

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6471005号  
(P6471005)

(45) 発行日 平成31年2月13日(2019.2.13)

(24) 登録日 平成31年1月25日(2019.1.25)

(51) Int.Cl.		F I			
HO4W 52/02	(2009.01)	HO4W 52/02	110		
HO4W 4/38	(2018.01)	HO4W 4/38			
HO4W 84/18	(2009.01)	HO4W 84/18			
HO4W 72/02	(2009.01)	HO4W 72/02			

請求項の数 17 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2015-43460 (P2015-43460)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成27年3月5日(2015.3.5)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2016-163305 (P2016-163305A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成28年9月5日(2016.9.5)	(74) 代理人	100107582
審査請求日	平成29年11月30日(2017.11.30)		弁理士 関根 毅
		(74) 代理人	100117787
			弁理士 勝沼 宏仁
		(74) 代理人	100118876
			弁理士 鈴木 順生
		(74) 代理人	100192577
			弁理士 梶 大樹
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無線通信装置及びシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

情報を送受信し、第1方向における第1ノードへ前記情報を送信し、前記第1方向と異なる第2方向における第2ノードへ前記情報を送信する送受信部と、

前記第1方向及び前記第2方向のそれぞれについて、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タイミング決定部と、を備え、

前記タイミング決定部は、前記第1方向へ送信される情報量が、前記第2方向へ送信される前記情報量より多い場合に、前記第1方向への送信間隔が前記第2方向への送信間隔より長くなるように、前記送受信部が前記情報を送信する前記送信スロットを決定する、を備える無線通信装置。

【請求項2】

前記タイミング決定部は、前記第1方向へ送信される情報量を、前記第2方向へ送信される前記情報量と比較し、前記第1方向へ送信される情報量が前記第2方向へ送信される前記情報量より多いことを決定した場合に、前記第1方向への送信間隔が前記第2方向への送信間隔より長くなるように、前記送受信部が前記情報を送信する前記送信スロットを決定する

請求項1に記載の無線通信装置。

【請求項3】

前記第1方向及び前記第2方向への前記送信間隔は、前記第1方向及び前記第2方向へ送信される情報量に基づいて設定される

請求項 1 又は請求項 2 に記載の無線通信装置。

【請求項 4】

前記第 1 方向への送信は、上りリンクの送信であり、前記第 2 方向への送信は、下りリンクの送信である

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 5】

前記タイミング決定部は、

現在のフレームが、前記第 1 方向及び前記第 2 方向への送信を行う双方向通信フレームであるか、前記第 2 方向への送信のみを行う単方向通信フレームであるか、を判定するフレーム判定部

前記タイミング決定部は、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、前記フレームから、前記送信スロットを決定するを備える請求項 1 乃至請求項 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、前記情報を前記第 1 方向へ M フレーム (M は 2 以上の整数) 毎に送信し、前記第 2 方向へ 1 フレーム毎に送信する

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 7】

前記フレームは、連続する複数の前記スロットを含むスロット群を、複数設定され、

前記各スロット群は、それぞれ異なる前記ランク値を設定され、

前記タイミング決定部は、前記自ノードの前記ランク値が設定され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

請求項 5 又は請求項 6 に記載の無線通信装置。

【請求項 8】

前記フレームは、前記第 1 方向への送信のための前記ランク値と、前記第 2 方向への送信のための前記ランク値と、をそれぞれ設定される

請求項 7 に記載の無線通信装置。

【請求項 9】

時間が早い前記スロット群ほど、前記第 1 方向への送信のための大きな前記ランク値を設定される

請求項 8 に記載の無線通信装置。

【請求項 10】

時間が早い前記スロット群ほど、前記第 2 方向への送信のための小さな前記ランク値を設定される

請求項 8 又は請求項 9 に記載の無線通信装置。

【請求項 11】

前記双方向通信フレームにおいて、前記第 1 方向のための前記ランク値  $R + 1$  と、前記第 2 方向のための前記ランク値  $R - 1$  と、は異なる前記スロット群に設定される

請求項 8 乃至請求項 10 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 12】

前記送受信部は、前記単方向通信フレームにおいて、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が設定された前記スロット群の間、前記情報を受信する

請求項 7 乃至請求項 11 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 13】

前記送受信部は、前記単方向通信フレームにおいて、親ノードの前記送信スロットの間、前記情報を受信する

請求項 7 乃至請求項 12 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 14】

前記送受信部は、前記親ノードの前記送信スロットの間に前記情報の受信に失敗した場合、前記自ノードの前記送信スロットまで前記情報の受信を継続する

10

20

30

40

50

請求項 1 3 に記載の無線通信装置。

【請求項 1 5】

前記送受信部は、前記自ノードの前記送信スロットまでに前記情報の受信に失敗した場合、次の前記単方向通信フレームにおいて、前記親ノードの前記送信スロットが含まれる前記スロット群の間、前記情報を受信する

請求項 1 4 に記載の無線通信装置。

【請求項 1 6】

前記送受信部による前記情報の送受信を停止させるスリープ制御部を更に備える  
請求項 1 乃至請求項 1 5 のいずれか 1 項に記載の無線通信装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至請求項 1 6 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。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、無線通信装置及びシステムに関する。

【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無線通信システムが利用されている。  
この無線通信システムの通信方式として、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、  
無線通信システムを省電力化することができる。

【0003】

しかしながら、従来の時分割通信方式では、上りリンク (Uplink) 及び下りリンク (Do  
wnlink) の送信が同一の頻度で行われていた。このため、上りリンクで要求される送信頻  
度と、下りリンクで要求される送信頻度と、が異なる場合、情報の余計な送信が行われ、  
消費電力が増大するという問題があった。

【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】

低消費電力な無線通信装置及びシステムを提供する。

【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、タイミング決定部と、を備える。送受  
信部は、情報を送受信し、第 1 方向及び第 2 方向へ情報を送信する。タイミング決定部は  
、第 1 方向への送信間隔が第 2 方向への送信間隔より長くなるように、送受信部が情報を  
送信するタイミングを決定する。

【図面の簡単な説明】

【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】第 1 実施形態に係るスロットの割当方法を説明する図。

【図 5】第 1 実施形態に係るスロットの割当方法を説明する図。

10

20

30

40

50

- 【図6】単方向通信フレームにおけるスロットの割当方法を説明する図。
- 【図7】双方向通信フレームにおけるスロットの割当方法を説明する図。
- 【図8】双方向通信フレームにおけるスロットの割当方法を説明する図。
- 【図9】双方向通信フレームにおけるスロットの割当方法を説明する図。
- 【図10】双方向通信フレームにおけるスロットの割当方法を説明する図。
- 【図11】送信間隔の設定方法を説明する図。
- 【図12】第1実施形態に係る無線通信装置の機能構成を示す図。
- 【図13】送受信部の動作タイミングを説明する図。
- 【図14】無線通信部のハードウェア構成を示すブロック図。
- 【図15】単方向通信フレームにおける無線通信装置の動作を示すフローチャート。 10
- 【図16】単方向通信フレームにおける無線通信装置の動作の一例を示す図。
- 【図17】双方向通信フレームにおける無線通信装置の動作を示すフローチャート。
- 【図18】双方向通信フレームにおける無線通信装置の動作の一例を示す図。
- 【図19】双方向通信フレームにおける無線通信装置の動作の他の例を示す図。
- 【図20】単方向通信フレームにおける無線通信装置の動作の他の例を示す図。
- 【図21】単方向通信フレームにおける無線通信装置の動作の他の例を示す図。
- 【図22】第2実施形態に係る無線通信装置の動作状態を示す状態遷移図。
- 【図23】状態1における無線通信装置の動作を示す図。
- 【図24】状態2における無線通信装置の動作を示す図。
- 【図25】状態3における無線通信装置の動作を示す図。 20
- 【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21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。 30
- 【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ポロジ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)を示している。以下の説明において、各無線通信装置を無線ノード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。 40
- 【0012】
- また、ある無線ノードXに対して、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。図2の矢印は、無線ノード間の関係を示しており、矢印の元が子ノード、矢印の先は親ノードとなっている。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。

## 【 0 0 1 3 】

また、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、無線ノードXが受信した情報に、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含まれる。さらに、情報を下流側から上流側へ（第1方向へ）送信することを上りリンクの送信、情報を上流側から下流側へ（第2方向）へ送信することを下りリンクの送信という。

