

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6471021号  
(P6471021)

(45) 発行日 平成31年2月13日(2019.2.13)

(24) 登録日 平成31年1月25日(2019.1.25)

(51) Int.Cl.

H04L 12/427 (2006.01)

F 1

H04L 12/427

請求項の数 6 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2015-70252 (P2015-70252)  
 (22) 出願日 平成27年3月30日 (2015.3.30)  
 (65) 公開番号 特開2016-192597 (P2016-192597A)  
 (43) 公開日 平成28年11月10日 (2016.11.10)  
 審査請求日 平成30年3月29日 (2018.3.29)

(73) 特許権者 000005326  
 本田技研工業株式会社  
 東京都港区南青山二丁目1番1号  
 (74) 代理人 100077665  
 弁理士 千葉 剛宏  
 (74) 代理人 100116676  
 弁理士 宮寺 利幸  
 (74) 代理人 100149261  
 弁理士 大内 秀治  
 (74) 代理人 100136548  
 弁理士 仲宗根 康晴  
 (74) 代理人 100136641  
 弁理士 坂井 志郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】通信システム

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

複数のネットワークノードがリング状に形成されて一方向に通信を行うリング型ネットワークを用いた通信システムであつて、

前記各ネットワークノードは、

自ネットワークノードが生成したデータを送信データとして送信するデータ送信ブロック、及び、他ネットワークノードから送信された送信データを中継データとして中継するデータ中継ブロックを有するデータ送出部と、

前記他ネットワークノードから送信された送信データを受信データとして受信するデータ受信部と、

前記データ送信ブロックが送信した送信データ、又は、前記データ中継ブロックが中継した中継データのうち、いずれか一方のデータを出力データとして切り替え出力する出力切替部と、

を備え、

前記各ネットワークノードのデータ送出部及び出力切替部のうち少なくとも一方は、オンザフライ方式によるデータの出力中、当該データの異常を検出するエラー検出部を有し

前記エラー検出部が前記データの異常を検出したときに、当該エラー検出部を有する前記データ送出部又は前記出力切替部は、前記データの出力を途中で打ち切り、打ち切った前記データの最後に、当該データに異常があることを示すエラーデータを付加して出力す

ることを特徴とする通信システム。

**【請求項 2】**

請求項 1 記載の通信システムにおいて、

前記出力切替部は、前記データ送信ブロックが送信した送信データを前記出力データとして優先的に出力し、

前記データ送信ブロックが送信した送信データが前記リング型ネットワークを一周して前記データ送信ブロックに戻ってくるまで、当該データ送信ブロックは、次の送信データの送信を行わないことを特徴とする通信システム。

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 記載の通信システムにおいて、

10

後段の出力切替部又はデータ送出部は、打ち切った前記データを受信し、自己のエラー検出部が前記エラーデータを検出したときに、打ち切った前記データを破棄すると共に、アイドルデータを出力することを特徴とする通信システム。

**【請求項 4】**

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の通信システムにおいて、

前記エラー検出部は、前記各ネットワークノードのデータ中継ブロックに設けられ、

前記エラー検出部が前記中継データの異常を検出した場合、前記データ中継ブロックは、打ち切った前記中継データ及び前記エラーデータを順に出力した後、次の中継データが入力されるまで、他のアイドルデータを出力することを特徴とする通信システム。

**【請求項 5】**

20

複数のネットワークノードがリング状に形成されて一方向に通信を行うリング型ネットワークを用いた通信システムであって、

前記各ネットワークノードは、

自ネットワークノードが生成したデータを送信データとして送信するデータ送信ブロック、及び、他ネットワークノードから送信された送信データを中継データとして中継するデータ中継ブロックを有するデータ送出部と、

前記他ネットワークノードから送信された送信データを受信データとして受信するデータ受信部と、

前記データ送信ブロックが送信した送信データ、又は、前記データ中継ブロックが中継した中継データのうち、いずれか一方のデータを出力データとして切り替え出力する出力切替部と、

30

を備え、

前記各ネットワークノードのデータ送信ブロックは、前記自ネットワークノードの ID 情報とホップカウントとを前記送信データに埋め込んで送信し、

前記各ネットワークノードのデータ中継ブロックは、前記中継データに含まれる前記他ネットワークノードのホップカウントをインクリメントした後に当該中継データを送信し、

前記各ネットワークノードは、前記データ受信部が前記受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる前記各ネットワークノードの ID 情報及びホップカウントを格納するホップカウントレジスタをさらに備え、

40

前記各ネットワークノードのホップカウントレジスタには、前記各ネットワークノードの ID 情報と、前記自ネットワークノードに対する前記各ネットワークノードのホップカウントとの設定値が予め格納され、

前記各ネットワークノードのデータ受信部は、前記受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる前記各ネットワークノードの ID 情報及びホップカウントと、前記ホップカウントレジスタに格納された前記設定値とを比較して、前記リング型ネットワークにおける前記各ネットワークノードの接続ミスの有無を判定することを特徴とする通信システム。

**【請求項 6】**

請求項 5 記載の通信システムにおいて、

50

前記各ネットワークノードのデータ送信ブロックは、前記自ネットワークノードのID情報とホップカウントとを埋め込んだ前記送信データを、一定間隔毎に送信することを特徴とする通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、複数のネットワークノードがリング状に形成されて一方向に通信を行うリング型ネットワークを用いた通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献1には、トーカンリング型のループ伝送路に複数のコンピュータが接続されている場合に、ループ伝送路を巡回しているフリートークンを獲得したコンピュータが、ループ伝送路を介して特定のコンピュータに伝送データ及びビジートークンを伝送することが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2001-326663号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

上述のように、従来のトーカンパッシング方式による通信では、送信権であるフリートークンをループ伝送路（リング型ネットワーク）に巡回させるので、フリートークンを獲得したコンピュータ（ネットワークノード）しか伝送データを伝送することができない。

【0005】

一方、イーサネット（登録商標）等では、どのネットワークノードも自由にデータを送信することが可能である。この場合、データ衝突の可能性があるため、衝突回避の方法として、例えば、送信待ち時間をランダムに設定することが考えられる。しかしながら、送信待ち時間をランダムに設定すると、ロボットの体内通信のような低レイテンシが要求される通信システムでは、適用が困難である。

【0006】

そこで、本発明は、データ衝突を発生させることなく、リング型ネットワークの全てのネットワークノードが同時にデータ通信を行うことを可能にすることで、低レイテンシのデータ通信を実現すると共に、ネットワーク効率を向上させることができる通信システム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】

【0007】

本発明は、複数のネットワークノードがリング状に形成されて一方向に通信を行うリング型ネットワークを用いた通信システムに関するものであり、上記の目的を達成するため、前記各ネットワークノードは、データ送出部、データ受信部及び出力切替部を備える。

【0008】

この場合、前記データ送出部は、自ネットワークノードが生成したデータを送信データとして送信するデータ送信ブロック、及び、他ネットワークノードから送信された送信データを中継データとして中継するデータ中継ブロックを有する。前記データ受信部は、前記他ネットワークノードから送信された送信データを受信データとして受信する。前記出力切替部は、前記データ送信ブロックが送信した送信データ、又は、前記データ中継ブロックが中継した中継データのうち、いずれか一方のデータを出力データとして切り替え出力する。

【0009】

通常、リング型のネットワークトポロジーである前記リング型ネットワークにおいて、

10

20

30

40

50

前記各ネットワークノードは、送信ラインと受信ラインとに分けて構築されている。従つて、前記各ネットワークノードの送信ラインは、データの送信に関して占有権をそれぞれ持っていると考えることができる。

#### 【0010】

そこで、本発明では、前記リング型ネットワークにおける新たなプロトコルとして、前記出力切替部において、前記送信データ又は前記中継データのうち、いずれか一方のデータを前記出力データとして、切り替えて出力する。このような新たなプロトコルを構築したことにより、全てのネットワークノードでは、前記送信データと前記中継データとを衝突させることなく、前記出力データの送信を同時に行うことが可能となる。従つて、本発明は、低レイテンシ且つネットワーク効率が向上した通信システムを実現することができる。この結果、本発明では、ファームウェア(F/W)及びハードウェア(H/W)のデータやログデータ等の大容量データについても、従来と比べて短時間で転送することが可能となる。10

#### 【0011】

また、本発明に係る通信システムは、上記の特徴的な構成を前提として、下記の第1～第5の特徴をさらに有してもよい。

#### 【0012】

本発明の第1の特徴として、前記出力切替部は、前記データ送信ブロックが送信した送信データを前記出力データとして優先的に出力する。これにより、前記他ネットワークノードからの送信データである前記中継データと、前記自ネットワークノードの送信データとを衝突させることなく、リアルタイムでデータ通信を行うことが可能となる。この結果、全てのネットワークノードが同時にデータ通信を行っても、データ衝突を発生させることなく、高いネットワーク効率でデータ通信を行うことができる。20

#### 【0013】

また、第1の特徴において、前記データ中継ブロックは、前記データ送信ブロックが送信した送信データを前記出力切替部が優先的に出力する間、前記中継データを一時的に保持する中継データ保持部を有する。これにより、前記送信データの出力完了後に前記中継データを出力することになるので、前記中継データと前記送信データとの衝突を確実に回避して、ネットワーク効率を向上させることができる。

#### 【0014】

さらに、第1の特徴において、前記データ送信ブロックが送信した送信データが前記リング型ネットワークを一周して前記データ送信ブロックに戻ってくるまで、当該データ送信ブロックは、次の送信データの送信を行わない。これにより、前記中継データの送信時間を確保すると共に、前記中継データの中継時間を最小化することが可能となる。また、当該中継データと前記送信データとの衝突を効果的に回避して、ネットワーク効率の向上を図ることもできる。30

#### 【0015】

さらにまた、第1の特徴において、前記出力切替部は、データの出力待ちを指示する出力待ち信号を前記データ送信ブロック又は前記データ中継ブロックに出力し、前記データ送信ブロック又は前記データ中継ブロックのうち、前記出力待ち信号の入力されていないブロックが、前記出力切替部にデータを送出する。これにより、前記中継データと前記送信データとの衝突を確実に回避することができる。40

#### 【0016】

本発明の第2の特徴として、前記各ネットワークノードのデータ送出部及び出力切替部のうち少なくとも一方は、オンザフライ方式によるデータの出力中、当該データの異常を検出するエラー検出部を有する。この場合、前記エラー検出部が前記データの異常を検出したときに、当該エラー検出部を有する前記データ送出部又は前記出力切替部は、当該データに異常があることを示すエラーデータを前記データに付加して出力する。

#### 【0017】

空き時間をできる限り削減して、低レイテンシの通信を実現するために、オンザフライ50

方式でデータを出力する場合に、異常なデータに対しては前記エラーデータを付加して出力する。この結果、後段のブロックは、前記エラーデータを確認することで、入力されたデータが異常なデータであることを容易に把握し、当該異常なデータを早期に破棄することができる。従って、次に送信する正常なデータをできる限り早く送出することができ、ネットワーク効率の低下を最小限に留めることが可能となる。

#### 【0018】

また、第2の特徴において、前記エラー検出部が前記データの異常を検出した場合、当該エラー検出部を有する前記データ送出部又は前記出力切替部は、前記データの出力を途中で打ち切り、打ち切った前記データの最後に前記エラーデータを付加して出力する。これにより、後段のブロックにおいて、異常なデータを早期に把握して破棄することが可能となり、ネットワーク効率の低下を確実に抑制することができる。10

#### 【0019】

さらに、第2の特徴において、後段の出力切替部又はデータ送出部は、打ち切った前記データを受信し、自己のエラー検出部が前記エラーデータを検出したときに、打ち切った前記データを破棄すると共に、アイドルデータを出力する。これにより、打ち切った前記データが前記リング型ネットワークを巡回し続けることを回避することができる。

#### 【0020】

さらにまた、第2の特徴において、前記エラー検出部は、前記各ネットワークノードのデータ中継ブロックに設けられ、前記エラー検出部が前記中継データの異常を検出した場合、前記データ中継ブロックは、打ち切った前記中継データ及び前記エラーデータを順に出力した後、次の中継データが入力されるまで、他のアイドルデータを出力する。これにより、後段のブロックでは、入力された中継データのうち、前記エラーデータの直前までのデータが異常なデータであることを容易に把握できる。20

#### 【0021】

本発明の第3の特徴において、前記各ネットワークノードのデータ送信ブロックは、前記受信データが前記自ネットワークノードで生成した送信データであるか否かを判定する送信完了判定部を有する。そして、前記受信データが前記自ネットワークノードで生成した送信データであると前記送信完了判定部が判定した場合、前記データ送信ブロックは、当該送信データの送信を完了させる。

#### 【0022】

従来は、前記自ネットワークノードから送信先のネットワークノードに送信データを送信し、前記送信データを受け取った前記送信先のネットワークノードからの肯定応答(ACK)を前記自ネットワークノードが受け取ることにより、前記送信データの送信が完了していた。この場合、前記送信先のネットワークノードが前記送信データを受信したことを保証することは可能であるが、一方で、レイテンシが増大するという問題があった。30

