

이동형 멀티미디어 기기를 위한 개선된 JPEG 비트율 조절 알고리즘

양윤기[†], 이창수^{**}, 김진율^{***}

요 약

JPEG 알고리즘은 같은 크기의 영상이라도 영상의 복잡도에 따라 다른 크기의 압축된 파일이 생성된다. 따라서, 디지털 카메라와 같은 제한된 저장용량을 갖는 기기에서 추후에 저장될 수 있는 영상의 개수를 추정하기 어렵다. 이를 해결하기 위한 대표적인 JPEG 비트율 조절 알고리즘은 양자화표를 조절하는 방식이다. 기존의 연구가 영상의 복잡성과 양자표의 관계를 선형적으로 보는 반면, 본 연구에서는 복잡성과 양자표의 조절에 정교한 통계적 모델을 적용하여, 목표가 되는 비트율을 얻을 수 있는 함수관계를 추출하여, 기존의 방식보다 개선된 비트율 조절결과를 얻을 수 있었다. 모의실험결과 제안한 방식이 목표 비트율과의 오차의 표준편차가 2배 이상 감소하는 결과를 얻었다.

Advanced JPEG bit rate control for the mobile multimedia device

Yoon Gi Yang[†], Chang Su Lee^{**}, Jin Yul Kim^{***}

ABSTRACT

Typically, the file sizes of JPEG compressed images with various complexity differ from images regardless of same image size. So, it is not easy to estimate the remaining image counts that should be stored in the limited storage equipped with the digital camera. To solve the problem, the bit rate control employs the modification of quantization table. The previous work assumed that there is linear relation between image activity and modification factor of quantization table, but in this paper, more accurate functional relations based on statistics are employed to improve the bit rate control accuracy. Computer simulations reveals that the standard deviation of the bit rate error of the proposed scheme is 50% less than that of the conventional method.

Key words: JPEG(JPEG), rate control(압축률조절)

1. 서 론

최근에 디지털 카메라와 같은 영상기기의 화소수의 확대에 인하여 많은 양의 저장매체를 요구하고 있다. 예를 들어 2592×1944 크기의 사진 한 장을

RAW Format으로 저장하려면 2592×1944×3 = 15116544, 15Mbyte 저장매체를 요한다. 따라서, JPEG을 사용한 압축을 사용하게 된다. 보통의 디지털카메라에서는 이전의 아날로그 film 카메라와 같이 앞으로 촬영할 수 있는 사진의 수를 사용자에게

※ 교신저자(Corresponding Author): 양윤기, 주소: 경기도 화성시 봉담읍 와우리 (445-743), 전화: 031)220-2589, FAX: 031)229-8281, E-mail: ygYang@suwon.ac.kr

접수일: 2008년 1월 2일, 완료일: 2008년 4월 4일

[†] 정회원, 수원대학교 정보통신공학과 부교수

^{**} 정회원, 수원대학교 전자공학과 부교수

(E-mail: cslee@suwon.ac.kr)

^{***} 수원대학교 전자공학과 부교수

(E-mail: jykim@suwon.ac.kr)

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신 연구진흥원의 IT 신성장동력 핵심기술 개발사업의 일환으로 수행하였음. [2005-S609-02, 차세대 모바일 멀티미디어 플랫폼 핵심기술 개발] 지원으로 수행되었음

알려주고 있다. 그런데 JPEG은 영상의 복잡도에 따라서 다른 압축률을 보인다. 따라서, 휴대용기기의 남아있는 저장 공간에 새로 촬영할 수 있는 영상의 수를 예측하기가 쉽지 않다. 따라서, 자칫 잘못된 정보가 사용자에게 전달되어, 실제로 남아있는 기록매체보다 많은 영상을 촬영할 수 있다고 표시했다가 실제로는 촬영할 수 없어, 사용자의 신뢰를 해치는 일이 발생할 수 있다. 따라서, 압축된 영상의 파일 크기를 일정하게 제약하여 주는 비트율 조절 (rate control)이 고안되고 있다[1-3]. 이러한 JPEG 비트율 조절 알고리즘은 크게 양자화 표를 변경한 방식과, 정보이론인 Rate-distortion 이론에 근거한 보다 복잡한 bit allocation을 사용하는 방식 등으로 구분된다[1-3].

그런데, 실제로 디지털 카메라와 같은 시스템에서 구현되기 위해서는 그리 복잡하지 않은 알고리즘을 갖는 양자화 표를 사용하는 방식이 비교적 유망하다. [1]에서 제시한 방식은 영상의 복잡도를 추정하여 양자화표를 수정하는 방법인데, 논문에서는 영상의 복잡도와 양자화표 사이의 가중치사이에 선형성이 있다고 제시 하였지만, 실제로 실험에 의하면 그렇지 않은 경우가 발견되었다. 따라서 경우에 따라서 비트율 조절의 결과가 정확하지 않은 경우가 종종 발견된다. 따라서, 본 논문에서는 [1]에서 제시된

양자화표에 scaling 방식을 사용하는 방식의 성능을 개선하는 새로운 알고리즘을 제시하는 것을 주요 내용으로 한다. 본 논문에서는 [1]에서 제시한 통계적인 모델보다 보다 정교하고, 보다 많은 영상에 대한 통계적인 모델로 정교한 non-linear regression model을 사용한 최적의 양자화표를 사용하여 개선된 성능을 갖는 비트율 조절 알고리즘을 제시하려고 한다. 컴퓨터 모의실험 결과 본 논문에서 제시된 방법은 통계적으로 비트율 조절에서 정교한 결과가 얻어질 수 있음을 보였다.

