

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4847642号
(P4847642)

(45) 発行日 平成23年12月28日(2011.12.28)

(24) 登録日 平成23年10月21日(2011.10.21)

(51) Int.Cl. F I
G05B 23/02 (2006.01) G05B 23/02 302M

請求項の数 25 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2000-538277 (P2000-538277)	(73) 特許権者	597115727
(86) (22) 出願日	平成11年3月26日 (1999. 3. 26)		ローズマウント インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2002-508540 (P2002-508540A)		アメリカ合衆国 55344 ミネソタ州
(43) 公表日	平成14年3月19日 (2002. 3. 19)		、エデン プレイリー、テクノロジー ド
(86) 国際出願番号	PCT/US1999/006123		ライブ 12001
(87) 国際公開番号	W01999/049369	(74) 代理人	100084870
(87) 国際公開日	平成11年9月30日 (1999. 9. 30)		弁理士 田中 香樹
審査請求日	平成18年3月23日 (2006. 3. 23)	(74) 代理人	100079289
審査番号	不服2010-15060 (P2010-15060/J1)		弁理士 平木 道人
審査請求日	平成22年7月6日 (2010. 7. 6)	(74) 代理人	100119688
(31) 優先権主張番号	09/048, 452		弁理士 田邊 壽二
(32) 優先日	平成10年3月26日 (1998. 3. 26)	(72) 発明者	エリューレク, エブレン
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 55410 ミネソタ州
			、ミネアポリス、ヨーク アベニュー サ
			ウス 4952
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 センサ信号内の信号成分を分離するセンサ診断用信号処理技術

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プロセス変数センサ(20)からのセンサ信号を受信するセンサ入力部(22,24)であって、センサ信号は、プロセス変数信号と前記プロセス変数センサ(20)の動作に関連する、プロセス変数信号以外の残余信号とを含む複合信号から成るセンサ入力部(22,24)と、

前記センサ入力部(22,24)に回路的に接続され、センサ信号をウェーブレット変換して出力するウェーブレット処理回路(14,32)と、

前記プロセス変数センサ(20)が置かれる環境の変化に起因する変動を含む前記プロセス変数センサ(20)の正常動作を示す名目上のセンサ信号がウェーブレット変換された信号を、周波数軸と時間軸を持つ面データとして記憶するメモリ(28)と、

前記センサ入力部(22,24)および前記ウェーブレット処理回路(14,32)を通して出力される、ウェーブレット変換されたセンサ信号を受信し、前記面データから該センサ信号のプロセス現場の環境と環境が同じである信号を検索し、これにより検索された信号と該センサ信号を比較して前記プロセス変数センサの健全性に関する信号を分離して出力するセンサ診断回路(12,34)を備えたことを特徴とする、プロセス制御システムにおける装置。

【請求項 2】

前記センサ診断回路(12,34)から出力される前記プロセス変数センサ(20)の健全性に関する信号を2線式プロセス制御ループ(6)に送出する出力回路(13,36)を備えたことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項 3】

前記センサ入力部(22,24)にセンサ信号を与えるプロセス変数センサ(20)を備えていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項4】

前記ウェーブレット処理回路(32)は、マイクロプロセッサ(26)で実現されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項5】

前記メモリ(28)に記憶される、ウェーブレット変換された信号は、季節的な変動分を含むことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項6】

前記プロセス変数センサ(20)は、プロセスの温度、圧力、流量、レベル、pH、濁度の中から選択された1つのプロセス変数を感知対象とし、センサ信号は、該感知対象としたプロセス変数を示していることを特徴とする請求項1に記載の装置。

10

【請求項7】

前記装置は、伝送器(40)であることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項8】

前記装置は、コントローラであることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項9】

前記装置へ電力を供給するための入/出力回路(13,36)を備え、該入/出力回路(13,36)はプロセス制御ループ(6)に接続され、前記装置の全電力がプロセス制御ループ(6)から得られることを特徴とする請求項1に記載の装置。

20

【請求項10】

前記ウェーブレット処理回路(14,32)は、センサ信号に対して離散型ウェーブレット変換を施すことを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項11】

前記ウェーブレット処理回路(14,32)は、センサ信号に対し、周波数領域での信号分離を複数回実行して離散型ウェーブレット変換係数を与えるものであることを特徴とする請求項10に記載の装置。

