

논문 2009-46CI-1-6

주파수 영역 계수 변경을 이용한 정보은닉기술에서의 양자화 테이블의 영향력

(The Influence of Quantization Table in view of Information Hiding
Techniques Modifying Coefficients in Frequency Domain)

최용수*, 김형중**, 박준명***

(Yong-Soo Choi, Hyung-Joong Kim, and Chun-Myoung Park)

요약

최근에는 인터넷 환경에서 여러 형태의 압축된 파일이 이용되고 있으며 통신량의 감소, 통신시간의 절약 등 많은 장점을 가지고 있다. JPEG 압축의 경우, 양자화는 영상의 압축을 달성하기 위해 중요한 과정중의 하나이다. 일반적인 신호처리에서 양자화는 연속적인 아날로그 신호를 이산적인 디지털 신호로 변환하는 것이 주요 목적이다. 하지만 JPEG에서의 양자화는 시간 영역의 픽셀 값 또는 주파수 영역의 계수 값의 크기를 줄이는 역할을 한다. 많은 압축 기법 그리고 압축 기법에서 동작하는 영상처리기법들이 개발되어 지고 있다. 정보 은닉에서도 JPEG과 같은 압축파일에서 동작하는 알고리즘이 개발되어 지고 있다. 우리는 이 논문에서 정보은닉 처리과정에서 생겨나는 데이터 변경의 영향을 예측하기 위한 방법을 제안하였다. JPEG과 같은 압축 환경에서 정보 은닉 시 적용 가능한 몇 가지 중요한 사실을 여러 경우의 실험을 통하여 얻어냈다. 이러한 사실들은 현재 존재하는(Matrix Encoding, Modified Matrix Encoding 등을 포함한 F3, F4 and F5 알고리즘 등) 정보은닉 프로그램의 성능향상, 알고리즘 처리시간의 감소와 같은 긍정적인 효과를 거둘 수 있다.

Abstract

Nowdays, Most of Internet Contents delivered as a compressed file. It gives many advantages like deduction of communication bandwidth and transmission time etc. In case of JPEG Compression, Quantization is the most important procedure which accomplish the compression. In general signal processing, Quantization is the process which converts continuous analog signal to discrete digital signal. As you known already, Quantization over JPEG compression is to reduce magnitude of pixel value in spatial domain or coefficient in frequency domain. A lot of Data Hiding algorithms also developed to applicable for those compressed files. In this paper, we are going to unveil the influence of quantization table which used in the process of JPEG compression. Even thought most of algorithm modify frequency coefficients with considering image quality, they are ignoring the influence of quantization factor corresponding with the modified frequency coefficient. If existing algorithm adapt this result, they can easily evaluate their performances.

Keywords : Quantization, Information Hiding, PSNR, Image Degradation, Steganography.

* 정회원, ** 평생회원, 고려대학교 정보경영공학전문대학원

(Graduate School of Information Management & Security, Korea University)

*** 정회원, 충주대학교 컴퓨터공학과

(Department of Computer Engineering, ChungJu University)

※ 이 연구에 참여한 연구자(의 일부)는 '2단계BK21사업'의 지원비를 받았다.

접수일자: 2008년12월10일, 수정완료일: 2009년1월12일

I. 서론

최근 정보은닉(Data Hiding) 분야에서는 이미지, 오디오, 비디오 등 멀티미디어 콘텐츠에서 동작하는 알고리즘이 많이 개발되어 지고 있으며 대표적인 기술들은 디지털 워터마킹(Digital Watermarking), 스테가노그래피(Steganography)등이 있다. 그리고 정보은닉기법을 해독하기 위한 스테거널리시스(Steganalysis) 기술

또한 활발하게 연구되어 지고 있다. 스테가노그래피는 메시지의 존재에 대해서 논의하지만 암호화(Encryption)은 메시지의 내용물의 가독성(Readability) 여부에 대해 논의한다는 차이를 가지고 있다. 암호화는 암호화 과정 후에 제 3자에 의한 메시지의 해독을 어렵게 하는 것을 기본으로 정확한 키를 가진 수신자만이 메시지를 복원하는 것이 가능하고 반면에 스테가노그래피는 모든 사람이 비밀(Secret) 메시지를 포함한 내용물(Content)에 접근하는 것은 가능하지만 대부분의 구독자(Subscriber)는 비밀 메시지의 존재를 인식하지 못하고 일반적인 내용물로 간주할 것이다. 이러한 기본 개념에 따라 각각의 기술들이 목적에 맞게 사용되어 지고 있다.

