

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2003-330500
(P2003-330500A)

(43) 公開日 平成15年11月19日 (2003. 11. 19)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
G 1 0 L 21/04		G 1 0 L 3/02	A
11/00		7/04	A

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2002-137033(P2002-137033)

(22) 出願日 平成14年5月13日 (2002. 5. 13)

特許法第30条第1項適用申請有り 2002年3月27日~30日 電子情報通信学会開催の「2002年電子情報通信学会総合大会」において文書をもって発表

(71) 出願人 800000080

タマティールエルオー株式会社
東京都八王子市旭町9番1号 八王子スクエアビル11階

(72) 発明者 東山 三樹夫

東京都八王子市中野町2665-1 工学院大学内

(72) 発明者 風間 道子

東京都新宿区下落合3-4-7

(74) 代理人 100094053

弁理士 佐藤 隆久

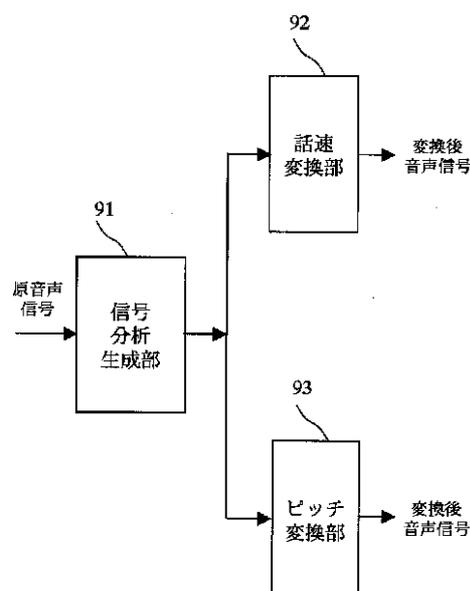
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 信号分析方法および信号分析装置

(57) 【要約】

【課題】 信号を包絡線と搬送波により表現する方式に基づいて容易に話速ならびにピッチ変換することを可能とする信号分析方法及び信号分析装置を提供する。

【解決手段】 包絡線と正弦波搬送波を用いた音声信号の包絡線変調表現方法に基づいて、包絡線の伸縮により、音声信号の話速を変換し、正弦波搬送波の周波数のシフトにより、音声信号のピッチを変換する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】原信号 X_0 の N 個の周波数領域 L_1 、 L_2 、…、 L_N における N 個の周波数成分信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N を求め、前記 N 個の信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N により、前記原信号 X_0 を合成する信号分析方法であって、

前記 N 個の周波数帯域 L_1 、 L_2 、…、 L_N において、前記原信号 X_0 を分析し、前記 N 個の周波数成分信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N の包絡線信号 Y_1 、 Y_2 、…、 Y_N を求め、

前記 N 個の搬送波信号 Z_1 、 Z_2 、…、 Z_N を、前記 N 個の周波数帯域 L_1 、 L_2 、…、 L_N における正弦波信号とし、

前記包絡線信号 Y_1 、 Y_2 、…、 Y_N を用いて、前記搬送波信号 Z_1 、 Z_2 、…、 Z_N をそれぞれ変調し、前記信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N を生成する信号分析方法。

【請求項2】前記 N 個の包絡線信号 Y_1 、 Y_2 、…、 Y_N の周期を変化させ、前記 N 個の信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N のそれぞれの群速度を変化させる請求項1に記載の信号分析方法。

【請求項3】前記 N 個の搬送波信号 Z_1 、 Z_2 、…、 Z_N の周波数をシフトし、前記信号 X の周波数分布を変化させる請求項1に記載の信号分析方法。

【請求項4】原信号 X_0 の N 個の周波数領域 L_1 、 L_2 、…、 L_N における N 個の周波数成分信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N を求め、前記 N 個の信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N により、前記原信号 X_0 を合成する信号分析装置であって、

