

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-192068

(P2011-192068A)

(43) 公開日 平成23年9月29日(2011.9.29)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)  
**G05B 19/05 (2006.01)** G05B 19/05 L 5H220

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2010-58252 (P2010-58252)  
 (22) 出願日 平成22年3月15日 (2010.3.15)

(71) 出願人 000002945  
 オムロン株式会社  
 京都市下京区塩小路通堀川東入南不動堂町  
 801番地  
 (74) 代理人 100092598  
 弁理士 松井 伸一  
 (72) 発明者 水谷 征爾  
 京都府京都市下京区塩小路通堀川東入南不  
 動堂町801番地 オムロン株式会社内  
 Fターム(参考) 5H220 AA06 BB03 BB09 CC06 CX05  
 FF02 JJ12 JJ18 JJ36 KK03

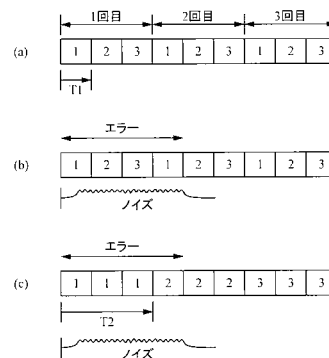
(54) 【発明の名称】 プログラマブルコントローラ

(57) 【要約】

【課題】 PLCを構成するユニット間の通信を、確実かつ高速に行うこと

【解決手段】 1つのマスタユニットと複数のスレーブユニットがシステムバスにデジチェーン接続されて構成されるプログラマブルコントローラである。マスタユニットは、異なるスレーブユニット宛の送信フレームを一括りとし、その一連の送信フレームを複数回(図では3回)連続して送信する。これにより、確実に送信できる。

【選択図】 図2



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

1つのマスタユニットと複数のスレーブユニットがシステムバスに接続されて構成されるプログラマブルコントローラであって、

前記マスタユニットは、異なるスレーブユニット宛の送信フレームを一括りとして複数回連続して送信する機能を備えたことを特徴とするプログラマブルコントローラ。

**【請求項 2】**

前記スレーブユニットは、前記送信フレームを正常受信した場合に設定されたレスポンスを返信する機能を備え、

前記マスタユニットは、前記レスポンスを受信した場合、前記複数回に満たなくても該当する送信フレームの送信を停止するようにしたことを特徴とする請求項 1 に記載のプログラマブルコントローラ。

**【請求項 3】**

前記マスタユニットは、同一の送信フレームに対する前記レスポンスを複数回受信した場合、2 回目以降は破棄することを特徴とする請求項 2 に記載のプログラマブルコントローラ。

**【請求項 4】**

前記 1つのマスタユニットと複数のスレーブユニットが一体化されたブロック体と、前記複数のスレーブが一体化された延長ブロック体とを備え、前記ブロック体と前記延長ブロック体とは延長ケーブルで接続され、

前記複数回連続して送信する回数は、前記ブロック体を構成するスレーブユニット宛の送信フレームよりも、前記延長ブロック体を構成するスレーブユニット宛の送信フレームの方が多く設定することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載のプログラマブルコントローラ。

**【請求項 5】**

前記複数回連続して送信する回数は、前記一括りの送信フレームを全て同じにすることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載のプログラマブルコントローラ。

**【請求項 6】**

前記複数回連続して送信する回数は、前記一括りの送信フレームで異なるようにしたことを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれかに記載のプログラマブルコントローラ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、プログラマブルコントローラに関するもので、特に、システムバスを用いたユニット間の伝送方式の改良に関する。

**【背景技術】****【0002】**

F A (Factory Automation) におけるネットワークシステムは、生産工場内に配備された産業ロボットその他の生産設備の入力機器及び出力機器の制御を司る 1 または複数の P L C (Programmable Logic Controller) と、その P L C により動作が制御される機器とが、制御系のネットワークに接続される。

**【0003】**

P L C は、C P U ユニットや、I / O ユニットなどの各種のユニットを連結して構成される。I / O ユニットには、センサやスイッチなどの入力機器を接続してそれらのオン・オフ信号を入力信号として取り込む入力ユニットやアクチュエータやリレーなどの出力機器を接続してそれらに対して出力信号を送り出す出力ユニット等がある。C P U ユニットの M P U が出力ユニットのメモリに書き込んだ出力データに基づいて、出力ユニットが出力機器に対して出力信号を出力する。また、入力機器から入力された入力信号は、入力ユニット内のメモリに格納され、そのメモリに対して C P U ユニットの M P U がアクセスして入力データを取得する。このように、C P U ユニットの M P U が、各ユニットのメモリに

10

20

30

40

50

対してアクセスしてデータの読み書きをしている。しかし、処理速度の高速化に伴い、M P Uが、各ユニットのメモリにアクセスしてデータの読み書きをするのは困難となってきた。

#### 【0004】

そこで、本発明者は、P L Cネットワークケーブルに接続されたノード間の通信技術を利用し、1つのP L Cを構成するユニット間でデータの送受を行うことを考えた。具体的には、C P Uユニットがマスターで、その他のユニットがスレーブとしてマスター-スレーブ通信によりデータの送受を行うようにした。また、この種の通信技術では、送信フレームが相手に正常受信された場合に相手先からA C Kフレームが返送される仕組みを取り、一定期間内にA C Kフレームが返送されない場合には、送信できなかったと判断して再送するようにしている。これにより、目的とするデータを相手に確実に送信できるようになる。この種の再送技術は、特許文献1などに開示されている。

10

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

【特許文献1】特開2004-186892号

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

ところで、一般のネットワーク接続されたノード間で行われる再送技術をそのままP L Cのユニット間のデータ通信に利用することはできない。すなわち、P L Cを構成するユニット間のデータの送受は、高速で次々とデータを送りたいという要求がある。しかし、一旦当該データを格納した送信フレームを送り、相手からのA C Kフレームの返信の有無を確認し、不達の場合に再送し、送信完了の場合に次のデータを格納した送信フレームを送信すると、待ち時間が長くなり、通信技術を用いて高速にデータを送受する意義が無くなる。

