

(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2009-64438

(P2009-64438A)

(43) 公開日 平成21年3月26日(2009.3.26)

(51) Int.Cl.
G05B 23/02 (2006.01)F I
G05B 23/02テーマコード (参考)
5H223

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 34 頁)

(21) 出願番号 特願2008-223363 (P2008-223363)
 (22) 出願日 平成20年9月1日(2008.9.1)
 (31) 優先権主張番号 11/850,810
 (32) 優先日 平成19年9月6日(2007.9.6)
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. レーザーディスク

(71) 出願人 594120847
 フィッシャー・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 78759 テキサス
 オースティン リサーチ パーク プラザ
 ビルディング 111 リサーチ ブル
 ーバード 12301
 (74) 代理人 100079049
 弁理士 中島 淳
 (74) 代理人 100084995
 弁理士 加藤 和詳
 (74) 代理人 100085279
 弁理士 西元 勝一

最終頁に続く

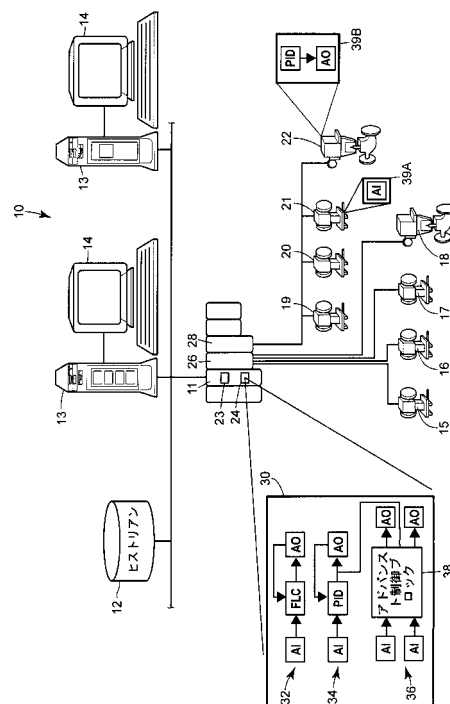
(54) 【発明の名称】 プロセス監視システム、プロセス監視方法およびデータ伝送方法

(57) 【要約】

【課題】 プロセスにおけるパラメータを監視する。

【解決手段】 プロセスにおけるパラメータを監視する方法と装置によって、監視対象パラメータを例えば監視アプリケーションに伝送する際の消費電力と帯域幅要件が低下する。特に、最後に行われたパラメータの通信以降に、測定または計算されたパラメータと、最も最近伝送された値との間の違いが限界を越えた時だけ、または、最後に行われたパラメータの通信からの時間が事前に設定されているリフレッシュ周期を越えた時だけに、新しい監視パラメータ値が伝送される。パラメータを伝送するかどうかに関する決定は、工学単位値または生の(未処理・未変換の)値に適用できる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

通信ネットワークと、
通信ネットワークに通信可能に接続された第 1 の装置に設けられている監視アプリケーションと、

通信ネットワークに通信可能に接続されたプロセス制御装置と、
を備えるプロセスを監視するためのシステムであり、
該プロセス制御装置が、
監視の対象となっているパラメータ用に一連の値を取得するように動作する処理装置を含み、

差信号を作成するために監視対象の信号が前回に監視アプリケーションに伝送された理由であるところの該監視対象のパラメータの前の値に対して該監視対象のパラメータの新しい値を比較し、

該差信号を差閾と比較して、

監視対象パラメータの新規値を示すさらなる監視対象信号を、差信号が差閾を越えた場合に通信ネットワークを介して監視アプリケーションに伝送する、
ことを特徴とするシステム。

【請求項 2】

プロセス制御装置の処理装置が、

さらに現在の時間と監視アプリケーションに前回伝送された監視対象信号に関連する時間との間の時間差を計算するように動作し、

その時間差を時間閾値と比較して、

たとえ差信号が差閾を越えなくとも時間差が時間閾値を越えた場合に、監視対象パラメータの新規値を示すさらなる監視対象信号を、通信ネットワークを介して監視アプリケーションに伝送する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

プロセス制御装置の処理装置が、

さらに現在の時間と監視アプリケーションに前回伝送された監視対象信号に関連する時間との間の時間差を計算するように動作し、

その時間差を時間閾値と比較して、

たとえ差信号が差閾を越えなくとも時間差が時間閾値を越えた場合に、通信ネットワークの作動可能性（オペラビリティ）を示す心拍信号を、通信ネットワークを介して監視アプリケーションに伝送する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 4】

監視対象パラメータの新規値および監視対象パラメータの前回値が原単位にて表されることを特徴とし、且つ

差信号が差閾を越えた場合にプロセス制御装置の処理装置が監視対象パラメータの新規値を新しい単位基準に変換することを特徴とし、且つ

監視対象パラメータの新規値を示すさらなる監視対象の信号に、新しい単位基準に変換された監視対象パラメータの新規値が含まれることを特徴とする、

請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 5】

監視対象パラメータの新規値および監視対象パラメータの前回値が、原単位で表わされることを特徴とし、且つ、

プロセス制御装置の処理装置が、監視対象パラメータの新規値を示すさらなる監視対象の信号を通信ネットワークを介して監視アプリケーションに送信する場合にだけ、監視対象パラメータの新規値を新しい単位基準に変換することを特徴とする、

請求項 1 に記載のシステム。

10

20

30

40

50

【請求項 6】

プロセス制御装置がフィールド装置であることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

プロセス制御装置がセンサであり、そして監視対象パラメータは、測定されたプロセス変数であることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

プロセス制御装置には、複数の入力を使用して変数値を計算するコンピュータ処理ユニットが含まれることを特徴とし、且つ、

監視対象パラメータが、その計算された変数値であることを特徴とする、

請求項 1 に記載のシステム。

10

【請求項 9】

複数の入力の一つが、測定されたプロセス変数であることを特徴とする請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

通信ネットワークがワイヤレス通信ネットワークであることを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 11】

処理装置が、監視対象パラメータ用に、監視対象パラメータの規則的に時間間隔をあけた (regularly spaced-in-time) 一式の値として一連の値を取得することを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

20

【請求項 12】

監視対象の信号用の値を複数回取得することと、

初回に収集された監視対象信号の値と、前回信号が通信ネットワークを介してモニタリングユニットに伝送された理由であるところの監視対象信号の値との間の違いを示す差信号を計算することと、

差信号を差閾と比較することと、

初回収集された監視対象信号の値を示す信号を、差信号が差閾を越えた場合に通信ネットワークを介して監視ユニットに伝送することと、

を含む、プロセスを監視する方法。

30

【請求項 13】

差信号が差閾を越えた場合に、初回収集された監視対象信号の値を示す信号を生成すべく、初回収集された監視対象信号の値を、監視対象信号を表す原単位から工学単位に変換することをさらに含む請求項 12 に記載の方法。

【請求項 14】

初回収集された監視対象信号の値を示す信号の伝送には、初回収集された監視対象信号の値を示す信号を、ワイヤレス通信チャネルを介して監視ユニットにワイヤレス方式で伝送することが含まれることを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 15】

通信ネットワークを介して監視ユニットに前回伝送された監視対象信号の値を示す信号に関連する経過時間をトラッキング (追跡) することと、

40

経過時間を時間閾値と比較することと、

差信号が差閾を越えなくとも経過時間が時間閾値より大きい場合に、初回収集された監視対象信号の値を示す信号を、通信ネットワークを介して監視ユニットに伝送することと、

をさらに含む請求項 12 に記載の方法。

【請求項 16】

監視対象信号用に値を複数回取得することには、計算されたデータ値を該複数回の各々にて取得することが含まれることを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 17】

50

初回に収集された監視対象信号の値と、前回信号が通信ネットワークを介してモニタリングユニットに伝送された理由であるところの監視対象信号の値との間の違いを示す差信号を計算することには、初回収集された監視対象信号の値と、前回監視ユニットに伝送された監視対象信号の値とを原単位で表わされたものとして比較することが含まれる、ことを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 18】

監視対象信号用に値を複数回取得する同じフィールド装置内で第 2 の監視対象信号用に値を第 2 の複数回取得することと、

初回収集された第 2 の監視対象信号の値と、信号が通信ネットワークを介して監視ユニットに前回伝送された理由である第 2 の監視対象信号の値との間の違いを示す第 2 の差信号を計算することと、

第 2 の差信号を第 2 の差閾と比較することと、

初回収集された第 2 の監視対象信号の値を示す第 2 の信号を、第 2 の差信号が第 2 の差閾を越えた場合に通信ネットワークを介して監視ユニットに伝送することと、

をさらに含む請求項 12 に記載の方法。

【請求項 19】

初回に収集された監視対象信号の値と、前回信号が通信ネットワークを介してモニタリングユニットに伝送された理由であるところの監視対象信号の値との間の違いを示す差信号を計算することには、初回収集された監視対象信号の値と、工学単位で監視ユニットに前回伝送された監視対象信号の値とを比較することが含まれることを特徴とする請求項 12 に記載の方法。

【請求項 20】

プロセスパラメータを複数回の各々で測定することと、

複数回のうち最近の一回における測定されたプロセスパラメータの絶対値 (magnitude) と、複数回の前回の一回における測定されたプロセスパラメータの絶対値との間の違いを示す差信号を計算することと、

差信号を差閾と比較することと、そして

差信号が差閾より大きな場合には、複数回のうち最近の一回における測定されたプロセスパラメータの絶対値を異なる単位基準に変換して、該変換された複数回のうち最近の一回における測定されたプロセスパラメータの絶対値を、通信ネットワークを介して監視ユニットに伝送することと、

を含む、プロセスを監視する方法。

【請求項 21】

変換された複数回のうち最近の一回における測定されたプロセスパラメータの絶対値を監視ユニットに伝送することには、変換された複数回のうち最近の一回における測定されたプロセスパラメータの絶対値を監視ユニットにワイヤレス通信ネットワークを介して伝送することが含まれる、ことを特徴とする請求項 20 に記載の方法。

【請求項 22】

複数回のうち最近の一回における測定されたプロセスパラメータの絶対値を異なる単位基準に変換することには、該プロセスパラメータの絶対値を、プロセスパラメータの物理的な性質を示す工学単位で表わされた絶対値に変換することが含まれる、ことを特徴とする請求項 21 に記載の方法。

【請求項 23】

複数回の最近の一回に係るプロセスパラメータに関連する時間と、監視ユニットに伝送されたプロセスパラメータの前回の交換済み絶対値に関連する時間との間の経過時間をトラッキング (追跡) することと、

経過時間を時間閾値と比較することと、

そして、経過時間が時間閾値より大きい場合には、

(1) 複数回の最近の一回におけるプロセスパラメータの絶対値を異なる単位基準に変換することと、

10

20

30

40

50

(2) 複数回の最近の一回におけるプロセスパラメータの変換済み絶対値を、通信ネットワークを介して監視ユニットに伝送することと、
をさらに含む請求項22に記載の方法。

【請求項24】

複数回の最近の一回に係るプロセスパラメータに関連する時間が、該複数回の最近の一回に係るプロセスパラメータが測定される時間であることを特徴とし、且つ、

監視ユニットに伝送されたプロセスパラメータの前回の变換済み絶対値 (magnitude) に関連する時間が、該プロセスパラメータの前回の变換済み絶対値 (magnitude) に関連するプロセスパラメータが測定される時間であることを特徴とする、請求項23に記載の方法。

10

【請求項25】

プロセス工場内のデータをワイヤレス方式で伝送する方法であり、

プロセス工場内において一つ又は複数のパラメータ値を複数回監視することと、

該複数回の各々に関連する解析結果を生成すべく、一つ又は複数の監視対象パラメータ値を使用して分析を実行することと、

複数回の最初の一回に関連する解析結果の値と、ワイヤレス通信ネットワークを介して監視ユニットに一つ又は複数の分析信号が前回伝送された理由であるところの複数回の前回の一回に関連する解析結果の値との間の違いを示す差信号を計算することと、

複数回の最初の一回の分析に関連する分析信号の一つ又は複数、差信号に基づきワイヤレス通信ネットワークを介して送信するかどうかを決定することと、

20

を含む方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、概してプロセス監視システムに関し、より具体的には、プロセス監視システムにおけるワイヤレスの且つ又は非周期的な制御通信の伝送および処理に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、化学薬品の処理工程や石油精製またはその他の処理工程において使用されるようなスケラブルなプロセス制御システムまたは分散型プロセス制御システムなどのプロセス制御システムは一つ又は複数のプロセスコントローラを含み、該一つ又は複数のプロセスコントローラは、お互いに、また、少なくとも一つのホストまたはオペレーターワークステーションに対して、そしてアナログバスやデジタル・バスまたはアナログ・デジタル混在バスを介して一つ又は複数のフィールド装置に対して通信可能に連結される。フィールド装置は、例えば、バルブ、バルブ・ポジショナ、スイッチおよびトランスミッタ（例えば、温度、圧力、流量センサ）などでありえ、バルブの開閉や工程パラメータの測定などのプロセス内における機能を行う。プロセスコントローラは、フィールド装置により生成されたプロセス計測且つ又はフィールド装置に関するその他の情報を示す信号を受信し、制御ルーチンを実施するためにこの情報を使用して、プロセス制御システムの動作を制御すべくバスを通してフィールド装置に送信される制御信号を生成する。一般に、フィールド装置およびコントローラからの情報はオペレーターワークステーションにより実行される一つ又は複数のアプリケーションで利用できるようになっており、それによりオペレータが、工程の現状表示や工程の動作の修正変更など、工程に関する所望の機能を実行できるようになる。

30

40

【0003】

プロセス制御システムのなかには、本社をテキサス州オースティン市に有するエマソン・プロセスマネジメント社 (Emerson Process Management) により販売される Delta V (登録商標) システムなど、制御且つ又は監視動作を実行すべくコントローラ内または異なるフィールド装置内に設けられている機能ブロックまたはモジュールと呼ばれる機能ブロックの諸集団を使用するものもいくつか存在する。この

50

ような場合、コントローラまたはその他の装置は、それぞれ（同じ装置内、または異なる装置内のいずれかに備えられる）その他の機能ブロックから入力を受け取ったり、且つ又はそれらに出力を提供したりする一つ又は複数の機能ブロックまたはモジュールを含む、または実行することができ、それによって、プロセスパラメータの測定または検出や、装置の監視、装置の制御、または比例・微分・積分（PID）制御ルーチンの実施などをはじめとする制御操作の実行など、何らかのプロセスに関連した操作を実行する。一般に、プロセス制御システム内の異なる機能ブロックおよびモジュールは、一つ又は複数のプロセス制御ループを形成するために（例えば、バスを通じて）お互いに通信するように構成される。

