

(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2014-14191
(P2014-14191A)

(43) 公開日 平成26年1月23日(2014.1.23)

(51) Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 HO4J 11/00 (2006.01) HO4J 11/00 Z
 HO4J 1/00 (2006.01) HO4J 1/00

審査請求有 請求項の数 2 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2013-220150 (P2013-220150)
 (22) 出願日 平成25年10月23日(2013.10.23)
 (62) 分割の表示 特願2010-529686 (P2010-529686)
 の分割
 原出願日 平成21年7月24日(2009.7.24)
 (31) 優先権主張番号 特願2008-239704 (P2008-239704)
 (32) 優先日 平成20年9月18日(2008.9.18)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000006013
 三菱電機株式会社
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
 (74) 代理人 100089118
 弁理士 酒井 宏明
 (72) 発明者 東中 雅嗣
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内
 (72) 発明者 山岡 智也
 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
 菱電機株式会社内

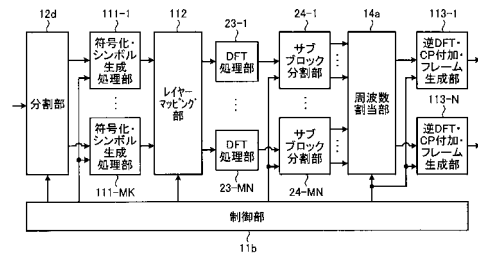
(54) 【発明の名称】 送信装置

(57) 【要約】

【課題】 PAPRを抑圧しながら、広いシステム帯域を有効に利用できる送信装置を得ること。

【解決手段】 送信デジタル信号を高周波アナログ信号に変換して複数の送信周波数を用いて送信する送信装置であって、送信信号系列を1以上の個数のブロックに分割するブロック分割部12dと、ブロックに対して離散フーリエ変換処理を行うDFT処理部23-1~23-MNと、離散フーリエ変換処理後のブロックをさらにサブブロックに分割するサブブロック分割部24-1~24-MNと、ブロックごとに定められた周波数帯域に基づいて、サブブロックを送信周波数に割り当てた周波数信号を生成する周波数割当部14aと、周波数信号を時間信号に変換する逆DFT・CP付加・フレーム生成部113-1~113-Nと、を備える。

【選択図】 図17



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

送信デジタル信号を高周波アナログ信号に変換して複数の送信周波数を用いて送信する送信装置であって、

送信信号系列を 1 以上の個数のブロックに分割するブロック分割手段と、

前記ブロックに対して離散フーリエ変換処理を行う離散フーリエ変換手段と、

前記離散フーリエ変換処理後のブロックをさらにサブブロックに分割するサブブロック分割手段と、

前記ブロックごとに定められた周波数帯域に基づいて、前記サブブロックを前記送信周波数に割り当てた周波数信号を生成する周波数割当手段と、

前記周波数信号を時間信号に変換する逆離散フーリエ変換手段と、
を備えた送信装置。

10

【請求項 2】

前記逆離散フーリエ変換手段は、システム帯域より小さい周波数帯域に対応する複数の逆離散フーリエ変換手段であることを特徴とする請求項 1 に記載の送信装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、送信装置に関する。

【背景技術】

20

【0002】

デジタル無線通信における信号送信方式の一例である SC-FDMA (Single Carrier Frequency Division Multiple Access) 方式は、高い送信電力効率と高い周波数利用効率とを実現できる。SC-FDMA 方式を用いて信号送信を行う送信機は、一般に、離散フーリエ変換および逆離散フーリエ変換を行う機能を持つ。はじめに、送信信号シンボル系列に対して離散フーリエ変換を実行することにより、送信シンボル系列の周波数領域データを作成する。その後、送信シンボル系列の周波数領域データを、システム帯域内の所定の周波数に割当てる。そして、割当てた結果に逆離散フーリエ変換を行うことで SC-FDMA 送信信号を作成する。

【0003】

30

また、近年、SC-FDMA 方式を拡張した手法として、1つの送信機内に、異なる周波数帯に対応した複数の SC-FDMA 送信システムを持つ技術が開示されている（たとえば、下記非特許文献 1 参照）。この技術では、各々の SC-FDMA 送信システムが生成した SC-FDMA 送信信号を合成して、この合成信号を送信することにより、広帯域なシステムに対応することができる。例えば下記の非特許文献 1 で開示されている。

【先行技術文献】**【非特許文献】****【0004】**

【非特許文献 1】 Nokia Siemens Networks, Nokia, "R1-082609: Uplink Multiple Access for LTE-Advanced", 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #53bis Warsaw, Poland, June 30 - July 4, 2008.

40

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0005】**

しかしながら、上記従来技術によれば、送信機内に存在する各 SC-FDMA 送信システムは、それぞれ所定の周波数帯に対してのみ信号を割り当て可能な構成である。このため、広いシステム帯域幅を有効利用できない、という問題点があった。

【0006】

また、上記従来技術では、最終的に送信機から送信される信号は、複数の SC-FDMA 送信信号の合成信号となるため、ピーク対平均電力比 (PAPR: Peak to

50

Average Power Ratio)が高くなる、という問題点があった。

【0007】

本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、PAPRを抑圧しながら、広いシステム帯域を有効に利用できる送信装置および受信装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上述した課題を解決し、目的を達成するために、本発明は、送信デジタル信号を高周波アナログ信号に変換して複数の送信周波数を用いて送信する送信装置であって、送信信号系列を1以上の個数のブロックに分割するブロック分割手段と、前記ブロックに対して離散フーリエ変換処理を行う離散フーリエ変換手段と、前記離散フーリエ変換処理後のブロックをさらにサブブロックに分割するサブブロック分割手段と、前記ブロックごとに定められた周波数帯域に基づいて、前記サブブロックを前記送信周波数に割り当てた周波数信号を生成する周波数割当手段と、前記周波数信号を時間信号に変換する逆離散フーリエ変換手段と、を備えたことを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、PAPRを抑圧しながら、広いシステム帯域を有効に利用できる、という効果を奏する。また、この発明によれば、各ブロックが信号送信に使用する周波数帯を限定することにより、周波数の割当の処理量を削減することができる。また、この発明によれば、逆離散フーリエ変換処理にかかる処理量を削減することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1は、送信装置の機能構成例を示す図である。

【図2】図2は、実施の形態1の送信機の送信信号生成部の構成例を示す図である。

【図3】図3は、サブブロック生成部の構成例を示す図である。

【図4】図4は、周波数割当部の処理の一例の概念を示す図である。

【図5】図5は、参照信号生成部の構成例を示す図である。

【図6】図6は、実施の形態1のフレーム構成例を示す図である。

【図7】図7は、実施の形態1の受信機の構成例を示す図である。

【図8】図8は、伝送路推定処理部の構成例を示す図である。

30

【図9】図9は、受信信号処理部の構成例を示す図である。

【図10】図10は、実施の形態2の送信機のサブブロック生成に関連する構成要素の構成例を示す図である。

【図11】図11は、実施の形態2の受信機の受信信号処理部の結合処理に関連する構成要素の構成例を示す図である。

【図12】図12は、実施の形態3の送信機のサブブロック生成部の機能構成例を示す図である。

【図13】図13は、周波数領域のブロックに対する巡回拡張処理の一例を示す図である。

【図14】図14は、周波数領域での信号成分の整形処理の一例を示す図である。

40

【図15】図15は、実施の形態3の受信機の受信信号処理部の機能構成例を示す図である。

【図16】図16は、実施の形態4の送信機の機能構成例を示す図である。

【図17】図17は、実施の形態4の送信信号生成部の構成例を示す図である。

【図18】図18は、実施の形態4の分割部が実施する情報ビット系列の分割の一例を示す図である。

【図19】図19は、レイヤーマッピング部の処理例を示す図である。

【図20】図20は、周波数割当部による周波数割当の例を示す図である。

【図21】図21は、実施の形態4の受信機の機能構成例を示す図である。

【図22】図22は、実施の形態4の受信信号処理部の構成例を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】**【0011】**

以下に、本発明にかかる送信装置および受信装置の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施の形態によりこの発明が限定されるものではない。

【0012】

実施の形態1.

図1は、本発明にかかる送信装置（以下、送信機と呼ぶ）の実施の形態1の機能構成例を示す図である。図1に示すように、本実施の形態の送信装置は、本発明の特徴的な構成要素である送信信号生成部1と、D/A（Digital-to-Analog）変換部2と、高周波処理部3と、送信アンテナ4と、で構成される。

10

【0013】

送信信号生成部1は、送信機から受信装置（以下、受信機と呼ぶ）に対して伝達したい情報を含む情報ビット系列と、送信機の動作を制御する制御用信号と、に基づいてベースバンドのデジタル送信信号系列を生成し、D/A変換部2へ出力する。D/A変換部2では、入力されたベースバンドのデジタル送信信号系列をアナログ送信信号へ変換し、高周波処理部3へ出力する。高周波処理部3は、入力されたアナログ送信信号に対して、アップコンバート等の所定の高周波信号処理を施し、高周波アナログ送信信号を生成する。最終的に、高周波アナログ送信信号は、送信アンテナ4を介して送信される。

【0014】

つづいて、本発明の特徴である、送信信号生成部1の構成例と動作について詳細に説明する。図2は、本実施の形態の送信機の送信信号生成部1の構成例を示す図である。図2に示すように、本実施の形態の送信信号生成部1は、制御部11と、分割部12と、サブブロック生成部13-1～13-M（Mは1以上の整数）と、周波数割当部14と、逆DFT（Discrete Fourier Transform：離散フーリエ変換）処理部15と、CP（Cyclic Prefix）付加部16と、フレーム生成部17と、参照信号生成部18と、で構成される。また、送信信号生成部1へ入力される情報ビット系列は、分割部12へ入力される。

20

【0015】

はじめに、制御部11は、送信信号生成部1の各構成要素へ出力するパラメータを作成する。具体的には、図2の例では、制御部11は、分割部12が情報ビット系列をブロックに分割する際の分割数Mを決定して分割部12に通知する。また、制御部11は、サブブロック生成部13-1～13-Mがそれぞれ用いる符号化方法や変調方式と、各ブロックに対して後述するサブブロックに分割する処理で必要となるサブブロック分割数Lと、を決定してそれぞれ対応するサブブロック生成部13-1～13-Mに通知する。また、制御部11は、周波数割当部14および参照信号生成部18に対してはシステム帯域内で送信機が信号送信に使用する周波数（以下、使用周波数という）を含む情報（以下、使用周波数情報という）を通知する。各構成要素が実施する具体的な処理内容については後述する。

30

【0016】

分割部12は、入力された情報ビット系列をM個のブロックに分割する処理を実行する。Mの具体的な数値は、制御部11から通知される。M個の各ブロックは、対応するサブブロック生成部13-1～13-Mへ出力される。

