

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月1日現在

機関番号：37120

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500230

研究課題名（和文） 自己縮小画像コードブックとファジィ推論に基づく実時間映像拡大処理システムの開発

研究課題名（英文） Development of Real-time Movie Enlargement System Based on Self-reduced Image Codebook and Fuzzy Inference

研究代表者

麻生 隆史 (ASO TAKASHI)

九州情報大学・経営情報学部・教授

研究者番号：20259683

研究成果の概要（和文）：

本研究の目的は、映像を実時間で鮮明に拡大することのできるシステムを構築することである。ここでは、画像の局所エッジパターンを考慮した階層型事前定義コードブックを用いた新しい画像拡大アルゴリズムを開発し、そのハードウェアシステムをFPGA(Field Programmable Gate Array)を用いて構築した。その結果、実時間で鮮明な拡大映像を得ることの出来るシステムを実現した。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this research is to establish a movie enlargement system which can enlarge the movie clearly in real time. In this project, a new movie enlargement algorithm based on the hierarchical predefined codebook incorporating local edge patterns of images has been developed, and its hardware system has been constructed by using FPGA (field programmable gate array) device. As a result, the real-time system which can obtain the clearly enlarged movie has been successfully realized.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,700,000	0	1,700,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	800,000	240,000	1,040,000
年度	0	0	0
年度	0	0	0
総計	3,300,000	480,000	3,780,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：映像拡大処理，実時間処理，FPGA，階層型事前定義コードブック

1. 研究開始当初の背景

近年、多くの分野で、映像（動画）情報を取り扱うことが一般化され、計算機への取り込みや加工が容易に実現されるようになった。種々ある加工のなかでも、低解像度の映像を高詳細化する拡大処理は、テレビやディスプレイの高解像度化に伴い、

その重要度は日々増加している。

デジタル画像・映像の縮小処理は帯域を制限する処理であることから3次畳み込み補間に代表される従来の補間法でも画質の劣化なく実現可能である。しかし、理想的な拡大画像・映像は原サイズの画像・映像よりも広い周波数帯域をもつために、従

来の補間法では拡大時に必要となる高周波成分を推定することができず、拡大画像・映像にぼけが生じる。

従来の画像拡大法としては、最近隣補間、線形補間、3次畳み込み補間等が知られ、市販のフォトレタッチ・ソフトウェアに組み込まれている。しかし、これは上述の問題により、満足のいく画品質が得られていないのが実状である。その他にも、離散コサイン変換や、多重解像度解析に基づくものなど、種々のものが提案されている。これらの方法は、従来の補間法に比べ良質の拡大画像を得ることができるものの、ブロック歪み問題や拡大率を上げたときのリングングの発生、計算コストの増大などの理由で実用化されるまでには至っていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、映像を実時間で鮮明に拡大することのできるシステムを構築することである。

本研究代表者は、最近10年余りの間、画像拡大の研究に注力しており、これまでにファジィ推論を応用した方法や信号の外挿に着目した方法、自己縮小画像コードブックを用いた方法など、種々の画像拡大法を提案してきている。なかでも、自己縮小画像コードブックを用いた画像拡大法は、従来法と比べて非常に画質の優れた拡大画像を得ることができる。この方法は、画像のもつ自己相似性に着目したものであり、画像のスケール方向と空間方向における類似性に基づき、画像拡大時に失われる高周波成分を推定するものである。しかし、処理に時間がかかり、映像（動画像）への適用が困難であるといった欠点があった。カラーの映像（動画像）を実時間処理で鮮明な拡大映像に変換するには、現在の方法（アルゴリズム）では不十分であり、新規にアルゴリズムを開発する必要がある。さらに、実時間処理を実現するには、そのハードウェア化が必要不可欠となる。

具体的には、自己縮小画像コードブックとファジィ推論を応用した新しい画像拡大アルゴリズムを開発し、そのハードウェアシステムをFPGAにより実現し、最終的には、映像を実時間で鮮明に拡大することのできるシステムを構築することが目的である。

3. 研究の方法

研究は、基本的にはアルゴリズム開発グループとハードウェア設計・開発グループの2グループ体制で行い、両グループ間で連携を取りながら進める。

アルゴリズム開発グループでは、(1)自己縮小画像を用いた映像拡大用コードブックの検討、ならびにそれを利用した新規映像拡大アルゴリズムを開発し、さらに、(2)その高速化アルゴリズムを開発する。

