

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2019年9月12日(12.09.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/171845 A1

(51) 国際特許分類:

G05B 19/05 (2006.01)

(21) 国際出願番号:

PCT/JP2019/003630

(22) 国際出願日:

2019年2月1日(01.02.2019)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2018-042676 2018年3月9日(09.03.2018) JP

(71) 出願人: オムロン株式会社 (OMRON CORPORATION) [JP/JP]; 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 米田 光宏 (YONEDA, Mitsuhiro); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀

川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 澤田 成憲 (SAWADA, Shigenori); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP). 福田 泰士 (FUKUDA, Yasunori); 〒6008530 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町801番地 オムロン株式会社内 Kyoto (JP).

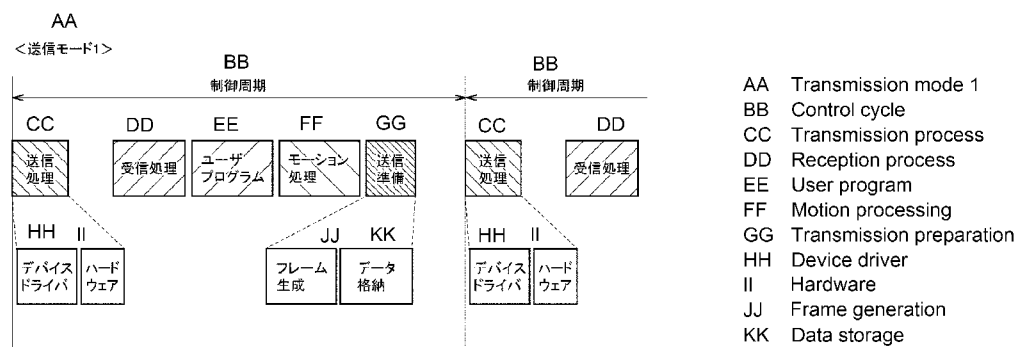
(74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (FUKAMI PATENT OFFICE, P.C.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: CONTROL DEVICE AND CONTROL SYSTEM

(54) 発明の名称: 制御装置および制御システム

FIG.6



(57) Abstract: A control device according to one example of the present disclosure is a control device for controlling a controlled object, and is provided with a processor and a communication circuit. The communication circuit transmits output data to the controlled object, and receives input data from the controlled object. The control device is configured to control the controlled object by successively repeating transmission of output data, reception of input data, and execution of a control program which generates the output data using the input data, in each predetermined control cycle. In an output data transmission process, the processor is configured to execute a process of storing in a frame the output data generated by executing the control program in the previous control cycle, and a process of controlling the communication circuit to transmit the frame in which the output data are stored to the controlled object. The processor executes at least part of the process of storing the output data in the frame, to be executed in the next control cycle, during the current control cycle.

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本開示の一例に係る制御装置は、制御対象を制御するための制御装置であって、プロセッサと、通信回路とを備える。通信回路は、制御対象に対する出力データの送信、および前記制御対象からの入力データの受信を行なう。制御装置は、予め定められた制御周期毎に、出力データの送信と、入力データの受信と、入力データを使用して出力データを生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、制御対象を制御するように構成される。出力データの送信処理において、プロセッサは、前回の制御周期における制御プログラムの実行により生成された出力データをフレームに格納する処理と、出力データが格納されたフレームを制御対象に送信するように通信回路を制御する処理とを実行するように構成される。プロセッサは、次の制御周期で実行される、出力データをフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する。

明 細 書

発明の名称： 制御装置および制御システム

技術分野

[0001] 本開示は、制御対象を制御する制御装置およびそれを備える制御システムに関する。

背景技術

[0002] 生産現場においては、様々なF A (Factory Automation) 技術が広く普及している。このようなF Aシステムは、P L C (プログラマブルコントローラ) といった制御装置が用いられる。制御装置は、1または複数のデバイス(典型的には、リモートI O (Input/Output) 装置やサーボモータドライバなど)との間でネットワークを介してデータを遣り取りする。

[0003] このような制御装置においては、入力データの取得および制御指令の出力を高精度に同期させたいという要求がある。このような要求に応えるために、ネットワークを介して接続されている制御装置およびデバイスは、各々に内蔵されるクロックが互いに時刻同期した状態に維持される。そして、制御装置およびデバイスの各々は、互いに同期したクロックに基づいて、送信タイミングおよび受信タイミングを調整する。

[0004] このような時刻同期された構成において、デバイス装置が収集した入力データを制御装置が受信する処理、および、制御装置にて生成された制御指令をデバイスに送信する処理を含む入出力処理が制御周期毎に実行される。例えば、特開2012-194662号公報(特許文献1)は、制御指令の送信と、入力データの受信と、入力データを使用して制御指令を生成する制御プログラム(ユーザプログラムおよびモーション演算プログラム)の実行とを制御周期で繰り返すことによって、制御対象を制御する構成を開示する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2012-194662号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 上述した制御装置において、入出力処理は、CPU (Central Processing Unit) などで構成されたプロセッサによるソフトウェア処理で実現される。ソフトウェア処理においては、プロセッサの処理能力などに依存して、あるデータ量进行处理するのに要する処理時間にばらつきが生じることがある。そのため、入出力処理のうち、制御指令が格納されたフレームをデバイスに送信する処理においては、制御装置からネットワークへフレームが送信されるタイミングにばらつきが生じてしまう場合がある。
- [0007] このような処理時間のばらつきが、処理時間全体のうちの所定の割合を占める場合、処理すべきデータ量が増えるに従って、処理時間のばらつきも大きくなってしまう。したがって、制御指令をデバイスに送信する処理において、プロセッサが処理すべきデータ量が増えると、制御装置からネットワークへフレームが送信されるタイミングのばらつきが増長されることが懸念される。そして、制御装置からネットワークへフレームが送信されるタイミングにばらつきが生じることで、ネットワーク上のデバイスがフレームを受信するタイミングにも影響を及ぼす可能性がある。これにより、複数のデバイス間の同期処理の精度を低下させることが懸念される。
- [0008] このように、制御装置においては、ソフトウェア処理におけるデータ処理量が、フレームの送信タイミングのばらつき精度に大きな影響を及ぼすことから、フレームの送信タイミングを保証することが難しいという課題がある。
- [0009] 本開示は、制御装置におけるフレームの送信タイミングを保証するための新たな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

- [0010] 本開示の一例に係る制御装置は、制御対象を制御するための制御装置であって、プロセッサと、通信回路とを備える。通信回路は、制御対象に対する出力データの送信、および前記制御対象からの入力データの受信を行なう。

制御装置は、予め定められた制御周期毎に、出力データの送信と、入力データの受信と、入力データを使用して出力データを生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、制御対象を制御するように構成される。出力データの送信処理において、プロセッサは、前回の制御周期における制御プログラムの実行により生成された出力データをフレームに格納する処理と、出力データが格納されたフレームを制御対象に送信するように通信回路を制御する処理とを実行するように構成される。プロセッサは、次回の制御周期で実行される、出力データをフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する。

[0011] 本開示によれば、次回の制御周期で実行される送信処理に含まれるソフトウェア処理の少なくとも一部を、今回の制御周期内で実行するように、送信処理のスケジューリングが実行されるため、次回の制御周期では、送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量が低減され、ソフトウェア処理に要する処理時間のばらつきが低減されることになる。処理時間のばらつきが低減されることで、フレームが送信されるタイミングのばらつきを低減できるため、フレームの送信タイミングを保証することができる。これにより、ネットワーク上のデバイスがフレームを受信するタイミングが変動することを抑制することができるため、複数のデバイス間の同期処理の精度を確保できる。

[0012] また、本開示によれば、既存のプロトコルスタックおよびハードウェアを改造することなく、フレームの送信タイミングを保証することができる。

[0013] 上述の開示において、プロセッサは、今回の制御周期内で、制御プログラムを実行した後に、出力データをフレームに格納する処理を実行する。プロセッサはさらに、次回の制御周期が開始されると、通信回路を制御する処理を実行する。

[0014] この開示によれば、フレームの送信タイミングのばらつきの要因となり得る、出力データをフレームに格納する処理を、制御プログラムを実行した後の残り時間を利用して、前倒しで実行するように、送信処理のスケジューリ

ングが実行される。したがって、次回の制御周期では、制御装置からフレームが送信されるタイミングのばらつきが低減され、結果的にフレームの送信タイミングを保証することが可能となる。

[0015] 上述の開示において、プロセッサは、今回の制御周期内で、出力データをフレームに格納する処理の一部分を実行する。プロセッサは、さらに、次回の制御周期が開始されると、出力データをフレームに格納する処理の残りの部分、および通信回路を制御する処理を順次実行する。

[0016] この開示によれば、次回の制御周期で実行される送信処理に含まれるソフトウェア処理の一部を、今回の制御周期内で実行するように、送信処理のスケジューリングが実行されるため、次回の制御周期では、送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量が低減される。これにより、プロセッサにおける処理時間のばらつきを抑制できるため、フレームの送信タイミングを保証することができる。

[0017] 上述の開示において、出力データをフレームに格納する処理は、フレームを生成する処理と、生成されたフレームに出力データを格納する処理とを含む。制御装置は、上位ネットワークを介して他の装置との間でデータを遣り取りするように構成される。制御周期内において、制御プログラムの実行後に、他の装置とのデータの遣り取りによって出力データが更新される場合、プロセッサは、今回の制御周期内で、入力データを受信する処理を実行した後であって、制御プログラムを実行する前に、フレームを生成する処理を実行する。プロセッサは、さらに、次回の制御周期が開始されると、出力データを格納する処理を実行する。

[0018] この開示によれば、制御周期内において、上位ネットワークを介して制御装置と他の装置とのデータの遣り取りによって出力データが更新される場合においても、次回の制御周期における送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量を低減することができる。これにより、プロセッサにおける処理時間のばらつきを抑制できるため、フレームの送信タイミングを保証することができる。

[0019] 上述の開示において、出力データをフレームに格納する処理は、フレームを生成する処理と、生成されたフレームに出力データを格納する処理とを含む。制御装置は、上位ネットワークを介して他の装置との間でデータを遣り取りするように構成される。制御周期内において、制御プログラムの実行後に、他の装置とのデータの遣り取りによって出力データが更新される場合、プロセッサは、今回の制御周期内で、制御プログラムを実行した後であって、他の装置とのデータの遣り取りを実行する前に、出力データをフレームに格納する処理を実行する。プロセッサは、さらに、次回の制御周期が開始されると、更新された出力データをフレームに格納する処理、および通信回路を制御する処理を順次実行する。

[0020] この開示によれば、制御周期内において、上位ネットワークを介して制御装置と他の装置とのデータの遣り取りによって出力データが更新される場合においても、次回の制御周期における送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量を低減することができる。これにより、プロセッサにおける処理時間のばらつきを抑制できるため、フレームの送信タイミングを保證することができる。

