

인간 시각 시스템에 근거한 개선된 PDP용 subfield 기법

이영삼, 김인철, 이병욱*

서울시립대학교 전자전기컴퓨터공학부 (E-mail: rin@uos.ac.kr)

*이화여자대학교 정보통신학부 (E-mail: bulee@ewha.ac.kr)

An improved subfield method for PDP based on the human visual system

Young-Sam Lee, Rin-Chul Kim, Byung-Uk Lee*

Dept. of Electrical & Computer Eng., Univ. of Seoul

*Dept. of Information Electronics, Ewha Womans Univ.

요약

본 논문에서는 plasma display panel에서 제한된 개수의 subfield를 사용하여 gradation을 표현함으로써 발생하는 dynamic false contour 등의 화질 열화를 개선할 수 있는 방법에 관하여 고찰한다. 먼저, 화질의 최종판단자인 인간 시각시스템의 특성과 subfield의 밝기 변화 특성 등을 고려하여 제한된 개수의 subfield로 최적의 화질을 얻을 수 있는 subfield pattern을 제시한다. 또한, 비교적 적은 양의 계조값 변화에서도 견실한 특성을 보일 수 있는 방법을 제시하였다.

I. 서론

최근 들어 멀티미디어 기기의 보급이 확산됨에 따라 얇고 가벼운 flat panel의 일종인 plasma display panel(PDP)에 대한 관심이 높아지고 있다. PDP는 특정 기체가 Plasma상태에서 발광하는 특성을 이용한다. 하지만 Plasma의 특성상 밝기의 단계를 표현할 수 없으므로, subfield 기법을 통해 발광 시간을 조절함으로써 밝기를 조절한다. Subfield법은 한 field를 여러 개의 sub-field로 구분하고 각 subfield는 On/Off 정보만을 가지고 있으며, 각 subfield의 크기의 비로 On/Off 시간을 제어하게 된다. 보다 많은 수의 subfield를 사용할수록 좋은 화질의 PDP를 만들 수 있다. 하지만 많은 수의 subfield를 사용하기 위해서는 기술적인 한계와 비용이 비싸기 때문에 제한된 수의 subfield를 사용하게 된다. 제한된 수의 subfield를 사용함으로써 PDP는 gradation 동영상에서 실제 영상에는 존재하지 않는 contour 현상이 발생하게 되는데 이를 Dynamic False Contour(DFC)현상이라 한다[1]. DFC를 제거하기 위해 현재 많은 연구가 진행되어 많은 개선방법이 제시되었고 사용되고 있다[1][2][3]. 기존 방법은 subfield의 개수를 늘리거나[1][2], 인간의 시각적 특성을 이용하여[1] 어두운 부분을 자세히 표현

하려고 한다.

본 논문에서는 인간의 시각적 특성(Human visual system)을 고려한다. 제안한 pattern은 잡음 등의 영향을 고려하였을 때 계조값의 변화가 없다고 판단할 수 있는 비교적 적은 양의 계조값 변화에서도 DFC 현상 등을 최소화할 수 있도록, 각 code 간의 크기 차를 일정 크기 이상으로 유지시켰다. 그리고, 에러의 침투치와 지속 시간의 trade-off 관계를 고려하여 에러의 절대값의 평균을 최소화 할 수 있도록 subfield code를 배열한 pattern을 제안하였다.

II. Subfield 기법

Subfield는 영상의 한 field를 여러 가지 길이의 시간 구간으로 나눈 것을 말하며, 각 시간 구간, 즉 subfield 구간 동안 해당 화소 위치에서 발광의 ON 혹은 OFF 여부를 조정함으로써 해당 화소의 밝기 값을 나타낸다. 예를 들어 8 subfield인 경우 [1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128]로 8개의 subfield들을 구성하고, 각 화소 위치에서 subfield 구간에서의 발광을 ON/OFF 함으로써 256 계조를 나타내게 된다. 여기서 subfield 기법은 PWM (pulse width modulation)과 유사하게 정의할 수 있다. 즉, 위의 예에서는 1, 2, 4, ..., 128 크기의 폭을 가지는 code들을 정의하고, 각 code들을 크기 순으로 나열한 [1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128] 이라는 subfield pattern을 이용하여 code의 ON/OFF 여부에 따라 0 - 255까지의 계조도를 표현하게 된다.

