SW)	남(S)	남동(SE)	동(E)
1.입면회전각도					
min	35	48	52	41	36
max	63	74	84	80	73
difference	28	26	32	39	37
2.차폐비율					
min	40	56	74	72	56
max	63	72	84	80	73
difference	23	16	10	8	17
3.차양간격					
min	49	63	80	76	63
max	82	74	86	81	78
difference	33	11	6	5	15
4.이격거리					
min	60	67	78	78	67
max	63	72	84	80	73
difference	**3**	**5**	**6**	**2**	**6**
5.돌출길이					
min	38	55	73	72	55
max	79	74	84	81	77
difference	41	19	11	9	22
6.경사각도					
min	29	39	38	44	32
max	65	73	84	80	73
difference	36	34	46	36	41

이에 따라 직달일사량 조절 성능에 영향을 미치는 형태변수는 입면회전각도, 차양간격, 돌출길이, 경사각도 이렇게 총 4가지이며 차폐비율은 고정 값인 100%로 정의할 수 있다.



본 연구진은 이 내용을 2013년 중국에서 열린 해외학회 2nd Global Conference on Civil, Structural, and Environmental Engineering에서 “Evaluation of Parameters for Louver Design Algorithm based on Direct Solar Radiation Control Performance"라는 제목의 학술발표논문으로 발표하였다.

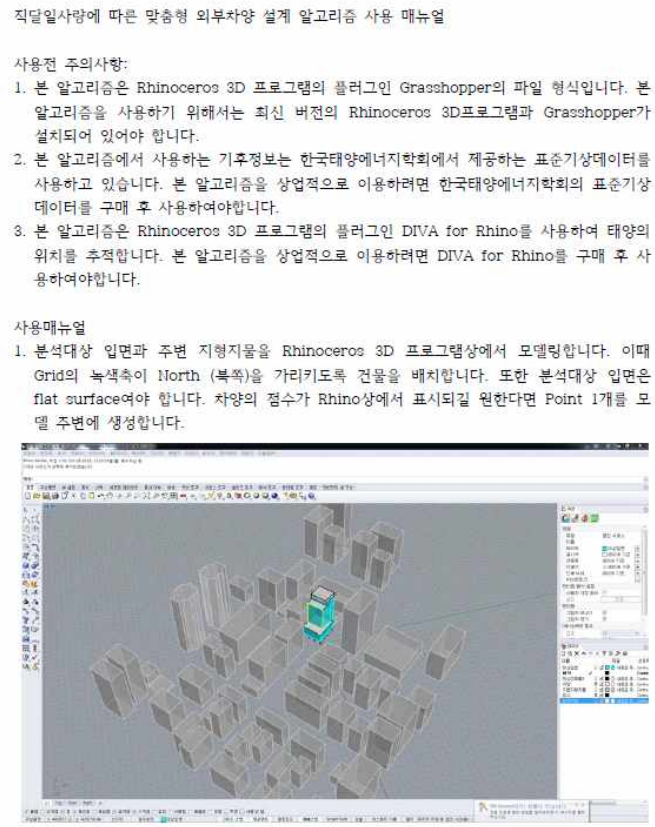
다. 외부차양 최적화 알고리즘 개발

(1) 외부차양 최적화 알고리즘 개발 1-3-①

직달일사량 조절 성능이 우수한 최적 외부차양 설계대안을 도출하기 위하여 본 연구에서는 유전 알고리즘을 이용한 외부차양 최적화 알고리즘을 개발하였다. 먼저 외부차양을 평가하기 위한 기준으로 직달일사량 영향 요인을 이용한 직달일사량 조절 성능 평가 알고리즘을 개발하였다. 이 내용은 2013년 대한건축학회지 10월호에 “주변 지형 지물을 고려한 외부차양의 연중 직달일사량 성능평가 알고리즘 개발 연구”라는 제목의 논문으로 발표하였다.

그리고 직달일사량 조절 성능을 이용한 평가기준을 유전 알고리즘을 이용한 Galapagos 모듈에 적용하고 직달일사량 민감도 테스트에서 도출된 4가지 형태변수를 변화시켜 외부차양을 최적화하는 알고리즘을 개발하였다.

또한, 본 연구에서 개발한 알고리즘을 설계자들이 쉽게 활용할 수 있도록 알고리즘의 사용법을 설명한 매뉴얼을 작성하였다.


직달일사량에 따른 맞춤형 외부차양 설계 알고리즘 사용 매뉴얼

사용전 주의사항:

1. 본 알고리즘은 Rhinoceros 3D 프로그램의 플러그인 Grasshopper의 파일 형식입니다. 본 알고리즘을 사용하기 위해서는 최신 버전의 Rhinoceros 3D프로그램과 Grasshopper가 설치되어 있어야 합니다.
2. 본 알고리즘에서 사용하는 기후정보는 한국태양에너지학회에서 제공하는 표준기상데이터를 사용하고 있습니다. 본 알고리즘을 상업적으로 이용하려면 한국태양에너지학회의 표준기상데이터를 구매 후 사용하여야합니다.
3. 본 알고리즘은 Rhinoceros 3D 프로그램의 플러그인 DIVA for Rhino를 사용하여 태양의 위치를 추적합니다. 본 알고리즘을 상업적으로 이용하려면 DIVA for Rhino를 구매 후 사용하여야합니다.

사용매뉴얼

1. 분석대상 입면과 주변 지형지물을 Rhinoceros 3D 프로그램상에서 모델링합니다. 이때 Grid의 녹색축이 North (북쪽)을 가리키도록 건물을 배치합니다. 또한 분석대상 입면은 flat surface여야 합니다. 차양의 점수가 Rhino상에서 표시되길 원한다면 Point 1개를 모델 주변에 생성합니다.

그림 82 사용자 매뉴얼

(2) 최적화 외부차양 설계 도출 1-3-②

설계안 1: 가상의 사무용 커튼월 건축물

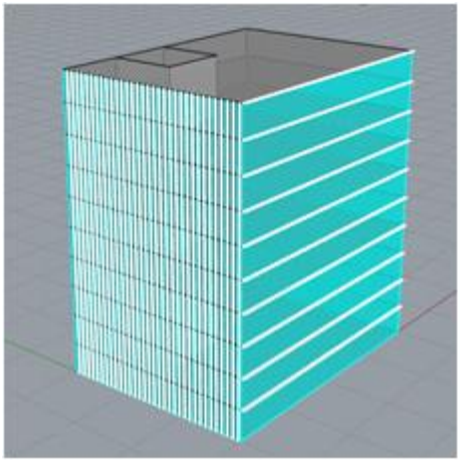


그림 1. 기존 외부차양

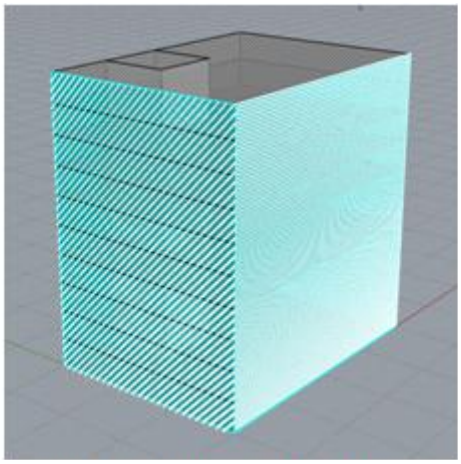


그림 2. 최적화 외부차양

표1. 가상 건물 개요

건축물	Specifics
층수	10
층고	4m
건축면적	1200m²
연면적	12000m²
전면유리 향	South, West

표2. 기존 외부차양 디자인 (남향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	0°
차양간격	4000 mm
돌출길이	500 mm
경사각도	0°

표 3. 기존 외부차양 디자인 (서향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	90°
차양간격	900 mm
돌출길이	300 mm
경사각도	0°

표4. 최적화 외부차양 디자인 (남향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	0°
차양간격	400 mm
돌출길이	240 mm
경사각도	31°

표4. 최적화 외부차양 디자인 (서향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	-45°
차양간격	780 mm
돌출길이	500 mm
경사각도	25°

설계안 2: 여의도 한국노총빌딩

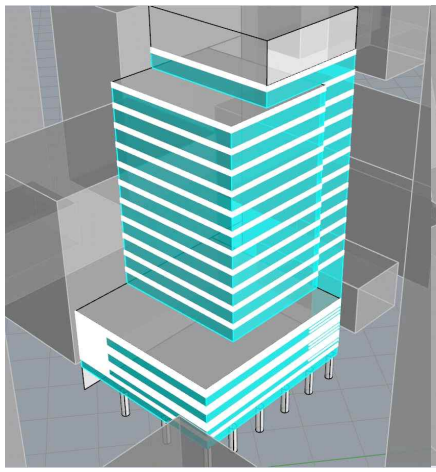


그림 85 기존 외부차양

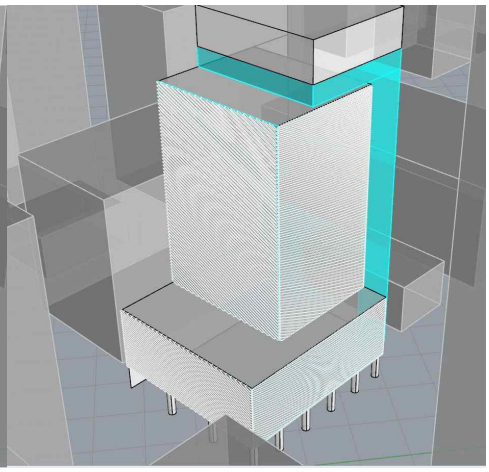


그림 86 최적화 외부차양

표1. 건물 개요

건축물	Specifics
층수	10
층고	4m
건축면적	1200m²
연면적	12000m²
전면유리 향	South, West

표2. 기존 외부차양 디자인 (동북향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	0°
차양간격	300 mm
돌출길이	200 mm
경사각도	0°

표 3. 기존 외부차양 디자인 (남동향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	0°
차양간격	300 mm
돌출길이	200 mm
경사각도	0°

표4. 최적화 외부차양 디자인 (동북향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	30°
차양간격	310 mm
돌출길이	440 mm
경사각도	30°

표4. 최적화 외부차양 디자인 (남동향)

형태변수	Specifics
입면회전각도	25°
차양간격	640 mm
돌출길이	600 mm
경사각도	-20°

(3) 환경성능평가를 활용한 최적화 알고리즘 검증 1-3-③

설계안 1: 가상의 사무용 커튼월 건축물

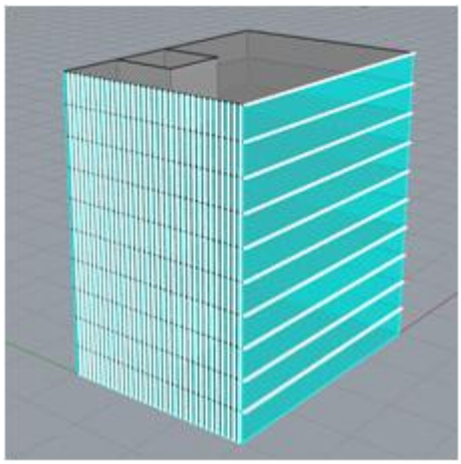


그림 1. 기존 외부차양

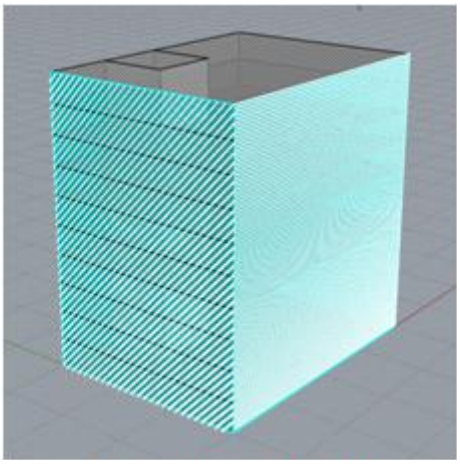


그림 2. 최적화 외부차양

표 1. Thermal Analysis of Different Louver Conditions (Ecotect Analysis 2011).

