

이산코사인변환 기반 이미지 압축 알고리즘에 관한 재구성

남수태¹ · 진찬용^{2*}

Rebuilding of Image Compression Algorithm Based on the DCT (discrete cosine transform)

Soo-Tai Nam¹ · Chan-Yong Jin^{2*}

¹Professor, Division of Information and Electronic Commerce (Institute of Convergence and Creativity), Wonkwang University, Iksan, 54538

²Visiting Professor, Division of Information and Electronic Commerce (Institute of Convergence and Creativity), Wonkwang University, Iksan, 54538

요약

JPEG은 가장 널리 사용되는 이미지 압축 표준 기술이다. 본 논문에서는 JPEG 이미지 압축 알고리즘을 소개하고 압축 및 압축 해제 단계의 각 단계를 서술하고자 한다. 이미지 압축은 디지털 이미지를 데이터 압축을 적용하는 과정이다. 이산코사인변환은 시간 도메인에서 주파수 도메인으로 변환하는 기술이다. 먼저, 이미지는 8 by 8 픽셀 블록으로 분할하게 된다. 둘째, 위에서 아래로 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하면서 DCT가 각각의 블록에 적용하게 된다. 셋째, 각 블록은 양자화를 통해 압축을 진행한다. 넷째, 이미지를 구성하는 압축된 블록의 행렬은 크게 줄어든 공간에 저장된다. 끝으로, 원하는 경우 이미지는 역이산코사인변환(IDCT)을 사용하는 프로세스인 압축 해제를 통해 재구성하게 된다. 본 연구에서는 이산코사인변환 기법을 이용해 이미지 압축/복원 및 재구성하는 것에 목적을 두고 있다.

ABSTRACT

JPEG is a most widely used standard image compression technology. This research introduces the JPEG image compression algorithm and describes each step in the compression and decompression. Image compression is the application of data compression on digital images. The DCT (discrete cosine transform) is a technique for converting a time domain to a frequency domain. First, the image is divided into 8 by 8 pixel blocks. Second, working from top to bottom left to right, the DCT is applied to each block. Third, each block is compressed through quantization. Fourth, the matrix of compressed blocks that make up the image is stored in a greatly reduced amount of space. Finally if desired, the image is reconstructed through decompression, a process using IDCT (inverse discrete cosine transform). The purpose of this research is to review all the processes of image compression / decompression using the discrete cosine transform method.

키워드 : 데이터 압축, 압축 알고리즘, 양자화, 이미지, 이산코사인변환

Keywords : Data compression, Compression algorithm, Quantization, Image, Discrete cosine transform

Received 26 October 2018, Revised 12 November 2018, Accepted 21 November 2018

* Corresponding Author Chan-Yong Jin(E-mail: jcy85366@wku.ac.kr Tel:+82-63-850-6567)

Visiting Professor, Division of Information and Electronic Commerce (Institute Convergence and Creativity), Wonkwang University, Iksan, 54538 Korea

Open Access <http://doi.org/10.6109/jkiice.2019.23.1.84>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

최근 압축 기술은 멀티미디어 분야에서 활발하게 연구되고 있다. 멀티미디어 분야에서 사용되는 데이터량은 매우 크기 때문에 데이터의 저장 및 전송을 위해서는 많은 저장 공간과 대역폭이 필요로 하다. 따라서 압축 기술의 사용은 이미지 데이터를 왜곡시키지 않고 최소 비용으로 저장 및 전송하는데 필수적이라고 말할 수 있다. JPEG은 공동 사진 전문가 그룹(Joint Photography Experts Group)이 개발한 이미지 압축을 위한 표준이다. JPEG의 이미지 압축을 위한 주요한 목적은 가능한 작은 공간을 이용하여 이미지를 재구성하는 데 최소한의 데이터를 저장하게 된다[1]. 따라서 일반적으로 JPEG은 손실 압축 알고리즘을 사용하며, 이름에서 알 수 있듯이 일부 정보는 압축할 때 이미지에서 제거된다. 이러한 알고리즘은 인간 눈의 한계를 이용하여 많은 압축을 달성 가능하기 때문이다. 인간의 눈은 고주파에는 덜 민감하기 때문에 고주파 성분을 억제하여 압축 할 수 있다[1]. JPEG은 풀 컬러 또는 그레이 스케일 이미지를 압축하는데 사용된다.

