

(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
2023年7月13日(13.07.2023)



(10) 国際公開番号

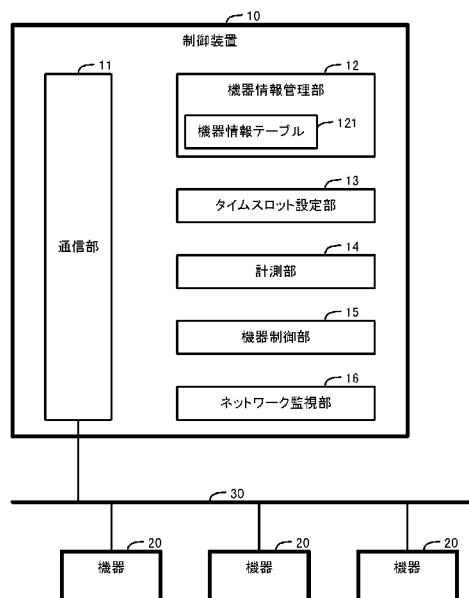
WO 2023/132008 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/40 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/000087
- (22) 国際出願日: 2022年1月5日(05.01.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 倉橋 宏明 (KURAHASHI Hiroaki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人:木村 満(KIMURA Mitsuru); 〒1010054 東京都千代田区神田錦町二丁目7番地 協販ビル2階 Tokyo (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, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, 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,

(54) **Title:** CONTROL DEVICE, COMMUNICATION CYCLE ADJUSTMENT METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 制御装置、通信周期調整方法及びプログラム

図4



- 10 Control device
11 Communication unit
12 Apparatus information management unit
13 Timeslot setup unit
14 Measurement unit
15 Apparatus control unit
16 Network monitoring unit
20 Apparatus
121 Apparatus information table

(57) **Abstract:** This control device (10) controls an apparatus being controlled, via a network (30). The control device (10) comprises: a communication unit (11) that, for each communication cycle defined by a shared time of day that is shared with the apparatus being controlled, executes a type of communication that corresponds to a time segment, in each of a plurality of time segments included in the communication cycle; a measurement unit (14) that measures a control time needed for control of the apparatus being controlled, when a first type of communication is executed, irrespective of

NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, 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))

time segment; and a timeslot setup unit (13) that reduces the length of the time segment corresponding to the first type from a currently set value, thereby adjusting the length of the communication cycle, when the size of communication data transmitted or received in the first type of communication for controlling the apparatus being controlled is smaller than a data transmission capacity in a time segment of the communication cycle that corresponds to the first type and is included in the control time.

(57) 要約: 制御装置 (10) は、ネットワーク (30) を介して被制御機器を制御する。制御装置 (10) は、被制御機器と共有される共有時刻により規定される通信周期毎に、通信周期に含まれる複数の時間区分それぞれにおいて該時間区分に対応する種別の通信を実行する通信部 (11) と、時間区分に関わらず第1の種別の通信が実行されるときに被制御機器の制御にかかる制御時間を計測する計測部 (14) と、被制御機器を制御するために第1の種別の通信において送信され又は受信される通信データのサイズが、制御時間に含まれる通信周期のうちの第1の種別に対応する時間区分におけるデータの伝送容量よりも小さい場合に、第1の種別に対応する時間区分の長さを現在の設定値から短縮することにより通信周期の長さを調整するタイムスロット設定部 (13) と、を備える。

明 細 書

発明の名称： 制御装置、通信周期調整方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、制御装置、通信周期調整方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] F A (Factory Automation) の現場では、複数の装置が産業用ネットワークを介して通信することにより多数の機器を制御するシステムが構築される。この種の制御のための通信では、機器を協調制御するためにリアルタイム性が重視される。このような産業用ネットワークを、リアルタイム性が必ずしも重視されない一般的な情報ネットワークと統合するための通信方式が近年規格化され、注目されている。この種の通信方式の例としては、IEEE 802.1 TSN (Time Sensitive Networking) 規格が挙げられる。以下では、このIEEE 802.1 TSN規格をT S N規格と表記する。

[0003] T S N規格に従うネットワークでは、通信周期毎に通信種別に対応するタイムスロットが設けられる。ここで、異なる種別の通信をするための時間長を決定する技術を利用して、タイムスロット長を決定することが考えられる（例えば、特許文献1を参照）。

[0004] 特許文献1には、複数のコントローラユニットがバスを介して接続されるバス管理システムについて記載されている。このバス管理システムでは、バス管理装置が、各コントローラユニットから収集した情報に基づいて、サイクリックデータを転送するためのサイクリック通信時間と、トランジェントデータを転送するためのトランジェント通信時間と、を算出し、算出結果に従って各コントローラユニットが通信する。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2006-318367号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] T S N規格に従うネットワークにおいては通信周期を短くしてリアルタイム性を向上させることが望ましい。しかしながら、特許文献1の技術は、通信周期が一定の長さであることに基づいて通信時間を算出するため、通信周期の調整について何ら考慮しておらず、リアルタイム性を向上させるものではない。したがって、通信種別に対応するタイムスロットが設けられるネットワーク上の通信において、リアルタイム性を向上させる余地がある。
- [0007] 本開示は、上記の事情に鑑みてなされたものであり、通信種別に対応するタイムスロットが設けられるネットワーク上の通信において、リアルタイム性を向上させることを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 上記目的を達成するため、本開示の制御装置は、ネットワークを介して被制御機器を制御する制御装置であって、被制御機器と共有される共有時刻により規定される通信周期毎に、通信周期に含まれる複数の時間区分それぞれにおいて該時間区分に対応する種別の通信を実行する通信手段と、時間区分に関わらず第1の種別の通信が実行されるときに被制御機器の制御にかかる制御時間を計測する計測手段と、被制御機器を制御するために第1の種別の通信において送信され又は受信される通信データのサイズが、制御時間に含まれる通信周期のうちの第1の種別に対応する時間区分におけるデータの伝送容量よりも小さい場合に、第1の種別に対応する時間区分の長さを現在の設定値から短縮することにより通信周期の長さを調整する調整手段と、を備える。

発明の効果

- [0009] 本開示によれば、調整手段は、通信データのサイズが第1の種別に対応する時間区分におけるデータの伝送容量より小さい場合に、第1の種別に対応する時間区分の長さを短縮することにより通信周期の長さを調整する。これにより、時間区分としてのタイムスロットとともに通信周期が短くなる。したがって、通信種別に対応するタイムスロットが設けられるネットワーク上

の通信において、リアルタイム性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]実施の形態に係る制御システムの構成を示す図
- [図2]実施の形態に係る制御装置のハードウェア構成を示す図
- [図3]実施の形態に係る時分割による通信の概要について説明するための図
- [図4]実施の形態に係る制御装置の機能的な構成を示す図
- [図5]実施の形態に係る機器情報テーブルの一例を示す図
- [図6]実施の形態に係る制御時間について説明するための図
- [図7]実施の形態に係る入力データの取得時間の一例を示す第1の図
- [図8]実施の形態に係る入力データの取得時間の一例を示す第2の図
- [図9]実施の形態に係る送信データの送信時間の一例を示す図
- [図10]実施の形態に係る初期化処理を示すフローチャート
- [図11]実施の形態に係る調整処理を示すフローチャート
- [図12]実施の形態に係る計測処理を示すフローチャート
- [図13]実施の形態に係るタイムスロットの伝送容量と通信データのサイズとの比較について説明するための図
- [図14]実施の形態に係るタイムスロットの長さの短縮について説明するための図
- [図15]実施の形態に係る通信周期の変更を示す図
- [図16]実施の形態に係るペイロードのサイズについて説明するための図

発明を実施するための形態

- [0011] 以下、本開示の実施の形態に係る制御装置10について、図面を参照しつつ詳細に説明する。

- [0012] 実施の形態.

本実施の形態に係る制御装置10は、図1に示されるように、機器21, 22, 23, 239とともに制御システム100を構成する。制御システム100は、工場に設置されるFAシステムの一部に相当する。このFAシステムは、例えば、生産システム、検査システム、又は加工システムであって

もよいし、その他のシステムであってもよい。制御システム１００では、制御装置１０が、機器２１～２３との間で行う時分割多重方式の通信周期を調整する。

[0013] 制御装置１０及び機器２１～２３は、ネットワーク３０を介して接続されて互いに通信する。ネットワーク３０は、フィールドバス規格に従う産業用ネットワークである。

[0014] 制御装置１０は、ネットワーク３０上において主局として機能するＰＬＣ（Programmable Logic Controller）又はＩＰＣ（Industrial Personal Computer）である。また、機器２１～２３はそれぞれ、主局の管理対象となる従局として機能する装置である。機器２１は、生産ラインを撮影するカメラであって、機器２２は、生産ラインに設置されるセンサである。機器２３は、システムバス２３４を介して互いに接続されるネットワークユニット２３１、ＣＰＵ（Central Processing Unit）ユニット２３２及びＩ／Ｏ（Input/Output）ユニット２３３を有するＰＬＣである。機器２３のＩ／Ｏユニット２３３は、信号線を介して機器２３９に接続される。

[0015] 制御装置１０は、機器２１～２３、２３９を制御して、制御システム１００を稼働させる。例えば、制御装置１０は、機器２１から出力される画像に基づいて、機器２３に接続されたロボットである機器２３９のアームを移動させて、ワークを搬送する。

[0016] 図２には、制御装置１０のハードウェア構成が示されている。制御装置１０は、そのハードウェア構成として、プロセッサ４１と、主記憶部４２と、補助記憶部４３と、クロック部４４と、入力部４５と、出力部４６と、通信部４７と、を有する。主記憶部４２、補助記憶部４３、クロック部４４、入力部４５、出力部４６及び通信部４７はいずれも、内部バス４８を介してプロセッサ４１に接続される。

[0017] プロセッサ４１は、集積回路であるＣＰＵ（Central Processing Unit）又はＭＰＵ（Micro Processing Unit）を含む。プロセッサ４１は、補助記憶部４３に記憶されるプログラム４９を実行することにより、制御装置１０の種

々の機能を実現して、後述の処理を実行する。

[0018] 主記憶部42は、RAM (Random Access Memory) を含む。主記憶部42には、補助記憶部43からプログラム49がロードされる。そして、主記憶部42は、プロセッサ41の作業領域として用いられる。

[0019] 補助記憶部43は、EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) 及びHDD (Hard Disk Drive) に代表される不揮発性メモリを含む。補助記憶部43は、プログラム49の他に、プロセッサ41の処理に用いられる種々のデータを記憶する。補助記憶部43は、プロセッサ41の指示に従って、プロセッサ41によって利用されるデータをプロセッサ41に供給し、プロセッサ41から供給されたデータを記憶する。

