

学 位 論 文 要 旨

ソフトウェア情報学研究科(博士後期課程)

学籍番号 2362015004

氏 名 宮崎 春彦

研究室名 亀田研究室

1 題目 (日本語及び英語で記載すること)

レート歪み理論に基づいた画像のサブバンド符号化における
空間-周波数領域分割の最適化に関する研究
Optimum Segmentation on Space-Frequency Domain
in Subband Image Coding based on the Rate-Distortion Sense

2 要旨

高能率画像符号化の一手法であるサブバンド符号化では、画像信号に対してフィルタバンクを適用することにより、画像の二次元周波数帯域を複数のサブバンドに分割した後、各サブバンドに独立な量子化及びエントロピー符号化を適用することで情報圧縮を実現する。本符号化の符号化性能を改善するためには、入力画像が持つ固有の特性を考慮して二次元周波数帯域を適応的に分割することが有効であり、その代表的なものにWavelet Packetがある。Wavelet Packetは、分解されたサブバンド数に制限を設けずに符号化性能の改善を優先した適応分割を実現できるものの、分解後の多数のサブバンド信号に対して独立にエントロピー符号化器を設計しなければならないため、通常のサブバンド符号化よりも多大な処理コストを必要とする。

この問題に対して、サブバンド数が少数である、すなわち、エントロピー符号化器を設計するための処理コストを低く抑えるとした条件下で、入力画像に対して二次元周波数帯域の分割パターンを適応的に決定できる最適帯域分割が提案されている。従来の最適帯域分割は、符号化後の再生画像において発生する量子化雑音電力の最小化を目的として、量子化が行われる前の各サブバンドの信号電力に基づき、Coding Gainを最大とする分割パターンを求めるものであった。そのため、符号化レートの変動に応じて分割パターンを可変にすることができず、特に量子化による影響が大きい低符号化レートの場合には、符号化性能を十分に改善できない問題があった。また、

各サブバンドに適用される量子化器は、信号の特性を考慮してサブバンドごとに個別に決定することが望ましいが、従来の最適帯域分割では、全てのサブバンドにおいて同じ種類のものが適用される仕様となっていた。

本研究では、サブバンド数が少数であるというコスト面での利点を活かしたまま、符号化性能と直結するレート歪み理論の観点で、任意の符号化レートが指定されたときの二次元周波数帯域の分割パターンと、各サブバンドに適用する量子化器の組み合わせを同時に最適化する手法を提案する。第2章において、レート歪み理論における最適化問題が、ラグランジュの未定乗数法を適用することで解を求められることを踏まえて、帯域分割と量子化の二つの最適化問題を定式化する。その後、所望の符号化レートに応じた最適な分割パターン及び各サブバンドに適用する最適な量子化器の組み合わせを求めるアルゴリズムを開発する。提案手法を実画像に適用した結果、従来の最適帯域分割と比較して、PSNR値において最大で1.0[dB]程度の符号化性能の改善が確認された。しかしながら、サブバンド数に制限のないWavelet Packetとの性能比較においては、低符号化レートでは同等の符号化性能が得られるものの、高符号化レートでの符号化性能が劣化するという結果になった。

そこで、第3章では、各サブバンド信号における空間領域の冗長性が十分に除去しきれていないことに着目して、二次元周波数帯域の分割パターンと各サブバンドに適用する量子化器の組み合わせに加えて、各サブバンド内の不要な信号を切り捨てて必要な信号のみを符号化することで冗長削減を実現する二次元空間領域分割の三つを、レート歪み理論の観点で同時に最適化する空間-周波数領域の最適分割を提案する。具体的には、ある一つの最適化問題を解く際には、残り二つの最適化問題は既に解かれていると仮定した上で、三つの各最適化問題を個別に定式化した後、それらを指定された符号化レートに到達するまで反復して解くことによって、符号化レートに応じた三つの最適解を導出する。提案手法を実画像に適用した結果、Wavelet Packetと比較して、PSNR 値において最大で2.0[dB]程度の符号化性能の改善が得られることが明らかになった。

更に、第4章では、前章までで用いられる客観評価尺度のPSNRに基づいた評価値では、視知覚特性を考慮した画質という観点では真に最適ではないことを踏まえて、従来よりも主観的に良好な再生画像を得ることを目的として、視覚の空間周波数特性及び画像の顕著性を考慮した空間-周波数領域の最適分割を提案する。再生画像に対する画質の主観評価実験を行った結果、提案手法は、視知覚特性を考慮しない通常の空間-周波数領域の最適分割方式と比べて、5段階評価に対応するMOS値において最大で0.8程度の改善があることが明らかになった。

本研究では、画像のサブバンド符号化において、エントロピー符号化設計の処理コストに直結するサブバンド数を少数に抑えたまま、レート歪み理論の観点で、二次元周波数帯域分割及び量子化、更には二次元空間領域分割を同時に最適化する手法を提案した。本手法を実画像に適用した結果、従来の最適帯域分割、Wavelet Packet、更には画像符号化の国際標準方式JPEG2000と比べて、同等の符号化レートにおいて客観的及び主観的にも高い画質を持った再生画像を得られることが明らかになった。本研究によって得られた成果を、これまでに開発されてきたサブバンド符号化をベースとする全ての画像符号化方式に応用することで、処理コストを低く抑えたまま、更なる符号化効率の改善が行われることが期待される。