

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-535840

(P2007-535840A)

(43) 公表日 平成19年12月6日(2007.12.6)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04M 11/00 (2006.01)	H04M 11/00 302	5K064
H04Q 1/45 (2006.01)	H04Q 1/45 B	5K201

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2007-502799 (P2007-502799)
 (86) (22) 出願日 平成17年1月21日 (2005.1.21)
 (85) 翻訳文提出日 平成18年9月29日 (2006.9.29)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2005/001777
 (87) 国際公開番号 W02005/094397
 (87) 国際公開日 平成17年10月13日 (2005.10.13)
 (31) 優先権主張番号 10/795,700
 (32) 優先日 平成16年3月8日 (2004.3.8)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

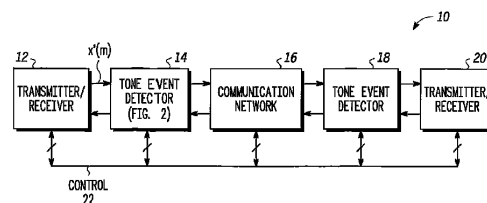
(71) 出願人 504199127
 フリースケール セミコンダクター イン
 コーポレイテッド
 アメリカ合衆国 78735 テキサス州
 オースティン ウィリアム キャノン
 ドライブ ウェスト 6501
 (74) 代理人 100116322
 弁理士 桑垣 衛
 (72) 発明者
 ベソア、ルシオ エフ. シー.
 アメリカ合衆国 78613 テキサス州
 シダー パーク リトル クリーク コ
 ープ 2403

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 トーン割込み検出器およびその方法

(57) 【要約】

一実施形態で、トーン割込み検出器(18)が、まず、トーンが存在が入力信号で通知されるかどうかを判定し、次に、この判定に基づいて、トーンが入力信号で検出されたかどうかを選択的に判定する。たとえば、一実施形態で、トーン検出は、トーンが存在がまず示される場合に限って実行され、トーンが存在が示されない場合には、トーン検出を実行する必要がない。これは、トーン割込み検出器の複雑性を低減するのに役立つかもしれない。なぜならば、単純化された方法を使用して、トーンが存在を通知してもよく、トーン検出用のより複雑な演算手順を、必要な時に限って有効化してよいからである。また、一実施形態で、トーンの検出に、検出されたトーンに対応する1つまたは複数のトーン特性を生成することが含まれ、その後、これらのトーン特性を使用して、検出されたトーンが有効なトーン割込みに対応するかどうかを判定してよい。



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

トーン割込み検出を実行する方法であって、

 サンプリングされた入力信号を受け取ること、

 前記サンプリングされた入力信号に基づいて少なくとも 1 つのトーンが通知されたかどうかを判定すること、

 少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかを選択的に判定することであって、

 前記少なくとも 1 つのトーンが通知された時に少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかを判定すること、

 前記少なくとも 1 つのトーンが通知されなかった時に、少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかの判定を無視すること

 を含む、前記選択的に判定すること、

 少なくとも 1 つのトーンが検出された時に、前記少なくとも 1 つのトーンがトーン割込みに対応するかどうかを判定すること、を備える方法。

【請求項 2】

前記サンプリングされた入力信号が、複数周波数トーン形式を有する請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかの前記判定が前記サンプリングされた入力信号を使用して、周波数情報、位相情報、タイミング情報、および振幅情報のうちの少なくとも 1 つを提供する第 1 トーン特性値を生成することを含み、前記少なくとも 1 つのトーンがトーン割込みに対応するかどうかの前記判定が、前記第 1 トーン特性値を使用して判定する前記少なくとも 1 つのトーンがトーン割込みであるかどうかを判定することを含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記サンプリングされた入力信号に基づく少なくとも 1 つのトーンが通知されるかどうかの前記判定が、

 前記サンプリングされた入力信号のエネルギー推定値を判定すること、

 前記エネルギー推定値の少なくとも 1 つの区分が所定の持続時間の間に変動の所定の量より少ない変動を有するかどうかを判定すること、

 前記少なくとも 1 つの区分が前記所定の持続時間の間に変動の前記所定の量より少ない前記変動を有する時に、前記サンプリングされた入力信号を提供して少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかを判定すること、を含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

サンプリングされた入力信号の振幅、位相、または周波数のうちの少なくとも 1 つを減結合する方法であって、

 サンプリングされた入力信号を受け取ること、

 制御信号に基づいて目標信号を生成すること、

 前記目標信号と前記サンプリングされた入力信号との間の位相差を判定すること、

 前記位相差を使用して第 1 信号および第 2 信号を生成すること、

 前記第 1 信号および前記第 2 信号を使用して前記制御信号を適合させること、を備える方法。

【請求項 6】

前記第 1 信号および前記第 2 信号を使用して前記サンプリングされた入力信号の前記位相を判定することをさらに含む請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記サンプリングされた入力信号のエネルギー推定値を判定することと、

 前記第 1 信号、前記第 2 信号、前記制御信号、および前記エネルギー推定値を使用して前記サンプリングされた入力信号の前記振幅、前記位相、または前記周波数のうちの少なくとも 1 つを減結合すること、をさらに含む請求項 5 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 8】

トーン割込み検出器であって、

サンプリングされた入力信号に基づいて少なくとも 1 つのトーンが通知されたかどうかを判定するために使用される、前記サンプリングされた入力信号を受け取るように結合されたトーン通知器と、

前記サンプリングされた入力信号を受け取り、少なくとも 1 つのトーンが通知された時に前記少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかを判定するために結合され、前記少なくとも 1 つのトーンが通知されなかった時に利用されない、前記トーン通知器に結合された少なくとも 1 つのトーン検出器と、

少なくとも 1 つのトーンが検出された時に前記少なくとも 1 つのトーンがトーン・割込みに対応するかどうかを判定する制御論理であって、前記トーン通知器および前記少なくとも 1 つのトーン検出器に結合された制御論理と、を備えるトーン割込み検出器。 10

【請求項 9】

コンピュータ可読媒体を介して保存されたトーン割込み検出器であって、

サンプリングされた入力信号を受け取る命令の第 1 組と、

前記サンプリングされた入力信号に基づいて少なくとも 1 つのトーンが通知されたかどうかを判定する命令の第 2 組と、

少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかを選択的に判定する命令の第 3 組であって、選択的に判定することが、

前記少なくとも 1 つのトーンが通知された時に少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかを判定することと、 20

前記少なくとも 1 つのトーンが通知されなかった時に少なくとも 1 つのトーンが検出されたかどうかの判定を無視すること

を含む、前記命令の第 3 組と、

少なくとも 1 つのトーンが検出された時に、前記少なくとも 1 つのトーンがトーン割込みに対応するかどうかを判定する命令の第 4 組と、を備えるトーン割込み検出器。

【請求項 10】

コンピュータ可読媒体を介して保存されたトーン割込み検出器であって、

サンプリングされた入力信号を受け取る命令の第 1 組と、

制御信号に基づいて目標信号を生成する命令の第 2 組と、 30

前記目標信号と前記サンプリングされた入力信号との間の位相差を判定する命令の第 3 組と、

第 1 信号および第 2 信号を生成するために前記位相差を使用する命令の第 4 組と、

前記制御信号を適合させるのに前記第 1 信号および前記第 2 信号を使用する命令の第 5 組と、を備えるトーン割込み検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全般的にはトーン割込み検出に関し、具体的には、トーン通知、トーン検出、およびトーン割込み検出に関する。 40

【背景技術】

【0002】

トーン割込み検出は、電話網を介する共用音声通信を有するデジタル電話での重要な応用分野である。国際電気通信連合 (ITU) が、パケット・ネットワーク上のデータ伝送 (V シリーズ変復調器信号) の標準規格 (V.150) を開発してきたが、この標準規格では、公衆交換電話網 (PSTN) とインターネット・プロトコル (IP: internet protocol) ネットワークの間の相互接続が定義されている。データ伝送の前またはデータ伝送中に、一連のトーン割込みが交換され、その結果、トーン割込みが検出される時に、必ず、IP を介する正しいデータ通信を開始し、維持するために、特定の動作を行う必要がある。 50

【 0 0 0 3 】

トーン割込みに、単一のトーンまたは異なる変調方式を有する複数のトーン区分の組合せを含めることができる。たとえば、トーン割込みに、オン/オフ振幅変調 (AM) を有する単一周波数トーンを含めてもよい。もう1つの例で、トーン割込みに、二重周波数成分トーンとそれに続く単一周波数トーンを含めることができる。もう1つの例で、トーン割込みに、周期的位相変化を有する単一周波数トーンを含めてもよい。したがって、異なる変調方式に従うトーン割込みを信頼性のある形で検出することが望ましい。検出される必要があるいくつかの通常のトーン割込みに、T . 3 0 呼出音 (C N G : calling tone)、V . 2 5 呼出トーン (C T : calling tone)、V . 2 5 応答トーン (A N S : answering tone) / T . 3 0 C E D、V . 2 5 位相反転応答トーン (A N S _ P R : answering tone with phase recersal)、V . 8 振幅変調応答トーン (A N S a m : answering tone with amplitude modulation)、V . 8 振幅変調位相反転応答トーン (A N S a m _ P R : answering tone with amplitude modulation and phase reversal)、V . 2 2 非暗号化非テキスト 1 (U S B 1 : unscrambled binary ones)、V . 2 1 通信路 2 H D L C フラグ、T I A / E I A - 8 2 5 T T Y トーン、V . 8 b i s 初期 / 応答、Q . 2 4 2 重トーン多重周波数 (D T M F : dual tone multiple frequency)、多重周波数トーン (たとえば、M F R 1、M F R 2)、などが含まれる。これらのトーン割込みは、振幅、周波数、または位相、あるいはこれらの組合せによって変調される。さらに、これらのトーン割込みに、同一のトーン特性を有する、信号の 1 区分あたり 1 つ以上の周波数成分を含めることができる。

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

ディジタル電話システムを介して伝送される多数の信号化トーンは、所定のトーン割込みを識別できる異なる型のトーン検出器を必要とする。しかし、システム内で動作する複数の独立のトーン検出器を有することは、高い複雑性をもたらし、時には、トーン割込み検出器誤りをもたらす可能性がある。トーン割込みを検出する伝統的な手法の 1 つが、ゲーツェル (Goertzel) 抽出器に基づくものであり、このゲーツェル抽出器は、特定の周波数の信号のフーリエ (Fourier) 変換を効果的に推定する。周波数値の範囲に応じて、成分またはタイミングの個数、必要な処理、およびメモリの費用が、著しく増大し、時には非所望の遅検出につながる可能性がある。さらに、(サンプリング率と比較して) 低い周波数成分を有するトーンは、これらのゲーツェル・抽出器を使用して検出されるために、多数のサンプルを必要とする (したがって、処理時間が増える) 場合がある。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 0 5 】

本発明を、制限ではなく例として添付図面によって例示し、図面では、類似する符号が類似する要素を示す。

当業者は、図面の要素が、単純さおよび明瞭さのために示されており、必ずしも原寸通りに描かれていないことを諒解されたい。たとえば、図面の要素の一部の寸法が、本発明の実施形態の理解を改善するのに助けるために、他の要素に関して誇張されている場合がある。

(図面の詳細な説明)

本明細書で使用する用語「バス」は、データ、アドレス、制御、または状態など、1 つまたは複数のさまざまな型の情報を転送するのに使用してよい複数の信号または導体を指すのに使用される。本明細書で論じる導体は、単一の導体、複数の導体、単一方向導体、または両方向導体であることに關して図示され、または説明されてもよい。しかし、異なる実施形態で、導体の実施を変更してもよい。たとえば、両方向導体ではなく別々の単一方向導体を使用してもよく、逆も同様である。また、複数の導体を、複数の信号を順次または時間多重化された形で転送する単一の導体に置換してもよい。同様に、複数の信号を搬送する単一の導体を、これらの信号の部分群を搬送するさまざまな異なる複数の導体に

分離してもよい。したがって、信号の転送に関して多数の選択肢が存在する。

【0006】

用語「真化する」および「偽化する」（または「反真化する」）は、信号、状態ビット、または類似する装置を、それぞれその論理的に真の状態また論理的に偽の状態に変更することを指す時に使用される。論理的に真の状態が論理レベル1である場合に、論理的に偽の状態は論理レベル0である。論理的に真の状態が論理レベル0である場合に、論理的に偽の状態は論理レベル1である。

（接続性）

図1に、本発明の一実施形態による通信システム10をブロック図形式で示す。通信システム10に、送信器/受信器12、トーン割込み検出器14、通信ネットワーク16、トーン割込み検出器18、送信器/受信器20、および制御バス22が含まれる。制御バス22は、送信器/受信器12、トーン割込み検出器14、通信ネットワーク16、トーン割込み検出器18、および送信器/受信器20に双方向に結合される。送信器/受信器12は、トーン割込み検出器14に双方向に結合され、トーン割込み検出器14は、通信ネットワーク16に双方向に結合され、通信ネットワーク16は、トーン割込み検出器18に双方向に結合され、トーン割込み検出器18は、送信器/受信器20に双方向に結合される。

10

【0007】

図2に、本発明の一実施形態による、トーン割込み検出器14をブロック図形式で示す。トーン割込み検出器14に、任意選択の前処理部26、トーン通知器32、スイッチ36および43、依存性検出器のバンク40、ならびに判断論理および制御部44（共通制御論理44と呼ぶ場合もある）が含まれる。トーン割込み検出器14は、サンプリングされた入力信号 $x'(m)$ を受け取り、この入力信号 $x'(m)$ が、存在する場合、前処理部26に、およびスイッチ43に供給される。前処理部26が存在する場合に、前処理部26は、導体28を介して判断論理および制御部44に結合され、信号 $x(n)$ 30をトーン通知器32およびスイッチ36に供給する。前処理部26が存在しない場合に、 $x'(m)$ が、 $x(n)$ 30としてスイッチ36およびトーン通知器32に供給されることに留意されたい。トーン通知器32は、トーン通知信号34をスイッチ36ならびに判断論理および制御部44に供給し、電力通知器 $P(n)$ 38を依存性検出器のバンク40に供給する。トーン検出器のバンク40は、スイッチ36に結合され、導体42および46を介して判断論理および制御部44に結合される。判断論理および制御部44は、スイッチ43に結合され、トーン割込み検出器14の出力として、検出されたトーン割込み信号45を供給する。一実施形態で、検出されたトーン割込み信号45が、制御バス22を介して供給されることに留意されたい。代替案では、検出されたトーン割込み信号45を、制御22のほかの別々の信号として、または通信ネットワーク16を介して供給してもよい。トーン割込み検出器14は、トーン割込み検出器制御47を介して外部から制御してもよく、トーン割込み検出器制御47は、制御バス22を介して供給してもよい。

20

30

【0008】

図3に、本発明の一実施形態による、前処理部26をブロック図形式で示す。前処理部26は、任意選択であり、任意選択の間引き器48および任意選択の自動レベル制御（ALC）部50を含む。間引き器48は、 $x'(m)$ を受け取り、ALC部50への $x''(n)$ を生成する。ALC部50は、たとえば導体28を介して、判断論理および制御部44に信号レベル51を供給し、スイッチ36およびトーン通知器32に $x(n)$ を供給する。間引き器48およびALC部50のそれぞれが任意選択であることに留意されたい。したがって、代替実施形態は、これらの部のうちの一方だけを含むか、両方を含まなくてもよい。代替案では、前処理部26に、間引き器48およびALC部50に加えるか、またはその代わりに他の部を含めてもよく、この部が、たとえば、信号 $x'(m)$ をさらに前処理するか前条件付けして、信号 $x(n)$ 30を作ってもよい。

40

【0009】

図4に、図2のトーン通知器32の一実施形態をブロック図形式で示す。トーン通知器

50

32に、記憶装置52、遅延部54および56、乗算器58および60、加算器62、振幅部64、低域抽出器(LPF)66、およびトーン通知判断部68が含まれる。信号 $x(n)$ 30が、遅延部54および乗算器58に供給される。遅延部54は、遅延部56および乗算器60に結合され、記憶装置52から k を受け取る。遅延部56は、乗算器58に結合され、やはり記憶装置52から k を受け取る。乗算器58および乗算器60は、加算器62に結合され、加算器62は、振幅部64に結合される。振幅部64は、LPF66に結合され、LPF66は、トーン通知判断部68に結合され、記憶装置52から a を受け取り、 $P(n)$ 38を依存性検出器のバンク40に供給する。トーン通知判断部68は、記憶装置52に結合され、トーン通知信号34を供給する。