[0020] クロック部44は、例えば、水晶振動子、シリコン振動子、水晶発振器、その他発振回路を有するクロック発生回路を含む。クロック部44は、クロック発生回路により生成されたクロックに基づいてクロック信号を生成して出力する。クロック信号は、クロックパルスを含み、プロセッサ41が、内蔵のハードウェア素子により又は実行するソフトウェア処理によりクロックパルスの立ち上がり回数をカウントすることで時刻を計時するために利用される。

[0021] 入力部45は、入力キー及びポインティングデバイスに代表される入力デバイスを含む。入力部45は、制御装置10のユーザによって入力された情報を取得して、取得した情報をプロセッサ41に通知する。

[0022] 出力部46は、LED (Light Emitting Diode) 、LCD (Liquid Crystal Display) 及びスピーカに代表される出力デバイスを含む。出力部46は、プロセッサ41の指示に従って、種々の情報をユーザに提示する。

[0023] 通信部47は、外部の装置とEthernetフレームを送受するためのネットワークインタフェース回路を含む。通信部47は、外部から信号を受信して、この信号により示されるデータをプロセッサ41へ出力する。また、通信部47は、プロセッサ41から出力されたデータを示す信号を外部の装置へ送信する。

[0024] 図 1 に戻り、制御装置 10 及び機器 21～23 はそれぞれ、TSN 規格に準拠して通信する。以下、この TSN 規格に従う通信の概要について説明する。なお、機器 21～23 を総称して機器 20 と表記する。

[0025] 制御装置 10 及び機器 20 は、ネットワーク 30 を介して時刻を同期する。詳細には、制御装置 10 及び機器 20 はそれぞれ、他の装置と時刻同期プロトコルにより時刻を共有する。時刻同期プロトコルは、通信ネットワーク上の機器の時刻を高精度に同期するためのプロトコルである。例えば、時刻同期プロトコルとして IEEE802.1 AS が適用される場合には、ネットワーク上の一のノードに相当するグランドマスタが通信ネットワーク経由で高精度な基準クロックを定期的に配信する。また、グランドマスタとスレーブノードとの間でデータを往復させることで通信遅延が計測され、スレーブノードは、この通信遅延を補正した基準クロックを得る。これにより、通信遅延が補正された時刻が共有される。

[0026] なお、複数の装置による時刻の共有及び時刻の同期は、複数の装置それぞれが有する時計を同期することを意味する。複数の装置それぞれが有する時計が同等の時刻を計時することで、この時刻が複数の装置において共有されれば、複数の装置が時刻を同期することとなる。以下では、装置間で共有される時刻を共有時刻と表記する。

[0027] 制御装置 10 及び機器 20 は、IEEE802.1 Qbv として規定されるプロトコルで、共有時刻に従って予め定められたスケジュールに基づいてデータを送受する。詳細には、図 3 に示されるように、制御装置 10 及び機器 20 は、共有時刻に従って予め定められた長さの通信周期 51, 52 それぞれにおいて時分割多重方式により通信する。

[0028] 通信周期 51, 52 は、互いに隣接する。すなわち、通信周期 52 は、通信周期 51 の直後に設けられ、通信周期 51 の終了時刻は通信周期 52 の開始時刻に等しい。図 3 では、2 つの通信周期 51, 52 が示されているが、通信周期 51 より前、及び通信周期 52 より後にも、通信周期 51, 52 と同等の期間が周期的に設けられる。

[0029] 通信周期5 1, 5 2はそれぞれ、互いに隣接するタイムスロットTS 1, TS 2, TS 3, . . . , TS 0を有する。図3に示されるように通信周期5 1においてタイムスロットTS 1, TS 2, TS 3, . . . , TS 0がこの順で配置される場合には、タイムスロットTS 1の開始時刻は、通信周期5 1の開始時刻に等しい。また、各タイムスロットの終了時刻は、次のタイムスロットの開始時刻に等しい。ただし、タイムスロットTS 0の終了時刻は、通信周期5 1の終了時刻に等しい。通信周期5 1のタイムスロットTS 0の直後には、通信周期5 2のタイムスロットTS 1が配置されることとなる。

[0030] 各タイムスロットは、異なる種別の通信を実施するための時間区分であって、予め定められたプロトコル、チャンネル又は形式の通信をするために設けられる。例えば、タイムスロットTS 1は、サイクリック伝送を実行するための時間区分である。サイクリック伝送は、各装置が有するメモリに共通のデータを格納するための通信が周期的に実行されることで、連続する周期の各々でメモリに記憶されるデータを同期するための通信方式である。タイムスロットTS 2は、時刻同期プロトコルに従って通信するための時間区分である。タイムスロットTS 3は、制御ネットワーク用に公開されているオープン制御ネットワークのプロトコルに従って通信するための時間区分である。

[0031] タイムスロットTS 0以外のタイムスロットTS 1, TS 2, TS 3, . . . はいずれも、定時性が要求される制御ネットワーク用のプロトコルに従って通信するための時間区分である。制御ネットワーク用のプロトコルは、周期毎にデータを伝送することにより予め定められた長さの時間内に情報が伝送され、装置同士が情報をリアルタイムに共有することが保証されるプロトコルである。制御ネットワーク用のプロトコルは、制御装置10によってなされる通信の種別のうちの第2の種別の一例に相当する。

[0032] タイムスロットTS 0は、定時性が必ずしも要求されない情報ネットワーク用のプロトコルに従って通信するための時間区分である。情報ネットワー

ク用のプロトコルは、制御ネットワーク用のプロトコルとは異なり、一定の長さの時間内に情報が伝送されることが必ずしも保証されない。例えば、タイムスロットTS0においてはデータがベストエフォートにより伝送されるため、多数の装置がタイムスロットTS0においてデータを送信すると伝送時間が長くなり、伝送時間長がタイムスロットTS0の長さを超える場合にはデータが損失することもあり得る。また、タイムスロットTS0においては、周期毎にデータを伝送する必要はなく、任意の周期で必要に応じてデータを伝送してもよい。タイムスロットTS0では、例えば、IP (Internet Protocol) 通信が実行される。情報ネットワーク用のプロトコルは、制御装置10によってなされる通信の種別のうちの第1の種別の一例に相当する。

[0033] 従来、タイムスロットTS0の長さは、例えば、ネットワーク30上の各装置の仕様に基づいて定められる通信周期から、制御ネットワーク用のプロトコルに対応するタイムスロットTS1, TS2, TS3, ...の長さを減じて得る差として設定される。しかしながら、このような設定では、タイムスロットTS0の長さが、実際の通信量に対して過剰に長くなることがあり、通信周期を短縮する余地がある。これに対して本実施の形態に係る制御装置10は、実際の通信量に基づいてタイムスロットTS0を短縮することにより通信周期を調整する機能を有する。

[0034] 図4には、制御装置10の機能的な構成が示されている。図4に示されるように、制御装置10は、その機能として、ネットワーク30を介して通信する通信部11と、機器20から情報を取得して管理する機器情報管理部12と、タイムスロット長を設定するタイムスロット設定部13と、データのサイズ及び伝送時間を計測する計測部14と、機器20を制御する機器制御部15と、ネットワーク30の状態を監視するネットワーク監視部16と、を有する。

[0035] 通信部11は、主としてプロセッサ41、クロック部44及び通信部47の協働により実現される。通信部11は、ネットワーク30を介して機器20とTSN規格に従って通信する。詳細には、通信部11は、グランドマス

タとして、クロック部44の時刻を基準とする共有時刻を機器20に配信して、機器20と共有時刻を共有する。ただし、通信部11は、他のグランドマスタから配信される共有時刻を取得するスレーブノードであってもよい。そして、通信部11は、図3に示されるように、通信周期毎に、タイムスロットに対応する種別の通信を実行する。通信部11は、制御装置10において、被制御機器としての機器20と共有される共有時刻により規定される通信周期毎に、通信周期に含まれる複数の時間区分それぞれにおいて該時間区分に対応する種別の通信を実行する通信手段の一例に相当する。また、通信部11は、タイムスロット長及び通信周期を設定するための準備として、機器情報管理部12、タイムスロット設定部13、及び計測部14から指示される通信を実行する。

[0036] 機器情報管理部12は、主としてプロセッサ41と、主記憶部42及び補助記憶部43の少なくとも一方と、の協働により実現される。機器情報管理部12は、機器20とTSN規格に従って通信するための情報を、通信部11を介して収集し、収集した情報を機器情報テーブル121に書き込む。また、機器情報管理部12は、タイムスロット設定部13によって設定されるタイムスロットを示す情報をタイムスロット設定部13から取得し、計測部14による計測結果を示す情報を計測部14から取得して、取得した情報を機器情報テーブル121に書き込む。そして、機器情報管理部12は、機器情報テーブル121の情報を外部に提供する。

[0037] 機器情報テーブル121は、図5に示されるように、機器20それぞれについて、機器20の構成を示す「構成機器」と、機器20によって実行される通信の種別を示す「通信種別」と、通信種別が制御ネットワーク用のプロトコルであるか情報ネットワーク用のプロトコルであるかを示す「通信属性」と、制御ネットワーク用のプロトコルについてタイムスロットの周期として許容される値である「通信周期許容値」と、情報ネットワーク用のプロトコルについてIP通信上位の指定プロトコルを示す「トランスポート層プロトコル」と、機器20がデータの演算処理を開始してから完了するまでに要

する時間を示す「処理時間」と、機器 20 の通信に割り当てられたタイムスロットと、制御装置 10 が機器 20 から取得する入力データのサイズと、入力データの取得に要する時間と、を互いに関連付けて示すテーブル形式のデータである。

[0038] 機器情報テーブル 121 のうちの「構成機器」は、例えば、機器 20 の機種、型番又はアドレスであってもよい。また、PLC である機器 23 についての「構成機器」は、同一のバスで接続されているすべてのユニット、及び、I/O ユニット 233 に接続されている機器 239 を含む PLC の構成を示す。図 5 においては、PLC である機器 23 を示す「PLC 23」が、ネットワークユニット 231 を示す「NW-U 231」、CPU ユニット 232 を示す「CPU-U 232」及び I/O ユニット 233 を示す「I/O-U 233」を有し、I/O ユニット 233 には「DEV 239」により示される機器 239 が接続されていることが示されている。

[0039] また、図 5 中の「通信種別」として示される「P0」は、図 3 に示されるように情報ネットワーク用のプロトコルに対応し、「P1」はサイクリック伝送に対応し、「P2」は時刻同期プロトコルに対応する。また、「通信属性」としての「CTRL」は、制御ネットワーク用のプロトコルであることを示し、「INFO」は、情報ネットワーク用のプロトコルであることを示す。

