

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6083215号
(P6083215)

(45) 発行日 平成29年2月22日(2017.2.22)

(24) 登録日 平成29年2月3日(2017.2.3)

(51) Int.Cl. F I
HO4B 1/713 (2011.01) HO4B 1/713
HO4W 72/04 (2009.01) HO4W 72/04 134

請求項の数 7 (全 30 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|---|
| (21) 出願番号 | 特願2012-263983 (P2012-263983) | (73) 特許権者 | 000005223 富士通株式会社 |
| (22) 出願日 | 平成24年12月3日 (2012.12.3) | | 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 |
| (65) 公開番号 | 特開2014-110530 (P2014-110530A) | (74) 代理人 | 100092152 弁理士 服部 毅巖 |
| (43) 公開日 | 平成26年6月12日 (2014.6.12) | (72) 発明者 | 松元 繁明 福岡県福岡市早良区百道浜2丁目2番1号 富士通九州ネットワークテクノロジーズ株式会社内 |
| 審査請求日 | 平成27年8月4日 (2015.8.4) | (72) 発明者 | 鳥取 寿陸 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内 |
| | | 審査官 | 北村 智彦 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 送信装置、受信装置、無線通信システム、及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える送信装置であって、

第1の期間において第1の周波数帯域内で第1のデータ信号を送信し、前記第1の期間より後の第2の期間において第2の周波数帯域内で第2のデータ信号を送信し、また、受信装置が前記第2のデータ信号を受信するときの利得制御に用いられる既知信号を前記第2のデータ信号より前に送信する送信部と、

前記送信部が前記既知信号を、前記第1の期間において前記第2の周波数帯域内で前記第1のデータ信号と並行して送信するよう制御する制御部と、
を有する送信装置。

【請求項2】

前記第2のデータ信号は、前記第2の周波数帯域内の所定の周波数を除いて送信され、前記既知信号は、前記所定の周波数を用いて送信される、請求項1に記載の送信装置。

【請求項3】

前記第2の期間は、前記第1の期間の直後の期間である、請求項1又は2に記載の送信装置。

【請求項4】

前記送信部は、データ信号の送信に用いる周波数帯域のキャリア信号を生成する第1の

キャリア生成部と、当該データ信号と並行して送信される既知信号の送信に用いる周波数帯域のキャリア信号を生成する第2のキャリア生成部とを有する、

請求項1乃至3の何れか一項に記載の送信装置。

【請求項5】

複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える送信装置と通信を行う受信装置であって、

前記送信装置から、第1の期間において第1の周波数帯域内で第1のデータ信号を受信し、前記第1の期間において第2の周波数帯域内で前記第1のデータ信号と並行して送信された既知信号を受信し、前記第1の期間より後の第2の期間において前記第2の周波数帯域内で第2のデータ信号を受信する受信部と、

10

前記第1のデータ信号と並行して送信された前記既知信号に基づいて、前記受信部が前記第2のデータ信号を受信するときの利得を制御する制御部と、

を有する受信装置。

【請求項6】

複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える無線通信システムであって、

第1の期間において第1の周波数帯域内で第1のデータ信号を送信し、前記第1の期間において第2の周波数帯域内で前記第1のデータ信号と並行して既知信号を送信し、前記第1の期間より後の第2の期間において前記第2の周波数帯域内で第2のデータ信号を送信する送信装置と、

20

前記第1の期間において前記第1のデータ信号と前記既知信号とを受信し、前記既知信号に基づいて、前記第2の期間において前記第2のデータ信号を受信するときの利得を制御する受信装置と、

を有する無線通信システム。

【請求項7】

複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える送信装置を制御するプログラムであって、

前記送信装置が備えるコンピュータに、

第1の期間において、データ信号を送信する周波数帯域を第1の周波数帯域に設定し、

前記第1の期間において、受信装置が前記第1の期間より後のデータ信号を受信するときの利得制御に用いられる既知信号を、第2の周波数帯域を用いて前記第1の周波数帯域のデータ信号と並行して送信するように制御し、

30

前記第1の期間より後の第2の期間において、データ信号を送信する周波数帯域を、前記既知信号を送信済みである前記第2の周波数帯域に設定する、

処理を実行させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、送信装置、受信装置、無線通信システム、及びプログラムに関する。

【背景技術】

40

【0002】

通信システムにおいては、使用する周波数を継続的に変更しながらデータ信号を送信する周波数ホッピング（FH：Frequency Hopping）と呼ばれる通信方式が用いられることがある。周波数ホッピングでは、例えば、データ信号を送信する周波数帯域の中心周波数を、時間の経過に応じて規則的に（例えば、所定の周期で所定のホッピングパターンに従って）切り替える。周波数ホッピングを行う通信システムは、ある周波数で大きなノイズが発生した場合でも、他の周波数で伝送されたデータ信号を用いて誤り訂正を行い得るため、ノイズ耐性が高くなる。また、周波数ホッピングは、データ信号を送信する周波数が継続的に変更されることから、データ信号を傍受しづらく秘匿性が比較的高い。

【0003】

50

ところで、受信装置が送信装置から受信する信号のレベルは、伝搬路の状況に応じて変化する。そこで、受信装置は、受信信号からデータ信号を抽出するにあたり、増幅器を通過した後の信号レベルが適切な範囲に収まるように、増幅器の増幅度を適応的に変化させる自動利得制御（AGC：Automatic Gain Control）を行うことが多い。

【0004】

例えば、直交周波数分割多重（OFDM：Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式で通信を行う通信システムにおいて、受信装置が自動利得制御を行うものが提案されている。この通信システムの送信装置は、伝送フレーム毎に、データシンボルの前に所定のプリアンブルシンボルを付加する。受信装置は、プリアンブルシンボルの信号レベルを算出し、算出した信号レベルに応じてデータシンボルに対する自動利得制御を行う。

10

【0005】

周波数ホッピングと自動利得制御の両方を行う無線通信システムとしては、ホッピング時間毎に受信信号のレベルを検出し、検出した信号レベルに従って、当該ホッピング時間の受信信号を増幅するときの増幅度を制御するものが提案されている。この無線通信システムによれば、周波数によって伝搬路の状況が異なり、増幅前の信号レベルがホッピング前後で大きく変動する場合であっても、信号レベルの変動を増幅器により補正できる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2011-182337号公報

20

【特許文献2】特開平6-334629号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

上記のように、通信システムにおいては、受信装置がデータ信号を抽出するにあたって利得制御を行えるように、送信装置がデータ信号の前に既知信号を送信することが考えられる。そして、このような通信システムが周波数ホッピングを行う場合、周波数によって伝搬路の状況が異なり得るため、切り替え前の周波数について既知信号を送信済みであっても、切り替え後の周波数について改めて既知信号を送信することが好ましい。

【0008】

30

しかし、周波数を切り替えてから切り替え後の周波数についての既知信号を送信すると、データ信号の送信に使用できるリソースが減少することになり、データ信号の伝送効率が低下するという問題がある。特に、周波数ホッピングの周期を短くする（切り替え頻度を高くする）ほど、1つのホッピング時間内で使用できるリソースに占める既知信号の割合が高くなり、既知信号を送信するオーバーヘッドが大きくなってしまふ。

【0009】

そこで、1つの側面では、本発明は、周波数ホッピングにおけるデータ信号の伝送効率を向上させる送信装置、受信装置、無線通信システム、及びプログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

40

【0010】

1つの態様では、複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える送信装置が提供される。送信装置は、送信部と制御部とを有する。送信部は、第1の期間において第1の周波数帯域内で第1のデータ信号を送信し、第1の期間より後の第2の期間において第2の周波数帯域内で第2のデータ信号を送信し、また、受信装置が第2のデータ信号を受信するときの利得制御に用いられる既知信号を第2のデータ信号より前に送信する。制御部は、送信部が既知信号を、第1の期間において第2の周波数帯域内で第1のデータ信号と並行して送信するよう制御する。

【0011】

また、1つの態様では、複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域

50

を時間の経過に応じて切り替える送信装置と通信を行う受信装置が提供される。受信装置は、受信部と制御部とを有する。受信部は、送信装置から、第1の期間において第1の周波数帯域内で第1のデータ信号を受信し、第1の期間において第2の周波数帯域内で第1のデータ信号と並行して送信された既知信号を受信し、第1の期間より後の第2の期間において第2の周波数帯域内で第2のデータ信号を受信する。制御部は、第1のデータ信号と並行して送信された既知信号に基づいて、受信部が第2のデータ信号を受信するときの利得を制御する。

【0012】

また、1つの態様では、複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える無線通信システムが提供される。また、1つの態様では、複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える送信装置を制御するプログラムが提供される。

10

【発明の効果】

【0013】

1つの側面では、周波数ホッピングにおけるデータ信号の伝送効率が向上する。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】第1の実施の形態に係る無線通信システムの例を示した図である。

【図2】第2の実施の形態に係る無線通信システムの例を示した図である。

【図3】A G C プリアンブルを含む無線フレームの構造の例を示した図である。

20

【図4】第2の実施の形態に係る送信装置のハードウェアの例を示したブロック図である。

【図5】第2の実施の形態に係る送信装置が有するF H制御部の例を示したブロック図である。

【図6】第2の実施の形態に係る送信装置が有するO F D M信号送信部の例を示したブロック図である。

【図7】第2の実施の形態に係る受信装置のハードウェアの例を示したブロック図である。

【図8】第2の実施の形態に係る受信装置が有するF H制御部の例を示したブロック図である。

30

【図9】第2の実施の形態に係る受信装置が有するO F D M信号受信部の例を示したブロック図である。

【図10】他のF H方式に係る無線通信システムの例を示した図である。

【図11】F H方式に係る送信方法の例を示した図である。

【図12】F H方式の高速化について説明する第1の図である。

【図13】F H方式の高速化について説明する第2の図である。

【図14】第2の実施の形態に係る無線通信システムを適用した場合に得られる効果について説明した第1の図である。

【図15】第2の実施の形態に係る無線通信システムを適用した場合に得られる効果について説明した第2の図である。

40

【図16】第2の実施の形態に係る送信方法の例を示した第1の図である。

【図17】第2の実施の形態に係る送信方法の例を示した第2の図である。

【図18】複数の無線通信システム間の干渉について説明した図である。

【図19】O F D M信号のスペクトラム波形を示した図である。

【図20】複数の無線通信システム間の干渉を回避する方法について説明した図である。

【図21】第2の実施の形態に係る送信装置の動作の例を示した図である。

【図22】第2の実施の形態に係る受信装置の動作の例を示した図である。

【図23】第2の実施の形態に係る送信装置及び受信装置の動作シーケンスの例を示した図である。

【図24】第2の実施の形態の一変形例に係る送信方法の例を示した図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、図面を参照しながら実施の形態について説明する。

【第1の実施の形態】

第1の実施の形態について説明する。

【0016】

図1は、第1の実施の形態に係る無線通信システムの例を示した図である。なお、ここでは第1の期間 T_1 及び第2の期間 T_2 に注目して説明するが、他の期間についても同様である。

【0017】

図1に示すように、第1の実施の形態に係る無線通信システム5は、送信装置10と、受信装置20とを含む。

送信装置10は、複数の周波数帯域のうちデータ信号の送信に用いる周波数帯域を時間の経過に応じて切り替える。送信装置10は、送信部11と、制御部12とを有する。

【0018】

送信部11は、第1の期間 T_1 において第1の周波数帯域 D_1 内で第1のデータ信号31aを送信し、第1の期間 T_1 より後の第2の期間 T_2 において第2の周波数帯域 D_5 内で第2のデータ信号31bを送信する。

【0019】

送信部11は、受信装置20が第2のデータ信号31bを受信するときの利得制御に用いられる既知信号32を第2のデータ信号31bより前に送信する。既知信号32は、例えば、受信電力の検出に用いる既知のシンボルで形成されたAGCプリアンブルである。なお、データ信号31a、31bは、既知信号32を含まない信号である。

【0020】

制御部12は、送信部11が既知信号32を、第1の期間 T_1 において第2の周波数帯域 D_5 内で第1のデータ信号31aと並行して送信するよう制御する。

一方、受信装置20は、受信部21及び制御部22を有する。受信部21は、上記の送信装置10から、第1の期間 T_1 において第1の周波数帯域 D_1 内で第1のデータ信号31aを受信する。受信部21は、第1の期間 T_1 において第2の周波数帯域 D_5 内で第1のデータ信号31aと並行して送信された既知信号32を受信する。

【0021】

受信部21は、第1の期間 T_1 より後の第2の期間 T_2 において第2の周波数帯域 D_5 内で第2のデータ信号31bを受信する。制御部22は、第1のデータ信号31aと並行して送信された既知信号32に基づいて、受信部21が第2のデータ信号31bを受信するときの利得を制御する。

【0022】

上記のように、無線通信システム5では、周波数ホッピング及び利得制御が行われる。同じ期間に送信されるデータ信号31aと既知信号32とは、それぞれ異なる中心周波数の帯域で送信される。データ信号31bと同じ中心周波数で送信される既知信号32は、データ信号31bが送信される期間よりも前の期間に送信される。

【0023】

上記のように、送信装置10は、データ信号31bの利得制御に用いる既知信号32をデータ信号31bに含めずに別途送信する、そのため、固定長の既知信号32が無線フレームに占める割合は0となる。固定長の既知信号32を無線フレームに含めて送信すると、無線フレームが短くなるにつれて既知信号32の占める割合が増加するが、無線通信システム5においては、そのような割合の増加は発生しない。

