

論文98-35D-5-10

새로운 행 신호 변조 방법에 의한 고속 STN 액정표시기

(A Video-Rate Super-Twisted Nematic(STN) Liquid Crystal Display Using a New Row Signal Modulation Method)

李昇祐*, 韓喆熙**

(Seung-Woo Lee and Chul-Hi Han)

요 약

본 논문에서는 Super-Twisted Nematic(STN) 액정표시기의 그레이 표시 방법으로 복잡한 계산이 필요하지 않으며 선택비도 높고 구동 전압이 낮아 구동 IC에 의한 추가적인 부담이 없이 액정표시기를 구현할 수 있는 새로운 행 신호 변조 방법을 제안하였다. 제안한 행 신호 변조 방법으로 320×240, 8 그레이 동영상 STN 액정표시기를 구현하였다. 이 STN 액정표시기는 동영상을 표시하기 위해 한 번에 6 행을 선택하고 각 행은 한 프레임 동안 균등히 분산된 선택 펄스로 8 번 선택된다. 구현된 액정표시기는 8 그레이를 표시하였고 동영상도 표시 가능하였다. 제작 후 나타난 가로 무늬와 깜빡거리는 문제의 원인을 분석하였고 개선점을 제시하여 확인하였다.

Abstract

In this paper, we have proposed a New Row Signal Modulation Method in order to display multi-gray image using Super-Twisted Nematic liquid crystal display (STN-LCD), which has no complex computation, high selection ratio, and low driving voltage. By the proposed method, we have implemented a 320×240, 8-gray video-rate STN-LCD. For achieving a video-rate STN-LCD, 6 lines are selected at a time. Each row line is selected 8 times by equally distributed pulses throughout one frame. As a result, we can get 8 gray, video-rate image. The repetitive horizontal pattern and the flickering was analyzed and the improvements have been presented.

I. 서 론

저가의 대화면 컬러 액정표시기로 Super Twisted Nematic(STN) 액정표시기가 널리 사용되고 있다. STN 액정표시기는 액정의 인가 전압에 대한 반응이 느려서 동영상을 표시하기가 어렵다. 동영상을 표시하기 위해 고속 액정을 사용하면 프레임 응답(frame

response)효과로 인해 깜빡거리거나 휘도비(contrast)가 떨어지는 단점이 있다.

고속 STN 액정표시기에서 나타나는 휘도비 저하의 단점을 해결하고 동영상을 표시하는 방법으로 능동 구동 방법(active addressing)이 제안되었다.^[1,2] 기존의 STN 액정표시기 구동 방법인 이른바 APT(Alt-Pleshko Technique)에서는 한 프레임 동안 한 행만을 선택하는데 능동 구동 방법은 동시에 모든 행을 선택하여 선택된 모든 행의 영상 정보를 포함하여 열 구동 신호를 계산해 가해 준다. 따라서 능동 구동 방법은 계산 양이 많은 단점이 있다. 더우기 그레이 표시를 하기 위해 제안된 펄스 진폭 변조 방법은^[3] 더

* 學生會員, ** 正會員, 韓國科學技術院 電氣 및 電子工學科

(Dept. of Electrical Engineering KAIST)

接受日字:1997年1月31日, 수정완료일:1998年4月21日

복잡한 계산이 추가되고 열 구동 레벨이 더욱 세분화 되어 아날로그 구동 IC를 사용해야만 한다. 이렇게 되면 부가 회로와 아날로그 구동 IC때문에 낮은 가격이라는 STN 액정표시기의 장점이 많이 감소된다.

본 논문에서는 간단한 계산과 간단한 구동 IC를 사용하여 저가로 동영상까지 표시 가능한 STN 액정표시기 구동 방법에 대해 고찰하였고, 제안한 방법으로 실제 320×240 크기 화면의 8 그레이 고속 액정표시기를 구현해 보았다. 또한 제작한 결과로 나타난 문제점들의 구체적인 해결 방안에 대해 살펴보았다.

II. 행 신호 변조 방법

1. 행 진폭 변조 방법

펄스 진폭 변조 방법(PHM)^[3]에서 그레이를 표시하기 위해서 계산해야 할 열 구동 신호 $G_j(t_n)$ 은 식 (1)과 같다.

$$G_j(t_n) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N I_{ij} \cdot F_i(t_n) + \frac{1}{\sqrt{N}} V_{(N+1)} \cdot F_{N+1}(t_n), \quad (1)$$

여기서 $V_{(N+1)} = \sqrt{N - \sum_{m=1}^N I_{jm}^2}$

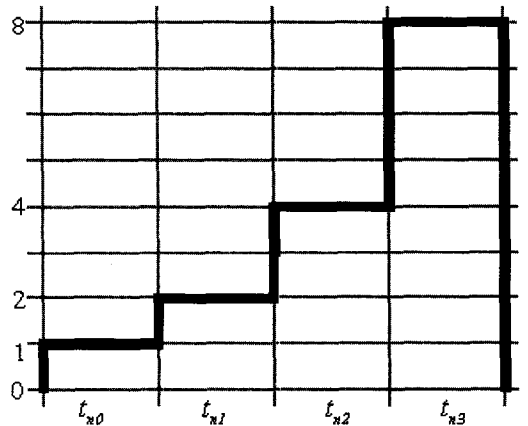
식 (1)에서 N 은 총 행의 개수, I_{ij} ($-1 \leq I_{ij} \leq +1$)는 i 번째 행 j 번째 열의 영상 정보, $F_i(t_n)$ 은 t_n 단위 시간 구간에서의 i 번째 행의 신호, $V_{(N+1)}$ 는 주위의 영상 정보에 영향을 받지 않게 하기 위한 이론적인 가상 신호, $F_{(N+1)}(t_n)$ 은 가상 행의 신호이다. 식 (1)에서 볼 수 있듯이 제곱과 덧셈과 제곱근의 복잡한 식을 계산해야 하며, 열 구동 신호의 레벨 수가 N 이상이기 때문에 대화면을 구현하려면 아날로그 구동 IC를 반드시 사용해야 한다.

