

(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2016-54349

(P2016-54349A)

(43) 公開日 平成28年4月14日(2016.4.14)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
H04J 3/08	(2006.01)	H04J 3/08	A	5K028
H04W 84/18	(2009.01)	H04W 84/18		5K067

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号	特願2014-178463 (P2014-178463)	(71) 出願人	000003078
(22) 出願日	平成26年9月2日(2014.9.2)		株式会社東芝
			東京都港区芝浦一丁目1番1号
		(74) 代理人	100117787
			弁理士 勝沼 宏仁
		(74) 代理人	100107582
			弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100118876
			弁理士 鈴木 順生
		(72) 発明者	佐方 連
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内
		(72) 発明者	工藤 浩喜
			東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社
			東芝内

最終頁に続く

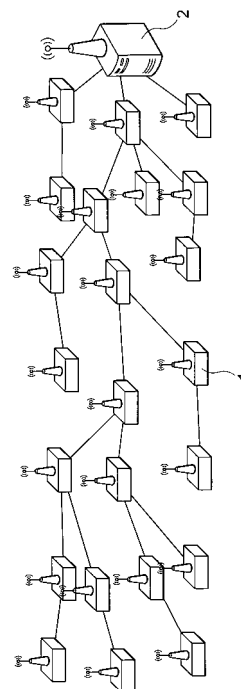
(54) 【発明の名称】 無線通信装置、無線通信システム、及びスロット割当て方法

(57) 【要約】

【課題】無線メッシュネットワークにおける情報伝達時間を短縮することができる無線通信装置、無線通信方法、及び無線通信システム。

【解決手段】一実施形態に係る無線通信装置は、送受信部と、送信スロット決定部とを備える。送受信部は、情報を送受信する。送信スロット決定部は、根ノードまでのホップ数に応じた自ノードのランク値に基づいて、複数のスロットに時分割されたフレームから、送受信部が情報を送信する送信スロットを決定する。フレームには、複数の連続するスロットを含むスロット群が複数設定される。各スロット群には、それぞれ異なるランク値が割当てられる。送信スロット決定部は、自ノードのランク値が割当てられたスロット群を選択し、選択したスロット群に含まれるスロットの中から送信スロットを決定する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

情報を送受信する送受信部と、
根ノードまでのホップ数に応じた自ノードのランク値に基づいて、複数のスロットに時分割されたフレームから、前記送受信部が前記情報を送信する送信スロットを決定する送信スロット決定部と、
を備え、

前記フレームには、複数の連続する前記スロットを含むスロット群が複数設定され、
前記各スロット群には、それぞれ異なる前記ランク値が割当てられ、
前記送信スロット決定部は、前記自ノードの前記ランク値が割当てられたスロット群を選択し、選択した前記スロット群に含まれる前記スロットの中から前記送信スロットを決定する
無線通信装置。

10

【請求項 2】

前記フレームにおいて時間が早い前記スロット群ほど大きな前記ランク値が割当てられる
請求項 1 に記載の無線通信装置。

【請求項 3】

前記送受信部は、前記自ノードの前記ランク値より 1 大きい前記ランク値が割当てられた前記スロット群において、前記情報を受信する
請求項 1 又は請求項 2 に記載の無線通信装置。

20

【請求項 4】

前記送受信部による前記情報の送受信処理を停止させるスリープ制御部を更に備える
請求項 1 ～ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 5】

前記フレームにおいて時間が遅い前記スロット群ほど小さな前記ランク値が割当てられる
請求項 1 ～ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 6】

前記送受信部は、前記自ノードの前記ランク値より 1 小さい前記ランク値を割当てられた前記スロット群において、前記情報を受信する
請求項 5 に記載の無線通信装置。

30

【請求項 7】

前記スロット群は、上りリンクのための前記ランク値と、下りリンクのための前記ランク値と、がそれぞれ割当てられ、前記上りリンクのための前記ランク値 $R + 1$ と、前記下りリンクのための前記ランク値 $R - 1$ は、異なる前記スロット群に割当てられる
請求項 5 又は請求項 6 に記載の無線通信装置。

【請求項 8】

前記送受信部は、前記上りリンクのための前記ランク値 $R + 1$ が割当てられた前記スロット群、及び前記下りリンクのための前記ランク値 $R - 1$ が割当てられた前記スロット群において、前記情報を受信する
請求項 7 に記載の無線通信装置。

40

【請求項 9】

請求項 1 ～ 請求項 8 のいずれか 1 項に記載の前記無線通信装置と、
前記無線通信装置からの前記情報を集約する集約装置と、
を備える無線通信システム。

【請求項 10】

根ノードと、複数の無線ノードとからなる無線通信システムにおいて、
フレームを複数のスロットに時分割し、
前記フレームに、複数の連続する前記スロットを含むスロット群を複数設定し、

50

前記フレームにおいて時間が早い前記スロット群ほど大きくなるように、前記無線ノードから前記根ノードまでのホップ数に応じたランク値を割当て、

前記スロット群に含まれる前記スロットを、前記スロット群に割当てられた前記ランク値と同一の前記ランク値の前記無線ノードに割当て方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、無線通信装置、無線通信システム、及びスロット割当て方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

従来、複数の無線ノードをメッシュ状に接続したメッシュネットワークが利用されている。この無線メッシュネットワークの通信方式として、例えば、時分割通信方式が採用されている。時分割通信方式では、各無線ノードをスリープさせるタイミングを容易に制御できるため、無線メッシュネットワークを省電力化することができる。

【0003】

しかしながら、無線メッシュネットワークでは、各無線ノードが送信した情報は、複数の無線ノードにより中継され、根ノードまで送信されるため、根ノードまで情報を送信するために時間がかかるという問題があった。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2009-239778号公報

【特許文献2】特開2008-22558号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

無線メッシュネットワークにおける情報伝達時間を短縮することができる無線通信装置、無線通信システム、及びスロット割当て方法。

30

【課題を解決するための手段】

【0006】

一実施形態に係る無線通信装置は、送受信部と、送信スロット決定部とを備える。送受信部は、情報を送受信する。送信スロット決定部は、根ノードまでのホップ数に応じた自ノードのランク値に基づいて、複数のスロットに時分割されたフレームから、送受信部が情報を送信する送信スロットを決定する。フレームには、複数の連続するスロットを含むスロット群が複数設定される。各スロット群には、それぞれ異なるランク値が割当てられる。送信スロット決定部は、自ノードのランク値が割当てられたスロット群を選択し、選択したスロット群に含まれるスロットの中から送信スロットを決定する。

【図面の簡単な説明】

40

【0007】

【図1】第1実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

【図2】図1をネットワークトポロジーの形態で示した図。

【図3】時分割通信方式を説明する図。

【図4】無線メッシュネットワークの一例を示す図。

【図5】無線メッシュネットワークの一例を示す図。

【図6】第1実施形態に係るスロット割当て方法を説明する図。

【図7】第1実施形態に係る無線通信装置の構成を示す図。

【図8】無線通信部のハードウェア構成を示すブロック図。

【図9】第1実施形態に係る無線通信装置の初期動作を示すフローチャート。

50

【図 10】第 1 実施形態に係る無線通信装置の通常動作を示すフローチャート。

【図 11】第 2 実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

【図 12】第 2 実施形態に係る無線通信装置の構成を示す図。

【図 13】第 2 実施形態に係る無線通信装置の動作を示すフローチャート。

【図 14】第 3 実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

【図 15】第 3 実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

【図 16】第 3 実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

【図 17】第 3 実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

【図 18】第 4 実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

【図 19】第 4 実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図。

10

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。

【0009】

(第 1 実施形態)

まず、第 1 実施形態に係る無線通信システムについて、図 1 ~ 図 6 を参照して説明する。図 1 は、本実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図である。図 1 に示すように、この無線通信システムは、複数の無線通信装置 1 と、集約装置 2 と、を備える。無線通信システムは、無線通信装置 1 を無線ノード、集約装置 2 を根ノードとした無線メッシュネットワークを構成しており、時分割通信方式により通信する。

20

【0010】

この無線通信システムにおいて、所定の範囲内に配置された無線通信装置 1 及び集約装置 2 は、互いに無線通信が可能である。無線通信装置 1 は、例えば、温度センサや加速度センサなどの任意のセンサを搭載し、センサにより測定した情報を無線で送信する。各無線通信装置 1 が送信した情報は、他の無線通信装置 1 を介して、或いは、直接的に集約装置 2 に送信される。集約装置 2 は、各無線通信装置 1 から送信された情報を集約する。集約装置は、例えば、無線通信機能を備えたサーバである。