이 논문에서는 특히 영상에 의한 정보 은닉(Information Hiding)분야에 대해 다룰 것이며 매개체가 되는 콘텐츠로 압축 영역의 계수들을 사용하게 될 것이다. 압축파일은 파일의 크기가 작고 원격 전송에 적합하다는 장점들이 있어 인터넷환경에서 주로 사용되어 진다. 그리고 스테가노그래피 기술 중 많은 기술들이 압축 영역의 데이터를 변경(Modification)하는 스테가노그래피 기술^[2,5~8]을 제안하였으며 이 논문에서는 JPEG(Joint Picture Experts Group) 압축 과정에서 데이터 변경에 따른 영상 화질에의 영향에 대해 기술하였다.

많은 알고리즘에서 모든 처리(Encoding & Decoding Process)가 끝난 후에 데이터 변경에 의한 영상의 질 저하 등의 영향을 측정하지만 이것은 적용되는 알고리즘의 효율성을 체크하는 부가적인 처리시간을 소모하게 됨을 말한다. 이 논문을 통해 얻어지는 결과는 스테가노그래피 그리고 워터마킹 알고리즘 등에서 효과적으로 사용될 수 있다. 더욱이 제안된 아이디어를 채용하면 상당한 처리시간 절감의 효과를 볼 수 있다. 주파수 계수를 변경하는 스테가노그래피 기술들에 대해 II장에서 간단하게 다루었고, 일반적인 JPEG 압축 과정 및 양자화계수의 특성에 대해 III장에서 다루었고, IV장에서는 몇 가지 실험을 통하여 아이디어에 대한 검증을 제시하였다. 마지막으로 결론과 결과에 대한 토론을 V장에서 기술하였다.

II. 관련 연구들

Jsteg^[8]는 아래 그림 1.과 같이 JPEG 계수의 LSB(Least Significant Bit)를 비밀 메시지 비트(Binary)로 덮어(Overwriting)쓴다. 그리고 0과 1인 계

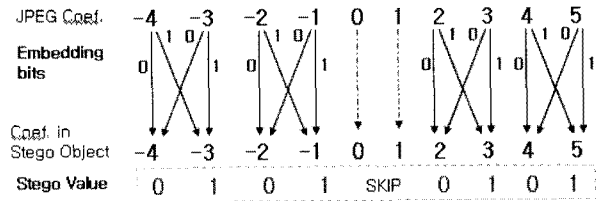


그림 1. Jsteg 알고리즘
Fig. 1. Jsteg Algorithm.

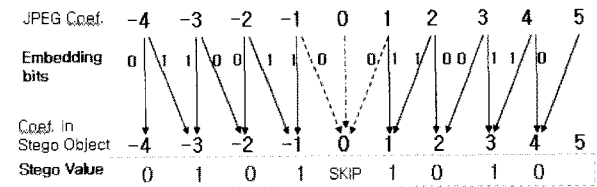


그림 2. F3 알고리즘
Fig. 2. F3 Algorithm.

수를 만나면 연산을 건너뛰고 다음 계수에 대해 연산을 한다. 하지만 Chi-Square test에서는 덮어쓰기된 계수들의 변화를 쉽게 추정해낼 수 있다. F3^[6]는 덮어쓰기 대신 JPEG 계수의 LSB가 메시지 bit와 일치(Match)하도록 계수의 절대값을 감소시킨다. 예외로 연산 후에 0이 되는 계수들은 대상에서 제외하고 다시 다음 계수를 연산에 적용하게 된다. 이것은 1과 -1이 모두 0으로 축소(Shrinkage)되어 수신자가 원래 데이터를 추정하는 것이 어렵기 때문이다.

F3(그림 2.)는 배타적인 스테가노그래피 방법을 사용하므로 Jsteg처럼 1보다 많은 0을 삽입하게 될 것이고 즉, 히스토그램(Histogram) 분석에 의해 쉽게 검출될 수 있다. 일반적으로 JPEG 계수들은 0을 빼고 짝수보다 홀수계수가 더 많으므로 반송미디어는 0보다 많은 1을 가지고 있을 것이다.

