



## 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

인공지능을 이용한 감성조명  
LED 제어기 설계에 관한 연구

A Study on the Design of Sensibilities Lighting  
LEDs Controller using Artificial Intelligence



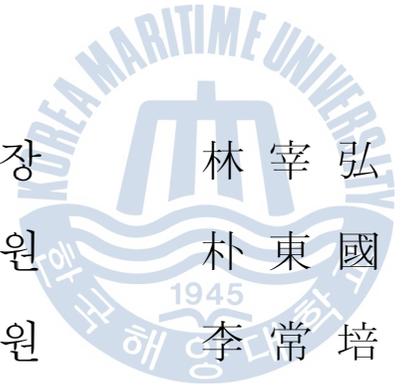
2010年 12月

한국해양대학교 대학원

전자통신공학과

이 제 홍

本 論 文 을 李 在 洪 의 工 學 碩 士  
學 位 論 文 으 로 認 准 함 .



위원장 林 宰 弘 (인)  
위 원 朴 東 國 (인)  
위 원 李 常 培 (인)

2011年 2月

한국해양대학교 대학원

# 목 차

Abstract

1장 서론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적 및 내용	3
1.3 논문의 구성	4
2장 이론적 고찰	5
2.1 감성조명의 개요 및 필요성	5
2.1.1 빛과 인간의 관계	5
2.1.2 감성조명의 개요	6
2.1.3 감성조명의 필요성	6
2.2 LED의 특징 및 기존 광원과의 차이점	8
2.2.1 LED의 특징	8
2.2.2 LED 광원과 형광등/백열등 광원의 차이	9
2.2.3 LED 광원의 종류	10
2.3 퍼지이론	10
2.3.1 퍼지이론의 개요	11
2.3.2 퍼지 집합과 멤버십 함수	12
2.3.3 퍼지제어시스템	13
2.3.4 퍼지추론의 개요 및 도식적 계산 기법	14
2.3.5 다변수-다층구조 퍼지제어시스템	16

3장	감성 LED 조명 제어기의 구성 및 설계	17
3.1	퍼지 알고리즘의 구성	17
3.1.1	퍼지멤버쉽함수	18
3.1.2	퍼지 제어규칙의 설정	21
3.1.3	비퍼지화 과정	23
3.2	하드웨어의 구성	24
3.2.1	메인보드 파트	25
3.2.2	LDM 드라이버 파트	26
3.2.3	센서 파트	28
3.2.4	RTC 파트	30
3.2.5	전원 파트	31
3.2.5	LED BAR 제어 파트	31
4장	감성 LED 조명 제어기의 구성 및 설계	33
4.1	테스트 보드의 제작 및 실험	33
4.1.1	LED 테스트용 보드	33
4.1.2	센서 및 LCD, USART 통신 테스트용 보드	35
4.1.3	LDM 테스트용 보드	37
4.2	퍼지제어 감성조명제어기의 제작	39
4.3	테스트 결과	40
5장	결론	43
	참고문헌	44

# 표 목차

<Table 2.1> LED와 백열등, 형광등의 특징비교 . . . . .	9
<Table 2.2> 퍼지이론의 특징 . . . . .	12
<Table 3.1> 언어변수의 설정 . . . . .	18
<Table 3.2> Fuzzy Rule Lookup Table . . . . .	21



# 그림 목차

<Fig 2.1> 생체주기에 따른 체온 및 호르몬 분비량 . . . . .	5
<Fig 2.2> 일반적인 퍼지제어시스템 . . . . .	11
<Fig 2.3> 퍼지제어시스템의 구성 . . . . .	13
<Fig 2.4> 퍼지추론의 순서도 . . . . .	14
<Fig 3.1> 퍼지제어시스템의 블록도 . . . . .	17
<Fig 3.2> 온도값의 퍼지멤버쉽 함수 . . . . .	18
<Fig 3.3> 습도값의 퍼지멤버쉽 함수 . . . . .	19

<Fig 3.4> LED 색상값의 Membership	20
<Fig 3.5> 시스템 전체 Block Diagram	24
<Fig 3.6> 메인보드 파트의 Block Diagram	25
<Fig 3.7> LDM의 블록다이어그램	26
<Fig 3.8> LDM의 타이밍 차트	27
<Fig 3.9> 온·습도센서의 Block Diagram	28
<Fig 3.10> 온·습도센서의 신호처리과정	29
<Fig 3.11> 조도센서의 회로도	30
<Fig 3.12> RTC 파트의 Block Diagram	30
<Fig 3.13> Full Color LED BAR 제어 회로도	32
<Fig 4.1> 제작된 테스트용 메인보드의 전체 모습	33
<Fig 4.2> 센서 측정 및 동작화면	35
<Fig 4.3> USART 통신 동작화면	36
<Fig 4.4> LDM 테스트보드 동작화면	37
<Fig 4.5> 완성된 감성 LED 조명 제어기의 외형	39
<Fig 4.6> 감성조명제어기와 외부 인터페이스의 연결	40
<Fig 4.7> 습도변화에 따른 색상변화	41
<Fig 4.8> 온도변화에 따른 색상변화	41

# A Study on the Design of Sensibilities Lighting LED' s Controller using Artificial Intelligence

LEE JAE-HONG

*Department of Electronics & Telecommunications Engineering*

*Graduate School of*

*Korea Maritime University*

## Abstract

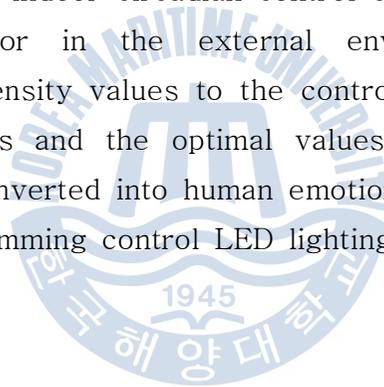
Today the light of mankind since the dawn of mankind and that they were living "lives" on the huge influence across space is a dynamic energy. Because of this, when all human beings with the light and you can feel more comfortable with a stable mind to the beauty and the pursuit of happiness is to have instincts. Moreover, the spectral characteristics of the sun and the light rhythm of the day, seasonal changes in light of all the plants to produce various physiological responses is the psychic effect of color temperature as the lighting plan to intentionally use the space more comfortable to can be instrumental in creating. For this reason, most modern people spend a lot of emotion in an indoor space, light is needed.

Recently has been the culprit of environmental destruction incandescent, fluorescent, LED light regulation of the use of the demand is growing. Indoor activities of modern society is growing more and more LED lighting as the interior lighting spotlight and into a digital signal can be controlled simply because the LED lighting control technology is also a growing trend.

LED lighting of the traditional incandescent bulbs, fluorescent lamps

can achieve higher efficiency compared to the addition since it has the advantage of long life light sources reduce maintenance costs due to replacement can be. LED 50,000 hours lamp life by 50 times when compared to incandescent bulbs, fluorescent lights, 6 times, 4 times in lamps which use it 8 hours a day, assuming the case, life is known to be a whopping 17 years. In addition, the LED current in one direction by the light-emitting device that is dependent on the DC current response rate is very fast, very high recently improved the efficiency of the light fixture to replace the existing policy was to elicit.

In this paper, a fuzzy control system using a combination of external environmental factors, respectively, the conversion of quantitative uncertainty information into the LED lighting is designed to express algorithms, available in indoor circadian control circuit was designed and fabricated LED. Factor in the external environment temperature, humidity, and light intensity values to the controller through the sensor to accept these values and the optimal values for lighting the fuzzy control algorithm is converted into human emotion to feel comfortable to express through the dimming control LED lighting.



# 제 1 장 서론

## 1.1 연구 배경

전 세계적으로 환경오염과 에너지 절약에 대한 경각심이 고조되고 있는 추세이다. 석유와 석탄, 천연가스와 같은 한정된 화석연료에 대한 수요증가로 인한 자원의 고갈문제와 환경오염문제가 더욱 심화되면서 사회 각 분야에서는 에너지 절감과 환경오염을 줄이기 위한 노력이 필요하다고 주장하고 있다<sup>[1]</sup>. 특히 실내외 조명용 광원으로 주로 이용되는 형광등과 백열등의 경우 수은증기나 인과 같은 유해한 형광물질로 인하여 토양과 대기오염뿐만 아니라 인체에도 악영향을 일으키는 등의 여러 문제가 발생되어 전 세계적으로 정책적 규제의 대상이 되고 있다.

EU는 WEEE(Waste Electrical and Electronic Equipment)의 산하의 RoHS(Restriction of Hazardous Substances)부서를 설치하고 환경에 영향을 주는 6개 물질인 납, 수은, 카드뮴, 6가 크롬, PBB(폴리브로미네이티드 비페닐), PBDE(폴리브로미네이티드 디페닐 에테르)의 사용을 규제하고 있다. 또한 호주와 뉴질랜드, 미국 캘리포니아 주에서는 지구온난화 정책으로 형광등과 백열등을 위험성 폐기물로 지정하여 사용을 금지시키고 있다<sup>[2]~[4]</sup>.

이와 같은 상황에 따라 백열등 및 형광등을 대체할 광원의 개발이 반드시 필요한 시점에서 대체 광원으로 LED가 주목받고 있다. 많은 조명 전문가들은 LED를 가장 유력한 차세대 광원이 될 것을 의심치 않고 있다. 특히 백색 LED의 개발 및 상용화로 인해 그에 대한 관심과 투자가 급속도로 증가하고 있는 실정이다. 현재 미국과 일본, 유럽을 비롯한 조명 선진국에서는 LED의 개발에 대한 중장기적인 계획을 세워 막대한 예산을 투자하고 있으며, 향후 반도체 기술의 발달로 인해 2012년에는 LED가 형광등보다 낮은 생산가격으로 더 높은 효율을 나타낼 것으로 예상되고 있다<sup>[5]</sup>.

우리나라의 경우 정부 차원에서 “저탄소 녹색성장”을 대표적인 정책의 지표로 설정하여 현재의 환경·에너지 위기를 극복하고자 노력하고 있으며, 6대 분

야 22개 산업 중 LED 산업을 21세기 신성장동력 산업으로 육성하는 정책을 발표하였으며, 2012년 세계 3대 LED 생산국을 목표로 하고 있다<sup>[6]~[7]</sup>. 2006년 산업자원부에서 ‘15/30 프로젝트’를 발표하여 2015년까지 기존의 형광등 및 백열등으로 설치된 조명의 30%를 LED 조명으로 대체하기로 결정하고 조명 관련업체들 간에 협약식을 맺고 LED의 조기보급을 위해 노력하기로 하였다<sup>[7]</sup>. 또한 2007년 서울시는 서울시 내에 설치된 모든 교통신호등의 광원을 2010년까지 LED로 교체하기로 발표하였다<sup>[8]</sup>. 산업자원부는 LED 조명의 개발 및 보급사업의 실효성을 높이기 위해 2007년부터 3년간 15종의 KS 규격 제정을 추진하고 LED 조명 기술개발을 효율적으로 지원하기 위해 시험평가방법과 조명 제품을 표준화하기 위한 ‘LED조명표준화 3개년 계획’을 수립하고 표준화를 본격 추진한다고 발표하였다.

이와 같이 국내외에서 수많은 LED 관련 정책들이 나옴에 따라 LED 관련 사업이 급성장 하는 계기가 되었으며 앞으로도 LED 관련 사업은 호황을 맞을 것으로 예상된다. 하지만 기존 백열등과 형광등이 차지하고 있는 조명기구의 경우 LED로 교체 시에 많은 비용이 들어가기 때문에 여러 문제가 발생할 것으로 예상되는바 여러 보완정책들이 나와야 할 것으로 생각한다.

현재 인류는 유비쿼터스 시대에서 세계적 기술개발의 경쟁 속에서 살아가고 있다. 이와 함께 조명에 대한 개념도 단순히 어둠을 밝히는 기능적 접근에서 탈피하여 다양한 생활환경에 따라 최적의 조명환경을 제공하기 위한 효율적 접근이 시도되고 있다. 특히, 현대인의 생활패턴이 다양해지면서 과거에는 주간에 주로 행해졌던 스포츠, 쇼핑, 각종 이벤트 등의 활동이 야간에도 활발하게 이루어져 실내조명뿐만 아니라 실외조명환경에 대한 관심이 점차 늘어나고 있다. 또한, LED 광원에 대한 현재의 기술 개발현황을 바탕으로 LED 조명이 공간을 밝히는 단순한 조명의 기능을 벗어나 다양한 공간연출 및 정보를 전달하는 매개체로써 미디어와 결합된 새로운 개념의 조명분야를 개척하게 될 것으로 기대된다<sup>[9]</sup>.

