

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4104552号
(P4104552)

(45) 発行日 平成20年6月18日(2008.6.18)

(24) 登録日 平成20年4月4日(2008.4.4)

(51) Int.Cl. F I
 H04N 1/387 (2006.01) HO4N 1/387
 G06T 1/00 (2006.01) G06T 1/00 500B

請求項の数 6 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2003-553505 (P2003-553505)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成14年11月20日(2002.11.20)		コーニンクレッカ フィリップス エレク
(65) 公表番号	特表2005-528817 (P2005-528817A)		トロニクス エヌ ヴィ
(43) 公表日	平成17年9月22日(2005.9.22)		オランダ国 5621 ベーアー アイン
(86) 国際出願番号	PCT/IB2002/004898		ドーフエン フルーネヴァウツウェッハ
(87) 国際公開番号	W02003/052689		1
(87) 国際公開日	平成15年6月26日(2003.6.26)	(74) 代理人	100087789
審査請求日	平成17年11月18日(2005.11.18)		弁理士 津軽 進
(31) 優先権主張番号	01204888.0	(72) 発明者	エッゲルス ヨチム ジェイ
(32) 優先日	平成13年12月14日(2001.12.14)		オランダ国 5656 アーアー アイン
(33) 優先権主張国	欧州特許庁 (EP)	(72) 発明者	バヨウムル ロベルト
前置審査			オランダ国 5656 アーアー アイン
			ドーフエン プロフ ホルストラーン 6

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウォーターマークデータの埋込み及び抽出

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

データシンボルをメディア信号から抽出する方法であって、前記データシンボルは、量子化ステップサイズを用いたホスト信号の量子化及びディザベクトルによる前記量子化された信号のディザリングによって前記メディア信号に埋め込まれる、方法において、受信された前記メディア信号から予め定められた範囲のディザ値を有する信号サンプルを選択するステップと、前記選択された信号サンプルの値のヒストグラムの極値間の相対的な距離から、前記受信されたメディア信号の前記量子化ステップサイズを推定するステップと、前記推定されたステップサイズを用いて前記データシンボルを前記メディア信号から抽出するステップとを有することを特徴とする方法。

【請求項2】

請求項1に記載の方法において、ディザ値の前記範囲は、適用可能なディザ値の範囲の所定の部分である、方法。

【請求項3】

請求項1に記載の方法において、前記選択された信号サンプルから予め定められたパイロットデータシンボルが埋め込まれた信号サンプルをさらに選択するステップをさらに有し、前記ヒストグラムが前記さらに選択された信号サンプルの値のヒストグラムである方法。

【請求項4】

請求項1に記載の方法において、前記量子化ステップサイズは、前記ヒストグラムのフ

ーリエ変換を用いて計算される、方法。

【請求項5】

データシンボルをメディア信号から抽出するための装置であって、前記データシンボルは、量子化ステップサイズを用いたホスト信号の量子化と、前記データシンボルによる量子化インデックスの変調と、ディザベクトルによる前記量子化された信号のディザリングとによって前記メディア信号に埋め込まれる、装置において、受信された前記メディア信号から予め定められた範囲のディザ値を有する信号サンプルを選択し、前記選択された信号サンプルの値のヒストグラムを作り、該ヒストグラムの極値間の相対的な距離から、前記受信されたメディア信号の前記量子化ステップサイズを計算する、手段を含むことを特徴とする装置。

10

【請求項6】

請求項5に記載の装置において、前記選択された信号サンプルから予め定められたパイロットデータシンボルが埋め込まれた信号サンプルをさらに選択する手段をさらに有し、前記ヒストグラムが前記さらに選択された信号サンプルの値のヒストグラムである、装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データをホスト信号から抽出するための方法及び装置に関する。本発明は、また、データをホスト信号に埋め込むための方法及び装置に、更に、埋め込まれたデータを有する信号に関する。

20

【背景技術】

【0002】

ブラインドウォーターマーキングは、メッセージをマルチメディアホスト信号に埋め込んで、このメッセージを、元のウォーターマークされていないホスト信号へのアクセス無しに復号する技法である。このようなウォーターマーキング方式の例は、2001年5月のIEEE Transactions on Information Theory, Vol. 47, No. 4のB. Chen及びG.W. Wornellによる「Quantization Index Modulation: A Class of Provably Good Methods for Digital Watermarking and Information Embedding」に開示されている。既知のウォーターマーキング方式は、量子化に基づいたウォーターマーキング方式である。メッセージは、出力サンプルに埋め込まれるメッセージ記号を固有に識別する出力サンプルに入力サンプルをマッピングする、量子化ステップサイズを用いて、ホスト信号の量子化によってホスト信号に埋め込まれる。

