



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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](#)

공학석사 학위논문

퍼지추론을 이용한 안개 경고 LED 제어
시스템 구현에 관한 연구

A Study on the Implementation of Disaster Prevention
LED Warning Lighting Control System using Fuzzy
Theory



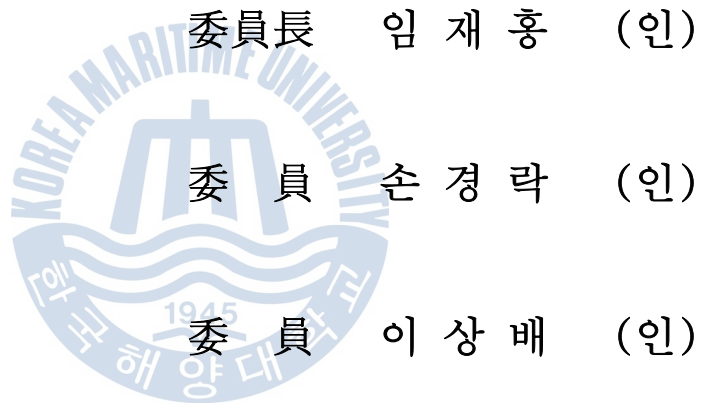
2013年 2月

한국해양대학교 대학원

전자통신공학과

조봉근

本 論 文 을 柳 昌 完 의
工 學 碩 士 學 位 論 文 으 로 認 准 함 .



2013년 2월

韓 國 海 洋 大 學 校 大 學 院

목 차

List of Tables	iv
List of Figures	v
Abstract	vi

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구의 범위 및 방법	2

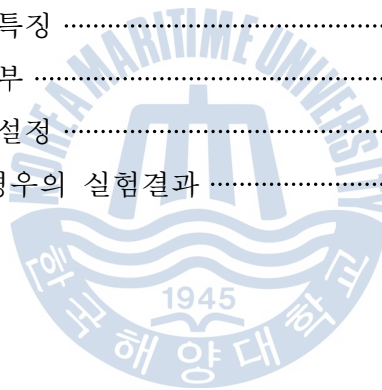
2. 이론적 고찰

2.1 안개 일반	3
2.1.1 안개 정의	3
2.1.2 안개 관련 법규	4
2.1.3 안개와 교통사고	5
2.1.4 도로교통 안전시설	5
2.1.5 안개 측정 기법	6
2.2 퍼지 이론	7
2.2.1 퍼지이론의 개요	7
2.2.2 퍼지 집합과 멤버십 함수	8
2.2.3 퍼지 제어시스템	9
2.2.4 퍼지추론의 개요 및 도식적 계산법	10
2.2.5 다변수-다층구조 퍼지 제어시스템	14

3. 안개경고 LED 제어시스템의 구성 및 설계	
3.1 안개경고 LED 제어시스템	15
3.2 안개경고 LED 퍼지 제어시스템	16
3.2.1 퍼지멤버십함수	17
3.2.2 퍼지 제어규칙의 설정	21
3.2.3 비퍼지화 과정	22
3.3 시스템 하드웨어의 구성	24
3.3.1 메인보드 부	25
3.3.2 센서 부	26
3.3.3 전원 부	28
3.3.4 LED Moule 제어 부	29
4. 안개경고 LED 제어 시스템 제작 및 실험	
4.1 제작 및 실험	30
4.1.1 LED 테스트용 보드	30
4.1.2 센서 및 LCD 테스트용 보드	32
4.2 안개경고 LED의 제작	33
4.3 테스트 결과	34
5. 결론	37
참고문헌	38
감사의 글	

List of Tables

Table 1 시정에 따른 안개의 국제 분류	3
Table 2 안개 발생건수와 사고 수	4
Table 3 기상청 관측 기준	4
Table 4 도로교통 안전시설	5
Table 5 교통 통제기준	6
Table 6 퍼지이론의 특징	9
Table 7 통행가능 여부	15
Table 8 언어변수의 설정	16
Table 9 여러 가지 경우의 실험결과	36



List of Figures

Fig. 1 연구의 흐름	2
Fig. 2 안개사고 유형 및 원인	6
Fig. 3 일반적인 퍼지 제어시스템	7
Fig. 4 퍼지 제어시스템의 구성	10
Fig. 5 퍼지추론의 순서도	11
Fig. 6 다변수 구조 퍼지시스템의 블록도	14
Fig. 7 퍼지제어시스템의 블록도	16
Fig. 8 온도값의 퍼지멤버십 함수	17
Fig. 9 습도값의 퍼지멤버십 함수	18
Fig. 10 조도값의 퍼지멤버십 함수	18
Fig. 11 기울기값의 퍼지멤버십 함수	19
Fig. 12 LED 색상값의 Membership	20
Fig. 13 시스템 전체 Block Diagram	24
Fig. 14 메인보드 파트의 Block Diagram	25
Fig. 15 온·습도센서의 Block Diagram	26
Fig. 16 7805의 회로도	28
Fig. 17 LED Module 제어 회로도	29
Fig. 18 LED 테스트용 보드	30
Fig. 19 센서 및 LCD 테스트용 보드	32
Fig. 20 전체 보드의 모습	33
Fig. 21 원활한 통행	34
Fig. 22 주의하여 통행	35
Fig. 23 통행불가	35

A Study on the Implementation of Disaster Prevention LED Warning Lighting Control System using Fuzzy Theory

Cho, Pong Keun

Department of Electronics & Communications Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

If there is a lot of fog it will affect the social, economic, human life, and particular surrounding highways and airports there are much more dangerous area to driving and flight, the problem has a bad impact on transportation industry. To make matters worse we couldn't observe a thick fog, if there is no piloted weather station. So i commended one way for above the traffic accident by thick fog, that it is LED installation system on the basis of temperature, humidity, illuminance, wind. LED installation system is necessary to prevent avoid big traffic accident at bridge entrance. This is probably the best safeguard against traffic accident owing to a thick fog.

KEY WORDS: Fuzzy theory, Fog, Illuminance, Temperature, Humidity.

제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

안개는 사회·경제·인간생활 전반에 걸쳐 영향을 미치는 중요한 기상 현상으로 특히 고속도로나 공항 주변에서 발생하는 안개는 차량 및 항공기 운행 등 교통관련 사업에 막대한 영향을 준다. 도로교통공단 교통사고 요인분석(2008)에 따르면 기상상태별 교통사고 중 맑은 날 발생한 사고가 85.7%, 흐린 날 5.5%, 비가 온 날 7.8%, 눈 오는 날 0.8%, 안개 낀 날 0.3%로 나타났다. 이 중 안개 낀 날의 경우 동일지역에서 발생한 사고의 치사율이 11.4명, 타 지역에서 발생한 사고의 치사율이 9.2명으로 다른 기상상태에서의 사고 치사율보다 월등히 높은 것으로 나타났으며 동일지역에서 발생한 사고의 치사율이 타 지역에서 발생한 치사율에 비해 사고 위험도가 높은 것으로 나타났다. 2006년 10월 서해대교에서는 추석연휴를 앞두고 짙은 안개 속에서 29대의 차량이 추돌하는 사고가 발생해 60명의 사상자가 발생했으며, 2008년에는 충남 당진군 서해안고속도로 상행선에서 가시거리 10m 이내의 짙은 안개로 26대의 차량이 추돌하여 21명의 부상자가 발생하기도 했다. 이처럼 안개로 인한 피해가 다양화되고 대형화 되어가면서 안개 발생 특성과 예측을 위한 다양한 연구가 시도 되었다. 안개 예측방법으로 통계적인 방법과 수치적인 방법을 들 수 있다. 통계적인 방법을 이용한 안개예측은 국지적으로 일어나는 안개 예보에 적합하고 적중률이 높은 반면 안개 관측이 대부분 목측에 의존하고 있어 유인기상 관측소가 없는 지역에서는 안개 예측 및 검증이 어렵다. 안개 속 교통사고를 줄이기 위해서는 짙은 안개가 상습 발생하는 사고 위험 지점을 파악

해 사전에 대책을 세워야 한다. 본 논문에서 사용될 LED경고등을 통하여 안개발생시 교통사고를 예방하고 피해 규모도 줄일 수 있을 것이라 생각 된다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구는 Fig. 1 과 같이 이론적 고찰, 시스템 구성 및 설계, 결과 및 결론의 단계로 진행 되었다. 이론적 고찰 단계에서는 안개가 발생할 가능성이 높은 조건에 대한 분석과 안개발생시 사고의 위험확률에 대한 분석을 하였고 안개발생을 보다 정확하게 측정할 수 있는 퍼지추론에 관해 분석하였다. 시스템 구현에서는 앞서 연구한 이론에 맞게 실제로 LED 경고등 시스템을 구현하였다. 실제 안개가 발생하는 조건에 맞게 실험 환경을 만들어 제작된 시스템이 원하는 동작을 하는지 실험 하였다.

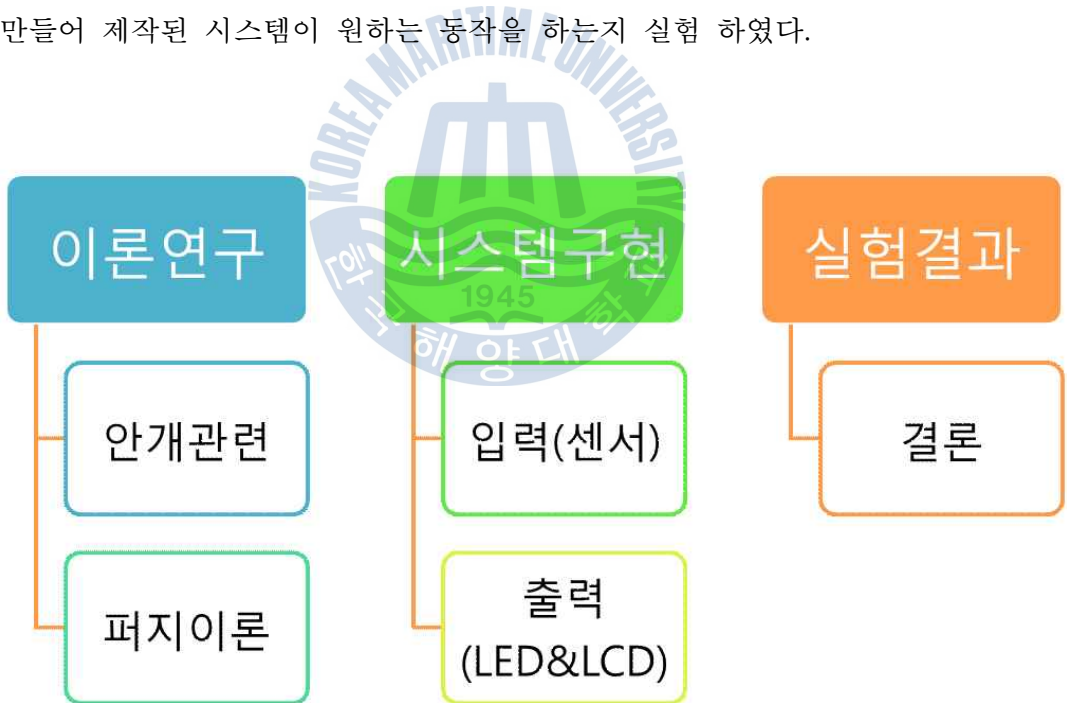


Fig. 1 연구의 흐름

제 2 장 이론적 고찰

2.1 안개 일반

2.1.1 안개 정의

공기 중에 미세한 수적이 부유하여 시정을 감소시키는 것을 말하며, 시정이 1km 이상일 때는 안개라고 하지 않는다. 안개가 생성되기 위한 조건은 공기가 포화되기 위해 공기 속으로 수증기가 공급되거나, 습한 공기가 냉각되어서 포화되어 응결이 일어나거나 지표부근의 공기와 상층의 공기가 혼합할 때 안개가 생성될 수 있다. 본질적으로 하층운의 하나인 층운과 같지만 안개는 지면에 접해있다는 점이 다르다. 바람이 2~3m/s의 약풍이 불며 지평면 부분의 공기가 안정되어 있을 경우 안개가 지속적으로 발생할 수 있다. 공기 속으로의 증발과 공기 속 수증기의 냉각에 의해 공기가 포화되어 응결이 일어나서 안개가 생성된다.