#### 【0023】

これに対して、第3の特徴では、前記データ送信ブロックが前記送信完了判定部を有することにより、前記自ネットワークノードから送信された送信データが前記リング型ネットワークを一周し、当該自ネットワークノードで前記受信データとして受信されたときに、前記送信データの送信を完了させることができる。これにより、前記送信先のネットワークノードが前記送信データを受信したことまでは保証しないが、前記リング型ネットワークに異常がないことを保証すると共に、低レイテンシのデータ通信が可能となる。40

#### 【0024】

また、第3の特徴において、前記送信データ及び前記受信データは、ヘッダ部、データ部及びトレーラ部を含むパケットデータであり、前記ヘッダ部に、前記自ネットワークノードのID情報が埋め込まれると共に、前記トレーラ部に送信先のネットワークノードのID情報が埋め込まれる。この場合、前記送信完了判定部は、前記ヘッダ部に埋め込まれたID情報が前記自ネットワークノードのID情報と一致すれば、前記受信データが前記自ネットワークノードで生成した送信データであると判定する。そして、前記データ送信ブロックは、前記送信完了判定部の判定結果を受けて、前記送信データの送信を完了させ50

、当該送信データを破棄する。

【0025】

これにより、前記送信データの送信完了を効率よく判定できると共に、低レイテンシのパケット通信を行うことが可能となる。

【0026】

本発明の第4の特徴において、前記各ネットワークノードは、メモリをさらに備え、前記各ネットワークノードのデータ送信ブロックは、前記自ネットワークノードのID情報と前記メモリの空き容量情報を前記送信データに埋め込んで送信する。

【0027】

これにより、前記送信データを前記中継データ又は前記受信データとして受け取った他ネットワークノードは、送信元のネットワークノード（前記自ネットワークノード）のメモリにどの程度の空き容量が存在するのかを容易に把握することができる。これにより、前記他ネットワークノードは、前記送信元のネットワークノードに対してデータを送信する際、前記空き容量を考慮したデータ量のデータを送信すればよい。この結果、送信先のネットワークノードのメモリに空き容量がないため、折角送信したデータが当該送信先のネットワークノードで破棄されることを回避し、データを確実に送信することが可能となる。

【0028】

また、前記各ネットワークノードがID情報と空き容量情報を前記送信データに埋め込んで送信するため、前記各ネットワークノードは、送信元のネットワークノードに対して空き容量を問い合わせる必要がない。この結果、低レイテンシでデータ通信を行うことができる。

【0029】

また、第4の特徴において、前記各ネットワークノードは、当該各ネットワークノードのID情報とメモリの空き容量情報を格納する空き容量情報レジスタをさらに備える。この場合、前記各ネットワークノードのデータ受信部は、前記受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる前記他ネットワークノードのID情報及びメモリの空き容量情報を前記空き容量情報レジスタに格納する。これにより、前記受信データを受信する毎に、前記空き容量情報レジスタの内容が更新されるので、前記各ネットワークノードは、各メモリの最新の空き容量を容易に把握することができ、最新の各空き容量を考慮した低レイテンシ且つ効率的なデータ通信が可能となる。

【0030】

さらに、第4の特徴において、前記送信データ及び前記受信データは、ヘッダ部、データ部及びトレーラ部を含むパケットデータであり、前記各ネットワークノードのデータ送信ブロックは、前記自ネットワークノードのID情報を前記ヘッダ部に埋め込むと共に、前記空き容量情報を前記トレーラ部に埋め込めばよい。この結果、前記他ネットワークノードに対して、前記自ネットワークノードのメモリの空き容量を、パケット通信により効率よく通知することができる。

【0031】

本発明の第5の特徴において、前記各ネットワークノードのデータ送信ブロックは、前記自ネットワークノードのID情報とホップカウントとを前記送信データに埋め込んで送信する。また、前記各ネットワークノードのデータ中継ブロックは、前記中継データに含まれる前記他ネットワークノードのホップカウントをインクリメントした後に当該中継データを送信する。

【0032】

これにより、前記各ネットワークノードは、前記受信データに含まれるID情報及びホップカウントや、前記中継データに含まれるID情報及びホップカウントから、前記受信データ及び前記中継データの送信元のネットワークノードが、前記自ネットワークノードに対して、どのような位置関係にあるのか、さらには、前記リング型ネットワークにおける前記送信元のネットワークノードの接続状態を容易に把握することができる。

10

20

30

40

50

**【0033】**

また、第5の特徴において、前記各ネットワークノードは、前記データ受信部が前記受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる前記各ネットワークノードのID情報及びホップカウントを格納するホップカウントレジスタをさらに備える。これにより、前記受信データを受信する毎に、前記ホップカウントレジスタの内容が更新されるので、前記各ネットワークノードは、前記自ネットワークノードに対する前記他ネットワークノードの最新の位置関係や、前記リング型ネットワークにおける前記他ネットワークノードの最新の接続状態を容易に把握することができる。

**【0034】**

さらに、第5の特徴において、前記各ネットワークノードのホップカウントレジスタには、前記各ネットワークノードのID情報と、前記自ネットワークノードに対する前記各ネットワークノードのホップカウントとの設定値が予め格納されていることが好ましい。これにより、前記各ネットワークノードのデータ受信部は、前記受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる前記各ネットワークノードのID情報及びホップカウントと、前記ホップカウントレジスタに格納された前記設定値とを比較することで、前記リング型ネットワークにおける前記各ネットワークノードの接続ミスの有無を判定することができる。

10

**【0035】**

さらにまた、第5の特徴では、前記各ネットワークノードのデータ受信部は、前記データ送信ブロックが前記自ネットワークノードのID情報及びホップカウントを埋め込んで前記送信データを送信してから一定時間経過しても、当該送信データが前記受信データとして受信されない場合には、前記リング型ネットワークに故障が発生したと判定することができる。

20

**【0036】**

また、第5の特徴において、前記各ネットワークノードのデータ送信ブロックは、前記自ネットワークノードのID情報とホップカウントとを埋め込んだ前記送信データを、一定間隔毎に送信することが好ましい。これにより、あるネットワークノードからのホップカウントが一定期間更新されなければ、当該ネットワークノードが故障しているか、又は、前記リング型ネットワークに何らかの故障が発生しているものと容易に判定することができる。

30

**【0037】**

さらに、第5の特徴において、前記送信データ、前記中継データ及び前記受信データは、ヘッダ部、データ部及びトレーラ部を含むパケットデータであり、前記自ネットワークノードのID情報及びホップカウントは、前記ヘッダ部に埋め込まれることが好ましい。これにより、前記自ネットワークノードのID情報及びホップカウントを前記他ネットワークノードに確実に通知することができる。

**【発明の効果】****【0038】**

本発明によれば、リング型ネットワークにおける新たなプロトコルとして、出力切替部において、送信データ又は中継データのうち、いずれか一方のデータを出力データとして、切り替えて出力する。このような新たなプロトコルを構築したことにより、全てのネットワークノードでは、前記送信データと前記中継データとを衝突させることなく、前記出力データの送信を行なうことが可能となる。従って、本発明は、低レイテンシ且つネットワーク効率が向上した通信システムを実現することができる。この結果、本発明では、F/W及びH/Wのデータやログデータ等の大容量データについても、従来と比べて短時間で転送することが可能となる。

40

**【図面の簡単な説明】****【0039】**

【図1】本実施形態に係る通信システムの構成図である。

【図2】図1のノードのブロック図である。

50

- 【図3】図2のデータ中継ブロックのブロック図である。
- 【図4】図2のデータ送信ブロックのブロック図である。
- 【図5】図2のデータ受信ブロックのブロック図である。
- 【図6】図2の出力切替部のブロック図である。
- 【図7】パケットのデータ構造の説明図である。
- 【図8】本実施形態の第1の特徴的機能の説明図である。
- 【図9】本実施形態の第2の特徴的機能の説明図である。
- 【図10】図10Aは、従来の送信完了判定の説明図であり、図10Bは、本実施形態の第3の特徴的機能による送信完了判定の説明図である。
- 【図11】図11Aは、本実施形態の第4の特徴的機能の説明図であり、図11Bは、空き容量情報レジスタの構成図である。 10
- 【図12】図12Aは、本実施形態の第5の特徴的機能の正常時における説明図であり、図12Bは、正常時におけるホップカウントレジスタの構成図である。
- 【図13】図13Aは、本実施形態の第5の特徴的機能の接続ミス時における説明図であり、図13Bは、接続ミス時におけるホップカウントレジスタの構成図である。
- 【図14】図14Aは、本実施形態の第5の特徴的機能の故障時における説明図であり、図14Bは、故障時におけるホップカウントレジスタの構成図である。

**【発明を実施するための形態】**

**【0040】**

本発明に係る通信システムについて、好適な実施形態を掲げ、添付の図面を参照しながら、以下詳細に説明する。 20

**【0041】**

**[通信システム10の概略構成]**

本実施形態に係る通信システム10は、図1に示すように、リング型のネットワークトポロジーであるリング型ネットワーク12に、複数のネットワークノード14a～14dがリング状に接続されて構成される。各ネットワークノード14a～14dは、リング型ネットワーク12において、図1の矢印方向に一方向のデータ通信を行う。以下の説明では、リング型ネットワーク12をネットワーク12、ネットワークノード14a～14dをノード14a～14d又はノードA～Dともいう。また、本明細書において、複数の構成要素をまとめて呼称する場合、例えば、「ノード14a～14d」のように波ダッシュを用いて表記するが、図面では、「14a(b-d)」のように、ハイフンを用いて表示する場合がある。 30

**【0042】**

この通信システム10は、例えば、図示しない移動体であるロボットの体内通信に適用され、当該ロボットに設けられた複数の制御対象の分散制御システムとして機能する。具体的に、各ノード14a～14dは、ロボットの主制御ユニット又は複数の副制御ユニットとして機能し、ネットワーク12を介して、主制御ユニットと複数の副制御ユニットとの間で、制御データ等の各種データの送受信を行う。

**【0043】**

主制御ユニットは、制御対象に対する制御を指示するための制御データを送信する。副制御ユニットは、受信した制御データに基づき、制御対象であるモータやデバイスを駆動制御することにより、ロボットの頭部や各関節部等を動作させる。なお、ロボットの構成、及び、当該ロボットの分散制御システムは公知であるため（例えば、特開2013-10165号公報参照）、その詳細な説明は省略する。 40

**【0044】**

各ノード14a～14dは、当該ノード14a～14d内の各部を制御するCPU16a～16dと、ネットワーク12を介して他のノード14a～14dとの間でデータ通信を行うネットワークコントローラ18a～18dとを備える。CPU16a～16dは、ロボットの主制御ユニット及び副制御ユニット内を制御するECUに対応する。ネットワークコントローラ18a～18dは、主制御ユニット及び副制御ユニットの通信部に対応 50

する。

**【0045】**

[各ノード14a～14dの概略構成]

図2は、各ノード14a～14d内部の概略構成を図示したブロック図である。図2では、各ノード14a～14dにおいて、通信機能を担うネットワークコントローラ18a～18dの構成を具体的に図示して説明する。また、各ノード14a～14dは、略同じ構成である。なお、図2以降において、太い矢印線と細い矢印線とが図示されている場合、太い矢印線は、データの流れを示し、細い矢印線は、制御信号の流れを示す。

**【0046】**

各ノード14a～14dのネットワークコントローラ18a～18dは、それぞれ、データ中継ブロック20a～20d、データ送信ブロック22a～22d、データ受信部としてのデータ受信ブロック24a～24d、出力切替部26a～26d、及び、メモリとしてのバッファ28a～28dを有する。

**【0047】**

図2において、CPU16a～16dは、図示しないメモリに格納されたプログラムである送信ソフトウェア30a～30d及び受信ソフトウェア32a～32dを読み出して実行することにより、ネットワークコントローラ18a～18dでの送信データの送信処理及び受信データの受信処理を実行させることができる。また、データ中継ブロック20a～20dとデータ送信ブロック22a～22dとによって、データの送出機能を担うデータ送出部33a～33dが構成される。

10

20

**【0048】**

ここで、ネットワークコントローラ18a～18dの各部は、概略下記のように機能する。

**【0049】**

データ中継ブロック20a～20dは、ネットワーク12における上流側（前段）の他ノードから送信された送信データを中継データとして中継し、出力切替部26a～26dに出力する。なお、前段の他ノードから送信された送信データは、データ中継ブロック20a～20d、データ送信ブロック22a～22d及びデータ受信ブロック24a～24dにそれぞれ受信される。

**【0050】**

30

送信ソフトウェア30a～30dは、自ノードが送信すべきデータである送信データをバッファ28a～28dに書き込むと共に、バッファ28a～28d内の所定のアドレスに送信データを書き込んだことを示す送信データ情報をデータ送信ブロック22a～22dに出力する。データ送信ブロック22a～22dは、入力された送信データ情報に基づき、該当する送信データをバッファ28a～28dから読み出し、読み出した送信データを出力切替部26a～26dに出力する。なお、送信データは、例えば、上述したロボットであれば、主制御ユニットから副制御ユニット宛に送信する制御データや、デバイスとしての各種センサの検出結果をいう。

