

# 델타 배열 구조를 갖는 디스플레이에서의 시각적 해상도 향상 방법

최원희, 이성덕, 김창용

삼성종합기술원 CA project team

전화 : (031) 280-9246 / 팩스 : (031) 280-9207

H.P 번호 : 017-531-6662

Visual Resolution Enhancement Method for a Delta-structured Display

Choe Wonhee, Lee Seongdeok, Chang-Yeong Kim

Samsung Advanced Institute of Technology, Color Application Project Team

E-mail : {wonhee.choe, lsdlee, cykim}@samsung.com

## Abstract

This paper proposes the method of visual resolution enhancement to render a color image on a delta-structured display. The proposed method adopted a subpixel rendering method to reduce a color fringe error caused by delta-structured display and to improve visual resolution .

## I. 서론

근래에 와서 대화면 TV가 시장을 주도함에 따라 PDP의 고화질화, 저전력화, 그리고 저가격화에 대한 노력이 거듭되고 있다. PDP에서 연구되고 있는 기술적 과제 중 방전의 발광효율 개선은 소비전력의 감소뿐만 아니라 화질 향상을 위해서도 중요하며 개선 방법으로는 크게 패널 구조에 따른 개선과 방전양식에 따른 개선으로 나눌 수 있다.

발광 특성에 관해서는, 형광체 도포 면적을 넓히면 자외선을 유효하게 활용할 수 있으며 또한 형광체는 가시광을 반사하므로 가시광의 손실을 줄일 수 있다. 그림 1의 우측 그림과 같은 델타 배열을 갖는 구조로 설계하면 일정화소에서 발생한 가시광 및 자외선이 인접 셀로 새어나와 색의 크로스토크를 일으키는 것을 막을 수 있다[1]. 또한 그림과 같이 화소를 반피치 비켜놓은 델타구조의 화소배열은 1992년에 Chen과 Hasegawa[2],

및 1994년에 Hara[3]가 Nyquist theory를 기반으로 분석한 자료에서 스트라이프 구조의 화소배열에 비하여 같은 해상도에서 더 많은 수직 정보를 표현할 수 있다고 밝히고 있다. 그러나 이와 같은 장점을 지닌 델타 배열 구조의 실제 디스플레이는 적용 시 몇 가지 문제점이 발견되었다[4]. 델타(delta,  $\Delta$ ) 구조 배열을 갖기 위해서는 그림 1의 우측 그림과 같이 나블라(nabla,  $\nabla$ ) 구조와 한 화소씩 번갈아 배열되는 대칭구조를 갖게 되는데, 이는 화소의 비대칭적 표현으로 선명한 경계나 텍스트와 같이 화소간의 휘도 변화가 큰 영상에 대하여 스트라이프 구조에 비하여 색표현 에러를 야기 시킨다. 이를 해결하기위한 방법으로 본 논문에서는 영상 처리 방법의 하나인 부화소 렌더링 방법을 사용하였다.

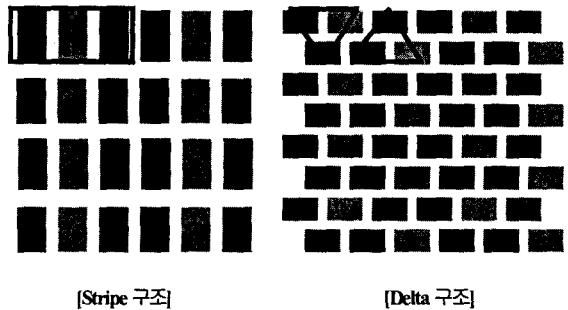


그림 1. 스트라이프 구조와 델타 배열 구조를 부화소로 갖는 매트릭스 디스플레이 구조 비교

Fig. 1 Matrix display comparison of stripe type with

delta type structured subpixels.

영상정보의 한 화소를 표현하기 위해서는 그림 1의 흑색 실선과 같이 red, green, 및 blue를 표현하는 3개의 부화소로 구성된 화소를 필요로 한다. 일반적인 화소 표현 방법은 영상정보의 한 화소 정보를 그대로 red, green, 및 blue의 부화소에 표현 하는 방법이나 부화소 표현방법은 red, green, 및 blue의 세 가지 부화소를 각각의 화소로 간주하여 물리적인 디스플레이의 위치에 대응하는 입력영상의 색 정보를 표현하는 방법이다. 이와 같은 부화소 렌더링 방법의 사용은 디스플레이의 물리적인 해상도보다 높은 해상도를 표현 할 수 있는 장점을 지닌다. 그러나 현재까지 발표된 대부분의 논문들은 MS, sharp 혹은 philps 등의 기업체를 중심으로 기존의 LCD와 같은 스트라이프 구조의 매트릭스 구조를 갖는 디스플레이에 국한되어 물리적인 해상도를 극복하는 방법에 초점을 맞추어 연구되고 있다[5][6][7][8].

