

LCD 백라이트를 위한 LED 드라이브 시스템의 고성능 제어

(High Performance Control of LED Drive System for LCD Backlight)

고재섭* · 정동화**

(Jae-Sub Ko · Dong-Hwa Chung)

Abstract

This paper proposes high performance control of light emitting diode(LED) drive system for liquid crystal display(LCD) backlight. The CCFL(cold cathode fluorescent lamp)was used to a conventional LCD backlight. Due to improvement on luminous efficiency, long life and wide color gamut, LED has gradually substituted for CCFL as backlight. The backlight using LED is necessary to use many LED. For that reason, the LED backlight is using a lot of LED driving circuits. The many LED driving circuit is generated a current deviation between LED. Eventually, it is caused brightness deviation between LED. Therefore, this paper improves the current deviation using transformer and balancing capacitor to solve this problem. Also, for accurate and uniform brightness control, this paper is applied the artificial intelligent control to a dimming control. This paper is compared with conventional system, and validity of this paper proves through that result.

Key Words : LED, LCD, CCFL, Backlight, High Performance, Drive System

1. 서 론

최근 전자 사회는 멀티미디어 정보 사회로 급속하게 발전되고 있다. LCD(Liquid Crystal Display) 평면 디스플레이 시장은 고속 성장하는 시장 중 하나이다. [1-2]. LCD는 액체수정 소자가 그 자체로서 빛을 발

할 수 없기 때문에 백라이트 장치가 필요하다. LCD 백라이트에서는 멀티 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)이 많이 사용되었으나 충분한 백라이트를 제공해 줄 수 있는 방식이 필요했다. CCFL 백라이트 드라이브의 효율과 품질을 개선하는 다양한 방식이 제시되었다[3-5]. 근래에는 발광효율을 개선하고 수명이 길고 광범위한 전역 색을 낼 수 있는 LED(Light Emitting Diode)가 백라이트로서 CCFL을 대체하여 점차 사용되고 있다[6-9]. LED를 이용한 백라이트 드라이브 시스템이 개발되고 시장에 출시되었으나 더욱 전력소비의 감소, 신뢰성과 이용성의 개선, 전 시스템의 가격을 저렴하게 하는 요구가 강해졌다. 그러나 LED는 친환경에 적합하고 수명이 길고 전력이

* 주저자 : 순천대학교 박사과정
** 교신저자 : 순천대학교 전기제어공학과
* Main author : Suncheon National Univ, Ph.D.
** Corresponding author : Suncheon National Univ,
Department of Electric Control Engineering
Tel : 061-750-3543, Fax : 061-752-1103
E-mail : hwa777@suncheon.ac.kr
접수일자 : 2012년 3월 2일
1차심사 : 2012년 3월 7일
심사완료 : 2012년 7월 16일

소비가 적은 장점으로 인해 시장에서 매력을 끌고 있다.

국내 LED 산업경쟁력은 LED 관련 기술력이 선진국 대비 80% 수준이며 패키지 기술은 선진국 대비 85%이나, 원천기술인 백색 LED 구현 기술은 취약하다. LED 제조원가의 75%를 차지하는 LED 칩의 국산 채용률은 44%에 불과하여 자급화가 시급한 실정이다. LCD TV용 백라이트에 LED 보급률은 2009년 3% 이하에서 2013년에는 40%까지 증가할 것으로 예상되고 있다. 이 LED를 이용한 백라이트 시장이 급속도로 성장하고 있으며 노트북 PC가 대형 LED를 이용한 백라이트 부분에서 선두 어플리케이션이기 때문에 2012년에는 새로운 노트북 모델 100%가 LED를 백라이트로 채택할 것으로 전망된다. 모든 어플리케이션의 대형 LED를 이용한 백라이트 출하량은 2009년 8,490만 대에서 2013년에는 4억 3,480만 대로 증가할 것이며, 10인치 이상의 TFT LED 패널 54.3%에 LED가 백라이트에 사용될 것으로 예상된다.

종래의 LED를 이용한 백라이트는 다수의 LED를 사용하여 LED 모듈 간 전류오차 발생한다. 그리고 DC-DC 컨버터를 사용하여 능동 소자 및 IC 사용의 증가로 단가가 상승한다. 또한 복수의 제어단을 구성하여 전력변환효율을 저하시키는 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 이러한 종래의 문제점을 해결하기 위하여 변압기를 이용한 전력변환으로 소형화를 하고 가격을 저렴하게 한다. 그리고 균형 커패시터를 사용하여 간단한 정전류 회로를 구성하여 전류오차를 줄인다. 또한 정밀하고 균일한 밝기 제어를 위하여 인공지능제어 기법을 적용한 디밍제어를 하여 성능을 향상시킨다. 따라서 LCD 백라이트를 위한 LED 드라이브 시스템의 고성능 제어를 제시한다. 실제 드라이브 시스템을 구축하고 성능을 분석한 다음 본 논문의 타당성을 입증하기 위하여 종래의 방식과 비교한다.