[0021] 本開示の一例に係る制御システムは、制御装置と、制御装置からの制御指令に従って動作する1または複数のデバイスとを備える。制御装置および1または複数のデバイスは、互いに時刻同期されたタイマを有している。制御装置は、プロセッサと、1または複数のデバイスに対する制御指令の送信、および1または複数のデバイスからの入力データの受信を行なう通信回路とを含む。制御装置は、予め定められた制御周期毎に、制御指令の送信と、入力データの受信と、入力データを使用して制御指令を生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、1または複数のデバイスを制御するように構成される。制御指令の送信処理において、プロセッサは、前回の制御周期における制御プログラムの実行により生成された制御指令をフレームに格納する処理と、制御指令が格納されたフレームを制御対象に送信するように通信回路を制御する処理とを実行するように構成される。プロセッサ

は、次回の制御周期で実行される、制御指令をフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する。

[0022] 本開示によれば、制御装置において、次回の制御周期で実行される送信処理に含まれるソフトウェア処理の少なくとも一部を、今回の制御周期内で実行するように、送信処理のスケジューリングが実行されるため、次回の制御周期では、送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量が低減され、処理時間のばらつきを低減することができる。これにより、制御装置におけるフレームの送信タイミングが保証されるため、複数のデバイス間の同期処理の精度を確保することができる。

発明の効果

[0023] 本開示の一例によれば、制御周期内におけるフレームの送信タイミングを保証するための新たな構成を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本実施の形態に係る制御システムの全体構成例を模式的に示す図である。

[図2]本実施の形態に係る制御装置のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[図3]本実施の形態に係る制御装置のソフトウェア構成の一例を示す模式図である。

[図4]比較例に係るタスクの実行スケジュールを示すタイミングチャートである。

[図5]フレームの構成例を示す図である。

[図6]本実施の形態に係るタスクの実行スケジュールの第1の構成例を示すタイミングチャートである。

[図7]本実施の形態に係るタスクの実行スケジュールの第2の構成例を示すタイミングチャートである。

[図8]本実施の形態に係るタスクの実行スケジュールの第3の構成例を示すタイミングチャートである。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、図面を参照しつつ、本発明に従う各本実施の形態について説明する。以下の説明では、同一の部品および構成要素には同一の符号を付してある。それらの名称および機能も同じである。したがって、これらについての詳細な説明は繰り返さない。なお、以下で説明される各本実施の形態および各変形例は、適宜選択的に組み合わせられてもよい。

[0026] < A. 適用例 >

まず、図 1 および図 2 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。

[0027] 図 1 は、本実施の形態に係る制御システム 1 の全体構成例を模式的に示す図である。図 1 には、本実施の形態に係る制御装置 100 を中心とした制御システム 1 を示す。

[0028] 図 1 を参照して、制御装置 100 は、各種の設備や装置などの制御対象を制御する産業用コントローラに相当する。制御装置 100 は、後述するような制御演算を実行する一種のコンピュータであり、典型的には、PLC（プログラマブルコントローラ）として具現化されてもよい。制御装置 100 は、フィールドネットワーク 2 を介して各種のフィールド機器 500 と接続されてもよい。制御装置 100 は、フィールドネットワーク 2などを介して、1 または複数のフィールド機器 500 との間でデータを遣り取りする。一般的に、「フィールドネットワーク」は、「フィールドバス」とも称されるが、説明の簡素化のため、以下の説明においては、「フィールドネットワーク」と総称する。すなわち、本明細書の「フィールドネットワーク」は、狭義の「フィールドネットワーク」に加えて「フィールドバス」を含み得る概念である。

[0029] フィールドネットワーク 2 は、データの到達時間が保証される、定周期通信を行なうバスまたはネットワークを採用することが好ましい。このような定周期通信を行なうバスまたはネットワークとしては、EtherCAT（登録商標）、EtherNet/IP（登録商標）、DeviceNet（

登録商標)、C o m p o N e t (登録商標)などが知られている。

- [0030] フィールドネットワーク2には、任意のフィールド機器500を接続することができる。フィールド機器500は、製造装置や生産ラインなど（以下、「フィールド」とも総称する。）に対して何らかの物理的な作用を与えるアクチュエータ、および、フィールドとの間で情報を遣り取りする入出力装置などを含む。
- [0031] フィールドネットワーク2として、E t h e r C A T (登録商標)を採用した場合には、フィールドネットワーク2に接続されるノードのうち少なくとも1つが「マスタ」として機能し、その他のノードが「スレーブ」として機能する。「マスタ」として機能するノードは、フィールドネットワーク2におけるフレームの転送タイミングなどを管理する。
- [0032] 図1に示す例においては、制御装置100が「マスタ」として機能し、その他のフィールド機器500が「スレーブ」として機能する。マスタスレーブ型の構成を採用するフィールドネットワーク2においては、ノード間で互いに時刻同期されたタイマTMRを有しており、各ノードが有するタイマTMRが示す時刻（実質的には、カウンタ値）に基づいて、フレームの転送タイミングなどが決定される。
- [0033] 図1に示す構成においては、フィールドネットワーク2に接続されるフィールド機器500は、リモートI/O (Input/Output) 装置510と、ロボットコントローラ522, 526と、サーボドライバ540, 544とを含む。
- [0034] ロボットコントローラ522, 526およびサーボドライバ540, 544は、制御装置100からの制御指令に従って動作する1または複数のアクチュエータ（デバイス）に相当する。サーボドライバ540, 544に対する制御指令は、制御装置100においてサイクリック実行されるシーケンスプログラムに含まれるモーション指令に従って生成される。
- [0035] なお、図1には、制御装置100からの制御指令に従って動作する1または複数のアクチュエータについても、フィールドネットワーク2に接続され

ている例を示すが、これに限らず、制御装置１００からの制御指令を受けることができれば、どのような接続形態であってもよい。例えば、フィールドネットワーク２に接続されたりモータ／Ｏ装置５１０から信号線を介して制御指令を与えるようにしてもよい。

[0036] 図２は、本実施の形態に係る制御装置１００のハードウェア構成例を示すブロック図である。図２を参照して、本実施の形態に係る制御装置１００は、ＣＰＵユニットと称される演算処理部であり、プロセッサ１０２と、フィールドネットワークコントローラ１３０とを備える。

[0037] フィールドネットワークコントローラ１３０は、フィールドネットワーク２を介したフィールド機器５００の間のデータの遣り取りを制御する。このようなデータの遣り取りは、制御装置１００からフィールド機器５００に対する制御指令などのデータ（以下、「出力データ」とも称す。）を送信する処理と、フィールド機器５００において収集または生成されたデータ（以下、「入力データ」とも称す。）を制御装置１００が受信する処理とを含む。フィールドネットワークコントローラ１３０は、「通信回路」の一実施例に対応する。

[0038] 制御装置１００は、予め定められた制御周期毎に、出力データの送信と、入力データの受信と、入力データを使用して出力データを生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、フィールド機器５００を制御するように構成されている。

[0039] 本明細書において、制御プログラムは、ユーザにおける制御目的に応じて作成されるユーザプログラムと、ユーザプログラムと協働してユーザにおける制御目的を実現するシーケンスプログラムとを含む。シーケンスプログラムは、シーケンス命令およびモーション命令のうち少なくとも１つを含み得る。シーケンス命令は、入力値、出力値、内部値などを演算する１または複数の論理回路により記述される１または複数の命令を包含する用語である。モーション命令は、サーボモータなどのアクチュエータに対して、位置、速度、加速度、加加速度、角度、角速度、角加加速度などの数値を制御指令と

して演算するための１または複数の命令を包含する用語である。

[0040] １回の制御周期において、シーケンスプログラムは、ユーザプログラムとともに実行される。制御周期毎にシーケンスプログラムを実行することで出力される制御指令は、典型的には、シーケンス命令に従って決定されるデジタル出力のオン／オフ、ならびに、モーション命令に従って演算されるアナログ出力を含む。

[0041] 本実施の形態に係る制御装置１００において、プロセッサ１０２は、出力データの送信処理において、（１）前回の制御周期における制御プログラムの実行により生成された出力データ（制御指令）をフレームに格納する処理、および（２）出力データが格納されたフレームをフィールド機器５００に送信するようにフィールドネットワークコントローラ１３０を制御する処理を実行するように構成される。そして、上記構成において、プロセッサは、次回の制御周期で実行される、（１）出力データをフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する構成となっている。

[0042] 出力データの送信処理のうち（１）出力データをフレームに格納する処理は、プロセッサ１０２によるソフトウェア処理で実現されるため、プロセッサ１０２の処理能力などに依存して、処理時間にばらつきが生じることがある。そのため、制御装置１００からフィールドネットワーク２へフレームが送信されるタイミングにばらつきが生じてしまう場合がある。処理時間のばらつきが、処理時間全体のうちの所定の割合を占める場合には、プロセッサ１０２が処理すべきデータ量が増えるに従って、処理時間のばらつきも大きくなるため、結果的にフレームの送信タイミングのばらつきが増長されてしまうことが懸念される。

[0043] このように、制御装置１００におけるフレームの送信タイミングにばらつきが生じると、フィールドネットワーク２上のフィールド機器５００が出力データを受信するタイミングに影響を及ぼすおそれがある。これにより、複数のフィールド機器５００間の同期処理の精度を低下させることが懸念される。このように、制御装置１００においては、ソフトウェア処理におけるデ

ータ処理量が、フレームの送信タイミングのばらつき精度に大きな影響を及ぼすことから、フレームの送信タイミングを保証することが難しいという課題がある。

[0044] 本実施の形態に係る制御装置 100 においては、次回の制御周期で実行される送信処理に含まれるソフトウェア処理の少なくとも一部が、今回の制御周期内で実行するように、送信処理のスケジューリングが行なわれる。これによると、次回の制御周期の開始タイミングにおいて実行される送信処理では、ソフトウェア処理のデータ処理量が低減されるために、処理時間のばらつきを低減することができる。このように処理時間のばらつきが低減されることによって、フレームの送信タイミングのばらつきを低減することができる。結果的に制御周期内におけるフレームの送信タイミングを保証することができる。これによると、フィールドネットワーク 2 上のフィールド機器 500 が出力データを受信するタイミングを保証することができるため、複数のフィールド機器 500 間の同期処理の精度を確保することができる。

[0045] 以下、本発明のより具体的な応用例として、本実施の形態に係る制御システム 1 のより詳細な構成および処理について説明する。

[0046] < B. 制御システムの全体構成例 >

まず、図 1 に示す制御システム 1 の全体構成例についてより詳細に説明する。

[0047] 図 1 に示す構成例において、サーボドライバ 540, 544 は、制御装置 100 からの制御指令（例えば、位置指令または速度指令など）に従って、サーボモータ 542, 546 をそれぞれ駆動する。

[0048] ロボットコントローラ 522 はロボット 520 を駆動し、ロボットコントローラ 526 はロボット 524 を駆動する。ロボットコントローラ 522, 526 は、制御装置 100 からの制御指令（位置指令または速度指令など）に従って、軌跡計算および各軸の角度計算などを行なうとともに、計算結果に従って、ロボット 520, 524 を構成するサーボモータなどを駆動する。

