

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7321684号
(P7321684)

(45)発行日 令和5年8月7日(2023.8.7)

(24)登録日 令和5年7月28日(2023.7.28)

(51)国際特許分類
G 0 5 B 23/02 (2006.01)F I
G 0 5 B 23/02 Z

請求項の数 14 外国語出願 (全28頁)

(21)出願番号	特願2018-154400(P2018-154400)	(73)特許権者	512132022 フィッシュヤー - ローズマウント システムズ, インコーポレイテッド アメリカ合衆国 テキサス 78681 - 7430 ラウンド ロック ウエスト ルイス ヘナ ブルバード 1100 ビルディング 1 エマーソン プロセス マネジメント
(22)出願日	平成30年8月21日(2018.8.21)	(74)代理人	100113608 弁理士 平川 明
(65)公開番号	特開2019-36313(P2019-36313A)	(74)代理人	100138357 弁理士 矢澤 広伸
(43)公開日	平成31年3月7日(2019.3.7)	(72)発明者	チョン ピー. オン アメリカ合衆国 テキサス 78759 オースチン カシア ドライブ 10705 最終頁に続く
審査請求日	令和3年8月23日(2021.8.23)		
(31)優先権主張番号	15/682,090		
(32)優先日	平成29年8月21日(2017.8.21)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		

(54)【発明の名称】 高パフォーマンス制御サーバーシステム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

プロセス制御システムであって、
前記プロセス制御システムでプロセスの少なくとも一部分を制御するために物理的機能を実行するように各々構成された複数のフィールドデバイスと、

前記複数のフィールドデバイスの各々に通信可能に連結されたコントローラファームの複数のコントローラと、を備え、前記複数のコントローラの各々が、前記物理的機能に対応する前記複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することによって前記プロセスの少なくとも一部分を制御するために、前記複数のフィールドデバイスに対応する制御モジュールを実行するように構成されており、前記複数のコントローラの各々が前記制御モジュールのうちの1つ以上を複数の時間間隔のうちの特定の時間間隔で実行するために選択され、前記複数のコントローラの夫々は、前記複数の時間間隔のうちの異なる前記特定の時間間隔で複数の制御モジュールを制御するように選択され、

前記複数のコントローラのそれぞれからロード、帯域幅、または利用可能なメモリの指標が取得され、各コントローラの前記ロード、前記帯域幅、または前記利用可能なメモリの少なくとも1つにしたがって、1つ以上の前記制御モジュールが周期的な時間間隔で前記複数のコントローラに割り当てられる、プロセス制御システム。

【請求項2】

前記複数のフィールドデバイスが、第1の複数のフィールドデバイスであり、第2の複数のフィールドデバイスをさらに備え、

第1のコントローラは、前記第1の複数のフィールドデバイスに対応する第1の制御モジュールを実行するために選択され、第2のコントローラは、前記第2の複数のフィールドデバイスに対応する第2の制御モジュールを前記特定の時間間隔で実行するために選択され、かつ／または、

別の時間間隔で、前記第1のコントローラが前記第1の制御モジュールを実行せず、前記第2のコントローラが前記第1の制御モジュール及び前記第2の制御モジュールを実行し、かつ／または、

前記第2のコントローラが前記第1の制御モジュールに対応する冗長モジュールを実行する、請求項1に記載のプロセス制御システム。

【請求項3】

前記第1の複数のフィールドデバイス及び前記第2の複数のフィールドデバイスが同じプロセスプラント内に配置されている、請求項2に記載のプロセス制御システム。

【請求項4】

前記第1の複数のフィールドデバイス及び前記第2の複数のフィールドデバイスが異なるプロセスプラント内に配置されている、請求項2に記載のプロセス制御システム。

【請求項5】

前記周期的な時間間隔で実行するために前記複数のコントローラの各々に前記1つ以上の制御モジュールを割り当てるよう構成された、前記複数のコントローラに通信可能に連結されたコンピューティングデバイスをさらに備え、

かつ／または、

前記コンピューティングデバイスが前記コントローラファーム内の前記複数のコントローラのうちの1つであり、かつ／または、

前記コンピューティングデバイスが、前記複数のコントローラによって実行されるべき複数の制御モジュールを取得し、割り当てられた優先レベルに従って前記複数の制御モジュールを順位付けし、かつ／または、

前記コンピューティングデバイスが、前記複数の制御モジュールの各々の前記それぞれの順位の順番で、前記複数のコントローラに制御モジュールを割り当て、最高順位の制御モジュールが最初に割り当てられる、請求項1から4のいずれか一項に記載のプロセス制御システム。

【請求項6】

コントローラファームを介してプロセス制御システム内の1つ以上のプロセスプラントの複数のフィールドデバイスを制御する方法であって、

コントローラファームの複数のコントローラによって、前記プロセス制御システムでプロセスの少なくとも一部分を制御するために、物理的機能を実行するように各々構成された複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することであって、前記複数のコントローラの各々が、前記プロセスの少なくとも一部分を制御するために、前記複数のフィールドデバイスに対応する制御モジュールを実行するように構成されている、伝達することと、

前記制御モジュールのうちの1つ以上を複数の時間間隔のうちの特定の時間間隔で実行するために前記複数のコントローラのうちの1つを選択し、前記複数のコントローラの夫々は、前記複数の時間間隔のうちの異なる前記特定の時間間隔で複数の制御モジュールを制御するように選択され、前記複数のコントローラのそれぞれからロード、帯域幅、または利用可能なメモリの指標が取得され、各コントローラの前記ロード、前記帯域幅、または前記利用可能なメモリの少なくとも1つに従って、1つ以上の前記制御モジュールが周期的な時間間隔で複数のコントローラに割り当てられることと、

前記選択されたコントローラによって、前記特定の時間間隔の間、前記1つ以上の制御モジュールに従って前記複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することと、を含む、方法。

【請求項7】

前記複数のフィールドデバイスが、第1の複数のフィールドデバイスであり、

前記第1の複数のフィールドデバイスに対応する第1の制御モジュールを前記特定の時

10

20

30

40

50

間隔で実行するために第 1 のコントローラを選択することと、

前記第 1 のコントローラによって、前記特定の時間間隔の間、前記第 1 の制御モジュールに従って前記第 1 の複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することと、

第 2 の複数のフィールドデバイスに対応する第 2 の制御モジュールを前記特定の時間間隔で実行するために第 2 のコントローラを選択することと、

前記第 2 のコントローラによって、前記特定の時間間隔の間、前記第 2 の制御モジュールに従って前記第 2 の複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することと、をさらに含み、かつ／または、

別の時間間隔で、前記第 1 のコントローラが前記第 1 の制御モジュールを実行せず、

前記第 2 のコントローラによって、前記別の時間間隔の間、前記第 1 の制御モジュールに従って前記第 1 の複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することをさらに含み、かつ／または、

前記第 2 のコントローラによって、前記第 1 の制御モジュールに対応する冗長モジュールを実行することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 の複数のフィールドデバイス及び前記第 2 の複数のフィールドデバイスが同じプロセスプラント内に配置されている、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 1 の複数のフィールドデバイス及び前記第 2 の複数のフィールドデバイスが異なるプロセスプラント内に配置されている、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記複数のコントローラに通信可能に連結されたコンピューティングデバイスが前記周期的な時間間隔で制御モジュールを実行するためにコントローラを選択し、かつ／または、

前記コンピューティングデバイスが前記コントローラファーム内の前記複数のコントローラのうちの 1 つである、請求項 6 - 9 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 11】

プロセス制御システムにおける制御モジュールのロードをバランシングするための方法であって、

前記プロセス制御システム内で物理的機能を実行するように構成されたフィールドデバイスに提供される制御信号を介して、前記プロセス制御システムでプロセスの少なくとも一部分を制御する複数の制御モジュールを取得することと、

前記フィールドデバイスに通信可能に連結されたコントローラファームの複数のコントローラの各々から前記複数のコントローラの各々のロード、帯域幅、または利用可能なメモリの指標に基づく可用性メトリックを取得することと、

複数の周期的な時間間隔の各々において、前記可用性メトリックに基づいて複数の時間間隔のうちの特定の時間間隔で前記それぞれの制御モジュールを実行するために前記複数のコントローラのうちの 1 つに前記複数の制御モジュールの各々を割り当てる、前記複数のコントローラの夫々は、前記複数の時間間隔のうちの異なる前記特定の時間間隔で複数の制御モジュールを制御するように選択されることと、を含む、方法。

【請求項 12】

1 つ以上の冗長モジュール及び 1 つ以上のビッグデータモジュールの各々を、前記可用性メトリックに基づいて前記特定の時間間隔で前記それぞれの冗長モジュールまたはビッグデータモジュールを実行するために、前記複数のコントローラのうちの 1 つに割り当てるることをさらに含み、かつ／または、

前記制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールの各々に優先レベルを割り当てることと、

前記割り当てられた優先レベルに従って前記制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールを順位付けすることと、をさらに含む、請求項 11 に記載の方法。

【請求項 13】

前記制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールが、前記それぞれ

10

20

30

40

50

の順位の順番で、前記複数のコントローラに割り当てられ、最高順位の制御モジュール、冗長モジュール、またはビッグデータモジュールが最初に割り当てられる、請求項 1 2 に記載の方法。

【請求項 1 4】

プロセス制御システムのコンピューティングデバイスであって、

1 つ以上のプロセッサと、

前記 1 つ以上のプロセッサに連結され、内部に命令を記憶させた非一時的コンピュータ可読媒体であって、前記命令が、前記 1 つ以上のプロセッサによって実行されたとき、前記コンピューティングデバイスに、請求項 1 1 - 1 3 のいずれか一項に記載の方法を実行させる、コンピューティングデバイス。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本開示は、広義には、プロセスプラント及びプロセス制御システムに関し、より具体的には、1 つまたはいくつかのプロセスプラントにわたって分散されたいいくつかのフィールドデバイスを制御する集中型または分散型コントローラファームに関する。

【背景技術】

【0 0 0 2】

物理的物質または生産物を製造、精製、変形、生成、または生産するための、化学、石油、工業、または他のプロセスプラントにおいて使用されるもの等の分散型プロセス制御システムは、典型的には、アナログバス、デジタルバス、またはアナログ / デジタル結合バスを介して、あるいは無線通信リンクまたはネットワークを介して、1 つ以上のフィールドデバイスと通信可能に連結される、1 つ以上のプロセスコントローラを含む。例えば、バルブ、バルブポジショナ、スイッチ、及び送信器（例えば、温度センサ、圧力センサ、レベルセンサ、及び流量センサ）である場合があるフィールドデバイスは、プロセス環境内に配置され、概して、バルブの開放または閉鎖、温度もしくは圧力といったプロセスパラメータ及び / または環境パラメータの測定等の物理的またはプロセス制御機能を実行して、プロセスプラントまたはシステム内で実行中の1 つ以上のプロセスを制御する。周知の Fieldbus プロトコルに準拠するフィールドデバイス等の、スマートフィールドデバイスは、制御計算、アラーム機能、及びコントローラ内で一般に実装される他の制御機能もまた実行し得る。プロセスコントローラは、これもまた典型的にはプラント環境内に配置されるが、フィールドデバイスによって行われるプロセス測定を示す信号及び / またはフィールドデバイスに関する他の情報を受信し、例えば、プロセス制御判断を行い、受信した情報に基づき制御信号を生成し、HART（登録商標）、Wireless HART（登録商標）、及び FOUNDATION Fieldbus フィールドデバイス等の、フィールドデバイスで実行される制御モジュールまたはロックと連携する、異なる制御モジュールを実行するコントローラアプリケーションを実行する。コントローラ内の制御モジュールは、通信ラインまたはリンクを経由して、フィールドデバイスに制御信号を送信し、それによって、プロセスプラントまたはシステムの少なくとも一部の動作を制御し、プラントまたはシステム内部で稼働または実行している1 つ以上の工業プロセスの少なくとも一部分を、例えば、制御する。例えば、コントローラ及びフィールドデバイスは、プロセスプラントまたはシステムによって制御されているプロセスの少なくとも一部分を制御する。I / O デバイスは、これもまた典型的にはプラント環境内に配置され、典型的にはコントローラと1 つ以上のフィールドデバイスとの間に配設され、それらの間の通信を、例えば、電気信号をデジタル値に変換することによって可能にし、逆の場合も同様である。

20

【0 0 0 3】

フィールドデバイス及びコントローラからの情報は、制御室もしくはより厳しいプラント環境からは離れた他の場所に典型的には配置される、オペレータワークステーション、パーソナルコンピュータもしくはコンピューティングデバイス、データヒストリアン、レ