前記 N 個の周波数帯域 L_1 、 L_2 、…、 L_N において、前記原信号 X_0 を分析し、前記 N 個の周波数成分信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N の包絡線信号 Y_1 、 Y_2 、…、 Y_N を求め、前記 N 個の搬送波信号 Z_1 、 Z_2 、…、 Z_N を、前記 N 個の周波数帯域 L_1 、 L_2 、…、 L_N における正弦波信号とし、前記包絡線信号 Y_1 、 Y_2 、…、 Y_N を用いて、前記搬送波信号 Z_1 、 Z_2 、…、 Z_N をそれぞれ変調し、前記信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N を生成する分析手段を有する信号分析装置。

【請求項5】前記 N 個の包絡線信号 Y_1 、 Y_2 、…、 Y_N の周期を変化させる包絡線伸縮手段をさらに有する請求項4に記載の信号分析装置。

【請求項6】前記 N 個の搬送波信号 Z_1 、 Z_2 、…、 Z_N の周波数をシフトする搬送波周波数変換手段をさらに有する請求項4に記載の信号分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は搬送波が包絡線により変調された信号を用いて信号を合成する方法と装置に関するものであり、特に、音声信号の話速及びピッチを変更する信号分析方法と装置に関する。

【0002】

【従来の技術】音声信号の合成及び再構築は、通信放送分野において重要な技術である。音声信号を合成及び再構築するには、音声信号を分析し、その音声信号の周波数成分を求める。分析の重要な方法としては、フーリエ変換 (Fourier Transform、或は、FT) という調和分析方法がよく知られている。フーリエ変換は分析対象信号を所定の振幅と位相を有する高調波成分に分解する。この分析で信号の周波数成分を検出することによって、信号の性質を把握できる。この分析技術は、音声合成、音声認識、雑音抑圧、伝送帯域圧縮、または、音による機械の性能の調査など、様々な分野に適用できる。例えば、背景音のある環境に、背景音と信号音を高い分解能力で分解し、明瞭性が良く高音質の音声再生する音声認識システムや補聴システムなどに用いることができる。

【0003】また、音声信号について、音質と個人性を保ったまま音声の話速やピッチを変更することが必要となる場合がある。例えば、早口の話や、高話速の音声放送などは、高齢者などの語音識別速度が低下した人々に、違和感が生じないように、話速を変換し、ゆっくりした音声を高品質で生成することが要求される。また、会議レコーダ等を用いて会議の内容を記録する場合は、音質と個人性を保ったまま会議レコーダで録音した音声信号の話速を上げて、レコーダの内容を効率良く書き取ることが望まれている。また、難聴者にとっては、ピッチの高い音は聞き取りにくいので、難聴者に聞きやすくするために、ピッチを下げるように音声信号について加工する。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】話速及びピッチの変換については、これまでピッチ情報をもとに行われてきた。しかし、一般に人間の発話する音声のピッチ推定は困難であるため、手法の複雑化は避けることができない。そこで、話速とピッチの変換方法の改善が望まれる。

【0005】本願発明者は、音声信号の包絡線を用いた音声表現に着目し、狭帯域包絡線と音声の明瞭性について研究してきた。狭帯域包絡線は、音声再生に重要な情報を持っており、音声の明瞭性に直接関わっていることが知られている。本発明の目的は、音声信号を包絡線と搬送波により表現する方式に基づいて容易に話速ならびにピッチの変換を可能とする信号分析方法及び信号分析装置を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】以上の目的を達成するために、本発明の信号分析方法は、原信号 X_0 の N 個の周波数領域 L_1 、 L_2 、…、 L_N における N 個の周波数成分信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N を求め、前記 N 個の信号 X_1 、 X_2 、…、 X_N により、前記原信号 X_0 を合成する信号分析方法であって、前記 N 個の周波数帯域 L_1 、 L

