

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：10103

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00329

研究課題名(和文) 画像・動画像符号化のためのユニバーサルコードブックと低ビットレート通信の研究

研究課題名(英文) A study on universal code book for vector quantization to encode images and videos to implement low-bits rate communication

研究代表者

鈴木 幸司 (Suzuki, Yukinori)

室蘭工業大学・工学研究科・教授

研究者番号：00179269

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：災害時などにおいては通信ネットワークの負荷が急増し輻輳(通信ができなくなる状態)を引き起こすことにより被害状況や安否確認ができなくなる恐れがある。本研究では画像・動画像の通信をベクトル量子化に基づいて行い通信負荷の軽減によって輻輳を回避する技術について研究した。本研究では次の成果を挙げる事ができた。(1)ベクトル量子化のためのユニバーサルなコードブックの構築指針、(2)動作コードブックと局所コードブックを用いた適応ベクトル量子化の効果、(3)ベクトル量子化によって符号化した動画像のストリーミングのための技術の開発。

研究成果の概要(英文)：At the time of disaster, the number of packets flowing through channels will increase rapidly. This rapid packet flow increase causes congestion. In this situation, we cannot use communication channel to confirm the security and/or situation of damage. We have developed a coding method for images and videos based on vector quantization (VQ) to avoid the congestion. The results of a study will be concluded: (1) guiding idea on a design of universal code book for VQ, (2) an effect of adaptive VQ using both working and local code books and (3) the development of the techniques for streaming to display videos encoded by VQ.

研究分野：情報学

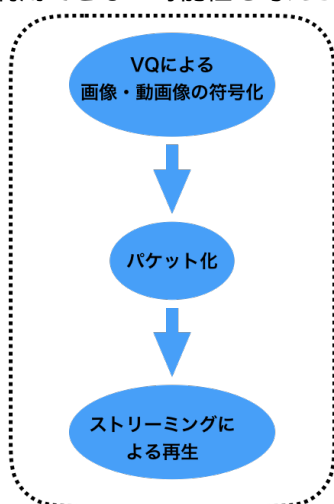
キーワード：画像・動画像符号化 ベクトル量子化 コードブック クラスタリング 顕著性マップ ストリーミング

1. 研究開始当初の背景

昨今の社会においてパソコン、スマートフォン、携帯電話等の通信端末は日常生活において不可欠なコミュニケーションツールとなっている。これらの通信端末は、様々な災害に見舞われる我が国では家族・親戚による被災者の安否や被害状況の確認のためのツールとして広く用いられている。しかし、災害時においては電話・メール等による通信ネットワークへのアクセスが急増し、ネットワークが輻輳状態になり社会的な混乱をもたらす原因となっている。また、避難情報が伝えられない状況も心配され被災者が不安な状況に置かれることも考えられる。災害時においては、通信回線の確保は必要不可欠であり、安否確認・被害状況を画像・動画像で知ることができれば効果的である。従って、災害時においても輻輳を回避して効率的に画像・動画を送受信できる符号化法の開発・実装が期待されている。

2. 研究の目的

本研究グループでは、科学研究費補助金を得てベクトル量子化 (VQ) とソフトコンピューティングの技術的方法論に基づいて画像・動画像の符号化に関する研究を行ってきた。これまで開発した VQ に基づく符号化法は、通信端末でも通信帯域が小さく演算能力が低い端末に適している。災害時においては画像・動画を画いて被害状況を確認できれば効果的であり、安否も家族や親戚を画像・動画像で確認できれば安心感を与えることは論を待たない。しかし、画像・動画像はデータ量が膨大であり、これまでの技術を用いて通信を行えば輻輳 (通信が要求過多によって確立できない状態) を引き起こし、通信ができなくなる。また、利用者の通信端末によっては、演算・通信能力が低く従来の符号化法が利用できない可能性も考えられる。



ソフトコンピューティング

図1 提案する画像・動画像の符号化法

本研究では図1に示されるようにこれまでの研究成果である VQ による符号化を基盤として災害時にも利用可能な画像・動画像の符

号化法についてソフトコンピューティングの技術的方法論に基づいて研究する。

これまで静止画像では JPEG 規格、動画像では MPEG 規格が標準符号化法として用いられている。これらの規格では、画像の離散コサイン変換、量子化行列による演算によってエネルギーの小さな部分を削除することによって符号化 (圧縮) を行っている。これらの符号化法は通信端末の十分な通信帯域と演算能力が前提となっている。災害時の状況では通信アクセスが集中し従来の画像・動画像の符号化は通信帯域の観点から適さない。

