

(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12月14日(14.12.2023)



(10) 国際公開番号

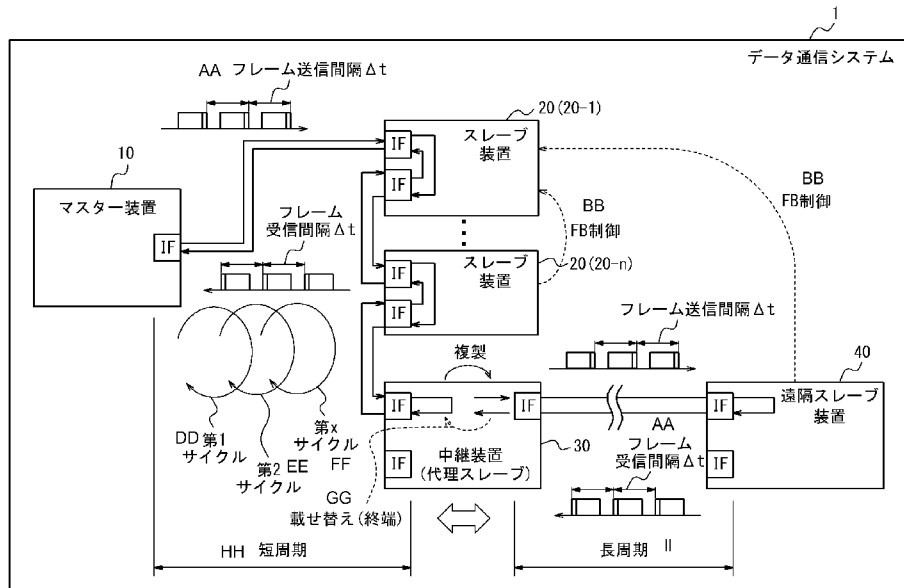
WO 2023/238501 A1

- (51) 国際特許分類:
H04L 12/28 (2006.01) H04L 12/43 (2006.01)
H04L 12/423 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/014927
- (22) 国際出願日: 2023年4月12日(12.04.2023)
- (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:
PCT/JP2022/023016 2022年6月7日(07.06.2022) JP
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 安原 夏樹 (YASUHARA Natsuki); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 吉原 慎一(YOSHIHARA Shinichi); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 川田 秀雄(KAWATA Hideo); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 阿部 広尚(ABE Hironao); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 川上 優平(KAWAKAMI Yuhei); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP). 久保 尊広(KUBO Takahiro); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 NTT知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(54) Title: DATA COMMUNICATION SYSTEM, DATA COMMUNICATION METHOD, RELAY DEVICE, RELAY METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: データ通信システム、データ通信方法、中継装置、中継方法、及びプログラム



- 1 Data communication system
- 10 Master device
- 20, (20-1), (20-n) Slave device
- 30 Relay device (proxy slave)
- 40 Remote slave device
- AA Frame transmission interval
- BB FB control
- CC Duplicate
- DD First cycle
- EE Second cycle
- FF x-th cycle
- GG Transfer (terminal)
- HH Short period
- II Long period

(57) Abstract: A data communication system (1) comprises: a master device that transmits a first communication frame at a first communication period to a slave device (20) or a relay device (30); a slave device (20) that performs reading and writing of data and transmits the first communication frame to the master device or to a lower-tier device; a relay device (30) that creates a second communication frame which is a duplication of the received first communication frame, that performs calibration with an absolute time in a differing communication period, that transmits the second communication frame at a second communication period to a remote slave device (40), that transfers, to the first communication frame, data written to the second communication frame received by the remote slave device (40) at the second communication period, and that transmits to the master device (10) or the slave device (20) at the first communication period; and a remote

〒1808585 東京都武蔵野市緑町三丁目9番11号 N T T 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉 村 憲 司 (SUGIMURA Kenji);
〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1号 霞が関コモンゲート西館36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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

slave device (40) that returns to the relay device (30) the second communication frame in which reading and writing of data has been performed.

(57) 要約: データ通信システム(1)は、第1の通信周期で、第1の通信フレームをスレーブ装置(20)又は中継装置(30)に送信するマスター装置と、データの読み取り及び書き込みを行い、マスター装置又は下段の装置に第1の通信フレームを送信するスレーブ装置(20)と、受信した第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成し、異なる通信周期上の絶対時刻との合わせこみを行い、第2の通信周期で第2の通信フレームを遠隔スレーブ装置(40)に送信し、遠隔スレーブ装置(40)より第2の通信周期で受信した第2の通信フレームに書き込まれたデータを第1の通信フレームに載せ替えて、第1の通信周期でマスター装置(10)又はスレーブ装置(20)へ送信する中継装置(30)と、中継装置(30)にデータの読み取り及び書き込みを行った第2の通信フレームを返送する遠隔スレーブ装置(40)と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

データ通信システム、データ通信方法、中継装置、中継方法、及びプログラム

技術分野

[0001] 本開示は、E t h e r C A T（登録商標）通信における、マスター・スレーブ間のデータ通信距離を長延化する、データ通信システム、データ通信方法、中継装置、中継方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 図19は、E t h e r C A T通信におけるデータの送受信を説明するブロック図である。図19に示すように、E t h e r C A Tの通信フレームは、システム全体を制御するマスター装置M-1から送信され、スレーブ装置S-1～S-Nの全てを、接続された順番で通過し、終端のスレーブ装置S-Nに到着すると、往路を逆行して再びマスター装置M-1へ帰還する。

[0003] E t h e r C A Tは、通信フレームの送信から帰還までの時間差を計測し、マスタクロックからの補正により、時刻同期通信を行うことができる。すなわち、マスター装置が通信フレームに時刻を書き込み、各スレーブ装置が該時刻を読み込んで自ノードとマスター装置との間の時間遅延を計算することにより、時刻同期が行われる。

[0004] E t h e r C A Tの通信フレームのデータ部には、各スレーブ装置における処理データがまとめて格納（データパッキング）されている。スレーブ装置は、該通信フレームが自ノードを通過する際に、処理データを送受信（オンザフライ読み取り書き込み）する通信方式を採用しており、短い周期で処理データを伝送することにより、リアルタイム性（低遅延）を実現している。

[0005] E t h e r C A T通信は、マスター装置から順番にスレーブ装置の全てを一方向で通過し、最初の通過において処理データの読み取り及び書き込みを

行い、2回目の通過時（帰還時）には処理を行わない。そのため、スレーブ装置間の通信は、通信フレームの送受信を2サイクル繰り返すことにより実現する必要があった。本開示において、スレーブ装置間の通信を、フィードバック通信又はF B通信ともいう。スレーブ装置間の通信は、フィードバック（F B）制御通信に代表される。F B制御とは、出力の信号を入力側に送り返すことにより、出力が適切な目標値または基準値になるように制御することをいう。図19に示すように、マスター装置M-1は、第1サイクル及び第2サイクルの2回のサイクルで、通信フレームをスレーブ装置S-1へ送信している。

[0006] 非特許文献1には、E t h e r C A T技術の概要が記載されている。

先行技術文献

非特許文献

[0007] 非特許文献1：「E t h e r C A T-イーサネットフィールドバス」、E t h e r C A T T e c h o n o l o g y G r o u p、[o n l i n e]、[2022年5月17日検索]、インターネット<URL : https://www.ethercat.org/download/documents/ETG_Brochure_JP.pdf>

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0008] 図20は、E t h e r C A TにおけるF B（フィードバック）制御通信を説明するブロック図である。図20に示すように、E t h e r C A T通信においては、マスター・スレーブ間の周期通信を一方向で行うため、F B（フィードバック）制御通信に代表されるようなスレーブ装置間の通信は、第1サイクル及び第2サイクルの2サイクルのデータ送受信を行うことにより実現されていた。そのため、F B通信遅延は、マスター・スレーブ間の通信距離に依存し、通信時間の短い短周期のF B通信と通信時間の長い長周期のF B通信とをE t h e r C A Tシステム上に、混在させることはできなかった。本開示において、短周期で行われるデータ通信を短周期通信、長周期で行

われるデータ通信を長周期通信ともいう。

[0009] 図20に示すように、マスター装置M-1は、スレーブ装置S-1及びS-2との間で、短周期通信を行う。第1サイクルで、スレーブ装置S-2によりS-1へのFB制御を行う旨のデータが書き込まれると、帰還した通信フレーム内のデータを読み取ったマスター装置M-1は、第2サイクルでスレーブ装置S-1宛に該データが書き込まれた通信フレームを送信する。一方、図20に示すように、スレーブ装置S-3が長周期通信の必要な遠隔地へ移動すると、マスター装置M-1は、スレーブ装置S-3との間で、短周期通信を行うことができなくなる。このため、エッジコンピューティングの様に、遠隔制御対象とは別に、低遅延が必要な処理部分を、短周期の応答が必要なマスター装置の近くに設置する場合には、別ノードにより通信距離に応じた新たなマスター・スレーブシステムを追加で構築するしかなく、同一ノードでの経済的な対応が課題となっていた。

[0010] 図21は、マスター装置同士のIP通信により、データ通信の長延化を実現する公知技術の例を示すブロック図である。図21に示すように、マスター装置M-1と、短周期の応答が必要なスレーブ装置S-1及びS-2とから構成される短周期通信を行うマスター・スレーブシステムと、マスター装置M-2と、遠隔制御の対象となるスレーブ装置S-3とにより構成された長周期通信を行うマスター・スレーブシステムとが共存している。図21のシステムでは、マスター装置M-1は、短周期通信に収まるスレーブ装置S-1及びS-2を管理し、マスター装置M-2は、短周期通信に収まらないスレーブ装置S-3を管理し、マスター装置M-1とM-2とはIP通信を行う。図21を参照し、具体的なシステムの動作を説明する。

[0011] 図21に示すマスター・スレーブシステムでは、(i)最初に、マスター装置M-1が、第1サイクル及び第2サイクルの通信フレームを送信すると、第2サイクルにおいて、スレーブ装置S-2からS-1へのFB制御が間接的に実現される。(ii)つぎに、第3サイクルにおいて、マスター装置M-2が、長周期通信の圏内に設置されたスレーブ装置S-3に通信フレー

ムを送信し、該通信フレームを読み取ったスレーブ装置S-3は、スレーブ装置S-1へのFB制御を行うデータを書き込んで、マスター装置M-2へ返送する。(iii)第4サイクルにおいて、マスター装置M-2とM-1とがIP通信を行い、マスター装置M-2からM-1へスレーブ装置S-3により書き込まれたデータが転送される。(iv)第5サイクルにおいて、マスター装置M-1が、スレーブ装置S-3により書き込まれたデータを含む通信フレームを送信し、スレーブ装置S-1が通信フレーム内のデータを読み取ると、スレーブ装置S-3からS-1へのFB制御が実現される。しかし、図21に示すマスター・スレーブシステムによると、短周期の数サイクルに1回の頻度でしかスレーブ装置S-3からのFB制御ができないという課題がある。さらに、マスター装置M-2とスレーブ装置S-3とによる新たなマスター・スレーブシステムを追加で構築する必要があり、経済的な対応が課題となっていた。

[0012] 図22は、スレーブ装置同士をつなぐブリッジ通信により、データ通信の長延化を実現する公知技術の例を示すブロック図である。図22に示すように、マスター装置M-1と短周期の応答が必要なスレーブ装置S-1及びS-2とから構成される短周期通信を行うマスター・スレーブシステムと、マスター装置M-2、と遠隔制御の対象となるスレーブ装置S-3と、ブリッジ装置B-1内のマスター装置M-2側のスレーブ装置と、により構成された長周期通信を行うマスター・スレーブシステムとが共存しており、ブリッジ装置B-1内のマスター装置M-1側のスレーブ装置と、マスター装置M-2側のスレーブ装置との間でブリッジ通信が行われる。図22を参照し、具体的なシステムの動作を説明する。

[0013] 図22に示すマスター・スレーブシステムでは、(i)最初に、マスター装置M-1が、第1サイクル及び第2サイクルで通信フレームを送信すると、第2サイクルにおいて、スレーブ装置S-2からS-1へのFB制御が間接的に行われる。(ii)つぎに、第3サイクルにおいて、マスター装置M-2が、長周期通信の圏内に設置されたスレーブ装置S-3へ通信フレーム

を送信し、該通信フレームを読み取ったスレーブ装置S-3は、通信フレームにデータを書き込んで、マスター装置M-2へ返送する。(iii)第4サイクルにおいて、マスター装置M-1により送信された通信フレームが終端に設置されたブリッジ装置B-1に到達すると、ブリッジ装置B-1は、マスター装置M-1により送信された通信フレームに含まれるデータと同じ内容のデータを、マスター装置M-2と、スレーブ装置S-3と、ブリッジ装置B-1内のマスター装置M-2側のスレーブ装置とで構成されるマスター・スレーブシステムで循環する通信フレームに載せ替えて、スレーブ装置S-3へ送信する。そして、スレーブ装置S-3から返送された通信フレーム内のデータは、ブリッジ装置B-1内のマスター装置M-1と、スレーブ装置S-1と、スレーブ装置S-2と、ブリッジ装置B-1内のマスター装置M-1側のスレーブ装置とで構成されるマスター・スレーブシステムで循環する通信フレームに載せ替えられて、マスター装置M-1へ返送される。

(iv)第5サイクルにおいて、マスター装置M-1が、スレーブ装置S-3により書き込まれたデータを含む通信フレームを送信することにより、スレーブ装置S-3からS-1へのFB制御が間接的に行われる。しかし、図22に示すマスター・スレーブシステムによっても、短周期の数サイクルに1回の頻度でしかスレーブ装置S-3からのFB制御ができないという課題がある。さらに、新たなマスター・スレーブシステムを追加で構築する必要があり、経済的な対応が課題となっていた。

[0014] 図23は、スレーブ装置の構成例を示すブロック図である。図23に示すように、スレーブ装置は、データの入出力を担当する入出力部と、自ノード宛のデータの読み取り及び書き込み等を行うスレーブコントローラと、デバイスとの通信を行うデバイスコントローラとを備える。

[0015] 図24は、ブリッジ装置の構成例を示すブロック図である。図24に示すように、ブリッジ装置は、短周期通信側でデータの入出力を担当する入出力部及び自ノード宛のデータの読み取り及び書き込み等を行うスレーブコントローラと、長周期通信側でデータの入出力を担当する入出力部及び自ノード

ド宛のデータの読み取り及び書き込み等を行うスレーブ コントローラと、短周期通信の通信フレームに格納されるデータと同じ内容のデータを、長周期通信の通信フレームに載せ替えるとともに、長周期通信の通信フレームに格納されるデータと同じ内容のデータを、短周期通信のフレームに載せ替えるブリッジと、を備える。

[0016] かかる事情に鑑みてなされた本開示の目的は、中継装置（代理スレーブ）を設けることにより、新たに長周期通信を行うマスター・スレーブシステムを追加することなく、マスター装置とスレーブ装置との間のデータ通信距離を長延化するデータ通信システム、データ通信方法、中継装置、中継方法、及びプログラムを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0017] 上記課題を解決するため、本実施形態に係るデータ通信システムは、Ethernet CAT通信における通信距離を長延化するデータ通信システムであって、第1の通信周期で、データが格納された第1の通信フレームをスレーブ装置又は中継装置に送信するマスター装置と、前記第1の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記マスター装置、下段のスレーブ装置又は前記中継装置に前記第1の通信フレームを送信する前記スレーブ装置と、前記スレーブ装置の前段又は後段に接続され、前記マスター装置又は前記スレーブ装置より受信した前記第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成し、前記第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記第1の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、前記第2の通信周期で前記第2の通信フレームを前記遠隔スレーブ装置に送信し、前記遠隔スレーブ装置より前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期で前記マスター装置又は前記スレーブ装置へ送信する前記中継装置と、前記中継装置より受信した前記第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記中継装置に前記第2の通信フレ

ームを返送する、前記遠隔スレーブ装置と、を備える。

[0018] 上記課題を解決するため、本実施形態に係るデータ通信方法は、Ethernet通信における通信距離を長延化するデータ通信方法であって、マスター装置により、第1の通信周期で、データが格納された第1の通信フレームをスレーブ装置又は中継装置に送信するステップと、前記スレーブ装置により、前記第1の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行うステップと、前記スレーブ装置により、前記マスター装置、後段のスレーブ装置又は前記中継装置に前記第1の通信フレームを送信するステップと、前記中継装置により、前記マスター装置又は前記スレーブ装置より受信した前記第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成するステップと、前記中継装置により、前記第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行うステップと、前記中継装置により、前記第1の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行うステップと、前記中継装置により、前記第2の通信周期で前記第2の通信フレームを前記遠隔スレーブ装置に送信するステップと、前記遠隔スレーブ装置により、前記中継装置より受信した前記第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行うステップと、前記遠隔スレーブ装置により、前記中継装置に前記第2の通信フレームを返送するステップと、前記中継装置により、前記遠隔スレーブ装置より前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを、前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期で前記マスター装置又は前記スレーブ装置へ送信するステップと、を実行する。

[0019] 上記課題を解決するため、本実施形態に係る中継装置は、Ethernet通信において異なる通信周期の通信間を中継する中継装置であって、受信した第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成する複製部と、前記第2の通信フレームに格納されたデータの読み取り及び書き込みを行い、第1の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、前記遠隔スレーブ装置より

前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期でマスター装置又はスレーブ装置へ送信する第1制御部と、を備える。

[0020] 上記課題を解決するため、本実施形態に係るプログラムは、コンピュータを、上記中継装置として機能させる。

発明の効果

[0021] 本開示によれば、新たに長周期通信を行うマスター・スレーブシステムの追加が不要となるため、システムトータルでの装置コスト（イニシャルコスト、ランニングコスト）を低減することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]第1の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図2]第1の実施形態に係る中継装置の構成例を示すブロック図である。

[図3]第1の実施形態に係るデータ通信システムが実行するデータ通信方法の一例を示すフローチャートである。

[図4]第1の実施形態に係る中継装置が実行する中継方法の一例を示すフローチャートである。

[図5]第2の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図6]第2の実施形態に係る中継装置の構成例を示すブロック図である。

[図7]第2の実施形態に係るスレーブ管理部が管理するデータベースを示す図である。

[図8]第3の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図9]第3の実施形態に係る中継装置の構成例を示すブロック図である。

[図10]第3の実施形態に係るスレーブ管理部が管理するデータベースを示す図である。

[図11]第4の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図

である。

[図12]第5の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図13]E t h e r C A Tと、時刻同期通信が可能な通信ネットワークとの間で、通信プロトコルを変換する変換装置を説明する図である。

[図14]一対の変換装置の構成例を示すブロック図である。

[図15]第6の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図16]第7の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図17]第8の実施形態に係るデータ通信システムの構成例を示すブロック図である。