인간의 생체리듬과 빛의 연관성을 다루는 감성조명에 관한 보고서에 의하면, 인류는 수십만 년 동안 태양, 별, 달 등의 자연 빛에 순응하며 진화해 왔으며 자연의 빛과 유사한 조명환경에서 보다 능률적인 작업과 편안한 휴식이 가능하다고 한다. 또한 이들 보고서는 다양한 조명환경에 따라 인간의 신체 및 정신

이 민감하게 반응함을 지적하며 자연의 빛에 가까울수록 인간은 편안함을 느낄 수 있음에 주목하고 있다. 따라서 미래지향적인 조명의 궁극적인 목적은 24시간동안 변화하는 자연 빛에 순응된 인간의 생체리듬에 맞추어 각각의 생활환경에 최적화 된 밝기와 색온도를 제공하는 것이라고 할 수 있다<sup>[10]~[12]</sup>.

## 1.2 연구목적 및 내용

기존에 나와 있는 감성조명기기 시제품의 경우, LED 동작 시나리오가 어느 정도 고정이 되어있는 상태로 판매되고 있다. 그러므로 외부환경요인(온도, 습도, 조도 등)을 전혀 고려하지 않고 설치장소(거실, 침실, 서재 등)의 용도에만 초점이 맞춰져 있는 경우가 대다수이다. 게다가 계절에 따라 실내온도와 일조량, 습도 값이 달라지므로 이러한 영향을 받아 사실상 최적조명환경이 조성되기 어렵게 된다. 그러므로 외부환경값을 실시간으로 측정하여 실시간으로 최적조명값이 수정되는 제어기가 필요하다는 결론을 얻게 되었다.

본 논문에서는 퍼지제어 시스템을 이용하여 외부환경요인을 각각 조합하여 애매한 내용을 정량적인 값으로 변환하여 LED 조명으로 표현하고자 한다. 이를 위해 퍼지 제어 알고리즘을 설계하고, 실내에서 이용 가능한 감성 LED조명 제어기 회로를 설계 및 제작하였다. 외부환경요소인 온도, 습도, 조도 값을 센서를 통해 제어기로 받아들이고 이 값들을 퍼지제어 알고리즘을 통해 최적조명값으로 변환되어 인간이 느끼기에 편안한 감성조명을 LED 디밍제어를 통해 표현하고자 한다.

먼저 감성조명에 대한 연구를 통해 실내 환경 중 거실, 침실, 서재 등의 최적조명값을 각각 설정하여야 한다. 다음으로 LED 조명의 설치방법(간접조명) 등을 고려하고 퍼지제어 시스템 알고리즘 설계를 위해 다중출력 퍼지제어 시스템을 적용하여 알고리즘을 설계하고자 한다. 그리고 실제로 동작이 가능한 제어기를 설계 및 제작하여 LED를 동작시키도록 한다. 제어기 사양은 전원파트와 알고리즘파트, 센서파트, LED 및 외부 인터페이스가 적용될 파트 등으로 구성하며 기존에 저장될 기본 LED 동작 시나리오에 퍼지제어가 적용된 동작 시나리오도 각각 포함하였다.

본 논문에 사용된 마이크로프로세서는 Atmel사의 ATmega128이며, LED 제어기 프로그래밍 완료 후에는 Stand-alone으로 동작할 수 있도록 SMPS 및 전원단을 구성하였다. 온도 및 습도 값으로 색상변화를 제어하고, DS1302 IC 칩을 이용하여 현재시간을 측정하여 오전/오후에 따라 밝기변화를 제어하며, 조도 값을 측정하여 시간영역에 대한 제어를 보조한다.

### 1.3 논문의 구성

본 논문의 구성은 모두 6장으로 되어있으며 그 내용은 다음과 같다. 1장은 서론이며 2장에서는 이론적 고찰로서 감성조명에 대한 개요와 필요성, 기존 광원(백열등, 형광등)과 새로운 광원(LED)의 비교를 통해 각각의 장단점을 설명하였으며, 퍼지이론과 퍼지집합, 퍼지추론 알고리즘의 개요에 대해 논의하였고, 3장에서는 본 시스템에서 사용된 퍼지제어 알고리즘의 구성과 감성조명 LED 제어기의 설계에 대해 논의하였다. 4장에서는 실제 작품을 테스트 및 제작을 하고 외부 어플리케이션을 구성하는 과정에 대해 기술하였으며, 5장에서는 외부환경요인을 측정하여 퍼지 알고리즘으로 최적 조명 값을 추출하고 LED 디밍 제어를 통해 감성조명을 연출하며 제어시스템의 성능을 검토 및 평가 하였다. 끝으로 6장에서는 결론으로서 향후 연구 방향을 제시하였다.

## 제 2 장 이론적 고찰

### 2.1 감성조명의 개요 및 필요성

#### 2.1.1 빛과 인간의 관계

인간의 신체는 생물학적 시계를 가지고 있으며, 이러한 시계는 하루의 주기 또는 계절의 주기로 인체에 큰 리듬을 형성한다. 다음의 Fig 2.1은 일반적인 하루의 주기에 따른 체온의 변화 및 인체의 호르몬 분비량을 나타낸 그래프이다<sup>[13]</sup>.

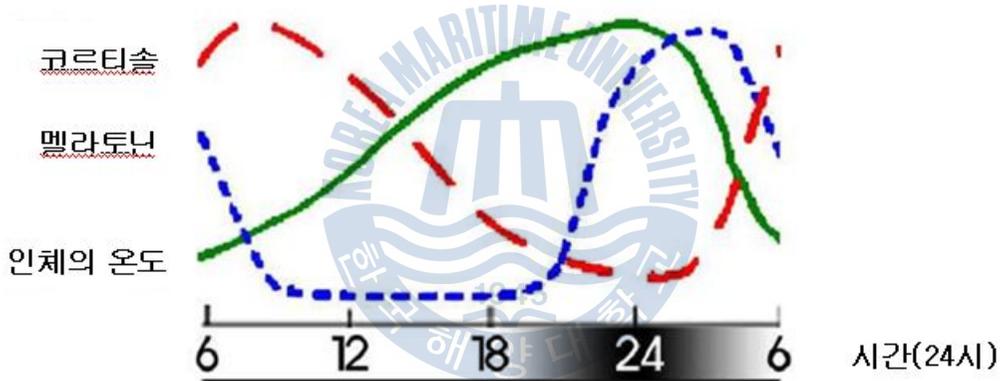


Fig 2.1 생체주기에 따른 체온 및 호르몬 분비량

이 중 스트레스 호르몬이라 불리는 코르티솔 호르몬은 신체에 에너지를 공급하고 면역 시스템을 강화하기 위해 혈당을 높여주는 역할을 한다. 그러나 코르티솔이 오랜 시간동안 너무 많이 분비되면 체내의 시스템이 무너지게 된다. 그래프에서 보듯이 코르티솔은 아침에 상승하여 하루의 일과를 준비하도록 체내에 분비된다. 시간이 갈수록 점차 감소하며 저녁에는 최저치로 떨어지게 된다. 그러나 아침이 되어도 빛을 차단할 경우 코르티솔은 최저치의 상태를 유지하게 된다. 그러므로 생체리듬을 유지하거나 깨어진 생체리듬을 회복하기 위해 빛을

이용한 호르몬 조절이 필수적이다. 또한 수면 호르몬이라 불리는 멜라토닌 호르몬은 신체의 전반적인 기능이 평형을 이루도록 생체리듬을 조정하는 역할을 한다. 그리고 멜라토닌은 수면을 촉진하는 호르몬으로서 22시가 되면 분비량이 급격히 상승하여 수면을 촉진시키고, 인체가 숙면을 취할 수 있도록 유도하는 호르몬이다. 그러나 22시가 넘어서도 밝은 환경이 지속되면 멜라토닌 호르몬의 분비가 억제되어 불면증을 초래하거나 낮과 밤이 뒤바뀌는 등 신체리듬이 무너지는 현상이 발생할 수 있다. 따라서 호르몬의 분비로 인한 인체의 생체리듬을 조절하기 위해 빛의 중요성이 크다고 할 수 있다.

### 2.1.2 감성조명의 개요

감성조명은 조명기지에서 나오는 색의 온도와 밝기를 사람의 심리상태와 생체리듬에 알맞게 적용시키면서 공간을 변화시킬 수 있는 조명기술을 말한다. 빛은 인류가 시작된 이래 오늘날까지 인간의 생활에 커다란 영향을 미치는 에너지이다. 이로 인해 인간은 빛과 함께 할 때 더 많은 안락함을 느낄 수 있으며 안정된 마음으로 행복을 추구하려는 본능을 가지게 된다. 더구나 태양빛의 스펙트럼 특성과 하루의 빛의 리듬, 계절적인 빛의 변화에 모든 동식물들은 다양한 생리적 반응을 일으키도록 되어 있는 만큼 색온도의 심적인 효과를 조명 계획에 의도적으로 사용하는 것은 공간을 한층 더 쾌적하게 만드는 수단이 될 수 있다. 이런 이유로 현대인들은 가장 많은 시간을 보내는 실내공간에서 감성조명이 필요하다. 이미 조명은 빛을 발하는 단순 기능에서 벗어나 생활과 사회 전 분야에 걸쳐 하나의 예술 문화로 자리매김했다. 감성조명은 이러한 시대의 요구에 부응하고 웰빙을 추구하는 현대인들에게 꼭 필요한 기술이다<sup>[14]</sup>.

### 2.1.3 감성조명의 필요성

조명에서 색온도는 인간의 감성에 큰 영향을 미치는 요소이다. 색온도란 광원의 빛을 수치적으로 표현하는 것인데, 한 물체의 색온도는 같은 색광의 흑체

의 온도(절대온도)로 표시된다. 통상적으로 색온도가 높을수록 푸른빛이 나게 되며, 색온도가 높은 빛은 시원한 느낌을 준다. 반면에 색온도가 낮을수록 붉은 색에 가까운 빛이 나게 되며, 이 빛은 따뜻한 느낌을 준다. 이러한 색온도는 사람이 느끼는 감성에 영향을 미치는 요인이기 때문에 최근 들어 업무의 효율성을 높이거나 쇼핑장소의 구매욕을 상승시키는데 있어서 이러한 색온도를 고려한 조명시설이 적용되고 있다. 예를 들면, 학습영역에 따른 빛의 변화가 학생의 뇌파와 심리상태에 영향을 미쳐 성적향상에 도움을 줄 수 있는 것으로 알려져 있으며 이와 관련된 스탠드형 조명이 판매되고 있다. 7600~8000K의 푸른빛 조명이 수리영역에서 집중력을 최대로 발휘할 수 있도록 해주며, 4200~4600K의 일반 조명은 언어영역에서 최고의 효과가 있으며, 2200~2600K의 붉은색 조명은 미술이나 음악 관련 학습을 할 때 최고의 집중력의 발휘하게 되어 성적향상에 도움이 된다는 것이다.

하지만 종래의 색온도를 고려한 조명시설의 경우, 색온도가 처음 제작된 설정된 상태로 유지될 뿐, 색온도를 가변시킬 수 없는 단점이 있었다. 어느 한 가지 목적을 달성하기 위한 조명시설의 색온도는 계절에 따라서 또는 일조량이나 온도에 따라서 변화될 때 효율성이 극대화될 수 있다. 예를 들어, 휴식을 취하는 휴게실의 경우, 겨울철과 같이 외부 기온이 매우 낮을 때에는 조명시설의 색온도를 낮춰주어 사용자가 따뜻한 느낌을 받도록 하고, 여름철과 같이 외부 기온이 높고 습한 날에는 청량감을 줄 수 있는 높은 색온도의 광을 조사하여 사용자가 시원한 느낌을 받도록 할 때, 휴게실의 기능성을 상승시킬 수 있다. 종래의 조명시설들은 실장되는 LED와 형광체에 의해 색온도가 결정된 상태로 제작되기 때문에 조명시설을 장착한 다음에 다른 색온도를 갖는 광이 조사되도록 하기 위해서는 해당 색온도를 갖는 LED를 재 장착해야 하므로 LED의 재장착에 드는 시간과 비용의 낭비라는 문제가 있었다. 따라서 온도와 같은 외부 환경 요인에 따라 적정 색온도를 가질 수 있도록 색온도의 가변이 가능한 조명 램프의 필요성이 있다. LED는 전자제어가 가능하기 때문에 색상 변화가 가능하다. 따라서 외부환경에 따라 색상이 변화되는 LED 제어기의 필요성이 요구된다.

