

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5435427号
(P5435427)

(45) 発行日 平成26年3月5日(2014.3.5)

(24) 登録日 平成25年12月20日(2013.12.20)

(51) Int.Cl. F I
 HO4W 56/00 (2009.01) HO4W 56/00 130
 HO4W 84/18 (2009.01) HO4W 84/18

請求項の数 7 (全 21 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2010-89238 (P2010-89238) (22) 出願日 平成22年4月8日(2010.4.8) (65) 公開番号 特開2011-223227 (P2011-223227A) (43) 公開日 平成23年11月4日(2011.11.4) 審査請求日 平成25年4月4日(2013.4.4)</p> <p>特許法第30条第1項適用 平成22年2月25日 社団法人 電子情報通信学会発行の「電子情報通信学会技術研究報告 信学技報 Vol. 109 No. 443」に発表</p>	<p>(73) 特許権者 504133110 国立大学法人電気通信大学 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1</p> <p>(74) 代理人 100070150 弁理士 伊東 忠彦</p> <p>(72) 発明者 田中 久陽 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内</p> <p>(72) 発明者 手塚 清豪 東京都調布市調布ヶ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内</p> <p>審査官 重田 尚郎</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信装置、及び無線通信システム並びに送信タイミング制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の無線通信装置を含む無線通信システムにおける1の無線通信装置であって、
 のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルスを送信するように制御する送信タイミング制御部と、

該送信タイミング制御部により制御されるタイミングに従って、パルスを送信する送信部と

を有し、

前記送信タイミング制御部は、他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所定の閾値未満である場合には位相を零にし、該他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所定の閾値以上である場合には前記位相が最大値となった後、該最大値から前記位相を減算した値に設定する無線通信装置。

10

【請求項2】

請求項1に記載の無線通信装置において、

前記送信タイミング制御部は、データを収集すべき他の無線通信装置へデータを送信する場合、該他の無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期よりも短い周期に、当該無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期を設定し、

さらに、前記閾値を、前記他の無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期を T_0 、前記無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期を T とした場合に、

$$2 \left(\left(\frac{T_0}{T} \right) - 1 \right) < 2 - \left(\frac{T_0}{T} \right)$$

20

により示される閾値に従って、前記位相を制御する無線通信装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の無線通信装置において、

前記送信部によりパルスが送信された後に、一定時間アクティブモードに遷移させるモード制御部

を有し、

前記モード制御部は、アクティブモードの時間 > 前記他の無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期 - 前記無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期となるように、前記アクティブモードの時間を設定する無線通信装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の無線通信装置において、

前記送信タイミング制御部は、データを拡散すべき他の無線通信装置からのデータを送信する場合、前記他の無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期を T_0 、前記無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期を T とした場合に、

$$2T/3 < T_0$$

となるように、当該無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期を設定し、

さらに、前記閾値を T_0 とした場合に、

$$2(1 - (T_0/T))$$

により示される閾値に従って、前記位相を制御する無線通信装置。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の無線通信装置において、

前記送信部によりパルスが送信されるべき前に、一定時間アクティブモードに遷移させるモード制御部

を有し、

前記モード制御部は、アクティブモードの時間 < 前記無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期 - 前記他の無線通信装置が従うべきのこぎり波の周期となるように、前記アクティブモードの時間を設定する無線通信装置。

【請求項 6】

複数の無線通信装置を含む無線通信システムであって、

前記無線通信装置には、データを収集又は拡散すべき無線通信装置と、該無線通信装置以外の他の無線通信装置とを含み、

前記他の無線通信装置は、

のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルスを送信するように制御する送信タイミング制御部と、

該送信タイミング制御部により制御されるタイミングに従って、パルスを送信する送信部と

を有し、

前記送信タイミング制御部は、他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所定の閾値未満である場合には位相を零にし、該他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所定の閾値以上である場合には前記位相が最大値となった後、該最大値から前記位相を減算した値に設定し、

前記無線通信装置は、

のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルスを送信するように制御する送信タイミング制御部と、

該送信タイミング制御部により制御されるタイミングに従って、パルスを送信する送信部と

を有する無線通信システム。

【請求項 7】

複数の無線通信装置を含む無線通信システムにおける 1 の無線通信装置における送信タイミング制御方法であって、

10

20

30

40

50

のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルスを送信するように制御する送信タイミング制御ステップと、

該送信タイミング制御ステップにより制御されるタイミングに従って、パルスを送信する送信ステップと

を有し、

前記送信タイミング制御ステップは、他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所定の閾値未満である場合には位相を零にし、該他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所定の閾値以上である場合には前記位相が最大値となった後、該最大値から前記位相を減算した値に設定する送信タイミング制御方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、無線通信システムに関する。

【背景技術】

【0002】

無線センサネットワークでは、各ノードがセンシングしたデータは、データ収集基地局であるシンクノードに収集される。シンクノードに効率的に、各ノードによりセンシングされたデータが収集されるためには、各ノードが適切な順序・タイミングにより通信を行う必要がある。

【0003】

20

<データの収集>

図1は、シンクノード5に、効率的にデータを収集させる方法の一例を示す。図1では、各ノード11、12、13、21、22、23、及び24により収集されたセンサ情報は、シンクノード5に収集される。図1において、各ノードに記された数字は、該ノードからシンクノード5までに中継すべきノード数を示す。該中継すべきノード数はホップ数と呼ばれてもよい。

【0004】

図1に示される方法によれば、シンクノード5からのホップ数が大きいノードから順番にシンクノード5に向かうように通信タイミングが形成される。換言すれば、ホップ数が大きいノードから順番にシンクノード5に向かうように、いわゆる進行波パターンを形成するように、各ノードの通信タイミングは自律分散して構築される。図1の左図に示されるように、ホップ数の大きいノードから、シンクノード5に向かう通信タイミングが形成される。ここでは、ホップ数が2であるノード21、22、23、及び24がセンサ情報の送信を行う。該送信の後、図1の右図に示されるように、ホップ数が次に大きいノード(2番目に大きいノード)から、シンクノード5に向かう通信タイミングが形成される。ここでは、ホップ数が1であるノード11、12、及び13がセンサ情報の送信を行う。

30

【0005】

また、無線センサネットワークでは、各ソースノードからのデータは、各ノードに拡散される。各ノードに効率的に、ソースノードからのデータが拡散されるためには、ソースノード及び各ノードが適切な順序・タイミングにより通信を行う必要がある。

40

【0006】

<データの拡散>

データ収集基地局であるソースノード10から各ノードへデータの拡散を行う場合には、データを収集する場合とは逆の順番で処理が行われる。

【0007】

図2は、各ノード11、12、13、21、22、23、及び24に、ソースノード10から効率的にデータを拡散させる方法の一例を示す。図2では、ソースノード10の有するセンサ情報は、各ノード11、12、13、21、22、23、及び24に拡散される。図2において、各ノードに記された数字はソースノード10から、該ノードまでに中継すべきノード数を示す。該中継すべきノード数はホップ数と呼ばれてもよい。

50

【 0 0 0 8 】

図2に示される方法によれば、ソースノード10からのホップ数が小さいノードから順番に、ソースノード10からの通信タイミングが形成される。換言すれば、ソースノード10からホップ数が小さいノードから順番に、いわゆる進行波パターンを形成するように各ノードへの通信タイミングは、自律分散して構築される。図2の左図に示されるように、ホップ数の小さいノードへ、ソースノード10の有するセンサ情報が送信される。ここでは、ホップ数が1であるノード11、12、及び13に、ソースノード10はセンサ情報の送信を行う。該送信の後、図2の右図に示されるように、ソースノード10からのセンサ情報を受信したノードは、ホップ数が次に大きいノードへ、センサ情報の送信を行う。ここでは、ホップ数が2であるノード21、22、23、及び24へセンサ情報の送信が行われる。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 9 】

【特許文献1】特開2007-28620号公報

【非特許文献1】谷口義明, 若宮直紀, 村田正幸, "センサネットワークのための進行波現象を利用した通信機構の実装と評価," 電子情報通信学会技術研究報告(NS2007-40), pp. 1-6, July 2007.

