

균일 양자화기의 통계적 특성을 이용한 웨이브릿 부호화기의 성능개선

정회원 김 용 규*

Performance Improvement in Wavelet Transform Codec Using Statistical Characteristics of Uniform Quantizer

Yongkyu Kim* *Regular Member*

요 약

영상 부호화 기법에 적용하여 향상된 성능을 나타내는 균일 양자화기를 제안하였다. 또한 두 가지 형태의 서로 다른 균일 양자화기에 대하여 비트율-왜곡(rate-distortion) 특성을 분석하였다. 분석결과 입력(input source)의 평균 값을 기준으로, 구간값(decision level)을 이동시키는 제안한 양자화 기법이 다른 양자화기 보다 향상된 비트율-왜곡 특성을 보였다. 아울러 제안한 양자화기를 웨이브릿 변환 부호화기에 적용한 결과, 여러 가지 영상에 대하여 기존의 양자화 기법보다 우수한 결과를 얻었다.

ABSTRACT

It is introduced that a modified uniform quantizer which is applied to image codec gives improved performance. Two other uniform quantizers are also analyzed in terms of rate-distortion characteristics. It is verified that better rate-distortion characteristics are obtained by using decision levels shifted from the mean of the input source. Experimental results show that, applying to wavelet transformed image codec, the proposed quantizer is superior to a widely used uniform quantizer.

I. 서 론

일반적인 변환 부호화 기법은 변환계수의 양자화 문제와 이 양자화된 계수를 어떻게 부호화할 것인가의 문제를 해결하여야 한다. 가장 이상적인 양자화기는 양자화할 때 발생하는 오차를 최소화시키고, 아울러 양자화 결과의 엔트로피를 최소화시키는 것이다. 기존의 균일 양자화기는 각 양자화 구간에서 입력되는 신호의 확률분포가 균일하다는 가정에서 구해진 것이지만, 실제 입력되는 영상의 확률분포는 이 가정을 만족시키지 못한다.

양자화기는 매우 단순한 계산으로 구현되지만, 실생활에서 연속적인 물리량을 부호화, 전송, 기록, 분석하기 위하여 꼭 다루어져야 하는 문제이며, 양자

화기를 얼마나 잘 설계하였느냐에 따라 전체 시스템의 성능이 크게 좌우된다. 양자화와 엔트로피 부호화는 손실 소스 부호화(lossy source coding)의 일종이다. 실수(real number)의 입력 신호는 부호화기로 들어가고, 부호화기는 입력 신호를 비트 열로 바꾸어 출력한다. 복호화기에서는 최대한 원 입력 신호(original input signal)에 가깝게 출력신호를 재생한다. 이때 부호화기에서 원 입력신호를 표현하기 위해 어떠한 경우에도 비트율을 무한히 많이 사용할 수 없기 때문에 모든 실수에 대하여 유일한 양자화 비트 열을 가질 수 없다. 즉 부호화기의 입력과 출력이 항상 동일할 수 없으므로, 부호화기의 출력이 입력을 어느 정도 충실하게 나타내는데 대한 척도가 필요하다

양자화기의 성능을 평가할 때, 주어진 입력에 대

* 성결대학교 컴퓨터학부(ykkim@duke.sungkyul.edu)
 논문번호: 010090-0509, 접수일자: 2001년 5월 9일

하여 비트율과 충실도 두 가지 측면에서 고려되어야 한다. 비트율은 산술적으로 쉽게 구해질 수 있고, 양자화기의 성능 측면에서 볼 때 같은 비트율에서 충실도가 우수한 것이 바람직하다.

균일 양자화기는 구현이 용이하기 때문에 널리 이용되고 있고, 균일 양자화기와 Lloyd-Max 양자화기는 R. C. Wood^[1], H. Gish와 J. N. Pierce^[2]에 의해 자세히 분석된 바 있다. 대표값의 수가 충분히 많고 엔트로피 부호화기와 함께 이용된다면 균일 양자화기의 성능은 Lloyd-Max 양자화기보다 더 우수한 것으로 잘 알려져 있다.

