

明 細 書

発明の名称：

無線通信装置、無線通信システム、コンピュータ読取り可能な記録媒体、及び無線通信方法

技術分野

[0001] この発明の実施形態は、マルチホップ無線ネットワークを構築して無線通信を行う無線通信装置、無線通信システム、コンピュータ読取り可能な記録媒体、及び無線通信方法に関する。

背景技術

[0002] 無線通信装置同士が直接通信するだけでなく、他の無線通信装置を経由することで、より広い範囲の無線通信装置と通信出来るマルチホップ無線ネットワークが知られている。このマルチホップ無線ネットワークにおいて、個々の無線通信装置が独自のタイミングで無線送信を行う場合、送信時間が偶然一致した際に通信の衝突が起き、正常に送受信を行う事が出来ず、再送が必要となる。この通信の衝突を防ぐための技術として、時間割同期通信方式が知られている。

[0003] この時間割同期通信方式では、通信に参加する無線通信装置同士が事前に取り決めた時間帯にのみ送信または受信を行うことで、同一ネットワーク内の無線通信装置同士の通信衝突を避ける事が可能となり、通信衝突時の再送に伴う突発的な通信所要時間の延長を抑える事が出来る。この特徴により、データの最大更新周期に制約がある制御システム用無線ネットワークなどの分野で、時間割同期通信方式の適用が進んでいる。

[0004] 時間割同期通信方式の一例として、特許文献1がある。特許文献1には、固定長の割当て時間帯に送受信タイミングを合わせて通信を行うことで、無線通信装置間で衝突の無い同期通信を可能とすると共に、送受信部を必要な時間帯のみ起動させておく事で、電力消費量を低減させることが可能な技術が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2011-176888号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、時間割同期通信方式のネットワーク全体で使用可能な無線チャネル（無線通信帯域）が一つの帯域に限定される場合、一つのマルチホップ無線ネットワーク全体では一つの時間割を共用する必要がある。この条件では、マルチホップ無線ネットワークの時間割が一周する所要時間（1周期時間と称す）には、「1周期時間＝ネットワークの総送受信タスク数×割当て用単位時間」の関係が成り立つ。ネットワーク上の通信データは1周期時間ごとに更新される為、データ更新周期＝1周期時間となる。

[0007] ここで、無線通信装置が広域に分散したネットワークでは、相互に遠方に位置する無線通信装置が同時に送信を行っても、通信衝突が起こり得ない構成が存在する。しかし上記のような従来の時間割同期通信方式では、互いに通信衝突が起こり得ない構成に於いても、各装置は同一時間に送信を行わないため、1周期時間が装置台数に比例して長くなる問題がある。

[0008] 本実施形態の目的は、ネットワーク内の通信衝突を回避した送受信スケジュールを自律的に作成でき、無線通信装置が広域に分散した構成においては、通信周期を短縮する事ができる無線通信装置、無線通信システム、コンピュータ読取り可能な記録媒体、及び無線通信方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本実施形態に係る無線通信装置は、他の装置とマルチホップ無線ネットワークを構築し、一定の周期で無線通信する装置であって、アンテナを介して無線信号の送受信を行う無線部と、前記無線信号の送受信を許可する時間帯を示す時間割情報を記憶する記憶部と、前記時間割情報に従って前記無線信号の送受信を制御する通信制御部と、前記他の装置との間で前記時間割情報

を共用し、前記時間割情報の空き時間帯に当該無線通信装置の前記送受信タスクを割当て追記する時間割追記部とを具備する。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1実施形態に係る無線通信システムの構成例を示す図である。

