(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
2015 年 6 月 18 日(18.06.2015)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2015/087403 A1

(51) 国際特許分類:
H02P 29/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083143

(22) 国際出願日: 2013 年 12 月 10 日(10.12.2013)

(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: 株式会社安川電機(**KABUSHIKI KAISHA YASKAWA DENKI**) [JP/JP]; 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石２番１号 Fukuoka (JP).

(72) 発明者: 古賀 英嗣(**KOGA, Hidetsugu**); 〒8060004 福岡県北九州市八幡西区黒崎城石２番１号 株式会社安川電機内 Fukuoka (JP).

(74) 代理人: 酒井 宏明(**SAKAI, Hiroaki**); 〒1000013 東京都千代田区霞が関３丁目８番１号 虎の門三井ビルディング 特許業務法人酒井国際特許事務所 Tokyo (JP).

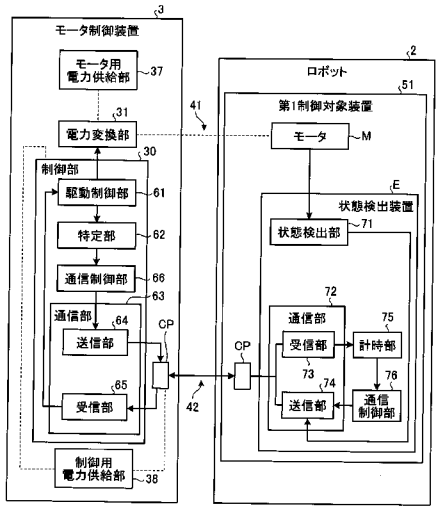
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, 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, 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).

[続葉有]

(54) **Title**: MOTOR CONTROL SYSTEM, MOTOR CONTROL DEVICE, DEVICE BEING CONTROLLED, AND MOTOR CONTROL METHOD

(54) 発明の名称 : モータ制御システム、モータ制御装置、制御対象装置、およびモータ制御方法



2 Robot
3 Motor control device
30 Control unit
31 Power conversion unit
37 Power supply unit for motor
38 Power supply unit for control
51 First device being controlled
61 Drive control unit
62 Specification unit
63, 72 Communication unit
64, 74 Transmission unit
65, 73 Reception unit
66, 76 Communication control unit
71 State detection unit
75 Clock unit
E State detection device
M Motor

(57) **Abstract**: A motor control system in one mode of an embodiment comprises a device being controlled, said device having a motor and a communication unit, and a motor control device that controls said motor on the basis of a carrier signal, the value of which varies cyclically. The motor control device has a communication unit and a specification unit. Said communication unit exchanges information with the communication unit in the device being controlled, and the specification unit specifies, on the basis of the cycle characteristics of the value of the carrier signal, a communication period in which to make the communication unit in the motor control device exchange the aforementioned information with the communication unit in the device being controlled.

(57) 要約: 実施形態の一態様に係るモータ制御システムは、モータと通信部とを備える制御対象装置と、周期的に信号値が変化するキャリア信号に基づいて、モータの駆動制御を行うモータ制御装置とを含む。また、モータ制御装置は、通信部と、特定部とを備える。また、通信部は、制御対象装置の通信部との間で情報の通信を行う。また、特定部は、モータ制御装置の通信部に情報の通信を行わせる通信期間をキャリア信号の信号値の周期特性に基づいて特定する。

WO 2015/087403 A1

添付公開書類:

— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

明　細　書

発明の名称 ：

モータ制御システム、モータ制御装置、制御対象装置、およびモータ制御方法

技術分野

[0001] 開示の実施形態は、モータ制御システム、モータ制御装置、制御対象装置、およびモータ制御方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、モータを備える制御対象装置と、モータの動作を制御するモータ制御装置とを含み、モータ制御装置が制御対象装置からモータの状態を示す情報を受信し、受信した情報に基づいてモータの動作をフィードバック制御するモータ制御システムがある。

[0003] かかるモータ制御システムとして、モータへ電力を供給する電力線を介し、制御対象装置からモータ制御装置へモータの回転位置を示す情報を伝送することで、モータの回転位置を示す情報伝送用の信号線を省配線化したものがある（例えば、特許文献１参照）。

[0004] このモータ制御システムでは、位置検出装置は、モータ制御装置へ常にモータの回転位置を示す情報を送信する。一方、モータ制御装置は、モータを駆動する回路のスイッチング動作を一時的に停止させ、スイッチング動作の停止期間に受信するモータの回転位置を示す情報に基づいてモータの駆動制御を行う。これにより、スイッチングノイズによる駆動制御への悪影響が低減される。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開２００８－２７８６５７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、スイッチング動作の停止期間に受信する情報に基づくモータの駆動制御では、駆動制御の応答性が損なわれるので、モータに対する駆動制御の性能が劣化するという問題がある。

[0007] 実施形態の一態様は、上記に鑑みてなされたものであって、スイッチングノイズの影響を低減しつつ、モータに対する駆動制御の性能を向上させることができるモータ制御システム、モータ制御装置、制御対象装置、およびモータ制御方法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

[0008] 実施形態の一態様に係るモータ制御システムは、モータと通信部とを備える制御対象装置と、周期的に信号値が変化するキャリア信号に基づいて、前記モータの駆動制御を行うモータ制御装置とを含む。前記モータ制御装置は、通信部と、特定部とを備える。通信部は、前記制御対象装置の前記通信部との間で情報の通信を行う。特定部は、当該モータ制御装置の通信部に前記情報の通信を行わせる通信期間を前記信号値の周期特性に基づいて特定する。

発明の効果

[0009] 実施形態の一態様によれば、スイッチングノイズの影響を低減しつつ、モータに対する駆動制御の性能を向上させることができるモータ制御システム、モータ制御装置、制御対象装置、およびモータ制御方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図１は、実施形態に係るモータ制御システムの外観を示す説明図である。

[図2]図２は、実施形態に係るロボットおよびモータ制御装置の構成を示すブロック図である。

[図3]図３は、実施形態に係る電力変換部の構成の一例を示す回路図である。

[図4]図４は、実施形態に係る電力変換部の動作を説明するための説明図である。

[図5]図５は、実施形態に係るモータ制御装置およびロボットの構成の詳細を示すブロック図である。

[図6]図６は、実施形態に係る通信期間の特定手順を説明するための説明図である。

[図7]図７は、実施形態に係るモータ制御システムで行われる通信を示すシーケンス図である。

[図8]図８は、実施形態に係るモータ制御システムで行われる通信のタイミングを示す説明図である。

[図9]図９は、実施形態に係るモータ制御装置の制御部が実行する処理を示すフローチャートである。

[図10]図１０は、実施形態に係る状態検出装置が実行する処理を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、添付図面を参照して、本願の開示するモータ制御システム、モータ制御装置、制御対象装置、およびモータ制御方法の実施形態を詳細に説明する。なお、以下に示す実施形態によりこの発明が限定されるものではない。

[0012] 以下では、モータ制御装置によって、ロボットが備えるモータの駆動制御を行うモータ制御システムを例に挙げて説明する。なお、実施形態に係るモータ制御装置の制御対象は、ロボットが備えるモータに限定されるものではなく、任意の装置が備えるモータであってもよい。

[0013] 図１は、実施形態に係るモータ制御システム１の外観を示す説明図である。図１に示すように、モータ制御システム１は、ロボット２とモータ制御装置３とを含む。ロボット２は、６軸の自由度を有する単腕のロボットアームである。

[0014] 具体的には、ロボット２は、ベース部２０、第１アーム２１、第２アーム２２、第３アーム２３、第４アーム２４、第５アーム２５、およびエンドエ

フェクタ２６を備える。ベース部２０は、例えば、水平な床面等の設置面に設置され、軸Ｓを回転軸として第１アーム２１を回転させるモータを内部に備える。

[0015] 第１アーム２１は、ベース部２０上に連結され、軸Ｌを揺動軸として第２アーム２２を揺動させるモータを内部に備える。第２アーム２２は、基端部が第１アーム２１に揺動自在に連結され、先端部の内部に軸Ｕを回転軸として第３アーム２３を回転させるモータを備える。

[0016] 第３アーム２３は、第２アーム２２の先端部に回転自在に連結され、軸Ｒを回転軸として第４アーム２４を回転させるモータを内部に備える。第４アーム２４は、基端部が第３アーム２３に回転自在に連結され、軸Ｂを揺動軸として第５アーム２５を揺動させるモータを備える。

[0017] 第５アーム２５は、基端部が第４アーム２４の先端部に揺動自在に連結され、軸Ｔを回転軸としてエンドエフェクタ２６を回転させるモータを備える。エンドエフェクタ２６は、基端部が第５アーム２５の先端部に回転自在に連結されるアーク溶接用のトーチである。

[0018] このように、ロボット２は、内部に計６個のモータを備える。なお、ロボット２が備えるモータの個数は７個以上であってもよく、６個未満であってもよい。また、エンドエフェクタ２６は、アーク溶接用のトーチに限定されるものではない。

[0019] モータ制御装置３は、ロボット２が備える各モータの駆動制御をそれぞれ個別に行うことによって、予め教示された所定の動作をロボット２に行わせる装置である。かかるモータ制御装置３とロボット２とは、第１のケーブル４１と、第２のケーブル４２とによって接続される。

[0020] 第１のケーブル４１は、モータ制御装置３からロボット２へモータ駆動用の電力を供給するための配線である。モータ制御装置３は、第１のケーブル４１を介して各モータへ供給する電力の電圧を制御することによって、各モータの回転速度や回転トルクなどを調整する。

[0021] 第２のケーブル４２は、モータ制御装置３からロボット２が備える後述の

状態検出装置Ｅ（図２参照）へ電力を供給するための配線である。また、第２のケーブル４２は、モータ制御装置３とロボット２との間で周期的に行われる情報の通信にも使用される。

[0022] 例えば、ロボット２は、モータ制御装置３へモータの回転位置や回転速度、回転加速度などといったモータの状態を示す情報を送信する。モータの状態を示す情報は、モータ制御装置３によって、例えば、モータのフィードバック制御（以下、単に「駆動制御」と記載する）に使用される。また、モータ制御装置３は、例えば、ロボット２からモータ制御装置３へモータの状態を示す情報を送信させるタイミングを教示する情報を送信する。

[0023] モータ制御装置３および状態検出装置Ｅは、例えば、ＯＦＤＭ（Orthogonal Frequency Division Multiplexing：直交周波数分割多重方式）によって、駆動制御に関する情報を変調する。

[0024] そして、モータ制御装置３および状態検出装置Ｅは、第２のケーブル４２を流れる電力供給用の電流に、変調した駆動制御に関する情報を重畳させることによって、通信を行う。このように、モータ制御システム１では、電力供給用の配線および情報通信用の配線として、第２のケーブル４２を共用する。これにより、モータ制御システム１では、駆動制御に関する情報の通信専用に使用する配線の省配線化を実現している。

[0025] 次に、図２を参照し、実施形態に係るロボット２およびモータ制御装置３の構成について説明する。図２は、実施形態に係るロボット２およびモータ制御装置３の構成を示すブロック図である。なお、図２には、モータＭの駆動制御に必要な構成要素を選択的に図示しており、他の構成要素については、図示を省略している。

[0026] 図２に示すように、ロボット２は、第１制御対象装置５１、第２制御対象装置５２、第３制御対象装置５３、第４制御対象装置５４、第５制御対象装置５５、および第６制御対象装置５６を備える。

[0027] 第１制御対象装置５１は、ベース部２０に設けられる。また、第２制御対象装置５２は、第１アーム２１に設けられる。第３制御対象装置５３は、第

２アーム２２に設けられる。第４制御対象装置５４は、第３アーム２３に設けられる。第５制御対象装置５５は、第４アーム２４に設けられる。第６制御対象装置５６は、第５アーム２５に設けられる。なお、第１～第６制御対象装置５１～５６の配設位置は、これに限定されるものではない

