

다운스케일링 기법과 서브샘플링 기법을 활용한 컬러 이미지 압축에 관한 연구

이완범

원광대학교 컴퓨터·소프트웨어공학과

A study on color image compression using downscaling method and subsampling method

Wan-Bum Lee

Department of Computer-Software Engineering, Wonkwang University

요약 멀티미디어 신호의 대부분은 이미지 데이터가 차지하고 있어 이미지 데이터를 효율적으로 처리하고 전송하는 문제가 정보화 사회의 중요 과제라 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이미지 데이터를 압축하는 여러 방식 중에 YUV 색 공간을 이용하여 중요도에 따라 색상 비트를 줄이는 압축 알고리즘을 제안한다. 4:2:2 서브샘플링은 영상 분야에서 표준으로 사용되고 있다. 색 정보와 사람의 망막이 가지는 특성을 이용하여 4:2:2 서브 샘플링으로 YUV의 색상 데이터를 줄였다. YUV 이미지와 RGB 이미지는 변환 행렬을 통해 서로의 색 영역으로 변환하여 사용할 수 있다. 이미지 데이터를 YUV로 색 공간으로 변환하여 상대적으로 낮은 U, V 비트를 다운 스케일작업을 수행 한 후 4:2:2 서브 샘플링을 통하여 데이터를 압축한다. 기존의 방식들과의 비교를 통하여 제안한 알고리즘의 성능을 비교하고 분석하였다. 분석한 결과 중요도가 낮은 색상 요소의 정보를 줄인 제안된 방식의 결과와 원본과 비교했을 때 품질의 큰 저하 없이 이미지를 압축 할 수 있었다.

Abstract Most multimedia signals contain image data, so the problem of efficient processing and transmitting the image data is an important task of the information society. This paper proposes a compression algorithm that reduces the color bits according to importance using YUV color space among the various methods of compressing image data. 4: 2: 2 subsampling is the standard in the field of video. Using the color information and the characteristics of the human retina, YUV color data was reduced by 4: 2: 2 subsampling. The YUV images and RGB images can be interconverted using the transformation matrix. The image data was converted into color space by YUV, and the relatively low U and V bits were subjected to a downscaling operation. The data was then compressed through 4: 2: 2 subsampling. The performance of the proposed algorithm was compared and analyzed by a comparison with existing methods. As a result of the analysis, it was possible to compress the image without reducing the information of the low importance color element and without significant deterioration in the quality compared to the original.

Keywords : Image Processing, Reduce Color, 4:2:2 subsampling, 6:4:4 downscaling, YUV color

1. 서론

현대사회가 고도의 정보화 사회로 발전함에 따라 고속의 멀티미디어 정보 처리에 대한 욕구가 증대되고 있

다. 멀티미디어 신호의 대부분은 이미지 데이터가 차지하고 있어 이미지 데이터를 효율적으로 처리하고 전송하는 문제가 정보화 사회의 선결 과제라 할 수 있다. 특히 많은 용량을 차지하는 RGB 이미지를 효율적으로 처리

본 논문은 2018년도 원광대학교 교비지원으로 수행되었음.

Corresponding Author : Wan-Bum Lee(Wonkwang Univ.)

Tel: +82-63-850-6877 email: lwbwon@wku.ac.kr

Received November 20, 2018

Revised December 13, 2018

Accepted February 1, 2019

Published February 28, 2019

하기 위하여 인간의 눈의 특성을 활용한 다양한 방법들이 제안되고 있다.[1-2] 사람의 망막에는 9천만 개 이상의 간상세포와 약 600만개의 원추세포를 가지고 있다. 이 중 높은 비중을 차지하는 간상세포는 명암을 구분하는데 사용되고 있고, 원추세포는 색상을 구분하는데 사용된다.