40

【0017】

つぎに、サブブロック生成部13-1～13-Mの構成例について説明する。図3は、サブブロック生成部13-1の構成例を示す図である。M個のサブブロック生成部13-1～13-Mは、同一の構成をとるため、代表して、サブブロック生成部13-1の構成例を図3に例示している。図3に示すように、本実施の形態のサブブロック生成部13-1は、符号化処理部21と、シンボル生成部22と、DFT処理部23と、サブブロック分割部24と、で構成される。

【0018】

分割部12から入力されたブロックは符号化処理部21へ入力され、制御部11から入

50

力される符号化方法，変調方式，サブブロック分割数 L のパラメータは、それぞれ、符号化処理部 2 1，シンボル生成部 2 2，サブブロック分割部 2 4 へ入力される。

【0019】

符号化処理部 2 1 は、入力されたブロックに対して、制御部 1 1 から通知される符号化方法に従い誤り訂正符号化を行い、符号化ビット系列を生成する。具体的な符号化方法については、たとえば、良く知られている畳み込み符号や、ターボ符号、LDPC 符号等、任意の方法が適用できる。また、符号化率等に関する制限もない。また、図 3 の例には示していないが、必要に応じて、符号化ビット系列の並びを入れ替えるインタリーブ処理を含んでも良い。生成された符号化ビット系列は、シンボル生成部 2 2 へ出力される。

【0020】

シンボル生成部 2 2 は、入力された符号化ビット系列に対して、制御部 1 1 から通知された変調方式に従いシンボル系列を生成する。ここで用いられる変調方式としては、どのような変調方式を用いてもよいが、たとえば、1 シンボルで 2 ビットを表現する QPSK (Quadrature Phase Shift Keying) や、1 シンボルで 4 ビットを表現できる 16QAM (Quadrature Amplitude Modulation) 等の、公知の変調方式を適用することができる。生成されたシンボル系列は、DFT 処理部 2 3 へ出力される。

【0021】

DFT 処理部 2 3 は、入力された、1 ブロック分のシンボル系列に対して、DFT (Discrete Fourier Transform, 離散フーリエ変換) を実行し、周波数領域のブロックを生成する。周波数領域のブロックは、サブブロック分割部 2 4 へ出力される。DFT 処理部 2 3 の処理は、SC-FDMA 方式で実施されるプリコーディング処理に相当する。したがって、DFT 処理部 2 3 をプリコーディング手段と考えることができる。なお、プリコーディング処理は、これに限らず、どのようなプリコーディング処理を実施してもよい。

【0022】

サブブロック分割部 2 4 は、制御部 1 1 から通知されるサブブロック分割数 L に基づき、入力された周波数領域のブロックを、 L 個のサブブロックに分割する。分割により生成された L 個のサブブロックは、図 2 の周波数割当部 1 4 へ出力される。

【0023】

周波数割当部 1 4 は、サブブロック生成部 1 3 - 1 ~ 1 3 - M から入力された、 M 個のサブブロックを、制御部 1 1 から通知される使用周波数情報に基づいて所定の使用周波数に配置し (割り当て)、システム帯域内の使用周波数以外の周波数にはゼロを配置する処理を行う。

【0024】

図 4 は、周波数割当部 1 4 の処理の一例の概念を示す図である。図 4 では、 $M = 2$ かつ、各ブロックのサブブロック分割数を $L = 2$ とした場合を例示している。周波数割当部 1 4 の処理イメージを図示する。図 4 のブロック 1 0 0 - 1, 1 0 0 - 2 は、それぞれ図 2 のサブブロック生成部 1 3 - 1, 1 3 - 2 の DFT 処理部 2 3 で生成された周波数領域のブロックを示している。また、サブブロック 1 0 1 - 1, 1 0 1 - 2 は、サブブロック生成部 1 3 - 1 のサブブロック分割部 2 4 がブロック 1 0 0 - 1 を分割することにより生成したサブブロックを示し、サブブロック 1 0 2 - 1, 1 0 2 - 2 は、サブブロック生成部 1 3 - 2 のサブブロック分割部 2 4 がブロック 1 0 0 - 2 を分割することにより生成したサブブロックを示している。

【0025】

サブブロック 1 0 3 - 1 ~ 1 0 3 - 4 は、それぞれサブブロック 1 0 1 - 1, 1 0 1 - 2, 1 0 2 - 1, 1 0 2 - 2 が周波数割当部 1 4 により所定の周波数帯に割り当てられた後のサブブロックを示している。図 4 の例では、サブブロック生成部 1 3 - 1 ~ 1 3 - 2 の DFT 処理部 2 3 によって生成された 2 つの周波数領域のブロック (1 0 0 - 1 および 1 0 0 - 2) は、サブブロック生成部 1 3 - 1 ~ 1 3 - M におけるサブブロック分割部 2 4 で、それぞれ、2 つのサブブロックに分割される (1 0 1 - 1 と 1 0 1 - 2、1 0 2 -

10

20

30

40

50

1と102-2、など)。したがって、ここでは $M = 2$ としているため、結果的に、周波数割当部14へ受け渡されるサブブロックは4つになる。

【0026】

周波数割当部14は、入力された4つのサブブロックを、制御部11から通知される使用周波数に配置し、システム帯域内のその他の周波数帯には何も信号を配置しないという処理を行う(103-1~103-4)。最終的に、周波数割当部14は、システム帯域全体に相当する周波数領域信号を図2の逆DFT処理部15へ出力する。

【0027】

逆DFT処理部15は、入力されたシステム帯域全体に相当する周波数領域信号に対して逆DFTの処理を行うことにより時間領域の送信信号系列を生成する。逆DFT処理部15は、処理結果である時間領域の送信信号系列をCP付加部16へ出力する。

10

【0028】

CP付加部16は、時間領域の送信信号系列の最後尾を複製し時間領域の送信信号系列の先頭にCP(Cyclic Prefix)として付加する。CPの長さは、たとえば、マルチパス伝搬に起因する遅延波の最大遅延時間より長くなるように設定する。CP付加部16は、CP付加後の時間領域の送信信号系列をフレーム生成部17へ出力する。

【0029】

一方、参照信号生成部18は、これまでに説明してきた情報ビット系列に対する処理とは異なり、送信機と受信機との間で既知である参照信号を生成する。この参照信号は、受信機が、送信機と受信機との間の無線伝送路の応答を測定するために用いる。なお、無線伝送路の応答にはインパルス応答や周波数伝達関数などが含まれる。

20

【0030】

図5は、参照信号生成部18の構成例を示す図である。図5に示すように本実施の形態の参照信号生成部18は、既知シンボル生成部31と、周波数割当部32と、逆DFT処理部33と、CP付加部34と、を備えている。なお、図2の制御部11から入力される、使用周波数情報は、周波数割当部へ入力される。以下、図5を用いて、参照信号生成部18の動作例を詳細に説明する。

【0031】

はじめに、既知シンボル生成部31は、あらかじめ送信機と受信機の双方で保持している既知シンボルを、周波数割当部32へ出力する。周波数割当部32は、制御部11から通知される、使用周波数情報に基づき既知シンボル生成部31から入力される既知シンボルをシステム帯域内の使用周波数に配置し、システム帯域内の使用周波数以外の周波数には何も信号を配置しないという処理を行い、処理後のシステム帯域幅全体に相当する周波数領域信号を逆DFT処理部33へ出力する。

30

【0032】

逆DFT処理部33は、図2の逆DFT処理部15と同様に、入力された周波数領域信号に対して逆DFTの処理を行うことにより時間領域の参照信号を生成する。そして、逆DFT処理部15は、時間領域の参照信号をCP付加部34へ出力する。その後、CP付加部34は、時間領域の参照信号の最後尾をCPとして先頭に複製し、図2のフレーム生成部17へ出力する。

40

【0033】

図2のフレーム生成部17は、CP付加部16から入力されたCP付加後の時間領域の送信信号系列と、参照信号生成部18から入力されたCP付加後の時間領域の参照信号と、を所定のフレーム構成になるように配置する。図6は、本実施の形態のフレーム構成例を示す図である。図6の送信信号系列200-1~200-12は、12個のCP付加後の時間領域の送信信号系列を示し、参照信号201-1, 201-2は2個のCP付加後の時間領域の参照信号を示している。また、図6の濃い塗りつぶしの部分は、既知シンボルが割り当てられている周波数を示し、薄い塗りつぶし部分はサブブロックが割り当てられている部分を示し、塗りつぶされていない部分は信号が割り当てられていない周波数を示している。

50

【 0 0 3 4 】

図 6 では、横方向に時間を、縦方向に各時間領域信号の周波数成分を示している。フレーム生成部 17 へ入力される CP 付加後の時間領域の送信信号系列と、CP 付加後の時間領域の参照信号と、は、時間方向に多重化されて 1 つのフレームを構成している。また、前述したように、送信信号系列と参照信号は、同じ周波数（使用周波数）に各々の信号成分が割り当てられている。フレーム生成部 17 の処理結果は、図 1 の D/A 変換部 2 へ出力され、前述したように D/A 変換部 2 および高周波処理部で所定の処理が施された後、送信アンテナ 4 から送出される。

【 0 0 3 5 】

つづいて、本実施の形態の受信機の動作について説明する。図 7 は、本実施の形態の受信機の構成例を示す図である。図 7 に示すように本実施の形態の受信機は、受信アンテナ 41 と、高周波処理部 42 と、A/D 変換部 43 と、フレーム分割部 44 と、伝送路推定処理部 45 と、受信信号処理部 46 と、制御部 47 と、で構成される。図 7 を用いて、本実施の形態の受信機の動作概要を説明する。

10

【 0 0 3 6 】

受信アンテナ 41 は、高周波アナログ信号を受信し、高周波処理部 42 は、高周波アナログ信号に対してベースバンドへのダウンコンバート等の所定の高周波信号処理を施してベースバンドアナログ受信信号とし、A/D 変換部 43 が、ベースバンドアナログ受信信号をベースバンドデジタル受信信号に変換する。以降では、ベースバンドデジタル受信信号を受信フレームと呼ぶことにする。A/D 変換部 43 は、受信フレームをフレーム分割部 44 へ出力する。

20

【 0 0 3 7 】

フレーム分割部 44 は、受信フレームを、送信信号系列が配置されている部分（以下、受信信号系列という）と、参照信号が配置されている部分（以下、受信参照信号という）と、に分離し、それぞれ受信信号処理部 46、伝送路推定処理部 45 へ出力する。伝送路推定処理部 45 は、受信参照信号を用いて信号が伝搬してきた無線伝送路の応答を推定し、推定結果を受信信号処理部 46 へ出力する。