【0011】

図 2 は、図 1 の無線通信システムを模式的にネットワークトポロジーの形態で示した図である。図 2 において、アルファベットは各無線ノード（無線通信装置 1）、根は根ノード（集約装置 2）、矢印は情報の伝達経路を示す。矢印の元は情報の送信元であり、矢印の先は情報の送信先を示す。

30

【0012】

以下の説明において、各無線通信装置 1 を無線ノード X、集約装置 2 を根ノードという。X は、図中のアルファベットと対応する。また、無線ノード X よりも根ノードに近い（根ノードまでのホップ数が小さい）側を上流側、根ノードから遠い（根ノードまでのホップ数が大きい）側を下流側という。さらに、無線ノード X との間で情報を送受信する上流側の無線ノード又は根ノードを親ノード、下流側の無線ノードを子ノードという。例えば、図 2 において、無線ノード B の親ノードは根ノードであり、子ノードは無線ノード E、F、G である。

40

【0013】

またさらに、無線ノード X が、子ノード（親ノード）から受信した情報を親ノード（子ノード）に送信することを中継という。中継には、受信した情報にセンサ情報などの無線ノード X の情報を付加して送信することにも含まれる。なお、本実施形態では、情報が下流側から上流側に送信される上りリンクについて説明する。

【0014】

図 3 は、時分割通信方式を説明する図である。時分割通信方式では、無線通信システムの 1 サイクル分の動作時間が予め設定されている。この動作時間をフレーム（frame）という。無線通信システムは、このフレームを繰り返すことにより動作する。

【0015】

50

各フレームは、複数のスロット (slot) に時分割されている。各スロットは、1つ又は複数の無線ノードの動作時間として割当てられている。無線ノードは、割当てられたスロットの間に情報を送信する。例えば、図3では、1番目のスロットは無線ノードC、3番目のスロットは無線ノードA、5番目のスロットは無線ノードBに割当てられている。この場合、無線ノードCは、各フレームの1番目のスロットの間に情報を送信する。なお、フレームには、各無線ノードの動作時間として割当てられてないスロットが含まれてもよい。

【0016】

図4及び図5は、時分割通信方式を採用した無線メッシュネットワークの一例を示す図である。図4の無線メッシュネットワークでは、フレームにおいて時間が早いスロット程、情報の伝達経路において後ろに位置する無線ノードに割当てられている。具体的には、無線ノードVからの情報の伝達経路が無線ノードV, R, N, L, I, E, B、根ノードであるのに対して、スロットは、根ノード、無線ノードB, E, I, L, N, R, Vの順に割当てられている。

10

【0017】

スロットがこのように割当てられた場合、無線ノードVから送信された情報が無線ノードRによって中継されるまでの待ち時間 t_1 は約1フレームとなる。また、以降の各無線ノードでも、同様の待ち時間が発生する。このため、図4の無線メッシュネットワークでは、無線ノードVが送信した情報が根ノードに伝達されるまでの情報伝達時間は、数フレームとなる。

20

【0018】

これに対して、図5の無線メッシュネットワークでは、フレームにおいて時間が早いスロット程、情報の伝達経路において前に位置する無線ノードに割当てられている。具体的には、無線ノードVからの情報の伝達経路が無線ノードV, R, N, L, I, E, B、根ノードであるのに対して、スロットは、無線ノードV, R, N, L, I, E, B、根ノードの順に割当てられている。

【0019】

スロットがこのように割当てられた場合、無線ノードVから送信された情報が無線ノードRによって中継されるまでの待ち時間 t_1 は1スロット群の時間程度となる。また、以降の各無線ノードでも、同様に待ち時間が1スロット群の時間程度となる。結果として、図5の無線メッシュネットワークでは、無線ノードVが送信した情報が根ノードに伝達されるまでの情報伝達時間は1フレーム以内となる。

30

【0020】

本実施形態に係る無線通信システムでは、図5の無線メッシュネットワークを構成するように、スロットが各無線ノードに割当てられる。すなわち、フレームにおいて時間が早いスロットほど、伝達経路において前に位置する無線ノードに割当てられる。上りリンクの場合、伝達経路において前に位置する無線ノードとは、下流側の無線ノードのことである。以下、スロット割当て方法について説明する。

【0021】

図6は、本実施形態に係る無線通信システムにおけるスロット割当て方法を説明する図である。本実施形態では、各無線ノードに対して、ランク値Rを設定する。ランク値Rは、各無線ノードから根ノードまでのホップ数である。例えば、図6において、無線ノードAは、ホップ数が1回であるからランク値1が設定され、無線ノードDは、ホップ数が2回であるからランク値2が設定される。図6の無線通信システムにおける最大ホップ数はNであるため、各無線ノードには、1~Nのいずれかランク値Rが設定される。

40

【0022】

また、本実施形態では、フレームに、複数のスロット群を設定する。スロット群とは、連続する複数のスロットを含む期間である。スロット群は、各スロット群が重複しないように、無線通信システムにおける最大ホップ数N個以上設定される。例えば、フレームが300スロットに時分割され、最大ホップ数N=10である場合、連続する30スロット

50

を含むスロット群を10個設定することができる。なお、各スロット群に含まれるスロットの数は同一であってもよいし、異なってもよい。また、フレームには、スロット群が設定されない期間があってもよい。

【0023】

さらに、設定した各スロット群に、上述のランク値Rをそれぞれ割当てて。この際、フレームにおいて時間が早いスロット群ほど、大きなランク値Rを割当て、時間が遅いスロット群ほど、小さなランク値Rを割当てて。例えば、図6のフレームの1番目のスロット群には、ランク値Nが割当てられ、最後のスロット群には、ランク値1が割当てられている。

【0024】

各スロットは、各スロットが含まれるスロット群に割当てられたランク値Rと同一のランク値を有する無線ノードに割当てられる。例えば、図6の1番目のスロット群(R=N用スロット群)に含まれるスロットは、ランク値Nを設定された無線ノードK、L、Mにそれぞれ割当てられる。同様に、図6の最後のスロット群(R=1用スロット群)に含まれるスロットは、ランク値1を設定された無線ノードA、B、Cにそれぞれ割当てられる。

【0025】

このようにスロットを割当てることにより、フレームにおいて時間が早いスロットほど、下流側に位置する無線ノードに割当てられることになる。例えば、図6の無線ノードIに着目すると、情報伝達経路は、下流側から無線ノードI、E、B、根ノードの順であり、スロットは前から順に無線ノードI、E、Bの順で割当てられている。すなわち、時間が早いスロットほど、下流側に位置する無線ノードに割当てられる。これは、他の無線ノードに着目した場合でも同様である。

【0026】

したがって、本実施形態に係るスロット割当て方法及び無線通信システムによれば、各無線ノードから根ノードまでの情報伝達時間を1フレーム以内に短縮することができる。

【0027】

次に、本実施形態に係る無線通信システムを構成する無線通信装置1の構成について、図7を参照して説明する。本実施形態に係る無線通信装置1は、上記のようなスロット割当てを自動的に実現する。図7は、無線通信装置1の構成を示す図である。図7に示すように、この無線通信装置1は、送受信アンテナ11と、無線通信部12とを備える。

【0028】

以下では、この無線通信装置1を自ノード、自ノードに情報を送信した無線ノードを送信元ノード、自ノードが情報を送信する無線ノードを送信先ノードという。また、ランク値Rが割当てられたスロット群を、スロット群Rという。

【0029】

送受信アンテナ11は、無線信号を送受信する。送受信アンテナ11は、受信した無線信号を電気信号に変換して無線通信部12に inputs し、無線通信部12から出力された電気信号を無線信号に変換して送信する。

【0030】

無線通信部12は、送受信部13と、宛先判定部14と、中継情報記憶部15と、送信情報生成部16と、送信先ノード決定部17と、送信スロット決定部18と、フレーム情報記憶部19とを備える。

【0031】

送受信部13は、送受信アンテナ11から入力された電気信号に所定の信号処理を施し、受信した無線信号から受信情報を取り出す。これにより、送受信部13は、受信情報を受信する。受信情報には、送信元ノードの、ランク値、センサ情報、ノードID、中継情報、及び送信先ノードのノードIDが含まれる。ノードIDとは、無線通信システムを構成する各無線通信装置1の識別子である。中継情報とは、送信元ノードが中継した他の無線ノードからの情報である。受信情報に含まれる送信先ノードとは、送信元ノードが情報

