



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

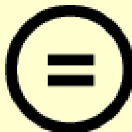
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



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

마이크로웨이브 센서와 조도 센서를
활용한 스마트LED조명제어



2012年 2月

釜慶大學校大學院

制御計測工學科

車相旼

工學碩士 學位論文

마이크로웨이브 센서와 조도 센서를 활용한 스마트LED조명제어



釜慶大學校大學院

制御計測工學科

車相旼

車相旻의 工學碩士 學位論文을 認准함.

2011年 12月



主 審 工學博士 邊 基 植



委 員 工學博士 黃 龍 淵



委 員 工學博士 安 永 珠



목 차

목차	i
Abstract	iii
I. 서론	1
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목표 및 구성	2
II. 이론적 배경	3
2.1 스마트 조명시스템	3
2.2 마이크로웨이브 센서	5
2.3 퍼지이론	7
2.3.1 퍼지집합과 멤버십 함수	7
2.3.2 퍼지추론	9
2.3 전력선 통신	11
III. 에너지 절약을 위한 스마트LED조명제어	13
3.1 LED조명제어 시스템 구조	13
3.2 마이크로웨이브 센서를 통한 거주자 인식 기법	14
3.2.1 마이크로웨이브 센서의 회로 설계	14
3.2.2 보행자 인식 기법	16
3.3 조도 센서를 이용한 밝기 측정	17
3.4 퍼지제어를 이용한 LED조명제어 시스템	18
3.4.1 퍼지멤버십 함수	19

3.4.2 퍼지제어 규칙 설정	22
3.4.2 역퍼지화	23
3.5 전력선 통신 설계	24
IV. LED조명 제어시스템의 성능평가	25
4.1 스마트 LED 조명시스템	25
4.1.1 LED 조명기구 구성	25
4.1.2 디지털 제어기와 센서모듈	26
4.2 성능평가 방법	28
4.2.1 전통 조명시스템의 성능평가	29
4.2.2 거주자인식 기반 조명시스템의 성능평가	30
4.2.3 퍼지 조명시스템의 성능평가	31
4.3 성능평가 결과	32
V. 결론	34
참고문헌	35
부록	37
감사의 글	40

Smart LED lighting Control using Microwave and Illumination sensors

Sang-Min Cha

*Department of Control & Instrument Engineering Graduate
School of Pukyong National University*

Abstract

High-rise buildings in Korea have been increasing rapidly. So electrical energy consumption is increasing in the building. Especially lighting system is more 20% percent of total power generation.

In the past, Traditional lighting system was operated to check presence of people by PIR sensor or full output. Pyroelectric infrared sensor don't have reliability due to malfunction. So, improve the operation of lighting system uses network communications and new sensor. Utilizing network communications and variety of sensors for lighting control technology is called a smart lighting system.

This paper, To implement a smart lighting system first, PRI should be replaced with a microwave sensor. Second, the manufacture of LED lighting appliance is microwave sensor, illumination sensor ,and microprocessor. At last, LED lighting control system is applied by an

Fuzzy algorithm rule.

Control of LED lighting appliance is judged fuzzy control algorithm depending on the presence of people by microwave sensor and brightness of ambient.

Finally, Power consumption of smart LED fuzzy lighting system compared with traditional lighting system and recognizing base system of resident.



I. 서론

1.1 연구 배경

세계적으로 화석 연료의 고갈과 과도한 이산화탄소 배출로 인한 이상기후 변화로 국가마다 대책 마련이 시급한 상황이며 이로 인해 에너지의 효율적인 사용이 중요시 되고 있다. 전기 에너지 사용량의 20%이상이 조명으로 사용되고 있으며, 우리나라의 경우에는 대부분 건축물이 대형화 • 고층화로 이루어져 있어 조명에 대한 에너지수요가 더욱 급증 할 것으로 예상된다. 이에 조명 산업분야에서는 절전 효과, 긴 수명, 저탄소 배출 등의 장점을 가진 LED가 기존의 광원을 대체하는 차세대 광원으로 인식하고 있으며, 이로 인해 에너지 절감에 효과가 기대한다.

하지만, 전력소비가 적은 조명을 사용하기에 앞서 우리의 일상생활에서 의미 없이 낭비되는 에너지에 대한 고찰이 필요하다. 예를 들면 건물의 주차장이나 복도, 화장실 등의 기타 공간에서 사용자가 없어도 항상 조명이 켜져 있는 경우를 확인할 수 있다. 이러한 상황은 에너지의 절감 효과를 감소시키는 요인이 된다. [6]

이를 개선하기 위해 사람을 감지하는 센서를 도입하였지만 큰 효과는 나타나지 않는다. 인체 감지용 PIR(pyroelectric infrared sensor) 센서는 온도나 습도, 빛, 먼지와 같은 환경적인 영향 받으며 여름철에는 오작동이 발생하여 신뢰성에 문제가 있다. 따라서 PIR 센서의 문제점을 개선하기 위한 센서를 활용하여 신뢰성을 향상 시키고 에너지 절감을 위한 연구 수행이 필요하다. 또한, On/Off로만 동작하는 기존의 조명 제어시스템을 통신과 센서를 활용한 조명제어기술과 융합되어 인간·자연친화적인 스마트 조명시스템의 개발이 필요하다.

1.2 연구 목표 및 구성

과거의 조명시스템은 사람의 유·무에 따라 단순히 On/Off 제어만 가능하여 에너지 절감의 한계가 있고 조명공간에서 조도의 극단적인 변화로 인해 불안정한 조명시스템이다.

본 논문에서는 기존의 인체 감지용 센서를 마이크로웨이브 센서로 바꾸며 추가적으로 조도센서를 부착하여 LED 조명기구를 제작한다. LED 조명기구의 마이크로웨이브 센서는 보행자 유·무를 판단하고 조도 센서는 밝기를 측정하여 그 결과에 대해 퍼지 제어기법을 적용하여 조명제어를 수행한다. 또, 고안한 제어방법 적용하여 기존의 조명시스템처럼 동시에 On/Off하지 않고 보행자의 이동에 따라 LED 조명기구가 개별적으로 동작할 수 있도록 하여 기존의 조명 제어시스템과의 전력사용량을 비교·분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같이 1장은 서론으로 연구의 배경과 목표 및 구성에 대해 서술하고 2장은 이론적 배경으로 스마트 조명시스템과 센서 및 전력선 통신에 대해 설명하고 있다. 3장에서는 스마트 조명시스템의 구조와 퍼지제어 방법을 기술하고 4장에서는 스마트 제어시스템에 대해 성능 평가를 하고 마지막으로 5장에서는 연구에 대한 결론으로 구성된다.

Ⅱ. 이론적 배경

2.1 스마트 조명시스템

스마트조명은 공간에서 사람의 움직임이나 환경적인 특성에 적합한 조명 환경을 스스로 연출하고, 빛의 색온도와 조도를 변화시켜 사람의 심리적 변화를 유발하는 감성조명의 효과를 기대할 수 있다. 또, 유·무선 IT네트워크 통신을 결합하여 실시간 조명의 상태를 관찰하고 제어함으로써 불필요하게 사용되는 에너지를 최소화할 수 있다.



그림 2.1 스마트조명시스템의 융합

구체적인 스마트 조명시스템의 기대 효과로는 첫 번째, 스마트 조명시스템을 구축함으로써 에너지 절감 효과를 얻을 수 있다. 저전력의 LED와 광센서/인감센서 등의 주변장치를 MCU를 통해 제어하여 불필요하게 사용되는 조명을 소등하거나, 자연광과 실내조명을 이용하여 실내 공간의 적절한 조도를 유지할 수 있는 조명제어를 통해 에너지 절감의 효과를 기대할 수 있다.

두 번째, 감성적인 분위기를 연출할 수 있는 감성조명이다. 조명은 과거처럼 단순히 어둠을 밝히는 기능에서 벗어나, 조명의 색온도와 조도 및 연색지수를 제어하여 조명의 질을 향상시킴으로써 사용자에게 심리적인 안정감을 제공하고 업무의 효율성과 학습 능력을 향상시킬 수 있다. 스마트 조명시스템은 사람의 생리·심리적 변화, 환경에 따른 사람의 생체리듬을 조절하여 감성을 자극하는 조명의 역할을 할 수 있다. [1]

세 번째, 스마트 조명시스템은 통신을 통해 실시간으로 조명을 관리할 수 있다. 다양한 패턴(시간, 날씨, 공간의 용도 등)에 의해 설정된 조명의 시나리오를 Time Scheduling에 의한 조도와 색온도, On/Off를 조절할 수 있다. 또한, 다양한 센서를 이용하여 외부 환경 변화에 따른 실내 조명환경의 변화를 관찰하여 조명의 질을 개선할 수 있다. [2]

다양한 스마트 조명시스템의 효과를 통해 에너지 절감과 업무 환경 및 학습 환경을 개선할 수 있고, 인간의 감성에 영향을 줄 수 있다. 그리고 통신을 이용하여 실시간으로 조명의 관리함으로써 조명의 질을 개선을 통해 삶의 질을 높일 수 있다.

2.2 마이크로웨이브 센서

마이크로웨이브 센서는 파동을 발생시키는 파원과 그 파동을 관측하는 관측자 중 하나 이상이 운동하고 있을 때 주파수 변화가 나타나는 물리적 현상을 적용한 센서이다. 마이크로파 신호를 송신하여 움직이는 물체에 부딪혀 돌아오는 신호를 수신하면 주파수 변화가 나타나는데 거리가 가까워질수록 주파수가 높게 측정되고 반대로 거리가 멀어질 때에는 파동의 주파수가 더 낮게 관측된다. [4][5]

아래의 그림 2.2는 마이크로웨이브 센서의 블록 다이어그램이다.

