

【公報種別】 特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】 第 6 部門第 3 区分
【発行日】 令和 6 年 9 月 26 日 (2024.9.26)

【公開番号】 特開 2022-109221 (P2022-109221A)
【公開日】 令和 4 年 7 月 27 日 (2022.7.27)
【年通号数】 公開公報 (特許) 2022-136
【出願番号】 特願 2021-203168 (P2021-203168)
【国際特許分類】
G 0 5 B 23/02 (2006.01)
【F I】
G 0 5 B 23/02 3 0 2 Y

10

【手続補正書】
【提出日】 令和 6 年 9 月 17 日 (2024.9.17)
【手続補正 1】
【補正対象書類名】 特許請求の範囲
【補正対象項目名】 全文
【補正方法】 変更
【補正の内容】

20

【特許請求の範囲】
【請求項 1】

工業プロセスプラントにおけるコンポーネントの劣化を検出するためのシステムであって、前記システムが、

前記工業プロセスプラントのプロセス制御システムの第 1 のコンポーネントであって、前記第 1 のコンポーネントが、診断チャネルを介して、かつ通信チャネルを介して、前記プロセス制御システムの第 2 のコンポーネントに通信可能に接続され、前記第 1 のコンポーネントが、I/O ゲートウェイ、またはそれぞれの通信チャネルを介して前記 I/O ゲートウェイに通信可能に接続された複数のプロセスコントローラに含まれるプロセスコントローラのうちの一方であり、前記 I/O ゲートウェイが、前記複数のプロセスコントローラをそれぞれの 1 つ以上のフィールドデバイスに通信可能に接続し、それによって、プロセスプラント内の工業プロセスを制御し、前記第 2 のコンポーネントが、前記 I/O ゲートウェイまたは前記プロセスコントローラのうちの他方である、第 1 のコンポーネントを備え、前記第 1 のコンポーネントが、

30

前記診断チャネルを介して、前記第 2 のコンポーネントに、複数のハートビートメッセージを順次送信することと、

前記診断チャネルを介して、前記第 2 のコンポーネントにおけるそれぞれの受信時に、前記第 2 のコンポーネントによって前記第 1 のコンポーネントに返送された前記複数のハートビートメッセージのうちの少なくともサブセットを受信することと、

前記第 2 のコンポーネントにおけるモジュールスケジューラ実行の周期性、または前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットのそれぞれのラウンドトリップ時間 (RTT) であって、前記それぞれの RTT が、前記第 1 のコンポーネントにおける前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの送信および受信のそれぞれの時間に基づいて判定される、ラウンドトリップ時間 (RTT)、のうちの少なくとも 1 つに基づいて、前記第 2 のコンポーネントの平均応答時間を判定することと、

40

前記診断チャネルを介して、前記第 1 のコンポーネントによって前記第 2 のコンポーネントに送信された後続のハートビートメッセージの RTT が、前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間に対応する閾値を超えたときに、前記第 2 のコンポーネントの劣化を検出することと、を行うように構成されている、システム。

50

【請求項 2】

前記プロセス制御システムの制御ループが、前記第 1 のコンポーネントおよび前記第 2 のコンポーネントを含み、前記制御ループを介して、前記工業プロセスを制御するために、前記第 1 のコンポーネントと前記第 2 のコンポーネントとの間で配信される通信および制御メッセージが、前記通信チャンネルを介して、前記第 1 および前記第 2 のコンポーネント間で配信され、かつ前記診断チャンネルを介して、前記第 1 および前記第 2 のコンポーネント間で配信されない、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記第 2 のコンポーネントにおいて実行されるルーチンをさらに含み、前記ルーチンが、
前記工業プロセスを制御するための、前記通信チャンネルを介して前記第 2 のコンポーネントにおいて受信される通信および制御メッセージを処理することと、

前記第 2 のコンポーネントにおいて前記診断チャンネルを介して受信された任意のハートビートメッセージを、前記診断チャンネルを介して、前記第 1 のコンポーネントに返送することと、を行うように構成されている、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記診断チャンネルが、前記第 1 のコンポーネントおよび前記第 2 のコンポーネントによる排他的使用のために確立された専用の診断チャンネルである、請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 5】

前記後続のハートビートメッセージの前記 R T T が前記平均応答時間からの所与の数の標準偏差の外にあるときに、前記第 2 のコンポーネントの前記劣化が検出される、請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 6】

