논문 2010-47SP-1-8

그래프 이론과 상관성을 이용한 PM OLED 다중선 구동 기술

(Multi-Line Driving Technology on PM OLED using Graph theory and Correlation)

이 길 재*, 이 창 훈**, 정 제 창*

(Giljae Lee, Chang-hoon Lee, and Jechang Jeong)

요 약

PM OLED는 차세대 디스플레이의 하나로 많은 애플리케이션에 사용되고 있다. PM OLED를 애플리케이션에 적용하는데 있어 가장 큰 문제는 전력 소모와 제품 수명을 꼽을 수 있다. PM OLED 시장의 확대를 위해 이를 개선하기 위한 노력이 패널과 회로 측면에서 이루어지고 있다. 전력소모와 제품 수명은 상호 연관 관계가 있어, 회로 상에서 전력 소모를 줄이면 인가 전류가 감소하여 제품 수명이 향상된다. 그러므로 전력 소모를 회로적으로 보완하는 방법을 적용하여 구동 방식을 개선함으로 전력 소모 감소와 제품 수명 향상이 가능하다. 종래 Row-to-Row 방식을 개선하여 여러 Row를 동시에 구동하는 기술을 적용하면 전력 소모를 감소시키고 수명을 연장할 수 있다. 본 논문은 여러 Row를 동시에 구동하는 방식을 적용함에 있어 Row 별 Column 데이터에 대해 확률적 개념을 도입하여 유사성이 높은 Row를 하나의 Group으로 분리하고 Group별로 차별적으로 Row 구동 방식을 적용하여 전력을 감소하여 패널 수명을 향상하였다.

Abstract

PM OLED is used in many applications as one of the display for the next generation. The most essential problems are the power dissipation and the short life time in applying PM OLED into a commercial application. Many efforts are made in developing the panel and in improving the circuit for expanding the current market wider. The life time in PM OLED is expanded by lessening the power dissipation of the circuit for the magnitude of the driving current is lowered. It is possible to minimize the power dissipation from improving the driving technology. The classical technology, Row-to-Row driving, is that row is selected one by one while applying the column current input individually. The multi-line driving is a new technology which is to select multiple rows simultaneously while applying the column current as a whole. However, the solution of the multi-line driving is NP-complete problem. The efficiency is dependant on the sort of picture and the driving condition. This paper presents the new efficient multi-line driving which is that the multiple lines are selected by applying column current together after grouping the simultaneous driving group applying the gnew efficient muthe coi-line dr coefficient. Bengrouping the several rows which has the higher coi-line dr coefficient, the more efficient driving is realized to present the high quality image and to lessen the power dissipation and to stretch the life time in the PM OLED.

Keywords: PM OLED, MLA, Multi-Line Driving, Graph theory, Correlation coefficient.

* 정회원, 한양대학교 전자컴퓨터공학과
(Hanynag University Department of Electronics Computer Engineering)
** 학생회원, 한양대학교 정보디스플레이공학과
(Hanyang University Information Display Engineering)
※ 이 논문은 2006년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(KRF-2006-005-J04101)
접수일자: 2009년5월25일, 수정완료일: 2009년12월29일

Ⅰ. 서 론

OLED(Organic Light Emitting Diode)는 차세대 디스플레이의 하나로 다양한 애플리케이션에서 점차 시장을 확대하고 있다. 근래에 들어 TFT LCD(Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)의 강세로 인해 시장을 위협받고 있으나 자가 발광 특성으로 인해 동영상 재생에 우위를 가지고 있어 휴대형을 중심으로 그 분야를 점점 확대하고 있다. 현재 PM OLED(Passive Matrix OLED)는 휴대형을 중심으로 5″ 애플리케이션까지 지원하고 있으며, AM OLED(Active Matrix OLED)는 중대형 디스플레이로 20″에 이르는 소비자 시장까지 양산 개발되고 있다. PM OLED가 소형에 강점을 가지는 이유는 AM OLED에 비해 제조단가가 낮으며 생산성이 좋으므로 제조 가격상의 잇점을 가지기 때문으로 한국, 일본, 대만의 많은 업체들이 다양한 모듈 형태로 생산하고 있다.

PM OLED 패널은 구조적으로 Row와 Column으로 구성되며 Row를 순차적으로 구동하며 Row에 대응하는 Column 정보를 표시함으로 하나의 영상을 표현한다. Row 별로 구동하는 방식을 Row-to-Row 방식이라 부르며, Row에 따라 순차적으로 구동하고 해당 Row에 대해 Column 정보를 제한적으로 표시한다. 따라서 지원하는 디스플레이의 해상도의 제한을 받으며 물리적으로는 PM OLED 자체 구동 특성으로 인해 전력 소모가 많고 제품 수명이 짧다는 단점을 가지고 있다.

PM OLED의 대표적인 문제인 전력 소모와 제품 수명을 향상시키는 것은 구동방식을 개선함으로 극복되어질 수 있다. 대표적인 방법으로 기존 Row-to-Row 구동방식을 사용하지 않고 하나의 패널을 전체적으로 보아 여러 Row를 동시에 구동하는 방식으로 MLA(Multi Line Addressing)라는 구동방식이 있다[1]. 이는 여러 Row를 동시에 구동함으로 인가되는 전류의 양을 감소시키기 때문이다. 하지만 MLA를 적용함에 있어 두 가지 문제가 있다. 첫째는 여러 Row를 선택하는 방법의 적절성의 문제이며 둘째는 적용되는 영상에 따라 효율성의 차이가 심하다는 점이다.

본 논문에서는 확률적 개념을 도입하여 전체 Row 중 상관도가 높은 대상들을 하나로 묶어 그룹으로 분리하고 분리된 그룹에 대해서 그래프 이론를 적용하여 최적의 구동 조합에 대한 최종 해를 도출하여 구동방식을 적용한다. 이는 영상 및 동작 상태에 따라 차별적으로 구동방식을 적용하는 방식을 도입한 것이다. 영상 내에서 Row 간 상관도를 분석하기 위해 임의의 표본 공간 내에서 Row 별 대표값을 구하고 Row 간의 상관계수를 산출, 적용해 줌으로 구동하는 Row 그룹을 최적화하였다. 최적화된 Row 그룹은 그래프 이론의 Maximum flow, Minimum cut 방식을 적용하여 임의의 NP complete 문제에 대한 해를 도출하는 방법을 도입하였다[2]. 또한 구동방식의 효율성을 파악하기 위해 DRV 테이블 개념을 정의하여 구동 방식에 대한 시각적 비교를 도출하고 Cost function을 정의하여 해에 대한 산술적 비교를 통하여 객관적인 비교 기준을 설정하도록 하였다.