[図2]図2は、第1実施形態に係る無線通信装置の機能ブロック図である。

[図3]図3は、第1実施形態に係る無線通信装置（主調停装置）の機能ブロック図である。

[図4A]図4Aは、本無線通信システムと外部システムとの接続例を示す図である。

[図4B]図4Bは、外部システムのネットワーク構成例を示す図である。

[図5]図5は、時間割情報の一例を示す図である。

[図6]図6は、無線通信装置Aまで割当て済みの時間割情報を示す図である。

[図7]図7は、無線通信装置Aの影響下装置の情報を加えた時間割情報を示す図である。

[図8]図8は、無線通信装置Cまで割当て済みの時間割情報を示す図である。

[図9]図9は、無線通信装置Cの影響下装置の情報を加えた時間割情報を示す図である。

[図10]図10は、無線通信装置Dまで割当て済みの時間割情報を示す図である。

[図11]図11は、第2実施形態に係る無線通信装置（主調停装置）の機能構成を示すブロック図である。

実施形態

[0011] 以下、図面を参照しながら本実施形態に係る無線通信装置、無線通信システム、及び無線通信方法を説明する。

[0012] （第1実施形態）

図1は、第1実施形態に係る無線通信システムの構成例を示す図である。
この無線通信システムは、複数の無線通信装置A～Jを含むマルチホップ型

の無線ネットワーク（マルチホップ無線ネットワーク）として構成される。

図 1 に示すように、各無線通信装置は、互いの電波到達範囲内に存在する無線通信装置同士で、自律的に無線通信経路を構築する。ここでは、この無線通信システムを構成する無線通信装置 B～J は、後述の無線通信装置 10 で構成され、無線通信装置 A は、後述の無線通信装置 10 A で構成され主調停装置として動作するものとする。なお、図 1 は、ネットワーク構造的には無線通信装置 A を中心としたツリー型トポロジーを示しているが、ツリー型以外にも各無線通信装置 A～J が複数の通信経路で互いに接続されたメッシュ型トポロジーを構成しても良い。

[0013] 図 2 は、無線通信装置 10 の機能ブロック図である。無線通信装置 10 は、無線部 11 と、制御部 12 と、時間割記憶部 13 と、計時部 14 と、アンテナ部 15 とを有する。マルチホップ無線ネットワークを自律的に構築する無線ネットワーク構築機能は、制御部 12 に内包されている構成としても良いし、無線通信装置 10 内の他の箇所に備わる構成としても良い。

[0014] 無線部 11 は、アンテナ部 15 を介して、自装置の電波到達範囲内に存在する他の無線通信装置との間で無線信号の送受信を行う。時間割記憶部 13 は、無線信号の送受信タスクの実行タイミングを示す時間割情報を記憶する。時間割情報は、このシステムに属する無線通信装置間で共用される。つまり、マルチホップ無線ネットワーク内の全ての無線通信装置は共通の時間割情報を保有することになる。計時部 14 は、無線信号の送受信タスクの実行タイミングの制御に用いる基準時間を生成する。

[0015] 制御部 12 は、通信制御部 121 と、影響範囲確認部 122 と、時間割追記部 123 とを含む。通信制御部 121 は、上記時間割情報に登録された全送受信タスクの実施に必要な 1 周期時間を管理する。影響範囲確認部 122 は、自装置の電波到達範囲内に存在する他の無線通信装置の存在を確認するために、無線通信装置間で通信を行い、影響装置の情報を取得する。また、各無線通信装置で得られた影響装置の情報は、無線ネットワーク構築機能による無線通信装置間通信により、時間調停の実施前に全無線通信装置で共用さ

れる。時間割追記部 1 2 3 は、全無線通信装置で共用される上記影響装置の情報をもとに、時間割情報へ送受信タスクを割当てて時間帯を追記する。

[0016] 図 3 は、主調停装置として動作する無線通信装置 1 0 A の機能ブロック図である。無線通信装置 1 0 A は、無線通信装置 1 0 の構成と同様に、無線部 1 1 と、制御部 1 2 と、時間割記憶部 1 3 と、計時部 1 4 と、アンテナ部 1 5 とを有し、さらに、主調停装置設定部 1 6 と、外部ネットワーク部 1 7 とを有する。

[0017] 主調停装置設定部 1 6 は、物理的スイッチや自装置外との通信手段を含む機能として実装され、主調停装置として設定された無線通信装置 1 0 A は、本システムの時間調停手順の主調停装置として動作する。また、時間調停手順の主調停装置として動作する無線通信装置 1 0 A は、無線通信装置同士の通信により、例えば装置番号が一番若い無線通信装置に設定されるなどの一定のルールで、主調停装置設定部 1 6 など的人為的操作を伴わず自律的に設定されるときも良い。