[0040] また、「通信周期許容値」は、制御用ネットワークのプロトコル毎に異なる範囲で示される。「トランスポート層プロトコル」は、「TCP (Transmission Control Protocol)」又は「UDP (User Datagram Protocol)」を示す。また、「処理時間」は、機器 20 によって起動時に計測される。例えば、カメラである機器 21 の「処理時間」は、画像を撮影してから当該画像を外部に出力するための変換処理の実行にかかる時間である。また、PLC である機器 23 の「処理時間」は、バスで接続されている各ユニット及び機器 239 を最適化するのに要する時間であって、例えば、ロボットである機器 239 に対する指示をネットワークユニット 231 が受信してから、実際

に機器 239 によるアームの移動が完了するまでの時間である。

[0041] 「構成機器」、「通信種別」、「通信属性」、「通信周期許容値」、「トランスポート層プロトコル」及び「処理時間」は、機器情報管理部 12 によって機器 20 から収集されて機器情報テーブル 121 に登録される。機器情報管理部 12 は、制御装置 10 において、被制御機器から、実行すべき通信の種別を示す種別情報を取得する取得手段の一例に相当する。ここで、種別情報は、「通信種別」を含む情報に相当する。「割当タイムスロット」、「入力データサイズ」及び「入力データ取得時間」の機器情報テーブル 121 への登録については、後述する。

[0042] タイムスロット設定部 13 は、主としてプロセッサ 41 によって実現される。タイムスロット設定部 13 は、機器 20 から収集された情報のうちの「通信種別」及び「通信属性」に基づいて、機器 20 によって実行される通信の種別をタイムスロットに割り当てる。タイムスロット設定部 13 は、制御装置 10 において、通信周期に含まれる複数の時間区分に、種別情報により示されるいずれかの通信の種別を割り当てる割当手段の一例に相当する。タイムスロット設定部 13 は、割り当てたタイムスロットを、図 5 に示されるように機器情報テーブル 121 に登録する。

[0043] また、タイムスロット設定部 13 は、ユーザによって予め設定される制御用ネットワークのプロトコルに対応するタイムスロットの長さ、及び、通信周期の初期値に基づいて、タイムスロット T S 0 の長さの初期値を設定する。ここで、通信周期の初期値は、機器情報テーブル 121 のうちの「通信周期許容値」に基づいて、タイムスロット設定部 13 によって決定されてもよいし、機器情報管理部 12 によって決定されてもよい。

[0044] さらに、タイムスロット設定部 13 は、タイムスロット T S 0 の長さの初期値、及び、計測部 14 による計測結果に基づいて、初期値が過剰に長いと判断すると、タイムスロット T S 0 の長さを短縮することにより通信周期を調整する。タイムスロット設定部 13 による判断の詳細については、後述する。

[0045] 計測部 14 は、主としてプロセッサ 41 及びクロック部 44 の協働により実現される。計測部 14 は、制御装置 10 のタイムスロット T S 0 に対応する種別の通信により機器 20 の制御にかかる制御時間と、当該機器 20 を制御するためにタイムスロット T S 0 において伝送される通信データのサイズと、を計測する。

[0046] 図 6 に例示されるように、入力機器としての機器 21 からの入力データに基づいて制御装置 10 がデータ処理を実行し、処理結果としての制御指令を含む送信データを被制御機器である機器 23 に送信してその状態を変化させるような制御が実施される。ここで伝送されるデータはいずれも、情報ネットワーク用のプロトコルに従う。このような制御にかかる制御時間 T 10 は、入力データの取得にかかる時間 T 11 と、制御装置 10 によるデータ処理に要する時間 T 12 と、制御指令の送信にかかる時間 T 13 と、機器 23 が状態を変化させて制御指令を反映するまでの時間 T 14 と、の総和に等しい。なお、制御時間 T 10 は、タイムスロットが設定されることなく情報ネットワーク用のプロトコルに従う通信により被制御機器が制御される時間であって、時間区分としてのタイムスロットに関わらず、情報ネットワーク用のプロトコルに従う通信による被制御機器の制御にかかる時間である。詳細には、T S N 規格に従う通信により機器 20 が制御される際には、図 6 に示される制御時間 T 10 すべてが 1 つのタイムスロット T S 0 内で完結するとは限らず、時間 T 11 が 1 つのタイムスロット T S 0 に含まれ、時間 T 13 が次のタイムスロット T S 0 に含まれることがある。これに対して、計測部 14 は、時間 T 11 ~ T 14 をそれぞれ計測して総和を得ることにより制御時間 T 10 を計測する。この制御時間 T 10 は、データの伝送が禁止される時間が設定されることなく、情報ネットワーク用のプロトコルに従う通信が常時許可される状況において機器 20 の制御にかかる時間に相当する。

[0047] ここで、計測部 14 は、機器 21, 23 から通知される情報に基づいて時間 T 11, T 13 を計測する。例えば、計測部 14 は、図 7 に例示されるように、機器 21 の通常動作時に生成して外部に出力するデータと同等のサン

プルデータを要求する。要求を受けた機器 21 は、サンプルデータの送信を開始し、送信すべきすべてのサンプルデータの送信が完了した時点で、制御装置 10 に送信完了の旨を通知する。制御装置 10 の計測部 14 は、要求から送信完了の通知を受けた時点までの時間 T_{11} を計測してもよい。計測部 14 によって計測された時間 T_{11} は、図 5 に示されるように、機器情報テーブル 121 に「入力データ取得時間」として登録される。

[0048] なお、時間 T_{11} を計測する手法は図 7 の例に限定されない。図 8 に示されるように、計測部 14 は、機器 21 が入力データの送信を開始した時刻 T_{11a} の通知を機器 21 から受けて、最後に入力データを受信した時刻 T_{11b} から通知された時刻 T_{11a} を減じることで時間 T_{11} を得てもよい。

[0049] また、計測部 14 は、図 9 に例示されるように、制御装置 10 によるデータ処理の完了後に、機器 23 に対して処理の完了を通知するとともに、処理結果の受取を要求する。要求を受けた機器 23 は、受取許可を制御装置 10 に通知し、制御装置 10 からの送信データの送信が開始される。送信データの受信が完了すると、機器 23 は、受信完了の旨を制御装置 10 に通知する。計測部 14 は、送信データの送信開始から受信完了通知を受ける時点までの時間 T_{13} を計測してもよい。なお、時間 T_{13} を計測する手法は、図 9 の例に限定されず、任意に変更してもよい。

[0050] また、計測部 14 は、図 5 に示される機器情報テーブル 121 のうちの「処理時間」を参照することで時間 T_{14} の計測値を得てもよい。また、機器 23 は、サンプルとして受信した送信データを実際に処理して、当該処理に要する時間を計測し、計測結果を計測部 14 に通知してもよい。

[0051] さらに、計測部 14 は、入力データのサイズを計測して、図 5 に示されるように、機器情報テーブル 121 のうちの「入力データサイズ」として計測結果を記録する。また、計測部 14 は、入力データのサイズと送信データのサイズとの総和を、通信データのサイズとして計測する。計測部 14 によって計測された制御時間の長さ及び通信データのサイズは、後述するように、通信周期の調整に利用される。計測部 14 は、制御装置 10 において、時間

区分に関わらず通信が実行されるときに被制御機器の制御にかかる制御時間を計測する計測手段の一例に相当する。

[0052] 図4に戻り、機器制御部15は、主としてプロセッサ41によって実現される。機器制御部15は、タイムスロット設定部13によって調整された通信周期に従って通信部11を介して機器20と通信してデータを処理することにより、制御対象となる機器20を制御する。詳細には、機器制御部15は、図5の例における入力データに基づいて送信データを生成するためのデータ処理を実行する。機器制御部15は、制御装置10において、被制御機器を制御するためにデータを処理するデータ処理手段の一例に相当する。

[0053] ネットワーク監視部16は、主としてプロセッサ41によって実現される。ネットワーク監視部16は、ネットワーク30の状態を監視して、ネットワーク30の動作状態と、タイムスロットTS0の長さを決定するためのパラメータとの関係を学習する。ネットワーク監視部16による学習が進むと、計測部14による計測を要することなく、ネットワーク30の状態からタイムスロットTS0の長さが決定される。ネットワーク監視部16は、制御装置10において、調整手段としてのタイムスロット設定部13によって調整された通信周期に従うネットワーク上の通信状態を学習する学習手段の一例に相当する。

[0054] 続いて、制御装置10によって実行される初期化処理及び通信周期の調整処理について、図10～16を用いて説明する。図10に示される初期化処理は、制御装置10が起動したときに開始する。

[0055] 初期化処理では、制御装置10は、リンクスキャンを実行する（ステップS1）。具体的には、機器情報管理部12が、制御装置10にネットワーク30を介して接続されている機器20を確認する（ステップS2）。

[0056] リンクスキャンによって機器20の接続を確認することができない場合（ステップS2；No）、制御装置10は、ステップS1の処理を繰り返す。一方、リンクスキャンによって少なくとも1つの機器20の接続を確認することができる場合（ステップS2；Yes）、機器情報管理部12は、機器

情報テーブル 121 を生成して（ステップ S3）、接続を確認した機器 20 の個体情報を機器情報テーブルにリスト化する。具体的には、図 5 に示される「構成機器」の情報が各機器 20 について記録される。

[0057] 次に、機器情報管理部 12 は、接続が確認された各機器 20 に対して機器情報の送信を要求する（ステップ S4）。要求に対する応答がない場合（ステップ S5；No）、機器情報管理部 12 は、ステップ S4 の処理を繰り返す。一方、要求に対する応答がある場合（ステップ S5；Yes）、機器情報管理部 12 は、応答された機器情報を機器情報テーブル 121 に記録する（ステップ S6）。これにより、図 5 に示される「通信種別」、「通信属性」、「通信周期許容値」、「トランスポート層プロトコル」及び「処理時間」が各機器 20 について記録される。なお、機器 20 は、起動後に機器 20 自体に関する情報を収集するとともに「処理時間」を計測し、制御装置 10 からの要求に対して、収集結果及び計測結果を含む機器情報を応答する。

[0058] 次に、タイムスロット設定部 13 は、機器情報に基づき、制御ネットワーク用のプロトコルを情報ネットワーク用のプロトコルより優先して、各通信種別をタイムスロットに割り当てる（ステップ S7）。詳細には、通信の種別をタイムスロットに割り当てる際に、タイムスロット設定部 13 は、制御ネットワーク用のプロトコルを、情報ネットワーク用のプロトコルよりも優先してタイムスロットに割り当てる。例えば、図 5 に示されるような通信種別及び通信属性が機器 20 から通知された場合には、タイムスロット設定部 13 は、通信属性が「CTRL」である通信種別をタイムスロット TS1 以降に割り当てた後に、通信属性が「INFO」である通信種別を最後のタイムスロット TS0 に割り当てる。