2、…、 L_N において、前記原信号 X_0 を分析し、前記N個の周波数成分信号 $X_1、X_2、…、X_N$ の包絡線信号 $Y_1、Y_2、…、Y_N$ を求め、前記N個の搬送波信号 $Z_1、Z_2、…、Z_N$ を、前記N個の周波数帯域 $L_1、L_2、…、L_N$ における正弦波信号とし、前記包絡線信号 $Y_1、Y_2、…、Y_N$ を用いて、前記搬送波信号 $Z_1、Z_2、…、Z_N$ をそれぞれ変調し、前記信号 $X_1、X_2、…、X_N$ を生成する。

【0007】前記N個の包絡線信号 $Y_1、Y_2、…、Y_N$ の周期を変化させ、前記N個の信号 $X_1、X_2、…、X_N$ のそれぞれの群速度を変化させる。また、前記N個の搬送波信号 $Z_1、Z_2、…、Z_N$ の周波数をシフトし、前記信号 X の周波数分布を変化させる。

【0008】また、以上の目的を達成するために、本発明の信号分析装置は、原信号 X_0 のN個の周波数領域 $L_1、L_2、…、L_N$ におけるN個の周波数成分信号 $X_1、X_2、…、X_N$ を求め、前記N個の信号 $X_1、X_2、…、X_N$ により、前記原信号 X_0 を合成する信号分析装置であって、前記N個の周波数帯域 $L_1、L_2、…、L_N$ において、前記原信号 X_0 を分析し、前記N個の周波数成分信号 $X_1、X_2、…、X_N$ の包絡線信号 $Y_1、Y_2、…、Y_N$ を求め、前記N個の搬送波信号 $Z_1、Z_2、…、Z_N$ を、前記N個の周波数帯域 $L_1、L_2、…、L_N$ における正弦波信号とし、前記包絡線信号 $Y_1、Y_2、…、Y_N$ を用いて、前記搬送波信号 $Z_1、Z_2、…、Z_N$ をそれぞれ変調し、前記信号 $X_1、X_2、…、X_N$ を生成する分析手段を有する。

【0009】前記N個の包絡線信号 $Y_1、Y_2、…、Y_N$ の周期を変化させる包絡線伸縮手段をさらに有する。また、前記N個の搬送波信号 $Z_1、Z_2、…、Z_N$ の周波数をシフトする搬送波周波数変換手段をさらに有す

$$s_m(n) = x_i(n) + iy_j(n)$$

ここで、 n は標本点数、 $i = 1、2、…、k$ 。

【0013】式(1)で表される解析的信号 $s_{ai}(n)$ において、その実部 $x_i(n)$ は信号 $s_i(n)$ に等しい。式(1)で表される解析的信号を用いて、各帯域において信号 $s_i(n)$ の包絡線 $e_i(n)$ と瞬時位相 $\phi_i(n)$ はそれぞれ複素数信号 $s_{ai}(n)$ の絶対値と偏角に対応し、式(2)と式(3)により導出される。

$$e_i(n) = |s_{ai}(n)| = \sqrt{x_i^2(n) + y_i^2(n)}$$

ここで、 n は標本点数、 $i = 1、2、…、k$ 。

【0015】

$$\phi_i(n) = \arg[s_{ai}(n)] = \tan^{-1}\left(\frac{y_i(n)}{x_i(n)}\right)$$

ここで、 n は標本点数、 $i = 1、2、…、k$ 。

【0016】式(3)で得られる瞬時位相 ϕ_i を用いて搬送波 $\cos \phi_i(n)$ を導出する。図2(A)と(B)は、図1に続いて、本実施形態に関わる音声表現方式を説明

する。

【0010】以上の本発明によれば、音声信号の周波数帯域を複数の狭帯域に分割し、各狭帯域において周波数成分の包絡線と搬送波をそれぞれ導出する。導出された包絡線の長さを伸長又は短縮することで話速を変換し、また、各周波数成分の搬送波の周波数を上下シフトさせることで、音声のピッチを変換する。これによって、音声の個人性や明瞭性を損なわずに、かつ、ピッチ推定をせず、数学的な手法を用いて容易に話速ならびにピッチの変換を可能となる。