- [0049] リモート I/O 装置 510 は、典型的には、フィールドネットワーク 2 を介して通信を行なう通信カプラと、入力データの取得および出力データの出力を行なうための入出力部（以下、「I/O ユニット」とも称す。）とを含む。リモート I/O 装置 510 には、入力リレーや各種センサ（例えば、アナログセンサ、温度センサ、振動センサなど）などの入力データを収集する装置、および、出力リレー、コンタクタ、サーボドライバ、および、その他任意のアクチュエータなどのフィールドに対して何らかの作用を与える装置が接続される。
- [0050] フィールド機器 500 としては、これらに限られることなく、入力データを収集する任意のデバイス（例えば、視覚センサなど）、ならびに、出力データに従う何らかの作用を与える任意のデバイス（例えば、インバータ装置など）などを採用することができる。
- [0051] フィールドネットワーク 2 を介して、制御装置 100 とフィールド機器 500 との間でデータが遣り取りされることになるが、これらの遣り取りされるデータは、数 100 μ sec オーダ～数 10 msec オーダのごく短い周期で更新されることになる。このようなデータの遣り取りは、フィールド機器 500 において収集または生成されたデータ（入力データ）を制御装置 100 が受信する処理、および、制御装置 100 からフィールド機器 500 に対する制御指令などのデータ（出力データ）を送信する処理を含む。このような遣り取りされるデータの更新処理が「入出力処理」に相当する。
- [0052] 制御装置 100 は、上位ネットワーク 6 を介して、他の装置に接続されていてもよい。上位ネットワーク 6 には、一般的なネットワークプロトコルであるイーサネット（登録商標）や Ethernet/IP（登録商標）が採用されていてもよい。より具体的には、上位ネットワーク 6 には、1 または複数のサーバ装置 300 または 1 または複数の表示装置 400 が接続されてもよい。
- [0053] サーバ装置 300 としては、データベースシステム、製造実行システム（MES: Manufacturing Execution System）などが想定される。製造実行

システムは、制御対象の製造装置や設備からの情報を取得して、生産全体を監視および管理するものであり、オーダ情報、品質情報、出荷情報などを扱うこともできる。これに限らず、情報系サービスを提供する装置を上位ネットワーク 6 に接続するようにしてもよい。情報系サービスとしては、制御対象の製造装置や設備からの情報を取得して、マクロ的またはミクロ的な分析などを行なう処理が想定される。例えば、制御対象の製造装置や設備からの情報に含まれる何らかの特徴的な傾向を抽出するデータマイニングや、制御対象の設備や機械からの情報に基づく機械学習を行なうための機械学習ツールなどが想定される。

[0054] 表示装置 400 は、ユーザからの操作を受けて、制御装置 100 に対してユーザ操作に応じたコマンドなどを出力するとともに、制御装置 100 での演算結果などをグラフィカルに表示する。

[0055] さらに、制御装置 100 には、サポート装置 200 が接続可能になっている。サポート装置 200 は、制御装置 100 が制御対象を制御するために必要な準備を支援する装置である。具体的には、サポート装置 200 は、制御装置 100 で実行されるプログラムの開発環境（プログラム作成編集ツール、パーサ、コンパイラなど）、制御装置 100 および制御装置 100 に接続される各種デバイスのパラメータ（コンフィギュレーション）を設定するための設定環境、生成したシーケンスプログラムを制御装置 100 へ出力する機能、制御装置 100 上で実行されるシーケンスプログラムなどをオンラインで修正・変更する機能、などを提供する。

[0056] < C. 制御装置のハードウェア構成例 >

次に、本実施の形態に係る制御装置 100 のハードウェア構成例について説明する。図 2 は、本実施の形態に係る制御装置 100 のハードウェア構成例を示すブロック図である。

[0057] 図 2 を参照して、制御装置 100 は、CPU ユニットと称される演算処理部であり、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、上位ネットワークコントローラ 110 と、USB (U

niversal 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 120 と、フィールドネットワークコントローラ 130 とを含む。

[0058] プロセッサ 102 は、CPU (Central Processing Unit)、MPU (Micro Processing Unit)、GPU (Graphics Processing Unit) など構成される。プロセッサ 102 としては、複数のコアを有する構成を採用してもよいし、プロセッサ 102 を複数配置してもよい。すなわち、制御装置 100 は、1 または複数のプロセッサ 102、および／または、1 または複数のコアを有するプロセッサ 102 を有している。チップセット 104 は、プロセッサ 102 および周辺エレメントを制御することで、制御装置 100 全体としての処理を実現する。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。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。

[0059] プロセッサ 102 は、ストレージ 108 に格納された各種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、制御対象に応じた制御、および、後述するような各種処理を実現する。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 34 に加えて、制御対象の製造装置や設備に応じて作成されるシーケンスプログラム 32 およびユーザプログラム 30、および設定情報 40 が格納される。

[0060] システムプログラム 34 は、制御装置 100 として機能を提供するためのソフトウェア群である。具体的には、システムプログラム 34 は、スケジューラプログラムと、入出力処理プログラムと、その他のシステムプログラムとを含む。

[0061] シーケンスプログラム 32 は、実行毎に全体がスキャンされて、実行毎に制御指令を出力できるプログラムを包含する概念である。シーケンスプログラム 32 には、シーケンス命令および／またはモーション命令を含み得る。

基本的には、シーケンスプログラム 32 は、制御対象やアプリケーションに応じて、ユーザによって任意に作成される。

[0062] ユーザプログラム 30 は、ユーザにおける制御目的に応じて作成される。すなわち、制御システム 1 を用いて制御する対象のライン（プロセス）などに応じて、任意に設計されるプログラムである。ユーザプログラム 30 は、シーケンスプログラム 32 と協働して、ユーザにおける制御目的を実現する。すなわち、ユーザプログラム 30 は、シーケンスプログラム 32 によって提供される命令、関数、機能モジュールなどを利用することで、プログラムされた動作を実現する。そのため、ユーザプログラム 30 およびシーケンスプログラム 32 を、「制御プログラム」と総称する場合もある。

[0063] 設定情報 40 は、制御装置 100 を含む制御システム 1 の構成や設定を定義する情報を含む。設定情報には、フィールドネットワーク 2 に接続されているフィールド機器 500 に関連付けられた、ユーザプログラムや設定値の情報、および、上位ネットワーク 6 に接続されている装置に関連付けられた、ユーザプログラムや設定値の情報を含む。

[0064] ストレージ 108 には、フィールドネットワーク 2 における通信の手順ややり取りを規定する複数のプロトコルの階層からなるプロトコルスタック 36、および、フィールドネットワークコントローラ 130 を制御するデバイスドライバ 38 がさらに格納される。

[0065] 上位ネットワークコントローラ 110 は、上位ネットワーク 6 を介して、サーバ装置 300 や表示装置 400（図 1 参照）などとの間のデータのやり取りを制御する。USB コントローラ 112 は、USB 接続を介してサポート装置 200 との間のデータのやり取りを制御する。

[0066] メモリカードインターフェイス 114 は、メモリカード 116 が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込み、メモリカード 116 から各種データ（シーケンスプログラム 32、ユーザプログラム 30 など）を読出すことが可能になっている。

[0067] 内部バスコントローラ 120 は、制御装置 100 に装着される I/O ユニ

ット12との間のデータの遣り取りを制御する。具体的には、内部バスコントローラ120は、I/Oユニット12へ出力されるデータ（出力データ）の送信バッファ、および、I/Oユニット12から入力されるデータ（入力データ）の受信バッファとして機能する。なお、プロセッサ102による演算処理によって生成された出力データは、原始的にはストレージ108に格納される。そして、特定のI/Oユニット12へ転送されるべき出力データは、ストレージ108から読み出されて、送信バッファに一時的に保持される。また、I/Oユニット12から転送された入力データは、受信バッファに一時的に保持された後、ストレージ108に移される。内部バスコントローラ120は、さらに、I/Oユニット12との間で、送信バッファの出力データを送信する処理、および入力データを受信して受信バッファに格納する処理を行なう。典型的には、内部バスコントローラ120は、内部バスにおける物理層およびデータリンク層の機能を提供する。

- [0068] フィールドネットワークコントローラ130は、フィールドネットワーク2を介したフィールド機器500との間のデータの遣り取りを制御する。すなわち、フィールドネットワークコントローラ130は、フィールドネットワーク2の規格に従い、出力データの送信および入力データの受信を制御する。具体的には、フィールドネットワークコントローラ130は、フィールド機器500へ出力されるデータ（出力データ）の送信バッファ、および、フィールド機器500から入力されるデータ（入力データ）の受信バッファとして機能する。なお、プロセッサ102による演算処理によって生成された出力データは、原始的にはストレージ108に格納される。そして、特定のフィールド機器500へ転送されるべき出力データは、ストレージ108から読み出されて、送信バッファに一時的に保持される。また、フィールド機器500から転送された入力データは、受信バッファに一時的に保持された後、ストレージ108に移される。フィールドネットワークコントローラ130は、さらに、フィールド機器500との間で、送信バッファの出力データを送信する処理、および入力データを受信して受信バッファに格納する

処理を行なう。典型的には、フィールドネットワークコントローラ 130 は、フィールドネットワーク 2 における物理層およびデータリンク層の機能を提供する。

[0069] なお、図 2 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 または FPGA など）を用いて実装してもよい。あるいは、制御装置 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。

[0070] 図 2 に示す制御システム 1 においては、制御装置 100、サポート装置 200 および表示装置 400 がそれぞれ別体として構成されているが、これらの機能の全部または一部を単一の装置に集約するような構成を採用してもよい。

[0071] < D. 制御装置のソフトウェア構成例 >

次に、本実施の形態に係る制御装置 100 のソフトウェア構成の一例について説明する。図 3 は、本実施の形態に係る制御装置 100 のソフトウェア構成の一例を示す模式図である。

[0072] 図 3 を参照して、制御装置 100 のプロセッサ 102 ではスケジューラ 170 が実行される。スケジューラ 170 は、予め定められた制御周期に従って、複数の処理の実行順序や実行中断などを決定する。より具体的には、スケジューラ 170 は、制御プログラム実行処理 173 と、各種処理を含む周辺処理 174 と、入出力処理 177 に対して、予め定められた優先度および制御周期などに従って、処理リソース（プロセッサ時間およびメモリなど）を割り当てる。

[0073] 制御プログラム実行処理 173 は、ユーザプログラム 30 およびシーケン

スプログラム 32（制御プログラム）の実行に係る処理を含む。

[0074] 入出力処理 177 は、フィールドネットワーク 2 を介して制御装置 100 とフィールド機器 500 との間で遣り取りされるデータの更新処理である。入出力処理は、入力データを受信して制御装置 100 へ転送する処理（以下、「受信処理」とも称す。）、および、制御装置 100 からフィールド機器 500 に対して出力データを送信する処理（以下、「送信処理」とも称す。）を含む。これらの処理は、プロトコルスタック 36 に従って実行される。