능동 구동 방법에서 영상 정보는 모두 열 쪽 신호로 들어가 있음을 식 (1)을 통해서 알 수 있다. 그런데 행 진폭 변조 방법^[4]은 펄스 진폭 변조 방법과는 달리 행 신호에도 영상 정보를 분배 시키는 방법이다. 그림 1은 16 그레이 표시를 위한 행 진폭 변조 방법의 행 신호와 열 신호의 그림이다. 16 그레이는 4 비트 디지털 영상 정보로 나타낼 수 있다. 행 진폭 변조 방법은, 영상 정보 네 비트를 동시에 처리하지 않고 균등히 시간을 분배하여 비트 별로 영상 정보에 대한 열 구동 신호를 계산하게 된다. 영상 정보를 비트 별로 처리하게 되면 "1" 혹은 "0"의 영상 정보만 다루

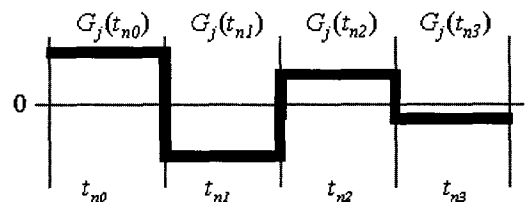
면 되므로 가상 정보 계산이 필요 없게 된다. 대신 비트 시간에 행 선택 펄스 진폭의 크기에 가중치를 두어 그레이를 표시 할 수 있게 한다. 그림 1 (a)에서 n 번째 단위 시간 구간에서 최하위 비트에서 최상위 비트까지의 비트 시간 구간을 각각 $t_{n0}, t_{n1}, t_{n2}, t_{n3}$ 라 하고 i 번째 행의 신호를 각각 $F_i(t_{n0}), F_i(t_{n1}), F_i(t_{n2}), F_i(t_{n3})$ 라 하면 행 신호 진폭의 가중치를 $F_i(t_{n0}) : F_i(t_{n1}) : F_i(t_{n2}) : F_i(t_{n3}) = F : 2F : 4F : 8F = 1 : 2 : 4 : 8$ 로 하게 된다. 이 때, j 번째 열 구동 신호의 $G_j(t_{nk})$ 의 계산은 식 (2)와 같다.

$$G_j(t_{nk}) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N I_{ijk}' \times F_i(t_{nk}), \quad k=0,1,2,3 \quad (2)$$

식 (2)에서 I_{ijk}' 는 디지털 영상 정보 I_{ijk} "1", "0"을 각각 "-1", "+1"로 대응 시킨 값이다.



(a) voltage waveform driving row i , $F_i(t_{nk})$



(b) voltage waveform driving column j , $G_j(t_{nk})$

그림 1. 행 진폭 변조 방법으로 16 그레이 표시할 때 행과 열의 구동 신호 파형

Fig. 1. The waveforms of voltages driving row i and column j in order to display 16 gray image by row voltage amplitude modulation method.

2. 새로운 행 신호 변조 방법

앞에서 살펴 본 행 진폭 변조 방법은 계산이 간단해지는 장점은 있지만 여러 가지 단점이 있다.

첫 째로 선택비(selection ratio)가 낮다는 것이다.

수동 행렬 액정표시기에서 액정은 양단에 가해지는 실효 전압에 의해 반응하므로 실효 전압의 크기가 중요하다. 선택비란 액정에 가해 줄 수 있는 실효 전압의 최대 값, $(V_{on})_{rms}$ 와 최소 값 $(V_{off})_{rms}$ 의 비를 나타낸다. 그런데 수동 행렬 액정표시기에서는 최대 선택비가 식 (3)에서 보는 바와 같이 행의 개수에 따라 값이 정해져 있다.^[5]

$$\frac{(V_{on})_{rms}}{(V_{off})_{rms}} = \sqrt{\frac{\sqrt{N+1}}{\sqrt{N-1}}} \quad (3)$$

만약 $N = 240$ 이라면 최대 선택비는 1.0668이 된다. 그런데 행 진폭 변조 방법에 의한 선택비를 계산하여 보면 1.0540(부록 1)으로 상대적으로 매우 작음을 알 수 있다. 선택비가 작다는 것은 액정의 휘도비(contrast ratio)가 떨어지는 것을 의미한다.

두 번째 문제는 구동 레벨 수가 많고 게다가 구동 전압이 높다는 단점이 있다. 액정의 문턱 전압이 2 V, $N = 240$ 이라고 가정할 때 행에 가해야 하는 최대 구동 전압이 31.9 V(부록 1)로 계산된다. 또한 액정의 DC 특성 향상을 위해 선택 펄스의 극성을 바꿔줘야 하므로 필요한 구동 레벨 수는 9 개이다. 구동 전압이 너무 높고 구동 레벨 수가 9 개나 되므로 이 구동 방법을 위해서는 새로운 구동 IC를 제작해야 한다. 8 그레이로 표시한다고 해도 28 V의 높은 전압^[4]이 필요하다. 즉, 저가의 STN 액정표시기 제작에 있어서 행 진폭 변조 방법은 낮은 선택비로 인한 휘도비 저하와 높은 구동 전압으로 인한 구동 IC의 제한이 문제점이다.

새로 제안하는 행 신호 변조 방법은 행 진폭 변조 방법의 문제점인 낮은 선택비를 향상시키고 구동 전압을 낮추기 위한 것이다. 행 진폭 변조 방법이 진폭만을 변조시켰기 때문에 구동 전압이 너무 커진 점을 생각하여 진폭 뿐만 아니라 펄스의 폭도 더불어 변조시켜서 전압을 낮추는 것이 제안하는 행 신호 변조 방법의 내용이다. 16 그레이를 표시하는 방법의 예를 들면서 제안하는 행 변조 방법을 설명하겠다. 그림 2 (a)는 하위 두 비트 시간 (t_{n0} , t_{n1}) 동안 펄스 폭에 대해 변조를 하고 세 번째(t_{n2}), 네 번째(t_{n3}) 비트 시간 동안은 진폭 변조를 하는 방법이다. 그림 2 (b)는 t_{n2} 와 t_{n3} 동안 펄스 폭에 대해, t_{n0} , t_{n1} 에 대해서는 진폭에 대해 변조를 하는 방법이다.

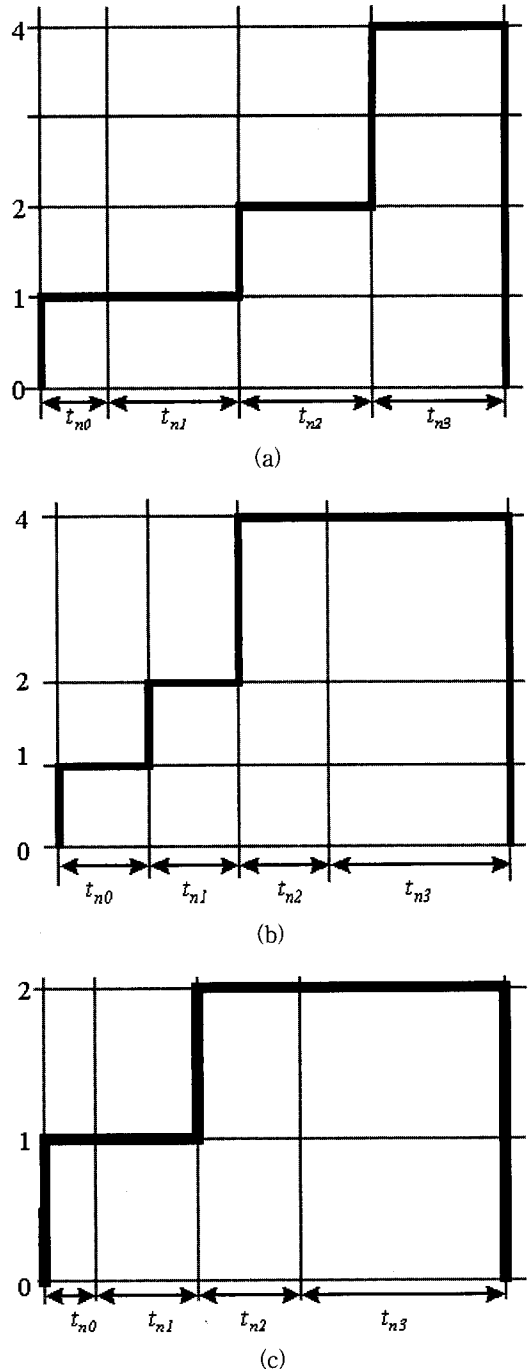


그림 2. 새로운 행 신호 변조 방법으로 16 그레이를 표시하기 위한 행 선택 펄스의 전압 파형
 Fig. 2. The waveforms of a new row selection pulses to display 16 gray image by row selection signal modulation method.

