

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-101883

(P2010-101883A)

(43) 公開日 平成22年5月6日(2010.5.6)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 M 19/00 (2006.01)	GO 1 M 19/00 Z	2 F 0 7 3
HO 4 Q 9/00 (2006.01)	HO 4 Q 9/00 3 1 1 H	2 F 0 7 6
GO 8 C 25/00 (2006.01)	HO 4 Q 9/00 3 0 1 B	2 G 0 2 4
GO 1 D 21/00 (2006.01)	GO 8 C 25/00 F	5 H 2 2 3
GO 5 B 23/02 (2006.01)	GO 1 D 21/00 Q	5 K 0 4 8

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 14 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2009-229166 (P2009-229166)
 (22) 出願日 平成21年10月1日 (2009.10.1)
 (31) 優先権主張番号 12/247,002
 (32) 優先日 平成20年10月7日 (2008.10.7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390041542
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニー
 GENERAL ELECTRIC CO
 MPANY
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
 クタデイ、リバーロード、1番
 (74) 代理人 100137545
 弁理士 荒川 聡志
 (74) 代理人 100105588
 弁理士 小倉 博
 (74) 代理人 100129779
 弁理士 黒川 俊久
 (72) 発明者 マーク・スティーブン・トンプキンス
 アメリカ合衆国、ネバダ州、ミンデン、リ
 ユサーン・ストリート、1598番
 最終頁に続く

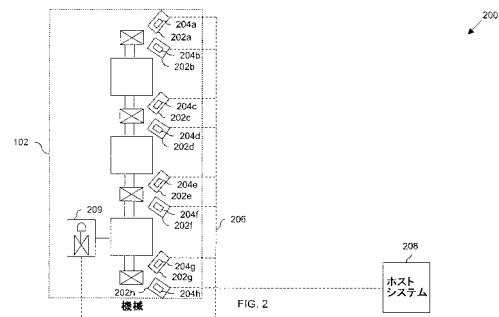
(54) 【発明の名称】 センサレベルの機械モニタリングシステム及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 機械をモニタするためのシステム及び方法が提供される。

【解決手段】 システム(200)は、第1のプロセッサ(204a)を有する第1のセンサ(202a)と、第2のプロセッサ(204b)を有する第2のセンサ(202b)と、を含むことができる。システム(200)は更に、第1のセンサ及び第2のセンサと通信し、第1のプロセッサ及び第2のプロセッサの各々の間でセンサデータを通信するよう動作可能な通信トランク(206)を含むことができる。第1のセンサ及び第2のセンサが、少なくとも1つの機械状態と関連付けられたセンサデータを生成するように動作可能である。更に、第1のプロセッサ又は第2のプロセッサの少なくとも1つが、第1のセンサ及び第2のセンサの各々によって生成されるセンサデータを分析して、センサデータに少なくとも部分的に基づいて少なくとも1つの機械障害を判定するように動作可能である。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機械（102）をモニタするためのシステム（200）であって、
 第1のプロセッサ（204a）を含む第1のセンサ（202a）と、
 第2のプロセッサ（204b）を含む第2のセンサ（202b）と、
 前記第1のセンサ（202a）及び前記第2のセンサ（202b）と通信し、前記第1
 のプロセッサ（204a）及び前記第2のプロセッサ（204b）の各々の間でセンサデ
 ータを通信するよう動作可能な少なくとも1つの通信トランク（206）と、
 を備え、

前記第1のセンサ（202a）及び前記第2のセンサ（202b）が、少なくとも1つ 10
 の機械状態と関連付けられたセンサデータを生成するように動作可能であり、

前記第1のプロセッサ（204a）又は前記第2のプロセッサ（204b）の少なくと
 も1つが、

前記第1のセンサ（202a）及び前記第2のセンサ（202b）の各々によって生
 成されるセンサデータを分析し、

前記センサデータに少なくとも部分的に基づいて少なくとも1つの機械障害を判定す
 る、

ように動作可能である、

システム（200）。

【請求項 2】

前記第1のプロセッサ（204a）又は前記第2のプロセッサ（204b）の少なくと
 も1つが、前記第1のセンサ（202a）及び前記第2のセンサ（202b）の各々によ
 って生成されるセンサデータの特性を生成するよう更に動作可能である、
 請求項1に記載のシステム（200）。

【請求項 3】

前記特性が、機械軌道形状、機械全スペクトラム、機械フィルタスペクトラム、又はロ
 ータ位置の少なくとも1つを含む、
 請求項2に記載のシステム（200）。

【請求項 4】

前記少なくとも1つの機械障害が、機械アンバランス、機械の位置不良、機械軸受の故
 障、機械軸受の不安定性、機械スラスト軸受故障、機械摩擦、シャフトアンバランス、シ
 ャフト亀裂、機械取り付け異常、又は流体誘起の不安定性の少なくとも1つを含む、
 請求項1乃至3のいずれか1項に記載のシステム（200）。

【請求項 5】

前記機械（102）が回転機械を含み、前記第1のセンサ（202a）及び前記第2の
 センサ（202b）が、互いに対して別個の平面に位置付けられた振動センサのペアを含
 む、
 請求項1乃至4のいずれか1項に記載のシステム（200）。

【請求項 6】

前記第1のセンサ（202a）及び前記第2のセンサ（202b）が各々、スマートデ
 ジタルセンサを含む、
 請求項1乃至5のいずれか1項に記載のシステム（200）。

【請求項 7】

前記第1のセンサ（202a）又は前記第2のセンサ（202b）の少なくとも1つが
 、振動センサ、温度センサ、圧力センサ、位置センサ、加速度センサ、流量センサ、レベ
 ルセンサ、密度センサ、又は材料組成センサを含む、
 請求項1乃至5のいずれか1項に記載のシステム（200）。

