

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
 【部門区分】第 6 部門第 1 区分
 【発行日】平成 19 年 2 月 15 日 (2007.2.15)

【公開番号】特開 2005-181177 (P2005-181177A)
 【公開日】平成 17 年 7 月 7 日 (2005.7.7)
 【年通号数】公開・登録公報 2005-026
 【出願番号】特願 2003-424400 (P2003-424400)
 【国際特許分類】

G 0 1 R 23/16 (2006.01)

【F I】

G 0 1 R 23/16 B
 G 0 1 R 23/16 D

【手続補正書】
 【提出日】平成 18 年 12 月 19 日 (2006.12.19)
 【手続補正 1】
 【補正対象書類名】特許請求の範囲
 【補正対象項目名】全文
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【特許請求の範囲】
 【請求項 1】

無線通信システムに適用され、ディジタル信号処理集積回路を用いて高速フーリエ変換による周波数解析を行う方法として、入力信号に含まれる所定の周波数成分の有無を検出するため、前記入力信号をサンプリング周波数 f でサンプリングして蓄積データとし、該蓄積データから所定の読み出し時間 $T = N \times 1 / f$ に含まれる単位サンプリング数 N のサンプリングデータを得て、前記蓄積データから前記所定の読み出し時間 T のサンプリングデータを順次取り出して得られる該複数のサンプリングデータの各々に対し前記高速フーリエ変換の処理を順次行い、該順次複数回の処理で得られた各々の検出結果が予め定められた所定回数連続して前記所定の周波数成分が所定レベル以上であるときに当該所定の周波数成分が存在しているとする判定処理を行う周波数検出方法であって、

前記所定の読み出し時間 T は、主読み出し時間 $(T - t)$ と該主読み出し時間 $(T - t)$ に続く付加読み出し時間 t とにより形成され、該所定の読み出し時間 T を順次 t だけシフトして前記サンプリングデータを取り出して得られる各回のサンプリングデータに対して、前記高速フーリエ変換の処理を行うことを特徴とする周波数検出方法。

【手続補正 2】
 【補正対象書類名】明細書
 【補正対象項目名】0 0 0 3
 【補正方法】変更
 【補正の内容】
 【0 0 0 3】

図 2 に従来 of 周波数検出方法が行われる回路ブロック図を示す。

1 0 は入力されるアナログのトーン信号をサンプリングしてディジタル値に変換する A / D 変換器、2 0 は A / D 変換器に入力されるアナログ値をサンプリングしてディジタル値に変換するためのサンプリングタイミングを出力するサンプリングクロック発生器、3 0 は F F T 処理のための関連動作を掌る D S P、4 0 は論理レベルの検出信号を出力する外部 I / O 部、5 0 は D S P の処理プログラムを格納する F L A S H R O M 部、D S P 3 0 にあって、3 1 は A / D 変換器の時系列の出力データを一時蓄えて蓄積データとするデータバッファ部、3 2 は F F T 演算処理を行う F F T 処理部、3 3 は F F T 処理部 3 2

の処理結果が所定の連続回数を検出したかを判定する判定部、34はFFT処理部32の演算処理の処理間隔を規制するタイマ部である。

次に、図2の動作概要を説明する。入力されるトーン信号は、A/D変換器10で、サンプリングクロック発生器20からのサンプリングタイミングによって、ディジタル値に変換される時系列のデータとなり、データバッファ部31に蓄積データとして一旦蓄積される。FFT処理部32は、データバッファ部31に蓄積される時系列の蓄積データから必要サンプル数を読み出して読出しデータとし、FFT処理1回分の読出しデータのサンプリングデータとして入力され、このサンプリングデータに対し処理間隔タイマ部34からの1回当たりのサンプリングデータの読出し時間に等しいタイミングにFFT演算処理が行われる。