2. 기존의 JPEG 비트율 조절 알고리즘

2.1. JPEG 알고리즘 개요

다음의 그림 1에는 JPEG을 구현하는 전체의 블록 선도가 제시되어 있다 [4].

JPEG 부호화를 위해 전처리는 입력영상을 8×8 블록으로 분할하고, 레벨-시프트(level-shift) 과정을 거친 후 DCT변환을 차례대로 수행하기 위해 준비하는 과정이다. 경우에 따라서 전처리 과정에서 컬러모델을 변환하는 과정이 추가되기도 한다. 전처리 과정에서의 8×8블록 크기의 선택은 JPEG 표준화 위원회에 의해 결정된 절충안이다. 8보다 더 큰 숫자 (큰 블록은)는 저주파수에서 더 나은 정확도를 가지

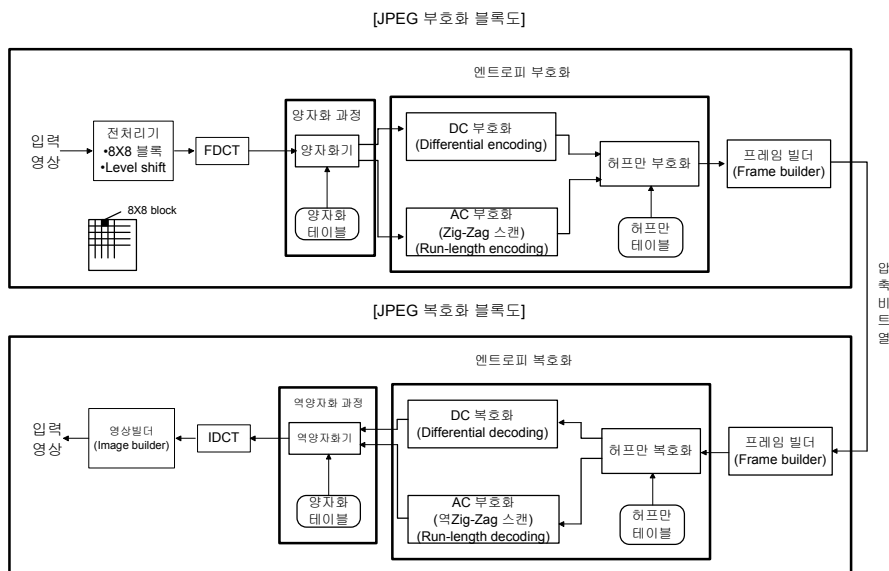


그림 1. JPEG 부호화 및 복호화 블록도

지만, 8의 사용은 DCT(그리고 IDCT) 계산을 아주 빠르게 한다. 그림 2-3은 입력영상이 8×8블록으로 생성된 후 DCT 변환되는 순서를 잘 보여주고 있다. 좌측-위쪽 모서리의 블록이 첫 번째 블록이고, 이 블록이 가장 먼저 DCT 변환된다. 그러나 블록들을 사용하는 것은 그것에 인접해 있는 배경으로부터 각 블록을 분리시키는 효과를 가진다. 이것은 높은 압축률(compression ratio)로 부호화할 때 복원 영상에 블록에러(block artifact)가 보이는 주된 이유이기도 하다 [5].

입력 영상을 8×8블록으로 처리한 후 각 블록들은 FDCT 변환을 통해 주파수영역(frequency domain)으로 변환한다. 변환된 블록 내에 있는 64개의 값을 화소라는 명칭 대신 주파수 계수(frequency co-

efficient)라고 한다. DCT를 사용한 JPEG 압축방법의 접근은 기본적으로 인간의 눈은 저주파수 성분보다 매우 높은 공간 주파수 성분의 손실을 훨씬 덜 인지한다는 것을 바탕으로 고주파수의 내용을 줄이고, 효율적으로 비트스트림을 부호화하는 것이다.