【0024】

つまり、周波数ホッピングの周期を短くしても、1つのホッピング時間内で使用できるリソースに占める既知信号32の割合は増加せず、既知信号32を送信するオーバーヘッドが増大しない。従って、第1の実施の形態によれば、周波数ホッピングにおけるデータ信

10

20

30

40

50

号の伝送効率が向上する。

【 0 0 2 5 】

以上、第 1 の実施の形態について説明した。

[第 2 の実施の形態]

次に、第 2 の実施の形態について説明する。

【 0 0 2 6 】

まず、図 2 を参照しながら、第 2 の実施の形態に係る無線通信システム 1 0 0 について説明する。以下では、変調方式として OFDM 方式を採用する無線通信システム 1 0 0 を例に挙げるが、他の変調方式を採用してもよい。他の変調方式としては、例えば、Amplitude Shift Keying (A S K) 方式や Phase Shift Keying (P S K) 方式などがある。図 2 は、第 2 の実施の形態に係る無線通信システムの例を示した図である。

10

【 0 0 2 7 】

図 2 に示すように、無線通信システム 1 0 0 は、送信装置 1 1 0 と受信装置 1 3 0 とを含む。送信装置 1 1 0 は、ユーザデータを含む無線フレームを変調してベースバンド OFDM 信号を生成し、ベースバンド OFDM 信号を無線周波数帯にアップコンバートした OFDM 信号 1 0 1 を送信する。但し、この無線フレームは A G C プリアンプルを含まない。

【 0 0 2 8 】

また、送信装置 1 1 0 は、A G C プリアンプルを変調して無線周波数帯にアップコンバートした A G C プリアンプル信号 1 0 2 を送信する。このとき、送信装置 1 1 0 は、A G C プリアンプル信号 1 0 2 が送信される期間の次の期間に送信される OFDM 信号 1 0 1 と同じ搬送波周波数で、その A G C プリアンプル信号 1 0 2 を送信する。

20

【 0 0 2 9 】

受信装置 1 3 0 は、送信装置 1 1 0 が送信した OFDM 信号 1 0 1 及び A G C プリアンプル信号 1 0 2 を受信する。また、受信装置 1 3 0 は、OFDM 信号 1 0 1 を受信する際に利得制御を行う。但し、受信装置 1 3 0 は、OFDM 信号 1 0 1 の受信時に行う利得制御に、その OFDM 信号 1 0 1 を受信した期間の 1 つ前の期間に受信した A G C プリアンプル信号 1 0 2 から検出した受信電力の情報を利用する。

【 0 0 3 0 】

ある OFDM 信号 1 0 1 を受信した期間の 1 つ前の期間に受信した A G C プリアンプル信号 1 0 2 の搬送波周波数は、その OFDM 信号 1 0 1 の搬送波周波数と同じである。そのため、この A G C プリアンプル信号 1 0 2 から検出した受信電力の情報を利用することで、OFDM 信号 1 0 1 が伝送された伝搬路の状況を適切に反映した利得制御が可能になる。

30

【 0 0 3 1 】

また、無線フレームに A G C プリアンプルを含まないため、無線フレームのフレーム長が短縮されても無線フレームに占める A G C プリアンプルの割合が 0 のままである。そのため、周波数ホッピングの高速化に伴う伝送効率の低下を抑制することができる。

【 0 0 3 2 】

ここで、図 3 を参照しながら、A G C プリアンプルを含む無線フレームの構造について説明する。図 3 は、A G C プリアンプルを含む無線フレームの構造の例を示した図である。但し、図 3 には、一例として、PLCP Protocol Data Unit (P P D U) フレームの構造が示されている。

40

【 0 0 3 3 】

P P D U フレームの先頭には、Physical Layer Convergence Protocol (P L C P) プリアンプルが存在する。また、P L C P プリアンプルに続いて S I G N A L 部が伝送される。S I G N A L 部は、続いて伝送されるデータ部の伝送速度やデータ長などのパラメータを保持する部分である。S I G N A L 部に続いてデータ部が伝送される。データ部では、ユーザデータが OFDM 変調されて複数のシンボルで伝送される。データ部のデータは、例えば、S I G N A L 部で指定される伝送速度に対応する変調方式及び符号化率で変調

50

され、連続したOFDMシンボルとして伝送される。

【0034】

PLCPプリアンブルは、パケットの検出、シンボルタイミング同期、搬送波周波数オフセット同期、伝送路特性の等化などを行うためのシンボルを含む。PLCPプリアンブルは、大きく分けてショートトレーニングシンボルとロングトレーニングシンボルに分けられる。先頭に位置する10個の短いシンボル t_1 、 t_2 、...、 t_0 がショートトレーニングシンボル、続いて伝送される2個の長いシンボル T_1 、 T_2 がロングトレーニングシンボルである。

【0035】

ショートトレーニングシンボルは、パケット検出などを最初に行うために用いられる。また、AGCプリアンブルの機能は、ショートトレーニングシンボルを用いて実現される。一方、ロングトレーニングシンボルは、OFDMシンボルを2つ連結すると共に、通常の倍の長さを有するガードインターバルを付加したものである。ロングトレーニングシンボルは、伝送路推定や詳細な周波数オフセット推定などに利用される。

10

【0036】

以上、AGCプリアンブルを含む無線フレームの構造について説明した。

次に、図4～図6を参照しながら、送信装置110の機能について説明する。

図4は、第2の実施の形態に係る送信装置のハードウェアの例を示したブロック図である。

【0037】

図4に示すように、送信装置110は、制御部111と、FH制御部112と、GPSアンテナ113と、第1キャリア生成部114と、OFDM信号送信部115とを有する。さらに、送信装置110は、第2キャリア生成部116と、AGCプリアンブル信号送信部117と、ミキサ118と、送信アンプ119と、送信アンテナ120と、読み取り装置121とを有する。

20

【0038】

なお、読み取り装置121は、光ディスクや半導体メモリなどの記録媒体7aに記録されたプログラムやデータを読み取る装置である。

制御部111は、CPU (Central Processing Unit) 111a及びメモリ111bを有する。CPU 111aは、プログラムに記述された命令を実行する演算器を含むプロセッサである。メモリ111bは、揮発性メモリであってもよいし、不揮発性メモリであってもよい。CPU 111aは、例えば、読み取り装置121が記録媒体7aから読み出したプログラムやデータの少なくとも一部をメモリ111bにロードし、プログラムに記述された命令を実行する。

30

【0039】

FH制御部112は、CPU 112a及びメモリ112bを有する。CPU 112aは、プログラムに記述された命令を実行する演算器を含むプロセッサである。メモリ112bは、揮発性メモリであってもよいし、不揮発性メモリであってもよい。CPU 112aは、例えば、読み取り装置121が記録媒体7aから読み出したプログラムやデータの少なくとも一部をメモリ112bにロードし、プログラムに記述された命令を実行する。

40

【0040】

制御部111は、FH制御部112、第1キャリア生成部114、OFDM信号送信部115、第2キャリア生成部116、及びAGCプリアンブル信号送信部117の動作を制御する。GPSアンテナ113は、Global Positioning System (GPS) からGPS信号を受信するためのアンテナである。GPS信号には、衛星送信時間を示す絶対時刻に関する情報が含まれる。FH制御部112は、GPSアンテナ113を介してGPS信号を受信する。なお、ここでは同期用の時刻情報を取得する方法としてGPSを利用する方法を例示するが、同期用の時刻情報が得られるのであれば他の方法を利用してもよい。

【0041】

FH制御部112は、第1キャリア生成部114を制御して期間毎にOFDM信号10

50

1を送信する際に用いる帯域の中心周波数を切り替える。また、FH制御部112は、第2キャリア生成部116を制御して期間毎にAGCプリアンブル信号102を送信する際に用いる帯域の中心周波数を切り替える。

【0042】

なお、FH制御部112は、上位レイヤから与えられるFH規則、及びGPS信号から得られる絶対時刻の情報などに基づいて利用帯域の中心周波数を切り替える。例えば、FH制御部112は、絶対時刻の情報に基づいて利用帯域の中心周波数を切り替えるタイミングを判断し、期間TにおけるOFDM信号101及びAGCプリアンブル信号102の送信に利用する帯域の中心周波数をFH規則に基づいて認識する。

【0043】

利用帯域の中心周波数を切り替えるタイミングになった場合、FH制御部112は、OFDM信号101の送信に利用する帯域の中心周波数を示す情報を第1キャリア生成部114に入力する。また、FH制御部112は、AGCプリアンブル信号102の送信に利用する帯域の中心周波数を示す情報を第2キャリア生成部116に入力する。このとき、FH制御部112は、次の切り替え時にOFDM信号101の送信に利用する帯域の中心周波数を、AGCプリアンブル信号102の送信に利用する帯域の中心周波数にする。

【0044】

第1キャリア生成部114は、OFDM信号101の送信に用いる搬送波を生成し、OFDM信号送信部115に供給する。また、利用帯域の中心周波数を示す情報が入力された場合、第1キャリア生成部114は、OFDM信号送信部115に供給する搬送波の周波数をFH制御部112から入力された情報が示す利用帯域の中心周波数に切り替える。なお、第1キャリア生成部114の機能は、例えば、PLL(Phase Locked Loop)シンセサイザなどの発振回路を用いて実現できる。

【0045】

OFDM信号送信部115には、ユーザデータが入力される。OFDM信号送信部115は、入力されたユーザデータを変調してベースバンドOFDM信号を生成する。また、OFDM信号送信部115は、第1キャリア生成部114から供給される搬送波とベースバンドOFDM信号とをミキシングして周波数変換(アップコンバート)を行い、搬送波帯域のOFDM信号101を生成する。OFDM信号送信部115により生成されたOFDM信号101は、ミキサ118に入力される。

【0046】

第2キャリア生成部116は、AGCプリアンブル信号102の送信に用いる搬送波を生成し、AGCプリアンブル信号送信部117に供給する。また、利用帯域の中心周波数を示す情報が入力された場合、第2キャリア生成部116は、AGCプリアンブル信号送信部117に供給する搬送波の周波数をFH制御部112から入力された情報が示す利用帯域の中心周波数に切り替える。なお、第2キャリア生成部116の機能は、例えば、PLLシンセサイザなどの発振回路を用いて実現できる。

【0047】

AGCプリアンブル信号送信部117は、既知のシンボルで形成されるAGCプリアンブル信号を変調し、ベースバンド帯域のAGCプリアンブル信号を生成する。また、AGCプリアンブル信号送信部117は、第2キャリア生成部116から供給される搬送波とベースバンド帯域のAGCプリアンブル信号とをミキシングして周波数変換(アップコンバート)を行い、搬送波帯域のAGCプリアンブル信号102を生成する。AGCプリアンブル信号送信部117により生成されたAGCプリアンブル信号102は、ミキサ118に入力される。

【0048】

OFDM信号送信部115により生成されたOFDM信号101と、AGCプリアンブル信号送信部117により生成されたAGCプリアンブル信号102とはミキサ118にて重畳され、送信アンプ119に入力される。また、重畳されたOFDM信号101とAGCプリアンブル信号102とは送信アンプ119で増幅され、送信アンテナ120を介

10

20

30

40

50

して受信装置 130 へと送信される。

【0049】

ここで、図5を参照しながら、FH制御部112の機能についてさらに説明する。図5は、第2の実施の形態に係る送信装置が有するFH制御部の例を示したブロック図である。

【0050】

図5に示すように、FH制御部112は、GPS信号受信部1121と、タイミング信号生成部1122と、絶対時刻計算部1123とを有する。さらに、FH制御部112は、周波数計算部1124と、周波数切替制御部1125と、遅延部1126と、第1周波数設定部1127と、第2周波数設定部1128とを有する。

10

【0051】

なお、絶対時刻計算部1123、周波数計算部1124、遅延部1126、第1周波数設定部1127、第2周波数設定部1128は、CPU112aに実行させるソフトウェアとして実現可能である。GPS信号受信部1121、タイミング信号生成部1122、周波数切替制御部1125は、例えば、CPU112a及びメモリ112bとは異なるハードウェアとして実装される。

【0052】

GPS信号受信部1121は、GPSアンテナ113を介してGPS信号を受信する。また、GPS信号受信部1121は、GPS信号から衛星送信時刻を示す絶対時刻の情報及び1マイクロ秒単位のタイミング信号を取得する。GPS信号受信部1121によりGPS信号から取得されたタイミング信号は、タイミング信号生成部1122に入力される。また、GPS信号受信部1121によりGPS信号から取得された絶対時刻の情報は、絶対時刻計算部1123に入力される。

20

【0053】

タイミング信号生成部1122は、GPS信号受信部1121から入力されたタイミング信号に基づき、周波数ホッピングの周期を示すFHタイミング信号を生成する。また、GPS信号の受信が不安定でタイミング信号に抜けがある場合、タイミング信号生成部1122は、受信できたタイミング信号を用いて補間処理を実施し、受信できなかったタイミング信号を補間してFHタイミング信号を生成する。タイミング信号生成部1122により生成されたFHタイミング信号は、周波数切替制御部1125に入力される。

30

【0054】

絶対時刻計算部1123は、GPS信号受信部1121から入力された絶対時刻の情報を周波数計算部1124に入力する。また、GPS信号の受信が不安定でタイミング信号に抜けがある場合、絶対時刻計算部1123は、受信できた絶対時刻の情報をを用いて補間処理を実施し、受信できなかった絶対時刻の情報を生成する。

