

# AVR 기반의 LSDM 제어를 위한 효율적인 점등제어 시스템 설계

## An Efficient Lighting Control System Design for LSDM Control on AVR

홍성일\*  
(Sung-Il Hong)

인치호\*\*  
(Chi-Ho Lin)

### 요약

본 논문에서는 AVR 기반의 LSDM 제어를 위한 효율적인 점등제어 시스템 설계를 제안한다. 본 논문은 LSDM 제어를 위한 효율적인 점등제어 시스템의 설계는 I/O 데이터 버스를 위한 신호 제어부와 동작 상태에 따른 클럭 신호 제어를 위한 타이머/카운터부로 구분하여 설계한다. LSDM 제어로직은 효율적인 제어신호 처리를 위하여 각 비트에 논리 값을 지정하여 DDRx와 PORTx 레지스터를 최적화한다. 그리고 ATmega128의 점등제어 프로그램 실행에 의한 LSDM 제어신호는 제어로직을 동작시켜 LSDM 점등제어가 가능하도록 설계한다. 본 논문에서 제안한 점등제어 시스템은 전력 손실률 감소 효과를 입증하기 위하여, 호스트 PC에서 시리얼을 통해 점등제어 프로그램을 시스템에 다운로드하여 LSDM 제어로직의 점등 상태에 대한 전력 손실률을 측정하였다. 측정된 결과, 기존의 점등제어 시스템보다 제안한 점등제어 시스템은 전체적인 전력 소모 감소 효과가 있음을 입증하였다.

핵심어 : 제어로직, 엘이디 가로등 도트 모듈, 점등제어, 신호처리, 전력손실

### Abstract

In this paper, we propose an efficient lighting control system design for AVR based LSDM control. This paper, an efficient lighting control system design for LSDM control be design divided as the signal control part for I/O data bus and the timer/counter part for clock signal control according to operating conditions. LSDM control logic be optimization to PORTx and DDRx register by specifying the logical value of each bit for effective control signal processing. And, the LSDM control signal by lighting control program execution of ATmega128 be designed to be LSDM lighting control by control logic operating. In this paper, a proposed lighting control system were measured to power loss rate to proved the power loss reduction about lighting status of LSDM control logic by download the lighting control program to system through serial from host PC. As a measurement result, a proposed lighting control system than the existing lighting control system were proved to be effective to the overall power consumption reduction.

**Key words** : Control logic, LSDM, Lighting control, Signal processing, Power dissipation

† 본 연구는 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업(I100041)으로 수행된 연구결과임

\* 주저자 : 세명대학교 컴퓨터학부

\*\* 공저자 및 교신저자 : 세명대학교 컴퓨터학부 교수

† 논문접수일 : 2012년 8월 10일

† 논문심사일 : 2012년 10월 8일

† 게재확정일 : 2012년 10월 8일

## I. 서 론

국내 도로조명의 광원은 대체적으로 나트륨램프를 사용한다. 나트륨램프는 특유의 주황빛을 발산하여 물체를 확실하게 보이게 하는데 효과적이지만 색상에 대한 구현력이 취약한 상황이다. 메탈할라이드램프도 도로조명의 광원으로 사용되지만 운전자나 보행자의 눈에 피로감을 급격히 증가시키는 원인이 된다. 또한, 에너지 절감을 고려하여 조명 시스템이 갖추어야 할 기본 요구조건은 조명기구의 빛 에너지로 변환 효율이 높아야 하고, 광학적 기구 효율이 높아야 하며, 적절한 배광과 배치로 조명률이 높아야 한다. 기존의 도로조명 점등제어 시스템은 조명의 기능성보다 운전자나 보행자에게 사물의 구별 능력만을 제공해주는 형태로 설계되고 운영되어왔다. 그러나 LED 조명 점등제어 시스템은 탁월한 사물의 식별능력 뿐만 아니라 높은 고연색성을 제공하고, 다양한 부가 기능의 추가로 운전자와 보행자의 주의를 환기시켜 더욱 높은 도로의 안전성을 확보할 수 있는 기능성 도로조명을 위한 점등제어 시스템의 설계가 용이하다[1-4].

도로조명에서 사용하는 LED 조명이 점등되기 위해서는 전기적 구동장치인 제어로직이 필요하다. LED 점등에 필요한 전기적 구동은 단순하게 LED가 점등되도록 적절한 전압 범위에서 전류를 공급하는 것을 의미한다. LED에 흐르는 전류에 의해서 결정되는 휘도와 내부의 소비전력은 LED의 내부 온도를 변화시키고, 동작 온도가 LED 수명에 영향을 주기 때문에 제어로직은 LED의 휘도, 신뢰성, 효율, 수명 등과 관련이 있는 민감한 장치이다. 따라서 다양한 LED 제어로직에 대하여 최적의 성능을 갖기 위한 시스템 구성이나 회로적인 연구가 다양하게 수행되어 왔다[5-7].