【0011】

【発明の実施の形態】次は、本発明の信号分析方法および信号分析装置の実施形態について、添付した図面を用いて説明する。

第1の実施形態

本実施形態において、包絡線変調方式による音声表現について述べる。図1は、本発明の第1の実施形態に関わる音声表現方式を説明するブロック図である。図1において、標本点数が n となる原音声信号 $s_0(n)$ について、たとえば、中心周波数 f_c が125Hzから8000Hzまでの範囲内の周波数帯域を1/4オクターブ間隔に k 個(ここで、 k が25になる)の帯域に分割し、各帯域における部分音声信号を $s_i(n)$ ($i = 1、2、…、k$)と表す。各帯域における部分音声信号 $s_i(n)$ からヒルベルト変換により解析的信号を導出する。実際観測される音声信号 $s_i(n)$ は実数信号であるが、ヒルベルト変換を用いることで解析的信号と呼ばれる複素数信号 $s_{ai}(n)$ を導出する。

【0012】

【数1】

$$\text{式(1)}$$

$s_{ai}(n)$ の絶対値と偏角に対応し、式(2)と式(3)により導出される。

【0014】

【数2】

$$\text{式(2)}$$

【数3】

$$\text{式(3)}$$

するブロック図である。図2(A)において、解析的信号 $s_{ai}(n)$ から各帯域の包絡線 $e_i(n)$ と搬送波 $\cos \phi_i(n)$ を導出する過程が示されている。このように

導出された包絡線 $e_i(n)$ と搬送波 $\cos \theta_i(n)$ を用いて、各帯域の信号 $s_i(n)$ を導出する。即ち、信号 $s_i(n)$ において、搬送波 $\cos \theta_i(n)$ が包絡線 $e_i(n)$ に変調されている、いわゆる包絡線変調方式である。図2(B)に示されているように、各帯域の部分音声信号 $s_i(n)$ を加え合わせることで、合成音声信号 $s_s(n)$ を得ることができる。

【0017】以上に求めた各分割帯域における搬送波 $\cos \theta_i(n)$ は、位相 $\theta_i(n)$ が時間に依存して変化するので、処理が難しい。次に、図3を用いて、本実施形態の搬送波を表現する方法を説明する。図3において、「 i 番目の帯域における原搬送波」は音声信号 $s_i(n)$ を意味する。音声信号 $s_i(n)$ を複数の短時間区間に分割する。図3においては、該複数の区間の窓関数は $w_1(n)$ 、 $w_2(n)$ 、 $w_3(n)$... と表わされている。 $s_i(n)$ の各短時間区間に分割された複数の部分信号をそれぞれ分析し、各部分信号の周波数成分を求める。図3では、 f_1 、 f_2 、 f_3 、... は、各短時間区間において、パワーが最大となる周波数成分を表わす。各短時間区間において、該パワーが最大となる周波数成分 f_1 、 f_2 、 f_3 、... を用いて、その短時間区間での部分信号を単一正弦波に置き換える。即ち、搬送波 $\cos \theta_i(n)$ の位相 $\theta_i(n)$ は、各短時間区間において定数 $2\pi f_1 n$ 、 $2\pi f_2 n$ 、 $2\pi f_3 n$ 、... となる。この際、次の区間の始まりは、前の区間の半分の時間とする。

【0018】図4は、包絡線変調方式を用いて合成された音声信号の例である。図4(A)は原音声信号を示し、図4(B)は、125~8000Hzの周波数帯域について、1/4オクターブ間隔に帯域分割し、各帯域の中心周波数 f_c を搬送波の瞬時位相として用いた場合の合

$$g(qn) = e(n) \quad (n = 0, 1, 2, \dots, N-1) \quad \text{式(4)}$$

$$g(qn+k) = \frac{k}{q} \{e(n) + e(n+1)\}$$

ここで、 $k=1, 2, \dots, q-1$ 、 n は原包絡線における標本点、 q は自然数を表し、 $e(n)$ は原包絡線の標本値、 $g(n)$ は変換後包絡線の標本値をそれぞれ示す。