10

20

30

40

50

を送信する無線ノードであり、自ノードの送信先ノードとは限らない。信号処理には、A/D変換や所定の通信プロトコルに従った復号化などの処理が含まれる。

【0032】

また、送受信部13は、送信情報生成部16が生成した送信情報に所定の信号処理を施して電気信号に変換し、送受信アンテナ11に出力する。これにより、送受信部13は、送信情報を送信する。送信情報には、自ノードのランク値、センサ情報、ノードID、中継情報、及び送信先ノードのノードIDが含まれる。信号処理には、D/A変換や所定の通信プロトコルに従った符号化などの処理が含まれる。

【0033】

宛先判定部14は、送受信部13から受信情報を取得し、受信情報の送信先が自ノードであるか判定する。宛先判定部14は、受信情報の送信先ノードのノードIDが自ノードのノードIDである場合、受信情報の宛先が自ノードであると判定する。

【0034】

中継情報記憶部15は、宛先判定部14により自ノードが宛先と判定された受信情報を、中継情報として一時的に記憶する。

【0035】

送信情報生成部16は、中継情報記憶部15に記憶された中継情報に基づいて、送信情報を生成する。送信情報は、中継情報に、自ノードのランク値、センサ情報、ノードID、及び送信先ノードのノードIDなどの情報を付加することにより生成される。送信情報生成部16により生成された送信情報は、送受信部13により送信される。

【0036】

送信先ノード決定部17は、送受信部13が受信した受信情報に基づいて、送信情報の送信先ノードを決定する。上りリンクの場合、送信先ノードは親ノードとなる。送信先ノード決定部17は、例えば、受信情報のランク値が自ノードのランク値より1小さい無線ノードの中で、無線信号の信号強度が最も大きい無線ノードを送信先ノードとして決定する。

【0037】

また、送信先ノード決定部17は、決定した送信先ノードに基づいて、自ノードのランク値を決定する。送信先ノード決定部17は、例えば、上述の方法で送信先ノードを決定し、送信先ノードのランク値より1大きいランク値を自ノードのランク値として決定する。

【0038】

送信スロット決定部18は、フレーム情報に基づいて、自ノードが送信情報を送信するスロットである送信スロットを決定する。フレーム情報とは、上述のような、無線通信システムにおけるフレーム、スロット、及びスロット群などの設定情報である。フレーム情報は、無線通信装置1に予め登録されてもよいし、無線通信により登録及び更新されてもよい。フレーム情報は、フレーム情報記憶部19に記憶される。

【0039】

送信スロット決定部18は、まず、送信先ノード決定部17が決定した自ノードのランク値Rと、フレーム情報記憶部19に記憶されたフレーム情報と、に基づいて、スロット群Rを選択する。次に、送信スロット決定部18は、スロット群Rに含まれるスロットの中から、送信スロットを決定する。

【0040】

送信スロットは、例えば、自ノードのノードIDを用いることにより、スロット群Rの中から決定される。この場合、各スロット群に含まれるスロットに、無線通信システムを構成する各無線ノードのノードIDを割当てておけばよい。例えば、無線通信システムがノードID1~20を有する20個の無線ノードにより構成される場合、ノードID1~20を割当てられた20個のスロットを含むように各スロット群を設定する。送信スロット決定部18は、スロット群Rの中から自ノードのノードIDを割当てられたスロットを、送信スロットとして決定すればよい。なお、スロット群Rの中から送信スロットを決定

10

20

30

40

50

する方法はこれにかぎられない。

【0041】

送信スロット決定部18は、送信スロットを決定する前に、同期処理を行ってもよい。同期処理とは、自ノードでカウントしている時刻を、他の無線ノードとの間で同期させる処理である。

【0042】

送信スロット決定部18は、例えば、送受信部13が受信した受信情報に含まれる送信元ノードのランク値及びノードIDと、フレーム情報と、に基づいて、送信元ノードの送信時刻(送信スロット)を取得する。送信スロット決定部18は、この送信時刻に自ノードの送受信部13による信号処理時間を加算した時刻と、自ノードでカウントしている時刻と、を比較することにより同期処理を行うことができる。この際、送信元ノードからの無線信号の伝播に要する時間を加算して同期処理を行ってもよい。

10

【0043】

次に、無線通信部12のハードウェア構成について、図8を参照して説明する。無線通信部12は、図8に示すように、コンピュータ装置100により構成される。コンピュータ装置100は、CPU101と、入力インターフェース102と、グラフィック処理装置103と、通信インターフェース104と、主記憶装置105と、外部記憶装置106とを備え、これらはバス107により相互に接続されている。

【0044】

CPU(中央演算装置)101は、主記憶装置105上で、無線通信プログラムを実行する。無線通信プログラムとは、無線通信装置1の上述の各機能構成を実現するプログラムのことである。CPU101が、無線通信プログラムを実行することにより、無線通信部12の各機能構成は実現される。

20

【0045】

入力インターフェース102は、キーボードやマウスなどの入力装置の操作信号を、無線通信装置1に入力するための装置である。なお、コンピュータ装置100は、入力インターフェース102を備えない構成も可能である。

【0046】

グラフィック処理装置103は、LCD(液晶ディスプレイ)、CRT(ブラウン管)、及びPDP(プラズマディスプレイ)などのディスプレイに、CPU101により生成された映像信号や画像信号に基づいて、映像や画像を表示させる装置である。なお、コンピュータ装置100は、グラフィック処理装置103を備えない構成も可能である。

30

【0047】

通信インターフェース104は、無線通信装置1が他の無線ノードと無線通信するための装置である。送受信部13の機能構成は、無線通信インターフェース104により実現される。

【0048】

主記憶装置105は、無線通信プログラムの実行の際に、無線通信プログラム、無線通信プログラムの実行に必要なデータ、及び無線通信プログラムの実行により生成されたデータなどを記憶する。無線通信プログラムは、主記憶装置105上で展開され、実行される。主記憶装置105は、例えば、RAM、DRAM、SRAMであるが、これに限られない。主記憶装置105は、無線通信プログラム、中継情報、フレーム情報、ノードID、ランク値R、親ノード、及び子ノードなどの情報を記憶することができる。また、主記憶装置105は、コンピュータ装置100のOS、BIOS、及び各種のミドルウェアを記憶してもよい。

40

【0049】

外部記憶装置106は、無線通信プログラム、無線通信プログラムの実行に必要なデータ、及び無線通信プログラムの実行により生成されたデータなどを記憶する。これらのプログラムやデータは、無線通信プログラムの実行の際に、主記憶装置105に読み出される。外部記憶装置106は、例えば、ハードディスク、光ディスク、フラッシュメモリ、

50

及び磁気テープであるが、これに限られない。外部記憶装置 106 は、無線通信プログラム、中継情報、フレーム情報、ノード ID、ランク値 R、親ノード、及び子ノードなどの情報を記憶することができる。

【0050】

なお、無線通信プログラムは、コンピュータ装置 100 に予めインストールされているもよいし、無線通信により無線通信装置 1 に送信され、コンピュータ装置 100 にインストールされてもよい。

【0051】

次に、本実施形態に係る無線通信装置 1 の動作について説明する。図 9 は、無線通信装置 1 の初期動作、すなわち、電源投入時の動作を示すフローチャートである。以下の説明において、無線通信装置 1 は、フレーム情報及びノード ID を予め記憶しているものとする。

10

【0052】

ステップ S 1 において、送受信部 13 は、受信処理を開始し、電源投入から 1 フレームが経過したか判定する。1 フレームが経過するまで、送受信部 13 は、受信処理を継続する。なお、送受信部 13 による判定は、1 フレームに限られない。1 フレームが経過する前に（ステップ S 1 の NO）、送受信部 13 が受信情報を受信した場合（ステップ S 2 の YES）、処理はステップ S 3 に進む。

【0053】

ステップ S 3 において、送信先ノード決定部 17 は、送受信部 13 が受信した受信情報を取得し、当該受信情報の送信元ノードのノード ID、ランク値、及び無線信号の信号強度（RSSI）を記憶する（ステップ S 3）。

20

【0054】

無線通信装置 1 は、以上のステップ S 1 ~ S 3 の動作を、電源投入から 1 フレームが経過するまで繰り返す。1 フレームが経過すると（ステップ S 1 の YES）、処理はステップ S 4 に進む。

【0055】

ステップ S 4 において、送信先ノード決定部 17 は、記憶した送信元ノードのノード ID、ランク値、及び無線信号の信号強度に基づいて、送信先ノード（親ノード）を決定する（ステップ S 4）。送信先ノード決定部 17 は、上述の通り、ランク値が最も小さく、信号強度が最も大きい送信元ノードを送信先ノード（親ノード）に決定する。また、送信先ノード（親ノード）のランク値より 1 大きいランク値を、自ノードのランク値として決定する。