본 논문에서는 입력 영상에 대하여 델타 배열구조의 디스플레이 장치에서 부화소 표현방법을 사용하여 해상도의 향상 효과를 얻고 또한 델타 구조의 디스플레이의 구조적인 문제점으로 인하여 발생하는 색표현 에러를 제거할 수 있는 부화소 표현 방법을 제안한다. 본 논문의 구성은 제 2 절에서 기존에 사용된 부화소 표현방법을 소개하며, 제 3 절에서는 제안한 델타 배열구조에 적합한 부화소 표현방법에 대하여 간단히 설명하고, 제 4 절에서는 제안한 방법의 하드웨어 구현 결과를 적용전과 후에 대해 비교해 본다. 마지막으로 제 5 절에서는 간단한 결론과 추후 연구에 대하여 논한다.

## II. 부화소 표현방법

영상 디스플레이 장치에서는 그림 1의 흑색 실선으로 표시된 것과 같이 한 개의 화소를 표현하기 위해 R, G, B 세 개의 부화소(subpixel)들을 필요로 한다. 따라서 디스플레이 장치에서 각각의 부화소들을 개별 조작함으로써 스트라이프(stripe) 구조의 경우 휘도특성의 수평해상도가 이론적으로 최대 3배 증가되는 효과를 가져올 수 있으며, 델타(delta) 구조의 경우 휘도에 대해서는 이론적으로 수평해상도가 최대 1.5배, 수직해상도가 최대 2배까지 향상 가능하다. 또한 고해상도의 영상을 저해상도의 디스플레이 장치에 표시하고자 할 때, 이텔릭체와 같은 미세한 문자 혹은 물체의 경계에서 일반적인 화소별 표시방법으로는 그림 2의 좌측 그림과 같은 계단패턴(jagged pattern)을 발생시키는데, 이것은 부화소 렌더링 방법, 즉 부화소의 개별조작으로 감소될 수 있다.

부화소 렌더링 방법이 실제 적용된 예로는 그림 2에 나타난 바와 같이 MS의 윈도우즈 XP에 적용된 ClearType 을 들 수 있으며, 이것은 소프트웨어 방식의 부화소 렌더링 방법으로 스트라이프 구조를 갖는 매트릭스 구조의 디스플레이에서 유용한 기술로 배경정보와 콘텐츠(텍스트)의 정보를 알고 있을 때 텍스트 폰트의 위치를 부화소 단위로 재배열함으로써 텍스트의 계단패턴 혹은 블러링을 감소시키는 기술이다[8].

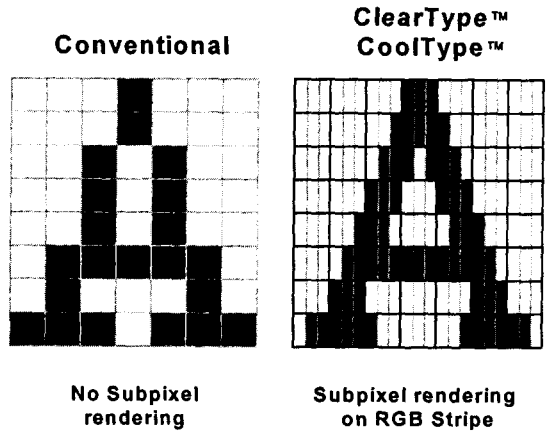


그림 2. 스트라이프 구조의 매트릭스 디스플레이에서의 화소별 표현방법과 부화소 렌더링 방법(MS의 ClearType)의 비교

Fig. 2 Comparison of conventional pixel rendering method with subpixel rendering method

부화소 렌더링 방법은 그림 3에서와 같이 영상의 휘도 값이 급격히 변하는 텍스트 혹은 물체의 경계에서 색표현 에러를 발생시키는 단점을 가진다. 색표현 에러는 이웃한 부화소들 사이에서 인지되는 휘도값에서의 갑작스런 변화에 의해 이웃한 부화소의 값이 두드러져 발생되며, 색표현 에러는 그림 3의 두개의 그림들에서 나타난 바와 같이 부화소의 배열구조에 따라 스트라이프 구조에서는 대각선의 표현에서 흔히 발견될 수 있으며 델타 구조에서는 스트라이프 구조에 비하여 사선과 곡선의 표현은 유리하나 수직 방향의 직선 표현에서 색표현 에러가 발견될 수 있다. 따라서 기존의 스트라이프 구조의 디스플레이에서 연구된 부화소 렌더링 기술을 사용하는 것이 아니라 델타 구조에 최적화된 부화소 렌더링 방법이 개발되어야 한다.