## 2.2 LED의 특징 및 기존 광원과의 차이점

### 2.2.1 LED의 특징

최근 범세계적으로 에너지 문제와 친환경 산업 정책 이슈가 부각되면서 미래의 새로운 광원으로 가장 주목받고 있는 LED(Light Emitting Diode) 조명이 더욱 각광을 받고 있다. 1962년 Holonyak이 처음 개발하여 전자회로 부품으로 사용되던 LED는 반도체 기술의 발전으로 미국 GE가 처음 적색 LED를 상용화 하였고, 1993년 일본의 수지 나카무라 박사의 니치아 화학공업은 청색 LED를 개발하였고 1997년에는 청색 LED에 노란색 형광체를 사용해 하얀 빛을 내는 백색 LED를 개발하였다. LED는 빛의 기본요소인 적·녹·청·백색까지 개발이 되면서 다양한 빛을 만들게 되었다. 특히 백색 LED 개발로 인해 LED 조명이 전자제품 디스플레이용에서 일반 조명을 대신할 수 있는 램프로 개발할 수 있게 되었다.<sup>[14]</sup> LED는 갈륨비소 등의 화합물에 전류를 흘려 빛을 발산하는 반도체소자이다. LED는 아래 위에 전극을 붙인 전도물질에 전류가 통과하면 전자와 정공이라고 불리는 플러스 전하입자가 이 전극 중앙에서 결합해 빛의 광자를 발산하는 구조로 돼 있다. 이 물질의 특성에 따라 빛의 색깔이 달라지는 고효율 친환경 광원이다. LED의 전력소비량은 전구의  $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{5}$  정도로 낮아서 에너지 절감을 도모할 수 있으며 수명도 타 광원에 비해 현저히 길어 폭넓게 사용되어지고 있다. 특히 Full color 구현이 가능해지고 추후 제품의 가격도 낮아질 것으로 예상되어 활용성이 급속히 높아질 전망이다<sup>[15]</sup>.

고체소자조명은 10만 시간 이상의 장수명과 200lm/W에 근접하는 고효율 달성이 가능하고 점소등 횟수에 따라 수명이 감소하지 않고 고속 스위칭이 가능하여 디지털 조명 단계를 넘어 Ubiquitous 조명까지 그 연구 개발 영역이 펼쳐져 있어 사람들의 관심이 높아지고 있다. LED의 수명이 잦은 스위칭에 영향을 받지 않으므로, 펄스폭 변조(PWM) 디밍 방식을 일반적으로 LED 모듈의 빛의 세기를 제어하는데 사용하고 있다. LED 모듈의 빛의 세기는 PWM 디밍 신호의 시간비율에 선형적으로 비례한다. 적색, 녹색, 청색으로 구성된 LED 조명은 넓은 범위의 색상을 나타낼 수 있으며, 원하는 색을 얻기 위해서는 각각의 R,

G, B LED의 빛의 세기를 빛의 색 혼합 원리에 따라 조정할 수 있다<sup>[16]</sup>.

### 2.2.2 LED 광원과 형광등/백열등 광원의 차이

2000년대 중반 이후에 고유가의 에너지 위기와 지구 온난화에 의한 CO<sub>2</sub> 환경 규제가 본격화되고 있다. 교토의정서(Kyoto Protocol)에서 CO<sub>2</sub> 배출금지를 선언하여 전력 절감을 필요로 하였다. RoHS에서는 수은이 포함된 형광등의 사용을 억제하여야 한다고 하였으며, WEEE에서는 조명 통신 융합으로 폐기물을 최소화하기로 합의하였다. LED는 전력을 절감하고, 수은을 함유하고 있지 않으며, 폐기물 처리가 상대적으로 자유롭기 때문에 각국에서는 LED 사용을 권장하고 있다<sup>[17]</sup>. LED 조명은 기존의 백열전구, 형광등, 방전등에 비해서 높은 효율을 확보할 수 있을 뿐만 아니라 장수명이라는 장점을 지니고 있어 광원 교체에 따른 유지 보수비를 절감할 수 있다. LED 조명의 수명을 5만 시간 기준으로 비교할 때 백열전구의 50배, 형광등의 6배, 방전등의 4배가 되는데 이는 하루 8시간 사용하는 경우를 가정할 때, 수명이 무려 17년이나 되는 것으로 알려져 있다. 게다가 LED는 단방향의 전류에 의하여 발광이 그 직류전류에 따라 변하는 소자로서 응답속도가 매우 빠르고, 그 효율이 최근 매우 높게 향상하여 기존의 조명등을 대체하는 정책을 이끌어 내기까지 하였다. 또한 초소형으로 제작이 가능하여 PCB 위에 쉽게 실장할 수도 있다. Table 2.1은 현재 주로 이용하고 있는 대표적인 조명인 백열등, 형광등을 LED 광원과 비교한 표이다<sup>[18]</sup>.

**Table 2.1** LED와 백열등, 형광등의 특징비교

종류	장점	단점	특징
백열등	전력제어가 쉽다	효율이 낮아진다	AC/DC 모두 가능
형광등	효율이 좋다	전력제어가 어렵다	교류만 가능
LED	효율이 좋다	직류만 제어가능	전류제어가능

### 2.2.3 LED 광원의 종류

시중에 나와 있는 LED의 종류는 다양하다. 색상으로 구별하면 백색 LED에서 Full color LED도 있다. Full color LED의 경우 기본적으로 RED, GREEN, BLUE의 3색을 사용하며 이 색들의 조합으로 수많은 색상을 만들어낼 수 있다. 그리고 LED 조명의 사용공간에 따라 실내용의 SMD 타입과 실외용의 LAMP 타입으로 나눌 수 있으며 직진성을 이용하여 빛을 모아주는 라운드형과 사방으로 골고루 빛이 퍼지게 하는 플랫폼형으로 나눌 수도 있다. LED를 일반 조명용으로 이용하기 위해서는 백색 LED의 개발이 필수적이다<sup>[19]</sup>. 현재 조명용으로 사용될 가능성이 높은 백색 LED는 발광 원리에 따라 3 chip LED(RGB), 2 chip LED(Blue+Yellow, Green+Red), UV 발광 LED 내에 형광물질을 넣는 형태의 3가지로 구분된다.

## 2.3 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 퍼지제어시스템은 아래의 Fig 2.2에 나타난 블록도와 같이 인간의 감각을 표방하고 있다. 인간이 시각을 통해 관측입력을 통해 입력을 받듯이 시스템은 센서입력을 통해 입력값을 받게 된다. 그리고 인간의 뇌에서 이 정보를 처리하여 출력(행동 등)으로 나타내듯이 시스템에서는 퍼지화를 통해 crisp한 입력값을 퍼지값으로 변환한 후 퍼지추론엔진을 통해 애매한 값에 대한 정의를 내린다. 그 결과 나오는 퍼지출력은 비퍼지화를 통해 시스템에 적용 가능한 crisp값으로 변환된다.

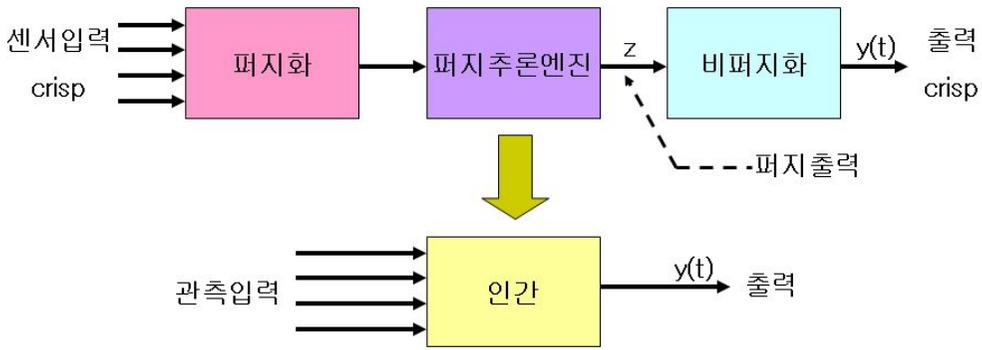


Fig 2.2 일반적인 퍼지제어시스템

### 2.3.1 퍼지이론의 개요

언어 등의 애매함을 정량적으로 표현하기 위하여 1965년 미국 버클리대학교의 L. A.자데(Zadeh) 교수에 의해 도입된 퍼지집합의 사고방식을 기초로 하고 있다. 퍼지집합의 개념은 각 대상이 어떤 모임에 속한다 또는 속하지 않는다는 이진법 논리로부터, 각 대상이 그 모임에 속하는 정도를 소속 함수(membership function)로 나타냄으로써 수학적으로 표현할 수 있다<sup>[20]</sup>. 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 응용분야인 퍼지제어기는 퍼지화기(fuzzifier), 규칙 베이스(rule base), 퍼지 추론기(fuzzy inference engine), 비퍼지화기(defuzzifier)로 구성되어 있다. 퍼지제어기는 복잡한 비선형 시스템의 제어 시에 퍼지집합을 분할하여 각 영역에 따른 규칙 베이스를 구성하면 기존의 비선형 제어기에 비해 훌륭한 성능을 얻을 수 있다.

### 2.3.2 퍼지 집합과 멤버십 함수

퍼지제어 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 집합 이론이라고 할 수 있고, 개념적으로 퍼지집합은 애매한 경계(한계)를 가지는 집합으로 정의될 수 있다<sup>[21]</sup>.

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. 아래의 Table 2.2에서는 퍼지 집합과 보통 집합의 수치에 대한 개념을 서로 비교하였다.

Table 2.2 퍼지이론의 특징

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

### 2.3.3 퍼지제어시스템(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<sup>[22]</sup>.

제어시스템을 표현하는 방법으로는 시간영역에서 해석하는 기법과 주파수영역에서 해석하는 기법이 있다. 주파수영역 기법은 선형 시불변 시스템에만 적용할 수 있는 한계가 있고, 또 전달함수의 입출력관계에 중점을 두고 있기 때문에 변수가 많아지는 다변수 시스템의 적용에도 한계가 있다. 반면에 시간영역에서 해석을 하게 되면 비선형, 시변, 다변수 등 다양한 시스템에 적용이 가능하다. 따라서 시스템을 미분방정식으로 표현하는 것과 같이 동적시스템의 시간영역 표현방법을 안다는 것은 필수 과정이라 할 수 있다. 아래의 Fig 2.3는 피드백을 받는 퍼지제어시스템의 블록다이어그램이다.

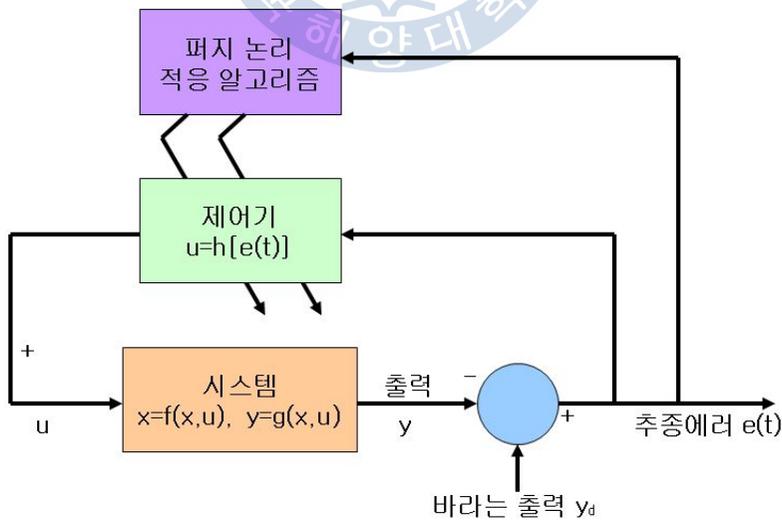


Fig 2.3 퍼지제어시스템의 구성

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 에러값이 발생하게 된다. 퍼지논리 적응 알고리즘은 이러한 에러값을 피드백 받으면서 점점 줄이는 역할을 한다.

### 2.3.4 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 멤버쉽함수를 통해 변화시킬 수 있기 때문에 컴퓨터 스스로 애매한 추론이 가능하다<sup>[23]</sup>. 아래의 Fig 2.4은 퍼지추론의 순서도를 나타낸 블록도이다. 시스템의 실제 입력값이 입력단으로 들어오면 Fuzzifier(퍼지화기)를 통해 언어변수를 설정하고 각 변수의 값을 퍼지화한다. 그리고 그 퍼지입력값을 Fuzzy Rules을 통해 퍼지출력값을 나타내고 이 값을 다시 Defuzzifier(비퍼지화기)를 통해 시스템에서 적용할 수 있는 실제 출력값으로 나타낸다.



Fig 2.4 퍼지추론의 순서도

본 논문에 사용한 퍼지추론법은 일반적인 제어에서 쉽게 사용되는 "Mamdani's minimum fuzzy implication rule"을 소개하고자 한다<sup>[24]</sup>.

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

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

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

식(2.2)에서  $\mu_{A_i}(x_0)$ 와  $\mu_{B_i}(y_0)$ 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 크리스프(Crisp)의 값으로 비퍼지화(Defuzzification)하여야 한다. 일반적으로 Mamdani의 추론법에서는 무게중심법(Center of gravity method)을 주로 사용하며 식(2.5)와 같이 표현한다.

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

### 2.3.5 다변수-다층구조 퍼지제어시스템

다변수-다층구조 퍼지제어시스템의 블록 다이어그램 표현의 장점은 전체 시스템의 전체 블록 다이어그램이 퍼지방정식들의 접합에 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<sup>[25]</sup>. 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.



## 제 3 장 감성 LED 조명 제어기의 구성 및 설계

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

### 3.1 퍼지 알고리즘의 구성

본 논문에서 마이크로프로세서로 입력되는 값은 온도, 습도, 조도, 시간의 4가지 변수이다. 여기서 온도와 조도는 거의 일정한 변화율을 보이며 시간 또한 색상의 변화 보다는 밝기제어에 더 많은 영향력을 끼치기 때문에 퍼지제어기 설계에서 조도와 시간, 이 두 항목을 생략하였다. 아래의 Fig 3.1은 본 논문에서 이용된 퍼지제어시스템의 대략적인 블록도이다.



