
K-means 알고리즘을 사용한 칼라 동영상 링잉 노이즈 감쇄 방법의 개선

김병현* · 장준영* · 장원우** · 최현철*** · 강봉순****

Improvement of Reduction method for Ringing Artifacts in color moving-pictures
using K-means algorithm

Byung-hyun Kim* · Jun-young Jang* · Won-woo Jang** · Hyun-chul Choi***
· Bong-soon Kang****

이 논문은 LG디스플레이 지원에 의하여 연구되었음

요 약

본 논문에서는 CODEC을 사용한 동영상의 손실 압축에 의해 발생하는 블러링 현상과 복원 과정 중 발생하는 링잉 노이즈를 감쇄하기 위한 개선된 선명도 향상 알고리즘을 제안하였다. 기존 알고리즘은 RGB 색 좌표계의 세 가지 칼라 값을 사용하는 연산으로 인해 많은 연산량을 요구한다. 이를 개선하기 위해 YCbCr 색 좌표계 중 휘도 값만을 사용하여 연산하였다. 시뮬레이션을 통해 RGB 칼라 값을 사용하는 기존 알고리즘과 휘도 성분인 Y 칼라 값만을 사용하는 개선된 알고리즘의 성능이 동등함을 확인하였다. 또한 Kodak 표준 이미지를 사용한 연산 처리 속도 측정을 통해서 개선된 알고리즘의 연산 처리 속도가 기존 알고리즘에 비해 약 24% 향상함을 확인하였다.

ABSTRACT

In this paper, we proposed the improved Advanced Detail Enhancement algorithm that improve the blurring by the lossy compression with CODEC and reduce the ringing artifacts in restoration. The conventional algorithm needs much amount of the process by the use of RGB color space. To improve this, we only used the luminance value in YCbCr color space. We verified that the performance of the improved algorithm with Y color value, the luminance value, is equal to the conventional algorithm with RGB color value and that the operation time of the improved is shorter about 24% than the conventional through the measurement of the operation time with Kodak standard images.

키워드

동영상, 링잉 노이즈, 선명도 향상, 중첩 블록

Key word

Moving Picture, Ringing Artifact, Sharpness Enhancement, Overlapped Block

* 준회원 : 동아대학교 전자공학과 석사과정
** 정회원 : 삼성 모바일디스플레이 선임연구원
*** 정회원 : LG Display 노트북 개발 2팀 상무
**** 종신회원 : 동아대학교 전자공학과 교수 (교신저자, bongsoon@dau.ac.kr)

접수일자 : 2010. 10. 07
심사완료일자 : 2010. 11. 08

I. 서론

최근 디지털 영상처리는 영상처리 분야와 영상처리 장치 분야 모두에서 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 또한, 인터넷의 보편화에 따른 영상 편집 소프트웨어의 보급과 디지털 카메라, 모바일 폰 카메라의 보급으로 인해 일반 사용자의 영상처리에 대한 관심과 영상처리 장치의 화질 개선에 대한 요구 역시 증가하고 있다. 이를 충족하기 위해 화질 개선에 대한 많은 영상처리 기법들이 소개되고 있다. 본 논문에서는 이러한 여러 가지 화질 개선 기법들 중에서 동영상에 적용 가능한 화질 개선 알고리즘에 대해 소개한다.

일반적으로 동영상은 CODEC (COder + DECoder or CCompressor + DECompressor) 이라고 불리는 영상 압축 복원 알고리즘을 사용하여 데이터를 압축한 후 전송하고, 복원하여 재생한다. 이러한 CODEC은 MPEG2, MPEG4, H.264 외에도 많은 종류가 존재한다. CODEC을 이용한 동영상 압축은 큰 압축률을 갖는 대신 손실 압축으로 인한 데이터의 손실을 피할 수 없다 [1]-[3]. 그리고 이러한 데이터 손실은 복원된 영상에 대한 품질 저하 현상을 초래한다. 품질 저하 현상 중 대표적인 것으로 블러링 (Blurring)에 의한 선명도 저하 현상을 꼽을 수 있다. 그리고 선명도가 저하된 영상에 대해 고역 대역 필터 (High Pass Filter, HPF) 연산을 수행하게 되며, 이때 HPF 연산에 의해 오버슈트 (Overshoot)와 언더슈트 (Undershoot)에 해당하는 링잉 노이즈가 발생한다.