20

#### 【0007】

さらに、データ通信をする場合にノイズの影響を考慮する必要がある。係るノイズによる送信エラーの回避のために、上記のように再送技術があるが、高速通信をすることで1つの送信フレームを送信するための時間が非常に短くなる。その結果、インパルスノイズのように非常に短時間に単発で発生するようなノイズは、一般的なネットワークケーブルを用いた通信の場合には、1の送信フレームのなかの何ビットかが消失するだけであったが、高速通信を図ると、送信フレーム全体が消失してしまうことになる。また、高速通信をするために、前後の送信フレームを詰めて送信した場合には、インパルスノイズといった短い短発のノイズであっても前後複数個分の送信フレームが損傷し通信エラーとなる恐れがある。

30

#### 【0008】

よって、P L Cを構成するユニット間の通信を、確実かつ高速に行いたいという課題がある。

#### 【課題を解決するための手段】

40

#### 【0009】

上記の課題を解決するために、本発明のプログラマブルコントローラは、(1)1つのマスターユニットと複数のスレーブユニットがシステムバスに接続されて構成されるプログラマブルコントローラであって、前記マスターユニットは、異なるスレーブユニット宛の送信フレームを一括りとして複数回連続して送信する機能を備えるようにした。

#### 【0010】

本発明のマスターユニットは、異なるスレーブユニット宛の送信フレームを一括りとして複数回連続して送信する。すなわち、1回目の送信処理で、係る一括りの送信フレームを所定の順番で送信する。次いで、2回目の送信処理で、一括りの送信フレームを所定の順番で送信する。以後、設定された複数回分繰り返し送信処理をする。なお、1回目と2回

50

目で送信する順番は、実施形態では、同じにしているが、本発明では必ずしも同じにする必要はない。但し、同じにした方が、処理（制御）が簡単に行えるので好ましい。スレーブユニットは、PLCを構成するユニットであるため、マスタユニットと非常に近く、送信フレームの伝搬時間も短い。また、各ユニットに対し、短時間で順次送信する必要があり、必然的に一括りの複数の送信フレームも、できるだけ送信間隔は短くしたいという要求がある。さらに、高速化の要請から、1つの送信フレームを送信するのに要する時間も短くなる。その結果、インパルスノイズのように比較的短い期間に発生するノイズであっても、1つの送信フレーム全体或いは複数の送信フレームがノイズの影響を受けて正常に送信できない事態を生じるおそれもある。しかし本発明では、上記のように、一括りの送信フレームの送信処理を複数回行うため、同一の送信フレームのみを連続して送信することがないので、仮にノイズにより前後に連続する複数の送信フレームが送信できなくても、同一の送信フレームが全てノイズにより送信できなくなることはない。よって、高速かつ確実に各送信フレームを所望のスレーブユニットに送ることができる。

10

20

30

40

50

**【0011】**

(2) 前記スレーブユニットは、前記送信フレームを正常受信した場合に設定されたレスポンスを返信する機能を備え、前記マスタユニットは、前記レスポンスを受信した場合、前記複数回に満たなくても該当する送信フレームの送信を停止するようにするとよい。設定されたレスポンスは、例えば、実施形態のACKフレームの送信や送信要求フレームに対するINフレームの送信などがある。このようにすると、例えば、マスタユニットに近いスレーブユニットのようにレスポンスが早く戻ってくる場合、複数回の送信フレームを送る前に係るレスポンスが戻ってくる可能性がある。係る場合に、レスポンスを受信したならば、その送信フレームは正しく相手に届いているので、それ以降送るのは無駄である。そこで、レスポンスを受信後は、該当する送信フレームの送信を行わないので、必要な送信フレームのみ送信でき、システムの通信に関する負荷が軽減される。

**【0012】**

(3) 前記マスタユニットは、同一の送信フレームに対する前記レスポンスを複数回受信した場合、2回目以降は破棄するとよい。返送されてきたレスポンスは、所定の受信処理を実行し、メモリ等に格納される。同一の送信フレームに対するレスポンスを一度受信できれば、その送信フレームが相手に正しく伝達できたことが確認できるので、それ以降のレスポンスの受信処理は、無駄であり、メモリの不要な浪費になり好ましくない。そこで本発明では、係る2回目以降のレスポンスを破棄することで、無駄な処理を実行する野抑制できる。

**【0013】**

(4) 前記1つのマスタユニットと複数のスレーブユニットが一体化されたブロック体と、前記複数のスレーブが一体化された延長ブロック体とを備え、前記ブロック体と前記延長ブロック体とは延長ケーブルで接続され、前記複数回連続して送信する回数は、前記ブロック体を構成するスレーブユニット宛の送信フレームよりも、前記延長ブロック体を構成するスレーブユニット宛の送信フレームの方が多く設定することよい。延長ケーブルがあると、その前後でノイズの影響が異なる。つまり、マスタユニットからみて延長ケーブルよりも下流側のスレーブユニットに対する送信フレームの方が、上流側のスレーブユニットに対する送信フレームよりもノイズの影響を受けやすく、正常送信できない確率が高い。従って、係る下流側である延長ブロック体を構成するスレーブユニットへの連続送信回数を多く設定することで、確実に送信することができる。一方、CPUユニットと共に連結されたブロック体を構成するスレーブユニットの場合、1回或いは2回等の少ない回数で正常に伝達される可能性が高い。従って、連続送信する複数回の回数を少なくしても送信が可能であり、それに伴い正常に受信された後も同一フレームを送信し続けるといった無駄な処理の発生を抑制できる。

**【0014】**

(5) 前記複数回連続して送信する回数は、前記一括りの送信フレームを全て同じにするとよい。そのようにすると、送信回数の管理・制御が一括して行えるので好ましい。(

6) また、前記複数回連続して送信する回数は、前記一括りの送信フレームで異なるようにしてもよい。係る構成にする、スレーブユニットごとに適切な送信回数をセットすることで、より確実に無駄なく送信処理を行うことができる。

