

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7003952号

(P7003952)

(45)発行日 令和4年1月21日(2022.1.21)

(24)登録日 令和4年1月6日(2022.1.6)

(51)国際特許分類

G 0 5 B 19/05 (2006.01)

F I

G 0 5 B 19/05

F

G 0 5 B 19/05

L

請求項の数 10 (全28頁)

(21)出願番号	特願2019-47166(P2019-47166)	(73)特許権者	000002945
(22)出願日	平成31年3月14日(2019.3.14)		オムロン株式会社
(65)公開番号	特開2020-149439(P2020-149439 A)		京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町8 0 1番地
(43)公開日	令和2年9月17日(2020.9.17)	(74)代理人	110001195
審査請求日	令和2年12月15日(2020.12.15)		特許業務法人深見特許事務所
		(72)発明者	前川 典弘
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町8 0 1番地 オムロン株式会社内
		(72)発明者	久保 寛子
			京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南 不動堂町8 0 1番地 オムロン株式会社内
		審査官	黒田 暁子

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 制御システム、サポート装置およびサポート装置用のプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

制御装置および前記制御装置と通信可能なデバイスとを備える制御システムであって、
 制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する制御手段と、
 前記デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する通信処理
 手段と、
 前記制御手段により実行される処理内容の構築、および、前記通信処理手段による通信処
 理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する提供手段と、
 前記提供手段により提供される開発環境において設定された内容に基づいて、前記デバイ
 スとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定する決定手段とを備える、
 制御システム。

【請求項 2】

前記決定手段は、前記制御手段により実行される処理内容に応じて決定される制約要因、
 および、前記通信処理手段による通信処理に係る設定に応じて決定される制約要因の両方
 を反映して、前記設定可能な範囲を決定する、請求項 1 に記載の制御システム。

【請求項 3】

前記決定手段は、前記デバイスとの間で遣り取りされるデータの接続数およびデー
 タサイズの少なくとも一方に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、請求項 1 また
 は 2 に記載の制御システム。

【請求項 4】

前記決定手段は、前記制御手段において実行される前記制御演算の周期に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

【請求項 5】

前記決定手段は、前記制御手段において実行される前記制御演算に設定されている優先度に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

【請求項 6】

前記決定手段は、前記制御装置の処理能力に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

【請求項 7】

前記決定手段は、前記制御装置がデータを遣り取りするデバイス毎に、前記設定可能な範囲を決定する、請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

【請求項 8】

前記デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定値が前記決定手段により決定された設定可能な範囲外である場合に、通知を行う通知手段をさらに備える、請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

【請求項 9】

制御装置および前記制御装置と通信可能なデバイスとを備える制御システムに向けられたサポート装置であって、

前記制御装置は、

制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する制御手段と、

前記デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する通信処理手段とを備え、

前記サポート装置は、

前記制御手段により実行される処理内容の構築、および、前記通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する提供手段と、

前記提供手段により提供される開発環境において設定された内容に基づいて、前記デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定する決定手段とを備える、サポート装置。

【請求項 10】

制御装置および前記制御装置と通信可能なデバイスとを備える制御システムに向けられたサポート装置用のプログラムであって、

前記制御装置は、

制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する制御手段と、

前記デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する通信処理手段とを備え、

前記プログラムは、コンピュータにより実行されると、前記コンピュータに

前記制御手段により実行される処理内容の構築、および、前記通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供するステップと、

前記開発環境において設定された内容に基づいて、前記デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定するステップとを実行させる、サポート装置用のプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、データを周期的に遣り取りする制御システム、サポート装置およびサポート装置用のプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

設備や機械などを制御するための制御装置として、PLC（プログラマブルロジックコン

10

20

30

40

50

トローラ)が用いられる。さらに、P L Cに加えて、セーフティコントローラおよび各種セーフティコンポーネントからなるセーフティシステムが配置されることもある。

【 0 0 0 3 】

I C T (Information and Communication Technology) の進歩に伴って、このような産業用コントローラについてもネットワーク化が進行しつつある。公知の構成においては、例えば、特許文献 1 (特開 2 0 0 9 - 2 2 3 3 9 8 号公報) に開示されるように、演算処理を実行する C P U ユニットに加えて、通信処理を担当する通信ユニットが装着される。特許文献 2 (特開 2 0 1 7 - 0 2 7 5 3 9 号公報) に開示されるように、C P U モジュールとは別に、I O モジュールの一例である通信モジュールを装着して、通信処理を行う構成が一般的である。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【文献】特開 2 0 0 9 - 2 2 3 3 9 8 号公報

特開 2 0 1 7 - 0 2 7 5 3 9 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

通常、設備や機械などの制御対象を制御するための制御演算においては、I O データ (入出力データ) を周期的に更新する必要がある。このような I O データを周期的に更新するためには、I O データの収集先であるデバイスとの間でデータを周期的に遣り取りする必要がある。

20

【 0 0 0 6 】

しかしながら、ネットワーク上でデータを周期的に遣り取りする場合には、様々な制約要因が存在するため、通信周期をどのような値に設定すべきかを決定するのは容易ではない。

【 0 0 0 7 】

本発明は、デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を容易に決定できる構成を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

30

【 0 0 0 8 】

本発明のある実施の形態に従えば、制御装置および制御装置と通信可能なデバイスとを含む制御システムが提供される。制御システムは、制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する制御手段と、デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する通信処理手段と、制御手段により実行される処理内容の構築、および、通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する提供手段と、提供手段により提供される開発環境において設定された内容に基づいて、デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定する決定手段とを含む。

【 0 0 0 9 】

40

この実施の形態によれば、制御手段により実行される処理内容および通信処理に係る設定に基づいて、デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲が決定されるので、知識の少ないユーザであっても適切な周期を設定できる。

【 0 0 1 0 】

決定手段は、制御手段により実行される処理内容に応じて決定される制約要因、および、通信処理手段による通信処理に係る設定に応じて決定される制約要因の両方を反映して、設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。この構成によれば、制御手段により実行される処理内容に応じて決定される制約要因、および、通信処理手段による通信処理に係る設定に応じて決定される制約要因の両方が反映された、適切な範囲を決定できる。

【 0 0 1 1 】

50

決定手段は、デバイスとの間で遣り取りされるデータの接続数およびデータサイズの少なくとも一方に基づいて、設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。この構成によれば、デバイスとの間で遣り取りされるデータに応じて適切な範囲を決定できる。

【0012】

決定手段は、制御手段において実行される制御演算の周期に基づいて、設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。この構成によれば、制御演算の周期に応じて適切な範囲を決定できる。

【0013】

決定手段は、制御手段において実行される制御演算に設定されている優先度に基づいて、設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。この構成によれば、制御演算に設定されている優先度に応じて適切な範囲を決定できる。

10

【0014】

決定手段は、制御装置の処理能力に基づいて、設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。この構成によれば、制御装置の処理能力に応じて適切な範囲を決定できる。

【0015】

決定手段は、制御装置がデータを遣り取りするデバイス毎に、設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。この構成によれば、複数のデバイスとの間でデータを遣り取りする場合であっても、それぞれのデバイスについて適切な範囲を決定できる。

【0016】

デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定値が決定手段により決定された設定可能な範囲外である場合に、通知を行う通知手段をさらに含んでもよい。この構成によれば、現在の設定値が周期の設定可能な範囲外である場合に、適切な変更をユーザに促すことができる。

20

【0017】

本発明の別の実施の形態に従えば、制御装置および制御装置と通信可能なデバイスとを含む制御システムに向けられたサポート装置が提供される。制御装置は、制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する制御手段と、デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する通信処理手段とを含む。サポート装置は、制御手段により実行される処理内容の構築、および、通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する提供手段と、提供手段により提供される開発環境において設定された内容に基づいて、デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定する決定手段とを含む。

30

【0018】

本発明のさらに別の実施の形態に従えば、制御装置および制御装置と通信可能なデバイスとを含む制御システムに向けられたサポート装置用のプログラムが提供される。制御装置は、制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する制御手段と、デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する通信処理手段とを含む。プログラムは、コンピュータにより実行されると、コンピュータに、制御手段により実行される処理内容の構築、および、通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供するステップと、開発環境において設定された内容に基づいて、デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定するステップとを実行させる。

40

【発明の効果】

【0019】

本発明によれば、デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を容易に決定できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本実施の形態に従う制御システムにおける処理概要を説明するための図である。

【図2】本実施の形態に従う制御システムの構成例を示す模式図である。

50

【図 3】本実施の形態に従う制御システムに含まれる標準制御ユニットのハードウェア構成例を示す模式図である。

【図 4】本実施の形態に従う制御システムに含まれるセーフティ制御ユニットのハードウェア構成例を示す模式図である。

【図 5】本実施の形態に従う制御システムに含まれるサポート装置のハードウェア構成例を示す模式図である。

【図 6】本実施の形態に従う制御システムにおける F S o E を説明するための模式図である。

【図 7】本実施の形態に従う制御システムにおける C I P S a f e t y を説明するための模式図である。

10

【図 8】本実施の形態に従う制御装置における C I P S a f e t y を実現するための機能構成例を示す模式図である。

【図 9】図 8 に示す機能構成の実装例を示す模式図である。

【図 10】本実施の形態に従う制御装置における C I P S a f e t y の設定内容の一例を説明するための模式図である。

【図 11】本実施の形態に従う制御装置における C I P S a f e t y 通信サービスの実行例を説明するための模式図である。

【図 12】本実施の形態に従う制御システムにおいて設定可能な E P I の最小値を算出するために用いられるパラメータテーブルの一例を示す図である。

【図 13】本実施の形態に従う制御システムにおいて設定可能な E P I の最小値を再算出する処理を説明するための図である。

20

【図 14】本実施の形態に従う制御システムに含まれるサポート装置の機能構成の一例を示すブロック図である。

【図 15】本実施の形態に従う制御システムが提供するユーザインターフェイス画面の一例を示す図である。

【図 16】本実施の形態に従う制御システムが提供するユーザインターフェイス画面の別の一例を示す図である。

【図 17】本実施の形態に従う制御システムが提供するユーザインターフェイス画面のさらに別の一例を示す図である。

【図 18】本実施の形態に従う制御システムに含まれるサポート装置において実行される処理手順の一例を示すフローチャートである。

30

【発明を実施するための形態】

【0021】

本発明の実施の形態について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、図中の同一または相当部分については、同一符号を付してその説明は繰り返さない。