【0010】

10

図5に、図2の依存性検出器のバンク40の一実施形態をブロック図形式で示す。依存性検出器のバンク40に、単一成分周波数検出器70、単一成分位相検出器72、および複数成分トーン検出器74が含まれる。検出器70、72、および74のそれぞれは、 $x(n)$ 30を受け取り、たとえば導体42を介して、判断論理および制御部44にトーン特性を供給する。検出器70、72、および74のそれぞれは、たとえば導体46を介して、判断論理および制御部44から情報および制御を受け取ってもよく、 $P(n)$ 38を受け取ってもよい。代替実施形態で、追加の、より少数の、または異なる検出器が、依存性検出器のバンク40内に存在してもよく、そのそれぞれが、必要に応じて、図5に示されたすべての信号、これらの信号の部分群、または異なる信号を受け取り、供給してもよいことに留意されたい。したがって、下で説明するように、依存性検出器のバンク40に、任意

20

【0011】

図6に、図5の単一成分周波数検出器70の一実施形態をブロック図形式で示す。単一成分周波数検出器70に、2点移動平均部76、エネルギー計算部78、低域抽出器(LPF)80、逆数推定部82、乗算器84、低域抽出器(LPF)86、加算器100、逆数推定部98、乗算器96、低域抽出器(LPF)94、および単一成分周波数検出器判断部90が含まれる。2点移動平均部76は、 $x(n)$ 30を受け取り、エネルギー計算部78に結合され、エネルギー計算部78は、LPF80に結合され、LPF80は、乗算器84に結合される。逆数推定部82は、 $P(n)$ 38を受け取り、乗算器84に結合され、乗算器84は、LPF86にも結合される。LPF86は、単一成分周波数検出器判断部90および加算器100に88を供給する。加算器100は、1も受け取り、逆数推定部98に結合され、逆数推定部98は、乗算器96に結合される。乗算器96は、 $P(n)$ 38を受け取り、信号をLPF94に供給し、LPF94は、単一成分周波数検出器判断部90への A 92を生成し、単一成分周波数検出器判断部90は、導体42および46を介して判断論理および制御部44と通信する。

30

【0012】

図7に、図5の単一成分位相検出器72をブロック図形式で示す。単一成分位相検出器72に、位相推定部104と周波数/位相差訂正部106とに結合された適応ディジタル発振器102が含まれ、周波数/位相差訂正部106は、単一成分位相検出器判断部158に結合される。適応ディジタル発振器102に、遅延部112、118、および116と、乗算器114と、加算器108とが含まれる。加算器108は、乗算器114および遅延部118に結合され、遅延部112および位相推定部104に目標信号 $w(n)$ 110を供給する。乗算器114は、2を受け取り、加算器108と、遅延部116と、遅延部118および112とに結合される。位相推定部104に、遅延部120および134と、低域抽出器(LPF)136および138と、乗算器122、124、126、および128と、加算器130および132とが含まれる。信号 $w(n)$ 110は、乗算器128、遅延部120、および乗算器122に供給される。加算器130は、乗算器122および124とLPF136とに結合される。遅延部120は、 n_0 を受け取り、乗算器124および乗算器126に結合される。任意選択の抽出器133が、乗算器122、遅延部134、および乗算器126に結合される。遅延部134の出力は、乗算器124およ

40

50

び128に結合され、 n_0 を受け取る。加算器132は、乗算器126および128とLPF 138とに結合される。LPF 136および138のそれぞれが、 b を受け取る。LPF 136は $c(n)$ 137を、LPF 138は $s(n)$ 139を、単一成分位相検出器判断部158に供給する。周波数/位相差訂正部106に、遅延部140、142、および154と、加算器148および152と、乗算器150、144、および146とが含まれる。遅延部140は、 $c(n)$ を受け取り、乗算器144に結合される。遅延部142は、 $s(n)$ を受け取り、乗算器146に結合される。乗算器144は、 $s(n)$ を受け取り、加算器148に結合される。乗算器146は、 $c(n)$ を受け取り、加算器148に結合される。乗算器150は、加算器148および152に結合され、 μ を受け取る。加算器152は、遅延部154に結合され、遅延部116、遅延部154、および単一成分位相検出器判断部158に $(n)c_0(n)$ 156を供給する。図7には、記憶装置部160も含まれ、記憶装置部160は、必要に応じて、たとえば $c_0(-1)$ 、 n_0 、 b 、および μ などの保存された値を供給し、単一成分位相検出器判断部158に結合される。一実施形態で、図7に、任意選択の振幅推定器推定器も含まれる。この振幅推定器推定器に、乗算器151および145と、加算器149と、逆数推定147と、LPF 143とが含まれる。推定器振幅推定器は、 $c_0(n)$ を受け取り、単一成分位相検出器判断部158への A' 141を生成する。この場合に、乗算器151は、 $c_0(n)$ の2つのインスタンスを受け取り、加算器149の負入力に結合される。加算器149は、1を受け取り、逆数推定部147に結合され、逆数推定部147は、乗算器145に結合される。乗算器145は、 $P(n)$ 38を受け取り、LPF 143に結合される。LPF 143は、 b を受け取り、 A' 141を生成する。単一成分位相検出器判断部158は、導体42および46を介して判断論理および制御部44と通信し、記憶装置160に結合される。

【0013】

図8に、複数成分トーン検出器74の一実施形態が示され、抽出器 $_1$ 162から抽出器 $_N$ 164が含まれ、これらのそれぞれが、 $x(n)$ 30を受け取り、それぞれが、AM-FM復調器 $_1$ 166からAM-FM復調器 $_N$ 168のうちの対応する1つに結合される。自己同調部170が、復調器166から168と、抽出器162から164と、複数成分トーン検出判断部172とに結合される。複数成分トーン検出判断部172は、導体42および46を介して判断論理および制御部44と通信し、 $P(n)$ 38を受け取る。

【0014】

図9に、単一成分周波数検出器判断部90の一部の一実施形態を示すが、この部分には、加算器174が含まれ、加算器174は、 $P(n)$ 38および P_{LOW} を受け取り、階段関数176に結合され、階段関数176は、復号化されたON-OFF振幅 $\mu_{ON-OFF}(n)$ を生成する。本明細書で使用される階段関数 $U(y)$ が、 $y>0$ のすべての値について1と等しく、それ以外の場合に0と等しいことに留意されたい。代替実施形態で、異なる形で階段関数を定義することができる。

【0015】

図10に、単一成分周波数検出器判断部90または単一成分位相検出器判断部158（あるいは90と158の両方）の一部の一実施形態を示すが、この部分に、直流成分推定補償部178が含まれる。直流成分推定補償部178は、 $P(n)$ 38または A 92または A' 141（あるいはこれらの任意の組合せ）を受け取り、ゼロ交差カウンタ180に結合され、ゼロ交差カウンタ180は、加算器182に結合される。加算器182は、 NZ_{max} を受け取り、階段関数184に結合され、階段関数184は、復号化されたAM変調周波数 $\mu_{AM}(n)$ を生成する。

【0016】

図11に、単一成分周波数検出器判断部90の、または複数成分トーン検出器判断部172の、または単一成分位相検出器判断部158の（あるいは90、172、および158のうちの2つ以上の）の一部の一実施形態を示す。この部分には、加算器186から190が含まれ、加算器186から190のそれぞれは、 (n) および対応する基準値（ r_{ref1} から r_{refN} のうちの1つ）を受け取り、L-norm 192から196のうち

の対応する1つに結合される。各 $L - norm$ 192 から 196 は、 $arg\ min$ 198 に結合され、 $arg\ min$ 198 は、復号化された周波数 $\mu_f(n)$ を生成する。

【0017】

図12に、単一成分位相検出器判断部158の一部の一実施形態を示すが、この部分には、ABS部200と、ABS部204と、加算器202、212、216、224、および220と、階段関数206、208、および210と、乗算器214、218、および222とが含まれる。信号 $c(n)$ 137 が、階段関数206およびABS 200に供給される。信号 $s(n)$ 139 が、ABS 204および階段関数210に供給される。ABS 204およびABS 200は、加算器202に結合され、加算器202は、階段関数208にも結合される。加算器212は、階段関数206、階段関数210、および乗算器214に結合される。乗算器214は、-2を受け取り、加算器216に結合され、加算器216は、1を受け取り、乗算器218に結合される。乗算器218は、階段関数208および加算器224に結合される。乗算器222は、2を受け取り、階段関数210および加算器220に結合され、加算器220は、1を受け取り、加算器224に結合される。加算器224は、乗算器218および加算器220から出力を受け取り、復号化された位相 $\mu_p(n)$ を生成する。信号 $c(n)$ 137 および $s(n)$ 139 を与えられて、対応する位相情報を、独立な軸 $c(n)$ 228 および $s(n)$ 230 を有する2次元空間に写像し得ることに留意されたい。復号化された位相情報は、それぞれ0、1、2、3によって表される、量子化された基準点232、234、236、および238のうちの1つに対応する。現在の実施形態では、判断境界240および242は、復号化された位相値が同じように確からしいことを前提とする。応用例に応じて、代替の判断境界を定義してもよいことが当業者に周知であり、その場合に、図12に、図示より多数または少数のブロックが含まれてもよい。

【0018】

図1～12が、通信システム10内に見られるブロックの一実施形態を示すことに留意されたい。代替実施形態には、所望の機能に応じて、図示されたものと異なるさまざまな要素、図示されたものより多数の要素、または図示されたものより少数の要素が含まれてもよい。さらに、図1～12内のブロックを、異なる形でグループ化するか異なる形で接続し、なおかつ類似する結果を達成することができる。したがって、図1～12は、下で述べる技術思想を例示するのに使用される例を提供することだけを意図されたものである。また、図1～12の接続は、単一導体（単一方向または両方向）または複数導体（単一方向または両方向）として描かれているかもしれないが、さまざまな異なる接続を使用してもよい。たとえば、複数の導体を、さまざまな異なる単一の単一方向または両方向の導体に置換することが可能である。同様に、単一の導体を、複数の単一方向または両方向の導体に展開することが可能である。信号を、単一の導体を介して順次通信することができ、あるいは、複数の導体を介して並列に通信することができる。また、信号を、単一のまたは複数の導体を介して時間多重化することができる。したがって、図1～12に示された接続を、やはり所望の機能性を達成するさまざまな異なる形で実施することが可能である。また、下でさらに説明するように、図1～12の設計を、ハードウェア、ソフトウェア、またはハードウェアとソフトウェアの組合せで実施することができる。また、記憶装置52および160などの記憶装置部を、トーン割込み検出器14内のどこにでも含めてもよく、あるいはその代わりに、トーン割込み検出器14の外部に置いてもよい。

（動作）

本明細書で説明するように、トーン割込み検出器を使用して、入力信号（たとえば、サンプリングされた入力信号など）のトーン割込みを検出してもよい。一実施形態で、トーン割込み検出器は、まず、トーンが存在が入力信号で通知されるかどうかを判定し、次に、この判定に基づいて、トーンが入力信号で検出されたかどうかを選択的に判定する。たとえば、一実施形態で、トーン検出は、トーンが存在がまず通知される場合に限って実行され、トーンが存在が通知されない場合には、トーン検出を実行する必要がない。この多段階工程は、トーン割込み検出器の複雑性を減らすのに役立つ可能性がある。なぜならば

、単純化された方法を使用して、トーンの存在を通知してもよく、トーン検出用のより複雑な演算手順を、必要な時に限って（トーンの存在がまず通知された時だけなど）有効化してもよいからである。また、一実施形態で、トーンの検出に、検出されたトーンに対応する１つまたは複数のトーン特性を生成することが含まれ、ここで、これらのトーン特性は、周波数情報、タイミング情報、位相情報、変調情報、振幅情報など、またはこれらの任意の組合せを提供することができる。次に、これらのトーン特性を使用して、検出されたトーンが有効なトーン割込みに対応するかどうかを判定してもよい。

【 0 0 1 9 】

図 1 に戻って、送信器 / 受信器 1 2 は、トーン割込み検出器 1 4 を介して通信ネットワーク 1 6 にデータ信号を供給し、受け取る。同様に、送信器 / 受信器 2 0 は、トーン割込み検出器 1 8 を介して通信ネットワーク 1 6 にデータ信号を供給し、受け取る。したがって、送信器 / 受信器 1 2 および 2 0 は、通信ネットワーク 1 6 を介して互いに通信することができる。送信器 / 受信器 1 2 および送信器 / 受信器 2 0 は、それぞれ、たとえば電話機、変復調器など、通信ネットワーク 1 6 を介する通信に使用される任意の機器とすることが可能である。また、通信ネットワーク 1 6 に、パケット電話ネットワーク（たとえば、インターネット規約 (IP: internet protocol) 音声通信、パケットデータ通信、非同期転送モード (A T M: asynchronous transfer mode) などを含み、無線システムまたは有線システムのいずれにも適用することができる) または公衆交換電話網 (P S T N: public switching telephony network) を含めることができる。代替実施形態では、通信システム 1 0 が、任意の型の通信システムを指してもよい。

10

20

【 0 0 2 0 】

制御情報経路 2 2 は、送信器 / 受信器 1 2 および 2 0 と、トーン割込み検出器 1 4 および 1 8 と、通信ネットワーク 1 6 との間の制御経路を提供する。制御バス 2 2 を介して送られた制御信号は、一般に、通話信号ではない。たとえば、制御バス 2 2 に、トーン割込み検出器 1 4 または 1 8 を有効化または無効化するための有効化 / 無効化信号を含めてもよく、あるいは、トーン割込み検出器 1 4 または 1 8 のさまざまな部分の間で通信される必要がある信号を含めてもよい。制御 2 2 に、電話機が通話中または非通話中のどちらであるかを通知する信号を含めてもよい。また、制御 2 2 に、下で詳細に説明するように、たとえば R F C 2 8 3 3 標準規格によるなど、送信信号の符号化された版を含めてもよいことに留意されたい。

30

【 0 0 2 1 】

送信器 / 受信器 1 2 およびトーン割込み検出器 1 4 の動作が、送信器 / 受信器 2 0 およびトーン割込み検出器 1 8 の動作に類似することに留意されたい。すなわち、図 1 に示された通信システム 1 0 は、対称である。したがって、図 2 ~ 1 2 の説明は、送信器 / 受信器 1 2 およびトーン割込み検出器 1 4 を参照して行われるが、この説明が、送信器 / 受信器 2 0 およびトーン割込み検出器 1 8 にもあてはまることを理解されたい。さらに、本発明の実施形態は、送信信号を使用して提示されるが、トーン割込み検出は、送信信号または受信信号（すなわち、通信ネットワークに進む信号または通信ネットワークから来る信号）のいずれに対しても実行することができる。図 1 では、送信器 / 受信器 1 2 が、 $x'(m)$ という符号を付けられた送信又は送信信号をトーン割込み検出器 1 4 に供給する。信号 $x'(m)$ に、通常の会話を含めることができ、あるいは、A M、周波数変位方式 (F S K: frequency shift keying)、差分位相変位方式 (D P S K: differential phase shift keying) など、特定の変調方式に従うトーン割込みを含めることができる。

40

【 0 0 2 2 】

たとえば、T T Y 電話機は、通信ネットワーク 1 6 などの通信ネットワークを介する音声およびテキストの通信を可能にする。T T Y 電話機に、通常、テキスト通信を可能にする組込み文字入力装置が含まれる。すなわち、押された入力器ごとに、対応する文字列が生成される。生成された文字列は、F S K 変調トーン割込みに対応する。たとえば、T T Y 電話機を使用する時に、任意の押された入力器が、開始ビットトーン、5 つのデータビット文字群トーン、および終了ビット・トーンを含む七 (7) つの F S K 変調トーンを有す