【発明の効果】

【0015】

本発明では、複数回連続して送信フレームを送信するようにしたので、PLCを構成するユニット間の通信を、確実にかつ高速に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本発明に係るプログラマブルコントローラの好適な第1実施形態を示す図である

10

【図2】連続送信を説明する図である。

【図3】連続送信を説明する図である。

【図4】第2実施形態を説明する図である。

【図5】変形例を説明する図である。

【図6】変形例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0017】

図1は、本発明のプログラマブルコントローラ(以下、「PLC」)10の第1実施形態を示している。このPLC10は、各種の機能を実現するための複数のユニットを連結して構成される。この複数のユニットは、少なくとも1つのCPUユニット20を有する。更に、本実施形態のPLC10は、I/Oユニット30(入力ユニット、出力ユニット、入出力ユニットなど)、高機能I/Oユニット40(高機能入力ユニット、高機能出力ユニット、高機能入出力ユニットなど)、エンドユニット50を備えている。図示省略するが、PLC10を構成する各ユニットに対して電源供給を行うための電源ユニットも備えている。もちろん、PLC10を構成するユニットは、上記のものに限ることはなく、実行したい制御に応じて必要なものを適宜取捨選択して構成する。

20

【0018】

これらの各ユニットは、ケースの側面にコネクタ15を備える。各ユニットは、コネクタ15同士を連結することで、電気的に接続される。すなわち、コネクタ15には、高速シリアル通信線の一端が接続され、高速シリアル通信線の他端は、ユニットの内部回路(本実施形態ではASIC)に接続される。また、電源線も接続される。これにより、隣接するユニットのコネクタ15同士を連結することで、電源ユニットからのユニットへの電源供給が行えるとともに、ユニット間でデータ通信が行える。

30

【0019】

さらにPLC10のユニット間の通信は、ASICを用いて行い、高速化を図っている。そして、本実施形態の高速シリアル通信線で構成されるシステムバスは、下り用システムバス11と上り用システムバス12の2系統で構成される。このように、各システムバス11,12を流れるフレームの方向を固定することで、通信時のフレームの衝突の発生確率を抑制し、より確実にかつスムーズに伝送できるようにしている。

40

【0020】

CPUユニット20は、FAネットワークを構成する各機器の動作を制御するもので、「共通処理」、「INリフレッシュ」(マスタがスレーブのデータを読み出す処理)、「ユーザプログラムの演算実行」、「OUTリフレッシュ」(マスタからスレーブへデータを書き込む処理)、「周辺サービス」をサイクリックに実行する。CPUユニット20は、マスタとなり、システムバス11,12で接続された各ユニット(スレーブ)との間の通信を管理する。

【0021】

CPUユニット20は、MPU21と、EEPROM22と、RAM23と、ASIC24と、通信回路25と、を備えている。EEPROM22は、CPUユニット用のシス

50

テムプログラムや、ユーザプログラムや、INデータ・OUTデータ等のIOデータが格納される。MPU21は、CPUユニット用のマイクロプロセッサユニットであり、EEPROM22に格納されているシステムプログラムやユーザプログラムを実行することによってPLC全体を統括制御する。RAM23は、MPU21が動作する際にワークメモリとして使用されるメモリである。

#### 【0022】

AISC24は、ユーザプログラムの一部を実行する機能を有する。また、本発明との関係で言うと、ASIC24は、他のユニットとの間でマスタ-スレーブ通信を行う機能を有する。すなわち、ASIC24は、MPU21と通信するためのMPUインタフェース部(図示省略)や、スレーブユニットとの間で送受するIOデータ等を格納する共有メモリ部24cや、スレーブユニットとの間でマスタ-スレーブ通信を管理する通信コントローラ部24dや、システムバス11,12に接続され、実際にデータの送受を行う送信制御部24a並びに受信制御部24bを備えている。上述したように、システムバス11,12の伝送方向を一方向に固定したため、送信制御部24aは下り用システムバス11に接続し、受信制御部24bは上り用システムバス12に接続する。

10

通信回路25は、フィールドネットワークに接続されたりリモートI/O等の機器との間で通信する。

#### 【0023】

I/Oユニット30や高機能I/Oユニット40は、センサやスイッチなどの入力機器を接続してそれらのオン・オフ信号を入力信号として取り込む入力ユニットやアクチュエータやリレーなどの出力機器を接続してそれらに対して出力信号を送り出す出力ユニット等である。それらのユニット30,40は、スレーブユニットとなる。

20

#### 【0024】

I/Oユニット30は、ASIC31や、自己に接続される外部機器と入力信号や出力信号の送受をするためのインタフェース(図示省略)等を備える。ASIC31は、システムバス11,12に対してデジチェン接続されている。よって、ASIC31は、下り用システムバス11に接続される送信制御部31a並びに受信制御部31b、上り用システムバス12に接続される送信制御部31c並びに受信制御部31d、通信コントローラ部31e等を備える。ASIC31の通信コントローラ部31eは、下り用システムバス11を伝送されてくるフレームを受信制御部31bで受信すると、所定の処理を実行し、対となる送信制御部31aから下流側のスレーブユニットへ送信する。同様に通信コントローラ部31eは、上り用システムバス12を伝送されてくるフレームを受信制御部31dで受信すると、所定の処理を実行し、対となる送信制御部31cから上流側の隣のユニットへ送信する。もちろん、下り用システムバス11で送られてきたフレームが自己宛のもので、その処理結果としてCPUユニット20にレスポンス/ACKを返す場合、係るレスポンスは、送信制御部31cから上り用システムバス12に送信する。

