



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

工學碩士 學位論文

퍼지 추론을 이용한 자동 롤러 셰이드
제어 시스템에 관한 연구

A Study on the automated roller shade control
system using Fuzzy Inference

指導教授 李尙培

2012年 2月

韓國海洋大學校 大學院

電子通信工學科

林眞康

목 차

Abstract

제1장 서론	1
1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	3
제2장 자동 롤러 쉐이딩 시스템	4
2.1 주광의 유용성	4
2.2 개요 및 구성요소	4
2.3 하드웨어 구성	6
2.4 제어 방법	6
제3장 퍼지제어 시스템	8
3.1 퍼지이론의 개요	8
3.2 보통집합과 퍼지집합 및 연산	8
3.3 퍼지추론	12
3.4 퍼지제어기의 구성	13
제4장 자동 롤러 쉐이딩 시스템의 구현	18
4.1 일영각을 이용한 롤러 쉐이드 높이제어 알고리즘	18
4.2 퍼지추론을 이용한 롤러 쉐이드 높이제어 알고리즘	23
4.3 자동 롤러 쉐이딩 시스템의 하드웨어 구현	26
제5장 실험 및 결과	33
5.1 실험 방법	33
5.2 실험 결과	35

제6장 결론	38
참고문헌	40
감사의 글	42



표 목 차

표 1. 주광의 유용성 -----	4
표 2. 계산방법에 따른 태양 변위의 오차 -----	21
표 3. 데이터 입력의 예 -----	22
표 4. 조도값에 따른 Fuzzy set -----	23
표 5. 균제도에 따른 Fuzzy set -----	24
표 6. 셰이더 높이 제어량에 따른 Fuzzy set -----	24

그림 목 차

그림 1. 국내와 미국의 건축물 에너지 사용률 -----	2
그림 2. 연구의 흐름 -----	3
그림 3. 롤러 셰이드의 설치 예 -----	5
그림 4. 태양고도에 따른 롤러 셰이드의 높이 -----	5
그림 5. 전동 롤러 셰이딩 시스템의 하드웨어 구성 -----	6
그림 6. 롤러 셰이드 높이제어 개념도 -----	7
그림 7. 보통집합과 퍼지집합의 표현 -----	9
그림 8. 퍼지 집합 \tilde{A}_1 와 \tilde{A}_2 의 교집합 -----	11
그림 9. 퍼지 집합 \tilde{A}_1 와 \tilde{A}_2 의 합집합 -----	11
그림 10. 퍼지 집합 \tilde{A}_1 의 여집합 -----	11
그림 11. Mamdani의 추론 -----	13
그림 12. 퍼지 제어기의 기본구조 -----	14
그림 13. 퍼지 추론 과정 -----	15
그림 14. 다변수 구조 퍼지시스템의 블럭도 -----	17
그림 15. 일영각을 통한 제어시스템의 블럭도 -----	18
그림 16. 일영각의 개념도 -----	20
그림 17. 방위각과 태양고도의 결과값의 예 -----	20
그림 18. 입력에 따른 결과값 출력의 예 -----	23

그림 19. 퍼지 추론을 통한 롤러 웨이드의 높이 제어값 결정	26
그림 20. H/W구성의 블록도	26
그림 21. 7805의 standard 회로도 및 핀 배치도	27
그림 22. 7805의 회로도	27
그림 23. CDS Cell 회로도	28
그림 24. DS-1302핀 배치도	28
그림 25. DS-1302 회로도	29
그림 26. DS-1302의 읽기/쓰기 data진행도	29
그림 27. 제어부 동작의 블록도	29
그림 28. 제어부 회로도	30
그림 29. TA8050P의 내부 블록다이아그램	31
그림 30. 구동부 회로도	31
그림 31. 자동 롤러 웨이딩 시스템	32
그림 32. 구현한 롤러 웨이드 높이제어 보드	32
그림 33. 조도측정 위치	33
그림 34. 시스템 적용 모습	34
그림 35. 천장에 설치된 CDS Cell 모듈	34
그림 36. 모니터링 프로그램	34
그림 27. 10시의 결과값	35
그림 28. 12시의 결과값	36
그림 29. 14시의 결과값	36
그림 40. 16시의 결과값	37
그림 41. 시간에 따른 균제도	37

A Study on the automated roller shade control system using Fuzzy Inference

IM JIN-KANG

*Department of Electronics & communications Engineering
Graduate School of
Korea Maritime University*

ABSTRACT

Currently the world is facing the energy problems. So energy saving have become a big issue. But the building's energy usage is increasing by the higher, larger, specialization buildings. 22% of total energy usage is lighting energy. So reducing the lighting energy is large part of reducing building's energy usage. Current, using light to save energy are being research actively. Among the ways to use daylight, there are automated roller shading system. That adjust roller shade height through the sun's change. Automated roller shading system can block direct sunlight and enter useful sunlight. In this paper, for knowing the usefulness of automated roller shading system using fuzzy inference, build automated roller shading system of two cases(using fuzzy inference and using sun's changing) and compare system using the fuzzy inference with system using the sun's changing. As a result, fuzzy control system has higher intensity of illumination and uniformity factor than using sun's changing automated roller shade system.

제 1 장 서 론

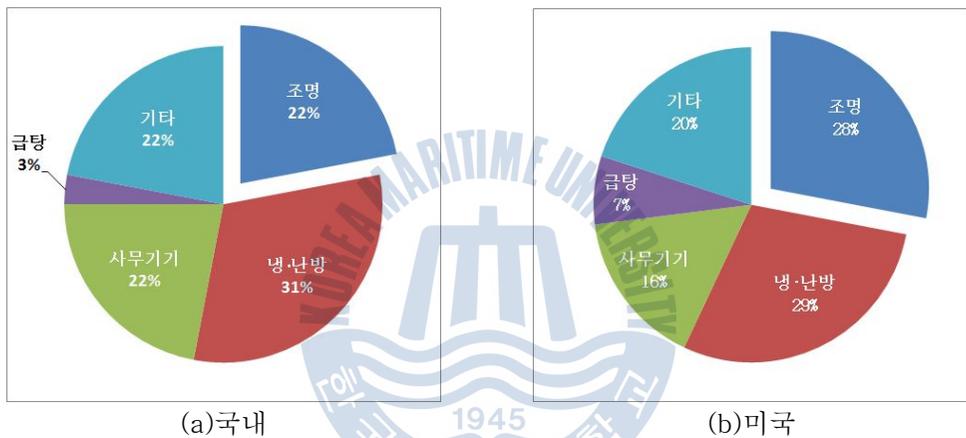
1.1 연구의 배경 및 목적

최근 지구온난화에 따른 영향으로 기후 변화에 대한 여러 가지 환경적인 문제 점들이 대두되고 있다. 2007년에 발표된 제4차 IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change) 보고서에 의하면 대기의 이산화탄소 농도는 1750년 280ppm에서 2005년 379ppm으로 약 35% 증가하였다. 지난 10년 동안 증가한 CO_2 농도는 과거 50년 이후 가장 크게 증가한 값이다. 또한 다른 온실가스인 메탄(CH_4)과 이산화질소(N_2O)의 농도도 1750년 이후 각각 148%와 18%가 증가하였다.^[1] 이 보고서에서는 향후 20년 동안 SRES 배출 시나리오 범위에 대하여 약 $0.2^{\circ}C/10$ 년 상승률로 온난화가 진행될 것으로 전망하고 있다. 이러한 지구온난화 영향에 의해 빙하감소, 홍수, 가뭄 및 사막화 등의 지구환경에 악 영향을 미치고 있다. 우리나라 또한 지난 100년간 지구 평균의 2배인 $1.5^{\circ}C$ 상승하였으며, 제주지역 해수면은 지난 40년간 세계 평균의 3배인 22cm가 상승하였다. 이렇게 우리나라의 기후변화 진행속도는 세계 평균을 상회하고 있다. 이와 같은 급속한 기온상승으로 집중호우 및 태풍이 빈번하게 발생하여 막대한 인명 및 재산상의 피해가 초래되고 있다. 예로 2002년 8월 태풍 루사로 강릉지역에 하루 870mm의 비가 내려 일 최대강수량 기록을 경신하면서 인명 피해 246명, 농경지 3만여 ha 침수 등 5조원이 넘는 재산피해를 남겼으며, 2003년도에도 태풍 매미로 전국에서 130명의 인명피해와 4조7천800억원의 재산피해가 있었다. 이러한 지구 온난화를 방지하려는 움직임이 세계 각 국에서 활발하게 진행되고 있다. 대표적인 예로 2008~2012년 사이에 오스트레일리아, 캐나다, 미국, 일본, 유럽연합(EU) 회원국 등 총 38개국이 온실가스 총 배출량을 1990년 수준보다 평균 5.2% 감축하여야 한다는 교토의정서가 있다. 우리나라의 경우 2011년 7월 12일 국무회의에서 2020년까지 온실가스 배출 전망치인 8억 1300만 t CO_2 대비 30%인 2억 4400만 t CO_2 을 감축한다는 목표안을 확정 했다.

영국의 에너지 기업인 BP(British Petroleum)에서 발표한 자료에 따르면 우리나라는 전 세계 에너지 소비량의 2.1%를 차지해 중국, 미국, 러시아, 인도, 일본에 이어 세계 10위(2010년 기준)를 기록했다. 이는 우리나라가 에너지 사용

효율이 낮음을 의미한다. 에너지 수입 의존도가 약 97%로 OECD국가 최상위에 속 하는 우리나라에서 에너지 사용 효율이 낮음은 중요한 문제일 수밖에 없다. 에너지 사용량을 줄이는 근본적인 방법도 중요하지만 이에 못지않게 허용된 에너지를 효율적으로 사용하는 방법도 중요하다. 2009년 기준 건물 분야에 사용되는 에너지는 전체 에너지 사용량의 22%이고 계속되는 건물의 초고층화, 대형화 등의 이유로 에너지 사용량이 점차 증가할 전망이다.

국내와 미국의 건축물 에너지 사용률은 그림 1과 같으며, 이중 조명 에너지는 각각 22%(국내), 28%(미국)로 나타났다.^{[2][3]} 이런 결과로 조명 에너지의 사용률을 줄이면 건축물 전체의 에너지 절약에 큰 영향을 줄 수 있다.



(a)국내 (b)미국
그림 1. 국내와 미국의 건축물 에너지 사용률

건축조명 분야에서는 조명 에너지절약을 위해 주광을 적극적으로 활용하는 연구를 하고 있다. 주광은 풍력, 수력 등과 더불어 무한청정에너지이고 생물·심리학적으로도 많은 장점이 있다. 이러한 주광을 이용한 조명시스템으로 대표적으로 조광제어시스템을 들 수 있다. 조광제어시스템은 주광의 세기에 맞춰 건물 내부의 조명의 세기를 조절하는 시스템이다. 이런 조광제어시스템은 주광의 유입깊이를 조절하는 롤러 셰이딩 시스템과 통합하여 좀 더 좋은 효율을 낼 수 있다.

본 논문에서는 조명에너지를 절약하기위한 시스템 중 롤러 셰이딩 시스템을 퍼지 추론을 통하여 주광의 유입깊이를 조절하고 좀 더 좋은 효율을 가지게 할 것이다. 이는 조광제어시스템의 효율을 향상 시킬 것이고 더 나아가 에너지 효

유효성에 기여 할 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 그림 2와 같이 이론연구, 시스템 구현, 결과 및 고찰, 결론의 단계로 진행 되었다. 이론연구 단계에서는 자동 롤러 웨이딩 시스템의 하드웨어 구성과 제어 알고리즘 등에 관한 분석과 이런 이전의 알고리즘을 대체할 퍼지추론에 관해 분석 하였다. 시스템 구현 에서는 앞서 연구한 이론에 맞춰 실제로 자동 롤러 웨이딩 시스템을 구현 하였다. 먼저 기존의 알고리즘을 활용하여 롤러 웨이딩 시스템을 구현하고 다음으로 퍼지추론을 활용하여 시스템을 구현 하였다. 이렇게 구성된 2가지의 경우와 차양 장치가 없을 경우까지 합하여 총 3가지의 경우를 통하여 실험 및 비교할 예정이다. 이러한 실험의 결과를 비교하여 효율의 높고 낮음을 판별하는 기준으로는 측정된 공간에서 조도에 의한 빛이 균일한 정도를 나타내는 균제도의 크기를 통하여 판단하였다.

