

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6531410号
(P6531410)

(45) 発行日 令和1年6月19日 (2019. 6. 19)

(24) 登録日 令和1年5月31日 (2019. 5. 31)

(51) Int. Cl.	F 1
HO 4 W 72/02 (2009. 01)	HO 4 W 72/02
HO 4 W 72/06 (2009. 01)	HO 4 W 72/06
HO 4 W 4/38 (2018. 01)	HO 4 W 4/38

請求項の数 1 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2015-22198 (P2015-22198)	(73) 特許権者	000006220
(22) 出願日	平成27年2月6日 (2015. 2. 6)		ミツミ電機株式会社
(65) 公開番号	特開2016-146532 (P2016-146532A)		東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2
(43) 公開日	平成28年8月12日 (2016. 8. 12)	(74) 代理人	100105050
審査請求日	平成30年2月6日 (2018. 2. 6)		弁理士 鷲田 公一
		(72) 発明者	長坂 峰宜
			東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内
		(72) 発明者	古河 憲一
			東京都多摩市鶴牧2丁目11番地2 ミツミ電機株式会社内
		審査官	田畑 利幸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電部を有し、前記発電部によって得た電氣的エネルギーを電源として利用して無線送信を行う送信機と、前記送信機によって送信された無線信号を受信する受信機と、を有する通信システムであって、

前記送信機は、

1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、

前記受信機から送信チャンネル順位を示す情報を受け取って記憶し、

現在の送信チャンネル順位を前記受信機に通知し、

初期設定順位または前記受信機から受け取った前記送信チャンネル順位に基づいて、送信するチャンネルの順位を切り替えながら、定められた間隔を以て、前記同一データの送信と、前記受信機からの前記送信チャンネル順位を示す情報の受信とを時分割多重で行い、

前記受信機は、

受信チャンネル番号および順位を記憶し、

前記送信機から通知された送信チャンネル番号および前記送信チャンネル順位を受信および記憶し、

前記送信機に前記送信チャンネル順位を示す情報を送信し、

受信チャンネルが正規受信であったかエラー受信であったかを評価し、

各チャンネルの受信品質を評価し、

10

20

設定チャンネルでエラー受信した場合、予め設定した順位に従い受信チャンネルを切り替え、且つ、各チャンネルを評価した結果から次回送信の送信チャンネル順位を前記送信機に通知する、

通信システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電装置を有しその電氣的エネルギーを電源として利用して無線信号を送信する送信機と、この送信機により送信された無線信号を受信する受信機と、を有する通信システムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

送信機に発電装置を設けた通信システムが、例えば特許文献1などで開示されている。

【0003】

この種の通信システムにおいては、発電装置によって回生した電氣的エネルギーは供給量が低いので、[1]蓄電装置などにためられた量しかない、または、[2]時間当たりにおいて有限であり、AC電源や電池に比べ、使用できる量が限られるといった制約がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

20

【0004】

【特許文献1】特開2013-126161号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上述したように送信機に発電装置を設けた通信システムにおいては、使用可能な電力が非常に限られているので、従来の無線通信において通信の信頼性、伝達性を向上させるために用いられている、双方向通信によるキャリアセンスによる相互通信チャンネルの切り替えやACK未達に伴う再送信など、通信の調停を行うことができず、片方向のブロードキャスト方式を用いて、あらかじめ決められたチャンネルで固定的に通信が行われる。

30

【0006】

このため、無線機器の設置時などには他無線機器等で使用されておらず、良好な通信が行えたチャンネルであっても、設置後に発生する事象（携帯電話の持ち込み、他通信機器の設置）により当該チャンネルが占有される時間が増加するに従い、通信が阻害され、未達となる危険性が十分高い。このため、一部の機器では設定チャンネルの多重送信などで到達確率を上げる工夫がみられるが、当該チャンネルを高い占有率で通信を行う機器などが近傍にいれば、到達確率の改善効果が確実にあるとは言えない。

【0007】

本発明は、以上の点を考慮してなされたものであり、常に良好なチャンネルで通信が可能となるべく、且つ、限られたエネルギーで通信が可能な方式であり、従来のような複雑なキャリアセンス等の手続きをしなくても通信の信頼性を挙げることができる、通信システムを提供する。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の通信システムの一つの態様は、

機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電部を有し、前記発電部によって得た電氣的エネルギーを電源として利用して無線送信を行う送信機と、前記送信機によって送信された無線信号を受信する受信機と、を有する通信システムであって、

前記送信機は、

50

1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、

前記受信機から送信チャンネル順位を示す情報を受け取って記憶し、

現在の送信チャンネル順位を前記受信機に通知し、

初期設定順位または前記受信機から受け取った前記送信チャンネル順位に基づいて、送信するチャンネルの順位を切り替えながら、定められた間隔を以て、前記同一データの送信と、前記受信機からの前記送信チャンネル順位を示す情報の受信とを時分割多重で行い、

前記受信機は、

受信チャンネル番号および順位を記憶し、

前記送信機から通知された送信チャンネル番号および前記送信チャンネル順位を受信および記憶し、

前記送信機に前記送信チャンネル順位を示す情報を送信し、

受信チャンネルが正規受信であったかエラー受信であったかを評価し、

各チャンネルの受信品質を評価し、

設定チャンネルでエラー受信した場合、予め設定した順位に従い受信チャンネルを切り替え、且つ、各チャンネルを評価した結果から次回送信の送信チャンネル順位を前記送信機に通知する。

【0009】

本発明の通信システムの一つの態様は、

機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電部を有し、前記発電部によって得た電氣的エネルギーを電源として利用して無線送信を行う送信機と、前記送信機によって送信された無線信号を受信する受信機と、を有する片方向の通信システムであって、

前記送信機は、

1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、

前記受信機は、

前記送信機の送信チャンネル番号および送信チャンネル順位を記憶し、

受信チャンネルが正規受信であったかエラー受信であったかを評価し、

受信チャンネルをビジーと判断した場合、予め設定された順位に従い受信チャンネルを切り替える。

【0010】

本発明の通信システムの一つの態様は、

機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電部を有し、前記発電部によって得た電氣的エネルギーを電源として利用して無線送信を行う送信機と、前記送信機によって送信された無線信号を受信する受信機と、を有する片方向の通信システムであって、