30

#### 【0025】

高機能I/Oユニット40は、上記のI/Oユニット30と同様にASIC41、自己に接続される外部機器と入力信号や出力信号の送受をするためのインタフェース(図示省略)等に加え、MPU44を備える。このMPU44が、より複雑な処理を実行することで、高機能I/Oユニット40が、演算処理, I/Oリフレッシュ, 共通処理, 周辺サービス等の一連の処理をサイクリックに実行する。つまり、高機能I/Oユニット40は、自ら接続された出力機器の動作を制御するなどの機能を備え、特殊ユニットと称することもできる。演算処理は、予め設定されたプログラムを実行するものでも良いし、ユーザプログラムを実行するものでもよい。

40

#### 【0026】

また、高機能I/Oユニット40のASIC41は、システムバス11,12に対してデジチェン接続されている。よって、ASIC41は、下り用システムバス11に接続される送信制御部41a並びに受信制御部41b、上り用システムバス12に接続される送信制御部41c並びに受信制御部41d、通信コントローラ部41e等を備える。また

50

、高機能 I/O ユニット 40 は MPU 44 を備えることから、ASIC 41 には MPU インタフェース部を備える。さらに、本実施形態では、この高機能 I/O ユニット 40 が CPU ユニット 20 から最も離れた最終のユニットであるため、その後にはエンドユニット 50 が装着される。そして、高機能 I/O ユニット 40 の ASIC 41 の送信制御部 41 a は、エンドユニット 50 内の終端抵抗 51 に接続される。

#### 【0027】

次に、本発明の要部となるマスタからのフレーム送信機能について説明する。マスタである CPU ユニット 20 の ASIC 24 は、各種のフレームを作成し、送信する。この送信するフレームは、例えば、OUT データを送信するための OUT フレーム、スレーブに対して IN データを要求する送信要求フレーム、スレーブに対してメッセージデータの送信要求をする送信要求フレーム、アプリケーションで発生した割り込み要因にともない送信する割り込みフレームなどがある。

10

#### 【0028】

これらの送信フレームは、例えば MPU 21 が送信すべきデータを ASIC 24 の共有メモリ部 24 c 内の送信テーブルに格納する。そして、ASIC 24 の実行タイミングになると、通信コントローラ部 24 d がそのデータを読み出すと共に、送信制御部 24 a に与え、ヘッダや訂正符号を付加して符号化し、パラレル/シリアル変換して下り用システムバス 11 に送信する。また、送信フレームには、送信要求毎の各フレームにユニークなトランザクション ID が付加される。

20

#### 【0029】

一方、I/O ユニット 30 や高機能 I/O ユニット 40 等のスレーブユニットは、受信制御部 31 b, 41 b にて送信フレームを受信すると、シリアル/パラレル変換した後、復号化してフレームチェックを行う。チェックが正常と判定されると、自己宛の送信フレームの場合には、送信フレームで送られてきたデータに基づく所定の処理を実行する。

#### 【0030】

すなわち、OUT フレームの場合、送られてきた OUT データに基づく OUT リフレッシュを行うとともに、ACK フレームを作成し、送信制御部 24 c からマスタユニットに向けて送信する。この ACK フレームを CPU ユニット 20 の ASIC 24 が受信制御部 24 b を介して取得すると、先に送信した OUT フレームが受信されたことを認識する。また、送信フレームが IN データを要求する送信要求フレームの場合、最新の IN データを格納した IN フレームを作成し、送信制御部 24 c からマスタに向けて返送する。送信フレームがメッセージデータを要求する送信要求フレームの場合、受信時点で送信可能なメッセージが存在するとそのメッセージを格納したメッセージフレームを作成し、送信制御部 24 c からマスタに向けて返送する。さらに、送信フレームが割り込みフレームの場合、スレーブユニットの ASIC は、割り込み要求に応じた処理を行うと共に、ACK フレームを作成し、送信制御部 24 c からマスタユニットに向けて送信する。この ACK フレームには、送信フレームに付加されていたトランザクション ID を付加する。これにより、CPU ユニット 20 は、トランザクション ID をキーにして、受信した ACK フレームがどの送信要求についてのものかを認識できる。

30

#### 【0031】

また、デジチェン接続されているため、受信制御部 24 b で受信した送信フレームは、通信コントローラ部 31 e, 41 e に与えられ、最終的に、送信制御部 31 a, 41 a にてパラレル - シリアル変換され、伝送路である下り用システムバス 11 に出力される。

40

#### 【0032】

ここで本実施形態では、マスタユニットである CPU ユニット 20 の ASIC 24 は、共有メモリ部 24 c 内の送信テーブルにセットされた一括りの複数の送信要求を、スレーブユニットからの ACK フレームの受信を待つことなく所定の順番で繰り返し指定回数だけ連続して送信する。つまり、例えば、3つの送信要求があり、繰り返し送信回数が3回とすると、ASIC 24 は、図 2 (a), 図 3 に示すタイミングで送信処理を実行する。図 2 では、図示の便宜上、各送信要求の送信フレームを、数字のみ示している。また、各

50

送信フレームは、前後に詰めた状態で次々と送るようにしている。これにより、システムバス上での高速送信が確保され、PLC10を構成する各ユニット間の高速通信が担保される。

#### 【0033】

まず、1回目の送信処理として、送信要求-1, 送信要求-2, 送信要求-3の順番で、各送信要求の送信フレームを作成するとともに送信する。そして、グループの最後の送信要求-3の送信フレームを送信したならば、2回目の送信処理に移行し、送信要求-1, 送信要求-2, 送信要求-3の順番で、各送信要求の送信フレームを作成するとともに送信する。その後、3回目の送信処理に移行し、送信要求-1から順番に送信する。そして、送信要求-3の送信フレームを送信すると、ACKチェック時間監視用のタイマをスタートさせる。もちろん、一般的に行われる送信の度にACK監視タイマを起動するようにしてもよい。

