

(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2008-283673  
(P2008-283673A)

(43) 公開日 平成20年11月20日(2008.11.20)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
**H04Q 7/20 (2006.01)** H04Q 7/00 461 5K067  
 H04Q 7/00 633

審査請求 有 請求項の数 10 O L 外国語出願 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2008-81267(P2008-81267)  
 (22) 出願日 平成20年3月26日(2008.3.26)  
 (31) 優先権主張番号 11/692,278  
 (32) 優先日 平成19年3月28日(2007.3.28)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(特許庁注:以下のものは登録商標)

1. Bluetooth

(71) 出願人 591268346  
 ハリス・コーポレーション  
 HARRIS CORPORATION  
 アメリカ合衆国、フロリダ州 32919  
 、メルバーン、ウエスト ナサ ブルバード 1025  
 (74) 代理人 230104019  
 弁護士 大野 聖二  
 (74) 代理人 100106840  
 弁理士 森田 耕司  
 (74) 代理人 100105038  
 弁理士 田中 久子  
 (74) 代理人 100113549  
 弁理士 鈴木 守

最終頁に続く

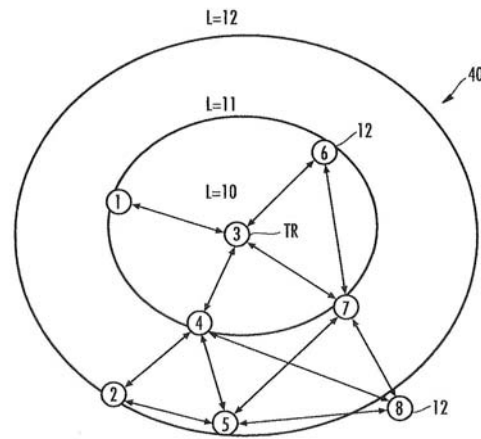
(54) 【発明の名称】 アドホックネットワークにおける同期化およびタイミングソース優先度

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】アドホックネットワークにおける、帯域幅効率に優れた強固なタイミング同期機能を提供する。

【解決手段】移動ノードは、制御部と無線通信装置とを含み、制御部および無線通信装置は、共に協働して、少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数を示すホップカウントを有するタイミング同期ビーコンを生成して送信し、近隣ノードからタイミング同期ビーコンを受信し、少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数に基づいて、近隣ノードとの間でノード通信タイミングを同期させる。タイミング基準ノードは、ホップカウントにより規定されるレベルを含むタイミングソース優先度ツリーに基づいて、他の移動ノードと協働してよい。タイミング基準ノードは、タイミングソース優先度ツリーの開始レベルにある。他のノードは、タイミングソース優先度ツリーの、開始レベルよりも高いレベルにある。

【選択図】 図3



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

少なくとも 1 つのタイミング基準ノードを含む少なくとも 1 つの移動ノード群を備える移動アドホックネットワークであって、

各移動ノードは、制御部と無線通信装置とを備え、前記制御部および前記無線通信装置は、共に協働して、

前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードまでのホップ数を示すホップカウントを有するタイミング同期ビーコンを生成して送信し、

近隣ノードからタイミング同期ビーコンを受信し、

前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードまでの前記ホップ数に基づいて、近隣ノードとの間でノード通信タイミングを同期させることを特徴とする移動アドホックネットワーク。 10

## 【請求項 2】

前記制御部および前記無線通信装置は、協働して、前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードとの間で、または自身の移動ノードよりも前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードに近い近隣ノードとの間で、ノード通信タイミングを同期させることを特徴とする請求項 1 に記載の移動アドホックネットワーク。

## 【請求項 3】

前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードは、ホップカウントにより規定されるレベルを含むタイミングソース優先度ツリーに基づいて、他の移動ノードと協働することを特徴とする請求項 1 に記載の移動アドホックネットワーク。 20

## 【請求項 4】

前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードは、前記タイミングソース優先度ツリーの開始レベルにあることを特徴とする請求項 3 に記載の移動アドホックネットワーク。

## 【請求項 5】

前記他の移動ノードは、前記タイミングソース優先度ツリーの、前記開始レベルよりも高いレベルにあり、前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードまでの前記ホップ数に対応していることを特徴とする請求項 4 に記載の移動アドホックネットワーク。

## 【請求項 6】

前記制御部および前記無線通信装置は、協働して、より低いレベルの群のノードとの間でノード通信タイミングを同期させることを特徴とする請求項 5 に記載の移動アドホックネットワーク。 30

## 【請求項 7】

少なくとも 1 つのタイミング基準 (TR) ノードを含む移動ノード群をアドホックネットワーク内で動作させる方法であって、

前記群の各ノードが前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードまでのホップ数を示すホップカウントを有するタイミング同期ビーコンを生成して送信することと、

前記各ノードが近隣ノードからタイミング同期ビーコンを受信することと、

前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードまでの前記ホップ数に基づいて、近隣ノードとの間でノード通信タイミングを同期させることと、 40  
を含む方法。

## 【請求項 8】

前記同期させる動作は、各ノード自身よりも前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードに近い近隣ノードとの間で、ノード通信タイミングを同期させることを含むことを特徴とする請求項 7 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードは、ホップカウントにより規定されるレベルを含むタイミングソース優先度ツリーに基づいて他の移動ノードと協働し、前記少なくとも 1 つのタイミング基準ノードは、前記タイミングソース優先度ツリーの開始レベルにあり、前記他の移動ノードは、前記タイミングソース優先度ツリーの、前記開始レベルよ 50