[0028] また、第１制御対象装置５１は、モータＭと、状態検出装置Ｅと、カプラＣＰとを備える。カプラＣＰは、例えば、フォトカプラである。なお、第２～第６制御対象５２～５６は、モータＭのサイズがそれぞれ異なる点を除き、第１制御対象装置５１と同様の構成である。このため、これら第２～第６制御対象装置５２～５６の構成については、説明を省略する。また、以下では、第１～第６制御対象装置５１～５６を特に区別しない場合、第１～第６制御対象装置５１～５６を制御対象装置５と称する。

[0029] モータＭは、第１のケーブル４１を介してモータ制御装置３と接続され、モータ制御装置３から供給される３相交流の電力によって回転する回転電機である。ロボット２は、各制御対象装置５が備えるモータＭが回転することによって、各制御対象装置５に対応する第１～第５アーム２１～２５およびエンドエフェクタ２６を動作させ、所定の作業を行う。

[0030] 状態検出装置Ｅは、モータＭに接続され、モータＭの回転位置を検出するロータリーエンコーダである。なお、状態検出装置Ｅは、モータＭの回転位置、回転速度、および回転加速度のうち、いずれか一つまたは複数の状態を検出可能な構成であってもよく、モータＭに掛るトルクを検知可能な構成であってもよい。また、状態検出装置Ｅは、カプラＣＰを介して第２のケーブル４２に接続され、第２のケーブル４２を介して供給される電力によって動作する。

[0031] そして、状態検出装置Ｅは、例えば、検出したモータＭの回転位置を示す位置情報を、第２のケーブル４２を介してモータ制御装置３へ送信する。かかる位置情報は、駆動制御に関する情報の一例である。なお、状態検出装置Ｅの構成については、図５を参照して後述する。

[0032] モータ制御装置３は、制御部３０、電力変換部３１～３６、モータ用電力

供給部３７、制御用電力供給部３８、およびカプラＣＰを備える。モータ用電力供給部３７は、電力変換部３１～３６および第１のケーブル４１を介して、ロボット２の各モータＭへ３相交流の電力を供給する電源である。また、制御用電力供給部３８は、制御部３０へ電力を供給すると共に、カプラＣＰおよび第２のケーブル４２を介して、ロボット２が備える各制御対象装置５へ電力を供給する電源である。

[0033] 各電力変換部３１～３６は、制御部３０による制御に従って動作することにより、モータ用電力供給部３７から入力される電力の電圧を調整して、ロボット２の各モータＭへ出力する電圧調整回路である。ここで、図３および図４を参照し、電力変換部３１～３６の構成および動作について説明する。

[0034] なお、電力変換部３１～３６は、いずれも同様の構成および動作を行うため、ここでは、電力変換部３１の構成および動作について説明し、電力変換部３２～３６については、その説明を省略する。図３は、実施形態に係る電力変換部３１の構成の一例を示す回路図であり、図４は、実施形態に係る電力変換部３１の動作を説明するための説明図である。

[0035] 図３に示すように、電力変換部３１は、コンバータ３１ａ、平滑回路３１ｂおよびインバータ３１ｃを備える。コンバータ３１ａは、フルブリッジ接続される６個のダイオードを備え、モータ用電力供給部３７から入力される３相交流の電力（電流）を整流する一般的な整流回路である。平滑回路３１ｂは、インダクタとキャパシタとを備え、コンバータ３１ａによって整流された電流に含まれる脈流をより直流に近い状態に平滑化する回路である。

[0036] インバータ３１ｃは、フルブリッジ接続される６個のスイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２と、各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２に逆並列接続されるダイオードとを備える。各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２は、例えば、ＩＧＢＴ（Insulated Gate Bipolar Transistor）である。

[0037] かかるインバータ３１ｃは、制御部３０による制御に従って、各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のＯＮとＯＦＦとを切り替え

るスイッチングを行うことによって、平滑後の電流を３相の交流電力に変換する回路である。

[0038] つまり、各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２は、制御部３０から各ゲートに入力される制御信号に基づいて、スイッチング動作を行う。制御部３０は、所謂キャリア比較法に基づいて制御信号を生成して各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のゲートへ出力する。

[0039] 例えば、制御部３０は、図４に三角波で示すキャリア信号ｃａと、図４に示す３つの正弦波で示す電圧指令値とを比較して、図４に示す３つの制御信号Ｓａ，Ｓｂ，Ｓｃを生成する。図４に示すように、キャリア信号ｃａは、信号値（電圧値）がＶｄｃ／２と－Ｖｄｃ／２との間で、周期的に極値（極大値および極小値）に達する周期特性を有する。

[0040] ここで、実線で示す電圧指令値ａはＵ相用である。点線で示す電圧指令値ｂは、Ｖ相用である。一点鎖線で示す電圧指令値ｃはW相用である。また、制御信号Ｓａは、スイッチング素子ａ１，ａ２用である。制御信号Ｓｂは、スイッチング素子ｂ１，ｂ２用である。制御信号Ｓｃは、スイッチング素子ｃ１，ｃ２用である。

[0041] そして、制御部３０は、図４に示すように、キャリア信号ｃａの信号値よりも電圧指令値ａが高い期間で「１（ハイレベル）」となり、キャリア信号ｃａの信号値よりも電圧指令値ａが低い期間で「０（ローレベル）」となる制御信号Ｓａを生成する。

[0042] 同様に、制御部３０は、キャリア信号ｃａの信号値と、電圧指令値ｂ，ｃとを比較して、制御信号Ｓｂ，Ｓｃを生成する。そして、制御部３０は、生成した制御信号Ｓａ，Ｓｂ，Ｓｃを、対応する各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のゲートへ出力する。

[0043] これにより、スイッチング素子ａ１は、制御信号Ｓａが「１」の期間にＯＮとなり、「０」の期間に、ＯＦＦとなる。逆に、スイッチング素子ａ２は、制御信号Ｓａが「０」の期間にＯＮとなり、「１」の期間に、ＯＦＦとな

る。

[0044] また、スイッチング素子ｂ１は、制御信号Ｓｂが「１」の期間にＯＮとなり、「０」の期間に、ＯＦＦとなる。逆に、スイッチング素子ｂ２は、制御信号Ｓｂが「０」の期間にＯＮとなり、「１」の期間に、ＯＦＦとなる。

[0045] スイッチング素子ｃ１は、制御信号Ｓｃが「１」の期間にＯＮとなり、「０」の期間に、ＯＦＦとなる。逆に、スイッチング素子ｃ２は、制御信号Ｓｃが「０」の期間にＯＮとなり、「１」の期間に、ＯＦＦとなる。

[0046] 図２へ戻り、制御部３０は、通信用のバス４３を介して、各電力変換部３１～３６と接続される。そして、制御部３０は、バス４３を介して、各電力変換部３１～３６へ前述の制御信号Ｓａ，Ｓｂ，Ｓｃを出力することによって、ロボット２の各モータＭをＰＷＭ（Pulse Width Modulation）制御する。

[0047] また、制御部３０は、カプラＣＰおよび第２のケーブル４２を介して、ロボット２の各状態検出装置Ｅから各モータＭの回転位置を示す位置情報を所定周期毎に受信し、受信した位置情報に基づいて、モータＭの動作をフィードバック制御する。

[0048] また、制御部３０は、モータＭの回転位置を示す位置情報以外にも、各モータＭの駆動制御に関する様々な情報を制御対象装置５との間で通信する場合がある。例えば、制御部３０は、各制御対象装置５からモータＭの回転速度を示す情報やモータＭの回転加速度を示す情報も受信する。かかる場合、前述したインバータ３１ｃのスイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のスイッチング動作に起因したノイズが、第２のケーブル４２を介して通信される情報に重畳されることがある。

[0049] 情報に重畳されるノイズは、制御部３０によるモータＭの駆動制御に悪影響を及ぼす。例えば、モータＭの回転位置を示す位置情報にノイズが重畳される場合、制御部３０は、モータＭに対するフィードバック制御性能が低下する。

[0050] そこで、制御部３０は、キャリア信号ｃａの周期内で、少なくともスイッ

チング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のスイッチング動作に起因したノイズが重畳されない通信期間を、キャリア信号ｃａの周期特性に基づいて特定する。

[0051] そして、制御部３０は、特定した通信期間に、制御対象装置５との間で通信を行うことにより、スイッチングノイズの影響を低減しつつ、モータＭに対する駆動制御の性能を向上させる。

[0052] 次に、図５を参照し、かかる制御部３０の具体的な構成の一例を含め、モータ制御装置３およびロボット２の構成について、さらに詳しく説明する。図５は、実施形態に係るモータ制御装置３およびロボット２の構成の詳細を示すブロック図である。

[0053] なお、前述したように、第１～第６制御対象装置５１～５６は、モータＭのサイズが異なる点を除き、同様の構成である。このため、図５には、第１制御対象装置３１と、第１制御対象装置３１の制御に必要な構成要素を選択的に図示し、第２～第６制御対象装置５２～５６に関する構成要素については、図示を省略している。また、ここでは、図２に示す構成要素と同一の構成要素については、図２に示す符号と同一の符号を付することにより、その説明を省略する。

[0054] 図５に示すように、モータ制御装置３は、モータ用電力供給部３７、電力変換部３１、制御部３０、制御用電力供給部３８、およびカプラＣＰを備える。制御部３０は、駆動制御部６１と、特定部６２と、通信部６３と、通信制御部６６とを備える。また、通信部６３は、送信部６４と受信部６５とを備える。

[0055] 駆動制御部６１は、キャリア信号ｃａと電圧指令値ａ，ｂ，ｃとを比較して、前述した制御信号Ｓａ，Ｓｂ，Ｓｃを生成し、生成した制御信号Ｓａ，Ｓｂ，Ｓｃを電力変換部３１へ出力する処理部である。かかる駆動制御部６１は、電圧指令値ａ，ｂ，ｃを所定周期で特定部６２へ出力する。

[0056] 特定部６２は、キャリア信号ｃａの周期内で、少なくともスイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のスイッチング動作に起因したノイ

ズが重畳されない通信期間を、キャリア信号ｃａの周期特性に基づいて特定する処理部である。

[0057] かかる特定部６２には、予め、キャリア信号ｃａの周波数と、インバータ３１ｃが備える各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のターンＯＮ／ＯＦＦ時間とが設定される。

[0058] そして、特定部６２は、駆動制御部６１から所定周期で入力される電圧指令値ａ，ｂ，ｃと、キャリア信号ｃａの周波数と、各スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のターンＯＮ／ＯＦＦ時間とに基づいて、通信期間を特定する。

[0059] ここで、図６を参照し、特定部６２が通信期間を特定する手順について説明する。図６は、実施形態に係る通信期間の特定手順を説明するための説明図である。図６には、上から順に、キャリア信号ｃａの波形、電圧指令値ａの波形、制御信号Ｓａの波形、およびスイッチングノイズｎの波形を示している。なお、各波形の縦軸は信号値であり、各波形の横軸は時刻ｔである。

[0060] また、図６に示す一点鎖線よりも左側に示すキャリア信号ｃａの波形および電圧指令値ａの波形は、一点鎖線よりも右側に示す微小時間ｔ０におけるキャリア信号ｃａの波形および電圧指令値ａの波形を拡大したものである。

[0061] ここでは、図６に示す時刻ｔ１からｔ２までの期間および時刻ｔ５からｔ６までの期間に、電圧指令値ａがキャリア信号ｃａの信号値よりも大きく、時刻ｔ２からｔ５までの期間に、電圧指令値ａがキャリア信号ｃａの信号値よりも小さい場合について説明する。

[0062] かかる場合、駆動制御部６１は、時刻ｔ２でハイレベルからローレベルへ立ち下がり、時刻ｔ５でローレベルからハイレベルへ立ちあがる制御信号Ｓａを生成してスイッチング素子ａ１へ出力する。したがって、スイッチング素子ａ１は、時刻２でＯＮからＯＦＦへ切り替わり、時刻ｔ５でＯＦＦからＯＮへ切り替わる。