【非特許文献2】F. Hanson, J. Case, E. Buck, and J. Buck, "Synchrony and Flash Entrainment in a New Guinea Firefly," Science, 174, pp. 161-164, 1971.

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

上述したデータ収集及び拡散手法では、各ノードは、シンクノード又はソースノードからのホップ数をレベルという値で保持する。各ノードは、実質的なツリー構造を構築する。各ノードは、データを収集又は拡散する場合、パルス結合振動子系における位相応答関数を変形し、各ノードよりもシンクノード又はソースノードに近いノードとのみタイミング調節を行うことで進行波パターンを形成する。進行波パターンを形成することにより、データ収集または拡散を行う。

【 0 0 1 1 】

しかし、該レベル情報は、パケットを介して伝搬される。レベル情報がパケットを介して伝搬されるため、パケット衝突の問題は無視できない。パケット衝突の問題が無視できないため、必然的にスケラビリティに限界が生じる。

30

【 0 0 1 2 】

また、センサネットワークでは、各ノードにより充電可能な電力が限られるため、各ノードは消費電力を低減するためにアクティブモード又はスリープモードを必要に応じて切り替えて通信を行う。しかし、上述したデータ収集及び拡散手法では、進行波パターンが形成されるまでは各ノードは常にアクティブ状態である必要がある。アクティブ状態である必要があるため、電力消費も大きくなる。

【 0 0 1 3 】

また、パルス結合振動子を応用することにより、各ノードがアクティブモード又はスリープモードの切り換えを行う場合でも自律分散的に同期させる手法も提案されている。しかし、各ノードを完全に同期させることに限られている。進行波パターンの形成することにより、データ収集を行うことは想定されていない。

40

【 0 0 1 4 】

本発明は、上述の点に鑑みてなされたものであり、通信タイミングを管理する基準局を必要とせず、自律分散的に通信タイミングを制御することができる無線通信装置、無線通信システム並びに送信タイミング制御方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

50

本無線通信装置は、
 複数の無線通信装置を含む無線通信システムにおける1の無線通信装置であって、
 のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルス
 を送信するように制御する送信タイミング制御部と、
 該送信タイミング制御部により制御されるタイミングに従って、パルスを送信する送信
 部と
 を有し、
 前記送信タイミング制御部は、他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所
 定の閾値未満である場合には位相を零にし、該他の無線通信装置からパルスを受信したと
 きの位相が所定の閾値以上である場合には前記位相が最大値となった後、該最大値から前
 記位相を減算した値に設定する。

10

【0016】

本無線通信システムは、
 複数の無線通信装置を含む無線通信システムであって、
 前記無線通信装置には、データを収集又は拡散すべき無線通信装置と、該無線通信装置
 以外の他の無線通信装置とを含み、
 前記他の無線通信装置は、
 のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルス
 を送信するように制御する送信タイミング制御部と、
 該送信タイミング制御部により制御されるタイミングに従って、パルスを送信する送信
 部と
 を有し、
 前記送信タイミング制御部は、他の無線通信装置からパルスを受信したときの位相が所
 定の閾値未満である場合には位相を零にし、該他の無線通信装置からパルスを受信したと
 きの位相が所定の閾値以上である場合には前記位相が最大値となった後、該最大値から前
 記位相を減算した値に設定し、

20

前記無線通信装置は、
 のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルス
 を送信するように制御する送信タイミング制御部と、
 該送信タイミング制御部により制御されるタイミングに従って、パルスを送信する送信
 部と
 を有する。

30

【0017】

本送信タイミング制御方法は、
 複数の無線通信装置を含む無線通信システムにおける1の無線通信装置における送信タ
 イミング制御方法であって、
 のこぎり波により示される位相に従って、該位相が最大値となるタイミングで、パルス
 を送信するように制御する送信タイミング制御ステップと、
 該送信タイミング制御ステップにより制御されるタイミングに従って、パルスを送信す
 る送信ステップと
 を有し、
 前記送信タイミング制御ステップは、他の無線通信装置からパルスを受信したときの位
 相が所定の閾値未満である場合には位相を零にし、該他の無線通信装置からパルスを受信
 したときの位相が所定の閾値以上である場合には前記位相が最大値となった後、該最大値
 から前記位相を減算した値に設定する。

40

【発明の効果】

【0018】

開示の無線通信装置、無線通信システム並びに送信タイミング制御方法によれば、通信
 タイミングを管理する基準局を必要とせず、自律分散的に通信タイミングを制御すること
 ができる。

50

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】無線通信システムの一例を示す説明図である。

【図2】無線通信システムの一例を示す説明図である。

【図3】本実施例に従った無線通信システムの一例を示す説明図である。

【図4】本実施例に従った無線通信装置の一例を示す機能ブロック図である。

【図5】本実施例に従った無線通信装置の一例を示す部分ブロック図である。

【図6】本実施例に従った無線通信装置における送信タイミング制御の一例を示す説明図である。

【図7】本実施例に従った無線通信システムにおける無線通信装置の配置例を示す説明図である。 10

【図8】本実施例に従った無線通信システムにおける送信タイミング制御の一例を示す説明図である。

【図9】本実施例に従った無線通信システムにおける無線通信装置の配置例を示す説明図である。

【図10】本実施例に従った無線通信システムにおける送信タイミング制御の一例を示す説明図である。

【図11】本実施例に従った無線通信装置におけるモード制御例を示す説明図である。

【図12】本実施例に従った無線通信装置におけるモード制御例を示す説明図である。

【図13】本実施例に従った無線通信装置の動作の一例を示すフローチャートである。 20

【図14】本実施例に従った無線通信装置の動作の一例を示すフローチャートである。

【図15】本実施例に従った無線通信システムにおける無線通信装置の配置例を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

次に、本発明を実施するための形態を、以下の実施例に基づき図面を参照しつつ説明する。

なお、実施例を説明するための全図において、同一機能を有するものは同一符号を用い、繰り返しの説明は省略する。

【0021】 30

<システム>

図3は、本実施例に従った無線通信装置が適用される無線通信システムを示す。

【0022】

本無線通信システムは、複数の無線通信装置 100_n (n は、 $n > 0$ の整数)を有する。該無線通信装置は、ノードと呼ばれることもある。図3には、 $n = 8$ の例が示される。図3において、無線通信可能な無線通信装置同士を破線により接続する。該無線通信装置には、無線センサが含まれる。各無線通信装置は、自律分散的に、送信タイミングを制御する。

【0023】

本無線通信システムでは、送信タイミングの制御が行われた後、該送信タイミングに従って、無線通信装置 $100_2 - 100_8$ からのデータが無線通信装置 100_1 に収集される。該収集の際に、各無線通信装置は、進行波パターンを形成する。 40

【0024】

また、本無線通信システムでは、送信タイミングの制御が行われた後、該送信タイミングに従って、無線通信装置 100_1 からのデータが無線通信装置 $100_2 - 100_8$ に拡散される。該拡散の際に、各無線通信装置は、進行波パターンを形成する。

【0025】

本願発明は、明滅が波のように伝搬する進行波パターンでの集団明滅が観測されるホテルについての実験に着目した。本願発明は、該実験事実を反映したモデルの数値シミュレーションにより得られたホテルの明滅の自然周期の差異による進行波パターンの形成条件 50