F4(그림 3.)^[6]는 위에서 보인 F3의 약점을 제거하기 위해 개발되었으며 음수계수는 LSB가 반전(Inverse)되

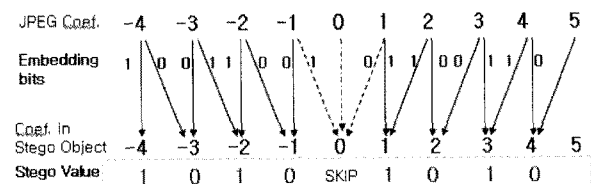


그림 3. F4 알고리즘
Fig. 3. F4 Algorithm.

어지며 메시지 bit에 따라서 양의 계수는 감소, 음의 계수는 증가시켜 LSB를 일치시킨다. F4 또한 연산 후 0으로 축소되는 경우는 제외하고 다음 계수에 대해 연산을 수행한다.

그리고 지각적인 특성의 개선과 보안성을 향상시키기 위하여 F4 알고리즘에 Permutative Straddling 과정을 삽입하였으며 삽입 효율을 높이기 위하여 Matrix Encoding을 구현한 것이 F5^[7] 알고리즘이다.

위에서 살펴본 것과 같이 스테가노그래피 기술은 히스토그램과 같은 통계적 공격에서 검출되지 않기 위해 많은 발전을 이루어 오고 있다. 하지만 위의 기술들이 적용된 후 지각적인 잡음이 일어나는지 체크하기 위해서 디코딩 과정을 거쳐 원본과 정보은닉이 일어난 변형된 매체의 비교를 하는 방법을 취해오고 있다.

III. JPEG 압축과정과 양자화 테이블의 특성

1. JPEG 압축과 양자화

위터마킹이나 스테가노그래피에서 다수의 기술들은 반송 매체(Carrier material)의 주파수 영역의 계수(Coefficient in Frequency Domain)를 변경함으로써 사용자의 메시지(User Data)를 삽입하고 일부의 기술은 시간영역의 원본 콘텐츠를 변경하여 사용자 메시지를 삽입한다. JPEG 압축 과정의 주파수 계수들을 변경하는 것도 그 중의 한 방법이다. 그림 4.에서는 JPEG 압축의 기본 처리과정에 대해 간략히 설명한다. 아래는 JPEG 압축의 주요 과정의 특성을 설명한 것이다.

- DCT (Discrete Cosine Transform) : 주파수 영역으로의 변환 방법이다.
- Quantization : 양자화(간략화) 과정이며 JPEG 압축률을 결정하는 과정이다.
- Zigzag scan : 2차원의 계수를 1차원으로 재구성한다.
- DPCM on DC Component : 공간 영역의 값의 평균을 나타내는 DC계수들을 저장하는 방법이다.
- RLE on AC Component : DC계수를 제외한 나머지 계수를 압축하는 과정이다.
- Entropy coding : 마지막 저장 과정이며 Huffman 또는 Arithmetic Coding과 같은 방법을 이용하여 압축효율을 높인다.

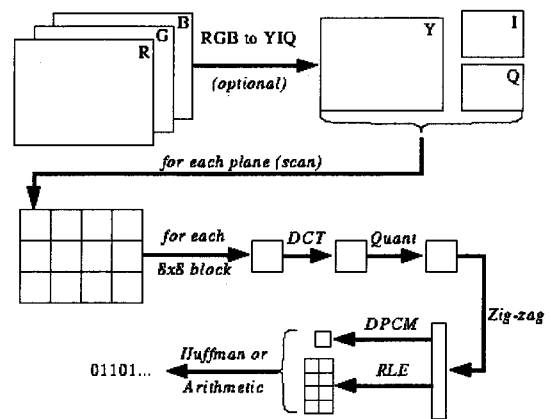


그림 4. JPEG 압축과정

Fig. 4. JPEG Compression Procedure.

복원과정은 위 과정의 역순으로 이루어진다. 이러한 JPEG 압축은 기본적으로 손실(Lossy) 압축이며 JPEG 2000과 같은 표준에서는 무손실 압축도 지원한다.

