

H. 264／AVC符号化画像への情報秘匿に関する研究

日大生産工(院) ○長谷 勇輝
日大生産工 伊藤 浩

1 はじめに

近年、デジタルコンテンツがインターネット上で不正にアップロードされることが問題になっている。本研究では、動画の伝送や蓄積において欠かすことができない動画圧縮規格 H.264/AVC[2]を対象とした電子透かし[1]に着目し、符号量の増加や画質の劣化を軽減できる埋め込み方法を提案する。この方法を用いることにより、動画コンテンツにほとんど影響を与えることなく著作権の保護主張ができるだろう。

2 問題提起

2.1 埋め込み手順と原理

H.264/AVC には画面間と画面内による符号化があり、今回は画面内符号化されたフレームに電子透かしを埋め込む。画面内の符号化方法は、ブロック間の画素相関を利用するイントラ予測符号化、周波数に変換する DCT 変換、状況によって量子化テーブルの変化が可能な量子化から成り、電子透かしは量子化された DCT 係数に埋め込む(図1)。このように画像の周波数特性に埋め込めば、人間の視覚に気付かれ難くなる。埋め込み原理は、電子透かしデータのビット値が1なら DCT 係数の量子化値を奇数に、0なら偶数に変更するものである。

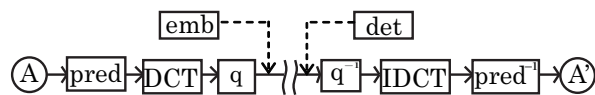


図1: H.264/AVC と電子透かしのフロー

2.2 H.264/AVC への電子透かしの影響

符号量の評価には式(1)で示す予測誤差電力を用いる。 i はブロック内の画素番号、 d_i はイントラ予測符号化によって出力される符号化対象画素と符号化参照画素の差分値である。

$$\sigma^2 = \frac{1}{16} \sum_{i=1}^{16} d_i^2 \quad (1)$$

式(2)は予測誤差電力と符号量の関係を表す式である。 $D(R)$ は量子化の歪みで R は符号量を表す変数である。量子化パラメータ qP を一定として D が変

わらない場合、予測誤差電力が大きければ符号量が大きく予測誤差電力が小さければ符号量が小さくなることを意味する。

$$D(R) = 2^{-2R} \sigma^2 \quad (\text{文献 [3]}) \quad (2)$$

埋め込みの有無の違いを正確に確認するために、 qP を一定とし情報を埋め込む場合は必ず量子化された DCT 係数を+1するように固定して 300×281 の画像からランダムに z ブロック選び各ブロックの高周波成分に1ビットずつ埋め込んだ。その結果が表1

表1: 埋め込みの影響

埋め込み z (bit)	予測誤差電力	PSNR(dB)
0	7.827360	34.62
50	7.898999	34.59

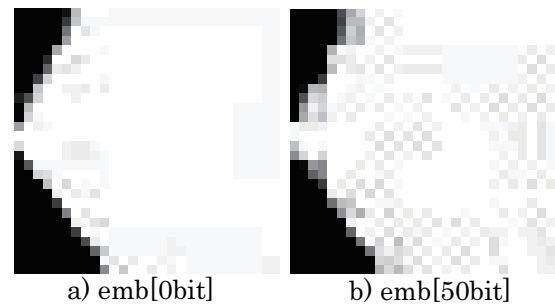


図2: 視覚による埋め込み有無の画像評価

であり、埋め込み無(0ビット)に比べ埋め込み有(50ビット)は予測誤差電力が増加していることがわかる。また、PSNRも若干ではあるが減少していることがわかる。図2は、埋め込まれた周辺を拡大し影響がわかりやすいようにコントラストを調整した画像である。表1でPSNRの値がほとんど変わらないのにも関わらず図2では埋め込んだ方が画質の劣化が著しいのが視覚的に確認できる。

3 提案する埋め込み方法

予測誤差電力の増加と画質の劣化の原因を考え、この影響が発生しない埋め込み方法を提案する。

3.1 予測方向と透かしによる歪みの伝搬

H.264/AVCの画面内予測符号化は9通りのモード(予測方法)があり、その中からブロック毎に符号

量が一番少なくなる最適なモードを選ぶことができる。予測に用いるブロックに電子透かしを埋め込むと、参照する画素はローカルデコーダから得られた復号値で DCT 変換されるので参照ブロック全体の画素値が変わる。このため、透かし情報が入った参照ブロックを使って符号化すると符号化対象ブロックの画素値も変化する。つまり、情報を埋め込んだことによって発生した歪みが伝搬することになる。この歪みの伝搬は 1 つの符号化対象ブロックだけに留まらず、次のブロックやその次のブロックに影響を及ぼし、画質の劣化が必要以上に大きくなる原因となりえる。