Table 1 시정에 따른 안개의 국제 분류

시정	설명
≤40m	농밀한 안개(Dense fog)
20~200m	짙은 안개(Thick fog)
200~1000m	안개(Fog)
1~2km	박무(Mist : 주로 물방울에 의함)
2~4km	연무(Haze : 연기 혹은 먼지에 의함)
4~10km	시정불량(Poor visibility)
10~40km	시정양호(Good visibility)
≥40km	시정최상(Excellent visibility)

(Meteoological Office, 1969)

안개 발생과 교통사고 관련 통계에 의할 때, 안개는 댐이 있는 곳이나 가을철 등과 같이 일교차가 큰 계절에 장대교 등에서 많이 끼고 있으며 대형 교통사고는 10월에 가장 많이 발생하는 것으로 나타나 있다.

Table 2 안개 발생건수와 사고 수

구분	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월
발생건수	118	9	9	8	12	10	10
사망	154	8	16	7	13	11	13

구분	7월	8월	9월	10월	11월	12월
발생건수	13	12	8	14	9	4
사망	16	18	11	25	10	6

2.1.2 안개 관련 법규

기상업무법에 안개특보 발령을 규정하고 있지 않으나 매일아침 기상정보 발표 시 날씨 예보에 포함하여 안개예보를 하고 있으며 기상청 안개관측기준은 Table 3 과 같다.

Table 3 기상청 관측 기준

구분	설명
안개	하늘까지 보이지 않은 농밀한 안개
낮은 안개	앞은 보이지 않는데 멀리 봤을 때 천공상태가 보이는 안개
땅 안개	경사면에서, 멀리 안개가 끼어 있는 경우
얼음 안개	안개가 빙적으로 형성된 경우
박무	시정거리가 1km 이상일 때

※안개예보(예) : 아침에 짙은 안개가 끼는 곳이 많겠으니 교통안전에 주의하시기 바랍니다.

한국도로공사는 고속도로 내 안개다발지역에는 전광판 등 주의표시판을 설치하고 안개가 끼면 “안개주의 감속운행” 등의 정보를 제공하고 있다.

2.1.3 안개와 교통사고

안개와 교통사고는 밀접한 관계가 있다. 2008년에서 2010년 발생한 기상상태별 교통사고 치사율을 분석한 결과 안개(8.9) > 흐림(3.9) > 비(3.0) > 눈(2.5) > 맑음(2.4)의 순서로 치사율이 높게 나타난다. 안개 발생지역의 교통사고를 방지하기 위하여 도로교통법 시행규칙 제12조 ②항에서 폭우, 폭설, 안개 등 으로 가시거리가 100m이내일 때에는 최고속도의 100분의 50을 줄인 속도로 운행토록 되어있다. 그러나 이러한 규정을 알고 운전하는 운전자는 그리 많지 않다. 그리고 안개가 낀 지역은 대부분 무인단속 카메라가 설치되어 운용하고 있는데 무인단속카메라는 날씨에 관계없이 법에 명시된 운행속도를 기준으로 단속하도록 맞춰져 있어 안개 발생지역의 교통사고 방지를 위해 설치한 것으로는 볼 수 없다.

2.1.4 도로교통 안전시설

교통안전시설로 CCTV, 도로전광표시, 안개주의예고 표지판 등이 설치되어 있으나, 안개발생을 실시간 감지하고 예고할 수 있는 교통시스템이 구축되어 있지 않다. 도로교통 안전시설과 교통 통제기준은 Table 4, Table 5 와 같다.

Table 4 도로교통 안전시설

구분	안전시설	비고
도로정보 수집, 제공 감속운행 유도	CCTV	
	도로전광표지	
	안개주의 예고표지판	
도로선형 유도	순찰차량	
	시선유도등	
	데리네이터	
	노면요철포장	

Table 5 교통 통제기준

시정거리	교통제한	비고
250m 이하	제한속도의 20% 감속 유도	자체 매뉴얼
100m 이하	제한속도의 50% 감속	도로교통법, 시행규칙 제 19조
10m 이하	교통제한 및 운행정지 검토	자체 매뉴얼

안개로 인한 교통사고의 유형 및 원인은 Fig. 2 와 같이 크게 “전방 서행 또는 정차차량 추돌” 형태와 “도로시설물 충격 또는 도로이탈” 형태의 사고로 구분할 수 있으며 사고의 주요원인은 전방시거 불량, 감속속도 불응, 짙은 안개 시 도로선형 파악곤란으로 볼 수 있다.

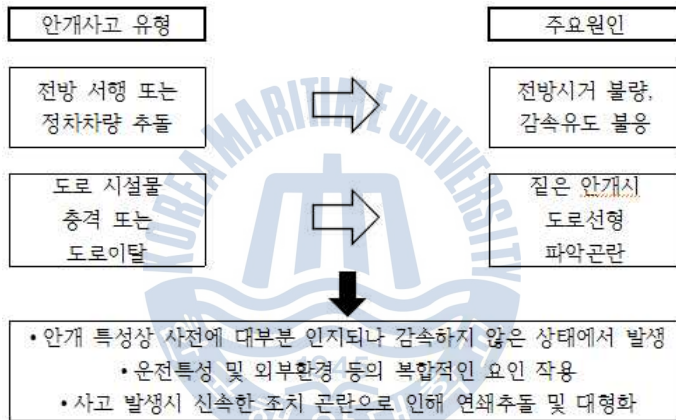


Fig. 2 안개사고 유형 및 원인

2.1.5 안개 측정 기법

안개를 측정하는 방법에는 Transmissometer, Nephelometer, Forward-scatter Fog Sensor 등의 안개 센서와 CCTV 카메라를 사용하면 쉽게 안개를 측정 할 수 있다. 그러나 안개 센서는 매우 고가의 장비이며 눈, 비의 영향을 크게 받고 안개의 밀도가 불균일한 경우 정확성이 매우 떨어지는 단점이 있고, CCTV 카메라의 경우 야간에 적용하기 어려운 단점이 있다. 그래서 본 논문에서는 온도, 습도, 조도센서와 풍량을 이용한 간단한 하트웨어 시스템에 퍼지이론을 적용하여 안개를 예측하는 방법을 제안하였다.

2.2 퍼지이론(Fuzzy Theory)

인공지능 분야에서 인간의 추론능력을 구현할 수 있는 이론이 퍼지이론이다. 퍼지이론은 전문가 시스템적인 측면을 내포하고 있으며 지금까지의 고전제어기법이나 현대제어기법과는 다른 제어기법이다. 또한 퍼지이론은 제어뿐만 아니라 광범위한 공학 분야에 걸쳐 응용될 수 있는 사람의 지혜를 진정으로 살린 기술이라 볼 수 있다. 퍼지이론은 인간의 애매한 추론을 컴퓨터를 통해 나타낸 것으로서 일반적인 퍼지 제어시스템은 Fig. 3에 나타낸 블록도와 같이 인간의 감각을 표방하고 있다. 인간이 시각을 통해 관측입력을 통해 입력을 받듯이 시스템은 센서입력을 통해 입력 값을 받게 된다. 그리고 인간의 뇌에서 이 정보를 처리하여 출력(행동 등)으로 나타내듯이 시스템에서는 퍼지화를 통해 crisp한 입력 값을 퍼지 값으로 변환한 후 퍼지추론 엔진을 통해 애매한 값에 대한 정의를 내린다. 그 결과 나오는 퍼지출력은 비퍼지화를 통해 시스템에 적용 가능한 crisp값으로 변환된다.

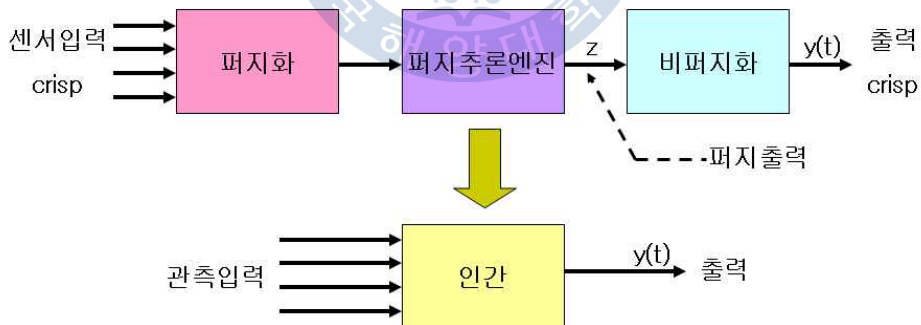


Fig. 3 일반적인 퍼지 제어시스템

2.2.1 퍼지이론의 개요

언어 등의 애매함을 정량적으로 표현하기 위하여 1965년 미국 버클리대학교의 L. A.자데(Zadeh) 교수에 의해 도입된 퍼지집합의 사고방식을 기

초로 하고 있다. 퍼지집합의 개념은 각 대상이 어떤 모임에 “속한다” 또는 “속하지 않는다”는 이진법 논리로부터, 각 대상이 그 모임에 속하는 정도를 소속 함수(membership function)로 나타냄으로써 수학적으로 표현할 수 있다. 또한 퍼지측도(fuzzy measure)는 일반집합 A에서 위치가 애매한 원소 a가 A의 부분집합 P에 속한다는 말의 애매한 정도를 나타냄으로써 a와 A의 관계를 수학적으로 표현한다. 최근 퍼지이론을 응용하여 인간의 사고 능력에 가까운 기능을 구현하는 연구가 활발하게 진행되고 있으며, 가전제품, 자동제어 분야에 응용한 제품이 출현하였다. 주요 응용 분야인 퍼지 제어기는 퍼지화기(fuzzifier), 규칙 베이스(rule base), 퍼지 추론기(fuzzy inference engine), 비퍼지화기(defuzzifier)로 구성되어 있다. 퍼지 제어기는 복잡한 비선형 시스템의 제어 시에 퍼지집합을 분할하여 각 영역에 따른 규칙 베이스를 구성하면 기존의 비선형 제어기에 비해 훌륭한 성능을 얻을 수 있다.