[0075] さらに、制御装置 100 のプロセッサ 102 には、デバイスドライバ 38 が実装されており、デバイスドライバ 38 がフィールドネットワークコントローラ 130 などを制御する。

[0076] スケジューラ 170 は、入出力処理および制御プログラム実行処理のスケジューリングを行なう。入出力処理のうち送信処理のスケジューリングとしては、後述する 3 種類の送信モード（送信モード 1、送信モード 2、送信モード 3）172 が用意されている。これら 3 つの送信モードは、1 制御周期内におけるフィールド機器 500 へのフレームの送信タイミングが互いに異なるように構成されている。これらの 3 つの送信モードを全て実装する必要はなく、必要な送信モードのみを実装するようにしてもよい。3 つの送信モードに加えて、あるいは、3 つの送信モードに代えて、3 つの送信モード以外の送信モードを採用してもよい。

[0077] なお、上記 3 つの送信モードのうちどの送信モードを用いるかについては、サポート装置 200 において、制御装置 100 に接続される各種デバイスのパラメータ（コンフィギュレーション）を設定する際に、設定することができる。

[0078] < E. タスクの実行スケジュール >

最初に、図 4 を参照して、比較例に係るタスクの実行スケジュールについて説明する。図 4 は、比較例に係るタスクの実行スケジュールを示すタイミングチャートである。

[0079] 図 4 を参照して、制御装置 100 が実行するタスクとしては、入出力処理

(送信処理および受信処理)、ユーザプログラム30に従う制御指令の出力処理(ユーザプログラム処理)、および、シーケンスプログラム32に含まれるモーション命令に従う制御指令の出力処理(モーション処理)が設定されている。これらのタスクは、制御周期ごとに実行される。

[0080] なお、ユーザプログラム処理は、制御周期毎にユーザプログラム30を実行して制御指令を演算する処理である。モーション処理は、モーション命令に従って、制御指令を制御周期毎に演算する処理である。これらの制御指令は、ロボットコントローラ522、526およびサーボドライバ540、544の少なくとも一部に向けられたものとなる。以下では、ユーザプログラム処理およびモーション処理をまとめて、制御プログラム処理とも称する。

[0081] 送信処理は、ユーザプログラム30およびシーケンスプログラム32の実行によって生成された出力データ(制御指令など)を、フィールドネットワークコントローラ130を経てフィールドネットワーク2上のフィールド機器500に送信する処理である。具体的には、送信処理は、(1)フレーム生成、(2)データ格納、(3)デバイスドライバ、(4)ハードウェアにより構成される。このうち(1)フレーム生成、(2)データ格納、および(3)デバイスドライバは、プロセッサ102により実行される。

[0082] (1)フレーム生成は、フィールドネットワーク2上を伝送されるフレームを生成する処理である。図5は、フレームの構成例を示す。図5に示すように、フレーム800は、例えば、プリアンブル部81、ヘッダ部82、データ部83およびフッタ部84を含む。

[0083] プリアンブル部81は、フレームの開始を表す同期信号を示すプリアンブルが格納される。ヘッダ部82は、フィールドネットワーク2においてTALKERであるフレームの送信元、フレームのLISTNERである送信先、およびタイプが格納される。送信元および送信先には、各種のアドレスを適用することができる。Ethernetベースの産業用ネットワークの場合、ヘッダ部82は、Ethernetヘッダおよび産業用ネットワークとしてのヘッダにより構成される。Ethernetヘッダは、送信元、送信先およびEth

e rタイプ等を含み、産業用ネットワークとしてのヘッダは、データサイズおよびタイプ等を含む。

[0084] データ部83は、フィールドネットワーク2を介して伝送させるべきデータ（出力データおよび入力データ）が格納される。データ部83には、制御系データを含む各種のデータが格納され得る。制御系データは、製造装置や設備の制御に用いられるデータであり、ユーザプログラム30およびシーケンスプログラム32の実行によって生成された制御指令を含む。データとして制御系データが格納されたフレーム800は、その送信元は制御装置100を示し、送信先は任意のフィールド機器500を示す。

[0085] フッタ部84は、誤り検知のFCS（Frame Check Sequence）が格納される。Ethernetベースの産業用ネットワークの場合、フッタ部84は、Ethernetフッタにより構成される。フッタ部84は、さらに産業用ネットワークのフッタを含む場合がある。

[0086] なお、図5のフレームの構成は一例であって限定されない。また、本実施の形態では、フィールドネットワーク2を伝送されるデータの形式は、フレームとしているが、フレームに限定されない。

[0087] （1）フレーム生成では、プロセッサ102は、図5に示したフレーム800におけるヘッダ部82およびフッタ部84を形成する。具体的には、プロセッサ102は、ヘッダ部82に送信元、送信先およびタイプ等を格納する。プロセッサ102は、制御装置100のアドレスを送信元に格納するとともに、制御指令が送信されるべきフィールド機器500を特定し、該フィールド機器500のアドレスを送信先に格納する。プロセッサ102は、さらに、フッタ部84にFCSを格納する。なお、Ethernetベースの産業用ネットワークの場合、プロセッサ102は、Ethernetヘッダおよび産業用ネットワークとしてのヘッダを形成するとともに、Ethernetフッタおよび産業用ネットワークとしてのフッタを形成する。

[0088] （2）データ格納では、プロセッサ102は、フレーム800におけるデータ部83に各種のデータを格納する。プロセッサ102は、前回の制御周

期における、ユーザプログラム 30 に従う制御指令の出力処理（ユーザプログラム処理）、およびシーケンスプログラム 32 に含まれるモーション命令に従う制御指令の出力処理（モーション処理）によって生成された制御指令をフレームのデータ部 83 に格納する。このとき、プロセッサ 102 は、同一のフィールド機器 500 に送信される複数の出力データを一括して送信できるように、同一のフィールド機器 500 に向けられた出力データ群がまとめられるように出力データを再配置する。以下の説明において、（１）フレーム生成および（２）データ格納をまとめて、「出力データをフレームに格納する処理」とも称する。

[0089] （３）デバイスドライバでは、プロセッサ 102 は、フィールドネットワークコントローラ 130 を制御する。プロセッサ 102 は、出力データが格納されたフレームをフィールドネットワークコントローラ 130 へ転送する。

[0090] （４）ハードウェアでは、フィールドネットワークコントローラ 130 は、転送されたフレームを、フィールドネットワーク 2 を介して送信先（フィールド機器 500）へ送信する。

[0091] 受信処理は、フィールドネットワーク 2 上のフィールド機器 500 から転送された入力データを、フィールドネットワークコントローラ 130 を経てプロセッサ 102 に送信する処理である。具体的には、送信先（フィールド機器 500）からフィールドネットワーク 2 を介して送信された入力データは、フィールドネットワークコントローラ 130 によって受信され、内部の受信バッファに格納される。この受信バッファに格納された入力データは、プロセッサ 102 に転送される。プロセッサ 102 は転送された入力データを主メモリへコピーする。このとき、プロセッサ 102 は、主メモリ 106 にコピーされた入力データを制御プログラムが使用するのに適した形式に再配置する。

[0092] フィールドネットワーク 2 が E t h e r C A T（登録商標）を採用する場合、単一のフレームに、各フィールド機器 500 宛ての出力データおよび各

フィールド機器 500 からの入力データが含まれる。マスタに設定される制御装置 100 からフレームが送信されると、送信されたフレームはダイジーチェーン接続されたそれぞれのフィールド機器 500 を経由して順次転送される。なお、制御装置 100 以外のそれぞれのフィールド機器 500 はスレーブに設定される。フレームが末端のフィールド機器 500 に到達すると、そこで当該フレームは全二重の通信路を折り返して再びスレーブであるそれぞれのフィールド機器 500 を経由して制御装置 100 に戻る。各フィールド機器 500 においては、往路のフレームを F I F O (First In First Out) 方式で通過させながら、自スレーブ宛ての出力データを選択的に取り込むとともに、自スレーブで発生した入力データをフレームの適切な位置に書き込む。各スレーブは、帰路のフレームについては、出力データの読み出し、および入力データの書き込みは行なわずに通過させる。

[0093] このように、E t h e r C A T (登録商標) の場合は、単一のフレームを送信および受信することが、フィールドネットワークコントローラ 130 による、プロセッサ 102 から各フィールド機器 500 への出力データの転送、および、各フィールド機器 500 からプロセッサ 102 への入力データの転送に相当する。

[0094] フィールドネットワーク 2 として E t h e r C A T (登録商標) を用いる場合、出力データを含むフレームを送信し、そのフレームがスレーブのそれぞれのフィールド機器 500 を経由して戻ってきた場合には、そのフレームに入力データが含まれることになる。そのため、実行順序については、送信処理の後に受信処理が実行されることになる。

[0095] 受信処理が実行された後、プロセッサ 102 は、入力データを用いて、ユーザプログラム処理およびシーケンス処理を順次実行する。すなわち、プロセッサ 102 は、入力データを用いて出力データを生成する制御プログラムを実行する。そして、制御プログラムの実行結果に応じて、プロセッサ 102 は、次の制御周期において出力データの送信および入力データの受信を行なう。

[0096] このように、制御装置 100 は、出力データの送信（送信処理）と、入力データの受信（受信処理）と、入力データを使用して出力データを生成する制御プログラムの実行（制御プログラム処理）とを順次繰り返すことによって制御対象を制御する。すなわち、プロセッサ 102 は、ストレージ 108 に格納された制御プログラム（ユーザプログラム 30 およびシーケンスプログラム 32）を実行し、その実行結果に応じて、フィールドネットワークコントローラ 130 は、制御周期毎に出力データの送信および入力データの受信を行なう。

[0097] ここで、図 4 に示す比較例においては、制御周期が開始すると、送信処理として、プロセッサ 102 は（１）フレーム生成、（２）データ格納、（３）デバイスドライバを順次実行し、フィールドネットワークコントローラ 130 は（４）ハードウェアを構成し、フィールドネットワーク 2 へフレームを送信する。このうち（１）フレーム生成、および（２）データ格納（すなわち、出力データをフレームに格納する処理）は、プロセッサ 102 によるソフトウェア処理で実行される。そのため、プロセッサ 102 が処理すべきデータ量が増加するに従って、処理時間のばらつきが大きくなる傾向がある。その結果、データ量の増加に伴い、制御装置 100 からフィールドネットワーク 2 へフレームが送信されるタイミングのばらつきが増長されることが懸念される。

[0098] このように、比較例では、送信処理におけるデータ処理量が、制御装置 100 からフィールドネットワーク 2 へフレームが送信されるタイミングのばらつき精度に影響を及ぼすことから、フレームの送信タイミングを厳密に保証することが難しいという課題がある。フレームの送信タイミングにばらつきが発生すると、フィールドネットワーク 2 上のフィールド機器 500 がフレームを受信するタイミングに影響を及ぼす可能性があるため、複数のフィールド機器 500 間の同期処理の精度を低下させることが懸念される。