Month	No Louver			Existing Louver Design			Best Performing Louver Design		
	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)
Jan	38,472,736	0	38,472,736	38,935,960	0	38,935,960	39,609,524	0	39,609,524
Feb	25,549,694	0	25,549,694	26,037,166	0	26,037,166	26,741,144	0	26,741,144
Mar	6,203,785	0	6,203,785	6,426,280	0	6,426,280	6,753,406	0	6,753,406
Apr	1,458	2,331,326	2,332,784	2,057	2,264,277	2,266,335	2,464	2,138,516	2,140,980
May	0	30,992,158	30,992,158	0	29,873,366	29,873,366	0	28,137,136	28,137,136
Jun	0	45,665,952	45,665,952	0	44,420,684	44,420,684	0	42,531,568	42,531,568
Jul	0	54,930,372	54,930,372	0	53,726,300	53,726,300	0	52,000,336	52,000,336
Aug	0	66,360,108	66,360,108	0	65,131,360	65,131,360	0	63,370,744	63,370,744
Sep	0	41,643,540	41,643,540	0	40,811,020	40,811,020	0	39,601,672	39,601,672
Oct	0	9,087,996	9,087,996	0	8,832,242	8,832,242	0	8,457,029	8,457,029
Nov	5,491,896	1,017,831	6,509,726	5,656,284	962,963	6,619,246	5,890,958	795,175	6,686,132
Dec	20,926,790	0	20,926,790	21,306,616	0	21,306,616	21,853,560	0	21,853,560
Total	96,646,360	252,029,280	348,675,648	98,364,360	246,022,208	344,386,560	100,851,056	237,032,160	337,883,200
PER m²	8,054	21,002	29,056	8,197	20,502	28,699	8,404	19,753	28,157

표 38 성능평가 분석 결과

	차양 없음	기존 외부차양	최적화 외부차양
연간 냉난방 에너지 사용량 (per m^2)	29,056	28,699	28,157
절감된 에너지 (per m^2)	-	357	899
기존 차양 대비 에너지 효율 향상 정도	-	-	+152%

설계안 2: 여의도 한국노총빌딩

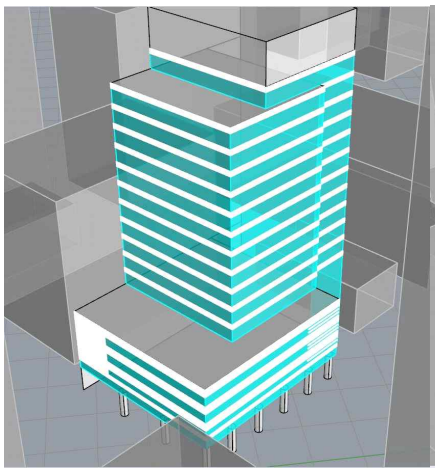


그림 89 기존 외부차양

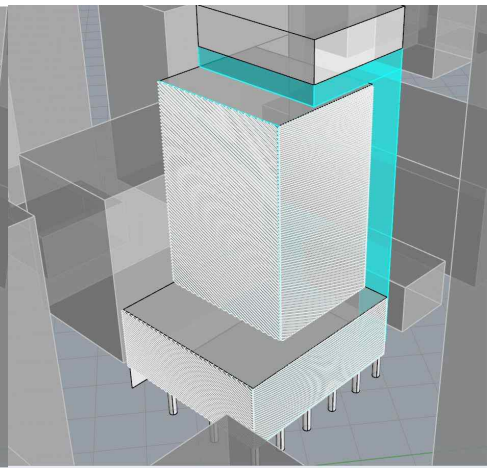


그림 90 최적화 외부차양

표 3. Thermal Analysis of Different Louver Conditions _ 한국노총빌딩 (Ecotect Analysis 2011).

Month	No Louver			Existing Louver Design			Best Performing Louver Design		
	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)
Jan	84,351,048	0	84,351,048	84,580,352	0	84,580,352	85,655,168	0	85,655,168
Feb	59,497,608	0	59,497,608	59,754,476	0	59,754,476	60,970,176	0	60,970,176
Mar	18,956,262	0	18,956,262	19,113,174	0	19,113,174	19,855,832	0	19,855,832
Apr	128,340	2,297,497	2,425,837	129,965	2,266,876	2,396,842	129,965	2,113,702	2,243,667
May	0	27,451,064	27,451,064	0	27,016,768	27,016,768	0	24,608,984	24,608,984
Jun	0	53,935,332	53,935,332	0	53,305,580	53,305,580	0	50,440,952	50,440,952
Jul	0	73,449,032	73,449,032	0	72,880,968	72,880,968	0	70,182,032	70,182,032
Aug	0	90,883,752	90,883,752	0	90,302,312	90,302,312	0	87,552,728	87,552,728
Sep	0	47,322,124	47,322,124	0	46,931,460	46,931,460	0	44,993,880	44,993,880
Oct	54,267	6,757,584	6,811,851	54,796	6,674,422	6,729,218	54,796	6,294,533	6,349,329
Nov	18,323,638	16,397	18,340,034	18,438,266	16,171	18,454,436	18,980,144	16,123	18,996,266
Dec	51,544,440	0	51,544,440	51,744,084	0	51,744,084	52,686,720	0	52,686,720
Total	232,855,584	302,112,768	534,968,352	233,815,120	299,394,560	533,209,664	238,332,816	286,202,944	524,535,744
PER m^2	12,622	16,376	28,998	12,674	16,229	28,902	12,919	15,514	28,432

표 40 성능평가 분석 결과

	차양 없음	기존 외부차양	최적화 외부차양
연간 냉난방 에너지 사용량 (per m^2)	28,998	28,902	28,432
절감된 에너지 (per m^2)	-	96	566
기존 차양 대비 에너지 효율 향상 정도	-	-	**+490%**

본 연구진은 위 3개 성과를 “Parametric Louver Design Optimization Based on Direct Solar Radiation Control Performance"라는 제목의 논문으로 SCI급 저널인 Journal of Asian Architecture and Building Engineering에 제출하였으며 현재 게제가 확정되었다. (최종보고서 보완과정에서 분석결과 수치는 변동되었다.)

제4장. 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절. 목표달성도

1. 성과목표 및 성과지표

가. 성과목표

연구목표	연구내용	비중 (%)
평가지표 구축	지역기후 DB구축	30%
	시뮬레이션 분석의 점수화	
	평가지표 구축	
형태구축알고리즘 개발	형태별 DB 구축	20%
	형태와 성능간의 관계파악	
	형태찾기 알고리즘	
최적화 알고리즘의 검증 및 발표	최적화 알고리즘 검토	25%
	알고리즘 개발	
	알고리즘 검증	

나. 성과지표:

1-1-① 직달일사량 영향 요인조사

목표치 - 국외 학술회의 발표 논문 1건

달성치 - 국외 학술회의 발표 논문 2건

1-1-② 기후DB구축

목표치 - 지역별 기후 DB 구축 조사 지역 8곳

달성치 - 지역별 기후 DB 구축 조사 지역 8곳

1-2-① 기존 차양 형태 유형 분석

목표치 - 외부차양 DB 구축 형태 유형 5개

달성치 - 외부차양 DB 구축 형태 유형 5개

1-2-② 직달일사량 조절 차양 형태 변수 분석

목표치 - 외부차양 성능 변수 분석 4건

달성치 - 외부차양 성능 변수 분석 6건

1-3-① 외부차양 최적화 알고리즘 개발

목표치 - 국내외 학술지 게재 논문 1건

달성치 - 국내 학술지 게재 논문 1건, 국외 SCI급 학술지 게재확정 논문 1건

1-3-② 최적화 외부차양 설계 도출

목표치 - 최적 외부차양 설계 도출 2건

달성치 - 최적 외부차양 설계 도출 2건

1-3-③ 환경성능평가를 활용한 최적화 알고리즘 검증

목표치 - 기존 외부차양 대비 에너지 소비 10% 감소

달성치 - 기존 외부차양 대비 에너지 소비 145~148% 감소

2. 목표달성도

구 분 / 성 과 목 표		연 구 개 발 기 간												진도 (%)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
평가지표 구축	지역기후 DB구축													200
	시뮬레이션 분석의 점수화													100
	평가지표 구축													100
형태구축 알고리즘 개발	형태별 DB 구축													100
	형태와 성능간의 관계파악													100
	형태찾기 알고리즘													100
최적화 알고리즘의 검증 및 발표	최적화 알고리즘 검토													100
	알고리즘 개발													100
	알고리즘 검증													100
총 진도율														100

계획

실적

가. 1-1-① 직달일사량 영향 요인조사 - 100%

나. 1-1-② 기후DB구축 - 100%

다. 1-2-① 기존 차양 형태 유형 분석 - 100%
라. 1-2-② 직달일사량 조절 차양 형태 변수 분석 - 100%
마. 1-3-① 외부차양 최적화 알고리즘 개발 - 100%
바. 1-3-② 최적화 외부차양 설계 도출 - 100%
사. 1-3-③ 환경성능평가를 활용한 최적화 알고리즘 검증 - 100%

3. 관련분야에의 기여도

가. 학문적 기여도

2013년 현재 설계 알고리즘 개발 분야는 유럽과 미국등 선진국에서도 초기단계에 있는 상황이며 많은 실험들이 진행 중에 있다. 국내에서는 설계 알고리즘의 개발연구가 드물며, 본 연구진은 실제 설계과정에서 활용이 가능한 알고리즘으로 개발하였으므로 선진 기술수준과 동등한 수준으로 기술 격차를 해소하였다.

디지털 건축기법을 접목한 친환경 설계 분야는 해외에서 뜨거운 관심을 받고 있으며 그 중에서도 정량적인 컴퓨터 시뮬레이션을 바탕으로 친환경적인 최적형태를 찾는 연구는 이제 시작단계에 있다. 이 가운데 최적 외부차양의 설계에 관한 연구가 전무한 가운데 본 연구진은 외부차양 설계에 관한 심도 있는 연구를 진행하였으므로 이 분야에서 해외의 선진 연구와의 격차를 해소하였다.

나. 산업적 기여도

별도의 환경 컨설턴트를 고용할 수 없는 중소규모의 설계프로젝트에 본 알고리즘을 사용하면 대다수의 일반적인 건축물의 냉난방 에너지 절감 효과를 얻을 수 있다. 친환경 설계기법에 익숙하지 않은 국내의 대부분의 중소 설계업체에게 친환경 건축물 설계를 유도하고, 또한 이를 토대로 경쟁력을 확보할 수 있도록 한다. 외부차양의 설치는 신축건물뿐만 아니라 기존의 건축물에도 적용이 가능하다. 도심의 많은 건축물이 최적화된 외부차양을 도입할 경우 각 건축물의 에너지 저감 효과가 모이면 국가 전체 에너지 사용량 절감에 영향을 미칠 수 있다. 또한 많은 건축물이 외부차양을 설치하면 피크타임의 전력소모를 줄일 수 있으므로 여름철 불안한 전력수급 상황에 큰 도움이 될 것이다.