30

【0056】

図 10 は、無線通信装置 1 の 1 フレーム分の通常動作を示すフローチャートである。以下では、上述のステップ S 4 により、自ノードのランク値は R に決定されたものとする。また、ランク値 R 及び自ノードのノード ID に基づいて、送信スロット決定部 18 により、送信スロットが決定されているものとする。

【0057】

ステップ S 5 において、無線通信装置 1 は、自ノードのランク値 R より 1 大きいランク値 R + 1 を割当てられたスロット群 R + 1 が終了したか判定する。スロット群 R + 1 が終了するまで、送受信部 13 は、受信処理を継続する。

40

【0058】

スロット群 R + 1 が終了する前に（ステップ S 5 の NO）、送受信部 13 が自ノード宛ての受信情報を受信した場合（ステップ S 6 の YES）、処理はステップ S 7 に進む。受信情報が自ノード宛て、すなわち、受信情報の送信先ノードが自ノードであるかの判定は、宛先判定部 14 により行われる。

【0059】

ステップ S 7 において、中継情報記憶部 15 は、自ノード宛ての受信情報を、中継情報として記憶する。無線通信装置 1 は、以上のステップ S 5 ~ S 7 の動作を、スロット群 R

50

+ 1 が終了するまで繰り返し、送信元ノード（子ノード）の送信情報（中継情報）を受信する。そして、スロット群 R + 1 が終了すると（ステップ S 5 の Y E S）、処理はステップ S 8 に進む。ここでは、スロット群 R + 1 が終了すると同時に、スロット群 R が開始するものとして説明するが、スロット群 R + 1 とスロット群 R との間には、ランク値を割当てられていない期間があってもよい。

【 0 0 6 0 】

ステップ S 8 において、送信情報生成部 1 6 は、中継情報記憶部 1 5 に記憶された中継情報に、自ノードのノード I D、センサ情報、及びランク値 R などの情報を付加して送信情報を生成する。送信情報生成部 1 6 が送信情報を生成した後、中継情報記憶部 1 5 に記憶された情報は消去される。

10

【 0 0 6 1 】

ステップ S 9 において、無線通信装置 1 は、送信スロット決定部 1 8 が決定した送信スロットが開始されるまで待機する。この待機期間中、送受信部 1 3 は、受信処理を継続してもよいし、停止してもよい。送信スロットが開始されると、処理はステップ S 1 0 に進む。なお、スロット群 R の開始と同時に送信スロットが開始される場合には、ステップ S 9 は省略される。

【 0 0 6 2 】

ステップ S 1 0 において、送受信部 1 3 は、送信情報生成部 1 6 が生成した送信情報を、送信先ノード決定部 1 7 が決定した送信先ノード（親ノード）に送信する。送受信部 1 3 により送信された送信情報は、無線信号に変換され、送受信アンテナ 1 1 を介して送信先ノードに送信される。以上のステップ S 5 ~ S 1 0 により、送信元ノード（子ノード）からの受信情報を送信先ノード（親ノード）へ中継することができる。送信スロットが終了すると、処理はステップ S 1 1 に進む。

20

【 0 0 6 3 】

ステップ S 1 1 において、無線通信装置 1 は、スロット群 R が終了するまで待機する。この待機期間中、送受信部 1 3 は、受信処理を行ってもよいし、停止してもよい。スロット群 R が終了すると、処理はステップ S 1 2 に進む。なお、スロット群 R の終了と同時に送信スロットが終了する場合には、ステップ S 1 1 は省略される。

【 0 0 6 4 】

ステップ S 1 2 において、無線通信装置 1 は、自ノードのランク値 R より 1 小さいランク値 R - 1 を割当てられたスロット群 R - 1 が終了したか判定する。スロット群 R - 1 が終了するまで、送受信部 1 3 は、受信処理を継続する。

30

【 0 0 6 5 】

スロット群 R - 1 が終了する前に（ステップ S 1 2 の N O）、送受信部 1 3 がランク値 R - 1 の受信情報を受信した場合（ステップ S 1 2 の Y E S）、処理はステップ S 1 4 に進む。受信情報のランク値が R - 1 であるかの判定は、送信スロット決定部 1 8 により行われる。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 1 4 において、送信スロット決定部 1 8 は、受信情報の送信元ノードのランク値 R - 1、ノード I D、及び無線信号の信号強度を記憶する。無線通信装置 1 は、以上のステップ S 1 2 ~ S 1 4 の動作を、スロット群 R - 1 が終了するまで繰り返し、送信先ノード（親ノード）の送信情報を受信する。そして、スロット群 R - 1 が終了すると（ステップ S 1 2 の Y E S）、処理はステップ S 1 5 に進む。

40

【 0 0 6 7 】

ステップ S 1 5 において、送信先ノード決定部 1 7 は、記憶したノード I D、ランク値、及び信号強度に基づいて、送信先ノード（親ノード）を決定する。例えば、送信先ノード決定部 1 7 は、信号強度が最も大きい無線ノードを送信先ノードに決定する。

【 0 0 6 8 】

以上のステップ S 1 2 ~ S 1 5 により、1 フレーム毎に、信号強度が最大の無線ノードに送信先ノード（親ノード）を更新することができる。したがって、無線通信システムに

50

新たな無線ノードが加わった場合であっても、無線通信装置 1 は、最適な親ノードに対して送信情報を送信することができる。なお、送信先ノードを更新しない場合には、ステップ S 1 2 ~ S 1 5 は省略されてもよい。

【0069】

以上説明した通り、本実施形態に係る無線通信装置は、自ノードのランク値とフレーム情報とに基づいて、上述のスロット割当て方法を実現するように、送信スロットを自動的に決定することができる。したがって、この無線通信装置は、1 フレーム以内に根ノードまで情報を伝達することができる。

【0070】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態に係る無線通信システムについて、図11を参照して説明する。図11は、この無線通信システムの構成の一例を示す図である。この無線通信システムでは、無線通信システムを構成する各無線ノードが、所定の期間スリープ状態となる。他の構成は、第1実施形態と同様である。

【0071】

スリープ状態とは、無線通信部12が演算処理や通信機能を停止させ、時間のカウンタのみを行う状態である。スリープ状態では、情報の送受信が行われなため、無線通信装置1の消費電力が低くなる。以下では、無線ノードが、情報の送受信を可能な状態を起床状態という。また、無線通信部12が起床状態からスリープ状態に移行することを、「スリープする」といい、スリープ状態から起床状態に移行することを「起床する」という。

【0072】

上述の通り、ランク値Rの無線ノードは、スロット群R+1及びスロット群R-1の間、受信処理を行い、スロット群Rに含まれる送信スロットの間、送信処理を行う。本実施形態において、無線ノードは、これらの送受信処理を行う間を除き、スリープ状態となる。すなわち、無線ノードは、フレームが開始されてからスロット群R+1が開始されるまでと、スロット群R+1が終了してから送信スロットが開始されるまでと、送信スロットが終了してからスロット群R-1が開始されるまでと、スロット群R-1が終了してからフレームが終了するまでと、の期間スリープ状態となる。

【0073】

例えば、ランク値3の無線ノードIの場合、スロット群Nからスロット群5までの間スリープ状態となり、スロット群4の間受信処理を行い、スロット群3が開始されてから送信スロットが開始されるまでの間スリープ状態となり、送信スロットの間送信処理を行い、送信スロットが終了してからスロット群2が開始されるまでの間スリープ状態となり、スロット群2の間受信処理を行い、スロット群1の間スリープ状態となる。

【0074】

なお、送信先ノード(親ノード)を更新しない場合には、スロット群R-1において受信処理を行わなくてもよいので、無線ノードはスロット群R-1の間スリープ状態であってもよい。

【0075】

次に、本実施形態に係る無線通信装置1について、図12を参照して説明する。図12は、本実施形態に係る無線通信装置1の構成を示す図である。図12に示すように、この無線通信装置1の無線通信部12は、スリープ制御部20を更に備える。他の構成は第1実施形態と同様である。

【0076】

スリープ制御部20は、電源を投入されている間、無線通信部12の動作状態に関わらず機能する。スリープ制御部20は、時間をカウントし、カウントした時間と、送信先ノード決定部17により決定された自ノードのランク値と、フレーム情報記憶部19に記憶されたフレーム情報と、に基づいて、無線通信部12の動作状態を、スリープ状態と起床状態との間で制御する。