Ⅱ. PM OLED 구동방식에 대한 이해

OLED 패널은 2차원 배열로 가정하여 N개의 Row와 M개의 Column의 2차원 매트릭스 구조를 가진다. Row와 Column의 교차점은 다이오드 구조를 가진 발광체로 구성되며 임의의 Row와 Column 사이에 위치한 발광형 다이오드의 양단에 일정 임계 전압을 인가하면 전류가 흐르고 다이오드가 발광되는 구조를 이룬다. 이처럼 Row를 순차적으로 동작시키면서 Row에 해당하는 Column 정보에 해당하는 신호를 인가하면 만나는 각각의 교차점의 다이오드가 발광하여 최종적으로 하나의 영상을 표시하게 된다. 발광되는 점들이 모여 이루어진 영상은 N×M의 행렬에 1:1 대응하는 함수 구조로 가정할 수 있다.

일반적으로 영상은 색의 표현 유무에 따라 Monochrome과 Color로 구분된다. Monochrome은 하나의 pixel이 0에서 ρ까지 계조를 가지며 Color의 경우는 RGB의 값의 조합으로 표현되며 각각 0에서 ρ의 계조를 가지며 RGB의 조합으로 색을 표시한다. 여기서 ρ는 표시 가능한 최대 계조수를 말한다.

영상을 I로 표시하도록 정의하면 I의 원소는 $(r_{ij}) \in \{0,...,\rho\}^{n\times m}$ 이며 영상 I는 아래와 같이 표현한다.

<Monochrome >

$$I = \sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M} r_{ij}, \text{ where } (r_{ij}) \in \{0,...,\rho\}^{n\times m} \quad (1)$$

<Color>

$$I=\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{M}\{r_{ij},g_{ij},b_{ij}\},\ \text{where}\ r_{ij},g_{ij},b_{ij}\in\{0,\ldots,\rho\}^{n\times m} \quad (2)$$

Row-to-Row 구동 방식은 Row를 순차적으로 선택하며 각각의 Row에 해당하는 Column 입력을 인가하여 영상을 표현하는 방식이다. Row에 해당하는 Column의 신호를 해당 Row를 선택하는 동안에 동기 하여 전체적으로 인가하므로 하나하나의 Column을 구동함에 비해 구동 시간의 효율성을 높이도록 하였다.

구동 시간은 패널의 해상도와 색상 수에 따라 다르다. 구동시간은 다음과 같이 정의된다. 전체 Row 구동 시간을 프레임 시간(Frame time)이라고 한다. 프레임 시간은 한 화면을 보여 주는 시간을 의미하며 프레임 시간의 역수를 프레임 주파수(Frame frequency)라고 한다. 프레임 시간에서 하나의 Row를 구동하는 시간을 라인 시간(Line time)이라 하며, 프레임 시간을 Row의 수로 나누어 구할 수 있다. 하나의 라인 시간을 전체 표현 계조로 나눈 것이 단위 발광 시간이 된다.

$$t_{ij}\le T_L/\rho,\text{where}\ T_L=T_f/N,\ \text{N=Row number} \quad (3)$$

PM OLED의 구동 방식은 계조 표현 방식이 단위 전류량의 차이로 구현되는지, 전류인가 시간의 차이에 의해 구현되는지에 따라 두 종류로 구별된다. 전자는 PAM(Pulse Amplitude Modulation) 구동이라고 부르며 후자는 PWM(Pulse Width Modulation) 구동이라고 한다. PWM과 PAM에는 기본적인 개념의 차이가 있으므로 구동 방식의 효율성을 높이기 위한 방법에 대해 두 경우에 대해 각각 고려하였다.

1. PAM 구동 방식

PM OLED 구동 시 계조를 구현할 때 일정 Row 선택 시간 동안에 인가되는 Column의 전류의 크기를 제어하는 방식을 PAM 방식이라고 한다.

PAM 의 구동시간은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T(\Theta)=\sum_{i=1}^{N}T_L,\ \text{where}\ T(\Theta)=T_f \quad (4)$$

PAM은 Row 당 구동 시간은 일정하고 전류의 양에 의해 계조를 표현한다. 예를 들어 낮은 계조를 표현하려면 인가 전류의 크기가 작게 하고 높은 계조를 표현하려면 전류의 크기를 높게 인가한다. 하나의 Row 구간에 전체 Column이 비 발광인 상태가 존재한다면(이를 무효 발광 부분으로 정의한다.) 구동 시간 대비 유효 구동 시간의 효율성이 떨어진다. 만일 무효 발광 부분이 존재 할 때 이를 제거하고 제거된 시간만큼 비례적으로 실제 구동 시간을 조정하면 최대 인가 전류의 크기를 보다 낮출 수 있어 전체 전력 소모를 감소시키고 더불어 PM OLED 패널의 수명을 연장하는 효과를 가진다.

그림 1은 PAM 구동 방식을 1-Frame에 대해 표시하였다. 첫 번째 파형은 Full white image를 표시하고 있다. 인가되는 최대 전류량은 *Pi*로 표시하고 있으며 전체 영상이 표시되는 시간은 *Tr*이다. 두 번째 파형은 임의의 영상을 표시하고 있으며 중간 중간 무효 발광 부분이 포함하고 있다. 세 번째 파형은 무효 발광 부분을 제거하고 유효 발광 부분을 모아 둔 것이다. (*Tr-Tef*)의 무효 발광 부분이 존재함을 알 수 있다. 네 번째 파형은 무효 구동 시간을 제거하기 위해 유효 발광 부분을 프레임 시간에 맞추어 확장해 줌으로 최대 인가 전류량을 비례적으로 감소시켜줌으로 패널에 인가되는 최대 전류량을 감소시키는 효과를 가짐을 표시한다. 그림 1에서 보듯이 전류량은 (*Pi-Pei*) 만큼의 감소를 가져오므로 전력 소모를 감소시켜 패널의 수명을 연장하게 된다.

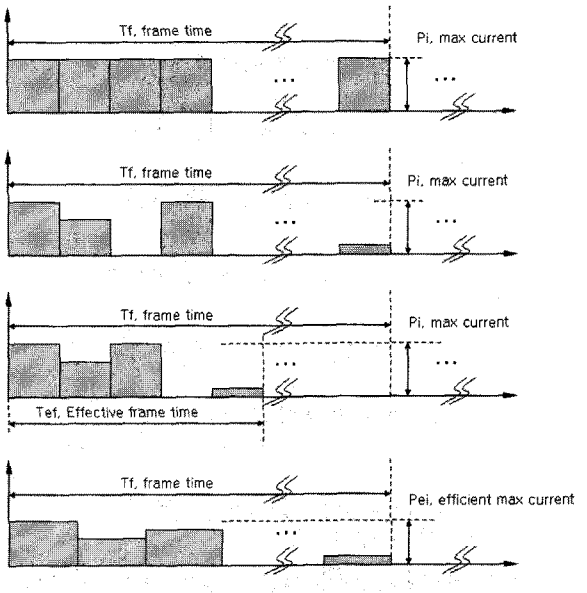


그림 1. PAM에서 구동 파형 관점에 따라 고정시간 방식과 최적화 시간 방식의 차이를 표시한다

Fig. 1. The waveform in the OLED display shows the difference of the fixed time method and optimized time method in the point of PAM (pulse-width modulation).