비디오 신호의 압축은 비디오 신호의 특징이나 특성을 이용하여 데이터를 압축하는 것을 의미한다. 이미지 신호의 상관성에는 공간적 상관성과 시간적 상관성이라는 두 가지 유형으로 구분된다. 공간적 상관성은 화면의 인접 픽셀 간 유사성을 의미한다[2]. 또한 시간적 상관성은 현재 화면과 이전 화면의 동일한 위치에 있는 픽셀 간의 유사성을 의미한다. 다음으로 정지 화상의 부호화에는 공간적 상관성만이 사용되고 공간적 부호화와 시간적 상관성은 모두 동화상의 부호화에 이용된다. 압축 알고리즘은 예측 코딩, 변환 코딩 및 벡터 코딩을 포함한다. 부호화 방식에서는 움직임 보상 프레임 예측의 조합에 의해 국제 표준으로서 변환 부호화가 채용되었다[2].

II. 이산코사인변환

이산코사인변환(discrete cosine transform; DCT)은 JPEG 이미지 압축, MJPEG, MPEG, DV 및 Theora 비디오 압축에 사용된다[3]. 그리고 DCT는 이산 푸리에 변환과 유사하며 신호 또는 이미지를 공간 영역에서 주파

수 영역으로 변환하는 기술이다[4]. JPEG 프로세스의 일반적인 절차는 다음과 같다. JPEG 방법을 자세히 살펴봄으로써 프로세스에 대한 보다 포괄적인 이해를 얻을 수 있다. 먼저, 이미지는 8 x 8 픽셀 블록으로 분할한다. 둘째, 위에서 아래로 왼쪽에서 오른쪽으로 진행하면서 DCT가 각 블록에 적용된다. 셋째, 각 블록은 양자화를 통해 압축된다. 넷째, 이미지를 구성하는 압축된 블록의 배열은 크게 줄어드는 공간에 저장된다. 끝으로 원하는 경우 IDCT(역이산코사인변환)를 사용하는 프로세스인 압축의 해제를 통해 이미지를 재구성 한다[1,4,5,6]. 이러한 절차를 통해 압축과 압축의 해제를 통해 재구성할 수 있음을 의미한다. 아래의 방정식 1과 방정식 2는 특정 이미지 공간 i, j 를 계산할 수 있다. $p(x, y)$ 는 행렬 p 가 나타내는 이미지의 x, y 요소가 된다, 또한 N 은 이산코사인변환이 수행되는 블록의 크기를 의미한다. 방정식은 오리지널 이미지 행렬 픽셀 값에서 변환된 이미지의 한 항목(i, j)을 계산하는데 사용된다. JPEG 압축에서는 표준 8 by 8 블록을 사용하게 된다. 그리고 N 은 8이고 x 와 y 는 0에서 7까지이다. 따라서 $D(i, j)$ 는 방정식 3과 같다.

$$D(i, j) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} p(x, y) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j\pi}{2N}\right] \quad (1)$$

$$C(u) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & \text{if } u = 0 \\ 1 & \text{if } u > 0 \end{cases} \quad (2)$$

$$D(i, j) = \frac{1}{4} C(i)C(j) \sum_{x=0}^7 \sum_{y=0}^7 p(x, y) \cos\left[\frac{(2x+1)i\pi}{16}\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j\pi}{16}\right] \quad (3)$$

이산코사인변환은 코사인 함수를 사용하고 있기 때문에 변환결과는 행렬의 수평 주파수, 대각선 및 수직 주파수에 의존함을 의미한다[5,7]. 따라서 주파수의 변화가 많은 검은색 이미지는 매우 무작위로 보이는 결과 행렬을 가지며 단 한 색의 이미지 행렬은 첫 번째 요소에 대해 큰 값의 결과 행렬을 가지며, 다른 요소에 대해서는 0을 가지게 된다. 따라서 방정식 1을 통해 행렬을 구하려면 다음의 방정식 4를 사용할 수 있다.

$$T_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{N}} & \text{if } i > 0 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} \cos\left[\frac{(2j+1)i\pi}{2N}\right] & \text{if } i > 0 \end{cases} \quad (4)$$

이 경우에 8 by 8 블록의 행렬이 된다. 우선 행렬의 첫

번째 행($i = 1$)은 방정식 4에서 예상 한대로 $1/\sqrt{8}$ 과 같이 모두 동일한 값을 가지게 된다. T 의 열은 직교 정규 집합을 형성하므로 T 는 직교 행렬이 되며, 아래 표 1과 같다. 이러한 직교 성질을 바탕으로 역이산코사인변환을 할 때는 T 의 역함수는 계산하기 쉬운 T' 이므로 T 의 직교성이 중요함을 알 수 있다.