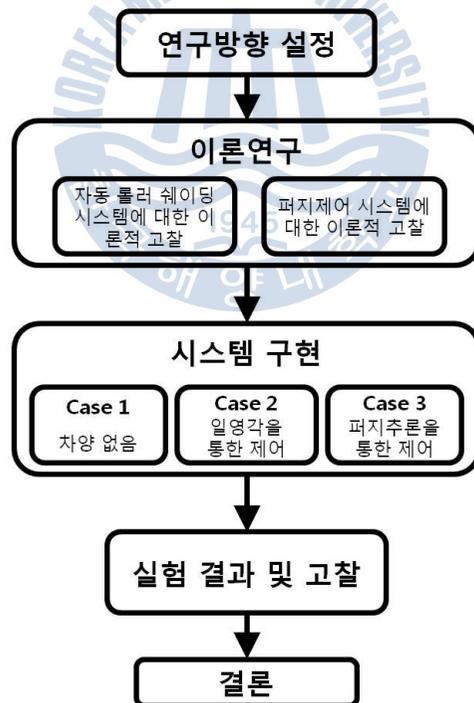


그림 2. 연구의 흐름

제 2 장 자동 롤러 셰이딩 시스템

2.1 주광의 유용성

주광이란 지표면에 도달하는 태양광을 주광 이라고 한다. 주광은 에너지 절약적인 측면뿐만 아니라 쾌적한 시 환경, 균형 있는 신체리듬유지 등 인간에게 이로운 무한 청정 광원으로서 건축 조명용으로 다방면에서 사용이 가능하다. 표 1은 주광의 유용성에 대하여 기술되어있다.^[4]

표 1. 주광의 유용성

구분	세부사항
빛의 질	태양광인 주광은 인류에게 가장 친숙하고 건강에 유익하기 때문에 인공광원보다 작업 활동에 적합하다.
건축디자인 요소	건축에서의 창은 개구부를 통해, 실내 공간을 외부와 연결시켜 주기 때문에 실내 공간은 넓은 느낌을 주며 실내의 시각 환경에 동적인 변화를 가져옴으로서 생동감이 있고, 활동적인 공간을 만든다.
외부와의 시각적 왕래	주광은 창문을 통해, 재실자들이 계속적으로 외부와의 접촉에 대한 욕망을 나타내고 있으며 창문을 통해 도시의 전경이나 조경 등을 즐기기를 원한다.
에너지 절감	일반건물의 전기에너지 소비량 중 조명용 전기에너지는 전체의 30~40%로, 큰 비중을 차지하고 있으므로 주광을 이용하면 에너지 소비를 줄일 수 있다.
심리적, 생리적 요인	주광이 지니고 있는 따뜻하고, 깨끗하며, 친근한 이미지 때문에 주광이 공급되면, 작업효율이나 일생생활에 긍정적인 영향을 준다. 그리고 자외선이 피부에 닿으면 비타민 D가 생성되어 칼슘을 생성한다.

2.2 개요 및 구성요소

롤러 셰이더는 롤 블라인드, 롤 커튼 등으로 불려지고 있고 상부의 막대에 천을 감기게 하여 개폐하는 형태의 블라인드로서 가장 오래된 형태이고 가장 단순한 형태를 가진다. 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 제품으로서 설치가 비교적 간편하고 내구연한이 길다는 장점이 있다. 아래 그림 3은 롤러 셰이

더의 설치 예를 보여준다.



그림3. 롤러 셰이드의 설치 예

자동 롤러 셰이딩 시스템은 실외의 일조센서를 통해 일조량을 감지하고 이 값에 따라 롤러 셰이드가 자동으로 조절되는 시스템이다. 이 시스템으로 실내로 유입되는 직사일광을 차단하여 재실자의 눈부심을 줄여주고 셰이드를 통하여 나오는 확산광을 발생시켜 실내로 유용한 주광을 전달한다. 자동 롤러 셰이딩 시스템의 효과적인 이용은 재실자에게 쾌적한 시환경을 제공하고 심리적 · 신체적인 안정을 제공하여 작업능률을 향상시켜 준다. 그림 4는 태양의 고도에 따라 롤러 셰이드의 높이를 조절하여 직사일광의 유입을 차단하고 확산광을 유입시켜 주광이용을 극대화함을 보여준다.

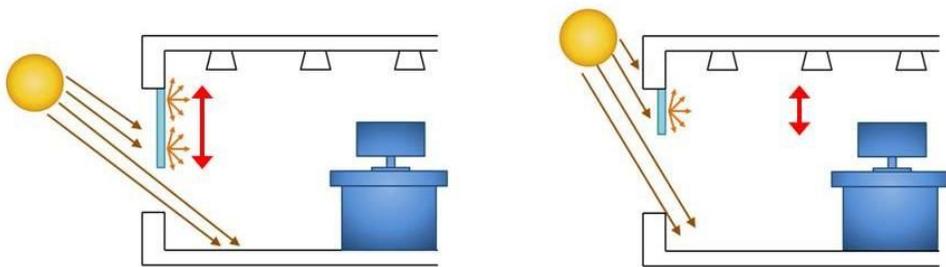


그림 4. 태양고도에 따른 롤러 셰이드의 높이

롤러 셰이드를 일반적으로 햇빛차단의 목적으로만 알고 있지만 궁극적인 목적은 직사일광을 차단하고 부드러운 확산광을 유입하여 실내에 사용되는 인공조

명의 에너지를 절감 시키는 것이다.

2.3 하드웨어 구성

전동 롤러 셰이드의 구성은 그림 5과 같다. 거의 대부분의 전동 롤러 셰이드는 안정적인 롤러 셰이드의 구동을 위하여 원주형 모터를 사용한다. 이 원주형 모터는 크게 AC전원으로 구동하는 모터와 DC전원으로 구동하는 모터로 나눌 수 있다. AC모터는 220V의 전원으로 구동하고 작은 토크에서 큰 토크까지 다양한 권상 능력을 구현 할 수 있어 널리 사용되고 있다. DC모터는 24V의 전원으로 구동되고 토크 수가 작아 일반적으로 가정용으로 사용되고 있다.

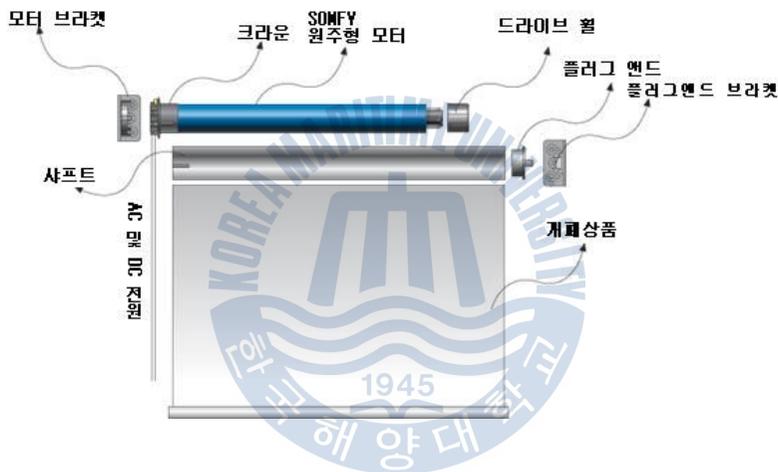


그림 5. 전동 롤러 셰이딩 시스템의 하드웨어 구성

2.4 제어 방법

자동 롤러 셰이딩 시스템은 외부 천공의 변화에 따라 실내로 유입되는 직사일광을 차단하여야 하기 때문에 일영각, 천공상태, 실내 주광유입의 깊이에 따라 롤러 셰이드의 높이를 제어하여야 된다. 롤러 셰이드가 내부에 설치되는 경우, 일사 센서를 이용하여 천공상태가 변하는 것을 감지하고 수시로 높이를 조절하여 실내로 유입되는 직사일광을 차단하는 제어 알고리즘이 필요하다. 셰이드의 높이는 일영각과 유입깊이를 통해 결정할 수 있다. 여기서 일영각이란 건축물의 입면에 수직인 면에서의 태양 고도를 말하고 건축학에서 쓰이는 개념이다.

이 일영각과 유입깊이 그리고 웨이더의 높이와의 관계는 다음 식(2.1)과 같이 표현할 수 있다. [5]

$$\tan\alpha_p = \frac{h}{d} \quad (2.1)$$

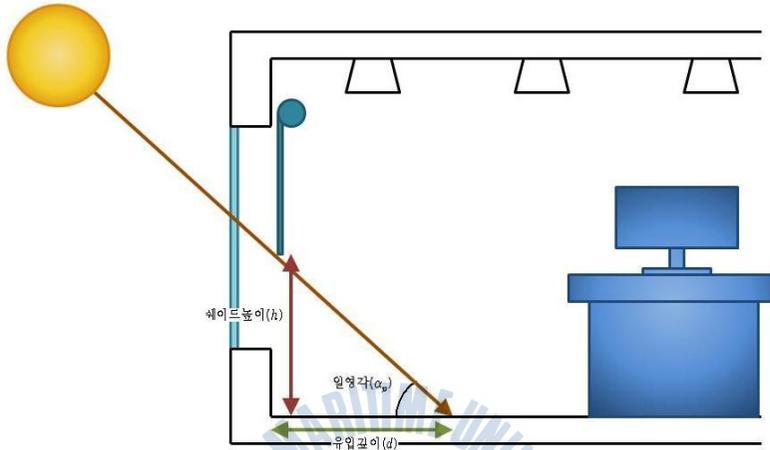


그림 6. 롤러 웨이드 높이 제어 개념도

제 3 장 퍼지제어 시스템

3.1 퍼지이론의 개요

퍼지 이론은 1965년, 미국 버클리대학의 Lofti Zedeh 교수가 ‘퍼지집합 (FUZZY SET)’이란 논문을 발표하면서부터 시작되었으며 퍼지 이론은 퍼지 논리를 기초로 하는 이론이며 고전적인 집합론인 부울 논리를 확장한 개념이다.^[6]

부울 논리를 기본으로 하는 집합이론에서는 특정한 객체가 주어진 집합 A 의 원소로서 속하거나 속하지 않거나 둘 중의 하나이다. 그러나 퍼지 논리를 기반으로 하는 퍼지 집합이론에서는 이 객체가 구성 원소로서 특정 집합 A 에 어느 정도로 속하는가 하는 것을 0과 1사이의 수치로써 나타내며 이를 소속의 정도라고 한다. 이것으로 인해 퍼지 논리가 인간의 불확실한 개념을 다룰 수 있도록 해주며, 물리적인 수치와 양에 대한 인간의 불확실한 논리적 개념을 정연한 수학적 표현 형태로 나타낼 수 있다는 특징이 있다.^[7]

3.2 보통집합과 퍼지집합 및 연산

고전적 집합론에서 집합이란 확정된 원소들의 모임을 나타내며, 이와 같이 경계가 명확한 보통집합(crisp set) A 와 전체집합 X 의 원소를 집합 $\{0, 1\}$ 로 대응시키는 특성함수는 식 (3.1)로 표현된다.

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases} \quad (3.1)$$

여기서 특성함수 μ_A 는 대집합 내의 원소 x 에 대한 A 의 “소속”을 표현하며, 보통집합에서는 전체집합 내의 원소에 대한 주어진 집합에서의 소속과 비소속 사이의 변화는 이산적으로 잘 정의되어 있다.

퍼지집합 A 를 \tilde{A} 로 표현하고, 만일 대집합의 한 원소 x 가 퍼지집합 \tilde{A} 에 소속되면 이에 대한 사상(mapping)은 다음과 같이 주어진다.

$$\text{소속정도} \rightarrow \mu_{\tilde{A}}(x) \in [0,1] \quad (3.2)$$

$$\tilde{A} = (x, \mu_{\tilde{A}}(x) | x \in X) \quad (3.3)$$

다음 그림 7은 보통집합과 퍼지집합의 관계를 나타낸 것으로 두 집합사이의 소속정도를 알 수 있다.

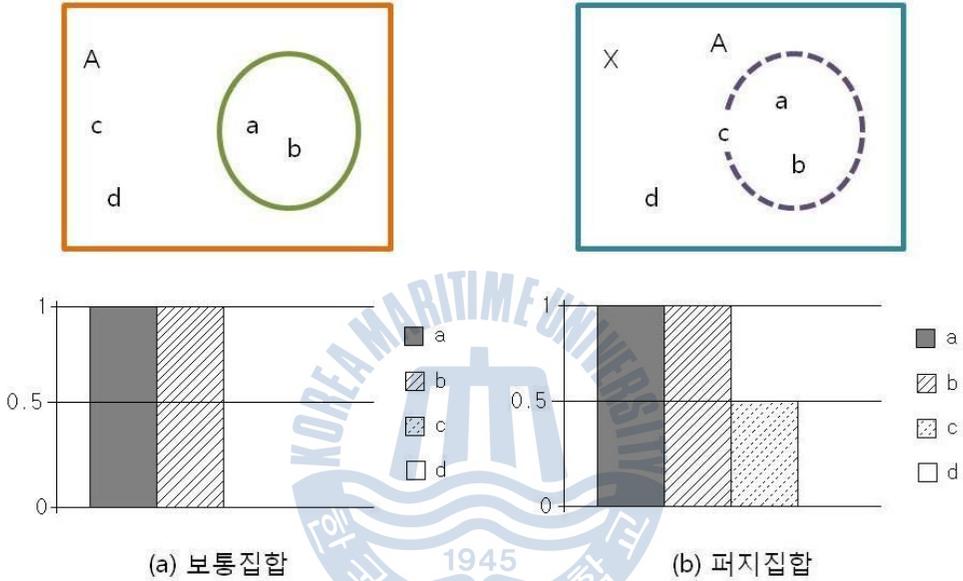


그림 7. 보통집합과 퍼지집합의 표현

여기서 전체집합이 X 일 때 퍼지집합 \tilde{A} 를 이산적이고 유한한 형태로 표현하면 다음 식(3.4)와 같다.