【 0 0 3 8 】

受信信号処理部 46 は、受信信号系列と無線伝送路の応答の推定結果とに基づいて後述する復調処理および復号処理を実行し、最終的に、情報ビット系列の推定値を出力する。受信信号処理部 46 および伝送路推定処理部 45 の詳細な処理内容は後述する。一方、制御部 47 は、伝送路推定処理部 45 および受信信号処理部 46 が所定の信号処理を実行するために必要なパラメータを決定して通知する。図 7 の例では、伝送路推定処理部 45 に対しては、パラメータとして、ブロック分割数 M と、各ブロックのサブブロック分割数 L と、システム帯域で送信機が信号送信に使用する周波数（使用周波数）に関する情報と、が通知される。受信信号処理部 46 に対しては、前記パラメータに加えて、各ブロックが用いる符号化方法や変調方式に関するパラメータも通知される。以降では、伝送路推定処理部 45 および受信信号処理部 46 の動作例について、詳細に説明する。

30

【 0 0 3 9 】

図 8 は、伝送路推定処理部 45 の構成例を示す図である。図 8 に示すように、本実施の形態の伝送路推定処理部 45 は、CP 除去部 51 と、DFT 処理部 52 と、周波数選択部 53 と、乗算処理部 54-1 ~ 54-M と、で構成される。伝送路推定処理部 45 へ入力される受信参照信号は、CP 除去部 51 へ入力され、制御部 47 から入力されるパラメータは、周波数選択部 53 へ入力される。

40

【 0 0 4 0 】

また、伝送路推定処理部 45 は、送信機と受信機との無線伝送路の周波数伝達関数を出力する。以下、伝送路推定処理部 45 の処理について詳細に説明する。

【 0 0 4 1 】

CP 除去部 51 は、受信参照信号から CP を除去し、その結果を DFT 処理部 52 へ出力する。DFT 処理部 52 は、受信参照信号に対して DFT を実行することにより周波数

50

領域の受信参照信号を生成し、生成した受信参照信号を周波数選択部 5 3 へ出力する。

【 0 0 4 2 】

周波数選択部 5 3 は、制御部 4 7 より通知される、使用周波数情報とブロック分割数 M とサブブロック分割数 L とに基づき、入力された周波数領域の受信参照信号から既知シンボルが割り当てられている周波数の信号のみ抽出し、乗算処理部 5 4 - 1 ~ 5 4 - M へ出力する。ここで、前述の送信機の動作で説明したように、送信機では参照信号とする既知シンボルを、サブブロックが割り当てられている周波数と同じ周波数に配置していることとする。以下、周波数選択部 5 3 から乗算処理部 5 4 - 1 ~ 5 4 - M へ出力される信号を、「サブブロック毎の受信参照信号」と呼ぶこととする。

【 0 0 4 3 】

乗算処理部 5 4 - 1 ~ 5 4 - M は、参照信号として送信される既知シンボルをあらかじめ保持していることとする。乗算処理部 5 4 - 1 ~ 5 4 - M は、既知シンボルの複素共役をとり、それぞれに入力された「サブブロック毎の受信参照信号」に乗算し、乗算結果を、既知シンボルを 2 乗した値で除算する処理を行う。

【 0 0 4 4 】

以下、数式を用いてより詳細に説明する。i 番目の周波数の受信信号，送信された既知シンボルをそれぞれ x ， d で表現することとする。また、i 番目の周波数における無線伝送路の周波数伝達関数，雑音成分をそれぞれ h ， n で表すこととする。このとき、以下の式 (1) が成り立つ。

$$x = hd + n \quad \dots (1)$$

【 0 0 4 5 】

したがって、前述の乗算処理部 5 4 - 1 ~ 5 4 - M の処理を実行すると、i 番目の周波数における処理結果は以下の式 (2) で表現できる。

$$d^* x / |d|^2 = h + d^* n / |d|^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 d^* は、 d の複素共役を表す。

【 0 0 4 6 】

上記式 (1) および (2) からわかるように、以上の処理によって、対象となっている周波数における無線伝送路の周波数伝達関数 h の推定値を得ることができる。乗算処理部 5 4 - 1 ~ 5 4 - M が算出した無線伝送路の周波数伝達関数は、それぞれ受信信号処理部 4 6 へ出力される。

【 0 0 4 7 】

次に、受信信号処理部 4 6 の動作について詳細に説明する。図 9 は、受信信号処理部 4 6 の構成例を示す図である。図 9 に示すように本実施の形態の受信信号処理部 4 6 は、CP 除去部 6 1 と、DFT 処理部 6 2 と、周波数選択部 6 3 と、等化処理部 6 4 と、サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M と、逆 DFT 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - M と、ビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7 - M と、復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - M と、結合部 6 9 で構成される。

【 0 0 4 8 】

受信信号処理部 4 6 に入力される受信信号系列は CP 除去部 6 1 に入力され、伝送路推定処理部 4 5 の処理結果である無線伝送路の周波数伝達関数は等化処理部 6 4 に入力される。また、制御部 4 7 から入力されるパラメータのうち、使用周波数情報は周波数選択部 6 3 へ、ブロック分割数 M は周波数選択部 6 3、サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M および結合部 6 9 へ、各ブロックのサブブロック分割数 L は周波数選択部 6 3 およびサブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M へ、各ブロックに対応する変調方式はビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7 - M へ、各ブロックに対応する符号化方法は復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - M へ、それぞれ入力される。

【 0 0 4 9 】

はじめに、CP 除去部 6 1 は、受信信号系列の先頭から CP を除去し、CP 除去後の受信信号系列を DFT 処理部 6 2 へ出力する。DFT 処理部 6 2 は、CP 除去後の受信信号系列から入力された信号に対して DFT を実行することにより受信信号系列のシステム帯域全体に渡る周波数成分を計算し、周波数領域の受信信号を得る。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

周波数選択（抽出）部 6 3 は、制御部 4 7 から通知される、使用周波数情報とブロック分割数 M とサブブロック分割数 L に基づき、周波数領域の受信信号から送信機がサブブロックに割り当てた周波数の信号のみを抽出し、抽出した周波数領域の受信信号を等化処理部 6 4 に出力する。

【 0 0 5 1 】

等化処理部 6 4 は、入力された周波数領域の受信信号に対して信号が無線伝送路で受けたいずれを補償する処理を行う。具体的には、つぎのような処理を行う。i 番目の周波数における、受信信号、送信信号をそれぞれ x 、 s で表し、i 番目の周波数における無線伝送路の周波数伝達関数を h で表すこととする。更に、i 番目の周波数における雑音成分を n で表すこととする。このとき、以下の式（3）が成り立つ。

$$x = h s + n \quad \dots (3)$$

【 0 0 5 2 】

ここで、伝送路推定処理部 4 5 から入力される h の推定値が正しいと仮定すると、以下の式（4）に示すように、 x に対して h の複素共役を乗算し、更に h の 2 乗値で除算することで、周波数領域の送信信号推定値が得られる。

$$h^* x / |h|^2 = s + h^* n / |h|^2 \quad \dots (4)$$

【 0 0 5 3 】

上記式（4）の処理で得られた周波数領域の送信信号推定値は、サブブロック生成部 1 3 - 1 ~ 1 3 - M が生成する周波数領域のサブブロックの推定値となる。等化処理部 6 4 は、各周波数領域のサブブロックの推定値を、対応するサブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M に対して出力する。

【 0 0 5 4 】

サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M は、制御部 4 7 から通知されるブロック分割数 M および各ブロックのサブブロック分割数 L の情報に基づいて入力された周波数領域のサブブロックの推定値を結合し、サブブロック生成部 1 3 - 1 ~ 1 3 - M の D F T 処理部 2 3 の出力である周波数領域のブロックの推定値を得る。サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M は、周波数領域のブロックの推定値を、それぞれ対応する逆 D F T 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - M へ出力する。

【 0 0 5 5 】

逆 D F T 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - M は、それぞれ入力された周波数領域のブロックの推定値に対して逆 D F T を実行することにより時間領域の送信シンボルの推定値を得て、時間領域の送信シンボルの推定値を対応するビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7 - M へそれぞれ出力する。

【 0 0 5 6 】

ビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7 - M は、制御部 4 7 から通知される各ブロックの変調方式の情報に基づき、入力された時間領域の送信シンボルの推定値から符号化ビット系列の推定値を計算し、計算結果をそれぞれ対応する復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - M へ出力する。ここで、送信シンボルの推定値から符号化ビット系列へ変換する手法は、従来知られている任意の方法を適用可能である。たとえば、送信シンボルの推定値と、変調方式で定まる信号点配置とを比較し、最も近い信号点が送信されているものと判断して対応するビットに変換する、硬判定を用いることができる。ビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7 - M は、入力された時間領域の送信シンボルの推定値全てについて符号化ビット系列に変換し、符号化ビット系列を対応する復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - M へ出力する。

【 0 0 5 7 】

復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - M は、制御部 4 7 から通知される、各ブロックにおける符号化方法に関する情報に基づき、入力された符号化ビット系列の推定値に対して、誤り訂正復号の処理を行い、ブロックごとの情報ビット系列の推定値を得る。ここで、送信機がインタリーブ処理を実行している場合、誤り訂正復号前に所定の逆インタリーブ処理を施す。復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - M は、情報ビット系列の推定値を、結合部 6 9 へ出力し、結合部

10

20

30

40

50

69は、制御部47から通知されるブロック数Mに関する情報に基づき、M個のブロックの情報ビット系列の推定値を結合して、ブロックに分割される前の情報ビット系列を復元する。

【0058】

このように、本実施の形態では、送信機の分割部12が、情報ビット系列を複数系統のブロックに分割し、ブロック毎に符号化処理、シンボル生成処理、およびDFT処理を用いて、複数の周波数領域のブロックに変換する。また、サブブロック生成部13-1~13-Mが、周波数領域のブロックを、それぞれさらに複数のサブブロックに分割し、周波数割当部14がサブブロックをシステム帯域全体の任意の周波数に割り当てるようにした。このため、周波数領域のブロック間で、異なる符号化や変調方式を適用し、周波数領域のブロックをシステム帯域の所望の周波数に配置することにより高い伝送効率を実現することができる。また、サブブロックの生成方法を、周波数領域のブロックを複数のサブブロックに分割する構成としているため、PAPRを低く抑えることができる。

10

【0059】

一方、受信機では、周波数選択部63が、DFT処理後の受信信号からシステム帯域全体のなかから所定の周波数成分を抽出し、周波数領域のサブブロックを抽出する構成とした。また、等化処理部64が、周波数領域のサブブロックに対して等化処理を行い無線伝送路のひずみを補正した後、サブブロック結合部65-1~65-Mが周波数領域のサブブロックを結合し、元の周波数領域のブロックを再生するようにした。このため、上述のように、送信機が情報ビット系列から生成された複数の周波数領域のブロックを、更に複数のサブブロックに分割してサブブロックをシステム帯域全体の所望の周波数に割り当てる処理を行っている場合でも、復調および復号を行うことができる。