【0022】

< A . 適用例 >

まず、図 1 を参照して、本発明が適用される場面の一例について説明する。

【0023】

図 1 は、本実施の形態に従う制御システム 1 における処理概要を説明するための図である。図 1 を参照して、制御装置 2 は、プロセスネットワーク 10 を介して、1 または複数のデバイスと接続されている。プロセスネットワーク 10 には、ハブ 8 が配置されていてもよい。

40

【0024】

制御装置 2 は、制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する。また、制御装置 2 は、デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する。すなわち、制御装置 2 とデバイスとの間では、データが周期的に遣り取りされる。

【0025】

このような通信処理を考慮して、制御装置 2 は、デバイスとの間でデータを遣り取りする周期（通信周期）の設定可能な範囲を決定することができる。具体的には、制御装置 2 は

50

、制御装置 2 で実行される処理、および、通信処理に係る設定などに応じて、設定可能な通信周期が算出される。

【 0 0 2 6 】

この設定可能な通信周期の算出には、以下のような制約要因に基づいてもよい。

- ・制御装置（ユニット）の各種設定
- ・通信の設定内容
- ・制御装置（ユニット）の処理能力（スペック）
- ・制御装置（ユニット）が提供する他のサービス
- ・制御装置（ユニット）における優先度

このような制約要因については、後述するようなサポート装置が提供する開発環境において設定された内容に基づいて決定されるとともに、当該決定された制約要因から設定可能な通信周期が算出されてもよい。

10

【 0 0 2 7 】

ここで、「設定可能な範囲」とは、対象となる値を有効に設定できる範囲を包含する用語であり、上限および下限の両方を規定する場合に加えて、下限のみあるいは上限のみを規定する場合を含み得る。特に、本実施の形態においては、下限（最小値）の決定に着目する。

【 0 0 2 8 】

本明細書においては、制御装置と各デバイスとの間で送受信される主たるデータを「フレーム」として説明する。但し、「フレーム」との用語に基づいて、送受信されるデータを限定的に解釈すべきではなく、例えば、「パケット」の単位で送受信される場合や、より長いデータ列の単位で送受信されるような場合も含み得る。

20

【 0 0 2 9 】

本明細書においては、「標準制御」および「セーフティ制御」の用語を対比的に用いる。「標準制御」は、予め定められた要求仕様に沿って、制御対象を制御するための処理の総称である。一方、「セーフティ制御」は、設備や機械などによって人の安全が脅かされることを防止するための処理を総称する。「セーフティ制御」は、IEC 61508などに規定されたセーフティ機能を実現するための要件を満たすように設計される。

【 0 0 3 0 】

< B . システム構成例 >

30

まず、本実施の形態に従う制御システム 1 の構成例について説明する。図 2 は、本実施の形態に従う制御システム 1 の構成例を示す模式図である。

【 0 0 3 1 】

図 2 を参照して、制御システム 1 は、一例として、制御装置 2 と、1 または複数のリモート I/O 装置 4 と、1 または複数のスレーブデバイスとを含む。

【 0 0 3 2 】

制御装置 2 は、制御演算を実行する処理主体であり、標準制御ユニット 100 と、セーフティ制御ユニット 200 と、1 または複数の機能ユニット 350 とを含む。標準制御ユニット 100 は、標準制御および後述するような通信処理に係る制御演算を実行する。セーフティ制御ユニット 200 は、セーフティ制御に係る制御演算を実行する。機能ユニット 350 の各々は、各ユニットに実装されている機能（例えば、入出力機能、位置制御機能、PID 制御機能など）に応じた処理を実行する。なお、セーフティ制御ユニット 200 は、機能ユニット 350 の一類型とみなすこともできる。

40

【 0 0 3 3 】

標準制御ユニット 100 と、セーフティ制御ユニット 200 および機能ユニット 350 との間は、内部バス 18 を介して電氣的に接続されている。

【 0 0 3 4 】

制御装置 2（標準制御ユニット 100）は、フィールドネットワーク 6 を介して、リモート I/O 装置 4 と電氣的に接続されている。制御装置 2 は、さらに、プロセスネットワーク 10 およびハブ 8 を介して、スレーブデバイスの一例であるセーフティドライバ 12 と通

50

信可能に接続されている。

【 0 0 3 5 】

フィールドネットワーク 6 は、F A (Factory Automation) 用のデータ伝送を実現するための通信媒体である。フィールドネットワーク 6 においては、予め定められた周期でフレーム伝送が可能になっており、ネットワーク内の各ノードに対するデータ到着時間が保証される。このようなデータ到着時間が保証されるプロトコルの一例として、本実施の形態に従う制御システム 1 においては、フィールドネットワーク 6 には E t h e r C A T (登録商標) を採用する。さらに、後述するようなセーフティ制御に用いられるデータは、E t h e r C A T を利用した F S o E (Functional Safety over EtherCAT) により伝送されてもよい。

10

【 0 0 3 6 】

プロセスネットワーク 10 は、フィールドネットワーク 6 と同様に、F A 用のデータ伝送を実現するための通信媒体である。本実施の形態に従う制御システム 1 においては、プロセスネットワーク 10 には E t h e r N e t / I P (登録商標) を採用する。さらに、後述するようなセーフティ制御に用いられるデータは、E t h e r N e t / I P を利用した C I P S a f e t y により伝送されてもよい。

【 0 0 3 7 】

制御装置 2 (標準制御ユニット 100) は、さらに上位ネットワーク 20 に接続されていてもよい。上位ネットワーク 20 には、ゲートウェイやデータベースサーバといった任意の情報処理装置が接続されていてもよい。

20

【 0 0 3 8 】

リモート I O 装置 4 は、カブラユニット 300 と、1 または複数の機能ユニット 350 とを含む。リモート I O 装置 4 は、制御対象から各種情報を収集して制御装置 2 へ送信するとともに、制御装置 2 からのデータに含まれる指令に従って制御装置に対する信号出力や処理を実行する。

【 0 0 3 9 】

カブラユニット 300 は、制御装置 2 (標準制御ユニット 100) と機能ユニット 350 との間のデータの遣り取りを仲介する。併せて、カブラユニット 300 は、フレームを介して受信したデータを機能ユニット 350 へ送信するとともに、機能ユニット 350 からデータを受信すると、当該受信したデータを次に到着するフレームに格納する準備を行う。

30

【 0 0 4 0 】

機能ユニット 350 は、制御装置 2 に含まれる機能ユニット 350 と実質的に同一であり、各ユニットに実装されている機能 (例えば、入出力機能、位置制御機能、P I D 制御機能など) に応じた処理を実行する。

【 0 0 4 1 】

カブラユニット 300 は、機能ユニット 350 の一例として、セーフティ機能ユニット 360 を含む場合もある。図 2 には、1 つのリモート I O 装置 4 がセーフティ機能ユニット 360 を含む例を示す。セーフティ機能ユニット 360 は、セーフティ制御に係る機能を有している。一例として、セーフティ機能ユニット 360 は、セーフティ I O ユニットである。セーフティ I O ユニットは、非常停止ボタン、セーフティドアスイッチ、ライトカーテンなどのセーフティコンポーネント 16 からの信号を受け付ける入力機能、および / または、セーフティコンポーネント 16 への信号を出力する出力機能を有する。

40

【 0 0 4 2 】

セーフティ制御ユニット 200 とセーフティ機能ユニット 360 との間では、フィールドネットワーク 6 を周期的に伝送されるフレームを利用した一種のピアトゥピア通信である F S o E を用いて、データが遣り取りされてもよい。

【 0 0 4 3 】

図 2 には、スレーブデバイスとして、モータ 14 を駆動するセーフティドライバ 12 を示す。セーフティドライバ 12 は、制御装置 2 (標準制御ユニット 100) からの指令に従って、接続されているモータ 14 を駆動するとともに、モータ 14 の駆動に係るセーフティ

50

アイコンポーネントとしての機能も含む。なお、モータ 14 は、サーボモータ、誘導モータ、同期モータ、リニアモータなどの任意の運動体である。

【0044】

セーフティドライバ 12 は、制御装置 2（標準制御ユニット 100）との間で確立されるコネクションを利用して、データを遣り取りする。以下では、このデータを遣り取りするプロトコルとして、CIP Safety を用いる場合について説明する。

【0045】

サポート装置 500 は、制御システム 1 に向けられたものであり、制御装置 2（標準制御ユニット 100 およびセーフティ制御ユニット 200）で実行されるプログラムの作成およびデバッグならびに各種設定の支援するための環境をユーザに提供する。

10

【0046】

< C . ハードウェア構成例 >

次に、制御システム 1 に含まれる主要な装置のハードウェア構成例について説明する。

【0047】

（c1：標準制御ユニット）

図 3 は、本実施の形態に従う制御システム 1 に含まれる標準制御ユニット 100 のハードウェア構成例を示す模式図である。図 3 を参照して、標準制御ユニット 100 は、プロセッサ 102 と、チップセット 104 と、主メモリ 106 と、ストレージ 108 と、ネットワークコントローラ 110 と、USB（Universal Serial Bus）コントローラ 112 と、メモリカードインターフェイス 114 と、内部バスコントローラ 118 と、フィールドネットワークコントローラ 120 と、プロセスネットワークコントローラ 122 と、カウンタ 126 と、RTC（Real Time Clock）128 とを含む。

20

【0048】

プロセッサ 102 は、制御演算などを実行する演算処理部に相当し、CPU（Central Processing Unit）、MPU（Micro Processing Unit）、GPU（Graphics Processing Unit）などで構成される。具体的には、プロセッサ 102 は、ストレージ 108 に格納されたプログラム（一例として、システムプログラムおよび標準制御プログラム（ユーザプログラム））を読み出して、主メモリ 106 に展開して実行することで、標準制御および後述するような通信処理に係る演算を実行する。ストレージ 108 は、例えば、HDD（Hard Disk Drive）や SSD（Solid State Drive）などの不揮発性記憶装置などで構成される。主メモリ 106 は、DRAM（Dynamic Random Access Memory）や SRAM（Static Random Access Memory）などの揮発性記憶装置などで構成される。

30

【0049】

チップセット 104 は、プロセッサ 102 と各デバイスとのデータ遣り取りを仲介することで、標準制御ユニット 100 全体としての処理を実現する。

【0050】

ストレージ 108 には、基本的な機能を実現するためのシステムプログラムに加えて、設備や機械などの制御対象に応じて作成される標準制御を実現するための標準制御プログラムが格納される。

