

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2007-511991
(P2007-511991A)

(43) 公表日 平成19年5月10日(2007.5.10)

(51) Int.C1.

HO4L 12/427 (2006.01)
HO4L 12/437 (2006.01)

F 1

HO4L 12/427
HO4L 12/437

テーマコード(参考)

5KO31

Z

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 41 頁)

(21) 出願番号 特願2006-541639 (P2006-541639)
 (86) (22) 出願日 平成16年11月19日 (2004.11.19)
 (85) 翻訳文提出日 平成18年7月19日 (2006.7.19)
 (86) 國際出願番号 PCT/US2004/039265
 (87) 國際公開番号 WO2005/053238
 (87) 國際公開日 平成17年6月9日 (2005.6.9)
 (31) 優先権主張番号 60/523,865
 (32) 優先日 平成15年11月19日 (2003.11.19)
 (33) 優先権主張國 米国(US)
 (31) 優先権主張番号 60/523,892
 (32) 優先日 平成15年11月19日 (2003.11.19)
 (33) 優先権主張國 米国(US)

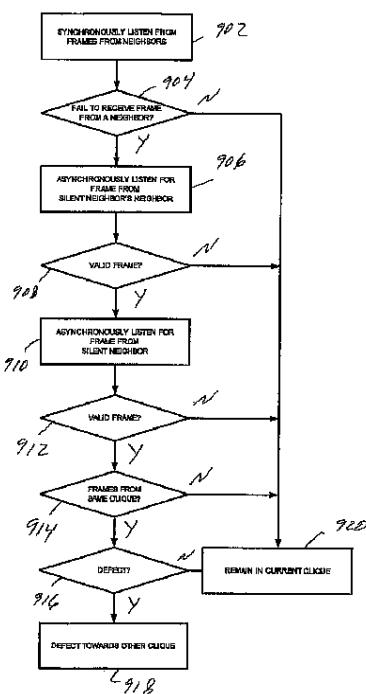
(71) 出願人 500575824
 ハネウェル・インターナショナル・インコ
 一ポレーテッド
 アメリカ合衆国・07962-2245・
 ニュージャージー・モーリスタウン・ピー
 オー・ボックス・2245・コロンビア・
 ロード・101
 (74) 代理人 100089705
 弁理士 社本 一夫
 (74) 代理人 100140109
 弁理士 小野 新次郎
 (74) 代理人 100075270
 弁理士 小林 泰
 (74) 代理人 100080137
 弁理士 千葉 昭男

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 TDMAネットワーク内における小グループの集約

(57) 【要約】

一実施形態においては、少なくとも1つの第1のチャネル(106)を介して相互に通信可能に結合されている複数のノード(102)を含むネットワーク(100)内で形成される小グループが、1つの方法によって解消される。この方法は、それぞれのノードにおいて、そのノードが現在の小グループのメンバーであり、そのノードの第1の隣の隣のノード(102)からの第1のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンするステップを含む。この方法は、そのノードにおいて、第1の有効なフレームが、そのノードの第1の隣の隣のノードから第1のチャネル上において受信された場合に、そのノードの第1の隣のノード(102)からの第1のチャネル上における第2の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンするステップをさらに含む。この方法は、そのノードにおいて、第2の有効なフレームが第1のチャネル上において受信された場合に、第1の有効なフレームと第2の有効なフレームが、双方とも同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックするステップと、第1の有効なフレームと第2の有効なフレー



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

少なくとも 1 つの第 1 のチャネル (106) を介して相互に通信可能に結合されている複数のノード (102) を含むネットワーク (100) 内で形成される小グループを解消する方法であって、

それぞれのノードにおいて、そのノードが現在の小グループのメンバーであり、

そのノードの第 1 の隣の隣のノードからの前記第 1 のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンするステップと、

第 1 の有効なフレームが、そのノードの前記第 1 の隣の隣のノードから前記第 1 のチャネル上において受信された場合に、そのノードの第 1 の隣のノードからの前記第 1 のチャネル上における第 2 の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンするステップと、

前記第 2 の有効なフレームが、前記第 1 のチャネル上において受信された場合に、前記第 1 の有効なフレームと前記第 2 の有効なフレームが、双方とも同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックするステップと、

前記第 1 の有効なフレームと前記第 2 の有効なフレームが、双方とも前記同じ同じ他の小グループからのものである場合に、そのノードが前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するステップとを含む方法。

【請求項 2】

少なくとも 1 つの第 1 のチャネル (106) を介して相互に通信可能に結合されている複数のノード (102) を含むネットワーク (100) 内で形成される小グループを解消する方法であって、

それぞれのノードにおいて、そのノードが現在の小グループのメンバーであり、

そのノードの第 1 の隣のノードからの前記第 1 のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンするステップと、

ある期間にわたって、そのノードの前記第 1 の隣のノードからの前記第 1 のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンした後、そのノードの前記第 1 の隣のノードから有効なフレームが受信されていない場合に、

そのノードの第 1 の隣の隣のノードからの前記第 1 のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンするステップと、

第 1 の有効なフレームが、そのノードの前記第 1 の隣の隣のノードから前記第 1 のチャネル上において受信された場合に、そのノードの前記第 1 の隣のノードからの前記第 1 のチャネル上における第 2 の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンするステップと、

前記第 2 の有効なフレームが、前記第 1 のチャネル上において受信された場合に、前記第 1 の有効なフレームと前記第 2 の有効なフレームが、双方とも前記同じ同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックするステップと、

前記第 1 の有効なフレームと前記第 2 の有効なフレームが、双方とも前記同じ同じ他の小グループからのものである場合に、そのノードが前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するステップとを含む方法。

【請求項 3】

前記第 1 の有効なフレームと前記第 2 の有効なフレームが、双方とも前記同じ同じ他の小グループからのものである場合に、前記他の小グループが、前記現在の小グループよりも多くのメンバーノードを含んでいるならば、そのノードが、前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱する請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記複数のノードが、1 つの順序を割り当てられ、そのノードが前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するステップが、所与の小グループのうちのどのメンバーノードが、前記割り当てられた順序内で先頭に来るかを識別するステップを含む請求項 2 に記載の方法。

【請求項 5】

前記チャネルがリングを含む請求項 2 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 6】

ノードを1つのチャネル(106)へ通信可能に結合するためのインターフェース(130)を含むノード(102)であって、

前記チャネルが、前記ノードを複数の他のノード(102)へ通信可能に結合し、前記複数のノードが、前記チャネルが前記ノードを第1の方向において通信可能に結合する先である第1の隣のノード(102)および第1の隣の隣のノード(102)を含み、

前記ノードが、現在の小グループのメンバーであり、

前記ノードが、前記第1の隣の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンし、

第1の有効なフレームが、前記第1の隣の隣のノードから前記第1のチャネル上において受信された場合に、前記ノードが、前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上における第2の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンし、

前記第2の有効なフレームが、前記第1のチャネル上において受信された場合に、前記ノードが、前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、前記同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックし、

前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、双方とも前記同じ他の小グループからのものである場合に、前記ノードが、前記ノードが前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するノード。

【請求項 7】

非同期的にリッスンする前に、前記ノードが、前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンし、

ある期間にわたって、そのノードの前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンした後、前記ノードが、前記第1の隣のノードから有効なフレームを受信していない場合に、前記ノードが、前記第1の隣の隣のノードからの前記第1のチャネル上における前記データを求めて非同期的にリッスンする請求項6に記載のノード。

【請求項 8】

ノードを1つのチャネル(106)へ通信可能に結合するためのインターフェース(130)を含むノード(102)であって、

前記チャネルが、前記ノードを複数の他のノード(102)へ通信可能に結合し、前記複数のノードが、前記チャネルが前記ノードを第1の方向において通信可能に結合する先である第1の隣のノード(102)および第1の隣の隣のノード(102)を含み、

前記ノードが、現在の小グループのメンバーであり、

前記ノードが、そのノードの第1の隣のノード(102)からの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンし、

ある期間にわたって、そのノードの前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンした後、前記ノードが、前記第1の隣のノードから有効なフレームを受信していない場合に、

前記ノードが、前記第1の隣の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンし、

第1の有効なフレームが、前記第1の隣の隣のノードから前記第1のチャネル上において受信された場合に、前記ノードが、前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上における第2の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンし、

前記第2の有効なフレームが、前記第1のチャネル上において受信された場合に、前記ノードが、前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、双方とも同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックし、

前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、双方とも前記同じ他の小グループからのものである場合に、前記ノードが、前記ノードが前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するノード。

【請求項 9】

10

20

30

40

50

第1のチャネル(106)を介して相互に通信可能に結合されている複数のノード(102)を含むネットワーク(100)であって、

前記チャネルが、それぞれのノードを、第1の方向における第1の隣のノード(102)および第1の隣の隣のノード(102)へ通信可能に結合し、

それぞれのノードが、現在の小グループのメンバーであり、

それぞれのノードが、

そのノードの前記第1の隣の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンし、

第1の有効なフレームが、そのノードの前記第1の隣の隣のノードから前記第1のチャネル上において受信された場合に、前記ノードが、そのノードの前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上における第2の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンし、

前記第2の有効なフレームが、前記第1のチャネル上において受信された場合に、そのノードが、前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、双方とも同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックし、

前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、双方とも前記同じ他の小グループからのものである場合に、そのノードが、そのノードがそのノードにとっての前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するネットワーク。

【請求項10】

第1のチャネル(106)を介して相互に通信可能に結合されている複数のノード(102)を含むネットワーク(100)であって、

前記チャネルが、それぞれのノードを、第1の方向における第1の隣のノード(102)および第1の隣の隣のノード(102)へ通信可能に結合し、

それぞれのノードが、現在の小グループのメンバーであり、

それぞれのノードが、そのノードの第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンし、

ある期間にわたって、そのノードの前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて同期的にリッスンした後、そのノードが、そのノードの前記第1の隣のノードから有効なフレームを受信していない場合に、

前記ノードが、そのノードの前記第1の隣の隣のノードからの前記第1のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンし、

第1の有効なフレームが、そのノードの前記第1の隣の隣のノードから前記第1のチャネル上において受信された場合に、前記ノードが、そのノードの前記第1の隣のノードからの前記第1のチャネル上における第2の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンし、

前記第2の有効なフレームが、前記第1のチャネル上において受信された場合に、そのノードが、前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、双方とも同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックし、

前記第1の有効なフレームと前記第2の有効なフレームが、双方とも前記同じ他の小グループからのものである場合に、そのノードが、そのノードがそのノードにとっての前記現在の小グループから前記他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するネットワーク。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

【特許文献1】本出願は、2003年11月19日に出願された米国特許仮出願第60/523,892号、および2003年11月19日に出願された米国特許仮出願第60/

10

20

30

40

50

523, 865号に関連し、これらの出願日の利点について特許請求するものであり、これらの双方を参照により本明細書に組み込む。

【0002】

本出願は、これと同じ日付に出願された下記の出願に関連し、これらのすべてを参照により本明細書に組み込む。

「UNSYNCHRONOUS MODE BROTHER'S KEEPER BUS GUARDIAN FOR A RING NETWORKS」という名称の米国特許出願第 / 号(弁理士整理番号H0005059-1633)。

【0003】

「SYNCHRONOUS MODE BROTHER'S KEEPER BUS GUARDIAN FOR A TDMA BASED NETWORK」という名称の米国特許出願第 / 号(弁理士整理番号H0009281-1633)。

。

【0004】

「HIGH INTEGRITY DATA PROPAGATION IN A BRAIDED RING」という名称の米国特許出願第 / 号(弁理士整理番号H0009279-1633)。

【0005】

「DIRECTIONAL INTEGRITY ENFORCEMENT IN A BI-DIRECTIONAL BRAIDED RING NETWORK」という名称の米国特許出願第 / 号(弁理士整理番号H0009283-1633)。

【0006】

「MESSAGE ERROR VERIFICATION USING CHECKING WITH HIDDEN DATA」という名称の米国特許出願第 / 号(弁理士整理番号H0005061-1633)、本明細書では「H0005061-1633出願」とも呼ばれる。

【0007】

以降の説明は、一般に通信システムに関し、より詳細には分散型のフォルトトレラントな通信システムに関する。

【背景技術】

【0008】

分散型のフォルトトレラントな通信システムは、例えば1つの不具合が場合によっては1人または複数の人間の負傷または死亡につながる可能性のあるアプリケーションにおいて使用される。このようなアプリケーションは、本明細書では「安全が決定的に重要となるアプリケーション」と呼ばれる。安全が決定的に重要となるアプリケーションの一例は、航空機あるいはその他のエアロスペースペール内に含まれるセンサおよび作動装置をモニタおよび管理するために使用されるシステム内に存在する。

【0009】

そのような安全が決定的に重要となるアプリケーションにおいて使用するために一般に検討される1つのアーキテクチャが、TTA(Time-Triggered Architecture)である。TTAシステムにおいては、複数のノードが、例えばTTP/C(Time Triggered Protocol/C)あるいはFLEXRAYプロトコルを使用して、2つの複製された高速の通信チャネルを介して相互に通信する。いくつかの実施形態においては、そのようなTTAシステム内のノードのうちの少なくとも1つが、例えばTTP/A(Time Triggered Protocol/A)を使用して、2つの複製された低速のシリアル通信チャネルを介して1つまたは複数のセンサおよび/または作動装置に結合される。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0010】

このようなTTAシステムの1つの構成においては、さまざまなノードが、2つの複製された通信チャネルを介して相互に通信し、これらの通信チャネルのそれぞれは、スター型トポロジを使用して実装される。このような構成においては、それぞれのチャネルは、1つの独立した中央集中型のバスガーディアンを含む。このような中央集中型のバスガーディアンのそれぞれは、それぞれのチャネルごとの単一障害点を表す。別の構成においては、TTAシステムは、リニアバス型トポロジを使用して実装され、ここでは、さまざまなノードが、2つの複製された通信チャネルを介して相互に通信し、それぞれのノードは、そのノードが結合されるそれぞれの通信チャネルごとに別々の独立したバスガーディアンを含む。すなわち、2つの通信チャネルが使用される場合には、それぞれのノードは、2つの独立したバスガーディアンを含む。しかし、それぞれのノード内に複数の独立したバスガーディアンを提供することは、（例えば、それぞれのノード内に複数のバスガーディアンを提供することに関連してコストが増加するために）一部のアプリケーションには適さない可能性がある。

10

20

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

一実施形態においては、少なくとも1つの第1のチャネルを介して相互に通信可能に結合されている複数のノードを含むネットワーク内で形成される小グループが、1つの方法によって解消（resolve）される。この方法は、それぞれのノードにおいて、そのノードが現在の小グループのメンバーであり、そのノードの第1の隣の隣のノードからの第1のチャネル上におけるデータを求めて非同期的にリッスンするステップを含む。この方法は、そのノードにおいて、第1の有効なフレームが、そのノードの第1の隣の隣のノードから第1のチャネル上において受信された場合に、そのノードの第1の隣のノードからの第1のチャネル上における第2の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンするステップをさらに含む。この方法は、そのノードにおいて、第2の有効なフレームが第1のチャネル上において受信された場合に、第1の有効なフレームと第2の有効なフレームが、双方とも同じ他の小グループからのものであるかどうかをチェックするステップと、第1の有効なフレームと第2の有効なフレームが、双方とも同じ同じ他の小グループからのものである場合に、そのノードが現在の小グループから他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するステップとをさらに含む。

30

【0012】

特許請求される本発明の1つまたは複数の実施形態の詳細については、添付の図面および以降の説明において示される。その他の特徴および利点は、説明、図面、および特許請求の範囲から明らかになるであろう。

【0013】

さまざまな図面における同様の参照番号および記号は、同様の要素を示す。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

図1は、通信ネットワーク100の一実施形態を示すブロック図である。通信ネットワーク100は、複数のノード102を含む。ネットワーク100のそれぞれのノード102は、少なくとも1つのチャネル106に通信可能に結合される。データがチャネル106内を流れる所与の方向に向かって、チャネル106は、それぞれのノード102を、そのノード102にとってデータの受信元である少なくとも2つの他のノード102（本明細書では「受信元ノード」とも呼ばれる）と、そのノード102にとってデータの送信先である少なくとも2つの他のノード102（本明細書では「送信先ノード」とも呼ばれる）とに通信可能に直接（すなわち、1つのホップのみで）結合する。一実施形態においては、受信元ノード102のうちの1つが、「一次」受信元ノード102として指定され、他の受信元ノード102が、「二次」受信元ノード102として指定される。1つのノード102が、チャネル106上で所与の方向にデータを「中継」する場合には、そのノード102は、そのチャネル106および方向に関するデータを一次受信元ノード102