50

るトーン割込みを生成する。したがって、この場合に、1つのトーン割込みに7つの別個なトーン区分が含まれることに留意されたい。ある場合（たとえば、通信ネットワークがパケット電話ネットワークである場合）に、トーン割込みに関連する情報が、受信器に送信され、その結果、トーン割込みを、受信器側で受信側自部により再作成できるようになる。すなわち、この場合に、送信器（たとえば、送信器12）が、TTY電話機によって生成された開始ビット・トーンを検出した時に、その送信器は、トーン割込みが検出されるまで残りのトーンを抑制してもよく、検出の時点で、その送信器は、トーン割込みに関する情報を受信器（たとえば、受信器20）に送り、この受信器は、送信情報からトーン割込みを受信側で再作成することができる。ある場合に、この情報が、通信ネットワークではなく制御バス22などの制御信号線を介して送られる。代替案では、トーン割込みの情報またはトーンを、通信ネットワークを介して直接に送ることが可能である。 10

【0023】

図2に、本発明の一実施形態による、図1のトーン割込み検出器14をブロック図形式で示す。信号 $x'(m)$ が、任意選択の前処理部26およびスイッチ43に供給される。一実施形態で、信号 $x'(m)$ は、8kHzサンプリング率でサンプリングされ、ブロック単位で処理される。たとえば、信号 $x'(m)$ を、それぞれ80サンプルの10ミリ秒(ms)ブロック単位で処理してもよい。一実施形態で、トーン割込み検出器14は、(1)トーン通知器通知器を有する信号の走査、(2)トーン文字の識別(1つまたは複数の段階を含んでもよい)、および(3)識別されたトーン文字に基づくトーン割込みの検出を含む複数段階(図13の状態図に関してさらに説明する)で動作し、トーン割込みは、そのトーン割込みを定義するトーン文字の組に写像される。 20

【0024】

一実施形態で、トーン割込み検出器14に、前処理部26を含めてもよく、前処理部26は、送信信号 $x'(m)$ を間引きし、自動レベル制御を適用して信号レベルを上げるか下げ、あるいはその両方を行ってもよい。前処理部26の出力すなわち $x(n)30$ は、トーン通知器通知器32に供給され、トーン通知器通知器32は、トーン通知器通知器を有する信号 $x(n)$ を走査する(図4に関して詳細に説明する)。また、前処理部26は、自動レベル制御部50がある場合、自動レベル制御部50によって導入された信号レベル拡大・縮小の量を、導体28を介して供給し、その結果、正しい信号レベルが判断論理および制御部44によって推定される。前処理部26が存在しない場合に、送信信号 $x'(m)$ が、 $x(n)30$ として直接に供給されることに留意されたい。 30

【0025】

トーンの存在がトーン通知器通知器32によって通知される場合に、トーン通知信号34が、スイッチ36を有効化するか閉じるため供給され、 $x(n)30$ が、依存性検出器のバンク40に供給される。しかし、トーン通知器通知器32が、トーンの存在を通知しない場合には、トーン通知信号34が、スイッチ36を無効化するか開くために供給されて、依存性検出器のバンク40が無効化されるか利用されない。トーン通知信号34は、判断論理および制御部44にも供給される。これは、トーン割込みを検証するか現在のトーン割込みの中断を検出するのを助けることができる。また、トーンがトーン通知信号34によって通知されない場合に、スイッチ43が、判断論理および制御部44によって有効化され、 $x'(m)$ が、通信ネットワーク16によって直接に供給されるようになり、したがって、依存性検出器のバンク40が利用されない。代替実施形態で、スイッチ43を、 $x'(m)$ のトーン割込み部分だけを除去する抽出動作を使用して実施してもよい。トーンの存在が、トーン通知信号34を介してトーン通知器32によって通知される場合に、依存性検出器のバンク40が、(スイッチ36を介して)有効化され、導体42を介して判断論理および制御部44にトーン特性(および、他の関連する制御信号がある場合にその信号)を供給する。判断論理および制御部44は、受け取ったトーン特性を使用して、有効なトーン割込みが検出されるかどうかを判定することができる(他の関連するイントラトーン割込み検出器制御信号を、判断論理および制御部44から導体46を介して依存性検出器のバンク40に送り返してもよいことにも留意されたい)。 40

【0026】

したがって、一実施形態で、トーンは、トーン通知器32が少なくともトーンの有存在を通知されるまでは検出されず、識別されない。したがって、本明細書で使用されるトーン通知が、トーンの有存在が通知されるかどうかを判定することを指し、トーン検出が、示されたトーンをより完全に識別すること（たとえば、通知されたトーンのトーン特性を生成することによって）を指すことに留意されたい。このようにして、処理時間および複雑性を減少することができる。なぜならば、トーン検出のより複雑な演算手順と比較して、より単純な方法を使用してトーンの有存在を通知してもよく、トーン検出のより複雑な演算手順を、必要な時だけ（トーンの有存在がまず通知された時だけなど）有効化することができるからである。したがって、図2を参照すると、依存性検出器のバンク40のトーン検出器を、トーンの有存在が既に通知されている時に限って有効化してもよく、これによって、処理時間および複雑性が減る。さらに、一実施形態で、依存性検出器のバンク40のトーン検出器のそれぞれを、必要に応じて独立に有効化してもよいことに留意されたい。また、異なる実施形態に、依存性検出器のバンク40内の任意の数のトーン検出器を含めてもよく、これによって、必要に応じて任意の型のトーン特性を供給してもよいことに留意されたい。たとえば、依存性検出器のバンク40の検出器のうちの1つまたは複数によって出力されるトーン特性に、検出されたトーンの周波数情報、検出されたトーンの位相情報、検出されたトーンの振幅情報または大きさ情報、検出されたトーンの変調情報、検出されたトーンのタイミング情報など、またはこれらの任意の組合せを含めてもよい。

【0027】

判断論理および制御部44は、依存性検出器のバンク40から導体42を介して受け取ったトーン特性に基づいて、有効なトーン割込みが検出されたかどうかを判定することができる（上述のように、有効なトーン割込みは、1つまたは複数のトーンを含んでもよく、さまざまな異なるプロトコル方式に従って定義してもよい）。有効なトーン・イベント割込みが検出された場合に、判断論理および制御部44は、検出されたトーン割込みの通知を、たとえば制御22を介して、通信ネットワーク16に供給する。一実施形態で、トーン割込み自体は、通信ネットワークを介して送信されない。その代わりに、トーン割込みに関する情報が、制御22を介して送信され、ネットワークの受信側にあるトーン割込み検出器が、検出された送信トーン割込みに関する受信情報に基づいて、トーン割込みを受信側で生成することが可能になる。このようにして、受け取られたトーン割込みは、通信ネットワークを介して通信される必要がない。代替案では、検出されたトーン割込みを、制御22を介して情報を供給することに加えて、またはその代わりに、のいずれかで、通信ネットワーク16を介して通信することが可能である。

【0028】

図2の動作を、図13および14を参照して説明することもできる。図13を参照すると、トーンが現在通知されていない時に、トーン割込み検出器14は、トーンの有存在を探している状態244にある。トーンが通知されない場合に、トーン通知フラグ f_i がクリアされる（ $f_i=0$ ）。（たとえば、トーン通知器32によって）トーンが通知されたならば、この状態機械は、状態244から、トーンが識別される状態246に遷移する。（たとえば、トーン検出器のバンク40によって）トーンを識別した時に、（たとえば、依存性検出器のバンク40によって）0より大きいIDがそのトーンに割り当てられ、この状態機械は、トーン割込みが検出される状態248に遷移する。しかし、トーンが識別されない場合（または、検出されたトーンが無効である場合）に、0のIDが無効なトーンに割り当てられ、この状態機械は、状態246から状態244に戻り、トーン通知が初期化される。状態248では、トーン割込みを（たとえば、判断論理および制御部44によって）検出した論理部ならば、トーン割込み検出フラグに（ $f_d=1$ ）が割り当てられ、この状態機械は、状態244に戻る。また、無効なトーン割込みが検出された場合に、この状態機械は、やはり状態244に遷移し、トーン割込み検出フラグも（ $f_d=1$ ）が割り当てられることに留意されたい。すなわち、有効なトーン割込みが検出されたかどうか、またはトーン割込みが無効とみなされるかどうかにかかわらず、この状態機械は244に推移し、 f_d

に 1 を割り当てる。有効なトーン割込みが検出された時には、必ず、それに対応する識別が、トーン割込み検出器 14 から制御 22 に供給される。トーン割込みが検出されない間は、この状態機械は、状態 248 に留まり、トーン割込み検出フラグは初期化されたまま ($f_d=0$) になる。

【0029】

図 14 を参照すると、流れは、開始 250 で開始され、ブロック 252 に進み、ここで、トーン割込み検出器制御信号を初期化する。流れは次にブロック 254 に進み、ここで、入力信号の新しいインプを受け取る。流れは次にブロック 256 に進み、ここで、上で任意選択の前処理部 26 を参照して説明したように、任意選択として前処理を適用してよい。流れは次にブロック 258 に進み、ここで、トーン通知器を適用する。判断菱形 260 で、トーンが通知されない場合に、流れは判断菱形 268 に進み、ここで、新しいサンプルが使用可能であるかどうかを判定する。そうである場合には、流れはブロック 254 に戻り、そうでない場合には、流れは 270 で終了する。しかし、判断菱形 260 で、トーンが通知される場合に、流れはブロック 262 に進み、ここで、依存性検出器のバンクを適用して、有効なトーンが検出されるかどうかを判定する。ここで、有効なトーンは、トーン割込みのすべてまたは一部を通知してもよい。ブロック 262 の後に、流れは判断菱形 264 に進み、ここで、有効なトーン割込みが検出されたかどうかを判定する。検出された場合には、流れはブロック 266 に進み、ここで、検出されたトーン割込み識別が報告される。たとえば、TTY トーン割込みが検出された場合に、報告されるトーン割込み識別を、対応する TTY 符号化された文字および信号レベルとすることができる。そうでない場合に、流れは判断菱形 268 に進む。

10

20

【0030】

図 2 に戻って、前処理を使用して、 $x'(m)$ を前条件付けし、したがって $x(n)$ を作ってもよいことに留意されたい。前処理部 26 が存在する場合に、前処理部 26 は、入力信号 $x'(m)$ の異なる型の前処理を実行して、前条件付けされた信号 $x(n)$ を作ることができる。図 3 に、図 2 の前処理部 26 の一実施形態を示す。図示の実施形態では、前処理部に、任意選択の間引きおよびレベル制御が含まれる。

【0031】

一実施形態で、図 3 に示されているように、前処理部 26 は、 $x'(m)$ を間引きして、間引きされ調整された信号 $x(n)$ を作る。ここで、 n は、間引きされる識別子に対応する。したがって、上述の図 14 の流れ (ブロック 258、判断菱形 260、ブロック 262、判断菱形 264、およびブロック 266 など) を y サンプルおきに実行してよく、 y が、間引き器 48 によって導入される部分率に対応することに留意されたい。たとえば、一実施形態で、 $y=2$ であり、 $x(n)$ が、 $x'(m)$ の 8 kHz サンプルング率と比較して、4 kHz という減縮されたサンプルング率を有するようになる。このようにして、間引き器 48 を使用して、 y 個おきのサンプルだけが処理されるように計算の複雑性を減少させることが可能である。 y を任意の値 (1 を含む。1 は、すべてのサンプルが処理されるすなわち $m=n$ なので、部分率処理が使用されないことを示す) とすることができることに留意されたい。したがって、 y 番目のサンプルを、サンプル部分率と考えてよい。したがって、本明細書で使用する式では、 $x(n)$ が使用され、ここで、間引き器 48 が存在する場合に、 n は、サンプル部分率を指し、間引き器 48 が存在しない場合には、 n は、 m と同一の識別子値を指す。

30

40

【0032】

自動レベル制御部 50 は、入力サンプルを増幅することによって変動幅を改善するために使用してよい。一実施形態で、 $x'(n)$ のレベルまたは利得は、クリッピングを防ぐのに必要な場合にこれを減らすことができるように、増幅の前に監視される。自動レベル制御部 50 を、クリッピングを避けるためにレベル $x'(m)$ を下げるのに使用してもよい。前処理部 26 は、自動レベル制御部 50 によって導入される信号レベル拡大・縮小が存在する場合に、信号レベル 51 を介してその信号レベル拡大・縮小の量をも供給し、その結果、正しい信号レベルが判断論理および制御部 44 によって推定されるようになる。一実施形

50

態で、信号レベル 5 1 は、導体 2 8 を介して供給される。

【0033】

任意選択の前処理部 2 6 の動作を、図 1 4 のブロック 2 5 6 の一部を示す図 1 5 を参照してさらに理解することができる。判断菱形 2 7 2 で、間引きが有効化されている場合（たとえば、間引き器 4 8 が存在する場合）に、流れはブロック 2 7 4 に進み、ここで、信号 $x'(m)$ を間引きして、 $x''(m)$ を生成し、流れは判断菱形 2 7 6 に進む。判断菱形 2 7 2 で、間引きが有効化されていない場合（たとえば、間引き器 4 8 が存在しない場合）に、流れは判断菱形 2 7 6 に進む。判断菱形 2 7 6 では、自動レベル制御が有効化されている場合（たとえば、自動レベル制御部 5 0 が存在する場合）に、流れはブロック 2 7 8 に進み、ここで、所定の個数のサンプル（すなわち、間引きが有効化されている場合に、サンプル部分比）の $|x''(n)|$ の最大の振幅を判定する。次に、流れはブロック 2 8 0 に進み、ここで、 $x''(n)$ を正規化して、その最大の絶対値が所定の範囲内になるように $x(n)$ を生成する。その後、流れは、図 1 4 のブロック 2 5 8 に進む。また、判断菱形 2 7 6 で、自動レベル制御が有効化されていない場合（たとえば、自動レベル制御部 5 0 が存在しない場合）に、流れは、図 1 4 のブロック 2 5 8 に進む。

10

【0034】

図 4 に、図 2 のトーン通知器 3 2 の一実施形態を示すが、これを、図 1 6 を参照して説明する。しかし、代替実施形態で、トーンの存在を通知する任意の方法を使用してもよいことに留意されたい。図 4 に示された実施形態は、任意の周波数の正弦波信号の存在を通知するティーガー - カイザー（Teager-Kaiser）抽出器の修正版などの多項式抽出器を使用する。任意の適当な多項式抽出器を使用してもよいことに留意されたい。図 4 に示された多項式抽出器は、1 例にすぎない。

20

【0035】

図 4 には、修正エネルギー演算子を介して、任意の単一周波数トーンを定数に写像する一実施形態が含まれる。すなわち、単一周波数トーンを、次式として表すことができる。

$$\text{式 1: } x(n) = A \cos(\omega n + \phi)$$

修正エネルギー演算子 k を、次式として表すことができる。

【0036】

$$\text{式 2: } k(x(n)) = x^2(n-k) - x(n)x(n-2k) = A^2 \sin^2(k\omega), \quad k=1, 2, \dots$$

上式では、 $x(n)$ が $x(n) 30$ に対応し、 $x^2(n-k) - x(n)x(n-2k)$ が、図 4 の加算器 6 2 の出力に対応する（すなわち、遅延 5 4 の出力が $x(n-k)$ であり、遅延 5 6 の出力が $x(n-2k)$ であり、乗算器 5 8 の出力が $x(n)x(n-2k)$ であり、乗算器 6 0 の出力が $x^2(n-k)$ であり、加算器 6 2 の出力が、乗算器 6 0 の出力と乗算器 5 8 の出力の負数との合計である）ことに留意されたい。式 1 の $x(n)$ を $x^2(n-k) - x(n)x(n-2k)$ に代入することによって、結果 $A^2 \sin^2(k\omega)$ が得られる。したがって、 k が、トーンの振幅 A と正規化された周波数 ω の両方に依存する（ $\omega = 2\pi f / f_s$ であり、ここで、 f はトーン周波数、 f_s はサンプリング周波数であり、サンプリング周波数は、間引きを使用する一実施形態で、サブレートに対応するものとしてよい）ことに留意されたい。 $k(x(n))$ は、初期位相 ϕ に依存しないが、突然の位相変化の時に短期間遷移を生成し、これを使用して、通信信号 $x(n)$ の位相変化を通知してよいことに留意されたい。

