

(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2017-143362  
(P2017-143362A)

(43) 公開日 平成29年8月17日(2017.8.17)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)  
 HO4W 40/14 (2009.01) HO4W 40/14 5K067  
 HO4W 84/18 (2009.01) HO4W 84/18 110

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 20 頁)

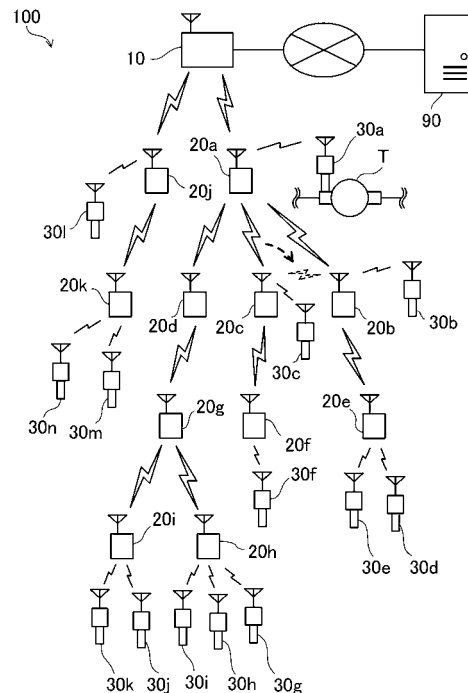
(21) 出願番号 特願2016-22421(P2016-22421)  
 (22) 出願日 平成28年2月9日(2016.2.9)

(71) 出願人 000133733  
 株式会社ティエルブイ  
 兵庫県加古川市野口町長砂881番地  
 (74) 代理人 100170896  
 弁理士 寺園 健一  
 (74) 代理人 100131200  
 弁理士 河部 大輔  
 (72) 発明者 萩原 一成  
 兵庫県加古川市野口町長砂881番地 株  
 式会社ティエルブイ内  
 Fターム(参考) 5K067 AA01 AA44 BB27 DD25 DD41  
 EE02 EE06 EE10 EE16 GG01  
 JJ31 JJ41

(54) 【発明の名称】 無線通信システム

(57) 【要約】

【課題】無線通信システムにおける通信を安定させる。  
 【解決手段】無線通信システム100は、無線通信により互いに接続されるデータステーション10、中継機20及びセンサ30を備えている。データステーション10、中継機20及びセンサ30の間では、信号を送受信する互いの接続先が規定されている。データステーション10、中継機20及びセンサ30は、他の通信端末との間の通信状態を収集し、収集された通信状態に基づいて接続先を更新する。  
 【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

無線通信により互いに接続される複数の通信端末を備え、  
前記複数の通信端末間では、信号を送受信する互いの接続先が規定されており、  
前記複数の通信端末は、該複数の通信端末のうちの他の通信端末との間の通信状態を収集し、収集された通信状態に基づいて前記接続先を更新することを特徴とする無線通信システム。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の無線通信システムにおいて、  
前記複数の無線端末は、親機と複数の子機とを含み、  
前記子機は、他の子機との通信状態を収集し、  
前記親機は、前記子機によって収集された通信状態に基づいて、前記子機の接続先を更新することを特徴とする無線通信システム。

10

**【請求項 3】**

請求項 2 に記載の無線通信システムにおいて、  
前記親機は、複数のタイムスロットを含む通信スケジュールに従って前記子機と通信を行い、

前記子機のそれぞれは、

前記複数のタイムスロットのうち特定のタイムスロットが割り当てられ、割り当てられた該特定のタイムスロットにおいて前記親機と通信を行うように構成され、

20

前記通信状態を収集する際には、前記他の子機が割り当てられた前記特定のタイムスロットにおいて該他の子機が送信する信号に基づいて該他の子機との通信状態を求めることを特徴とする無線通信システム。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の無線通信システムにおいて、

前記子機のそれぞれは、

前記特定のタイムスロットにおいて同期信号を送信するように構成され、

前記通信状態を収集する際には、前記他の子機が割り当てられた前記特定のタイムスロットにおいて該他の子機が送信する前記同期信号に基づいて該他の子機との通信状態を求めることを特徴とする無線通信システム。

30

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の無線通信システムにおいて、

前記子機のそれぞれは、

前記特定のタイムスロット内の所定の送信タイミングで前記同期信号を送信するように構成され、

前記通信状態を収集する際には、前記他の子機が割り当てられた前記特定のタイムスロットにおいて、前記同期信号の送信タイミングを含む一部の期間でアクティブ状態となって該同期信号を待機し、該一部の期間以外ではスリープ状態となることを特徴とする無線通信システム。

**【請求項 6】**

40

請求項 1 乃至 5 の何れか 1 つに記載の無線通信システムにおいて、

前記複数の通信端末は、前記通信状態として、通信の可否及び受信信号強度を収集し、収集された通信の可否及び受信信号強度に基づいて前記接続先を更新することを特徴とする無線通信システム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

ここに開示された技術は、無線通信システムに関する。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

従来より、複数の通信端末を備えた無線通信システムが知られている。特許文献1に記載の無線通信システムは、無線通信により互いに接続される複数の通信端末を備えている。これらの通信端末間では互いの接続先が規定されている。例えば、複数の通信端末は、ルーティングテーブルに基づいて信号を送信する。ルーティングテーブルは、通信端末の互いの接続先に基づいて作成され、最終的な送信先とそこへ到達するまでの中継先とが規定されている。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

10

## 【0003】

【特許文献1】特開2010-252165号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0004】

ところで、各通信端末間の通信環境は、一定ではなく、変化し得る。例えば、或る通信端末間で以前は良好に通信できていても、通信環境が変化して通信状態が悪化する場合があります。そうすると、無線通信システムにおける通信が不安定となってしまう。

## 【0005】

ここに開示された技術は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、無線通信システムにおける通信を安定させることにある。

20

## 【課題を解決するための手段】

## 【0006】

ここに開示された無線通信システムは、無線通信により互いに接続される複数の通信端末を備え、前記複数の通信端末間では、信号を送受信する互いの接続先が規定されており、前記複数の通信端末は、該複数の通信端末のうちの他の通信端末との間の通信状態を収集し、収集された通信状態に基づいて前記接続先を更新するものとする。

## 【発明の効果】

## 【0007】

ここに開示された無線通信システムによれば、無線通信システムにおける通信を安定させることができる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0008】

【図1】図1は、無線通信システムの概略図である。

【図2】図2は、データステーションのブロック図である。

【図3】図3は、中継機のブロック図である。

【図4】図4は、センサのブロック図である。

【図5】図5は、ツリーテーブルを示す図である。

【図6】図6は、ルーティングテーブルを示す図である。

【図7】図7は、センサテーブルを示す図である。

40

【図8】図8は、通信スケジュールを示す図である。

【図9】図9は、スキャン処理を示すフローチャートである。

【図10】図10は、更新処理を示すフローチャートである。

【図11】図11は、更新後のツリーテーブルを示す図である。

【図12】図12は、更新後のルーティングテーブルを示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0009】

以下、例示的な実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。

## 【0010】

図1は、無線通信システム100の概略図である。無線通信システム100は、データ

50

ステーション 10 と、複数の中継機 20 と、複数のセンサ 30 とを有している。データステーション 10、中継機 20、センサ 30 は、通信端末であり、互いに無線通信を行い、自律的にネットワークを構築する。無線通信システム 100 においては、マルチホップ無線ネットワークが形成される。データステーション 10 は、親機として機能し、中継機 20 及びセンサ 30 は、子機として機能する。基本的には、データステーション 10 は、中継機 20 と通信を行い、センサ 30 は、中継機 20 と通信を行う。センサ 30 の個数は、中継機 20 に比べて多い。データステーション 10 及び中継機 20 は、データステーション 10 を頂点（最上位）とするツリー型のネットワークトポロジを有している。本明細書では、ネットワークにおいてデータステーション 10 側を上流側又は上位とし、ツリーの末端側を下流側又は下位とする。また、データステーション 10、中継機 20、センサ 30 を区別しない場合には、単に通信端末と称する場合がある。また、各中継機 20 を区別する場合には、符号「20」の後にアルファベットを付して区別する。同様に、各センサ 30 を区別する場合には、符号「30」の後にアルファベットを付して区別する。