りも高いレベルにあり、前記少なくとも1つのタイミング基準ノードまでの前記ホップ数に対応していることを特徴とする請求項7に記載の方法。

【請求項10】

前記同期させる動作は、より高いレベルの群のノードのノード通信タイミングを、より低いレベルの群のノードと同期させることを含むことを特徴とする請求項9に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信の分野に関し、特に、アドホックネットワークにおける無線通信及び関連する方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ここ10年の間、無線ネットワークはますます発展を遂げてきた。最も急速に発展している領域の1つが、移動(モバイル)アドホックネットワークである。物理的にいうと、移動アドホックネットワークは、共通の無線チャネルを共有する、地理的に分散した移動可能ないくつかのノードを含む。セルラーネットワークまたは衛星ネットワークといった他の種類のネットワークと比較すると、移動アドホックネットワークの最も顕著な特徴は、固定インフラをもたないということである。このネットワークは移動ノードのみで形成されてよく、ノードどうしが互いに伝送し合うと、「その場で」ネットワークが作られる。このネットワークは、特定のノードに依存せず、いくつかのノードがネットワークに参加したり他のノードがネットワークから離れたりに応じて、動的に適応する。

【0003】

無線ローカルエリアネットワーク(WLAN)のネットワーク用製品を管理する規格は、IEEEによって発行される一連の仕様によって規定され、IEEE 802.11規格として知られており、引用することにより全体としてここに組み込まれているものとする。この規格は、同期メカニズムを含む無線PHY層とMAC層との両方の動作を規定する。同期メカニズムは、一定の時間軸を提供するために用いられる。

【0004】

例えば、タイミング同期機能は、同じ基本サービスセット(BSS)内のすべてのノードのタイマを同期させておく動作をする。各ノードは、各々のローカルタイマを維持する。従来のWLANインフラネットワークにおいては、アクセスポイントがタイミングマスターであり、タイミング同期機能を実装するように動作する。アクセスポイントは、自身のタイミング同期機能タイマの複製を含むビーコンと呼ばれる特別なフレームを、定期的を送信する。このビーコンは、アクセスポイントに同期するために他のノードによって用いられる。ノードは、BSSを提供しているアクセスポイントからビーコンにて受信するタイミング情報を常時受け付ける。ノードのタイマが受信されたビーコンのタイムスタンプと異なっていたら、受信ノードは、自身のローカルタイマを、受信したタイムスタンプの値に設定する。

【0005】

アドホックネットワークの場合、タイミング同期は、典型的には、構成ノードによって実行される分散型アルゴリズムを用いて実装される。各ノードは、802.11規格で定められたアルゴリズムに従って、自身のビーコンを送信する。各ノードは、自身のタイマよりも遅いタイミング同期機能値を有するビーコンまたはプローブ応答から受信したタイミングを採用する。ノードは、公称速度でビーコンを受信する必要がある。ビーコン送信の間隔は、ノードのビーコン期間パラメータによって規定される。ビーコンを送るノードは、タイムスタンプの第1ビットがPHYへ伝送された時のノードのタイミング同期機能タイマの値に、ノードのローカルPHYを経由してのMAC-PHYインターフェースから無線媒体(すなわちアンテナ等)のインターフェースまでのノードの伝送遅れを加えたものに等しくなるように、タイムスタンプの値を設定する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 6 】

時分割多元接続 ( T D M A ) に基づくアドホックネットワークは、ノードの移動や、無線クロックのドリフト、異なるタイミング基準をもつノード群どうしの結合により、同期の問題を被りやすい。タイミング基準は、共通フレームの開始時刻である。ネットワーク同期エラーには、他にも多くの原因がある。

## 【 0 0 0 7 】

タイミング基準エラーを訂正するにあたっては、さまざまな問題が存在する。例えば、ノードは、ネットワークにおけるタイミングエラーを訂正するため、タイミング基準パケットをブロードキャストすることができる。しかし、タイミング基準ノードがエラーの状態を把握するには、ある程度の時間がかかるか、またはタイミング基準情報の継続的なフラッディングが必要となりかねない。

10

## 【 0 0 0 8 】

現在の手法は、タイミング基準パケット ( T R P ) をネットワークにフラッディングすることを含むが、帯域幅の消費が懸念である。ネットワークがネットワーククロックを維持する場合、T R P は、タイムスタンプを用いて正しいタイミング基準を表す。例えば、ある 8 0 2 . 1 1 型のネットワークは、共通のネットワーククロックを保持する。不安定なリンクがあると、タイミング基準パケットのたった 1 回のフラッディングをすべてのノードが受け取れるとは限らず、フラッディングが多数回、または定期的に行われなければならない場合がある。タイミング基準パケットは、クロックドリフトのため、定期的に送られる必要がある。ネットワーククロックが維持されていない ( タイミング基準の識別情報は配信されるが、基準時刻が配信されない ) 場合、T R P は固有のパケット I D を含んでよいので、T R P を受信したどのノードであっても、タイミング基準ノードの正しい識別を得ることはできる。タイミング基準ノードは、同期エラーが検出されたか、または T R P が定期的にフラッディングされたかについて通知される。しかしながら、タイミング基準の曖昧さは、しばらくの間解消されない恐れがある。

20

## 【 0 0 0 9 】

もう 1 つの従来手法は、8 0 2 . 1 5 . 2 M A C プロトコルへのアドホック拡張である ( ラトガーズ大学 W I N L A B で開発された ) 。群は、1 つのビーコンに 2 つのキーを用いる。キーは、群 I D のようなものである。キーは、同期ステータスと構成員としての地位とを示すために用いられる。2 つのうちどちらも、群を識別するために用いられ得る。すべての構成ノードによって共有されるこの 2 つのキーは、異なる終了タイムスタンプを有する。2 つのキーは、期間が終了すると、再び生成されてすべての構成員へ再び配信される。群がキーの終了期間よりも長く離れたままでいると、各群で循環させられる現在のキーは、異なるものになる。下位の群どうしが結合すると、通常必要とされる再同期プロセスを経ることになる。ただし、2 つのタイミング基準ノードが存在することが、各群のすべてのノードにとってただちに明らかとなる。