前記送信機は、

1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、

前記受信機は、

前記送信機と同一のチャンネル番号を記憶し、

受信チャンネルの品質を評価し、

受信チャンネルの品質が所定値以下になった場合に受信チャンネルを切り替える。

【0011】

本発明の通信システムの一つの態様は、

機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電部を有し、前記発電部によって得た電氣的エネルギーを電源として利用して無線送信を行う送信機と、前記送信機によって送信された無線信号を受信する受信機と、を有する片方向の通信システムであって、

前記送信機は、

1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、

前記受信機は、
前記送信機の送信チャンネル番号および送信チャンネル順位を記憶し、
タイマーにより、送信間隔に同期して受信チャンネルを切り替え、
定められたシーケンスに従い受信チャンネルを切り替えて、前記送信機から送信された
多重送信のデータを異なるチャンネルで複数回受信する。

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、常に良好なチャンネルで通信が可能となり、且つ、限られたエネルギーで通信が可能となり、従来のような複雑なキャリアセンス等の手続きをしなくても通信の信頼性を上げることができる、通信システムを実現できる。

10

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施の形態の通信システムの概略構成を示す図

【図2】通信制御方法1の原理を示す図であり、図2Aは送信機の動作原理を示す図、図2Bは受信機の動作原理を示す図

【図3】通信制御方法1における、送信機の送信処理フローを示すフローチャート

【図4】通信制御方法1における、受信機の受信処理フローを示すフローチャート

【図5】受信開始割込サブルーチンの処理フローを示すフローチャート

【図6】通信制御方法2の原理を示す図であり、図6Aは送信機の初回送信動作の原理を示す図、図6Bは受信機の動作原理を示す図、図6Cは送信機の初回送信動作の原理を示す図

20

【図7】通信制御方法2における、送信機の送信処理フローを示すフローチャート

【図8】通信制御方法2における、受信機の受信処理フローを示すフローチャート

【図9】受信開始割込サブルーチンの処理フローを示すフローチャート

【図10】タイマー割込サブルーチンの処理フローを示すフローチャート

【図11】通信制御方法3の原理を示す図であり、図11Aは送信機の送信動作の原理を示す図、図11Bは受信機の受信動作の原理を示す図

【図12】通信制御方法3における、受信機の受信処理フローを示すフローチャート

【図13】受信開始割込サブルーチンの処理フローを示すフローチャート

【図14】タイマー割込サブルーチンの処理フローを示すフローチャート

30

【図15】通信制御方法4における、受信機の受信処理フローを示すフローチャート

【図16】受信開始割込サブルーチンの処理フローを示すフローチャート

【図17】タイマー割込サブルーチンの処理フローを示すフローチャート

【発明を実施するための形態】

【0014】

限られたエネルギー量では、送信側が複数のチャンネルの中から良好なチャンネルをセンスし、送受信機で相互に通信チャンネルを調停することができない。そこで、本実施の形態では、送信機は受信機との調停なしに、予め設定した複数のチャンネルで同一データを非同期、且つ、逐次多重で送信する。受信機は十分な電力を生かし、受信状態を検知し、チャンネルがビジーであれば、別チャンネルで受信できるようチャンネルを切り替える方法を提案する。

40

【0015】

また、本実施の形態では、受信機は十分な電力を生かし、受信状態の検知と評価を行い、最も良い状態の受信チャンネルで受信すると共に、最小の電力（ACK返信）で送信機に第1チャンネル（マスターチャンネル）の切り替えを指示し、伝達確率を常に最上とする方法を提案する。

【0016】

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

【0017】

<構成>

50

図1は、実施の形態の通信システムの概略構成を示す図である。本実施の形態の通信システムは、発電部14を有する1つの送信機10から、1つ以上の受信機20に送信データを片方向通信する通信システムである。通信システムの通信方式は、IEEE802.14.5に基づくZigBee無線方式、または、IEEE802.14.5に基づくZigBee Green Power無線方式などである。

【0018】

送信機10は、ベースバンド処理部11によって符号化や送信フレーム構成等のベースバンド処理を行い、無線送信部12で増幅やアップコンバート等の無線処理を行い、これにより得た無線信号をアンテナから送信する。ベースバンド処理部11及び無線送信部12の動作は、送信制御部13によって制御される。また、送信機10は、機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電部14及び蓄電部15を有し、発電部14によって得た電気エネルギーを蓄電部15に蓄える。蓄電部15の電気エネルギーは、送信機10全体を動作させるためのエネルギーとして供給される。

10

【0019】

受信機20は、アンテナで受信した信号に対して、無線受信部21によって増幅やダウンコンバート等の無線処理を行い、ベースバンド復調部22によって復号等の復調処理を行う。無線受信部21及びベースバンド復調部22の動作は、受信制御部23によって制御される。

【0020】

本実施の形態では、送信機10と受信機20との間の通信を、以下に説明する通信制御方法1～4のいずれかのように制御することにより、低消費電力で正規通信確率を向上させることができるようになっている。

20

【0021】

因みに、発電部14は、コイルと永久磁石と、人の操作など外部からの機械的エネルギー入力をばねなど弾性体の変形による弾性エネルギーとして蓄積する蓄積器と、所定の変位入力により蓄積器の弾性エネルギーを開放する機構とを有し、解放されたエネルギーにより前記コイルと永久磁石の相対変位が変化し、コイルを通過する磁束密度の変化により電磁誘導で発電するような構成を採用することができる。

【0022】

また、発電部14は、磁歪材料で構成され、軸方向に磁力線を通過させる少なくとも1つの磁歪棒と、この磁歪棒に応力を付与する機能を有する梁部材と、磁力線が軸方向に通過するように配置され、その密度の変化に基づいて電圧が発生するコイルとを有し、人の操作など外部からの機械的エネルギー入力を、前記磁歪棒の一端に対して他端を、その軸方向とほぼ垂直な方向に変位させて弾性エネルギーとして前記梁部材と磁歪材に蓄積し、所定の変位入力により、前記他端の強制変位を開放し、蓄積された弾性エネルギーにより前記磁歪棒を伸縮させることにより、前記磁力線の密度を変化させて前記コイルに電圧が発生するような構成を採用することができる。

30

【0023】

なお、本実施の形態の説明で用いる以下の用語は以下の意味をもつ。

Master チャンネル (M-ch) : 送信機10が最初に送信するチャンネル。また、受信機20が待機するチャンネル。

40

Sub チャンネル (S-ch) : 送信機10がM-ch送信後にチャンネルを切り替えて順次送信するチャンネル。また、受信機20が一時的に受信チャンネルを切り替えて退避するチャンネル。複数設定可能 (S1-ch、S2-ch)。