【0077】

10

20

30

40

50

具体的には、スリープ制御部 20 は、無線通信部 12 を、スロット群 R + 1 の開始、送信スロットの開始、及びスロット群 R - 1 の開始のタイミングで起床させ、スロット群 R + 1 の終了、送信スロットの終了、及びスロット群 R - 1 の終了のタイミングでスリープさせる。

【0078】

次に、本実施形態に係る無線通信装置 1 の動作について、図 13 を参照して説明する。図 13 は、本実施形態に係る無線通信装置 1 の 1 フレーム分の通常動作を示すフローチャートである。図 13 では、動作の開始時点において、無線通信部 12 はスリープ状態であるものとする。

【0079】

ステップ S 16 において、スリープ制御部 20 は、カウントしている時間と、自ノードのランク値 R と、フレーム情報と、に基づいて、スロット群 R + 1 が開始されたか判定する。スリープ制御部 20 は、スロット群 R + 1 が開始されるまで、当該判定を繰り返す（ステップ S 16 の NO）。スロット群 R + 1 が開始されると、処理はステップ S 17 に進む。

【0080】

ステップ S 17 において、スリープ制御部 20 は、無線通信部 12 を起床させる。これにより、送受信部 13 が受信処理を開始する。以降、ステップ S 5 ~ S 8 までは、図 10 のフローチャートと同様である。

【0081】

ステップ S 8 において、送信情報生成部 16 が送信情報を生成すると、処理はステップ S 18 に進む。

【0082】

ステップ S 18 において、スリープ制御部 20 は、無線通信部 12 をスリープさせる。その後、スリープ制御部 20 は、送信スロットが開始されると、無線通信部 12 を起床させる。無線通信部 12 が起床状態に移行すると、送受信部 13 は、送信先ノード（親ノード）に送信情報を送信する。送信スロットが終了すると、処理はステップ S 19 に進む。

【0083】

ステップ S 19 において、スリープ制御部 20 は、無線通信部 12 をスリープさせる。その後、スリープ制御部 20 は、スロット群 R が終了し、スロット群 R - 1 が開始すると、無線通信部 12 を起床させる。これにより、送受信部 13 が受信処理を開始する。以降、ステップ S 12 ~ S 15 までは、図 10 のフローチャートと同様である。

【0084】

ステップ S 15 において、送信先ノード（親ノード）が更新されると、スリープ制御部 20 は、無線通信部 12 をスリープさせる。以上で無線通信装置 1 の 1 フレーム分の通常動作が終了する。

【0085】

以上説明した通り、本実施形態に係る無線通信装置 1 は、情報を送受信しない間、スリープ状態となる。したがって、無線通信装置 1 の消費電力を低減することができる。また、この無線通信装置 1 により無線通信システムを構成することにより、無線通信システム全体の消費電力を低減することができる。

【0086】

（第 3 実施形態）

次に、第 3 実施形態に係る無線通信システムについて、図 14 ~ 図 17 を参照して説明する。図 14 ~ 図 17 は、本実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図である。第 1 実施形態及び第 2 実施形態では、下流側から上流側への情報の送信（上りリンク）だけが行われたが、本実施形態では、上流側から下流側への情報の送信（下りリンク）も同時に行われる。本実施形態において、無線通信装置 1 は、第 1 実施形態と同様である。

【0087】

10

20

30

40

50

下りリンクの場合、上述の上りリンクのスロット割当て方法によってスロットを割当てると、情報伝達時間が数スロットかかるため非効率である。そこで、本実施形態では、上りリンク用のスロット割当てと、下りリンク用のスロット割当てと、をそれぞれ設定する。

【0088】

上りリンク用のスロット割当てでは、第1実施形態と同様に、フレームにおいて時間が早いスロット群ほど、大きなランク値を割当て、時間が遅いスロット群ほど、小さなランク値を割当てる。これにより、フレームにおいて時間が早いスロットほど、下流側に位置する無線ノードに割当てる。

【0089】

これに対して、下りリンク用のスロット割当てでは、フレームにおいて時間が早いスロット群ほど、小さなランク値を割当て、時間が遅いスロット群ほど、大きなランク値を割当てる。これにより、フレームにおいて時間が早いスロットほど、上流側に位置する無線ノードに割当てる。

【0090】

これにより、上りリンク及び下りリンクの両方で、フレームにおいて時間が早いスロット程、情報の伝達経路において前に位置する無線ノードに割当てられることになる。したがって、本実施形態に係る無線通信システムによれば、上りリンク及び下りリンクの両方で情報伝達時間を1フレーム以内に短縮することができる。

【0091】

さらに、本実施形態では、任意のランク値Rについて、上りリンクのランク値R+1と、下りリンクのランク値R-1と、が同一のスロット群に割当てられないように、スロット群にランク値を割当てる。同様に、任意のランク値Rについて、上りリンクのランク値R-1と、下りリンクのランク値R+1と、が同一のスロット群に割当てられないように、スロット群にランク値を割当てる。これにより、フレームの中央部分に位置するスロット群は、上りリンクのランク値R+1、R-1、下りリンクのランク値R+1、R-1の、いずれか1つのみを割当てられる。

【0092】

このため、図14の3番目のスロット群は、上りリンクのランク値5のみが割当てられ、4番目のスロット群は、下りリンクのランク値3のみが割当てられている。また、図14の7番目のスロット群は、上りリンクのランク値3のみが割当てられ、8番目のスロット群は、下りリンクのランク値5のみが割当てられている。これにより、ランク値が2離れた無線ノード間の無線信号の干渉を防ぐことができる。

【0093】

例えば、フレームの1番目のスロット群では、ランク値7の無線ノードとランク値1の無線ノードとが同時に無線信号を送信する。しかしながら、ランク値7の無線ノードとランク値1の無線ノードとは離れているため、これらの無線信号は干渉しない。

【0094】

これに対して、フレームの3番目のスロット群で、ランク値5の無線ノードとランク値3の無線ノードとが同時に無線信号を送信した場合、ランク値5の無線ノードとランク値3の無線ノードとは近接しているため、これらの無線信号が干渉する恐れがある。

【0095】

しかしながら、本実施形態のようにスロット群にランク値を割当てると、ランク値5の無線ノードとランク値3の無線ノードとが交互に無線信号を送信するため、無線信号の干渉を防ぐことができる。

【0096】

このようなランク値の割当ては、図14のように、ランク値の数が奇数(7個)の場合だけでなく、図15に示すように、ランク値の数が偶数(8個)の場合であっても同様に可能である。

【0097】

10

20

30

40

50

また、ランク値が3離れていても無線信号が干渉する恐れがある場合には、任意のランク値Rについて、上りリンクらのランク値 $R + 1$ ($R - 1$)と、下りリンクのランク値 $R - 2$ ($R + 2$)と、が同一のスロット群に割当てられないように、ランク値をスロット群に割当ててもよい。例えば、図15の無線通信システムの3番目のスロット群は、上りリンクのランク値6のみを割当てられ、4番目のスロット群は、下りリンクのランク値3のみを割当てられている。これにより、ランク値が3離れた無線ノード間の無線信号の干渉を防ぐことができる。

【0098】

さらに、図14及び図15では、上りリンクのランク値Rと、下りリンクのランク値Rと、が同一のスロット群に割当てられないように、スロット群にランク値を割当てている。しかしながら、図16及び図17に示すように、上りリンクのランク値Rと、下りリンクのランク値Rと、が同一のスロット群に割当てられるように、スロット群にランク値を割当ててもよい。

10

【0099】

この場合、上りリンク及び下りリンクのランク値Rを割当てられたスロット群では、上りリンク及び下りリンクの送信が同時に行われる。例えば、図16の場合、ランク値4の無線ノードLは、送信スロットにおいて、無線ノードIへの上りリンクの送信と、無線ノードN、Oへの下りリンクの送信と、を同時に行う。このように、上りリンクと下りリンクのランク値Rを同一のスロット群に割当てることにより、スロット群の数を減らし、フレームを短縮することができる。

20

【0100】

以上説明した通り、本実施形態に係る無線通信システムによれば、上りリンク及び下りリンクの情報伝達時間を、いずれも1フレーム以内に短縮することができる。また、無線信号の干渉を防ぎ、情報の伝達精度を向上させることができる。

【0101】

(第4実施形態)

