

JPEG圧縮画像復号の並列処理方式

7S-1

*宗政 成大,*武田 晴夫,**金澤 龍樹

(株)日立製作所 システム開発研究所, *(株)日立製作所 オフィスシステム事業部

1. まえがき

JPEGは、伝送エラーの再同期や並列復号処理を実現するリスタートマーカコードを符号化データ中に挿入できる[1]。しかし、マーカコードの挿入は必須仕様でなく、並列プロセッサベースの共通WS等、様々な仕様のJPEG符号化データが入力される復号機にとっては、マーカコードの存在は仮定出来ない。

本稿では、JPEG(リスタートマーカコードなし)、その他の可変長Huffman符号化データのように、符号途中から復号不可能な符号化データに対し、高効率に並列復号する処理方式を提案する。

2. JPEG並列復号処理

JPEG復号処理は、Huffman復号、逆量子化、IDCT、YUV-RGB変換からなる(図1)。Huffman符号は可変長符号であるため符号途中から復号できず、そのためHuffman復号処理の並列化は困難である。JPEG復号処理を並列化する際、Huffman復号処理をいかに効率よく並列化するのが1つのポイントになる。

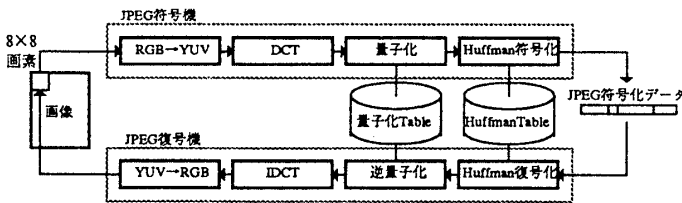


図1 JPEG符号/復号処理

本方式は大別して3つのSTAGEで構成される(図2)。STAGE1はHuffman復号の並列処理部であり、本稿の主要内容である。STAGE2はHuffman復号以降の処理(逆量子化、IDCT、YUV-RGB変換)の並列処理部、STAGE3はn並列復号処理によるn枚の生成画像を1枚にマージする処理部である。STAGE2, 3は、ブロック(8x8画素)単位に独立処理が可能であり処理の並列

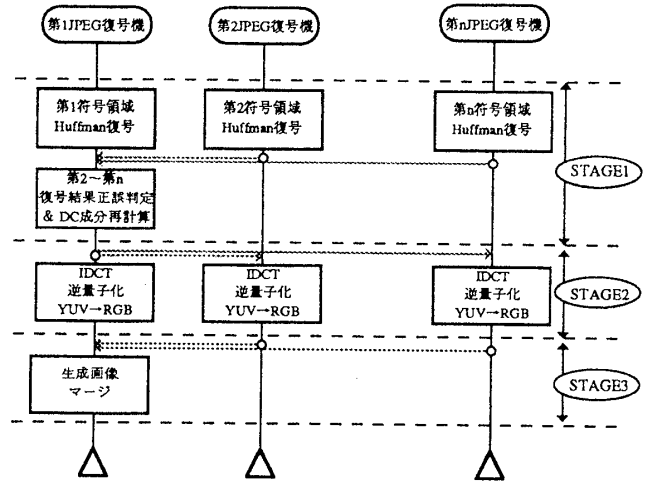


図2 JPEG並列復号の処理概要

化は容易である。以下、n並列マシンを想定環境とし、STAGE1について説明する。

JPEG符号化データをn分割し、先頭から順に第i(i=1~n)符号領域と呼ぶことにする。第1JPEG復号機は第1符号領域(即ち符号の先頭部分)についてHuffman復号を開始する。第i(i=2~n)JPEG復号機は第i(i=2~n)符号領域(即ち符号の途中部分)の先頭ビットをHuffman符号の仮の先頭と想定し、Huffman復号を開始する。従って第i(i=2~n)JPEG復号機のHuffman復号結果の正当性は保証されない。但し、復号処理途中で不合理と分かる場合がある。例えば、AC成分が1ブロックに64個以上生成される、画像サイズ以上のブロック数を復号する等である。この時、第i(i=2~n)JPEG復号機はHuffman復号処理を中断し、新たな符号先頭を想定してHuffman復号処理を再開する。即ち、正当なHuffman復号処理が保証されている第1JPEG復号機以外は、上記のような試行錯誤的なHuffman復号処理を繰り返す。第1JPEG復号機が第1符号領域の復号を完了すると引き続き第2符号領域を数ブロックHuffman復号し、その結果と第2JPEG復号機のHuffman復号結果を照合する。矛盾がなければ、第2符号領域の復号結果として第2JPEG復号機のHuff

man復号結果を採用しそれ以上第1JPEG復号機は第2符号領域を復号しない。矛盾するなら、第1JPEG復号機はさらに数ブロック分をHuffman復号し再度照合を繰り返す。第nJPEG復号機によるHuffman復号結果の正当性判定が終了後、差分値として復号化されていたDC成分を真値に再計算し、STAGE1を終了する。