【0051】

ネットワークコントローラ 110 は、上位ネットワーク 20 を介して、ゲートウェイやデータベースサーバといった任意の情報処理装置との間でデータを遣り取りする。

40

【0052】

USB コントローラ 112 は、USB 接続を介して、サポート装置 500 との間でデータを遣り取りする。

【0053】

メモリカードインターフェイス 114 は、メモリカード 116 を着脱可能に構成されており、メモリカード 116 に対してデータを書き込み、メモリカード 116 から各種データ（標準制御プログラムやトレースデータなど）を読み出すことが可能になっている。

【0054】

50

内部バスコントローラ 118 は、内部バス 18 を介して、標準制御ユニット 100 と、セーフティ制御ユニット 200 および機能ユニット 350 とを電氣的に接続するための通信インターフェイスに相当する。内部バスコントローラ 118 は、内部バス 18 を介して定周期通信を行うための通信マスタとして機能する。

【0055】

フィールドネットワークコントローラ 120 は、フィールドネットワーク 6 を介して、標準制御ユニット 100 とリモート I/O 装置 4 とを電氣的に接続するための通信インターフェイスに相当する。フィールドネットワークコントローラ 120 は、フィールドネットワーク 6 を介して定周期通信を行うための通信マスタとして機能する。

【0056】

プロセスネットワークコントローラ 122 は、プロセスネットワーク 10 を介して、標準制御ユニット 100 とセーフティドライバ 12 とを電氣的に接続するための通信インターフェイスに相当する。プロセスネットワークコントローラ 122 は、プロセスネットワーク 10 を介して、予め定められた周期でデータを遣り取りするための通信制御を担当する。

【0057】

カウンタ 126 は、標準制御ユニット 100 で実行される各種プログラムの実行タイミングを管理するための時刻基準として用いられる。RTC 128 は、計時機能を有する一種のカウンタであり、現在時刻をプロセッサ 102 などへ提供する。

【0058】

図 3 には、プロセッサ 102 がプログラムを実行することで必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路（例えば、ASIC や FPGA など）を用いて実装してもよい。あるいは、標準制御ユニット 100 の主要部を、汎用的なアーキテクチャに従うハードウェア（例えば、汎用パソコンをベースとした産業用パソコン）を用いて実現してもよい。この場合には、仮想化技術を用いて、用途の異なる複数の OS（Operating System）を並列的に実行させるとともに、各 OS 上で必要なアプリケーションを実行させるようにしてもよい。さらに、標準制御ユニット 100 に表示装置やサポート装置などの機能を統合した構成を採用してもよい。

【0059】

（c2：セーフティ制御ユニット）

図 4 は、本実施の形態に従う制御システム 1 に含まれるセーフティ制御ユニット 200 のハードウェア構成例を示す模式図である。図 4 を参照して、セーフティ制御ユニット 200 は、内部バスコントローラ 218 と、メインコントローラ 210 とを含む。

【0060】

内部バスコントローラ 218 は、内部バス 18 を介して標準制御ユニット 100 とセーフティ制御ユニット 200 とを電氣的に接続するための通信インターフェイスに相当する。内部バスコントローラ 218 は、内部バス 18 を介したデータ通信に参加するための通信スレーブとして機能する。

【0061】

メインコントローラ 210 は、プロセッサ 202 と、主メモリ 204 と、ストレージ 208 とを含む。プロセッサ 202 は、制御演算や通信処理などを実行する演算処理部に相当し、CPU、MPU、GPU などと構成される。具体的には、プロセッサ 202 は、ストレージ 208 に格納されたセーフティプログラム 220 を読み出して、主メモリ 204 に展開して実行することで、セーフティ制御などを実現する。

【0062】

図 4 には、プロセッサ 202 がプログラムを実行することで必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路（例えば、ASIC や FPGA など）を用いて実装してもよい。

【0063】

（c3：サポート装置）

図 5 は、本実施の形態に従う制御システム 1 に含まれるサポート装置 500 のハードウェア

10

20

30

40

50

ア構成例を示す模式図である。サポート装置 500 は、一例として、汎用的なアーキテクチャに従うハードウェア（例えば、汎用パソコン）を用いて実現される。

【0064】

図 5 を参照して、サポート装置 500 は、プロセッサ 502 と、メインメモリ 504 と、入力部 506 と、出力部 508 と、ストレージ 510 と、光学ドライブ 512 と、USB コントローラ 520 とを含む。これらのコンポーネントは、プロセッサバス 518 を介して接続されている。

【0065】

プロセッサ 502 は、CPU、MPU、GPU などで構成され、ストレージ 510 に格納されたプログラム（一例として、OS 5102 およびサポートプログラム 5104）を読み出して、メインメモリ 504 に展開して実行することで、後述するような各種処理を実現する。

10

【0066】

メインメモリ 504 は、DRAM や SRAM などの揮発性記憶装置などで構成される。ストレージ 510 は、例えば、HDD や SSD などの不揮発性記憶装置などで構成される。

【0067】

ストレージ 510 には、基本的な機能を実現するための OS 5102 に加えて、サポート装置 500 としての機能を提供するためのサポートプログラム 5104 が格納される。サポートプログラム 5104 は、標準制御ユニット 100 により実行される処理内容の構築、および、通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する。

20

【0068】

さらに、ストレージ 510 には、サポートプログラム 5104 が実行されることで提供される開発環境においてユーザにより作成されるプロジェクトデータ 5106 が格納される。

【0069】

サポート装置 500 は、制御システム 1 に含まれる各デバイスに対する設定および各デバイスで実行されるプログラムの作成が統合的に可能な開発環境を提供する。プロジェクトデータ 5106 は、このような統合的な開発環境によって生成されるデータを含む。典型的には、プロジェクトデータ 5106 は、標準制御ソースプログラム 5108 と、標準コントローラ設定情報 5110 と、セーフティソースプログラム 5112 と、セーフティコントローラ設定情報 5114 と、セーフティドライバ設定情報 5116 とを含む。

30

【0070】

標準制御ソースプログラム 5108 は、オブジェクトコードに変換された上で、標準制御ユニット 100 へ送信され、標準制御プログラム 1104 として格納される。同様に、標準コントローラ設定情報 5110 についても標準制御ユニット 100 へ送信される。

【0071】

セーフティソースプログラム 5112 は、オブジェクトコードに変換された上で、セーフティ制御ユニット 200 へ送信され、セーフティプログラム 220（図 4 参照）として格納される。同様に、セーフティコントローラ設定情報 5114 についてもセーフティ制御ユニット 200 へ送信される。

【0072】

40

セーフティドライバ設定情報 5116 は、セーフティドライバ 12 へ送信される。

入力部 506 は、キーボードやマウスなどで構成され、ユーザ操作を受け付ける。出力部 508 は、ディスプレイ、各種インジケータ、プリンタなどで構成され、プロセッサ 502 からの処理結果などを出力する。

【0073】

USB コントローラ 520 は、USB 接続を介して、標準制御ユニット 100 などとの間のデータを遣り取りする。

【0074】

サポート装置 500 は、光学ドライブ 512 を有しており、コンピュータ読取可能なプログラムを非一過的に格納する記録媒体 514（例えば、DVD（Digital Versatile Disc

50

）などの光学記録媒体）から、その中に格納されたプログラムが読取られてストレージ 510 などにインストールされる。

【0075】

サポート装置 500 で実行されるサポートプログラム 5104 などは、コンピュータ読取可能な記録媒体 514 を介してインストールされてもよいが、ネットワーク上のサーバ装置などからダウンロードする形でインストールするようにしてもよい。また、本実施の形態に係るサポート装置 500 が提供する機能は、OS が提供するモジュールの一部を利用する形で実現される場合もある。

【0076】

図 5 には、プロセッサ 502 がプログラムを実行することで、サポート装置 500 として必要な機能が提供される構成例を示したが、これらの提供される機能の一部または全部を、専用のハードウェア回路（例えば、ASIC または FPGA など）を用いて実装してもよい。

10

【0077】

なお、制御システム 1 が稼動中において、サポート装置 500 は、標準制御ユニット 100 から取り外されていてもよい。

【0078】

< D . 制御装置 2 における通信処理 >

次に、制御装置 2 における通信処理について説明する。

【0079】

20

（ d 1 : フィールドネットワーク上の F S o E ）

図 6 は、本実施の形態に従う制御システム 1 における F S o E を説明するための模式図である。図 6 には、フィールドネットワーク 6 を介して標準制御ユニット 100 とカプラユニット 300 とが接続された構成において、カプラユニット 300 にバス接続されるセーフティ機能ユニット 360 が収集したデータをセーフティ制御ユニット 200 へ送信する例を示す。

【0080】

フィールドネットワーク 6 には E t h e r C A T に従うフレームが周期的に伝送されている。標準制御ユニット 100 は、フィールドネットワーク 6 を周期的に伝送されるフレームを介して、機能ユニットが収集した入力データを取得する。標準制御ユニット 100 は、取得した入力データに基づいて制御演算を実行するとともに、フレームを介して、制御演算の実行により得られる制御指令（出力データ）を機能ユニットへ送信する。

30

【0081】

より具体的には、標準制御ユニット 100 は、フィールドネットワーク 6 におけるフレームの伝送周期に対応して、制御タスク 150 を周期的に実行する。すなわち、制御装置 2 を構成する標準制御ユニット 100 は、制御対象を制御するための制御演算を周期的に実行する。制御タスク 150 の各実行周期（タスク周期）において、I O リフレッシュ処理 152、シーケンス演算などのユーザプログラム実行処理 154、モーションプログラム実行処理 156 などが実行される。I O リフレッシュ処理 152 は、フィールドネットワーク 6 上を伝送されるフレームに含まれるデータを標準制御ユニット 100 において参照可能な状態に更新する処理である。通常、フレームの伝送周期は、標準制御ユニット 100 におけるタスク周期と一致するように設定されている。

40

【0082】

F S o E により送信されるデータは、フィールドネットワーク 6 上を伝送されるフレームにより標準制御ユニット 100 に送信された後、標準制御ユニット 100 により内部バス 18（図 3 および図 4 など参照）を介してセーフティ制御ユニット 200 へ転送される。すなわち、F S o E を実現するために、標準制御ユニット 100 はデータを仲介する。

【0083】

このようなフィールドネットワーク 6 を介して伝送されたデータをセーフティ制御ユニット 200 へ転送する処理、および、セーフティ制御ユニット 200 から送信されるデータ

50

をフレームに格納してフィールドネットワーク 6 を介して送出する処理（これらの処理は、以下では「F S o E データの折り返し処理」とも称す。）は、制御タスク 1 5 0 に含まれる I O リフレッシュ処理 1 5 2 の一部として実行される。

【 0 0 8 4 】

F S o E データの折り返し処理が I O リフレッシュ処理 1 5 2 の一部として実行されることで、F S o E の応答性を確保できる。すなわち、F S o E でのデータの遣り取りに要する時間は、タスク周期（すなわち、伝送周期）に応じて定まる時間に保証される。