$$\tilde{A} = \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_1)}{x_1} + \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_2)}{x_2} + \dots = \sum_i \frac{\mu_{\tilde{A}}(x_i)}{x_i} \quad (3.4)$$

그리고 연속적이고 무한한 형태로 표현하면 식(3.5)와 같다.

$$\tilde{A} = \int \frac{\mu_{\tilde{A}}(x)}{x} \quad (3.5)$$

퍼지집합의 연산에는 합집합, 교집합, 여집합 3개의 기본적인 연산이 있으며, [8] 만약 전체 집합 X 내에 퍼지 집합 $\tilde{A}_1, \tilde{A}_2, \tilde{A}_3$ 가 존재한다고 하면, 퍼지집합의 합집합, 교집합, 여집합은 다음과 같다.

$$\text{합집합} : \mu_{\tilde{A}_1 \cup \tilde{A}_2}(x) = \mu_{\tilde{A}_1}(x) \vee \mu_{\tilde{A}_2}(x) \quad (3.6)$$

$$\text{교집합} : \mu_{\tilde{A}_1 \cap \tilde{A}_2}(x) = \mu_{\tilde{A}_1}(x) \wedge \mu_{\tilde{A}_2}(x) \quad (3.7)$$

$$\text{여집합} : \overline{\mu_{\tilde{A}_3}}(x) = 1 - \mu_{\tilde{A}_3}(x) \quad (3.8)$$

퍼지이론에서 교집합에 사용되는 t-norms에는 다음과 같은 연산자가 있다.

$$\cdot \text{논리곱(logical product)} : a \wedge b = \min(a, b) \quad (3.9)$$

$$\cdot \text{대수곱(algebraic product)} : a \cdot b \quad (3.10)$$

$$\cdot \text{한계곱(bounded product)} : a \otimes b = \max(a+b-1, 0) \quad (3.11)$$

$$\cdot \text{격렬곱(drastic product)}$$

$$a \wedge b = \begin{cases} a, & b = 1 \text{ 일 때} \\ b, & a = 1 \text{ 일 때} \\ 0, & \text{기타} \end{cases} \quad (3.12)$$

퍼지이론에서 합집합에 사용되는 t-conorms에는 다음과 같은 연산자가 있다.

$$\cdot \text{논리합(logical sum)} : a \vee b = \max(a, b) \quad (3.13)$$

$$\cdot \text{대수합(algebraic sum)} : a + b = a + b - ab \quad (3.14)$$

$$\cdot \text{한계합(bounded sum)} : a \oplus b = \min(a+b, 1) \quad (3.15)$$

$$\cdot \text{격렬합(drastic sum)}$$

$$a \vee b = \begin{cases} a, & b = 0 \text{ 일 때} \\ b, & a = 0 \text{ 일 때} \\ 0, & \text{기타} \end{cases} \quad (3.16)$$

다음의 그림 8에서 그림 10은 퍼지 집합의 연산인 퍼지 합집합, 퍼지 교집합, 퍼지 여집합을 벤 다이어그램으로 나타낸 것이다.

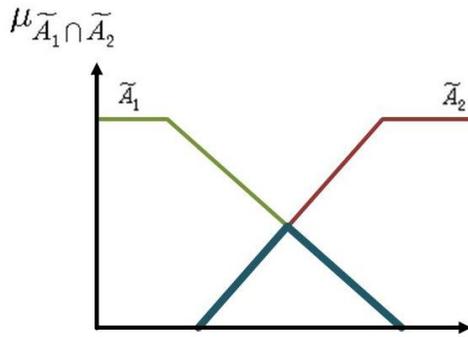


그림 8. 퍼지 집합 \tilde{A}_1 와 \tilde{A}_2 의 교집합

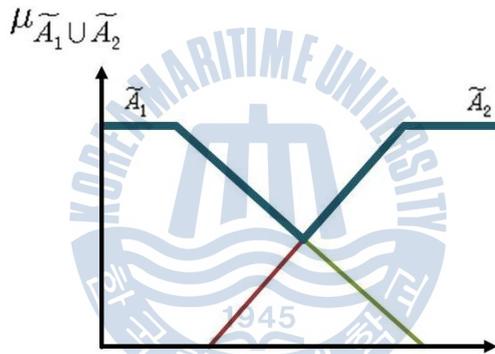


그림 9. 퍼지 집합 \tilde{A}_1 와 \tilde{A}_2 의 합집합

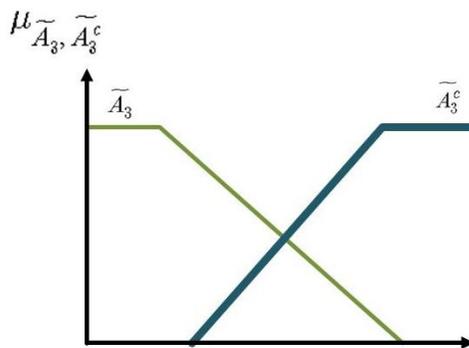


그림 10. 퍼지 집합 \tilde{A}_1 의 여집합

3.3 퍼지추론

“P이면 Q이다” 와 같은 조건명제를 이용하여 이루어지는 추론에는, 연역추론(modus ponens)와 대우추론(modus tollens)이 있다.^[9] 이와 같은 비퍼지 명제에 대한 연역추론 및 대우추론을 퍼지명제로 확장시킨 것이 일반화된 연역추론(generalized modus ponens : GMP) 및 일반화된 대우추론(generalized modus tollens : GMT)이다.^[10]

여기서는 본 논문에서 사용한 일반화된 연역 추론법에 근거한 퍼지 추론 혹은 근사 추론에 대하여만 설명하기로 한다. 일반화된 연역추론은 다음과 같이

$$\text{(전제1)} \tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}: \text{"if } x \text{ is } \tilde{A} \text{ then } y \text{ is } \tilde{B} \text{"}$$

$$\text{(전제2)} \tilde{P}^*: \text{"}x \text{ is } \tilde{A}^* \text{"}$$

$$\text{결론 } \tilde{Q}^*: \text{"}y \text{ is } \tilde{B}^* \text{"}$$

에 있어서 \tilde{Q}^* 를 구하는 방법이다. 여기에도 $\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}$ 및 \tilde{P}^* 를 이용한 퍼지관계의 합성연산으로부터 직접 구하는 직접법(direct method)과, 퍼지명제의 언어적 진리값을 이용하여, \tilde{P} 의 \tilde{P}^* 에 대한 상대적 진리값 $L(\tilde{P})$ 을 구하고, $L(\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q})$ 및 $L(\tilde{P})$ 를 이용하여 \tilde{Q} 의 진리값 $L(\tilde{Q})$ 을 구한후, $L(\tilde{Q})$ 를 이용하여 \tilde{Q} 로부터 \tilde{Q}^* 를 구하는 간접법(indirect method)이 있다. 이하에서는 본 논문에서 사용하는 'Mamdani's minimum fuzzy implication rule'인 직접법에 대하여 설명한다.

직접법은 퍼지집합 $\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}$ 및 \tilde{P}^* 의 \tilde{Q}^* 는 합성연산에 의해 이루어지며, 결론 \tilde{Q}^* 는

$$\tilde{Q}^* = \tilde{P}^* \circ (\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}) \tag{3.17}$$

로 구해진다. 여기서, 조건명제 $\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q}$ 에 대한 구체적인 예로 Mamdani가 제안한

$$\tilde{P} \rightarrow \tilde{Q} = \tilde{R}_{\tilde{P} \times \tilde{Q}} \quad (3.18)$$

를 사용하면, \tilde{Q}^* 의 소속함수는

$$\begin{aligned} \mu_{\tilde{R}_{\tilde{Q}^*}}(y) &= \max_x (\mu_{\tilde{A}^*}(x) \wedge \mu_{\tilde{A}}(x) \wedge \mu_{\tilde{B}^*}(y)) \\ &= \max_x \{ \mu_{\tilde{A}^*}(x) \wedge \mu_{\tilde{A}}(x) \} \wedge \mu_{\tilde{B}^*}(y) \\ &= \omega \wedge \mu_{\tilde{B}^*}(y) \end{aligned} \quad (3.19)$$

$$\text{단, } \omega = \max_x \mu_{\tilde{A}^*}(x) \wedge \mu_{\tilde{A}}(x)$$

로 된다. 여기서, ω 는 \tilde{P}^* 의 \tilde{P} 에 대한 적합도를 나타내므로, 결론 \tilde{Q}^* 는 \tilde{Q} 의 ω 보다 큰 부분을 잘라낸 형태와 같다는 것을 알 수 있으며, 그림 11은 이를 나타내고 있다.

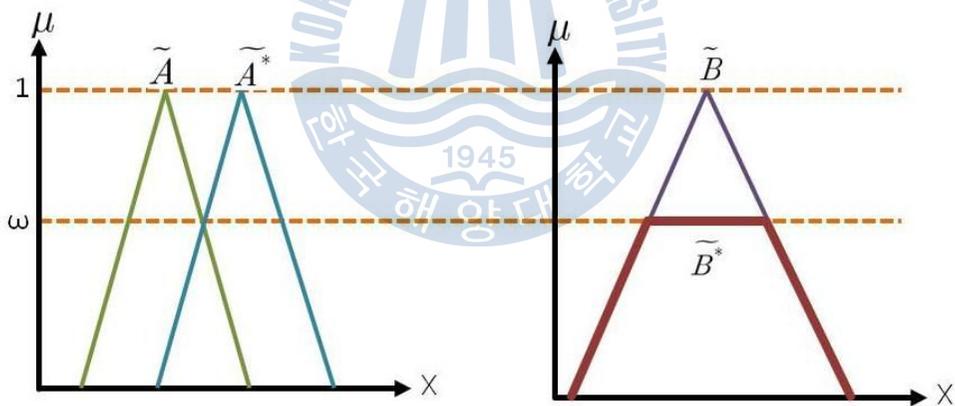


그림 11. Mamdani의 추론

3.4 퍼지 제어기의 구성

퍼지이론은 적절한 언어값을 정의함으로써 불확실한 느낌을 그대로 나타낼 수 있다.^[11]

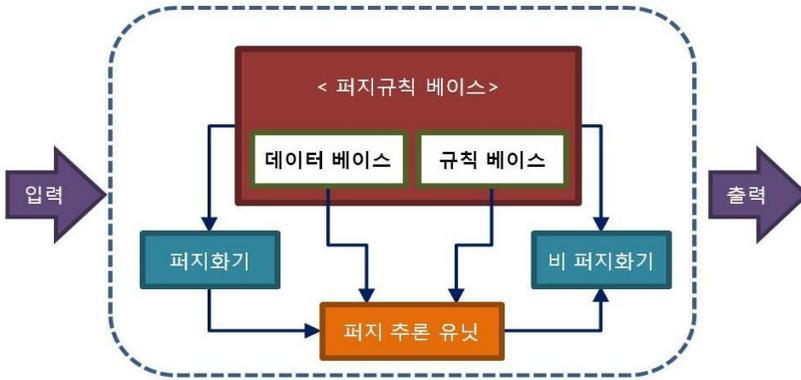


그림 12. 퍼지 제어기의 기본구조

위의 그림 12는 기본적인 퍼지 제어기의 구조를 나타내고 있으며, 퍼지추론을 하는데는 IF-THEN 형식의 추론 규칙이 필요하며, 이를 “퍼지 IF-THEN규칙” 이라고 한다.

다음과 같은 2개의 규칙으로 된 2입력 1출력의 경우를 고려해보자.

$$R^1: \text{IF } x \text{ is } A_1 \text{ AND } y \text{ is } B_1, \text{ THEN } z \text{ is } C_1 \quad (3.20)$$

$$R^2: \text{IF } x \text{ is } A_2 \text{ AND } y \text{ is } B_2, \text{ THEN } z \text{ is } C_2 \quad (3.21)$$

여기에서 $A_1, B_1, A_2, B_2, C_1, C_2$ 는 퍼지 집합이다. 또한 $A_1, A_2 \subset X, B_1, B_2 \subset Y, C_1, C_2 \subset Z$ 이다.

식(3.20)와 식(3.21)과 같은 퍼지 규칙(fuzzy rule)에 있어서 첫 번째 규칙의 연결강도를 α_1 , 두 번째 규칙의 연결강도를 α_2 로 정의하면 다음의 식(3.22)과 같이 표현된다.

$$\alpha_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0), \quad \alpha_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad (3.22)$$

Mamdani 추론법에서 i -번째 퍼지 규칙은 다음의 식(3.23)과 같이 정의된다.

$$\mu_{C_i}(W) = \alpha_i \wedge \mu_{C_i}(W) \quad (3.23)$$

최종적인 결론으로서의 $\mu_C(W)$ 는 다음의 식(3.24)와 같다.

$$\mu_C(W) = \mu_{C_1} \vee \mu_{C_2} = [\alpha_1 \wedge \mu_{C_1}(W)] \vee [\alpha_2 \wedge \mu_{C_2}(W)] \quad (3.24)$$

여기서 $\mu_C(W)$ 를 실제 제어 값으로 사용하기 위해서는 실수의 값으로 비퍼지화(defuzzification)하여야 한다. 본 논문에서는 식(3.25)와 같은 무게중심법(center of gravity method)을 사용하였다.

$$\mu = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_C(z_j) z_j}{\sum_{j=1}^n \mu_C(z_j)} \quad (3.25)$$

이러한 퍼지추론 과정을 도식적으로 나타내면 그림 13과 같다.

