

平成 26 年 4 月 30 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500224

研究課題名(和文)埋込容量の増大が可能な多層型音楽電子透かしの音質改善手法

研究課題名(英文)A method of sound quality improvement for capacity increasable multilayer type audio watermarking

研究代表者

荻原 昭夫(OGIHARA, Akio)

近畿大学・工学部・教授

研究者番号：60244654

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円、(間接経費) 1,200,000円

研究成果の概要(和文)：我々が提案している多層型音楽電子透かし手法は、透かし情報の埋め込み処理を多層化することにより埋め込み容量の増大が実現可能である。しかしながら、多層化に応じて埋め込み処理による音質劣化が知覚されやすくなるという課題があった。そこで本研究では、“整合窓関数の最適化”および“誤り訂正符号を利用した音質改善手法”を多層型音楽電子透かし手法へ導入することで埋め込み処理に起因する音質劣化の軽減を可能とし、埋め込み容量と音質との両立を実現した。

研究成果の概要(英文)：In our multilayer type audio watermarking method, we increase the capacity of embedding by introducing multi-layered embedding process of watermark information. However, there is the problem that sound quality degradation is likely to be perceived according to multi-layered embedding process. In this research, we reduce the sound quality degradation by introducing "optimized window function" and "sound quality improvement technique using error correcting code" into the multilayer type audio watermarking method. As a consequence, we realized the balance of embedding capacity and sound quality.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学、知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：音楽電子透かし 情報ハイディング 著作権・コンテンツ保護

1. 研究開始当初の背景

電子透かし技術を使用することで、音楽データに対して付加データを埋め込むことが可能となる。通常、付加データが埋め込まれた音楽データは CD のような非圧縮のデータ形式で流通される。一方、近年では iPod などの携帯音楽プレイヤーが普及しており、これらの機器では mp3 圧縮等により圧縮された音楽データが使用されている。したがって、mp3 圧縮等に対しても耐性を有する音楽電子透かし手法が必要とされている。

その要求を満たす音楽電子透かし手法として、W.N.Lie らが提案した「低周波振幅変形を用いた音楽電子透かし法」(以下、従来法と呼ぶ)がある。この手法では、音声データを一定長の GOS (Group of samples) に分割する。さらに、1つの GOS を3つのセクションに分割し、これらの3つのセクションのエネルギーの相対的な大小関係を利用して、1つの GOS に1ビットの付加データを埋め込んでいる。しかしながら、この従来法には、埋め込むことのできるデータ量が少ないという問題点があった。

そこで、我々は埋め込み処理を再帰的に繰り返す手法である「多層型音楽電子透かし手法」を提案することで、データ量の増大を実現した。この手法では、透かし情報の埋め込み処理を多層化(多重化)することによって埋め込み容量の増大を実現している。しかしながら、多重化に応じて埋め込み処理による音質劣化が知覚されやすくなるという課題が残されていた。

2. 研究の目的

我々は、再帰的に透かし情報の埋め込み処理を行うことで、埋め込み容量の増大を可能とした多層型音楽電子透かし手法を既に提案している。本研究では、この多層型音楽電子透かし手法の音質を改善することを目的とし、「音質重視型の整合窓の導入」や「誤り訂正符号の訂正能力を積極的に利用した新たな埋め込み処理の導入」などを行い、埋め込み容量の増大と高音質の両立を図る。具体的には下記の3項目を研究目的とする。

(1) 多層型音楽電子透かし手法の実装、および、音質劣化の測定

多層型音楽電子透かし手法をコンピュータ上に実装した後、種々の楽曲データに適用する。同時に、埋込処理後の楽曲に対して主観的音質評価実験を実施して音質劣化の程度を測定する。この段階での主たる目的は容量の増加であり、「3分間の音楽データに対して22000バイト(従来技術の10倍の容量)」を目標値とする。

(2) 整合窓関数の最適化、および、音質改善の測定

音楽データ中の隣接するセクションのエネルギーの相対的な大小関係を考慮するこ

とで整合窓関数を改良する。次に、この改良により得られる音質改善の程度を主観的音質評価実験により測定しながら、音質評価結果をフィードバックして整合窓関数のパラメータ調整を行うことで整合窓関数の最適化を図る。

