

박막 트랜지스터 액정 디스플레이를 위한 열 교대 구동

정우석^o, 이인환, 권오경
한양대학교
서울시 성동구 행당동 17번지
itsme@shira.hanyang.ac.kr

Alternate-Column Driving for TFT-LCDs

W. Chung^o, I. Lee, O. K. Kwon
Hanyang University
Hangdang-Dong 17, Sungdong-Gu, Seoul, Korea
itsme@shira.hanyang.ac.kr

ABSTRACT

This paper presents a new panel structure and the associated driving method for TFT-LCDs, which is called the alternate-column driving (ACD). The ACD allows us to implement the dot-inversion driving with much lower power consumption than in conventional methods. This paper describes the ACD and analyzes the image quality and power consumption of the ACD.

I. 서론

최근에 능동 행렬 액정 디스플레이(AMLCD)를 이용한 notebook 컴퓨터, 휴대폰 등 다양한 응용 장치가 널리 사용되고 있으며 AMLCD의 응용 범위가 넓어짐에 따라 AMLCD의 고화질과 저소비 전력이 중요시되고 있다. AMLCD에서는 액정의 신뢰도와 화질을 높이기 위해 극 반전 구동(polarity inversion driving)을 이용한다. 극 반전 구동 방식은 크게 프레임 반전 구동(frame inversion driving), 행 반전 구동(line inversion driving), 열 반전 구동(column inversion driving), 그리고 점 반전 구동(dot inversion driving)으로 구분된다. 극 반전 구동 방식 중 점 반전 구동이 가장 우수한 화질을 제공하나, 점 반전 구동을 구현하기 위해서는 높은 소비 전력이 요구되므로, 저 소비 전력을 요

구하는 AMLCD에는 소비 전력이 낮은 열 반전 구동을 많이 사용한다.

본 논문에서는 점 반전 구동 수준의 고화질과 열 반전 구동 수준의 저 소비 전력을 동시에 만족시킬 수 있는 새로운 패널 구조와 구동 방식을 포함하는 열 교대 구동 (alternate-column driving; ACD)을 제안하고, ACD의 화질과 소비전력을 기존의 극 반전 방식과 비교하여 분석하였다.

II. Alternate-Column Driving

2.1 패널

ACD를 위해 제시된 패널 구조는 그림 1과 같다. 기존의 패널 구조와 비교되는 구조적 특징은 화소 스위칭 소자인 박막 트랜지스터(TFT) 배열 위치이다. 기존의 패널에서는 모든 화소 TFT가 화소의 좌측(또는 우측) 신호 선과 연결된 반면, 제시된 패널을 구성하는 화소 TFT의 반은 화소의 좌측 신호 선과 연결되어 있고, 나머지 반은 화소의 우측 신호 선과 연결되어 있다. 그림 1에서 P_L 은 화소 TFT가 화소의 좌측 신호 선과 연결된 화소이고 P_R 은 화소 TFT가 화소의 우측 신호 선과 연결된 화소를 나타낸다. 한 열의 화소들을 보면 P_L 과 P_R 이 교대로 연결되고, 한 행은 모두 P_R 로 구성되거나 또는 모두 P_L 로 구성된다. 그리고 제시된 패널은 기존의 패널에 비해 신호 선이 하나 더 많다.

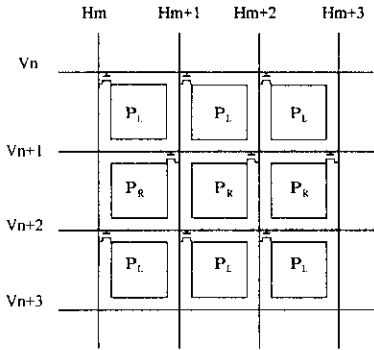


그림 1. ACD를 위한 패널 구조

2.2 구동

그림 1과 같은 패널 구조에서의 점 반전 구동은 기존 패널 구조에서의 열 반전 구동과 유사한 형태로 이루어진다. 구체적으로, 본 패널에서 점 반전을 구동하기 위해 (그림 2), 데이터 구동 회로는 아웃 신호 선의 출력 신호 극성을 서로 다르게 하여 화상 신호를 신호선에 전달하고, 다음 프레임에서 모든 신호 선의 화상 신호 극성을 반전시킨다. 이러한 구동 방식은 종래의 열 반전 구동 방식과 같다. 종래 점 반전 구동 방식이 매 행마다 극성을 반전시켜야 하는데 비해, ACD 방식은 매 프레임마다 한번만 극성을 반전시킨다. 따라서 ACD를 사용하면 열 반전 구동과 같은 수준의 소비전력으로 점 반전 구동을 구현할 수 있다.