JPEG 압축과 같은 주파수 영역의 영상처리에서 양자화 테이블을 적용할 때 주의해야 할 몇 가지 사항은 다음과 같다.

- 사람의 시각은 저주파 영역(upper left corner)에 가장 민감하고 고주파 영역(lower right corner)에 덜 민감하다.
- JPEG 표준에서는 2개의 기본 양자화 테이블을 정의한다. 하나는 휘도(Luminance)값 그리고 다른 하나는 색차(Chrominance)값을 위한 것이다.
- 대부분의 알고리즘 구현에서 압축률(Quality Factor)은 기본 양자화 테이블의 비례값을 구함으로써 얻는다.

그러므로 우리가 JPEG 압축 영상(주파수 계수)에 변경을 가하고자 할 때, 대부분의 경우 영상의 질 저하에 덜 영향을 미치는 고 주파영역을 변경한다. 이 논문에 앞선 몇 가지 알고리즘에서도 고주파 영역에서 주로 변경작업을 수행하였다. 이 논문에서 양자화 테이블의 잠재적 영향력을 고려해본 결과 이러한 주파수 계수의 변경 작업에 있어서 몇 가지 개선점을 찾을 수 있었고 IV장에서 실험을 통해 확인해 볼 것이다.

IV. 간략화 실험을 통한 양자화의 영향력 측정

1. 샘플 블록의 AC계수 변화를 통한 양자화 영향력 측정

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

그림 5. 표준 양자화 테이블(휘도)
Fig. 5. Standard Quantization Table (Luminance).

Zigzag scan된 계수들의 변경에 따른 효과를 측정하기 위하여 가상의 8x8 크기의 계수 블록(A)을 만들고 모든 계수는 1이라고 가정한다. 그리고 블록 B는 블록 A의 (1,2)계수를 2로 변경하였고 블록 C는 블록 A의 (8,8)계수를 2로 변경하였다. 가상으로 생성한 3개의 블록을 통해 양자화 테이블의 영향을 측정할 것이다.

실험은 그림 6.와 같이 진행되며 계수 값의 변화에 따라 영상변화(MSE: Mean Square Error)가 어떻게 변하는지 측정하기 위한 과정이다. 위에서 설명한 것과 같이 블록 A의 변경으로 블록 B와 C를 생성하였으며 역-양자화 과정에서는 휘도 양자화에 사용되는 그림 5.의 표준 양자화 테이블을 사용하였다.

대부분의 알고리즘에서 DC 계수 값을 변경하지 않으므로 본 실험에서도 DC계수(양자화 값 16)는 그대로 보존한 채로 나머지 계수들을 변경하며 MSE의 변화를 측정하였다. 그림 6.에서 보인 블록 B와 블록 C에서 변화한 계수들은 각각 양자화 계수 11과 99에 대응한다.

각 블록 A, B 그리고 C는 역-양자화 과정을 거치고 역-2차원 DCT(Inverse 2-D DCT)변환 과정을 거친다. 이 과정을 통해 블록 A, B 그리고 C는 공간 영역의 영상 값(Value)이 된다.

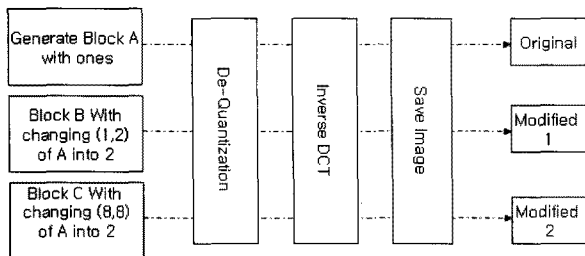


그림 6. 간략화 실험과정
Fig. 6. Simplified Experiment Process.

Original과 Modified 1 그리고 Original과 Modified 2에 대한 에러의 제곱(Powered Error)을 구했을 때 121과 9801을 각각 구할 수 있다. 이 실험에서 주파수 영역의 계수에서 똑 같은 크기로 서로 다른 계수들에 변화를 주었을 때 발생하는 제곱 에러는 동일한 위치에 대응하는 양자화 테이블 값의 크기의 제곱과 같음을 알 수 있다. 여기서 특정 계수를 변화했을 때의 PE와 계수에 대응하는 양자화 값은 일정한 관계를 가진다. $121=11^2, 9801=99^2$. 결국 아래와 같은 식 (1)이 유도된다.

$$PE = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \| I(i,j) - K(i,j) \|^2 = \sum Q_x^2 \quad (1)$$

여기서 I는 원본 영상이고 K는 변경된 영상이다. x는 변경된 AC계수의 위치이며 Q_x 는 x 번째 계수에 대응하는 양자화 계수 값이다. 위의 식 (1)은 계수 변화의 양이 1일 경우를 가정한 것이다.