30

40

【0037】

$x(n) 30$ （式 1）の電力は、次の式を使用して表すことができる。

$$\text{式 3: } \text{Power}_{x(n)} = A^2 / 2$$

したがって、 $k(x(n))$ が、 $2 \sin^2(k\omega)$ だけ拡大・縮小された $x(n)$ の電力を提供し、

$$\text{式 4: } k(x(n)) = \text{Power}_{x(n)} * 2 \sin^2(k\omega)$$

であることに留意されたい。

【0038】

したがって、 $k(x(n))$ の関数として $\text{Power}_{x(n)}$ を解くと、次の式がもたらされる。

$$\text{式 5: } \text{Power}_{x(n)} = k(x(n)) \csc^2(k\omega) / 2$$

しかし、実際には、信号 $x(n) 30$ が雑音によって壊され、雑音のある推定値 $\text{noisy}_k(x$

50

(n))がもたらされてもよい。たとえば、単極低域抽出器などの任意の低域抽出器を使用して、結果を平滑化することが可能である。したがって、図4に示されているように、トーン通知器32に、低域抽出器66が含まれ、低域抽出器66は、振幅64の出力(加算器62の出力の絶対値に対応する)を受け取り、記憶装置52からaを受け取り、 $\text{noisy}_k(x(n))$ の滑らかな推定値 $P(n)$ を供給する。 $P(n)$ は、次の式を用いて表すことができる。

【0039】

式6： $P(n)=aP(n-1)+(a-1)|x^2(n-k)-x(n)x(n-2k)|$ 上式では、aが、平滑化低域抽出器の帯域幅を制御する平滑化変数($0<a<1$)である。固定されたまたは可変のいずれかの平滑化変数aを使用することに留意されたい。次に、 $P(n)$ 38(図4のLPF66の出力の)が、図4のトーン通知判断部68に供給され、トーン通知判断部68は、図16を参照して下で詳細に説明するように、推定値 $P(n)$ の変動に基づいて、トーンが存在するかどうかを通知する。 $P(n)$ 38は、依存性検出器のバンク40にも供給される。

10

【0040】

$x(n)$ 30がトーンである時には、 $P(n)$ 38の変動は非常に小さい。すなわち、 $P(n)$ 38の小さい変動に対応する $P(n)$ 38の一定のレベルは、単一周波数トーンが $x(n)$ 30に存在する時に、必ず期待される。したがって、トーン通知判断部68は、変動が少なく、 $x(n)$ 30でのトーン存在の通知をもたらす、 $P(n)$ 38の区分を探す。たとえば、図16を参照すると、流れは(図14のブロック256から)ブロック282で開始され、ここで、信号エネルギー $P(n)$ を推定する。(上記が、 $P(n)$ を推定する方法の1例を提供したが、代替実施形態が、ティーガー-カイザー法の使用以外の、信号エネルギーを推定する異なる方法を使用してよいことに留意されたい。)次に、流れは判断菱形284に進み、ここで、 $P(n)$ が進行に十分に大きいかどうかを判定する。すなわち、 $P(n)$ は、 $x(n)$ での信号の存在を通知するのに十分に大きくなければならない。そうでない場合には、流れはブロック290に進み、ここで、トーン通知フラグ(f_i)をクリアし、流れは、図14のブロック260に進む。

20

【0041】

$P(n)$ が十分に大きい場合には、流れはブロック286に進み、ここで、小さい変動を有する $P(n)$ の区分を検出する。判断菱形288で、小さい変動の区分が見つからない場合には、流れはブロック290に進み、ここで、 f_i を初期化し、その後、図14のブロック260に進む。しかし、小さい変動の区分が見つかった場合には、流れは判断菱形292に進み、ここで、小さい変動の区分が十分に長いかどうかを判定する。すなわち、トーンが $x(n)$ に存在する場合に、 $P(n)$ は、十分に長い時間の間、比較的一定のままでなければならない。(すなわち、非常に小さい変動を有するか、所定の量の変動より少ない変動を有する。ここで、所定の量の変動は、トーン成分の期待される個数に基づいて決定することが可能である。)時間が十分に長くはない(すなわち、所定の持続時間より長くはない)場合には、流れはブロック290に進み、 f_i を初期化する。この場合に、 $P(n)$ の小さい変動の区分の長さが、 $x(n)$ でのトーン存在の可能性を通知するには短すぎたと仮定される。一実施形態で、必要な最小区分持続時間(小さい $P(n)$ 変動を有する)は、サンプリング・レート、雑音レベル、低域抽出器制御変数、および検出されるべきトーン割込みの型に依存する。一実施形態で、この最小区分持続時間は、トーン区分の信頼性のある通知のために十分に長い、最短トーン割込みの持続時間より長くはないことが必要である。

30

40

【0042】

判断菱形292で、小さい変動の区分が、十分に長いと判定される場合に、流れはブロック294に進み、ここで、 f_i に($f_i=1$)を割り当てる。したがって、ブロック294では、トーン通知フラグが、トーン存在が検出されたことを通知するように設定される。判断菱形284、288、および292とブロック286、290、および294は、トーン通知判断部68によって全て実行してよいことに留意されたい。一実施形態で、トーン通知フラグが設定された時に、トーン通知信号34が真化されて、依存性検出器のバンク40およびスイッチ36に、トーン存在が検出されたことが通知される。代替案では、トーン通知フラグおよび通知トーン信号34を、同一の通知器としてよい。したがって、

50

ブロック 294 でのトーンの存在の検出時に、トーン検出が（たとえ情報経路イッチ 36 を閉じ、依存性検出器のバンク 40 を有効化することによって）有効化される。図示された実施形態で、依存性検出器のバンク 40 が、サンプルごとの基礎で（サンプリング率でまたは間引きが使用される場合には部分比で）選択的に有効化または無効化され、動作全体を通じて常に有効化される必要がないことに留意されたい。このようにして、個々のトーン検出器を、ブロックごとの基礎ではなくサンプルごとの基礎で有効化または無効化してもよく、従来技術より信頼性があり頻繁な判断がもたらされる。すなわち、従来技術のシステムでは、判断が、ブロックごとの基礎で行われる。ブロックは、80 サンプルを有する 10 ミリ秒の長さとしてよい。しかし、サンプルごとの基礎でトーン検出器を有効化または無効化する能力は、サンプルごとの基礎での変化を許容することによって、性能および柔軟性を改善するかもしれない。また、トーン通知に基づいて、検出器を選択的に有効化または無効化する能力は、複雑性および電力消費のかなりの削減を可能にするかもしれない。

10

【0043】

図 5 に、図 2 の依存性検出器のバンク 40 の一実施形態を示す。図示の実施形態に、3 つの検出器すなわち、単一成分周波数検出器 70（図 6 を参照して詳細に説明する）、単一成分位相検出器 72（図 7 を参照して詳細に説明する）、および複数成分トーン検出器（図 8 を参照して詳細に説明する）が含まれる。代替実施形態に、任意の個数および任意の型の検出器を含めてもよい。図 5 の検出器のそれぞれが、 $x(n)$ 30 および $P(n)$ 38 を受け取り、判断論理および制御部 44 に導体 42 を介してトーン特性を供給する。検出器 70、72、および 74 は、導体 46 を介して判断論理および制御部 44 から情報を受け取ってもよく、お互いの間で情報を通信することもできる。すなわち、これらの検出器は、互いに依存してもよく、あるいは、互いに独立に動作してもよい。図示の実施形態では、検出器 70、72、および 74 のそれぞれが、情報を共有でき、他の検出器からの情報に基づいて適合されることができるという点で従属している（検出器 70、72、および 74 を、図 6 ~ 12 を参照して詳細に説明する）。

20

【0044】

図 6 に、図 5 の単一成分周波数検出器 70 の一実施形態を示す。図示の実施形態は、 $x(n)$ 30 および $P(n)$ 38 を受け取り、検出されたトーンの周波数成分（ f ）を単一成分周波数検出器判断部 90 に供給し、必要な場合に、検出されたトーンの振幅成分（ A ）を単一成分周波数検出器判断部 90 に供給する。図 6 を参照すると、 $x(n)$ 30 が、2 点移動平均部 76 に供給され、2 点移動平均部 76 の出力が、エネルギー計算部 78 に供給される。 $x(n)$ の入力トーンの大きさ A に応じて、上で説明したエネルギー演算子 $k(\cdot)$ が、同一の正規化された周波数 f について異なるレベルを生成することに留意されたい。したがって、 k を推定するために、この大きさ依存性を除去する（すなわち、抽出する）必要がある。したがって、2 点移動平均部 76 を使用して、着信信号から大きさ依存性を除去する。これは、下の式 7 に示されているように行うことができる。

30

【0045】

【数 1】

$$\text{式7: } \quad \frac{1}{2}(x(n-d_1)+x(n-d_2))$$

40

上の式で、 d_1 が、第 1 遅延値を表し、 d_2 が、第 2 遅延値を表し、平均値が、「 $d_1 - d_2$ 」だけ離隔した $x(n)$ の 2 つのサンプルの間で判定されるようになっていないことに留意されたい。次に、エネルギー計算部 78 が、次の式に示されているように、2 点移動平均部 76 から受け取られた 2 点移動平均のエネルギーを判定する。

【0046】

【数 2】

$$\text{式8: } \therefore \psi_k \left(\frac{1}{2} (x(n-d_1) + x(n-d_2)) \right)$$

P(n) 3 8 (トーン通知器 3 2 によって判定された x(n) のエネルギーであり、一実施形態で、上で説明した修正テーガ-カイザー・エネルギー演算子に対応する) が、逆数推定 8 2 に供給されることに留意されたい。代替案では、x(n) 3 0 のエネルギーを、単一成分周波数検出器内で計算してよく、異なる方法に従って計算してよい。

【0047】

エネルギー計算部 7 8 の出力は、LPF 8 0 に供給される。LPF 8 0 は、単極抽出器として実施されてもよく、よりよいトーン検出を達成するために信号から雑音を除去するように動作する。P(n) 3 8 が、乗算器 9 6 および逆数推定部 8 2 に供給される。したがって、逆数推定部 8 2 は、 $1/P(n) = 1/\psi_k(x(n))$ を推定するのに使用される。

【0048】

LPF 8 0 および逆数推定部 8 2 の出力は、乗算器 8 4 に供給され、乗算器 8 4 の出力は、結果を平滑化するために LPF 8 6 に供給される。したがって、LPF 8 6 の出力は、 ρ_A を供給し、 ρ_A は、次のように表すことができる。

【0049】

【数 3】

$$\text{式9: } \rho_A = \frac{\psi_k \left(\frac{1}{2} (x(n-d_1) + x(n-d_2)) \right)}{\psi_k(x(n))} = \cos^2 \left(\left(\frac{d_1 - d_2}{2} \right) \Omega \right)$$

20

$d_1 - d_2 = 2k$ になるように $d_1 - d_2$ が選択された場合に、 ρ_A の値を使用して、 θ_A を判定できる (必要な場合に) ことに留意されたい。すなわち、代替実施形態では、位相差振幅成分 (θ_A) が不要な場合に、乗算器 1 0 0、逆数推定 9 8、乗算器 9 6、および LPF 9 4 が存在しなくてもよい。図示の実施形態では、LPF 8 6 の出力 (ρ_A) が、加算器 1 0 0 に供給され、その結果、これを 1 から引いて、 $1 - \rho_A$ を作ってもよい。加算器 1 0 0 の出力は、逆数推定部 9 8 に供給され、逆数推定部 9 8 は、 $1/(1 - \rho_A)$ を推定し、この結果を乗算器 9 6 に供給する。乗算器 9 6 は、逆数推定部 9 8 の出力に P(n) 3 8 (一実施形態では $\psi_k(x(n))$ に対応するものとしてよい) を乗じ、その結果を平滑化するために、その結果を LPF 9 4 に供給する。したがって、LPF 9 4 の出力は、 θ_A を供給し、 θ_A は、次のように表すことができる。

【0050】

【数 4】

$$\text{式10: } \rho_A = \frac{\Psi_k(x(n))}{1 - \rho_A} \approx A^2$$

式 1 0 では、 $d_1 - d_2 = 2k$ であり、式 1、2、および 9 の結果が、入力信号 x(n) 3 0 について有効であると仮定される。三角恒等 $\sin^2(k) + \cos^2(k) = 1$ も使用されることに留意されたい。

【0051】

LPF 8 0、8 6、および 9 4 のそれぞれが、変数 α (図 6 には図示せず) を受け取るが、この変数 α は、低域抽出器の帯域幅に影響する。その値が 1 に近い場合には、帯域幅が減る。したがって、 α の異なる値を、望まれる帯域幅に応じて使用してよい。たとえば、一実施形態では、望まれる帯域幅に応じて、 α の 2 つの値を使用する。代替案では、トーン形式に応じて、抽出器ごとに異なる α の値を使用してよい。

【0052】

逆数推定部 8 2 および 9 8 の一実施形態が、次式に示されているように、多項式近似を使用して、分子 N と分母 D の間の比 $q = N/D$ を計算することにも留意されたい。

50

【 0 0 5 3 】

【 数 5 】

$$\text{式11: } q = \frac{N}{D} = \frac{2N}{2D} = \frac{2N}{2D2^{b-1}} = N \left(\frac{1}{2D2^b} \right) 2^{b+1} = Np(D')^{2b+1}$$

上式では、 $D' = D2^b$ が、 $1/2$ と 1 の間の範囲に正規化された分母であり、 b が、正規化の導入ビット(leading bit)の対応する個数であり、 $p(\cdot)$ が、関数 $f(x)=1/2x$ 、ただし $1/2 \times 1$ の多項式近似である。現在の実施形態では、次のように3次多項式が選択される。

【 0 0 5 4 】

【 数 6 】

$$\text{式12: } q = N(a_3 + D'(a_2 + D'(a_1 + D'a_0)))2^{b+4} \div \frac{N}{D}$$

上式では、係数が、 -1 と $+1$ の間の範囲に正規化され、追加の3つの選択肢がもたらされる(すなわち、 2^{b+1} が 2^{b+4} に変化する)。一実施形態は、次の正規化された係数、 $a_0 = -0.2248$ 、 $a_1 = 0.6695$ 、 $a_2 = -0.7357$ 、および $a_3 = 0.3532$ を使用する。したがって、逆数推定部82および98は、この近似を使用して、逆数を効果的かつ効率的に推定することができる。

【 0 0 5 5 】

図6を参照すると、および A は、単一成分周波数検出器判断部に供給され、単一成分周波数検出器判断部は、これらの実際の値を出力として判断論理および制御部44に(たとえば導体42を介して)供給してよく、あるいは、これらの値を使用して、図9~11を参照して説明するように、異なる形式でトーン特性を出力してもよく、図9~11は、たとえば、復号化された周波数、AM変調周波数、復号化されたオン・オフなどのトーン特性を供給するために単一成分周波数検出器判断部90内で単独でまたは組み合わせて使用してもよいさまざまな実施形態を示す。

【 0 0 5 6 】

図7に、図5の単一成分位相検出器72の一実施形態を示す。図示の実施形態は、 $x(n)$ 30を受け取り、検出されたトーンの位相成分 $c(n)$ 137および $s(n)$ 139を単一成分位相検出器判断部158に供給する。検出器72に、適応デジタル発振器102が含まれ、適応デジタル発振器102は、制御入力信号 $c_0(n)$ に基づいて、目標信号 $w(n)$ 110を供給し、目標信号 $w(n)$ 110は、着信信号 $x(n)$ 30の周波数と一致することを試みる。目標信号 $w(n)$ 110および着信信号 $x(n)$ 30は、位相推定104に供給される。(検出器72に、任意選択の抽出器133を含めてよく、この抽出器133を使用して、位相推定を実行する前に $x(n)$ 30を抽出してよいことに留意されたい。たとえば、一実施形態で、使用されるトーン形式に応じて、抽出器133を使用して、隣接周波数成分がある場合に、それを $x(n)$ 30から除去してもよい。したがって、図7に関する $x(n)$ 30の説明は、抽出器133などの抽出器の存在に応じて、 $x(n)$ 30または抽出された $x(n)$ 30のいずれかに言及することに留意されたい。)位相推定104は、位相成分 $c(n)$ および $s(n)$ を単一成分位相検出器判断部158に供給する。単一成分位相検出器判断部158では、 $s(n)/c(n)$ が近似的に $\tan(\theta(n))$ になるように、位相成分を $c(n) + js(n)$ と表すことができ、ここで、 $\theta(n)$ は、 $x(n)$ 30(または、任意選択の抽出器133が存在する場合に任意選択の抽出器133の出力)の推定された位相である。したがって、位相成分 $c(n)$ および $s(n)$ は、入力信号 $x(n)$ 130の位相の通知を提供する。たとえば、次の式を使用して、 $x(n)$ および $w(n)$ を表してよい。ここで、 $x(n)$ および $w(n)$ は、それぞれ複素信号 $X(n)$ および $W(n)$ に変換される。