30

40

50

ポートジェネレータ、集中型データベース、または他の集中型管理コンピューティングデバイス等の、1つ以上の他のハードウェアデバイスに対して、通常、通信ネットワークを通じて利用可能にされる。これらのハードウェアデバイスの各々は、典型的には、プロセスプラントにわたって、またはプロセスプラントの一部分にわたって集中化される。これらのハードウェアデバイスは、例えば、オペレータが、プロセス制御ルーチンの設定の変更、コントローラもしくはフィールドデバイス内の制御モジュールの動作の修正、プロセスの現在の状態の閲覧、フィールドデバイス及びコントローラによって生成されたアラームの閲覧、従業員の訓練もしくはプロセス制御ソフトウェアの試験を目的としたプロセスの動作のシミュレーション、構成データベースの保守及び更新等の、プロセスの制御及び／またはプロセスプラントの動作に関する機能を行うことを可能にし得るアプリケーションを実行する。ハードウェアデバイス、コントローラ、及びフィールドデバイスによって利用される通信ネットワークは、有線通信バス、無線通信バス、または有線及び無線通信バスの組み合わせを含み得る。

【0004】

例として、Emerson Process Managementによって販売されている、DeltaV（商標）制御システムは、プロセスプラント内の多様な場所に配置された異なるデバイス内に記憶され、それら異なるデバイスによって実行される複数のアプリケーションを含む。1つ以上のワークステーションまたはコンピューティングデバイス内に備わる構成アプリケーションは、ユーザによる、プロセス制御モジュールの作成または変更、及び通信ネットワークを介した、これらのプロセス制御モジュールの、専用分散型コントローラへのダウンロードを可能にする。典型的には、これらの制御モジュールは、通信可能に相互接続された機能ブロックで構成され、これらの機能ブロックは、それに対する入力に基づいて制御スキーム内で機能を実施し、出力を制御スキーム内の他の機能ブロックに提供するオブジェクト指向プログラミングプロトコル内のオブジェクトである。また、構成アプリケーションは、データをオペレータに対して表示するため、かつプロセス制御ルーチン内の設定点等の設定のオペレータによる変更を可能にするために表示アプリケーションが使用するオペレータインターフェイスを、構成設計者が作成または変更することを可能にし得る。各専用コントローラ、及びいくつかの場合においては、1つ以上のフィールドデバイスは、実際のプロセス制御機能を実装するために、それらに割り当てられてダウンロードされた制御モジュールを実行するそれぞれのコントローラアプリケーションを記憶及び実行する。閲覧アプリケーションは、1つ以上のオペレータワークステーション（またはオペレータワークステーション及び通信ネットワークと通信可能に接続された1つ以上のリモートコンピューティングデバイス）上で実行され得、この閲覧アプリケーションは、コントローラアプリケーションから通信ネットワークを介してデータを受信し、ユーザインターフェースを使用してこのデータをプロセス制御システム設計者、オペレータ、またはユーザに表示して、オペレータのビュー、エンジニアのビュー、技術者のビュー等のいくつかの異なるビューのうちのいずれかを提供し得る。データヒストリックアプリケーションが、典型的には、通信ネットワークにわたって提供されたデータの一部または全てを収集及び記憶するデータヒストリックデバイスに記憶され、それによって実行される一方で、構成データベースアプリケーションは、現在のプロセス制御ルーチン構成及びそれに関連付けられたデータを記憶するために、通信ネットワークに接続されたさらに離れたコンピュータで実行され得る。あるいは、構成データベースは、構成アプリケーションと同じワークステーションに配置されてもよい。

【0005】

現在既知のプロセス制御プラント及びプロセス制御システムのアーキテクチャは、限られたコントローラ及びデバイスのメモリ、通信帯域幅、ならびにコントローラ及びデバイスのプロセッサ能力によって強く影響される。例えば、現在既知のプロセス制御システムアーキテクチャにおいては、コントローラのダイナミック及びスタティック不揮発性メモリの使用は、通常、最小限にされるか、または少なくとも慎重に管理される。結果として、システム構成中（例えば、演繹的に）、ユーザは、典型的には、コントローラのどのデ

10

20

30

40

50

ータをアーカイブまたは保存すべきか、それが保存される頻度、及び圧縮が使用されるか否かを選択する必要があり、コントローラは、それに応じて、この制限されたデータ規則のセットで構成されている。結果的に、トラブルシューティング及びプロセス分析において有用であり得るデータは、多くの場合、アーカイブされず、それが収集される場合、有用な情報は、データ圧縮によって失われている可能性がある。

【0006】

加えて、現在既知のプロセス制御システムでコントローラのメモリ使用を最小限にするために、(コントローラの構成によって示されるように)アーカイブまたは保存されるべき選択されたデータは、適切なデータヒストリアンまたはデータサイロでの記憶のためにワークステーションまたはコンピューティングデバイスに報告される。データを報告するために使用される現在の技術は、通信リソースを十分に利用せず、過剰なコントローラローディングを誘発する。加えて、ヒストリアンまたはサイロでの通信及びサンプリングの時間遅延によって、データ収集及びタイムスタンプは、実際のプロセスと、多くの場合、同期しない。

10

【0007】

さらに、上で言及されたように、プロセス制御モジュールは、専用分散型コントローラによって実行され、各コントローラは、いくつかの近接して配置されたフィールドデバイスに通信可能に連結される。各コントローラは、近接して配置されたフィールドデバイスのための制御モジュールの実行に限定され、1つのコントローラは、プロセスプラントの異なる部分内で別のコントローラに通信可能に連結されたフィールドデバイスを制御できない。コントローラの分散型アーキテクチャは、他のコントローラが非アクティブまたは利用されていない一方で、いくつかの動作またはタスクを実行するためにいくつかのコントローラが必要とされ得るとき、プロセスプラントでの非効率性に繋がり得る。

20

【発明の概要】

【0008】

1つまたはいくつかのプロセスプラント内のプロセス制御システムは、サーバファームと同様のいくつかのコントローラを有する集中型または分散型コントローラファームを含む。コントローラファームは、ブレードサーバまたはラックサーバを含み得、コントローラファームのコントローラの各々は、プロセスプラントの動作を制御するために1つのプロセスプラントまたはいくつかのプロセスプラントのフィールドデバイスの各々を制御するように構成されている。この方法では、コントローラは、プロセスプラントの特定の部分で互いに近接して配置された既定の数のフィールドデバイスの制御に限定されない。コントローラファーム内の単一のコントローラは、プロセスプラントのいくつかの部分で、または異なるプロセスプラントで、フィールドデバイスを同時に制御し得る。加えて、同じコントローラが、第1の時間間隔の間にフィールドデバイスの一組及び第2の時間間隔の間にプロセスプラントの別の部分のフィールドデバイスの別の組を制御し得る。コントローラファームのコントローラのうちのいずれかが、1つまたはいくつかのプロセスプラントのフィールドデバイスのうちのいずれかに対応する制御モジュールまたは他の動作を実行するために利用され得るように、これは、プロセス制御システムの増加した柔軟性を可能にする。制御モジュールまたは他の動作は、他のコントローラが非アクティブである一方で、1つのコントローラがいくつかの動作を行わないように、コントローラの間で割り当てられ得る。いくつかのシナリオにおいては、集中型または分散型コントローラファームは、プロセスプラントから離れた場所の温度制御室またはエリアに配置される。

30

【0009】

コントローラファームは、また、制御モジュール及び他の動作をコントローラに割り当てる制御マネージャを含み得る。制御マネージャは、コントローラファーム内のコントローラのうちの1つに含まれるアプリケーションであり得るか、または、別のコンピューティングデバイス内に含まれ得る。例えば、制御マネージャは、構成アプリケーションを介して生成された制御モジュールを受信し、制御モジュールをコントローラファーム内のコントローラに割り当て得る。コントローラは、可用性に基づいて制御モジュールを割り当

40

50

てられ得る。例えば、制御マネージャは、また、ロード、帯域幅、利用可能なメモリ等の指標をコントローラファームのコントローラの各々から受信し得て、制御モジュール及び他の動作をそれぞれの可用性の量に基づいてコントローラに割り当て得る。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】プロセス制御システム内の1つ以上のプロセスプラントのフィールドデバイスに通信可能に連結された集中型または分散型コントローラファームを含むプロセス制御システムのブロック図を示す。

【図1B】図1Aのプロセス制御システムと通信し得る集中型または分散型コントローラファームの例示的なアーキテクチャを例示する。

【図2】図1Bの集中型または分散型コントローラファームの例示的な制御マネージャコンピューティングデバイス及びいくつかのコントローラのブロック図を例示する。

【図3】プロセス制御システム内でコントローラのロードをバランシングするための例示的な方法を表すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

図1Aは、プロセスプラント10で動作する例示的なプロセス制御システム100のブロック図である。プロセス制御システム100は、様々な他のデバイス間で直接的または間接的に接続性を提供するネットワークバックボーン105を含んでもよい。ネットワークバックボーン105に結合されたデバイスは、様々な実施形態において、アクセスポイント72、他のプロセスプラントへのゲートウェイ75（例えば、イントラネットもしくは企業広域ネットワークを介して）、外部システムへのゲートウェイ78（例えば、インターネットへの）、UIデバイス112、コントローラファーム160内のコントローラ150a～n、分散型コントローラ11、入力/出力（I/O）カード26及び28、有線フィールドデバイス15～22、無線ゲートウェイ35、ならびに無線通信ネットワーク70を含む。通信ネットワーク70は、無線フィールドデバイス40～46、無線アダプタ52a及び52b、アクセスポイント55a及び55b、ならびにルータ58を含む無線デバイス40～58を含んでもよい。無線アダプタ52a及び52bは、それぞれ非無線フィールドデバイス48及び50に接続されてもよい。分散型コントローラ11は、プロセッサ30、メモリ32、及び1つ以上の制御ルーチン38を含んでもよい。加えて、下により詳細に記載されるように、コントローラファーム160内のコントローラ150a～nの各々は、1つ以上のプロセッサ、メモリ、及び1つ以上の制御ルーチンを含んでもよい。図1Aは、ネットワークバックボーン105に接続されたデバイスのいくつかのうちのただ单一の1つを示しているが、デバイスの各々がネットワークバックボーン105上に複数のインスタンスを有することができ、実際に、プロセスプラント10は、複数のネットワークバックボーン105を含んでもよいことが理解されるだろう。加えて、図1Aが単一のプロセスプラント10を示す一方で、プロセス制御システム100は、コントローラファーム160内のコントローラ150a～nによって制御されるフィールドデバイスを有するいくつかのプロセスプラント10を含んでもよい。さらに、コントローラファーム160はプロセスプラント10内に配置され得る一方で、コントローラファーム160は、また、コントローラ150a～nの過熱を防ぐために、温度制御室またはエリア154に離れて配置され得る。他の実施形態では、コントローラファーム160は、分散型コントローラファーム160a～cがコントローラ150a～c、150d～f、及び150g～iのサブセットに分割されているいくつかの温度制御室またはエリア154a～cに配置された分散型コントローラファーム160a～160cである。例えば、温度制御室またはエリア154a～cの各々は、異なるプロセスプラント10と関連付けられ得る。別の実施例では、温度制御室またはエリア154a～cは、異なる離れた場所（例えば、異なる市、州、国等）にある。

【0012】

UIデバイス112は、ネットワークバックボーン105を介してコントローラファーム

10

20

30

40

50

ム 1 6 0 、分散型コントローラ 1 1 、及び無線ゲートウェイ 3 5 に通信可能に接続されてもよい。コントローラファーム 1 6 0 及び分散型コントローラ 1 1 は、入力 / 出力 (I / O) カード 2 6 及び 2 8 を介して有線フィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 に通信可能に接続されてもよく、ネットワークバックボーン 1 0 5 及び無線ゲートウェイ 3 5 を介して無線フィールドデバイス 4 0 ~ 4 6 に通信可能に接続されてもよい。分散型コントローラ 1 1 は、フィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 及び 4 0 ~ 4 6 のうちの少なくともいくつかを使用してバッチプロセスまたは連続プロセスを実装するように動作してもよい。分散型コントローラ 1 1 は、例として、Emerson Process Management によって販売されている DeltaV (商標) コントローラであってもよく、プロセス制御ネットワークバックボーン 1 0 5 に通信可能に接続されている。