SFD (Start Frame Detect) : データ受信の開始を検知したことを知らせる受信フレーム。

SFD_INT : SFD受信時に発生するハードウェア割り込み。

LEN : SFDの次に受信するフレーム、受信データ長。

SRC : FCF+SEQ+DES+Source PAN ID (宛先アドレス、送信元アドレス)。

50

【0024】

＜通信制御方法1＞

図2は、通信制御方法1の原理を示す図である。図2Aは送信機10の動作原理を示し、図2Bは受信機20の動作原理を示す。

【0025】

通信制御方法1では、送信機10は、図2Aに示すように、1回の送信動作（1回のブロードキャスト送信を意味する）において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信する、多重送信を行う。図2Aの例では、3つのチャンネルを多重してブロードキャスト送信するようになっている。

【0026】

受信機20は、図2Bに示すように、受信チャンネルを順次所定の順番で復調していく。ここで、受信機20は、送信機10の送信チャンネル番号、及び、受信復調する順位を予め記憶するようになっており、記憶した順番でチャンネルを順次受信復調していく。また、受信機20は、受信復調したチャンネルが正規受信であったかエラー受信であったかを評価し、エラー受信であると評価した場合には、予め記憶している順位で受信チャンネルを即座に切り替える。図2Bの例は、1番目の受信チャンネルにおいては他の受信機20がこの受信チャンネルを占有しているため（つまりビジー状態であるため）エラー受信となり、2番目の受信チャンネルにおいては周辺電波環境が悪いためエラー受信となり、3番目の受信チャンネルにおいて正規受信を行うことができた例である。このようにすることで、何れかのチャンネルで正規受信を行うまでの時間を短縮できると共に、正規通信確率を向上させることができる。

【0027】

なお、正規受信であるかエラー受信であるかの評価は、下記の1)～4)のうちいずれかに該当する場合にはエラー受信と判断し、いずれにも該当しない場合には正規受信であると判断する。

【0028】

- 1) LENが規定の長さではない。
- 2) 宛先アドレス、送信元アドレスが所定の設定値またはリストに該当しない。
- 3) 受信データのCRC（チェックサム）がTrue（OK）ではない。
- 4) 受信データのプロトコル、データ範囲、フォーマットが所定の範囲にない。

【0029】

図3は、通信制御方法1における、送信機10の送信処理フローを示す。

【0030】

送信機10は、ステップS10で送信処理を開始する。この送信処理は、タイマーや、蓄電部15の電圧上昇、蓄電部15の電圧検知、センサー信号、外部信号、スイッチ等をトリガーとして開始される。

【0031】

送信機10は、ステップS11で初期設定を行う。具体的には、送信データの準備と、送信チャンネルの順位設定と、送信回数設定とを行う。ステップS12では今回送信するチャンネルを設定し、ステップS13ではそのチャンネルを送信する。ステップS14では送信カウンタの送信カウント値をインクリメントし、ステップS15では送信回数（送信カウント値）が設定回数よりも大きくなったか否か判断する。ステップS15で肯定結果を得た場合にはステップS17に移って送信処理を終了し、ステップS15で否定結果を得た場合にはステップS16で所定時間待機した後にステップS12に移る。このように、送信機10は、ステップS12－S13－S14－S15－S16－S12を繰り返すことで、図2Aに示したように、1回の送信動作（1回のブロードキャスト送信を意味する）において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て順次送信する、多重送信を行う。

【0032】

換言すれば、送信機10は、予め決められた初期設定に従い、M－ch、S－chを定

10

20

30

40

50

め、順次送信を最低2回行う。ここで、各送信パケットの送信間隔は、少なくとも（受信機が受信チャンネルの切り替えに要する時間＋正規フレーム長）以上とする。

【0033】

図4は、通信制御方法1における、受信機20の受信処理フローを示す。

【0034】

受信機20は、ステップS20で受信処理を開始すると、ステップS21で初期設定を行う。具体的には、受信チャンネルの順位を取得し設定する。受信機20は、ステップS22で受信チャンネルを設定し、ステップS23で受信部（つまり無線受信部21及びベースバンド復調部22）をONにし、ステップS24で受信開始割込をONし、ステップS25で受信処理を終了する。

10

【0035】

図5は、受信開始割込サブルーチンの処理フローを示す。受信機20は、図4のステップS24で受信開始割込をONにすると、図4の受信開始割込サブルーチンS30を開始し、ステップS31でタイマー割込をOFFにし、続くステップS32で受信制御部23が正規受信か否かを評価する。具体的には、上述した1)～4)の項目を評価する。

【0036】

そして、ステップS33でエラー受信であるか否かを判断する。具体的には、受信制御部23が1)～4)の項目のうちいずれかに該当する場合にはエラー受信であると判断し（ステップS33；YES）、いずれにも該当しない場合には正常受信であると判断する（ステップS33；NO）。

20

【0037】

ステップS33で正常受信と判断した場合には、ステップS34に移って、受信を完了して復調データを格納する。続くステップS35では現在のチャンネルを順位1のチャンネルとして設定し、ステップS36でメインルーチン（図4）に戻る。

【0038】

これに対して、ステップS33でエラー受信と判断した場合には、ステップS37に移って、設定チャンネルが最終順位か判断する。設定チャンネルが最終順位でない場合には、ステップS38に移って、設定順位に従って受信チャンネルを変更し、ステップS39に移ってタイマー割込をONにし、ステップS36でメインルーチン（図4）に戻る。設定チャンネルが最終順位の場合には、ステップS37からステップS40に移り、受信チャンネルを順位1のチャンネルに設定し、ステップS41でタイマー割込をOFFにし、ステップS36でメインルーチン（図4）に戻る。

30

【0039】

以上説明したように、通信制御方法1によれば、送信機10は、1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、受信機20は、送信機10の送信チャンネル番号および送信チャンネル順位を記憶し、受信チャンネルが正規受信であったかエラー受信であったかを評価し、受信チャンネルをビジーと判断した場合、予め設定された順位に従い受信チャンネルを切り替える。

【0040】

これにより、何れかのチャンネルで正規受信を行うまでの時間を短縮できると共に、正規通信確率を向上させることができる。

40

【0041】

また、送信機10は、2つ以上のチャンネルで定めた順番を少なくとも2回繰り返し送信するとよい。

【0042】

また、送信機10の多重送信におけるフレームとフレームの間隔（周期）を、受信機20がチャンネルを切り替えるのに要する時間＋正規フレーム受信に必要な時間＋受信フレーム評価時間以上とするとよい。

