

PIC 마이크로컨트롤러를 이용한 가정용 자동해돋이 조명시스템 구현

강병현*, 강철구#

Implementation of an Automatic Sunrise Household Lighting System Using a PIC Microcontroller

Brian B. Kang* and Chul-Goo Kang#

ABSTRACT

It is known that natural awakening of us in the morning is due to stimulation of the reticular activation system through biological clock in the suprachiasmatic nucleus of hypothalamus by the morning sunlight. If we sleep at dark rooms without windows and so without morning sunlight, thus, it is not easy for us to get up refreshingly in the morning.

In this paper, we propose an automatic sunrise household lighting system that helps us for getting up cheerfully in the morning even if we sleep in dark rooms without morning sunlight. The proposed lighting system is an embedded system that turns automatically on the electric lamp and makes it brighter and brighter coincidentally with the actual sunrise. The proposed system is composed of a PIC microcontroller with flash memory, a real-time clock IC, a D/A converter, an amplifier, a dimmer unit, a light bulb, a display panel and a keyboard. The validity of the proposed intelligent lighting system is demonstrated via a prototype production and experimentation.

Key Words : Intelligent lighting system (지능형 조명시스템), Sunrise simulation (해돋이 시뮬레이션), Microcontroller (마이크로컨트롤러), Embedded system (임베디드시스템)

1. 서론

조명산업의 발전은 광원의 발전과 조명제어시스템의 발전으로 크게 나누어 볼 수 있다. 광원은 고효율화, 긴 수명, 소형화, 친환경성 등의 사회적 요구에 의해 백열등과 일반형광등으로부터 점차 삼파장형광램프와 삼파장무전극램프¹로 발전하고 있고, 조명제어시스템은 과거에 주로 아날로그 방식

을 활용하였으나, 다양한 기능의 추가와 편리성을 위해 점차 디지털 칩을 활용한 디지털기술을 도입하고 있다.² 앞으로의 조명산업은 에너지 절약을 위한 고효율화, 환경보호를 위한 친환경성의 요구를 넘어 고품위의 조명문화 추구를 요구하고 있다. 이러한 조명은 우리 인간의 시각 기능과 밀접한 관련을 가지고 있다.

접수일: 2005 년 1 월 27 일; 게재승인일: 2005 년 10 월 7 일

* Cornell University, College of Engineering

교신저자: 건국대학교 기계항공공학부

E-mail : cgkang@konkuk.ac.kr Tel: (02) 447-2142

새벽에 날이 새고 동시에 우리가 자연스럽게 잠에서 깨어나는 것은 밝아오는 빛이 망막을 통해 뇌로 전달되어, 뇌하수체(hypothalamus)의 시교차상핵(suprachiasmatic nucleus)에 있는 생체시계(biological clock)를 통해 간접적으로 뇌간(brain stem)의 망상체(reticular activation system)를 자극하기 때문이라고 한다.³ 따라서 아침에 빛이 들어오지 않는 방에서 취침할 경우에는 이러한 빛의 작용을 기대할 수 없으므로 아침에 상쾌하게 일어나기가 쉽지 않다. 이 경우에 자명종시계, 진동알람시계, 모닝콜전화기, 알람 가전제품 등을 사용하여 기상을 유도 하지만, 소리나 진동으로 우리 몸의 생체리듬을 취침상태에서 각성상태로 갑작스럽게 변화시키기 때문에, 기상 후에 짜증스럽고 오전의 일 능률을 떨어뜨린다고 보고되어 있다.³

이를 개선하기 위하여 빛을 이용한 기상유도장치로, “음향과 불빛이 점차 확대되는 기상알람장치”⁴, “시계 및 알람 기능을 가진 다기능 전기 스탠드”⁵, “자연스런 기상/수면 유도를 위한 일출/일몰 모사장치”³ 등이 발표되어 있다. 상기 “음향과 불빛이 점차 확대되는 기상알람장치”는 기계식으로 빛조절판의 높이를 조절하여 조도를 변화시키고 있고, “시계 및 알람 기능을 가진 다기능 전기스탠드”는 전기스탠드에 원하는 기상시간을 입력하도록 하고 이 시간이 되면 점차 밝아지는 빛과 알람기능을 이용하여 기상을 유도하고, 또 취침을 위하여 빛이 점점 어두워지는 기능을 추가하였다. “자연스런 기상/수면 유도를 위한 일출/일몰 모사장치”는 밝아지는 조도 패턴을 다양하게 사용자가 정할 수 있도록 하였다.