LED 조명의 제어로직에 사용되어지고 있는 8bit 마이크로컨트롤러는 AVR(Advanced Virtual RISC) 계열의 ATmega128이 대표적이다. ATmega128은 하버드 구조(harvard architecture)와 RISC(Reduced Instruction Set Computer) 기술을 적용하여 매우 높은 성능을 발휘한다[8]. 그러나 기존의 AVR 기반

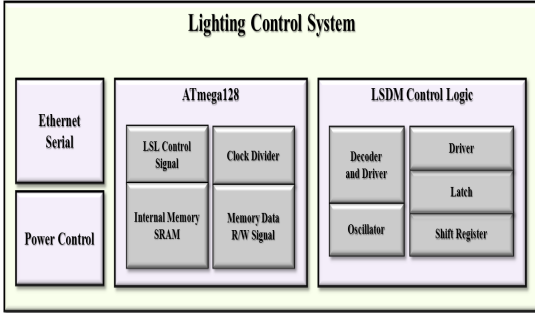
LSDM(LED Streetlight Dot matrix Module) 제어로직의 동작을 모델링하고 회로의 최적 설계에 반영하는 기술에 대해서는 연구가 빈약한 실정이다. 그리고 LSDM 제어를 위한 기존의 시스템들은 각각 다른 디바이스 드라이버와 제어 프로그램을 사용하여 단순히 점등 및 소등 기능만으로 동작하기 때문에 상용화를 위해서는 호환이 가능한 디바이스 드라이버와 도로상에서 발생할 수 있는 주변 환경을 인지하여 관제할 수 있는 제어 프로그램을 만들어야 하는 문제점이 있다. 본 논문에서는 문제점 해결을 위하여 디바이스의 호환성과 확장성을 고려하여 AVR 기반의 LSDM 제어를 위한 효율적인 점등제어 시스템 설계를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 LSDM 점등제어 시스템 설계를 위한 제어 로직과 입출력 데이터 신호 처리를 위한 타이머 및 카운터 설계, 점등제어 알고리즘에 대하여 기술한다. 3장에서는 본 논문에서 제안한 LSDM 점등제어 시스템을 효율성을 입증하기 위하여 알고리즘을 적용한 실험결과를 기존의 제어로직과 비교·평가하여 분석한다. 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

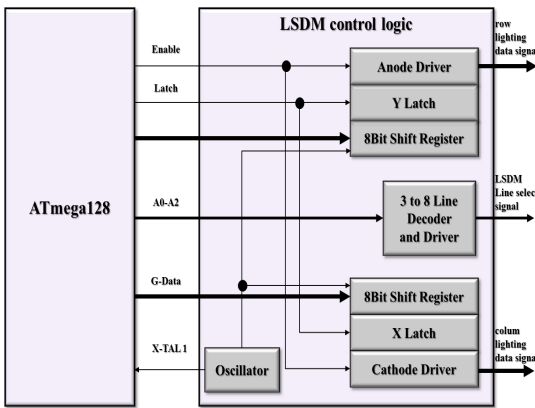
## II. LSDM 점등제어 시스템 설계

### 1. LSDM 제어 로직

본 논문에서 제안하는 점등제어 시스템은 ATmega128과 LSDM 제어로직으로 구성한다. ATmega128에는 LSDM 제어를 위해 작성한 점등제어 프로그램과 구동을 위한 커널과 디바이스 드라이버, 그리고 파일 시스템을 컴파일 하여 시스템에 다운로드한다. LSDM 제어로직은 LSDM을 제어하기 위하여 디코더와 드라이버, 래치, 그리고 쉬프트 레지스터를 사용한다. <그림 1>은 LSDM 점등제어 시스템의 구성을 나타내었다. 본 논문에서는 LSDM을 동작시키기 위한 LSDM 제어로직을 설계하여 LSDM 신호 제어부, 타이머 및 카운터부로 구성하고, 프로그램 실행에 의하여 LSDM 제어신호는 제어로직을 동작시켜 LSDM을 점등제어 한다.



〈그림 1〉 LSDM 점등제어 시스템  
(Fig. 1) LSDM Lighting control system



〈그림 2〉 LSDM 제어로직  
(Fig. 2) LSDM control Logic

〈그림 2〉는 LSDM의 제어로직 구성을 나타내었다. 제어로직은 LSDM의 확장을 고려하여 점등라인을 선택하기 위한 디코더와 점등제어 데이터의 입출력 제어를 위해 래치를 사용한다. 또한, 드라이버를 사용하여 중형 점등 데이터를 LSDM으로 출력하고 점등 되도록 한다. 오실레이터는 ATmega128 내부 발진 회로를 이용하여 모든 회로에 동기화 클록을 제공하도록 설계한다.

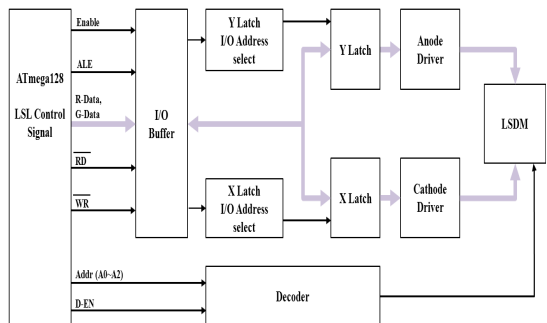
Enable은 출력을 내보내기 위해 ATmega128로부터 1을 전달받고 일정시간 후에 래치 과정을 반복하고, 래치를 위해서 0을 입력 받는다. R-Data와 G-Data는 LSDM을 점등하기 위한 데이터용으로 사용한다. A0~A2는 3비트 어드레스 라인으로서 최대 8개의 LSDM을 직렬로 연결하여 LSDM 라인 선택을 할 수 있도록 설계한다.