20

【0060】

なお、本実施の形態では、参照信号生成部18が、既知シンボルを、情報ビット系列から一連の処理を経て生成される周波数領域のサブブロックが割り当てられている周波数に配置する構成としたが、参照信号の生成方法はこれに限定されず、たとえば、時間領域の参照信号の波形を蓄積しておき、それを読み出す方式にすることもできる。また、参照信号と情報ビット系列とを時間多重して送信するようにしてもよい。

【0061】

また、参照信号を配置する周波数についても、任意の位置にすることができる。たとえば、周波数領域のサブブロックが割り当てられている周波数とは無関係のあらかじめ決められた周波数に既知シンボルを割り当て、受信機の伝送路推定処理部45が、既知シンボルが割り当てられていない周波数の周波数伝達関数を補間して、サブブロックが割り当てられている周波数の周波数伝達関数を求めるようにしてもよい。その他、参照信号の構成としては、考える全ての構成が適用可能である。

30

【0062】

また、本実施の形態では、図4に例示したように、周波数領域のサブブロックを、番号順にシステム周波数に割り当てる構成としているが、周波数領域のサブブロックの割当方法はこれに限定されず、たとえば、異なる周波数領域のブロックから生成された、周波数領域のサブブロックを、周波数軸上で互い違いになるように配置することもできる。このような構成とすることで、たとえば、各ブロックに適用されている変調方式が異なり、要求される通信路の品質(SNR: Signal to Noise Ratioや、SINR: Signal to Interference and Noise Ratio等)が一定ではないような場合に、より柔軟なサブブロック配置を実現でき、結果的に高品質で大容量な無線伝送を提供できる。

40

【0063】

また、サブブロックを周波数軸に割り当てる際に、同一のブロックから生成された複数のサブブロックが周波数軸上で離れた位置に配置されるように構成することもできる。無線伝送路の相関は、周波数が離れるほど小さくなるため、同一のブロックから生成された複数のサブブロックを周波数軸上で離れた位置に割り当てることで、周波数ダイバーシチの効

50

果が得られ、結果的に高品質伝送を実現することができる。

【0064】

また、周波数領域のサブブロックは、必ずしも周波数軸上で離れて配置する必要は無く、周波数領域のサブブロック同士が隣接した周波数に割り当てられても良い。このような構成をとると、たとえば、通信品質の良い(SNRやSINRが高い)周波数に集中的にサブブロックを割当てることができ、高品質な無線伝送を提供できる。

【0065】

また、各ブロックに対して適用される符号化方法、変調方式、および、サブブロック分割数は、同一である必要は無く、ブロック毎に任意の設定にすることができる。また、図2の分割部12が情報ビット系列を複数のブロックに分割する際には、ブロックに含まれる情報ビット数はブロック間で均一である必要はない。更に、ブロック内の各サブブロックのサイズも、それぞれ異なる値にすることができる。このような構成とすることで、様々なサイズ、所要SNRまたは所要SINRなどを有するサブブロックを形成でき、サブブロックを周波数に割当て際の柔軟性が向上する。結果的に、高品質、大容量無線伝送を提供可能となる。

【0066】

また、本実施の形態では、システム帯域は連続的であるような構成を仮定したが、システム帯域は必ずしも連続である必要は無く、周波数軸上で離れて存在しているサブシステム帯域を複数備えるシステムにも本発明は問題なく適用できる。

【0067】

また、本実施の形態では、送信機、受信機の動作は、それぞれ制御部11、制御部47から通知されるパラメータに基づいて決定される構成とした。このとき、制御部11、制御部47から通知されるパラメータは、通信を行っている間に固定である必要は無く、システムがサポートする動作様態の範囲内であれば自由に変更することができる。たとえば、システム帯域内の比較的広い連続した周波数に渡ってSNRまたはSINRが高い状態である場合、制御部11、制御部47は、 $M = 1$ 、 $L = 1$ と設定し、当該周波数に連続的にサブブロックを割当てるように動作する。また、SNRまたはSINRが高い周波数がシステム帯域内に離散的に存在しており、かつ、当該周波数帯のSNRまたはSINRの値が同程度であるような状態では、 $M = 1$ とし、 L を2以上に設定する。

【0068】

また、厳しい周波数選択性フェージングが存在し、周波数伝達関数の周波数軸上の変動が大きいような場合には、 M を大きな値に設定し、各ブロックで適用する変調方式や符号化方法を無線伝送路の周波数特性に適合するように細かく設定する。このような制御を行うことで、大容量伝送と送信機におけるPAPR抑圧の双方を実現することができる。もちろん、 M および L の範囲に制限はなく、制御部11、制御部47は任意の組み合わせでパラメータ変更可能であることは言うまでもない。

【0069】

また、このように送信機および受信機が用いるパラメータを変更するような構成とする場合、送信機の制御部11と受信機の制御部47は、同じパラメータを設定する必要があるが、同じパラメータを設定するための方法は任意の方式を適用することができる。たとえば、送信機が受信機に対して信号を送信するのに先立って、送信機から送信された既知信号に基づいて受信機が無線伝送路の状態を測定しておき、受信機の方から所望のパラメータを送信機に対して通知する方法や、あらかじめパラメータの組み合わせと使う順序を決めておき、その順序に従って逐次変更していく方法をとることができる。また、別な実現方法として、フレーム内に、送信機から受信機へパラメータを通知するための専用信号を多重化し、当該フレームで用いられているパラメータを、専用信号を用いて受信機に通知し、受信機の制御部47が、パラメータ通知用の専用信号を読み取ることでパラメータを設定するという構成も考えられる。

【0070】

また、本実施の形態では、送信機の逆DFT処理部15が、システム帯域全体に対応す

10

20

30

40

50

る時間領域の信号を生成する構成としたが、たとえば、システム帯域より小さい周波数幅に対応する複数の逆DFT処理部を備え、それぞれの時間領域の信号をシステム帯域内の所定の周波数に割り当てるようにしてもよい。この場合、逆DFT処理にかかる処理量を削減することが可能である。また、このような構成は、前述した、周波数軸上で離れて存在しているサブシステム帯域を複数備えるような場合に好適であり、たとえば、複数の逆DFT処理部を、各サブシステム帯域に対応させることができる。

【0071】

また、本実施の形態では、送信機および受信機が、それぞれ1本のアンテナを備える構成としたが、送信機が複数の送信アンテナを用いて本発明によって生成される無線送信信号を同時に送出する構成としてもよい。また、受信機が、複数の受信アンテナを用いて信号を受信する構成としても良い。送信機が複数の送信アンテナを用いて送信する場合、受信機では、送信アンテナごとに、送信された各々の信号を分離する必要がある。これは、たとえば、「Xu Zhu and Ross D. Murch, "Novel Frequency-Domain Equalization Architectures for a Single-Carrier Wireless MIMO System", IEEE VTC2002-Fall, pp.874-878」に開示されているような、公知の信号分離アルゴリズムを等化処理部に適用することで達成できる。また、送信機および受信機において複数のアンテナを用いた場合、たとえばSTBC (Space-Time Block Code) やSFBC (Space-Frequency Block Code)、ビームフォーミングといったような、複数アンテナを用いて信号の送受信を行うシステムに適用できる各種アルゴリズムと組み合わせる構成にすることも可能である。

10

20

【0072】

また、本実施の形態の構成に限定されず、送信機がブロック化した送信系列をサブブロックに分割して上記と同様の信号の送信ができる構成であればどのような構成としてもよく、また、受信機についてもサブブロック化されて送信された信号を復元できるような構成であればどのような構成としてもよい。

【0073】

実施の形態2.

図10は、本発明にかかる実施の形態2の送信機のサブブロック生成に関連する構成要素の構成例を示す図である。本実施の形態の送信機の構成は、制御部11を制御部11aに替え、分割部12およびサブブロック生成部13-1~13-Mの替わりに、第一の分割部12a, 第二の分割部12b, 第三の分割部12cを備えるが、それ以外は実施の形態1の送信機と同様である。ただし、符号化処理部21、シンボル生成部22およびDFT処理部23については、機能は実施の形態1と同様であるが、各構成要素の個数は後述のように実施の形態1とは異なる。実施の形態1と同様の機能を有する構成要素については同一の符号を付して説明を省略する。以下、実施の形態1と異なる部分について説明する。

30

【0074】

本実施の形態の送信機が、実施の形態1の送信機と異なる主な点は、ブロック分割を信号生成処理の任意の位置(処理段階)で行うことができるようにしている点である。図10の例では、第一の分割部12aが、制御部11aからの通知に基づいて送信する情報ビット系列をA個の情報ビットブロックに分割して、情報ビットブロックを対応する符号化処理部21に出力する。なお、図10では、代表して1番目のブロックに関する構成要素のみ図示しているが、A個のブロックについて、それぞれ対応する符号化処理部21および第二の分割部12bを備えることとする。すなわち、符号化処理部21および第二の分割部12bをA個備えることとする。符号化処理部21は、情報ビットブロック内の情報ビットに対して誤り訂正符号化を実行することにより符号化ビット系列を生成し、符号化ビット系列を第二の分割部12bへ出力する。

40

【0075】

第二の分割部12bは、制御部11aからの通知に基づいて入力された符号化ビット系列を符号化ビットブロックに分割して、符号化ビットブロックを対応するシンボル生成部

50

2 2 に出力する。このとき、A 個の第二の分割部 1 2 b から出力される符号化ビットブロックの合計の個数を B 個とする。図 1 0 では、代表して 1 番目のブロックに関する構成要素のみ図示しているが、B 個のブロックについて、それぞれ対応する符号化処理部 2 2 および第三の分割部 1 2 c を備えることとする。すなわち、符号化処理部 2 2 および第三の分割部 1 2 c を B 個備えることとする。シンボル生成部 2 2 は、符号化ビットブロック内の符号化ビットをシンボル系列に変換し、シンボル系列を第三の分割部 1 2 c へ出力する。

【 0 0 7 6 】

第三の分割部 1 2 c は、制御部 1 1 a からの通知に基づいて入力されたシンボル系列をシンボルブロックに分割し、シンボルブロックを D F T 処理部 2 3 へ出力する。このとき、B 個の第二の分割部 1 2 b から出力される符号化ビットブロックの合計の個数を C 個とする。図 1 0 では、代表して 1 番目のブロックに関する構成要素のみ図示しているが、C 個のブロックについて、それぞれ対応する D F T 処理部 2 3 およびサブブロック分割部 2 4 をそれぞれ C 個備えることとする。D F T 処理部 2 3 は、シンボルブロックに対して D F T を実行することにより周波数領域のブロックを生成し、周波数領域のブロックをサブブロック分割部 2 4 へ出力する。サブブロック分割部 2 4 は、周波数領域のブロックを複数の周波数領域のサブブロックに分割し、周波数割当部 1 4 へ出力する。以降の処理は、実施の形態 1 と同様である。