[0099] そこで、本実施の形態に係る制御装置 100 では、送信処理において、プロセッサ 102 は、次の制御周期で実行される、出力データをフレームに

格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する。すなわち、次回の制御周期で実行される送信処理に含まれるソフトウェア処理の少なくとも一部を、今回の制御周期内で実行するように、送信処理のスケジューリングが実行される。

[0100] これによると、次回の制御周期では、送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量が低減されることから、ソフトウェア処理に要する処理時間のばらつきが低減されることになる。ソフトウェア処理の処理時間のばらつきが低減されることによって、フレームが送信されるタイミングのばらつきを低減することができる。これにより、フィールドネットワーク 2 上のフィールド機器 500 がフレームを受信するタイミングを保証することができるため、複数のフィールド機器 500 間の同期処理の精度を確保することができる。

[0101] 以下では、本実施の形態に係る送信処理のスケジューリングについて説明する。図 6 から図 8 に示されるタスクの実行スケジュールは、すなわちプロセッサリソースの割当ては、スケジューラ 170（図 3 参照）によって実行される。

[0102] 送信処理については、スケジューラ 170 は、サポート装置 200 で設定された制御装置 100 に接続される各種デバイスの構成情報（コンフィギュレーション）に基づいて、3 種類の送信モード（送信モード 1、送信モード 2 および送信モード 3）を選択的に実行することができる。

[0103] 具体的には、送信モード 1 は、制御装置 100 と、上位ネットワーク 6 に接続される他の装置（サーバ装置 300 および表示装置 400 など）との間でデータのやり取りが行なわれない構成に対して適用され得る。一方、送信モード 2 および送信モード 3 は、制御装置 100 と、上位ネットワーク 6 に接続される他の装置との間でデータのやり取りが行なわれる構成に対して適用され得る。

[0104] 上位ネットワーク 6 に接続される他の装置との間のデータのやり取りは、制御周期内における、制御プログラムを実行した後の残り時間を使って実行

される。このデータの遣り取りによって、制御プログラムの実行により生成された出力データが更新される場合がある。この場合、更新された出力データをフレームに格納する必要がある。送信モード2および送信モード3は、出力データが更新される場合における送信処理のスケジューリングを規定している。

[0105] なお、スケジューラ170は、タスクの実行中において、上記3つの送信モードを適宜選択するという動的スケジューリングを行なわないこととする。これは、3つの送信モードは送信処理に要する時間が互いに異なるため、動的に送信モードを切り替えると、送信処理時間が変動してしまい、結果的にフィールド機器500がフレームを受信するタイミングを変動させてしまう虞があるためである。

[0106] (f1. 送信モード1)

図6は、本実施の形態に係るタスクの実行スケジュールの第1の構成例を示すタイミングチャートである。第1の構成例は、送信モード1が選択されている場合のタスクの実行スケジュールを示す。

[0107] 図6を参照して、第1の構成例においては、送信処理を構成する(1)フレーム生成、(2)データ格納、(3)デバイスドライバ、および(4)ハードウェアのうち、(1)フレーム生成、および(2)データ格納は、今回の制御周期内で制御プログラムを実行した後に実行される。そして、次の制御周期が開始されると、(3)デバイスドライバ、および(4)ハードウェアが実行される。

[0108] 図4に示した比較例と図6の第1の構成例とを比較すると、本構成例では、送信処理のうち出力データをフレームに格納する処理は、制御プログラムを実行した後の残り時間を利用して、前倒しで実行されている。

[0109] 上述したように、出力データをフレームに格納する処理は、プロセッサ102によるソフトウェア処理で実行されるため、データ処理量が増えるに従って処理時間のばらつきが大きくなる傾向がある。そのため、図4の比較例のように、次の制御周期が開始されたタイミングにおいて、出力データを

フレームに格納する処理（（１）フレーム生成、および（２）データ格納）を実行すると、制御装置１００からフレームが送信されるタイミングにばらつきが生じてしまうことが懸念される。

[0110] これに対して、第１の構成例では、送信タイミングのばらつきの要因となり得る、出力データをフレームに格納する処理が、今回の制御周期内において前倒しで実行されるため、次回の制御周期において、制御装置１００からフレームが送信されるタイミングのばらつきが低減される。これにより、フレームの送信タイミングを保証することが可能となるため、複数のフィールド機器５００間の同期処理の精度を確保することができる。

[0111] （ｆ２．送信モード２）

図７は、本実施の形態に係るタスクの実行スケジュールの第２の構成例を示すタイミングチャートである。第２の構成例は、送信モード２が選択されている場合のタスクの実行スケジュールを示す。

[0112] 図７を参照して、第２の構成例においては、送信処理を構成する（１）フレーム生成、（２）データ格納、（３）デバイスドライバ、および（４）ハードウェアのうち、（１）フレーム生成は、今回の制御周期内で、受信処理を実行した後であって、ユーザプログラムを実行する前に実行される。そして、次回の制御周期が開始されると、（２）データ格納、（３）デバイスドライバおよび（４）ハードウェアが順次実行される。

[0113] 第２の構成例においては、制御プログラムを実行して出力データが生成される前に、フレームが生成されるため、（１）フレーム生成の段階では、フレームのデータ部にはダミーデータ（制御を指定しないデータ）が一時的に格納される。そして、ダミーデータが格納された後、ユーザプログラム処理およびモーション処理が順次実行される。

[0114] モーション処理が実行された後、上位ネットワーク６を介して、制御装置１００と他の装置（サーバ装置３００および表示装置４００など）との間でデータの遣り取りが行なわれる。このデータの遣り取りによって、出力データが更新される場合がある。

[0115] 第2の構成例では、次回の制御周期が開始されると、(2)データ格納として、プロセッサ102は、フレームに格納されているダミーデータを、制御プログラムにより生成された出力データに書き換える処理を実行する。この出力データは、上位ネットワーク6を介した他の装置との通信によって更新されたデータを含んでいる。出力データが格納された後、(3)デバイスドライバ、および(4)ハードウェアが順次実行される。

[0116] 第2の構成例においては、ソフトウェア処理のうち(1)フレーム生成が前倒しで実行されるため、図4の比較例に比べて、次回の制御周期における送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量が低減される。ソフトウェア処理のデータ処理量が低減されることによって、処理時間のばらつきも低減されるため、フレームが送信されるタイミングのばらつきを低減することができる。これにより、フィールドネットワーク2上のフィールド機器500がフレームを受信するタイミングを保証することができるため、複数のフィールド機器500間の同期処理の精度を確保することが可能となる。

[0117] (f3. 送信モード3)

図8は、本実施の形態に係るタスクの実行スケジュールの第3の構成例を示すタイミングチャートである。第3の構成例は、送信モード3が選択されている場合のタスクの実行スケジュールを示す。

[0118] 図8を参照して、第3の構成例においては、送信処理を構成する(1)フレーム生成、(2)データ格納、(3)デバイスドライバ、および(4)ハードウェアのうち、(1)フレーム生成および(2)データ格納は、今回の制御周期内において制御プログラムを実行した後に実行される。ただし、本構成例では、制御プログラムを実行した後に、上位ネットワーク6を介して制御装置100と他の装置との間でデータの遣り取りが行なわれるため、出力データが更新される場合がある。そのため、次回の制御周期が開始されると、最初に、更新された出力データをフレームに格納する処理が実行される。出力データが格納された後、(3)デバイスドライバ、および(4)ハー

ドウェアが順次実行される。

[0119] 第3の構成例においては、ソフトウェア処理のうち（１）フレーム生成および（２）データ格納が前倒しで実行されるため、図4の比較例に比べて、次回の制御周期における送信処理にて実行されるソフトウェア処理のデータ処理量が低減される。ソフトウェア処理のデータ処理量が低減されることによって、処理時間のばらつきも低減されるため、フレームが送信されるタイミングのばらつきを低減することができる。これにより、フィールドネットワーク2上のフィールド機器500がフレームを受信するタイミングを保証することができるため、複数のフィールド機器500間の同期処理の精度を確保することが可能となる。

[0120] なお、第3の構成例では、第2の構成例に比較して、次回の制御周期の開始タイミングにおけるデータ処理量がさらに低減される。したがって、制御周期内におけるフレームが送信されるタイミングをより厳密に保証することができる。

[0121] <H. 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]

制御対象を制御するための制御装置（１）であって、

プロセッサ（１０２）と、

前記制御対象に対する出力データの送信、および前記制御対象からの入力データの受信を行なう通信回路（１３０）とを備え、

前記制御装置は、予め定められた制御周期毎に、前記出力データの送信と、前記入力データの受信と、前記入力データを使用して前記出力データを生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、前記制御対象を制御するように構成されており、

前記出力データの送信処理において、前記プロセッサは、

前回の制御周期における前記制御プログラムの実行により生成された前記出力データをフレームに格納する処理と、

前記出力データが格納された前記フレームを前記制御対象に送信するように前記通信回路を制御する処理とを実行するように構成されており、

前記プロセッサは、次回の制御周期で実行される、前記出力データをフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する、制御装置。

[構成2]

前記プロセッサは、

今回の制御周期内で、前記制御プログラムを実行した後に、前記出力データをフレームに格納する処理を実行し、

次回の制御周期が開始されると、前記通信回路を制御する処理を実行する、構成1に記載の制御装置。

[構成3]

前記プロセッサは、

今回の制御周期内で、前記出力データをフレームに格納する処理の一部分を実行し、

次回の制御周期が開始されると、前記出力データをフレームに格納する処理の残りの部分、および前記通信回路を制御する処理を順次実行する、構成1に記載の制御装置。

[構成4]

前記出力データをフレームに格納する処理は、

前記フレームを生成する処理と、

生成された前記フレームに前記出力データを格納する処理とを含み、

前記制御装置は、上位ネットワーク(6)を介して他の装置(300, 400)との間でデータをやり取りするように構成されており、

制御周期内において、前記制御プログラムの実行後に、前記他の装置とのデータのやり取りによって前記出力データが更新される場合、前記プロセッサは、

今回の制御周期内で、前記入力データを受信する処理を実行した後であっ

て、前記制御プログラムを実行する前に、前記フレームを生成する処理を実行し、

次回の制御周期が開始されると、前記出力データを格納する処理を実行する、構成 3 に記載の制御装置。

[構成 5]

前記出力データをフレームに格納する処理は、
前記フレームを生成する処理と、
生成された前記フレームに前記出力データを格納する処理とを含み、
前記制御装置は、上位ネットワークを介して他の装置との間でデータをやり取りするように構成されており、

制御周期内において、前記制御プログラムの実行後に、前記他の装置とのデータのやり取りによって前記出力データが更新される場合、前記プロセッサは、

今回の制御周期内で、前記制御プログラムを実行した後であって、前記他の装置とのデータのやり取りを実行する前に、前記出力データをフレームに格納する処理を実行し、

次回の制御周期が開始されると、更新された前記出力データを前記フレームに格納する処理、および前記通信回路を制御する処理を順次実行する、構成 3 に記載の制御装置。

[構成 6]

制御装置と、
前記制御装置からの制御指令に従って動作する 1 または複数のデバイス（500）とを備え、
前記制御装置および前記 1 または複数のデバイスは、互いに時刻同期されたタイマ（TMR）を有しており、
前記制御装置は、
プロセッサと、
前記 1 または複数のデバイスに対する制御指令の送信、および前記 1 また