## 2. LSDM 입출력 데이터 신호 제어

LSDM을 제어하기 위한 제어로직에서는 입출력 데이터 신호의 흐름이 ATmega128의 어드레스에 따라서 데이터 핀의 출력이 결정되어 데이터 라인이 LSDM 제어로직으로 입력된다. LSDM 제어를 위해 0x2500 ~ 0x2800의 어드레스를 사용하고, 데이터, 어드레스, 클록을 동시에 인가하여 내부 기억 장치 (Internal Memory)에 저장한다. LSDM의 제어로직에서 데이터를 읽을 경우에는 래치 신호와 클록에 의하여 ATmega128로부터 LSDM으로 신호 및 데이터가 입력되고, 출력의 경우에는 출력되는 RW 신호가 1이 되었을 때 LSDM으로 데이터를 입력한다.

LSDM 입출력 데이터 신호 제어부는 입출력 핀들이 단순히 입출력 기능만 가지고 있는 것이 아니기 때문에 확장이 가능하도록 3비트 디코더를 추가하여 직렬로 연결되어 있는 LSDM을 선택하여 제어할 수 있도록 하고, LSDM을 점등할 때 라인 선택을 위한 신호를 출력한다. 이때, 쉬프트 레지스터를 이용하여 점등 데이터 값을 쉬프트 시켜 LSDM을 점등한다. Anode와 Cathode 드라이버는 쉬프트 레지스터와 래치를 거쳐 행과 열의 점등 데이터 신호를 LSDM으로 출력한다. 〈그림 3〉에서는 LSDM 입출력 데이터 신호부의 제어 흐름을 나타내었다.

제어로직에서는 데이터 처리를 위하여 ATmega128의 포트 A에서 포트 C까지 출력으로 사용하고, 기타 제어신호 처리를 위하여 포트 D에서 포트 F까지 사용한다. 메모리에 대한 주소 래치 신호(ALE)와 메모리 쓰기 스트로브 신호( $\overline{WR}$ ), 읽기 스트로브



〈그림 3〉 LSDM 입출력 신호 제어 흐름  
(Fig. 3) LSDM I/O signal control flow

신호( $\overline{RD}$ )의 제어를 위하여 포트 G를 이용한다. 입출력 버퍼를 거친 메모리 액세스에 관련된 읽기/쓰기와 주소래치 등의 신호들은 명령에 의한 제어에 의해 LSDM이 점등이 되도록 하고, 데이터 레지스터를 통하여 사용자는 지정한 형태의 패턴으로 입출력되는 데이터에 의하여 LSDM 제어로직을 제어하고 LSDM이 점등 되도록 설계한다.

LSDM을 점등제어하기 위하여 점등 데이터 신호의 입출력에 사용되는 포트 A는 범용 입출력 포트로서 사용될 경우, 개별적인 비트 제어가 가능하기 때문에 입출력 방향을 설정하는 DDRx(Data Direction Register), 데이터 출력에 해당하는 PORTx 데이터 레지스터(Data Register)를 사용하여 LSDM의 점등 데이터를 읽기/쓰기 한다. <그림 4>는 최적화한 레지스터 구성의 초기 값을 나타낸 것이다. LSDM의 입출력 신호 흐름 제어를 위한 데이터는 DDRx와 PORTx의 설정 값에 따라서 입출력 데이터의 방향과 출력을 설정하였다.

DDRx 레지스터에서는 0부터 7까지 8개 비트를 이용하여 각 비트 값이 0이면 입력, 1이면 출력으로 설정한다. PORTx 레지스터는 포트에 출력할 논리 값을 저장하고, DDRx 레지스터의 DDRxn 비트가 어떻게 설정되어 있는지 PINxn 레지스터(Port Input Pins Register) 비트를 이용하여 해당 포트 핀의 상태 값을 로드하도록 설계하였다. 이때, PINxn 레지스터 비트는 입출력 값을 최적화하기 위하여 0 또는 1이 아닌 중간상황이 지속되는 현상을 피하도록 동기화 시킨 클록을 사용한다. 다음 <표 1>은 LSDM에서 점등제어하기 위한 데이터 신호처리를 위해 사용하는 PORTx 데이터 레지스터의 값을 설정하여 나타내었다.