30

【0003】

ブラインドウォーターマーキングが、デコーダが元のホスト信号にアクセスすることができるのと同じように加法性白色ガウス雑音(AWGN)アタックに耐えることが、文献に示されている。しかし、実際のウォーターマーキングアプリケーションでは、アタックはAWGNアタックに限定されない。特に興味深い種類のアタックは、振幅修正である。この種類のアタックは、ウォーターマークされた信号のスケーリング(例えば画像データのコントラスト低減又は一定DC値の追加)を含む。有意な損失無しにこのようなアタックを乗り切る、と一般的に考えられているスペクトラム拡散ウォーターマーク方式とは違い、量子化に基づいたウォーターマーキング方式は、振幅修正に対しては脆い。この問題は、特に、ディザリングも用いる量子化に基づいたウォーターマーキング方式において重大である。ディザリングは、埋め込まれたデータが、単にウォーターマークされた信号の構造を検査することによって検出されることができるとを回避するために、ウォーターマークされた信号の異なったサンプルに異なったオフセットを割り当てるプロセスである。一連のディザ値(「ディザベクトル」)は、受信器に知られている秘密キーである。ディザベクトルについての知識なしには、メッセージを信頼性がある態様で抽出することは、不可能である。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 4 】

本発明の目的は、ウォーターマークされた信号の振幅が修正された場合でさえもデータを抽出するための、方法及び装置を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 5 】

本発明によれば、これは、所定の範囲のディザ値を有する選択された信号サンプルのヒストグラムから、受信されたメディア信号の量子化ステップサイズを計算することによって、達成される。本発明は、振幅スケールリングアタックに関しては、ウォーターマーク埋込みアルゴリズムによって用いられる量子化ステップサイズが、同じ係数によってスケールリングされたという見識を利用する。本発明によって、振幅スケールリング係数が、デコーダによって計算されるステップサイズ対埋込み器によって用いられるステップサイズの比として計算(又は少なくとも推定)されることができるといことが達成される。このことは、受信されたウォーターマーク信号がリスケールリングされ、埋め込まれたメッセージがリスケールリングされた信号から従来型のデコーダによって抽出されることを許可する。デコーダの1つの実施例は、たとえ元の量子化ステップサイズが(従ってスケールリング係数も)知られていない場合であっても、計算された量子化ステップサイズに基づいて、埋め込まれたメッセージを抽出する。

10

【 0 0 0 6 】

好適な実施例において、選択された信号サンプルは、所定のデータシンボルが埋め込まれた所定の信号サンプルである。この実施例は、所定のデータシンボルが埋め込まれたサンプルについての知識を要求する。このために、本発明による埋め込み器は、当該所定のデータシンボルをホスト信号の所定のサンプルに埋め込む。

20

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 7 】

我々は、デジタルウォーターマーキングを通信の問題と考える。ウォーターマークメッセージは、ウォーターマーク文字又はシンボル d_n のシーケンスに符合化される。要素 d_n は、サイズ D の D 進文字(D -ary alphabet) $\{0, 1, \dots, D-1\}$ に属する。実際の多くの場合には、バイナリウォーターマークシンボル($D=2$)が用いられる。

【 0 0 0 8 】

図1は、ウォーターマーク埋込み器(又はエンコーダ)71及び検出器(又はデコーダ)73を有するシステムの一般的な概略図を示す。ウォーターマークエンコーダは、符合化されたウォーターマークメッセージ d 及びホストデータ x から適当なウォーターマークシーケンス w を導出し、このウォーターマークシーケンス w はホストデータに加えられて、ウォーターマークされたデータ s を作成する。ウォーターマーク w は、 x と s との間の歪みが無視可能になるように選択される。デコーダ73は、受信されたデータ r からウォーターマークメッセージを検出することが可能でなければならない。図1は、「ブラインド」ウォーターマーキング方式を示す。これは、デコーダ73はホストデータ x を利用可能でないことを意味する。ウォーターマークエンコーダ及びデコーダによって用いられるコードブックは、ウォーターマーク通信の秘密性を達成するために安全なキー k に依存してランダム化される。信号 x 、 w 、 s 、 r 及び k は、同一の長さのベクトルである。図1の添字 n は、これら信号のそれぞれの第 n 番目の要素(又はサンプル)に関連する。