DCT 변환 된 8×8블록은 -1024에서 +1023의 매우 다양한 값을 가지므로 이를 그대로 부호화하는 것은 매우 비효율적이다. 따라서 이를 적당한 수의 값으로 한정하기 위해 사용하는 것이 양자화이다. 즉 미리 정해진 정수로 나누고, 그 결과 얻어진 실수를 가장 가까운 정수로 할당하는 것이 양자화이다. 이 과정에서 많은 AC 계수들이 영(zero)이 되므로 실제 부호화할 DCT 계수의 수가 줄어든다. 그림 4에 나타난 양자화 표(quantization table)는 휘도신호(Y)에 대

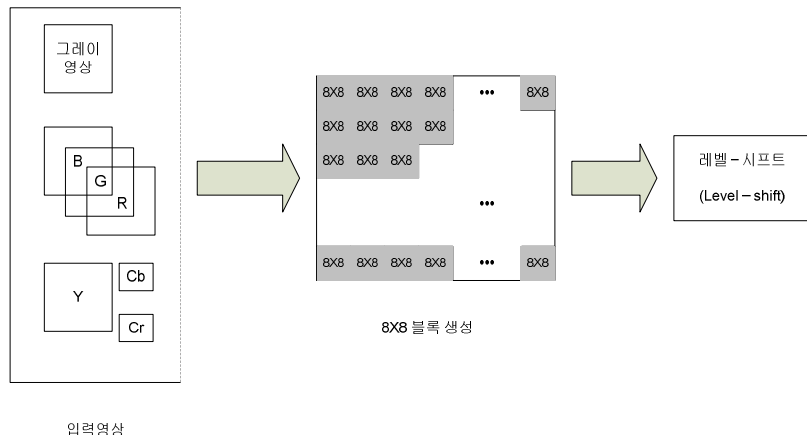


그림 2. JPEG압축을 위한 입력영상 8×8블록 생성과정

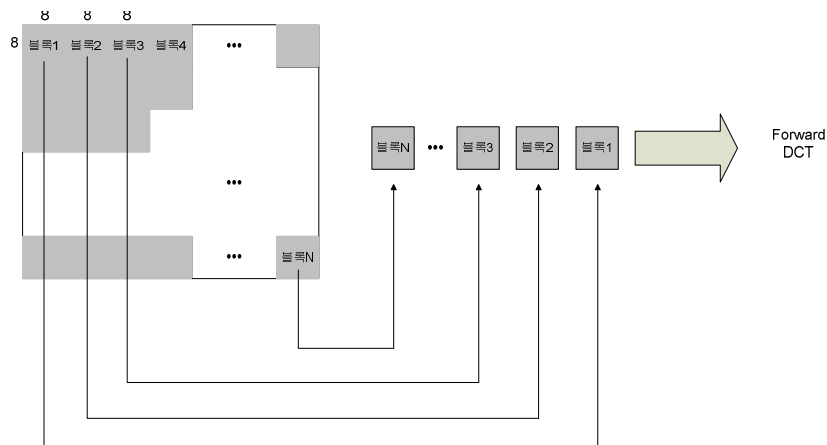


그림 3. 입력영상 8×8블록이 DCT 변환이 되는 순서

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

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

(a) 밝기신호 (b) 색차신호

그림 4. Baseline JPEG 의 양자화표

한 양자화 표와 색차신호(Cb, Cr)에 대한 양자화 표를 다르게 사용함으로써 사람이 색차신호에 덜 민감한 특징을 이용하고 있다. 양자화 단계는 압축된 영상을 위해 필요한 전체 비트수를 줄이는 것을 목표로 하며, 다음과 같이 주파수 공간블록에서 정수에 의해 각 계수를 나누고 라운딩(rounding)하는 것이다. 양자화는 다음의 식

$$\hat{F}(u, v) = \delta \left(\frac{F(u, v)}{Q(u, v)} \right) \quad (1)$$

과 같이 표시되는데, 여기서 F(u,v)는 DCT 계수를 나타내고, Q(u,v)는 양자화 계수를 나타낸다. 기본적인 양자화 계수는 그림 4에 나타내었다. 그리고 F(u,v)는 양자화된 DCT 계수를 나타낸다. 예를 들어 DC 계수 94를 16으로 나눈다면, $94/16 = 5.875$ 를 얻는다. 5.875와 가장 가까운 정수는 6이므로 양자화 결과에서 DC 계수는 6으로 양자화된다. 여기서 94를 나눈 16은 양자화 표로부터 얻어진 것이며, 기본 양자화 표는 JPEG에서 규정되어 있다. 94 바로 옆의 첫 번째 AC 계수 -16은 양자화 표에 의하면, 11로

나누어져야 하며, -16/11과 가장 가까운 정수는 -1이 된다. 이 양자화 표는 JPEG에서 기본값은 정하고 있으나, 사용자가 양자화 표를 원하는 대로 정의하여 사용할 수 있다.

양자화 단계는 JPEG 압축에서 손실(lossy)이 일어나는 주 과정이며, JPEG 압축의 압축률은 양자화 표값을 변경함으로써 압축률을 변경할 수 있다. 양자화의 결과로서 원래의 DCT 계수를 완전히 복원할 수 없다는 뜻이기도 하다. 양자화된 DC 계수에 대해서는 차분 부호화(Differential Pulse Code Modulation)를, AC 계수에 대해서는 지그재그 스캔(zig-zag scan)과 RLC(Run-Length Coding)를 적용한 후, 각각 다른 허프만 부호기를 적용하여 압축 비트열(bitstream)을 만들어낸다 [6].