前記所与の数の標準偏差が、1 標準偏差である、請求項 5 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記第 2 のコンポーネントが、前記第 2 のコンポーネントによってサポートされる最速の更新レートで前記診断チャンネルを介して受信されたハートビートメッセージを返送するように構成されている、請求項 1 から請求項 6 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 8】

前記第 1 のコンポーネントが、前記劣化の前記検出時に、
前記検出された劣化を示すアラートまたは警報を生成させること、
前記第 2 のコンポーネントに対応する負荷を自動的に再平衡化させること、
緩和アクションを判定すること、
前記プロセス制御システム内で、前記緩和アクションを自動的に遂行させること、または
前記緩和アクションを示すアラートまたは警報をユーザインターフェースに提示させること、のうちの少なくとも 1 つを遂行するようにさらに構成されている、請求項 1 から請求項 7 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 9】

前記プロセス制御システムが、前記複数のプロセスコントローラまたは前記 I / O ゲートウェイのうちの少なくとも 1 つのそれぞれの平均応答時間に基づいて、前記プロセス制御システム全体の健全性を示す 1 つ以上のメトリックを判定するようにさらに構成されている、請求項 1 から請求項 8 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 10】

前記プロセス制御システムが、前記 1 つ以上のメトリックの変更に基づいて、前記プロセス制御システム全体の健全性の劣化を検出するようにさらに構成されている、請求項 9 に記載のシステム。

【請求項 11】

前記 1 つ以上のメトリックが、前記プロセス制御システム全体の待ち時間のレベルを示

10

20

30

40

50

し、前記プロセス制御システム全体の前記健全性の前記検出された劣化が、コンピューティングリソースの可用性の低減を含む、請求項 10 に記載のシステム。

【請求項 12】

前記 1 つ以上のメトリックが、前記プロセス制御システム全体のジッタのレベルを示し、前記プロセス制御システム全体の前記健全性の前記検出された劣化が、コンピューティングリソースに対する競合の増加を含む、請求項 10 または請求項 11 に記載のシステム。

【請求項 13】

前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットに含まれるハートビートメッセージの総数が、前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間を判定するために必要とされるハートビートメッセージの最小数以上であり、前記ハートビートメッセージの前記最小数が、設定可能である、請求項 1 から請求項 12 のいずれかに記載のシステム。

10

【請求項 14】

前記第 1 のコンポーネントが、前記プロセスコントローラであり、前記第 2 のコンポーネントが、前記 I/O ゲートウェイである、請求項 1 から請求項 13 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 15】

前記プロセス制御システムが、前記 I/O ゲートウェイに対応するそれぞれの平均応答時間、それぞれの平均待ち時間、またはそれぞれの平均ジッタのうちの少なくとも 1 つに基づいて、前記 I/O ゲートウェイの健全性を示すメトリックを判定するようにさらに構成されており、

20

前記 I/O ゲートウェイに対応するそれぞれの平均応答時間、それぞれの平均待ち時間、またはそれぞれの平均ジッタのうちの前記少なくとも 1 つが、前記 I/O ゲートウェイに対応するそれぞれの応答時間、それぞれの待ち時間、またはそれぞれのジッタのうちの少なくとも 1 つに基づいて判定され、かつ前記複数のプロセスコントローラによって判定される、請求項 14 に記載のシステム。

【請求項 16】

前記プロセスコントローラが、物理的プロセスコントローラであり、前記物理的プロセスコントローラが、前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの前記それぞれの R T T、および前記後続のハートビートメッセージの前記 R T T を、前記物理的プロセスコントローラに含まれるハードウェアクロックを使用して判定するように構成されている、請求項 14 または請求項 15 に記載のシステム。

30

【請求項 17】

前記プロセスコントローラが、仮想プロセスコントローラであり、

前記 I/O ゲートウェイによって返送された前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットに含まれる各ハートビートメッセージは、前記各ハートビートメッセージが前記 I/O ゲートウェイにおいて受信されたそれぞれの時間の指標、および前記 I/O ゲートウェイが前記各ハートビートメッセージの前記それぞれの返送を前記仮想プロセスコントローラに送信した、それぞれの時間を含み、

40

前記仮想プロセスコントローラが、前記各ハートビートメッセージに示される前記それぞれの時間にさらに基づいて、前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの前記それぞれの R T T を判定するように構成されている、請求項 14 から請求項 16 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 18】

