

(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2011-193373

(P2011-193373A)

(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)		
HO4J	3/16	(2006.01)	HO4J	3/16	Z	5K028		
HO4J	3/06	(2006.01)	HO4J	3/06		5K047		
B6OR	16/023	(2006.01)	B6OR	16/02	665P			
HO4L	7/00	(2006.01)	HO4L	7/00	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2010-59600 (P2010-59600)
 (22) 出願日 平成22年3月16日 (2010.3.16)

(71) 出願人 509186579
 日立オートモティブシステムズ株式会社
 茨城県ひたちなか市高場2520番地
 (74) 代理人 100091096
 弁理士 平木 祐輔
 (74) 代理人 100105463
 弁理士 関谷 三男
 (74) 代理人 100102576
 弁理士 渡辺 敏章
 (72) 発明者 松原 正裕
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内
 (72) 発明者 黒澤 憲一
 茨城県ひたちなか市高場2520番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内
 最終頁に続く

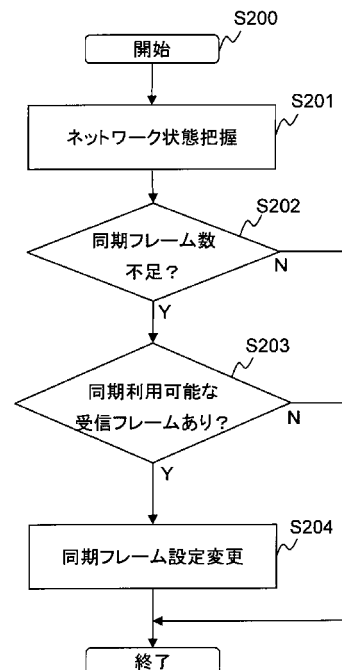
(54) 【発明の名称】 通信装置、通信システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 通信装置の稼働中に同期フレーム数が不足したときでも、通信不可状態に陥らないようにする。

【解決手段】 時分割通信を行う通信装置において、通信装置は他の通信装置が送信する同期フレームを用いて時刻合わせを行う。通信制御部は時刻合わせをするための同期フレームの数が規定数に不足するか否かを判定する。同期フレームの数が規定数に満たないときは、時刻合わせをするために用いていない通信フレームを同期フレームとして取り扱う。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

時分割通信を行う通信装置であって、
他の通信装置と時分割通信する通信部と、
他の通信装置が送信する同期フレームを用いて時刻合わせを行なう通信制御部と、
を備え、

前記通信制御部は、

前記通信部が受信する前記同期フレームの数が規定数に不足しているときは、

時刻合わせをするために用いていない通信フレームを前記同期フレームとして取り扱うことにより時刻合わせを行なう

ことを特徴とする通信装置。

10

【請求項 2】

前記通信制御部は、

前記通信部が行う時分割通信の 1 通信サイクル内に前記通信部が受信する前記同期フレームの数が前記規定数に達しないときは、前記同期フレームの数が不足していると判断する

ことを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 3】

前記通信制御部は、

前記同期フレームを送信すべき他の通信装置から前記通信部が前記同期フレームを受信しなかったときは、前記同期フレームの数が不足していると判断する

ことを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

20

【請求項 4】

前記同期フレームを送信していない他の通信装置に対して同期フレームを送信開始するよう要求する切替要求部を備える

ことを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 5】

前記通信部が前記同期フレームを送信していない場合において前記同期フレームを送信開始すべき旨の要求を前記通信部が受け取ったときは前記通信部に前記同期フレームを送信開始させる切替処理部を備えた

ことを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

30

【請求項 6】

他の通信装置に対して通信を停止するよう要求する停止要求部を備え、

前記通信制御部は、

前記停止要求部から通信を停止するよう要求された他の通信装置が通信を停止することによって前記同期フレームの数が前記規定数に不足するか否かを判断し、

前記切替要求部は、

前記同期フレームの数が前記規定数に不足すると前記通信制御部が判断したときは、

前記同期フレームを送信していない他の通信装置に対して同期フレームを送信開始するよう要求する

ことを特徴とする請求項 4 記載の通信装置。

40

【請求項 7】

前記通信部は前記同期フレームを送信することを特徴とする請求項 4 記載の通信装置。

【請求項 8】

前記通信制御部は、

通信を停止すべき旨の要求を前記通信部が他の通信装置から受け取ったときは、

前記通信部が通信を停止することによって前記同期フレームの数が前記規定数に不足するか否かを判断し、

前記切替要求部は、

前記同期フレームの数が前記規定数に不足すると前記通信制御部が判断したときは、

50

前記同期フレームを送信していない他の通信装置に対して同期フレームを送信開始するよう要求する

ことを特徴とする請求項 4 記載の通信装置。

【請求項 9】

前記通信部が前記同期フレームを送信していないときは前記通信部に前記同期フレームを送信開始させるとともにその旨を他の通信装置に通知する切替処理部を備えた

ことを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

【請求項 10】

前記停止要求部は、

前記同期フレームを送信していない他の通信装置が前記同期フレームを送信開始する旨の通知を前記通信部が当該他の通信装置から受け取ったときは、

他の通信装置に対して通信を停止するよう要求することを所定時間保留することを特徴とする請求項 6 記載の通信装置。

10

【請求項 11】

通信を停止すべき旨の要求を前記通信部が他の通信装置から受け取ったとき前記通信部に通信を停止させる停止処理部を備え、

前記停止処理部は、

前記同期フレームを送信していない他の通信装置が前記同期フレームを送信開始する旨の通知を前記通信部が当該他の通信装置から受け取ったときは、

前記通信部に通信を停止させることを中止するか、または所定時間保留することを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

20

【請求項 12】

前記通信制御部は、

当該通信装置ではない他の通信装置に宛てた、通信を停止すべき旨の要求を、前記通信部が他の通信装置から受け取ったときは、

通信を停止するよう要求された他の通信装置が通信を停止することによって前記同期フレームの数が前記規定数に不足するか否かを判断し、

前記切替処理部は、

前記同期フレームの数が前記規定数に不足すると前記通信制御部が判断したときは、

前記通信部に前記同期フレームを送信開始させるとともにその旨を他の通信装置に通知する

30

ことを特徴とする請求項 9 記載の通信装置。

【請求項 13】

前記切替要求部は、

同期フレームを送信開始するよう要求する通信フレームを、前記同期フレームを送信していない複数の他の通信装置に対して同報する

ことを特徴とする請求項 4 記載の通信装置。

【請求項 14】

前記通信部は FlexRay プロトコルを用いて他の通信装置と通信する

ことを特徴とする請求項 1 記載の通信装置。

40

【請求項 15】

請求項 1 記載の通信装置を複数備えた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、時分割通信を行う通信装置、およびその通信装置を有する通信システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

複数の装置を通信ネットワークで結ぶ制御システムでは、システム成立の要となる通信

50

に対し、通信量増大に対応する高速度性、リアルタイム処理に必要な低ジッタ性、安全な制御とシステム運用のための高信頼性などが要求される。

【0003】

自動車分野でも、電子制御の発展に伴い車載通信ネットワークの役割が大きくなり、上記要求に対応する通信プロトコルとして、FlexRay（登録商標）が用いられている。FlexRayは、複数のノードが1つの伝送路を共有し相互にデータ送受信するために、時分割多元接続方式を採用している。時分割多元接続を実現するためには、ネットワーク上の複数ノードが1つのネットワーク時間を共有する必要がある。そこでFlexRayでは、分散型の時間同期手法を採用している。