[0059] 次に、タイムスロット設定部 13 は、ステップ S7 で割り当てたタイムスロットを機器情報テーブル 121 に記録する（ステップ S8）。これにより、図 5 に示されるように各機器 20 によって実行される通信の種別に対して、タイムスロットが関連付けられる。

[0060] 次に、タイムスロット設定部 13 は、通信周期及びタイムスロット長の初

期値を算出する。具体的には、タイムスロット設定部 13 は、機器情報テーブル 121 に記録されている制御ネットワーク用のプロトコルに対応する「通信周期許容値」を読み出す。そして、当該許容値が図 5 に示されるように許容範囲の上限値を示すときには、タイムスロット設定部 13 は、読み出した許容値のうちの最小の許容値を通信周期の初期値として設定する。

[0061] また、タイムスロット設定部 13 は、機器情報テーブル 121 に記録されている制御ネットワーク用のプロトコルに対応するものとして予め決定されたタイムスロット長を取得する。このタイムスロット長は、制御装置 10 が予め定められた手順で決定してメモリに保存されたタイムスロット長であってもよいし、ユーザによって指定されたタイムスロット長であってもよい。そして、タイムスロット設定部 13 は、通信周期の初期値から、制御ネットワーク用のプロトコルに対応するタイムスロット長の総和を減じることで、情報ネットワーク用のプロトコルに対応するタイムスロット T S 0 の長さの初期値を得る。具体的には、タイムスロット T S 1, T S 2, . . . , T S 0 の長さをそれぞれ T S L 1, T S L 2, . . . , T S L 0 とし、n を 1 以上の整数とし、通信周期の初期値を P R 0 とし、タイムスロット設定部 13 は、下記の式 (1) で示される演算により T S L 0 の初期値を算出する。

[0062]
$$T S L 0 = P R 0 - \sum (T S L n) \quad \cdots (1)$$

[0063] 次に、タイムスロット設定部 13 は、初期値を演算により得たか否かを判定する (ステップ S 10)。すなわち、タイムスロット設定部 13 は、設定可能な初期値が存在するか否かを判定する。例えば、制御ネットワーク用のプロトコルの種類が多いにも関わらず、通信周期の初期値が小さい場合には、タイムスロット T S 0 の初期値を算出することができないため、ステップ S 10 の判定が否定される。

[0064] ステップ S 10 の判定が否定された場合 (ステップ S 10 ; N o)、制御装置 10 は、ユーザに対してエラーを通知して (ステップ S 11)、初期化処理を終了する。一方、ステップ S 10 の判定が肯定された場合 (ステップ S 10 ; Y e s)、初期化処理を終了する。

- [0065] 初期化処理に続いて、制御装置 10 は、図 11 に示される通信周期の調整処理を開始する。調整処理では、計測部 14 が制御時間及び通信データのサイズを計測する計測処理が実行される（ステップ S 21）。この計測処理では、図 12 に示されるように、計測部 14 が、情報ネットワーク用のプロトコルに従う入力データの送信を入力機器に要求する（ステップ S 201）。
- [0066] この要求に対する応答がない場合（ステップ S 202；No）、計測部 14 は、ステップ S 201 の処理を繰り返す。一方、要求に対する応答がある場合（ステップ S 202；Yes）、計測部 14 は、入力機器から送信された入力データのサイズを計測し（ステップ S 203）、入力データの取得時間を計測する（ステップ S 204）。
- [0067] 次に、計測部 14 は、ステップ S 203 で計測された入力データのサイズ、及び、ステップ S 204 で計測された入力データの取得時間に基づいて、データの伝送速度を算出する（ステップ S 205）。具体的には、入力データのサイズを取得時間で除することにより、単位時間あたりに伝送されるデータのサイズが算出される。なお、複数の機器 20 からベストエフォートで送信されることを想定した最小値が伝送速度として算出されてもよい。
- [0068] 次に、機器制御部 15 が、入力データを処理して、計測部 14 が、入力データの処理にかかる処理時間を計測する（ステップ S 206）。そして、入力データの処理結果として、被制御機器に送信すべき送信データが生成され、計測部 14 は、入力データのサイズと送信データのサイズとの総和として通信データのサイズを算出する（ステップ S 208）。
- [0069] 次に、通信部 11 が、処理結果としての送信データを被制御機器に送信して、計測部 14 が、送信時間を計測する（ステップ S 209）。具体的には、計測部 14 は、送信データのサイズに、ステップ S 205 で算出した伝送速度を乗じることで、送信時間の計測値を得てもよい。また、計測部 14 は、図 9 に示されるように被制御機器からの通知に基づいて送信時間を計測してもよい。
- [0070] 次に、計測部 14 は、処理結果に基づいて被制御機器の状態が変化する状

態変化時間を計測する（ステップS 2 1 0）。具体的には、計測部 1 4 は、送信データに基づく実際の動作が完了するまでの時間を被制御機器に計測させて、計測結果を得てもよいし、初期化処理において被制御機器である機器 2 0 から収集された「処理時間」を状態変化時間として採用してもよい。

[0071] 次に、計測部 1 4 は、ステップS 2 0 4 で得た取得時間と、ステップS 2 0 6 で得た処理時間と、ステップS 2 0 9 で得た送信時間と、ステップS 2 1 0 で得た状態変化時間と、の総和として、制御時間を算出する（ステップS 2 1 1）。その後、計測処理は終了する。計測部 1 4 は、入力機器及び被制御機器から通知される情報に基づいて制御時間を計測する計測手段の一例に相当する。

[0072] 図 1 1 に戻り、計測処理に続いて、計測部 1 4 は、制御時間に含まれる通信周期のうちのタイムスロット T S 0 の伝送容量を算出する（ステップS 2 1）。具体的には、計測部 1 4 は、図 1 3 に示されるように、制御時間 T 1 0 に含まれる通信周期である周期 1 ～ 7 のうちのタイムスロット T S 0 すべてで伝送可能なデータの容量を算出する。

[0073] 次に、タイムスロット設定部 1 3 は、計測処理のステップS 2 0 8 にて算出された通信データのサイズが、ステップS 2 1 で算出されたタイムスロット T S 0 の伝送容量よりも小さいか否かを判定する（ステップS 2 2）。具体的には、タイムスロット設定部 1 3 は、図 1 3 の右側に示されるように、タイムスロット T S 0 の伝送容量と、通信データのサイズと、の大小を比較する。

[0074] 通信データのサイズが伝送容量より小さくはないと判定された場合（ステップS 2 2 ; N o）、制御装置 1 0 による処理は、ステップS 2 5 に移行する。一方、通信データのサイズが伝送容量よりも小さいと判定された場合（ステップS 2 2 ; Y e s）、タイムスロット設定部 1 3 は、タイムスロット T S 0 の長さを示す現在の設定値が過剰に長いと判断して、タイムスロット T S 0 の長さを短縮することにより通信周期を調整する（ステップS 2 3）。

[0075] 具体的には、タイムスロット設定部13は、図14に示されるように、伝送容量の総和について、通信データのサイズと、被制御機器の制御以外の目的で伝送される他のデータのサイズと、を超える部分を、不要な伝送容量であると判断する。そして、伝送容量の総和が、通信データのサイズと他のデータのサイズとの総和に等しくなるように、タイムスロットTS0の長さを短縮する。これにより、図15に示されるように、通信周期が変更されて短くなり、リアルタイム性が向上することとなる。なお、他のデータのサイズは、予めユーザによって設定されてもよいし、通信データのサイズに依存するマージンとして設定されてもよい。例えば、通信データのサイズの20%が他のデータのサイズに相当してもよい。タイムスロット設定部13は、被制御機器を制御するために第1の種別の通信において送信され又は受信される通信データのサイズが、制御時間に含まれる通信周期のうちの第1の種別に対応する時間区分におけるデータの伝送容量よりも小さい場合に、第1の種別に対応する時間区分の長さを現在の設定値から短縮することにより通信周期の長さを調整する調整手段の一例に相当する。

[0076] また、タイムスロット設定部13は、タイムスロット長の短縮に合わせて、タイムスロットTS0で伝送されるデータのうちのペイロードのサイズを現在の設定値から縮小する（ステップS24）。図16には、一例として、IPパケットのうちのIPペイロードサイズが示されている。タイムスロット設定部13は、長さが変更されたタイムスロットTS0において、通信データ及び他のデータをペイロードに格納して伝送することが保証される範囲で、ペイロードサイズを小さくする。なお、図16に示されるIPヘッダ長は、トランスポート層プロトコルに依存するため、タイムスロット設定部13は、機器情報テーブル121に記録されている「トランスポート層プロトコル」に基づいて、IPペイロードサイズを変更する。

[0077] 図11に戻り、制御装置10は、タイムスロットの割り当て、各タイムスロット長、及び通信周期を、各機器20に通知する（ステップS25）。これにより、ネットワーク30上で、調整された通信周期に従って通信する準

備が整う。

[0078] 次に、制御装置 10 は、機器 20 とともに、調整した通信周期に従って通信を開始する（ステップ S 26）。具体的には、通信部 11 は、各タイムスロットにおいて、割当手段としてのタイムスロット設定部 13 によって当該タイムスロットに割り当てられた種別の通信を実行する。制御装置 10 は、通信データの伝送を優先するために、タイムスロット T S 0 にて送信すべき他のデータについては、通信データが伝送されないタイミングにおいてベストエフォートで送信する。

[0079] 次に、ネットワーク監視部 16 が、ネットワーク 30 を監視して、ネットワーク 30 の動作状態の学習を繰り返す（ステップ S 27）。具体的には、ネットワーク監視部 16 は、タイムスロット T S 0 における通信データと他のデータを含むデータの伝送量と、当該データが伝送される時点におけるネットワーク 30 の動作状態と、の相関関係を学習する。ここで、ネットワーク 30 の動作状態は、通信データのサイズ及び制御時間の少なくとも一方を決定するためのパラメータを含み、例えば、制御システム 100 の構成と、制御システム 100 の稼働時にデータが生成される稼働条件及び伝送頻度を含む。ネットワーク監視部 16 が学習を重ねることで、制御システム 100 の動作状態におけるデータサイズとタイムスロット長との関係がパターン化され、その相関関係を示す情報がデータベースに蓄積される。これにより、制御装置 10 の次回起動時には、計測部 14 による計測処理を省略して、接続されている機器 20 を制御装置 10 が認識するだけで、適当なタイムスロット長を設定することができる。