【0055】

周波数切替制御部1125は、制御部111から受けた周波数ホッピングの開始指示に応じて搬送波周波数の切り替え制御を実施する。このとき、周波数切替制御部1125は、タイミング信号生成部1122から入力されたFHタイミング信号に同期して搬送波周波数の切り替え制御を実施する。また、周波数切替制御部1125は、搬送波周波数の切り替えタイミングを制御部111、周波数計算部1124、第1周波数設定部1127、及び第2周波数設定部1128に通知する。

40

【0056】

周波数計算部1124は、上位レイヤから入力されたFH規則、及び絶対時刻計算部1123から入力された絶対時刻の情報に基づいて利用帯域の中心周波数の切り替えパターンを計算する。例えば、周波数計算部1124は、FH規則を参照し、次の期間に送信されるOFDM信号101の送信に用いる帯域の中心周波数の情報を抽出する。また、周波数計算部1124は、周波数切替制御部1125から受ける切り替えタイミングの通知に応じて利用帯域の中心周波数の情報を遅延部1126及び第2周波数設定部1128に入力する。

50

【 0 0 5 7 】

遅延部 1 1 2 6 には、遅延期間の情報が予め設定されている。遅延部 1 1 2 6 は、周波数計算部 1 1 2 4 から入力された利用帯域の中心周波数の情報の出力を遅延させる。例えば、遅延期間が 1 期間の場合、遅延部 1 1 2 6 は、現在の期間に送信される OFDM 信号 1 0 1 の送信に用いる利用帯域の中心周波数の情報を第 1 周波数設定部 1 1 2 7 に入力する。このとき、次の期間に送信される OFDM 信号 1 0 1 の送信に用いる利用帯域の中心周波数の情報が、周波数計算部 1 1 2 4 から第 2 周波数設定部 1 1 2 8 へと入力される。

【 0 0 5 8 】

第 1 周波数設定部 1 1 2 7 は、遅延部 1 1 2 6 から入力された利用帯域の中心周波数の情報に基づいて第 1 キャリア生成部 1 1 4 により生成される搬送波の周波数を設定する。つまり、第 1 周波数設定部 1 1 2 7 は、OFDM 信号 1 0 1 の送信に用いる帯域の中心周波数を設定する。また、第 2 周波数設定部 1 1 2 8 は、第 2 キャリア生成部 1 1 6 により生成される搬送波の周波数を設定する。つまり、第 2 周波数設定部 1 1 2 8 は、AGC プリアンブル信号 1 0 2 の送信に用いる帯域の中心周波数を設定する。なお、第 1 周波数設定部 1 1 2 7 及び第 2 周波数設定部 1 1 2 8 による利用帯域の中心周波数の設定は、周波数切替制御部 1 1 2 5 による切り替えタイミングの通知に応じて実行される。

【 0 0 5 9 】

以上、FH 制御部 1 1 2 についてさらに説明した。

次に、図 6 を参照しながら、OFDM 信号送信部 1 1 5 の例についてさらに説明する。図 6 は、第 2 の実施の形態に係る送信装置が有する OFDM 信号送信部の例を示したブロック図である。

【 0 0 6 0 】

図 6 に示すように、OFDM 信号送信部 1 1 5 は、シンボルマップ 1 1 5 1 と、直並列変換器 1 1 5 2 と、逆離散フーリエ変換器 1 1 5 3 と、並直列変換器 1 1 5 4 とを有する。さらに、OFDM 信号送信部 1 1 5 は、実数部抽出器 1 1 5 5 と、ミキサ 1 1 5 6 と、バンドパスフィルタ 1 1 5 7 とを有する。

【 0 0 6 1 】

ユーザデータが入力されると、シンボルマップ 1 1 5 1 によりユーザデータを形成する各ビットがコンステレーション上のシンボルにマッピングされ、シンボル列が生成される。シンボルマップ 1 1 5 1 から出力されるシンボル列は、直並列変換器 1 1 5 2 に入力され、直並列変換される。直並列変換されたシンボルは逆離散フーリエ変換器 1 1 5 3 に入力され、逆離散フーリエ変換 (IDFT: Inverse Discrete Fourier Transform) により OFDM シンボルの標本値が生成される。逆離散フーリエ変換器 1 1 5 3 として、例えば、逆高速フーリエ変換 (IFFT: Inverse Fast Fourier Transform) 器を使用できる。

【 0 0 6 2 】

逆離散フーリエ変換器 1 1 5 3 により生成された OFDM シンボルの標本値は、並直列変換器 1 1 5 4 により並直列変換され、実数部抽出器 1 1 5 5 により実数部が抽出されてベースバンド OFDM 信号が生成される。ベースバンド OFDM 信号は、ミキサ 1 1 5 6 により、第 1 キャリア生成部 1 1 4 から供給される搬送波とミキシングされ、搬送波帯域の OFDM 信号 1 0 1 が生成される。OFDM 信号 1 0 1 は、バンドパスフィルタ 1 1 5 7 を介してミキサ 1 1 8 へと出力される。

【 0 0 6 3 】

以上、OFDM 信号送信部 1 1 5 の例についてさらに説明した。なお、図 6 に示した要素の他、ガードインターバルを付加する要素、インターリーバ、誤り検出・誤り訂正符号化器などの要素を含んでもよい。

【 0 0 6 4 】

次に、図 7 ~ 図 9 を参照しながら、受信装置 1 3 0 の機能について説明する。

図 7 は、第 2 の実施の形態に係る受信装置のハードウェアの例を示したブロック図である。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

図7に示すように、受信装置130は、制御部131と、GPSアンテナ132と、FH制御部133と、第2キャリア生成部134と、AGCプリアンプル信号受信部135とを有する。また、受信装置130は、第1キャリア生成部136と、OFDM信号受信部137と、受信アンテナ138と、受信アンプ139と、利得制御部140と、読み取り装置141とを有する。

【0066】

なお、読み取り装置141は、光ディスクや半導体メモリなどの記録媒体7bに記録されたプログラムやデータを読み取る装置である。

制御部131は、CPU(Central Processing Unit)131a及びメモリ131bを有する。CPU131aは、プログラムに記述された命令を実行する演算器を含むプロセッサである。メモリ131bは、揮発性メモリであってもよいし、不揮発性メモリであってもよい。CPU131aは、例えば、読み取り装置141が記録媒体7bから読み出したプログラムやデータの少なくとも一部をメモリ131bにロードし、プログラムに記述された命令を実行する。

10

【0067】

FH制御部133は、CPU133a及びメモリ133bを有する。CPU133aは、プログラムに記述された命令を実行する演算器を含むプロセッサである。メモリ133bは、揮発性メモリであってもよいし、不揮発性メモリであってもよい。CPU133aは、例えば、読み取り装置141が記録媒体7bから読み出したプログラムやデータの少なくとも一部をメモリ133bにロードし、プログラムに記述された命令を実行する。

20

【0068】

制御部131は、FH制御部133、第2キャリア生成部134、AGCプリアンプル信号受信部135、第1キャリア生成部136、OFDM信号受信部137、及び利得制御部140の動作を制御する。GPSアンテナ132は、GPS信号を受信するためのアンテナである。FH制御部133は、GPSアンテナ132を介してGPS信号を受信する。なお、ここでは同期用の時刻情報を取得する方法としてGPSを利用する方法を例示するが、同期用の時刻情報が得られるのであれば他の方法を利用してもよい。

【0069】

FH制御部133は、第1キャリア生成部136を制御して期間毎にOFDM信号101を受信する際に用いる帯域の中心周波数を切り替える。また、FH制御部133は、第2キャリア生成部134を制御して期間毎にAGCプリアンプル信号102を受信する際に用いる帯域の中心周波数を切り替える。

30

【0070】

なお、FH制御部133は、上位レイヤから与えられるFH規則、及びGPS信号から得られる絶対時刻の情報などに基づいて利用帯域の中心周波数を切り替える。例えば、FH制御部133は、絶対時刻の情報に基づいて利用帯域の中心周波数を切り替えるタイミングを判断し、期間TにおけるOFDM信号101及びAGCプリアンプル信号102の受信に利用する帯域の中心周波数をFH規則に基づいて認識する。

【0071】

利用帯域の中心周波数を切り替えるタイミングになった場合、FH制御部133は、OFDM信号101の受信に利用する帯域の中心周波数を示す情報を第1キャリア生成部136に入力する。また、FH制御部133は、AGCプリアンプル信号102の受信に利用する帯域の中心周波数を示す情報を第2キャリア生成部134に入力する。このとき、FH制御部133は、次の切り替え時にOFDM信号101の受信に利用する帯域の中心周波数を、AGCプリアンプル信号102の受信に利用する帯域の中心周波数にする。

40

【0072】

第1キャリア生成部136は、OFDM信号101の受信に用いる搬送波を生成し、OFDM信号受信部137に供給する。また、利用帯域の中心周波数を示す情報が入力された場合、第1キャリア生成部136は、OFDM信号受信部137に供給する搬送波の周波数をFH制御部133から入力された情報が示す利用帯域の中心周波数に切り替える。

50

なお、第1キャリア生成部136の機能は、例えば、PLLシンセサイザなどの発振回路を用いて実現できる。

【0073】

第2キャリア生成部134は、AGCプリアンブル信号102の受信に用いる搬送波を生成し、AGCプリアンブル信号受信部135に供給する。また、利用帯域の中心周波数を示す情報が入力された場合、第2キャリア生成部134は、AGCプリアンブル信号受信部135に供給する搬送波の周波数をFH制御部133から入力された情報が示す利用帯域の中心周波数に切り替える。なお、第2キャリア生成部134の機能は、例えば、PLLシンセサイザなどの発振回路を用いて実現できる。

【0074】

AGCプリアンブル信号受信部135は、受信アンテナ138を介して受信された搬送波帯域のAGCプリアンブル信号102と、第2キャリア生成部134から供給される搬送波とをミキシングして周波数変換(ダウンコンバート)を行い、ベースバンド帯域のAGCプリアンブル信号を生成する。また、AGCプリアンブル信号受信部135は、ベースバンド帯域のAGCプリアンブル信号の受信電力を検出する。AGCプリアンブル信号受信部135により検出されたAGCプリアンブル信号の受信電力は、利得制御部140に入力される。

【0075】

利得制御部140は、AGCプリアンブル信号の受信電力に基づいて受信アンプ139による受信信号の増幅度を制御する。受信アンプ139は、利得制御部140による制御に応じて増幅度を設定し、設定した増幅度で、受信アンテナ138を介して受信されるOFDM信号101を増幅する。受信アンプ139により増幅されたOFDM信号101は、OFDM信号受信部137に入力される。

【0076】

OFDM信号受信部137は、第1キャリア生成部136から供給される搬送波と搬送波帯域のOFDM信号101とをミキシングして周波数変換(ダウンコンバート)を行い、ベースバンドOFDM信号を生成する。また、OFDM信号受信部137は、ベースバンドOFDM信号を復調してユーザデータを復元する。OFDM信号受信部137により復元されたユーザデータは、上位レイヤへと出力される。

【0077】

ここで、図8を参照しながら、FH制御部133の機能についてさらに説明する。図8は、第2の実施の形態に係る受信装置が有するFH制御部の例を示したブロック図である。

【0078】

図8に示すように、FH制御部133は、GPS信号受信部1331と、タイミング信号生成部1332と、絶対時刻計算部1333とを有する。さらに、FH制御部133は、周波数計算部1334と、周波数切替制御部1335と、遅延部1336と、第1周波数設定部1337と、第2周波数設定部1338とを有する。

【0079】

なお、絶対時刻計算部1333、周波数計算部1334、遅延部1336、第1周波数設定部1337、第2周波数設定部1338は、CPU133aに実行させるソフトウェアとして実現可能である。GPS信号受信部1331、タイミング信号生成部1332、周波数切替制御部1335は、例えば、CPU133a及びメモリ133bとは異なるハードウェアとして実装される。

【0080】

GPS信号受信部1331は、GPSアンテナ132を介してGPS信号を受信する。また、GPS信号受信部1331は、GPS信号から衛星送信時刻を示す絶対時刻の情報及び1マイクロ秒単位のタイミング信号を取得する。GPS信号受信部1331によりGPS信号から取得されたタイミング信号は、タイミング信号生成部1332に入力される。また、GPS信号受信部1331によりGPS信号から取得された絶対時刻の情報は、

10

20

30

40

50

絶対時刻計算部 1 3 3 3 に入力される。

【 0 0 8 1 】

タイミング信号生成部 1 3 3 2 は、GPS 信号受信部 1 3 3 1 から入力されたタイミング信号に基づき、周波数ホッピングの周期を示す FH タイミング信号を生成する。また、GPS 信号の受信が不安定でタイミング信号に抜けがある場合、タイミング信号生成部 1 3 3 2 は、受信できたタイミング信号を用いて補間処理を実施し、受信できなかったタイミング信号を補間して FH タイミング信号を生成する。タイミング信号生成部 1 3 3 2 により生成された FH タイミング信号は、周波数切替制御部 1 3 3 5 に入力される。

【 0 0 8 2 】

絶対時刻計算部 1 3 3 3 は、GPS 信号受信部 1 3 3 1 から入力された絶対時刻の情報を周波数計算部 1 3 3 4 に入力する。また、GPS 信号の受信が不安定でタイミング信号に抜けがある場合、絶対時刻計算部 1 3 3 3 は、受信できた絶対時刻の情報を用いて補間処理を実施し、受信できなかった絶対時刻の情報を生成する。