2. LED 드라이브 시스템

LED는 일반적인 다이오드와 마찬가지로 전류구동 소자로서 바이어스가 인가되면 흐르는 전류량에 따라 빛의 세기가 그림 1과 같이 다르게 나타난다. 따라서 LCD 백라이트의 광원으로 사용되는 LED는 각각의

밝기가 모두 동일해야 LCD 패널의 전체적인 밝기가 균일하기 때문에 각각의 LED에 동일한 전류를 흐르도록 제어해야 한다.

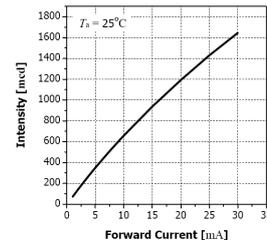


그림 1. LED 전류에 따른 밝기
Fig. 1. Intensity with LED current

LED 구동회로는 정전류를 만들어 모든 LED에 같은 전류를 흐르도록 하여 균일한 밝기를 갖도록 제어해야 한다. 따라서 LED에 흐르는 전류를 생성하는 회로의 구조에 따라서 성능이 다르게 나타난다. LED를 구동하는 방법은 전원전압과 저항을 이용한 전압구동 방법과 정전류원을 이용한 전류구동 방법이 있다. LED의 전압 및 전류구동은 그림 2와 같다[10].

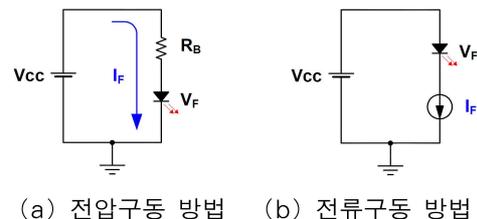


그림 2. LED 구동방법
Fig. 2. Drive method of LED

3. 제시한 LED 드라이브 시스템

제시한 전체 LED 드라이브 시스템은 그림 3과 같다. 전원에서 DC-DC 컨버터를 변압기로 교체하고 균형 커패시터를 이용하여 전류오차를 최소화한다. 주 제어기에서 인공지능제어를 이용한 디밍제어를 하여 정밀하고 균일한 밝기를 제어한다.

기존 LED 백라이트 구동회로는 특성이 다른 LED의 정전류 제어를 위해 Linear regulator, Current mirror 또는 비절연형 DC/DC 컨버터와 같은 전류 제

어단을 필수적으로 적용한다. 이와 같은 구동시스템은 PFC, DC-DC 컨버터, 전류제어의 3단계 제어를 사용하기 때문에 전력변환 효율이 저하되는 단점이 있다. Linear regulator와 Current mirror가 구성된 방식은 스위칭 소자의 선형영역 동작에 따른 전력 손실 및 발열이 매우 심각한 단점이 있다. 또한 LED 어레이마다 적용되어야 하는 전류 제어단은 구동회로의 전력밀도를 저하시키고 제조 원가를 상승시키는 문제점이 있다. 따라서 본 연구에서는 직렬접속회로의 전류평형을 이용하여 LED 어레이의 전류편차를 개선하는 제어방법을 제시한다.

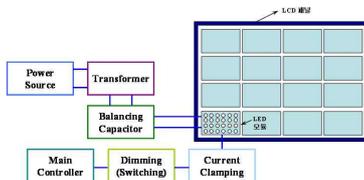


그림 3. 전체 LED 드라이브 시스템
Fig. 3. Overall LED drive system

그림 4는 직렬접속회로의 전류평형 원리를 나타내는 회로이다. 드라이브 단을 이용해 램프를 구동하기 위한 전압을 발생시키고 T1-T3은 전류평형 변압기로서 2차측이 직렬 연결되어 있는 동일한 권선비의 전 평형 변압기 T1-T3을 이용해 특성이 다른 LED 어레이의 전류를 동일하게 제어한다. 변압기의 2차 측은 모두 직렬 연결되어 있으므로 같은 크기의 전류가 변압기의 2차 측에 흐르게 되고 변압기의 권수비가 동일할 경우 1차 측에는 동일한 크기의 전류가 LED에 흐르게 된다.

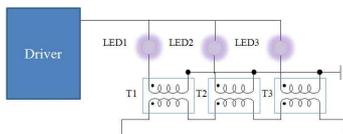


그림 4. 직렬접속회로의 전류평형
Fig. 4. Current equilibrium of series connected circuit

스위칭 주기에 따른 전류편차를 개선하기 위하여 커패시터의 전류-시간 곱 평형 원리를 이용한다[11]. 커패시터의 전류-시간 곱 평형은 정상상태에서 컨버터의 한 스위칭 주기 동안 커패시터 전압의 총 변화량은 “0”이 되는 원리이다. 식 (1)은 커패시터의 전압변화를 나타내는 식으로 전류-시간 곱 평형원리에 따라 왼쪽 항이 “0”이 된다.