【0043】

50

また、受信機 20 は、何らかのパケットを受信し、受信割込（スタートオブフレーム）を認知したことをトリガーとし、受信フレームに含まれる情報を逐次評価し、複数段階でエラー受信を評価してもよい。

【0044】

また、受信機 20 がエラー受信により受信チャンネルを設定次チャンネルへ切り替えた後、そのチャンネルを少なくとも（設定チャンネル数 + 1）× 正規フレーム時間 + 設定チャンネル数 × 送信間隔 + マージンとし、この時間を過ぎても受信割り込みが発生しない場合、受信チャンネルを初期チャンネルへ復帰させるとよい。または、次々チャンネル以降が設定されている場合はそのチャンネルへの切り替えを行い、以降最終設定チャンネルで受信割り込みが無ければ、同様に初期チャンネルに復帰するとよい。

10

【0045】

< 通信制御方法 2 >

図 6 は、通信制御方法 2 の原理を示す図である。図 6 A は送信機 10 の初回送信動作の原理を示し、図 6 B は受信機 20 の動作原理を示し、図 6 C は送信機 10 の初回送信動作の原理を示す。

【0046】

通信制御方法 2 では、送信機 10 は、図 6 A に示すように、上述した通信制御方法 1 と同様に、1 回の送信動作（1 回のブロードキャスト送信を意味する）において、同一の送信データを、少なくとも 2 つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信する、多重送信を行う。図 6 A の例では、3 つのチャンネルを多重してブロードキャスト送信するようになっている。各送信フレームにはデータと送信側 PHY 情報（M-c h、S-c h の設定と順位）が含まれる。

20

【0047】

これに加えて、通信制御方法 2 では、送信機 10 は、各送信フレームを送信後、受信機 20 からの ACK を受信するようになっている。各送信フレームの送信間隔は少なくとも RX から ACK が受信できる時間以上とし、本実施の形態では IEEE 802.15.4 に定める時間とする。各送信フレームを送信後、送信機 10 は受信機 20 からの ACK を受け取るため、次の送信時間までは受信状態となる。

【0048】

受信機 20 は、図 6 B に示すように、上述した通信制御方法 1 と同様に、受信チャンネルを順次所定の順番で復調していく。ここで、受信機 20 は、送信機 10 の送信チャンネル番号、及び、受信復調する順位を記憶するようになっており、記憶した順番でチャンネルを順次受信復調していく。また、受信機 20 は、受信復調したチャンネルが正規受信であったかエラー受信であったかを評価し、エラー受信であると評価した場合には、予め記憶している順位で受信チャンネルを即座に切り替える。図 6 B の例は、1 番目の受信チャンネルにおいては他の受信機 20 がこの受信チャンネルを占有しているため（つまりビジー状態であるため）エラー受信となり、2 番目の受信チャンネルにおいては周辺電波環境が悪いためエラー受信となり、3 番目の受信チャンネルにおいて正規受信を行うことができた例である。ここまでは、上述した通信制御方法 1 と同様である。

30

【0049】

これに加えて、通信制御方法 2 では、受信機 20 は、各チャンネルの受信品質を評価し、正規受信が完了したときに、その該当チャンネル（つまり正規受信したチャンネル）で送信機 10 に ACK を返信することで、送信機 10 の M-c h を切り替えるようになっている。

40

【0050】

この結果、図 6 C に示すように、送信機 10 は、次回送信時には、ACK の返信されたチャンネルの送信順位を上げて送信を行う。また、受信機 20 は、ACK を返信したチャンネルを最初に受信する受信チャンネルに設定して次回受信を待機する。つまり、送信機 10 は正規受信される可能性が高いチャンネルの送信順位を上げ、受信機 20 はそれと同じ順位でチャンネル受信を待機する。これにより、通信制御方法 1 よりも、正規受信するために要す

50

る処理時間を短縮でき、より低消費電力の通信を実現することができる。

【0051】

図7は、通信制御方法2における、送信機10の送信処理フローを示す。

【0052】

送信機10は、ステップS50で送信処理を開始する。この送信処理は、タイマーや、蓄電部15の電圧上昇、蓄電部15の電圧検知、センサー信号、外部信号、スイッチ等をトリガーとして開始される。

【0053】

送信機10は、ステップS51で初期設定を行う。具体的には、送信データの準備と、送信チャンネルの順位設定と、送信回数設定とを行う。ステップS52では今回送信するチャンネルを設定し、ステップS53ではそのチャンネルを送信する。このとき、データに加えて、送信側PHY情報(M-c h、S-c hの設定と順位の情報)も送信する。続くステップS54では受信部をオンし(なお図1の構成では送信機10は受信部を有しない構成となっているが、通信制御方法2を実現するためには送信機10が受信部を有する構成とする必要がある)、ステップS55で受信機20からのACKを受信する。

【0054】

ステップS56では、ACK受信がタイマーアウトか判断し、タイマーアウトでないと判断した場合には、ステップS57に移ってACKを受信したチャンネルを記憶し、ステップS58でACKを受信したチャンネルに従って送信順位を変更し、変更した送信順位を記憶する。そして、ステップS59で送信処理を終了する。

【0055】

これに対して、ステップS56でACK受信がタイマーアウトであると判断した場合には、ステップS60に移って送信カウンタの送信カウント値をインクリメントし、ステップS61で送信回数(送信カウント値)が設定回数よりも大きくなったか否か判断する。ステップS61で肯定結果を得た場合にはステップS59に移って送信処理を終了し、ステップS61で否定結果を得た場合にはステップS62で所定時間待機した後にステップS52に移る。このように、送信機10は、ステップS52-S53-S54-S55-S56-S60-S61-S62-S52を繰り返すことで、図6Aに示したように、1回の送信動作(1回のブロードキャスト送信を意味する)において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て順次送信する、多重送信と、ACKの受信動作と、を行う。

【0056】

また、送信機10は、ACKが返信されたチャンネルを次回送信のM-c hとし、その切り替え動作を通知するためにPHY情報を更新する。

【0057】

図8は、通信制御方法2における、受信機20の受信処理フローを示す。

【0058】

受信機20は、ステップS70で受信処理を開始すると、ステップS71で初期設定を行う。具体的には、受信チャンネルの順位を取得し設定する。受信機20は、ステップS72で受信チャンネルを設定し、ステップS73で受信部をONにすると共に受信開始割込をONにし、ステップS74でタイマー割込をONにし、ステップS75で受信処理を終了する。