10

#### 【0011】

無線通信システム 100 においては、センサ 30 が対象物の所定の物理量を検出し、その検出値、即ち、検出データが中継機 20 を介してデータステーション 10 に収集される。本開示における例では、無線通信システム 100 は、蒸気システムを有する工場内に設置されている。蒸気システムは、複数のスチームトラップ T（図 1 では 1 つだけ図示）を有している。対象物は、スチームトラップ T である。センサ 30 は、スチームトラップ T の振動数及び温度を検出する。

20

#### 【0012】

##### データステーションの構成

図 2 は、データステーション 10 のブロック図である。データステーション 10 は、無線通信システム 100 の通信経路の確立やセンサ 30 の検出値の収集及び管理を行う。また、データステーション 10 は、図示を省略するが、外部ネットワーク等を介して上位のサーバ 90 に接続される。データステーション 10 は、必要に応じて、センサ 30 の検出値をサーバ 90 に転送する。

#### 【0013】

データステーション 10 は、CPU 11 と、メモリ 12 と、記憶部 13 と、無線通信回路 14 と、計時回路 15 と、上位インターフェース部 16 と、電源回路 17 とを有している。

30

#### 【0014】

記憶部 13 には、各種プログラム及び各種情報が記憶されている。CPU 11 は、記憶部 13 から各種プログラムを読み込み、実行することにより、様々な処理を行う。例えば、記憶部 13 には、ネットワークの通信経路を形成するためのプログラム、センサ 30 の検出値を収集するためのプログラム、ネットワークのツリー構造を規定するツリーテーブル、各センサ 30 がどの中継機 20 に接続されているかを規定したセンサテーブル、最終送信先へのルート規定するルーティングテーブル、ツリーテーブルからルーティングテーブルを作成するためのプログラム、中継機 20 と通信を行うスケジュールを規定したスケジュール情報、及び、収集した検出値等が記憶されている。

40

#### 【0015】

無線通信回路 14 は、中継機 20 等の他の通信端末と無線通信を行う。無線通信回路 14 は、CPU 11 の制御によって動作し、各種信号を符号化・変調等の処理により無線信号に変換し、アンテナを介して送信する。また、無線通信回路 14 は、アンテナを介して受信した信号を復調・複合化等の処理により適切な信号に変換する。さらに、無線通信回路 14 は、受信した信号に基づいて受信信号強度（RSSI：Received Signal Strength Indicator）を計測する。

#### 【0016】

計時回路 15 は、所定のクロックを発生し、データステーション 10 の基準となる時刻を計時する。上位インターフェース部 16 は、サーバ 90 との間のインターフェース処理

50

を行う。電源回路 17 は、外部電源（図示省略）が接続されており、データステーション 10 の各要素に電力を供給する。

【0017】

中継機の構成

図 3 は、中継機 20 のブロック図である。中継機 20 は、データステーション 10 の指令に応じて、センサ 30 の検出値をデータステーション 10 へ送信する。

【0018】

中継機 20 は、CPU 21 と、メモリ 22 と、記憶部 23 と、無線通信回路 24 と、計時回路 25 と、電源回路 26 と、電池 27 とを有している。

【0019】

記憶部 23 には、各種プログラム及び各種情報が記憶されている。CPU 21 は、記憶部 23 から各種プログラムを読み込み、実行することにより、様々な処理を行う。例えば、記憶部 23 には、ネットワークの通信経路を形成するためのプログラム、センサ 30 の検出値を中継するためのプログラム、ツリーテーブル、ルーティングテーブル、ツリーテーブルからルーティングテーブルを作成するためのプログラム、繋がっているセンサ 30 を特定するセンサ接続情報及び、センサ 30 から取得した検出値等が記憶されている。

【0020】

また、記憶部 23 には、電池 27 の残量を推定するためのプログラムも記憶されている。CPU 21 は、該プログラムを実行することによって、各種処理に応じた消費電力を積算し、電池 27 の残量を推定する。

【0021】

無線通信回路 24 は、他の通信端末と無線通信を行う。無線通信回路 24 は、CPU 21 の制御によって動作し、各種信号を符号化・変調等の処理により無線信号に変換し、アンテナを介して送信する。また、無線通信回路 24 は、アンテナを介して受信した信号を復調・複合化等の処理により適切な信号に変換する。さらに、無線通信回路 24 は、受信した信号に基づいて受信信号強度を計測する。

【0022】

計時回路 25 は、所定のクロックを発生し、中継機 20 の基準となる時刻を計時する。電源回路 26 には、電池 27 が接続されている。電源回路 26 は、中継機 20 の各要素に電力を供給する。

【0023】

中継機 20 は、他の通信端末との信号の送受信等の様々な処理を実行できるアクティブ状態と、信号の送受信等の処理が実行できないが、アクティブ状態に比べて消費電力が抑制されたスリープ状態とを切り替え可能に構成されている。中継機 20 がアクティブ状態からスリープ状態となる際には、CPU 21 は、アクティブ状態になるべき時刻を計時回路 25 に設定し、非アクティブ状態となる。スリープ状態においては、計時回路 25 は、計時を継続する。設定された時刻になると、計時回路 25 は、CPU 21 に時刻の到来を通知し、この通知を受けた CPU 21 は、非アクティブ状態からアクティブ状態となる。こうして、中継機 20 は、スリープ状態からアクティブ状態となる。

【0024】

センサの構成

図 4 は、センサ 30 のブロック図である。センサ 30 は、スチームトラップ T の振動数及び温度を検出し、その検出値を対応する中継機 20 に送信する。センサ 30 は、対象物の所定の物理量を検出するセンサ部 40 と、センサ部 40 の検出値を他の通信端末に送信する処理部 50 とを有している。

【0025】

センサ部 40 は、振動センサ及び温度センサを含んでおり、スチームトラップ T の振動数及び温度を検出する。センサ部 40 は、スチームトラップ T のケーシング（例えば、蒸気及びドレンが流入する流入部）に接触するように設置され、接触した部分の振動数及び温度を検出する。センサ部 40 は、検出した振動数及び温度に対応する電気信号を処理部

10

20

30

40

50

50に出力する。

【0026】

処理部50は、CPU51と、メモリ52と、記憶部53と、無線通信回路54と、計時回路55と、センサインターフェース部56と、電源回路57と、電池58とを有している。

【0027】

記憶部53には、各種プログラム及び各種情報が記憶されている。CPU51は、記憶部53から各種プログラムを読み込み、実行することにより、様々な処理を行う。例えば、記憶部53には、ネットワークの通信経路を形成するためのプログラム、センサ部40から振動数及び温度を取得し、検出値として中継機20に送信するためのプログラム、繋がっている中継機20を特定する中継機接続情報、及び、検出値等が記憶されている。

【0028】

また、記憶部53には、電池58の残量を推定するためのプログラムも記憶されている。CPU51は、該プログラムを実行することによって、各種処理に応じた消費電力を積算し、電池58の残量を推定する。

【0029】

無線通信回路54は、他の通信端末と無線通信を行う。無線通信回路54は、CPU51の制御によって動作し、各種信号を符号化・変調等の処理により無線信号に変換し、アンテナを介して送信する。また、無線通信回路54は、アンテナを介して受信した信号を復調・複合化等の処理により適切な信号に変換する。さらに、無線通信回路54は、受信した信号に基づいて受信信号強度を計測する。

【0030】

計時回路55は、所定のクロックを発生し、センサ30の基準となる時刻を計時する。センサインターフェース部56は、センサ部40との間のインターフェース処理を行う。電源回路57には、電池58が接続されている。電源回路57は、センサ30の各要素に電力を供給する。

【0031】

センサ30は、中継機20と同様に、他の通信端末との信号の送受信等の様々な処理を実行できるアクティブ状態と、信号の送受信等の処理が実行できないが、アクティブ状態に比べて消費電力が抑制されたスリープ状態とを切り替え可能に構成されている。

【0032】

通信端末の接続関係

無線通信システム100では、各通信端末の接続先が定められており、その接続関係に基づいて信号の伝搬が行われる。無線通信システム100は、データステーション10、中継機20及びセンサ30の接続関係として、ツリーテーブル、ルーティングテーブル、センサテーブル、センサ接続情報及び中継機接続情報を保持している。

【0033】

ツリーテーブルは、無線通信システム100のツリー構造を規定するテーブルであり、各中継機20の上位の通信端末を規定している。ツリーテーブルは、無線通信システム100で1つ作成され、データステーション10及び全ての中継機20は、共通のツリーテーブルを保持している。図5は、図1の無線通信システム100に対応するツリーテーブルである。ツリーテーブルの上欄には、対象となる中継機20が記載され、下欄には、各中継機20が接続される上位側の通信端末（データステーション10又は中継機20）が規定されている。

