

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4791707号
(P4791707)

(45) 発行日 平成23年10月12日(2011.10.12)

(24) 登録日 平成23年7月29日(2011.7.29)

(51) Int.Cl.

F 1

H04B 1/04 (2006.01)
H03F 1/32 (2006.01)H04B 1/04
H03F 1/32

R

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2004-173271 (P2004-173271)
 (22) 出願日 平成16年6月11日 (2004.6.11)
 (65) 公開番号 特開2005-6326 (P2005-6326A)
 (43) 公開日 平成17年1月6日 (2005.1.6)
 審査請求日 平成19年6月8日 (2007.6.8)
 (31) 優先権主張番号 10/460380
 (32) 優先日 平成15年6月13日 (2003.6.13)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 596092698
 アルカテルルーセント ユーエスエー
 インコーポレーテッド
 アメリカ合衆国 07974 ニュージャ
 ーシー, マレイ ヒル, マウンテン アヴ
 エニュー 600-700
 (74) 代理人 100094112
 弁理士 岡部 謙
 (74) 代理人 100064447
 弁理士 岡部 正夫
 (74) 代理人 100085176
 弁理士 加藤 伸晃
 (74) 代理人 100106703
 弁理士 産形 和央

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】係数推定の方法および装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

パルス発生ユニット(102)を使用して複数の訓練信号バーストを生成するステップと、

増幅器(116)を含む電子回路(100)に該複数の訓練信号バーストを印加するス
テップとを含み、該複数の訓練信号バーストのうちの少なくとも1つは、該増幅器(11
6)と関連するプレディストーション回路(110)がトラフィック信号を実際に処理し
ている間に印加され、該複数の訓練信号バーストの各々は、該プレディストーション回路
(110)を調整するのに使用され、該複数の訓練信号バーストのうちの該少なくとも1
つは、該トラフィック信号と反比例するパワー・レベルを有している方法。

10

【請求項 2】

該複数の訓練信号バーストのうちの他の少なくとも1つの訓練信号バーストは、該電子
回路(100)がトラフィック信号を処理するために使用される前に、該電子回路(10
0)に印加されることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 3】

該複数の訓練信号バーストのうちの該少なくとも1つが該トラフィック信号と合成され
ることを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 4】

該複数の訓練信号バーストのうちの該少なくとも1つが、該増幅器のほぼ全ダイナミック・レンジを励起することを特徴とする請求項1に記載の方法。

20

【請求項 5】

該複数の訓練信号バーストの各々が該増幅器のほぼ全ダイナミック・レンジを励起することを特徴とする請求項1に記載の方法。

【請求項 6】

複数の訓練信号バーストを生成するパルス発生器(102)と、
増幅器(116)を含む電子回路(100)に該複数の訓練信号バーストを印加、する
ユニットを含み、該複数の訓練信号バーストのうちの少なくとも1つは、該増幅器(11
6)と関連するプレディストーション回路(110)がトライフィック信号を実際に処理し
ている間に印加され、該複数の訓練信号バーストの各々は、該プレディストーション回路
(110)を調整するのに使用され、該複数の訓練信号バーストのうちの該少なくとも1
つは、該トライフィック信号と反比例するパワー・レベルを有している装置。

【請求項 7】

該ユニットが、該電子回路(100)に該複数の訓練信号バーストを印加して、該プレ
ディストーション回路(110)を訓練することを特徴とする請求項6に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、一般に係数推定方法に関し、詳細にはデジタル的にプレディストーション(predistortion: 前置歪み)が行われる送信器および/または増幅器に関して使用される係数推定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在のW-CDMA(広帯域符号分割多重アクセス方式)3G(第3世代)システムは、モバイルの音声、映像、および高速データ通信のインフラを形成する可能性が高い。ブロードバンド・インターネット・サービスの数は、固定式ネットワークにおいて急速に増加しており、自宅にブロードバンド環境を備えることに慣れた人々は、次に同様のブロードバンド・モバイル環境を期待し始めている。その結果、この3Gシステムは、より多くの加入者を収容し、ブロードバンド・モバイル・データ通信を提供するように発展しつつある。