VQ では画像をブロック分割し、予め与えられたコードブックから最も近いコードベクトルを選択することによって符号化を行う。画像・動画像の復号化においては受信したコードブックのインデックスから対応するコードベクトルをコードブックから検索する演算のみであり演算負荷をほとんど必要としない。本研究では VQ に基づいて次の研究を目的としている。

(1) ユニバーサルなコードブック開発の指針

VQ においては符号化のために予めコードブックを設計する必要がある (送信側と受信側それぞれに用意)。VQ によって様々な画像を符号化することが必要であるため学習する画像を予め予想することができない。このためコードブック設計に用いない画像を符号化した場合でも画質が担保されるコードブックを設計する必要がある。

(2) 顕著性領域検出アルゴリズム

災害時に低ビットレートで画像通信を行うためには、画像から顕著性領域を抽出することによって顕著領域と背景領域に割り当てるビット数を変化させることによって効果的な符号化を行う必要がある。このとき適応 VQ によって動作コードブックと局所コードブックを用いることによって通信負荷を軽減するアルゴリズムを開発する。

(3) 顕著性領域の大まかな動き補償のアルゴリズムの開発

動画像を効率的に符号化して送信する情報量を削減するためには、動き補償アルゴリズムが重要である。画像中の顕著領域を動き補償するアルゴリズムを開発・実装する。

(4) パケット化・ストリーミング (再生) 技術の研究

画像・動画像は符号化した後、パケット化して送信先に伝送する必要がある。このときパケットのオーバーヘッドを小さくしてペイロードを大きくするパケット化アルゴリズムを開発する。さらに、VQ によるインデックスとコードブックによってストリーミングが行えるアルゴリズムを開発・実装する。

3. 研究の方法

(1) ユニバーサルなコードブックの開発・実装の指針

様々な画像・動画像を効率亭に符号化し、復号した画像の画質を担保するためにはユニバーサルなコードブックを開発する必要がある。このためには様々な画像を用意する必要がある。画像データベースとして公開されている“CVG-UGR-Image Database”を用いて行う。コードブックの構築はクラスタリングアルゴリズムを用いる。クラスタリングアルゴリズムはクリスプクラスタリングとファジィクラスタリングに大別される。クリスプクラスタリングでは ELBG アルゴリズムが高品質で画像を符号化できることが示されている。一方、ファジィクラスタリングでは FLVQ, FVQ アルゴリズムが優れていてファジィからクリスプにクラスタリングを推移させることによって品質の高いコードブックが構築できることが示されている。しかし、これまでのクラスタリングアルゴリズムの研究では学習画像のクラスタリングによって構築したコードブックの性能を学習画像によって評価していた。この方法では様々な画像の符号化に適応できるコードブックを構築することができない。本研究では、コードブック構築に用いる学習画像と評価に用いるテスト画像を別に用意することによってテスト画像によってコードブックを評価することによってユニバーサルコードブックの構築を目指す。このことによってコードブックの汎用性を高めることが期待される。

(2) 顕著性領域抽出アルゴリズムとコードブックの最適化

本研究グループでは、画像から顕著領域を抽出することによってコードブックを最適化する研究を行ってきた。画像から顕著性マップを作成することによって、物体の顕著性の度合いによってグレースケールで表現することができる。このことからグレースケールに基づいて符号化するビット数の割り当てを変化させることによって顕著領域を高画質に復号できる。このためには画像を分割するブロックサイズを変化させたコードブックを作成する必要がある。グレースケールの顕著性の度合いによって複数あるコードブックから符号化に用いるコードブック選択するアルゴリズムを開発する必要がある。さらに、符号化の効率と画質の向上を目指して送信側と受信側のコードブックを適応的に更新する適応 VQ についても検討する。適応 VQ は動作コードブックと局所コードブックの2種類を用意することによって入力された画像の特徴によってコードブックを更新する。

(3) 顕著性領域の動き補償

顕著領域抽出アルゴリズムによって動画像から顕著性領域を抽出しブロック分割することによってグローバルな動き補償アルゴリズムを開発する。画像を 8×8 , 16×16 にブロック分割することによってそのオペカルフローからそれぞれのブロックの速度ベクトルを求める。速度ベクトルは様々な方向と大きさを有するが方向と大きさが類似したベクトルを大きなブロックにまとめることによって顕著物体のグローバルな動きを求める。

(4) パケット化とストリーミング

画像・動画像を VQ による符号化に対応したパケットによる送受信について検討を行う。動画像をフレームごとに予め用意したコードブックを用いて VQ によってインデックスマップを作成する。インデックスマップとコードベクトルをハフマン符号化によって可逆データ圧縮を行う。動画像を再構成するために必要な情報をバイナリーファイルとしてパケット化して送信する。このバイナリーファイルはサーバにアップロードすることによってクライアント側でストリーミングソフトによって再生できるアルゴリズムを開発・実装する。