(3) 誤り訂正符号を利用した音質改善手法、および、音質改善の測定

誤り訂正符号の訂正能力を意図的に利用することで音質の改善を図る。誤り訂正符号を用いることにより、電子透かしの抽出が正しく行うことの出来ない GOS が多少存在していても、誤りを訂正することができる。この性質を積極的に利用し、音質劣化の回避を図る。上記(2)の整合窓関数の最適化を併用した際の音質改善の目標値は「5段階評価である ABC/HR 比較法を用いて、上記(1)で測定した音質に対して平均値で1.5段階以上の評価上昇」とする。

3. 研究の方法

上述の3つの研究目的を実現するために、下記の方法により研究を実施した。

(1) 我々が提案している多層型音楽電子透かし手法の処理アルゴリズムを演算処理サーバ上に実装した後、音楽データファイルサーバで管理される種々の楽曲データに適用し、目的の埋め込み容量に到達することを確認する。次に、音質評価装置を使用して、埋込処理後の楽曲に対して ABC/HR 比較法による主観的音質評価実験を実施し、音質劣化の程度を測定する。同時に、音質劣化が知覚された箇所の音楽信号を分析し、音質劣化の要因について検討を行う。

(2) 上記の音質劣化に関する測定結果および検討結果を基にして、音楽データ中の隣接するセクションのエネルギーの相対的な大小関係を考慮することで整合窓関数を改良し、音質の改善を図る。従来法における増減曲線を用いた場合は GOS の境界点における信号が不連続になり、人間に知覚できるクリック雑音が発生する現象が生じる。この問題点を解決すべく、不連続を解消したスムーズな増減曲線を新たに導入することでクリック雑音を低減させ、音質の向上を図る。同時に、新たな増減曲線の効果を評価するために、主観的音質評価実験を実施して、音質改善の程度を測定する。

(3) 誤り訂正符号の訂正能力を利用した音質改善アルゴリズムを多層型音楽電子透かし手法へ導入する。具体的には、電子透かしの埋め込みを行うことにより元の音楽信号の音質が著しく劣化する恐れのある GOS の部分を事前に推定し、当該箇所には意図的に透かし情報の埋め込みを行わない事で音質の劣化を回避する手法の開発を行う。同時に、

本手法の効果を評価するために、主観的音質評価実験を実施して、音質改善の程度を測定することで有効性を検証する。

4. 研究成果

(1) 多層型音楽電子透かし手法の実装に関する研究については、当初の研究計画通りに当該手法をコンピュータ上に実装し、目標値である「3分間の音楽データに対して22000バイト(従来技術の約10倍)の埋め込み容量」を達成可能であることを確認した。本手法はmp3圧縮などの種々の信号処理に対する耐性を有しており、実社会で流通しているmp3をはじめとする各種データフォーマットにおいても相当量の透かし情報を埋め込み可能である。デジタル音楽コンテンツに埋め込まれた透かし情報の容量増大により、従来法では容量的に制限されていた種々の応用例への活用が可能となることから、本成果の意義は大きい。

さらに、音質劣化の測定に関する研究については、得られた測定データを分析・検討した結果、透かし情報の埋め込み処理を施すことによりGOSの境界点において音楽信号が不連続となる現象が生じ、音質劣化に影響を与えていることが確認できた。

(2) 整合窓関数の最適化に関する研究については、音楽データ中の隣接するセクションのエネルギーの相対的な大小関係を考慮することで整合窓関数を改良し、音楽信号の不連続を解消することにより音質の改善を図った。さらに、本手法の効果を評価するために音質改善の測定を実施し、改良後の整合窓関数を導入することで埋め込み処理後の楽曲の音質が向上することを確認した。提案する整合窓関数の導入により埋め込み処理に起因する音質劣化が軽減可能であることから、埋め込み容量と音質との両立を実現するための重要な要素技術の一つとして、本成果の意義は大きい。

(3) 電子透かしの抽出がすべて正しく行うことができずに一部に抽出誤りが生じたとしても、誤り訂正符号を用いることにより、これらの抽出誤りを訂正することができる。誤り訂正符号を利用した音質改善手法に関する研究では、この性質を積極的に利用し、電子透かしの埋め込みを行うことにより元の音楽信号の音質が著しく劣化する恐れのある部分を事前に推定し、当該箇所には意図的に透かし情報の埋め込みを行わない事で音質の劣化を回避する手法の開発を行い、誤り訂正符号の訂正能力を利用した音質改善を図った。さらに本手法の効果を評価するために、20歳代の被験者13名を対象とした音質改善の測定実験を実施した結果を表1に示す。誤り訂正符号を利用した音質改善手法を導入することで埋め込み処理後の楽曲の音質が向上(5段階音質評価で従来法2.9点