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
DDRx	DDx7	DDx6	DDx5	DDx4	DDx3	DDx2	DDx1	DDx0
read / write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
initial value	0	0	0	0	0	0	0	0

bit	7	6	5	4	3	2	1	0
PORTx	Px7	Px6	Px5	Px4	Px3	Px2	Px1	Px0
read / write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W
initial value	0	0	0	0	0	0	0	0

<그림 4> LSDM 점등 신호 제어 레지스터  
<Fig. 4> LSDM lighting signal control register

<표 1> PORTx 데이터 레지스터 값  
<Table 1> PORTx data register value

DDRx	PORTx			
	~row[1]	~row[2]	~row[3]	~row[4]
0xff	0xff	0xdd	0x01	0xee
	0x01	0x55	0xff	0xaa
	0xff	0x55	0x80	0xaa
	0x80	0x55	0xff	0xaa
	0xff	0x55	0x01	0xaa
	0x01	0x55	0xff	0xaa
	0xff	0x55	0x80	0xaa
	0x80	0x77	0xff	0xbb

PORTx 레지스터를 비트별로 출력하여 행단위의 점등제어 데이터로 사용하기 위해 DDRx 레지스터의 값은 0xff로 지정을 하고, PORTx 레지스터의 출력 데이터 값을 지정하여 주기적인 펄스 출력에 의하여 제어할 수 있도록 설계한다.

### 3. LSDM 클록 신호 제어용 타이머/카운터

LSDM 점등제어 시스템은 LSDM과 ATmega128을 부담 없이 제어하기 위해서 동기화에 의한 주기적인 펄스 출력이 필요하다. LSDM 제어 로직의 동작은 타이머/카운터 부에서 소비전력을 감소시키기 위하여 각 부분에 별도의 클록을 공급하고, 개별적으로 슬립모드를 이용하여 클록의 공급을 차단한다. 별도의 클록을 사용할 때, 제어로직의 안정적인 동작을 위해 주파수가 급변하지 않도록 하고, 타이머/카운터의 초기 상태는 사용자 환경에 맞게 ISP 기능이나 병렬 프로그래머를 사용하여 다른 내용으로 변경시켜 사용할 수 있게 한다.

LSDM 제어로직에서 항상 동일한 주파수를 사용과 전력 소비를 줄이기 위해 XDIV(XTAL divide control register)를 사용하고, 초기 값을 0x90으로 설정한다.

<그림 5>는 분주 제어를 위한 XDIV의 기본 설정 값을 나타내었다. LSDM 제어로직에서 사용하는 클록 소스는 16MHz이므로 비트 7은 제어 로직의 동작 중에도 제어 프로그램에 맞게 클록 주파수 설정을 활성화 시키도록 1의 값을 설정하고, 비트 6에서 비트 0까지는 제어로직을 128분주로 주파수 설정을 하여 사용하기 위해 분할 인수 값을 0x01으로 한다.

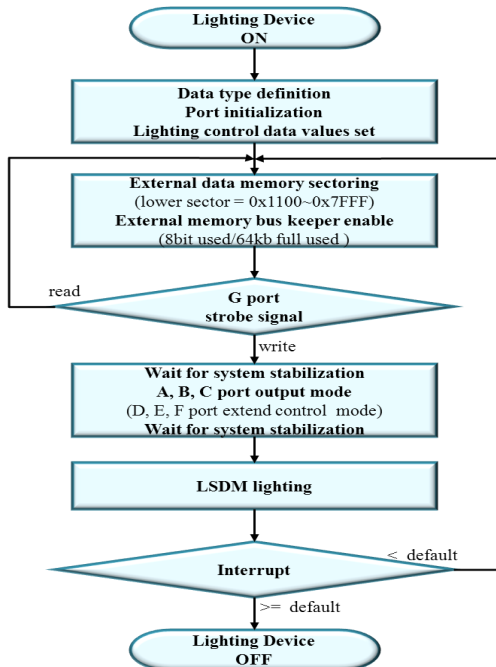
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	XDIVEN	XDIV6	XDIV5	XDIV4	XDIV3	XDIV2	XDIV1	XDIV0	XDIV
Read/write	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	r/w	
Initial value	1	0	0	0	0	1	0	0	

(그림 5) XDIV 기본 설정 값  
(Fig. 5) The XDIV default setting value

#### 4. LSDM 점등제어 알고리즘

본 논문에서 제안하는 점등제어 시스템은 저가격으로 구성이 적합한 동적(Dynamic) 구동 방식의 LSDM을 사용하여 점·소등 제어가 가능하도록 설계하였다. 다음 <그림 6>은 LSDM 점등제어 시스템에서 사용하는 LSDM의 동작 상태를 확인하기 위한 제어 프로그램의 흐름을 나타내었다.

LSDM 점등제어 프로그램의 흐름은 LSDM 입출력 데이터의 유형을 정의하고, I/O 포트를 초기화 하여 조명 데이터 값을 설정한다. 데이터 메모리를 사용하기 위하여 로우 섹터 0x1100 에서 0x7FFF를 지정하고, 64kb 전체를 사용하기 위해 메모리 버스 키퍼를 활성화 한다. 포트 G의 스트로브 신호가 읽기 상태이



(그림 6) LSDM 점등제어 프로그램 흐름  
(Fig. 6) LSDM lighting control program flow

면 섹터 지정과 버스 키퍼 활성화를 하고, 쓰기 상태이면 동기화 신호 처리를 통한 시스템 안정을 유지시킨다. 동기화 신호처리 후, 포트 A, B, C를 출력 모드로 변경하고, 시스템 안정화를 위하여 딜레이 시켰다가 LSDM의 점등 제어를 시작한다. 이때, 포트 D, E, F는 LSDM이 추가적으로 확장 되었을 때, 입출력 포트의 제어를 위해 사용 여부를 결정한다. 마지막으로 인터럽트의 발생 여부를 확인하여 기준 값 이하이면 메모리의 섹터 분할과 버스 키퍼 설정부터 진행하고, 그렇지 않으면 LSDM을 소등한다.