に基づいて、該進行波パターン形成メカニズムを、無線センサネットワークにおけるデータ収集・拡散手法として利用する。進行波パターン形成メカニズムを、無線センサネットワークにおけるデータ収集・拡散手法として利用することにより、より自律分散性をもち省電力なデータ収集・拡散手法を実現できる。

【0026】

<無線通信装置>

各無線通信装置は周期的にパルスの送受信を行う。該パルスの送受信による相互作用に基づいて、各無線通信装置は通信タイミングを制御する。該パルスの送受信による相互作用に基づいて通信タイミングを制御することにより、各無線通信装置は自律分散的にマルチホップネットワークを形成する。

10

【0027】

各無線通信装置は、他の無線通信装置により送信された複数のパルスを同時に受信できる。例えば、該複数のパルスを単一のパルスとして受信する。各無線通信装置は、パルスを送信した前後のタイミングでパケットの受信を行う。

【0028】

また、無線通信装置に充電可能な電力が限られていることから、通信可能だが電力を消費するアクティブモードと、通信不可能だが消費電力が小さいスリープモードとを切り替えることができる。

【0029】

図3に示される各無線通信装置は同様の構成を有するため、無線通信システムに含まれる1の無線通信装置100_nについて説明する。

20

【0030】

図4は、本無線通信装置100_nを示す。

【0031】

本無線通信装置100_nは、アンテナ102を有する。アンテナ102は、他の無線通信装置により送信されるべき無線信号を受信し、他の無線通信装置に無線信号を送信する。他の無線通信装置には、データを収集すべきシンクノードとしての無線通信装置が含まれる。また、他の無線通信装置には、データを拡散すべきソースノードとしての無線通信装置が含まれる。

【0032】

本無線通信装置100_nは、送信部104を有する。送信部104は、アンテナ102と接続される。送信部104は、当該無線通信装置100_nが送信すべきパルス及び/又はパケットをアンテナ102から送信する。

30

【0033】

本無線通信装置100_nは、受信部106を有する。受信部106は、アンテナ102と接続される。受信部106は、当該無線通信装置100_nが受信すべきパルス及び/又はパケットをアンテナ102から受信する。該受信されたパルス及び/又はパケットは、制御部108に入力される。

【0034】

本無線通信装置100_nは、制御部108を有する。制御部108は、送信部104と、受信部106と接続される。制御部108は、当該無線通信装置100_nが送信すべきパケットの送信タイミングの制御を行う。制御部108は、受信部106により入力されたパルスに基づいて、送信タイミングの制御を行う。該送信タイミングに従って、送信部104に対して、パケットを送信するように制御する。また、制御部108は、送信タイミングの制御の際に必要なデータを記憶部110に格納する。また、制御部108は、センサ112により検出されたセンサ情報を取得し、該センサ情報を含むパケットを送信部104に入力する。

40

【0035】

図5は、制御部108を示す。

【0036】

50

制御部 108 は、送信タイミング制御部 1082 を有する。送信タイミング制御部 1082 は、送信部 104 と、受信部 106 と、記憶部 110 と接続される。送信タイミング制御部 1082 は、受信部 106 により入力されたパルスに基づいて、送信タイミングの制御を行う。送信タイミング制御部 1082 は、送信タイミングを送信部 104 と、モード制御部 1086 に通知する。また、送信タイミングの制御の際に必要となるデータを記憶部 110 に格納する。

【0037】

制御部 108 は、送信データ生成部 1084 を有する。送信データ生成部 1084 は、送信部 104 と、センサ 112 と接続される。送信データ生成部 1084 は、センサ 112 により入力されるべきセンサ情報を含むパケットを生成する。該生成されたパケットは、送信部 104 に入力される。送信部 104 は、送信タイミング制御部 1084 による送信タイミングに制御により、該パケットを送信する。

10

【0038】

制御部 108 は、モード制御部 1086 を有する。モード制御部 1086 は、送信タイミング制御部 1082 と接続される。モード制御部 1086 は、送信タイミング制御部 1082 により入力されるべき送信タイミングに基づいて、当該無線通信装置 100_n のモードを設定する。例えば、アクティブモード又はスリープモードに設定する。

【0039】

本無線通信装置 100_n は、記憶部 110 を有する。記憶部 110 は、制御部 108 と接続される。記憶部 110 は、制御部 108 により入力されるべき送信タイミングの制御の際に必要となるデータを格納する。

20

【0040】

本無線通信装置 100_n は、センサ 112 を有する。センサ 112 は、制御部 108 と接続される。センサ 112 は、各種センサが含まれる。例えば、温度センサ、湿度センサが含まれてもよい。センサ 112 は、センシングにより得られたデータを制御部 108 に入力する。

【0041】

<送信タイミング設定方法>

本無線通信装置 100_n は、周期的にパルスを送信する。該無線通信装置 100_n は、位相を時間の経過とともに一定速度で増加させる。該位相は、いわゆるのこぎり波により示されてもよい。他の無線通信装置からパルスを受信した際に、該位相を変化させる。すなわち、位相変化とパルスとの相互作用に基づいて、送信タイミングを制御する。

30

【0042】

本無線通信装置 100_n は、時間の経過とともに、一定速度 ($d\phi/dt = 1/T$) で、位相が増加する周期 T のタイマー値を位相 ϕ として有する。

【0043】

該位相 ϕ は、式 (1) を満たす。

【0044】

【数 1】

40

$$\phi \in [0,1) \quad \dots (1)$$

図 6 は、本無線通信装置 100_n の有するタイマー値の位相 ϕ を示す。図 6 において横軸は時間 (t) であり、縦軸は位相 ϕ である。図 6 において、実線がタイマー値の位相を示す。図 6 によれば、以下の (a)-(c) を満たす。

50

【 0 0 4 5 】

(a)位相 ϕ が 1 に達したときパルスを送信する。換言すれば、のこぎり波により示される位相が最大値となり、該パルスを送信した直後に位相 ϕ が零になる。以上の動作を繰り返す。該動作が繰り返されることにより周期的にパルスを送信する（図 6 (a)）。

【 0 0 4 6 】

(b)無線通信範囲内の他の無線通信装置からのパルスを受信したとき位相 ϕ < 閾値 ϕ_{th} であれば、該受信直後に位相を零にリセットする（図 6 (b)）。閾値 ϕ_{th} の値については後述する。

【 0 0 4 7 】

(c)無線通信範囲内の他の無線通信装置からのパルスを受信したとき位相 ϕ が閾値 ϕ_{th} 以上であれば、該パルスを受信したときの位相 ϕ は内部的にリセットのみが行われる。該パルスを受信したときの位相を ϕ' とする。該パルスの受信後の位相は増加し続け、次のパルスの送信はキャンセルされず、パルスは送信される。しかし、該パルスを送信した直後の位相は、零にはならず、位相の最大値 ϕ_{max} - ϕ' となる。換言すれば、パルスを受信した時点で位相 ϕ は変化しないが、該受信後に位相 ϕ が 1 に達し、パルス送信した直後に位相が $1 - \phi'$ になる（図 6 (c)）。

【 0 0 4 8 】

ただし、各無線通信装置 100_n が進行波のタイミングでパルス送信するために、シンクノードとなる無線通信装置又はソースノードとなる無線通信装置は他の無線通信装置からのパルスを受信しても(b)、(c)に示されるような位相 ϕ のリセットの動作を行わない。シンクノードは他の無線通信装置からのデータを最終的に収集する無線通信装置であり、ソースノードは他の無線通信装置に最初にデータを拡散する無線通信装置である。