YUV 색공간은 이러한 인간의 망막의 특이점을 이용하여 색상의 밝기와 색차차를 분리하여 이미지를 처리하기에 매우 적절한 방법이다. Y는 휘도성분 이며 밝기정보를 저장하는데 사용되고, U, V는 색차를 나타내며 색상을 표현하기 위해 사용된다[3-5]. 4:2:2 서브 샘플링 기법은 YUV의 색 정보와 사람의 망막이 가지는 특성을 이용하여 색상 데이터를 줄이는 방식이다. 중요도가 높은 Y 비트는 각각의 픽셀에 정보를 포함하고 있지만, 상대적으로 중요도가 낮은 U, V 비트는 우측 픽셀과 데이터를 공유한다. 결국 Y 비트에 비해 U, V는 절반의 데이터를 가지고 이미지를 표현하게 된다[6-8]. 4:2:2 서브샘플링의 결과를 육안으로 구분하기 힘들다. 이런 장점 때문에 4:2:2 서브샘플링은 영상 분야에서 표준으로 사용되고 있다. 하지만 디지털 카메라에서 사용하고 있는 10 비트 컬러의 동영상을 처리하기 위해서는 좀 더 많은 저장 공간과 높은 효율을 가진 압축 방식이 필요하다. 이런 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 U, V 속성 비트를 줄여서 저장하는 알고리즘을 제안한다. 2장에서는 제안한 방법을 설명하고, 3장에서는 기존 결과물과 제안한 방법의 결과물을 비교, 분석 하였다.

2. 본론

2.1 YUV 색 공간

지구상에서 가장 많이 차지하고 있는 색정보는 녹색이다. 이러한 특성을 이용하여 영상 데이터를 줄이기 위해서 RGB를 YUV로 변환하여 사용하고 있다. 색의 밝기와 색 정보를 분리하기 위해서는 YUV 색 공간을 사용해야 한다. YUV는 영상이나 이미지의 압축에 많이 사용되는 색 영역으로, Y(휘도), U,V(컬러정보)로 구성되어 있다. YUV 는 Y'UV, YUV, YCbCr, YPbPr 등 여러 가지로 분류된다.[9] 본 논문에서는 디지털 텔레비전, 디지털 카메라에 많이 사용되는 Y'UV 색 영역을 기본으로 설명하고자 한다.

YUV 이미지는 밝기 정보만을 나타내는 Y채널과 밝기정보를 제외한 색차정보를 나타내는 U채널과 V채널로 구성되어 있다. 실질적인 색상표현을 위해서 Y대신에 감마보정(Gamma Correction)을 적용한 Y'를 사용하며, 감마보정이라는 것은 입력된 색정보 신호를 인간의 시각이 지각하는 방식과 유사하게 비선형적으로 변형시켜주는 작업이다. 감마 보정된 Y'UV 이미지를 각각의 컴포넌트로 분리한 다음 각각의 이미지로 변환하여 나타내면 Fig. 1과 같다. Fig. 1의 (a)는 Y' 값으로 표현된 이미지로 원영상 정보에서 색정보를 뺀 밝기정보만을 보여주기 때문에 그레이 스케일로 표현되고, (b)는 U 값으로 표현된 이미지로 밝기정보신호와 청색성분의 차를 나타낸 것이고, (c)는 V 값으로 표현된 이미지로 밝기정보신호와 적색 성분의 차를 나타낸 것이다.

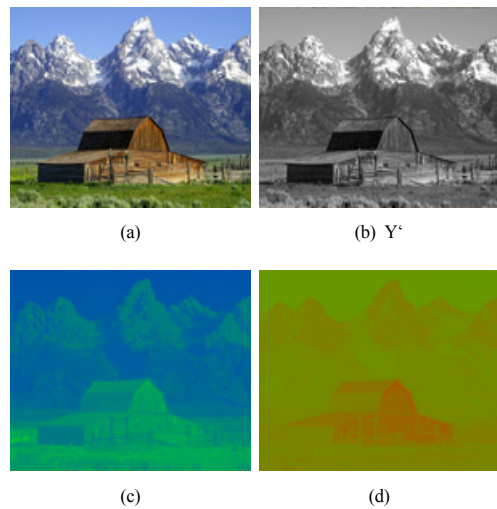


Fig. 1. YUV separated into individual components
(a) Original (b) Y Component
(c) U Component (d) V Component

동일한 색 정보량을 가지고 있음에도 Y' 이미지가 U, V보다 더 또렷하게 보이는 것은 사람의 망막에 있는 간상세포의 수 때문이다. 상대적으로 U, V는 정보량이 부족한 것처럼 보인다. Y'UV와 RGB는 다음과 같은 상호 변환 행렬을 통해 서로의 색 영역으로 변환하여 사용할 수 있다. 수식 (1)은 Y'UV와 RGB의 색영역에 대한 상호 변환식을 나타낸 것이다.

$$\begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.14713 & -0.28886 & 0.436 \\ 0.615 & -0.51499 & -0.10001 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.13983 \\ 1 & -0.39465 & -0.58060 \\ 1 & 2.03211 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y' \\ U \\ V \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} Y' &= 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B \\ U &= -0.147 * R - 0.289 * G + 0.436 * B \\ V &= 0.615 * R - 0.515 * G - 0.100 * B \end{aligned}$$