2.2 기존의 비트율 조절 알고리즘

앞절에서 설명한 JPEG 의 인코딩 과정에서, [1]에서는 영상의 복잡도를 추정하여 양자화표를 적응적으로 변경하여 목표 비트율을 맞추려는 방식을 사용하였다. [2-3]에서는 iterative 한 방식으로 [1]보다 비교적 우수한 성능의 비트율 조절이 가능하리라고 판단되지만 실제로 디지털 카메라와 같은 실시간 시스템에서 사용하기에는 부적절하다고 판단되므로, 본 연구에서는 [1]의 알고리즘의 개선에 연구의 초점을 맞추었다. [1]에서 사용된 방법은 JPEG의 인코딩 과정의 일부에서 영상의 복잡도를 추정하여 양자화표를 조절하는 알고리즘 이라고 요약될 수 있다. 그림 5에 전체적인 블록선도가 제시되어 있다.

중요한 가정은 총 인코딩된 비트는 image activity

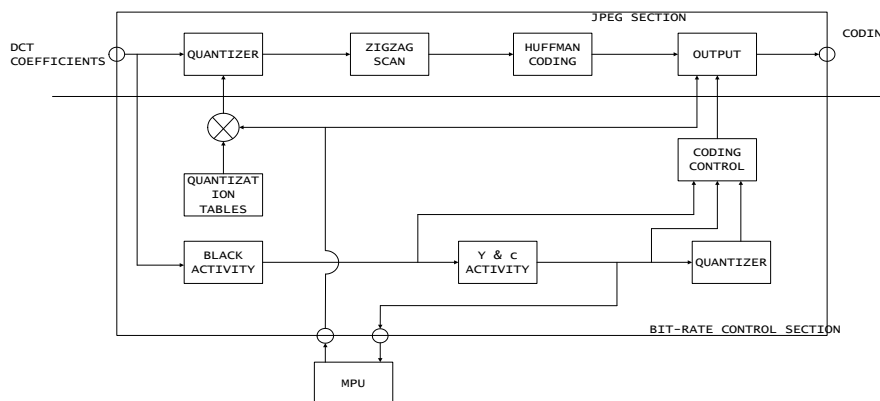


그림 5. 기존의 비트율 조절 알고리즘의 블록선도

에 비례한다고 가정하는데, 여기서 image activity 는 DCT 된 계수 중에서 AC 계수의 절대값의 합과 밀접한 관계가 있다. 실제로 JPEG에서 AC 계수 값이 크면 이를 Huffman code 로 변환시킬 때 많은 비트가 필요한 것이 사실이다. 따라서, 위 방식에서는 luminance 의 block activity 를 DCT 된 한 블록에서

$$A_{yb} = \frac{1}{2} \sum |luminance AC coefficient| + 2^8 + 2^9 \quad (2)$$

와 같이 정의 하고 chrominance 의 block activity 를

$$A_{cb} = \sum |chrominance AC coefficient| \quad (3)$$

와 같이 정의한다. 그 다음에 component activity 를 정의 하는데 이는 각 블록의 block activity 를 모든 블록에 대해서 합한 결과와 같아

$$\begin{aligned} A_y &= \sum A_{yb} \\ A_c &= \sum A_{cb} \end{aligned} \quad (4)$$

와 같이 정의된다. 최종적인 image activity A_i 는 이 두 값의 합으로 정의된다. [1]에서는 인코딩되는 이미지의 비트는 이러한 image activity 와 비례할 것으로 실험적으로 보고, 먼저 DCT 를 통하여 얻은 A_i 를 그림 4와 같은 양자화 표에 scaling factor K 를 곱한 양자화표를 사용하게 된다. 다음의 그림 6은 [1]에서 제시한 그림으로서, target 비트율 1.0 bpp (bit per pixel) 를 얻기 위한 양자화 scaling factor 와 image activity 와 상관도를 제시하고 있다.

그림에서 보면 image activity A_i 가 커지면-즉 영상이 복잡하여 코딩될 비트수가 늘어나게 되면-scaling factor K 가 증가하여 양자화 표 값이 커진다. 이는 양자화된 계수의 값을 작게 하여, entropy coding한 결과 비트를 감소시킨다는데 착안한 것이다.

2.3 기존의 방식의 문제점

[1]에서는 실험에서 20개의 영상에 대한 실험을 제시 하였는데, 보다 많은 영상에 대한 실험을 하여 보면 그림 6과 같은 정확한 선형관계를 관찰하기 힘들다. 그 보다는 좀더 정확한 통계적인 모델이 필요하다는 것을 알 수 있다. 또한 양자화 표를 scaling factor 로 곱하는 것보다는 최근에 사용되는 JPEG 의 quality factor 를 사용하는 것이 보다 자연스러운 점

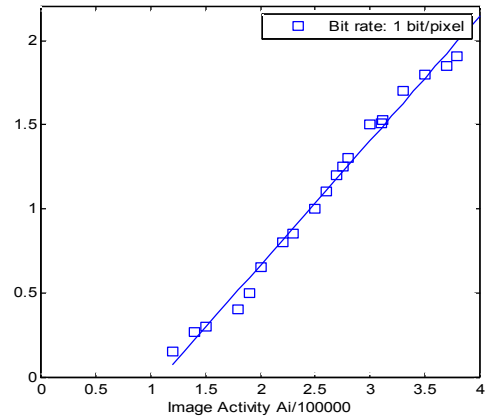


그림 6. 기존의 비트율 조절에서 A_i 와 scale factor 와의 관계

근 방식이라고 판단된다[4,5]. 이러한 점에 착안하여 본 논문에서는 다양한 영상에 대해서 고정된 비트율을 보이는 JPEG 의 quality factor 에 대한 통계적인 실험결과에서 얻는 결과로 non-linear regression 기법을 사용한 최적의 적응 양자화표를 사용한 비트율 조절 알고리즘을 제시하려고 한다.