그림 2 (c)는 (a)와 (b)의 방법을 혼합한 경우이다. 이렇게 제한한 방법을, 액정의 문턱 전압이 2 V, $N =$

240 인 액정표시기에 적용할 때 선택비와 최대 구동 전압(부록 2)을 계산하였다. 표 1에서 볼 수 있듯이 제안한 방법에 의한 선택비와 구동 전압이 크게 향상이 되었으며 구동 레벨 수도 줄일 수 있었다. 그리고 그림 2의 (b), (c)방법은 구동 전압이 낮으므로, 저가의 기존 8 레벨 디지털 구동 IC를 사용할 수 있을 것으로 기대된다.

표 1. 제안한 방법(행 신호 변조 방법)과 행 진폭 변조 방법과의 비교

Table 1. Comparisons between a proposed method (row signal modulation method) and the row voltage amplitude modulation.

	선택비	최대 구동 전압	구동 레벨 수
RVAM	1.0540	31.9 V	9
Fig.2 (a)	1.0575	29.7 V	7
Fig.2 (b)	1.0612	22.7 V	7
Fig.2 (c)	1.0641	21.3 V	5

$$V_{th} = 2 \text{ V}, N = 240$$

3. 행 신호 변조 방법에 의한 320×240, 8 그레이 고속 STN 액정표시기 구현

① 행 구동 전압 파형

행 신호 변조 방법에 의해 8 그레이를 표시할 때, 행 선택 펄스를 두 가지 형태로 할 수 있다. 그림 3 (a)는 t_{n0} , t_{n1} 에서 폭에 대해, t_{n1} , t_{n2} 에서 진폭을 변조를 할 때이고 (b)에서는 t_{n0} , t_{n1} 에서 진폭에 대해, t_{n1} , t_{n2} 에서 펄스의 폭을 변조하는 방법이다. (b)의 경우가 선택비는 높고 구동 전압이 낮으므로 (b)의 경우를 행 선택 펄스의 파형으로 정한다.

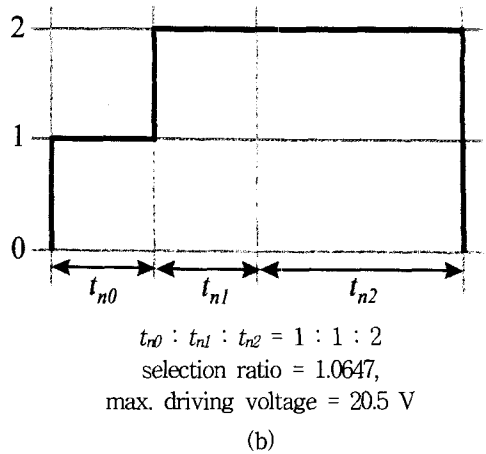
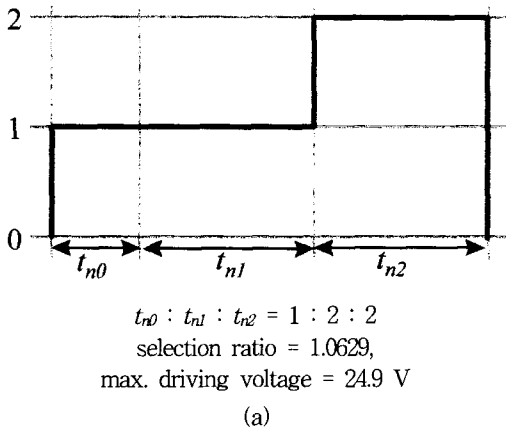


그림 3. 제안한 방법으로 8 그레이 표시할 때의 행 선택 파형($V_{th} = 2 \text{ V}, N = 240$)

Fig. 3. The waveforms of row selection pulses in order to display 8 gray image by the proposed method. ($V_{th} = 2 \text{ V}, N = 240$)

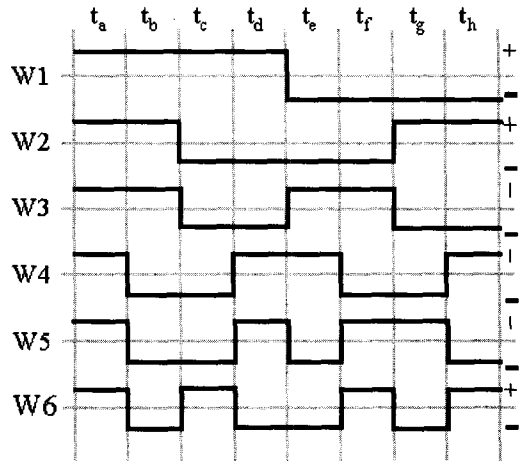


그림 4. 행 구동 신호에 쓰이는 8×8 월쉬 함수 중 6 개

Fig. 4. 6 Walsh functions(8×8) used for row driving voltage.

비디오 영상을 볼 수 있으려면 1 줄만을 선택하는 것이 아니고 여러 줄을 선택하는 것 [다중 행 선택 방법(Multi-Line Selection ; MLS)] 이 빠른 액정에서 휘도비를 높일 수 있는 방법이다.^[1,4,6] 동시에 몇 줄을 선택하는가를 결정해야 하는데, 흑백(black & white only) 비디오 영상을 표시하는데 있어서, 한번에 선택하는 수가 7 줄 이상이면 약 30:1 정도로 높은 휘도비를 얻을 수 있다는 연구가 발표되었다.^[7] 그레이 표시할 때는 몇 줄을 선택하는 것이 최대 휘도

비를 얻을 수 있느냐가 연구된 바가 없기 때문에, 계산의 편의와 휘도비를 위해 7 줄에 가까운 6 줄을 한 번에 선택하는 것으로 정한다. $N = 240$ 이므로 한 번에 6 행을 선택했을 경우는 한 프레임 동안의 단위 시간 구간은 320 개가 되고, 한 행은 한 프레임 동안 8 번 선택되게 된다. 선택 펄스의 극성은 8×8 월쉬 함수(Walsh function) 중 6 개를 선택하여 그 파형에 맞추어 바뀌준다.(그림 4)

