

論文 96-33B-1-6

단순 매트릭스 액정 표시기의 계조화 구동에 관한 연구

(A study on the grey scale driving of the simple matrix LCDs)

崔善靜*, 金容得*

(Sun Jung Choi and Yong Deak Kim)

요 약

본 논문에서는 단순매트릭스 액정 표시기의 새로운 계조화 방식으로서 새로운 코드 체계를 사용한 계조화 방식을 제시하였다. 새로운 계조화 방식의 실험 및 특성 평가는 16계조 및 32계조 패턴의 시뮬레이션과 구동 전압의 산출을 통하여 수행하였다. 실험 및 특성 평가 결과로서 3비트 코드 체계, (7,5,3)을 이용한 16계조 모드는 본 논문에서 고찰되는 기존의 계조 표시 모드들과 비교하여 각각 19% 및 9.6% 줄어든 최대 구동 전압을 갖는다. 이러한 구동 전압 특성의 개선 정도는 표시 계조 수가 증가할수록 더욱 증가된다. 한편 계조 패턴의 시뮬레이션을 통한 화질 평가 결과로서 3비트 16계조 모드는 기존 방식과 비교하여 계조 특성을 다소 저하시키나 이러한 특성 저하 정도는 32계조 등 계조 수가 증가할수록 크게 감소된다. 결과적으로 본 논문에서 제시하는 새로운 코드 체계를 이용한 계조화 방식은 계조 특성의 저하를 최소화하면서 구동 전압 특성을 효율적으로 개선할 수 있는 방식임을 확인하였다.

Abstract

In this paper, as a new grey scale method for simple matrix LCDs, the grey scale method using the new code scheme was proposed. The experiment and the characteristic estimation for the new grey scale method were performed by the simulation of the 16 and 32 grey patterns and the calculation of the driving voltages. As a result of the experiment and the characteristic estimation, the 16 grey mode using the 3 bits code scheme, (7,5,3) has the maximum driving voltage which is reduced by 19% and 9.6% each compared with the values in the conventional grey modes discussed in this paper. And the extent of improvement in the driving voltage characteristics is increased much as the number of grey levels increases. On the other hand, as a result of the grey image estimation through the grey pattern simulation, the 3 bits 16 grey mode degrades the characteristics of the grey image more or less compared with the conventional grey method but the extent of this characteristic degradation is much reduced with the increase in the number of grey levels such as 32 grey scale, etc. Consequently the grey scale method using the new code scheme proposed in this paper is confirmed as a method that it minimizes the degradation of grey characteristics and improves the driving voltage characteristics effectively.

I. 서론

최근 단순 매트릭스 액정 표시기의 고화질화를 위한

계조 표시 방법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며^{[1] [2] [3]} 이러한 배경에는 기존 표준화되어 사용되고 있는 프레임 변조 계조 표시 방법 만으로는 화면 표시 주파수가 낮아 최근의 시장 추세인 마우스 대응 및 동화상 구현 등 고속 응답 액정 표시기 실현에 한계가 있어 새로운 계조 표시 방법의 요구가 증가하고

* 正會員, 亞州大學校 電子工學科

(Dept. of Elec. Eng. Ajou Univ.)

接受日字: 1995年8月4日, 수정완료일: 1995年12月29日

있기 때문이다. 따라서 최근에는 오차 확산법을 이용한 공간 변조 계조 표시 방식^[2], 서브 프레임 별로 적용되는 데이터 비트의 가중치에 따라 전압 크기를 조절하는 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식^[4], 그리고 전압 크기 변조 계조 표시 방식^{[31][5]} 등 다양한 방식들이 제시되고 또한 상용화를 목적으로 연구되고 있다.

본 논문에서는 기존의 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방법에 의한 액정 표시기의 계조화 구동에 있어서 이 방법이 갖는 문제점들인 높은 구동 전압 및 큰 서브 프레임 간 구동 전압 변화율을 개선하기 위한 새로운 계조화 구동 방법을 제시한다. 제시하는 방법은 기존 2진 코드 체계로 표현되는 화상 데이터를 새로운 코드 체계에 의한 화상 데이터로 변환하고 변환된 화상 데이터에 오차 확산법을 적용, 새로운 코드 체계에 의하여 표현할 수 없는 계조값들을 발생시킨 후 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방법에 의하여 계조화함으로써 실현된다.