[0063] これにより、時刻ｔ２から時刻ｔ３までの時間Ｔ３の期間にスイッチングノイズが発生する。なお、かかる時間Ｔ３は、スイッチング素子ａ１のター

ンＯＮ／ＯＦＦ時間と略等しい。また、時刻ｔ５にもスイッチングノイズが発生する。

[0064] このように、スイッチング素子ａ１は、電圧指令値ａとキャリア信号ｃａの信号値との大小関係が反転する時刻ｔ２，ｔ５に、スイッチング動作を行う。言い換えれば、スイッチング素子ａ１は、電圧指令値ａを示す正弦波と、キャリア信号ｃａの波形とが交差する時刻ｔ２，ｔ５でスイッチング動作を行う。かかるスイッチング動作は、他のスイッチング素子ａ２、ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２でも同様に行われる。

[0065] このことから、スイッチングノイズは、キャリア信号ｃａの信号値が極大値に達する時刻ｔ３または極小値に達する時刻ｔ１，ｔ６の前後近傍の期間、図６に示す例では、例えば、時刻ｔ３からｔ５までの時間Ｔ０には発生しないことが分かる。

[0066] かかるスイッチングノイズが発生しない時間Ｔ０は、キャリア信号ｃａの信号値が極小値に達してから、次の極小値に達するまでの期間毎に、周期的に到来する。若しくは、スイッチングノイズが発生しない時間Ｔ０は、キャリア信号ｃａの信号値が極大値に達してから次の極大値に達するまでの期間毎に、周期的に到来する。

[0067] そこで、特定部６２は、周期的に順次到来するスイッチングノイズが発生しない時間Ｔ０を、通信部３０によって第１制御対象装置５１との通信を周期的に行わせる通信期間として特定する。

[0068] この周期的に到来する通信期間には、モータ制御装置３から第１制御対象装置５１へ情報を送信する第１の通信期間と、第１制御対象装置５１からモータ制御装置３へ情報を送信させる第２の通信期間とがある。

[0069] さらに、特定部６２は、周期的に順次到来する時間Ｔ０の開始点を、上記通信期間の開始点として特定する。特定部６２は、通信期間の開始点を特定する場合に、まず、キャリア信号ｃａの周波数に基づいて、キャリア信号ｃａの信号値が極小値に達する時刻ｔ１から、次にキャリア信号ｃａの信号値が極大値に達する時刻ｔ４までの時間Ｔ１を算出する。

[0070] また、特定部６２は、キャリア信号ｃａの信号値と電圧指令値ａとに基づいて、スイッチング素子ａ１がスイッチング動作を行う時刻ｔ２を特定する。続いて、特定部６２は、時刻ｔ４から時刻ｔ２までの時間を算出する。

[0071] これにより、次式（１）から、キャリア信号ｃａの信号値が極小値に達する時刻ｔ１から、次に発生するスイッチング素子ａ１のスイッチングノイズが消滅する時刻ｔ３までの時間Ｔ４を算出することができる。

[0072] （時間Ｔ４）＝（時間Ｔ１）－（時間Ｔ２）＋（時間Ｔ３）・・・（１）

[0073] より具体的には、特定部６２は、次式（２）によって、キャリア信号ｃａの信号値が極小値に達した時刻ｔ１次に発生するスイッチング素子ａ１のスイッチングノイズが消滅する時刻ｔ３までの時間Ｔ４を算出する。

[0074] Ｔ４＝１／（２×ｆｃ）－{（１－η）／２×１／ｆｃ}／２＋πｔｒ・・・（２）

ｆｃ：キャリア信号ｃａの周波数

η：電圧指令値ａ，ｂ，ｃの最大値を１とした場合の現時点の電圧指令値ａ，ｂ，ｃ

ｔｒ：スイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のターンＯＮ／ＯＦＦ時間

[0075] こうして算出される時間Ｔ４は、キャリア信号ｃａの信号値が極小値に達してから第２の通信期間の開始点までの時間である。そこで、特定部６２は、かかる時間Ｔ４を第２の通信期間に関する情報として、通信制御部６６へ出力する。

[0076] 図５へ戻り、通信制御部６６は、送信部６４による情報の送信タイミングを制御する処理部である。具体的には、通信制御部６６は、例えば、特定部６２から入力される第２の通信期間に関する情報や、後述する通信開始指令を送信部６４へ出力することによって、送信部６４から第１制御対象装置５１へ、第２の通信期間に関する情報や、後述する通信開始指令を送信させる。

[0077] 送信部６４は、第１制御対象装置５１へ送信する情報をＯＦＤＭ変調して

カプラＣＰおよび第２のケーブル４２を介して、第１制御対象装置５１へ送信する処理部である。

[0078] かかる送信部６４は、通信制御部６６から入力される第２の通信期間に関する情報を、特定部６２によって特定された第１の通信期間に、第１制御対象装置５１へ送信する。また、送信部６４は、第２の通信期間に関する情報を送信後、最初に到来する第１の通信期間に、送信開始指令を第１制御対象装置５１へ送信する。

[0079] また、受信部６５は、第１制御対象装置５１から、モータの状態を示す情報を受信し、受信した情報をＯＦＤＭ復調して駆動制御部６１へ出力する処理部である。かかる受信部６５は、例えば、第１制御対象装置５１からモータＭの回転位置を示す状態情報を受信した場合、受信した状態情報を駆動制御部６１へ出力する。通信部６３の通信タイミングについては、図７および図８を参照して後述する。

[0080] このように、通信部６３は、少なくともスイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のスイッチング動作に起因したノイズが重畳されない周期的に到来する第１の通信期間に、制御対象装置５へ情報を送信する。これにより、モータ制御装置３は、モータＭの制御に対するノイズの影響を低減することができる。

[0081] 一方、ロボット２が備える状態検出装置Ｅは、状態検出部７１と通信部７２と、計時部７５と、通信制御部７６とを備える。通信部７２は、受信部７３と送信部７４とを備える。状態検出部７１は、モータＭの回転位置を検出し、検出した回転位置をモータＭの状態を示す情報を状態情報として、第２の通信期間に送信部７４へ出力する処理部である。

[0082] 受信部７３は、モータ制御装置３から第１の通信期間に、情報を受信してＯＦＤＭ復調する処理部である。かかる受信部７３は、モータ制御装置３から前述した第２の通信期間に関する情報や送信開始指令などを受信する。

[0083] そして、受信部７３は、第２の通信期間に関する情報を受信した場合、受信した情報をＯＦＤＭ復調し、計時部７５へ出力して設定する。また、受信

部７３は、送信開始指令を受信した場合、受信した情報をＯＦＤＭ復調して計時部７５へ出力する。

[0084] 計時部７５は、受信部７３によって設定される第２の通信期間に関する情報（図６に示す時間Ｔ４）を格納するメモリを備えたタイマである。かかる計時部７５は、受信部７３から送信開始指令が入力される場合、既に受信部７３によって設定された第２の通信期間に関する情報に基づいて、前述した時間Ｔ４（図６参照）の計時（カウントダウン）を開始する。そして、計時部７５は、時間Ｔ４の計時が完了した場合、その旨を示す情報を通信制御部７６へ出力する。

[0085] 通信制御部７６は、送信部７４による情報の送信タイミングを制御する処理部である。具体的には、通信制御部７６は、計時部７５から時間Ｔ４の計時が完了したことを示す情報が入力されると、その旨を示す情報を送信部７４へ出力することによって、モータＭの状態情報を送信部７４からモータ制御装置１へ送信させる。

[0086] 送信部７４は、通信制御部７６による通信タイミング制御に従い、第２の通信期間に、情報をＯＦＤＭ変調してモータ制御装置３へ送信する処理部である。かかる送信部７４は、通信制御部７６から計時部７５による時間Ｔ４の計時が完了したことを示す情報が入力される場合、状態検出部７１から入力される状態情報をＯＦＤＭ変調してモータ制御装置３へ送信する。なお、通信部７２の通信タイミングについては、図７および図８を参照して後述する。

[0087] このように、通信部７２は、少なくともスイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のスイッチング動作に起因したノイズが重畳されない第２の通信期間に、モータ制御装置３へ情報を送信する。これにより、モータ制御装置３は、モータＭの制御に対するノイズの影響を低減することができる。

[0088] 次に、図７および図８を参照し、モータ制御装置３の通信部６３および制御対象装置５の通信部７２が行う通信タイミングについて説明する。図７は

、実施形態に係るモータ制御システム１で行われる通信を示すシーケンス図であり、図８は、実施形態に係るモータ制御システム１で行われる通信のタイミングを示す説明図である。

[0089] 図７に示すように、モータ制御装置３は、まず、最初に到来する第１の通信期間の開始点から終了点までの期間に、第２の通信期間に関する情報（図６に示す時間Ｔ４）を全ての制御対象装置５へ向けて第１の通信期間に送信する（ステップＳ１）。第１制御対象装置５１は、第２の通信期間に関する情報を受信する（ステップＳ２）。

[0090] 続いて、第２制御対象装置５２が第２の通信期間に関する情報を受信する（ステップＳ３）。こうして、第２の通信期間に関する情報は、順次、全ての制御対象装置５によって受信される。各制御対象装置５は、受信した第２の通信期間に関する情報を計時部７５へ設定する。

[0091] 続いて、モータ制御装置３は、第２の通信期間に関する情報を送信後、最初に到来する第１の通信期間の開始点から終了点までの期間に、送信開始指令を第１制御対象装置５１へ送信する（ステップＳ４）。第１制御対象装置５１は、送信開始指令を受信すると、時間Ｔ４の計時を開始する（ステップＳ５）。

[0092] そして、第１制御対象装置５１は、計時が完了した時点、つまり、送信開始指令を受信した後、最初に到来する第２の通信期間の開始点から終了点までの期間に、モータＭの状態情報をモータ制御装置３へ送信する（ステップＳ６）。続いて、モータ制御装置３は、第１制御対象装置５１から状態情報を受信した後、最初に到来する第１の通信期間の開始点から終了点までの期間に、送信開始指令を第２制御対象装置５２へ送信する（ステップＳ７）。

[0093] 第２制御対象装置５２は、送信開始指令を受信すると、時間Ｔ４の計時を開始する（ステップＳ８）。そして、第２制御対象装置５２は、計時が完了した時点、つまり、送信開始指令を受信した後、最初に到来する第２の通信期間の開始点から終了点までの期間に、モータＭの状態情報をモータ制御装置３へ送信する（ステップＳ９）。

[0094] そして、モータ制御システム１では、モータ制御装置３と第３～第６制御対象装置５３～５６との間で、順次、上記した第２の通信期間に関する情報の送受信、送信開始指令の送受信、および状態情報の送受信が行われる。

[0095] これにより、例えば、図８に示すように、キャリア信号ｃａの周期に同期したタイミングで順次到来する少なくともスイッチング素子ａ１，ａ２，ｂ１，ｂ２，ｃ１，ｃ２のスイッチング動作に起因したノイズが重畳されない第１の通信期間および第２の通信期間（時間Ｔ０）に、モータ制御装置３と第１～第６制御対象装置５１～５６との間で、情報の通信が行われる。

[0096] なお、図８に黒で示すパルスは、モータ制御装置３から各制御対象装置５へ情報が送信されるタイミングを示しており、白で示すパルスは、各制御対象装置５からモータ制御装置３へ情報が送信されるタイミングを示している。

[0097] なお、図８に示す時刻ｔ１０，ｔ１２，ｔ１４，ｔ１６，ｔ１８，ｔ２０，ｔ２２は、図６に示す時刻ｔ３に対応する時刻である。すなわち、キャリア信号ｃａの信号値が極小値に達してから時間Ｔ４が経過した時点の時刻である。また、図８に示す時刻ｔ１１，ｔ１３，ｔ１５，ｔ１７，ｔ１９，ｔ２１は、キャリア信号ｃａの信号値が極大値に達してから時間Ｔ４が経過した時点の時刻である。また、図８に示す時間Ｔ４は、図６に示す時間Ｔ４と同一の時間である。図８に示す時間Ｔ０は、図６に示す時間Ｔ０と同一の時間である。