30

40

【 0 0 0 9 】

実際には、ウォーターマークされた信号は、信号処理を経て、通信チャネルに通されて及び/又はアタックを受けた。これは、埋込み器71と検出器73との間のアタックチャネル72として、図1に示される。アタックは、係数 g (通常 $g < 1$)でウォーターマークされた信号 s の振幅をスケールリングして、ノイズ v を加える。チャネルは、更に、アタックされた信号 r に追加のオフセット r_{offset} を導入してもよい。受信器は、アタックされた信号 r を g で除算して $s+v/g$ を作成することにより、スケールリングに対して補償することができる。従って、スケール係数 g が受信器に知られていると仮定するならば、ウォーターマークエンコーダ71及び検出器73の設計は、ノイズのみに耐えることを必要とするシステムの変

50

換されることができる。

【 0 0 1 0 】

一般に、ウォーターマークエンコーダ71及びデコーダ72は、両端で利用可能であるランダムなコードブックを伴う。エンコーダ71において、コードブックは入力サンプル x_n を出力サンプル s_n にマッピングし、出力サンプル値はメッセージシンボル d_n 及びキー k_n に依存する。デコーダ73は、サンプル s_n からメッセージシンボル d_n を復元するのに同じコードブックを用いる。後述するように、最適状態に及ばないがより実際的なバージョンのシステムは、ディザリングされた一様スカラ量子化に基づく。

【 0 0 1 1 】

最も単純な形式のスカラ量子化においては、メッセージデータは、信号サンプル x_n (全てのサンプル又は選択されたもの)を離散レベルの多くの組のうちの選択されたものに量子化することによって、メディア信号に埋め込まれ、該選択された組は、埋め込まれるべきデータシンボルによって決定される。この最も単純な形式のウォーターマーク埋込みは、図2に示される。この図において、左の垂直軸は、メディア信号 x の信号サンプル x_n が取ることができる種々の値を表す。メディア信号に埋め込まれるべきメッセージは、 D 進文字 $D = \{0, 1, \dots, D-1\}$ に属するデータ要素 d_n のシーケンスに符合化される。図2において、3進アルファベット($D=3$)が、一般的な例として示される。実際のシステムにおいては、多くの場合 $D=2$ が用いられる。信号媒体は x_n をサンプリングし、 x_n のうちの1つは図の左の垂直軸上のシンボル X によって示されるものであり、これは $(Dm + d_n) \times \delta$ の最も近い倍数に丸められる。ここで、 δ は所与の量子化ステップであり、 $m = \dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$ である。量子化インデックスとして知られている商 x_n / δ は、埋め込まれるべきデータによって変調される。よく知られているデータ埋込み技術であるロービット変調は、特別な場合である。ロービット変調器は、単純に、デジタル信号サンプル x_n の最下位ビットをデータビット d_n によって置換する。

【 0 0 1 2 】

ウォーターマークされた信号に収容されるデータは、離散的な信号値 s_n を検査することによって容易に検出されることができる。ロービット変調方式においては、 s_n の最下位ビットを検査することでさえ十分である。これが0であれば、 $d_n=0$ である。これが「1」であれば、 $d_n=1$ である。メッセージの安全な伝送を提供するために、異なったオフセットが異なった出力信号サンプル s_n に割り当てられる。これは、ディザリングと呼ばれる。図2において、オフセットは δ と示され、ここで δ は、増倍率である。データを信号サンプル x_n のシーケンスに埋め込むために用いられるディザ値 δ の組は、安全なディザベクトルを構成し、これは以下では秘密キーとも呼ばれる。このキーについての知識なしには、サンプル s_n 内で構造は見え、データメッセージを検出することは可能でない。

【 0 0 1 3 】

ディザリングされた一様スカラ量子化埋込みプロセスの数式は、次のように導かれることができる。出力信号 s_n は、以下として書くことができる。

【 数 1 】

$$s_n = (Dm + d_n) \times \delta + v_n \delta \quad (1)$$

値 s_n は入力値 x_n に可能な限り近くなければならず、これは以下のように表される。

10

20

30

40

【数 2】

$$x_n \cong s_n$$

$$x_n \cong (Dm + d_n) \times \delta + v_n \delta$$

$$m \cong \frac{x_n - (d_n + v_n) \times \delta}{D\delta}$$

この条件は、

【数 3】

$$m = \text{round} \left\{ \frac{x_n - (d_n + v_n) \times \delta}{D\delta} \right\} \quad (2)$$