2. PWM 구동 방식

PM OLED 구동 시 계조 표현을 일정 Row 구간 내에서 전류를 인가하는 시간을 변화함에 따라 구현하는 것을 PWM이라고 한다. PWM은 전체 구동 시간은 일정하며 Row 당 구동 시간은 일정하나 Row내에서 계조를 표현하기 위해 전류량은 일정하게 유지하고 전류 인가 시간을 변화하게 한다. 예를 들어 낮은 계조를 표현하기 위해 전류 인가 시간을 짧게 하고 높은 계조를 표현하기 위해 전류 인가 시간을 길게 한다. Row-to-Row 구동 방식에 의해 최대 계조를 표현할 수 있도록 Row 시간을 설정한다면 PWM에서의 구동 시간은 다음과 같이 표현된다.

$$T(\Theta)=\sum_{i=1}^{N}\max\{r_{ij}\,|\,1,...,\rho\} \tag{5}$$

한 Row에서는 표현할 수 있는 계조의 최대값을 표현할 수 있는 시간을 일정하게 할당하게 되면 낮은 계조가 많은 영상의 경우 무효 발광 부분이 많아지게 되어 유효 구동 시간이 낮아지게 된다. 유효 구동 시간을 프레임 시간에 맞추어 확장함으로 최대 인가 전류량을 감소하게 되면 OLED의 수명을 향상하고 픽셀 당 전력 소모를 감소하게 된다[3]. 이러한 방법을 CSLA (Consecutive Single Line Addressing)이라고 하며 구동 시간은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$T(\Theta)=\sum_{i=1}^{N}\max\{r_{ij}\,|\,j=1...M\} \tag{6}$$

그림 2는 PWM 구동 방식을 하나의 프레임에 대해 예를 들어 표시하였다. 첫 번째 파형은 Full white image에 대해 구동 파형을 표시하였다. 전체 인가 시간은 프레임 시간, *Tf*로 표시하고 인가되는 전류량을 *Pi*로 표시하였다. 두 번째 파형은 임의의 영상의 구동 파형을 표시한 것으로 부분 부분적으로 무효 발광 구간이 발견된다. 이는 전체적으로 유효 발광 구간을 작게 하는 원인이 된다. 세 번째 파형은 두 번째 파형의 유효 발광 구간을 모아서 표현하고 남는 구간은 비워서 무효 구간으로 처리한 것이다. 네 번째 파형은 세 번째 파형에서 표시된 유효 프레임 시간(Effective frame time, *Tef*)을 프레임 시간(*Tf*)로 확장하고 확장된 시간의 비율만큼 인가되는 전류량을 축소시켜줌으로 전력 소모를 감소하고 패널의 수명을 길게 하는 효과를 가진다. 네

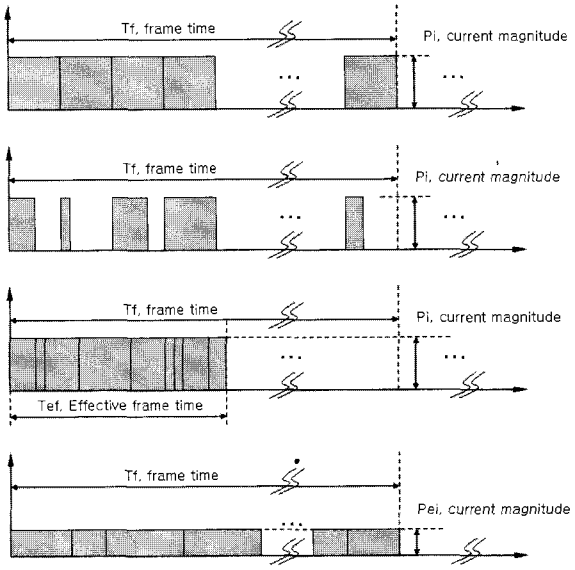


그림 2. PWM에서 구동 파형 관점에서 고정시간 방식과 최적화 시간 방식의 차이를 보여준다
Fig. 2. The waveform in the OLED display shows the difference of the fixed time method and optimized time method in the point of PWM (Pulse width modulation).

번째 파형에서 보듯이 무효 발광 구간은 존재하지 않으며 전체적으로 인가되는 전류량은 (*Pi-Pei*) 만큼 축소되게 된다.

Ⅲ. 그래프 이론의 적용

PM OLED 패널을 구동하기 위한 최적의 조합을 도출하기 위해 그래프 이론의 Maximum flow, Minimum cut 개념을 도입하여 흐름도(flow diagram)를 형성하여 최적 해를 도출하였다.

그래프 이론은 유한개의 정점(V, Vertices)과 변(A, Arrows)의 결합양식으로 구성된 그래프를 통해 상호

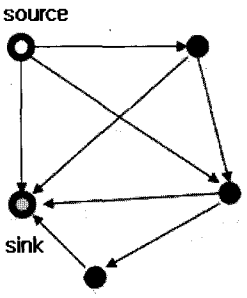


그림 3. 단순 방향성 그래프의 예시
Fig. 3. An example of the simple directed graph.

결합관계를 표현하는 것으로 정의하며 G=(V, A)의 함수 형태로 표현 할 수 있다.

그래프는 크게 방향성에 따라 두 가지로 분류할 수 있다. G=(V, A)에서 A가 방향성을 가진 성분으로 이루어진 것을 유향 그래프(Directed graph)라 정의하고 무방향성 성분으로 구성된 것을 무향 그래프(Indirected graph)라고 한다. 방향성에 있어 가장 최초의 변을 Source 라 정의하며 반대로 가장 마지막의 변을 Sink라고 한다.

$$M=\{(a,k)\,|\,a\in[1...L],k\in[1...N^2]\} \tag{7}$$

하나의 영상은 $R=r_{ij}\in\{0,...,\rho\}^{n*m}$ 의 매트릭스로 표현 할 수 있다. 영상 R은 2차원의 매트릭스 구조를 가지고 있으며 Row를 중심으로 영상을 형성하므로 그래프 이론을 적용함에 있어 Row 구동 방식에 따라 Row를 정점으로 표현하고 구동 순서의 방향에 따라 방향성을 가진 변으로 표현함으로 유향 그래프 형태로 표현 가능하다.