본 논문에서는 동영상 압축과 복원 과정에서 발생하는 링잉 노이즈와 블러링 현상을 개선하기 위한 알고리즘을 소개하고, 이를 개선한 알고리즘을 제안하였다. 그리고 표준 이미지를 사용해 기존 알고리즘과 개선된 알고리즘의 링잉 노이즈의 감쇄 성능과 윌콕슨의 선명도 개선 효과 그리고 연산 처리 속도를 비교하였다.

II. 기존 선명도 향상 알고리즘

CODEC을 사용해 동영상을 압축하고 복원하는 과정에서 블러링 현상과 링잉 노이즈가 발생한다. ADEN (Advanced Detail ENhancement) 알고리즘은 이러한 링잉 노이즈를 감쇄하기 위한 선명도 향상 알고리즘으로, 입력 영상의 RGB 색 좌표계의 세 가지 칼라 값을 모두 사

용하여 연산하며, 이를 RGB ADEN이라 명명한다 [2]. 동영상 압축 복원에 의해 발생한 링잉 노이즈와 RGB ADEN 알고리즘에 의해 감쇄된 링잉 노이즈를 그림 1에 도시하였다.

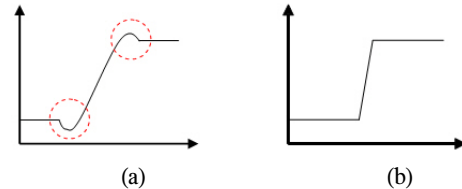


그림 1. ADEN 알고리즘의 목적 [2], (a) 링잉노이즈, (b) ADEN 알고리즘에 의한 링잉 노이즈 감쇄
Fig 1. The goal of ADEN algorithm, (a) Ringing artifacts, (b) Reduction of the ringing artifacts by ADEN algorithm

RGB ADEN 알고리즘은 중첩 방식의 블록 추출 과정 [4], K-means 알고리즘 [5][6]을 사용한 그룹화 과정, 부분 영역 응집도 (Local_color_cohesion)와 인접도 비율 (Proximity_ratio)에 의한 픽셀 이동 과정 그리고 해닝 윈도우 적용 과정을 거쳐 링잉 노이즈를 감쇄하고 윌콕슨의 선명도를 향상한다.

K-means 알고리즘과 Local_color_cohesion, Proximity_ratio 연산 과정에서는 여러 번의 거리 계산이 요구되는데, R, G, B 세 가지 칼라 값을 3차원 직각 좌표계에 사상시켜 3차원 거리 수식에 의해 두 점의 거리를 계산한다. 그리고 중첩 방식으로 블록을 추출하여 K-means 알고리즘과 Local_color_cohesion, Proximity_ratio 연산 한 후 입력과 같은 크기로 복원하기 위해 해닝 윈도우를 사용한다.

RGB ADEN은 3차원 거리 수식에 포함된 제곱과 제곱근 연산 그리고 각 칼라별로 적용하는 해닝 윈도우에 의해 많은 연산량이 요구된다.

III. 개선된 선명도 향상 알고리즘

사람의 눈은 색차 신호에 비해 휘도 신호에 훨씬 민감하게 반응하기 때문에 [7] 휘도 신호에 대한 영상처리만으로도 화질 개선 효과를 기대할 수 있다. 이러한 정보를 바탕으로 RGB ADEN의 연산량을 줄이기 위해 휘도 신호만을 사용하여 ADEN 알고리즘을 연산하도록 RGB

ADEN을 개선하였다. 이를 위하여 기존 알고리즘에 RGB 칼라 값에서 휘도 값을 추출하기 위한 RGB-to-YCbCr 색 좌표 변환 수식을 사용하였다 [8]. YCbCr 색 좌표계에서 Y는 휘도 신호를 나타내며, CbCr은 색차신호를 나타낸다. Y ADEN에 RGB-to-YCbCr 변환이 적용되는 과정을 그림 2에 나타내었다.