새로운 코드 체계의 선택을 위한 조건들이 제시되고 이들 조건들에 의하여 3비트 16계조 표현과 4비트 16계조 표현, 그리고 4비트 32계조 표현을 위한 새로운 코드 체계들이 선택되며 이들 코드 체계를 이용한 계조화 구동에 있어서의 구동 전압 특성 및 계조 표시 특성들이 구동 전압 산출 및 계조 패턴의 시뮬레이션을 통하여 기존 방식에서의 특성들과 비교, 평가된다. 2장에서는 단순 매트릭스 액정 표시기의 계조화 구동 방식들에 관하여 고찰해 보며 3장에서는 새로운 계조화 구동 방식을 제시한다. 또한 4장에서는 제안하는 방식에 대한 구동 전압 및 계조 표시 특성들이 실험 및 평가되며 5장에서는 마지막으로 결론 및 향후 연구 계획이 기술된다.

II. 단순 매트릭스 액정 표시기의 계조화 구동 방식

전압 평균화 법^{[6][7]}을 기본 구동 방식으로 하는 단순 매트릭스 액정 표시기에 있어서 계조화 구동 방식은 기본적으로 프레임 변조 계조 표시 방식이 표준화되어 사용되고 있다. 그러나 이 방식은 구동 비용이 가장 낮다는 장점에 반해 계조수가 증가할수록 화상을 구성하는 서브 프레임들의 수도 다음의 관계식, $N_{subframe} = N_{greyscale}$ 과 같이 비례하여 증가하므로 화면의 표시 주파수가 낮아 최근의 시장 추세인 동화상 표시

를 실현하는데는 큰 문제점을 가지며 또한 화면 표시 주파수 저하로 인한 화면의 플리커 현상 발생이라는 화질 저하 문제도 이 방식의 한계로 지적되고 있다.

최근에는 단순 매트릭스 액정 표시기의 동화상 실현을 위한 계조화 구동 방식으로서 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식, 오차 확산법을 이용한 공간 변조 계조 표시 방식, 그리고 전압 크기 변조 계조 표시 방식 등이 중점적으로 제시되고 있으며 이들 방식들을 조합한 방식들도 연구되고 있다^[8]. 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식은 화상 데이터의 비트별 가중치에 따라 구동 전압 크기를 변조시켜 비트 당 한 회의 서브 프레임으로 구동하는 방식으로서 화상 데이터의 비트 수와 같은 서브 프레임 수로 계조화를 실현할 수 있는 장점을 갖는다. 그림 1은 4비트로 구성되는 16계조 데이터를 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식에 의하여 구동할 경우의 구동 전압 파형 예를 나타낸다. 여기서 4비트 데이터는 8.4.2.1 코드 체계를 사용한다.

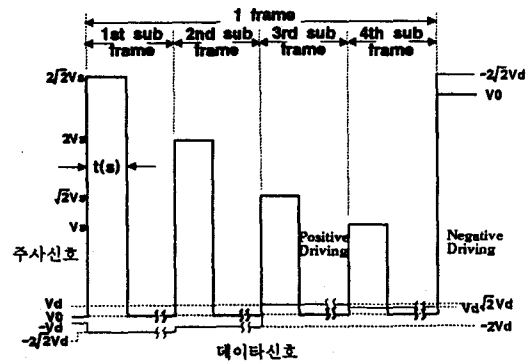


그림 1. 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식의 구동 파형 예

Fig. 1. An example of the driving wave forms by the grey scale method using the voltage amplitude and frame modulation.

그림 1에서도 나타난 바와 같이 이 방식은 최상위 비트에 대한 구동 전압 크기가 $2\sqrt{2}V$ 로 크고 또한 인접한 서브 프레임간 주사 전압과 데이터 전압의 크기 변화율이 $\sqrt{2}$ 배로 커서 액정 표시기의 소비 전력 증가 및 크로스토크 발생에 의한 화질 저하 등의 문제점을 발생시킨다.