【 0 0 4 9 】

< データを収集する場合の送信タイミング制御方法 >

図 7 は、データを収集する場合の送信タイミング制御方法の一例を示す。図 7 に示される小さい矢印は、該矢印の元の無線通信装置から矢印の先の無線通信装置にパルスが無線送信されることを示す。

【 0 0 5 0 】

図 7 では、無線通信装置 100_1 がシンクノードであり、無線通信装置 100_2 、 \dots 、 100_n がシンクノード以外のノードである。図 7 では、一例として、無線通信装置 100_1 、 \dots 、 100_n が一列に並んでいる場合について示される。各無線通信装置は、隣接する無線通信装置との間で無線通信可能である。図 7 では、無線通信装置 100_{n-1} 、 \dots 、 100_1 の順に、無線通信装置 100_n により送信されるべきデータが受信される。

【 0 0 5 1 】

無線通信装置 100_1 には、送信タイミング制御が開始される際に、タイマー値の位相の周期として T_0 が設定されている。また、無線通信装置 100_2 、 \dots 、 100_n には、送信タイミング制御が開始される際に、タイマー値の位相の周期として T が設定されている。データを収集する場合には、 $T_0 > T$ 、 $2 \left(\left(T_0 / T \right) - 1 \right) < 2 - \left(T_0 / T \right)$ を満たすことが必要である。

【 0 0 5 2 】

タイマー値の位相の周期 T_0 は、送信タイミングの制御の際に必要なデータとして、シンクノードとなる無線通信装置の記憶部 110 に格納される。送信タイミング制御部 1082 は、記憶部 110 に格納された周期 T_0 を取得する。

【 0 0 5 3 】

タイマー値の位相の周期 T 、閾値 ϕ_{th} は、送信タイミングの制御の際に必要なデータとして、シンクノード以外の無線通信装置の記憶部 110 に格納される。送信タイミング制御部 1082 は、記憶部 110 に格納された周期 T 、閾値 ϕ_{th} を取得する。

【 0 0 5 4 】

図 8 は、各無線通信装置により自律分散的に設定される送信タイミングの一例を示す。

上述したように、送信タイミングは各無線通信装置 100_n の送信タイミング制御部 1082 により制御される。図 8 では、一例として、 $T = 1$ 、 $T_0 = 1.1$ 、 $\theta = 0.8$ の場合が示される。図 8 において、無線通信装置 100_1 、 \dots 、 100_5 のタイマー値の位相は、それぞれ θ_1 、 \dots 、 θ_5 により示される。

【0055】

図 8 では、無線通信装置 $100_1 - 100_5$ のスイッチが同時にオンにされた場合を示す。換言すれば、無線通信装置 $100_1 - 100_5$ の初期位相は同期している。しかし、同時にオンにされない場合でも同様である。換言すれば、無線通信装置 $100_1 - 100_5$ の初期位相が同期していない場合でも適用できる。初期位相が同期していない場合には、無線通信装置 $100_1 - 100_5$ を同期させてから、送信タイミング制御を行うようにしてもよい。同期手法として、例えば、パルス振動結合子系を応用して、同期させてもよい。同期させてから送信タイミング制御を行うことにより、より早く進行波パターンを形成できる。

10

【0056】

データ通信に先立って、各無線通信装置は、パルスの送受信を行う。

【0057】

無線通信装置 $100_1 - 100_5$ により送信されるパルスをそれぞれ第 1 のパルス - 第 5 のパルスと呼ぶ。

【0058】

無線通信装置 100_1 により送信された第 1 のパルスは、無線通信装置 100_2 に受信される (1)。該第 1 のパルスが受信されたときの無線通信装置 100_2 の位相は未満である。従って、無線通信装置 100_2 は位相を零にリセットする。

20

【0059】

無線通信装置 100_3 により送信された第 3 のパルスは、無線通信装置 100_2 に受信される (2)。該第 3 のパルスが受信されたときの無線通信装置 100_2 の位相は以上である。従って、無線通信装置 100_2 は位相を零にリセットせず、該第 3 のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置 100_2 は位相が 1 に達したとき第 2 のパルスを送信する (3)。該第 2 のパルスは、無線通信装置 100_1 、 100_3 に受信されるが、無線通信装置 100_1 はシンクノードであるため、位相のリセットは行わない。該第 2 のパルスが受信されたときの無線通信装置 100_3 の位相は未満である。従って、無線通信装置 100_3 は位相を零にリセットする。

30

【0060】

無線通信装置 100_4 、及び 100_5 は、位相が 1 に達したとき第 4、及び第 5 のパルスをそれぞれ送信する (4) (5)。無線通信装置 100_4 により送信された第 4 のパルスは、無線通信装置 100_3 、及び 100_5 に受信される (4)。しかし、該第 4 のパルスを受信したときに無線通信装置 100_5 はパルスを送信しているため位相は 1 である。従って、無線通信装置 100_5 は、第 5 のパルスを送信した直後に位相を零とする。また、該第 4 のパルスが受信されたときの無線通信装置 100_3 の位相は以上である。従って、無線通信装置 100_3 は位相を零にリセットせず、該第 4 のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置 100_3 は位相が 1 に達したとき第 3 のパルスを送信する (6)。

40

【0061】

該第 3 のパルスは、無線通信装置 100_2 、 100_4 に受信される。該第 3 のパルスが受信されたときの無線通信装置 100_4 の位相は未満である。従って、無線通信装置 100_4 は位相を零にリセットする。また、該第 3 のパルスが受信されたときの無線通信装置 100_2 の位相は以上である。従って、無線通信装置 100_2 は位相を零にリセットせず、該第 3 のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置 100_2 は位相が 1 に達したとき第 2 のパルスを送信する (7)。

【0062】

該第 2 のパルスは、無線通信装置 100_1 、 100_3 に受信されるが、無線通信装置 1

50

00₁はシンクノードであるため、位相のリセットは行わない。該第2のパルスが受信されたときの無線通信装置100₃の位相は未満である。従って、無線通信装置100₃は位相を零にリセットする。

【0063】

無線通信装置100₅は、位相が1に達したとき第5のパルスを送信する(8)。無線通信装置100₅により送信された第5のパルスは、無線通信装置100₄に受信される。該第5のパルスが受信されたときの無線通信装置100₄の位相は以上である。従って、無線通信装置100₄は位相を零にリセットせず、該第5のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₄は位相が1に達したとき第4のパルスを送信する(9)。該第4のパルスは、無線通信装置100₃、100₅に受信される。

10

【0064】

該第4のパルスが受信されたときの無線通信装置100₅の位相は未満である。従って、無線通信装置100₅は位相を零にリセットする。一方、該第4のパルスが受信されたときの無線通信装置100₃の位相は以上である。従って、無線通信装置100₃は位相を零にリセットせず、該第4のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₃は位相が1に達したとき第3のパルスを送信する(10)。該第3のパルスは、無線通信装置100₂、100₄に受信される。

【0065】

該第3のパルスが受信されたときの無線通信装置100₄の位相は未満である。従って、無線通信装置100₄は位相を零にリセットする。一方、該第3のパルスが受信されたときの無線通信装置100₂の位相は以上である。従って、無線通信装置100₂は位相を零にリセットせず、該第3のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₂は位相が1に達したとき第2のパルスを送信する(11)。該第2のパルスは、無線通信装置100₁、100₃に受信される。該第2のパルスが受信されたときの無線通信装置100₃の位相は未満である。従って、無線通信装置100₃は位相を零にリセットする。