【請求項 8】

前記第1のプロセッサ（204a）又は前記第2のプロセッサ（204b）の少なくと
 も1つが、前記第1のセンサ（202a）及び前記第2のセンサ（202b）の各々によ 50

って生成されるセンサデータに関する周波数ドメイン分析、時間ドメイン分析、又はフィルタ周波数分析の少なくとも1つを実施するよう更に動作可能である、請求項1乃至7のいずれか1項に記載のシステム(200)。

【請求項9】

前記第1のプロセッサ(204a)又は前記第2のプロセッサ(204b)の少なくとも1つが、前記少なくとも1つの機械障害をホストシステム(208)又はホストコントローラの少なくとも1つに伝達するよう更に動作可能である、請求項1乃至8のいずれか1項に記載のシステム(200)。

【請求項10】

前記ホストシステム(208)又はホストコントローラが、前記少なくとも1つの機械障害に少なくとも部分的に基づいて少なくとも1つの制御動作を可能にするよう動作可能である、請求項9に記載のシステム(200)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機械モニタリングに関し、より具体的には、センサレベルの機械モニタリングシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

石油精製所、石油抽出プラットフォーム、発電所、及び同様の場所で使用されるような、高速の多軸軸受機械は、ロータ、シャフト、及び軸受などの回転要素を含むことができる。一般に、これらの回転要素は高速で回転し、機械に振動を生じさせる場合がある。振動の変動が許容範囲である規定の閾値が存在する。しかしながら、振動が閾値を超えて大きくなると、機械アンバランス、機械の位置不良、機械軸受の故障、機械軸受の不安定性、機械スラスト軸受故障、機械摩擦、シャフトアンバランス、シャフト亀裂、機械取り付け異常、又は流体誘起の不安定性といった、種々の障害の影響を受ける可能性が高い。これらの種々の障害は、機械に対する一時的又は恒久的な損傷を引き起こす可能性がある。従って、これらの障害の発生を防ぐために、振動などの機械に関連する種々の物理量を実時間又は準実時間でモニタして、障害の発生を識別し、及び/又は障害のタイプを判定することができる。機械を実時間又は準実時間でモニタして、障害の発生を判定し、及び/又はどの障害が機械で発生した可能性があるかを識別することが種々の技術で提案されている。

【0003】

機械を実時間又は準実時間でモニタし、障害を識別及び/又は判定する従来の技術は、複数のセンサ、モニタリングラック、及びパーソナルコンピュータ(PC)を含むシステムにより提供される。複数のセンサが機械の高速回転要素の近くに配置される。これらのセンサは、高速回転要素において生じる振動などの種々の物理量を感知する。これらのセンサは、こうした種々の物理量の測定値に基づいて感知データを生成し、この感知データをモニタリングラックに送り、該モニタリングラックが感知データを集約して調整する。モニタリングラックは更に、機械を損傷から保護するためのアラームを発生する。次いで、モニタリングラックは、集計したデータをPCに送り、ソフトウェアベースの分析を利用して機械の障害を判定するようにする。

【0004】

しかしながら、上述の従来のシステムは、実時間又は準実時間でモニタするために多大なハードウェアを必要とする。更に、モニタリングラック、PC、及び分析ソフトウェアのインストール、校正、作動、及び維持には、高コストを伴うのが一般的である。よって、機械の障害を判定するハードウェア要件及び関連コストを最小にするのが望ましい。

【0005】

その結果、最小のハードウェア要件で機械のモニタリング及び障害の判定を可能にする

必要性がある。更に、センサレベルの機械モニタリングのシステム及び方法に対する必要性がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2008/0097725号公報

【発明の概要】

【0007】

本発明の1つの実施形態によれば、機械をモニタするためのシステムが開示される。本システムは、第1のプロセッサを有する第1のセンサと、第2のプロセッサを有する第2のセンサと、を含むことができる。本システムは更に、第1のセンサ及び第2のセンサと通信し、第1のプロセッサ及び第2のプロセッサの各々の間でセンサデータを通信するよう動作可能な通信トランクを含むことができる。第1のセンサ及び第2のセンサが、少なくとも1つの機械状態と関連付けられたセンサデータを生成するように動作可能である。更に、第1のプロセッサ又は第2のプロセッサの少なくとも1つが、第1のセンサ及び第2のセンサの各々によって生成されるセンサデータを分析して、該センサデータに少なくとも部分的に基づいて少なくとも1つの機械障害を判定するように動作可能である。

10

【0008】

本発明の別の実施形態によれば、機械をモニタするための方法が開示される。本方法は、命令を有するプロセッサを各々が含む複数のセンサを提供する段階を含むことができる。本方法は更に、複数のセンサと通信し、複数のセンサの各々の間でセンサデータを通信するよう動作可能な少なくとも1つの通信トランクを提供する段階を含む。更に、本方法は、複数のセンサの各々によって少なくとも1つの機械状態を感知し、複数のセンサの各々によって少なくとも1つの機械状態と関連付けられるセンサデータを生成する段階を含むことができる。本方法は更に、複数のセンサの少なくとも1つのプロセッサ内の命令を実行し、複数のセンサの各々により生成されるセンサデータを分析して、少なくとも1つのセンサデータに少なくとも部分的に基づいて少なくとも1つの機械障害を判定する段階を含むことができる。