【0059】

図9は、受信開始割込サブルーチンの処理フローを示す。受信機20は、図8のステップS73で受信開始割込をONにすると、図9の受信開始割込サブルーチンS80を開始し、ステップS81で受信制御部23が正規受信か否かを評価する。具体的には、上述した1)~4)の項目を評価する。

【0060】

そして、ステップS82でエラー受信であるか否かを判断する。ステップS82で正常受信と判断した場合には、ステップS83に移ってデータ受信を完了して復調データを格

10

20

30

40

50

納する。

【0061】

続くステップS84では現PHY情報と現受信チャンネルを比較し、ステップS84で現PHY情報と現受信チャンネルが同じでないと判断した場合には、ステップS86に移って現受信チャンネルでACKを返信する。これに対して、現PHY情報と現受信チャンネルが同じと判断した場合には、ステップS87に移ってメインルーチン（図8）に戻る。

【0062】

また、ステップS82でエラー受信と判断した場合には、ステップS88に移って、設定順位に従って受信チャンネルを次の受信チャンネルに変更する。そして、続くステップS89でチャンネル順位を再決定した後、ステップS87でメインルーチン（図8）に戻る。

10

【0063】

図10は、タイマー割込サブルーチンの処理フローを示す。受信機20は、図8のステップS74でタイマー割込をONにすると、図10のタイマー割込サブルーチンS90を開始し、ステップS91でRSSI（Received Signal Strength Indicator）を測定し、ステップS92で測定したRSSIに基づいて受信チャンネル品質を評価して評価結果を保存し、ステップS93でチャンネル切り替えを決定してチャンネル順位を決定し、ステップS94でメインルーチン（図8）に戻る。

【0064】

なお、受信チャンネルの品質を評価する指標としては、正規受信時のRSSI、エラー受信時のSFDフレームのRSSI、各チャンネルのエラー発生頻度や履歴、各チャンネルの待機状態でのRSSIなどを用いることができる。正規受信時のRSSIは、送信機10と受信機20の距離、障害物の有無などに応じた値となり、このRSSIが大きいほど受信品質は良い。エラー受信時のSFDフレームのRSSIは、他の機器が受信機20に与える影響に応じた値となり、このRSSIが大きいほど受信品質は悪い。各チャンネルの待機状態でのRSSIは、受信機周辺のノイズに応じた値となり、このRSSIが大きいほど受信品質は悪い。

20

【0065】

以上説明したように、通信制御方法2によれば、送信機10は、1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、受信機20から送信チャンネル順位を示す情報を受け取って記憶し、現在の送信チャンネル順位を受信機に通知し、初期設定順位または受信機20から受け取った送信チャンネル順位に基づいて、送信するチャンネルの順位を切り替えながら、定められた間隔を以て、同一データの送信と、受信機20からの送信チャンネル順位を示す情報の受信とを時分割多重で行う。

30

【0066】

一方、受信機20は、受信チャンネル番号および順位を記憶し、送信機10から通知された送信チャンネル番号および送信チャンネル順位を受信および記憶し、送信機10に送信チャンネル順位を示す情報を送信し、受信チャンネルが正規受信であったかエラー受信であったかを評価し、各チャンネルの受信品質を評価し、設定チャンネルでエラー受信した場合、予め設定した順位に従い受信チャンネルを切り替え、且つ、各チャンネルを評価した結果から次回送信の送信チャンネル順位を送信機に通知する。

40

【0067】

これにより、何れかのチャンネルで正規受信を行うまでの時間を短縮できると共に、正規通信確率を向上させることができる。

【0068】

また、送信機10は、2つ以上のチャンネルで定めた順番を少なくとも2回繰り返し送受信するとよい。

【0069】

また、送信機10は、定められたチャンネル順位で送信後の受信状態を一定時間維持し、その間に受信機20からの受信完了通知を受信することで、当該チャンネルを次回送信

50

時の第一送信チャンネルとして記憶し、送信チャンネル順位の変更をするとよい。

【0070】

また、受信機20は、下記に列挙の評価項目の何れか、または組み合わせを評価することで、各チャンネルの受信品質を評価し、正規受信を完了後、そのチャンネルで受信完了を返信することで、送信機10の次回第一送信チャンネルの指示をするとよい。

- ・当該チャンネルにおける正規受信完了
- ・正規受信時のRSSI（受信感度）
- ・エラー受信時のSFDフレームのRSSI（受信感度）
- ・各チャンネルのエラー発生頻度、履歴

【0071】

また、送信機10の多重送受信におけるフレームとフレームの間隔（周期）を、受信機20がチャンネルを切り替えるのに要する時間＋正規フレーム受信に必要な時間＋受信フレーム評価時間、若しくは受信機20からの受信完了通知以上とするとよい。

【0072】

また、受信機20がエラー受信により受信チャンネルを設定次チャンネルへ切り替えた後、そのチャンネルを少なくとも（設定チャンネル数＋1）×正規フレーム時間＋設定チャンネル数×送信間隔＋マージンとし、この時間を過ぎても受信割り込みが発生しない場合、受信チャンネルを初期チャンネルへ復帰させるとよい。または、次々チャンネル以降が設定されている場合はそのチャンネルへの切り替えを行い、以降最終設定チャンネルで受信割り込みが無ければ、同様に初期チャンネルに復帰するとよい。

【0073】

また、受信機20は、何らかのパケットを受信し、受信割込（スタートオブフレーム）を認知したことをトリガーとし、受信フレームに含まれる情報を逐次評価し、数段階でエラー受信を評価してもよい。

【0074】

＜通信制御方法3＞

図11は、通信制御方法3の原理を示す図である。図11Aは送信機10の送信動作の原理を示し、図11Bは受信機20の受信動作の原理を示す。

【0075】

通信制御方法3では、送信機10は、図11Aに示すように、上述した通信制御方法1と同様に、1回の送信動作（1回のブロードキャスト送信を意味する）において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信する、多重送信を行う。図11Aの例では、3つのチャンネルを多重してブロードキャスト送信するようになっている。