제5장. 연구개발결과의 활용계획

1절. 활용계획

본 연구개발의 궁극적인 성과물은 지역 기후특성에 따른 주변지형지물을 고려한 최적화 차양설치 방안을 자동적으로 도출하는 것이다. 이는 향후 건물에너지절감형 건축설계에서 차양을 디자인하는데 있어서 적극 활용할 수 있는 성과물이다. 특히, 주변지형지물을 고려한 측면에서 기존 차양성능평가에 비해 실제적용에 보다 객관성을 갖고 있다. 또한 차양의 성능을 평가하는 동시에 특정 건물에 알맞은 최적화 차양설치방안을 추출하는데 자동화 할 수 있다. 이런 점에서 에너지절감형 건물을 설계하는데 있어 차양을 설치하는데 있어 최적방안을 도출하는데 있어 효율성을 높일 수 있을 뿐만 아니라 주변지형지물을 고려함으로 그 차양설치방안의 객관성을 높일 수 있을 것으로 생각된다.

1. 학문적 활용계획

본 연구개발에서 도출되는 최적화 차양 알고리즘은 주변지형지물을 고려함과 최적화된 차양설치 방안을 자동 도출하는 점에서 오늘날 에너지절약에 중시하고 있는 이 시점에서 건축설계분야에서도 건축설계를 통해 에너지절감형 녹색건축을 만드는데 기술적 진보를 개대할 수 있다.

2. 산업적 활용계획

본 연구개발은 건축설계분야에서 오피스건물과 같은 햇빛의 영향을 많이 받는 건물을 설계하는데 있어 최적화된 차양을 디자인함으로서 설계회사의 경쟁력을 향상시킬 수 있다. 또한 최적화된 차양을 자동으로 도출해줌으로서 건축설계의 효율을 향상시킬 수 있다. 나아가 준공된 건축물의 라이프 사이클에서 햇빛과 유관된 에너지 소모를 최소화 할 수 있다.

우선적으로 2014년 상반기 중 참여기업인 ㈜유선엔지니어링에서 설계과정에 본 연구의 최적 차양 설계 알고리즘을 적용하여 연구성과를 활용하고, 또 그 과정에서 발견된 문제점은 수정하여 연구성과를 개선할 계획이다. 이를 통해 설계과정에서 쉽게 활용할 수 있는 차양설계기법을 확립하고, 이를 2014년 중 다수 설계사에 기술이전 추진을 통해 차양 설계기술을 보급하여, 건축물 냉난방에 소비되는 에너지 및 탄소배출을 절감할 수 있을 것으로 생각된다.

기술이전과 별도로 일반에 공개할 수 있는 부분은 프로그램을 공개 배포하여 초기설계 및 기획 단계에서 차양 설계안을 검토할 수 있도록 할 수 있는 방안을 검토할 계획이다. 특히 본 연구성과는 신축 건축물에만 적용가능한 것이 아니라 기존 건축물의 냉난방 에너지를 절감하는 데도 활용될 수 있으므로, 설계사 뿐만 아니라 건물주 및 시설관리업체에 대한 컨설팅을 통해 기존 건축물의 차양 도입도 촉진할 계획이다.

제6장. 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절. 해외기술정보

1. 해외 건축물 사례

3장에서 언급한 바와 같이 다양한 최신 해외사례를 조사하여 기존 외부차양의 형태를 분석하였으며 그 결과 기존 외부차양은 5가지 유형으로 정리할 수 있다.

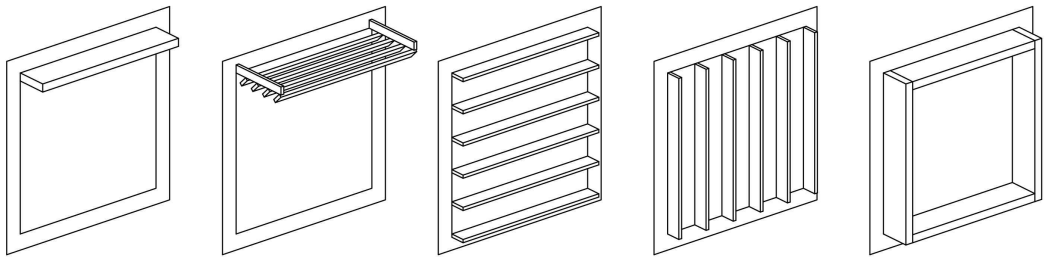
외부차양의 형태유형을 분석하기 위하여 전문서적에 소개된 최근 해외사례를 참고하였다. 최근 10년 이내에 해외에 지어진 건축물을 대상으로 하였으며 친환경건축물 사례를 다룬 전문서적 10권에 소개된 외부차양이 있는 모든 건축물을 분석하였다.

모두 36건의 외부차양 디자인을 비교 분석하였으며 이들을 5가지 유형으로 정리하였다.

	Louver Type	Building	Architect	Location	Year	Program
1	Overhang	Manchester Civil Justice Centre	Denton Corker Marshall	Manchester, UK	2008	Government
2	Overhang	Solar Active House	Architekturburo Reinberg	Austria	2009	Residential
3	Overhang	Green Office	Ateliers 115	France	2011	Office
4	Overhang	Eleven Times Square	Fxfowle Architects	NY, USA	2010	Office
5	Overhang	Commissioners of Irish Lights Headquarters	Scott Tallon Walker Architects	Dublin, Ireland	2008	Office
6	Overhang with Blades	Spencer Townhouse	Thomas Phifer and Partners	US	2003	Residential
7	Overhang with Blades	OHSU Center for Health and Healing	GBD Architects	US	2006	Hospital
8	Overhang with Blades	SBL Offices	Helmut Schimek	Austria	2009	Office
9	HorizontalBlades	Sino-Italian Ecological and Energy Efficient Building	Mario Cucinella Architects	Beijing, China	2006	Educational
10	Horizontal Blades	Pcital-Parque Cientifico Y Tecnologico Agroalimentario	Equip d'Arquitectural Pich-Aguilera	Lleida, Spain	2009	Office
11	Horizontal Blades	The New York Times Building	Renzo Piano Building Workshop, Fxfowle Architects	NY, USA	2007	Office
12	HorizontalBlades	Hemiciclo Solar	Ruiz-Larrea & Asociados	Spain	2009	Residential
13	Horizontal Blades	Fujy Project	Luca Lancini, Fujy	Spain	2005	Residential
14	Horizontal Blades	Sensible House	Rockhill + Associates	KS, USA	2008	Residential

	Louver Type	Building	Architect	Location	Year	Program
15	Horizontal Blades	Kroon Hall	Hopkins Architects	New Haven, USA	2009	Educational
16	Horizontal Blades	Center for Global Conservation	Fxfowle Architects	NY, USA	2009	Office
17	Horizontal Blades	Citigrouup Data Centre	Arup Associates	Frankfurt, Germany	2009	Office
18	Horizontal Blades	Horizontal Skyscraper Vanke Centre	Steven Holl Architects	Shenzen, China	2009	Mixed Use
19	Horizontal Blades	The New 42nd Street Studios	Platt Byard Dovell White	NY, USA	2000	Cultural
20	Horizontal Blades	Torre Agbar	Ateliers Jean Nouvel	Barcelona, Spain	2005	Office
21	Horizontal Blades	Torre Cube	Estudio Carme Pinos	Guadalajara, Mexico	2005	Office
22	Horizontal Blades	Yale Sculpture Building	Kieran Timberlake Associates	New Haven, US	2007	Educational
23	Horizontal Blades	Blaas OHG	Monovolume	Italy	2007	Mixed Use
24	Vertical Fins	Vancouver Olympic/ Paralympic Centre	Hughes Condon Marler Architects	Vancouver, Canada	2010	Sports
25	Vertical Fins	Rossignol World Headquarters	Herault Arnod Architectes	France	2009	Office
26	Vertical Fins	Chilexpress Corporate Building	Guillermo Hevia/GH+A	Chile	2006	Office
27	VerticalFins	Alesia Museum and Archeological Park	Bernard Tschumi	France	2012	Museum
28	Vertical Fins	Harmonia 57	Triptyque	Sao Paulo, Brazil	2008	Residential
29	Vertical Fins	Integral House	Shin-Sutcliffe Architects	Toronto, Canada	2008	Residential
30	Vertical Fins	One Omotesando	Kengo Kuma and Associates	Tokyo, Japan	2003	Mixed Use
31	Vertical Fins	US Federal Buildling	Morphosis	San Francisco, USA	2007	Government
32	Vertical Fins	Selimex	Werner Tscholl Architekt	Italy	2005	Office
33	Vertical Fins	Tenley Friendship Library	The Freelon Group	US	2011	Cultural
34	Vertical Fins	Zahner Factory Expansion	Crawford Architects	US	2011	Office
35	Surrounding	Ter Pitte	Import-Export Architecture	Belgium	2008	Residential
36	Surrounding	Selimex	Werner Tscholl Architekt	Italy	2005	Office

이 5가지 유형은 실제 건물에 가장 많이 적용되는 형태의 외부차양으로 볼 수 있으며, 이들의 형태적 특징은 다음과 같다.



2. 해외 서적

해외 사례를 조사하기 위해 참고한 서적은 다음과 같다.

	Editor	Title	Publisher	Year
1	Carles Broto	Apartment Buildings : Plan Atras	Pageone	2009
2	Jenny Lovell	Building Envelopes: An integrated Approach	Princeton Architectural Press	2010
3	Lara Menzel	Office Architecture + Design	Braun	2009
4	Mary Guzowski	Towards Zero Energy Architecture: New Solar Design	Laurence King Publishing	2010
5	Philip Jodidio	Green Architecture Now	Taschen	2012
6	Rainer Hascher, Simone Jeska, Birgit Klauck	A Design Manual Office Building	Birkhauser	2002
7	Richard Hyde	Climate Responsive Design	Spon Press	2000
8	Sara Goldsmith	Vitamin Green	Phaidon Press	2012
9	Scott Murray	Contemporary Curtain Wall Architecture	Princeton Architectural Press	2009
10	Sergi Costa Duran, Julio Fajardo	The Sourcebook of Contemporary Green Architecture	Collins Design, Loft Publication	2011

3. 그래스하퍼(Grasshopper) 알고리즘의 발전 동향

그래스하퍼는 최근 건축계에서 많은 관심을 갖고있는 스크립팅 소프트웨어로 프로그래밍 지식이 없이도 누구나 쉽게 사용할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 주로 비정형 건축물의 형태생성이나 고난이도의 비정형 형태의 설치물의 fabrication 과정에서 많이 사용된다.

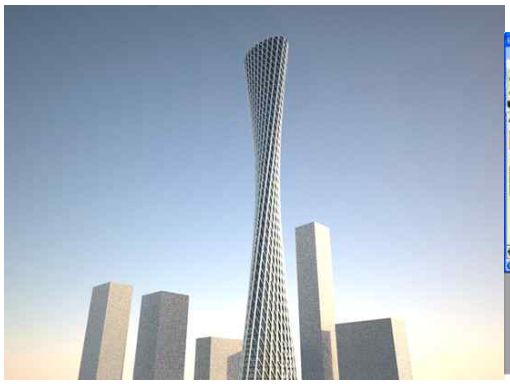


그림 92 Canton Tower, IBA Architects, 실험안

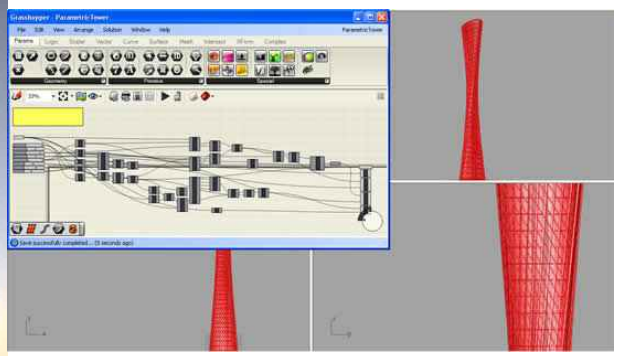


그림 93 Canton Tower Grasshopper File, IBA Architects, 실험안

최근들어 그래스하퍼를 친환경 디자인에 접목하는 사례가 늘고 있다. 미국의 시애틀 시에 세워진 Bullit Center의 사례를 보면 건축가가 설계단계에서 그래스하퍼를 이용하여 태양광 발전판을 효과적으로 설치하였다. 이 건물의 디자인을 맡은 Miller Hull사는 이들이 개발한 그래스하퍼 알고리즘을 이용하여 설계의 초기단계에서부터 태양광 발전판을 효율적으로 정렬하는 방법을 다양하게 탐색해왔다고 밝히고 있다.