따라서 평형 상태에서 한 주기 동안 커패시터 전류의 적분은 “0”이 되어야 한다. 이 때 적분값은 전류시간 또는 전하량의 단위를 가지고 정상상태에서 커패시터 전하량의 변화는 없으며 이에 대한 식은 다음과 같다.

$$V_c(t + T_s) - V_c(t) = \frac{1}{C} \int_t^{t+T_s} i_c(t) dt \quad (1)$$

$$0 = \frac{1}{T_s} \int_t^{t+T_s} i_c(t) dt = i_c \quad (2)$$

여기에서 T_s 는 스위칭 주기, C 는 커패시터 용량, i_c 는 커패시터 전류, V_c 는 커패시터 전압을 나타낸다.

그림 5는 본 연구에서 개발한 LCD 백라이트를 위한 LED 구동시스템을 나타낸다. PFC(Power Factor Corrector)에 연결된 변압기의 1차측을 직렬로 연결하여 동일한 전류가 흐르게 되어 LED에 전류를 공급하는 2차측의 전류를 균일하게 제어한다. 또한 변압기의 2차측에 균일 커패시터를 부착하여 스위칭 주기에 따른 LED 어레이간의 전류 편차를 개선한다. LED 모듈의 밝기는 디밍제어 블록에서 PWM 신호에 의해 제어를 수행한다.

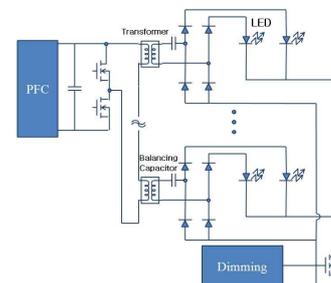
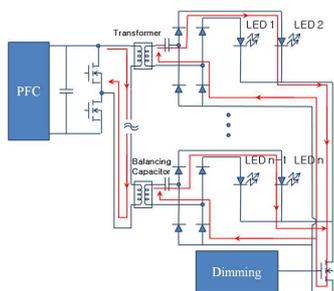
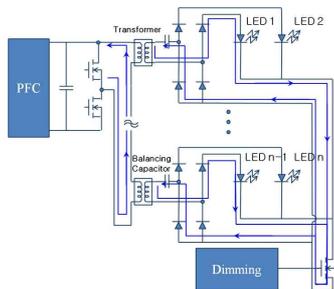


그림 5. 제시한 LED 드라이브 시스템
Fig. 5. Proposed LED drive system



(a) 0 ~ t의 전류 경로



(b) t ~ Ts의 전류 경로

그림 6. LED 드라이브 시스템의 동작 상태에 따른 전류경로

Fig. 6. Current path with action state of LED drive system

본 논문에서 제시한 LCD 백라이트를 위한 LED 구동시스템의 기본적인 동작은 그림 6과 같다. n개의 변압기 1차 측 인버터단의 전체 동작 주기의 반주기 동안 그림 6 (a)와 같이 변압기 1차측에 전류 경로가 형성된다. 변압기의 1차측은 직렬로 연결되어 있기 때문에 같은 크기의 전류가 1차측에 흐르게 된다. 변압기의 권수비가 n : 1로 동일할 경우 2차측에는 다음 식과 같이 동일한 크기의 전류가 변압기의 2차측에 유도된다.

$$I_{LED-2} = I_{LED-4} = \dots I_{LED-n} \quad (3)$$

따라서 전체 LED 어레이를 같은 밝기로 구동할 수 있다. 또한 변압기의 1차측 인버터단의 나머지 반주기 동안에도 그림 6 (b)와 같이 전류의 경로가 형성된다. 나머지 반주기 동안에도 변압기의 1차측은 모두 직렬로 연결되어 동일한 크기의 전류가 흐르게 되고 이에 따라서 2차측 전류도 같은 크기의 전류가 유도된다.

따라서 다음과 같이 모든 LED에 흐르는 전류의 크기가 같아진다.

$$I_{LED-1} = I_{LED-3} = \dots I_{LED-(n-1)} \quad (4)$$

이때 균일 커패시터의 전류-시간 평형에 의해 인버터의 모든 주기에서 전류의 크기가 같다.

$$I_{LED-1} = I_{LED-2} = I_{LED-3} = I_{LED-4} = \dots I_{LED-(n-1)} = I_{LED-n} \quad (5)$$

4. FNN제어를 적용한 디밍제어

LED를 백라이트로 사용하는 장치는 LED의 밝기 제어를 위해 디밍제어를 사용한다. 디밍제어는 사용자의 명령 및 영상 신호에 따라 LED 백라이트의 휘도 및 명암비를 조절할 수 있는 기능을 제공한다. 디밍제어를 위해서는 제어를 위한 사용자의 명령 및 영상 신호에 따라 LED 백라이트의 밝기를 조절하기 위해 현재의 정확한 PWM 제어가 이루어져야 한다. 따라서 본 논문에서는 퍼지제어와 신경회로망을 이용한 FNN(Fuzzy Neural Network) 제어를 통해 PWM 제어를 위한 기준신호를 출력한다.