【0004】

10

通常、プロセスコントローラは、例えば流量制御ループや温度制御ループまたは圧力制御ループなどのプロセスに対して定義されている又はプロセス内に含まれている複数の異なるループの各々に対して異なるアルゴリズム、サブルーチンまたは制御ループ（これらは全て制御ルーチン）を実行するようにプログラムされている。一般的に言って、このような制御ループの各々には、アナログ入力（AI）機能ブロックなどの一つ又は複数の入力ブロック、比例・積分・微分（PID）またはファジー論理制御機能ブロックなどの単一出力制御ブロック、およびアナログ出力（AO）機能ブロックなどの出力ブロックが含まれている。制御ルーチンおよび、このようなルーチンを実施する機能ブロックは、PID制御やファジー論理制御、およびスミス予測器（Smith Predictor）またはモデル予測制御（MPC：Model Predictive Control）などのモデルを基盤とした技法をはじめとする様々な制御技法に準じて構成されている。

20

【0005】

ルーチンの実行をサポートするために、一般の工場施設またはプロセス工場では、一つ又は複数のプロセスコントローラおよびプロセスI/Oサブシステムと通信可能に接続され且つ、それを通じて一つ又は複数のフィールド装置に接続されている集中制御室を備えている。従来では、アナログ・フィールド装置が、信号伝送と電力供給の両方を行うために、二線式または四線式の電流ループによってコントローラに接続されていた。制御室に信号を伝送するアナログ・フィールド装置（例えば、センサまたはトランスミッタ）は、電流ループを流れる電流を変調し、感知されたプロセス変数に対して該電流が比例するものとなるようにする。一方、制御室からの制御の下に所定の処置を実行するアナログ・フィールド装置は、該ループを通じて電流の絶対値（magnitude）により制御される。

30

【0006】

つい最近になって、フィールド装置は、アナログ信号を伝送するために使用される電流ループの上にデジタルデータを重畳するようになった。例えばHART（Highway Addressable Remote Transducer）プロトコルは、アナログ信号を送受信するためにループ電流の絶対値を使用するが、さらに、双方向フィールド通信をスマートフィールド機器と行えるようにするために電流ループ信号上にデジタル搬送波信号を重畳する。一般にFOUNDATION（登録商標）フィールドバス・プロトコルと呼ばれる別のプロトコルは、ネットワークに連結されたフィールド装置に電力を供給するとともに31.25キロビット/秒に至る速度でデータの転送をサポートする下位プロトコルと、フィールド装置に電力を全く提供せずに2.5メガビット/秒に至る速度でデータ転送をサポートする別の下位プロトコルの二つの下位プロトコルを定義する。これらのタイプの通信プロトコルでは、通常全てが本質的にデジタル入力性質であるところの(digital in nature)スマートフィールド装置が、複数の保守保全モードおよび、旧式の制御システムにより提供されないような拡張機能をサポートする。

40

【0007】

データの転送量が増大するとともに、フィールド装置がお互いに、コントローラに、さらにはプロセス制御システムまたはプロセス工場内のその他のシステムまたは装置に、通信可能に連結される方法が、プロセス制御システム設計において特に重要な要素の一つに

50

なる。概して、フィールド装置をプロセス制御システム内で機能できるようにする様々な通信路、リンクおよび経路は、一般に入出力（I/O）通信ネットワークと総称される。

【0008】

I/O通信ネットワークを実施するのに使用される通信ネットワークのトポロジ（接続形態）および物理接続または経路が、フィールド装置通信のロバスト性（頑強性）またはインテグリティ（一貫性）に実質的な影響を及ぼす可能性がある。これは、ネットワークが有害な環境要因または苛酷な条件にさらされるような場合に特に該当する。これらの因子および条件は、一つ又は複数のフィールド装置やコントローラなどの間で行われる通信のインテグリティ（一貫性）を妥協する可能性がある。通常、監視アプリケーションまたは制御ルーチンでは、ルーチンの繰返し処理の各々に対してプロセス変数の周期的な更新を要するので、コントローラとフィールド装置間の通信はこのような破裂作用(disruption)のいかなるものに対して特に敏感である。従って、制御通信は妥協され信用性を失い、結果としてプロセス制御システムの効率且つ又は収益性の低下、および設備の過剰摩耗または損傷につながるだけではなく、有害をもたらすような何らかの不具合が多数発生する可能性がある。

【0009】

従来から、プロセス制御システムにおいて使用されるI/O通信ネットワークには、ロバスト（頑強）な通信を確保する目的で配線接続式（ハードワイヤード式）のものが使用されてきた。あいにく、配線接続式ネットワークでは、様々な点で複雑になり、多くの難関問題および制限を伴う。例えば、配線接続式ネットワークの品質は、時間が経つとともに低下しうる。また、配線接続式I/O通信ネットワークをインストールするには通常高額な費用がかかる。これは、該I/O通信ネットワークが、例えば数エーカー（1エーカー＝約4047平方メートル）の敷地を占めるような石油精製工場または化学プラントなど広面積にわたって分散される大型工場または工業用施設に関連する場合に特に該当する。配線を長距離にわたって引き回す必要があり、この作業を行うには一般に相当量の労力と材料および費用が必要となり、また、配線の電気抵抗や電磁妨害による信号劣化を招きうる。これらの理由、およびその他の理由で、一般に配線接続式のI/O通信ネットワークの場合は、再構成したり、改造または更新したりするのが困難である。

【0010】

配線接続式I/Oネットワークに伴う問題のいくつかを多少なりとも解決すべく、ワイヤレスI/O通信ネットワークを使用することが提案されている。例えば、「Apparatus for Providing Redundant Wireless Access to Field Devices in a Distributed Control System（仮訳：分散型制御システム内のフィールド装置に冗長ワイヤレス・アクセスを提供するための機器）」と題される特許文献1には、配線接続式通信の使用を増補または補足するためにコントローラとフィールド装置間にワイヤレス通信を利用するシステムが開示されている。なお、該特許文献1は、参照することにより、その全開示内容をここに援用するものとする。

【0011】

あいにく、プロセス制御におけるワイヤレス通信の場合は、電力消費量が問題となりうる。フィールド装置は、I/Oネットワークから切断されるので独自の電力源を備える必要がありうる。しかるべく、フィールド装置は、電池やソーラーパワーを動力としたり、または例えば振動、熱、圧力などのエネルギー資源をとることにより動力を得たりするのでありうる。これらの装置については、データの伝送に消費されるエネルギーは、エネルギー消費総量のかなりの部分を占めることになりうる。実際にワイヤレス接続を確立し維持するために消費される電力は、被測定プロセス変数を感知または検出するために行われる手段などのフィールド装置により実行されるその他の重要な作業中に消費される電力よりも多くなる場合もありうる。

【0012】

さらに概して言えば、その他存在するものの中でも特に信頼性に対する懸念により、制御に関連する伝送のためにワイヤレス通信に依存するのは制限されていた。上述のように

、近代の監視アプリケーションおよびプロセス制御とは、最適な制御レベルを達成するためにコントローラとフィールド装置の間における信頼性の高いデータ通信に依存するものである。なおまた、通常のコントローラは、プロセスにおける厄介な逸脱を迅速に訂正すべく制御アルゴリズムを高速で実行する。望ましくない環境要因またはその他の悪条件は、このような監視および制御アルゴリズムの実行をサポートするのに必要な高速通信を邪魔するまたは妨げるような間欠妨害(intermittent interferences)を引き起こしうる。

【特許文献1】米国特許出願公開第2003/0043052号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明は、上記に鑑み、プロセス監視システム、プロセス監視方法およびデータ伝送方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0014】

本開示の一態様によると、プロセス内の計測信号を監視するのに役立つ方法には、プロセスを監視して周期的に（フィールド装置により測定されたプロセス計測値などの）プロセス計測信号を計測する手段が含まれる。サンプルとして抽出されたプロセス計測信号とプロセス計測信号の前の通信との間に経過した時間が設定されている時間（期間）を超えると、該方法は、プロセス計測信号を監視アプリケーションに対してワイヤレス方式で伝送する。場合によって、設定時間（期間）を動的に更新しうる。

【0015】

別の実施形態では、プロセス内の計測信号を監視するのに役立つ方法には、プロセスを監視し周期的に（フィールド装置により監視されたプロセス計測値などの）プロセス計測信号を測定する手段が含まれ、そのサンプルプロセス計測信号と、プロセス計測信号の前の通信に関連するサンプルプロセス計測信号との間の違いの絶対値が設定値を超えると、サンプルプロセス計測信号はワイヤレス方式で伝送される。場合によっては設定値を動的に更新したり、また別の場合には、プロセス計測値を提供する元となる装置内に設定値を事前に設定したりしうる。

【0016】

本開示の別の態様において、プロセスを監視するのに役立つ方法には、プロセスを監視して周期的にプロセス計測信号を測定し且つ、プロセス計測信号と前回伝送されたプロセス計測信号との間の違いを計算する手段が含まれる。該違いを設定値と比較し、もし該違いが設定値を超える場合には、該違いまたは測定された信号は、当該のプロセス計測信号を工学単位で示すものに変換され、監視アプリケーションにワイヤレス方式で伝送される。いくつかの事例においては、設定値を、ルックアップ表に格納または配置してもよく、また望ましい場合には、設定値を動的に更新するようにしても良い。場合によっては、プロセス計測値を提供する元となる装置において設定値を事前に構成しても良い。望ましい場合、プロセス計測値および設定値を原単位にて取得かつ格納しうる、または、その他の数量を表わすものに変換（スケーリング）しうる。

【0017】

本発明の別の態様では、プロセスを監視するためのシステムが、監視アプリケーション、ワイヤレス送信機、およびワイヤレス送信機に連結されたフィールド装置を含む。ワイヤレス送信機は、測定または算出された値を得るために該フィールド装置をサンプリングし、現在の時刻と前回の送出時刻との間に経過した時間が設定時間（期間）を超えた時に、その測定または算出された値を監視アプリケーションにワイヤレス方式で伝送する。場合によっては、該監視アプリケーションはプロセッサを含みうる、且つ又はソフトウェア・アプリケーションとして実施されうる。

【0018】

本発明の別の態様では、プロセスを監視するためのシステムが、監視アプリケーション、ワイヤレス送信機、およびワイヤレス送信機に連結されたフィールド装置を含む。ワイ

10

20

30

40

50

ヤレス送信機は、測定または算出された値でありうる値を得るためにフィールド装置からの情報をサンプリングまたは受信して、その値と前回伝送された値との間の違いの絶対値が設定限界を越えた時その値を監視アプリケーションにワイヤレス方式で伝送する。場合によっては、監視アプリケーションに値を伝送する前に、トランスミッタがその値を工学単位に変換する。場合によっては、設定限界を動的に提供または決定しうる、または、ルックアップ表またはその他の記憶装置に収納しうる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

本開示をより完全に理解するには、以下の詳述および添付の図面を参照されたい。なお図中、類似する要素については類似する参照番号で表記するようにした。

10

【0020】

ここに開示されるものは、コントローラとフィールド装置間、またはトランスミッタおよびその他の計装などフィールド装置間でのプロセス制御データの転送をサポートすべく通信、監視および制御技法を実施するプロセス制御システム、装置および方法である。開示技法は、本開示の別の態様において、一つ又は複数のプロセス制御ルーチンを実施する際に、フィールド装置により収集されたプロセス計測およびその他の情報をコントローラ（またはその他の制御要素）によって使用できるようにする。開示技法は、本開示のさらに別の態様において、フィールド装置により収集されたプロセス計測およびその他の情報を、システム監視アプリケーション用に使用できるようにする。

【0021】

20

これまでは、更新されたデータは、プロセス制御ルーチンが周期的に繰返し処理される度に確実に利用できるようにするために、規則的な時間で（または周期的に）このような計測を取得してコントローラに伝送していた。一方、開示技法は、このようなデータの伝送を非周期的に且つ又は制御実行期間より長い間隔で行うことを可能にする。結果として、開示技法は、間欠的に、信頼性を伴わずに、もしくは、低頻度で、または不規則に提供されるプロセス制御計測をサポートするのに良く適していると言える。不規則な、又は頻度が少なめの伝送の方が様々な理由で有利であり、また、プロセス制御システムまたはその環境に見られる任意数の因子、条件または態様によって不規則なまたは低頻度の伝送が生じうる。

【0022】

30

いくつかの実施形態による開示技法は、例外時のみ報告する形（Report - By - Exception）で行われるプロセス制御データ伝送が関与する（ワイヤレス通信などの）通信方式に関連して利用される。ワイヤレス通信を使用する状況や条件（コンテキスト）においては、プロセス制御データの例外報告により多くの利点をもたらされうる。例えば、電力が現場（フィールド）のトランスミッタまたはその他のフィールド装置により消費される率を下げうるので、よって、電池電力またはその他の有限供給電力を節約しうる。

【0023】

しかしながら、開示される技法は、過去の例外報告とは異なり、周期的に実行されるプロセス制御ルーチンにおいて利用されるデータ伝送をサポートする。イベントによりトリガされて提供されるデータを利用してのプロセス制御ルーチンの実行を避けるようにと以前から警告されているが、開示技法は、性能を損なうような犠牲をはらうことなく、プロセス制御ルーチンの周期的な実行を含んで実施される。さらに、開示技法は、イベントによりトリガされて、同じく性能を損なうような犠牲をはらうことなく、システム監視アプリケーションへのデータ提供をサポートする。

40

【0024】

開示技法は、ワイヤレス通信方式に良く適しており、また、しばしばワイヤレス通信方式に関連して本稿で述べられているが、特定の通信方式や状況・条件またはプロトコルのいかなるもの、あるいはプロセス制御ネットワーク、アーキテクチャ、コントローラまたはシステムのいかなるもの、もしくは監視アプリケーションのいかなるものに限定される

50

ことなく実施できるものであり、該開示技法はむしろ、プロセス制御データが制御ルーチンまたは監視サイクルの実行期間より少ない頻度で伝送されるいかなる数の（または、いかなる種類の）状況や条件において、およびいかなる所望の理由で適用されうる。但しこのような状況や条件では、望ましくない状態または悪条件が生じうるので、通信の信頼性が低下したり間欠的になったりする可能性がある。従って次の記述は、後述される低出力の又はその他のワイヤレス通信方式に限定されずに該開示技法を実施できる、との前提のもとに述べられている。