20

【0009】

本発明の別の実施形態によれば、機械をモニタするシステムが開示される。本システムは、各々がプロセッサを備えた複数のセンサを含むことができる。本システムは更に、複数のプロセッサの各々間でセンサデータを通信するよう動作可能な、複数のセンサと通信した少なくとも1つの通信トランクを含むことができる。更に、複数のセンサの各々は、少なくとも1つの機械状態を検出するよう動作可能である。更に、本システムは、複数のセンサの少なくとも1つのセンサを含むことができ、該センサは、複数のセンサのうちの他の少なくとも1つから少なくとも1つの機械状態の検出に関連付けられた指標を受け取るよう動作可能である。更に、少なくとも1つのセンサのプロセッサは、受け取った指標の何れかを集約し、集約した指標に対して周波数ドメイン分析、時間ドメイン分析、又はフィルタ周波数分析のうちの少なくとも1つを実施して、集約された指標の少なくとも部分的に基づいて少なくとも1つの機械状態を特徴付けて、集約された指標に少なくとも部分的に基づいて少なくとも1つの機械障害を判定するよう動作可能である。

30

40

【0010】

本発明の他の実施形態、態様、及び特徴は、以下の詳細な説明、添付図面、及び添付の請求項から当業者には明らかになるであろう。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】機械をモニタするための従来技術の例示的なシステムの概略図。

【図2】本発明の1つの実施形態による、機械をモニタするための例示的なシステムの概略図。

【図3】本発明の1つの実施形態による、機械をモニタするための例示的な方法を示すフ

50

ローチャート。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明を一般論として説明してきたが、ここで添付図面について説明する。該図面は、必ずしも縮尺通りに描かれていない。

【0013】

添付図面を参照しながら本発明の例示的な実施形態を以下でより詳細に説明するが、これらの図面は、本発明の全ての実施形態が描かれている訳ではない。実際に、本発明は、多くの異なる形態で具現化することができ、本明細書に記載された実施形態に限定されるものとみなすべきではなく、むしろこれらの実施形態は、本開示が適用可能な法的要件を満たすように提供される。同じ参照符号は図面全体を通じて同じ要素を示す。機械をモニタリングし、その結果として機械に発生している障害を判定するための方法及びシステムが開示される。本発明の1つの実施形態によれば、複数のセンサは、機械の様々な回転要素の近くに配置される。各センサは、機械の回転要素に生じる振動を測定するためのプロセッサを含む。センサは更に、機械状態の少なくとも1つに対応するセンサデータを更に生成する。センサの一部又は全てから生成されたセンサデータは、センサの少なくとも1つに集約することができる。続いて、(センサデータが集約される)センサに関連付けられるプロセッサは、同様に取得した集約データを含むセンサデータを分析し、その結果として、機械に生じている障害を判定する。センサは更に、判定された障害を是正する目的で多数の機械に伝達することができる。

10

20

【0014】

図1は、機械102をモニタするための従来技術のシステム100の概略図である。図1の従来技術のシステム100において、機械102は、多軸軸受機械トレインであり、ロータ、シャフト、及び軸受などの高速の回転要素を含むことができる。機械102は、電気又は非電気回転機械とすることができる。機械102は、例えば、石油精製所、石油抽出プラットフォーム、及び発電所における種々の応用に利用することができる。高速回転機械を備える場合、機械102は、限定ではないが、機械アンバランス、機械の位置不良、機械軸受の故障、機械軸受の不安定性、機械スラスト軸受故障、機械摩擦、シャフトアンバランス、シャフト亀裂、機械取り付け異常、流体誘起の不安定性、並びに、空隙逸脱、ロータバー短絡、ロータバー損失、軸方向フロート/磁気中心逸脱、又は位相異常などの特定の電気機械障害のような種々の障害を生じる傾向がある。こうした障害の1つ又はそれ以上は、閾値を上回る高速回転要素の振動の増大に起因して発生する可能性がある。閾値は、これを下回る範囲では機械102の振動が許容可能であり且つどのような障害も引き起こすことがない規定の振動レベルとすることができる。従って、機械102におけるこのような障害を測定するために、センサ104a~hが高速回転要素の近くに配置される。センサ104a~hは、振動などの物理量を測定し、測定値を種々のタイプの分析に用いることができる電気信号に変換するデバイスである。センサ104a~hのような幾つかのセンサは、種々の物理量を測定するのに使用することができる。使用可能な様々なタイプのセンサは、例えば、振動センサ、温度センサ、圧力センサ、位置センサ、加速度センサ、流量センサ、レベルセンサ、密度センサ、材料組成センサ、又は電気出力特性付けセンサである。電気出力特性付けセンサは、モータ又は発電機の相電流、相電圧、及び同様のものを測定することができる。このような用途で使用されるセンサの数に制約はなく、種々の物理量を測定するのにどのような数のセンサを用いてもよい。図1の従来技術のシステム100において、センサは、高速回転要素によって機械102で生じる振動の変動を測定するのにペアで用いられる。

30

40

【0015】

従来技術のシステム100で示されるように、センサ104a~hは、感知した信号を伝送媒体108を介してモニタラック106に送信する。センサ104a~hとモニタラック106との間の伝送媒体108は、有線接続とすることができる。モニタラック106は、センサ104a~hの出力をモニタするハードウェアモジュールである。センサ1

50

04 a ~ hの出力は感知信号である。感知信号は、振幅及び周波数が変化する電気信号の形態である。モニタラック106は更に、センサ104 a ~ hの各々から受け取った感知信号を集約する。モニタラック106は、全てのセンサからの感知信号を処理し、その後、機械102の高速回転要素の振動量を測定する。測定された振動に基づいて、モニタラック106は、高速回転要素の振動の変動が予め定められた限界値を超えた場合にアラームを生成するよう動作する。モニタラック106は、機械102のオペレータ(図1には示さず)にアラームを送信し、機械102をオフにするか、又はその運転を変更することができる。モニタラック106は、制御システム(図1には示さず)に信号を送信し、機械102をオフにするか、又はその運転を変更することができる。また、モニタラック106は、信号を分析し機械102の正常性をモニタすることができるように信号(感知データ信号)を調整して、その結果、機械102の障害を判定することができる。機械102に対する調整を行った後、モニタラック106は、センサ104 a ~ hから得られた感知信号を通信リンク112を介して分析モジュール110に送信し、機械102の障害を分析することができる。

