

영상의 움직임 정보를 이용한 PDP의 모션 아티팩트 제거

김 태 수, 정 윤 숙^o, 홍 기 상

포항공과대학교 전자전기공학과

Reducing Motion Artifacts of PDP Using Motion Information

Tae-Soo Kim, Yun-Suk Jeong^o, Ki-Sang Hong

Department of Electronic-Electrical Engineering, Pohang University of Science and Technology

myrandyl@postech.ac.kr, kkukkugi@postech.ac.kr, hongks@postech.ac.kr

요 약

본 논문에서는 영상의 움직임 정보를 이용하여 플라즈마 디스플레이 패널(Plasma Display Panel, PDP)의 모션 아티팩트(motion artifact)를 효과적으로 제거하는 방법을 제안한다. 제안된 방법은 패널상의 움직임 궤적을 따라 인간의 시각이 인지하게 되는 밝기가 원래의 밝기와 비슷해지도록 서브 필드 매핑값을 정해주어 모션 아티팩트를 제거하게 된다. 이 때 서브 필드를 2의 거듭제곱 꼴의 가중치를 갖는 하위 서브 필드군과 그렇지 않은 상위 서브 필드군으로 나누어 상위 서브 필드군에는 최적 매핑 테이블을, 하위 서브 필드군에는 필업(fill-up)방법을 적용시켜 최적 매핑 패턴을 생성하도록 한다. 최적 매핑 패턴의 생성은 움직임 예측 오차 및 시선의 이동에 대한 영향을 최소화시켜 보다 강건한 아티팩트 제거를 가능하게 한다. 실험을 통해 제안된 방법이 기존의 방법에 비해 보다 효과적으로 모션 아티팩트를 제거함을 보인다.

1. 서 론

PDP는 여러가지 장점을 지닌 뛰어난 디지털 디스플레이 장치이다. PDP는 계조를 표현하기 위해 시각의 광적분 효과를 응용한 서브 필드 구동 방법을 이용하는데, 이 방법은 정지 영상을 표시할 경우에는 매우 좋은 성능을 보이지만 동영상의 경우에는 움직임의 궤적을 따라 다른 픽셀의 서브 필드에 포함된 광펄스를 적분하여 원래와는 다른 밝기를 인지하게 된다. 이로 인해 영상의 에지부근이 흐려지는 모션 블러 및 점진적으로 계조가 변화하는 부분에서 곡선 윤곽 노이즈가 나타나는 의사 윤곽 노이즈와 같은 화질 열화가 발생하며 이들을 PDP의 모션 아티팩트라 한다.

그동안 모션 아티팩트를 감소/제거하기 위하여 서브 필드의 순서를 바꾸는 방법, 등화 펄스를 이용하여 인지되는 밝기와 원래 밝기의 차이를 감소시키는 방법[3], 모션 아티팩트를 크게 유발시키는 계조들을 이용하지 않는 CLEAR[4] 및 GCC[5]와 같은 방법들이 제안되었지만 이러한 방법들은 인간 시각의 특성을 이용하여 아티팩트가 인지되지 않도록 하는 방법들이고 하프톤 노이즈나 플리커와 같은 또다른 화질 열화를 초래하기 때문에 근본적인 감소/제거는 힘든 실정이다. 그럼에도 불구하고 GCC 방법과 같은 경우는 현재 생산되는 제품의 주

된 구동 방법으로써 이용되고 있다.

그 외에 영상의 움직임 정보를 이용하여 모션 아티팩트를 감소/제거하는 움직임 보상법들도 소개되었다. 지금까지 현재 픽셀의 서브 필드들을 움직임 궤적과 가장 가까운 위치로 시프트 시키는 서브 필드 시프트 방법[6], 대칭 구조를 갖는 상위 서브 필드군과 하위 서브 필드군이 서로 모션 아티팩트를 보상시키는 최적 대칭 코드법[2] 등이 제안되었지만 또다른 노이즈를 생성시키거나 서브 필드의 수를 증가시켜야 하는 등의 여러가지 문제점들이 존재한다.

