블록의 활성 레벨과 에지 특성의 분류를 이용한 동영상의 적응 양자화

Adaptive Quantization of Image Sequence using Block Activity Level and Edge Feature Classification

안 철 준, 공 성 곤
숭실대학교 전기공학과

요 약

본 논문에서는 2D-DCT 변환된 동영상 프레임 사이의 오차 블록들의 활성 레벨(activity level)과 에지의 특성을 분류하여 동영상의 적응적인 양자화를 제안한다. 각 블록에서는 활성 레벨이 각기 다르고, 같은 활성 레벨이라 할지라도 에지의 특성도 각기 다르게 나타난다. 적응적인 양자화를 위해서, 2D-DCT 변환된 영상 오차의 각 블록의 활성 레벨 뿐만 아니라 AC 계수들의 분포에 따른 에지 특성을 분류하면, 블록의 활성 레벨만을 일률적으로 적용한 Sorting 방법의 경우보다 향상된 영상을 복원할 수 있다. 블록의 활성 레벨은 AC energy에 의해서 측정하고, 에지 특성은 AC 계수들의 분포에 의해 결정하게 된다.

I. 서 론

동영상 각 프레임들 간의 높은 연관성을 이용하면 동영상의 압축률을 높일 수가 있게 된다[1]. 따라서 동영상의 압축은 2D-DCT 변환한 각 프레임의 오차 블록들에 대해서 양자화를 통해 이루어진다. 2D-DCT 변환된 동영상 프레임 사이의 오차 영상에서 8×8 크기의 부영상을 간단히 블록이라고 부르기로한다. 프레임 사이의 오차 내에서도 변화가 많은 블록들은 큰 값을 가지고, 변화가 적은 블록들은 작은 값을 가진다. 따라서 큰 값을 가지는 블록은 영상의 복잡도가 크다고 볼 수 있으며, 활성 레벨(activity level)을 사용하여 각 블록의 복잡함의 정도를 나타낼 수 있다. 활성 레벨은 AC energy를 구함으로써 결정되며, 결정된 각 블록들의 활성 레벨을 이용하여 적응적인 양자화를 하는 Sorting 방법[2]이 제안되었다. 그러나 Sorting 방법에서는 블록들의 활성 레벨만을 고려할 뿐, 블록들의 에지 특성이 각기 다르다는 점은 고려하지 않고 있다. 같은 활성 레벨로 결정된 블록이라 하더라도 에지 특성이 다를 수 있기 때문에, 각 블록의 AC 계수들의 분포를 분류하여 에지 특성을 양자화에 이용하면 활성 레벨만을 이용한 Sorting 방법보다 향상된 영상을 복원할 수 있음을 보인다. 블록의 에지 특성은 AC 계수들의 분포를 파악함으로써 분류할 수 있는데[3], 수직, 수평, 대각, 그리고 일반에지, 이렇게 크게 4가지 형태의 에지 특성을 구분해 낸다. 그림 1은 블록의 활성 레벨과 에지 특성의 분류를 이용한 동영상의 적응 양자화의 과정을 나타낸다.

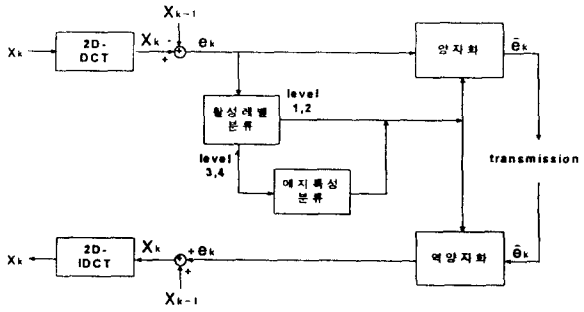


그림 1. 블록의 활성 레벨과 에지 특성의 분류를 이용한 동영상의 적응 양자화 방법의 블록선도

II. 블록의 활성 레벨 및 분류

각 블록들은 영상의 복잡한 정도가 각기 다르게 나타난다[4][5]. 동영상 프레임 사이의 변화가 많은 블록에서는 블록의 복잡함이 크게 나타날 것이고, 변화가 적은 블록에서의 복잡함은 작게 나타날 것이다. 따라서 각 블록들의 복잡

함의 정도를 분류하여 적응 양자화에 이용하면 복원 영상을 개선할 수 있다. 블록의 복잡함에 대한 정도를 활성 레벨로써 나타낼 수 있고, 블록의 활성 레벨은 각 블록의 AC energy를 구함으로써 결정할 수 있다. AC energy를 구하는 식은 다음과 같다.