40

50

2 から受信し、そのチャネル 106 および方向に関する受信データを、そのノード 102 用に指定された送信先ノードのそれぞれへと転送する。1 つのノードによって二次受信元ノード 102 から受信されたデータは、後述のさまざまな比較オペレーションのために使用され、および / または適切なデータが一次受信元ノードから受信されない場合には中継される。1 つの所与のノード 102 が、チャネル 106 に沿って所与の方向にデータを「送信」する場合には（すなわち、その所与のノード 102 が、ネットワーク 100 上でやり取りされるデータのソースである場合には）、そのノード 102 は、そのチャネル 102 および方向に関するデータを、そのノード 102 用に指定された送信先ノード 102 のそれぞれへ送信する。

【0015】

10

図 1 に示されている特定の実施形態においては、複数のノード 102 は、「編組リング型の」トポロジを有するリング 104 内に配置され、そこでは複数のノード 102 は、複数の通信チャネル 106 を介して相互に通信する。図 1 に示されている特定の実施形態においては、8 つのノード 102 が、2 つの複製された通信チャネル 106 を介して相互に通信する。その他の実施形態においては、異なる数および / またはタイプのノード 102 および / またはチャネル 106 、ならびに / あるいは異なるネットワークトポロジが使用される。

【0016】

ネットワーク 100 の実施形態は、さまざまなメディアアクセススキームを使用して実装される。例えば図 1 に示されている実施形態は、ここでは、T D M A (time division multiple access) メディアアクセススキーム（例えば、T T P / C あるいは F L E X R A Y プロトコルで実施されるメディアアクセススキーム）を使用して実装されるものとして説明される。その他の実施形態においては、その他のメディアアクセススキームが使用される。

20

【0017】

図 1 に示されている 8 つのノード 102 はまた、図 1 において A から H の文字で個々にラベル付けされ、また本明細書では個々に「ノード A」、「ノード B」などと呼ばれる。本明細書において使用される際、「隣のノード」（あるいは単に「隣」）とは、リング 104 内における所与のノード 102 のすぐ次のノードのことである。それぞれのノード 102 は、2 つの「隣のノード」 102 、すなわち時計方向のもの（本明細書では「時計方向の隣のノード」あるいは「時計方向の隣」とも呼ばれる）と、反時計方向のもの（本明細書では「反時計方向の隣のノード」あるいは「反時計方向の隣」とも呼ばれる）とを有する。例えばノード A にとっての隣のノード 102 とは、時計方向のノード H と、反時計方向のノード B である。

30

【0018】

さらに、本明細書において使用される際、所与のノード 102 にとっての「隣の隣のノード」（あるいは単に「隣の隣」）とは、その所与のノード 102 の隣のノード 102 のさらに隣のノード 102 のことである。それぞれのノード 102 は、2 つの隣の隣のノード 102 、すなわち時計方向のもの（本明細書では「時計方向の隣の隣のノード」あるいは「時計方向の隣の隣」とも呼ばれる）と、反時計方向のもの（本明細書では「反時計方向の隣の隣のノード」あるいは「反時計方向の隣の隣」とも呼ばれる）とを有する。例えばノード A にとっての 2 つの隣の隣のノードとは、時計方向のノード G と、反時計方向のノード C である。

40

【0019】

2 つの通信チャネル 106 は、それぞれ「チャネル 0」および「チャネル 1」として図 1 において個々にラベル付けされている（また本明細書でも、そのように呼ばれる）。図 1 に示されている実施形態においては、チャネル 106 のそれぞれは、複数のポイントツーポイントの一方向性のシリアルリンク 108 を使用して形成される。チャネル 0 は、ノード 102 をリング 104 に沿って時計方向に相互接続し、チャネル 1 は、ノード 102 をリング 104 に沿って反時計方向に相互接続する。その他の実施形態においては、その

50

他のタイプのリンクが使用される。例えば、そのようなその他の一実施形態においては、双方向性のリンクが使用され、本明細書に記載のデバイス、システム、および技術は、通信が発生するそれぞれの方向ごとに実行される。

【0020】

本明細書において使用される際、リンク108が、第1のノード102「から」第2のノード102「へ」接続されるものとして説明される場合には、そのリンク108は、そのリンク108を介してデータを第2のノード102へ送信するための第1のノード102用の通信バスを提供する。すなわち、その一方向性のリンク108の方向は、第1のノード102から第2のノード102へという方向である。

【0021】

リンク108は、それぞれのノード102からそのノードの時計方向の隣のノード102へ接続される。リンク108はまた、それぞれのノード102からそのノードの時計方向の隣の隣のノード102へも接続される。例えば、1つのリンク108が、ノードAからノードHへ接続され、1つのリンク108が、ノードAからノードGへ接続される。これらの時計方向のリンク108は、チャネル0を構成し、図1においては実線を使用して示されている。

【0022】

リンク108は、それぞれのノード102からそのノードの反時計方向の隣のノード102へ接続される。リンク108はまた、それぞれのノード102からそのノードの反時計方向の隣の隣のノード102へも接続される。例えば、1つのリンク108が、ノードAからノードBへ接続され、1つのリンク108が、ノードAからノードCへ接続される。これらの反時計方向のリンク108は、チャネル1を構成し、図1においては破線を使用して示されている。

【0023】

所与のノード102をそのノードのそれぞれ時計方向および反時計方向の隣のノードへ接続するリンク108は、本明細書では「ダイレクト」リンク108とも呼ばれる。所与のノード102をそのノードのそれぞれ時計方向および反時計方向の隣の隣のノードへ接続するリンク108は、本明細書では「スキップ」リンク108とも呼ばれる。

【0024】

図1に示されている特定の実施形態においては、チャネル0に関して、それぞれのノード102ごとの受信元ノードは、そのノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣であり、それぞれのノード102ごとの送信先ノードは、そのノードの時計方向の隣および時計方向の隣の隣である。本明細書に記載の実施形態においては、一次受信元ノードは、そのノードの反時計方向の隣である（ただし、その他の実施形態においては、一次受信元ノードは、そのノードの反時計方向の隣の隣である）。図1に示されている特定の実施形態においては、チャネル1に関して、それぞれのノード102ごとの受信元ノードは、そのノードの時計方向の隣および時計方向の隣の隣であり、それぞれのノード102ごとの送信先ノードは、そのノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣である。本明細書に記載の実施形態においては、一次受信元ノードは、そのノードの時計方向の隣である。

【0025】

図1に示されている特定の実施形態においては、ネットワーク100は、ピアツーピアネットワークとして実装され、そこでは、それぞれの送信は、ネットワーク100のそれぞれのノード102によって受信されるよう意図されている。その他の実施形態においては、それぞれの送信は、特定の宛先ノードを対象とする。さらに、本明細書に記載の実施形態では、データは、ネットワーク100内においてデータのフレームの形態でやり取りされるが、その他の実施形態においては、データのその他のユニットがネットワーク100を介してやり取りされるものと理解されたい。

【0026】

本明細書において図1～5に関連して記載されている実施形態では、ネットワーク10

10

20

30

40

50

0 内のノード 102 は、非同期化モードおよび同期化モードという少なくとも 2 つのモードで動作する。同期化モードで動作している場合には、ノード 102 は、グローバルタイムベースに同期化され、T D M A メディアアクセススキームに従って送信を行う。このような T D M A メディアアクセススキームに伴って、ネットワーク 100 内のノード 102 が所与のスケジュール期間またはラウンド中のどの時点で送信を行うかを確定するために、スケジュールが使用される。所与のスケジュール期間中に、ネットワーク 100 内のさまざまなノード 102 は、送信を行うためのそれぞれのタイムスロットを割り当てられる。すなわち、任意の所与のタイムスロットに関して、そのタイムスロットに割り当てられたノード 102 は、そのタイムスロットの間に送信を行うことができる（本明細書では「スケジュールされたノード」 102 とも呼ばれる）。この実施形態においては、スケジュールされたノードは、図 2 に関連して後述する処理を実行する。ネットワーク 100 内の他のノード 102 は、図 3 A ~ 3 B および 4 A ~ 4 B に関連して後述する中継処理を実行する。
10

【 0 0 2 7 】

ノード 102 が、非同期化モードで動作している場合には、それらのノード 102 は、まだグローバルタイムベースに同期化されておらず、まだ T D M A スケジュールに従って送信を行っていない。図 7 A ~ 7 B は、一実施形態において、非同期化モードで動作中のネットワーク 100 のノード 102 によって実行される処理の少なくとも一部を示している。

【 0 0 2 8 】

図 2 は、図 1 のネットワーク 100 内においてデータを送信する方法 200 の一実施形態を示す流れ図である。図 2 に示されている方法 200 の実施形態については、ここでは、本明細書において図 1 ~ 5 に関連して記載されている実施形態内で実施されるものとして説明する。方法 200 は、T D M A スケジュールに従って同期化モードで動作している 1 つのノード 102 によって実行される。それぞれのノード 102 は、このような実施形態においては、そのノード 102 が、スケジュールされたノード 102 である場合に（すなわち、現在のタイムスロットが、T D M A スケジュールによってそのノード 102 に割り当てられている場合に）、方法 200 の処理を実行する。図 2 のコンテキストにおいては、方法 200 の処理を実行しているノード 102 は、ここでは「現在の」ノード 102 と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード 102 によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード 102 内に含まれるコントローラ内に実装される。方法 200 の他の実施形態は、その他の方法で実装される。
30

【 0 0 2 9 】

現在のノード 102 は、そのノード 102 が T D M A スケジュールに従ってネットワーク 100 上で送信を行うことができるとその現在のノード 102 が判断した場合に（ブロック 202）、方法 200 の処理を実行する。ネットワーク 100 内のそれぞれのノード 102 は、そのような判断を行うのに必要な情報を保持する。図 1 ~ 5 の実施形態においては、そのような情報は、T D M A スケジュール、およびノード 102 が同期化される対象であるグローバルタイムベースに関連する情報を含む。

【 0 0 3 0 】

現在のノード 102 が送信を行うことができ、かつそのノード 102 が、送信すべきデータを有する場合には（これは、ブロック 204 においてチェックされる）、その現在のノード 102 は、データのフレームを、チャネル 0 に沿って、その現在のノードの時計方向の隣および時計方向の隣の隣へ送信し（ブロック 206）、チャネル 1 に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ送信する（ブロック 208）。現在のノード 102 は、そのフレームをその現在のノードの時計方向の隣および反時計方向の隣へ、それぞれのダイレクトリンク 108 を使用して送信する。現在のノード 102 は、そのフレームをその現在のノードの時計方向の隣の隣および反時計方向の隣の隣へ、それぞれのスキップリンク 108 を使用して送信する。このような実施形態の一実装形態においては、現在のノード 102 は、チャネル 0 上のフレームをその現在のノードの時
40

計方向の隣および時計方向の隣の隣へ送信する第1のトランシーバと、チャネル1上のフレームをその現在のノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ送信する第2のトランシーバとを含む。

【0031】

1図3Aは、図1のネットワーク100内においてデータを中継する方法300の一実施形態を示す流れ図である。1つのノードがデータを「中継」する場合には、そのノード102は、1つまたは複数の受信元ノードからデータを受信し、その受信したデータを1つまたは複数の送信先ノードへと転送する。すなわち、ノード102がデータを中継している場合には、そのノード102は、そのノード102が他のノードへと転送しているデータのソースではない。図3Aに示されている方法300の実施形態については、ここでは、本明細書において図1～5に関連して記載されている編組リング型の実施形態内で実施されるものとして説明する。その他の実施形態においては、方法300は、その他のネットワークトポロジを使用して実施される。方法300を実施できるその他のネットワークトポロジの一例が、2つの「シンプレックス」リングチャネルを含むネットワークトポロジである。このようなシンプレックスリング型ネットワークの一実装形態においては、ネットワークは、図1に示されているトポロジと同様のトポロジを使用するが、それぞれのノードをその時計方向の隣の隣および反時計方向の隣の隣へ通信可能に結合するスキップリンクは存在しない。

10

20

30

40

50

【0032】

方法300は、TDMAスケジュールに従って同期化モードで動作している1つのノード102によって実行される。それぞれのノード102は、このような実施形態においては、そのノードの両隣のうちの一方が、現在のタイムスロットにとってのスケジュールされたノード102である場合に、方法300の処理を実行する。図3Aのコンテキストにおいては、方法300の処理を実行しているノード102は、ここでは「現在の」ノード102と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード102によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード102内に含まれるコントローラ内に実装される。方法300のその他の実施形態は、その他の方法で実装される。

【0033】

現在のノード102は、その現在のノード102の両隣のうちの一方が現在のタイムスロットの間に送信を行うようにスケジュールされているとその現在のノード102が判断した場合に（これは、ブロック302においてチェックされる）、方法300の処理を実行する。このような隣は、この図3Aのコンテキストにおいては「スケジュールされた隣」とも呼ばれる。図1～5の実施形態においては、現在のノード102は、TDMAスケジュールと、そのノード102が同期化される対象であるグローバルタイムベースとを含む情報に基づいて、この判断を行う。

30

40

50

【0034】

現在のノード102が、その両隣のうちの一方が現在のタイムスロットにとってのスケジュールされたノードであると判断した場合には、その現在のノード102は、そのスケジュールされた隣から発生してその現在のノード102によって受信されたフレームを、そのスケジュールされた隣から、そのスケジュールされた隣をその現在のノード102へ結合するダイレクトリンク108を介して中継するだけである。すなわち現在のノード102が、スケジュールされた隣以外のノード102から発生するフレームを受信した場合には、その現在のノード102は、そのフレームを中継しない。

【0035】

現在のノード102が、スケジュールされた隣からのフレームの受信を開始した場合には（これは、ブロック304においてチェックされる）、その現在のノード102は、その送信が、ネットワーク100内において実施される1つまたは複数のポリシーに準拠しているかどうかをチェックする。図3Aに示されている特定の実施形態においては、現在のノード102は、送信が、例えば、そこにおいて送信を開始しなければならない特定の

10 ウィンドウを指定する時間的なポリシーに準拠しているかどうかをチェックする（これは、ロック306においてチェックされる）。TTP/CあるいはFLEXRAYプロトコルがサポートされるこのような実施形態の一実装形態においては、現在のノード102は、送信が、サポートされるプロトコルの時間的な送信要件に準拠しているかどうかをチェックする。図3Aに示されている実施形態においては、送信が時間的なポリシーに準拠していない場合には（例えば、SOS（slighty-off-specification）の障害が発生した場合には）、現在のノード102は、現在のフレームを中継しない（ロック308）。（図3A内で点線を使用して示されている）代替実施形態においては、送信が時間的なポリシーに準拠していない場合には、現在のノード102は、その送信が時間的なポリシーに準拠していないことを示す情報（例えば、添付または共有された整合性フィールド）と共に現在のフレームを中継する（ロック309）。別の実施形態（図示せず）においては、送信が時間的なポリシーの第1の側面に準拠していない場合には、現在のノード102は、その送信を中継せず、またその送信が（第1の側面には準拠している一方で）その時間的なポリシーの別の側面に準拠していない場合には、現在のノード102は、その送信がそのポリシーのその側面に準拠していないことを示す情報と共に現在のフレームを中継する。

【0036】

20 送信が時間的なポリシーに準拠している場合には、現在のノード102は、その送信が1つまたは複数のその他のポリシーに準拠しているかどうかをチェックする（ロック310）。例えば一実施形態においては、現在のノード102は、送信が1つまたは複数のセマンティックポリシー（例えば、セマンティックなプロトコル状態のフィルタリングを実施するポリシー）に準拠しているかどうかをチェックする。それぞれのフレームが、そのフレームのコンテンツに基づいて計算されるCRC（cyclic redundancy check）フィールドを含む別の実施形態においては、現在のノード102は、そのCRCフィールドをチェックして、スケジュールされたノードからその現在のノード102へそのフレームを送信する過程で何らかのエラーがそのフレーム内に取り込まれているかどうかを判断する。このようなポリシーの別の例は、コード化層実施ポリシーである。別の例においては、フレーム長ポリシーが使用され、現在のノード102は、現在のフレームの長さをチェックする（このような例においては、フレーム長ポリシーに準拠しない場合には、例えば図3Aのロック309に関連して説明したように処理が行われることになる）。