30

## 【 0 0 1 0 】

この手法は、群どうしが同時に結合する時に複雑なものとなってしまいかねない。これは、いずれかの群、または両方の群で、新しいキーが生成され再配信されているからである。この手法のもう 1 つの欠点は、2 つのキーによる帯域幅の消費である。H P - N E T においては、2 0 ビットから 3 0 ビットのキーが、各ノードがネットワーク制御タスクに割り当てた帯域幅の、かなりの量を消費してしまうことになる。

40

## 【 0 0 1 1 】

階層型無線ネットワークにおける装置の同期に関する参考文献は多数あり、そこでは 1 つまたはいくつかの同期したマスタがタイムサーバとして動作する。例えば、2 0 0 3 年 3 月 3 1 日に出願された「制御チャネルを動作チャネルに同期させる方法」 ( Method For Synchronizing A Control Channel To A Working Channel ) と題する米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 1 9 0 4 8 7 号は、制御チャネルを動作チャネルに同期させる方法に関する。また、米国特許第 6 , 7 9 2 , 2 4 7 号は、無線ネットワークにおいて受信を同期させる方法に関するものであり、そこでは、データパケットが送信される前に、特殊な形式

50

の同期パケットが送信される。米国特許第 6, 785, 253 号および米国特許第 6, 622, 022 号もまた、階層型無線ネットワークを同期させる方法を開示しており、ここでは、少なくとも 1 つのノードが、フレーム同期サービスの提供を担当する中央転送ノードまたは主ネットワークノードとして選択される。さらに、米国特許第 6, 546, 026 号は、無線アプリケーション（例えば TDMA）において時刻同期を改良する方法に関する。

【0012】

GPS タイミング信号を用いてセルラー無線ネットワークを同期させる方法も、米国特許第 6, 542, 754 号および米国特許第 6, 538, 600 号に見られる。また、米国特許第 6, 466, 608 号は、ネットワークの階層構造を定義することが必要な同期方法に関するものであり、ここでは、指定されたマスタノードによって同期手順が制御される。さらに、米国特許第 5, 812, 547 号は、固定タイムスロットに、または中央からのタイミング取りの仕組みに依存することなく、無線ネットワークにおいてデータパケットを送信する方法に関する。

10

【0013】

米国特許第 6, 594, 273 号は、アドホックマルチホップネットワークにおいて通信する方法に関するものであり、ここでは、ネットワークは、能動的なターミナルおよび受動的なターミナルを含み、能動的なターミナルのみが、ルーティングおよび同期に関与する。米国特許第 6, 807, 165 号および米国特許第 5, 699, 388 号は、独特な時刻源を用いてネットワークにおいて上流の端末から下流の端末へ同期を伝播する方法を提示している。さらに、2002 年 7 月 5 日に出願された「無線ネットワークにおいてクロックドリフトを訂正し低品質なクロックの同期を維持するシステムおよび方法」(System and method for correcting the clock drift and maintaining the synchronization of low quality clocks in wireless networks) と題する米国特許出願公開第 2004/0005902 号は、ネットワークマスタとして動作する基準クロックを用いてあらゆる精度での端末の同期を可能にする方法に関する。

20

【特許文献 1】米国特許出願公開第 2004/0190487 (A1) 号明細書

【特許文献 2】米国特許第 6, 792, 247 号明細書

【特許文献 3】米国特許第 6, 785, 253 号明細書

【特許文献 4】米国特許第 6, 622, 022 号明細書

30

【特許文献 5】米国特許第 6, 546, 026 号明細書

【特許文献 6】米国特許第 6, 542, 754 号明細書

【特許文献 7】米国特許第 6, 538, 600 号明細書

【特許文献 8】米国特許第 6, 466, 608 号明細書

【特許文献 9】米国特許第 5, 812, 547 号明細書

【特許文献 10】米国特許第 6, 594, 273 号明細書

【特許文献 11】米国特許第 6, 807, 165 号明細書

【特許文献 12】米国特許第 5, 699, 388 号明細書

【特許文献 13】米国特許出願公開第 2004/0005902 (A1) 号明細書

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0014】

本発明は、上記背景に鑑みており、その目的は、アドホックネットワークにおいて、帯域幅効率に優れた強固なタイミング同期機能を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明によるこの、または他の目的、特徴、および効果は、少なくとも 1 つのタイミング基準 (TR) ノードを含む少なくとも 1 つの移動ノード群 (グループ) を含む移動 (モバイル) アドホックネットワークによって提供される。各移動 (モバイル) ノードは、制御部と無線通信装置とを含み、制御部および無線通信装置は、共に協働して、少なくとも

50

1つのタイミング基準ノードまでのホップ数を示す各移動ノードのホップカウントを有するタイミング同期ビーコンを生成して送信し、近隣ノードからタイミング同期ビーコンを受信し、少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数に基づいて、近隣ノードとの間でノード通信タイミングを同期させる。

【0016】

少なくとも1つのタイミング基準ノードは、全地球測位システム(GPS)に支援されたノードを含んでよい。制御部および無線通信装置は、協働して、各移動ノードのホップカウントを定期的に更新してよく、および/または、少なくとも1つのタイミング基準ノードとの間で、もしくは自身のノードよりも少なくとも1つのタイミング基準ノードに近い近隣ノードとの間で、ノード通信タイミングを同期させてよい。ビーコンは、それぞれの群IDを含んでよい。