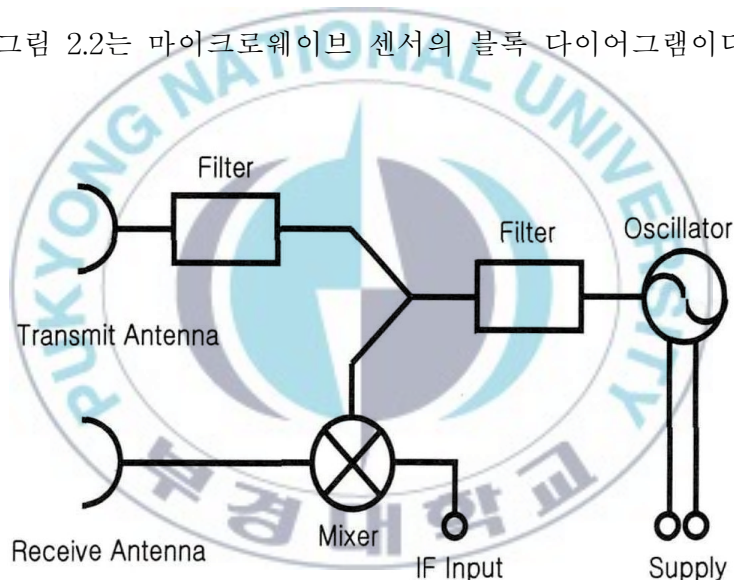


그림 2.2 마이크로웨이브 센서 블록 다이어그램[6]

오실레이터에서 발진된 전파가 안테나를 통해 방사되고, 방사된 전파의 산란된 전파 및 반사전파가 수신안테나로 입력되면 믹서에서 비교를 통해 $IF(=|f_{Doppler} - f_{transmitted}|)$ 신호를 발생한다. [6]

일반적으로 도플러 효과에 의해 반사되어 수신되는 주파수는 아래의 식 (2.1)에 의해 계산된다. [7][8]

$$f_{Doppler} = 2 \times V_{target} \times \cos\theta \times \frac{f_{Transmitted}}{c} \quad \text{식(2.1)}$$

여기서, $f_{Transmitted}$ 는 센서의 출력 주파수, C 는 빛의 속도, V_{target} 은 목표물의 속도, θ 는 센서와 움직이는 물체의 각도이다. 출력은 수십[mV]이며 파형 관찰을 위해 저주파수 증폭기를 이용하며 대역 통과 증폭기를 둔다.



2.3 퍼지이론

명확하지 않는 상황에서 여러 문제들을 두뇌가 판단을 결정하는 과정에서 수학적으로 접근하려는 이론으로 1965년 미국의 L.A.자데가 도입한 퍼지집합의 사고방식에 기초로 하고 있다. 퍼지집합이란 각 대상이 어떤 모임에 “속한다. 또는 “속하지 않는다. 는 이진법 논리로부터, 각 대상이 그 모임에 속하는 정도를 소속 함수(membership function)로 나타냄으로써 수학적으로 표현한다. [13]

또한, 퍼지측도(fuzzy measure)는 일반집합 A 에서 위치가 애매한 원소 a 가 A 의 부분집합 P 에 속한다는 말의 애매한 정도를 나타냄으로써 a 와 A 의 관계를 수학적으로 표현한다. 최근 퍼지이론을 적용하여 인간의 사고와 가까운 기능을 구현하는 연구가 진행되고 있으며, 가전제품, 자동제어 분야에 응용한 제품이 나오고 있다.

퍼지제어기는 퍼지화기(fuzzifier), 규칙 베이스(rule base), 퍼지추론엔진(fuzzy inference engine), 비퍼지화기(defuzzifier)로 구성된다.

2.3.1 퍼지집합과 멤버쉽 함수

퍼지제어는 보통의 집합의 규칙과 연산에 퍼지집합의 규칙과 연산을 비교함으로써 전개된다. 보통의 집합은 속해 있는 척도로서 0 또는 1밖에 인정하지 않았던 것에 비해 퍼지집합에서는 그 중간의 척도도 인정한다. 소속의 척도가 1인 경우 그 요소가 완전히 집합에 속해 있음을 나타내며 반대로 0일 경우는 전혀 그 집합에 포함되지 않는다고 할 수 있다.

즉, 퍼지집합은 기존의 집합 개념을 확장하여 “0에 가깝다” 또는 “1도 0도 아니다”로 애매모호한 경계를 가지는 집합으로 정의될 수 있다. [9]

퍼지집합을 좌표축에 대응시키면 함수를 얻고 대상에 대한 퍼지특성을 가진다. 함수의 값이 클 경우 대상의 목적에 소속도가 크고 반대로 작을 때는 소속도가 작다고 나타내고 이를 소속 함수(membership function)라고 한다. [10]

표 2.1은 퍼지개념의 특징을 예로 나타낸 것이다.

Table 2.1 퍼지개념의 특징

일반 개념	Fuzzy 개념
물이 $5^{\circ}C$ 이하이다	물이 차갑다
키가 170cm 이상이다	키가 크다
자동차 속도가 30Km/s 이하이다	자동차 속도가 느리다
아침에 6시에 일어났다	아침에 일찍 일어났다

2.3.2 퍼지추론

퍼지추론이란 어떤 주어진 규칙으로부터 새로운 사실을 유추하는 과정이다. 인간의 언어에 퍼지집합을 적용시켜 그 의미에 해당하는 것을 멤버쉽 함수를 통해 변화시킬 수 있기 때문에 컴퓨터 스스로 애매한 추론이 가능하다. [14]

센서의 출력인 상수 실제 입력값(Crisp input)은 퍼지화(Fuzzifier)를 통해 언어 변수의 대응되는 멤버쉽 값으로 바꾼다. 그리고 퍼지추론 규칙기반에서 퍼지 집합의 애매한 값에 대한 소속함수를 정의하고 추론에 의해 얻어진 퍼지출력을 역퍼지화(Defuzzifier)를 통해 시스템에 적용하는 실제 상수인 crisp 출력으로 변환한다. 아래 그림 2.3은 퍼지추론의 블록도이다.

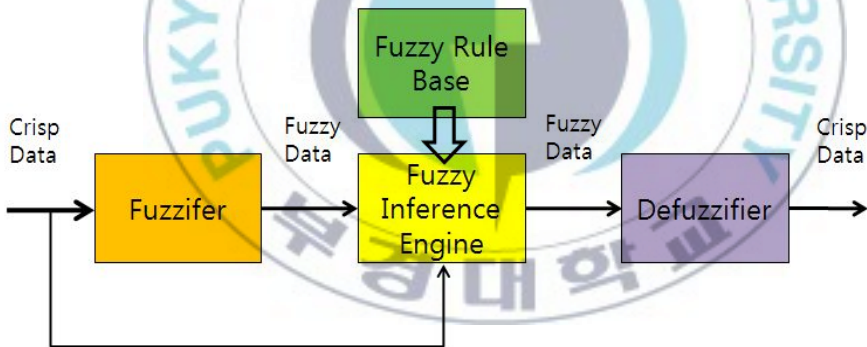


그림 2.3 퍼지추론의 블록도

본 논문에 사용한 퍼지추론은 Mamdani's minimum fuzzy implication rule을 소개하고자 한다. [15]

규칙 1(R^1): IF x is A_1 AND y is B_1 , THEN z is C_1

규칙 2(R^2): IF x is A_2 AND y is B_2 , THEN z is C_2 식(2.2)

식(2.2)의 퍼지제어 규칙에서 첫 번째 규칙의 연결강도를 w_1 , 두 번째 규칙의 연결강도를 w_2 로 정의하면 식(2.3)과 같이 표현된다.

$$R^1 \text{의 적합도: } w_1 = \mu_{A_1}(x_0) \wedge \mu_{B_1}(y_0)$$

$$R^2 \text{의 적합도: } w_2 = \mu_{A_2}(x_0) \wedge \mu_{B_2}(y_0) \quad \text{식(2.3)}$$

식(2.3)에서 $\mu_{A_1}(x_0)$ 와 $\mu_{B_1}(y_0)$ 는 퍼지 규칙집합(rule-based)에서의 데이터와 입력으로 주어지는 데이터 사이의 소속정도이다. Mamdani 추론법 위에서 i-번째 퍼지규칙(fuzzy rule)은 식(2.4)과 같이 정의 할 수 있다.

$$\mu_{c'_i}(z) = w_i \wedge \mu_{c_i}(z) \quad \text{식(2.4)}$$

최종적으로 $\mu_c(w)$ 는 식(2.5)과 같다.

$$\mu_c(z) = \mu_{c'_1}(z) \wedge \mu_{c'_2}(z) \quad \text{식(2.5)}$$

근사추론의 결과 $\mu_c(z)$ 는 퍼지값으로 실제 제어대상의 입력의 수로 사용하기 위해 Crisp의 값으로 비퍼지화해야 한다. Mamdani의 추론법에서는 무게중심법(Center of gravity)을 사용하며 식(2.6)과 같이 표현한다.

$$u = \frac{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j) z_j}{\sum_{j=1}^n \mu_c(z_j)} \quad \text{식(2.6)}$$

2.4 전력선 통신

전력선 통신(Power Line Communication, PLC)이란 주택, 사무실 및 공장 등에 설치되어 있는 전력선을 이용하여 신호를 전송하고 수신하여 통신하는 방법이다. 50~60Hz의 저주파 전력신호에 수백 [KHz]의 고주파 신호를 전송하는데 전송 속도의 기준은 10Mbps 이상일 경우에는 고속, 20kbps 이하에서는 저속으로 나누며, 전압의 기준은 10[KV] 이상일 경우에는 고압, 가정 및 사무실에서 사용하는 220[V]는 저압으로 구분한다. [3]

초기에는 저속 통신을 기반으로 가전제품을 제어하는 목적으로 개발이 되었으나 200Mbps급의 속도를 내는 고속기술이 개발됨에 따라, 광대역 통신, 원격검침, 가로등 조명제어 등의 응용을 통해 급속히 기술이 발전하고 있는 통신 방법이다.