**【0051】**

出力切替部26a～26dは、データの出力待ちを指示する出力待ち信号をデータ中継ブロック20a～20d又はデータ送信ブロック22a～22dに出力する。これにより、データ中継ブロック20a～20d又はデータ送信ブロック22a～22dのうち、出力待ち信号を受け取った一方のブロックは、出力切替部26a～26dへのデータ出力を停止すると共に、出力待ち信号を受け取っていない他方のブロックは、出力切替部26a～26dへのデータ出力を実行する。

40

**【0052】**

つまり、出力切替部26a～26dは、データ中継ブロック20a～20d又はデータ送信ブロック22a～22dに出力待ち信号を出力することにより、データを出力するブロックを切り替える。そのため、出力切替部26a～26dは、送信データ又は中継データの入力を切り替えることにより、いずれか一方のブロックから入力されたデータを出力

50

データとして、ネットワーク 12 の下流側（後段）の他ノードに送信する。

**【0053】**

データ受信ブロック 24a～24d は、前段の他ノードから送信された送信データが、自ノード宛のデータである場合、この送信データを受信データとして受信し、当該受信データをバッファ 28a～28d に書き込む。また、データ受信ブロック 24a～24d は、受信データをバッファ 28a～28d 内の所定のアドレスに書き込んだことを示す受信データ情報を受信ソフトウェア 32a～32d に通知する。

**【0054】**

受信ソフトウェア 32a～32d は、通知された受信データ情報に基づき、該当する受信データをバッファ 28a～28d から読み出す。これにより、例えば、上述のロボットにおいて、自ノードが副制御ユニットであれば、CPU 16a～16d は、受信データである主制御ユニットからの制御データに基づき、制御対象を駆動制御することができる。また、自ノードが主制御ユニットであれば、CPU 16a～16d は、受信データである副制御ユニットからのセンサの検出結果に基づき、副制御ユニットに対する新たな制御データを生成することが可能となる。

**【0055】**

なお、各ノード 14a～14d において、ネットワークコントローラ 18a～18d では、空き時間をできる限り削減して、低レイテンシのデータ通信を実現するため、オンザフライ方式により、中継データを流しながら、当該中継データに対して所定の処理を実行する。なお、送信データ及び受信データについても、オンザフライ方式により、データを流しながら、当該データに対して所定の処理を実行してもよい。

**【0056】**

次に、データ中継ブロック 20a～20d、データ送信ブロック 22a～22d、データ受信ブロック 24a～24d 及び出力切替部 26a～26d の詳細な構成について、図 3～図 6 を参照しながら説明する。

**【0057】**

[データ中継ブロック 20a～20d の構成]

データ中継ブロック 20a～20d は、図 3 に示すように、パケット判定部（エラー検出部）34a～34d、制御部 36a～36d、データセレクタ 38a～38d 及びデータ保持部（中継データ保持部）40a～40d を有する。

**【0058】**

パケット判定部 34a～34d は、前段の他ノードから受信した送信データであるパケット 100（図 7 参照）に対して所定の判定処理を実行する。

**【0059】**

ここで、パケット 100 の構造について、図 7 を参照しながら説明する。なお、本実施形態において、送信データ、中継データ及び受信データは、いずれも、パケット 100 の構造を有する。

**【0060】**

パケット 100 は、ヘッダ部、データ部、トレーラ部及び CRC 部の順に構成されるパケットデータである。

**【0061】**

ヘッダ部は、所定の符号が格納される「符号」、パケット 100 の先頭を示す「SOP」、中継数であるホップカウントが格納される「HOP」、及び、送信元のノード 14a～14d の ID 情報が格納される「SID」から構成される。データ部には、制御データやセンサの検出結果等の所定のデータが格納される。トレーラ部は、パケット 100 の末尾を示す「EOP」、バッファ 28a～28d の空きバッファサイズ（空き容量情報）が格納される「FBC」、送信先のノード 14a～14d の ID 情報が格納される「DID」、及び、当該パケット 100 の優先度を示す「PRI」から構成される。CRC 部には、巡回冗長検査に用いられる CRC 値が格納される。

**【0062】**

10

20

30

40

50

従って、ネットワーク12では、パケット100が送信データ又は中継データとして図1の矢印方向に送信される。

#### 【0063】

図3に戻り、パケット判定部34a～34dは、オンザフライ方式により、中継データであるパケット100がデータ中継ブロック20a～20d内を流れている場合に、当該パケット100を構成するCRC部に格納されたCRC値が異常値であるか否かを判定し、その判定結果を制御部36a～36dに出力する。

#### 【0064】

また、パケット判定部34a～34dは、パケット100の「SID」に格納された送信元のID情報と、自ノードのID情報とを比較し、両者が一致すれば、当該パケット100が、自ノードから送出され、ネットワーク12を一周して自ノードに戻ってきた送信データであると判定する。パケット判定部34a～34dは、この判定結果も制御部36a～36dに出力する。  
10

#### 【0065】

制御部36a～36dは、パケット判定部34a～34dの判定結果を受けて、出力データ選択信号をデータセレクタ38a～38dに供給することで、当該データセレクタ38a～38dからデータ保持部40a～40dへのデータ出力を制御する。

#### 【0066】

具体的に、パケット判定部34a～34dの判定結果が、正常なパケット100であることを示す判定結果、又は、自ノード宛のパケット100ではないことを示す判定結果である場合、制御部36a～36dは、当該パケット100のデータ保持部40a～40dへの出力を指示する出力データ選択信号をデータセレクタ38a～38dに供給する。データセレクタ38a～38dは、当該出力データ選択信号の供給を受けて、パケット100をデータ保持部40a～40dに出力する。  
20

#### 【0067】

また、パケット判定部34a～34dの判定結果が、異常なパケット100であることを示す判定結果である場合、制御部36a～36dは、当該パケット100が異常データであるときのデータ出力を指示する出力データ選択信号をデータセレクタ38a～38dに供給する。データセレクタ38a～38dは、当該出力データ選択信号の供給を受けて、パケット100の出力処理を途中で打ち切る。次に、データセレクタ38a～38dは、打ち切ったパケット100に続けて、当該パケット100が異常データであることを示すエラー表示データ（エラーデータ）44a～44dを付加し、データ保持部40a～40dに出力する。その後、データセレクタ38a～38dは、打ち切ったパケット100の後にデータがないことを示すアイドルデータ42a～42dをデータ保持部40a～40dに出力する。  
30

#### 【0068】

つまり、異常なパケット100に応じた出力データ選択信号が供給された場合、データセレクタ38a～38dは、出力処理が途中で打ち切られた当該パケット100、エラー表示データ44a～44d及びアイドルデータ42a～42dの順にデータ保持部40a～40dに出力する。この場合、他ノードから正常なパケット100（次のデータ）がデータ中継ブロック20a～20dに入力され、データ保持部40a～40dに対する当該正常なパケット100の出力を指示する出力データ選択信号が制御部36a～36dからデータセレクタ38a～38dに供給されるまで、データセレクタ38a～38dは、アイドルデータ42a～42dをデータ保持部40a～40dに出力し続ける。  
40

#### 【0069】

また、パケット判定部34a～34dの判定結果が、自ノードから送信されたパケット100であることを示す判定結果である場合、制御部36a～36dは、当該パケット100の破棄を指示する出力データ選択信号をデータセレクタ38a～38dに供給する。データセレクタ38a～38dは、当該出力データ選択信号の供給を受けて、当該パケット100を破棄する。  
50

## 【0070】

データ保持部 40a～40d は、FIFO 方式のバッファ 46a～46d を有する。従って、データ保持部 40a～40d は、データセレクタ 38a～38d から順次入力されるデータ（パケット 100、エラー表示データ 44a～44d、アイドルデータ 42a～42d）を、FIFO 方式により、バッファ 46a～46d に一時的に保持した後、中継データとして出力切替部 26a～26d（図 2 参照）に出力可能である。

## 【0071】

ここで、出力切替部 26a～26d から制御部 36a～36d に出力待ち信号が入力されている場合、制御部 36a～36d は、データ保持部 40a～40d からの中継データの出力を停止させる。これにより、データセレクタ 38a～38d からデータ保持部 40a～40d に出力されたデータは、バッファ 46a～46d に一時的に保持される。10

## 【0072】

一方、出力切替部 26a～26d からの出力待ち信号の入力がない場合、制御部 36a～36d は、データ保持部 40a～40d を制御し、バッファ 46a～46d に一時的に保持されているデータについて、当該バッファ 46a～46d の先頭位置から中継データとして出力切替部 26a～26d に順次出力させる。

## 【0073】

また、データ保持部 40a～40d から出力切替部 26a～26d に出力される中継データがパケット 100 である場合、制御部 36a～36d は、データセレクタ 38a～38d からデータ保持部 40a～40d にパケット 100 を出力する際、又は、データ保持部 40a～40d のバッファ 46a～46d でパケット 100 が一時的に保持される際、パケット 100 中の「HOP」のホップカウントを +1 だけインクリメントする。20

## 【0074】

## [データ送信ブロック 22a～22d の構成]

データ送信ブロック 22a～22d は、図 4 に示すように、送信完了判定部 50a～50d、制御部 52a～52d、パケット生成部 54a～54d、データ保持部 56a～56d、データセレクタ 58a～58d 及び送信データ情報格納バッファ 60a～60d を有する。

## 【0075】

送信完了判定部 50a～50d は、前段の他ノードから受信した送信データであるパケット 100 中、「SID」に格納された ID 情報と、自ノードの ID 情報とを比較することにより、当該パケット 100 が、自ノードのデータ送信ブロック 22a～22d から送信され、ネットワーク 12 を一周して自ノードに戻ってきた送信データであるか否かを判定する。送信完了判定部 50a～50d は、その判定結果を制御部 52a～52d に出力する。30

## 【0076】

送信ソフトウェア 30a～30d は、送信データ情報を送信データ情報格納バッファ 60a～60d に書き込む。送信データ情報格納バッファ 60a～60d は、送信データの優先度に応じた複数のバッファ 62a～62d、64a～64d、66a～66d、68a～68d から構成される。ここで、優先度とは、データ送信ブロック 22a～22d から送信データとして送出されるデータの優先度をいい、優先度の高いデータである程、他のデータに優先して送出される。従って、送信ソフトウェア 30a～30d は、バッファ 28a～28d に書き込むデータの優先度を予め設定し、設定した優先度に応じて、所望のバッファ 62a～62d、64a～64d、66a～66d、68a～68d に送信データ情報を書き込む。40

## 【0077】

制御部 52a～52d は、各バッファ 62a～62d、64a～64d、66a～66d、68a～68d に送信データ情報が格納されているか否かを確認し、格納されている送信データ情報のうち、優先度の高い情報から順に取り出す。次に、制御部 52a～52d は、取り出した送信データ情報に対応するデータがバッファ 28a～28d に書き込ま50

れているか否かを判定し、該当するデータがあれば、当該データを用いたパケット100の生成を指示するパケット生成指令をパケット生成部54a～54dに出力する。この場合、制御部52a～52dは、送信データ情報をパケット生成指令に含めてパケット生成部54a～54dに出力すればよい。

#### 【0078】

さらに、送信完了判定部50a～50dでの判定結果が、他ノードから送信されてきた送信データが、自ノードから送信され、ネットワーク12を一周して自ノードに戻ってきたパケット100であるとの判定結果である場合、制御部52a～52dは、送信データ(次のパケット100)の出力を許可する出力データ選択信号を、データセレクタ58a～58dに供給する。10

#### 【0079】

一方、送信完了判定部50a～50dでの判定結果が、他ノードから送信されてきた送信データが、自ノード以外を送信元とするパケット100であるとの判定結果である場合、制御部52a～52dは、次のパケット100の出力を禁止し、アイドルデータ72a～72dの出力を指示する出力データ選択信号を、データセレクタ58a～58dに供給する。

#### 【0080】

パケット生成部54a～54dは、制御部52a～52dからのパケット生成指令に基づき、当該パケット生成指令に応じたデータをバッファ28a～28dから読み出す。また、パケット生成部54a～54dは、バッファ28a～28dの空きバッファサイズも併せて確認する。20

#### 【0081】

そして、パケット生成部54a～54dは、ホップカウントであるHOPを0に設定し、自ノードのID情報をSIDに設定し、読み出したデータをデータ部に格納し、空きバッファサイズをFBCに格納し、送信相手先のID情報をDIDに格納し、当該データの優先度をPRIに格納することにより、図7のパケット100を生成する。生成したパケット100は、ヘッダ部から順にデータ保持部56a～56dに出力される。