[0080] また、ネットワーク監視部 16 は、制御システム 100 の通常運用時において、通信データ以外にタイムスロット T S 0 にて伝送されるデータの量を学習し、制御装置 10 の次回起動時に、図 14 に示される他のデータのサイズとして学習結果を利用してもよい。

[0081] また、ネットワーク監視部 16 は、制御システム 100 の構成と、各機器 20 から取得する入力データのサイズ及び取得時間と、制御時間と、を記録

し、記録したこれらの情報に基づいて、制御装置 10 の次回以降の起動時毎に、機器 20 の接続を確認した時点でタイムスロット T S 0 の長さを予測してもよい。ネットワーク監視部 16 は、このような予測の結果と、起動時に上述の処理により設定されるタイムスロット T S 0 の長さとの比較を繰り返し、予測誤差を最小化していくことで、予測精度を向上させる。予測精度が十分に高くなった場合には、タイムスロット設定部 13 は、制御時間の計測を省略して、予測に基づいてタイムスロット T S 0 の長さを設定してもよい。これにより、制御システム 100 が通常動作を開始するまでの時間を短縮することができる。また、タイムスロット設定部 13 は、データの信頼性に応じて T C P、U D P に代表される I P 通信の上位プロトコルを自動的に選択することにより、タイムスロット長を調整してもよい。タイムスロット設定部 13 は、学習手段としてのネットワーク監視部 16 による学習の結果に基づいて、第 1 の種別に対応する時間区分の長さの新たな設定値を設定する調整手段の一例に相当する。

[0082] 以上、説明したように、本実施の形態に係る制御装置 10 によれば、タイムスロット設定部 13 は、通信データのサイズがタイムスロット T S 0 におけるデータの伝送容量より小さい場合に、タイムスロット T S 0 の長さを短縮することにより通信周期の長さを調整する。これにより、タイムスロット T S 0 とともに通信周期が短くなる。したがって、T S N 規格に従って通信種別に対応するタイムスロットが設けられるネットワーク上の通信において、リアルタイム性を向上させることができる。

[0083] また、制御装置 10 が、制御ネットワーク用のプロトコルに対応するタイムスロット T S 1, T S 2, . . . の長さを、上述のように調整する形態も考えられる。ただし、タイムスロット T S 0 については特に、その長さが過剰となり得る場合であっても実際の通信量によらず初期値のまま運用するケースが多い。このため、本実施の形態に係る制御装置 10 によれば、タイムスロット T S 0 の長さを短縮して効果的にリアルタイム性を向上させることができる。

- [0084] また、タイムスロット設定部 13 は、タイムスロット T S O で伝送されるデータのペイロード長を変更する。これにより、過剰に長いペイロードを有するデータが伝送されることを回避することができる。
- [0085] また、機器情報管理部 12 が、被制御機器から、実行すべき通信の種別を示す情報を取得して、タイムスロット設定部 13 が、制御ネットワーク用のプロトコルを情報ネットワーク用のプロトコルよりも優先して、タイムスロットに割り当てる。これにより、定時制が要求される重要なプロトコルをより確実にタイムスロットに割り当てることができる。
- [0086] また、制御時間は、入力データの取得に要する時間、入力データの処理に要する処理時間、処理結果である送信データの送信に要する時間、及び、送信データに基づいて被制御機器が状態を変化させるのに要する状態変化時間を含む。これにより、入力データの送信から被制御機器の状態変化の完了までの一連の制御にかかる時間を得て、通信データを伝送するために必要最低限の伝送容量を算出することができる。なお、上記実施の形態では、1 回の制御にかかる制御時間が計測されたが、これには限定されず、1 回の制御にかかる制御時間の平均値が計測されてもよい。また、複数回の制御にかかる制御時間が計測されてもよい。
- [0087] 以上、本開示の実施の形態について説明したが、本開示は上記実施の形態によって限定されるものではない。
- [0088] 例えば、制御システム 100 の構成は、図 1 に示される例に限定されず、任意に変更してもよい。制御システム 100 に含まれる機器 20 の数は、3 つより少なくてもよいし、3 つより多くてもよい。また、タイムスロットの割り当て及び通信周期の調整がいずれもタイムスロット設定部 13 によって実行される例について説明したが、タイムスロットを割り当てる機能的な構成要素と、通信周期を調整する機能的な構成要素と、が別個に設けられてもよい。
- [0089] また、制御時間が図 6 に示されるように 4 つのフェーズを含む例について説明したが、これには限定されない。制御の起点が制御装置 10 となる場合

には、入力データの取得時間を省略して制御時間が計測されてもよい。また、入力データの送信元が1つの入力機器であり、送信データの送信先が1つの被制御機器である例について説明したが、これには限定されない。入力データの送信元が複数である場合には、複数の入力データすべてを取得するのに要する時間を取得時間として計測すればよい。また、送信データの送信先が複数である場合には、複数の送信データすべてを送信して被制御機器の状態変化がすべて完了するまでの時間を、送信時間及び状態変化時間として計測すればよい。また、入力機器と被制御機器とが異なる例を説明したが、入力機器及び被制御機器は、同一の機器であってもよい。

[0090] また、制御装置10の機能は、専用のハードウェアによっても、また、通常のコンピュータシステムによっても実現することができる。

[0091] 例えば、プロセッサ41によって実行されるプログラム49を、コンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体に格納して配布し、そのプログラム49をコンピュータにインストールすることにより、上述の処理を実行する装置を構成することができる。このような記録媒体としては、例えばフレキシブルディスク、CD-ROM (Compact Disc Read-Only Memory)、DVD (Digital Versatile Disc)、MO (Magneto-Optical Disc) が考えられる。

[0092] また、プログラム49をインターネットに代表される通信ネットワーク上のサーバ装置が有するディスク装置に格納しておき、例えば、搬送波に重畳させて、コンピュータにダウンロードするようにしてもよい。

[0093] また、通信ネットワークを介してプログラム49を転送しながら起動実行することによっても、上述の処理を達成することができる。

[0094] さらに、プログラム49の全部又は一部をサーバ装置上で実行させ、その処理に関する情報をコンピュータが通信ネットワークを介して送受信しながらプログラムを実行することによっても、上述の処理を達成することができる。

[0095] なお、上述の機能を、OS (Operating System) が分担して実現する場合

又はOSとアプリケーションとの協働により実現する場合には、OS以外の部分のみを媒体に格納して配布してもよく、また、コンピュータにダウンロードしてもよい。

[0096] また、制御装置10の機能を実現する手段は、ソフトウェアに限られず、その一部又は全部を、回路を含む専用のハードウェアによって実現してもよい。

[0097] 本開示は、本開示の広義の精神と範囲を逸脱することなく、様々な実施の形態及び変形が可能とされるものである。また、上述した実施の形態は、本開示を説明するためのものであり、本開示の範囲を限定するものではない。つまり、本開示の範囲は、実施の形態ではなく、請求の範囲によって示される。そして、請求の範囲内及びそれと同等の開示の意義の範囲内で施される様々な変形が、本開示の範囲内とみなされる。

産業上の利用可能性

[0098] 本開示は、装置間で共有される時刻により規定される時間区分毎に各装置が通信するシステムに適している。

符号の説明

[0099] 100 制御システム、 10 制御装置、 11 通信部、 12 機器情報管理部、 121 機器情報テーブル、 13 タイムスロット設定部、 14 計測部、 15 機器制御部、 16 ネットワーク監視部、 20～23, 239 機器、 231 ネットワークユニット、 232 CPUユニット、 233 I/Oユニット、 234 システムバス、 30 ネットワーク、 41 プロセッサ、 42 主記憶部、 43 補助記憶部、 44 クロック部、 45 入力部、 46 出力部、 47 通信部、 48 内部バス、 49 プログラム、 51, 52 通信周期。

請求の範囲

- [請求項1] ネットワークを介して被制御機器を制御する制御装置であって、
 前記被制御機器と共有される共有時刻により規定される通信周期毎に、前記通信周期に含まれる複数の時間区分それぞれにおいて該時間区分に対応する種別の通信を実行する通信手段と、
 前記時間区分に関わらず第1の種別の通信が実行されるときに前記被制御機器の制御にかかる制御時間を計測する計測手段と、
 前記被制御機器を制御するために前記第1の種別の通信において送信され又は受信される通信データのサイズが、前記制御時間に含まれる前記通信周期のうちの前記第1の種別に対応する前記時間区分におけるデータの伝送容量よりも小さい場合に、前記第1の種別に対応する前記時間区分の長さを現在の設定値から短縮することにより前記通信周期の長さを調整する調整手段と、
 を備える制御装置。
- [請求項2] 前記第1の種別の通信は、一定の長さの時間内に情報が伝送されることが保証されないプロトコルに従う通信である、
 請求項1に記載の制御装置。
- [請求項3] 前記調整手段は、前記第1の種別に対応する前記時間区分の長さを短縮する場合には、前記第1の種別の通信において伝送されるデータに含まれるペイロードの長さを現在の設定値より小さい値に設定する、
 請求項2に記載の制御装置。
- [請求項4] 前記複数の時間区分は、前記第1の種別に対応する前記時間区分と、予め定められた長さの時間内に情報が伝送されることが保証されるプロトコルに従う通信の種別である第2の種別に対応する時間区分と、を含む、
 請求項2又は3に記載の制御装置。
- [請求項5] 前記被制御機器から、実行すべき通信の種別を示す種別情報を取得

する取得手段と、

前記通信周期に含まれる前記複数の時間区分に、前記種別情報により示されるいずれかの通信の種別を割り当てる割り当手段と、をさらに備え、

前記割り当手段は、前記第2の種別を、前記第1の種別より優先して前記時間区分に割り当て、

前記通信手段は、前記時間区分において、前記割り当手段によって該時間区分に割り当てられた種別の通信を実行する、

請求項4に記載の制御装置。

[請求項6] 前記被制御機器を制御するためにデータを処理するデータ処理手段、をさらに備え、

前記制御時間は、前記データ処理手段によるデータの処理に要する時間を含む、

請求項1から5のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項7] 前記制御時間は、前記被制御機器と同一の又は異なる入力機器から入力データを取得するのに要する時間と、前記データ処理手段による前記入力データの処理に要する時間と、前記データ処理手段による処理結果を前記被制御機器に送信するのに要する時間と、前記処理結果に基づいて前記被制御機器が状態を変化させるのに要する時間と、を含み、