2.2 다운 스케일

RGB 24Bit 컬러 이미지를 Y'UV로 변환하였을 경우 Y', U, V 각각의 성분은 8Bit의 데이터를 지닌다. 상대적으로 중요도가 낮은 U, V 컴포넌트를 다운 스케일을 통하여 용량을 줄일 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방법은 [수식 2]를 사용하여 Y:U:V를 8:6:6 비율로 bit수를 줄인다. 6bit 이하로 줄이게 되면 이미지 품질이 눈에 띄게 낮아진다. Fig. 2는 Y'UV를 6:4:4로 줄였을 때 결과를 이미지로 출력하였다. 육안으로 보기에 하늘에 밝기 정보가 부족하여 노이즈가 많이 발생하는 것을 볼 수 있다.

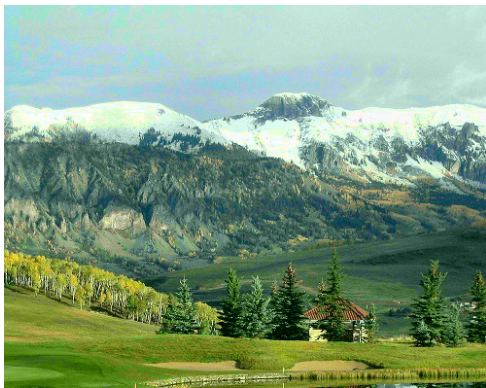


Fig. 2. Image with less than 6 bits of color information

$$\begin{aligned} Y' &= Y \\ U' &= \partial(U/4) \\ V' &= \partial(V/4) \end{aligned} \quad (2)$$

수식 (2)는 Y:U:V를 8:6:6으로 다운스케일 할 때 사용되는 수식이다. 이 수식을 사용하면 원래 0~256범위를 가지던 색상 값의 범위는 0~64 까지 줄어들지만, 이미지를 재현할 때에는 다시 4를 곱하여 원래 가지고 있

던 값과 비슷한 값으로 되돌릴 수 있다.

$$\begin{aligned} Y' &= Y \\ U' &= \partial(U/16) \\ V' &= \partial(V/16) \end{aligned} \quad (3)$$

동일한 방법으로 수식 (3)을 이용하여 10bit 컬러 이미지를 다운스케일을 적용할 경우 픽셀당 8bit를 절약할 수 있다.

2.3 4:2:2 크로마 서브 샘플링

서브샘플링은 밝기 정보 대비 색차 정보를 줄여 영상을 인코딩하는 방식을 가리킨다. 그중에서 4:2:2 서브 샘플링은 U, V의 수평 해상도를 절반으로 압축하는 방식이다. 4:2:2 서브샘플링은 원래의 2/3의 데이터만 사용하여 이미지를 표현할 수 있다. 그리고 밝기와 색상정보의 특성상 육안으로 그 차이를 쉽게 구분하지 못하는 장점이 있다. 때문에 하이엔드 디지털 비디오 포맷과 인터페이스는 Y'UV422 를 채택하고 있다. 본 논문에서는 다운스케일된 컬러를 Y'UV422 방식의 압축을 통하여 좀 더 많은 데이터를 줄이는 방법을 사용하였다.

Table 1. 4:4:4 YUV and 4:2:2 YUV

4:4:4 YUV					
YUV	YUV	YUV	YUV	YUV	YUV
YUV	YUV	YUV	YUV	YUV	YUV
4:2:2 YUV					
YUV	Y	YUV	Y	YUV	Y
YUV	Y	YUV	Y	YUV	Y

Table 1을 보면 4:4:4는 각각의 픽셀이 모든 성분을 포함하고 있지만, 4:2:2 는 U, V 성분은 우측 픽셀과 공유하여 데이터를 줄인 것을 알 수 있다. 다운스케일된 데이터를 4:2:2 크로마 샘플링을 통하여 용량을 줄일 때 RGB 24bit 컬러의 경우 14bit로 줄일 수 있다.

Table 2는 8bit 컬러와 10bit 컬러 이미지에 서브샘플링과 다운스케일 방법을 적용하였을 때의 결과를 나타내고 있다. Table 2에서 YUV는 압축을 하지 않은 원본을 나타내고, YUV422는 서브샘플링을 적용하였을 때, Y'U'V'는 다운스케일만을 적용하였을 때, Y'U'V'422 는 다운스케일과 서브샘플링을 적용하였을 경우를 나타

내며 각각의 컴포넌트들이 가지는 비트(Bit)수와 픽셀 당 담고 있는 전체 용량을 나타낸다.