## 【 0 0 1 4 】

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。

10

## 【 0 0 1 5 】

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に割当てられている。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、各無線ノードに割当てられてないスロットが含まれてもよい。

## 【 0 0 1 6 】

ここで、本実施形態に係る無線通信システムにおけるスロットの割当て方法について、図4～図10を参照して説明する。図4及び図5は、本実施形態に係るスロットの割当て方法を説明する図である。図4及び図5において、無線メッシュネットワークの一例と、上りリンクの送信のために各無線ノードに割当てられたスロットと、が示されている。

20

## 【 0 0 1 7 】

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。

## 【 0 0 1 8 】

スロットがこのような割当てられた場合、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。

30

## 【 0 0 1 9 】

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。

40

## 【 0 0 2 0 】

スロットがこのような割当てられた場合、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、数スロットとなる。また、以降の各無線ノードでも、同様に待ち時間が数スロットとなる。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。

## 【 0 0 2 1 】

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の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、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。伝達経路におい

50

て前に位置する無線ノードとは、上りリンクにおける下流側の無線ノードのことであり、下りリンクにおける上流側の無線ノードのことである。

【 0 0 2 2 】

このようなスロットの割当を実現するために、本実施形態では、無線ノードのランク値 R をスロットに対して設定する。無線ノードのランク値 R とは、無線ノードから根ノードまでのホップ数、すなわち、情報の送信回数のことである。

【 0 0 2 3 】

ここで、図 6 は、本実施形態に係るスロットの割当方法を説明する図である。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は 1 となり、無線ノード D は、ホップ数が 2 回であるからランク値は 2 となる。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、各無線ノードのランク値は、1 ~ N のいずれかの値となる。

10

【 0 0 2 4 】

本実施形態では、フレームに複数のスロット群を設定し、各スロット群にランク値 R 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のことである。スロット群は、各スロット群が重複しないように、フレームに対して最大ホップ数 N 個以上設定される。例えば、フレームが 3 0 0 スロットに時分割され、最大ホップ数 N = 1 0 である場合、連続する 3 0 スロットを含むスロット群を 1 0 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。

【 0 0 2 5 】

20

各スロット群には、上述のランク値 R がそれぞれ設定される。ランク値 R の設定方法は、上りリンクの場合と下りリンクの場合とで異なる。図 6 は、上りリンクの送信のためのランク値 R の設定方法を示している。

【 0 0 2 6 】

図 6 に示すように、上りリンクの場合、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 が設定され、時間が遅いスロット群ほど、小さなランク値 R が設定される。例えば、図 6 に示すフレームの 1 番目のスロット群には、ランク値 N が設定され、最後のスロット群には、ランク値 1 が設定されている。

【 0 0 2 7 】

これに対して、下りリンクの送信のためのランク値 R は、上りリンクの場合と逆の順番で各スロット群に設定される。すなわち、下りリンクの場合、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 R が設定され、時間が遅いスロット群ほど、大きなランク値 R が設定される。

30

【 0 0 2 8 】

本実施形態において、各スロットは、各スロットが含まれるスロット群に設定されたランク値 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、上りリンクのランク値 N を設定された 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、上りリンクの送信の際、ランク値 N を有する無線ノード K , L , M にそれぞれ割当てられる。

【 0 0 2 9 】

40

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、上りリンクの情報の伝達経路において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。同様に、フレームにおいて時間が早いスロットほど、下りリンクの情報の伝達経路において上流側に位置する無線ノードに割当てられることになる。

【 0 0 3 0 】

すなわち、図 5 の無線ネットワークのように、フレームにおいて時間が早いスロットほど、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ることができる。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。

【 0 0 3 1 】

50

以下では、下りリンク又は上りリンクの送信だけが行われるフレームを単方向通信フレームと称し、上りリンク及び下りリンクの送信がともに行われるフレームを双方向通信フレームと称する。単方向通信フレームにおけるスロットの割当方法は、上述の通りである。ここで、双方向通信フレームにおけるスロットの割当方法について、図7～図10を参照してさらに詳しく説明する。図7～図10は、双方向通信フレームにおけるスロットの割当方法を説明する図である。

【0032】

本実施形態では、双方向通信フレームの場合、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、は異なるスロット群に設定される。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

10

【0033】

これにより、例えば、図7の3番目のスロット群は、上りリンクのランク値5のみが設定され、4番目のスロット群は、下りリンクのランク値3のみが設定される。また、図7の7番目のスロット群は、上りリンクのランク値3のみが設定され、8番目のスロット群は、下りリンクのランク値5のみが設定される。これは、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ためである。

【0034】

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

20

【0035】

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。

【0036】

しかしながら、図7に示すように、上りリンクのランク値5と下りリンクのランク値3とを異なるスロット群に設定すると、ランク値5の無線ノードとランク値3の無線ノードとが異なるタイミングで無線信号を送信することになるため、無線信号の干渉を防ぐことができる。したがって、無線信号の干渉による通信品質の低下を抑制することができる。

30

【0037】

このようなランク値の設定方法は、図7のように、最大ホップ数Nが奇数(N=7)の場合だけでなく、図8に示すように、最大ホップ数Nが偶数(N=8)の場合であっても同様に可能である。

【0038】

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、上りリンクのランク値Rと、下りリンクのランク値R+3又はランク値R-3と、を異なるスロット群に設定すればよい。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。

【0039】

さらに、図7及び図8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、は異なるスロット群に設定されたが、図9及び図10に示すように、同一のスロット群に設定されてもよい。

40

【0040】

この場合、上りリンクのランク値R及び下りリンクのランク値Rを設定されたスロット群では、ランク値Rを有する無線ノードにより、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9の場合、ランク値4の無線ノードLは、割当てられたスロットにおいて、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、上りリンクのランク値R及び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

50

ることができる。

【0041】

次に、本実施形態に係る無線通信システムにおける送信間隔の設定方法について、図11を参照して説明する。本実施形態では、図11に示すように、下りリンクの送信は1フレーム毎に行われ、上りリンクの送信はMフレーム毎に行われる。Mは、2以上の任意の整数である。すなわち、1個の双方向通信フレームと、M-1個の単方向通信フレームと、のM個のフレームから成るサイクルが繰り返される。

【0042】

この無線通信システムにおいて、1フレームの時間をFとすると、各無線ノードXは、F間隔で下りリンクの送信を行い、F×M間隔で上りリンクの送信を行うことになる。すなわち、上りリンクの送信間隔は、下りリンクの送信間隔より長く設定されている。これは、上りリンクではセンサ情報が送信され、下りリンクでは無線通信システムの制御情報が送信されることを想定しているためである。

10

【0043】

一般に、センサ情報は、制御情報に比べて、情報量は大きい、要求される送信頻度は低い。このため、上りリンク及び下りリンクの送信が毎フレーム行われると、制御情報の送信頻度が不足する、或いは、要求される送信頻度以上にセンサ情報が送信されて無線通信システムの消費電力が増大する、という問題が生じ得る。

【0044】

そこで、本実施形態では、要求される送信頻度で制御情報を送信可能なように、1フレームの時間Fが設定される。例えば、制御情報を5分毎に送信することが要求される場合、1フレームの時間Fは5分以下に設定される。

20

【0045】

また、上りリンクの送信が行われる送信間隔は、上りリンクで送信される情報量が大きいほど、長くなるように設定される。すなわち、上りリンクで送信される情報量を $v_1$ 、下りリンクで送信される情報量を $v_2$  ( $< v_1$ )とした場合、 $v_1 / v_2$ が大きくなるほど、大きなMが設定される。

【0046】

このように上りリンク及び下りリンクの送信間隔を設定することにより、制御情報の送信頻度の要求を満たしつつ、情報量の大きい上りリンクの送信を減少させ、無線通信装置及びシステムの消費電力を低減することができる。

30

【0047】

なお、上りリンクで送信される情報量が、下りリンクで送信される情報量より少ない場合には、上りリンクの送信を1フレーム毎に行い、下りリンクの送信をMフレーム毎に行なえばよい。また、上りリンクで要求される送信頻度が、下りリンクで要求される送信頻度より高い場合には、1フレームの時間Fを上りリンクで要求される送信頻度に応じて設定すればよい。

【0048】

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12及び図13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の割当てを自動的に実現する。図12は、無線通信装置1の機能構成を示す図である。図12に示すように、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。

40

【0049】

以下では、無線通信装置1を自ノード、自ノードに情報を送信する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が設定されたスロット群を、スロット群Rという。