【0004】

分散型の時間同期手法では、ネットワーク上の各ノードは、特定の通信フレーム（以下「フレーム」）の到着時刻を用いて、自ノードが管理するネットワーク時間のオフセットと進行速度を補正する。この補正を繰り返すことにより、ネットワーク時間が維持され、すなわちノード間のネットワーク時間の誤差は許容範囲内となり、各ノードは時分割通信を継続することができる。

【0005】

このようなネットワーク時間の同期に利用されるフレームを、ここでは「同期フレーム」と呼ぶ。FlexRayでは、同期フレームを送信するか否かを、ノード毎に設定する。あるノードが同期フレームを送信するか否かは、通信コントローラの設定によって変更できる。同期フレームを送信するノードは、時分割通信の1通信サイクルにつき1つの同期フレームを送信する。ネットワーク上の各ノードは、1通信サイクル内に受信した同期フレームをすべてネットワーク時間の補正に利用する。

【0006】

分散型の時間同期を実行するためには、同期フレームを送信するノードがネットワーク上に規定数以上必要となる。同期フレームを送信するノード数が不足すると、通信が不安定となり、最悪の場合には通信不可となる。FlexRayでは、通信継続に必要な同期フレーム送信ノード数は「2」と規定されている。1通信サイクル内に受信する同期フレーム数が2未満である状態が所定の通信サイクル数だけ継続すると、ノードは通信不可状態となる。

【0007】

一方で、同期フレームを送信するノードの一部が、通信を停止しなければならない状況が生じる場合がある。例えば、ノードの故障、システムの消費電力低減等を目的とした能動的な停止、などの状況が挙げられる。この場合も、同期フレーム数が不足してノードが通信不可状態になる可能性がある。

【0008】

下記特許文献1には、スタートアップノードから送出されるべき同期フレームが不足していることを検出すると、非スタートアップノードがスタートアッププロセスに加入することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】特開2008-22078号公報

【非特許文献】

【0010】

【非特許文献1】FlexRay Communications System Protocol Specification Version 2.1 Revision A, FlexRay Consortium (2005年12月)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

10

20

30

40

50

上記特許文献 1 に記載の技術では、スタートアップが完了した後に同期フレーム数が不足すると、ノードが通信不可状態になる可能性がある。

【0012】

本発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、通信装置の稼働中に同期フレーム数が不足したときでも、通信不可状態に陥らないようにすることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

本発明に係る通信装置は、同期フレームの数が規定数に満たないときは、時刻合わせをするために用いていない通信フレームを同期フレームとして取り扱う。

10

【発明の効果】

【0014】

本発明に係る通信装置によれば、同期フレーム数が不足したときでも、他の通信フレームによって代替することができるので、通信を安定的に継続することができる。これにより、通信システムの信頼性や可用性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図 1】実施の形態 1 に係る通信システム 100 の構成図である。

【図 2】ノード 10 の動作フローを示す図である。

【図 3】ネットワーク 20 の 1 通信サイクルにおける通信スロットを各ノード 10 へ割り当てた様子を示す図である。

20

【図 4】ノード 10 - k (k = 1 ~ n) の動作フローを示す図である。

【図 5】図 4 の動作フローに基づく通信システム 100 の動作を示す図である。

【図 6】ノード 10 - y (y = 1 ~ n) の動作フローを示す図である。

【図 7】図 6 の動作フローに基づく通信システム 100 の動作を示す図である。

【図 8】実施形態 4 における、同期フレーム送信ノードではないノード 10 - z の動作フローを示す図である。

【図 9】図 8 の動作フローに基づく通信システム 100 の動作を示す図である。

【図 10】実施形態 6 におけるノード 10 - x の動作フローを示す図である。

【図 11】図 10 の動作フローに基づく通信システム 100 の動作を示す図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0016】

< 実施の形態 1 >

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る通信システム 100 の構成図である。通信システム 100 は、複数の通信ノード（以下、「ノード」）10 - 1、10 - 2、・・・10 - n を有する。各ノードは、時分割多元通信によって互いに通信する。以下、各ノードを総称的に指すときは、ノード 10 と呼ぶ。各ノードを区別するときは、上記のような添字を付与する。各ノードの構成要素についても同様である。

【0017】

ノード 10 は、CPU (Central Processing Unit) 11、メインメモリ 12、通信コントローラ 13、通信インターフェース (I / F) 14、記憶部 15 を備える。各機能部は、内部接続線によって接続されている。I / F 14 は、ネットワーク 20 に接続されている。

40

【0018】

CPU 11 は、ノード 10 の全体動作を制御する。また、後述する各プログラムを実行する。メインメモリ 12 は、CPU 11 が動作する際に必要なデータを格納する。通信コントローラ 13 は、データリンク層より上位層の通信プロトコルを実装した論理回路である。I / F 14 は、通信コントローラ 13 のデジタル信号とネットワーク 20 の信号を相互に変換する。

【0019】

50

記憶部 15 は、制御プログラム、通信状態把握部 16、切替処理部 17、停止処理部 18 を格納する。通信状態把握部 16、切替処理部 17、停止処理部 18 は、プログラムとして実装されている。CPU 11 は、これらのプログラムをメインメモリ 12 に読み込み実行することにより、各機能を実現する。以下の説明では、記載の便宜上、各プログラムを動作主体として説明することがあるが、実際に各プログラムを実行するのは CPU 11 であることを付言しておく。

【0020】

本発明における「通信部」は、通信コントローラ 13 と I/F 14 が相当する。「通信制御部」は、通信状態把握部 16 が相当する。「切替要求部」「切替処理部」は、切替処理部 17 が相当する。「停止要求部」「停止処理部」は、停止処理部 18 が相当する。

10

【0021】

本明細書で説明するプログラムやデータは、あらかじめ記憶部 15 に格納しておいてもよいし、脱着可能なフラッシュメモリ等の記憶媒体から入力してもよいし、ネットワーク経由で他の装置からダウンロードしてもよい。または、当該プログラムにより実現される機能を、プログラムに代えて CPU 11 の周辺回路や ASIC のような専用のハードウェアにより実現してもよい。

【0022】

図 2 は、ノード 10 の動作フローを示す図である。以下、図 2 の各ステップについて説明する。

【0023】

20

(図 2 : ステップ S 200)

CPU 11 は、例えば時分割通信の通信サイクル毎など、所定の周期毎に本動作フローを実行する。

【0024】

(図 2 : ステップ S 201)

通信状態把握部 16 は、ネットワーク 20 の状態を把握する。具体的には、ある期間内に受信する同期フレーム数 s_a を計測する。例えば、直前の 1 通信サイクル内に受信した同期フレームを計数する。また、同期フレーム以外の通信フレームを含む全ての通信フレームの受信状況を把握し、受信状況から他ノードの状態を把握する。

【0025】

30

(図 2 : ステップ S 201 : 補足)

ここでいう他ノードの状態とは、通信異常のないことにより送信ノードが動作しているか、受信データの内容から送信ノードの制御アプリケーションが正しく動作しているか、などの状態のことをいう。

【0026】

(図 2 : ステップ S 202)

通信状態把握部 16 は、ステップ S 201 で計測した同期フレーム数 s_a が、ネットワーク時間を補正するのに必要な規定数を満たしているか否かを判定する。判定方法としては、通信状態把握部 16 に同期フレーム必要数 s_r をあらかじめ保持させておき、 $s_r > s_a$ であれば不足している、そうでなければ不足していない、と判定する。同期フレーム必要数 s_r は、ネットワーク 20 の通信プロトコルが規定している同期フレームの必要数、システムが要求する信頼性などに応じて、ノード 10 を設計する時に決定する。判定の結果、同期フレームが不足していればステップ S 203 に進み、不足していなければ本動作フローを終了する。