10

【0016】

システム100の分析モジュール110は、センサ104から得られた感知データを更に分析し、異なるタイプのアルゴリズムを実行することによって、機械102における障害を判定することができる。

【0017】

図1のシステム100で示されるように、感知データを用いてモニタリングラック106での振動をモニタした後、分析モジュール110により障害を判定するためには、多大なハードウェアが必要とされる。更に、モニタラック106、分析モジュール110、及び感知データを分析するためのソフトウェアのインストール、較正、作動、及び維持には、高コストを伴うのが一般的である。従って、モニタラック106及び分析モジュール110の較正をセンサ104 a ~ hのレベルで達成できる場合には、機械102のハードウェア要件及び障害の判定コストを大幅に低減することができる。

20

【0018】

図2は、本発明の1つの実施形態による、機械102をモニタするためのシステム200の概略図である。本発明の1つの例示的な実施形態において、第1のセンサ202 a及び第2のセンサ202 bのペアが、機械102の高速回転要素の近くに配置される。同様に、1つの実施形態において、センサ202 c ~ d、202 e ~ f、及び202 g ~ hの幾つかの他のペアもまた、機械102の同じ又は異なる高速回転要素の近くに配置することができる。センサ202 a ~ hは、それぞれ関連するメモリが一体化されたプロセッサ204 a ~ hを含む。簡単にするために、「第1のセンサ」、「第2の」又は「複数のセンサ」に言及する場合、本発明の実施形態に含まれる可能なセンサの一部又は全てを意味することができる。例示的な実施形態において、プロセッサ204 a ~ hを含むセンサ202 a ~ hは、スマートデジタルセンサとすることができる。スマートデジタルセンサは、多くの能力を有することができる。例えば、スマートデジタルセンサは、その固有の情報を記憶することができ、従来の複雑な機械感知技術のインストール、設定、及び較正を簡素化し、本質的に「プラグアンドプレイ」のセンサとして作動させることができる。更に、スマートデジタルセンサは、内部にアルゴリズム又は命令を内蔵し実行することができる。別の実施例では、スマートデジタルセンサは、フィールドデバイス記述子機能を有することができ、センサが、センサ及びその特性付けに関する情報を含むデータを記憶し、これを伝達するよう動作可能になる。スマートデジタルセンサはまた、機械及び/又は機械に接続され又は関連付けられたデバイスの正常性及び/又は完全性を伝達することができる。更に、スマートデジタルセンサは、例えば、コマンドをモニタリング及び/又は伝達することによって、機械102に接続されたフィールドデバイス209の種々のタイプをサポートすることができる。更に、スマートデジタルセンサは、例えば他のスマートデジタルセンサなどの他のセンサからのデータを受け入れることができ、当該取得されたデータを内部で処理する。例えば、第1のセンサ202 aは、第2のセンサ202 bから

30

40

50

のデータを収集した後、該データを分析することができる。別の実施形態において、第1のセンサペア202a~bは、他のセンサペア202c~d、202e~f、及び/又は202g~hの1つ又はそれ以上からデータを収集することができる。更に別の実施形態において、センサの1つ又はそれ以上は、ローカル制御命令を機械102に接続されたフィールドデバイス209(例えば、機械の運転を変更するよう動作可能な、アクチュエータ、バルブ、又は他の機械的、電気機械的、或いは電子的な制御機構)に直接伝達することができる。1つの例示的な実施形態において、第1のセンサ202aは、プログラム可能ロジックデバイス(PLD)を含むことができる。プログラム可能ロジックデバイスの実施例は、フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ(FPGA)、特定用途向け集積回路(ASIC)、マイクロプロセッサ、デジタル・シグナル・プロセッサ(DSP)、又は複合プログラム可能ロジックデバイス(CPLD)とすることができる。FPGAは、様々なタスクを実施するようプログラムすることができるタイプのロジックチップであり、ASICは、特定用途に設計されたチップである。マイクロプロセッサは、単一の集積回路(IC)上に中央処理ユニットの機能の全てを組み込むことができる。DSPは、デジタル信号処理用に特別に設計された専用マイクロプロセッサとすることができる。CPLDは、入力及び出力が互いに接続された複数のPLDブロックを含む。

10

【0019】

図2を再度参照すると、第1のセンサ202a及び第2のセンサ202bは、種々の機械102状態に基づいてセンサデータを生成するよう動作可能である。この感知データは、機械102状態の指標とすることができる。以下、「感知データ」は、「機械状態の指標」と同義とみなすことができる。機械102状態は、限定ではないが、振動、温度、圧力、位置、加速度、流量、密度、レベル、及び材料組成など、機械102の種々の物理的挙動に基づくことができる。1つの例示的な実施形態において、センサ202a~hは、機械102の高速回転要素の振動を感知することができる。しかしながら、様々な機械挙動を感知するのに種々のセンサを用いることができることは理解される。使用できる様々な種類のセンサには、限定ではないが、振動センサ、温度センサ、圧力センサ、位置センサ、加速度センサ、流量センサ、レベルセンサ、密度センサ、及び材料組成センサがある。