Table. 1 Orthogonal matrix (T) using the discrete cosine transform

0.3536	0.3536	0.3536	0.3536	0.3536	0.3536	0.3536	0.3536
0.4904	0.4157	0.2778	0.0975	-0.0975	-0.2778	-0.4157	-0.4904
0.4619	0.1913	-0.1913	-0.4619	-0.4619	-0.1913	0.1913	0.4619
0.4157	-0.0975	-0.4904	-0.2778	0.2778	0.4904	0.0975	-0.4157
0.3536	-0.3536	-0.3536	0.3536	0.3536	-0.3536	-0.3536	0.3536
0.2778	-0.4904	0.0975	0.4157	-0.4157	-0.0975	0.4904	-0.2778
0.1913	-0.4619	0.4619	-0.1913	-0.1913	0.4619	-0.4619	0.1913
0.0975	-0.2778	0.4157	-0.4904	0.4904	-0.4157	0.2778	-0.0975

오리지널 이미지 픽셀의 한 블록에 대해 수행된 작업은 이전에 지정된 순서대로 모든 작업이 완료하게 된다. 아래 표 2는 오리지널 이미지 픽셀 값을 나타내고 있다.

Table. 2 Original image matrix (O) using the discrete cosine transform

154	123	123	123	123	123	123	136
192	180	136	154	154	154	136	110
254	198	154	154	180	154	123	123
239	180	136	180	180	166	123	123
180	154	136	167	166	149	136	136
128	136	123	136	154	180	198	154
123	105	110	149	136	136	180	166
110	136	123	123	123	136	154	136

Table. 3 Matrix (M) using the discrete cosine transform

26	-5	-5	-5	-5	-5	-5	8
64	52	8	26	26	26	8	-18
126	70	26	26	52	26	-5	-5
111	52	8	52	52	38	-5	-5
52	26	8	39	38	21	8	8
0	8	-5	8	26	52	70	26
-5	-23	-18	21	8	8	52	38
-18	8	-5	-5	-5	8	26	8

여기에서 말하는 특정 블록의 이미지는 맨 왼쪽 최상단 코너에서 선택하게 된다. 이미지는 수백 또는 수천 개의 8 by 8 픽셀 블록으로 이루어지기 때문에 8 by 8 블록에 대한 설명은 JPEG 프로세스의 일부분이라고 말할 수 있겠다. 이미지 픽셀의 한 블록에 대해 수행된 작업은 이전에 지정된 순서대로 모든 작업이 완료하게 된다. 그러면 이미지 픽셀 값 블록으로 시작해 보겠다. 여기에서 말하는 특정 블록의 이미지는 맨 왼쪽 최상단 코너에서 선택하게 된다. 이산코사인변환은 -128 ~ 127까지의 픽셀 값에서 작동하도록 설계되어 있기 때문에 오리지널 이미지 블록 각 항목에서 128을 감(-)하여 평평한 값을 가지게 한다. 이제 행렬 곱셈에 의해 수행되는 이산 코사인변환을 수행할 준비가 모두 되었다.

$$D = TMT' \tag{5}$$

방정식 5를 기반으로 표 3에서 제시된 행렬 M 은 먼저 이전 섹션의 DCT 행렬 T 에 의해 좌측에서 승산하여 이것으로 행을 변환하게 된다. 그런 다음 DCT 행렬의 전치(transpose)에 의해 오른쪽으로 곱해서 열을 변환한다[5]. 그리고 다음으로 이동 후 지속적인 반복을 통해 동일한 작업을 수행한다. 이러한 방법을 통해 산출된 한 블록의 행렬 D 를 아래 표 4와 같이 제시하였다.