【 0 0 7 7 】

つづいて、本実施の形態の受信機の構成および動作について説明する。実施の形態 1 と異なる点について説明する。図 1 1 は、本実施の形態の受信機の受信信号処理部の結合処理に関連する構成要素の構成例を示す図である。本実施の形態の受信機の受信信号処理部は、実施の形態 1 の受信信号処理部 4 6 の結合部 6 9 の替わりに、第一の結合部 6 9 a , 第二の結合部 6 9 b , 第三の結合部 6 9 c を備えているが、それ以外は実施の形態の受信信号処理部 4 6 と同様である。図 1 1 では、C P 除去部 6 1 , D F T 処理部 6 2 , 周波数選択部 6 3 , 等化処理部 6 4 を省略しているが、本実施の形態でも、実施の形態 1 と同様にこれらの構成要素を備えていることとする。

【 0 0 7 8 】

また、本実施の形態では、サブブロック結合部 6 5 - 1 および逆 D F T 処理部 6 6 - 1 の 1 式のみを示しているが、サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - C および逆 D F T 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - C のように、それぞれ C 個備えることとする。また、本実施の形態では、ビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7 - B を第一の結合部 6 9 a と第二の結合部 6 9 b の間に、復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - A を第二の結合部 6 9 b と第三の結合部 6 9 c の間に配置している。図 1 1 では、簡単のため、ビット変換部 6 7 - 1 , 復号部 6 8 - 1 のみを示している。

【 0 0 7 9 】

つづいて、本実施の形態の受信機の受信信号処理部の動作について、実施の形態 1 と異なる部分について説明する。サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 5 - C は、実施の形態 1 と同様に、制御部 4 7 から通知されるサブブロック分割数の情報に基づき等化処理部 6 4 から入力された周波数領域のサブブロックの推定値を結合し、周波数領域のブロックの推定値を生成する。そして、サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 5 - C は、周波数領域のブロックの推定値をそれぞれ対応する逆 D F T 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - C に出力する。

【 0 0 8 0 】

逆 D F T 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - C では、周波数領域のブロックの推定値に対して逆 D F T を実行することによりシンボルブロックの推定値を得て、シンボルブロックの推定値を第一の結合部 6 9 a に出力する。

【 0 0 8 1 】

第一の結合部 6 9 a は、C 個のシンボルブロックの推定値を、制御部 4 7 から通知されるブロック分割情報 (ブロック分割数 A , B , C を含む情報) に基づいて結合し、シンボル系列の推定値を生成し、シンボル系列の推定値をそれぞれビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7

10

20

30

40

50

- B に出力する。

【0082】

ビット変換部 67 - 1 ~ 67 - B は、それぞれ制御部 47 から通知される変調方式に関する情報に基づき入力されたシンボル系列の推定値に含まれる各シンボルの推定値を、ビット単位の推定値に変換することにより、符号化ビットブロックの推定値を生成する。そして、符号化ビットブロックの推定値を第二の結合部 69 b に出力される。

【0083】

第二の結合部 69 b は、B 個の符号化ビットブロックの推定値を、制御部 47 から通知されるブロック分割情報に基づいて結合し、符号化ビット系列の推定値を生成する。そして、符号化ビット系列の推定値を、復号部 68 - 1 ~ 68 - A へそれぞれ出力される。

10

【0084】

復号部 68 - 1 ~ 68 - A は、制御部 47 から通知される符号化方法に関する情報に基づき入力された符号化ビット系列に対して誤り訂正復号の処理を行い、情報ビットブロックの推定値を得る。ここで、送信機においてインタリーブ処理が行われている場合、逆の処理に相当する逆インタリーブも行う。復号部 68 - 1 ~ 68 - A は、情報ビットブロックの推定値を第三の結合部 69 c へ出力される。

【0085】

第三の結合部 69 c は、A 個の情報ビットブロックの推定値を、制御部 47 から通知されるブロック分割数 A に基づいて結合し、分割前の情報ビット系列の推定値を得る。以上のべた以外の本実施の形態の動作は、実施の形態 1 と同様である。

20

【0086】

このような構成とすることで、たとえば、 $A = M$, $B = 1$, $C = 1$ とする場合には、実施の形態 1 と同様に符号化前の送信する情報ビット系列の段階でブロックに分割することができ、 $A = 1$, $B = M$, $C = 1$ とすれば、符号化処理後の符号化ビット列の段階でブロックに分割することができ、また、 $A = 1$, $B = 1$, $C = M$ とすれば、シンボル系列の段階でブロックに分割することができる。

【0087】

また、上記の例では、第一の分割部 12 a , 第二の分割部 12 b , 第三の分割部 12 c のいずれか 1 箇所で行う (A , B , C のうちいずれか 1 つが 2 以上で、他の 2 つは 1) ことを前提にしているが、これらのうち 2 箇所以上で分割するようにしてもよい。たとえば、 A を 2 以上として、第一の分割部 12 a で A 個のブロックに分割し、さらに、 B を 2 以上とし、第二の分割部 12 b で分割された各々のブロックを B 個に分割するようにしてもよい。

30

【0088】

以上のように、本実施の形態では、送信機がブロック分割を行う位置を送信信号処理の任意の段階に配置できる構成とした。また、本実施の形態の受信機では、結合部を受信信号処理の各段階に配置することで、本実施の形態の送信機が分割したブロックを結合し、元の信号系列を復元できる構成とした。そのため、各ブロックのサイズや適用される符号化方法、変調方式の組み合わせにより、サブブロックに対して所要 SNR または所要 SINR をきめ細かく決定することが可能になり、伝送路状態に適応した高品質、大容量通信を提供することができる。また、周波数領域のサブブロックを生成するための回路をサブブロックごとに個別に用意するよりも簡易な構成で実現することができる。

40

【0089】

実施の形態 3 .

図 12 は、本発明にかかる送信機のサブブロック生成部の実施の形態 3 の機能構成例を示す図である。本実施の形態の送信機は、実施の形態 1 のサブブロック生成部 13 - 1 ~ 13 - M をそれぞれ本実施の形態のサブブロック生成部に替える以外は、実施の形態 1 の送信機と同様である。図 12 に示すように、本実施の形態のサブブロック生成部は、図 3 で示した実施の形態 1 のサブブロック生成部 13 - 1 ~ 13 - M に RRC (Root Raised Cosine : ルートレイズドコサイン) 処理部 71 を追加する以外は実施

50

の形態1のサブブロック生成部13-1~13-Mと同様である。なお、本実施の形態でも、実施の形態1と同様にサブブロック生成部はM個備えることとし、分割部12から出力されるM個のブロックについてそれぞれ処理を行うこととする。実施の形態1と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態1と同一の符号を付して説明を省略する。以下、実施の形態1と異なる部分について説明する。

【0090】

本実施の形態では、送信機が、DFT処理部23の出力に対して周波数領域のフィルタリング処理(RRC処理)を行った後にサブブロック分割部へ受け渡し、また、受信機がサブブロックを結合した結果に対して周波数領域のフィルタリング処理を実施した後に逆DFT処理部66-1~66-Mに出力する。

10

【0091】

はじめに、本実施の形態の送信機の動作について説明する。本実施の形態では、上述のとおり、サブブロック生成部の構成が実施の形態1と異なるが、それ以外に、本実施の形態では、図2に示した制御部11が周波数割当部14および参照信号生成部18へ受け渡す使用周波数情報の内容が異なる実施の形態1と異なる。本実施の形態では、後述するように周波数領域のブロックのサイズを拡張する処理(巡回拡張処理)を行う。そのため、制御部11は、周波数割当部14および参照信号生成部18に対して、拡張された周波数領域のブロックサイズを使用周波数情報として通知する。

【0092】

つぎに、本実施の形態のサブブロックの処理を説明する。符号化処理部21、シンボル生成部22、DFT処理部23の処理は実施の形態1と同様であり、DFT処理部は、周波数領域のブロックをRRC処理部71へ出力する。

20

【0093】

RRC処理部71は、入力された周波数領域のブロックに対して、後述する巡回拡張処理を行い、RRC(Root Raised Cosine、ルートレイズドコサイン)フィルタによるフィルタリングを実行し、周波数領域での信号成分の整形を実行する。

【0094】

図13は、周波数領域のブロックに対する巡回拡張処理の一例を示す図である。図13では、ブロック81はDFT処理部23から入力された周波数領域のブロックを示し、ブロック82は巡回拡張処理後の周波数領域のブロックを示している。巡回拡張処理とは、具体的には周波数領域のブロック81の先頭および最後尾からそれぞれ所定の周波数幅のデータをコピーし、周波数領域のブロック81の先頭からコピーしたデータを周波数領域のブロック81の後ろに付加し、周波数領域のブロック81の最後尾からコピーしたデータを周波数領域のブロック81の前に付加する処理である。結果的に、図13のブロック82として示すように、ブロック81に対し周波数軸上でのサイズが拡張されたブロックが生成される。

30

【0095】

なお、巡回拡張処理によって拡張される周波数幅はRRCフィルタのロールオフ率によって決まる。たとえばロールオフ率10%の場合、巡回拡張処理によって、周波数領域のブロックの先頭と最後尾に、それぞれ、周波数領域のブロックが占有する周波数帯域幅の5%に相当するデータが付加され、結果的に占有する帯域幅は10%拡張される。

40

【0096】

図14は、周波数領域での信号成分の整形処理の一例を示す図である。図14では、ブロック83は巡回拡張処理後の周波数領域のブロックを示し、ブロック84はRRCフィルタによるフィルタリング後の周波数領域のブロックを示している。RRCフィルタのフィルタ係数算出方法は当業者によく知られており、たとえば、John Proakis著、"Digital Communications" McGraw-Hillで開示されている方法などを適用することができる。なお、RRCフィルタのフィルタ係数算出方法はこれに限らず、一般に用いられるどのような方法を用いてもよい。

【0097】

50

RRC処理部71は、RRC処理により周波数領域での信号成分の整形を実施したブロックを、サブブロック分割部24へ出力する。なお、RRCフィルタの代わりに、その他のフィルタを用いて信号成分の整形処理を実施してもよい。

【0098】

サブブロック分割部24は、RRC処理部71から入力されたブロックに対して実施の形態1と同様の分割処理を行う。具体的には、制御部11から通知されるサブブロック分割数Lに基づき、入力された周波数領域のブロックを、L個のサブブロックに分割する。サブブロック分割部24は、分割後のL個のサブブロックを、実施の形態1と同様に図2の周波数割当部14へ出力される。以後、実施の形態1と同様の処理を行った後、図1の送信アンテナ4から送出される。

10

【0099】

つぎに、本実施の形態の受信機の動作について説明する。図15は、本実施の形態の受信機の受信信号処理部の機能構成例を示す図である。本実施の形態の受信機は、実施の形態1の受信機の受信信号処理部46を本実施の形態の受信信号処理部に替える以外は実施の形態1の受信機と同様である。