#### 【0082】

データ保持部56a～56dは、FIFO方式のバッファ70a～70dを有し、ヘッダ部から順に入力されたパケット100は、FIFO方式でバッファ70a～70dに一時的に保持される。出力切替部26a～26d(図2参照)からデータ保持部56a～56dに出力待ち信号が入力されている場合、データ保持部56a～56dは、バッファ70a～70dに一時的に保持されたパケット100の出力を行わない。一方、出力待ち信号の入力がない場合、データ保持部56a～56dは、バッファ70a～70dに一時的に保持されているパケット100を、当該バッファ70a～70dの先頭位置(ヘッダ部)から順にデータセレクタ58a～58dに出力させる。30

#### 【0083】

データセレクタ58a～58dは、パケット100の出力を指示する出力データ選択信号が制御部52a～52dから供給されている場合には、データ保持部56a～56dからのパケット100を送信データとして出力切替部26a～26dに出力する。また、データセレクタ58a～58dは、アイドルデータ72a～72dの出力を指示する出力データ選択信号が制御部52a～52dから供給されている場合には、アイドルデータ72a～72dを出力切替部26a～26dに出力する。40

#### 【0084】

従って、送信完了判定部50a～50dにおいて、自ノードから送信されたパケット100がネットワーク12を一周して自ノードに戻ってきた場合、データ送信ブロック22a～22d内では、当該パケット100の送信が完了したものと判定し、出力待ち信号の入力がないときに、次のパケット100をデータセレクタ58a～58dから出力切替部26a～26dに出力することができる。

#### 【0085】

10

20

30

40

50

一方、自ノードから送信されたパケット100の送信が完了していない場合、データ送信ブロック22a～22d内では、次のパケット100の出力切替部26a～26dへの送出を禁止し、出力待ち信号の入力がないときに、アイドルデータ72a～72dをデータセレクタ58a～58dから出力切替部26a～26dに出力する。

#### 【0086】

[データ受信ブロック24a～24dの構成]

データ受信ブロック24a～24dは、図5に示すように、受信判定部74a～74d、制御部76a～76d、データ書き込み部78a～78d及び受信データ情報格納バッファ80a～80dを有する。

#### 【0087】

受信判定部74a～74dは、前段の他ノードから送信されてきた送信データのパケット100中、DIDに格納されている送信先のID情報が自ノードのID情報と一致するか否か、すなわち、自ノード宛のパケット100であるか否かを判定し、その判定結果を制御部76a～76d及びデータ書き込み部78a～78dに出力する。

#### 【0088】

制御部76a～76dは、自ノード宛のパケット100であることを示す判定結果の場合、当該パケット100を受信データとして受信すべきことを決定する。次に、制御部76a～76dは、バッファ28a～28d内において、当該パケット100を書き込み可能な空きバッファ領域を取得する。そして、制御部76a～76dは、取得した空きバッファ領域のアドレスに対するパケット100の書き込みを指示するバッファ書き込み先指令をデータ書き込み部78a～78dに出力すると共に、書き込み先のアドレスを含む当該パケット100に関する受信データ情報を受信データ情報格納バッファ80a～80dに書き込む。

#### 【0089】

データ書き込み部78a～78dは、自ノード宛のパケット100であることを示す判定結果と、制御部76a～76dからのバッファ書き込み先指令とに基づき、当該パケット100を受信データとして、バッファ書き込み先指令で指示されたアドレスに書き込む。

#### 【0090】

受信データ情報格納バッファ80a～80dは、受信データの優先度に応じた複数のバッファ82a～82d、84a～84d、86a～86d、88a～88dから構成される。優先度とは、パケット100のPRIに格納された当該パケット100の優先度をいう。従って、パケット100は、PRIに格納された優先度に対応するバッファ82a～82d、84a～84d、86a～86d、88a～88dに格納される。

#### 【0091】

この結果、受信ソフトウェア32a～32dは、各バッファ82a～82d、84a～84d、86a～86d、88a～88dに受信データ情報が格納されているか否かを確認し、格納されている受信データ情報のうち、優先度の高い情報から順に取り出す。次に、受信ソフトウェア32a～32dは、取り出した受信データ情報に対応する受信データをバッファ28a～28dから読み出す。

#### 【0092】

[出力切替部26a～26dの構成]

出力切替部26a～26dは、図6に示すように、制御部90a～90d及びデータセレクタ92a～92dを有する。

#### 【0093】

制御部90a～90dは、データ中継ブロック20a～20d（図2及び図3参照）又はデータ送信ブロック22a～22d（図2及び図4参照）に出力待ち信号を供給することにより、出力待ち信号を供給した一方のブロックからのデータの入力を阻止すると共に、出力待ち信号を供給しなかった他方のブロックからのデータの入力を許可する。また、制御部90a～90dは、出力データ選択信号をデータセレクタ92a～92dに供給す

10

20

30

40

50

ることにより、出力待ち信号を供給しなかった他方のブロックから入力されたデータを、出力データとしてデータセレクタ 92a～92d からネットワーク 12 に送出させる。

#### 【0094】

すなわち、制御部 90a～90d は、中継データ又は送信データの 2 つの入力データを切り替え、データセレクタ 92a～92d から出力データとしてネットワーク 12 に送信する。この場合、制御部 90a～90d は、中継データよりも送信データを優先的にデータセレクタ 92a～92d から送出するように、出力待ち信号及び出力データ選択信号を供給する。また、データセレクタ 92a～92d において、一方のデータの出力中、他方のデータとの衝突が発生しないように、制御部 90a～90d は、当該一方のデータである 1 つのパケット 100 の出力が完了するまで、他方のデータが出力されないように、当該他方のデータを出力するブロックに対して出力待ち信号を供給する。10

#### 【0095】

##### [本実施形態の 5 つの特徴的機能]

本実施形態に係る通信システム 10 は、概略以上のように構成される。次に、本実施形態の特徴的な機能（第 1～第 5 の特徴的機能）について、図 8～図 14B を参照しながら説明する。ここでは、必要に応じて、図 1～図 7 も参照しながら説明する。また、図 8～図 14B では、説明の便宜上、図 1～図 7 で説明した構成要素の一部を省略し、簡略化して図示する場合がある。

#### 【0096】

##### [第 1 の特徴的機能]

第 1 の特徴的機能を説明する前に、従来技術の問題点について説明する。20

#### 【0097】

従来、リング型のネットワークにおいて、複数のノードが同時にデータの送信を行うと、データ衝突が発生する。そのため、従来は、特許文献 1 の技術のように、送信権（フリートークン）を取得したノードのみがデータの送信を行うようにしている。しかしながら、送信すべきデータのサイズが大きくなる程、送信権を持たないノードを有するネットワークでは、ネットワーク効率が低下するという問題がある。なお、一般的に、イーサネット（登録商標）（CSMA/CD）では、バックオファルゴリズムにより、データ衝突が発生する毎に、待ち時間が長くなってしまい、リアルタイムでの通信制御が困難である。30

#### 【0098】

第 1 の特徴的機能は、上記の問題点を解決するため、中継データと送信データとが同時に出力切替部 26a～26d に入力される可能性がある場合に、これらのデータの衝突を回避するため、出力切替部 26a～26d において、中継データ又は送信データを切り替え、一方のデータを出力データとしてネットワーク 12 に送信するものである。

#### 【0099】

具体的には、図 8 に示すように、前段の他ノードからパケット 102b が自ノードのデータ中継ブロック 20a～20d に入力され、バッファ 46a～46d に一時的に保持され、一方で、自ノードの送信データであるパケット 102c がデータ送信ブロック 22a～22d のバッファ 70a～70d に一時的に保持されているとする。

#### 【0100】

図 8 では、中継データである B0～B2 のパケット 102b が順にデータ中継ブロック 20a～20d に入力され、FIFO 方式のバッファ 46a～46d に順次格納される。一方、送信データである C0～C2 のパケット 102c は、データ送信ブロック 22a～22d に順に入力され、FIFO 方式のバッファ 70a～70d に順次格納される。40

#### 【0101】

この場合、B0 のパケット 102b が、C0 のパケット 102c よりも時間的に早くバッファ 46a～46d に格納されている。また、B1 のパケット 102b と C0 のパケット 102c とは略同時刻にバッファ 46a～46d、70a～70d にそれぞれ格納される。続けて、B2 のパケット 102b と C1 のパケット 102c とが略同時刻にバッファ 46a～46d、70a～70d にそれぞれ格納され、最後に、C2 のパケット 102c50

が最も遅い時刻にバッファ 70a ~ 70d に格納される。

#### 【0102】

そこで、出力切替部 26a ~ 26d は、基本的には、送信データであるパケット 102c を優先的に出力させるべく、出力待ち信号をデータ中継ブロック 20a ~ 20d 又はデータ送信ブロック 22a ~ 22d に供給する。

#### 【0103】

先ず、B0 のパケット 102b が、他の B1、B2 のパケット 102b や C0 ~ C2 のパケット 102c よりも時間的に早くバッファ 46a ~ 46d に格納されている。すなわち、B0 のパケット 102b と同時刻にバッファ 70a ~ 70d に格納されている送信データは存在しない。そのため、出力切替部 26a ~ 26d は、送信データを優先的に出力させる必要はなく、B0 のパケット 102b を出力させても、中継データと送信データとの間でデータ衝突が発生しないと判断する。10

#### 【0104】

そして、出力切替部 26a ~ 26b は、データ送信ブロック 22a ~ 22d に対して出力待ち信号を供給する。これにより、データ送信ブロック 22a ~ 22d は、出力待ち信号の供給に基づき、送信データの出力を停止する。一方、データ中継ブロック 20a ~ 20d は、出力待ち信号が供給されていないので、バッファ 46a ~ 46d の先頭に格納されている B0 のパケット 102b を取り出し、出力切替部 26a ~ 26d に出力する。この結果、出力切替部 26a ~ 26d は、B0 のパケット 102b をネットワーク 12 に送出する。20

#### 【0105】

次に、B0 のパケット 102b に続く B1、B2 のパケット 102b と、C0、C1 のパケット 102c とが、略同時刻にバッファ 46a ~ 46d、70a ~ 70d にそれぞれ格納されている。また、バッファ 70a ~ 70d には、C0、C1 に続いて C2 のパケット 102c も格納されている。従って、データ中継ブロック 20a ~ 20d から中継データを出力せると共に、データ送信ブロック 22a ~ 22d から送信データを出力せると、データ衝突が発生する可能性がある。

#### 【0106】

そこで、中継データと送信データとの間でのデータ衝突を回避すると共に、送信データを優先的に出力させるため、出力切替部 26a ~ 26d は、データ中継ブロック 20a ~ 20d に 出力待ち信号を供給すると共に、データ送信ブロック 22a ~ 22d に対する出力待ち信号の供給を停止する。これにより、データ中継ブロック 20a ~ 20d は、出力待ち信号の供給を受けて、B1、B2 のパケット 102b の出力を停止する。一方、データ送信ブロック 22a ~ 22d は、出力待ち信号の供給停止により、バッファ 70a ~ 70d から C0、C1、C2 の順にパケット 102c を取り出し、出力切替部 26a ~ 26d に順次出力する。この結果、出力切替部 26a ~ 26d は、B0 のパケット 102b に続いて、C0 ~ C2 のパケット 102c をネットワーク 12 に送出する。30

#### 【0107】

C0 ~ C2 のパケット 102c の送出後、出力切替部 26a ~ 26d は、データ中継ブロック 20a ~ 20d への出力待ち信号の供給を停止すると共に、データ送信ブロック 22a ~ 22d に 出力待ち信号を供給する。これにより、データ中継ブロック 20a ~ 20d は、出力待ち信号の供給停止により、バッファ 46a ~ 46d から B1、B2 の順にパケット 102b を取り出し、出力切替部 26a ~ 26d に順次出力する。一方、データ送信ブロック 22a ~ 22d は、出力待ち信号の供給により、送信データの出力を停止する。この結果、出力切替部 26a ~ 26d は、C0 ~ C2 のパケット 102c に続いて、B1、B2 のパケット 102b をネットワーク 12 に送出する。40

#### 【0108】

従って、図 8 に示すノード 14a ~ 14d 内での上記の動作により、出力切替部 26a ~ 26d は、データ衝突を発生させることなく、B0、C0、C1、C2、B1、B2 の順に送出したパケット 104 をネットワーク 12 上で一方向に送信することができる。50

**【0109】**

このように、第1の特徴的機能では、中継データと送信データとの切り替えのタイミングを制御すると共に、中継データをデータ保持部40a～40dのバッファ46a～46dで一時的に保持するか、又は、送信データをデータ保持部56a～56dのバッファ70a～70dで一時的に保持することが可能である。これにより、全てのノード14a～14dが同時にデータを送信しても、データ衝突を発生させることなく、低レイテンシ且つ高いネットワーク効率のデータ通信が可能となる。

**【0110】****[第2の特徴的機能]**

第2の特徴的機能を説明する前に、従来技術の問題点について説明する。

10

**【0111】**

従来、ネットワークを介して送信されてきたパケットについて、当該パケットを受信したノードは、終了コード(図7のEOP)が来ない場合、タイムアウト等の当該パケットの異常を検出したときに、このパケットを破棄したい。