【0003】

第3世代システム用のネットワークおよびトランシーバ基地局(BTS)が配備されてきたが、これらの基地局は、完全な3Gモバイル・サービスを提供するために必要な機能を備えていない。次の段階の設備では、W-CDMAおよびCDMA2000システム用のHSDPA(High Speed Downlink Packet Access: 高速ダウンリンクパケットアクセス)など、より大容量でより高速のデータ・サービスをサポートしなければならない。しかし、大容量基地局の全消費電力は、現在の小容量基地局の消費電力と比べてより大きくなる傾向にある。というのは、大容量基地局が、より多くの無線周波数(Radio Frequency: RF)キャリアを使用し、より多くのベースバンド信号処理ユニットを備えるからである。この消費電力の増加のために、現在の基地局インフラを使用して大容量基地局を構築することが困難になっている。特に、大容量基地局で使用される電力増幅器が発生する熱は、現在の基地局インフラの熱除去能力をはるかに上回っている。大容量基地局で使用される電力増幅器の線形性が高まれば、現在の基地局インフラで、それらの電力増幅器を使用できる可能性がある。

【0004】

増幅器は、その出力信号が入力信号を正確に増幅したものになるように、そのダイナミック・レンジ全域で一定の利得を提供することが理想的である。しかし、実際には、増幅器は非線形な振幅および位相の歪みなど、理想的でない特性を示す。これらの特性は望ましくないものであり、その増幅器を使用するシステムの性能を低下させるおそれがある。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

この 1 つの効果が、入力周波数成分の整数倍の和および差に等しい出力周波数が発生することである。この効果は、相互変調歪み (I nter M odulation D istortion : I M D) と呼ばれており、マルチキャリア・システムまたはマルチチャンネル・システムで使用するように設計された大電力無線周波数 (R F) 増幅器においては、特に望ましくないものである。例えば、ワイヤレス・システムで使用されるプロードバンド増幅器では、ある帯域にわたって固定した周波数間隔で存在する多数のチャンネルを増幅する結果として、各種の望ましくない相互変調積を発生するおそれがある。

【 0 0 0 6 】

増幅器の非線形性を補償するために、増幅器を線形領域で動作させることができる。すなわち、増幅器の電力レベルを下げるほど、増幅器が示す非線形性は弱くなる。この技法は、増幅器の許容動作範囲を制限する可能性がある。というのは、望ましくない非線形性を避けるために、増幅器を最大出力電力以下で使用しなければならないからである。

10

【 0 0 0 7 】

他の可能な線形化の方法は、増幅器のフィールド実装に先立って増幅器に適用されるテスト・ステージを使用することを含んでいる。事前テスト・ステージを通じて、テスト信号をゆっくり増幅し、対応する出力信号をある時間にわたってサンプリングし、入力信号とサンプリングされた出力信号とを比較することが可能であり、その結果、サンプリングが実施された時点でのその増幅器に固有の歪みパラメータを決定することができる。これらの歪みパラメータはまた歪み係数とも呼ばれているが、これらを使用して、増幅器からの出力が可能な限り線形になるように、増幅器の入力信号を修正することができる。増幅器の非線形性を補償するこの技法は、完了までにかなりの時間を必要とする。さらに、決定された歪みパラメータは、多様な増幅器入力信号に対して最適でない可能性がある。

20

【 課題を解決するための手段】**【 0 0 0 8 】**

本発明の例示的な実施形態においては、少なくとも 1 つの信号バースト (signal burst) を、増幅器を含む送信器に印加して、その増幅器と関連するプレディストーション (predistortion : 前置歪み) 回路を訓練または調節 (train or adjust) する。訓練の結果生成されたプレディストーション係数を送信器が使用して、それが処理する通話トラフィックにプレディストーションを行うことができる。

30

【 0 0 0 9 】

本発明の一つの例示的な実施形態においては、あるユニットが、増幅器を含む送信器に少なくとも 1 つの訓練信号バースト (training signal burst) を印加して、その増幅器に関連するプレディストーション回路を訓練または調節する。第 1 の実施形態と同様に、訓練の結果生成されたプレディストーション係数を送信器が使用して、ワイヤレス通信システムの通話トラフィックにプレディストーションを行うことができる。