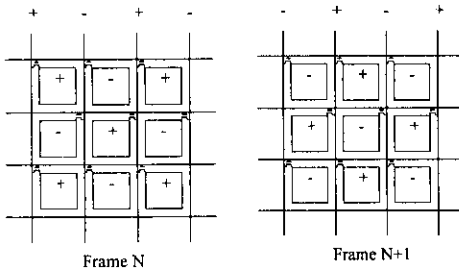


그림 2. ACD에서의 점 반전 구동

기존의 패널 구조에 비해 본 패널 내의 화소들은 P_L 과 P_R 로 이루어 졌기 때문에 화상 신호를 원하는 화소에 정확하게 전달하기 위해서는 이러한 패널상의 특징을 고려해야 한다. 화상 신호를 화소에 전달할 때 고려해야 할 조건들은 다음과 같다.

- N번째 열의 P_L 에 화상 신호를 전달하기 위해서는 N 번째 신호 선에 화상 신호를 전달한다.

- N번째 열의 P_R 에 화상 신호를 전달하기 위해서는 N+1번째 신호 선에 화상 신호를 전달한다.

상기 두 조건을 만족시키기 위해 다음과 같은 두 가지 구동 방식중의 하나를 사용한다. 첫 번째 방식에서는 컨트롤러에서 화상 신호의 타이밍을 조절한다. 화상 신호를 발생하는 컨트롤러는 P_R 로 이루어진 행을 위한 화상 신호를 한 화소 시간만큼 지연시켜 데이터 구동 회로에 전달한다. 한 화소 시간 지연된 N번째 열의 화상 신호는 N+1번째 단의 구동 회로에 의해 N+1번째 신호 선에 전달되게 된다. 두 번째 방식에서는 데이터 구동 회로를 이용하여 타이밍을 조절한다. 데이터 구동 회로에서 P_R 로 이루어진 한 행을 위한 화상 신호를 샘플링할 때 N+1번째 단의 구동 회로에서 한 화소 시간 먼저 화상 신호를 샘플링하여 N번째 열의 화상 신호를 N+1번째 신호 선에 전달한다.

두 번째 구동 방식을 위한 데이터 구동 회로의 block diagram을 보면 그림 3과 같다. 그림 3에서 데이터 구동 회로는 일반적인 shift register와 샘플/홀드. (sample/hold) 회로로 구성되고, 샘플링 시간을 조절하기 위한 스위치가 동기 신호 선과 shift register의 첫째 단과 둘째 단에 연결된다. 데이터 구동 회로에서 P_R 를 위한 화상 신호를 샘플링할 때 스위치가 shift register 두 번째 단과 연결되어 동기 신호(sync)가 두 번째 단의 shift register에 전달된다. 따라서 두 번째 단의 데이터 구동 회로부터 샘플링을 시작하여 한 화소 시간 먼저 화상 신호를 샘플링하게 된다. P_L 을 위한 화상 신호를 샘플링할 때는 종래와 같이 첫 번째 단의 shift register에 동기 신호가 전달되어 첫 번째 단의 구동 회로부터 샘플링한다.

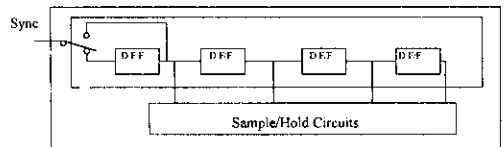


그림 3. ACD를 위한 데이터 구동 회로

III. ACD의 화질분석

3.1 깜박거림 (Flicker)

NWM (Normally White Mode) 액정에서는 양극 화소와 음극 화소에 동일한 전압 차가 인가되면, feedthrough 전압과 박막 트랜지스터의 leakage 전류에 의한 화상 신호 전압 하강에 의해, 양극 화소의 광 투과율이 음극 화소의 광 투과율에 비해 높게 된다. 이러한 광 투과율 차 때문에 양극 화소와 음극 화소의 배열이 깜박거림의 정도를 결정하는 주요 요소가 된다.

다. 그림 4는 극 반전 방식 중 점 반전 구동 방식을 이용하여 균일한 밝기의 화면을 표현했을 때 양극 화소와 음극 화소의 밝기 차를 보여준다. 그림 4와 같이 화소 밝기 차가 배열된 화면에서는 눈에 보이는 깜박거림을 제거할 수 있다는 측정 결과는 이미 보고되었다 [1]. 따라서 깜박거림을 없애기 위해서는 기존 점 반전 방식과 같은 양극 화소와 음극 화소의 배열이 필요하다. ACD 방식으로 극 반전을 구동할 경우 양극 화소와 음극 화소의 배열이 종래의 점 반전 구동과 같아지며, 따라서 ACD 구동 방식은 효과적으로 깜박거림을 제거한다.