【0034】

ルーティングテーブルは、或る通信端末から全ての到達可能な最終送信先の通信端末と或る通信端末から該最終送信先までの通信経路における次の（1ホップ先の）通信端末との対応関係、即ち、最終送信先までの通信経路における或る通信端末から1ホップだけ下位の通信端末を規定している。ルーティングテーブルは、ツリーテーブルに基づいて作成される。データステーション10及び各中継機20がそれぞれに固有のルーティングテ

10

20

30

40

50

ブルを保持している。図6は、図1の無線通信システム100における中継機20aのルーティングテーブルである。ルーティングテーブルの上欄には、対象となる最終送信先が記載され、下欄には、中継機20aを起点とする場合の1ホップ先の中継機20が規定されている。中継機20aからは、中継機20b, 20c, 20d, 20e, 20f, 20g, 20h, 20iに到達可能であるので、それらの中継機20までの通信経路上の中継機20aから1ホップだけ下位の中継機20がそれぞれ規定されている。中継機20j, 20kは、中継機20aからは到達できないので、中継機20aのルーティングテーブルにおいては、最終送信先を中継機20j, 20kとした場合の1ホップ先の中継機20は規定されていない。

【0035】

センサテーブルは、センサ30と中継機20との接続関係（即ち、各センサ30がどの中継機20に接続されているか）を規定している。センサテーブルは、無線通信システム100で1つ作成され、データステーション10が保持している。図7は、図1の無線通信システム100に対応するセンサテーブルである。センサテーブルの上欄には、対象となるセンサ30が記載され、下欄には、各センサ30が接続される中継機20が規定されている。

【0036】

センサ接続情報は、中継機20がそれぞれ保持する情報であって、各中継機20に接続されたセンサ30を特定する情報（例えば、センサ30の通信アドレス）である。

【0037】

中継機接続情報は、センサ30のそれぞれが保持する情報であって、各センサ30が接続される中継機20を特定する情報（例えば、中継機20の通信アドレス）である。

【0038】

無線通信システム100では、これらの接続関係を用いて信号の伝搬が行われる。

【0039】

まず、信号がデータステーション10からダウンリンク方向に送信される場合について説明する。例えば、データステーション10がセンサ30gへ信号を送信する場合、データステーション10は、センサテーブルに基づいて、センサ30gが繋がっている中継機20hを割り出す。そして、データステーション10は、自身のルーティングテーブルに基づいて、最終送信先が中継機20hである場合の1ホップ先の中継機20が中継機20aであることを割り出す。データステーション10は、最終送信先に中継機20hを設定し、1ホップ先の送信先に中継機20aを設定した信号を送信する。以下、この信号を受信した各中継機20は、自身のルーティングテーブルに基づいて、1ホップ先の中継機20を変更し、該信号を中継機20hまで伝搬する。具体的には、中継機20aは、中継機20dを1ホップ先の送信先に設定して、該信号を転送する。該信号を受信した中継機20dは、中継機20gを1ホップ先の送信先に設定して、該信号を転送する。該信号を受信した中継機20gは、中継機20hを1ホップ先の送信先に設定して、該信号を転送する。最終送信先である中継機20hは、該信号を受信すると、自身のセンサ接続情報に基づいて、最終送信先及び1ホップ先の送信先の両方をセンサ30gに設定し、該信号を送信する。こうして、該信号は、最終的にセンサ30gによって受信される。

【0040】

次に、信号がデータステーション10へアップリンク方向に送信される場合について説明する。例えば、センサ30gがデータステーション10へ信号を送信する場合、センサ30gは、自身の中継機接続情報に基づいて、最終送信先及び1ホップ先の送信先の両方を中継機20hに設定した信号を送信する。該信号は、中継機20hによって受信される。中継機20hは、ツリーテーブルに基づいて、1ホップだけ上位の中継機20が中継機20gであることを割り出す。中継機20hは、最終送信先にデータステーション10を設定し、1ホップ先の送信先に中継機20gを設定した信号を送信する。以下、この信号を受信した各中継機20は、ツリーテーブルに基づいて、1ホップ先の中継機20を変更し、該信号をデータステーション10まで伝搬する。具体的には、中継機20gは、1ホ

10

20

30

40

50

アップ先の送信先に中継機 20d を設定して、該信号を転送する。中継機 20d は、1 ホップ先の送信先に中継機 20a を設定して、該信号を転送する。中継機 20a は、1 ホップ先の送信先にデータステーション 10 を設定して、該信号を転送する。こうして、該信号は、最終的にデータステーション 10 によって受信される。

【0041】

このようにデータステーション 10、中継機 20 及びセンサ 30 は、通信端末の接続関係（ツリーテーブル、ルーティングテーブル、ツリーテーブル、センサ接続情報及び中継機接続情報）に基づいて信号を送信する。

【0042】

通信スケジュール

このように構成された無線通信システム 100 は、通常の運転動作として、センサ 30 の検出値をデータステーション 10 に収集する収集処理を行う。データステーション 10 は、図 8 に示す通信スケジュールに従って各中継機 20 と通信を行い、各中継機 20 に対応する、即ち、繋がっているセンサ 30 の検出値を収集する。

【0043】

図 8 の通信スケジュールは、収集処理の 1 サイクルを示しており、図 8 の通信スケジュールが繰り返し実行される。通信スケジュールは、複数のタイムスロットに分割されている。各中継機 20 には、特定のタイムスロットが割り当てられている。各中継機 20 は、対応するタイムスロットにおいてデータステーション 10 と通信を行い、該中継機 20 に繋がったセンサ 30 からの検出値をデータステーション 10 に送信する（以下、この処理を「返信処理」ともいう）。基本的には、各中継機 20 は、割り当てられた特定のタイムスロット（以下、「特定スロット」とも称する）においてアクティブ状態となり、特定スロット以外のおときはスリープ状態となる。ただし、他の中継機 20 とデータステーション 10 との通信経路上に存在する中継機 20 は、下位の中継機 20 がデータステーション 10 と通信する場合に中継処理を行う必要があるため、下位の中継機 20 に割り当てられたタイムスロット（以下、「中継スロット」とも称する）においてもアクティブ状態となって中継処理を実行する。また、センサ 30 は、繋がっている中継機 20 の特定スロットにおいて該中継機 20 へ検出値を送信するので、該中継機 20 の特定スロットにおいてアクティブ状態となっている。センサ 30 は、中継機 20 へ検出値を送信する必要がないときには、基本的にはスリープ状態となっている。

【0044】

図 8 の通信スケジュールでは、タイムスロットがマトリックス状に規定されている。基本的には、ツリー構造の通信経路の階層に従ってタイムスロットが割り当てられている。詳しくは、列ごとにツリー構造の階層が割り当てられる。例えば、列 L0 には、データステーション 10 が割り当てられ、列 L1 には、第 1 階層（即ち、ホップ数が 1）が割り当てられ、列 L2 には、第 2 階層（即ち、ホップ数が 2）が割り当てられる。第 3 階層以降についても同様である。

【0045】

通常、各中継機 20 には、何れか 1 つのタイムスロットが割り当てられる。第 1 階層の中継機 20a, 20j には、列 L1 のタイムスロットが割り当てられる。第 2 階層の中継機 20b, 20c, 20d, 20k には、列 L2 のタイムスロットが割り当てられる。第 3 階層の中継機 20e, 20f, 20g には、列 L3 のタイムスロットが割り当てられる。第 4 階層の中継機 20h, 20i には、列 L4 のタイムスロットが割り当てられる。一方、データステーション 10 は、中継機 20 に比べて処理内容が多いので、1 つのタイムスロットではなく、複数のタイムスロット（図 8 では、列 L0 の全てのタイムスロット）がデータステーション 10 に割り当てられる。尚、列に含まれるタイムスロットの数と各階層に含まれる中継機 20 の数は異なる（通常、列に含まれるタイムスロットの数の方が多いため）ので、列に含まれるタイムスロットには、中継機が割り当てられていないものも存在する。

【0046】

10

20

30

40

50

また、前述の如く、或る中継機 20 の特定スロットにおいては、該中継機 20 に繋がるセンサ 30 もアクティブ状態となるので、実質的に、各センサ 30 にも特定のタイムスロットが割り当てられていることになる。ただし、中継機 20 には複数のセンサ 30 が繋がり得るので、そのような場合には、該中継機 20 の特定スロットには、複数のセンサ 30 が割り当てられていることになる。例えば、図 8 の例では、列 L 3、行 N 1 のタイムスロットには中継機 20 e が割り当てられている。中継機 20 e には 2 つのセンサ 30 が繋がっている（図 1 参照）、列 L 3、行 N 1 のタイムスロットには実質的に該 2 つのセンサ 30 が割り当てられていることになる。