FFT演算処理が行われた結果は周波数軸上でのレベルを表わすデータとして出力され、判定部33に入力される。判定部33では所定の周波数成分が所定のレベル以上であるかの有無、更に、所定のレベル以上の有りが所定回数(例えば3回)連続して検出されるか判定を行って、外部I/O部を経由して2値の論理値の検出信号として出力される。

更に、図3はFFT処理の変換概念を示した図である。図3-(A)の図はトーン信号の実時間波形、即ち時間の経過に従った振幅の変化を表わす入力波形である。図3-(B)の図は、(A)図をFFT処理した結果としてトーン信号の周波数スペクトラムの振幅レベル、即ち各周波数の周波数成分の含まれ度合いを表わす周波数解析結果の波形図である。この処理結果から所定の周波数成分の有無及びレベルの各判定を行う。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0004

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0004】

図4に従来技術のFFT処理のタイムチャートの具体例を示し、説明は図2をも参照して行う。

A/D変換10では、サンプリングクロック発生器20で発生する6.4kHzのサンプリングクロック周期でアナログのトーン信号がA/D変換され、その出力であるディジタル符号化されるデータは、データバッファ部31に所定量の時系列データとして蓄積される蓄積データとなる。

まず、データバッファ部31からは、蓄積データ101の40mS分のデータ101aである256個の読出データ102が1回目分として読み出されてサンプリングデータ102aとし、読み出される1回目サンプリングデータ102aはFFT処理部32へ入力され、1回目分のFFT演算処理が行われ、第1回目の周波数解析の周波数スペクトラム成分結果が得られる。判定部33では、所定周波数成分のレベルが所定レベル以上であるかの判定を行って、第1回目判定103aの結果が得られる。

次に第2回目のFFT演算処理も同様にして、データバッファ部31から次の40mS分のデータ101bである256個の読出データ102が2回目分として読み出して2回目である新たなサンプリングデータ102bとし、2回目のサンプリングデータ102bはFFT処理部32へ入力され、2回目分のFFT演算処理が行われ、第2回目の周波数解析の周波数スペクトラム成分結果が得られる。判定部33では、所定周波数成分のレベルが所定レベルであるかの判定を行って、第2回目判定103bの結果が得られる。

更に、第3回目のFFT演算処理も同様にして3回目分のFFT演算処理が逐次行われ、第3回目の周波数解析の周波数スペクトラム成分結果が得られる。所定周波数成分のレベルが所定レベルであるかの判定を行って、第3回目判定103cの結果が得られる。

3回連続して所定の周波数成分「あり」と判定されるならば、真に所定の周波数成分「あり」と見做し、検出信号「あり(論理値;H)」を出力する。この120mS経過後が最短検出タイミング104となる。

このように、入力信号に含まれる所定の周波数成分の有無を検出するため、入力信号を

サンプリング周波数 f でサンプリングして蓄積データとし、蓄積データから所定の読み出し時間 $T = N \times 1 / f$ に含まれる単位サンプリング数 N のサンプリングデータを得て、蓄積データから所定の読み出し時間 T のサンプリングデータを順次取り出して得られる複数のサンプリングデータの各々に対し高速フーリエ変換の処理を順次行い、順次複数回の処理で得られた各々の検出結果が所定回数連続して所定の周波数成分が所定レベル以上であるときに所定の周波数成分が存在しているとする判定処理を行う周波数検出方法である。

以上のような場合は、トーン信号が無線回線などに載せられて伝送されるとき、その伝送品質が比較的よい場合として検出されるが、伝送品質が悪くなり、トーン信号に雑音が重畳されるようなときには、ディジタル符号には誤りビットが含まれ、このようなときには、4 回目以降で 3 回連続して所定の周波数成分「あり」を判定されることがあり、そのようなときには 120 mS 以上の時間を要してしまう。