【0100】

図15に示すように、本実施の形態の受信信号処理部は、実施の形態1の受信信号処理部46にRRC処理部91-1~91-Mを追加する以外は実施の形態1と同様である。実施の形態1と同様の機能を有する構成要素は、実施の形態1と同一の符号を付して説明を省略する。以下、実施の形態1と異なる部分について説明する。

20

【0101】

本実施の形態の受信機が実施の形態1の受信機と異なる点は、前述のように受信信号処理部の構成が異なる点と、図7に示した制御部47が、伝送路推定処理部45および受信信号処理部の周波数選択部63に対して、送信機で行われた周波数領域のブロックの巡回拡張処理による使用周波数の拡大を考慮した使用周波数情報を受け渡す点と、である。

【0102】

本実施の形態の受信信号処理部のサブブロック結合部65-1~65-Mまでの処理は実施の形態1と同様である。サブブロック結合部65-1~65-Mは、実施の形態1と同様に周波数領域のブロックの推定値を求め、求めた周波数領域のブロックの推定値をそれぞれ対応するRRC処理部91-1~91-Mへ出力する。

30

【0103】

RRC処理部91-1~91-Mでは、入力された周波数領域のブロックの推定値に対して、送信機で適用されたRRCフィルタと同じフィルタ係数を持つRRCフィルタを乗算し、乗算結果から巡回拡張処理前の周波数領域のブロックに相当する周波数成分のみ取り出し、取り出した結果をそれぞれ対応する逆DFT処理部66-1~66-Mへ受け渡す。以降、実施の形態1の受信機と同様の処理を行い、最終的に情報ビット系列を復元する。以上述べた以外の本実施の形態の動作は、実施の形態1と同様である。

【0104】

このように、本実施の形態では、送信機がDFT処理部23の処理結果に対してフィルタ処理を施した後にサブブロック分割を行う構成とした。そのため、実施の形態1に比べ送信機でのPAPR抑圧効果を向上させることができる。

40

【0105】

なお、本実施の形態では、制御部11が、RRC処理部71での巡回拡張処理を考慮した拡張された周波数領域のブロックサイズを使用周波数として通知する構成としたが、これに限定されず、たとえば、使用周波数は実施の形態1と同様に通知しておき、巡回拡張処理によって拡大される帯域幅を制御部11が別途通知することにしてもよい。たとえば、RRC処理部71または制御部11が、RRC処理部71が用いるRRCフィルタのロールオフ率を後段のサブブロック分割部24に通知し、サブブロック分割部24がロールオフ率と使用周波数情報に基づいて逐一巡回拡張処理によって拡大される帯域幅を計算するようにしてもよい。

50

【 0 1 0 6 】

また、受信処理についても、制御部 4 7 は、巡回拡張処理を考慮した拡張された周波数領域のブロックサイズを使用周波数として通知する代わりに、実施の形態 1 と同様に拡張前の使用周波数を通知し、R R C 処理部 9 1 - 1 ~ 9 1 - M または制御部 4 7 が巡回拡張処理によって拡大される帯域幅をサブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M に通知するようにしてもよい。

【 0 1 0 7 】

また、R R C フィルタのフィルタ係数は、あらかじめ送信機と受信機との間で決めた固定値を用いてもよいし、また、適宜変更する構成としてもよい。たとえば、送信機が送信データの性質や環境などに基づいてできるだけ P A P R を抑圧したいと判断した場合は、

10

【 0 1 0 8 】

受信機に対して送信し、受信機が当該要求信号を受信すると、要求信号を送信してきた送信機に対して次回の送信に用いる具体的なロールオフ率を通知するような構成としてもよい。

【 0 1 0 9 】

また、上記と逆の制御も可能で、たとえば、送信機が P A P R 抑圧をそれほど必要としないと判断した場合は、受信機に対してロールオフ率を小さくするように要求する信号を受信機に対して送信し、受信機が適切なロールオフ率を当該送信機に対して通知する構成としてもよい。

20

【 0 1 1 0 】

さらに、フィルタ係数は送信機間で異なってもよい。また、送信機と受信機との間であらかじめフィルタに関する情報を共有できていれば、用いるフィルタの種類等が送信機間で異なってもよい。同一システム内に、フィルタを用いて送信する送信機と、フィルタを用いないで送信する送信機とが混在していてもよい。

【 0 1 1 1 】

また、本実施の形態では、フィルタ処理を D F T 処理部 2 3 とサブブロック分割部 2 4 との間で行うようにしたが、これに限らず、シンボル生成部 2 2 と D F T 処理部 2 3 の間でフィルタ処理を行う構成も可能である。この場合は、時間領域の信号に対するフィルタ処理となるため、フィルタ係数と送信シンボル系列との畳み込みによってフィルタ処理が実現できる。このときも、フィルタの一例として、R R C フィルタを用いることができる。

30

【 0 1 1 2 】

また、本実施の形態では、M 個のサブブロック生成部（サブブロック生成部 1 3 - 1 ~ 1 3 - M）に対して、それぞれ同じ R R C 処理部を備える構成としたが、サブブロック生成部ごとに実施するフィルタ処理を適応的に変えるようにしてもよい。たとえば、サブブロック分割部が分割する周波数領域のサブブロック分割数が 2 以上の場合のみ R R C フィルタを適用し、サブブロック分割数が 1 の場合にはフィルタ処理を行わない構成とすることができる。

40

【 0 1 1 3 】

別の例としては、周波数領域のサブブロックのサイズがあらかじめ決めておいた周波数帯域幅より大きい場合のみ R R C フィルタを適用する構成とすることができる。このようにサブブロック生成部が適応的にフィルタ処理の有無やフィルタ係数の設定を行うようにすると、巡回拡張処理による帯域幅拡大を最小限に抑えながら、所望の P A P R 抑圧効果を得ることができる。

【 0 1 1 4 】

なお、本実施の形態では、実施の形態 1 の送信機の D F T 処理部 2 3 とサブブロック分割部 2 4 の間に R R C 処理部 7 1 を追加して、本実施の形態と同様にフィルタ処理を実施するようにしてもよい。また、その場合、実施の形態 2 の受信機のサブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - C と逆 D F T 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - C の間に、R R C 処理部 9 1 - 1 ~ 9 1 - C を追加する。

実施の形態 4 .

50

図16は、本発明にかかる実施の形態4の送信機の機能構成例を示す図である。本実施の形態の送信機は、送信信号生成部1aと、それぞれが実施の形態1のD/A変換部2と同様の機能を有するD/A変換部2-1~2-N(Nは送信アンテナの数;2以上の整数)と、それぞれが実施の形態1の高周波処理部3と同様の機能を有する高周波処理部3-1~3-Nと、送信アンテナ4-1~4-Nと、で構成される。

【0115】

本実施の形態では、送信機が複数のアンテナを用いて信号を送信できるように構成される場合に、送信アンテナ毎にブロック分割方法を設定できるような構成としている。本実施の形態の送信機は、図16に示すように、送信信号生成部1aが送信アンテナごとのN個の送信信号をD/A変換部2-1~2-Nに対してそれぞれ信号を受け渡しており、最終的にN個の送信アンテナから信号を送信できるように構成している。以下、実施の形態1と異なる点について説明する。

10

【0116】

図17は、送信信号生成部1aの構成例を示す図である。図17に示すように、本実施の形態の送信信号生成部1aは、制御部1bと、分割部12dと、符号化・シンボル生成処理部111-1~111-MK(MK=M×K;K=1,2,...,N)と、レイヤーマッピング部112と、DFT処理部23-1~23-MN(MN=M×N)と、サブブロック分割部24-1~24-MNと、周波数割当部14aと、逆DFT・CP付加・フレーム生成部113-1~113-Nと、で構成される。Kは、1からNの範囲をとる整数で、複数の送信アンテナを用いて同時に送信する独立なブロック数を表す。送信アンテナ数がNの場合、送信アンテナ数が1の場合と比較して最大でN倍のブロックを送信することができるようになる。以下、Kを符号語数と呼ぶこととする。

20

【0117】

つぎに、本実施の形態の送信機の動作を説明する。はじめに、制御部11bは、送信信号生成部1aの各構成要素へ出力するパラメータを作成する。具体的には、図17の例では、制御部11bは、分割部12dが情報ビット系列をブロックに分割する際の分割数Mを決定して分割部12dに通知する。更に、制御部11bは、分割部12dに対して、符号語数Kも通知する。また、制御部11bは、符号化・シンボル生成処理部111-1~111-MKに対して各ブロックがそれぞれ用いる符号化方法や変調方式を、レイヤーマッピング部112に対して送信アンテナに対するブロックの割当方法(以下、レイヤーマッピング情報とよぶ)を、それぞれ通知する。さらに、制御部11bは、サブブロック分割部24-1~24-MNに対して周波数領域のサブブロック分割数Lを、周波数割当部14aおよび逆DFT・CP付加・フレーム生成部113-1~113-Nに対して各送信アンテナに対する使用周波数情報を、それぞれ通知する。

30

【0118】

分割部12dは、符号語数Kとブロック分割数Mとに基づき、情報ビット系列をMK個のブロックに分割する。図18は、分割部12dが実施する情報ビット系列の分割の一例を示す図である。図18に示した例では、ブロック分割数M=2、符号語数K=2としている。情報ビット系列はMK個、すなわち4個のブロックに分割される。図18では、説明の便宜上、ブロック分割数M=2に起因して分割された情報ビット系列のかたまりをブロック#1およびブロック#2として表現し、符号語数K=2に起因して分割された情報ビット系列のかたまりを、符号語#1および符号語#2として示している。

40

【0119】

分割部12dは、分割したMK個のブロックを、それぞれ対応する符号化・シンボル生成処理部111-1~111-MKへ出力する。符号化・シンボル生成処理部111-j(1~111-MK)は、それぞれ実施の形態1の送信機の符号化処理部21およびシンボル生成部22と同様の処理を行い、処理結果をレイヤーマッピング部112へ出力する。

【0120】

レイヤーマッピング部112は、符号化・シンボル生成処理部111-1~111-MKから入力されたMK個のブロックを、制御部11bから通知されるレイヤーマッピング

50

情報に基づいて、 MK 個のブロックを各送信アンテナに割当てる。また、レイヤーマッピング部 1 1 2 は、入力された MK 個のブロック（ブロック分割数 M と符号語数 K に基づいて分割されたブロック）を、ブロック分割数 M とレイヤ－数 N に基づいたブロックに変換する処理を行う。すなわち、 MK 個のブロックが MN 個のブロック（レイヤ－単位のブロック）となるようにブロックの変換を行う。