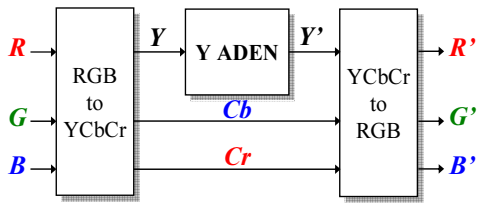


그림 2. RGB to YCbCr 변환 적용
Fig. 2 An application of RGB to YCbCr converting

ADEN 알고리즘에 사용되는 입력을 RGB 3개의 칼라에서 휘도 신호인 Y 칼라만을 사용함에 따라 K-means 알고리즘과 Local_color_cohesion, Proximity_ratio 연산에 사용되는 3 차원 거리 수식을 1 차원 거리 수식으로 간략화 할 수 있으며, RGB 칼라에 각각 적용하는 해닝 원도우를 Y 칼라에만 적용하여 연산량을 감소할 수 있다.

먼저 기존 RGB ADEN에서는 K-means 알고리즘에서 모든 클러스터의 원소와 각 클러스터의 대표값에 대한 거리를 구하기 위해 3차원 거리 수식이 사용된다. 이를 Y 칼라만을 사용하여 1차원 좌표계에서 사용하는 1차원 거리 수식으로 간략화 할 수 있다. 1차원 거리 수식을 수식 (1)에 나타내었다.

$$distance_y = |A - B| = A - B \text{ or } B - A \quad (1)$$

수식 (1)에서 A와 B는 클러스터의 대표값과 현재 입력 픽셀을 나타낸다. 수식에서 절대값은 계산 결과가 양의 값이 되기 위한 한 번의 비교 연산으로 대체 할 수 있으며, 비교 연산 후 한 번의 뺄셈으로 거리를 계산하기 때문에 기존 RGB ADEN의 3차원 거리 수식에서 사용되는 제곱 연산과 제곱근 연산이 제거되어 연산량이 감소한다.

그리고 [2]에서 Eq. (6)로 표현되는 Local_color_cohesion은 추출된 블록에서 입력 픽셀에 대해 링잉 노이즈의 크기를 가늠하는 파라미터이다. 이를 계산하기 위

해 필요한 값 중 하나인 Center_dist는 Y 칼라 값만을 사용하는 다음 수식 (2)에 의해 Center_dist_Y로 다시 정의하였다.

$$Center_dist_y = |Y_m - C_i| = Y_m - C_i \text{ or } C_i - Y_m \quad (2)$$

수식 (2)에서 C_i의 i는 0과 1의 값을 갖는다. 기존 RGB ADEN에서 K-means 알고리즘을 수행 할 때 추출된 블록에 대해 두 개의 클러스터로 분류하는데, 이는 수식 (2)에 의해 입력 픽셀이 속한 클러스터의 대표값은 C₀로, 속하지 않은 클러스터의 대표값은 C₁으로 표현된다. 그리고 Y_m은 입력 픽셀을 나타낸다.

마찬가지로 [2]의 Eq. (2)에 의해 계산되는 Proximity_ratio는 현재 입력 픽셀과 C₀, 입력 픽셀과 C₁의 거리 비율을 나타내는 파라미터이다. 이를 RGB 칼라 대신 Y 칼라만을 사용하는 연산하는 수식 (3)을 사용해 Y_Proximity_ratio로 재정의 하였다.

$$Y_proximity_ratio = \frac{|Y_m - C_i|}{|Y_m - C_{(1-i)}} \quad (3)$$

수식 (3)에서 C_i는 수식 (2)의 C_i와 마찬가지로 입력 픽셀이 속한 클러스터의 대표값을 나타내며, C_(1-i)는 자신이 속하지 않은 클러스터의 대표값을 나타낸다.