4. 研究成果

(1) ベクトル量子化のためのユニバーサルなコードブックの開発では、画像データベース (CVG-UGR-Image Database) を用いて自然画像・人工物画像からコードブックを構築するための学習画像を選定した。選定においては、画像符号化研究において一般的に用いられている画像を中心に行った。画像をブロック分割 (4×4 pixels) し学習ベクトルとした。多数の学習ベクトルからコードブックを構築するためにはクラスタリングアルゴリズムによってコードベクトルを抽出する必要がある。クリスプクラスタリングとして k-means clustering (KMC), Enhanced LBG (ELBG), ファジィクラスタリングとして Fuzzy k-means clustering (FKM), Fuzzy learning Vector Quantization (FLVQ) アルゴリズムを用いてコードベクトルを求めた。また、コードブックは画像を符号化したときの汎用性が重要であり、学習画像とは別のテスト画像を用意しベクトル量子化による符号化し、復号した画像の画質を PSNR によってコードブックの汎用性を評価した。また、コードブックを構築するコードベクトル数を 64 から 1024 まで変化させることによって PSNR の推移を4つのクラスタリングアルゴリズムで求めた。この結果、学習画像のサイズが一定以上になると PSNR に変化は殆ど観られなかったため、コードブックはクラスタリングに依存しないことが分かった。さらに、画像から顕著性領域を抽出することによってコードブックを構成するコードベクトルを最適化することを検討した。顕著性

マップから顕著性の高い領域に多くのビットを割り当てることによって効果的な符号化するアルゴリズムについて指針を得た。

(2) クリスタリングとファジィクラスタリングアルゴリズムを適用することによって学習画像で構築したコードブックの汎用性をテスト画像によって符号化し評価した。学習画像サイズが小さい範囲ではクラスタリングアルゴリズムによって復号テスト画像の画質に変化があるが学習画像が6枚以上では画質は実用的には問題にならない程度であった。アルゴリズムの中ではファジィc平均法が良好な結果を示した。

また、画像からの顕著性領域の抽出はAchanta等によって提案されている方法を計算の複雑性の観点から検討した。顕著性領域が抽出できると送信側と受信側のコードブックを適応的に更新することによってベクトル量子化によって通信する情報量を抑えて画像・動画の符号化ができる。このことから本研究では適応ベクトル量子化法について検討した。適応ベクトル量子化では動作コードブックと局所コードブックによって入力された画像ブロックを適応的に更新するアルゴリズムによって符号化を行うことを検討した。この検討によって顕著領域とその他の領域を分けて符号化することによって効果的なベクトル量子化による画像・動画の符号化に関する示唆が得られた。

さらに、動画からオプテカルフローをブロックごとに求めることによって速度ベクトルを計算し、方向が類似したブロックからグローバルな動きを推定できないか検討した。これまでの実験データに基づいて背景に動きがなく注目している物体のみが動く動画についてブロックマッチング法によって物体の動き補償について検討した。また、自己回帰モデルとモンテカルロサンプリングによる動き補償について検討し、有効性に関する指針を得た。

(3) ベクトル量子化によって符号化した動画のストリーミング技術について検討・実装を行った。送信側において24-bitカラー(R, G, B)動画を予め用意したコードブックを用いてフレームごとにベクトル量子化によって符号化しインデックスマップを作成した。次にインデックスマップ・コードベクトルを Huffman 符号化によってデータ圧縮を行った。また、それぞれの対応表と動画を再構成するために必要な情報(フレームサイズ, コードベクトルサイズ, フレームレート, フレーム数)によってバイナリファイルを作成する。このバイナリファイルは送信側からサーバにアップロードされる。このファイルによってサーバを通じて再生した。ベクトル量子化による圧縮に加え(1)最初のフレームのインデックスマップと続くインデックスマップの比較による圧縮法,

(2)連続する2つのフレームのインデックスマップを比較する圧縮法について実験的に検討した。結果として(1),(2)とも良好な圧縮が得られた。29年度の研究によって画像・動画のベクトル量子化による符号化・ストリーミングによる再生のための技術がサーバを通じて実現できた。

また、画像の圧縮効率をさらに向上させるために顕著性マップの検討をさらに進めた。顕著性マップの計算方法においてスケール変化による顕著性マップの効果について検討した。画像全体に占める顕著性領域の大きさがマップに与える影響について定量的に検討しベクトル量子化による圧縮効果について検討した。

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 1 件)

1. Komei Arasawa, and Shun Hattori, Automatic Baseball Video Tagging based on Voice Pattern Prioritization and Recursive Model Localization, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol. 21, pp. 1262-1279, 2017. (10.20965/jaciii.2017.p1262)