오차 확산법을 이용한 공간 변조 계조 표시 방식은 오차 확산 시스템^[9]을 사용하여 화상 데이터의 일부분을 오차 확산 알고리즘^[9]에 따라 주변 화소들에 임

의 설정된 비율로 분산시킴으로써 화상 데이터를 공간 변조 처리한 후 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식 혹은 전압 크기 변조 계조 표시 방식 등에 의하여 계조화를 실현한다. 이 방식은 공간 변조 기술을 이용, 기존의 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식에서의 경우보다 적은 서브 프레임 수에서 제한된 계조수로 2 배 이상의 계조 수를 표현할 수 있는 장점을 가지나 오차 확산법의 적용에 의하여 발생하는 새로운 계조값들의 수가 많을수록, 그리고 이들 발생하는 계조값들이 서로 인접하여 연속적으로 발생하는 수가 많을수록 화질 저하의 정도가 더욱 커지게 되며 또한 이 방식은 기본적으로 최상위 계조 수준에서 포화 영역을 갖는 문제점을 갖는다. 그림 2는 본 방식의 적용 예로서 4 비트로 구성되는 16계조 데이터들에 오차 확산법을 적용하였을 경우, 오차 확산 처리되는 데이터 비트 수에 따른 표시기기의 실질적인 계조 표현 능력을 나타낸다. 그림 2에서 ㉑, ㉒ 및 ㉓는 각각 4비트 데이터 중 하위 3비트, 2비트 및 1비트를 오차 확산 처리한 경우의 실질적인 계조 표현으로서 각각 9번째, 13번째 및 15번째 계조 레벨 이상은 계조 레벨의 포화 상태가 되어 계조 구분이 않된다. 여기서 ㉑는 4 비트 데이터의 표시 한 계인 16 계조를 나타낸다.

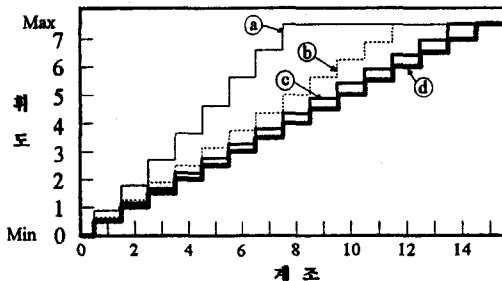


그림 2. 4비트 데이터의 오차 확산 처리와 계조 표시 수

Fig. 2. The error diffusion processing of the 4 bits of data and the number of the grey levels.

한편 전압 크기 변조 계조 표시 방식은 최근 동화상 표시가 가능한 단순 매트릭스 액정 표시기의 등장과 함께 집중적으로 연구되기 시작한 방식으로 데이터 신호용으로 많은 수의 구동 IC 출력 전압들을 필요로 하므로 구동 비용을 크게 증가시키고 또한 계조 전압 결정을 위한 계산 과정이 복잡하여 구동 IC의 데이터 처리 속도를 떨어뜨리는 문제점을 갖는다.

따라서 근래의 단순 매트릭스 액정 표시기의 계조 표시 방식에 관한 연구는 상용화를 위한 구동 비용 극소화 및 최소의 서브 프레임 수 사용에 의한 최대의 계조 표시 수 확보 등으로 집중되고 있다.

III. 새로운 계조화 방식의 제안

본 논문에서는 기존의 2진 데이터 코드 체계를 본 논문에서 설정한 코드 체계 선택 기준에 의하여 선택된 새로운 코드 체계로 변환하고 변환된 코드 체계를 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식과 오차 확산법을 이용한 공간 변조 계조 표시 방식의 조합을 이용하여 계조화 구동하는 계조 표시 방식을 제시한다. 본 논문에서는 3비트 16계조, 4비트 16계조 그리고 4비트 32계조를 실현하는 새로운 코드 체계들을 도출하고 이 코드 체계들을 이용한 계조 표시 방식을 제시한다. 오차 확산법은 Floyd 와 Steinberg 알고리즘^[9]을 사용한다.

1. 코드 체계 선택 기준

- ① 새로운 코드 체계의 최대 값은 기존 2진 코드 체계에서의 데이터 최대 값과 같다.
- ② 오차 확산법에 의하여 발생하는 새로운 계조 값들의 수가 적다.
- ③ 최상위 비트와 최하위 비트의 데이터 값 가중치가 작다.
- ④ 서브 프레임 간 구동 전압 변화율이 낮다.

여기서 선택 기준 ①은 오차 확산법 적용에 의한 계조의 포화 영역 발생이라는 문제를 해결하기 위함이고 선택 기준 ②는 계조 표현의 정확성을 확보하고 화질 저하를 최소화하기 위한 기준이며 선택 기준 ③ 및 ④는 구동 전압 특성의 개선을 위한 기준이다.