【 0 0 1 0 】

本発明の他の例示的な実施形態においては、第 1 の訓練信号バーストを印加し、その第 1 の訓練信号バーストに基づく第 1 の係数の集合を計算し、第 2 の訓練信号バーストを印加し、第 2 の訓練信号バーストに、第 1 の係数の集合を使用してプレディストーションを行い、同時に、そのプレディストーションが行われた第 2 の訓練信号バーストに基づく第 2 の係数の集合を計算する。

40

【 0 0 1 1 】

本発明の例示的な実施形態は、以下に示される詳細な説明および添付の図面からより完全に理解されるようになるであろう。図面中、同じ要素は同じ参照番号で示されている。図面は、説明のために示されたものにすぎず、したがって本発明の例示的な実施形態を制限するものではない。

【 0 0 1 2 】

本項に記載する本発明の例示的な実施形態は、単に本発明を説明するためのものに過ぎない。したがって、例示的な実施形態が本発明を制限するものと考えるべきではない。

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0013】

第1に、本発明の例示的な実施形態による送信器について説明する。第2に、本発明の例示的な実施形態によるパルス発生ユニットについて説明する。第3に、本発明の例示的な実施形態による係数推定方法についてについて説明する。最後に、本発明の代替の例示的な実施形態について説明する。

【0014】

送信器の実施形態

図1は、パルス発生ユニット102(後述)が接続された、本発明の例示的な実施形態による係数推定方法を実施する送信器100を示す。送信器100は、信号を送信する多様な装置中で実装することができる。例えば、送信器100は、トランシーバ基地局(BTS)、トランシーバなどの中でも使用できる。

10

【0015】

送信器100は、プレディストーション・ユニット110、デジタル/アナログ変換器112、第1のミクサ/フィルタ・ユニット114、増幅器116、第2のミクサ/フィルタ・ユニット118、アナログ/デジタル変換器120、増幅器特性推定ユニット122、プレディストーション関数計算ユニット(a calculate predistortion function unit)124、および参照テーブル・ユニット126を含む。ソース信号 $u(n)$ は、送信器100に入力され、プレディストーション・ユニット110によって処理される。ソース信号 $u(n)$ は、プレディストーション・ユニット110によって、プレディストーションが行われることもあるが、行われないこともある。すなわち、プレディストーション・ユニット110は、ソース信号 $u(n)$ を増幅器116までそのまま通過させて増幅することができ、それを送信器100が出力する。しかし、プレディストーション・ユニット110は、プレディストーション・ユニット110内でソース信号 $u(n)$ にプレディストーションを行うこともできる。

20

【0016】

通常、プレディストーション関数がすでに推定されている場合には、プレディストーション・ユニット110は、ソース信号 $u(n)$ にプレディストーションを行う。プレディストーション・ユニット110は信号 $x(n)$ を出力し、その信号をデジタル/アナログ変換器112がアナログ信号に変換する。次いで、変換された信号を、第1のミクサ/フィルタ・ユニット114が無線周波数(RF)に上方変換(up-convert)する。このRF信号を、増幅器116が受け取り、増幅し、出力信号 $z(n)$ として出力し、これをアンテナ128が送信する。

30

【0017】

増幅器116からの出力信号 $z(n)$ をサンプリングし、増幅器特性推定ユニット122にフィードバックすることもできる。この場合は、第2のミクサ/フィルタ・ユニット118が増幅器116の信号出力を処理する。第2のミクサ/フィルタ・ユニット118は、出力信号 $z(n)$ を中間周波数(IF)帯域の信号に下方変換(down-convert)する。このIF信号は、アナログ/デジタル変換器120によって信号 $y(n)$ に変換され、それを増幅器特性推定ユニット122によって処理することができる。

40

【0018】

増幅器特性推定ユニット122は、既知のプロセスを使用し、プレディストーション・ユニット110からの出力である信号 $x(n)$ とアナログ/デジタル変換器120から受け取ったアナログ信号 $y(n)$ とを比較する。増幅器特性推定ユニット122の出力は、増幅器116のベースバンド挙動(baseband behavior)をモデル化する複素多項式である。