본 논문에서는 기존 방법들의 한계를 극복할 수 있는 새로운 움직임 보상법을 제안한다. 제안된 방법은 시각이 움직임 궤적을 따라 인지하게 되는 밝기가 원래의 밝기와 비슷해지도록 상위 서브 필드 매핑부터 결정하여 모션 아티팩트의 근본적인 제거를 가능하게 한다. 이 때 서브 필드를 상위 서브 필드군과 하위 서브 필드군으로 나누어 각각 다른 매핑 결정 방법을 적용시켜 최적 매핑 패턴을 생성시키는데, 이러한 최적 매핑 패턴의 생성이 움직임 오차 및 시선의 이동에 의해 부가적으로 발생하는 노이즈를 최소화 할 수 있음을 보인다.

논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2 절에서는 인간의 시각이 PDP에서 움직임 궤적을 따라 인지하게 되는 밝기를 수학적으로 모델링하는

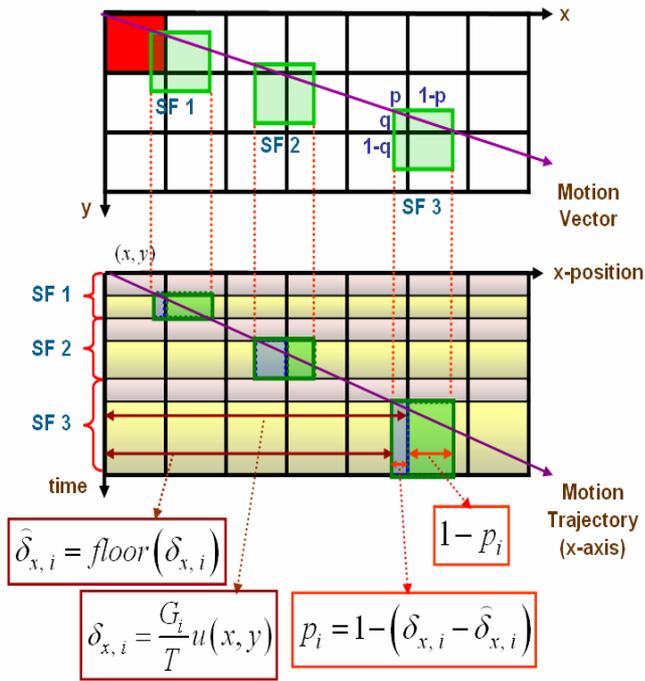


그림 1. PDP 시선 추적 모델.

과정을 설명하고 3 절에는 본 논문에서 제안한 방법을 설명하며, 4 절에서는 실험결과를 통하여 제안된 방법의 성능을 보인다. 그리고 5 절에는 제안된 방법을 요약하고 본 논문의 결론을 제시한다.

2. PDP 시선 추적 모델

그림 1 에 PDP 상에서 움직이고 있는 영상의 밝기를 인지하는 과정을 나타내었다. 이는 시선이 움직임 궤적을 따라 다른 픽셀들의 서브 필드에 포함된 광펄스를 적분하여 모션 아티팩트가 발생하는 과정을 나타내고 있다. 그림의 위 부분은 패널의 x-y 평면위의 픽셀 위치 및 각 서브 필드들에 대한 시선의 위치를 나타낸 것이고 아랫 부분은 x 방향 움직임에 대한 서브 필드의 광펄스 인지 과정을 나타낸 것이다. 각 서브 필드는 리셋-어드레스 구간과 서스테인 구간의 두 부분으로 나타내었다. 여기에서, $\delta_i(\delta_{x,i}, \delta_{y,i})$ 는 i 번째 서브 필드에 대한 시선의 이동량을, G_i 는 i 번째 서브 필드의 광중심, T 는 1 프레임 시간을 나타낸다. 그리고 u 는 움직임 벡터 $v(u,v)$ 의 x 방향 성분을, $\hat{\delta}_i(\hat{\delta}_{x,i}, \hat{\delta}_{y,i})$ 는 δ_i 보다 크지 않은 최대 정수를 나타낸다. 그림 1 을 이용하여 인간의 시각이 인지하게 되는 밝기를 구하면 다음 (식 1)과 같이 된다.