그러나 상기의 빛을 이용한 기상유도장치들은 기계식이어서 정교한 조도제어가 어렵거나, 전자식이라 할지라도 원하는 기상시간을 매번 입력해줘야 하는 등의 사용상 복잡함과 불편함이 있었다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 사용자가 초기에 한번 현재의 날짜와 시간을 설정해준 다음에 전원코드만 뽑으면 언제든지 그날의 해돋이 시간에 맞춰 해돋이 조도변화와 유사한 형태로 기상유도 조명등이 자동으로 작동하는 가정용 자동해돋이 조명시스템을 제안한다. 기존의 가정용 조명시스템은 대부분 on, off 스위치에 의해 작동되고, 일정한 조도만을 제공하는데 반해, 제안된 조명시스템은 스스로 그날의 일출시간에 맞춰 자동으로 서서히 켜지며, 실제 해돋이 과정과 비슷

한 변화하는 조도를 제공하는 특징이 있다. 이 가정용 자동해돋이 조명시스템은 아침에 빛이 들지 않는 골방이나 지하방에서 취침할 경우에 아침에 상쾌하게 일어날 수 있도록 도와준다.

오늘날 마이크로프로세서의 발전으로 이러한 조명제어시스템을 구현할 수 있게 되었다. 본 논문에서는 Microchip 사의 PIC 마이크로컨트롤러(microcontroller)⁶의 기능을 활용하여 아침에 해돋이 과정을 인위적으로 시뮬레이션할 수 있는 이론적 배경과 구현에 대하여 기술한다. 마이크로컨트롤러는 일반적으로 마이크로프로세서의 기능에 메모리와 입출력장치들을 하나의 칩상에 구현함으로써 원칩 마이크로컴퓨터로 불리기도 한다. 연간 일출시간 정보는 마이크로컨트롤러의 플래시 메모리에 저장되어 자동으로 해돋이 과정을 시뮬레이션 하는데 사용된다.

이러한 특수한 기능을 가진 가정용 조명제어시스템에 대하여 앞에서 기술한 바와 같이 특허로 출원되어 있는 자료는 있으나, 이론적으로 발표된 문헌은 찾기가 힘든 실정이다. 최근에 NT 분야에서 마이크로광 조형장치에 대한 연구가⁷ 보고된 바 있고, 또 소규모 사무공간에서 디밍제어를 이용한 조명에너지 절약에 대한 연구⁸가 발표된 바 있다.

본 논문에서는 아침에 상쾌하기 일어나는 것을 도와줄 수 있는 가정용 자동해돋이 조명시스템을 제안하고, 이를 실제로 시제품으로 구현하여 실험을 수행한다. 2 절에서는 제안한 지능형 조명시스템의 하드웨어 구성을 기술하고, 3 절에서는 실시간 프로그램에 대하여 기술한다. 4 절에서는 이 지능형 조명시스템의 제작과 실험결과에 대하여 논의하고, 5 절에서는 결론을 기술한다.

2. 제안된 가정용 자동해돋이 조명시스템

본 논문에서 제안한 가정용 자동해돋이 조명시스템은 실시간클럭 IC (real-time clock integrated circuit)와 PIC 마이크로컨트롤러를 사용한 실시간 임베디드시스템 (real-time embedded system)이다. 이 실시간 임베디드시스템은 타이머 인터럽트(timer interrupt)를 사용하여 시간을 관리하고 있다.