[0018] 外部ネットワーク部 1 7 は、本システム外との接続インタフェースである。無線通信装置 1 0 A は、この外部ネットワーク部 1 7 を有することで、システム内とシステム外とのデータ送受信のゲートウェイとしても機能する。

[0019] 図 4 A に、本システムとシステム外との関係を示す。システム外の要素として外部ネットワーク 3 0 と、外部ネットワーク 3 0 を経由して本システムと接続される外部システム 4 0 とがある。外部ネットワーク 3 0 は、主調停装置として動作する無線通信装置 1 0 A を介して本システムと接続される。

[0020] 図 4 B は、外部システム 4 0 と本システムとのネットワーク構成例を示したものである。図 4 B に示すように、外部システム 4 0 は 1 つ以上の制御装置を含むことができる。このようなマルチホップ無線ネットワークは、例えば、社会インフラ分野の制御システム用途に用いることができる。各無線通信装置 A ~ J には例えば、センサやモータなどの入出力装置が接続される。例えば、外部システム 4 0 の各制御装置は、外部ネットワーク 3 0 を経由して無線通信装置 A ~ J からセンサ情報を収集し、このセンサ情報に基づいて

、モータなどを制御するための制御信号を外部ネットワーク 30 を経由して無線通信装置 A ～ J に送信することができる。

[0021] 次に、このように構成される無線通信システムの時間調停手順について説明する。無線通信装置 10, 10A は、無線通信装置間で共用する時間割情報上に、各無線通信装置の送受信タスクを埋め込む時間調停手順により、通信衝突の無い無線通信を行う。

[0022] 図 5 に、時間割情報の一例を示す。時間割情報 50 は、本システムに属する無線通信装置 10, 10A が共用する、送受信タスクの実行タイミングを示している。個々の送受信タスクは、時間割情報 50 中の時間帯 51 でそれぞれ実施される。別々の時間帯 51 に割当られた送受信タスクは、互いの無線通信に影響を与えない。

[0023] また各無線通信装置 10, 10A は、無線ネットワーク構築機能により構築された無線通信経路を、時間調停が実施される前に、無線ネットワーク構築機能による無線通信装置間通信により把握している。特に主調停装置として動作する無線通信装置 10A は、無線ネットワーク中の全ての無線経路を把握している。例えば、図 1 において、無線通信装置 A は、無線通信装置 B、C、及び D とそれぞれ無線通信が可能である事を把握しており、また無線通信装置 D の先には無線通信装置 E、F、及び I が接続されている事を把握している。

[0024] 時間調停手順においては、まず、主調停装置として動作する無線通信装置 10A が時間割情報 50 に対する時間帯 51 の割当てを実施する。無線通信装置 A の時間割追記部 123 は、自装置が時間帯を割当てる必要のある、自装置との無線通信経路を有する無線通信装置 B、C、及び D との送受信タスクを、時間割情報中の未割当の時間帯に割当てていく。

[0025] 図 6 は、未割当の時間帯に、無線通信装置 A が割当てる必要のある送受信タスクである、無線通信装置 A と無線通信装置 B、C、D との間の送受信タスクを割当て終わった状態を示す。ここで無線通信装置 A は、時間割情報 50 の中に、送受信タスクだけでなく、各送受信タスクに影響を受ける無線通

信装置 10（以下、影響下装置と称する）の情報を加えてもよい。

[0026] 図 7 に、影響下装置の情報を加える場合の時間割情報の一例を示す。図 7 の時間割情報 50 は、各時間帯 51 に割り当てられた送受信タスクに対し、影響下装置の情報 52 が追加されている。例えば、左端から 2 番目の送受信タスク A→C に対しては、図 1 において、送信側装置 A 及び、受信側装置 C の電波到達範囲内にある無線通信装置の情報が記載される。例えば、無線通信装置 A からの送信時に無線送信の影響を受ける（同じタイミングで送信する場合に通信衝突となる、又は、同じタイミングで受信する場合に無線通信装置 A からの電波を受信する事になる）無線通信装置 B、C、D、及び E、並びに、無線通信装置 C の受信時に無線受信に影響を及ぼし得る（同じタイミングで送信する場合に通信衝突となる、又は、同じタイミングで受信する場合に無線通信装置 C からの電波を受信する事になる）無線通信装置 A、H、及び G の全てが、影響下装置の情報 52 として、時間割情報に登録される。