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \| I(i,j) - K(i,j) \|^2 = \frac{1}{mn} \cdot PE \quad (2)$$

MSE를 구하기 위해 식 1.이 사용되며 결국 PE와 MSE는 비례하는 값을 가진다. 결국 단순히 PSNR의 크기를 비교하여도 위의 값들에 대한 영향이 포함된 것이다.

$$PSNR = 20 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (3)$$

여기서 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)은 원본의 최대 표현값에 대한 잡음률을 구하기 위한 식이다. 이 논문에서는 영상을 다루고 있으므로 MAX_I 는 255이다.

2. 실제영상의 AC계수 변경을 통한 양자화 영향력 측정

이번 실험에서는 앞 절에서와 비슷한 과정을 거치며 가상 블록 대신 실제 영상의 블록을 원본 계수블록으로 사용하였다. 그림 7.은 Lena 영상에서 추출한 샘플 블록이다.

그림 8.은 실제 영상블록을 입력으로 하여 계수 변경, 그에 따른 에러 및 PSNR의 변화를 측정하기 위한 시스템의 개략도 이다.

73	78	97	118	122	123	120	112
68	95	118	125	124	120	119	116
88	117	125	122	120	121	117	119
112	116	122	119	121	114	116	113
121	123	123	120	120	117	113	117
126	123	120	117	117	118	114	111
118	124	120	113	115	110	114	108
106	115	117	116	113	109	111	115

그림 7. 샘플 이미지 블록 값
Fig. 7. Sample Image Block Value.

74	82	97	114	126	125	116	107
79	93	110	120	121	117	115	115
92	107	123	125	116	110	114	121
111	119	127	125	116	111	114	119
126	124	122	120	119	117	114	112
129	123	118	117	119	118	113	108
119	120	120	118	115	112	110	110
108	118	125	121	110	104	108	115

그림 10. 복원된 영상 블록 값 (Block 2)
Fig. 10. Recovered Image Block Value (Block 2).

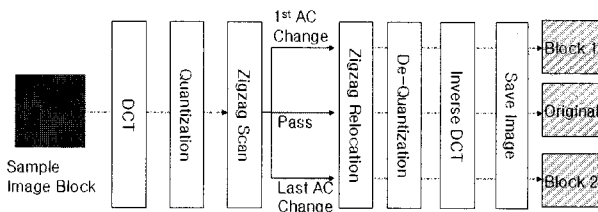


그림 8. 실제영상 실험 시스템
Fig. 8. Real Image Experiment System.

표 1. DC값부터 마지막 Non-Zero AC 값까지의 계수 열

Table 1. Coefficients from DC to last Non-Zero AC.

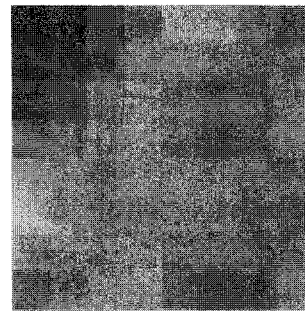
57	-2	-2	-2	-4	-3	-1	-2	-2	0	0	0	-1
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

77	79	90	111	129	132	119	104
76	91	110	120	120	117	116	118
84	107	129	129	113	104	114	129
106	119	129	126	114	108	115	124
128	122	117	118	122	122	117	110
133	120	110	113	123	126	116	104
118	118	118	117	116	114	112	111
101	117	130	124	107	99	108	122

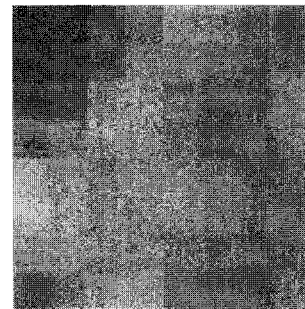
그림 9. 복원된 영상블록 값(Block 1)
Fig. 9. ecovered Image Block Value (Block 1).