前記計測手段は、前記入力機器及び前記被制御機器から通知される情報に基づいて前記制御時間を計測する、

請求項6に記載の制御装置。

[請求項8] 前記調整手段によって調整された通信周期に従う前記ネットワーク上の通信状態を学習する学習手段、をさらに備え、

前記調整手段は、前記学習手段による学習の結果に基づいて、前記第1の種別に対応する前記時間区分の長さの新たな設定値を設定する、

請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の制御装置。

[請求項9] 被制御機器を制御する制御装置によって実行される通信周期調整方法であって、

通信手段が、前記被制御機器と共有される共有時刻により規定される通信周期毎に、前記通信周期に含まれる複数の時間区分それぞれにおいて該時間区分に対応する種別の通信を実行するステップと、

計測手段が、前記時間区分に関わらず第 1 の種別の通信を実行するときに前記被制御機器の制御にかかる制御時間を計測するステップと、

調整手段が、前記被制御機器を制御するために前記第 1 の種別の通信において送信され又は受信される通信データのサイズが、前記制御時間に含まれる前記通信周期のうちの前記第 1 の種別に対応する前記時間区分におけるデータの伝送容量よりも小さい場合に、前記第 1 の種別に対応する前記時間区分の長さを現在の設定値から短縮することにより前記通信周期の長さを調整するステップと、

を含む通信周期調整方法。

[請求項10] 被制御機器を制御する制御装置を、

前記被制御機器と共有される共有時刻により規定される通信周期毎に、前記通信周期に含まれる複数の時間区分それぞれにおいて該時間区分に対応する種別の通信を実行する通信手段、

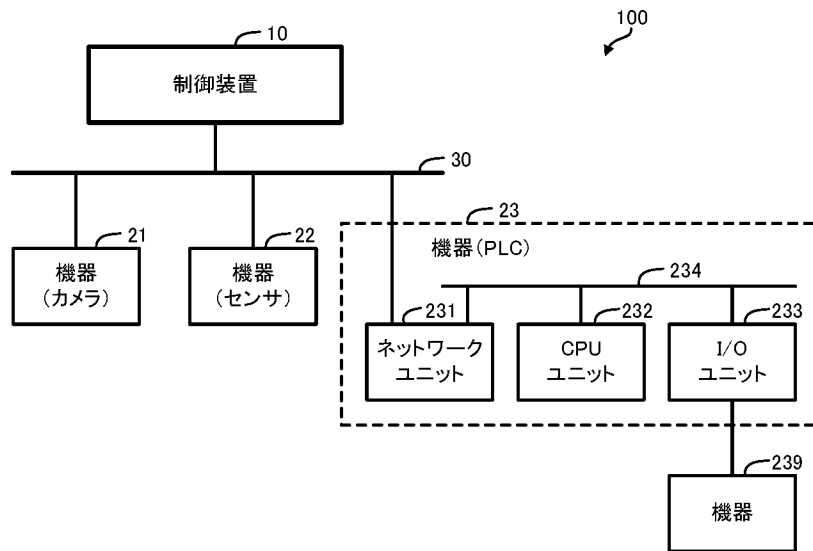
前記時間区分に関わらず第 1 の種別の通信を実行するときに前記被制御機器の制御にかかる制御時間を計測する計測手段、

前記被制御機器を制御するために前記第 1 の種別の通信において送信され又は受信される通信データのサイズが、前記制御時間に含まれる前記通信周期のうちの前記第 1 の種別に対応する前記時間区分におけるデータの伝送容量よりも小さい場合に、前記第 1 の種別に対応する前記時間区分の長さを現在の設定値から短縮することにより前記通信周期の長さを調整する調整手段、

として機能させるためのプログラム。

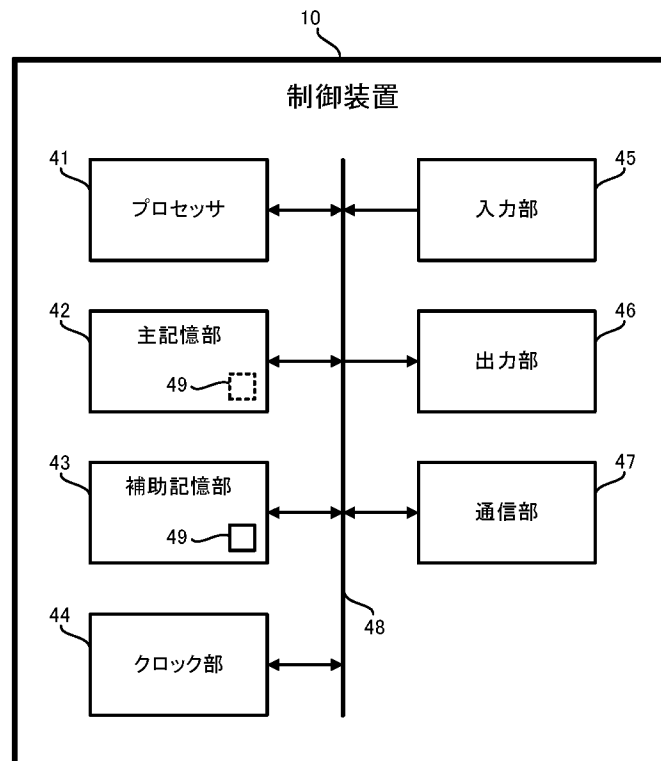
[図1]

図1

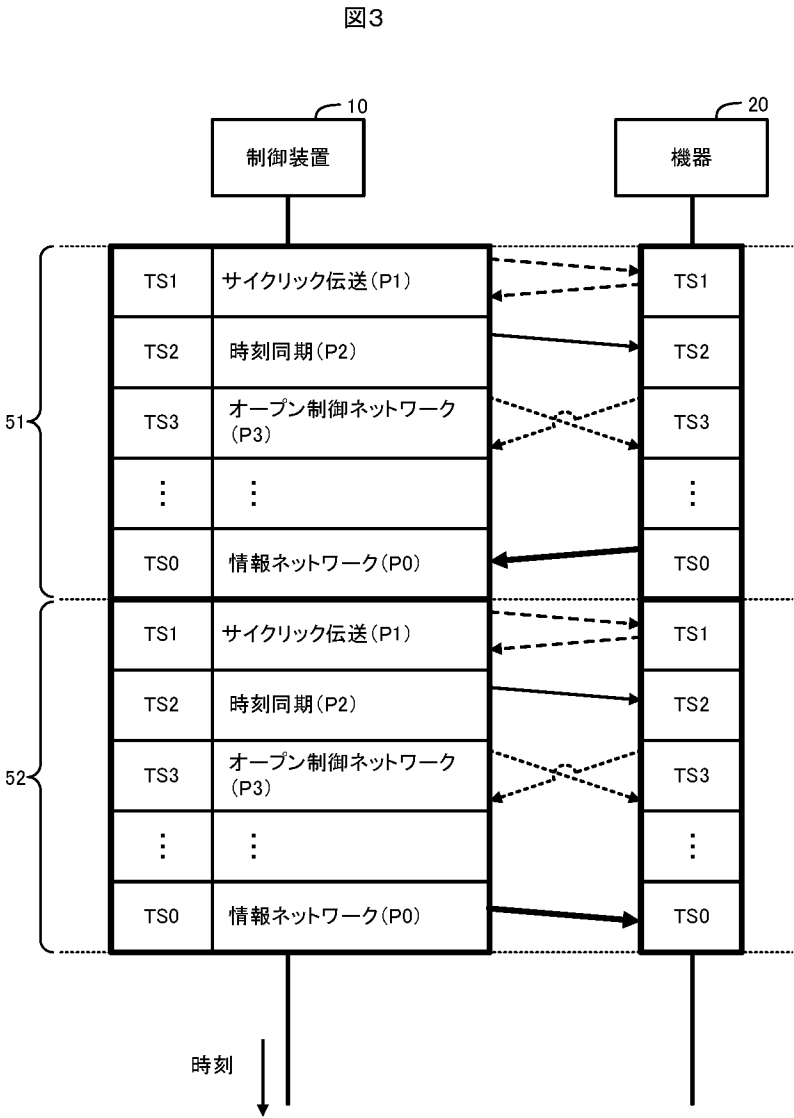


[図2]

図2

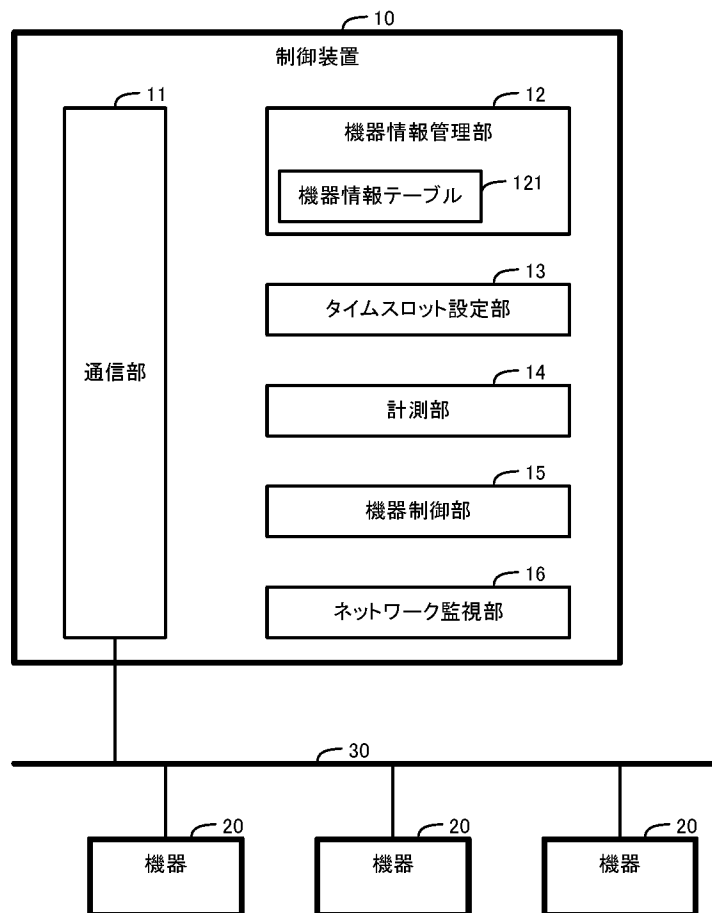


[図3]



[図4]

図4



[図5]