[0027] 影響下装置の情報 52 を登録する手順について説明する。各無線通信装置 10 の制御部 12 の影響範囲確認部 122 は、図 1 における電波到達範囲内に存在する他の無線通信装置 10 を確認するために、無線通信装置 10 間で通信を行う。送信側の無線通信装置 10 の影響範囲確認部 122 から発信された所在通知信号を受けた他の無線通信装置 10 は、自装置の影響範囲確認部 122 により、発信元装置の情報（影響装置の情報）を登録する。また、各無線通信装置 10 に備えられた影響装置の情報は、無線ネットワーク構築機能による無線通信装置間通信により、時間調停の実施前に全無線通信装置で共用される。無線通信装置 A の時間割追記部 123 は、全無線通信装置で共用される上記影響装置の情報をもとに、上述する送信時及び受信時の影響下装置の情報 52 を追加する事が出来る。

[0028] 次に、主調停装置として動作する無線通信装置 10 A は送受信タスクの割当を終えると、自装置との無線通信経路を有する無線通信装置に対して時間割情報を伝達する。そして、伝達された各無線通信装置は、時間割情報に対して、自装置が割当てて必要のある送受信タスクの追加割当を行う。そして

割当て後に、割当て済みの時間割情報を、無線通信装置 10A に対して返送する。

[0029] 図 1 の例では、無線通信装置 A が時間割情報へ送受信タスクの割当てを終えると、無線通信装置 B に対して時間割情報を伝達する。ここで、無線通信装置 B の時間割追記部 123 は、割当てする必要のある送受信タスク A→B、B→A が既に登録済みである事を把握し、時間割情報を時間割記憶部 13 に記憶すると共に、時間割情報を A に返送する。

[0030] 次に、無線通信装置 A は無線通信装置 C に対して時間割情報を伝達する。図 8 に示すように、無線通信装置 C の時間割追記部 123 は、送受信タスク A→C、C→A が既に時間割情報に登録されている事を把握し、まだ登録されていない送受信タスク C→H、H→C、C→G、G→C をそれぞれ時間割情報の空き時間帯に追記する。また、図 9 に、無線通信装置 C の影響下装置の情報を加えた時間割情報を示す。そして、無線通信装置 C は、時間割情報を時間割記憶部 13 に保存すると共に、追記した時間割情報を無線通信装置 A に返送する。

[0031] このようにして、主調停装置として動作する無線通信装置 10A は、自装置との無線通信経路を有する無線通信装置に対し、自装置との接続順に時間割情報を各無線通信装置に伝達し、各無線通信装置において時間割情報への送受信タスクの割当てを進めていく。図 1 の例では、最後に無線通信装置 G による時間割情報の追記が完了すると、ネットワーク末端の無線通信装置 E、F、H、I、J の送受信タスクは全て割当て済みとなり、システム全体の時間割情報が完成する。時間割情報の完成後、システムに属する無線通信装置 10 は、時間割情報に記載された時間帯に自信に関連する送受信タスクが登録されていると、関連する送受信処理を行う。以上の仕組みで、システム内で衝突の無い無線通信を実現する。

[0032] ここで、無線通信装置 10 の時間割追記部 123 は、時間割情報への送受信タスク割当ての際に、既に送受信割当て済みの同一時間帯に対し、影響下装置の情報 52 に関連しない送受信タスクを重畳して割当てることが可能であ