그림 4는 영상의 구동 방식에 대해 Graph의 개념을 도입하여 흐름도로 표시한 것이다[4]. 각각의 정점은 Row의 위치를 표시하고 있으며 정점 간의 연결선은 방향성 변으로 구성되는 데 이를 흐름(Flow)라고 정의할 수 있다. 그러면, Row의 구동 순서에 따른 전체 집합을 $F^{(n)}$로 정의할 수 있고, $F^{(n)}$에 포함된 하나하나의 원소를 $f_{ij}^{(n)}$ 로 정의한다. 이 때 n은 동시에 구동되는 Row의 수를 표시하며 i는 Row, j는 Column의 위치를 표시 한다. 흐름도 상에서 이동에 필요한 비용을 demand라고 정의하며 영상 R에 있어서 demand는 $d_{ij}=r_{ij}-r_{(i-1)j}$ 로 표시된다[5].

그림 5는 5X5 행렬의 흐름도를 동시에 구동하는 Row 수에 따라서 가능한 흐름도로 표시하였다. 방향성 변을 하나의 흐름으로 가정하고 이를 $f_{ij}^{(n)}$ 로 표시한다. 여기서 f는 흐름을 의미하고, i는 Row의 시작 위치를, j는 Column의 위치, n은 동시에 구동하는 Row 수를 나타낸다. 하나하나의 흐름은 방향성을 가지고 있으므로 위에서 아래로 진행은 가능하나 다시 돌아 갈 수 없다. 단 마지막 Row인 5에 도달 한 경우에는 다시 돌아가는 것이 가능하다.

보다 세부적으로 3X3 행렬을 이용하여 흐름도를 실제 적용한 경우를 고려하면 다음과 같다. 이 경우 동시에 구동 가능한 Row는 최대 두개로 제한하도록 한다. R은 3X3의 이진 행렬로 다음과 같다.

$$R=\begin{bmatrix}0&1&1\\1&1&0\\1&0&0\end{bmatrix}$$

먼저 흐름도를 구하도록 한다. 여기서 흐름도의 의미는 그림 5에서 보듯이 $f_{2j}^{(2)}$라 함은 2번째 Row와 3번째 Row를 동시에 구동하는 다중 구동 방법을 표시하며 j는 해당하는 Column을 의미한다. 여기서는 그림 5의 이중열(Dual row)의 경우에 해당한다. 전체 패널을 중

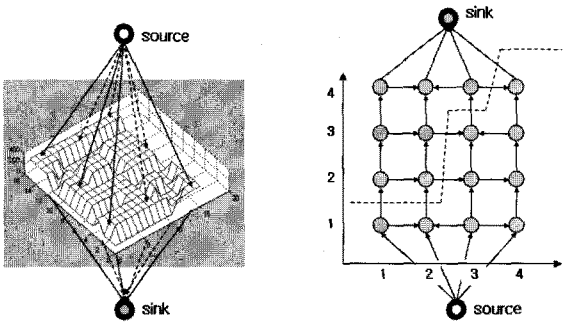


그림 4. 그래프 이론을 이용한 영상의 표현 (좌측 그림은 방향성 그래프에서의 Cut을 보여 주며 우측 그림은 일반적인 2차원 영상을 보여준다)

Fig. 4. Representation of the image using graph theory. The left graph shows the cut of the coordinates in the directed graph of the left picture and the right picture shows the general presentation for the image(second matrix).

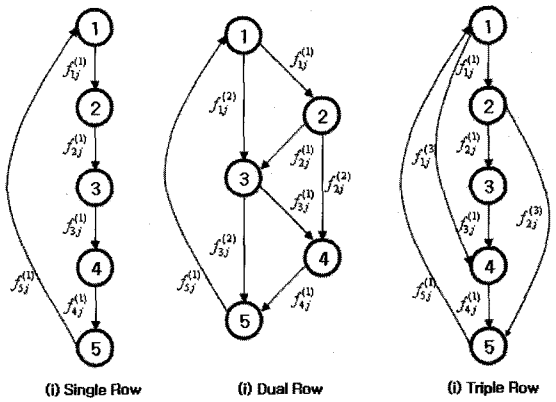


그림 5. 5x5 매트릭스 관점에서의 흐름도 (a) 단일 열일 때 (b) 이중 열일 때 (c) 삼중 열일 때

Fig. 5. 5x5 matrix in the point of flow diagram. (a) Single row case; (b) Dual Row case; (c) Triple row case.

심으로 볼 때 임의의 Pixel은 각각의 흐름의 합(r_{ij})으로 표시된다.

흐름도의 해를 구할 때 해의 조건은 Row간 비용을 최소화하는 것을 잡으며 이를 구하기 위해서는 먼저 Row간의 Demand를 계산한다. 이를 정리하면 다음과 같다[6].

$$\min(\sum_{i=1}^{n} u_i^{(1)} + \sum_{i=1}^{n-1} u_i^{(2)}) \tag{8}$$

where $r_{ij} = f_{ij}^{(2)} + f_{ij}^{(1)} + f_{i+1j}^{(1)}$ for all i, j

$f_{ij}^{(n)} \le u_i^{(n)}$ for all i, j, n

$f_{ij}^{(n)} \in Z \ge 0$ for all i, j, n

R에 대해 그림 5의 (b)의 이중 열을 기준으로 흐름도를 적용하면 다음과 같다.

$$f = f_{1j}^{(2)} + f_{2j}^{(2)} + f_{1j}^{(1)} + f_{2j}^{(1)} + f_{3j}^{(1)} \tag{9}$$

최적의 해를 구하는 방법은 흐름을 최대화하며 비용을 최소화 하는 것으로 최대 흐름은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\sum_{i=1}^{n} \max\{f_{ij}^{(1)} \mid 1 \le j \le m\} + \sum_{i=1}^{n-1} \max\{f_{ij}^{(2)} \mid 1 \le j \le m\}$$

이를 이용하여 R에 대한 해를 찾기 위해 먼저 Demand를 계산한 후 MLA 형태로 R을 선형 분해하면 다음과 같다.

$$R = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \tag{11}$$

where $f_{2j}^{(1)} = 0, f_{3j}^{(1)} = 0$

위 행렬의 Decomposition된 행렬을 상호 비교하면 Cost function, $F(c)$에 있어 Row-to-Row 구동 시 $F(c)$ = 3이지만 MLA를 그래프 이론을 이용하여 적용한 경우 $F(c)$ = 5로 오히려 증가함을 알 수 있다. 이처럼 그래프 이론를 이용하여 MLA를 적용한 경우 구동 시간적 측면에서 오히려 단점을 가지게 되므로 이를 개선하는 것이 필요하다. 다음 장에서 이에 대해 알아보도록 한다.