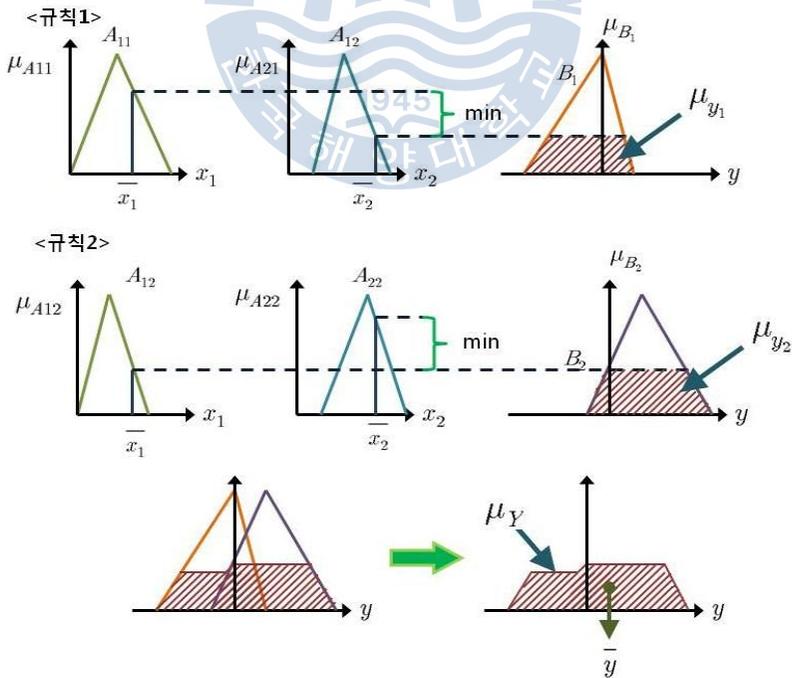


그림 13. 퍼지 추론 과정

지금까지의 앞장에서 설명한 이론을 바탕으로 퍼지 제어를 설계할 때 결정해야 할 주요사항을 정리하면 다음과 같다.

1. 퍼지제어의 입·출력변수들과 그들의 퍼지값 결정

제어대상이 주어지면 입·출력변수를 먼저 결정한 후, 입·출력 변수들의 언어값과 그 언어값에 대한 소속함수를 결정한다.^[12]

2. 지식기반(knowledge base)의 설계

제어에 필요한 지식은 규칙기반으로 표현할 수 있으며, 여기에서는 if-then 형식의 규칙으로 if절은 전반부 또는 전건부 등으로 불리고 then절은 후반부 또는 후건부 등으로 불리는 퍼지함의(fuzzy implication)로 제어규칙을 기술하는 경우를 생각한다.^[13]

3. 수치적인 입력변수값의 퍼지화방법 결정

입력변수의 값은 수치적인 값이므로 추론과정에 직접 이용될 수 없으므로 입력변수의 값을 퍼지화기(fuzzifier)를 통하여 퍼지값으로 변환하여 사용하여야 한다.^[14]

4. 퍼지추론 방법의 결정

추론법에는 무한치 논리를 기반으로 하는 추론법과 퍼지논리를 기반으로 하는 추론법이 있다.

무한치 논리를 기반으로 하는 추론법은 합성에 의한 방법, Tsukamoto의 방법, Takagi와 Sugeno의 방법으로 분류할 수 있다. 합성에 의한 추론법에는 Zadeh의 방법, Mamdani의 방법, Larsen의 방법 등이 있다.^[15]

5. 출력 퍼지값의 비퍼지화 방법의 결정

프로세스의 입력인 제어량은 수치적인 값이어야 하므로 퍼지값인 추론결과를 수치적인 실수값으로 변환하는 과정이 필요하며, 이 기능을 수행하는 것을 비퍼지화기라고 부르며, 무게 중심법, 합중심법(center of sums method), 최대 면적 중심법(first of maxima method), 최대치 평균 방법(middle of

maxima method or mean of maxima method), 등이 있다.^[16]

아래의 그림 14는 앞에서 설명한 다변수 퍼지 시스템의 내부 구조 및 연산 과정을 나타낸 것이다.

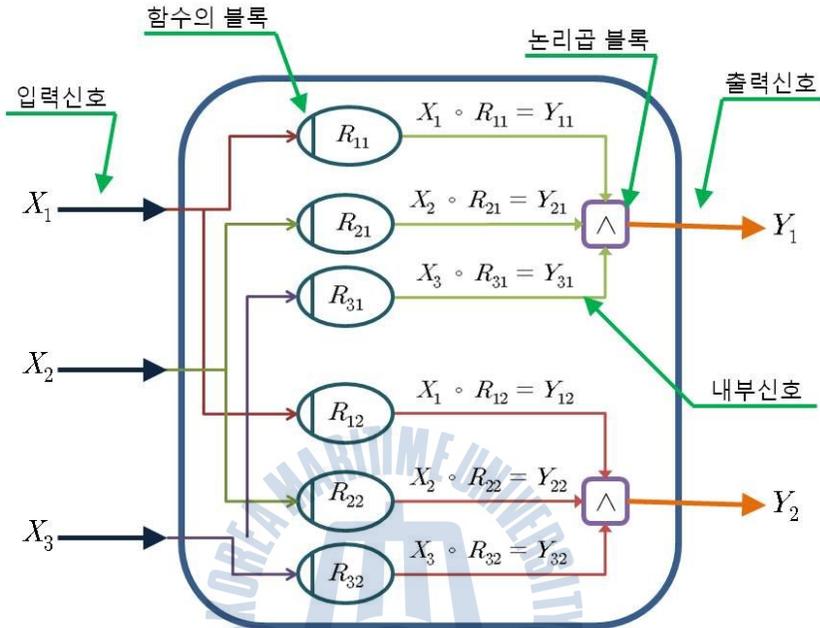


그림 14. 다변수 구조 퍼지시스템의 블럭도

제 4 장 자동 롤러 셰이딩 시스템의 구현

4.1 일영각을 이용한 롤러 셰이드 높이제어 알고리즘

2장에서 논의한 자동 롤러 셰이딩 시스템을 통하여 일영각과 유입깊이 등의 요소들을 통하여 셰이더의 높이를 조절됨을 알 수 있었다. 여기서는 일영각과 유입깊이를 이용하여 기존의 자동 롤러 셰이딩 시스템의 알고리즘 구현에 대하여 논의 한다.

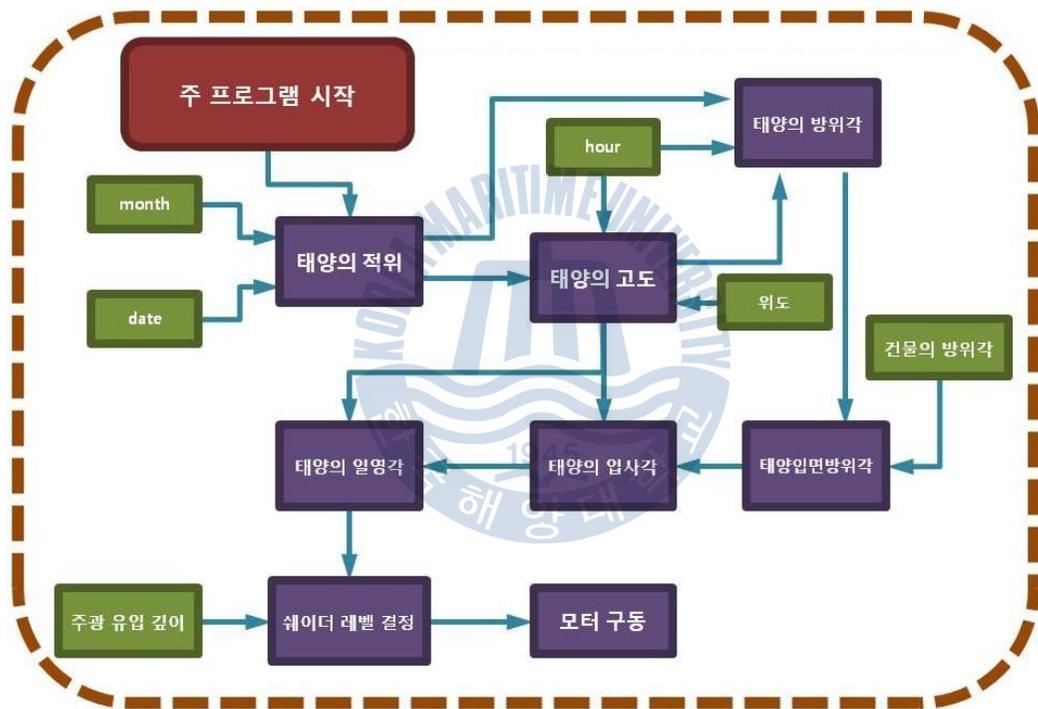


그림 15. 일영각을 통한 제어시스템의 블록도

일영각을 통한 자동 롤러 셰이딩 시스템의 전체 처리과정의 블록도는 위의 그림 15와 같다.

프로그램이 시작하면 먼저 날짜정보 중 월, 일을 통하여 태양의 적위를 구한다. 이렇게 구한 적위와 시간, 위도를 통하여 태양의 고도와 태양의 방위각을 구한다. 이 태양의 고도와 방위각으로 태양의 입사각을 구하고 입사각과 이전

에 구한 태양의 고도를 가지고 태양의 일영각을 계산한다. 이렇게 계산된 일영각과 주광유입깊이를 통하여 셰이더의 높이를 결정하는 것이다.

일영각은 건축물의 입면에 수직인 면에서의 태양 고도를 말한다. 일영각은 직사일광이 건축물 내부에 미치는 영향을 알아보기 위한 척도로 쓰이며 건축물 내부로 들어오는 직사일광의 유입깊이를 계산할 때 사용된다. 일영각은 다음 식(4.1)를 이용하며 계산되며 그림 16은 일영각의 개념도를 나타낸다.^[17]

$$\alpha_p = \arctan \left[\frac{\sin \alpha_t}{\cos \alpha_i} \right] \quad (4.1)$$

여기서,

$\alpha_t = \arcsin [\sin \delta \times \sin \phi + \cos \delta \times \cos \phi \times \cos t]$, 태양의 고도

$\delta = 23.5 \times \sin [(m-3) \times 30 + (d-21)]$, 태양의 적위

ϕ = 위도

$t = 15 \times (h-12)$, 시각

m = month

d = date

h = 지방시

$\alpha_i = \arccos (\cos \alpha_t \cos \alpha_z)$, 입사각

$\alpha_z = \alpha_s - \alpha_e$, 태양 입면 방위각

$\alpha_s = \arcsin \left[\frac{\cos \delta \times \sin t}{\cos \alpha_t} \right]$, 태양의 방위각

α_e = 건축물 입면 방위각

α_p = 일영각



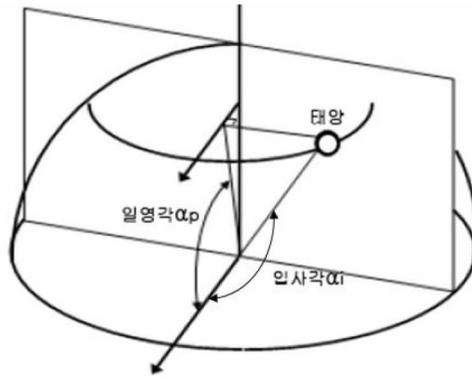


그림 16. 일영각의 개념도

태양 일영각 계산 소프트웨어가 실행되면 먼저 날짜정보(월, 일), 시간정보, 위도 값을 입력한다. 그중 월 값과 일 값을 먼저 불러와 태양의 적위 값을 계산한다. 그리고 시간정보를 불러와 이전에 계산한 적위 값과 위도로 태양의 고도를 계산한다. 그런 다음 앞의 시간 정보, 적위, 고도의 값으로 태양의 방위각을 계산한다. 이렇게 나온 값들 중 태양의 방위각과 태양의 고도의 값으로 입사각을 구하고 입사각과 태양의 고도를 통하여 일영각을 계산한다. 다음 그림 17은 본 연구에 사용할 ATmega128에 일영각 계산 소프트웨어를 프로그램한 후 ATmega128을 통해 나온 태양의 고도와 방위각을 RS-232통신을 통하여 받은 것이다.