【0037】

30 送信が、その他のポリシーのうちの1つまたは複数に準拠していない場合には、現在のノード102は、その送信を中継しない（ロック308）。（図3A内で破線を使用して示されている）代替実施形態においては、現在のノード102は、その送信が1つまたは複数のポリシーに準拠していないことを示す情報（例えば、添付または共有された整合性フィールド）と共に現在のフレームを中継する（ロック309）。別の実施形態（図示せず）においては、送信が第1のポリシーに準拠していない場合には、現在のノード102は、その送信を中継せず、またその送信が（第1のポリシーには準拠している一方で）別のポリシーに準拠していない場合には、現在のノード102は、その送信が後者のポリシーに準拠していないことを示す情報と共に現在のフレームを中継する。

【0038】

40 あるいは、送信がすべてのポリシーに準拠している場合には、現在のノード102は、現在のフレームを、その現在のフレームの受信元であるチャネルに沿って、その現在のノードの次の隣および次の隣の隣へ中継する（ロック312）。例えば、スケジュールされたノードがノードAであり、現在のノードがノードBである場合には、その現在のノードは、現在のフレームをノードC（チャネル1に沿ってノードBの次の隣）へ、およびノードD（チャネル1に沿ってノードBの次の隣の隣）へ中継する。

【0039】

50 他の実施形態においては、現在のノード102は、送信が、上述のポリシーにとつ

て代わりとなるあるいは追加となるその他のポリシーに準拠しているかどうかをチェックする。例えば、このようなその他の一実施形態においては、現在のノード102は、スケジュールされたノードによる送信の方向に関する整合性を（例えば、図12に関連して後述する方法で）チェックし、そのフレームが方向に関する整合性を伴って送信されたかどうかを示すフィールドをそのフレームに添付する。

【0040】

図3Bは、図1のネットワーク100内においてデータを中継する方法350の別の実施形態を示す流れ図である。図3Bに示されている方法350の実施形態については、ここでは、本明細書において図1～5に関連して記載されている編組リング型の実施形態内で実施されるものとして説明する。その他の実施形態においては、方法350は、他のネットワークトポロジを使用して実施される。方法350を実施できる他のネットワークトポロジの一例が、2つの「シンプレックス」リングチャネルを含むネットワークトポロジである。このようなシンプレックスリング型ネットワークの一実装形態においては、ネットワークは、図1に示されているトポロジと同様のトポロジを使用するが、それぞれのノードをその時計方向および反時計方向の隣の隣へ通信可能に結合するスキップリンクは存在しない。

【0041】

方法350は、TDMASケジュールに従って同期化モードで動作している1つのノード102によって実行される。それぞれのノード102は、このような実施形態においては、そのノードの両隣のうちの一方が、現在のタイムスロットにとってのスケジュールされたノード102である場合に、方法350の処理を実行する。図3Bのコンテキストにおいては、方法350の処理を実行しているノード102は、ここでは「現在の」ノード102と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード102によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード102内に含まれるコントローラ内に実装される。方法350のその他の実施形態は、その他の方法で実装される。

【0042】

現在のノード102は、その現在のノード102の両隣のうちの一方が現在のタイムスロットの間に送信を行うようにスケジュールされているとその現在のノード102が判断した場合に（これは、ブロック352においてチェックされる）、方法350の処理を実行する。このような隣は、この図3Bのコンテキストにおいては「スケジュールされた隣」とも呼ばれる。図1～5の実施形態においては、現在のノード102は、TDMASケジュールと、そのノード102が同期化される対象であるグローバルタイムベースとを含む情報に基づいて、この判断を行う。

【0043】

方法350においては（図3Aの方法300と同様に）、現在のノード102が、その両隣のうちの一方が現在のタイムスロットにとってのスケジュールされたノードであると判断した場合には、その現在のノード102は、そのスケジュールされた隣から発生してその現在のノード102によって受信されたフレームを、そのスケジュールされた隣から、そのスケジュールされた隣をその現在のノード102へ結合するダイレクトリンク108を介して中継するだけである。すなわち現在のノード102が、スケジュールされた隣以外のノード102から発生するフレームを受信した場合には、その現在のノード102は、そのフレームを中継しない。しかし図3Aの方法300の場合とは異なり、図3Bの方法350においては、現在のノード102は、ブロック308～310に関連付けられている「バスガーディアン」の処理を実行しない。

【0044】

現在のノード102が、スケジュールされた隣からのフレームの受信を開始した場合には（これは、ブロック354においてチェックされる）、その現在のノード102は、その受信したフレームを、そのフレームの受信元であるチャネルに沿って、その現在のノードの次の隣および次の隣の隣へ中継する（ブロック356）。例えば、スケジュールされ

10

20

30

40

50

たノードがノードAであり、現在のノードがノードBである場合には、その現在のノードは、ノードAから受信したフレームをノードC（チャネル1に沿ってノードBの次の隣）へ、およびノードD（チャネル1に沿ってノードBの次の隣の隣）へ中継する。

【0045】

図4A～4Bは、図1のネットワーク100内においてデータを中継する方法400の一実施形態を示す流れ図である。図4A～4Bに示されている方法400の実施形態については、ここでは、本明細書において図1～5に関連して記載されている実施形態内で実施されるものとして説明する。方法400は、T D M Aスケジュールに従って同期化モードで動作している1つのノード102によって実行される。それぞれのノード102は、このような実施形態においては、そのノード102が現在のタイムスロットの間に送信を行いうようにスケジュールされておらず、かつそのノードの両隣のいずれもが現在のタイムスロットの間に送信を行いうようにスケジュールされていない場合に、方法400の処理を実行する。図4A～4Bのコンテキストにおいては、方法400の処理を実行しているノード102は、ここでは「現在の」ノード102と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード102によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード102内に含まれるコントローラ内に実装される。方法400のその他の実施形態は、その他の方法で実装される。

【0046】

現在のノード102は、その現在のノード102が現在のタイムスロットの間に送信を行いうようにスケジュールされておらず、かつその現在のノードの両隣のいずれもが現在のタイムスロットの間に送信を行いうようにスケジュールされていない場合に（これは、図4Aのブロック402においてチェックされる）、方法400の処理を実行する。図1～5の実施形態においては、現在のノード102は、T D M Aスケジュールと、そのノード102が同期化される対象であるグローバルタイムベースとを含む情報に基づいて、この判断を行う。

【0047】

現在のノード102が現在のタイムスロットの間に送信を行いうようにスケジュールされておらず、かつその現在のノードの両隣のいずれもが現在のタイムスロットの間に送信を行いうようにスケジュールされておらず、またその現在のノード102が、チャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣からのフレームの受信を開始したとその現在のノード102が判断した場合には（これは、ブロック404においてチェックされる）、その現在のノード102は、チャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣から受信されているフレームを、チャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣の隣から受信されている任意のフレームと比較する（ブロック406）。図4に示されている実施形態においては、ビットごとの比較が実行される。さらに、図5に関連して後述するように、複数のフレームが、わずかに異なる時点で現在のノード102において受信される可能性が高いため、受信される複数のフレームをデスキューするためにデスキュー機能が使用される。現在のノード102は、チャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣から受信されているフレームを、チャネル0に沿って、その現在のノードの時計方向の隣および時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック408）。現在のフレームが中継され、比較が完了した後、現在のノード102は、その比較の結果を示す情報を、その現在のノードの反時計方向の隣から受信されたフレーム内に含めて、あるいはそのフレームの後に中継する（ブロック410）。現在のノード102は、その比較の結果を示す情報を、チャネル0に沿って、その現在のノードの時計方向の隣および時計方向の隣の隣へ中継する。一実施形態においては、比較の結果を示す情報は、現在のノード102が、その現在のノードの反時計方向の隣から受信されたフレームに添付する1ビットの添付された整合性フィールドを含む。別の実施形態においては、共有された整合性フィールドが、それぞれのフレームの終わりに含まれる。このような実施形態においては、現在のノード102は、2つのフレームが同一ではないことを比較が示す場合には、共有された整合性フィールドを「負の」値（例えば、「0」の値）に設定し、あるいは2つのフレームが

10

20

30

40

50

同一であることを比較が示す場合には、共有された整合性フィールドを変更しない。

【0048】

現在のノード102が、（例えば所定のタイムアウト期間が経過しても）チャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣からのフレームを受信せず、その一方でチャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣の隣からのフレームの受信を開始した場合には（これは、ブロック412においてチェックされる）、その現在のノード102は、その現在のノードの反時計方向の隣の隣から受信されているフレームを、チャネル0に沿って、その現在のノードの時計方向の隣および時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック414）。そのフレームが中継された後、現在のノード102は、チャネル0に関してその現在のノード102において「ミスマッチ」があったことを示す情報を、そのフレーム内に含めて、あるいはそのフレームの後に中継する（ブロック416）。現在のノード102は、この情報を、チャネル0に沿って、その現在のノードの時計方向の隣および時計方向の隣の隣へ中継する。現在のノード102の反時計方向の隣から受信されたフレームはないため、反時計方向の隣から受信されたフレームが、その現在のノード102の反時計方向の隣の隣から受信されたフレームと同一であることはない。

10

【0049】

現在のノード102が、チャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣からの、あるいはチャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣の隣からのフレームを受信しない場合には、その現在のノード102は、現在のタイムスロットの間にチャネル0に沿っていかなるデータも中継しない（ブロック418）。

20

【0050】

現在のノード102は、チャネル1から受信したフレームに対しても同じ処理を実行する。現在のノード102が現在のタイムスロットの間に送信を行うようにスケジュールされておらず、かつその現在のノードの両隣のいずれもが現在のタイムスロットの間に送信を行うようにスケジュールされておらず、またその現在のノード102が、チャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣からのフレームの受信を開始したとその現在のノード102が判断した場合には（これは、図4Bのブロック420においてチェックされる）、その現在のノード102は、チャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣から受信されているフレームを、チャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣の隣から受信されている任意のフレームと比較する（ブロック422）。図4に示されている実施形態においては、ピットごとの比較が実行される。さらに、複数のフレームが、わずかに異なる時点で現在のノード102において受信される可能性が高いため、受信される複数のフレームをデスキューするためにデスキュー機能が使用される。現在のノード102は、チャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣から受信されているフレームを、チャネル1に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック424）。現在のフレームが中継され、比較が完了した後、現在のノード102は、その比較の結果を示す情報を、その現在のノードの時計方向の隣から受信されたフレーム内に含めて、あるいはそのフレームの後に中継する（ブロック426）。現在のノード102は、その比較の結果を示す情報を、チャネル1に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ中継する。一実施形態においては、添付された整合性フィールドが使用される。別の実施形態においては、共有された整合性フィールドが使用される。

30

【0051】

現在のノード102が、（例えば所定のタイムアウト期間が経過しても）チャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣からのフレームを受信せず、その一方でチャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣の隣からのフレームの受信を開始した場合には（これは、ブロック428においてチェックされる）、その現在のノード102は、その現在のノードの時計方向の隣の隣から受信されているフレームを、チャネル1に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック430）。そのフレームが中継された後、現在のノード102は、チャネル1に関して

40

50

その現在のノード 102において「ミスマッチ」があったことを示す情報を、そのフレーム内に含めて、あるいはそのフレームの後に中継する（ブロック 432）。現在のノード 102は、この情報を、チャネル 1に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ中継する。現在のノード 102の時計方向の隣から受信されたフレームはないため、時計方向の隣から受信されたフレームが、その現在のノード 102の時計方向の隣の隣から受信されたフレームと同一であることはない。

【0052】

現在のノード 102が、チャネル 1上におけるその現在のノードの時計方向の隣からの、あるいはチャネル 1上におけるその現在のノードの時計方向の隣の隣からのフレームを受信しない場合には、その現在のノード 102は、現在のタイムスロットの間にチャネル 1に沿っていかなるデータも中継しない（ブロック 434）。

【0053】

一例においては、現在のノード 102がノード Aであり、ノード Eが、現在のタイムスロットの間に送信を行うようにスケジュールされているノードである。このような例においては、ノード Aは、チャネル 0のそれぞれのダイレクトリンク 108を介してノード B（ノード Aの反時計方向の隣）からのフレームを受信し、このフレームを、ノード Aがチャネル 0のそれぞれのスキップリンク 108を介してノード C（ノード Aの反時計方向の隣の隣）から受信する任意のフレームと比較する。ノード Aは、ノード Bから受信しているフレームと、その比較の結果を示す情報を、ノード H（チャネル 0に沿ってノード Aの次の隣）へ、およびノード G（チャネル 0に沿ってノード Aの次の隣の隣）へ中継する。このような例においては、ノード Aはまた、チャネル 1のそれぞれのダイレクトリンク 108を介してノード H（ノード Aの時計方向の隣）からのフレームを受信し、このフレームを、ノード Aがチャネル 1のそれぞれのスキップリンク 108を介してノード G（ノード Aの時計方向の隣の隣）から受信する任意のフレームと比較する。ノード Aは、ノード Hから受信したフレームと、その比較の結果を示す情報を、ノード B（チャネル 1に沿ってノード Aの次の隣）へ、およびノード C（チャネル 1に沿ってノード Aの次の隣の隣）へ中継する。

【0054】

図 4 に示されている実施形態においては、ダイレクトリンク 108とスキップリンク 108の双方の上で現在のノード 102によって複数のフレームが受信された場合には、その現在のノード 102は、ダイレクトリンク 108上で受信されたフレームを中継する。他の実施形態においては、ダイレクトリンク 108とスキップリンク 108の双方の上で現在のノード 102によって複数のフレームが受信された場合には、その現在のノード 102は、スキップリンク 108上で受信されたフレームを中継する。

【0055】

図 5 は、一例においては、それぞれ図 3 および 4A～4B の方法 300 および 400 の比較および中継処理を実施するために使用されるノード 102 の論理コンポーネントを示すブロック図である。特定の比較および中継処理を実行しているノード 102 は、図 5 のコンテキストにおいては、現在のノード 102 と呼ばれる。チャネル 0 上で受信されたフレームに対する比較および中継処理を実行するために使用される現在のノード 102 の論理コンポーネントが、図 5 に示されている。チャネル 1 上で受信されたフレームに対する比較および中継処理は、図 5 に示されている論理コンポーネントと同様の論理コンポーネントを使用して実行されるということを理解されたい。

【0056】

図 5 に示されている例においては、現在のノード 102 は、第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 を含み、この第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 は、その現在のノード 102 をチャネル 0 の反時計方向のダイレクトリンク 108 へ通信可能に結合し、このチャネル 0 の反時計方向のダイレクトリンク 108 は、その現在のノードの反時計方向の隣へ接続される。現在のノード 102 はまた、第 1 のスキップリンクインターフェース 504 を含み、この第 1 のスキップリンクインターフェース 504 は、その

10

20

30

40

50

現在のノード 102 をチャネル 0 の反時計方向のスキップリンク 108 へ通信可能に結合し、このチャネル 0 の反時計方向のスキップリンク 108 は、その現在のノードの反時計方向の隣の隣へ接続される。ダイレクトリンク FIFO (first-in-first-out) バッファ 506 は、第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 に結合され、スキップリンク FIFO バッファ 508 は、第 1 のスキップリンクインターフェース 504 に結合される。第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 および第 1 のスキップリンクインターフェース 504 は、それぞれダイレクトリンク 108 およびスキップリンク 108 からデータを受信し、その受信したデータをそれぞれダイレクトリンク FIFO バッファ 506 およびスキップリンク FIFO バッファ 508 内に保存する。

【0057】

10

現在のノード 102 は、第 2 のダイレクトリンクインターフェース 510 を含み、この第 2 のダイレクトリンクインターフェース 510 は、その現在のノード 102 をチャネル 0 の時計方向のダイレクトリンク 108 へ通信可能に結合し、このチャネル 0 の時計方向のダイレクトリンク 108 は、その現在のノードの時計方向の隣へ接続される。現在のノード 102 はまた、第 2 のスキップリンクインターフェース 512 を含み、この第 2 のスキップリンクインターフェース 512 は、その現在のノード 102 をチャネル 0 の時計方向のスキップリンク 108 へ通信可能に結合し、このチャネル 0 の時計方向のスキップリンク 108 は、その現在のノードの時計方向の隣の隣へ接続される。