2.2.2 퍼지 집합과 멤버쉽 함수

퍼지 제어 이론은 보통집합의 규칙과 연산에 퍼지집합의 규칙과 연산을 비교함으로써 전개된다. 퍼지 개념은 하나의 대상이 하나의 값으로 정의되는 것이 아니라 여러 값을 통해 단계적으로 정의되기 때문에 집합의 개념을 사용하여 표시한다. 이러한 집합은 일반집합의 표현 및 특성과 서로 비교하며 몇 가지 다른 점을 가지기 때문에 일반집합과 구분하기 위해서 퍼지 집합이라고 부른다. 보통 집합은 0 또는 1이라는 명백한 값을 가지는데 반해, 퍼지 집합에서는 소속 정도(degrees of membership)라는 무한 지수를 가지므로 사실상 퍼지 집합은 보통 집합의 정의나 원리 전체를 포함한다고 볼 수 있다. 즉 고전적 집합론은 “1 이든가, 0 이든가” 또는 “YES 이든가, NO 이든가” 등의 확정적인 사상을 대상으로 하는데 대하여 퍼지집합론은 “1 도 0 도 아니다” 또는 “1 에 가깝다” 등의 애매한 사상을 대상으로 하는 집합론이다. 이러한 점에서 보통집합은 퍼지집합의 한 부분이라고 할 수 있다. 그러므로 퍼지집합 이론은 포괄적인 집

합 이론이라고 할 수 있고, 개념적으로 퍼지집합은 애매한 경계(한계)를 가지는 집합으로 정의될 수 있다.

퍼지 집합을 좌표축에 대응시키면 함수를 얻을 수 있으며 이 함수는 대상에 대해 퍼지 특성을 가지게 된다. 함수의 값이 클 때는 대상의 목적에 소속되는 정도가 크다는 것을 의미하고 작을 때는 그 반대를 의미하므로 이를 소속 함수(membership function)라 한다. Table 6 에서는 퍼지 집합과 보통 집합의 수치에 대한 개념을 서로 비교하였다.

Table 6 퍼지이론의 특징

Fuzzy 개념	Crisp(보통값) 개념
노인이다	나이가 만 60세 이상이다
키가 크다	신장이 180cm 이상이다
날씨가 춥다	기온이 10°C 이하이다

2.2.3 퍼지 제어시스템(Fuzzy Control System)

제어시스템(control system)이란 원하는 응답을 제공하는 시스템을 구성하기 위하여 시스템 구성 요소를 상호 연결하는 것이다. 시스템 해석의 근거는 시스템 구성 요소들의 원인과 결과 관계식을 나타내는 선형시스템 이론에 의하여 주어진다. 그러므로 제어하고자 하는 부분 또는 공정(process)은 “입력→공정→출력” 과 같이 나타낼 수 있다. 입출력 관계식은 공정의 원인과 결과의 관계식을 나타내며, 이는 또한 입력이 처리되어서 출력신호 변수로 되는 것을 나타내고, 일반적으로 출력증폭이 발생한다. 제어시스템을 표현하는 방법으로는 시간영역에서 해석하는 기법과 주파수영역에서 해석하는 기법이 있다. 주파수영역 기법은 선형 시 불변 시스템에만 적용할 수 있는 한계가 있고, 또 전달함수의 입출력관계에 중점을 두고 있기 때문에 변수가 많아지는 다 변수 시스템의 적용에도 한계가 있다. 반면에 시간영역에서 해석을 하게 되면 비선형, 시변, 다 변수 등

다양한 시스템에 적용이 가능하다. 따라서 시스템을 미분방정식으로 표현하는 것과 같이 동적시스템의 시간영역 표현방법을 안다는 것은 필수 과정이라 할 수 있다. Fig. 4 는 피드백을 받는 퍼지 제어시스템의 블록다이어그램이다.

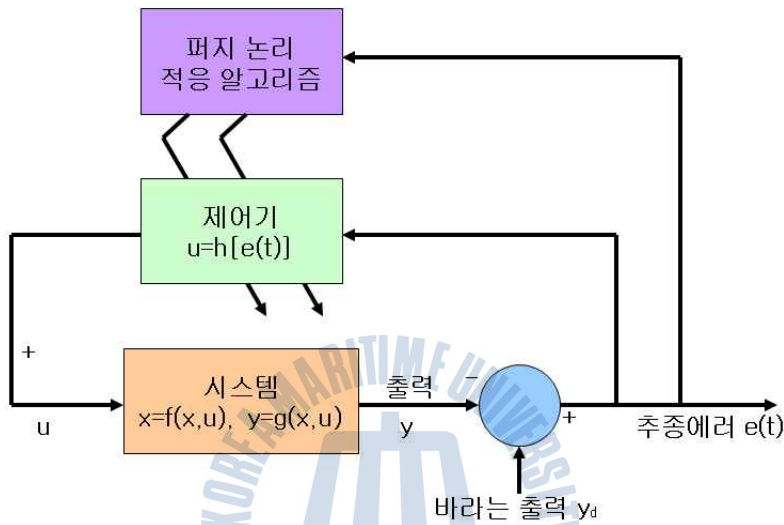


Fig 4 퍼지 제어시스템의 구성

바라는 출력 y_d 가 있고 추종에러 $e(t)$ 가 주어질 때 제어기와 시스템을 통해 y 값을 출력하고 이 값이 실제 출력 y_d 와 비교하여 차이만큼의 에러 값이 발생하게 된다. 퍼지논리 적응 알고리즘은 이러한 에러 값을 피드백 받으면서 점점 줄이는 역할을 한다.

2.2.4 퍼지추론(Fuzzy Inference)의 개요 및 도식적 계산 기법

퍼지추론이란 어떤 주어진 규칙으로부터 새로운 사실을 유추해 나가는 일련의 과정이다. 인간의 언어에 퍼지집합을 적용시켜 그 의미에 해당하는 것을 멤버집합수를 통해 변화시킬 수 있기 때문에 컴퓨터 스스로 애매한 추론이 가능하다. Fig. 5 는 퍼지추론의 순서도를 나타낸 블록도이다. 시스템의 실제 입력 값이 입력 단으로 들어오면 Fuzzifier(퍼지화기)를 통해 언어변수를 설정하고 각 변수의 값을 퍼지화 한다. 그리고 그 퍼지 입

력 값을 Fuzzy Rules을 통해 퍼지 출력 값을 나타내고 이 값을 다시 Defuzzifier(비퍼지화기)를 통해 시스템에서 적용할 수 있는 실제 출력 값으로 나타낸다.



Fig. 5 퍼지추론의 순서도

본 논문에 사용한 퍼지추론법은 일반적인 제어에서 쉽게 사용되는 “Mamdani’s minimum fuzzy implication rule“을 사용하였다.

$$\begin{aligned}
 R^1 &: \text{IF } x \text{ is } A_1 \text{ AND } y \text{ is } B_1, \text{ THEN } z \text{ is } C_1, \\
 R^2 &: \text{IF } x \text{ is } A_2 \text{ AND } y \text{ is } B_2, \text{ THEN } z \text{ is } C_2
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

식(2.1)의 퍼지 제어 규칙에서 첫 번째 규칙의 연결강도를 a_1 , 두 번째 규칙의 연결강도를 a_2 로 정의하면 식(2.2)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 a_1 &= \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0) \\
 a_2 &= \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0)
 \end{aligned}
 \tag{2.2}$$

식(2.2)에서 $\mu_{A_1}(x_0)$ 와 $\mu_{B_1}(y_0)$ 는 퍼지 규칙집합(rule-based)에서의 데이터와 입력으로 주어지는 데이터 사이에 소속되는 소속정도이다. Mamdani 추론범위에서 i -번째 퍼지규칙(fuzzy rule)은 식(2.3)과 같이 정의할 수 있다.

$$\mu_{c_i}(w) = a_i \wedge \mu_{c_i}(w) \quad \text{식(2.3)}$$

최종적으로 $\mu_c(w)$ 는 식(2.4)와 같다.

$$\mu_c(w) = \mu_{c_1} \wedge \mu_{c_2} = [a_1 \wedge \mu_{c_1}(w)] \vee [a_2 \wedge \mu_{c_2}(w)] \quad \text{식(2.4)}$$

근사추론의 결과 $\mu_c(w)$ 는 퍼지값으로 실제 제어대상의 입력으로 사용할 수 없다. 그러므로 $\mu_c(w)$ 를 실제 제어 값으로 사용하기 위해서는 크리프(Crisp)의 값으로 비퍼지화(Defuzzyfication)하여야 한다. 일반적으로 Mamdani의 추론법에서는 무게중심법(Center of gravity method)을 주로 사용하며 식(2.5)와 같이 표현한다.

$$u = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j) z_j}{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j)} \quad \text{식(2.5)}$$

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

1. 퍼지 제어기의 입 · 출력변수들과 그들의 퍼지값 결정
제어대상이 주어지면 입 · 출력변수를 먼저 결정한 후, 입 · 출력 변수들의 언어 값과 그 언어 값에 대한 소속 함수를 결정한다.
2. 지식기반(knowledge base)의 설계
제어에 필요한 지식은 규칙기반으로 표현할 수 있으며, 여기에서는 if-then 형식의 규칙으로 if절은 전반부 또는 전건부 등으로 불리고 then 절은 후반부 또는 후건부 등으로 불리는 퍼지함의(fuzzy implication)로 제어규칙을 기술하는 경우를 생각한다.

3. 수치적인 입력 변수 값의 퍼지화 방법 결정

입력변수의 값은 수치적인 값이므로 추론과정에 직접 이용될 수 없으므로 입력변수의 값을 퍼지화기(fuzzifier)를 통하여 퍼지 값으로 변환하여 사용하여야 한다.

4. 퍼지추론 방법의 결정

추론 법에는 무한치 논리를 기반으로 하는 추론법과 퍼지논리를 기반으로 하는 추론법이 있다.

무한치 논리를 기반으로 하는 추론 법은 합성에 의한 방법, Tsukamoto의 방법, Takagi와 Sugeno의 방법으로 분류할 수 있다. 합성에 의한 추론 법에는 Zadeh의 방법, Mamdani의 방법, Larsen의 방법 등이 있다.