Fig 3.1 퍼지제어시스템의 블록도

그리고 본 논문의 퍼지추론에 사용된 언어변수의 설정은 다음의 Table 3.1과 같다.

Table 3.1 언어변수의 설정

온도의 언어변수	습도의 언어변수	LED의 언어변수
매우추움	매우건조	RED
추움	건조	YELLOW
따뜻함	보통	MAGENTA
더움	습함	GREEN
매우 더움	매우습함	CYAN
		BLUE

### 3.1.1 퍼지멤버쉽함수(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 퍼지멤버쉽 함수를 할당하였다. 퍼지멤버쉽 함수의 범위는 아래 Fig 3.2와 같다.

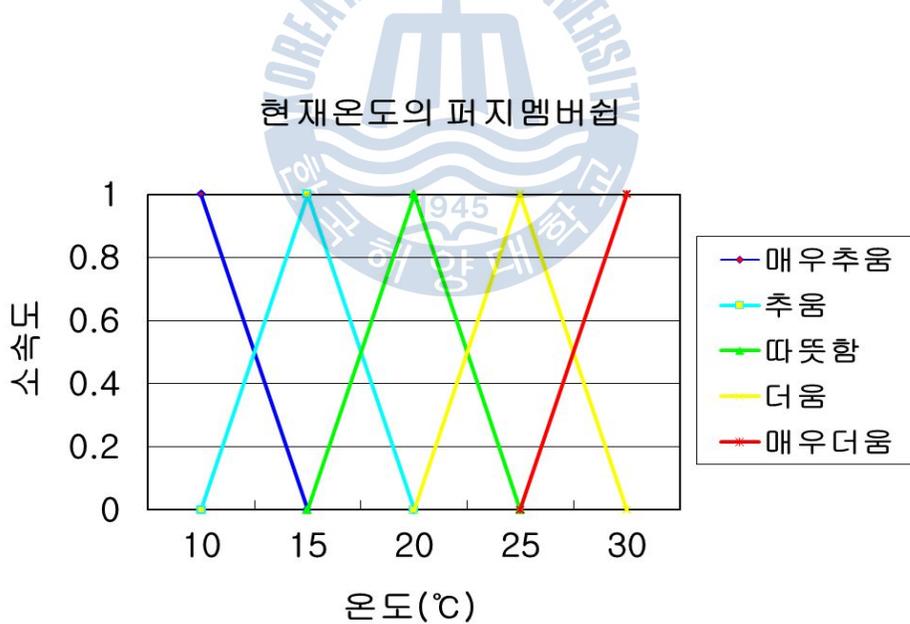


Fig 3.2 온도값의 퍼지멤버쉽 함수

‘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. 퍼지멤버쉽 함수값을 읽는 방법은 다음과 같다. 예를 들어 온도가 17.5℃인 경우 추움의 퍼지멤버쉽 함수는 0.5, 따뜻함의 퍼지멤버쉽 함수는 0.5이며 나머지 항목의 퍼지멤버쉽 함수는 0이다. 이를 실제로 비퍼지화하게 되면 Table 3.2의 FUZZY RULE LOOKUP TABLE에 설정된 색상과는 다른 색상이 나오게 되며 그 색상이 현재 온도에 더욱 최적화된 값이 되는 것이다.

다음으로 습도에 관한 언어변수 설정에 따라 습도 값의 범위를 매우건조(VL), 건조(L), 보통(M), 습함(H), 매우습함(VH)의 5부분으로 나누어 퍼지멤버쉽 함수를 할당하였다. 퍼지멤버쉽 함수의 범위는 다음의 Fig 3.3과 같다.

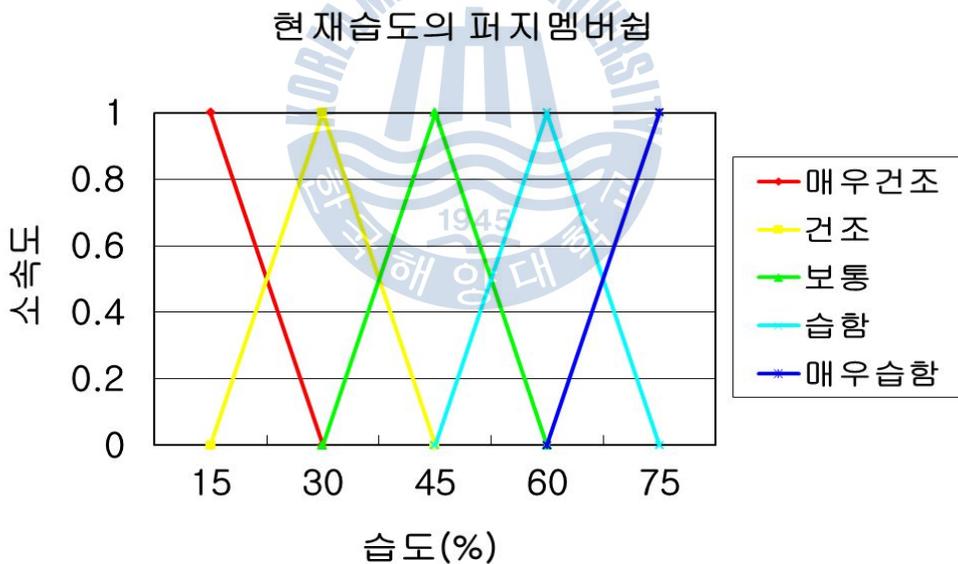


Fig 3.3 습도값의 퍼지멤버쉽 함수

‘매우건조’의 경우 15% 이하면 소속도가 1이며 30%까지는 소속도를 가지고 있다. ‘건조’의 경우 30%에서 완벽한 1의 소속도를 가지며 15%에서 45% 사이

에서 선형적으로 변화되는 소속도를 가지게 된다. 온도와 마찬가지로 이를 비퍼지화하여 계산하면 앞에서 설정된 룩업테이블의 색상과는 다른 색상이 나오게 되며 이 색상이 현재 습도에 더욱 최적화된 값이 되는 것이라고 볼 수 있다.

출력 값인 색상은 BLUE, CYAN, GREEN, MAGENTA, YELLOW, RED의 6가지 항목으로 나누어 할당하였으며 각각의 범위는 다음과 같다.

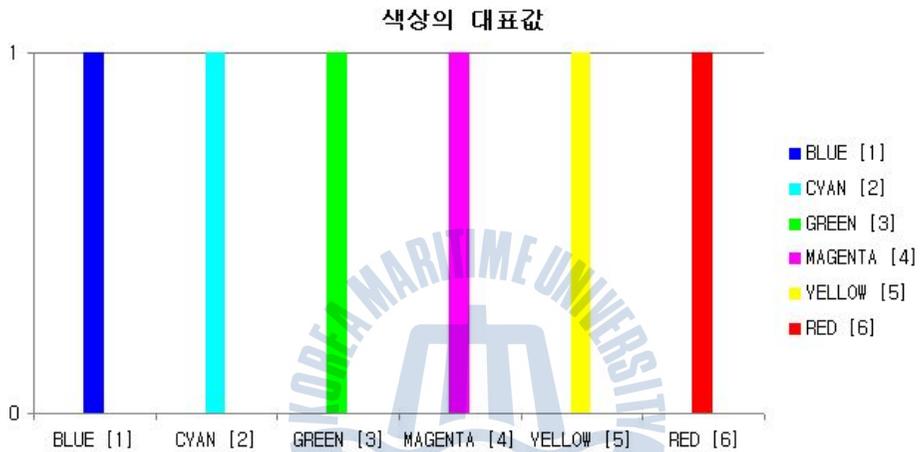


Fig 3.4 LED 색상값의 Membership

색상에 대한 대표값을 1에서 6까지 각각 할당하여 구분하여 퍼지추론 도중에 계산의 편리를 도모하였다.

### 3.1.2 퍼지 제어규칙(Fuzzy control rules)의 설정

출력 값에 대한 설정은 다음과 같이 퍼지 제어규칙을 25개로 설정하고 각각의 상황에 맞는 최적의 색상을 선택하고 아래의 Table 3.2와 같이 FUZZY RULE LOOKUP TABLE을 구성하였다.

Table 3.2 Fuzzy Rule Lookup Table

온도 \ 습도	매우 추움	추움	따뜻함	더움	매우 더움
매우 건조	MAGENTA	CYAN	CYAN	BLUE	BLUE
건조	MAGENTA	GREEN	GREEN	CYAN	BLUE
보통	YELLOW	MAGENTA	GREEN	GREEN	CYAN
습함	RED	YELLOW	MAGENTA	GREEN	CYAN
매우 습함	RED	RED	YELLOW	MAGENTA	MAGENTA

앞에서 설명한 Table 3.2의 Fuzzy Rule Lookup Table을 If-Then 규칙으로 변환하여 Fuzzy Rule을 아래의 25가지 항목으로 나누어 정의하였다.

- R1 : If 온도 = 매우추움 and 습도 = 매우건조 then Color = MAGENTA
- R2 : If 온도 = 매우추움 and 습도 = 건조 then Color = MAGENTA
- R3 : If 온도 = 매우추움 and 습도 = 보통 then Color = YELLOW
- R4 : If 온도 = 매우추움 and 습도 = 습함 then Color = RED
- R5 : If 온도 = 매우추움 and 습도 = 매우습함 then Color = RED
- R6 : If 온도 = 추움 and 습도 = 매우건조 then Color = Cyan

- R7 : If 온도 = 추움 and 습도 = 건조 then Color = GREEN
- R8 : If 온도 = 추움 and 습도 = 보통 then Color = MAGENTA
- R9 : If 온도 = 추움 and 습도 = 습함 then Color = YELLOW
- R10 : If 온도 = 추움 and 습도 = 매우습함 then Color = RED
- R11 : If 온도 = 따뜻함 and 습도 = 매우건조 then Color = CYAN
- R12 : If 온도 = 따뜻함 and 습도 = 건조 then Color = GREEN
- R13 : If 온도 = 따뜻함 and 습도 = 보통 then Color = GREEN
- R14 : If 온도 = 따뜻함 and 습도 = 습함 then Color = MAGENTA
- R15 : If 온도 = 따뜻함 and 습도 = 매우습함 then Color = YELLOW
- R16 : If 온도 = 더움 and 습도 = 매우건조 then Color = BLUE
- R17 : If 온도 = 더움 and 습도 = 건조 then Color = CYAN
- R18 : If 온도 = 더움 and 습도 = 보통 then Color = GREEN
- R19 : If 온도 = 더움 and 습도 = 습함 then Color = GREEN
- R20 : If 온도 = 더움 and 습도 = 매우습함 then Color = MAGENTA
- R21 : If 온도 = 매우더움 and 습도 = 매우건조 then Color = BLUE
- R22 : If 온도 = 매우더움 and 습도 = 건조 then Color = BLUE
- R23 : If 온도 = 매우더움 and 습도 = 보통 then Color = CYAN
- R24 : If 온도 = 매우더움 and 습도 = 습함 then Color = CYAN
- R25 : If 온도 = 매우더움 and 습도 = 매우습함 then Color = MAGENTA

예를 들어 온도가 매우 덥고 습도가 매우 습한 경우 LED 색상은 MAGENTA(분홍)색이 켜지게 되나, 매우 덥고 매우 습하다는 명제(조건)에 얼마나 일치, 즉 소속도의 값이 얼마나 확률의 값 1에 수렴하는가에 따라 기존의 분홍색에서 미세하게 색상이 변화하게 된다. 그러므로 퍼지제어를 원활하게 하기 위해서는 위의 Lookup Table에 나온 6가지 색상의 기준점을 제대로 잡아서 퍼지멤버쉽함수를 설정해야 한다. 전문가 지능시스템이란 퍼지제어를 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 퍼지제어 알고리즘의 완성도가 결정되게 된다.

### 3.1.3 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  $B_i$ , Color를  $C_i$ 라 하고, 조건 A, B에 대한 센서의 측정값을 a, b라고 할 때,

$$c = \frac{\sum_{i=1}^{25} \min(\mu_{A_i}[a], \mu_{B_i}[b]) * C_i}{\sum_{i=1}^{25} \min(\mu_{A_i}[a], \mu_{B_i}[b])} \quad (\text{식 3.1})$$

무게중심법을 이용하여 비퍼지화 된 결과 c는 LED 색상을 동작시킬 수 있는 실제 출력 값이다. 출력 값인 색상은 BLUE, CYAN, GREEN, MAGENTA, YELLOW, RED의 여섯 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 6까지 부여하였으며 파장이 클수록 작은 값을 할당하였다. 예를 들어 5.5의 결과 값이 나오게 되면 5번의 YELLOW와 6번의 RED가 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.