前記仮想プロセスコントローラが、コンテナを介して実装されている、請求項 17 に記載のシステム。

【請求項 19】

前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間が、前記 I/O ゲートウェイによって導入された通信遅延を示し、

50

フィールドデバイスを駆動するために前記コントローラによって生成された制御信号が、前記フィールドデバイスに対する目標値、および前記 I / O ゲートウェイによって導入された前記通信遅延を示す適用時間フィールドを含む、請求項 14 から請求項 18 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 20】

前記フィールドデバイスが、前記 I / O ゲートウェイによって導入された前記通信遅延によって遅延された前記フィールドに対する前記目標値の指標を記憶する、請求項 19 に記載のシステム。

【請求項 21】

前記第 1 のコンポーネントが、前記 I / O ゲートウェイであり、前記第 2 のコンポーネントが、前記プロセスコントローラである、請求項 1 から請求項 20 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 22】

前記 I / O ゲートウェイが、前記 I / O ゲートウェイに含まれるハードウェアクロックを使用することによって、前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの前記それぞれの R T T、および前記後続のハートビートメッセージの前記 R T T を判定するように構成されている、請求項 21 に記載のシステム。

【請求項 23】

前記プロセスコントローラが、安全システムコントローラである、請求項 1 から請求項 22 のいずれかに記載のシステム。

【請求項 24】

プロセス制御システムにおけるコンポーネントの劣化を検出するための方法であって、前記方法が、

通信チャネルおよび診断チャネルを介して第 2 のコンポーネントに通信可能に接続された、第 1 のコンポーネントであって、

前記第 1 のコンポーネントが、I / O ゲートウェイ、またはそれぞれの通信チャネルを介して前記 I / O ゲートウェイに通信可能に接続された複数のプロセスコントローラに含まれるプロセスコントローラのうちの一方であり、前記 I / O ゲートウェイが、前記複数のプロセスコントローラをそれぞれの 1 つ以上のフィールドデバイスに通信可能に接続し、それによって、プロセスプラント内の工業プロセスを制御し、

前記第 2 のコンポーネントが、前記 I / O ゲートウェイまたは前記プロセスコントローラのうちの他方である、第 1 のコンポーネントにおいて、

前記第 1 のコンポーネントによって、前記診断チャネルを介して、前記第 2 のコンポーネントに、複数のハートビートメッセージを順次送信することと、

前記診断チャネルを介して、前記第 2 のコンポーネントから前記第 1 のコンポーネントにおいて、前記複数のハートビートメッセージのうちの少なくともサブセットを受信することであって、前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの各ハートビートメッセージが、前記第 2 のコンポーネントにおけるそれぞれの受信時に、前記第 2 のコンポーネントによって前記第 1 のコンポーネントに返送される、受信することと、

前記第 1 のコンポーネントによって、前記第 2 のコンポーネントにおけるモジュールスケジューラ実行の周期性、または前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットのそれぞれのラウンドトリップ時間（R T T）であって、前記それぞれの R T T が、前記第 1 のコンポーネントにおける前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの送信および受信のそれぞれの時間に基いて判定される、ラウンドトリップ時間（R T T）、のうちの少なくとも 1 つに基づいて、前記第 2 のコンポーネントの平均応答時間を判定することと、

前記第 1 のコンポーネントによって前記第 2 に送信された後続のハートビートメッセージの R T T が、前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間に対応する閾値を超えたときに、前記第 2 のコンポーネントの劣化を検出することと、を含む、方法。

【請求項 25】

前記第2のコンポーネントの前記劣化の検出時に、
前記検出された劣化を示すアラートまたは警報を生成すること、
前記第2のコンポーネントにおいて負荷を自動的に再平衡化すること、
前記検出された劣化の緩和アクションを判定すること、
前記緩和アクションを自動的に遂行させること、または
前記緩和アクションを示すアラートまたは警報を生成すること、のうちの少なくとも1つをさらに含む、請求項24に記載の方法。

【請求項 26】

前記第2のコンポーネントが、前記プロセスコントローラであり、前記緩和アクションを判定することが、前記プロセスコントローラによって実行される制御ルーチンに対する変更を判定することを含む、請求項25に記載の方法。