10

ならば満たされる。(1)の(2)による置換により、以下が得られる。

【数 4】

$$s_n = D\delta \times \text{round} \left\{ \frac{x_n - (d_n + v_n) \times \delta}{D\delta} \right\} + (d_n + v_n) \times \delta \quad (3)$$

20

代替式が、

【数 5】

$$\Delta = D\delta$$

及び

【数 6】

$$k_n = \frac{v_n}{D}$$

を導入し、演算

【数 7】

$$\Delta \times \text{round} \left\{ \frac{\bullet}{\Delta} \right\}$$

30

を演算子

【数 8】

$$Q_\Delta \{ \bullet \}$$

40

により表すことによって得られることができる。後者の演算子は、ステップサイズ Δ を有する従来型のスカラー様量子化を示し、従ってこの実用的な埋込み方式の名前を表す。このときデータ埋込みプロセスは、以下として表されることができる：

【数 9】

$$s_n = Q_\Delta \left\{ x_n - \Delta \left(\frac{d_n}{D} + k_n \right) \right\} + \Delta \left(\frac{d_n}{D} + k_n \right) \quad (4)$$

【0014】

50

データ埋込みプロセスは、更に一般化することさえできる。 s_n 軸の離散的な「点」上で x_n を予測する必要はない。図3に示されたように、データシンボル d_n は値 s_n の明確な範囲によって等しく表されてもよい。このとき出力信号 s_n を以下のように書くことができることは、この図から容易に導かれることができる。

【数 1 0】

$$s_n = x_n + \alpha(z_n - x_n)$$

ここで、 z_n は、式(4)によって定義される離散的な点を示す。従って、

【数 1 1】

$$s_n = x_n + \alpha \times \left(Q_{\Delta} \left\{ x_n - \Delta \left(\frac{d_n}{D} + k_n \right) \right\} + \Delta \left(\frac{d_n}{D} + k_n \right) - x_n \right) \quad (5)$$

10

【0 0 1 5】

図4は、式(5)に従う埋込み器71の概略図を示す。ここで、参照番号30は、ステップサイズ $= D$ を有するスカラー様量子化器を示す。

【0 0 1 6】

図5は、データメッセージビット d_n を信号サンプル s_n から抽出するための検出器73の概略図を示す。この図において、参照番号40は、図4の量子化器30と同じステップサイズを有するスカラー様量子化器を示す。検出器は、以下の数値演算に従って中間信号 y_n を生成する：

20

【数 1 2】

$$y_n = Q_{\Delta} \{ s_n - k_n \Delta \} - (s_n - k_n \Delta) \quad (6)$$

図6にて示されたように、この演算は、サンプル s_n を以下の範囲に移動させる。

【数 1 3】

$$-\frac{\Delta}{2} < y_n < +\frac{\Delta}{2}$$

30

【0 0 1 7】

図7 - Aは、 $D=3$ について、伝送されたシンボル d_n についての中間信号サンプル y_n の確率密度関数(PDF)を示す。より詳しくは、実線60はウォーターマークされたシンボル $d_n=0$ についてのウォーターマークされた要素のPDF $p(y_n | d_n=0)$ を示し、破線61は、 $p(y_n | d_n=1)$ を示し、点破線62は $p(y_n | d_n=2)$ を示す。比較及び完全性のために、図7 - Bは $D=2$ についての y_n のPDFを示し、こちらの方が、実際のシステムで用いられる可能性がより高い。ここで、数字60及び61は、それぞれ $d_n=0$ 及び $d_n=1$ についてのPDFを示す。

【0 0 1 8】

図7 - A及び7 - Bは、データシンボル d_n が適当なスライシング及び復号回路によって y_n から容易に復元されることができを示す。後者の回路は、図5で41と示される。 $D=3$ については、この回路は、 y_n が0、 $+\frac{\Delta}{3}$ 又は $-\frac{\Delta}{3}$ に十分に近いかチェックする(図7 - A参照)。 $D=2$ については、この回路は、 y_n が0又は $\pm \frac{\Delta}{2}$ に十分に近いかチェックする(図7 - B参照)。

40

【0 0 1 9】

図4及び5に示される埋込み器及び検出器の概略図が、それぞれ数式(5)及び(6)の物理的な実現であることに注意されたい。他の実際的な実施例が可能である。例えば、検出器は、以下の式を実現するように設計されていてもよい。