[学会発表](計 26 件)

1. 柴田 基希, 服部 峻, アニメ動画における性別判定を用いた声優認識のための音声の高低に基づく判定クラスタの細分化, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 2018 年.
2. 本間達也, 鈴木幸司, ICA を用いた自然画像中の人工物と自然物の識別, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2017 年.
3. 山西健太, 服部峻, 鈴木幸司, 建物認識のための画像特徴量による大学キャンパス画像の領域分割, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2017 年.
4. 小原健太郎, 鈴木幸司, 画像のクラス分類におけるカラー量子化の効果, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2017 年.
5. 松浦勇斗, 松川瞬, 板倉賢一, 早野明, 鈴木幸司, 多次元粒子群最適化を用いた坑道壁面点群データからの小平面推定, 電子情報通信学会画像工学研究会, 2017 年.
6. 堂園幸弘, 鈴木幸司, 画像中の繰り返しパターンによるエントロピーの推定, 平成29年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2017 年.
7. 友成芳宏, 鈴木幸司, スケール変化が顕著性マップに及ぼす影響, 平成29年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2017 年.
8. Yukinori Suzuki, Estimation of

- clustering algorithms to design code books for practical usage of vector quantization, 2017 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, 2017 年.
9. 工藤貴志, 寺本涉, 鈴木幸司, 再認記憶における閾下刺激の妨害効果, 日本視覚学会 2017 年冬季大会, 2017 年.
 10. Y. Suzuki, Perspective on Industrial optimization based on big data technology and soft computing through image processing, 2016 9th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, 2016 年.
 11. S. Hattori, Interpolating Lost Spatio-Temporal Data by Web Sensors, 2016 9th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, 2016 年.
 12. Komei Arasawa, and Shun Hattori, Comparative Experiments on Models for Automatic Baseball Video Tagging, the Joint 8th International Conference on Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on advanced Intelligent Systems, 2016 年
 13. 工藤貴志, 寺本涉, 鈴木幸司, 再認課題に及ぼす閾値刺激の影響の分析, 平成 28 年度電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2016 年.
 14. 寺岡諒, 鈴木幸司, 寺本涉, 触覚随伴性視覚運動知覚, 日本視覚学会冬季大会 2016, 2016 年.
 15. 櫻澤昂, 寺本涉, 鈴木幸司, 渡部修, コントラストによる注視のされやすさが選好に与える影響, 日本視覚学会冬季大会, 2016 年.
 16. 松浦勇斗, 松川瞬, 鈴木幸司, ファジィクラスタリングアルゴリズムによるコードブックの構築と評価, 情報処理学会第 78 回全国大会, 2016 年.
 17. 山西健太, 鈴木幸司, パーティクルフィルタと特徴点検出を用いた物体追跡に関する実験的検討, 情報処理学会第 78 回全国大会, 2016 年.
 18. 荒澤孔明, 服部峻, 野球映像の自動タギングのための試合モデルの精密化, 第 43 回 知能システムシンポジウム, 2016 年.
 19. 梶谷貴士, 服部峻, 文章校正における共起語を用いた漢字の誤変換の検出, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 2016 年.
 20. 岸健太郎, 服部峻, TCG プレイ機械可読化のためのテンプレートマッチングに基づいたカード認識, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 2016 年.
 21. 柴田基希, 服部峻, アニメ動画の音声とキャスト情報を用いた声優認識, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 2016 年.
 22. 荒澤孔明, 服部峻, 一球速報と実況音声認識を用いた野球映像の自動タギング, 電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会, 2016 年.
 23. 寺岡諒, 寺本涉, 渡部修, 聴覚随伴性視覚運動知覚の神経基盤の視覚誘発電位による検討, 多感覚研究会, 2015 年.
 24. 櫻澤昂, 寺本涉, 鈴木幸司, 渡部修, コントラストによる選好判断と注視位置への影響, 電気・情報関係学会北海道支部連合大会, 2015 年.
 25. 寺岡諒, 寺本涉, 渡部修, EEG 計測による聴覚随伴性視覚運動知覚の神経基盤の検討, 電子情報通信学会ヒューマン情報処理研究会, 2015 年.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
鈴木 幸司 (SUZUKI Yukinori)
室蘭工業大学・工学研究科・教授
研究者番号: 00179269
 - (2) 研究分担者
渡部 修 (WATANABE Osamu)
室蘭工業大学・工学研究科・准教授
研究者番号: 50343017
(死亡により平成 27 年 7 月 28 日付け削除)
 - (3) 寺本 涉 (TERAMOTO Wataru)
熊本大学・文学部・准教授
研究者番号: 30509089
 - (4) 服部 峻 (HATTORI Shun)
室蘭工業大学・工学研究科・助教