20

【0020】

本発明の1つの実施形態において、センサ202a~hは、機械102の高速回転要素からの機械状態を感知し、及び/又は相電流又は相電圧などの電気出力特性を感知する。例えば、機械102の高速回転要素の振動の変動を感知するために、第1のセンサ202a及び第2のセンサ202bは、機械102の中心線に垂直な平面で互いに直交(90度)して位置付けることができる。しかしながら本発明の別の例示的な実施形態において、第1のセンサ202a及び第2のセンサ202bは、機械102の中心線に垂直な平面で90度以外の角度で位置付けてもよい。機械に対する種々のセンサ位置に対処するために公知の較正技術を適用することができる。

30

【0021】

更に、センサ202a~hは、通信トランク206を介して互いに結合される。1つの例示的な実施形態において、通信トランク206は、コントローラ、トランスデューサ、アクチュエータ、及びセンサなどの単独のフィールドデバイスをリンクするのに用いられるデジタル、双方向、マルチドロップ、シリアルパスの通信ネットワークとすることができる。通信トランク206の双方向機能は、センサ202a~h間の感知データの通信を同時にサポートする。更に、通信トランク206は、感知データの高速のタイムクリティカル送信を可能にする。

40

【0022】

1つの実施形態において、通信トランク206は、「FOUNDATION Fieldbus」規格に基づくことができる。「FOUNDATION Fieldbus」規格は、デジタル、シリアル、2方向通信システムを提供し、例えば、プラント又はファクトリオートメーション環境におけるベースレベルのネットワークとして機能を果たすこと

50

ができる。本発明の別の例示的な実施形態において、通信トランク 206 は、「Process Field Bus (PROFIBUS)」規格に基づることができる。「PROFIBUS」は、オートメーション技術におけるフィールドバス通信用の規格である。「PROFIBUS」規格の変形形態を用いて、生産技術においては集中化コントローラを介してセンサ及びアクチュエータを作動させ、プロセス工学においてはプロセス制御システムを介して測定機器をモニタすることができる。更に、「FOUNDATION Fieldbus」及び「PROFIBUS」規格の両方が、開放型システム間相互接続 (OSI) ネットワーク通信モデルである。「OSI」モデルは、ネットワーク通信用規格の論理フレームワークである。「OSI」モデルは、階層通信及びコンピュータネットワークプロトコル設計の抽象的記述である。「OSI」モデルは、一般的に説明したように、ネットワークアーキテクチャを複数の層 (例えば、7 層) に分割することができ、上から下に、アプリケーション層、プレゼンテーション層、トランスポート層、ネットワーク層、データリンク層、及び物理層とすることができる。センサ 202 a ~ h と共に使用される、これら又は同様の規格及び同様の自動通信技術 (DeviceNet など) 又は他の何らかのスマートデジタルアーキテクチャの実装は、本明細書に記載するセンサ上又はセンサ間でデータを感知、処理、分析、及び / 又は通信する能力を提供する。

10

【0023】

更に、1つの例示的な実施形態において、センサ 202 a ~ h が感知データを生成すると、センサ 202 a ~ h のうちの少なくとも1つ、例えば第1のセンサ 202 a、又は第1のセンサ 202 a 及び第2のセンサ 202 b は、他のセンサ 202 b ~ h の1つ又はそれ以上からデータを集約することができる。第1のセンサ 202 a は、通信トランク 206 を介してデータを受け取ることができる。

20

【0024】

1つの実施形態において、第1のセンサ 202 a が集約された感知データの何れかから閾値を上回る振動の変動を感知した場合、第1のプロセッサ 204 a は、通信トランク 206 を介してこの変動をホストシステム 208 に通信することになる。1つの例示的な実施形態において、ホストシステム 208 は、管理又は助言システムとすることができ、機械 102 の正常性及び障害に関する助言情報を機械 102 のオペレータに提供する。例えば、ホストシステム 108 は、システムのオペレータへの情報を表示する、或いは該情報を別の管理又は助言システムに送信する、及び後で分析及び報告するために機械ログに状態を記録する、及び同様のことを行うことができる。別の例示的な実施形態において、ホストシステム 208 は、機械 102 が閾値を上回る振動の変動に起因する何らかの種類の損傷を生じるのを防ぐ、或いは損傷の発生を最小限にするなど、機械 102 の動作挙動を変更するよう作動可能なホストコントローラとすることができる。ホストコントローラは、機械 102 が何らかの種類の障害を生じることを防ぐ、或いはその発生を最小限にするような様々な制御動作を実施することができる。この様々な制御動作には、限定ではないが、機械 102 の制御を調整すること、オーディオ又は視覚的アラーム又は警報もしくは通知を生成すること、感知データ又は他の制御信号を補助機械又は他の何らかの制御システムに送信又は伝達することを含むことができる。更に、機械 102 の制御の調整には、限定ではないが、機械 102 を停止又はトリップするコマンド、機械 102 の負荷を低減するコマンド、機械の速度を低下させるコマンド、及び補助機械又は他の何らかの制御システムへの情報を送信するコマンドを含むことができる。本明細書で使用する用語「ホストシステム」及び「ホストコントローラ」は同義的に使用することができる。

30

40

【0025】

別の例示的な実施形態において、第1のプロセッサ 204 a は、例えば、コマンドをホストコントローラ又はホストシステム 208 に通信する代わりに、又はこれに加えて、機械 102 をローカルに制御するためにフィールドデバイス 209 に制御コマンドを直接通信することができる。しかしながら、1つの例示的な実施形態において、第1のセンサ 202 a は、ホストシステム 208 及びフィールドデバイス 209 の両方に変動を通信することができる。フィールドデバイス 209 は、機械運転の何れかの態様を調整又は変更す