[図18]中継装置として機能するコンピュータの概略構成を示すブロック図である。

[図19]E t h e r C A T通信におけるデータの送受信を説明するブロック図である。

[図20]E t h e r C A TにおけるF B制御通信を説明するブロック図である。

[図21]マスター装置同士のI P通信により、通信距離の長延化を実現する公知技術の例を示すブロック図である。

[図22]スレーブ装置同士をつなぐブリッジ通信により、通信距離の長延化を実現する公知技術の例を示すブロック図である。

[図23]スレーブ装置の構成例を示すブロック図である。

[図24]ブリッジ装置の構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0023] 以下、本開示を実施するための形態が、図面を参照しながら詳細に説明される。本開示は、以下の実施形態に限定されるものではなく、その要旨の範囲内で種々変形して実施することができる。

[0024] (第1の実施形態)

＜データ通信システム＞

図1は、第1の実施形態に係るデータ通信システム1の構成例を示すブロック図である。図1に示すように、データ通信システム1は、マスター装置10と、スレーブ装置20(20-1~20-n)と、中継装置30と、遠隔スレーブ装置40と、を備える。スレーブ装置20(20-1~20-n)は、1以上のスレーブ装置により構成することができる。遠隔スレーブ装置40と、スレーブ装置20とは同一の機能を有する。また、遠隔スレーブ装置40は、1以上設置可能であるため、遠隔スレーブ装置40-1~40-mとも表記する。データ通信システム1は、Ethernet通信におけるマスター装置とスレーブ装置との間の通信距離を長延化する。

[0025] マスター装置10は、第1の通信周期で、データが格納された第1の通信フレームをスレーブ装置20(20-1~20-n)又は中継装置30に送信する。本開示において、第1の通信周期とは、短周期、すなわち、マスター装置10の出力部(IF)から送信された第1の通信フレームが、スレーブ装置20等を経由してマスター装置10の入力部(IF)で受信されるまでの時間をいう。第1の通信フレームとは、マスター装置10が、スレーブ装置20(20-1~20-n)に送信する通信フレームをいう。マスター装置10は、第1サイクル、第2サイクル、・・・、第Xサイクルを開始するにあたり、第1の通信フレームをスレーブ装置20(20-1~20-n)の最上位のスレーブ装置20-1へ送信する。

[0026] 図1に示すように、マスター装置10は、第1の通信フレームの送信を複数サイクル(第1サイクル、第2サイクル、・・・、第Xサイクル)繰り返して行う。上述したように、Ethernet通信は、マスター装置10から順番にスレーブ装置20の全てを一方向で通過し、最初の通過において処理データの読み取り及び書き込みを行い、2回目の通過時(帰還時)には処理を行わない。このため、スレーブ装置20の任意のスレーブ装置間の通信は、第2サイクルにおいて、すなわち通信フレームの送信を少なくとも2サイ

クル繰り返すことにより、実現される。一方、後述する長周期通信を行う遠隔スレーブ装置40と、短周期通信を行う複数のスレーブ装置20との間で通信を行うためには、Xサイクルが必要となる。Xサイクルが必要な理由は、長周期通信を行う中継装置30と遠隔スレーブ装置40との間の1回の周期通信（データ送受信）に費やされる時間は通信距離に依存するため、その間にマスター装置10が通信フレームを何サイクル回せるか特定できないからである。このため、遠隔スレーブ装置40と複数のスレーブ装置20の任意のスレーブ装置と間の通信は、第Xサイクルにおいて、実現されとした。なお、遠隔スレーブ装置40からの情報をもとにしたFB制御の初回までにはXサイクルかかるものの、それ以降は短周期サイクルにより遠隔スレーブ装置40の情報をもとにしたFB制御が可能となる。

[0027] スレーブ装置20は、1以上のスレーブ装置20-1～20-nが接続されて構成される。スレーブ装置20は、マスター装置10又は中継装置30から送信された第1の通信フレームを受信すると、第1の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、マスター装置10、下段のスレーブ装置20又は中継装置30に第1の通信フレームを送信する。

[0028] 中継装置（代理スレーブともいう。）30は、スレーブ装置20（20-1～20-n）の前段又は後段に接続されている。中継装置30は、（i）マスター装置10又はスレーブ装置20より受信した第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成し、（i i）第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、（i i i）第1の通信周期上の中継装置30の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置40の絶対時刻との合わせこみを行い、（i v）第2の通信周期で第2の通信フレームを遠隔スレーブ装置40に送信し、（v）遠隔スレーブ装置40から第2の通信周期で受信した第2の通信フレームに書き込まれたデータを、第1の通信フレームに載せ替えて、第1の通信周期でマスター装置10へ返送する。本開示において、第2の通信周期とは、長周期、すなわち、中継装置30の遠隔スレーブ装置40側のスレーブ装置の出力部（IF）から送信された第2

の通信フレームが、遠隔スレーブ装置40を経由して、中継装置30の遠隔スレーブ装置40側のスレーブ装置の出力部（I/F）で受信されるまでの時間をいう。第2の通信フレームとは、中継装置30が第1の通信フレームを複製して作成した通信フレームをいう。中継装置30は、第1の通信周期よりも長周期にあたる第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置40の絶対時刻を第1の通信周期上の中継装置30の絶対時刻に補正してマスター装置10へ送信することにより、第1の通信周期上の中継装置30の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置40絶対時刻の合わせこみを実施する。絶対時刻の合わせこみを行うことにより、中継装置30は、第1の通信周期と第2の通信周期との間で通信を中継することができる。中継装置30は、第2の通信周期で通信できる圏内に設置された遠隔スレーブ装置40に、データを格納した第2の通信フレームを送信する。

[0029] 遠隔スレーブ装置40（40-1～40-m）は、中継装置30より受信した第2の通信フレームに対して、データの読み取り及び書き込みを行い、中継装置30にデータの読み取り及び書き込みが完了した第2の通信フレームを返送する。遠隔スレーブ装置40（40-1～40-m）は、第1の通信周期で通信を行うことができない遠隔地に設置されており、中継装置30と、第1の通信周期よりも長周期である第2の通信周期で通信を行う。遠隔スレーブ装置40（40-1～40-m）と、複数のスレーブ装置20（20-1～20-n）のそれぞれのスレーブ装置は同一の機能を有する。

[0030] <中継装置>

図2は、第1の実施形態に係る中継装置30の構成例を示すブロック図である。図2に示すように、中継装置30は、入出力部31（31-1～31-3）と、複製部32と、第1制御部33と、第2制御部34と、を備える。中継装置30は、Ethernet通信において異なる通信周期間の通信を中継する。中継装置30は、図22に示す従来のスレーブ装置、あるいは図23に示す従来のブリッジ装置のブロック図と比較すると、複製部（Repeater）32を有することが顕著な違いである。本開示において、中

継装置 30 は、複数のスレーブ装置 20 の後段に接続されているものとして説明を行うが、中継装置 30 は、マスター装置 10 及びマスター装置 10 に接続される複数のスレーブ装置 20 との間で短周期通信ができる圏内に配置されれば良く、スレーブ装置 20 の前段に配置されてもよいし、後段に配置されてもよい。複製部 32 と、第 1 制御部 33 と、第 2 制御部 34 とにより制御演算回路（コントローラ）50 が構成される。制御演算回路 50 は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field-Programmable Gate Array) 等の専用のハードウェアによって構成されてもよいし、プロセッサによって構成されてもよいし、双方を含んで構成されてもよい。

[0031] 入出力部 31（31-1～31-3）は、マスター装置 10、スレーブ装置 20、又は遠隔スレーブ装置 40 との間で第 1 の通信フレームあるいは第 2 の通信フレームの入出力を担当する。入出力部 31（31-1～31-3）は、インターネット・フレーム（通信フレーム）を送受信するための物理層トランシーバー・デバイス（ETHERPHY）により構成される。

[0032] 複製部 32 は、受信した第 1 の通信フレーム a を複製した第 2 の通信フレーム b を作成する。複製部 32 は、第 1 の通信フレーム a 及び複製された第 2 の通信フレーム b を第 1 制御部へ出力する。

[0033] 第 1 制御部 33 は、（i）第 2 の通信フレーム b に格納されたデータの読み取り及び書き込みを行い、（ii）第 1 の通信周期上の中継装置 30 の絶対時刻と第 2 の通信周期上の遠隔スレーブ装置 40 の絶対時刻との合わせこみを行い、（iii）第 2 の通信フレーム b を後段の第 2 制御部 34 へ出力する。さらに（iv）第 1 制御部 33 は、第 2 制御部 34 が遠隔スレーブ装置 40 から第 2 の通信周期で受信した第 2 の通信フレーム b に記載されたデータ dr を受け取ってメモリー 33A に格納し、（v）複製部 32 より受信した第 1 の通信フレーム a にデータ dr を載せ替える。（vi）そして、第 1 制御部 33 は、データ dr が書き込まれた第 1 の通信フレーム a を入出力部 31-2 へ送出して、第 1 の通信周期でマスター装置 10 又はスレーブ装置 20 へ送信する。

- [0034] 第2制御部34は、第1の通信周期でデータの送受信を行うスレーブ装置20に代わり、第2の通信周期で、入出力部31-2経由で後段の遠隔スレーブ装置40との間で、第2の通信フレームbの送受信を行う。第2制御部34は、外部デバイスである遠隔スレーブ装置40との間の処理を統括する。そして、第2制御部34は、遠隔スレーブ装置40から第2の通信フレームbを受信すると、第2の通信フレームbに書き込まれたデータdrを第1制御部33に送出し、第2の通信フレームbを終端（廃棄）する。
- [0035] 図3は、第1の実施形態に係るデータ通信システム1が実行するデータ通信方法の一例を示すフローチャートである。なお、以下のステップS101～ステップS113は、通信フレームの送信サイクル（第1サイクル、第2サイクル、・・・、又は第Xサイクル）のそれぞれのサイクルにおいて、データ通信システム1が実行するデータ通信方法である。
- [0036] ステップS101では、マスター装置10が、最上位のスレーブ装置20-1又は中継装置30へ、第1の通信フレーム送信する。
- [0037] ステップS102では、マスター装置10から第1の通信フレームを受信した装置が、中継装置30であるか否かを判断する。該装置が、中継装置30である場合、ステップS103へ進む。該装置が、スレーブ装置20である場合、ステップS109へ進む。
- [0038] ステップS103では、中継装置30が、受信した第1の通信フレームを複製して第2の通信フレームを作成する。
- [0039] ステップS104では、中継装置30が、第1の通信周期上の中継装置30の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置40の絶対時刻との合わせこみを行う。
- [0040] ステップS105では、中継装置30が、廃棄フレーム管理用に第2の通信フレームを記憶して、第2の通信フレームを第2制御部34経由で遠隔スレーブ装置40に送信する。
- [0041] ステップS106では、遠隔スレーブ装置40が、第2の通信フレームに格納されたデータ読み取り及び第2通信フレームに格納されたデータへの書

き込みを行う。

- [0042] ステップS 1 0 7では、中継装置3 0が、第2の通信フレームに書き込まれたデータd r（内容）を第1の通信フレームの送信周期に時刻を合わせ込んでメモリー3 3 Aに書き込みを行う。
- [0043] ステップS 1 0 8では、中継装置3 0が、第2の通信フレームを廃棄し、廃棄フレーム管理用情報を更新する。
- [0044] ステップS 1 0 9では、スレーブ装置2 0が、第1の通信フレームに格納されたデータの読み取り及び第1の通信フレームに格納されたデータへの書き込みを行い、中継装置3 0が、メモリー3 3 Aに書き込まれたデータd rを第1の通信フレームにオンザフライで書き込む。
- [0045] ステップS 1 1 0では、スレーブ装置2 0又は中継装置3 0が、終端（最下段）装置であるか否かを判断する。終端装置である場合、ステップS 1 1 1へ進む。該装置が、終端装置でない場合、ステップS 1 1 2へ進む。
- [0046] ステップS 1 1 1では、スレーブ装置2 0又は中継装置3 0が、第1の通信フレームをマスター装置1 0へ返信する。
- [0047] ステップS 1 1 2では、スレーブ装置2 0又は中継装置3 0が、第1の通信フレームを下段の装置へ送信する。
- [0048] ステップS 1 1 3では、マスター装置1 0が、返送された第1の通信フレームを読み取り、E t h e r C A T通信が終了か否かを判断する。E t h e r C A T通信が終了していないと判断した場合、ステップS 1 0 1へ戻り、E t h e r C A T通信が終了したと判断した場合、周期通信を終了する。
- [0049] 図4は、第1の実施形態に係る中継装置3 0が実行する中継方法の一例を示すフローチャートである。図4のフローチャートは、図3のフローチャートのうち、ステップS 1 0 3からステップS 1 0 9に記載された中継装置3 0が実行する主要な中継方法をより具体的に説明したものである。
- [0050] ステップS 2 0 1では、中継装置3 0の複製部3 2が、受信した第1の通信フレームを複製して第2の通信フレームを作成する。
- [0051] ステップS 2 0 2では、中継装置3 0の第1制御部3 3が、第1の通信周

期上の中継装置 30 の絶対時刻と第 2 の通信周期上の遠隔スレーブ装置 40 の絶対時刻との合わせこみを行う。

[0052] ステップ S 203 では、中継装置 30 の第 1 制御部 33 が、廃棄フレーム管理用に第 2 の通信フレームを記憶して、第 2 の通信フレームを第 2 制御部 34 経由で遠隔スレーブ装置 40 に送信する。

[0053] ステップ S 204 では、中継装置 30 の第 2 制御部 34 が、遠隔スレーブ装置 40 から送信された第 2 の通信フレームを受信する。

[0054] ステップ S 205 では、中継装置 30 の第 1 制御部 33 が、第 2 の通信フレームに書き込まれたデータ d_r (内容) を第 1 の通信フレームの送信周期に時刻を合わせこんでメモリー 33A に書き込む。

[0055] ステップ S 206 では、中継装置 30 の第 1 制御部 33 が、第 2 の通信フレームを廃棄し、廃棄フレーム管理情報を更新する。

[0056] ステップ S 207 では、中継装置 30 の第 1 制御部 33 が、メモリー 33A に書き込まれたデータ d_r を第 1 の通信フレームにオンザフライで書き込む。

[0057] 第 1 の実施形態に係るデータ通信システム 1 によれば、新たに長周期通信を行うマスター・スレーブシステムの追加が不要となるため、システムトータルでの装置コスト (イニシャルコスト、ランニングコスト) を低減することができる。また、遠隔スレーブ装置 40 からの情報をもとにした F B 制御の初回までには X サイクルかかるものの、それ以降は短周期サイクルにより遠隔スレーブ装置 40 の情報をもとにした F B 制御が可能となる。

[0058] (第 2 の実施形態)

<データ通信システム>

図 5 は、第 2 の実施形態に係るデータ通信システム 1A の構成例を示すブロック図である。図 5 に示すように、データ通信システム 1A は、マスター装置 10 と、スレーブ装置 20 (20-1 ~ 20-n) と、中継装置 30A と、遠隔スレーブ装置 40 (40-1 ~ 40-m) と、を備える。遠隔スレーブ装置 40 は、1 以上設置可能であるため、遠隔スレーブ装置 40-1 ~

40-mとも表記する。本実施形態に係るデータ通信システム1Aは、第1の実施形態に係るデータ通信システム1と比較して、1台の中継装置30Aが、相互に短周期通信可能な圏内（図5におけるスレーブ設置場所SL）に設置された2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mとの間でデータ通信を中継する点が相違する。第1の実施形態と同一の構成については、第1の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。

[0059] <中継装置>

図6は、第2の実施形態に係る中継装置30Aの構成例を示すブロック図である。図6に示すように、中継装置30Aは、入出力部31（31-1～31-3）と、複製部32と、第1制御部33と、第2制御部34と、スレーブ管理部35と、メモリー管理部36とを備える。本実施形態に係る中継装置30Aは、第1の実施形態に係る中継装置30と比較して、スレーブ管理部35及びメモリー管理部36を更に備える点が相違する。第1の実施形態と同一の構成については、第1の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。複製部32と、第1制御部33と、第2制御部34と、スレーブ管理部35と、メモリー管理部36とにより制御演算回路（コントローラ）50Aが構成される。制御演算回路50Aは、ASIC、FPGA等の専用のハードウェアによって構成されてもよいし、プロセッサによって構成されてもよいし、双方を含んで構成されてもよい。

[0060] スレーブ管理部35は、2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mに接続され、2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mのそれぞれに割り当てるメモリー33A上のメモリー使用位置を管理する。図7は、スレーブ管理部35が管理するデータベースを示す図である。図7に示すように、例えば遠隔スレーブ装置40-1及び40-2の2台が設置されている場合において、それぞれの管理番号、遠隔スレーブ装置40の識別番号、およびメモリー使用位置を管理しているが、管理するデータはこれらに限られない。たとえば、スレーブ管理部35は、かかるデータベースを自身が備える記憶領域に記憶していてもよいが、これに限られない。スレーブ管理部35

は、2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mのそれぞれに割り当てるメモリー33A上のメモリー使用位置を、メモリー管理部36へ送信する。

[0061] メモリー管理部36は、2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mのそれぞれに割り当てられたメモリー使用位置をスレーブ管理部35より受信する。メモリー管理部36は、第1制御部33に対し、メモリー33A上のメモリー使用位置で、2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mのそれぞれから受信したデータの書き込み及び読み取りを行うように、指示を行う。第1制御部33は、例えば遠隔スレーブ装置40-1によって第2の通信フレームに書き込まれたデータdrを、遠隔スレーブ装置40-1に割り当てられたメモリー33A上のメモリー使用位置に書き込む。さらに、第1制御部33は、データdrをメモリー33Aから読み取り、第1の通信フレームに載せ替えて送信する。

[0062] 第2の実施形態に係るデータ通信システム1Aによれば、中継装置30Aがスレーブ管理部35及びメモリー管理部36を備える。これにより、中継装置30Aの制御対象の遠隔スレーブ装置40-1の設置場所（スレーブ設置場所SL）において、2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mが接続されている場合であっても、マスター装置10は、2台以上の遠隔スレーブ装置40-1～40-mとの間でEthernet通信をすることが可能となる。

[0063] （第3の実施形態）

<データ通信システム>

図8は、第3の実施形態に係るデータ通信システム1Bの構成例を示すブロック図である。図8に示すように、データ通信システム1Bは、マスター装置10と、スレーブ装置20（20-1～20-n）と、中継装置30Bと、遠隔スレーブ装置40（40-1, 40-2）と、を備える。本実施形態に係るデータ通信システム1Bは、第2の実施形態に係るデータ通信システム1Aと比較して、1台の中継装置30Bが、相互に短周期通信をすること