40

【0027】

(図 2 : ステップ S 203)

通信状態把握部 16 は、I/F 14 が本ステップの時点で受信しているフレームのうち、現在は同期フレームとして利用していないが、同期フレームとして利用することができるものがあるか否かを検索する。同期フレームとして利用できるフレームがあればステップ S 204 に進み、なければ本動作フローを終了する。

50

【 0 0 2 8 】

(図 2 : ステップ S 2 0 4)

通信状態把握部 1 6 は、ステップ S 2 0 3 で検索したフレームを以後同期フレームとして利用するよう、通信コントローラ 1 3 の設定を変更する。ステップ S 2 0 4 が完了すると、本動作フローは終了する。

【 0 0 2 9 】

図 3 は、ネットワーク 2 0 における通信スケジュール、すなわち 1 通信サイクルにおける通信スロットを各ノード 1 0 へ割り当てた様子を示している。通信スロットは、フレームをネットワーク 2 0 に送出手間枠である。1つのノード 1 0 が1つの通信スロットにおいて1つのフレームを送信することができる。各ノード 1 0 へいずれの通信スロットを割り当てるかは、ノード 1 0 を設計する時に決定され、その設定は通信コントローラ 1 3 内に保持される。

10

【 0 0 3 0 】

1 通信サイクルに相当する通信スケジュール 3 0 は、8つの通信スロットに分割されている。通信スロット 1、3、5、6、8において、それぞれノード 1 0 - 1 ~ 1 0 - 5 がフレーム 3 1 - 1 ~ 3 1 - 5 を送信している。フレームの添字は、当該フレームを送信したノードの番号を示す。各フレームは、全てのノード 1 0 によって受信される。

【 0 0 3 1 】

ノード 1 0 - 1 の通信状態把握部 1 6 - 1 には、同期フレーム必要数 s_r として「3」が設定されているものとする。また通信コントローラ 1 3 - 1 には、同期フレームとして通信スロット 3、5、6 で受信するフレーム、すなわちフレーム 3 1 - 2 ~ 3 1 - 4 を利用することが設定されているものとする。

20

【 0 0 3 2 】

ノード 1 0 - 1 がフレーム 3 1 - 2 ~ 4 を正常受信している間は、通信状態把握部 1 6 はステップ S 2 0 2 において、同期フレーム数は不足していないと判定し、通信コントローラ 1 3 - 1 はネットワーク時間の補正を実行することができる。

【 0 0 3 3 】

ある時点でノード 1 0 - 2 の故障などにより、ノード 1 0 - 1 がフレーム 3 1 - 2 を正常受信できなくなったと仮定する。このとき、通信状態把握部 1 6 はステップ S 2 0 2 において、同期フレーム数が不足していると判定する。

30

【 0 0 3 4 】

ステップ S 2 0 3 において通信状態把握部 1 6 は、フレーム 3 1 - 5 が同期フレームとして利用できる否かを判定する。ステップ S 2 0 3 の判定ルールとして、ネットワーク 2 0 の通信プロトコル規定を考慮した上で、対象フレームの属性や受信状態（正常受信できているか否か）等を判断材料とするものをあらかじめ規定しておく。

【 0 0 3 5 】

フレーム 3 1 - 5 が同期フレームとして利用できれば、ステップ S 2 0 4 において通信状態把握部 1 6 は、フレーム 3 1 - 5 を同期フレームとして利用するよう通信コントローラ 1 3 - 1 に設定する。

【 0 0 3 6 】

以上の動作により、同期フレーム 3 1 - 2 が欠落しても、ノード 1 0 - 1 は同期フレーム数を必要数である 3 以上確保することができ、ネットワーク時間を安定的に維持することができる。

40

【 0 0 3 7 】

< 実施の形態 2 >

本発明の実施の形態 2 では、各ノード 1 0 はネットワーク 2 0 上の通信プロトコルとして Flex Ray を用いる。また本実施の形態 2 では、ネットワーク 2 0 上のノードが他のノードに対して、同期フレームを送信開始するよう要求し、別のノードに通信を停止するよう要求する動作例を説明する。通信システム 1 0 0 および各ノード 1 0 の構成は、実施の形態 1 と同様である。通信コントローラ 1 3 と I / F 1 4 は、Flex Ray に対応

50

した通信機能を備えるものとする。

【0038】

FlexRayでは、フレームのヘッダにある同期フラグ(Sync Frame Indicator)というビットが1であれば当該フレームは同期フレームであり、0であれば当該フレームは非同期フレームであるものとして取り扱う。同期フレームを送信するノードは、通信サイクル毎に、同期フレームを必ず1回送信する。

【0039】

図4は、あるノード10-k($k=1\sim n$)の動作フローを示す図である。ノード10-kの制御アプリケーションは、ネットワーク20上の別のノード10-y($y=1\sim n, y\neq k$)を停止させる予定をあらかじめ決めていたものとする。以下、図4の各ステップについて説明する。

10

【0040】

(図4：ステップS400)

CPU11は、ノード10-kがノード10-yを停止させる予定時刻になった時点で本動作フローを開始する。

【0041】

(図4：ステップS401)

通信状態把握部16-kは、ステップS201と同様に、ネットワーク状態を把握する。同期フレーム受信数saは、同期フラグが1のフレーム数を計数することにより把握する。FlexRayでは通信異常時を除き、1通信サイクルにおける同期フレーム数は、同期フレームを送信するノード数に等しい。このため通信状態把握部16-kは、同期フレーム受信数saを、同期フレームを送信している正常稼働中のノード数とみなす。

20

【0042】

(図4：ステップS402)

通信状態把握部16-kは、ステップS401で計測した同期フレーム送信ノード数saと、ネットワーク時間補正に必要な同期フレーム数srとを比較し、同期フレームを送信するノード数が不足しているか否かを判定する。ノード10-yが同期フレームを送信するノードである場合、ノード10-yが停止することによって同期フレームが減少することを見込み、 $sr > sa - 1$ であれば、同期フレームを送信するノード数が不足するものと判定とする。ノード10-yが同期フレームを送信するノードでない場合、 $sr > sa$ であれば、同期フレームを送信するノード数が不足するものと判定する。同期フレームを送信するノード数が不足していればステップS403に進み、不足していなければステップS406に進む。

30

【0043】

(図4：ステップS402：補足その1)

通信状態把握部16-kは、ノード10-yが同期フレームを送信するノードであるか否かを、ノード10-yから受信したフレームの同期フラグを観察するか、または各ノードの属性をあらかじめデータとして保持しておくことにより判定する。受信フレームがノード10-yから送信されたものであることは、通信スロットと送信ノードの対応関係、フレームのヘッダに含まれるフレームIDと送信ノードの対応関係などを、あらかじめデータとして保持しておくことにより判定する。

40

【0044】

(図4：ステップS402：補足その2)

通信状態把握部16-kは、同期フレームの総数を計数することに代えて、同期フレームを送信すべきノードから同期フレームを受信することができたか否かにより、同期フレームが不足しているか否かを判定することもできる。いずれのノードが同期フレームを送信すべきかは、あらかじめデータとして保持しておけばよい。

【0045】

(図4：ステップS403)