Ⅳ. 영상의 상관성 분석

하나의 영상 $R = r_{ij} \in \{0,...,\rho\}^{n*m}$로 표현할 수 있다. 전체 영상에 대한 특성을 파악하기 위해 간단히 사용되는 방법 중 하나로 대표값을 들 수 있다. 대표값이란 전체 모수의 특성을 표현하는 것으로 크게 평균(mean), 중앙값(median), 최빈값(mode) 등이 있다. 이 중 자주 사용하는 것은 평균으로 그 정의는 다음과 같다.

$$\overline{R} = \frac{r_{11} + r_{12} + ... + r_{nm}}{n*m}, \text{ where } r_{ij} \in \{0,...,\rho\} \tag{12}$$

영상의 2차원적인 특성을 위해 R에 대한 전체 평균을 고려하는 것은 효과적인 방법이다. PM OLED에 적용되는 Row-to-Row를 고려한다면 전체적인 평균을 구하는 것보다 오히려 Row와 Column에 대한 각각의 평균을 고려하는 것이 더 효율적이다. 이 중 PM OLED에서는 Row별로 구동되므로 Row에 대한 Column 평균을 구하는 것이 더 낫다. 영상 R이 n×m의 행렬 구조를 가지며 각각의 Row와 Column의 평균은 다음과 같이 표시된다.

$$\overline{Rc_j} = \frac{r_{1j} + ... + r_{nj}}{n}, \text{where } \overline{Rc} = \text{j-th column average}$$

$$\overline{Rr_i} = \frac{r_{i1} + ... + r_{im}}{m}, \text{ where } \overline{Rr} = \text{i-th row average} \tag{13}$$

전체에 대한 평균과 Row 혹은 Column에 대한 평균을 이용하여 영상 R의 특성을 표시하는 것은 가능하지만 완전하다고 할 수 없다. 예를 들어 평균이 같으나 분포가 다른 경우 평균을 기준으로 서로 분별하는 것은

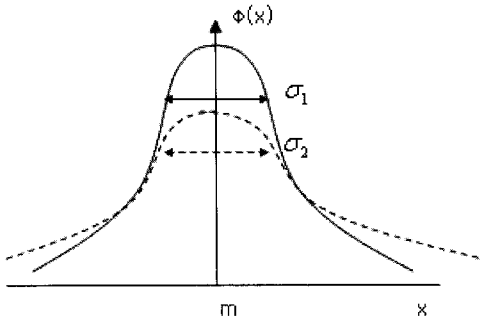


그림 6. 산포도. σ_1과 σ_2의 산포도를 가지면서 평균값 m을 가지는 경우를 보여 준다.

Fig. 6. Degree of scattering. The figure shows the 2 curves which has the average m and different scattering , σ_1 and σ_2.

어렵다. 그림 6은 이에 대한 전형적인 경우를 보여 준다. 두 곡선은 다른 분포 특성을 가지지만 평균은 같다. 이 경우 평균만을 고려하면 두 곡선은 서로 동일하다는 오류를 가지게 된다.

다중선(Multi-Line) 구동은 Row-to-Row 구동에 대해 여러 Row를 동시에 구동하므로 효율성을 높이는 방식이다. 다중선 구동의 경우 Row 간에 Row 내 Column 특성을 표현하여 이를 기반으로 효율적인 구동을 한다면 효율성은 더 높아 질 수 있다. 하나의 Row에 대한 Column의 특성을 평균만을 가지고 본다면 그림 6과 같은 경우 오류를 범할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 한계를 극복하고자 Row 간의 상관관계를 도입하여 평가하도록 하였다. Row 간 상관관계를 표현하는 효과적인 방법은 Correlation coefficient를 계산하는 것이다. 대표적인 방식은 Pearson's product-moment coefficient인 데 아래와 같이 수식적으로 정의 된다.

$$r_{jk} = \frac{\mathrm{cov}(r_j, r_k)}{\sigma_{r_j}\sigma_{r_k}} = \frac{\sum_i (r_{ij} - \overline{Rr_j})(r_{ik} - \overline{Rr_k})}{\sqrt{\sum_i (r_{ij} - \overline{Rr_j})^2 \sum_i (r_{ik} - \overline{Rr_k})^2}} \quad (14)$$

Correlation coefficient를 구하기 하나의 Row에 대해 전체 Row에 대한 n×n 행렬로 정의하고 가로 방향과 세로 방향은 각각 Row의 위치를 표시하며 두 Row 간의 Correlation coefficient를 Pearson's product -moment로 구하고 표시하였다. 임의의 영상에 대해 Correlation coefficient를 구하면 그림 7과 같다. 전체적으로 Row간의 Correlation coefficient를 -1에서 1까지 분포를 가지며 표시하고 있으며 대각선 방향으로는 자기 자신과의 Correlation coefficient이므로 가장 높은 상관관계를 표시하는 1의 값을 가진다.

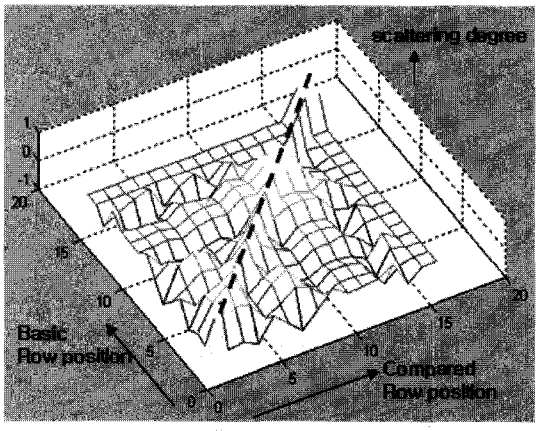


그림 7. 영상에 대한 산포도. x축은 열의 위치를 표시하며 y축은 비교되는 열의 위치를 표시한다. z축은 산포도를 표시한다

Fig. 7. A degree of scattering of an image. The x axis is the row position and y axis is the compared row position. And z axis is the degree of scattering.

V. 제안된 알고리즘

OLED의 Row-to-Row 구동을 그래프 이론를 적용해 흐름도로 표현하여 해를 찾을 수 있다. Row를 구동하는 문제는 NP-complete로 정확한 해가 존재하는 것이 아니라 가장 효율적인 구동 방식을 선택하는 것으로 구해질 수 있다. 따라서 구해진 해의 적합성 여부는 영상에 따라 차이가 있어 효율성의 달라지며 심한 경우 해를 적용함이 일반적인 방법에 비해 효율성이 떨어지는 문제가 발생한다.