【 0 0 4 7 】

通信スケジュールでは、タイムスロットの処理は、列方向に進んでいく。例えば、或る列（例えば、列 L 1）において、行番号に関して昇順（即ち、行 N 1 から N m の順）にタイムスロットの処理が進んでいき、当該行の最後の行番号（行 N m）のタイムスロットの処理が終了すると、次の列（例えば、列 L 2）の最初の行番号（行 N 1）のタイムスロットから同様の順序で処理が進められていく。

【 0 0 4 8 】

接続関係の確定及びタイムスロットの割り当て

データステーション 10 は、ネットワークの通信経路を確立する際に、通信端末の接続関係を確定すると共に、タイムスロットの割り当てを行って通信スケジュールを完成させる。

【 0 0 4 9 】

例えば、データステーション 10 は、どの通信端末同士が繋がるか、即ち、データステーション 10、中継機 20 及びセンサ 30 の接続関係を確定させ、ツリーテーブル及びセンサテーブルを作成する。さらに、データステーション 10 は、ツリーテーブルに基づいてルーティングテーブルを作成する。こうして、接続関係が確定されると、データステーション 10 は、各中継機 20 にタイムスロットを割り当て、通信スケジュールを完成させる。データステーション 10 は、ツリーテーブル、センサテーブル、ルーティングテーブル及び通信スケジュール（即ち、中継機 20 へのタイムスロットの割り当て）を記憶部 13 に保存する。

【 0 0 5 0 】

データステーション 10 は、タイムスロットの割り当てが完了すると、各中継機 20 にツリーテーブル及び特定スロットのスロット番号を通知する。このとき、下位の中継機 20 の中継処理を行う必要がある中継機 20 には、それ自身の特定スロットのスロット番号に加えて、下位の中継機 20 の特定スロット、即ち、中継スロットのスロット番号も通知される。また、データステーション 10 は、センサテーブルに基づいて、各中継機 20 にセンサ接続情報を、各センサ 30 に中継機接続情報を通知する。

【 0 0 5 1 】

各中継機 20 は、ツリーテーブルに基づいてルーティングテーブルを作成する。また、中継機 20 は、繋がっているセンサ 30 に該中継機 20 の特定スロットのスロット番号を通知する。中継機 20 は、特定スロット及び中継スロットのスロット番号、ツリーテーブル、ルーティングテーブル及びセンサ接続情報を記憶部 23 に保存する。

【 0 0 5 2 】

センサ 30 は、繋がっている中継機 20 の特定スロットのスロット番号及び中継機接続情報を記憶部 53 に保存する。

【 0 0 5 3 】

システムの動作

- 収集処理 -

収集処理においては、データステーション 10 は、通信スケジュールに従って処理を進める。具体的には、データステーション 10 は、それ自身に割り当てられたタイムスロットにおいて、データステーション 10 に必要な処理を行う。続いて、データステーション 10 は、タイムスロットの順番で、タイムスロットに割り当てられた中継機 20 と順次、

10

20

30

40

50

通信を行う。このとき、データステーション 10 から各中継機 20 に送られる信号には、少なくとも、センサ 30 の検出値の返信を要求するリクエスト信号が含まれている。

【0054】

一方、中継機 20 は、通信スケジュールに従って、特定スロットのタイミングでアクティブ状態となって、データステーション 10 からのリクエスト信号を待機する。また、中継機 20 は、特定スロットに応じて、該中継機 20 に繋がっているセンサ 30 から検出値を取得する。中継機 20 は、リクエスト信号を受信すると、センサ 30 からの検出値をリクエスト信号に対する応答としてデータステーション 10 へ返信する。また、中継機 20 は、中継スロットでもアクティブ状態となって、データステーション 10 と下位の中継機 20 との間の中継処理を行う。

10

【0055】

センサ 30 は、接続される中継機 20 の特定スロットに応じてアクティブ状態となって検出値を該中継機 20 に送信する。一の中継機 20 に複数のセンサ 30 が接続されている場合には、一の中継機 20 の特定スロットの少なくとも開始時点において、該複数のセンサ 30 の全てがアクティブ状態となっている。複数のセンサ 30 は、順番に、中継機 20 からリクエスト信号を受け取り、検出値を中継機 20 へ送信する。複数のセンサ 30 は、中継機 20 への検出値の送信が完了した順にスリープ状態となる。

【0056】

このように、収集処理の基本的な処理においては、データステーション 10 は、通信スケジュールに従って各特定スロットにおいて該特定スロットに対応するセンサ 30 の検出値を収集することによって、全てのセンサ 30 の検出値を収集する。

20

【0057】

- 接続先の更新 -

前述の如く、無線通信システム 100 では、通信端末の接続関係が定められており、この接続関係に基づいて信号の伝搬が行われる。しかしながら、通信環境が変化する場合もあり、以前は良好であった通信端末間の通信が不調となることもある。そこで、各中継機 20 及び各センサ 30 は、周囲の通信状態をスキャンし、データステーション 10 は、そのスキャン結果に基づいて中継機 20 及びセンサ 30 の接続先を通信状態が改善するように更新する。以下、中継機 20 及びセンサ 30 の接続先の更新処理について詳細に説明する。

30

【0058】

まず、中継機 20 及びセンサ 30 は、その周囲の通信状態をスキャンするスキャン処理を実行する。図 9 にスキャン処理のフローチャートを示す。

【0059】

具体的には、データステーション 10 は、ステップ S a 1 において、所定のスキャン条件が成立したか否かを判定する。例えば、スキャン条件は、所定のスキャン周期が到来することである。スキャン周期は、例えば、6 時間である。

【0060】

尚、スキャン条件は、それ以外の条件であってもよい。スキャン条件は、パケットエラーレート (PER: Packet Error Rate) が所定の判定レートを上回った場合、又は、受信信号強度が所定の判定強度を下回った場合であってもよい。つまり、前述の収集処理時にはパケットエラーレート及び受信信号強度が計測されている。収集処理においては、データステーション 10 は、タイムスロットに従って、対応する中継機 20 から検出値を収集するが、対応する中継機 20 から検出値が返ってこない場合もある。データステーション 10 は、(検出値の返信が無かった回数) / (検出値の返信を要求した回数) を PER として、収集処理中に中継機 20 ごとの PER を測定している。また、各中継機 20 は、収集処理時に自身の特定スロットにおいて検出値の返信処理を行う際に、上位の通信端末 (中継機 20) 及び下位の通信端末 (センサ 30) と信号を送受信する際にその受信信号強度を計測し、その測定結果をセンサ 30 の検出値と併せてデータステーション 10 に返信している。こうして、データステーション 10 は、収集処理中に、センサ 30 の検出値

40

50

だけでなく、各中継機 20 の、上位及び下位の通信端末との間の受信信号強度も収集している。データステーション 10 は、こうして収集された P E R が判定レートを上回った場合又は、受信信号強度が判定強度を下回った場合に、スキャン条件が成立したと判定してもよい。

**【 0 0 6 1 】**

スキャン条件が成立していない場合には、データステーション 10 は、ステップ S a 1 を繰り返して、スキャン条件の成立を待機する。スキャン条件が成立している場合には、データステーション 10 は、ステップ S a 2 へ進む。

**【 0 0 6 2 】**

ステップ S a 2 では、データステーション 10 は、全てのの中継機 20 及びセンサ 30 にスキャン信号を送信する。データステーション 10 は、収集処理と並行してスキャン信号を送信する。具体的には、データステーション 10 は、各タイムスロットにおいて対応する中継機 20 に検出値のリクエスト信号と共にスキャン信号も送信する。

10

**【 0 0 6 3 】**

尚、スキャン条件が P E R 又は受信信号強度に関するものである場合には、P E R 又は受信信号強度が悪化した中継機 20 又はセンサ 30 だけにスキャン信号を送信してもよい。