【0050】

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に入力し、無線通信部12から出力された電気

50

信号を無線信号に変換して送信する。

【0051】

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、タイミング決定部18と、フレーム情報記憶部21と、スリーブ制御部22と、を備える。

【0052】

送受信部13は、送信元ノードからの情報を受信する。すなわち、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、情報を取得する。信号処理には、AD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。送受信部13が受信する情報には、送信元ノードのランク値、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。

10

【0053】

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。上りリンクの場合、中継情報にはセンサ情報が含まれる。下りリンクの場合、中継情報には、制御情報が含まれる。送信先ノードとは、送信元ノードが情報を送信する送信先(宛先)となる無線ノードである。

【0054】

図13は、送受信部13の動作タイミングを説明する図である。図13において、ランク値7を有する無線ノードUの動作タイミングが示されている。

20

【0055】

送受信部13は、上りリンクの場合、自ノードのランク値Rより1大きいランク値R+1を設定されたスロット群R+1の間受信を行う。例えば、無線ノードUの送受信部13は、上りリンクのランク値8を設定された1番目のスロット群の間受信を行う。これにより、送受信部13は、子ノードを含む下流側の無線ノードからの情報を受信する。子ノードから受信した情報に基づいて、送信情報生成部16により、上りリンクの送信情報が生成される。

【0056】

また、送受信部13は、上りリンクの場合、自ノードのランク値Rより1小さいランク値R-1を設定されたスロット群R-1の間受信を行う。例えば、無線ノードUの送受信部13は、上りリンクのランク値6を設定された3番目のスロット群の間受信を行う。これにより、送受信部13は、親ノードを含む上流側の無線ノードからの情報を受信する。上流側の無線ノードから受信した情報に基づいて、送信先ノード決定部17により、親ノードが更新される。

30

【0057】

一方、送受信部13は、下りリンクの場合、自ノードのランク値Rより1小さいランク値R-1を設定されたスロット群R-1の間受信を行う。例えば、無線ノードUの送受信部13は、下りリンクのランク値6を設定された9番目のスロット群の間受信を行う。これにより、送受信部13は、親ノードを含む上流側の無線ノードからの情報を受信する。親ノードから受信した情報に基づいて、送信情報生成部16により、下りリンクの送信情報が生成される。

40

【0058】

また、送受信部13は、下りリンクの場合、自ノードのランク値Rより1大きいランク値R+1を設定されたスロット群R+1の間受信を行う。例えば、無線ノードUの送受信部13は、下りリンクのランク値8を設定された11番目のスロット群の間受信を行う。これにより、送受信部13は、子ノードを含む下流側の無線ノードからの情報を受信する。下流側の無線ノードから受信した情報に基づいて、送信先ノード決定部17により、子ノードが更新される。

【0059】

また、送受信部13は、送信先ノードへ送信情報を送信する。すなわち、送受信部13

50

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。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。送信情報には、自ノードのランク値、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。

【0060】

送受信部 13 は、上りリンクの場合、自ノードのランク値 R と同じ上りリンクのランク値 R を設定されたスロット群 R に含まれる送信スロットの間送信を行う。例えば、無線ノード U の送受信部 13 は、上りリンクのランク値 7 を設定された 2 番目のスロット群に含まれる送信スロットの間送信を行う。これにより、送受信部 13 は、子ノードから受信した情報を親ノードに中継する。

10

【0061】

また、送受信部 13 は、下りリンクの場合、自ノードのランク値 R と同じ下りリンクのランク値 R を設定されたスロット群 R に含まれる送信スロットの間送信を行う。例えば、無線ノード U の送受信部 13 は、下りリンクのランク値 7 を設定された 10 番目のスロット群に含まれる送信スロットの間送信を行う。これにより、送受信部 13 は、親ノードから受信した情報を子ノードに中継する。

【0062】

なお、送受信部 13 が送信を行う送信スロットは、スロット群 R に含まれる複数のスロットの中から、後述する送信スロット決定部 20 により決定される。

【0063】

宛先判定部 14 は、送受信部 13 が受信した情報を取得し、受信情報の送信先（宛先）が自ノードであるか判定する。宛先判定部 14 は、受信情報に含まれる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。

20

【0064】

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。

【0065】

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やノードIDなどの情報を付加することにより生成される。また、上りリンクの場合、中継情報には、自ノードのセンサ情報などが負荷される。送信情報生成部 16 により生成された送信情報は、上述の通り、送受信部 13 により送信される。

30

【0066】

送信先ノード決定部 17 は、送受信部 13 が受信した情報に基づいて、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り、下りリンクの場合、送信先ノードは子ノードとなる。送信先ノード決定部 17 が決定した送信先ノードのノードIDは、送信情報に付加される。

【0067】

送信先ノード決定部 17 は、例えば、送受信部 13 が受信した情報の送信元ノードのランク値を参照し、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親ノードとして決定する。

40

【0068】

送信先ノード決定部 17 は、例えば、送受信部 13 が受信した情報の送信元ノードのランク値を参照し、送受信部 13 が受信した情報のランク値が自ノードのランク値より 1 大き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子ノードとして決定する。

【0069】

また、送信先ノード決定部 17 は、例えば、送受信部 13 が受信した情報の送信先ノードのノードIDを参照して、自ノードが送信先である無線ノードを子ノードとして決定し

50

てもよい。

【0070】

タイミング決定部18は、上りリンクの送信間隔が下りリンクの送信間隔より長くなるように、送受信部13が送信情報を送信するタイミング、すなわち、送信スロットを決定する。図12に示すように、タイミング決定部18は、フレーム判定部19と、送信スロット決定部20と、を備える。

【0071】

フレーム判定部19は、現在のフレームの種類（双方向通信フレーム又は単方向通信フレーム）を判定する。フレーム判定部19は、例えば、双方向通信フレームの開始時刻及び終了時刻と、現在時刻と、を比較することにより、双方向通信フレームか否か判定することができる。双方向通信フレームの開始時刻や終了時刻は、予め設定されていてもよいし、下りリンクで受信した制御情報に含まれていてもよい。

10

【0072】

送信スロット決定部20は、フレーム判定部19が判定したフレームの種類と、フレーム情報と、に基づいて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のことである。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21に記憶される。

【0073】

送信スロット決定部20は、まず、フレーム判定部19から判定結果を取得する。送信スロット決定部20は、現在のフレームが単方向通信フレームの場合、自ノードのランク値R及びフレーム情報に基づいて、下りリンクのスロット群Rを選択する。次に、送信スロット決定部20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。

20

【0074】

また、送信スロット決定部20は、現在のフレームが双方向通信フレームの場合、自ノードのランク値R及びフレーム情報に基づいて、下りリンクのスロット群Rと、上りリンクのスロット群Rと、をそれぞれ選択する。次に、送信スロット決定部20は、上りリンク及び下りリンクのスロット群Rに含まれるスロットの中から、上りリンク及び下りリンクの送信スロットをそれぞれ決定する。

30

【0075】

送信スロット決定部20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の中から送信スロットを決定することができる。具体的には、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を予め割当て、フレーム情報としてフレーム情報21に記憶しておけばよい。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予め設定しておき、送信スロット決定部20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する方法はこれに限られない。

40

【0076】

タイミング決定部18がこのようには送信スロットを決定することにより、無線通信装置1に、自ノードのランク値に応じた送信スロットが割当てられる。これにより、上述のようなスロットの割当てを自動的に実現することができる。

【0077】

なお、タイミング決定部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。

【0078】

タイミング決定部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

50

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。タイミング決定部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。

**【0079】**

スリープ制御部22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22は、時間をカウントし、カウントした時間と、自ノードのランク値と、フレーム情報と、送信スロット決定部20が決定した送信スロットと、に基づいて、送受信部13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。

10

**【0080】**

スリープ状態とは、送受信部13による情報の送受信を停止させた状態である。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。起床状態とは、送受信部13が情報を送受信可能な状態である。以下では、送受信部13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。

**【0081】**

スリープ制御部22は、送受信部13が情報を送受信しない間、送受信部13をスリープさせ、送受信部13が情報を送受信する間、送受信部13を起床させる。具体的には、スリープ制御部22は、送信スロット決定部20が決定した送信スロットの間、送受信部13を起床させる。また、スリープ制御部22は、カウントした時間と、自ノードのランク値と、フレーム情報と、送信スロット決定部20が決定した送信スロットと、に基づいて、送受信部13が情報を受信する期間を判定し、送受信部13が受信を行う間、送受信部13を起床させる。スリープ制御部22は、その他の期間、送受信部13をスリープさせる。