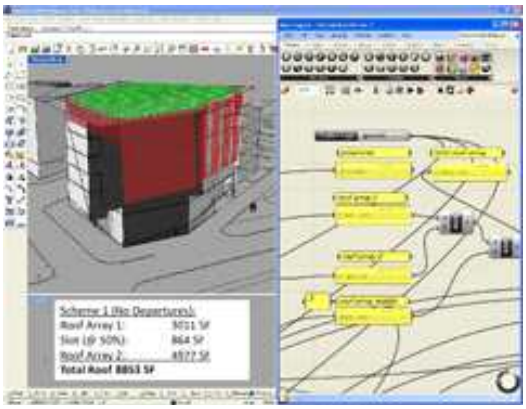


그림 94 Bullit Center Grasshopper File, Mill Hull, Seattle, 2013

그림 95 Bullit Center, Mill Hull, Seattle, 2013

그림 96 Bullit Center, Mill Hull, Seattle, 2013

그래스하퍼가 건축계에서 친환경 건축물 설계과정에 사용하기 시작한지 얼마되지 않아서 아직까지 실제로 사용된 사례가 많지는 않다. 하지만 사용하기 쉽고 다양한 프로

그램과의 손쉬운 호환성등으로 인해 무궁무진한 가능성을 가지고 있으므로 앞으로 친환경 설계분야에서 매우 중요한 설계도구로 사용될 것으로 보인다.

제7장. 참고문헌

정기간행물:

[1] 김동균, 윤경, 윤갑천, 김성식,김강수, 사무공간의 수평차양과 차폐계수 변화에 따른 방위별 부하 절감 방안에 관한 연구, 한국건축친환경설비학회 논문집, v.4 n.3, 2010.09
[2] 김미현, 서승직, 사무소건물의 가동식 수평차양에 대한 연구, 태양에너지(한국태양에너지학회 논문집), v.28 n.2, 2008.04
[3] 김영섭, 김경호, 김강수, 사무소건물의 투과체 및 차양계획을 위한 주광 및 열성능 평가, 대한건축학회논문집 계획계, v.16 n.12, 2000.12
[4] 김지연, 장월상, 최원기, 서승직, 다목적 외부 차양장치의 개발에 관한 이론적 연구, 한국태양에너지학회 춘계학술발표회 논문집, 2005.06
[5] 김진아, 윤성환, 사무공간의 냉난방 및 조명부하 저감을 위한 수평루버형 외부차양에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, Vol.28 No.10, 2012.10
[6] 김진아, 윤성환, 블라인드형 외부차양의 종류 및 반사율에 따른 건물에너지 저감효과 분석, 한국태양에너지학회 추계학술발표회 논문집, 2012.11
[7] 김효인, 재실자의 조명시스템 사용행태 및 시쾌적 조건에 따른 건물에너지 소비, 경희대학교 대학원 석사학위 논문, 2012
[8] 김윤정, 김정태, 동적 시뮬레이션을 이용한 차양방식에 따른 남향 교실의 주광환경평가, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 통권22호, 2012.05
[9] 권영준, 이태구, 조경민, 김주환, 냉난방에너지 최소화를 위한 차양 설계에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 : 통권21호, 2011.11
[10] 박주현, 김강수, 도서관 열람공간의 방위 및 루버시스템에 따른 주광성능 평가, 태양에너지(한국태양에너지학회 논문집) : v.26 n.3, 2006.09
[11] 박주현, 김강수, 소규모 사무공간 외피 존의 에너지 절감을 위한 투과체 및 차양계획에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, v.25 n.8, 2009.08
[12] 백상훈, 이강영, 손선우, 서승직. 접이식 차양장치의 최적 설계에 관한 이론적 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, v.27 no.1, 2007
[13] 백상훈, 손선우, 이강영, 서승직, 건물의 환경성능 개선을 위한 접이식 차양장치에 관한 연구, 한국태양에너지학회 추계학술발표회 논문집, 2007.11
[14] 이상길, 강기환, 유권종, 김준태, 냉,난방을 고려한 차양식 BIPV의 경사각에 대한 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집 : 통권22호, 2012.05
[15] 이상우 외, 건축환경계획론, 태림문화사, 2005
[16] 임상준, 서혜수, 김병선, 투명 유리 사무소 건물의 냉방부하 감소를 위한 적정 외부차양 배치에 관한 연구, 한국생태환경건축학회논문집, v.2 no.4, 2002
[17] 입태섭, 김병선, 업무용 건축물의 일사부하 저감을 통한 실내온열환경 개선에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 계획계, Vol.26 No.10, 2010
[18] 조진균, 유창우, 국내 초고층 공동주택의 냉방부하 저감을 위한 외부차양 적용성 및 에너지 분석에 대한 연구, 대한건축학회 논문집(계획계), v.26 n.12, 2010.12
[19] 최원기, 김의종, 민성혜, 서승직, 창 벽면적비 20%인 소규모 건물의 수평 차양장치의 민감도 분석, 대한건축학회논문집 계획계, v.21 no.12, 2005.12

[20] 최원기, 서승직, 건물의 환경성능 향상을 위한 독립형 외부 차양장치의 응용에 관한 연구, 대한건축학회논문집 계획계, v.22 n.4, 2006.04
[21] 최원기, 서승직, 독립된 외부 차양장치의 환경성능에 관한 평가-이론적 분석을 중심으로, 대한건축학회지, 제21권 제5호 통권 제199호, 2005.05
[22] 최원기, 서승직, 독립형 외부 차양장치의 일사량 분포에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 제24권 제1호, 2004.04
[23] 최원기, 서승직, 독립형 외부차양장치의 형태계수에 관한 평가, 대한건축학회논문집 계획계, v.20 n.4, 2004
[24] 최창대, 권순정, 김선숙, 창의 형태 및 차양 계획에 따른 다인 병실의 에너지 소비량과 주광조도의 평가 및 분석, 한국의료복지시설학회지, v.19 no.3, 2012
[25] Ana I. Palmero-Marero, Armando C. Oliveira, Effect of louver shading devices on building energy requirements, Applied Energy 87, 2040-2049, 2010
[26] Ana I. Palmero-Marrero, Armando C. Oliveira, Effect of louver shading devices on building energy requirements, Applied Energy 87 p.2040-2049, 2004
[27] C. Choi, S. Kwon and S. Kim: Energy Consumptions and Daylight Illumination levels of a Multi-beded Patien Room according to the Window Shapes and Shading, Journal of the Korea Institute of Healthcare Architecture Vol. 19, No. 3 (2012)
[28] Choi, Jaepil., Ahn, Euisoon., Lee, Taekyoung., Shin, Jaeseop., Lim, Janghyun., An Evaluation System for Thermal Performance of Parametric Exterior Louver Design Alternatives, Internationl Conference on Planning and Design, 2013
[29] Choi, J., Ahn, E., Lee, T., Shin, J., and Lim, J. (2013) “An Evaluation System for Thermal Performance of Parametric Exterior Louver Design Alternatives.” Paper Presented at the 7소 International Conference on Planning and Design, Taiwan.
[30] Choi, J., Lee, T., Ahn, E., Lim, J., Piao, G. (2013a) “An Evaluation System for Parametric Exterior Louver Designs Including Physical Surroundings.” Journal of the Architectural Institute of Korea, 29 (10), pp.91-98.
[31] Choi, J., Lee, T., Ahn, E., Lim, J., Piao, G. (2013b) “Evaluation of Parameters for Louver Design Algorithm based on Direct Solar Radiation Control Performance.” Paper presented at the 2ndGlobalConferenceonCivil,Structural,andEnvironmentalEngineering, China
[32] Georgiou, O., Richens, P., and Shepherd P. (2011) “Performance Based Interactive Analysis.” Computational Design Modeling Proceedings of the Design Modeling Symposium Berlin 2011, pp. 115-122.
[33] J. Park and K. Kim: A Study on the Optimization of Glazing and Shading Devices for Energy Savings in Perimeter Zones of a Small Office Space, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 25, No. 8 (2000)
[34] S. Lim, H. Seo and B. Kim: A Study on Designing a Proper External Shading Device to Diminish the Cooling Load of a Transparent Glazing Office Building, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment Vol. 2, No. 1 (2002)
[35] W. Choi and S. Suh: An Evaluation of Daylight Performance in the Reading Room of a Library according to Different Azimuths and Louver Systems, Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea Vol.24, No. 1 (2004)
[36] W. Choi and S. Suh: Evaluation of Environmental Performance for Detached Exterior Shading Device, Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea

Vol.24, No. 1 (2004)
[37] W. Choi and S. Suh: Evaluation of Configuration Factors for Separated Exterior Shading Device, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 20, No. 4 (2004)
[38] W. Choi, E. Kim, S. Min and S. Suh: Sensitivity Analysis of Overhangs in Small Scale Building with 20% Glazing-Vertical Wall Area Ratio, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 21, No. 4 (2005)
[39] W. Choi and S. Suh: Evaluation of Environmental Performance for Detached Exterior Shading Device, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 21, No. 5 (2005)
[40] Yoo, H., Lee, K., & Kang, H. (2009). Comparative analysis of the global solar horizontal irradiation in typical meteorological data. Journal of the Korean Solar Energy Society, Vol. 29, No. 6, 102-109.
[41] Jakubiec, J., & Reinhart, C. (2011). Diva 2.0: integrating daylight and thermal simulations using rhinoceros 3d, daysim and energyplus. Proceedings of Building Simulation 2011, 2202-2209.
[42] J. Kim, W. Jang, W. Cho and S. Suh: A Theoretical Study on the Development of Multi-Purpose Exterior Shading Device, Journal of the Korean Solar Energy Society (2005)
[43] J. Carmody and K. Haglund: External Shading Devices in Commercial Buildings_The Impact on Energy Use, Peak Demand and Glare Control, Center for Sustainable Building Research, University of Minnesota (2006)
[44] W. Choi and S. Suh: Application of Detached Exterior Shading Device for Improvement of Building Environment Performance, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 22, No. 4 (2006)
[45] J. Park and G. Kim: An Evaluation of Daylight Performance in the Reading Room of a Library according to Different Azimuths and Louver Systems, Journal of the Korean Solar Energy Society Vol. 26, No. 3 (2006)
[46] S. Paek, S. Son, K. Lee and S. Suh: A Study on Folding Shading Device for Improvement of Building Environment Performance, Proceeding of Annual Conference of the Korean Solar Energy Society (2007)
[47] S. Paek, K. Lee, S. Son and S. Suh: A Theoretical Study on the Optimal Design of Folding Shading Device, Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea Vol.27, No. 1 (2007)
[48] M. Kim and S. Suh: A Study on Design of Movable Horizontal Shading Device for Office Building, Journal of the Korean Solar Energy Society Vol. 28, No. 2 (2008)
[49] Nytsch-Geusen, C., Huber, J., and Ljubijankic, M. (2011) “Building and Plant Simulation Strategies for the Design of Energy Efficient Districts.” Computational Design Modeling Proceedings of the Design Modeling Symposium Berlin 2011, pp.171-180.
[50] J. Cho and C. Yoo: A Feasibility Study and Energy Analysis of Exterior Shading Device on Cooling Energy Demand for High-rise Residences, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 26, No. 12 (2010)
[51] John Carmody, Kerry Haglund, External Shading Devices in Commercial Buildings_ The Impact on Energy Use, Peak Demand, and Glare Control, Center for Sustainable Building Research, University of Minnesota, 2006
[52] A.I. Palmero-Marrero and A.C. Oliveira: Effect of louver shading devices on building

