

博士(工学) 金丸利文

学位論文題名

動画像の高能率符号化に関する研究

学位論文内容の要旨

テレビ会議やテレビ電話等の新しい画像通信サービスが登場し、現行テレビジョンに比べ格段に優れた画像品質を持つ高精細テレビジョン(HDTV)の衛星放送による国内実用化も間近に迫り、現在画像通信の分野は急速な発展を遂げている。この発展を支えるためには、不足しつつある伝送路の大容量化と同時に経済化を図る必要がある。このように伝送路の経済化を図るために、高能率符号化による動画像の伝送レートの削減が強く要求されている。

本研究では、動画像の高能率符号化を目指すために、動き補償を中心に検討を行った。動き補償は、動画像データの時間軸方向の冗長度を取り除く方法であり、この後に行われる動き補償予測誤差の変換符号化と合わせて動画像の高能率符号化のためには欠くことのできないものである。本研究では、滑らかで自然な動き補償予測が符号化効率を高める上で重要であると考え、その点について詳細に検討を行った。

先ず、従来の動き補償方式を改良するというアプローチから始めた。従来の動き補償方式では、固定ブロック・サイズで行われていたため、ブロック境界部分に歪が生じ、これが予測誤差信号の高周波成分になり、全体の符号化効率を低下させる要因になっていた。そこで、本研究では、小領域アフィン変換を用いた動き補償法を提案し、実際のシミュレーションによりその有効性を確認した。この方法は、小領域において、ブロック毎の動きベクトルから画素毎の動きベクトルをアフィン変換で表現する。アフィン変換のパラメータは、動きベクトルが空間方向に関して連続的であるという条件から決定される。動きベクトルが空間的に滑らかになるために、ブロック歪が抑えられ高周波成分を抑圧することができた。シミュレーションの結果、既存の方法である予測値の重み付け加算による方法と組み合わせると、更に効率の良い動き補償ができることが立証された。

次に、動き補償法そのものを見直した。本研究では、指定した1フレームあたりの平均ブロック・サイズに応じた可変ブロック・サイズによる動きベクトル検出法を提案した。動き検出には階層画像を用い、動きの状態により途中の階層で検出を打ち切ることによってブロック・サイズを可変にする。検出打ち切りの判定は最上位階層での検出結果を評価することにより行う。こうすると、平均ブロック・サイズ、動きベクトルの符号量及び検出に要する計算量を動画像データに依らず一定にできる。従って、伝送路に送信する動きに関する符号量の制御が容易となる。ま

た、実時間処理を行う符号化システムの設計のためには、安定な動きベクトル検出器の設計が容易になる。動画像符号化に対する応用例を 2 つ挙げて、提案方式の有効性を示した。

また、可変ブロック・サイズ動き検出法の動き補償への新しい適用方法を提案した。平均ブロック・サイズなどの諸量が検出打ち切りを決めるパラメータの 1 次式で表されると仮定し、実際のシミュレーション結果からパラメータを決定するのに必要な各種係数を決定した。これを使って、パラメータを平均ブロックサイズ、計算量及び動きベクトル符号量で計算できる式を導出する。このようにして、希望する諸量を与えて設定すべきパラメータを経験的な手法に依らず自動的に決定することができる。更に、実際の動画像データを対象とした符号化実験の結果により、本手法の有用性を立証した。

次に、動きベクトルの空間的及び時間的連続性を考慮した動き補償法を検討した。この方法は求めた動きベクトルをどのように伝送するかという問題であり、この点について 2 つの方法を提案した。最初に連続する動きベクトルの間の関係を利用したフレーム外挿による動き補償法を提案した。最近の研究では、連続する動きベクトル間の関係を積極的に利用したものはほとんどない。ここでは、連続する動きベクトルは余り大きな変化はないと仮定して、次のフレームの動きベクトルの予測に使用する。これにより、動きベクトルを送らずに予測誤差のみの伝送により効率の良い動画像の伝送が可能となった。次に、動きベクトルの符号化法について新しい方法を提案した。従来方式では、1 つ前のブロックの動きベクトルとの差分を可変長符号化している。即ち、動きベクトルの空間的連続性を利用している。本研究では、動きベクトルの空間的連続性ばかりでなく、時間的連続性も考慮した。動きの単純な動画像データでは、動きベクトルは空間方向ばかりでなく時間方向にも連続している。このことを考慮にいれて動きベクトルの差分を取れば、効率の良い動きベクトルの符号化を行うことができる。