10

【 0 0 1 3 】

コントローラファーム 1 6 0 は、また、コントローラ 1 5 0 a ~ n のうちの少なくとも 1 つならびにフィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 及び 4 0 ~ 4 6 のうちのいくつかを使用してバッチプロセスまたは連続プロセスを実装するように動作してもよい。いくつかの実施形態では、コントローラファーム 1 6 0 は、プロセス制御ネットワークバックボーン 1 0 5 に通信可能に接続されている。分散型コントローラ 1 1 及びコントローラファーム 1 6 0 もまた、例えば、標準の 4 - 2 0 mA デバイス、 I / O カード 2 6 、 2 8 (もしくは I / O カード 2 6 、 2 8 に電気的に接続されたエレクトロニックマーシャリングコンポーネント) 、及び / または FOUNDATION (登録商標) Fieldbus プロトコル、 HART (登録商標) プロトコル、WirelessHART (登録商標) プロトコル等の任意のスマート通信プロトコルに関連付けられた任意の所望のハードウェア及びソフトウェアを使用して、フィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 及び 4 0 ~ 4 6 に通信可能に接続されてもよい。図 1 A に例示される実施形態では、分散型コントローラ 1 1 、フィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 、及び I / O カード 2 6 、 2 8 は、有線デバイスであり、コントローラファーム 1 6 0 及びフィールドデバイス 4 0 ~ 4 6 は、無線デバイスである。分散型コントローラ 1 1 がフィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 及び 4 0 ~ 4 6 の既定のセットに通信可能に接続され得る一方で、プロセス制御システム 1 0 0 内の他のプロセスプラントのフィールドデバイスと同様に、コントローラファームのコントローラ 1 5 0 a ~ n の各々がプロセスプラント 1 0 のフィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 及び 4 0 ~ 4 6 の各々に通信可能に接続される。

20

【 0 0 1 4 】

UI デバイス 1 1 2 の動作中、 UI デバイス 1 1 2 は、いくつかの実施形態では、 UI デバイス 1 1 2 が入力インターフェースを介して入力を受け入れ、ディスプレイに出力を提供することを可能にする、ユーザインターフェース (「 UI 」) を実行してもよい。 UI デバイス 1 1 2 は、コントローラファーム 1 6 0 からデータ (例えば、プロセスパラメータ、ログデータ、センサデータ、及び / または捕捉及び記憶され得る任意の他のデータのようなプロセス関連データ) を受信してもよい。 UI デバイス 1 1 2 は、分散型コントローラ 1 1 及び無線ゲートウェイ 3 5 等のプロセス制御システム 1 0 0 の他のノードから、バックボーン 1 0 5 を介して、 UI データ (表示データ及びプロセスパラメータデータを含み得る) を受信してもよい。 UI デバイス 1 1 2 で受信された UI データに基づいて、 UI デバイス 1 1 2 は、プロセス制御システム 1 0 0 に関連付けられたプロセスの態様を表す出力 (すなわち、視覚的表現またはグラフィック) を提供し、ユーザがプロセスを監視することを可能にする。ユーザはまた、 UI デバイス 1 1 2 で入力を提供することによって、プロセスの制御に影響を及ぼしてもよい。例示のために、 UI デバイス 1 1 2 は、例えば、タンク充填プロセスを表すグラフィックを提供してもよい。そのようなシナリオでは、ユーザは、タンクレベルの測定値を読み取り、タンクを満たす必要があると判断してもよい。ユーザは、 UI デバイス 1 1 2 に表示された入口バルブグラフィックと対話し、入口バルブを開くようにコマンドを入力してもよい。

30

【 0 0 1 5 】

動作中、ユーザは、 UI デバイス 1 1 2 と対話して、フィールドデバイス 1 5 ~ 2 2 及

40

50

び 40 ~ 46 のいずれか等、プロセス制御システム 100 の 1 つ以上のデバイスを監視または制御してもよい。ユーザは、例えば、コントローラファーム 160 または分散型コントローラ 11 に記憶された制御ルーチンに関連付けられたパラメータを修正または変更するために、UI デバイス 112 と対話してもよい。分散型コントローラ 11 のプロセッサ 30 は、制御ループを含み得る 1 つ以上のプロセス制御ルーチン（メモリ 32 に記憶されている）を実装または統括する。プロセッサ 30 は、フィールドデバイス 15 ~ 22 及び 40 ~ 46、ならびにバックボーン 105 に通信可能に接続された他のノードと通信してもよい。同様に、コントローラファーム 160 のコントローラ 150a ~ n 内のプロセッサは、制御ループを含み得る 1 つ以上のプロセス制御ルーチン（メモリに記憶されている）を実装または統括するために選択され得る。選択されたプロセッサは、フィールドデバイス 15 ~ 22 及び 40 ~ 46、ならびにバックボーン 105 に通信可能に接続された他のノードと通信してもよい。本明細書に記載される任意の制御ルーチンまたはモジュール（品質予測及び障害検出モジュールまたは機能ブロックを含む）は、そのように所望される場合は、その一部を異なるコントローラまたは他のデバイスによって実装または実行させてもよいことに留意されたい。同様に、プロセス制御システム 100 内で実装されるべき本明細書に記載の制御ルーチンまたはモジュールは、ソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア等を含む任意の形態を取ってもよい。制御ルーチンは、オブジェクト指向プログラミング、ラダーロジック、シーケンシャルファンクションチャート、ファンクションブロックダイアグラム、または任意の他のソフトウェアプログラミング言語もしくは設計パラダイムを使用したもの等、任意の所望のソフトウェアフォーマットにおいて実装されてもよい。具体的には、制御ルーチンは、UI デバイス 112 を通してユーザによって実装されてもよい。制御ルーチンは、ランダムアクセスメモリ（RAM）または読み出し専用メモリ（ROM）等の任意の所望の種類のメモリに記憶されてもよい。同様に、制御ルーチンは、例えば、1 つ以上の EEPROM、EEPROM、特定用途向け集積回路（ASIC）、または任意の他のハードウェアまたはファームウェア要素にハードコードされてもよい。したがって、コントローラファーム 160 または分散型コントローラ 11 は、任意の所望の方法で制御戦略または制御ルーチンを実装するように（ある実施形態では UI デバイス 112 を使用するユーザによって）構成されてもよい。

【0016】

UI デバイス 112 のいくつかの実施形態では、ユーザは UI デバイス 112 と対話して、一般に機能ブロックと称されるものを使用してコントローラファーム 160 または分散型コントローラ 11 で制御戦略を実装してもよく、各機能ブロックは、制御ルーチン全体のオブジェクトまたは他の部分（例えばサブルーチン）であり、プロセス制御システム 100 内でプロセス制御ループを実装するために（リンクと呼ばれる通信を介して）他の機能ブロックと連携して動作する。制御ベースの機能ブロックは、典型的には、トランスマッタ、センサまたは他のプロセスパラメータ測定デバイスに関連付けられたもの等の入力機能、PID、ファジー論理等を行う制御ルーチンに関連付けられたもの等の制御機能、または、プロセス制御システム内の何らかの物理的機能を実行するためのバルブ等の一部のデバイスの動作を制御する出力機能のうちの 1 つを行う。無論、ハイブリッド及び他の種類の機能ブロックが存在する。機能ブロックは、UI デバイス 112 で提供されるグラフィカル表現を有してもよく、ユーザが、機能ブロックの種類、機能ブロック間の接続、及びプロセス制御システムで実装された機能ブロックの各々に関連付けられた入力 / 出力を容易に修正することを可能にする。機能ブロックは、典型的には、これらの機能ブロックが標準の 4 ~ 20 mA デバイス及び HART デバイス等のいくつかの種類のスマートフィールドデバイスに使用されるか、またはそれらに関連付けられる場合、コントローラファーム 160 または分散型コントローラ 11 に記憶及び実行されてもよく、または、Fieldbus デバイスの場合であり得るように、フィールドデバイス自体に記憶及び実装されてもよい。コントローラファーム 160 または分散型コントローラ 11 は、1 つ以上の制御ループを実装し得る 1 つ以上の制御ルーチン 38 を含んでもよい。各制御ループは、典型的には、制御モジュールと称され、機能ブロックのうちの 1 つ以上を実行するこ

10

20

30

40

50

とによって行われてもよい。

【0017】

さらに図1Aを参照すると、無線フィールドデバイス40～46は、Wireless HARTプロトコル等の無線プロトコルを使用して無線ネットワーク70で通信する。ある実施形態では、UIデバイス112は、無線ネットワーク70を使用して無線フィールドデバイス40～46と通信できてもよい。このような無線フィールドデバイス40～46は、プロセス制御システム100の1つ以上の他のノードと直接通信してもよく、これらのノードは、（例えば、無線プロトコルを使用して）無線通信するようにも構成されている。無線で通信するように構成されていない1つ以上の他のノードと通信するために、無線フィールドデバイス40～46は、バックボーン105に接続された無線ゲートウェイ35を利用してもよい。無論、フィールドデバイス15～22及び40～46は、将来開発される任意の標準規格またはプロトコルを含む任意の有線もしくは無線プロトコル等の任意の他の所望の標準規格（複数可）またはプロトコルに準拠してもよい。

【0018】

無線ゲートウェイ35は、無線通信ネットワーク70の様々な無線デバイス40～58へのアクセスを提供し得るプロバイダデバイスの一例である。具体的には、無線ゲートウェイ35は、無線デバイス40～58とプロセス制御システム100の他のノード（図1Aのコントローラファーム160及び分散型コントローラ11を含む）との間の通信結合を提供する。無線ゲートウェイ35は、場合によっては、共有層または有線及び無線プロトコルスタックの層にトンネリングしながら、有線及び無線プロトコルスタックの下位層（例えば、アドレス変換、ルーティング、パケットセグメンテーション、優先順位付け等）へのルーティング、バッファリング、ならびにタイミングサービスによって、通信結合を提供する。他の場合には、無線ゲートウェイ35は、いかなるプロトコル層も共有しない有線プロトコルと無線プロトコルとの間でコマンドを翻訳してもよい。プロトコル及びコマンド変換に加えて、無線ゲートウェイ35は、無線ネットワーク70に実装された無線プロトコルに関連付けられたスケジューリングスキームのタイムスロット及びスーパーフレーム（等しい時間間隔の通信タイムスロットのセット）によって使用される同期されたクロッキングを提供し得る。さらに、無線ゲートウェイ35は、リソースマネジメント、パフォーマンス調整、ネットワーク障害軽減、トラフィック監視、セキュリティ等のような無線ネットワーク70のネットワークマネジメント及び管理機能を提供し得る。

【0019】

有線フィールドデバイス15～22と同様に、無線ネットワーク70の無線フィールドデバイス40～46は、プロセスプラント10内の物理的制御機能、例えば、バルブの開閉、またはプロセスパラメータの測定を行ってもよい。しかしながら、無線フィールドデバイス40～46は、ネットワーク70の無線プロトコルを用いて通信するように構成されている。このように、無線ネットワーク70の無線フィールドデバイス40～46、無線ゲートウェイ、及び他の無線ノード52～58は、無線通信パケットの生産者及び消費者である。

【0020】

いくつかのシナリオにおいては、無線ネットワーク70は、非無線デバイスを含んでもよい。例えば、図1Aのフィールドデバイス48は、レガシー4～20mAデバイスであってもよく、フィールドデバイス50は、従来の有線HARTデバイスであってもよい。ネットワーク70内で通信するために、フィールドデバイス48及び50は、無線アダプタ（WA）52aまたは52bを介して無線通信ネットワーク70に接続されてもよい。これに加えて、無線アダプタ52a、52bは、Foundation（登録商標）Fieldbus、PROFIBUS、DeviceNet等の他の通信プロトコルをサポートしてもよい。さらに、無線ネットワーク70は、無線ゲートウェイ35と有線通信する別個の物理デバイスであり得る1つ以上のネットワークアクセスポイント55a、55bを含んでもよく、または、一体的なデバイスとして無線ゲートウェイ35を備えていてもよい。無線ネットワーク70はまた、1つの無線デバイスから無線通信ネットワーク30

10

20

30

40

50

内の別の無線デバイスにパケットを転送する1つ以上のルータ58を含んでもよい。無線デバイス40～46及び52～58は、無線通信ネットワーク70の無線リンク60を介して、互いに、及び無線ゲートウェイ35と通信してもよい。