10

【0017】

さらに、少なくとも1つのタイミング基準ノードは、ホップカウントにより規定されるレベル(水準)を含むタイミングソース優先度ツリーに基づいて、他の移動ノードと協働してよい。少なくとも1つのタイミング基準ノードは、タイミングソース優先度ツリーの開始レベルにある。他のノードは、タイミングソース優先度ツリーの、開始レベルよりも高いレベルにあり、少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数に対応する。制御部および無線通信装置は、協働して、より低いレベルの群のノードとの間でノード通信タイミングを同期させてよい。

【0018】

方法の態様は、少なくとも1つのタイミング基準(TR)ノードを含む移動ノード群をアドホックネットワーク内で動作させる方法を指向したものである。この方法は、群の各ノードが少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数を示す各ノードのホップカウントを有するタイミング同期ビーコンを生成して送信することと、各ノードが近隣ノードからタイミング同期ビーコンを受信することと、少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数に基づいて近隣ノードとの間でノード通信タイミングを同期させることを含む。

20

【0019】

各ノードは、それぞれのホップカウントを定期的に更新してよい。また、同期動作は、各ノード自身よりも少なくとも1つのタイミング基準ノードに近い近隣ノードとの間で、ノード通信タイミングを同期させることを含んでよい。少なくとも1つのタイミング基準ノードは、ホップカウントにより規定されるレベルを含むタイミングソース優先度ツリーに基づいて、他のノードと協働してよく、その際、少なくとも1つのタイミング基準ノードは、タイミングソース優先度ツリーの開始レベルにあり、他の移動ノードは、タイミングソース優先度ツリーの、開始レベルよりも高いレベルにあり、少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数に対応する。同期動作は、より高いレベルの群のノードのノード通信タイミングを、より低いレベルの群のノードと同期させることを含んでよい。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、添付の図面を参照して、本発明をさらに十分に説明する。添付の図面には、本発明の好ましい実施の形態が示されている。しかしながら、本発明は、多くの異なる形態で実施されてよく、ここに示された実施の形態に限定されると解釈されるべきではない。むしろ、これらの実施の形態は、この開示が徹底的かつ完全となるように、そして、この開示によって本発明の範囲が当業者に十分に伝わるように、提供されている。なお、全体を通して、同一の番号は、同一の要素を指すものとする。

40

【0021】

本発明の手法が、特定の通信規格(無線または他のもの)での利用に限定されないこと、そして、多くの無線(または有線)通信規格での利用に適合させられ得ることは、当業者の認めるところである。これらの無線(または有線)通信規格には、例えば、GSM進化型高速データレート(Enhanced Data rates for GSM Evolution、EDGE)、汎用パ

50

ケット無線サービス (General Packet Radio Service、GPRS) または拡張 GPRS (Enhanced GPRS、EGPRS)、拡張データレートブルートゥース (extended data rate Bluetooth)、広帯域符号分割多元接続 (WCDMA)、無線 LAN (WLAN)、ウルトラワイドバンド (UWB)、同軸ケーブル、レーダー、光学式などがある。さらに、本発明は、特定の PHY または無線の種類での利用に限定されず、他の互換性のある技術にも同様に適用できる。

#### 【0022】

この説明の全体を通して、通信装置という用語は、媒体を介してデータを送信、受信、または送受信するよう構成されたあらゆる装置または仕組み、と定義されることに留意されたい。通信装置は、RF、無線、赤外線、光学式、有線、マイクロ波等といった、あらゆる好適な媒体を介して通信するよう構成されてよい。無線通信の場合、通信装置は、RF 送信機、RF 受信機、RF 送受信機、またはこれらのあらゆる組み合わせを備えてよい。無線通信は、高周波通信、高指向性アンテナを介した長距離見通し内通信もしくは短距離通信などを例とするマイクロ波通信、および/または赤外線 (IR) 短距離通信を含む。また、応用例としては、1対1通信、1対多通信、一斉同報通信、セルラーネットワーク等の無線ネットワークを含んでよい。

10

#### 【0023】

図1(a)から図1(f)は、内部で同期のとれた2つの群またはクラスタ (X: A & B、Y: C) として現在動作している移動ノード12の例示的ネットワーク10の簡略図であり、ノードどうしを接続する無線リンク14を示している。ネットワーク10は、ラップトップコンピュータ、携帯情報端末 (PDA)、または携帯電話といった複数の移動ノード12を含み、複数の移動ノード12は、無線通信リンク14で接続されているが、これは当業者であれば認めるところであろう。リンク14は、ネットワークにおける基本接続であり、単に、あらゆる2つのノード12の間の物理リンクである。ノードについて記述する情報としては、ノードID (IPアドレス、ATMアドレス等) や、入手可能であれば位置情報などが含まれる。このようなネットワークは、移動アドホック無線通信システムとなり得る。このようなネットワークの例は、本発明の譲受人に譲渡された米国特許第6,763,013号および米国特許第6,754,192号、ならびに米国特許出願公開第2005/0053003号および米国特許出願公開第2004/0203820号に示されており、これらの開示は、引用することにより全体として組み込まれているものとする。

20

30

#### 【0024】

アドホックネットワークにおいて、クラスタは、トポロジ的に接続されたノードの群であり、これらのノードは、群において構成員としての地位を共有する。クラスタは、1ホップまたは多数のホップに及ぶことができる。クラスタのタイミング基準 (TR) ノードは、クラスタの役に立つ特定の機能を有する。どのノードがTRノードになってもよく、TRのノードIDは、少なくともタイミング同期の点に関しては、群IDに用いられてよい。群内には1以上のTRノードが存在してよく、また、現在のTRノードの電源が落とされた時、または現在のTRノードがネットワークもしくは群を離れた時は、新しいTRノードが選ばれるものとする。

40

#### 【0025】

図4を参照しさらに具体的に述べると、ノード12は、MANET (移動アドホックネットワーク) 内で通信することのできる、任意の好適な種類の移動装置であってよく、例えば無線通信装置20を含み、そして当業者に理解されるように他の装置を含む。もちろん、必要であれば、いくつかの応用例において、いくつかのノード12が固定通信インフラに任意に接続されてよいこともまた認められるであろう。