**【 0 0 6 4 】**

スキャン信号を受信した中継機 20 及びセンサ 30 は、スキャン動作を実行する。詳しくは、中継機 20 は、特定スロットだけでなく、それ以外のタイムスロットにおいてもアクティブ状態となり、他の通信端末からの信号を待機する。通常、中継機 20 が特定スロットにおいて行う処理に同期信号の送信がある。中継機 20 は、特定スロットにおいて同期信号をブロードキャストし、該同期信号を受信した他の中継機 20 又はセンサ 30 と同期を行う。スキャン動作を行う中継機 20 は、自身の特定スロット以外のタイムスロットにおいて、他の通信端末（データステーション 10 及び中継機 20 ）からの同期信号を待機する。中継機 20 は、同期信号を受信できた場合には、その受信信号強度を計測する。中継機 20 は、この処理を通信スケジュールの 1 サイクルの間行うことによって、特定スロット以外の全てのタイムスロットにおける同期信号の受信の可否（即ち、通信の可否）と受信信号強度とを取得する。中継機 20 は、タイムスロットのスロット番号と、同期信号の受信の可否と、同期信号の受信信号強度とを関連づけたデータをスキャンデータとして記憶部 23 に保存する。

20

30

**【 0 0 6 5 】**

さらに詳しくは、各中継機 20 が同期信号を送信するタイミングは、各特定スロット内で決まっている。つまり、中継機 20 は、特定スロットにおける所定のタイミング（例えば、特定スロットの終盤）で同期信号を送信する。そこで、スキャン動作を行う中継機 20 は、自身の特定スロット以外のタイムスロットにおいて、同期信号が送信されるタイミングを含む一部の期間だけアクティブ状態となって同期信号を待機し、該一部の期間以外はスリープ状態となる。これにより、スキャン動作における消費電力を低減することができる。

**【 0 0 6 6 】**

センサ 30 も、中継機 20 と同様のスキャン動作を行う。センサ 30 は、繋がっている中継機 20 の特定スロット以外のタイムスロットにおいて、同期信号が送信されるタイミングを含む一部の期間だけアクティブ状態となり、同期信号を待機する。センサ 30 は、同期信号を受信できた場合には、その受信信号強度を計測する。タイムスロットにおける該一部の期間以外は、センサ 30 は、スリープ状態となる。センサ 30 は、この処理を通信スケジュールの 1 サイクルの間行う。センサ 30 は、繋がっている中継機 20 の特定スロットにおいても同期信号の受信の可否を判定し且つ同期信号の受信信号強度を計測する。こうして、センサ 30 は、全てのタイムスロットにおける同期信号の受信の可否と受信信号強度とを取得する。センサ 30 は、タイムスロットのスロット番号と、同期信号の受信の可否と、同期信号の受信信号強度とを関連づけたデータをスキャンデータとして記憶

40

50

部 5 3 に保存する。

【 0 0 6 7 】

続いて、データステーション 1 0 は、ステップ S a 3 において、中継機 2 0 及びセンサ 3 0 にスキャンデータの返信信号を送信する。データステーション 1 0 は、ステップ S a 2 でスキャン信号を送信してから通信スケジュールの 1 サイクルが経過した後に、全ての中継機 2 0 及びセンサ 3 0 へ返信信号をタイムスロットに従って順次送信する。尚、データステーション 1 0 は、ステップ S a 2 において特定の中継機 2 0 又はセンサ 3 0 だけにスキャン信号を送信していた場合には、スキャン信号を送信した中継機 2 0 又はセンサ 3 0 だけに返信信号を送信する。

【 0 0 6 8 】

返信信号を受信した中継機 2 0 及びセンサ 3 0 は、例えば、スキャンデータのうち受信信号強度が高い上位 5 個のタイムスロットに関するスキャンデータをデータステーション 1 0 へ返信する。尚、中継機 2 0 及びセンサ 3 0 は、全てのスキャンデータをデータステーション 1 0 へ返信してもよい。データステーション 1 0 は、スキャンデータを受信すると、スキャンデータを記憶部 1 3 に保存する。

10

【 0 0 6 9 】

スキャンデータを受け取ったデータステーション 1 0 は、スキャンデータを記憶部 1 3 に保存する (ステップ S a 4 ) 。

【 0 0 7 0 】

データステーション 1 0 は、以上の処理を繰り返すことによって、中継機 2 0 及びセンサ 3 0 のスキャンデータを蓄積していく。

20

【 0 0 7 1 】

続いて、データステーション 1 0 は、中継機 2 0 又はセンサ 3 0 の接続先を更新する更新処理を実行する。図 1 0 に更新処理のフローチャートを示す。

【 0 0 7 2 】

具体的には、データステーション 1 0 は、ステップ S b 1 において、所定の更新条件が成立したか否かを判定する。例えば、更新条件は、所定の更新周期が到来することである。更新周期は、例えば、1 日であり、スキャン周期以上の長さである。

【 0 0 7 3 】

尚、更新条件は、それ以外の条件であってもよい。更新条件は、収集処理時の P E R が所定の判定レートを上回った場合、又は、収集処理時の受信信号強度が所定の判定強度を下回った場合であってもよい。収集された P E R が判定レートを上回った場合又は、受信信号強度が判定強度を下回った場合に、データステーション 1 0 は、更新条件が成立したと判定してもよい。ただし、スキャン条件が前述の判定レート又は判定強度に基づくものである場合、更新条件における判定レート又は判定強度は、スキャン条件における判定レート又は判定強度と同じ値であっても異なる値であってもよい。

30

【 0 0 7 4 】

更新条件が成立していない場合には、データステーション 1 0 は、ステップ S b 1 を繰り返して、更新条件の成立を待機する。更新条件が成立している場合には、データステーション 1 0 は、ステップ S b 2 へ進む。

40

【 0 0 7 5 】

ステップ S b 2 では、データステーション 1 0 は、記憶部 1 3 に保存しているスキャンデータに基づいて、中継機 2 0 及びセンサ 3 0 の新たな接続先を決定する。スキャンデータは、前述の如く、スロット番号と、同期信号の受信の可否と、同期信号の受信信号強度とを関連づけた、中継機 2 0 ごと、及び、センサ 3 0 ごとのデータであるので、スキャンデータからは、或る中継機 2 0 又はセンサ 3 0 の周囲に存在する、通信可能な中継機 2 0 がどれで、その受信信号強度がどのくらいかわかる。ここで、「新たな接続先」とは、上位側の新たな接続先を意味し、即ち、互いに接続される或る 2 つの通信端末において上位側となる通信端末を意味する。

【 0 0 7 6 】

50

詳しくは、データステーション10は、記憶部13に保存しているスキャンデータのうち過去1週間分のスキャンデータに基づいて、各中継機20及び各センサ30の新たな接続先を決定する。尚、参照するスキャンデータは、過去1週間分に限られず、任意に設定することができる。データステーション10は、新たな接続先を決定する対象となる中継機20又はセンサ30に関し、その周囲の各中継機20との間のスキャン時のPER、及び、その周囲の各中継機20との間の受信信号強度の平均値をスキャンデータから求める。スキャン時のPERとは、対象となる中継機20又はセンサ30とその周囲の各中継機20との間での、スキャン処理時のPERであって、(同期信号を受信できなかった回数)/(スキャンの回数)である。受信信号強度の平均値は、対象となる中継機20又はセンサ30とその周囲の各中継機20との間で同期信号を受信できた場合の受信信号強度の平均値である。データステーション10は、求めたスキャン時のPER及び受信信号強度の平均値に加え、その周囲の各中継機20のデータステーション10からのホップ数、その周囲の各中継機20の電池残量、及び、その周囲の各中継機20の下位に包含する通信端末(中継機20及びセンサ30)の総数(以下、「端末接続数」という)を考慮して、新たな接続先を決定する。PER、受信信号強度及びホップ数は、通信状態に関するものである。PERは、通信を行うことができるか否かの指標であり、PERが低くなるほど通信の安定性が高まる。受信信号強度は、各通信の安定性を示す指標であり、受信信号強度が高くなるほど通信の安定性が高まる。ホップ数も、通信の安定性を示す指標であり、ホップ数が少ないほど通信の安定性が高まる。電池残量及び下位の通信端末の総数は、接続先の中継機20の電池の寿命に関するものである。電池残量は、多くなるほど電池寿命は長くなる。下位に包含する通信端末とは、一の中継機20の下位側に直接的(1ホップで)又は間接的(複数ホップで)に接続された中継機20及びセンサ30を意味する。端末接続数が大きくなるほど、中継処理やセンサ30との信号の送受信が増加するので中継機20の消費電力が大きくなり、電池寿命が短くなる。データステーション10は、まず通信状態に関するパラメータに基づいて新たな接続先を決定し、通信状態に関するパラメータでは中継機20の優劣が付かない場合には、電池寿命に関するパラメータに基づいて新たな接続先を決定する。