20

**【0082】**

次に、無線通信装置1のハードウェア構成について、図14を参照して説明する。無線通信装置1は、図14に示すように、コンピュータ100により構成される。コンピュータ100は、CPU（中央演算装置）101と、入力装置102と、表示装置103と、通信装置104と、記憶装置105と、を備え、これらはバス106により相互に接続されている。

30

**【0083】**

CPU101は、コンピュータ100の制御装置及び演算装置である。CPU101は、バス106を介して接続された各装置（例えば、入力装置102、通信装置104、記憶装置105）から入力されたデータやプログラムに基づいて演算処理を行い、演算結果や制御信号を、バス106を介して接続された各装置（例えば、表示装置103、通信装置104、記憶装置105）に出力する。

**【0084】**

具体的には、CPU101は、コンピュータ100のOS（オペレーティングシステム）や、無線通信プログラムなどを実行し、コンピュータ100を構成する各装置を制御する。無線通信プログラムとは、コンピュータ100に、無線通信部12の上述の各機能構成を実現させるプログラムである。CPU101が無線通信プログラムを実行することにより、コンピュータ100が無線通信装置1として機能する。

40

**【0085】**

入力装置102は、コンピュータ100に情報を入力するための装置である。入力装置102は、例えば、キーボード、マウス、及びタッチパネルであるが、これに限られない。なお、無線通信装置1は、入力装置102を備えない構成も可能である。

**【0086】**

表示装置103は、画像や映像を表示するための装置である。表示装置103は、例えば、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

50

プレイ)であるが、これに限られない。受信情報や送信情報は、表示装置103に表示されてもよい。なお、無線通信装置1は、表示装置103を備えない構成も可能である。

【0087】

通信装置104は、コンピュータ100が外部装置(他の無線ノードなど)と無線や有線で通信するための装置である。通信装置104は、例えば、モデム、ハブ、及びルータであるが、これに限られない。受信情報、送信情報、及びフレーム情報などの情報は、通信装置104を介して外部装置から入力することができる。送受信部13は、通信装置104を用いて構成することができる。また、送受信アンテナ11は、通信装置104に含まれてもよい。

【0088】

記憶装置105は、コンピュータ100のOSや、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記憶媒体である。記憶装置105には、主記憶装置と外部記憶装置とが含まれる。主記憶装置は、例えば、RAM、DRAM、SRAMであるが、これに限られない。また、外部記憶装置は、ハードディスク、光ディスク、フラッシュメモリ、及び磁気テープであるが、これに限られない。中継情報記憶部15やフレーム情報記憶部21は、記憶装置105を用いて構成することができる。

【0089】

なお、コンピュータ100は、CPU101、入力装置102、表示装置103、通信装置104、及び記憶装置105を、1つ又は複数備えてもよいし、プリンタやスキャナなどの周辺機器を接続されていてもよい。

【0090】

また、無線通信部12は、単一のコンピュータ100により構成されてもよいし、相互に接続された複数のコンピュータ100からなるシステムとして構成されてもよい。

【0091】

さらに、無線通信プログラムは、コンピュータ100の記憶装置105に予め記憶されていてもよいし、CD-ROMなどの記憶媒体に記憶されていてもよいし、インターネット上にアップロードされていてもよい。いずれの場合も、無線通信プログラムをコンピュータ100にインストールして実行することにより、無線通信装置1を構成することができる。

【0092】

さらに、温度センサや加速度センサなどの任意のセンサは、コンピュータ100に直接接続されていてもよいし、通信装置104を介して無線又は有線で接続されていてもよい。

【0093】

次に、本実施形態に係る無線通信装置1の各フレームにおける動作について、図15～図21を参照して説明する。以下では、フレームの開始時点において、送受信部13はスリープ状態であり、親ノード及び子ノードは決定済みであるものとする。新たなフレームが開始すると、まず、フレーム判定部19が、現在のフレームの種類を判定する。判定方法は上述の通りである。

【0094】

まず、単方向通信フレームにおける無線通信装置1の動作について、図15及び図16を参照して具体的に説明する。図15は、単方向通信フレームにおける動作を示すフローチャートである。以下では、無線通信装置1は、ランク値7を有する無線ノードUであるものとする。

【0095】

ステップS1において、送信スロット決定部20は、自ノードのランク値7を設定された下りリンクのスロット群7の中から、下りリンクの送信スロットを決定する。その後、無線通信装置1は、下りリンクのスロット群6が開始されるまで待機する。

【0096】

10

20

30

40

50

ステップS 2において、送受信部 1 3 は、下りリンクのスロット群 6 の間情報を受信する。具体的には、下りリンクのスロット群 6 が開始すると、スリープ制御部 2 2 は、送受信部 1 3 を起床させ、送受信部 1 3 は、情報の受信を開始する。これにより、送受信部 1 3 は、ランク値 6 を有する上流側の無線ノードからの情報を受信する。送受信部 1 3 が受信した情報は、宛先判定部 1 4 により送信先ノードを判定され、親ノードから送信された自ノード宛ての情報が、中継情報記憶部 1 5 に記憶される。送受信部 1 3 は、下りリンクのスロット群 6 が終了すると、情報の受信を終了し、スリープ制御部 2 2 は、送受信部 1 3 をスリープさせる。

【 0 0 9 7 】

ステップS 3において、送信先ノード決定部 1 7 は、送受信部 1 3 がステップS 2において受信した情報に基づいて、新たな親ノードを決定する。親ノードの決定方法は、上述の通りである。これにより、最新の通信状態に応じて親ノードを更新することができる。

【 0 0 9 8 】

ステップS 4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基づいて、送信情報を生成する。送信情報の生成方法は上述の通りである。その後、無線通信装置 1 は、ステップS 1 で決定された送信スロットまで待機する。

【 0 0 9 9 】

ステップS 5において、送受信部 1 3 は、子ノードへ送信情報を送信する。具体的には、下りリンクの送信スロットが開始すると、スリープ制御部 2 2 は、送受信部 1 3 を起床させ、送受信部 1 3 は、送信情報の送信を開始する。これにより、親ノードから受信された情報が子ノードに中継される。送信スロットが終了すると、送受信部 1 3 は、情報の送信を終了し、スリープ制御部 2 2 は、送受信部 1 3 をスリープさせる。また、中継情報記憶部 1 5 に記憶された中継情報は消去される。その後、無線通信装置 1 は、下りリンクのスロット群 8 が開始されるまで待機する。

【 0 1 0 0 】

ステップS 6において、送受信部 1 3 は、情報を受信する。具体的には、下りリンクのスロット群 8 が開始すると、スリープ制御部 2 2 は、送受信部 1 3 を起床させ、送受信部 1 3 は、情報の受信を開始する。これにより、送受信部 1 3 は、ランク値 8 を有する下流側の無線ノードからの情報を受信する。送受信部 1 3 は、下りリンクのスロット群 8 が終了すると、情報の受信を終了し、スリープ制御部 2 2 は、送受信部 1 3 をスリープさせる。

【 0 1 0 1 】

ステップS 7において、送信先ノード決定部 1 7 は、送受信部 1 3 がステップS 6において受信した情報に基づいて、新たな子ノードを決定する。子ノードの決定方法は、上述の通りである。これにより、最新の通信状態に応じて子ノードを更新することができる。その後、無線通信装置 1 は、次のフレームが開始されるまで待機する。

【 0 1 0 2 】

次に、双方向通信フレームにおける無線通信装置 1 の動作について、図 1 7 及び図 1 8 を参照して具体的に説明する。図 1 7 は、双方向通信フレームにおける動作を示すフローチャートである。

【 0 1 0 3 】

ステップS 1 において、送信スロット決定部 2 0 は、自ノードのランク値 7 を設定された下りリンクのスロット群 7 の中から、下りリンクの送信スロットを決定する。また、送信スロット決定部 2 0 は、自ノードのランク値 7 を設定された上りリンクのスロット群 7 の中から、上りリンクの送信スロットを決定する。

【 0 1 0 4 】

次に、ステップS 8 において、送受信部 1 3 は、上りリンクのスロット群 8 の間情報を受信する。具体的には、上りリンクのスロット群 8 が開始すると、スリープ制御部 2 2 は、送受信部 1 3 を起床させ、送受信部 1 3 は、情報の受信を開始する。これにより、送受信部 1 3 は、ランク値 8 を有する下流側の無線ノードからの情報を受信する。送受信部 1