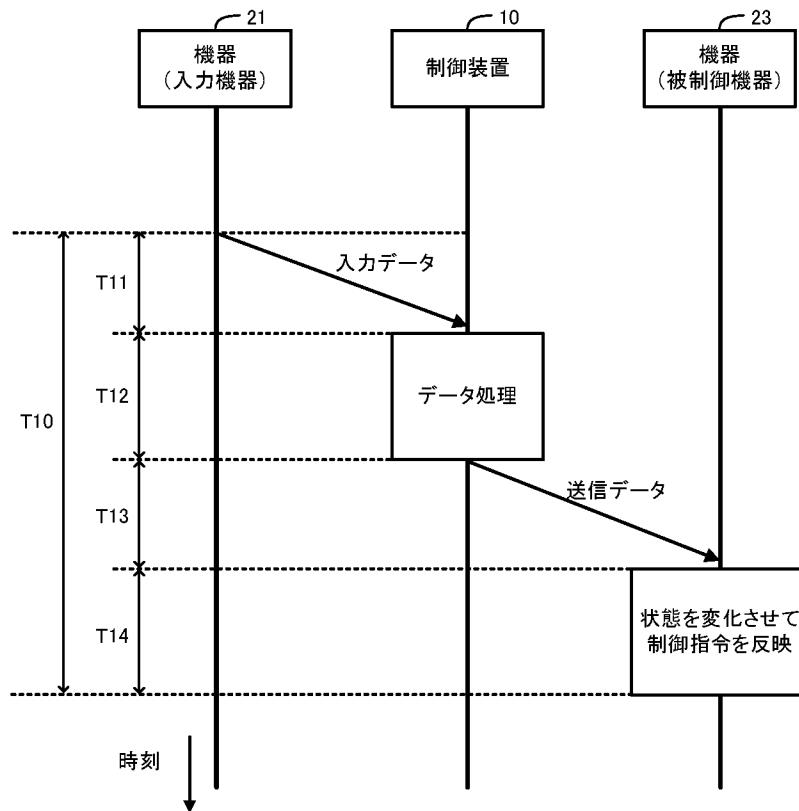
図5

121

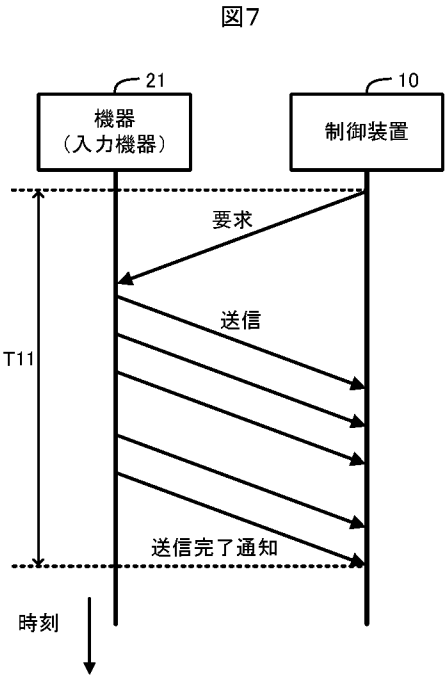
機器情報テーブル									
構成機器	CAM21		SNSR22		PLC23[NW-U231, CPU-U232, IO-U233 [DEV239]]			...	
通信種別	P2	P0	P2	P0	P1	P2	P0	...	
通信属性	CTRL	INFO	CTRL	INFO	CTRL		INFO	...	
通信周期許容値	100ms 以下	---	100ms 以下	---	1ms 以下	100ms 以下	---	...	
トランスポート層 プロトコル	---	TCP	---	UDP	---		TCP	...	
処理時間	100マイクロ秒		10マイクロ秒		200マイクロ秒			...	
割当 タイムスロット	TS2	TS0	TS2	TS0	TS1	TS2	TS0	...	
入カデータサイズ	---	(100)**	---		---			...	
入カデータ取得時間	---	5 μ 秒	---		---			...	

[図6]

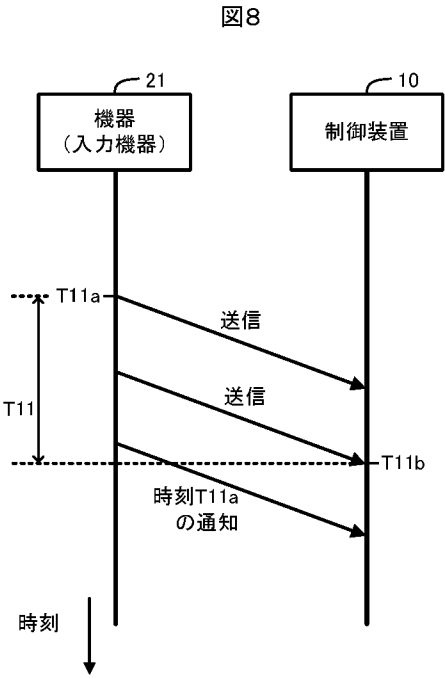
図6



[図7]

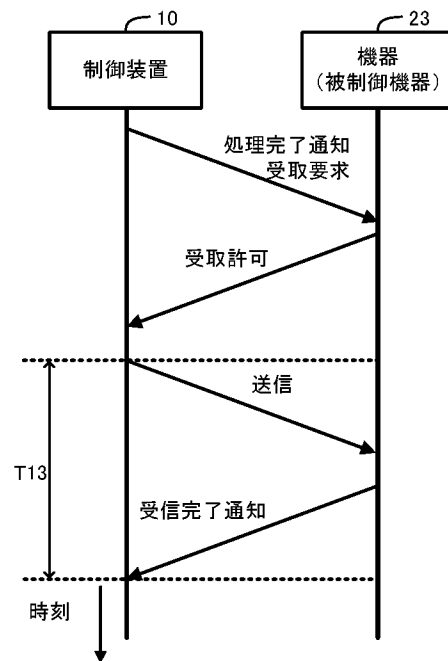


[図8]



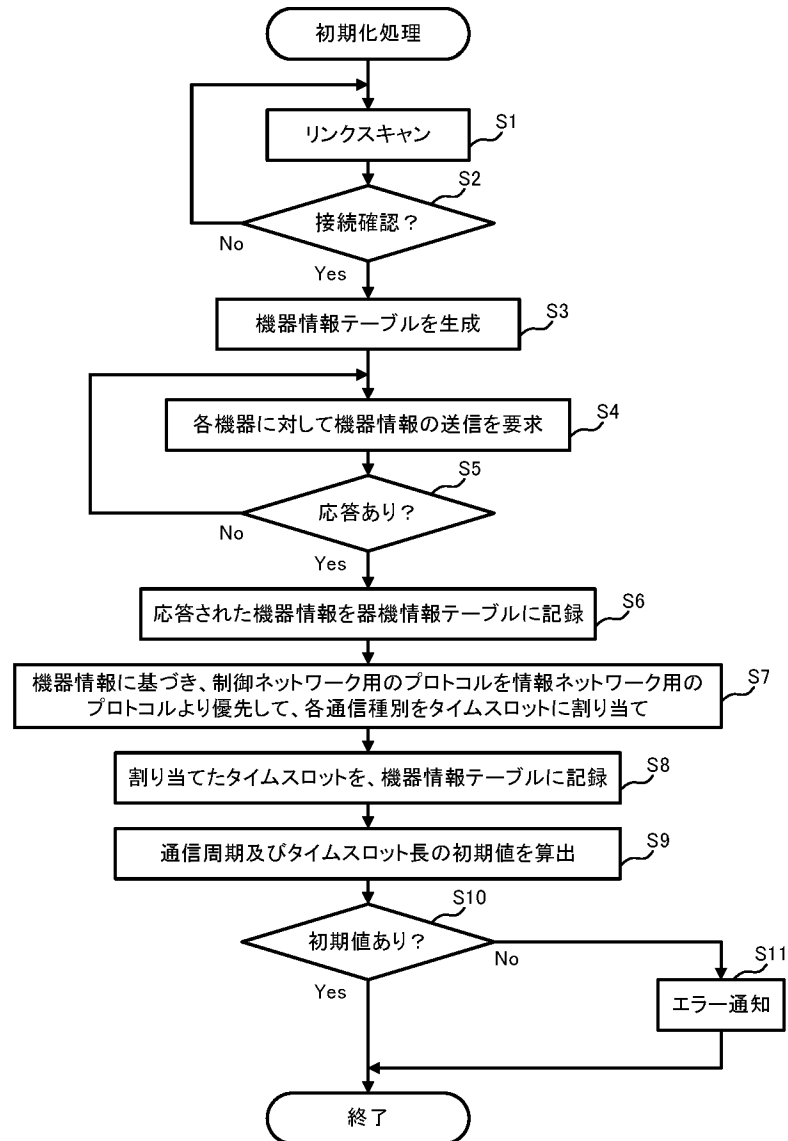
[図9]

図9



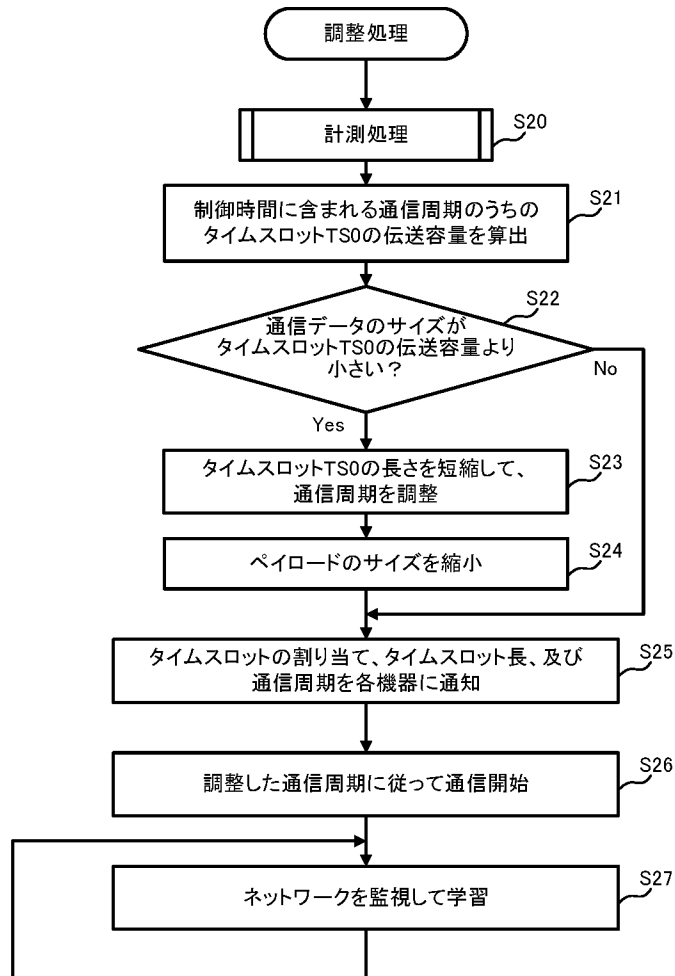
[図10]