그림 8.에서 보인 것과 같이 샘플 이미지 블록은 DCT, 양자화, Zigzag scan의 과정을 거쳐 주파수 영역 계수값이 1차원 배열로 얻어진다. 그 중에서 DC계수부터 마지막 유효 계수(Non-zero)까지를 얻으면 표 1.의 값이 얻어진다.

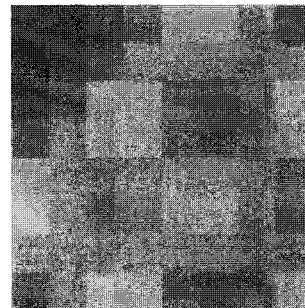
다음으로 첫 번째 유효 AC계수인 -2에 1을 더하였고 또 다른 경우를 위해 마지막 유효 AC계수인 1에 1을 더하였다. 이렇게 변경된 값들에 대해 복원 과정을



(a)



(b)



(c)

그림 11. (a) 원본 영상 블록 (b) 복원된 영상블록 1 (c) 복원된 영상블록 2

Fig. 11. (a) Original Image Block (b) Recovered Image Block 1 (c) Recovered Image Block 2.

거쳐 두 개의 복원 이미지 블록 그림 6.과 그림 7.을 구했다. AC 계수 -2, 1에 대응하는 양자화 값은 각각 11과 29이다.

원본 영상 블록에 대한 블록 1(그림 9.)과 블록 2(그림 10.)의 PSNR은 각각 45.35 dB과 36.94 dB이다. 예상한 바와 같이 대응하는 양자화 요소의 값이 큰 경우 화질이 낮게 계산됨을 알 수 있다. 그림 11.은 원본 블록, 블록 1 그리고 블록 2의 영상을 보인 것이다. 3개의 블록 영상을 비교하면 계산적인 통계치에 의존하지 않고도 블록 1이 블록 2보다는 원본에 가까운 것을 쉽게 인식할 수 있다.

결국 주파수 영역의 계수를 변경하고자 할 때 실제 영상에 더 작은 변화를 생성케 하는 계수를 선택하는 것은 상응하는 양자화 값만을 비교함으로써 쉽게 가능해지고 에러를 측정하거나 PSNR을 구하는 등의 부가적인 연산시간을 줄이는 효과를 가지게 된다.

3. 계수변환의 크기 및 부호변화에 따른 양자화 테이블의 영향력 측정

이번 실험에서는 IV장 1절의 실험환경에 두 가지 경우의 실험을 추가하였다. 한 가지는 계수의 변화폭을 증가 시키는 것이고 다른 한 가지는 계수 변환의 부호를 다르게 즉 +1, -1에 대해 실험을 하였다. 두 가지 실험에서 이전의 실험과 일치하는 결과를 보여주었다. 변환계수의 변화폭을 2배로 증가 시켰을 때는 대응하는 양자화 값의 2배의 제곱 값이 복원에서 측정된 제곱 에러의 합과 같았다.

$$PE = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \| I(i,j) - K(i,j) \|^2 = \sum (\alpha \cdot Q_x)^2 \tag{4}$$

여기서 α 는 계수 수정 시 사용된 배수이다. 그리고 계수 변환의 부호를 달리했을 경우에도 식(4)가 적용되어 음(-)의 경우 제곱은 양(+)가 되어 결과가 동일함을 볼 수 있었다.

4. 정수화 에러를 고려한 양자화 테이블의 영향력 측정

실제 영상을 컴퓨터에 저장할 때에는 실수(Real Number)의 정수(Fixed Number)화에 의한 에러(Rounding Error)가 발생한다. 앞의 간략화 실험에서는 이상적인 정수화에 의한 에러를 고려하지 않은 이상적인 경우에 대해서만 고려하였고 이 절에서는 정수화에 의한 실험결과와 변화를 측정하고자 한다.