**【0112】**

この場合、低レイテンシを実現するため、オンザフライ方式によりデータを流すときには、前記異常なパケットの一部が後段のブロックに届いていれば、後段のブロックは、当該パケットの異常を早期に検出したので、前記パケットを破棄したい。しかしながら、このパケットが可変長パケットであれば、どこまでが正常なパケットであるのかが分からず、後段のノードは、当該パケットを破棄することができない。

20

**【0113】**

第2の特徴的機能は、上記の問題を解決するため、オンザフライ方式により中継データを流している場合に、前段のブロックで中継データの異常を検出した後、異常な中継データ、エラー表示データ及びアイドルデータを順に送出し、後段のブロックでエラー表示データを検出して、当該中継データを破棄するものである。すなわち、第2の特徴的機能では、中継データの異常を前段のブロックで検出し、異常を示す検出結果を後段のブロックに伝達することにより、後段のブロックにおいて、異常な中継データを早期に破棄する。

**【0114】**

ここでは、一例として、図9に示すように、前段のブロックがノード14bのデータ中継ブロック20bであり、後段のブロックがノード14cのデータ中継ブロック20cである場合について説明する。

30

**【0115】**

中継データであるパケット120がノード14bに入力された場合、ノード14bのパケット判定部34bは、オンザフライ方式により流れているパケット120中のCRC値をチェックし、異常値(異常データ)であるか否かを判定する。なお、パケット120は、図7のパケット100と同じパケット構造を有しているが、図9では、説明の便宜上、簡略化して図示している。

**【0116】**

CRC値が異常データであると判定した場合、パケット判定部34bは、その判定結果を制御部36b(図3参照)に出力し、制御部36bは、エラー表示データ44b及びアイドルデータ42bの出力を指示する出力データ選択信号をデータセレクタ38bに供給する。

40

**【0117】**

データセレクタ38bは、供給された出力データ選択信号に基づき、パケット120の出力処理を直ちに打ち切り、打ち切ったパケット120に続けて、エラー表示データ44b及びアイドルデータ42bを順に出力する。この結果、データ中継ブロック20bからは、出力処理が途中で打ち切られたパケット120、エラー表示データ44b及びアイドルデータ42bを含む新たなパケット122が出力される。このパケット122は、出力切替部26bからネットワーク12を介して後段のノード14cに送出される。なお、前述のように、パケット120の出力が途中で打ち切られるので、新たなパケット122中

50

、パケット120に相当するデータ長は、パケット120のデータ長よりも短くなる。

#### 【0118】

ノード14cにパケット122が入力された場合、ノード14cのパケット判定部34cは、オンザフライ方式により流れているパケット122をチェックする。この結果、エラー表示データ44bを見つけた場合、パケット判定部34cは、当該パケット122が異常データであると判定し、その判定結果を制御部36c（図3参照）に出力する。制御部36cは、パケット122の破棄とアイドルデータ42cの出力とを指示する出力データ選択信号をデータセレクタ38cに供給する。

#### 【0119】

データセレクタ38cは、供給された出力データ選択信号に基づき、パケット122を破棄すると共に、アイドルデータ42cを出力する。この結果、データ中継ブロック20cからは、アイドルデータ42cであるパケット126が出力される。このパケット126は、出力切替部26cからネットワーク12を介して後段のノード14dに送出される。これにより、異常データ（パケット120、122）がネットワーク12上を巡回することを回避することができる。

10

#### 【0120】

このように、第2の特徴的機能では、オンザフライ方式で中継データを流しているときに、前段のブロックで当該中継データの異常を検出すると、異常であることを示す検出結果（エラー表示データ44b）を、当該中継データの最後に付加して後段のブロックに伝達するので、後段のブロックでは、エラー表示データ44bに基づき、中継データを早期に破棄することができる。これにより、異常なパケットである中継データがネットワーク12上に流れ続けてしまうことを回避して、次の正常な中継データをできる限り早くネットワーク12上に流すことが可能となる。この結果、ネットワーク効率の低下を最小にす

20

#### 【0121】

なお、上記の説明では、ノード14bでパケット120に対する異常データの検出を行い、ノード14cで異常データを含むパケット122を破棄する場合について説明した。第2の特徴的機能では、上記の説明に限定されることはなく、少なくとも、ネットワーク12における前段のブロックでパケット120に対する異常データの検出処理を行い、後段のブロックで異常データを含むパケット122を破棄できればよい。

30

#### 【0122】

従って、第2の特徴的機能では、1つのノード14a～14d内において、前段のデータ中継ブロック20a～20dのパケット判定部34a～34dが、パケット120に対する異常データの検出処理（判定処理）を行い、後段の出力切替部26a～26dの制御部90a～90dが、異常データとしてのパケット122を検出し、データセレクタ92a～92dが当該パケット122を破棄することも可能である。

#### 【0123】

また、第2の特徴的機能では、上述のように、2つのノード14a～14dにまたがって、パケット120に対する異常データの検出処理と、パケット122の検出及び破棄とを行うことができる。これにより、例えば、前段のノード14a～14dを構成する出力切替部26a～26dの制御部90a～90dが、パケット120に対する異常データの検出処理を行い、後段のノード14a～14dを構成するデータ中継ブロック20a～20dのパケット判定部34a～34dが、異常データとしてのパケット122を検出することも可能である。この場合、当該データ中継ブロック20a～20dのデータセレクタ38a～38dがパケット122を破棄することになる。

40

#### 【0124】

##### [第3の特徴的機能]

第3の特徴的機能を説明する前に、従来例について、図10Aを参照しながら説明する。図10Aの従来例において、本実施形態と同じ構成要素については、同じ参照符号を付けて説明する。

50

**【0125】**

図10Aに示す従来例の通信システム110において、ノード14aは、送信先のノード14dに向けてパケット112を送出する。送出されたパケット112は、ネットワーク12上、ノード14b、14cを介してノード14dに送信される。ノード14dは、受信したパケット112の正当性を確認した後、当該パケット112に対する肯定応答(ACK)114を、ネットワーク12を介して、送信元のノード14aに向けて送出する。ノード14aは、ACK114を受信することにより、送信先のノード14dがパケット112を受信したことを探知し、パケット112の送信が完了したと判断する。

**【0126】**

しかしながら、従来の通信システム110では、送信先のノード14dによるパケット112の受信を保証することは可能であるが、一方で、ノード14dがパケット112の正当性を確認し、確認が取れればパケット112に対するACK114をノード14aに送信するため、レイテンシが増大するという問題があった。

**【0127】**

第3の特徴的機能は、このような問題を解決するため、自ノードから送出した送信データをネットワーク12で一巡させ、当該送信データが自ノードに戻ってきたときに、送信データの送信を完了させることにより、ネットワーク12に異常がないことを保証しつつ、低レイテンシのデータ通信を実現するものである。この場合、ネットワーク12上の他のノードは、自身が送信データを受信するか否かに関わりなく、当該送信データを中継する。従って、自ノードから送出された送信データは、ネットワーク12に断線等の故障がなければ、ネットワーク12を一周して自ノードに戻ってくることができる。

**【0128】**

ここでは、一例として、図10Bに示すように、自ノードがノード14aであり、ノード14aから他ノードであるノード14dに向けて、送信データであるパケット116を送出する場合について説明する。

**【0129】**

第3の特徴的機能において、データ送信ブロック22a(図2及び図4参照)は、送信完了判定部50aを有している。自ノードであるノード14aからノード14dに向けてパケット116を送信した場合、当該パケット116は、ノード14b～14dで中継されながら、ネットワーク12を一周し、ノード14aに戻ってくる。受信したパケット116がノード14aから送信した送信データであると送信完了判定部50aが判定すれば、制御部52aは、当該パケット116の送信を完了させ、パケット116を破棄することができる。

**【0130】**

なお、送信先のノード14dでは、データ中継ブロック20d及び出力切替部26d(図2参照)がパケット116を中継データとして中継すると共に、データ受信ブロック24dがパケット116を受信データとして受信する。

**【0131】**

具体的に、パケット116は、図7のパケット100と同様のパケット構造を有する。この場合、ノード14aのパケット生成部54a(図4参照)は、ヘッダ部のSIDにノード14aのID情報を埋め込むと共に、トレーラ部のDIDに送信先のノード14dのID情報を埋め込むことによりパケット116を生成する。これにより、ノード14aがパケット116を送信すれば、送信完了判定部50aは、ネットワーク12を一周して受信されたパケット116中、SIDに埋め込まれたID情報と、ノード14aのID情報とが一致すれば、ネットワーク12に断線等の故障が発生しておらず、パケット116の送信が完了したことを容易に判定することができる。

**【0132】**

上記の説明では、自ノードがノード14aであり、送信先がノード14dである場合について説明したが、第3の特徴的機能では、自ノードがノード14b～14dである場合にも適用可能であることは勿論である。また、送信先のノード14dがパケット116を

10

20

30

40

50

受信しているか否かの保証は、例えば、送信ソフトウェア 30 a 及び受信ソフトウェア 32 a 側で所定の処理を行うことによって保証すればよい。

#### 【0133】

##### [第4の特徴的機能]

第4の特徴的機能を説明する前に、従来技術の問題点について説明する。

#### 【0134】

従来、送信先のノードにデータを送信する場合、下記の問題によって、レイテンシが増加し、データを確実に送信先のノードに送信できなかった。すなわち、送信先のノード内のバッファの状況（空き容量）を問い合わせることなくデータを送信すると、送信先のノードにおいて、バッファにデータを格納しようとしても、データを格納できず、破棄せざるを得ない場合がある。また、送信先のノード内のバッファの状況を問い合わせる場合、送信元のノードと送信先のノードとの間で、問い合わせ状況を確認するためのデータ通信が必要となり、レイテンシが増大する。この結果、リアルタイムでの通信制御が困難となる。10

#### 【0135】

第4の特徴的機能は、上記の問題点を解決するため、図11A及び図11Bに示すように、自ノードのバッファ28b～28dの空きバッファサイズを含む送信データを、ネットワーク12を介して他ノードに送信することにより、当該バッファ28b～28dで格納可能なデータ量を他ノードに通知するというものである。20

#### 【0136】

具体的に、図11Aにおいて模式的に示すように、ノード14bのバッファ28bの空きバッファサイズが6（60%の空き容量）、ノード14cのバッファ28cの空きバッファサイズが2（20%の空き容量）、ノード14dのバッファ28dの空きバッファサイズが8（80%の空き容量）であったとする。20

#### 【0137】

各ノード14b～14dのデータ送信ブロック22b～22d（図2及び図4参照）を構成するパケット生成部54b～54dは、それぞれ、バッファ28b～28dの空きバッファサイズを確認し、トレーラ部のFBCに空きバッファサイズを格納したパケット100（図7参照）を生成する。そして、各ノード14b～14dは、それぞれ、ネットワーク12を介して他ノードにパケット100を送信する。30

#### 【0138】

これにより、例えば、ノード14aのデータ受信ブロック24a（図2及び図5参照）において、データ書き込み部78aは、各ノード14b～14dからパケット100を受信する毎に、当該パケット100に含まれる空きバッファサイズを、バッファ28a内に設けた空き容量情報レジスタ130aに書き込むことができる。図11Bは、空き容量情報レジスタ130aに格納された各ノード14a～14dの空きバッファサイズを図示したものである。空き容量情報レジスタ130aでは、送信元のID情報（SID）に対応付けて空きバッファサイズ（FBC）が格納される。

#### 【0139】

また、第4の特徴的機能において、各ノード14b～14dは、一定間隔毎に、自ノードのID情報及び空きバッファサイズを含むパケット100を生成し、ネットワーク12を介して他ノードに当該パケット100を送信する。従って、ノード14aのデータ書き込み部78aは、パケット100を受信する毎に、当該パケット100に含まれる送信元のID情報と空きバッファサイズとを空き容量情報レジスタ130aに書き込む。これにより、空き容量情報レジスタ130a内の空きバッファサイズを、最新の情報に更新することができる。40

#### 【0140】

このように、第4の特徴的機能では、各ノード14a～14dのバッファ28a～28dの空きバッファサイズが一定間隔毎に通知され、最新の情報に更新されるので、送信先のノードにデータを送信する際、送信先のノード内のバッファの状況（空きバッファサイ50

ズ)を問い合わせることなく、当該バッファの状況を把握することができる。これにより、低レイテンシでデータを送信先のノードに確実に送信することが可能となる。この結果、送信先のノードにデータを送信する際に、送信先のノードにおける空きバッファサイズが送信すべきデータ量よりも小さい場合には、当該データの送信を後回しにして、当該データ量以上の空きバッファサイズとなったときに送信先のノードにデータを送信するような通信制御も実現可能となる。

#### 【0141】

なお、上記の説明では、ノード14b～14dのバッファ28b～28dの空きバッファサイズを、パケット100の送信によって他ノードに通知する場合について説明した。第4の特徴的機能では、ノード14aのバッファ28aの空きバッファサイズをパケット100の送信によってノード14b～14dに通知することも可能である。10