【数 1 4】

$$d = \text{mod} \left(\text{round} \left\{ \frac{s_n - v_n \delta}{\delta} \right\}, D \right) \quad (7)$$

式(7)は、

【数 1 5】

$$m = \text{round} \left\{ \frac{s_n - v_n \delta}{\delta} \right\} \quad 10$$

が、ステップサイズ δ が $s_n - v_n \delta$ に収まる回数 (図1を参照) であり、 $d_n = \text{mod}(m, D)$ であることを考慮すれば理解されることができる。

【0020】

いずれにせよ、信頼性がある検出は、安全なキー k_n (又は s_n) 以外にも、ステップサイズ δ (又は δ_n) が既知であることを要求する。しかし、図1に示されたように、アタック72がウォーターマークされた信号に適用された可能性がある。図8は、加法性白色ガウス雑音(AWGN) v 及びスケール係数 g によるアタックについての $D=2$ のときの検出器の中間信号のPDF y_n (式7を参照) を示す。図7-Bと同様に、実線80は、ウォーターマークされたシンボル $d_n=0$ のPDF $p(y_n | d_n=0)$ を示し、破線81は、ウォーターマークされたシンボル $d_n=1$ のPDF $p(y_n | d_n=1)$ を示す。斜線領域89は、誤り確率 ($d_n=0$ が埋め込まれた場所での $d_n=1$ の検出) を表す。埋込み器システムのパラメータ δ 及び v は、ノイズ v の所与の雑音分散について所望の誤り確率が達成されるように選択された。本発明者は、良い近似が以下によって与えられることを発見した。

【数 1 6】

$$\Delta_{\text{opt}} = \sqrt{12(\sigma_w^2 + 2.71\sigma_v^2)}$$

及び

【数 1 7】

$$\alpha_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{\sigma_w^2}{\sigma_w^2 + 2.71\sigma_v^2}}$$

ここで、 σ_w^2 は埋込み歪みを表す。

【0021】

中間信号 y_n の生成が量子化ステップサイズ及び安全なキー k_n についての知識を要求することを思い起こされたい。アタックされた信号 r の量子化ステップサイズは、係数 g によるスケールングのため $r = g$ であり、受信されたデータ r から推定されなければならない。 r の推定が、 g が知られているときの g の推定と等価であることに注意されたい。ここで、より一般的な観点が取られ、 r の推定が考えられる。

【0022】

r の推定 (そして、もしあればオフセット r_{offset} の推定) は、受信されたサンプル r_n のヒストグラムを分析することによって得られることができる。しかし、前記したように、単に信号サンプルを検査することによって埋め込まれたデータが容易に検出されることができることを回避するためにディザリングが適用されている。ディザリングのため、受信されたサンプルには構造がない。受信されたサンプルのヒストグラムは、実際には、事実上連続的なグラフである。図9は、一例としてこのようなヒストグラム90を示す。

【0023】

10

20

30

40

50

ディザリングが、オフセット k_n (又は n) をサンプル s_n に割り当てることによって作製されたことを思い起こされたい。係数 g によるスケーリングのために、受信されたサンプル r_n のオフセットは、 k_n (又は n) である。 g が知られていないので、これらのオフセットは受信器端で知られていない。しかし、キー k_n は知られている。従って、本発明の1つの側面によれば、ヒストグラムは、割り当てられた所与の所定のキー値 k_n を有するサンプルだけから導かれる。図9の参照番号91は、 $k_n=0$ であるサンプルのヒストグラムの例である。ヒストグラムの極大値間の相対的な距離は、ステップサイズ $r = r / D$ である。図は、また、共同でヒストグラムを構成する、それぞれ埋め込まれたデータシンボル $d=0$ 及び $d=1$ を有するサンプルの個々のヒストグラム92及び93を示す(ここでは $D=2$ と仮定される。信号サンプル r と関連したデータシンボル d は、図9の上部に示される)。ヒストグラムの「パルス幅」は、埋込み器のパラメータ (入力値を種々の出力値に展開する) 及びアタックチャネルの雑音分散に依存する。

【0024】

割り当てられる所与の所定のキー k_n を有するサンプルのみから統計学的に信頼性があるヒストグラムを作製することは、収集されるべきキーを有する多数のサンプルを要求する。これは、時間がかかりすぎる可能性がある。この欠点は、キー k_n が以下の範囲にある信号サンプルについて1つ又は複数のヒストグラムが作製される実施例において緩和される。