특히, 무분별한 전력낭비와 에너지 부족의 문제로 효율적으로 전력을 운용하는 지능형 전력망인 스마트 그리드의 등장과 정보 통신의 결합을 통해 사용자와 전력회사가 상호간에 실시간으로 정보공유를 하게 된다.

전력선 통신이 가진 장점은 이미 설치된 전력선을 이용하기 때문에 추가적인 통신 선로 구축 없이도 통신망을 구성할 수 있으며 콘센트를 이용하여 시간과 장소에 구애받지 않으므로 접근성이 뛰어나다. 반면, 단점으로는 전기에너지 전달을 목적으로 제작되었기 때문에 과부하에 의한 전파 방해, 고주파 신호가 큰 감쇄와 왜곡, 열과 같은 다양한 문제점으로 인한 데이터 전송에 오류가 생기게 된다.

표 2.2는 전력선 통신을 분류한 것이다.

Table 2.2 전력선 통신의 분류

	협대역(Narrowband)	광대역(Broadband)
구분	저속 전력선 통신	고속 전력선 통신
주파수 대역	9kHz ~ 450kHz	1.7MHz ~ 30MHz
속도	1Mbps 이하	10Mbps 이상
서비스	제어, 음성, 원격검침, 배전자동화	데이터 네트워크 가입자 네트워크

그림 2.4는 전력선 통신 구조로 PL3120 칩, 커플링 회로, 전원공급부로 구성된다.

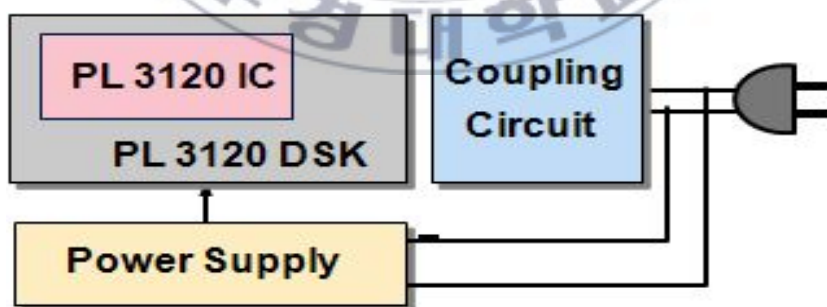


그림 2.4 전력선 통신의 구성도

Ⅲ. 에너지 절약을 위한 스마트LED조명제어

3.1 LED조명제어 시스템 구조

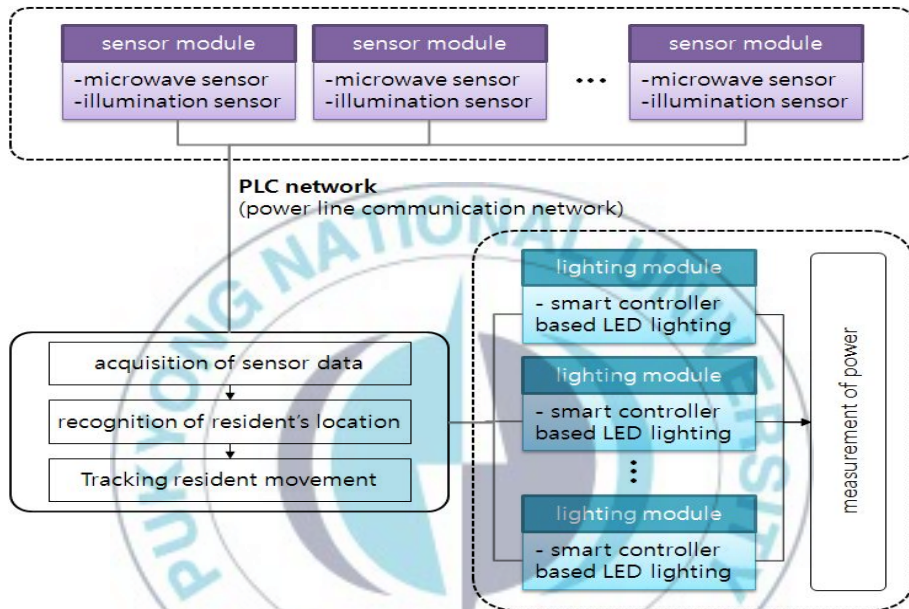


그림 3.1 마이크로웨이브센서와 조도센서를 이용한
스마트LED조명시스템 구조

본 논문의 시스템 구조는 그림 3.1과 같다. 마이크로웨이브 센서와 조도 센서의 출력이 마이크로프로세서에 입력된다. 두 센서는 하나의 시스템으로 결합되고 다수의 개별적인 시스템이 상호간 전력선 통신을 기반으로 보행자의 위치 정보를 공유하게 된다. 보행자의 이동하는 위치를 기준으로 가장 가까운 조명을 최대 밝기로 하고 먼 쪽의 조명에서는 제어 기법을 적용하여 빛의 밝기를 낮춰 조명을 제어한다.

3.2 마이크로웨이브 센서를 통한 거주자 인식 기법

3.2.1 마이크로웨이브 센서의 회로 설계

그림 3.2는 마이크로 웨이브 센서의 출력을 증폭하기 위한 블록다이어그램 구조를 나타낸 것이다.

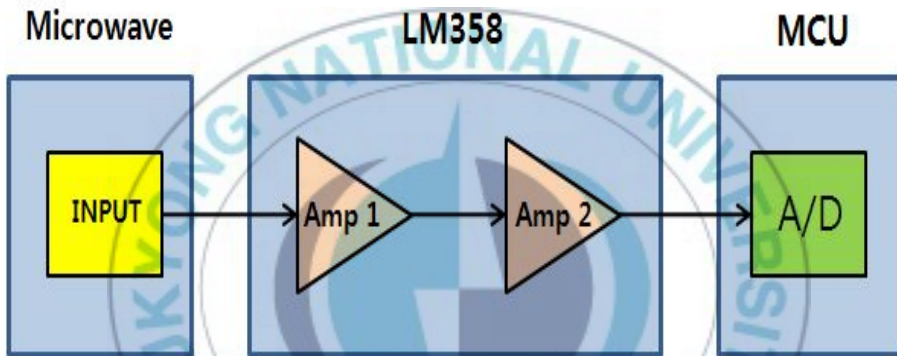


그림 3.2 마이크로웨이브의 증폭기 블록다이어그램

마이크로웨이브 센서는 24GHz 조고주파를 이용하여 물체의 움직임을 감지하는 송·수신 일체형으로 주파수의 크기에 따라 저주파 전압이 출력된다. 마이크로웨이브 센서의 출력 전압과 주파수는 증폭기의 INPUT 단자로 입력되며 입력된 저전압을 증폭하기 위해 증폭기 LM358를 사용하고 증폭기의 증폭률을 2607배로 한다. 그리고 (+)의 출력을 얻기 위해 증폭기에 2.5V를 입력하여 ground level shift한다. 추가적으로 회로에 $f_H = 3.38\text{hz}$, $f_L = 636\text{hz}$ 인 Band pass filter를 설계한다.

그림 3.3은 마이크로웨이브 센서의 증폭 회로도를 나타낸 것이며 LM358의 내부 증폭기 두 개를 사용하여 회로를 구성하고 Band pass filter에 사용되는 저항과 커패시터를 배치한다.

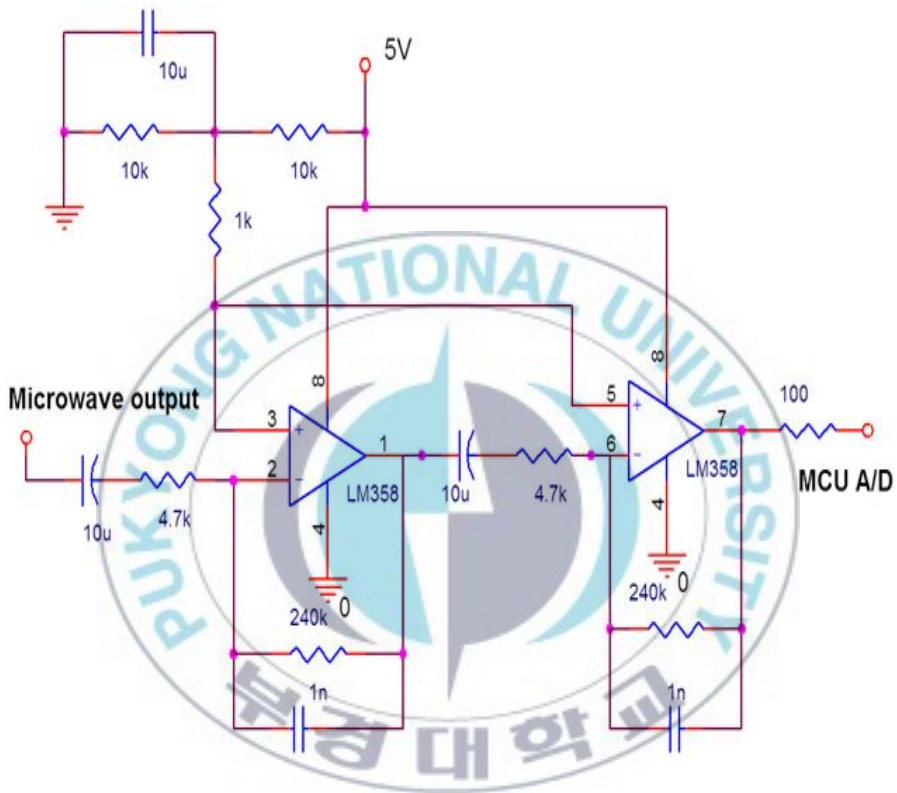


그림 3.3 마이크로웨이브 센서의 증폭 회로도

3.2.2 보행자 인식 기법

그림 3.4는 마이크로웨이브 센서를 통한 스마트 조명시스템의 보행자 인식 방법을 도식화한 것이다.