10

【請求項 27】

前記第2のコンポーネントが、前記プロセスコントローラであり、前記プロセスコントローラが、物理的コンピューティングプラットフォーム上で実行する仮想プロセスコントローラであり、前記緩和アクションを自動的に遂行させることが、実行のために前記仮想プロセスコントローラを別の物理的コンピューティングプラットフォームに移行させることを含む、請求項25または請求項26に記載の方法。

【請求項 28】

前記仮想プロセスコントローラが、コンテナを介して実装され、前記仮想プロセスコントローラを前記別の物理的コンピューティングプラットフォームに移行させることが、前記コンテナを前記別の物理的コンピューティングプラットフォームに割り当てることを含む、請求項27に記載の方法。

20

【請求項 29】

前記第2のコンポーネントが、前記I/Oゲートウェイであり、前記緩和アクションを判定することが、前記I/Oゲートウェイのレポートレートに対する変更を判定すること、または前記I/Oゲートウェイによってサービスされるいくつかのクライアントに対する変更を判定することのうちの少なくとも1つを含む、請求項25から請求項28のいずれかに記載の方法。

【請求項 30】

前記緩和アクションを判定することが、前記第2のコンポーネントをサポートする前記物理的コンピューティングプラットフォームの負荷に対する変更を判定することを含む、請求項25から請求項29のいずれかに記載の方法。

30

【請求項 31】

前記物理的コンピューティングプラットフォームの前記負荷に対する前記変更を判定することが、前記物理的コンピューティングプラットフォームのCPU（中央処理装置）の負荷、前記物理的コンピューティングプラットフォームのメモリ使用量、または前記物理的コンピューティングプラットフォームのディスクスペース使用量のうちの1つ以上に対するそれぞれの変更を判定することを含む、請求項30に記載の方法。

【請求項 32】

前記第2のコンポーネントの前記劣化を検出することは、前記後続のハートビートメッセージの前記RTTが、前記第2のコンポーネントの前記平均応答時間から所定の1つ以上の標準偏差の外にあるときに、前記第2のコンポーネントの前記劣化を検出することを含む、請求項24から請求項31のいずれかに記載の方法。

40

【請求項 33】

前記複数のプロセスコントローラまたは前記I/Oゲートウェイのうちの少なくとも1つのそれぞれの平均応答時間に基づいて、前記プロセス制御システム全体の健全性を示す1つ以上のメトリックを判定することをさらに含む、請求項24から請求項32のいずれかに記載の方法。

【請求項 34】

50

前記 1 つ以上のメトリックの変更に基づいて、前記プロセス制御システム全体の前記健全性の劣化を検出することをさらに含む、請求項 33 に記載の方法。

【請求項 35】

前記 1 つ以上のメトリックが、前記プロセス制御システム全体の待ち時間のレベルを示し、

前記プロセス制御システム全体の前記健全性の前記劣化を検出することが、前記待ち時間のレベルの前記変更に基づいてコンピューティングリソースの可用性の低減を検出することを含む、請求項 34 に記載の方法。

【請求項 36】

前記 1 つ以上のメトリックが、前記プロセス制御システム全体のジッタのレベルを示し、

前記プロセス制御システム全体の前記健全性の前記劣化を検出することが、前記ジッタのレベルの前記変更に基づいて、コンピューティングリソースに対する競合の増加を検出することを含む、請求項 34 または請求項 35 に記載の方法。

【請求項 37】

前記第 1 のコンポーネントによって、前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの各ハートビートメッセージの前記それぞれのラウンドトリップ時間 (RTT)、および前記後続のハートビートメッセージの前記 RTT を判定することをさらに含む、請求項 24 から請求項 36 のいずれかに記載の方法。

【請求項 38】

前記第 1 のコンポーネントが、前記プロセスコントローラであり、前記プロセスコントローラが、仮想プロセスコントローラであり、前記第 2 のコンポーネントが、前記 I/O ゲートウェイであり、

前記方法が、前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットに含まれる各ハートビートメッセージについて、前記 I/O ゲートウェイにおける前記各ハートビートメッセージのそれぞれの受信時間、および前記 I/O ゲートウェイによる前記各ハートビートメッセージの前記返送のそれぞれの送信時間の指標を受信することをさらに含む、

前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間を判定することが、前記 I/O ゲートウェイにおける前記それぞれの受信時間、および前記 I/O ゲートウェイによる前記返送の前記それぞれの送信時間の前記受信された指標にさらに基づく、請求項 37 に記載の方法。