1) 3비트 16 계조 코드 체계

16 계조 실현을 위한 기존의 2진 코드 체계는 "8 - 4 - 2 - 1" 코드로 구성되며 4 개의 서브 프레임으로 구동될 수 있다. 또한 2진 코드 체계의 최하위 1 비트만을 오차 확산 처리한 경우는 "8 - 4 - 2"의 데이터만이 남게 되고 3 개의 서브 프레임에서 15 계조를 실현하게 된다. 이 경우 계조 값 14 이상은 포화 영역이 된다.

한편 새로운 코드 체계 선택 기준을 만족시키는 3

비트 코드 체계는 다음의 과정을 통하여 선택된다. 먼저 선택 기준 ① 및 ②를 만족시키는 코드 체계를 도출하면 다음과 같이 4 개의 코드 체계들이 도출된다.

(MSB, LSB + 1, LSB) = (9, 4, 2), (8, 5, 2), (8, 4, 3), (7, 5, 3)

이들 4개의 코드 체계들 중 선택 기준 ③ 및 ④에 가장 부합하는 코드 체계는 (7, 5, 3)이며 따라서 이 코드 체계가 3비트 16계조 실현을 위한 코드 체계로 선택된다.

2) 4비트 16 계조 코드 체계

4비트 코드 자체만으로 16계조를 표현할 수 있는 코드 체계는 기존의 2진 코드 체계인 (8, 4, 2, 1) 코드 한 개만 존재한다. 이 코드 체계는 정확한 16 계조 표현이 가능하나 최하위 비트에 대한 최상위 비트의 데이터 값 비율이 8로서 구동 전압이 커져 서브 프레임 간 구동 전압 변화율 또한 크다. 본 논문에서는 16 계조 표현들 중 최소한의 계조 값들에 대하여 오차 확산법을 적용, 공간 변조시키고 구동 전압을 크게 줄일 수 있는 새로운 코드 체계를 선택, 계조화를 실현한다. 3비트 16계조 코드 체계 선택 과정과 같은 방식으로 새로운 코드 체계를 선택하면 코드 체계, (6, 4, 3, 2)가 선택된다. 따라서 이 코드 체계가 4비트 16계조 실현을 위한 코드 체계로 선택된다.

3) 4비트 32 계조 코드 체계

32 계조 실현을 위한 기존의 2진 코드 체계는 "16 - 8 - 4 - 2 - 1" 코드로 구성되며 5 개의 서브 프레임으로 구동될 수 있다. 한편 2진 코드 체계의 최하위 1 비트만을 오차 확산 처리한 경우는 "16 - 8 - 4 - 2" 의 데이터만이 남게 되고 4 개의 서브 프레임에서 31 계조를 실현하게 된다. 이 경우 계조 값 30 이상은 포화 영역이 된다.

본 논문에서 제안하는 4비트 32계조 코드 체계는 3 비트 16계조에서의 코드 체계 선택 과정과 같은 방식에 의하여 선택되며 따라서 선택 기준 ① ~ ④에 가장 부합하는 코드 체계로서 코드 체계, (12, 10, 6, 3)이 새로운 코드 체계로 선택된다.

2. 화상 데이터 코드 변환

새로운 코드 체계를 이용한 화상 데이터는 선택된 코드 체계와 오차확산 처리를 위한 추가 데이터 비트들로 구성되며 그림 3은 3비트 16계조 표현을 위한 화상 데이터 코드 변환의 예를 나타낸다. 여기서 화상 데이터 코드 변환은 간단한 조합 회로에 의하여 실현된

다.

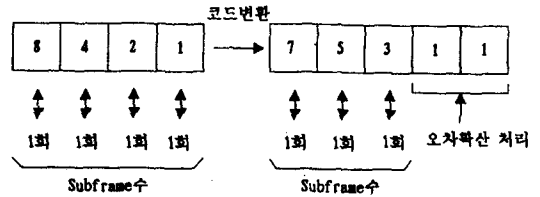


그림 3. 3비트 16 계조 표현을 위한 코드 변환

Fig. 3. The code transformation for expressing the 16 grey levels by the 3 bits of data.

3. 새로운 코드 체계를 이용한 계조화 실현

화상 데이터의 코드 변환이 이루어진 후에는 그림 3에 나타난 바와 같이 추가 데이터 비트들에 대하여 오차 확산 알고리즘을 적용하여 공간 변조시키며 공간 변조된 새로운 화상 데이터 코드 체계에 대하여 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식을 적용하여 계조화를 실현한다.