【0058】

20

図 5 に示されている例においては、現在のノード 102 は、デスキューブおよび比較モジュール 514 を含み、このデスキューブおよび比較モジュール 514 は、その現在のノードの反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣から受信したフレームを「デスキューブ」および比較する。図 5 に示されている特定の例においては、現在のノード 102 は、単一の送信機 516 を含み、この送信機 516 は、その現在のノードの時計方向の隣とその現在のノードの時計方向の隣の隣の双方へデータを送信するために使用される。送信機 516 の出力は、その現在のノードの時計方向の隣およびその現在のノードの時計方向の隣へそれぞれ送信するために、第 2 のダイレクトリンクインターフェース 510 と第 2 のスキップリンクインターフェース 512 の双方に結合される。

【0059】

30

所与のタイムスロットの間の所与の送信中に、現在のノード 102 は、通常では第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 および第 1 のスキップリンクインターフェース 504 上におけるそれぞれのフレームの受信を別々の時点において開始する。例えば、図 4 のブロック 406 ~ 410 および 414 ~ 418 に関連して比較および中継処理が実行される場合には、現在のノード 102 は、所与の送信中に、通常では第 1 のスキップリンクインターフェース 504 上におけるフレームの受信を、第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 上における対応するフレームの受信を開始する前に開始する。これは、このような例では、第 1 のスキップリンクインターフェース 504 において受信されるフレームが、第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 上で受信されるフレームよりも 1 つ少ないホップを介して進むためである（すなわち、第 1 のスキップリンクインターフェース 504 上で受信されるフレームが、現在のノードの反時計方向の隣を「スキップ」するためである）。

40

【0060】

図 5 に示されている例においては、デスキューブおよび比較モジュール 514 ならびに送信機 516 は、FIFO バッファ 506 と 508 の双方が半分満たされるまで待ってから、受信したデータの比較および中継を実行する。その他の実施形態においては、上述のデスキューブ技術に加えて、あるいはその代わりに、その他のデスキューブ技術が使用される。

【0061】

図 5 に示されている特定の例においては、受信された 2 つのフレームに対するビットごとの比較が、デスキューブおよび比較モジュール 514 によって実行される。

データが第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 において受信されると、その

50

受信されたデータは、ダイレクトリンク FIFO バッファ 506 の入力端へと書き込まれる。また、データがスキップリンクインターフェース 504 において受信されると、その受信されたデータは、スキップリンク FIFO バッファ 508 の入力端へと書き込まれる。フレームが第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 上において受信されているかどうかの判断は、そのインターフェース 502 から受信したデータ内から、フレームの始まりを示す区切り文字を検出することによって行われる。同様に、フレームが第 1 のスキップリンクインターフェース 504 上において受信されているかどうかの判断は、そのインターフェース 504 から受信したデータ内から、フレームの始まりを示す区切り文字を検出することによって行われる。

【0062】

10

フレームが第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 と第 1 のスキップリンクインターフェース 504 の双方の上において受信されている場合に、FIFO バッファ 506 と 508 の双方が半分満たされると、デスキューより比較モジュール 514 は、第 1 の FIFO バッファ 506 および第 2 の FIFO バッファ 508 のそれぞれの出力端からのビットの受信を開始し、送信機 516 は、FIFO バッファ 506 の出力端からのビットの受信を開始する。デスキューより比較モジュール 514 は、第 1 の FIFO バッファ 506 および第 2 の FIFO バッファ 508 からビットを受信すると、受信した 2 つのフレームに対するビットごとの比較を実行する。送信機 516 は、第 1 の FIFO バッファ 506 からビットを受信すると、その受信したビットを、チャネル 0 に沿って、反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ中継する。デスキューより比較モジュール 514 は、双方のフレームの終わりを比較すると、それらの 2 つのフレームが同一であったか否かを示すビットを送信機 516 へ出力する。送信機 516 は、デスキューより比較モジュール 514 によって出力されたビットを受信し、中継されるフレームの後にそのビットを送信することによって、中継されるフレームの終わりにそのビットを「添付」する。

20

【0063】

20

フレームが第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 上において受信されており、その一方で第 1 のスキップリンクインターフェース 504 上では受信されていない場合に、第 1 の FIFO バッファ 506 が半分満たされると、デスキューより比較モジュール 514 ならびに送信機 516 は、第 1 の FIFO バッファ 506 の出力端からのビットの受信を開始する。デスキューより比較モジュール 514 は、現在のノード 102 においてチャネル 0 に対してミスマッチが生じていることを示すビットを送信機 516 へ出力する。送信機 516 は、第 1 の FIFO バッファ 506 からビットを受信すると、その受信したビットを、チャネル 0 に沿って、反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ中継する。送信機 516 は、デスキューより比較モジュール 514 によって出力されたビットを受信し、中継されるフレームの後にそのビットを送信することによって、中継されるフレームの終わりにそのビットを「添付」する。

30

【0064】

図 4 の方法 400 用に実行される処理に関しては、フレームが第 1 のスキップリンクインターフェース 504 上において受信されており、その一方で第 1 のダイレクトリンクインターフェース 502 上では受信されていない場合に、第 2 の FIFO バッファ 508 が半分満たされると、デスキューより比較モジュール 514 ならびに送信機 516 は、第 2 の FIFO バッファ 508 の出力端からのビットの受信を開始する。デスキューより比較モジュール 514 は、現在のノード 102 においてチャネル 0 に対してミスマッチが生じていることを示すビットを送信機 516 へ出力する。送信機 516 は、第 2 の FIFO バッファ 508 からビットを受信すると、その受信したビットを、チャネル 0 に沿って、反時計方向の隣および反時計方向の隣の隣へ中継する。送信機 516 は、デスキューより比較モジュール 514 によって出力されたビットを受信し、中継されるフレームの後にそのビットを送信することによって、中継されるフレームの終わりにそのビットを「添付」する。

40

【0065】

50

ネットワーク 100 の実施形態は、ネットワーク 100 の複数のノード 102 が同期モードで動作している間の改善されたフォルトトレランスを提供する。例えばネットワーク 100 の実施形態は、改善された移送の利用可能度および改善された移送の整合性を提供する。改善された移送の利用可能度は、例えば 2 つの独立した反対方向の通信チャネル 0 および 1 を使用することによって提供される。ネットワーク 100 内のノード 102 によって送信されるデータは、2 つの独立した通信パスを介してネットワーク 100 内のその他のノード 102 のそれぞれへと進む。例えばネットワーク 100 のノード A によって送信されるデータは、チャネル 0 上をノード A からノード B、C、D、および E へと反時計方向に進む第 1 のパスを介して、またチャネル 1 上をノード A からノード H、G、F、および E へと時計方向に進む第 2 のパスを介して、ノード E へと進む。結果として、これらのパスのうちの一方の上に何らかの单一障害点が生じても、データをノード E へと首尾よく進めることができる別のパスが存在することになる。

【0066】

図 1 ~ 4 に示されている実施形態においては、ネットワーク 100 の全体へ送信されるそれぞれのフレーム内に CRC プロトコルフィールドが含まれる。このような CRC フィールドは、偶発的なエラーに対処するのに非常に適している。送信側のノードと、その送信側のノードの時計方向の隣および反時計方向の隣との間におけるダイレクトリンク 108 上のノイズに起因するエラーは、このような偶発的な性格を有する。しかしアクティブなインターフェースによってもたらされるエラーは、本質的に相互に関連付けられる可能性があり、これによって CRC フィールドは、そのようなエラーに対処するのにあまり適さなくなる可能性がある。方法 400 の処理を実行する際にノード 102 によって実行されるビットごとの比較は、前のノードによってもたらされるいかなるエラーをも検出し、それによって、このようなアクティブなインターフェースによって引き起こされるエラーに対処する。このように中継を行うことによって、ネットワーク 100 内における移送の整合性が改善される。

【0067】

図 6 は、このようなノード 102 が同期化モードで動作している間に図 1 のネットワーク 100 内において発生する間抜けなタイミングでのしゃばりな送信による障害の一例を示すブロック図である。図 6 に示されている例においては、ネットワーク 100 内のそれぞれのノード 102 は、図 2 ~ 4 の方法 200、300、および 400 を実施する。この例においては、ノード A は、ノード E が送信を行うようにスケジュールされているタイムスロットの間に、間抜けなタイミングでのしゃばりな送信による障害を有する。この障害によって、ノード A は、チャネル 0 に沿ってノード A の時計方向の隣のノード H へ、およびチャネル 1 に沿ってノード A の反時計方向の隣のノード B へ送信を行う。ノード H が、ノード A によって送信されたフレームをチャネル 0 から受信した場合に、ノード H が、ノード A (ノード H の反時計方向の隣) から受信したフレームと、ノード B (ノード H の反時計方向の隣の隣) から受信したフレームの間で行う比較は、それらの 2 つのフレームが同一ではないことを示すであろう。結果として、ノード H は、ノード A から受信したフレームを、ミスマッチがノード H において生じたことを示す情報と共にチャネル 0 上において中継する。同様に、ノード B が、ノード A によって送信されたフレームをチャネル 1 から受信した場合に、ノード B が、ノード A (ノード B の時計方向の隣) から受信したフレームと、ノード B (ノード B の時計方向の隣の隣) から受信したフレームの間で行う比較は、それらの 2 つのフレームが同一ではないことを示すであろう。結果として、ノード B は、ノード A から受信したフレームを、ミスマッチがノード H において生じたことを示す情報と共にチャネル 1 上において中継する。

【0068】

ノード A の送信によって影響を受けるチャネル 0 およびチャネル 1 のリンク 108 が、破線を使用して図 6 に示されている。チャネル 0 内におけるノード A からノード H へのダイレクトリンク 108、ならびにチャネル 0 内におけるノード H からノード G へ、ノード G からノード F へ、およびノード F からノード E へのダイレクトリンクおよびスキップリ

10

20

30

40

50

ンク 108 は、ノード A による障害を伴った送信によって影響を受ける。チャネル 1 内におけるノード A からノード B へのダイレクトリンク 108、ならびにチャネル 1 内におけるノード B からノード C へ、ノード C からノード D へ、およびノード D からノード E へのダイレクトリンクおよびスキップリンク 108 は、ノード A による障害を伴った送信によって影響を受ける。

【0069】

ノード E によってチャネル 0 に沿って送信されたデータは、チャネル 0 のこの部分におけるリンク 108 がノード A の送信によって影響を受けないため、ノード D、C、および B によって受信され、中継される。同様に、ノード E によってチャネル 1 に沿って送信されたデータは、チャネル 1 のこの部分におけるリンク 108 がノード A の送信によって影響を受けないため、ノード F、G、および H によって受信され、中継される。ノード A の送信によって影響を受けず、ノード E が首尾よく送信を行うことができるチャネル 0 およびチャネル 1 のリンク 108 が、実線を使用して図 6 に示されている。このようにして、ノード E によって送信されたデータは、ノード A において間抜けなタイミングでのしゃばりな送信による障害が発生しているにもかかわらず、リンク 104 内におけるノード 102 のそれぞれに到達することができる。

【0070】

別の例では、ノード 102 が同期化モードで動作している間に、図 1 の通信ネットワーク 100 内において SOS (s l i g h t l y - o f f - s p e c i f i c a t i o n) の不具合あるいは障害が発生している。SOS の障害は、1 つのフレームが、ネットワーク 100 内における複数のノード 102 の受信ウィンドウ内で受信され、かつネットワーク 100 内におけるその他のノード 102 の受信ウィンドウのわずかに外側にある場合に発生する。SOS の不具合が発生すると、ノード 102 の前者のセットは、そのフレームを正しいフレームとして受け入れ、その一方でノード 102 の後者のセットは、そのフレームを間違ったフレームとして拒絶する。すなわち、ネットワーク 100 内における正当なノード 102 の別々のセットが、同一のフレームに対して別々の見方を有することになり、これは望ましくない。

【0071】

この例では、ノード A において SOS の不具合が発生している。このような不具合においては、ノード A の送信用としてノード A に割り当てられているタイムスロットの間に、障害を抱えるノード A は、ある時点で送信を行い、その結果、(もしもノード A の送信が、リンク 104 の全体に完全に中継されるならば) ノード B、C、H、および G は、その送信を正しいものとして受信し、ノード D、E、および F は、その送信を間違ったものとして受信することになる。

【0072】

ノード B および H は、ノード A の隣として、ノード A による送信が、ネットワーク 100 内において実施される時間的なポリシーに準拠しているかどうかをチェックする。このような例においては、ノード B は、チャネル 1 上においてノード A から受信されたフレームが時間的なポリシーに準拠していないと判断し、したがってチャネル 1 に沿ってそれ以上そのフレームを中継しない。同様に、ノード H は、チャネル 0 上においてノード A から受信されたフレームが時間的なポリシーに準拠していないと判断し、したがってチャネル 0 に沿ってそれ以上そのフレームを中継しない。このようにして、こうした SOS の不具合の影響が緩和される。

【0073】

ノード 102 は、非同期化モードで動作している場合には、まだグローバルタイムベースに同期化されておらず、まだ T D M A スケジュールに従って送信を行っていない。したがってネットワーク 100 のノード 102 は、送信のコリジョンに対処するためのステップを踏まなければならない。図 7 A ~ 7 B は、非同期化モードで動作している間に図 1 のネットワーク 100 内において通信を行う方法 700 の一実施形態を示す流れ図である。このような実施形態においては、ネットワーク 100 内におけるそれぞれのノード 102

10

20

30

40

50

は、そのノード102が非同期化モードで動作している場合に、方法700の処理を実行する。図7A～7Bのコンテキストにおいては、方法700の処理を実行しているノード102は、ここでは「現在の」ノード102と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード102によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード102内に含まれるコントローラ内に実装される。方法700のその他の実施形態は、その他の方法で実装される。

【0074】

図7A～7Bに示されている方法700の特定の実施形態は、現在のノード102が「目覚めた」場合に（これは、図7のブロック702においてチェックされる）、そのノードによって実行される。例えば現在のノード102は、そのノード102が最初に電源をオンにされたときに、あるいはそのノード102がリセットされた後に、目覚める。現在のノード102が目覚めた場合には、その現在のノード102は、その現在のノード102がリンク108のいずれから受信するいかなるデータも所定の期間中は中継しない（ブロック704）。すなわち現在のノード102は、ネットワーク100内において他のノード102によって行われるいかなる送信からのデータも、ネットワーク100のチャネル0および1に沿ってそれ以上は中継しないことによって、そのような送信を「ブロック」する。現在のノード102がそのような送信をブロックする所定の期間は、ここでは「第1のブロック期間」とも呼ばれる。TTP/Cプロトコルが使用されるこのような実施形態の一実装形態においては、第1のブロック期間は、最小のIFG(inter-frame gap)に設定される。

【0075】

第1のブロック期間が経過すると、現在のノード102は、その現在のノード102が受信するすべての送信をブロックすることをやめる。現在のノード102が、ダイレクトリンク108を介してチャネル0上におけるその現在のノード102の反時計方向の隣からデータを受信した場合には（これは、ブロック706においてチェックされる）、その現在のノード102は、その反時計方向の隣がその受信したデータのソースであるかどうかをチェックする（ブロック708）。一実施形態においては、現在のノード102は、その現在のノード102がチャネル0上における反時計方向の隣から受信しているデータと同じデータをその現在のノード102がチャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣の隣から受信しているかどうかを所定の「比較」期間中にチェックすることによって、この判断を行う。現在のノード102が、自分がチャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣の隣から同じデータを受信していないと判断した場合には、その現在のノード102は、反時計方向の隣が、その隣から受信しているデータのソースであると結論付ける。現在のノード102が、自分がチャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣の隣から同じデータを受信していると判断した場合には、その現在のノード102は、反時計方向の隣は、その隣から受信しているデータのソースではないと結論付ける。

【0076】

反時計方向の隣が、その隣から受信しているデータのソースではない場合には、現在のノード102は、そのデータを、チャネル0に沿って、その現在のノードの時計方向の隣のノードおよび時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック710）。