次に、第4実施形態に係る無線通信システムについて、図18及び図19を参照して説明する。図18及び図19は、本実施形態に係る無線通信システムの構成の一例を示す図である。この無線通信システムは、第3実施形態に係る無線通信システムを、第2実施形態に係る無線通信装置1により構成したものである。すなわち、無線通信装置1は、上りリンク及び下りリンクの送信を行うとともに、所定の期間スリープ状態となる。

30

【0102】

具体的には、ランク値Rの無線ノードは、上りリンクのスロット群 $R + 1$ 、 $R - 1$ 及び送信スロットの間、送受信を行うと共に、下りリンクのスロット群 $R + 1$ 、 $R - 1$ 及び送信スロットの間、送受信を行う。

【0103】

例えば、図18において、ランク値7の無線ノードUに着目した場合、無線ノードUは、1番目のスロット群で上りリンクの中継情報を受信し、2番目のスロット群の送信スロットで当該中継情報を中継し、3番目のスロット群で受信した無線信号に基づいて上りリンクの送信先ノード(親ノード)を決定し、9番目のスロット群で下りリンクの中継情報を受信し、10番目のスロット群の送信スロットで当該中継情報を中継し、11番目のスロット群で受信した無線信号に基づいて下りリンクの送信先ノード(子ノード)を決定する。そして、無線ノードUは、それ以外の期間、すなわち、4番目~8番目のスロット群と、2番目及び10番目のスロット群のうち送信スロット以外の期間と、ではスリープ状態となる。

40

【0104】

これにより、上りリンク及び下りリンクの情報伝達時間をいずれも1フレーム以内に短縮しつつ、無線通信装置1及び無線通信システムの消費電力を低減することができる。

【0105】

図19は、図18の無線通信システムの変形例である。図19において、ランク値Rの

50

無線ノードは、上りリンクのスロット群 $R + 1$ 及び送信スロットの間、送受信を行うと共に、下りリンクのスロット群 $R + 1$ 及び送信スロットの間、送受信を行う。すなわち、図 18 の無線通信システムと異なり、上りリンク及び下りリンクのランク値 $R - 1$ を割当てられたスロット群の間、無線ノードはスリープ状態となる。

【0106】

例えば、図 19 において、ランク値 7 の無線ノード U に着目した場合、無線ノード U は、1 番目のスロット群で上りリンクの中継情報を受信し、2 番目のスロット群の送信スロットで当該中継情報を中継し、9 番目のスロット群で下りリンクの中継情報を受信し、10 番目のスロット群の送信スロットで当該中継情報を中継する。そして、無線ノード U は、1 番目のスロット群で受信した無線信号に基づいて下りリンクの送信先ノード（子ノード）を決定し、9 番目のスロット群で受信した無線信号に基づいて上りリンクの送信先ノード（親ノード）を決定する。そして、無線ノード U は、それ以外の期間、すなわち、4 ~ 8, 11 番目のスロット群と、2 番目及び 10 番目のスロット群のうち送信スロット以外の期間と、ではスリープ状態となる。

10

【0107】

これにより、図 18 の無線通信システムよりも無線通信装置 1 がスリープ状態となる期間がスロット群 2 個分長くなるため、無線通信装置 1 及び無線通信システムの消費電力をさらに低減することができる。

【0108】

なお、本発明は上記各実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。また、上記各実施形態に開示されている複数の構成要素を適宜組み合わせることによって種々の発明を形成できる。また例えば、各実施形態に示される全構成要素からいくつかの構成要素を削除した構成も考えられる。さらに、異なる実施形態に記載した構成要素を適宜組み合わせてもよい。

20

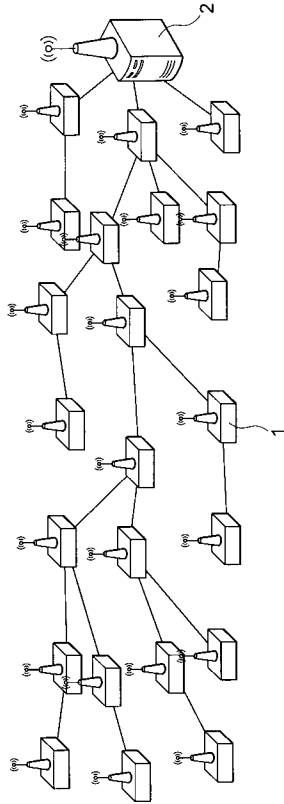
【符号の説明】

【0109】

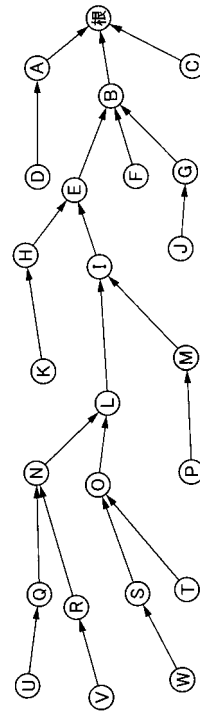
1：無線通信装置、2：集約装置、11：送受信アンテナ、12：無線通信部、13：送受信部、14：宛先判定部、15：中継情報記憶部、16：送信情報生成部、17：送信先ノード決定部、18：送信スロット決定部、19：フレーム情報記憶部、20：スリープ制御部、100：コンピュータ装置、101：CPU、102：入力インターフェース、103：グラフィック処理装置、104：通信インターフェース、105：主記憶装置、106：外部記憶装置、107：バス