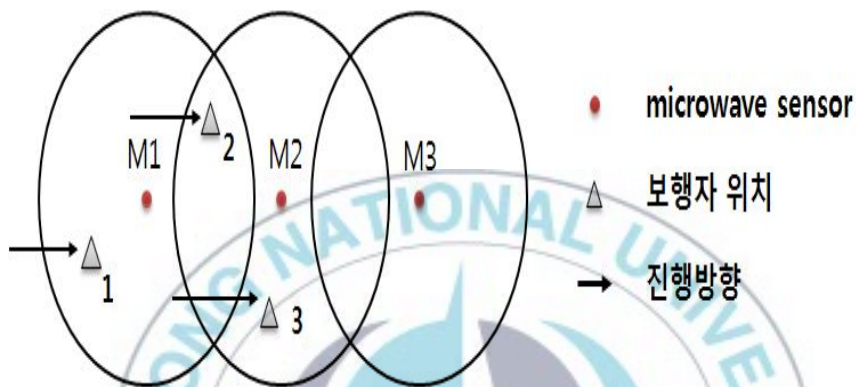


그림 3.4 보행자 인식 기법

마이크로웨이브 센서는 일정한 감지 범위를 가지며 이동하는 보행자를 인식하게 된다. 좌측에서 우측방향으로 이동하는 보행자가 위치 1에 있을 경우에는 마이크로웨이브 센서 M1만 반응하고, 감지하지 못한 M2와 M3은 반응하지 않는다. 다음은 보행자가 이동하여 M1과 M2의 교집합을 이루는 위치 2에 있을 경우에는 M1과 M2가 동시에 반응한다. 이때, 조명시스템의 역할은 사람의 움직임이 없을 경우 마이크로웨이브 센서는 동작하지 않아 공간 내에 사람이 있음에도 불구하고 조명이 꺼지게 된다. 그러므로 M1에 의해 보행자를 감지한 후 시간이 지나도 보행자가 위치 2로 이동하지 않거나 M1또는 M2에 감지되지 않을 경우에는 보행자가 위치 1에 정지해 있음을 판단하고 그에 따른 조명제어를 하는 것이다.

3.3 조도 센서를 이용한 밝기 측정

그림 3.5는 조도센서의 블록도 및 인터페이스 방법을 나타낸다.

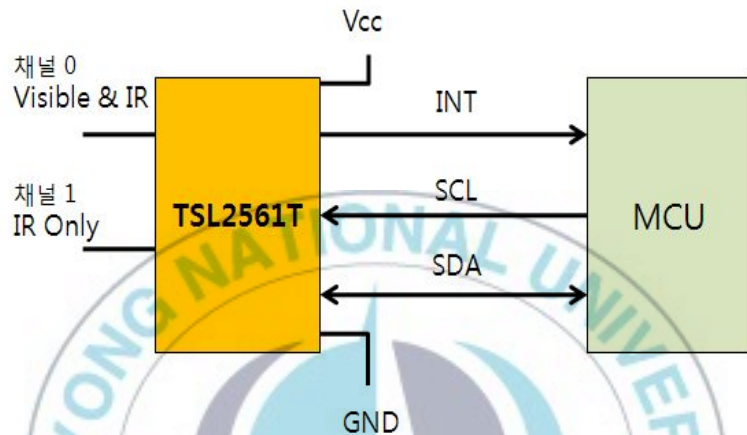


그림 3.5 조도 센서의 블록도

TSL2561T는 내부에 A/D 변환 기능이 있어 빛의 양을 digital로 수치화 시키는 디지털 감광 센서이다. 기존의 Cds 센서와 비교하여 더 정밀하고 0.1-40,000 Lux 의 넓은 조도 측정 범위를 가진다. 센서에 감광 다이오드가 있어 채널 0에 가시광선과 적외선의 전 영역이 검출되고 채널 1에서는 광학필터가 장착되어 적외선 영역만을 검출한다.

LED의 출력인 가시광선의 광 검출값은 전 영역 검출값에서 적외선 영역 검출값을 감산하여 계산하고 가시광 출력에 대한 결과값은 I2C 버스로 데이터를 입력 받는다.

3.4 퍼지제어를 이용한 LED조명제어 시스템

본 논문에서 사용된 퍼지 제어기법은 사람을 감지하는 마이크로웨이브 센서와 빛의 크기를 측정하는 조도센서의 두 출력을 입력변수로 이용하여 퍼지추론을 통해 조명제어에 알맞은 퍼지제어기를 설계한다.



그림 3.6 퍼지제어의 블록도

아래 표 3.1은 퍼지 추론에 필요한 언어변수에 대한 설정이다.

Table 3.1 언어변수의 설정

사람감지의 언어변수	조도의 언어변수	LED디밍의 언어변수
감지함(Y)	밝음	최대
	조금 밝음	중간
감지안함(N)	조금 어두움	약함
	어두움	OFF

3.4.1 퍼지멤버십 함수

앞에서 설정한 언어변수에서 사람의 감지에 대해 “감지함”을 “(Y)”로 나타내고, “감지 못함”을 “(N)”으로 나타낸 퍼지멤버십 함수의 범위는 그림 3.7과 같다.



그림 3.7 마이크로웨이브 출력에 대한 퍼지멤버십

센서에서 사람의 움직임을 감지 할 때 회로의 잡음으로 인해 센서의 출력이 일정하지 않기 때문에 “감지함”의 경우에는 센서의 출력이 2.5[V] 이하에서 소속도가 0이고, 2.5[V]에서 3[V]까지 선형적으로 소속도가 증가하다가 3[V] 이상 일 때는 소속도가 1이 된다. 반면, “감지 못함”의 경우에는 센서의 출력이 2.5[V] 이하 일 때는 소속도 1이고, 2.5[V]에서 3[V]까지 선형적으로 소속도가 감소하다가 3[V] 이상 일 때는 소속도가 0이다.

다음은 조도의 언어변수인 어두움, 조금어두움, 조금 밝음, 밝음의 4부분에 대한 퍼지멤버쉽 함수는 그림 3.8과 같이 나타난다.

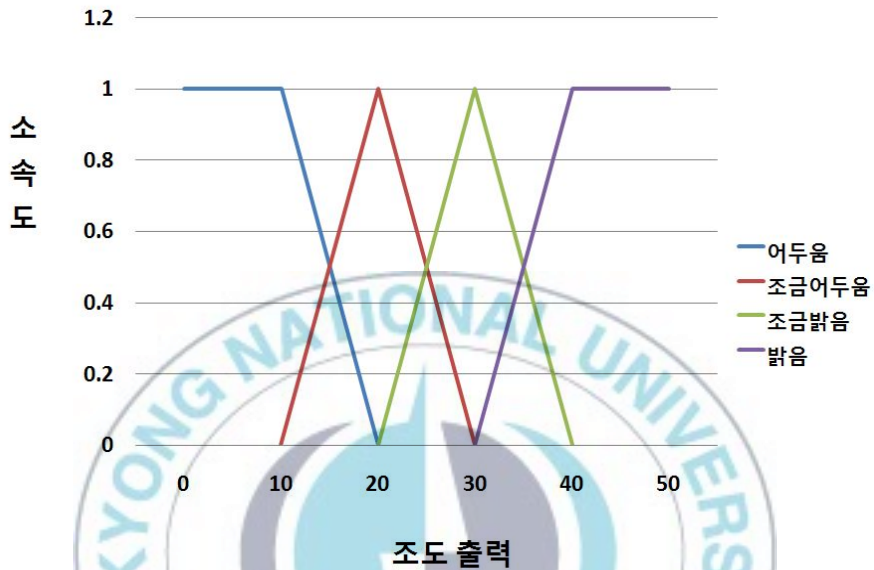


그림 3.8 조도에 대한 퍼지멤버쉽

조도가 10이하인 경우에는 “어두움”에서 소속도 1을 가지고, 10에서 20으로 증가할 경우에는 소속도가 감소한다. 조도가 20일 경우에는 ”조금 어두움”에서 소속도 1을 가지며, 10에서 20으로 증가할 경우에는 소속도가 증가하고 20에서 30으로 증가할 경우에는 소속도가 감소한다. 그리고 조도가 30인 경우에는 ”조금 밝음”에서 소속도 1을 가지며, 20에서 30으로 증가할 경우에는 소속도가 증가하고, 30에서 40으로 증가할 경우에는 소속도가 감소한다. 마지막으로 조도가 40이상인 경우에는 “밝음”에서 소속도 1을 가지며, 30에서 40으로 바뀔 경우에는 소속도가 증가한다.

조명의 출력 강도는 최대, 중간, 약함, OFF의 4가지 소속 함수로 설정하고 이에 따른 퍼지멤버십 함수는 그림 3.9와 같이 나타난다.