【0077】

反時計方向の隣が、その隣から受信しているデータのソースである場合には、現在のノード102は、その反時計方向の隣から発生してチャネル0上において受信したデータを、所定の期間中に中継する（ブロック712）。この所定の期間は、ここでは「中継期間」とも呼ばれる。TTP/Cプロトコルが使用されるこのような実施形態の一実装形態においては、中継期間は、少なくともコールドスタートメッセージがネットワーク100の全体へ送信されるのに十分な長さである。現在のノード102は、このようなデータを、チャネル0に沿って、その現在のノードの時計方向の隣のノードおよび時計方向の隣の隣へ中継する。中継期間中には、現在のノード102は、その現在のノードの反時計方向の隣から受信しているデータのソースではないと結論付ける。

10

20

30

40

50

隣以外のノードから発生してチャネル0上において受信したいかなるデータも中継しない。

【0078】

中継期間が経過すると（これは、ブロック714においてチェックされる）、現在のノード102は、反時計方向の隣から発生してチャネル0上において受信したデータを、所定の期間中は中継しない。この所定の期間は、ここでは「第2のブロック期間」とも呼ばれる。TTP/Cプロトコルが使用されるこのような実施形態の一実装形態においては、中継期間は、少なくともネットワーク100内における別のノード102がコールドスタートメッセージの送信を開始するのに十分な長さである。第2のブロック期間中に、現在のノード102が、反時計方向の隣から発生したものではないチャネル0上におけるデータを受信した場合には、その現在のノード102は、その受信したデータを、チャネル0に沿って、その現在のノードの時計方向の隣のノードおよび時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック716）。図7A～7Bに示されている実施形態においては、現在のノード102は、反時計方向の隣から受信されたデータを、チャネル0上におけるその現在のノードの反時計方向の隣の隣から受信された任意の対応するデータと比較することによって、チャネル0上において受信されたそのデータが反時計方向の隣から発生したものであるかどうかを判断する。

【0079】

第2のブロック期間が経過すると（これは、ブロック718においてチェックされる）、現在のノード102は、反時計方向の隣から発生してチャネル0上において受信したデータをブロックすることをやめる（706ヘルプバックする）。

【0080】

第1のブロック期間が経過すると、チャネル1に対して同様の処理が実行される。第1のブロックが経過した後に、現在のノード102が、ダイレクトリンク108を介してチャネル1上におけるその現在のノード102の反時計方向の隣からデータを受信した場合には（これは、図7Bのブロック720においてチェックされる）、その現在のノード102は、その時計方向の隣がその受信したデータのソースであるかどうかをチェックする（ブロック722）。一実施形態においては、現在のノード102は、その現在のノード102がチャネル1上における時計方向の隣から受信しているデータと同じデータをその現在のノード102がチャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣から受信しているかどうかを所定の期間中にチェックすることによって、この判断を行う。現在のノード102が、自分がチャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣の隣から同じデータを受信していないと判断した場合には、その現在のノード102は、時計方向の隣が、その隣から受信しているデータのソースであると結論付ける。現在のノード102が、自分がチャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣の隣から同じデータを受信していると判断した場合には、その現在のノード102は、時計方向の隣は、その隣から受信しているデータのソースではないと結論付ける。

【0081】

時計方向の隣が、その隣から受信しているデータのソースではない場合には、現在のノード102は、そのデータを、チャネル1に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣のノードおよび反時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック724）。

【0082】

時計方向の隣が、その隣から受信しているデータのソースである場合には、現在のノード102は、その時計方向の隣から発生してチャネル1上において受信したデータを、中継期間中に中継する（ブロック726）。現在のノード102は、このようなデータを、チャネル1に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣のノードおよび反時計方向の隣の隣へ中継する。中継期間中には、現在のノード102は、その現在のノードの時計方向の隣以外のノードから発生してチャネル1上において受信したいかなるデータも中継しない。

【0083】

10

20

30

40

50

中継期間が経過すると（これは、ブロック728においてチェックされる）、現在のノード102は、時計方向の隣から発生してチャネル1上において受信したデータを、第2のブロック期間中は中継しない。第2のブロック期間中に、現在のノード102が、時計方向の隣から発生したものではないチャネル1上におけるデータを受信した場合には、その現在のノード102は、その受信したデータを、チャネル1に沿って、その現在のノードの反時計方向の隣のノードおよび反時計方向の隣の隣へ中継する（ブロック730）。図7A～7Bに示されている実施形態においては、現在のノード102は、時計方向の隣から受信されたデータを、チャネル1上におけるその現在のノードの時計方向の隣の隣から受信された任意の対応するデータと比較することによって、チャネル1上において受信されたそのデータが時計方向の隣から発生したものであるかどうかを判断する。第2のブロック期間が経過すると（これは、ブロック732においてチェックされる）、現在のノード102は、時計方向の隣から発生してチャネル1上において受信したデータをブロックすることをやめる（720ヘループバックする）。

【0084】

以降では、方法700のオペレーションの一例について説明する。この例においては、現在のノード102はノードAであり、ネットワーク100内のノード102は、（例えれば、最初のシステムの起動中には）非同期化モードで動作している。ノードAは、最初に電源をオンにされ、目覚めると、第1のブロック期間中は、自分が受信するいかなるデータも中継しない。第1のブロック期間が経過すると、ノードAは、チャネル0上におけるノードBから（すなわち、ノードAの反時計方向の隣から）データを受信する。この例においては、ノードBが、その受信されたデータのソースである。というのも、ノードAは、所定の比較期間内には、ノードC（ノードAの反時計方向の隣の隣）から同じデータを受信しなかったためである。ノードA（この例における現在のノード102）は、ノードBから受信したデータを、中継期間中に中継する。中継期間中には、ノードAは、ノードB以外のノードから発生してノードAによって受信されたいかなるデータも中継しない。中継期間が経過した後、第2のブロック期間中は、ノードAは、ノードBから発生してチャネル0上において受信したデータを中継せず、ノードB以外のノードから発生してチャネル0上において受信したデータを中継する。第2のブロック期間が経過すると、ノードBは、ノードBから発生してチャネル0上において受信したデータをブロックすることをやめる。

【0085】

このような例においては、ノードBが間抜けなタイミングでのしゃばりな送信による障害を有し、それによってノードBが継続的にデータのソースとなる場合、現在のノード102（ノードA）は、第2のブロック期間中にノードBの送信をブロックして、代わりにネットワーク100内のその他のノードから発生したデータを中継することによって、ノードBの障害の影響を制限するであろう。

【0086】

その他の実施形態においては、第1のブロック期間、および第2のブロック期間、ならびに中継期間のうちの1つまたは複数が設定可能である。

その他の実施形態においては、現在のノード102において受信されたデータがそれぞれの隣から発生したものであるかどうかに基づいてそのデータをブロックしたり中継したりする代わりに、その現在のノード102は、そのようなデータがそれぞれの隣から発生したものであるかどうかにかかわらず、そのデータを中継し、その中継するデータがその現在のノード102のそれぞれの隣から発生したものであるか否かを示す情報を、その中継するデータと共に含める。このような一実施形態においては、図2～5に関連して前述した比較機能を使用して、そのような情報を作成する。例えば、このような実施形態の一実装形態においては、中継されるデータが現在のノード102のそれぞれの隣から発生したものであるか否かを示す1ビットのフィールドが、その中継されるデータに添付される。これらの添付されたフィールドは、例えばソース識別処理における「ホップカウント」として使用することができる。

10

20

30

40

50

【0087】

その他の実施形態においては、現在のノード102は、その現在のノード102において受信したデータが隣から発生したものであることを検知すると、その送信が、ネットワーク100内において実施される1つまたは複数のポリシーに準拠しているかどうかを、およびそのような送信が、1つまたは複数のそのようなポリシーに準拠していないかどうかを判断し、その受信したデータを中継しないか、またはそのデータを、そのようなポリシーに準拠していないことを示す情報と共に（例えば、1ビットの整合性フィールドを添付することによって、またはそのデータ内に含まれている共有された整合性フィールドを変更することによって）中継する。

【0088】

チャネル0および1は、セグメント化されたメディアを含むため、例えばシステムの電源投入時に、ネットワーク100内には複数の「小グループ」が形成される可能性がある。図8は、2つの小グループが図1のネットワーク100内において形成される典型的なシナリオを示している。これらの小グループのそれぞれは、それぞれの小グループ内におけるどのノード102が送信を行うかによって、別々のTDMAスケジュール802または804を有する。この例においては、スケジュール802および804の双方におけるタイムスロットは同じサイズであり、スケジュール802および804は、相互にほぼ180度位相がずれている。スケジュール802は、ノードA、H、G、およびFを含む小グループ（ここでは、「小グループ1」とも呼ばれる）に関連付けられており、スケジュール804は、ノードE、B、C、およびDを含む小グループ（ここでは、「小グループ2」とも呼ばれる）に関連付けられている。ネットワーク内のノード102が送信を行う順序は、ノードA、ノードE、ノードH、ノードB、ノードG、ノードC、ノードF、およびノードDの順であり、ノードE、B、C、およびDのそれぞれは、それぞれノードA、H、G、およびFのそれぞれよりも1/2スロット遅れてその送信を開始する。

【0089】

この例においては、2つの小グループ802および1204は、安定した状態を保ち、お互いをまったく認識していない。例えばTTP/Cプロトコルの通常の小グループを避ける機能は、複数のリンクのうちの1つだけの上で反対の小グループから見られる「ノイズ」が、すべてのスロット内でメッセージを首尾よく受信することによって相殺されるため、このような小グループの形成を解消するのに十分ではない可能性が高くなるということに留意すべきである。

【0090】

図9は、図1のネットワーク100内における小グループを解消する方法900の一実施形態を示す流れ図である。図9に示されている方法900の実施形態は、図8に示されている例において形成された小グループを解消するのに適している。図9に示されている方法900の実施形態については、ここでは、図1に示されているネットワーク100を使用して実装されるものとして説明するが、その他の実施形態は、その他のネットワーク内においてその他の方法で実装される。方法900は、リンク104内のノード102が同期化モードで動作しており、そこで複数の小グループが形成されている場合に使用するに適している。図9のコンテキストにおいては、方法900の処理を実行しているノード102は、ここでは「現在の」ノード102と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード102によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード102内に含まれるコントローラ内に実装される。方法900の他の実施形態は、その他の方法で実装される。

【0091】

方法900の機能は、現在のノード102が同期モードで動作している場合に（すなわち、それぞれの小グループ内のノード102が、TDMAスケジュールに従って送信を行っている場合に）使用される。同期モードで動作している間、現在のノード102は、同期的な方法でその現在のノードの両隣からのデータを求めてリッスンする（ブロック902）。すなわち現在のノード102は、その現在のノード102によって認識される現在

の送信スケジュールによって定義されるタイムスロットの間に、チャネル1上におけるその時計方向の隣からのフレームを求めて、およびチャネル0上におけるその反時計方向の隣からのフレームを求めてリッスンする。現在のノード102は、自分が所定の期間中にその現在のノードの両隣のいずれかから有効なフレームを受信していないかどうかを判断する（これは、ブロック904においてチェックされる）。現在のノード102が所与の期間中に有効なフレームをそこから受信していない隣は、ここでは「静かな隣」と呼ばれる。「有効な」フレームとは、構文的に正しく、かつ現在のノードのスケジュール位置と調和するフレームである。一実施形態においては、スケジュールの位置合せの妥当性は、フレームのコンテンツ内に含めて送信される明示的なスケジュールデータによって確認することができる。別の実施形態においては、スケジュール位置データは、（例えば、H0005061出願に記載されているように）暗にフレームのコンテンツ内に含めて送信することができる。10

【0092】

現在のノード102が、所与の期間中に静かな隣から有効なフレームを受信していない場合には、その現在のノード102は、所与の期間中に静かな隣の隣からのデータを求めて非同期的にリッスンする（ブロック906）。例えば、このような実施形態の一実装形態においては、この所与の期間は、1つのT D M A ラウンドに等しい。別の実施形態においては、この期間はゼロである（すなわち現在のノード102は、スキップリンク108上において現在のノードの隣の隣からの有効なフレームを求めて非同期モードで継続的にリッスンする）。20

【0093】

現在のノード102が、このような静かな隣の隣からのデータを求めて非同期的にリッスンする場合には、その現在のノード102は、送信時間あるいはフェーズにかかわらずに静かな隣の隣から送信される構文的に有効ないかなるフレームも受信することができるであろう。結果として、現在のノード102は、その現在のノード102がメンバーになつていない小グループからのメッセージを受信することができるであろう。現在のノード102が、非同期的にリッスンしている間に所与の期間内に静かな隣の隣から有効なフレームを受信しない場合には、その現在のノード102は、その現在のノード102がその時点でメンバーになつている小グループ（ここでは、「現在の小グループ」とも呼ばれる）内に留まる（ブロック920）。30

【0094】

現在のノード102が、非同期的にリッスンしている間に静かな隣の隣から有効なフレームを受信した場合には（これは、ブロック908においてチェックされる）、その現在のノード102は、所与の期間にわたって静かな隣からの第2の有効なフレームを求めて非同期的にリッスンする（ブロック910）。現在のノード102が、非同期的にリッスンしている間に所与の期間内に静かな隣から有効なフレームを受信しない場合には（これは、ブロック912においてチェックされる）、その現在のノード102は、現在の小グループ内に留まる（ブロック920）。現在のノード102が、非同期的にリッスンしている間に静かな隣から有効なフレームを受信した場合には、その現在のノード102は、2つの非同期フレームが、自分たちが同じ小グループから送信されたことを示しているかどうかをチェックする（ブロック914）。一実施形態においては、現在のノード102は、2つの非同期フレームが、同じ小グループのメンバーである複数のノードから送信されたかどうかをチェックする。別の実施形態においては、現在のノード102は、2つの非同期フレーム内に組み込まれたフレームスケジュール位置データによって示されるような、それぞれのスケジュールされた送信の間ににおける予想された時間と一致するかどうかをチェックする。その他の実施形態においては、これらのチェックに加えて、あるいはその代わりに、その他のフレーム整合性チェックを実行することができる。40

【0095】

現在のノード102が、自分たちが同じ小グループから送信されたことを示す2つの非50

同期フレームを受信しない場合には、その現在のノード102は、現在の小グループ内に留まる（ブロック920）。

【0096】

2つの非同期フレームが、自分たちが同じ小グループ（ここでは、「他の小グループ」とも呼ばれる）から送信されたことを示す場合には、その現在のノード102は、その現在のノード102が現在の小グループから他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断する（ブロック916）。現在のノード102が、自分が離脱すべきであると判断した場合には、その現在のノード102は、他の小グループへと向かうバイアスを伴って現在の小グループから離脱する（ブロック918）。そうでない場合には、現在のノード102は、現在の小グループ内に留まる（ブロック920）。

10

【0097】

一実施形態においては、現在のノード102は、現在の小グループのサイズ（すなわち、現在の小グループのメンバーであるノードの数）を、他の小グループのサイズ（すなわち、他の小グループのメンバーであるノードの数）と比較することによって、自分が現在の小グループから他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断する。他の小グループが現在の小グループよりも大きい場合には、現在のノード102は、現在の小グループから他の小グループへと離脱する。他の小グループが現在の小グループよりも大きくない場合には、現在のノード102は、現在の小グループ内に留まる。このような実施形態の一実装形態においては、他の小グループのサイズは、2つの非同期フレーム内に含まれている明示的な小グループサイズ情報を使用して測定される。別の実装形態においては、他の小グループのサイズは、（例えば、H0005061出願に記載されているように）暗に2つの非同期フレームと共に送信される情報を使用して測定される。別の実装形態においては、他の小グループのサイズは、2つの非同期フレーム内に含めて送信されるその他の情報（例えば、メンバーシップベクトル）から導き出される。別の実装形態においては、現在のノード102は、T D M A ラウンドの全体にわたって他の小グループからの送信を求めて非同期的にリッスンし、その後、そのT D M A ラウンド中にその現在のノード102が受信した送信の数に基づいて他の小グループのサイズを導き出す。