50

るように動作可能な何らかの機械的、電気的、又は電気機械的デバイスなど、何らかのローカルな制御デバイスとすることができる。ローカル制御デバイスとして機能する例示的なフィールドデバイス209は、限定ではないが、制御バルブアクチュエータ、入口ガイドベーンアクチュエータ、空気ルーバークチュエータ、バイパスバルブアクチュエータ、燃料制御アクチュエータ、燃料温度アクチュエータ、潤滑油アクチュエータ、製品フローアクチュエータ、又は製品フロー温度アクチュエータとすることができる。例えば、センサ202a~hによって感知された測定値に応答して、1つ又はそれ以上のプロセッサ204a~hは、限定ではないが、例えば燃料流量、温度、軸受温度、軸受振動、及び/又は製品入口/出口温度などの機械パラメータに応答して、又は機械パラメータに作用する1つ又はそれ以上の制御動作を決定することができる。次いで、フィールドデバイス209は、機械102をローカルに制御することができる。

10

【0026】

図2を参照すると、プロセッサ204a~hの1つ又はそれ以上は、感知されたデータを分析するためのデジタル構成可能なアルゴリズムを含むことができる。1つの例示的な実施形態において、デジタル構成可能なアルゴリズムは、第1のプロセッサ204aのようなプロセッサのメモリ内にダウンロードすることができる。別の例示的な実施形態において、デジタル構成可能なアルゴリズムは、プログラム可能ロジックデバイスのメモリ内に内蔵することができる。プロセッサ204a~hは、デジタル構成可能なアルゴリズムを利用して、任意選択的に、他のセンサからの集約データを含む感知データを分析し、このようにして機械102で生じる障害又は他の挙動を判定することができる。例示的な実施形態において、感知データは、例えば、周波数ドメイン分析、時間ドメイン分析、又はフィルタ周波数分析により分析することができる。周波数ドメイン分析は、高速フーリエ変換(FFT)を用いて実施することができる。FFTは、スマートデジタルセンサにより感知された信号の時間ドメイン表現を周波数ドメイン表現に変換する。時間ドメイン分析は、振動波形、回転要素の軌道形状、感知データのDCオフセット、回転要素の位置、絶対位相角、同期及び/又は非同期の分析を含むことができる。フィルタ周波数分析は、周波数フィルタに基づく感知データの一部の選択及び分析を含むことができる。感知データに関するこれら又は他の何らかの分析方法の少なくとも1つを用いると、第1のプロセッサ204a~hは、機械102で生じる異なるタイプの障害又は他の状態を判定することができる。例示的な障害のタイプは、限定ではないが、機械アンバランス、機械の位置不良、機械軸受の故障、機械軸受の不安定性、機械スラスト軸受故障、機械摩擦、シャフトアンバランス、シャフト亀裂、機械取り付け異常、及び流体誘起の不安定性とすることができる。更に、プロセッサ204a~hは、判定された障害をホストシステム208に伝達することができる。

20

30

【0027】

更に、本発明の1つの実施形態において、プロセッサ204a~hの1つ又はそれ以上は、感知データの特徴付けを生成することができる。感知データの特徴付けは、限定ではないが、機械の軌道形状、機械の全スペクトラム、機械のフィルタスペクトラム、ロータ位置、前進方向、位相角、又はフィルタ周波数振動振幅を含むことができる。続いて、プロセッサ204a~hは、感知データ特徴付けを通信トランク206を介してホストシステム208に伝達することができる。

40

【0028】

図2を再度参照すると、1つの実施形態において、第2のセンサ202b及び第1のセンサ202aは共にスマートデジタルセンサである。第1のセンサ202a及び第2のセンサ202bが共にそれぞれのデータを分析するので、システム200は、冗長及び/又は分散システムとして動作可能に実装することができる。冗長又は分散システムにおいて、第1のプロセッサ204a及び第2のプロセッサ204bの両方は、自己固有のデータ及び通信トランク206を介して他のセンサ202a~hから収集されたデータを感知し分析することができる。更に、センサ202c~hなど、システム200内に複数のスマートデジタルセンサ(第1のセンサ202a及び第2のセンサ202bと同様の)が存在

50

する場合があります、この複数のスマートデジタルセンサが他の各データを分析して、感知タスクの追加の冗長性及び / 又は分散性を提供することができる点は、理解されるであろう。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、本発明の 1 つの実施形態による、機械をモニタする方法 3 0 0 の 1 つの実施例を示すフローチャートである。センサにより機械の正常性をモニタする実施例を示すフローチャートが提供される。

【 0 0 3 0 】

例示的な方法がブロック 3 0 2 から始まる。ブロック 3 0 2 では、機械の高速回転要素の近くに複数のセンサが設置される。各センサは、機械状態を感知する命令を含む命令を含むプロセッサを備える。種々のセンサを用いて種々の機械の状態を感知できることは理解される。使用可能な例示的なセンサは、限定ではないが、例えば、振動センサ、温度センサ、圧力センサ、位置センサ、加速度センサ、流量センサ、レベルセンサ、密度センサ、材料組成センサ、又は電気出力特性付けセンサである。更に、1 つの実施形態において、センサは、一部には、高速回転要素の近くに設置することができる。1 つの例示的な実施形態において、センサペアの第 1 のセンサ及び第 2 のセンサは、機械の中心線に垂直な平面で互いに直交 (9 0 度) して配置される。別の例示的な方法において、第 1 のセンサ及び第 2 のセンサは、機械 1 0 2 の中心線に垂直な平面で 9 0 度以外の角度で位置付けてもよい。

