

적응적 필터링을 이용한 부화소 렌더링 방법
이재한 고근수 김경래 이준태 김창수
고려대학교

jaehanlee@mcl.korea.ac.kr ksko@mcl.korea.ac.kr krkim@mcl.korea.ac.kr jtlee@mcl.korea.ac.kr
changasukim@korea.ac.kr

Subpixel Rendering Method Using Adaptive Filtering

Jae-Han Lee Keunsoo Ko Kyung-Rae Kim Jun-Tae Lee Chang-Su Kim
Korea University

요약

본 논문에서는 RGB-stripe 부화소 구조를 갖는 디스플레이에서 인지 화질을 향상시키면서, 색 왜곡을 저감할 수 있는 부화소 렌더링을 수행한다. 우선 인지 화질을 향상 시키는 주 필터와, 색 왜곡을 억제하는 비음수 필터를 디자인한다. 색 왜곡 가능성의 계산에 따라, 두 필터를 조합하고 영상을 렌더링 한다. 실험 결과, 본 논문의 부화소 렌더링 방법이 비교 방법에 비해 좋은 인지 화질을 얻으면서도 색 왜곡을 억제함을 보여준다.

1. 서론

최근 사용되는 디스플레이인 액정 디스플레이(LCD)와 유기발광 다이오드(OLED)디스플레이에서는 컬러 영상을 나타내기 위하여, 각 화소를 색을 가진 여러 개의 부 화소들로 구성한다.

부화소 렌더링은 각 부화소를 개별적으로 처리하여 영상을 렌더링 함으로써, 인지 화질을 개선한다. 그러나 부화소 렌더링 과정에서 각 채널 부화소가 불균형한 커짐으로 인해 색 왜곡이 발생할 수 있다.

최근 부화소 렌더링을 위한 필터를 디자인 하는 기술들이 연구 되었다. 방법 [1]은 사람의 시각 시스템이 색을 지역 필터 형태로 색을 인식하는 특징을 이용하여, 일차원의 필터 모델을 가정하여 가상의 영상 모델을 생성하고, 기존 입력 영상과 평균 제곱 오차를 최소화 하는 필터를 디자인하는 방법을 제안하였다. 방법 [2]에서는 지역 필터 모델을 이차원으로 확장하여 필터를 디자인 하는 방법을 제안되었다. 기존 부화소 렌더링 방법 [1,2]들이 영상의 인지 화질을 효과적으로 개선할 수 있는 반면, 여전히 색 왜곡의 발생하는 문제점이 있다.

방법 [3]에서는 가장 일반적으로 사용되는 부화소 구조인 RGB-stripe 구조 대신, 다이아몬드 PenTile 부화소 구조를 대상으로 하는 부화소 렌더링 방법을 제안하였다. 그림 1은 두 부화소 구조를 보여준다. 우선 두 가지 필터를 디자인 한다. 주 필터는 방법 [1,2]들과 유사한 방법으로 디자인되고, 비음수 필터는 색 왜곡이 발생하지 않도록 주 필터를 변형하여 디자인 된다. 색 왜곡 가능성을 영상의 영역 단위로 계산하고, 이에 따라 두 필터를 조합하여 적용한다. 본 논문에서는 방법 [3]을 RGB-stripe 부화소 구조에 적합하도록 적용하여 부화소 렌더링을 수행한다. 실험 결과는 제안 하는 방법이 기존 부화소 렌더링 방법 보다 우수한 성능을 보임을 보여준다.