3. 개선된 JPEG 비트율 조절 알고리즘

본 논문에서는 다양한 영상에 대해서 고정된 비트율을 보이는 JPEG 의 quality factor 에 대한 통계적인 실험결과에서 얻는 결과로 non-linear regression 기법을 사용한 최적의 적응 양자화표를 사용한 bit rate control 알고리즘을 제시하려고 한다. 먼저 본 논문에서 사용된 JPEG의 quality factor (이하 Q-factor) 에 대해서 설명하면 그림 7에서 보듯이 Q-factor 가 10 에서 100 까지의 범위를 갖게 된다.

기본적으로 Q-factor 가 50 일 경우 JPEG 의 표준안과 같은 양자화표를 갖게 되며 Q-factor 가 100 에 근접 할수록 양자화 계수가 작아지는데, 그림에서는 양자화표의 DC 값인 16 의 양자화값이 Q-factor 에 대한 변화의 값을 잘 보여주고 있다. 이러한 Q-factor 에 따른 출력비트의 양을 알아보기 위하여 주어진 한 영상에 대한 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 영상은 1280×960 크기의 영상으로 기본적인 JPEG 으로 코딩 하였을때 0.789 bpp (bit per pixel) 의 크기가 나오는 영상이다. 그림 8에서 보듯이 Q-factor 가 커지면 더욱 많은 비트수가 필요함을 알 수 있다.

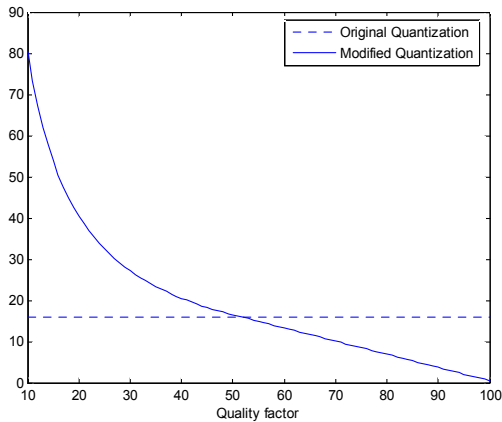


그림 7. JPEG 의 quality factor 와 양자화 값의 변화

이제는 Q-factor 가 50으로 고정될 때, 여러 개의 영상에 대해서 앞서 설명한 image activity 와 실제 인코딩된 비트수를 비교하기 위하여 총 19개의 1280×960 크기의 영상에 대한 실험을 관찰하여 보자. 다음의 그림 9에는 결과가 제시되어 있다.

그림에서는 normalized 된 image activity 와 비트율과의 상관도를 표시하고 있으며, x 축은 영상의 번호를 y 축은 비트율과 normalized image activity 를 각각 나타낸다. 그림에서 보듯이 두 값 사이에는 강한 상관관계가 있음을 알 수 있다.

이제 주어진 비트율 - 예를 들어 0.800 bpp - 를 얻기 위한 Q-factor 를 찾는 문제를 다루어 보자. 즉 지금은 image activity, Q-factor, 비트율 이 세가지 변수와의 상관도를 관찰하는 것인데, 앞의 그림 8은 image activity 가 고정될 때 나머지 두변수와의 상관

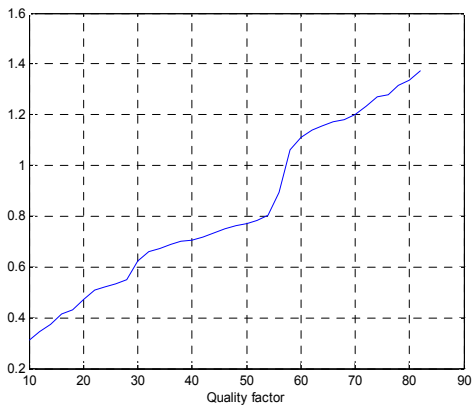


그림 8. 한 영상에서 Q-factor 와 비트율과의 관계

관계를, 그림 9에서는 Q-factor 가 고정될 때의 상관도를 보여주는 것이라 할 수 있다. 마지막으로 비트율이 주어질 때 activity 를 측정하여 Q-factor 를 찾는 문제가 남았는데, 바로 이문제가 비트율 조절 문제로 귀착된다.