【請求項12】

前記伝送器(40)は、4～20mAの2線式電流ループ(6)に接続されていることを特徴とする請求項7に記載の装置。

30

【請求項13】

前記ウェーブレット処理回路(32)と前記センサ診断回路(34)は、プロセス制御システムに接続されたマイクロプロセッサ(26)内に構築されていることを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項14】

前記ウェーブレット処理回路(14,32)は、センサ信号の一部を含むデータウィンドウおよび該データウィンドウの端部とセンサ信号の一部の間をパディングする信号を越えて動作することを特徴とする請求項1に記載の装置。

【請求項15】

前記信号のパディングは、センサ信号の一部に関連していることを特徴とする請求項14に記載の装置。

40

【請求項16】

前記信号のパディングは、センサ信号の一部に当てはまるカーブによって形成されることを特徴とする請求項15に記載の装置。

【請求項17】

カーブの当てはめが二次方程式からなることを特徴とする請求項16に記載の装置。

【請求項18】

前記ウェーブレット処理回路(14,32)は、センサ信号を周波数領域で分解して離散型ウェーブレット変換係数を与える2チャンネル・サブバンド・コーダを備えていることを特徴とする請求項11に記載の装置。

50

【請求項 19】

前記 2 チャンネル・サブバンド・コーダは、複数の高域フィルタおよび低域フィルタを備えていることを特徴とする請求項 18 に記載の装置。

【請求項 20】

プロセス変数センサの動作を診断するための、プロセス制御システムにおける方法であって、

プロセス変数センサ(20)からセンサ信号を得る第 1 の過程であって、センサ信号は、プロセス変数信号と前記プロセス変数センサ(20)の動作に関連する、プロセス変数信号以外の残余信号とを含む複合信号から成る、第 1 の過程と、

前記第 1 の過程により得られたセンサ信号をウェーブレット変換して出力する第 2 の過程と、

前記プロセス変数センサ(20)が置かれている環境の変化に起因する変動を含む前記プロセス変数センサの正常動作を示す名目上のセンサ信号がウェーブレット変換された信号を、周波数軸と時間軸を持つ面データとして記憶する第 3 の過程と、

前記第 1 の過程および前記第 2 の過程を通して出力される、ウェーブレット変換されたセンサ信号を受信し、前記面データから該センサ信号のプロセス現場の環境と環境が同じである信号を検索し、これにより検索された信号と該センサ信号を比較して前記プロセス変数センサの健全性に関する信号を分離して出力する第 4 の過程を備えたことを特徴とする方法。

【請求項 21】

前記第 2 の過程において、ウェーブレット変換がデータウィンドウを越えて実行され、該データウィンドウの端部近傍のセンサ信号にパディングが付与されることを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

前記第 4 の過程は、前記第 2 の過程によりウェーブレット変換されたセンサ信号から前記第 3 の過程で記憶されたセンサ信号を減算する処理を含むことを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

【請求項 23】

前記第 2 の過程は、前記第 1 の過程により得られたセンサ信号を離散型ウェーブレット変換することを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

【請求項 24】

離散型ウェーブレット変換は、前記第 1 の過程により得られたセンサ信号を高域および低域濾波することを含むことを特徴とする請求項 23 に記載の方法。

【請求項 25】

前記第 3 の過程により記憶される、ウェーブレット変換された信号は、季節的な変動分を含むことを含むことを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の背景

本発明は、プロセス制御産業で用いられる型式のプロセス変数センサに関する。より詳細には、本発明は前述のようなプロセス変数センサの残寿命推定および診断に関する。

【0002】

プロセス制御伝送器は、産業工程のプロセス変数を監視するために用いられる。例えば、ある伝送器は圧力、温度、あるいは流量（例えば、プロセス変数）を監視し、それらのプロセス変数を制御室へ伝送する。制御室では、コントローラが制御信号をアクチュエータ（例えば、バルブやモータ）に返送してプロセスを制御する。伝送器は、プロセス変数を監視するために、ある型式のセンサを含まなければならない。例えば、伝送器は温度、歪み、あるいは変形に対応して変化する抵抗や静電容量を有するセンサを含み、そのセンサは、伝送器が、例えば温度、圧力、流量、レベル、ペーハー（pH）、あるいは濁度を測定するのを可能にする。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

センサは老朽化したり、苛酷な環境状態にさらされたりするので、その精度が低下する傾向がある。結局は、センサは故障するであろう。センサに関する診断は、センサ出力信号を監視することによって達成されることができる。例えば、単純な診断技術では、センサ出力を最大値あるいは最小値と比較し、これら閾値を越えた場合には警報・表示を発生する。しかしながら、従来の診断技術における一つの困難な問題は、感知されているプロセス変数の変化を、センサの故障と誤判断してはならないということである。