### 3.2 하드웨어의 구성

하드웨어 구성은 입력부분인 온도, 조도, 습도센서와 제어를 담당하는 메인보드, 출력부분의 LDM(LED Dot-matrix Module), LED-Bar Module, LCD로 구성되어 있다. 메인보드 내부에는 ADC를 통한 센서 제어와 비교기를 통한 출력 값의 통제 등 전체적인 제어를 담당하는 MCU파트와 시간측정을 담당하는 RTC(Real Time Control) 제어부, 그리고 LDM, LED, LCD 드라이버 파트, 전원부로 구성되어 있다. 각각의 구성요소는 아래의 Fig 3.5의 블록 다이어그램을 통해 나타내었다.

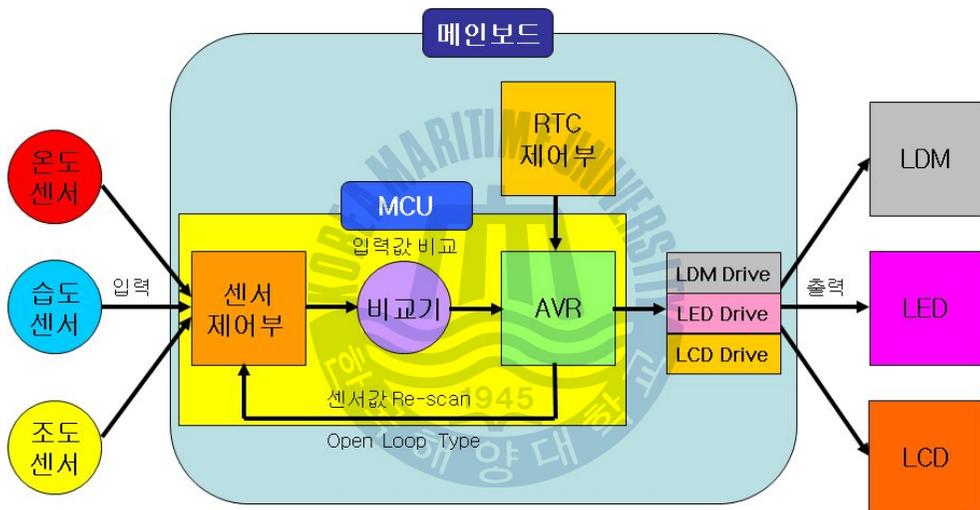


Fig 3.5 시스템 전체 Block Diagram

### 3.2.1 메인보드 파트

메인보드 파트의 블록 다이어그램은 다음의 Fig 3.6과 같다.

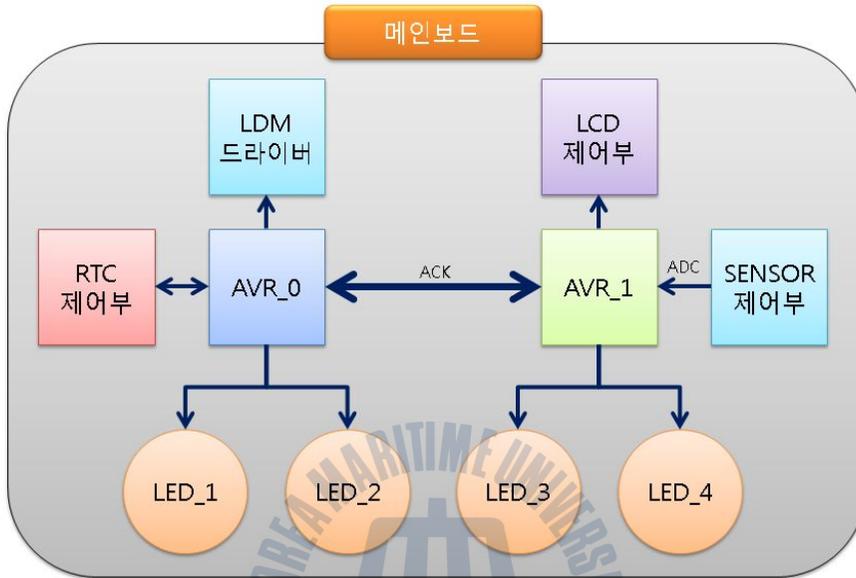


Fig 3.6 메인보드 파트의 Block Diagram

메인보드 파트는 시스템 전체의 흐름을 제어하고 있으며 보드 내부에 ATmega128 칩 2개가 내장되어 있다. AVR\_0 칩은 시간측정용 IC인 DS1302를 통해 시간을 측정할 수 있도록 주변회로가 구성되어 있으며, 외부커넥터를 통해 시계모듈과 연결 가능하므로 시간 디스플레이가 가능하다. 또한 LED DISPLAY MODULE 1,2번이 연결될 수 있도록 외부커넥터가 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 LED 디밍제어가 가능하게 된다. AVR\_1 칩에서는 LED 3, 4번을 연결할 수 있도록 커넥터가 구성되어 있으며 마찬가지로 TIMER/COUNTER 1, 3번이 연결되어 있다. AVR\_1 칩에는 온도, 습도, 조도센서를 연결할 수 있도록 커넥터가 구성되어 있다. 온도와 습도는 한 개의 모듈을 통해 한 번에 측정

이 가능하며 I<sup>2</sup>C 방식으로 동작하며, 조도센서는 AVR 내부의 ADC를 통해 측정할 수 있도록 주변회로를 구성하였다. 그리고 각각의 신호를 받아 LCD를 통해 현재 측정값을 실시간으로 나타낼 수 있도록 하였다. 또한, AVR\_0과 AVR\_1 사이에 ACK 신호를 주고받으면서 LDM 1~4번이 동시에 제어될 수 있도록 설계하였다.

### 3.2.2 LDM 드라이버 파트

LDM 드라이버 파트의 블록 다이어그램은 다음의 Fig 3.7과 같다.

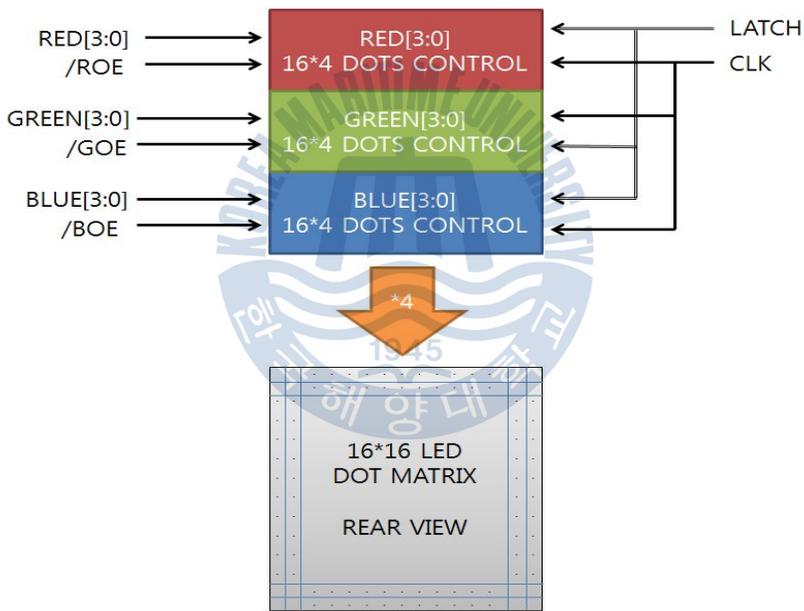


Fig 3.7 LDM의 블록다이어그램

LED 모듈로 사용된 제품은 16X16 사이즈의 도트매트릭스(Lamp type)인 VL200F111-1(빛샘전자社) 모듈을 사용하였다. 16\*16 Lamp LED 타입이며 내부에 컨트롤러가 각 색상마다 4개씩 총 12개의 컨트롤러로 구성된다. 컨트롤러들은 각 색상별로 4개의 라인을 구성하게 되며 컨트롤러 내부에서는 16\*4개

의 LED를 제어한다. 이 LED들은 스테틱 동작을 하게 되며 전체적으로 4개의 컨트롤러가 4개의 라인을 구현하면서 다이내믹 방식으로 동작시킨다, 결국 스테틱과 다이내믹 구동형태의 혼합방식이며 이러한 구성은 LED의 밝기의 강도도 좋으며 전력소모도 줄일 수 있어 LED의 수명시간도 늘어난다. VL200F111-1 도트매트릭스 모듈의 경우 DC 5V에서 동작하며 34개의 핀으로 구성되어 있다. 이중 17핀은 GND이므로 결국 18개의 핀을 제어하면 된다. 입력핀 뿐만 아니라 출력핀도 비슷한 핀 맵을 가지며 서로 커넥터로 연결할 경우 마이크로컨트롤러에 연결된 첫 번째 LDM과 같은 동작을 하게 되므로 간단하게 여러 모듈을 연결할 수 있다는 장점이 있다. 타이밍차트는 다음의 Fig 3.8과 같다.

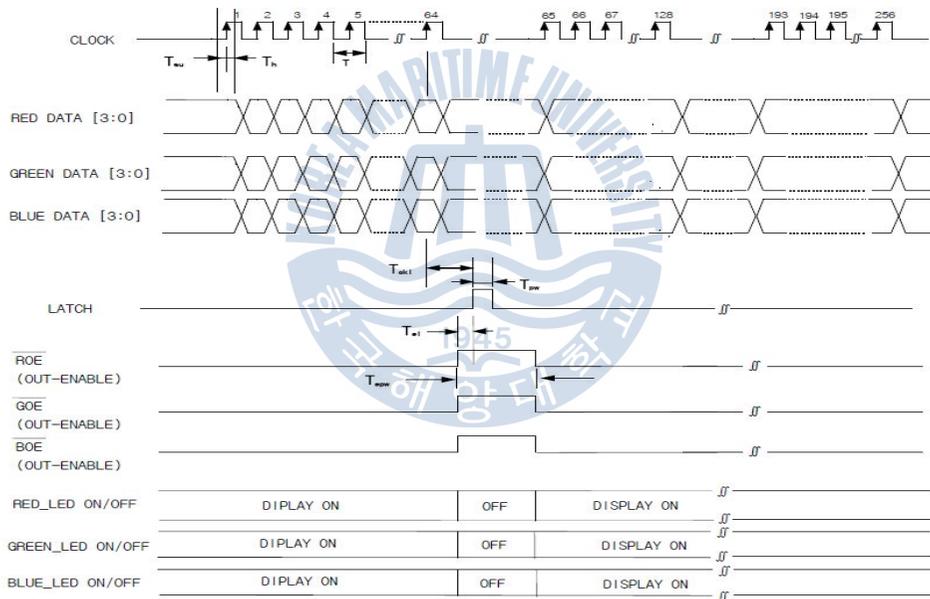


Fig 3.8 LDM의 타이밍 차트

타이밍 차트를 보면 R, G, B의 데이터를 입력하고 클럭신호를 같이 뿌려주어 각각의 어드레스를 부여하게 된다. 그리고 래치신호를 통해 LED에 뿌려지게 된다. 그리고 인에이블 신호를 제어하여 PWM 제어 또한 가능하다.

### 3.2.3 센서 파트

본 논문에서 이용한 센서는 온도&습도센서와 조도 센서이다. 먼저 온·습도 측정을 위해 사용하는 센서는 SHT-71(SENSIRION社) 모듈이며 블록 다이어그램 및 인터페이스 방법은 아래의 Fig 3.9와 같다.

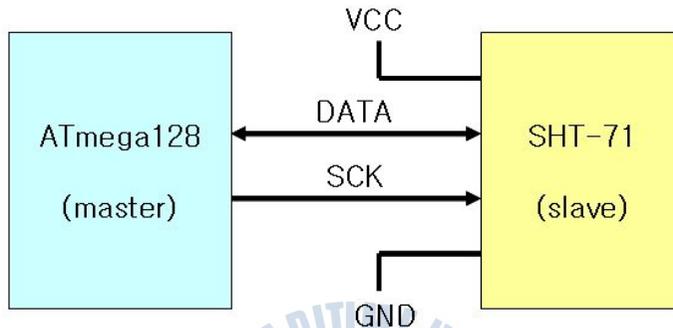


Fig 3.9 온·습도센서의 Block Diagram

SHT-71 온·습도센서모듈은 I<sup>2</sup>C 통신프로토콜 방식으로 동작되며 마이크로 프로세서를 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. 아래의 Fig 3.10에 나와있는 신호처리과정에 대한 그래프는 상대습도 35.5%일 때 SCK 및 DATA 신호의 흐름 변화 및 측정방법을 동시에 보여주고 있다. 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 데이터를 보내주게 되고 마이크로컨트롤러에서 그 값을 차례대로 조합하여 16진수의 데

이터로 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.