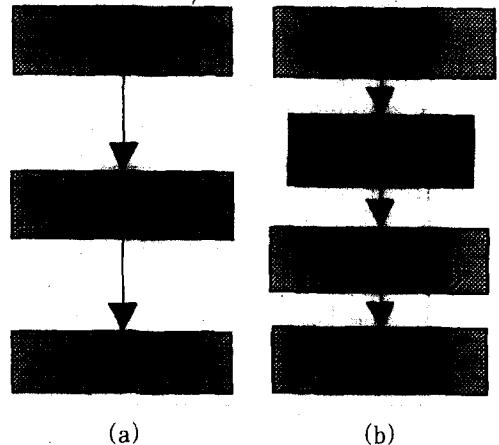


그림 4. 기존의 오차 확산 방식과 제시된 계조화 방식

- a) 기존의 오차 확산 방식
- b) 제시된 계조화 방식

Fig. 4. A conventional error diffusion method and The proposed grey scale method.

- a) A conventional error diffusion method.
- b) The proposed grey scale method.

그림 4는 기존의 오차 확산법과 본 논문에서 제안한 계조화 방식의 구현 알고리즘들을 나타내며 그림 5는 본 논문에서 제안한 새로운 코드 체계를 사용한 계조

화 방식의 액정 표시기 구동 시스템을 나타낸다. 그림 5에서 블록 "A"를 제외한 블록도는 기존의 복수 전극 동시 선택 구동 방식¹⁵⁾을 실현하는 블록도이며 기존의 2진 코드 체계로 구성되는 화상 데이터를 오차확산 처리한 후 계조화를 실현시키는 구동 시스템은 블록 "A"의 "오차 확산부 및 보조 메모리부"를 추가 사용하게 된다. 한편 본 논문에서 제안한 코드 체계를 사용한 계조화 방식은 기존의 오차 확산법 적용을 위한 구동 시스템에 기존의 2진 코드 체계를 새로운 코드 체계로 변환하기 위한 블록 "A"의 "데이터 변환 회로"만을 추가 사용한다. 즉 간단한 조합 회로의 추가만으로 본 논문에서 제안하는 새로운 코드 체계를 사용한 계조화 방식의 실현이 가능하다. 본 제안 방식에 대한 실험 및 특성 평가 결과가 다음 장에서 고찰된다.

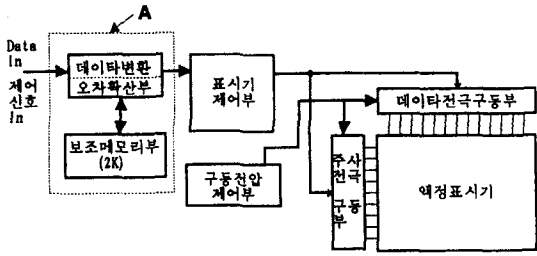


그림 5. 하드웨어 블록도
Fig. 5. Hardware block diagram.

IV. 계조 패턴 실험 및 구동 특성 평가

본 논문에서 제안하는 단순 매트릭스 액정 표시기의 계조화 방식에 관한 실험으로서 16계조 패턴 및 32계조 패턴의 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션은 원래의 계조 데이터를 코드 변환한 후 제안 알고리즘에 따라 오차 확산 처리하고 그 결과를 컴퓨터 화면상에 표현하는 방식으로 수행하였으며 오차 확산 처리는 16계조에 대해서는 소수점 4자리, 그리고 32계조에 대해서는 소수점 3자리 이하를 절삭하였다. 그림 6은 16계조 패턴의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

그림 6에서 그림 a는 기존의 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식에 의하여 재현한 원화상 16계조 패턴을 나타내며 그림 b는 4비트 데이터 중 최하위 비트를 오차 확산 처리하는 기존 방식을 사용하여 표시한 16계조 패턴으로서 계조 값 1,3,5,7,9,11 및 13이 오차 확산 처리에 의하여 공간 변조되며 계조 값 14이상에서 계조의 포화 상태가 존재하여 실질적으로는 15계조

만이 나타남을 알 수 있다.

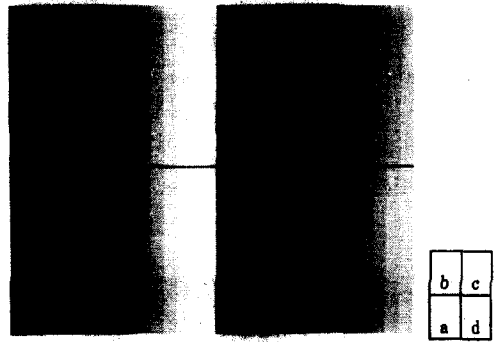


그림 6. 16 계조 패턴의 시뮬레이션 결과
Fig. 6. The results of simulation for the 16 grey scale pattern.