【0025】

ここで図1を参照するに、プロセス制御システム10は、データヒストリアン（履歴データツール）12に接続されているとともに（いかなるタイプのパーソナルコンピュータやワークステーションなどでありえ、それぞれ表示画面14を有する）ホスト・ワークステーションまたはコンピュータ13の一つ又は複数に接続されているプロセスコントローラ11を含んでいる。また、コントローラ11は入出力（I/O）カード26、28を介してフィールド装置15～22に接続される。データヒストリアン12は、データを格納するためのいかなる所望のタイプのメモリおよびいかなる所望のまたは周知のソフトウェア、ハードウェアまたはファームウェアを有するいかなる所望のタイプのデータ収集ユニットでありうる。データヒストリアン12は、（図1に示されるように）ワークステーション13と別に備えてもよいし、あるいはワークステーション13の一つの一部として備えても良い。コントローラ11は、一例としてエマソン・プロセスマネジメント社により販売されるDelta V（登録商標）コントローラでありえ、例えばイーサネット（登録商標）接続または他所望の通信ネットワークを介してホストコンピュータ13およびデータヒストリアン12に通信可能に接続される。また、コントローラ11は、ここにさらに詳しく記載されるような何らかの配線接続式の通信方式を用いてフィールド装置15～22にも通信可能に接続されている。いずれの場合にも、いかなる所望のハードウェア、ソフトウェアおよびファームウェアを用いて、例えば（配線接続式の場合）標準4～20mAの装置、且つ又はFOUNDATIONフィールドバス・プロトコル、HARTプロトコルなどいかなるスマート通信プロトコルに関連付けられうる方式を実施しうる。但し、図1に示される代表的な実施形態において、コントローラ11およびフィールド装置15～22間の通信は配線接続式の接続を伴っている。

【0026】

さらに概して言えば、フィールド装置15～22は、例えばセンサ、バルブ、トランスミッタ、ポジショナーなどのいかなるタイプの装置でありうる間、I/Oカード26および28は、いかなる所望の通信プロトコルまたはコントローラのプロトコルに適合するいかなるタイプのI/O装置でありうる。図1に示される実施形態において、フィールド装置15～18は、アナログ回線を通じてI/Oカード26に通信する標準4～20mA装置である間、フィールド装置19～22は、フィールドバス・プロトコル通信を使用してI/Oカード28にデジタル・バスで通信するフィールドバス・フィールド装置などのスマート装置である。もちろん、フィールド装置15～22は、将来的に開発されるであろういかなる標準またはプロトコルを含む他所望の標準またはプロトコルに適合しうる。

【0027】

コントローラ11は、メモリ24に格納された一つ又は複数のプロセス制御ルーチン（または、いかなるモジュール、ブロックまたはそのサブルーチン）を実施または監視するプロセッサ23を含む。メモリ24に格納されたプロセス制御ルーチンはその中に格納された制御ループを含みうる、またはそれと関連しうる。一般的に言って、コントローラ11は、いかなる所望の方法においてプロセスを制御すべく装置15～22、ホストコンピュータ13およびデータヒストリアン12と通信する。なお、ここに記載されるいかなる制御ルーチンまたはモジュールは複数の装置一帯に分散される様式で実施または実行される部分を有しうる。結果として、制御ルーチンまたはモジュールは、希望に応じて異なるコントローラ、フィールド装置（例えば、スマート・フィールド装置）またはその他の

装置または制御要素により実施される一部分を有しうる。同様に、プロセス制御システム 10 内で実施されることになっているここに記載される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、ハードウェアなどをはじめとするいかなる形態をとりうる。このような機能性の提供に關与するいかなる装置または要素は、それに関連するソフトウェア、ファームウェアまたはハードウェアがプロセス制御システム内のコントローラ、フィールド装置またはその他所望の装置（または、装置の集合）に配置されているかどうかに関係なく、本稿においては「制御要素」と総称される。本開示上の目的で、制御モジュールは、いかなるコンピュータ可読媒体に格納される例えばルーチン、あるいはそのブロックまたはいかなる要素を含むプロセス制御システムのいかなる一部または一部分でありうる。このような制御モジュール、制御ルーチンまたはそのいかなる一部分（例えば、ブロック）は、本稿では一般に制御要素と指称されるプロセス制御システムのいかなる要素または装置によって実施または実行しうる。例えばサブルーチンや（命令行のような）サブルーチンの諸部分など制御手順のモジュール（または、そのいかなる一部）でありうる制御ルーチンは、オブジェクト指向型プログラムの使用、ラダー論理やシーケンシャルファンクションチャートや機能ブロック図の使用、またはその他所望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（理論枠組み）の使用によって、いかなる所望のソフトウェア形式において実施しうる。同様に、例えば一つ又は複数の EPROM、EEPROM、特定用途向け集積回路（ASIC）またはその他所望のハードウェアもしくはファームウェア要素内に制御ルーチンをハードコード（決め打ち）しうる。さらにまた、図示設計ツールまたはその他いかなるタイプのソフトウェア/ハードウェア/ファームウェア・プログラミングまたは設計ツールなどをはじめとするいかなる設計ツールを使用して制御ルーチンを設計しうる。よって、いかなる所望の様態にて制御法または制御ルーチンを実施するようにコントローラ 11 を構成しうる。

10

20

30

40

50

【0028】

いくつかの実施形態において、コントローラ 11 は、一般に機能ブロックと指称されるものを使用して制御法または方式を実施する。この場合、それぞれの機能ブロックは、プロセス制御システム 10 内でプロセス制御ループを実施すべく（リンクと呼ばれる通信を介して）その他の機能ブロックと共に動作する総括制御ルーチンのオブジェクトまたはその他の部分（例えば、サブルーチン）である。機能ブロックは通常、伝送器、センサまたはその他のプロセスパラメータ測定装置に関連するところの入力機能と、PID やファジー論理などの制御を行う制御ルーチンに関連するところの制御機能、またはプロセス制御システム 10 内で何らかの物理的機能を行うために何らかの装置（バルブなど）の動作を制御する出力機能のうちの一つを行う。もちろん、ハイブリッドのものやその他のタイプの機能ブロックも存在し、それらをここに利用するようにしても良い。機能ブロックを、コントローラ 11 に格納し、またコントローラ 11 により実行するようにしても良い。これは、標準 4 ~ 20 mA 装置および HART 装置などを含む数種類のスマートフィールド装置に機能ブロックが使用されるまたは関連する場合に通常該当する事例である。その代わりとして、もしくはそれに加えて、機能ブロックは、フィールド装置自体またはプロセス制御システムのその他の制御要素に格納され、またそれにより実施されうる。（これは、フィールドバス装置を利用するシステムのような場合に該当しうる。）制御システム 10 の記述が機能ブロック制御法を使用した状態でここに提示されているが、開示技法およびシステムは、例えばラダー論理やシーケンシャルファンクションチャートなどその他の仕様を使用して、またはその他所望のいかなるプログラム言語またはパラダイム（理論枠組み）を使用しても実施または設計しうる。

【0029】

図 1 の展開ブロック 30 により示されるように、コントローラ 11 は、ルーチン 32 および 34 として示される複数の単ループ制御ルーチンを含みうるし、希望する場合は（制御ループ 36 として示される）一つ又は複数のアドバンスト制御ループを実施するようにしても良い。通常、このようなループをそれぞれ制御モジュールと呼ぶ。単ループ制御ルーチン 32 および 34 は、バルブなどのプロセス制御装置や温度・圧力伝送器などの計測

装置またはプロセス制御システム 10 内のその他の装置に関連しうる適切なアナログ入力 (A I) およびアナログ出力 (A O) 機能ブロックに接続されている単一入力 / 単一出力ファジー論理制御ブロックおよび単一入力 / 単一出力 P I D 制御ブロックをそれぞれ使用して単ループ制御を行っている状態で図示されている。アドバンスト制御ループ 36 は、一つ又は複数の A I 機能ブロックに通信可能に接続された入力および一つ又は複数の A O 機能ブロックに通信可能に接続された出力を有するアドバンスト制御ブロック 38 を含んだ状態で図示されている。但し、アドバンスト制御ブロック 38 の入力と出力については、その他のタイプの入力を受け取りその他のタイプの制御出力を提供するように、その他所望のいかなる機能ブロックまたは制御要素に接続しても良い。アドバンスト制御ブロック 38 は、いかなるタイプの多重入力および多重出力制御方式を実施しうるし、モデル予測制御 (M P C) ブロックや、ニューラルネットワーク・モデリングまたは制御ブロック、多変数ファジー論理制御ブロック、実時間最適化ブロックなどを構成しうる、または含みうる。当然のことながら、アドバンスト制御ブロック 38 を含む図 1 に示されるような機能ブロックは、コントローラ 11 により実行することができる、あるいはその代わりとしてワークステーション 13 のうちの一つまたはフィールド装置 19 ~ 22 の一つなど、プロセス制御システムのその他の処理装置または制御要素のいかなるものに設けられる、またはそれにより実行することができる。一実施例として、フィールド装置 21 および 22 は、それぞれトランスミッタとパルプでありえ、制御ルーチンを実施するための制御要素と通信のやり取りを行いうるものであり、そのために一つ又は複数の機能ブロックなど制御ルーチンの諸部分を実施するための処理用構成部分およびその他の構成部分を含んでいる。より具体的には、フィールド装置 21 は、アナログ入力ブロックに関連する論理およびデータを格納するためのメモリ 39 A を有しうる一方、フィールド装置 22 は、図示される如くアナログ出力 (A O) ブロックと通信状態にある P I D またはその他の制御ブロックに関連する論理およびデータを格納するためのメモリ 39 A を有するアクチュエータを含みうる。

10

20

30

40

50

【0030】

ここで図を参照すると、制御ループ 32、34 および 36 (およびフィールド装置 21 および 22 内に存在する機能ブロックの処理を組み込んでいるいかなる制御ループ) の各々の実施は一般に、制御ルーチンの複数回にわたる繰返し処理 40 を介して周期的に実行されるように適応される。従来の場合における繰返し処理 40 はそれぞれ、例えばトランスミッタまたはその他のフィールド装置により提供される更新済みのプロセス計測 42 にサポートされる。よって、図 2 に示されるように、周期的な実行繰返し処理 40 のそれぞれの間になされた複数のプロセス計測 42 が存在する。従来の様々なコントローラ (または制御ループ) は、測定値の制御と同期化することの制限を回避するために、2 ~ 10 倍の率で多めに計測をサンプリングするように設計されていた。このような過剰サンプリングは、プロセス計測が制御方式での使用に向けて確実に有効 (現行) であるようにする際に力強い手立てとなった。また従来の設計では、制御変動を最小化する目的で、プロセス応答時間より 4 ~ 10 倍早い速度でフィードバック制御が実行されるべきである、との旨を指定していた。これはプロセス時間定数 () (例えば、プロセス変数変化の 63%) + 階段状変化 44 がプロセス入力 (つまり制御信号) で生じた後の処理遅延 (T D) として図 2 の一番上のグラフに表されている。さらに概して言えば、プロセス応答は、プロセス出力または変数 46 の時間と共に生じる変化により示される。よって、これら従来の設計要件を満たすために、測定値のサンプリングはしばしば、図 2 に示されるように、プロセス応答時間よりはるかに速いまたは高い速度である制御実行速度よりもはるかに速い速度で行われてきた。

【0031】

一般的に言って、開示技法は、測定値 (または算出値などその他の値) をこのような高速で伝送することに対する難関に取り組むものである。例えば、また上記のように、計測に関連する感知機能性の場合には、センサまたはトランスミッタ用にさほどの供給電力を消費しないですむかもしれないが、ワイヤレス通信回線を介して測定値を伝送する場合に

は、長期にわたって使用すればやがてかなりの供給電力を消耗することになりうる。F O U N D A T I O N フィールドバス制御方式のように計測と制御実行が同期化されても、制御繰返し処理をプロセス応答より 4 ~ 1 0 倍速い速度で行うようにスケジュールを組むといった従来のアプローチでは、なおもデータ伝送中の電力消費量があまりにも多すぎる。従って、トランスミッタにより電力消費量を低下させるべく、開示技法は一般に、計測またはその他の値が通信される回数を最小化することをサポートする。

【 0 0 3 2 】

本開示の一態様によると、当該の目的を達成するために開示技法では、一般にプロセス制御システム 1 0 (特にコントローラ 1 1、および制御システム 1 0 の伝送装置やその他のフィールド装置)を、新しい計測またはその他の値を非周期的に(特定の条件が満たされた場合に)伝送するように構成する。一実施形態において、プロセス変数が事前定義された閾値以上(例えば、有意義と見なされる量)変化したかどうかに基づいて新しい測定値が伝送される。より具体的に、新しい測定値とその前最後に通信された測定値との間の違いの絶対値が指定された分解能より大きい場合は、計測が更新されるようにトリガが生成されうる。離散的な計測(オン・オフ計測、デジタル・ビット計測、または事前定義された一式の状態または離散値の一つが期待または測定されるところのその他の状態計測、など)を取り扱う場合、ある状態から別の状態への変化は一般に閾値または分解能の絶対値を越えると考えられる。

【 0 0 3 3 】

他の事例では、前述の場合のように該違いが指定された分解能を越えた時並びに前回最後の通信からの時間が事前定義されたリフレッシュ時間を越えた時新しい測定値が伝送される。言いかえると、プロセス変数の変化(例えば、制御実行繰返し処理 4 8 と 5 0 間のプロセス応答、デジタル計測の状態変化)またはデフォルト時間の経過(例えば、繰返し処理 5 2 と 5 4 との間に経過する時間)のいずれかによって計測伝送をもたらすようにしうる。例えばプロセス時間定数により示されるような、プロセスの進行が遅いか、または反応が速いかによって、更新の頻度が高頻度あるいは低頻度のいずれかである方が適しうるので、計測伝送のためのリフレッシュ(またはデフォルト)時間は制御ループによって異なりうる。場合によっては、決定については、時間定数に基づいた制御ループの同調中に行っても良く、またその後に希望に応じて調節しうる。例えば、信号の測定または送信間隔は、変数または値の測定状態に依存しうる。この場合、監視の対象となっている装置や設備またはプロセスの状態を反映するように計測の期間を調節することができる。いかなる場合も、デフォルトまたはリフレッシュ時間は、計測更新無しに時間(期間)が経過した後にインテグリティ(一貫性)チェック、またはオーバーライドとしての役割を果たす。このようなチェックは、例えば、目標へのプロセス変数の最終駆動を図るうえで有用となりうる。