본 논문1)의 구성은 다음과 같다. 2장에서 렌더링 방법을 설명한다. 3장에서 실험 결과를 비교하고, 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

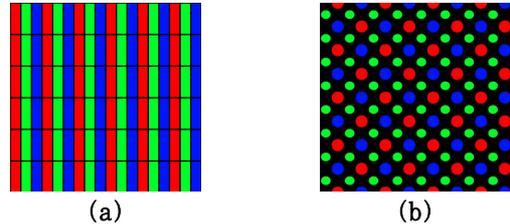


그림 1. (a) RGB-stripe 부화소 구조와 (b) 다이아몬드 PenTile 부화소 구조

2. 필터 디자인 및 적응적 부화소 렌더링

본 논문은 방법 [3]과 같은 방식으로 필터 디자인을 수행하여, 주 필터와 비음수 필터의 두 가지 필터를 유도한다. 다이아몬드 PenTile 부화소 구조에서는 채널별 부화소의 배치 구조와 밀도가 다르므로, 방법 [3]이 R채널과 B채널 필터 유도를 G채널 필터 유도와 따로 수행한 반면, 본 논문에서는 각 채널의 배치 구조와 밀도가 동일한 RGB-stripe 부화소 구조를 대상으로 하므로, R채널과 B채널의 필터 또한 G채널의 필터와 동일한 방법으로 유도한다. 또한 주 필터와 비음수 필터의 크기는 7×7 로 제한한다.

영상의 영역별로 색 왜곡 가능성을 계산하고, 그에 따라 두 필터를 조합하여 부화소 렌더링을 수행한다. 방법 [3]과 같은 방법으로 색 왜곡 가능성을 계산하고, 색 왜곡 가능성을 계산하는 데 사용되는 파라미터는 $\rho = 0.5$, $\epsilon = 3$ 으로 한다.

3. 실험 결과

본 논문의 부화소 렌더링 방법에 대하여 실험을 수행한다. 실험을 위해, 부화소 렌더링 성능 평가 방법을 제시한 [3]에서 평가에 사용되는 40장의 영상을 사용하며, 렌더링 되는 영상의 크기 또한 [3]에서 사용한 크기와 같도록 한다. 비교를 위하여 방법 [1]을 수행한 결과를 같이 나타내었다. 표 1에서는 두 방법의 40장 영상에 대한 평균

1) 이 논문은 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2015R1A2A1A10055037)

PSNR 성과, 평균 SPA 점수 [3] 성능을 비교한다. 제안 방법이 두 성능 모두에서 비교 방법보다 더 높은 부화소 렌더링 성능을 보여준다.

	PSNR	SPA 점수
기존 방법 [1]	25.0337	21.1126
제안 방법	25.2870	21.2978

표 1. [4]에서 제공된 40장의 이미지에 대해, 제안 방법과 기존 방법의 정량적 성능 비교

그림 2 ~ 그림 5에서는 네 영상에 대해 부화소 렌더링을 수행한 결과를 비교한다. 각 렌더링 영상은 원본 영상과 대비해 2:1에서 6:1 만큼 축소가 이루어진 영상이다. 비교를 위해, 차이가 두드러지는 부분을 확대하여 비교한다.

모든 그림에서 제안 방법을 적용한 결과가 원본 영상에 가까운 더 높은 인지 화질을 제공한다. 또한 그림 3의 창문 부분과, 그림 5의 세로선 부분의 경우, 방법 [1]에서는 색 왜곡이 현저하게 발생한다. 그러나 본 논문의 방법을 적용한 결과는 색 왜곡을 효과적으로 방지하고 있음을 확인할 수 있다.



그림 2. (a) [4]의 2번째 전체 영상과 (b) 붉은 박스를 확대한 영상 (c) 방법 [1] 적용 결과와 (d) 제안 방법의 적용한 결과를 비교

4. 결론

본 논문에서는 적응적 부화소 렌더링 알고리즘을 제안하였다. 입력 영상과 가상의 영상 사이의 차이를 최소화하는 주 필터와, 색 왜곡을 방지하는 비음수 필터를 디자인 하였다. 색 왜곡 가능성 계산을 통해 적응적으로 두 가지 필터를 적용하여 높은 인지 화질을 유지하면서 색 왜곡을 효과적으로 억제하는 부화소 렌더링을 수행하였다.

5. 참고 문헌

[1] J.-S. Kim and C.-S. Kim, "A filter design algorithm for subpixel rendering on matrix displays," in Proc. 15th EUSIPCO, Sept. 2007, pp. 1487 - 1491.
 [2] L. Fang, O. C. Au, K. Tang, X. Wen, and H. Wang, "Novel 2-D MMSE subpixel-based image down-sampling," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 22, no. 5, pp. 740 - 753, May

2012.