한편 그림 c는 본 논문에서 제안하는 3비트 코드 체계, (7,5,3)을 적용하여 16계조를 재현한 결과로서 계조 값 1,2,4,6,9,11,13 및 14가 오차 확산 처리에 의하여 공간 변조되며 또한 계조 값 1 및 2 그리고 계조 값 13 및 14가 오차 확산법에 의하여 연속적으로 발생한다. 즉 계조 값 1은 계조 값 0과 계조 값 3이 각각 1 대 2의 비율에서 분포된 상태로 표현되며 따라서 계조 표시 특성에서의 저하 정도가 기존의 2진 코드 체계에 오차 확산법을 적용한 계조 표시 방식과 비교하여 더욱 커질 수 있다. 그러나 이러한 계조 표시 특성의 저하 정도는 표시 계조수가 증가할수록 3개의 계조 값 간의 실질적인 계조 휘도차가 감소하므로 화질에서의 영향은 크게 줄어들게 된다. 그림 d는 본 논문에서 제안하는 4비트 코드 체계, (6,4,3,2)를 적용하여 16계조를 재현한 결과로서 계조 값 1 및 14만이 오차 확산 처리에 의하여 공간 변조되며 따라서 계조 표시 특성의 저하는 최소화된다. 그림 c 및 그림 d에서 나타난 바와 같이 본 논문에서 제안하는 계조화 방식은 그림 b에서 보이는 계조 값의 포화 영역 문제를 갖지 않는다. 그림 7은 32계조 패턴의 시뮬레이션 결과를 나타낸다.

그림 7의 a는 기존의 전압 및 프레임 변조 계조 표시 방식에 의하여 재현한 원화상 32계조 패턴을 나타내며 그림 b는 5비트 데이터 중 최하위 비트를 오차 확산 처리하는 기존 방식을 사용하여 표시한 32계조 패턴으로서 실질적으로는 31 계조를 나타낸다. 한편 그림 c는 본 논문에서 제안하는 4비트 코드 체계, (12,10,6,3)을 적용하여 32계조를 재현한 결과를 나

타내며 계조 값 1,2,4,5,7,8,11,14,17,20,23,24,26, 27,29,30이 오차 확산 처리에 의하여 발생하는 새로운 계조 값들이다. 그림 c에서 나타난 바와 같이 제시하는 방식은 그림 b에 나타난 계조 값들의 포화 문제를 갖지 않으며 또한 오차 확산법의 적용에 의하여 발생하는 서로 인접한 계조 값들에 의한 화질 저하 정도도 16계조 패턴의 경우와 비교하여 크게 감소됨을 알 수 있다.

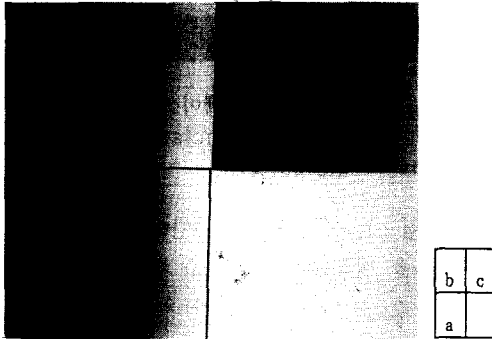


그림 7. 32 계조 패턴의 시물레이션 결과
Fig. 7. The results of simulation for the 32 grey scale pattern.

한편 구동 전압 특성에 대한 평가는 16계조 및 32계조 표시를 위한 구동 전압 조건과 서브 프레임간 구동 전압 변화율에 대하여 수행되며 구동 전압 산출은 액정 표시기의 주사전극 수, N 이 240개, 액정의 문턱치 전압, V_{th} 가 2.0V인 조건에서 다음의 식들에 의하여 수행되었다.

$$V_{on} = \sqrt{\frac{V_s^2 + 2V_s V_d + NV_d^2}{N}} = \sqrt{B} \quad (1)$$

$$V_{off} = \sqrt{\frac{V_s^2 - 2V_s V_d + NV_d^2}{N}} = \sqrt{A} \quad (2)$$

$$V_s = \sqrt{N} V_d \quad (3)$$

$$V_{off\ grey} = \sqrt{\left(\sum_{i=0}^{N-1} \frac{LSB+i}{V_{LSB}} A\right) / N_{bits}} = V_{th} \quad (4)$$

