

平成21年 5 月 30 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500195

研究課題名（和文） アンサンブル学習を用いた高速ベクトル量子化法の開発とその応用

研究課題名（英文） Fast Vector Quantization using Ensemble learning and its application

研究代表者

宮島 廣美（MIYAJIMA HIROMI）

鹿児島大学・工学部・教授

研究者番号：60132669

研究成果の概要：

本研究は画像圧縮、音声処理、データマイニングのような応用への基礎となるデータ圧縮技術の実現方法として、高速なベクトル量子化法の開発とそのFPGA上での実装を目指したものであり、以下のような成果が得られた。

- 1) アンサンブル学習（バギング、フィルタ、アダブースト）をベクトル量子化に応用した。その結果、数値シミュレーションによりフィルタ、アダブースト、バギングの順に能力の向上がみられ、いずれの場合もパラメータ数を数倍として、5倍程度の速度向上、2倍以上の精度向上が実現できた。
- 2) アンサンブル学習をファジィシステムに応用することにより、同様の能力向上が実現できた。さらに、並列化モデルを提案し数倍の高速化を実現した。
- 3) FPGAを用いたデジタル回路でベクトル量子化法を構成し、ソフトウェアより5倍程度の高速化を実現した。
- 4) ファジィシステムのデジタル回路化を目指し、除算を用いない回路を提案し、面積を1/3、動作速度を4倍程度の回路を実現した。この結果はまた、アンサンブル学習により精度が保証される。

以上、ベクトル量子化やファジィシステムへのアンサンブル学習を導入し、高速化と精度向上を与えるアルゴリズムを提案し、その有効性を示した。また、デジタル回路化を目的としてFPGAを用いて回路設計を行い、さらなる能力向上を実現した。本研究を通して、ベクトル量子化へのアンサンブル学習導入の有効性が明らかとなり、FPGAによるデジタル回路設計によるさらなる高速化が実現できることが明らかとなった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2004年度			
2005年度			
2006年度			
2007年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008年度	1,200,000	360,000	1,560,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：情報工学

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：ベクトル量子化、アンサンブル学習、ソフトコンピューティング、バギング法、データ圧縮、FPGA

1. 研究開始当初の背景

ユビキタスネットワーク社会の実現においては、いつでもどこへでも非常に多くのデータを高速に移動させることが必要である。これを支えるシステム技術として、しばしばデータ圧縮に対するコード化技術が必要となる。データマイニング、音声、画像処理のような応用の広い範囲において用いられるデータ圧縮手続きはベクトル量子化技術にもとづいている。ベクトル量子化の問題はデータに内在する関係を明らかにして量子化するものであり、今日ではデータ解析の重要なツールとなっている。ベクトル量子化法に関して、実世界における多くのデータ分布のクラスタ境界は必ずしも明確ではなく、 c -平均法のようなクリस्पなベクトル量子化法よりもソフトマッチングなベクトル量子化法の方が精度の面で優れている。このソフトマッチングのベクトル量子化手法には、ファジィシステムではメンバーシップ関数、ガウス混合モデルでは EM アルゴリズム、ニューロコンピューティングではコホーネンモデルを中心とした自己組織化アルゴリズム (SOM) などがある。これらの特徴は、クリस्पな手法はその手法の訓練 (学習) 時間は高速ではあるが、得られた結果の精度が低く、ソフトマッチングな手法は、精度は高いが学習時間がかかることである。このような背景のもと、高速で精度の良い学習法の提案が望まれている。

2. 研究の目的

c -平均法のようなクリस्पな手法はその手法の訓練 (学習) 時間は高速ではあるが、得られた結果の精度が低く、一方でソフトマッチングな手法は、精度は高いが学習時間がかかることが知られている。本研究の目的は、このトレードオフを改善するために、アンサンブル学習が有効かどうか、またいかにしてアンサンブル学習の導入効果を高めることが可能かについて研究することにある。アンサンブル学習とは、多数の

性質の劣る学習機械 (Weak Learner) を用いて、それらを単独に用いる場合に比べて、性能を著しく改善する方法として知られている。この学習法 (本研究では主にバギング法を用いる) をベクトル量子化法に用いて、複数の精度の低い学習機械を短い学習時間の後に平均化などの処理を施すことにより高い精度のベクトル量子化器を実現する。さらに、この複数の学習機械を FPGA 上に実装することにより、並列処理を実現し、さらなる高速化を実現する。このことにより、従来手法に比べて、学習時間をおよそ半分以下に、精度は約 2 倍程度までの改善の実現を目指す。