Table 2. 8bit Color and 10bit Color

8Bit Color		
YUV	$Y(8) + U(8) + V(8)$	24Bit
YUV422	$Y(8) + (U(8) / 2) + (V(8) / 2)$	16Bit
Y'U'V'	$Y(8) + U(6) + V(6)$	20Bit
Y'U'V'422	$Y(8) + (U(6) / 2) + (V(6) / 2)$	14Bit
10Bit Color		
YUV	$Y(10) + U(10) + V(10)$	30Bit
YUV422	$Y(10) + (U(10) / 2) + (V(10) / 2)$	20Bit
Y'U'V'	$Y(10) + U(6) + V(6)$	22Bit
Y'U'V'422	$Y(10) + (U(6) / 2) + (V(6) / 2)$	16Bit

3. 제안된 방법의 모의실험

본 논문에서 제안한 다운스케일링과 서브샘플링을 이용하여 얻어진 압축된 이미지와 기존의 방법을 이용하여 압축한 이미지들을 서로 비교하여 제안된 압축 방법을 확인하였다.

3.1 원본과 다운스케일 이미지 비교

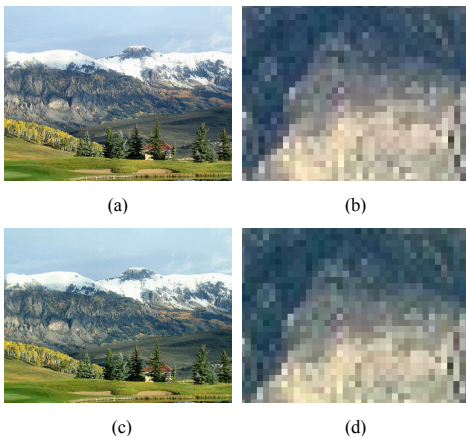


Fig. 3. Original and down scaled images
(a) Original (b) Original Zoom (c) 8:6:6 Down Scale
(d) 8:6:6 Down Scale Zoom

Fig. 3은 원본 이미지와 8:6:6 다운스케일링을 적용한 이미지를 서로 비교한 결과를 나타내고 있다. 시물레이션 결과 산 쪽에 약간의 색감의 변화만 있었을 뿐 전체

적인 품질의 변화가 없음을 확인할 수 있었다. 8:6:6으로 다운스케일링을 적용하여 원본 영상(24bit)의 약 17%(4bit)를 줄일 수 있었으며 이미지 품질에도 크게 영향을 주지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

3.2 원본과 4:2:2 서브샘플링 이미지 비교

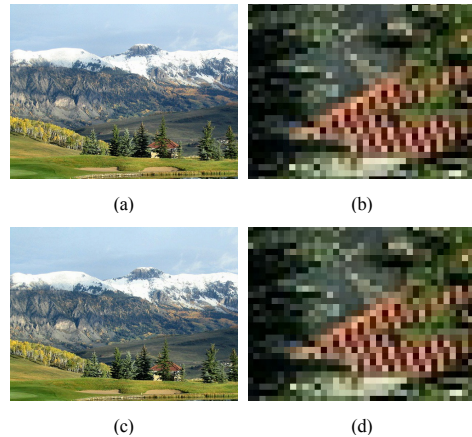


Fig. 4. Original and 4:2:2 Sub Sampling images
(a) Original (b) Original Zoom (c) 4:2:2 Sub Sampling
(d) 4:2:2 Sub Sampling Zoom

Fig. 4는 원본 영상과 기존의 4:2:2 서브샘플링기법을 적용한 영상을 비교한 결과를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이 4:2:2 서브 샘플링은 많은 곳에서 표준으로 사용하는 만큼 품질의 신뢰도가 높다는 것을 확인할 수 있었다. 이미지의 용량은 원본 이미지(24bit)의 약 33.3% (8bit)를 줄일 수 있으며 육안으로 원본 이미지와 비교 하였을 때 이미지 차이를 구분할 수 없음을 확인하였다.