Table. 4 Matrix (D) calculated by the transpose matrix

162.3	40.6	20.0	72.3	30.3	12.5	-19.7	-11.5
30.5	108.4	10.5	32.3	27.7	-15.5	18.4	-2.0
-94.1	-60.1	12.3	-43.4	-31.3	6.1	-3.3	7.1
-38.6	-83.4	-5.4	-22.2	-13.5	15.5	-1.3	3.5
-31.3	17.9	-5.5	-12.4	14.3	-6.0	11.5	-6.0
-0.9	-11.8	12.8	0.2	28.1	12.6	8.4	2.9
4.6	-2.4	12.2	6.6	-18.7	-12.8	7.7	12.0
-10.0	11.2	7.8	-16.3	21.5	0.0	5.9	10.7

한 블록의 행렬은 64개의 DCT 계수 C_{ij} 로 구성되며, i 와 j 의 범위는 0 ~ 7 까지 이다. 왼쪽 상단 계수인 C_{00} 는 원본 이미지 블록의 낮은 주파수와 관련되어 있다. C_{00} 에서 모든 방향으로 멀어지면 DCT 계수는 이미지 블록의 높은 주파수와 상호 관련성이 있다. 여기서 C_{77} 은 가장 높은 주파수에 해당한다. 따라서 인간의 생체 메카니즘 눈은 저주파에 가장 민감하며 이러한 결과는 양자화

단계에서 사실을 반영 한다는 점에서 우리는 주의 깊게 관찰할 필요가 있다.

III. 이미지 압축 및 양자화

한 블록 8 by 8의 이산코사인변환 계수는 이제 양자화에 의해 압축을 위한 단계가 되었다. JPEG 프로세스의 주목할 만한 매우 유용한 기능은 이 단계에서 특정 양자화 행렬을 선택하여 다양한 수준의 이미지 압축 및 품질을 얻을 수 있다는 점이다. 이를 통해 사용자는 1 ~ 100 사이의 품질 수준을 결정할 수 있다. 여기서 1은 가장 낮은 화질과 가장 높은 압축률을 제공하고 100은 가장 높은 품질과 최저 압축률을 제공한다. 결과적으로 품질 및 압축 비율은 다양한 요구에 맞게 조정할 수 있다는 의미이다.

Table. 5 Quantization Matrix (Q50) for compression

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Table. 6 Quantization Matrix (Q90) for compression

3	2	2	3	5	8	10	12
2	2	3	4	5	12	12	11
3	3	3	5	8	11	14	11
3	3	4	6	10	17	16	12
4	4	7	11	14	22	21	15
5	7	11	13	16	12	23	18
10	13	16	17	21	24	24	21
14	18	10	20	22	20	20	20

인간의 시각 시스템과 관련된 주관적인 실험 결과를 바탕으로 JPEG 표준 양자화 매트릭스가 설계되어 있다는 것이다. 품질 수준이 50인 매트릭스는 압축률이 높고, 압축 해제된 이미지 품질도 뛰어나다고 할 수 있다.

그런데 우리가 다른 수준의 품질 및 압축이 요구되는 경우에는 JPEG 표준 양자화 매트릭스의 스칼라 배수를 사용될 수 있다. 압축률이 낮고 이미지 품질이 높음 50보다 높은 품질 수준의 경우 표준 양자화 행렬에 (100 품질 수준)/50을 곱하면 된다[4,5,7,8,9]. 또한 더 높은 압축과 낮은 화질이 요구되는 경우 표준 양자화 행렬에 50/품질 수준으로 곱하면 얻을 수 있다. 아래의 표 5는 50정도의 품질 수준 및 중간 정도의 압축률을 나타내는 양자화 매트릭스이며, 표 6은 90 정도의 품질 수준 및 낮은 화질을 제공하는 양자화 매트릭스이다. 다음으로 스케일한 양자화 행렬은 1 ~ 255 사이의 양의 정수 값을 가지도록 하기 위해 반올림한다. 예를 들어, 표 6의 양자화 행렬은 90 정도의 품질 수준을 얻을 수 있다. 양자화는 변환된 이미지 행렬 D 의 각 요소를 양자화 행렬의 해당 요소로 나누는 다음 가장 가까운 정수 값으로 반올림하여 수행된다.

$$C_{i,j} = \text{round}\left(\frac{D_{i,j}}{Q_{i,j}}\right) \tag{6}$$

다음으로 왼쪽 상단 코너 주변의 이미지 블록의 계수는 인간의 눈에 가장 민감한 낮은 주파수에 해당 된다고 말할 수 있다. 그리고 0의 값을 가지는 폐기될 덜 중요하고 높은 주파수를 나타내며 압축의 손실 부분을 발생시키는 요인이다. 앞에서 언급한 나머지 0이 아닌 계수의 값만 이미지를 재구성하는데 사용된다. 또 다른 양자화 행렬의 효과에 주목하는 것도 흥미로울 수 있겠다. 다음 표 6의 Q_{90} 행렬을 사용하여 적용하면 표 7의 C 행렬의 값을 가지게 되고 대부분 0의 값으로 채워짐을 알 수 있다[5].