다음의 그림 10에서는 50개의 1280×960 크기의 영상에 대한 image activity, quality factor, 비트율 사이의 통계적인 상관관계를 3 차원에서 표시한 그림이다. 그림에서는 0.800 bpp 를 얻기 위한 activity 와 q-factor 사이의 상관관계를 살펴보기 위한 slice 가 제시되어 있다. 그림에서 보듯이 [1]에서 제시한 선형적인 상관관계를 보기에는 무리한 통계적인 결과가 있음을 알 수 있다.

본 논문에서는 이러한 실험결과를 바탕으로, 어느

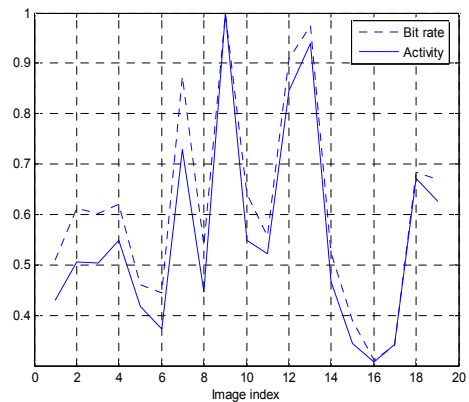


그림 9. 여러 영상에서 image activity 와 비트율 간의 관계

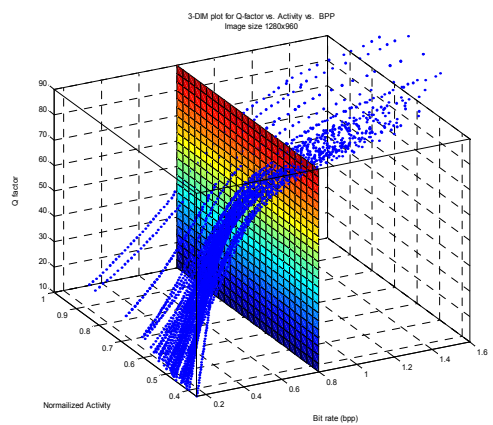


그림 10. 1280×960 Image activity, 비트율, quality factor 사이의 상관도

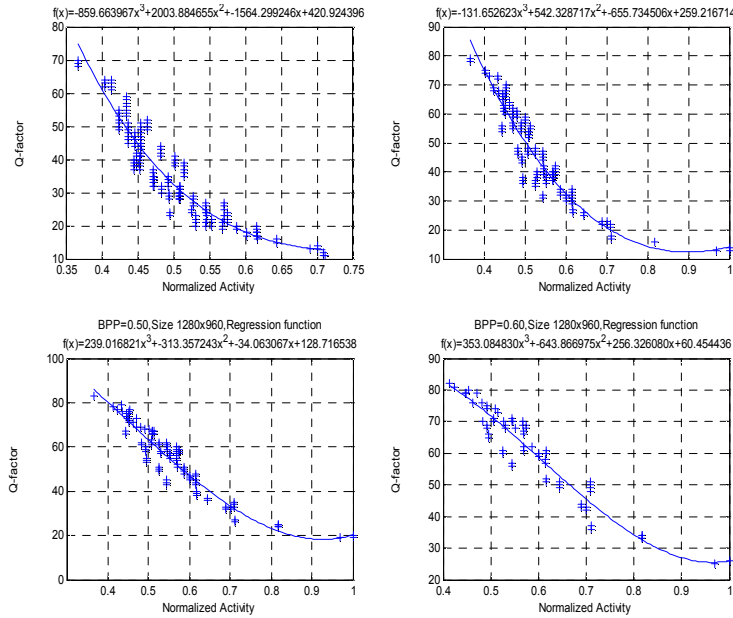


그림 11. 0.3~0.6 bpp 를 얻기위한 Activity 와 Q-factor 사이의 3차의 다항식 regression [크기1280×960]

한 영상이 주어지면 image activity 가 계산되는데, 주어진 target 비트율 에 해당되는 quality factor 를 통계적으로 가정 적합한 함수로 구하는 non-linear regression 을 사용하는데, 잘 알려진 polynomial regression 을 사용하였다. 사용한 툴은 Matlab 의 statistical toolbox 를 사용 하였다. 그림 11에는 그림 10과 같은 결과를 이용하여 3 차의 다항식으로 regression 을 사용한 결과가 제시되어 있다. 이를 사용한 결과는 a 를 normalized activity, Q(a) 를 주어진 target bpp 를 얻기 위한 Q-factor 라고 하면

$$\begin{aligned}
 Q(a) &= -859a^3 + 2003a^2 - 1564a + 420 && \text{for } 0.3 \text{ bpp} \\
 Q(a) &= -131a^3 + 542a^2 - 655a + 259 && \text{for } 0.4 \text{ bpp} \\
 Q(a) &= 239a^3 - 313a^2 - 34a + 128 && \text{for } 0.5 \text{ bpp} \\
 Q(a) &= 353a^3 - 643a^2 + 256a + 60 && \text{for } 0.6 \text{ bpp}
 \end{aligned} \tag{5}$$

와 같은 결과가 얻어지고 다른 비트율도 유사한 방식으로 구해진다.