【0076】

受信機20は、図11Bに示すように、上述した通信制御方法1と同様に、受信チャンネルを順次所定の順番で復調していく。ここで、受信チャンネルの品質が所定値以下になるまではその受信チャンネルで受信し続け、受信チャンネルの品質が所定値以下になったときに次の受信チャンネルに切り替えるようになっている。

【0077】

この通信制御方法3における送信機10の送信処理フローは、上述した通信制御方法1における送信機10の送信処理フロー（図3）と同じである。

【0078】

図12は、通信制御方法3における、受信機20の受信処理フローを示す。

【0079】

受信機20は、ステップS100で受信処理を開始すると、ステップS101で初期設定を行う。具体的には、受信チャンネルの順位を取得し設定する。受信機20は、ステップS102で受信チャンネルを設定し、ステップS103で受信部をONにすると共に受信開始割込をONにし、ステップS104でタイマー割込をONにし、ステップS105で受信処理を終了する。

【0080】

図13は、受信開始割込サブルーチンの処理フローを示す。受信機20は、図12のステップS103で受信開始割込をONにすると、図13の受信開始割込サブルーチンS110を開始し、ステップS111でRSSIを取得（測定）しそれを記憶する。続くステップS112で受信制御部23が正規受信か否かを評価する。具体的には、上述した1）～4）の項目を評価する。

【0081】

そして、ステップS113でエラー受信であるか否かを判断する。ステップS113で正常受信と判断した場合には、ステップS114に移ってデータ受信を完了して復調データを格納する。続くステップS115では正規受信チャンネルの品質を評価し評価結果を保存し、ステップS116でメインルーチン（図12）に戻る。

10

【0082】

また、ステップS113でエラー受信と判断した場合には、ステップS117に移って、受信チャンネルの品質を評価し評価結果を保存する。続くステップS118では、チャンネル切り替えを決定し、チャンネル順位を決定する。続くステップS119では、チャンネル切り替えが正しいか判断し、正しくない場合にはステップS116に移り、正しい場合にはステップS120で受信チャンネルを次チャンネルに変更した後、ステップS116に移る。

【0083】

図14は、タイマー割込サブルーチンの処理フローを示す。受信機20は、図12のステップS104でタイマー割込をONにすると、図14のタイマー割込サブルーチンS130を開始し、ステップS131でRSSIを測定し記憶する。ステップS132では、ステップS131で測定したRSSIに基づいて受信チャンネル品質を評価して評価結果を保存し、ステップS133では、チャンネル切り替えを決定してチャンネル順位を決定する。続くステップS134では、チャンネル切り替えが正しいか判断し、正しくない場合にはステップS135に移ってメインルーチン（図12）に戻る。正しい場合にはステップS136で受信チャンネルを次チャンネルに変更した後、ステップS135に移る。

20

【0084】

このように、通信制御方法3を行う受信機20は、SFD割り込み、タイマー割り込みにより環境ノイズ、受信強度を検知し、チャンネル品質の評価により受信チャンネルの切り替えが必要と判断した場合には、すみやかに受信チャンネルを評価に従いS-c h以降へ切り替えるようになっている。

30

【0085】

以上説明したように、通信制御方法3によれば、送信機10は、1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、受信機20は、送信機10と同一のチャンネル番号を記憶し、受信チャンネルの品質を評価し、受信チャンネルの品質が所定値以下になった場合に受信チャンネルを切り替える。

【0086】

これにより、何れかのチャンネルで正規受信を行うまでの時間を短縮できると共に、正規通信確率を向上させることができる。

40

【0087】

また、受信機20は、設定中のチャンネルにおいて受信した信号電力を測定し、これを受信強度（RSSI）として記憶し、送信機10からのデータ受信時のRSSIと待機時の雑音信号のRSSIを比較し、差分があらかじめ定めた値以下になった場合にチャンネルを切り替える動作を行うとよい。

【0088】

また、受信機20は、RSSIを永続的に記憶し、設定中のチャンネルにおける現在の伝達確率と過去に使用した他のチャンネルの伝達確率履歴を比較し、事前にチャンネル切り替え後の効果を予測し、切り替えるか否か、どのチャンネルへ切り替えるかを判断してもよい。

50

【0089】

また、受信機20は、RSSIとその検出した時刻歴を対にして永続的に複数個記憶し、設定チャンネルおよび過去に使用した他のチャンネルのRSSIを移動平均法や最近隣法、指数平滑法などの予測手法を単独または組み合わせ用い、チャンネルへ切り替えの判断を行うようにしてもよい。

【0090】

また、送信機10がデータを逐次送信する多重送信において、多重送信回数を少なくとも3回とし、1チャンネル分のデータ送信に要する時間を t_T 、多重化送信する送信間隔を t_D 、受信機20がチャンネルを切り替える最小間隔を t_E としたときに、 t_E を $t_D + 2 * t_T$ 以上とすることで、送受信チャンネルが相互に入れ違い、受信機会を失うことを防ぐことができる。

10

【0091】

また、多重送信回数を少なくとも4回とし、偶数回と奇数回の送信チャンネルを同一とすることで、少なくとも1回の受信期間で該当チャンネルの受信機会を発生させることができる。

【0092】

<通信制御方法4>

通信制御方法4は、上述した通信制御方法1のように現受信チャンネルがビジーなので待っていても意味がないという判断はしない。通信制御方法4は、何がしかの受信を受けたらチャンネルを切り替え、複数チャンネルにおいて正規受信をできるようにすることで、正規受信する確率を向上させる。

20

【0093】

送信機10の送信手順は、通信制御方法1と同様である。

【0094】

受信機20は、以下の処理を行う。

- ・ 予め決められた初期設定に従い、 $M - c_h$ を受信チャンネルに設定する。
- ・ SFD割り込みにより何がしかの受信を検知し、エラー受信か否かに関わらず、受信チャンネルは一定時間維持する。
- ・ 次送信タイミングまで待って、受信チャンネルを切り替える。
- ・ $S - c_h$ 及び $S - c_h$ 以降においても所定時間を待機し、自動的にチャンネルを切り替える。
- ・ $S - c_h$ 及び、 $S - c_h$ 以降で待機する時間は、(設定 c_h 数+1)×フレーム時間+設定 c_h 数×送信間隔+マージンとする。
- ・ 最終チャンネルまで切り替えた後は、 $M - C_H$ に戻り、待機する。