본 지능형 임베디드 조명시스템의 구성은 Fig. 1 과 같다. 즉, 현재의 년, 월, 일의 날짜와 시, 분, 초의 시간을 생성하는 실시간클럭(RTC) IC 부(1),

날짜와 시간을 디스플레이하는 디스플레이(display)부(2), 날짜와 시간을 초기화하기 위한 입력장치로서의 키패드(keypad)부(3), 연간 일별 일출시간 데이터와 실행프로그램을 저장하는 프로그램메모리(ROM)부(4), 연산과 프로그램 실행을 위해 필요한 공간을 제공하는 데이터메모리(RAM)부(5), RTC 에서 오는 날짜와 시간을 ROM 의 일출시간 데이터와 비교하여 해돋이 시작시간이 되면 그 밝기에 해당하는 숫자를 생성해 주는 것을 포함한 이 장치의 운용을 관장하는 마이크로컨트롤러부(6)로 되어 있다.

한 실시간클럭 IC 가 있다. 본 연구에서는 DS1302 를 사용하였다. 실시간클럭 IC 와 마이크로컨트롤러 사이의 데이터 송수신은 실시간클럭 IC 에 따라 직렬방식 또는 병렬방식을 사용한다.

디스플레이부(2)는 방에서 시계대용으로 사용할 수 있도록 현재의 날짜와 시간을 글자와 숫자로 표시해주는 것으로써, LCD, VFD, 또는 7 Segment LED 를 사용할 수 있고, 디스플레이부와 마이크로 컨트롤러의 통신은 디스플레이 드라이버에 따라 직렬방식 또는 병렬방식으로 이루어진다. 여기서는 Compile Technology 사의 ELCD-162-BL 이라는 LCD 모듈을 사용하였다. 키패드부(3)는 RTC(1)의 초기화에 필요하고, 2x4, 3x4, 4x4 매트릭스 등을 사용할 수 있다.

ROM(4)은 별개의 칩으로 된 EEPROM 이나 EPROM 을 사용할 수 있으나, 부품의 수를 줄이고 신뢰도를 향상시키기 위하여 마이크로컨트롤러에 내장된 ROM 을 사용한다. 마이크로컨트롤러는 ROM 과 RAM 을 내장하고, 2 개 정도의 직렬통신 핀을 가지고, 8 개 이상의 디지털 I/O 핀을 가진 8 비트 이상이면 어느 회사 것이건 사용할 수 있다. 여기서는 PIC16F877 을⁹ 사용한다. DAC(7)는 아날로그디바이스사의 AD5330/5331 을 사용하였으나 8 비트 이상의 다른 회사 제품도 사용이 가능하다. 증폭기부(8)는 연산증폭기를 사용하여 비반전증폭기 형태로 구성한다.

디머유닛부(9)는 사이리스터(SCR, TRIAC)나 파워트랜지스터를 사용하여 위상제어(phase control)방식으로 직접 구현할 수도 있으나,^{10,11} 시중에 나와 있는 디머유닛을 구입하여 사용할 수 있다.¹² 디머 유닛(9)은 백열등을 켜기 위한 백열등용 디머유닛일 수 있고, 형광등을 켜기 위한 형광등용 디밍안정기(dimming ballast)일 수 있고, 또 무전극형광등을 켜기 위한 무전극형광등용 디머유닛일 수 있다. 디머유닛이 백열등 디머유닛일 경우에는 전등(10)으로 백열등 또는 할로겐등을 사용하고, 형광등용 디밍안정기일 경우에는 형광등을 사용하고, 무전극형광등용 디머유닛일 경우에는 무전극형광등을 사용한다.