【 0 0 3 4 】

その間、測定値の取得をつかさどるトランスミッタ、センサまたはその他のフィールド装置は、これまでどおりいかなる所望の速度(従来のプロセス応答時間の 4 ~ 1 0 倍など)で定期的に計測をサンプリングしうる。そのとき、開示技法は、サンプリングされた値がコントローラ 1 1 に伝送されるかどうか判断する。

【 0 0 3 5 】

図 2 に関連して説明される動作の状況や条件(コンテキスト)、および後述される代表的な実施形態には、定期的に行われる制御ルーチンが関与するが、開示技法はこのような状況・条件または用途に限定されない。いくつかの実施形態では、制御ルーチン(例えば、P I、P I D、など)が、非周期的な様式でルーチンが実行されるようにイベントによってトリガされうる。このような場合、制御ブロック(またはルーチン)の設定点とその他のパラメータ(または構成)に修正変更が加えられない限り、制御ルーチン(つまり制御信号)の出力は同じ状態を維持する。特定の用途においてはこれで十分でありうる。しかしながら、いかなる設定点変更、ゲイン・パラメータにおけるいかなる変更、または制御ブロック(つまり制御ルーチンの構成)におけるその他変更のいかなるものを含むよ

10

20

30

40

50

うに広い範囲でトリガーイベントを定義することにより、このようなイベントトリガ式の実行は、定期的に行なわれた制御ルーチンと同じ結果を提供することになる。これらの理由で、イベントトリガ式および周期制御ルーチンの両者並びにいかなるタイプの監視ルーチンと共に、開示される伝送技法を利用する。なおこの記述は、トリガーイベントが各実行時間（期間）の終了（または開始）と一致するので周期的な実行にイベントトリガ式実行形式も考慮される、という前提のもとに説明されている。

【0036】

図3は、コントローラ11の動作（さらに概して言うとも図1のプロセス制御システム10の動作）をサポートするプロセス制御データのワイヤレス通信中に消費電力を低減するために、開示技法を適用する場合の代表的な事例を表す。但し、図1および図3に示される配線接続式の接続は、開示される伝送技法のアプリケーションを利用するし、またそれによって益を得ることも可能である、ということを冒頭に述べておく。例えば、配線接続式の装置15～22の一つ又は複数は、有限電源にも依存する、もしくはデータ伝送を削減することにより益を得ることも可能である。一代表的な事例におけるサンプリング・アナライザ、または制御実行速度よりも遅い速度で計測データを提供するように設計されているその他のサンプリング・システムをシステム10に含む。

【0037】

なお、フィールド装置15～22がI/O装置26と28を介してコントローラ11に配線接続されたままである一方、複数のワイヤレス・フィールド装置60～64と71が図3に示されるプロセス制御システム10に追加されていることも、例示による説明を簡単にするためにここでさらに付け加えておく。代替的な実施形態では、一つ又は複数のフィールド装置15～22が、さらに、またはその代わりに、開示技法に従ってワイヤレス方式でコントローラ11と通信する。

【0038】

但し、図3に示される代表的な事例における開示技法は一般に、後述の如くトランスミッタ60～64またはフィールド装置71などその他の制御要素によって測定、感知、または計算されたデータのワイヤレス送信を伴う。ワイヤレス通信は、現在知られている（または将来開発される）ハードウェアやソフトウェア、ファームウェア、またはその組合せを含むいかなる所望の機器を使用して確立する。トランスミッタ60に連結され且つ専用に設けられたアンテナ65および、アンテナ67を有しトランスミッタ61～64の通信を集団的に取り扱うためのワイヤレスルータまたはその他のモジュール66をこの実施形態の代表的な機器として説明する。場合によってトランスミッタ60～64は、プロセスセンサと制御室間にリンクを一つだけ構成するし、またこのようにして制御ネットワークに正確な信号を高い信頼性で送信できるようになり、よって確実に製品の品質および流動が妥協されないようにする。したがって、しばしばプロセス変数トランスミッタ（PVT）として指称されるトランスミッタ60～64は、プロセス制御システム10において重要な役割を果たす。また、バルブとして図示されるフィールド装置71は、バルブ71の動作の一環としてバルブ71内のセンサにより生成された計測または、バルブ71により生成または計算されたその他のデータ（バルブ71内の機能ブロックFB1およびFB2により収集、計算もしくは生成されたデータを含む）を、トランスミッタおよびアンテナの72を介して監視または制御システムにワイヤレス方式で提供する。

【0039】

コントローラ11は、アンテナ73と74をそれぞれ有する一つ又は複数のI/O装置68および70をワイヤレス通信回線の受信端に有する。但し、さらに概して言えば、開示技法は、トランスミッタまたはワイヤレス機器の構成のいかなるものにも限定されることなく実施できる。例えば、コントローラ11によるものに加えてワイヤレス送信には開示される制御技法の実施を伴う。図3に示される代表的な事例において、ワイヤレス・フィールド装置71はスマート・バルブでありえ、よって、制御ルーチンまたは監視ルーチンの一部を実施するために制御要素を提供する。結果として、フィールド装置71の機能ブロックFB1とFB2は、制御ルーチンの実施中にトランスミッタ61～64

の一つ又は複数などその他のフィールド装置に存在する機能ブロックと直接に通信しうる、あるいは、コントローラ 11 内の監視プログラムまたはシステムに（またはユーザ・ワークステーション 13 のうちの一つにさえも）通信しうる。

【0040】

トランスミッタ 60 ~ 64 の各々は、一つ又は複数の制御ループまたはルーチンまたは監視ルーチンで使用するために、めいめいのプロセス変数を示すプロセス信号（例えば、流量、圧力、温度またはレベル信号）をコントローラ 11 に伝送しうる。また、フィールド装置 71 などその他のワイヤレス装置は、プロセス信号をワイヤレス方式で受信しうるし、且つ又はその他いかなるプロセスパラメータを示すその他の信号を伝送するようにも構成されうる。一般的に言って、コントローラ 11 および、フィールド装置 71 などその他のワイヤレス装置は、このようなワイヤレス通信のサポート（そして特にプロセス信号の受信）用に設けられた複数の要素を含みうる。該要素は、例えば、メモリ 24 に格納されたソフトウェア・ルーチンまたは、コントローラ 11 のどこか別のところに存在するハードウェアまたはファームウェアを含みうる、または構成しうる。いかなる場合も、ワイヤレス通信を受信する方法（例えば、復調化、復号化、など）については、いかなる所望の形式をとってもよく、よって本稿においては概要の説明のみとする。一実施例において、着信信号を処理するための通信スタック 80 を、そして着信信号が計測の更新を提供した時点を検出するためのモジュールまたはルーチンの 82 を、コントローラ 11 に含みうる。その後、検出ルーチン 82 は、通信スタック 80 を介して提供されているデータには新しい計測またはその他のタイプの値または更新が含まれていることを示すフラグまたはその他の信号を生成しうる。その後、新しいデータおよび更新フラグは、図 1 におおまかに示されるルーチンに関連して上記説明されるように、また、以下さらに詳細にわたり説明されるように実施されることになっている一つ又は複数の制御モジュール 84（または機能ブロック）に提供されうる。新しいデータおよび更新フラグは、その代わりとして、またはそれに加えて、コントローラ 11、または制御システム内のそれ以外のところで稼動する一つ又は複数の監視モジュールまたはアプリケーションに提供されうる。更新検出機能性は、機能ブロックレベルにいても実施されうるし、且つ、制御モジュール 84 に関連する一つ又は複数の機能ブロックにより提供されうる。フィールド装置 71 などその他のワイヤレス装置は、例えばその中に存在する機能ブロック（例えば、FB 1 および FB 2）の一つ又は複数によるこのような信号の受信および処理をサポートするために類似した構成部分および機能性を含みうる。

【0041】

場合によっては、I/O 装置 26、28、68 および 70 の一つ又は複数（図 1 および図 3）によって通信スタック 80 と更新検出モジュール 82 を実施しうる。さらに、更新検出モジュール 82 がその決定を行う方法には、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェアまたはそのいかなる組合せが伴いうる、且つ、プロセス変数の値を比較するのに適したルーチンのいかなるものが伴いうる。

【0042】

ワイヤレス（または他の）トランスミッタを対象に上記される通信技法は、非周期的なデータ伝送、不規則なデータ伝送、もしくは低頻度のデータ伝送をもたらす。但し、現場からコントローラ 11 への測定値の通信は従来から周期的な状態で報告を行い、それによって制御ルーチンの周期的な実行をサポートするように構造されてきた。言いかえると、制御ルーチンは一般に測定値の周期的な更新に向けて設計されており、かつそれに依存する。

【0043】

制御実行期間またはその他何らかの基準期間よりも低い頻度で生じる非周期的もしくは利用不可能な計測更新（およびその他の利用不可能な通信伝送）をまかなうために、プロセス制御システム 10 が非周期的な更新またはその他の間欠型の更新に依存できるように制御および監視のルーチンを再構成または修正変更しうる。このように、開示技法は場合によって、プロセス制御ルーチンが周期的に実行されるにもかかわらずプロセス変数計測

に対する例外報告の形式を一般にサポートする。下記の如く、開示技法は、制御ルーチンと該制御ルーチンの下流側の装置（例えば、アクチュエータ、および制御ルーチンにより生成された制御信号に応答するその他の装置または要素）との間での伝送に関する例外報告の形式も扱うまたはサポートしうる。

【 0 0 4 4 】

（例えば、 z 変換、差分方程式などを使用する）制御設計および比例・積分・微分（PID）制御などの制御ルーチンのデジタル実施形態では、制御アルゴリズムが周期的な方式で実行されるという前提が根底をなしている。計測が更新されない場合には、ルーチンの積分（またはリセット）の割り当てまたは寄与などの手段が適切でないかもしれない。例えば、最後の測定値で失効した（期限切れ）のものを使用して制御アルゴリズムが実行し続けると、その出力は、最後の測定値と設定点間のリセット同調および誤差に基づいて動き続けることになる。一方、新しい計測が通信される時のみに制御ルーチンが実行されると、被測定外乱上の設定点変更およびフィードフォワード処置に対する制御応答が遅延する可能性がある。制御ルーチンは、最後の繰返し処理からの経過時間に基づいた計算も含みうる。しかしながら、非周期的な且つ又は低頻度の計測伝送の場合、制御実行期間（つまり、最後の繰返し処理からの経過時間）に基づいたリセット寄与の計算が、プロセス変動性の増大につながりうる。

【 0 0 4 5 】

前述の難関に鑑み、測定値が周期的に更新されない場合にも正確で反応性の良い制御を提供すべく、一般にプロセス変数の更新が利用可能かどうかに基づいてプロセス制御ルーチンを修正変更するように制御技法を使用するようにしても良い。場合によって制御ルーチンを、最後の計測更新以降に期待されるプロセス応答に基づき、開示技法により再構成しうる。

【 0 0 4 6 】

開示技法の一態様により構成された制御方式の代表的な実施形態が図4に示されており、該図中、そのプロセスは一般に且つ概略的に100で示されている。代表的な制御方式は、通信スタック80、コントローラ11の構成部分102（または、要望に応じて一式構成部分）、または図3に示され、また図3に関連して説明されている更新検出モジュール82および制御モジュール84の機能性を提供するように構成されたフィールド装置（例えば、ワイヤレス・フィールド装置71）の制御要素に対応しうる。この代表的な事例において、104で概略的に示された被測定または未測定外乱の対象となりうるプロセス100を制御すべく一つ又は複数のプロセス入力またはその他の制御信号を生成するために、コントローラ11は、例えばワークステーション13（図1）の一つから、またはプロセス制御システム10内にある（またはそれと通信状態にある）その他いかなる供給源から設定点を受け取る。上述のように、プロセス入力信号（複数可）は、プロセスの動作における応答をもたらすべくパルスまたはその他いかなるフィールド装置に関連するアクチュエータを制御しうる。プロセス入力信号の変化へのプロセス応答は、トランスミッタ、センサまたは（例えば図3に示されるトランスミッタ60～64のいかなる一つに対応しうる）その他のフィールド装置106により測定または感知される。その結果、トランスミッタ106およびコントローラ11間の通信リンク（点線により図示）には、ワイヤレス接続が含まれうる。例えば、配線接続式の接続は、間欠的に利用可能である、または間欠的に動作可能である、または通信量が多い場合にその影響を受けやすいため、希望する場合には、ワイヤレス接続の代わりとして、またはそれに加えて、開示技法が有益となりうる配線接続式の接続を前記通信に含むうる。

【 0 0 4 7 】

この代表的な事例において、コントローラ11は、PI制御ルーチンなど単一の閉ループ制御ルーチンを実施する。しかるべく、制御ループは、設定点をプロセス変数データと比較するための加え合せ点108、比例ゲイン要素110、例えば比例する積分寄与を加え合わせるための別の加え合せ点112、およびハイロー（高低）リミッタ114などを含むいくつかの標準PI制御方式要素を含んでいる。開示される制御技法の本実施形態は

、制御方式の標準要素に加えて、修正変更されるフィルタ 1 1 6 を利用して、制御信号に期待されるプロセス応答の指標を提供するようにする。この代表的な事例では、該期待されるプロセス応答が一次系モデルを使用して近似され、P I 制御方式の積分寄与を決定する正帰還ループに含まれる修正変更済みのフィルタにより実現される。さらに概して言えば、制御の実施に用いられる期待プロセス応答は、プロセスのいかなるモデルにより提供されうるし、正のフィードバックループ、フィルタまたは積分またはリセット寄与への導入に限定されない。例えば、期待されるプロセス応答を提供するためにモデルを利用する制御には、制御ルーチンが P I D 制御スキームを実施するような微分寄与を導入しうる。以下、代表的なタイプの微分寄与を導入するいくつかの代表的な実施形態を図 6 ~ 図 8 を参照して説明する。

10

【 0 0 4 8 】

いかなる場合も、図 4 の修正変更済フィルタ 1 1 6 の出力は、従来からのリセットまたは積分寄与とは複数の点で異なる。その背景としては、従来からの P I コントローラはリセット寄与を決定するために正帰還ネットワークを使用して実施されうる。数学的に、従来からの実施形態の変換関数は、無制約の（すなわち、出力が制限されない）制御のための標準定式化（standard formulation）と同等のものである。