3.3 원본과 6:4:4 다운스케일 이미지 비교

이미지의 압축률을 높이기 위하여 색상 정보값을 6:4:4로 다운 스케일 하였다. Fig. 5는 원본 이미지와 6:4:4 다운스케일 기법을 적용한 이미지를 비교한 결과를 나타내고 있다. Fig. 5에 나타난 것과 같이 색의 상당 부분을 잃게 되어 많은 부분에 노이즈가 노출되었을 뿐 아니라 색감도 많이 줄어들었음을 확인하였다. 특히 밝기 정보가 적은 하늘을 비교 했을 때 화질 차이가 크게 나타났으며, 전체적으로 이미지의 품질이 크게 떨어짐을 확인할 수 있었다.

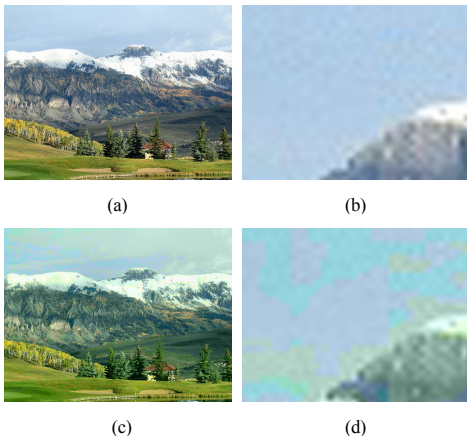


Fig. 5. Original and 6:4:4 down scaled images
(a) Original (b) Original Zoom (c) 6:4:4 Down Scale
(d) 6:4:4 Down Scale Zoom

3.4 4:2:2와 다운스케일 4:2:2 이미지 비교

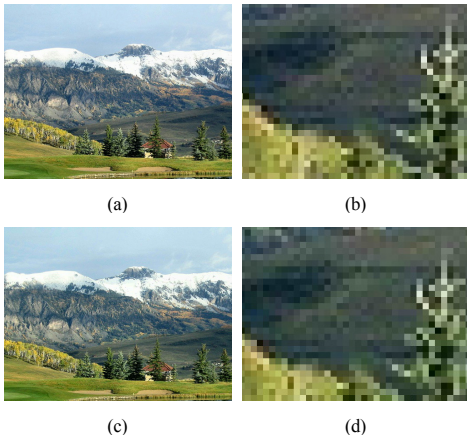


Fig. 6. 4:2:2 and 4:2:2 down scaled images
(a) 4:2:2 Sub Sampling (b) 4:2:2 Sub Sampling Zoom
(c) 4:2:2 Down Scale (d) 4:2:2 Down Scale Zoom

Fig. 6은 4:2:2 서브샘플링 기법을 적용한 Y'UV422 이미지와 본 논문에서 제안한 8:6:6 다운스케일 이미지에 4:2:2 서브샘플링 기법을 적용한 Y'U'V'422 이미지를 비교한 결과를 나타내고 있다. 시뮬레이션 결과 이미지의 차이가 없음을 확인할 수 있었다. 정확하게 두 이미지의 차이를 확인하기 위하여 Fig. 6의 (b), (d)와 같이 특정 부분을 확대하여 비교하였다. Fig. 6에 나타난 것과 같이 확대된 두 이미지의 차이가 없음을 확인할 수 있었으며 크기도 14bit로 원본 이미지(24bit)의 약 41.7%(10bit), Y'UV422 이미지(16bit)의 12.5%(2bit)를

줄일 수 있었다. 결과적으로 본 논문에서 제안한 Y'U'V'422 이미지 압축 방법이 이미지를 손상시키지 않으면서 이미지의 용량도 효율적으로 줄일 수 있음을 확인하였다.

3.5 다운스케일 6:4:4와 4:2:2 이미지 실험

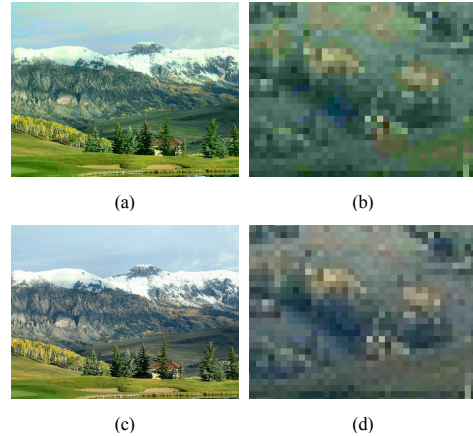


Fig. 7. 6:4:4 down Scale and 4:2:2 images
(a) 6:4:4 Down Scale (b) 6:4:4 Down Scale Zoom
(c) 8:6:6 Y'U'V'422 (d) 8:6:6 Y'U'V'422 Zoom

마지막으로 압축률을 높이기 위하여 만들어진 YUV644 다운스케일 이미지와 본 논문에서 제안한 Y'U'V'4:2:2 이미지를 비교하기 위하여 Fig. 7과 같이 모의실험을 수행하였다. 모의실험 결과 두 이미지의 크기는 픽셀 당 14Bit로 변화가 없었지만 이미지의 품질은 제안된 8:6:6 다운스케일 Y'U'V'422가 월등히 좋다는 것을 시뮬레이션 결과 확인할 수 있었다.