Subfield 기법을 보다 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. $P(t)$ 는 시간 t 에서 주어진 화소 위치에서의 발광 ON/OFF를 나타낸다고 하고, 한 field의 길이를 F 라고 한다면, 시간 t 에서 주어진 화소의 순간 밝기 값 $V(t)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$V(t) = \int_{t-F}^t P(\tau) d\tau \quad (1)$$

만약 주어진 화소에서의 계조값이 변한다고 하면, field의 중간부분, 즉 이전 밝기 값에서 다음 밝기 값으로 변하는 천이 구간(transition interval)에서는 원치 않는 $V(t)$ 가 생성된다. 이상적인 경우, 천이 구간에서는 이전 밝기 값에서 다음 밝기 값으로 매끄럽게 변하는 형태가 되겠지만, 일반적인 subfield 기법에서는 각 subfield code의 ON/OFF 여부에 따라 매우 급격한 밝기 차를 보일 수 있는데, 이를 DFC 현상이라고 한다.

이러한 DFC 현상을 완화시키기 위해서는 subfield의 갯수를 늘여 codes 64, 128 큰 값의 code들을 세분화해야 한다. 이러한 점들을 참조하여 PDP에서는 일반적으로 [1, 2, 4, 8, 16, 32, 48, 48, 48, 48] pattern을 가지는 10-subfields를 사용한다. 하지만 10-subfields 기법에서도 계조값이 1 만큼 변하는 상황에서 최악의 경우 가장 큰 code 값만큼의 밝기 차가 나타나게 된다. 따라서 subfield의 갯수를 증가시키더라도 DFC 현상을 완전히 없애지는 못한다.

한편, Weibrich 등[1]은 HVS를 이용하여 이러한 DFC 현상을 완화시킬 수 있는 방법을 제안하였다. Weber의 법칙[4]에 의하면, 계조값 I 근방에서 사람 눈이 인지할 수 있는 밝기 차 ΔI 은 다음과 같은 관계에 있게 된다.

$$\frac{\Delta I}{I} = k(\text{constant}) \quad (2)$$

이러한 Weber의 법칙을 적용하여 Weibrich 등은 slope increasing code(SIC)를 제안하였다. SIC는 각 subfield의 밝기 차, 즉 밝기의 경사도(slope)가 증가하는 형태로 subfield pattern을 구성한 것으로, [1, 2, 4, 7, 11, 16, 32, 42, 60, 80]이라는 subfield pattern을 가진다.

최근에 Park 등[3]은 고려해야 할 영상의 pattern을 모두 포함한 실험 영상을 만들고, genetic 알고리즘으로 그 영상에 최적인 subfield pattern을 얻었다. 여기서 얻어진 pattern은 오차확산기법이 포함되어 비교적 좋은 성능을 보인다. 하지만 실험영상 전체에 대한 고려로 인해 비교적 큰 에러가 간과되는 단점이 있다.

III. 제안한 방법

본 논문에서는 HVS 관점에서 DFC 현상을 최소화하여 PDP의 재현 화질을 개선시킬 수 있는 subfield code 및 pattern을 제안하고자 한다.

먼저, N 개의 subfield로 L 개의 계조값을 표현하는 PDP 재현 시스템을 고려해보자. 이때, 이 시스템에서 사용하는 subfield code들을 크기 순서로 나열한 $\{c_1, c_2, \dots, c_N\}$ 은 다음과 같은 조건을 만족해야 한다.

$$c_1 = 1, \quad \sum_{i=1}^{n-1} c_i \geq c_n - 1, \quad \sum_{i=1}^N c_i \geq L - 1 \quad (3)$$

식 (3)의 조건을 만족하는 code들은 각 code들을 ON 혹은 OFF 여부에 따라 L 개의 계조값을 표현할 수 있

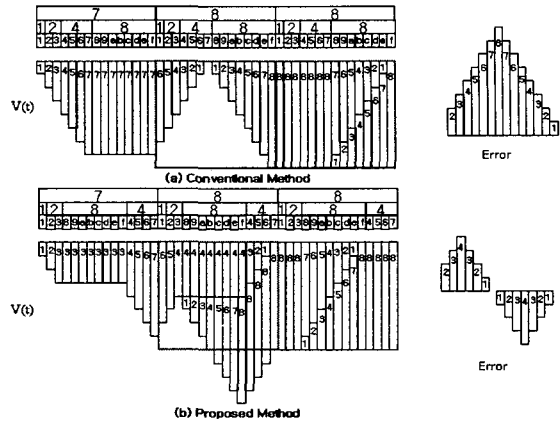


그림 1. Code 배열에 따른 에러의 첨두치 비교.