기존의 균일 양자화기(conventional uniform quantizer : CUQ)에 관하여 몇 가지 흥미로운 결과가 보고되어 있다^{[3][4][5]}. CUQ는 대표값(reconstruction level)이 최소사승오차 기준에 근거하여 구간별로 결정되는 반면 균일한 구간값(decision level)을 갖는다. 이 경우 각 구간의 대표값은 역양자화를 위하여 수신단으로 전송되어야만 한다. 단순화된 균일 양자화기(simplified uniform quantizer : SUQ)는 가장 널리 사용되는 균일 양자화기이며 균일하게 배열된 구간값과 대표값을 갖는다. 이는 구현이 쉽고 복원을 위해서는 하나의 양자화 스텝 크기(quantizer step size)만이 필요하다. 이러한 이점 때문에 JPEG (Joint Photographic Expert Group)^[6]과 MPEG (Moving Pictures Expert Group)^[7]에서 이를 채택하였다. 그러나 SUQ는 높은 비트율(bit rate)에서는 CUQ와 거의 유사한 성능을 보이지만 낮은 비트율에서는 많은 차이를 보인다.

본 논문에서는 SUQ의 이점을 가지면서 향상된 성능을 보이는 수정된 균일 양자화기를 제안한다. 제안한 균일 양자화기(proposed uniform quantizer : PUQ)는 비트율-왜곡 함수(rate-distortion function)에 근거한 균일 양자화기(entropy constraint uniform quantizer)이다.

제2장에서는 양자화기의 성능평가를 위한 엔트로피와 평균 왜곡에 대하여 언급하고, 제3장에서는 두 가지 형태의 기존 양자화기에 대하여 분석하였고, 제4장에서는 제안된 양자화기와 그 특성에 대하여 언급했으며, 제5장에서는 웨이브릿 변환을 이용한 영상부호화기에 적용을 다루었고 마지막으로 제6장에서 결론을 언급했다.

II. 엔트로피와 평균 왜곡

입력 신호는 Laplacian 확률밀도를 따르고 분산은

σ^2 , 평균은 0(zero mean), 이산형태(discrete time)의 무기억 정적 과정(memoryless stationary process)을 가정한다. 양자화기의 구간값(decision level)과 대표값(reconstruction level)은 0에 대하여 대칭으로 배열되며 각각 d_k 와 r_k ($k = \dots, -1, 0, 1, \dots$)로 나타내고, 입력 신호의 전 영역은 겹치지 않는 무한개의 구간으로 분할되며, 각 구간 I_k 는 $[d_k, d_{k+1})$ 로 정의한다.

x 를 확률 밀도 함수(probability density function : pdf) $p_x(\cdot)$ 를 가지는 랜덤 변수(random variable), y 를 이산 랜덤 변수(discrete random variable)라고 할 때 양자화기 q 는 입력 x 를 다음과 같이 y 에 대응시킨다.

$$x \in I_k \text{ 일때 } y = q(x) = r_k \quad (1)$$

따라서 양자화 오차, $Q = x - y$ 는 pdf $p_x(\cdot)$ 를 가지는 랜덤 변수이고 평균 왜곡은

$$D = E[Q^2] = \int_{-\infty}^{\infty} [x - q(x)]^2 p_x(x) dx$$

이고, 여기서 $E[\cdot]$ 는 기대값을 나타낸다. 입력의 전 영역을 각 구간으로 분할하여 (1)을 이용할 경우 평균 왜곡은

$$D = \sum_{-\infty}^{\infty} \int_{d_k}^{d_{k+1}} (x - r_k)^2 p_x(x) dx \quad (2)$$

이 된다.

(2)를 입력원 분산 σ^2 으로 나누면 정규화된 평균 왜곡을 얻을 수 있다.

양자화된 신호의 엔트로피(entropy)는 다음과 같이 정의된다.

$$H = - \sum_{-\infty}^{\infty} P_k \log_2 P_k \quad (3)$$

여기서

$$P_k = \int_{d_k}^{d_{k+1}} p_x(x) dx \quad (4)$$

이다.