10

20

30

40

50

3が受信した情報は、宛先判定部14により送信先ノードを判定され、子ノードから送信された自ノード宛ての情報が、中継情報記憶部15に記憶される。送受信部13は、上りリンクの-slot群8が終了すると、情報の受信を終了し、スリープ制御部22は、送受信部13をスリープさせる。

【0105】

ステップS9において、送信先ノード決定部17は、送受信部13がステップS8において受信した情報に基づいて、新たな子ノードを決定する。子ノードの決定方法は、上述の通りである。これにより、最新の通信状態に応じて子ノードを更新することができる。

【0106】

ステップS10において、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。送信情報の生成方法は上述の通りである。その後、無線通信装置1は、ステップS1で決定された上りリンクの送信-slotまで待機する。

10

【0107】

ステップS11において、送受信部13は、親ノードへ送信情報を送信する。具体的には、上りリンクの送信-slotが開始すると、スリープ制御部22は、送受信部13を起床させ、送受信部13は、送信情報の送信を開始する。これにより、子ノードから受信された情報が親ノードに中継される。送信-slotが終了すると、送受信部13は、情報の送信を終了し、スリープ制御部22は、送受信部13をスリープさせる。また、中継情報記憶部15に記憶された中継情報は消去される。その後、無線通信装置1は、上りリンクの-slot群6が開始されるまで待機する。

20

【0108】

ステップS12において、送受信部13は、情報を受信する。具体的には、上りリンクの-slot群6が開始すると、スリープ制御部22は、送受信部13を起床させ、送受信部13は、情報の受信を開始する。これにより、送受信部13は、ランク値6を有する上流側の無線ノードからの情報を受信する。送受信部13は、上りリンクの-slot群6が終了すると、情報の受信を終了し、スリープ制御部22は、送受信部13をスリープさせる。

【0109】

ステップS13において、送信先ノード決定部17は、送受信部13がステップS12において受信した情報に基づいて、新たな親ノードを決定する。親ノードの決定方法は、上述の通りである。これにより、最新の通信状態に応じて親ノードを更新することができる。その後、無線通信装置1は、下りリンクの-slot群6が開始するまで待機する。

30

【0110】

そして、下りリンクの-slot群6が開始すると、ステップS2～S7の処理が行われる。ステップS2～S7は、単方向通信フレームの動作と同様である。

【0111】

以上説明した通り、本実施形態に係る無線通信装置1及びシステムは、上りリンクと下りリンクとの送信間隔を、送信する情報量に応じて設定することにより、送信頻度の要求を満たしつつ、情報量の大きい上りリンクの送信頻度を減少させ、消費電力を低下させることができる。

40

【0112】

また、無線通信システムは、フレームにおいて時間が早い-slot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ため、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。さらに、無線通信装置は、上記のような-slotの割当てを自動的に実現することができる。

【0113】

なお、以上の説明において、第1方向への送信は上りリンクの送信、第2方向への送信は下りリンクの送信であったが、上りリンクで送信される情報量が下りリンクで送信される情報量より少ない場合には、逆でもよい。この場合、上りリンクの送信を1フレーム毎

50

に行い、下りリンクの送信をMフレーム毎に行なえばよい。

【0114】

また、図19に示すように、送受信部13は、双方向通信フレームにおいて、下りリンクの-slot群R+1の間の受信処理(ステップS6)を行なわなくてもよい。この場合、子ノードの更新は、上りリンクの-slot群R+1の間の受信処理(ステップS8)により受信した情報に基づいて行なえばよい。

【0115】

同様に、送受信部13は、双方向通信フレームにおいて、上りリンクの-slot群R-1の間の受信処理(ステップS12)を行なわなくてもよい。この場合、親ノードの更新は、下りリンクの-slot群R-1の間の受信処理(ステップS2)により受信した情報に基づいて行なえばよい。

10

【0116】

さらに、図20に示すように、送受信部13は、単方向通信フレームにおいて、下りリンクの-slot群R+1の間の受信処理(ステップS6)を行なわなくてもよい。この場合、子ノードの更新は、単方向通信フレームでは行わず、双方向通信フレームで行なえばよい。

【0117】

またさらに、図21に示すように、送受信部13は、単方向通信フレームにおいて、下りリンクの-slot群R-1の間の受信処理(ステップS2)を行うかわりに、親ノードの送信-slotの間だけ受信処理を行なってもよい。この場合、親ノードの更新は、単方向通信フレームでは行わず、双方向通信フレームで行なえばよい。

20

【0118】

このように、送受信部13が受信処理を行う期間を減らし、スリープ状態の期間を増やすことにより、無線通信装置1及びシステムをさらに省電力化することができる。

【0119】

(第2実施形態)

次に、第2実施形態に係る無線通信装置及びシステムについて、図21~図25を参照して説明する。本実施形態において、無線通信装置1は、単方向通信フレームにおける動作状態を複数有する。動作状態は、受信の成否に応じて状態間で遷移する。他の構成は、第1実施形態と同様である。以下では、単方向通信フレームにおける無線通信装置1の動作について説明する。

30

【0120】

図22は、本実施形態に係る無線通信装置1の単方向通信フレームにおける動作状態の遷移を示す状態遷移図である。図22に示すように、無線通信装置1は、状態1~状態3の3つの動作状態を有する。各状態は、送受信部13が受信処理を行うタイミングが異なる。

【0121】

状態1は、図21に示すように、送受信部13が親ノードの送信-slotの間だけ情報を受信する動作状態である。状態1では、親ノード及び子ノードの更新は行われず、状態1は、無線通信装置1が起床している期間が最短(2-slot)となるため、無線通信装置1の消費電力が最小となる。

40

【0122】

図22に示すように、送受信部13が親ノードの送信-slotの間に受信に成功した場合、動作状態は状態1が継続する。すなわち、次の単方向通信フレームでも無線通信装置1は、状態1で動作する。

【0123】

しかしながら、無線通信は、その性質上、必ずしも成功するものではなく、フェージングやシャドウイングなどが原因で失敗することがある。フェージングとは、無線信号の時変動によって受信電力が落ち込む現象である。これは、例えば、無線ノードの移動により、無線信号が弱まり、雑音に対して所要の電力を得られなくなった場合に生じ得る。また

50

、シャドーイングとは、無線ノード間に何らかの障害物が存在することで受信電力が弱まる現象である。

【 0 1 2 4 】

そこで、図 2 2 に示すように、送受信部 1 3 が親ノードの送信スロットの間に受信に失敗した場合、動作状態は状態 1 から状態 2 に遷移する。

【 0 1 2 5 】

状態 2 は、送受信部 1 3 が、自ノードの送信スロットの開始まで受信を継続する動作状態である。無線通信装置 1 は、状態 1 において、親ノードの送信スロットの終了時点で受信に失敗していた場合、スリープ状態に移行せず、そのまま状態 2 に遷移する。

【 0 1 2 6 】

図 2 3 に示すように、送受信部 1 3 が自ノードの送信スロットの開始までに他の無線ノードからの受信に成功した場合、送受信部 1 3 は受信を終了し、スリープする。そして、無線通信装置 1 は、受信に成功した無線ノードを、新たな親ノードとして決定する。図 2 3 の場合、親ノードが無線ノード R から無線ノード S に更新される。また、受信に成功した情報に基づいて送信情報を生成する。

【 0 1 2 7 】

このように、状態 2 において受信に成功した場合、動作状態は状態 2 から状態 1 に遷移する。すなわち、次の単方向通信フレームにおける無線通信装置 1 の動作状態は状態 1 となる。

【 0 1 2 8 】

これに対して、図 2 4 に示すように、送受信部が自ノードの送信スロットの開始までに他の無線ノードからの受信に失敗した場合、無線通信装置 1 は、自ノードの送信スロットの間、送信情報を送信する。この送信情報には、親ノードからの中継情報は含まれない。このように、状態 2 において受信に失敗した場合、動作状態は状態 2 から状態 3 に遷移する。すなわち、次の単方向通信フレームにおける無線通信装置 1 の動作状態は状態 3 となる。

【 0 1 2 9 】

状態 3 は、図 2 5 に示すように、送受信部 1 3 が、親ノードの送信スロットが含まれるスロット群、すなわち、下りリンクのスロット群 R - 1 の間、情報を受信する動作状態である。