【 0 0 4 9 】

【 数 1 】

$$\frac{O(s)}{E(s)} = K_P \left(1 + \frac{1}{sT_{Reset}} \right)$$

20

この場合、

K_P = 比例ゲイン

T_{Reset} = リセット、秒

$O(s)$ = 制御出力

$E(s)$ = 制御誤差

30

正帰還ネットワークの利点の一つとしては、コントローラ出力の上限または下限が（即ちリミッタ 1 1 4 によって）制限された場合におけるリセット寄与の自動的な終了を防止することが挙げられる。

【 0 0 5 0 】

その他種々様々な制御方式を、開示技法に関連して利用しうる。例えば、図 1 に示されるように、上記される P I 制御方式をモデル予測制御（MPC）法に置き換えうる。さらに、制御方式は、コントローラ 1 1 内に実施する必要はないが、制御システム 1 0 に関連する一つ又は複数のフィールド装置またはその他の装置に存在する制御要素において実施しうる。

【 0 0 5 1 】

40

プロセス変数の非周期的な計測更新を使用することを伴う制御技法は、リセット寄与の正帰還ネットワーク（またはその他のフィルタまたはルーチン）が非周期的な更新をまかなうために修正変更される場合に使用しうる。特に、フィルタ 1 1 6（またはその他のルーチン）は、最後に計算されたフィルタ出力が新しい計測が通信される（例えば、受信される）まで維持されるように構成される。新しい計測が受信された時点で、フィルタ 1 1 6 は、最後のコントローラ出力（つまり、制御信号）および新しい測定値が通信されてきたからの経過時間に基づいて新しいフィルタ出力を計算する。この制御技法の代表的な事例を下記する。

【 0 0 5 2 】

【数 2】

$$F_N = F_{N-1} + (O_{N-1} - F_{N-1}) * \left(1 - e^{\frac{-\Delta T}{T_{Reset}}} \right)$$

この場合、

F_N = 新規フィルタ出力

F_{N-1} = フィルタ出力最終実行 = 最終新規計測後のフィルタ出力

O_{N-1} = コントローラ出力最終実行

T = 新規値が通信されてからの経過時間

このようにして、制御ルーチンは、新しい計測に基づいて制御入力を計算する際に、最後の計測伝送に対して期待されるプロセス応答を考慮する。なおまた、結果として、トランスミッタは、上記される技法のような制御実行の各々全ての繰返し処理に対して更新が提供されるときは限らない通信技法のいかなるものを実施しうる。ワイヤレス伝送を伴う通信技法に関し、この技法は、ワイヤレス送信機およびその他の装置で消費される電力の量を最小化できるようにする。

【0053】

なお、上記されるような閉ループ制御ルーチンのリセット寄与は、プロセスが定常状態の挙動を示しているかなど様々な状態においてプロセス応答の正確な表現を提供しうる。不動時間優性プロセスなどその他のプロセスは、後述のように、期待されるプロセス応答をモデルとするルーチンに付加的な構成部分を導入することを伴いうる。一次系モデルによって適切に表わされるプロセスに関しては、一般に定数のプロセス時間がPI（またはPID）コントローラの積分時間を決定するために使用される。より具体的には、積分時間をプロセス時間定数と等しく設定した場合、一般にリセット寄与は、比例する寄与を取り消し（キャンセルし）、それによって一定の時間をかけてルーチンが期待されるプロセス応答を反映するようになる。このアプローチは、プロセス時間定数と同じ時間定数を有するフィルタを有する正帰還ネットワークによりリセット寄与がもたらされる図4の代表的な実施形態に反映されている。その他のモデルを利用しても良いが、正帰還ネットワーク、フィルタまたはモデルは、周知または近似のプロセス時間定数を有するプロセスの期待される応答を決定するために便利な機構を提供する。

【0054】

例えば、開示される通信技法を伴うテストの所要時間中の通信数は96%以上削減された。非周期的な計測更新の制御性能への影響も、前記修正変更済PIアルゴリズムの使用を通じて最小化された。より具体的に、周期的な計測更新と非周期的な更新の積分絶対誤差（IAE）の比較により、制御性能の違いを下表1に示す。

【0055】

【表1】

表1－制御性能差

通信／制御	通信数	IAE
標準PIコントローラを伴う周期的通信	692	123
開示技法(修正変更済PI制御を伴う非周期的通信)	25	159

PID制御を要するプロセスについては、PID出力への微分寄与（「変化の割合」としても知られる）を、新しい計測が受信された時だけに再計算して更新するようにしても良い。このような場合においても同様に、新しい計測の最後のものからの経過時間を微分計算に使用しうる。

【0056】

図 4 に示される如く、通信スタック 8 0 および、いくつかの実施形態における更新検出モジュール 8 2 (図 3) は、修正変更済フィルタ 1 1 6 のために新規値フラグを生成すべくトランスミッタ 1 0 6 からの着信データを処理する。新しいフィルタ出力がいつ計算されるべきであるかを決定するため、またはそれをフィルタ 1 1 6 に伝えるために、修正変更済フィルタ 1 1 6 に対して新規値フラグが提供される。

【 0 0 5 7 】

ここで図 5 を参照するに、開示される制御技法に従って構成された代替的なコントローラ (または制御要素) 1 2 0 は、様々な点で図 4 のコントローラ 1 1 に類似する。よって、両方のコントローラに共通の要素については類似した参照番号にて示すことにする。但し、コントローラ 1 2 0 は、計測伝送間にて期待されるプロセス応答を決定するルーチンに付加的な要素を組み入れる。この場合、プロセスは、相当量の不動時間を有することを特徴としうるし、また結果としてユニットまたはブロック 1 2 2 が、不動時間補正用の制御装置モデルに含まれる。一般には不動時間ユニット 1 2 2 の導入によって、プロセス応答をより正確に表せるようになる。より具体的に不動時間ユニット 1 2 2 は、いかなる所望の様式において実施しても良く、また、スミス予測器またはその他周知の制御ルーチンに共通する方法を含みうるまたは利用しうる。

【 0 0 5 8 】

図 6 は、制御信号への微分 (または変化の割合の) 寄与プロセス制御ルーチンに組み入れられるという点で上記実施形態と異なる別の代替的なコントローラ (または制御要素) 1 3 0 を表す。微分寄与は、代表的な制御方式に付加的なフィードバック機構を提供し、それによって、場合によっては、比例・積分・微分 (P I D) 制御方式が実施される。

【 0 0 5 9 】

微分寄与は、積分寄与に関連して上述されるものに類似する方法でプロセス計測の非周期的なもしくは利用不可能な更新をまかなうように構成される。また、最後の計測更新からの経過時間に基づいたものとなるように微分寄与を再構成しうる。このように、微分寄与 (およびこれに伴う出力信号) のスパイク (瞬時過渡現象) は回避される。

【 0 0 6 0 】

微分寄与は、比例および積分寄与専用の要素と平行する加算器 1 0 8 から誤差信号を受け取る微分要素または成分 1 3 2 により決定される。その他の P I D 構成 (例えば、直列構成) を利用してもよいが、比例、積分および微分寄与は、図 6 に示される加え合せ交点 1 3 4 にて加え合わせられる。

【 0 0 6 1 】

さらに概して言うと、信頼性の低い伝送をまかなうため、計測更新が利用不可能である場合を補うために、微分寄与は、通信スタック 8 0 からの新規値フラグにより示されるように、計測更新が受信されるまで前回最後の決定値のまま維持される。この技法は、制御ルーチンの正規実行速度または確立された実行速度に応じて周期的な実行を制御ルーチンが継続することを可能にする。更新済計測の受信に際して、微分ゲイン要素 1 3 2 は以下の方程式に従って微分寄与を決定しうる。

【 0 0 6 2 】

【 数 3 】

$$O_D = K_D \cdot \frac{e_N - e_{N-1}}{\Delta T}$$

この場合、

e_N = 現行誤差

e_{N-1} = 最終誤差

T = 新規値からの経過時間

O_D = コントローラ微分項

10

20

30

40

50

K_D = 微分ゲイン因子

微分寄与を決定するためのこの技法では、プロセス変数（つまり制御入力）のための計測更新が、出力スパイク（出力の瞬時過渡現象）の生成なしに一回又は複数回の実行期間の間に失われることがある。通信が回復されると、方程式中の項（ $e_N - e_{N-1}$ ）によって、微分寄与の標準計算において生成されたものと同じ値が生成されうる。但し、標準PID技法については、微分決定における除数は実行期間ということになる。対照的に、開示技法は、成功裡に受信された二つの計測間の経過時間を利用する。実行期間を上回る経過時間で、開示技法は、標準のPID技法よりも少ない目の微分寄与（またそれよりも低いスパイク現象）を生成する。

【0063】

10

経過時間の決定を図る、通信スタック80は、図6に示される微分寄与要素132に上記の新規値フラグを提供しうる。代替的な実施形態には、新しい計測（または更新）のその値に基づいた検出が含まれうる、または伴いうる。また、比例または微分成分の計算における誤差の代わりにプロセス計測を使用しても良い。さらに概して言えば、通信スタック80は、プロセス内のいかなるフィールド装置やコントローラ外部のプロセス制御要素などを含むプロセスで通信用インターフェースを実施するためにいかなるソフトウェア、ハードウェアまたはファームウェア（またはそのいかなる組合せ）を含みうる、または導入しうる。

【0064】

20

図3～図6に関連して説明されるコントローラにより制御されるアクチュエータまたはその他の下流要素はなおも、（特に、コントローラまたは制御要素から下流のアクチュエータまたはその他の要素への通信がない期間以後に）急変動を伴う制御信号を受け取りうる。これに伴う制御動作は、工場の稼動に打撃を与えるほど急激なものである場合も発生し、また、このような急激な変化によって不適切なレベルに至る不安定状態を生じうる。

【0065】

30

コントローラと下流要素間における通信の損失による急激な制御変化の可能性については、制御信号へのフィードバック寄与（複数可）を決定する際に最後の実行期間中のコントローラ出力の代わりに実際の下流側データを組み入れることにより対処しうる。一般的に言って、このような実際の下流データは、制御信号に対する応答のフィードバック指標を提供するので、下流要素（例えば、プロセス制御モジュール）または制御信号を受け取る装置（例えば、アクチュエータ）により計測または計算しうる。このようなデータは、最後の実行からのコントローラ出力などの制御信号に対する暗示応答の代わりに提供される。図4～図6に示される如く、フィルタ116は、下流応答の暗示指標として制御信号を受け取る。このような暗示データの使用により、アクチュエータなどの下流要素が制御信号の通信を受け取り、よって制御信号に適切に応答していることが効果的に想定される。また、実際のフィードバック・データは、被制御プロセス変数の計測などその他の応答情報とも異なる。

【0066】

40

図7は、コントローラ140が制御信号に反応する下流の装置または要素からアクチュエータ位置データを受け取る代表的な実施形態を表す。下流の装置または要素は、大抵の場合、アクチュエータ位置の計測を提供するアクチュエータと連絡を取り合う。さらに概して言えば、下流の装置または要素は、PID制御ブロック、制御選択子、分配子、または制御信号により制御されるその他いかなる装置または要素と連絡を取り合いうる、またはそれを含みうる。図示される代表的な事例において、アクチュエータ位置データは制御信号に対する応答の指標として提供される。このように、アクチュエータ位置データは、プロセス変数の計測更新が無くとも、制御ルーチンの継続的な実行の期間中にコントローラ140により利用される。この目的を達成するために、フィルタ144は、着信フィードバック・データ用のインターフェースを確立する通信スタック146を介してアクチュエータ位置データを受け取りうる。この代表的な事例において、フィードバック・データに含まれる制御信号への応答の指標は、アクチュエータ位置およびプロセス変数の二つで

50

ある。

【 0 0 6 7 】

前記実施形態のように、フィルタ 1 4 4 は、プロセス変数用の計測更新の欠如を伴う状況をまかなうように構成される。同様に、フィルタ 1 4 4 はこのような欠如が伴う期間にその出力を維持する。但し、計測更新の受信に際して、フィルタ 1 4 4 は、もはやその出力を修正変更する際に制御信号のフィードバックに依存しなくなり、むしろ、アクチュエータからの実際の応答データが以下のように利用される。

【 0 0 6 8 】

【 数 4 】

$$F_N = F_{N-1} + (A_{N-1} - F_{N-1}) * \left(1 - e^{\frac{-\Delta T}{T_{Reset}}} \right)$$

10

この場合、

F_N = 新規フィルタ出力

F_{N-1} = フィルタ出力の最後の実行 = 新規計測のうち最後のものの後のフィルタ出力

A_{N-1} = 最後の実行時のアクチュエータ位置

T = 新規値が通信されてからの経過時間

20

制御信号に対する応答の実際の指標を使用することは、周期的な通信期間中と P I D 制御要素から下流要素（例えば、アクチュエータ）への非周期的な通信期間後（または通信損失後）の両時期において、開示される制御技法の精度を改善させる際に有用となる。但し、実際の応答情報の伝送は、（異なる装置において実施された場合）一般にフィールド装置とコントローラ間におけるさらなる別の通信を要することになる。このような通信は、上記のようにワイヤレスでありえ、よって、信頼性の低い伝送または電力制限の影響を受け易い。その他の理由によっても、フィードバック・データが利用不可能であるという状態が生じうる。

【 0 0 6 9 】

30

下記の如く、開示技法は、このような応答情報が周期的にまたは適時に通信されない状況にも対処できる。即ち、開示技法の用途を、プロセス変数の計測更新が無い場合に限定する必要はない。むしろ、アクチュエータの位置または下流側制御要素の出力などその他の応答情報の欠如を伴う状況に対処するために、開示技法を有利に利用しうる。さらにまた、コントローラ（または制御要素）からフィールド装置（例えば、アクチュエータ）または別の制御要素（例えば、縦続接続 P I D 制御、分配子、など）のような下流要素への伝送の損失や延期またはその他の伝送利用不可能な状態を伴う状況に対処するためにも開示技法を利用しうる。

【 0 0 7 0 】

40

コントローラまたは制御要素への、またはコントローラまたは制御要素（つまり制御信号）からの、付加的なデータ（つまり、応答情報または下流要素フィードバック）のワイヤレスによる伝送またはその他信頼性の低い方法による伝送により、さらに別の通信問題且つ又は課題の可能性が発生する。上述のように、下流要素（例えば、アクチュエータ）からのフィードバックは、積分寄与（またはその他の制御パラメータまたは寄与）の決定に関与する。この代表的な実施形態において、制御ルーチンは、上記実施形態においてフィードバックされた一つのプロセス変数に依存するのではなく、むしろ二つのフィードバック信号に依存する。なおまた、制御信号が下流要素に達しない場合、プロセスは制御方式の利点を受けないことになる。これら信号のどちらか一つの伝送が遅延または損失されるので、ここに記載される技法はいずれのイベンチュアリティ（偶発性）を取り扱う。