4. 결론

RGB 영상 정보는 효율적으로 전달할 수 있다는 장점을 가지고 있지만 용량이 크다는 단점을 가지고 있다. 따라서 RGB 이미지의 용량을 줄이기 위하여 사람의 눈의 특성을 활용한 다양한 방법들이 제안되고 있다. 본 논문에서는 상대적으로 중요도가 낮은 색상 정보를 줄여 이미지 손상 없이 압축률을 높일 수 있는 Y'U'V'422 방법을 제안하였다. 제안된 Y'U'V'422 방법은 8:6:6 다운스케일 기법과 Y'UV422 서브샘플링 기법을 적용하여 이미지를 압축 하였다. 제안된 Y'U'V'422 기법의 이미지

는 픽셀당 14bit로 원본 이미지(24bit)의 약 41.7%, Y'UV422 이미지(16bit)의 12.5%를 줄일 수 있었다. 모의실험 결과 제안한 Y'U'V'422 이미지 압축 방법이 이미지를 손상시키지 않으면서 용량도 효율적으로 줄일 수 있음을 확인하였다. 따라서 본 논문에서 제안된 알고리즘은 이미지 데이터의 크기를 줄이고 처리 속도를 향상시킬 수 있어 UHDTV 같은 대용량 영상 및 이미지 데이터를 고속으로 처리해야하는 시스템에 응용할 수 있을 것으로 사료된다.

References

- [1] R C. Gonzalez and R. E. Woods, Digital Image Processing, 2nd Ed., Prentice Hall, 2002.
- [2] J.-G. Ko, Y.-S. Bae, J.-Y. Park, and K. Park, "Technologies Trends in Image Big Data Analysis," Electronics and Telecommunications Trends, Vol. 29, No. 4, pp. 21-29, August 2014.
<http://m.ndsl.kr/index.do>
- [3] CORRY, Michael Kenneth. System and method for converting video data between the RGB and YUV color spaces. U.S. Patent No 5,784,050, 1998.
- [4] HUANG, Si Jun. Method for MPEG-2 4: 2: 2 and 4: 2: 0 chroma format conversion. U.S. Patent No 5,650,824, 1997.
- [5] ECKART, Stefan; FOGG, Chad E. ISO-IEC MPEG-2 software video codec. In: IS&T/SPIE's Symposium on Electronic Imaging: Science & Technology. International Society for Optics and Photonics, p. 100-109, 1995.
- [6] Daniela Stanescu, Mirce Stratulat, et al. Steganography in YUV color space. In: Robotic and Sensors Environments, 2007. ROSE 2007. International Workshop on. IEEE, p. 1-4, 2007.
DOI : <https://doi.org/10.1109/rose.2007.4373981>
- [7] SANTHI, V.; THANGAVELU, Dr Arunkumar. DWT-SVD combined full band robust watermarking technique for color images in YUV color space. International Journal of Computer Theory and Engineering, 1.4: 424-429, 2009.
DOI : <https://doi.org/10.7763/ijcte.2009.v1.68>
- [8] SHAO, HAN, Jia-wei. Inter- transformation between YUV and RGB. Journal of Changchun University, 4: 016, 2004,
- [9] Seok-Woo Jang, Gyungju Lee, Myunghee Jung "Effective Detection of Target Region Using a Machine Learning Algorithm", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Academy, Vol. 19, No. 5 pp. 697-704, 2018.
http://www.jkais99.org/journal/html/19_05.html

이 완 범(Wan-Bum Lee)

[정회원]



- 1997년 8월 : 원광대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2004년 8월 : 원광대학교 전자공학과 (공학박사)
- 2017년 2월 : 원광대학교 전자공학과 겸임교수
- 2017년 2월 : (주)탑엘이디 기업부설연구소 연구소장

• 2017년 3월 ~ 현재 : 원광대학교컴퓨터·소프트웨어공학과 조교수

<관심분야>

임베디드시스템, 신호처리 및 회로설계