5. 출력 퍼지 값의 비퍼지화 방법의 결정

프로세스의 입력인 제어량은 수치적인 값이어야 하므로 퍼지값인 추론결과를 수치적인 실수 값으로 변환하는 과정이 필요하며, 이 기능을 수행하는 것을 비퍼지화기라고 부르며, 무게중심법, 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.

2.2.5 다변수-다층구조 퍼지 제어시스템

다변수-다층구조 퍼지 제어시스템의 블록 다이어그램 표현의 장점은 전체 시스템의 전체 블록 다이어그램이 퍼지방정식들의 집합에 의한 구성요소들의 블록들을 단지 연결하는 것에 의해서 쉽게 작성할 수 있다는 점에 있고, 또한 시스템의 전체 실행에 있어서 각각의 구성요소들의 기여를 평가하는 것이 가능해진다는 것이다. 시스템의 함수 연산은 언어적인 시스템을 시험하는 것보다 블록 다이어그램을 시험하는 것이 더욱 쉽게 시각화할 수 있다. 하나의 블록 다이어그램은 신호의 흐름에 관계되는 정보를 함유한다. 그러나 시스템의 물리적인 구조에 관한 정보는 전혀 내포되어 있지는 않다. 그러므로 비슷하지 않고 관계없는 많은 퍼지 시스템들은 같은 블록 다이어그램으로 표현될 수 있다. 따라서 연산의 결과에 대한 도식적인 표현법인 이 블록 다이어그램은 응답결과를 계산하는 컴퓨터 프로그램으로 쉽게 변환시킬 수가 있다. Fig. 6 은 퍼지추론의 순서도를 나타낸 블록도이다.

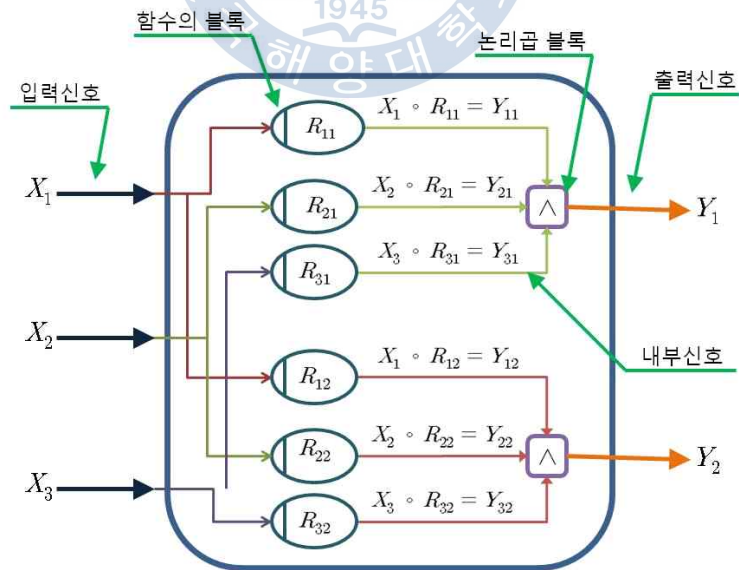


Fig. 6 다변수 구조 퍼지시스템의 블록도

제 3 장 안개경고 LED 제어시스템의 구성 및 설계

본 장에서는 안개경고 LED 제어시스템을 구현하기 위하여 설계한 내용을 하드웨어와 소프트웨어 측면에서 제시하였다. 윈도우즈 기반의 임베디드 개발환경에서 프로그래밍을 거쳐 마이크로프로세서에서 독립적으로 동작이 가능하도록 하였다.

3.1 안개경고 LED 제어시스템

안개경고 LED 제어시스템은 안개사고로 인한 피해를 줄이기 위하여 안개가 생성되기 좋은 환경을 4가지의 센서로 측정하고 측정된 온도, 습도, 조도, 기울기의 값에 따라 통행을 금지하거나 주의운행의 여부를 LED로 표시하여 안개사고를 사전에 예방 할 수 있도록 하기 위하여 고안되었다. 통행가능 여부에 따른 색상은 Table 7 과 같다.

Table 7 통행가능 여부

빨강	주황	초록
통행불가	주의운행	운행

3.2 안개경고 LED 퍼지 제어시스템

본 논문에서 마이크로프로세서로 입력되는 값은 온도, 습도, 조도, 기울기의 4가지 변수이다. Fig. 7 은 본 논문에서 이용된 퍼지 제어시스템의 대략적인 블록도이다.

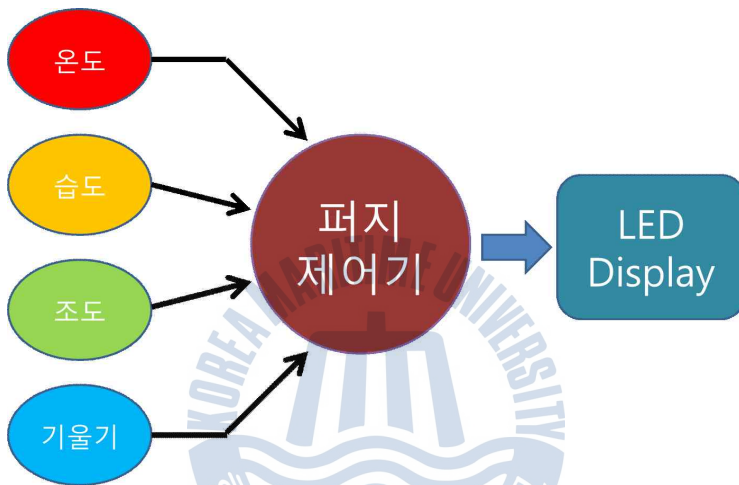


Fig. 7 퍼지 제어시스템의 블록도

그리고 본 논문의 퍼지추론에 사용된 언어변수의 설정은 다음의 Table 8 과 같다.

Table 8 언어변수의 설정

온도	습도	조도	기울기	LED
매우추움	매우건조	어두움	많이흔들림	RED
추움	건조		약간흔들림	ORANGE
따뜻함	보통	보통	정지	GREEN
더움	습함	밝음		
매우더움	매우습함			

3.2.1 퍼지멤버십함수(Fuzzy Membership Function)

앞에서 제시한 대로 언어변수의 설정을 통해 온도 값의 범위를 매우추움(VL), 추움(L), 따뜻함(M), 더움(H), 매우더움(VH)의 5부분으로 나누어 퍼지멤버십 함수를 할당하였다. 퍼지멤버십 함수의 범위는 Fig. 8 과 같다.

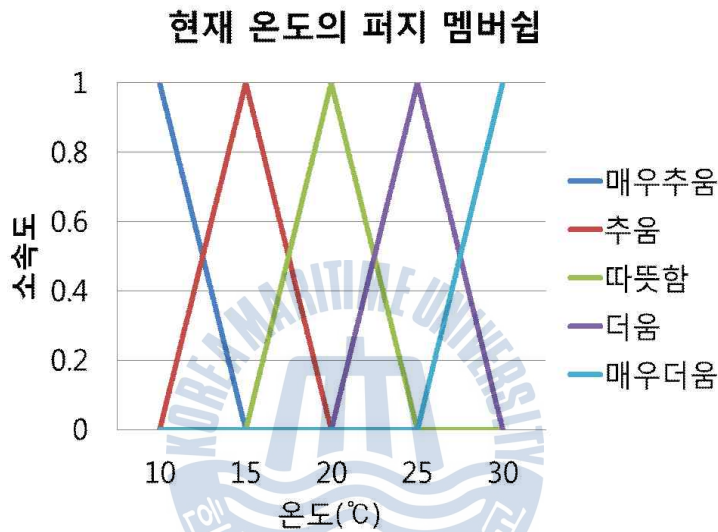


Fig. 8 온도값의 퍼지멤버십 함수

‘매우추움’의 경우 10도 이하면 소속도가 1이며 15도까지는 소속도를 가지고 있다. 그리고 ‘따뜻함’의 경우 20도에서 완벽한 1의 소속도를 가지며, 15도에서 25도 사이에서 삼각형 모양의 소속도를 가지게 된다. 퍼지멤버십 함수값을 읽는 방법은 다음과 같다. 예를 들어 온도가 17.5°C인 경우 추움의 퍼지멤버십 함수는 0.5, 따뜻함의 퍼지멤버십 함수는 0.5이며 나머지 항목의 퍼지멤버십 함수는 0이다.

습도에 관한 언어변수 설정에 따라 습도 값의 범위를 보통(VL), 약간습함(L), 습함(M), 많이습함(H), 매우습함(VH)의 5부분으로 나누어 퍼지멤버십 함수를 할당하였다. 퍼지멤버십 함수의 범위는 Fig. 9 와 같다.

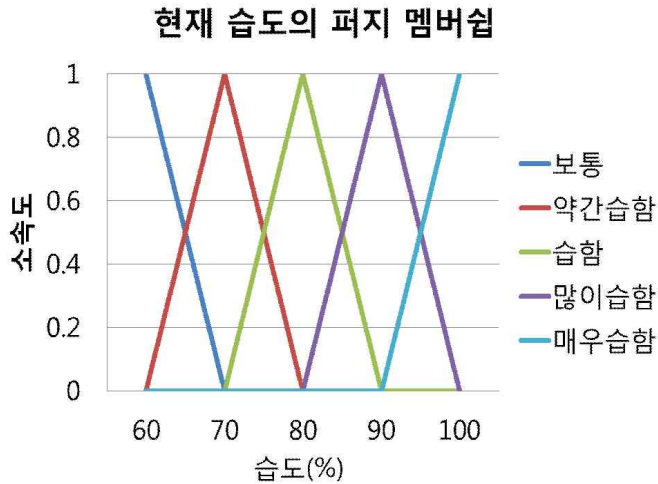


Fig. 9 습도값의 퍼지멤버십 함수

‘보통’의 경우 70% 이하면 소속도가 1이며 60%까지는 소속도를 가지고 있다. ‘습함’의 경우 80%에서 완벽한 1의 소속도를 가지며 70%에서 90% 사이에서 선형적으로 변화되는 소속도를 가지게 된다.

조도에 관한 언어변수 설정에 따라 조도 값의 범위를 어두움(L), 보통(M), 밝음(H)의 3부분으로 나누어 퍼지멤버십 함수를 할당하였다. 퍼지멤버십 함수의 범위는 Fig. 10 과 같다.