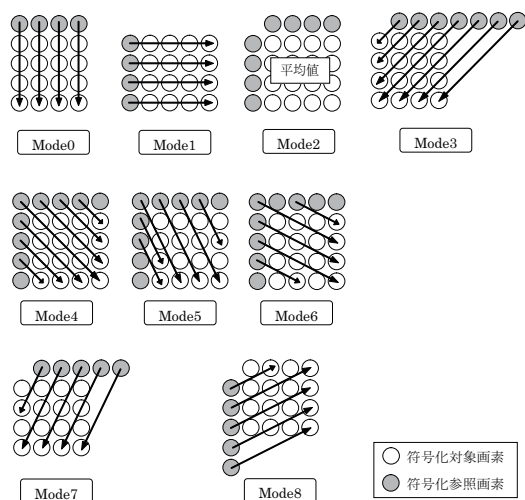


図 3: イントラ予測符号化の予測方法 (文献 [2])

3.2 伝搬が発生しない埋め込み

図 3 から予測モード毎に参照される画素 (参照ブロック) が違うところに注目した。たとえば、モード 1 では符号化対象ブロックの左の参照ブロックが符号化対象ブロックの 16 画素に影響を与えている。モード 4 では符号化対象ブロックの上ブロックが符号化対象画素の 6 画素、左ブロックが 6 画素、左上ブロックが 4 画素に影響を与えている。この H.264/AVC 特有の予測方法に対して、符号化参照ブロックに符号化対象ブロックへ影響を与える画素分をポイントとして重みづけをする。モード 1 であれば、この左の参照ブロックに 16 ポイント (1 画素 1 ポイントとして計算) を与える。モード 4 なら、上、左、左上参照ブロックにそれぞれ 6 ポイント、6 ポイント、4 ポイントと重みをつける。このように各ブロックで使用される予測モードに応じて参照ブロックに重みづけをしていき、そのポイントの累計を求める。つまり、電子透かしの影響による伝搬が発生しないブロックが重みポイント 0 のブロックである。提案する埋め込みは、この重みポイント 0 のところのブロックに

埋め込む方法で、符号量の増加や画質の劣化を軽減できる埋め込み方式である。

4 結果

2.2 節で用いた画像では、埋め込み可能なブロックが全 5250 ブロック中 334 ブロックあった。表 2 は、埋め込み無しの場合と提案した方法で埋め込んだ場合との結果を表したものである。予測誤差電力を見ると、提案した方法は埋め込み無しと比べて全く変わらないことがわかる。これは、埋め込んだブロックの歪みそのものは存在するが次のブロックへの伝搬が発生しないためである。また、PSNR を見ると、提案した方法は表 1 で示した埋め込みと比べ数値が上がっていることが確認できる。図 4c, 図 4d は提案した方法で、それぞれ 50, 100 ビット埋め込んだ画像である。図 2b で見られた画質の劣化はなく図 2a と比べても画質にほとんど変化が見られないことがわかる。

表 2: 提案した埋め込みの影響

埋め込み z (bit)	予測誤差電力	PSNR(dB)
0	7.827360	34.62
[提案方式]50	7.827360	34.61



c)newemb[50bit] d)newemb[100bit]

図 4: 提案方式の視覚による画像評価

以上のように、数値的にも視覚的にも、提案した方法は H.264/AVC の予測符号化によって発生する歪みの伝搬を抑えたことがわかる。

5 おわりに

本研究では、符号量の増加と画質の劣化を軽減できる埋め込み方法を提案した。

電子透かしを埋め込んだブロックにおける符号量の増加は存在するが、画像全体の符号量に対して極めて小さいと考えられる。今後は、この符号量の増加を明らかにし、方式全体の優位性を確認する。

参考文献

- [1] 小野東, “電子透かしとコンテンツ保護”, オーム社, 2001.
- [2] 角野真也他, “改訂版 H.264/AVC 教科書”, インプレス R & D, 2006.
- [3] N.S.JAYANT, PETER NOIL “DIGITAL CODING OF WAVEFORMS”