제안된 알고리즘은 확률적 개념을 도입하여 Row 간 Column 영상정보의 Correlation coefficient를 구하여 상호 비교함으로 상관성이 높은 Row를 하나의 그룹으로 분류하고 분류된 그룹 내에서 다중선 구동 방식을 적용함으로 순차적으로 다중선을 구동함에 비해 Multi Line 구동 시 기술의 효율성을 높이도록 하였다.

상관관계가 높은 Row를 먼저 분류하고 분류된 Row를 하나의 그룹으로 하여 다중선을 수행함으로 우선 그룹을 분류하는 것이 필요하다. 그룹의 분류는 크게 Correlation coefficient를 기준으로 처리한다. 기준 Row를 RA 변수로 정의하고 비교 Row를 RB로 정의한다. Row의 자기 상관성은 항상 1이므로 $RA \neq RB$ 이다. 상관성이 높은 경우 다중선 구동이 용이하므로 여기서는 Correlation coefficient가 1인 경우 처리 알고리즘과 1이 아닌 유사성이 높은 경우 처리 알고리즘으로 분류하여 구현하였다.

그림 8은 상관성이 일치하는 경우를 도식화하였다. 먼저 기준 Row를 정한 후 비교 Row와의 상관성을 분석한다. 두 Row 간의 Correlation coefficient 가 1이라면 두 row간 선형 관계는 정확히 일치 한다. 이 경우 2차 검출 조건으로 평균값을 비교하도록 한다. 평균값이 동일하다면 두 Row의 Column 내용은 완전히 동일하므로 비교 구동 Row의 위치를 DRV table에 기록하고 다음 Row로 이동하여 상기 수행한 비교를 계속 하도록 한다. 비교 Row가 마지막이라면 DRV table에 포함

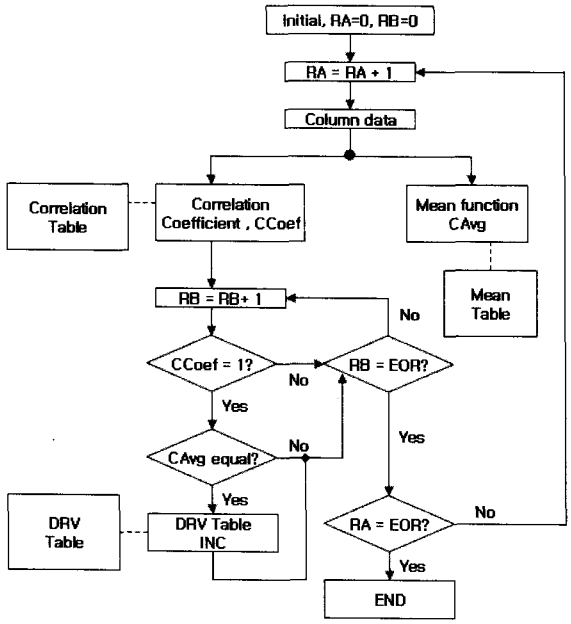


그림 8. 제안된 알고리즘 (경우 1은 상관계수가 1일 경우)

Fig. 8. The proposed algorithm : Case 1. When the correlation coefficient matched, equal to 1.

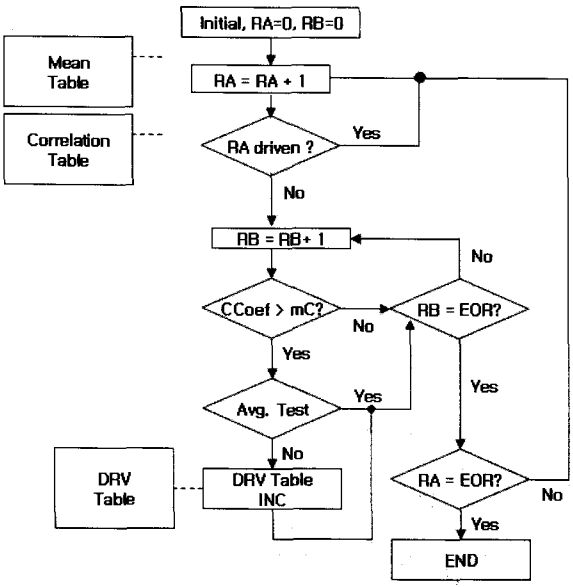


그림 9. 제안된 알고리즘 (경우 2는 상관 계수가 일정 임계치보다 높을 경우)

Fig. 9. The proposed algorithm : Case 2. When the orrelation coefficient simularity is high than preset limit(It is named as mC).

된 모든 Row를 하나의 그룹으로 지정하고 전달한다. 다음 그룹을 검출하기 위해 DRV table을 초기화 한 후 RA를 증가시킨다. RA의 값이 이미 선택된 Row라면 RA를 한 번 더 증가시킨다. RA가 선택된 값이 아니라면 Correlation coefficient를 구한 후 RB의 위치를 선택되지 않은 최소의 값으로 정한다. 이후 상기 Routine을 반복한다. RA값이 마지막에 도달하면 Case-II로 진행한다.

그림 9는 Correlation coefficient 동일하지 않고 유사도가 높은 경우를 처리한다. 유사도를 판별하기 위해서는 판별식이 필요하다. 본 논문에서는 이를 Correlation Limit(mC)라고 정의하고, $mC \leq 1$을 만족해야 한다.

그림 9의 알고리즘을 적용 시 이미 선택된 Group의 Row는 제외한다. 먼저 RA, RB를 초기화 한 후 RA를 선정한다. 선정된 RA를 기준으로 RB와 상관성을 평가한다. 판단 기준은 mC를 이용하도록 하는 데 mC의 설정은 실험의 일관성을 위해 고정하였다.

상관성이 mC보다 높은 경우 평균의 유사도를 평가하여 유사도가 있는 지 판별한다. 만일 평균의 유사도가 높으면 DRV table에 RB를 등록하고 RB를 증가시키고 변화된 RB에 대해 비교를 계속하도록 한다. 만일 RB가 마지막 Row라면 DRV table에 포함된 Row를 그룹으로 등록하고 DRV table을 초기화 한 후 RA를 증가 시키고 상기 Routine을 반복 수행한다.

mC의 설정 치에 따라 선택되는 Row의 그룹이 달라지어 다중선 구동 시 효율성의 차이가 발생하므로 mC의 설정은 중요한 요인이다. mC의 값은 높을수록 높은 상관성을 가지는 Row의 그룹이 선택되어 효율성이 높아지나 선택되는 Row의 수가 감소하여 다중선 구동의 적용이 적어지게 된다. 실험상 mC가 0.9 이하의 경우 효율성이 떨어지는 것으로 판명되었다. 이에 테스트 패턴 테스트 시에 0.9로 설정하여 실험을 진행 하였다.