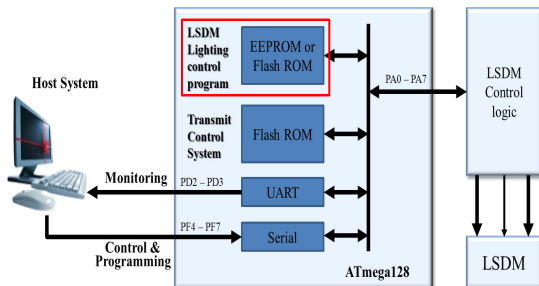
### III. 실험결과

본 논문에서는 제안한 점등제어 시스템과 기존의 점등제어 시스템의 LSDM 제어로직을 비교하여 분석 하였다. 기존의 LSDM 제어로직은 나트륨램프와 메탈할라이드 램프를 이용한 점등방식에서 도로조명의 등기구를 LSDM으로 교체한 것이다. 또한, 사용된 LED 모듈은 라인형태나 배열형태로 배치하여 점등하기 때문에 MCU를 필요로 하지 않으며, 조도를 측정하여 단순히 점등 및 소등 기능만을 구현한 방식으로 점등제어를 한다. 그 이유로 도로조명은 주변의 조도에 비하여 과도한 휘도로 점등하는 경우에 불필요한 전력이 소모되는 경우가 발생하게 된다. 제안한 LSDM 제어로직은 LED모듈을 매트릭스 형태로 배치하여 PWM(Pulse Width Modulation)을 이용하거나 점등패턴의 변화를 이용하여 휘도를 조절할 수 있도록 MCU를 사용하였기 때문에 도로조명 주변의 온도, 습도, 조도, 차량 및 보행자의 통행량 등과 같은 요소를 기반으로 하여 점등제어를 한다.

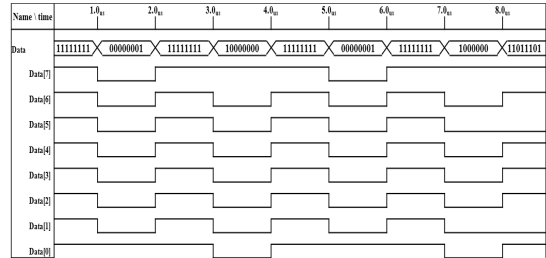
본 논문에서는 효율적인 점등제어 시스템의 LSDM 제어를 위해 제어로직을 설계 하였고, 디바이스 드라이버와 LSDM을 동작 시킬 수 있는 제어 프로그램을 작성하였다. 작성된 드라이버와 프로그램은 점등제어 시스템에 다운로드하기 위하여 시리얼 포트를 이용한 RS232C 통신과 미니콤(minicom)을 이용하여 환경 설정을 하였다. 또한, 이더넷을 이용하여 호스트 PC와의 tftp(trivial file transfer

protocol) 환경을 설정하고 전송하였다. 컴파일러가 동작하는 호스트 PC와 생성된 실행 파일이 동작하는 시스템이 다르기 때문에 크로스 컴파일러를 이용하였으며, 점등제어 시스템을 구성하기 위해 부트 로더를 컴파일하고 다운로드하였다. 커널과 파일시스템, 디바이스 드라이버를 컴파일하고 점등제어 프로그램을 작성하였다. 그리고 호스트 PC에서 이더넷 또는 시리얼을 통해 점등제어 시스템에 다운로드하여 점등제어 상태를 확인하였다. <그림 7>은 실험환경을 나타내고 있다. 호스트 PC와 점등제어 시스템을 시리얼로 연결하여 LSDM을 동작시켰으며, 다른 장소의 클라이언트 PC에서도 네트워크를 통해 LSDM의 동작을 제어할 수 있도록 실험환경을 구성하였다. LSDM은 8×8 도트형태로 구성하고 동적 구동 방식을 사용하여 점등 및 소등제어를 하였다.

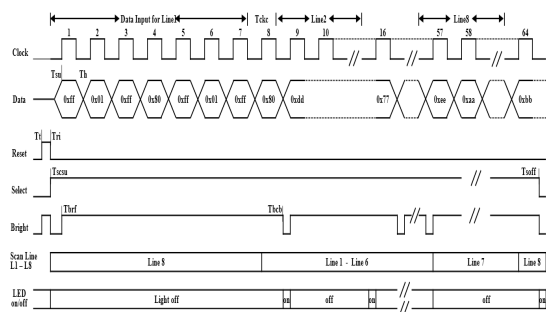
또한, LSDM 점등제어 프로그램의 동작으로 입출력 되는 LSDM 점등신호 데이터 값이 LSDM 제어로직에서 효율적으로 제어하여 점등제어가 되는지 상태를 확인하였다. 점등제어 데이터는 효율적으로 사용자의 요구에 의해 언제든지 변경할 수 있도록 적용하였고 LSDM 제어를 위한 데이터 입력을 확인하였다. <그림 8>은 LSDM 점등제어 알고리즘의 적용으로 ATmega128의 PORTx를 통하여 LSDM 제어로직으로 입력되는 점등제어 데이터의 타이밍도를 나타내었다. 점등제어 데이터는 <표 1>의 신호제어를 위한 레지스터 값에서 ~row[1]의 값을 나타내며, row[1]부터 row[4]까지 순차적으로 데이터가 입력되도록 하였다.