10

#### 【0034】

ASIC24は、ACKフレームを受信すると、それに含まれるトランザクションIDからどの送信要求に対するものかを認識できる。この受信したACKフレームは、共有メモリ部24cの所定のメモリアreaに格納される。そして、タイマでACKチェック時間が経過した時点で、ACKが必要となる全ての送信要求フレームに対するACKフレーム(或いはINフレーム等のスレーブユニットからのレスポンス)が返送されてきた否かを判断し、送信要求グループに属する全ての送信フレームについての送達確認ができたならば、正常完了する。もちろん、送信フレームの種類によっては、送信のみしてスレーブユニットからのレスポンスを要求しないものもあり、そのような送信フレームについては、ACKフレームがあったとみなすか、監視対象から排除することで対応する。一方、送信フレームは正常に送信できなかったと判断し、CPUユニット20のMPU21およびまたはASIC24は、所定の処理を実行する。もちろん、一般的に行われる送信の度にACK監視タイマを起動するようにした場合には、上記の正常に送信できたか否かの判断もその都度行えばよい。

20

#### 【0035】

このように、複数の送信フレームを、順番に繰り返すことで、例えば図2(b)に示すようにインパルスノイズが発生し、連続した複数の送信フレームが正常に送信できない事態が発生しても、複数回送信を繰り返すことで、確実に全ての送信フレームを送ることができる。すなわち、一般のネットワークケーブルで接続されたノード間の通信と相違し、PLCのシステムバス内でのデータ通信であり、しかも、従来よりも高速通信を行うようにしたため、例えば、1つの送信フレームを送信するのに要する時間は、数十 $\mu\text{s}$ ~数百 $\mu\text{s}$ 程度となり、この時間は、通信速度が速くなるとさらに短くなる。一方、インパルスノイズは、数百 $\mu\text{s}$ 以上の時間で発生している。従って、一般的なネットワーク通信でのインパルスノイズの影響は、1つの送信フレーム内の何ビットからの欠落で済むが、本実施形態のPLCでは、送信フレーム全体がエラーとなる。しかも、前後に詰めて連続して送信フレームを送信することから、連続した複数の送信フレームがエラーとなる。そして、図2(b)に示すように、1回目の送信要求-1から2回目の送信要求-1までの4つの送信フレームがエラーになった場合でも、送信要求-2と送信要求-3については、2回目の送信処理でスレーブユニットに送ることができ、また、送信要求-1については3回目の送信処理でスレーブユニットに送ることができる。

30

40

#### 【0036】

これに対し、同じ送信フレームを複数回送信する場合でも、同一の送信要求についての送信フレームを所定回数連続して送信し、次に別の送信要求についての送信フレームを所定回数連続して送信するような場合には、正しく送信できないおそれがある。3つの送信要求の送信フレームを、それぞれ3回ずつ送信した場合、図2(a)に示すように、まず送信要求-1についての送信フレームを3回連続して送信した後、送信要求-2についての送信フレームについての送信処理に移行することになる。すると、上記の図2(b)と同様に先頭から4つ分の送信フレームがノイズで送信できない場合、図2(c)に示すよ

50

うに送信要求 - 2 の 2 回目の送信から正常送信できるので、送信要求 - 1 については送ることができなくなってしまうという弊害がある。

【0037】

また、ノイズが無く、送信処理した全ての送信フレームが正しく送られた場合、図 2 ( a ) に示すように、本実施形態では、送信要求 - 1 の送信開始から送信要求 - 2 を送信するまでの最短時間 T 1 は、送信フレーム 1 つ分の送信時間となり、この時間は、繰り返し送信する回数に関係なく一定となる。これに対し、図 2 ( c ) に示すように同じ送信フレームを複数回送信する場合、送信要求 - 1 の送信開始から送信要求 - 2 を送信するまでの最短時間 T 2 は、送信フレーム 3 つ分の送信時間となる。そして、この時間は、繰り返し送信する回数が多くなればなるほど長くなるという問題を生じる。ノイズに強くなるように、繰り返し送信する回数を長くした場合、その差はより顕著に表れる。

10

【0038】

また、マスタユニットである CPU ユニット 20 は、送信フレームには、送信要求毎にユニークなランザクション ID を付加する。そのため、CPU ユニット 20 は、2 回目以降の連続送信時における同一の送信要求についての送信フレームには、初回と同じランザクション ID を付加する。つまり、送信要求 - 1 についての送信フレームは、3 回繰り返し送信する場合、3 つとも同じランザクション ID となる。

【0039】

このため、図 3 に示すように、スレーブユニット ( 受信側 ) は、同じランザクション ID のフレームを複数回受信することがあり、この場合、スレーブユニットは、以下のレスポンスを返送する。すなわち、OUT フレームを受信したスレーブユニットの ASIC は、その都度 ACK フレームを返送する。これにより同一のスレーブからの ACK フレームも連続ではなくパラバラにばらけて返送されるため ACK もノイズに強くなる。なお、同一の送信フレームを連続して複数回送信した場合には、その送信フレームを受信したスレーブからの ACK フレームも連続して送信されることになり、送信時と同様にノイズの影響を受けやすくなる。

20

【0040】

また、スレーブユニットの ASIC は、受信した OUT フレームにて送られてきた OUT データ ( 送信要求 ) については、それを用いた OUT リフレッシュなどすることなくそのまま破棄する。これにより、スレーブユニットは、無駄な更新・書き換え処理を実行しないですむ。

30

【0041】

IN データ用の送信要求フレームを受信したスレーブユニットの ASIC は、最新 IN データで IN フレームを作成するとともに返送し、メッセージ用の送信要求フレームを受信したスレーブユニットの ASIC は、受信時点で送信可能なメッセージデータでメッセージフレームを返送する。割り込み要求フレームを受信したスレーブユニットの ASIC は、前回の割り込み要因に従って処理が行われているので、割り込み要因の更新は行わないが、正常受信を通知するため ACK フレームは返送する。