【 0 0 7 1 】

50

フィルタまたはその他の制御計算に係わる応答情報の欠如は、フィルタ出力（または、その他の制御信号成分）を更新が受信されるまで維持することにより対処しうる。その後、前回最後の更新から経過した時間にわたり期待されるプロセス応答および下流要素のフィードバック値（例えばパルプの位置など）の最後のものに応じて、フィルタ出力（またはその他の制御信号成分）を修正変更しうる。

【 0 0 7 2 】

制御信号が下流要素に達しない場合、下流要素からの応答情報（つまりフィードバック）は変わらないことになる。そのような場合には、値が変化しないと、コントローラ（または制御要素）中の論理が、同様に値の変更が受信されるまでフィルタ出力（またはその他の制御信号成分）を維持するようにトリガされうる。

10

【 0 0 7 3 】

また、実際のフィードバック・データが所望のものでない、または利用不可能である、といった事態においても開示技法を実施しうる。前者の場合は、制御信号への暗示応答の使用による簡素性が有益となる状況において有利でありうる。例えば、実際のフィードバック・データの通信は問題でありうる、または実用的でないかもしれない。後者の場合は、上記のように位置計測データを提供するには構成されていないアクチュエータまたはその他の装置を伴いうる。旧式の装置にはこのような機能が備えられていないかもしれない。

【 0 0 7 4 】

このような装置を適合させるべく、暗示のまたは実際の応答情報を開示技法で使用するようになるためのスイッチまたはその他の装置を備えうる。図 8 は、代表的な実施形態であり、スイッチ 152 に連結されておりそれによって暗示および実際の応答情報を受け取るコントローラ 150 を示す。この場合、開示される制御方式の実施形態は応答情報タイプの認知に依存しないのでコントローラ 150 は上述のコントローラのいかなるものと同様なものでありうる。スイッチ 152 は、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェアまたはそのいかなる組合せにおいて実施されうる。スイッチ 152 の制御は、コントローラ 150 およびいかなる制御ルーチンの実施形態とは無関係でありうる。その代わりとして、もしくはそれに加えて、コントローラ 150 は、スイッチ 152 を構成するための制御信号を提供しうる。その他の実施形態において、スイッチ 152 は、コントローラ自体の一部として実施しうるし、場合によっては通信スタックの一部またはコントローラの別の一部分として統合されうる。

20

30

【 0 0 7 5 】

前記実施形態のいかなるものにおいて、コントローラは、計測更新の受信の際にタイムスタンプまたはその他の時間指標を利用しうる。これらの場合、その後、計測更新が受け取られた時点を決断するために更新フラグを使用するのではなくむしろタイムスタンプに応じて上記フィードバック寄与の一つ又は複数のいかなるものを修正変更しうる。（よって、タイムスタンプを更新フラグとして使用しうる。）例えば配送遅延により受信時刻が測定時刻と著しく異なる場合に、この技法が有用となりうる。例えば、複数のノードまたは中継器間を経由してワイヤレス送信を行わなければならないなど、多種多様な原因により配送遅延が生じうる。たとえ伝送および受信の条件が適切な場合でも、各ノードまたは中継器は有限遅延を招きうる。悪条件にある間、ノードまたは中継器は、データ伝送の成功を容易にするために、格納・保留および公開シーケンス（またはその他の手順）を有しうる。これらの理由で、配送遅延またはその他の遅延は著しい範囲で変動しうる。タイムスタンプは、それ無しでは変動遅延から生じるとされる誤差を回避するのに役立つことができる。

40

【 0 0 7 6 】

タイムスタンプが追加されたデータを利用する実施形態において、フィードバック寄与は、経過時間パラメータ（ T ）を二つの連続するタイムスタンプ間の違いとして決定する。即ち、経過時間パラメータは、二つの連続する計測更新通信により受信されたタイムスタンプにより示される時価の違いを計算することにより決定される。

50

【 0 0 7 7 】

場合によっては、コントローラが、計測更新に通信されたタイムスタンプを使用しないようにすることもある。一事例としては、データが制御ルーチンの各周期的実行中の適切な時点において発行される場合、コントローラは、著しい遅延は生じていないと判断し、その後実行期間を利用して経過時間パラメータを決定する。着信通信を分析するための同技法は、経過時間パラメータを決定する際に受信時刻に依存しうるかどうかを判断するために利用しうる。

【 0 0 7 8 】

上述の実施形態により示される如く、制御信号への期待プロセス応答の決定をつかさどるフィードバック、フィルタまたはその他のルーチンは、残りのプロセス制御ルーチンからいかなるオフセットまたはその他の誤差を取り除くのに役立つような、いかなるタイプのモデル、ネットワークまたはプロセス制御要素のその他の配置方式を伴いうる。このように、開示技法は、種々様々な異なるプロセスによく適しており、一次系挙動を示すプロセスに限定されない。全く反対に、開示技法は、異なるモデル、フィルタまたはブロックが期待プロセス応答の決定に関与する状況や条件に適用でき、プロセスモデルが極めて正確な状況における使用だけに必ずしも限定されない。

【 0 0 7 9 】

上記通信技法は、プロセス制御活動に連結した状態で、またはそれと共に使用されるものとして説明されているが、類似した技法を、例えばプロセス監視システムにて生じる通信数を低下させる目的で、プロセス変数またはその他のデータの監視にも適用することができる。このようなプロセス監視システムには、例えば、プロセス工場や保守および制御ユーザインタフェース、アプリケーションなどにおける問題または悪条件を検出するために使用されるシステムが含まれうる。例えば、図 3 のプロセス制御システム 10 には、フィールド装置 15 ~ 22 またはトランスミッタ 60 ~ 64 からのデータ、計測またはその他の情報を監視するプロセス監視アプリケーションをオプションとして含みうる。フィールド装置 15 ~ 22 またはトランスミッタ 60 ~ 64 から収集された監視データは、プロセス制御システム 10 の様々な部分により、フィールド装置またはトランスミッタを監視するための監視アプリケーションに伝送されうる。監視アプリケーションは、プロセス制御システム 10 の様々な部分に設けうる。例えば、フィールド装置 15 ~ 22 またはトランスミッタ 60 ~ 64 からの監視データを、プロセス制御ルーチンまたは制御ループ内の入力として使用するためにコントローラ 11 中の監視アプリケーションに伝送しうる。あるいは、このような監視データをワークステーション 13 の一つに伝送しうる。また、ワークステーション 13 において、当該データが処理されうる、且つ又は表示ディスプレイ 14 の一つを介して工場人員またはその他のエンドユーザに表示されうる。フィールド装置 15 ~ 22 またはトランスミッタ 60 ~ 64 から、直接ワークステーション 13 へ送るか、またはコントローラ 11 またはその他の何らかの媒介装置を通じてワークステーション 13 へ送るか、のいずれかの方法で監視データを伝送しうる。また、フィールド装置 15 ~ 22 またはトランスミッタ 60 ~ 64 のいかなるものに設けられている一つ又は複数の監視アプリケーションにも監視データを伝送しうる。監視アプリケーションは、一つ又は複数のフィールド装置 15 ~ 22、トランスミッタ 60 ~ 64、且つ又はプロセス制御システムのその他のユニットから入力を受け入れるように構成されうる。例えば、フィールド装置 15 ~ 22 およびトランスミッタ 60 ~ 64 の各々から入力を同時に受け入れるように監視アプリケーションを構成しうる。

【 0 0 8 0 】

監視アプリケーションは、監視データを受け取り且ついかなる周知または所望の様態で監視データを処理且つ又は表示するところの、様々な構成またはアーキテクチャのソフトウェア、ファームウェア且つ又はハードウェアでありうる。当然のことながら、多岐にわたるソフトウェアプログラム、アルゴリズムまたはプログラミング法、且つ又はハードウェアシステム設計、回路構成またはアーキテクチャを監視アプリケーションに構成しうる（含みうる）ことが可能であることは明らかである。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

一構成におけるフィールド装置 1 5 ~ 2 2 且つ又はトランスミッタ 6 0 ~ 6 4 は、トランスミッタ装置（送信器）を収納してさえいれば、監視アプリケーションに通信および監視データを送信しうる。この場合、監視アプリケーションを格納および実施する装置は、受信器を収納してさえいれば、フィールド装置 1 5 ~ 2 2 且つ又はトランスミッタ 6 0 ~ 6 4 から通信および監視データを受信できる。但し、フィールド装置 1 5 ~ 2 2、トランスミッタ） 6 0 ~ 6 4 または監視アプリケーションのいかなるものは、送信と受信の両方向通信ができる送受信器を収納し、よりフレキシブルな通信アーキテクチャを提供できるようにも構成できる。

【 0 0 8 2 】

ここに記載される監視データは、感知または測定されたパラメータを直接に示すデータまたは信号でありうるし、あるいは、例えば測定または感知された信号に基づいてコンピュータまたはその他の装置により生成されたデータでありうる。よって、監視データは、監視データを生成するフィールド装置またはその他の装置内における処理ルーチンの一部（一式の受信データの様々な統計的尺度またはパラメータを計算する統計処理ブロックまたはルーチン、または、機能ブロック、制御ルーチンまたはその他いかなる処理モジュール、など）として定期的にまたは非定期的に生成されたデータでありうる。この場合、監視データは、例えばプロセス信号の受信または計測に基づいて、定期的に、または非定期的に生成されうる。但し、このようにして生成された監視データは、プロセス変数またはその他のプロセス信号の受信または計測に基づく必要はなく、その他のトリガの結果生成されるようにしても良い。プロセッサまたはその他の処理装置は監視データを取得または生成しうる。また、プロセッサは、監視アプリケーションなど、プロセッサ上で実行するように構成されたソフトウェア、コード、ファームウェア、またはその他の命令を実行しうる。マイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、特定用途向け集積回路（ASIC）、凡用プロセッサ、プログラム可能論理、またはその他、データ処理能力を有するアナログまたはデジタル・ハードウェア・コンフィギュレーションを含む（但し、それに限定されない）いかなる従来型のものをプロセッサに使用しうる。

【 0 0 8 3 】

いかなる場合も、トランスミッタまたはその他の装置は、特定の条件が満たされる場合に非周期的な方法で、更新済監視データを、コントローラ 1 1 内、ワークステーション 1 3 内、またはフィールド装置 1 5 ~ 2 2 またはトランスミッタ 6 0 ~ 6 4 内の監視アプリケーションに提供するようにプログラムされうる。一実施形態において、監視データ値が事前定義された閾値以上（例えば、有意義と見なされる量）変化した時は常に、新しい計測または監視データ値が監視アプリケーションに伝送される。別の実施形態において、最後の監視データ通信から経過した時間がデフォルトのリフレッシュ時間を越えた時に、新しい監視データ値が監視アプリケーションに伝送される。もちろん、監視データ値が事前定義された閾値以上変化した（ある離散値から別の離散値に変わることを含みうる）時は常に、または、監視データの最後の通信以来経過した時間がデフォルトのリフレッシュ時間を越えた時は常に、新しい監視データ値が監視アプリケーションに伝送されるように、これらの方法を両者とも同時に使用することも可能である。これらの伝送方式および手順の使用によって、トランスミッタと監視アプリケーション間の通信の著しい減少が達成されるので、プロセス制御システムの監視に関する面での通信に要される電力要求を大幅に削減することができる、または、特定の配線接続式またはワイヤレス式のチャネル、もしくはは両方式によるチャネルでの通信に要求される帯域幅を大幅に削減することができる。

【 0 0 8 4 】

一事例においては、監視データ値が事前定義された閾値以上変化した場合に監視アプリケーションに対して新しい測定値を直ちに伝送しうる。この技法によって、監視データ値のいかなる有意義な変化を監視アプリケーションに直ちに通信することが可能になる。従来アナログ測定値の場合、図 2 のプロセス出力 4 6 のグラフに関して示されるところのプロ

10

20

30

40

50

セス応答時間より4～10倍速い速度でトランスミッタが定期的に監視データ（この場合は計測データ）をサンプリングしうる。新しい監視データ値と最後に伝送された監視データ値の間の違いの絶対値が、指定された閾値より大きい場合、新しい監視データ値が伝送される。例えば、フィールド装置15～18などの標準4～20mA装置は一般にアナログ回線を通じて通信する。これらフィールド装置に関連するトランスミッタは、これら標準装置からのアナログ読取り値をサンプリングしうるとともに、アナログ信号の変化を前回送信された信号と（または違いを決定するための閾値と）比較するルーチンを含みうる。最後に伝送された値以降にアナログ信号の絶対値が事前定義された閾値以上変化した場合、トランスミッタは、新規読取り値のデジタル化された表現を監視データとして監視アプリケーションに伝送することになる。

10

【0085】

デジタルシステムにおいては、離散値の変化と報告された新しい測定値間の最大時間間隔の設定に基づいて、トランスミッタが定期的に離散的な測定値をサンプリングしうる。例えば、トランスミッタは、離散値の更新率と同じまたは類似した割合で、定期的に離散的な測定値をサンプリングしうる。サンプリングされた離散値が、最後に伝送された値以降に、事前定義された閾値を越えた場合には、トランスミッタが新しい離散値を監視アプリケーションに伝送することになる。

【0086】

場合によっては、特定のフィールド装置または複数のフィールド装置のための測定値は、長期間にわたり認めうるほどの変化を示さないかもしれない。このような場合、最後の通信からの経過時間がデフォルトのリフレッシュ時間を越えた時に、新しい計測または監視値（例えば、アナログ信号の離散的なデジタル値またはデジタル化された表現）が、監視アプリケーションに伝送されうる。計測のためのリフレッシュ（またはデフォルト）時間は、フィールド装置間で異なりうるし、または監視アプリケーションまたはユーザが特定のフィールド装置またはプロセスからのフィードバックをどれほどの頻度で必要とするかに依存しうる。リフレッシュ周期は、最後の測定値伝送からの経過時間を含む伝送時間間隔に基づいて決定されうる。また、リフレッシュ周期は、測定値がフィールド装置により測定されてからの（または、測定値がフィールド装置により生成されてからの）経過時間にも基づきうる。一般的に言って、確実に監視アプリケーションが、少なくとも特定の間隔で監視データ値を受け取るようにし、且つこのような値を受信することによって、通信が今までどおり生じることおよびシステムが正常に動作していることを判断できるようにするために、デフォルトまたはリフレッシュ時間経過後の心拍信号の伝送が、計測更新が存在しない期間の後にインテグリティ（一貫性）チェック、またはオーバーライドの役割をする。心拍信号の伝送は単に、フィールド装置と通信路が正常に動作しており通信が正しく伝送されていることを示す。リフレッシュ時間後に監視アプリケーションが更新済のまたは新規の監視データ値を全く受信しないと、システム内に通信問題またはその他の問題が存在する可能性のあることを示すアラームまたは警報を監視アプリケーションが生成しうる。例えば、それは単なる特定のフィールド装置に対応する固有の識別子信号の伝送、先に伝送された監視値の再送信、または次のまたは最近の測定値のうち以前伝送されていないものの伝送でありうる。