6 행이 선택될 때 다른 행들은 0 V로 가하여 선택하지 않는다. 그리고 한 행의 선택 펄스는 그림 5에서와 같이 8 개의 선택 펄스를 같은 간격으로 일정하게 분산시킨다. 만약 분산시키지 않는다면 선택 펄스가 한 프레임 중 짧은 시간에 집중되게 되는데, 집중된 고전압의 선택 펄스에 의해 고속 액정이 반응하게 되어 이것이 프레임 응답을 일으킬 가능성이 있다.^[1,4,7]

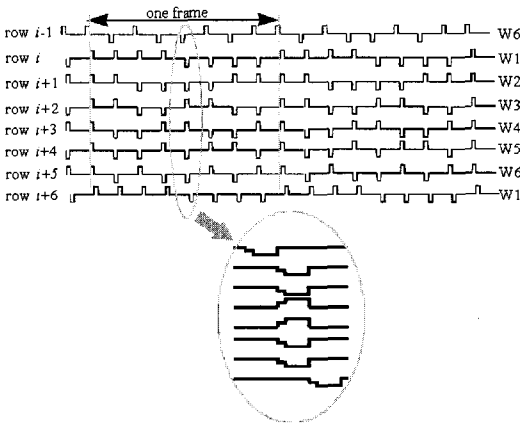


그림 5. 여러 프레임에 걸친 행 선택 펄스의 분산 방법

Fig. 5. Distribution of row selection pulses throughout frames.

② 열 구동 신호

j 번째 열 구동 신호의 계산식을 디지털화 시키면 식 (4)와 같다.

$$G_j(t_{nk}) = \frac{2sF}{\sqrt{N}} \left[\sum_{i=1}^{i=6} I_{ijk} \oplus R_i(t_n) - 3 \right] \quad (4)$$

$$s = \sqrt{\frac{I}{K}}$$

식 (4)에서 \oplus 기호는 XOR를 의미한다. J 는 한 프레임 당 총 단위 시간 구간으로 320이고, K 는 한 행이 한 프레임 동안 선택되는 회수(8)이다. $R_i(t_n)$ 은 n 번째 단위 시간 구간에서의 디지털 행 신호를 가

리키며 그림 3에서 양(+)의 부호일 때는 $R_i(t_n) = "1"$, 음(-)일 때는 $R_i(t_n) = "0"$ 이다. 그리고 I_{ijk} 는 (i, j) 화소의 디지털 비트 값이다.

③ 시스템 개요

액정은 120 msec의 고속 액정을 사용하고 한 화소의 크기는 $300 \mu\text{m} \times 300 \mu\text{m}$, 화면 크기는 320×240 , 프레임 주파수는 30 Hz이다. 시스템은 컴퓨터 영상 정보를 받아서 액정 화면으로 표시하도록 구성되어 있다. 구동 IC는 출력 레벨이 8 개이고, 최대 정격 전압은 22 V인 저가의 디지털 IC를 사용하였다. 시스템은 그림 6에서 보듯이, 컴퓨터에서 오는 영상 화면을 저장하는 버퍼 메모리 블록, 디지털 영상 화면을 받아서 행 신호(월쉬 함수)와 XOR하고 그 값을 더하는 블록, 그리고 더한 결과를 잠시 보관하는 중간 메모리 블록과 구동 IC로 신호를 주는 구동 IC 제어 블록으로 크게 나뉜다.

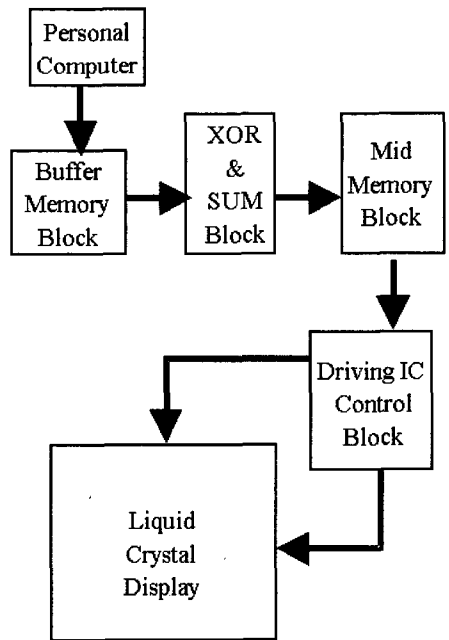


그림 6. 전체 시스템 개략도

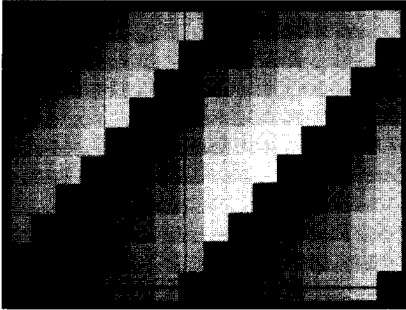
Fig. 6. Schematic diagram of the system.

III. 결과 및 토론

1. 결과와 문제점

그림 7은 행 신호 변조 방법으로 구현된 액정표시기로 디스플레이된 사진이다. 그리고 마우스의 움직임에 잔상이 생기지 않았으며, TV 수신 카드로 받은 비

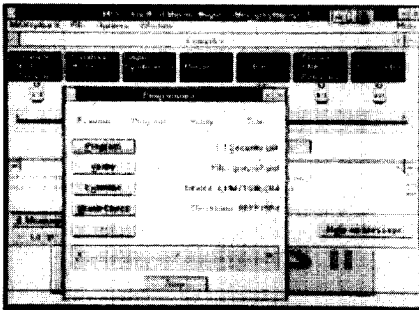
디오 영상도 액정 화면에서 표시되었다. 따라서, 본 논문에서 제안하는 구동 방법이 동영상 표시에 적합함을 확인하였다.



(a) 8 gray pattern



(b) spheres



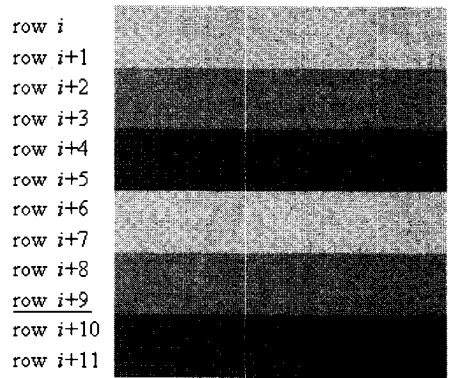
(c) window application

그림 7. 액정표시기로 표시된 그림
Fig. 7. Pictures displayed by LCD.