【 0 0 0 4 】

発明の概要

プロセス制御システム内のデバイスは、プロセス変数センサからセンサ信号を受信するセンサ入力を含む。センサ信号は、感知されたプロセス変数に関するプロセス変数信号と、センサの動作に関する残余 (residual) センサ信号とを含む複合信号から成り、ウェーブレット (wavelet) 処理回路に入力される。ウェーブレット (wavelet) 処理回路は、センサ信号をウェーブレット変換し、ウェーブレット変換したセンサ信号を診断回路に供給する。診断回路はウェーブレット変換されたセンサ信号を受信し、かつこれにตอบสนองしてセンサの状態 (health: 健全性) に関する出力を供給する。

10

【 0 0 0 5 】

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明による伝送器を含むプロセス制御システムを示す。

図 2 は、本発明による診断回路の簡略化されたブロック図である。

図 3 は、本発明によるプロセスデバイスの概略ブロック図である。

図 4 は、センサ信号の名目上の特徴を示すグラフである。

図 5 は、個々のウェーブレット変換を示す図である。

図 6 は、複合センサ信号のウェーブレット分解から得られる、プロセス変数センサ出力の種々の成分を示すグラフである。

20

【 0 0 0 6 】

好ましい実施例の詳細な説明

図 1 は、2 線式プロセス制御ループ 6 を介して制御室 4 に接続され、現場に設置される伝送器 40 を含むプロセス制御システム 2 の概略図である。伝送器 40 は、プロセス・パイプ 8 内のプロセス流体のプロセス変数 (例えば、流量、圧力、温度) を監視する。伝送器 40 は、2 線式プロセス制御ループ 6 を流れる電流を制御することによって、感知されたプロセス変数に関する情報を、2 線式プロセス制御ループ 6 を介して制御室 4 に伝送する。

30

【 0 0 0 7 】

例えば、2 線式プロセス制御ループ 6 を通過する電流は、4 ~ 20 mA の間で制御されて、プロセス変数を示すように適当に較正されることができる。伝送器 40 は、HART (登録商標) あるいはフィールドバスプロトコルのような様式で、補足的あるいは選択的に、感知されたプロセス変数に関するデジタル情報を、2 線式プロセス制御ループ 6 を介して制御室 4 に伝送することができる。伝送器 40 は、本明細書によって詳細に説明される回路を含み、その回路は、センサの動作に関する期待残寿命情報 (例えば、健全状態であること) を含む高等な診断を提供する。本発明は、例えば、圧力伝送器、磁気流量計、コリオリ (coriolis) 流量計、低電力レーダ式測定手段を有するレベル伝送器、抵抗型温度伝送器、あるいはその他の様式の伝送器に組み込まれることができる。

40

【 0 0 0 8 】

図 2 は、本発明にしたがって、センサ診断を行なうための回路の一例を示す概略ブロック図である。図 2 に示されるように、プロセス変数センサ (以下では、単にセンサと記すこともある。) 20 およびセンサ回路 22 は、測定回路 11 およびプリプロセス (前処理) 機能部 14 に対してセンサ信号を供給する。このセンサ信号は、プロセス変数に関する成分すなわちプロセス変数信号とセンサ 20 の機械的もしくは電気的特性 (例えば、伝送機能、プロセスノイズ等) に起因する残余センサ信号とを含む複合信号 (以下では、複合

50

センサ信号と記すこともある。)である。ここで、プロセス変数信号は、反復可能なセンサ変数に基づく1成分と反復可能なプロセス変数に基づく他の成分との2つの成分を含んでも良い。測定回路11は、複合センサ信号からプロセス変数出力を生成し、出力回路13に供給する。

【0009】

プリプロセス(前処理)機能部14は、複合センサ信号を受け、季節的な変動を含む個々の信号成分に分離する。これにより個々の信号成分に分離された複合センサ信号は、データバス15を介して診断回路12に供給される。これによって、診断回路12は、後述するように、複合センサ信号を形作る個々の信号成分から、例えば、センサ20の故障を示す診断出力を発生することができる。

10

【0010】

出力回路13は、測定回路11からプロセス変数出力を受け取るとともに、出力を所望の形態にフォーマットする。例えば出力は、図1に示されるプロセス制御ループ6に結合されても良い。また、出力回路13は診断回路12から診断信号を受ける。この診断信号は、例えば2線式プロセス制御ループ6上に出力され、測定回路11から出力されるプロセス変数出力が2線式プロセス制御ループ6上に出力されるのを禁止したり、警報を発生したりするために使用される。