III. 기존의 균일 양자화기

양자화기는 0을 대표값으로 사용하는 중간끝기

(mid-tread) 형태와 0을 구간값으로 이용하는 중간올리기(mid-rise) 형태로 구분될 수 있다.^[8] 일반적으로 중간올리기 형태는 1 bps(bits/sample)이하의 비트율을 갖지 못하는 단점이 있으므로 본 연구에서는 중간올리기 형태만 다룬다.

3-1. CUQ

CUQ에서는 구간값이 균일하게 배열되고 각 구간의 대표값은 양자화 오차를 최소화하는 값으로 결정된다.

앞에서 가정한 입력 x 로 부터 x 의 pdf는

$$p_x(x) = \frac{1}{\sqrt{2\sigma}} e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma}|x|} \quad (5)$$

이고 k 번째 대표값은 다음과 같이 얻어지며

$$r_k = \frac{\int_{(k-\frac{1}{2})\Delta}^{(k+\frac{1}{2})\Delta} x p_x(x) dx}{\int_{(k-\frac{1}{2})\Delta}^{(k+\frac{1}{2})\Delta} p_x(x) dx}$$

여기서 Δ 는 양자화 스텝 크기, 즉 인접한 두 구간값의 간격이다.

식 (4), (3), (2)을 다시 쓰면 다음과 같다.

$$P_k = \int_{(k-\frac{1}{2})\Delta}^{(k+\frac{1}{2})\Delta} p_x(x) dx, \quad (6)$$

$$H(\Delta) = -\sum_{k=0}^{\infty} P_k \log_2 P_k, \quad (7)$$

$$D(\Delta) = \sum_{k=0}^{\infty} \int_{(k-\frac{1}{2})\Delta}^{(k+\frac{1}{2})\Delta} (x - r_k)^2 p_x(x) dx. \quad (8)$$

(6)에서,

$$P_0 = 1 - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}, \quad (9)$$

$$P_{k>0} = \frac{e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma}k\Delta} (e^{\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}})}{2}, \quad (10)$$

$$P_{k<0} = P_{-k} \quad (11)$$

이다.

(7), (9), (10), (11)로부터 엔트로피를 Δ 를 이용하여 나타내면

$$H(\Delta) = -\left(1 - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}\right) \log_2 \left(1 - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}\right) + \frac{\log_2 e \frac{\sqrt{2}\Delta}{\sigma}}{e^{\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}} - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} \log_2 \frac{e^{\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}}{2} \quad (12)$$

이고 (8)로부터, 정규화된 평균 왜곡을 Δ 로 나타내면

$$\frac{D(\Delta)}{\sigma^2} = 1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}\right) e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} - \frac{\Delta^2}{4\sigma^2} \left(\frac{e^{\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} + e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}}{e^{\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}}\right)^2 e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} \quad (13)$$

이다.

식 (12)와 (13)은 Δ 로 양자화된 데이터를 엔트로피 부호화(entropy coding)하면 비트율 $H(\Delta)$ 와 평균 왜곡 $D(\Delta)$ 로 부호화할 수 있음을 보여준다. 대표값은 출력의 엔트로피와는 무관하며, 대표값은 모든 구간값이 주어진 엔트로피에 의해 결정된 후, 최소 왜곡 기준에 의해 결정된다. 각 대표값은 다른 구간의 대표값에 대해 독립적으로 얻어진다. 물론, 모든 대표값은 역양자화를 위하여 전송되어야 한다.

3-2. SUQ.

단순한 균일 양자화기인 SUQ는 CUQ의 단순화된 형태로서, 그림 1에서 보인 바와 같이 대표값과 구간값 모두 균일한 간격을 갖고, 각 구간의 대표값이 그 구간의 가운데에 위치한 것이다. 여기서, 대표값은 고정된 스텝 크기 Δ 로부터 $k\Delta$ 로 결정된다. JPEG과 MPEG에서와 같이, 스텝 크기를 필요한 비트율에 따라 결정함으로써 적절한 양자화기를 설계할 수 있다. 그러나 이러한 형태의 양자화기는 주어진 각 구간에서 pdf가 균일하다는 가정 아래서 고려될 수 있다.