다음은 FNN 제어기의 설계를 나타낸다. 일반적으로 퍼지 논리제어기의 동적 동작은 전문가의 지식에 기초한 언어제어 룰의 집합에 의해 특성화된다.

$$\text{If } E \text{ is } A_{11} \text{ and } CE \text{ is } A_{12}, \text{ then } U \text{ is } B_1 \quad (6)$$

여기서 E, CE 및 U는 각각 오차, 오차의 변화 및 제어변수를 나타낸다. A_{1n} 은 퍼지의 멤버십 함수 $\mu_{A_n}(x_j)$ 에 의해 특성화된 퍼지변수를 나타내고 B_1 은 실제 일정한 값을 나타낸다. E, CE 및 U의 퍼지집합은 {PB, PM, PS, ZR, NS, NM, NB}이다. 여기서 P, N, B, M, S, 및 ZR는 각각 Positive, Negative, Big, Medium, Small 및 Zero를 나타낸다. 퍼지의 멤버십 함수는 $\mu_{A_n}(x_j) = \exp\left\{-\left[\frac{(x_j - a)}{b}\right]^2\right\}$, ($b > 0$)이다. 요구되는 제어출력을 추론하기 위하여 다음과 같은 간단한 추론방법을 이용한다.

$$U^* = \frac{\sum_{i=0}^m \alpha_i B_i}{\sum_{i=0}^m \alpha_i} \quad (7)$$

$$\alpha_i = \prod_{j=0}^n \mu_{A_{ij}}(x_j) \quad (8)$$

여기서 α_i 는 퍼지 동작과 일치하는 i 번째 룰의 조건의 진리값을 포함하고 B_i 는 퍼지 집합이 아니고 실수이다.

위 추론과정은 연산 NN 구조에 의해 구체화할 수 있으며 또한 If-then 룰의 조건부와 결과부는 비선형성과 학습함수에 의한 다층 NN에 의해 설계된다. 그림 7은 제시한 FNN의 구조를 나타낸다. 여기서 두 개의 입력변수는 오차 e 와 오차의 변화 ce 를 나타내고 하나의 출력은 제어변수 u 이다.

그림 7. FNN 제어기의 구조
Fig. 7. The structure of FNN controller

그림 7에서 층 A_1 과 A_3 사이에 NN은 퍼지룰의 조건부의 구현을 나타낸다. 조건부의 멤버십 함수를 효과적으로 설계하기 위하여 NN 구조를 간단하게 하고 수렴속도를 개선하기 위하여 클러스터링 방법을 적용한다. 표 1은 이와 일치하는 퍼지 제어룰의 집합을 나타내고 퍼지룰 베이스에서 입력공간은 49개의 퍼지 공간으로 나눈다. 룰이 동일한 제어동작을 나타내면 동일한 입력공간으로 군집할 수 있으며 그런 다음 새로운 클러스터와 일치하는 룰은 전문가에 의해 재 설계하고 NN에 의해 구현한다. 퍼지 제어룰의 수는 클러스터링 방법에 의해 매우 감소시킬 수 있고 이러한 구현은 비선형 멤버십 함수를 설계할 수 있으며 신경세포의 시그모이드 특성에 의해 퍼지에 의해 입력공

간을 분할할 수 있다.

표 1. 퍼지룰 표
Table 1. Fuzzy rule table

E \ CE	PB	PM	PS	ZR	NS	NM	NB
PB	PB	PB	PM	PB	PM	PM	PM
PM	PB	PM	PS	PM	PM	PM	PS
PS	PM	PS	PS	PS	ZR	NS	NM
ZR	PB	PM	PS	ZR	NS	NM	NB
NS	PM	PS	ZR	NS	NS	NS	NM
NM	NS	NM	NM	NM	NS	NM	NB
NB	NM	NM	NM	NB	NM	NB	NB

A 층에서 각 신경세포의 출력은 각 공간에서 퍼지 룰의 진리값이며 식 (8)에서 룰 조건부의 진리값 α_i 와 일치한다. 퍼지 클러스터링을 실현하고 첫 오차함수에서 이전 49 룰과 같은 효과를 얻기 위한 FNN 제어기의 훈련이 필요하다. 오차함수는 다음 식과 같이 정의할 수 있으며 이 함수는 입력 데이터의 유무에 대하여 요구되는 분할을 얻을 수 있는 FNN제어기를 결정할 수 있다.

$$E = \frac{1}{2} \sum_{i=0}^r (T_i - O_i)^2 \quad (9)$$

$$T_i = \begin{cases} 1, & (x_1, x_2) \in R' \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