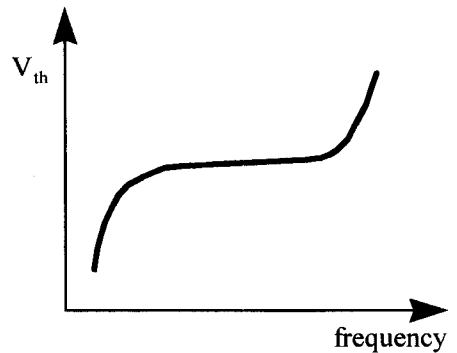
① 규칙적인 가로 무늬

그림 7을 자세히 보면 가로로 규칙적인 무늬가 보이고 있다. 이것을 약간 과장해서 그린 것이 그림 8 (a)이다. 6 줄의 주기를 가지며 아래 쪽으로 내려가면서 어두워진다. 이러한 현상은 높은 전압의 선택 펄스의 주기와 관련이 있는 것으로 예상된다. 그림 4에서 W1과 W2, W3과 W4, W5과 W6가 주파수가 같은데 W1에서 W6로 갈수록 주파수가 점점 높아지고 있

다. 그림 5는 실제 행에 가해지는 선택 펄스와 W1~W6와의 관계를 볼 수 있는데, 행 i 에서 아래 행으로 갈수록 주파수가 높게 가해짐을 알 수 있다. 주파수에 따른 액정의 광학적 반응은 그림 8 (b)에서 보듯이 주파수가 커질수록 임계 전압이 커진다는 것이다.^[6] 즉 가해지는 전압의 주파수가 상대적으로 높은 액정은 가해주는 실효 전압 값이 같더라도 주파수가 낮은 쪽보다 어렵게 보인다. 실제 행에는 W1에서 W6의 순으로 가해지고 있는데 6 줄 주기 무늬를 보면 W1 쪽보다 W6이 가해지는 행으로 갈수록 어두워지고 있었다. 이것은 관찰한 현상을 충분히 설명하고 있다. 액정의 반응 속도가 빠르기 때문에 그 영향도 더욱 현저하게 나타나는 것으로 생각된다. 매 프레임마다 똑같은 펄스를 가하지 않고 프레임이 바뀔 때, 다른 모양의 펄스를 가해 준다면 가로 방향의 규칙적인 무늬는 없어질 것으로 기대된다.



(a)



(b)

그림 8. (a) 6 줄 주기의 가로 무늬 (b) 액정에 가해지는 주파수와 임계 전압의 관계
Fig. 8. (a) 6-line-period horizontal pattern (b) V_{th} of LC vs. frequency of applied voltage

② 깜빡거리는 현상

액정표시기에 디스플레이된 영상에서 또 볼 수 있는 것은 간단한 화면(예를 들면 그림 7의 (a)와 같은 경우)에서 영상이 깜빡거린다는 것이다. 그 이유를 알아보기 위해전체 화면을 밝게 하여, 열에 가해지는 신호와 액정표시기를 통과하여 나오는 빛의 밝기를 관찰하였다. 그 결과, 열 구동 신호의 높은 전압 펄스에 액정이 반응하고 높은 전압 펄스의 폭이 4msec로 넓음을 알 수 있다. (그림 9)

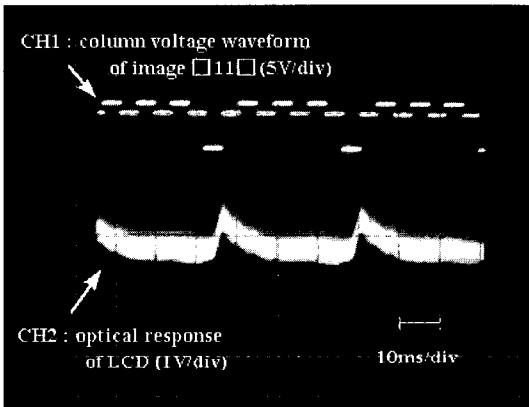


그림 9. 열 구동 신호와 액정표시기의 광학적 반응
Fig. 9. A column driving voltage signal and optical response of the LCD.

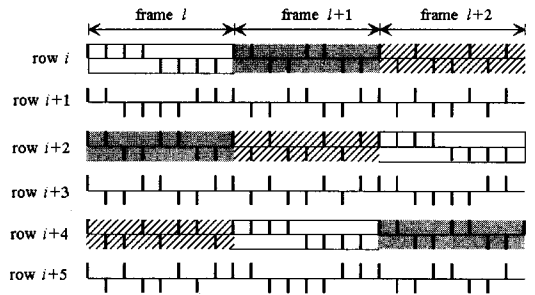
본 시스템은 비디오 영상 표시를 목적으로 하고 있기 때문에 고속 액정을 사용하고 있다. 고속 액정은 높은 전압 펄스에 쉽게 반응할 수 있기 때문에 높은 전압 펄스를 가하지 않거나 가하더라도 그 펄스 폭을 줄이는 것이 그 해결 방법으로 볼 수 있다. 따라서 펄스 폭을 줄여서 전 프레임에 걸쳐 분산시킴으로써 깜빡거리는 현상은 해결될 것으로 기대된다.

2. 문제점 해결 방안

① 규칙적인 가로 무늬

규칙적인 가로 무늬의 구체적인 해결 방안은 다음과 같다. 그림 5와 달리 그림 10에서와 같이 어떤 행 i 에 프레임 l 동안 그림 4의 W1에 해당하는 펄스를 분산시킨 뒤 그 다음 프레임 $l+1$ 에는 W3, 프레임 $l+2$ 에서는 W5, 프레임 $l+3$ 은 W1로 해서 W1→W3→W5→W1→W3→.....순으로 펄스 주파수를 변화시킨다. 마찬가지로 행 $i+1$ 은 W2→W4→W6→W2→W4→W6→.....순으로 하여 세 프레임 동안 행 신호에 인가되는 액정의 전압 주파수는 행에 따라 차이가 없게 하는

것이다.

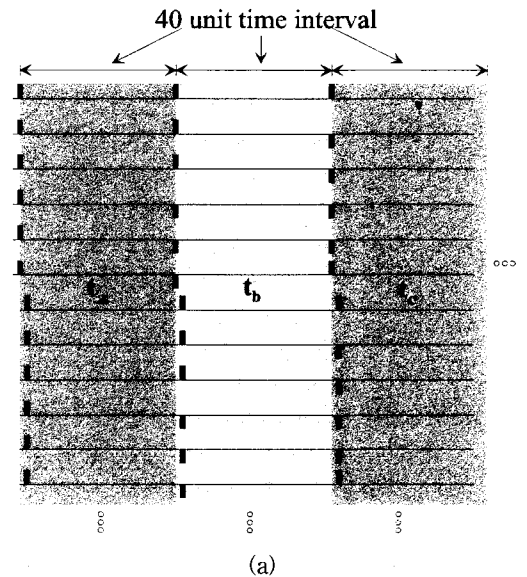


row I : ...→W1→W3→W5→W1→W3→W5→...
row i+1 : ...→W2→W4→W6→W2→W4→W6→...
row i+2 : ...→W3→W5→W1→W3→W5→W1→...
row i+3 : ...→W4→W6→W2→W4→W6→W2→...
row i+4 : ...→W5→W1→W3→W5→W1→W3→...
row i+5 : ...→W6→W2→W4→W6→W2→W4→...

그림 10. 규칙적인 가로 무늬를 없애기 위해 제안한 행 선택 과정
Fig. 10. The row voltage waveforms to remove repetitive horizontal pattern.