【0 1 2 1】

図 1 9 は、レイヤーマッピング部 1 1 2 の処理例を示す図である。図 1 8 に示した例と同様に、ブロック分割数 $M = 2$ 、符号語数 $K = 2$ を仮定している。また、送信アンテナ数 $N = 4$ としている。図 1 9 に示した例では、各符号語に対応するブロックを 2 つのレイヤ－に分割することによりサイズの小さいレイヤ－を 2 つ生成することにより、2 種類の符号語（符号語 # 1, # 2）を 4 つのレイヤ－（レイヤ－# 1 ~ # 4）に対応させている。レイヤーマッピング情報には、このような符号語とレイヤ－の対応付けの情報が含まれているとする。

10

【0 1 2 2】

なお、符号語とレイヤ－の対応付け方法は、これに限らず任意の方法とすることができる。たとえば、各符号語に対応するブロックに含まれるシンボルのうち、偶数番目と奇数番目のシンボルを別々のレイヤ－に配分するような方式をとってもよいし、符号語に対応するブロックの前半と後半をそれぞれ別のレイヤ－に配分するようにしてもよい。レイヤーマッピング部 1 1 2 は、このようにして生成した MN 個のブロック（レイヤ－単位のブロック）を、それぞれ対応する DFT 処理部 2 3 - r ($r = 1, 2, \dots, MN$) へ出力する。

20

【0 1 2 3】

DFT 処理部 2 3 - r は、入力されたレイヤ－単位のブロックに対して DFT を実行し、周波数領域のブロックを生成する。DFT 処理部 2 3 - r は、生成した周波数領域のブロックを、サブブロック分割部 2 4 - r へ出力する。

【0 1 2 4】

サブブロック分割部 2 4 - r は、入力された周波数領域のブロックを、制御部 1 1 b から通知されるサブブロック分割数 L に基づき L 個のサブブロックに分割する。サブブロック分割部 2 4 - r は、生成した L 個のサブブロックを、周波数割当部 1 4 a へ出力する。

【0 1 2 5】

周波数割当部 1 4 a は、サブブロック分割部 2 4 - 1 ~ 2 4 - MN から入力されたサブブロックを、制御部 1 1 b から通知される各送信アンテナに対応する使用周波数情報に基づいてシステム帯域内に割当てる処理を行う。なお、この際、周波数割当部 1 4 a は、システム帯域内のその他の周波数帯には何も信号を配置しない。制御部 1 1 b は、たとえば、各送信アンテナに対応する使用周波数情報として、送信アンテナ毎に別な周波数帯域にサブブロックを割当てるように使用周波数情報を指示することができる。

30

【0 1 2 6】

図 2 0 は、周波数割当部 1 4 a による周波数割当の例を示す図である。図 2 0 では、ブロック分割数 $M = 2$ 、レイヤ－数 $N = 4$ 、サブブロック分割数 $L = 2$ の例を示している。図 2 0 では、周波数割り当て 1 2 1 は送信アンテナ間で同じ周波数帯にサブブロックを割当てる例を、周波数割り当て 1 2 2 は、送信アンテナ間で異なる周波数帯にサブブロックを割当てる例を、それぞれ示している。

40

【0 1 2 7】

また、図 2 0 では、サブブロック 1 2 3 - 1, 1 2 3 - 2 はブロック # 1, レイヤ－# 1 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 2 4 - 1, 1 2 4 - 2 はブロック # 2, レイヤ－# 1 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示す。また、サブブロック 1 2 5 - 1, 1 2 5 - 2 は、ブロック # 1, レイヤ－# 2 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 2 6 - 1, 1 2 6 - 2 はブロック # 2, レイヤ－# 2 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示す。

50

【 0 1 2 8 】

また、サブブロック 1 2 7 - 1 , 1 2 7 - 2 はブロック # 1 , レイヤー # 3 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 2 8 - 1 , 1 2 8 - 2 はブロック # 2 , レイヤー # 3 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 2 9 - 1 , 1 2 9 - 2 はブロック # 1 , レイヤー # 4 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 3 0 - 1 , 1 3 0 - 2 はブロック # 2 , レイヤー # 4 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示している。

【 0 1 2 9 】

同様に、サブブロック 1 3 1 - 1 ~ 1 3 1 - 2 はブロック # 1 , レイヤー # 1 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 3 2 - 1 , 1 3 2 - 2 はブロック # 2 , レイヤー # 1 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示している。また、サブブロック 1 3 3 - 1 , 1 3 3 - 2 はブロック # 1 , レイヤー # 2 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 3 4 - 1 , 1 3 4 - 2 はブロック # 2 , レイヤー # 2 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 3 5 - 1 , 1 3 5 - 2 はブロック # 1 , レイヤー # 3 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示している。

【 0 1 3 0 】

さらにサブブロック 1 3 6 - 1 , 1 3 6 - 2 はブロック # 2 , レイヤー # 3 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 3 7 - 1 , 1 3 7 - 2 はブロック # 1 , レイヤー # 4 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示し、サブブロック 1 3 8 - 1 , 1 3 8 - 2 はブロック # 2 , レイヤー # 4 に対応する周波数領域のブロックから生成される 2 つのサブブロックを示している。

【 0 1 3 1 】

また、本実施の形態では、周波数の割当ての処理量を削減するために、システム帯域のうち各ブロックが信号送信に使用する周波数帯を限定することとする。たとえば、ブロックごとに使用する周波数帯域を定めておくこととする。周波数割当部 1 4 a は、最終的に、送信アンテナ 4 - g ($g = 1, 2, \dots, N$) に割り当てたサブブロックを、送信アンテナ 4 - g に対応する逆 D F T ・ C P 付加 ・ フレーム生成部 1 1 3 - g へ出力する。

【 0 1 3 2 】

逆 D F T ・ C P 付加 ・ フレーム生成部 1 1 3 - g は、実施の形態 1 の逆 D F T 処理部 1 5、C P 付加部 1 6、フレーム生成部 1 7 および参照信号生成部 1 8 の処理と同様の処理を順次実行し、処理結果を D / A 変換部 2 - g へ出力する。なお、参照信号としては、実施の形態 1 で例示したものと同一ものを適用することができるが、必要に応じて参照信号に用いる信号系列を送信アンテナ間で直交したものにしてもよいし、送信アンテナ間で参照信号を同時に同じ周波数を用いて送信しないように調整してもよい。以降の処理は、高周波処理部 3 - 1 ~ 3 - N , 送信アンテナ 4 - 1 ~ 4 - N の動作は実施の形態 1 の高周波処理部 3 , 送信アンテナの動作とそれぞれ同様である。

【 0 1 3 3 】

図 2 1 は、本実施の形態の受信機の機能構成例を示す図である。図 2 1 に示すように、本実施の形態の受信機は、受信アンテナ 4 1 - 1 ~ 4 1 - J (J は自然数) と、高周波処理部 4 2 - 1 ~ 4 2 - J と、A / D 変換部 4 3 - 1 ~ 4 3 - J と、フレーム分割部 4 4 - 1 ~ 4 4 - J と、伝送路推定処理部 4 5 - 1 ~ 4 5 - J と、受信信号処理部 1 4 0 と、制御部 4 7 a と、で構成される。本実施の形態の受信機が実施の形態 1 の受信機と異なる点は、受信アンテナから伝送路推定処理部までの一連の構成要素を J 個ずつ備え、更に受信信号処理部 1 4 0 が、送信機で N 本の送信アンテナから同時に送信された信号を分離受信する能力を持つ点である。

【 0 1 3 4 】

10

20

30

40

50

制御部 47a は、実施の形態 1 の制御部 47 の機能に加えて、送信アンテナ毎の使用周波数の情報と、レイヤーマッピング情報と、を受信信号処理部 140 および伝送路推定処理部 45-1 ~ 45-J に通知する。受信アンテナ 41-1 ~ 41-J は、本実施の形態の送信機から送信された高周波アナログ受信信号を受信する。受信アンテナ 41-f ($f = 1, 2, \dots, J$) は、受信した高周波アナログ受信信号を高周波処理部 42-f に出力する。以降、高周波処理部 42-f, A/D 変換部 43-f, フレーム分割部 44-f は、それぞれ実施の形態の高周波処理部 42, A/D 変換部 43, フレーム分割部 44 と同様の処理を実施する。

【0135】

フレーム分割部 44-f は、分離した受信信号系列と参照信号系列を、受信信号系列は受信信号処理部 140 へ、受信参照信号系列は対応する伝送路推定処理部 45-f へそれぞれ出力する。

【0136】

伝送路推定処理部 45-f は、実施の形態 1 の伝送路推定処理部 45 と同様に、受信参照信号系列から CP を除去し、その結果に対して DFT を行うことで周波数領域の受信参照信号を生成する。その後、受信参照信号系列から、既知シンボルが割り当てられている周波数の信号を抽出し実施の形態 1 と同様に無線伝送路の周波数伝達関数を算出する。なお、本実施の形態では、送信機は N 本の送信アンテナを備えているため、各伝送路推定処理部は、それぞれ、N 本の送信アンテナに対応する既知シンボルを用いて N 通りの異なる無線伝送路を推定する。伝送路推定処理部 45-f は推定した N 通りの無線伝送路の周波数伝達関数は、受信信号処理部 140 へ出力する。

【0137】

つぎに、受信信号処理部 140 の動作について詳細に説明する。図 22 は、受信信号処理部 140 の構成例を示す図である。図 22 に示すように、受信信号処理部 140 は、CP 除去・DFT・周波数選択部 150-1 ~ 150-J と、等化処理部 64a と、サブブロック結合部 65-1 ~ 65-MN と、逆 DFT 処理部 66-1 ~ 66-MN と、レイヤーマッピング部 151 と、ビット変換・復号処理部 152-1 ~ 152-MK と、結合部 69d と、で構成される。

【0138】

伝送路推定処理部 45-1 ~ 45-J から受信信号処理部 140 に入力される無線伝送路の周波数伝達関数は、等化処理部 64a に入力される。また、制御部 47a から入力されるパラメータのうち、送信アンテナ毎の使用周波数情報は CP 除去・DFT・周波数選択部 150-1 ~ 150-J へ、ブロック分割数 M は CP 除去・DFT・周波数選択部 150-1 ~ 150-J、サブブロック結合部 65-1 ~ 65-MN および結合部 69a へ、各ブロックのサブブロック分割数 L は CP 除去・DFT・周波数選択部 150-1 ~ 150-J およびサブブロック結合部 65-1 ~ 65-MN へ、それぞれ出力される。また、制御部 47a から入力されるパラメータのうち、各ブロックに対応する変調方式および符号化方法はビット変換・復号処理部 152-1 ~ 152-MK へ、レイヤーマッピング情報はレイヤーマッピング部 151 へ、それぞれ入力される。