엔트로피는 (12)와 같고 평균 왜곡은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{D(\Delta)}{\sigma^2} = 1 - \frac{\frac{\sqrt{2}}{\sigma} \Delta}{e^{\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}} - e^{-\frac{\Delta}{\sqrt{2}\sigma}}}$$

실제로, SUQ는 그 단순함 때문에 널리 쓰이고 있으며, 역양자화를 위해서는 단지 하나의 스텝 크기만 필요로 한다. CUQ에 비하여 성능이 다소 떨어진다.

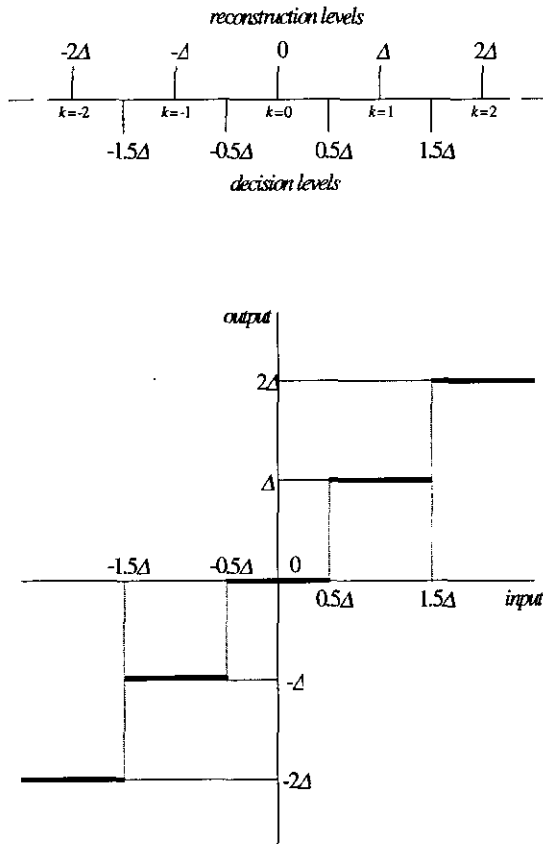


그림 1. SUQ(simplified uniform quantizer)의 함수 특성

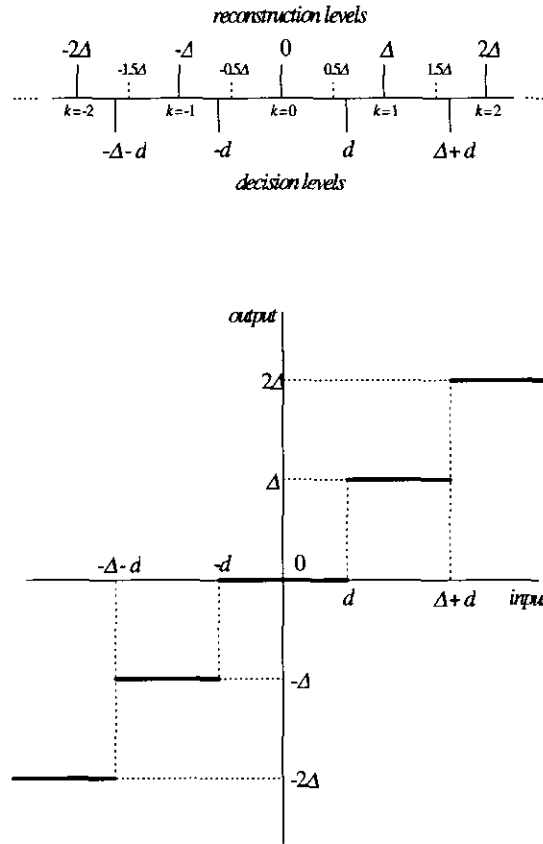


그림 2. PUQ(proposed uniform quantizer)의 함수 특성

어지지만 대표값을 모두 전송할 필요는 없는 장점이 있다. SUQ에서는 입력의 통계적(stochastic) 특성은 무시되며 데이터는 각 구간에서 균일(piecewise constant) pdf를 갖는 것처럼 양자화된다. 그러므로 입력 pdf를 고려하여 양자화에 반영할 수 있다면 성능이 향상될 수 있다.