【数18】

$$\frac{m}{M} \leq k_n < \frac{m+1}{M}, \text{ for } m \in \{0, 1, \dots, M-1\} \text{ and } M > 1. \quad (8)$$

従って、得られたヒストグラムは、相対距離 r を有する、より広いピークを示す。更に、オフセット範囲が正であるので、ピークは右へ移動される。

【0025】

他の実施例では、ヒストグラムは、埋め込まれる所定のデータシンボル d_n を有するサンプル r_n から作製される。このような実施例は、ピークが、より大きい相対的な距離 r (前述の実施例の距離 r の D 倍) 及びより大きい最大対最小比率を有するという利点を有する。この実施例は、ステップサイズ r がより正確に計算されるのを許可する。受信器が、所定のデータシンボルを有するサンプルを選択することができるようにするためには、埋込み器は、前記データシンボルの「パイロット」シーケンスを信号に埋め込むように構成される。所定のパイロットシンボル(d_{pilot} とも呼ばれる)は、利用可能なデータシンボル $\{0, 1, \dots, D-1\}$ (例えば $d_{\text{pilot}}=0$) の1つである。パイロットシーケンスは、通常の信号サンプルのようにディザリングされて、従って、安全に埋め込まれる。安全なキー k を知らなければ、ウォーターマークされた信号の構造は見えない。

【0026】

パイロットシーケンスは、中でも、パイロットシンボル d_{pilot} を入力信号の k 個のサンプルごとに埋め込むことによって、又は、埋め込まれたメッセージにパイロットシンボルの固定長列を(好適には繰り返して)挿入することによって、信号に収容されることができる。本発明に係るものは、受信器が、どのサンプル r_n が埋め込まれたパイロットシンボルを有するのかを知っているということのみである。ヒストグラム分析に関する限り、以下では、埋め込まれたパイロットシンボルを有するサンプル r_n だけが考えられる。

【0027】

また、ヒストグラムは、所与の所定のキー値 k_n (例えば $k_n=0$) 又は式(8)に記載のキー値の所定の範囲を有するサンプルから生成される。図10は、 $D=2$ 、 $d_{\text{pilot}}=0$ 及び距離指標 $m=0$ (即ち $0 \leq k_n < 0.33$) についてのパイロットシーケンスのヒストグラム100を示す。このときピークは、相対距離 r を有する。種々の正のオフセット k_n が考慮されたので、極大が図9のヒストグラム91と比較して右に移動されることに注意されたい。場合によっては異なるシフトが、オフセット r_{offset} の形でアタックチャネルによって必然的に導入されなければならない。従って、このオフセットは、ヒストグラム100からも計算される

ことができる。

【0028】

ヒストグラム100は、パイロットサンプルの三分の一($M=3$)から導かれる。 $m=1(0.33 < k_n < 0.67)$ 及び $m=2(0.67 < k_n < 1)$ について類似したヒストグラムが導かれることができるので、パイロットシーケンスの全てのサンプルがヒストグラム分析のために考慮される。それらは、図10で101及び102と示される。ヒストグラム100、101及び102の合計が、これらのキー値 k_n に関係なくパイロットシーケンスの全てのサンプルのヒストグラムであることに注意されたい。この合計のヒストグラムは、図10で103と示される。

【0029】

図11は、上記した実施例による埋込み器及び受信器を有するシステムの図を示す。図10と同じ要素及び機能を示すのに、同じ参照番号が用いられる。受信器は、このときヒストグラム分析回路74を含み、これは、信号サンプル r_n を受信して、オフセット r_{offset} (もしあれば)及びステップサイズ r_s を計算する。オフセット r_{offset} は、全てのサンプルについて同じであって、減算器75によってサンプルから減算される。計算されたステップサイズ r_s は、式(6)及び(7)並びに図5に従って埋め込まれたデータシンボル d_n を復元する検出器73に直接適用される。検出器73のシンボル d_n は、式(6)及び(7)並びに図5のステップサイズ r_s が r_s で置換されるべきであることを示す。

【0030】

パイロットシーケンスが用いられる場合には、埋め込まれたパイロットシンボル d_{pilot} を有する信号サンプル r_n を識別するために、選択信号 S がヒストグラム分析回路に適用される。伝送端で、同じ選択信号 S によって制御されているスイッチ76が、メッセージシンボル m 又はパイロットシンボル d_{pilot} を埋込み器71に適用するために用いられる。