20

【0066】

(8)-(11)に示されるように、無線通信装置100₅により送信されたパルスは、無線通信装置100₄、無線通信装置100₃、無線通信装置100₂を経由して、最終的に無線通信装置100₁に受信されることが分かる。換言すれば、無線通信装置100₅により送信されたパケットが、無線通信装置100₁に受信されるように各無線通信装置における送信タイミングを制御できる。図8には、一例として、無線通信装置が5である場合について示されたが、5以外、換言すれば、無線通信装置が複数である場合に適用できる。

30

【0067】

また、各無線通信装置が2次元に配置された場合でも、シンクノードからのホップ数*i*の無線通信装置は全て*i*-1、*i*+1の無線通信装置からのパルスに対して、同等の位相制御を行う。従って、上述した1次元の場合と同様に、送信タイミングが制御されることにより、進行波パターンを形成できる。

【0068】

<データを拡散する場合の送信タイミング制御方法>

図9は、データを収集する場合の送信タイミング制御方法の一例を示す。図9に示される小さい矢印は、該矢印の元の無線通信装置から矢印の先の無線通信装置にパルスが無線送信されることを示す。

40

【0069】

図9では、無線通信装置100₁がソースノードであり、無線通信装置100₂、・・・100_nがソースノード以外のノードである。図9では、一例として、無線通信装置100₁、・・・100_nが一行に並んでいる場合について示される。各無線通信装置は、隣接する無線通信装置との間で無線通信可能である。図9では、無線通信装置100₂、・・・100_nの順に、無線通信装置100₁により送信されるべきデータが受信される

50

【0070】

無線通信装置100₁には、送信タイミング制御が開始される際に、タイマー値の位相の周期として T_0 が設定されている。また、無線通信装置100₂、・・・100_nには、送信タイミング制御が開始される際に、タイマー値の位相の周期として T が設定されている。データを拡散する場合には、 $2T/3 < T_0$ 、 $2(1 - (T_0/T))$ を満たすことが必要である。

【0071】

タイマー値の位相の周期 T_0 は、送信タイミングの制御の際に必要なデータとして、ソースノードとなる無線通信装置の記憶部110に格納される。送信タイミング制御部1082は、記憶部110に格納された周期 T_0 を取得する。

10

【0072】

タイマー値の位相の周期 T 、閾値 θ は、送信タイミングの制御の際に必要なデータとして、ソースノード以外の無線通信装置の記憶部110に格納される。送信タイミング制御部1082は、記憶部110に格納された周期 T 、閾値 θ を取得する。

【0073】

図10は、各無線通信装置により自律分散的に設定される送信タイミングの一例を示す。上述したように、送信タイミングは各無線通信装置100_nの送信タイミング制御部1082により制御される。図10では、一例として、 $T = 1$ 、 $T_0 = 0.9$ 、 $\theta = 0.1$ の場合が示される。図10において、無線通信装置100₁、・・・、100₅のタイマー値の位相は、それぞれ ϕ_1 、・・・、 ϕ_5 により示される。

20

【0074】

図10では、無線通信装置100₁ - 100₅のスイッチが同時にオンにされた場合を示す。換言すれば、無線通信装置100₁ - 100₅の初期位相は同期している。しかし、同時にオンにされない場合でも同様である。換言すれば、無線通信装置100₁ - 100₅の初期位相が同期していない場合でも適用できる。初期位相が同期していない場合には、無線通信装置100₁ - 100₅を同期させてから、送信タイミング制御を行うようにしてもよい。同期手法として、例えば、パルス振動結合子系を応用して、同期させてもよい。同期させてから送信タイミング制御を行うことにより、より早く進行波パターンを形成できる。

30

【0075】

データ通信に先立って、各無線通信装置は、パルスの送受信を行う。

【0076】

無線通信装置100₁ - 100₅により送信されるパルスをそれぞれ第1のパルス - 第5のパルスと呼ぶ。

【0077】

無線通信装置100₁により送信された第1のパルスは、無線通信装置100₂に受信される(1)。該第1のパルスが受信されたときの無線通信装置100₂の位相は ϕ_2 以上である。従って、無線通信装置100₂は位相を零にリセットせず、該第1のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₂は位相が1に達したとき第2のパルスを送信する。該第2のパルスは、無線通信装置100₁、100₃に受信されるが、無線通信装置100₁はソースノードであるため、位相のリセットは行わない。また、無線通信装置100₃は、該第2のパルスの受信と同時に、第3のパルスを送信している。従って、無線通信装置100₃は、該第2のパルスの受信した直後に位相 ϕ_3 を零とする。

40

【0078】

無線通信装置100₁により送信された第1のパルスは、無線通信装置100₂に受信される(2)。該第1のパルスが受信されたときの無線通信装置100₂の位相は ϕ_2 以上である。従って、無線通信装置100₂は位相を零にリセットせず、該第1のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₂は位相が1に達したとき第2のパルスを送信する(3)。該第2のパルスは、無線通信装置100₁、100₃に受信されるが

50

、無線通信装置100₁はソースノードであるため、位相のリセットは行わない。一方、該第2のパルスが受信されたときの無線通信装置100₃の位相は以上である。従って、無線通信装置100₃は位相を零にリセットせず、該第2のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₃は位相が1に達したとき第3のパルスを送信する(4)。

【0079】

該第3のパルスは、無線通信装置100₂、100₄に受信される。無線通信装置100₄は、該第3のパルスの受信と同時に、第4のパルスを送信している。従って、無線通信装置100₄は、該第3のパルスの受信した直後に位相を零とする。一方、該第3のパルスが受信されたときの無線通信装置100₂の位相は以上である。従って、無線通信装置100₂は位相を零にリセットせず、該第3のパルスの受信後にも位相を増加させる。

10

【0080】

無線通信装置100₁により送信された第1のパルスは、無線通信装置100₂に受信される(5)。該第1のパルスが受信されたときの無線通信装置100₂の位相は以上である。従って、無線通信装置100₂は位相を零にリセットせず、該第1のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₂は位相が1に達したとき第2のパルスを送信する(6)。該第2のパルスは、無線通信装置100₁、100₃に受信されるが、無線通信装置100₁はソースノードであるため、位相のリセットは行わない。一方、第2のパルスが受信されたときの無線通信装置100₃の位相は以上である。従って、無線通信装置100₃は位相を零にリセットせず、該第2のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₃は位相が1に達したとき第3のパルスを送信する(7)。

20

【0081】

該第3のパルスは、無線通信装置100₂、100₄に受信される。該第3のパルスが受信されたときの無線通信装置100₄の位相は以上である。従って、無線通信装置100₄は位相を零にリセットせず、該第3のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₄は位相が1に達したとき第4のパルスを送信する(8)。該第4のパルスは、無線通信装置100₃、100₅に受信される。無線通信装置100₅は、該第4のパルスの受信と同時に、第5のパルスを送信している。従って、無線通信装置100₅は、該第4のパルスの受信した直後に位相を零とする。一方、該第4のパルスが受信されたときの無線通信装置100₃の位相は以上である。従って、無線通信装置100₃は位相を零にリセットせず、該第4のパルスの受信後にも位相を増加させる。

30

【0082】

無線通信装置100₁により送信された第1のパルスは、無線通信装置100₂に受信される(9)。該第1のパルスが受信されたときの無線通信装置100₂の位相は以上である。従って、無線通信装置100₂は位相を零にリセットせず、該第1のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₂は位相が1に達したとき第2のパルスを送信する(10)。該第2のパルスは、無線通信装置100₁、100₃に受信されるが、無線通信装置100₁はソースノードであるため、位相のリセットは行わない。一方、該第2のパルスが受信されたときの無線通信装置100₃の位相は以上である。従って、無線通信装置100₃は位相を零にリセットせず、該第2のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₃は位相が1に達したとき第3のパルスを送信する(11)。該第3のパルスは、無線通信装置100₂、100₄に受信される。該第3のパルスが受信されたときの無線通信装置100₂の位相は以上である。従って、無線通信装置100₂は位相を零にリセットせず、該第3のパルスの受信後にも位相を増加させる。一方、該第3のパルスが受信されたときの無線通信装置100₄の位相は以上である。従って、無線通信装置100₄は位相を零にリセットせず、該第3のパルスの受信後にも位相を増加させる。無線通信装置100₄は位相が1に達したとき第4のパルスを送信する(12)。