여기서 r 는 클러스터의 수이며($r=7$) T_i 는 어떠한 입력 데이터가 요구되는 클러스터에 속하는지 여부를 결정하는 함수이고 O_i 는 A 층에서 신경세포의 출력이다. 오차함수를 정의한 후, 다음 단계에서 오차를 최소화하기 위하여 오차 BP(Back Propagation)를 이용하여 A_1 과 A_3 층 사이에 가중치 W_{jk} 와 W_{ij} 를 조절한다. 가중치 조절을 통하여 NN(Neural Network)은 클러스터된 퍼지의 조건부를 완전하게 구현할 수 있다.

$$\Delta W_{ij} = -\eta \frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = -\eta \delta_i O_j \quad (11)$$

$$\Delta W_{jk} = -\eta \frac{\partial E}{\partial W_{jk}} = -\eta \delta_j X_k \quad (12)$$

여기서 $\delta_i = (T_i - O_i) f'(U_i)$, $\delta_j = f'(U_j) \sum \delta_i W_{ij}$ 이다. O_j 는 A_2 층에서 신경세포의 출력이고 η 는 학습률이며 $f'(\cdot)$ 는 시스모이드 함수의 미분을 나타내며 U_i 와 U_j 는 각각 A_2 와 A_3 층에서 각 신경세포의 전 입력을 나타낸다. 마지막으로 학습과정 동안 진동을 방지하고 수렴속도를 개선하기 위하여 모멘텀 항에 의한 새로운 조절은 다음과 같이 가정한다.

$$W_{ij}(t+1) = W_{ij}(t) + \Delta W_{ij} + \alpha[W_{ij}(t) - W_{ij}(t-1)] \quad (13)$$

$$W_{jk}(t+1) = W_{jk}(t) + \Delta W_{jk} + \alpha[W_{jk}(t) - W_{jk}(t-1)] \quad (14)$$

여기서 $\alpha(0 < \alpha < 1)$ 는 모멘텀 항이다. 그림 7에서 A_3 와 A_4 사이에 NN은 퍼지룰의 결과부 구현을 나타내며 가중치 W_{ci} 는 식(7)의 B_1 과 일치한다. 학습동안 가중치 W_{ci} 는 다음 오차함수를 최소화하기 위하여 조절한다.

$$E^* = \frac{1}{2} \sum (U^* - U)^2 \quad (15)$$

여기서 U^* 와 U 는 FNN 제어기의 요구출력과 실제 출력을 나타낸다. 일반화 델타룰을 이용하여 가중치 W_{ci} 의 변화분 ΔW_{ci} 는 오차함수의 식(15)을 최소화할 수 있으며 퍼지룰의 결과 부를 재 정의하여 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$\Delta W_{ci} = -\eta \frac{\partial E^*}{\partial W_{ci}} = -\eta \delta_c O_i \quad (16)$$

$$W_{ci}(t+1) = W_{ci}(t) + \Delta W_{ci} + \alpha[W_{ci}(t) - W_{ci}(t-1)] \quad (17)$$

여기서 δ_c 는 FNN 제어기의 출력에 대한 오차신호를 나타낸다.

5. 시스템의 성능결과

그림 8은 LED 드라이브 시스템의 실험 장치를 나타낸다. LED 드라이브의 입력은 AC 220V를 사용하고 LED는 정격전류 100mA 4채널을 사용하였으며 디밍 제어를 위해 TMS320F28335를 사용하였다.

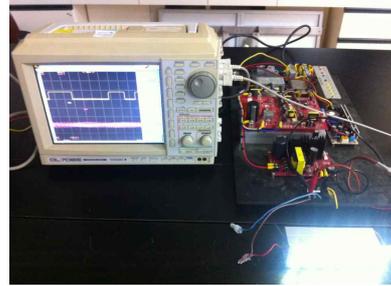


그림 8. LED 드라이브 시스템의 실험 장치
Fig. 8. Experimental equipment of LED drive system

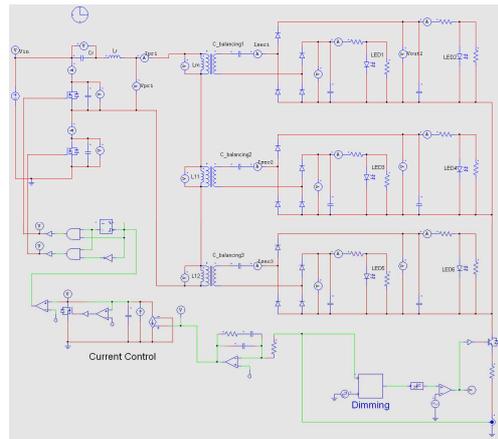


그림 9. LED 드라이브 시스템을 위한 PSIM 회로도
Fig. 9. PSIM circuit for LED drive system

본 논문에서 LED 구동시스템에 대한 성능분석을 위한 PSIM 회로도는 그림 9와 같다. LED에 입력되는 전류를 항상 일정한 값으로 유지하기 위한 전류제어 부분, 밝기 제어를 위한 디밍제어 부분, LED 사이의 전류편차 개선을 위한 변압기와 균일 커패시터 부분,

LED 부분으로 구성되어 있다.