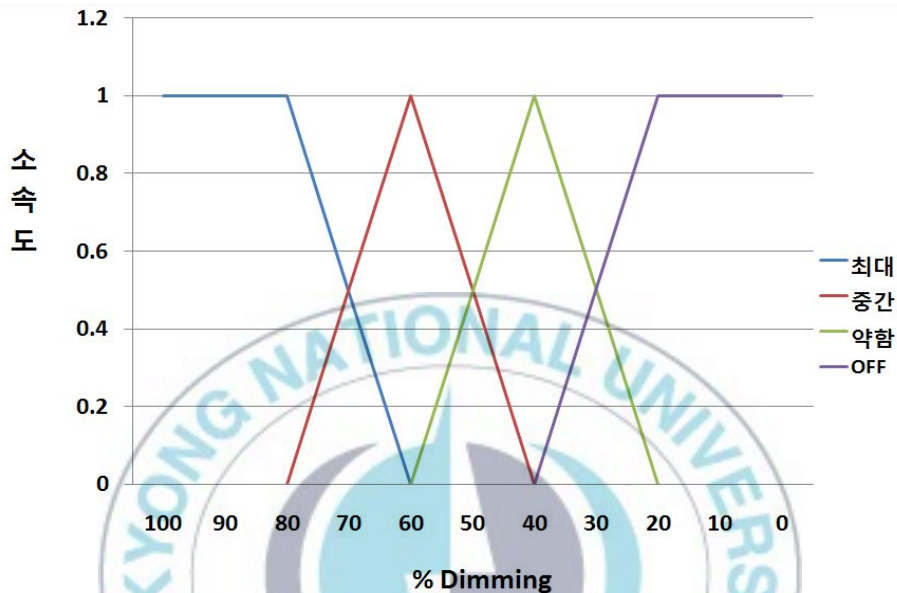


그림 3.9 조명의 출력에 대한 퍼지멤버십

조명의 출력이 80이상인 경우에는 “최대”에서 소속도 1을 가지고, 80에서 60으로 바뀔 경우에는 소속도가 감소한다. 조명의 출력이 60일 경우에는 “중간”에서 소속도 1을 가지며, 80에서 60으로 감소할 경우에는 소속도가 증가하고, 60에서 40으로 감소할 경우에는 소속도가 감소한다. 그리고 조명의 출력이 40인 경우에는 “약함”에서 소속도 1을 가지며, 60에서 40으로 감소할 경우에는 소속도가 증가하고 40에서 20으로 감소할 경우에는 소속도가 감소한다. 마지막으로 조명의 출력이 20이하인 경우에는 “OFF”에서 소속도 1을 가지며, 40에서 20으로 감소할 경우에는 소속도가 증가한다.

3.4.2 퍼지 제어규칙 설정

사람의 인식과 관련된 2개의 소속 함수와 조도와 관련된 4개의 소속 함수로 인해 8가지 경우에 대한 퍼지 제어규칙이 발생한다. 아래 표 3.2는 Fuzzy Rule Lookup Table을 구성하였다.

Table 3.2 Fuzzy Rule Lookup Table

인식 조도	감지함	감지 못함
밝음	최대	중간
조금 밝음	최대	약함
조금 어두움	최대	OFF
어두움	최대	OFF

표 3.2 Fuzzy Rule Lookup Table을 If-then 규칙으로 변환하여 퍼지추론 규칙기반을 정의한다.

- R1: If 센서입력 = 감지 and 조도 = 밝음 then Dimming = 최대
- R2: If 센서입력 = 감지 and 조도 = 조금 밝음 then Dimming = 최대
- R3: If 센서입력 = 감지 and 조도 = 조금 어두움 then Dimming = 최대
- R4: If 센서입력 = 감지 and 조도 = 어두움 then Dimming = 최대

- R5: If 센서입력 = 감지 못함 and 조도 = 밝음 then Dimming = 중간
- R6: If 센서입력 = 감지 못함 and 조도 = 조금 밝음 then Dimming = 약함
- R7: If 센서입력 = 감지 못함 and 조도 = 조금어두움 then Dimming = OFF
- R8: If 센서입력 = 감지 못함 and 조도 = 어두움 then Dimming = OFF

마이크로웨이브 센서에서 보행자를 “감지”하여 신호가 발생되면 조도 출력의 언어 상태에 상관없이 LED는 최대 출력이 된다. 하지만 사람을 “감지 못함”과 조도 센서가 “밝음”이면 조명의 출력을 “중간”으로 하고 “조금 밝음”에서는 조명의 출력을 “약함”으로 한다. “조금 어두움”과 “어두움”에서는 조명의 출력은 “OFF”가 된다.

3.4.3 역퍼지화

퍼지 출력값을 실제로 사용이 가능한 정확한 값(crisp value)으로 변환하기 위해 비퍼지화 과정인 무게중심법(Center of gravity)을 사용한다.

규칙 Ri의 감지 조건을 A_i , 조도 조건을 B_i , Dimming을 C_i 라 하고, 조건 A,B에 대한 센서의 측정값을 a,b라고 하면

$$c = \frac{\sum_{i=1}^8 \min(\mu_{A_i}[a], \mu_{B_i}[b]) \times C_i}{\sum_{i=1}^{25} \min(\mu_{A_i}[a], \mu_{B_i}[b])} \quad (\text{식 3.1})$$

무게중심법을 이용하여 비퍼지화 된 결과 c인 크리스프 값으로 LED dimming을 실제 동작시키는 출력값이다.

3.5 전력선 통신 설계

PLC 설계에 사용된 PL3120은 3개의 CPU Neuron core로 구성되고 조명 제어 시스템에 쓰이는 기능인 노드간의 통신은 센서 데이터를 처리하는 기능을 Neuron Processor Core에 프로그래밍으로 처리하도록 설계 한다.

그림 3.10은 PL3120의 기본 프로그램인 LonMaker tool을 이용한 설계도이다. 전력선 통신 노드의 디바이스 Function은 network input 2개와 network output 1개로 노드간의 네트워크를 구성하고 다른 전력선 통신 노드 간에 네트워크를 구성하여 전력선 통신을 할 수 있도록 한다.

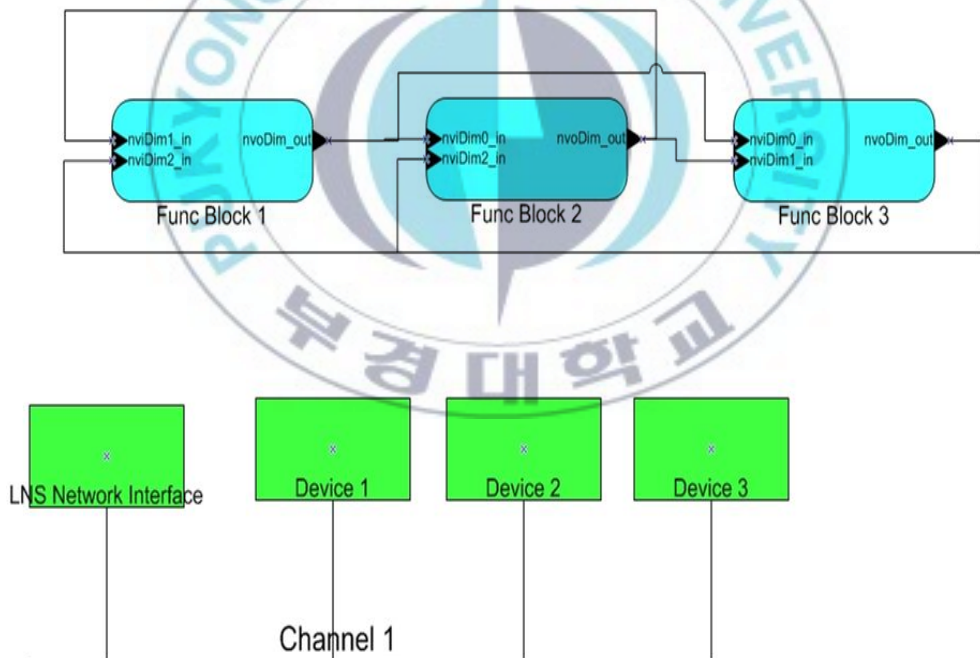


그림 3.10 전력선 통신의 설계도

IV. LED조명 제어시스템의 성능평가

4.1 스마트 LED 조명시스템

4.1.1 LED 조명기구 구성

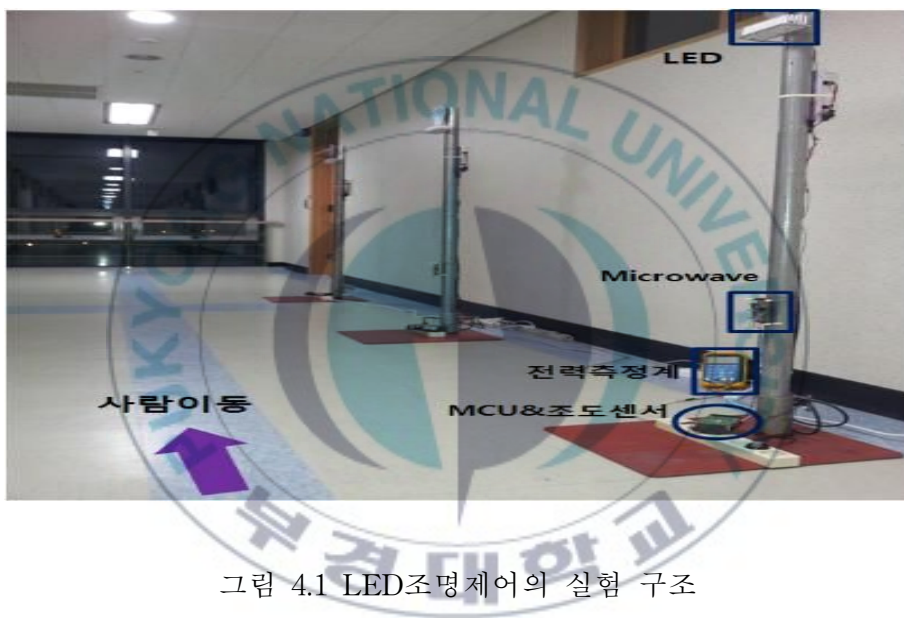


그림 4.1 LED조명제어의 실험 구조

그림 4.1은 제작된 스마트 LED 조명제어시스템으로 각 LED 조명기구의 구성은 25w LED 조명기기와 마이크로웨이브 센서, 조도 센서, MCU로 구성된다. 각 LED 조명기구는 1.8m의 간격을 두고 설치되며, LED 조명기구는 지면으로부터 높이 1.7m 위치에 설치되고 조도센서는 지면에 위치한다. 그리고 마이크로웨이브 센서는 지면으로부터 45cm 높이에 설치된다. LED 조명기구의 전체 전력량을 측정하기 위해 HPM-300A(소비전력계)를 전원공급 라인에 연결한다.