通信状態把握部16-kは、ステップS401で把握した各ノードの状態から、同期フ

50

レームを送信していないノードのうち、正常動作しており、かつ同期フレームを送信するノードに切り替えることができるノード $10 - z$ ($z = 1 \sim n$, $z \neq k$, $z \neq y$) を検索する。ノード $10 - z$ を、同期フレームを送信するノードに切り替えることができか否かは、各ノードの属性としてあらかじめ保持しておいてもよいし、ノード $10 - z$ が送信フレーム内に、自ノードが同期フレームを送信するノードに切り替わることができる旨を示すフラグ等を含めるようにしてもよい。同期フレームを送信するノードに切り替えることができるノードがあればステップ S 4 0 4 に進み、なければ本動作フローを終了する。

【0046】

(図4：ステップ S 4 0 4)

切替処理部 17 - k は、ステップ S 4 0 3 において通信状態把握部 16 - k が検索した切替可能ノード $10 - z$ に対し、同期フレーム送信切替要求(同期フレームを送信するノードへ切り替わるべき旨の要求)を送信する。具体的には、切替要求を示すデータと、切替要求対象ノード番号 z を含むフレームを、ネットワーク 20 上に送信する。

10

【0047】

(図4：ステップ S 4 0 5)

切替処理部 17 - k は、ステップ S 4 0 4 において切替要求を送信したノード $10 - z$ が、同期フレームを送信するノードに切り替わったか否かを判定する。具体的には、ノード $10 - z$ から受信するフレーム内に、同期フラグ、または切替要求に対する応答を示すデータが存在するか否かを観察することにより、切り替わったか否かを判定する。切替処理部 17 - k は、例えば所定時間内に切替完了を確認できればステップ S 4 0 6 に進み、確認できなければ本動作フローを終了する。

20

【0048】

(図4：ステップ S 4 0 6)

停止処理部 18 - k は、停止対象ノード $10 - y$ に対し、停止要求を送信する。具体的には、停止要求を示すデータと、停止要求対象ノード番号 y を含むフレームを、ネットワーク 20 上に送信する。ステップ S 4 0 6 が完了すると、本動作フローは終了する。

【0049】

図5は、図4の動作フローに基づく通信システム 100 の動作を示す図である。図5(a)は各ノード間の通信シーケンスを示し、図5(b)は1通信サイクルにおける通信スロットを各ノード 10 へ割り当てた様子を示す。ノード $10 - 1$ ($k = 1$) は停止要求を発行するノード、ノード $10 - 2$ ($y = 2$) は停止対象ノード、ノード $10 - 3$ ($z = 3$) は同期フレーム送信切替要求の対象ノードである。

30

【0050】

1通信サイクルに相当する通信スケジュール 50 では、通信スロット 1、3、5 においてそれぞれノード $10 - 1 \sim 10 - 3$ がフレーム $51 - 1 \sim 51 - 3$ を送信している。各フレームは、全てのノード 10 によって受信される。

【0051】

通信状態把握部 16 には、同期フレーム送信ノード必要数 s_r として「2」が設定されている。この数値は、自ノードの同期フレームを含む。また通信コントローラ 13 - 1 と 13 - 2 が同期フレーム送信ノードとして、通信コントローラ 13 - 3 が同期フレーム非送信ノードとして設定されている。そのため、フレーム $51 - 1$ と $51 - 2$ が同期フレーム、フレーム $51 - 3$ が非同期フレームとなっている。

40

【0052】

なお、FlexRay では1つの通信コントローラは2つの通信チャネルを扱うことができるが、ここでは説明の簡単のため、1チャネルのみ利用しているものとする。2つのチャネルを扱う場合は、ステップ S 4 0 2 の同期フレーム数計測は、2つのチャネルに対して実行される。

【0053】

(1) 同期フレーム数判定

ある時点で、ノード $10 - 1$ はノード $10 - 2$ に停止要求を送信することを決め、図4

50

の動作フローを実行する。ステップS402においてノード10-1は、停止要求対象ノード10-2が同期フレームを送信するノードであるので、判定式「 $sr(=2) > sa(=2) - 1$ 」に基づき、同期フレーム数は不足すると判定する。ステップS403においてノード10-1は、ノード10-3が同期フレーム送信ノードに切り替わることができるか否かを判定する。ここでは、通信状態把握部16-1が所持するノード10-3の属性データが「切替可能」と設定されており、かつステップS401で把握したノード10-zの状態が正常であるものと過程する。ノード10-1は、ノード10-3が同期フレーム送信ノードに切り替わることができるかと判定する。

【0054】

(2) 切替要求

ステップS404にてノード10-1は、ノード10-3に対し同期フレーム送信切替要求を、フレーム51-1を用いて送信する。

【0055】

(3) 切替応答

ノード10-3の切替処理部17-3は、ノード10-1に対し、切替要求を受け付けることを示す切替応答を、フレーム51-3を用いて送信する。その後、切替処理部17-3は、通信コントローラ13-3を同期フレーム送信ノードに設定する。これにより、ノード10-3が再起動した後にフレーム51-3が同期フレームとなる。

【0056】

(4) 停止要求

ステップS405においてノード10-1は、ノード10-3からの切替応答、およびフレーム51-3の同期フラグが1となったことを観測して、ノード10-3が同期フレーム送信ノードに切り替わったことを確認する。これを受け、ステップS406においてノード10-1は、ノード10-2に対し、フレーム51-1を用いて停止要求を送信する。ノード10-2の停止処理部18-2は、停止要求を受け取り、通信を始めとする各処理を停止する。以後、フレーム51-2はネットワーク20に送信されなくなる。

【0057】

(5) 停止要求：補足

ここでいう停止要求とは、少なくとも通信を停止することをいう。例えば、ノード自体の稼働を停止させてもよいし、ノードは稼働させたままで通信アプリケーションのみ停止するようにしてもよい。

【0058】

上記の例において、同期フレーム送信切替要求や停止要求は、ネットワーク20を用いて送受信しているが、ネットワーク20とは別の通信ネットワーク、例えばCAN(Car Area Network)を利用して送信してもよい。

【0059】

以上のように、本実施の形態2によれば、ノード10-1がノード10-2に対して停止要求を発行しても、ノード10-3が同期フレーム送信ノードに切り替わるので、ネットワーク20上にはフレーム51-1、51-3の2つの同期フレームが存在することになる。これにより、以前は同期フレームとして用いられていなかった、ノード10-3が送信するフレームが、同期フレームとして用いられるようになる。したがって、ネットワーク20内で同期フレームが不足することなく、各ノード10はネットワーク時間の補正を継続することができる。

【0060】

また、本実施の形態2によれば、ステップS402において、ノード10-1が停止要求を発行することにより同期フレーム送信ノードが減少することを見込み、ノード10-2が停止するより先にノード10-3を同期フレーム送信ノードに切り替える。これにより、同期フレームが一時的に不足することを回避でき、ネットワーク時間をより安定的に維持することができる。

【0061】

10

20

30

40

50

なお、本実施の形態 2 において、ネットワークで一番最後まで停止せず、類似システムでも搭載されるノードを同期フレーム送信ノードとし、さらに同期フレーム送信ノード数の不足を検出して同期フレーム送信切替要求を送信する機能を持たせてもよい。これにより、ネットワーク 20 上で同期フレーム数を安定して維持することができるので、ネットワーク時間の安定性を向上することができる。

【0062】

<実施の形態 3 >

本発明の実施の形態 3 では、実施の形態 2 と異なり、停止要求を受けたノード 10 - 2 がノード 10 - 3 に対して同期フレーム送信切替要求を発行する動作例を説明する。通信システム 100 および各ノード 10 の構成は、実施の形態 1 ~ 2 と同様である。

10

【0063】

図 6 は、ノード 10 - y ($y = 1 \sim n$) の動作フローを示す図である。以下、図 6 の各ステップについて説明する。

【0064】

(図 6 : ステップ S 600)