여기서 V_{on} 및 V_{off} 그리고 $V_{off\ grey}$ 는 액정 화소의 ON 및 OFF 전압 그리고 계조 표시 모드에서의 OFF 전압을 나타내며 V_s 및 V_d 는 각각 액정 표시기의 주사 전압과 데이터 전압을 나타낸다. 또한 $\frac{V_{LSB+i}}{V_{LSB}}$ 는 최하위 비트(LSB)값에 대한 i 번째 비트(LSB+i)값의 비율이다.

표 1 및 표 2는 각각 16계조 및 32계조 구동을 위

한 전압 조건을 나타낸다. 여기서 주사 전압 변화량 및 데이터 전압 변화량은 최상위 비트의 구동 전압과 최하위 비트의 구동 전압 간의 차이를 나타낸다.

표 1. 16 계조 표시 모드에서의 구동 특성 비교

Table 1. The comparisons of the driving characteristics in a mode for expressing the 16 grey levels.

방식	기존의 제조화 방식		제안된 제조화 방식	
	(8, 4, 2, 1)	(4, 2, 1+오차)	(7, 5, 3)	(6, 4, 3, 2)
Vs (Max)	33.08	29.656	26.8	28.65
Vd (Max)	2.135	1.914	1.729	1.85
Vs 변화량	21.38	14.828	9.255	12.11
Vd 변화량	1.375	0.957	0.597	0.782
서브프레임수	4	3	3	4

표 2. 32 계조 표시 모드에서의 구동 특성 비교

Table 2. The comparisons of the driving characteristics in a mode for expressing the 32 grey levels.

방식	기존의 제조화 방식		제안된 제조화 방식
	(16, 8, 4, 2, 1)	(8, 4, 2, 1+오차)	(12, 10, 6, 3)
Vs (Max)	36.384	33.08	28.18
Vd (Max)	2.349	2.135	1.82
Vs 변화량	27.288	21.38	14.09
Vd 변화량	1.762	1.375	0.91
서브프레임수	5	4	4

표 1로부터 나타난 바와 같이 16계조 구동을 위하여 본 논문에서 제시한 3비트 코드 체계, (7,5,3)을 사용한 제조화 방식은 기존의 4비트 코드 체계, (8,4,2,1) 및 최하위 비트를 오차 확산 처리한 3비트 코드 체계, (4,2,1)을 사용한 제조화 방식들과 비교하여 최대 구동 전압이 81% 및 90.4% 수준이며 또한 최상위 비트의 구동 전압과 최하위 비트의 구동 전압 간의 전압 변화량은 각각 43.3% 및 62.4% 수준이다. 한편 4비트 코드 체계, (6,4,3,2)를 사용한 제조화 방식은 기존의 방식들과 비교하여 최대 구동 전압이 각각 86.6% 및 96.6% 수준이다. 한편 32계조 표시를 위하여 본 논문에서 제시한 4비트 코드 체계, (12,10,6,3)을 사용한 제조화 방식은 표 2로부터 나타난 바와 같

이 기존의 5비트 코드 체계, (16,8,4,2,1) 및 최하위 비트를 오차 확산 처리한 4비트 코드 체계, (8,4,2,1) 을 사용한 계조화 방식들과 비교하여 최대 구동 전압이 77.5% 및 85.2% 수준이며 또한 최상위 비트의 구동 전압과 최하위 비트의 구동 전압 간의 전압 변화량은 각각 51.6% 및 65.9% 수준이다.

결과적으로 본 논문에서 제시한 새로운 계조화 방식은 계조 표시 특성의 저하를 극소화하면서 구동 전압 크기 및 서브 프레임간 구동 전압 변화율을 크게 감소시키므로써 액정 표시기의 구동 특성을 크게 향상시킬 수 있는 방식임을 확인하였다.

V. 결론 및 향후 연구 계획

본 논문에서는 실효치 전압 응답 특성을 갖는 단순 매트릭스 액정 표시기의 새로운 계조화 방식으로서 새로운 코드 체계의 도출을 통한 계조화 구현 방식을 제시하였으며 또한 새로운 코드 체계 선택 기준에 의하여 선택된 코드 체계를 이용한 계조화 구동 방식의 실험 및 특성 평가를 16계조 및 32계조 패턴의 시물레이션과 구동 전압 조건의 산출을 통하여 수행하였다.