$$I(x, y) = \sum_{i=1}^N W_i \times \left[p_i \cdot q_i \cdot SFmap_i(x + \hat{\delta}_{x,i}, y + \hat{\delta}_{y,i}) + (1 - p_i) \cdot q_i \cdot SFmap_i(x + \hat{\delta}_{x,i} + 1, y + \hat{\delta}_{y,i}) + p_i \cdot (1 - q_i) \cdot SFmap_i(x + \hat{\delta}_{x,i}, y + \hat{\delta}_{y,i} + 1) + (1 - p_i) \cdot (1 - q_i) \cdot SFmap_i(x + \hat{\delta}_{x,i} + 1, y + \hat{\delta}_{y,i} + 1) \right] \quad (식 1)$$

여기서 $SFmap_i(x, y)$ 는 해당 위치에서의 i 번째 서브 필드 매핑 정보를 나타내며 0 또는 1의 값을 갖는다. 그리고 N 은 서브 필드의 개수를, W_i 는 i 번째 서브 필드의 가중치를 나타낸다.

3. 제안된 알고리즘

영상의 움직임 궤적을 따라 시각이 인지하게 되는 밝기가 원래의 밝기와 비슷해 지도록 서브 필드 매핑을 결정함으로써 모션 아티팩트를 제거할 수 있다. 이 때 매핑값을 결정하고자 하는 i 번째 서브 필드에 대한 시선의 위치는 (x, y) 에 고정되어 있다고 가정한다. 그림 1 에서 (x, y) 위치에 있는 픽셀의 i 번째 서브 필드에 대한 시선의 위치는 $(x + \delta_{x,i}, y + \delta_{y,i})$ 가 되므로 i 번째 서브 필드에 대한 시선의 위치가 (x, y) 인 경우에는 해당 픽셀의 위치가 $(x - \delta_{x,i}, y - \delta_{y,i})$ 가 된다. 하지만 이 위치는 정수 위치가 아니므로 픽셀이 존재할 수 없어 이 위치에 존재하는 가상의 픽셀을 가정해야하는데, 이를 i 번째 서브 필드에 대한 가상 픽셀이라 부르기로 한다.

그림 2 에 i 번째 서브 필드에 대한 가상 픽셀을 나타내고 있다. 이 가상 픽셀의 밝기는 주변 네 픽셀의 밝기값을 선형 보간함으로써 구해낼 수 있으며 (식 2)에 나타내었다.

$$I_{virtual,i} = I(x - \delta_{x,i}, y - \delta_{y,i}) = p_i \cdot q_i \cdot I(x - \hat{\delta}_{x,i}, y - \hat{\delta}_{y,i}) + (1 - p_i) \cdot q_i \cdot I(x - \hat{\delta}_{x,i} + 1, y - \hat{\delta}_{y,i}) + p_i \cdot (1 - q_i) \cdot I(x - \hat{\delta}_{x,i}, y - \hat{\delta}_{y,i} + 1) + (1 - p_i) \cdot (1 - q_i) \cdot I(x - \hat{\delta}_{x,i} + 1, y - \hat{\delta}_{y,i} + 1) \quad (식 2)$$

이렇게 구해낸 가상 픽셀의 밝기는 (x, y) 위치의 i 번째 서브 필드의 매핑값을 결정하기 위한 참조값으로 이용된다. 서브 필드의 매핑값을 결정하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있는데 여기에서는 기존에 제안되었던 방법중 하나인 필업 방법[1]을 소개하고 이 방법의 문제점을 해결하기 위한 방법을 제안한다.