が出来ない場所（図8におけるスレーブ設置場所SL1及びSL2）に設置された2台の遠隔スレーブ装置40-1, 40-2のそれぞれとの間でデータ通信を中継する点が相違する。図8では、遠隔スレーブ装置40-1及び40-2の2台が、それぞれスレーブ設置場所SL1及びSL2に設置された例を示すが、3台以上の遠隔スレーブ装置40（40-1～40-m）が、相互に短周期通信をすることが出来ない場所（スレーブ設置場所SL1～SLm）に設置されていてもよい。第2の実施形態と同一の構成については、第2の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。

[0064] <中継装置>

図9は、第3の実施形態に係る中継装置30Bの構成例を示すブロック図である。図9に示すように、中継装置30Bは、入出力部31-1, 31-2（31-2-1～31-2-m）, 31-3と、複製部32と、第1制御部33と、第2制御部34と、スレーブ管理部35と、メモリー管理部36と、同報送信部37とを備える。本実施形態に係る中継装置30Bは、第1の実施形態に係る中継装置30Aと比較して、複数の入出力部31-2（31-2-1～31-2-m）と、同報送信部37とを更に備える点が相違する。第2の実施形態と同一の構成については、第2の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。複製部32と、第1制御部33と、第2制御部34と、スレーブ管理部35と、メモリー管理部36と、同報送信部37とにより制御演算回路（コントローラ）50Bが構成される。制御演算回路50Bは、ASIC、FPGA等の専用のハードウェアによって構成されてもよいし、プロセッサによって構成されてもよいし、双方を含んで構成されてもよい。

[0065] 同報送信部37は、2台以上の遠隔スレーブ装置40（40-1～40-m）のそれぞれと一対一に接続された2つ以上の入出力部31-2（31-2-1～31-2-m）と、第2制御部34より送信される第2の通信フレームbを複製し、2つ以上の入出力部31-2（31-2-1～31-2-m）のそれぞれに、第2の通信フレームbを同時に送信する。同報送信部37

は、入出力部 31-2 のそれぞれを介して送出する数分の第 2 の通信フレーム b を複製する。図 8 及び 9 に示すように、中継装置 30B は、例えば遠隔スレーブ装置 40-1 と接続される入出力部 31-2-1 と、遠隔スレーブ装置 40-2 と接続される入出力部 31-2-2 とを備える。かかる場合、同報送信部 37 は、第 2 の通信フレームを 1 つ複製し、入出力部 31-2-1 ~ 31-2-2 を介して、それぞれ遠隔スレーブ装置 40-1 及び 40-2 に同時に送信する。

[0066] 第 2 制御部 34 は、遠隔スレーブ装置 40 (40-1 ~ 40-m) から第 2 の通信フレーム b を受信すると、第 2 の通信フレーム b に書き込まれたデータ d r を第 1 制御部 33 に送出し、第 2 の通信フレーム b を終端 (廃棄) する。第 2 制御部 34 は、入出力部 31-2 の数分の第 2 の通信フレーム b を終端 (廃棄) する。

[0067] 図 10 は、第 3 の実施形態に係るスレーブ管理部 35 が管理するデータベースを示す図である。スレーブ管理部 35 は、図 10 に示すように、例えば遠隔スレーブ装置 40-1 及び 40-2 の 2 台が設置されている場合において、それぞれの管理番号、入出力部 31-2 の番号 (Port 番号)、遠隔スレーブ装置 40 の識別番号、メモリー使用位置、及び対向するスレーブ装置 20 との通信時間差 (差分時間) を管理しているが、管理するデータはこれらに限られない。

[0068] 遠隔スレーブ装置 40-1 と、40-2 とで差分時間が異なる場合、例えば遠隔スレーブ装置 40-1 及び 40-2 のそれぞれからスレーブ装置 20-1 に、F B 制御を行うために、マスター装置 10 が第 1 の通信フレームを送信するサイクル数は変わる場合がある。

[0069] 第 3 の実施形態に係るデータ通信システム 1B によれば、中継装置 30B がスレーブ管理部 35、メモリー管理部 36、及び同報送信部 37 を備えることにより、マスター装置 10 は、2 台以上の遠隔スレーブ装置 40 (40-1 ~ 40-m) が互いに異なる設置場所 (例えば図 8 におけるスレーブ設置場所 S L 1 及びスレーブ設置場所 S L 2) に設置されていても、遠隔スレー

ープ装置40-1~40-mとの間でEthernet通信をすることが可能となる。

[0070] (第4の実施形態)

＜データ通信システム＞

図11は、第4の実施形態に係るデータ通信システム1Cの構成例を示すブロック図である。図11に示すように、データ通信システム1Cは、マスター装置10と、スレーブ装置20(20-1~20-n)と、中継装置30Aと、中継装置30Bと、遠隔スレーブ装置40(40-1, 40-2)と、を備える。本実施形態に係るデータ通信システム1Cは、第3の実施形態に係るデータ通信システム1Bと比較して、中継装置30A、及び中継装置30Bの双方を備えている点が相違する。本実施形態では、中継装置30Aは、遠隔スレーブ装置40-1と接続される代わりに、中継装置30Bと接続されている点で第2の実施形態のものと異なるが、2台の遠隔スレーブ装置40-1, 40-2との間でデータ通信を中継する点では第2の実施形態のものと同一である。中継装置30Bは、マスター設置場所MLに設置される代わりに、スレーブ設置場所SL1に設置される点で第3の実施形態のものと異なるが、2台の遠隔スレーブ装置40-1, 40-2のそれぞれとの間でデータ通信を中継する点では第3の実施形態のものと同一である。ただし、本実施形態では、中継装置30Bと遠隔スレーブ装置40-1とが同じ場所に設置されているため、中継装置30Bと遠隔スレーブ装置40-1との間の通信は、第3の実施形態のような長周期通信ではなく、短周期通信になる。なお、図11では、遠隔スレーブ装置40-1及び40-2の2台が、それぞれスレーブ設置場所SL1及びSL2に設置された例を示すが、3台以上の遠隔スレーブ装置40(40-1~40-m)が、相互に短周期通信をすることが出来ない場所(スレーブ設置場所SL1~SLm)に設置されていてもよい。第3の実施形態と同一の構成については、第3の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。

[0071] 第4の実施形態に係るデータ通信システム1Cは、第2の実施形態に係る

データ通信システム 1 A と、第 3 の実施形態に係るデータ通信システム 1 B との組み合わせによる実施形態である。第 4 の実施形態に係るデータ通信システム 1 C によれば、マスター装置 1 0 は、第 2 の実施形態及び第 3 の実施形態と比較してより遠隔の設置場所に設置された 2 台以上の遠隔スレーブ装置 4 0 (4 0 - 1 ~ 4 0 - m) との間で E t h e r C A T 通信をすることが可能となる。

[0072] (第 5 の実施形態)

<データ通信システム>

図 1 2 は、第 5 の実施形態に係るデータ通信システム 1 D の構成例を示すブロック図である。図 1 2 に示すように、データ通信システム 1 D は、マスター装置 1 0 と、スレーブ装置 2 0 (2 0 - 1 ~ 2 0 - n) と、中継装置 3 0 と、遠隔スレーブ装置 4 0 と、一対の変換装置 6 0 (6 0 - 1 , 6 0 - 2) とを備える。本実施形態に係るデータ通信システム 1 D は、第 1 の実施形態に係るデータ通信システム 1 と比較して、中継装置 3 0 と遠隔スレーブ装置 4 0 との間に、一対の変換装置 6 0 (6 0 - 1 , 6 0 - 2) が接続されている点で相違する。第 1 の実施形態と同一の構成については、第 1 の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。

[0073] 図 1 2 に示すように、マスター装置 1 0 などが配置されるマスター設置場所 M L と、遠隔スレーブ装置 4 0 が配置されるスレーブ設置場所 S L の各圏内では E t h e r C A T 通信 (確定周期通信) が行われるが、両設置場所の間に T S N 2 などの E t h e r C A T とは異なるキャリアネットワークが存在すると、マスター装置 1 0 と遠隔スレーブ装置 4 0 との間で E t h e r C A T 通信が分断される。このため、中継装置 3 0 の入出力部 3 1 - 2 の後段及び遠隔スレーブ装置 4 0 の前段にネットワークの通信プロトコルを変換する一対の変換装置 6 0 を挿入することにより、マスター・スレーブ間の E t h e r C A T 通信 (確定周期通信) が確保され、当該通信が継続される。

[0074] <変換装置>

図 1 3 は、E t h e r C A T と、T S N との間で、通信プロトコルを変換

する変換装置を説明する図である。一対の変換装置60（60-1，60-2）は、中継装置30又は遠隔スレーブ装置40から第2の通信フレームを受信すると、第2の通信フレームのフレーム形式をEthernet通信のフレーム形式から時刻同期通信が可能な所定のネットワークのフレーム形式に変換して、第2の通信フレームを所定のネットワークへ送信する。さらに、一対の変換装置60（60-1，60-2）は、所定のネットワークから第2の通信フレームを受信すると、第2の通信フレームのフレーム形式を所定のネットワークのフレーム形式からEthernet通信のフレーム形式に変換して、第2の通信フレームを中継装置30又は遠隔スレーブ装置40へ送信する。所定のネットワークは、例えばTSN（Time-Sensitive Networking）などの、時刻同期通信が可能なEthernet（登録商標）の通信ネットワークであるが、TSNに限られない。TSNは、標準のEthernetを拡張する産業用ネットワークと、IT用ネットワークとを相互運用するためのネットワーク技術である。TSNは、Ethernetをベースにしながら、時刻の同期性が保証されており、リアルタイム性を担保できるネットワーク規格である。

[0075] 図14は、一対の変換装置60の構成例を示すブロック図である。図14に示すように、変換装置60-1は、第1入力部61-1と、第1フレーム読取部62と、第1通信方式変換部63と、第1送信部64と、第1出力部61-2と、第2入力部61-3と、第2フレーム読取部65と、第2通信方式変換部66と、第2送信部67と、第2出力部61-4と、サイクルタイム保持機能部68と、を備える。図14に示すように、変換装置60-1は、例えば中継装置30から受信したインターネット・フレーム（通信フレーム）を、第1入力部61-1と、第1フレーム読取部62と、第1通信方式変換部63と、第1送信部64と、第1出力部61-2とを經由してTSNへ送信する。そして、変換装置60-1は、例えばTSNから受信した通信フレームを、第2入力部61-3と、第2フレーム読取部65と、第2通信方式変換部66と、第2送信部67と、第2出力部61-4とを經由して

中継装置 30 へ送信する。変換装置 60-2 は、変換装置 60-1 と同様の機能及び構成を有するため、説明を割愛する。

[0076] 第 1 入力部 61-1 は、中継装置 30 から通信フレームを入力する入力ポートである。第 1 入力部 61-1 は、通信フレームを送受信するための物理層トランシーバー・デバイス (E t h e r P H Y) により構成される。

[0077] 第 1 フレーム読取部 62 は、中継装置 30 から、第 1 入力部 61-1 を介して、受取った通信フレームに書き込まれたデータを読み取る。第 1 フレーム読取部 62 は、当該通信フレームの時刻情報、及び通信情報をサイクルタイム保持機能部 68 へ送信する。

[0078] 第 1 通信方式変換部 63 は、E t h e r C A T から E t h e r n e t への通信プロトコルの変換を行う。通信プロトコルの変換は、中継装置 30 から受取った通信フレームを、E t h e r C A T とは通信方式の異なる、T S N 2 経由で遠隔スレーブ装置 40 へ送信するため必要となる。

[0079] 第 1 送信部 64 は、中継装置 30 から受取った通信フレームを、E t h e r n e t (T S N) の通信プロトコルによって、第 1 出力部 61-2 を介して、T S N 2 へ送信する。

[0080] 第 1 出力部 61-2 は、変換装置 60-1 から T S N 2 へ通信フレームを出力する出力ポートである。第 1 出力部 61-2 は、通信フレームを送受信するための物理層トランシーバー・デバイス (E t h e r P H Y) により構成される。

[0081] 第 2 入力部 61-3 は、T S N 2 から通信フレームを入力する入力ポートである。第 1 入力部 61-1 は、通信フレームを送受信するための物理層トランシーバー・デバイス (E t h e r P H Y) により構成される。

[0082] 第 2 フレーム読取部 65 は、T S N 2 から、第 2 入力部 61-3 を介して、受取った通信フレームに書き込まれたデータを読み取る。第 2 フレーム読取部 65 は、当該通信フレームの時刻情報、及び通信情報をサイクルタイム保持機能部 68 へ送信する。

[0083] 第 2 通信方式変換部 66 は、E t h e r n e t から E t h e r C A T への

通信プロトコルの変換を行う。通信プロトコルの変換は、T S N 2 から受取った通信フレームを、E t h e r n e t とは通信方式の異なるE t h e r C A Tにより、中継装置30へ送信するため必要となる。

[0084] 第2送信部67は、T S N 2 から受取った通信フレームを、E t h e r C A Tの通信プロトコルによって、第2出力部61ー4を介して、中継装置30へ送信する。

[0085] 第2出力部61ー4は、変換装置60ー1から中継装置30へ通信フレームを出力する出力ポートである。第2出力部61ー4は、通信フレームを送受信するための物理層トランシーバー・デバイス (E t h e r P H Y)により構成される。

[0086] サイクルタイム保持機能部68は、第1フレーム読取部62及び第2フレーム読取部65から通信フレームの時刻情報及び通信情報を受信し、第2送信部67へ通信サイクルタイムの指示を行う。通信サイクルタイムとは、例えば中継装置30又は遠隔スレーブ装置40へのデータ通信を処理してから、再び同じ装置へのデータ通信を処理するまでの時間をいう。

[0087] 第5の実施形態に係るデータ通信システム1Dによれば、第1の実施形態に係るデータ通信システム1のマスター・スレーブ間のE t h e r C A T通信がT S Nなどのキャリアネットワークの介在により分断される場合において、一対の変換装置60がE t h e r C A TとE t h e r n e t との間の通信プロトコルの変換を行うことにより、マスター装置10は、T S Nなどのキャリアネットワークを横断して、遠隔スレーブ装置40との間でE t h e r C A T通信をすることが可能となる。

[0088] (第6の実施形態)

<データ通信システム>

図15は、第6の実施形態に係るデータ通信システム1Eの構成例を示すブロック図である。図15に示すように、データ通信システム1Eは、マスター装置10と、スレーブ装置20 (20ー1~20ーn) と、中継装置30Aと、遠隔スレーブ装置40 (40ー1~40ーm) と、一対の変換装置

60 (60-1, 60-2) とを備える。本実施形態に係るデータ通信システム1Eは、第2の実施形態に係るデータ通信システム1Aと比較して、中継装置30Aと遠隔スレーブ装置40 (40-1~40-m) との間に、一対の変換装置60 (60-1, 60-2) が接続されている点で相違する。第2の実施形態と同一の構成については、第2の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。

[0089] 図15に示すように、本実施形態に係るデータ通信システム1Eは、第2の実施形態に係るデータ通信システム1Aの中継装置30Aの入出力部31-2の後段及び遠隔スレーブ装置40-1の入出力部の前段にネットワークの通信プロトコルを変換する一対の変換装置60を挿入し、マスター・スレーブ間のE t h e r C A T通信 (確定周期通信) を確保し、当該通信を継続する。

[0090] 第6の実施形態に係るデータ通信システム1Eによれば、第2の実施形態に係るデータ通信システム1Aのマスター・スレーブ間のE t h e r C A T通信がT S Nなどのキャリアネットワークの介在により分断される場合において、一対の変換装置60がE t h e r C A TとE t h e r n e tとの間の通信プロトコルの変換を行うことにより、マスター装置10は、T S Nなどのキャリアネットワークを横断して、遠隔スレーブ装置40との間でE t h e r C A T通信をすることが可能となる。

[0091] (第7の実施形態)

<データ通信システム>

図16は、第7の実施形態に係るデータ通信システム1Fの構成例を示すブロック図である。図16に示すように、データ通信システム1Fは、マスター装置10と、スレーブ装置20 (20-1~20-n) と、中継装置30Bと、遠隔スレーブ装置40 (40-1, 40-2) と、一対の変換装置60 ((60-1, 60-2)、及び(60-3, 60-4)) とを備える。本実施形態に係るデータ通信システム1Fは、第3の実施形態に係るデータ通信システム1Bと比較して、中継装置30Bと遠隔スレーブ装置40 (

40-1, 40-2)との間に、一対の変換装置60(60-1, 60-2, 60-3, 60-4)が接続されている点で相違する。第3の実施形態と同一の構成については、第3の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。

[0092] 図16に示すように、本実施形態に係るデータ通信システム1Fは、第3の実施形態に係るデータ通信システム1Bの中継装置30Bの入出力部31-2-1の後段及び遠隔スレーブ装置40-1の入出力部の前段と、中継装置30Bの入出力部31-2-2の後段及び遠隔スレーブ装置40-2の入出力部の前段とにネットワークの通信プロトコルを変換する一対の変換装置60をそれぞれ挿入し、マスター・スレーブ間のEthernet通信(確定周期通信)を確保し、当該通信を継続する。

[0093] 第7の実施形態に係るデータ通信システム1Fによれば、第3の実施形態に係るデータ通信システム1Bのマスター・スレーブ間のEthernet通信がTSNなどのキャリアネットワークの介在により分断される場合において、一対の変換装置60がEthernetとEthernetとの間の通信プロトコルの変換を行うことにより、マスター装置10は、TSNなどのキャリアネットワークを横断して、遠隔スレーブ装置40との間でEthernet通信をすることが可能となる。

[0094] (第8の実施形態)

<データ通信システム>

図17は、第8の実施形態に係るデータ通信システム1Gの構成例を示すブロック図である。図16に示すように、データ通信システム1Gは、マスター装置10と、スレーブ装置20(20-1~20-n)と、中継装置30Aと、中継装置30Bと、遠隔スレーブ装置40(40-1, 40-2)と、一対の変換装置60((60-1, 60-2)、及び(60-3, 60-4))とを備える。本実施形態に係るデータ通信システム1Gは、第4の実施形態に係るデータ通信システム1Cと比較して、中継装置30Aと中継装置30B、中継装置30Bと遠隔スレーブ装置40(40-1, 40-2