② 깜빡거리는 현상

깜빡이는 문제는 열 구동 신호를 분산시키는 것인데 식 (4)에서 볼 수 있듯이 열 구동 신호는 영상 정보와 행 신호의 XOR로 이루어져 있다. 한 열의 영상 정보가 모두 같고 행 신호가 계속 똑같이 반복되면 긴 시간 구간 동안 열 구동 신호 값이 똑 같아진다. 만약 반복되는 열 신호 값이 크다면 고속 액정이 그 펄스에 쉽게 반응하기 때문에 깜빡이게 된다. 이 문제는 행 신호가 똑같이 반복되지 않게 함으로써 해결할 수 있다.



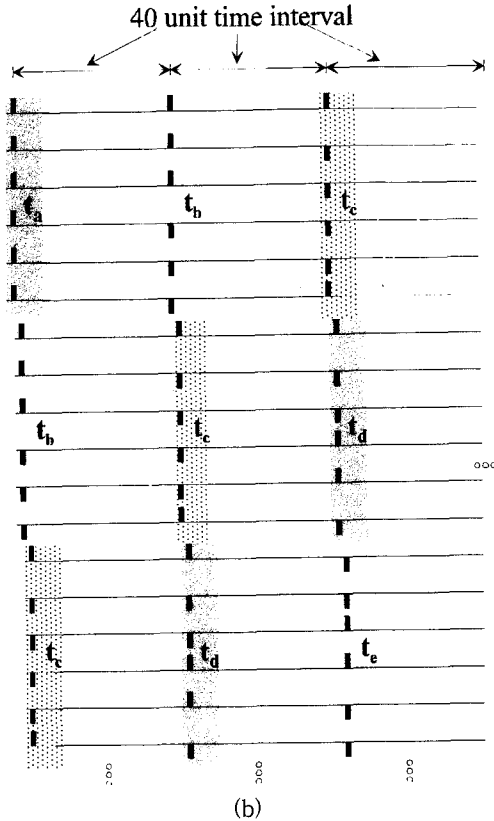


그림 11. 제작된 시스템의 행 구동 파형과 깜빡거림을 없애기 위해 제안하는 행 선택 파형

Fig. 11. The voltage waveforms of row selection pulses in the case of (a) flicker image, and (b) no flicker image.

제작한 시스템은 그림 11 (a)에서 보듯이 40 단위 시간 구간 동안 행 신호가 바뀌지 않는다. $t_1 \sim t_{40}$ 동안은 t_a 에 해당하는 펄스만 가하고, $t_{41} \sim t_{80}$ 에는 t_b , $t_{81} \sim t_{120}$ 에는 t_c , ..., $t_{281} \sim t_{320}$ 에는 t_h 에 해당하는 펄스를 가하게 하였던 것이다. 그림 4에서 t_a 시간 동안의 W1~W6는 모두 (+)이다. 따라서, 첫 단위 시간 구간 t_1 에서는 첫 행에서 6 행까지 W1~W6의 t_a 에 해당하는 펄스가 인가되기 때문에 모두 양(+)인 펄스가 가해지고 t_2 에는 행7~행12에 t_a 펄스가 인가된다. 이런 식으로 하여 t_{40} 에는 행235~행240에 W1~W6의 t_a 에 해당하는 펄스가 인가되는 것이다. 따라서 만약 화면 전체의 영상 정보가 "111"(가장 밝은 화면)이라면 식 (4)에 의해 열 신호는 "-3"이 되고 이 값의 펄스가 1/8 프레임 시간($t_1 \sim t_{40}$, 약 4 msec)동안 가해지게 되고, 그 결과 그림 9의 열 구동 신호가 나오게 되는 것이다. 한 프레임의 1/8 시간 동안 가해지는 높은 전압

의 펄스를 짧은 시간의 펄스로 나누고 한 프레임 동안 균등히 분배하면 이런 현상이 분명히 없어질 것이므로 그림 11의 (b)와 같이 행 선택 펄스 파형을 바꾸는 것이다. t_1 에서 행1~행6에 대해 t_a 에 해당하는 펄스를 가했다면, t_2 에서 행7~행12에 대해 t_b 펄스를 가하는 것이다. 그리고 t_3 에는 t_c 펄스를 가하고 이런 식으로 하면 t_{40} 에 행235~행240에는 t_h 펄스를 가한다. 또한 t_{41} 에서는 다시 행1~행6을 선택하게 되는데, 이 때는 t_b 펄스를 가한다. 제작한 시스템과 해결 방안으로 제시한 방법으로 "111" 화면을 표시 할 때, 열 구동 신호를 비교해 본 것이 그림 12에 나타나 있다. 그림 12 (b)는 해결 방안에 해당되는 열 구동 신호인데 높은 전압 펄스가 짧은 펄스 폭으로 골고루 퍼져 있음을 알 수 있다.

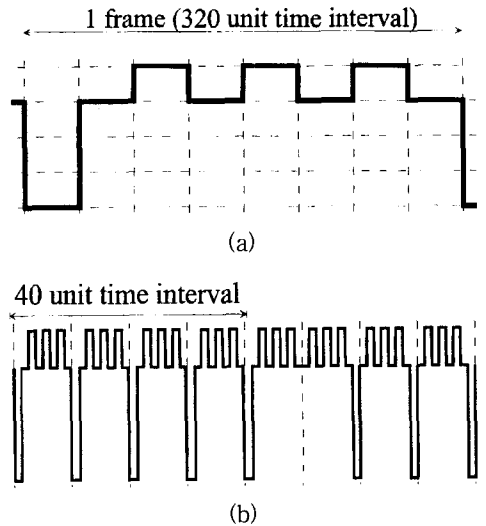


그림 12. 열 구동 신호의 비교 (a) 개선 전 (b) 개선 후

Fig. 12. Comparison of column driving signal between (a) flicker image and (b) no flicker.

그림 10에서 보여준 가로 무늬의 해결 방안과 그림 11, 12에서 보여준 깜빡거리는 문제 해결 방안으로 시스템을 구성한 결과 6 줄 주기의 무늬나 깜빡거리는 현상이 거의 나타나지 않고, 휘도비 (contrast ratio)가 향상됨을 관찰할 수 있었다. 프레임 주파수를 높여야 깜빡거리는 현상이 향상된다는 결과가 있지만^[8], 본 실험의 결과는 굳이 프레임 주파수를 높은 주파수로 올리지 않더라도 단지 행 선택 펄스 분산 규칙을 바꿔주기만 하면 프레임 주파수가 30 Hz에서도 깜빡

거리는 문제는 해결됨을 보여준다.

$$\therefore a = \sqrt{\frac{4}{\sum_{k=0}^3 4^k}} = \sqrt{\frac{4}{85}} \quad (1-3)$$

IV. 결 론

본 논문에서는 STN 액정표시기의 그레이 화면을 표시할 수 있으며 동영상까지 디스플레이 가능한 새로운 행 신호 변조 방법을 제안하였다. 이 방법에 의해 8 그레이를 표현할 경우 행 진폭 변조 방법에서의 최대 구동 전압 28V를 20.5V로 낮추었고, 선택비도 1.0540에서 1.0647로 향상되었다. 간단한 8 레벨 구동 IC를 사용 하여 320×240, 8 그레이 STN 액정표시기 시스템을 제작, 구현하였다. 구현한 액정표시기에서 나타난 가로 무늬와 깜빡거리는 현상이 관찰되었다. 이 두 가지 문제점의 원인을 분석하였고 그 해결 방안을 찾아내었다. 해결 방안으로 다시 제작한 시스템에서는 그 문제가 없어짐을 확인하였다.