【 0 1 3 0 】

状態 3 において、送受信部 1 3 がスロット群 R - 1 の間に他の無線ノードからの受信に成功した場合、無線通信装置 1 は、受信に成功した無線ノードの中から新たな親ノードを決定する。また、新たな親ノードから受信した情報に基づいて送信情報を生成する。

【 0 1 3 1 】

このように、状態 3 において受信に成功した場合、動作状態は状態 3 から状態 1 に遷移する。すなわち、次の単方向通信フレームにおける無線通信装置 1 の動作状態は状態 1 となる。

【 0 1 3 2 】

これに対して、送受信部 1 3 がスロット群 R - 1 の間に他の無線ノードからの受信に失敗した場合、無線通信装置 1 は、自ノードの送信スロットの間、送信情報を送信する。この送信情報には、親ノードからの中継情報は含まれない。このように、状態 3 において受信に失敗した場合、動作状態は状態 3 が継続する。すなわち、次の単方向送信フレームにおける無線通信装置 1 の動作状態は状態 3 となる。

【 0 1 3 3 】

なお、状態 3 において、送受信部 1 3 は、スロット群 R - 1 に限らず、複数のスロット群、あるいは 1 フレーム全体で受信を行い、新たな親ノードを決定してもよい。

【 0 1 3 4 】

以上説明した通り、本実施形態に係る無線通信装置 1 は、通信状態が良好な場合、状態 1 で動作を継続する。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。