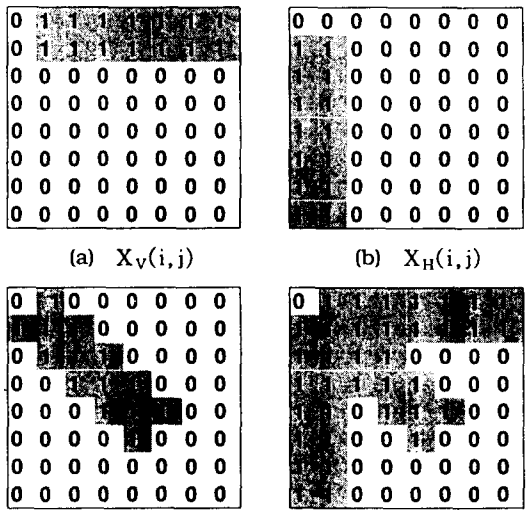
$$\text{AC energy} = -X^2(0,0) + \sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{M-1} X^2(i,j) \qquad (1)$$

X(0,0)은 블록의 평균 밝기를 가리키는 DC 값이다. X(i,j)는 M×M의 블록으로 2D-DCT 변환된 AC 계수이다. AC 계수들은 영상이 어떻게 구성되어 있는지에 대한 구체적인 정보를 지니고 있다. 따라서 이러한 AC 계수들을 이용하여 영상의 복잡함에 대한 정도를 결정할 수 있다. 식 (1)을 이용해서 각 블록에 대한 AC energy가 구해지면, AC energy의 크기를 비교하여 영상의 복잡함에 대한 활성 레벨을 결정한다. AC energy의 값이 크면 활성 레벨이 큰 블록이라고 결정하고, 반대로 AC energy의 값이 작으면 활성 레벨이 작은 블록이라고 결정할 수 있다. 동영상의 양자화에 있어서 각 블록들의 활성 레벨에 따라 적응적인 양자화를 적용하면, 블록의 활성 레벨에 대한 고려를 하지 않고 일률적으로 고정된 비트맵을 적용하여 양자화를 한 경우보다는 개선된 영상을 복원할 수 있다는 것이 널리 알려져 있다[2].

III. 블록의 에지 특성 및 분류

같은 활성 레벨로 분류된 블록이라 할지라도 2D-DCT 변환된 AC 계수들의 분포가 각기 다르게 나타날 수 있다. 영상의 에지 특성에 의해서 AC 계수들의 분포가 달라지기 때문이다[3]. 특히 영상의 수직, 수평, 대각에지 특성에 따른 AC 계수들의 분포가 두드러지게 나타난다. 영상의 수직 에지에 대한 AC 계수들은 블록의 윗쪽에 수평으로 분포하고, 수평 에지에 대한 AC 계수들은 블록의 왼쪽에 수직으로 분포하며, 대각 에지에 대한 AC 계수들은 블록의 대각으로 분포한다.

에지 특성의 분류는 창씌우기 방법에 의해서 결정한다. 수직, 수평, 대각, 그리고 일반에지, 이렇게 4가지 패턴의 특성을 가지는 에지창을 각 블록에 씌우기를 한다. 에지창을 크게 4가지로 분류한 이유는 영상의 수직, 수평, 대각에지의 특성이 AC 계수의 분포에 잘 나타나기 때문이며, 나머지 하나의 패턴은 세가지 에지 특성이 모호한 경우를 대비한 패턴이다. 4가지 에지창을 그림 2에서 보여준다. 그림 2의 에지창은 영상의 에지 특성을 그대로 반영한다. 창씌우기를 거친 각 블록들은 식 (2-5)에 의해서 에지 특성에 대한 V, H, D, N 각각의 값을 가지게 된다.