3. 研究の方法

本研究は画像圧縮、音声処理、データマイニングのような応用の基礎となるデータ圧縮技術の実現方法として、高速なベクトル量子化法の開発と FPGA 上での実装を目指す。以下の研究計画に従って遂行した。

I. ソフトマッチングなベクトル量子化アルゴリズムの提案と解析

1) 従来モデルにおけるクリस्पやソフトマッチングなベクトル量子化アルゴリズムの研究についてのレビューを行い、これまでいかなるモデルが有効とされてきたか、また、いかにモデルの欠点についての改良がなされてきたかについての検討を行う。

2) アンサンブル学習について、これまで行われてきた研究についてレビューを行う。

3) ニューラルネットワークの自己組織化手法である SOM、ニューラルガスネットワークや c -平均法等を用いて、アンサンブル学習の導入を行う。その遷移特性を考察し、効果的な活用法を開発する。

4) システムの能力、収束性等の理論的解析を統計神経力学等に基づいて行う。数値シミュレーションの結果の不確実性を補うための理論的な解析を行う。

5) アンサンブル学習を用いた c -平均法の並列化を目的として、FPGA によるハードウェア実現を行う。

II. アンサンブル学習を用いたベクトル量子化アルゴリズムによるパターン認識システムの構築（パターン認識のいくつかのベンチマーク問題等への適用を通して、パターン分離問題への応用を試みる。）

6) 1)、2)、3)の結果を利用して、ソフトマッチングのベクトル量子化アルゴリズムによるパターン分離システムをいくつかのパターン分離に関するベンチマーク問題へ適用する。特に、アンサンブル学習をいかに利用、また組み合わせれば効率的なパターン分離システムが構築できるかについて検討する。

7) 1)～6)を繰り返し実行することにより、効果的なシステムの開発を行う。

結果として、それぞれの特徴をもついくつかのパターン分離システムを構築する。また、これらのハードウェア化をめざしFPGAによる実現を行う。

4. 研究成果

本研究は画像圧縮、音声処理、データマイニングのような応用の基礎となるデータ圧縮技術の実現方法として、高速なベクトル量子化法の開発とFPGA上での実装を目指したものであり、以下のような成果が得られた。

(1)従来モデルにおけるクリस्पやソフトマッチングなベクトル量子化アルゴリズムの研究についてのレビューを行い、これまでいかなるモデルが有効とされてきたか、また、いかにモデルの欠点についての改良がなされてきたかについての検討を行なった。これらの結果は、JACIIIの論文中にまとめている。

(2)アンサンブル学習について、これまで行われてきた研究についてレビューを行った。その結果、アンサンブル学習についての汎用の理論と、個別のモデルへの適用については分けて考える必要があることを確認した。

(3)ニューラルネットワークの自己組織化手法であるSOM、ニューラルガスネットワークやc-平均法等を用いて、アンサンブル学習の導入を行い、効果的な活用法を開発し、結果をISCCSPにおいて発表した。その結果、それぞれの方法において、アンサンブル学習の有効性を確認した。また、アンサンブル学習を用いることにより、c-平均法でもSOMやニューラルガスネットワークと同程度の十分な効果が得られることを示した。

(4)アンサンブル学習を用いたc-平均法の並列化を目的として、FPGAによるハードウェア化実現を行った。FPGA上の実現により、同程度の回路面積で、4倍程度のスピードが実現できることを示した。

(5)アンサンブル学習(バギング、フィルタ、アダプースト)をベクトル量子化に応用した。その結果、数値シミュレーションによりフィルタ、アダプースト、バギングの順に能力の向上がみられ、いずれの場合もパラメータ数を数倍として、5倍程度の速度向上、2倍以上の精度向上が実現できた。

(6)アンサンブル学習をファジィシステムに適用することにより、同様の能力向上が実現できた。さらに、並列化モデルを提案し数倍の高速化を実現した。

(7)FPGAを用いたデジタル回路でベクトル量子化法を構成し、ソフトウェアより5倍程度の高速化を実現した。

(8)ファジィシステムのデジタル回路化による高速化を目指し、除算を用いない回路を提案し、面積を1/3、動作速度を4倍程度の回路を実現した。この結果はまた、上述のアンサンブル学習の結果により精度が保証される。

以上、ベクトル量子化やファジィシステムへのアンサンブル学習を導入し、高速化と精度向上を与えるアルゴリズムを提案し、その有効性を示した。また、デジタル回路化を目的とした回路設計をFPGAを用いて行い、評価を行った。本研究を通して、ベクトル量子化へのアンサンブル学習導入の有効性が明らかとなり、FPGAによるデジタル回路設計によるさらなる高速化が実現できることが明らかとなった。結果は、以下に示す国際ジャーナルや国際会議で発表した。