10

【 0 0 3 1 】

ブロック 3 0 2 に続くブロック 3 0 4 では、通信トランクが提供される。通信トランクは、機械に設置されたセンサと通信している。通信トランクは、各センサに結合され、センサ間で感知データを通信するよう動作可能である。

20

【 0 0 3 2 】

ブロック 3 0 4 に続くブロック 3 0 6 では、機械上に設置されたセンサの 1 つ又はそれ以上が機械状態を感知する。機械状態は、限定ではないが、振動、温度、圧力、位置、加速度、流量、密度、レベル、及び材料組成、機械スループットなど、種々の物理的挙動及び状態、及び / 又は機械の相電流又は相電圧などの電気出力特性に基づく。

【 0 0 3 3 】

ブロック 3 0 6 に続くブロック 3 0 8 では、各センサは、機械状態に関連するセンサデータを生成する。各センサは、機械に関連付けられる物理的挙動及び状態における変動を感知し、当該変動に対応して、感知データを形成する電気信号を生成する。

30

【 0 0 3 4 】

ブロック 3 0 8 に続くブロック 3 1 0 では、センサの 1 つにおける第 1 のプロセッサが第 1 の命令セットを実行し、機械に設置されたセンサの各々により生成される感知データを分析する。命令は、プロセッサのメモリ内に内蔵又はダウンロードすることができるデジタル構成可能なアルゴリズムの形態とすることができる。1 つの例示的な方法において、プロセッサは最初に、通信トランクを介して全センサから感知データを集約する。全センサからデータを集約した後、第 1 のプロセッサは、例えば、周波数ドメイン分析、時間ドメイン分析、及び / 又はフィルタ周波数成分分析などにより、データを分析する。周波数ドメイン分析は、FFT を用いて実施することができる。FFT は、スマートデジタルセンサにより感知された信号の時間ドメイン表現を周波数ドメイン表現に変換する。時間ドメイン分析は、振動波形、回転要素の軌道形状、感知データの DC オフセット、回転要素の位置、絶対位相角、同期及び / 又は非同期の分析を含むことができる。フィルタ周波数分析は、周波数フィルタに基づく感知データの一部の選択及び分析を含むことができる。

40

【 0 0 3 5 】

例示的な方法の実施形態の 1 つの態様において、第 2 のセンサ及び第 1 のセンサは、スマートデジタルセンサである。従って、第 2 のセンサに含まれる第 1 のプロセッサ及び第 2 のプロセッサは、それぞれのデータを分析し、冗長及び / 又は分散システムを用いて機

50

械状態を分析する方法を提供する。この場合、第1のプロセッサ及び第2のプロセッサの両方は、自己固有のデータ及び通信トランク206を介して他のセンサから収集されたデータを感知し分析する。更に、当業者であれば、複数のスマートデジタルセンサが存在することができる、複数のスマートデジタルセンサが互いのデータを分析することができる。

【0036】

ブロック310に続くブロック312では、第1のプロセッサは、感知データの特性付けを生成する第1の命令セットを実行する。感知データの特性付けには、限定ではないが、機械の軌道形状、機械の全スペクトラム、機械のフィルタスペクトラム、ロータ位置、前進方向、位相角、及び/又はフィルタ周波数振動振幅を含むことができる。

【0037】

ブロック312に続くブロック314では、第1のプロセッサは、機械における障害を判定する命令セットを実行する。判定できる種々の障害は、限定ではないが、機械アンバランス、機械の位置不良、機械軸受の故障、機械軸受の不安定性、機械スラスト軸受故障、機械摩擦、シャフトアンバランス、シャフト亀裂、機械取り付け異常、流体誘起の不安定性、並びに、例えば、空隙逸脱、ロータバー短絡、ロータバー損失、軸方向フロート/磁気中心逸脱、又は位相異常などの特定の電気機械障害とすることができる。しかしながら、障害のタイプは、機械のタイプ及び/又は感知される機械特性及び挙動に応じて変わることになる。

【0038】

ブロック314に続くブロック316では、機械障害は、任意選択的に、ホストシステム又はホストコントローラに通信し、ホストシステムが制御動作を取ることができるようにする。障害は、通信トランクを介してホストシステムに伝達される。例示的な方法において、ホストシステムは、機械の正常性及び障害に関する助言情報を機械のオペレータに提供する管理又は助言システムである。

【0039】

ブロック316に続くブロック318では、プロセッサは、任意選択的に、制御動作をフィールドデバイスに送信し、機械動作の1つ又は複数の何らかの態様をローカルに制御する。1つの実施例において、プロセッサは、1つ又はそれ以上の制御動作を通信トランクを介してフィールドデバイスに送信することができる。1つの実施形態において、機械動作の1つ又はそれ以上の態様を制御する前には、フィールドデバイスレベルでの追加の分析は必要ではない。

【0040】

例示的な方法の実施形態の別の態様において、ホストシステムは、閾値を上回る物理的状态の変動に起因する何らかの種類の障害から機械を保護するなど、機械の動作を制御する制御動作を生成するよう動作可能なホストコントローラである。ホストシステム又はコントローラは、限定ではないが、機械の制御を調整すること、オーディオ又は視覚的アラーム又は警報通知を生成すること、或いは感知データ又は他の制御信号を補助機械又は他の何らかの制御システムに送信又は伝達することなど、種々のタイプの制御動作を生成することができる。