수식 (2)를 통해 도출되는 Y_Local_color_cohesion과 수식 (3)의 Y_proximity_ratio에 의해 실질적인 픽셀 이동이 수행 된다.

$$\Delta Y = c \times Y_Local_color_cohesion \times (1 - Y_proximity_ratio) \times (C_i - Y_m) \quad (4)$$

수식 (4)의 ΔY는 두 파라미터에 의해 Y ADEN에서 픽셀이 이동되는 양을 나타낸다. 입력 픽셀 Y_m이 대표값과 멀리 떨어져 있다면 큰 ΔY에 의해 대표값을 향해 강하게 이동하고, 가까운 거리에 있다면 적은 ΔY에 의해 약하게 이동한다. 만약 추출된 블록이 평탄한 영역으로 모든 값이 동일하다면 Y_Proximity_ratio와 Y_Local_color_cohesion은 모두 0이 되고, ΔY 또한 0이 되어 입력 픽셀 Y_m은 이동하지 않는다.

마지막으로 적용되는 해닝원도우는 RGB ADEN에서

R, G, B 칼라 값에 대해 각각 적용되지만 Y ADEN에서는 Y 칼라 값에 대해서만 적용되기 때문에 이 역시 연산량을 줄일 수 있다. 수식 (1) ~ 수식 (4)와 해닝 윈도우의 적용 횟수 감소에 의해 Y ADEN은 전체적으로 RGB ADEN에 비해 연산량이 감소하게 된다.

IV. 실험 및 결과

4.1 표준 영상에 의한 성능 비교 - 1

그림 3은 RGB ADEN과 Y ADEN의 성능을 테스트하기 위해 사용한 JPEG Test Image 중 512×512 크기를 갖는 Airplane 영상이다. 정확한 결과를 검출하기 위해 A~C에 해당하는 선을 따라 자른 횡단면을 검사하였다.

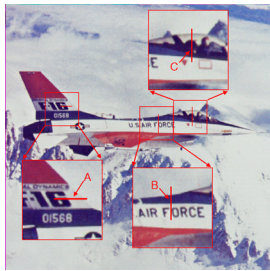


그림 3. JPEG Test Image, Airplane (512×512)
Fig. 3 JPEG Test Image, Airplane (512×512)

그림 4는 그림 3의 Line A~C의 횡단면이다. 각 그래프의 녹색 라인은 원본 입력, 빨간색 라인은 RGB ADEN

의 결과 그리고 파란색 라인은 Y ADEN의 결과이다.

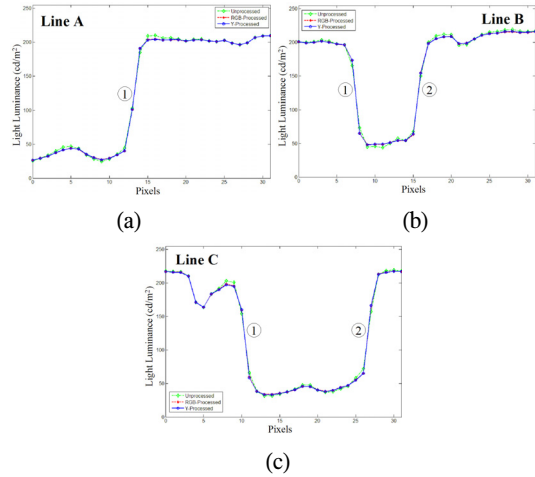


그림 4. Airplane의 RGB ADEN과 Y ADEN 결과에 대한 1차원 그래프. (a) Line A, (b) Line B, (c) Line C
Fig. 4 1D graphs of results of RGB ADEN and Y ADEN for an Airplane. (a) Line A, (b) Line B, (c) Line C

또한, 표 1은 각 횡단면에 대한 오버슈트 비율과 기울기이다. 그림 4-(b) ②번 위치에서 오버슈트는 8.99%에서 RGB ADEN과 Y ADEN 각각 6.42%와 6.27%로 약 2.65% 가량으로 가장 많이 감소하였으며, 기울기는 그림 4-(b) ①번 위치에서 -63.91에서 RGB ADEN과 Y ADEN 각각 -79.53과 -80.59로 약 16 정도 증가 하였다. 언급한 곳 외의 위치에서도 또한 오버슈트 비율은 감소하였으며, 기울기는 증가하였다.