10

20

30

40

50

**【0077】**

尚、電池残量は、前述の収集処理時に中継機20及びセンサ30において推定されている。各中継機20は、収集処理時にセンサ30の電池残量及び中継機20自身の電池残量を、センサ30の検出値と併せてデータステーション10に返信している。こうして、データステーション10は、収集処理中にセンサ30の検出値だけでなく、各中継機20及びセンサ30の電池残量も収集している。

**【0078】**

例えば、図1における中継機20cの新たな接続先を決定する場合について説明する。中継機20cは、スキャン処理において、その周囲の中継機20a, 20b, 20d, 20f, 20g, 20kからの同期信号を受信できたとすると、中継機20cについては、中継機20a, 20b, 20d, 20f, 20g, 20kのそれぞれとの間でのスキャンデータが取得される。

**【0079】**

ここで、中継機20fは、中継機20cの下位に存在するので、新たな接続先の候補から除外される。ただし、中継機20fの新たな接続先の決定も並行して実行され、中継機20fの新たな接続経路上に中継機20cが含まれない場合には、中継機20fを、中継機20cの新たな接続先の候補に残してもよい。

**【0080】**

データステーション10は、中継機20cと中継機20aとの間のスキャン時のPER、中継機20cと中継機20bとの間のスキャン時のPER、中継機20cと中継機20dとの間のスキャン時のPER、中継機20cと中継機20gとの間のスキャン時のPER、及び、中継機20cと中継機20kとの間のスキャン時のPERを求める。中継機20cがスキャン処理のたびに同期信号を受信できるか、スキャン処理の際に同期信号を受

信できない場合があるかは、中継機 20c と中継機 20a, 20b, 20d, 20g, 20k のそれぞれとの間の通信環境に依存する。そのため、各中継機 20 との間のスキャン時の PER は、それぞれ異なり得る。

【0081】

さらに、データステーション 10 は、中継機 20c と中継機 20a との間の受信信号強度の平均値、中継機 20c と中継機 20b との間の受信信号強度の平均値、中継機 20c と中継機 20d との間の受信信号強度の平均値、中継機 20c と中継機 20g との間の受信信号強度の平均値、及び、中継機 20c と中継機 20k との間の受信信号強度の平均値を求める。各中継機 20 との間の受信信号強度は、中継機 20c と中継機 20a, 20b, 20d, 20g, 20k のそれぞれとの間の通信環境に依存する。

10

【0082】

データステーション 10 は、ツリーテーブルに基づいて、中継機 20a, 20b, 20d, 20g, 20k のそれぞれのホップ数を求める。ホップ数は、中継機 20a は 1 であり、中継機 20b は 2 であり、中継機 20d は 2 であり、中継機 20g は 3 であり、中継機 20k は 2 である。

【0083】

また、データステーション 10 は、中継機 20a, 20b, 20d, 20g, 20k のそれぞれの最新の電池残量を記憶部 13 から読み出す。

【0084】

データステーション 10 は、ツリーテーブル及びセンサテーブルに基づいて、中継機 20a, 20b, 20d, 20g, 20k の端末接続数を求める。このとき、中継機 20c 及びその下位に繋がっている通信端末の個数は、端末接続数に含めない。中継機 20a の端末接続数は 15 であり、中継機 20b の端末接続数は 4 であり、中継機 20d の端末接続数は 8 であり、中継機 20g の端末接続数は 7 であり、中継機 20k の端末接続数は 2 である。尚、端末接続数は、センサ 30 を考慮せず、中継機 20 だけを考慮してもよい。

20

【0085】

そして、データステーション 10 は、PER、受信信号強度の平均値、ホップ数、電池残量及び端末接続数をこの順で優先的に考慮して中継機 20c の新たな接続先を決定する。例えば、中継機 20c と中継機 20d との間のスキャン時の PER が最小であれば、データステーション 10 は、中継機 20d を中継機 20c の新たな接続先に決定する。中継機 20b, 20d の PER が共に最小であれば、データステーション 10 は、中継機 20b, 20d のうち受信信号強度の平均値が大きい方を中継機 20c の新たな接続先に決定する。中継機 20b, 20d の受信信号強度の平均値が略同じであれば、データステーション 10 は、中継機 20b, 20d のうちホップ数が小さい方を中継機 20c の新たな接続先に決定する（図 1 の例では、ホップ数は 2 で同じ）。中継機 20b, 20d のホップ数が同じであれば、データステーション 10 は、中継機 20b, 20d のうち電池残量が多い方を中継機 20c の新たな接続先に決定する。中継機 20b, 20d の電池残量が略同じであれば、データステーション 10 は、中継機 20b, 20d の端末接続数が少ない方を中継機 20c の新たな接続先に決定する。図 1 の例では、中継機 20b の方が端末接続数が少ないので、中継機 20b が中継機 20c の新たな接続先に決定される（図 1 に破線で示す）。

30

40

【0086】

データステーション 10 は、このような新たな接続先の決定を全ての中継機 20 及びセンサ 30 のそれぞれについて実行する。

【0087】

新たな接続先が決定されると、データステーション 10 は、ステップ S b 3 において、新たな接続先を中継機 20 及びセンサ 30 に通知する。具体的には、データステーション 10 は、新たな接続先に基づいてツリーテーブル及びセンサテーブルを更新し、更新したツリーテーブルを全ての中継機 20 に通知する。図 11 に更新後のツリーテーブルを示す。図 11 では、更新された情報に下線が付されている。中継機 20c の接続先が中継機 2

50

0 b に更新されている。

【0088】

センサ30の接続先が更新された場合には、データステーション10は、新たなセンサ30が接続された中継機20に、センサ接続情報、即ち、接続されたセンサ30を特定する情報を通知すると共に、接続先が変更されたセンサ30に中継機接続情報、即ち、繋がる中継機20を特定する情報及び該中継機20の-slot番号を通知する。さらに、データステーション10は、ツリーテーブルに基づいてルーティングテーブルを更新する。

【0089】

更新されたツリーテーブルを受信した中継機20は、ツリーテーブルを記憶部23に保存すると共に、ツリーテーブルに基づいてルーティングテーブルを更新する。図12に、中継機20aの更新後のルーティングテーブルを示す。図12では、更新された情報に下線が付されている。最終送信先が中継機20c及び中継機20fの場合の1ホップ先の送信先が、それぞれ中継機20bに更新されている。

10

【0090】

また、新たなセンサ接続情報を受信した中継機20は、センサ接続情報を更新する。該中継機20は、以降の処理（例えば、収集処理）では新たに接続されたセンサ30に対して処理を実行する。

【0091】

新たな中継機接続情報及び新たな-slot番号を受信したセンサ30は、中継機接続情報及び-slot番号を更新する。該センサ30は、新たな中継機20の特定-slotに応じてアクティブ状態となり、検出値を該中継機20に送信する。

20

【0092】

こうして、通信端末の接続先の更新が完了する。

【0093】

このように、データステーション10は、定期的又は所定の条件が成立したときに中継機20及びセンサ30にその周囲の通信端末との通信状態をスキャンさせ、各中継機20及びセンサ30の周囲の通信状態を収集する。そして、データステーション10は、定期的又は所定の条件が成立したときに、収集しておいた各中継機20及びセンサ30の周囲の通信状態に基づいて各中継機20及びセンサ30の接続先を通信状態が改善されるように更新する。これにより、無線通信システム100における通信を安定させることができる。

30

【0094】

以上のように、無線通信システム100は、無線通信により互いに接続されるデータステーション10、中継機20及びセンサ30（複数の通信端末）を備え、データステーション10、中継機20及びセンサ30の間では、信号を送受信する互いの接続先が規定されており、データステーション10、中継機20及びセンサ30は、他の通信端末との間の通信状態を収集し、収集された通信状態に基づいて接続先を更新する。

【0095】

この構成によれば、通信端末の接続先が一旦、規定されても、周囲の他の通信端末との間の通信状態に基づいて接続先が更新される。つまり、各通信端末は、その周囲の他の通信端末との間の通信状態を収集している。仮に一の通信端末とその接続先として規定された別の通信端末との間の通信状態が悪化したとしても、該一の通信端末とその周囲の他の通信端末との間の通信状態に基づいて、該一の通信端末の新たな接続先が決定される。こうして、接続先を更新することによって、各通信端末間での通信状態を改善することができ、ひいては、無線通信システム100の通信を安定させることができる。