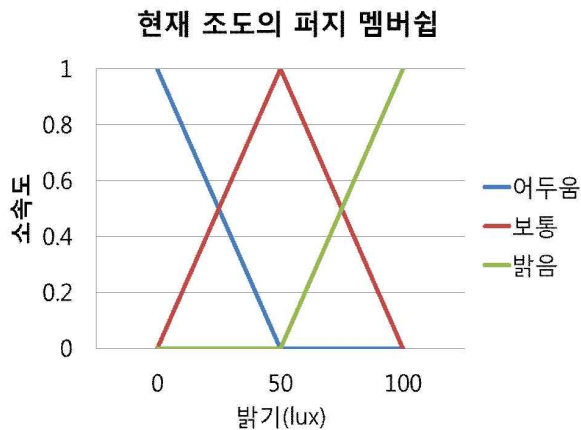


Fig. 10 조도값의 퍼지멤버십 함수

기울기에 관한 언어변수 설정에 따라 기울기 값의 범위를 정지(L), 약간 흔들림(M), 많이흔들림(H)의 3부분으로 나누어 퍼지멤버십 함수를 할당하였다. 기울기 센서는 풍속센서를 대신해서 사용한다. 퍼지멤버십 함수의 범위는 Fig. 11 과 같다.

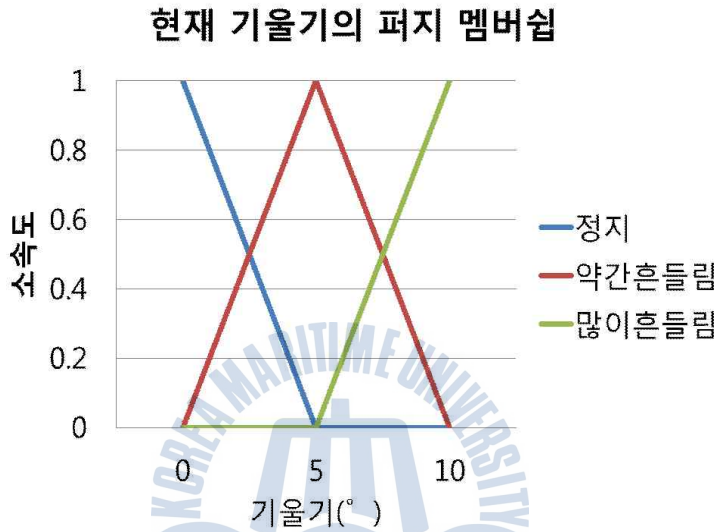


Fig. 11 기울기값의 퍼지멤버십 함수

출력 값인 색상은 RED, ORANGE, GREEN의 3가지 항목으로 나누어 할당하였으며 각각의 나타내는 바는 RED = 통행금지, ORANGE = 주의, GREEN = 안전을 의미한다.

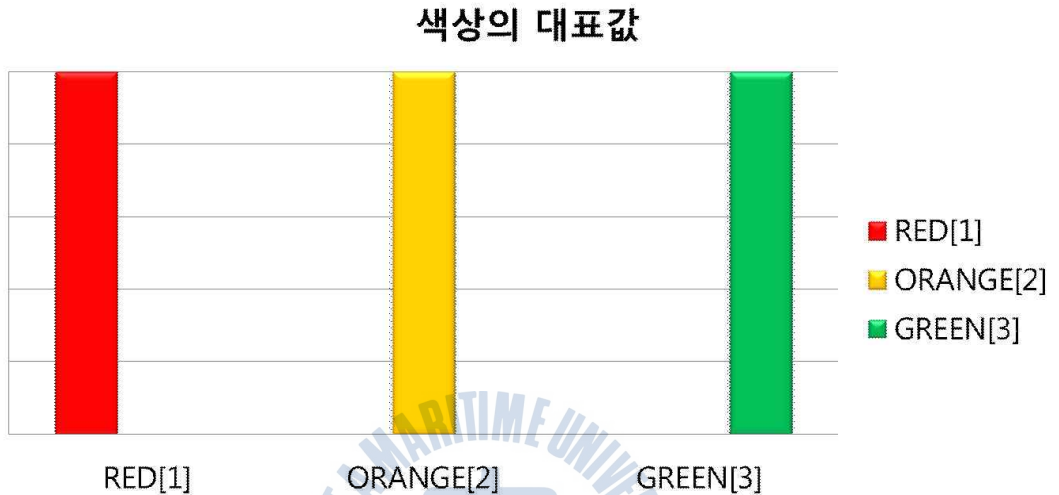


Fig. 12 LED 색상값의 Membership

색상에 대한 대표값을 1에서 3까지 각각 할당하여 구분하여 퍼지추론 도중에 계산의 편리를 도모하였다.

3.2.2 퍼지 제어규칙(Fuzzy Control Rules)의 설정

출력 값에 대한 설정은 다음과 같이 퍼지 제어규칙을 13개로 설정하고 각각의 상황에 맞는 최적의 색상을 선택하였다. If-Then 규칙으로 변환하여 Fuzzy Rule을 아래의 13가지 항목으로 나누어 정의하였다.

- R1 : If 온도 = 추움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 정지 then Color = RED
- R2 : If 온도 = 추움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 약간흔들림 then Color = ORANGE
- R3 : If 온도 = 추움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 많이흔들림 then Color = GREEN
- R4 : If 온도 = 추움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 보통 and 기울기 = 정지 then Color = ORANGE
- R5 : If 온도 = 추움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 밝음 and 기울기 = 정지 then Color = GREEN
- R6 : If 온도 = 추움 and 습도 = 약간습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 정지 then Color = ORANGE
- R7 : If 온도 = 추움 and 습도 = 약간습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 약간흔들림 then Color = ORANGE
- R8 : If 온도 = 추움 and 습도 = 약간습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 많이흔들림 then Color = GREEN
- R9 : If 온도 = 추움 and 습도 = 약간습함 and
조도 = 보통 and 기울기 = 정지 then Color = ORANGE
- R10 : If 온도 = 추움 and 습도 = 약간습함 and
조도 = 밝음 and 기울기 = 정지 then Color = GREEN
- R11 : If 온도 = 더움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 정지 then Color = ORANGE

- R12 : If 온도 = 더움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 약간흔들림 then Color = ORANGE
- R13 : If 온도 = 더움 and 습도 = 매우습함 and
조도 = 어두움 and 기울기 = 많이흔들림 then Color = GREEN

예를 들어 온도가 춥고 습도가 매우 습하고 조도가 어둡고 기울기가 정지상태의 경우 LED 색상은 RED(통행금지)색이 켜지게 되나, 춥고 매우 습하고 어둡고 바람이 불지 않는 명제(조건)에 얼마나 일치, 즉 소속도의 값이 얼마나 확률의 값 1에 수렴하는가에 따라 기존의 빨간색에서 미세하게 색상이 변화하게 된다. 그러므로 퍼지 제어를 원활하게 하기 위해서는 위의 Lookup Table에 나온 3가지 색상의 기준점을 제대로 잡아서 퍼지멤버십함수를 설정해야 한다. 전문가 지능시스템이란 퍼지 제어를 하고자 하는 프로젝트에 대해 많은 경험과 지식을 보유한 전문가의 의견을 반영하는 것으로서, 개발자는 이런 전문가의 의견을 얼마만큼이나 잘 이해하고 퍼지룰에 반영하여 설정하느냐에 따라 프로젝트에 사용된 퍼지 제어 알고리즘의 완성도가 결정되게 된다.

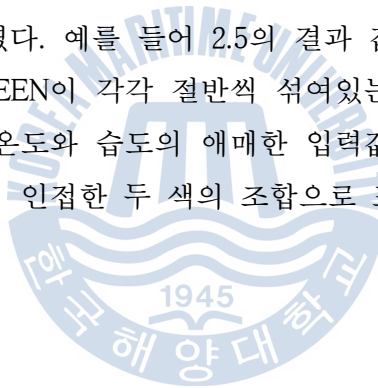
3.2.3 비퍼지화(Defuzzification) 과정

앞장에서 계산한 퍼지화 된 수치는 직접 출력(LED Display의 동작값)으로 사용할 수 없다. 그러므로 실제로 사용가능한 수치로 변환하기 위해 Defuzzifier(비퍼지화) 과정을 거쳐야 한다. 비퍼지화를 위해서는 여러 방법이 있으나 주로 다음의 식 3.1과 같이 무게중심법(Center of gravity method)으로 구한다.

규칙 R_i 의 온도 조건을 A_i , 습도 조건을 B_i , 조도 조건을 C_i , 기울기 조건을 D_i , Color를 E_i 라 하고, 조건 A, B, C, D에 대한 센서의 측정값을 a, b, c, d라고 할 때,

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{13} \min(\mu_{A_i}[a], \mu_{B_i}[b], \mu_{C_i}[c], \mu_{D_i}[d]) * E_i}{\sum_{i=1}^{13} \min(\mu_{A_i}[a], \mu_{B_i}[b], \mu_{C_i}[c], \mu_{D_i}[d])} \quad (\text{식 3.1})$$

무게중심법을 이용하여 비퍼지화 된 결과 e 는 LED 색상을 동작시킬 수 있는 실제 출력 값이다. 출력 값인 색상은 RED, ORANGE, GREEN의 세 가지 항목으로 나누었으며 각각의 값은 LED 출력의 실제 동작 값이므로 퍼지 값이 아닌 크리스프 값이어야 한다. 색상의 값은 각각 파장의 크기에 따라 나열하고 대표값을 각각 1에서 3까지 부여하였으며 파장이 클수록 작은 값을 할당하였다. 예를 들어 2.5의 결과 값이 나오게 되면 2번의 ORANGE와 3번의 GREEN이 각각 절반씩 섞여있는 색상이 나오게 될 것이다. 앞에서 언급한 온도와 습도의 애매한 입력값에 따라 색상 또한 애매한 값이 나오게 되어 인접한 두 색의 조합으로 표현될 것이다.



3.3 시스템 하드웨어의 구성

하드웨어 구성은 입력부분인 온도, 조도, 습도, 기울기센서와 제어를 담당하는 메인보드, 출력부분의 LED Module, LCD로 구성되어 있다. 메인보드 내부에는 ADC를 통한 센서 제어와 비교기를 통한 출력 값의 통제 등 전체적인 제어를 담당하는 MCU파트와 LED, LCD 드라이버 파트, 전원부로 구성되어 있다. 각각의 구성요소는 Fig. 13의 블록 다이어그램을 통해 나타내었다.