10

【 0 0 8 3 】

周波数切替制御部 1 3 3 5 は、制御部 1 3 1 から受けた周波数ホッピングの開始指示に応じて利用帯域の中心周波数の切り替え制御を実施する。このとき、周波数切替制御部 1 3 3 5 は、タイミング信号生成部 1 3 3 2 から入力された FH タイミング信号に同期して利用帯域の中心周波数の切り替え制御を実施する。また、周波数切替制御部 1 3 3 5 は、利用帯域の中心周波数の切り替えタイミングを制御部 1 3 1、周波数計算部 1 3 3 4、第 1 周波数設定部 1 3 3 7、及び第 2 周波数設定部 1 3 3 8 に通知する。

20

【 0 0 8 4 】

周波数計算部 1 3 3 4 は、上位レイヤから入力された FH 規則、及び絶対時刻計算部 1 3 3 3 から入力された絶対時刻の情報に基づいて利用帯域の中心周波数の切り替えパターンを計算する。例えば、周波数計算部 1 3 3 4 は、FH 規則を参照し、次の期間に送信される OFDM 信号 1 0 1 の送信に用いる帯域の中心周波数の情報を抽出する。また、周波数計算部 1 3 3 4 は、周波数切替制御部 1 3 3 5 から受ける切り替えタイミングの通知に応じて利用帯域の中心周波数の情報を遅延部 1 3 3 6 及び第 2 周波数設定部 1 3 3 8 に入力する。

【 0 0 8 5 】

遅延部 1 3 3 6 には、遅延期間の情報が予め設定されている。この遅延期間は、送信装置 1 1 0 の FH 制御部 1 1 2 が有する遅延部 1 1 2 6 に設定された遅延期間と同じである。遅延部 1 3 3 6 は、周波数計算部 1 3 3 4 から入力された利用帯域の中心周波数の情報の出力を遅延させる。例えば、遅延期間が 1 期間の場合、遅延部 1 3 3 6 は、現在の期間に送信された OFDM 信号 1 0 1 の受信に用いる帯域の中心周波数の情報を第 1 周波数設定部 1 3 3 7 に入力する。このとき、次の期間に受信される OFDM 信号 1 0 1 の受信に用いる帯域の中心周波数の情報が、周波数計算部 1 3 3 4 から第 2 周波数設定部 1 3 3 8 へと入力される。

30

【 0 0 8 6 】

第 1 周波数設定部 1 3 3 7 は、遅延部 1 3 3 6 から入力された利用帯域の中心周波数の情報に基づいて第 1 キャリア生成部 1 3 6 により生成される搬送波の周波数を設定する。つまり、第 1 周波数設定部 1 3 3 7 は、OFDM 信号 1 0 1 の受信に用いる帯域の中心周波数を設定する。また、第 2 周波数設定部 1 3 3 8 は、第 2 キャリア生成部 1 3 4 により生成される搬送波の周波数を設定する。つまり、第 2 周波数設定部 1 3 3 8 は、AGC プリアンブル信号 1 0 2 の受信に用いる帯域の中心周波数を設定する。なお、第 1 周波数設定部 1 3 3 7 及び第 2 周波数設定部 1 3 3 8 による利用帯域の中心周波数の設定は、周波数切替制御部 1 3 3 5 による切り替えタイミングの通知に応じて実行される。

40

【 0 0 8 7 】

以上、FH 制御部 1 3 3 についてさらに説明した。

次に、図 9 を参照しながら、OFDM 信号受信部 1 3 7 の例についてさらに説明する。図 9 は、第 2 の実施の形態に係る受信装置が有する OFDM 信号受信部の例を示したブロ

50

ック図である。

【0088】

図9に示すように、OFDM信号受信部137は、位相変換器1371と、ミキサ1372、1374と、ローパスフィルタ1373、1375と、標本化器1376とを有する。さらに、OFDM信号受信部137は、直並列変換器1377と、離散フーリエ変換器1378と、並直列変換器1379と、判定器1380とを有する。

【0089】

OFDM信号受信部137に入力されたOFDM信号101は、ミキサ1372、1374に入力される。ミキサ1372には、位相変換器1371により第1キャリア生成部136から供給された搬送波の位相を $\pi/2$ だけずらした信号が入力される。この信号とOFDM信号101とがミキサ1372によりミキシングされ、ローパスフィルタ1373に入力されてベースバンドOFDM信号の直交(Quadrature-phase)成分が抽出される。ベースバンドOFDM信号の直交成分は、標本化器1376に入力される。

10

【0090】

また、ミキサ1374には第1キャリア生成部136から供給された搬送波が入力され、この搬送波とOFDM信号101とがミキサ1374によりミキシングされる。また、ミキサ1374から出力された信号がローパスフィルタ1375に入力され、ベースバンドOFDM信号の同相(In-phase)成分が抽出される。ベースバンドOFDM信号の同相成分は、標本化器1376に入力される。標本化器1376ではベースバンドOFDM信号の同相成分及び直交成分に基づいて標本化が行われ、標本値が直並列変換器1377に入力される。

20

【0091】

直並列変換器1377に入力された標本値は直並列変換され、離散フーリエ変換器1378により離散フーリエ変換(DFT: Discrete Fourier Transform)が施されて複素シンボルが抽出される。離散フーリエ変換器1378として、例えば、高速フーリエ変換(FFT: Fast Fourier Transform)器を使用できる。抽出された複素シンボルは、並直列変換器1379により並直列変換された後、判定器1380により各複素シンボルに対応するビットが判定され、ユーザデータのビット列が復元される。判定器1380から出力されたユーザデータは、上位レイヤへと出力される。

30

【0092】

以上、OFDM信号受信部137の例についてさらに説明した。なお、図9に示した要素の他、ガードインターバルを除去する要素、デインターリーバ、誤り検出・誤り訂正符号器などの要素を含んでもよい。

【0093】

以上、第2の実施の形態に係る無線通信システム100、送信装置110、及び受信装置130の例について説明した。

ここで、図10及び図11を参照しながら、無線フレームにAGCプリアンプルを挿入して送信する他の周波数ホッピング(FH)方式に係る無線通信システム90の例を紹介する。

【0094】

図10は、他のFH方式に係る無線通信システムの例を示した図である。

40

図10に示すように、FH方式に係る無線通信システム90は、送信装置91と、受信装置92とを含む。送信装置91は、AGCプリアンプルを含む無線フレーム93を送信する。受信装置92は、無線フレーム93を受信し、受信した無線フレーム93からAGCプリアンプルを抽出してAGC処理に利用する。なお、無線フレーム93は、期間毎に異なる周波数で送信される。

【0095】

例えば、無線フレーム93は、図11に示すような方法で送信される。図11は、FH方式に係る送信方法の例を示した図である。

図11に示すように、無線フレーム93は、AGCプリアンプル、同期用プリアンプル

50

、及びユーザデータを含む。A G C プリアンプルは、受信装置 9 2 が受信電力の検出に用いる既知のシンボルである。同期用プリアンブルは、受信装置 9 2 が受信タイミングの微調整や受信周波数の微調整に用いる既知のシンボルである。ユーザデータは、無線通信システム 9 0 において送信装置 9 1 から受信装置 9 2 へと伝送される情報である。

【 0 0 9 6 】

図 1 1 の例では、期間 T_1 において中心周波数 F_1 の帯域で無線フレーム 9 3 が送信される。また、期間 T_1 の次の期間 T_2 では、中心周波数が F_5 に切り替えられ、中心周波数 F_5 の帯域で無線フレーム 9 3 が送信される。同様に、期間 T_3 、 T_4 、... では、それぞれ中心周波数 F_3 、 F_2 、... の帯域で無線フレーム 9 3 が送信される。

【 0 0 9 7 】

以上、他の F H 方式に係る無線通信システム 9 0 の例について説明した。

次に、図 1 2 ~ 図 1 5 を参照しながら、無線通信システム 1 0 0 を適用した場合の効果について述べる。

【 0 0 9 8 】

図 1 2 は、F H 方式の高速化について説明する第 1 の図である。

一例として、1 期間の長さが 1 0 0 0 マイクロ秒である場合について考える。この場合、F H 方式の無線通信システムにおいては、図 1 2 に示すように、1 0 0 0 マイクロ秒毎に利用帯域の中心周波数が切り替えられる。また、A G C プリアンプル及び同期用プリアンブルの長さが合計 3 0 0 マイクロ秒であれば、ユーザデータの長さは 7 0 0 マイクロ秒となる。なお、A G C プリアンプル及び同期用プリアンブルの長さは固定の長さである。A G C プリアンプルの長さを短くすると受信側で A G C 処理を正常に機能させることが難しくなるおそれがあるため、通常は A G C プリアンプルの長さを固定する。

【 0 0 9 9 】

周波数ホッピングを短周期化（搬送波周波数の切り替えを高速化）する場合、周波数ホッピングのタイミング及びユーザデータの長さは、図 1 3 のようになる。図 1 3 は、F H 方式の高速化について説明する第 2 の図である。

【 0 1 0 0 】

例えば、周波数ホッピングの周期を $1/2$ にする場合、図 1 3 に示すように、1 期間の長さは、5 0 0 マイクロ秒になる。この場合、1 期間に送信可能な無線フレームの長さも 5 0 0 マイクロ秒になるが、上記のように A G C プリアンプル及び同期用プリアンブルの長さは固定の長さである。従って、無線通信システム 9 0 を適用する場合、ユーザデータの長さは、2 0 0 マイクロ秒に短縮される。一方、無線通信システム 1 0 0 を適用する場合、A G C プリアンプルを含まない分、短縮される割合が小さくて済む。

【 0 1 0 1 】

長周期の場合及び短周期の場合における伝送効率の違いについて図 1 4 にまとめた。図 1 4 は、第 2 の実施の形態に係る無線通信システムを適用した場合に得られる効果について説明した第 1 の図である。なお、図 1 4 において、長周期（搬送波周波数の切り替えが低速）の場合とは図 1 2 の例を示し、短周期（搬送波周波数の切り替えが高速）の場合（A）とは図 1 3 の例を示す。短周期の場合（B）とは無線通信システム 1 0 0 を適用した場合の例を示す。

【 0 1 0 2 】

図 1 4 に示すように、長周期の場合、A G C プリアンプルの長さと同様用プリアンブルの長さを合計した固定シンボル長は、3 0 0 マイクロ秒である。また、無線フレームの長さが 1 0 0 0 マイクロ秒であることから、ユーザデータの長さは 7 0 0 マイクロ秒となる。従って、無線フレームに占めるユーザデータの割合を示す伝送効率は 7 0 % となる。

【 0 1 0 3 】

同様にして短周期の場合（A）における伝送効率を計算すると、その伝送効率は 4 0 % となる。一方、無線通信システム 1 0 0 のように A G C プリアンプルを無線フレームに含めない構造にすると、短周期の場合（B）に示すように、周波数ホッピングを高速化しても高い伝送効率（7 0 %）を維持することが可能になる。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 4 】

なお、A G C プリアンブル長及び同期用プリアンブル長を図 1 4 に示した値に設定し、無線フレーム長を変化させた場合、無線フレーム長と伝送効率との関係は、図 1 5 のようになる。図 1 5 は、第 2 の実施の形態に係る無線通信システムを適用した場合に得られる効果について説明した第 2 の図である。但し、図 1 5 に破線で示したグラフは、A G C プリアンブル長が 1 5 0 マイクロ秒、同期用プリアンブル長が 1 5 0 マイクロ秒に設定された場合のデータを示している。一方、図 1 5 に実線で示したグラフは、無線フレームに含まれる A G C プリアンブル長を 0 とし、同期用プリアンブル長を 1 5 0 マイクロ秒に設定した場合のデータを示している。

【 0 1 0 5 】

10

図 1 5 から分かるように、無線フレーム長を短くするにつれて実線と破線との間隔が大きくなる。つまり、周波数ホッピングの周期を短くして 1 期間に送信される無線フレームの長さを短縮する場合に、無線フレームより前に A G C プリアンブルを送信することで、無線フレームに A G C プリアンブルを含めるよりも伝送効率の低下を抑制することが可能になる。なお、無線通信システム 1 0 0 は、A G C プリアンブル信号 1 0 2 を別途送信しており、受信装置 1 3 0 で適切に A G C 処理を行っている。そのため、受信品質及び伝送効率を維持しつつ、周波数ホッピングの高速化を実現することができる。

【 0 1 0 6 】

以上、無線通信システム 1 0 0 を適用した場合の効果について説明した。

次に、図 1 6 及び図 1 7 を参照しながら、第 2 の実施の形態に係る O F D M 信号 1 0 1 及び A G C プリアンブル信号 1 0 2 の送信方法について説明する。

20

【 0 1 0 7 】

図 1 6 は、第 2 の実施の形態に係る送信方法の例を示した第 1 の図である。

図 1 6 には、周波数ホッピングを開始するまでに送信される A G C プリアンブル信号 1 0 2 及び O F D M 信号 1 0 1 の送信方法が示されている。なお、図 1 6 は、ハッチングが施された領域に対応する期間に、その領域に対応する周波数の帯域で信号が送信されることを示している。但し、各領域に対応する信号は、その領域に対応する帯域の全てを利用して送信されなくてもよい。