실험 및 특성 평가 결과로서 3비트 코드 체계, (7,5,3)을 이용한 16계조 모드는 기존의 4 비트 2진 코드 체계, (8,4,2,1)을 사용한 방식 및 최하위 비트를 오차 확산 처리한 3비트 2진 코드 체계, (4,2,1)을 사용한 방식과 비교하여 최대 구동 전압을 각각 19% 및 9.6% 줄일 수 있고 또한 최상위 비트와 최하위 비트 간 구동 전압 변화율도 각각 56.7% 및 37.6% 줄일 수 있음을 알 수 있었으며 4비트 코드 체계, (6,4,3,2)를 이용한 16계조 모드도 최대 구동 전압을 각각 13.4% 및 3.4% 줄일 수 있고 또한 최상위 비트와 최하위 비트 간 구동 전압 변화율도 각각 43.4% 및 18.3% 줄일 수 있는 계조화 방식임을 확인하였다. 또한 4비트 코드 체계, (12,10,6,3)을 이용한 32계조 모드는 기존 2진 코드 체계를 이용한 방식들과 비교하여 최대 구동 전압을 각각 22.5% 및 14.8% 줄일 수 있고 또한 최상위 비트와 최하위 비트 간 구동 전압 변화율도 각각 48.4% 및 34.1% 줄일 수 있는 효과를 나타냈다. 한편 계조 패턴의 시물레이션을 통한 화질 특성의 평가 결과로서 3비트 16계조 표현 시는 오차 확산 처리에 의하여 2개의 계조 값들이 연속적으로 발생하여 계조 표시 특성을 다소 저하시키나 이러한 계

조 표시 특성의 저하 정도는 32계조 등 표시 계조수가 증가할수록 크게 개선된다.

결과적으로 본 논문에서 제시하는 새로운 코드 체계를 이용한 계조화 방식은 계조 표시 특성의 저하를 최소화하면서 구동 전압 특성을 효율적으로 향상시킬 수 있으며 또한 표시하고자 하는 계조 수가 증가할수록 개선 효과가 더욱 커지는 방식임을 확인하였다. 앞으로는 제안한 코드 체계를 이용한 계조화 구현 방식의 최적화를 위하여 액정 표시기의 칼라 배열에 따른 오차 확산 방식의 연구를 진행할 필요가 있으며 또한 다양한 계조 방식들에 최적 코드 체계를 적용할 수 있는 방법을 연구할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] Y.Kaneko, et al., "full color STN video LCDs," *Proc. 10th International Display Research Conference*, pp. 100, 1990.
- [2] M.Kobayashi, et al., "Multi-Grey-Level Method for TFT-LCD using enhanced error diffusion," *SID 93 digest*, pp. 475-478, 1993.
- [3] A.R. Conner and T.J. Scheffer, "Pulse-height modulation(PHM) grey shading methods for passive matrix LCDs," *Proc. 12th IDRC (Japan display '92)*, pp. 69, 1992.
- [4] H.Mano, et al., "An eight-gray-level drive method for fast-responding STN-LCDs," *SID93 Digest*, pp. 93-96, 1993.
- [5] T.N. Ruckmonthan, "Addressing technique for fast-responding STN-LCDs", *Proc. 12th IDRC (Japan display '92)*, pp. 77-80, 1992.
- [6] P.M. Alt and P.Pleshko, "Scanning Limitation of Liquid-crystal Displays," *IEEE Trans. Electron Devices*, ED-21, pp. 146-155, Feb. 1974.
- [7] J. Nehring and A.R. Kmetz, "Ultimate Limits for Matrix Addressing of RMS-Responding Liquid-crystal Displays," *IEEE Trans. Electron Devices*, ED-26: pp. 795-802, 1979.
- [8] Y.Hirai et al., "A Color STN-LCD for Video Display using Amplitude-Modu-

lation MLS Technology." *SID 95 digest*, pp. 339-342, 1995.

[9] R.W. Floyd and L.Steinberg, "Adaptive

algorithm for spatial gray scale." *SID International Symposium, Digest of Technical Papers*, pp. 36-37, 1975.

— 저 자 소 개 —

金 容 得(正會員) 第 29卷 第 6號 參照

현재 이주대학교 전자공학과 교수

崔 善 靜(正會員) 第 30卷 A編 第 7號 參照

현재 이주대학교 대학원 재중