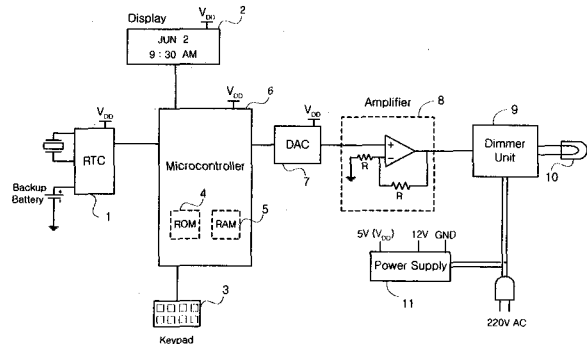


Fig. 1 Functional block diagram of the automatic sunrise lighting system

그리고 마이크로컨트롤러에서 오는 숫자를 0~5 V 의 전압으로 바꾸어주는 디지털/아날로그컨버터(DAC)부(7), DAC 출력을 디머유닛(dimmer unit)에 필요한 전압레벨로 바꾸어주는 증폭기(amplifier)부(8), 증폭기 출력을 받아서 그 전압에 해당하는 불 밝기를 구현하는 디머유닛부(9), 전등부(10)와, 220V AC 전원으로부터 이 장치에 필요한 5 V 와 12 V(사용하는 연산증폭기에 따라 10 ~ 20 V 사이 값으로 달라질 수 있음)의 직류전압을 생성해주는 전원공급장치부(11)로 구성되어 있다.

실시간클럭 IC 부(1)에서 사용할 수 있는 실시간 클럭 IC 로는 DS12887(Dallas Semiconductor 사)과 같이 수정발진자(OSC), 카운터회로, 배터리백업(battery backup)회로를 1 개의 패키지에 모두 내장시켜 외부의 전원공급 없이 약 10 년간 사용할 수 있는 것이 있고, DS1302(Dallas Semiconductor 사)와 같이 외부에 수정발진자와 백업배터리로 슈퍼콘덴서를 연결하여 전원공급 없이 약 1000 시간가량 작동하는 것이 있고, 이 외에도 시중에 나와 있는 다양

3. 임베디드 시스템의 실시간 프로그래밍

이 실시간 임베디드시스템의 작동은 C 언어 (CCS-C¹³)로 작성된 프로그램을 마이크로컨트롤러

의 프로그램 메모리에 다운로드하여 이루어진다. 먼저 특정지역의 일별 일출시간에 대한 정보를 얻는다. 여기서는 서울을 기준으로 하여 웹사이트 www.weather.co.kr에서 일출시간 정보를 얻었다. 일별 일출시간의 일부를 정리하면 Table 1 과 같다. 이 데이터를 실행프로그램과 함께 마이크로컨트롤러의 플래시메모리에 저장한다. 이 조명시스템이 불을 켜기 시작하는 해돋이 시작시간은 위 일출시간보다 일정시간(여기서는 30 분) 전으로 하여야 한다.

Table 1 Part of the daily sunrise time in Seoul area

날짜	일출시간
1 월 20 일	7 시 44 분
2 월 20 일	7 시 17 분
3 월 20 일	6 시 37 분
4 월 20 일	5 시 52 분
5 월 20 일	5 시 20 분
6 월 20 일	5 시 11 분
7 월 20 일	5 시 26 분
8 월 20 일	5 시 51 분
9 월 20 일	6 시 17 분
10 월 20 일	6 시 44 분
11 월 20 일	7 시 16 분
12 월 20 일	7 시 42 분

이 지능형 조명시스템의 실행프로그램 순서도는 Fig. 2 와 같다.

실행프로그램을 마이크로컨트롤러에 다운로드한 다음 전원코드를 꼽으면, Fig. 2 에서 보여주고 있는 것과 같이, 실행프로그램이 시작되고(step 1), 현재의 날짜와 시간을 RTC 에서 읽어(step 2), 디스플레이부 창에 표시한다(step 3). 이 날짜와 시간이 현재의 날짜와 시간과 비교하여(step 4), 틀리면 키패드로 RTC 의 날짜와 시간을 초기화해 준다(step 5). 이어서 매 샘플링시간(타이머 인터럽트 사용)마다 RTC 의 날짜와 시간을 읽어(step 6), 디스플레이에 출력하고(step 7), ROM 에 일별로 저장된 일출시간에서 일정시간을 뺀 해돋이 시작시간과 비교하여 해돋이 시작시간인지 확인한다(step 8).