【 0 0 8 5 】

（ d 2 : プロセスネットワーク上の C I P S a f e t y ）

図 7 は、本実施の形態に従う制御システム 1 における C I P S a f e t y を説明するための模式図である。図 7 には、プロセスネットワーク 1 0 を介して標準制御ユニット 1 0 0 とスレーブデバイスの一例であるセーフティドライバ 1 2 とが接続された構成において、セーフティ制御ユニット 2 0 0 とセーフティドライバ 1 2 との間でデータを遣り取りする例を示す。

10

【 0 0 8 6 】

C I P S a f e t y においては、標準制御ユニット 1 0 0 と各スレーブデバイス（図 7 に示す例では、セーフティドライバ 1 2 ）との間に予め定義されたコネクション毎にフレーム（C I P S a f e t y フレーム）が遣り取りされる。各コネクションのフレームの遣り取りを完了できる周期として、E P I（Expected Packet Interval）が予め設定されている。すなわち、各コネクションに対応するすべての C I P S a f e t y フレームは、対応する E P I 内で、少なくとも一回は生成および送信されることになる。E P I は、通信先のデバイス（ターゲットデバイス）毎にそれぞれ設定されてもよい。

20

【 0 0 8 7 】

標準制御ユニット 1 0 0 は、各スレーブデバイスから受信したフレームを、内部バス 1 8 を介してセーフティ制御ユニット 2 0 0 へ転送する。すなわち、標準制御ユニット 1 0 0 は、各スレーブデバイスとセーフティ制御ユニット 2 0 0 との間のフレーム転送を仲介するブリッジとして機能する。このブリッジとして機能は、制御タスク 1 5 0 とは独立した通信処理 1 6 0 として実行される。

【 0 0 8 8 】

通信処理 1 6 0 において、C I P S a f e t y の C I P S a f e t y フレームを処理する C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 が実行される。

30

【 0 0 8 9 】

通信処理 1 6 0 を制御タスク 1 5 0 から分離することで、制御タスク 1 5 0 において実行されるユーザプログラム実行処理 1 5 4 が要する時間に影響されることなく、C I P S a f e t y の応答性を確保できる。すなわち、制御タスク 1 5 0 および通信処理 1 6 0 を互いに独立させて実行することで、標準制御ユニット 1 0 0 における標準制御プログラム（ユーザプログラム）の実行周期の短縮、および、C I P S a f e t y の応答性向上を両立できる。

【 0 0 9 0 】

< E . C I P S a f e t y の実装例 >

40

次に、制御装置 2 における C I P S a f e t y の実装例について説明する。

【 0 0 9 1 】

図 8 は、本実施の形態に従う制御装置 2 における C I P S a f e t y を実現するための機能構成例を示す模式図である。図 8 を参照して、制御装置 2 は、C I P S a f e t y に関する機能として、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 と、C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 と、セーフティ制御実行部 2 5 0 とを含む。

【 0 0 9 2 】

C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 は、C I P S a f e t y フレームを処理する処理モジュールに相当する。具体的には、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 は、スレーブデバイスから C I P S a f e t y フレームを受信して、その受信した C I P S a f e t

50

y フレームを C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 へ出力する。また、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 は、C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 からの指令に従って、C I P S a f e t y フレームを宛先のスレーブデバイスへ送信する。

【 0 0 9 3 】

C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 は、C I P S a f e t y に従う C I P S a f e t y フレームの遣り取りを管理する。具体的には、C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 は、入力された C I P S a f e t y フレームを解析し、その中に含まれるデータ（入力データ）をセーフティ制御実行部 2 5 0 へ出力する。また、C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 は、セーフティ制御実行部 2 5 0 からの制御指令（出力データ）に従って、C I P S a f e t y フレーム生成して、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 へ出力する。

10

【 0 0 9 4 】

セーフティ制御実行部 2 5 0 は、C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 からの入力データに基づいてセーフティ制御に係る制御演算することで、制御指令（出力データ）を算出する。

【 0 0 9 5 】

図 9 は、図 8 に示す機能構成の実装例を示す模式図である。図 9（a）には、標準制御ユニット 1 0 0 およびセーフティ制御ユニット 2 0 0 からなる構成例を示す。この構成例において、標準制御ユニット 1 0 0 には、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 が実装され、セーフティ制御ユニット 2 0 0 には、C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 およびセーフティ制御実行部 2 5 0 が実装される。

20

【 0 0 9 6 】

一方、図 9（b）には、すべての機能がセーフティ制御ユニット 2 0 0 に実装される構成例を示す。構成例においては、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2、C I P S a f e t y プロトコルスタック 1 6 4 およびセーフティ制御実行部 2 5 0 がセーフティ制御ユニット 2 0 0 に実装される。

【 0 0 9 7 】

なお、図 9（a）および図 9（b）に示す構成例に限らず、どのような実装形態を採用してもよい。

【 0 0 9 8 】

このように、制御装置 2 を構成する標準制御ユニット 1 0 0 またはセーフティ制御ユニット 2 0 0 は、スレーブデバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理を実行する。

30

【 0 0 9 9 】

< F . C I P S a f e t y の応答性 >

次に、C I P S a f e t y の応答性（E P I の最小値）について説明する。

【 0 1 0 0 】

（ f 1 : C I P S a f e t y の応答性を決定する要素）

E P I が短いほどデータの更新周期が短いことを意味する。そのため、制御性能などを考慮すると、E P I は可能な限り短く設定することが好ましい。しかしながら、以下に示すような制約により、設定可能な E P I は決定されることになる。

40

【 0 1 0 1 】

（ 1 ） C I P S a f e t y の応答性に影響を及ぼすユニットの各種設定

（ 2 ） C I P S a f e t y の設定内容

（ 3 ） C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットの処理能力（スペック）

（ 4 - 1 ） C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットが提供する他のサービス

（ 4 - 2 ） C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットにおける優先度

このような制約要因の少なくとも一部に基づいて E P I の設定可能な範囲が決定される。

以下、各制約要因について説明する。

50

【 0 1 0 2 】

(f 2 : C I P S a f e t y の応答性に影響を及ぼすユニットの各種設定)

C I P S a f e t y の応答性に影響を及ぼすユニットの各種設定としては、制御タスク 1 5 0 の各実行周期 (タスク周期) などを含む。そのため、本実施の形態に従う制御システム 1 においては、標準制御ユニット 1 0 0 において実行される制御演算の周期 (タスク周期) に基づいて、E P I の設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。

【 0 1 0 3 】

(f 3 : C I P S a f e t y の設定内容)

C I P S a f e t y の設定内容としては、C I P S a f e t y のコネクション数およびデータサイズを含む。C I P S a f e t y のコネクション数とは、制御システム 1 が固有にサポートしているコネクション数 (最大数) 、および、ユーザにより任意に設定されるコネクション数の両方を含み得る。また、C I P S a f e t y のデータサイズとは、各コネクションに割り当てられているデータの大きさ、および、すべてのコネクションに割り当てられているデータの合計の両方を含み得る。

10

【 0 1 0 4 】

図 1 0 は、本実施の形態に従う制御装置 2 における C I P S a f e t y の設定内容の一例を説明するための模式図である。図 1 0 (a) には、コネクション C 1 ~ C 1 0 0 が設定されている例を示し、図 1 0 (b) には、コネクション C 1 ~ C 1 0 が設定されている例を示す。

【 0 1 0 5 】

図 1 0 (a) と図 1 0 (b) とを比較すると分かるように、コネクション数が多いほど、E P I が長くなることが分かる。同様に、データサイズが大きくなるほど、E P I は長くなる。

20

【 0 1 0 6 】

このように、C I P S a f e t y の設定内容に応じて、C I P S a f e t y の応答性 (すなわち、E P I の最小値) は変化することになる。そのため、本実施の形態に従う制御システム 1 においては、スレーブデバイスとの間で遣り取りされるデータのコネクション数およびデータサイズの少なくとも一方に基づいて、E P I の設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。

【 0 1 0 7 】

なお、通信先のデバイス (ターゲットデバイス) 毎に 1 または複数のコネクションを設定できるので、ターゲットデバイス毎に E P I を設定することも可能である。すなわち、制御装置 2 がデータを遣り取りするデバイス毎に、E P I の設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。

30

【 0 1 0 8 】

(f 4 : C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットの処理能力)

C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットの処理能力 (スペック) は、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 が実装されたユニット (図 9 に示すように、標準制御ユニット 1 0 0 またはセーフティ制御ユニット 2 0 0) のハードウェア性能を意味する。このような処理能力 (スペック) は、ユニットに実装されたプロセッサの性能、メモリ容量、データ伝送速度などに依存する。

40

【 0 1 0 9 】

そのため、本実施の形態に従う制御システム 1 においては、制御装置 2 (標準制御ユニット 1 0 0 およびセーフティ制御ユニット 2 0 0) の処理能力に基づいて、E P I の設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。

【 0 1 1 0 】

(f 5 : C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットが提供する他のサービス、および、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットにおける優先度)

図 1 1 は、本実施の形態に従う制御装置 2 における C I P S a f e t y 通信サービスの実

50

行例を説明するための模式図である。図 11 には、C I P S a f e t y 通信サービス 162 を提供するユニット（標準制御ユニット 100 またはセーフティ制御ユニット 200）における実行例を示す。

【0111】

図 11 (a) および図 11 (b) のいずれにおいても、共通のリソースを用いて、C I P S a f e t y 通信サービス 162 に加えて、サービス X 166 およびサービス Y 167 が実行される。図 11 (a) には、C I P S a f e t y 通信サービス 162 が他のサービスに比較して高い優先度で実行される例を示し、図 11 (b) には、C I P S a f e t y 通信サービス 162 が他のサービスに比較して低い優先度で実行される例を示す。

【0112】

より具体的には、図 11 (a) に示すように、他のサービスに比較して、C I P S a f e t y 通信サービス 162 に対してより高い優先度が設定されている場合には、C I P S a f e t y 通信サービス 162 が優先的に実行されるために、E P I を短くすることができる。

【0113】

これに対して、図 11 (b) に示すように、C I P S a f e t y 通信サービス 162 に比較して、他のサービスに対してより高い優先度が設定されている場合には、C I P S a f e t y 通信サービス 162 の実行周期が長くなるので、これに伴って、E P I も長くせざるを得ない。