<그림 7> 실험환경  
<Fig. 7> Experiment environment



<그림 8> LSDM 제어 데이터  
<Fig. 8> LSDM control data



<그림 9> LSDM 동작 타이밍도  
<Fig. 9> LSDM movement timing chart

<그림 9>는 LSDM 점등제어 알고리즘에 의해 ATmega128로부터 입력되는 제어 데이터를 기준으로 LSDM 시스템 제어 상태를 실험한 결과의 타이밍도로 나타내었다.

LSDM에 데이터 입력 및 표시를 위한 클럭 신호를 입력하고, LSDM을 점등시키기 위해 PORTx를 통해 데이터를 입력 받고, 카운터 값을 초기화하기 위해 리셋 신호 “H”를 입력하였다. 이때, 리셋신호가 “L”로 입력되어도 저장된 데이터는 삭제되지 않는다. 데이터 입력 제어는 선택 신호를 입력하여 “H”이면 데이터 입력 및 표시를 하게 되고, “L”이면 데이터 입력은 기억된 데이터를 사용하지 않도록 설정 및 표시를 하게 된다.

점등제어를 위한 선택신호 “H”가 입력되면

LSDM의 휘도는 PWM에서 펄스폭을 조절하여 휘도제어가 가능하기 때문에 *tckc*의 펄스폭을 결정하여 제어 하였다. LSDM은 동적 구동 방식을 이용하여 점등 및 소등상태 확인을 위한 신호를 입력 받고, 신호가 입력되는 동안은 LSDM이 소등되는 결과를 얻을 수 있었다.

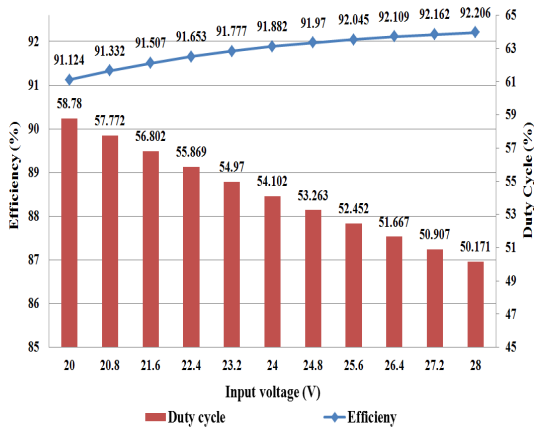
본 논문에서는 제안한 점등제어 시스템과 기존의 점등제어 시스템의 LSDM 제어로직을 비교하여 효율성 및 듀티비와 전원 손실률을 분석하였다.

<그림 10>의 (a)는 기존의 점등제어 시스템에서 사용한 LSDM 제어로직의 효율성과 듀티비를 측정하여 나타내었다. 기존 제어로직의 효율성은 최소 입력 전원이 20V일 때에는 91.124%, 최대 입력 전원이 28V일 때에는 92.206%로 1.08% 증가하여 측정되었고 평균 91.79%의 효율을 얻을 수 있었다. 기존 제어로직의 듀티비는 최소 입력 전원이 20V일 때에는 58.780%, 최대 입력 전원이 28V일 때에는

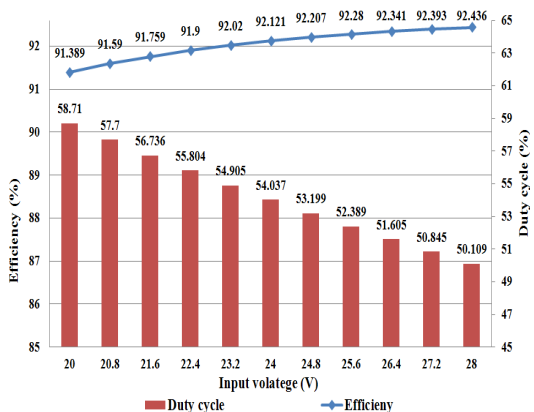
50.171%로 14.64% 감소하여 측정되었고 평균 54.25%의 듀티비를 얻을 수 있었다.

<그림 10>의 (b)는 제안한 점등제어 시스템에서 사용한 제어로직의 효율성과 듀티비를 측정하여 나타내었다. 제안한 제어로직의 효율성은 최소 입력 전원이 20V일 경우에 91.389%, 최대 입력 전원이 28V일 경우는 92.436%로 측정되어 1.14%가 증가하였고, 평균 92.03%의 효율을 얻을 수 있었다. 제안한 제어로직의 듀티비는 최소 입력 전원이 20V일 경우에 58.71%, 최대 입력 전원이 28V일 경우는 50.109%로 측정되어 14.65% 감소하였고, 평균 54.18%의 듀티비를 얻을 수 있었다.