#### 【0142】

また、上記の説明では、ノード14aにおいて、他のノード14b～14dからパケット100を受信する毎に、バッファ28aの空き容量情報レジスタ130aの内容が更新される場合について説明した。他のノード14b～14dにおいても、バッファ28b～28dに空き容量情報レジスタ130b～130dがそれぞれ設けられている。従って、各ノード14b～14dでも、他ノードからパケット100を受信する毎に、空き容量情報レジスタ130b～130dに格納された空きバッファサイズを最新の内容に更新することが可能である。

#### 【0143】

##### [第5の特徴的機能]

第5の特徴的機能を説明する前に、従来技術の問題点について説明する。従来、リング型のネットワーク12では、ネットワーク12の断線やノード14a～14dの故障が発生すると、当該ネットワーク12上での一方向の通信が不可能となる。しかも、ネットワーク12上、どの箇所で断線等の故障が発生したのかを特定することも困難である。20

#### 【0144】

第5の特徴的機能は、上記の問題を解決するため、図12A～図14Bに示すように、自ノードのID情報とホップカウントとをパケット100に埋め込んで送信した場合、各ノード14a～14dで当該パケット100を中継する毎に、パケット100のHOPに格納されたホップカウントが+1だけインクリメントされ、ネットワーク12を一周して当該パケット100が自ノードに戻ってくるようにしている。30

#### 【0145】

具体的に、ノード14a～14dのデータ送信ブロック22a～22d(図2及び図4参照)を構成するパケット生成部54a～54dは、それぞれ、自ノードのID情報をSIDに格納し、且つ、HOPのホップカウントを0に設定したパケット100(図7参照)を生成する。そして、各ノード14a～14dは、ネットワーク12にパケット100を送出する。

#### 【0146】

これにより、図12Aに示すように、例えば、ネットワーク12が正常時の場合、ノード14aから送出されたパケット100は、ノード14b～14dを介して、ネットワーク12を一周し、ノード14aに戻る。この場合、各ノード14b～14dのデータ中継ブロック20b～20d(図2及び図3参照)では、制御部36b～36dが当該パケット100のHOPに格納されたホップカウントを+1だけインクリメントする。すなわち、パケット100は、各ノード14b～14dを中継される毎に、ホップカウントが+1ずつインクリメントされる。従って、パケット100がネットワーク12を一周することによりノード14aで受信された場合、当該パケット100のHOPに格納されたホップカウントは、3(HOP=3)となる。40

#### 【0147】

同様にして、各ノード14b～14dからパケット100がそれぞれ送出され、ネットワーク12を一周して戻ってきた場合、図12Aの構成では、自ノードに戻ってきたパケ50

ット100のホップカウントは、それぞれ3となる。

#### 【0148】

つまり、図12Aの正常時の場合、各ノード14a～14dは、自ノードからパケット100を送出し、ネットワーク12を一周させてパケット100が戻ってきたときに、ホップカウントを確認することで、自ノードから見たときのネットワーク12の中継数、すなわち、ネットワーク12に接続されている他ノードの数を把握することができる。

#### 【0149】

また、各ノード14a～14dのデータ中継ブロック20a～20dは、他ノードから送出されたパケット100を中継する。その際、当該パケット100は、データ受信ブロック24a～24d（図2及び図5参照）も受信する。従って、データ受信ブロック24a～24dは、中継データであるパケット100に格納された送信元のID情報（SID）と、ホップカウント（HOP）とを確認することで、自ノードに対する送信元のノードの位置関係や接続状態を把握することができる。10

#### 【0150】

そして、データ受信ブロック24a～24dのデータ書き込み部78a～78dは、パケット100を受信する毎に、当該パケット100のSIDに格納されたID情報と、HOPに格納されたホップカウントとをバッファ28a～28dに設けられたホップカウントレジスタ132a～132dに格納する。

#### 【0151】

図12Bは、ノード14aのバッファ28aに設けられたホップカウントレジスタ132aを図示したものである。この場合、データ書き込み部78aは、パケット100を受信する毎に、当該パケット100に含まれる送信元のID情報（SID）とホップカウント（HOP）とをホップカウントレジスタ132aに書き込み、最新の情報に更新する。従って、ノード14aでは、ホップカウントレジスタ132aを確認することにより、ノード14aに対する他のノード14b～14dの位置関係や接続状態を容易に把握することができる。20

#### 【0152】

なお、第5の特徴的機能では、パケット100に時刻データを埋め込んで送信してもよい。これにより、自ノードからパケット100を送信してから一定時間経過しても、パケット100が受信データとして受信されない場合には、ネットワーク12に故障が発生したものと判定することが可能である。30

#### 【0153】

次に、ネットワーク12において、接続順を誤ってノード14a～14dを接続した場合について、図13A及び図13Bを参照しながら説明する。この場合、図12Aの正常時と同様に、ノード14aは、自ノードのID情報及びホップカウントを含むパケット100を送信する。この場合、ノード14b～14dについて、接続ミスが発生しているときでも、ネットワーク12自体に断線等の故障がなければ、各ノード14b～14dは、パケット100を中継する毎に、ホップカウントを+1だけインクリメントし、インクリメント後のパケット100を送出する。

#### 【0154】

同様にして、各ノード14b～14dから自ノードで生成したパケット100をそれぞれネットワーク12に送出した場合でも、他ノードでは、当該パケット100を中継する毎に、ホップカウントを+1だけインクリメントした後に、インクリメント後のパケット100を送出する。40

#### 【0155】

図13Bは、図13Aの構成において、ノード14aのバッファ28aに設けられたホップカウントレジスタ132aを図示したものである。この場合、ホップカウントレジスタ132aに、正常時の場合（図12B参照）と、図13Aのような接続ミス時の場合（図13B参照）とに関して、送信元のID情報とホップカウントとを格納しておけば、両者を比較することにより、接続ミスが発生しているか否か、さらには、正常時と比べてど50

のような接続ミスが発生しているのかを容易に把握することができる。

#### 【0156】

次に、ネットワーク12に断線等の故障が発生している場合について、図14A及び図14Bを参照しながら説明する。この場合、図12Aの正常時と同様に、ノード14aは、自ノードのID情報及びホップカウントを含むパケット100を送信する。

#### 【0157】

例えば、ネットワーク12上、ノード14aとノード14bとの間が断線している場合、断線箇所から先にパケット100を送信することができないため、当該パケット100は、ネットワーク12を一周することができない。従って、ノード14aは、自ノードから送出されたパケット100を受信することができない。10

#### 【0158】

一方、各ノード14b～14dは、それぞれ、パケット100を生成し、ノード14aに向けて当該パケット100を送出する。この場合、各パケット100の送信方向には断線箇所がないため、各パケット100は、ノード14aにそれぞれ入力される。この場合も、各ノード14c、14dは、パケット100を中継する毎に、ホップカウントを+1だけインクリメントした後に、インクリメント後のパケット100を送出する。

#### 【0159】

図14Bは、図14Aの構成において、ノード14aのバッファ28aに設けられたホップカウントレジスタ132aを図示したものである。この場合も、ホップカウントレジスタ132aに、正常時の場合(図12B参照)と、図14Aのような故障時の場合(図14B参照)とに関して、送信元のID情報とホップカウントとを格納しておけば、両者の結果を比較することにより、故障が発生しているか否か、さらには、正常時と比べてどの箇所に故障が発生しているのかを容易に把握することができる。20

#### 【0160】

このように、第5の特徴的機能では、ホップカウントを埋め込んだパケット100をネットワーク12に一巡させ、ノード14a～14dで当該パケット100を中継する毎にホップカウントを+1だけインクリメントするので、ネットワーク12に接続されているノード14a～14dを常に検出することができ、断線等の故障箇所の特定が可能となる。また、ソフトウェアハングが発生したノード14a～14dが存在する場合には、このノード14a～14dからパケット100が送信されることではなく、ホップカウントの更新も行われないので、当該ノード14a～14dが故障していることを検出することが可能である。さらに、故障対象が特定されることで、ネットワーク12上、縮退運転を行う等、通信システム10全体でのフェールソフト動作が可能となる。30

#### 【0161】

なお、図12A～図14Bは、一例として、ノード14aを自ノードとした場合であったが、ノード14b～14dを自ノードとした場合でも、同様に適用可能であることは勿論である。

#### 【0162】

##### [本実施形態の効果]

本実施形態に係る通信システム10において、データ送出部33a～33dは、自ノードが生成したデータを送信データとして送信するデータ送信ブロック22a～22d、及び、他ノードから送信された送信データを中継データとして中継するデータ中継ブロック20a～20dを有する。また、データ受信ブロック24a～24dは、他ノードから送信された送信データを受信データとして受信する。出力切替部26a～26dは、データ送信ブロック22a～22dが送信した送信データ、又は、データ中継ブロック20a～20dが中継した中継データのうち、いずれか一方のデータを出力データとして切り替え出力する。40

#### 【0163】

通常、リング型のネットワークトポロジーであるネットワーク12において、各ノード14a～14dは、送信ラインと受信ラインとに分けて構築されている。従って、各ノー50

ド 14 a ~ 14 d の送信ラインは、データの送信に関して占有権をそれぞれ持っていると考えることができる。

#### 【0164】

そこで、本実施形態では、ネットワーク 12 における新たなプロトコルとして、出力切替部 26 a ~ 26 d において、送信データ又は中継データのうち、いずれか一方のデータを出力データとして、切り替えて出力する。このような新たなプロトコルを構築したことにより、全てのノード 14 a ~ 14 d では、送信データと中継データとを衝突させることなく、出力データの送信を同時にを行うことが可能となる。従って、本実施形態は、低レイテンシ且つネットワーク効率が向上した通信システム 10 を実現することができる。この結果、本実施形態では、F / W 及び H / W のデータやログデータ等の大容量データについても、従来と比べて短時間で転送することが可能となる。10

#### 【0165】

次に、第 1 ~ 第 5 の特徴的機能の効果について説明する。

#### 【0166】

##### [第 1 の特徴的機能の効果]

出力切替部 26 a ~ 26 d は、データ送信ブロック 22 a ~ 22 d が送信した送信データを出力データとして優先的に出力する。これにより、他ノードからの送信データである中継データと、自ノードの送信データとを衝突させることなく、リアルタイムでデータ通信を行うことが可能となる。この結果、全てのノード 14 a ~ 14 d が同時にデータ通信を行っても、データ衝突を発生させることなく、高いネットワーク効率でデータ通信を行うことができる。20

#### 【0167】

また、データ中継ブロック 20 a ~ 20 d は、データ送信ブロック 22 a ~ 22 d が送信した送信データを出力切替部 26 a ~ 26 d が優先的に出力する間、中継データを一時的に保持するデータ保持部 40 a ~ 40 d を有する。これにより、送信データの出力完了後に中継データを出力することになるので、中継データと送信データとの衝突を確実に回避して、ネットワーク効率を向上させることができる。

#### 【0168】

さらに、データ送信ブロック 22 a ~ 22 d が送信した送信データがネットワーク 12 を一周してデータ送信ブロック 22 a ~ 22 d に戻ってくるまで、当該データ送信ブロック 22 a ~ 22 d は、次の送信データの送信を行わない。これにより、中継データの送信時間を確保すると共に、中継データの中継時間を最小化することが可能となる。また、当該中継データと送信データとの衝突を効果的に回避して、ネットワーク効率の向上を図ることもできる。30

#### 【0169】

さらにまた、出力切替部 26 a ~ 26 d は、データの出力待ちを指示する出力待ち信号をデータ送信ブロック 22 a ~ 22 d 又はデータ中継ブロック 20 a ~ 20 d に出力し、データ送信ブロック 22 a ~ 22 d 又はデータ中継ブロック 20 a ~ 20 d のうち、出力待ち信号の入力されていないブロックが、出力切替部 26 a ~ 26 d にデータを送出する。これにより、中継データと送信データとの衝突を確実に回避することができる。40

#### 【0170】

##### [第 2 の特徴的機能の効果]

各ノード 14 a ~ 14 d のデータ送出部 33 a ~ 33 d 及び出力切替部 26 a ~ 26 d は、オンザフライ方式によるデータの出力中、当該データの異常を検出可能なエラー検出部（パケット判定部 34 a ~ 34 d、制御部 90 a ~ 90 d）を有する。この場合、例えば、パケット判定部 34 a ~ 34 d がデータの異常を検出したときに、データ送出部 33 a ~ 33 d は、当該データに異常があることを示すエラー表示データ 44 a ~ 44 d をデータに附加して出力する。

#### 【0171】

すなわち、空き時間をできる限り削減して、低レイテンシの通信を実現するために、才50

ンザフライ方式でデータを出力する場合、異常なデータに対してはエラー表示データ44a～44dを附加して出力する。この結果、後段のブロックは、エラー表示データ44a～44dを確認することで、入力されたデータが異常なデータであることを容易に把握し、当該異常なデータを早期に破棄することができる。従って、次に送信する正常なデータをできる限り早く送出することができ、ネットワーク効率の低下を最小限に留めることができる。