30

【0095】

図15は、通信制御方法4における、受信機20の受信処理フローを示す。

【0096】

受信機20は、ステップS140で受信処理を開始すると、ステップS141で初期設定を行う。具体的には、受信チャンネルの順位を取得し設定する。受信機20は、ステップS142で受信チャンネルを設定し、ステップS143で受信部をONにすると共に受信開始割込をONにし、ステップS144で受信処理を終了する。

40

【0097】

図16は、受信開始割込サブルーチンの処理フローを示す。受信機20は、図15のステップS143で受信開始割込をONにすると、図16の受信開始割込サブルーチンS150を開始し、ステップS151でタイマー割込をONにし、続くステップS152で受信制御部23が正規受信か否かを評価する。具体的には、上述した1)～4)の項目を評価する。

【0098】

そして、ステップS153でエラー受信であるか否かを判断する。具体的には、受信制御部23が1)～4)の項目のうちいずれかに該当する場合にはエラー受信であると判断

50

し（ステップS153；YES）、いずれにも該当しない場合には正常受信であると判断する（ステップS153；NO）。

【0099】

ステップS153で正常受信と判断した場合には、ステップS154に移って、受信を完了して復調データを格納する。ステップS155ではタイマー割込をOFFにし、ステップS156では現在のチャンネルを順位1のチャンネルとして設定し、ステップS157でメインルーチン（図15）に戻る。

【0100】

これに対して、ステップS153でエラー受信と判断した場合には、ステップS157に移ってメインルーチン（図15）に戻る。

10

【0101】

図17は、タイマー割込サブルーチンの処理フローを示す。受信機20は、図16のステップS151でタイマー割込をONにすると、図17のタイマー割込サブルーチンS160を開始し、ステップS161で設定チャンネルが最終順位か判断し、最終順位でなければ、ステップS162に移って設定順位に従い受信チャンネルを変更し、ステップS163でタイマー割込をONにした後、ステップS164でリターンする。これに対して、ステップS161で設定チャンネルが最終順位であると判断した場合には、ステップS165に移って設定チャンネルを順位1のチャンネルに設定し、ステップS166でタイマー割込をOFFにした後、ステップS164でリターンする。

【0102】

20

以上説明したように、通信制御方法4によれば、送信機10は、1回の送信動作において、同一の送信データを、少なくとも2つ以上のチャンネルで定めた順番に定められた間隔を以て、順次送信し、受信機20は、送信機10の送信チャンネル番号および送信チャンネル順位を記憶し、タイマーにより、送信間隔に同期して受信チャンネルを切り替え、定められたシーケンスに従い受信チャンネルを切り替えて、送信機10から送信された多重送信のデータを異なるチャンネルで複数回受信する。

【0103】

これにより、正規受信を行うまでの時間を短縮できると共に、正規通信確率を向上させることができる。

【0104】

30

また、受信機20は、設定中のチャンネルにおいて受信した信号電力を測定し、これを受信強度（RSSI）としてあらかじめ設定された数値と比較し、受信機20は何らかの電波を受信し、その受信時のRSSIが設定値以上であることをチャンネル切り替えシーケンスのトリガーとしてもよい。

【0105】

上述の実施の形態は、本発明を実施するにあたっての具体化の一例を示したものに過ぎず、これらによって本発明の技術的範囲が限定的に解釈されてはならないものである。すなわち、本発明はその要旨、またはその主要な特徴から逸脱することの無い範囲で、様々な形で実施することができる。

【産業上の利用可能性】

40

【0106】

本発明は、機械的エネルギーを電氣的エネルギーに変換する発電部を有し、この発電部によって得た電氣的エネルギーを電源として利用して無線送信を行う送信機と、送信機によって送信された無線信号を受信する受信機と、を有する通信システムに好適である。