energy requirements, Applied Energy, p. 2040-2049 (2010)
[53] D. Kim, G. Yun, K. Yoon, S. Kim and K. Kim: A Study for Cooling Heating Load Reduction in Office Space with the Change of Overhangs Length and Shading Coefficient, Journal of KIAEBS Vol. 4, No. 3 (2010)
[54] Y. Kim, K. Kim and K. Kim: Evaluation of Daylighting and Thermal Performance for the Optimization of Glazing and Shading Device in an Office Building, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 16, No. 12 (2010)
[55] Y. Kwon, T. Lee, K. Cho and J. Kim: A Study on shading design to minimize heating and cooling energy demand, Proceeding of Annual Conference of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment (2011)
[56] Palmero-Marero, A. and Oliveira, A. (2010) "Effect of Louver Shading Devices on Building Energy Requirements." Applied Energy 87, pp. 2040-2049.
[57] S. Lee, G. Kang, G. Yu and J. Kim: Study on the optimum angle of BIPV(shading device) considering cooling and heating loads , Proceeding of Annual Conference of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment (2012)
[58] Y. Kim and J. Kim: Daylight Environment Assessment of South Facing Classrooms With Different Shading Devices Using Dynamic Simulation, Proceeding of Annual Conference of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment (2012)
[59] J. Kim and S. Yoon: An Analysis on Building Energy Reduction Effect of Exterior Venetian Blind According to Orientation and Reflectance of Slat, Proceeding of Annual Conference of the Korean Solar Energy Society (2012)
[60] J. Kim and S. Yoon: A Study on Exterior Horizontal Louvers of Office Space to Reduce Heating, Cooling and Lighting Loads, Journal of the Architectural Institute of Korea Vol. 28, No. 10 (2012)
[61] J. Choi, E. Ahn, T. Lee, J. Shin and J. Lim: An Evaluation System for Thermal Performance of Parametric Exterior Louver Design Alternatives, Journal of ICPD (2013)
[62] Kolarevic, B. and Malkawi, A. (2005) Performative Architecture- beyond instrumentality. New York: Spon Press.
[63] 한국태양에너지학회, 대한민국 표준 기상 데이터, (Registration No.2013-Seoul-R-012,2013-Gwangju-R-007,2013-Daejeon-R-008,2013-Busan-R-008)
[64] Solemma, LLC. (2012) DIVA for Rhino 2.0. http://diva4rhino.com/

단행본:

[1] Carles Broto, Apartment Buildings : Plan Atras, Pageone, 2009
[2] Jenny Lovell, Building Envelopes: An integrated Approach, Princeton Architectural Press, 2010
[3] Lara Menzel, Office Architecture + Design, Braun, 2009
[4] Mary Guzowski, Towards Zero Energy Architecture: New Solar Design, Laurence King Publishing, 2010
[5] Philip Jodidio, Green Architecture Now, Taschen, 2012
[6] Rainer Hascher, Simone Jeska, Birgit Klauck, A Design Manual Office Building,

Birkhauser, 2002
[7] Richard Hyde, Climate Responsive Design, Spon Press, 2000
[8] Sara Goldsmith, Vitamin Green, Phaidon Press, 2012
[9] Scott Murray, Contemporary Curtain Wall Architecture, Princeton Architectural Press, 2009
[10] Sergi Costa Duran, Julio Fajardo, The Sourcebook of Contemporary Green Architecture, Collins Design, Loft Publication, 2011

부 록

1. 외부차양 설계 알고리즘 사용 매뉴얼
2. 최종성과물 총람

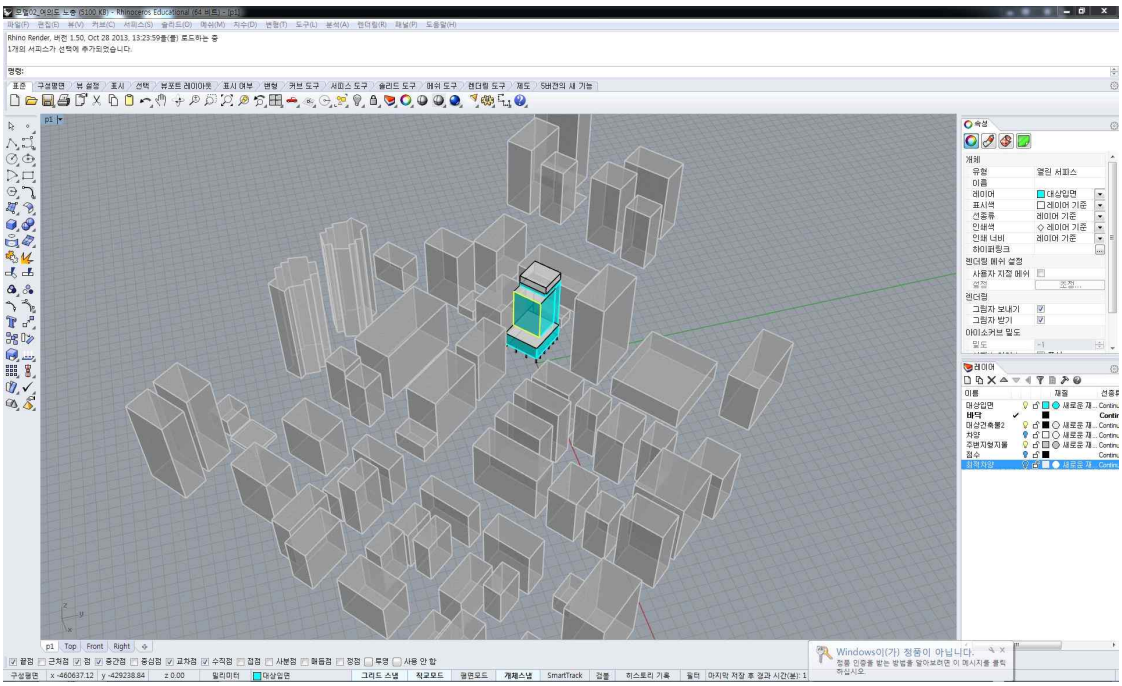
직달일사량에 따른 맞춤형 외부차양 설계 알고리즘 사용 매뉴얼

사용전 주의사항:

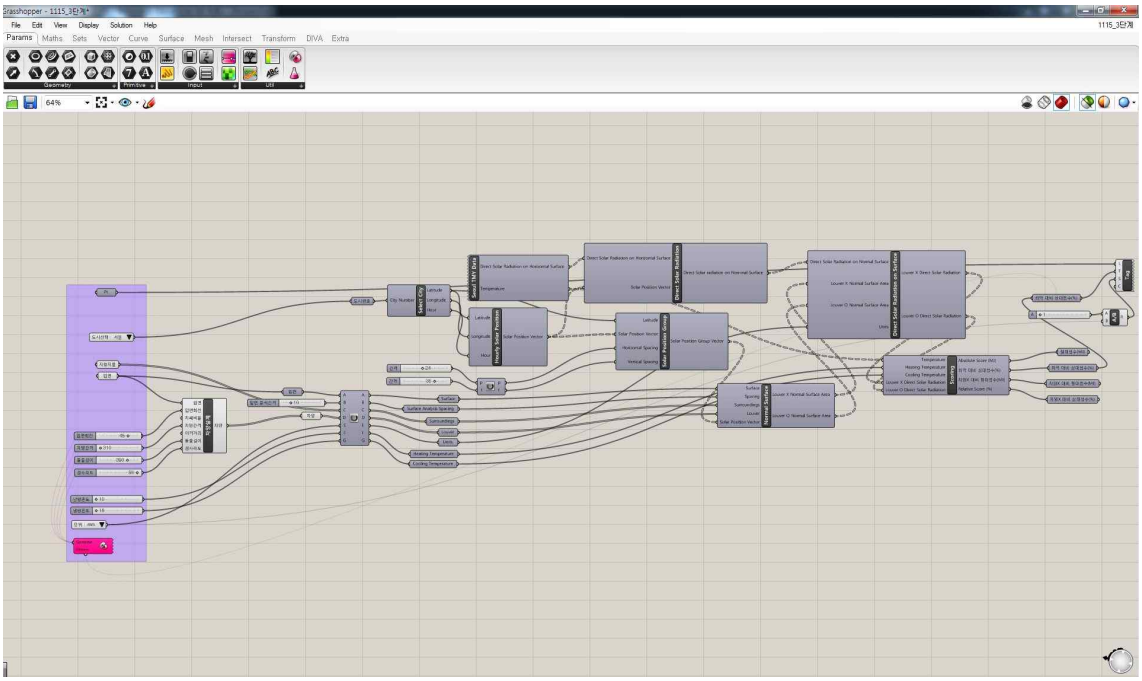
1. 본 알고리즘은 Rhinoceros 3D 프로그램의 플러그인 Grasshopper의 파일 형식입니다. 본 알고리즘을 사용하기 위해서는 최신 버전의 Rhinoceros 3D프로그램과 Grasshopper가 설치되어 있어야 합니다.
2. 본 알고리즘에서 사용하는 기후정보는 한국태양에너지학회에서 제공하는 표준기상데이터를 사용하고 있습니다. 본 알고리즘을 상업적으로 이용하려면 한국태양에너지학회의 표준기상데이터를 구매 후 사용하여야합니다.
3. 본 알고리즘은 Rhinoceros 3D 프로그램의 플러그인 DIVA for Rhino를 사용하여 태양의 위치를 추적합니다. 본 알고리즘을 상업적으로 이용하려면 DIVA for Rhino를 구매 후 사용하여야합니다.

사용매뉴얼

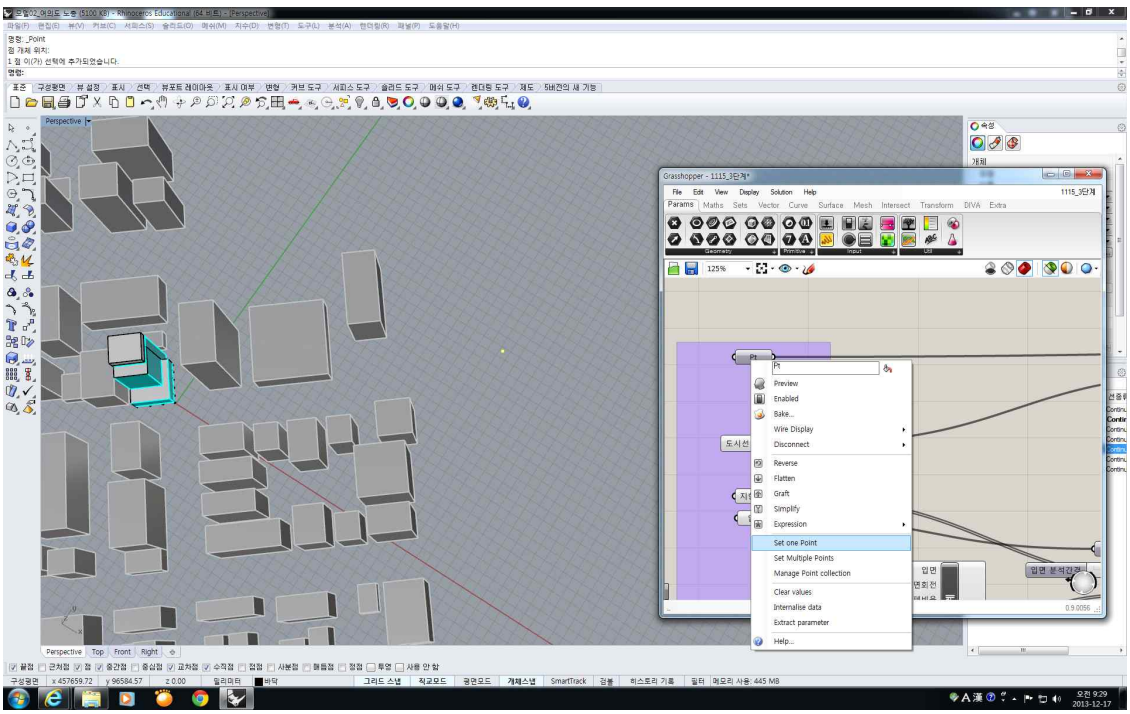
1. 분석대상 입면과 주변 지형지물을 Rhinoceros 3D 프로그램상에서 모델링합니다. 이때 Grid의 녹색축이 North (북쪽)을 가리키도록 건물을 배치합니다. 또한 분석대상 입면은 flat surface여야 합니다. 차양의 점수가 Rhino상에서 표시되길 원한다면 Point 1개를 모델 주변에 생성합니다.