【 0 0 5 7 】

$$\text{式13: } x(n) = A e^{j(\omega n + \theta(n))}$$

$$\text{式14: } W(n) = e^{j(\omega n)}$$

したがって、 $w(n)$ が $x(n)$ の周波数と一致するべきであることに留意されたい。 $X(n)$ に

10

20

30

40

50

$W(n)$ の複素共役を乗じることによって、 $x(n)$ の位相 $\phi(n)$ を、次のように得ることができる。

【0058】

$$\text{式 15: } Z(n) = X(n) \cdot W^*(n) = e^{-j\phi(n)}$$

上式では、 $Z(n)$ が、加算器130および132の出力に対応してもよく、これらの出力は、それぞれLPF 136および138を通過して、 $R(n) = \text{LPF}\{Z(n)\} = c(n) + js(n)$ をもたらす。

【0059】

図7の図示の実施形態では、適応ディジタル発振器102の出力すなわち目標信号 $w(n)$ 110を、次のように表すことができることに留意されたい。

$$\text{式 16: } w(n) = 2c_0(n-1)w(n-1) - w(n-2)$$

すなわち、乗算器114は、遅延112の出力($w(n-1)$ に対応する)、遅延116の出力($c_0(n-1)$ に対応する)、および2を受け取り、加算器108に「 $2c_0(n-1)w(n-1)$ 」を供給する。加算器108は、遅延118の出力(遅延118の入力は遅延112の出力なので $w(n-2)$ に対応する)をも受け取り、上式16で与えたように、これを乗算器114の出力から引いて $w(n)$ を作る。 $w(n)$ の周波数は、 $x(n)$ の周波数と一致するべきなので、 $c_0(n)$ を、そうなるように設定するか制御することが可能である。一実施形態で、 $c_0(n)$ を定数値とすることが可能である。たとえば、一実施形態で、 $c_0(n) = c_0 = \cos(\phi)$ であり、目標の周波数に対応する。しかし、図示の実施形態では、 $c_0(n)$ が、周波数/位相差訂正106によってサンプルごとの基礎で更新され、周波数/位相差訂正106は、 $c(n)$ 、 $s(n)$ 、および階段の高さ μ に基づいて $c_0(n)$ を更新する。周波数/位相差訂正106は、以下で詳細に説明する。

【0060】

$c_0(n)$ の所与の固定値について、 $x(n)$ および $w(n)$ の対応する式を、次のように表すことができることに留意されたい。

$$\text{式 17: } x(n) = \text{Re}\{X(n)\} = A \cos(\omega n + \phi(n))$$

$$\text{式 18: } w(n) = \text{Re}\{W(n)\} = \cos(\omega n)$$

余弦波を $\pi/2$ だけ遅延させることによって正弦波を得ることができることに留意されたい。したがって、 $n_0 = [\pi/(\omega/2)]$

(約 $\pi/2$ の位相遅延に対応する)とすることによって、次の正弦波を得ることができる。

【0061】

$$\text{式 19: } x(n-n_0) = A \sin(\omega n + \phi(n))$$

$$\text{式 20: } w(n-n_0) = \sin(\omega n)$$

したがって、遅延120の出力が $w(n-n_0)$ に対応し、遅延134の出力が $x(n-n_0)$ に対応するように、 n_0 が図7の位相推定104の遅延120および134に供給される。更に図7の位相推定104を参照すると、 $c(n)$ 137および $s(n)$ 139を、次のように表すことができる。

【0062】

式20: $c(n) = b c(n-1) + (1-b) [x(n)w(n) + x(n-n_0)w(n-n_0)]$ ($0 < b < 1$) 式21: $s(n) = b s(n-1) + (1-b) [x(n-n_0)w(n) - x(n)w(n-n_0)]$ ($0 < b < 1$) すなわち、乗算器124の出力が、加算器130に「 $x(n-n_0)w(n-n_0)$ 」を供給し、加算器130が、乗算器122から「 $x(n)w(n)$ 」も受け取ることに留意されたい。したがって、加算器130は、LPF 136に「 $x(n)w(n) + x(n-n_0)w(n-n_0)$ 」を供給し、LPF 136は、図示の実施形態では、変数 b を有する単極低域抽出器として図示され、 $0 < b < 1$ である。同様に、乗算器126は、加算器132の負入力に「 $x(n)w(n-n_0)$ 」を供給し、加算器132は、乗算器128から「 $x(n-n_0)w(n)$ 」も受け取る。したがって、加算器132は、LPF 138に「 $x(n-n_0)w(n) - x(n)w(n-n_0)$ 」を供給し、LPF 138は、図示の実施形態では、変数 b を有する単極低域抽出器として図示され、 $0 < b < 1$ である。 $c(n)$ が、 $Z(n)$ の実部の低域抽出された版に対応し、 $s(n)$ が、 $Z(n)$ の虚部の低域抽出された版に対応し、 $Z(n)$ が、上式15で与えられることに留意されたい。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 3 】

上述のように、 $w(n)$ は、 $x(n)$ 3 0 の周波数と一致するために $\cos(\quad n)$ を調節すると考えられる。しかし、 $x(n)$ 3 0 (上式 1 7 を参照されたい) に、周波数差が含まれ、 $\quad = \quad_0 + \quad$ になってよく、ここで、 \quad は周波数差に対応し、 \quad_0 は、目標信号 $w(n)$ の周波数に対応する。周波数差がある場合に、 $c(n)$ および $s(n)$ が、経時的に (すなわち、サンプルごとに) 変化ようになる。すなわち、 $c(n)$ および $s(n)$ は、経時的に回転しており、 $c(n)$ および $s(n)$ が経時的に変化しないようにするためには、この回転を除去する必要がある。これは、適応デジタル発振器 1 0 2 の周波数を調整することによって達成でき、これは、 $c_0(n)$ に固定された値 (すなわち、定数) を単純に選択するのではなく、遅延 1 1 6 の入力で $c_0(n)$ を正しく調整することによって行うことができる。したがって、上述のよう

10

【 0 0 6 4 】

上で説明したように、 $R(n) = \text{LPF}(Z(n)) = c(n) + js(n)$ である。 $R(n)$ の前のサンプルと現在のサンプルとの間の位相差が、周波数差 \quad の通知をもたらすことに留意されたい。すなわち、この位相差が正の値である場合に、 $c_0(n)$ を次のサンプルのために増やすべきであり (すなわち、デジタル発振器の周波数を減らすべきであり)、この位相差が負の値である場合に、 $c_0(n)$ を次のサンプルのために減らすべきである (すなわち、デジタル発振器の周波数を増やすべきである)。 $R(n)$ の前のサンプルと現在のサンプルとの間の位相差 $(E(n))$ は、次のように、 $R(n)$ に $R(n-1)$ の複素共役を乗じることによって推定することができる。

20

【 0 0 6 5 】

$$\text{式 2 2 : } E(n) = R(n)R^*(n-1)$$

$E(n)$ の虚部が $\sin(\quad)$ の倍数であることを示すことができる。したがって、 $c_0(n)$ を、次のようにこの位相差推定値 $(E(n))$ に応じて、それ相応に調整することができる。

【 0 0 6 6 】

$$\text{式 2 3 : } c_0(n) = c_0(n-1) + \mu \text{Imag}\{E(n)\} \quad (0 < \mu < 1)$$

図 7 を参照すると、遅延 1 4 0 の出力は、乗算器 1 4 4 に「 $c(n-1)$ 」を供給し、乗算器 1 4 4 は、「 $s(n)$ 」も受け取り、加算器 1 4 8 に「 $c(n-1)s(n)$ 」を供給する。遅延 1 4 2 の出力は、乗算器 1 4 6 に「 $s(n-1)$ 」を供給する。乗算器 1 4 6 は、「 $c(n)$ 」も受け取り、加算器 1 4 8 の負入力に「 $c(n)s(n-1)$ 」を供給する。したがって、加算器 1 4 8 は、乗算器 1 5 0 に「 $c(n-1)s(n) - c(n)s(n-1)$ 」 ($E(n)$ の虚部に対応する) を供給する。乗算器 1 5 0 は、 $E(n)$ の虚部に μ を乗じ、加算器 1 5 2 に「 $\mu \text{Imag}\{E(n)\}$ 」を供給する。加算器 1 5 2 は、「 $\mu \text{Imag}\{E(n)\}$ 」に遅延 1 5 4 の出力の「 $c_0(n-1)$ 」を加えて、上式 2 3 に従って調整された $c_0(n)$ の値を供給する。したがって、 $c(n)$ および $s(n)$ を使用して、制御信号 $c_0(n)$ を適合させてよいことに留意されたい。 $c_0(n)$ を、必要に応じて単一成分位相検出器判断部 1 5 8 を介して判断論理および制御 4 4 に供給してもよいトーン特性と考えてもよいことにも留意されたい。

30

【 0 0 6 7 】

図 7 の図示の実施形態では、 $R(n)$ の前の値すなわち $R(n-1)$ が、 $c_0(n)$ を調整するのに使用された。しかし、代替実施形態では、 $R(n)$ の現在の値およびその量子化された基準値 $Q(R(n))$ (図 1 2 で 2 3 2、2 3 4、2 3 6、または 2 3 8 のうちの 1 つによって図示されている) だけが使用され、 $R(n)$ と $Q(R(n))$ の間の距離が、(たとえば、 $E'(n) = R(n)Q(R(n))^*$ を最小化することによって) 最小化される。(これは、遅延部 1 4 0 および 1 4 2 を、図 1 2 に示されたものに類似する量子化器に置換することに対応する。) もう 1 つの代替実施形態では、フィードバックを使用しないものとすることができる。すなわち、1 ショット・フィードフォワード・システムを使用してもよい。たとえば、周波数推定器 $\quad(n)$ を使用して、 $c_0(n) = \text{sing}(\quad/2 - \quad) \text{sqrt}(\quad(n))$ になるように $c_0(n)$ を調整してよい。ここで、平方根は、多項式によって近似することができる。しかし、これは、図示の実施形態ほど滑らかではない。したがって、さまざまな異なる方法を使用して $c_0(n)$ を設定する

40

50

ことができる。一実施形態で、 $c_0(n)$ をとり、単一成分位相検出器判断部158への A' 141を生成する任意選択の振幅推定器を、任意選択として図7に含めてよい。この場合に、乗算器145の出力が、 $P(n)/[1-c_0^2(n)]$ に対応し、これは、式2で $k=1$ の場合の A^2 を近似する。LPF143は、 b および乗算器145の出力を受け取り、滑らかな推定値 A' 141を生成するが、これを、単一成分位相検出器部158内で位相差振幅検出器または振幅検出器として使用することができる。

【0068】

次に、単一成分位相検出器判断部158は、 $c(n)$ および $s(n)$ の受け取られた値（ならびに、必要な場合に $c_0(n)$ および A' ）に基づいて、導体42を介して判断論理および制御44にトーン特性を供給することができる。 $c(n)$ および $s(n)$ の値を判断論理および制御44に直接に供給してもよく、あるいは、たとえば位相トーン特性を通知する、これらの値から導出されたトーン特性を、判断論理制御44に供給してもよい。単一成分位相検出器判断部158を、判断部158の一部の一実施形態を示す図12を参照して、下で詳細に説明することに留意されたい。

【0069】

図8に、図5の複数成分トーン検出器74の一実施形態を示す。図示の実施形態は、 $x(n)$ 30を受け取り、 $x(n)$ 30に含まれるトーン成分のそれぞれの周波数情報および位相差振幅情報 A を複数成分トーン検出判断部172に供給する。たとえば、複数成分トーン検出器74に、 $x(n)$ の N 個の成分の位相情報および位相差振幅情報を供給できる N 個の抽出器が含まれる。入力信号 $x(n)$ 30は、それぞれ、抽出器 1 162から抽出器 N 164に供給され、その後、AM-FM復調器 1 166からAM-FM復調器 N 168に供給される。AM-FM復調器 1 166からAM-FM復調器 N 168のそれぞれは、それぞれ $\hat{\{ (_1) \}}$ 、 $\hat{\{ (A_1) \}}$ から $\hat{\{ (_N) \}}$ 、 $\hat{\{ (A_N) \}}$ の値を供給する。したがって、検出器74は、必要に応じて任意の個数の抽出器およびAM-FM復調器を有することができる。一般に、特定のトーン形式内のトーンの周波数成分ごとに1つの抽出器およびAM-FM復調器が必要である。たとえば、各記号が2つの周波数成分を有するDTMF形式では、1つの抽出器および1つのAM-FM復調器が、周波数成分ごとに使用される（高周波数成分に1つと低周波数成分に1つ）。各抽出器は、それに対応するAM-FM復調器に所望の周波数を含む信号を供給する。対応するAM-FM復調器が、 $(_1)$ および $(_2)$ の測定値または推定値（ $\hat{\{ (_1) \}}$ および $\hat{\{ (_2) \}}$ と表される測定値または推定値）を、 $x(n)$ の現在受け取られているサンプルおよび現在の推定されたDTMF符号値 $\mu_f(n)$ （ $x(n)$ の復号化された周波数値に対応する）に基づいて作る。次に、これらの推定値 $\hat{\{ (_1) \}}$ および $\hat{\{ (_2) \}}$ ならびにDTMFトーン形式に対応する保存されたテーブルが、自己同調部36によって使用されて、次の推定DTMF符号値（ $\mu_f(n+1)$ ）が判定され、この $\mu_f(n+1)$ が、複数成分トーン検出判断部172に供給され、 $x(n)$ の次に受け取られるサンプルと共に使用するために抽出器 1 28から抽出器 N 32にフィードバックされる。

【0070】

上式17で、 $x(n)$ が1つの周波数から構成されることに留意されたい。しかし、図2のトーン通知器32を参照して上で説明したティーガー・カイザー・エネルギー演算子を拡張して、 $x(n)$ が複数の周波数によって構成される場合を含めることが可能である。この場合に、 $x(n) = \sum_{i=1}^N A_i \cos(n _i + _i)$ であり、 $k(x(n)) = \sum_{i=1}^N A_i^2 \sin^2(k _i) + (n, _1, \dots, _N)$ となる。ここで、関数 (\cdot) は、エネルギー演算子を時間変動にし、したがって、 N 個の成分を分離するための更なる困難を課す。

【0071】

したがって、このエネルギー演算子（トーン通知器32からの $P(n)$ 38として表される）を使用して、すべての成分 $x_c(n)$ を効果的に抽出できるように N 個の独立の抽出器を用いて信号 $x(n)$ をまず抽出することによって、複数成分を検出してもよい。 N 個の成分を抽出したならば、その周波数推定値および振幅推定値（ $\hat{\{ (_i) \}}$ および $\hat{\{ (A_i) \}}$ ）を計算する。

【0072】

10

20

30

40

50

抽出器₁ 162は、第1成分 $x_1(n)$ を抽出できるように $x(n)$ を抽出する。同様に、抽出器_Nは、第N成分 $x_N(n)$ を抽出できるように $x(n)$ を抽出する。したがって、各抽出器は、トーン成分とも称する対応する成分 $x_c(n)$ を抽出するのに使用される。(したがって、各トーンにN=5個の成分が含まれるトーン形式の場合に、5つの抽出器が存在し、各抽出器は、対応するトーン成分を抽出するのに使用される。)成分を抽出したならば、 $\text{hat}(\quad_1)$ から $\text{hat}(\quad_N)$ が判定される。たとえば、一実施形態で、楕形抽出器が、抽出器₁から抽出器_Nのそれぞれに使用され、所与の抽出経路が、他の経路からの望ましくない成分のすべてを除去するようになっている。