【0021】

したがって、図1Aは、ネットワークルーティング機能及び管理をプロセス制御システムの様々なネットワークに提供する働きを主にするプロバイダデバイスのいくつかの実施例を含む。例えば、無線ゲートウェイ35、アクセスポイント55a、55b、及びルータ58が無線通信ネットワーク70で無線パケットを転送する機能を含む。無線ゲートウェイ35は、無線ネットワーク70と通信可能に接続している有線ネットワークに及び有線ネットワークからトライフィックを転送するのと同様に、無線ネットワーク70のためのトライフィックマネジメント及び管理機能を行う。無線ネットワーク70は、Wireless SHARTのようなプロセス制御メッセージ及び機能を特にサポートする無線プロセス制御プロトコルを利用し得る。

10

【0022】

ある実施形態では、プロセス制御システム100は、他の無線プロトコルを使用して通信するネットワークバックボーン105に接続された他のノードを含んでもよい。例えば、プロセス制御システム100は、Wi-Fiもしくは他のIEEE802.11準拠の無線ローカルエリアネットワークプロトコル、WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access) 等の移動通信プロトコル、LTE (Long Term Evolution) または他のITU-R (International Telecommunication Union Radiocommunication Sector) 互換プロトコル、近距離無線通信(NFC)及びBluetooth等の短波長無線通信、または他の無線通信プロトコル等の他の無線プロトコルを利用する1つ以上の無線アクセスポイント72を含んでもよい。典型的には、このような無線アクセスポイント72は、ハンドヘルドまたは他のポータブルコンピューティングデバイスが、無線ネットワーク70とは異なり、無線ネットワーク70とは異なる無線プロトコルをサポートするそれぞれの無線ネットワーク越しに通信することを可能にする。いくつかの実施形態では、UIデバイス112は、無線アクセスポイント72を使用してプロセス制御システム100内で通信する。

20

【0023】

30

これに加えて、またはこれに代えて、プロバイダデバイスは、即時プロセス制御システム100の外部にあるシステムへの1つ以上のゲートウェイ75、78を含んでもよい。そのような実施形態では、UIデバイス112は、外部システムを制御、監視、または他の方法で上記外部システムと通信するために使用されてもよい。典型的には、そのようなシステムは、プロセス制御システム100によって生成された情報、またはプロセス制御システム100の運転に基づく情報の需要者または供給元である。例えば、プラントゲートウェイノード75は、(それ自体のそれぞれのプロセス制御データネットワークバックボーン105を有する)即時プロセスプラント10を、それ自体のそれぞれのネットワークバックボーンを有する別のプロセスプラントと通信可能に接続してもよい。一実施形態では、単一のネットワークバックボーン105は、複数のプロセスプラントまたはプロセス制御環境にサービスを提供してもよい。

40

【0024】

別の実施例では、プラントゲートウェイノード75は、即時プロセスプラントを、プロセス制御バックボーン105を含まないレガシーまたは先行技術のプロセスプラントに通信可能に接続してもよい。この実施例では、プラントゲートウェイノード75は、プラント10のプロセス制御ビッグデータバックボーン105によって利用されるプロトコルと、レガシーシステムによって利用される異なるプロトコル(例えば、イーサネット、Profibus、Fieldbus、DeviceNet等)との間で、メッセージを変換または翻訳してもよい。そのような実施例では、UIデバイス112は、上記レガシーまたは先行技術のプロセスプラントのシステムまたはネットワークを制御、監視、または他

50

の方法でそれらと通信するために使用されてもよい。

【0025】

図1Aは、限定された数のフィールドデバイス15～22及び40～46を有する単一の分散型コントローラ11を例示しているが、これは例示的かつ非限定的な実施形態に過ぎない。任意の数の分散型コントローラ11がプロセス制御システム100のプロバイダデバイスに含まれてもよく、分散型コントローラ11のいずれかが、任意の数の有線または無線フィールドデバイス15～22、40～46と通信して、プラント10のプロセスを制御してもよい。さらに、プロセスプラント10はまた、任意の数の無線ゲートウェイ35、ルータ58、アクセスポイント55、無線プロセス制御通信ネットワーク70、アクセスポイント72、及び/またはゲートウェイ75、78を含んでもよい。図1Aは特定の数のコントローラ150a～nを有するコントローラファーム160を例示するが、任意の数のコントローラ150a～nは、何十ものコントローラ、何百ものコントローラ、何千ものコントローラ等を含むコントローラファーム160に含まれてもよい。

10

【0026】

本明細書で使用される場合、プロセスプラントの少なくとも一部分の動作を制御するために、「分散型」コントローラはプロセスプラント10のフィールドデバイス15～22、40～46のサブセットに通信可能に接続され得る。分散型コントローラは、分散型コントローラによって制御されるそれぞれのフィールドデバイス15～22、40～46に近接して配置され得る（例えば、フィールドデバイス15～22、40～46のようにプロセスプラント10の同じエリア内で）。

20

【0027】

また、本明細書で使用される場合、「コントローラファーム」または「集中型または分散型コントローラファーム」は、プロセスプラント10のフィールドデバイス15～22、40～46及び/またはプロセス制御システム100内の他のプロセスプラントのフィールドデバイスの各々に各々通信可能に接続されるいくつかのコントローラを含み得る。集中型または分散型コントローラファームは、集中型または分散型コントローラファームによって制御されるそれぞれのフィールドデバイス15～22、40～46から離れて配置され得る（例えば、温度制御エリアまたはプロセスプラント10から離れた場所のようなフィールドデバイス15～22から離れたプロセスプラント10の異なるエリア内で）。コントローラの各々は、プロセスプラント10のフィールドデバイス15～22、40～46及び/またはプロセス制御システム100内の他のプロセスプラントのフィールドデバイスの各々のために制御モジュールを実行するように構成され得る。例えば、コントローラの各々は、同じフィールドデバイスまたはフィールドデバイスのサブセットのために同じ制御モジュールを実行するように構成され得る。コントローラファーム内のコントローラのうちの1つが、特定の時間間隔でフィールドデバイス15～22、40～46のサブセットに制御信号を提供することによって制御モジュールを実行するために選択され得る。コントローラは、別の時間間隔でフィールドデバイス15～22、40～46の別のサブセットに制御信号を提供することによって別の制御モジュールを実行するために後で選択され得る。いくつかのシナリオにおいては、コントローラは集中型コントローラファームの中にあり、同じエリア（例えば、温度制御室）内に配置される。別のシナリオにおいては、コントローラは分散型コントローラファームの中にあり、いくつかのエリア（例えば、いくつかの温度制御室）に配置される。

30

【0028】

プロセス制御システム100は、分散型コントローラ及びコントローラファームの両方を含み得、分散型コントローラ及びコントローラファーム内のコントローラは、制御の異なる種類を提供する。例えば、コントローラファーム内のコントローラは監視制御を提供する一方で、分散型コントローラは制御モジュールを実行し得る（例えば、設定点の変更、分析を行うためのビッグデータモジュールの実行等）。別の実施例では、分散型コントローラは制御モジュールを実行し、制御に問題がある場合はアラートまたは他の信号をコントローラファームに提供する。その後、分散型コントローラに代わってコントローラフ

40

50

アーム内のコントローラは制御モジュールを実行し得る。

【0029】

ここで図1Bを参照すると、コントローラファーム160は、コントローラ150a～n及び制御マネージャ152を含むいくつかのブレード150a～n、152を各々有する1つまたはいくつかのブレードサーバを含み得る。ブレード150a～n、152の各々は、分散型コントローラ11と同様の1つ以上のプロセッサ及びメモリを有する薄い電子回路基板であり得る。ブレード150a～n、152の各々内のプロセッサは、マルチコアプロセッサまたは別の種類のパラレルプロセッサのようなマルチコアハードウェアを含み得る。加えて、ブレード150a～n、152の各々内のメモリは、高密度メモリストレージ技術、例えば、ソリッドステートドライブメモリ、半導体メモリ、光メモリ、分子メモリ、生体メモリ、または任意の他の好適な高密度メモリ技術を含み得る。いくつかの実施形態では、メモリストレージはフラッシュメモリも含み得る。メモリステージ（及び、いくつかの場合では、フラッシュメモリ）は、それぞれのブレード150a～n、152に生成され、受信され、または他の方法で観測されるデータを一時的に記憶またはキヤッシュするように構成され得る。

【0030】

本明細書で「コントローラ」（例えば、コントローラ1、コントローラ2、…コントローラN）としても称されるブレード150a～nは、プロセスプラント10のフィールドデバイス15～22、40～46及び/またはプロセス制御システム100内の他のプロセスプラントのフィールドデバイスの各々に通信可能に接続される。いくつかの実施形態では、ブレード150a～nは、フィールドデバイス15～22、40～46の各々にエレクトロニックマーシャリングコンポーネント（例えば、Emerson Process Managementによって提供されるCHARACTERIZATION ModuleまたはCHARM）を介して通信可能に接続される。エレクトロニックマーシャリングコンポーネントは、1つ以上のCHARM I/Oカード及び単独で構成可能なチャネル（CHARM）をサポートするCHARMキャリアのようなエレクトロニックマーシャリングブロックまたは装置に含まれ得る。いくつかの実施形態では、ブレード150a～nは、ネットワークバックボーン105、無線ゲートウェイ35、または任意の他の好適な通信ネットワークを介してCHARM I/Oカードと無線通信する。その後、CHARM I/Oカードは、フィールドデバイス15～22、40～46に通信可能に（例えば、有線または無線の方法で）接続されるCHARMと通信する。

【0031】

いずれのイベントにおいても、各コントローラ150a～nは、プロセスの少なくとも一部分を制御するために、フィールドデバイス15～22、40～46のサブセットに対応する制御ルーチンまたはモジュールを含む。コントローラファーム160内のいくつかのコントローラ150a～nが制御信号をフィールドデバイスの15～22、40～46の同じサブセットに提供し得る一方で、複数のコントローラ150a～nは、制御信号を同じフィールドデバイスに及び/または同じ時間間隔内で同じパラメータのために提供しないことがある。例えば、第1のコントローラ150a及び第2のコントローラ150bは、同じ時間間隔内でバルブに開放または閉鎖するように命令する同じバルブに制御信号を提供しないことがある。いくつかの実施形態では、複数のコントローラ150a～nが制御信号を同じフィールドデバイスに及び/または同じ時間間隔内で同じパラメータのために提供できないように、制御マネージャ152は制御モジュールをコントローラ150a～nに割り当てる。これに加えて、またはこれに代えて、コントローラファーム160内の制御監視モジュールは、任意の2つの制御出力が同じフィールドデバイスに向かうか及び/または同じ時間間隔内で同じパラメータのためであるかを判定するために、コントローラ150a～nからの制御出力を監視し得る。これが発生する場合、制御監視モジュールは、制御信号のうちのただ1つがフィールドデバイスに提供されることを確実にするために、制御信号をオーバーライドし得る。制御監視モジュールは、その時間間隔の間、フィールドデバイスに制御信号を提供することを停止するために、コントローラ150a～n

~ n のうちの 1 つまたは制御マネージャ 152 にリクエストも提供し得る。しかしながら、複数のコントローラ 150a ~ n は、同じバルブからのバルブ開放パーセントのような、同じ時間間隔内の同じフィールドデバイスからの出力を受信し得る。

【 0032 】

いくつかの実施形態では、コントローラ 150a ~ n によって実行される制御ルーチンまたはモジュールの各々のために、コントローラ 150a ~ n のうちの 1 つは冗長モジュールを含み得る。冗長モジュールは、制御モジュールを現在実行しているコントローラ 150a が失敗した場合に、冗長モジュールを実行するコントローラ 150b が制御モジュールを引き継いで実行できるように、冗長モジュールを実行するコントローラ 150b を、制御モジュールを実行するコントローラ 150a と同期させ得る。制御モジュールを実行するコントローラ 150a と同期するために、冗長モジュールは、冗長モジュールを実行するコントローラ 150b に、制御モジュールを実行するコントローラ 150a によって受信及び提供される同じ入力、出力、設定点等を受信させ得る。制御モジュールを実行するコントローラ 150a は、冗長モジュールを実行するコントローラまたはブレード 150b と異なるコントローラまたはブレードであり得る。制御モジュールと同様に、冗長モジュールはソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア等であり得る。冗長モジュールは、任意の所望のソフトウェアフォーマットで、例えばオブジェクト指向プログラミング、ラダーロジック、シーケンシャル機能チャート、機能ロックダイアグラムを使用して、または任意の他のソフトウェアプログラミング言語または設計パラダイムを使用して実装され得る。