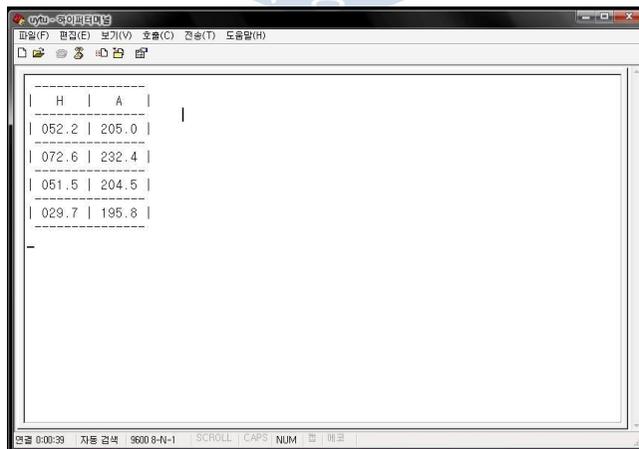


그림 17. 방위각과 태양고도의 결과값의 예

태양의 일영각 방법론에 대한 검증은 한국천문연구원의 데이터베이스를 이용하였다. 본 연구에서 사용된 태양의 일영각 계산은 조명공학에서 사용하는 방식으로 천문학에서 사용하는 방식과는 다르다. 그리고 기타 태양의 적위, 태양의 방위각 등을 구하는 공식이 상당히 정확도가 떨어지는 방식으로 원래의 방식과는 조금 다르다. 따라서 한국 천문연구원의 데이터베이스와 태양 일영각 계산 소프트웨어를 통해 출력된 데이터를 비교·분석하였다. 다음 표 2는 두 데이터간의 비교결과를 보여준다.

표 2. 계산방법에 따른 태양 변위의 오차

구분		한국천문연구원		개발 S/W		오차	
		방위각(°)	고도(°)	방위각(°)	고도(°)	방위각	고도
춘분 (2010.03.21)	9시	113.4	29.7	119.8	35.4	-5.6%	-19.9%
	13시	192.4	54.5	205.0	52.2	-6.5%	4.2%
	17시	256.6	18.6	261.2	12.2	-1.8%	34.4%
하지 (2010.06.21)	9시	90.2	44.2	94.0	49.4	-4.2%	-11.7%
	13시	215.1	76.2	232.4	72.6	-8.0%	4.7%
	17시	278.8	30.1	257.9	25.0	7.4%	16.9%
추분 (2010.09.23)	9시	116.3	32.4	120.5	34.8	-3.6%	-7.4%
	13시	198.5	53.5	204.5	51.5	-3.0%	3.7%
	17시	258.6	15.5	260.6	11.8	-0.7%	23.8%
동지 (2010.12.22)	9시	132.9	14.4	137.1	17.6	-3.1%	-22%
	13시	190.0	30.8	195.8	29.7	-3.0%	3.5%
	17시	239.2	2.1	242.4	1.0	-1.3%	52.3%

두 데이터 간의 비교결과로서 방위각은 최대 8%의 오차가 있었고 고도의 경우 최대 52.3%의 오차가 있었다. 방위각에 대한 오차의 경우 8%의 양호한 오차의 크기를 보여준 반면 고도의 경우 52.3%의 큰 오차를 보여주었다. 하지만 고도의 수치만을 놓고 볼 때 약 $\pm 6^\circ$ 의 양호한 오차를 보여 주었다.

롤러 셰이드 높이의 제어는 일영각을 통하여 제어한다. 자동 롤러 셰이드 시스템의 목적은 눈부심을 유발하는 직사일광을 차단하기 위하여 셰이더의 높이를 자동으로 제어하고 확산광을 통하여 재실자에게 쾌적한 시환경을 제공하는 것이다. 이를 위해서는 앞서 구한 일영각 외에도 실내에 들어올 주광의 유입값

이 또한 고려하여야 한다. 이 유입 깊이는 롤러 쉐이드의 높이 제어를 사용하는 공간의 가구배치나 동선 등을 고려하여 선택해야 한다. 롤러 쉐이더의 높이는 다음 공식으로 결정 할 수 있다.

$$h = d \times \tan \alpha_p \quad (4.2)$$

여기서,

h = 롤러 쉐이드 높이

d = 직사일광의 유입깊이

α_p = 일영각

이렇게 나온 롤러쉐이더의 높이는 본 논문에서는 쉐이더의 높이를 최고로 높여 차양이 없는 상태로 만드는 것을 ‘레벨9’로 하고 쉐이더의 높이를 최고로 낮춰 완전히 차양하는 것을 ‘레벨0’으로 설정하였다.

다음 그림 18은 임의의 9월 22일 위도 35도에 유입깊이를 0.9m로 하고 각각 10시, 13시, 15시에 ATmega128에 의해 계산된 롤러 쉐이더의 높이이다. 높이는 0~9레벨중 하나로 선택되어 표시되어 있다. 태양의 고도와 방위각을 구하기 위하여 위도와 날짜정보, 시간정보를 입력하고 제어높이를 계산, 결정하기위하여 유입깊이를 입력하였다. RS-232통신을 이용하여 결과 값을 표시 하였다.

표 3. 데이터 입력의 예

구분	입력값
위도	35
날짜	9월 22일
유입깊이	0.9m

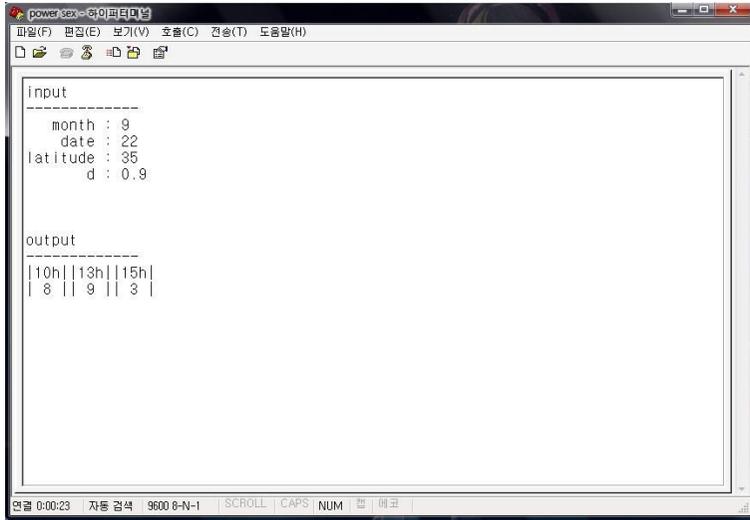


그림 18. 입력에 따른 결과값 출력의 예

input으로 위에서부터 월, 일, 위도, 유입깊이를 나타내고 그 밑의 output으로 10시, 13시, 15시 각각의 계산된 높이레벨을 나타낸다.

4.2 퍼지추론을 이용한 롤러 웨이드 높이 제어 알고리즘

본 논문의 목적인 퍼지추론을 이용한 자동 롤러 웨이드 시스템의 효용성을 알기 위하여 여기서는 퍼지추론을 통하여 시스템을 구현 하도록 한다.

본 연구에서 사용된 퍼지 추론 시스템에는 3개의 조도 값과 그 조도 값을 통한 균제도를 입력으로 하고 출력으로는 웨이더 높이 조절 값으로 하였다. 이 퍼지 시스템에 들어가는 입력변수들의 구간을 5개와 3개 그리고 출력변수들은 7부분으로 각각 나누었는데 각각의 퍼지 수는 다음 표와 같다.

표 4. 조도값에 따른 Fuzzy set

Universe	L	LM	M	MH	H
1	1	0.5	0	0	0
2	0.5	1	0.5	0	0
3	0	0.5	1	0.5	0
4	0	0	0.5	1	0.5
5	0	0	0	0.5	1

L-low, LM-between low and medium, M-medium, MH-between medium and high, H-high

표 5. 균제도에 따른 Fuzzy set

Universe	bad	normal	good
1	1	0.5	0
2	0.5	1	0
3	0	0.5	0.5
4	0	0	1
5	0	0	1

표 6. 웨이더 높이 제어량에 따른 Fuzzy set

Universe	VN	N	SN	Z	SP	P	VP
-3	1	0.5	0	0	0	0	0
-2	0.5	1	0.5	0	0	0	0
-1	0	0.5	1	0.5	0	0	0
0	0	0	0.5	1	0.5	0	0
+1	0	0	0	0.5	1	0.5	0
+2	0	0	0	0	0.5	1	0.5
+3	0	0	0	0	0	0.5	1

VN-very negative, N-negative, SN-slightly negative, Z-zero, SP-slightly positive, P-positive, VP-very positive

퍼지 규칙은 12개의 rule로 정하였는데 언어적인 기법으로서 표현하였다. 창측의 조도량이 너무 높으면 웨이더의 높이를 낮추어 주광을 차단하고 실내의 조도가 낮으면 웨이더의 높이를 높여 더 많은 주광이 들어오게 하고 실내의 조도가 전체적으로 균일하면 웨이더의 높이를 그대로 두는 것을 기본으로 하여 4개씩 각각 웨이더를 올릴 때의 상황과 웨이더를 내릴 때의 상황 그리고 웨이더를 움직이지 않고 그대로 두는 상황을 아래와 같이 설정 하였다.

If l_1 is H and l_2 is M and l_3 is LM and U is bad than ΔH is N

If l_1 is H and l_2 is H and l_3 is L and U is bad than ΔH is VN

If l_1 is H and l_2 is MH and l_3 is LM and U is bad than ΔH is N

If l_1 is MH and l_2 is LM and l_3 is L and U is normal than ΔH is SN

If l_1 is HM and l_2 is M and l_3 is LM and U is good than ΔH is Z

If l_1 is M and l_2 is LM and l_3 is ML and U is good than ΔH is Z

If l_1 is HM and l_2 is M and l_3 is M and U is good than ΔH is Z

If l_1 is M and l_2 is M and l_3 is M and U is normal than ΔH is Z

If l_1 is M and l_2 is LM and l_3 is L and U is bad than ΔH is P

If l_1 is L and l_2 is L and l_3 is L and U is good than ΔH is VP

If l_1 is M and l_2 is M and l_3 is L and U is normal than ΔH is SP

If l_1 is LM and l_2 is LM and l_3 is L and U is bad than ΔH is P

그리고 그것을 통하여 관계함수를 만들었고 이 관계함수는 다음과 같다.

$$R1 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 1 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 1 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (3.3)$$

$$R2 = \begin{vmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 & 0.5 & 1 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (3.4)$$

$$R3 = \begin{vmatrix} 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.5 & 1 & 0.5 & 1 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (3.5)$$

$$R4 = \begin{vmatrix} 0.5 & 1 & 0.5 & 0 & 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0.5 & 1 & 0.5 & 0 & 0.5 & 1 & 0.5 \\ 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \end{vmatrix} \quad (3.6)$$

입력 변수는 crisp한 값이므로 퍼지화기를 통하여 퍼지화를 시켜야 한다. 퍼지 이론에서는 몇 가지의 퍼지화 방법을 제공하는데 본 논문에서는 퍼지 싱글턴 방식을 사용하였다. 여기서 퍼지 싱글턴 방식이란 입력변수의 값에 해당하는 부분의 소속도만 1로 하고 나머지는 0으로 하는 방식이다. 이렇게 퍼지화된 입력값을 관계함수와 max-min연산을 한다.

계산되어 나온 출력 값은 다시 비 퍼지화기를 통하여 퍼지 값을 crisp한 값으

로 만들어야 하는데 본 논문에서는 무게 중심법을 통하여 비 퍼지화기를 구성하였다. 이렇게 구성된 퍼지 추론 시스템의 구성도는 다음 그림 19와 같다.

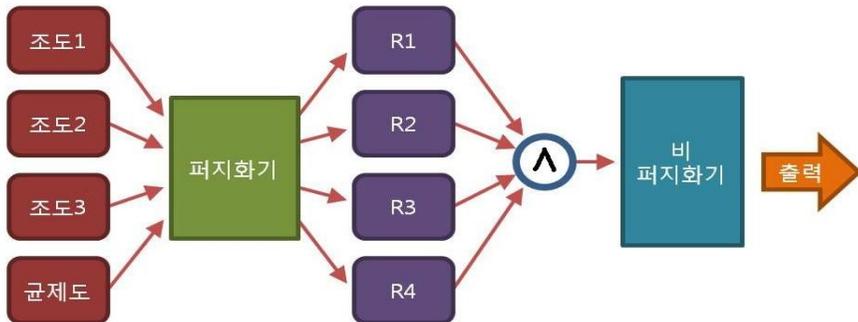


그림 19. 퍼지 추론을 통한 롤러 셰이드의 높이 제어값 결정

4.3 자동 롤러 셰이딩 시스템의 하드웨어 구현

앞서 구성한 알고리즘을 실제로 적용하기 전에 시스템의 실제 동작을 위해 제작된 모듈을 소개한다. 본 논문에 사용된 제어모듈의 대략적 블록다이어그램은 아래 그림 20과 같고 전원부, 제어부, 구동부 등으로 나누어져 있다.

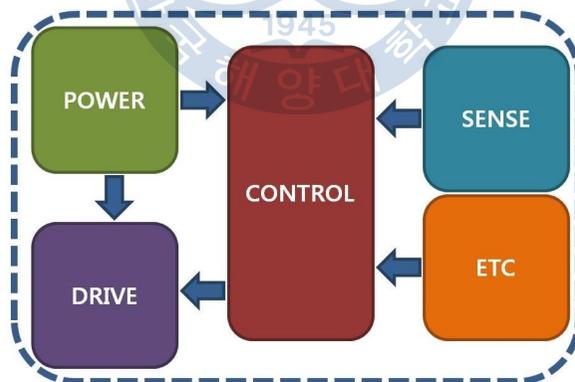


그림 20. H/W구성의 블록도

본 모듈에는 컨트롤러 외에 여러 부분에 5V레벨의 전압이 필요하지만 모터를 구동하기 위해서는 12V의 전압이 필요하다. 그러므로 12V의 입력을 5V의 전압으로 내려주는 전원 회로가 필요하다. 여러 가지 방법이 있지만 여기에서는

7805라는 선형레귤레이터를 사용하여 전압을 다운 시켰다. 아래 그림 21는 datasheet에 소개한 회로도와 7805의 핀 배치도이다.