10

20

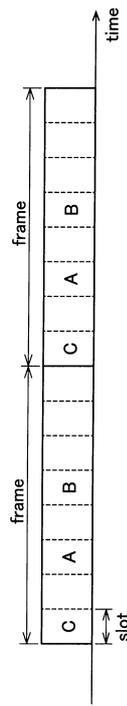
30

40

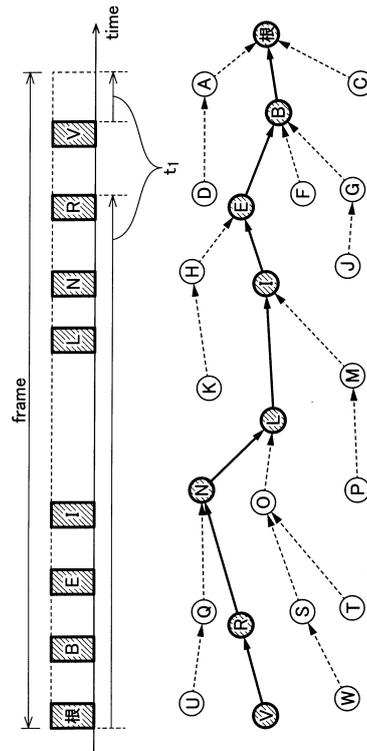
50



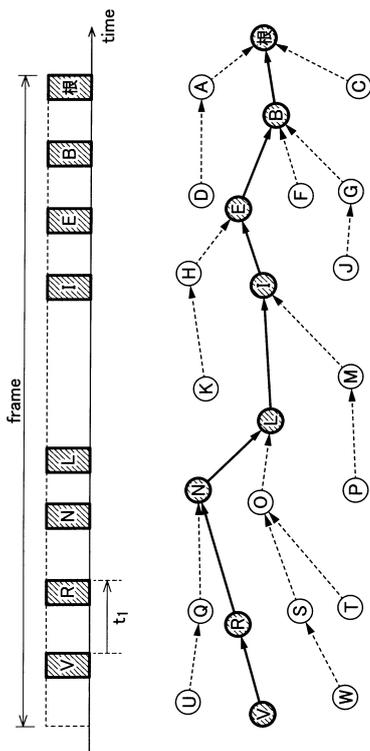
【 図 3 】



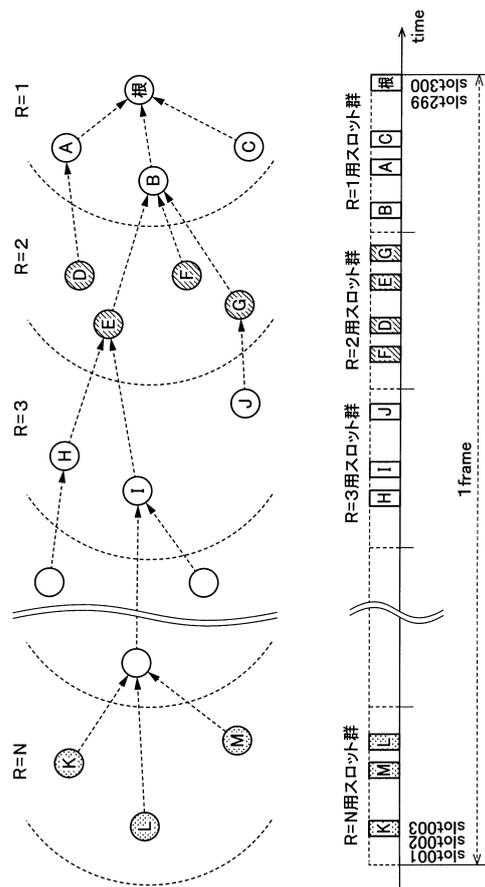
【 図 4 】



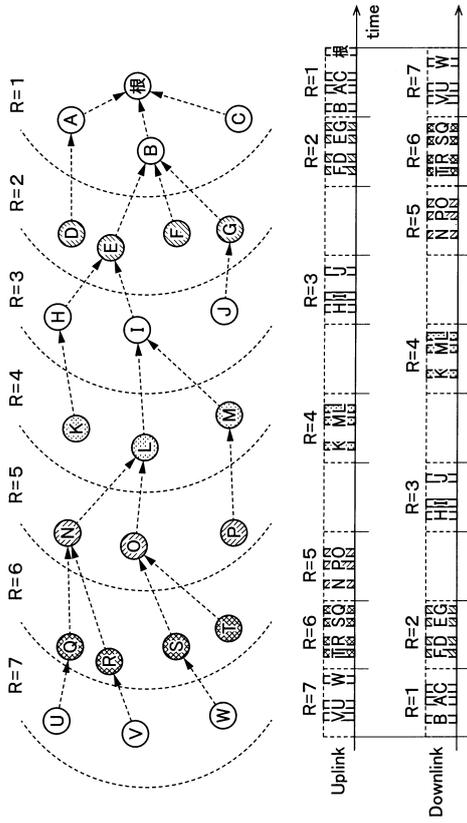
【 図 5 】



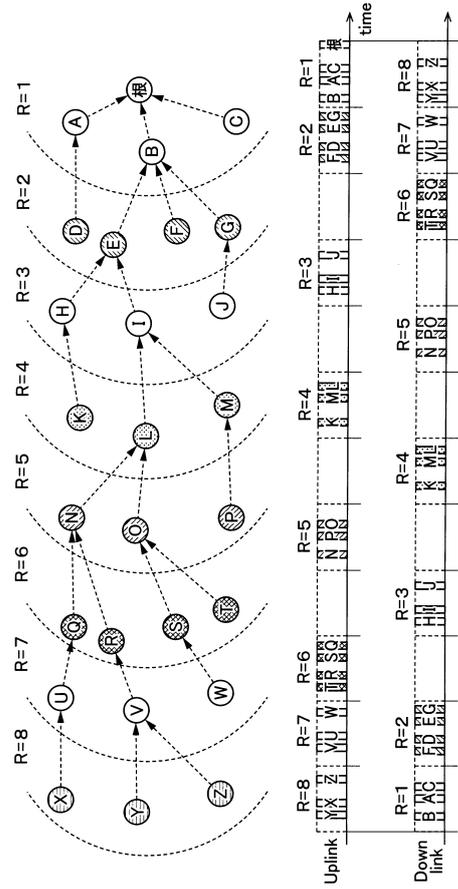
【 図 6 】



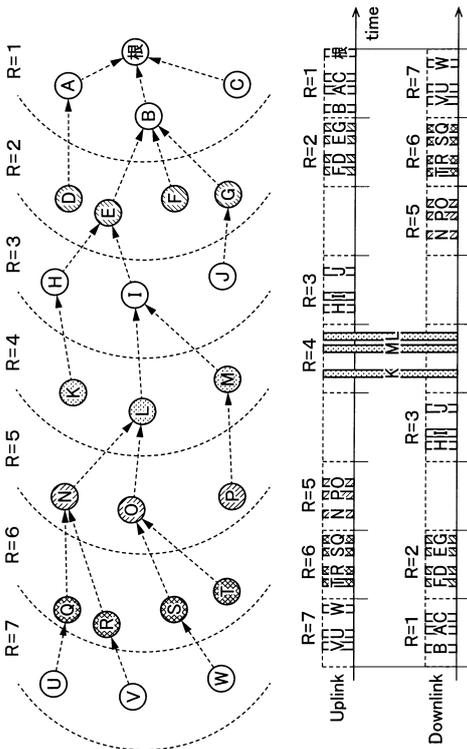
【 図 7 】



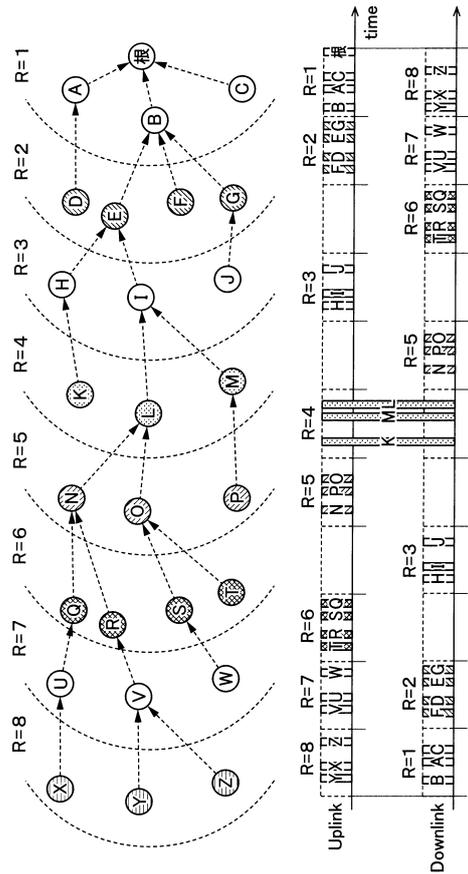
【 図 8 】



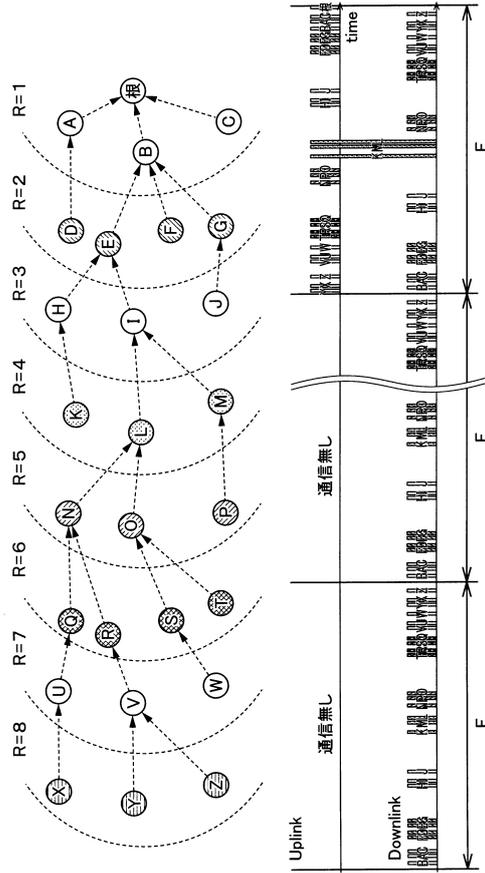
【 図 9 】



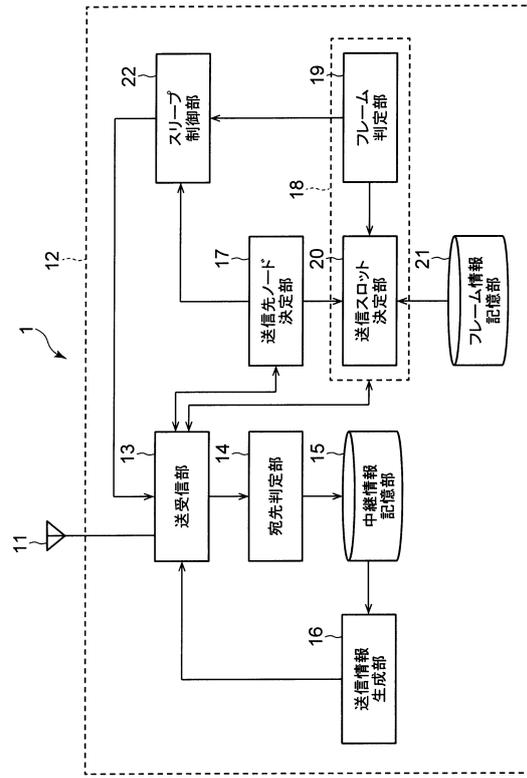
【 図 10 】



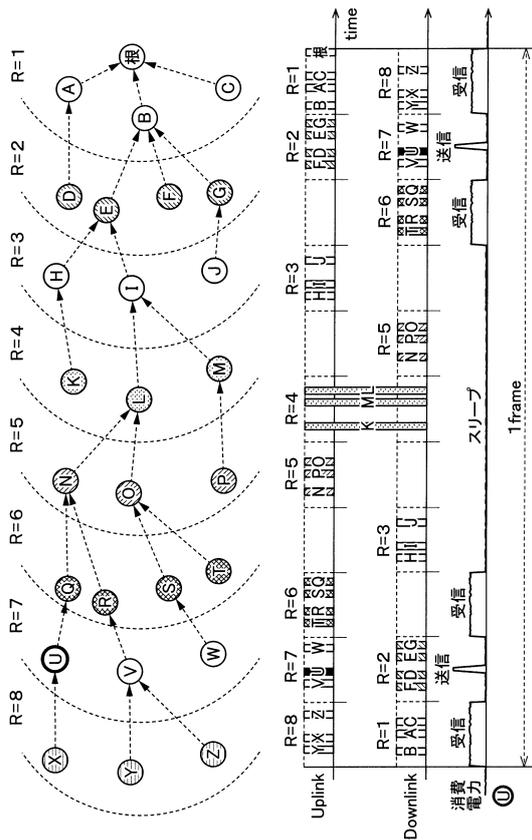
【図 1 1】



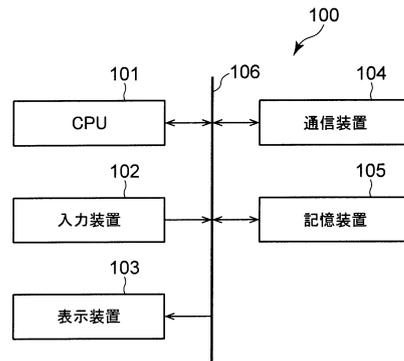
【図 1 2】



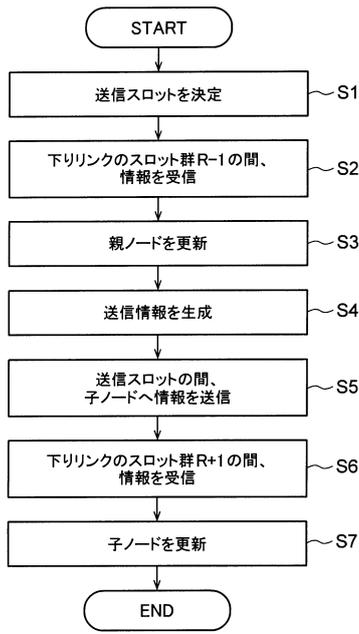
【図 1 3】



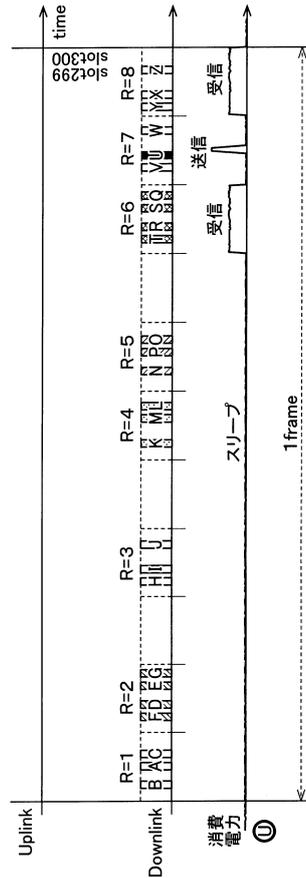
【図 1 4】



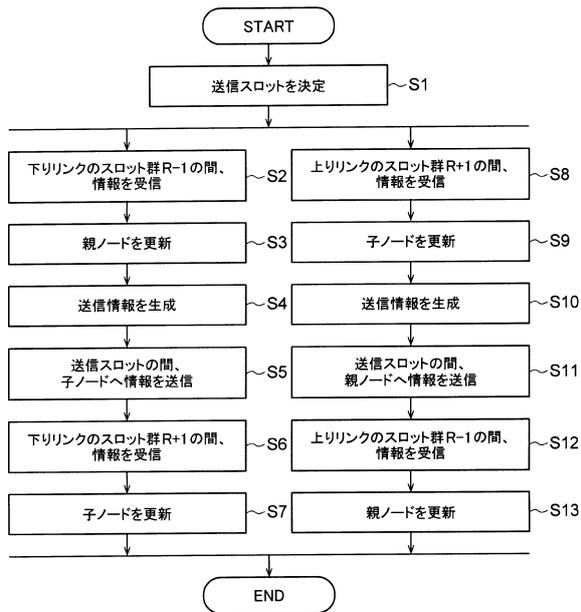