(a) $X_V(i,j)$ (b) $X_H(i,j)$ (c) $X_D(i,j)$ (d) $X_N(i,j)$

그림 2. 에지 특성을 고려한 에지창

$$V = \sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left(X^2{}_V(i,j) \right) /14 \qquad (2)$$

$$H = \sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left(X^2{}_H(i,j) \right) /14 \qquad (3)$$

$$D = \sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left(X^2{}_D(i,j) \right) /14 \qquad (4)$$

$$N = \sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{M-1}\left(X^2{}_N(i,j) \right) /36 \qquad (5)$$

$X_V(i,j), X_H(i,j), X_D(i,j), X_N(i,j)$는 각각 4종류의 에지창씌우기를 적용한 블록의 AC 계수이고, V는 수직 에지의 값을, H는 수평에지의 값을, D는 대각에지의 값을, 그리고 N은 세가지 에지로 분류가 모호한 경우인 일반에지를 나타내는 값이다. 식 (2-5)에 의해서 각 블록들의 4종류의 에지 특성에 대한 V, H, D, N의 값들을 비교하여 가장 큰 값을 가지는 에지 특성을 그 블록의 에지로써 분류한다. 따라서 각 블록들의 활성 레벨 뿐만 아니라 에지의 특성에 따른 AC 계수의 분포를 분류함으로써 적응 양자화에 적용할 수 있다.

IV. 블록의 활성 레벨과 에지 특성의 분류 적용

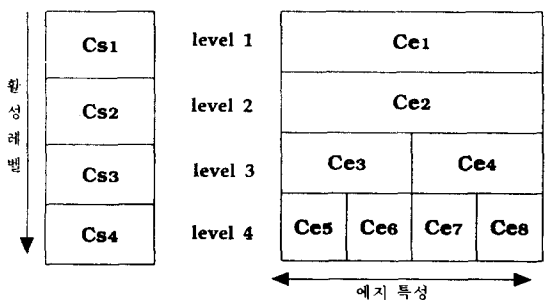
블록의 활성 레벨과 에지 특성의 분류를 이용하여 동영상의 적응 양자화를 제안한다. 먼저 블록의 활성 레벨은 2장에서 언급했던 것처럼 AC energy에 의해서 분류한다. 각 블록들의 활성 레벨이 결정되면, 높은 활성 레벨로 분류

된 블록들에 대해서 에지 특성을 분류하게 된다. 낮은 활성 레벨로 구분된 블록들에 대해서 에지 특성을 분류하지 않는 이유는, AC energy가 낮은 블록에서는 에지 특성의 분류가 큰 의미가 없고, 또한 불필요한 비트맵의 클래스수를 줄이기 위해서이다.

블록의 에지 특성은 3장에서 다룬 것처럼 창씌우기 방법을 통하여 분류한다. 즉, 각 블록들에 대해서 수직, 수평, 대각, 그리고 일반에지의 창씌우기를 한 뒤, 식 (2-5)의 각 값을 비교하여 가장 큰 에지값을 그 블록의 에지 특성으로 분류한다. 앞의 과정을 거치게 되면, 각 블록들은 활성 레벨과 에지 특성에 대한 분류 인덱스를 가지게 되고, 각 블록들의 인덱스 정보를 가지고 활성 레벨과 에지 특성에 적합한 비트맵을 적용하여 적응 양자화를 실행한다. 블록의 활성 레벨과 에지 특성에 대한 분류 인덱스 정보는 수신단에도 전송하여 역양자화에 이용하도록 한다. 블록의 활성 레벨과 에지 특성의 분류를 동영상에 대한 적응 양자화에 적용하면, Sorting 방법보다 동영상의 PSNR이 개선됨을 시뮬레이션을 통해서 확인한다.