ここでの DSP による FFT を用いた周波数解析の処理は、サンプリング周波数 (f) と単位サンプリング数 (N) とすれば、1 回当たりのサンプリングデータの所定の読み出し時間 T は、 $T = N \times 1 / f$ を要し、かつ、1 回の FFT 処理間隔も時間 T に等しく行われ、確実に所定の周波数であると判定するために予め定められた回数 (M 回) 連続の判定処理を経て検出とする処理である。従って、検出タイミングは最短で $[M \times T]$ の処理時間を要す。

具体例での最短検出時間は、 $T = N (256 \text{ 個}) \times 1 / f (6.4 \text{ kHz}) = 40 \text{ mS}$ であるので $M = 3$ 回の計算で 120 mS となる。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0007】

この目的を達成するために、周波数検出方法は、無線通信システムに適用され、ディジタル信号処理集積回路を用いて高速フーリエ変換による周波数解析を行う方法として、入力信号に含まれる所定の周波数成分の有無を検出するため、前記入力信号をサンプリング周波数 f でサンプリングして蓄積データとし、該蓄積データから所定の読み出し時間 $T = N \times 1 / f$ に含まれる単位サンプリング数 N のサンプリングデータを得て、前記蓄積データから前記所定の読み出し時間 T のサンプリングデータを順次取り出して得られる該複数のサンプリングデータの各々に対し前記高速フーリエ変換の処理を順次行い、該順次複数回の処理で得られた各々の検出結果が所定回数連続して前記所定の周波数成分が所定レベル以上であるときに当該所定の周波数成分が存在しているとする判定処理を行う周波数検出方法であって、

前記所定の読み出し時間 T は、主読み出し時間 ($T - t$) と該主読み出し時間 ($T - t$) に続く付加読み出し時間 t とにより形成され、該所定の読み出し時間 T を順次 t だけシフトして前記サンプリングデータを得られる各回のサンプリングデータに対して、前記高速フーリエ変換の処理を行うことを特徴とする。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0008

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0008】

本発明を実施すれば、従来の方法での検出時間が最短検出時間例では 120 mS であるのに対し、本発明の方法での検出時間が最短検出時間例では 30 mS である。このように検出時間が最短で $1/4$ のように短縮されて制御などが完了するので、音声の頭 (話頭) 切れが生じてしまうことはなくなった。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0009

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0009】

本発明の周波数検出方法を実現する回路ブロック図は、図2に示した従来技術の回路ブロック図に同じであるので回路構成の説明は省略する。

本発明の動作例は図2において、入力されるトーン信号は、A/D変換器10で、サンプリングクロック発生器20からのサンプリングタイミングによって、ディジタル値に変換される時系列のデータとなり、データバッファ部31に蓄積データとして一旦蓄積される。FFT処理部32は、処理間隔タイマ部34からのタイミングでデータバッファ部31に蓄積される時系列の蓄積データから必要サンプル数を読み出して読み出しデータとし、FFT処理1回分の読み出しデータのサンプリングデータとして入力され、FFT演算処理が行われる。

FFT演算処理が行われた結果は周波数軸上でのレベルを表わすデータとして出力され、判定部33に入力される。判定部33では所定の周波数成分が所定のレベル以上であるかの有無、更に、所定のレベル以上の有りが所定回数連続して検出されるか判定を行って、外部I/O部を経由して2値の論理値の検出信号として出力される。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0010

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0010】

図1に本発明の周波数検出方法の実施例としてのタイムチャートを示し、図2ブロック図と共に参照して説明する。

A/D変換10では、サンプリング周波数(f)6.4kHzのサンプリングクロックでA/D変換され、その出力であるディジタル符号化されるデータ系列は、データバッファ部31に時系列の蓄積データ1として予め適量のデータが蓄積される。