【0041】

以上、本発明の実施形態による方法及びシステムのブロック図及び概略図を参照しながら、本発明の実施形態を説明した。図中の各ブロック及びそのブロックの組み合わせはプログラム命令又はロジックにより実施することができる点は理解されるであろう。これらの命令は、汎用又は専用コンピュータのような1つ又はそれ以上の汎用プロセッサ又は他のプログラム可能データ処理装置にロードし、コンピュータ又は他のプログラム可能データ処理装置上で実行される命令が1つ又は複数のブロックにおいて指定される機能を実施する手段を提供するような機械を構成することができる。このような命令はまた、特定の方法で機能するプログラム可能データ処理装置に命令することができるプロセッサ読み取り可能メモリ内に記憶することができ、プロセッサ読み取り可能メモリ内に記憶された命令が、1つ又は複数のブロックにおいて指定される機能を実施する命令手段を含む、製造

10

20

30

40

50

物品を形成するようにする。

【 0 0 4 2 】

現時点で最も実用的且つ好ましい実施形態であると考えられるものに関して本発明を説明してきたが、本発明は、開示した実施形態に限定されるものではなく、逆に請求項の技術的思想及び範囲内に含まれる様々な修正及び均等な構成を保護するものであることを理解されたい。

【 0 0 4 3 】

本明細書は、最良の形態を含む実施例を用いて本発明を開示し、更に、あらゆる当業者があらゆるデバイス又はシステムを実施及び利用すること及びあらゆる包含の方法を実施することを含む本発明を実施することを可能にする。本発明の特許保護される範囲は、請求項によって定義され、当業者であれば想起される他の実施例を含むことができる。このような他の実施例は、請求項の文言と差違のない構造要素を有する場合、或いは、請求項の文言と僅かな差違を有する均等な構造要素を含む場合には、本発明の範囲内にあるものとする。

10

【符号の説明】

【 0 0 4 4 】

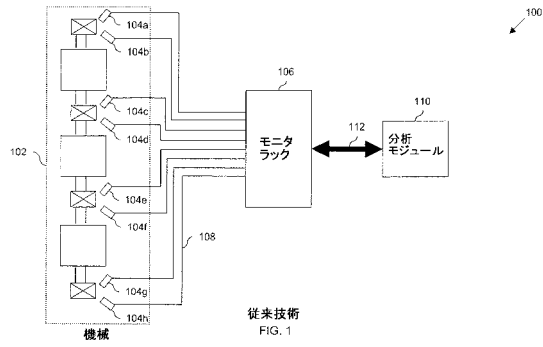
- 1 0 0 従来技術のシステム
- 1 0 2 機械
- 1 0 4 a - h センサ
- 1 0 4 a 第1のセンサ
- 1 0 4 b 第2のセンサ
- 1 0 6 モニタラック
- 1 0 8 伝送媒体
- 1 1 0 分析モジュール
- 1 1 2 通信リンク
- 2 0 0 機械をモニタするためのシステム
- 2 0 2 a - h センサ
- 2 0 2 a 第1のセンサ
- 2 0 2 b 第2のセンサ
- 2 0 4 a - h プロセッサ
- 2 0 4 a 第1のプロセッサ
- 2 0 4 b 第2のプロセッサ
- 2 0 6 通信トランク
- 2 0 8 ホストシステム
- 2 0 9 フィールドデバイス
- 3 0 0 機械をモニタするための方法
- 3 0 2 ブロック
- 3 0 4 ブロック
- 3 0 6 ブロック
- 3 0 8 ブロック
- 3 1 0 ブロック
- 3 1 2 ブロック
- 3 1 4 ブロック
- 3 1 6 ブロック
- 3 1 8 ブロック

20

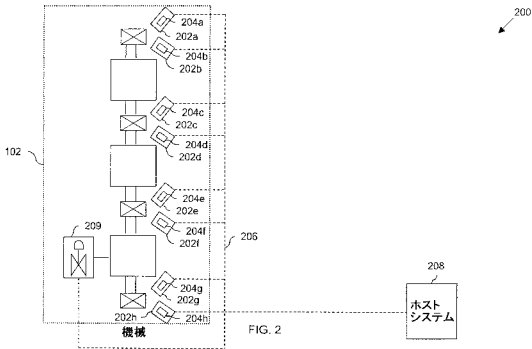
30

40

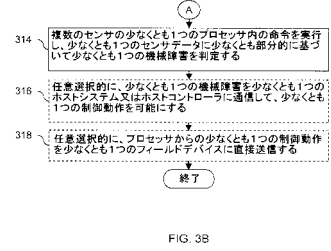
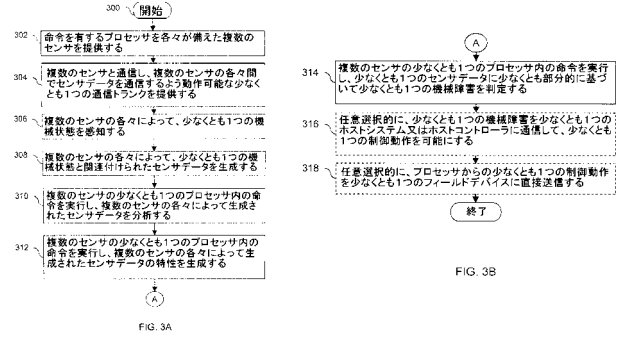
【 図 1 】



【 図 2 】



【 図 3 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
G 0 5 B 23/02 V

(72)発明者 リチャード・ハーマン・ホール

アメリカ合衆国、ネバダ州、ミンデン、ロング・ドライブ、3485番

Fターム(参考) 2F073 AA02 AA03 AA04 AA19 AA28 AB02 EE01 FG01 GG01 GG08
2F076 BA11 BD07 BD11 BD12 BD14 BD16 BD17 BD19 BE06 BE08
BE17
2G024 AD02 AD08 AD22 BA27 CA13 DA06 EA14 FA06
5H223 AA02 AA05 CC08 DD03 DD09 EE06
5K048 BA22 BA23 DA02 EB08 EB10 EB12