(1)では、被拡大映像とそのダウンサンプリング処理後に得られた複数の自己縮小映像間におけるフラクタル性、自己相似性の検証を行う。その後、映像拡大処理のための自己縮小画像を用いたコードブックにおけるコードワード（入力情報）とインデックス（出力情報）を検討し、ファジィ推論を応用することでコードブックの集約化を図り、それをもとに新規映像拡大アルゴリズムを開発する。

(2)では、コードブック利用時におけるパターンマッチング処理方法を見直し、工夫することにより、アルゴリズムの高速化をはかる。

ハードウェア開発グループでは、研究代表者らがこれまでに開発したモノクロ静止画向けのコードブックを利用した画像拡大法を基本にし、本研究課題における基本ブロック回路について設計・実装を行う。実装は、開発の容易さを考慮し、PCIボード上のFPGAデバイスをターゲットとして行う。その後、アルゴリズム開発グループと連携を取りながら、映像拡大アルゴリズムの開発状況に応じ、順次ハードウェアを拡張していく。

4. 研究成果

映像を鮮明に拡大すること、すなわち、映像の高解像度化は、拡大時に劣化した高周波成分を何らかの方法で復元することにより行われる。復元には被拡大映像をもとに劣化した高周波成分を推定することが有効であることが知られており、本研究でも被拡大映像から生成した低・高周波成分の関係性を記述する自己縮小画像コードブックを用いた方法を提案してきている。しかし、この画像依存の方法は、シーンの変化する映像・動画像に対しては不向きであることが研究の過程で明らかになった。

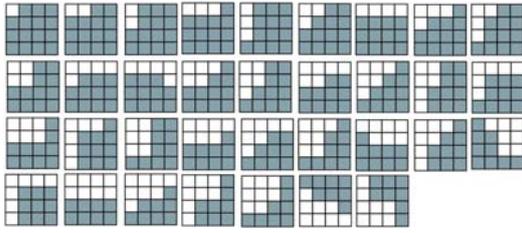


図 1 : 基本エッジパターン

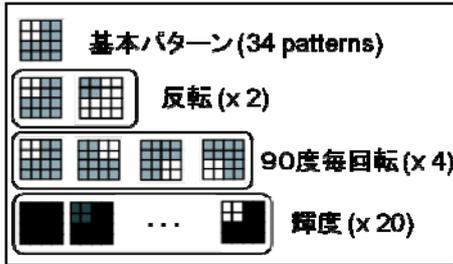


図 2 : 反転, 回転, 輝度差変化

本研究課題では動画像向けのコードブックを検討し、画像の局所エッジパターンを考慮した対象画像・映像に依存しない事前定義コードブックを開発した。具体的には、本研究では、図 1 に示す 4×4 画素からなる 34 種類の基本エッジパターンに対して反転変化、回転変化 (90° 刻み)、および 20 種類の輝度差変化 (図 2) を考慮した計 5,440 の局所エッジパターンを考え、これらの低-高周波成分の関係を記述する事前定義コードブックを開発した。

この事前定義コードブックは、以前に提案した自己縮小画像コードブックと比較してコードブックのサイズが非常に小さく、これを用いた拡大後画像の品質も以前の方法と比べ同等もしくはそれ以上であることを確認した。さらに、研究の初期段階では、コードブックの集約を目的としてファジィ推論の導入を検討していたが、結果として導入が不要となった。さらに、実時間処理の実現のために、事前定義コードブックを用いた提案拡大法の高速化を検討し、新規アルゴリズムを開発した。具体的には、事前定義コードブックを階層構造化し、探索空間を小さくすることにより演算量を 1/50 に削減した。

本研究課題では、映像 (動画像) の実時間拡大を目的としており、上述の階層型事前定義コードブックに基づく映像拡大法の FPGA によるデジタルハードウェア実現を試みた。