다. Subfield 기법에서는 이 code들을 이용하여 PWM 방식으로 계조값을 표현하므로 계조값이 변하는 위치에서는 DFC를 유발시킬 만큼 다양한 $V(t)$ 로 표현되는 천이 구간이 존재한다. 이 천이구간에서 원하는 계조값 d 와 $V(t)$ 의 차이를 에러라고 하고, 일반적으로 에러의 크기는 한 field 시간에서 에러의 절대값의 평균으로 측정한다. 즉,

$$\text{MAE} = \int_F |d - V(t)| dt \quad (4)$$

식 (4)로 표현되는 에러의 크기에 영향을 주는 요소로는 인접한 code들간의 크기 차, 천이구간에서 에러의 첨두치(peak value of errors)와 각 code의 ON/OFF에 따른 에러의 지속시간 등이 있다.

먼저, 계조값이 변화할 때 인접한 code 간의 크기 차에 의해 에러의 크기가 좌우된다. 만약 인접한 code c_n 과 c_{n-1} 간의 크기 차를 d_n 이라고 하면, d_n 보다 크게 계조값이 변할 때 에러의 크기는 매우 커지게 된다. 이러한 점을 참조한다면, 인접한 code 간의 크기 차를 일정 크기 이상으로 유지시켜야 함을 알 수 있다. 이러한 조건을 만족한다면, 잡음 등의 영향을 고려할 때 계조값 변화가 없다고 생각되는 비교적 작은 값의 계조값 변화에서 에러의 크기를 줄여 DFC 현상을 최소화할 수 있다. 그러나, 인접한 code 간의 크기 차이가 너무 크다면 오히려 큰 에러를 발생시킨다. 이러한 점들을 참조하여 본 논문에서는 [1, 2, 4, 8, 16, 28, 37, 45, 53, 61] 이라는 code들 및 pattern을 선택하고 이를 제안한 pattern-1이라고 부르겠다.

한편, 계조값이 변할 때 새롭게 ON 혹은 OFF 되는 code들 중에서 최대 값의 code를 c_n 이라고 하면, 천이 구간에서 에러의 첨두치는 다음과 같이 주어진다.

$$\text{Peak Error} \leq c_n = c_{n-1} + (c_n - c_{n-1} - p) + p \quad (5)$$

여기서 p 는 이전 계조값과 현재 계조값 간의 차이이다. 식 (5)를 참조하면, c_n 이 새롭게 ON/OFF 될 때, 첫

번째 항, 즉 c_n 다음으로 큰 c_{n-1} 또한 절환되며, 이와 동시에 두번째 항으로 나타내어진 두 code의 차이 ($c_n - c_{n-1} - b$)만큼 작은 값을 가지는 다른 1개 이상의 code들이 절환된다. 이때, 각 code들에 의해 발생하는 에러들이 상쇄될 수 있도록 함께 절환되는 code들을 배열한다면, 에러의 첨두치를 줄일 수 있다. 예를 들어, 0에서 15까지의 밝기값을 표현하는 PDP 시스템을 고려해 보자. 이 시스템에서 계조값이 7에서 8로 변한다고 할 때, 그림 1(a)에 보인 바와 같이 subfield pattern이 [1, 2, 4, 8]일 때에는 에러의 첨두치가 8이다. 반면에 그림 1(b)에 보인 바와 같이 subfield pattern이 [1, 2, 8, 4]일 때에는 에러의 첨두치가 4로 매우 작아진다. 이는 code 4와 code 8의 순서를 바꾸어 subfield pattern을 구성함으로써 code 1, 2, 및 4에 의해 발생하는 에러가 상쇄될 수 있도록 하여 에러의 첨두치를 작게 하고 있음을 알 수 있다.

계조값 변화시 상쇄되지 않고 잔존하는 에러의 유지 시간 또한 식 (4)로 표현되는 에러의 크기에 영향을 준다. 그림 1(b)에서 계조값이 3에서 4로 변할 때는 code 1, 2가 OFF되면서 code 4가 ON된다. 이러한 경우, code 1, 2와 code 4가 떨어져 있기 때문에 code 1, 2가 OFF되면서 발생한 에러가 code 8 구간동안 지속된다. 반면에 그림 1(a)에서 사용한 pattern에서는 code 1, 2, 및 4가 인접해 있으므로 이러한 현상이 최소화된다. 즉, code들의 배열을 바꾸는 방법은 에러의 첨두치를 낮추는 장점이 있지만, 에러의 유지시간을 길게 하여 평균 에러를 크게 하는 단점이 있으므로, 에러의 첨두치와 유지시간 간의 trade-off을 적절히 고려하여 pattern을 구성해야 한다.