は複数のデバイスからの入力データの受信を行なう通信回路とを含み、

前記制御装置は、予め定められた制御周期毎に、前記制御指令の送信と、前記入力データの受信と、前記入力データを使用して前記制御指令を生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、前記 1 または複数のデバイスを制御するように構成されており、

前記制御指令の送信処理において、前記プロセッサは、

前回の制御周期における前記制御プログラムの実行により生成された前記制御指令をフレームに格納する処理と、

前記制御指令が格納された前記フレームを前記制御対象に送信するように前記通信回路を制御する処理とを実行するように構成されており、

前記プロセッサは、次回の制御周期で実行される、前記制御指令をフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する、制御システム。

[0122] 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、請求の範囲によって示され、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

[0123] 1 制御システム、30 ユーザプログラム、32 シーケンスプログラム、34 システムプログラム、36 プロトコルスタック、38 デバイスドライバ、40 設定情報、81 プリアンブル部、82 ヘッダ部、83 データ部、84 フッタ部、100 制御装置、102 プロセッサ、104 チップセット、106 主メモリ、108 ストレージ、110 上位ネットワークコントローラ、112 USBコントローラ、114 メモリカードインターフェイス、116 メモリーカード、120 内部バスコントローラ、122 I/Oユニット、130 フィールドネットワークコントローラ、170 スケジューラ、172 送信モード、173 制御プログラム実行処理、174 その他周辺処理、177 入出力処理、20

0 サポート装置、300 サーバ装置、400 表示装置、500 フィールド機器、510 リモートI/O装置、520, 524 ロボット、522, 526 ロボットコントローラ、540, 544 サーボドライバ、542, 546 サーボモータ、800 フレーム。

請求の範囲

[請求項1]

制御対象を制御するための制御装置であって、
プロセッサと、
前記制御対象に対する出力データの送信、および前記制御対象からの入力データの受信を行なう通信回路とを備え、
前記制御装置は、予め定められた制御周期毎に、前記出力データの送信と、前記入力データの受信と、前記入力データを使用して前記出力データを生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、前記制御対象を制御するように構成されており、
前記出力データの送信処理において、前記プロセッサは、
前回の制御周期における前記制御プログラムの実行により生成された前記出力データをフレームに格納する処理と、
前記出力データが格納されたフレームを前記制御対象に送信するように前記通信回路を制御する処理とを実行するように構成されており、
前記プロセッサは、次回の制御周期で実行される、前記出力データをフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する、制御装置。

[請求項2]

前記プロセッサは、
今回の制御周期内で、前記制御プログラムを実行した後に、前記出力データをフレームに格納する処理を実行し、
次回の制御周期が開始されると、前記通信回路を制御する処理を実行する、請求項1に記載の制御装置。

[請求項3]

前記プロセッサは、
今回の制御周期内で、前記出力データをフレームに格納する処理の一部分を実行し、
次回の制御周期が開始されると、前記出力データをフレームに格納する処理の残りの部分、および前記通信回路を制御する処理を順次実

行する、請求項 1 に記載の制御装置。

[請求項4]

前記出力データをフレームに格納する処理は、

前記フレームを生成する処理と、

生成された前記フレームに前記出力データを格納する処理とを含み

、

前記制御装置は、上位ネットワークを介して他の装置との間でデータを遣り取りするように構成されており、

制御周期内において、前記制御プログラムの実行後に、前記他の装置とのデータの遣り取りによって前記出力データが更新される場合、前記プロセッサは、

今回の制御周期内で、前記入力データを受信する処理を実行した後であって、前記制御プログラムを実行する前に、前記フレームを生成する処理を実行し、

次の制御周期が開始されると、前記出力データを格納する処理を実行する、請求項 3 に記載の制御装置。

[請求項5]

前記出力データをフレームに格納する処理は、

前記フレームを生成する処理と、

生成された前記フレームに前記出力データを格納する処理とを含み

、

前記制御装置は、上位ネットワークを介して他の装置との間でデータを遣り取りするように構成されており、

制御周期内において、前記制御プログラムの実行後に、前記他の装置とのデータの遣り取りによって前記出力データが更新される場合、前記プロセッサは、

今回の制御周期内で、前記制御プログラムを実行した後であって、前記他の装置とのデータの遣り取りを実行する前に、前記出力データをフレームに格納する処理を実行し、

次の制御周期が開始されると、更新された前記出力データを前記

フレームに格納する処理、および前記通信回路を制御する処理を順次実行する、請求項 3 に記載の制御装置。

[請求項 6]

制御装置と、

前記制御装置からの制御指令に従って動作する 1 または複数のデバイスとを備え、

前記制御装置および前記 1 または複数のデバイスは、互いに時刻同期されたタイマを有しており、

前記制御装置は、

プロセッサと、

前記 1 または複数のデバイスに対する制御指令の送信、および前記 1 または複数のデバイスからの入力データの受信を行なう通信回路とを含み、

前記制御装置は、予め定められた制御周期毎に、前記制御指令の送信と、前記入力データの受信と、前記入力データを使用して前記制御指令を生成する制御プログラムの実行とを順次繰り返すことによって、前記 1 または複数のデバイスを制御するように構成されており、