표 1. Airplane에 대한 결과 비교
Table 1. Performance comparisons for Airplane

Positions		Unprocessed		RGB ADEN Processed		Y ADEN Processed	
		Overshoot	Slope $\left(\frac{\text{cd} \cdot \text{pixel_width}}{\text{m}^3}\right)$	Overshoot	Slope $\left(\frac{\text{cd} \cdot \text{pixel_width}}{\text{m}^3}\right)$	Overshoot	Slope $\left(\frac{\text{cd} \cdot \text{pixel_width}}{\text{m}^3}\right)$
A	①	210.07 (4.34 %)	69.95	209.8 (4.17 %)	77.24	209.8 (4.17%)	77.22
	②	203.76 (3.24 %)	-63.91	201.28 (1.55 %)	-79.53	201.76 (1.88 %)	-80.59
B	①	212.22 (8.99 %)	66.26	208.44 (6.42 %)	72.02	208.22 (6.27 %)	71.03
	②	203.33 (11.01 %)	-68.73	198.63 (10.43 %)	-72.91	197.3 (10.36%)	-72.76
C	①	219.36 (11.92 %)	56.22	217.36 (10.62 %)	72.36	217.36 (10.62 %)	73.46
	②						

4.2 표준 영상에 의한 성능 비교 - 2

두 번째로 실험을 위해 Kodak 표준 이미지 10번 영상을 사용하였으며, 이를 그림 5에 나타내었다. 앞서와 동일하게 A와 B의 횡단면을 통해 RGB ADEN과 Y ADEN의 성능을 비교하였다.



그림 5. Kodak 표준 이미지 10번 (512×768)
Fig. 5 Kodak Standard Image No.10 (512×768)

앞서 실험과 마찬가지로 그림 5의 영상 중 A와 B 부분의 횡단면을 살펴보았다. 이를 위해 A와 B의 횡단면에 대한 1차원 그래프를 그림 6에 나타내었다. 또한, 그림 6-(a)의 ①번과 ②번 위치, 그리고 그림 6-(b)의 ①번부터 ④번까지 위치에 대한 오버슈트의 비율과 기울기 변화를 표 2에 나타내었다.

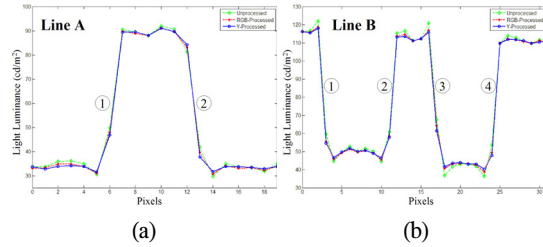


그림 6. Kodak 표준 이미지 10번의 RGB ADEN과 Y ADEN 결과에 대한 1차원 그래프,
(a) Line A, (b) Line B

Fig. 6 One-dimensional graphs about the results of RGB ADEN and Y ADEN for a Kodak Standard Image No.10, (a) Line A, (b) Line B

그림 6과 표 2에 대한 결과, 그림 6-(b)의 ③번 위치에서 오버슈트가 입력 16.98 %에서 RGB ADEN은 10.10 %, Y ADEN은 8.36 %로 감소하였으며, 이것은 약 7.75 % 정도로 가장 많이 감소하였다. 그리고 기울기는 그림 6-(a)의 ②번 위치에서 입력 -36.36이 RGB ADEN은 -43.46, Y ADEN은 -46.49로 증가하였다. 이것은 약 -8.61 정도로 가장 많이 증가하였다. 두 가지 실험 결과를 통해 RGB 칼라를 입력으로 사용한 ADEN 알고리즘과 Y 칼라를 입력으로 사용하는 ADEN 알고리즘의 성능이 동일함을 확인하였다.