40

50

【 0 0 8 3 】

該第 4 のパルスは、無線通信装置 1 0 0₃、1 0 0₅ に受信される。該第 4 のパルスが受信されたときの無線通信装置 1 0 0₃ の位相は 以上である。従って、無線通信装置 1 0 0₃ は位相を零にリセットせず、該第 4 のパルスの受信後にも位相を増加させる。一方、該第 4 のパルスが受信されたときの無線通信装置 1 0 0₅ の位相は 以上である。従って、無線通信装置 1 0 0₅ は位相を零にリセットせず、該第 4 のパルスの受信後にも位相を増加させる。

【 0 0 8 4 】

(9) - (1 2) に示されるように、無線通信装置 1 0 0₁ により送信されたパルスは、無線通信装置 1 0 0₂、無線通信装置 1 0 0₃、無線通信装置 1 0 0₄ を経由して、無線通信装置 1 0 0₅ に受信されることが分かる。換言すれば、無線通信装置 1 0 0₁ により送信されたパケットが、無線通信装置 1 0 0₅ に受信されるように各無線通信装置における送信タイミングを制御できる。図 1 0 には、一例として、無線通信装置が 5 である場合について示されたが、5 以外、換言すれば、無線通信装置が複数である場合に適用できる。

10

【 0 0 8 5 】

また、各無線通信装置が 2 次元に配置された場合でも、ソースノードからのホップ数 i の無線通信装置は全て $i - 1$ 、 $i + 1$ の無線通信装置からのパルスに対して、同等の位相制御を行う。従って、上述した 1 次元の場合と同様に、送信タイミングが制御されることにより、進行波パターンを形成できる。

20

【 0 0 8 6 】

< モード制御 >

本無線通信システムでは、各無線通信装置 1 0 0_n は無線通信を開始した直後からアクティブモード又はスリープモードの切り換えを行うようにしてもよい。該切り替えが行われる場合でも進行波パターンを形成できる。

【 0 0 8 7 】

図 1 1、及び図 1 2 は、モード制御を行うタイミングの一例を示す。各無線通信装置 1 0 0_n のモード制御部 1 0 8 6 は、以下に示される方法によりモードの制御を行う。

【 0 0 8 8 】

< データを収集する場合のモード制御のタイミング制御方法 >

図 1 1 は、データを収集する場合のモード制御のタイミングを示す。図 1 1 において、横軸は時間である。

30

【 0 0 8 9 】

データを収集する場合、パルス送信後に一定時間アクティブモードに遷移する。該一定時間アクティブモードに遷移した後スリープモードに遷移する。図 8 に示されるように、各無線通信装置は、データを送信した後に他の無線通信装置からデータを受信するためである。アクティブモードに遷移する場合、アクティブモードの時間 > シンクノードとされる無線通信装置の周期 T_0 - シンクノード以外の無線通信装置の周期 T となるようにアクティブモードの時間を設定する。

【 0 0 9 0 】

< データを拡散する場合のモード制御のタイミング制御方法 >

図 1 2 は、データを拡散する場合のモード制御のタイミングを示す。図 1 2 において、横軸は時間である。

40

【 0 0 9 1 】

データを拡散する場合、パルス送信前に一定時間アクティブモードに遷移する。該パルス送信後にスリープモードに遷移する。図 1 0 に示されるように、各無線通信装置 1 0 0_n は、データを送信する前に他の無線通信装置からデータを受信するためである。アクティブモードに遷移する場合、アクティブモードの時間 < ソースノード以外の無線通信装置の周期 T - ソースノードとされる無線通信装置の周期 T_0 となるようにアクティブモードの時間を設定する。

50

【 0 0 9 2 】

< 本無線通信装置の動作 >

本無線通信装置の動作について説明する。

【 0 0 9 3 】

図 1 3 は、シンクノード又はソースノード以外の無線通信装置の動作を示すフローチャートである。

【 0 0 9 4 】

無線通信装置 1 0 0_n は、パルスを受信したかどうかを判定する (ステップ S 1 3 0 2)。例えば、他の無線通信装置からのパルスは、受信部 1 0 6 により受信され、送信タイミング制御部 1 0 8 2 に入力される。送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、他の無線通信装置からパルスを受信したかどうかを判定する。

10

【 0 0 9 5 】

パルスを受信したと判定されない場合 (ステップ S 1 3 0 2 : N O)、無線通信装置 1 0 0_n は、位相を進める (ステップ S 1 3 0 4)。例えば、送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、のこぎり波により示される位相を進める。

【 0 0 9 6 】

無線通信装置 1 0 0_n は、位相が 1 以上となったかどうかを判定する (ステップ S 1 3 0 6)。例えば、送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、位相が 1 以上となったかどうかを判定する。

【 0 0 9 7 】

位相が 1 以上になったと判定されない場合、換言すれば位相が 1 未満である場合 (ステップ S 1 3 0 6 : N O)、ステップ S 1 3 0 2 に戻る。位相が 1 以上になるまで、ステップ S 1 3 0 2 - S 1 3 0 6 の処理が行われる。一方、位相が 1 以上になったと判定された場合 (ステップ S 1 3 0 6 : Y E S)、無線通信 1 0 0_n は、パルスを送信する (ステップ S 1 3 0 8)。例えば、送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、位相が 1 以上になったと判定した場合、送信部 1 0 4 にパルスを送信するように制御する。送信部 1 0 4 は、送信タイミング制御部 1 0 8 2 による制御に従って、アンテナ 1 0 2 からパルスを送信する。

20

【 0 0 9 8 】

無線通信装置 1 0 0_n は、ステップ S 1 3 0 8 によりパルスを送信した後、該パルス送信後の位相を決定する。無線通信装置 1 0 0_n は、該パルス送信前に、他の無線通信装置からのパルスを受信した際の位相がゼロでないかを判定する (ステップ S 1 3 1 0)。例えば、送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、該パルス送信前に、他の無線通信装置からのパルスを受信した際の位相を記憶部 1 1 0 に保持する。

30

【 0 0 9 9 】

位相がゼロであると判定した場合 (ステップ S 1 3 1 0 : N O)、無線通信装置 1 0 0_n は、位相を零として、ステップ S 1 3 0 2 に戻る。例えば、送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、位相がゼロであると判定した場合、位相を零とする。一方、位相がゼロでないと判定した場合 (ステップ S 1 3 1 0 : Y E S)、無線通信装置 1 0 0_n は、位相を位相、位相を零として、ステップ S 1 3 0 2 に戻る。例えば、送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、記憶部 1 1 0 に保持した位相がゼロでないと判定した場合、位相を位相、位相を零とする。

40

【 0 1 0 0 】

ステップ S 1 3 0 2 によりパルスを受信したと判定された場合 (ステップ S 1 3 0 2 : Y E S)、無線通信装置 1 0 0_n は、位相が閾値未満 (<) であるかどうかを判定する (ステップ S 1 3 1 8)、例えば、送信タイミング制御部 1 0 8 2 は、パルスを受信したと判定した場合、位相が閾値未満であるかどうかを判定する。

【 0 1 0 1 】

位相が閾値未満と判定された場合 (ステップ S 1 3 1 8 : Y E S)、無線通信装置 1 0 0_n は、位相を零として、ステップ S 1 3 0 2 に戻る。例えば、送信タイミング制