図10



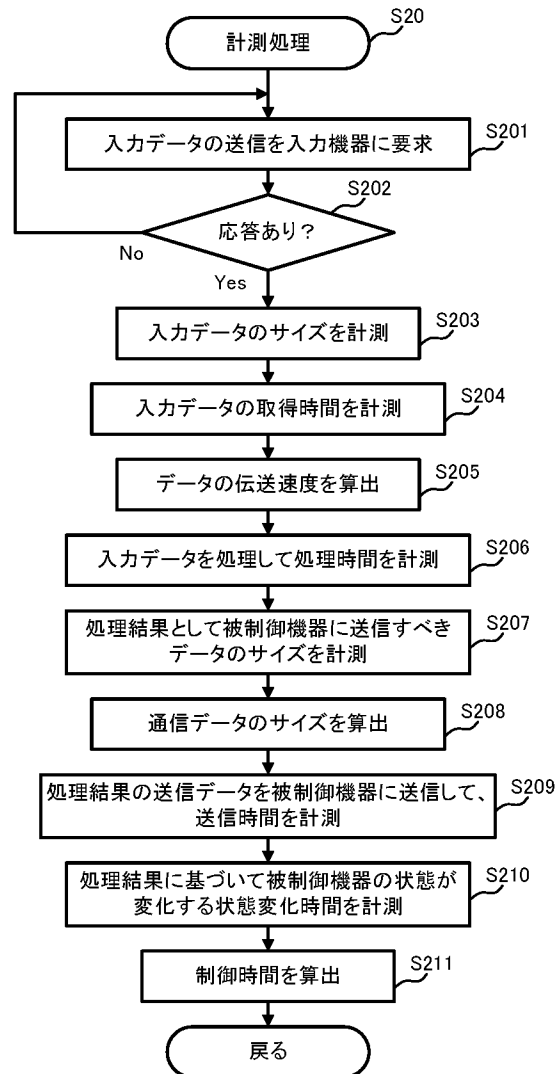
[図11]

図 11



[図12]

図 12



[図13]

図13

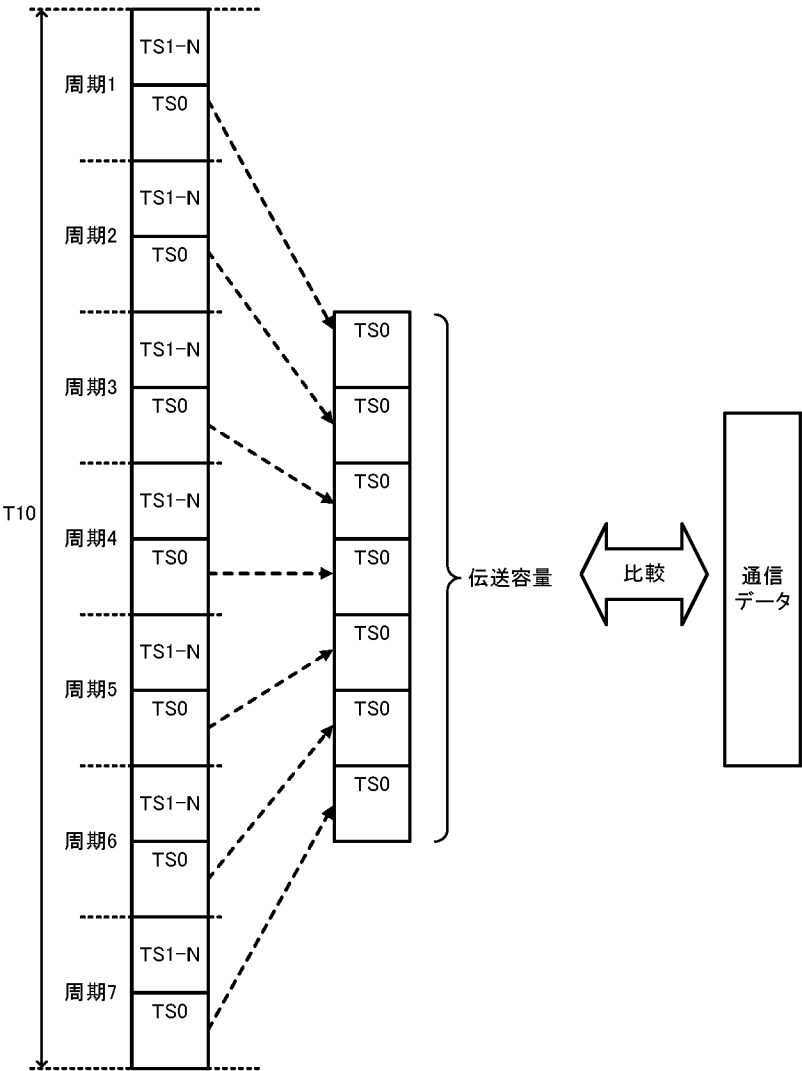
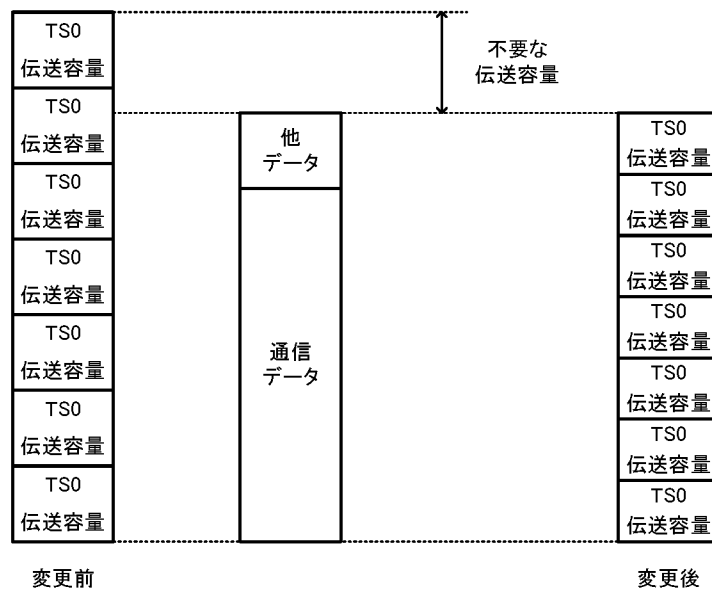
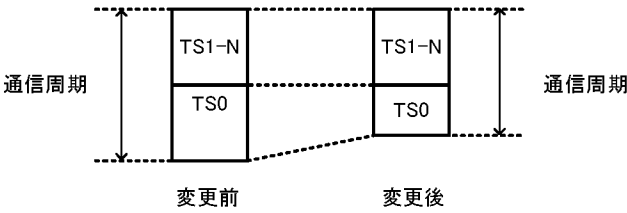


图 14



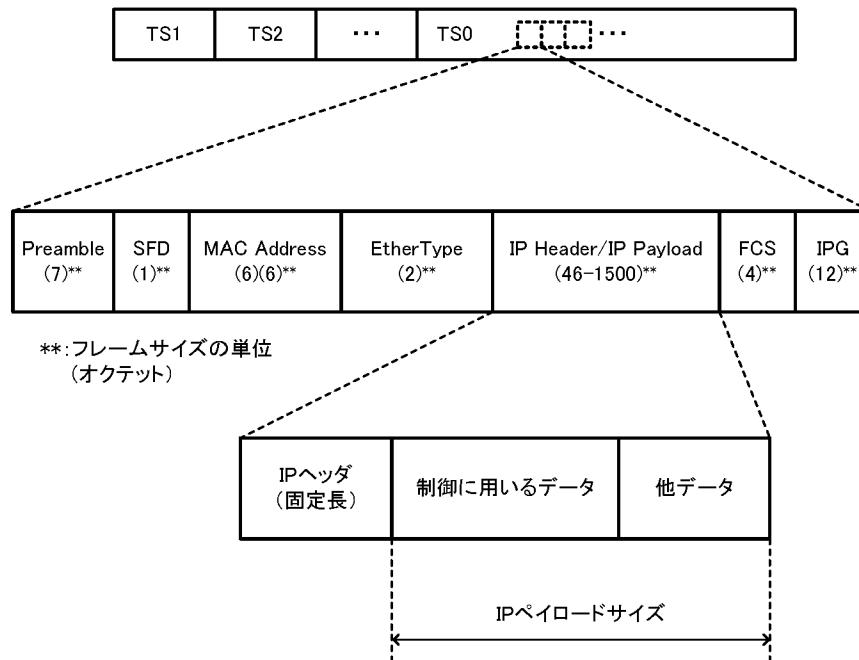
[図15]

図15



[図16]

図16



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/000087

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04L 12/40**(2006.01)i

FI: H04L12/40 B

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)

H04L12/40

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 1971-2022

Registered utility model specifications of Japan 1996-2022

Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

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 2021/199191 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 07 October 2021 (2021-10-07) paragraphs [0013], [0024]-[0026], fig. 1, 3	1-10
A	JP 6987323 B1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 22 December 2021 (2021-12-22) paragraphs [0022], [0029]	1-10
A	WO 2021/176697 A1 (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 10 September 2021 (2021-09-10) paragraph [0020], fig. 5	1-10
A	CN 104243110 A (STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) 24 December 2014 (2014-12-24) abstract	1-10

☐ 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

02 February 2022

Date of mailing of the international search report

15 February 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/000087

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2021/199191	A1	07 October 2021	JP 6854991 B1 paragraphs [0013], [0024]- [0026], fig. 1, 3	
JP	6987323	B1	22 December 2021	(Family: none)	
WO	2021/176697	A1	10 September 2021	(Family: none)	
CN	104243110	A	24 December 2014	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 12/40(2006.01)i FI: H04L12/40 B														
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（IPC）） H04L12/40 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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table> 国際調査で使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）			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年				
日本国実用新案公報	1922 - 1996年													
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年													
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 2021/199191 A1（三菱電機株式会社）07.10.2021（2021 - 10 - 07） 段落[0013], [0024]-[0026], 第1, 3図	1-10												
A	JP 6987323 B1（三菱電機株式会社）22.12.2021（2021 - 12 - 22） 段落[0022], [0029]	1-10												
A	WO 2021/176697 A1（三菱電機株式会社）10.09.2021（2021 - 09 - 10） 段落[0020], 第5図	1-10												
A	CN 104243110 A（STATE GRID ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE）24.12.2014 （2014 - 12 - 24） 要約	1-10												
☐ 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。														
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの													
“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	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 02.02.2022	国際調査報告の発送日 15.02.2022													
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 佐々木 洋 5X 3362 電話番号 03-3581-1101 内線 3596													

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/000087

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2021/199191	A1	07.10.2021	JP 6854991 B1 段落[0013], [0024]- [0026], 第1, 3図	
JP	6987323	B1	22.12.2021	(ファミリーなし)	
WO	2021/176697	A1	10.09.2021	(ファミリーなし)	
CN	104243110	A	24.12.2014	(ファミリーなし)	