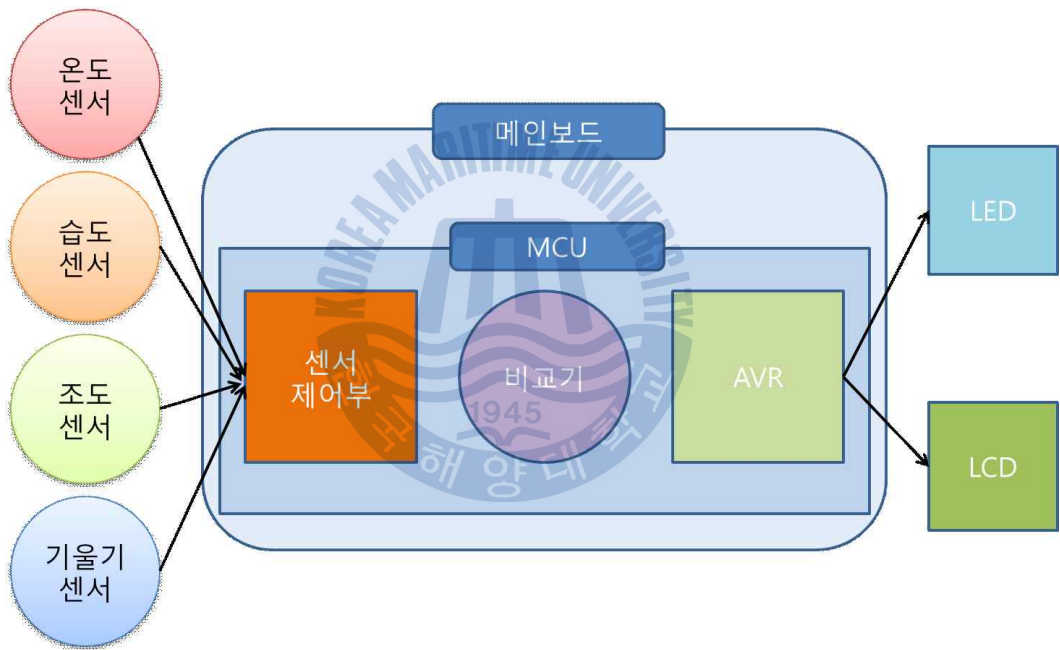


Fig. 13 시스템 전체 Block Diagram

3.3.1 메인보드 부

메인보드 파트의 블록 다이어그램은 Fig. 14 와 같다.

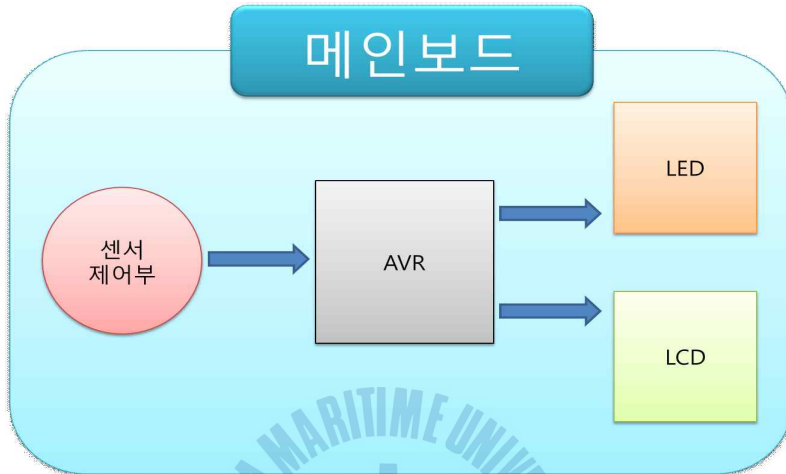


Fig. 14 메인보드 부의 Block Diagram

메인보드 부는 시스템 전체의 흐름을 제어하고 있으며 보드 내부에 ATmega128 칩이 내장되어 있으며 LED MODULE 과 온도, 습도, 조도, 기울기센서를 연결할 수 있도록 커넥터가 구성되어 있다. 각각의 LED 모듈은 AVR의 TIMER/COUNTER 1, 3번과 연결되어 있으며 각각의 TIMER/COUNTER 포트는 PWM 신호를 발생시켜 R, G, B 3포트를 각각 제어하여 원하는 색상을 나타낼 수 있다. 온도와 습도는 한 개의 모듈을 통해 한 번에 측정이 가능하며 조도센서와 기울기센서는 AVR 내부의 ADC를 통해 측정할 수 있고 기울기 센서를 사용할 수 있도록 주변회로를 구성하였다. 그리고 각각의 신호를 받아 LCD를 통해 현재 측정값을 실시간으로 나타낼 수 있도록 하였다.

3.3.2 센서 부

본 논문에서 이용한 센서는 온도&습도센서와 조도 센서, 기울기센서이다. 먼저 온·습도 측정을 위해 사용하는 센서는 SHT-71(SENSIRION社) 모듈이며 블록 다이어그램 및 인터페이스 방법은 Fig. 15 와 같다.

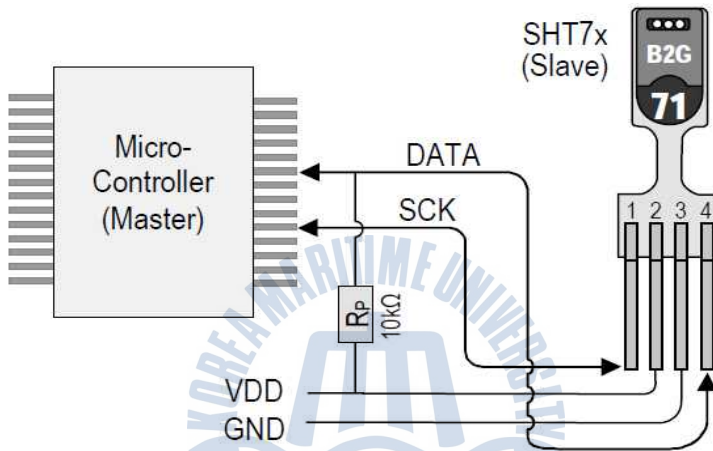
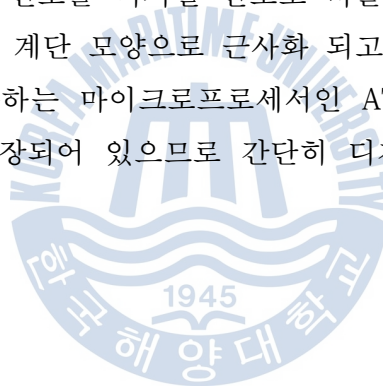


Fig. 15 온·습도센서의 Block Diagram

SHT-71 온·습도센서모듈은 마이크로프로세서를 통해 제어가 가능하다. 4핀 중 SCK 라인은 단방향통신을 하며 마이크로프로세서(본 논문에서 ATmega128)에서 SCK(Shift Clock) Signal을 온·습도 센서모듈로 보내게 되면 센서 내부에 저장되어 있는 규칙(protocol)에 따라 SHT-71 모듈에서 그에 맞는 동작을 하도록 되어있다. 처음에 마이크로컨트롤러에서 SCK 신호를 9번 이상 전송함으로써 측정을 시작하겠다고 알려주면 센서모듈이 내부적으로 저장된 값을 초기화하고 DATA 신호를 보내면서 온·습도 측정을 시작할 준비가 되었음을 알린다. 이후 Address와 Command 값을 보내주고 80ms(12bit 동작환경)를 기다리면 그 동안에 센서가 온도와 습도를 측정한 후 그 값을 저장하고 있다. 마이크로컨트롤러에서는 다시 쉬프트 클럭을 16회 보내게 되는데 각각의 클럭신호에 맞춰서 센서모듈이 2진 데

이터를 보내주게 되고 마이크로컨트롤러에서 그 값을 차례대로 조합하여 16진수의 데이터로 변환하게 된다. 이 값을 온도와 습도를 구하는 공식에 대입하여 현재의 온도와 상대습도 등을 계산할 수 있게 된다. 그리고 그 값은 LCD를 통해 시각적으로 확인이 가능하도록 별도로 주변회로를 구성하였다.

조도센서와 기울기센서는 빛에 세기와 기울기에 따라 내부 저항 값이 가변되는 특성을 가진 센서이다. 그러므로 빛과 기울기라는 연속적인 아날로그 신호를 직접 마이크로프로세서에서 제어하기는 불가능하다. ADC(Analog-Digital Converter)는 전압, 전류, 유량, 온도, 습도 등 각종 센서들로부터 입력되는 연속적인 아날로그 신호를 마이크로컨트롤러유닛에서 처리하기 위해 이 신호를 디지털 신호로 바꿀 수 있다. ADC를 거쳐 변환된 디지털 신호는 계단 모양으로 근사화 되고 2진 코드로 양자화 된다. 본 논문에서 사용하는 마이크로프로세서인 ATmega128은 칩 내부에 10Bit ADC 소자가 내장되어 있으므로 간단히 디지털 신호로 변환할 수 있다.



3.3.3 전원 부

본 논문에서 설계되는 작품은 SMPS를 이용하여 설계되었다. SMPS는 100W 용량의 제품을 이용하였으며 DC-12V를 이용하였다. DC12V는 메인 보드 내에서 LED를 동작하는데 주로 쓰이며, 마이크로컨트롤러나 온·습도센서, 조도센서, 기울기센서, LCD 등에서는 DC5V를 사용하므로 전압을 조절하여야 한다. 여기서 LM7805 스위칭 레귤레이터를 사용하여 DC-12V를 DC-5V로 내려서 사용하였다. 이 소자는 1A의 비교적 적은 용량이고 발열이 일어나지만, 가격이 저렴하고 회로구성이 비교적 간단하다는 장점이 있다. 5V전압을 사용하기 위한 7805회로는 Fig. 16 과 같다.

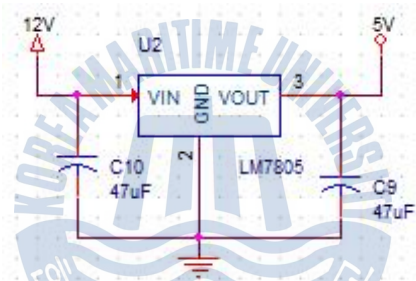


Fig. 16 7805의 회로도

3.3.4 LED Module 제어 부

LED는 시중에서 쉽게 구입이 가능한 3색 LED를 사용하였다. 3색 LED의 4개 라인은 각각 COM(VCC)과 R, G, B의 GND 부분으로서 각각에 그라운드를 물리면 색이 나오며 전압은 DC-12V에서 동작한다. 마이크로컨트롤러에서 나오는 신호는 전류가 미약하기 때문에 LED Module을 켜기에 충분하지 않다. 또한 LED Module의 경우 DC 12V에서 동작하기 때문에 마이크로컨트롤러의 동작전압인 DC-5V를 훨씬 상회하기 때문에 불의의 사고로 순간적으로 역전압이 치고 들어올 경우 마이크로컨트롤러의 고장 원인이 된다. 그러므로 파워 트랜지스터의 베이스 단에 마이크로컨트롤러를 결선하고 컬렉터 단에 DC 12V 전원과 LED Module을 각각 연결하여 트랜지스터를 스위칭 소자로 사용한다. LED Module 여러 개를 동시에 사용해야 하므로 일반 트랜지스터가 아닌 파워트랜지스터를 사용하여 과전류 및 높은 온도를 견딜 수 있도록 설계하였다. PWM 제어를 위한 LED 드라이버 회로는 Fig. 17 과 같다.