【0011】

図3は、ウェーブレット処理回路32を有する、本発明に係る伝送器40の概略ブロック図である。伝送器40は、センサ回路22にセンサ信号を供給するセンサ20を有している。センサ20は、圧力や温度を感知するための抵抗をベースにしたセンサ(例えば、RTD(抵抗型温度計)や歪みゲージ)や、容量式圧力センサなどであっても良い。前述したように、センサ信号は、プロセス変数信号と残余センサ信号とを含む複合信号である。センサ回路22は、アナログのセンサ信号に対して、任意的なスケール(拡大縮小: scaling)を含む初期補償を行なう。また、センサ回路22の出力は、A/D変換器24によって、デジタル形式に変換される。マイクロプロセッサ26は、メモリ28およびシステムクロック30に接続されており、デジタル化されたセンサ信号を受け取る。マイクロプロセッサ26は、メモリ28に記憶された命令にしたがって動作して、各種の機能を達成する。

20

【0012】

本発明における2つの機能が、マイクロプロセッサブロック26内に、複数のブロックで示されている。具体的には、マイクロプロセッサ26は、ウェーブレット処理回路32およびセンサ寿命推定/診断回路34を含有している。ウェーブレット処理回路32、センサ寿命推定/診断回路34はそれぞれ、図2のプリプロセス(前処理)機能部14、診断回路12に相当する。図2の測定回路11は、マイクロプロセッサ26の一機能として構成され、マイクロプロセッサ26からプロセス変数出力(PV信号)が出力される。マイクロプロセッサ26からの出力は、入/出力回路36に接続され、さらに2線式プロセス制御ループ6に結合される。また幾つかの好ましい実施形態においては、I/O回路36は、2線式プロセス制御ループ6を通じて受け取られ、且つ伝送器40の全ての回路に給電する安定化電圧出力を提供する。

30

40

【0013】

従来の診断回路では、センサおよびその伝送機能から生じる信号から、プロセスに起因する信号を分離することが不可能な場合がしばしばである。そのため、従来技術では、認識されている問題がセンサによって引き起こされているのか、またはプロセスによって引き起こされているのかを見極めることができないことが多い。これに対し、本発明のウェーブレット処理回路32は、複合センサ信号をその個々の成分に分離する。分離されたセンサ信号はセンサ寿命推定/診断回路34に供給され、これにより、推定寿命をより正確に決定し、センサの動作をより正確に診断することができる。センサ寿命推定/診断回路34は、プロセスからの「ノイズ」、つまりセンサの動作に関係しない成分が事実上除去された信号を受け取る。ウェーブレット処理回路32、センサ寿命推定/診断回路34は

50

、アナログ回路や別個のデジタル回路で実現されても良く、あるいはまた、図3に示されるようなマイクロプロセッサ26を用いて実現されても良い。

【0014】

マイクロプロセッサ26は、プロセス変数出力(PV信号)と推定寿命と診断に関連する信号をI/O回路36に供給する。I/O回路36は、フィールドバス(Fieldbus)やワールドFIP(World FIP)といった完全なデジタルプロトコルや、デジタル信号が重畳された4~20mA信号(例えばHART(登録商標))といったハイブリッド・アナログ/デジタルプロトコルのような既知の技術にしたがって、あるいは、DEプロトコルにしたがって、2線式プロセス制御ループ6を介して情報を伝送する。また、マイクロプロセッサ26は、携帯型通信器から送られる命令や、2線式プロセス制御ループ6を介して制御室4から送信される命令を受けても良い。

10

【0015】

また、本発明は、現場設置型コントローラや遠隔PCや遠隔コントローラといったプロセス制御システム、あるいはさらに、弁、モータ、スイッチといった最終的な制御部材などの、多数の任意の環境に保存されたソフトウェアで実施することができる。また、フィールドバスやプロフィバス等のようなモダン(modern)・デジタルプロトコルにより、本発明を実行するソフトウェアをプロセス制御システム内の各要素間で通信することができる。また、モダン・デジタルプロトコルにより、1つの伝送器で検出されたプロセス変数は、その後、装置の異なる部分のソフトウェアに送られることができる。