<그림 11>은 기존의 점등제어 시스템과 제안한

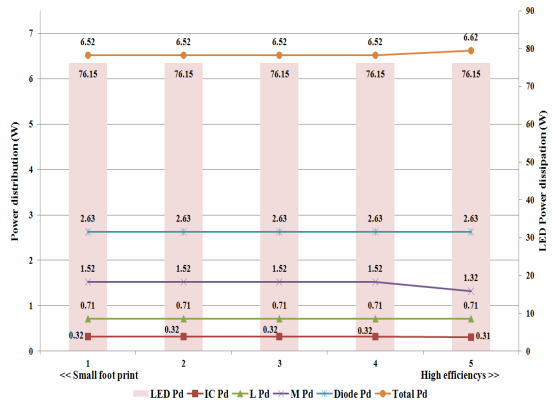


(a) 기존 제어로직  
(a) Existing control logic



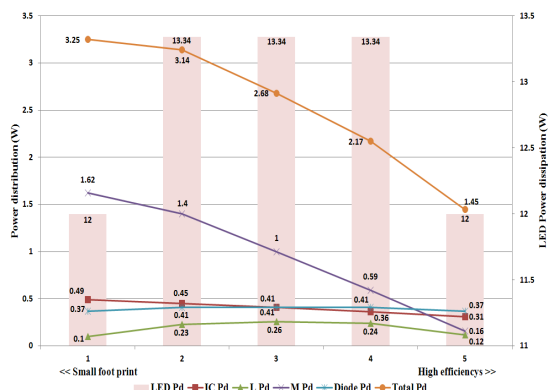
(b) 제안 제어로직  
(b) Proposed control logic

<그림 10> 효율성과 듀티 사이클  
(Fig. 10) Efficiency and duty cycle



(a) 기존 시스템의 전력 손실률

(a) Power dissipation existing system



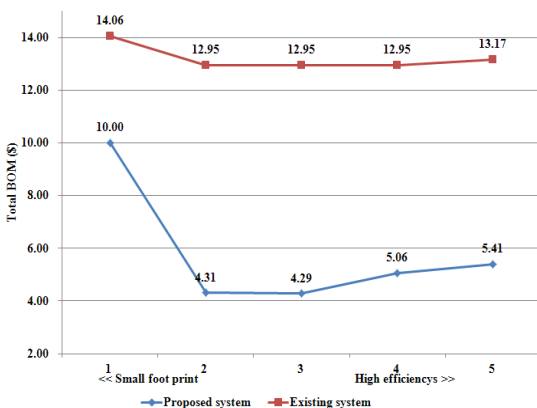
(b) 제안한 시스템의 전력 손실률

(b) Power dissipation proposed system

<그림 11> 시스템의 전력 손실률  
(Fig. 11) Power dissipation of system

점등제어 시스템의 점유면적 대비 효율성에 대한 전력 손실률을 비교한 결과 그래프이다. 측정한 전력 손실률의 평균값을 비교한 결과, IC 전력 손실(IC Pd)은 0.086W 증가하였으나 LED 전력 손실(LED Pd)은 76.15W에서 12.80W로 63.34W 감소하였고, 전체 전력 손실(Total Pd)은 평균 6.54W에서 2.53W로 4.01W 감소하였다. 제어로직의 전력 손실률 비교결과를 보면 기존 제어로직에 비하여 제안한 제어로직의 전력 손실률이 61.19%가 감소되어 전력손실 감소에 효과적인 결과를 얻었다.

<그림 12>는 기존의 점등제어 시스템과 제안한 점등제어 시스템의 제어로직 개발 비용을 점유면적 대비 효율성에 대하여 비교한 결과 그래프이다. 제어로직의 BOM 비용은 점유면적보다 효율성을 우선적으로 고려하여 산정 하였다. 기존 시스템의 제어로직은 점유면적에 비중을 두면 \$14.06가 소요되었지만, 효율성을 비중을 두면 \$13.17가 소요되어 \$0.89의 차이를 보였고, 평균 \$13.21의 비용이 소요되는 것으로 확인 되었다. 반면, 제안된 시스템의 제어로직은 점유면적에 비중을 두면 \$10가 소요되었지만, 효율성에 비중을 두면 \$5.41이 소요되어 \$4.59의 차이를 보였고, 평균 \$5.81가 소요되는 것으로 확인되었다. 결과적으로 효율성에 비중을 두어 제어로직을 개발하면 평균적으로 기존보다 약 56%의 개발비용 절감 효과를 얻을 수 있었다.



<그림 12> 시스템의 총 BOM 비용  
(Fig. 12) Total BOM cost of system

#### IV. 결 론

본 논문에서는 AVR 기반의 LSDM 제어를 위한 효율적인 점등제어 시스템을 설계할 것을 제안하였다. 기존의 점등제어 시스템의 문제점을 보완하기 위하여 점등제어 시스템에 최적의 운영환경을 제공하는 임베디드 리눅스와 파일시스템을 다운로드 하고, PC와 점등제어 시스템은 시리얼 포트로 LSDM 점등제어 프로그램을 에뮬레이터를 이용해서 시스템에 다운로드 시켰으며, 점등제어 프로그램을 실행시켜 LSDM의 점등제어 상태를 실험하였다. LSDM 점등제어 알고리즘에 의하여 제어로직에서 입출력되는 LSDM 점등 제어 신호 데이터 값은 제어로직에서 효율적으로 제어되었고, 점등제어 상태를 확인하여 입력 전원에 대한 효율성과 듀티비를 측정하여 결과를 분석 하였다.