停止処理部 18 - y は、ノード 10 - k から停止要求を受け取ると、本動作フローを開始する。

【0065】

(図 6 : ステップ S 601)

通信状態把握部 16 - y は、ステップ S 201 と同様に、ネットワーク状態を把握する。

20

【0066】

(図 6 : ステップ S 602)

通信状態把握部 16 - y は、ステップ S 601 で計測した同期フレーム送信ノード数 s_a と、ネットワーク時間補正に必要な同期フレーム数 s_r とを比較し、同期フレームを送信するノード数が不足しているか否かを判定する。ノード 10 - y が同期フレームを送信するノードである場合、ノード 10 - y が停止することによって同期フレームが減少することを見込み、 $s_r > s_a - 1$ であれば、同期フレームを送信するノード数が不足するものと判定とする。ノード 10 - y が同期フレームを送信するノードでない場合、 $s_r > s_a$ であれば、同期フレームを送信するノード数が不足するものと判定する。同期フレームを送信するノード数が不足していればステップ S 603 に進み、不足していなければステップ S 606 に進む。

30

【0067】

(図 6 : ステップ S 603)

通信状態把握部 16 - y は、ステップ S 601 で把握した各ノードの状態に基づき、同期フレームを送信していないノードのうち、正常動作しており、かつ同期フレームを送信するノードに切り替えることができるノード 10 - z ($z = 1 \sim n, z \neq k, z \neq y$) を検索する。同期フレームを送信するノードに切り替えることができるノードがあればステップ S 604 に進み、なければ本動作フローを終了する。

40

【0068】

(図 6 : ステップ S 604)

切替処理部 17 - y は、ステップ S 603 において通信状態把握部 16 - y が検索した切替可能ノード 10 - z に対し、同期フレーム送信切替要求 (同期フレームを送信するノードへ切り替わるべき旨の要求) を送信する。

【0069】

(図 6 : ステップ S 605)

切替処理部 17 - y は、ステップ S 604 において切替要求を送信したノード 10 - z が、同期フレームを送信するノードに切り替わったか否かを判定する。切替処理部 17 - y は、例えば所定時間内に切替完了を確認できればステップ S 606 に進み、確認できなければ本動作フローを終了する。

50

【 0 0 7 0 】

(図 6 : ステップ S 6 0 6)

停止処理部 1 8 - y は、自ノード 1 0 - y を停止する。ステップ S 6 0 6 が完了すると、本動作フローは終了する。

【 0 0 7 1 】

なお、ノード 1 0 - k からの停止要求に対する応答は、ノード 1 0 - z が同期フレーム送信ノードに切り替わる前 (例えばステップ S 6 0 3 からステップ S 6 0 4 に進む際) でもよいし、切り替わった後 (ステップ S 6 0 5 からステップ S 6 0 6 に進む際) でもよい。また、ステップ S 6 0 3 で切替可能ノードがない場合には、ノード 1 0 - y はノード 1 0 - k に対して停止不可を示す応答を送信し、停止処理を行わなくてもよい。

10

【 0 0 7 2 】

図 7 は、図 6 の動作フローに基づく通信システム 1 0 0 の動作を示す図である。ノード 1 0 - 1 (k = 1) は停止要求を発行するノード、ノード 1 0 - 2 (y = 2) は停止対象ノード、ノード 1 0 - 3 (z = 3) は同期フレーム送信切替要求の対象ノードである。

【 0 0 7 3 】

(1) 停止要求

ある時点で、ノード 1 0 - 1 はノード 1 0 - 2 に停止要求を送信する。

【 0 0 7 4 】

(2) 同期フレーム数判定

ノード 1 0 - 2 は、停止要求を受け取ると、図 6 の動作フローを実行する。ステップ S 6 0 2 においてノード 1 0 - 2 は、自ノード 1 0 - 2 が同期フレームを送信するノードであるので、判定式「 $s_r (= 2) > s_a (= 2) - 1$ 」に基づき、同期フレーム数が不足すると判定する。ステップ S 6 0 3 においてノード 1 0 - 2 は、ノード 1 0 - 3 が同期フレーム送信ノードに切り替わることができるか否かを判定する。ここでは、ノード 1 0 - 3 が同期フレーム送信ノードに切り替わることができると判定したものとす。

20

【 0 0 7 5 】

(3) 切替要求

ステップ S 6 0 4 においてノード 1 0 - 2 は、ノード 1 0 - 3 に対し同期フレーム送信切替要求を、フレーム 5 1 - 2 を用いて送信する。

【 0 0 7 6 】

(4) 切替応答

ノード 1 0 - 3 の切替処理部 1 7 - 3 は、ノード 1 0 - 2 に対し、切替要求を受け付けることを示す切替応答を、フレーム 5 1 - 3 を用いて送信する。その後、切替処理部 1 7 - 3 は、通信コントローラ 1 3 - 3 を同期フレーム送信ノードに設定する。これにより、ノード 1 0 - 3 が再起動した後にフレーム 5 1 - 3 が同期フレームとなる。ステップ S 6 0 5 においてノード 1 0 - 2 は、ノード 1 0 - 3 からの切替応答、およびフレーム 5 1 - 3 の同期フラグが 1 となったことを観測して、ノード 1 0 - 3 が同期フレーム送信ノードに切り替わったことを確認する。これを受け、ステップ S 6 0 6 において、ノード 1 0 - 2 の停止処理部 1 8 - 2 は、自ノードを停止する。以後、フレーム 5 1 - 2 はネットワーク 2 0 に送信されなくなる。

30

40

【 0 0 7 7 】

以上のように、本実施の形態 3 によれば、ノード 1 0 - 2 は、停止要求を受け取ると、同期フレーム数が不足するか否かを判定し、不足する場合は同期フレーム送信切替要求を発行する。これにより、停止要求を発行するノードが同期フレームの不足を考慮していない場合でも、ネットワーク 2 0 上で同期フレームが不足することを防ぎ、ネットワーク時刻を安定的に維持することができる。

【 0 0 7 8 】

< 実施の形態 4 >

本発明の実施の形態 4 では、同期フレームを送信するノードではないノードが、自発的に同期フレーム送信ノードに切り替わる動作例を説明する。通信システム 1 0 0 および各

50

ノード 10 の構成は、実施の形態 1 ~ 3 と同様である。

【 0 0 7 9 】

図 8 は、本実施形態 4 における、同期フレーム送信ノードではないノード 10 - z の動作フローを示す図である。以下、図 8 の各ステップについて説明する。

【 0 0 8 0 】

(図 8 : ステップ S 8 0 0)

C P U 1 1 は、例えばある周期毎、またはノード 10 - z が停止要求を観測した時点で本動作フローを開始する。

【 0 0 8 1 】

(図 8 : ステップ S 8 0 1)

通信状態把握部 16 - z は、ステップ S 4 0 1 と同様に、ネットワーク状態を把握する。

【 0 0 8 2 】

(図 8 : ステップ S 8 0 2)

通信状態把握部 16 - z は、ステップ S 8 0 1 で計測した同期フレーム送信ノード数 s_a と、ネットワーク時間補正に必要な同期フレーム数 s_r とを比較し、同期フレーム送信ノード数の不足有無を判定する。具体的には、 $s_r > s_a$ ならば、同期フレーム送信ノード数が不足と判定する。同期フレーム送信ノード数が不足していればステップ S 8 0 3 に進み、不足していなければ本動作フローを終了する。

【 0 0 8 3 】

(図 8 : ステップ S 8 0 3)