제안된 알고리즘을 적용하여 그룹을 생성할 때 그룹이 생성되지 않으면 각 Row의 상관성이 현저히 떨어지므로 이 경우는 Single line driving으로 전환하여 구동 시 발생할 수 있는 효율성의 저하를 방지하도록 하였고, DRV table 개념을 도입하여 구현된 방식의 도식화하고 알고리즘의 효율성을 도모하였다. DRV table이란 하나의 PM OLED의 구동 방식에 대해 가로축의 Row의 위치와 세로축의 구동 순서에 대해 2차원 행렬를 가정할 때, 정의된 2차원 행렬는 세로축 구동 순서를 증가하면서 하나의 Frame을 구현하기 위해 Row를 선택하는 순서를 보여주는 것으로 정의한다. 그림은 DRV table의 정의 개념과 일반적인 Row-to- Row 연속 구동 방식과 비월 구동 방식을 표시하였다.

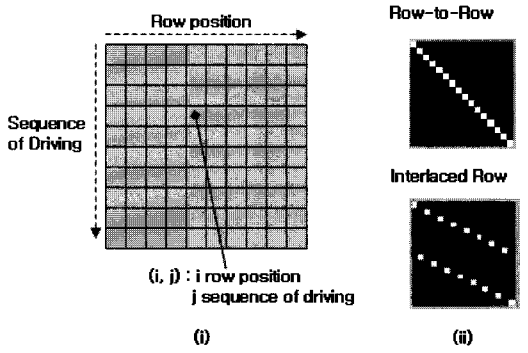


그림 10. 구동표의 표시 (a) 일반적인 구동방식의 구동표 (b) 교번구동시의 구동표

Fig. 10. The representation of the driving table. (a) The general concept of driving table; (b) The driving table of Row-to-Row and interlaced Row.

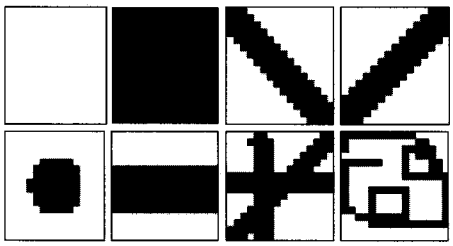


그림 11. 테스트 영상 패턴 8가지를 표시 (백, 흑, 역대각선, 대각선, 원, 수평선, 혼합선, 임의 패턴)

Fig. 11. Test pattern from left-top. white, black, reverse diagonal, diagonal, circle, horizontal line, mixed lines, free-style.

제안한 알고리즘 검증은 그림 11의 8가지 기본 패턴을 기준으로 진행하였다. 패턴은 기본적으로 16×16의 이진 영상으로 그림 11과 같이 구성된다.

각 영상에 제안된 알고리즘을 적용하면 영상에 따라 적응적인 결과를 얻는다. 알고리즘을 적용한 최종 결과를 적용한 기본 영상 패턴과 DRV table을 표시하면 다음과 같다. 영상에 따라 적용된 DRV table은 차이가 있음을 알 수 있다.

구동테이블을 이용하여 구동 방식에 대한 효율성의 시각화와 함께 객관적인 효율성을 표현하기 위해 본 논문에서는 Cost function을 도입하였다[7]. Cost function, F(c)는 세 가지 개념을 바탕으로 구성된다.

첫째는 계조의 기준 단계를 G라고 정의한다. G는 하나의 계조를 표시하는 단계로 만일 2G가 필요하다면 계조 2가 표시된다. 둘째는 Row를 표시하는 기준 단계로 L을 정의 한다. L은 하나의 Row가 최대 계조가 ρ 일 때 M 개의 Line이 구동될 때 Cost는 $L = M * \rho * G$ 이다. 셋째는 Frame을 표시하는 기준 단계로 M개의

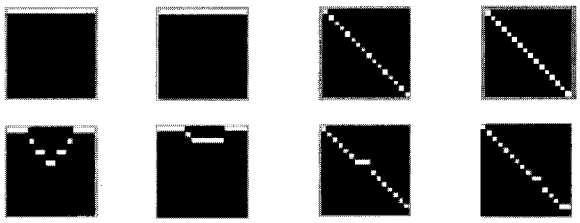


그림 12. 테스트 패턴에 제안된 알거리듬이 적용된 구동표의 결과

Fig. 12. The result of driving table after adapting the proposed algorithm on test pattern..

$F(c) = \sum_i M_i * \rho_i * G$ 이다. N은 하나의 Row가 선택되는 횟수를 말한다. Cost를 이용하여 구동 방식의 효율성을 비교 한다. 기본 조건은 인가되는 전류의 양은 일정하다고 보는 것이다. Cost function을 사용하여 기본 영상, 16x16의 이진 영상을 표현하면 전체 Row가 16이고 ρ =1 이므로 Cost function F(c)는 다음과 같이 정의 할 수 있다.

$$F(c) = \sum_i^N M_i * \rho_i * G \tag{15}$$

where M_i = selected lines.

ρ_i = maximum level in the same row

16×16 이진 영상의 구동에 있어 Row-to-Row single line 구동은 $F(c) = 16G$ 이며 Consecutive 방식을 사용 시 $F(c) \le 16G$ 이다. 테스트 Pattern을 기준으로 볼 때, 그림 11 중 Black 패턴은 Consecutive 구동 시 $F(c) = 0$이 되어 가장 효율적인 구동을 한다.

Cost function은 기준 전류가 일정하다고 가정할 때 효율성을 손쉽게 비교 할 수 있는 지표를 제공한다. 본 논문에서 제안된 알고리즘을 적용하여 테스트 패턴에서 얻은 결과는 다음과 같다.

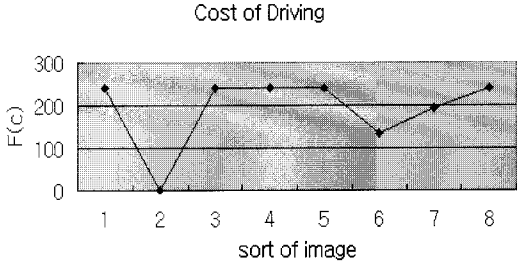


그림 13. 테스트 패턴에 대한 비용 함수의 결과 그래프

Fig. 13. The result of cost function in the test pattern.

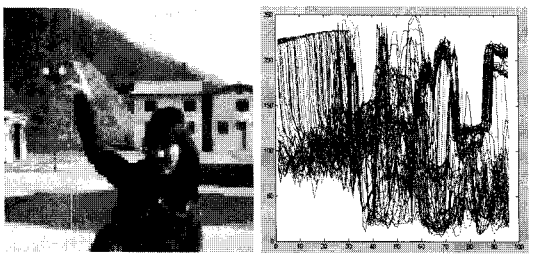


그림 14. 테스트 자연 영상: 좌측은 96x96, 256 계조 영상이며 우측은 열에 대한 영상 값의 분포를 표시한다

Fig. 14. The test image "Free point" : The left picture is the test image of 96x96, 256 grayscale image and the right picture shows the data distribution in the test image.