【0042】

図 4 は、本発明の第 2 実施形態の要部の機能を示している。上述した第 1 実施形態では、同じグループに属する送信要求を、予め定められた回数だけ繰り返し送信している。これにより、例えば 1 回目の送信処理で全ての送信フレームが目的のスレーブに伝達されたとしても、2 回目、3 回目の送信処理を実行することになる。この場合、2 回目、3 回目の送信処理は、本来は無駄な送信となり、通信トラフィックが混み他の送信要求の送信が遅れたり、各ユニットでの処理負荷も増すので好ましくない。さらに、説明の便宜上、送信要求が 3 つとしているが、スレーブの数が多く、1 つのグループを構成する送信要求の数が増えたり、ノイズに強くなるように繰り返し送信する回数が増えたと、その問題がより顕著に表れる。

40

【0043】

そこで本実施形態では、連続送信の実行中に送達確認がとれ、正常完了したスレーブユ

50

ニットが確認できた場合、その送達確認できた正常に送信された送信フレームは、送信回数が設定された所定回数に達していなくてもそれ以降は送信しないようにした。これにより、無駄な送信フレームの送信処理の発生が軽減され、効率よく迅速に送信できる。

#### 【0044】

具体的には、連続送信の実行中にACKフレームを受信した場合、対応する送信要求の送信フレームは送信しない（送信処理をスキップする）ようにする。対応する要求フレームは、ACKフレームに格納されたトランザクションIDから特定できる。スキップ処理は、例えば、送信テーブルに、送信要求と関連付けて送信完了フラグを設け、ACKフレームを受信した場合に当該送信完了フラグをONにする。通信コントローラ部24dは、送信処理対象の送信要求を特定するに際し、送信テーブルを先頭から順に読み出すが、このとき、送信完了フラグがONになっている送信要求は読み出すことなく、対象を次の送信要求に移行することで実現できる。また、送信テーブルに格納される各送信要求に対し、送信残り回数を関連付けて記憶する。初期値は、設定された連続送信回数で、第1実施形態で説明した図2、図3の例では、「3」がセットされる。そして、1回送信するごとに、1ずつ減算し、「0」になったならば今回の連続送信は完了とし、ACKチェック待ちとするようにした場合、途中でACKフレームを受信したならば、当該残り回数を「0」に更新する。これにより、そのACKフレームを受信した後で、対応する送信要求が送信順番に来たとしても、残り回数が「0」になっているのでスキップし、その次の送信要求を送信対象にすることができる。

10

#### 【0045】

特に、送信テーブルに多数の送信要求がエントリしてあり、マスタユニットの近くに配置されたスレーブユニットは、送信フレーム・ACKフレームの通信に要する時間が短いので、連続送信の実行中に送達確認が正常完了する可能性が高くなる。

20

#### 【0046】

具体的な動作の一例を示すと、図4のようになる。ここでは、ノイズなど発生せず、全ての送信フレームがそれぞれのスレーブユニットに伝達されているものとする。また、「送信要求-1」は、ノード番号#1のスレーブユニット宛のもの、「送信要求-2」は、ノード番号#2のスレーブユニット宛のもの、「送信要求-3」は、ノード番号#3のスレーブユニット宛のものとする。また、スレーブユニットは、マスタユニット側から昇順方式でノード番号が設定されている。これにより、ノード番号#1がマスタユニットに最も近いスレーブユニットである。図1の例では、CPUユニット20に隣接するI/Oユニット30がノード番号#1となり、次のI/Oユニット30がノード番号#2となり、高機能I/Oユニット40がノード番号#3となる。

30

#### 【0047】

また、本実施形態では、各ユニットのASICは、デジチェーン接続されているため、ノード番号#2のスレーブユニット宛の送信フレームは、一旦ノード番号#1のスレーブユニットのASICで受信された後、転送されてノード番号#2のスレーブで受信される。よって、マスタユニット側（CPUユニット20）から離れるほど（ノード番号が大きくなるほど）フレームが伝搬されるのに要する時間が長くなる。

#### 【0048】

係る前提において、1回目の送信処理で、送信要求-1の送信フレーム、送信要求-2の送信フレーム、送信要求-3の送信フレームに対し、その順番で順次送信する。すると、送信要求-1の送信フレームは、スレーブ#1で正常受信され、ACKフレームが返送される。また、送信要求-2の送信フレームは、スレーブ#1で伝送されてスレーブ#2で正常受信され、ACKフレームが返送される。このACKフレームは、一旦スレーブ#1に取り込まれ、転送されることでマスタユニットに到達する。同様に、送信要求-3の送信フレームは、スレーブ#1、スレーブ#2を経てスレーブ#3に至る。そして、正常受信されると、上記の逆の経路を経てACKフレームがマスタユニットに到達する。

40

#### 【0049】

図示するように、1回目の送信処理に基づくスレーブ#1からのACKフレームが、2

50

回目の送信処理における送信要求 - 1 の送信フレームの送信前にマスタユニットに受信されているので（（ 1 ）参照）、送信要求 - 1 について 2 回目以降の送信はスキップする。これに伴い、2 回目の送信処理は、送信要求 - 2 と送信要求 - 3 の送信フレームについて実行する。

【 0 0 5 0 】

2 回目の送信処理が完了後、3 回目の送信処理に移行する前に、1 回目の送信処理で送信した送信要求 - 2 の送信フレームに対するスレーブ # 2 からの A C K フレームがマスタユニットで受信されている（（ 2 ）参照）。従って、この段階で送信要求 - 2 も送信対象から外れ、3 回目の送信処理では送信要求 - 3 の送信フレームのみが送信される。

【 0 0 5 1 】

また、3 回目の送信処理の終了後、A C K チェック時間のタイムアップする前に、1 回目の送信処理で送信した送信要求 - 3 の送信フレームに対するスレーブ # 3 からの A C K フレームがマスタユニットで受信されている（（ 3 ）参照）。これにより、スレーブ # 3 からの送達確認が正常完了したと認識され、今回の送信処理は、全て正常に送達されたことになる。また、A C K チェック時間は、3 回目の送信処理で送信される全ての送信フレームに対する A C K フレームが返信されてくるのに十分な時間が設定される。