50

御部1082は、位相が閾値未満と判定された場合、位相を零とすることによりリセットする。一方、位相が閾値未満と判定されない場合（ステップS1318：NO）、換言すれば位相が閾値以上と判定された場合、無線通信装置100_nは、位相を（1-位相）として、ステップS1302に戻る。例えば、送信タイミング制御部1082は、位相が閾値未満と判定されない場合、位相を（1-位相）とする。

【0102】

図14は、シンクノード又はソースノードとされる無線通信装置の動作を示すフローチャートである。

【0103】

無線通信装置100_nは、位相を進める（ステップS1402）。例えば、送信タイミング制御部1082は、のこぎり波により示される位相を進める。

【0104】

無線通信装置100_nは、位相が1以上となったかどうかを判定する（ステップS1404）。例えば、送信タイミング制御部1082は、位相が1以上となったかどうかを判定する。

【0105】

位相が1以上になったと判定されない場合、換言すれば位相が1未満である場合（ステップS1404：NO）、ステップS1402に戻る。位相が1以上になるまで、ステップS1402-S1404の処理が行われる。一方、位相が1以上になったと判定された場合（ステップS1404：YES）、無線通信100_nは、パルスを送信し、位相を零にすることによりリセットする（ステップS1404）。例えば、送信タイミング制御部1082は、位相が1以上になったと判定した場合、送信部104にパルスを送信するように制御する。送信部104は、送信タイミング制御部1082による制御に従って、アンテナ102からパルスを送信する。パルスを送信し、位相を零にした後、ステップS1402に戻る。

【0106】

本実施例は、無線通信装置100_nが3次元に配置された場合でも適用できる。

【0107】

図15は、本実施例に従った無線通信装置を3次元に配置した場合の一例を示す。200x200の範囲に100個の通信半径30のノードをランダムに配置し、中心にシンクノードを置いた。通常ノード周期1に対してシンクノード周期1.1とした。各点がノードであり、パルス送信直後のノード、シンクノード、及びシンクノード以外のノードが示される。ランダムな初期位相から一定時間経過後、ネットワークの外側から順番に中心のシンクノードに向かう進行波パターンでパルス送信されることが確認できた。

【0108】

また、データを拡散させる場合も同様に、ランダムな初期位相から一定時間経過後、ネットワークの内側から順番に外側のノードに向かう進行波パターンでパルス送信される。

【0109】

本無線通信システムによれば、各無線通信装置の通信タイミングをシンクノードとされる無線通信装置に向かう進行波を形成するように制御することにより、素早く効率的にデータ収集を行うことができる。また、各無線通信装置の通信タイミングをソースノードとされる無線通信装置からの進行波を形成するように制御することにより、素早く効率的にデータ拡散を行うことができる。

【0110】

本無線通信システムによれば、通信タイミングを管理する基準局を必要とせず、各無線通信装置は、自律分散的に通信タイミングを決定できる。

【0111】

本無線通信システムによれば、シンクノード又はソースノードからのホップ数情報を管理することなく、送信タイミングを制御できる。

10

20

30

40

50

【0112】

本無線通信システムによれば、各無線通信装置は、起動時からアクティブモード又はスリープモードを切り替えることができる。スリープモードに切り替えることができるため、消費電力を低減できる。

【0113】

本無線通信システムによれば、必要に応じてシンクノード又はソースノードとされる無線通信装置の周期 T_0 、及び各無線通信装置の閾値をデータ送信等を通じて適切に設定することにより、データの収集・拡散を切り替えることができる。

【0114】

データを拡散させる場合でも同様の進行波が確認される。

10

【0115】

以上、本発明は特定の実施例を参照しながら説明されてきたが、各実施例は単なる例示に過ぎず、当業者は様々な変形例、修正例、代替例、置換例等を理解するであろう。説明の便宜上、本発明の実施例に従った装置は機能的なブロック図を用いて説明されたが、そのような装置はハードウェアで、ソフトウェアで又はそれらの組み合わせで実現されてもよい。本発明は上記実施例に限定されず、本発明の精神から逸脱することなく、様々な変形例、修正例、代替例、置換例等が包含される。