【0023】包絡線の短縮方法について述べる。例えば、 n 点の包絡線 $e(n)$ から、 n/p 点 (p は正の整数) に短縮された包絡線 $g(n)$ を導出するには、原包絡線 $e(n)$ に対して、 n/p 点の時系列に対する間引きを行う。つまり、 g

$$g(n) = e(n + (p-1)) \quad \text{式(5)}$$

ここで、 n は標本点数を表し、 $e(n)$ は原包絡線の標本値、 $g(n)$ は変換後包絡線の標本値をそれぞれ示す。

【0025】図5は、包絡線を伸縮して合成した音声信号の例である。図5においては、周波数帯域125~8000Hzは1/4オクターブを間隔として分割された。搬送波は、第1の実施形態で説明したように、短時間区間で単一正弦波に置き換えることにより得られる搬送波を用いた。図5において、(a) は原音声、(b)

* 成音声信号、図4(C)は、短時間区間を単一正弦波に置き換えることにより得られる搬送波を用いた場合の合成信号を示す。図4(C)は、図4(A)を良く再現している。

【0019】本実施形態によれば、搬送波は正弦波信号に簡略して、包絡線と該搬送波によって、包絡線変調方式によって、音声信号を表現することができる。

【0020】第2の実施形態

本実施形態は、包絡線の伸縮による話速の変換の方法について述べる。まず、第1の実施形態に説明したように、入力された原音声信号 $s_o(n)$ の周波数帯域を複数に分割する。ここで、得られた各帯域の部分信号を $s_i(n)$ ($i=1, 2, \dots, k$) とする。各帯域の信号 $s_i(n)$ ($i=1, 2, \dots, k$) は解析的信号 $s_{ai}(n)$ に変換され、式(2)、(3)を用いて解析的信号の絶対値により包絡線 $e_i(n)$ 、偏角により瞬時位相 $\theta_i(n)$ がそれぞれ得られる。次に搬送波を導出する。搬送波は正弦波の位相角に瞬時位相 $\theta_i(n)$ を用いることで得られる。

【0021】以上に得られた包絡線を伸長する。具体的に、例えば、上記で得られた包絡線において、2点間の平均値を取ることで包絡線の伸長を行う。例えば、 N 点の包絡線 $e(n)$ から、 qN 点 (q は正の整数) に伸長された包絡線 $g(n)$ を導出するには、 $g(n)$ の奇数番号目の値を $e(n)$ そのものの値、 $g(n)$ の偶数番号目の値を $e(n)$ における q 点間の平均値として $g(n)$ を導出する。つまり、 $g(n)$ は原包絡線 $e(n)$ の時系列によって次のように表現される。

【0022】

【数4】

(n) は時系列によって次のように表される。

【0024】

【数5】

$$\text{式(5)}$$

は包絡線長を変化させない合成音声、(c) は包絡線長を1/2とした合成音声、(d) は、包絡線長を2倍に伸張した合成音声について、それぞれの音声信号の6msの短時間区間により推定された基本周波数の累積分布を表す。図5により、各音声信号の累積分布が近接していることから、基本周波数の時間変化、すなわち、音声

の抑揚、自然性が保たれていることが分かる。また、試聴の結果、明瞭性と話者の個性を大きく損なうことなく、話速の変換が可能であることが確認できた。

【0026】本実施形態によれば、音声の基本周波数の推定や、母音と子音の区別をせず、話速を変換することができる。

【0027】第3の実施形態

本実施形態は、搬送波の周波数をシフトすることによってピッチを変換する方法について述べる。包絡線と搬送波を合成する際、搬送波周波数を上下にシフトすること

で、ピッチの変換が可能である。例として、ピッチが2*

$$\text{carrier} = \sum_k w_k(n - kl) \cos 2\pi cf_k n$$

ここで、 $w_k(n)$ は長さ2l点の窓関数を示し、

$$w_k(n) = \begin{cases} 1 & (n = 0, l, 2l - 1) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