[0098] 図８に示すように、時刻ｔ１０において、最初の第１の通信期間が到来すると、モータ制御装置３から全ての制御対象装置５へ第２の通信期間に関する情報が送信され、時刻ｔ１１において、次の第１の通信期間が到来すると、モータ制御装置３から第１制御対象装置５１へ送信開始指令が送信される。その後、時間Ｔ４が経過した時刻ｔ１２において、第２の通信期間が到来すると、第１制御対象装置５１からモータ制御装置３へモータＭの状態情報が送信される。

[0099] 続いて、時刻ｔ１３において、第１の通信期間が到来すると、モータ制御

装置３から第２制御対象装置５２へ送信開始指令が送信される。その後、時間Ｔ４が経過した時刻ｔ１４において、第２の通信期間が到来すると、第２制御対象装置５２からモータ制御装置３へモータＭの状態情報が送信される。

[0100] 続いて、時刻ｔ１５において、第１の通信期間が到来すると、モータ制御装置３から第３制御対象装置５３へ送信開始指令が送信される。その後、時間Ｔ４が経過した時刻ｔ１６において、第２の通信期間が到来すると、第３制御対象装置５３からモータ制御装置３へモータＭの状態情報が送信される。

[0101] 続いて、時刻ｔ１７において、第１の通信期間が到来すると、モータ制御装置３から第４制御対象装置５４へ送信開始指令が送信される。その後、時間Ｔ４が経過した時刻ｔ１８において、第２の通信期間が到来すると、第３制御対象装置５３からモータ制御装置３へモータＭの状態情報が送信される。

[0102] 続いて、時刻ｔ１９において、第１の通信期間が到来すると、モータ制御装置３から第５制御対象装置５５へ送信開始指令が送信される。その後、時間Ｔ４が経過した時刻ｔ２０において、第２の通信期間が到来すると、第５制御対象装置５５からモータ制御装置３へモータＭの状態情報が送信される。

[0103] 続いて、時刻ｔ２１において、第１の通信期間が到来すると、モータ制御装置３から第６制御対象装置５６へ送信開始指令が送信される。その後、時間Ｔ４が経過した時刻ｔ２２において、第２の通信期間が到来すると、第６制御対象装置５６からモータ制御装置３へモータＭの状態情報が送信される。そして、モータ制御システム１では、電圧指令値ａ，ｂ，ｃの変化量が所定の閾値以上となるまで、時刻ｔ１０～ｔ２２で行われた通信と同様の通信が繰り返し実行される。

[0104] このように、モータ制御システム１は、インバータ３１ｃの周期的なスイッチング動作を停止させずに、モータ制御装置３および制御対象装置５間の

通信をキャリア信号ｃａの周期毎に行うことができる。したがって、モータ制御システム１によれば、スイッチングノイズの影響を低減しつつ、モータＭに対する駆動制御の性能を向上させることができる。

[0105] 次に、図９を参照し、モータ制御装置３の制御部３０が実行する処理について説明する。図９は、実施形態に係るモータ制御装置３の制御部３０が実行する処理を示すフローチャートである。

[0106] 図９に示すように、制御部３０では、まず、特定部６２がキャリア信号ｃａの信号値に関する周期特性に基づいて、通信期間を特定する（ステップＳ１０１）。かかる通信期間には、前述のように、モータ制御装置３から制御対象装置５へ情報を送信する第１の通信期間と、制御対象装置５からモータ制御装置３へ情報を送信する第２の通信期間とがある。そして、特定部６２は、特定した通信期間に関する情報を制御部３０の通信部６３へ出力する。

[0107] 続いて、制御部３０の通信制御部６６は、第１の通信期間であるか否かを判定する（ステップＳ１０２）。そして、通信制御部６６は、第１の通信期間でないと判定した場合（ステップＳ１０２，Ｎｏ）、第１の通信期間になるまで、ステップＳ１０２の判定を繰り返す。

[0108] また、通信制御部６６は、第１の通信期間であると判定した場合（ステップＳ１０２，Ｙｅｓ）、特定部６２によって特定された第１の通信期間の開始点ｔ１０に、全ての制御対象装置５へ第２の通信期間に関する情報を送信部６４に送信させる（ステップＳ１０３）。ここで送信される第２の通信期間に関する情報は、前述した時間Ｔ４を示す情報である。

[0109] なお、特定部６２は、キャリア信号ｃａの信号値が極大値または極小値に達した各時点を第１の通信期間または第２の通信期間の開始点として特定する構成であってもよい。かかる構成とすれば、特定部６２は、より単純な特定アルゴリズムによって、第１の通信期間または第２の通信期間の開始点を特定することが可能となる。

[0110] その後、通信制御部６６は、再度第１の通信期間であるか否かを判定する（ステップＳ１０４）。つまり、通信制御部６６は、第２の通信期間に関す

る情報を送信した第１の通信期間の後に、最初に到来する第１の通信期間の開始点であるか否かを判定する。そして、通信制御部６６は、第１の通信期間でないと判定した場合（ステップＳ１０４，Ｎｏ）、第１の通信期間になるまで、ステップＳ１０４の判定を繰り返す。

[0111] また、通信制御部６６は、第１の通信期間であると判定した場合（ステップＳ１０４，Ｙｅｓ）、第１の通信期間の開始点ｔ１１に、送信開始指令を送信部６４によって、いずれか一つの制御対象装置５へ送信させる（ステップＳ１０５）。その後、制御部３０の受信部６５は、送信開始指令の送信先の制御対象装置５から、次に到来する第２の通信期間の開始点ｔ１２に、モータＭの状態を示す状態情報を受信したか否かを判定する（ステップＳ１０６）。

[0112] そして、受信部６５は、状態情報を受信しないと判定した場合（ステップＳ１０６，Ｎｏ）、状態情報を受信するまで、ステップＳ１０６の判定を繰り返す。また、受信部６５は、状態情報を受信したと判定した場合（ステップＳ１０６，Ｙｅｓ）、処理をステップＳ１０７へ移す。

[0113] ステップＳ１０７において、制御部３０の通信制御部６６は、全制御対象装置５へ送信開始指令を送信済みか否かを判定する。そして、通信制御部６６は、全制御対象装置５へ送信開始指令を送信済みでないと判定した場合（ステップＳ１０７，Ｎｏ）、処理をステップＳ１０５へ移し、次に到来する第１の通信期間の開始点ｔ１３に、送信開始指令を送信部６４によって、未送信の制御対象装置５へ送信開始指令を送信させる。

[0114] また、通信制御部６６は、全制御対象装置５へ送信開始指令を送信済みと判定した場合（ステップＳ１０７，Ｙｅｓ）、処理をステップＳ１０８へ移す。ステップＳ１０８において、制御部３０の駆動制御部６１は、電圧指令値の変化量が閾値以上か否かの判定を行う。

[0115] そして、駆動制御部６１によって、電圧指令値の変化量が閾値以上であると判定される場合（ステップＳ１０８，Ｙｅｓ）、制御部３０は、処理を終了し、再度、ステップＳ１０１から処理を開始する。

[0116] また、駆動制御部６１によって、電圧指令値の変化量が閾値未満であると判定される場合（ステップＳ１０８，Ｎｏ）、制御部３０は、処理をステップＳ１０４へ移し、電圧指令値の変化量が閾値未満の期間において、ステップＳ１０４～Ｓ１０８の処理を繰り返す。

[0117] 次に、図１０を参照し、実施形態に係る状態検出装置Ｅが実行する処理について説明する。図１０は、実施形態に係る状態検出装置が実行する処理を示すフローチャートである。状態検出装置Ｅは、モータＭの駆動制御が行われる場合、図１０に示す処理を繰り返し実行する。

[0118] なお、状態検出装置Ｅでは、図１０に示す処理が実行されている期間に、状態検出部７１が常時所定周期でモータＭの状態を示す情報を検出し、検出結果を状態検出装置Ｅが備える通信部７２内の送信部７４へ出力する。

[0119] そして、モータＭの駆動制御が開始されると、状態検出装置Ｅの受信部７３は、モータ制御装置３から第２の通信期間に関する情報を受信したか否かを判定する（ステップＳ２０１）。そして、受信部７３は、第２の通信期間に関する情報を受信しないと判定した場合（ステップＳ２０１，Ｎｏ）、処理をステップＳ２０３へ移す。

[0120] また、受信部７３は、第２の通信期間に関する情報を受信したと判定した場合（ステップＳ２０１，Ｙｅｓ）、受信した第２の通信期間に関する情報を計時部７５へ出力して設定する（ステップＳ２０２）。

[0121] 続いて、受信部７３は、モータ制御装置３から送信開始指令を受信したか否かを判定する（ステップＳ２０３）。そして、受信部７３は、送信開始指令を受信しないと判定した場合（ステップＳ２０３，Ｎｏ）、処理をステップＳ２０１へ移す。

[0122] また、受信部７３は、送信開始指令を受信したと判定した場合（ステップＳ２０３，Ｙｅｓ）、処理をステップＳ２０４へ移す。ステップＳ２０４において、状態検出装置Ｅの計時部７５は、ステップＳ２０２で設定された時間Ｔ４の計時（カウントダウン）を開始する。

[0123] その後、計時部７５は、計時が完了したか否かを判定する（ステップＳ２

０５）。そして、計時部７５は、計時が完了しないと判定した場合（ステップＳ２０５，Ｎｏ）、計時が完了するまで、ステップＳ２０５の判定を繰り返す。

[0124] また、計時部７５は、計時が完了したと判定した場合（ステップＳ２０５，Ｙｅｓ）、処理をステップＳ２０６へ移す。ステップＳ２０６において、状態検出装置Ｅの通信制御部７６は、送信部７４によって、第２の通信期間の開始点（例えば、時刻ｔ１２，ｔ１４，ｔ１６，ｔ１８，ｔ２０，ｔ２２）において、状態検出部７１から入力されるモータＭの状態を示す状態情報をモータ制御装置３へ送信させ、処理を終了する。その後、状態検出装置Ｅは、再度ステップＳ２０１から処理を開始する。

[0125] 上述したように、実施形態に係るモータ制御システムは、モータと通信部とを備える制御対象装置と、周期的に信号値が変化するキャリア信号に基づいて、モータの駆動制御を行うモータ制御装置とを含む。

[0126] そして、モータ制御装置は、制御対象装置の通信部との間で情報の通信を行う通信部と、モータ制御装置の通信部に情報の通信を周期的に行わせる通信期間を、キャリア信号の信号値の周期特性に基づいて特定する特定部とを備える。

[0127] かかるモータ制御装置は、モータの駆動制御を停止させることなく、キャリア信号の周期に基づき、少なくともモータ駆動制御用のスイッチング素子の動作に起因したノイズが重畳されない期間に、制御対象装置との間で通信を行うことができる。したがって、モータ制御システムによれば、スイッチングノイズの影響を低減しつつ、モータに対する駆動制御の性能を向上させることができる。

[0128] また、実施形態に係るモータ制御装置が、例えば、キャリア比較法によってモータの駆動制御を行う場合、キャリア信号の信号値が極大値および極小値に達するタイミングでは、モータの動作を制御するためのスイッチング動作が行われない。

[0129] そこで、実施形態に係る特定部は、キャリア信号の信号値が周期的に極大

値および極小値に達する周期特性に基づいて、通信期間を特定する。これにより、特定部は、キャリア信号の信号値が極大値および極小値に達するタイミングを基準にすることによって、少なくともモータ駆動制御用のスイッチング素子の動作に起因したノイズが重畳されない適切な通信期間を特定することができる。

[0130] また、モータ制御装置が、例えば、キャリア比較法によってモータの駆動制御を行う場合、モータの駆動制御を行うためのスイッチング動作は、モータに対する電圧指令値とキャリア信号の信号値とが一致するタイミングで行われる。

[0131] そこで、実施形態に係る特定部は、モータに対する電圧指令値とキャリア信号の信号値とが一致するタイミングに基づいて、通信期間の開始タイミングを特定する。これにより、特定部は、モータに対する電圧指令値とキャリア信号の信号値とが一致するタイミングから、ノイズが重畳されない期間の開始タイミングを比較的簡単な処理によって特定することができる。