から本手法4.7点へ音質向上)することが確認でき、研究の目標値として当初に設定した「平均値で1.5段階以上の評価上昇」を達成した。

表1 ABC/HR比較法(5段階評価)による従来法と提案法との音質評価結果

楽曲番号	従来法	提案法
SQAM Track 27	2.6	4.1
SQAM Track 32	3.0	4.9
SQAM Track 35	2.5	4.4
SQAM Track 40	3.2	4.3
SQAM Track 65	4.2	4.7
SQAM Track 66	3.2	5.0
SQAM Track 69	3.0	5.0
SQAM Track 70	2.0	4.7
RWC-MDB-G-2001 No.1	2.3	4.6
RWC-MDB-G-2001 No.7	2.6	5.0
RWC-MDB-G-2001 No.13	1.8	4.9
RWC-MDB-G-2001 No.28	2.8	4.8
RWC-MDB-G-2001 No.37	3.3	4.9
RWC-MDB-G-2001 No.49	2.5	5.0
RWC-MDB-G-2001 No.54	2.5	4.8
RWC-MDB-G-2001 No.57	4.2	4.2
RWC-MDB-G-2001 No.64	2.8	5.0
RWC-MDB-G-2001 No.85	2.1	4.9
RWC-MDB-G-2001 No.91	2.7	4.7
RWC-MDB-G-2001 No.100	3.7	5.0
平均	2.9	4.7

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計15件)

H. Murata, A. Ogihara, S. Hayashi, An audio watermarking method for music having sparse representation, Proc. 2013 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication System, 査読有, CD-ROM, 2013, pp.51-54

H. Murata, A. Ogihara, S. Hayashi, An audio watermarking method based on modification of sound pressure level between microphones, Proc. 2013 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, USB flash drive, 2013, pp.669-672

A. Ogihara, H. Murata, N. Kishimoto, Application of synchronization code to multiple audio watermarking method based on average of absolute amplitude, Proc. 2013 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, USB flash drive, 2013, pp.657-660

H. Murata, A. Ogihara, M. Yamamoto, Blind audio watermarking based on multiplicative patchwork method with

extension of embedding region, Proc. 2013 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, USB flash drive, 2013, pp.653-656
村田 晴美, 荻原 昭夫, 岩田 基, 汐崎 陽, 単一楽器演奏曲を対象とするサンプリング音を用いた音楽電子透かし法、電子情報通信学会論文誌(D)、査読有、vol.J96-D、no.4、2013、pp.941 - 951
H. Murata, A. Ogihara, M. Iwata, M. Yoshioka, An audio watermarking method using sampled sound for polyphonic music, Proc. 12th International Symposium on Communications and Information Technologies, 査読有, USB flash drive, 2012, pp.104-109
A. Ogihara, S. Hayashi, H. Murata, An application of blind source separation to audio watermarking, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2012, Total 4 pages
A. Ogihara, M. Uesaka, S. Hayashi, H. Murata, A sound quality improve method for phase shift keying based on audio watermarking considering masking curve, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2012, Total 4 pages
A. Ogihara, N. Kishimoto, H. Murata, Relationship between GOS length and tolerance to MP3 in multiple audio watermarking method based on average of absolute amplitude and variance of amplitude, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2012, Total 4 pages
H. Murata, M. Yamamoto, A. Ogihara, T. Funabashi, Sound quality improvement by converting an embedding domain for blind audio watermarking based on multiplicative patchwork method, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2012, Total 4 pages
H. Murata, A. Ogihara, M. Iwata, M. Yoshioka, An audio watermarking method based on musical instrument identification, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2012, Total 4 pages
A. Ogihara, M. Yamamoto, H. Murata, M. Iwata, A. Shiozaki, Improvement of

multiplicative patchwork audio watermarking by modifying both subsets, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2011, pp.938-941
A. Ogihara, N. Kishimoto, M. Iwata, A. Shiozaki, An audio watermarking method based on variance of amplitude modification, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2011, pp.926-929
A. Ogihara, S. Hayashi, M. Iwata, A. Shiozaki, A phase shift keying based audio watermarking method in consideration of masking curve, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2011, pp.934-937
H. Murata, A. Ogihara, M. Iwata, A. Shiozaki, An audio watermarking method by using sampling sound source, Proc. 2012 International Technical Conference on Circuits / Systems, Computers and Communications, 査読有, CD-ROM, 2011, pp.922-925