부 록

부록 1. 행 진폭 변조 방법의 선택비와 최대 구동 전압

16 그레이를 표시할 때 행 진폭 변조 방법에 대해서 알아 본다.

n 번째 단위 시간 구간의 k 비트 시간 t_{nk}에 대해 i 번째 행과 j 번째 열에 가해지는 신호 F_i(t_{nk})와 G_j(t_{nk})는

$$F_i(t_{nk}) = asF \cdot 2^k W_i(t_{nk}) \quad (1-1)$$

$$G_j(t_{nk}) = \frac{2sF}{\sqrt{N}} \left[\sum_{i=1}^N (I_{ijk} - \frac{1}{2}) W_i(t_{nk}) \right] \quad (1-2)$$

여기서 a는 한 행에 가해지는 신호의 한 프레임 동안 실효값이 F가 되도록 하는 상수이고, s는 식 (4)에서 정의한 것과 같다. W_i(t_{nk})는 i 번째 행에 가해지는 월쉬 함수이다. 먼저 위 조건에 의해 a 값을 구해 보면,

$$\begin{aligned} (F_i \cdot F_i) &\equiv \frac{1}{T} \int_T F_i^2(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{1}{T} \int_T a^2 s^2 F^2 \cdot 4^k W_i^2(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{a^2 s^2}{T} F^2 \cdot \left(\frac{1}{4} \frac{K}{J} T \right) \cdot \sum_{k=0}^3 4^k \\ &= \frac{a^2}{4} F^2 \sum_{k=0}^3 4^k \\ &= F^2 \end{aligned}$$

가 된다. 마찬가지로 열에 가해지는 신호의 한 프레임 동안 실효값도 F가 되어야한다.

$$\begin{aligned} (G_j \cdot G_j) &= \frac{1}{T} \int_T G_j(t_{nk}) \cdot G_j(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{1}{T} \int_T \frac{2sF}{\sqrt{N}} \left\{ \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) W_i(t_{nk}) \right\} \\ &\quad \cdot \frac{2sF}{\sqrt{N}} \left\{ \sum_{m=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{mjk} \right) W_m(t_{nk}) \right\} dt_{nk} \\ &= \frac{4s^2 F^2}{TN} \int_T \sum_{i=1}^N \sum_{m=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) \left(\frac{1}{2} - I_{mjk} \right) W_i(t_{nk}) W_m(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{4F^2}{N} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right)^2 \\ &= F^2 \quad (\because I_{ijk} = 0 \text{ or } 1) \end{aligned}$$

$$\therefore (G_j \cdot G_j) = F^2 \quad (1-4)$$

행 i, 열 j의 화소((i, j) 화소)에 가해지는 실효값 <U_{ij}>는

$$\begin{aligned} \langle U_{ij} \rangle &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_T U_{ij}^2(t_{nk}) dt_{nk}} \\ &= \sqrt{\frac{1}{T} \int_T (F_i - G_j)^2 dt_{nk}} \\ &= \sqrt{(F_i \cdot F_i) - 2(F_i \cdot G_j) + (G_j \cdot G_j)} \end{aligned}$$

$$\therefore \langle U_{ij} \rangle = \sqrt{(F_i \cdot F_i) - 2(F_i \cdot G_j) + (G_j \cdot G_j)} \quad (1-5)$$

가 되는데 (F_i · G_j)를 구해보면

$$\begin{aligned} (F_i \cdot G_j) &= \frac{1}{T} \int_T asF 2^k W_i(t_{nk}) \cdot \frac{2sF}{\sqrt{N}} \sum_{m=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{mjk} \right) W_m(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{2as^2 F^2}{TN} \int_T 2^k W_i(t_{nk}) \sum_{m=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{mjk} \right) W_m(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{2as^2 F^2}{TN} \int_T 2^k \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) W_i^2(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{as^2 F^2}{2N} \sum_{k=0}^3 2^k \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) \\ &= -\frac{15as^2 F^2}{4N} \cdot I_{ij} \quad \left(\because I_{ij} = \frac{2}{15} \sum_{k=0}^3 I_{ijk} 2^k - 1 \right) \end{aligned}$$

$$\therefore (F_i \cdot G_j) = -\frac{15as^2 F^2}{4N} \cdot I_{ij} \quad (1-6)$$

이 된다. 따라서 식 (1-5)은

$$\langle U_{ij} \rangle = F \sqrt{2 + \frac{15}{85N} I_{ij}} \quad (1-7)$$

이 된다. 따라서 선택비는 N = 240일 때,

$$\frac{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=1}}{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=-1}} = \frac{1.451F}{1.377F} = 1.0540 \quad (1-8)$$

가 된다. 만약 동시에 선택하는 행의 수가 6 개이면 한 프레임은 320 단위 시간 구간이 되고(J=320) 한 프레임 동안 한 행이 선택되는 회수는 8 번(K=8)이 된다. 액정의 문턱 전압 V_{th} = 2 V라면 1.377F = 2

V에서 $F = 1.452$ V가 되므로 행에 가해지는 최대 구동 전압은 $16asF = 31.9$ V가 된다.

부록 2. 새로운 행 신호 변조 방법의 선택비와 최대 구동 전압

2^r 그레이 ($r = 1, 2, 3, \dots$) 표시를 할 때 i 행에 가해지는 신호는

$$F_i(t_{nk}) = asF \cdot A_k W_i(t_{nk}) \tag{2-1}$$

가 된다. A_k 는 k 번째 비트 시간 구간에서의 진폭비를 나타낸다. 이 때 j 열에 가해지는 신호는

$$G_j(t_{nk}) = \frac{2sF}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) W_i(t_{nk}) \tag{2-2}$$

가 된다.