#### 【0172】

また、データの異常を検出した場合、エラー検出部を有するデータ送出部33a～33d又は出力切替部26a～26dは、データの出力を途中で打ち切り、打ち切ったデータの最後にエラー表示データ44a～44dを附加して出力する。これにより、後段のブロックにおいて、異常なデータを早期に把握して破棄することができる。10

#### 【0173】

さらに、後段の出力切替部26a～26d又はデータ送出部33a～33dは、打ち切ったデータを受信し、自己のエラー検出部がエラー表示データ44a～44dを検出したときに、打ち切ったデータを破棄すると共に、アイドルデータ42a～42dを出力する。これにより、打ち切ったデータがネットワーク12を巡回し続けることを回避することができる。

#### 【0174】

さらにまた、エラー検出部がデータの異常を検出した場合、当該エラー検出部を有するデータ送出部33a～33d又は出力切替部26a～26dは、打ち切ったデータ及びエラー表示データ44a～44dを順に出力した後、次のデータが入力されるまで、アイドルデータ42a～42dを出力する。これにより、後段のブロックでは、入力されたデータのうち、エラー表示データ44a～44dの直前までのデータが異常なデータであることを容易に把握することができる。20

#### 【0175】

##### [第3の特徴的機能の効果]

各ノード14a～14dのデータ送信ブロック22a～22dは、受信データが自ノードで生成した送信データであるか否かを判定する送信完了判定部50a～50dを有する。そして、受信データが自ノードで生成した送信データであると送信完了判定部50a～50dが判定した場合、データ送信ブロック22a～22dは、当該送信データの送信を完了させる。30

#### 【0176】

従来は、自ノードから送信先のノードに送信データを送信し、送信データを受け取った送信先のノードからのACK114を自ノードが受け取ることにより、送信データの送信が完了していた。この場合、送信先のノードが送信データを受信したことを保証することは可能であるが、一方で、レイテンシが増大するという問題があった。

#### 【0177】

これに対して、第3の特徴的機能では、データ送信ブロック22a～22dが送信完了判定部50a～50dを有することにより、自ノードから送信された送信データがネットワーク12を一周し、自ノードで受信データとして受信されたときに、送信データの送信を完了させることができる。これにより、送信先のノードが送信データを受信したことまでは保証しないが、ネットワーク12に異常がないことを保証すると共に、低レイテンシのデータ通信が可能となる。40

#### 【0178】

また、送信データ及び受信データは、ヘッダ部、データ部及びトレーラ部を含むパケット100であり、ヘッダ部に、自ノードのID情報(SID)が埋め込まれると共に、トレーラ部に送信先のノードのID情報(DID)が埋め込まれる。この場合、送信完了判定部50a～50dは、ヘッダ部に埋め込まれたID情報が自ノードのID情報と一致すれば、受信データが自ノードで生成した送信データであると判定する。そして、データ送50

信ブロック 22a～22d は、送信完了判定部 50a～50d の判定結果を受けて、送信データの送信を完了させ、当該送信データを破棄する。

#### 【0179】

これにより、送信データの送信完了を効率よく判定できると共に、低レイテンシのパケット通信を行うことが可能となる。

#### 【0180】

##### [第4の特徴的機能の効果]

各ノード 14a～14d のデータ送信ブロック 22a～22d は、自ノードの ID 情報とバッファ 28a～28d の空きバッファサイズとを送信データ（パケット 100）に埋め込んで送信する。

10

#### 【0181】

これにより、送信データを中継データ又は受信データとして受け取った他ノードは、送信元のノード（自ノード）のバッファ 28a～28d にどの程度の空きバッファサイズが存在するのかを容易に把握することができる。これにより、他ノードは、送信元のノードに対してデータを送信する際、空きバッファサイズを考慮したデータ量のデータを送信すればよい。この結果、送信先のノードのバッファ 28a～28d に空き容量がないため、折角送信したデータが当該送信先のノードで破棄されることを回避し、データを確実に送信することが可能となる。

#### 【0182】

また、各ノード 14a～14d が ID 情報と空きバッファサイズとを送信データに埋め込んで送信するため、各ノード 14a～14d は、送信元のノードに対して空きバッファサイズを問い合わせる必要がない。この結果、低レイテンシでデータ通信を行うことができる。

20

#### 【0183】

また、各ノード 14a～14d は、当該各ノード 14a～14d の ID 情報とバッファ 28a～28d の空きバッファサイズとを、バッファ 28a～28d に設けた空き容量情報レジスタ 130a～130d に格納する。この場合、各ノード 14a～14d のデータ受信ブロック 24a～24d は、受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる他ノードの ID 情報及びバッファ 28a～28d の空きバッファサイズを空き容量情報レジスタ 130a～130d に格納する。これにより、受信データを受信する毎に、空き容量情報レジスタ 130a～130d の内容が更新されるので、各ノード 14a～14d は、各バッファ 28a～28d の最新の空き容量を容易に把握することができ、最新の各空き容量を考慮した低レイテンシ且つ効率的なデータ通信が可能となる。

30

#### 【0184】

さらに、送信データ及び受信データは、ヘッダ部、データ部及びトレーラ部を含むパケット 100 であり、各ノード 14a～14d のデータ送信ブロック 22a～22d は、自ノードの ID 情報をヘッダ部に埋め込むと共に、空きバッファサイズをトレーラ部に埋め込めばよい。この結果、他ノードに対して、自ノードのバッファ 28a～28d の空きバッファサイズを、パケット通信により効率よく通知することができる。

#### 【0185】

40

##### [第5の特徴的機能の効果]

各ノード 14a～14d のデータ送信ブロック 22a～22d は、自ノードの ID 情報とホップカウントとを送信データに埋め込んで送信する。また、各ノード 14a～14d のデータ中継ブロック 20a～20d は、中継データに含まれる他ノードのホップカウントを +1 だけインクリメントした後に当該中継データを送信する。

#### 【0186】

これにより、各ノード 14a～14d は、受信データに含まれる ID 情報及びホップカウントや、中継データに含まれる ID 情報及びホップカウントから、受信データ及び中継データの送信元のノード 14a～14d が、自ノードに対してどのような位置関係にあるのか、さらには、ネットワーク 12 における送信元のノード 14a～14d の接続状態を

50

容易に把握することができる。

#### 【0187】

また、各ノード14a～14dは、データ受信ブロック24a～24dが受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる各ノード14a～14dのID情報及びホップカウントをバッファ28a～28dに設けられたホップカウントレジスタ132a～132dに格納する。これにより、受信データを受信する毎に、ホップカウントレジスタ132a～132dの内容が更新されるので、各ノード14a～14dは、自ノードに対する他ノードの最新の位置関係や、ネットワーク12における他ノードの最新の接続状態を容易に把握することができる。

#### 【0188】

さらに、各ホップカウントレジスタ132a～132dには、各ノード14a～14dのID情報と、自ノードに対する各ノード14a～14dのホップカウントとの設定値が予め格納されていることが好ましい。これにより、各ノード14a～14dのデータ受信ブロック24a～24dは、受信データを受信する毎に、当該受信データに含まれる各ノード14a～14dのID情報及びホップカウントと、ホップカウントレジスタ132a～132dに格納された設定値とを比較することで、ネットワーク12における各ノード14a～14dの接続ミスの有無を判定することが可能となる。

#### 【0189】

さらにまた、各ノード14a～14dのデータ受信ブロック24a～24dは、データ送信ブロック22a～22dが自ノードのID情報及びホップカウントを埋め込んで送信データを送信してから一定時間経過しても、当該送信データが受信データとして受信されない場合には、ネットワーク12に故障が発生したものと判定することも可能となる。

10

#### 【0190】

また、各ノード14a～14dのデータ送信ブロック22a～22dは、自ノードのID情報とホップカウントとを埋め込んだ送信データを、一定間隔毎に送信する。これにより、あるノード14a～14dからのホップカウントが一定期間更新されなければ、当該ノード14a～14dが故障しているか、又は、ネットワーク12に何らかの故障が発生しているものと容易に判定することができる。

20

#### 【0191】

さらに、送信データ、中継データ及び受信データは、ヘッダ部、データ部及びトレーラ部を含むパケット100であり、自ノードのID情報及びホップカウントは、ヘッダ部に埋め込まれる。これにより、自ノードのID情報及びホップカウントを他ノードに確実に通知することが可能となる。

30

#### 【0192】

##### [ロボットに適用した場合の効果]

上述した本実施形態に係る通信システム10をロボットに適用した場合、下記の効果が得られる。

#### 【0193】

ロボットの場合、スペース上の関係もあり、ケーブルの本数を削減して少線化を図るために、リング型のネットワークによるデータ通信が望ましい。リング型以外のネットワークを構築すると、ケーブルの本数が多くなって、ケーブルを伝搬する信号の劣化等が発生する可能性があるからである。

40

#### 【0194】

そして、ロボットにおいて、頭部や関節部等に設けられたモータを同時に駆動させる場合、主制御ユニットから各副制御ユニットに対して、制御データを速やかに送信する必要がある。また、大容量のデータを、ネットワークを介して送信する場合、ネットワーク効率を低下させることなく、送信する必要がある。すなわち、データ通信のロバスト性を良くして、データ通信の信頼性を高める必要がある。

#### 【0195】

そこで、本実施形態に係る通信システム10をロボットの分散制御システムに適用すれ

50

ば、前述した第1～第5の特徴的機能によって、ネットワーク12でのデータ衝突の発生を回避しつつ、低レイテンシのデータ通信が可能となり、ネットワーク効率が向上する。この結果、ロボット内のデータ通信のロバスト性が良好となり、当該ロボットの各モータを同時に駆動させることができるとなる。また、通信システム10を適用したロボットにおいても、前述した第1～第5の特徴的機能による各種の効果が容易に得られる。

## 【0196】

以上、本発明について、実施形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は、上記の実施形態に記載の範囲には限定されない。すなわち、上記の実施形態に、多様な変更又は改良を加えることが可能であることは、当業者に明らかである。そのような変更又は改良を加えた形態についても、本発明の技術的範囲に含まれ得ることは、特許請求の範囲の記載から明らかである。