4.1.2 디지털 제어기와 센서 모듈

그림 4.2와 그림 4.3은 LED조명제어시스템의 구동을 위한 디지털 제어기다. 디지털 제어기의 구성은 마이크로프로세서와 PLC module, 조도 센서, 마이크로웨이브 센서로 되어있다.

마이크로프로세서는 16bit의 “dsPIC30F3011”을 사용하였고, 센서의 A/D변환, LED PWM signal의 기능을 가진다. 전력선 통신을 위해 사용된 PL3120 IC는 C-band의 132kHz 주파수 대역의 통신이며 각 디지털 제어기 마이크로웨이브의 출력 데이터를 주고받는다. TSL2561T 조도센서는 자체 내부A/D변환으로 얻은 디지털출력과 DNS-060 마이크로웨이브 센서의 아날로그출력을 마이크로프로세서의 A/D변환을 통해 얻은 출력은 펄지 제어를 하기 위한 규칙 요소로 사용된다.

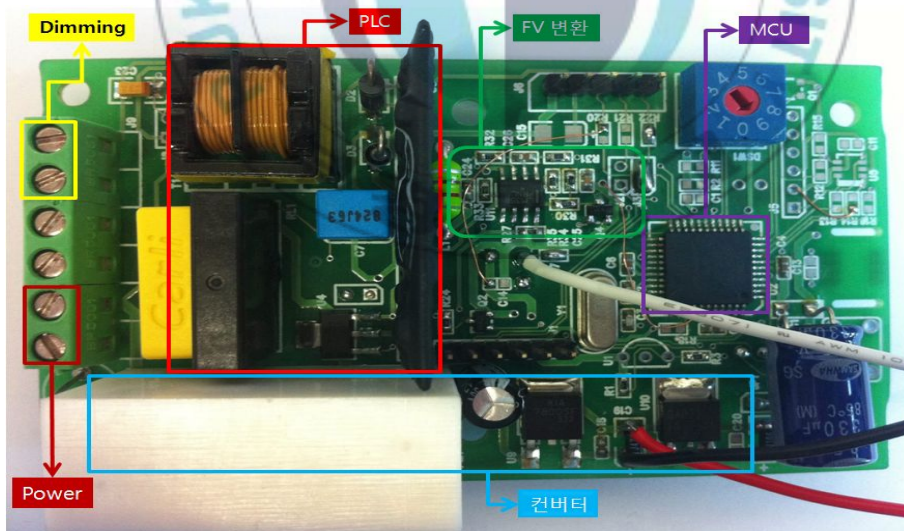


그림 4.2 디지털 제어기(앞)

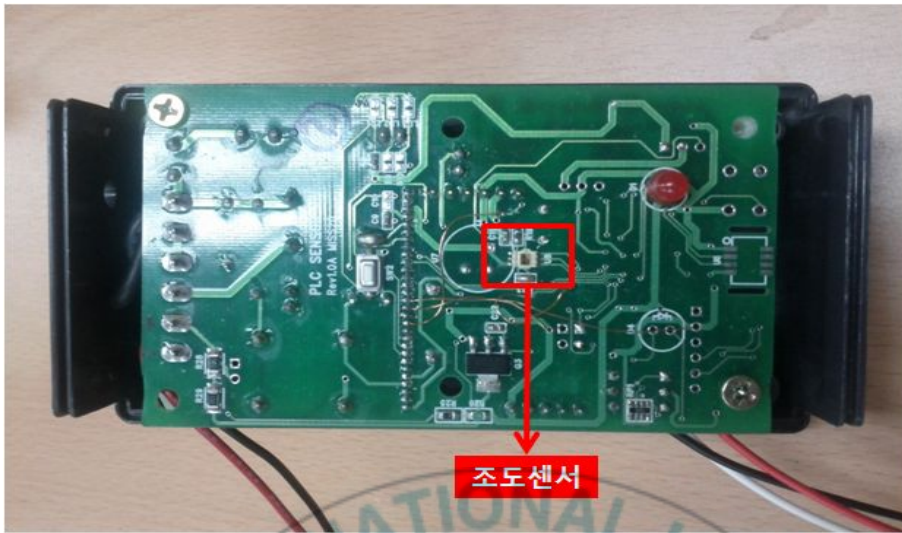


그림 4.3 디지털 제어기(뒤)

제작된 마이크로웨이브 센서 모듈은 그림 4.4와 같고 저전압 출력값을 증폭하기 위한 증폭기와 Band pass filter로 구성된다.

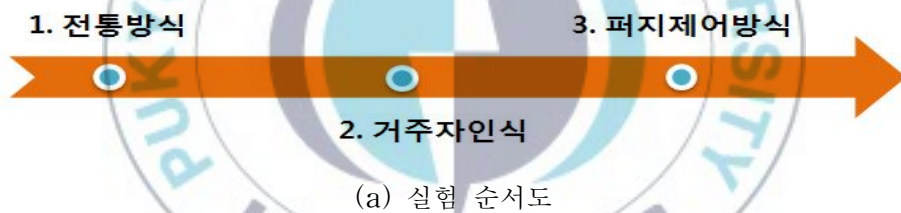


그림 4.4 마이크로웨이브 센서 모듈

4.2 성능평가 방법

본 논문에서 제작된 스마트 조명시스템의 성능평가는 퍼지 제어기법에 따른 조명의 에너지 사용량을 비교해 본다. 각 제어방법에 따른 소비 전력을 측정하기 위한 실험조건은 외부 조명으로 인한 조도 변화에 영향을 주지 않는 야간 시간에 수행하고 센서의 감지 대상이 되는 보행자의 조건은 1분에 2회씩 느린 속도($\approx 1m/s$)로 이동하도록 한다. 전체 측정 시간은 60분이며 5분 간격으로 12회 전력량을 측정한다.

그림 4.5의 (a)는 소비 전력을 측정하기 위한 다양한 제어방법의 실험 순서도이며, (b)는 제어 방법에 따른 전력사용량을 측정하는 장비이다.



(b) 측정장비 HPM-300A

그림 4.5 실험 순서도와 측정장비(소비전력계)

4.2.1 전통 조명시스템의 성능평가

그림 4.6은 전통 조명시스템의 전력사용량을 나타낸 것이다.

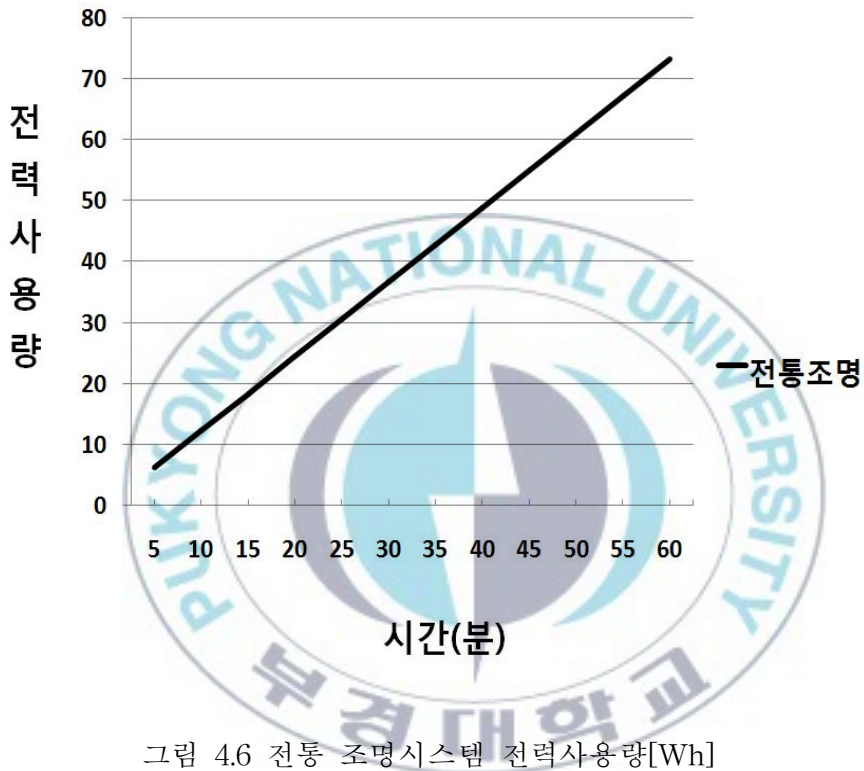


그림 4.6 전통 조명시스템 전력사용량[Wh]

위의 전통 조명시스템으로 외부의 센서나 제어회로가 없이 60분 동안 조명을 최대로 출력한 결과이다. 5분마다 전력사용량을 측정한 결과 5분에는 6.3[Wh], 10분에는 12.3[Wh], 15분에는 18.4[Wh]로 5분 간격으로 약 6[Wh]정도 사용량이 증가한다.

4.2.2 거주자인식 기반 조명시스템의 성능평가

그림 4.7은 거주자 인식기반의 조명시스템의 전력사용량을 나타낸 것이다.