で与えられる。

【0030】図7において、(a)は、原音声、(b)は搬送波周波数を変化させない合成音声、(c)は = 1/2として搬送波を作成した合成音声、(d)は、 = 2として搬送波を作成した合成音声について、それぞれの音声信号の6(msec)の短時間区間により推定された基本周波数の累積分布を表す。図7より、搬送波周波数を2倍、1/2倍としたものは、基本周波数の時間変化がそれぞれ高域側、低域側へシフトしている。試聴の結果、ピッチの変換がされていることが確認できた。

【0031】本実施形態によれば、搬送波周波数の変換により、合成音声のピッチ変換ができる。

【0032】第4の実施形態

本実施形態は、音声信号の各周波数成分波の搬送波と包絡線を調整することによって、音声信号の話速とピッチを変更する信号分析装置に関する。図8は本実施形態に関わる信号分析装置90の構成図である。信号分析装置90は、信号分析生成部91、話速変換部92、及びピッチ変換部93を含む。信号分析生成部91は、入力された原音声信号について、上記第1~第3の実施形態に述べた方法で分析を行ない、即ち、周波数帯域を分割し、各分割帯域における周波数成分の各搬送波及び包絡線を求める。話速変換部92は、信号分析生成部91から出力された周波数成分の各包絡線を伸張または短縮し、音声信号の話速を変更して出力する。または、ピッチ変換部93は、信号分析生成部91から出力された周波数成分の各搬送波の周波数を上下シフトし、音声信号のピッチを変更して出力する。

【0033】本実施形態は上記した実施形態と同じ効果を奏する。

【0034】本発明は以上に説明した実施の形態に限られるものではなく、種々の改変が可能である。以上に、原音声の帯域は125Hz~8000Hzを例としたが、本発明はこれに限定されるものではない。以上の説

* 倍となる音声信号を作成する場合は、包絡線と搬送波を合成する際、包絡線の帯域に対し、搬送波の帯域を4帯域上の帯域にシフトするとピッチが2倍に変換された音声信号 $s_s(n)$ が得られる。

【0028】また、第3の実施形態を用いれば、搬送波の周波数のシフトが各短時間区間の周波数に定数を掛けることで可能となる(式6)。図6は、各短時間の周波数変化による搬送波周波数の変化を示す過程である。

【0029】

【数6】

式(6)

明で一例として音声信号を用いていたが、本発明は他の種の信号にも適用する。

【0035】

【発明の効果】本発明によれば、原音声信号から数学的に一意に得られる包絡線と瞬時位相を用いて、ピッチの推定をせずに話速の変換が可能である。また、ピッチの変換についても、搬送波の周波数を替えるだけの容易な手法によりピッチ変換が可能である。また、数学的手法を用いた手法により、処理の複雑化が回避可能である。また、本発明を通信や放送機器などへの応用により、難聴者、高齢者に対する補聴技術が可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に関わる音声信号を表現する方法を説明するブロック図である。