20

【0016】

ウェーブレット解析は、フーリエ変換と同様に、周波数成分の特定を可能にする周波数領域へと時間領域(ドメイン)信号を変換する技術である。しかしながら、フーリエ変換とは異なり、ウェーブレット変換においては、出力が時間に関する情報を含んでいる。これは、第1の軸に時間をとり、第2の軸に周波数をとり、第3の軸に信号の振幅をとって成る、3次元グラフの形で表現することができる。ウェーブレット解析についての議論は、「インテリジェント産業ジャーナル」(JOURNAL OF INTELLIGENT MANUFACTURING(1997))1997年8月号の271頁~276頁において、エル・クシアオリら(L. Xiaoli et al.)による「ウェーブレット・ファジー・ニューラル・ネットワークを備えたオンライン・ツール条件監視システム(On-Line Tool Condition Monitoring System With Wavelet Fuzzy Neural Network)」の中で行なわれており、参照によって本明細書に組み込まれる。

30

【0017】

ウェーブレット変換を連続して行なう場合、センサ信号の一部は、ウィンドウ処理され、ウェーブレット関数で畳み込まれる(ウェーブレット関数と合成積を成す)。このような畳み込み(convolution)は、サンプルの開始時にウェーブレット関数を重ねあわせて、ウェーブレット関数を信号と掛け合わせ、その後、サンプル時間にわたって計算結果を積分することによって行なわれる。積分結果は、スケール(scale)され、連続ウェーブレット変換のための第1の値を、時間が0の点で与える。その後、この点は3次元平面上に描写(mapped)される。その後、ウェーブレット関数は右にシフトされ、3次元空間上に描写される他の一組のデータ点を得るために、掛け算および積分過程が繰り返される。

40

【0018】

このようなプロセスが繰り返されて、全ての複合信号にわたってウェーブレットが動かされる(重畳される)。その後、前記変換の周波数分解能を変えるように、ウェーブレットがスケールされ、前述した過程がさらに繰り返される。

【0019】

センサ20からの複合センサ信号のウェーブレット変換によって得られるデータが図4に示されている。データは、3次元空間でグラフ化されており、面41を形成している。図4のグラフに示されるように、複合センサ信号は、時間 t_1 で約1kHzの位置に小さな信号ピークを有しており、また時間 t_2 では約100Hzの位置に他のピークを有してい

50

る。

【0020】

本発明の1つの態様においては、センサの正常な動作中に、図4に示されるようなウェーブレット変換データが計算され、図3に示されるメモリ28内に記憶される。このデータは、正常な動作の基本(基準)となる"面"を表わしている。データは、1日、あるいはプロセスサイクルの間の様々な時間、または1年にわたって、集められても良い。正常に使用されていれば、センサ寿命推定/診断回路34は、記憶されたウェーブレット変換をメモリ28から呼び出し(検索し)、動作中にウェーブレット解析によって集められた情報と基本の面データとを比較する。

【0021】

例えば、センサ寿命推定/診断回路34によって現在のウェーブレット変換から基本の面データが差し引かれた場合には、結果として得られるデータは、プロセス中に生じた異常だけを示す。このような差し引き工程は、信号における日常の変化や季節の変動分と共に、センサ信号からプロセス変動分を分離する。例えば、センサ信号は、環境の温度変化に起因して、1日の間、もしくは1年の間にわたって変化するかもしれない。そのため、これにより、センサに起因する信号からプロセス信号を分離することが可能になる。

【0022】

前述した連続ウェーブレット変換は、広範囲にわたる大量の計算を必要とする。したがって、1つの好ましい実施形態においては、ウェーブレット処理回路32は、マイクロプロセッサ内での実行に良く適した離散型ウェーブレット変換(DWT)を実行する。1つの有効な離散型ウェーブレット変換は、2チャンネル・サブバンド・コーダ(two channel sub-band coder)であるマレ・アルゴリズム(Mallet algorithm)を使用する。マレ・アルゴリズムは、オリジナル信号の個々の周波数成分を示す、分離或いは分解された一連の信号を提供する。