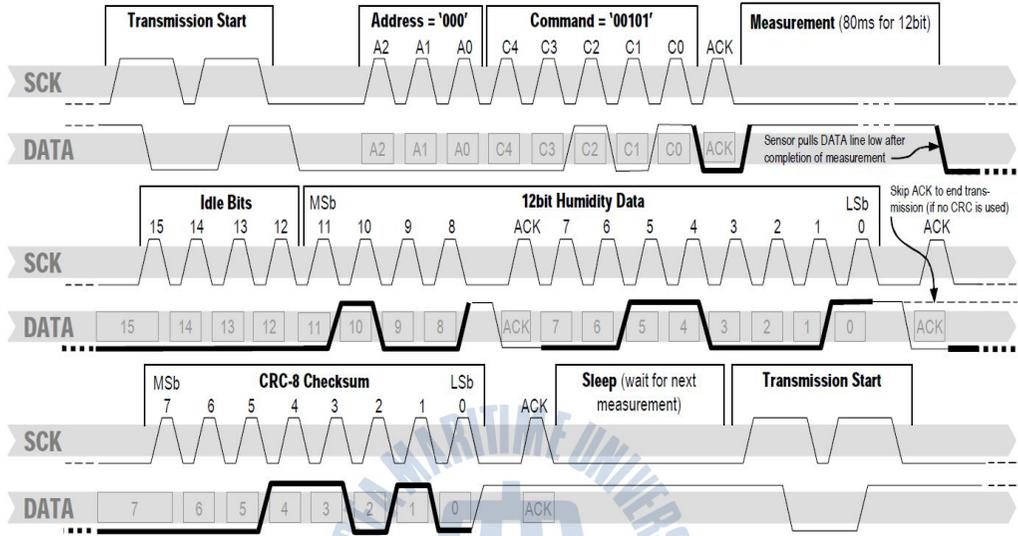


Fig 3.10 온·습도센서의 신호처리과정

그 다음으로 조도센서는 빛에 세기에 따라 내부 저항 값이 가변되는 특성을 가진 센서이다. 그러므로 빛이라는 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. 빛이 통하지 않을 때 0V가 되고, 빛이 최대일 때 5V가 되도록 다음의 Fig 3.11과 같이 회로를 구성하였다.

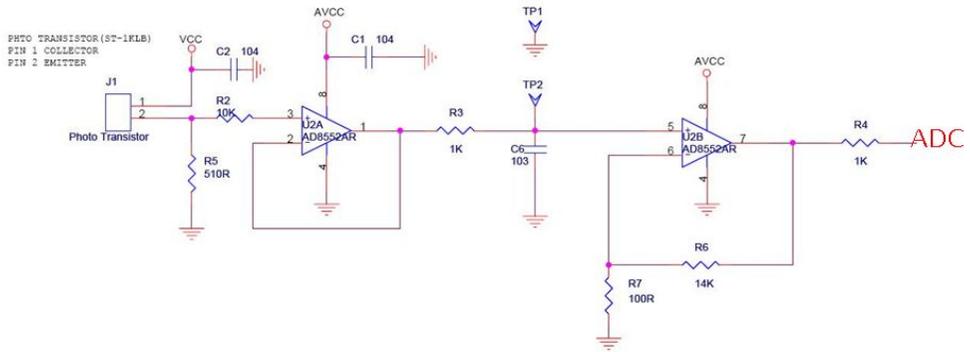


Fig 3.11 조도센서의 회로도

### 3.2.4 RTC 파트

RTC 파트의 블록 다이어그램은 다음의 Fig 3.12와 같다.

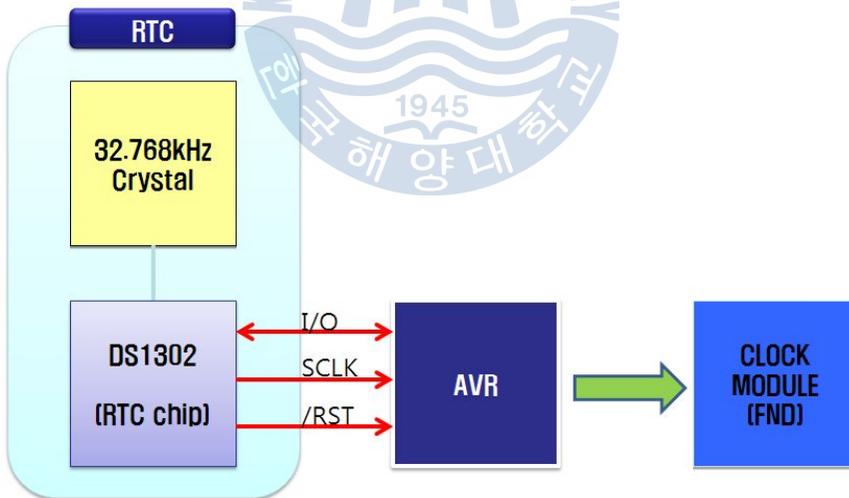


Fig 3.12 RTC 파트의 Block Diagram

RTC 파트의 경우 DS1302 IC칩을 이용하여 Real Time Control을 수행한

다. 32.768kHz Crystal로 일정한 주파수를 발생시키고 AVR에서 SCLK(Shift Clock)을 내보내면 I/O 라인을 통해 정확한 1초에 대한 정보가 들어오게 된다. AVR에서는 이 신호를 처리하여 현재 시간을 세팅할 수 있고 이 과정이 끝나면 반영구적으로 시간확인이 언제든지 가능하다. CLOCK MODULE을 별도로 연결하여 시중에 나와 있는 시계처럼 똑같이 볼 수 있으며 내부에서 시간정보가 저장되어 있으므로 시간별로 조명의 밝기나 색상제어도 가능하게 된다.

### 3.2.5 전원 파트

본 논문에서 설계되는 작품은 SMPS를 이용하여 가정에서 사용할 수 있도록 설계되었다. 따라서 EMC/EMI 테스트 등을 거쳐야 하지만 어디까지나 실험용이므로 제품화에 필요한 사양들은 생략하였다. SMPS는 300W 용량의 제품을 이용할 예정이며 DC-12V를 이용할 것이다. DC12V는 메인보드 내에서 LED를 동작하는데 주로 쓰이며, 마이크로컨트롤러나 LDM, RTC소자, 온·습도센서, 조도센서, LCD 등에서는 DC5V를 사용하므로 전압을 조절하여야 한다. 여기서 LM2576 스위칭 레귤레이터를 사용하여 DC-12V를 DC-5V로 내려서 사용하였다. 이 소자는 LM7805 레귤레이터보다 가격이 비싸지만, 안정적이고 열이 거의 발생하지 않는다는 장점이 있다.

### 3.2.6 LED BAR 제어파트

기타 조명용 LED로는 시중에서 쉽게 구입이 가능한 3색 LED Bar(SMD type), 백색 LED Bar(SMD type)을 사용하였다. 3색 LED Bar의 4개 라인은 각각 COM(VCC)과 R, G, B의 GND 부분으로서 각각에 그라운드를 물리면 색이 나오며 전압은 DC-12V에서 동작한다. 백색 LED Bar는 2라인으로 구성되어 있으며 COM과 GND로 되어있고 마찬가지로 DC-12V에서 동작한다. 마이크로컨트롤러에서 나오는 신호는 전류가 미약하기 때문에 LED BAR를 켜기에 충분하지 않다. 또한 LED BAR의 경우 DC 12V에서 동작하기 때문에 마이크

로컨트롤러의 동작전압인 DC-5V를 훨씬 상회하기 때문에 불의의 사고로 순간적으로 역전압이 치고 들어올 경우 마이크로컨트롤러의 고장원인이 된다. 그러므로 파워 트랜지스터의 베이스 단에 마이크로컨트롤러를 결선하고 컬렉터 단에 DC 12V 전원과 LED BAR를 각각 연결하여 트랜지스터를 스위칭 소자로 사용한다. LED BAR 여러 개를 동시에 사용해야 하므로 일반 트랜지스터가 아닌 파워트랜지스터를 사용하여 과전류 및 높은 온도를 견딜 수 있도록 설계하였다. PWM 제어를 위한 LED 드라이버 회로는 아래의 Fig 3.13과 같다.

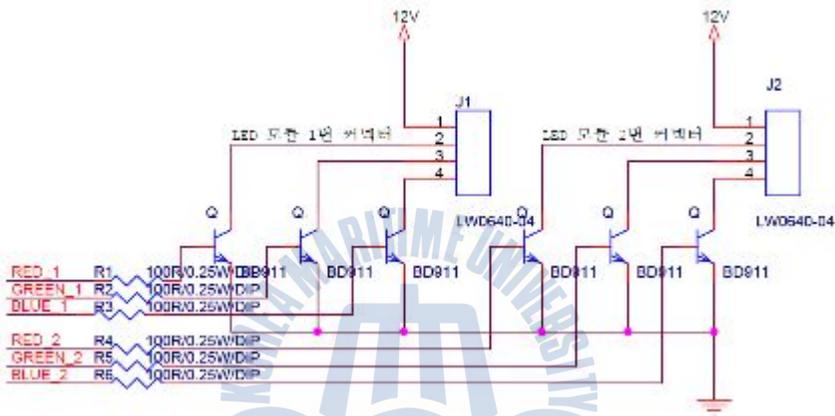


Fig 3.13 Full Color LED BAR 제어 회로도

## 제 4 장 실험 결과

### 4.1 테스트 보드의 제작 및 실험

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

#### 4.1.1 LED 테스트용 보드

첫 번째로 LED 테스트용 보드의 구성 모습은 아래의 Fig 4.1과 같다. AVR 2개와 레귤레이터, 트랜지스터를 이용한 스위칭기능, 가변저항을 이용하여 ADC 및 LED 속도제어 기능을 테스트 하였다.

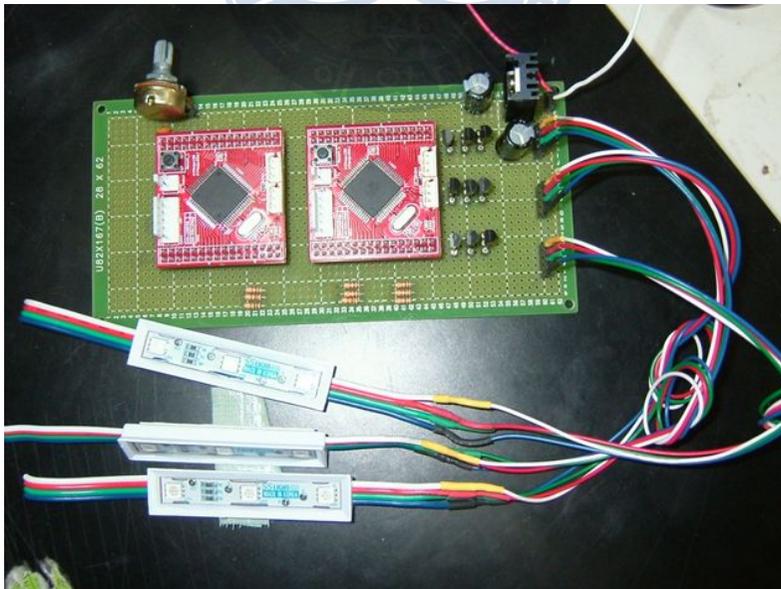
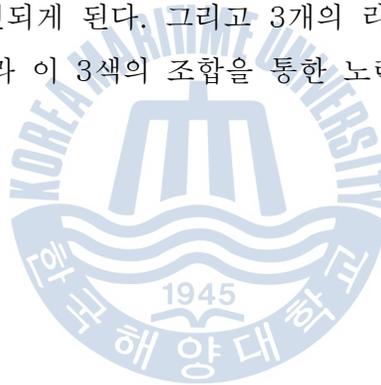


Fig 4.1 제작된 테스트용 메인보드의 전체 모습

하나의 AVR에서 각각 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 ½이 된다. 이 PWM 신호는 트랜지스터의 베이스 단으로 들어가 LED를 ON/OFF하는 스위칭 기능뿐만 아니라 이러한 신호가 이미터단의 LED 모듈의 그라운드 단에 영향을 끼쳐 이 신호에 따라 PWM 제어를 하여 밝기가 가변되게 된다. 그리고 3개의 라인을 동시에 제어하여 적색, 녹색, 청색뿐만 아니라 이 3색의 조합을 통한 노란색, 분홍색, 하늘색, 흰색 등이 나오게 된다.



#### 4.1.2 센서 및 LCD, USART 통신 테스트용 보드

다음으로 센서 및 LCD, USART 통신 테스트용 보드에 대한 실험 결과이다. 구성 및 실험 결과는 다음의 Fig 4.2과 같다.