【図15】



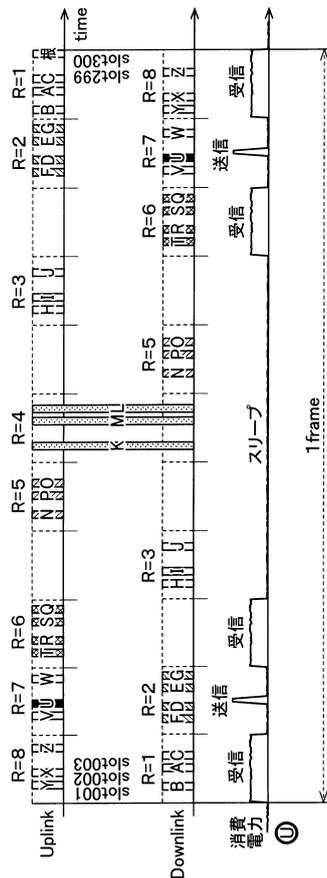
【図16】



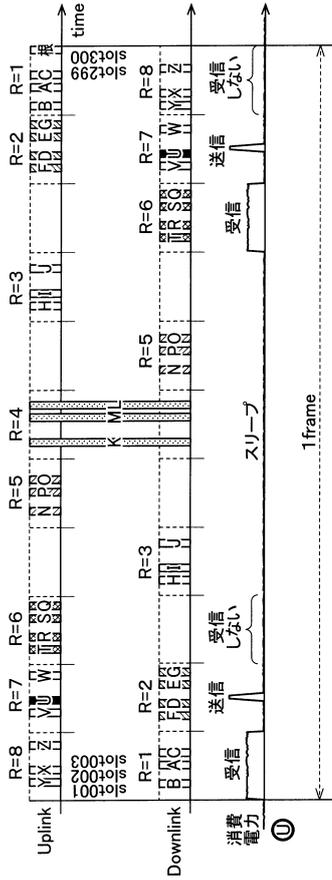
【図17】



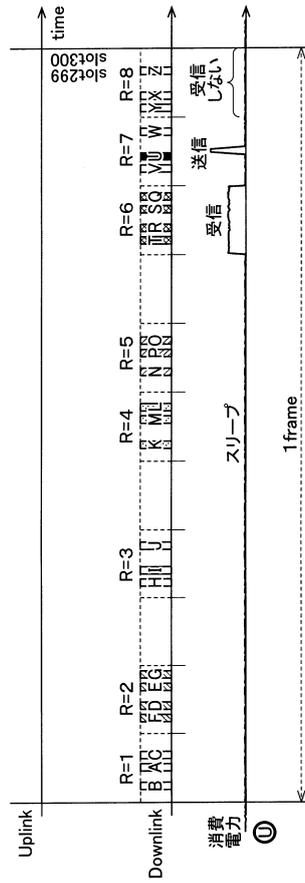
【図18】



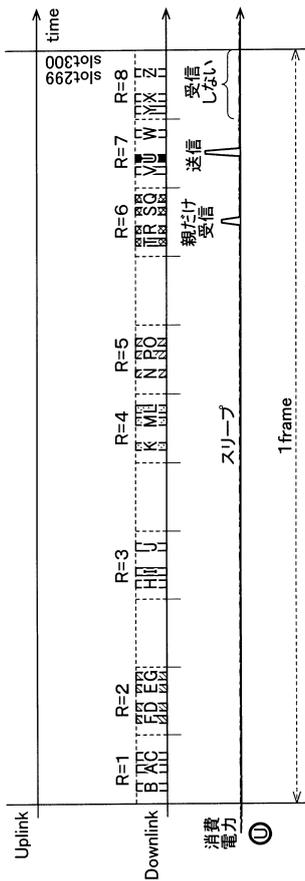
【図19】



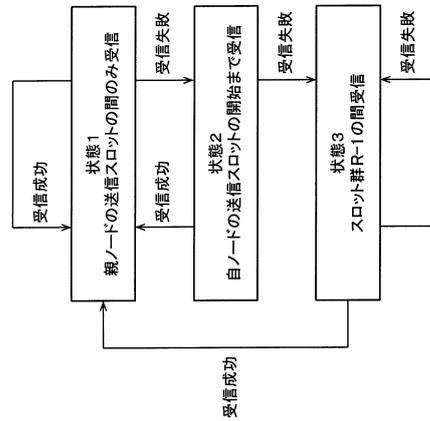
【図20】



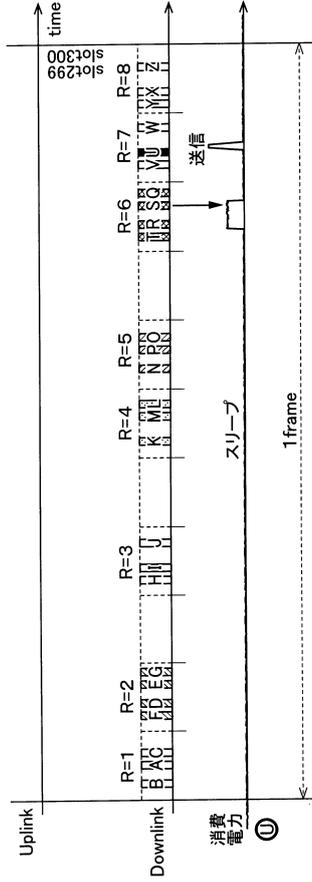
【図21】



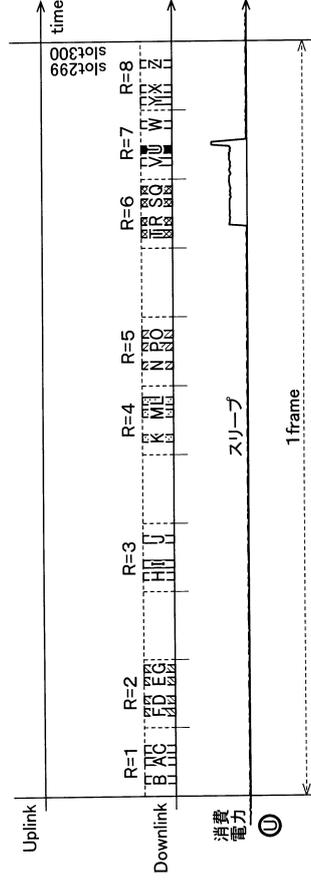
【図22】



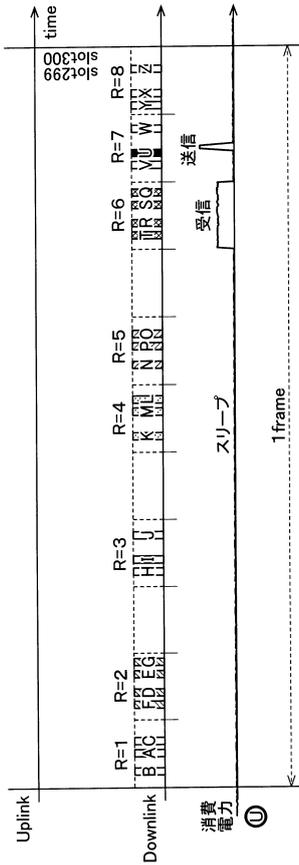
【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】



---

フロントページの続き

(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

審査官 松野 吉宏

(56)参考文献 特開2007-235871(JP,A)  
米国特許出願公開第2008/0267159(US,A1)  
特開2004-200943(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B	7/24	-	7/26
H04W	4/00	-	99/00
3GPP	TSG	RAN	WG1-4
		SA	WG1-4
		CT	WG1、4