【0114】

このように、C I P S a f e t y 通信サービス 162 を提供するユニットで実行されるサービス内容、および、各サービスに設定される優先度に応じて、C I P S a f e t y の応答性（すなわち、E P I の最小値）は変化することになる。そのため、本実施の形態に従う制御システム 1 においては、標準制御ユニット 100 において実行される制御演算に設定されている優先度に基づいて、E P I の設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。

【0115】

通常、C I P S a f e t y 通信サービス 162 を提供するユニットが提供する他のサービスの各々については、実行の有効または無効を予め設定することができる。但し、一部のサービスについては、無効とすることができず、実行が固定されていることもある。

【0116】

また、C I P S a f e t y 通信サービス 162 を提供するユニットにおける優先度については、任意に設定することができる。但し、一部のサービスの優先度については、設計値に固定されていることもある。

【0117】

(f6: 小括)

上述したように、C I P S a f e t y の応答性を可能な限り高めて（すなわち、E P I をより短く設定して）、制御性能を向上させることが好ましいが、様々な制約により、E P I の長さを短縮することが難しい場合もある。そこで、本実施の形態に従う制御システム 1 においては、制御装置 2 を構成する標準制御ユニット 100 およびセーフティ制御ユニット 200 により実行される処理内容に応じて決定される制約要因（一例として、上述の (1), (4-1), (4-2)）、および、通信処理に係る設定に応じて決定される制約要因（一例として、上述の (2)）の両方を反映して、E P I の設定可能な範囲を決定するようにしてもよい。

【0118】

< G . C I P S a f e t y の設定支援 >

本実施の形態に従う制御システム 1 は、上述したような制約要素を反映した上で、C I P S a f e t y の応答性（E P I の長さ）の設定を支援する機能を提供することもできる。以下、C I P S a f e t y の応答性（E P I の長さ）の設定を支援する機能について説明する。すなわち、本実施の形態に従う制御システム 1 は、ユニットの性能および現在の設定に応じて決定される、設定可能な E P I の最小値を自動的に算出できる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 9 】

(g 1 : E P I の最小値の算出方法)

まず、設定可能な E P I の最小値を算出する方法の一例について説明する。

【 0 1 2 0 】

図 1 2 は、本実施の形態に従う制御システム 1 において設定可能な E P I の最小値を算出するために用いられるパラメータテーブル 1 7 0 の一例を示す図である。図 1 2 を参照して、パラメータテーブル 1 7 0 は、一例として、コントローラ (典型的には、標準制御ユニット 1 0 0) の種別別に、第 1 パラメータ 1 7 2、第 2 パラメータ 1 7 4 および第 3 パラメータ群 1 7 6 の各パラメータ値を含む。

【 0 1 2 1 】

第 1 パラメータ 1 7 2 は、「 (1) C I P S a f e t y の応答性に影響を及ぼすユニットの各種設定」の制約要因を反映する。

【 0 1 2 2 】

第 2 パラメータ 1 7 4 は、「 (2) C I P S a f e t y の設定内容」の制約要因を反映する。

【 0 1 2 3 】

第 3 パラメータ群 1 7 6 は、「 (4 - 1) C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットが提供する他のサービス」および「 (4 - 2) C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットにおける優先度」の制約要因を反映する。

【 0 1 2 4 】

第 1 パラメータ 1 7 2、第 2 パラメータ 1 7 4 および第 3 パラメータ群 1 7 6 は、いずれも、「 (3) C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 を提供するユニットの処理能力 (スペック) 」の制約要因を反映する。

【 0 1 2 5 】

図 1 2 に示すように、対象のコントローラの種別が決定されると、パラメータテーブル 1 7 0 から対応する 5 つのパラメータ値が読み出される。読み出されたパラメータ値および設定内容に基づいて、以下に示すような (1) 式に従って、設定可能な E P I の最小値が算出される。

【 0 1 2 6 】

設定可能な E P I の最小値 = $a \times T s + b \times S c + c + d + e \cdots (1)$

ここで、設定値 $T s$ は、制御タスク 1 5 0 の各実行周期 (タスク周期) を意味する。すなわち、設定値 $T s$ は、I O リフレッシュ周期を意味する。また、設定値 $S c$ は、C I P S a f e t y のコネクション数を意味する。なお、設定値 $S c$ として、C I P S a f e t y のデータサイズを用いてもよい。

【 0 1 2 7 】

第 3 パラメータ群 1 7 6 のパラメータ値 (パラメータ値 c , d , e) は、実行されるサービスおよび優先度などを反映する。そのため、対象のコントローラにおいて実行されるサービスや優先度が変更された場合には、その変更後の設定内容に応じて、設定可能な E P I の最小値を再算出するようにしてもよい。

【 0 1 2 8 】

図 1 3 は、本実施の形態に従う制御システム 1 において設定可能な E P I の最小値を再算出する処理を説明するための図である。図 1 3 を参照して、対象のコントローラにおいて実行されるサービスの内容あるいはサービスに設定される優先度が変更された場合には、適用するパラメータを再度選択して、設定可能な E P I の最小値を再算出してもよい。

【 0 1 2 9 】

図 1 3 に示す例では、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 は、サービス X 1 6 6 の次に高い優先度が設定されている。一方、サービス Y 1 6 7 およびサービス Z 1 6 8 には、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 より低い優先度が設定されている。

【 0 1 3 0 】

このような場合においては、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 の実行に影響を与え

10

20

30

40

50

るのは実質的にサービス X 1 6 6 だけである。そのため、設定可能な E P I の最小値を算出するにあたっては、サービス X 1 6 6 に対応するパラメータ値のみを反映してもよい。例えば、第 3 パラメータ群 1 7 6 に含まれるパラメータ値 c , d , e がサービス X 1 6 6 、サービス Y 1 6 7 、サービス Z 1 6 8 にそれぞれ対応する場合には、パラメータ値 c のみが反映されることになる。すなわち、設定可能な E P I の最小値は、以下に示すような (2) 式に従って算出される。

【 0 1 3 1 】

設定可能な E P I の最小値 = $a \times T s + b \times S c + c \cdots (2)$

このように、対象のコントローラにおいて実行されるサービスのうち、C I P S a f e t y 通信サービス 1 6 2 より高い優先度が設定されているサービスに関連付けられるパラメータのみを反映するようにしてもよい。

10

【 0 1 3 2 】

なお、E P I の最大値に対する本質的な制約要因は存在しないので、予め定められた値を E P I の最大値としてもよい。あるいは、通信エラー (タイムアウト) と判断される時間未満の任意の値を E P I の最大値としてもよい。

【 0 1 3 3 】

(g 2 : 機能構成)

上述したような設定可能な E P I の最小値を算出する機能は、典型的には、サポート装置 5 0 0 に実装される。以下、サポート装置 5 0 0 に実装される場合の機能構成について説明する。

20

【 0 1 3 4 】

図 1 4 は、本実施の形態に従う制御システム 1 に含まれるサポート装置 5 0 0 の機能構成の一例を示すブロック図である。図 1 4 に示す主要機能は、サポート装置 5 0 0 のプロセッサ 5 0 2 がサポートプログラム 5 1 0 4 を実行することで実現される (図 5) 。

【 0 1 3 5 】

図 1 4 を参照して、サポート装置 5 0 0 は、プログラム開発部 5 4 0 と、E P I 算出部 5 5 0 とを含む。

【 0 1 3 6 】

プログラム開発部 5 4 0 は、制御装置 2 で実行されるプログラムの開発、および、必要な設定を行うためのインターフェイスを提供する。プログラム開発部 5 4 0 は、ユーザ操作に従って、標準制御ソースプログラム 5 1 0 8 、標準コントローラ設定情報 5 1 1 0 、セーフティソースプログラム 5 1 1 2 、セーフティコントローラ設定情報 5 1 1 4 、および、セーフティドライバ設定情報 5 1 1 6 などを含むプロジェクトデータ 5 1 0 6 (図 5 など参照) を生成する。

30

【 0 1 3 7 】

このように、プログラム開発部 5 4 0 は、制御装置 2 を構成する標準制御ユニット 1 0 0 およびセーフティ制御ユニット 2 0 0 により実行される処理内容の構築、および、通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する。

【 0 1 3 8 】

E P I 算出部 5 5 0 は、プログラム開発部 5 4 0 により生成される設定情報 5 4 2 (標準コントローラ設定情報 5 1 1 0 およびセーフティコントローラ設定情報 5 1 1 4 などを含む) と、パラメータテーブル 1 7 0 (図 1 2 参照) とに基づいて、設定可能な E P I の最小値を算出する。E P I 算出部 5 5 0 により算出された設定可能な E P I の最小値は、ディスプレイなどの出力部 5 0 8 (図 5 など参照) を介してユーザに提示されてもよい。

40

【 0 1 3 9 】

このように、E P I 算出部 5 5 0 は、プログラム開発部 5 4 0 により提供される開発環境において設定された内容に基づいて、スレーブデバイスとの間でデータをやり取りする周期 (E P I) の設定可能な範囲を決定する。

【 0 1 4 0 】

(g 3 : ユーザインターフェイス画面例)

50

次に、上述したような設定可能なEPIの最小値の算出結果をユーザに提示するためのユーザインターフェイス画面例について説明する。

【0141】

図15は、本実施の形態に従う制御システム1が提供するユーザインターフェイス画面の一例を示す図である。図15に示すユーザインターフェイス画面570は、典型的には、サポート装置500上に表示されてもよい。

【0142】

図15を参照して、ユーザインターフェイス画面570は、設定情報574に対応付けられたEPIの設定可能範囲572を含む。設定情報574は、設定項目として、タスク周期575（設定Ts）と、コネクション数576（設定Sc）と、種別情報577とを含む。

10

【0143】

このように、サポート装置500上は、設定可能なEPIの最小値を算出し、当該EPIの算出に対応する設定情報とともにユーザに提示する。

【0144】

図16は、本実施の形態に従う制御システム1が提供するユーザインターフェイス画面の別の一例を示す図である。図16（a）に示すユーザインターフェイス画面580においては、現在のEPIの設定値582がターゲットデバイス588毎に表示されている。ターゲットデバイス588毎のEPIの設定値582に対応付けて、設定情報584（タスク周期585（設定Ts）、コネクション数586（設定Sc）、種別情報587）が表示されている。

20

【0145】

EPIの設定値582が対応する設定情報584に基づいて算出される設定可能なEPIの最小値を下回っている場合（すなわち、設定可能範囲外である場合）には、エラーであることをユーザに提示するようにしてもよい。このエラーの提示はどのような形態で行ってもよいが、例えば、該当するEPIの設定値582の文字あるいは背景の色を通常の表示態様とは異なるものにする態様を採用してもよい。図16には、EPIの設定値582に対して、エラーを提示するためのアテンション表示589がなされている例を示す。あるいは、該当するEPIの設定値582を点滅させたり、音声などを用いた通知を行ったりしてもよい。