）との間に、一対の変換装置 60 がそれぞれ接続されている点で相違する。

第 4 の実施形態と同一の構成については、第 4 の実施形態と同一の参照番号を付して適宜説明を省略する。

[0095] 図 17 に示すように、本実施形態に係るデータ通信システム 1G は、第 4 の実施形態に係るデータ通信システム 1C の中継装置 30A の入出力部 31-2 の後段及び中継装置 30B の入出力部 31-1 の前段と、中継装置 30B の入出力部 31-2 の後段及びの遠隔スレーブ装置 40-1 の入出力部の前段と、中継装置 30B の入出力部 31-2-2 の後段及び遠隔スレーブ装置 40-2 の入出力部の前段とにネットワークの通信プロトコルを変換する一対の変換装置 60 をそれぞれ挿入し、マスター・スレーブ間の E t h e r C A T 通信（確定周期通信）を確保し、当該通信を継続する。

[0096] 第 8 の実施形態に係るデータ通信システム 1G によれば、第 4 の実施形態に係るデータ通信システム 1C のマスター・スレーブ間の E t h e r C A T 通信が T S N などのキャリアネットワークにより分断される場合において、一対の変換装置 60 が E t h e r C A T と E t h e r n e t との間の通信プロトコルの変換を行うことにより、マスター装置 10 は、T S N などのキャリアネットワークを横断して、遠隔スレーブ装置 40 との間で E t h e r C A T 通信をすることが可能となる。

[0097] 上記の中継装置 30, 30A, 30B を機能させるために、プログラム命令を実行可能なコンピュータを用いることも可能である。図 18 は、中継装置 30, 30A, 30B として機能するコンピュータの概略構成を示すブロック図である。ここで、中継装置 30, 30A, 30B として機能するコンピュータは、汎用コンピュータ、専用コンピュータ、ワークステーション、P C (P ersonal Computer)、電子ノートパッド等であってもよい。プログラム命令は、必要なタスクを実行するためのプログラムコード、コードセグメント等であってもよい。

[0098] 図 18 に示すように、コンピュータ 100 は、プロセッサ 110 と、記憶部として R O M (Read Only Memory) 120、R A M (Random Access Memor

y) 130、及びストレージ140と、入力部150と、出力部160と、通信インターフェース(I/F)170と、を備える。各構成は、バス180を介して相互に通信可能に接続されている。

[0099] ROM120は、各種プログラム及び各種データを保存する。RAM130は、作業領域として一時的にプログラム又はデータを記憶する。ストレージ140は、HDD(Hard Disk Drive)又はSSD(Solid State Drive)により構成され、オペレーティングシステムを含む各種プログラム及び各種データを保存する。本開示では、ROM120又はストレージ140に、本開示に係るプログラムが保存されている。

[0100] プロセッサ110は、具体的にはCPU(Central Processing Unit)、MPU(Micro Processing Unit)、GPU(Graphics Processing Unit)、DSP(Digital Signal Processor)、SoC(System on a Chip)等であり、同種又は異種の複数のプロセッサにより構成されてもよい。プロセッサ110は、ROM120又はストレージ140からプログラムを読み出し、RAM130を作業領域としてプログラムを実行することで、上記各構成の制御及び各種の演算処理を行う。なお、これらの処理内容の少なくとも一部をハードウェアで実現することとしてもよい。

[0101] プログラムは、中継装置30、30A、30Bが読み取り可能な記録媒体に記録されていてもよい。このような記録媒体を用いれば、中継装置30、30A、30Bにインストールすることが可能である。ここで、プログラムが記録された記録媒体は、非一過性(non-transitory)の記録媒体であってもよい。非一過性の記録媒体は、特に限定されるものではないが、例えば、CD-ROM、DVD-ROM、USB(Universal Serial Bus)メモリ等であってもよい。また、このプログラムは、ネットワークを介して外部装置からダウンロードされる形態としてもよい。

[0102] 以上の実施形態に関し、更に以下の付記を開示する。

[0103] (付記項1)

EtherCAT通信における通信距離を長延化するデータ通信システム

であって、

第 1 の通信周期で、データが格納された第 1 の通信フレームをスレーブ装置又は中継装置に送信するマスター装置と、

前記第 1 の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記マスター装置、下段のスレーブ装置又は前記中継装置に前記第 1 の通信フレームを送信する前記スレーブ装置と、

前記スレーブ装置の前段又は後段に接続され、前記マスター装置又は前記スレーブ装置より受信した前記第 1 の通信フレームを複製した第 2 の通信フレームを作成し、前記第 2 の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記第 1 の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第 2 の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、前記第 2 の通信周期で前記第 2 の通信フレームを前記遠隔スレーブ装置に送信し、前記遠隔スレーブ装置より前記第 2 の通信周期で受信した前記第 2 の通信フレームに書き込まれたデータを前記第 1 の通信フレームに載せ替えて、前記第 1 の通信周期で前記マスター装置又は前記スレーブ装置へ送信する前記中継装置と、

前記中継装置より受信した前記第 2 の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記中継装置に前記第 2 の通信フレームを返送する、前記遠隔スレーブ装置と、
を備えるデータ通信システム。

(付記項 2)

付記項 1 に記載のデータ通信システムであって、

前記中継装置又は前記遠隔スレーブ装置から前記第 2 の通信フレームを受信すると、前記第 2 の通信フレームのフレーム形式を前記 E t h e r C A T 通信のフレーム形式から時刻同期通信が可能な所定のネットワークのフレーム形式に変換して、前記第 2 の通信フレームを前記所定のネットワークへ送信し、

前記所定のネットワークから前記第 2 の通信フレームを受信すると、前記

第2の通信フレームのフレーム形式を前記所定のネットワークのフレーム形式から前記E t h e r C A T通信のフレーム形式に変換して、前記第2の通信フレームを前記中継装置又は前記遠隔スレーブ装置へ送信する、一対の変換装置を更に備える、データ通信システム。

(付記項3)

E t h e r C A T通信において異なる通信周期の通信間を中継する中継装置であって、

受信した第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成し、

前記第2の通信フレームに格納されたデータの読み取り及び書き込みを行い、第1の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、前記遠隔スレーブ装置より前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期でマスター装置又はスレーブ装置へ送信を行うコントローラ、を備える中継装置。

(付記項4)

付記項3に記載の中継装置であって、

前記コントローラは、更に、前記第1の通信周期でデータの送受信を行う前記スレーブ装置に代わり、前記第2の通信周期で、前記遠隔スレーブ装置との間で、前記第2の通信フレームの送受信を行う、中継装置。

(付記項5)

付記項4に記載の中継装置であって、

前記コントローラは、更に、2台以上の遠隔スレーブ装置に接続され、前記2台以上の遠隔スレーブ装置のそれぞれに割り当てるメモリー上のメモリー使用位置を管理し、前記メモリー上の前記メモリー使用位置で、前記2台以上の遠隔スレーブ装置のそれぞれから受信したデータの書き込み及び読み取りを行う、中継装置。

(付記項6)

付記項5に記載の中継装置であって、

前記 2 台以上の遠隔スレーブ装置のそれぞれと一対一に接続される、2 つ以上のインターフェースを更に備え、

前記コントローラは、更に、前記第 2 の通信フレームを複製し、前記 2 つ以上のインターフェースのそれぞれに、前記第 2 の通信フレームを同時に送信する、中継装置。

(付記項 7)

E t h e r C A T 通信における通信距離を長延化するデータ通信方法であって、

マスター装置により、第 1 の通信周期で、データが格納された第 1 の通信フレームをスレーブ装置又は中継装置に送信し、

前記スレーブ装置により、前記第 1 の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、

前記スレーブ装置により、前記マスター装置、後段のスレーブ装置又は前記中継装置に前記第 1 の通信フレームを送信し、

前記中継装置により、前記マスター装置又は前記スレーブ装置より受信した前記第 1 の通信フレームを複製した第 2 の通信フレームを作成し、

前記中継装置により、前記第 2 の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、

前記中継装置により、前記第 1 の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第 2 の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、

前記中継装置により、前記第 2 の通信周期で前記第 2 の通信フレームを前記遠隔スレーブ装置に送信し、

前記遠隔スレーブ装置により、前記中継装置より受信した前記第 2 の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、

前記遠隔スレーブ装置により、前記中継装置に前記第 2 の通信フレームを返送し、

前記中継装置により、前記遠隔スレーブ装置より前記第 2 の通信周期で受信した前記第 2 の通信フレームに書き込まれたデータを、前記第 1 の通信フ

フレームに載せ替えて、前記第 1 の通信周期で前記マスター装置又は前記スレーブ装置へ送信するデータ通信方法。

(付記項 8)

E t h e r C A T 通信において異なる通信周期の通信間を中継する中継方法であって、

中継装置により、

受信した第 1 の通信フレームを複製した第 2 の通信フレームを作成し、

前記第 2 の通信フレームに格納されたデータの読み取り及び書き込みを行い、

第 1 の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第 2 の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、

前記遠隔スレーブ装置より前記第 2 の通信周期で受信した前記第 2 の通信フレームに書き込まれたデータを前記第 1 の通信フレームに載せ替えて、前記第 1 の通信周期でマスター装置又はスレーブ装置へ送信する中継方法。

(付記項 9)

付記項 8 に記載の中継方法であって、

前記第 1 の通信周期でデータの送受信を行う前記スレーブ装置に代わり、前記第 2 の通信周期で、前記遠隔スレーブ装置との間で、前記第 2 の通信フレームの送受信を行う、中継方法。

(付記項 10)

コンピュータによって実行可能なプログラムを記憶した非一時的記憶媒体であって、前記コンピュータを付記項 3 から 6 のいずれか一項に記載の中継装置として機能させるプログラムを記憶した非一時的記憶媒体。

[0104] 上述の実施形態は代表的な例として説明したが、本開示の趣旨及び範囲内で、多くの変更及び置換ができることは当業者に明らかである。したがって、本開示は、上述の実施形態によって制限するものと解するべきではなく、請求の範囲から逸脱することなく、種々の変形又は変更が可能である。たとえば、実施形態の構成図に記載の複数の構成ブロックを 1 つに組み合わせた

り、あるいは1つの構成ブロックを分割したりすることが可能である。

[0105] たとえば、中継装置30の複製部32及び第1制御部33と、第2制御部34とが別々の装置により構成されてもよい。

符号の説明

[0106] 1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, 1G データ通信システム
2 キャリアネットワーク (TSN)
10 マスター装置
20 (20-1~20-n) スレーブ装置
30, 30A, 30B 中継装置 (代理スレーブ)
31, 31-1, 31-2, 31-2-1~31-2-m, 31-3 入出力部
(インターフェース)
32 複製部 (Repeater)
33 第1制御部 (Slave Controller)
33A メモリー
34 第2制御部 (Proxy)
35 スレーブ管理部
36 メモリー管理部
37 同報送信部
40, 40-1~40-m 遠隔スレーブ装置
50, 50A, 50B 制御演算回路 (コントローラ)
60, 60-1~60-4 変換装置
100 コンピュータ
110 プロセッサ
120 ROM
130 RAM
140 ストレージ
150 入力部

1 6 0

出力部

1 7 0

通信インターフェース（I／F）

1 8 0

バス

請求の範囲

[請求項1]

E t h e r C A T 通信における通信距離を長延化するデータ通信システムであって、

第1の通信周期で、データが格納された第1の通信フレームをスレーブ装置又は中継装置に送信するマスター装置と、

前記第1の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記マスター装置、下段のスレーブ装置又は前記中継装置に前記第1の通信フレームを送信する前記スレーブ装置と、

前記スレーブ装置の前段又は後段に接続され、前記マスター装置又は前記スレーブ装置より受信した前記第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成し、前記第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記第1の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、前記第2の通信周期で前記第2の通信フレームを前記遠隔スレーブ装置に送信し、前記遠隔スレーブ装置より前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期で前記マスター装置又は前記スレーブ装置へ送信する前記中継装置と、

前記中継装置より受信した前記第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行い、前記中継装置に前記第2の通信フレームを返送する、前記遠隔スレーブ装置と、
を備えるデータ通信システム。

[請求項2]

請求項1に記載のデータ通信システムであって、

前記中継装置又は前記遠隔スレーブ装置から前記第2の通信フレームを受信すると、前記第2の通信フレームのフレーム形式を前記E t h e r C A T 通信のフレーム形式から時刻同期通信が可能な所定のネットワークのフレーム形式に変換して、前記第2の通信フレームを前記所定のネットワークへ送信し、

前記所定のネットワークから前記第2の通信フレームを受信すると、前記第2の通信フレームのフレーム形式を前記所定のネットワークのフレーム形式から前記E t h e r C A T通信のフレーム形式に変換して、前記第2の通信フレームを前記中継装置又は前記遠隔スレーブ装置へ送信する、一対の変換装置を更に備える、データ通信システム。

[請求項3] E t h e r C A T通信において異なる通信周期の通信間を中継する中継装置であって、

受信した第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成する複製部と、

前記第2の通信フレームに格納されたデータの読み取り及び書き込みを行い、第1の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行い、前記遠隔スレーブ装置より前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期でマスター装置又はスレーブ装置へ送信する第1制御部と、

を備える中継装置。

[請求項4] 請求項3に記載の中継装置であって、

前記第1の通信周期でデータの送受信を行う前記スレーブ装置に代わり、前記第2の通信周期で、前記遠隔スレーブ装置との間で、前記第2の通信フレームの送受信を行う第2制御部を更に備える、中継装置。

[請求項5] 請求項4に記載の中継装置であって、

2台以上の遠隔スレーブ装置に接続され、

前記2台以上の遠隔スレーブ装置のそれぞれに割り当てるメモリー上のメモリー使用位置を管理するスレーブ管理部と、

前記第1制御部に対し、前記メモリー上の前記メモリー使用位置で

、前記２台以上の遠隔スレーブ装置のそれぞれから受信したデータの書き込み及び読み取りを行うように、指示を行うメモリー管理部と、を更に備える中継装置。

[請求項6]

請求項５に記載の中継装置であって、

前記２台以上の遠隔スレーブ装置のそれぞれと一対一に接続された２つ以上の入出力部と、

前記第２制御部より送信される前記第２の通信フレームを複製し、前記２つ以上の入出力部のそれぞれに、前記第２の通信フレームを同時に送信する同報送信部と、

を更に備える、中継装置。

[請求項7]

EtherCAT通信における通信距離を長延化するデータ通信方法であって、

マスター装置により、第１の通信周期で、データが格納された第１の通信フレームをスレーブ装置又は中継装置に送信するステップと、

前記スレーブ装置により、前記第１の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行うステップと、

前記スレーブ装置により、前記マスター装置、後段のスレーブ装置又は前記中継装置に前記第１の通信フレームを送信するステップと、

前記中継装置により、前記マスター装置又は前記スレーブ装置より受信した前記第１の通信フレームを複製した第２の通信フレームを作成するステップと、

前記中継装置により、前記第２の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行うステップと、

前記中継装置により、前記第１の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第２の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行うステップと、

前記中継装置により、前記第２の通信周期で前記第２の通信フレームを前記遠隔スレーブ装置に送信するステップと、

前記遠隔スレーブ装置により、前記中継装置より受信した前記第2の通信フレームに対し、データの読み取り及び書き込みを行うステップと、

前記遠隔スレーブ装置により、前記中継装置に前記第2の通信フレームを返送するステップと、

前記中継装置により、前記遠隔スレーブ装置より前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを、前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期で前記マスター装置又は前記スレーブ装置へ送信するステップと、
を実行するデータ通信方法。

[請求項8] E t h e r C A T通信において異なる通信周期の通信間を中継する中継方法であって、

中継装置により、

受信した第1の通信フレームを複製した第2の通信フレームを作成するステップと、

前記第2の通信フレームに格納されたデータの読み取り及び書き込みを行うステップと、

第1の通信周期上の前記中継装置の絶対時刻と第2の通信周期上の遠隔スレーブ装置の絶対時刻との合わせこみを行うステップと、

前記遠隔スレーブ装置より前記第2の通信周期で受信した前記第2の通信フレームに書き込まれたデータを前記第1の通信フレームに載せ替えて、前記第1の通信周期でマスター装置又はスレーブ装置へ送信するステップと、

を実行する中継方法。

[請求項9] 請求項8に記載の中継方法であって、

前記第1の通信周期でデータの送受信を行う前記スレーブ装置に代わり、前記第2の通信周期で、前記遠隔スレーブ装置との間で、前記

第2の通信フレームの送受信を行うステップを更に実行する、中継方法。

[請求項10] コンピュータを、請求項3から6のいずれか一項に記載の中継装置として機能させるためのプログラム。

データ通信システム

マスター装置

スレーブ装置

スレーブ装置

中継装置 (代理スレーブ)

遠隔スレーブ装置

フレーム送信間隔 Δt

フレーム受信間隔 Δt

フレーム送信間隔 Δt

フレーム受信間隔 Δt

フレーム送信間隔 Δt

フレーム受信間隔 Δt

複製

FB制御

FB制御

20 (20-1)

20 (20-n)

30

40

第1サイクル

第2サイクル

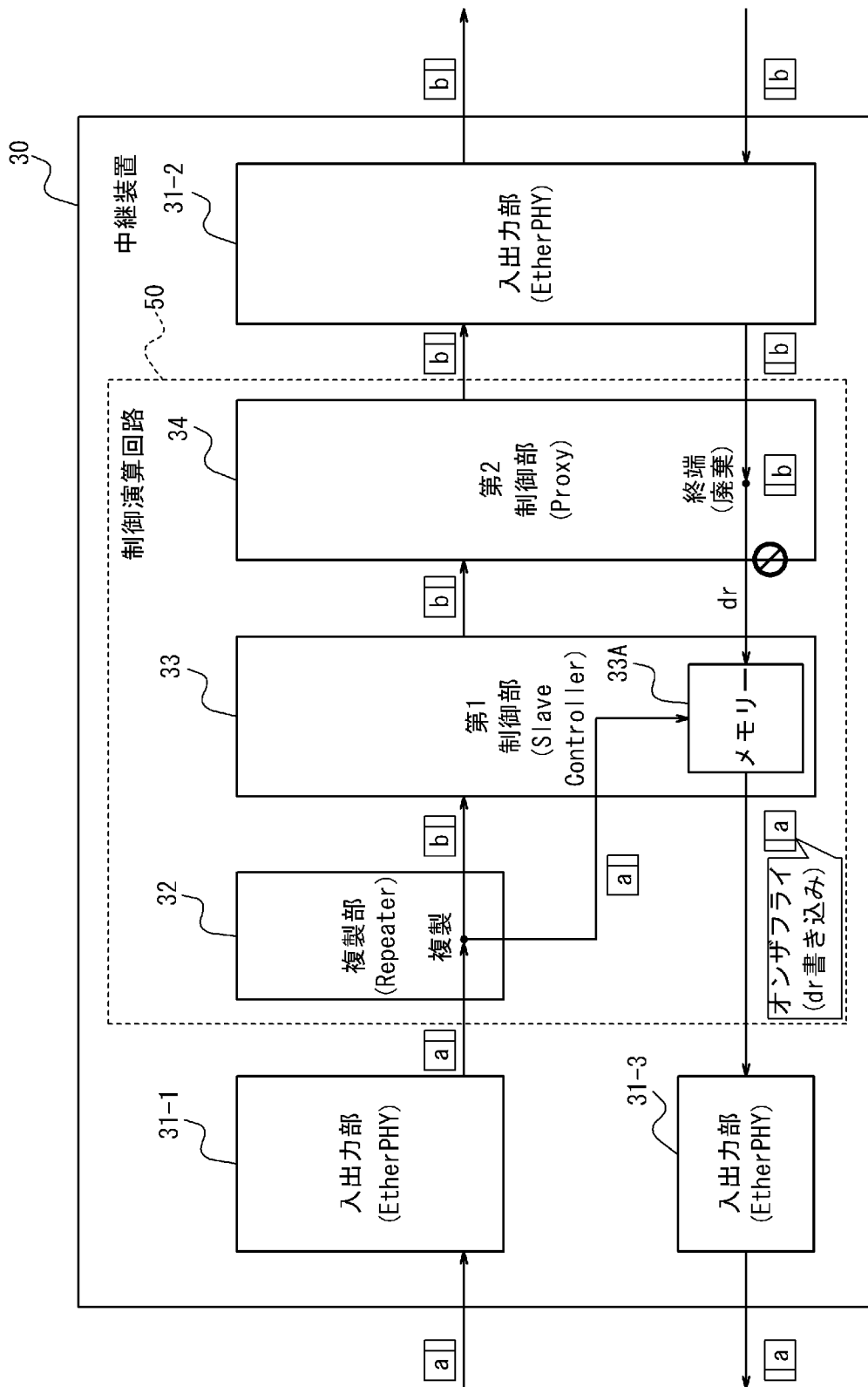
第xサイクル

載せ替え (終端)