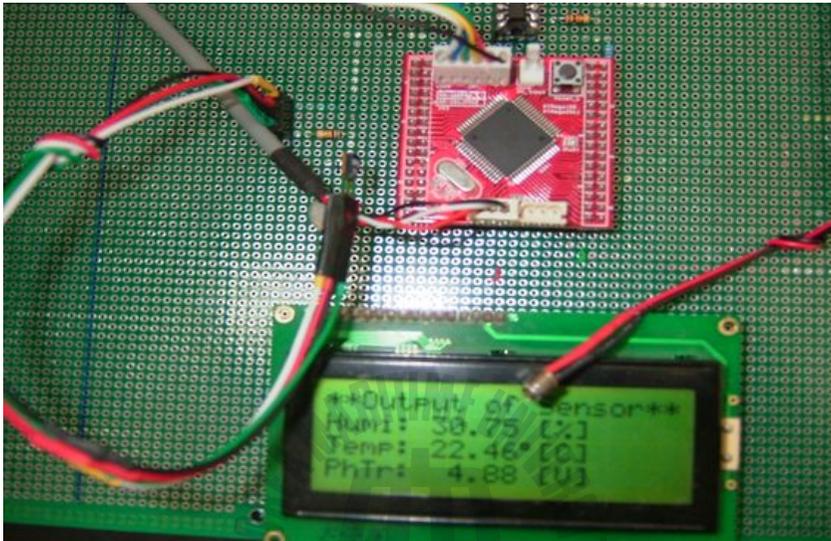


Fig 4.2 센서 측정 및 동작화면

좌측의 온·습도센서와 우측의 조도센서를 통해 각각 신호를 입력받게 되고 그 결과가 LCD를 통해 표현이 된다. LCD의 2번째 라인은 습도, 3번째 라인은 온도, 4번째 라인은 조도 값을 표시한 것으로 각 수치는 실시간으로 변화한다. 온·습도센서는 I2C 프로토콜 방식 통신으로서 온도와 습도 정보를 센서에서 모두 처리하며 그 값이 한 클럭당 전송되므로 AVR에서 그 값들을 처리하여 표시하면 된다. 조도센서의 경우 현재 조도 값에 따라 내부저항이 변화하며 그 저항에 걸리는 전압 값을 표현한 것이다. USART 통신 테스트는 ATmega128 모듈에 시리얼포트를 연결하여 PC와 하이퍼터미널을 통해 통신을 하였다. RED, GREEN, BLUE의 수치를 0~255까지 분할하고 이 값들을 키보드를 통해 입력하였다. 입력된 값들은 마이크로컨트롤러로 입력되어 외부에 연결된 TEST용 LED가 색상 및 밝기 제어를 하게 된다. 만약 255 이상의 입력이 들

어가면 동작이 되지 않고 다시 입력상태가 된다. 아래의 Fig 4.3은 실험 결과 하이퍼터미널의 동작화면이다.

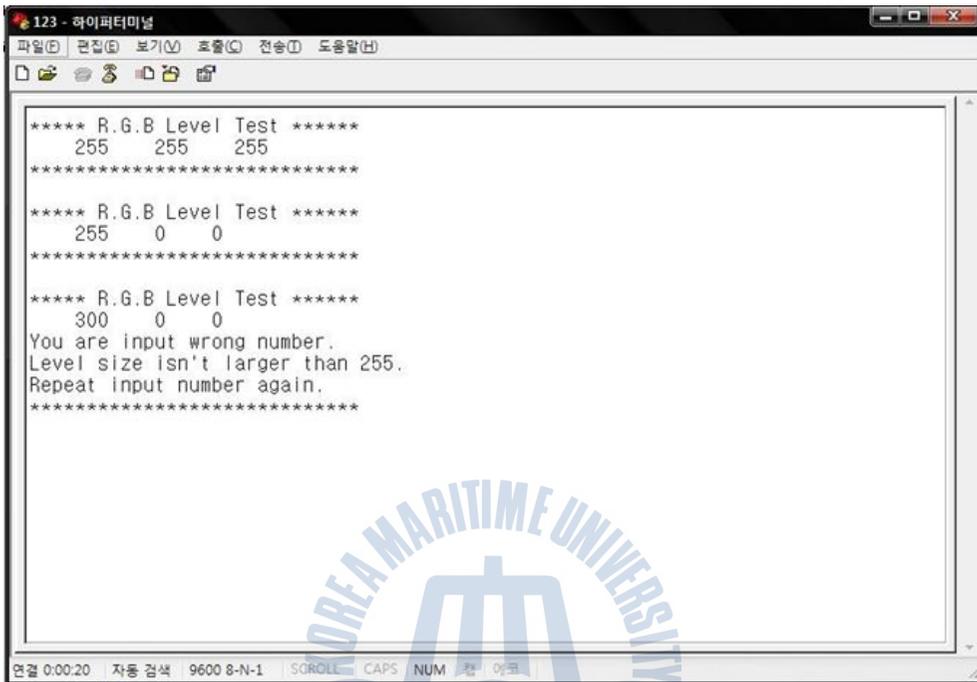


Fig 4.3 USART 통신 동작화면

2번째 라인에서 255, 255, 255의 값을 입력하면 각각 RED, GREEN, BLUE의 색상 레벨값으로 입력이 되어 LED 출력은 WHITE가 된다. 그리고 5번째 라인에서 255, 0, 0을 입력하면 RED에만 255의 최대 레벨 값이 입력되어 RED가 켜지게 되며, 8째줄에서 300, 0, 0을 입력하면 255보다 높은 값이 입력되어 오류메세지가 나오고 LED 출력은 나오지 않았다. 이 테스트를 통해 LED의 색상 특성을 좀 더 간편하게 확인할 수 있었다.

### 4.1.3 LDM 테스트용 보드

마지막으로 LDM 테스트용 보드를 다음과 같이 제작하였다. 아래 사진은 LDM 테스트용 보드를 제작하고 LDM에 A가 나오도록 프로그래밍 한 결과이다. 본 논문에서 LDM은 조명용으로 사용할 예정이므로 글자를 나타내는 것은 아무런 의미가 없다. 그러므로 전체적으로 같은 색이 나오도록 제어하여 조명으로 사용한다.

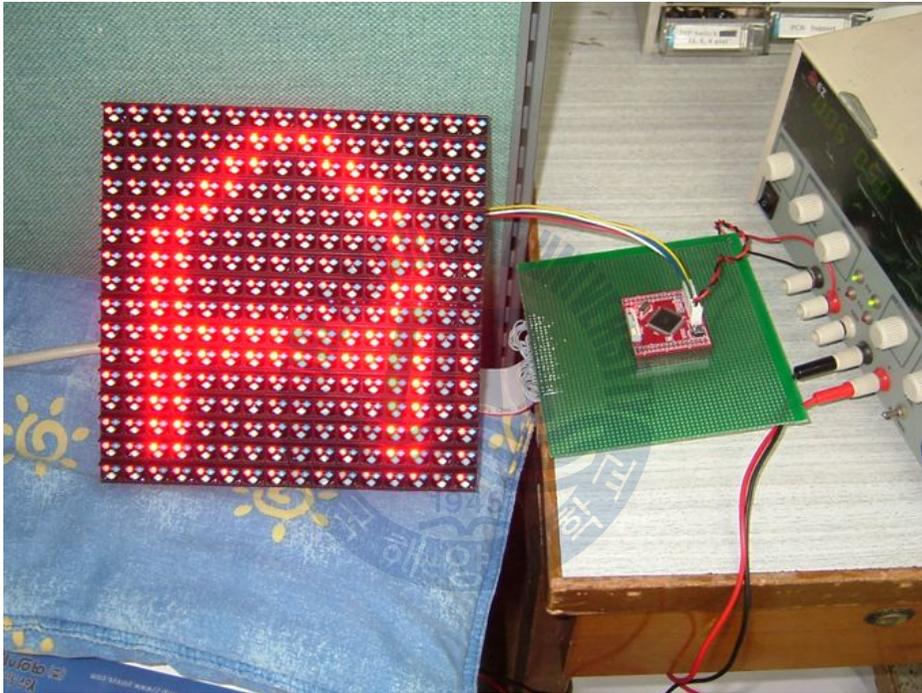


Fig 4.4 LDM 테스트보드 동작화면

실험에 사용된 LDM은 제조사에서 테스트용 오픈소스가 공개되지 않아 데이터시트의 핀 맵과 타이밍차트를 참고하여 마이크로프로세서 주변회로 및 커넥터를 설계하고 LDM 제어용 소스를 프로그래밍 하였다. LDM 내부에는 라인별로 컨트롤러가 4개가 내장되어 있어 각각을 제어해야 하는데 하나의 컨트롤러를 제어할 때는 스테틱 방식으로 동작하도록 제어하였으며, 그것을 4개 모두

한 번에 제어할 때는 다이내믹 방식으로 동작하도록 설계 및 제어하였다. 즉 4개의 라인을 전부 제어하기 위해서는 첫 번째 라인에 스테틱 방식으로 LED를 켜다가 끈다. 그리고 두 번째 라인을 스테틱 동작으로 켜다가 끈다. 마찬가지로 세 번째 라인과 네 번째 라인도 스테틱 방식으로 켜다가 끈다. 각 라인 사이에는 On/Off를 반복하기 때문에 결국 전체적으로 보면 이것은 다이내믹 동작이 되는 것이다. 스테틱 방식은 LED가 계속 켜지는 방식으로서 밝기가 밝다는 장점이 있지만 전류소모가 심하다. 그리고 다이내믹 방식은 켜졌다 꺼졌다 하는 방식을 되풀이 하면서 60Hz 이상의 속도로 ON/OFF 동작을 반복하여 사람의 눈으로는 계속 LED가 켜진 것처럼 보이게 하는 동작방식이며 조명용 백열등이나 형광등에서도 주로 이러한 다이내믹 방식을 사용한다. 다이내믹 방식은 스테틱 방식에 비해 밝기가 어둡고 눈에 피로를 빨리 주긴 하지만 전력소모가 적다는 장점이 있다.



## 4.2 퍼지제어 감성조명제어기의 제작

앞에서 테스트용 보드를 통해 부분별 실험을 마치고 PCB 기관에 모든 부분을 통합하여 제작하였다. 완성된 감성조명제어기의 전체 모습은 아래의 Fig 4.5와 같다.

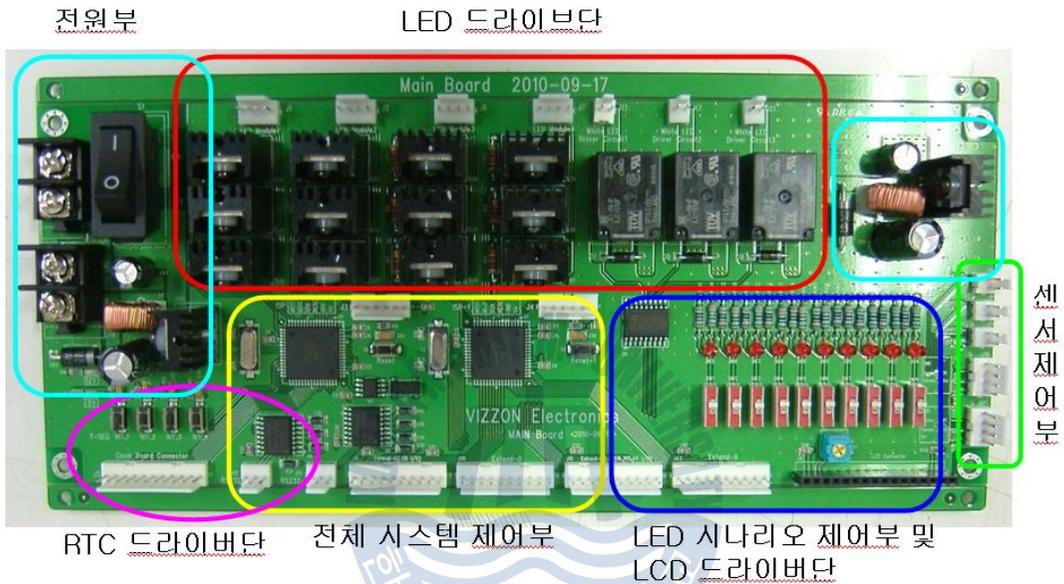


Fig 4.5 완성된 감성 LED 조명 제어기의 외형

LED 모듈을 다량 사용하기 위해 파워트랜지스터를 이용하고 각각 방열판을 부착하여 열을 제거하였다. 백색 LED의 경우 릴레이를 연결하여 메인보드에 무리가 가지 않도록 차단기 역할을 하였다. LED나 각종 센서, LCD, LDM, USART 통신포트 등등 외부 인터페이스의 확장성을 넓고 간편하게 하기 위하여 여러 개의 확장 커넥터를 연결하였다. 여러 시나리오를 저장하여 동작시키기 위해 DIP Switch를 연결하여 언제든지 색상변화를 일으키도록 하였다.

### 4.3 테스트 결과

색상 측정을 위해 아래의 Fig 4.6과 같이 LED Bar와 LDM, 온·습도센서와 조도센서, LCD 등 외부 인터페이스를 메인보드에 연결하였다.