30

【0146】

さらに、図16（b）に示すように、エラーが発生したEPIの設定値582に対しては、設定可能範囲内となるように、設定情報584の設定内容の変更を示唆するメッセージ579を表示するようにしてもよい。図16（b）に示す例では、コネクション数586（設定Sc）を低減することでEPIの設定値582が設定可能範囲内となり得ることが提示されている。メッセージ579に含まれる設定内容の変更を示唆する内容は、サポート装置500が設定情報584を異ならせたいいくつかの候補を生成し、各候補について設定可能なEPIの最小値をそれぞれ算出することで決定される。

【0147】

なお、コネクション数586に限らず、他の設定内容を変更することを示唆するようにしてもよい。

40

【0148】

図17は、本実施の形態に従う制御システム1が提供するユーザインターフェイス画面のさらに別の一例を示す図である。図17に示すユーザインターフェイス画面590は、CIP Safetyに係る設定用のインターフェイスを提供する。ユーザインターフェイス画面590は、設定対象のポートに設定されているコネクションの情報を含む。

【0149】

より具体的には、ユーザインターフェイス画面590は、コネクション設定の有効無効を選択するためのフラグ592と、対象のコネクションに割り当てられているデータの設定593と、対応する設定可能なEPIの最小値594と、通信先のデバイス（ターゲット

50

デバイス)との間のネットワーク応答時間596とを含む。なお、ネットワーク応答時間596については、シミュレーションによって算出された値であってもよいし、実際に測定された値(実測値)であってもよい。

【0150】

このような設定インターフェイスにおいて、EPIの設定値が設定可能範囲外である場合には、設定可能範囲を含むエラーメッセージ595を表示するようにしてもよい。

【0151】

また、サポート装置500の開発環境において、プロジェクトデータ5106から各ユニットに転送される実行形式のプログラムを生成する際に、設定されているEPIが設定可能範囲内であるか否かを判断し、設定可能範囲外である場合には、エラーメッセージを提示するようにしてもよい。

10

【0152】

上述の図16および図17に示すように、サポート装置500は、スレーブデバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定値がEPIの設定可能な範囲外である場合に、通知を行う通知機能を有していてもよい。

【0153】

(g4:フローチャート)

次に、上述したような設定可能なEPIの最小値を算出する処理を実現するための処理手順について説明する。

【0154】

図18は、本実施の形態に従う制御システム1に含まれるサポート装置500において実行される処理手順の一例を示すフローチャートである。図18に示す各ステップは、サポート装置500のプロセッサ502がサポートプログラム5104を実行することで実現される(図5)。

20

【0155】

図18を参照して、サポート装置500は、ユーザ操作に応じて、開発環境の提供を開始する(ステップS100)。すなわち、サポート装置500は、標準制御ユニット100により実行される処理内容の構築、および、通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する処理を実行する。

【0156】

サポート装置500は、ユーザ操作に応じて、プログラムを生成および各種の設定情報を決定する(ステップS102)。そして、サポート装置500は、設定可能なEPIの最小値の算出に必要な情報が用意されているか否かを判断する(ステップS104)。設定可能なEPIの最小値の算出に必要な情報が用意されていなければ(ステップS104においてNO)、サポート装置500は、ステップS102以下の処理を繰り返す。

30

【0157】

設定可能なEPIの最小値の算出に必要な情報が用意されていれば(ステップS104においてYES)、サポート装置500は、算出対象となるデバイス(ターゲットデバイス)を一つ選択し(ステップS106)、関連する設定情報に基づいて、設定可能なEPIの最小値を算出する(ステップS108)。すなわち、サポート装置500は、開発環境において設定された内容に基づいて、スレーブデバイスとの間でデータを遣り取りする周期であるEPIの設定可能な範囲を決定する処理を実行する。

40

【0158】

続いて、サポート装置500は、算出対象となるデバイスのすべてについて、設定可能なEPIの最小値を算出したか否かを判断する(ステップS110)。設定可能なEPIの最小値を算出していないデバイスが残っている場合(ステップS110においてNO)、サポート装置500は、ステップS106以下の処理を繰り返す。

【0159】

一方、算出対象となるデバイスのすべてについて、設定可能なEPIの最小値を算出していれば(ステップS110においてYES)、サポート装置500は、現在設定されてい

50

る 1 または複数の E P I のうち、対応する設定可能な E P I の最小値を下回っているものがあるか否かを判断する（ステップ S 1 1 2）。

【 0 1 6 0 】

現在設定されている 1 または複数の E P I のうち、対応する設定可能な E P I の最小値を下回っているものがあれば（ステップ S 1 1 2 において Y E S）、サポート装置 5 0 0 は、設定可能な E P I の最小値を下回っている E P I を特定する（ステップ S 1 1 4）。なお、設定可能な E P I の最小値を下回っている E P I がなければ（ステップ S 1 1 2 において N O）、ステップ S 1 1 4 の処理はスキップされる。

【 0 1 6 1 】

そして、サポート装置 5 0 0 は、算出した設定可能な E P I の最小値、および、設定可能な E P I の最小値を下回っている E P I についてのエラーをユーザに提示する（ステップ S 1 1 6）。そして、処理は終了する。

10

【 0 1 6 2 】

< H . 変形例 >

上述の説明においては、主として、サポート装置 5 0 0 が設定可能な E P I の最小値を算出する構成例について説明したが、サポート装置 5 0 0 に限らず、任意の処理主体において算出できる。例えば、コントローラ（標準制御ユニット 1 0 0 またはセーフティ制御ユニット 2 0 0）で実行するようにしてもよいし、サポート装置 5 0 0 から出力される設定情報に基づいてクラウド上に配置されたコンピュータで実行するようにしてもよい。すなわち、本実施の形態に従う設定可能な E P I の最小値の算出方法は、どのような処理主体で実行されてもよい。

20

【 0 1 6 3 】

また、上述の説明においては、主として、C I P S a f e t y について詳述したが、本発明は、C I P S a f e t y に限らず、1 または複数の通信先との間で、予め定められたデータサイズのデータを周期的に遣り取りするデータ通信に広く適用可能である。例えば、E t h e r N e t / I P による通常のフレーム伝送などに適用できる。

【 0 1 6 4 】

また、上述の説明においては、互いに独立した標準制御ユニット 1 0 0 およびセーフティ制御ユニット 2 0 0 を含む制御装置 2 を例示したが、このような構成に限定されることなく、両ユニットの機能を統合した単一のコントローラとして実現してもよい。さらに、本発明の本質は通信処理であるので、必ずしも標準制御ユニット 1 0 0 およびセーフティ制御ユニット 2 0 0 の両方を含む制御装置 2 を用いる必要はなく、いずれか一方のユニットのみからなる制御装置の構成であってもよい。

30

【 0 1 6 5 】

< I . 付記 >

上述したような本実施の形態は、以下のような技術思想を含む。

[構成 1]

制御装置（2）および前記制御装置と通信可能なデバイス（12）とを備える制御システム（1）であって、

制御対象を制御するための制御演算（150）を周期的に実行する制御手段（100）と、前記デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理（160）を実行する通信処理手段（100；200）と、

40

前記制御手段により実行される処理内容の構築、および、前記通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する提供手段（500；540）と、

前記提供手段により提供される開発環境において設定された内容に基づいて、前記デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定する決定手段（500；550）とを備える、制御システム。

[構成 2]

前記決定手段は、前記制御手段により実行される処理内容に応じて決定される制約要因、

50

および、前記通信処理手段による通信処理に係る設定に応じて決定される制約要因の両方を反映して、前記設定可能な範囲を決定する、構成 1 に記載の制御システム。

[構成 3]

前記決定手段は、前記デバイスとの間で遣り取りされるデータの接続数およびデータサイズの少なくとも一方に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、構成 1 または 2 に記載の制御システム。

[構成 4]

前記決定手段は、前記制御手段において実行される前記制御演算の周期に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、構成 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

[構成 5]

前記決定手段は、前記制御手段において実行される前記制御演算に設定されている優先度に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、構成 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

[構成 6]

前記決定手段は、前記制御装置の処理能力に基づいて、前記設定可能な範囲を決定する、構成 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

[構成 7]

前記決定手段は、前記制御装置がデータを遣り取りするデバイス毎に、前記設定可能な範囲を決定する、構成 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

[構成 8]

前記デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定値が前記決定手段により決定された設定可能な範囲外である場合に、通知を行う通知手段 (5 0 0) をさらに備える、構成 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の制御システム。

[構成 9]

制御装置 (2) および前記制御装置と通信可能なデバイス (1 2) とを備える制御システム (1) に向けられたサポート装置 (5 0 0) であって、

前記制御装置は、

制御対象を制御するための制御演算 (1 5 0) を周期的に実行する制御手段 (1 0 0) と、前記デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理 (1 6 0) を実行する通信処理手段 (1 0 0 ; 2 0 0) とを備え、

前記サポート装置は、

前記制御手段により実行される処理内容の構築、および、前記通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供する提供手段 (5 0 0 ; 5 4 0) と、

前記提供手段により提供される開発環境において設定された内容に基づいて、前記デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定する決定手段 (5 0 0 ; 5 5 0) とを備える、サポート装置。

[構成 1 0]

制御装置 (2) および前記制御装置と通信可能なデバイス (1 2) とを備える制御システム (1) に向けられたサポート装置用 (5 0 0) のプログラム (5 1 0 4) であって、

前記制御装置は、

制御対象を制御するための制御演算 (1 5 0) を周期的に実行する制御手段 (1 0 0) と、前記デバイスとの間でデータを周期的に遣り取りするための通信処理 (1 6 0) を実行する通信処理手段 (1 0 0 ; 2 0 0) とを備え、

前記プログラムは、コンピュータにより実行されると、前記コンピュータに

前記制御手段により実行される処理内容の構築、および、前記通信処理手段による通信処理に係る設定、の少なくとも一部を行うための開発環境を提供するステップ (S 1 0 0) と、

前記開発環境において設定された内容に基づいて、前記デバイスとの間でデータを遣り取りする周期の設定可能な範囲を決定するステップ (S 1 0 8) とを実行させる、サポート

10

20

30

40

50

装置用のプログラム。

【 0 1 6 6 】

< J . まとめ >

本実施の形態によれば、制御装置 2 により実行される処理内容および通信処理に係る設定に基づいて、制御装置 2 とスレーブデバイスとの間でデータを遣り取りする周期 (E P I) の設定可能な範囲を決定できる。そのため、知識の少ないユーザであっても適切な周期を設定できる。これによって、様々な種類が存在し、また制御対象に応じて様々な設定がなされる制御装置において、周期超過などによる通信の切断といった不具合の発生を防止できる。