#### 【0026】

さらに、移動ノード12は制御部22を例示的に含む。制御部22の動作については後述する。制御部22は、例えば、マイクロプロセッサ、メモリ、ソフトウェア等を用いて実装されてよく、これは当業者には認められるであろう。また、関連付けられたメモリ2

50

4も含まれてよい。さらに、無線通信装置20は、例示的に示されている1つまたは複数の関連付けられたアンテナ26だけでなく、無線モデム、無線ローカルエリアネットワーク(LAN)装置、携帯電話装置等も含んでよい。例えば、1つ以上のフェーズドアレイアンテナが(他の好適なアンテナと同様に)用いられてもよく、これは当業者には認められるであろう。

#### 【0027】

再び図1(a)から図1(f)を参照して、同期エラーを引き起こす可能性のある一連のイベントの例について説明する。群X:A&Bおよび群Y:Cは、互いには同期していないが、内部では、それぞれのTRノードであるXTRおよびYTRと同期している(図1(a))。これら2つの群X:A&Bおよび群Y:Cは、結合しようとしているところである。図1(b)において、群Xは、一時的に群X:Aと群X:Bとに分離される。次に群X:Bは、群Y:Cと同期して、図1(c)に描かれているように、タイミング基準ノードとしてのYTRをもつ群Y:Bになる。図1(d)において、タイミング基準ノードYTRは使用不可となるので、タイミング同期がXTRに戻され(図1(e))、それにより群X:B&Cが作成される。その際、群X:Aは、まだ自身がタイミング基準ノードXTRと同期していると認識している(図1(f))。結果として、結合した群Xは、タイミング同期エラーのために分裂してしまうことになる。

10

#### 【0028】

次に、図2Aおよび図2Bを参照して、タイミング同期の問題についてさらに詳しく説明する。図2Aに示すように、ノード1、ノード3、ノード4、およびノード8のTDMAフレームは、ノード2、ノード5、ノード6、およびノード7のTDMAフレームと同期していない。従来手法によると、ノード3が群30のタイミング基準(TR)ノードである場合、ノード3は、群またはネットワークにおけるタイミングエラーを訂正するために、タイミング基準パケットをブロードキャストしてよい。しかし、この手法には、ある程度の時間がかかるか、またはタイミング基準情報の継続的なフラッディングが必要となりかねない。従って、同期エラーを訂正するための、より帯域幅効率に優れた適時な手法が必要である。

20

#### 【0029】

本発明の手法は、アドホックネットワークにおいて、帯域幅効率に優れた強固なタイミング同期機能を提供する。同手法について、図3および図4を参照して説明する。この移動アドホックネットワークは、移動ノード12で構成された少なくとも1つの群40を含み、ノード群は少なくとも1つのタイミング基準(TR)ノードを含む。各移動ノード12は、制御部22と無線通信装置20とを含み、制御部22および無線通信装置20は、共に協働して、少なくとも1つのタイミング基準ノードTRまでのホップ数を示すそれぞれのホップカウントを有するタイミング同期ビーコンを生成して送信する。ノード12は、近隣ノードからタイミング同期ビーコンを受信し、少なくとも1つのタイミング基準ノードTRまでのホップ数に基づいて、近隣ノードとの間でノード通信タイミングを同期させる。

30

#### 【0030】

ビーコンは、周囲へ中継されることのできる、凝縮された小さなメッセージであり、ノードIDフィールドと、パラメータ値フィールドとを含んでよい。パラメータ値フィールドは、例えば、TRノードまでのホップ数を示すものである。ビーコンは、ビーコンの送信範囲を規定する群IDフィールドをさらに含んでよい。

40

#### 【0031】

少なくとも1つのタイミング基準ノードTRは、全地球測位システム(GPS)に支援されたノードを含んでよい。制御部22および無線通信装置20は、協働して、それぞれのホップカウントを定期的に更新してよく、および/または、少なくとも1つのタイミング基準ノードTRとの間で、もしくは少なくとも1つのタイミング基準ノードTRに自身よりも近い近隣ノードとの間で、ノード通信タイミングを同期させてよい。

#### 【0032】

50

さらに、少なくとも1つのタイミング基準ノードTRは、ホップカウントにより規定されるレベル（例えば、図3に示すようにL = 10、L = 11、およびL = 12）を含むタイミングソース優先度ツリーに基づいて、他の移動ノード12と協働してよい。少なくとも1つのタイミング基準ノードTRは、タイミングソース優先度ツリーの開始レベル（例えばL = 10）にある。他のノード1、ノード4、ノード6、およびノード7（例えばL = 11）ならびにノード2、ノード5、およびノード8（例えばL = 12）は、タイミングソース優先度ツリーの、開始レベルよりも高いレベルにあり、少なくとも1つのタイミング基準ノードTRまでのホップ数に対応する。各ノードの制御部22および無線通信装置20は、協働して、より低いレベルの群のノードとの間でノード通信タイミングを同期させてよい。

10

#### 【0033】

方法の態様は、移動ノード12で構成された群40をアドホックネットワーク内で動作させる方法を指向したものであり、ノード群は少なくとも1つのタイミング基準（TR）ノードを含む。この方法は、群の各ノード12が少なくとも1つのタイミング基準ノードTRまでのホップ数を示すそれぞれのホップカウントを有するタイミング同期ビーコンを生成して送信することと、各ノードが近隣ノード12からタイミング同期ビーコンを受信することと、少なくとも1つのタイミング基準ノードまでのホップ数に基づいて近隣ノードとの間でノード通信タイミングを同期させることとを含む。