본 논문에서 제안한 점등제어 시스템이 기존의 점등제어 시스템보다 효율적으로 제어 신호를 처리하여 기존 제어로직보다 제안한 제어로직의 전력 손실률이 61.19% 감소하였고, 에너지 소모 감소에 효과가 있음을 입증하였다. 또한, 시스템 설계 및 구축에 따른 개발비용 절감 효과를 얻을 수 있었다. 제안한 점등제어 시스템의 활용은 기존 나트륨램프와 메탈할라이드 램프를 이용한 점등제어 방식의 시스템이 가지는 한계를 극복할 수 있는 미래 도로 조명 관리 시스템의 전환을 대비할 수 있을 것으로 판단된다. 그리고 LSDM 제어로직은 MCU를 사용하여 점등제어를 하기 때문에 지그비 통신 방식을 이용한 센서 네트워크를 구성하여 조명기구 주변의 차량 및 보행자의 통행량, 온도, 습도, 조도, 환경정보 등과 같은 다수의 요소를 실시간으로 모니터링을 하여 상황에 따른 점등제어를 할 수 있도록 활용이 가능하다.

향후에는 LED 도로조명 점등제어 시스템의 활용도를 높이기 위해 유비쿼터스 환경 기반의 네트워크를 이용하여 관리자가 간편하게 언제 어디서나 도로조명의 주변 상황에 적극 대처할 수 있는 점등제어 방식과 네트워크의 활용으로 도로조명에 지그비 통신 방식을 이용한 다수의 센서노드를 추가하



여 고속도로와 일반도로의 이용 빈도에 따른 점등 제어 알고리즘과 지형 및 지역 특성을 고려한 점등 제어 알고리즘을 개발하여 효율적인 도로조명 관리 체계를 확립하는 연구가 수행되어야 한다.

### Acknowledgment

본 연구는 지식경제부와 한국전자통신연구원의 시스템반도체 설계인력양성(칩설계 공동연구)으로 수행된 연구결과임.

### 참고문헌

[1] 한국조명기술연구원, “우려되는 도로조명, 대안은 없나”, <http://www.kilt.re.kr>, 2006  
 [2] 이상진, 이민욱, 김훈, “도로종류에 따른 조명 전력 허용기준( $[W/m^2]$ ) 제안”, *한국조명·전기설비학회*, *한국조명·전기설비학회지*, 제25권, 제12호, pp.42-47, 2011. 12.

[3] 한수빈, 박석인, 송유진, 정학근, 정봉만, 김규덕, “최근의 LED구동 IC의 종류 및 특성”, *한국조명·전기설비학회*, *한국 조명설비학회 추계 학술대회 논문집*, pp.105-107, 2008.  
 [4] Borbély, A., A. Sámson, and J. Schanda. “The Concept of Correlated Color Temperature Revisited,” *Color Research & Application*, vol. 26, no. 6, pp.450-457, 2001.  
 [5] H. Broeck, G. Sauerlander, and M. Vendt, “Power Driver Topologies and Control Schemes for LEDs,” *Proc. IEEE Appl. Power Electron. Conf. (APEC)*, pp.1319-1325, 2007.  
 [6] Y. Hu and M. Jovanovic, “LED Driver With Self-Adaptive Drive Voltage”, *IEEE, Trans. on Power Elec.*, vol. 23, no. 6, pp.3116-3125, 2008.  
 [7] S. Hui, S. Li, X. Tao, W. Chen, and W. Ng, “A Novel Passive Offline LED Driver With Long Lifetime”, *IEEE, Trans. on Power Elec.. vol. 25, no. 10*, pp.2665-2672, 2010.  
 [8] 이응혁, 장문석, 장영건, *ATmega128 마이크로컨트롤러 프로그래밍과 인터페이싱*, ITC, 2009.

### 저자소개



**홍 성 일 (Hong, Sung-Il)**

2007년 2월 : 세명대학교 컴퓨터과학과 이학사  
 2009년 8월 : 세명대학교 교육대학원 교육학석사  
 2012년 8월 : 세명대학교 대학원 전산정보학과 박사과정 수료(컴퓨터학 전공)  
 주관심분야 : SOC CAD, CAD알고리즘, USN, RTOS 및 내장형시스템



**인 치 호 (Lin, Chi-Ho)**

1985년 : 한양대학교 공과대학 전자공학과 공학사  
 1987년 : 한양대학교 대학원 공학석사(CAD 전공)  
 1996년 : 한양대학교 대학원 공학박사(CAD 전공)  
 1992년 ~ 현재 : 세명대학교 컴퓨터학부 교수  
 주관심분야 : SOC CAD, ASIC설계, CAD알고리즘, SOC설계, RTOS 및 내장형시스템