20

30

40

【0087】

測定値用に事前定義された閾値且つ又はリフレッシュ時間は、例えば製造メーカまたはユーザにより、フィールド装置のタイプまたは測定タイプをはじめとする多種多様なパラメータに基づいて設定されうる。例えば、温度測定用に製造メーカにより設定されたデフォルトのあらかじめ定められた閾値は、流量測定用にあらかじめ定められたデフォルトの閾値変化値より小さいものでありうる。さらに、プロセスにおいて瞬時に変化しうる変数を測定するフィールド装置のリフレッシュ時間は、むしろゆっくりと変化するプロセス変数を測定するフィールド装置のものよりも短いリフレッシュ周期を有しうる。さらに、監視データ値に対して事前に定義された閾値且つ又はリフレッシュ時間は、それ以降にエンドユーザによって、個々のシステム要求に適合するように、例えば特別の監視要求を適合

50

するように修正変更しうる。事前定義された閾値且つ又はリフレッシュ時間は、ソフトウェアまたはハードウェアを通じてエンドユーザによって変更するようにしても良い。例えば、エンドユーザは、事前定義された閾値且つ又はリフレッシュ時間を変更する指示を、ワークステーション 13 でその命令を入力することにより、またはコントローラ 11 におけるソフトウェアまたは設定を変えることにより、あるいはフィールド装置 15 ~ 22 またはトランスミッタ 60 ~ 64 における設定を直接変更することにより、システムに対して命令しうる。

【0088】

工学単位の代わりに生の（未処理・未変換の）値を使用して測定値の変化を検出することにより、プロセス制御システムにおける通信用の電力要求をさらに低減できる。生の値または単位は、通常変換（スケーリング）された電氣的値（通常、電圧または電流）として測定値を表したものである。例えば、圧力を監視する標準 4 ~ 20 mA HART フィールド装置においては、フィールド装置が、測定された圧力をパスカルで表わした 4 mA から ~ 20 mA の間の値を測定または伝送できる。該 4 ~ 20 mA の値は、原単位で表わされた生の値、具体的には電流（mA）を示す。対応するパスカルでの値は工学単位である。特定の工学単位に対応する生の値はフィールド装置に特有のものである。単純な数式によって、4 ~ 20 mA 値を生値からそれに対応する工学単位（パスカル）での値に変換することが可能になる。一構成において、アナログ・フィールド装置であるトランスミッタは、新しい監視データ値が送信されるべき状態であるかどうかを判断する前に、温度（例えば、摂氏）または圧力（例えば、パスカル）などの工学単位値にフィールド装置からの生の値を変換する代わりに標準 4 ~ 20 mA HART フィールド装置からの生の値のアナログ読取り値を使用して新しい監視データ値を伝送するかどうかについての決定をなしうる。プロセス制御システム 10 内通信の電力需要に加えて、トランスミッタが測定値にアクセスする且つ又はそれを処理するために必要とする電力がもう一つの重要な電源条件となりうる。トランスミッタが測定値にアクセスする且つ又はそれを処理する頻度が多いほど、トランスミッタの電力要求が増大する（且つ、バッテリー寿命が短くなる）。実際のところ、新規測定値を取得するのに必要な処理時間の多く（よって、消費された処理能力の多く）が、生のサンプリングされた測定値を工学単位値に変換するために使用される。サンプリングされた測定値を工学単位に変換する必要なく生のサンプリングされた測定値を事前定義された（原単位における）閾値と比較できる能力によって、トランスミッタの電力要求が著しく削減される。この技法を図 9 A および図 9 B に示す。

【0089】

図 9 A に示される一実施形態において、プロセス制御システム 10 内のトランスミッタ 60 ~ 64 は、事前に工学単位で定義された閾値を使用する。この場合、トランスミッタ 60 ~ 64 は、測定値をサンプリングし（項目 160）、測定値を生値または単位から工学単位に変換し（項目 161）、最後に測定値が伝送されてからの変換済み測定値の変化を測定してから該変換済み測定値の違いを閾値と比較（項目 162）しなければならない。変換済み測定値の変化が事前定義された閾値を越える場合には、そのサンプリングされ且つ変換された新規測定値が、監視アプリケーションに伝送され、最後に伝送された測定値として格納される（項目 163）。

【0090】

あるいは、図 9 B に示されるように、プロセス制御システム 10 内のトランスミッタ 60 ~ 64 は事前に原単位で定義された閾値を使用する。この場合、トランスミッタ 60 ~ 64 は、原単位での測定値を単にサンプリングし（項目 170）、その後で原単位における測定値を（174 で示されるように同じく原単位にした）閾値と比較する（項目 171）。両者の違いが閾値を越える場合、またはリフレッシュ時間が既に経過している場合には、トランスミッタ 60 - 64 は、原単位の測定値を適切な工学単位値に変換し（項目 172）、工学単位で測定値を伝送しうる（項目 173）。図 9 A と図 9 B の両図において、処理能力および電力を最も消耗する段階は、サンプリングされた値を原単位から工学単位に変換する段階（項目 161 と項目 172）である。図 9 A に示されるプロセスは、測

定値がサンプリングされる度に項目 1 6 1 でサンプリングされた値を原単位から工学単位に変換する処理を実行する。図 9 B に示されるプロセスは、1 7 2 における該サンプリングされた値の原単位から工学単位への変換を、その値が伝達されるべき場合のみに実行する。よって、図 9 B 中の変換は、図 9 A 中の変換よりもかなり少ない頻度で実行されるので、処理能力と消費電力が著しく節約されることにつながる。さらに電力を削減するために、システムは生の（未変換の）装置計測だけを伝送してから、コントローラやユーザーインタフェースなどのホストまたはゲートウェイ装置で様々な変換（変換、線形化、スケールリング、など）を実行するようにしても良い。工学値はおそらく 3 2 ビットまたは 6 4 ビットになるのに対して生の A / D 変換済み信号は 1 2 - 1 6 ビットでありえること、収集する装置が様々なデータの操作を実行する間に電力を消費する必要はないこと、などをはじめとしてこの技法はいくつかの利点を提供できる。

10

【 0 0 9 1 】

測定値と閾値の原単位での比較は、いろいろな方法で達成しうる。事前定義された閾値は、例えば製造メーカによりあらかじめ設定されうる。製造メーカによってあらかじめ設定された値が工学単位で、または工学単位での増減率（パーセント変化）で提供される場合、トランスミッタ 6 0 ~ 6 4 は当該のあらかじめ設定された値を原単位に変換する。また、ユーザがそれに引続いて、工学単位で、または工学単位での増減率（パーセント変化）で事前定義された閾値を入力または変更すると、ワークステーション 1 3、コントローラ 1 1、フィールド装置 1 5 ~ 2 2 またはトランスミッタ 6 0 ~ 6 4 をはじめとするシステムのいかなる部分によって、事前定義された閾値が原単位に変換され、適切なトランスミッタに格納される。ユーザ提供の事前定義閾値はルックアップ表またはその他のメモリに格納されうる。製造メーカによりあらかじめ設定またはユーザに入力されて事前に定義されたスケールリング変換は、最後に伝送された（原単位の）測定値およびルックアップ表を使用して決定されうる。例えば、トランスミッタは、原単位にてサンプリングされた測定値およびそれに対応する事前定義された原単位の最低閾値の一覧を含む表にて、現行のサンプリングされた（原単位の）測定値を参照しうる。原単位におけるサンプリングされた測定値と最後のトランスミッタ測定値との間の違いの絶対値が、対応する事前定義された最低閾値（特定の生の値の表に含まれる）を越える場合、サンプリングされた測定値が監視アプリケーションに伝送されるはずである。図 9 B に示されるこの実施形態において、新規測定値については、その値が監視アプリケーションに伝達されることになっている場合のみ、例えば、報告された値のリフレッシュ時間を超えた場合のみ、または生の測定値が事前定義された閾値を越えた場合のみに、新規測定値が工学単位に変換される。（あるいは、上記されるように、生の値が伝送されて、ホスト装置または受信装置で変換が実行されうる。）この図 9 B に示される方法を使用することにより、トランスミッタの電力消費量要求が著しく削減されうる。サンプリングされた値の原単位から工学単位への変換は、サンプル測定値が伝送される場合のみ必要である、または全く必要ない。

20

30

【 0 0 9 2 】

上述のように、開示技法は、過剰サンプリング・プロセス変数の必要性、または過剰にサンプリングされたプロセス変数を伝送する必要性を回避するようなプロセス制御および監視構成をサポートし、それによって、ワイヤレス通信およびその他の（規則的に、または制御実行期間と同じくらい頻繁に、測定値を利用出来ないかもしれないといった）トランスミッタの事態（シナリオ）の使用を図る。要するに、開示される通信または伝送技法は、プロセス制御ルーチンの実行または監視アプリケーションの実行に向けて計測データまたはその他の監視データを絶えず伝送しなければならないといった状態を回避する。トランスミッタ（またはその他のフィールド装置）の設計における開示される変化および制御改良の結果、計測値またはその他の監視データ値は、一般に（最後に通信された値以降の）有意義な変化のみを通信するように、またはリフレッシュ時間後に伝送される。結果として、トランスミッタ通信頻度とデータ伝送に使用される電力量の両方が著しく低下する。

40

【 0 0 9 3 】

50

もちろん当然のことながら、場合によっては装置が、複数の異なる計測（つまり異なる信号の計測）を収集および監視しうる、且つ、ここに記載される同じ伝送技法を、これらの一つ又は複数の計測の各々に対して使用することが可能である。さらにまた場合によっては、計測を収集する装置によって高度解析（例えば、誤差検出分析、同調分析、など）またはデータの計測を実行でき、完全な分析結果を送信するか、ある一つの状態についての結果を送信するか、または、次のサンプリング・サイクルまで信号の伝送を待つかどうかを決定するために、ここに記載される同じ通信技法を適用することが可能である。

【 0 0 9 4 】

本開示のいくつかの態様によると、コントローラと、フィールド装置（複数可）またはプロセス制御システムのその他の要素との間の複数の異なるワイヤレス（または他の）通信が遅延又は損失するといった望ましくない状況や条件においてここに記載される技法を適用しうる。しかるべく、コントローラとトランスミッタ間およびコントローラとアクチュエータ間の通信問題に関する前述の実施例については、本来代表的なものに過ぎないという理解のもとに説明する。さらに、通信に関与するパラメータは、制御ルーチンにより制御されるプロセス変数に限定されず、それとは反対に、測定またはフィードバックされる、もしくは制御ルーチンまたは監視ルーチンにより使用に向けて通信されるパラメータのいかなるものに関係する通信に関連して開示技法を適用しうる。結果として、上記される応答情報（つまり、プロセス変数計測およびアクチュエータ位置）については、本来代表的なものに過ぎないという理解のもとに説明する。制御信号への応答を示すその他のデータに関係する通信問題も、開示技法により対処しうる。結果として、制御ルーチンの下流側にある要素（例えば、フィールド装置、別のプロセス制御ルーチン、など）からのデータのいかなる通信が関与しうる。

【 0 0 9 5 】

全ての場合とは言えないが、いくつかの場合においては、伝送を行っている装置の電力消費量が通信不足の理由となりうる。発動などその他の目的に大量の電力を要するフィールド装置の場合とは異なり、他の事例においてはデータ伝送に利用される電力を節約することが課題とされない。それにもかかわらず、上記のように望ましくない環境因子またはその他の悪条件により、または例えばワイヤレスネットワーク上データのトラフィック負荷が高いなどその他のいかなる理由により、通信の損失や遅延が生じたり、通信が間欠状態、不規則もしくは利用不可能な状態になるといった事態が生じることもある。

【 0 0 9 6 】

開示される方法、システムおよび技法は、ある特定のワイヤレス・アーキテクチャまたは通信プロトコルのいかなるものにも限定されずに実施できる。適切なアーキテクチャおよび通信サポート方式の代表的なものが、2005年6月17日に出願された「Wireless Architecture and Support for Process Control Systems（仮訳：プロセス制御システムのためのワイヤレス・アーキテクチャおよびサポート）」と題される米国特許出願第11/156,215号に記載されている。なお、該出願の開示全体は、参照することにより本稿に援用されるものとする。事実、制御ルーチンへの開示される修正変更は、制御ルーチンが周期的な状態において実施されるが各制御繰返し処理に対してプロセス変数計測更新を伴わない状況や条件のいかなるものにも良く適している。その他の代表的な状況や条件としては、サンプリングされた値が例えばアナライザにより不規則に提供される（または、むしろまれにしか提供されない）、もしくは実験用のサンプルを介して提供される場合が挙げられる。

【 0 0 9 7 】

開示技法の実施は、単一入力、単一出力PIまたはPID制御ルーチンとの使用に限定されず、むしろ複数の異なる多重入力且つ又は多重出力制御方式および縦続接続制御方式（cascaded control schemes）において適用しうる。さらに概して言えば、開示技法は、モデル予測制御（MPC）など、一つ又は複数のプロセス変数、一つ又は複数のプロセス入力またはその他の制御信号を伴ういかなる閉ループモデルを基盤とした制御ルーチンの状況や条件においても適用しうる。

【 0 0 9 8 】

「フィールド装置」という用語は本稿において幅広い意味で使用されており、複数の装置または装置の組合せ（つまり、トランスミッタ/アクチュエータ複合型など、多機能を提供する装置）、並びに制御システム内の機能を実行するその他いかなる装置（複数可）を含む。いかなる場合も、フィールド装置は、例えば、入力装置（例えば、例えば温度や圧力、流量などのようなプロセス制御パラメータを示す状態や計測またはその他の信号を提供するセンサおよび計測器などの装置）並びに、コントローラ且つ又はその他のフィールド装置から受け取った命令に応答して個々の動作・処置を実行する制御オペレータまたはアクチュエータなど、を含みうる。