[0132] また、実施形態に係る特定部は、モータ制御装置が備に設けられてモータへ供給する電力を制御するスイッチング素子のスイッチング特性に基づいて、通信期間の開始タイミングを特定する。これにより、特定部は、スイッチング素子のスイッチング特性に応じて、ノイズが重畳されない通信期間の開始タイミングをより正確に推定することができる。

[0133] また、実施形態に係るモータ制御装置の通信部は、周期的に到来する通信期間のうち、第１の通信期間に制御対象装置の通信部へ情報を送信する。これにより、少なくともモータ制御装置から制御対象装置へは、モータ駆動制御用のスイッチング素子の動作に起因したノイズが重畳されない情報を送信することができる。

[0134] また、実施形態に係るモータ制御装置の通信部は、周期的に到来する通信期間のうち、制御対象装置の通信部からモータ制御装置の通信部へ情報を送信させる第２の通信期間に関する情報を制御対象装置の通信部へ第１の通信期間に送信する。そして、制御対象装置の通信部は、モータ制御装置の通信

部から受信する第２の通信期間に関する情報に基づいて、第２の通信期間にモータ制御装置の通信部へ情報を送信する。

[0135] これにより、モータ制御システムでは、モータ制御装置および制御対象装置間で行う双方向の情報通信を、少なくともモータ駆動制御用のスイッチング素子のスイッチング動作に起因したノイズが重畳されない通信期間に行うことができる。

[0136] また、実施形態に係る制御対象装置は、モータの状態を検出する状態検出部を備える。そして、制御対象装置の通信部は、状態検出部によって検出されるモータの状態を示す情報を第２の通信期間に送信する。また、モータ制御装置は、制御対象装置の通信部から受信するモータの状態を示す情報に基づいて、モータの駆動制御を行う。

[0137] これにより、実施形態に係るモータ制御システムは、スイッチングノイズの影響を低減しつつ、モータの状態に応じたモータのフィードバック駆動制御性能を向上させることができる。

[0138] なお、上述した実施形態では、モータ制御装置から全ての制御対象装置へ、第２の通信期間に関する情報として、同一の時間を送信する場合について説明したが、各制御対象装置へ送信する第２の通信期間に関する情報は、同一の時間でなくてもよい。

[0139] 例えば、モータ制御装置から各制御対象装置までの情報の伝送路長が同一でない場合、伝送路長が長い制御対象装置では、情報の伝送遅延が生じるので、モータ制御装置から情報が送信されてから受信するまでの時間は、伝送路長が短い制御対象装置よりも長くなる。

[0140] このような場合には、モータ制御装置は、伝送路長が長い制御対象装置ほど、第２の通信期間に関する情報として送信する時間を伝送遅延の分短くする。これにより、各制御対象装置は、伝送路長に違いがあっても、正確な第２の通信期間に、モータ制御装置へ情報を送信することができる。

[0141] また、モータ制御装置から全ての制御対象装置へ、第２の通信期間に関する情報として、同一の時間が送信される場合、各制御対象装置は、第２の通

信期間に関する情報として受信する時間から伝送遅延の分を差し引いた時間を計時する構成であってもよい。これにより、各制御対象装置は、伝送路長に違いがあっても、正確な第２の通信期間に、モータ制御装置へ情報を送信することができる。

[0142] また、状態検出部がモータから複数種類の状態を検出するものである場合、実施形態に係るモータ制御システムは、モータ制御装置から制御対象装置へ情報を送信する通信を特定部によって特定される第１の通信期間に行い、制御対象装置からモータ制御装置へ情報を送信する通信については、任意の期間に行う構成であってもよい。

[0143] かかる場合、モータ制御装置は、特定部によって特定される第１の通信期間に、例えば、制御対象装置からモータ制御装置へ送信させるモータの状態の種類を指定する情報などを制御対象装置へ送信する。これにより、実施形態に係るモータ制御システムでは、少なくとも、制御対象装置へ送信する情報については、ノイズによる影響を低減した正確な状態で、モータ制御装置から制御対象装置へ送信させることができる。

[0144] また、実施形態に係るモータ制御装置は、必ずしも、モータに対してフィードバック制御を行うものでなくてもよく、モータに対してオープンループ制御を行うものであってもよい。

[0145] 例えば、モータ制御装置がオープンループ制御を行うものであり、制御対象装置がモータの駆動制御に関する情報を表示する表示部を一体または別体に備える場合、モータ制御装置は、表示部に表示させる情報を制御対象装置へ第１の通信期間に送信するが、制御対象装置から情報を受信する必要はない。

[0146] このため、かかる構成の場合、モータ制御装置が特定部によって特定される第１の通信期間に、制御対象装置へ情報を送信する送信部を備え、制御対象装置がモータ制御装置から情報を受信する受信部を備えていればよい。かかるモータ制御システムによれば、モータ制御装置の受信部および制御装置の送信部を省略することができ、システムの簡略化が可能となる。

[0147] また、上記した実施形態では、モータ制御装置がキャリア比較法に基づいてモータ駆動用の制御信号を生成する場合について説明したが、制御信号を生成する方法は、これに限定されるものではない。

[0148] すなわち、モータ制御装置は、キャリア信号に基づいてモータ駆動用の制御信号を生成するものであれば、例えば、所謂空間ベクトル法など、他の方法に基づいてモータ駆動用の制御信号を生成するものであってもよい。

[0149] また、上述した実施形態では、各制御対象装置５がロボット２の各アームに設けられる場合を例に挙げて説明したが、実施形態に係るモータ制御システムは、ベース部２０が第１制御対象装置５１に相当し、第１アーム２１が第２制御対象装置５２に相当し、第２アーム２２が第３制御対象装置５３に相当し、第３アーム２３が第４制御対象装置５４に相当し、第４アーム２４が第５制御対象装置５５に相当し、第５アーム２５が第６制御対象装置５６に相当する構成であってもよい。また、モータ制御装置によって制御される制御対象装置は、ロボット全体であってもよい。

[0150] さらなる効果や変形例は、当業者によって容易に導き出すことができる。このため、本発明のより広範な態様は、以上のように表しかつ記述した特定の詳細および代表的な実施形態に限定されるものではない。したがって、添付の請求の範囲およびその均等物によって定義される総括的な発明の概念の精神または範囲から逸脱することなく、様々な変更が可能である。

符号の説明

[0151] １　モータ制御装置

２　ロボット

３　モータ制御装置

３１～３６　電力変換部

６１　駆動制御部

６２　特定部

６３，７２　通信部

６４，７４　送信部

６５，７３　受信部

７１　状態検出部

７５　計時部

６６，７６　通信制御部

Ｍ　モータ

５，５１～５６　制御対象装置

Ｅ　状態検出装置

請求の範囲

[請求項1] モータと通信部とを備える制御対象装置と、

周期的に信号値が変化するキャリア信号に基づいて、前記モータの駆動制御を行うモータ制御装置と

を含み、

前記モータ制御装置は、

前記制御対象装置の前記通信部との間で情報の通信を行う通信部と、

当該モータ制御装置の通信部に前記情報の通信を行わせる通信期間を前記信号値の周期特性に基づいて特定する特定部と

を備えることを特徴とするモータ制御システム。

[請求項2] 前記特定部は、

前記キャリア信号の信号値が周期的に極値に達する前記周期特性に基づいて、前記通信期間を特定する

ことを特徴とする請求項１に記載のモータ制御システム。

[請求項3] 前記特定部は、

前記モータに対する電圧指令値と前記キャリア信号の信号値とが一致するタイミングに基づいて、前記通信期間の開始タイミングを特定する

ことを特徴とする請求項１または請求項２に記載のモータ制御システム。

[請求項4] 前記モータ制御装置は、

前記モータへ供給する電力を制御するスイッチング素子を有し、

前記特定部は、

前記スイッチング素子のスイッチング特性に基づいて、前記通信期間の開始タイミングを特定する

ことを特徴とする請求項１～３のいずれか一つに記載のモータ制御システム。

[請求項5] 前記モータ制御装置は、

前記通信期間のうち、当該モータ制御装置の通信部から前記制御対象装置の通信部へ情報を送信させる第１の通信期間に、前記制御対象装置への情報を、当該モータ制御装置の通信部に送信させる通信制御部

をさらに備えることを特徴とする請求項１～４のいずれか一つに記載のモータ制御システム。

[請求項6] 前記モータ制御装置の前記通信制御部は、

前記通信期間のうち、前記制御対象装置の通信部から当該モータ制御装置の通信部へ情報を送信させる第２の通信期間に関する情報を、前記第１の通信期間に、当該モータ制御装置の通信部に送信させ、

前記制御対象装置は、

前記モータ制御装置の通信部から受信する前記第２の通信期間に関する情報に基づいて、前記モータ制御装置への情報を、当該制御対象装置の通信部に送信させる通信制御部

をさらに備えることを特徴とする請求項５に記載のモータ制御システム。

[請求項7] 前記制御対象装置は、

前記モータの状態を検出する状態検出部を備え、

前記制御対象装置の前記通信制御部は、

前記状態検出部によって検出される前記モータの状態を示す情報を、前記第２の通信期間に、当該制御対象装置の通信部によって前記モータ制御装置の通信部へ送信させ、

前記モータ制御装置は、

前記制御対象装置の通信部から受信する前記モータの状態を示す情報に基づいて、前記駆動制御を行う

ことを特徴とする請求項６に記載のモータ制御システム。

[請求項8] 周期的に信号値が変化するキャリア信号に基づいて、制御対象装置

が備えるモータの駆動制御を行う駆動制御部と、

前記制御対象装置との間で情報の通信を行う通信部と、

当該モータ制御装置の通信部に前記情報の通信を行わせる通信期間を前記信号値の周期特性に基づいて特定する特定部と

を備えることを特徴とするモータ制御装置。

[請求項9] 周期的に信号値が変化するキャリア信号に基づいて、制御対象装置が備えるモータの駆動制御を行う駆動制御部と、前記制御対象装置との間で情報の通信を行う通信部と、当該通信部に前記情報の通信を行わせる通信期間を前記信号値の周期特性に基づいて特定する特定部とを備えるモータ制御装置との間で、前記情報の通信を行う通信部