V. 시뮬레이션

Sorting 방법과 에지 특성을 고려한 방법에 대한 시뮬레이션을 실시한다. 테스트 데이터로는, 256×256 크기의 'Miss America' 동영상 16개 프레임을 사용했다.



(a) Sorting 방법 (b) 에지 특성을 고려한 방법

그림 3. 비트맵 클래스의 종류

그림 3은 두가지 방법에서 적용시킬 비트맵 클래스의 종류이다. Sorting 방법은 AC energy의 크기를 4등분해서, 작은 값(level 1)에서 큰 값(level 4)순으로 Cs_1, Cs_2, Cs_3, Cs_4의 4개 비트맵 클래스를 적용시켰다. 에지 특성을 고려한 방법은 먼저 Sorting 방법처럼 AC energy의 크기에 따라 4등분으로 나눈 후에 활성 레벨을 결정한다. 활성 레벨이 level 1과 level 2로 결정된 블록들에 대해서는 에지 특성의 분류를 하지 않고 활성 레벨만을 가지고 비트맵 클래스로 Ce_1과 Ce_2를 결정한다. 활성 레벨이 level 3으로 결정된 블록들은 V와 H의 에지 특성을 분류하여, 에지 특성이 V로 결정된 블록은 Ce_3으로, 에지 특성이 H로 결정된 블록은 Ce_4로 비트맵 클래스를 결정한다. 마지막으로 활성 레벨이 level 4로 결정된 블록들은 V, H, D, N의 네가지 에지 특성에 대해서 모두 분류한다. 에지 특성이 V, H, D, N으로 각각 분류된 블록들은 각각 Ce_5, Ce_6, Ce_7, Ce_8, 의 비트맵 클래스로 결정된다. 낮은 활성 레벨로 결정된 블록에서는 에지 특성의 분류가 큰 의미가 없고, 비크맵 패턴수만 증가하기 때문에, 활성 레벨이 높은 두 단계의 블록들에 대해서만 에지 특성을 분류하였다.

에지 특성을 고려한 방법과 Sorting 방법의 압축 성능 비교를 시뮬레이션을 통해 살펴보았다. 그림 4에서 에지 특성을 고려한 방법이 Sorting 방법보다 PSNR이 개선됨을 볼 수 있다. 동영상 전체의 압축률은 약 36.7 : 1 로 동일하게 설정하였다.

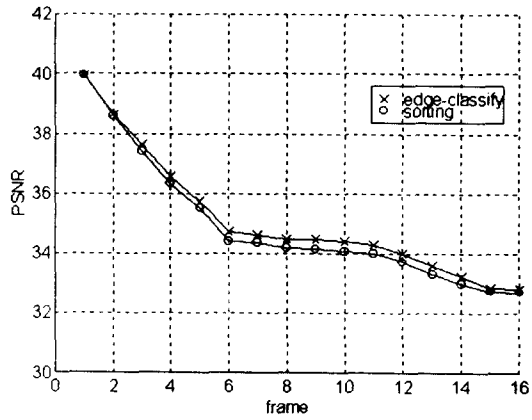


그림 4. Sorting 방법과 에지 특성을 고려한 방법의 압축 성능 비교

동영상의 전체 압축률을 구하는 과정을 살펴보면, 먼저 첫 번째 프레임의 압축 비트수를 계산한다.

$$Sl = \sum_{k=1}^{C}\left\{\left(\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{M-1}B_k(i,j)\right)\times P_k\right\} + P\times I_c \qquad (6)$$

$B_k(i,j)$은 각 클래스의 비트맵이고, C는 클래스의 수, M은 블록의 크기, P_k은 각 패턴으로 결정된 블록의 수, P는 전체 블록의 수이다. 첫 번째 프레임에 대한 클래스의 수 C 는 Sorting 방법과 같은 4개로 했다. I_c는 각 패턴의 종류에 따른 인덱스 정보를 전송하는데 필요한 비트