【0023】

図5は、そのようなシステムの一例を示している。このシステムにおいて、オリジナルのセンサ信号 $S(0, f_{MAX})$ は、マレ・アルゴリズムのサブバンド・コーダを使用して分解される。センサ信号 $S(0, f_{MAX})$ は、0から最大 f_{MAX} までの周波数帯域を有している。このセンサ信号 $S(0, f_{MAX})$ は、 $1/2 f_{MAX}$ から f_{MAX} までの周波数レンジを有する第1の高域フィルタと、0から $1/2 f_{MAX}$ までの周波数レンジを有する低域フィルタとを同時に通過する。このプロセスは分解と呼ばれる。高域フィルタからの出力は、「レベル1」の離散型ウェーブレット変換係数を与える。レベル1の係数は、 $1/2 f_{MAX}$ と f_{MAX} の間にあるセンサ信号の当該部分の時間関数としての振幅を示している。0～ $1/2 f_{MAX}$ の低域フィルタからの出力は、所望に応じて、次の高域フィルタ($1/4 f_{MAX} \sim 1/2 f_{MAX}$)および低域フィルタ(0～ $1/4 f_{MAX}$)を通過して、複数の別のレベル(「レベル1」を超える)の離散型ウェーブレット変換係数を与える。

【0024】

図5に示されるように、各低域フィルタからの出力は、所望に応じて、さらに別のレベルの離散型ウェーブレット変換係数を与えるように、さらに追加的に分解されても良い。このプロセスは、所望の分解能が得られるまで、あるいは、分解後の残存データサンプルの数が非常に少なくなり、それ以上の情報を得ることができなくなるまで、続けられる。ウェーブレット変換の分解能は、センサと略同じになるように、あるいは、プロセスを監視するために必要な最小限の信号分解能と同じになるように、選択されても良い。したがって、DWT(離散型ウェーブレット変換)係数の各レベルは、与えられた周波数レンジに関し、時間の関数としての(時間に応じた)信号振幅を示している。図4に示されるようなグラフを生成するために、各周波数レンジにおける係数が結び付け(concatenated)られても良い。

【0025】

図6は、RTD温度センサによって生成された信号Sと、レベル1～レベル7と名付けられた7つのレベルで生じた近似信号とを示す一例である。この例において、信号レベル7

10

20

30

40

50

はセンサそれ自身に起因する信号を示しており、これを更に分解するとノイズが生ずるであろう。この特定の例において、センサに起因する信号は、そのようなノイズ信号を生成する前の分解における最後の信号として認識される。例えば、これは、連続する分解同士の間を比較して、次の分解された信号に対して変化が最も僅かである信号を認識することによって決定（測定）することができる。しかしながら、これは、異なるタイプのセンサやプロセスにおいては変更しても良い。

【0026】

上記したように、ウェーブレット変換では、センサ信号の一部をウィンドウ処理し、ウェーブレット関数で畳み込むというプロセスをウィンドウを動かしつつ繰り返す。ここで、ウィンドウの境界近傍で、ウェーブレット関数で畳み込まれる信号の一部がない場合、出力は大きな歪みを持つ。この歪みを減少させるために、幾つかの実施形態においては、ウェーブレット解析で使用されるウィンドウの境界近傍で、センサ信号にデータを付与することにより、信号にパディング（padding）を加えることが望ましい。このパディングは、周波数領域（domain）の出力における歪み（変形）を減少させる。この技術は、連続ウェーブレット変換もしくは離散型ウェーブレット変換と共に使用されても良い。「パディング」は、現在のアクティブデータ・ウィンドウのいずれかの側に追加のデータを付与することと定義される。例えば、ウィンドウのいずれかの端を超えて現在のウィンドウを25%広げる追加のデータポイントが付加される。

10

【0027】

1つの好ましい実施形態において、追加のデータは、付加されるデータがいずれかの側に現存する信号に埋め込まれる（pad）ように、現在のウィンドウ内でデータの一部を繰り返すことによって生成される。その後、全てのデータの組が、アクティブデータ・ウィンドウを25%上回る信号を外挿するために使用される二次方程式に当てはめられる。

20

【0028】

例えば季節的な変化に起因する既知のプロセス変動があるような、プロセス制御システムにおいて、変動はモデル化することができ、これによって、センサ信号から変動を除去して残余センサ信号を得ることができる。前述したように、そのようなモデリングは、プロセスを観察することによって、あるいは、時間の経過とともにプロセスがどのように変化するかを予測することによって行なうことができる。また、そのようなモデルは、他のプロセス変数もしくはプロセス変数信号を予測する場合に使用される制御信号の関数であつても良い。