【0031】

図12に示されるシステムは、受信器の他の実施例を含む。本実施例において、ウォーターマークされた信号は、 $g^{-1} = 1/r_s$ による乗算による乗算段76でリスケーリングされる。ここで、 r_s は、検出器73によって使用されているステップサイズである。この実施例の利点は、全ての振幅スケール係数 g について同じ検出器73が用いられることができるということである。ステップサイズ r_s が、必ずしも、埋込み器によって用いられる元のステップサイズであるというわけではない。

【0032】

ここで、ヒストグラム分析回路の実例が、パイロットシーケンスを用いる実施例のアプリケーションのために説明される。これは、ハードウェア又はソフトウェアで実現されることができる。第1にサンプル値の全範囲 $r_{min} \sim r_n \sim r_{max}$ は、 L_{bin} ビンに分割される。各ビンについて、ヒストグラム $p_{r,m}(b)$ が計算される。ここで、 $b \in \{0, 1, \dots, L_{bin}-1\}$ はビン添字であり、 $m \in \{0, 1, \dots, M-1\}$ はキー値 k_n の考えられる範囲を示す。 $M=3$ について、これは、図10に示されるヒストグラム100、101及び102に類似するビンにつき、3つの「条件付き」ヒストグラムを生ずる。各ビンのために、「合計の」ヒストグラム $p_r(b)$ (図10の103を参照)も計算される。空のビン及び数サンプルしか含まないビンは、均一な非ゼロヒストグラムを割り当てられる。続いて条件付きヒストグラム $p_{r,m}(b)$ は正規化され、各正規化ヒストグラムの離散的なフーリエスペクトル $A_m(f)$ は以下によって計算される

【数19】

$$A_m(f) = \text{DFT} \left\{ \frac{p_{r,m}(b)}{p_r(b)} - 1 \right\}$$

ガウス分布の r_n について、更にその他の典型的な信号分布について、空の及びほぼ空のビンは、主にヒストグラムのテールで発生する。従って、正規化ヒストグラムを、テールに異なった重みを与えるウィンドウ関数 $W(b)$ で更に重み付けすることは、有用である。その場合、フーリエスペクトラムは、以下に従って計算される：

10

20

30

40

50

【数 2 0】

$$A_m(f) = \text{DFT} \left\{ \frac{p_{r,m}(b) - p_r(b)}{p_r(b)} W(b) \right\}$$

【0 0 3 3】

異なった条件付きヒストグラムの最大が互いに対して Δ_r / M によって移動されることが知られているので、全てのMのスペクトラムは簡潔な方法で組み合わせられることができる。このシフトは、フーリエ領域の

【数 2 1】

$$e^{-j\frac{2\pi}{M}m}$$

による乗算に対応し、スペクトラム全体は、以下として得られることができる：

【数 2 2】

$$A(f) = \sum_{m=0}^{M-1} A_m(f) e^{-j\frac{2\pi}{M}m}$$

【0 0 3 4】

図13は、1024の長さの離散的フーリエ変換を用いるスペクトラムのモジュラス $|A(f)|$ の例を示す。 f_0 の支配的なピークが明らかに見える。ステップサイズ Δ_r は、以下となる。

【数 2 3】

$$\Delta_r = \frac{L_{\text{DFT}}}{f_0} \frac{r_{\text{max}} - r_{\text{min}}}{L_{\text{bin}}}$$

ここでLDFTは、離散的フーリエ変換の長さである。オフセット r_{offset} は、複雑なフーリエスペクトルの引数 $\arg\{A(f_0)\}$ から導かれることができる。

【0 0 3 5】

ディザリングされた量子化インデックス変調(71)を用いてデータ (d_n) をホスト信号 (x_n) に埋め込み、該データをウォーターマークされた信号から抽出するための、方法及び装置が開示される。この埋め込み方式(71)の問題は、ウォーターマークされた信号 (s_n) の振幅が、意図的に(通信チャネルによって)又は故意に(ハッカーによって)スケールアップされている可能性がある(72)ということである。このことは、抽出器(73)に、信頼性があるデータ抽出のために必須である受信された信号 (r_n) の量子化ステップサイズ (Δ_r) を知られないようにする。本発明は、実質的に同じ量のディザを有する信号サンプルからヒストグラム(74)を作ること及び前記ヒストグラムを分析してそこからステップサイズ (Δ_r) の推定を導くことを提供する。好適な実施例において、所定のデータシンボル (d_{pilot}) のパイロットシーケンスはホスト信号の選択された(S)サンプルに埋め込まれる(76)。