#### 【0034】

本発明のタイミング同期手法は、タイミングソース優先度動的ホップカウント（TSDH）手法と呼ばれてよく、そこでは、各ノードが、群IDとホップカウント（TSDH）を各自のビーコンで通知する。タイミング基準（TR）ノードは、タイミング基準の役割を果たす。例えば分散アルゴリズムによって、単一のTRが選ばれる。GPSタイミングをもつノードがある場合は、GPSに支援されたノードのそれぞれが、TRノードの役割を果たすことができる。ホップカウントは、特定のノードがTRからどれくらい離れているかを示すものである。また、TRはルートノードになり、その他のノードはルートノードにぶら下がる子ノードとなって、ツリー構造を形成する。GPSに支援されたノードが複数ある場合は複数のTSDHツリー構造が可能である。

20

#### 【0035】

GPSに支援されたノードは、自動的に更新されてよい。例えば、TRノード（GPS用）は、L = 0というTSDHレベルを有してよく、一方TRノード（非GPS用）は、L = 10というTSDHレベルを有してよい。この特徴により、全ネットワークがGPSノードと同期させられる。TSDHによれば、再同期が可能である。これは、ネットワークのいずれかの部分がタイミング同期エラーを起こすと、タイミングを訂正する向きが、TSDHツリーのルートノードへ向けて方向付けされるからである。TSDHツリーの維持には、3つの単純なルールがあってよい。すなわち、ルール1は、例えば、GPSに支援されていればL = 0、非GPSのTRノードにはL = 10というように、ルートノードのTSDH値は時間によらず不変とする、というものである。ルール2は、他のノードは自身のホップカウントを定期的に更新する、というものである。そして、ルール3は、ノードの通知されるTSDH最大値を、 $TSDH = \min(\text{近隣のTSDH}) + 1$ 、とするというものである。これにより、TSDHツリーのルートとブランチおよびリーフとの間に張力が生まれる。言い換えると、ネットワークの端部において、TSDHはより高く飛び上がろうとしており、ルートノードはその鎖をまっすぐに引き寄せる。図3の例では、ノード3は、GPSに基づいており、TSDHツリーのルートとなっている。ノード2（TSDH = 2）は、ノード4およびノード5とは異なるタイミングを有する。ノード2は、ツリーにおける親ノードであるノード4（TSDH = 1）と同期することになる。

30

40

#### 【0036】

本発明の手法は、ノードの移動およびトポロジの変化によりホップカウント（TSDH）が自動的にかつ動的に更新されるので、帯域幅効率に優れる。また、TSDHツリーが、自動的に維持され、また分散型となっているので、トポロジ情報パケットやトポロジ情報

50

メッセージが不要である。本手法は、不安定なリンクをもつアドホックネットワークにおいて強固である。TSDH値は、少ないビットで表すことができる。

【0037】

再同期機能（例えば一連のタイミング訂正）は、より即時的である。本手法は、ネットワーク全体に効果が及ぶ。自動的なGPSによる支援は、GPSタイミングへ自動的に同期されることを含む。GPSに基づくノードには、例えば0という最小値が与えられる。GPSに基づくノードがネットワーク内に多数存在するときは、クロックドリフト問題が緩和されるので、ネットワークタイミング追跡（例えば小さなタイミング訂正）が処理される。あらゆるGPSノードの周辺において、ネットワークタイミングが局所的に安定化されている。また、近隣ノードのうちで局所的に知られている、より優先度の高いタイミングソースの検知により、重み付けされたタイミング訂正を実現できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0038】

【図1】図1(a)から図1(f)は、アドホックネットワークにおける、それぞれ同期した2つのノード群の一連の結合段階を説明する概略図である。

【図2A】図2Aは、図3のノード1からノード8までについて、TDMAフレーム番号を説明する概略的な信号タイミング図である。

【図2B】図2Bは、アドホックネットワークにおける、同期していないノードの群を説明する概略図である。

【図3】図3は、本発明のタイミング同期手法に従った、アドホックネットワークにおける同期したノードの群を説明する概略図である。

20

【図4】図4は、図3のアドホックネットワークで用いられる無線ノードの例を説明する概略的なブロック図である。

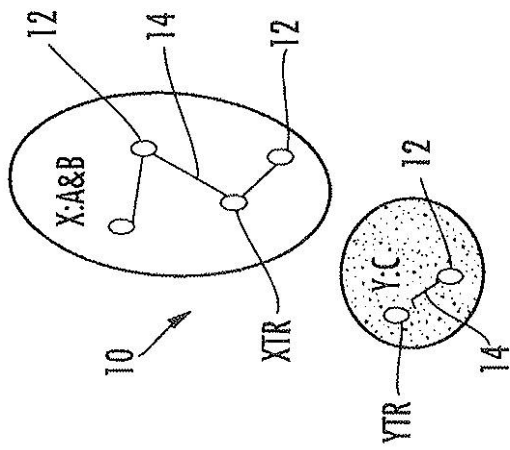
【符号の説明】

【0039】

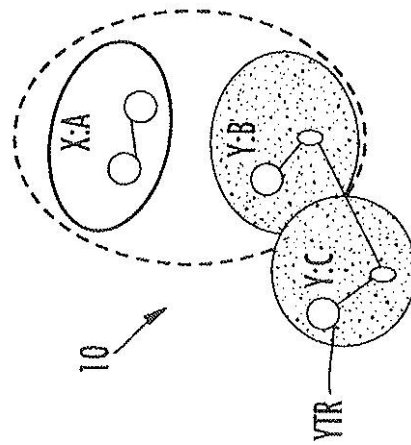
- 10 ネットワーク
- 12 移動ノード
- 14 無線リンク
- 20 無線通信装置
- 22 制御部
- 24 メモリ
- 26 アンテナ