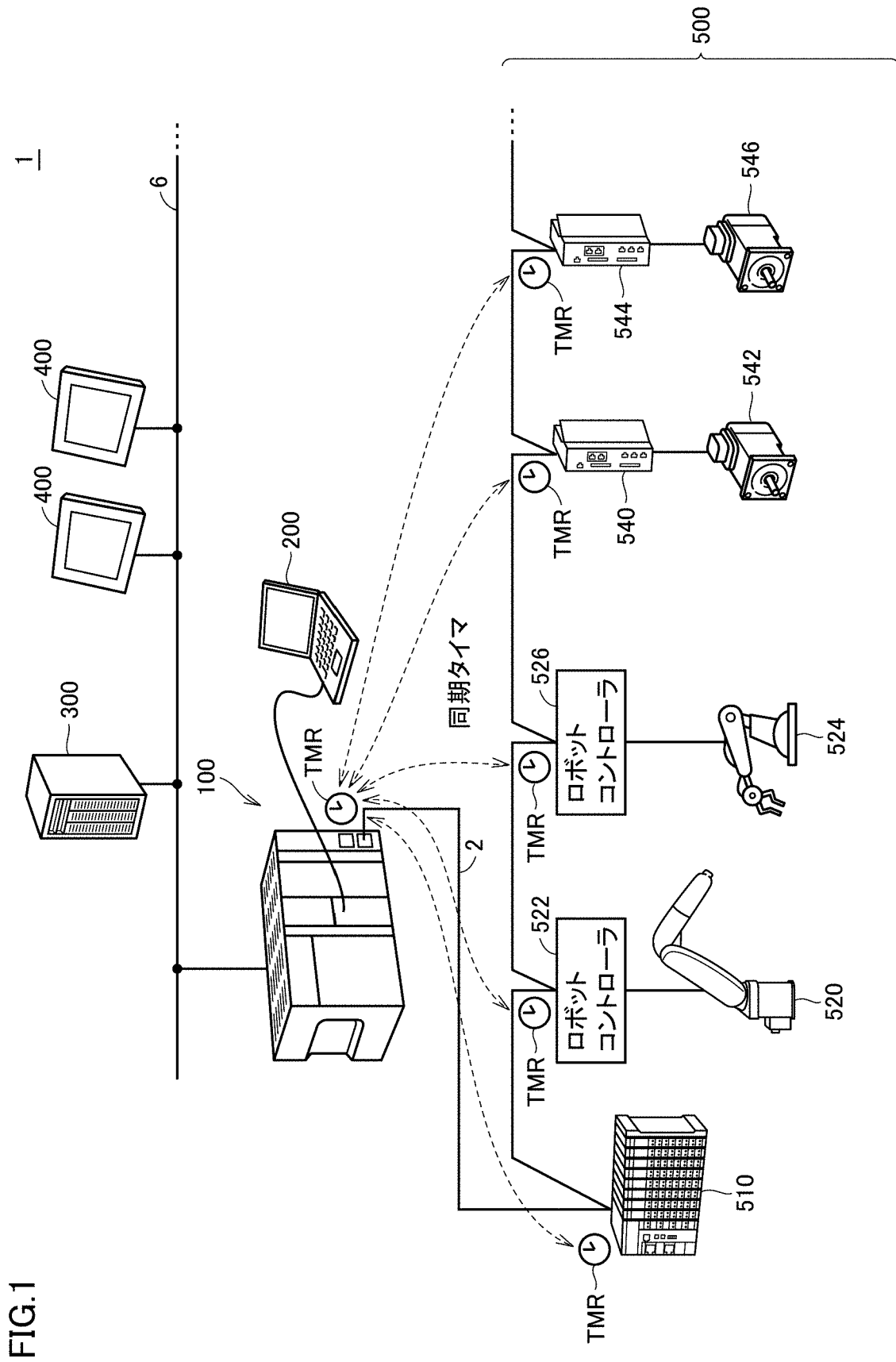
前記制御指令の送信処理において、前記プロセッサは、

前回の制御周期における前記制御プログラムの実行により生成された前記制御指令をフレームに格納する処理と、

前記制御指令が格納された前記フレームを前記制御対象に送信するように前記通信回路を制御する処理とを実行するように構成されており、

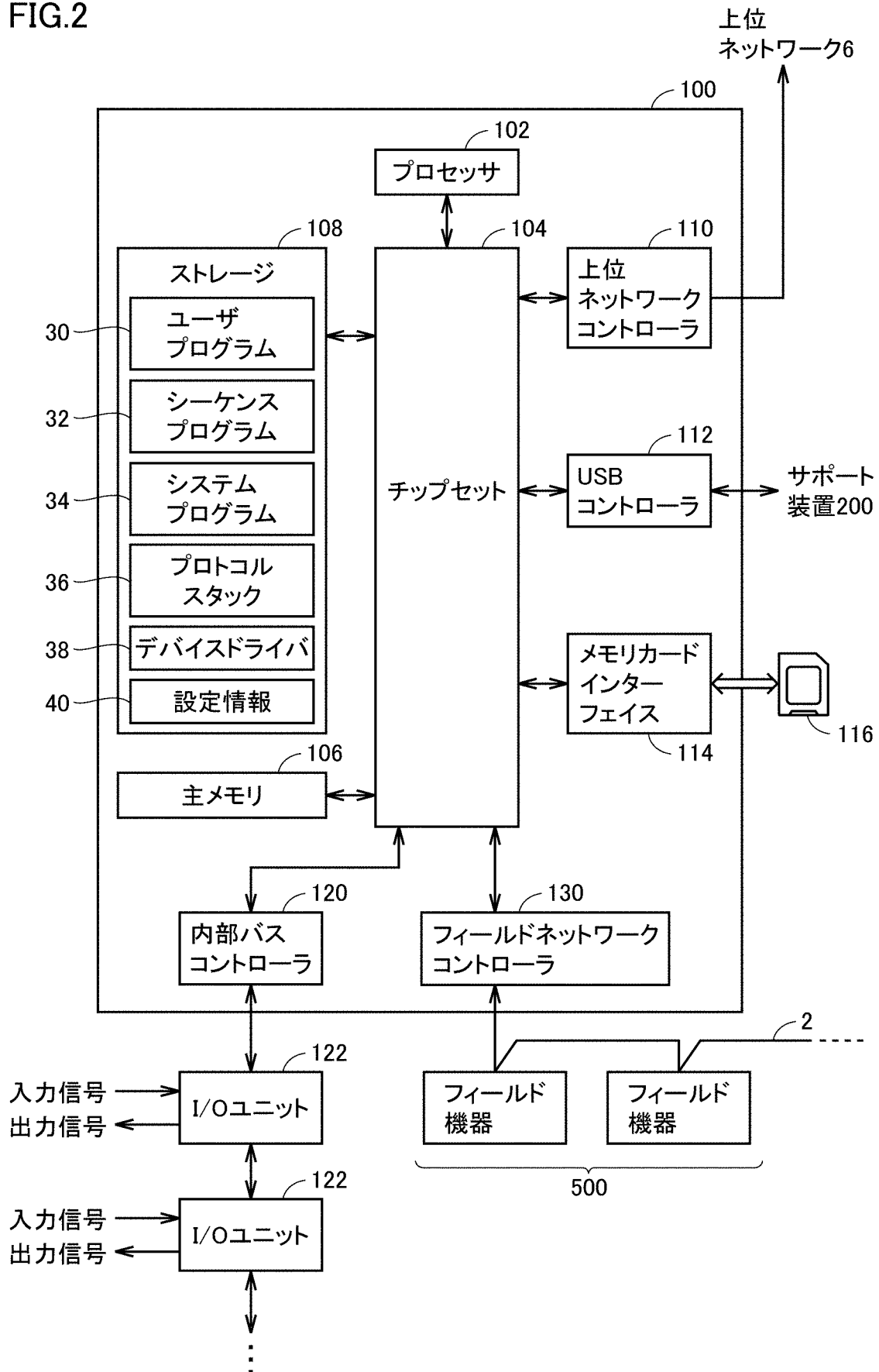
前記プロセッサは、次回の制御周期で実行される、前記制御指令をフレームに格納する処理の少なくとも一部分を、今回の制御周期内で実行する、制御システム。

[図1]



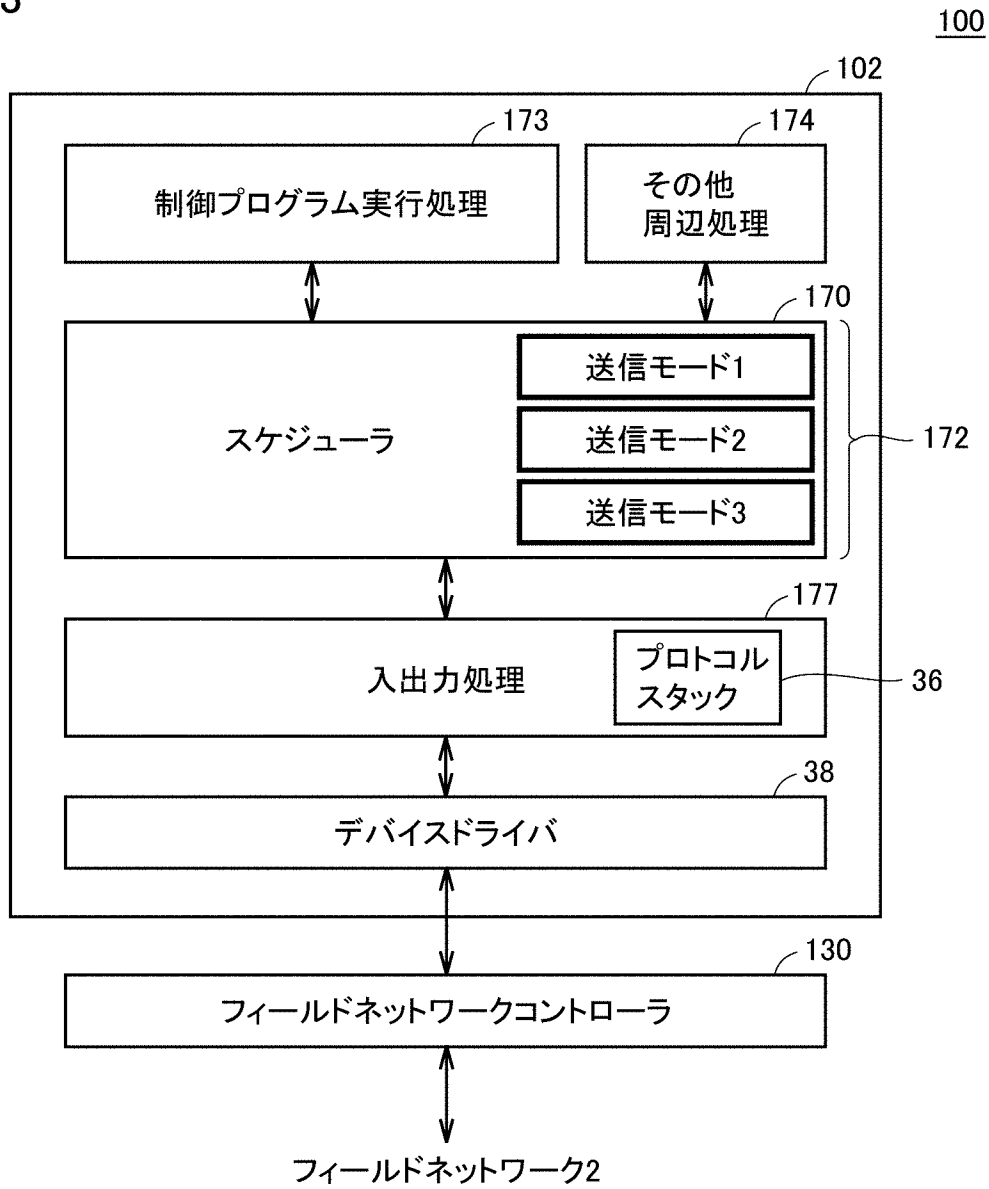
[図2]

FIG.2



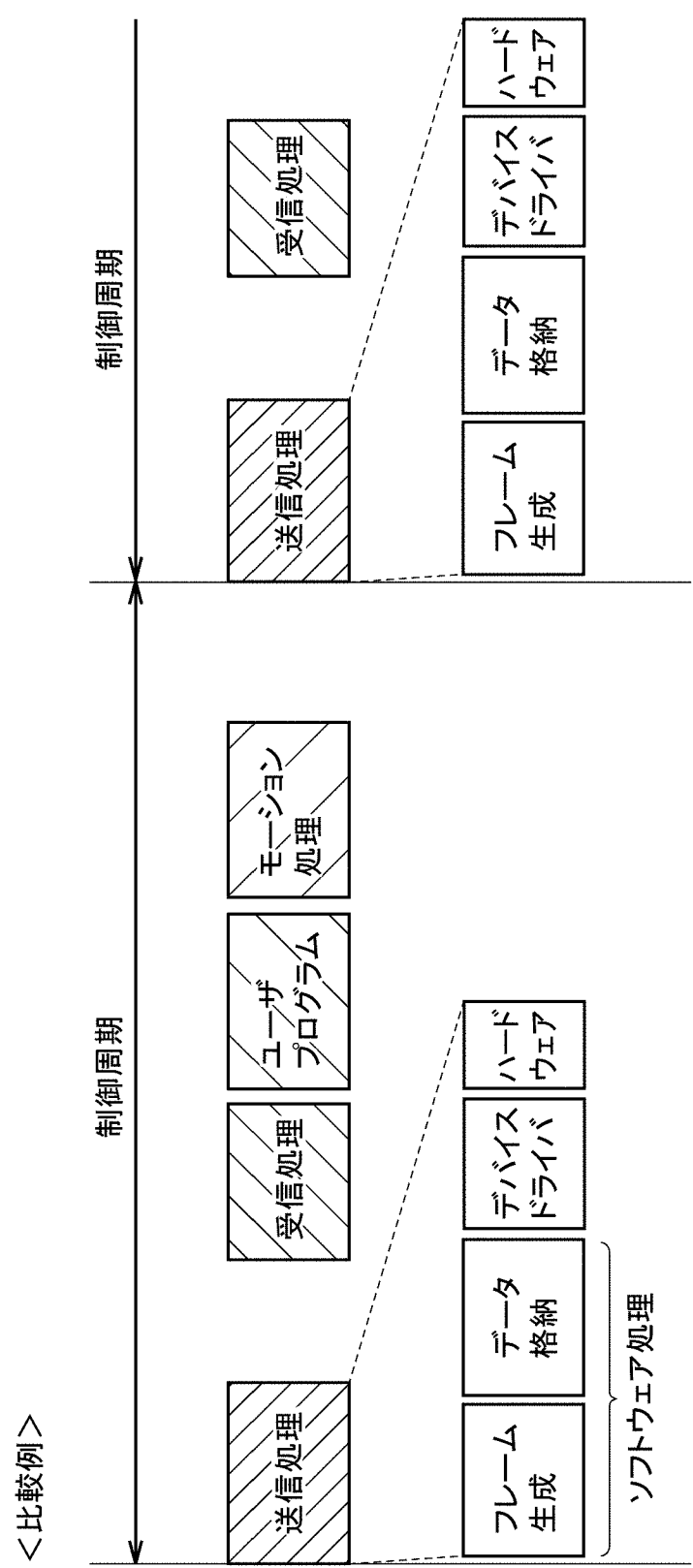
[図3]

FIG.3



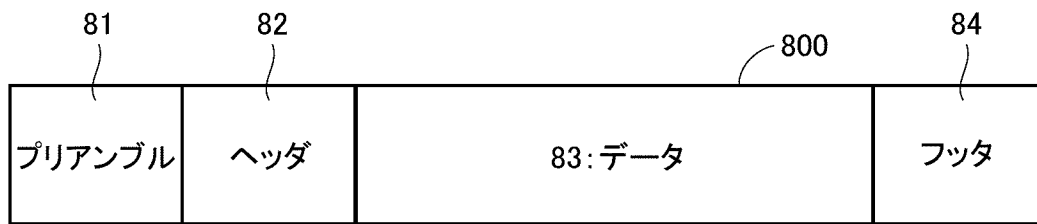
[図4]

FIG.4



[図5]

FIG.5



[図6]