切替処理部 17 - z は、自ノード 10 - z が同期フレーム送信ノードに切り替わることができるか否かを判定する。切替可能であればステップ S 8 0 4 に進み、切替不可であれば本動作フローを終了する。

【 0 0 8 4 】

(図 8 : ステップ S 8 0 4)

切替処理部 17 - z は、同期フレーム送信ノードへの切替処理を実行する。その際、切替処理部 17 - z は、他ノード 10 - x ($x \neq z$) に対し、自ノードが同期フレーム送信ノードへ切り替わる旨を宣言するデータを送信する。この切替宣言を受信したノード 10 - x の停止処理部 18 - x は、他ノードに対して停止要求を送信することを所定時間中断する。また、この切替宣言を受信したノード 10 - x が停止要求を受け取った場合は、自ノードを停止させる処理を所定時間中断し、または中止する。ステップ S 8 0 4 が完了すると、本動作フローは終了する。

【 0 0 8 5 】

(図 8 : ステップ S 8 0 4 : 補足)

本ステップにおいて、停止要求を送信することを中断したり、自ノードを停止させる処理を中断または中止したりするのは、同期フレームが不足することを防ぐためである。すなわち、ノード 10 - z が同期フレーム送信ノードに切り替わる前に同期フレーム送信ノードを停止させると、ノード 10 - z が同期フレーム送信ノードに切り替わるまでの期間で同期フレームが不足する可能性があるからである。

【 0 0 8 6 】

図 9 は、図 8 の動作フローに基づく通信システム 100 の動作を示す図である。図 9 (a) は各ノード間の通信シーケンスを示し、図 9 (b) は 1 通信サイクルにおける通信スロットを各ノード 10 へ割り当てた様子を示す。ノード 10 - 1 ($k = 1$) は停止要求を発行するノード、ノード 10 - 2 ($y = 2$) は停止対象ノード、ノード 10 - 3 ($z = 3$) は同期フレーム送信切替要求の対象ノードである。

【 0 0 8 7 】

1 通信サイクルに相当する通信スケジュール 90 では、通信スロット 1、3、5、7 においてそれぞれノード 10 - 1 ~ 10 - 4 がフレーム 91 - 1 ~ 91 - 4 を送信している。各フレームは、全てのノード 10 によって受信される。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 8 】

通信状態把握部 16 には、同期フレーム送信ノード必要数 s_r として、FlexRay が規定する同期フレーム数より余裕のある「3」が設定されている。この数値は、自ノードの同期フレームを含む。また通信コントローラ 13-1、13-2、13-4 が同期フレーム送信ノードとして、通信コントローラ 13-3 が同期フレーム非送信ノードとして設定されている。そのため、フレーム 91-1、91-2、91-4 が同期フレーム、フレーム 91-3 が非同期フレームとなっている。

【 0 0 8 9 】

(1) 同期フレーム数判定

ある時点で、ノード 10-3 は図 8 の動作フローを実行する。この直前に、ノード 10-4 が故障等の理由により、同期フレーム 91-4 を送信できなくなっているとす。ステップ S802 においてノード 10-3 は、判定式「 $s_r (= 3) > s_a (= 2)$ 」に基づき、同期フレーム数が不足していると判定する。ステップ S803 においてノード 10-3 は、自ノード 10-3 が同期フレーム送信ノードに切り替わることができるか否かを判定する。制御アプリケーションから通信停止を禁止されておらず、通信状態把握部 16-3 の所持する自ノード 10-3 の属性データが「切替可能」に設定されており、ステップ S801 で把握した自ノード 10-3 の状態が正常であれば、自ノード 10-3 は切替可能と判定する。

【 0 0 9 0 】

(2) 切替宣言

ステップ S804 において、切替処理部 17-3 は自ノード 10-3 を同期フレーム送信ノードへ切り替える処理を実行する。また、切り替えを実行する際に、同期フレーム送信ノードへ切り替わる旨の通知（切替宣言）を他ノードに送信する。

【 0 0 9 1 】

(3) 停止要求

ノード 10-3 が同期フレーム送信ノードに切り替わった後は、フレーム 91-3 が同期フレームとなる。ノード 10-x はフレーム 91-1 ~ 91-3 の 3 つの同期フレームにより、ネットワーク時間の補正を継続することができる。この同期フレーム数は、FlexRay の通信プロトコルで規定している必要数である 2 より多い。このため、例えばノード 10-1 がノード 10-2 に対し停止要求を発行し、ノード 10-2 が停止したとしても、各ノード 10-x は通信を継続することができる。

【 0 0 9 2 】

以上のように、本実施の形態 4 によれば、ノード 10-2 は、同期フレームを送信しない同期フレーム非送信ノードから同期フレーム送信ノードに切り替わるので、ネットワーク 20 上における同期フレームの数に余裕を持たせることができる。これにより、ネットワーク時間を安定的に維持することができる。

【 0 0 9 3 】

また、本実施の形態 4 によれば、同期フレーム送信ノードに切り替わる旨の宣言を受け取ったノードは、停止要求を他ノードに対して発行することを中断し、または自ノードを停止させることを中断もしくは中止する。これにより、同期フレームが一時的に不足する可能性を低減し、ネットワーク 20 を安定させることができる。

【 0 0 9 4 】

< 実施の形態 5 >

実施形態 4 において、通信状態把握部 16-z は、自ノード宛ではない停止要求を受け取る場合がある。これは、各ノード 10 がネットワーク 20 上の全てのノード 10 に対して通信フレームを送信する場合に生じる。

【 0 0 9 5 】

そこで、図 8 のステップ S802 において、通信状態把握部 16-z は、上記のような他ノード宛の停止要求を受信した場合、その宛先ノードが停止することによって同期フレームが減少すると見込み、判定式「 $s_r > s_a - 1$ 」に基づき、同期フレーム送信ノード

10

20

30

40

50

数が不足とすると判定することもできる。

【0096】

この場合、ノード10-zは、停止要求の宛先ノードが停止することによってネットワーク20上の同期フレームが不足することに先立ち、同期フレーム送信ノードに自ら切り替わることができる。これにより、同期フレームが不足することを事前に防ぎ、ネットワーク時間を安定的に維持することができる。

【0097】

<実施の形態6>

本発明の実施の形態6では、同期ノード送信切替要求を複数のノードに対して同報する動作例を説明する。通信システム100および各ノード10の構成は、実施の形態1~5と同様である。

10

【0098】

図10は、本実施形態6におけるノード10-xの動作フローを示す図である。以下、図10の各ステップについて説明する。

【0099】

(図10:ステップS1000)

CPU11-xは、通信を開始してから所定時間T1が経過した後に、本動作フローを開始する。所定時間T1待機するのは、全てのノード10が起動するまで待機するためである。

【0100】

20

(図10:ステップS1001)

通信状態把握部16-xは、ステップS401と同様に、ネットワーク状態を把握する。

【0101】

(図10:ステップS1002)

通信状態把握部16-xは、ステップS1001で計測した同期フレーム送信ノード数saと、ネットワーク時間補正に必要な同期フレーム数srとを比較し、同期フレーム送信ノード数が不足しているか否かを判定する。具体的には、 $sr > sa$ ならば同期フレーム送信ノード数が不足しているとする。同期フレーム送信ノード数が不足していればステップS1003に進み、不足していなければ本動作フローを終了する。

30

【0102】

(図10:ステップS1003)

切替処理部17-xは、同期フレーム送信切替要求を、ネットワーク20にブロードキャストする。この切替要求は、宛先ノードを特定せずに送信される。

【0103】

(図10:ステップS1004)