해돋이 시작시간이 아니면 되돌아가 step 6, step 7, step 8 의 루프를 반복한다. 이 루프를 반복하다가 해돋이 시작시간이 되면, DAC 로 0 에서부터

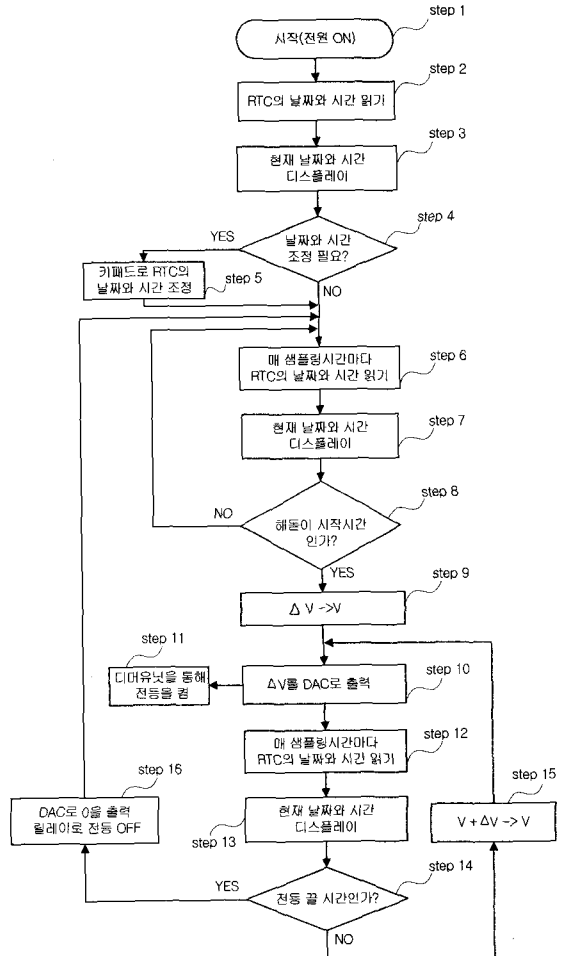


Fig. 2 Flowchart of the real-time embedded system

점차 증가하는 수치를 내 보낸다(step 9). 증가하는 수치의 해상도는 10 비트 DAC 를 사용하고 샘플링시간이 100 ms 이며 해돋이 시작시간이 일출시간 30 분 전으로 세팅할 경우에 $1024/(30*60*10)$ 가 된다. 증가하는 값의 패턴은 실제 해돋이의 조도 변화와 유사하게 직선적으로 증가하게 한다. DAC 는 이 값을 받아 전압신호를 발생하고(step 10), 이 전압신호는 증폭기와 디머유닛을 거쳐 전등을 켜게 된다(step 11).

그런 다음 샘플링시간까지 기다리다가 다음 샘플링 순간이 되면 다시 RTC 의 날짜와 시간을 읽고(step 12), 날짜와 시간을 디스플레이 한다(step 13). 설정된 전등 끝 시간인지 확인하고(step 14), 전등 끝 시간이 아니면 DAC 로 보내는 숫자를 증

가시킴(step 15), step 10 으로 되돌아가 이 루프를 반복한다. 그러다가 step 14 에서 전등 끌 시간이면, DAC 에 0 을 출력하고 릴레이로 전등을 끄고(step 16), step 6 으로 되돌아가 위의 과정을 반복한다.

실제 해돋이 과정의 조도변화는 그 날의 기상조건에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 평균적인 해돋이 과정의 조도변화를 고려하여 조도가 직선적으로 밝아지도록 Fig. 3 과 같이 설정한다. 즉, 8 bit DAC 를 통해 1 시간 반 동안 조도를 직선적으로 증가시킨 다음, 최대 밝기 [256 (=2⁸)]로 1 시간 동안 유지하다가 전등을 끈다. Fig. 3 에서는 정확한 직선으로 표현되었지만, 실제로는 정수만 고려되므로, 양자화(quantization)된 직선이 된다. 하지만 이 양자화 영향은 실제 불을 켜는 과정의 동역학(dynamics)의 의하여 우리 감각으로 느끼지 못하게 되며, 마치 부드럽게 조도가 변하는 것처럼 느끼게 된다.