【 0 1 0 8 】

図 1 6 に示すように、送信処理を開始すると、送信装置 1 1 0 は、一定期間、A G C プリアンブル信号 1 0 2 を送信する。図 1 6 の例では、期間 T_1 、 T_2 、...、 T_5 の期間、中心周波数 F_1 の帯域 D_1 で A G C プリアンブル信号 1 0 2 が送信される。この期間に送信された A G C プリアンブル信号 1 0 2 は、受信装置 1 3 0 により受信され、A G C 引き込み処理に利用される。そのため、A G C 引き込み処理を行うのに十分な長さの A G C プリアンブル信号 1 0 2 が送信される。なお、A G C 引き込み処理に用いる A G C プリアンブル信号 1 0 2 の送信に利用する中心周波数 F_1 は予め設定される。

30

【 0 1 0 9 】

A G C プリアンブル信号 1 0 2 が送信された後、周波数ホッピングの開始前までに少なくとも予め設定された期間だけ O F D M 信号 1 0 1 が送信される。図 1 6 の例では、期間 T_6 、 T_7 に O F D M 信号 1 0 1 が送信されている。また、図 1 6 の例では期間 T_{10} から O F D M 信号 1 0 1 の周波数ホッピングが開始されるため、期間 T_9 までの期間に O F D M 信号 1 0 1 が継続的に送信されている。なお、A G C プリアンブル信号 1 0 2 の受信電力に基づいて受信装置 1 3 0 による利得制御が行われるため、A G C プリアンブル信号 1 0 2 の周波数ホッピングは、O F D M 信号の周波数ホッピングが開始される期間 (T_{10}) よりも前の期間 (T_9) に開始される。

40

【 0 1 1 0 】

また、周波数ホッピングが開始される前に送信される O F D M 信号 1 0 1 には、周波数ホッピングの開始時刻を示す情報がユーザデータとして含まれる。例えば、期間 T_9 に A G C プリアンブル信号 1 0 2 の周波数ホッピングを開始することを示す情報が O F D M 信号 1 0 1 に乗せて受信装置 1 3 0 に伝達される。

50

【 0 1 1 1 】

受信装置 1 3 0 は、OFDM 信号 1 0 1 に乗せて伝達された周波数ホッピングの開始時刻を参照して、送信装置 1 1 0 との間で周波数ホッピングの開始時刻を合わせる。

AGC プリアンブル信号 1 0 2 の周波数ホッピング開始時刻になると、AGC プリアンブル信号 1 0 2 の利用帯域の中心周波数が切り替えられる。図 1 6 の例では、次の期間 T_{10} に送信される OFDM 信号 1 0 1 の中心周波数 F_5 と同じ周波数に AGC プリアンブル信号 1 0 2 の中心周波数が切り替えられ、その中心周波数の帯域で期間 T_9 に AGC プリアンブル信号 1 0 2 が送信されている。期間 T_{10} では、中心周波数 T_5 の帯域で OFDM 信号 1 0 1 が送信されている。また、期間 T_{11} に送信される OFDM 信号 1 0 1 と同じ中心周波数の帯域で期間 T_{10} に AGC プリアンブル信号 1 0 2 が送信されている。

10

【 0 1 1 2 】

周波数ホッピングの開始後、図 1 7 に示すように、利用帯域の中心周波数が期間毎に切り替えられながら、OFDM 信号 1 0 1 及び AGC プリアンブル信号 1 0 2 が送信される。図 1 7 は、第 2 の実施の形態に係る送信方法の例を示した第 2 の図である。

【 0 1 1 3 】

図 1 7 の例では、期間 T_9 以降、OFDM 信号 1 0 1 の中心周波数が F_1 、 F_5 、 F_3 、 F_2 、 F_4 ... の順で期間毎に切り替えられている。また、この切り替えに伴い、期間 T_9 以降、AGC プリアンブル信号 1 0 2 の中心周波数が F_5 、 F_3 、 F_2 、 F_4 、... の順で期間毎に切り替えられている。但し、ある期間に送信される OFDM 信号 1 0 1 の中心周波数と同じ周波数で、その前の期間に AGC プリアンブル信号 1 0 2 が送信されている。そのため、ある期間に OFDM 信号 1 0 1 を受信した受信装置 1 3 0 は、その前の期間に受信した AGC プリアンブル信号 1 0 2 の受信電力に基づいて利得制御ができる。

20

【 0 1 1 4 】

また、OFDM 信号 1 0 1 に AGC プリアンブルが含まれないため、周波数ホッピングを高速化しても無線フレームに占める AGC プリアンブルの割合は 0 のままであり、周波数ホッピングの高速化に伴う伝送効率の低下が抑制される。また、OFDM 信号 1 0 1 の受信前に、その OFDM 信号 1 0 1 と同じ中心周波数で送信された AGC プリアンブル信号 1 0 2 が受信装置 1 3 0 で得られているため、その AGC プリアンブル信号 1 0 2 の受信電力に基づく適切な利得制御が可能になる。

【 0 1 1 5 】

なお、図 1 6 及び図 1 7 の例では AGC プリアンブル信号 1 0 2 が各期間の全体（無線フレームと同じ長さ）で送信されるように記載されていたが、期間の一部（無線フレームより短い時間）だけで送信されるようにしてもよい。例えば、無線フレームの長さが 1 ミリ秒の場合に、150 マイクロ秒だけ AGC プリアンブル信号 1 0 2 が送信されるようにしてもよい。

30

【 0 1 1 6 】

次に、図 1 8 ~ 図 2 0 を参照しながら、無線通信システム 1 0 0 の変形例を説明する。当該変形例に係る無線通信システム 1 0 0 A、1 0 0 B は、隣接する両システムで送信される信号同士の干渉が生じないように利用帯域の制限や帯域制御などを行う。例えば、無線通信システム 1 0 0 A、1 0 0 B は、無線フレームを伝送する信号の利用帯域と送信タイミングとが隣接する両システム間で重ならないようにスケジューリングを行う。

40

【 0 1 1 7 】

図 1 8 は、複数の無線通信システム間の干渉について説明した図である。

無線通信システム 1 0 0 A は、同じ期間に OFDM 信号 1 0 1 A 及び AGC プリアンブル信号 1 0 2 A を異なる中心周波数の帯域で送信する。同様に、無線通信システム 1 0 0 B は、同じ期間に OFDM 信号 1 0 1 B 及び AGC プリアンブル信号 1 0 2 B を異なる中心周波数の帯域で送信する。そこで、無線通信システム 1 0 0 A、1 0 0 B は、無線フレームを伝送する OFDM 信号 1 0 1 A、1 0 1 B の利用帯域及び送信タイミングを適切にスケジューリングしつつ、AGC プリアンブル信号 1 0 2 A、1 0 2 B との干渉が生じないようにする。

50

【 0 1 1 8 】

OFDM信号のスペクトラム波形は、図19のような形状をしている。図19は、OFDM信号のスペクトラム波形を示した図である。図19に示すように、OFDM信号は、中心周波数の前後に複数のサブキャリアを配置したスペクトラム波形を有する。一般に、中心周波数のサブキャリア（ゼロキャリア）は、受信側における復調の困難性やノイズ誤差などの影響を受けやすい性質があるために利用されない。従って、OFDM信号は、ゼロキャリアで送信される他の信号と干渉しない。

【 0 1 1 9 】

そこで、図20に示すように、同じ期間に送信されるOFDM信号101のゼロキャリアを利用してAGCプリアンブル信号102を送信する方法を提案する。図20は、複数の無線通信システム間の干渉を回避する方法について説明した図である。なお、図20の中で、Aと表示されたハッチング部分は無線通信システム100Aで送信される信号を表し、Bと表示されたハッチング部分は無線通信システム100Bで送信される信号を表す。

10

【 0 1 2 0 】

図20の例では、期間 T_9 において、ゼロキャリアを含まないOFDM信号101A、101Bが互いに異なる帯域で送信されている。また、期間 T_9 において、期間 T_{10} に送信されるOFDM信号101AのゼロキャリアでAGCプリアンブル信号102Aが送信され、期間 T_{10} に送信されるOFDM信号101BのゼロキャリアでAGCプリアンブル信号102Bが送信されている。期間 T_9 においては、OFDM信号101A、101B、AGCプリアンブル信号102A、102Bがそれぞれ異なる中心周波数で送信されているため、干渉は生じない。

20

【 0 1 2 1 】

一方、期間 T_{11} に注目すると、OFDM信号101B及びAGCプリアンブル信号102Aが同じ中心周波数 F_2 で送信されている。仮にAGCプリアンブル信号102Aがゼロキャリア以外で送信されたならば、期間 T_{11} でOFDM信号101BとAGCプリアンブル信号102Aとが干渉し得る。しかし、AGCプリアンブル信号102Aがゼロキャリアで送信されているため、期間 T_{11} でOFDM信号101BとAGCプリアンブル信号102Aとの干渉が生じない。図20の例における期間 T_{13} 、 T_{16} 、 T_{18} においても同様である。

30

【 0 1 2 2 】

上記のような方法を適用すれば、OFDM信号101A、101Bの中心周波数及び送信タイミングだけを適切にスケジューリングすることで容易に干渉を回避することができる。つまり、次の期間に送信されるOFDM信号101の中心周波数で送信されるAGCプリアンブル信号102の利用帯域及び送信タイミングを考慮せずとも干渉を回避することが可能になる。また、OFDM方式ではほとんど利用されないゼロキャリアを利用するため、無線帯域の有効利用に寄与する。

【 0 1 2 3 】

以上、第2の実施の形態に係るOFDM信号101及びAGCプリアンブル信号102の送信方法について説明した。

40

次に、図21～図23を参照しながら、第2の実施の形態に係る送信装置110及び受信装置130の動作について説明する。

【 0 1 2 4 】

まず、送信シーケンスに沿って送信装置110の動作を説明する。図21は、第2の実施の形態に係る送信装置の動作の例を示した図である。

(S101) ユーザがFH規則及び初期周波数の情報を送信装置110に入力し、FH規則及び初期周波数を設定する。なお、初期周波数は、周波数ホッピングの開始前に送信されるAGCプリアンブル信号102及びOFDM信号101の送信に利用する帯域の中心周波数である。また、受信装置130にも同じFH規則及び初期周波数が設定される。ユーザにより設定されたFH規則及び初期周波数の情報はFH制御部112に入力される

50

。

【 0 1 2 5 】

(S 1 0 2) ユーザにより送信開始の指示が制御部 1 1 1 に入力される。

(S 1 0 3) S 1 0 2 で入力された送信開始の指示に応じて、制御部 1 1 1 は、F H 制御部 1 1 2 に対し、第 1 キャリア生成部 1 1 4 及び第 2 キャリア生成部 1 1 6 に初期周波数を設定するように指示を送る。

【 0 1 2 6 】

(S 1 0 4) S 1 0 3 で送られた指示に応じて、F H 制御部 1 1 2 は、第 2 キャリア生成部 1 1 6 に初期周波数を設定する。

(S 1 0 5) S 1 0 3 で送られた指示に応じて、F H 制御部 1 1 2 は、第 1 キャリア生成部 1 1 4 に初期周波数を設定する。なお、S 1 0 5 の処理は、S 1 0 4 の処理と順序を入れ替えてもよい。

10

【 0 1 2 7 】

(S 1 0 6) 制御部 1 1 1 は、A G C プリアンブル信号送信部 1 1 7 に対し、周波数ホッピングの開始前に A G C 引き込み処理に利用される A G C プリアンブル信号 1 0 2 の送信開始を指示する。

【 0 1 2 8 】

(S 1 0 7) 制御部 1 1 1 は、O F D M 信号送信部 1 1 5 に対し、周波数ホッピングの開始前に送信される O F D M 信号 1 0 1 の送信開始を指示する。

(S 1 0 8) 制御部 1 1 1 は、F H 制御部 1 1 2 に対して周波数ホッピングの開始を指示する。

20

【 0 1 2 9 】

(S 1 0 9) 周波数ホッピングの開始を指示された F H 制御部 1 1 2 は、A G C プリアンブルの周波数ホッピングの開始時刻を制御部 1 1 1 に通知する。

(S 1 1 0) 周波数ホッピングの開始時刻を通知された制御部 1 1 1 は、O F D M 信号送信部 1 1 5 に対して周波数ホッピングの開始時刻を設定する。

【 0 1 3 0 】

(S 1 1 1) 周波数ホッピングの開始時刻が設定された O F D M 信号送信部 1 1 5 は、周波数ホッピングの開始前に送信する O F D M 信号 1 0 1 に乗せて、A G C プリアンブルの周波数ホッピングの開始時刻を示す情報を受信装置 1 3 0 に送信する。

30

【 0 1 3 1 】

なお、図 2 1 の符号 L で示した領域に含まれる処理 S 1 1 2 ~ S 1 1 8 は、周波数ホッピングの開始後に実行される処理である。また、これらの処理は、S 1 1 9 の処理で送信終了の指示を受けるまで繰り返し実行される。

【 0 1 3 2 】

(S 1 1 2) F H 制御部 1 1 2 は、G P S 信号から抽出したタイミング信号を用いて周波数ホッピングの周期を示す F H タイミング信号を生成する。