4.3 연산 처리 속도 비교

RGB ADEN과 Y ADEN의 성능은 앞서 언급한 세 가

표 2. Kodak 표준 이미지 10번에 대한 결과 비교
Table 2. Performance comparison for a Kodak Standard Image No.10

Positions		Unprocessed		RGB ADEN Processed		Y ADEN Processed	
		Overshoot	Slope ($\frac{cd \cdot pixel_width}{m^3}$)	Overshoot	Slope ($\frac{cd \cdot pixel_width}{m^3}$)	Overshoot	Slope ($\frac{cd \cdot pixel_width}{m^3}$)
A	①	90.43 (7.30 %)	35.24	89.73 (5.81 %)	37.07	89.48 (5.28 %)	36.62
	②	91.98 (10.60 %)	-36.36	91.09 (8.70 %)	-43.46	90.98 (8.47 %)	-46.49
B	①	122.00 (18.97 %)	-58.84	118.82 (13.84 %)	-63.15	118.00 (12.07 %)	-63.33
	②	115.23 (7.29 %)	49.20	113.75 (4.74 %)	55.26	113.23 (3.84 %)	55.33
	③	120.85 (16.98 %)	-46.91	116.86 (10.10 %)	-45.76	115.85 (8.36 %)	-49.31
	④	113.87 (4.95 %)	55.96	112.17 (2.02 %)	60.37	111.87 (1.50 %)	61.96

지 영상에 대한 실험 결과를 통해 동일함을 확인하였다. 그리고 성능 실험에 사용한 윈도우 프로그램과 동일한 프로그램을 사용해 RGB ADEN의 연산 처리 속도와 Y ADEN의 연산 처리 속도를 비교하였다. 연산 처리 속도에 사용한 입력은 Kodak 표준 이미지 (768×512)를 사용하였으며, 그림 7에 이를 나타내었다.



그림 7. Kodak 표준 이미지
Fig. 7 Kodak standard images

표 3은 그림 7을 이용하여 RGB ADEN과 Y ADEN의 연산 처리 속도를 측정된 결과이다. 이 때, Y ADEN은 RGB 입력을 YCbCr 색좌표로 변환 한 후 Y 영역에 ADEN을 적용하고 CbCr영역은 bypass하여 RGB영역으로 다시 복원하는 과정을 모두 포함한다. Kodak 표준 이미지 24장에 대해 RGB ADEN과 Y ADEN의 처리 속도를 측정된 결과 RGB ADEN은 768×512 크기의 이미지 한 프레임을 처리하는데 평균 307.92 ms의 시간이 소요되었으며, Y ADEN은 평균 232.99 ms의 시간이 소요되었다.

V. 결 론

본 논문에서는 영상에서 Blurring 현상과 오버슈트와 언더슈트 현상을 개선하는 선명도 향상 알고리즘인 RGB ADEN을 소개하였다. RGB ADEN은 그 성능에도 불구하고 연산 과정으로 인해 동영상에 적용 할 때 연산 처리에 많은 시간이 소요된다. 이러한 단점을 보완하면서도 성능은 RGB ADEN과 동일하도록 고속 연산이 가능한 Y ADEN 알고리즘을 제안하였다. 개선된 알고리즘을 검증하기 위해 여러 가지 영상에 대해 두 알고리즘을 적용하여, 결과 영상에 대한 1차원 그래프를 통해 RGB ADEN과 Y ADEN 알고리즘이 동일한 성능을 발휘함을 확인하였다. 또한, 연산 처리 속도 측정을 통해 Y

ADEN의 연산 속도가 RGB ADEN에 비해 약 24.4% 향상되었음을 확인하였다.

표 3. RGB ADEN과 Y ADEN의 연산속도 측정 결과
Table. 3 The measurement result of the operation times about RGB and Y ADEN

	RGB ADEN [ms]	Y ADEN [ms]	Y/RGB Ratio [%]
1	329.08	249.71	75.881
2	296.11	222.27	75.063
3	300.08	223.49	74.477
4	298.01	225.01	75.504
5	331.47	248.01	74.821
6	312.87	241.49	77.185
7	303.07	228.75	75.478
8	330.68	248.22	75.064
9	298.26	228.06	76.463
10	296.56	223.13	75.239
11	302.64	230.61	76.199
12	291.41	224.87	77.166
13	336.46	258.29	76.767
14	320.72	239.63	74.716
15	294.6	223.05	75.713
16	295.06	227.73	77.181
17	305.18	228.45	74.857
18	322.51	243.46	75.489
19	305.99	233.68	76.369
20	295.37	218.08	73.833
21	312.53	238.08	76.178
22	305.27	232.92	76.3
23	292.48	220.03	75.229
24	313.67	234.91	74.891
Average	307.92	232.99	75.666