〔学会発表〕(計15件)

村田 晴美, 荻原 昭夫, BCH 符号を用いた位相変調に基づく音楽電子透かしの音質評価、電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会、2014年1月28日、東北大学電気通信研究所(宮城県)
上阪 昌毅, 荻原 昭夫, 村田 晴美, 吉岡 理文, 誤り訂正符号を用いた位相変調に基づく音楽電子透かし、平成25年度計測自動制御学会関西支部・システム制御情報学会若手研究者発表会、2014年1月17日、学校法人常翔学園大阪センター(大阪府)
村田 晴美, 荻原 昭夫, 音源分離技術を用いた音楽電子透かし法、電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会、2013年11月15日、県立広島大学サテライトキャンパスひろしま(広島県)
荻原 昭夫, 情報ハイディングへの音楽理論の応用、電子情報通信学会マルチメディア情報ハイディング・エンリッチメント研究会、2013年11月15日、県立広島大学サテライトキャンパスひろしま(広島県)
村田 晴美, 荻原 昭夫, 乗法的パッチワーク法に基づく音楽電子透かしにおける埋め込み領域の拡張、第12回情報科学技術フォーラム、2013年9月4日、鳥取大

学鳥取キャンパス(鳥取県)

山本 優、村田 晴美、荻原 昭夫、乗法的パッチワーク法に基づくブラインド型音楽電子透かしにおける耐性実験、平成 24 年度(第 63 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会、2012 年 10 月 20 日、島根大学(鳥根県)

林 繁利、荻原 昭夫、ブラインド音源分離を利用した音楽電子透かし、平成 24 年度(第 63 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会、2012 年 10 月 20 日、島根大学(鳥根県)

上阪 昌毅、荻原 昭夫、林 繁利、村田 晴美、位相変調に基づく音楽電子透かしにおける評価実験、平成 24 年度(第 63 回)電気・情報関連学会中国支部連合大会、2012 年 10 月 20 日、島根大学(鳥根県)

村田 晴美、荻原 昭夫、岩田 基、汐崎 陽、音源同定に基づく音楽電子透かし法における攻撃耐性評価、電子情報通信学会総合大会、2012 年 3 月 21 日、岡山大学(岡山県)

村田 晴美、荻原 昭夫、岩田 基、汐崎 陽、複数楽器演奏曲を対象とする音源同定を用いた音楽電子透かし法、電子情報通信学会応用音響研究会、2011 年 12 月 9 日、機械振興会館(東京都)

上阪 昌毅、荻原 昭夫、林 繁利、岩田 基、汐崎 陽、人間の心理聴覚特性を利用した音楽電子透かしにおける音質の改善、平成 23 年電気関係学会関西連合大会、2011 年 10 月 30 日、兵庫県立大学(兵庫県)

山本 優、荻原 昭夫、村田 晴美、岩田 基、汐崎 陽、ケプストラム領域における乗法的パッチワーク法に基づいた音楽電子透かし、平成 23 年電気関係学会関西連合大会、2011 年 10 月 30 日、兵庫県立大学(兵庫県)

林 繁利、荻原 昭夫、岩田 基、汐崎 陽、時間-周波数マスキングを考慮した音楽電子透かし、平成 23 年電気関係学会関西連合大会、2011 年 10 月 30 日、兵庫県立大学(兵庫県)

木作 かおり、荻原 昭夫、岸本 なつみ、岩田 基、汐崎 陽、振幅の増減に基づく音楽電子透かしと振幅の分散の増減に基づく音楽電子透かしの併用、平成 23 年電気関係学会関西連合大会、2011 年 10 月 30 日、兵庫県立大学(兵庫県)

岸本 なつみ、荻原 昭夫、岩田 基、汐崎 陽、振幅の分散を用いた音楽電子透かしの埋め込みの多重化、平成 23 年電気関係学会関西連合大会、2011 年 10 月 30 日、兵庫県立大学(兵庫県)

(2)研究分担者

村田 晴美(MURATA, Harumi)

中京大学・工学部・助教

研究者番号: 10707186

6. 研究組織

(1)研究代表者

荻原 昭夫(OGIHARA, Akio)

近畿大学・工学部・教授

研究者番号: 60244654