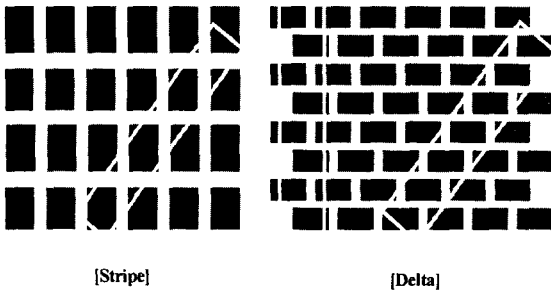


그림 3. 스트라이프 구조와 델타 배열 구조의 부화소 표현 특성 비교

Fig. 3 Subpixel rendering characteristics of stripe type and delta type structured subpixels.

본 논문에서는 그림 3에서 발생하는 색표현 에러를 최소화 하면서 델타 배열 구조에 적합한 부화소 렌더링 방법을 제안하고자 한다.

### III. 델타구조 디스플레이에서의 부화소 렌더링 방법

본 논문에서 제안하는 알고리즘은 그림 4와 같은 부화소의 공간적인 배치에 따라 식 1과 같은 마스크 필터가 생성되고, 생성된 필터 계수들에 의해 얻어지는 색 성분별 부화소의 출력 휘도값( $V_o$ )은 입력영상의 해당 화소와 인접화소와의 차를 고려하여 식 2와 같이 가중치를 줌으로써 부화소별 출력 값을 재 할당한다. 끝으로 얻어진 부화소 출력값에 대하여 장치에 표시될 감마값으로의 조절을 거쳐 디스플레이 장치에 전달된다.

각 과정에 대하여 살펴보면, 입력되는 영상과 출력될 델타구조의 디스플레이의 해상도를 비교하여 디스플레이의 물리적인 해상도가 입력 해상도보다 작을 경우 스케일링의 기능을 포함하기 위해 스케일링 필터를 구성한다. 알고리즘 구현에서 사용한 스케일링 필터는 식 1과 같이 화소별 연산이 가능한 일반적인 마스크 필터이다.

마스크의 계수는 그림 4와 같이 입력영상의 화소가 1에서 7까지 입력될 때 델타(delta,  $\Delta$ ) 구조의 해당 부화소와 겹쳐지는 입력 화소들과 주변영역의 화소들에서 해당 부화소의 색성분을 읽어들이는 때, 위치에 따른 참조 화소의 가중치를 나타낸다. 이때, 마스크의 모양은 대각선 방향에 비해 수직과 수평의 콘트라스트 민감도가 높은 인간 시각 특성인 Visual MTF (modulation transfer function)을 고려하기 위하여 그림 4와 같은 마름모꼴로 생성하였다.

식 1의 각 계수 값들은 그림 4에 표현된 녹색 부화소에 해당하는 마스크 계수값의 예로써 가장 단순한 영역기반의 평균값을 취하는 필터이다. 식 1과 같은 계수값들( $C_k$ )은 녹색 부화소 위치에 해당하는 입력 영상화소의 녹색 휘도값과 인접한 화소의 녹색 휘도값( $V_i$ )들을 읽어들이 식 2에 의하여 부화소의 출력값( $V_o$ )을 얻는데 이용된다. 식 2는 입력 영상의 부화소에 해당하는 색성분의 휘도값과 식 1의 계수값들을 입력으로 받아 주변화소와의 관계(고주파의 공간주파수특성)에 따라 해당위치의 입력 휘도값의 가중치를 조절하도록 설계하였다.