【 0 0 5 2 】

また、図から明らかなように、例えば、2 回目の送信処理で送信要求 - 2 を送信した後に 1 回目の送信処理に基づく A C K フレームを受信しているので、その後、その 2 回目の送信処理に基づく A C K フレームがスレーブ # 2 から返送されてくる。送信要求 - 3 については、マスタユニットは、合計 3 回の A C K フレームを受信することになる。

【 0 0 5 3 】

そこで、マスタユニットの受信制御部 2 4 b は、A C K フレームを受信した後で連続送信のために同じ A C K フレームをさらに受信した場合、当該 A C K フレームを受信破棄する。これにより、共有メモリ部 2 4 c に格納される A C K フレームは、同一の送信フレームに対するものは 1 つとなるのでメモリ領域の無用な消費並びに格納処理を削減できる。同じ A C K フレームが否かはトランザクション I D が同一であるか否かで判断する。

【 0 0 5 4 】

上記の例では、A C K フレームについて説明したが、I N フレーム等を受信した場合でもスレーブユニット側で正常に受信したと判断できるので、上記と同様の送信制御を行う。

【 0 0 5 5 】

また、上述した実施形態では、送信テーブルに格納された同じグループに属する送信要求の送信フレームの送信回数は同じに設定したが、適宜異ならせても良い。この場合、送信要求ごとに残り送信回数にセットする初期値としての送信回数を関連付けて登録し、1 回送信するごとにその残り送信回数の値を 1 つずつ減算し 0 になったならばその送信要求についてスキップし、全ての送信要求に関連付けられた残り送信回数が 0 になったならば、A C K チェック時間のタイムアップを待つようにすることで実現できる。また、送信テーブルを複数設けることもできる。その場合に、連続送信回数ごとにグループ分けすると、送信回数を送信要求ごとに設定・管理する必要がないので、制御が簡単になる。

【 0 0 5 6 】

連続送信回数は、ユニットのノイズ環境によりユニット毎に異なる設定とするとよい。例えば、図 5 に示すように、複数のユニットを連結して構成されるブロック体の最終段に延長ユニット 6 0 を取り付け、その延長ユニット 6 0 同士を延長ケーブル 1 4 により接続することで、複数のブロックから P L C が構成されることがある。この場合、延長ケーブル 1 4 以降のスレーブユニットへの送信フレームは、ノイズの影響により通信エラーになる確率が高いので、連続回数を大きい値にし、C P U ユニット 2 0 を含むブロック体に連結されたスレーブユニットは、C P U ユニット 2 0 との間に延長ケーブルが介在しないためにノイズの発生も少ないので連続回数を小さくし、無駄な送信の発生を削減すると良い。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 7 】

また、全てのスレーブユニットに対して2以上の連続回数にする必要はなく、例えば、CPUユニット20に近いスレーブユニットに対しては、連続回数を1、すなわち、1回のみ送信し、繰り返し送信をしないようにしてもよい。

## 【 0 0 5 8 】

さらにまた、上述した各実施形態では、ユニットの側面同士をコネクタで接続するタイプのものとしたが、本発明はこれに限ることはなく、例えば、各スレーブユニットをベースユニットに設けたスロットに装着するものでも良い。

## 【 0 0 5 9 】

また、上述した各実施形態では、CPUユニット20（マスタ）とI/Oユニット30、高機能I/POユニット40（スレーブ）とは、デジチェーン接続しているが、本発明は必ずしも係る接続形態を採る必要はなく、他の各種の通信方式をとれる。

## 【 0 0 6 0 】

また、上記のマスタからスレーブに対してフレームを送信する際に、複数回連続して送信する技術は、たとえば図6に示すようなネットワークに接続されるリモートI/Oターミナル70等にも適用できる。すなわち、ネットワーク全体を見ると、PLC10がマスタとなり、フィールドネットワーク80に接続された各機器がスレーブとなって、PLC10と機器との間で、ネットワークでのマスタ-スレーブ通信をしてデータの送受を行う。この機器には、単独の機器もあれば、I/Oターミナル（ターミナルI/O、ターミナル装置などと称されることもある）のように、そのI/Oターミナルにさらに複数のI/O機器が接続されるものもある。そして、このI/Oターミナルの一つの形態として、図6に示すようにビルディングブロック型のリモートI/Oターミナル70がある。

## 【 0 0 6 1 】

このリモートI/Oターミナル70は、通信ユニット71と、1または複数のI/Oユニット72（スライスI/Oユニット）とを連結して構成され、それら連結されたユニット71、72は、内部バス（システムバス）73で電氣的に接続され、データの送受ができる。I/Oユニットは、適宜増減できるので、システム構成に応じて変更調整できる。この内部バス73は、上述した実施形態のシステムバスと同様に、複数系統で構成しても良い。

## 【 0 0 6 2 】

また、リモートI/Oターミナル70は、PLC10と同様に、最終段にはエンドユニットが連結されて終端され、また、最終段に接続ユニットを連結するとともに、接続ケーブルで他のリモートI/Oターミナルを接続することもできる。

## 【 0 0 6 3 】

通信ユニット71は、フィールドネットワーク80を介してPLC10のCPUユニット20の通信回路25に接続される。通信ユニット71は、フィールドネットワーク80に接続されたPLC10等の装置と通信する機能と、自己に連結されたI/Oユニット72と通信する機能を有する。I/Oユニット72のデータは、一旦通信ユニット71に収集され、一括でマスタであるPLC10（CPUユニット20）とデータ交換する。

## 【 0 0 6 4 】

通信ユニット71とI/Oユニット72との間は、通信ユニット71がマスタとなり、I/Oユニット72がスレーブとなり、マスタ-スレーブ通信を行う。そして、通信ユニット71は、I/Oユニット72との間で内部バス73経由で通信する際に、上述したCPUユニット20と同様に、一括りの送信フレームを複数回連続して送信する技術を実装すると良い。