【図面の簡単な説明】

【0 0 3 6】

【図 1】 データ埋め込み器、チャネル及びデータ検出器を有するシステムの概略図を示す。

【図 2】 ディザリングされた量子化インデックス変調の概念を用いたデータ埋込みを示す図を示す。

【図 3】 ディザリングされた量子化インデックス変調の概念を用いたデータ埋込みを示す図を示す。

【図 4】 データ埋め込み器の概略図を示す。

【図 5】 抽出器の概略図を示す。

10

20

30

40

50

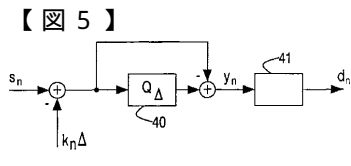


Fig.5

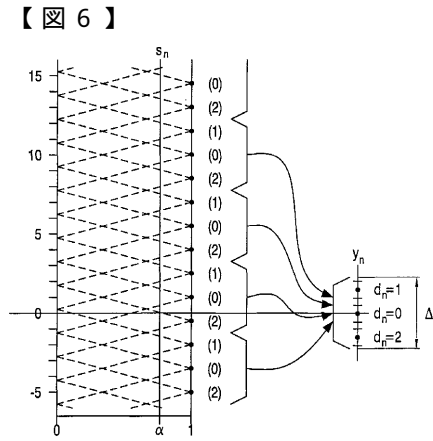


Fig.6

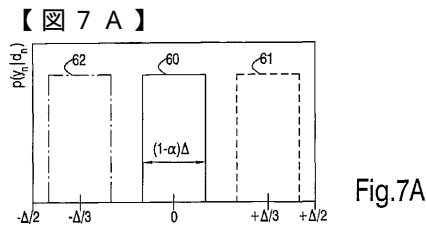


Fig.7A

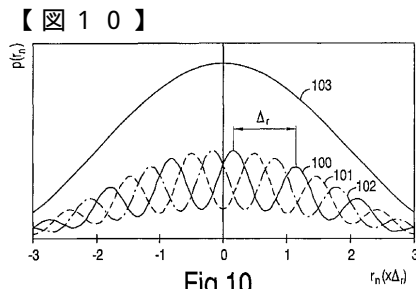


Fig.10

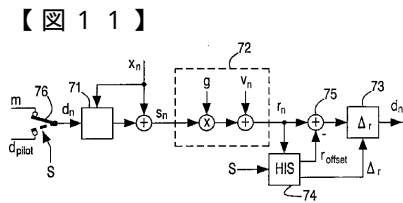


Fig.11

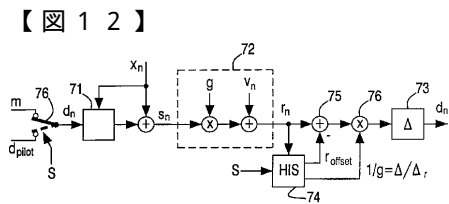


Fig.12

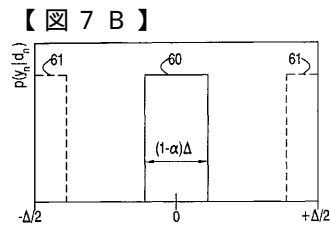


Fig.7B

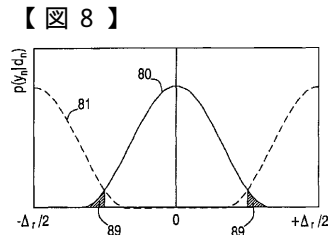


Fig.8

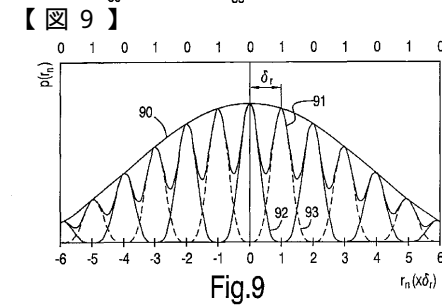


Fig.9

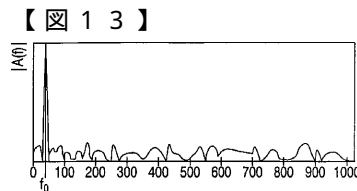


Fig.13

フロントページの続き

審査官 曾我 亮司

(56)参考文献 特開2001-268337(JP,A)
特表2000-510980(JP,A)
特表2000-509587(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04N 1/387

G06T 1/00