$(F_i \circ F_i) = F^2$ 의 조건에서 a 를 구하면

$$a = \sqrt{\frac{\sum_{k=0}^r \tau_k}{\sum_{k=0}^r \tau_k A_k^2}} = \sqrt{\frac{\tau_w}{\sum_{k=0}^r \tau_k A_k^2}} \quad (\because \text{we let } \tau_w = \sum_{k=0}^r \tau_k) \tag{2-3}$$

가 된다. 식 (2-3)에서 τ_k 는 t_{n0} 일 때 펄스폭을 “1”이라 할 때 t_{nk} 의 상대적인 시간 폭을 의미한다. (i, j)화소 양단에 걸리는 실효치를 구하기 위해 $(F_i \circ G_j)$ 를 구해보면

$$\begin{aligned} (F_i \circ G_j) &= \frac{1}{T} \int_T asFA_k W_i(t_{nk}) \cdot \frac{2sF}{\sqrt{N}} \sum_{m=1}^N \left(\frac{1}{2} - I_{mjk} \right) W_m(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{2as^2 F^2}{TN} \int_T A_k \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) W_i^2(t_{nk}) dt_{nk} \\ &= \frac{2aF^2}{\sqrt{N}} \frac{1}{\sum_{k=0}^r \tau_k} \sum_{k=0}^r A_k \tau_k \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) \\ &= \frac{2aF^2}{\tau_w \sqrt{N}} \sum_{k=0}^r 2^k \left(\frac{1}{2} - I_{ijk} \right) \quad (\because A_k \tau_k = 2^k) \\ &= -\frac{aF^2}{\sqrt{N}} \frac{(2^r - 1)}{\tau_w} I_{ij} \quad (\because I_{ij} = \frac{2}{(2^r - 1)} \sum_{k=0}^r I_{ijk} 2^k - 1) \end{aligned}$$

$$\therefore (F_i \circ G_j) = -\frac{aF^2}{\sqrt{N}} \frac{(2^r - 1)}{\tau_w} I_{ij} \tag{2-4}$$

화소 (i, j) 양단에 걸리는 전압의 실효치를 구하기 위해 식 (2-1)에서 (2-4)를 식 (1-6)에 대입하면

$$\langle U_{ij} \rangle = F \sqrt{2 + \frac{2a}{\sqrt{N}} \frac{(2^r - 1)}{\tau_w} \cdot I_{ij}} \tag{2-5}$$

따라서 16 그레이 표시($16 = 2^4$ 즉, $r = 4$)하고 $N = 240$ 에 대해서 새로운 행 신호 변조 방법의 선택비와 최대 구동 전압을 구해보자.

그림 2 (a)에서는

$$A_k = \begin{cases} \pm 1 & k=0, 1 \\ \pm 2 & k=2 \\ \pm 4 & k=3 \end{cases} \quad \text{and } \tau_0 : \tau_1 : \tau_2 : \tau_3 = 1:2:2:2 \tag{2-6}$$

$$a = \sqrt{\frac{7}{1 \cdot 1^2 + 2 \cdot 2^2 + 2 \cdot 2^2 + 2 \cdot 4^2}} = \sqrt{\frac{7}{43}} \tag{2-7}$$

따라서 선택비는

$$\frac{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=1}}{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=-1}} = \frac{1.4531F}{1.3741F} = 1.0575 \tag{2-8}$$

그림 2 (b)에서는

$$A_k = \begin{cases} \pm 1 & k=0 \\ \pm 2 & k=1 \\ \pm 4 & k=2, 3 \end{cases} \quad \text{and } \tau_0 : \tau_1 : \tau_2 : \tau_3 = 1:1:1:2 \tag{2-9}$$

$$a = \sqrt{\frac{5}{1 \cdot 1^2 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 4^2 + 2 \cdot 4^2}} = \sqrt{\frac{5}{53}} \tag{2-10}$$

따라서 선택비는

$$\frac{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=1}}{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=-1}} = \frac{1.4556F}{1.3715F} = 1.0612 \tag{2-11}$$

그림 2 (c)에서는

$$A_k = \begin{cases} \pm 1 & k=0, 1 \\ \pm 2 & k=2, 3 \end{cases} \quad \text{and } \tau_0 : \tau_1 : \tau_2 : \tau_3 = 1:2:2:4 \tag{2-12}$$

$$a = \sqrt{\frac{9}{1 \cdot 1^2 + 2 \cdot 2^2 + 2 \cdot 2^2 + 4 \cdot 2^2}} = \frac{1}{\sqrt{3}} \tag{2-13}$$

따라서 선택비는

$$\frac{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=1}}{\langle U_{ij} \rangle_{I_{ij}=-1}} = \frac{1.4574F}{1.3696F} = 1.0641 \tag{2-14}$$

최대 행 구동 전압은 (문턱 전압 $V_{th} = 2$ V, 6 행 선택)

$$V_{p-p} = \begin{cases} 8asF \left(a = \sqrt{\frac{7}{43}}, F = 1.455 \right) = 29.7V & \text{그림 2 (a)} \\ 8asF \left(a = \sqrt{\frac{5}{53}}, F = 1.458 \right) = 22.7V & \text{그림 2 (b)} \\ 4asF \left(a = \frac{1}{\sqrt{3}}, F = 1.460 \right) = 21.3V & \text{그림 2 (c)} \end{cases} \tag{2-15}$$

감사의 글

※ 액정패널을 제작해 주신 삼성전관(주) 종합연구소 제2실 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고 문헌

[1] B. Clifton, D. Prince, “Hardware Archi-

- lectures for Video-Rate, Active Addressed STN Displays”, *Japan Display 92*, pp. 503-506.
- [2] T. J. Scheffer, B.Clifton, “Active Addressing Method for High-Contrast Video-Rate STN Display”, *SID 93 Digest of Technical Paper*, pp. 228-231.
- [3] Conner, A.R., Scheffer, T.J., “Pulse Height Modulation (PHM) Gray Shading Methods for Passive Matrix LCDs”, *Proc. 12th International Display Research Conference (Japan Display 92)*, pp. 69-72.
- [4] H. Mano, et. al, “An Eight-Gray-Level Drive Method for Fast-Responding STN LCDs”, *SID 93 Digest of Technical Paper*, pp. 93-96.
- [5] J.Nehring, A.Kmetz, “Ultimate Limits for Matrix Addressing of RMS-Responding Liquid-Crystal Displays”, *IEEE Trans. Electron Devices*, ED-26(1979), 795-802.
- [6] H.Muraji, et.al, “A 9.4-in Color VGA F-STN Display with Fast Response Time and High Contrast Ratio by Using MLS Method”, *SID 94 Digest of Technical Paper*, pp. 61-64.
- [7] B. Clifton, et.al, “Optimum Row Functions and Algorithms for Active Addressing”, *SID 93 Digest of Technical Paper*, pp. 89-92.
- [8] S.Kondo, et.al, “A Fast-Response Black and White ST-LCD with a Retardation Film”, *SID 91 Digest of Technical Paper*, pp. 747-750.

 저 자 소 개



李昇祐(學生會員)

1971년 9월 23일생. 1993년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학사. 1995년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 공학석사. 1995년 3월 ~ 현재 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사과정. 주관심분야는

STN-LCD, poly-Si TFT-LCD, low power poly-Si TFT-LCD driver circuit 등임

韓喆熙(正會員)

1954년 8월 12일생. 1977년 서울대 전기공학과 졸업(학사). 1983년 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학박사). 1983년 ~ 1987년 금성사 중앙연구소 책임연구원. 현재 한국과학기술원 전기및전자공학과 정교수. 주관심분야는 poly-Si TFT, AMLCD, organic LED, MEMS, Cu 식각 공정 개발 등임