참고문헌

- [1] J. Xia, Y. Shi, K. Teunissen, and I. Heynderickx, "Perceivable artifacts in compressed video and their relation to video quality," *Signal Processing: Image Communication*, Vol. 24, p. 548, 2009.
- [2] W. Jang, H. Han, W. Choi, G. Lee, and B. Kang, "Improvement of ringing artifact reduction using a K-means method for color moving picture," *IEICE Trans. on Fundamentals*, Vol. E93-A, No.1, pp. 348-353, Jan. 2010.
- [3] J. Kim, W. Jang, B. Kwak, S. Kim, and B. Kang, "A

New Image-scaling Algorithm Eradicating Blurring and Ringing to Apply to Camera Phones,” International Conf. on Consumer Electronics (ICCE), pp.5.4-1, Jan. 2007.

- [4] 김주현, 장원우, 박정환, 양훈기, 강봉순, “중첩 기반 연산과 Hanning Window를 이용한 블록 불연속 노이즈 방지 알고리즘,” 한국해양정보통신학회 논문집 제11권 제9호, pp. 1650-1657, Sep. 2007.
- [5] W. Jang, J. Park, J. Kim, B. Kwak, and B. Kang, “Ringing Artifacts Removal System for Mobile Application Camera by Modified K-means Algorithm,” ICSPCS’2007, Poster Session 1-5, Dec. 2007.
- [6] W. Jang, J. Im, J. Park, J. Ha, and B. Kang, “Image Up-scaling System for Mobile Applications by Group Delay and Modified K-means Algorithm,” 2007 International SoC Design Conference, pp. 603-604, Oct. 2007.
- [7] N. Ohta and A. Robertson, *Colorimetry: Fundamentals and Applications*, Wiley, 2006.
- [8] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S. L. Eddins, *Digital Image Processing using MATLAB*, pearson Prentice Hall, 2004.



김병현(Byung-hyun Kim)

2009년 2월 동아대학교
전자공학과 (공학사)
2009년 3월 ~ 현재 동아대학교
전자공학과 석사 과정

※ 관심분야: 영상신호처리, SoC설계



장준영(Jun-young Jang)

2010년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학사)
2010년 3월 ~ 현재 동아대학교
전자공학과 석사과정

※ 관심분야: VLSI algorithm/ architecture design



장원우(Won-woo Jang)

2005년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학사)
2007년 2월 동아대학교 전자공학과
(공학석사)

2010년 8월 동아대학교 전자공학과 (공학박사)
2010년 9월 ~ 현재 삼성 모바일 디스플레이
선임연구원

※ 관심분야: VLSI algorithm/ architecture design



최현철(Hyun-chul Choi)

1989년 연세대학교 화학과
(이학사)
1991년 KAIST 화학과 (이학석사)
1994년 KAIST 화학과 (이학박사)

2000년 ~ 2002년 미국 Kent State University Postdoctoral
fellow

2002년 ~ 현재 LG Display 노트북 개발 2팀 상무

※ 관심분야: 디스플레이 소자



강봉순(Bong-soon Kang)

1985년 연세대학교 전자공학과
(공학사)
1987년 미국 University of
Pennsylvania 전기공학과
(공학석사)

1990년 미국 Drexel University 전기 및 컴퓨터 공학과
(공학박사)

1989년 ~ 1999년 삼성전자 반도체 수석연구원

1999년 ~ 현재 동아대학교 전자공학과 교수

2006년 ~ 현재 멀티미디어 연구센터 소장

2006년 ~ 현재 2단계 BK21 사업팀장

※ 관심분야: 영상신호처리, SoC설계 및 무선통신