(S 1 1 3) F H タイミング信号を取得した F H 制御部 1 1 2 は、F H タイミング信号を制御部 1 1 1 に通知する。

【 0 1 3 3 】

(S 1 1 4) F H 制御部 1 1 2 は、F H 規則、及び G P S 信号から生成した絶対時刻の情報に基づいて次の期間に送信される O F D M 信号 1 0 1 の利用帯域の中心周波数を計算する。

40

【 0 1 3 4 】

(S 1 1 5) F H 制御部 1 1 2 は、次の期間に送信される O F D M 信号 1 0 1 の利用帯域の中心周波数を第 2 キャリア生成部 1 1 6 に設定する。

(S 1 1 6) F H 制御部 1 1 2 は、現在の期間に送信される O F D M 信号 1 0 1 の利用帯域の中心周波数 (前回の S 1 1 4 の処理で計算した利用帯域の中心周波数) を第 1 キャリア生成部 1 1 4 に設定する。なお、S 1 1 6 の処理は、S 1 1 5 の処理と順序を入れ替えてもよい。

50

【 0 1 3 5 】

(S 1 1 7) 制御部 1 1 1 は、A G C プリアンブル信号送信部 1 1 7 に対して 1 期間分の A G C プリアンブル信号 1 0 2 を送信するように指示する。

(S 1 1 8) 制御部 1 1 1 は、O F D M 信号送信部 1 1 5 に対して 1 期間分の O F D M 信号 1 0 1 を送信するように指示する。

【 0 1 3 6 】

(S 1 1 9) ユーザから受けた送信終了の指示が制御部 1 1 1 に入力される。

(S 1 2 0) 送信終了の指示が入力された制御部 1 1 1 は、A G C プリアンブル信号送信部 1 1 7 に対して送信終了を指示する。この指示を受けた A G C プリアンブル信号送信部 1 1 7 は、最後に設定された中心周波数の帯域で 1 期間分の A G C プリアンブル信号 1 0 2 を送信する。

10

【 0 1 3 7 】

(S 1 2 1) 送信終了の指示が入力された制御部 1 1 1 は、O F D M 信号送信部 1 1 5 に対して送信終了を指示する。この指示を受けた O F D M 信号送信部 1 1 5 は、最後に設定された中心周波数の帯域で 1 期間分の O F D M 信号 1 0 1 を送信する。S 1 2 1 の処理を終えると、送信シーケンスにおける送信装置 1 1 0 の動作は終了する。

【 0 1 3 8 】

以上、送信装置 1 1 0 の動作について説明した。

次に、受信シーケンスに沿って受信装置 1 3 0 の動作を説明する。図 2 2 は、第 2 の実施の形態に係る受信装置の動作の例を示した図である。

20

【 0 1 3 9 】

(S 2 0 1) ユーザが F H 規則及び初期周波数の情報を受信装置 1 3 0 に入力し、F H 規則及び初期周波数を設定する。ユーザにより設定された F H 規則及び初期周波数の情報は F H 制御部 1 3 3 に入力される。

【 0 1 4 0 】

(S 2 0 2) ユーザにより受信開始の指示が制御部 1 3 1 に入力される。

(S 2 0 3) S 2 0 2 で入力された受信開始の指示に応じて、制御部 1 3 1 は、F H 制御部 1 3 3 に対し、第 1 キャリア生成部 1 3 6 及び第 2 キャリア生成部 1 3 4 に初期周波数を設定するように指示を送る。

【 0 1 4 1 】

(S 2 0 4) S 2 0 3 で送られた指示に応じて、F H 制御部 1 3 3 は、第 2 キャリア生成部 1 3 4 に初期周波数を設定する。

(S 2 0 5) S 2 0 3 で送られた指示に応じて、F H 制御部 1 3 3 は、第 1 キャリア生成部 1 3 6 に初期周波数を設定する。なお、S 2 0 5 の処理は、S 2 0 4 の処理と順序を入れ替えてもよい。

30

【 0 1 4 2 】

(S 2 0 6) 制御部 1 3 1 は、A G C プリアンブル信号受信部 1 3 5 に対して受信開始を指示する。

(S 2 0 7) A G C プリアンブル信号受信部 1 3 5 は、受信開始の指示に応じて、周波数ホッピングの開始前に送信装置 1 1 0 から送信される A G C プリアンブル信号 1 0 2 を受信し、A G C プリアンブル信号 1 0 2 の受信電力を利得制御部 1 4 0 に通知する。

40

【 0 1 4 3 】

(S 2 0 8) A G C プリアンブル信号 1 0 2 の受信電力が通知された利得制御部 1 4 0 は、通知された受信電力に基づいて受信アンプ 1 3 9 の利得制御を実施する。

(S 2 0 9) 利得制御を完了した利得制御部 1 4 0 は、制御部 1 3 1 に対し、A G C 引き込み処理の完了を通知する。

【 0 1 4 4 】

(S 2 1 0) A G C 引き込み処理の完了通知を受けた制御部 1 3 1 は、O F D M 信号受信部 1 3 7 に対して受信開始を指示する。

(S 2 1 1) 受信開始の指示を受けた O F D M 信号受信部 1 3 7 は、周波数ホッピング

50

の開始前に送信装置 110 から送信された OFDM 信号 101 を受信する。また、OFDM 信号受信部 137 は、受信した OFDM 信号 101 を復調して AGC プリアンプの周波数ホッピングの開始時刻を示す情報を抽出する。

【0145】

(S212) 周波数ホッピングの開始時刻を示す情報を得た OFDM 信号受信部 137 は、制御部 131 に対して周波数ホッピングの開始時刻を通知する。

(S213) 周波数ホッピングの開始時刻を通知された制御部 131 は、FH 制御部 133 に対して、AGC プリアンプの周波数ホッピングの開始時刻を設定する。

【0146】

なお、図 22 の符号 L で示した領域に含まれる処理 S214 ~ S224 は、周波数ホッピングの開始後に実行される処理である。また、これらの処理は、S225 の処理で受信終了の指示を受けるまで繰り返し実行される。

10

【0147】

(S214) FH 制御部 133 は、GPS 信号から抽出したタイミング信号を用いて周波数ホッピングの周期を示す FH タイミング信号を生成する。

(S215) FH タイミング信号を取得した FH 制御部 133 は、FH タイミング信号を制御部 131 に通知する。

【0148】

(S216) FH 制御部 133 は、FH 規則、及び GPS 信号から生成した絶対時刻の情報に基づいて次の期間に受信される OFDM 信号 101 の利用帯域の中心周波数を計算する。

20

【0149】

(S217) FH 制御部 133 は、次の期間に受信される OFDM 信号 101 の利用帯域の中心周波数を第 2 キャリア生成部 134 に設定する。

(S218) FH 制御部 133 は、現在の期間に受信される OFDM 信号 101 の利用帯域の中心周波数(前回の S216 の処理で計算した利用帯域の中心周波数)を第 1 キャリア生成部 136 に設定する。なお、S218 の処理は、S217 の処理と順序を入れ替えてもよい。

【0150】

(S219) 制御部 133 は、AGC プリアンプ信号受信部 135 に対して 1 期間分の AGC プリアンプ信号 102 を受信するように指示する。

30

(S220) 制御部 131 は、利得制御部 140 に対して AGC プリアンプ信号 102 の受信電力を検出するように指示する。

【0151】

(S221) 利得制御部 140 は、次の期間で OFDM 信号 101 が送信される際に利用する中心周波数の帯域において受信された AGC プリアンプ信号 102 の受信電力を検出する。

【0152】

(S222) 制御部 131 は、利得制御部 140 に対して受信アンプ 139 における信号の増幅度を制御するように指示する。

40

(S223) 利得制御部 140 は、現在の期間よりも 1 つ前の期間に受信された AGC プリアンプ信号 102 から検出された受信電力に基づいて受信アンプ 139 における信号の増幅度を制御する。なお、上記の S221 で検出された受信電力は、今回の S223 の処理ではなく次回の S223 の処理で利用されることになる。

【0153】

(S224) 制御部 131 は、OFDM 信号受信部 137 に対して 1 期間分の OFDM 信号 101 を受信するように指示する。

(S225) ユーザから受けた受信終了の指示が制御部 131 に入力される。S225 の処理を終えると、受信シーケンスにおける受信装置 130 の動作は終了する。

【0154】

50

以上、受信装置 130 の動作について説明した。

次に、図 23 を参照しながら、送信装置 110 と受信装置 130 との間で行われる信号の送受信を含めた無線通信システム 100 における処理の流れについて説明する。図 23 は、第 2 の実施の形態に係る送信装置及び受信装置の動作シーケンスの例を示した図である。なお、図 23 には、一例として、初期周波数を F_1 とし、周波数ホッピングによって中心周波数を F_5 、 F_3 へと順次切り替える処理の流れを示した。

【0155】

(S301) 送信装置 110 は、初期周波数 F_1 を設定する。

(S302) 送信装置 110 は、周波数ホッピングの開始時刻を設定する。

(S303) 送信装置 110 は、周波数 F_1 で A G C プリアンブル信号 102 を受信装置 130 に送信する。 10

【0156】

(S304) S303 の処理で A G C プリアンブル信号 102 が送信される前に、受信装置 130 は、初期周波数 F_1 を設定する。

(S305) 受信装置 130 は、初期周波数 F_1 で A G C プリアンブル信号 102 を受信し、A G C 引き込み処理を実行する。

【0157】

(S306) 送信装置 110 は、初期周波数 F_1 で O F D M 信号 101 を受信装置 130 に送信する。

(S307) 受信装置 130 は、初期周波数 F_1 で O F D M 信号 101 を受信し、O F D M 信号 101 を復調して周波数ホッピングの開始時刻を取得する。 20

【0158】

(S308、S309) 送信装置 110 及び受信装置 130 は、周波数ホッピングを開始する。

(S310) 送信装置 110 は、A G C プリアンブル信号 102 の送信に用いる帯域の中心周波数を F_5 に設定する。つまり、送信装置 110 は、次の期間に送信される O F D M 信号 101 の送信に用いる帯域の中心周波数 F_5 を A G C プリアンブル信号 102 の送信に用いる帯域の中心周波数に設定する。

【0159】

(S311) 受信装置 130 は、A G C プリアンブル信号 102 の受信に用いる帯域の中心周波数を F_5 に設定する。つまり、受信装置 130 は、次の期間に受信される O F D M 信号 101 の受信に用いる帯域の中心周波数 F_5 を A G C プリアンブル信号 102 の受信に用いる帯域の中心周波数に設定する。 30

【0160】

(S312) 送信装置 110 は、中心周波数 F_5 の帯域で A G C プリアンブル信号 102 を受信装置 130 に送信する。

(S313) 受信装置 130 は、中心周波数 F_5 の帯域で A G C プリアンブル信号 102 を受信し、受信した A G C プリアンブル信号 102 の受信電力を検出する。

【0161】

(S314) 送信装置 110 は、中心周波数 F_1 の帯域で O F D M 信号 101 を受信装置 130 に送信する。 40

(S315) 受信装置 130 は、中心周波数 F_1 の帯域で O F D M 信号 101 を受信し、受信した O F D M 信号 101 を復調する。

【0162】

(S316) 送信装置 110 は、A G C プリアンブル信号 102 の送信に用いる帯域の中心周波数を F_3 に設定する。つまり、送信装置 110 は、次の期間に送信される O F D M 信号 101 の送信に用いる帯域の中心周波数 F_3 を A G C プリアンブル信号 102 の送信に用いる帯域の中心周波数に設定する。また、送信装置 110 は、O F D M 信号 101 の送信に用いる帯域の中心周波数を F_5 に設定する。

【0163】

(S317) 受信装置130は、AGCプリアンブル信号102の受信に用いる帯域の中心周波数を F_3 に設定する。つまり、受信装置130は、次の期間に受信されるOFDM信号101の受信に用いる帯域の中心周波数 F_3 をAGCプリアンブル信号102の受信に用いる帯域の中心周波数に設定する。また、受信装置130は、OFDM信号101の受信に用いる帯域の中心周波数を F_5 に設定する。

【0164】

(S318) 送信装置110は、中心周波数 F_3 の帯域でAGCプリアンブル信号102を送信する。

(S319) 受信装置130は、中心周波数 F_3 の帯域でAGCプリアンブル信号102を受信し、受信したAGCプリアンブル信号102の受信電力を検出する。

10

【0165】

(S320) 受信装置130は、S313の処理で検出した受信電力に基づいて受信アンプ139による信号の増幅度を制御する。

(S321) 送信装置110は、中心周波数 F_5 の帯域でOFDM信号101を送信する。

【0166】

(S322) 受信装置130は、S320で設定された増幅度に従って中心周波数 F_5 の帯域でOFDM信号101を受信し、受信したOFDM信号101を復調する。

送信処理及び受信処理の終了が指示されるまで、AGCプリアンブル信号102及びOFDM信号101の送受信に用いる帯域の中心周波数が切り替えられながら、S316～S322と同様の処理が繰り返し実行される。送信処理及び受信処理の終了が指示されると、送信装置110及び受信装置130の動作は終了する。

20

【0167】

以上、無線通信システム100における処理の流れについて説明した。

ここで、第2の実施の形態の一変形例について説明する。これまで、次の期間に送信されるOFDM信号101の利用帯域の中心周波数で、現在の期間に送信されるAGCプリアンブル信号102を送信する方法について説明してきた。しかし、現在の期間に送信されるAGCプリアンブル信号102の利用帯域の中心周波数は、図24に示すように、2つ後の期間に送信されるOFDM信号101の利用帯域の中心周波数に設定されてもよい。図24は、第2の実施の形態の一変形例に係る送信方法の例を示した図である。