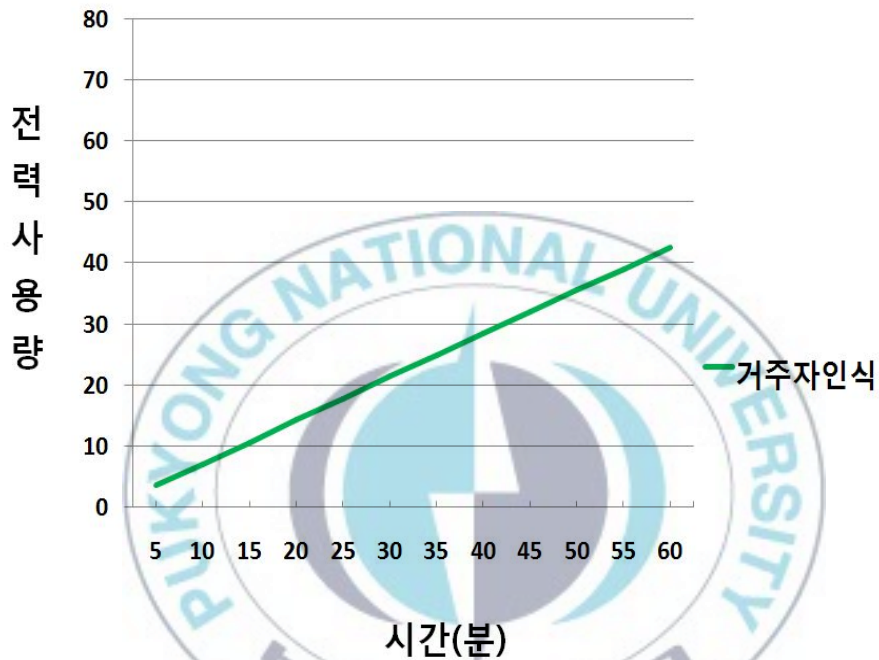


그림 4.7 거주자 인식기반의 조명시스템 전력사용량[Wh]

거주자 인식기반의 조명시스템은 전력선 통신을 사용하지 않고 마이크로웨이브 센서에 의해 사람을 감지하고 그에 따라 각 조명기구를 독립적으로 제어하는 방법이다. 마이크로웨이브 센서에 의해 감지될 경우마다 조명은 최대출력으로 점등되고, 감지되지 않을 경우 10초 동안 유지한 후에 조명은 소등된다. 거주자 인식기반의 조명시스템의 소비 전력을 일정한 간격으로 측정한 결과는 5분마다 약 3.5-3.6[Wh]정도 사용량이 증가한다.

4.2.3 퍼지 조명시스템의 성능평가

그림 4.8은 퍼지 조명시스템의 전력사용량을 나타낸 것이다.

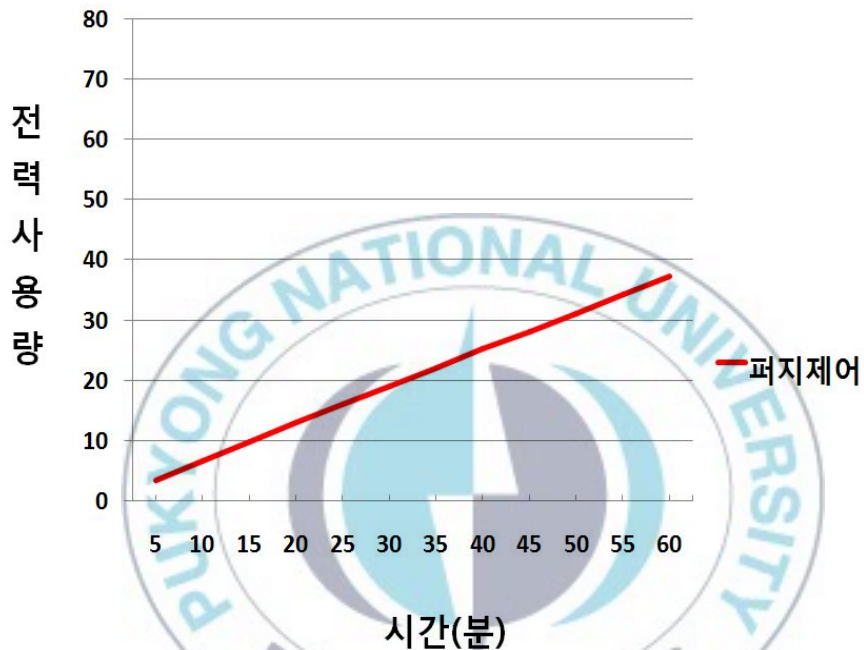


그림 4.8 퍼지 조명시스템 전력사용량[Wh]

퍼지 조명시스템은 마이크로웨이브 센서와 조도 센서의 출력 상태에 따른 조명제어를 하기 위해 퍼지 제어기법 사용한다. 퍼지 제어기법에 다른 소비 전력을 일정한 간격으로 측정한 결과는 5분마다 약 2.1-2.3[Wh]정도 사용량이 증가한다.

4.3 성능평가 결과

표 4.1과 그림 4.9는 다양한 조명시스템에 따른 전력사용량에 대해 전체적으로 비교한 것이다.

Table 4.1 조명제어 방식에 따른 전력사용량(Wh) 비교

시스템 시간(분)	전통조명	거주자인식	퍼지제어
5	6.3	3.6	3.4
10	12.3	7.1	6.6
15	18.4	10.7	9.9
20	24.5	14.3	13.0
25	30.6	17.8	16.1
30	36.7	21.5	19.1
35	42.8	25.0	22.1
40	48.9	28.5	25.2
45	55.0	32.1	28.2
50	61.1	35.6	31.2
55	67.2	39.1	34.3
60	73.3	42.7	37.3

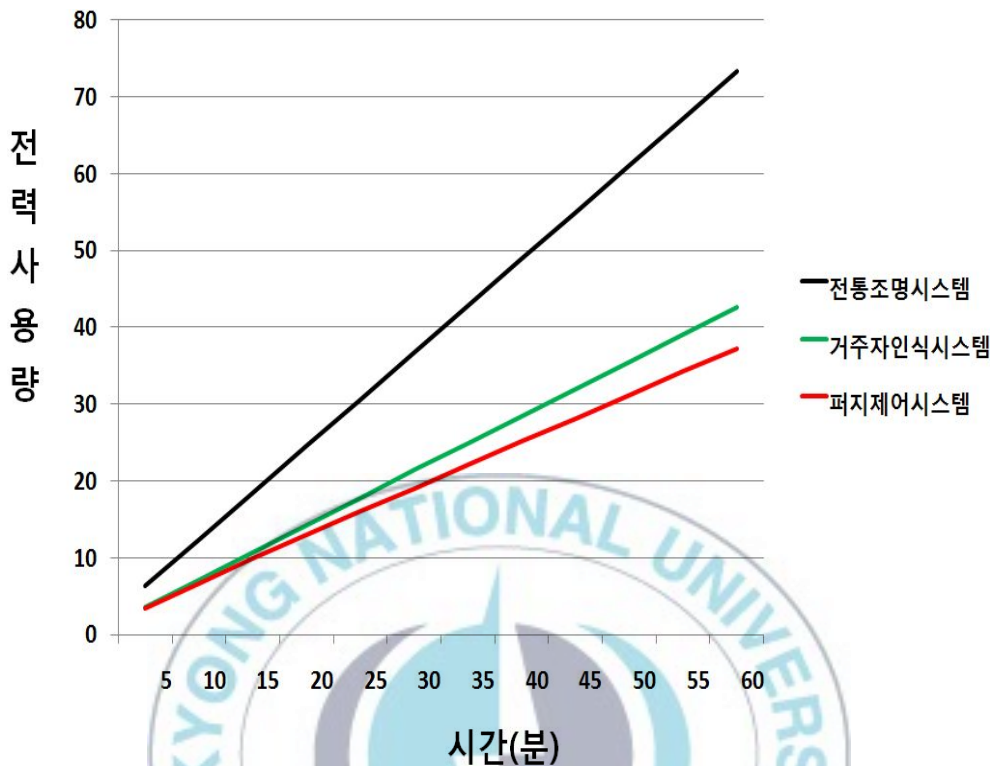


그림 4.9 조명시스템에 따른 전력사용량[Wh]

각 조명시스템에서 60분 동안 사용된 소비 전력은 전통 조명시스템의 전력사용량은 73.3[Wh]이고, 거주자 인식기반의 조명시스템의 소비 전력은 42.7[Wh], 퍼지 조명시스템의 소비 전력은 37.3[Wh]이다. 전통 조명시스템의 소비 전력을 다른 시스템들과 비교해본 결과로는 거주자 인식기반의 조명시스템의 경우에는 약 42%, 퍼지 조명시스템의 경우에는 약 51% 소비 전력이 감소한다. 그리고 퍼지 조명시스템을 거주자 인식 기반의 조명시스템과 비교해본 결과는 전체 소비 전력이 5.4[Wh]정도 감소하여, 약 13%정도 효율이 증가한다.

V. 결론

본 논문에서는 조명분야에 LED라는 새로운 반도체 광원을 바탕으로 마이크로웨이브 센서와 조도 센서, 마이크로프로세서, 전력선 통신을 융합하여 과거의 단순히 On/Off되는 조명시스템이 아니라 사람을 감지하고 이동하는 사람을 중심으로 불편함을 느끼지 않는 일정 범위만의 조명을 켜므로써 에너지 절약뿐만 아니라 감성적인 조명제어를 수행했다.