【符号の説明】

【0116】

5、10、11、12、13、21、22、23、24 センサノード

20

100_n (nは、n>0の整数) 無線通信装置

102 アンテナ

104 送信部

106 受信部

108 制御部

1082 送信タイミング制御部

1084 送信データ生成部

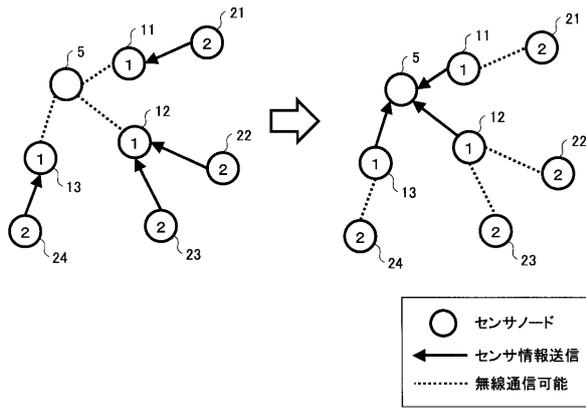
1086 モード制御部

110 記憶部

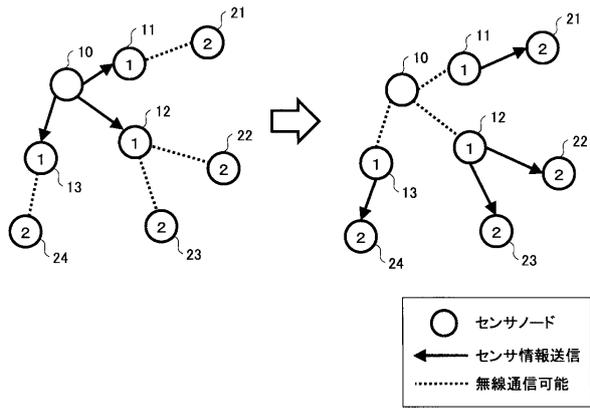
112 センサ

30

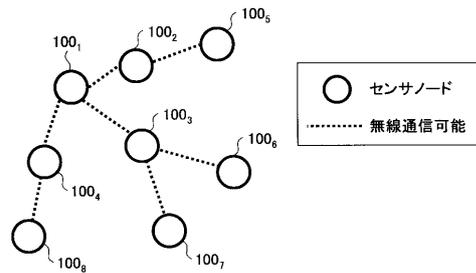
【図1】



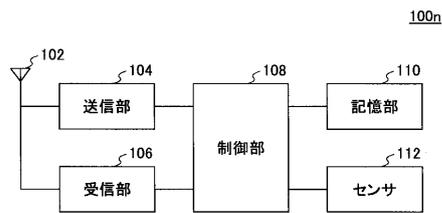
【図2】



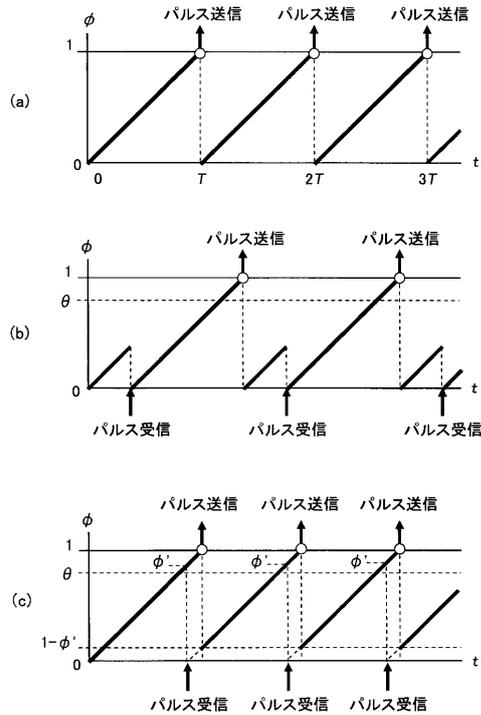
【図3】



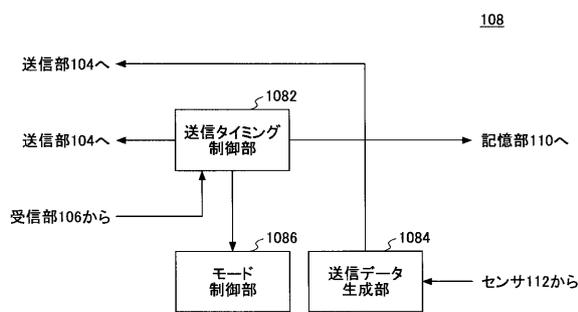
【図4】



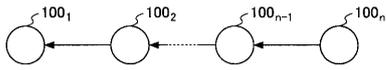
【図6】



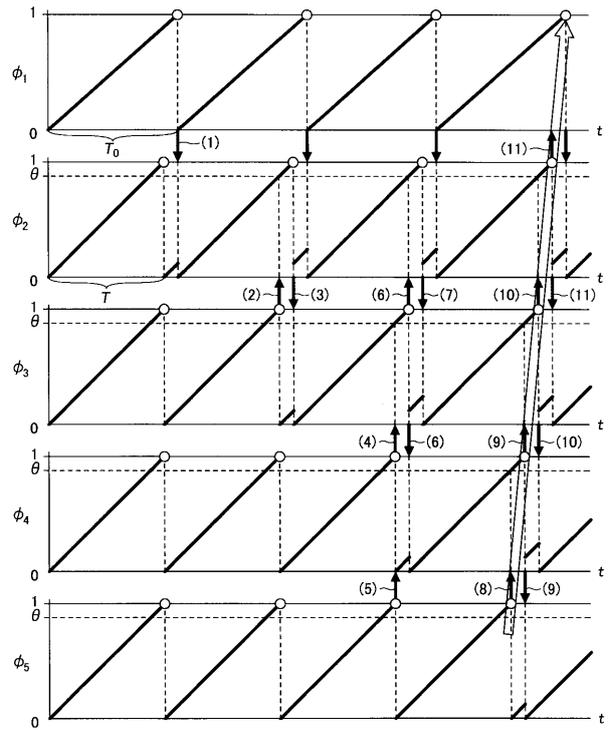
【図5】



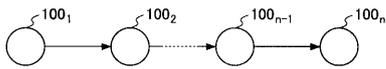
【 図 7 】



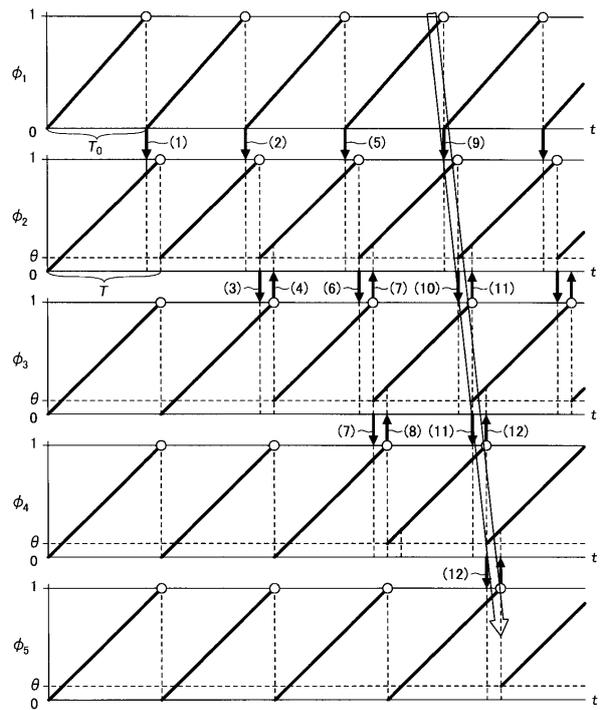
【 図 8 】



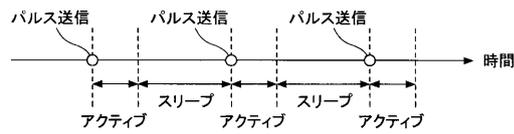
【 図 9 】



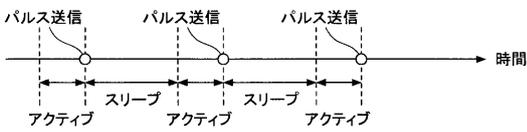
【 図 10 】



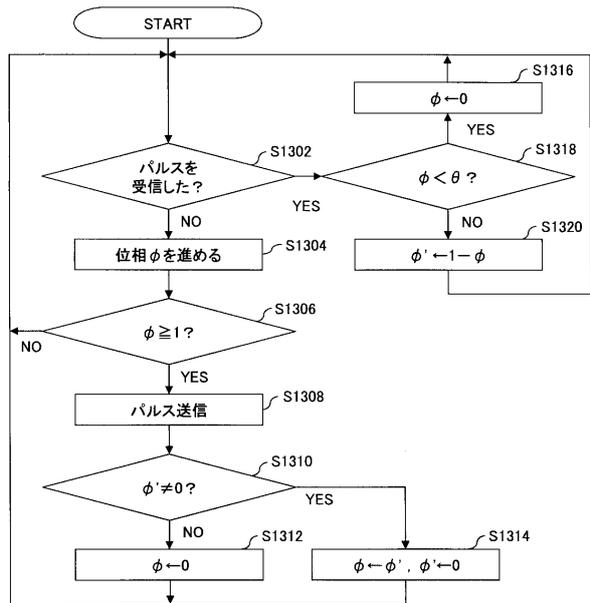
【図11】



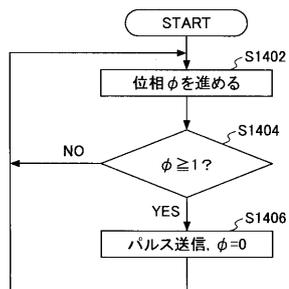
【図12】



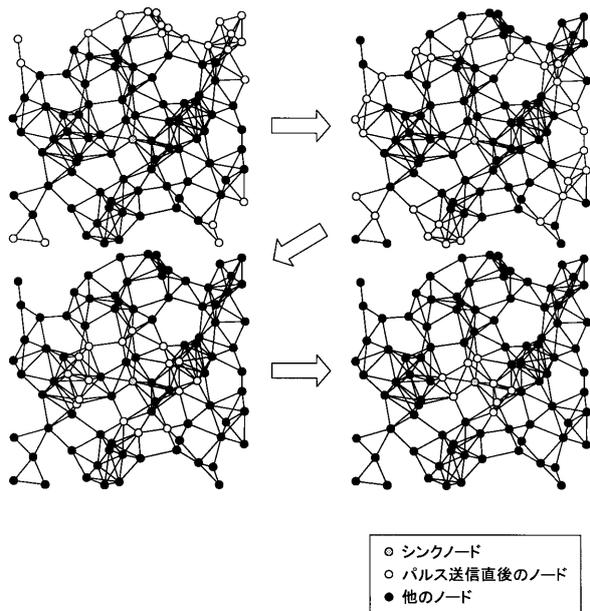
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2007-189678(JP,A)
特開2008-022307(JP,A)
特開2005-253038(JP,A)
特開2008-141596(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H04W 4/00-99/00