【0019】

ユニット122によって出力されたこの複素多項式を、プレディストーション関数計算ユニット124が既知の方法で使用して、信号 $u(n)$ と $z(n)$ の間の関係を可能な限り線形にする係数ベクトルを与える近似関数を提供する。理想的には、この近似関数は、

50

増幅器特性推定ユニット 122 からの出力である複素多項式の逆関数になるはずである。

【0020】

係数ベクトルの複数の係数は、参照テーブル・ユニット 126 中に参照テーブルの形で格納することができる。参照テーブル・ユニット 126 を使用することで、係数を実行中に計算しなければならない場合に必要になるはずの計算負荷が不要になる。参照テーブル・ユニット 126 がない場合には、プレディストーション計算ユニット 124 は、直接プレディストーション・ユニット 110 と接続することができ、その結果、計算した係数を、プレディストーション関数計算ユニット 124 からプレディストーション・ユニット 110 に直接送ることができる。とはいっても、プレディストーション・ユニット 110 は、入力信号 $u(n)$ に対するほぼ線形な関係を有する出力信号 $z(n)$ を提供するために、係数を使用して入力信号 $u(n)$ にプレディストーションを行う。

【0021】

パルス発生ユニット

前述のように、図 1 には、送信器 100 に接続されたパルス発生器 102 が示されている。パルス発生器 102 は、ホワイト・ガウス・ノイズ、ユニフォーム・ホワイト・ノイズ、ポアソン・ノイズなどのパルスを発生することが可能であり、それらを送信器 100 が受け取り、処理することができる。これらのパルスは、通常、特定のパワー・レベルを有する。具体的には、これらのパルスは、通常、増幅器 116 の全ダイナミック・レンジを励起またはほぼ励起することができるパワー・レベルを有している。

【0022】

本発明の一実施形態では、送信器 100 が、実際のトラフィック信号を処理する前にパルス発生器 102 を使用してその送信器を訓練する。特に、プレディストーション・ユニット 110 が使用し、参照テーブル 126 中に格納される複数の係数は、送信器 100 がサービスを開始する前に生成しておかなければならない。パルス発生器 102 が発生するパルスは、この目的のために、増幅器特性推定ユニット 122 およびプレディストーション関数計算ユニット 124 が使用する。

【0023】

例えば、パルス発生器 102 が発生する少なくとも 1 つまたは複数のパルスは、増幅器 116 をそのダイナミック・レンジの上限まで励起することだけを目的として、送信器 100 に印加することができる。このことが望ましいのは、トラッフィック信号が処理されている通常の動作中には、増幅器 116 は、その全ダイナミック・レンジの上限にまで達しないかもしれないからである。これらのパルスをまた、増幅器特性推定ユニット 122 およびプレディストーション関数計算ユニット 124 が既知の方法で処理して、1 組のプレディストーション係数を生成する。これらの係数は、参照テーブル・ユニット 126 に格納することができ、それをプレディストーション・ユニット 110 が使用して、送信器 100 が処理する通常のトラフィック信号にプレディストーションを行うことができる。

【0024】

本発明の代替の実施形態においては、パルス発生ユニット 102 は、少なくとも 1 つのパルスを発生する。このパルスは、トラフィック信号に加算されて増幅器 116 の全ダイナミック・レンジを励起またはほぼ励起する。例えば、パルス発生ユニット 102 は、送信器 100 が実際のトラフィック信号を処理する前に、2 つのパルスを発生させることができ、それを使用して送信器 100 が訓練される。続いて、パルス発生ユニット 102 は、追加のパルスを発生させることができ、そのパルスは、送信器 100 がトラッフィック信号を処理するときに、その信号に加算される。したがって、係数は、最初にトラフィック信号がない状態で生成され、次いでトラフィック信号が処理されている間に生成される。トラフィック信号にパルスを加算する際に、パルス発生ユニット 102 が現在のトラフィック信号のパワー・レベルを考慮しなければならないことに留意されたい。すなわち、加算されるパルスは、それが印加されるトラフィック信号の現在のパワー・レベルに反比例するものでなければならない。

10

20

30

40

50

【0025】

図2は、本発明の例示的な実施形態による、送信器100を訓練するために使用される複数のパルス302を示すグラフ200である。図3は、1つのパルス302がトラフィック信号304に加算されている、本発明の代替の例示的な実施形態による複数のパルス302を示すグラフ300である。図2および3の縦軸は、増幅器116のダイナミック・レンジを表し、横軸は、時間を表す。