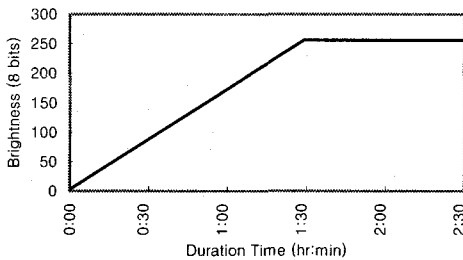


Fig. 3 Luminance command during sunrise

4. 시험장치 및 실험결과

본 논문에서 제안한 가정용 자동해돋이 조명시스템의 타당성을 알아보기 위하여 시제품을 제작한 후 실험하였다. Fig. 4 는 제작된 시제품의 내부 모습을 보여주고 있고, Fig. 5 는 완성된 시제품의 외부 모습을 보여주고 있다.

Fig. 5 에서 디스플레이 패널은 조명시스템 내부의 RTC 시간을 외부에 표시하여 시계 대응으로 쓰기 위한 것이다. 이 지능형 조명등은 하루에 한 번씩만 자동적으로 켜지기 때문에 작동을 시험하기가 어렵다. 따라서 프로그램에 데모작동 부분을 추가하고 외부에 데모버튼 스위치를 장착함으로써, 약 56 초에 걸친 빠른 해돋이 시뮬레이션 과정을 시험할 수 있도록 하였다. 반면에 실제의 해돋이

시뮬레이션 과정은 2 시간 30 분에 걸쳐 이루어진다.

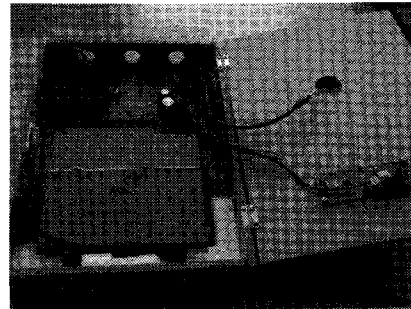


Fig. 4 The inside of the experimental setup

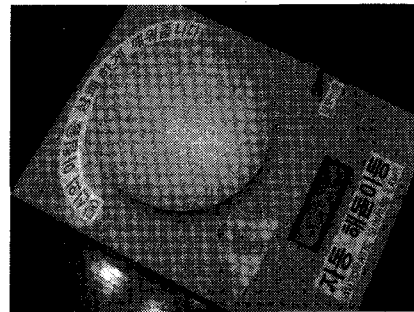


Fig. 5 The outside of the experimental setup



Fig. 6 Indoor luminance measurement using an illuminance meter

먼저 새벽에 날이 새는 동안의 조도변화를 알아보기 위하여 Fig. 6 과 같이 조도계(illuminance meter)¹⁴ 를 사용하여 아침에 햇빛이 드는 실내에서 측정하였다. 날짜에 따른 측정 결과의 일부를 그래프로 그리면 Fig. 7, Fig. 8 및 Fig. 9 와 같다.

Fig. 7 은 2003 년 8 월 7 일, Fig. 8 은 2003 년 9 월 11 일, Fig. 9 는 2003 년 12 월 7 일 새벽에 서울에서 측정 한 것이다. Fig. 7 과 Fig. 8 에서 조도가 일정하게 증가하지 않은 것은 해돋이 과정에서 구름이 영향을 미쳤기 때문이다.

Fig. 7 과 Fig. 8 에서 밝아지기 시작하는 시간이 거의 6 시로 나타난 것은 이날 구름이 끼어있었고, 또 측정 한 곳이 산의 서쪽에 위치해 있어서 늦게 밝아왔기 때문이다. 맑은 날 사방이 막혀있지 않은 일반적인 곳에서 측정했다면 이보다 더 이른 시간부터 밝아오기 시작했을 것이다. 반면에 겨울철 구름이 없는 맑은 날은 Fig. 9 에서 보듯이 밝아오는 조도 패턴이 일정하게 증가하는 S 자형을 나타낸다. 실제 서울에서 2003 년 8 월 7 일의 일출시간은 5 시 40 분, 2003 년 9 월 11 일의 일출시간은 6 시 9 분, 2003 년 12 월 7 일의 일출시간은 7 시 33 분이였다.