を備えることを特徴とする制御対象装置。

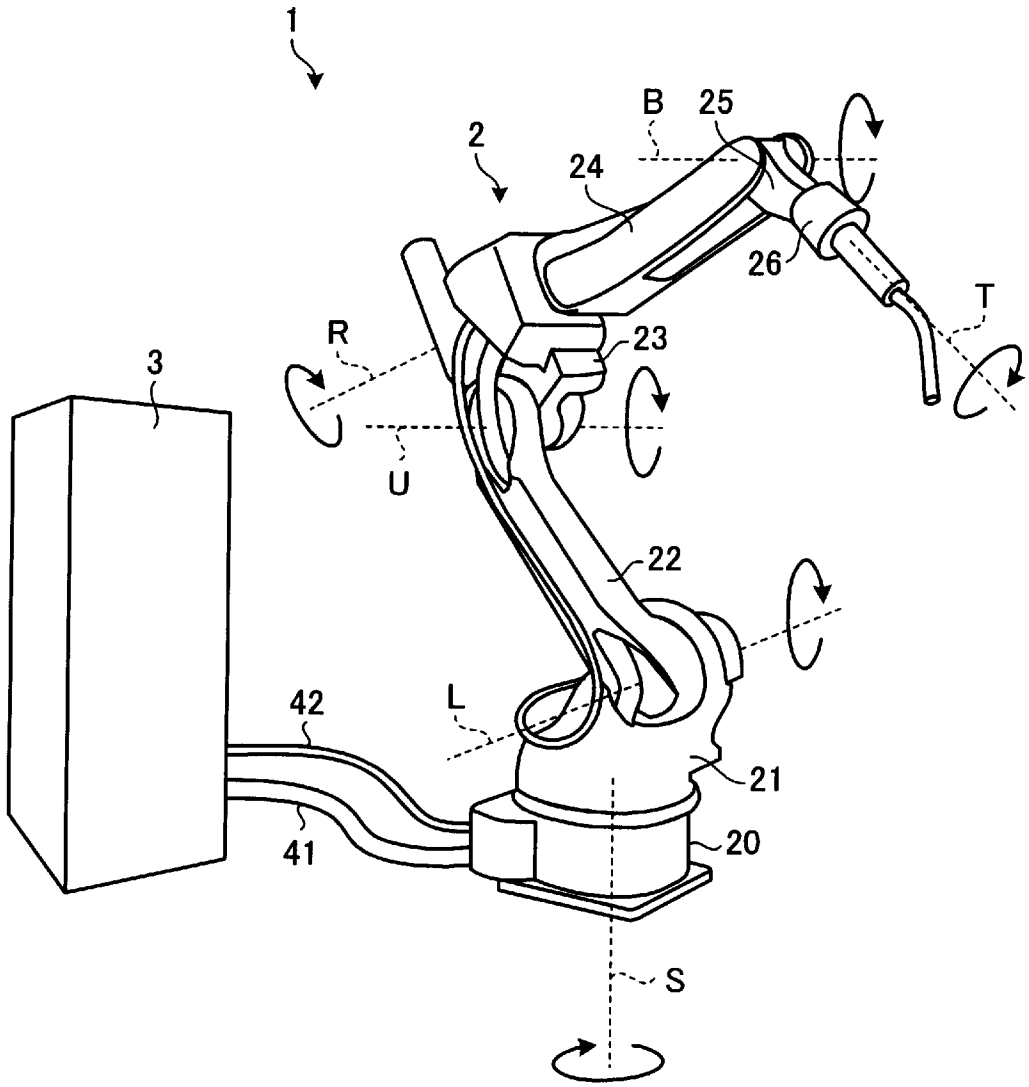
[請求項10] モータ制御装置が、周期的に信号値が変化するキャリア信号に基づいて、制御対象装置が備えるモータの駆動制御を行うことと、

前記モータ制御装置が、前記制御対象装置との間で情報の通信を行うことと、

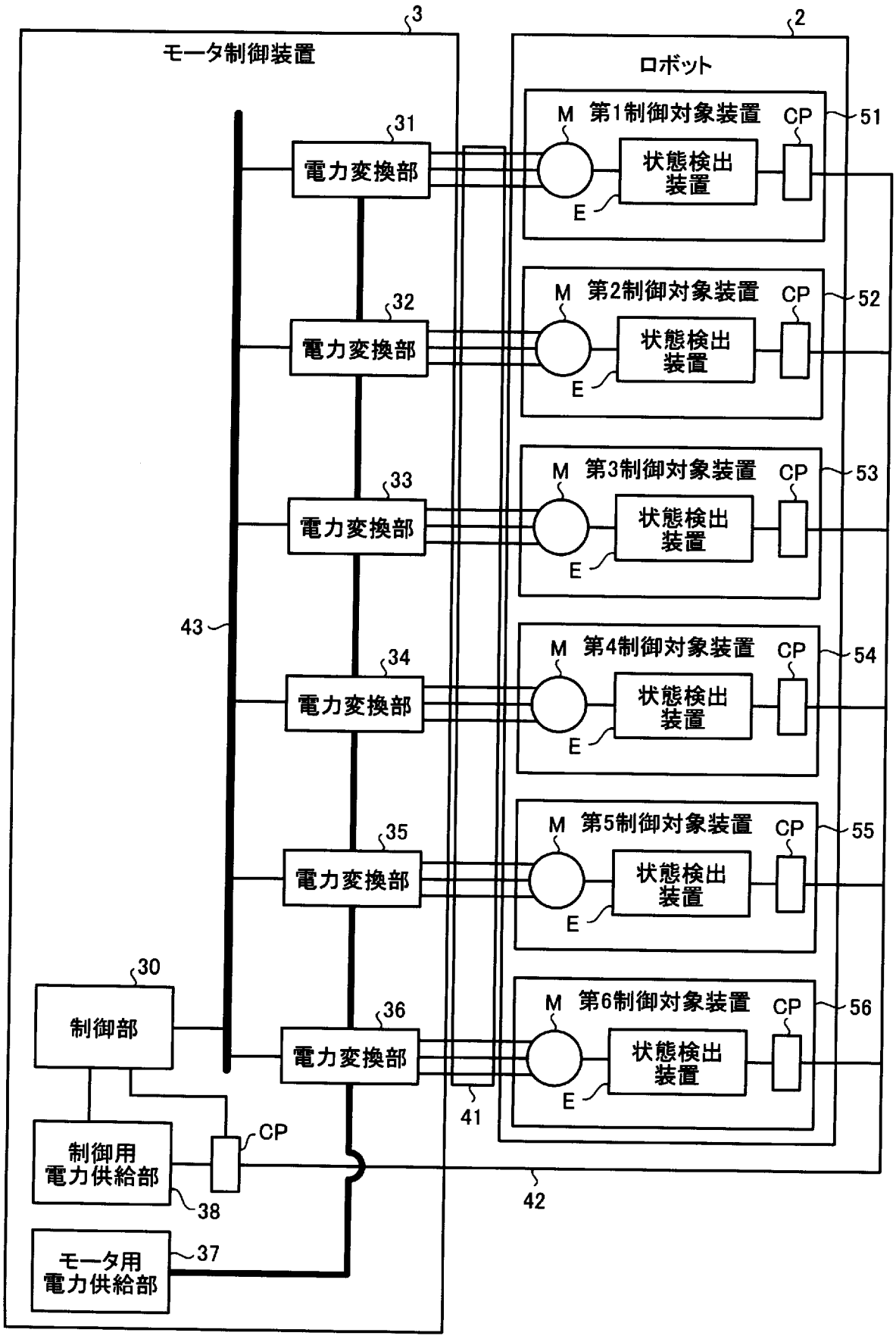
前記モータ制御装置が、当該モータ制御装置の通信部に前記情報の通信を行わせる通信期間を前記信号値の周期特性に基づいて特定することと

を含むことを特徴とするモータ制御方法。

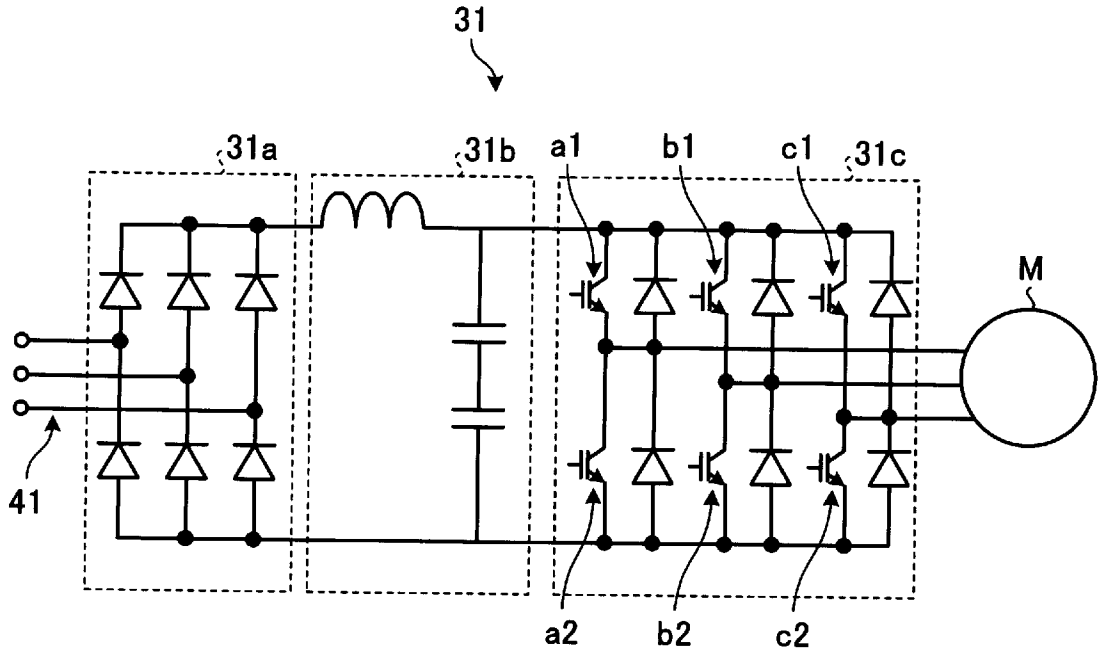
[図1]



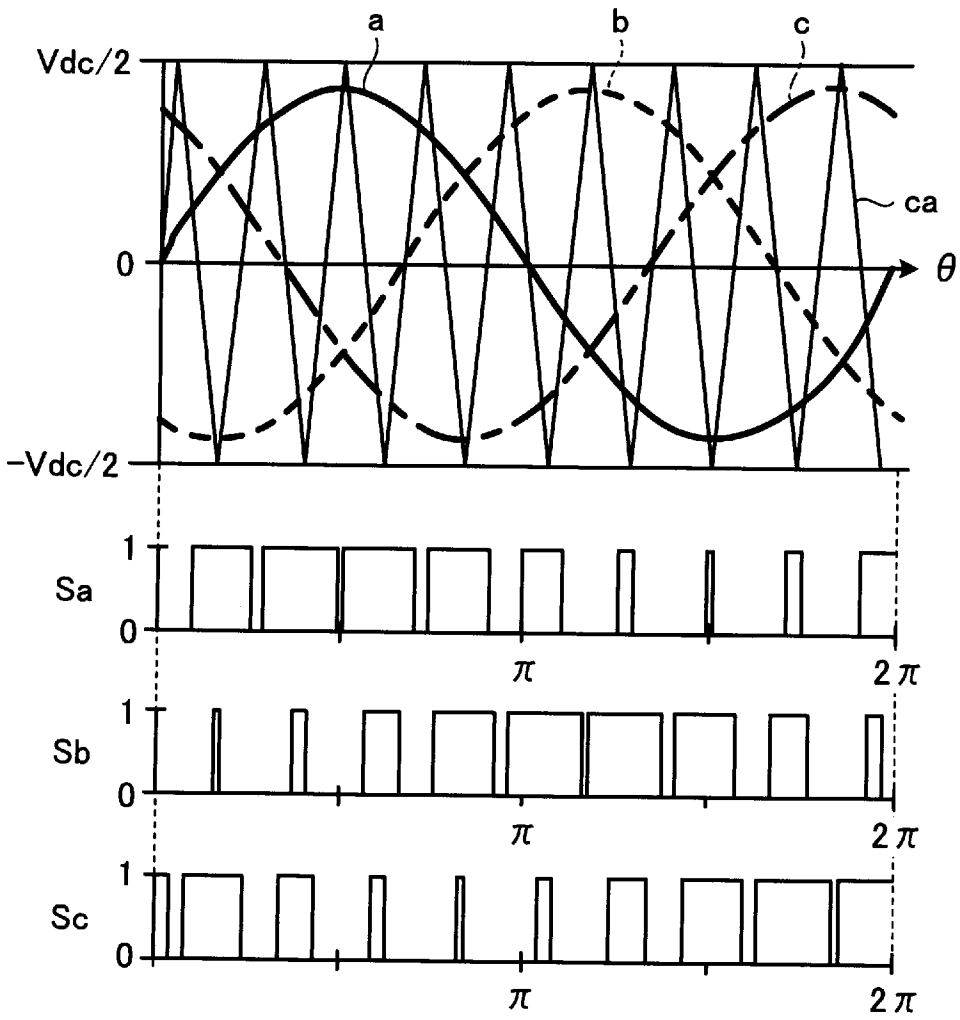
[図2]


3
モータ制御装置
2
ロボット
M
第1制御対象装置
CP
51
31
電力変換部
状態検出装置
E
第2制御対象装置
52
32
第3制御対象装置
53
33
第4制御対象装置
54
34
第5制御対象装置
55
35
第6制御対象装置
56
36
43
41
42
30
制御部
制御用電力供給部
38
モータ用電力供給部
37