이제 보다 큰 영상에 대한 실험을 위하여 그림 12 에는 2592×1944 크기의 영상 50개에 대한 세가지 변수의 통계적인 상관도가 제시되어 있다. 이를 통한 3 차의 polynomial regression 의 결과 그림 13과 같은 curve fitting 이 이루어 졌으며, 결과로 0.3-0.6 bpp 사이의 normalized image activity a 와 q-factor

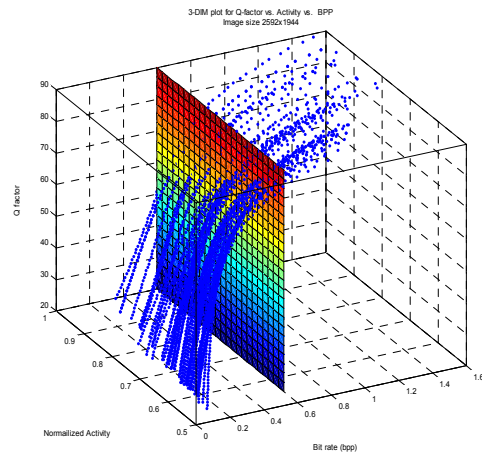


그림 12. 2592×1944 Image activity, 비트율, quality factor 사이의 상관도

Q(a) 사이의 fitting 결과는

$$\begin{aligned}
 Q(a) &= 153.4a^3 - 205.6a^2 - 75.3a + 144.0 && \text{for } 0.3 \text{ bpp} \\
 Q(a) &= 877a^3 - 2044a^2 + 1446a - 251 && \text{for } 0.4 \text{ bpp} \\
 Q(a) &= 47.3a^3 - 139.2a^2 + 38.3a + 94.7 && \text{for } 0.5 \text{ bpp} \\
 Q(a) &= -269a^3 + 578a^2 - 474a + 216.5 && \text{for } 0.6 \text{ bpp}
 \end{aligned} \tag{6}$$

과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

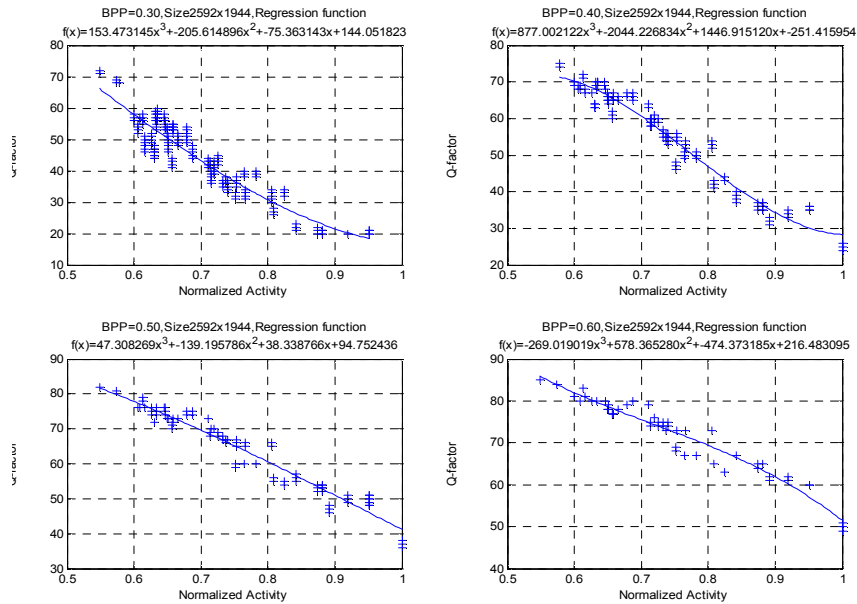


그림13. 0.3~0.6 bpp 를 얻기위한 Activity 와 Q-factor 사이의 3차의 다항식 regression [크기|2592×1944]

이제 이러한 regression 을 사용한 비트율 조절의 결과를 알아보자. 비트율 조절은 먼저 주어진 입력 영상에 대해서 image activity a 를 측정하고 제시한 $Q(a)$ 를 사용하여 양자화 표를 변경하여 JPEG 을 인코딩하게 된다. 60개의 실험영상에 대한 결과를 제시하는데, 실험에 사용된 영상은 1280×960 의 60개의 테스트 영상으로 $Q(a)$ 를 구한 set 과 다른 영상의 집합에서 추출한 영상이다. 먼저 기존의 알고리즘 [1]의 실험결과 그림 14과 같은 결과를 얻을 수 있었

는데, 그림에서 보듯이 비트율 조절 하기 이전의 영상은 Q-factor 가 50으로 0.3 ~ 1.5 bpp 의 다양한 비트율을 보여서 bpp 의 관점에서 평균 0.853, 표준편차 0.281 정도의 결과를 보이는 실험대상이다.