Fig. 10 은 본 논문에서 제안한 방법으로 Fig. 5 와 같은 시제품을 제작하여 실험한 결과이다. 이 시제품은 20W 에서 100W 까지의 백열전등을 사용하는 지능형 조명시스템이다. 이 실험은 2003 년 9 월 9 일 새벽에 빛이 들지 않는 어두운 방에서 조도계를 사용하여 수행한 것이다. Fig. 10 의 그래프는 약 5 시 40 분부터 1 시간 30 분가량 직선적으로 조도가 증가하다가 최대 밝기로 1 시간가량 유지한 다음 자동으로 불이 꺼지는 과정을 보여주고 있다. 조도의 값(단위:lx)은 조도계의 방향과 전등과의 거리에 크게 영향을 받지만 그 패턴은 변하지 않는다. 2003 년 9 월 9 일 서울에서 일출시간은 6 시 8 분이였다.

Fig. 10 의 측정데이터와 달리 Fig. 8 의 측정 데이터는 6 시 가량부터 밝아지는 것으로 보인다. 이는 이날의 일기와 측정위치가 산의 북쪽에 위치해 평지보다 더 어두운 상태에서 서서히 밝아졌기 때문이다. y 축의 스케일을 키워보면 6 시 훨씬 이전부터 서서히 밝아진다는 것을 볼 수 있다. 밝아오는 조도패턴을 실제와 유사하지만 가능한 한 단순화하여 적은 비용으로 구현함으로써 실용화 가능성을 높이고자 하였다.

이 실험결과로부터 본 논문에서 제안한 방법으로 구현한 지능형 조명제어시스템은 실제와 유사한 패턴으로 새벽의 해돋이 과정을 시뮬레이션 함을 알 수 있다.

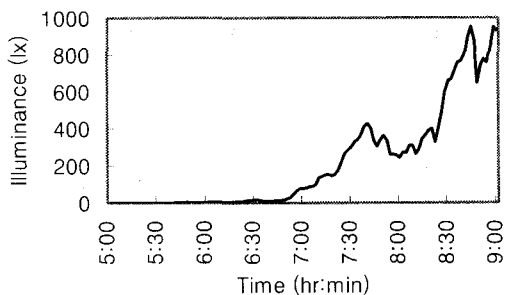


Fig. 7 Indoor luminance variation during sunrise (Aug. 7, 2003)

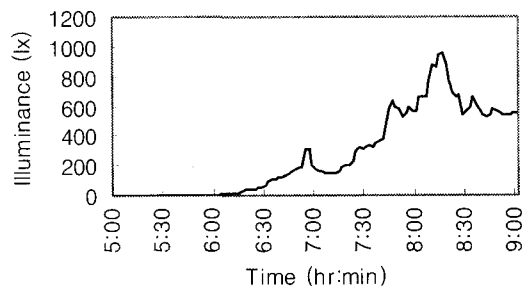


Fig. 8 Indoor luminance variation during sunrise (Sep. 11 2003)

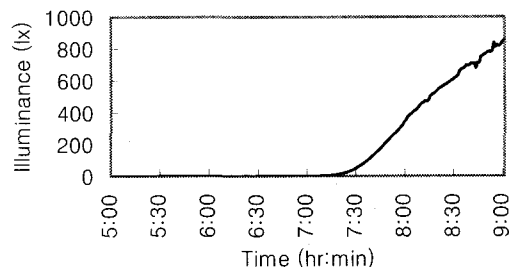


Fig. 9 Indoor luminance variation during sunrise (Dec. 7, 2003)

또 매일 기상시간을 입력하지 않아도 그날의 일출시간에 맞추어 자동으로 조명등이 밝아움을 볼 수 있다. 실제로 아침에 빛이 들지 않는 방에서 이 장치를 구동하면서 취침해 본 결과, 이 장치로 인하여 이른 아침에 상쾌하게 잠에서 깰 수 있음을 확인하였다. 조명의 종류와 조명

배치에 따라서도 켤 때의 느낌이 조금씩 달라 질 수 있다고 생각되나, 이는 다음 연구로 남겨 둔다.