그림 10은 그림 9의 변압기 1차측 스위치의 게이트-소스 전압과 1차측 전류, 2차측 전류를 나타낸다. 1차측 전류는 주 스위치의 스위칭 동작에 따라 전류 정방향과 부방향으로의 전류가 나타난다. 변압기의 2차측 전류는 1차측 전류에 따라서 권선비에 따라 전류의 크기가 감소하며 스위칭 주기에 따라서 정방향과 부방향의 전류의 크기가 동일하게 나타난다.

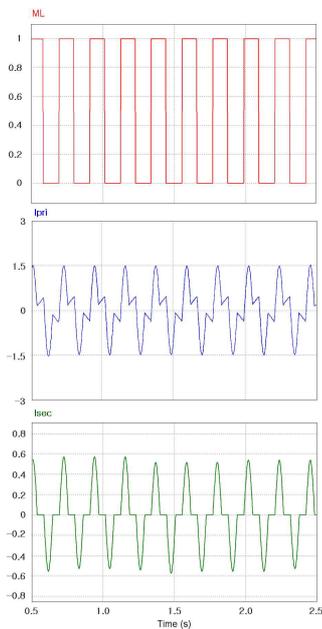


그림 10. LED 드라이브 시스템의 응답특성
Fig. 10. The response characteristics of LED drive system

그림 11은 디밍제어에 대한 응답특성을 나타낸다. 50%의 디밍제어시에 대한 변압기의 1차측 전류와 LED1~4의 전류를 나타낸다. 그림 12 그림 11의 LED 전류를 확대한 그림이다. 변압기와 균일 커패시터에 의해 전류오차가 매우 적게 나타난다.

그림 13은 균일 커패시터를 적용하지 않았을 때 응답특성을 나타낸다. 표 2는 그림 12와 13의 조건에 대한 응답특성 비교를 나타낸다. 본 논문에서 제시한 방법이 종래의 방법에 비해 전류 편차가 현저하게 감소하는 것을 알 수 있다.

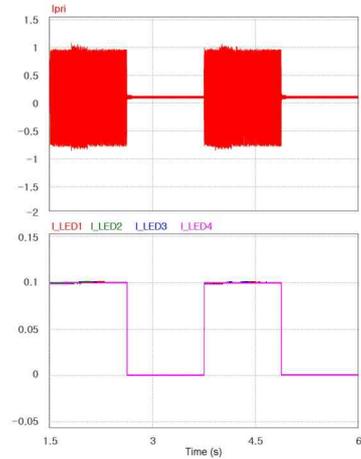


그림 11. 디밍제어에 대한 응답특성(50%)
Fig. 11. The response characteristics of dimming control(50%)

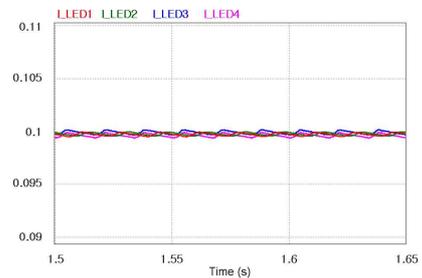


그림 12. 디밍제어에 대한 응답특성(그림 10 확대)
Fig. 12. The response characteristics of dimming control(extension of Fig. 10)

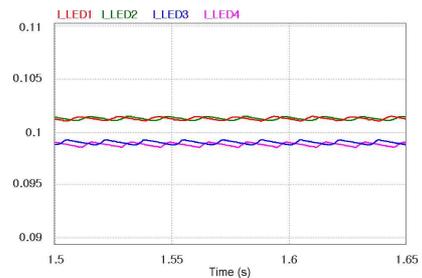


그림 13. 디밍제어에 대한 응답특성(균일 커패시터 미적용)
Fig. 13. The response characteristics of dimming control(no application of balancing capacitor)

그림 14는 본 논문에서 제시한 LED 드라이브 시스템의 실험과형을 나타낸다. 시뮬레이션을 통해 출력된 결과와 유사하게 나타난다.

표 2. LED 어레이 전류편차의 비교
Table 2. The comparison of LED array current error

구분	LED1	LED2	LED3	LED4	평균
균일 커패시터 미적용	3.28%	3.32%	2.92%	3.02%	3.13%
균일 커패시터 미적용	1.52%	1.42%	1.65%	1.44%	1.51%

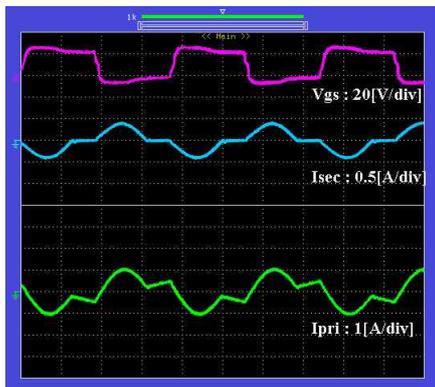


그림 14. LED 드라이브 시스템의 응답특성
Fig. 14. The response characteristics of LED drive system