20

【0098】

別の実施形態においては、現在のノード102は、ネットワーク100内における複数のノード102の演繹的な順序付けに基づいて、自分が現在の小グループから他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断する。現在のノード102は、現在の小グループのうちのどのメンバーノードが、割り当てられた順序内で先頭に来るかを判断することによって、および他の小グループのうちのどのメンバーノードが、割り当てられた順序内で先頭に来るかを判断することによって、自分が離脱すべきかどうかを判断する。現在のノード102は、ネットワーク100の複数のノード102に対して割り当てられた順序内で、他の小グループの最初のノードが、現在の小グループの最初のノードよりも前に来る場合に、現在の小グループから他の小グループへと離脱する。図10は、このような実装形態のオペレーションの一例を示すブロック図である。図10に示されている例においては、ネットワーク100の複数のノード102は、ノードA、ノードB、ノードC、ノードD、ノードE、ノードF、ノードG、およびノードHという順で順序付けられている。この例においては、他の小グループは、図8に示されている小グループ1のメンバーであるノードを含み、現在の小グループは、図8に示されている小グループ2のメンバーであるノードを含む。他の小グループの最初のノード（ノードA）は、現在の小グループの最初のノード（ノードB）よりも前に来ており、したがって現在のノード102は、この例においては現在の小グループから他の小グループへと離脱することになる。

30

40

【0099】

このような一実施形態においては、現在のノード102は、そのような演繹的な順序付けを使用して、現在の小グループと他の小グループが同じサイズである場合（すなわち、同じ数のメンバーノードを有する場合）にのみ、その現在のノード102が現在の小グループから他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断する。

50

【0100】

本明細書に記載のシステム、デバイス、方法、および技術は、さまざまなタイプのプロトコル（例えば、TTP/CやFLEXRAYなどのタイムトリガードプロトコル）を実装するノードにおいて実装することができる。図11は、図1に示されているネットワーク100のそれぞれのノード102を実装するのに適しているノード1100の典型的な実施形態を示すロック図である。図11に示されているノード1100は、TTP/Cプロトコルを実装している（ただし、本明細書に記載のシステム、デバイス、方法、および技術は、TTP/Cプロトコルの代わりに、あるいはTTP/Cプロトコルに加えて、その他のプロトコルを使用して実装することもできるという点を理解されたい）。それぞれのノード1100は、ホスト1110およびTTP/Cコントローラ1112を含む。ホスト1110は、ネットワーク100を介してやり取りされるデータを提供するアプリケーションソフトウェア1114を実行する。例えば一実装形態においては、ホスト1110は、安全が決定的に重要となるコントロールアプリケーションを実行するコンピュータである。ホスト1110は、TTP/Cコントローラ1112を使用して、通信ネットワーク100内のその他のノード102と通信する。TTP/Cコントローラ1112は、TTP/Cプロトコルの機能を実施する。TTP/Cプロトコルは、3つの基本的なサービスを、ホスト1110上で実行されるアプリケーションソフトウェア1114に提供する。TTP/Cプロトコルは、決定論的なメッセージ送信、グローバルタイムベース、およびメンバーシップサービスを提供し、それによってそれぞれのノード1100は、現在どのノードが送信を行っているかがわかる。

10

20

30

40

【0101】

TTP/Cコントローラ1112は、ホスト1110と、TTP/Cコントローラ1112のその他のコンポーネントとの間におけるインターフェースとして機能するCNI (communication network interface) 1116を含む。図11に示されている実施形態においては、CNI 1116は、デュアルポートメモリ1118（ここでは、CNIメモリ1118とも呼ばれる）を使用して実装される。CNIメモリ1118は、ホスト1110によって、およびTTP/Cコントローラ1112内に含まれているTTP/Cコントローラユニット1120によってアクセスされる。このような実施形態の一実装形態においては、CNIメモリ1118は、SRAM (static random access memory) を使用して実装される。バスインターフェース1122は、CNIメモリ1118を複数のバス1124（例えばデータバス、アドレスバス、および／またはコントロールバス）に結合し、これらのバス1124を介して、ホスト1110は、CNIメモリ1118との間においてデータの読み取りおよび書き込みを行う。他の実施形態においては、CNIメモリ1118は、その他の方法で（例えば、シリアルインターフェースを使用して）アクセスされる。

【0102】

TTP/Cコントローラユニット1120は、TTP/Cプロトコルを実装するのに必要な機能を提供する。このような実施形態の一実装形態においては、TTP/Cコントローラユニット1120は、プログラマブルプロセッサ（例えば、マイクロプロセッサ）を使用して実装され、このプログラマブルプロセッサは、TTP/Cコントローラユニット1120によって実行される機能を実施するための命令と共にプログラムされる。このような実施形態においては、命令メモリ1126は、TTP/Cコントローラユニット1120に結合される。TTP/Cコントローラユニット1120によって実行されるプログラム命令は、プログラム命令メモリ1126内に格納される。一実装形態においては、プログラムメモリ1126は、読み取り専用のメモリデバイス、あるいはフラッシュメモリデバイスなどの不揮発性のメモリデバイスを使用して実装される。

【0103】

TTP/Cコントローラ1112はまた、MEDL (message descriptor list) メモリ1128を含み、ここには、TDMA (time-division multiple access) スケジュール、動作モード、およびクロック

50

同期化パラメータに関する構成情報が保存される。M E D Lメモリ1128は通常、例えばフラッシュメモリデバイスおよび/またはS R A M (s t a t i c r a n d o m a c c e s s m e m o r y) デバイスを使用して実装される。C N Iメモリ1118、プログラムメモリ1126、およびM E D Lメモリ1128のサイズはいずれも、ホスト1110上で実行されるアプリケーションソフトウェア1114、T T P / コントローラユニット1120上で実行されるプログラム命令、および/または(後述する)バスガーディアン1132の特定のニーズに基づいて選択される。さらに、C N Iメモリ1118、プログラムメモリ1126、およびM E D Lメモリ1128は、別々のコンポーネントとして図11に示されているが、いくつかの実装形態においては、C N Iメモリ1118、プログラムメモリ1126、および/またはM E D Lメモリ1128は、1つまたは複数のメモリデバイスへと統合される。

【0104】

単一のバスガーディアン1132は、T T P / C コントローラ1112とリンク1108の間におけるインターフェースとして機能する。図11に示されている実装形態の一実装形態においては、バスガーディアン1132は、例えば1つまたは複数のU A R T (u n i v e r s a l a s y n c h r o n o u s r e c e i v e r / t r a n s m i t t e r) デバイスを含み、この1つまたは複数のU A R T デバイスは、図1に示されているシリアルな、一方向性のポイントツーポイントの、一方向性のリンク108からデータを受信して、そうしたリンク108を介してデータを送信および中継するために使用される。

10

20

30

40

50

【0105】

バスガーディアン1132によってリンク108から受信されるデータは、T T P / C プロトコルに従って処理するためにT T P / C コントローラ1112へ渡される。T T P / C コントローラ1112によって送信されることになるデータは、T T P / C コントローラユニット1120によってバスガーディアン1132へ渡される。バスガーディアン1132は、T T P / C コントローラ1112がリンク108上における送信をいつ許可されるか、およびリンク108から受信されたデータをいつ中継するかを決定する。一実装形態においては、バスガーディアン1112は、図2および3に関連して前述した機能の少なくとも一部を実装する。バスガーディアン1132は、データをいつ送信および中継するかを判断するために、T T P / C コントローラ1120のM E D Lメモリ1128内に保存されているM E D L情報にアクセスする。したがって、それぞれのノード102内に含まれるバスガーディアン1132は、そのノード102にとって、およびそのノードの両隣のそれぞれにとって、バスガーディアン1132として機能する。このようにして、それぞれのノード102内の単一のバスガーディアン1132を使用するだけで、ネットワーク100内のノード102に関して、複数のバスガーディアンに関連付けられているフォルトトレランスを達成することができる。

【0106】

T T P / C コントローラ1112およびバスガーディアン1132は、別々のコンポーネントとして図11に示されているが、このような実装形態の一実装形態においては、T T P / C コントローラ1112およびバスガーディアン1132によって提供される機能は、単一の集積回路デバイスへ統合されるということを理解されたい。このような実装形態においては、さらなるリソースの節約(例えばコスト、スペース、および電力)を達成することができる。このような一実装形態においては、プログラムブルプロセッサは、適切なプログラム命令と共にプログラムされ、この適切なプログラム命令は、プログラムブルプロセッサによって実行されると、T T P / C コントローラ1112およびバスガーディアン1132によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部を実行する。その他の実装形態および実装形態においては、T T P / C コントローラ1112(あるいはその1つまたは複数のコンポーネント)およびバスガーディアン1132(あるいはその1つまたは複数のコンポーネント)は、別々のコンポーネントを使用して実装される。

【0107】

図12は、図1のネットワーク100内における方向的な整合性を検知する方法の一実施形態を示す流れ図である。図12に示されている方法1200の実施形態については、ここでは、図1に示されているネットワーク100を使用して実装されるものとして説明するが、その他の実施形態は、その他のネットワーク内においてその他の方法で実装される。図12のコンテキストにおいては、方法1200の処理を実行しているノード102は、ここでは「現在の」ノード102と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード102によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード102内に含まれるコントローラ内に実装される。方法1200のその他の実施形態は、その他の方法で実装される。

10

【0108】

所与のノード102（この図12のコンテキストにおいては、「送信側の」ノード102と呼ばれる）がデータを送信する際、その送信側のノード102の両隣のノードのそれぞれは、その送信側のノード102がネットワーク100のチャネル0と1の双方の上で同じデータを送信しているかどうか（すなわち、そこで送信側のノード102が方向的な整合性を伴って送信を行っているかどうか）を判断するために、方法1200を実行する。方法1200は、例えばネットワーク100内のノード102が、複数のノードが1つのT D M Aスケジュールに従って送信を行う同期化モードで動作している場合に実行することができる。このような実施形態においては、方法1200は、図3Aあるいは図3Bに関連して前述した処理に加えて、両隣のノードによって実行することができる。方法1200はまた、例えばネットワーク100内のノード102が（例えばシステムの起動中に）非同期化モードで動作している場合に実行することもできる。このような実施形態においては、方法1200は、図7Aあるいは図7Bに関連して前述した処理に加えて、両隣のノードによって実行することができる。

20

【0109】

送信側のノード102が送信を行う場合には、その送信側のノードの両隣は、自分がその送信側のノードから受信するそれぞれのフレームを、それらの両隣を相互に通信可能に結合するスキップリンク108を介してやり取りする。図12に示されているように、現在のノード102が、その両隣のうちの一方から発生したフレームを受信した場合には（これは、ブロック1202においてチェックされる）、その現在のノード102は、自分がその隣から（すなわち、送信側のノードから）受信しているフレームを、その送信側のノードの他方の隣へ転送する（ブロック1204）。現在のノード102は、送信側のノード102からのフレームを、その現在のノード102をその送信側のノードへ通信可能に結合するダイレクトリンク108から受信する。請求項12のコンテキストにおいては、現在のノード102が送信側のノード102からフレームを受信するチャネルは、ここでは「現在のチャネル」と呼ばれる。現在のノード102は、自分が送信側のノードから受信するフレームを、その送信側のノード102の他方の隣へ、その現在のノード102を現在のチャネル以外のチャネル内の他方の隣へ通信可能に結合するスキップリンク108を介して転送する。

30

【0110】

送信側のノードの他方の隣は、自分が送信側のノードから受信するフレームを、現在のノード102へ、その他方の隣を現在のチャネル内のその現在のノード102へ通信可能に結合する他のスキップリンク108を介して転送する。図12のコンテキストにおいては、送信側のノードの他方の隣によって現在のノード102へ転送されるフレームは、ここでは「他のフレーム」とも呼ばれる。現在のノード102は、他のフレームを受信する（ブロック1206）。現在のノード102は、自分が送信側のノードから受信しているフレームを、自分が他方の隣から受信している他のフレームと比較する（ブロック1208）。一実施形態においては、この比較はビットごとの比較である。

40

【0111】

現在のノード102は、自分が送信側のノード102から受信しているフレームを、現

50

在のチャネルに沿って中継する（ブロック 1210）。例えば送信側のノード 102 が、現在のノード 102 の時計方向の隣である場合には、その現在のノード 102 は、送信側のノード 102 からチャネル 1 を介してフレームを受信し、その受信したフレームを、チャネル 1 に沿って、その現在のノード 102 の反時計方向の隣および隣の隣へ中継する。送信側のノード 102 が、現在のノード 102 の反時計方向の隣である場合には、その現在のノード 102 は、送信側のノード 102 からチャネル 0 を介してフレームを受信し、その受信したフレームを、チャネル 0 に沿って、その現在のノード 102 の時計方向の隣および隣の隣へ中継する。

【0112】

送信側のノードによって送信されたフレームの全体が、現在のノード 102 によって中継され、そのフレームと、他方の隣によってその現在のノード 102 へ転送された他のフレームとの比較が完了した後、その現在のノード 102 は、その比較の結果を示す情報を、送信側の隣から受信されたフレーム内に含めて、あるいはそのフレームの後に、現在のチャネルに沿って中継する（ブロック 1212）。一実施形態においては、比較の結果を示す情報は、図 4A～4B および 5 に関連して前述したように、現在のノード 102 が、送信側のノードから受信されたフレームに添付する 1 ビットの添付された整合性フィールドを含む。別の実施形態においては、図 4A～4B および 5 に関連して前述したように、共有された整合性フィールドが、それぞれのフレームの終わりに含まれる。

【0113】

例えば、送信側のノードが図 1 のノード A であり、現在のノードがノード B である場合には、送信側のノードの他方の隣はノード H である。このような例においては、現在のノード（ノード B）は、自分がノード A から受信するフレームを、ノード B をノード H へ通信可能に結合するチャネル 0 のスキップリンク 108 を介して、他方の隣（ノード H）へ転送する。同様に、他方の隣（ノード H）は、自分がノード A から受信するフレームを、ノード H をノード B へ通信可能に結合するチャネル 1 のスキップリンク 108 を介して、現在のノード（ノード B）へ転送する。ノード B は、自分がノード A から受信するフレームを、自分がノード H から受信するフレームと比較する。ノード B は、ノード A から受信したフレームを、チャネル 1 に沿ってノード C（ノード B の反時計方向の隣）へ、およびノード D（ノード B の反時計方向の隣の隣）へ中継する。ノード B は、ノード A から受信したフレームの全体を中継し、比較を完了すると、（この例においては）その中継されたフレームに 1 ビットのフィールドを添付する。

【0114】

図 13 は、図 1 のネットワーク 100 内における整合性を再構成する方法の一実施形態を示す流れ図である。図 13 に示されている方法 1300 の実施形態については、ここでは、図 1 に示されているネットワーク 100 を使用して実装されるものとして説明するが、その他の実施形態は、その他のネットワーク内においてその他の方法で実装される。図 13 のコンテキストにおいては、方法 1300 の処理を実行しているノード 102 は、ここでは「現在の」ノード 102 と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード 102 によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、そのノード 102 内に含まれるコントローラ内に実装される。方法 1300 のその他の実施形態は、その他の方法で実装される。

【0115】

図 13 に関連して本明細書に記載されている処理は、任意選択であり、本明細書に記載されているその他のシステム、デバイス、方法、あるいは技術のいずれかを使用する任意の所与のネットワーク 100 内において必ずしも実施する必要はないということを理解されたい。

【0116】

方法 1300 は、一実施形態においては、送信側のノード 102 ならびにその送信側のノードの時計方向の隣のノード 102 および反時計方向の隣のノード 102 以外のノード 102 によって、それらのノード 102 が同期化モードで動作している間に実行される。

10

20

30

40

50

現在のノード102は、その現在のノード102が偶然にも2つのチャネルから4つのフレームを（すなわち、チャネル0を介して反時計方向の隣からのフレームおよび反時計方向の隣の隣からのフレームと、チャネル1を介して時計方向の隣からのフレームおよび時計方向の隣の隣からのフレームとを）受信した場合に、所定の「比較」ウィンドウ内で方法1300の処理を実行することができる。これが起こると、現在のノード102は、「投票」オペレーションにおいて、それらの4つのフレームを相互に比較することができる。