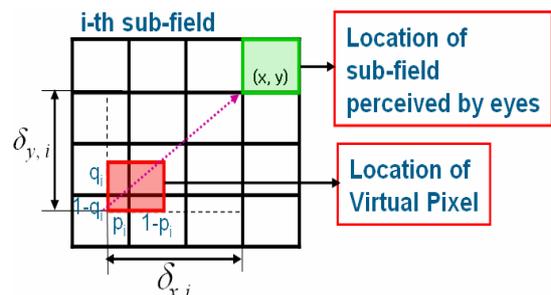
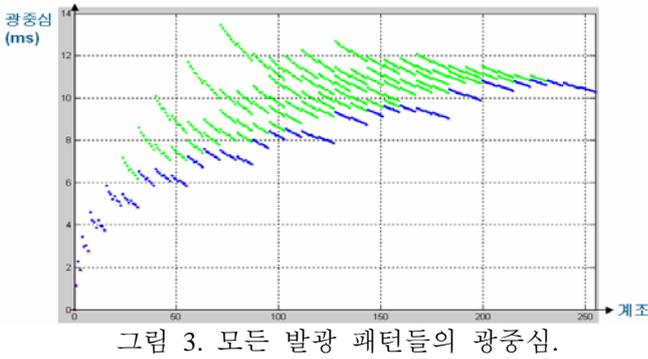


그림 2. i 번째 서브 필드에 대한 가상 픽셀의 위치.



3.1 필업 방법 [1]

이 방법은 가중치가 큰 순서대로 서브 필드 매핑값을 결정하여 시각이 인지하는 밝기가 원래의 밝기와 비슷해지도록 하는 방법이다. 이 때, 가장 마지막까지 결정된 서브 필드들에 의해 인지되는 밝기값 ($I_{accumulate}$)과 현재 구하고자 하는 서브 필드의 가중치 (W_i)와의 합이 원래 밝기값 ($I_{virtual,i}$)보다 커지지 않도록 한다. 이 과정은 (식 3)에 나타냈으며 $I_{accumulate}$ 는 앞에서 설명한 (식 1)로부터 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{if } (I_{accumulate}(x - \delta_{x,i}, y - \delta_{y,i}) + W_i \leq I_{virtual,i}) \\ & \text{then } SFmap_i(x, y) = 1 \\ & \text{else } SFmap_i(x, y) = 0 \end{aligned} \quad (\text{식 3})$$

이렇게 매핑값을 결정함으로써 움직임 궤적에 따라 인지되는 밝기가 원래의 밝기와 거의 비슷해 지므로 모션 아티팩트는 제거될 수 있고 이는 시뮬레이션으로 확인할 수 있다.

일반적으로 PDP 서브 필드의 갯수는 8 개 이상 이므로 한 계조당 여러가지의 매핑 패턴이 존재하게 되는데, 모션 아티팩트를 가장 적게 유발하는 최적 매핑 패턴은 이들 중에서 가장 작은 광중심을 갖는다[5]. 그림 3에 10 개의 서브 필드([1 2 4 8 16 24 32 40 56 72])인 경우의 모든 매핑 패턴들의 광중심을 나타내었는데 최적 매핑 패턴들의 광중심은 다른 색으로 표시해 놓았다.

필업 방법의 가장 큰 단점은 이와 같은 최적 매핑 패턴을 생성하지 못하는 데에 있다. 즉 상위 서브 필드의 매핑부터 결정하게 되므로 상위 서브 필드에 'on' 매핑이 집중되어 전체 계조의 광중심이 증가하게 된다. 이로 인해 적은 움직임 예측 오차에도 서브 필드간의 간섭량이 많아져 시뮬레이션 결과와 달리 실제 PDP 에서는 심각한 노이즈가 발생할 수 있다. 이러한 노이즈 발생을 최소화 시키기 위해서는 최적 매핑 패턴의 생성이 필수적이다.