30

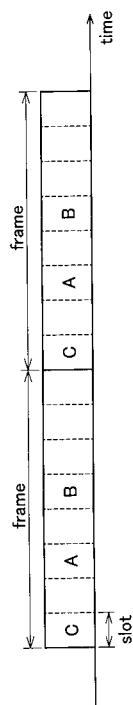
【図 1】



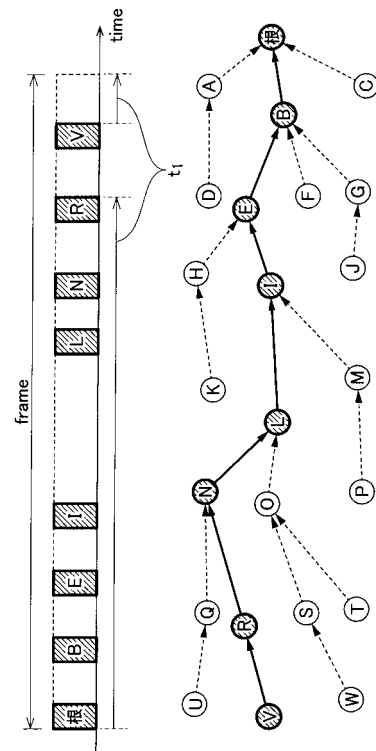
【図 2】



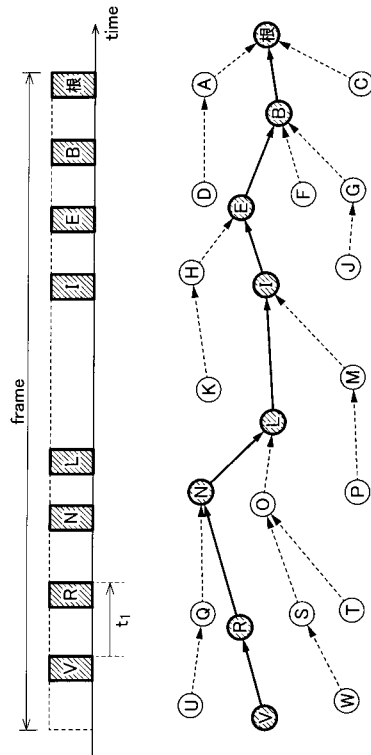
【図 3】



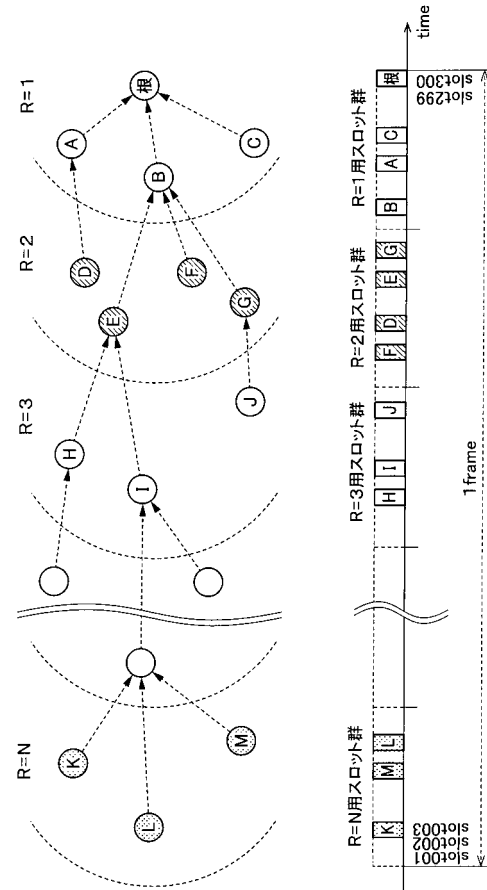
【図 4】



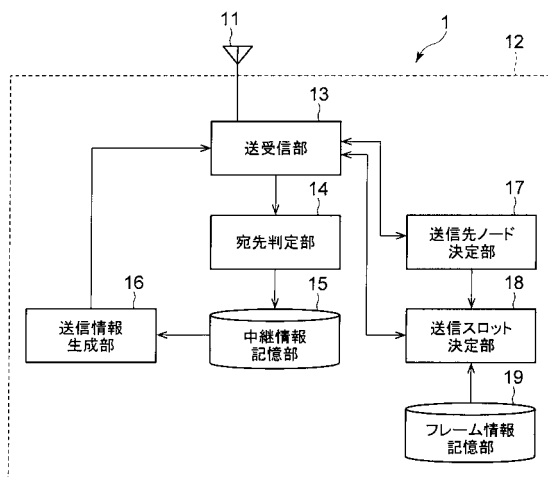
【図 5】



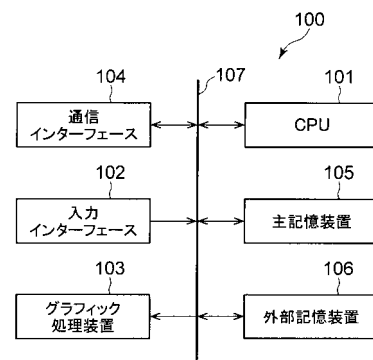
【図 6】



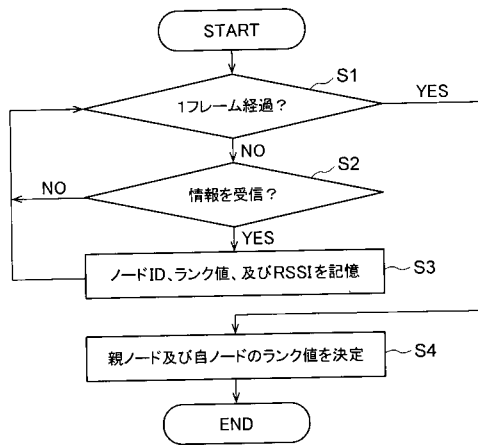
【図 7】



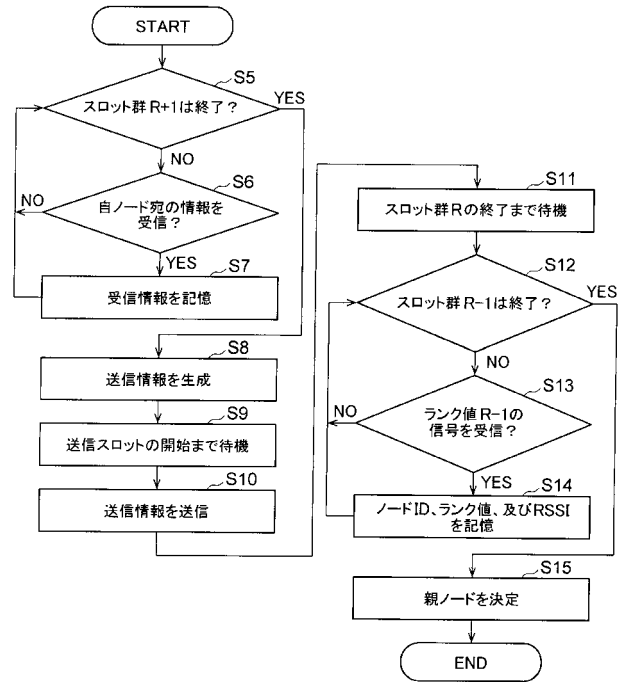
【図 8】



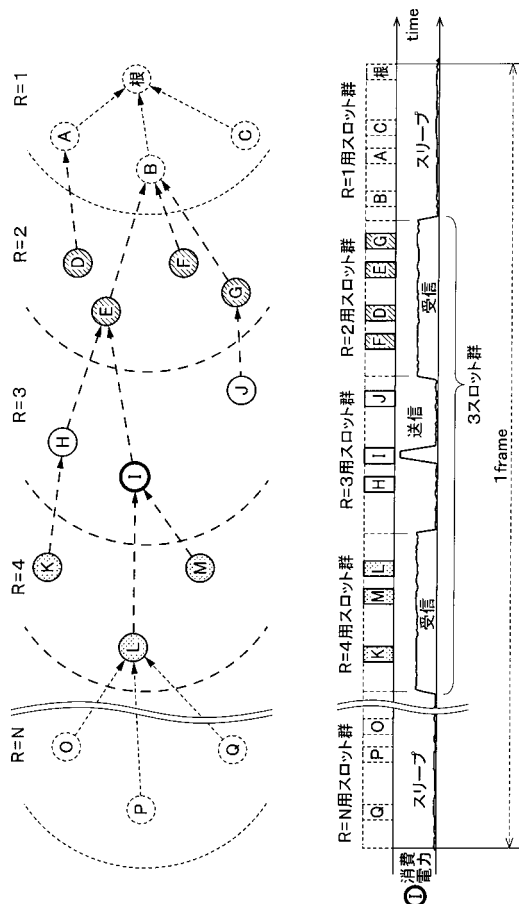
【図 9】



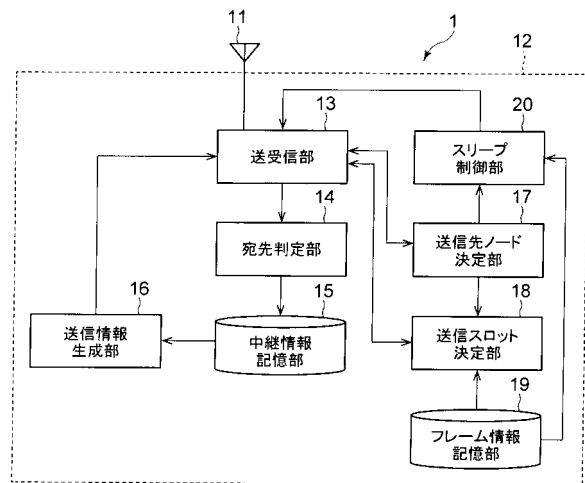
【図 10】