3. 第 $i(i=2-n)$ JPEG復号機のHuffman復号正当率

第 $i(i=2-n)$ JPEG復号機のHuffman復号結果正当率を実験評価した。実験対象画像はCCITTの標準フルカラー画像(表1(a)girl, (b)boat 512x512画素)を用いた。まず、対象画像のJPEG符号化データのY-DC(輝度直流)成分のHuffman符号先頭ビット位置を調査し、参照テーブルとして保持する。つぎにJPEG符号化データ中の全てのビット位置からHuffman復号処理を開始し、1ブロック(YUVの計3ブロック分)復号する毎にその時のY-DC成分のHuffman符号先頭ビット位置の正誤を参照テーブルで確認する。誤りなら更にもう1ブロックHuffman復号し参照テーブルで確認する。正しければそれまでに復号したブロック数を記録する。復号画像のブロック総数が4096個であるため、Y-DC成分のHuffman符号先頭ビット位置も4096個存在する。この位置から復号を開始すれば最初から(即ち、HITするまでの復号ブロック数0で)正当な復号結果となり、全ビット位置中2%(=4096/207926)に相当する。これ以外の位置から復号を開始すると正しい復号とならない。しかし、1ブロック(即ち、64x3個のHuffman符号を)復号後Y-DC成分の先頭ビット位置が正当となるのは、全ビット位置中約80%(=163983/207926)存在する。即ち、誤ったビット位置を符号先頭として復号を開始しても64x3回のHuffman復号以内に正当な符号先頭位置に同期する場合が80%存在する。項目Failは、Huffman復号時に該当する符号が存在しない等、Huffman復号処理を継続できない場合の発生数である。この実験結果によれば、殆どのビット位置において、数ブロックHuffman復号すれば正当な符号の先頭位置に同期し、第 $i(i=2-n)$ JPEG復号機のHuffman復号結果の殆どを復号結果として採用できることを示している。

表1 Huffman復号の誤り率(間引きなし:512x512 Full Color)
(1)girl

HITするのに必要な復号Block数	0	1	2	3	4	5	6	7	Fail
該当ビット位置数	4096	163983	31014	6722	1423	245	10	9	115
全符号ビット数比(%)	2	79	15	3	1	-	-	-	-

全符号ビット数:207926 bit

(2)boat

HITするのに必要な復号Block数	0	1	2	3	4	5	6	7	8	Fail
該当ビット位置数	4096	193357	40033	8766	1800	438	65	34	4	253
全符号ビット数比(%)	2	78	16	3	1	-	-	-	-	-

全符号ビット数:248846 bit

4. 処理時間評価結果

CCITTの標準フルカラー画像(表2(a)girl, (b)boat サイズ:512x512画素)を対象に本方式によるJPEG並列復号時間を測定した。実験にはMIMD密結合型並列計算機(100MIPSx4CPU)を使用した。STAGE3を含めた時間をTotal時間としたが、STAGE3は目的に応じ他処理に隠れる部分であり、本質的なJPEG復号時間はSTAGE1+2である。4プロセッサ並列復号時に1プロセッサ復号時比2.5倍程度の効率化が図れた。

表2 JPEG並列復号の処理時間(間引きなし:512x512 Full Color)

(1)girl				
N並列処理	1	2	3	4
STAGE1+2	1.21	0.74	0.62	0.56
STAGE3	0.35	0.36	0.36	0.37
Total	1.56	1.10	0.98	0.93

(2)boat				
N並列処理	1	2	3	4
STAGE1+2	1.23	0.71	0.57	0.48
STAGE3	0.36	0.37	0.36	0.38
Total	1.59	1.08	0.93	0.86

5. むすび

リスタートマーカコードのないJPEG符号化データを並列に復号する方式を提案した。JPEG, その他の可変長Huffman符号化データのように符号途中から復号することが出来ない符号化データに対し、実行可能な処理を並列先行処理し、その結果を必要に応じて選択的に採用した。結果、CPUパワーを有効活用でき、復号処理の並列性を高めることができた。

参考文献

- [1]William B.Pennebaker Joan L.Mitchell.
Jpeg Still Image Data Compression Standard.
New York:Van Nostrand Reinhold(1993)