【0117】

現在のノード102が、その現在のノード102において、その現在のノード102の第1の隣および第1の隣の隣からフレーム（ここでは、「第1のフレーム」と呼ばれる）を受信した場合には（ブロック1302）、その現在のノード102は、その第1のフレームのうちの一方（ここでは、「中継される方の第1のフレーム」とも呼ばれる）を、その第1のチャネルに沿って中継し、図4A～4Bに関連して前述したのと同じ一般的な方法で、その2つの第1のフレームどうしの間において双方向の比較を実行する（ブロック1304）。その後、現在のノード102が、その現在のノード102において、その現在のノードの他方の隣および他方の隣の隣からフレーム（ここでは、「後の」あるいは「第2の」フレームと呼ばれる）を受信した場合には（ブロック1306）、その現在のノード102は、その第2のフレームのうちの一方（ここでは、「中継される方の第2のフレーム」とも呼ばれる）を、その第2のチャネルに沿って中継し、図4A～4Bに関連して前述したのと同じ一般的な方法で、その2つの第2のフレームどうしの間において双方向の比較を実行する（ブロック1308）。

【0118】

現在のノード102が、比較ウィンドウ内において第2のチャネルから第2のフレームを受信した場合には（これは、ブロック1310においてチェックされる）、その現在のノード102は、自分が受信している4つのフレーム（すなわち、第1のフレームおよび第2のフレーム）を使用して投票オペレーションを実行する（ブロック1312）。一実施形態においては、投票オペレーションは、ビットごとの比較において4つのフレームのそれぞれを他の4つのフレームと比較する。2つの第2のフレームどうしの間において不一致があり（これは、ブロック1314においてチェックされる）、その一方で第1のフレームが、相互に同一であり、かつ第2のフレームのうちの一方と同一である（すなわち、「過半数」が存在する）ことが比較によって示される場合には（ブロック1316）、現在のノード102は、前述した通常の中継／双方向比較処理を「無効にする」（ブロック1318）。現在のノード102は、前述した通常の中継および双方向比較処理を実行する代わりに、2つの第1のフレームと一致した第2のフレームを中継し、その中継される第2のフレームと共に、その中継される第2のフレームがその現在のノード102において整合性を伴って受信されたことを示す情報を中継する。すなわち、そうでない場合には、方法400の通常の中継／双方向比較処理に従って整合性フィールドがその中継される第2のフレームに添付されるか、あるいは含まれるが、現在のノード102において実行される通常の中継／双方向比較処理にかかわらず、その整合性フィールドは、その現在のノード102が「一致」を有していたこと（すなわち、中継される第2のフレームを、整合性を伴って受信したこと）を後続のノード102に示す「正の」値に置き換えられる。その他の実施形態においては、その他の投票ルールおよび／または無効化処理が実行されるということを理解されたい。

【0119】

後のフレームが比較ウィンドウ内において受信されない場合、第2のフレームどうしの間において不一致がない場合、あるいは第2のフレームどうしの間において不一致があるが、過半数が存在しない場合には、現在のノード102は、第2のフレームに対する通常の中継／双方向比較処理を無効にしない（ブロック1320）。

【0120】

同期化モードで動作している場合には、1つのノード102は、そのノード102が、

10

20

30

40

50

所与のタイムスロットの間に4つのフレーム（すなわち、そのノードの時計方向の隣からのフレーム、時計方向の隣の隣からのフレーム、反時計方向の隣からのフレーム、および反時計方向の隣の隣からのフレーム）を受信した後に、このような投票オペレーションを実行することができる。図14は、図1に示されているネットワーク100のノード102における投票の方法1400の一実施形態を示す流れ図である。図14に示されている方法1400の実施形態については、ここでは、図1に示されているネットワーク100を使用して実装されるものとして説明するが、その他の実施形態は、その他のネットワーク内においてその他の方法で実装される。図14のコンテキストにおいては、方法1400の処理を実行しているノード102は、ここでは「現在の」ノード102と呼ばれる。一実施形態においては、現在のノード102によって実行されるものとしてここで説明されている機能の少なくとも一部は、図2～4Bに関連して前述した送信／中継機能を実行する機能と、ネットワーク100を介してやり取りされるデータを使用するノード102上で実行されるアプリケーションとの間におけるインターフェースとして機能する「ボータ」内に実装される。方法1400のその他の実施形態は、その他の方法で実装される。

【0121】

方法1400は、現在のノード102が同期化モードで動作している場合に、その現在のノード102が所与のタイムスロットの間にネットワーク100から4つのフレームを受信した後に、そのノード102によって実行される。現在のノード102は、4つのフレームのいずれもがその現在のノード102において整合性を伴って受信されているかどうかを判断する（ブロック1402）。この実施形態においては、1つのフレームと共に含まれている添付されたあるいは共有された整合性フィールドが、そのフレームを現在のノード102へ送信および中継する過程でミスマッチがまったく発生していないことを示している場合に、そのフレームは、整合性を伴って受信される。1つのフレームが、現在のノード102において整合性を伴って受信されている場合には、そのフレームは、（例えば、その現在のノード102上で実行されるアプリケーションによって）後続の処理のために使用される（ブロック1404）。

【0122】

現在のノード102によって現在のタイムスロットの間に受信された4つのフレームのいずれもが、整合性を伴って受信されなかった場合には、その現在のノード102は、その4つの受信したフレームを使用して投票オペレーションを実行する（ブロック1406）。投票オペレーションは、一実施形態においては、それぞれのフレームを、他のチャネル上で受信された他の2つのフレームとビットごとに比較する。2つの比較されたフレームが同一であること（すなわち、「過半数」が存在すること）がビットごとの比較のいずれかによって示される場合には（これは、ブロック1408においてチェックされる）、それらのフレームは、あたかも現在のノード102によって整合性を伴って受信されているかのように（例えば、その現在のノード102上で実行されるアプリケーションによって）使用される（ブロック1410）。比較されたフレームのいずれも同一でない場合には、いずれのフレームも整合性を伴って受信されていなかつとみなされる（ブロック412）。一実施形態においては、現在のノード102内のボータは、単一のフレームを、それによって使用するためにその現在のノード102上で実行されるアプリケーションに提供する。そのアプリケーションに提供されるフレームは、現在のノードにおいて整合性を伴って受信されるフレーム、あるいは整合性を伴って受信されていたと投票後にみなされるフレームである。このようにして、たとえ上述の中継および／または方向的な整合性の処理の結果、4つのフレームが現在のノード102によって整合性を伴わずに受信されているとしても、それらのフレームの整合性は、投票オペレーションによって「再構成する」ことができる。

【0123】

本明細書に記載のシステム、デバイス、方法、および技術は、図1に示されている特定の編組リング型のトポロジ以外のネットワークトポロジを有するネットワーク内に実装することができる。例えば、本明細書に記載のシステム、デバイス、方法、および技術の少

10

20

30

40

50

なくとも一部は、ネットワークのさまざまなノードの間において提供されるノード間の接続がさらに多いネットワーク内に実装することができる。このようなネットワークの一例が、「メッシュ型の」ネットワークである。このようなメッシュ型の実施形態の一例においては、それぞれのノードは、（「完全な」メッシュ型のネットワクトポロジの場合には）ネットワーク100内における他のすべてのノードへ、あるいは（「部分的な」メッシュ型のネットワクトポロジの場合には）ネットワーク内における他のノードのサブセットへ通信可能に結合される。このようなそれぞれのノードごとに、およびこのようなメッシュ型のネットワーク内において定義される所与のチャネル内のデータの所与のフローごとに、そのノードが結合されるノードの少なくとも1つのサブセットが、そのノードにとっての受信元ノードとして指定され、そのノードが結合されるノードの少なくとも1つのサブセットが、送信先ノードとして指定される。

10

【0124】

さらに、本明細書に記載のシステム、デバイス、方法、および技術の少なくとも一部は、ネットワークのさまざまなノードの間において提供されるノード間の接続がさらに少ないネットワーク内に実装することができる。このようなネットワークの一例が、2つの「シンプレックス」リングチャネルを含むネットワークである。このような一実装形態は、図1に示されている方法で実装されるが、それぞれのノードをその時計方向の隣の隣および反時計方向の隣の隣へ通信可能に結合するスキップリンクは存在しない。例えば方法300の実施形態は、このようなシンプレックスリング型ネットワーク内において使用するのに適している。

20

【0125】

さらに、本明細書に記載のさまざまなシステム、デバイス、方法、および技術は、単一のネットワーク内にすべて一緒に実装する必要はなく、このようなシステム、デバイス、方法、および技術のさまざまな組合せを実装することができるという点を理解されたい。

【0126】

本明細書に記載の方法および技術は、デジタル電子回路内に、あるいはプログラマブルプロセッサ（例えば専用プロセッサや、コンピュータなどの汎用プロセッサ）、ファームウェア、ソフトウェア、またはそれらの組合せと共に実装することができる。これらの技術を具体化する装置は、適切な入力デバイスおよび出力デバイスと、プログラマブルプロセッサと、そのプログラマブルプロセッサによって実行するためのプログラム命令を目に見える形で具体化するストレージメディアとを含むことができる。これらの技術を具体化するプロセスは、入力されたデータ上で動作して適切な出力を生成することによって所望の機能を実行するための命令のプログラムを実行するプログラマブルプロセッサによって実行することができる。これらの技術は、有利なことに、データストレージシステムからデータおよび命令を受信するために、ならびにデータストレージシステムへデータおよび命令を送信するために結合されている少なくとも1つのプログラマブルプロセッサと、少なくとも1つの入力デバイスと、少なくとも1つの出力デバイスとを含むプログラマブルシステム上で実行可能な1つまたは複数のプログラム内に実装することができる。一般にプロセッサは、読み取り専用メモリおよび／またはランダムアクセスメモリから命令およびデータを受け取ることになる。コンピュータプログラム命令およびデータを目に見える形で具体化するのに適したストレージデバイスとしては、例えばE P R O M、E E P R O M、およびフラッシュメモリデバイスなどの半導体メモリデバイス、内蔵型のハードディスクおよび取り外し可能なディスクなどの磁気ディスク、光磁気ディスク、ならびにD V Dディスクを含むすべての形態の不揮発性メモリが含まれる。これらのいずれも、特別に設計されたA S I C (a p p l i c a t i o n - s p e c i f i c i n t e g r a t e d c i r c u i t) によって補強するか、あるいはそうしたA S I C 内に組み込むことができる。

30

【0127】

添付の特許請求の範囲によって定義される本発明の複数の実施形態について説明した。これにかかわらず、特許請求される本発明の趣旨および範囲から逸脱することなく、説明

40

50

した実施形態に対するさまざまな修正を行うことができるということが理解できるであろう。したがって、その他の実施形態は、添付の特許請求の範囲内に収まるものである。

【図面の簡単な説明】

【0128】

【図1】通信ネットワークの一実施形態を示すブロック図である。

【図2】図1のネットワーク内においてデータを送信する方法の一実施形態を示す流れ図である。

【図3-A】図1のネットワーク内においてデータを中継する方法の一実施形態を示す流れ図である。

【図3-B】図1のネットワーク内においてデータを中継する方法の一実施形態を示す流れ図である。 10

【図4-A】図1のネットワーク内においてデータを中継する方法の一実施形態を示す流れ図である。

【図4-B】図1のネットワーク内においてデータを中継する方法の一実施形態を示す流れ図である。 20

【図5】一例においては、図3および4A～4Bに示されている方法の比較および中継処理を実施するために使用されるノードの論理コンポーネントを示すブロック図である。

【図6】このようなノードが同期化モードで動作している間に図1のネットワーク内において発生する間抜けなタイミングでのしゃばりな送信による障害の一例を示すブロック図である。 30

【図7-A】非同期化モードで動作している間に図1のネットワーク内において通信を行う方法の一実施形態を示す流れ図である。

【図7-B】非同期化モードで動作している間に図1のネットワーク内において通信を行う方法の一実施形態を示す流れ図である。

【図8】2つの小グループが図1のネットワーク内において形成される典型的なシナリオを示す図である。

【図9】図1のネットワーク内における小グループを解消する方法の一実施形態を示す流れ図である。

【図10】図1のネットワークの複数のノードの演繹的な順序付けを使用した図9の方法のオペレーションの一例を示すブロック図である。 30

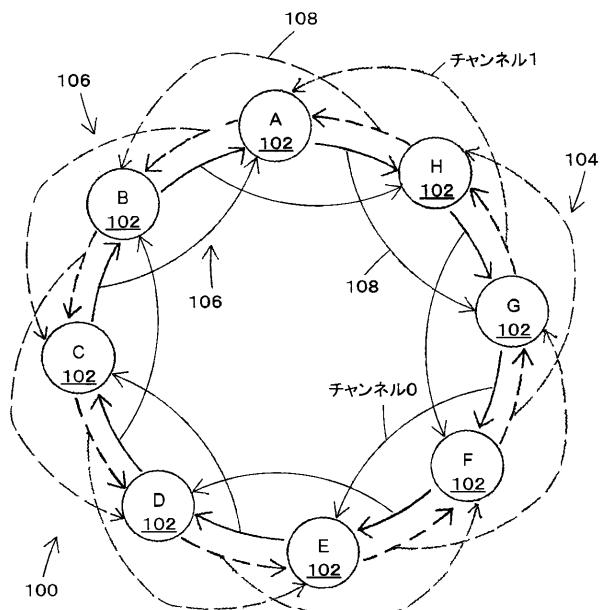
【図11】図1に示されているネットワークのそれぞれのノードを実装するのに適しているノードの一実施形態を示すブロック図である。

【図12】図1のネットワーク内における方向的な整合性を検知する方法の一実施形態を示す流れ図である。

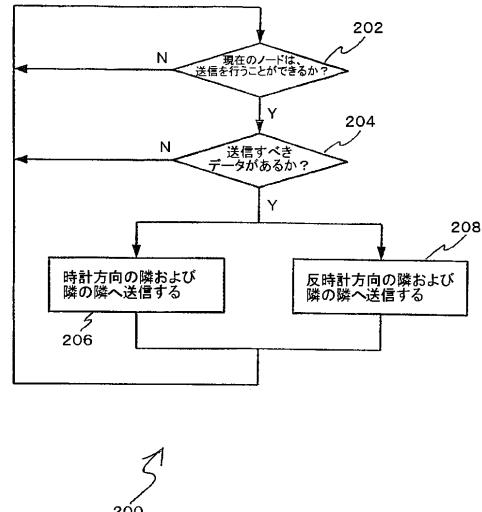
【図13】図1のネットワーク内における整合性を再構成する方法の一実施形態を示す流れ図である。