【0026】

図2に示されるように、トラフィック信号304が存在する前に、パルス発生器102から送信器100に複数のパルス302が印加される。それに代わる方法として、図3には、トラフィック信号304が存在する前に送信器100に印加される2つのパルス302、およびトラフィック信号304がすでに存在しているときに送信器100に印加される1つのパルス302が示されている。特に、パルス302は、増幅器116の最大ダイナミック・レンジを超えないようにトラフィック信号304のパワー・レベルを考慮しながら、トラフィック信号304に加算して印加される。

【0027】

推定方法の実施形態

本発明の例示的な実施形態による係数推定方法を、図2に即して詳細に論じる。例示的な実施形態による係数推定方法は、送信器が動作サービス状態に置かれる前に、プレディストーション・システムを使用して送信器を訓練する方法に関する。しかし、説明するこの係数推定方法が、トラフィック信号を実際に処理中の送信器にも適用できることを理解されたい。

【0028】

例示的な実施形態を、図1に示す送信器に即して論じるが、これは例示のために行うものに過ぎない。特に、本発明の例示的な実施形態による係数推定方法は、図1に示す送信器に類似した他の装置においても実装することができる。

【0029】

図2に示すように、第1の振幅を有する第1のパルスが送信器100に印加される(S200)。第1のパルス(信号)は、プレディストーションを受けずにプレディストーション・ユニット110を通過する。これは、参照テーブル・ユニット126中に、現在、プレディストーション係数が格納されていないからである。

【0030】

第1のパルスが、上記の処理を受けた後、それを増幅器特性推定ユニット122が信号y(n)として受け取る。増幅器特性推定ユニット122は、複素多項式を計算し、その式をプレディストーション関数計算ユニット124に送る(S202)。プレディストーション関数計算ユニット124は、その複素多項式に基づき、複数の係数からなる係数ベクトルを提供する。この係数ベクトルは、参照テーブル126中に格納することができる(S204)。これらの係数を、プレディストーション・ユニット110が直接使用して、送信器100に入力される信号にプレディストーションを行うこともできる。

【0031】

次いで、第2の振幅を有する第2のパルスが、送信器100に印加される(S206)。第2のパルス(信号)は、プレディストーション・ユニット110を通過し、そのとき参照テーブル126中に格納された係数によってプレディストーションが行われる。(S208)。使用される係数は、第1のパルスの結果として計算されたものである。

【0032】

第2のパルスが、上記の処理を受けた後、それを増幅器特性推定ユニット122が信号y(n)として受け取る。増幅器特性推定ユニット122は、複素多項式を計算し、その式をプレディストーション関数計算ユニット124に送る(S210)。プレディストーション関数計算ユニット124は、その複素多項式に基づいて複数の係数からなる係数ベクトルを提供する。この係数ベクトルは、参照テーブル126に格納することができる(S212)。これらの係数を、プレディストーション・ユニット110が直接使用して、

10

20

30

40

50

送信器 100 に入力される信号にプレディストーションを行うこともできる。

【0033】

続いて、第3の振幅を有する第3のパルスが送信器 100 に印加される (S214)。第3のパルス (信号) は、プレディストーション・ユニット 110 を通過し、そのとき参照テーブル 126 中に格納された係数でプレディストーションが行われる (S216)。使用される係数は、第2のパルスの結果として計算されたものである。

【0034】

第3のパルスが上記の処理を受けた後、それを増幅器特性推定ユニット 122 が信号 y (n) として受け取る。増幅器特性推定ユニット 122 は、複素多項式を計算し、その式をプレディストーション関数計算ユニット 124 に送る (S218)。プレディストーション関数計算ユニット 124 は、この複素多項式に基づいて、複数の係数からなる係数ベクトルを提供する。この係数ベクトルは、参照テーブル 126 に格納することができる (S220)。これらの係数をプレディストーション・ユニット 110 が直接使用して、送信器 100 に入力される信号にプレディストーションを行うこともできる。