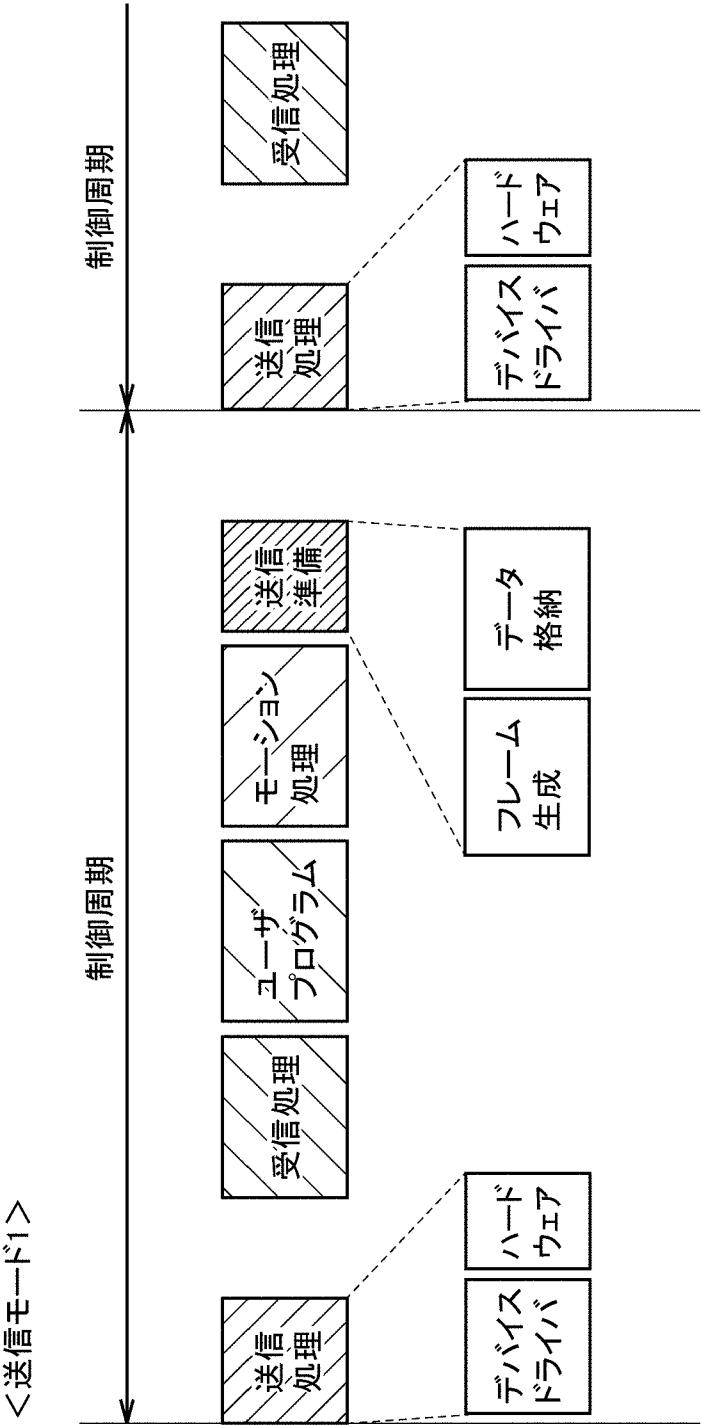
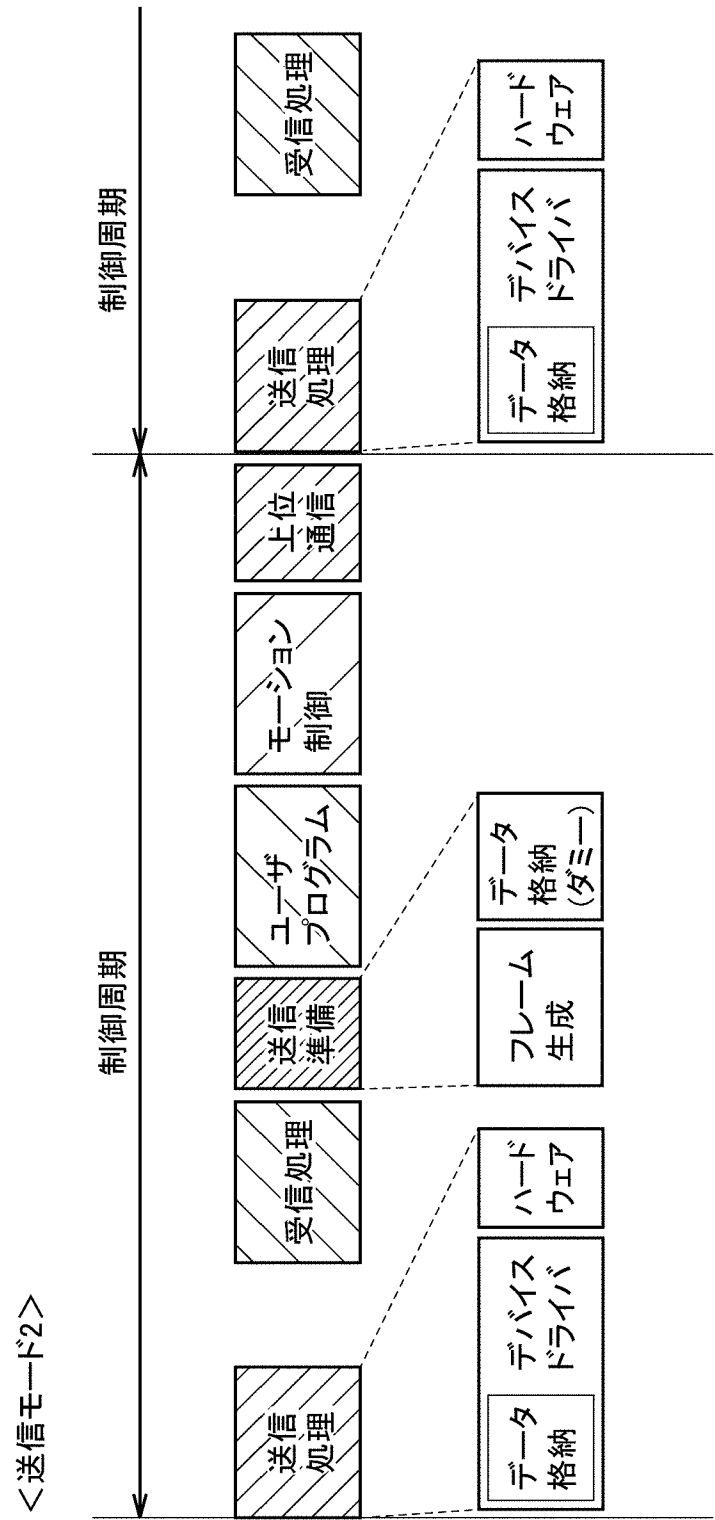


FIG.6

[図7]

FIG.7



[図8]

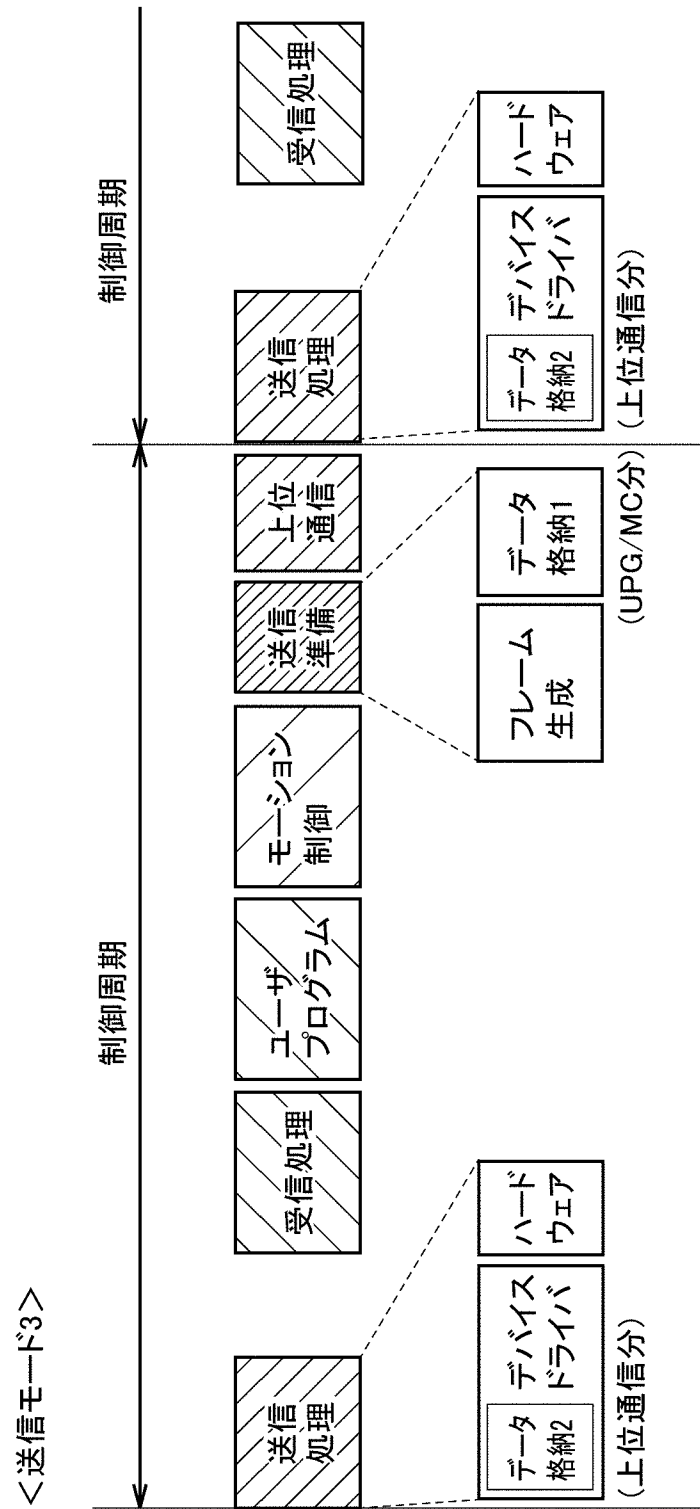


FIG.8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/003630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. G05B19/05 (2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. G05B19/05		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2019 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2015/133175 A1 (OMRON CORP.) 11 September 2015, paragraphs [0046]-[0061], fig. 5 & US 2017/0099158 A1, paragraphs [0055]-[0070], fig. 5 & EP 3116166 A1 & CN 106063197 A	1-6
A	JP 2017-161994 A (YOKOGAWA ELECTRIC CORP.) 14 September 2017, paragraphs [0034]-[0045], fig. 1-2 (Family: none)	1-6
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 28 March 2019 (28.03.2019)		Date of mailing of the international search report 09 April 2019 (09.04.2019)
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G05B19/05 (2006. 01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G05B19/05

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2015/133175 A1（オムロン株式会社） 2015. 09. 11, 段落[0046]-[0061], 図 5 & US 2017/0099158 A1, 段落[0055]-[0070], 図 5 & EP 3116166 A1 & CN 106063197 A	1-6
A	JP 2017-161994 A（横河電機株式会社） 2017. 09. 14, 段落[0034]-[0045], 図 1-2 （ファミリーなし）	1-6

C 欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

28. 03. 2019

国際調査報告の発送日

09. 04. 2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

影山 直洋

電話番号 03-3581-1101 内線 3364

3U

5785