IV. 제안한 양자화기(proposed uniform quantizer:PUQ)

4-1. 제안한 양자화기의 분석

지금까지는, 항상 구간값이 먼저 결정되고 나중에 대표값이 결정되었다. CUQ와 SUQ에서는 구간값이 동일한 방법으로 결정되기 때문에 같은 엔트로피를 갖는다. 이제, 균일하게 배열된 대표값을 갖는 새로운 형태의 균일 양자화기를 제안한다. 양자화 스텝 크기 Δ 는 인접한 두 대표값의 간격으로 재정의(redefine) 되고, 그림 2에서 보인 바와 같이 새로운 파라미터 d 를 도입한다. 일반 양자화기¹⁹⁾를 만족하

기 위하여,

$$0 < d < \Delta$$

이고, 이를 다음과 같이 나타낸다.

$$0 < a < 1 \text{ 일 때, } d = a\Delta$$

그림 3에서, $a=0.5$ 와 $a=0.73$ 인 경우를 비교하였다. 전자는 바로 SUQ를 의미한다. $a=0.73$ 에 대한 곡선은 2 bits/sample보다 낮은 영역에서 SUQ 보다 더 나은 성능을 보이고 있으며 $a=0.5$ 가 최적의 값이 아님을 분명히 보여준다. 따라서 파라미터 Δ 와 d 를 비트율-왜곡 측면에서 타당한 값으로 선택하는 것이 본 논문의 관심사가 된다.

SUQ에서는 구간값이 대표값과 마찬가지로 스텝 크기에 의해 결정되지만, PUQ에서는 별개의 파라미터 d 에 의해 조정된다. 본 논문에서, 대표값은 $k\Delta$ 로 정의되고 구간값은

$$\begin{cases} k\Delta + d & k \geq 0 \\ k\Delta - d & k < 0 \end{cases}$$

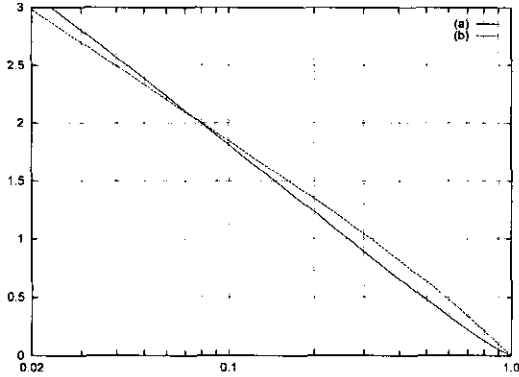


그림 3. CUQ(conventional uniform quantizer)와 변형된 양자화기의 비교 : (a) $\alpha=0.73$, (b) $\alpha=0.5$.

로 정의되며 이 점이 SUQ와 다르다. 실제로, $d=\Delta/2$ 이면 PUQ는 SUQ와 같게 된다. PUQ에서 Δ 와 d 의 형태로 엔트로피와 평균 왜곡을 표현하면 다음과 같이 주어진다.

$$P_0 = 1 - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d}, \quad (14)$$

$$P_{k>0} = \frac{e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} kd} \left(e^{\frac{\sqrt{2}}{\sigma} (d-d)} - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d} \right)}{2}, \quad (15)$$

$$P_{k<0} = P_{-k}, \quad (16)$$

$$H(\Delta, d) = - \left(1 - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d} \right) \log_2 \left(1 - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d} \right) + \frac{\sqrt{2} \Delta e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d}}{\Delta \left(1 - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d} \right) \ln 2} - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d} \log_2 \frac{e^{\frac{\sqrt{2}}{\sigma} (d-d)} - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d}}{2} \quad (17)$$

$$\frac{D(\Delta, d)}{\sigma^2} = 1 + \frac{\Delta}{\sigma} \left(\frac{\Delta}{\sigma} - 2 \frac{d}{\sigma} - \sqrt{2} \right) \frac{e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d}}{1 - e^{-\frac{\sqrt{2}}{\sigma} d}} \quad (18)$$