10

【0035】

最後に、送信器 100 が3つのパルスを処理した後、送信器は通話処理を可能にすることができる (S222)。すなわち、通話トラフィックが処理でき、同時に参照テーブル 126 中に格納された係数を使用して、実際にプレディストーションを行うことができるようになる。

【0036】

20

本発明の例示的な実施形態に従って3つのパルスを処理することで1組の係数が提供され、それを送信器 100 が使用して、入ってくる通話トラフィックにプレディストーションを行うことができるが、この1組の係数は、送信器 100 の動作特性に生じ得る変化に応じて修正しつゝまたは置き換えることができる。特に、増幅器 116 の動作特性は経時に変化する可能性がある。例えば、増幅器 116 は、ある期間にわたり、様々な温度およびパワー・レベルで動作する場合がある。このような場合、参照テーブル 126 中に格納された係数は、増幅器特性推定ユニット 122 およびプレディストーション関数計算ユニット 124 によって修正することができ、その結果、増幅器 116 に関する特性の変化が考慮されることになる。

【0037】

30

代替実施形態

本発明の例示的な実施形態は、3つのパルスだけを使用して送信器のプレディストーション機構を訓練することに限定されるものではない。具体的には、より多くのパルスを使用して、より優れた線形性が提供できるプレディストーション係数を提供することができる。同様に、送信器の線形性があまり重要でない場合は、3つより少ない数のパルスを使用することもできる。

【0038】

本発明の例示的な実施形態は、それぞれ第1、第2、および第3の振幅を有する3つのパルスを使用するものとして説明されている。これらの振幅レベルは、互いに等しくてもよく、また異なっていてもよい。例えば、第1の振幅レベルは第2の振幅レベルより小さくてもよく、第2の振幅レベルは第3の振幅レベルより小さくてもよい。同様に、第3の振幅レベルは第2の振幅レベルより小さくてもよく、第2の振幅レベルは第1の振幅レベルより小さくてもよい。

40

【0039】

本発明の例示的な実施形態は上記のように説明されているが、この実施形態が多様な形に変形できることは明白であろう。このような変形形態は、本発明の例示的な実施形態の趣旨および範囲から逸脱するものとは見なされず、同業者にとって明らかであるような修正はすべて、添付の特許請求の範囲に含まれることを意図するものである。

【図面の簡単な説明】

【0040】

50

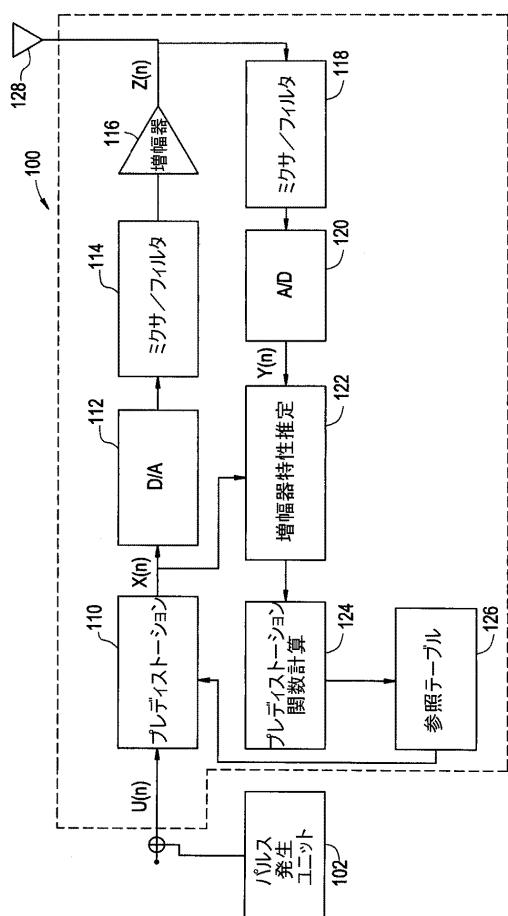
【図1】本発明の例示的な実施形態による方法を実施するための、パルス発生ユニットが接続された送信器を示す図である。