る。この場合の割当て手順について図 9 を用いて説明する。

[0033] 図 9 は、無線通信装置 C まで割当てが終わった時間割情報を示している。ここで、無線通信装置 D に対して時間割情報が伝達される。無線通信装置 D は、送受信タスク A→D、及び D→A が既に時間割情報に登録されている事を把握し、まだ登録されていない送受信タスク D→E、E→D、D→F、F→D、D→I、及び I→D をそれぞれ時間割情報に登録する。ここで、無線通信装置 D の時間割追記部 123 は、送受信タスク D→E（送信側装置 D、受信側装置 E）が影響下装置の情報 52 に記載されていない時間帯 51 を、時間割情報から検索する。結果、C→H、H→C、C→G、及び G→C の 4 つの時間帯は、影響下装置の情報 52 に、無線通信装置 D、及び E のいずれも登録されていない事を検出する。これは、当該時間帯にタスク D→E を同時に実施しても、互いの無線通信が互いに影響しない事を示す。同様に図 1 においても、無線通信装置 D と無線通信装置 E の無線伝搬範囲が、無線通信装置 C、H、及び G と全く重ならない事で表現されている。

[0034] そこで、無線通信装置 D は、4 つの時間帯 C→H、H→C、C→G、及び G→C のうち何れか 1 箇所、送受信タスク D→E を重畳して割当てする事が可能である。重畳して割当てた場合、時間割追記部 123 は、影響下装置の情報 52 を、重畳割当ての結果に従い修正する。図 10 に、無線通信装置 D まで割当てが完了した時間割情報を示す。図 10 では、図 9 に対し、4 つの時間 C→H、H→C、C→G、及び G→C に送受信タスクが重畳配置され、該時間帯の影響下装置の情報 52 が追加されている事が分かる。

[0035] 以上述べたように、第 1 実施形態によれば、定周期無線通信システムにおける、自律的に時間割を作成する手順において、互いに衝突しない関係にある送受信を無線通信装置同士が把握する事で、通信衝突を回避した送受信スケジュールを作成出来る。さらに、無線通信装置に影響範囲確認部を備え、時間割情報に通信影響下装置の情報を含む事で、複数の送受信タスクを同一の時間帯に重畳させた送受信スケジュールを作成できる。これにより、重畳させない場合と比べて全送受信タスクの実施に必要な 1 周期時間を短縮する

ことが可能となる。したがって、ネットワーク内の通信衝突を回避した送受信スケジュールを自律的に作成でき、無線通信装置が広域に分散した構成においては、通信周期を短縮する事ができる無線通信システムが実現できる。

[0036] (第2実施形態)

図11に示す第2実施形態の無線通信装置(主調停装置)10Aは、図3の構成に加えて、最大更新周期入力部124を備える。最大更新周期入力部124は、自装置外との通信手段を含む機能として、時間割情報に登録された全送受信タスクの実施に必要な1周期時間の制約条件となる、最大更新周期を自装置外から入力する機能である。

[0037] 以上の構成において、主調停装置である無線通信装置10Aの通信制御部121は、時間割情報に登録された全送受信タスクの実施に必要な1周期時間と最大更新周期とを比較し、割当ての結果により生成された時間割情報による1周期時間が、設定された最大更新周期を上回るか否かを判定する。

[0038] また、第1実施形態で述べた様に、主調停装置である無線通信装置10Aは、無線ネットワーク構築機能により全ての無線通信経路を把握している。時間割作成の際に同一時間帯への重畳を行わない場合、1周期時間には「1周期時間=ネットワークの総送受信タスク数×割当て用単位時間」の関係が成り立つため、主調停装置として動作する無線通信装置10Aは、重畳割当てを行わない場合の1周期時間(時間割情報の総所要時間)が、設定された最大更新周期を上回るか否かを、時間割情報作成の前に判定可能である。

[0039] 第2実施形態では、各無線通信装置10における時間割情報への送受信タスク割当ての際に、重畳無しの1周期時間が最大更新周期を上回ると予想される場合に、送受信タスクの重畳割当てを行い、上回らない場合に重畳割当てを行わない構成とすることができる。重畳割当ての実施有無の判断は、主調停装置として動作する無線通信装置10Aからの時間割情報受信の際に、無線通信装置10Aによる判断の結果として重畳割当て実施指令を受信しても良いし、各無線通信装置が把握している無線通信経路および時間割情報とから、重畳割当ての実施可否を判断しても良い。