【符号の説明】

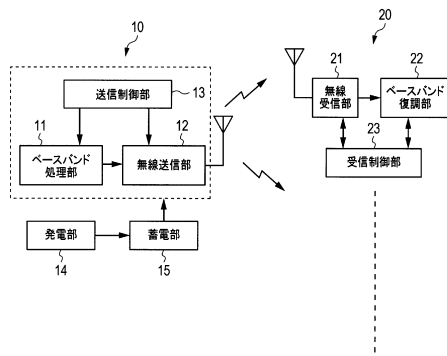
【0107】

- 10 送信機
- 11 ベースバンド処理部
- 12 無線送信部
- 13 送信制御部

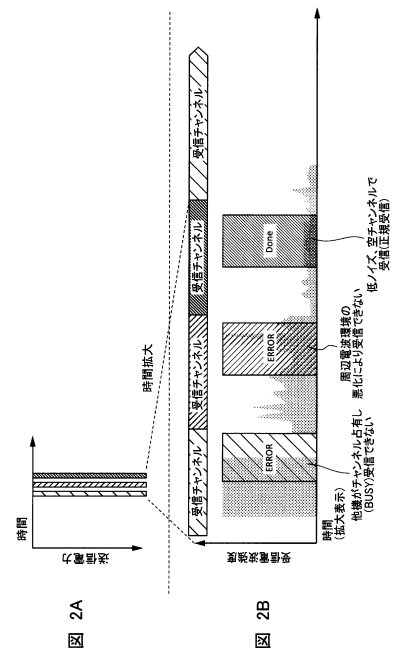
50

- 14 発電部
- 15 蓄電部
- 20 受信機
- 21 無線受信部
- 22 ベースバンド復調部
- 23 受信制御部

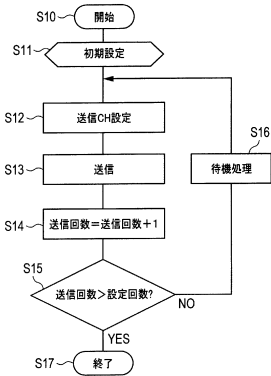
【図 1】



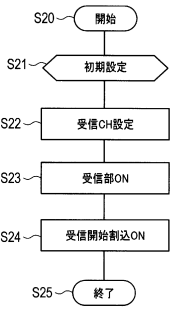
【図 2】



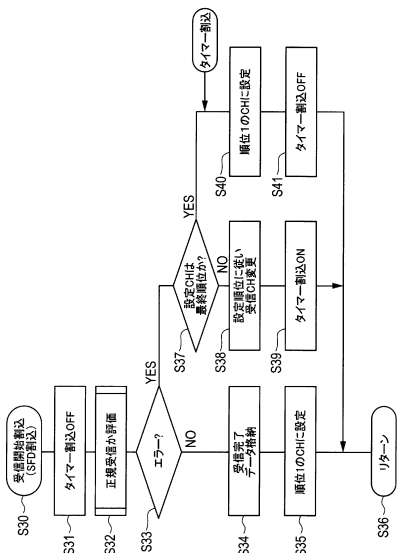
【図 3】



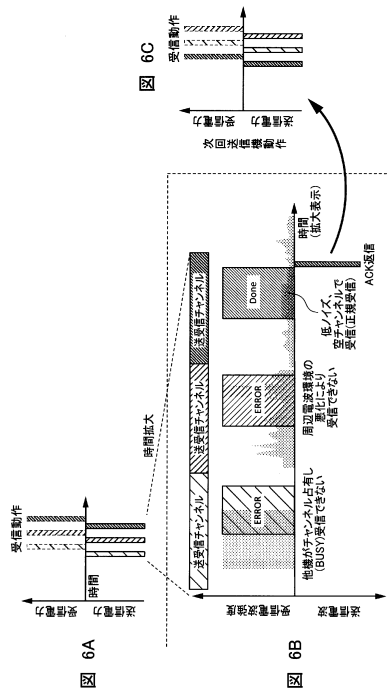
【図 4】



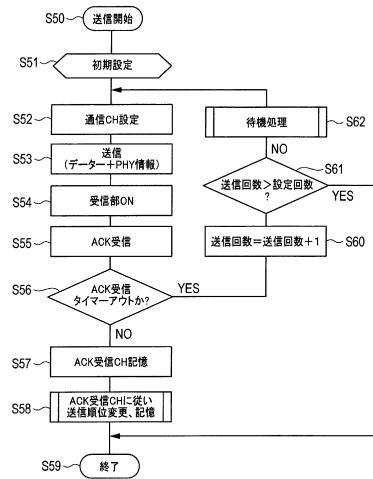
【図 5】



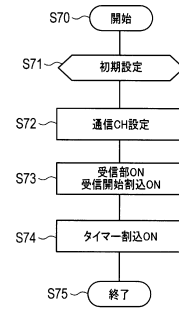
【図 6】



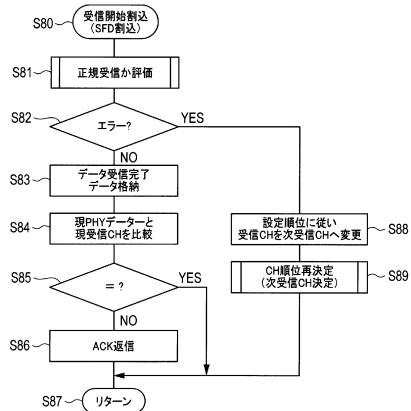
【図 7】



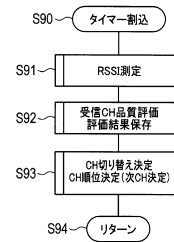
【図 8】



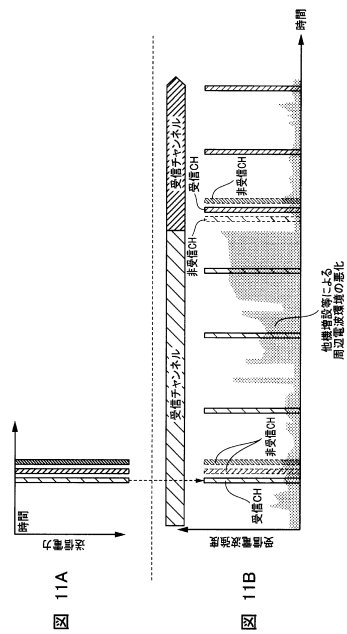
【図 9】



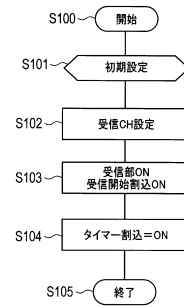
【図 10】



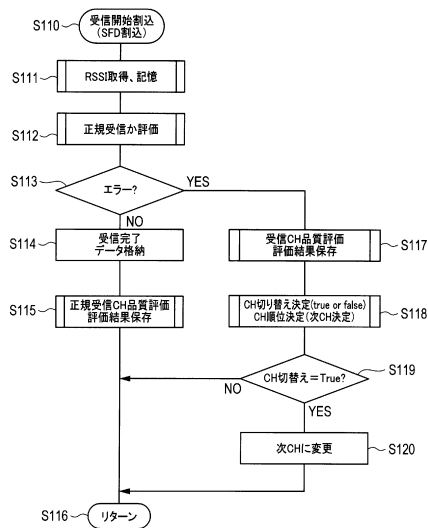
【図 1 1】



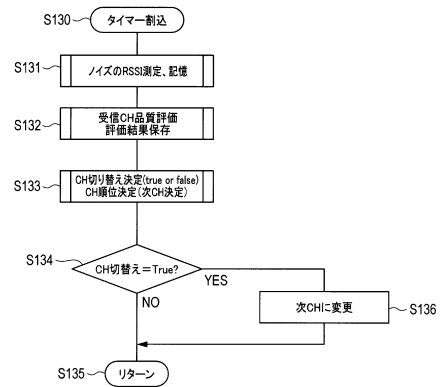
【図 1 2】



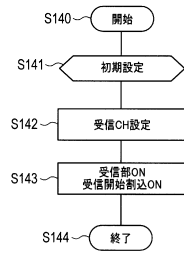
【図 1 3】



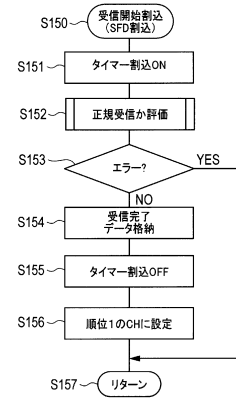
【図 1 4】



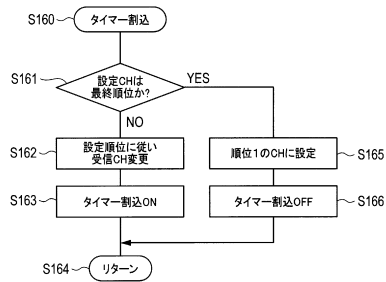
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-013765 (JP, A)
特開2003-258774 (JP, A)
特開2010-074737 (JP, A)
米国特許出願公開第2013/0102251 (US, A1)
特開2005-033414 (JP, A)
特開2010-118970 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04W	4/00-99/00
H04L	12/28-12/955
H04L	1/00- 1/24