본 논문에서는 제안한 pattern-1의 code들을 Park 등 [3]이 제안한 pattern과 유사하게, [2, 16, 8, 28, 37, 45, 53, 61, 4, 1]과 같이 배열하고, 이를 제안한 pattern-2라고 부르겠다. 제안한 pattern-2에서 code 16과 code 8의 순서를 바꾼 것은 그림 1에서 보인 바와 같이 에러의 첨두치를 작게 하기 위함이다. 그리고, code 4와 code 1이 가장 뒤로 위치한 것은 큰 값의 code들이 절환될 때 발생하는 에러를 상쇄시키는 역할을 한다.

IV. 시뮬레이션

본 절에서는 III 절에서 제안한 pattern을 사용하는 subfield 기법의 성능을 평가한다. 먼저, 그림 2에서는 기울기가 1인 ramp 신호에 대해 subfield 기법들의 성능을 평가한다. 그림 2를 참조하면, 기본적인 pattern은 최대값을 가지는 code의 크기는 가장 작지만, 이때의 code 간의 크기 차가 0이므로 가장 큰 MAE를 보인다. 그리고, SIC는 최대값을 가지는 code의 크기가 매우 크고, 각 code에서 발생하는 에러들을 상쇄시키지 못하므로 낮은 성능을 보이고 있다. 반면에 Park 등의 pattern과 제안한 pattern-2는 최대 MAE가 10 이하로 매우 우수한

성능을 보인다. 이 pattern들을 (d)의 수정한 Park 등의 pattern, (e)의 제안한 pattern-1과 비교하면, code 1, 4가 pattern의 뒷부분에 위치하여 에러를 상쇄시키기 때문으로 분석된다. 그러나 이러한 code의 재배열은 작은 값의 code 변화에도 비교적 큰 값의 MAE를 보이므로, 모든 계조값 변화에서 일정치 이상의 에러를 갖게 된다는 단점이 있다.

다음으로, 그림 3에서는 기울기가 5인 ramp 신호에 대해 각 방법들을 사용하였을 때의 MAE를 제시하였다. 그림 3(b)를 참조하면, Park 등의 pattern에 의한 결과가 최대 MAE는 약간 작지만, Park 등의 pattern은 그림 2(c)와 비교해 매우 큰 MAE를 가진다. 특히, 낮은 계조값에서도 비교적 큰 MAE를 보이고 있는데, 이러한 결과는 Park 등의 pattern이 code 42와 code 45의 크기 차이가 작기 때문으로 판단된다. 반면에, 그림 3(c)와 (d)를 참조하면, 제안한 pattern들은 계조값 변화량에 매우 견실한 특성을 보임을 알 수 있다. 즉, 그림 2에 보인 계조값 변화량이 1일 때와, 그림 3의 계조값 변화량이 5일 때 모두 MAE 크기는 계조값의 크기에 비례하는 특성을 보인다. 따라서, 제안한 pattern들은 Park 등의 pattern에 비해 비교적 계조값 변화량이 클 때에도 우수한 성능을 보임을 알 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 제한된 갯수의 subfield를 사용하는 PDP에서 재현 화질을 향상시킬 수 있는 subfield code 및 pattern을 제안하였다. 제안한 pattern은 비교적 적은 양의 계조값 변화에서도 DFC 현상 등을 최소화할 수 있도록, 각 code 간의 크기 차를 일정 크기 이상으로 유지시켰다. 그리고, 에러의 첨두치와 지속 시간의 trade-off 관계를 고려하여 에러의 절대값의 평균을 최소화할 수 있도록 subfield code를 배열한 pattern을 제안하였다. 그리고 제안한 pattern들의 성능을 기울기가 1, 5인 ramp 신호를 이용하여 평가하였다.