Table. 7 Final matrix (C) completed compression

10	4	2	5	1	0	0	0
3	9	1	2	1	0	0	0
-7	-5	1	-2	-1	0	0	0
-3	-5	0	-1	0	0	0	0
-2	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

다음으로 양자화된 매트릭스 C 는 압축의 최종 단계를 위해 준비가 완료되었다. 이렇게 산출된 매트릭스는

저장하기 전 C 행렬 모든 계수는 인코더에 의해 이진 데이터 스트림 (01101011 ...)으로 변환된다[1,4,5,7]. 그런데 코딩 프로세스에 대한 자세한 내용은 다른 연구를 참고하길 바란다. 양자화 이후에는 대부분의 계수가 0이 되는 것이 일반적이라고 말할 수 있다. JPEG은 그림 1에 표시된 지그재그 시퀀스 스캐닝 양자화된 계수를 인코딩하여 이를 활용한다. 이러한 장점은 상대적으로 더 많은 0으로 통합하는 것에 있으며 이는 매우 높은 압축률을 의미한다. 따라서 그림 1의 시퀀스 스캐닝은 전체 8 by 8 블록에 대해 계속해서 진행하게 된다.

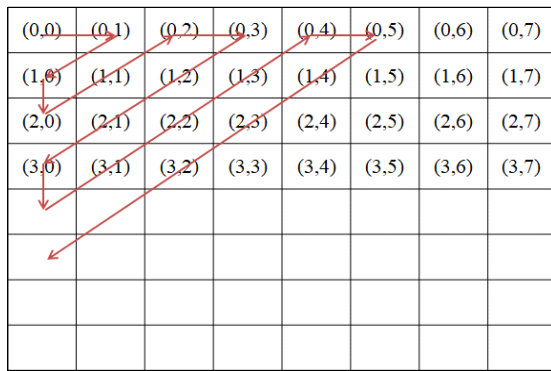


Fig. 1 Zig-Zag scanning for encoding

IV. 결론

본 연구는 이산코사인변환을 기반으로 하여 이미지의 압축과 복원의 전체적인 고찰 과정을 통해 보다 쉽게 이해하고 재구성하는 것에 목적을 두고 있다. 앞에서 1장에서는 이미지 압축의 필요성과 목적을 서술하고, 2장에서는 이산코사인변환의 원리에 대한 살펴보았다. 또한 3장에서는 이미지 압축에 사용된 양자화 행렬의 역할과 압축률의 변화에 대해 알아보았다.

$$R_{i,j} = Q_{i,j} \times C'_{i,j} \tag{7}$$

최종적으로 압축으로 손상된 이미지 복원을 통해 오리지널 이미지와 복원된 데이터의 차이를 살펴보고자 한다. 먼저, 이미지의 재구성은 양자화된 매트릭스 C 를 나타내는 비트 스트림을 디코딩함으로써 시작된다. 매트릭스 C 의 각각의 요소는 원래 사용된 양자화 행렬의 대응하는 요소에 의해 방정식 7과 같이 곱해진다. 다음

으로 역이산코사인변환은 가장 가까운 정수로 반올림 되는 표 8의 매트릭스 R 에 의해 적용된다. 마지막으로 변환된 각 픽셀 값에 128을 더하게 된다. 아래의 방정식 (8)을 수행하면 압축이 해제된 픽셀 값을 얻을 수 있다.

다음으로 표 9의 오리지널 이미지 픽셀 블록과 복원으로 획득한 표 10의 JPEG 매트릭스 버전을 비교하여 살펴보면 아래와 같다.