40

【0096】

また、複数の無線端末は、データステーション10（親機）と複数の中継機20及びセンサ30（子機）とを含み、中継機20及びセンサ30は、他の中継機20及びセンサ30との通信状態を収集し、データステーション10は、中継機20及びセンサ30によって収集された通信状態に基づいて、中継機20及びセンサ30の接続先を更新する。

50

## 【 0 0 9 7 】

この構成によれば、他の通信端末との通信状態の収集を、複数の中継機 2 0 及びセンサ 3 0 のそれぞれが行う。そして、データステーション 1 0 が、収集された通信状態に基づいて中継機 2 0 及びセンサ 3 0 の接続先を更新する。

## 【 0 0 9 8 】

さらに、データステーション 1 0 は、複数のタイムスロットを含む通信スケジュールに従って中継機 2 0 と通信を行い、中継機 2 0 のそれぞれは、複数のタイムスロットのうちの特定期間が割り当てられ、割り当てられた特定期間においてデータステーション 1 0 と通信を行うように構成され、通信状態を収集する際には、他の中継機 2 0 が割り当てられた特定期間において他の中継機 2 0 が送信する信号に基づいて他の中継機 2 0 との通信状態を求める。

10

## 【 0 0 9 9 】

この構成によれば、複数の中継機 2 0 のそれぞれには特定期間が割り当てられ、データステーション 1 0 と各中継機 2 0 とは、対応する特定期間において通信を行う構成が前提となる。そして、一の中継機 2 0 は、自身の特定期間において他の中継機 2 0 との通信状態を取得するのではなく、他の中継機 2 0 の特定期間において該他の中継機 2 0 との通信状態を取得する。他の中継機 2 0 の特定期間においては、該他の中継機 2 0 が何らかの処理を行っており、即ち、何らかの信号を送信し得る。つまり、一の中継機 2 0 は、他の中継機 2 0 の特定期間において該他の中継機 2 0 が送信する信号を利用して該他の中継機 2 0 との通信状態を求める。

20

## 【 0 1 0 0 】

さらに、中継機 2 0 のそれぞれは、特定期間において同期信号を送信するように構成され、通信状態を収集する際には、他の中継機 2 0 が割り当てられた特定期間において他の中継機 2 0 が送信する同期信号に基づいて他の中継機 2 0 との通信状態を求める。

## 【 0 1 0 1 】

この構成によれば、各中継機 2 0 が自身の特定期間において同期信号を送信する構成が前提となる。そして、一の中継機 2 0 は、通信状態を収集する際には、他の中継機 2 0 が送信する同期信号を利用して、該他の中継機 2 0 との通信状態を求める。つまり、中継機 2 0 は、通信状態を収集するための特別な信号の送受信を行う必要はない。これにより、通信状態を収集する際の処理の簡略化及びトラフィックの低減を図ることができる。

30

## 【 0 1 0 2 】

また、中継機 2 0 のそれぞれは、特定期間内の所定の送信タイミングで同期信号を送信するように構成され、通信状態を収集する際には、他の中継機 2 0 が割り当てられた特定期間において、同期信号の送信タイミングを含む一部の期間でアクティブ状態となって同期信号を待機し、一部の期間以外ではスリープ状態となる。

## 【 0 1 0 3 】

この構成によれば、特定期間においては、同期信号が送信されるタイミングが決まっている。そこで、中継機 2 0 は、通信状態を収集する際に、他の中継機 2 0 の特定期間の全期間でアクティブ状態となるのではなく、特定期間のうち同期信号の送信タイミングを含む一部の期間だけアクティブ状態となり、それ以外の期間ではスリープ状態となる。これにより、通信状態を収集する際の中継機 2 0 の消費電力を低減することができる。

40

## 【 0 1 0 4 】

データステーション 1 0、中継機 2 0 及びセンサ 3 0 は、通信状態として、通信の可否及び受信信号強度を収集し、収集された通信の可否及び受信信号強度に基づいて接続先を更新する。

## 【 0 1 0 5 】

この構成によれば、通信端末の接続先が通信の可否及び受信信号強度に基づいて更新されるので、通信端末間の P E R 及び受信信号強度を改善することができる。

50

## 【 0 1 0 6 】

## 《その他の実施形態》

以上のように、本出願において開示する技術の例示として、前記実施形態を説明した。しかしながら、本開示における技術は、これに限定されず、適宜、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施の形態にも適用可能である。また、前記実施形態で説明した各構成要素を組み合わせて、新たな実施の形態とすることも可能である。また、添付図面および詳細な説明に記載された構成要素の中には、課題解決のために必須な構成要素だけでなく、前記技術を例示するために、課題解決のためには必須でない構成要素も含まれ得る。そのため、それらの必須ではない構成要素が添付図面や詳細な説明に記載されていることをもって、直ちに、それらの必須ではない構成要素が必須であるとの認定をするべきではない。

10

## 【 0 1 0 7 】

前記実施形態について、以下のような構成としてもよい。

## 【 0 1 0 8 】

例えば、無線通信システム 100 は、蒸気システム以外に適用してもよい。また、センサ 30 は、スチームトラップ T の振動数及び温度を検出しているが、これ以外の物理量（例えば、電力等）を検出してもよい。

## 【 0 1 0 9 】

また、無線通信システム 100 は、センサ 30 を含んでいなくてもよい。つまり、中継機 20 は、センサ 30 の検出値以外のデータをデータステーション 10 へ送信するものであってもよい。さらに、無線通信システム 100 は、データステーション 10 を含んでいなくてもよい。すなわち、無線通信システム 100 は、少なくとも複数の中継機 20 を含んでいればよい。

20

データステーション 10 は、通信スケジュールに従って中継機 20 と通信を行い、中継機 20 にセンサ 30 の検出値を返信するように要求しているが、これに限られるものではない。例えば、データステーション 10 は、センサ 30 のそれぞれを最終送信先として通信を行い、センサ 30 に指令を直接送信する構成であってもよい。

## 【 0 1 1 0 】

データステーション 10 と中継機 20 とは、通信スケジュールに従って通信を行わなくてもよい。

30

また、通信スケジュールは、タイムスロットがマトリックス状に規定されていなくてもよい。中継機 20 へのタイムスロットの割り当ては、ネットワークの階層ごとでなくてもよい。また、1つの中継機 20 に1つの特定スロットが割り当てられているが、1つの中継機 20 に2以上の特定スロットが割り当てられていてもよい。

## 【 0 1 1 1 】

前記実施形態では、中継機 20 及びセンサ 30 が他の通信端末との通信状態を収集し、収集された通信状態をデータステーション 10 に集約させ、データステーション 10 が通信状態に基づいて接続先を更新し、更新された接続先がデータステーション 10 から中継機 20 及びセンサ 30 に通知され、中継機 20 及びセンサ 30 は、自身が保持する接続先の情報を更新する。しかしながら、本発明は、このような構成に限定されない。つまり、他の通信端末との通信状態を収集するのは中継機 20 又はセンサ 30 であるが、収集された通信状態に基づいて接続先を更新するのは、データステーション 10 でなくてもよく、中継機 20 又はセンサ 30 であってもよい。例えば、他の通信端末との通信状態を収集した中継機 20 及びセンサ 30 のそれぞれが、該通信状態に基づいて接続先を更新してもよい。

40

## 【 0 1 1 2 】

また、中継機 20 及びセンサ 30 は、データステーション 10 からの指令ではなく、自発的にスキャン処理を実行してもよい。特に、定期的なスキャン処理を実行する場合には、中継機 20 及びセンサ 30 自身がスキャン処理を実行する周期を計時し、スキャン処理を実行し、スキャンデータをデータステーション 10 へ送信してもよい。あるいは、上位

50

又は下位の通信端末との受信信号強度に基づいてスキャン処理を実行するか否かが判定される場合にも、中継機 20 及びセンサ 30 自身がスキャン処理を実行するか否かを判定し、自発的にスキャン処理を実行してもよい。

【0113】

また、中継機 20 及びセンサ 30 は、通信状態として、通信の可否及び受信信号強度以外のものを取得してもよい。

【0114】

スキャン処理は、更新処理と独立してではなく、更新処理の一環として行われてもよい。つまり、更新条件が成立した場合に、データステーション 10 は、スキャン処理を 1 回又は複数回行ってもよい。ただし、スキャン処理を更新処理とは別に実行しておくことによつて、或る程度の期間にわたる複数回のスキャンデータに基づいて通信端末間の通信状態を判定することができる。

