

原画像との自乗誤差を常に最小とする順序で 符号化する画像の段階的伝送法

熊谷 毅

宇都宮大学工学部

5U-2

1. はじめに

静止画像の符号化法の1つである直交変換を用いた変換符号化は、受信しながら画質を次第に向上させて再生する段階的伝送にも利用されており、JPEGでも採用されている。

本稿では、常に原画像と再生画像の自乗誤差が最小になる順序に符号化する段階的伝送の一方式を提案する。従来の方法と同様に、変換係数の分散の表だけを転送することで実現できること、従来方式よりも速く画像の概形が得られることなどの特徴を有している。

2. 符号化方法

まず、符号化する画像を適当な大きさのブロックに分割し、各ブロック毎に直交変換を行う。JPEGのSS(Spectral Selection)方式では、高能率符号化が可能な離散コサイン変換を直交変換として採用している。

次いで、ブロック間の相関を利用して差信号で伝送する変換係数を符号化する。SS方式の場合、直流成分は、差信号で伝送する。

その後、各ブロックの対応する変換係数毎に分散を求め、分散の表を伝送するとともに、各変換係数の量子化ビット数を決定する。量子化ビット数は、量子化誤差の減少量を計算しながら逐次的に決定するアルゴリズム[1]に準拠したものを使用する。さらに、後述するように、この量子化ビット数を決定する順序を、量子化した値を伝送する順序とする。このため、量子化ビット数の決定と同時に符号化順序を決定することになる。

以下のアルゴリズムは、次にどの変換係数を量子化すれば全体の自乗誤差が最小になるかを調べながら、順番に量子化ビット数を決定するが、この順序で対応する変換係数を最上位ビットから伝送すれば、再生画像は、常に伝送ビット数に対して原画像との自乗誤差が最小になる。このため、量子化ビット数の決定順序を記憶しておく。

[アルゴリズム] (量子化ビット数と符号化順序の決定)

画像ブロックのサイズを $M \times N$ 、各変換係数の分散を $\sigma^2[u, v]$ ($u = 0, 1, \dots, M-1, v = 0, 1, \dots, N-1$)、各変換係数の量子化ビット数を数えるための配列を $b[u, v]$ 、各ブロック単位で量子化する総ビット数を B 、量子化ビット数を数えるため変数を c 、符号化順序を記憶するためのレコード型の配列を $s[c]$ とする。また、インデクス u, v の変換係数が従う分布において、量子化ビット数 n と分散 σ^2 から自乗誤差を求める関数を $\epsilon_{uv}(n, \sigma^2)$ とする。

0: $b[u, v]$ のすべての配列要素の値を 0 とする。 $c = 0$ とする。差信号で転送する変換係数に対応する分散の値を 0 とする。

1: $\epsilon_{uv}(b[u, v], \sigma^2[u, v]) - \epsilon_{uv}(b[u, v] + 1, \sigma^2[u, v])$ を最大とする u, v を探し、 $s[c].u, s[c].v$ に代入。

2: $b[s[c].u, s[c].v]$ を 1 増やす。

3: c を 1 増やす。 $c = B$ なら終了。そうでなければ 1: へ。

原画像との自乗誤差を許容値以内に収めるように符号化する場合には、自乗誤差の閾値を E_t とすると、アルゴリズムの 3: を次のもので置き換える。

3: c を 1 増やす。 $\epsilon_{uv}(b[u, v], \sigma^2[u, v])$ の総和が E_t 以下なら終了。そうでなければ 1: へ。

直交変換に離散コサイン変換を用いた場合、交流成分に対する各変換係数の分布は、ラプラス分布またはガウス分布に従うことが知られている [1]。

このため、自乗誤差を求める関数 $\epsilon_{uv}(n, \sigma^2)$ は、これらの分布の基準となる分散の値に対する量子化ビット数と自乗誤差の関係を示した表を準備すれば容易に実現できる。この値は、Lloyd-Max の量子化の方法 [2] を用いれば得られるが、量子化レベル数に対する量子化誤差、量子化閾値、出力代表値を一覧にして公開されている表 [1] を使用することができる。

各変換係数に対する量子化ビット数の決定後、変換係数を量子化し、量子化ビット数を決定した順序に従って量子化した値を伝送する。上のアルゴリズムは、原画像と再生画像との間の自乗誤差を最小にするように量子化ビット数を決定していくものであるため、この決定順序に従って伝送すれば、再生画像は、常に原画像との自乗誤差が最小になる。

例えば、量子化ビット数を、 $(u, v) = (1, 0), (0, 1), (1, 0), (1, 1), \dots$ の順序で決定したとき、伝送順序を、



図 1: 原画像.



図 3: 自乗誤差.



図 2: 再生中の画像.



図 4: SS 方式の自乗誤差.

(1, 0) の最上位ビット, (0, 1) の最上位ビット, (1, 0) の上から 2 番目のビット, (1, 1) の最上位ビット, ... とする.

これに対し, SS 方式ではジグザグ順序で伝送するため, 伝送途中では, 伝送したビット数に対して, 量子化誤差が最小とはならない.

再生側では, 最初に伝送される分散の表を使用し, 符号化時と同じアルゴリズムを使用して受信するビットの順序を知る. その後は, 従来の変換符号化による段階的伝送と同様に再生できる.

3. 再生画像例

直交変換に離散コサイン変換を使用して提案方式で符号化し, 再生中の画像を示す. 図 1 は原画像とした 256 階調の画像である. 図 2 は, 原画像の直流分を伝送後, ブロックの大きさを 8×8 とし, 画素当たり 0.5 ビット伝送して得られる画像であり, 図 3 は各画素毎の原画像との自乗誤差を画像として表現したものである.

SS 方式で, ブロックの大きさを 8×8 とし, 画素

当たり 1 ビット伝送する場合の 0.5 ビット伝送終了時の原画像との自乗誤差を図 4 に示す. 2 つの誤差画像を比較すると, 提案方式の優れていることがわかる.

4. むすび

段階的伝送方式に適した新しい画像符号化方法を提案した. 本方式は, 従来方式と符号の伝送量は等しいが, 再生途中においても常に原画像との自乗誤差が最小になる順序で符号化している. このため, 周期性や方向性のある画像, 高周波成分を多く含む画像ほど本方式が有効となる.

参考文献

- [1] Anil K. Jain, "Fundamentals of Digital Image Processing," Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1989.
- [2] Joel Max, "Quantizing for Minimum Distortion," *IRE Trans. Inform. Theory*, IT-6, pp.7-12 March 1960.