먼저 실험환경은 앞의 그림 5.와 같으며 Inverse

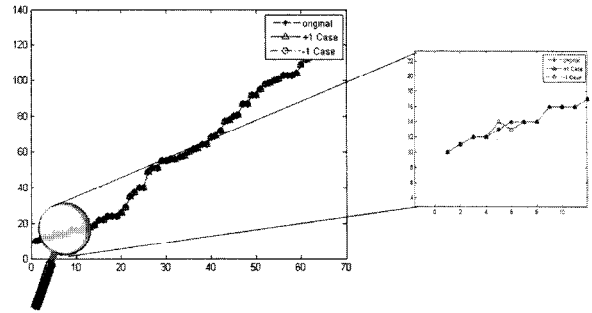


그림 12 정수화 에러를 고려한 MSE 측정
Fig. 12. MSE Calculation after Rounding Error.

표 2. MSE의 오름차순 정렬시 에러빈도
Table 2. Error Frequency in MSE Sorting with ascending order.

	No of Flips (+Case)		No of Flips (-Case)	
	Amount1	Amount2	Amount1	Amount2
Lena	1	0	0	0
Baboon	1	0	0	0
Airplane	1	0	0	0
Boat	3	0	3	0

DCT후에 저장되는 영상의 정수화 과정에서 발생하는 에러에 대해 측정하고자 한다. 이 경우 PE(Powered Error)나 MSE의 값은 예측 불가하게 변화가 생긴다. 그 이유는 주파수 영역에서 시간영역으로 변환될 때 서로 다른 주파수에 의한 계수가 합쳐져 하나의 시간영역 값이 만들어 지기 때문이며 현실적으로 매번 그 변화량을 정확히 계산하기는 어렵다. 하지만 아래의 그래프(그림 12.)에서 볼 수 있듯 블록내의 계수들을 순서적으로 변화시켜 보았을 때의 MSE값의 순서는 양자화 테이블의 대응하는 Q Factor 크기와 비례함을 알 수 있다.

그림 12.는 영상 샘플 블록의 주파수 계수에 순차적으로 +1의 변화를 주고 복원된 시간영역의 영상에 대한 MSE를 측정하고 그 크기에 따라 정렬한 것이 X축이며 Y축은 해당 MSE가 측정된 Q Factor의 크기를 보여준다. 하지만 그림 12.에서 왼쪽 그래프의 확대인 왼쪽 그래프에서 원본의 정렬 순서와 다르게 나타난 부분을 볼 수 있다. 이것은 대응하는 Q Factor가 13인 계수를 변화할 때의 MSE가 대응 Q Factor가 14일 때의 MSE보다 크게 나타나는 것을 볼 수가 있다. 바로 이점이 정수화 에러가 계수변환의 영향에 어떤 추가적인 변화를 주는지를 보여준다.

표 2.에서는 영상데이터베이스^[6]에서 다운받은 4가지

예제 영상(Lena, Baboon, Airplane 그리고 Boat)에 대해 정수화 에러 측정 실험한 결과를 보인다.

표에서 볼 수 있듯 +1 변경(일반적인 경우 +1 또는 -1 씩 계수를 변경함)에서는 그림 12.에서 보인 것처럼 대부분 1회 정도의 오류(MSE의 뒤바뀐)가 나타난다. 하지만 -1 변경시에는 그러한 에러가 제거되어졌다. 그리고 변경폭 즉, α 를 2로 하였을 경우에는 모든 오류가 사라졌다.

V. 결 론

실험을 통해 양자화에 의한 에러는 일정하게 나타나지만 실제 영상의 저장에서 나타나는 정수화 에러의 영향은 에러의 크기를 변화시키는 것을 볼 수 있다. 하지만 그 오류의 범위는 크지 않았다. 이러한 에러예측 방법을 적용하면 알고리즘 개발 시 그 성능을 평가하는 시간을 상당부분 줄일 수 있을 것이다.

여러 가지 실험을 통하여 JPEG 압축 환경에서 DCT 계수 변경에 따른 영향력에 대한 몇 가지 사실들을 찾아내었다.

- DCT계수를 변경 할 때 대응하는 양자화 요소의 크기를 고려해야 한다.
- 동일한 양자화 테이블을 가지고 있다면, 계수의 절대값의 크기가 달라도 계수의 변화량(수정값)에 비례하는 PSNR의 변화가 발생한다. 단 정수화 에러 후에 그 순서는 조금 틀려지나 양자화 계수의 크기가 인접할 때 발생한다.
- 하나의 계수를 변경할 때, 동일한 양의 증가 및 감소는 동일한 제곱 에러를 보여준다.
- 두 개 이상의 계수를 동시에 변화할 경우에도 대부분의 경우 Q Factor의 크기와 MSE의 변화는 비례함을 알 수 있다.