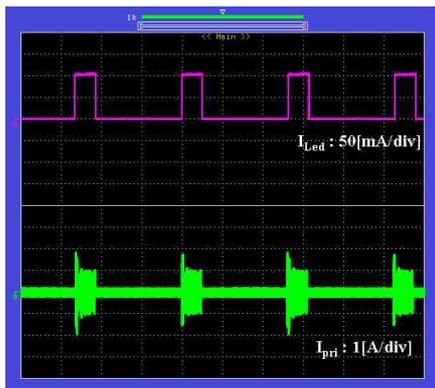


그림 15. 디밍제어의 응답특성(20%)
Fig. 15. The response characteristics of dimming control(20%)

그림 15~18은 디밍 신호가 각각 20, 50, 80, 100%에 대한 실험결과를 나타낸다. 디밍 신호에 따라 LED 모듈의 전류가 PWM 동작을 함으로써 밝기를 제어할 수 있다. 그림 19는 LED 어레이별 전류 비교를 나타낸다. 본 논문에서 제시한 변압기와 균일 커패시터에

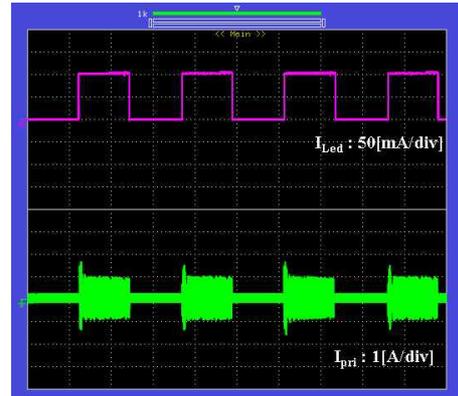


그림 16. 디밍제어의 응답특성(50%)
Fig. 16. The response characteristics of dimming control(50%)

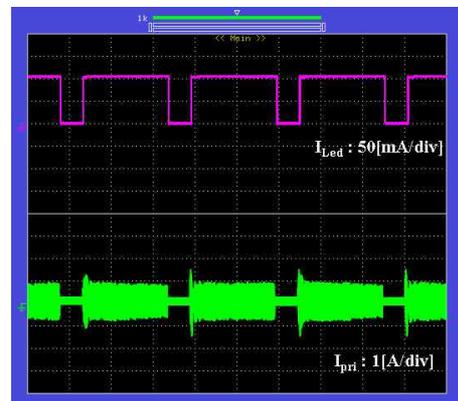


그림 17. 디밍제어의 응답특성(80%)
Fig. 17. The response characteristics of dimming control(80%)

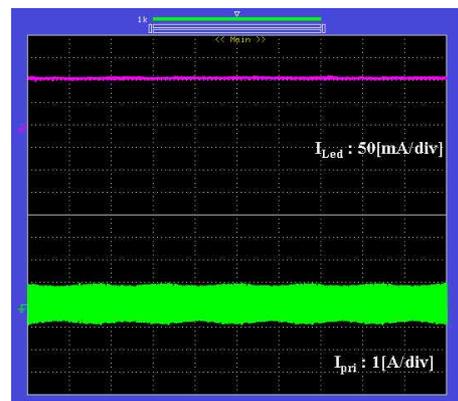


그림 18. 디밍제어의 응답특성(100%)
Fig. 18. The response characteristics of dimming control(100%)

의해 각각의 LED 어레이의 전류가 균일하게 나타나고 있음을 알 수 있다.

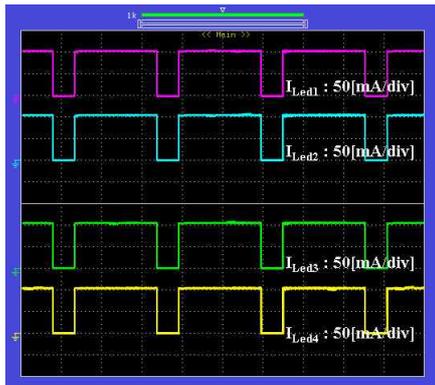


그림 19. LED의 전류 응답특성 비교
Fig. 19. The comparison of response characteristics of LED current

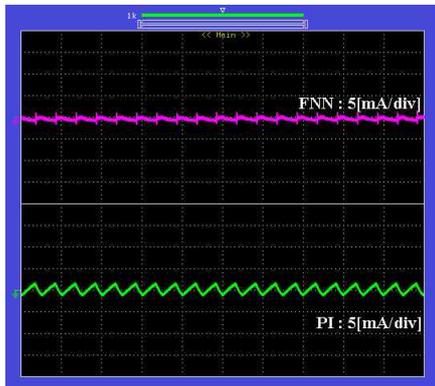


그림 20. 디밍제어에 의한 인공지능 제어의 응답특성
Fig. 20. The response characteristics of artificial intelligent control with dimming control

표 3. 디밍제어에 의한 전류오차의 비교
Table 3. The comparison of current error with dimming control

구 분	PI 제어기	FNN 제어기
오차율	4.34%	1.85%

그림 20은 디밍제어에 의한 응답특성을 나타낸다. 아래 그림은 종래의 PI 제어기에 의한 전류오차를 나타내고 위 그림은 본 논문에서 제시한 인공지능 제어인 FNN 제어기에 의한 전류오차를 나타낸다. 표 3은

디밍제어에 의한 전류오차의 비교를 나타내며 FNN제어기에 의한 오차가 PI 제어기 보다 매우 작게 나타남을 알 수 있다.