図 3 : 提案アーキテクチャ搭載 FPGA

ハードウェアアーキテクチャとしては、超並列構造とパイプライン処理を併用したものを考え、Verilog HDL (Hardware Description Language)を用いて回路設計を行った。実装ターゲットは、米国 Xilinx 社製の低価格 FPGA である Spartan3 xc3s4000 とした。結果として、ハードウェアを 66MHz 駆動時に VGA サイズの映像を約 54 フレーム/秒の処理速度で拡大することができることが分かった。図 3 に Xilinx Spartan3 xc3s4000 を User FPGA として提案アーキテクチャを搭載した FPGA ボードを示す。

映像 (動画像) の拡大処理は、近年、多くの研究者により活発に研究されており、多くの優れた成果が挙げられている。しかし、高画質な拡大画像を得ることが可能な手法のほとんどは、複雑で計算コストの大きいものばかりであり、実時間処理には適さない。実時間性を備え、かつ単純な補間処理では得ることのできない高品質さを実現することの出来る本提案システムが与える社会的インパクト、および意義は非常に大きいと考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

① H. Tamukoh, H. Kawano, N. Suetake, B. Cha and T. Aso, "Fast Image-enlargement Algorithm for the Augmentation of the High-Frequency Component by Employing a Hierarchical Predefined Codebook," International Journal of Innovative Computing, Information and Control, (accepted, in press), 査読有

② H. Kawano, H. Tamukoh, N. Suetake, B. Cha,

and T. Aso, “Image Enlargement With High-Frequency Component Augmentation Based on Predefined Codebook Describing Edge Blurring Properties,” OPTICAL REVIEW, Vol.17, pp.447-453, 2010, 査読有

[学会発表] (計6件)

①H. Tamukoh, H. Kawano, N. Suetake, M. Sekine, B. Cha and T. Aso, “An FPGA Implementation of Hierarchical Predefined Codebook-based Image Enlargement,” Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology 2012 (IWAIT 2012), pp.622-625, Ho Chi Minh City, Vietnam, Jan. 9-10, 2012. 査読有

②田向権, 河野英昭, 末竹規哲, 関根優年, 車柄キ, 麻生隆史, “階層型事前定義コードブックに基づく画像拡大とそのFPGA実装,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.111, No.342, SIS2011-51, pp.63-67, 山口, 2011年12月15-16日 査読無

③田向権, 河野英昭, 末竹規哲, 関根優年, 車柄キ, 麻生隆史, “高周波成分推定用階層型事前定義コードブックに基づく画像拡大回路,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.110, No.322, SIS2010-48, pp.77-82, 奈良, 2010年12月2-3日 査読無

④H. Tamukoh, H. Kawano, N. Suetake, B. Cha and T. Aso, “Hierarchical Predefined Codebook for High-Frequency Component Augmentation Image Enlargement,” Proceedings of the 4th Pacific-Rim Symposium on Image and Video Technology (PSIVT 2010), pp.294-299, Singapore, Nov. 14-17, 2010. 査読有

⑤H. Kawano, H. Tamukoh, N. Suetake, B. Cha and T. Aso, “Image Enlargement with High-Frequency Component Augmentation Based on Predefined Codebook Describing Edge Blurring Properties,” Proceedings of International Workshop on Advanced Image Technology 2010, (IWAIT 2010), In CD-ROM, 4 pages, Kuala Lumpur, Malaysia, Jan. 11-12, 2010. 査読有

⑥河野英昭, 田向権, 末竹規哲, 車柄キ, 麻生隆史, “画像の局所エッジパターンを考慮した事前定義コードブックによる画像拡大法,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.109, No.338, SIS2009-45, pp.85-88, 京都, 2009年12月17-18日 査読無

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

麻生 隆史 (ASO TAKASHI)
九州情報大学・経営情報学部・教授
研究者番号：20259683

(2) 研究分担者

車 柄王己 (CHA BYUNGKI)
九州情報大学・経営情報学部・教授
研究者番号：10310004

河野 英昭 (KAWANO HIDEAKI)
九州工業大学・大学院工学研究院
電気電子工学研究系・助教
研究者番号：00404096

田向 権 (TAMUKOH HAKARU)
東京農工大学・大学院工学研究院・助教
研究者番号：90432955

(3) 連携研究者

末竹 規哲 (SUETAKE NORIAKI)
山口大学・理工学研究科・准教授
研究者番号：80334051