ノード10-xは、切替要求を送信後、所定時間待機する。

【0104】

(図10:ステップS1005)

通信状態把握部16-xは、ステップS1003を実行してから所定時間T2が経過したか否かを判定する。経過時間の計測は、CPU11周辺回路のタイマや、FlexRay通信サイクル数の計数による。所定時間T2が経過している場合には本動作フローを終了し、経過していない場合にはステップS1002に戻る。

40

【0105】

(図10:ステップS1005:補足)

本ステップで所定時間T2経過したか否かを判定しているのは、ステップS1003を所定時間T2の間、継続的に実行し続けるためである。

【0106】

以上、ノード10-xの動作フローを説明した。ステップS1003の同期フレーム送信切替要求を受信した同期フレーム非送信ノード10-z($z = 1 \sim n, z \neq x$)の切替

50

処理部 17 - z が、同期フレーム送信ノードへ切り替わるか否かの条件として、例えば下記のような条件を採用することができる。

【0107】

(切替条件例その1)

切替要求の受信回数 r_r が、切替処理部 17 - z にあらかじめ設定された受信回数閾値 r_n 以上 ($r_r > r_n$) となったとき。

【0108】

(切替条件例その2)

切替要求を受信してから、切替処理部 17 - z にあらかじめ設定された所定時間 (ノード毎に異なる) が経過した後に、ステップ S 1002 と同様に同期フレーム送信ノード数の不足有無を判定し、同期フレーム数が不足している場合。

【0109】

図 11 は、図 10 の動作フローに基づく通信システム 100 の動作を示す図である。図 11 (a) は各ノード間の通信シーケンスを示し、図 11 (b) は 1 通信サイクルにおける通信スロットを各ノード 10 へ割り当てた様子を示す。

【0110】

通信コントローラ 13 - 1、13 - 4 ~ 13 - 6 が同期フレーム送信ノードとして、通信コントローラ 13 - 2 と 13 - 3 が同期フレーム非送信ノードとして設定されている。また、切替処理部 17 - z が同期フレームへの切替を行う条件は、上記の (切替条件例その1) を採用するものとする。受信回数閾値 r_n は、ノード 10 - 2 が 1、ノード 10 - 3 が 2 とする。

【0111】

1 通信サイクルに相当する通信スケジュール 110 では、通信スロット 1、3、4、6、7、8 において、それぞれノード 10 - 1 ~ 10 - 6 がフレーム 110 - 1 ~ 110 - 6 を送信している。各フレームは、全てのノード 10 によって受信される。

【0112】

通信状態把握部 16 - x には、同期フレーム送信ノード必要数 s_r として「4」が設定されている。この数値は、自ノードの同期フレームを含む。

【0113】

(1) 動作開始

ノード 10 - 1 は、通信を開始してから所定時間 T_1 が経過した後に、図 10 の動作フローを開始する。このとき、ノード 10 - 2 ~ 10 - 4 は既に通信を開始しているが、ノード 10 - 5 ~ 10 - 6 は故障等の原因で通信できない状態であるとする。

【0114】

(2) 切替要求

ステップ S 1002 においてノード 10 - 1 は、判定式「 $s_r (= 4) > s_a (= 2)$ 」に基づき、同期フレーム数が不足していると判定する。ステップ S 1003 において、切替処理部 17 - 1 は同期フレーム送信切替要求をネットワーク 20 にブロードキャストする。この切替要求を受信したノード 10 - 2 は、切替処理部 17 - 2 に設定された受信回数閾値 r_n が 1 であるため、自ノードを同期フレーム送信ノードに切り替える。これにより、フレーム 110 - 2 は同期フレームとなる。この切り替えの間、ノード 10 - 1 はステップ S 1004 において待機している。ここではステップ S 1005 において、ノード 10 - 1 は、切替要求のブロードキャストを開始してから所定時間 T_2 が経過していないと判断し、ステップ S 1002 に戻るものとする。

【0115】

(3) 切替要求

2 回目のステップ S 1002 においてノード 10 - 1 は、判定式「 $s_r (= 4) > s_a (= 3)$ 」に基づき、同期フレーム数が不足していると判定する。ステップ S 1003 においてノード 10 - 1 は、2 回目の同期フレーム送信切替要求をブロードキャスト送信する。この切替要求を受信したノード 10 - 3 は、切替処理部 17 - 2 に設定された受信回

10

20

30

40

50

数閾値 r_n が 2 であるため、自ノードを同期フレーム送信ノードに切り替える。これにより、フレーム 10 - 3 は同期フレームとなる。この切り替えの間、ノード 10 - 1 はステップ S 1004 において待機している。ここではステップ S 1005 において、ノード 10 - 1 は、切替要求のブロードキャストを開始してから所定時間 T 2 が経過していないと判断し、ステップ S 1002 に戻るものとする。

【0116】

(4) 同期フレーム数判定

3 回目のステップ S 1002 においてノード 10 - 1 は、判定式「 $s_r (= 4) = s_a (= 4)$ 」に基づき、同期フレーム数は不足していないと判定し、図 10 の処理を終了する。図 10 の処理終了後は、同期フレーム数が 4、すなわち設計時と同じ値になっている。このため、故障等により同期フレーム数が設計値より少ない場合でも、同期フレーム数を回復して、ネットワーク時間の維持を安定的に行うことができる。

10

【0117】

以上のように、本実施の形態 6 によれば、ノード 10 - 1 は同期フレーム送信切替要求をブロードキャスト送信する。これにより、切替要求を受け取ったノードが、例えば図 11 で説明したノード 10 - 5 ~ 10 - 6 のように何らかの原因によって同期フレーム送信ノードに切り替わることができない場合でも、他のノードが同期フレーム送信ノードに切り替わることができる可能性がある。したがって、同期フレーム数が不足する可能性を低減することができる。

20

【0118】

なお、本実施の形態 6 において、切替要求を受け取ったノードは、再起動後に同期フレーム送信ノードに切り替わる。そのため、再起動することが許容されないノード、例えば重要な制御演算を実行しているノードは、切替要求を受け取っても同期フレーム送信ノードに切り替わらない。したがって、切替要求をブロードキャスト送信したとしても、同期フレーム送信ノードに切り替わるノードが過剰に生じる可能性は少ないといえる。

【0119】

< 実施の形態 7 >

以上の実施の形態 1 ~ 6 は、適宜組み合わせ用いることができる。例えば、実施の形態 3 で説明した、ノード 10 - 1 からノード 10 - 2 に対して停止要求を送信する動作に加えて、実施の形態 4 で説明した、ノード 10 - 3 が自発的に同期フレーム送信ノードに切り替わる動作を採用することができる。

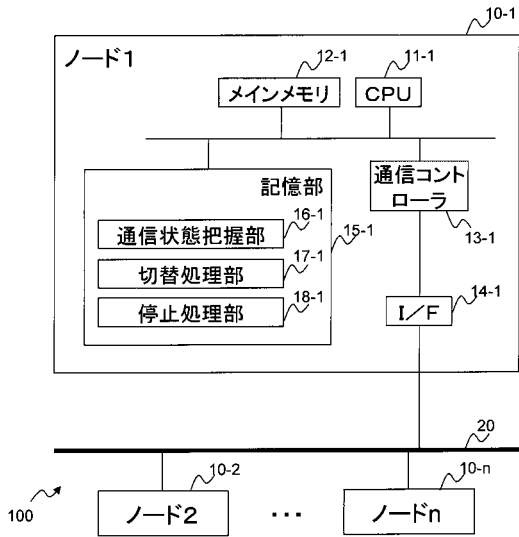
30

【符号の説明】

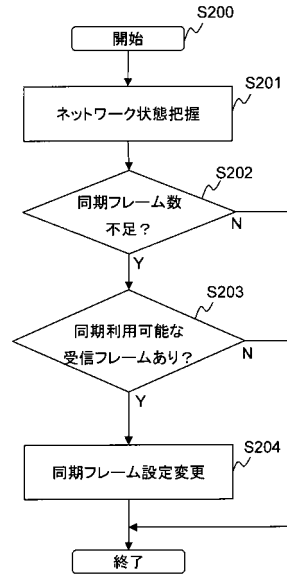
【0120】

10 : ノード、11 : CPU、12 : メインメモリ、13 : 通信コントローラ、14 : 通信インターフェース (I/F)、15 : 記憶部、16 : 通信状態把握部、17 : 切替処理部、18 : 停止処理部、100 : 通信システム。