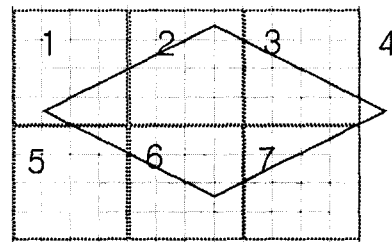


그림 4. 제안한 부화소 렌더링 필터

Fig. 4. The proposed subpixel rendering filter

$$C = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 7 & 23 & 16 & 1 \\ 2 & 15 & 8 & 0 \end{pmatrix} / 72 \quad \text{식 1}$$

1

$$V_o = \{ \sum C_k (V_{ik} + \alpha V_{ik} D_k / V_{iMAX}) \} / 72 \quad \text{식 2}$$

$V_{ik}$  = kth Input pixel (R/G/B) value

$D_k$  = Difference with Region average and kth Input pixel

$\alpha$  : ratio factor (0.1~0.5 : test = 0.3)

$C_k$  : filter coefficients

### IV. 실험결과 및 고찰

제안된 알고리즘은 FPGA(field programmable gate array)로 구현하여 델타 구조 디스플레이 PDP에 실험을 하였으며, 이때의 입력 영상의 해상도는 HD표준 규격인 1280x720이며, 구현된 PDP의 물리적 해상도는 852x480이다. 그림 5와 6에서 확인할 수 있는데, 그림 5는 델타 배열 구조의 디스플레이에서 일반적인 화소별 표현방법에 의해 표시된 텍스트의 사진을 보여주고 있으며, 그림 6은 제안된 부화소 렌더링 방법에 의해 PDP에 구현된 텍스트의 사진을 보여주고 있다.

그림 5의 일반적인 화소표현 방법에 의한 텍스트는 "I"와 "D"와 같은 직선의 표현에서 경계의 계단 패턴이 두드러져 보이나 그림 6의 제안된 알고리즘에 의해 표현된 텍스트는 계단 패턴의 두드러짐이 훨씬 감소하였음을 알 수 있다. 본 구현을 통하여 제안된 델타 구조의 부화소 렌더링 방법이 기존방법에 비해 선명한 텍스트 표현력을 보여주며, 시각적 해상도 향상에 효과가 있음을 실험적으로 검증하였다.



그림 5. 델타 구조 PDP에서의 일반적인 화소표현방법의 텍스트 표현

Fig. 5. Text display on the delta-structured PDP before subpixel rendering



그림 6. 델타 구조 PDP에서의 제안된 부화소 렌더링 방법의 텍스트 표현

Fig. 6. Text display on the delta-structured PDP after subpixel rendering

## V. 결론 및 추후 연구

본 논문에서는 델타 배열 구조를 갖는 디스플레이에서의 시각적 해상도 향상 방법을 제안하고, red, green, blue에 대하여 각각 부화소의 위치별 적합한 렌더링 필터를 구현하여 하드웨어로 그 성능을 검증하였다.

현재의 델타 구조에 적합한 부화소 렌더링 방법은 색

표현 에러를 최소화하기 위해 저역통과 필터의 성격을 띄고 있어 고주파 성분에서 블러해 보이는 경향이 있다. 따라서 추후에는 현재의 방법을 더욱 개선 발전시켜 경계성분을 강화한 부화소 렌더링 방법의 연구가 필요하다.

## 참고문헌

- [1] Shigeo Mikoshiba, "PDP 요소기술의 전망" 월간 디스플레이(Mothly DISPLAY) Vol.9 No.8, p55 p59, 2003,
- [2] L. M. Chen et al., "Two-dimensional visual resolution limits for matrix display devices," ITEJ Technical Report, Vol. 46, No.5, pp.615-623, 1992.
- [3] Z. Hara et al., "Picture quality of each pixel arrangement for large size matrix display," Technical Report of IEICE, Vol. J77-C-II, No.3, pp.148-159,1994.
- [4] M. Yoo et al., "Full size PDP development with SDR structure for improved luminance and low power consumption," IMID, pp.53-56, 2002
- [5] M. A. Klompenhouwer et al., "Subpixel image scaling for color matrix displays," SID symp., pp.176-179, 2002,
- [6] Dean S. Messing and Scott Daly, "Improved display resolution of subsampled colour images using subpixel addressing," ICIP'02, Rochester, N.Y., IEEE Signal Processing Society, Vol. 1, pp.625-628, Sept. 2002,
- [7] Scott Daly, "Analysis of subtriad addressing algorithms by visual system models," SID symp., Digest of Technical papers, vol. 32, pp.1200-1203, June 2001
- [8] Claude Betrisey et al., "Displaced filtering for patterned displays," SID symp., Digest of Technical papers, vol. 31, pp.176-179, 2000,