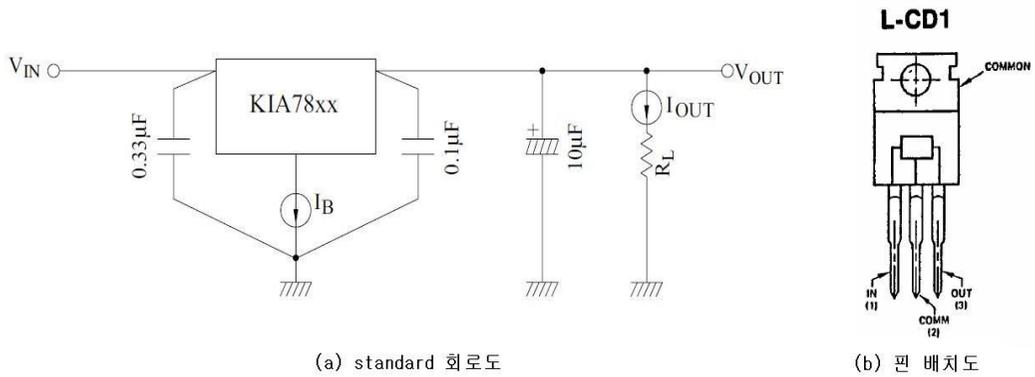


그림 21. 7805의 standard 회로도 및 핀 배치도

7805는 5V이상의 전압을 열로 소비하여 전압을 낮춰주는 방식으로 7805의 출력 전류가 1A이하로 적지만 본 시스템에서는 컨트롤러 외에 소비하는 전류가 얼마 되지 않으므로 비교적 회로구성이 간단한 7805를 사용하였다. 아래 그림 22는 본 시스템에 사용된 7805의 회로도이다.

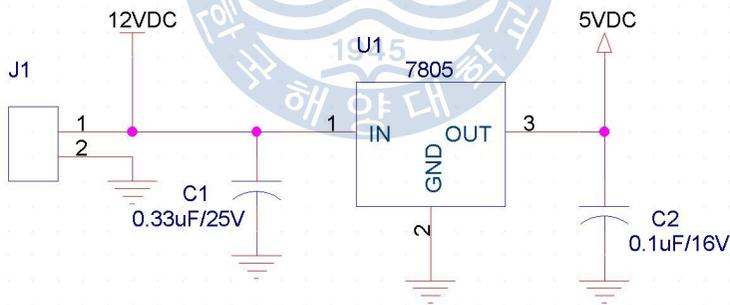


그림 22. 7805의 회로도

조도센서로는 CDS Cell을 이용하였다. CDS Cell은 빛의 세기가 강해질수록 저항이 낮아지는 특성이 있다. 본 시스템에서는 정확한 조도값이 필요치 않으므로 회로구성이 쉬운 CDS Cell을 선택하였다. 회로는 아래 그림 23과 같이 저항 하나와 CDS Cell로 전압 분배회로를 구성하여 입력받았다.

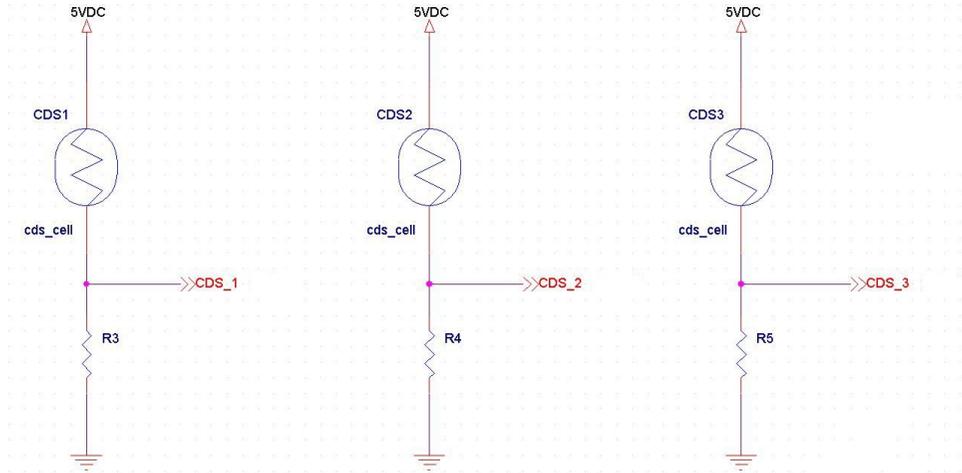


그림 23. CDS Cell 회로도

시간 및 날짜의 정보를 받기 위해 DS-1302라는 칩을 사용하였다. DS-1302는 시간 날짜 년도 까지 저장하여 사용 할 수 있는 칩으로 3개의 포트르 제어 가 가능하다. 다음 그림 24는 DS-1302의 핀 배치도를 보여주고 회로도는 그림 28과 같이 구성했다.

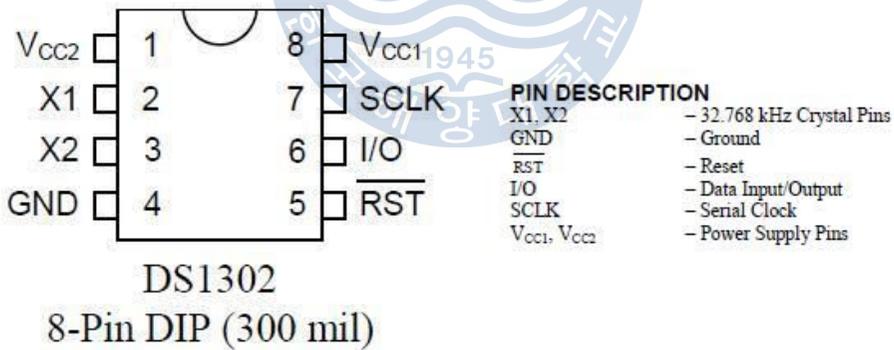


그림 24. DS-1302핀 배치도

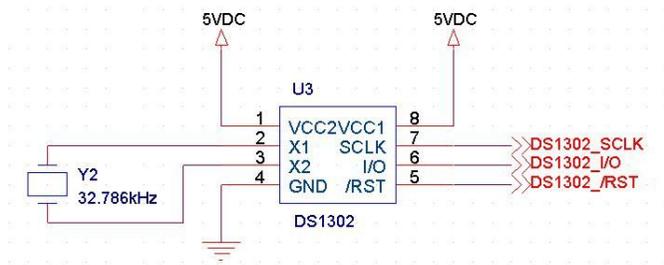


그림 25. DS-1302 회로도

읽기/쓰기 명령은 다음 그림 26에서 보이는 타임 다이어그램과 같이 진행된다.

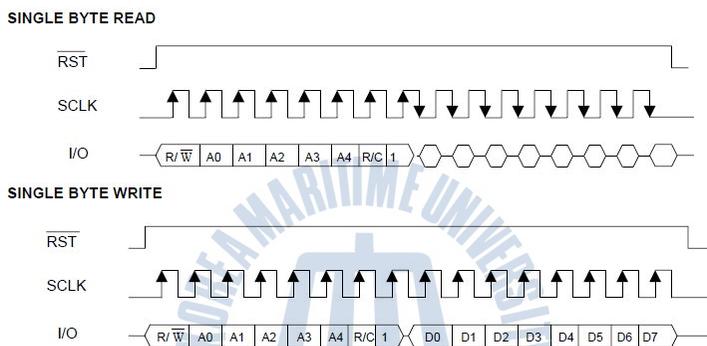


그림 26. DS-1302의 읽기/쓰기 data진행도

다음 그림 27은 제어부의 간략한 구조를 나타내고 있다. atmel사의 ATmega128로 구성했고 각 부분으로부터 정보를 받고 그것을 이용하여 모터를 구동하는 구조이다.

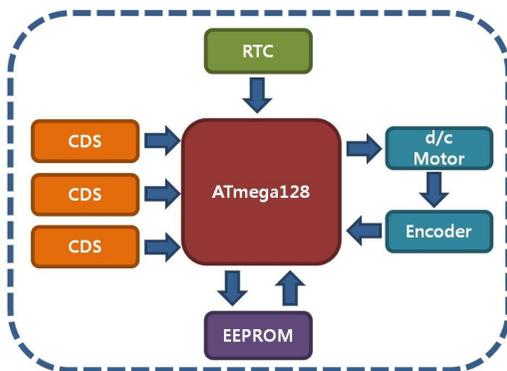


그림 27. 제어부 동작의 블록도

CDS셀에서 받은 정보는 내장된 ADC로 변환하여 사용하고 DS-1302를 통하여 날짜정보와 시간정보를 받는다. 이를 통하여 롤러 셰이더의 높이를 계산하고 EEPROM에서 현재의 롤러 셰이더의 높이를 확인하여 계산된 높이와 현재높이를 비교하여 모터드라이버를 통해 모터를 구동한다. 본 논문에서 사용한 모터에는 엔코더가 있어 모터의 회전수를 확인 하여 원하는 만큼 모터를 회전할 수 있다. 아래 그림 28은 제어부의 회로도이다.

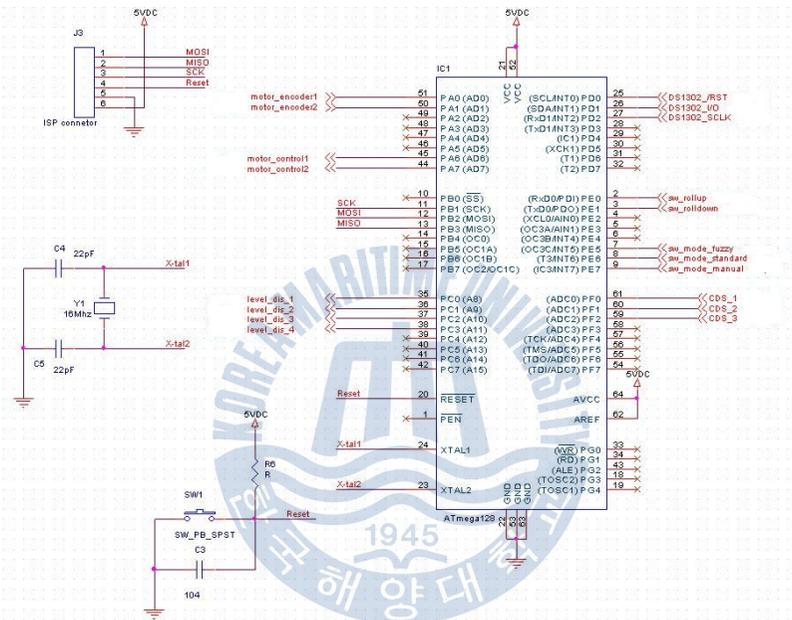


그림 28. 제어부 회로도

모터를 구동하기 위하여 DC모터 전용 Driver인 TA8050P를 사용하였다. TA8050P는 H-bridge를 내장하고 있어서 DC모터를 정방향과 역방향으로 구동 할 수 있다. 아래 그림 29는 TA8050P의 내부 블록 다이어그램을 보여준다.

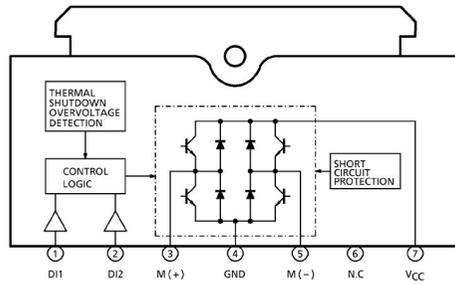


그림 29. TA8050P의 내부 블록다이어그램

그 외에도 브레이크 기능과 보호회로가 내장 되어 있다. 최대로 흘려보낼 수 있는 전류는 1.5A로 본 시스템에 쓰기에는 충분하다. 아래 그림 30은 모터 드라이버인 TA8050P와 기타 엔코더사용을 위한 기본회로를 보여준다.

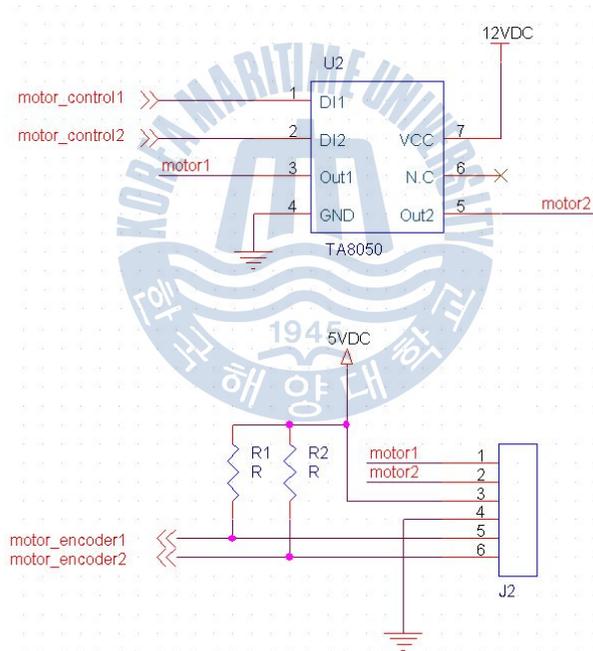


그림 30. 구동부 회로도

실제 필드에서 사용하는 모터의 경우 안정적인 구동을 위하여 원주형 모터를 사용한다. 하지만 본 논문에서는 motor bank의 GM35BE-12V1-200 w로서 12V로 구동 하며 기어 비는 1:200이다. 기어비가 높아 회전 속도는 많이 떨어지지만 6kg · cm의 토크를 낼 수 있다. 그리고 엔코더가 내장 되어있어 정확한 모터제

어를 가능하게 해준다. 아래 사진은 완성된 H/W를 보여준다.