3.2 제안된 방법

일반적인 서브 필드는 2의 거듭제곱 꼴(1, 2, 4, 8,

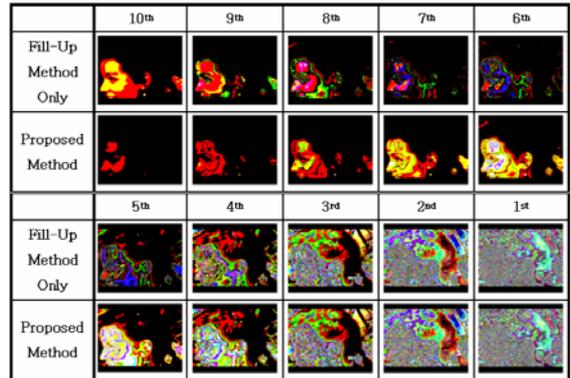


그림 4. 필업 방법 및 제안된 방법에 의해 생성된 서브 필드(10SF [1 2 4 8 16 24 32 40 56 72])

16, 32,..)의 가중치를 갖는 하위 서브 필드군과 그렇지 않은 상위 서브 필드군으로 나눌 수 있고 하위 서브 필드군의 경우에는 한 계조당 하나의 매핑 패턴만 존재하게 된다. 이러한 사실을 통해 상위 서브 필드군의 매핑이 이미 정해져 있다면 필업 방법을 통하여 하위 서브 필드 매핑을 최적화시킬 수 있음을 알 수 있다. 그러므로 상위 서브 필드군에는 이미 구해진 최적 매핑 테이블을 이용하고 하위 서브 필드군에는 필업 방법을 이용하여 매핑값을 결정하게 되면 최적 매핑 패턴을 생성하는 동시에 시각이 인지하는 밝기를 원래의 밝기와 비슷하게 만들 수 있다. 그림 4에는 10 개의 서브 필드([1 2 4 8 16 24 32 40 56 72])를 갖는 경우에 필업 방법과 제안된 방법에 의해 생성된 서브 필드들을 나타내고 있다. 두 방법 모두 시각이 인지하는 밝기가 원래의 밝기에 가까운 값을 갖도록 서브 필드들을 생성하지만 제안된 방법은 필업 방법과 달리 상위 서브 필드들에 'on' 매핑이 집중하지 않는 최적 매핑 패턴을 생성하므로 보다 강건한 성질을 가질 수 있음을 알 수 있다. 이로써 움직임 예측 오차 및 시선 이동에 의한 추가적인 노이즈를 최소화 시키면서 모션 아티팩트를 제거할 수 있어 PDP 의 동영상 화질을 효과적으로 향상시키는 것이 가능해진다.

그림 5에는 10 개의 서브 필드([1 2 4 8 16 24 32 40 56 72])와 12 개의 서브 필드([1 2 4 8 16 20 24 28 32 36 40 44])를 갖는 경우에 제안된 방법을 적용시키는 예를 보이고 있다. 일반적인 가중치를 갖는 상위 서브 필드군에는 최적 매핑 테이블을 적용시키고 2의 거듭제곱 꼴의 가중치를 갖는 하위 서브 필드군에는 필업 방법을 적용시키고 있다.

이 때 필업 방법에 의한 계조 오차 보상이 효과적이기 위해서는 하위 서브 필드군에 5 개 이상의

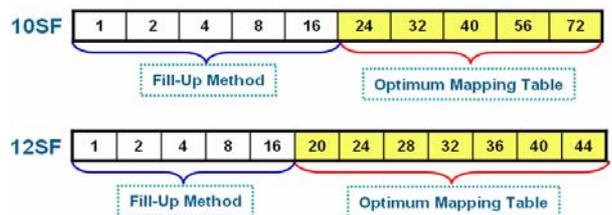


그림 5. 제안된 방법.