## 【 符号の説明 】

## 【 0 0 6 5 】

- 10 PLC
- 11 下り用システムバス
- 12 上り用システムバス

10

20

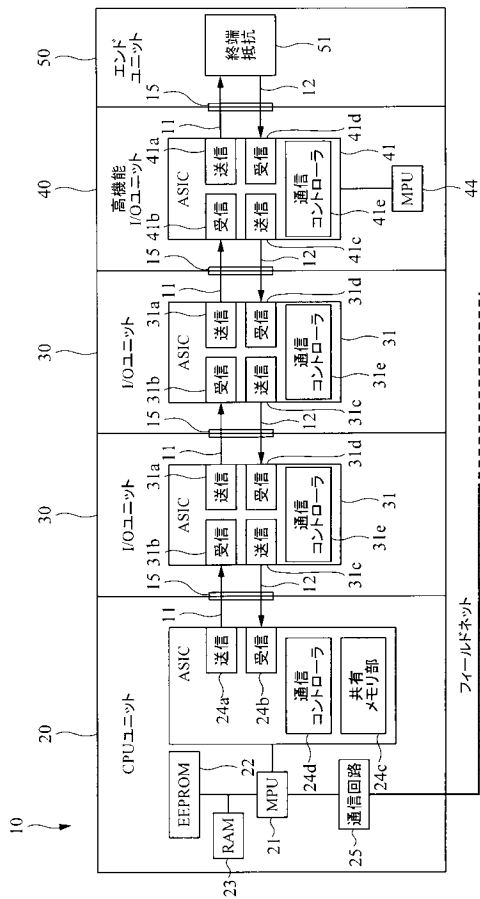
30

40

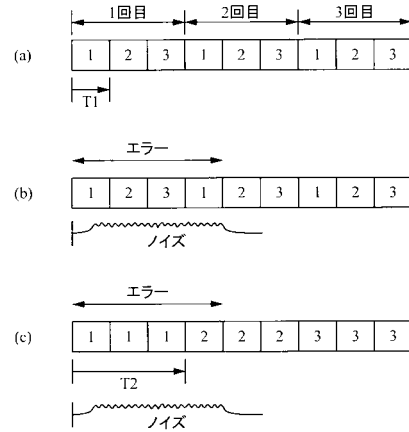
50

- 14 延長ケーブル
- 20 CPUユニット
- 21 MPU
- 24 ASIC
- 30 I/Oユニット
- 31 ASIC
- 40 高性能I/Oユニット
- 41 ASIC
- 44 MPU
- 60 延長ユニット
- 70 リモートI/Oターミナル
- 71 通信ユニット
- 72 I/Oユニット

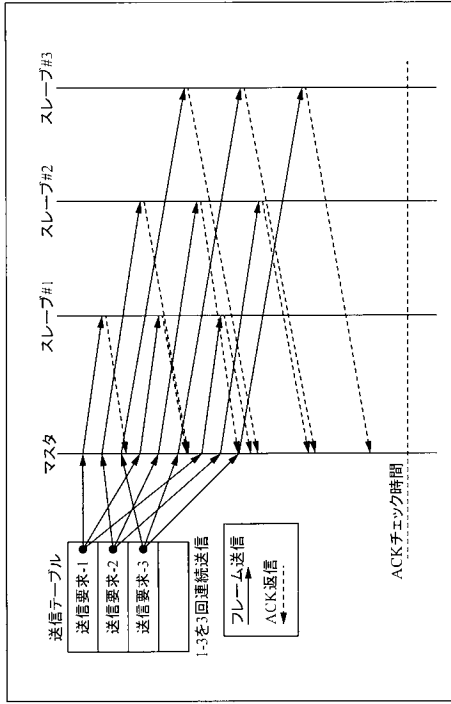
【図1】



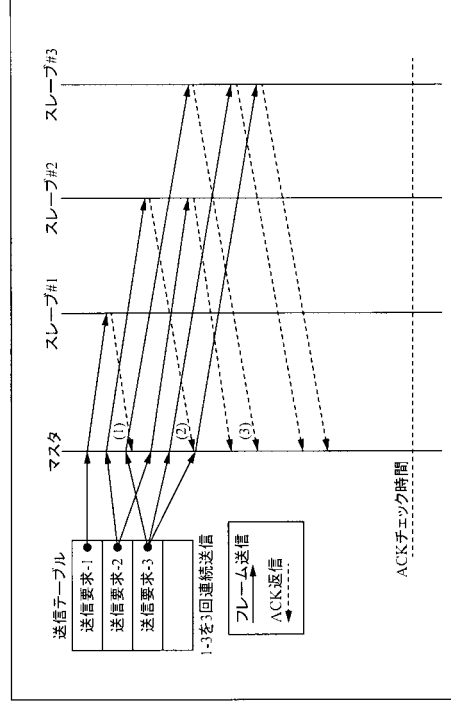
【図2】



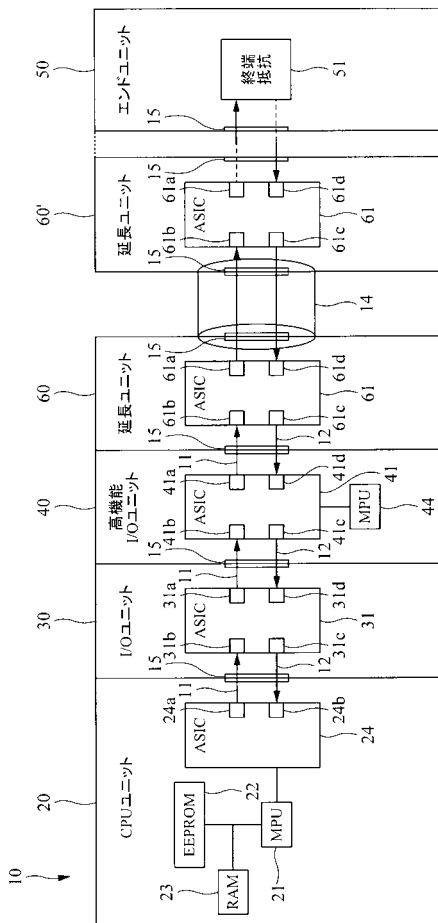
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