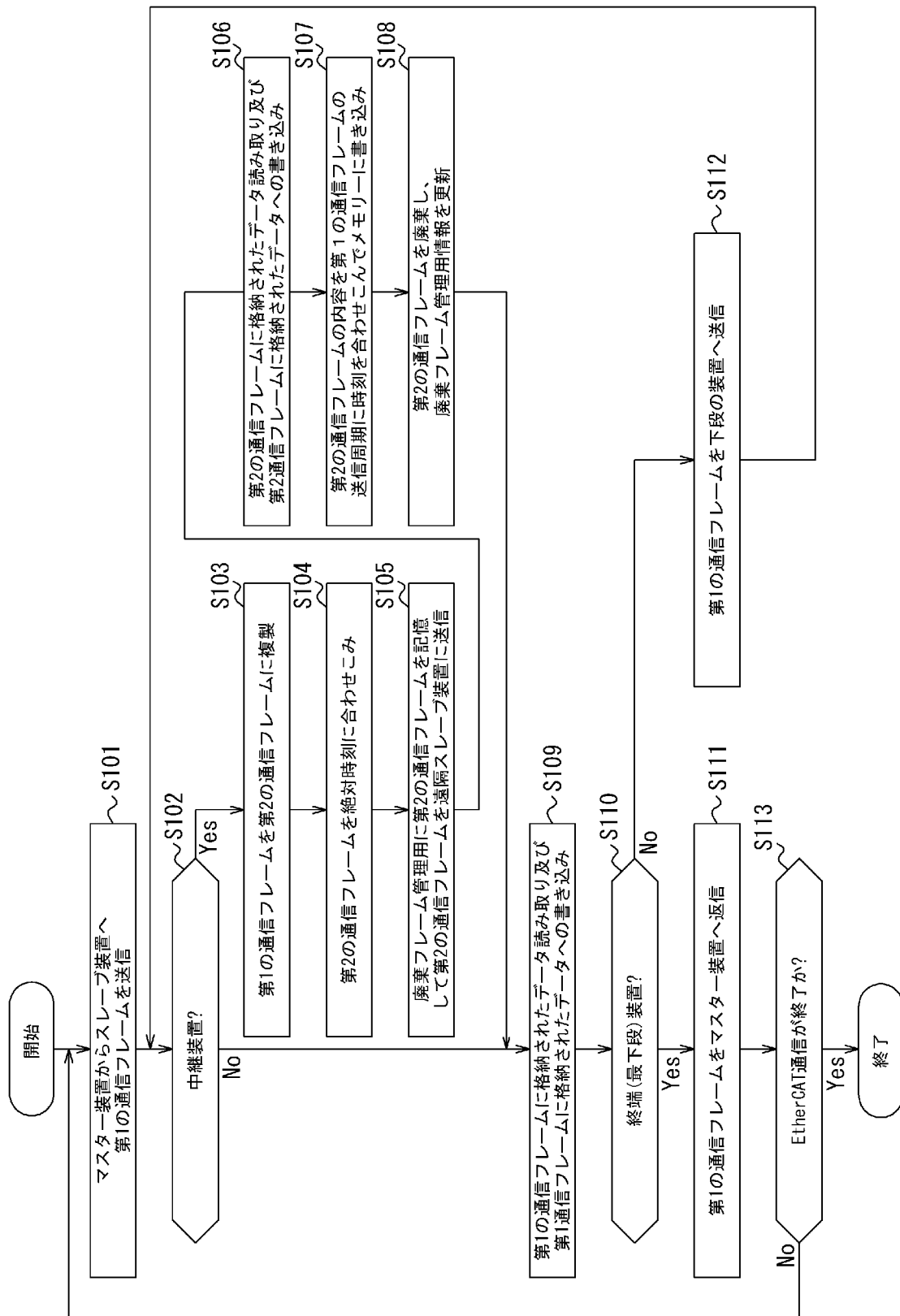
短周期

長周期

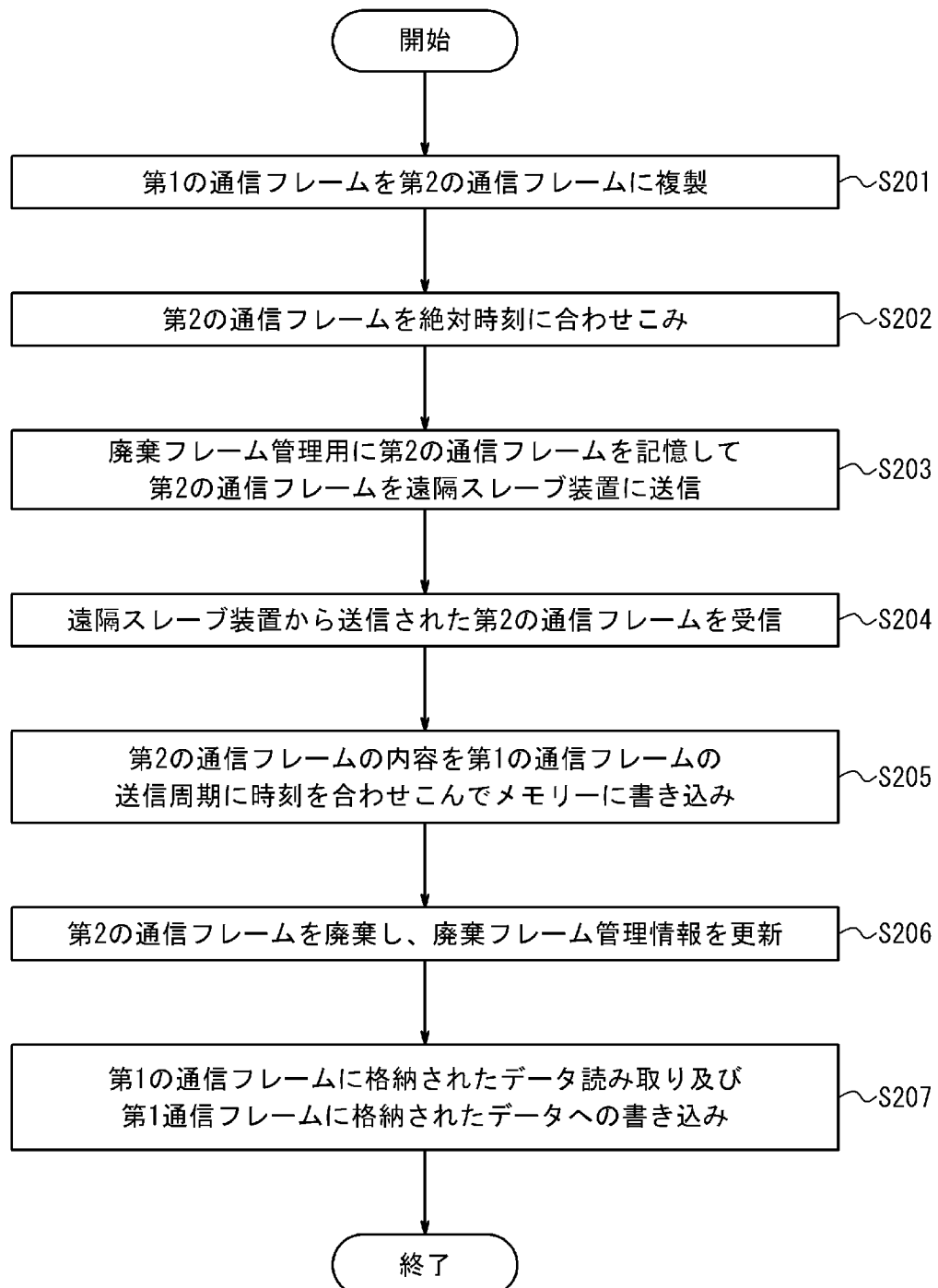
[図2]



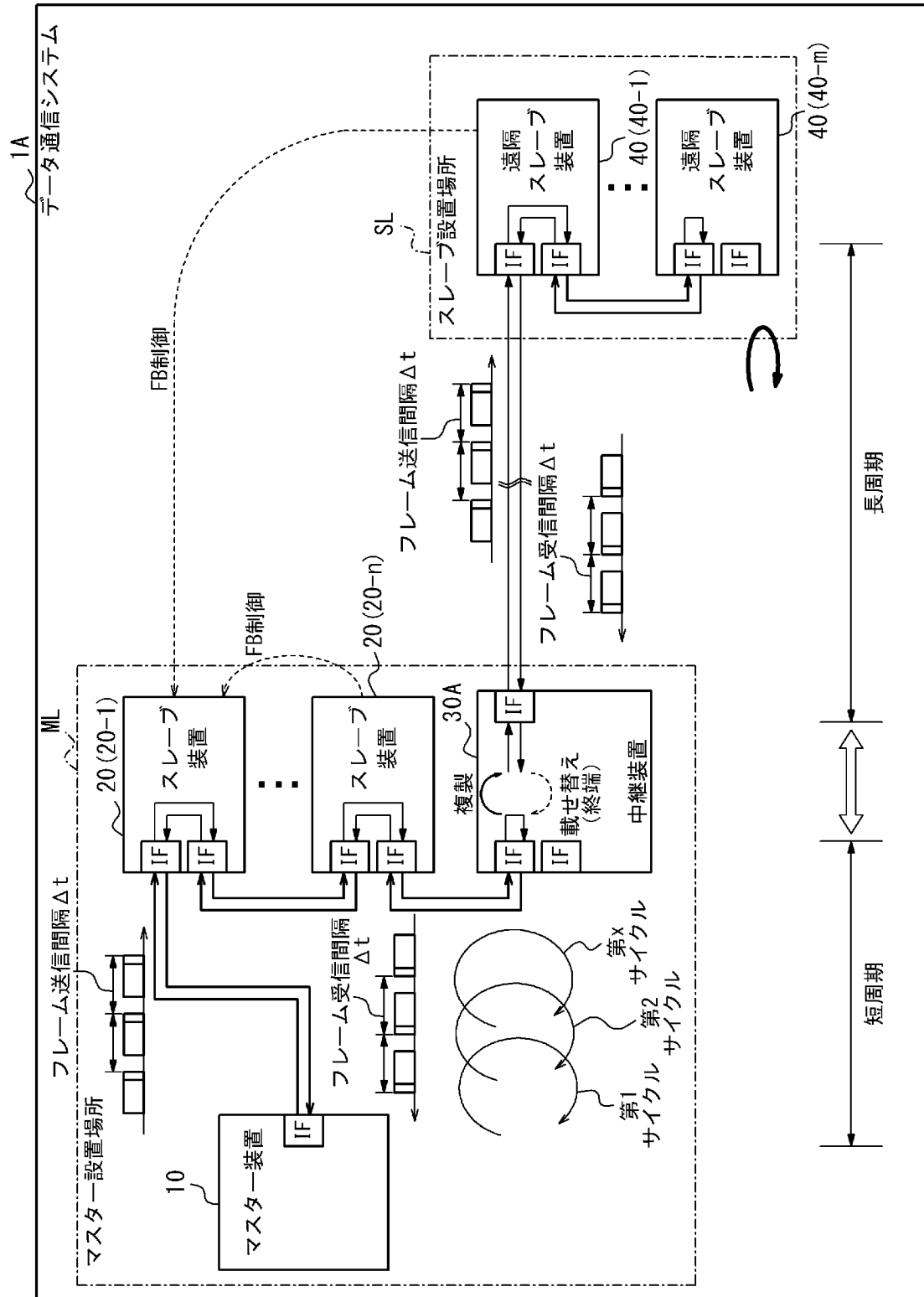
[図3]



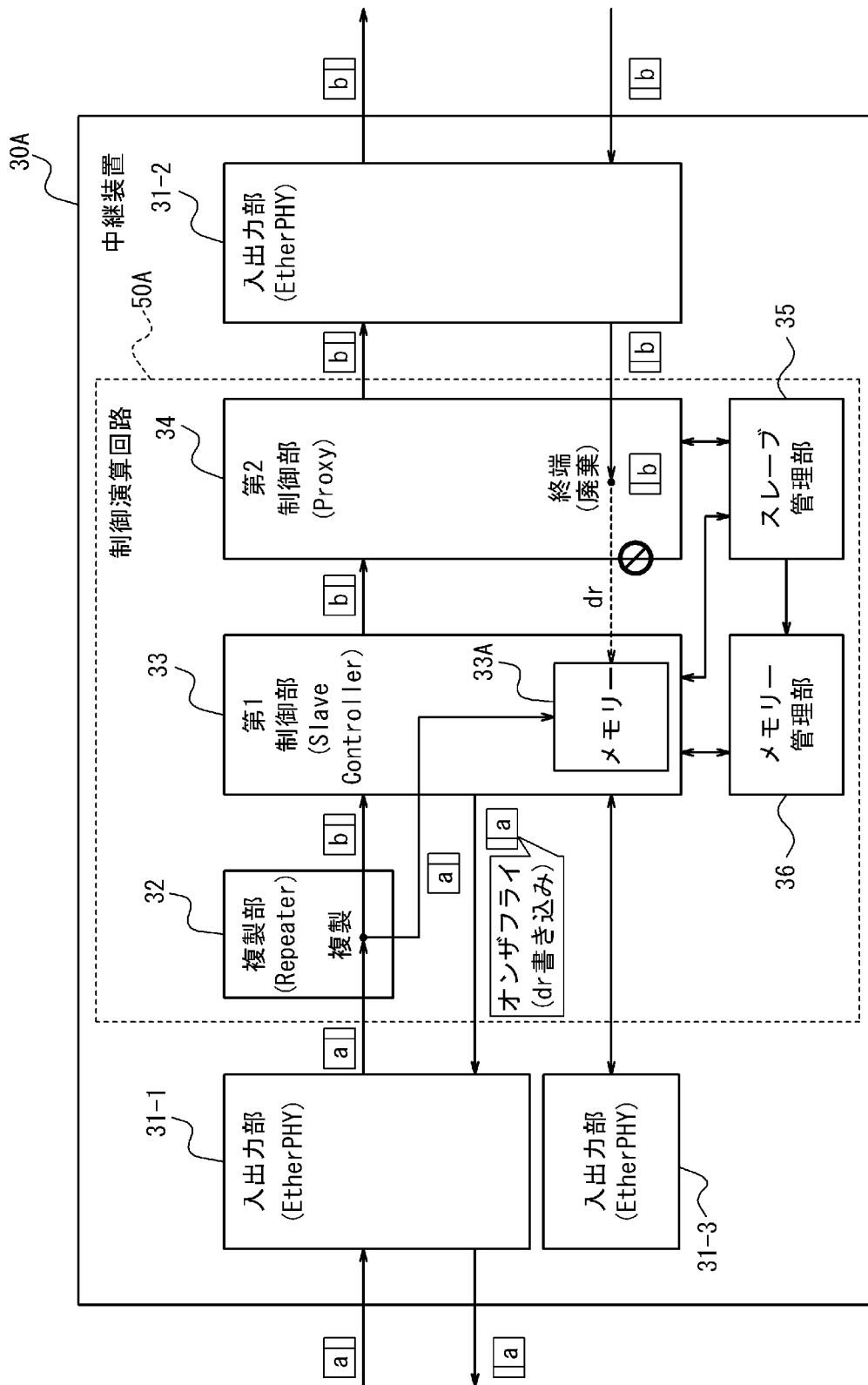
[図4]



[図5]