10

【 0033 】

また、いくつかの実施形態では、各コントローラ 150a ~ n は、センサデータ、制御パラメータ、データに関連付けられたタイムスタンプ、またはプロセスプラントで利用可能な任意の他の種類のデータを含むプロセスプラント 10 からのプロセス制御データを収集し記憶するために、フィールドデバイス 15 ~ 22、40 ~ 46 のサブセットに対応するビッグデータモジュールを含む。これは、構成、バッチレシピ、設定点、出力、レート、制御アクション、診断、アラーム、イベント、及び / またはそれに対する変更に対応するプロセスプラント 10 でプロセスが制御される一方で、生成されたリアルタイムプロセスデータのような測定データ、構成データ、バッチデータ、イベントデータ、及び / または連続データを含み得る。

20

【 0034 】

ビッグデータモジュールは、また、収集されたプロセス制御データを分析し得て、モジュールを開発及び / または使用し、データ傾向及び / または相関を認識し、プロセスプラント 10 に影響し得るか、またはすぐに影響するだろう、実際のもしくは予測された問題または異常な状況及び / または準最適な状態をプラント従業員に警告等をする。いくつかの実施形態では、ビッグデータモジュールは、特定の問題または状態を有するデータまたは傾向の特定のセットと関連するようにプログラムされることとは特になくてもこれらの機能を行い、代わりに、以前の状態（肯定的 / 所望される状態、または否定的 / 所望されない状態であり得る）の時間ちょうどまたはその近辺の前に、現在の傾向またはデータの一致が発生したことを認識する。傾向またはデータの一致の以前の発生を認識することで、ビッグデータモジュールは状態を予測し得る（「予知」）。ビッグデータモジュールは、また、プロセス変数、センサ測定値等がプロセスプラント 10 の異常な状況の検出、予測、予防及び / または収集において最も重要である収集されたプロセス制御データから判定し得る。例えば、ビッグデータモジュールは、一連の以前のデータ点によって示される傾向が、予測される異常な状況、予測されるメンテナンスの懸念、予測される障害等を示すことを判定し得る。

30

【 0035 】

制御モジュールと同様に、ビッグデータモジュールはソフトウェア、ファームウェア、ハードウェア等であり得る。ビッグデータモジュールは、任意の所望のソフトウェアフォーマットで、例えばオブジェクト指向プログラミング、ラダーロジック、シーケンシャル

40

50

機能チャート、機能ブロックダイアグラムを使用して、または任意の他のソフトウェアプログラミング言語または設計パラダイムを使用して実装され得る。

【0036】

コントローラ 150a～n に加えて、コントローラファーム 160 は、制御モジュール、冗長モジュール、ビッグデータモジュール、及び任意の他の好適な動作をコントローラ 150a～n に割り当てる制御マネージャ 152 を含む。いくつかの実施形態では、制御マネージャ 152 は、ハードウェアに実装され、ブレードサーバ内のブレードのうちの 1 つである。他の実施形態では、制御マネージャ 152 は、コントローラファーム 160 のブレード 150a～n、152 のいずれかで実装され得るソフトウェアアプリケーションであり、コントローラ 150a は、制御モジュール、冗長モジュール、ビッグデータモジュール等に加えて制御マネージャアプリケーションを含み得る。しかしながら、この説明全体を通して、制御マネージャ 152 は本明細書でブレードサーバのブレードのようなコントローラファーム 160 内のハードウェアデバイスとして言及され得る。コントローラファーム 160 は、コントローラファーム 160 のいくつかのブレードサーバ内のコントローラの各々の制御を管理する単一のブレード上に実装された単一の制御マネージャ 152 を含み得る。他の実施形態では、制御マネージャ 152 はいくつかのブレードにわたって実装される。さらに他の実施形態では、コントローラファーム 160 は、ベイ 150a～n、152 として称されるいくつかの搭載スロットを各々有する 1 つまたはいくつかのラックサーバを含む。

10

【0037】

他の実施形態では、コントローラファーム 160 は、クラウドコンピューティング環境のクラウドサーバ、フォグコンピューティング環境のフォグサーバを含み、フォグコンピューティング環境は、例えば、プロセス制御システム 100 内のプロセスプラント（複数可）10、またはそれらの任意の好適な組み合わせを運転する組織によってホストされる。例えば、クラウドコンピューティング環境はアメリカ合衆国全体またはさらに世界全体を通してプロセスプラント 10 でプロセスを制御するコントローラを含み得る一方で、フォグコンピューティング環境は特定の市または街のプロセスプラント 10 または特定の組織によって所有及び運転されるプロセスプラント 10 でプロセスを制御するコントローラを含み得る。

20

【0038】

いずれのイベントにおいても、制御マネージャ 152 は制御モジュール、冗長モジュール、ビッグデータモジュール等を 1 つまたはいくつかの UI デバイス 112 で生成される構成アプリケーションから取得し得る。いくつかの実施形態では、制御マネージャ 152 は、対応する制御モジュールの取得に際して冗長モジュールを自動的に生成する。ここで図 2 を参照すると、制御マネージャ 152 はコントローラファーム 160 のいくつかのコントローラ 150a～n と通信する。コントローラ 150a～n の各々及び制御マネージャ 152 は、物理的機械（例えば、ハードウェア）または仮想機械（例えば、ソフトウェア）であり得る。この方法では、コントローラファーム 160 のブレードは、いくつかのゲスト仮想機械またはコントローラをホストし得る。いずれのイベントにおいても、制御マネージャ 152 は、制御エグゼクティブ 200、ロードバランサ 202、シャドウデータベース 204、冗長マネージャ 206、制御モジュール 208、及びビッグデータモジュール（図示されない）を含む。コントローラ 1～N（参照番号 150a～n）の各々は、マルチコアプロセッサまたは別の種類のパラレルプロセッサのようなプロセッサ 210a～n 及び高密度メモリであり得るメモリ 212a～n を含む。メモリ 212a～n の各々は、制御モジュール 214a～n、ビッグデータモジュール 216a～n、及び冗長モジュール 218a～n を含むそれぞれのコントローラ 150a～n に割り当てる様々なルーチンを記憶し得る。

30

【0039】

プロセスプラント 10 内で動作を制御及び監視するためにルーチンを記憶及び実行することに加えて、コントローラ 150a～n は、制御マネージャ 152 に可用性の指標を提

40

50

供し得る。いくつかの実施形態では、コントローラ 150a～n の各々は、コントローラ 150a～n でのロード、コントローラ 150a～n でのメモリの利用可能な量、及び特定の時間間隔でのコントローラ 150a～n からのデータ伝達の帯域幅に基づいて、特定の時間間隔の可用性メトリックを制御マネージャ 152 に提供する。他の実施形態では、コントローラ 150a～n の各々は、コントローラ 150a～n でのロード、コントローラ 150a～n でのメモリの利用可能な量、及び特定の時間間隔のコントローラ 150a～n からのデータ伝達の帯域幅の指標を提供する。その後、制御マネージャ 152 は、各コントローラ 150a～n の特定の時間間隔の可用性メトリックをこの情報に基づいて判定する。コントローラ 150a～n でのロードは、コントローラ 150a～n（例えば、シングルコア、デュアルコア、クアッドコア等）の処理能力と並んでコントローラ 150a～n によって行われる処理量を示し得る。

【0040】

制御マネージャ 152 の制御エグゼクティブ 200 は、制御モジュール 208、冗長モジュール、ビッグデータモジュール等のような、コントローラファーム 160 のコントローラ 150a～n によって行われるべき動作を、1つまたはいくつかの UI デバイス 112 で、またはプロセス制御システム 100 内の他のアプリケーションもしくはデバイスから生成された構成アプリケーションから受信し得る。いくつかの実施形態では、冗長マネージャ 206 は、制御マネージャ 152 から取得される各制御モジュール 208 のために冗長モジュールを生成する。冗長モジュールは、冗長モジュールを実行するコントローラ 150a～n に、制御モジュールに含まれる制御ループまたは関数を実行することなく制御モジュールを実行するコントローラ 150a～n によって受信及び提供される同じ入力、出力、設定点等を受信させ得る。いくつかの実施形態では、制御エグゼクティブ 200 は、冗長マネージャが対応する冗長モジュールを生成するために、取得された制御モジュール 208 の各々を冗長マネージャ 206 に提供する。

【0041】

また、いくつかの実施形態では、制御エグゼクティブ 200 は、制御モジュール 208、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールの各々に優先レベルを割り当て、優先の順番でモジュールを順位付ける。優先レベルは、優先規則の既定のセットに基づいて自動的に割り当てられ得る（例えば、冗長モジュールは対応する制御モジュールと同じ優先レベルを有し、制御モジュールはビッグデータモジュールより高い優先レベルを有する等）。これに加えて、またはこれに代えて、ユーザはモジュールの各々に優先レベルを割り当て得る。例えば、構成エンジニアが構成アプリケーションを介して制御モジュールを生成する場合、構成エンジニアも制御モジュールに優先レベルを割り当て得る。

【0042】

制御エグゼクティブ 200 は、どのコントローラ 150a～n がどの制御モジュール 208、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールを特定の時間間隔の間に実行すべきかを判定するためにロードバランサ 202 と通信し得る。いくつかの実施形態では、ロードバランサ 202 は、コントローラファーム 160 のコントローラ 150a～n の各々の可用性メトリック、ならびにモジュールの各々のそれぞれの優先レベルを含み得る、特定の時間間隔（例えば、30 分、1 時間、2 日、1 日等）内で実行されるべき制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールのリストを受信する。その後、ロードバランサ 202 は、モジュールの各々を実行するために、コントローラファーム 160 のコントローラ 150a～n を割り当てる。いくつかのシナリオにおいては、コントローラ 150a～n のパラレル処理能力及びメモリ密度によって、単一のコントローラ 150a～n は、同じ時間間隔内でいくつかのモジュールを実行し得る。別の例示的なシナリオにおいては、冗長モジュールを実行するコントローラ 150a～n がコントローラでの障害の場合には制御モジュールを実行するコントローラ 150a～n を引き継ぐことができるよう、ロードバランサ 202 は 2 つの異なるコントローラ 150a～n を識別して制御モジュール及び冗長モジュールを実行する。

【0043】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態では、ロードバランサ 202 は、各モジュールが周期的に実行されるか、またはイベントの発生に基づく（イベント駆動型）かのどちらであるか、各モジュールの実行時間、もしくは任意の他の好適な特性のようなモジュールの各々の特性を識別する。その後、ロードバランサ 202 は、コントローラ 150a～n を識別し、コントローラ 150a～n の可用性メトリックならびにモジュールの優先レベル及び特性に基づいてモジュールを実行する。より具体的には、ロードバランサ 202 は、ロードバランシングアルゴリズムを使用し、モジュールを実行するコントローラ 150a～n を割り当てる。

【0044】

例えば、ロードバランサ 202 は、それらのそれぞれの可用性メトリックに従ってコントローラ 150a～n の各々を順位付け得て、最高の可用性メトリックを有するコントローラ 150a～n は、可用性の最大の量を有し、最高として順位付けられる。ロードバランサ 202 も、優先レベル及び各モジュールの特性の組み合わせに基づいてモジュールの各々を順位付け得る。いくつかの実施形態では、周期モジュールはイベント駆動型モジュールより上に順位付けられ、その後、優先レベルに基づいて周期モジュールの各々は分類され、優先レベルに基づいてイベント駆動型モジュールの各々は分類される。高優先カテゴリの周期モジュールの各々は、中優先カテゴリの周期モジュールの各々より上に順位付けられ得る等である。同じ優先カテゴリの周期またはイベント駆動型モジュールは、さらに実行時間に基づいて順位付けられ得る。さらに具体的には、3つの優先カテゴリ（高、中、及び低）ならびに周期及びイベント駆動型モジュールがある場合、高優先周期モジュールがまず順位付けられ得て、実行時間によってこのカテゴリの各モジュールはさらに順位付けられ、その後、中優先周期モジュール、その後、低優先周期モジュール、その後、高優先イベント駆動型モジュール等が続く。

【0045】

したがって、ロードバランサ 202 はコントローラ 150a～n を順位付け得て、モジュールを順位付け得る。コントローラ 150a～n は可用性メトリックによって上の例で順位付けられ、モジュールは優先レベル及びモジュール特性によって順位付けられる一方で、コントローラ 150a～n 及びモジュールは任意の好適な方法で順位付けられ得る。