(a)



(b)



(c)



(d)

그림 6. “RCA-face” 영상열에 대한 결과(실제 PDP). (a) 아무런 처리를 하지 않은 영상. (b) GCC 34 계조. (c) 필업 방법. (d) 제안한 방법.

서브 필드가 존재해야 한다. 하위 서브 필드군에 이보다 적은 수의 서브 필드가 존재하게 되면 상위 서브 필드군에 의해 생기는 오차가 완전히 보상되지 않아 화질 열화가 발생하게 된다.

4. 실험 결과

그림 6은 실제 PDP에서 “RCA-face” 영상열에 여러 방법들을 적용시킨 결과를 디지털 카메라(셔터속

도: 1/60 초)로 획득한 영상을 나타낸 것이며, 실험은 [1 2 4 8 16 24 32 40 56 72]의 가중치를 갖는 10개의 서브 필드를 이용하였다. 그림 6(a)는 아무런 처리를 하지 않아 모션 아티팩트가 나타난 영상이고 그림 6(b)는 34 계조를 이용한 GCC 방법에 의한 결과 영상, 그림 6(c)는 필업 방법만을 이용했을 경우의 결과 영상, 그림 6(d)는 제안된 방법에 의한 결과 영상이다. GCC 방법은 의사 윤곽 노이즈를 효과적으로 제거하지만 모션 블러를 제거하지 못하며 하프톤 노이즈 및 플리커를 유발시킬 수 있다. 필업 방법만을 이용하였을 경우에는 전체 계조의 광중심 증가에 의한 서브 필드간의 간섭 심화로 인해 화질이 크게 열화되는 것을 볼 수 있다. 제안된 방법은 최적 매핑 패턴을 생성하므로 필업 방법만을 이용하였을 때 나타날 수 있는 추가적인 영상 열화의 발생 없이 의사 윤곽 노이즈와 모션 블러 모두를 효과적으로 제거하게 된다.

5. 결론

본 논문에서는 서브 필드를 상위 서브 필드군과 하위 서브 필드군으로 나누어 각각 다른 방법(상위 서브 필드군: 최적 매핑 테이블, 하위 서브 필드군: 필업 방법)으로 매핑을 결정함으로써 모션 아티팩트를 효과적으로 제거하는 동시에 부가적인 노이즈를 최소화시키는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 움직임 벡터에 의해 서브 필드 매핑 값을 결정하므로 보다 좋은 성능을 위해서는 정확한 움직임 예측이 필요하다. 또한 조건에 따라 GCC 방법을 병행하는 멀티 패스 구조에 적용시킨다면 보다 효과적으로 PDP의 동영상 화질을 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다.

6. 참고문헌

- [1] M. A. Klompenhouwer and G. D. Haan, “Optimally reducing motion artifacts in plasma displays”, SID00 DIGEST, pp. 383~391
- [2] D. Doyen, J. Kerverc and F. LeClerk, “Compensation of false contours on PDP using a pixel based motion estimator combined with an efficient coding technique”, SID03 DIGEST, pp. 780~783
- [3] D. Q. Zhu, T. J. Leacock and J. D. Noecker, “Motion pixel distortion reduction for a digital display device using pulse number equalization”, Matsushita Corp, US Patent US6097368
- [4] T. Shigeta, H. Mochizuki, M. Suzuki and N. Saegusa, “Method for driving a plasma display panel”, Pioneer Corp. European Patent EP1022714
- [5] C. Thebault, C. Correa and S. Weibruth, “Method and apparatus for processing video pictures”, Thomson Corp. European Patent EP1256924
- [6] S. Weibruth, C. Correa and R. Zwing, “Method for processing video pictures and apparatus for processing video pictures”, Thomson Corp. European Patent EP1172765