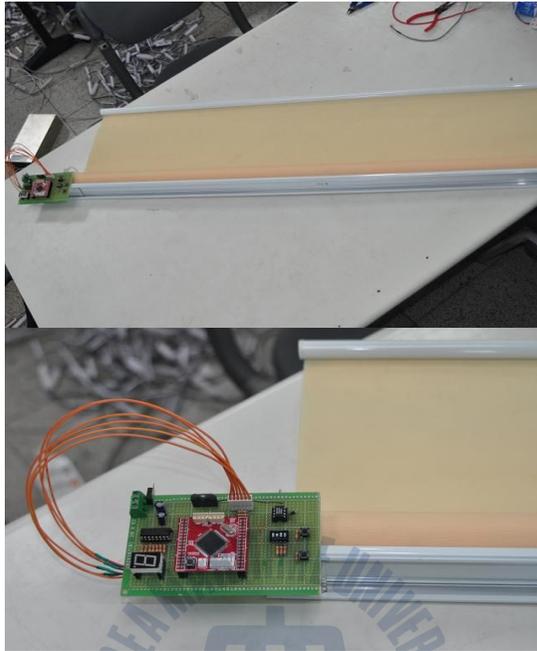


그림31. 자동 롤러 셰이딩 시스템

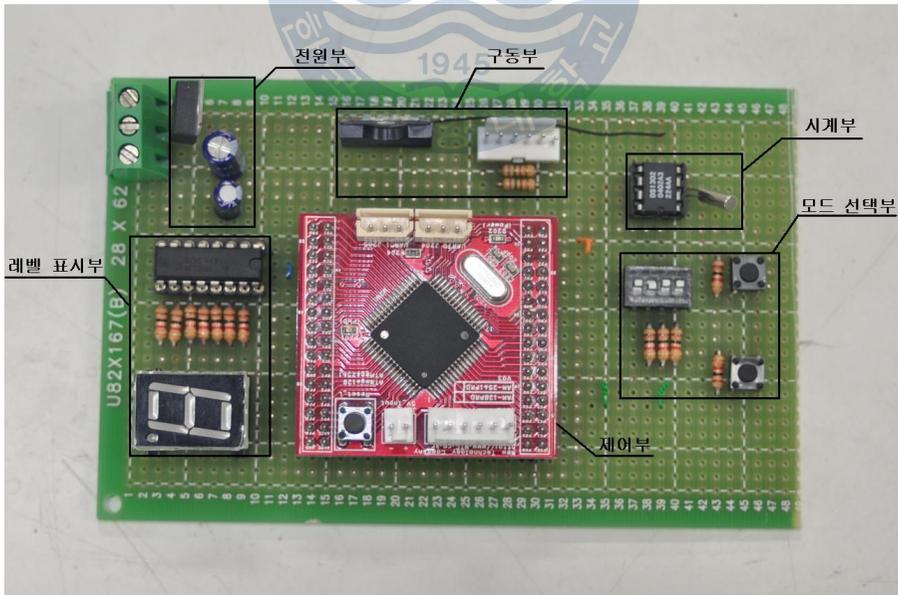


그림32. 구현한 롤러 셰이드 높이제어 보드

제 5 장 실험방법 및 결과

5.1 실험방법

실험은 한국 해양대학교내의 4층에 있는 강의실에서 진행하였고 실험당일의 천공 상태는 운량 4.4로서 부분 담천공 이었다. 실내의 조도분포를 확인하기 위하여 간격을 벌려 조도를 측정하였는데, 측정간격은 바닥으로부터 0.75m위에서 창문에서부터 2m떨어진 후 1m간격의 총 5위치에서 측정하였다. 차양 장치가 없는 경우(case 1)와 일영각을 통하여 셰이더 높이를 제어한 경우(case 2)와 퍼지추론을 통하여 셰이더 높이를 제어한 경우(case 3)를 비교군으로 하고 10시부터 2시간에 한번 씩 총 4번에 걸쳐 조도계를 통하여 조도를 측정하였다.

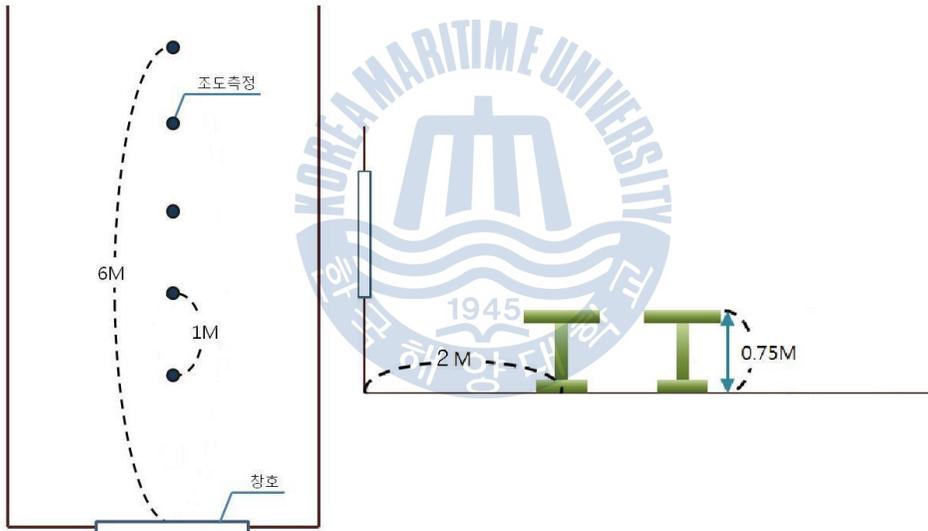


그림 33. 조도측정 위치

실제 시스템의 설치된 모습은 다음 그림과 같고 퍼지추론을 통해 롤러 셰이드의 높이를 제어할 때 사용할 CDS Cell은 천장에 간격에 맞춰 3개 설치하였다. Labview를 통하여 시스템의 동작상황 등을 모니터링 하였다. 실험에 사용될 창 외에는 모두 차양막을 통하여 주광을 완전히 차단하고 실험을 시작했다.

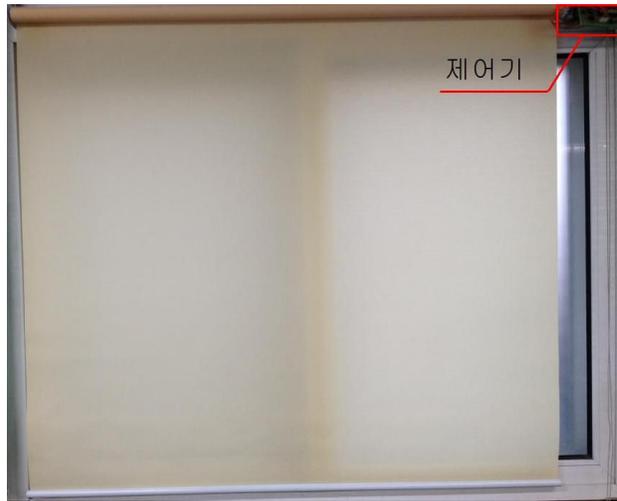


그림 34. 시스템 적용 모습

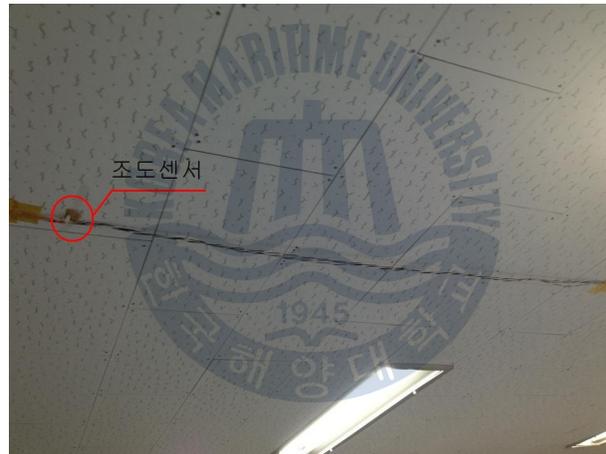
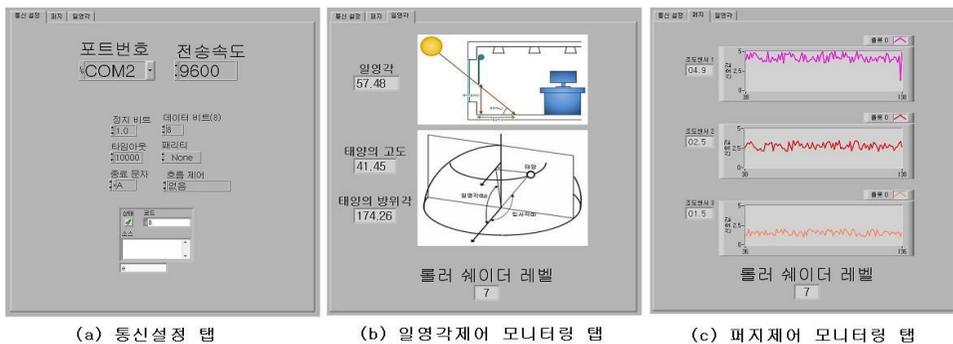


그림 35. 천장에 설치된 CDS Cell 모듈



(a) 통신설정 탭

(b) 일영각제어 모니터링 탭

(c) 피지제어 모니터링 탭

그림 36. 모니터링 프로그램

5.2 실험 결과

롤러 셰이딩 시스템의 목적인 균일 하고 안정된 시 환경제공의 평가를 위하여 균제도를 측정, 평가할 예정이다. 균제도란 조명에서 조도에 의한 빛이 균일한 정도를 나타내고 빛이 균일 할수록 값이 높다. 보통 2가지의 공식이 있다.

$$\text{균제도1} = \text{최소조도} / \text{최대조도} \quad (\text{식 6.1})$$

$$\text{균제도2} = \text{평균조도} / \text{최대조도} \quad (\text{식 6.2})$$

본 논문에서는 (식 4.1)을 통하여 균제도를 평가할 것이다.

다음 그림 37, 그림 38, 그림 39, 그림 40은 각 시간대별 제어 방법에 따른 주광의 유입 분포를 측정하여 나타낸 그래프로 차양을 하지 않은 상태와 일영각으로 제어한 상태, 그리고 퍼지로 제어한 상태의 값을 시간대별로 나타내었다.