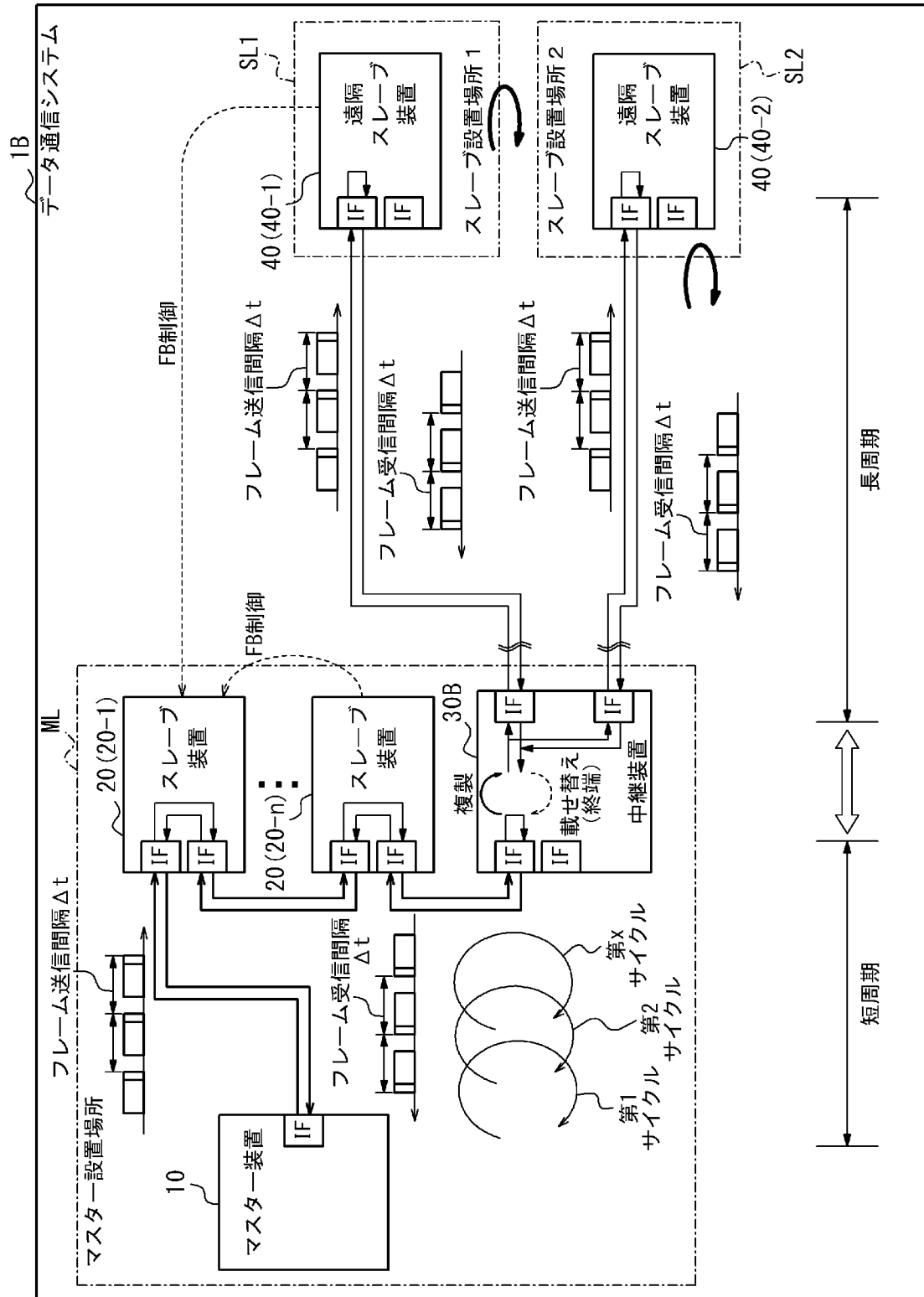
[図6]



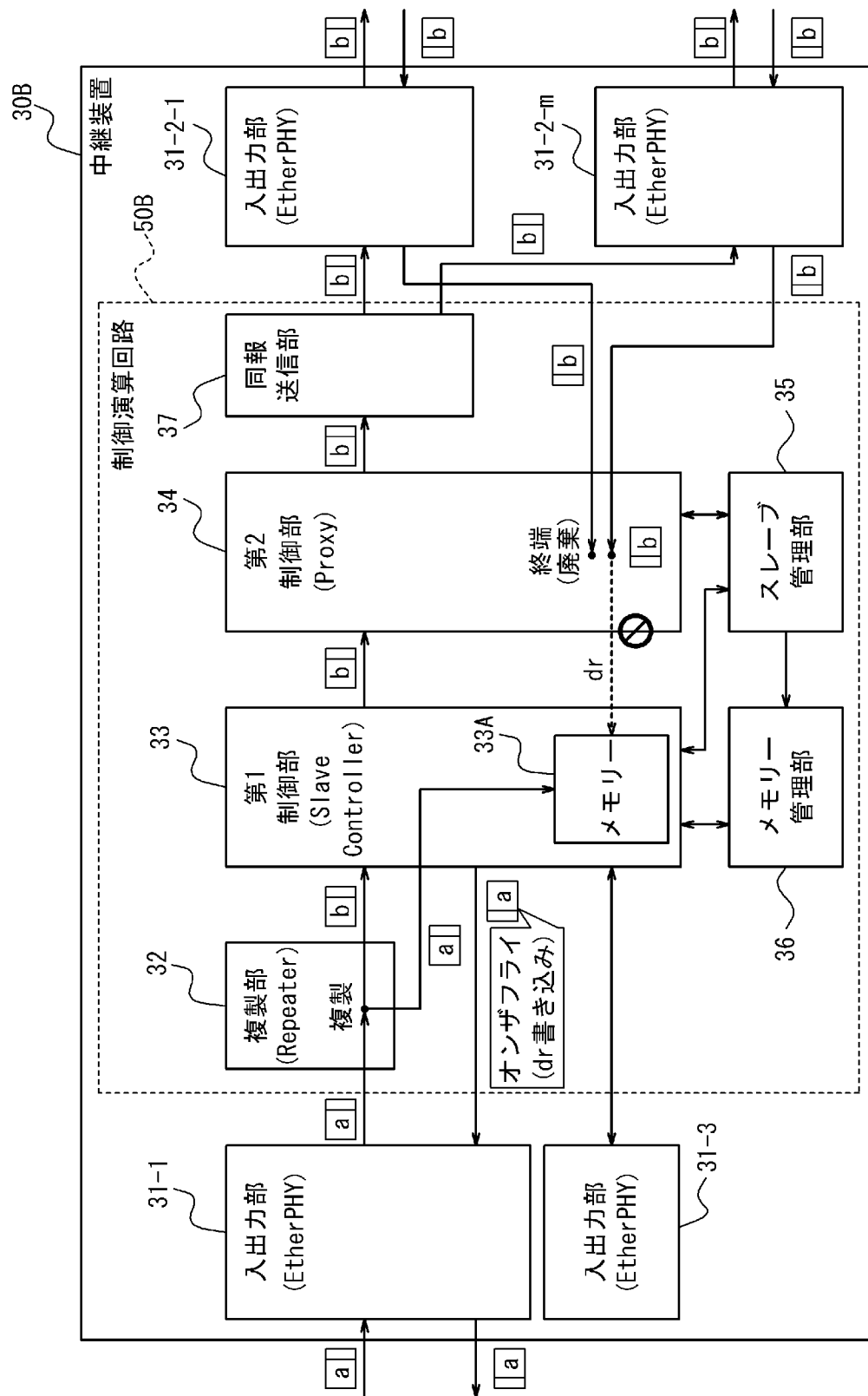
[図7]

管理番号	識別番号	メモリ使用位置
1	40-1	000000W~0000000X
2	40-2	000000Y~0000000Z

[図8]



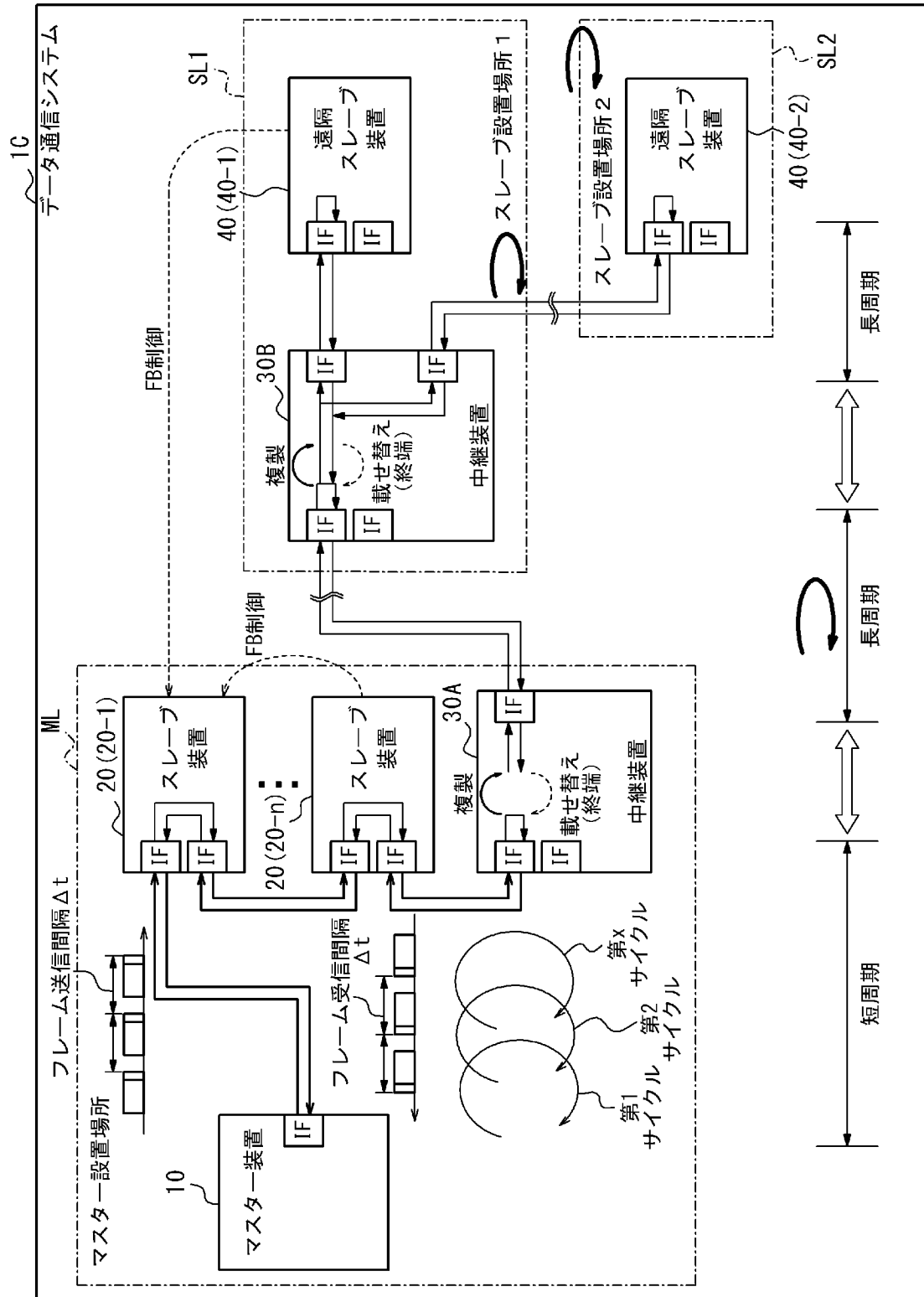
[図9]



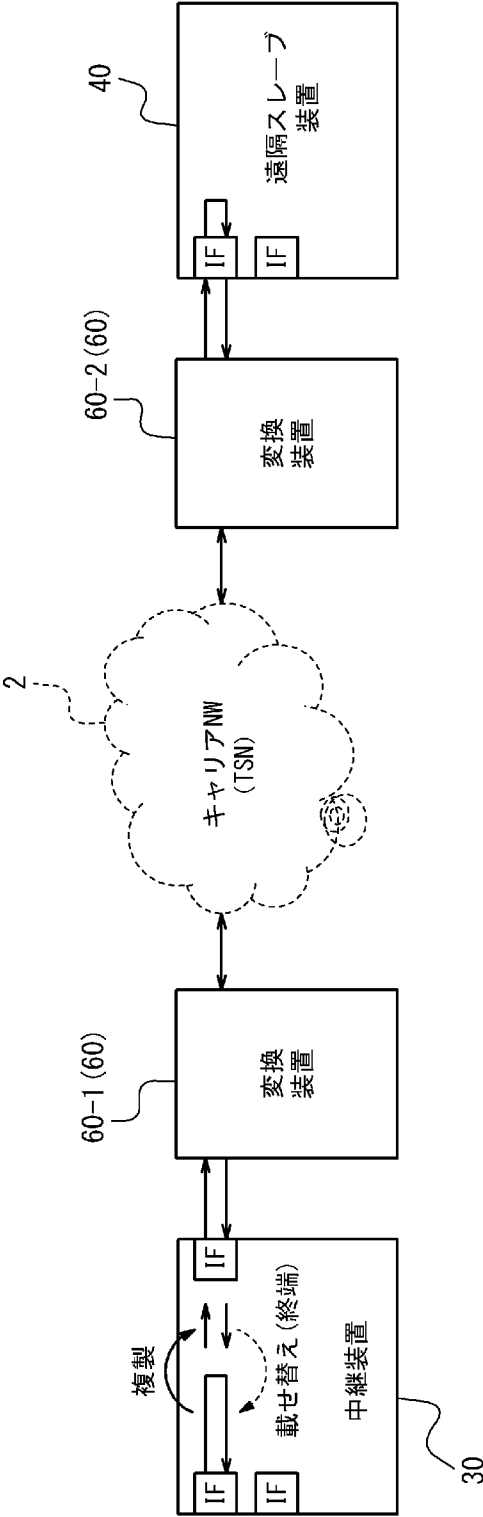
[図10]

管理番号	Port 番号	識別番号	メモリ 使用位置	差分時間 (対向するスレーブ装置20との時刻差)
1	1	40-1	000000W~00000000X	20
2	2	40-2	000000Y~00000000Z	30

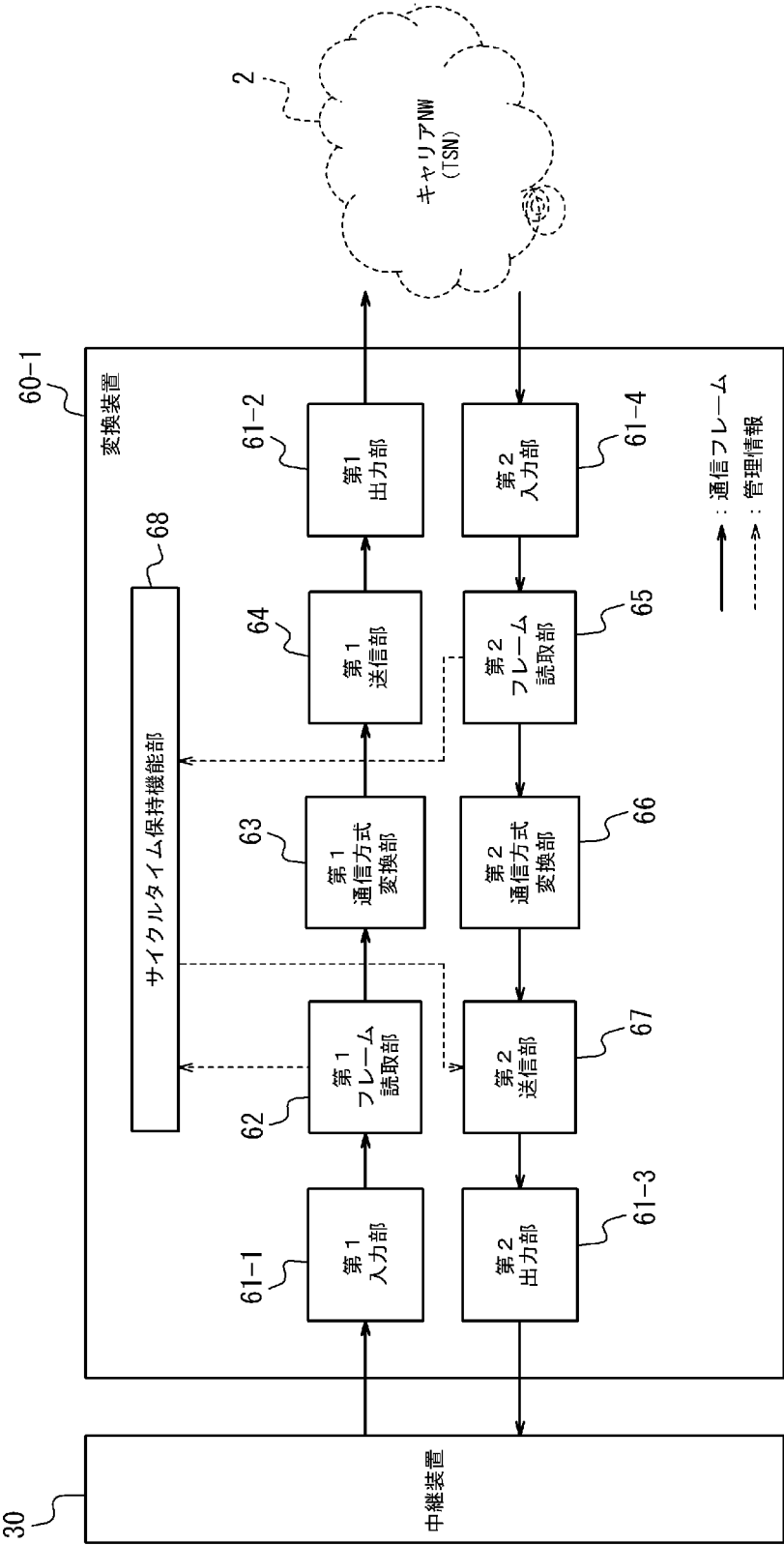
[図11]

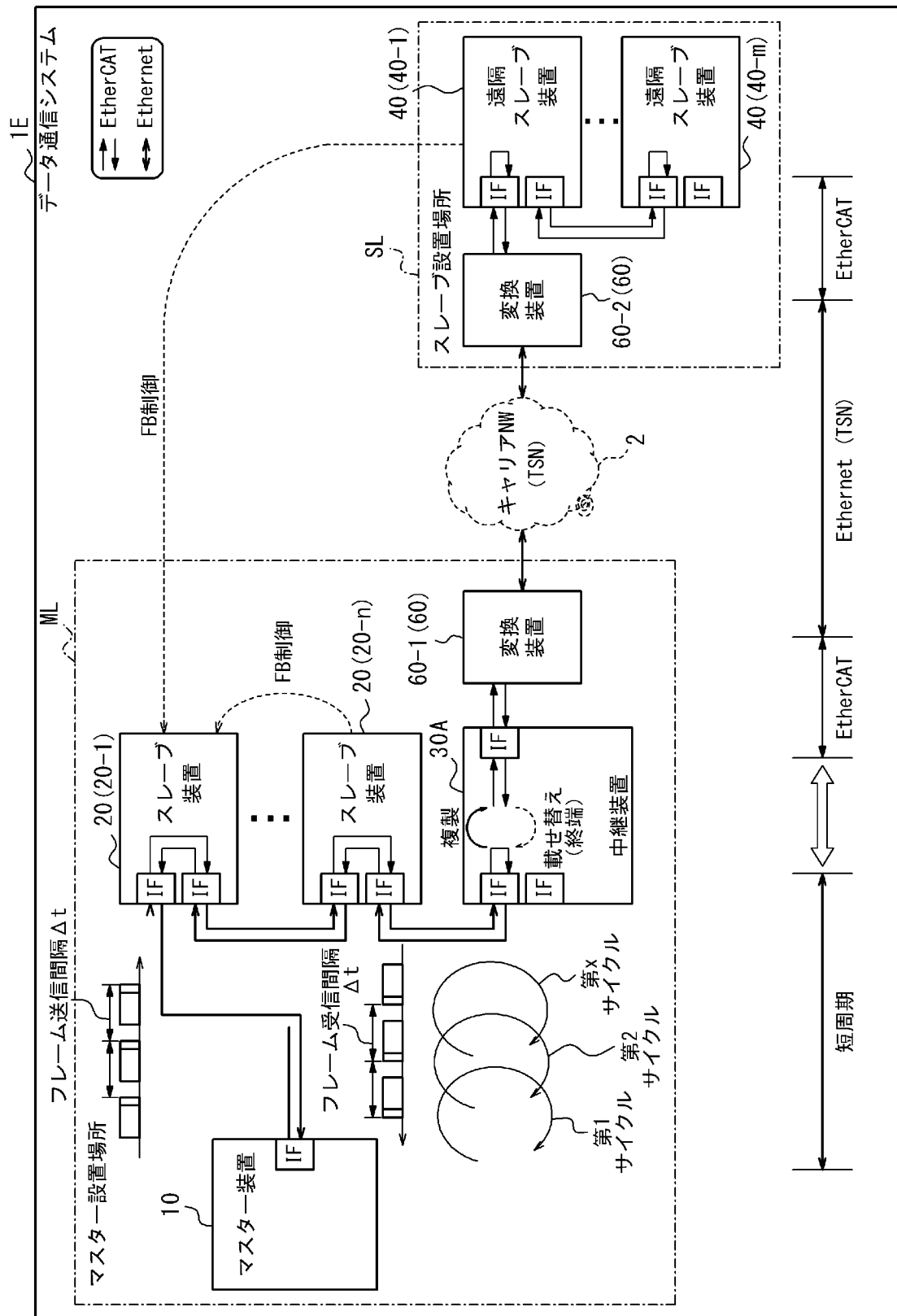


[図13]