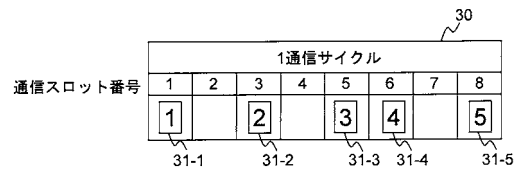
【図1】



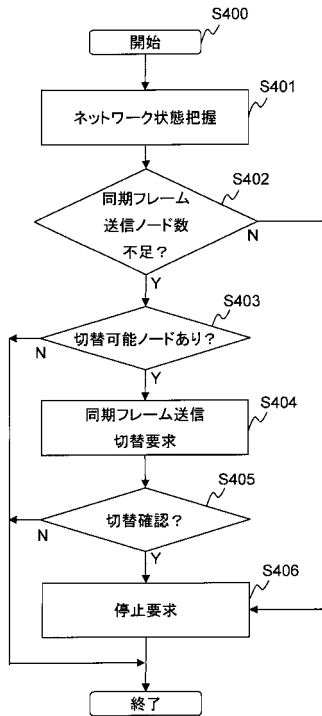
【図2】



【図3】

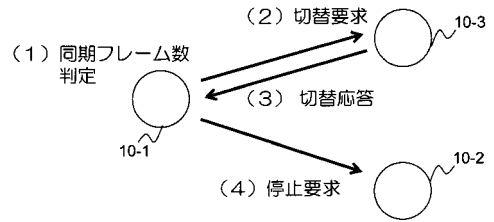


【図4】

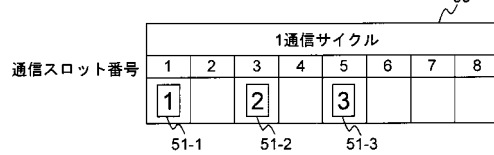


【図5】

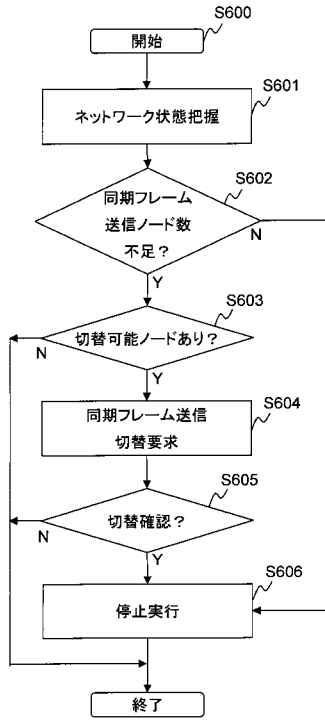
(a)



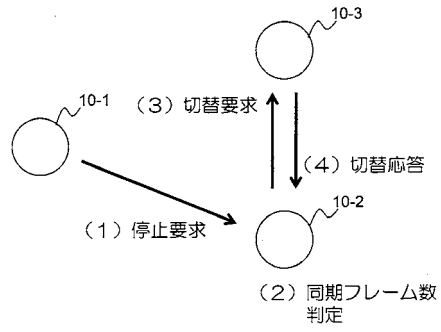
(b)



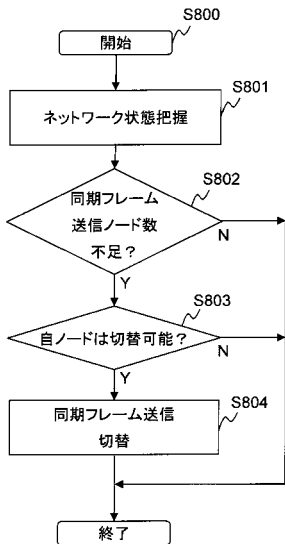
【 図 6 】



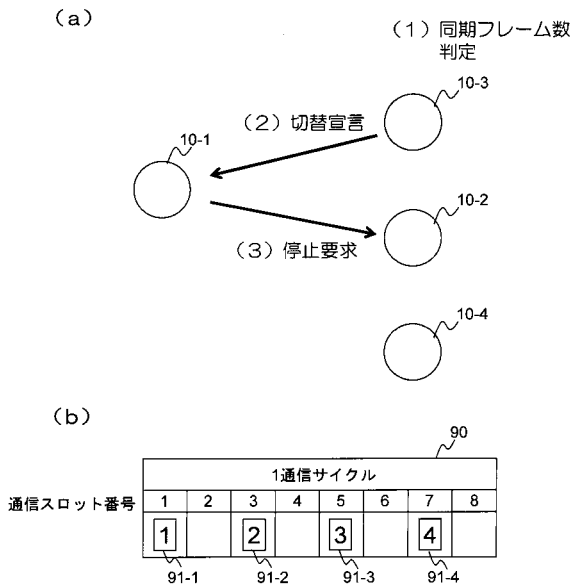
【 図 7 】



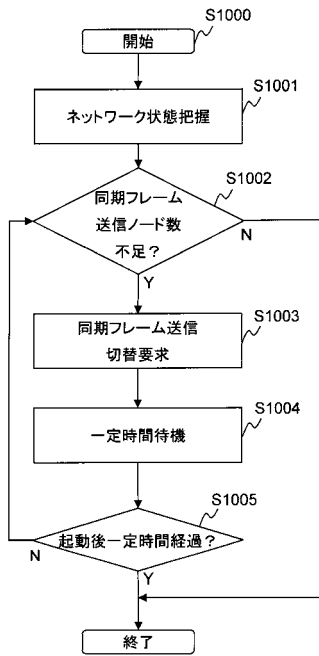
【 図 8 】



【 図 9 】

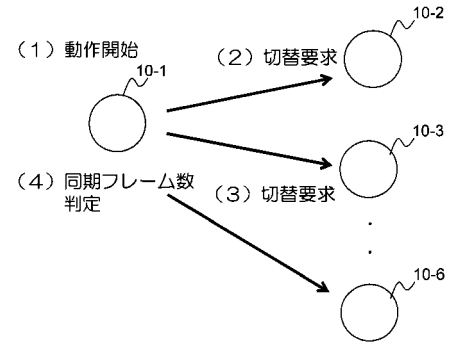


【図10】

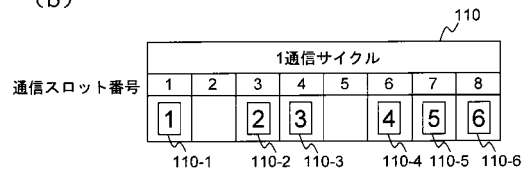


【図11】

(a)



(b)



フロントページの続き

Fターム(参考) 5K028 AA14 KK01 KK11 LL02 MM16 NN01 RR00
5K047 AA03 AA12 BB12 DD03 HH01