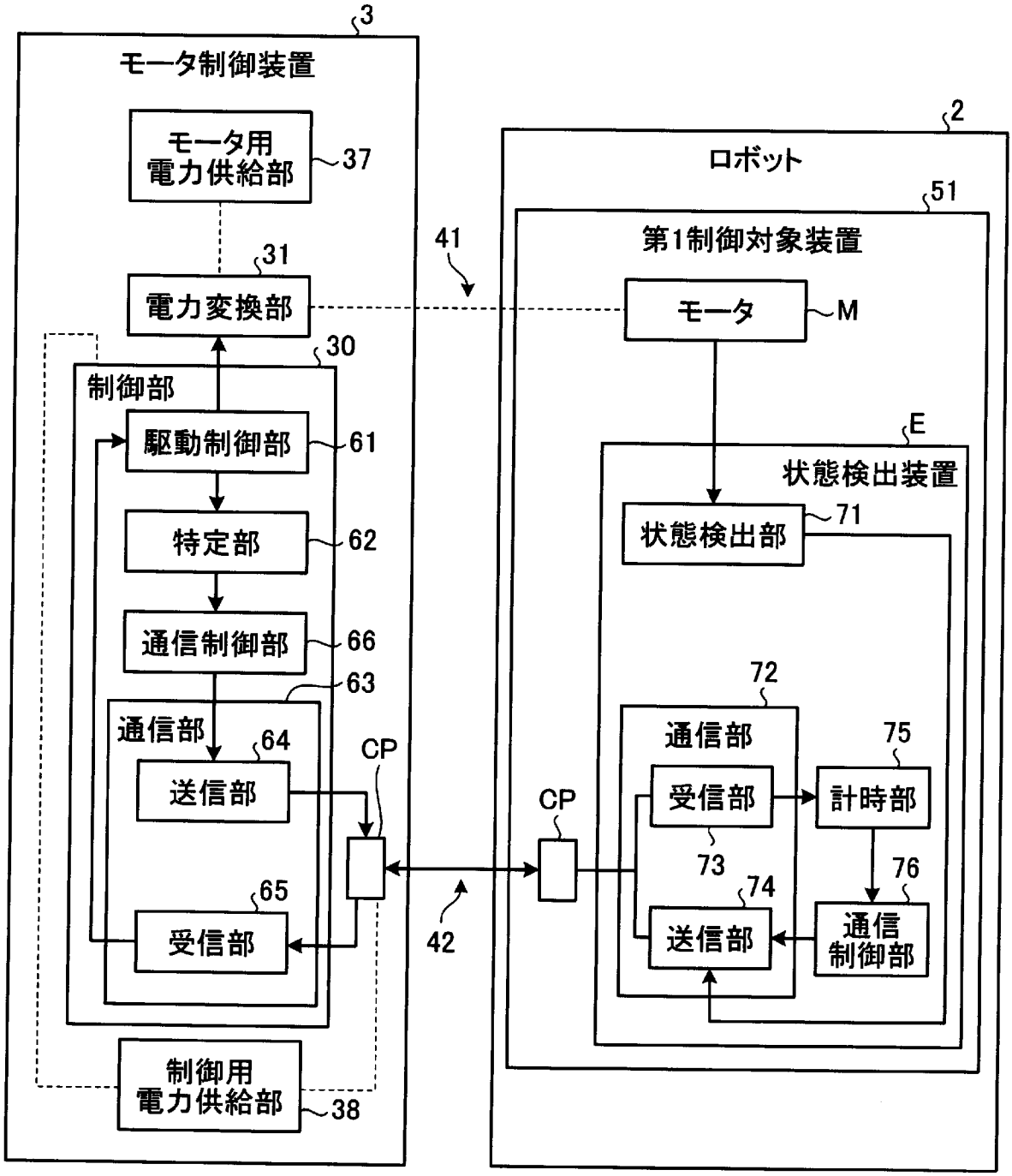
[図3]



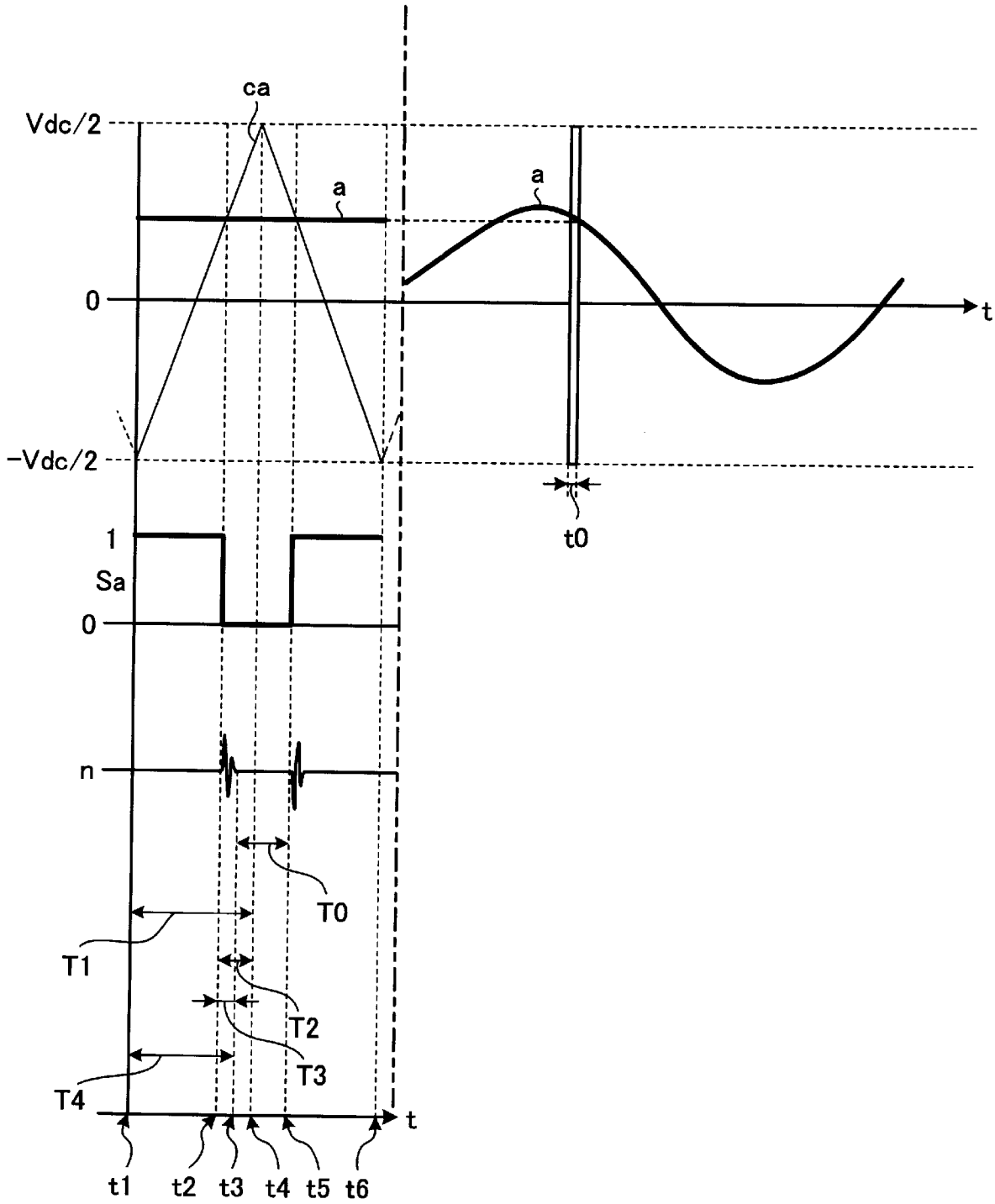
[図4]



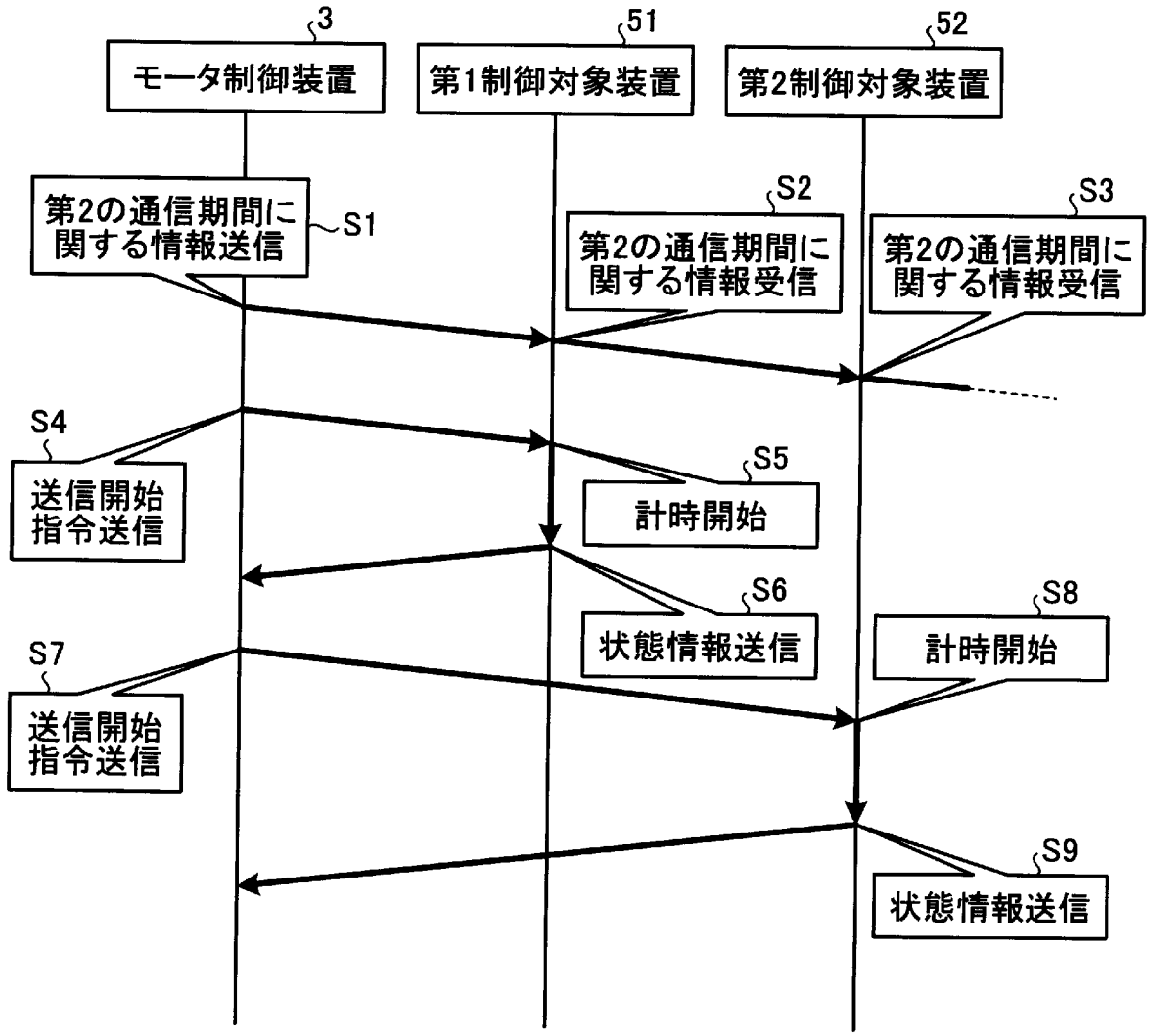
[図5]


3
モータ制御装置
モータ用
電力供給部
37
31
電力変換部
30
制御部
駆動制御部
61
特定部
62
通信制御部
66
63
通信部
64
送信部
CP
65
受信部
制御用
電力供給部
38
41
42
2
ロボット
51
第1制御対象装置
モータ
M
E
状態検出装置
状態検出部
71
72
通信部
受信部
73
74
送信部
75
計時部
76
通信
制御部
CP