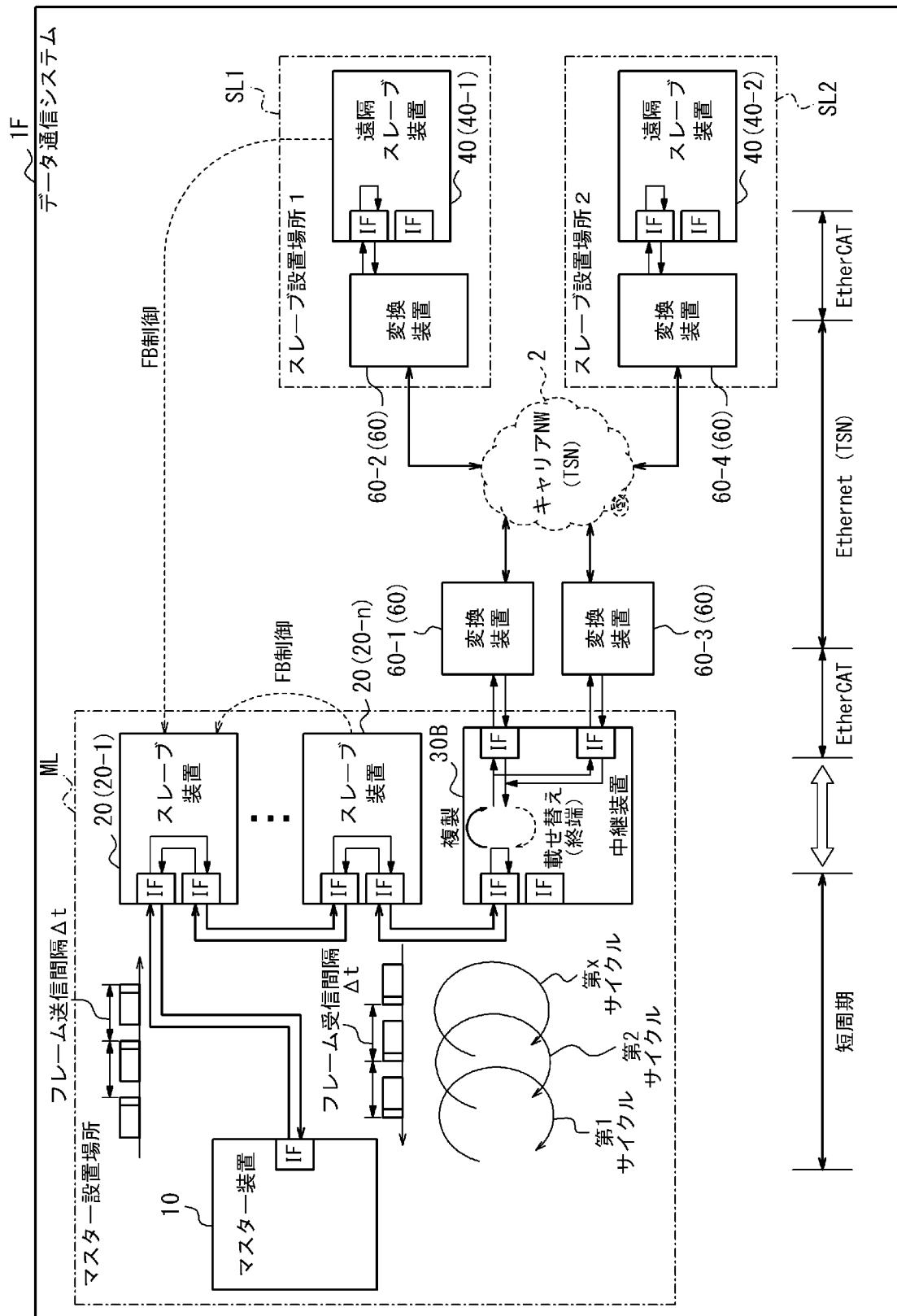


[図14]

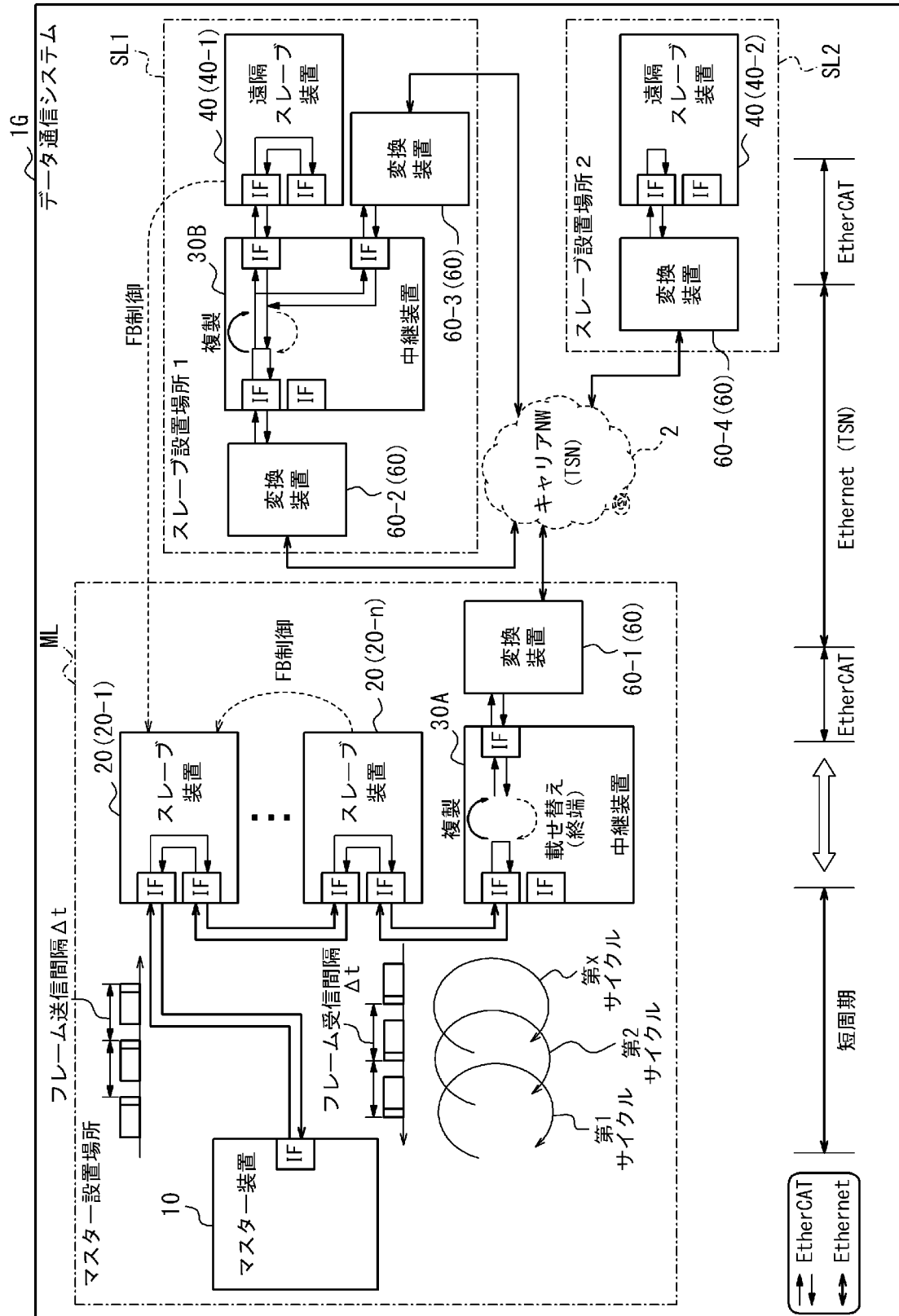




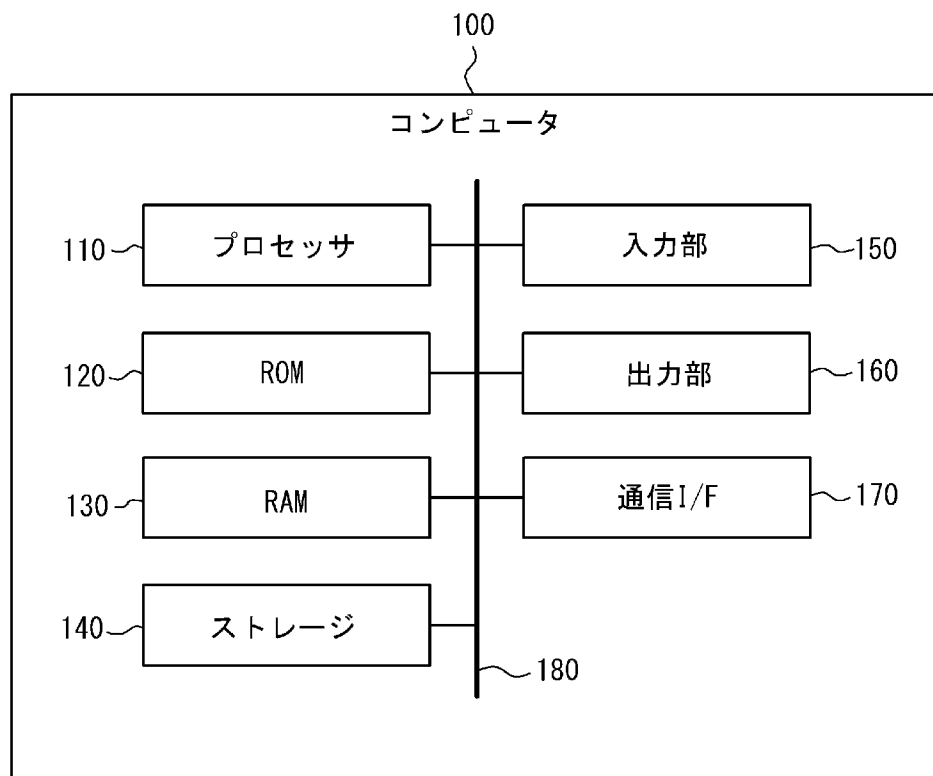
[図16]



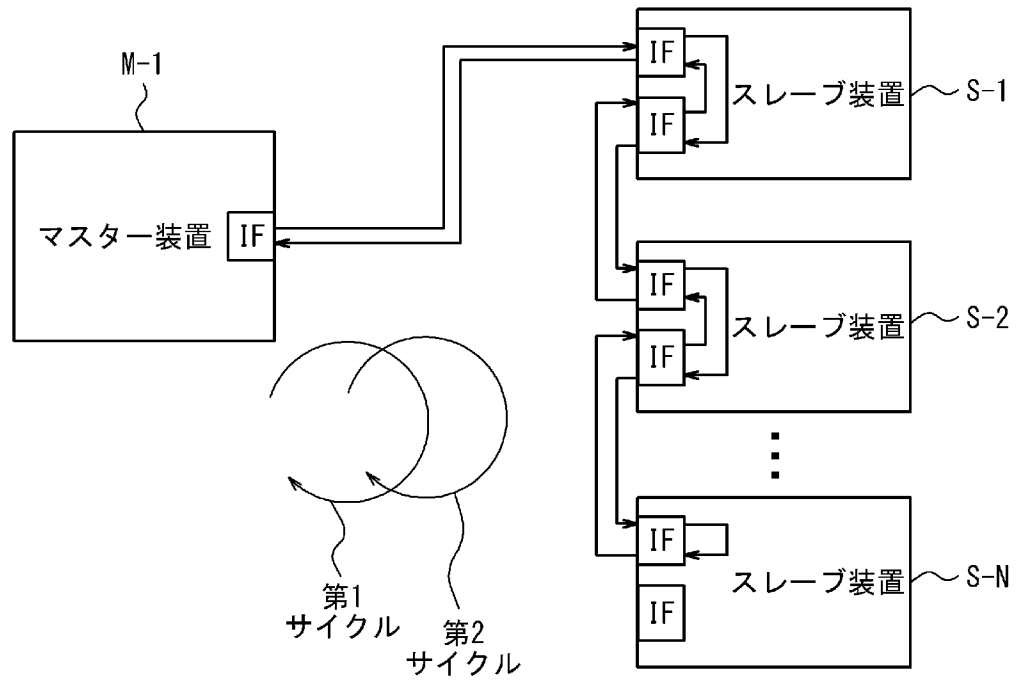
[図17]



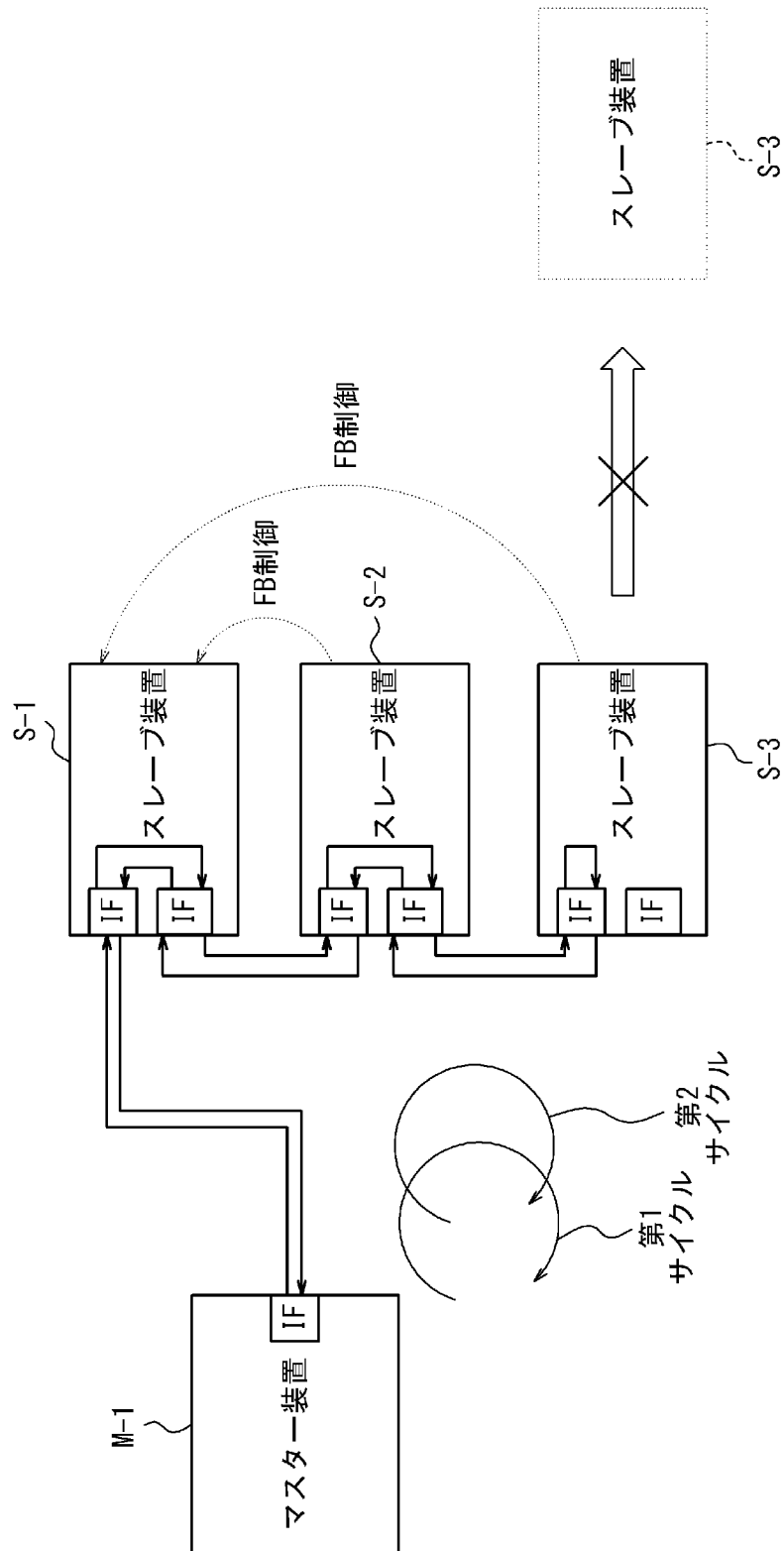
[図18]