10

## 【符号の説明】

## 【0197】

10 ... 通信システム

12 ... ネットワーク（リング型ネットワーク）

14a～14d ... ノード（ネットワークノード）

20a～20d ... データ中継ブロック 22a～22d ... データ送信ブロック

24a～24d ... データ受信ブロック 26a～26d ... 出力切替部

28a～28d、46a～46d、62a～62d、64a～64d、66a～66d、

68a～68d、70a～70d、82a～82d、84a～84d、86a～86d、

88a～88d ... バッファ

33a～33d ... データ送出部 34a～34d ... パケット判定部

36a～36d、52a～52d、76a～76d、90a～90d ... 制御部

38a～38d、58a～58d、92a～92d ... データセレクタ

40a～40d、56a～56d ... データ保持部

42a～42d、72a～72d ... アイドルデータ

44a～44d ... エラー表示データ 50a～50d ... 送信完了判定部

54a～54d ... パケット生成部

60a～60d ... 送信データ情報格納バッファ

74a～74d ... 受信判定部 78a～78d ... データ書き込み部

30

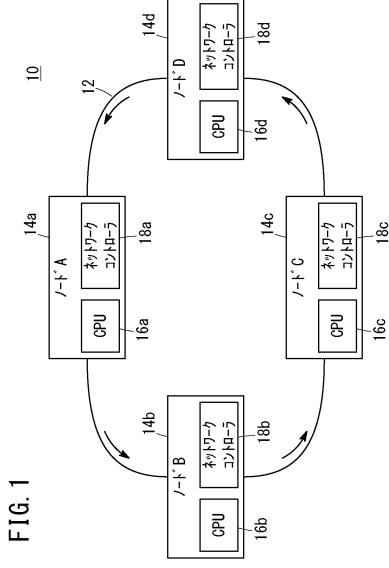
80a～80d ... 受信データ情報格納バッファ

100、102b、102c、104、116、120、122、126 ... パケット

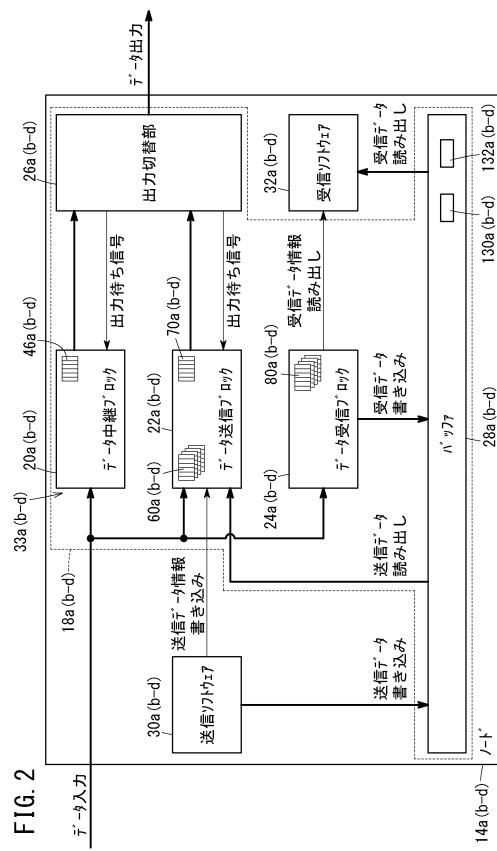
130a～130d ... 空き容量情報レジスタ

132a～132d ... ホップカウントレジスタ

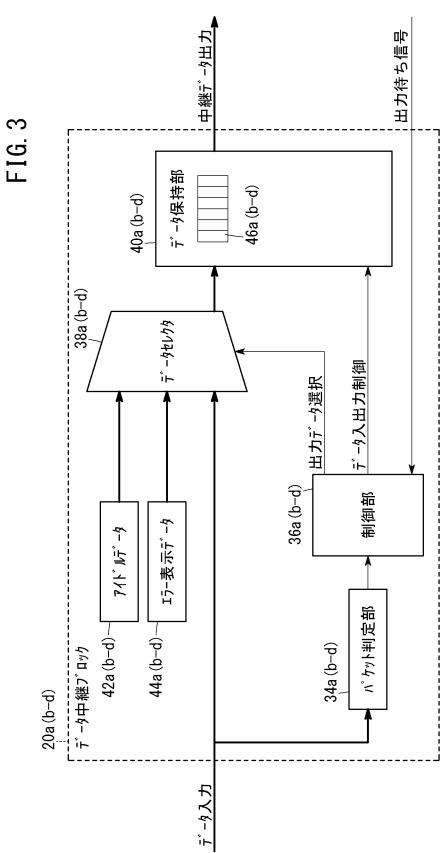
【図1】



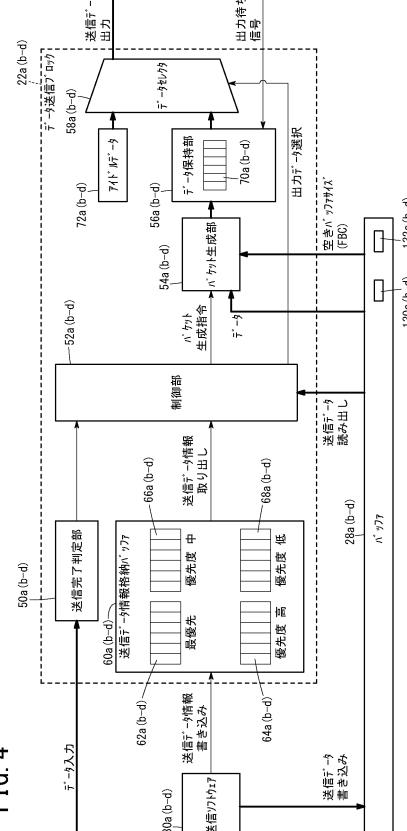
【図2】



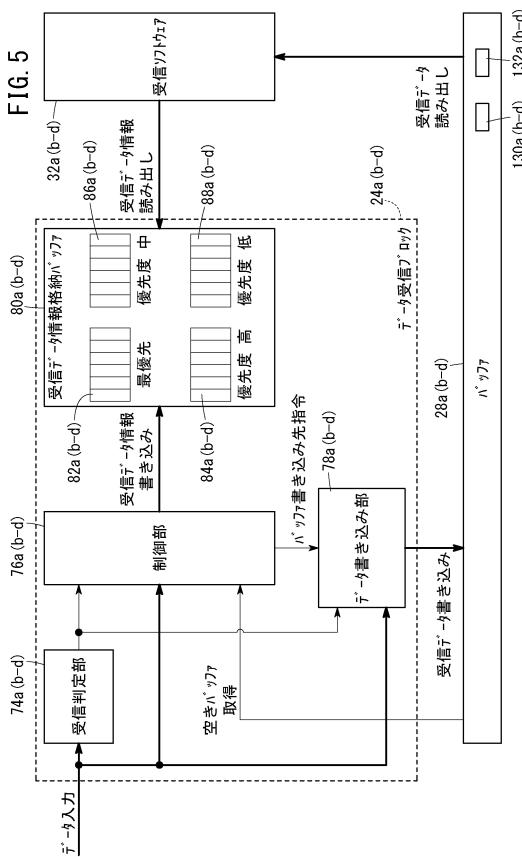
【図3】



【図4】



【 四 5 】



【 四 7 】

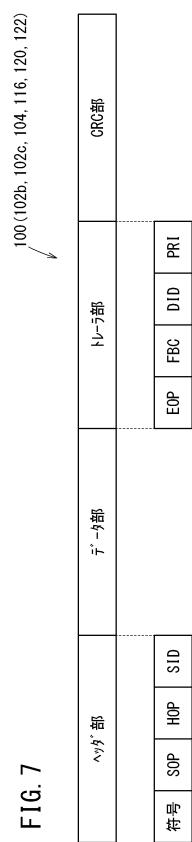
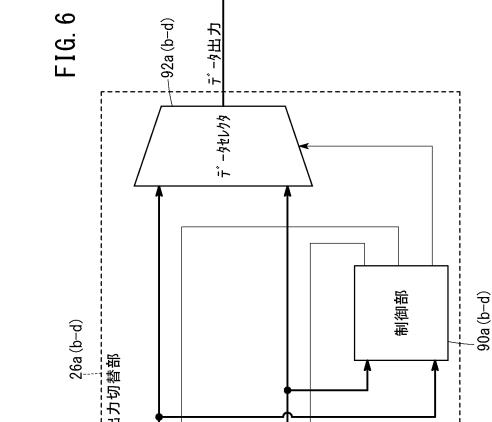


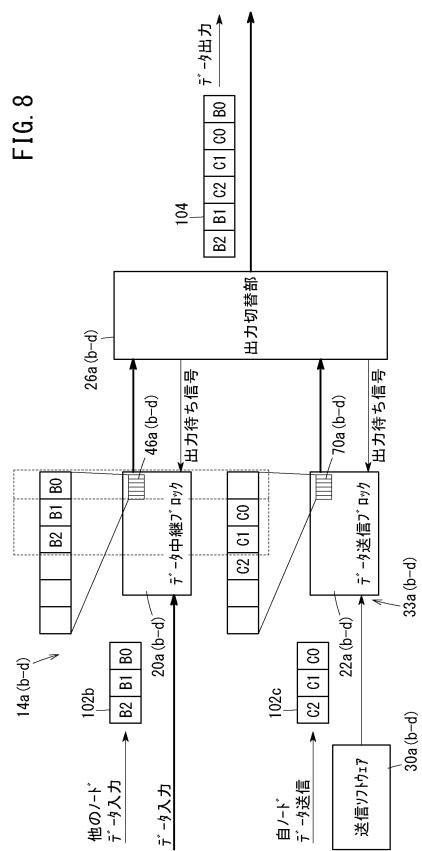
FIG. 5

【 四 6 】

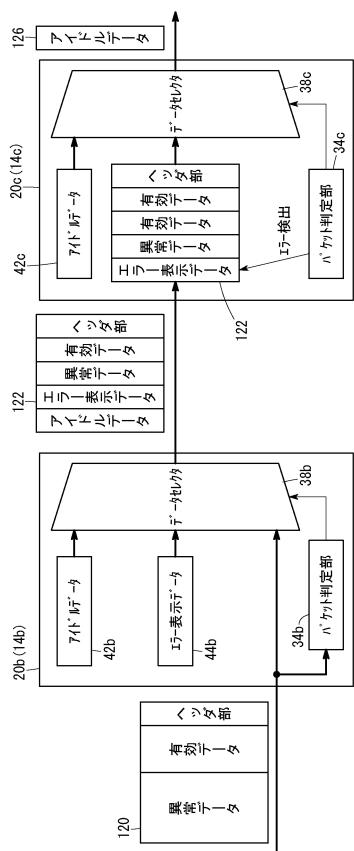


【 四 8 】

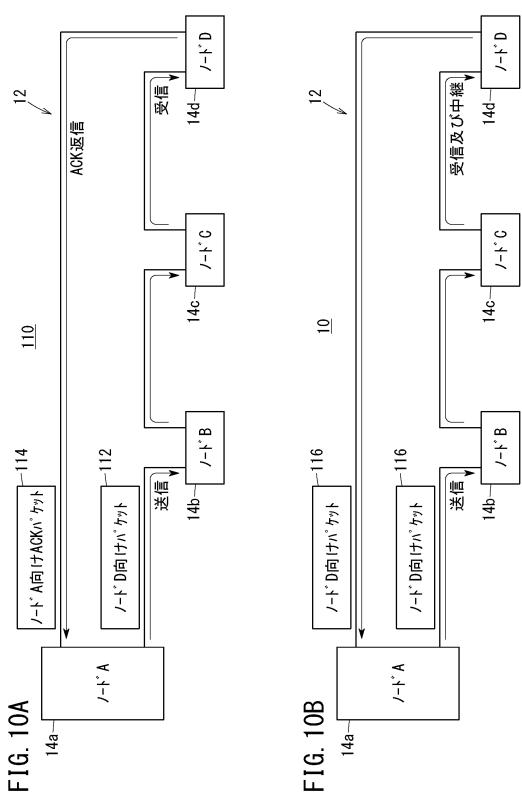
FIG. 8



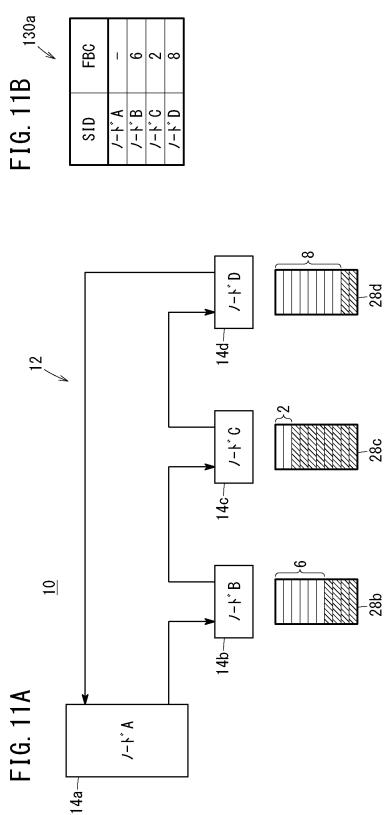
【図9】



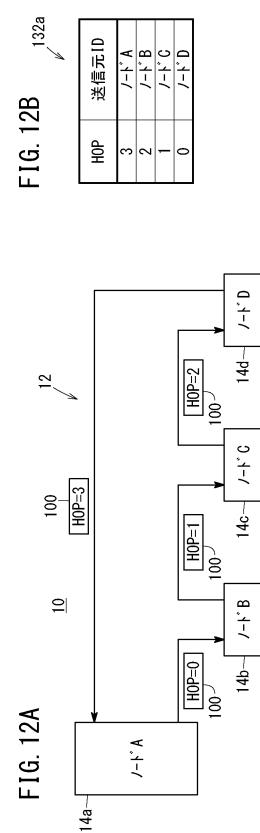
【図10】



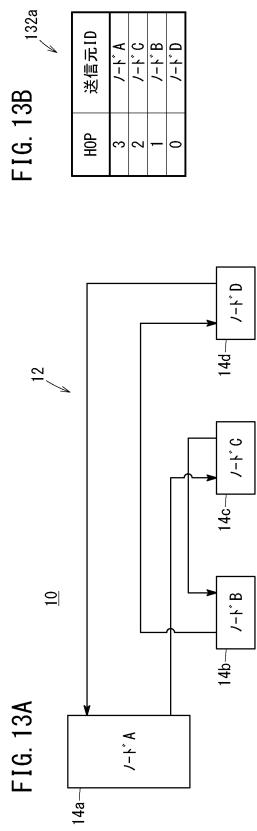
【 図 1 1 】



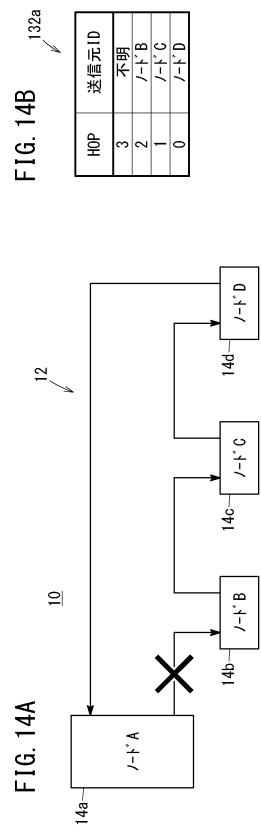
【 図 1 2 】



【図 1 3】



【図 1 4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 石崎 隆介  
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会社本田技術研究所内

審査官 宮島 郁美

(56)参考文献 特開昭56-132840(JP,A)  
特開昭57-069955(JP,A)  
特開2010-193217(JP,A)  
特開2003-218977(JP,A)  
特開2002-330146(JP,A)  
特開平10-164112(JP,A)  
特開2007-306542(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04L12/42-12/437