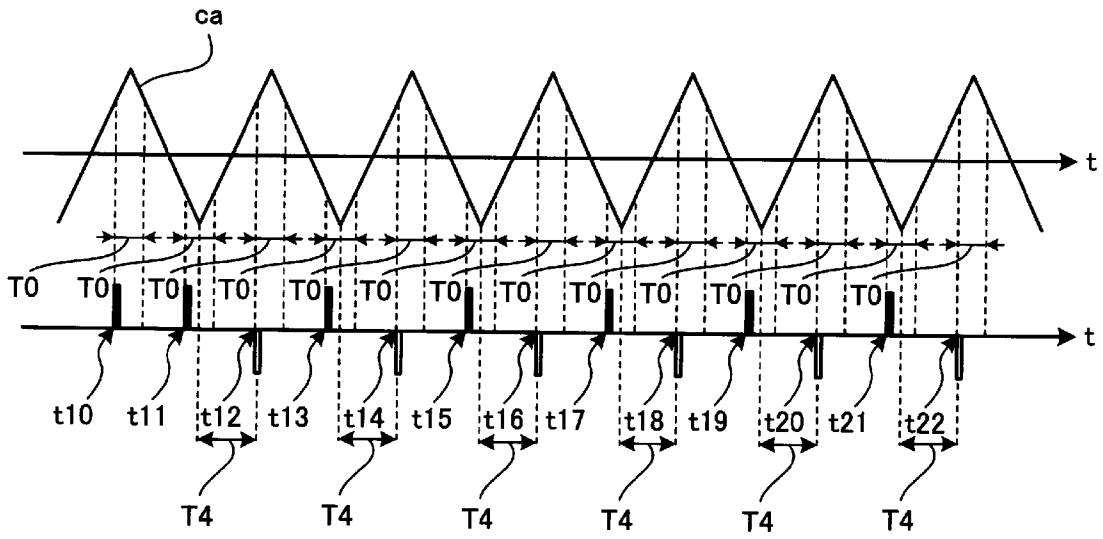
[図6]



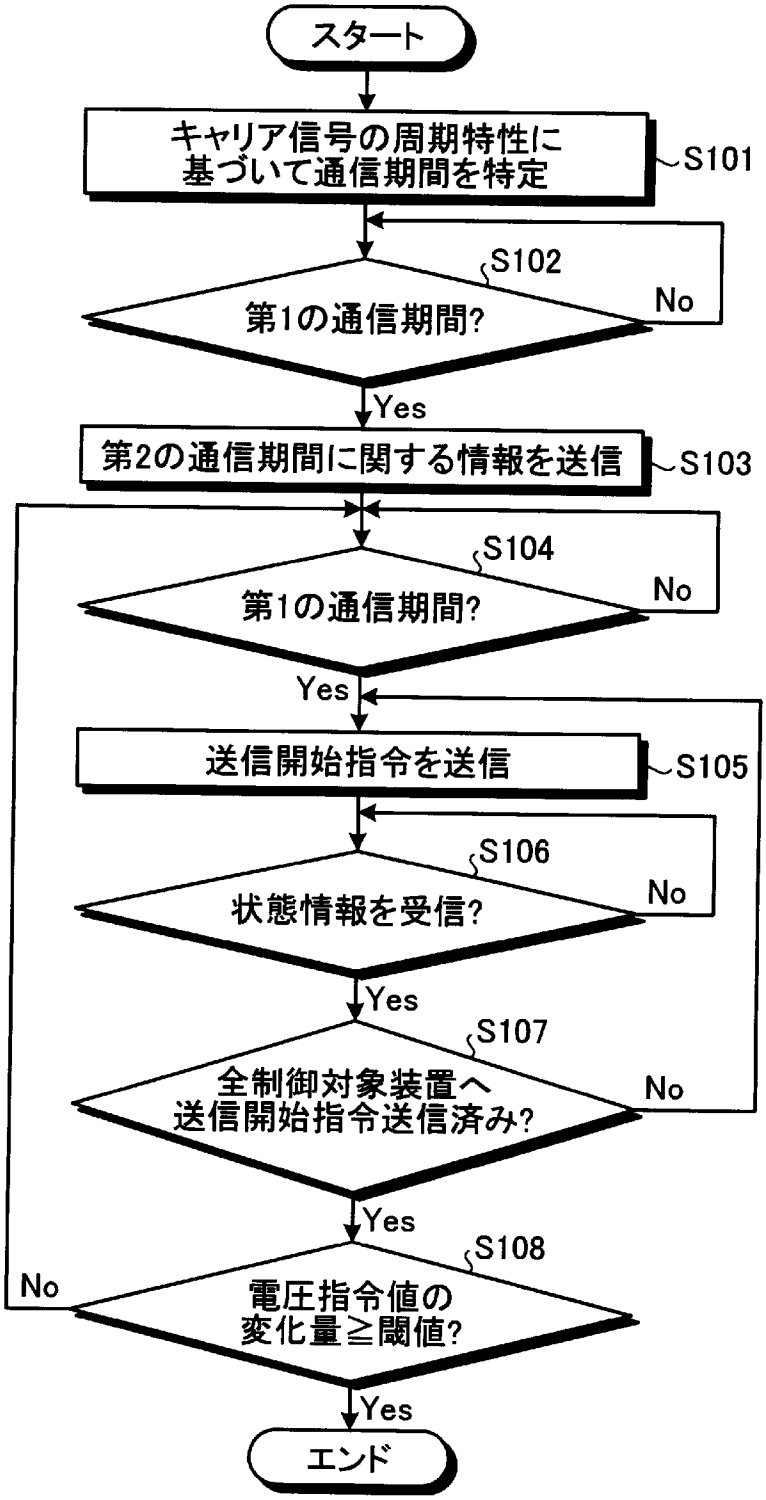
[図7]


3
51
52
モータ制御装置
第1制御対象装置
第2制御対象装置
第2の通信期間に関する情報送信
S1
S2
第2の通信期間に関する情報受信
S3
第2の通信期間に関する情報受信
S4
送信開始指令送信
S5
計時開始
S6
状態情報送信
S8
計時開始
S7
送信開始指令送信
S9
状態情報送信

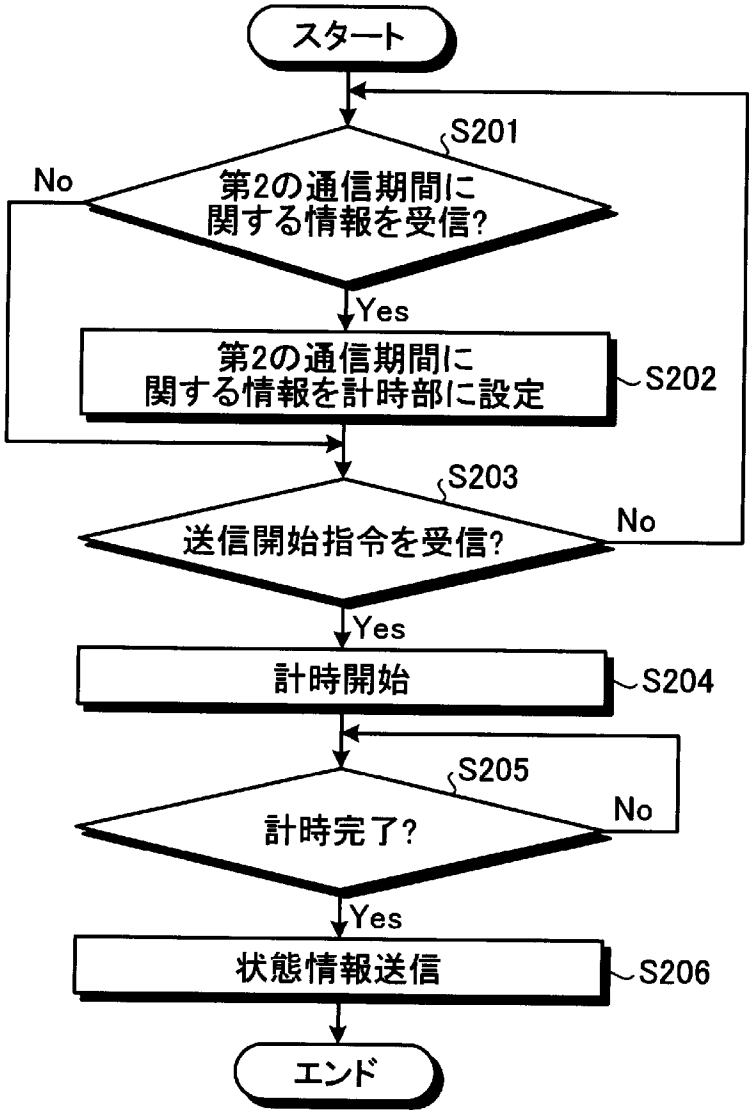
[図8]


ca
t
T0
T0
T0
T0
T0
T0
T0
T0
T0
T0
T0
T0
T0
t
t10
t11
t12
t13
t14
t15
t16
t17
t18
t19
t20
t21
t22
T4
T4
T4
T4
T4
T4

[図9]


スタート
キャリア信号の周期特性に基づいて通信期間を特定
S101
S102
第1の通信期間?
No
Yes
第2の通信期間に関する情報を送信
S103
S104
第1の通信期間?
No
Yes
送信開始指令を送信
S105
S106
状態情報を受信?
No
Yes
S107
全制御対象装置へ送信開始指令送信済み?
No
Yes
S108
電圧指令値の変化量≧閾値?
No
Yes
エンド

[図10]


スタート
S201
第2の通信期間に
関する情報を受信?
No
Yes
第2の通信期間に
関する情報を計時部に設定
S202
S203
送信開始指令を受信?
No
Yes
計時開始
S204
S205
計時完了?
No
Yes
状態情報送信
S206
エンド

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/083143

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
H02P29/00(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)
H02P29/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2014 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2014

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.
X Y	JP 2006-20374 A (Fuji Electric Holdings Co., Ltd.), 19 January 2006 (19.01.2006), claims; paragraphs [0009], [0014], [0018] to [0054]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1-5,8-10 6-7
Y	JP 2013-98959 A (National Institute of Information and Communications Technology), 20 May 2013 (20.05.2013), claims; paragraphs [0024] to [0030] (Family: none)	6-7
A	JP 5188656 B1 (Mitsubishi Electric Corp.), 24 April 2013 (24.04.2013), entire text; all drawings & WO 2013/190609 A1	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	Date of mailing of the international search report
18 February, 2014 (18.02.14)	04 March, 2014 (04.03.14)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2013/083143

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2003-189654 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 04 July 2003 (04.07.2003), paragraphs [0058] to [0070]; fig. 10 to 11 & US 2003/0128007 A1 & EP 1321838 A2 & DE 60209628 T2	1-10
A	JP 2008-125173 A (Yaskawa Electric Corp.), 29 May 2008 (29.05.2008), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２０１３／０８３１４３

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P29/00(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（ＩＰＣ））

Int.Cl.　H02P29/00

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	１９７１－２０１４年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０１４年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０１４年

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）

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
X Y	JP 2006-20374 A (富士電機ホールディングス株式会社) 2006.01.19, 特許請求の範囲,段落【0009】,【0014】,【0018】-【0054】,第1-11図（ファミリーなし）	1-5,8-10 6-7
Y	JP 2013-98959 A (独立行政法人情報通信研究機構) 2013.05.20, 特許請求の範囲,段落【0024】-【0030】（ファミリーなし）	6-7
A	JP 5188656 B1 (三菱電機株式会社) 2013.04.24, 全文,全図 & WO 2013/190609 A1	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。

＊　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	国際調査報告の発送日
１８．０２．２０１４	０４．０３．２０１４

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ）
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）　３Ｖ　９６１８
田村　耕作
電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３３５８

Ｃ（続き）．　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	JP 2003-189654 A (松下電器産業株式会社) 2003.07.04, 段落【0058】-【0070】, 第10-11図 & US 2003/0128007 A1 & EP 1321838 A2 & DE 60209628 T2	1-10
A	JP 2008-125173 A (株式会社安川電機) 2008.05.29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-10