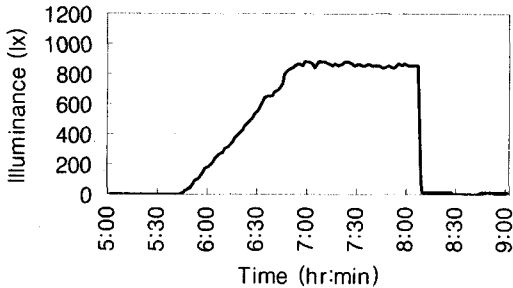


Fig. 10 Experimental result of the prototype lighting system (Sep. 9, 2003)

5. 결론

우리가 아침에 상쾌하게 잠에서 깰 수 있는 것은 밝아오는 아침햇살이 우리 눈의 망막을 통해 뇌를 자극함으로써 신체리듬을 수면상태에서 각성상태로 서서히 변화시켜 주기 때문이라고 한다. 그런데 아침햇살이 들지 않는 어두운 방에서 생활할 경우에 이러한 시각작용을 기대할 수 없기 때문에 아침에 상쾌하기 일어나기가 쉽지 않다.

본 논문에서는 이러한 경우에 아침에 상쾌하기 일어나는 것을 도와줄 수 있는 가정용 자동해돋이 조명시스템을 제안하고, 이를 마이크로컨트롤러를 이용하여 구현하는 방법을 제시하였다. 또 실제로 시제품으로 만들어 실험을 통해 타당성을 입증하였다. 이 자동해돋이 모사 조명시스템은 연간 일별 일출시간을 기억하고 있기 때문에, 매일 일출시간을 입력하지 않고도 자동으로 그날의 일출시간에 맞추어 자동으로 해돋이 과정을 시뮬레이션하는 능력을 가지고 있다. 실험결과 실제 해돋이 과정과 유사한 형태의 2 시간 반 동안의 인공 해돋이가 구현되었으며, PIC 마이크로컨트롤러를 이용하여 실시간 임베디드시스템으로 실시할 수 있음을 보였다. 실시간 임베디드시스템의 샘플링 시간은 100 ms 를 사용하였다.

후 기

이 논문은 2001 년도 건국대학교 학술연구비 지원에 의한 논문입니다. 학술연구비 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Sekwang Eneritech Co. Ltd., "Electrodeless lamp system," Sekwang Eneritech Catalog, 2004.
2. MR Engineering Co., Ltd., "Lighting control system," MRENG Catalog, 2004.
3. Kim, Y. I., "Dawn/Dusk simulator for the induction of sleep/wakefulness," Korea patent 1020020034111, 1998.
4. Lee, H. S., "Sound and light increasing awaking alarm apparatus," Korea patent 2000931600000, 1996.
5. Park, J. W., "Multi-functional Electric Stand with Clock and Alarm Function," Korea patent 1019980050110, 1998.
6. Lee, K. Y., "PIC Study Center Project Book," Compile Technology, 2002.
7. Lee, S.L., Lee, I.H., Cho, D.W., "Design for micro-stereolithography using axiomatic approach," J. of the KSPE, Vol. 21, No. 8, pp. 106-111, 2004.
8. Kim, H. S. and Kim, K. S., "A study on lighting energy conservation in a small office space with daylight dimming control system," J. of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 17, No. 5, pp. 15-21, 2003.
9. Microchip Technology, Inc., "PIC16F877 Data Sheet," www.microchip.com, 2004.
10. Ji, C. G., "Principles of Lighting," Munundang, 2003.
11. Park, D. H., Jung, Y. K., "Guidebook for the Design and Installation of Lighting System," UI-JAE Publishing Co., 1999.
12. Mnextec Co. Ltd., "Dimmer Unit Manual," 2004.
13. CCS, Inc., "CCS C Compiler for Microchip PICmicro MCUs," www.ccsinfo.com, 2004.
14. Minolta, "Illuminance meter T-10 User's Manual," 2004.