6. 결 론

본 논문에서는 LCD 백라이트를 위한 LED 드라이브 시스템의 고성능 제어를 제시하였다. 다수의 LED 어레이 사용에 따른 전류편차 감소를 위해 변압기와 균일 커패시터를 이용한 새로운 드라이브 시스템을 개발하였다. LED 드라이브 시스템을 위해 직렬접속회로의 전류평형 원리를 적용하여 변압기의 1차측을 직렬로 연결하여 2차측의 전류를 균일하게 제어하였다. 또한 주기변화에 따른 전류편차를 개선하기 위해 커패시터의 전류-시간 곱 평형 원리를 적용하였다. LCD의 백라이트는 입력되는 영상 신호 및 사용자 입력에 의해 밝기 제어를 위한 디밍제어를 수행해야 한다.

따라서 본 논문에서는 PWM 디밍제어를 위한 제어 알고리즘을 개발하였다. 퍼지제어와 신경회로망을 접속한 FNN 제어기를 이용하여 보다 정확한 디밍제어를 구현하였다.

본 논문을 통해 제시한 LED 구동시스템은 LED 모듈간 전류편차가 거의 나타나지 않았다. 따라서 본 논문을 통해 제시하고자 하는 LCD 백라이트를 위한 LED 드라이브 시스템의 고성능을 확인하였으며 그 타당성을 입증할 수 있었다.

References

- [1] Y. H. Liu, "Design and implementation of an FPGA-based CCFL driving system with digital Dimming capability," IEEE Trans. IE, vol. 54, no. 6, pp. 3307-3316, 2007.
- [2] H. J. Chiu, S. J. Cheng, "Led backlight driving system for large-scale LCD panels," IEEE Trans. IE, vol. 54, no. 5, pp. 2751-2760, 2007.
- [3] Y. H. Tsai, "Multiple CCFL current balancing scheme for single controller topology," U.S. Patent 6 459 216, Oct. 1, 2002.
- [4] W. H. Lin, C. Y. Chen and D. K. Chang, "Multi-lamp driving system," U.S. 6 534 934 B1, Mar. 18, 2003.
- [5] T. F. Wu, Y. C. Wu and Z. Y. Su, "Design consideration for single-stage electronic ballast with dimming feature,"

- IEEE Trans. IA, vol. 37, no. 5, pp. 1537-1543, 2001.
- [6] A. Konno, Y. Yamamoto and T. Inuzuka, "RGB color control system for LED backlight in IPS-LCD TVs," in Proc. SID'05 Conf., pp. 1380-1383, 2005.
- [7] S. Muthu, F. J. Schuurmans and M. D. Pashley, "Red, green and blue LED based white light generation: Issues and control," in Proc. Ind. Appl. Conf., pp. 327-333, 2002.
- [8] S. Muthu, F. J. Schuurmans and M. D. Pashley, "Red, green and blue LEDs for white light illumination," IEEE Trans. J. Sel. Top. Quant. Electron., vol. 8, no. 2, pp. 333-338, 2002.
- [9] S. Muthu and J. Gaines, "Red, green and blue LED-based white light source: Implementation challenges and control design," in Proc. Ind. Appl. Conf., pp. 515-522, 2003.
- [10] P. Narra, D. S. Zinger, "An Efficiency LED Dimming Approach", Industry Applications Conference, pp. 1671-1676, 2004.
- [11] R. W. Erickson, D. Kaksimovic, "Fundamentals of Power Electronics, 2nd edition", KAP, 2001, pp. 15-22.

◇ 저자소개 ◇



고재섭 (高在涉)

1980년 2월 2일생. 2005년 순천대학교 공대 전기제어공학과 졸업 2007년 2월 순천대학교 대학원 전기공학과 석사과정 졸업. 2007년 3월~동 대학원 전기공학과 박사과정.

Tel : (061)750-3540

Fax : (061)752-1103

E-mail : kokos22@scnu.ac.kr



정동화 (鄭東和)

1955년 8월 15일생. 1979년 영남대 공대 전기공학과 졸업. 1981년 한양대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1988~1989년 현대중전기(주) 기술연구소 책임연구원. 1989년~현재 순천대학교 정보통신공학부 교수.

Tel : (061)750-3543,

Fax : (061)752-9841

E-mail : hwa777@sunchon.ac.kr