最後に、動き補償後の予測誤差信号の符号化について検討を行った。動き補償後の予測誤差信号には、エッジ成分などの高周波成分が残りやすい。通常は、低周波成分を重点的に符号化し、高周波成分を除去することにより高能率な符号化を達成している。しかし、低レートでの符号化においては、高周波成分の除去が目に付く画質の劣化となる。従って、エッジ成分を良く保存する符号化方法を考える必要がある。本研究では、画像をウェーブレット変換することによりクラス分けし、エッジ・パターンを当てはめる方法を提案した。エッジ・パターン符号化を平均値分離正規化ベクトル量子化の一種と見なし、最適なビット割り当てを検討した。このことにより、今までエッジ・パターン数を経験的に選んで来たのに対し、自動的に設定できるようになった。

以上のように本研究では、動画像の符号化に関して全般的に検討を行い、高能率符号化を行うための幾つかの手法を提案し、その有効性を数値実験により明らかにした。

学位論文審査の要旨

主査 教授 小川吉彦
副査 教授 栃内香次
副査 教授 北島秀夫
副査 助教授 三木信弘

学位論文題名

動画像の高能率符号化に関する研究

マルチメディアやHDTVなどの進展と共に、膨大なデータ量を有する動画像の伝送あるいは蓄積のために、画像の高品質性を保ちながら大幅にデータ量を圧縮する高能率符号化の要求が一段と厳しくなってきている。

本論文は上述の要求を満たすべく、動画像の冗長度除去に不可欠の動き補償法を中心にして動画像の高能率符号化の研究を行ったものであり、特に滑らかで自然な動き補償予測を行うことが符号化効率を高めるために重要であるとの観点を重視している。

始めに、固定ブロック・サイズで行われている従来の動き補償方式では、ブロック境界部分に生じるブロック歪が予測誤差信号の高周波成分を増やし、全体の符号化効率を低下させている問題点の解決を試みた。このために小領域アフィン変換手法を用いてブロック単位の動きベクトルから画素毎の動きベクトルを表現し、動きベクトルの空間的滑らかさを強調して高周波成分を抑圧する手法を提案している。また、シミュレーションによりブロック歪の改善を立証している。

次に、従来の固定ブロック・サイズ手法で目立つブロック歪などを減少させるために、画像内の動きの度合いに応じてブロック・サイズを適応的に変える可変ブロック・サイズ動きベクトル検出法を提案している。動きの度合いの判定には画素を間引きして作成した複数の階層画像を用い、動きの状態に応じ途中の画素数の少ない階層画像で検出打ち切りを行う。この手法で、平均ブロック・サイズ、動きベクトル符号量および検出に要する計算量を動画像の種類に依らず一定にできる。これにより、送信する動きに関する符号量の制御が容易になる。また、実時間処理を行う符号化システムの設計上で、安定な動きベクトル検出器の設計が容易になる。この可変ブロック・サイズ手法の有効性はシミュレーションにより実証されている。さらに、この手法で必要となる検出打ち切りに関するしきい値を画像の種類に依らず自動的に設定できる適応手法を提案し、その有効性を立証

している。加えて、この自動しきい値設定手法はシステムハードウェア作成上、極めて有用となる。

続いて、動きベクトルの空間的連続性のみを考慮した従来の動き補償法に対し、空間的および時間的連続性を考慮した2つの動き補償法を検討している。最初に時間的に連続するフレーム間では動きベクトルの変化は小さいと考えて、次のフレームの動きベクトルの予測に前フレームを使用する、フレーム外挿による動き補償法を提案している。これにより、動きベクトルを伝送することなく予測誤差の伝送のみで効率の良い動画像伝送を可能にした。今一つは動きベクトルの符号化法に関するものである。すなわち、1つ前のブロックの動きベクトルとの差分を可変長符号化している従来法に対し、さらに時間方向の差分化も加えて高効率動きベクトル符号化を行い、効果を確認している。

最後に、動き補償後の予測信号は、エッジ成分などの高周波成分が多く含まれ、通常のDCTによる変換符号化ではこの高周波成分が捨てられる問題点に着目した。そこで、エッジを良く再現するためにウェーブレット変換を使用したエッジ・パターン符号化を提案し、各ウェーブレット領域に対する最適なビット割当の検討をしている。これにより、エッジ・パターン数を経験的に選んできた従来法に対し、これを自動的に設定できるようになった。

以上のように本論文は、今後益々要求が厳しくなる、画質の高品質性を維持しつつ大幅なデータ圧縮が要求される動画像の高能率符号化のための新たな手法を幾つか提案し、その有効性を計算機実験で確認したものであり、画像処理工学の発展に寄与するところ大なるものがある。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。