30

【0029】

本発明の他の実施形態においては、季節などの時間的な変化に起因するプロセス変動を予めモデル化した多くのモデルがメモリ28内に記憶される。動作中に、マイクロプロセッサ26内で作動しているニューラル・ネットワーク（神経回路網）は、プロセスの動作を監視するとともに、メモリ内に記憶された最適なモデルを選択する。モデルの動作に関連する係数は、ニューラル・ネットワークを使用して生成されても良く、あるいは、フィールドバスのような様々な通信プロトコルの形で提供されるように、伝送器40が構築されている間にループ6を介して受けられても良い。モデルの幾つかの例は、一般的には非振動システムに適した不感時間（dead time）を含む一次モデル、もしくは、一般的には振動プロセスを満足させる不感時間を加えた二次モデルを有している。

40

【0030】

他のモデリング技術は、適応可能なニューラル・ネットワーク・ファジー理論モデルを使用することである。そのようなハイブリッドシステムは、ニューラル・ネットワークとファジー理論とを含んでいる。ファジー理論により、プロセスの変動可能性に対してモデルを適応させることができる一方、ニューラル・ネットワークモデルにより、モデリングに柔軟性をもたせることができ、その結果、プロセス変化に適応することができる。これは、比較的強固な（robust）モデルを提供する。ファジー理論モデルに適応可能なメンバーシップ関数を使用すると、更に、特定のモデルが更新されたか否かを判定することができる。

50

【0031】

また、ウェーブレット解析の新規な利用は、時間領域 (domain) において過渡的な、もしくは他の非定常的な特性を有する信号を解析するのに非常に適している。フーリエ変換と対照的に、ウェーブレット解析は、時間領域の情報、例えば信号が何時生じたかといった情報を保持する。

【0032】

本発明は、温度、圧力、レベル (液面)、流量、pH、濁度などを測定するセンサを含む任意のタイプのプロセスセンサとともに使用されても良い。

【0033】

好ましい実施形態を参照しながら本発明について説明してきたが、本発明の精神及び範囲から逸脱することなく形式的且つ詳細に変形を加えても良いことは当業者であれば認識できるものである。例えば、センサは、温度、圧力、レベル、流量などを含む任意のタイプのプロセス変数センサであっても良い。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による伝送器を含むプロセス制御システムを示す。

【図2】 本発明による診断回路の簡略化されたブロック図である。

【図3】 本発明によるプロセスデバイスの概略ブロック図である。

【図4】 センサ信号の名目上の特徴を示すグラフである。

【図5】 個々のウェーブレット変換を示す図である。

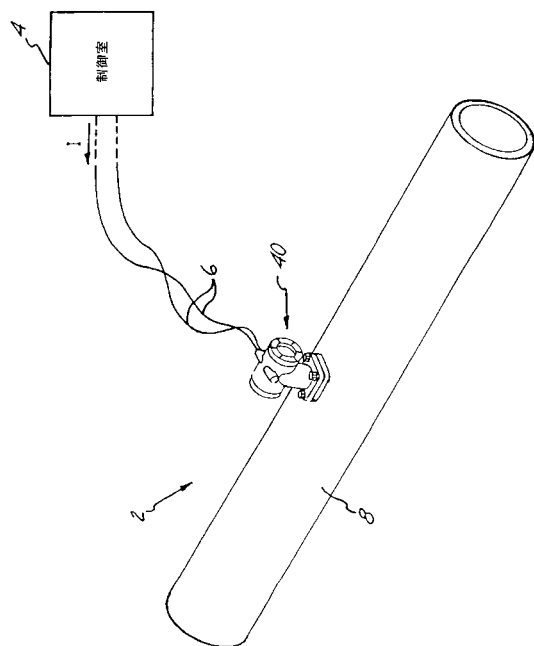
【図6】 複合センサ信号のウェーブレット分解から得られる、プロセス変数センサ出力の種々の成分を示すグラフである。