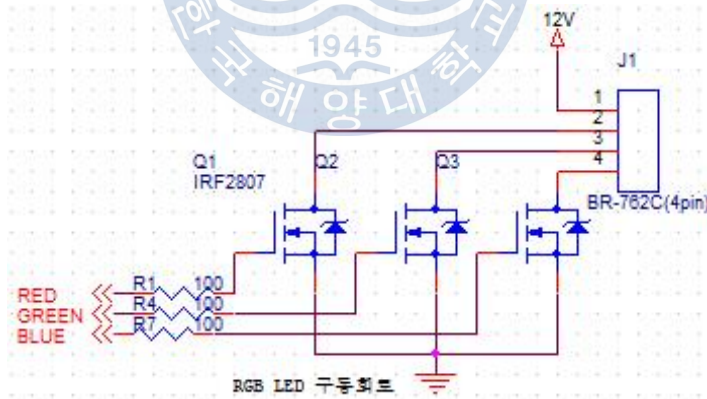


Fig. 17 LED Module 제어 회로도

제 4 장 안개경고 LED 제어 시스템 제작 및 실험

4.1 제작 및 실험

본 장에서는 앞에서 구성한 LED경고등을 제작 및 설계하고, 완성된 LED경고등을 이용하여 조명 제어 결과를 나타내었다. 일단 제어기를 설계하기에 앞서 각종 테스트용 보드를 제작하고 실험하였는데 그 종류로는 LED 테스트용 보드, 센서 및 LCD 보드가 있다.

4.1.1 LED 테스트용 보드

첫 번째로 LED 테스트용 보드의 구성 모습은 Fig. 18 과 같다. AVR 과 레귤레이터, 트랜지스터를 이용한 스위칭 기능을 테스트 하였다.

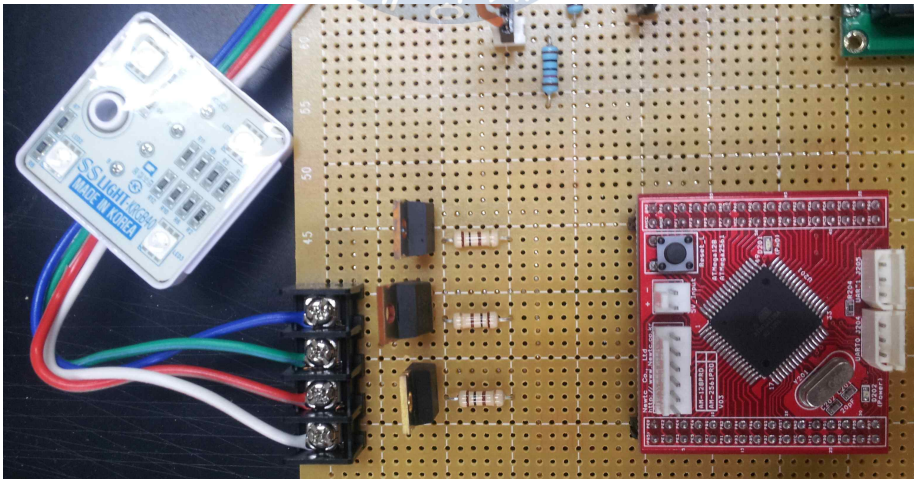
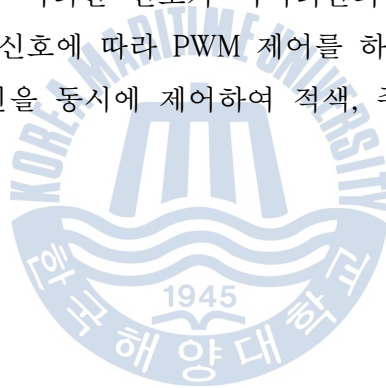


Fig. 18 LED 테스트용 보드

하나의 AVR에서 6개의 PWM 라인을 제어할 수 있으며 3색 LED 모듈에 3개(RGB)의 제어라인이 있으므로 이 부분을 PWM으로 제어하여 LED의 밝기를 가변시킬 수 있었다. 여기서 PWM이란 Pulse Width Modulation의 준말로써 펄스신호의 Duty Ratio를 조정하는 방법을 말한다. PWM 제어는 Duty Ratio를 조정함으로써 On Time Duty값을 조정하는 것을 말한다. 사용된 PWM 동작모드로는 Fast PWM Mode와 Phase correct PWM MODE가 있는데 여기서는 Phase correct PWM MODE를 이용하였다. Phase correct PWM MODE는 더블 slope로서 쌍방향 기울기를 나타내며 주파수 대역폭이 Fast PWM보다 폭이 넓어서 주파수가 $\frac{1}{2}$ 이 된다. 이 PWM 신호는 트랜지스터의 베이스 단으로 들어가 LED를 ON/OFF하는 스위칭 기능뿐만 아니라 이러한 신호가 이미터단의 LED 모듈의 그라운드단에 영향을 끼쳐 이 신호에 따라 PWM 제어를 하여 밝기가 가변되게 된다. 그리고 3개의 라인을 동시에 제어하여 적색, 주황색, 녹색 등이 나오게 된다.



4.1.2 센서 및 LED, 테스트용 보드

다음으로 센서 및 LCD 테스트용 보드에 대한 실험 결과이다. 구성 및 실험 결과는 Fig. 19 와 같다.

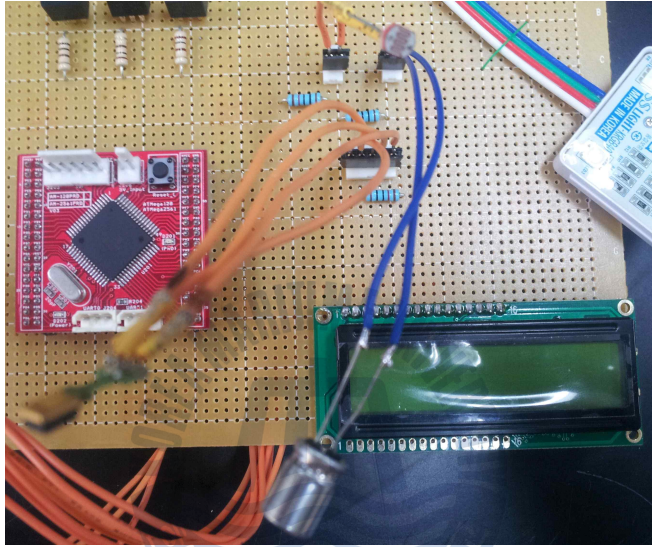


Fig. 19 센서 및 LCD 테스트용 보드

온·습도센서와 조도, 기울기센서를 통해 각각 신호를 입력받게 되고 그 결과가 LCD를 통해 표현이 된다.

4.2 안개경고 LED의 제작

앞에서 테스트용 보드를 통해 부분별 실험을 마치고 상호 코드를 통합하여 실험을 하였다. 완성된 안개경고 LED의 모습은 Fig. 20 과 같다.

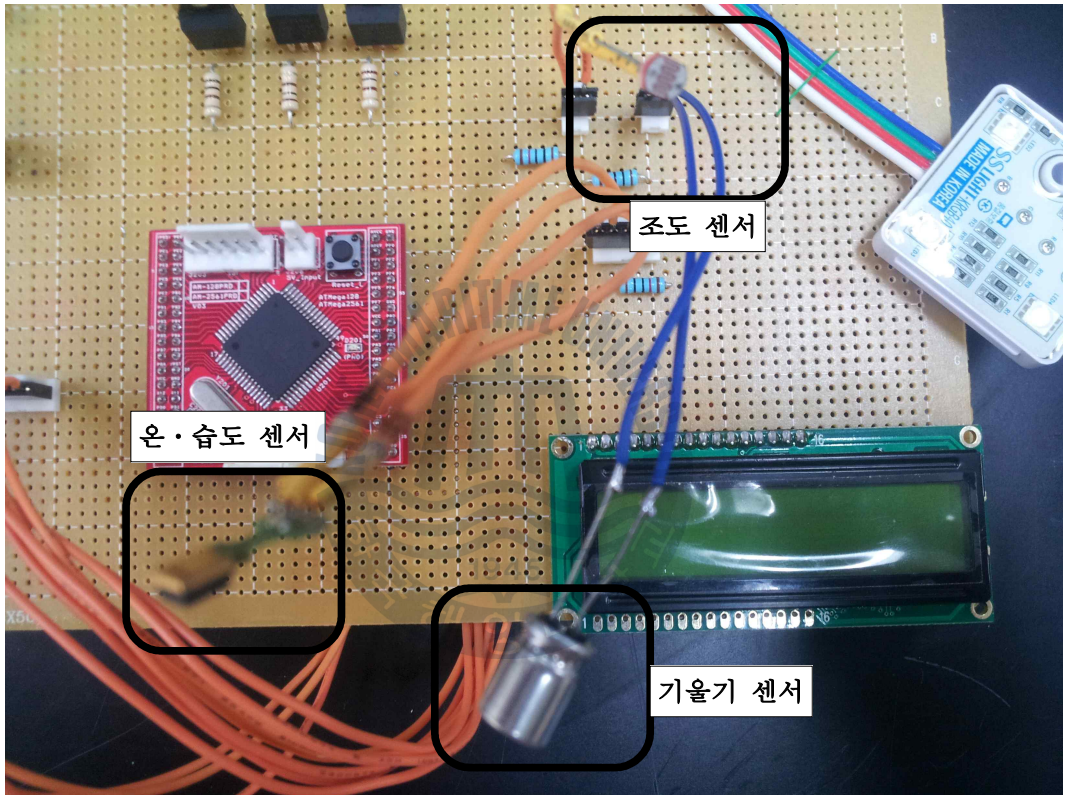


Fig. 20 전체 보드의 모습

온도와 습도를 측정하기위한 온습도센서, 빛의 투과 량을 측정하기위한 조도센서, 바람의 세기를 측정하기위한 기울기센서를 사용하여 안개가 생성되는 조건들을 측정하고 그 측정된 값들을 제어하기 위한 MCU로 ATMEGA128을 사용하였다. ATMEGA128을 사용하여 LED에 퍼지 제어규칙에 따른 색상을 나타낸다.

4.3 테스트 결과

각 센서에 측정되는 값들을 LCD에 나타내었다. 퍼지 제어규칙에 따라서 측정된 값들을 빨강, 주황, 녹색등을 나타낼 수 있도록 하였다. 각각의 퍼지 제어 규칙을 적용하여 3가지 경우의 실험을 하였다.

Fig. 21 은 온도 = 20°C, 습도 = 35%, 조도 = 100lux, 기울기 = 0° 의 조건일 때 퍼지 제어규칙에 따라 LED는 녹색불이 들어오게 되고 그 의미는 원활한 통행이 가능하다는 것을 나타낸다.