【 0 1 6 7 】

また、本実施の形態によれば、データを遣り取りする周期 (E P I) の設定可能な範囲を算出できるので、その算出された範囲内で適切な周期を見つけるためのチューニングを容易に実現できる。

【 0 1 6 8 】

また、本実施の形態によれば、現実の制御装置 2 が存在しなくても、データを遣り取りする周期 (E P I) の設定可能な範囲を事前に知ることができるので、装置設計を容易に実現できる。

【 0 1 6 9 】

今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した説明ではなく、特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【符号の説明】

【 0 1 7 0 】

1 制御システム、2 制御装置、4 リモート I O 装置、6 フィールドネットワーク、8 ハブ、10 プロセスネットワーク、12 セーフティドライバ、14 モータ、16 セーフティコンポーネント、18 内部バス、20 上位ネットワーク、100 標準制御ユニット、102, 202, 502 プロセッサ、104 チップセット、106, 204 主メモリ、108, 208, 510 ストレージ、110 ネットワークコントローラ、112, 520 USB コントローラ、114 メモリカードインターフェイス、116 メモリカード、118, 218 内部バスコントローラ、120 フィールドネットワークコントローラ、122 プロセスネットワークコントローラ、126 カウンタ、128 R T C、150 制御タスク、152 リフレッシュ処理、154 ユーザプログラム実行処理、156 モーションプログラム実行処理、160 通信処理、162 通信サービス、164 プロトコルスタック、166 サービス X、167 サービス Y、168 サービス Z、170 パラメータテーブル、172 第 1 パラメータ、174 第 2 パラメータ、176 第 3 パラメータ群、200 セーフティ制御ユニット、210 メインコントローラ、220 セーフティプログラム、250 セーフティ制御実行部、300 カプラユニット、350 機能ユニット、360 セーフティ機能ユニット、500 サポート装置、504 メインメモリ、506 入力部、508 出力部、512 光学ドライブ、514 記録媒体、518 プロセッサバス、540 プログラム開発部、542, 574, 584 設定情報、550 E P I 算出部、570, 580, 590 ユーザインターフェイス画面、572 設定可能範囲、575, 585 タスク周期、576, 586 コネクション数、577, 587 種別情報、579 メッセージ、582 E P I の設定値、588 ターゲットデバイス、589 アテンション表示、592 フラグ、593 データの設定、594 E P I の最小値、595 エラーメッセージ、596 ネットワーク応答時間、1104 標準制御プログラム、5102 O S、5104 サポートプログラム、5106 プロジェクトデータ、5108 標準制御ソースプログラム、5110 標準コントローラ設定情報、5112 セーフティソースプログラム、5114 セーフティコントローラ設定情報、5116 セーフティドライバ設定情報。