20

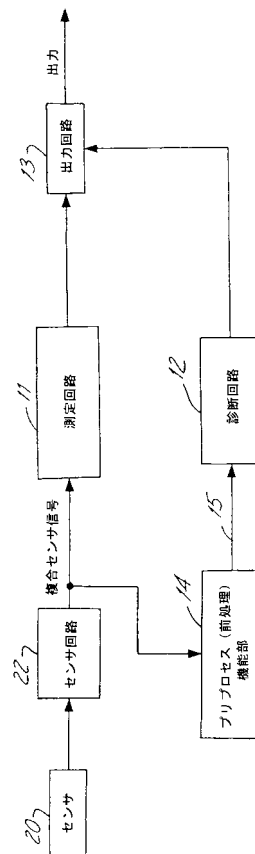
【符号の説明】

2 プロセス制御システム、 4 制御室、 6 2線式プロセス制御ループ、 8 プロセス・パイプ、 40 伝送器

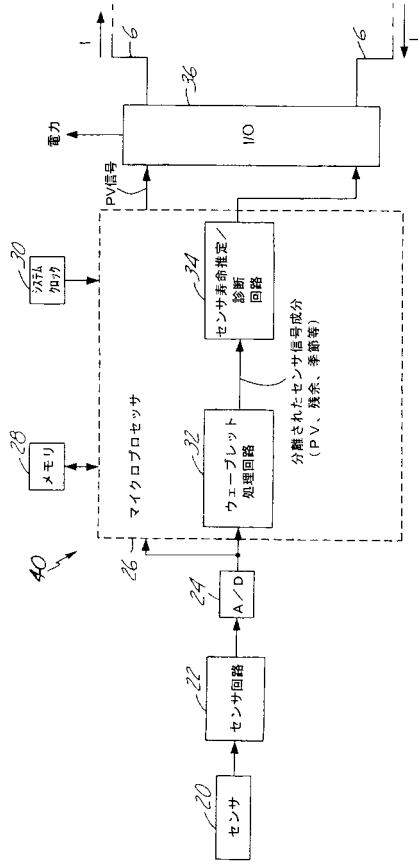
【図1】



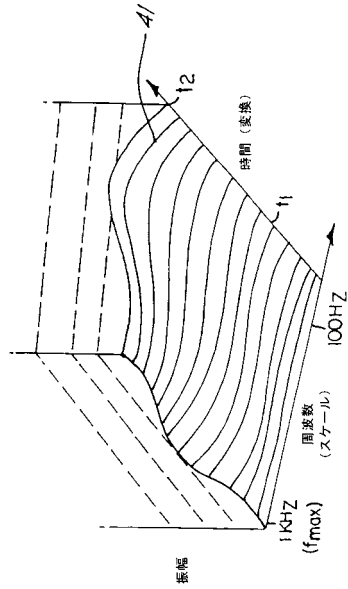
【図2】



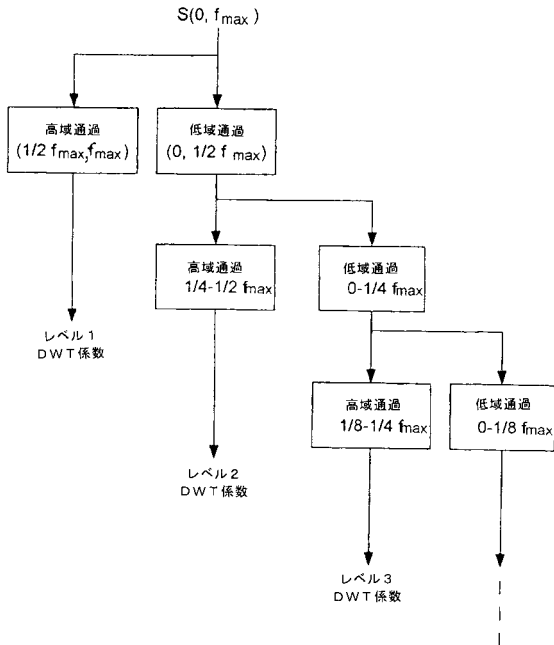
【図3】



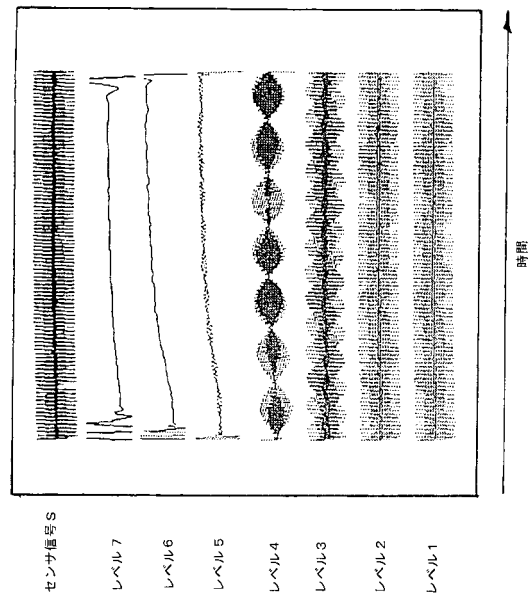
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

合議体

審判長 千葉 成就

審判官 菅澤 洋二

審判官 藤井 眞吾

(56)参考文献 特開平7 - 28502 (JP, A)
特開平8 - 63226 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G05B23/02