30

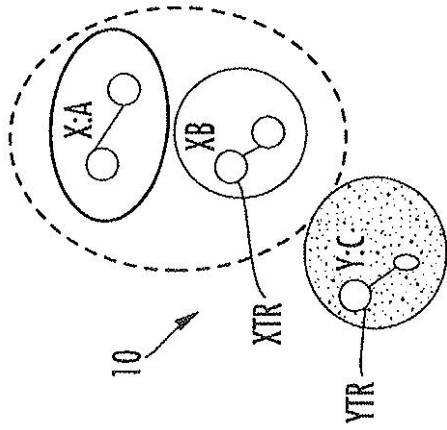
【図 1】



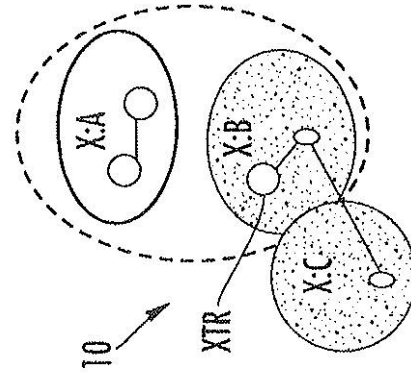
1(a)



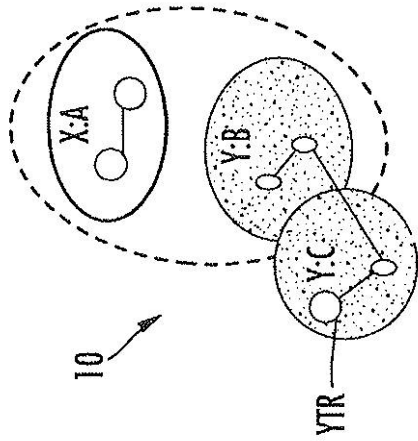
1(d)



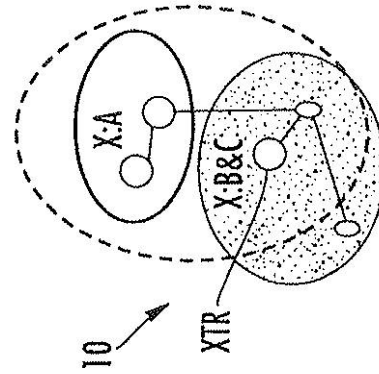
1(b)



1(e)

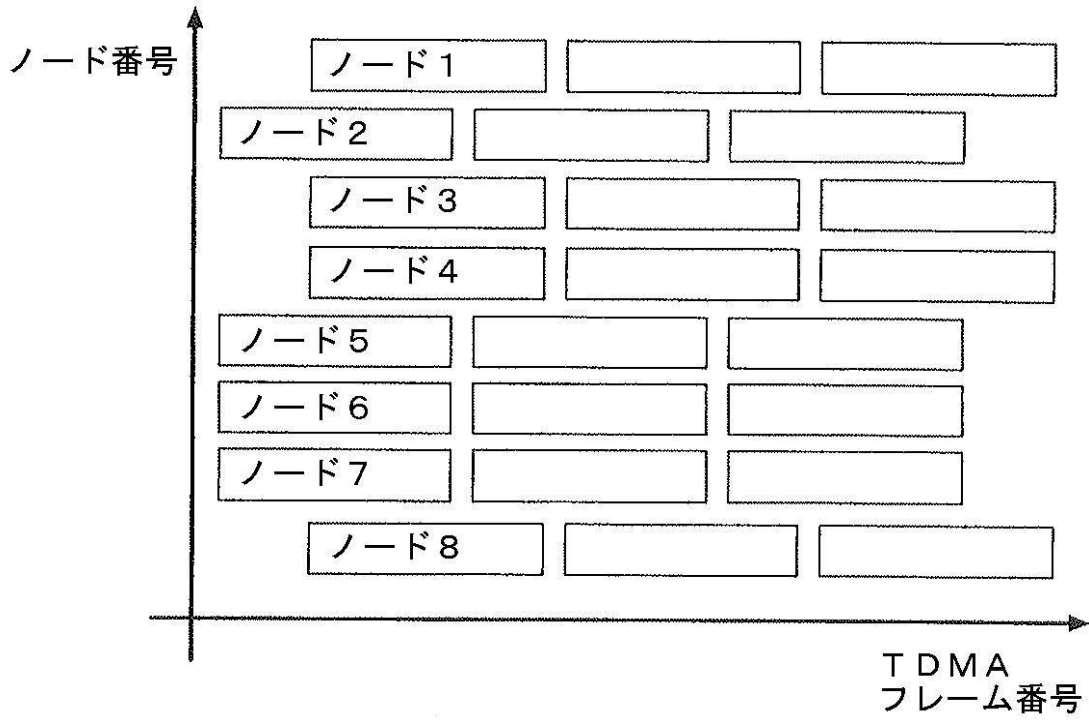


1(c)

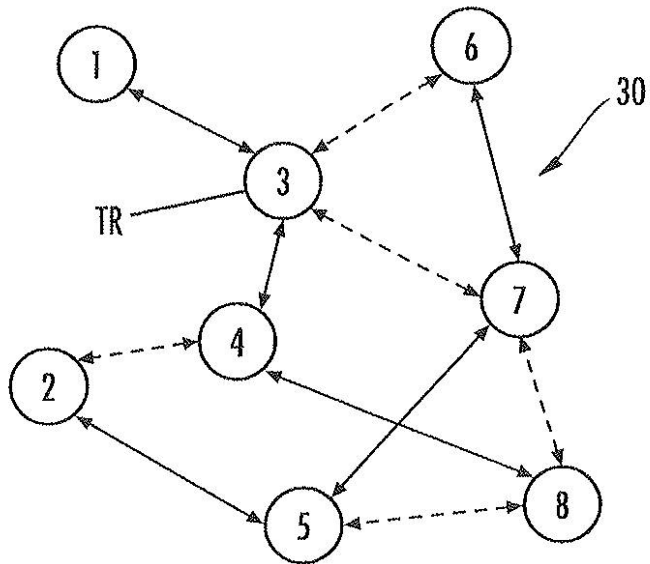


1(f)