첫 번째, 사람의 감지 역할을 하는 마이크로웨이브 센서는 소신호 출력에 대한 증폭 회로설계를 통해 감지거리 및 감도조절이 가능했고 특히 온도, 습도 등과 같은 환경적인 영향을 받지 않아 높은 신뢰성을 보였다.

두 번째, 전력선 통신의 경우 콘센트를 이용하여 간편한 접근이 가능하여 센서의 사람 감지에 대한 데이터를 서로 공유함으로써 시스템의 단점을 보완하고 목표에 알맞은 스마트한 제어가 가능했다.

세 번째, 사람감지와 조도 출력을 이용한 퍼지조명제어시스템의 전력사용량은 전통조명시스템과 비교하면 51%, 거주자인식조명시스템은 13%의 절감 효과를 나타냈다.

참고 문헌

- [1] 박두일 외, “IT융합기술을 활용한 LED지능제어네트워크”, 한국조명 • 전기설비, 제23권 제4호, 2009.8, pp12~17
- [2] 김훈, 이민욱, “IT융합 스마트조명 기술”, 강원대학교, 정보와 통신, 2011, pp 10~14
- [3] 진태석, “스마트 그리드와 전력선 통신”. 정보통신산업진흥원, IT 기획시리즈, PP 28~37.
- [4] 김태진, 이영철, 김선호 “도플러 효과를 이용한 마이크로파 센서의 구현”, 경남대학교, 2009.3
- [5] 네이버 전자사전, “도플러효과[Doppler Effect]”, <http://100.naver.com/100.nhn?docid=48538>
- [6] 정순원, 이재진, 구경완 “마이크로웨이브 센서를 이용한 에너지 절약 시스템 개발”,
- [7] W.Wang, X.Huang, L.Z.hou, C.T.Chan, “Doppler effects of a light source on a metamaterial slab: A rigorous Green’s function approach”, Optics Letters, Vol. 33, p.369, 2008
- [8] K.Watanabe, S.Biwa, “Elastrodynamic Doppler effect”, Acta Mechanical, Vol. 195, p.27, 2008
- [9] 네이버 전자사전, “퍼지이론[Fuzzy Theory]”, <http://terms.naver.com/item.nhn?dirId=513&docId=2485>
- [10] 이재홍, “인공지능을 이용한 감성조명 LED 제어기 설계에 관한 연구”, 한국해양대학교 전자통신공학과 석사학위 논문, 2010
- [11] 박종진, 최규석 《퍼지로제어시스템》, (주)교우사, pp,57-61, 2001
- [12] 전인홍, 이광로 《기본적인 퍼지이론과 응용》, (주)교학사,

pp,1-14, 1992.

[13] 이상배, 《퍼지로제어시스템》, (주)교학사, pp,7-108, 1999.

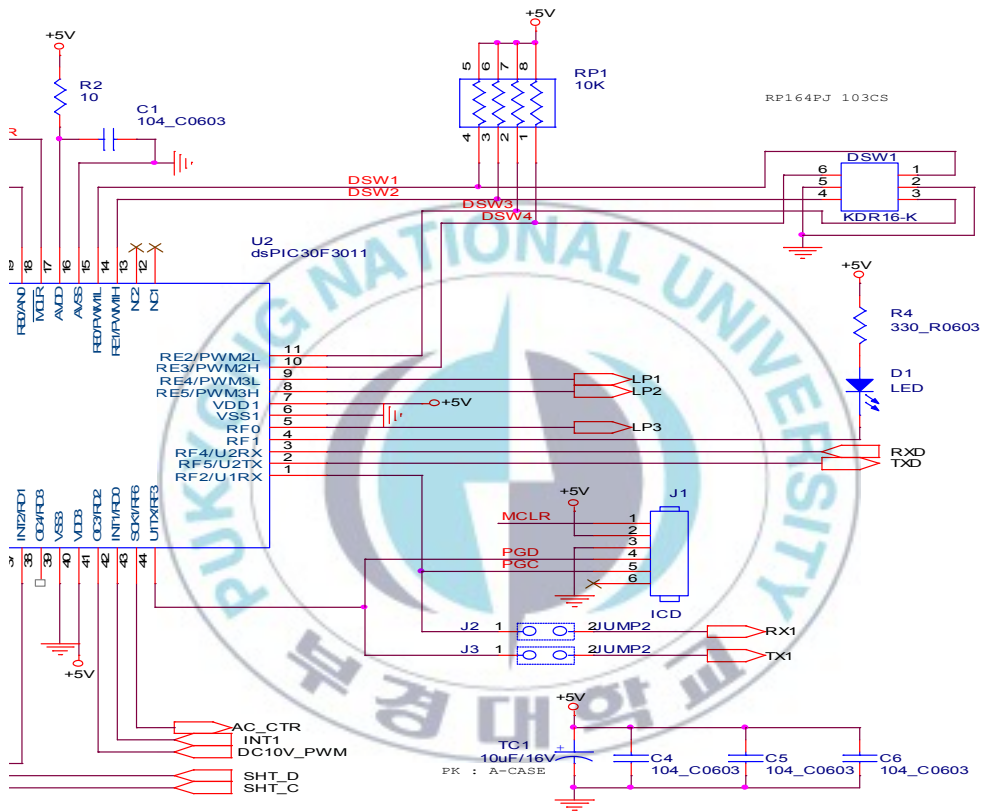
[14] L. A. Zadeh, “ Fuzzy sets as a basic for a theory of possibility
Fuzzy sets and Systems, v1, PP.3-28, 1978.

[15] 김영탁, “머신 비전과 임베디드 제어기 구현에 의한 지능형 3차원 형
상 측정 시스템 개발”, 한국해양대학교 전자통신공학과 박사학위 논문,
2006

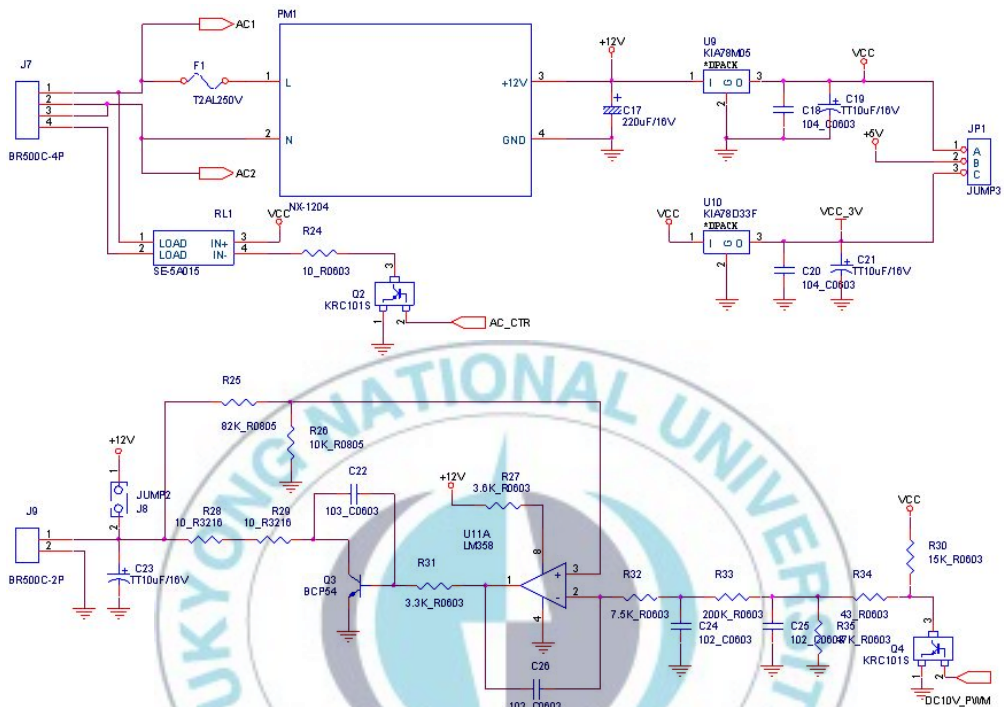


부 록

1. 마이크로프로세서



3. 전원 회로 및 F-V 변환(0-10V) 회로



감사의 글

2년의 대학원에서의 시간동안 부족한 저에게 아낌없이 지도해 주시며 도움을 주신 변기식 교수님께 진심으로 감사드립니다.

또한 더불어, 저의 부족한 부분을 지적해 주시고 많은 가르침을 주신 황용연 교수님, 안영주 교수님, 이형기 교수님, 최연욱 교수님, 김만고 교수님, 김남호 교수님, 이경창 교수님께 감사드립니다.

부족한 저를 항상 이끌어 주시며 융합 시스템 연구실에 함께한 최고의 멘토 김민 연구원님, 섬세한 남자 김병삼 형, 친구 손경민이에게 고마운 마음을 전달합니다. 논문 지도해 주신 김현희 박사님과 김관형 교수님께도 감사드립니다.

같은 학생의 자리에서 대학원 생활을 같이한 능력자 준희 형, 하나 누나, 채식주의 이도엽 과장님, 순수걸 가오 양, 이창영, 그리고 언급하지 못한 이하 분들에게 진심으로 감사드립니다.

항상 희망과 용기를 주시며 저를 응원해주신 할아버지, 할머니, 엄마, 아빠, 삼촌, 숙모, 이하 가족 모두에게 모두 고마운 마음을 전합니다. 또한 언제나 나에게 든든한 힘이 되는 많은 지인 분들에게 고맙습니다.

마지막으로 학부생동안 배움에 대한 올바르지 못한 시아를 가진 아쉬움을 2년 동안 몸소 느꼈던 거 같습니다. 앞으로 살아갈 날이 더 많기에 많은 걸 배우고 익혀 나가는 단계중 하나라는 마음으로 올바른 자세를 가지고 노력 하겠습니다.

2011년 12월

차상민 올림