【図2】本発明の例示的な実施形態による、送信器を訓練するために使用される複数のパルスを示すグラフである。

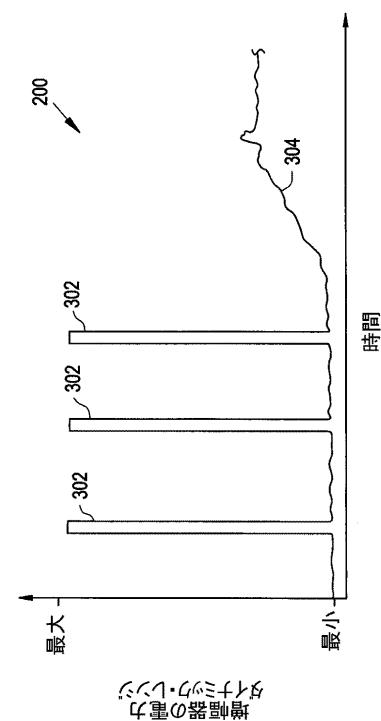
【図3】1つのパルスがトラフィック信号に加算されている、本発明の例示的な実施形態による複数のパルスを示すグラフである。

【図4】本発明の例示的な実施形態による係数推定方法を示す流れ図である。

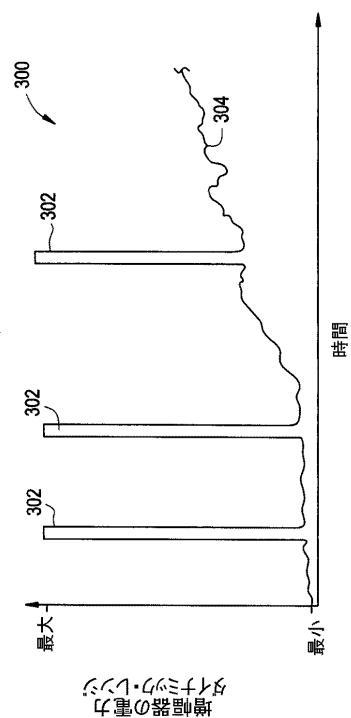
【図1】



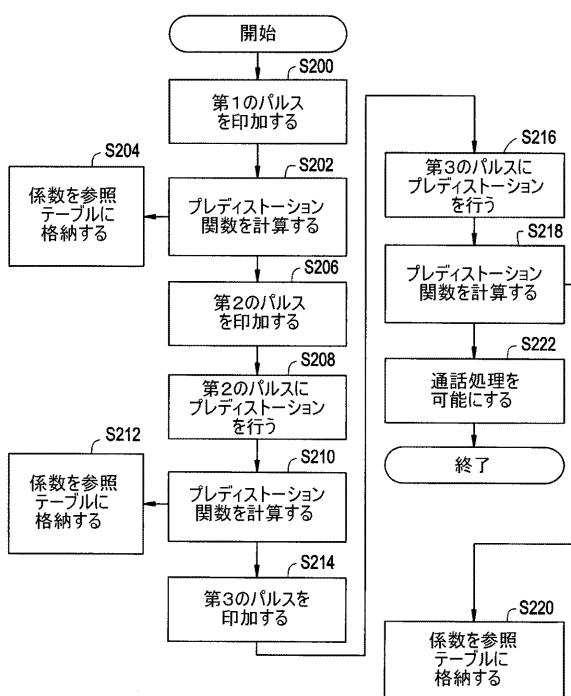
【図2】



【図3】



【図4】



フロントページの続き

(74)代理人 100096943
弁理士 白井 伸一
(74)代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
(74)代理人 100096688
弁理士 本宮 照久
(74)代理人 100104352
弁理士 朝日 伸光
(74)代理人 100128657
弁理士 三山 勝巳
(72)発明者 ウォルター ホンチャレンコ
アメリカ合衆国 08852 ニュージャージィ, モンマウス ジャンクション, ウッドゲイト
ドライブ 21
(72)発明者 キリアキ コンスタンティノウ
アメリカ合衆国 07940 ニュージャージィ, マディソン, メイン ストリート 318, ア
パートメント 12

審査官 野元 久道

(56)参考文献 特開2002-064411 (JP, A)
特開平09-064780 (JP, A)
特開平10-132883 (JP, A)
特開平08-204605 (JP, A)
特開2003-110433 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 1/04
H03F 1/32