[0040] 以上述べたように、第2実施形態によれば、システムに最大更新周期の制約が存在する場合にも、全送受信タスクの実施に必要な1周期時間が最大更新周期を下回るまで、時間割情報の同一時間割に複数の送受信タスクを割当てること、つまり例えば、時間割情報の当該時間帯の影響下装置に該当しない装置間の送受信タスクを重畳して割当てることにより、最大更新周期を下回りかつ衝突の無い通信を行うことが可能となる。これにより、最大更新周期の制約が存在するマルチホップ無線ネットワークにおいて、マルチホップ無線ネットワークへの参加装置数を減らす事なく、制約を満たす時間割を自動作成し通信を行える定周期無線通信システムを提供することが可能となる。

[0041] なお、いくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

請求の範囲

- [請求項1] 他の装置とマルチホップ無線ネットワークを構築し、一定の周期で無線通信する装置であって、
- アンテナを介して無線信号の送受信を行う無線部と、
- 前記無線信号の送受信を許可する時間帯を示す時間割情報を記憶する記憶部と、
- 前記時間割情報に従って前記無線信号の送受信を制御する通信制御部と、
- 前記他の装置との間で前記時間割情報を共用し、前記時間割情報の空き時間帯に当該無線通信装置の前記送受信タスクを割当て追記する時間割追記部とを具備する無線通信装置。
- [請求項2] 前記無線通信装置は、主調停装置として動作し、最初に前記送受信タスクの割当てを開始し、電波到達範囲内の隣接装置の順に前記送受信タスクの割当てを行う請求項1記載の無線通信装置。
- [請求項3] 前記無線通信装置は、電波到達範囲に存在する他の装置の存在を確認するための影響装置の情報を取得する影響範囲確認部をさらに具備し、
- 前記時間割追記部は、前記影響装置の情報に基づいて通信衝突が起こり得ないように前記送受信タスクの割当てを行う請求項1又は2に記載の無線通信装置。
- [請求項4] 前記時間割情報は、前記送受信タスクを割当てする時間帯ごとに前記送受信タスクの影響下装置の情報をさらに含み、
- 前記時間割追記部は、前記影響下装置の情報に基づいて通信衝突が起こり得ないように前記送受信タスクの割当てを行う請求項1又は2に記載の無線通信装置。
- [請求項5] 前記時間割追記部は、前記送受信タスクの割当て済みの時間帯に対し、前記時間割情報の当該時間帯の前記影響下装置に該当しない装置間の送受信タスクを重畳して割当てする請求項4に記載の無線通信装置

。

[請求項6] 前記無線通信装置は、前記時間割情報の満たすべき最大更新周期を入力する最大更新周期入力部をさらに備え、

前記通信制御部は、前記時間割情報の総所要時間が前記最大更新周期を上回るか否かを判定する請求項1に記載の無線通信装置。

[請求項7] 前記通信制御部は、前記時間割情報の総所要時間が前記最大更新周期を上回る場合に、前記時間割情報の総所要時間が前記最大更新周期を下回るまで、前記送受信タスクの割当て済みの時間帯に対し、前記時間割情報の当該時間帯の影響下装置に該当しない装置間の送受信タスクを重畳して割当てする請求項6に記載の無線通信装置。

[請求項8] 請求項1乃至7のいずれかに記載の複数の無線通信装置を備える無線通信システム。

[請求項9] 請求項1乃至7のいずれかに記載の無線通信装置の各部の処理を実行するコンピュータ読取り可能な記録媒体。

[請求項10] 他の装置とマルチホップ無線ネットワークを構築し、一定の周期で無線通信する装置に用いられる方法であって、

アンテナを介して無線信号の送受信を行うことと、

前記無線信号の送受信を許可する時間帯を示す時間割情報を記憶することと、

前記時間割情報に従って前記無線信号の送受信を制御することと、

前記複数の無線通信装置間で前記時間割情報を共用し、前記時間割情報の空き時間帯に当該無線通信装置の前記送受信タスクを割当て追記することとを有する無線通信方法。