30

【0168】

図24の例では、期間 T_0 に送信されるAGCプリアンブル信号102は、中心周波数 F_3 の帯域で送信される。この中心周波数 F_3 は、2つ後の期間 T_{11} に送信されるOFDM信号101の送信に用いる帯域の中心周波数である。この場合、受信装置130は、期間 T_0 で受信したAGCプリアンブル信号102の受信電力を用いて、期間 T_{11} でOFDM信号101を受信する際の利得制御を行う。

【0169】

このように、同じ中心周波数の帯域で送信されるOFDM信号101とAGCプリアンブル信号102との送信タイミングを離すことで、OFDM信号101の送信帯域を外部から推測されにくくする効果が期待できる。

40

【0170】

また、同じ中心周波数の帯域で送信されるOFDM信号101とAGCプリアンブル信号102との送信タイミングを離す間隔は、3以上の期間であってもよい。但し、状況が短時間に变化するような伝搬路を利用する場合には、あまり長い期間に設定しない方が好ましい。例えば、図20に示したように、次の期間に送信されるOFDM信号101と同じ中心周波数の帯域でAGCプリアンブル信号102を送信する方が、直前の伝搬路の状況を反映したAGC処理が可能になり、処理精度が向上する。

【0171】

以上、第2の実施の形態の一変形例について説明した。

【符号の説明】

50

【 0 1 7 2 】

5、100、100A、100B 無線通信システム

10、110 送信装置

11 送信部

12、22、111、131 制御部

20、130 受信装置

21 受信部

31a、31b データ信号

32 既知信号

101、101A、101B OFDM信号

102、102A、102B AGCプリアンブル信号

112、133 FH制御部

113、132 GPSアンテナ

114、136 第1キャリア生成部

115 OFDM信号送信部

116、134 第2キャリア生成部

117 AGCプリアンブル信号送信部

118 ミキサ

119 送信アンプ

120 送信アンテナ

135 AGCプリアンブル信号受信部

137 OFDM信号受信部

138 受信アンテナ

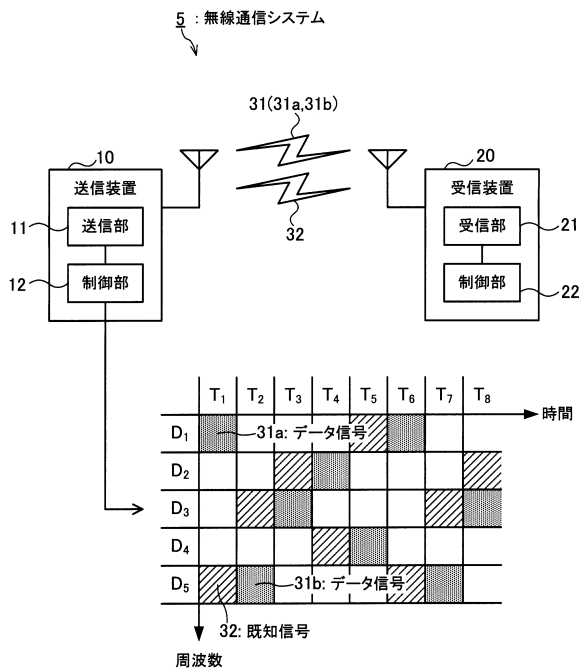
139 受信アンプ

140 利得制御部

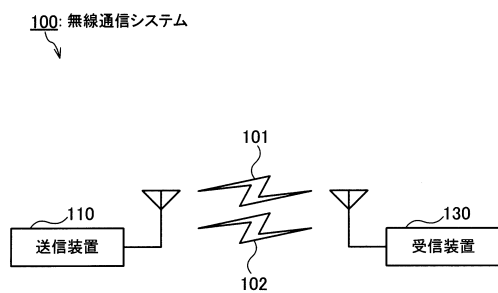
10

20

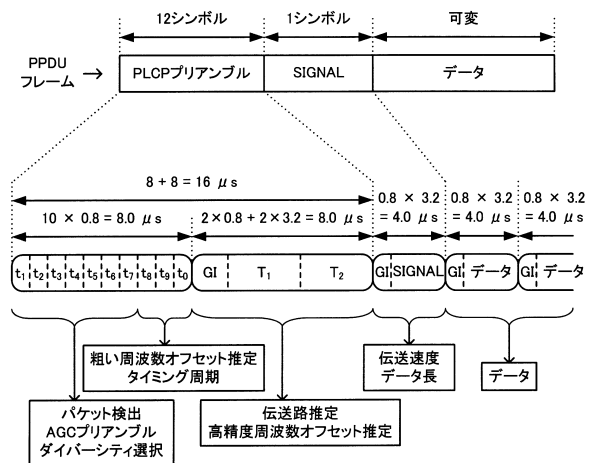
【 図 1 】



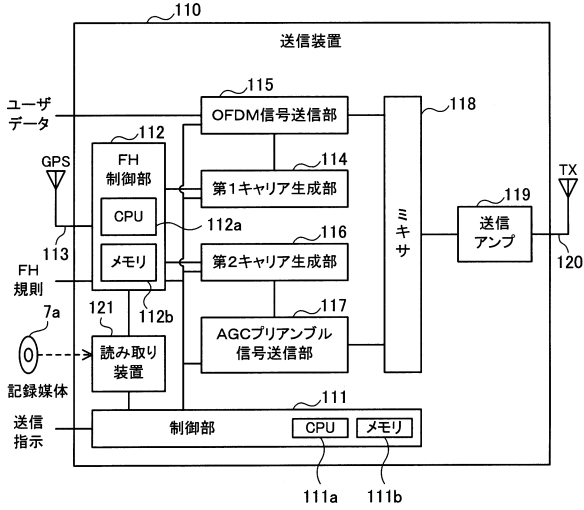
【 図 2 】



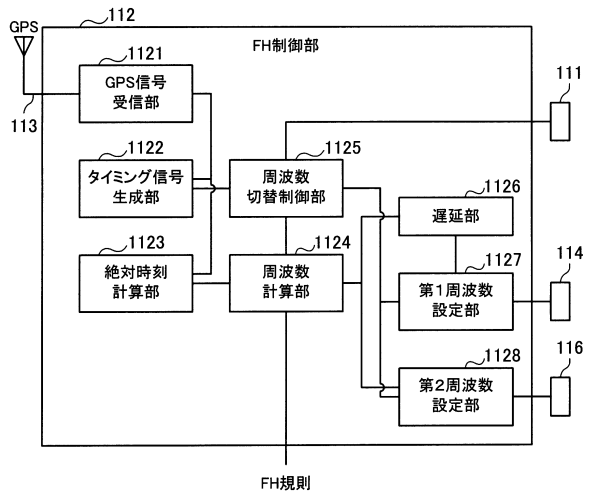
【 図 3 】



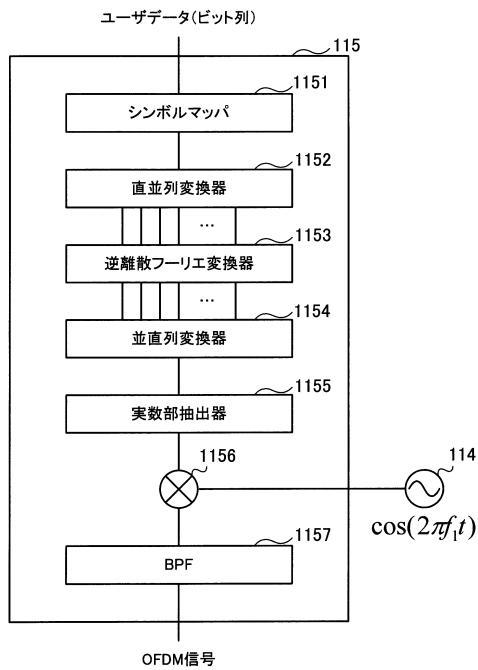
【図4】



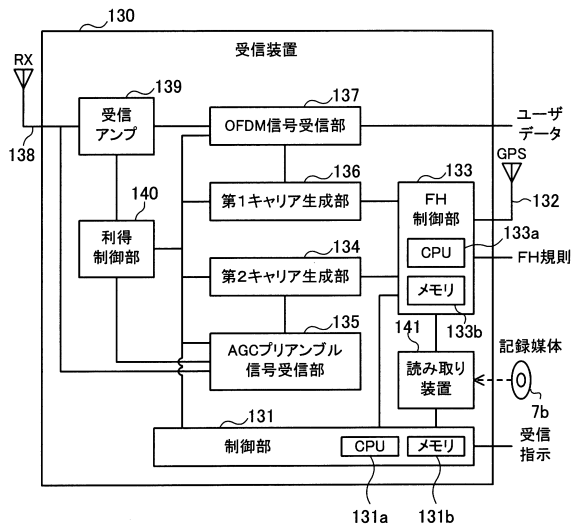
【図5】



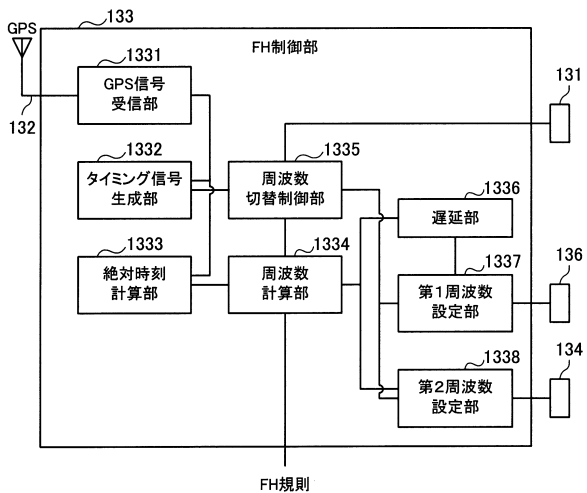
【図6】