【請求項 39】

前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットの前記各ハートビートメッセージの前記それぞれの RTT、および前記後続のハートビートメッセージの前記 RTT の前記それぞれの RTT を判定することが、前記第 1 のコンポーネントに含まれるハードウェアクロックに基づく、請求項 37 または請求項 38 に記載の方法。

【請求項 40】

前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間が計算されることに基づく最小数のハートビートメッセージを構成することをさらに含む、

前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間を判定することが、前記第 1 のコンポーネントにおいて、前記第 2 のコンポーネントから返送された少なくとも前記最小数のハートビートメッセージを受信したとき、前記第 2 のコンポーネントの前記平均応答時間を判定することを含む、請求項 24 から請求項 39 のいずれかに記載の方法。

【請求項 41】

前記第 1 のコンポーネントが、前記プロセスコントローラであり、前記第 2 のコンポーネントが、前記 I/O ゲートウェイであり、

前記方法が、前記 I/O ゲートウェイに対応するそれぞれの平均応答時間、それぞれの平均待ち時間、またはそれぞれの平均ジッタのうちの少なくとも 1 つに基づいて、前記 I/O ゲートウェイの健全性を示すメトリックを判定することをさらに含む、

10

20

30

40

50

前記 I / O ゲートウェイに対応するそれぞれの応答時間、それぞれの待ち時間、またはそれぞれのジッタのうちの前記少なくとも 1 つが、それぞれのハートビートメッセージに基づいて前記複数のプロセスコントローラによって判定される、請求項 24 から請求項 40 のいずれかに記載の方法。

【請求項 42】

前記第 1 のコンポーネントが、前記プロセスコントローラであり、前記第 2 のコンポーネントが、前記 I / O ゲートウェイであり、前記方法が、

前記 I / O ゲートウェイの前記平均応答時間に基づいて遅延時間パラメータの値を判定することと、

制御モジュールの実行の出力として、前記プロセスコントローラによって、フィールドデバイスを駆動するためのメッセージを生成することであって、前記メッセージが、前記フィールドデバイスに対する目標値の指標、および前記 I / O ゲートウェイの前記平均応答時間に基づいて判定された前記値が投入された前記遅延時間パラメータを含む、生成することと、

前記プロセスコントローラによって、前記生成されたメッセージを前記 I / O ゲートウェイを介して前記フィールドデバイスに送信することと、をさらに含む、請求項 24 から請求項 41 のいずれかに記載の方法。

【請求項 43】

前記工業プロセスを制御する際に利用される通信および制御メッセージが、前記診断チャネルを介して前記第 1 のコンポーネントと第 2 のコンポーネントとの間で配信されるのを防ぐことを含む、専用の使用のために前記第 1 のコンポーネントと前記第 2 のコンポーネントとの間に前記診断チャネルを確立することをさらに含む、請求項 24 から請求項 42 のいずれかに記載の方法。

【請求項 44】

前記第 1 のコンポーネントおよび前記第 2 のコンポーネントが、前記工業プロセスの少なくとも一部分を制御するために実行する制御ループに含まれ、

前記方法が、前記第 1 のコンポーネントによって、前記通信チャネルを介して前記第 1 のコンポーネントによって送信および／または前記第 1 のコンポーネントにおいて受信される通信および制御メッセージを処理し、それによって、前記制御ループを実行して、前記工業プロセスの少なくとも一部分を制御することをさらに含む、請求項 24 から請求項 43 のいずれかに記載の方法。

【請求項 45】

ルーチンが、前記第 2 のコンポーネントにおいて実行されて、前記通信チャネルを介して前記第 2 のコンポーネントによって送信および／または前記第 2 のコンポーネントにおいて受信される通信および制御メッセージを処理し、それによって、前記制御ループを実行して、前記工業プロセスの前記少なくとも前記一部を制御し、

前記第 1 のコンポーネントにおいて、前記第 2 のコンポーネントによって返送された前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットを受信することが、前記第 2 のコンポーネントにおいて実行される前記ルーチンによって返送された前記複数のハートビートメッセージのうちの前記少なくとも前記サブセットを、前記第 2 のコンポーネントによってサポートされる最速の更新レートで受信することを含む、請求項 44 に記載の方法。

10

20

30

40

50