10

【0115】

また、中継機 20 及びセンサ 30 は、他の通信端末（データステーション 10、中継機 20 及びセンサ 30）が送信する同期信号に基づいて、通信の可否及び受信信号強度を取得しているが、同期信号以外の信号に基づいて通信の可否受信信号強度を取得してもよい。

【0116】

中継機 20 及びセンサ 30 の新たな接続先は、スキャン時の P E R、スキャン時の受信信号強度、ホップ数、電池残量、及び、下位に繋がっている通信端末の総数に基づいて決定されているが、これに限られるものではない。例えば、中継機 20 及びセンサ 30 の新たな接続先は、スキャン時の P E R 又はスキャン時の受信信号強度に基づいて決定されてもよい。あるいは、中継機 20 及びセンサ 30 の新たな接続先は、新たな接続先となる中継機 20 の電池残量に基づいて決定されてもよい。さらには、中継機 20 及びセンサ 30 の新たな接続先は、スキャン時の P E R、スキャン時の受信信号強度、ホップ数、電池残量、及び、下位に繋がっている通信端末の総数のそれぞれに重み付けをして、それらを総合的に考慮して決定されてもよい。

20

【0117】

中継機 20 及びセンサ 30 の接続先を、ツリーテーブル、ルーティングテーブル、センサテーブル、センサ接続情報及び中継機接続情報として規定されている。しかし、接続先は、これらとは異なる形で規定されていてもよい。例えば、無線通信システム 100 は、ダウンリンク方向のルートの規定したルーティングテーブルを保持しているが、アップリンク方向のルートを規定したルーティングテーブルを中継機 20 及びセンサ 30 の接続先として保持してもよい。また、前述のツリーテーブル、ルーティングテーブル、センサテーブルの形式も一例に過ぎず、異なる形式であってもよい。

30

【0118】

前述のフローチャートは、一例に過ぎず、前述のステップを省略したり、別のステップを追加したりしてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0119】

以上説明したように、ここに開示された技術は、無線通信システムについて有用である。

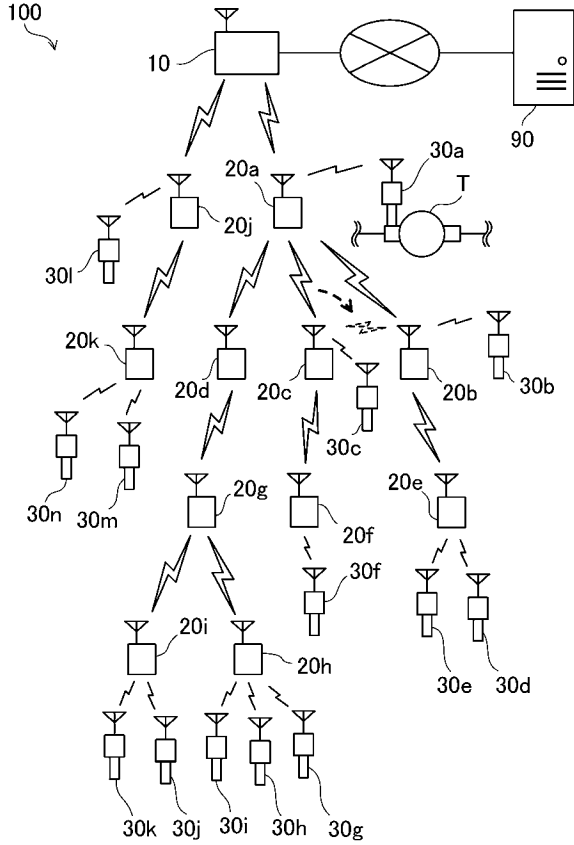
40

【符号の説明】

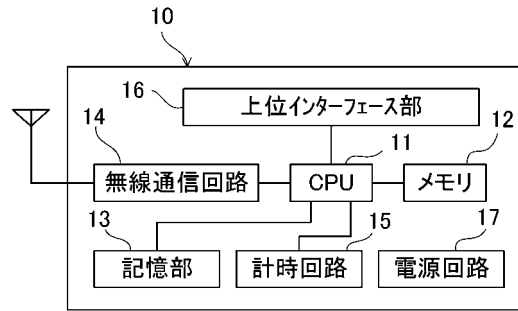
【0120】

- 100 無線通信システム
- 10 データステーション（通信端末、親機）
- 20 中継機（通信端末、子機）
- 30 センサ（通信端末、子機）

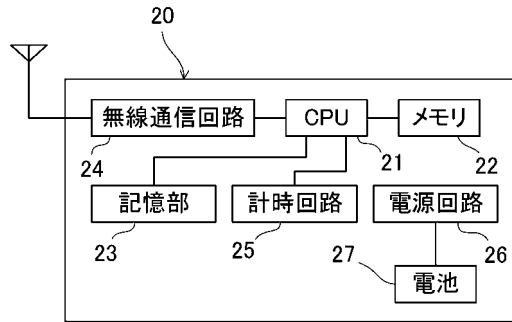
【 図 1 】



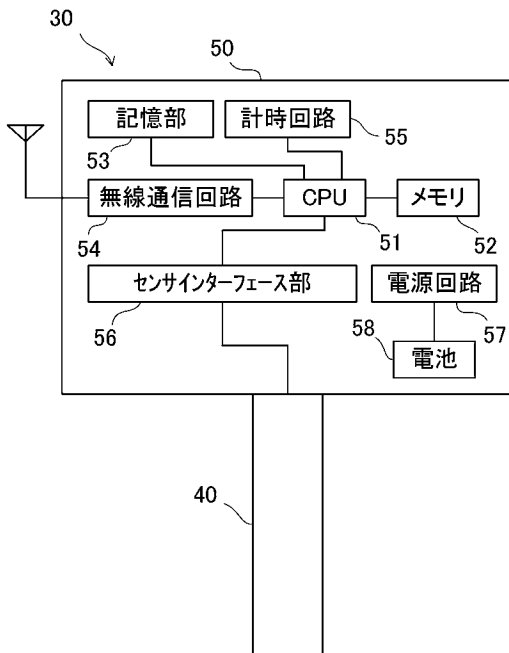
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 6 】

ルーティングテーブル

最終	20a	20b	20c	20d	20e	20f	20g	20h	20i	20j	20k
1ホップ先	-	20b	20c	20d	20b	20c	20d	20d	20d	-	-

【 図 7 】

センサテーブル

センサ	30a	30b	30c	30d	30e	30f	30g	30h	30i	30j	30k	30l	30m	30n
中継機	20a	20b	20c	20e	20e	20f	20h	20h	20h	20i	20i	20j	20k	20k

【 図 8 】

通信スケジュール

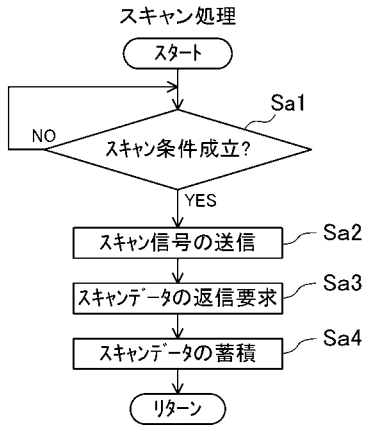
	L0	L1	L2	L3	L4	...	Ln
N1	10	20a	20b	20e	20h		
N2	10	20j	20c	20f	20i		
N3	10		20d	20g			
N4	10		20k				
⋮							
Nm	10						

【 図 5 】

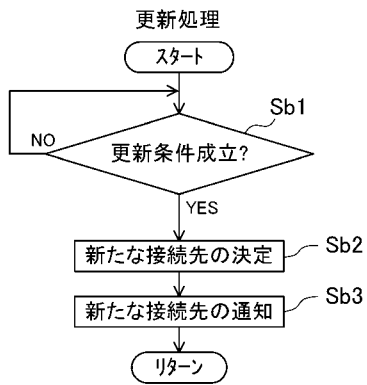
ツリーテーブル

中継機	20a	20b	20c	20d	20e	20f	20g	20h	20i	20j	20k
接続先	10	20a	20a	20a	20b	20c	20d	20g	20g	10	20j

【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】

更新後のツリーテーブル

中継機	20a	20b	20c	20d	20e	20f	20g	20h	20i	20j	20k
接続先	10	20a	20b	20a	20b	20c	20d	20g	20g	10	20j

【 図 1 2 】

更新後のルーティングテーブル

最終	20a	20b	20c	20d	20e	20f	20g	20h	20i	20j	20k
1ホップ先	-	20b	20b	20d	20b	20b	20d	20d	20d	-	-