【図2】(A)と(B)は、本発明の第1の実施形態に関わる包絡線変調方法を説明するブロック図である。

【図3】本発明の第1の実施形態に関わる包絡線変調方法において、搬送波を表現する方法を説明する図である。

【図4】本発明の第1の実施形態に関わる包絡線変調方法を用いて合成された音声信号の例を示す。

【図5】本発明の第2の実施形態に関わる話速変換方法により合成された音声信号の例を示すグラフである。

【図6】本発明の第3の実施形態に関わる搬送波を表現する方法を説明する図である。

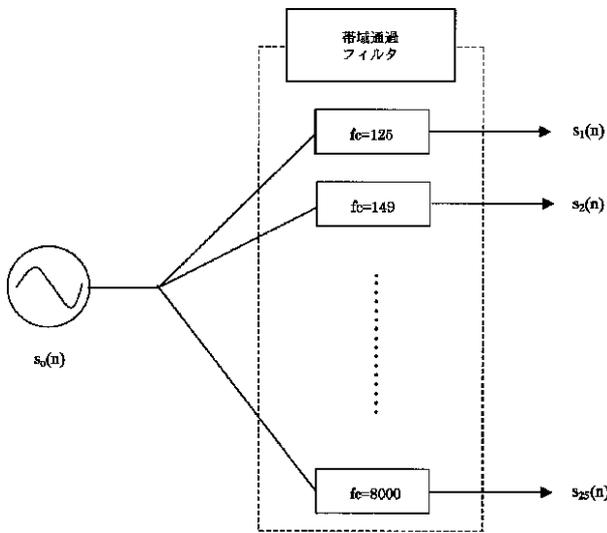
【図7】本発明の第3の実施形態に関わるピッチ変換方法によって合成された音声信号の例を示すグラフである。

【図8】本発明の第4の本実施形態に関わる信号分析装置の構成図である。

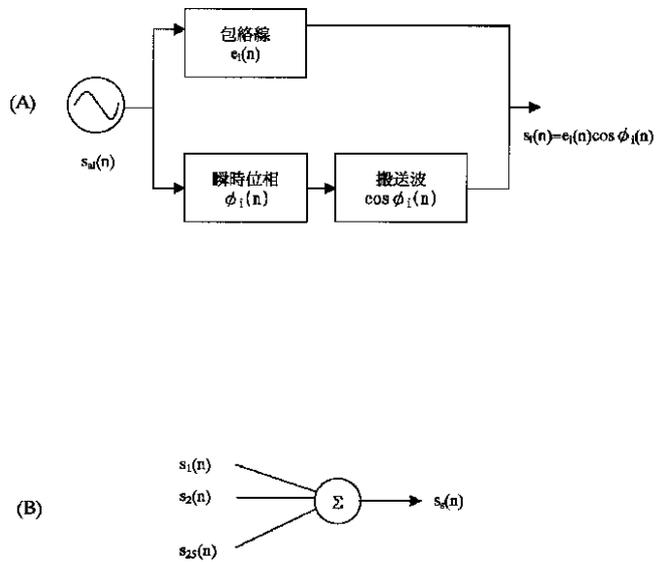
【符号の説明】

91...信号分析生成部、92...話速変換部、93...ピッチ変換部。

【図1】



【図2】



【図3】

i番目の帯域における原搬送波

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{array}{l} f_1 \\ w_1(n) \end{array} \right\} \rightarrow \cos 2\pi f_1 n \\
 & \left. \begin{array}{l} f_2 \\ w_2(n) \end{array} \right\} \rightarrow \cos 2\pi f_2 n \\
 & \left. \begin{array}{l} f_3 \\ w_3(n) \end{array} \right\} \rightarrow \cos 2\pi f_3 n \\
 & \quad \vdots
 \end{aligned}$$