【図14】図1のネットワーク内における整合性を再構成する方法の一実施形態を示す流れ図である。

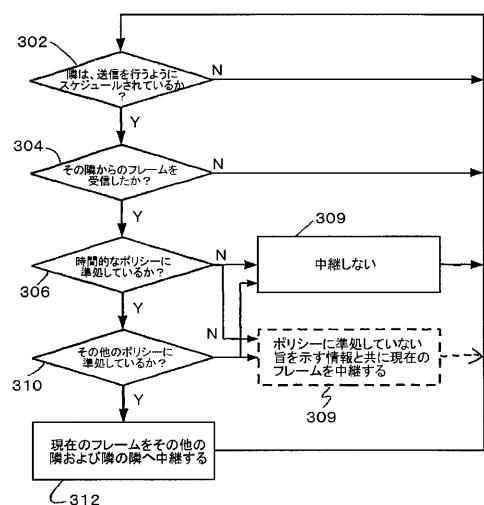
【図1】



【図2】



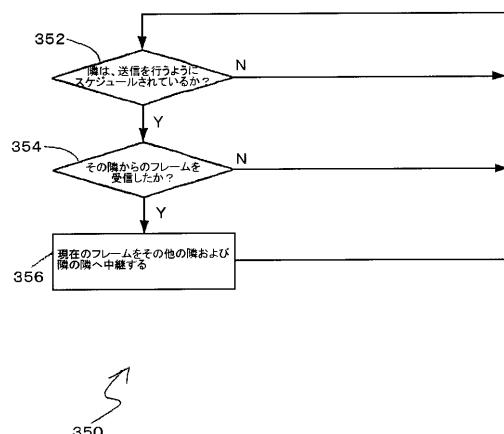
【図3-A】



300

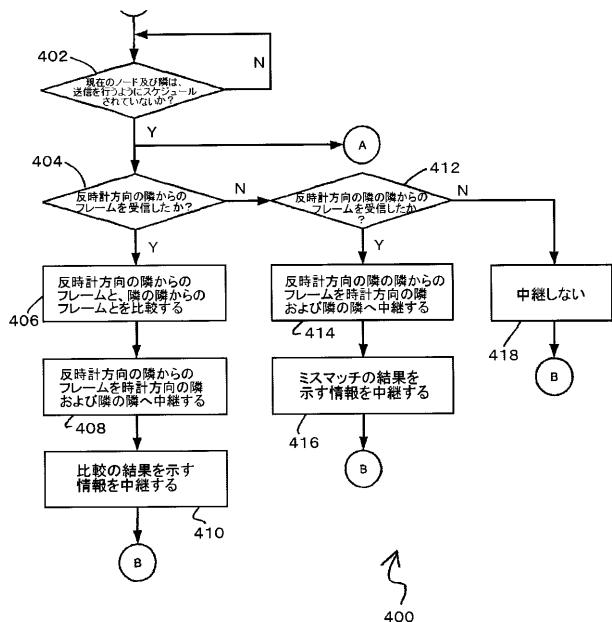
350

【図3-B】

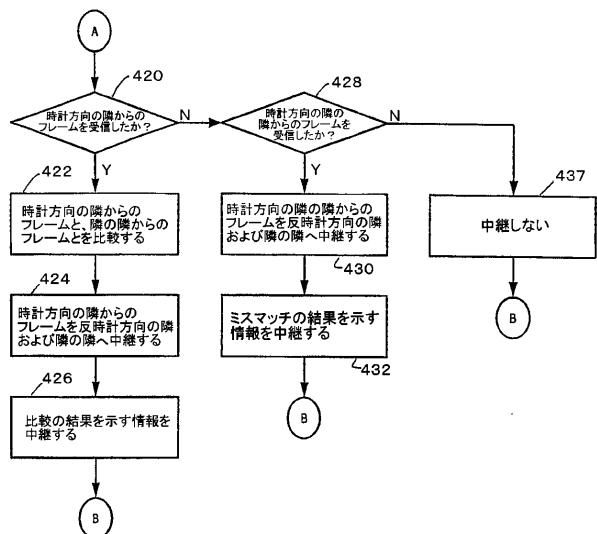


350

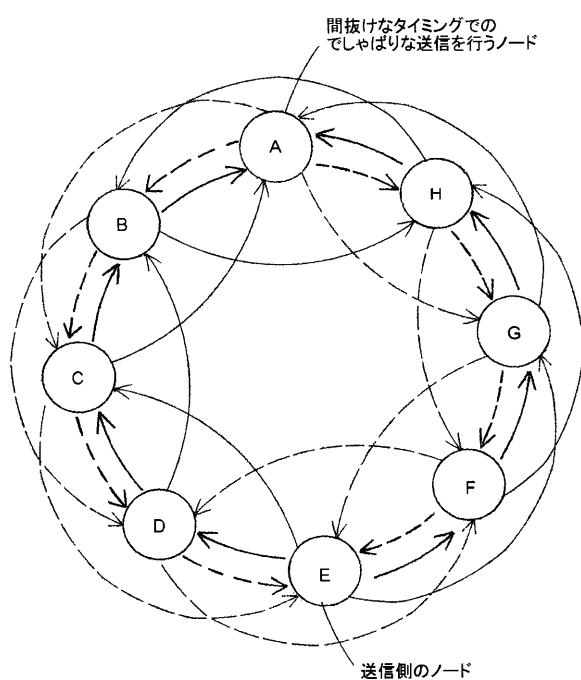
【図4-A】



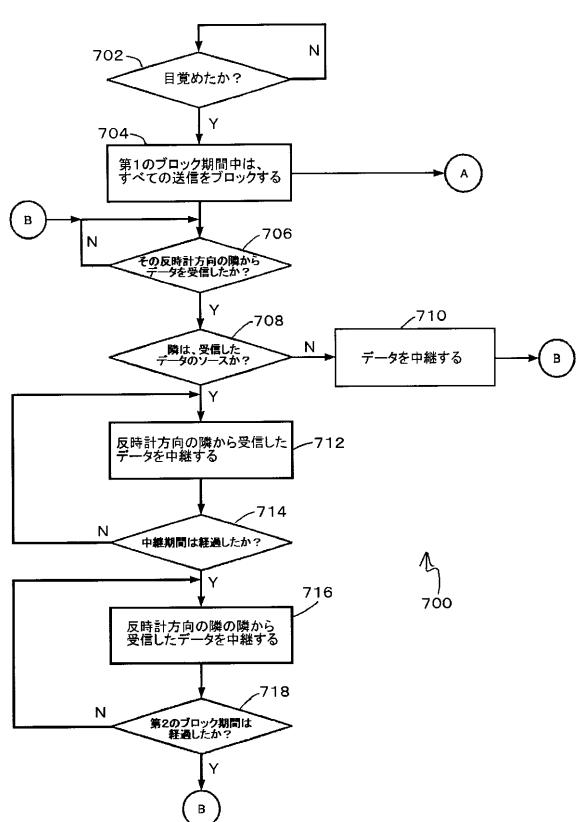
【図4-B】



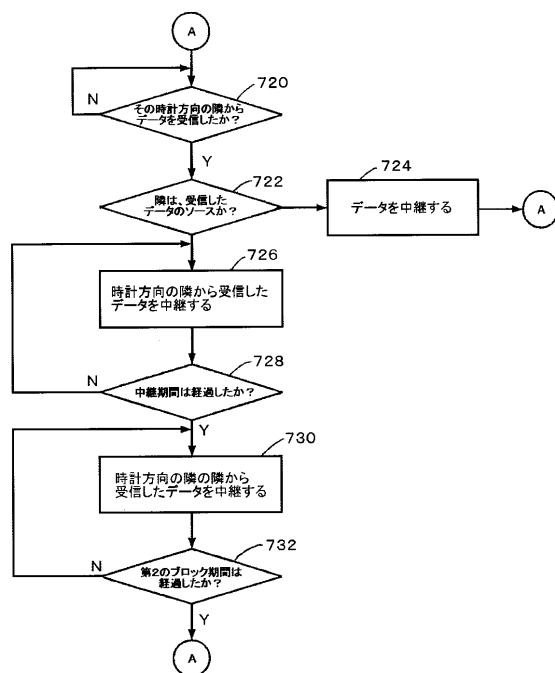
【図6】



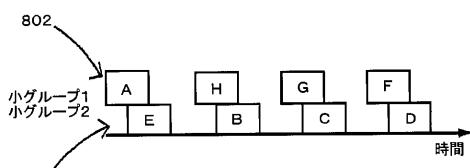
【図7-A】



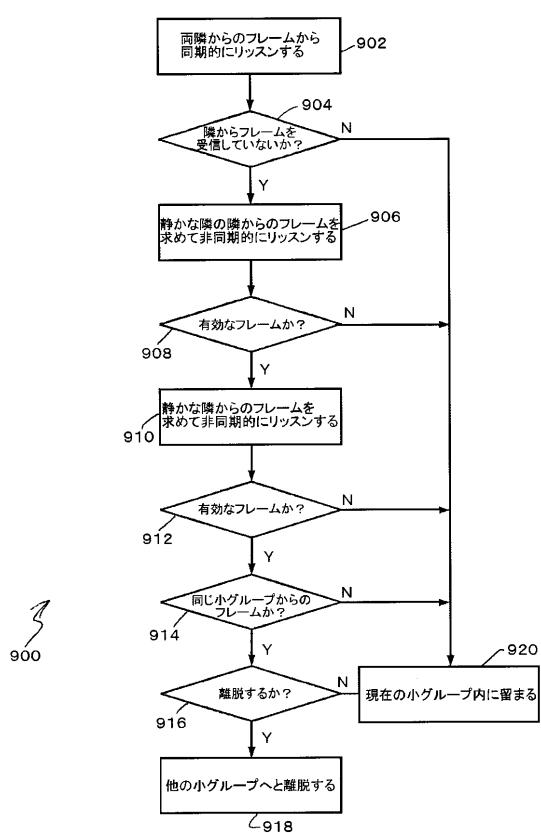
【図7-B】



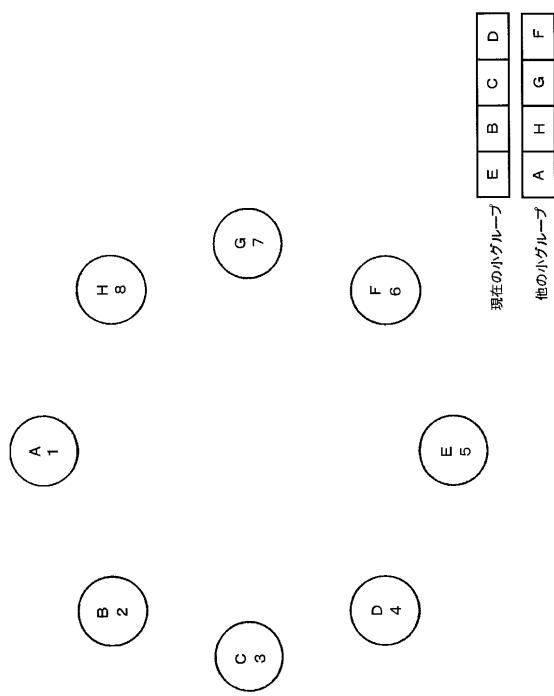
【図8】



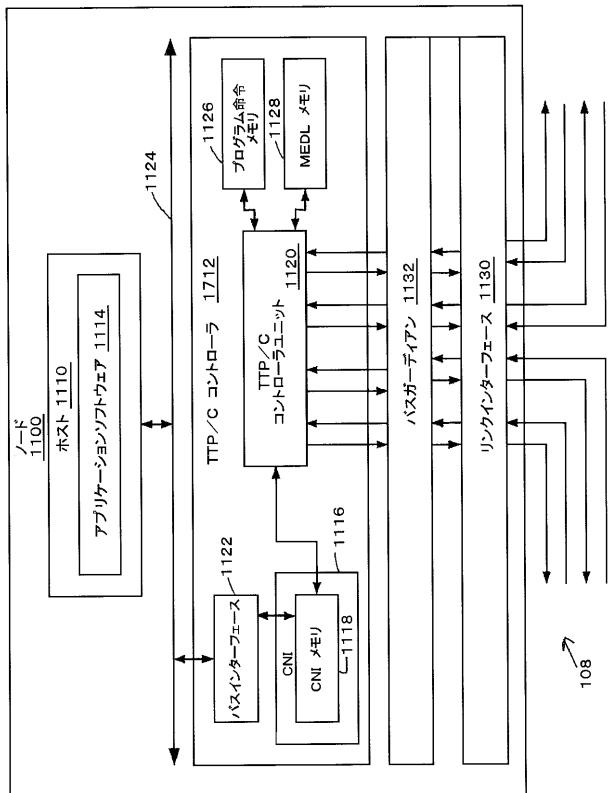
【図9】



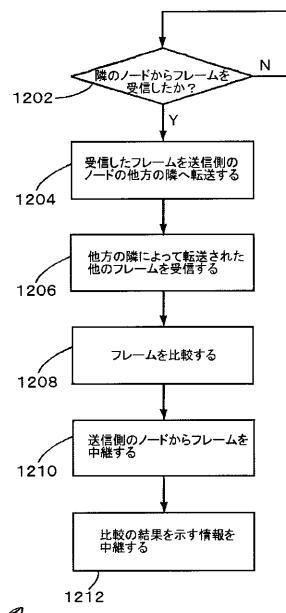
【図10】



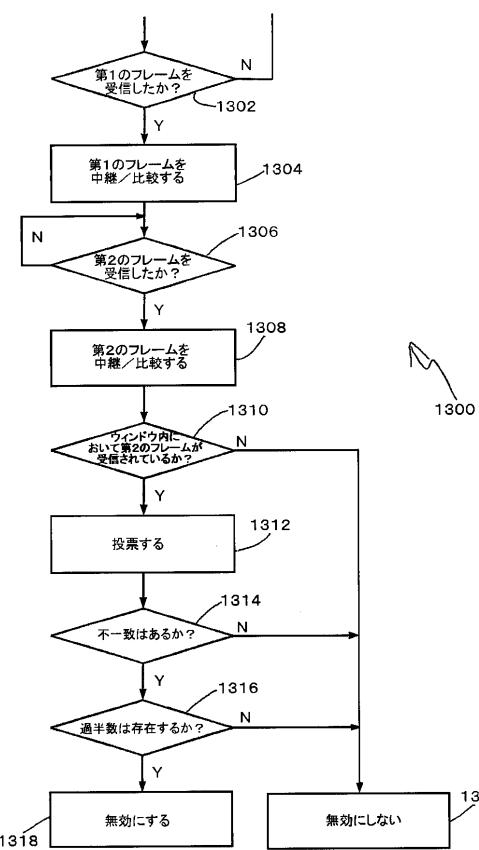
【図11】



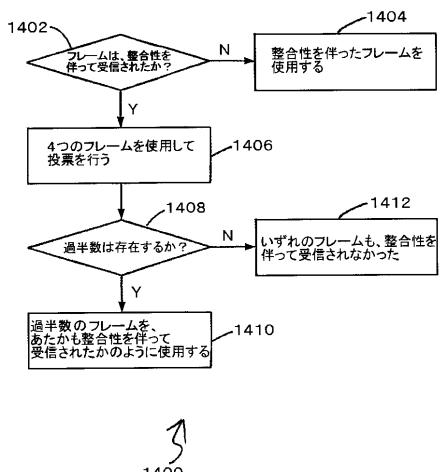
【図12】



【図13】



【図14】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/US2004/039265
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H04L12/43		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H04L		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KOPETZ H ET AL: "TTP - A PROTOCOL FOR FAULT-TOLERANT REAL-TIME SYSTEMS" COMPUTER, IEEE COMPUTER SOCIETY, LONG BEACH., CA, US, US, vol. 27, no. 1, January 1994 (1994-01), pages 14-23, XP000426338 ISSN: 0018-9162 See the whole document and in particular the paragraph "membership service" on page 19. ----- P, A	1-10
	EP 1 365 543 A (ROBERT BOSCH GMBH) 26 November 2003 (2003-11-26) paragraphs '0006!', '0007!', '0015! paragraphs '0022! - '0025!; figures 1,2 ----- -/-	1-10
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the International filing date "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "C" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the International search 21 April 2005		Date of mailing of the International search report 29/04/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax. (+31-70) 340-3016		Authorized officer Kreppel, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		PCT/US2004/039265
C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2002/087763 A1 (WENDORFF WILHARD VON) 4 July 2002 (2002-07-04) paragraphs '0050! - '0053!; figure 4	1-10
A	EP 1 280 024 A (MOTOROLA INC; ROBERT BOSCH GMBH; DAIMLERCHRYSLER AG; BAYERISCHE MOTORE) 29 January 2003 (2003-01-29) paragraphs '0035! - '0047!; figures 1,2	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

PCT/US2004/039265

Patent document cited in search report	Publication date		Patent family member(s)	Publication date
EP 1365543	A 26-11-2003	DE DE EP JP US	10223007 A1 20220280 U1 1365543 A2 2004007691 A 2004073698 A1	11-12-2003 02-10-2003 26-11-2003 08-01-2004 15-04-2004
US 2002087763	A1 04-07-2002	DE WO	19922171 A1 0069117 A2	23-11-2000 16-11-2000
EP 1280024	A 29-01-2003	EP DE WO JP US	1280024 A1 20121466 U1 03010611 A1 2004536538 T 2005013394 A1	29-01-2003 27-02-2003 06-02-2003 02-12-2004 20-01-2005

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IS,IT,LU,MC,NL,PL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,L,V,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,NA,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 100096013

弁理士 富田 博行

(72)発明者 ホール, ブレンダン

アメリカ合衆国ミネソタ州 55347, エデン・ブレイリー, バルサム・レーン 10324

(72)発明者 ドリスコル, ケヴィン・アール

アメリカ合衆国ミネソタ州 55369-5222, メイプル・グロウヴ, ウエスト・ティンバー・
レーン 7249

F ターム(参考) 5K031 AA08 DA11 EA03 EB08

【要約の続き】

ムが、双方とも同じ同じ他の小グループからのものである場合に、そのノードが現在の小グループから他の小グループへと離脱すべきかどうかを判断するステップとをさらに含む。