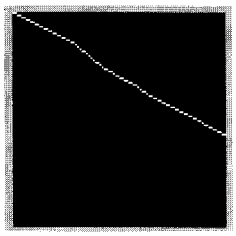


그림 15. 테스트 자연 영상에 대한 구동표

Fig. 15. Driving Table of the test image -"Free point". The driving table shows the driving sequence is from top to bottom and the similarity of rows is higher in the case that the adjacent rows are compared each other.

그림 14는 알고리즘의 실제 효율성을 판별하기 위해 선택된 96×96, 256 계조의 테스트 영상이다. 좌측은 원본 영상을 표시하고 우측은 Row별로 Column 내용의 분포를 보여준다. 전체적인 분포가 인접 Row간에 상관성이 높으며 전체적으로 볼 때 유사성이 적음을 알 수 있다.

그림 14의 테스트 영상에 대해 일반적인 Row-to-Row 방식 구동 시 Cost function, *F(c)*의 값을 구하면 24480이며 본 논문에서 제안된 알고리즘을 적용 시 F(c)는 23150으로 약 94%정도 수준으로 구현가능하다. 이 때 mC는 0.95로 설정하였다. 그림 15는 얻어진 결과에 대한 DRV table이다. 실제 영상의 데이타의 분포는 임의적으로 상관성이 낮으므로 인접 Row 간의 상관성이 커 인접 Row간의 다중선 구동이 많으며 중간 중간 상관성이 떨어지는 곳에 대해 부분적으로 Single line 구동됨을 볼 수 있다.

제안된 알고리즘을 적용하면 Row-to-Row 구동 방식에 비해 효율성이 증가함을 확인할 수 있다. 단 mC에 대한 의존성이 높은 만큼 영상에 대해 적응적으로 mC를 변화함으로 효율성이 높아짐이 가능하리라 본다.

VI. 결 론

본 논문에서는 다중선 구동을 함에 있어 효율성을 향상시키기 위해 확률을 도입하여 Row간 상관성이 높은 Row를 하나의 그룹으로 정의하고 그룹 별로 다중선 구동을 수행한다. 다중선 구동 시 그래프 이론를 적용하여 해를 도출하도록 하였다. 상관성의 판별을 위해 Row 별 평균과 Row 간 상관계수를 평가함으로 Row 데이타 간의 유사성을 판별하도록 하였다. 이에 판별식의 경계가 효율성에 큰 영향을 미치므로 이를 mC로 정의하였다. mC가 0.9 이상에 대해서는 상관성이 높아 다중선 구동이 효과적이나 0.9 이하일 때는 상관성이 떨어져 다중선 구동이 오히려 불리하다. 본 논문에서는 상관성이 낮은 경우 Single Line으로 전환하므로 효율성을 높이도록 하였다.

구현된 알고리즘의 효율성을 평가하기 위해 DRV 테이블과 Cost function, F(c)를 도입하였다. DRV 테이블이란 구동하는 Row의 그룹을 구동 순서에 따라 표현하므로 구동 상태를 시각적으로 확인하고 비교 가능하다는 장점을 가지고 있고, Cost function F(c)는 구동시간에 대해 수치적으로 비교 분석이 가능하므로 객관적인 판단이 가능하다.

본 논문은 다중선 구동의 효율성을 개선하기 위해 구동 Row를 상관성을 이용해 그룹으로 분류하여 다중선 구동을 적용하므로 효율성을 높임으로 PM OLED 패널에 인가되는 최대 전류량을 감소 시켜 제품의 수명을 길게 하고 전력 소모를 감소하였다.

참 고 문 헌

[1] K. M. Soh; Ch.Xu; C. Hitzelberget; "Dependance of OLED Display Degradation on Driving Conditions", SID Mid Europe Chapter Fall Meeting, Potsdam Germany, October 2006.

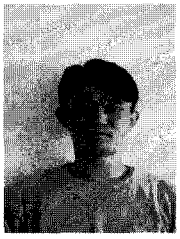
[2] Kevin Wayne "Max Flow, Min Cut" Princeton University, COS 226, http://www.Princeton.EDU/~cos226

[3] Chihao Xu, Andreas Karrenbauer, Kian Min Soh, and Jürgen Wahl, "A New Addressing Scheme for PM OLED Display", SID, 8.4, 2007

[4] Friedrich Eisenbrand, Andreas Karrenbauer, and

Chihao Xu, "Multiline Addressing by Network Flow"
[5] Friedrich Eisenbrand, Andreas Karrenbauer, and Chihao Xu, "Algorithms for longer OLED Lifetime".
[6] Yuri Boykov and Vladimir Kolmogorov, "An Experimental Comparison of Min-Cut/Max-Flow Algorithm for Energy Minimization in Vision", IEEE Transactions on PAMI, Vol. 26, No. 9, pp. 1124-1137, Sept 2004
[7] E. C. Smith, "Multi-Line addressing methods and apparatus", PCT patent WO 2006/035248 A1, published April 2006.

저 자 소 개



이 길 재(정회원)
1995년 2월 한양대학교 전자공학부 학사 졸업.
2000년 8월 서강대학교 정보통신 대학원 석사 졸업.
2005년 9월~현재 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 박사과정.
1995년~1999년 대우전자 중앙제3연구소/DSSD 주임연구원
1999년~2000년 오리온전기 PDP연구소
2000년~20004년 엘리아테크 책임연구원
2004년~2006년 코어시스테크놀러지
2006년~2008년 신코엠 책임연구원
2008년~현재 한국고덴시 수석연구원
<주관심분야 : H.264, 패턴 인식, 광반도체>

정 제 창(정회원)
1980년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업
1982년 2월 KAIST 전자전기 공학과 석사
1990년 2월 미국 미시간대학 전기공학과 공학박사
1980년~1986년 KBS 기술연구소 연구소 (디지털 TV 및 뉴미디어 연구)
1990년~1991년 삼성전자 멀티미디어 연구소 (MPEG, HDTV, 멀티미디어 연구)
1995년~현재 한양대학교 전자전기컴퓨터공학 교수(영상통신 및 신호처리 연구실)
1998년 11월 27일 과학기술자상 수상
1998년 12월 31일 정보통신부장관상 수상
<주관심분야 : 영상처리 및 영상압축>

이 창 훈(학생회원)
2002년 8월 동아대학교 전자공학과 학사 졸업.
2005년 2월 동아대학교 전자공학과 석사 졸업.
2005년 3월~현재 한양대학교 정보디스플레이공학과 박사과정.
<주관심분야 : 영상처리, H.264, ASIC 설계>