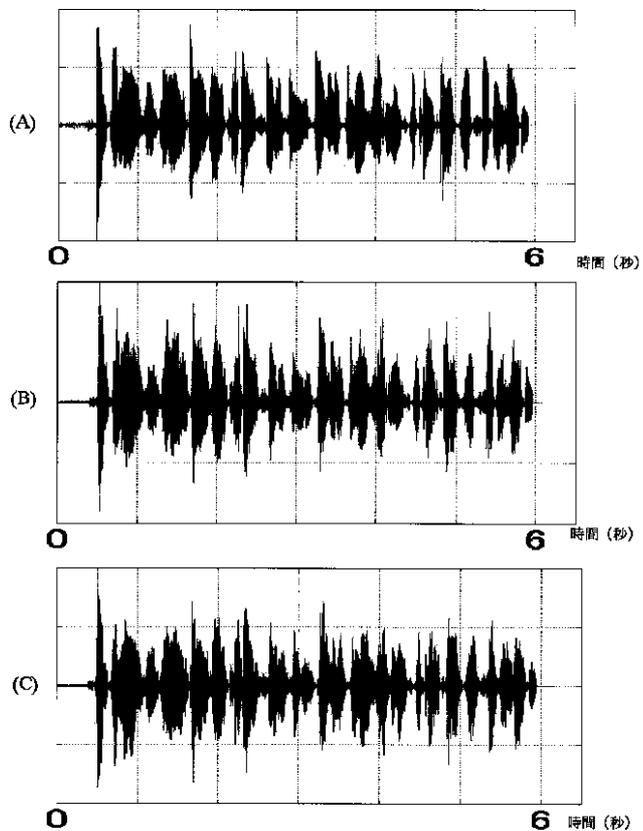
+

i番目の帯域における合成搬送波

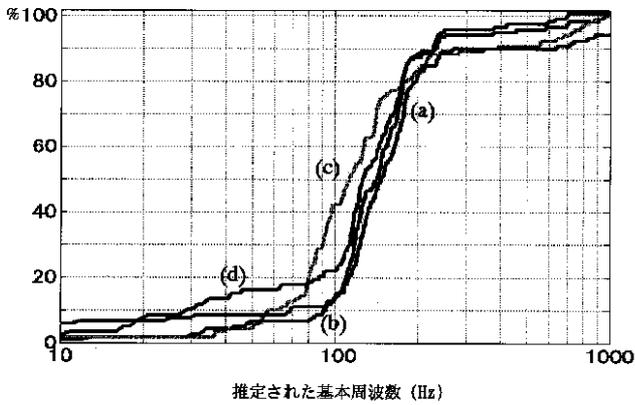
$$= \sum_k w(n - kl_i) \cos 2\pi f_i n$$

$$w_i(n) = \begin{cases} 1 & (n = 0, 1, \dots, 2l_i - 1) \\ 0 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

【図4】



【図5】



【図6】

i番目の帯域における原搬送波

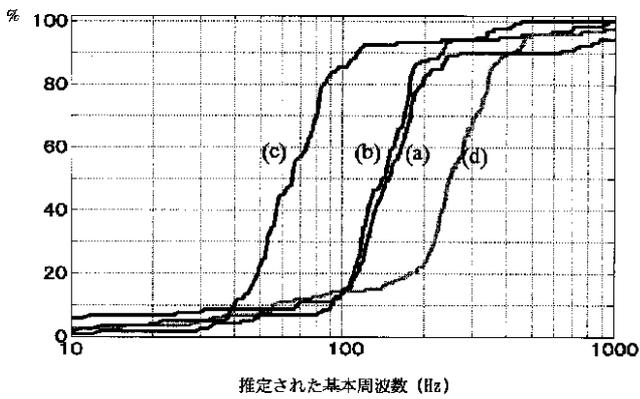
$$\begin{aligned}
 \left. \begin{array}{l} f_1 \\ w_i(n) \end{array} \right\} &\rightarrow \cos 2\pi f_1 n \\
 \left. \begin{array}{l} f_2 \\ w_i(n) \end{array} \right\} &\rightarrow \cos 2\pi f_2 n \\
 \left. \begin{array}{l} f_3 \\ w_i(n) \end{array} \right\} &\rightarrow \cos 2\pi f_3 n \\
 &\vdots
 \end{aligned}$$

+

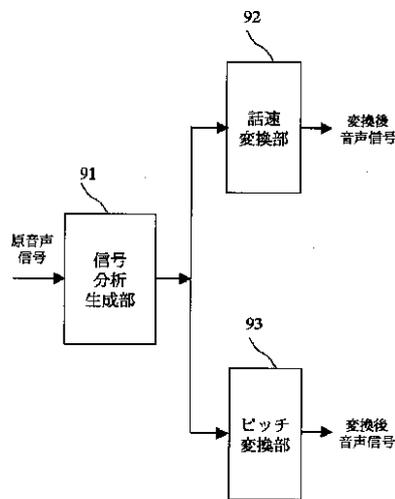
$$= \sum_k w(n - kl_i) \cos 2\pi f_i n$$

i番目の帯域における
周波数変換合成搬送波

【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 吉田 和明
 東京都八王子市田町3-3 エクセレンス
 小川306号室