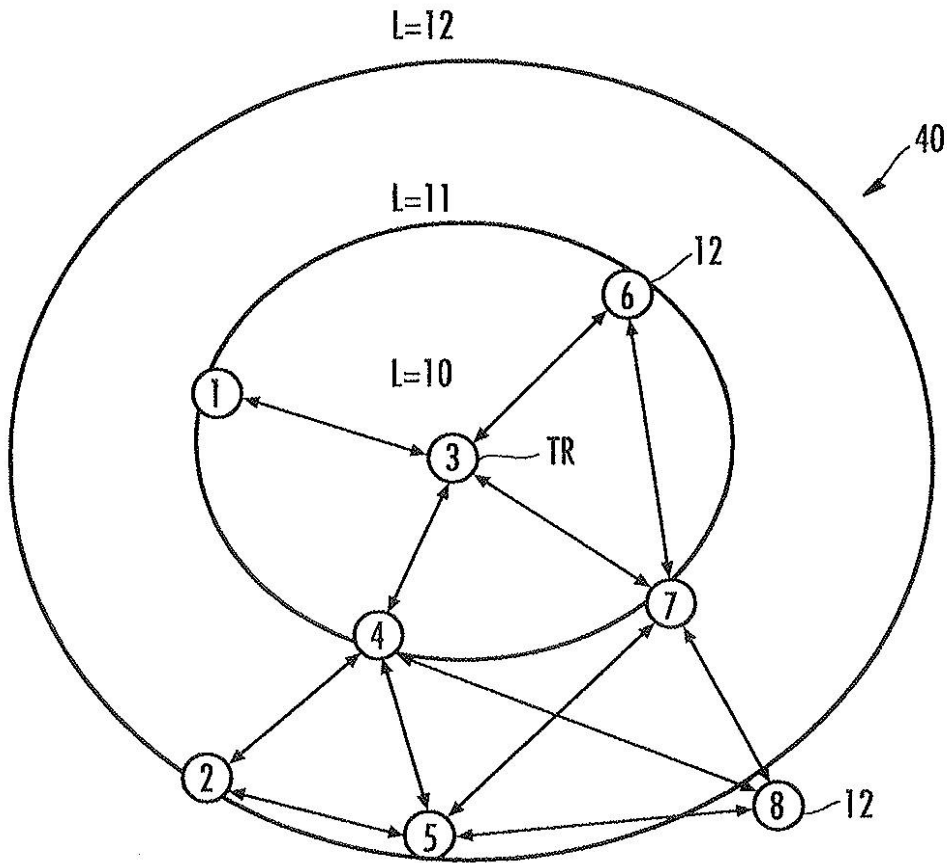
【図2A】



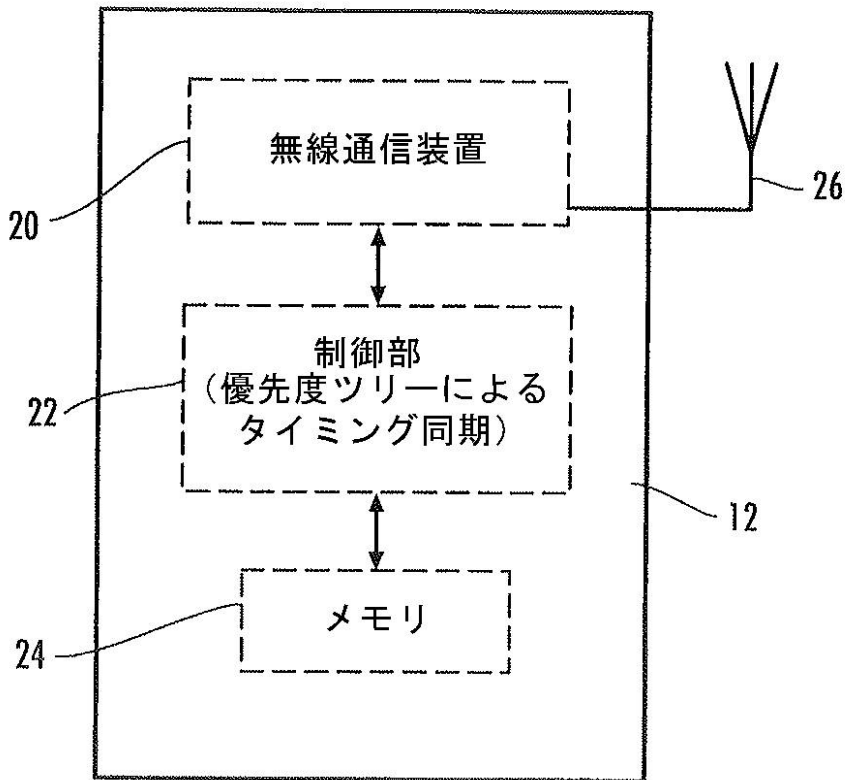
【図2B】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(74)代理人 100131451

弁理士 津田 理

(72)発明者 ガン - チェウン プン

アメリカ合衆国 1 4 4 5 0 ニューヨーク州 フェアポート , ハモックス ドライブ 9 8

(72)発明者 デイビッド クラーク

アメリカ合衆国 1 4 6 1 0 ニューヨーク州 ロチェスター , カウンシル ロック アベニュー  
8 0

Fターム(参考) 5K067 AA21 BB21 DD25 EE02 EE25

【外国語明細書】

2008283673000001.pdf