Table. 8 Matrix (R) using the inverse discrete cosine transform

160	44	20	80	24	0	0	0
36	108	14	38	26	0	0	0
-98	-65	16	-48	-40	0	0	0
-42	-85	0	-29	0	0	0	0
-36	22	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

$$N = \text{round}(T' R T) + 128 \tag{8}$$

이산코사인변환으로 얻은 계수의 거의 70 (%)가 이미지 블록 압축과 해제/재구성 이전에 폐기되었다는 것을 고려하면 현저한 결과이다.

Table. 9 Original image used for compression

154	123	123	123	123	123	123	136
192	180	136	154	154	154	136	110
254	198	154	154	180	154	123	123
239	180	136	180	180	166	123	123
180	154	136	167	166	149	136	136
128	136	123	136	154	180	198	154
123	105	110	149	136	136	180	166
110	136	123	123	123	136	154	136

Table. 10 Image matrix reconstructed by the inverse discrete cosine transform

149	134	119	116	121	126	127	128
204	168	140	144	155	150	135	125
253	195	155	166	183	165	131	111
245	185	148	166	184	160	124	107
188	149	132	155	172	159	141	136

132	123	125	143	160	166	168	171
109	119	126	128	139	158	168	166
111	127	127	114	118	141	147	135

결론적으로 이미지 전체를 구성하는 나머지 블록에서도 비슷한 결과가 발생할 것이므로 JPEG 버전 이미지가 오리지널 이미지와 거의 구별되지 않는다는 것을 알 수 있다. 따라서 흑백 이미지는 256가지 음영으로 표현되며 사람의 눈에서는 거의 차이가 없다는 것을 기억하길 바란다. 이러한 기술은 대용량 멀티미디어 콘텐츠의 전송 및 이동과 유통을 자유롭게 하는 유인을 제공하고 있다. 그 뿐만 아니라 콘텐츠 특성에 따라 고품질을 요구하지 않은 동영상이나 이미지 저장 비용을 획기적으로 감소시켜 주었다. 표 10은 이산코사인변환 프로세스를 통해 오리지널 이미지를 압축 및 압축 해제 그리고 재구성을 통해 복원된 이미지 매트릭스를 보여주고 있다.

REFERENCES

[1] W. Ekta, J. Payal and N. Navdeep, "An Analysis of LSB and DCT based Steganography," *Global Journal of Computer Science and Technology*, vol. 10, no. 1, pp. 4-8, Apr. 2010.

[2] Y. K. Shin and T. W. Lee, "Design and Implementation of DCT (Discrete Cosine Transform) Processor Using Distributed Arithmetic Algorithm," *Collected Papers of Sorabol College*, vol. 22, no. 1, pp. 179-191, Jan. 2004.

[3] M. Gupta, and A. K. Garg, "Analysis Of Image Compression Algorithm Using DCT," *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 2, no. 1, pp. 514-521, Jan. 2012.

[4] E. A. Kaushik, and E. D. Nain, "Image Compression Algorithms Using Dct," *International Journal of Engineering Research and Applications*, vol. 4, no. 4, pp. 357-364, Apr. 2014.

[5] A. J. MAAN, "An Introduction to JPEG Image Compression Algorithm," *International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication*, vol. 1, no. 10, pp. 44-46, Dec. 2013.

[6] S. H. Kim, "An Orthogonal Approximate DCT for Fast Image Compression," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 19, no. 10, pp. 2403-2408, Oct. 2015.

[7] Y. Devi, "JPEG Image Compression Using Various Algorithms: A Review," *International Journal of Computer Science Trends and Technology*, vol. 4, no. 3, pp. 89-92, May 2016.

[8] D. J. Kim, and P. L. Manjusha, "Building Detection in High Resolution Remotely Sensed Images based on Automatic Histogram-Based Fuzzy C-Means Algorithm," *Asia-pacific Journal of Convergent Research Interchange*, vol. 3, no. 1, pp. 57-62, Mar. 2017.

[9] S. T. Nam, D. G., and J. C. Jin "A Comparison Analysis among Structural Equation Modeling (AMOS, LISREL and PLS) Using the Same Data," *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, vol. 22, no. 7, pp. 978-984, Jul. 2018.



남수태 (Soo-Tai Nam)

Visiting Professor : Wonkwang University
 ※Fields of Interest : MIS, E-Business, Technology Management, Big-Data, Internet of Things



진찬용 (Chan-Yong Jin)

Professor : Wonkwang University
 ※Fields of Interest : MIS, E-Business, Venture Start-Up, Big-Data