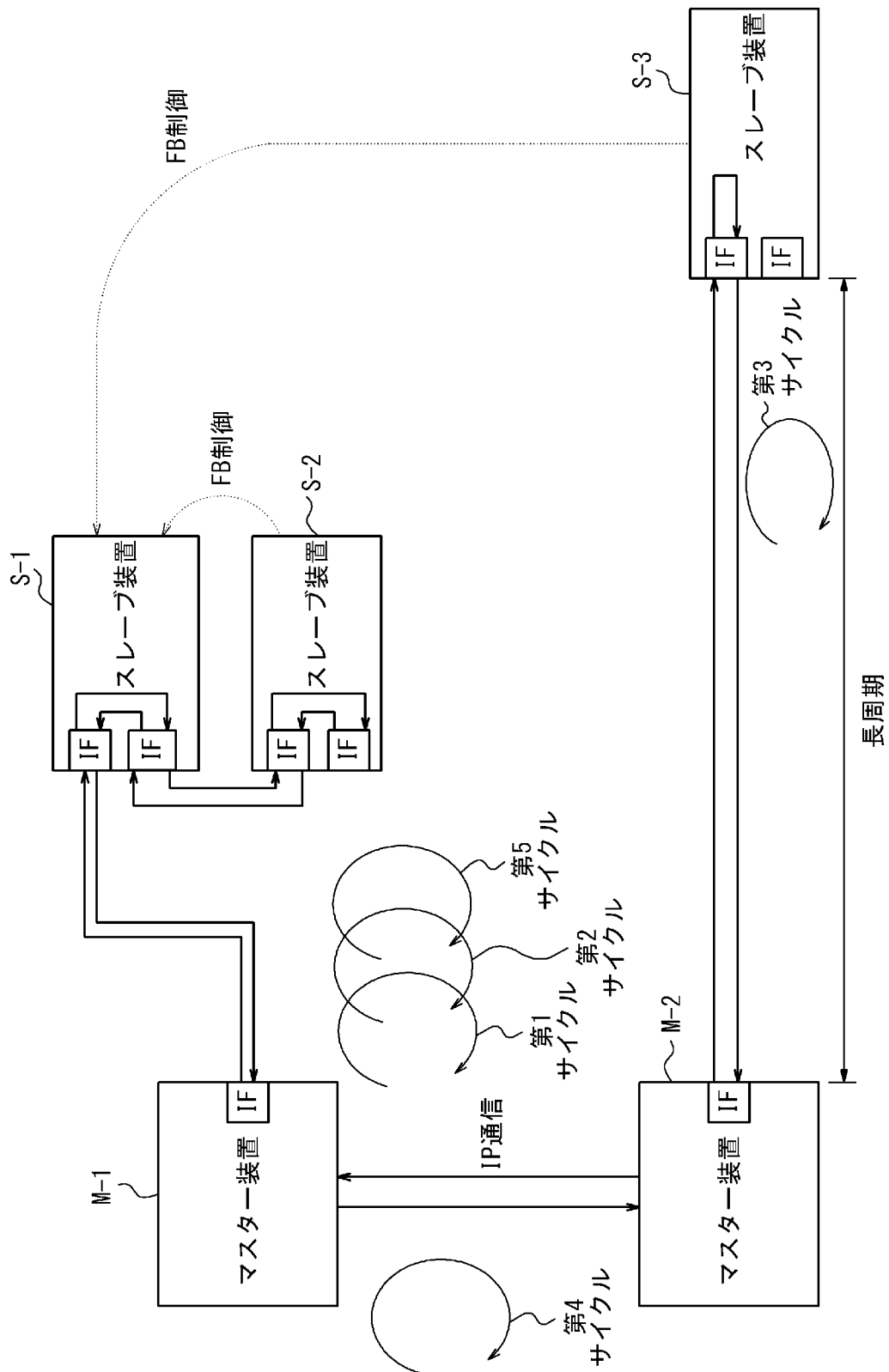
[図19]



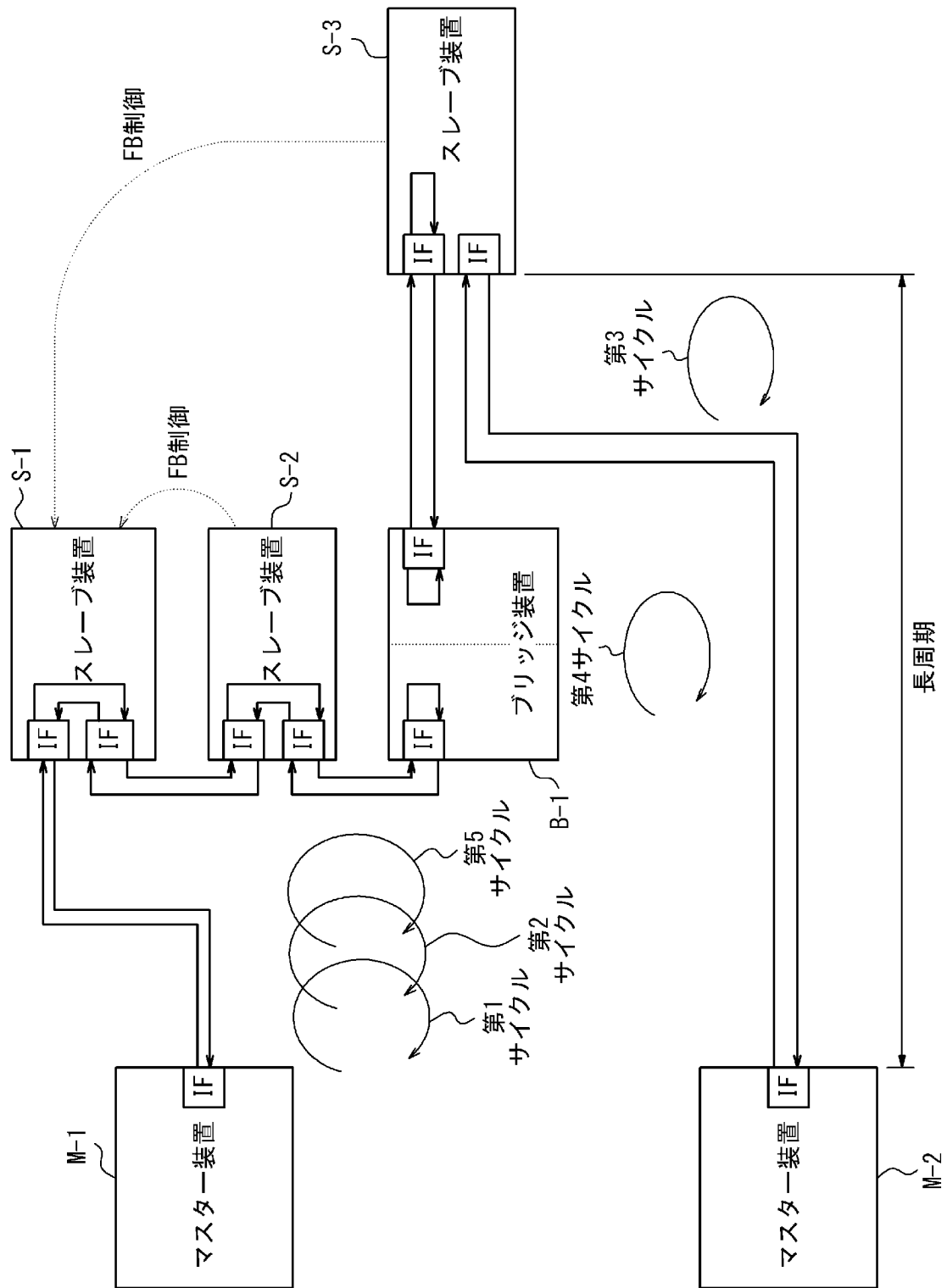
[図20]



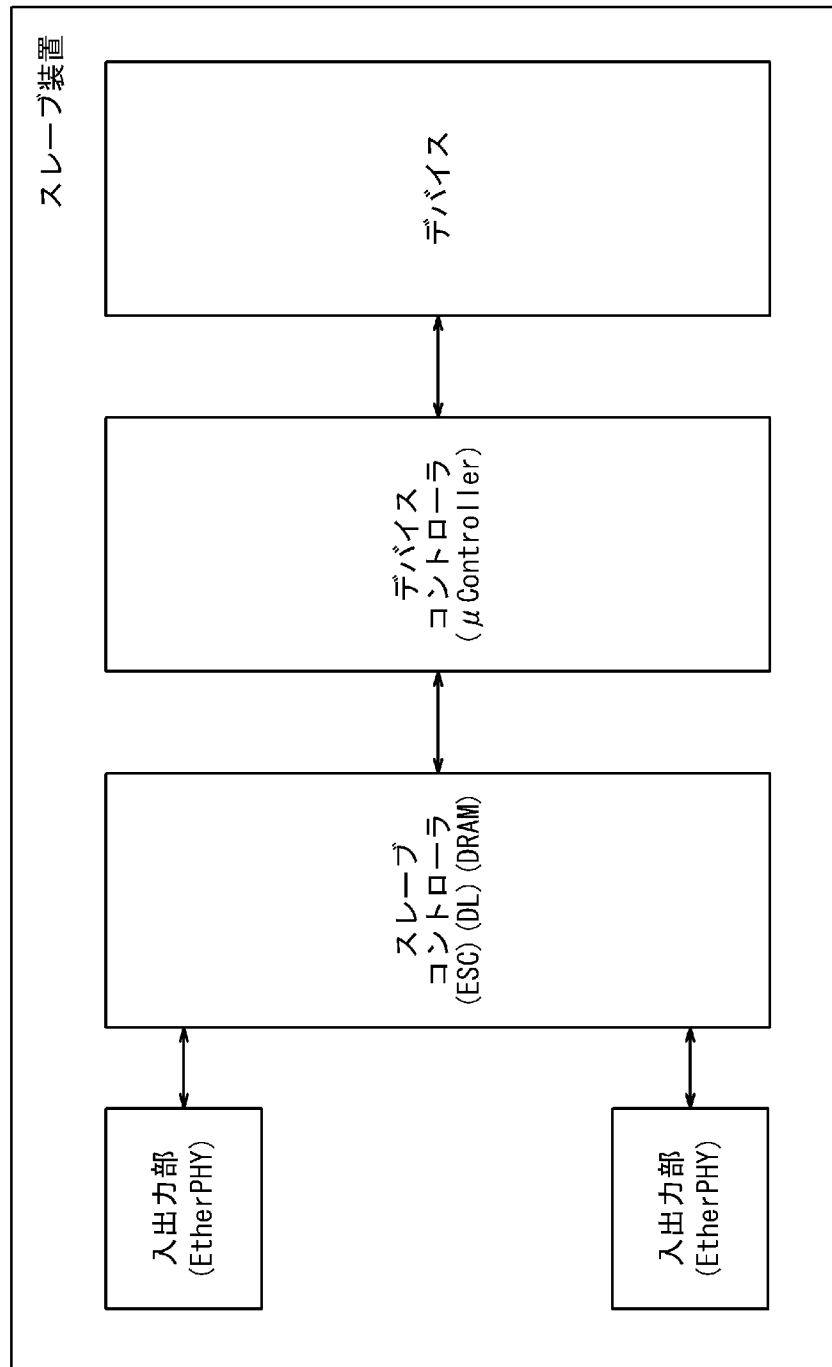
[図21]



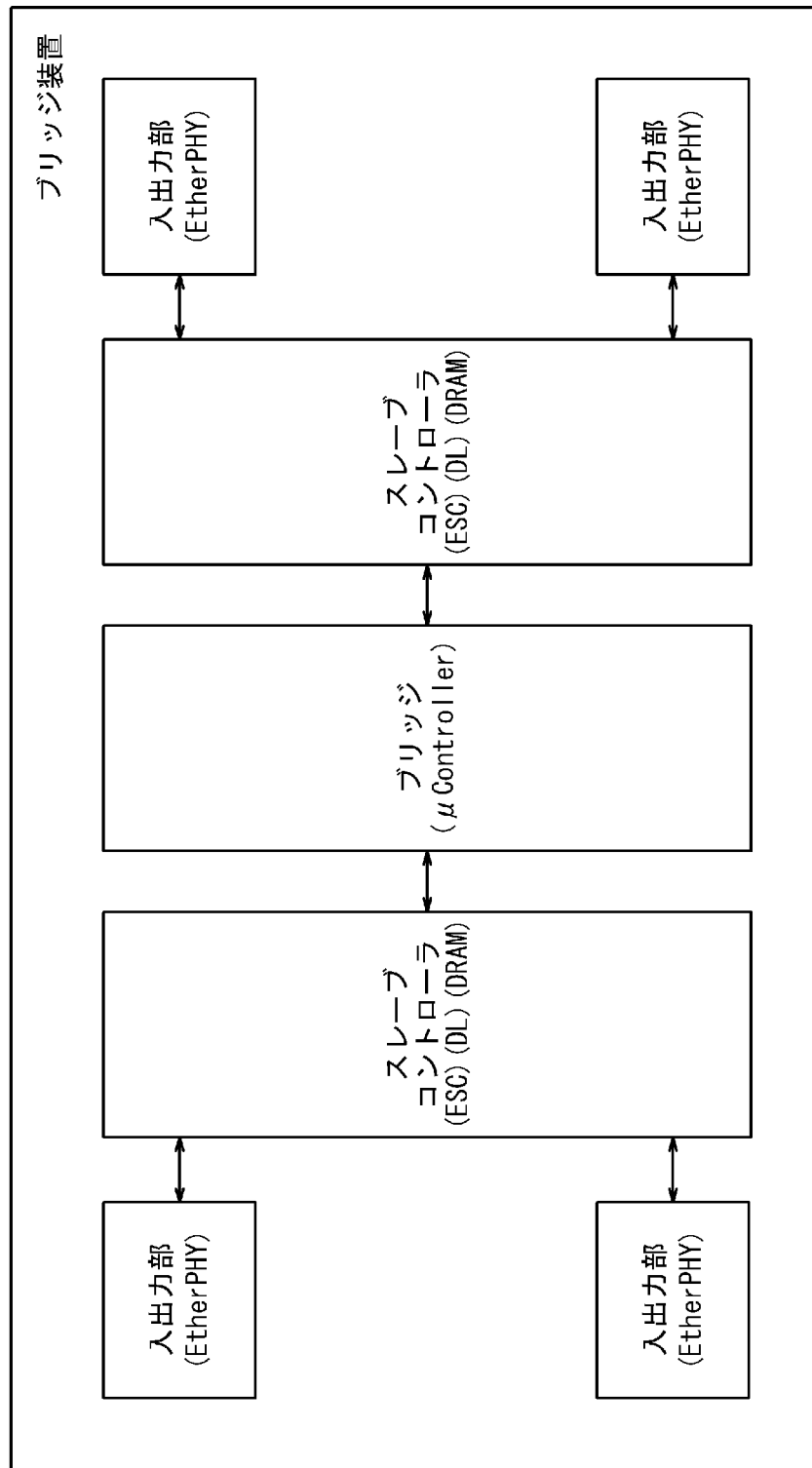
[図22]



[図23]



[図24]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/014927

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H04L 12/28**(2006.01)i; **H04L 12/423**(2006.01)i; **H04L 12/43**(2006.01)i

FI: H04L12/28 400; H04L12/423; H04L12/43

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)

H04L12/28; H04L12/423; H04L12/43

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 1971-2023
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023

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	JP 2021-170311 A (NINGBO TECHMATION CO., LTD.) 28 October 2021 (2021-10-28) paragraphs [0004], [0006], [0008], [0029], [0042]-[0056], fig. 3, 4	1-10
A	JP 2018-128724 A (OMRON CORP.) 16 August 2018 (2018-08-16) paragraphs [0028]-[0034], fig. 1	1-10
A	CN 114285695 A (SHENZHEN HUCHUAN TECHNICAL CO., LTD.) 05 April 2022 (2022-04-05) paragraphs [0071]-[0088], fig. 5, 6	1-10
A	CN 112147927 A (GFD AUTOMATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 29 December 2020 (2020-12-29) paragraphs [0006]-[0009], [0049]	1-10
A	JP 2013-197656 A (HITACHI, LTD.) 30 September 2013 (2013-09-30) paragraphs [0006]-[0026], fig. 1, 11	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

13 June 2023

Date of mailing of the international search report

27 June 2023

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

International application No.

PCT/JP2023/014927**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	Johannes von Hoyningen-Huene et al., Comparison of wireless gateway concepts for industrial real-time-communication, 2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 09 September 2016 II. A. Industrial Ethernet for Closed-Loop Control, III. GATEWAY CONCEPTS, III.B. Industrial Ethernet Proxy, III.C. Slave representation at proxy solution	1-10
A	JP 2021-117569 A (KEYENCE CORP.) 10 August 2021 (2021-08-10) paragraphs [0014], [0015], fig. 1, 2	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/014927

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-170311	A	28 October 2021	US 2021/0318978 A1 paragraphs [0005], [0007], [0008], [0033], [0046]-[0065], fig. 3, 4 CN 113542090 A	
JP	2018-128724	A	16 August 2018	(Family: none)	
CN	114285695	A	05 April 2022	(Family: none)	
CN	112147927	A	29 December 2020	(Family: none)	
JP	2013-197656	A	30 September 2013	(Family: none)	
JP	2021-117569	A	10 August 2021	US 2021/0233498 A1 paragraphs [0027]-[0029], fig. 1, 2	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04L 12/28(2006.01)i; H04L 12/423(2006.01)i; H04L 12/43(2006.01)i FI: H04L12/28 400; H04L12/423; H04L12/43		
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）） H04L12/28; H04L12/423; H04L12/43		
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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023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
A	JP 2021-170311 A（寧波弘訊科技股▲ふん▼有限公司）28.10.2021（2021-10-28） [0004], [0006], [0008], [0029], [0042]-[0056], 図3, 4	1-10
A	JP 2018-128724 A（オムロン株式会社）16.08.2018（2018-08-16） [0028]-[0034], 図1	1-10
A	CN 114285695 A（SHENZHEN HUCHUAN TECHNICAL CO., LTD.）05.04.2022（2022-04-05） [0071]-[0088], 図5, 6	1-10
A	CN 112147927 A（GFD AUTOMATION TECHNOLOGY CO., LTD.）29.12.2020（2020-12-29） [0006]-[0009], [0049]	1-10
A	JP 2013-197656 A（株式会社日立製作所）30.09.2013（2013-09-30） [0006]-[0026], 図1, 11	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、一般的な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 “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 13.06.2023		国際調査報告の発送日 27.06.2023
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） 羽岡 さやか 5X 3149 電話番号 03-3581-1101 内線 3596

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	Johannes von Hoyningen-Huene et al., Comparison of wireless gateway concepts for industrial real-time-communication, 2016 IEEE 21st International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2016.09.09 II. A. Industrial Ethernet for Closed-Loop Control, III. GATEWAY CONCEPTS, III.B. Industrial Ethernet Proxy, III.C. Slave representation at proxy solution	1-10
A	JP 2021-117569 A (株式会社キーエンス) 10.08.2021 (2021 - 08 - 10) [0014]-[0015], 図1, 2	1-10

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/JP2023/014927

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2021-170311	A	28.10.2021	US 2021/0318978 A1 [0005], [0007], [0008], [0033], [0046]- [0065], FIGs. 3, 4 CN 113542090 A	
JP	2018-128724	A	16.08.2018	(ファミリーなし)	
CN	114285695	A	05.04.2022	(ファミリーなし)	
CN	112147927	A	29.12.2020	(ファミリーなし)	
JP	2013-197656	A	30.09.2013	(ファミリーなし)	
JP	2021-117569	A	10.08.2021	US 2021/0233498 A1 [0027]-[0029], FIGs. 1, 2	