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 11 件)

(1) N. Shigei, H. Miyajima, S. Nagamine, "A Proposal of Fuzzy Inference Model Composed of Small-Number-of-INPUT Rule Modules", Proc. of Int. symposium on Neural Networks, LNCS 5552, p. 118-125, (2009-5) 査読あり

(2) M. Maeda, K. Suzaki, N. Shigei, H. Miyajima, "Properties of creation and reduction according to the equinumber

principle for adaptive vector quantisation”, Int. J. Automation and Control Vol. 2, Nos. 2/3, 2008-12 pp. 232-246 査読あり

(3) N. Shigei, H. Miyajima, S. Hashiguchi, M. Maeda, L. Ma, ” Hardware Implementation of Multiple Vector Quantization Decoder”, Int. Journal of Computer Science and Network Security, Vol.8, No.11, pp.54-64 (2008-11) 査読あり

(4) M. Maeda, N. Shigei, H. Miyajima: Learning Model in Relaxation Algorithm Influenced by Self-Organizing Maps for Image Restoration, IEEJ Trans. On Electrical and Electronic Engineering, Vpl.3, No.4, pp.404-412 (2008-7) 査読あり

(5) H. Miyajima, N. Shigei, S. Fukumoto, T. Miike, ” Parallel Fuzzy Reasoning Models with Ensemble Learning”, LNCS5263, pp.521-530, 2008 査読あり

(6) S. Nagamine, N. Shigei, H. Miyajima, ” Fuzzy Inference Models for Digital Circuit”, ITC-CSCC2008, pp.1113-1116, (2008) 査読あり

(7) H. Miyajima, N. Shigei, M. Maeda, S. Hosoda, ” Learning Algorithms with Boosting for Vector Quantization”, ISCCSP 2008, P.352-356 (2008-03) 査読あり

(8) M. Maeda, K. Suzaki, H. Miyajima, ” Models of Multiple Inference in Statistical Fluctuation for Image Restoration”, ISCCSP 2008, P.550-553 (2008-03) 査読あり

(9) N. Shigei, H. Miyajima, M. Maeda, ” Multiple Vector Quantization Based on the Error Distortion in Image Compression”, Proc. Int. Conf. On Intelligent Technologies p.324-331 (2007-12) 査読あり

(10) N. Shigei, H. Miyajima, M. Maeda and L. Ma, ” Effective Multiple Vector Quantization for Image Compression”, Journal of Advanced Computational Intelligence & Intelligent Informatics (JACIII), Vol.11, No.9, pp.1189-1196 (2007) 査読あり

(11) H. Miyajima, N. Shigei, S. Fukumoto, N. Nakatu, ” A Learning Algorithm with Boosting for Fuzzy Reasoning Model”,

Proc. of Int. Conf. On Fuzzy Systems and Knowledge Discovery Vol.2, p.85-90, (2007-08) 査読あり

[学会発表] (計 5 件)

(1) 椎葉富之, 重井徳貴, 宮島廣美: ”カーネル関数を用いたニューラルガスクラスタリング法について”, 第19回ソフトサイエンス・ワークショップ (SSWO9) p.81-84, 2009-3-15 (熊本市)

(2) 三池聡明, 宮島廣美, 重井徳貴: ”少数入力ルール群からなるファジィ推論モデルの提案”, 情報処理学会火の国情報シンポジウム, A-2-3, 2009-3-13 (福岡市)

(3) 永田悠人, 宮島廣美, 重井徳貴: ”ICAを用いた手書き数字文字画像認識に関する一考察”, 情報処理学会火の国情報シンポジウム, B-1-2, 2009-3-13 (福岡市)

(4) 長嶺 信也, 宮島 廣美, 重井 徳貴: ”デジタル回路化に適したファジィ学習システムの設計と評価”, 情報処理学会火の国情報シンポジウム, C-3-1, 2008-3-13 (長崎市)

(5) 重井 徳貴, 宮島 廣美, 前田 道治: ”多重ベクトル量子化による画像圧縮の誤差分布に基づく改善”, 平成19年度電気関係学会九州支部連合大会, p.497, 2007-9-30 (宮崎市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮島 廣美 (MIYAJIMA HIROMI)
鹿児島大学・工学部・教授
研究者番号: 60135669

(2) 研究分担者

重井 徳貴 (SHIGEI NORITAKA)
鹿児島大学・工学部・准教授
研究者番号: 90294636