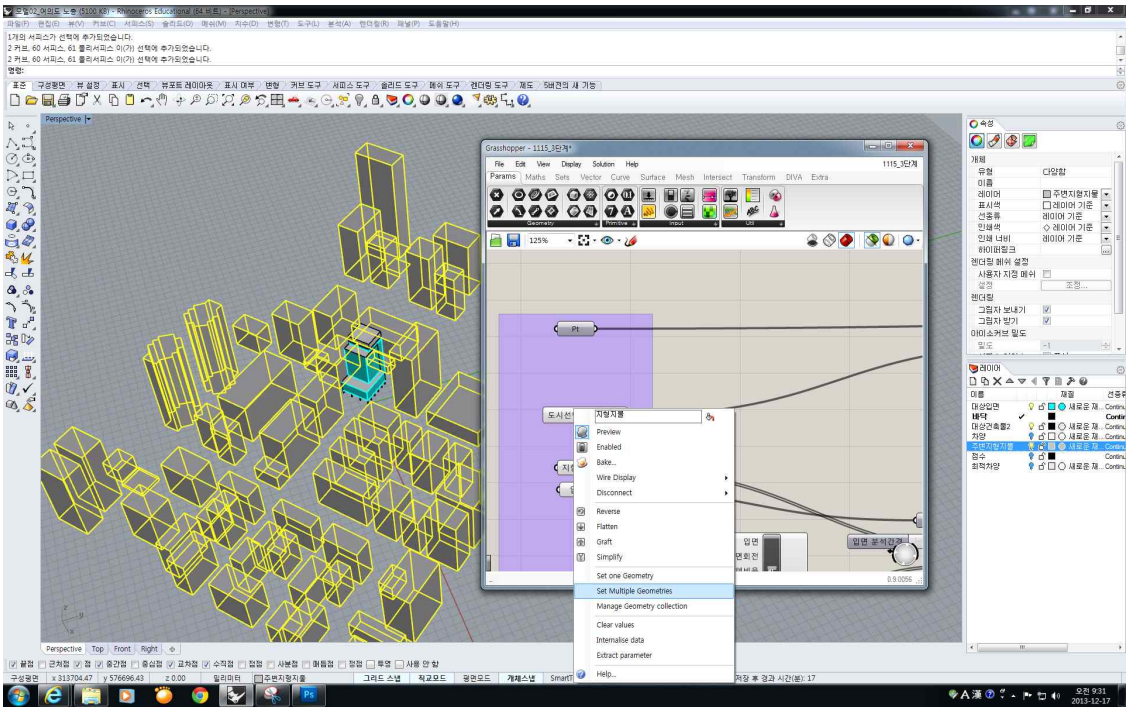
2. Grasshopper를 열고 본 알고리즘 파일을 Load합니다.



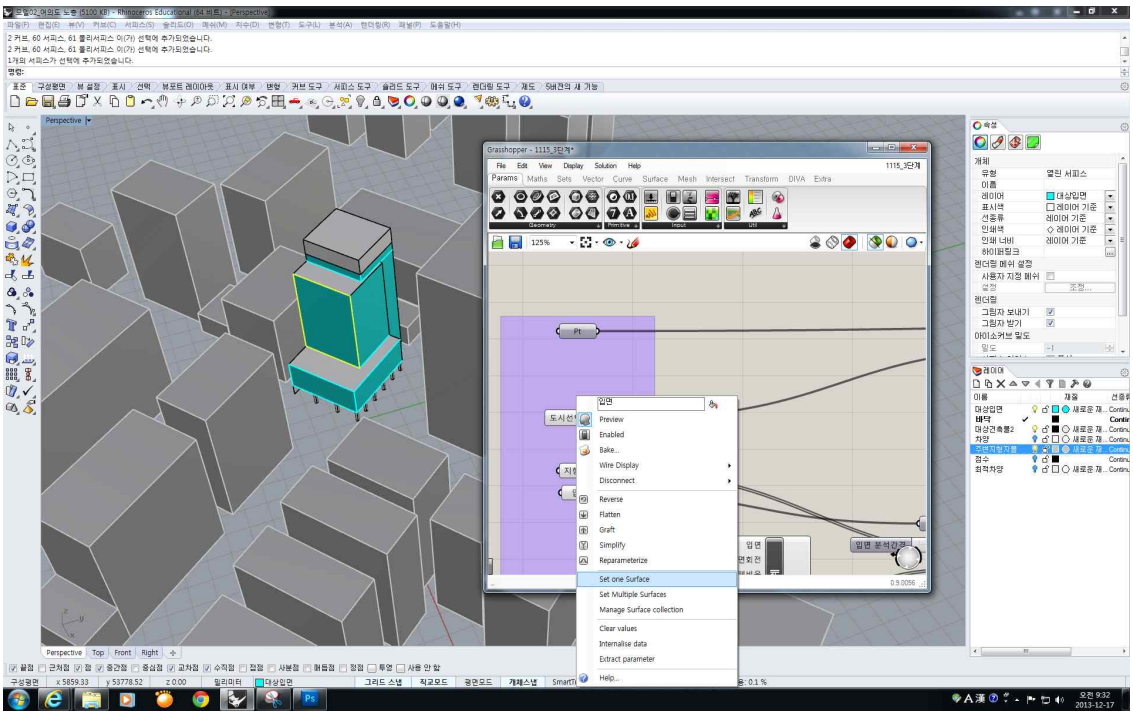
3. 생성한 포인트를 선택한 후 그래스하퍼 알고리즘 파일상의 Pt에 입력합니다. 그래스하퍼의 Pt를 우 클릭한 후 Set one Point를 선택합니다.



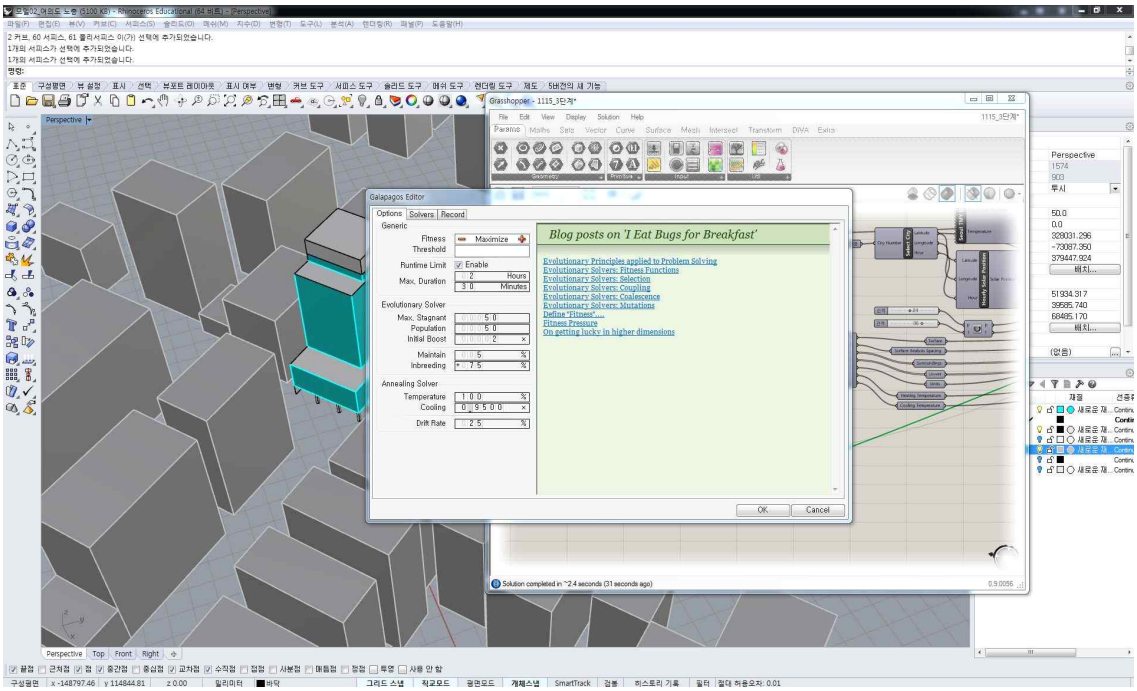
4. 주변 지형지물을 선택한 후 그래스하퍼 알고리즘 파일에 같은 방법으로 입력합니다. 주변 지형지물이 여러 개일 경우 set multiple geometries를 선택합니다.



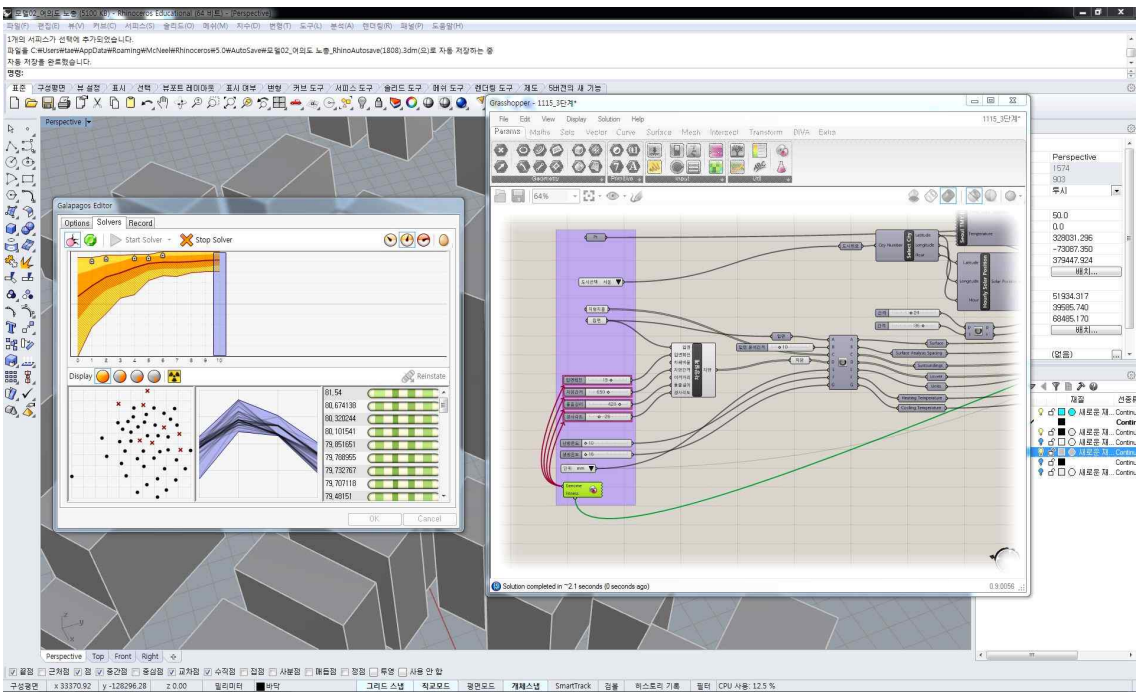
5. 분석대상 입면도 같은 방법으로 그래스하퍼 알고리즘 파일에 입력합니다. 입면은 한번에 한 Surface만 가능합니다.