【0046】

その後、ロードバランサ 202 は、逆ラウンドロビンメカニズムを使用し得て、最高順位のモジュール（例えば、最長の実行時間有する高優先周期モジュール）を最高順位のコントローラ 150a～n（例えば、最高の可用性メトリックを有するコントローラ）にまず割り当てる。2番目に高い順位のモジュールは、2番目に高い順位のコントローラ 150a～n に割り当てられ得て、アルゴリズムはこの方法で、最低順位のコントローラ 150a～n がモジュールを割り当てられるまで、継続し得る。割り当てるモジュールがより多くの場合、ロードバランサ 202 はモジュールを逆の順番で割り当てるために継続する。例えば、ロードバランサ 202 は、また、次のモジュールを最低順位のコントローラ 150a～n に割り当て、その後、次のモジュールより下に順位付けられたモジュールを2番目に低い順位のコントローラ 150a～n に割り当て、最高順位のコントローラ 150a～n が2つのモジュールを割り当てられるまで増加する順番で継続する。その後、ロードバランサ 202 が順番をもう一度逆にし、低減する順番でモジュールを割り当て、モジュールの各々がコントローラ 150a～n に割り当てられるまで逆ラウンドロビン方法で継続する。

【0047】

ロードバランサ 202 がコントローラ 150a～n 及びモジュールを順位付け、逆ラウンドロビンメカニズムを使用してコントローラ 150a～n にモジュールを割り当てる一方で、ロードバランサ 202 は、任意の好適な方法でモジュールをコントローラ 150a～n に割り当てる得て、コントローラファーム 160 のコントローラ 150a～n の間でモジュールを分散する。他の実施形態では、モジュールは、優先レベルまたは特性に関わらずコントローラ 150a～n の間で等しくまたは少なくとも同様に分散される。さらに他の実施形態では、ロードバランサ 202 は、コントローラ 150a で処理が容量に達す

10

20

30

40

50

るまで、モジュールを同じコントローラ 150a に割り当てる。その後、ロードバランサ 202 は、別のコントローラ 150b で処理が容量に達するまで、モジュールを別のコントローラ 150b に割り当てる、ロードバランサ 202 はこの方法でモジュールを割り当てる。10

【0048】

いずれのイベントにおいても、制御エグゼクティブ 200 は、各コントローラ 150a ~ n が割り当てられたモジュールを実行し得るように、その後、対応するコントローラ 150a ~ n に割り当てられたモジュールを提供する。いくつかの実施形態では、制御エグゼクティブ 200 は割り当てを分析し、複数のコントローラ 150a ~ n が制御信号を同じフィールドデバイスに及び / または同じ時間間隔内で同じパラメータのために提供しないことを確実にするために、割り当てのうちのいくつかを調整し得る。20

【0049】

例示的なシナリオにおいては、第 1 の時間間隔の間、コントローラ 150a は、制御モジュール、ビッグデータモジュール、及び冗長モジュールを含むモジュールの第 1 のセットを割り当てられ得る。制御エグゼクティブ 200 は、第 1 の時間間隔の間、制御モジュール 214a、ビッグデータモジュール 216a、及び冗長モジュール 218a をコントローラ 150a にダウンロードし得る。その後、第 2 の時間間隔の間、コントローラ 150a は、モジュールの第 1 のセットから異なるモジュールの第 2 のセットを割り当てられ得る。制御エグゼクティブ 200 は、第 2 の時間間隔の間、制御モジュール 214a、ビッグデータモジュール 216a、及び冗長モジュール 218a をコントローラ 150a にダウンロードし得る。20

【0050】

別の例示的なシナリオにおいては、特定の時間間隔の間、制御マネージャ 152 は第 1 の制御モジュールを第 1 のコントローラ 150a に割り当てる、第 1 の制御モジュールはフィールドデバイス 15 ~ 22、40 ~ 46 の第 1 のサブセットに対応する。制御マネージャ 152 は第 2 の制御モジュールを第 2 のコントローラ 150b に割り当てる、第 2 の制御モジュールはフィールドデバイス 15 ~ 22、40 ~ 46 の第 2 のサブセットに対応する。フィールドデバイス 15 ~ 22、40 ~ 46 の第 1 及び第 2 のサブセットは、同じプロセスプラント 10 または異なるプロセスプラント 10 の異なるエリアに配置され得る。第 1 のコントローラ 150a が、その後、第 1 の制御モジュールを実行し、第 2 のコントローラ 150b が、同じ時間間隔内で、第 2 の制御モジュールを実行する。より遅い時間間隔の間、第 1 のコントローラ 150a が第 1 の制御モジュールをもはや割り当てられず、第 2 のコントローラ 150b が第 1 及び第 2 の制御モジュールの両方を割り当てる。例えば、第 1 のコントローラ 150a は、より遅い時間間隔の間、第 1 の制御モジュールを実行する処理リソースを有し得ない。その後、第 2 のコントローラ 150b は、より遅い時間間隔の間、それぞれフィールドデバイス 15 ~ 22、40 ~ 46 の第 1 及び第 2 のサブセットのための第 1 及び第 2 の制御モジュールを実行する。30

【0051】

いくつかの実施形態では、いくつかの時間間隔の間、周期モジュールは同じコントローラ 150a ~ n に割り当てられたままであり、一方で、イベント駆動型モジュールは、特定の時間間隔でのコントローラ 150a ~ n の可用性メトリックに基づいて、各時間間隔の間、コントローラ 150a ~ n に再割り当てる。他の実施形態では、制御モジュール 208、ビッグデータモジュール、及び冗長モジュールの各々は、実行の前（例えば、モジュールが生成されるとき）に、コントローラ 150a ~ n の各々にダウンロードされ、それらのそれぞれのメモリ 212a ~ n で記憶される。制御エグゼクティブ 200 は、特定のモジュールを実行するためにコントローラ 150a を選択するとき、制御マネージャ 152 は、特定のモジュールの指標を選択されたコントローラ 150a に提供し、選択されたコントローラ 150a は特定のモジュールをメモリ 212a から読み出し、特定のモジュールを実行する。40

【0052】

10

20

30

40

50

いくつかの実施形態では、制御マネージャ 152 は、制御モジュール 208、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールのために入力データを記憶するシャドウデータベース 204 を含む。モジュールが例えば構成アプリケーションを介して生成される場合、モジュールのための入力データは UI デバイス 112 から取得され得る。コントローラ 150 a ~ n が制御モジュール 214 a ~ n 及びビッグデータモジュール 216 a ~ n を実行する場合、入力データは、また、コントローラ 150 a ~ n から取得され得る。制御モジュール 214 a ~ n 及びビッグデータモジュール 216 a ~ n からの出力は、シャドウデータベース 204 でコントローラ 150 a ~ n から受信され得て、後続の時間間隔の間に実行される制御モジュール 208、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールのための入力データとして記憶される。

10

【 0053 】

図 3 は、プロセス制御システム 100 のコントローラの間でのロードバランシングのための例示的な方法 300 を表すフロー図を示す。方法 300 は、コントローラファーム 160 内の制御マネージャ 152 上またはコントローラファーム 160 内またはコントローラファーム 160 と通信している任意の他のコンピューティングデバイス、ブレードサーバ等の上で実行され得る。一部の実施形態において、方法は、非一時的コンピュータ可読メモリ上に記憶されている命令のセットに実装され得て、制御マネージャ 152 の 1 つ以上のプロセッサによって実行可能である。

【 0054 】

ブロック 302 で、制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールは取得される。例えば、モジュールは構成アプリケーションを介して UI デバイス 112 から取得され得る。いくつかの実施形態では、制御モジュールが取得され、冗長モジュールを実行するコントローラが、制御モジュールを実行するコントローラによって受信及び提供される同じ入力、出力、設定点等を受信するように、冗長モジュールは、各制御モジュールのために自動的に生成される。

20

【 0055 】

その後、優先レベルが、制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールの各々（ブロック 304）に割り当てられる。優先レベルは、数値の優先レベル（例えば、1、2、3）であり得、カテゴリのセットからのカテゴリ（例えば、高、中、低）であり得、または任意の好適な優先の指標であり得る。いくつかの実施形態では、優先レベルは、例えばユーザによって割り当てられ、その際にモジュールは構成アプリケーションを介して作成される。他の実施形態では、優先レベルは、優先規則の既定のセットに基づいて自動的に割り当てられる（例えば、冗長モジュールは対応する制御モジュールと同じ優先レベルを有し、制御モジュールはビッグデータモジュールより高い優先レベルを有する等）。

30

【 0056 】

その後、ブロック 306 で、制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールの各々は順位付けられる。いくつかの実施形態では、モジュールは優先レベルの順番で順位付けられる。モジュールは、各モジュールが周期的に実行されるか、またはイベントの発生に基づく（イベント駆動型）かのどちらであるか、各モジュールの実行時間、もしくは任意の他の好適な特性のようなモジュールの特性に従ってさらに順位付けられ得る。例えば、周期モジュールは、イベント駆動型モジュールより上に順位付けられ得て、周期モジュールは優先レベルに従ってさらに順位付けられ得る。イベント駆動型モジュールも、優先レベルに従ってさらに順位付けられ得る。その後、最高の優先レベルを有する周期モジュールの各々が、実行時間に従って順位付けられ得て、最高の優先レベル及び最長の実行時間を有する周期モジュールは最高に順位付けられる。他の実施形態では、モジュールは、優先レベル及びモジュール特性の任意の好適な組み合わせを使用して、または任意の好適な方法で順位付けられ得る。

40

【 0057 】

可用性の指標は、特定の時間間隔（ブロック 308）の間のコントローラファーム 16

50

0 のコントローラ 150a ~ n の各々のために取得される。例えば、各コントローラ 150a ~ n は、コントローラ 150a ~ n でのロード、コントローラ 150a ~ n でのメモリの利用可能な量、及び特定の時間間隔でのコントローラ 150a ~ n からのデータ伝達の帯域幅に基づいて、特定の時間間隔の可用性メトリックを生成し得る。その後、コントローラ 150a ~ n は、それぞれの可用性メトリックを制御マネージャ 152 に提供し得る。別の実施例では、各コントローラ 150a ~ n は、コントローラ 150a ~ n でのロードの指標、コントローラ 150a ~ n でのメモリの利用可能な量、及び特定の時間間隔のコントローラ 150a ~ n からのデータ伝達の帯域幅を提供し得る。その後、制御マネージャ 152 は、各コントローラ 150a ~ n の特定の時間間隔の可用性メトリックをこの情報に基づいて判定する。

10

【 0 0 5 8 】

いくつかの実施形態では、制御マネージャ 152 は、特定の時間間隔の可用性メトリックをこの情報に基づいて、コントローラ 150a ~ n の各々を順位付ける。例えば、最高の可用性メトリックを有し、それゆえ可用性の最大の量を有するコントローラ 150a ~ n は、最高として順位付けられる。その後、コントローラ 150a ~ n は、可用性の降順で順位付けられる。

【 0 0 5 9 】

ブロック 310 で、制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールはコントローラ 150a ~ n に割り当てられる。コントローラファーム 160 内のコントローラ 150a ~ n の間のロードをバランスングするために、制御マネージャ 152 は、コントローラ 150a ~ n の各々にわたって制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールを分散し得る。いくつかの実施形態では、制御マネージャ 152 は、ロードバランスングアルゴリズムを使用し、コントローラ 150a ~ n にモジュールを割り当てる。例えば、ロードバランスングアルゴリズムは逆ラウンドロビンメカニズムであり得て、制御マネージャ 152 は最高順位のモジュールを最高順位のコントローラ 150a ~ n に割り当て、その後、2 番目に高い順位のモジュールを 2 番目に高い順位のコントローラ 150a ~ n に割り当て、各コントローラ 150a ~ n がモジュールを割り当てられるまで降順で継続する。その後、制御マネージャ 152 は、各コントローラ 150a ~ n が 2 つのモジュールを割り当てられるまで、残っている制御モジュールをコントローラ 150a ~ n に昇順で割り当てる。制御マネージャ 152 は、モジュールの各々が割り当たられるまで、コントローラ 150a ~ n がモジュールを割り当てられる順番を交代する。

20

【 0 0 6 0 】

別の実施例では、制御マネージャ 152 は最高順位のモジュールを最高順位のコントローラ 150a ~ n に割り当て、その後、2 番目に高い順位のモジュールを 2 番目に高い順位のコントローラ 150a ~ n に割り当て、各コントローラ 150a ~ n がモジュールを割り当てられるまで降順で継続する。その後、制御マネージャ 152 は次の順位のモジュールを最高順位のコントローラ 150a ~ n に割り当て、もう一度コントローラ 150a ~ n の降順で継続し、モジュールの各々が割り当てられるまでこのプロセスを繰り返す。