先ず、データバッファ部31からは、蓄積データ1のうち新規データ10mS分のデータ1aに過去データ30mS分のデータ1xを合わせた256個、40mSの読み出しデータ2が1回目分として読み出されてサンプリングデータ2aとし、読み出される1回目サンプリングデータ2aはFFT処理部32へ入力され、1回目分のFFT演算処理が行われる。1回目の10mSの最後のタイミング後、FFT演算処理が終了した時点で第1回目の周波数解析の周波数スペクトラム成分結果が得られる。判定部33では、所定周波数成分のレベルが所定レベル以上であるかの判定を行って、第1回目判定3aの結果が得られる。

次に第2回目のFFT演算処理も同様にして、データバッファ部31から新たな新規データ10mS分のデータ1bと新たな過去データ30mS分を合わせた256個、40mSの読み出しデータ2が2回目分として読み出して2回目である新たなサンプリングデータ2bとし、2回目のサンプリングデータ2bはFFT処理部32へ入力され、2回目分のFFT演算処理が行われ、第2回目の周波数解析の周波数スペクトラム成分結果が得られる。判定部33では、所定周波数成分のレベルが所定レベルであるかの判定を行って、第2回目判定3bの結果が得られる。

更に、第3回目のFFT演算処理も同様にして、3回目分のFFT演算処理が新たな新規データ10mS分のデータ1cと新たな過去データ30mS分を合わせた256個、40mSの読み出しデータ2が3回目分として読み出して3回目である新たなサンプリングデータ2cとし、このサンプリングデータ2cに対してFFT処理が行われ、第3回目の周波数解析の周波数スペクトラム成分結果が得られる。所定周波数成分のレベルが所定レベルであるかの判定を行って、第3回目判定3cの結果が得られる。

3 回連続して所定の周波数成分「あり」と判定されるならば、真に所定の周波数成分「あり」と見做し、検出信号「あり（論理値；H）」を出力する。この30mS経過後が最短検出タイミング4となる。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0011

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0011】

以上のように、無線通信システムに適用され、ディジタル信号処理集積回路を用いて高速フーリエ変換による周波数解析を行う方法として、入力信号に含まれる所定の周波数成分の有無を検出するため、入力信号をサンプリング周波数 f でサンプリングして蓄積データとし、蓄積データから所定の読み出し時間 $T = N \times 1/f$ に含まれる単位サンプリング数 N のサンプリングデータを得て、蓄積データから所定の読み出し時間 T のサンプリングデータを順次取り出して得られる複数のサンプリングデータの各々に対し高速フーリエ変換の処理を順次行い、順次複数回の処理で得られた各々の検出結果が所定回数（M回）連続して所定の周波数成分が所定レベル以上であるときに所定の周波数成分が存在しているとする判定処理を行う周波数検出方法であって、所定の読み出し時間（ $T = 40\text{ mS}$ ）は、主読み出し時間〔 $T - t$ （ 10 mS ） $= 30\text{ mS}$ 〕と該主読み出し時間（ 30 mS ）に続く付加読み出し時間（ $t = 10\text{ mS}$ ）とにより形成され、所定の読み出し時間（ $T = 40\text{ mS}$ ）を順次（ $t = 10\text{ mS}$ ）だけシフトしてサンプリングデータを取り出して得られる各回のサンプリングデータに対して高速フーリエ変換の処理を行い、この M 及び t の値から計算される $M \times t = 3 \times 10\text{ mS} = 30\text{ mS}$ となる検出タイミングが最短検出タイミングとなる周波数検出方法である。

なお前記実施例は、トーン信号が無線回線などに載せられて伝送されたとき、その伝送品質が比較的よい場合として検出される例であるが、伝送品質が悪くなり、トーン信号に雑音が重畳されるようなとき、あるいは電界強度が落ちてくるような場合には、ディジタル符号には誤りビットが含まれ、このようなときには、4回目以降の読み出しデータ $2d$ 、 $2e \dots$ を用いた周波数解析の結果にて3回連続して所定の周波数成分「あり」を判定されることがあり、そのようなときには30mS以上の時間を要することになるが、信号の性質が同一であれば、従来技術に比較して時間短縮された、速い検出であることには変わりがない。