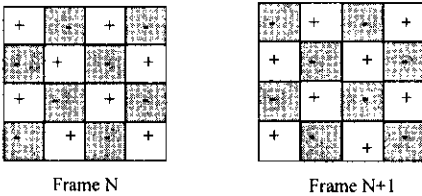


그림 4. 점 반전 구동에서의 화소 밝기 배열

3.2 수평 crosstalk

수평 crosstalk는 신호 선과 공통 전극간의 용량성 결합(capacitive coupling)에 의해 발생하며, 화상 신호의 변화는 이러한 용량성 결합에 의해 공통 전극 전압을 왜곡시키는 수평 crosstalk 현상을 발생시킨다 [2,3]. ACD 방식에서는 그림 5와 같이 이웃된 화상 신호가 서로 반대 방향으로 변화하여, 화상 신호 변화에 의한 공통 전극 전압의 왜곡이 상쇄된다. 따라서 ACD 방식을 이용한 패널에서는 화상 신호의 변화가 공통 전극에 영향을 미치지 않기 때문에, 기존의 열 반전 구동이나 점 반전 구동에서와 같이 수평 crosstalk가 발생하지 않는다.

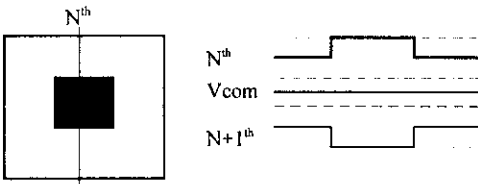


그림 5. ACD에서의 수평 crosstalk

3.3 수직 crosstalk

화소와 이웃된 두 신호 선의 용량성 결합과 박막 트랜지스터의 leakage 전류에 의한 화상 신호 변화는 화소에 저장된 화상 신호 전압의 RMS 값에 영향을 준다. 이러한 영향에 의한 화질 저하를 수직 crosstalk라

한다 [3]. ACD에서의 수직 crosstalk는 일반적으로 수직 crosstalk 현상을 관찰하기 위해 사용되는 3가지 실험적 화면을 이용하여 simulation하였고, 그 결과를 다른 4가지 극 반전 구동 방식과 비교하였다.

3.3.1. Simulation 방법

수직 crosstalk의 주요 요인인 화소와 이웃된 두 신호 선의 용량성 결합을 대상으로 simulation 하였다. 화소와 연결된 신호 선과의 용량성 결합률(α)과 화소와 연결되지 않은 이웃된 신호 선과의 용량성 결합률(β)을 참고 자료를 통해 결정하였다 [4]. 실험적 화면은 그림 6, 7, 8과 같이 검은색 틀, R,G,B 단색 틀, 그리고 검은색 선과 흰색선이 교차하는 틀에 회색 바탕으로 구성하였다. 흰색, 회색, 검은색 화면을 표현하기 위한 전압 범위는 각각 $\pm 1.5V$, $\pm 2.65V$, $\pm 4.5V$ 로 하였다.

주어진 화면에서 화소의 RMS 전압은 다음 수식과 같이 표현된다.

$$V_{RMS}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \{V_p + \alpha(V_i - V_p) + \beta(V_i' - V_p)\}$$

여기서 V_p , V_i , V_i' 는 각각 측정 화소에 저장되는 화상 신호 전압, i 번째 행의 화소를 위한 측정 화소와 연결된 신호 선의 화상 신호 전압, i 번째 행의 화소를 위한 측정 화소와 다른 이웃된 신호 선의 화상 신호 전압을 나타내고, N 은 전체 행의 수를 나타낸다. Simulation은 $\alpha=0.04$, $\beta=0.06$ 인 12.1" XGA급 화면에서 수행하였다.

3.3.2. simulation 결과

그림 6, 7, 8은 각 simulation 화면에 대한 수직 crosstalk를 나타낸다. 여기서 F, C, L, D, AC는 각각 프레임 반전, 열 반전, 행 반전, 점 반전, ACD를 표시한다. 그림 6, 7, 8에서, 각 구동 방식에 대한 두 막대들은, N 번째 열의 최상단 화소의 RMS 값과 바탕 화소의 RMS 값의 차 및 최하단 화소의 RMS 값과 바탕 화소의 RMS 값의 추정치를 보인다. 그림 6은 검은색 틀의 경우, ACD에서의 crosstalk는 점 반전 구동에는 미치지 못하나, 열 반전 구동 수준을 유지함을 보인다. 그림 7은 빨간색 틀의 경우, ACD에서의 crosstalk가 점 반전 구동 수준에는 미치지 못하나, 열 반전 구동에 비해 약 3분의 1로 줄어듦을 보인다. 그림 8은 교차선의 경우 ACD에서의 crosstalk가 점 반전 구동에 비해 약 4분의 1로 줄어, 열 반전 구동과 함께 가장 우수한 특성을 갖음을 보인다. Simulation 결과를 요약하면, ACD는 수직 crosstalk 면에서 기존의 열 반전 구동보다 약간 우수하며, 점 반전 구동에 약간 못 미친다.