표 1. 여러 가지 비트율에 따른 파라미터 값

Entropy	0.4	0.6	0.8	1.0	2.0	3.0
Δ/σ	2.63008	2.23452	1.93953	1.70085	0.90948	0.47244
d/σ	1.98382	1.62094	1.35998	1.15650	0.54648	0.26151
λ	0.70330	0.53207	0.41322	0.32443	0.09622	0.02593
α	0.75428	0.72541	0.70119	0.67995	0.60088	0.55354

엔트로피 제한하에서, Δ 와 d 는 주어진 엔트로피 H_0 의 왜곡을 최소화하는 값으로 결정된다. R-D 특성을 얻기 위해서, Δ/σ 는 s 로, d/σ 는 t 로 치환한다. 그러면, (17)과 (18)은 각각 $f(s, t)$ 와 $g(s, t)$ 로 나타내질 수 있다. 여기에 Lagrange multiplier를 이용하면 다음을 얻는다.

$$f(s, t) - H_0 = 0, \quad (19)$$

$$\frac{\partial g(s, t)}{\partial s} + \lambda \frac{\partial f(s, t)}{\partial s} = 0, \quad (20)$$

$$\frac{\partial g(s, t)}{\partial t} + \lambda \frac{\partial f(s, t)}{\partial t} = 0. \quad (21)$$

이 식들은 s, t, λ 를 미지수로 하는 비선형 연립방정식을 구성한다.

4-2. 파라미터의 결정

주어진 비트율에서 양자화기의 파라미터를 구하는 것은 앞 절의 연립방정식의 해를 찾는 것이다. 이를 위해 수치해석 기법인 Newton-Raphson(N-R) 방법을 이용하였다. 초기값은 $s=t=\lambda=0.5$ 로 하였으며 (19), (20), (21)의 좌변의 절대값의 합이 10^{-5} 보다 작아질 때 종료하도록 하였다. 수행결과 반복 횟수는 10을 넘지 않았고 몇 가지 H_0 에 대하여 얻어진 파라미터를 표 1에 나타내었다.

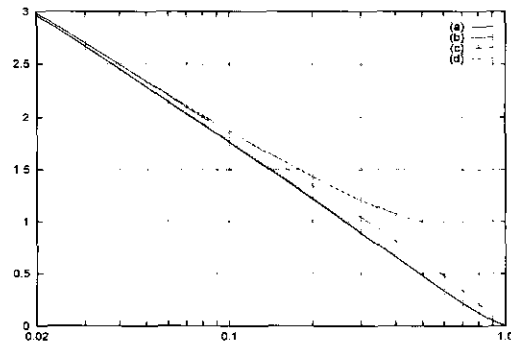


그림 4. 여러가지 형태의 균일 양자화기의 성능 비교 : (a) PUQ, (b) CUQ(mid-tread), (c) SUQ, (d) CUQ (mid-rise).

R-D 특성의 비교를 위하여 CUQ와 SUQ의 경우를 그림 4에 나타내었으며, 전 영역에 걸쳐, PUQ와 CUQ는 거의 같은 성능을 나타내지만, SUQ와 비교할 때, 낮은 비트율에서 현저하게 우수하다. 비트율이 증가함에 따라 성능의 차이는 줄어들며 α 는 0.5에 접근하였다. 중간올리기 형태의 CUQ도 그림 4에 나타나 있으나, 1 bits/sample 이하의 비트율은 얻을 수 없다는 문제점 때문에 잘 쓰이지 않는다.

PUQ는 구간값(decision level) d 를 양자화 과정에서 추가의 파라미터로 다루어야 하지만 d 자체는 역양자화 과정에서는 전혀 쓰이지 않는다. 실제로, 파라미터 d 는 양자화 과정에서 반올림점으로 간주될 수 있다. 따라서 역양자화 과정은 SUQ와 동일하게 다루어짐을 의미하며, 복호화단 측면에서 볼 때 PUQ는 SUQ는 정확히 같은 역양자화기가 된다.