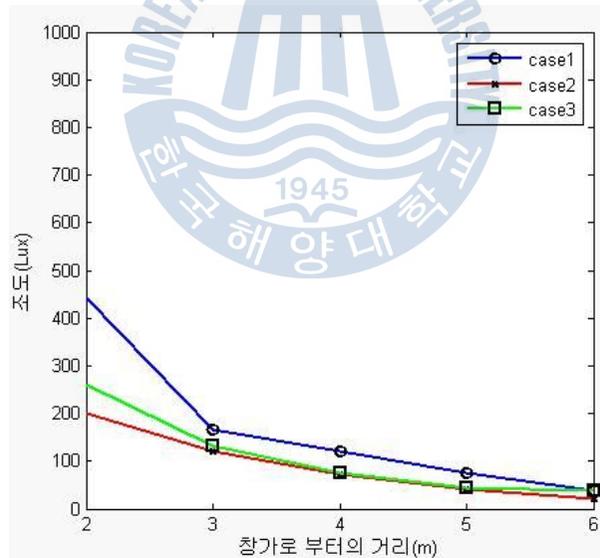


그림 37. 10시의 결과값

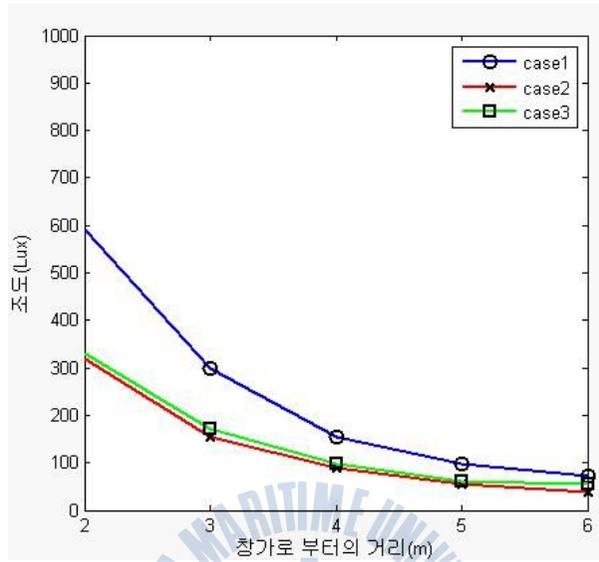


그림 38. 12시의 결과값

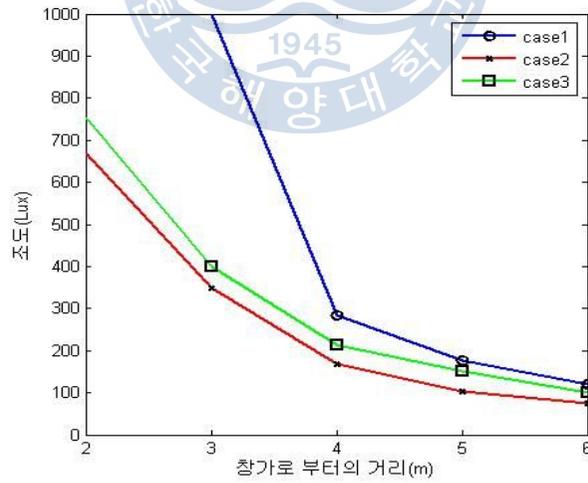


그림 39. 14시의 결과값

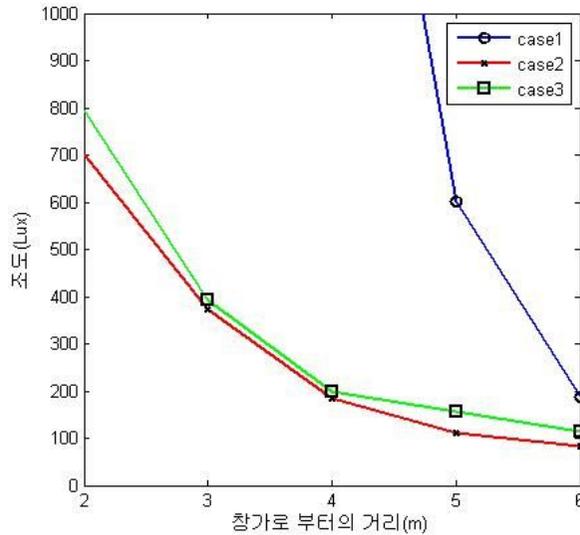


그림 40. 16시의 결과값

그래프를 보면 차양을 하지 않은 case 1 보다 일영각으로 제어(case 2)하거나 퍼지를 통하여 제어(case 3)한 것이 좀 더 균일한 조도 분포를 보임을 알 수 있다. 시간에 따른 주광유입을 통한 균제도의 측정결과는 다음의 그림 41과 같으며 전체적으로 퍼지제어를 통한 롤러 쉐이드 제어가 가장 높은 것으로 나타났다. 이를 통하여 퍼지추론을 통한 제어가 일영각을 통한 제어보다 재실자에게 좀 더 나은 시 환경을 제공할 수 있다는 것을 알 수 있다.

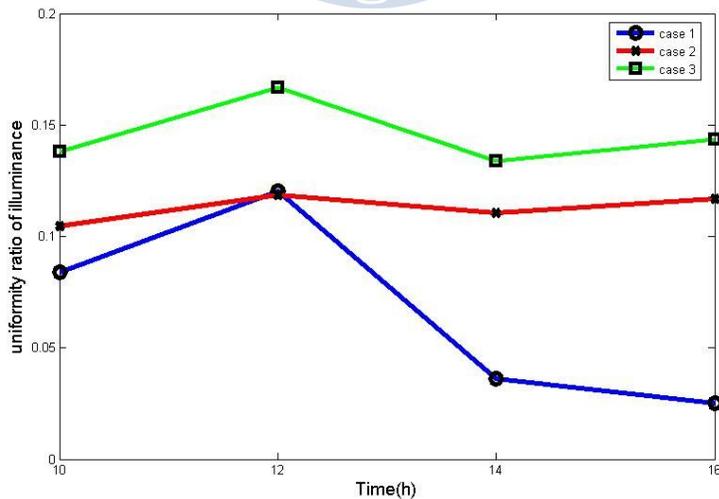


그림 41. 시간에 따른 균제도

제 6 장 결론

최근 에너지 문제가 세계적인 이슈로 대두되고 있는 가운데 에너지 절약을 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 하지만 건축물은 초고층화, 대형화, 특수화를 통하여 그 에너지 소비는 점점 늘어나고 있고 이에 대한 해결책을 찾는 것이 시급하다. 건축물에서 사용하는 에너지는 크게 조명, 냉·난방, 사무기기, 급탕, 기타로 구분할 수 있으며 국내의 경우 22%가 조명 에너지로 사용되고 있다. 이는 조명에너지가 건축물이 사용하는 에너지의 큰 부분을 차지하고 있으며 조명에너지의 절약이 건축물 전체의 에너지 절약에 크게 기인할 수 있음을 나타낸다.

이러한 건축물의 조명 에너지를 줄이기 위하여 최근 주광을 이용한 조명 방법이 연구되고 있고 조광 제어와 자동 롤러 셰이딩 시스템이 주를 이루고 있다. 본 논문에서는 그 중 자동 롤러 셰이딩 시스템을 인공지능을 통하여 좀 더 개선하기 위하여 연구하기 시작했다.

인공지능을 통한 개발에 앞서 기존의 시스템을 알기 위하여 일영각을 통한 롤러 셰이딩 제어 시스템의 알고리즘에 대하여 연구하기 시작하였고 일영각을 통한 롤러 셰이딩 제어 시스템을 구현하였다. 이어 앞의 제어 시스템을 구현한 경험을 바탕으로 인공지능 제어 방식 중 퍼지추론을 이용하여 시스템을 구현하였다. 이렇게 구현된 두 시스템을 실험을 통하여 비교 하였다.

실험결과 차양을 하지 않은 경우보다 일영각을 통한 제어와 퍼지추론을 이용한 제어가 높은 균제도를 얻을 수 있음을 실험 결과를 통하여 알 수 있었다. 일영각을 통한 제어와 퍼지추론을 통한 제어 둘다 차양이 없을 때보다 좋은 균제도를 얻을 수 있었지만 퍼지추론을 통한 제어가 기존의 일영각을 통한 제어보다 40% ~ 21%의 향상된 균제도를 보여주어 더 좋은 균제도를 얻을 수 있게 하였다. 이는 둘 다 롤러 셰이드를 통하여 들어오는 확산광이 건물 안 끝까지 들어와 차양 장치를 하지 않은 것보다 높은 균제도를 보여주지만 퍼지 추론을 통한 제어가 좀 더 높은 성능을 가짐을 보여준다.

실험 결과 퍼지추론을 통한 제어가 좀 더 좋은 성능을 가짐을 알 수 있었지만 본 연구에는 여러 가지 한계를 가지고 있다. 먼저 실험의 조건이 다양하지 못했다. 실험의 결과가 창호의 방향이 남서쪽인 것만을 고려한 결과이고 청공 상태 또한 운량이 4.4인 부분 담천공 이다. 그리고 가장 중요한 요인은 1개의 창

호만을 고려한 부분적인 공간에서의 실험이라는 것이다. 그러므로 향후 조금 더 다양한 실험 조건을 가지고 실험을 하여 더 다양하고 정확한 실험 데이터를 확인해야 할 것이다. 그리고 더 나아가 퍼지추론을 통하여 주광의 유입량에 따라 내부 조명의 밝기를 조절하는 조광 제어시스템과 자동 롤러 쉐이딩 시스템을 연동하는 연구도 진행하여야 할 것이다.



참고문헌

- [1] 남승일, 「지구온난화와 서 북극해 기후환경변화복원연구」, 대한지리학회 2011년 연례학술대회 및 정기총회 발표논문 요약집, 175-177, 2011
- [2] 김지연, 홍성희, 박효순, 서승직, 「초고층건물의 조명에너지절약을 위한 BIPV적 용에 관한 연구」, 한국태양에너지학회 2007년도 춘계학술발표대회 논문집, 124-130, 2007
- [3] S.E Selkowitz, 《Green Building : North American Opportunities and Challenges from a Mexican Perspective》, 2007
- [4] 지철근, 《조명디자인 입문》, 기다리, pp,107-113, 2009
- [5] 임지선, 김유신, 최안섭, 이정호, 「Mock-up 실험을 통한 사무소 건축물의 Roller Shade 높이 제어 최적화에 관한 기초적 연구」, 한국태양에너지학회 2008년도 춘계학술발표대회 논문집, 148-153, 2008
- [6] Chuen Chien Lee, 「Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part I·II」, IEEE Transection on System, Man, and Cybernetics, Vol.20, No. 2, pp.404-435, March/April, 1990
- [7] Jacek M. Zurada, 《Introduction to Artificial Neural System》, West Publishing Company, 1992.
- [8] Chin-Teng Lin and C.S George Lee, 《Neural fuzzy systems, Prentice Hall》, 1996.
- [9] 이상배, 《퍼지-뉴로 제어 시스템》, 교학사, pp. 7-108, 1999.
- [10] 이광형, 오길록, 《퍼지이론 및 응용 I/II》, 홍릉과학출판사, 1991.
- [11] L. A. Zadeh, 「Fuzzy Sets, Information and Control 8」, pp.338-353, 1965.
- [12] M. Mizumoto, 「Pictorial representation of fuzzy connectives, Part I : cases of t-norms, t-conorms and averaging operators」, Fuzzy sets and Systems, v31, pp.217-242, 1989.
- [13] L. A. Zadeh, 「Fuzzy sets as a basic for a theory of possibility」, Fuzzy sets and Systems, v1, pp.3-28, 1978.
- [14] Jyh-Shing, Roger Jang, ANFIS: 「Adaptive Network Based Fuzzy Inference syst

em"」, IEEE Trans. on system, Man, And Cyb. Vol. 23, No.3, pp.665-685,1993.

[15] J. S. R. Jang and C.-T. Sun, 「Neuro-Fuzzy Modeling and Control」, Proc.IEE E, March, 1995.

[16] M. Sugeno and M. Nishida, 「Fuzzy control of model car」, Fuzzy Sets syst., Vol.16, pp.103-113, 1985.

[17] 최안섭, 《주광의 이해와 계산 (특집 : 그린 빌딩과 태양에너지 이용)》, 한국그린빌딩협의회, 2001.



감사의 글

부족한 제가 이렇게 2년의 결실을 맺을 수 있었던 것은 주위의 많은 분들의 도움이 있었기 때문이라고 생각합니다. 먼저 항상 저를 생각하시며 걱정하시는 부모님, 마지막까지 믿어주시는 저희 부모님이 있어 제가 궁지에 몰리더라도 중심을 잃지 않고 앞으로 갈 수 있었습니다. 그리고 2년 동안 저에게 길을 제시하고 물심양면으로 도와주신 저희 이상배 교수님 언제나 존경과 감사의 마음을 잊지 않겠습니다. 부족한 저의 논문을 다듬어주신 임재홍 교수님 박동국 교수님 감사드립니다.

저의 삶의 목표이자 지침이 되어주신 이창규 선배님과 김영탁 선배님, 그리고 대학원 생활동안 저희를 이끌어주신 박주원 선배님 감사드립니다. 처음 1년 동안 저에게 많은 도움을 주시고 “대학원생활은 이런 것 이다”를 보여주신 계광현 선배님 감사합니다. 그리고 또 처음 1년 동안 많은 것을 가르쳐 주신 이재홍 선배님도 감사합니다.

행정적으로 많은 편이를 봐주신 주현진 조교누나도 감사합니다. 조교누나가 없었으면 졸업이 힘들었을 거라고 생각합니다. 그리고 이 글을 쓰는 이 순간에도 내 생각에 눈물을 흘리고 있을 저의 동기이자 후배인 우리 조봉근, 류창완 학우님들, 너희들이 없었으면 학교생활이 재미없었을 거야. 지금은 각지에 퍼져있는 고등학교 친구들, 가장 먼저 취업한 이동희, 같이 대학원 진학한 강정현, 나랏일 준비하는 김지훈, 모두 감사하다. 너희들은 어떻게 생각할지 모르겠지만 나는 같이 있을 때 아무생각 없이 편하게 있을 수 있어서 그때만은 걱정이 없었던 것 같다(한번씩 빼고). 그리고 학부생활과 대학원 2년 동안 신세진 자취방 주인 할아버지 할머니도 감사드립니다.

양질의 통닭을 구워주신 굽네치킨 동삼점 사장님 감사합니다. 소녀시대 상품을 잘 챙겨주신 점 잊지 않겠습니다. 조봉근 학생을 위해 아이유 상품을 챙겨주신 멕시카나 사장님도 감사드립니다. 힘드신 걸음에도 항상 미소를 잊지 않으시던 덕이내 돼지국밥 사장님도 감사드립니다. 무구한 발전을 기원합니다. 마지막으로 지금은 없지만 언젠가 나와 결혼해주시실 미래의 신부에게 이렇게 부족한 나지만 함께해줘서 감사하다고 말하고 싶습니다.

이 글을 쓰기 전에 제가 이렇게 많은 사람들의 도움을 받았는지 알지 못했습니다. 이 재서야 제가 걸었던 길이 왜 험난하지 않고 어렵지 않았는지 알 수 있었습니다. 항상 감사한 마음을 잊지 않겠습니다. 감사합니다.