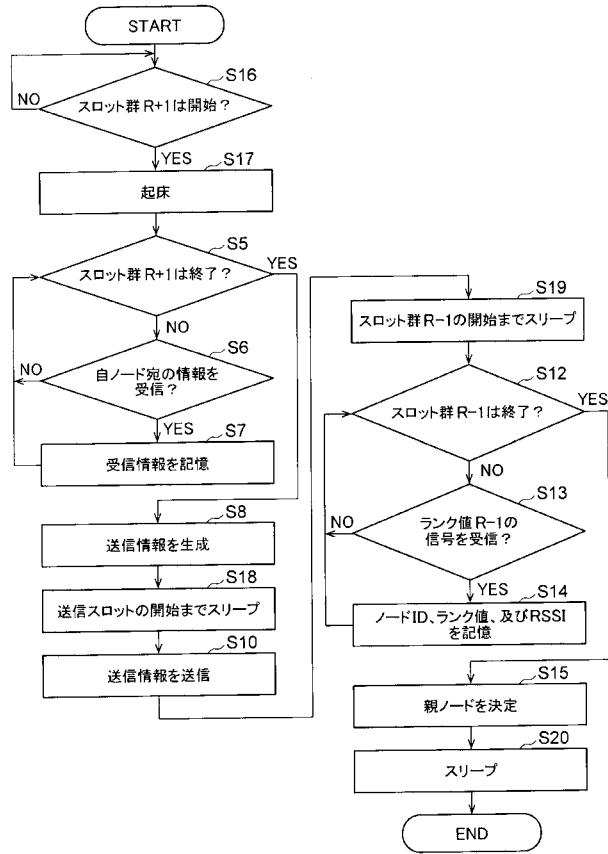
【図 11】



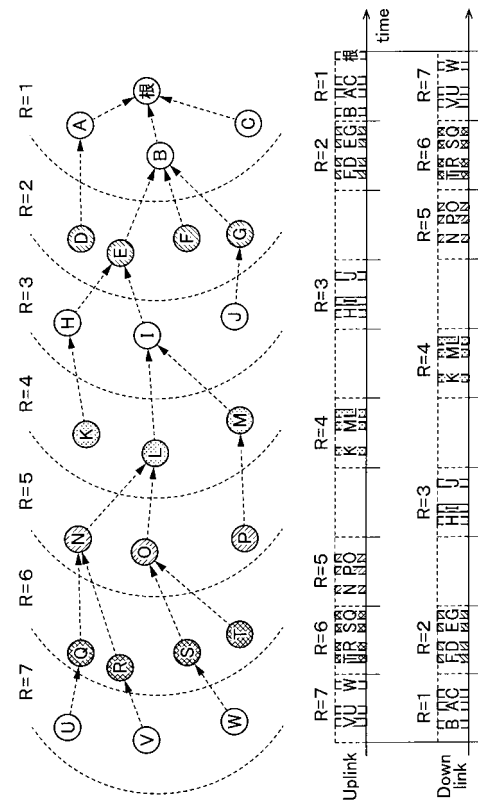
【図 12】



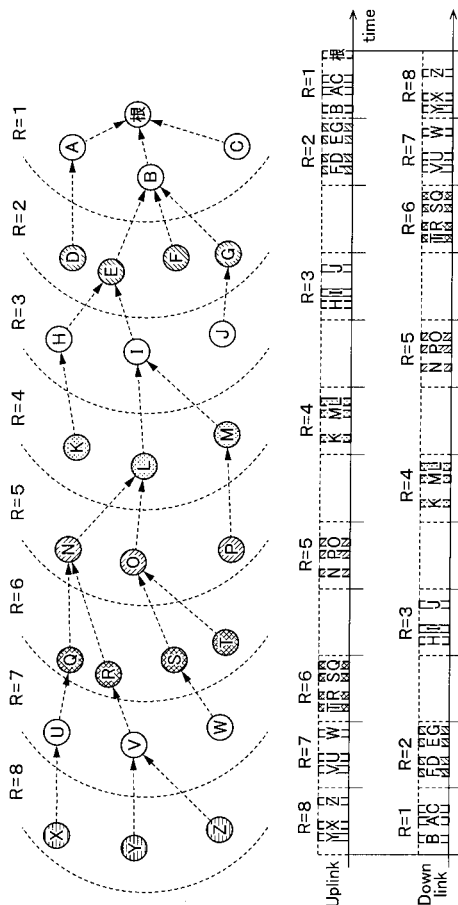
【図 13】



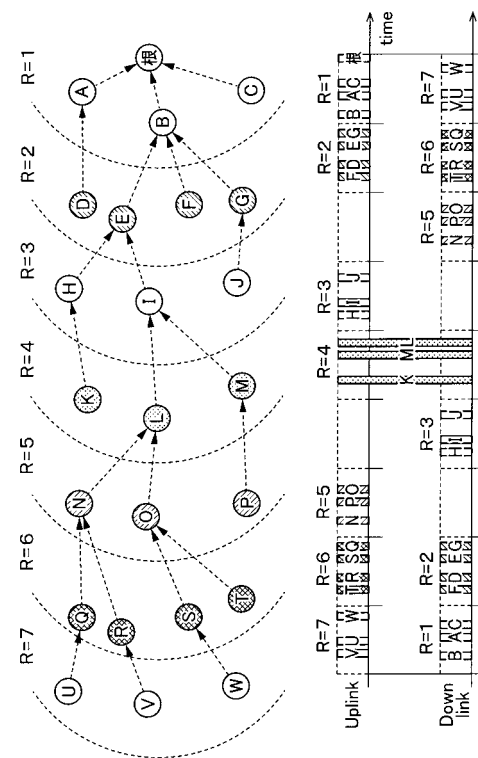
【図 14】



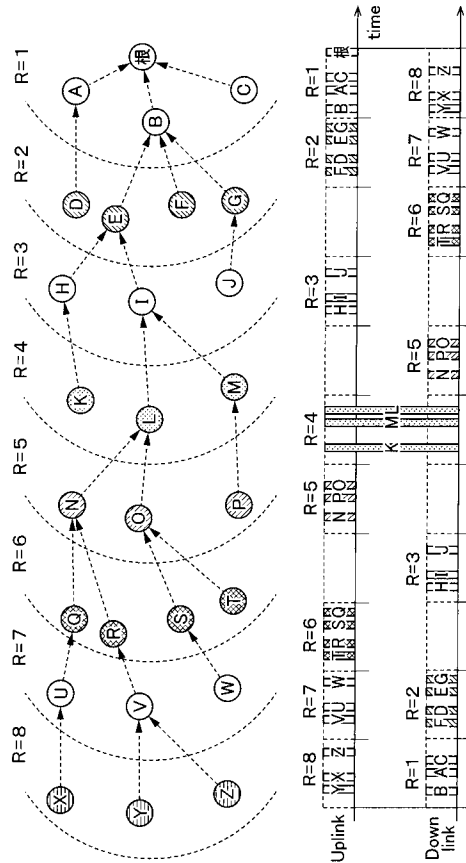
【図 15】



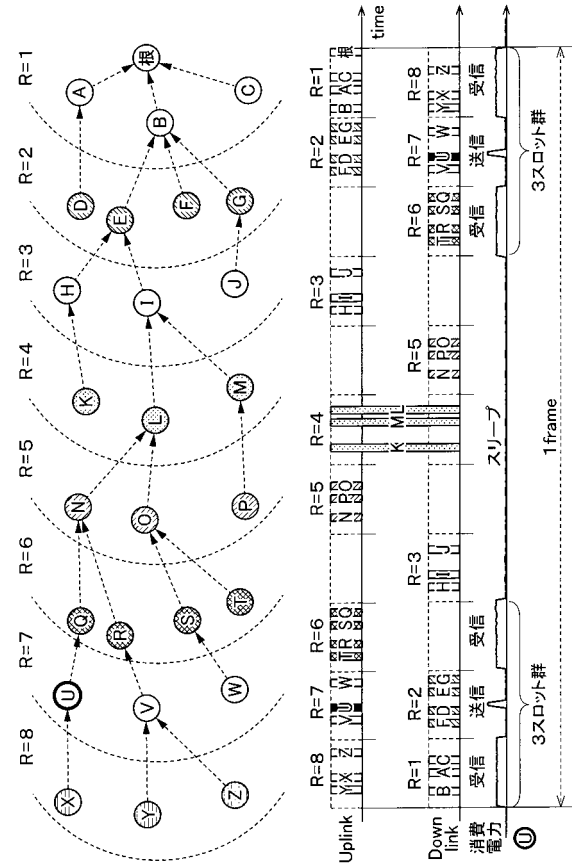
【図 16】



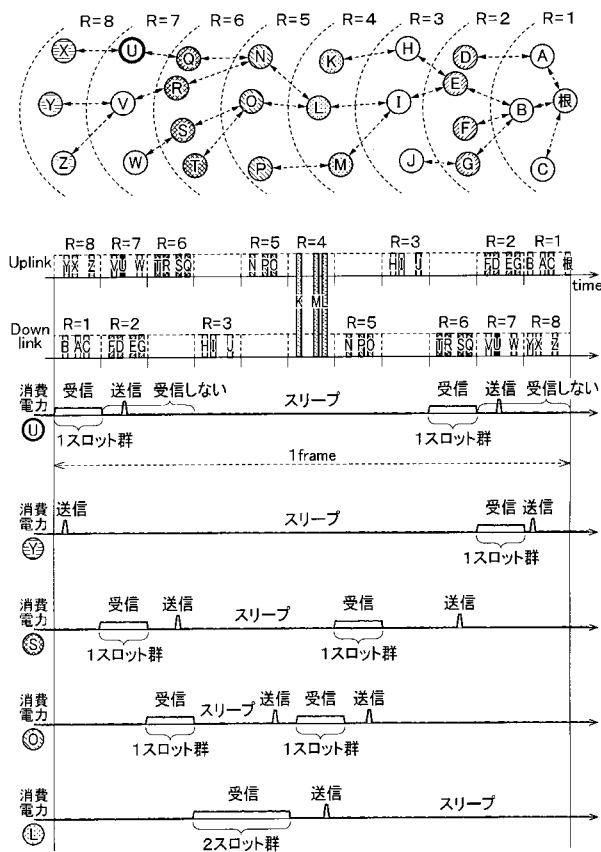
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

(72)発明者 小川 純平

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5K028 AA11 BB04 CC05 DD04 LL01

5K067 AA11 BB21 DD11 EE02 EE25 HH21 JJ41