【 0 0 9 9 】

ここに記載されるソフトウェアのいかなるものは、実施時、磁気ディスク、レーザーディスクまたはその他の記憶媒体または、コンピュータやプロセッサのRAMまたはROMなどのいかなるコンピュータ可読メモリに格納されうる。さらに、いかなる周知または所望の配送方法（例えば、コンピュータ可読ディスクまたはその他の可搬コンピュータ記憶機構に保存して、あるいは、電話回線、インターネット、ワールド・ワイド・ウェブ、その他のローカルエリアネットワークまたは広域ネットワークなどの通信チャンネルを通して、など）を使用して、ユーザやプロセス工場またはオペレーターワークステーションにこのソフトウェアを提供しうる。（なお、このような配送は、可搬型記憶媒体を介して該ソフトウェアを提供するのと同じ又は類似的な意味を持つと見なされる。）さらに、このソフトウェアは、変調または暗号化無しに直接提供されうる、又は、通信チャンネルを通じて伝送される前に、適切な変調搬送波且つ又は暗号化技法のいかなるものを使用して変調且つ又は暗号化されうる。

【 0 1 0 0 】

上記において、特定の実施例を参照して本発明を説明したが、該特定の実施例は単に本発明を例証する実施形態に過ぎず、本発明を限定するものではない。よって、通常の技術を有する当業者にとっては、本発明の精神と範囲から逸脱することなく、ここに開示される実施形態に変更、追加または削除が生じうることが明らかであろう。

【 0 1 0 1 】

本開示のシステムと方法は様々な形における実施形態を受け入れる余地があるが、本開示は、本発明の実施形態を例示するためのものであり、ここにおいて記載および図示される本発明の特定な実施形態を限定するものではないという前提のもとに、本発明における特定の実施形態のみが図面に示されている、および上述されている。

【 0 1 0 2 】

「関連出願の相互参照」

本出願は、2005年10月25日出願の「Non-periodic Control Communications in Wireless and Other Process Control Systems（仮訳：ワイヤレスおよびその他のプロセス制御システムにおける非周期的な制御通信）」と題する出願書（出願番号11/258,676）の一部継続出願であるところの、2006年8月4日出願の「Process Control With Unreliable Communications（仮訳：低信頼性の通信を伴うプロセス制御）」と題する出願書（出願番号11/499,013）の一部継続出願である。なお、前記両出願の開示全体を、ここに参照することにより本稿において明示的に援用するものとする。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 0 3 】

【図1】本開示の一態様に則りコントローラおよび複数のフィールド装置間の配線接続を介して伝送される非周期的なまたは低頻度の制御通信を利用して一つ又は複数の制御ルーチンを実施するように構成されたコントローラ（または制御要素）を有するプロセス制御システムの概略図である。

【図2】プロセス入力へのプロセス応答（つまり、制御信号）を表すプロットと、計測伝送と制御実行が繰返し処理される代表的な事例とによって、図1のコントローラ（または制御要素）による制御ルーチンの実施のグラフィック表示を示す図である。

【図 3】開示の一態様に則りコントローラと複数のフィールド装置間の、またはフィールド装置間のワイヤレス関係を介して伝送される非周期的なまたは低頻度の制御通信を利用して一つ又は複数の制御ルーチンを実施するように構成されたコントローラ（または制御要素）を有するプロセス制御システムの概略図である。

【図 4】制御実行率よりも低頻度のプロセス計測のワイヤレスまたは非周期的、あるいはその他の伝送にもかかわらずプロセスを制御するためにコントローラがプロセス入力信号（または制御信号）を生成するところの、一実施形態による図 1 または図 3 のいずれかのコントローラ（または制御要素）の概略図である。

【図 5】プロセス且つ又は計測遅延を有するプロセスを制御するように構成された代替的な実施形態によるコントローラ（または制御要素）の概略図である。

10

【図 6】微分（または変化の割合の）寄与を有する制御ルーチンを介してコントローラが制御信号を生成するところの、別の実施形態による図 1 または図 3 のいずれかのコントローラ（または制御要素）の概略図である。

【図 7】制御信号により制御されるフィールド装置や制御要素またはその他の下流装置により提供されたデータに基づいて決定される制御信号をコントローラが生成するところの、さらに別の実施形態による図 1 または図 3 のいずれかのコントローラ（または制御要素）の概略図である。

【図 8】制御信号により制御されるフィールド装置または制御要素に対する実際のまたは暗示データのいずれかから積分（またはリセット）寄与を決定するように構成できる制御ルーチンを介して制御信号をコントローラが生成するところの、さらに別の実施形態による図 1 または図 3 のいずれかのコントローラ（または制御要素）の概略図である。

20

【図 9 A】工学単位または生の（未処理・未変換の）値における閾値限界を用いてフィールド装置からの測定値の処理方法を比較するフローダイアグラムである。

【図 9 B】工学単位または生の（未処理・未変換の）値における閾値限界を用いてフィールド装置からの測定値の処理方法を比較するフローダイアグラムである。

【符号の説明】

【 0 1 0 4 】

1 0 プロセス制御システム

1 1 コントローラ

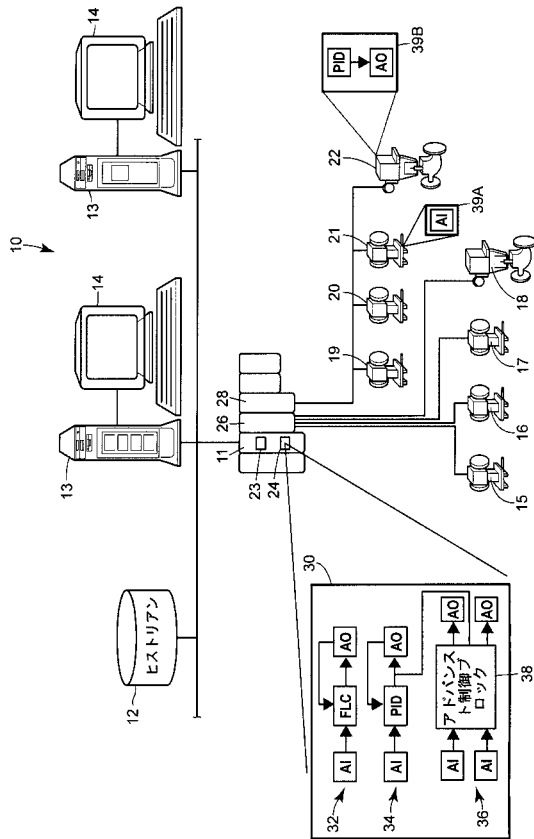
1 5 ~ 2 2 フィールド装置

2 4 メモリ

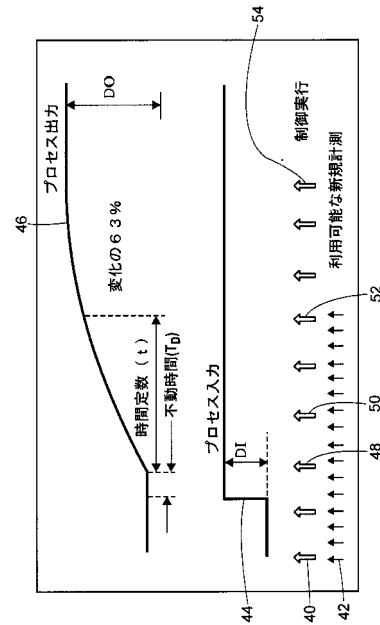
2 6、2 8 I / O 装置

30

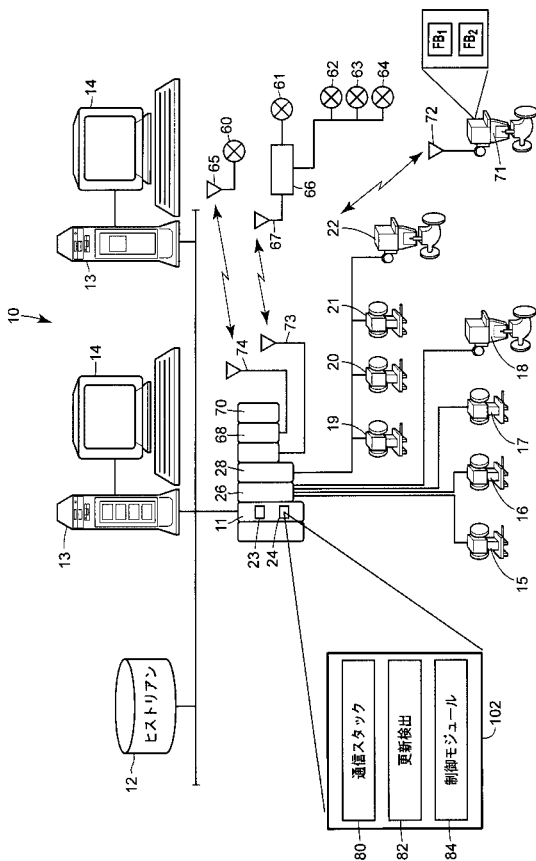
【図 1】



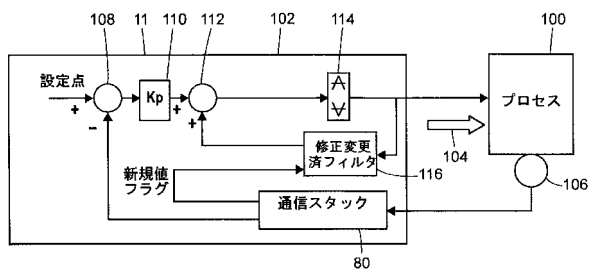
【図 2】



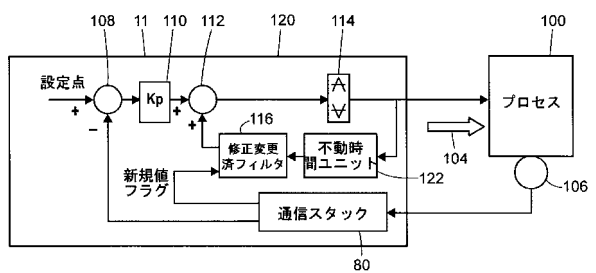
【図 3】



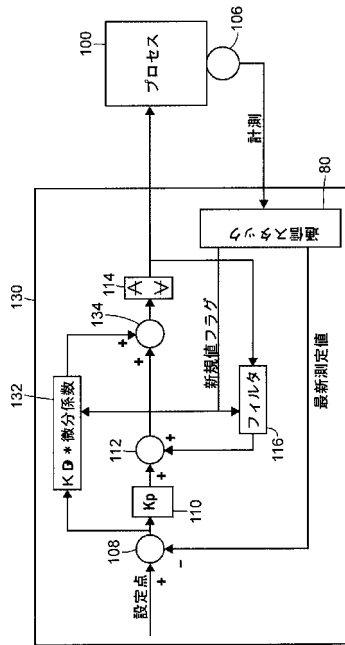
【図 4】



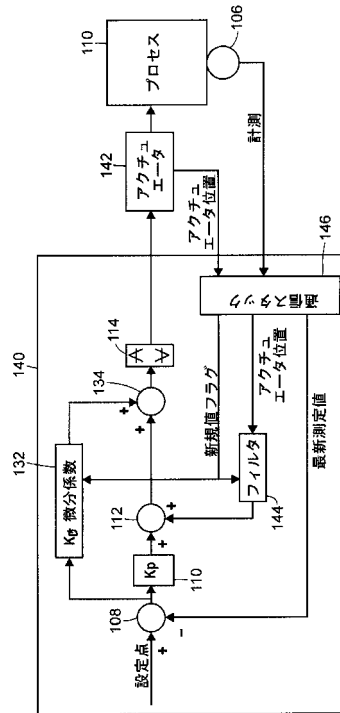
【図 5】



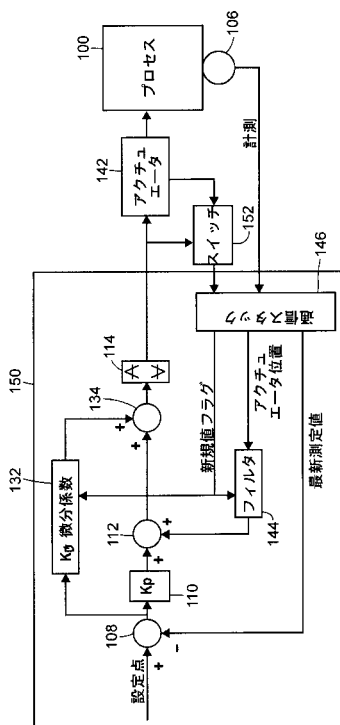
【図 6】



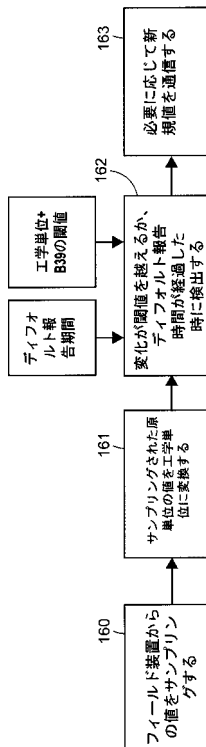
【図 7】



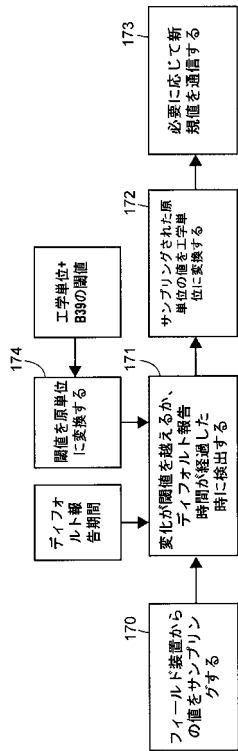
【図 8】



【図 9 A】



【図 9 B】



フロントページの続き

(72)発明者 テレンス エル・ブレビンズ

アメリカ合衆国 7 8 6 8 1 テキサス州 ラウンド ロック カーメル ドライブ 3 8 0 1

(72)発明者 ロバート ジェイ・カーシュニア

アメリカ合衆国 5 5 3 1 8 ミネソタ州 チャスカ ジャスパーズ サークル ノース 2 5 3

(72)発明者 マーク ジェイ・ニクソン

アメリカ合衆国 7 8 6 8 1 テキサス州 ラウンド ロック ブラックジャック ドライブ 1
5 0 3

F ターム(参考) 5H223 AA01 BB01 BB02 CC01 CC08 DD03 DD07 DD09 EE02 EE05

EE06 EE29 FF08