【0073】

このようにして、各AM-FM復調器は、 $\mu_f(n)$ の現在の値に対応するトーンの他の周波数成分が存在しない状態で、そのAM-FM復調器に対応する $\text{hat}(\quad)$ の値を計算する。したがって、各抽出器_c ($c=1, \dots, N$)の楕形抽出器が、下の式24に示された一般形式を有することが可能である。

【0074】

【数7】

$$\text{式24: } H_c^{(m)}(z) = \Gamma_c^{(m)} \prod_{i=c, i=1}^N \frac{1 - b_{i,j} z^{-1} + z^{-2}}{1 - r b_{i,j} z^{-1} + r^2 z^{-2}}, \quad c=1, \dots, N$$

上式では、 $0 < r < 1$ であり、積項が、 $i = c$ の $i=1, \dots, N$ のそれぞれについて存在する。上式によれば、トーン形式がL個の周波数成分を有する場合に、各抽出器の伝達関数Hに、L-1個の項の積が含まれる。現在の実施形態で、楕形抽出器の係数が、適応式であり、したがって、 $\mu_f(n)$ の現在の値に依存して変化することに留意されたい。

【0075】

一実施形態で、 $c^{(m)}$ が選択され、 $|H_c^{(m)}(e^{j(\Omega_{c,j})})| = 1$ すなわち、望ましくない成分 $i = c$ の除去が目標成分 c に対する利得バイアスを導入しないようになっている。

【0076】

【数8】

$$\Gamma_c^{(m)} = \sqrt{\prod_{i \neq c} \frac{\left(\frac{1-r^2}{2}\right)^2 - r[r \cos(\Omega_{c,j}) - \cos(\Omega_{i,j})][r \cos(\Omega_{i,j}) - \cos(\Omega_{c,j})]}{[\cos(\Omega_{c,j}) - \cos(\Omega_{i,j})]^2}}$$

30

であることを示すことができる。

【0077】

2成分($N=2$)の場合に、任意の m に対して $\mu_1^{(m)} = \mu_2^{(m)}$ であることに留意されたい。 $c^{(m)}$ および係数 $b_{c,j}$ ($c=1, \dots, N$)の値を、事前に計算し、対応テーブルに保存することができる。振幅推定値が使用されない場合には、利得 $c^{(m)}$ を無視してよい。

【0078】

所与の複数成分トーンを成功裡に検出するために、自己同調機構が、周波数検出器出力の可変性を最小化する周波数の最適な設定を検索するために使用される。これがそうであるのは、単一周波数トーンが、ティーガー-カイザー-エネルギー演算子によって処理された後に定数値を生成するからである。自己同調部170の動作は、 $\mu_f(n)$ の現在値を使用して抽出器₁から抽出器_Nの係数を調整し、その結果、 $x(n)$ 30の次のサンプルが、同一の値の $\mu_f(n)$ を作ると仮定して、このサンプルが処理されるようにする。 $x(n)$ 30の実際の区分の識別値が $\mu_f(n)$ に対応する場合に、これは、信号成分の正しい推定になり、これによって、自己同調部170の周波数ロックがもたらされる。その一方で、 $x(n)$ 30の実際の区分識別値が $\mu_f(n)$ に対応しない場合には、自己同調部170は、周波数ロックが得られるまで、抽出器₁から抽出器_Nの係数を調整し続ける。一実施形態で、復号化された周波数値 $\mu_f(n)$ は、図11に従って推定され、図11では、最も近い基準周波数推定値が、

50

$x(n)$ 30 の次のサンプルの処理に使用される抽出器₁から抽出器_Nの係数を決定し、対応する基準周波数値が抽出器₁から抽出器_Nによって固定されるようになる。

【0079】

図9から12に、単一成分周波数検出器判断部90（あるいは、必要に応じて、単一成分位相検出器判断部158もしくは複数成分トーン検出判断部172、または部90、158、および172のうちのいずれか複数）に含めてもよいさまざまな部分を示す。たとえば、図9の実施形態（たとえば、部90または158あるいはその両方に含めてもよい）は、復号化されたオン・オフ変調情報を通知するトーン特性 $\mu_{on-off}(n)$ を提供する。図10の実施形態（これも部90または158あるいはその両方で使用してもよい）は、復号化されたAM変調周波数を通知するトーン特性 $\mu_{AM}(n)$ を提供する。図11の実施形態（部90、158、または172、あるいはこれらの部のうちのいずれか複数で使用してもよい）は、 $x(n)$ 30 のトーンの復号化された周波数を通知するトーン特性 $\mu_f(n)$ を提供する。したがって、依存性検出器のバンク40によってどのトーン形式が利用可能であるかに応じて、追加の、より少数の、または異なる型のトーン特性を、判断論理および制御部44に供給してもよい。図11の実施形態を、 $x(n)$ の単一トーン成分と複数トーン成分の両方に適用してよいことに留意されたい。複数成分の場合に、図11は、 $x(n)$ のトーン成分の復号化された周波数を通知する、トーン成分のそれぞれのトーン特性 $\mu_f(n)$ を供給してよい。また、図12は、図7の単一成分位相検出器判断部158に含めてもよく、復号化された位相を通知するトーン特性 $\mu_p(n)$ を供給する一実施形態を示す。さらに、下で説明するように、図9～12の出力は、整数出力であり、この整数出力は、扱うのが簡単であり、有効なトーン割込みが発生したかどうかを判定するために判断論理および制御部44によって共通の論理を使用することを可能にすることに留意されたい。

10

20

【0080】

図9に、単一成分周波数検出器判断部90の一部の一実施形態を示す。図9は、トーン特性として、復号化されたオン・オフ振幅通知器 $\mu_{on-off}(N)$ を供給するのに使用することができる。入力信号 $x(n)$ 30 が、（たとえば、CNGおよびCTで使用されるような）オン・オフ変調に従って変調されている場合に、単一成分周波数検出器判断部90に、図9の部品を含めてよい。図9に示されているように、 $P(n)$ 38 が、加算器174の正入力に供給され、閾値 P_{low} が、加算器174の負入力に供給される。加算器174の出力（「 $P(n) - P_{low}$ 」）は、階段関数176に供給され、階段関数176は、 $P(n) > P_{low}$ の場合には1、 $P(n) \leq P_{low}$ の場合には0として $\mu_{on-off}(n)$ を出力する。このトーン特性が、その後、判断論理および制御部44に供給される。

30

【0081】

図10に、図9に加えてまたはその代わりに使用してよい、単一成分周波数検出器判断部90の部分の一実施形態を示す。図10は、AM変調周波数トーン特性 $\mu_{AM}(n)$ を供給するのに使用することができる。 $P(n)$ 38 または A 92（あるいは、単一成分位相検出器判断部158の一部として実施される場合には A' 141）が、直流成分推定補償部178に供給され、直流成分推定補償部178は、その入力信号の直流成分を識別し、除去する。一実施形態で、AM変調周波数の1周期が、所与の入力信号の最大値と最小値の（1周期内の）間の平均値として直流成分を定義するのに使用される。次に、推定された直流成分を入力信号から減じて、178の出力を生成する。直流成分推定補償部の出力が、ゼロ交差カウンタ180に供給され、ゼロ交差カウンタ180は、ゼロ交差のカウントを維持する。その出力が、加算器182に供給され、加算器182は、 NZ_{max} の負数も受け取る。加算器182の出力は、階段関数184に供給され、階段関数184は、ゼロ交差カウンタ180によって判定されたゼロ交差の個数 $>NZ_{max}$ の場合に1、そうでない場合に0を出力する。したがって、図10の要素による0または1の出力は、判断論理および制御部44に $\mu_{AM}(n)$ として供給されるAM変調周波数の表示を提供する。一実施形態で、所定の個数のサンプルの中の NZ_{max} より少ないゼロ交差の非0の個数（すなわち、 $\mu_{AM}(n) = 0$ ）は、AM変調周波数の可能な一致を通知する。図10は、たとえば、ANSamトーン割込みおよびANSam__PRトーン割込みの検出に使用するしてもよい。

40

50

【0082】

図11に、単一成分周波数検出器判断部90および複数成分トーン検出判断部172の一部の実施形態を示す。一実施形態で、この部分は、トーン通知時に必ず有効化され、その出力に基づいて、図9、10、または12のどれを有効化する必要があるかを判定する。したがって、図示の実施形態では、図9～12のそれぞれを、 $x(n)$ 30でのトーンの存在の検出時に、必要に応じて独立に有効化または無効化することが可能である。信号 (n) (図6のLPF 86からの などの単一の値、または図8の復調器166～168の出力などの値のベクトルとしてよい)が、加算器186などの加算器に供給される。図11の加算器の個数は、(単一周波数成分または複数周波数成分のいずれかを有する) 10 検出すべき異なるトーンの個数に依存する。(周波数推定器値とも称する) (n) の各値が、(基準周波数推定器値とも称する) 対応する基準値 $_{ref1}$ から $_{refN}$ の負数に 加算される。その結果が、L - norm 192から196の対応するL - normに供給される。一実施形態で、 L_1 距離定義式(norm)が、192から196の出力を生成するのに使用され、これは、 (n) と基準値のそれぞれとの間の距離を通知する。推定された 距離値が、arg min 198に供給され、arg min 198は、L - norm 192から196のそれぞれからの最小分岐の識別子(1からNまでのうちの1つ)を $\mu_f(n)$ として供給する。したがって、他のトーン特性と同様に、 $\mu_f(n)$ も、 $\mu_{AM}(n)$ および $\mu_{on-off}(n)$ と同様に整数(1からNまで)として出力されることに留意されたい。一実 20 施形態で、 $\mu_f(n)$ が、 $x(n)$ 30の着信サンプルごとに判定され、ここで、 $\mu_f(n)$ の判定時に、判断部(図9、10、および12など)の他の部分を、 $\mu_f(n)$ の値に基づいて、必要 20 に応じて有効化してよい。たとえば、 $\mu_f(n)$ のある値が発生した時に、位相検出器を有効化してよい。代替実施形態では、図11に示された周波数復号器を、単一成分位相検出器 判断部158内で実施してよい。この場合に、 $c_0(n)$ を使用して、周波数を直接に復号化 してよい(すなわち、 (n) が $c_0(n)$ に置換され、 $_{refm}$ が c_{0refm} に置換される。た だし、 $m=1, \dots, N$)。

【0083】

図12に、 $c(n)$ および $s(n)$ (それぞれ図7のLPF 136および138から)に基づいて、復号化された位相トーン特性 $\mu_p(n)$ 226を供給する、単一成分位相検出器判断部 158の一部の実施形態を示す。 $c(n)$ がx軸228に対応し、 $s(n)$ がy軸230に対応する 図12の平面図(chart)からわかるように、 $x(n)$ の各サンプルに対して決まる $c(n)$ およ 30 び $s(n)$ の値が破線240および242によって決定される4分域のどれに含まれるかに応じて、位相が、0、1、2、および3(それぞれ、図12の点232、234、236、 および238に対応する)のうちの1つに量子化される。たとえば、 $c(n)$ および $s(n)$ が、 $(c(n), s(n))$ が軸228および230を使用してグラフにされた時に破線242と240の間のグラフの左半分の領域226に含まれるようになる値を有する場合に、出力 $\mu_p(n)$ には2が設定される。

【0084】

図12を参照すると、 $c(n)$ が、絶対値200に供給され、絶対値200は、 $c(n)$ の大きさを加算器202に供給する。信号 $c(n)$ は、階段関数206にも供給され、階段関数206は、その出力を加算器212に供給する。信号 $s(n)$ が、絶対値204に供給され、絶対 40 値204は、 $s(n)$ の大きさを加算器202の負入力に供給し、加算器202は、階段関数 208に「 $|c(n)| - |s(n)|$ 」を供給する。信号 $s(n)$ は、階段関数210にも供給される。 階段関数206、208、および210のそれぞれは、正の入力について1、そうでない場合に0を出力する。したがって、加算器212の出力は、0、1、または2になる可能性がある。加算器212の出力は、乗算器214によって-2を乗じられ、乗算器214は、結果(0、-2、または-4)を加算器216に供給する。加算器216は、乗算器214の結果に1を加算し(1、-1、または-3を得て)、これを乗算器218に供給する。階段関数210の出力は、乗算器222に供給され、乗算器222は、この出力に2を乗じ、その結果を加算器220に供給する。したがって、乗算器222の結果は、0または2になってよく、これが加算器220に供給される。加算器220は、1を加算して1または3を得、こ 50

れが、次に加算器 2 2 4 に供給される。乗算器 2 1 8 は、加算器 2 1 6 の出力および階段関数 2 0 8 の出力を受け取り、その結果 (0、1、-1、または -3) を加算器 2 2 4 に供給し、加算器 2 2 4 は、0 から 3 のうちの 1 つとして $\mu_p(n)$ を供給する。たとえば、ANS_{PR}、ANS_{am}_{PR}、および USB 1 などのトーン形式を検出する際など、復号化された位相情報が必要な時に、図 1 2 を使用してよいことに留意されたい。また、代替実施形態で、任意の個数の判断境界を使用して $\mu_p(n)$ を量子化できることに留意されたい。すなわち、 $\mu_p(n)$ を、図 1 2 に示された 4 点より多数または少数の点に量子化することが可能である。したがって、図 1 2 の論理を、 $\mu_p(n)$ の所望の量子化に応じてさまざまな形で設計することができる。

【0085】

トーン特性のどれであっても、判断論理および制御部 4 4 から依存性検出器のバンク 4 0 内の任意の検出器に戻して供給してもよい。たとえば、任意のトーン特性を、たとえばそれが許容可能な範囲を超えた場合などに、それ自体をリセットするために戻して供給することができる。また、一実施形態で、 $x(n)$ 3 0 の周波数推定値として使用することもできる図 7 の制御信号 $c_0(n)$ を、 (n) と共に使用して、所与のトーンの検出を検証してもよい。たとえば、 $c_0(n)$ の符号は、所与のトーンの周波数が、サンプリング率の 2 5 % より小さいまたはそれより大きいかどうかを通知する。具体的には、8 KHz のサンプリング率について、1 9 0 0 H z および 2 1 0 0 H z の周波数を有する 2 つの単一成分トーンは、同一の値の (n) を有するが、 $c_0(n)$ は、1 9 0 0 H z (2 0 0 0 H z より低い) については正、2 1 0 0 H z (2 0 0 0 H z より高い) については負である。また、図 9 ~ 1 2 に、可能なトーン特性の一部の例だけが示されているが、代替実施形態が、追加のまたは異なる型のトーン特性を供給するために、図 9 ~ 1 2 のいずれかに加えてまたはその代わりに他の方法を使用してよいことに留意されたい。たとえば、他の型の周波数情報、位相情報、タイミング情報、または振幅情報を供給してよく、これらを、さまざまな異なる形で生成してよい。

【0086】

トーン特性を判定し、整数値として判断論理および制御部 4 4 に供給したならば、判断論理および制御部 4 4 は、共通の論理方式を適用して、有効なトーン割込みが検出されるかどうかを判定することができる。図 1 7 に、本発明の一実施形態による、トーン割込みを検出する方法を示すが、これは、依存性検出器のバンクを適用する、図 1 4 のブロック 2 6 2 の一実施形態を示す図である。