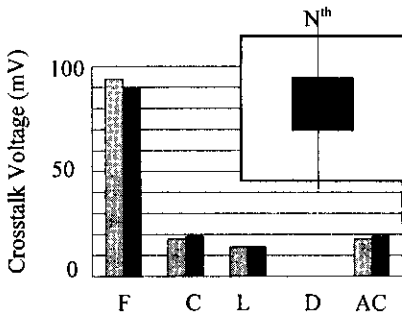


그림 6. 검은색 틀에서의 수직 crosstalk

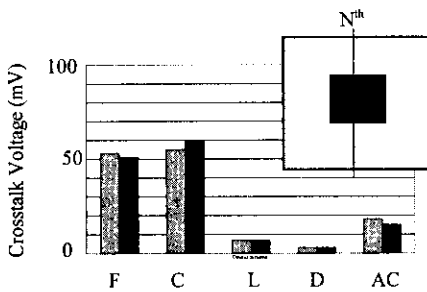


그림 7. 빨간색 틀에서의 수직 crosstalk

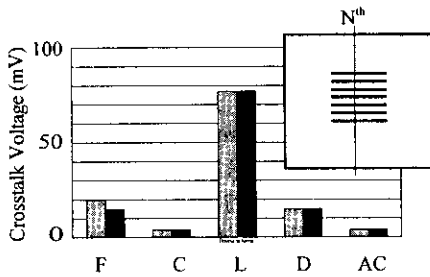


그림 8. 흑색선/백색선 교차시의 수직 crosstalk

IV. ACD의 소비 전력

구동 회로에서의 전체 소비 전력(P_T)은 정적 소비 전력(P_S)과 동적 소비 전력(P_D)의 합이며 이를 다음과 같은 수식으로 나타낼 수 있다.

$$P_T = P_S + P_D = V_{DD}^2/R + C \cdot V_{DD} \cdot V_{swing} \cdot f$$

위의 식에서 V_{DD} 는 구동전압, R 은 패널 부하저항, C 는 패널 부하 커패시턴스, V_{swing} 은 극 반전 전압 폭, 그리고 f 는 극 반전 빈도를 나타낸다. 종래의 점 반전 구동

방식에서는 매 행이 바뀔 때마다 극 반전을 해야 한다. 따라서 위 수식에서 동적 소비 전력의 극 반전 빈도 (f)가 전체 행의 수와 같아, 극 반전 방식을 위한 전력 소비가 매우 높다. 그러나 ACD 방식은 상기 2.2 절의 설명과 같이 프레임이 바뀔 때마다 한번만 극 반전을 하기 때문에, 극 반전을 위한 전력 소비가 기존의 점 반전에 비해 전체 행의 수에 비례하여 줄어들게 된다. 따라서 화면의 크기와 해상도가 높은 액정 디스플레이수록 소비 전력이 더욱 효과적으로 줄어들게 된다.

V. 결론

본 논문에서는 TFT-LCD의 구동을 위한 새로운 패널 구조와 구동 방식을 포함하는 열 교대 구동 (alternate-column driving; ACD)을 제안하였다. ACD는 종래의 열 반전 구동 수준의 소비 전력으로 점 반전 구동 수준의 화질을 제공한다. 구체적으로, ACD는 종래의 점 반전 구동에 비해 매우 낮은 전력을 소비하고, 수평 crosstalk와 깜박거림 면에서 점 반전 구동과 같은 특성을 보이며, 수직 crosstalk 면에서는 점 반전 구동에 비해 약간 떨어지는 특성을 보인다. 따라서 ACD는 고화질과 저 소비 전력이 동시에 요구되는 TFT-LCD 응용 분야에 널리 활용될 수 있을 것이다.

Reference

- [1] N.Ikeda, H.Moriyama, H.Uchida, S.Nishida, K.Mitsuhashi, O.Matsuo, S.Kaneko, K.Mizuno, High-Resolution 12.9-in Multicolor TFT-LCD for EWS, SID 92, pp. 59-62
- [2] Shigeru Yachi, Tetsuya Ikemoto, Seiki Takahashi, Fumio Matsukawa, Akira Ishizu, Hayato Takasago, Teruhiko Yamazaki, An Analysis of Source-Common coupling Effect in Large-Area TFT-LCDs, SID 91, pp. 30-33
- [3] S.Takajashi, S.Shibata, K.Gondo, S.Yachi, Y.Ohno, T.Tobita, H.Takasago, Analysis of Area-Distributed Crosstalk Phenomena in Large-Area TFT-LCDs, SID 94, pp. 463-466
- [4] F. R. Libsch, A. Lien, A Compensation Driving Method for Reducing Crosstalk in XGA and Higher-Resolution TFT-LCDs, SID 95, pp. 253-256