30

【 0 0 6 1 】

さらに別の実施例では、制御マネージャ 152 は、コントローラ 150a ~ n がモジュールを割り当てられる順番をランダムに選択し、その後、ランダムに選択された順番に従ってモジュールをコントローラ 150a ~ n に割り当てる。別の実施例では、制御マネージャ 152 は、最高順位のコントローラ 150a ~ n が全容量に到達するまで、モジュールを最高順位のコントローラ 150a ~ n に降順で割り当てる。その後、制御マネージャ 152 は、2 番目に高い順位のコントローラ 150a ~ n が全容量に到達するまで、次の順位のモジュールを 2 番目に高い順位のコントローラ 150a ~ n に降順で割り当て、モジュールの各々が割り当てられるまでこの方法で繰り返す。これらは、モジュールがコントローラ 150a ~ n に割り当てられ得るほんの数例であるが、モジュールは任意の好適な方法で割り当てられてもよい。

40

【 0 0 6 2 】

50

ブロック 312 では、割り当てられたモジュールは、特定の時間間隔の間、実行のためにそれぞれのコントローラ 150a ~ n にダウンロードされる。各コントローラ 150a ~ n は、制御信号を提供することによって、そうでなければ各割り当てられたモジュールに関連付けられたフィールドデバイス 15 ~ 22、40 ~ 46 と通信することによって、その割り当てられたモジュールを実行する

【0063】

本開示に記載されている技術の実施形態は、任意の数の下記の態様を、単独でまたは組み合わせて含んでよい。

【0064】

1. プロセス制御システムであって、プロセス制御システムでプロセスの少なくとも一部を制御するために物理的機能を各々実行するように構成された複数のフィールドデバイスと、複数のフィールドデバイスの各々に通信可能に連結されたコントローラファームの複数のコントローラと、を備え、複数のコントローラの各々が、物理的機能に対応する複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することによってプロセスを制御するために、複数のフィールドデバイスに対応する同じ制御モジュールを実行するように構成されており、複数のコントローラのうちの 1 つが制御モジュールを特定の時間間隔で実行するために選択される、プロセス制御システム。

【0065】

2. コントローラファームが、温度制御エリアに配置されている、態様 1 に従ったプロセス制御システム。

【0066】

3. 複数のフィールドデバイスが、第 1 の複数のフィールドデバイスであり、第 2 の複数のフィールドデバイスをさらに備え、複数のコントローラの各々は、第 1 の複数のフィールドデバイスに対応する第 1 の制御モジュール及び第 2 の複数のフィールドデバイスに対応する第 2 の制御モジュールを実行するために構成され、第 1 のコントローラは第 1 の制御モジュールを実行するために選択され、第 2 のコントローラは第 2 の制御モジュールを特定の時間間隔で実行するために選択される、態様 1 または 2 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【0067】

4. 第 1 の複数のフィールドデバイス及び第 2 の複数のフィールドデバイスが同じプロセスプラント内に配置されている、態様 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【0068】

5. 第 1 の複数のフィールドデバイス及び第 2 の複数のフィールドデバイスが異なるプロセスプラント内に配置されている、態様 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【0069】

6. 別の時間間隔で、第 1 のコントローラが第 1 の制御モジュールを実行せず、第 2 のコントローラが第 1 の制御モジュール及び第 2 の制御モジュールを実行する、態様 1 ~ 5 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【0070】

7. 第 2 のコントローラが第 1 の制御モジュールに対応する冗長モジュールを実行する、態様 1 ~ 6 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【0071】

8. コントローラファームの複数のコントローラの各々が、それぞれのフィールドデバイスに通信可能に連結された入力 / 出力 (I / O) デバイスを介して各複数のフィールドデバイスと通信する、態様 1 ~ 7 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【0072】

9. 選択されたコントローラが、プロセスに対応する構成データ、連続データ、及びイベントデータのうち少なくとも 1 つを含むプロセスに対応するデータを取得及び記憶する

10

20

30

40

50

ようにさらに構成されている、態様 1 ~ 8 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【 0 0 7 3 】

1 0 . 特定の時間間隔で実行するために複数のコントローラの各々に制御モジュールを割り当てるように構成された、複数のコントローラに通信可能に連結されたコンピューティングデバイスをさらに備える、態様 1 ~ 9 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【 0 0 7 4 】

1 1 . コンピューティングデバイスが複数のコントローラの各々からロード、帯域幅、及び利用可能なメモリの指標を取得し、各コントローラのロード、帯域幅、または利用可能なメモリのうちの少なくとも 1 つに従って複数のコントローラに制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールを割り当てる、態様 1 ~ 1 0 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

10

【 0 0 7 5 】

1 2 . コンピューティングデバイスがコントローラファーム内の複数のコントローラのうちの 1 つである、態様 1 ~ 1 1 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【 0 0 7 6 】

1 3 . コンピューティングデバイスが、複数のコントローラによって実行される複数の制御モジュールを取得し、割り当てられた優先レベルに従って複数の制御モジュールを順位付けする、態様 1 ~ 1 2 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

20

【 0 0 7 7 】

1 4 . コンピューティングデバイスが、複数の制御モジュールの各々のそれぞれの順位の順番で、複数のコントローラに制御モジュールを割り当て、最高順位の制御モジュールが最初に割り当てられる、態様 1 ~ 1 3 のいずれか 1 つに記載のプロセス制御システム。

【 0 0 7 8 】

1 5 . コントローラファームを介してプロセス制御システム内の 1 つ以上のプロセスプラントで複数のフィールドデバイスを制御する方法であって、コントローラファームの複数のコントローラによって、プロセス制御システムでプロセスの少なくとも一部分を制御するために、物理的機能を実行するように各々構成された複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することであって、複数のコントローラの各々が、プロセスを制御するために、複数のフィールドデバイスに対応する同じ制御モジュールを実行するように構成されている、伝達することと、制御モジュールを特定の時間間隔で実行するために複数のコントローラのうちの 1 つを選択することと、選択されたコントローラによって、特定の時間間隔の間、制御モジュールに従って複数のフィールドデバイスに制御信号を選択されたコントローラによって伝達することと、を含む、方法。

30

【 0 0 7 9 】

1 6 . コントローラファームが、温度制御エリアに配置されている、態様 1 5 に記載の方法。

【 0 0 8 0 】

1 7 . 複数のフィールドデバイスが、第 1 の複数のフィールドデバイスであり、複数のコントローラの各々は、第 1 の複数のフィールドデバイスに対応する第 1 の制御モジュール及び第 2 の複数のフィールドデバイスに対応する第 2 の制御モジュールを実行するために構成され、第 1 の制御モジュールを特定の時間間隔で実行するために第 1 のコントローラを選択することと、第 1 のコントローラによって、特定の時間間隔の間、第 1 の制御モジュールに従って第 1 の複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することと、第 2 の制御モジュールを特定の時間間隔で実行するために第 2 のコントローラを選択することと、第 2 のコントローラによって、特定の時間間隔の間、第 2 の制御モジュールに従って第 2 の複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することと、をさらに含む、態様 1 5 または態様 1 6 のいずれか 1 つに記載の方法。

40

【 0 0 8 1 】

1 8 . 第 1 の複数のフィールドデバイス及び第 2 の複数のフィールドデバイスが同じプ

50

ロセスプラント内に配置されている、態様 15 ~ 17 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 8 2 】

19. 第 1 の複数のフィールドデバイス及び第 2 の複数のフィールドデバイスが異なるプロセスプラント内に配置されている、態様 15 ~ 18 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 8 3 】

20. 別の時間間隔で、第 1 のコントローラが第 1 の制御モジュールを実行せず、第 2 のコントローラによって、別の時間間隔の間、第 1 の制御モジュールに従って第 1 の複数のフィールドデバイスに制御信号を伝達することをさらに含む、態様 15 ~ 19 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 8 4 】

21. 第 2 のコントローラによって、第 1 の制御モジュールに対応する冗長モジュールを実行することをさらに含む、態様 15 ~ 20 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 8 5 】

22. 選択されたコントローラによって、プロセスに対応する構成データ、連続データ、及びイベントデータのうちの少なくとも 1 つを含むプロセスに対応するデータを取得及び記憶することをさらに含む、態様 15 ~ 21 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 8 6 】

23. 複数のコントローラに通信可能に連結されたコンピューティングデバイスが特定の時間間隔で制御モジュールを実行するためにコントローラを選択する、態様 15 ~ 22 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 8 7 】

24. コンピューティングデバイスによって、複数のコントローラの各々からロード、帯域幅、及び利用可能なメモリの指標を取得することと、各コントローラのロード、帯域幅、または利用可能なメモリのうちの少なくとも 1 つに従って複数のコントローラに制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールを割り当てることと、をさらに含む、態様 15 ~ 23 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 8 8 】

25. コンピューティングデバイスがコントローラファーム内の複数のコントローラのうちの 1 つである、態様 15 ~ 24 のいずれかに記載の方法。

【 0 0 8 9 】

26. プロセス制御システムにおいて制御モジュールのロードをバランシングするための方法であって、プロセス制御システム内で物理的機能を実行するように構成されたフィールドデバイスに提供される制御信号を介して、プロセス制御システムでプロセスを制御する複数の制御モジュールを取得することと、フィールドデバイスに通信可能に連結されたコントローラファームの複数のコントローラの各々から可用性メトリックを取得することと、可用性メトリックに基づいて特定の時間間隔でそれぞれの制御モジュールを実行するために複数のコントローラのうちの 1 つに複数の制御モジュールの各々を割り当てることと、を含む、方法。

【 0 0 9 0 】

27. 複数のコントローラのうちの 1 つに可用性メトリックを取得することは、コントローラのロード、帯域幅、及び利用可能なメモリの指標に基づいて可用性メトリックを識別することを含む、態様 26 に記載の方法。

【 0 0 9 1 】

28. 可用性メトリックに基づいて特定の時間間隔でそれぞれの冗長モジュールまたはビッグデータモジュールを実行するために複数のコントローラのうちの 1 つに 1 つ以上の冗長モジュール及び 1 つ以上のビッグデータモジュールの各々を割り当てることと、をさらに含む、態様 26 または態様 27 のいずれか 1 つに記載の方法。

【 0 0 9 2 】

29. 冗長モジュール、及びビッグデータモジュールの各々に優先レベルを割り当てることと、割り当てられた優先レベルに従って制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールを実行することと、を含む、方法。

10

20

30

40

50

グデータモジュールを順位付けすることと、をさらに含む、態様 26～28 のいずれかに記載の方法。

【0093】

30. 制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールが、それぞれの順位の順番で、複数のコントローラに割り当てられ、最高順位の制御モジュール、冗長モジュール、またはビッグデータモジュールが最初に割り当てられる、態様 26～29 のいずれかに記載の方法。

【0094】

31. 1つ以上のプロセッサと、1つ以上のプロセッサに連結されており、内部に命令を記憶させた非一時的コンピュータ可読媒体であって、命令が、1つ以上のプロセッサによって実行されたとき、コンピューティングデバイスに、プロセス制御システム内で物理的機能を実行するように構成されたフィールドデバイスに提供される制御信号を介してプロセス制御システムでプロセスを制御する複数の制御モジュールを取得させ、複数のフィールドデバイスに通信可能に連結されたコントローラファームの複数のコントローラの各々から可用性メトリックを取得させ、可用性メトリックに基づいて特定の時間間隔でそれぞれの制御モジュールを実行するために複数のコントローラのうちの1つに複数の制御モジュールの各々を割り当てさせる、非一時的コンピュータ可読媒体と、を備える、プロセス制御システムのコンピューティングデバイス。

10

【0095】

32. 複数のコントローラのうちの1つに可用性メトリックを取得するために、命令がコンピューティングデバイスにコントローラのロード、帯域幅、及び利用可能なメモリの指標に基づいて可用性メトリックを識別させる、態様 31 に記載のコンピューティングデバイス。

20

【0096】

33. 命令がさらに、コンピューティングデバイスに、可用性メトリックに基づいて特定の時間間隔でそれぞれの冗長モジュールまたはビッグデータモジュールを実行するために複数のコントローラのうちの1つに1つ以上の冗長モジュール及び1つ以上のビッグデータモジュールの各々を割り当てさせる、態様 31 または態様 32 のいずれか1つに記載のコンピューティングデバイス。