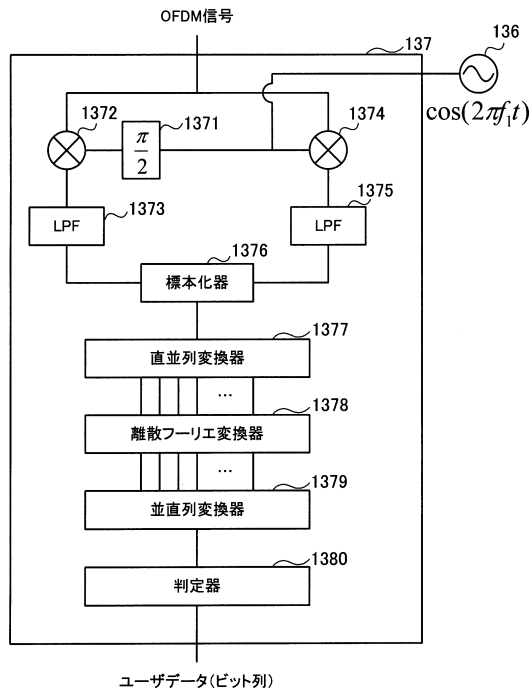
【図7】



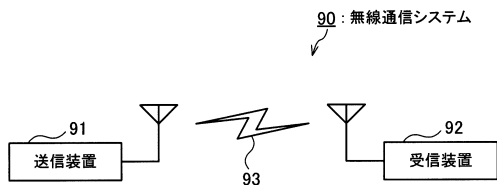
【図8】



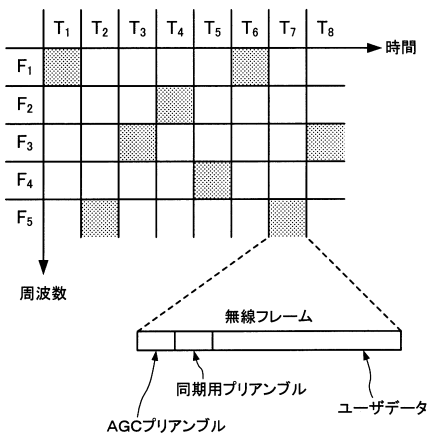
【図9】



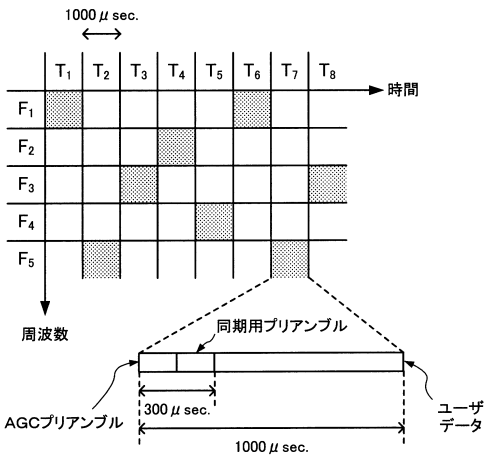
【図10】



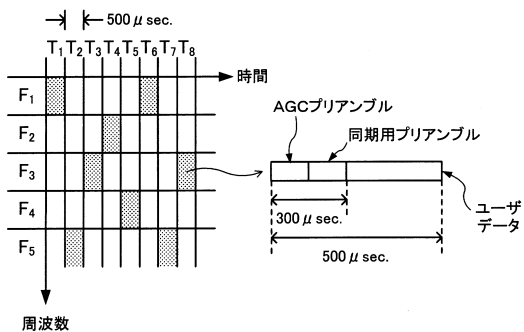
【図11】



【図12】



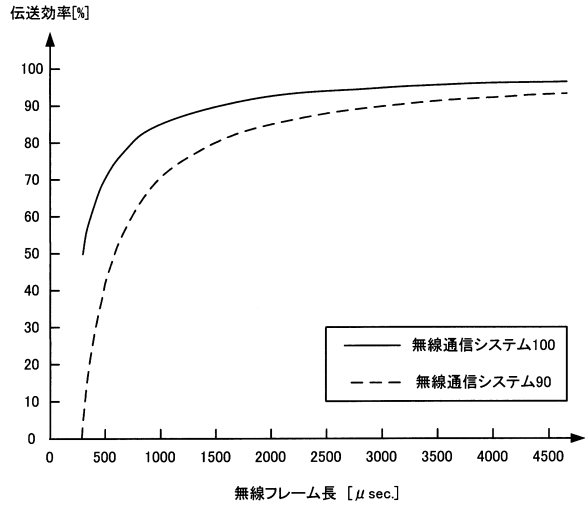
【図13】



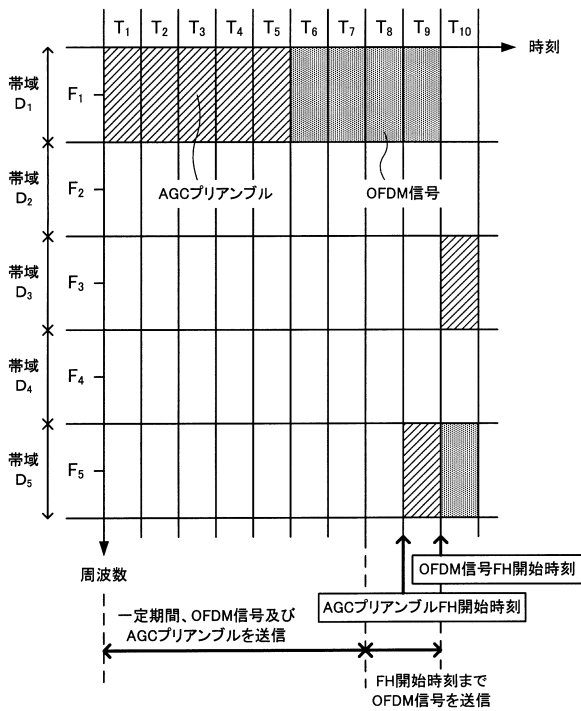
【図14】

| 項目 | 長周期の場合 | 短周期の場合 | |
|-----------------------------------|-------------------|------------------|------------------|
| | | (A) | (B) |
| AGCプリアンブル長 | 150 [μ sec] | 150 [μ sec] | 0 [μ sec] |
| 同期用プリアンブル長 | 150 [μ sec] | 150 [μ sec] | 150 [μ sec] |
| ユーザデータ長 | 700 [μ sec] | 200 [μ sec] | 350 [μ sec] |
| 無線フレーム長 (ユーザデータ長+ 固定シンボル長) | 1000 [μ sec] | 500 [μ sec] | 500 [μ sec] |
| 伝送効率 [%] (ユーザデータ長/ 無線フレーム長) | 70 % | 40 % | 70 % |

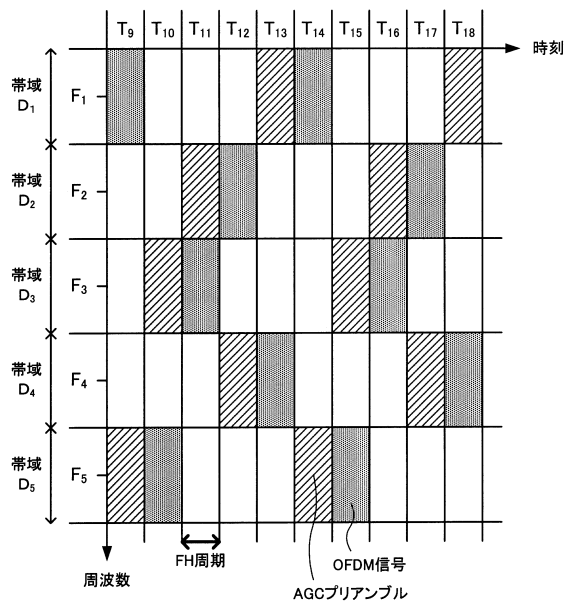
【図15】



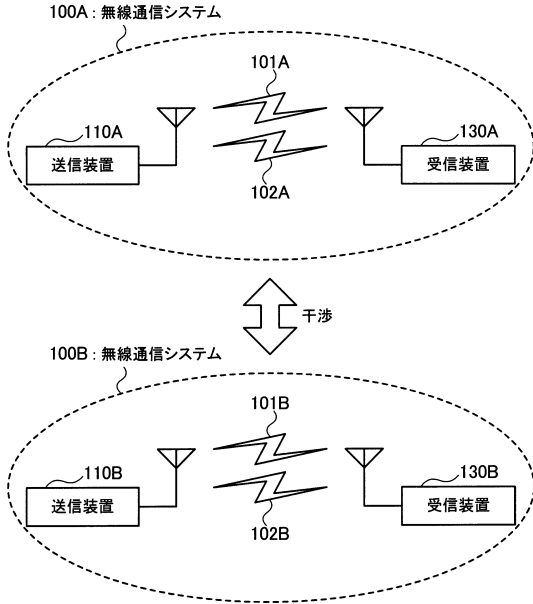
【図16】



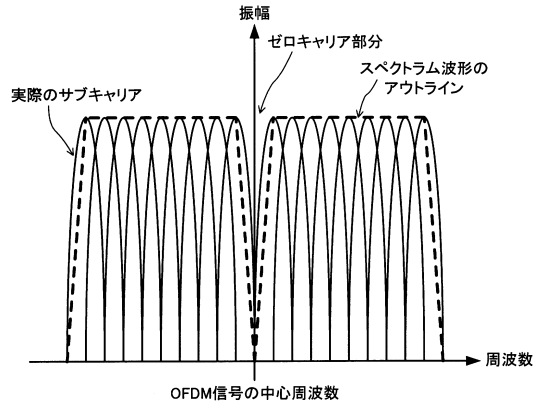
【図17】



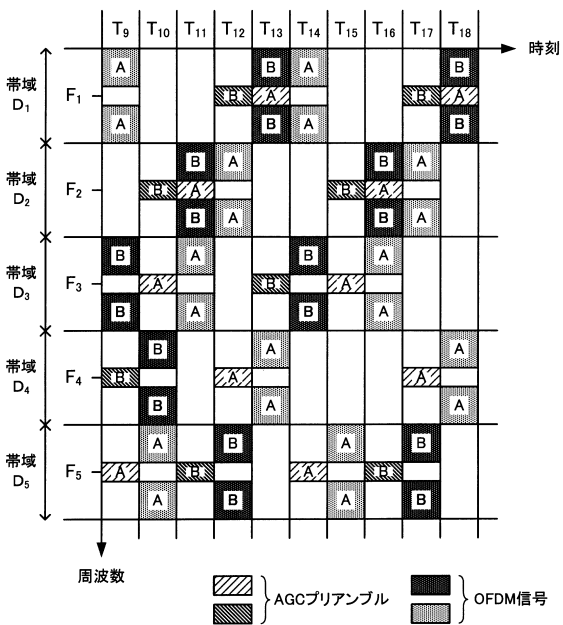
【図18】



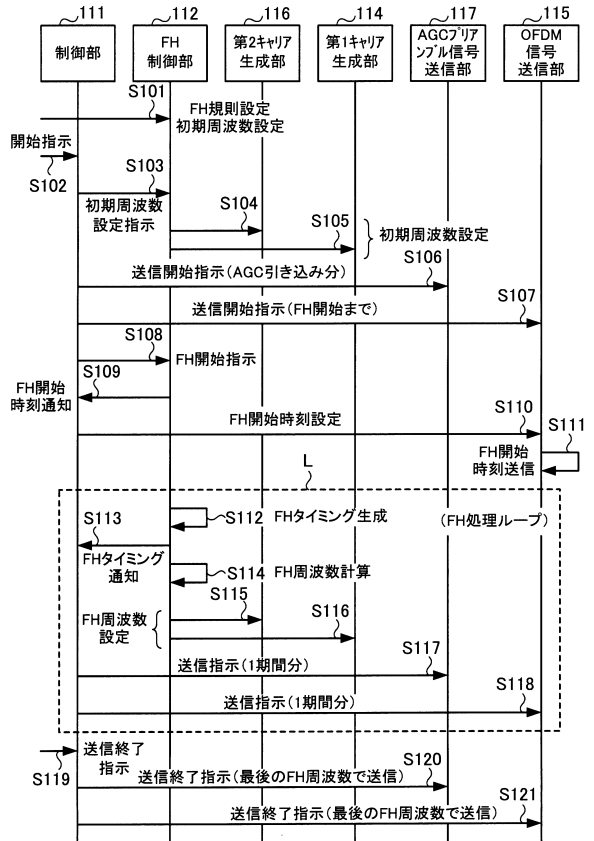
【図19】



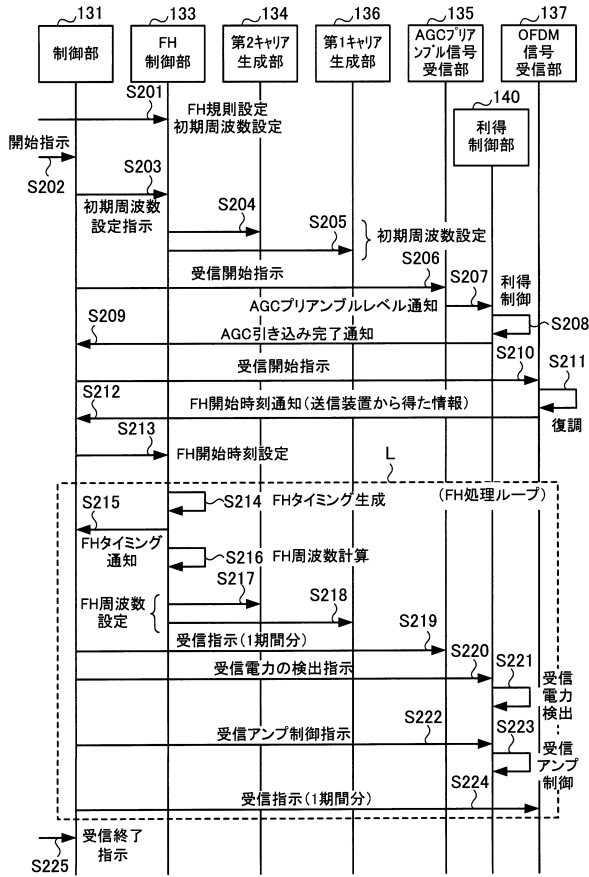
【図20】



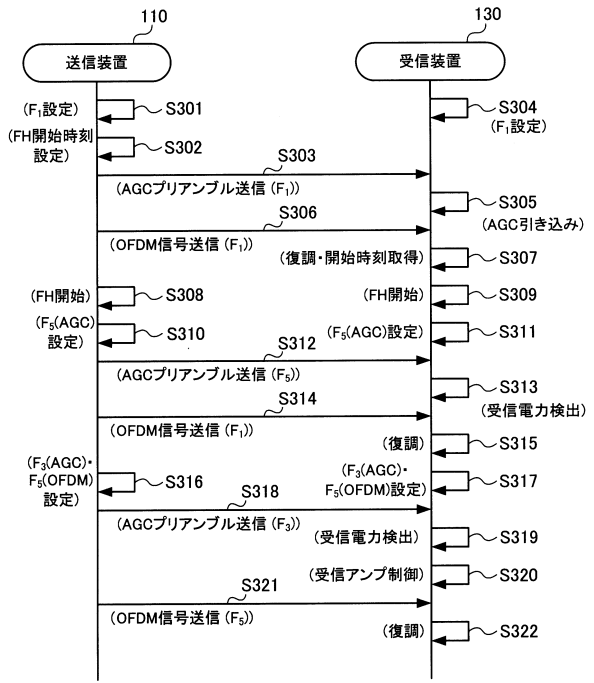
【図21】



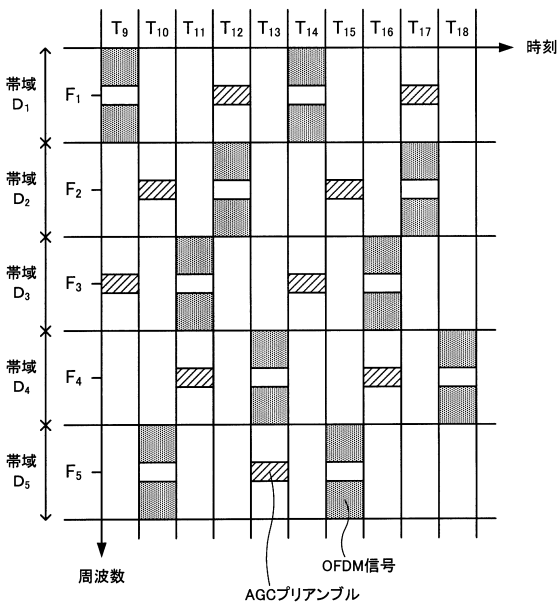
【図22】



【図23】



【図24】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-135784(JP,A)
特開2006-325264(JP,A)
特開2004-274220(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 1/69 - 1/719
H04J 13/00 - 13/22
H04W 72/04
IEEE Xplore
CiNii