기존의 방식 [1]에서 target 비트율 1.000 bpp 에 대한 rate control 의 결과는 bpp 의 관점에서 평균 0.918, 표준편차 0.193 정도로 확인할 수 있었다. 다음으로는 polynomial regression을 사용한 본 논문에서 제안한 결과가 그림 15에 제시되어 있다. 본 연구에서의 결과

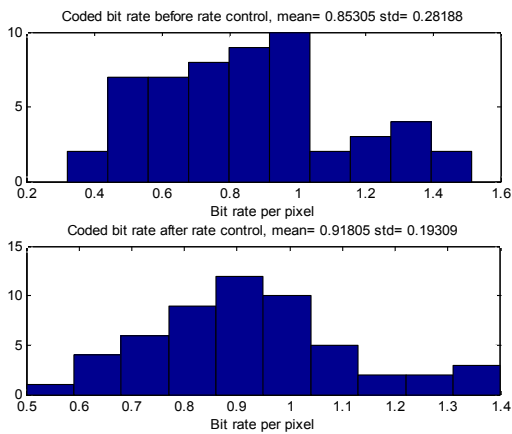


그림 14. 기존의 비트율 조절 알고리즘의 결과

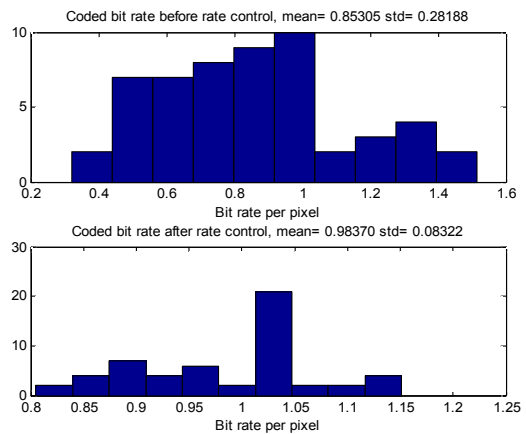


그림 15. 제안된 비트율 조절 알고리즘의 결과

비트율 조절의 결과 bpp 의 관점에서 평균 0.983, 표준편차 0.083 정도로 target 비트율에 보다 근접된 통계적인 특성을 보이고 있어 기존의 방식보다 통계적으로 우수한 비트율 조절의 결과를 보여주고 있다.

이와 유사하게, 50 개의 2592×1944 의 영상의 경우에도 비트율의 오차의 표준편차가 기존의 방식에서는 0.12 제안방식은 0.07, 50 개의 800×600 의 영상의 경우 기존의 방식이 0.14 제안방식은 0.05 가 얻어짐을 실험을 통하여 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 JPEG baseline encoder에서 image activity를 사용한 보다 개선된 비트율 조절 알고리즘이 제안되었다. 제안한 알고리즘은 많은 실험영상을 통하여 image activity, Quality factor, 비트율의 세가지 변수들의 통계적인 실험데이터로부터 최적의 non-linear regression을 사용하여 기존의 방식보다 우수한 target 비트율 조절을 이룰 수 있었다. 이러한 알고리즘은 계산량에 있어 현재 상용으로 나온 디지털 카메라와 같은 기기에 DSP (digital signal processor) 와 같은 장치로 실시간으로 구현하여 실용적인 결과를 제시할 수 있으리라고 판단된다.

참 고 문 헌

[1] M. Nakagawa et. al, "DCT-based still image compression ICs with bit-rate control," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, Vol.38, No.3, pp. 711-717, Aug. 1992.

[2] A. Bruna et. al., "JPEG rate control algorithm for multimedia," *2004 IEEE International Symposium on Consumer Electronics*, pp. 114-117, Sept. 1-3, 2004.

[3] S. W. Wu and A. Gersho, "Rate - constrained picture - adaptive quantization for JPEG baseline coders," *1993 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, 1993. Vol.5, ICASSP-93. pp. 389-392, Apr. 1993.

[4] *CCITT - Recommendation T.81*: "Information technology - Digital compression and coding

of continuous tone still images," - requirement and guidelines (1992).

[5] Wook Joong Lim et. al, "A bit allocation method based on picture activity for still image coding," *IEEE Trans. on Image Processing*. Vol.8. No.7, pp. 974-977, July 1999.

[6] 조재수 외, "멀티미디어 신호처리," 사이텍미디어, 2006.



양 윤 기

1985년 2월~1989년 2월 서울대학교 제어계측 공학과 공학사

1989년 3월~1991년 2월 서울대학교 제어계측 공학과 공학석사

1991년 3월~1996년 8월 서울대학교 제어계측 공학과 공학박사

1996년 7월~1997년 8월 삼성전자 통신연구소 연구원, CDMA 개발

1997년 8월~현재 수원대학교 정보통신 공학과 전임강사, 조교수, 부교수

관심분야 : 신호처리, 디지털 통신, 하드웨어 시스템구현



이 창 수

1985년 서울대학교 제어계측공학과 학사

1987년 서울대학교 제어계측공학과 석사

1997년 서울대학교 제어계측공학과 박사

1997년~현재 수원대학교 전자공학과 부교수

관심분야 : 영상처리, 통신시스템, OCT, 웨이브릿응용, 검사자동화



김 진 울

1982년 3월~1986년 2월 서울대학교 전자공학과 학사

1986년 3월~1988년 3월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사

1988년 3월~1993년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사

1993년 3월~현재 수원대학교 전자공학과 부교수

관심분야 : 신호처리, Visual Tracking