V. 실험 및 결과

본 논문에서 가정된 pdf의 경우 제안한 양자화기 PUQ가 SUQ보다 우수하다는 사실을 R-D 분석을 통해 확인하였으나, 실제 주어진 입력 영상의 조건이 항상 가정된 부분과 일치하지 않기 때문에 실제 영상부호화기에 제안한 양자화기를 적용한 경우에 대한 실험이 필요하다. 본 실험에서는 웨이브릿 변환을 이용한 영상부호화기에 대하여 실험하였다 [11][12].

웨이브릿 변환은 블록현상(block effect)이 생기지 않는다는 장점 때문에 최근에 많이 사용되는 변환 기법이다. 실험에 사용된 변환은 Antonini^[13]가 제안한 9-7 탭 필터를 사용하였고, 대칭 확장(symmetric signal extension) 방법으로 구현하였다. 이 필터는 비교적 적은 탭(tap)으로 PR(perfect reconstruction) 조건과 선형 위상(linear phase)조건을 만족하는 쌍극 필터이다. 입력된 변환영상의 각 화소의 표준편차 σ 를 계산하여 표 1과 같은 방법으로 제안한 양자화기의 파라미터 α , Δ 를 구하였다.

제안한 기법들의 신뢰성을 위하여 모든 성능평가는 실제 압축된 결과로부터 복원된 영상으로 평가하였다. 제안한 양자화기의 성능이 입력영상에 무관함을 검증하기 위해서 서로 다른 두 종류의 표준영상을 사용했다. 모든 실험영상은 화소당 8비트의 계조도를 갖고, 해상도는 512×512이다. 부호화 성능을 정량적으로 평가하기 위한 척도로 PSNR(peak signal to noise ratio)를 사용하여 영상에 대한 객관

적 평가를 실시하였고, 사용된 식은 다음과 같다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{E \{ [f(i, j) - f'(i, j)]^2 \}}$$

양자화기만의 성능을 비교하기 위하여 동일한 부호화기에 대하여 서로 다른 양자화기를 적용하는 방법으로 실험하였다. 그림 5와 그림 6에서 Baboon 영상과 Bridge 영상에 대하여 기존의 SUQ를 사용하여 얻어진 결과와 제안한 양자화기 PUQ를 적용한 결과를 비교하여 그래프로 나타내었다. 결과에서 나타난 바와 같이 실험된 영상 모두에서 제안된 양자화 PUQ를 사용한 경우가 1 bpp 이하의 낮은 비트율의 영역에서 평균적으로 약 0.2-0.3 dB 향상된 결과를 보였다. 결과적으로 제안한 양자화기는 입력 영상의 통계적 특성과 무관하게 기존의 양자화기보다 우수한 성능을 발휘함을 입증하였다.

제안된 양자화기는 실용적 측면에서 기존의 역양자화기를 변형 없이 그대로 사용할 수 있는 장점이

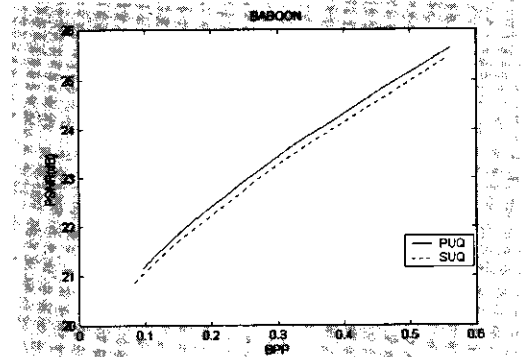


그림 5. Baboon 영상에 대하여 웨이브릿 변환 부호화기를 통한 PUQ와 SUQ의 결과비교

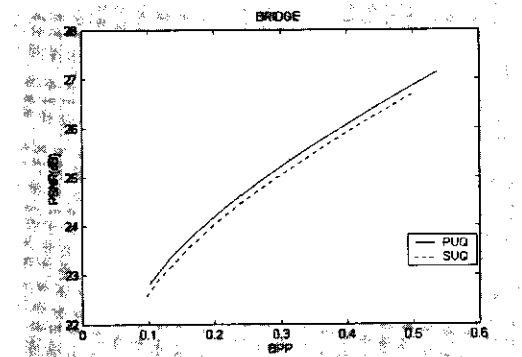


그림 6. Bridge 영상에 대하여 웨이브릿 변환 부호화기를 통한 PUQ와 SUQ의 결과비교

있고, 단지 양자화 과정에서 입력 영상의 통계적 특성을 반영하기 위해 간단한 통계값 추출과정이 요구된다. 그리고 향상된 성능을 얻기 위해 별도의 부가정보를 사용할 필요가 없기 때문에 기존의 여러 가지 부호화기와 호환이 가능하다는 특징이 있다.