【0087】

図 1 7 の流れは、ブロック 2 9 6 で開始され、ここで、信号 $x(n)$ は、たとえば図 5 の検出器 7 0、7 2、および 7 4 などの別々の検出器を介して処理される。(異なる実施形態で、任意の個数および型の検出器を使用してよいことに留意されたい)。流れは次にブロック 2 9 8 に進み、ここで、すべての検出器 d について、復号化されるトーン特性 $\mu_d(n)$ を決定する。たとえば、図 9 ~ 1 2 の実施形態では、 $\mu_d(n)$ に $\mu_f(n)$ 、 $\mu_{AM}(n)$ 、 $\mu_{on-off}(n)$ 、および $\mu_p(n)$ が含まれる。上で説明したように、すべての検出器が $x(n)$ のサンプルごとにトーン特性を供給するわけではないかもしれないことに留意されたい。たとえば、上で述べた一実施形態など、検出器が必要に応じてのみ有効化されてもよく、この場合に、(たとえば、 $\mu_{AM}(n)$ 、 $\mu_{on-off}(n)$ 、および $\mu_p(n)$ など) いくつかのトーン特性が、(たとえば、 $\mu_f(n)$ による判定に従うなど) 必要な場合に限って推定される。流れはブロック 2 9 9 に進み、ここで、図 1 8 に関して説明するように、可能な場合に、可能な特性誤りを検出し、訂正する。流れは 3 0 0 に継続し、ここで、共通トーン検出判断論理を、すべての検出器 d について適用する。すなわち、整数トーン特性の使用を介して、共通判断論理を、異なる検出器に使用してもよい。代替実施形態は、異なる形式のトーン特性を供給してもよく、異なる検出判断論理を含めてもよい。次に、流れは判断菱形 3 0 2 に進み、ここで、トーン特性に基づいて、新しいトーンが検出されるかどうかを判定する。そうでない場合には、流れは図 1 4 のブロック 2 6 4 に進む。

【0088】

10

20

30

40

50

判断菱形 302 で、新しいトーンが検出される場合には、流れはブロック 304 に進み、ここで、検出されたトーンを、以前に検出されたトーンのリストに追加する。次に、流れはブロック 306 に進み、ここで、リストを検査して、トーン割込みを定義する所定のトーン列(sequence of tones)を探すことができる。たとえば、判断論理および制御部 44 に、検出できる異なるトーン割込みを定義するトーン割込みのテーブルを含めることができ、リストの現在のトーン列およびトーン割込みのテーブルに基づいて、有効なトーン割込みを検出することができる。したがって、流れは判断菱形 308 に進み、ここで、既知の列が検出されたかどうかを判定する。そうである場合には、流れはブロック 310 に進み、ここで、トーン割込み検出フラグ f_d を設定する。そうでない場合には、流れは図 14 のブロック 264 に進む。判断論理および制御部は、次に、検出されたトーン割込み 45 を真化して、有効なトーンが検出されたことを通知し、検出されたトーン割込みに関連する所望の情報を制御バス 22 に供給することができる。既知の列を検出する工程で、トーン検出フラグを設定して、無効なトーン割込みが検出されたことを通知してもよく、その場合に、トーン割込みが報告されないことに留意されたい。たとえば、TTY トーン割込みは、特定のトーンで始まり、特定のトーンで終わる、最大 7 トーンを有しなけりばならず、より多数またはより少数のトーンが図 2 のトーン割込み検出器 14 に供給される場合に、これらのトーンは、TTY トーン割込み検出をもたらさない。

10

【0089】

図 18 は、図 17 のブロック 299 の誤り訂正工程の一実施形態を表す。復号化されたトーン特性 $\mu_d(n)$ を推定すると、流れはブロック 305 に進み、ここで、 $\mu_d(n)$ の値は現在のトーン割込みの期待される復号化された測定値と比較される。たとえば、TTY トーン割込みの場合に、トーン区分は、 $\mu_f(n)$ の 2 つの特定の値のうちの 1 つを有しなけりばならず、したがって、 $\mu_f(n)$ の異なる値が推定された場合に、これは誤りを通知する。次に、判断菱形 307 で、誤りが検出されたかどうかを検査し、誤りが検出されない場合には図 17 のブロック 300 に進む。そうでない場合には、判断菱形 307 からブロック 309 に進み、ここで、復号化されたトーン特性 $\mu_d(n)$ を図 17 のブロック 300 に供給する前に、誤り訂正演算手順を使用して、影響を受けたトーン特性 $\mu_d(n)$ を調整することによって、検出された誤りを訂正する。一実施形態で、この誤り訂正を使用して、たとえば周波数許容範囲に関する、可能な衝突する要件を克服するかもしれない。上の TTY トーン割込みの例では、誤り訂正演算手順を、次のように定義することができる。特定の復号化された周波数 $\mu_f(n)$ が推定され、その値が期待される TTY 復号化された周波数のいずれとも異なる場合に、 $\mu_d(n)$ は、 $\mu_d(n)$ の推定値に最も近い TTY 周波数に対応する期待される TTY 復号化された周波数値に置換される。誤り訂正演算手順は、トーン特性の所定の許容範囲を検証するのに使用することができ、その結果、所与の特性が仕様外である場合に、対応する復号化された測定値 $\mu_d(n)$ が無効化されるようになる。たとえば、周波数許容範囲が仕様外である場合に、 $\mu_d(n)$ を 0 に置換する（すなわち、リセットする）ことができ、これは、無効な周波数成分を示す。

20

30

【0090】

図 19 に、共通トーン検出判断論理を適用する、図 17 の流れのブロック 300 の一実施形態に対応する流れを示す。図 19 の流れは、所与の整数値への遷移が発生したかどうかと、その値が所定の時間だけ (N_d より長く) 維持されたかどうかを判定する。流れは、ブロック 312 で開始され、ここで、 $\mu_d(n)$ が推定される ($\mu_d(n)$ は、 $\mu_d(n)$ 、 $\mu_{AM}(n)$ 、 $\mu_{on-off}(n)$ 、および $\mu_p(n)$ のうちの 1 つを示す)。流れは次に判断菱形 314 に進み、ここで、 $\mu_d(n)$ が μ_{est} と等しくないかどうかを判定するが、 μ_{est} は、 $\mu_d(n)$ の前の値に対応するものとしてよい。 $\mu_d(n)$ が μ_{est} と等しくない場合には、流れはブロック 316 に進み、ここで、(前に 0 に初期化された) n_0 を 1 つ増加させる。流れは次に判断菱形 318 に進み、ここで、 n_0 が N_0 より大きいかどうかを判定する。そうでない場合には、流れは図 17 の判断菱形 302 に進む。そうである場合には、流れはブロック 320 に進み、ここで、 n_1 に n_0 を設定し、 n_0 に 0 を設定し、 μ_{est} に $\mu_d(n)$ を設定し、 F_d に 0 を設定する。流れは、次に図 17 の判断菱形 302 に進む。

40

50

【0091】

判断菱形314で、 $\mu_d(n)$ が μ_{est} と等しい場合には、流れはブロック322に進み、ここで、 n_1 を1つ増加させる。流れは次に判断菱形324に進み、ここで、 n_1 が N_1 より大きいかどうかを判定する。そうでない場合には、流れは判断菱形330に進む。そうである場合には、流れは判断菱形326に進み、ここで、 $F_d=0$ であるかどうかを判定する。そうである場合には、流れはブロック328に進み、ここで、 F_d に1を設定し、 μ_d の変化(μ_d)に $(\mu_{est} - \mu_{old}) \text{ MOD } \mu_{max}$ を設定し、 μ_{old} に μ_{est} を設定する(一実施形態では、DPSK変調された区分を有するトーン割込みを検出するために、 $\mu_d = \mu_p$ を使用する)。流れは次に判断菱形330に進み、ここで、 n_1 が N_d より大きいかが判定される。そうでない場合には、流れは図17のブロック302に進む。そうである場合には、流れはブロック332に進み、ここで、新しいトーンの検出を報告する。流れはブロック334に進み、 n_0 、 n_1 、および F_d のすべてを0にリセットする。その後、流れは図17のブロック302に進む。上の説明では、 n_0 および n_1 が、それぞれ、復号化されたトーン特性の遷移またはエッジ($\mu_d(n)$ が μ_{est} と等しくない)と、定数値の可能な平坦部($\mu_d(n)$ が μ_{est} と等しい)とを示すのに使用されるカウンタである。図示の実施形態では、 N_0 が、新しいトーン区分への遷移を定義するのに必要なサンプルの最小個数であり、 N_1 が、ありそうなトーン区分を通知するのに必要なサンプルの最小個数であり、 $N_d > N_1$ が、新しいトーンの検出を検証するのに必要なサンプルの最小個数である。また、図示の実施形態では、 F_d は、 μ_d および μ_{old} が推定される時を制御するのに使用される検出フラグである。現在の実施形態では、 N_0 、 N_1 、 N_d 、および μ_{max} が、 $\mu_d(n)$ に依存し、異なるトーンが、ある所定の仕様に従ってそれに対応する値(N_0 、 N_1 、 N_d 、および μ_{max})を有することが可能になっている。

【0092】

トーン割込み検出器14は、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、またはこれらの任意の組合せで実施することができる。たとえば、図1~19のブロック図ならびに流れ図を、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、またはこれらの任意の組合せで実施することができる。

【0093】

前述の明細書で、本発明を、特定の実施形態を参照して説明した。しかし、当業者は、添付の特許請求の範囲に示された本発明の範囲から逸脱せずにさまざまな修正および変更を行えることを諒解する。たとえば、本明細書で教示した方法のどれであっても、コンピュータハード・ディスク、フロッピー・ディスク、3.5"ディスク、コンピュータ記憶装置テープ、磁気ドラム、スタティック・ランダム・アクセス・メモリ(SRAM)セル、ダイナミック・ランダム・アクセス・メモリ(DRAM)セル、電気的消去可能(EEPROM、EPROM、フラッシュ)セル、不揮発性セル、強誘電性メモリまたは強磁性メモリ、コンパクト・ディスク(CD)、レーザ・ディスク、光ディスク、およびすべての類似するコンピュータ可読媒体のうちの1つまたは複数の上のソフトウェアとして実施することが可能である。また、ブロック図は、図示されたものと異なるブロックを有してもよく、より多数またはより少数のブロックを有するか、異なって配置されてもよい。また、流れ図も、異なって配置されてもよく、異なって配置されるより多数またはより少数のステップが含まれてもよく、複数のステップに分離できるステップまたは互いに同時に実行できるステップを有してもよい。したがって、本明細書および図面は、制限的な意味ではなく例示的な意味で考慮されなければならない、そのような変更のすべてが、本発明の範囲に含まれることが意図されている。

【0094】

利益、他の長所、および問題に対する解決策を、特定の実施形態に関して上で説明した。しかし、利益、長所、問題に対する解決策、ならびにいずれかの利益、長所、および解決策を発生させるかより明白にするかもしれない任意の要素を、請求項のいずれかまたはすべての決定的に重要な、必要な、または本質的な特徴または要素と解釈してはならない。本明細書で使用される用語「含む」またはその活用形は、要素のリストを含む工程、方

法、物品、または装置が、これらの要素だけを含むのではなく、明示的にリスト化されず、またはそのような工程、方法、物品、または装置に固有でない他の要素を含んでもよいように、非排他的な包含を含むことが意図されている。

【 0 0 9 5 】

尚、外国語細書中に J I S コードで表記できない箇所があったため、この翻訳文では代替表記を使用した、具体的には、は、 $[\pi/(2\Omega)]$ 、 $\sqrt[n]{n}$ 、 $\hat{\rho}(X)$ 、 $\rho(X)$ 、 $\sum_{i=1}^N$ 、 $\Omega(c, j)$ (X は π 、 N 、 A_1 、 A_N 等) は、

【 0 0 9 6 】

【 数 9 】

$$[\pi/(2\Omega)] = \lceil \pi/(2\Omega) \rceil$$

10

$$\sqrt[n]{n}$$

$$\hat{\rho}(X) = \hat{\rho}(X)$$

$$\rho(X) = \rho_X$$

$$\sum_{i=1}^N$$

$$\Omega(c, j) = \Omega_{c, j}$$

20

のように表現した。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 7 】

【 図 1 】 本発明の一実施形態による通信システムをブロック図形式で示す図。

【 図 2 】 本発明の一実施形態による、図 1 の通信システムのトーン割込み検出器をブロック図形式で示す図。

【 図 3 】 本発明の一実施形態による、図 2 のトーン割込み検出器の前処理部をブロック図形式で示す図。

30

【 図 4 】 本発明の一実施形態による、図 2 のトーン割込み検出器のトーン通知器をブロック図形式で示す図。

【 図 5 】 本発明の一実施形態による、図 2 のトーン割込み検出器の依存性検出器のバンクをブロック図形式で示す図。

【 図 6 】 本発明の一実施形態による、図 5 の依存性検出器のバンクの単一成分周波数検出器をブロック図形式で示す図。

【 図 7 】 本発明の一実施形態による、図 5 の依存性検出器のバンクの単一成分位相検出器をブロック図形式で示す図。

【 図 8 】 本発明の一実施形態による、図 5 の依存性検出器のバンクの複数成分トーン検出器をブロック図形式で示す図。

40

【 図 9 】 本発明の一実施形態による、復号化されたトーン特性の一実施形態をブロック図形式で示す図。

【 図 10 】 本発明の一実施形態による、復号化されたトーン特性の一実施形態をブロック図形式で示す図。

【 図 11 】 本発明の一実施形態による、復号化されたトーン特性の一実施形態をブロック図形式で示す図。

【 図 12 】 本発明の一実施形態による、復号化されたトーン特性の一実施形態をブロック図形式で示す図。

【 図 13 】 本発明の一実施形態による、図 2 のトーン割込み検出器の動作に対応する複数ステージ検出フローに対応する状態機械を示す図。

50

【図 1 4】本発明の一実施形態による、トーン・割込み検出の方法を流れ図形式で示す図。

【図 1 5】本発明の一実施形態による、受け取られた信号の前処理の方法を流れ図形式で示す図。

【図 1 6】本発明の一実施形態による、トーン通知の方法を流れ図形式で示す図。

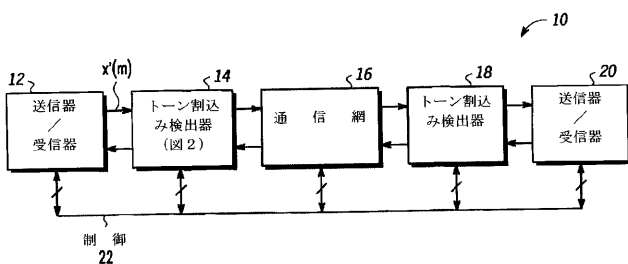
【図 1 7】本発明の一実施形態による、依存性検出器のバンクを適用する方法を流れ図形式で示す図。

【図 1 8】本発明の一実施形態による、誤り訂正の方法を流れ図形式で示す図。

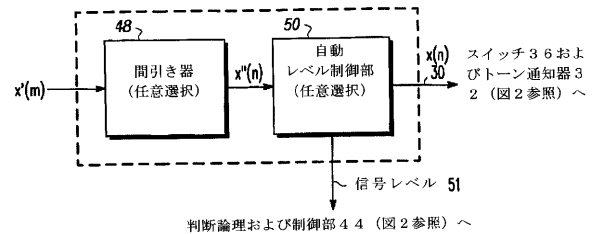
【図 1 9】本発明の一実施形態による、トーン検出判断論理を適用する方法を流れ図形式で示す図。