수이다. 클래스의 수가 4개이므로 인덱스 정보를 전송하는 필요한 비트수는 2이다. 전체 압축 비트수는 식 (7)에 의해서 구해진다.

$$S = Sl + \sum_{k=1}^{C}\left\{\left(\sum_{i=0}^{M-1}\sum_{j=0}^{M-1}E_k(i,j)\right)\times P_k\right\} + P\times I_c\times(f-1) \quad (7)$$

$E_k(i,j)$은 블록에 대한 각 클래스의 비트맵이고, f는 전체 프레임의 수이다. 시뮬레이션에 적용한 비트맵의 클래스의 수 C가 8개이므로 I_c는 3이 된다. 식 (7)에 의해서 전체 프레임의 압축 비트수 S 값이 나온다. 그래서 식 (8)를 이용하여 최종적인 전체 압축비 R을 계산한다.

$$R = S/(T^2\times b\times f) \quad (8)$$

$T^2\times b\times f$ 은 전체 동영상의 비트수이고, T는 전체 영상의 크기, b는 영상의 픽셀 한 개를 표현하기 위한 비트수이다. 본 시뮬레이션에서 T는 256으로, b는 8로 하였다.

그림 5는 Sorting 방법과 에지 특성을 고려한 방법에 의한 6번째 프레임의 영상을 비교한 것이다. 에지 특성을 고려한 방법이 Sorting 방법보다 PSNR이 개선됨을 볼 수 있다.

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 블록의 활성 레벨과 에지 특성의 분류를 이용하여 동영상의 적응 양자화를 제안하였다. 각 블록들은 복잡함의 정도인 활성 레벨이 다를 뿐만 아니라 에지 특성도 각기 달리 나타난다. 따라서, Sorting 방법처럼 블록의 활성 레벨만을 이용하여 적응 양자화를 실시한 경우보다 블록의 활성 레벨 뿐만 아니라 블록의 에지 특성을 분류하여 적응적인 양자화를 이용하면, 개선된 영상을 복원할 수 있음을 보였다. 블록의 활성 레벨은 AC energy에 의해 결정되고, 에지 특성은 각 에지 특성을 갖는 창씌우기를 이용하여 분류하였다. 그리고 시스템의 복잡도 면에서 에지 특성을 고려한 방법이 에지 특성의 분류를 위해 창씌우기라는 단순한 방법을 사용하였으므로, 시스템의 복잡도도 Sorting 방법보다 크게 높아지지 않는다.

참고 문헌

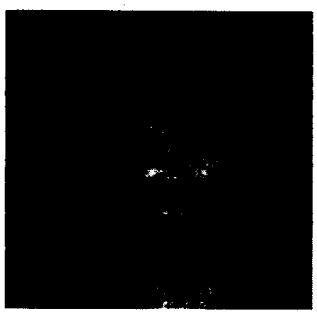
[1] R. C. Gonzalez and R. E. Woods , *Digital Image Processing* , Addison Wesley, 1993.

[2] W. H. Chen and C. H. Smith, "Adaptive Coding of Monochrome and Color Images," *IEEE Trans. on Communications*, Vol. COM-25, No. 11, 1285 1292, 1977.

[3] K. R. Rao and J. J. Hwang, *Techniques and Standards for Image Video and Audio Coding* , Prentice Hall PRT, 1996.

[4] M. G. Ramos and S. S. Hemami , " Edge-adaptive JPEG image compression," *Proceedings SPIE -The International Society for Optical Engineering* Vol.[2727-102], 1082 -1093 , 1996.

[5] D. G. Daut and J. C. Wu , " Adaptive cosine transform image coding with variable block size and constant block distortion," *Proceedings SPIE-The International Society for Optical Engineering* Vol. [2727-104], 1104-1117, 1996.



(a) 원래 영상

(b) Sorting 방법
(35.53 dB)

(c) 에지 특성을 고려한 방법
(35.73 dB)

그림 5. Sorting 방법과 에지 특성을 고려한 방법의 6번째 frame의 복원 영상