VI. 결론

본 논문에서는, SUQ와 비교하여 우수한 성능을 나타내는 균일 양자화기를 제안하였고, 실제 영상부호화기에 적용하여 SUQ보다 1bpp 이하의 비트율에서 우수한 성능을 보였다.

수치해석을 통한 분석으로부터 모든 비트율에서 PUQ가 SUQ를 능가함을 알 수 있으며, 낮은 비트율에서는 그 차가 컸다. PUQ의 새로운 파라미터 d 는 SUQ의 경우 반올림점으로 간주될 수 있다.

양자화기 파라미터는 입력원이 Laplacian pdf를 갖는다는 가정 하에 수치해석적으로 해를 얻었으나, 실제적인 구현에 있어서 계산량을 최소화시키기 위해 적절한 입력 모델링이 필요하다. 또한 여러 가지 다른 pdf들에 대한 고려도 요구된다.

참고 문헌

[1] R. C. Wood. "On Optimum Quantization", IEEE Trans. on Inform. Theory, vol. IT-15, pp. 248-252, March 1969.

[2] H. Gish and J. N. Pierce. "Asymptotically Efficient Quantizing", IEEE Trans. on Inform. Theory, vol. IT-14, pp. 676-683, Sep. 1968.

[3] T. Berger. "Minimum Entropy Quantizers and Permutation Codes", IEEE Trans. on Inform. Theory, vol. IT-28, pp. 149-157, March 1982.

[4] P. Noll and R. Zelinski. "Bounds on Quantizer Performance in the Low Bit-Rate Region", IEEE Trans. on Communication, vol. COM-26, pp. 300-304, Feb. 1978.

[5] M. D. Paez and T. H. Glisson. "Minimum Mean-Squared-Error Quantization in Speech PCM and DPCM Systems", IEEE Trans. on Communication, vol. COM-20 pp. 225-230, April 1972.

[6] W. B. Pennebaker and J. L. Mitchell, Still Image Data Compression Standard, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.

[7] ISO-IEC/JTC1/SC/WG11 MPEG 2 IS, Nov. 1994.

[8] N. S. Jayant and P. Noll, Digital Coding of Waveforms, Prentice-Hall, New Jersey, 1984.

[9] A. Gersho and R. M. Gray, Vector Quantization and Signal Compression, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 1992.

[10] N. Farvardin and J. W. Modestino, "Optimum Quantizer Performance for a Class of Non-Gaussian Memoryless Sources", IEEE Trans. on Inform. Theory, vol. IT-30, pp. 485-497, May 1984.

[11] Y. Kim, H.G. Kim and K.T. Park, "New tree structure with conditional height difference for wavelet transform image coding," IEE Electronics Letters vol. 31, No. 2, pp. 90-92, 1995.

[12] Y. Kim, I. Choi, I. Lee, T. Yun, K.T. Park, "Wavelet Transform Image Compression Using Human Visual Characteristics and Tree Structure with A Height Attribute", Optical Engineering, vol 35, No. 1, pp. 204-212, 1996

[13] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," IEEE Trans. Image Proc., vol.1, pp.244-250, Apr. 1992.

김 옹 규(Young-kyu Kim)

정회원



1985년 2월 : 연세대학교

전자공학(학사)

1987년 2월 : 연세대학교

전자공학(석사)

1995년 8월 : 연세대학교

전자공학(박사)

1987년~1995년 9월 : 삼성전자

1996년~현재 : 성결대학교 컴퓨터 및 정보통신공학부
정보통신전공