참고문헌

- [1] S.Weitbruch, R.Zwing, C.Correa, "PDP picture quality enhancement based on human visual system relevant features", *IDW'00*, pp. 699-702, 2000.
- [2] K.Sawa, et al, "Evaluation of motion artifacts on PDPs appearing with arbitrary motion of observation points", *Society for Information Display 00 DIGEST*, pp. 392-395, 2000.
- [3] S.H. Park, Y.S. Choi, C.W. Kim, "Optimum selection of subfield patterns for plasma displays based on genetic algorithm", *IDW'99*, pp. 715-718.
- [4] R.C.Gonzales and R.E.Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley, 1992.

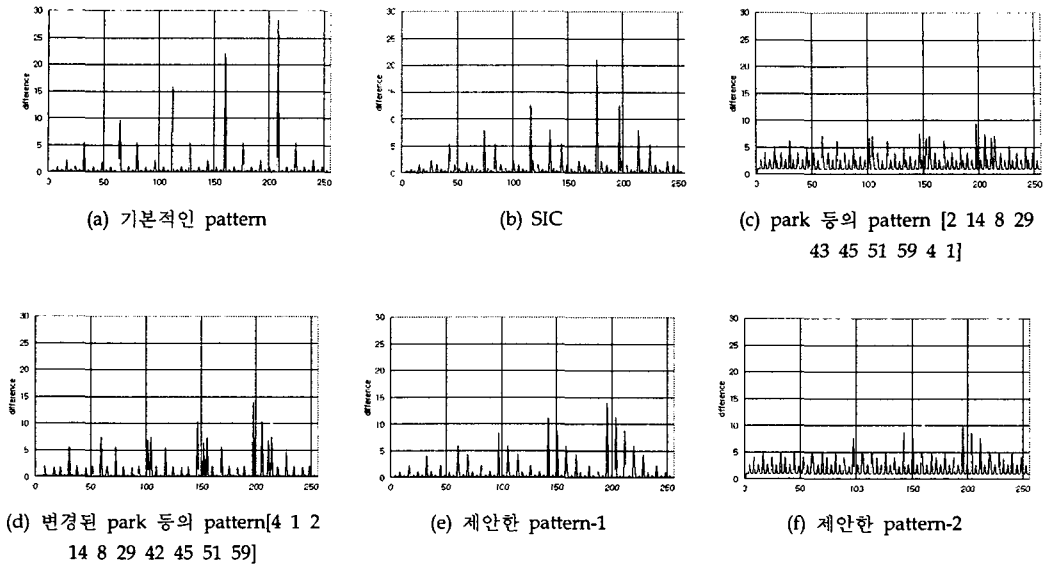


그림 2. 기울기가 1인 ramp 신호에 대한 MAE 비교.

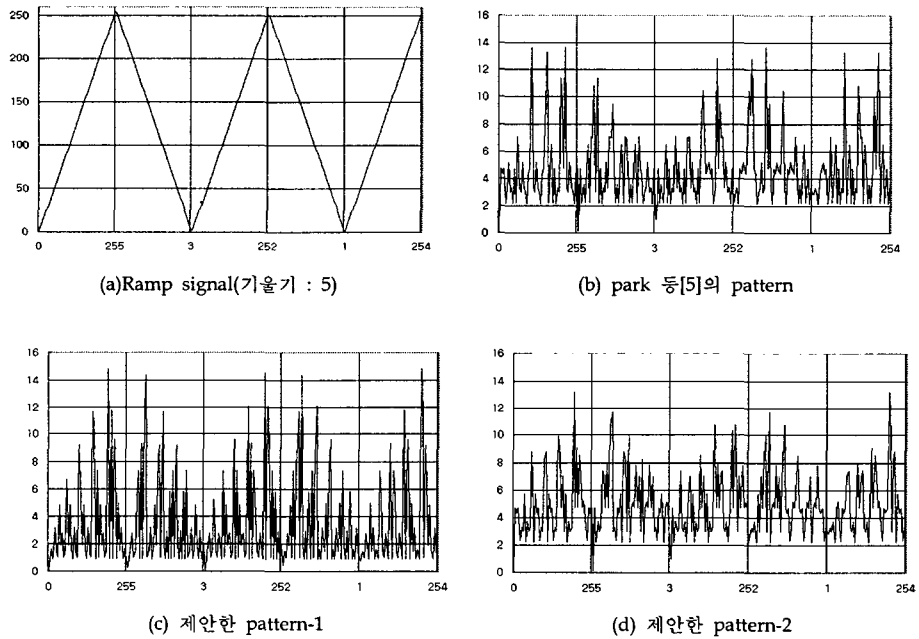


그림 3. 기울기가 5인 ramp 신호에 대한 MAE 비교.