기존의 실험들에서는 3장에서 언급한 주파수 영역 계수의 특성에만 의존해왔다. 더 정확히 표현하면, 양자화 요소의 크기에 따른 잠재적 영향력을 고려하지 않고 저주파 또는 고주파 영역의 계수인가를 주로 고려하였다. 인터넷 환경에서는 대부분의 영상이 압축된 형태로 전송되어 지고 있고 주파수 영역에서의 데이터 변경이 공간 영역에서보다 더 강건하기 때문에 많은 워터마킹 및 스테가노그래피 기술들이 그들의 알고리즘을 압축된

영상에 적용하고 있다. 다양한 알고리즘에서 본 논문에서 제안된 아이디어를 채용함으로써 개선된 처리시간 및 효율적인 데이터 변경을 수행할 수 있을 것이다. 특히 Matrix Encoding, Modified Matrix Encoding 과 같은 정보은닉 기술에서 이러한 결과를 채용하며 알고리즘의 성능향상에 유용하게 이용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] Andreas Westfeld, "F5-A Steganographic Algorithm: High Capacity Despite Better Steganalysis," 4th *Information Hiding International Workshop*, Pittsburgh, USA, April 2001.
- [2] Bret Dunber, "A detailed look at Steganographic Techniques and their use in an Open-Systems Environment.", SANS Institute, January 2002.
- [3] J. Fridrich, M. Goljan and D. Hoge, "New Methodology for Breaking Steganographic Techniques for JPEGs," *Proc. SPIE Electronic Imaging*, SantaClara, CA, USA, pp.143-155, Jan 2003.
- [4] J. Fridrich, M. Goljan and D. Hoge, "Attacking the OutGuess," *Proc. Of the ACM Workshop on Multimedia and Security*. 2002, Juan-les-Pins, France, December 6, 2002.
- [5] J. Fridrich and D. Soukal, "Matrix Embedding for Large Payload," *IEEE Tran on Information Forensics and Security*. Vol 1, pp.390-295, September 2006.
- [6] M. Chen, R. Zhang, X. Niu and Y. Yang, "Analysis of Current Steganography Tools: Classification & Features," *Proc. of the 2006 International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing*, Pasadena, CA, USA, December 2006.
- [7] Andreas Westfeld: The Steganographic Algorithm F5, 1999, <http://www.wvrn.inf.tu-dresden.de/~westfeld/f5.html>
- [8] Derek Upham: Jeteg, 1997, e.g. <http://www.tiac.net/users/korejwa/jsteg.htm>
- [9] The USC-SIPI Image Database, <http://sipi.usc.edu/database/>

저 자 소 개



최 용 수(정회원)
 1998년 강원대학교 제어계측 공학과 공학사.
 2000년 강원대학교 제어계측 공학과 공학석사.
 2006년 강원대학교 제어계측 공학과 공학박사.

2006년~2007년 연세대학교 첨단융합건설연구단 연구교수.
 2007년~현재 고려대학교 정보경영전문대학원 연구교수.
 <주관심분야 : IPMP, DRM, Information Hiding, 영상/비디오/오디오 워터마킹, Steganography>



김 형 중(평생회원)
 1978년 서울대학교 제어계측 공학과 공학사.
 1986년 서울대학교 제어계측 공학과 공학석사.
 1989년 서울대학교 제어계측 공학과 공학박사.

1990년~2006 강원대학교 교수.
 2006년~현재 고려대학교 정보경영전문대학원 교수.
 2008년 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 회장
 <주관심분야 : Parallel Computing, Image Hashing, Data Compression, Steganography>



박 춘 명(정회원)
 1983년 인하대학교 전자공학과 학사 졸업
 1986년 인하대학교 전자공학과 석사 졸업
 1994년 인하대학교 전자공학과 박사 졸업

1995년~현재 충주대학교 컴퓨터공학과 교수
 2002년~2003년 University of California, Irvine 방문교수
 2009년~현재 대한전자공학회 컴퓨터소사이어티 회장
 <주관심분야 : 컴퓨터회로및시스템, 임베디드시스템, 유비쿼터스시스템 등>