[3] J.-H. Lee, K.-R. Kim, and C.-S. Kim, "Subpixel Rendering without Color Distortions for Diamond-Shaped PenTile Displays," in Proc. IEEE Int. Symp. Circuits Syst., May 2017.
 [4] J. Zeng, L. Fang, J. Pang, H. Li, and F. Wu, "Subpixel image quality assessment syncretizing local subpixel and global pixel features," IEEE Trans. Image Process., vol. 25, no. 12, pp. 5841 - 5856, Dec. 2016.

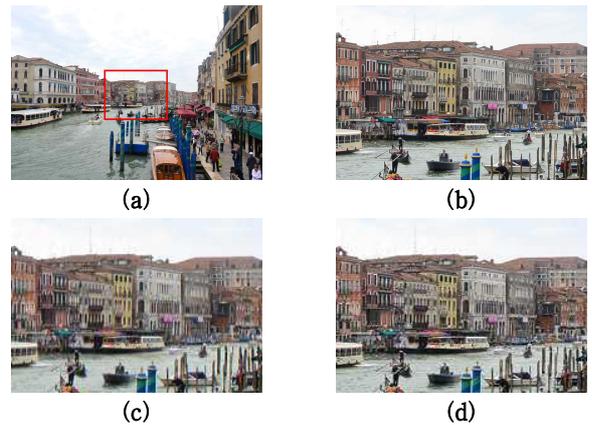


그림 3. (a) [4]의 11번째 전체 영상과 (b) 붉은 박스를 확대한 영상 (c) 방법 [1] 적용 결과와 (d) 제안 방법의 적용한 결과를 비교

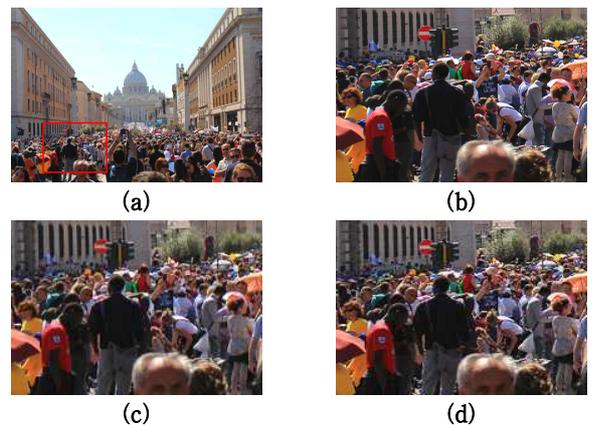


그림 4. (a) [4]의 32번째 전체 영상과 (b) 붉은 박스를 확대한 영상 (c) 방법 [1] 적용 결과와 (d) 제안 방법의 적용한 결과를 비교

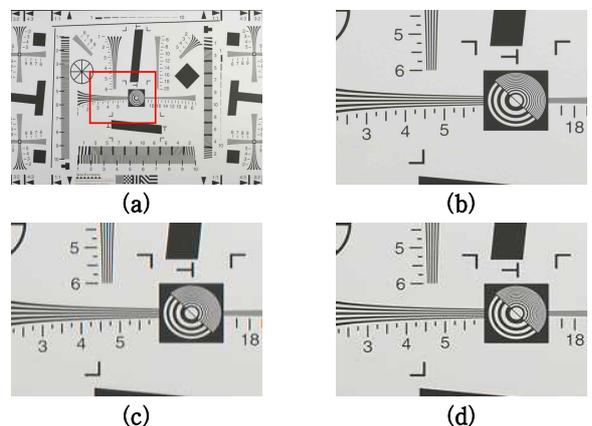


그림 5. (a) [4]의 34번째 전체 영상과 (b) 붉은 박스를 확대한 영상 (c) 방법 [1] 적용 결과와 (d) 제안 방법의 적용한 결과를 비교