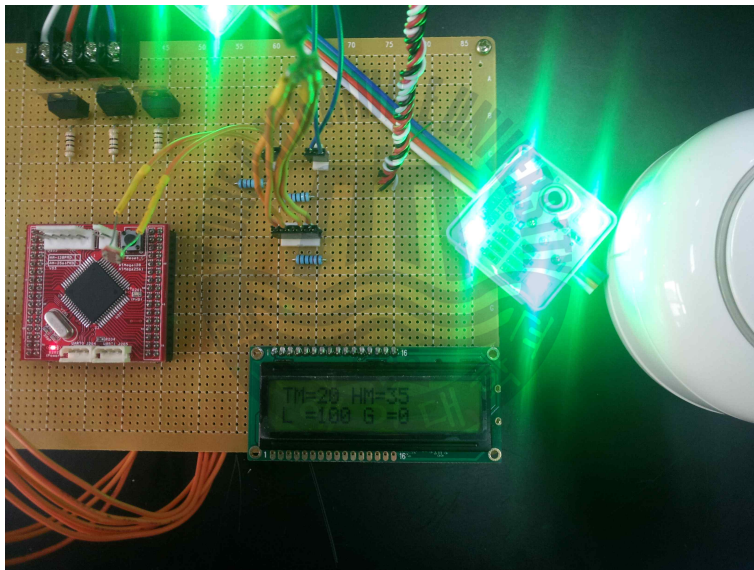


Fig. 21 원활한 통행

Fig. 22 는 온도 = 15°C, 습도 = 100%, 조도 = 100lux, 기울기 = 0° 의 조건일 때 퍼지 제어규칙에 따라 LED는 주황색불이 들어오게 되고 그 의미는 주의하여 통행이 가능하다는 것을 나타낸다.

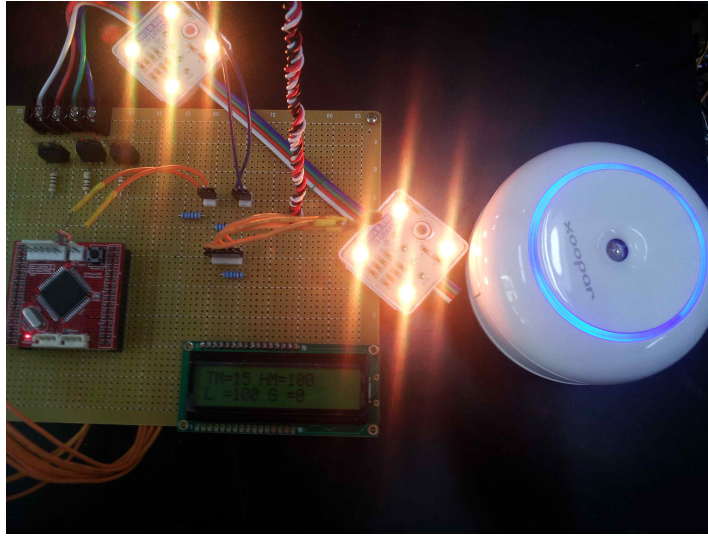


Fig. 22 주의하여 통행

Fig. 23 은 온도 = 15°C, 습도 = 100%, 조도 = 0lux, 기울기 = 0° 의 조건일 때 퍼지 제어규칙에 따라 LED는 빨간불이 들어오게 되고 그 의미는 통행이 불가능하다는 것을 나타낸다.

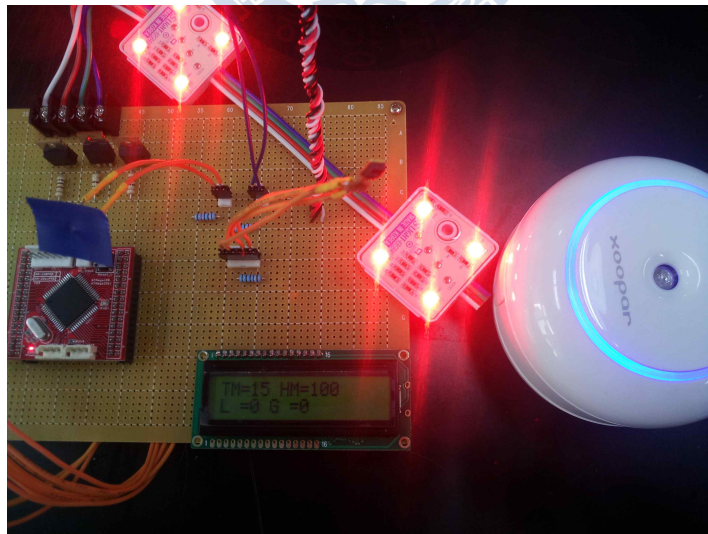


Fig. 23 통행불가

Table 9 는 여러 가지 경우의 센서 입력 값에 대한 출력 결과를 나타낸 것이다.

Table 9 여러 가지 경우의 센서 입력 값에 대한 출력결과

센서값				색상
온도	습도	조도	기울기	
1	95	16	1	RED
3	86	76	3	ORANGE
5	94	89	4	ORANGE
7	99	15	2	RED
9	56	198	9	GREEN
11	78	45	5	ORANGE
13	84	78	6	ORANGE
15	98	46	2	RED
17	68	98	4	GREEN
19	47	11	8	GREEN
21	53	18	6	GREEN
23	26	75	4	ORANGE
25	75	48	13	GREEN
27	89	166	4	GREEN
29	92	74	8	GREEN
31	15	138	9	GREEN
33	49	126	4	GREEN
35	73	56	11	GREEN

제 5 장 결론

자연재해의 한 가지 경우인 안개로 인한 사고 발생 시 피해의 규모가 큰 것에 대한 마땅한 대책이 없으며 오로지 운전자의 안전운행에만 의존하는 것에 대한 대책을 강구하기 위한 여러 가지 방법 중 한 가지 방법을 제시하기 위해 연구하기 시작하였다. 본 논문에서는 안개 사고를 예방하기 위한 방법으로 인공지능을 이용한 방식을 이용하여 안개가 발생했을 때 피해를 줄일 수 있는 방법 중 하나를 제시하였다.

인공지능을 통한 개발에 앞서 안개가 발생하기 쉬운 환경에 대해 연구하였고 기본적으로 온도, 습도, 조도, 바람의 4가지 요인으로 안개가 발생된다는 것을 알게 되었다. 이어 앞의 4가지 요인을 바탕으로 인공지능 제어방식 중 퍼지추론을 이용하여 안개경고 시스템을 구현하였다. 구성된 시스템을 바탕으로 퍼지 알고리즘을 제작한 보드에 적용한 결과를 조건에 따라 빨강, 주황, 녹색의 3가지 색상이 나타나도록 하였다. 이결과를 바탕으로 안개 발생 시 사고를 방지하기 위한 대책으로 도로나 장대교량 진입로에 LED를 설치하여 짙은 농도의 안개가 발생한 경우 도로를 우회할 수 있도록 하며, LCD의 경우는 도로를 관리하는 곳에 설치하여 도로를 통제해야 할 상황이 발생할 경우 즉각적인 조치를 취할 수 있도록 하면 더 큰 사고를 사전에 예방할 수 있을 것이다.

참고문헌

- 김영탁, 2006. *머신 비전과 임베디드 제어기 구현에 의한 지능형 3차원 형상 측정 시스템 개발*. 박사학위논문, 부산;한국해양대학교
- 네이버 전자사전, 퍼지이론[Fuzzy Theory], <http://terms.naver.com/item.nhn?dirId=513&docId=2485>
- 오성권, 2002. *C 프로그래밍에 의한 퍼지모델 및 제어시스템*, 내하출판사
- 이강민, 2011. *충청지역 안개발생 특성 및 예측기법 개발*. 기후연구 제6권 제3호
- 이광형, 오길록, 1991. *퍼지이론 및 응용 I/II*. 홍릉과학출판사
- 이래철, 2006. *고속도로 안개사고의 문제점 및 대책방안*. 한국구조물진단학회 제10권 제 6호
- 이상배, 1999. *퍼지-뉴로 제어 시스템*. 교학사. pp. 7-108
- 이재홍, 2010. *인공지능을 이용한 감성조명 LED 제어기 설계에 관한 연구*. 석사학위논문, 부산;한국해양대학교
- Chin-Teng Lin and C.S George Lee, 1996. *Neural fuzzy systems*, Prentice Hall
- Chuen Chien Lee, 1990. *Fuzzy Logic in Control Systems : Fuzzy Logic Controller - Part I · II*. IEEE Transection on System, Man, and Cybernetics, March/April, Vol.20, No. 2, pp.404-435
- Jacek M. Zurada, 1992. *Introduction to Artificial Neural System*. West Publishing Company
- J. S. R. Jang and C.-T. Sun, 1995. *Neuro-Fuzzy Modeling and Control*. Proc.IEE E, March
- Jyh-Shing, Roger Jang, 1993. *Adaptive Network Based Fuzzy Inference system*. I EEE Trans. on system, Man, And Cyb. Vol. 23, No.3, pp.665-685

L. A. Zadeh, 1965. *Fuzzy Sets, Information and Control* 8. pp.338-353

L. A. Zadeh, 1978. *Fuzzy sets as a basic for a theory of possibility*. *Fuzzy sets and Systems*, v1, pp.3-28

M. Mizumoto, 1989. *Pictorial representation of fuzzy connectives, Part I : cases of t-norms, t-conorms and averaging operators*. *Fuzzy sets and Systems*, v31, p p.217-242

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



감사의 글

대학원 생활을 시작한지가 어제만 같은데 벌써 2년이라는 시간이 지나갔는지 모를 정도로 세월이 무척이나 빠르게 흘러간 지금, 뒤돌아보면 후회되고, 아쉬운 일이 무척이나 많습니다. 대학원 생활을 무사히 마칠 수 있도록 도와주신 많은 분들에게 깊은 고마움을 전합니다.

먼저, 대학원 생활의 시작부터 끝까지 아낌없는 사랑과 많은 지도를 해주신 이상배 교수님께 감사의 말을 전합니다. 그리고 바쁘신 와중에서도 논문 심사를 위해 조언과 충고를 해주신 임재홍 교수님, 손경락 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 학부과정부터 석사과정까지 늘 지도 격려 해주신 양규식 교수님, 박동국 교수님, 심준환 교수님, 김정창 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

대학원 생활동안 저희를 이끌어주신 김영탁 선배님, 이창규 선배님, 박주원 선배님께 감사합니다.

대학원 생활을 하면서 동기이자 선배인 임진강, 동기 류창완 학우님들 항상 미안하고 고맙다. 너희들이 없었다면 학교생활을 못했을것 같다.

마지막으로 2년 동안 믿고 도와준 가족들 감사합니다.