10

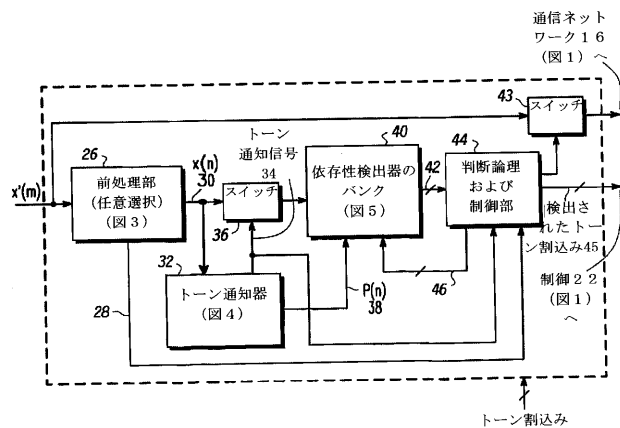
【図 1】



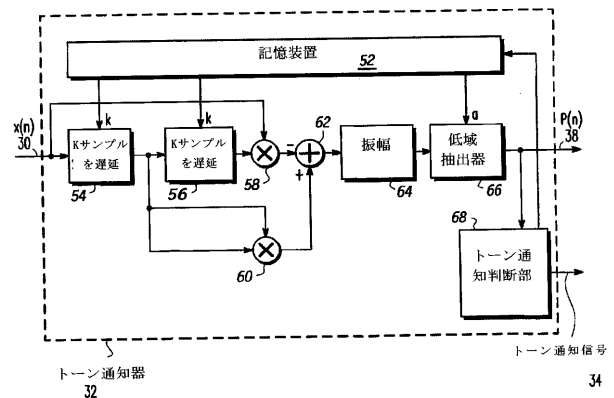
【図 3】



【図 2】

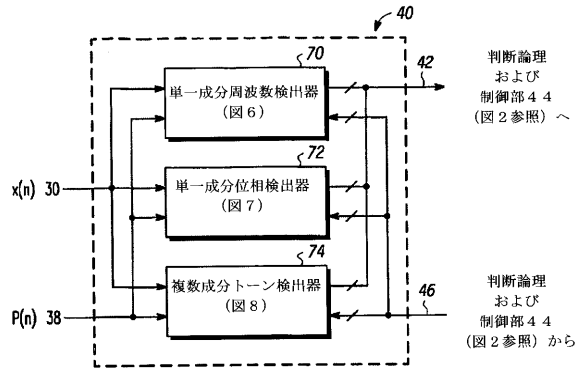


【図 4】

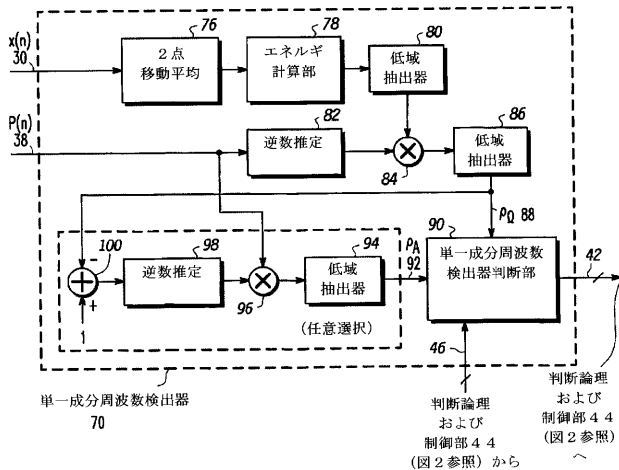


34

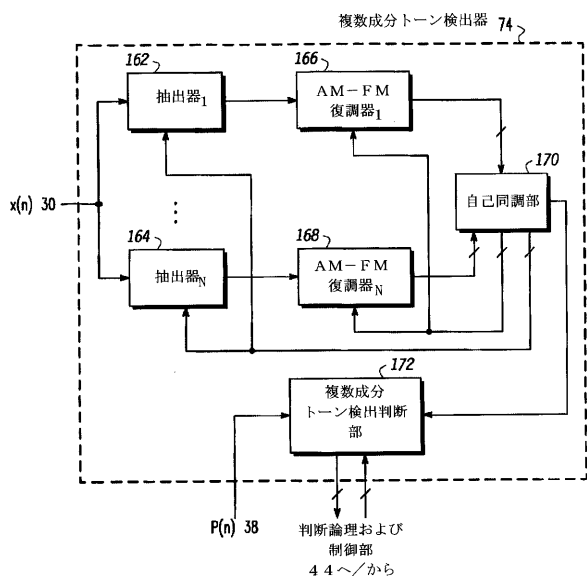
【図 5】



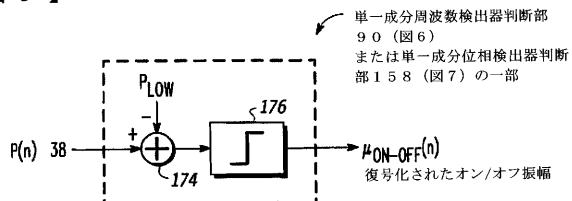
【図 6】



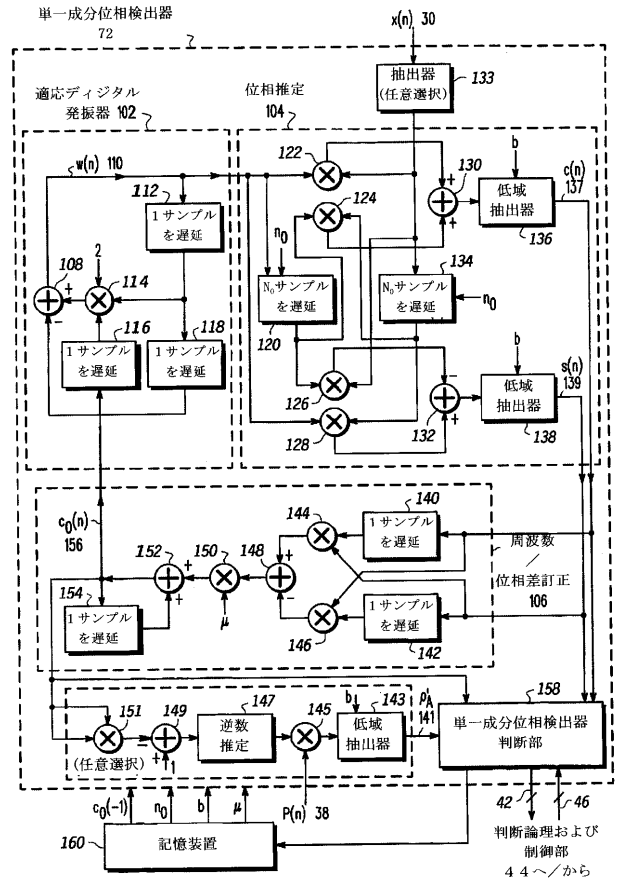
【図 8】



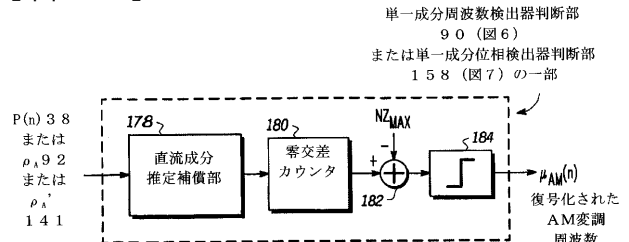
【図 9】



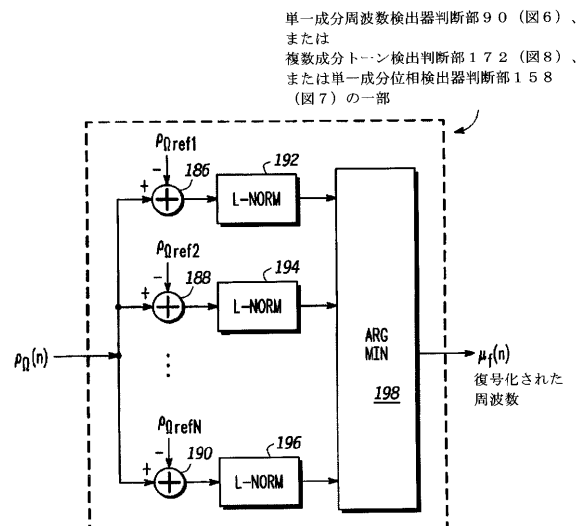
【図 7】



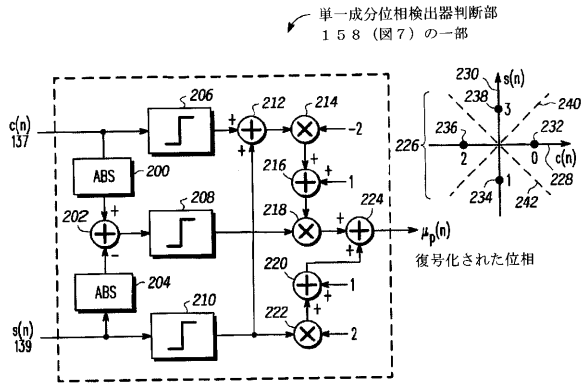
【図 10】



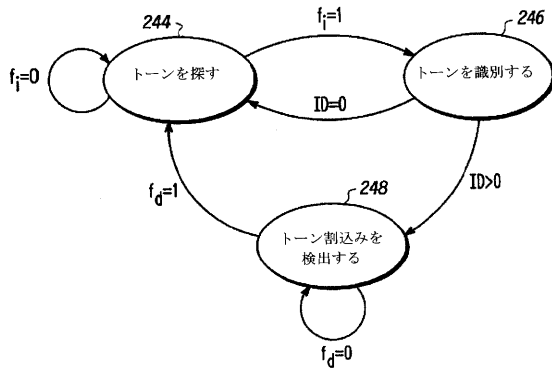
【図 11】



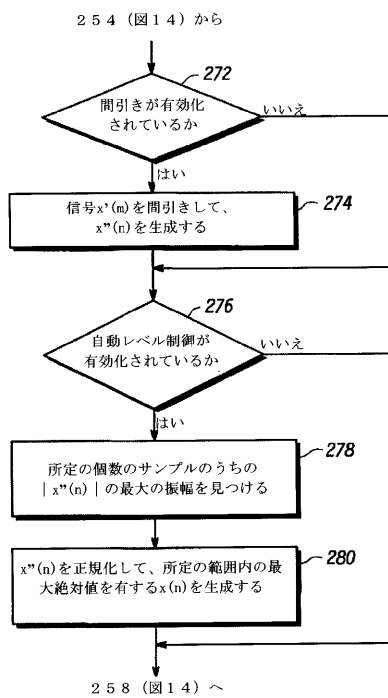
【図 12】



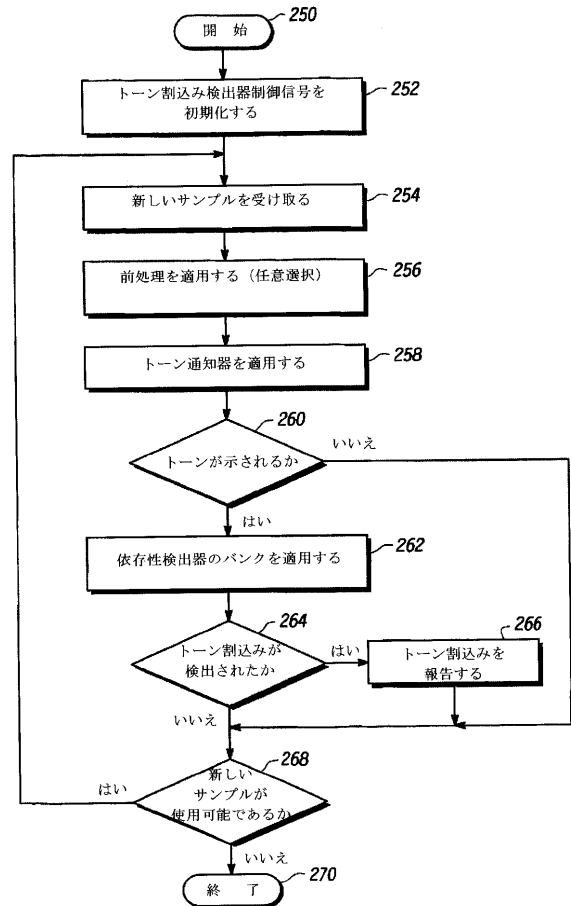
【図 13】



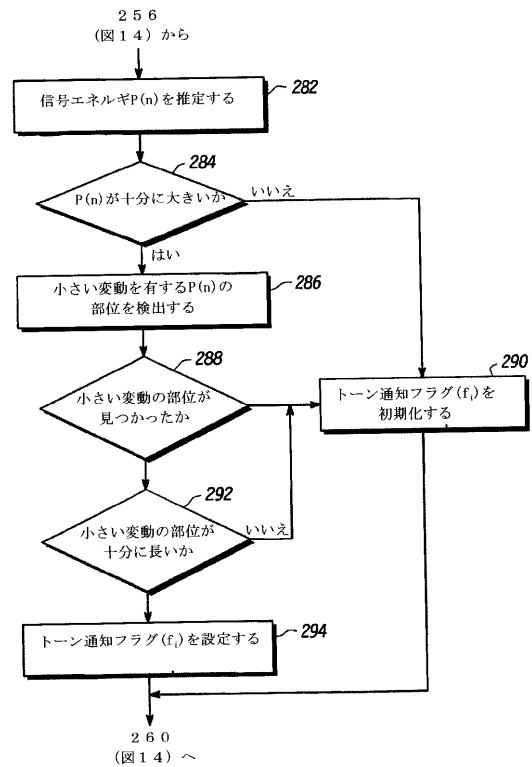
【図 15】



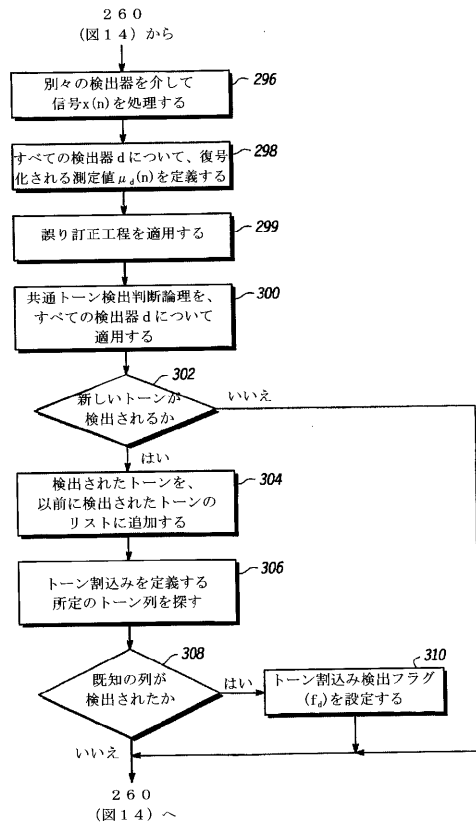
【図 14】



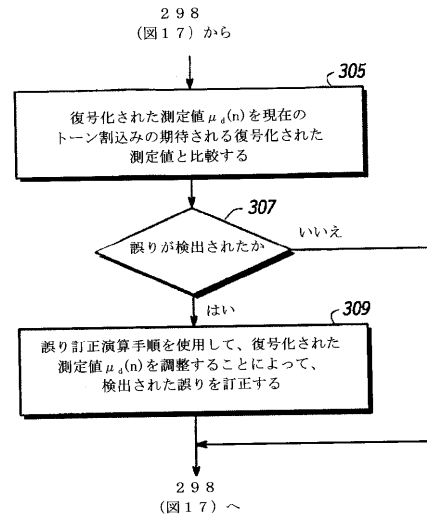
【図 16】



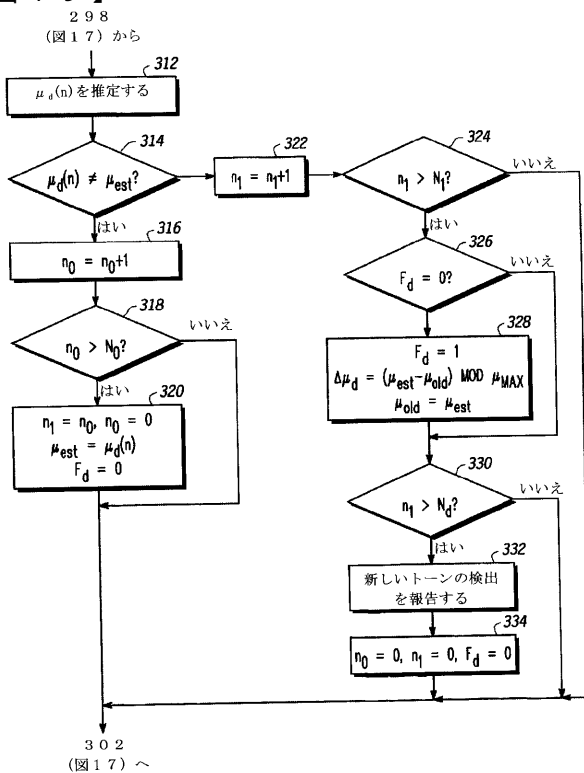
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

１．フロッピー

(72)発明者 アジズ、アーサン ユー．

アメリカ合衆国 7 8 7 2 7 テキサス州 オースティン センチュリー パーク ブルバード
3 2 0 1 アpartment 9 2 7

(72)発明者 スー、ウェン ウー

アメリカ合衆国 7 8 7 5 0 テキサス州 オースティン アシュトン コーブ 1 0 7 0 2

F ターム(参考) 5K064 AA02 AA07 AA14 AA23 CA06 CA08 DB05

5K201 AA01 BD06 CD04 DB07 ED03 EE13