30

【0097】

34. 命令がさらに、コンピューティングデバイスに、制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールの各々に優先レベルを割り当てさせ、割り当てられた優先レベルに従って制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールを順位付けする、態様 31～33 のいずれかに記載のコンピューティングデバイス。

【0098】

35. 制御モジュール、冗長モジュール、及びビッグデータモジュールが、それぞれの順位の順番で、複数のコントローラに割り当てられ、最高順位の制御モジュール、冗長モジュール、またはビッグデータモジュールが最初に割り当てられる、態様 31～34 のいずれかに記載のコンピューティングデバイス。

40

【0099】

36. コンピューティングデバイスがコントローラファーム内の複数のコントローラのうちの1つである、態様 31～35 のいずれかに記載のコンピューティングデバイス。

【0100】

加えて、本開示の先の態様は、単に例示的なものであり、本開示の範囲を限定することを意図しない。

【0101】

以下の追加の検討事項が、上記の考察に適用される。本明細書全体を通して、任意のデバイスまたはルーチンによって実行されるものとして記載された動作は、機械可読命令に従ってデータを操作または変換するプロセッサの動作またはプロセスを概して指す。機械可読命令は、プロセッサに通信可能に連結されたメモリデバイス上に記憶され、それから

50

取得され得る。すなわち、本明細書に記載された方法は、コンピュータ可読媒体上に（例えば、メモリデバイス上に）記憶された機械実行可能命令のセットによって具現化され得る。命令は、対応するデバイス（例えば、オペレータワークステーション、コントローラ、制御マネージャ、UIデバイス等）の1つ以上のプロセッサによって実行されたとき、プロセッサに方法を実行させる。命令、ルーチン、モジュール、プロセッサ、サービス、プログラム、及び／またはアプリケーションが、コンピュータ可読メモリ上またはコンピュータ可読媒体上に記憶または保存されるとして本明細書において言及される場合、「記憶（stored）」及び「保存（saved）」という語は、一時的信号を除外することが意図される。

【0102】

10

さらに、「オペレータ（operator）」、「従業員（personnel）」、「人物（person）」、「ユーザ（user）」、「技術者（technician）」、「エンジニア（engineer）」という用語、及び同様の他の用語が、本明細書で記載されたシステム、装置、及び方法を使用またはそれらと相互作用し得るプロセスプラント環境内的人物を記載するために使用されるが、これらの用語は、限定を意図するものではない。特定の用語が説明で使用される場合、用語は、一部において、プラント従業員が従事する従来の活動に起因して使用されるが、特定の活動に従事し得る従業員を限定することを意図しない。

【0103】

20

加えて、本明細書を通して、複数の事例は、単一の事例として記載された構成要素、動作、または構造を実装し得る。1つ以上的方法の個々の動作が別個の動作として例示及び記載されたが、個々の動作のうちの1つ以上が同時に実行されてもよく、例示された順序で動作が実行される必要はない。例示的な構成内で別個の構成要素として提示された構造及び機能は、組み合わされた構造または構成要素として実装されてもよい。同様に、単一構成要素として提示された構造及び機能は、別個の構成要素として実装されてもよい。これらの及び他の変形、修正、追加、及び改善は、本明細書の主題の範囲内にある。

【0104】

別途特に記載されない限り、「処理すること（processing）」、「コンピューティングすること（computing）」、「計算すること（calculating）」、「判定すること（determining）」、「識別すること（identifying）」、「提示すること（presenting）」、「提示されること（causing to be presented）」、「表示させること（causing to be displayed）」、「表示すること（displaying）」等のような語を使用する本明細書の考察は、1つ以上のメモリ（例えば、揮発性メモリ、不揮発性メモリ、もしくはそれらの組み合わせ）、レジスタ、または情報を受信、記憶、送信、もしくは表示する他の機械構成要素内の物理（例えば、電気、磁気、生体、もしくは光）量として表されたデータを操作または変換する機械（例えば、コンピュータ）の動作またはプロセスを指し得る。

30

【0105】

40

ソフトウェアに実装される場合、本明細書に記載されるアプリケーション、サービス、及びエンジンはいずれも、コンピュータもしくはプロセッサのRAMもしくはROM等における磁気ディスク、レーザディスク、固体メモリデバイス、分子メモリストレージデバイス、または他の記憶媒体等の、任意の有形の非一時的コンピュータ可読メモリに記録され得る。本明細書に開示される例示的システムは、他の構成要素の中でも、ハードウェア上で実行されるソフトウェア及び／またはファームウェアを含むように開示されているが、そのようなシステムは単に例示的であるに過ぎず、限定的であるとみなされるべきではないことに留意されたい。例えば、これらのハードウェア、ソフトウェア、及びファームウェア構成要素のうちのいずれかまたは全てが、ハードウェアにのみ、ソフトウェアにのみ、あるいはハードウェア及びソフトウェアの任意の組み合わせで、埋め込まれ得ることが企図される。したがって、当業者は、提供された例がこのようなシステムを実装する唯

50

ーの方式ではないことを容易に理解するであろう。

【0106】

したがって、本発明は具体的な例に関して記載されてきたが、これらの例は例解的であるに過ぎず、本発明の限定であることを意図せず、変更、追加、または削除が、本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく、開示される実施形態に対して行われ得ることが当業者には明らかであろう。

【0107】

ある用語が、本特許において、「本明細書では...を意味するように定義される (As used herein, the term '_____ is hereby defined to mean . . .)」という文、または同様の文を使用して明確に定義されない限り、その用語の意味を、その平易または通常の意味を超えて明確にあるいは暗示的に限定することは意図されていないことが理解されるべきであり、かつそのような用語は、本特許の任意の項においてなされた任意の言明に基づいて（請求項の文言を除く）、範囲が限定されると解釈されるべきではない。本特許の最後で請求項内に記載された任意の用語が単一の意味と矛盾しない様式で本特許内において参照されるという点で、それは、読み手を混乱させないために単に明瞭化のためになされ、このような請求項の用語が、示唆またはその他の点で、その単一の意味に限定されることを意図するものではない。最後に、請求項要素が、任意の構造の詳説なしに、「手段 (means)」という語及び機能を列記することによって定義されていない限り、いかなる請求項要素の範囲も、35 U. S. C. § 112 (f) 及び / または旧法 35 U. S. C. § 112 第 6 段落の適用に基づいて解釈されることは意図されていない。

10

20

【0108】

さらに、上記の文章は多くの異なる実施形態の詳細な説明を明らかにしたが、本特許の範囲が本特許の最後に明らかにされる請求項の語によって定義されることが理解されるべきである。詳細な説明は、単に例示的なものとして解釈されるべきであり、全ての可能な実施形態を説明することは、不可能ではない場合でも非現実的であるので、全ての可能な実施形態を説明するものではない。多くの代替的実施形態が、現在の技術または本特許の出願日の後に開発された技術のいずれかを使用して実装され得るが、これらは、依然として請求項の範囲内に収まるであろう。

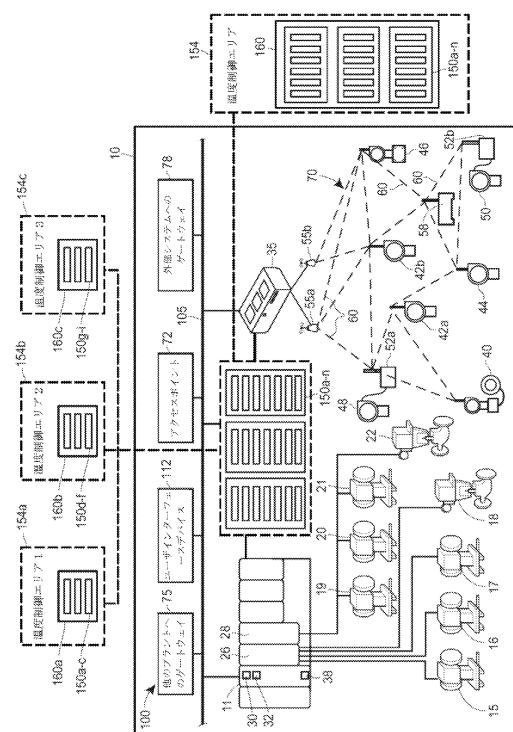
30

40

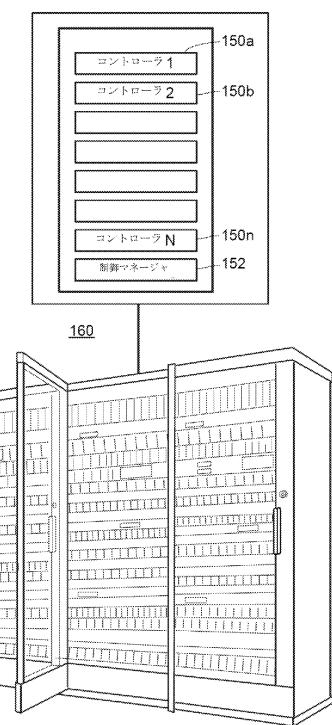
50

【四面】

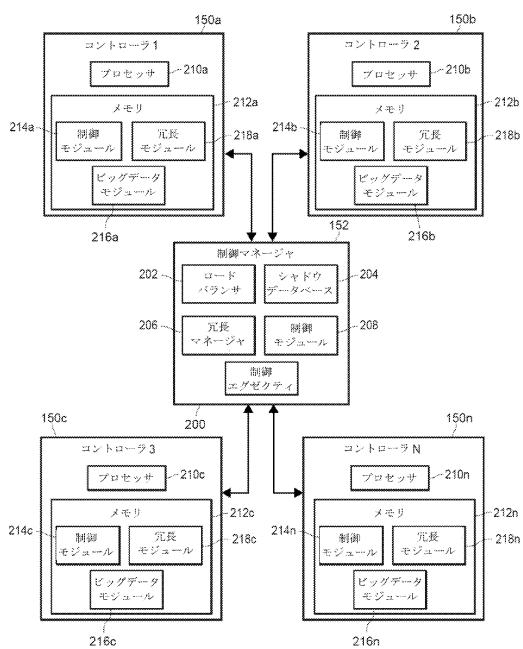
【図 1 A】



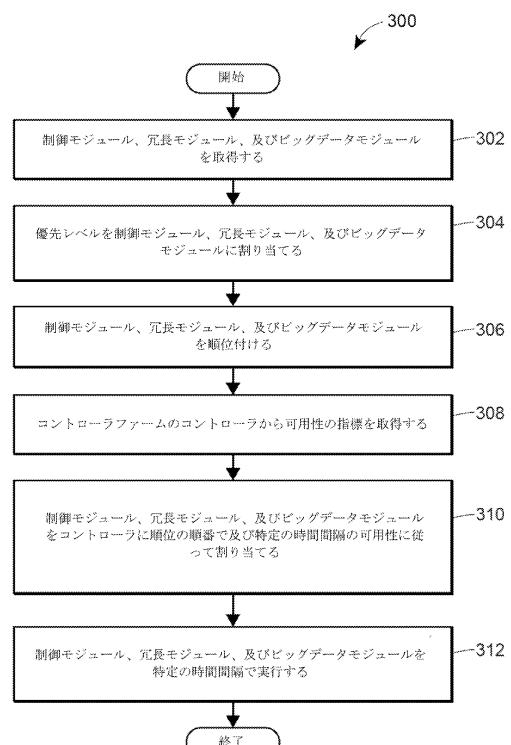
【図1B】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 ケント エー. バール
アメリカ合衆国 テキサス 78681 ラウンド ロック オークランズ ドライブ 1132

(72)発明者 デビッド アール. デニソン
アメリカ合衆国 テキサス 78726 オースチン インディゴ ブラッシュ ドライブ 9705

(72)発明者 ゴッドフリー アール. シエリフ
アメリカ合衆国 テキサス 78717 オースチン ウエスト ドーマン ドライブ 16410

(72)発明者 ゲーリー ロウ
アメリカ合衆国 テキサス 78633 ジョージタウン ミシェル コート 110

(72)発明者 ブランドン ヒエブ
アメリカ合衆国 テキサス 78613 セダー パーク ページデール ドライブ 1408

(72)発明者 デヴィッド エム. スミス
アメリカ合衆国 テキサス 78664 ラウンド ロック ベルヴェディア プレイス 1656

審査官 藤崎 詔夫

(56)参考文献 特開昭60-011901(JP, A)
特開2013-246584(JP, A)
米国特許出願公開第2017/0097617(US, A1)
米国特許出願公開第2016/0020987(US, A1)
国際公開第2016/129075(WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl. , DB名)
G 05 B 23 / 02