6. 도시선택 탭에서 도시를 선택하고 원하는 냉난방 시작 실외온도를 정합니다. 단위도 mm와 m 중에 선택할 수 있습니다.
7. Galapagos 탭을 클릭하여 Galapagos Editor를 시작합니다. 시간제한을 걸어두는 것이 사용하기에 편리합니다. 단, 제한된 시간 안에 최적의 안을 찾지 못할 수 있습니다.



8. Galapagos Editor의 Solver 탭을 열고 Start Solver버튼을 누릅니다. 이제 최적안을 찾기 시작할 것입니다. 우측 하단에 점수가 보이며 가장 높은 점수가 가장 위에 위치합니다. 가장 높은 점수를 클릭하면 그래스하퍼 알고리즘 파일상의 형태변수의 세팅이 그 점수의 안으로 바뀌면서 최적의 형태변수 세팅을 나타냅니다.



붙임

국토교통기술연구개발사업
성과총람 원고

주관연구기관명	서울대학교 산학협력단
연 구 책 임 자 명	최 재 필

Ⅰ. 과제 기본정보

사업명	첨단도시개발사업	
최상위과제명		
(핵심·세부) 과제명	일사량에 따른 맞춤형 차양장치 설계기법 개발	
연구책임자 정보	(성 명) 최 재 필 (전 화) 02-880-7490 (이메일) jpchoi@snu.ac.kr (소 속) 서울대학교 건축학과	

Ⅱ. 연구개발 배경 및 목표

1. 연구배경

○ 커튼월 건축물의 과도한 냉난방 에너지 부하문제

○ 직달일사 차단에 효과적인 외부차양 설계에 관한 연구의 부재

○ 디지털 건축설계기법과 친환경 건축설계기법의 결합

2. 연구목표

○ 외부차양의 연중 직달일사량 조절 성능 평가 알고리즘 개발

○ 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발

○ 외부차양 최적화 알고리즘 개발

Ⅲ. 연구개발 내용 및 결과물

1. 주요 연구내용

(1) 외부차양의 연중 직달일사량 조절 성능 평가 알고리즘 개발

○ 지역별 기후데이터를 바탕으로 일조 시뮬레이션 환경 구축

○ 직달일사량 분석 및 최적화를 위한 평가지표 개발

○ 사용자가 지정한 이상적 조건을 최적화 기준 지표로 활용

(2) 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발

○ 기존 차양의 형태 유형 분석

○ 직달일사량에 영향을 미치는 차양 형태 변수 분석

○ 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발

(3) 외부차양 최적화 알고리즘 개발

○ 사용자가 지정한 직달일사량 조절 조건에 최적화

○ 외부차양 최적화 알고리즘 개발

○ 환경성능평가 소프트웨어를 활용한 검증

2. 연구개발 결과

※ 관련사진을 반드시 첨부하고, 캡션으로 설명

(1) 직달일사량 조절 성능평가 알고리즘

○ 직달일사량 조절 성능평가 점수체계

$$S = -E_{dc} - (E_{dhb} - E_{dh})$$

여기서,

S : 차양 성능평가 절대점수 (MJ)

E_{dc} : 평가대상 차양의 냉방기 연중 직달일사량 (MJ)

E_{dhb} : 이상적 차양의 난방기 연중 직달일사량 (MJ)

E_{dh} : 평가대상 차양의 난방기 연중 직달일사량 (MJ)

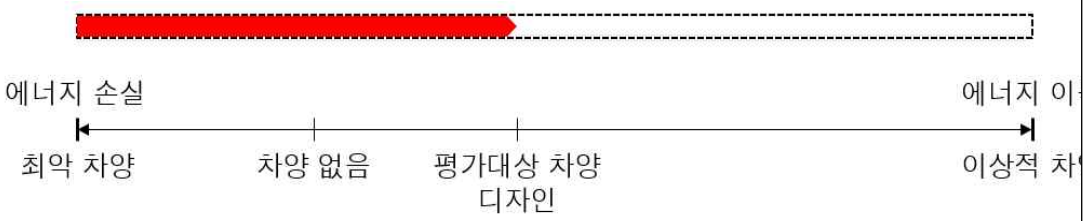
$$S_R = (1 - S/S_w) \times 100 \qquad (2)$$

여기서,

S_R : 차양 성능평가 상대점수 (점)

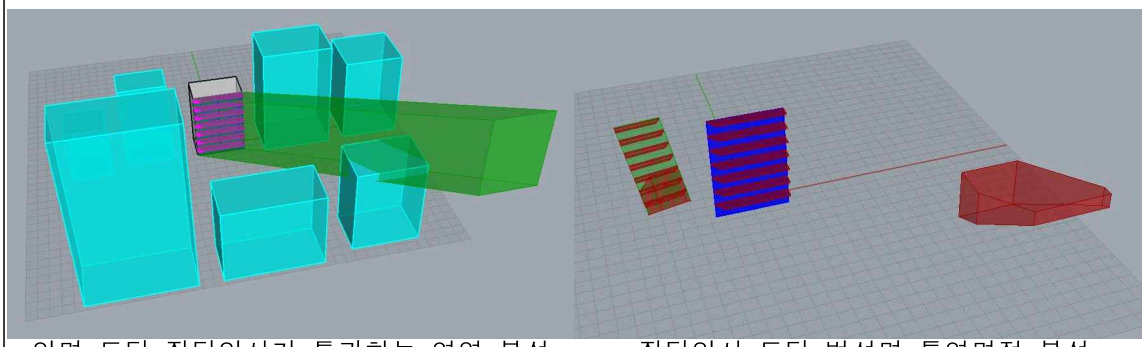
S : 차양 성능평가 절대점수 (MJ)

S_w : 최악 차양의 성능평가 절대점수 (MJ)



평가점수 설계

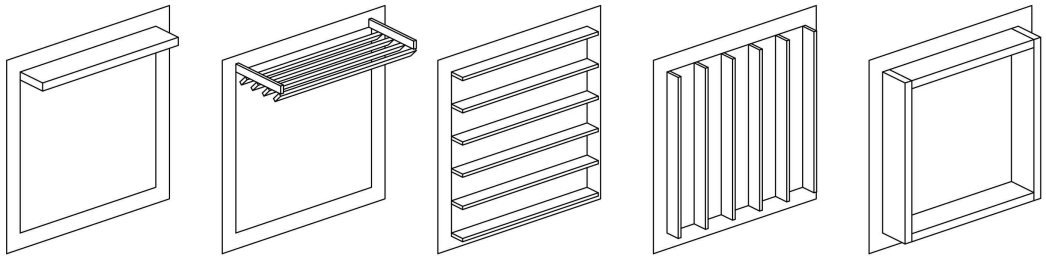
○ 주변 지형지물을 고려한 성능평가



입면 도달 직달일사가 통과하는 영역 분석　　직달일사 도달 법선면 투영면적 분석

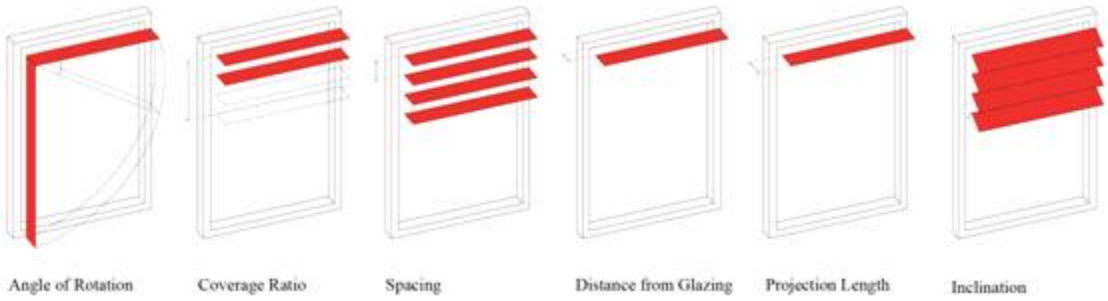
(2) 파라메트릭 외부차양 설계 알고리즘 개발

○ 기존차양 유형 분석



기존 차양 유형: 처마형, 블레이드처마형, 수평블레이드형, 수직패널형, 테두리형 (왼쪽부터)

○ 외부차양 형태변수 도출

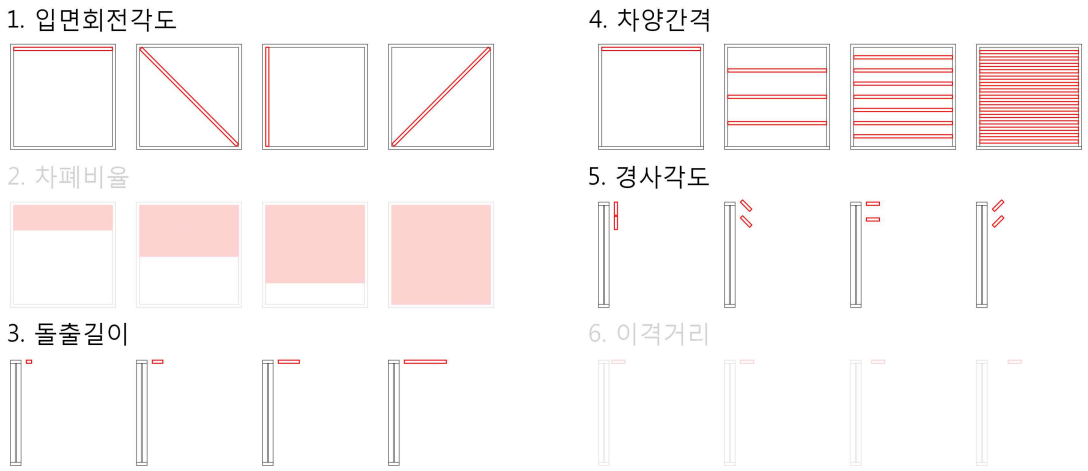


외부차양 형태변수 도출

○ 직달일사량 조절에 영향을 미치는 차양 형태 변수 분석

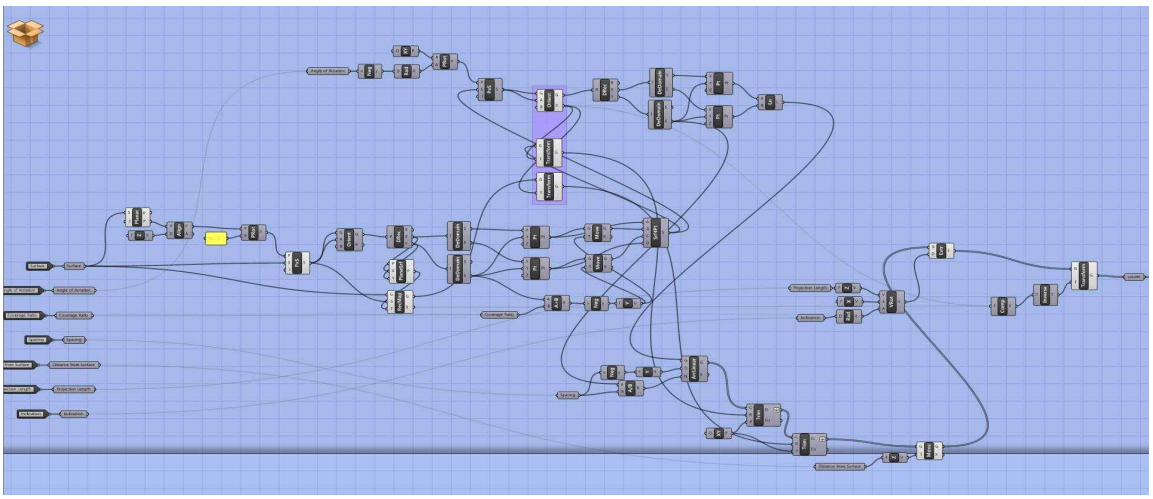
표 55 형태변수의 직달일사량 조절 성능 민감도 테스트 결과(편차)