10

20

30

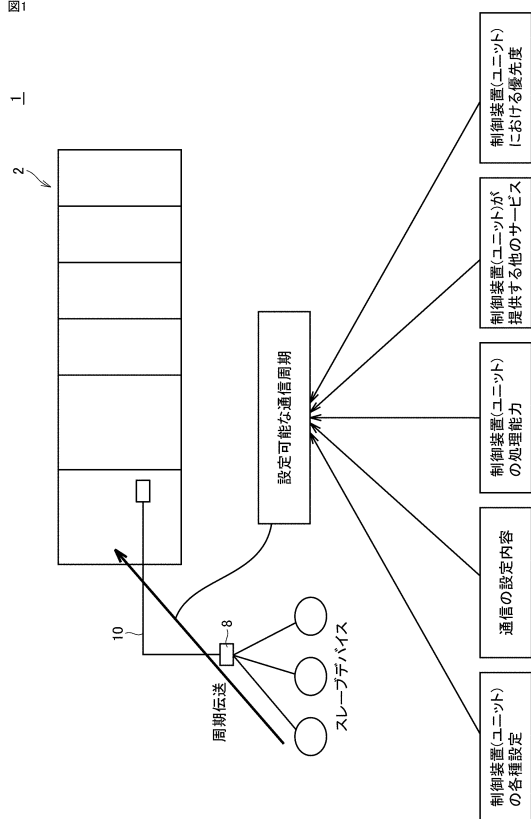
40

50

【図面】

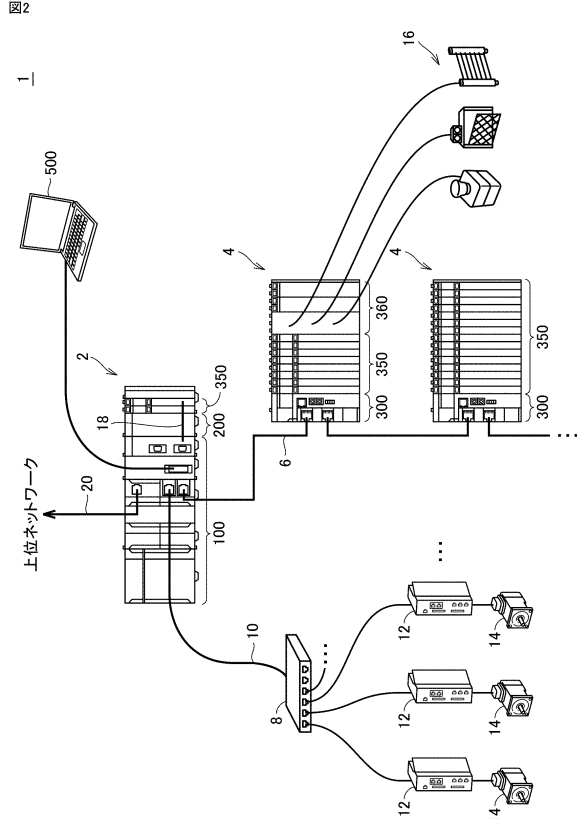
【圖 1】

图 1



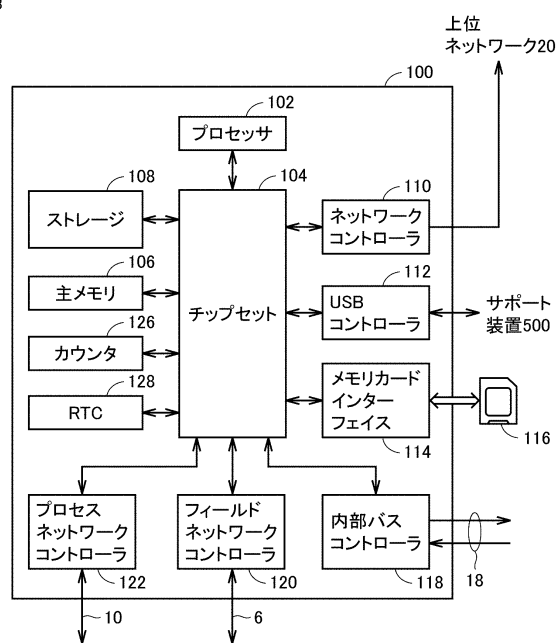
【圖 2】

图2



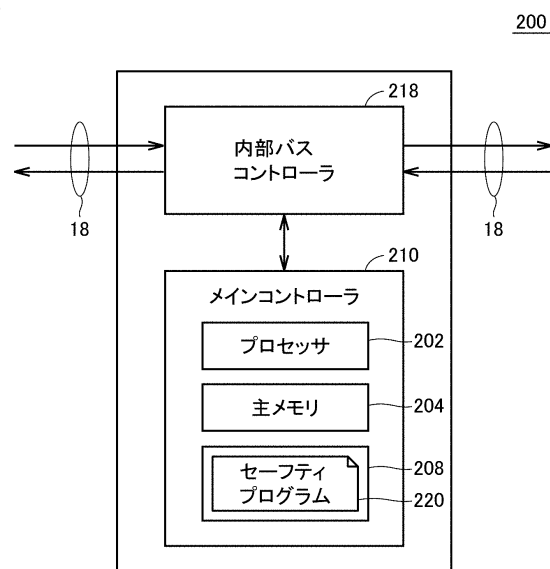
【 図 3 】

图3



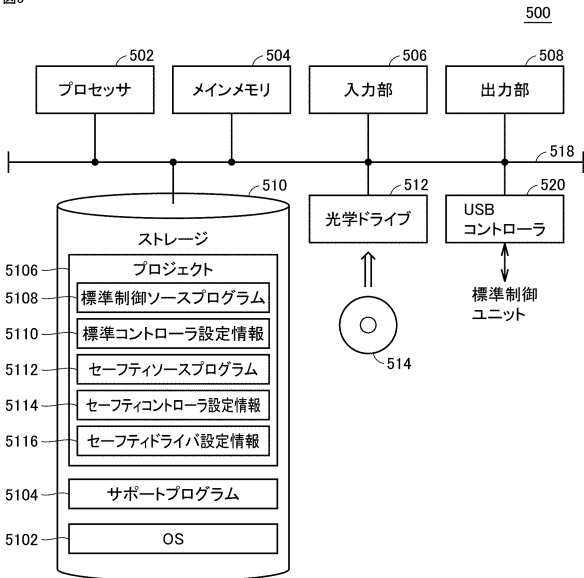
【圖 4】

图4



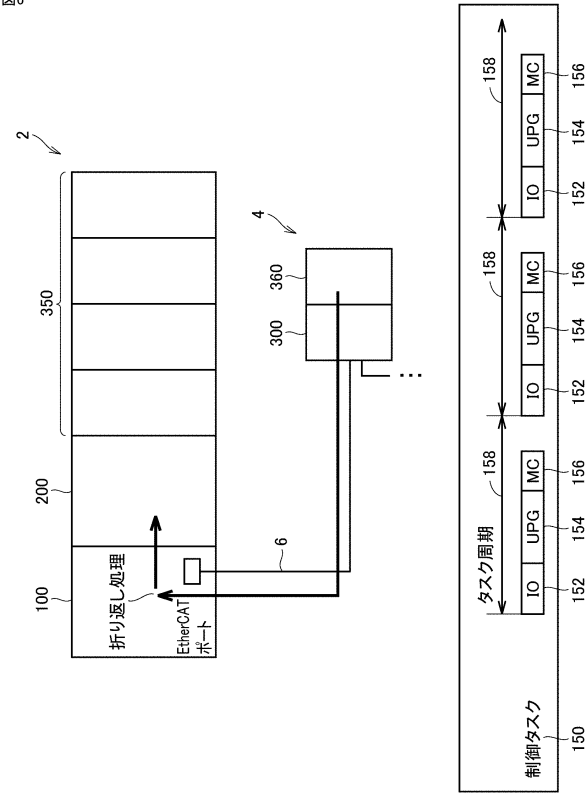
【図 5】

図5



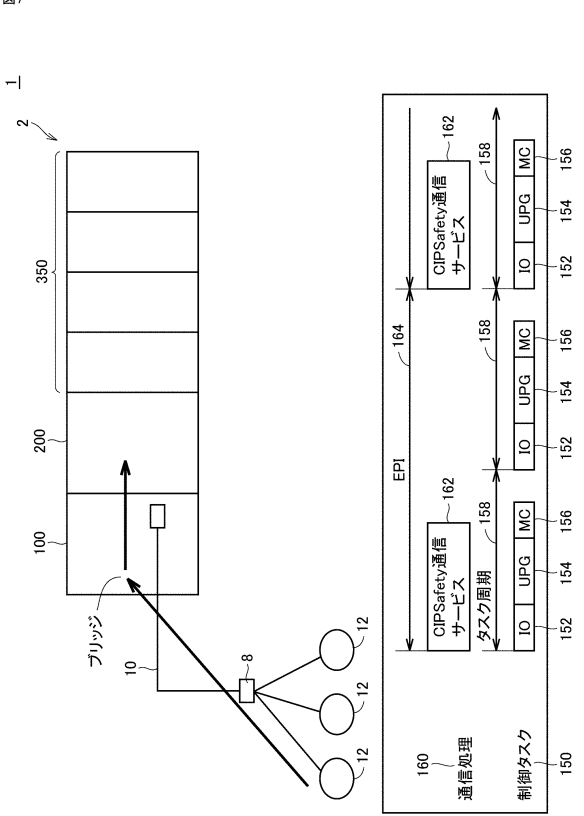
【図 6】

図6



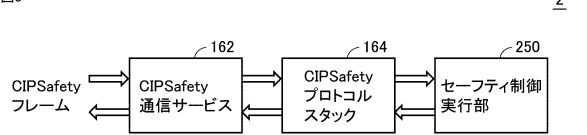
【図 7】

図7



【図 8】

図8



10

20

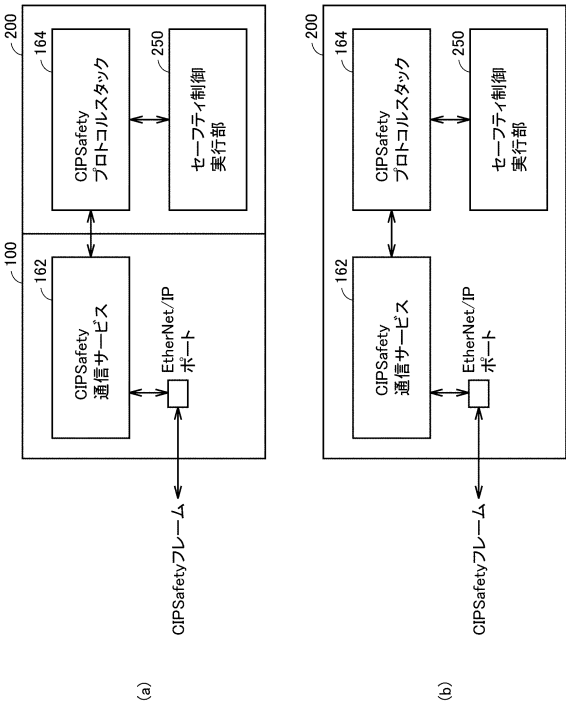
30

40

50

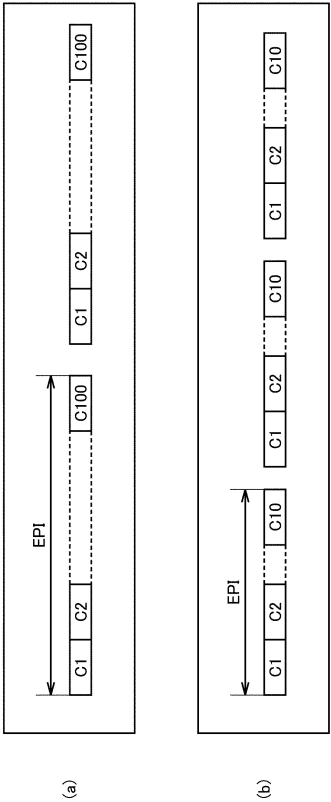
【図 9】

図9



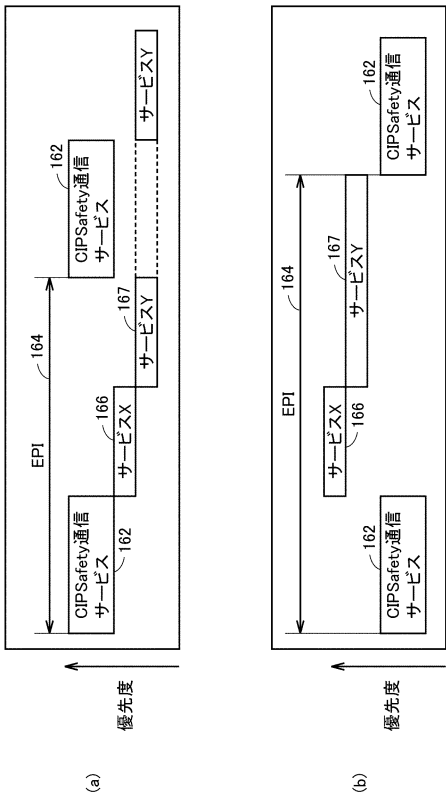
【図 10】

図10



【図 11】

図11



【図 12】

図12

パラメータ	コントローラ α	コントローラ β	コントローラ γ
a	a1	a2	a3
b	b1	b2	b3
c	c1	c2	c3
d	d1	d2	d3
e	e1	e2	e3

10

20

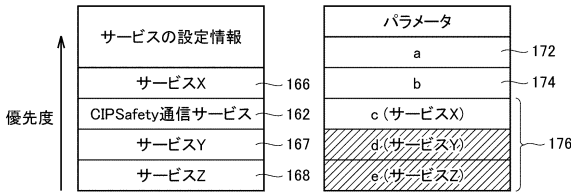
30

40

50

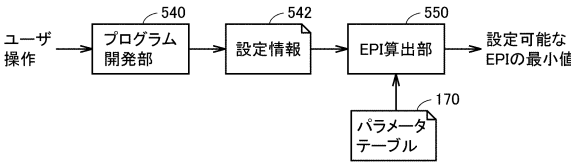
【図 13】

図13



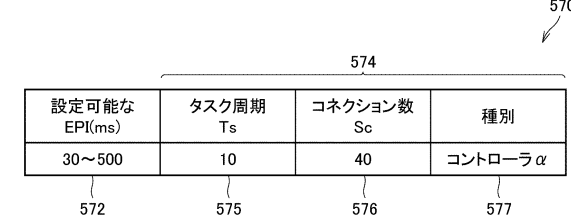
【図 14】

図14



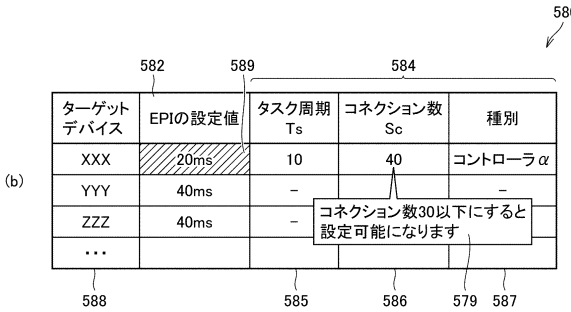
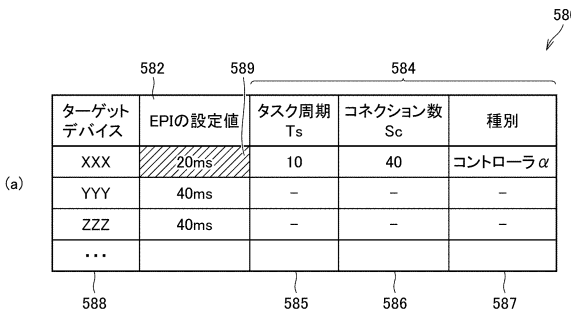
【図 15】

図15



【図 16】

図16



10

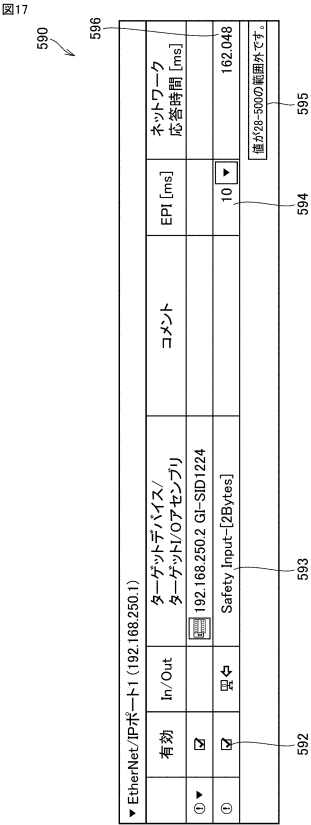
20

30

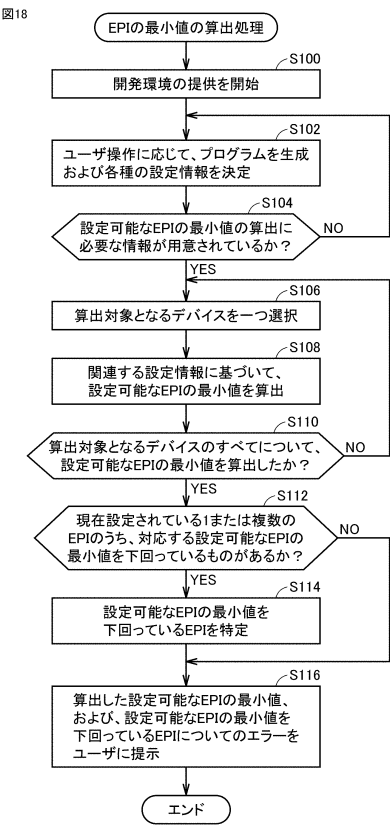
40

50

【 17 】



【 18 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 0 4 - 3 1 8 5 0 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 2 - 3 5 3 9 8 4 (J P , A)
 特開平 1 0 - 3 0 7 6 1 3 (J P , A)
 特開 2 0 1 8 - 1 2 8 7 8 0 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 5 B 1 9 / 0 5