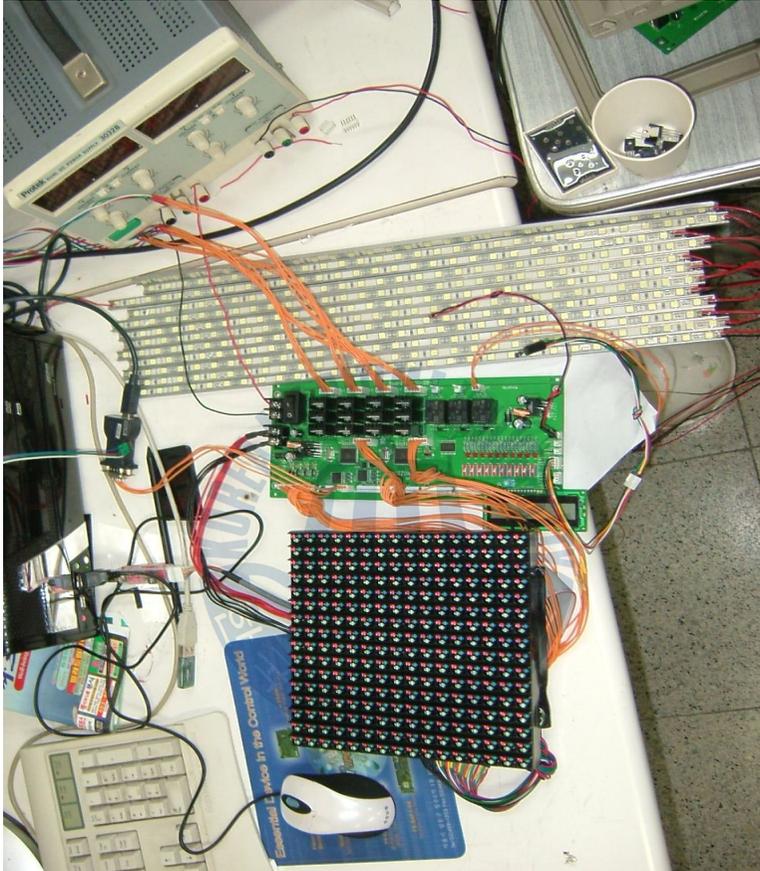


Fig 4.6 감성조명제어기와 외부 인터페이스의 연결

제어기의 위쪽에 다수의 LED Bar를 병렬로 연결하였고, 아래쪽에 LED Dot-matrix Module을 연결하였다. 제어기 오른쪽에 온·습도센서와 조도센서를 연결하여 외부환경값을 측정하였고 그 결과가 센서 아래에 연결된 LCD에 표시가 되도록 하였다. 전원은 추후 STAND-ALONE을 위해 300W급 SMPS를 구매하여 장착하였다. 그리고 3장에서 설정한 퍼지멤버십과 퍼지룰에 따라 프로

그래밍을 하였으며 메인보드에 장착된 두 AVR의 내장 메모리에 저장하여 자동제어를 수행할 수 있도록 하였다. 앞에서 제작한 제어기를 이용하여 각종 환경에서 색상변화를 각각 측정하였다. 그 결과는 아래의 Fig 4.7과 Fig 4.8의 그래프에 나타내었다.

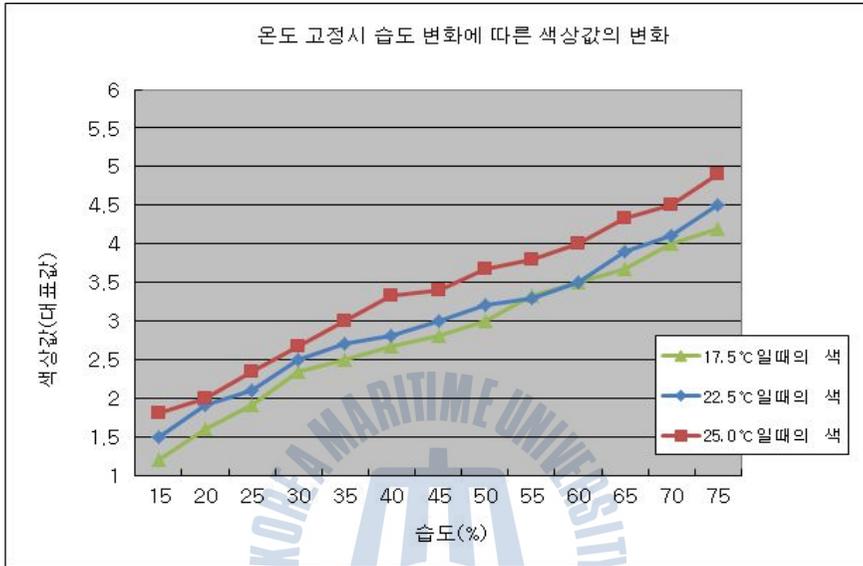


Fig 4.7 습도변화에 따른 색상변화

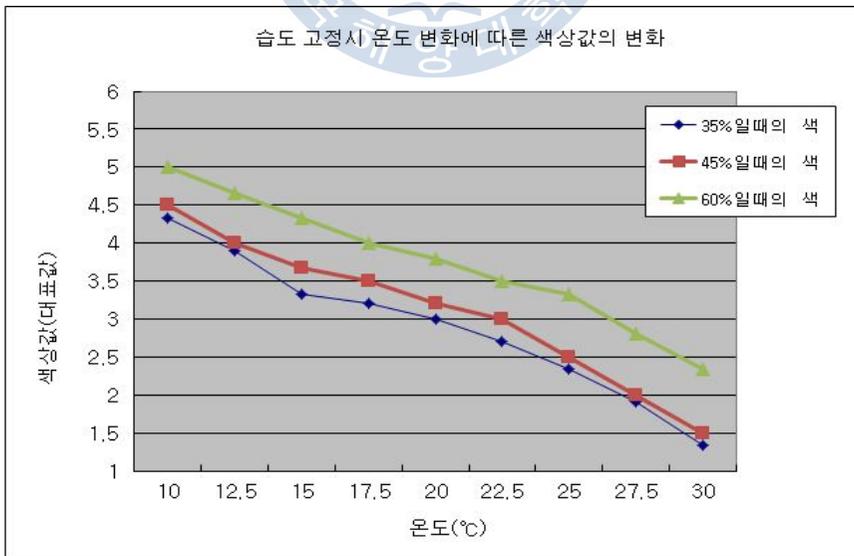


Fig 4.8 온도변화에 따른 색상변화

Fig 4.7은 온도를 각각 17.5, 22.5, 25℃로 고정한 후 상대습도 값의 변화에 따라 색상이 변하는 것을 보여준다. 상대습도가 높아질수록 색상 또한 파란색에서 빨간색으로 변하는 것을 볼 수 있다. Fig 4.8은 상대습도를 각각 35, 45, 60%로 고정한 뒤 온도변화에 따른 색상 값의 변화를 보여준다. 온도가 높아질수록 색상이 붉은색에서 푸른색으로 바뀌는 것을 볼 수 있다. 외부환경의 상태를 나타내는 값들이 각각 HIGH, MIDDLE, LOW에 해당하는 정확한 값이 아니라 그 범위 내의 애매한 중간 값을 가질 때의 색상변화를 보이게 되는데 초기에 설정한 색상의 기준 값보다 약간씩 변화하면서 최적의 값을 보여주는 것을 확인할 수 있었다. LED의 색상비율은 LCD를 이용하여 각 색상이 차지하는 비율을 나타내도록 하여 시각적으로 쉽게 알 수 있도록 하였다.



## 제 5 장 결 론

본 논문에서는 환경오염에 따른 대체 광원으로 떠오르고 있는 LED 광원의 특성을 조사하고 디지털 제어가 간편하다는 장점을 바탕으로 조명제어의 광원으로 선정하였다. 그리고 외부환경 가운데 온도, 습도, 조도의 상태에 따라 색상이 자연스럽게 변화하도록 퍼지 알고리즘을 이용하여 감성조명용 Full-color LED 제어기를 설계 및 제작하였다. 단순히 색상이 바뀌는 것만으로는 의미가 없으며 감성조명제어기가 적용될 공간에 대한 조명관련 자료가 있어야 할 것이다. 하지만 그러한 조명 정보를 바탕으로 조명제어를 하더라도 외부환경의 급격한 변화에 유동적으로 반응하기는 어렵다. 그러므로 이러한 문제점들을 해결하기 위해 인공지능 제어기법인 퍼지추론을 이용하여 알고리즘을 구성하고 본 논문에서 제작된 제어기에 적용한 결과, 색상이 급격하게 변화하면서 시야를 흔들리게 만드는 등의 오동작이 현저하게 줄어들면서 서서히 자연스럽게 색상이 변화되는 것을 알 수 있었다.

향후 퍼지제어 뿐만 아니라 신경회로망을 이용한 자동학습 알고리즘이나 PID 제어 알고리즘을 추가하여 좀 더 세밀한 제어가 가능할 것으로 생각된다. 앞으로 거실, 침실, 서재, 부엌, 욕실 등 가정에서 사용하는 것뿐만 아니라 사무실, 거리의 조명등, 선박, 항공기, 기차 등등 조명이 필요한 사회 전반으로 활용범위를 넓힐 수 있을 것이다. 그리고 메인서버(관리실, 조타실 등)에서 전체 시스템에 대한 조명제어를 할 수 있도록 네트워크를 구성하는 것도 가능할 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- [1] 강신호, 「LED 휘도의 디지털 제어 방식에 관한 연구」, 한국조명·전기설비학회 2009 춘계학술대회 논문집, 2009.
- [2] 구성모, 「PWM을 이용한 LED 구동회로 설계」, 한국조명·전기설비학회 2009 추계학술대회 논문집, pp.193~196, 2009.
- [3] 김대식, 「LED 광원을 이용한 디스플레이 개발」, 한국광학회 2004년도 하계학술발표회 논문집, pp.232~233, 2004.
- [4] 지순덕, 「LED 기반 백색 조명의 색온도 및 연색지수에 따른 감성 평가」, 한국감성과학회지(감성과학), Vol.9, No.4, pp.353-366, 2006.
- [5] 유하늬, 「건축공간의 조명광원으로서 LED 조명의 효용성 평가」, 한국건축친환경설비학회 학술발표대회 논문집, pp.152-157, 2009.
- [6] 《EU RoHS 지침 사후대응 매뉴얼》, 중소기업청, 2007.
- [7] 정연홍, 「R,G,B LEDs의 Natural Color 조명색채 구현 방안에 대한 기초연구」, 한국조명·전기설비학회 2009 추계학술대회 논문집, pp.3~6, 2009.
- [8] "서울시내 교통신호등이 더 밝아진다.", 서울시 보도자료, 2007년 4월 23일.
- [9] 민경익, 「LED 조명개발 현황 및 옥외 LED 조명 설계」, 대한전기학회, (기획)전기의 세계, 제56권 제7호, pp.20~25, 2007.
- [10] 장준호, 「LED(R, G, B) 조명기구의 색상 및 패턴 변화에 대한 선호도 및 이미지에 관한 연구」, 대한건축학회지 제23권 제6호(통권224호), pp.255-262, 2007.
- [11] 박양재, 「감성조명용 조명기구의 조도 및 색온도 시뮬레이션을 통한 광원 조합의 최적화」, 한국콘텐츠학회논문지, 제9권 제8호, pp.248~254, 2009.
- [12] S, Takahashi, 「Effects of color lighting on emotional-expression judgment and personal impression」, Fuzzy sets and Systems, v31, pp.14-15, 2007.
- [13] 장준호, 「공간 및 사용자에게 적합한 LED 조명기구의 색온도 및 색채 연출에 관한 연구」, 세종대학교 건축공학과 석사학위 논문, 2008.
- [14] 노시청, 「감성조명의 이해」, 한국디자인학회 2005 가을 학술발표대회 논문집, pp.86~87, 2005.

- [15] 김병수, 「LED램프를 적용한 사무소 건물의 실내조명환경 및 에너지 성능분석」, 대한건축학회 논문집, 제25권 제7호 (통권 249호), pp.329~336, 2009.
- [16] 민경익, 「LED 조명개발 현황 및 옥외 LED 조명 설계」, 대한전기학회, 전기의 세계, 제56권 제7호, pp.20~25, 2007.
- [17] 김훈, 「색온도와 조도 제어가능한 LED 조명 시스템」, 조명·전기설비학회논문지, 제23권 제12호, pp.10~22, 2009.
- [18] 강태규, 「LED 조명과 가시광 무선통신의 융합 기술 동향 분석」, [ETRI]전자통신동향분석 전자통신동향분석 23권 5호, pp.32-39, 2008.
- [19] 유수엽, 「지능형 조명 제어 시스템용 LED 단말기 개발」, 한국조명·전기설비학회 2008 추계학술대회 논문집, pp.101~104, 2008.
- [20] 이상배, 《퍼지로제어시스템》, (주)교학사, pp,7-108, 1999.
- [21] 네이버 전자사전, “퍼지이론[Fuzzy Theory]”, <http://terms.naver.com/item.nhn?dirId=513&docId=2485>
- [22] 오성권, 《C 프로그래밍에 의한 퍼지모델 및 제어시스템》, 내하출판사, 2002.
- [23] M. Mizumoto, 「Pictorial representation of fuzzy connectives, Part I : case s of t-norms, t-conorms and averaging operators」, Fuzzy sets and Systems, v 31, pp.217-242, 1989.
- [24] 김영탁, 「머신 비전과 임베디드 제어기 구현에 의한 지능형 3차원 형상 측정 시스템 개발」, 한국해양대학교 전자통신공학과 박사학위 논문, 2006.
- [25] L. A. Zadeh, 「Fuzzy sets as a basic for a theory of possibility」, Fuzzy sets and Systems, v1, pp.3-28, 1978.