Parameter	West	Southwest	South	Southeast	East
Angle of Rotation	35 ~ 63 (28)	48 ~ 74 (26)	52 ~ 84 (32)	41 ~ 80 (39)	36 ~ 73 (37)
Coverage Ratio	40 ~ 63 (23)	56 ~ 72 (16)	74 ~ 84 (10)	72 ~ 80 (8)	56 ~ 73 (17)
Spacing	49 ~ 82 (33)	63 ~ 74 (11)	80 ~ 86 (6)	76 ~ 81 (5)	63 ~ 78 (15)
Distance from the Glazing	60 ~ 63 (3)	67 ~ 72 (5)	78 ~ 84 (6)	78 ~ 80 (2)	67 ~ 73 (6)
Projection Length	38 ~ 79 (41)	55 ~ 74 (19)	73 ~ 84 (11)	72 ~ 81 (9)	55 ~ 77 (22)
Inclination	29 ~ 65 (36)	39 ~ 73 (34)	38 ~ 84 (46)	44 ~ 80 (36)	32 ~ 73 (41)



직달일사량 조절에 영향을 미치는 형태변수

○ 외부차양 파라메트릭 설계 알고리즘 개발

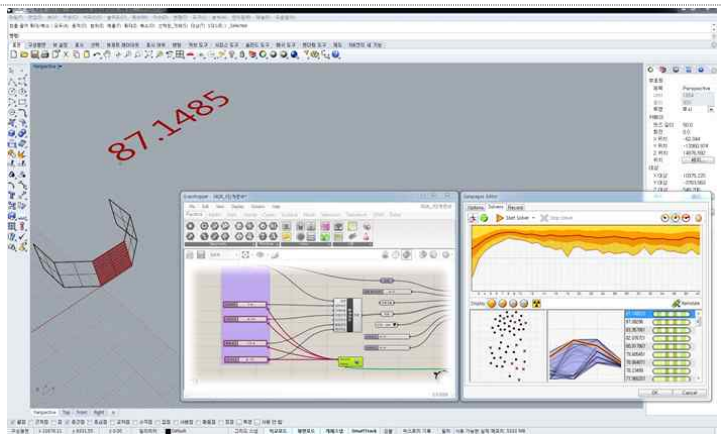


파라메트릭 루버 디자인 알고리즘

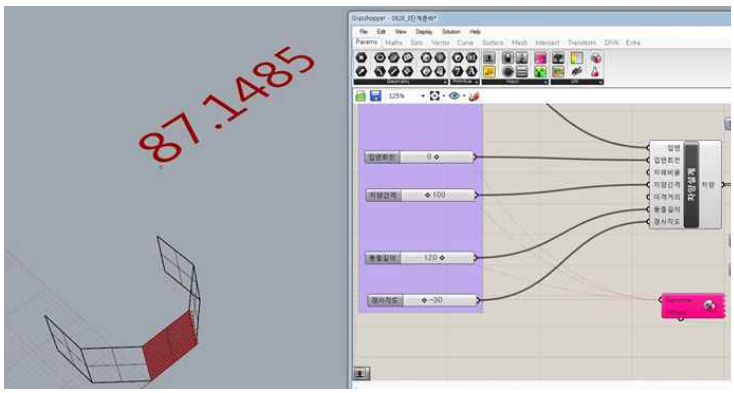
(3) 외부차양 최적화 알고리즘 개발

○ 사용자가 지정한 직달일사량 조절 조건에 최적화

○ 외부차양 최적화 알고리즘 개발



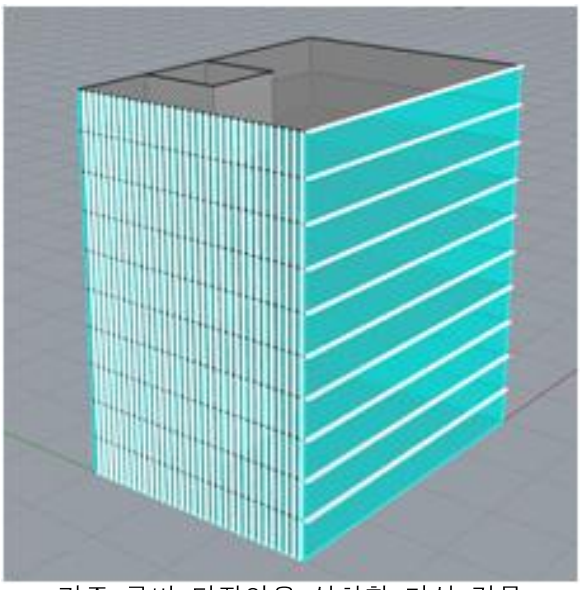
외부차양 평가 알고리즘과 파라메트릭 설계 알고리즘과 연계한 최적화 알고리즘



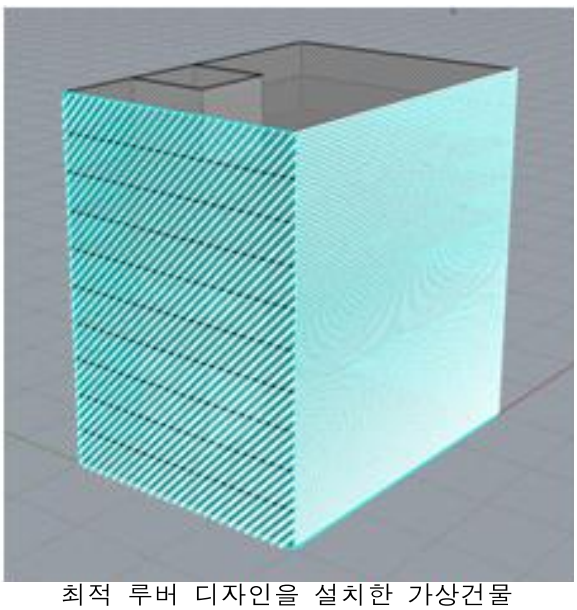
사용자가 냉난방 온도 설정 및 형태변수 조절 가능

○ 환경성능평가 소프트웨어를 활용한 검증

오토데스크의 에코텍트를 활용하여 본 알고리즘으로 도출한 최적안과 기존의 일반 차양과의 성능비교 결과 기존차양대비 145% 냉난방 에너지 절감 효과 검증



기존 루버 디자인을 설치한 가상 건물



최적 루버 디자인을 설치한 가상건물

표 연간 냉난방 에너지 부하 분석 (Ecotect Analysis 2011).

Month	No Louver			Existing Louver Design			Best Performing Louver Design		
	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)	Heating (Wh)	Cooling (Wh)	Total (Wh)
Jan	38,472,736	0	38,472,736	38,935,960	0	38,935,960	39,609,524	0	39,609,524
Feb	25,549,694	0	25,549,694	26,037,166	0	26,037,166	26,741,144	0	26,741,144
Mar	6,203,785	0	6,203,785	6,426,280	0	6,426,280	6,753,406	0	6,753,406
Apr	1,458	2,331,326	2,332,784	2,057	2,264,277	2,266,335	2,464	2,138,516	2,140,980
May	0	30,992,158	30,992,158	0	29,873,366	29,873,366	0	28,137,136	28,137,136
Jun	0	45,665,952	45,665,952	0	44,420,684	44,420,684	0	42,531,568	42,531,568
Jul	0	54,930,372	54,930,372	0	53,726,300	53,726,300	0	52,000,336	52,000,336
Aug	0	66,360,108	66,360,108	0	65,131,360	65,131,360	0	63,370,744	63,370,744
Sep	0	41,643,540	41,643,540	0	40,811,020	40,811,020	0	39,601,672	39,601,672
Oct	0	9,087,996	9,087,996	0	8,832,242	8,832,242	0	8,457,029	8,457,029
Nov	5,491,896	1,017,831	6,509,726	5,656,284	962,963	6,619,246	5,890,958	795,175	6,686,132
Dec	20,926,790	0	20,926,790	21,306,616	0	21,306,616	21,853,560	0	21,853,560
Total	96,646,360	252,029,280	348,675,648	98,364,360	246,022,208	344,386,560	100,851,056	237,032,160	337,883,200
PER m²	8,054	21,002	29,056	8,197	20,502	28,699	8,404	19,753	28,157

3. 연구개발 성과

(1) 공공적 성과

○
○
○

(2) 기술적 성과

○
○
○

(3) 학술적 성과

○ 국내 학술지 논문 1건

최재필, 이태경, 안의순, 박근송, 임장현 (2013) 주변 지형지물을 고려한 외부차양의 연중 직달일사량 성능평가 알고리즘 개발 연구, 대한건축학회논문집 계획계 V.29, n.10

○ 국외 학술발표 2건

An Evaluation System For Thermal Performance of Parametric Exterior Louver Design Alternatives, 7th ICPD, 2013, Taiwan

Evaluation of Parameters for Louver Design Algorithm based on Direct Solar Radiation Control Performance, 2nd GCCSEE, 2013, China

(4) 경제적 성과

○
○
○

(5) 기타 성과

○
○
○

Ⅳ. 활용계획 및 기대효과

1. 활용계획

○ 중소 설계업체를 비롯한 국내 설계업체에 기술이전을 통해 신축 프로젝트에 활용

○ 차양 평가를 초기 설계 단계에서 손쉽게 할 수 있는 프로그램 배포

○ 노후한 기존 건축물의 리모델링 프로젝트에 활용

○ 디지털 친환경 설계 기법의 예로 건축학과 학생들의 설계 교육에 활용

2. 기대효과

○ 본 알고리즘을 활용하여 설계한 건축물의 냉난방 에너지 사용량 절감 효과

○ 노후한 기존 건축물의 리모델링에 활용할 시 냉난방 에너지 사용량 절감 효과

○ 국내 설계 업체의 경쟁력 확보

○ 디지털 기반의 친환경 설계 교육으로 건축교육의 선진화

3. 선진 기술수준과의 기술격차 해소

○ 2013년 현재 설계 알고리즘 개발 분야는 선진국에서도 초기단계에 있는 상황이며 많은 실험들이 진행 중에 있다. 국내에서는 설계 알고리즘의 개발연구가 드물며, 본 연구진은 실제 설계과정에서 활용이 가능한 알고리즘으로 개발하였으므로 선진 기술수준과 동등한 수준으로 기술 격차를 해소하였다.

○ 성능기반의 외부차양의 설계에 관한 연구가 드문 가운데 본 연구진은 외부차양 설계에 관한 심도 있는 연구를 진행하였으므로 이 분야에서 선진 기술수준과의 격차를 해소하였다.

주 의

1. 이 보고서는 국토교통부에서 시행한 “일사량에 따른 맞춤형 차양장치 설계 기법 개발” 사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토교통부에서 시행한 사업의 연구결과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.