【0139】

CP 除去・DFT・周波数選択部 150-f は、フレーム分割部 44-f から入力された受信信号系列に対して、送信アンテナ毎の使用周波数情報と、ブロック分割数 M と、サブブロック分割数 L と、に基づき、実施の形態 1 における CP 除去部 61 と DFT 処理部 62 と同様の処理を行い、周波数領域の受信信号を生成する。CP 除去・DFT・周波数選択部 150-f は、その後、当該周波数領域の受信信号から送信機がサブブロックに割り当てた周波数の信号のみを抽出し、抽出した周波数領域の受信信号を等化処理部 64a に出力する。前述したように、本実施の形態では、送信アンテナ間で使用周波数が異なる構成もとりうる。このような場合には、少なくとも 1 つの送信アンテナについてサブブロックが割り当てられていれば、その周波数の信号は抽出するように処理を行う。

【0140】

10

20

30

40

50

等化処理部 6 4 a は、入力された周波数領域の受信信号に対して、信号が無線伝送路で受けたひずみを補償するとともに、送信機の N 本の送信アンテナから同時に送信された信号を分離する処理を行う。この処理は、実施の形態 1 の等化処理部 6 4 で説明した処理を、複数の送受信アンテナの場合に拡張することで容易に実現できる。たとえば、ある周波数の周波数領域の受信信号を J 本の受信アンテナに対応して並べた J 次元の列ベクトルを X とし、ある周波数の送信信号を N 本の送信アンテナに対応して並べた N 次元列ベクトルを S とし、ある周波数の無線伝送路の周波数伝達関数を、列番号が送信アンテナ番号に対応し、行番号が受信アンテナ番号に対応するように並べた行列 H とし、受信アンテナで印加される雑音成分を J 次元列ベクトル V で表すとすると、以下の式 (5) が成り立つ。

$$X = H S + V \quad \dots (5)$$

10

【 0 1 4 1 】

すなわち、実施の形態 1 の等化処理部と同様の考え方で以下の式 (6) に示す計算をすることで、信号が無線伝送路で受けたひずみの補償と、信号の分離を実現でき、N 系統の周波数領域の送信信号推定値を得ることができる。

$$H^{-1} X = S + H^{-1} V \quad \dots (6)$$

【 0 1 4 2 】

N 系統の周波数領域の送信信号推定値は、それぞれ対応するサブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - MN へ受け渡される。サブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - MN、逆 DFT 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - MN は、実施の形態 1 のサブブロック結合部 6 5 - 1 ~ 6 5 - M、逆 DFT 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - M とそれぞれ同様の処理を行う。逆 DFT 処理部 6 6 - 1 ~ 6 6 - MN は、処理によって得られた時間領域の送信シンボルの推定値をレイヤーデマッピング部 1 5 1 へ出力する。

20

【 0 1 4 3 】

レイヤーデマッピング部 1 5 1 は、制御部 4 7 a から受け取ったレイヤーマッピング情報に基づいて、入力された時間領域の送信シンボルの推定値を、ブロック分割数 M と符号語数 K で表される形に並べ替える。すなわち、レイヤーデマッピング部 1 5 1 は、図 1 7 におけるレイヤーマッピング部 1 1 2 の処理と逆の処理を行う。制御部 4 7 a から出力されるレイヤーマッピング情報には、送信機が送信時に行った符号語とレイヤーの対応付けについての情報が含まれているとする。レイヤーデマッピング部の処理結果は、それぞれ対応するビット変換・復号処理部 1 5 2 - 1 ~ 1 5 2 - MK へ出力される。

30

【 0 1 4 4 】

ビット変換・復号処理部 1 5 2 - 1 ~ 1 5 2 - MK は、実施の形態 1 のビット変換部 6 7 - 1 ~ 6 7 - M および復号部 6 8 - 1 ~ 6 8 - M と同様の処理を行い、処理後のブロック毎の情報ビット系列の推定値を、結合部 6 9 d に出力する。結合部 6 9 d は、送信機の分割部 1 2 d が実施した処理と逆の処理を行い、情報ビット系列を復元する。

【 0 1 4 5 】

このように、本実施の形態では、複数の送信アンテナから信号を送信できるようにし、さらに、送信アンテナ間で周波数領域のサブブロックの割当を独立に決定できるようにした。そのため、実施の形態 1 と同様の効果が得られるとともに、さらに周波数領域のサブブロックの割当方法に柔軟性が増し、結果的に高い SINR で信号伝送が実現できる。

40

【 0 1 4 6 】

また、本実施の形態では、周波数割当部 1 4 a が制御部 1 1 b から通知される各送信アンテナに対応する使用周波数情報に基づいて送信アンテナに対してサブブロックを割り当てようとしたが、たとえば、各送信アンテナに対するサブブロックの割当を決定した後、割当方法 (送信アンテナごとの使用周波数など) を送信タイミングに応じて送信アンテナ間に入れ替えるようにしてもよい。また、割当方法を入れ替えるタイミングも、たとえば送信シンボル単位や、複数の送信シンボルをまとめたスロット単位またはフレーム単位とすることができる。このような構成にすると、受信する信号の品質が平均化され、劣悪な無線伝送環境においてより良好な伝送性能を得ることができる。

【 0 1 4 7 】

50

また、本実施の形態では、レイヤー数を送信アンテナ数 N と等しく設定しているが、これに限定されず、レイヤー数を送信アンテナ数と異なる値とすることができる。この場合、レイヤーマッピング部の後段の何れかの位置で、レイヤー単位のサブブロックを送信アンテナに割当てて処理を挿入すればよい。レイヤーマッピング部112とこの処理を行う構成要素をまとめてマッピング手段と考えることができる。このときに、たとえばレイヤー間の位相を調整した後で合成することで送信アンテナに割当ててマルチアンテナプリコーディングの処理を適用してもよい。マルチアンテナプリコーディング処理については、一般的な手法を用いることが可能であり、例えば、3GPP TS 36.211 V8.6.0に開示されているマルチアンテナプリコーディングの係数を用いることができる。無線伝送路に合わせて適切なプリコーディング係数を用いることで、より高い伝送性能を実現できる。

10

【0148】

また、実施の形態3で述べたように、本実施の形態の送信機のDFT処理部23-1~23-MNとサブブロック分割部24-1~24-MNの間にRRCフィルタ処理部をそれぞれ配置する構成としてもよい。この場合、RRCフィルタ処理部を配置した処理系統から生成される信号のPAPRを抑圧することが可能になる。この場合、受信機でも、サブブロック結合部65-1~65-MNと逆DFT処理部66-1~66-MNの間にもそれぞれRRCフィルタ処理部を配置する。

【0149】

また、送信機の制御部11bから各構成要素に通知される制御信号の内容(ブロック分割数など)を、受信機が生成し、別途用意した通信チャネルを利用して受信機から送信機に制御信号の内容を通知する構成としてもよい。この場合、受信機が複数の送信機に対して制御信号を適切に生成することにより、送信アンテナ間で周波数領域のサブブロックの割当を独立に決定できるように構成した利点を生かして、複数の送信機の送信信号をシステム帯域内で密に配置することが可能になる。

20

【産業上の利用可能性】

【0150】

以上のように、本発明にかかる送信装置および受信装置は、周波数分割多元接続を採用する通信システムに有用であり、特に、異なる周波数帯に対応した複数のSC-FDMA送信システムを備える送信装置を含む通信システムに適している。

30

【符号の説明】

【0151】

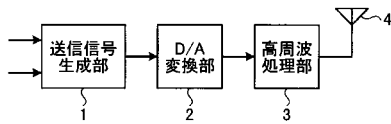
1, 1a 送信信号生成部、2, 2-1~2-N D/A変換部、3, 3-1~3-N 高周波処理部、4, 4-1~4-N 送信アンテナ、11, 11a, 11b 制御部、12, 12a, 12b, 12c, 12d 分割部、13-1~13-M サブブロック生成部、14, 14a 周波数割当部、15 逆DFT処理部、16 CP付加部、17 フレーム生成部、18 参照信号生成部、21 符号化処理部、22 シンボル生成部、23, 23-1~23-MN DFT処理部、24, 24-1~24-MN サブブロック分割部、31 既知シンボル生成部、32 周波数割当部、33 逆DFT処理部、34 CP付加部、41, 41-1~41-J 受信アンテナ、42, 42-1~42-J 高周波処理部、43, 43-1~43-J A/D変換部、44, 44-1~44-J フレーム分割部、45, 45-1~45-J 伝送路推定処理部、46 受信信号処理部、47, 47a 制御部、51, 61 CP除去部、52, 62 DFT処理部、53, 63 周波数選択部、54-1~54-M 乗算処理部、64, 64a 等化処理部、65-1~65-MN サブブロック結合部、66-1~66-MN 逆DFT処理部、67-1~67-M ビット変換部、68-1~68-M 復号部、69, 69a, 69b, 69c, 69d 結合部、71 RRC処理部、81~84 ブロック、91-1~91-M RRC処理部、100-1, 100-2 ブロック、101-1, 101-2, 102-1, 102-2, 103-1~103-4 サブブロック、111-1~111-MK 符号化・シンボル生成処理部、112 レイヤーマッピング部、113-1~

40

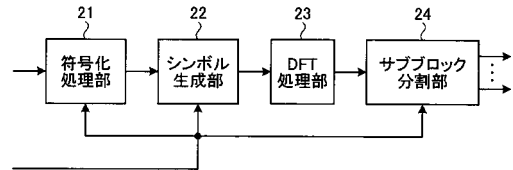
50

1 1 3 - N 逆 D F T ・ C P 付加 ・ フレーム生成部、 1 2 1 , 1 2 2 周波数割り当て、
 1 2 3 - 1 , 1 2 3 - 2 , 1 2 4 - 1 , 1 2 4 - 2 , 1 2 5 - 1 , 1 2 5 - 2 , 1 2 6 -
 1 , 1 2 6 - 2 , 1 2 7 - 1 , 1 2 7 - 2 , 1 2 8 - 1 , 1 2 8 - 2 , 1 2 9 - 1 , 1 2
 9 - 2 , 1 3 0 - 1 , 1 3 0 - 2 , 1 3 1 - 1 , 1 3 1 - 2 , 1 3 2 - 1 , 1 3 2 - 2 ,
 1 3 3 - 1 , 1 3 3 - 2 , 1 3 4 - 1 , 1 3 4 - 2 , 1 3 5 - 1 , 1 3 5 - 2 , 1 3 6 -
 1 , 1 3 6 - 2 , 1 3 7 - 1 , 1 3 7 - 2 , 1 3 8 - 1 , 1 3 8 - 2 サブブロック、 1
 4 0 受信信号処理部、 1 5 0 - 1 ~ 1 5 0 - J C P 除去 ・ D F T ・ 周波数選択部、 1
 5 1 レイヤーデマッピング部、 1 5 2 - 1 ~ 1 5 2 - M K ビット変換 ・ 復号処理部、
 2 0 0 - 1 ~ 2 0 0 - 1 2 送信信号系列、 2 0 1 - 1 , 2 0 1 - 2 参照信号。

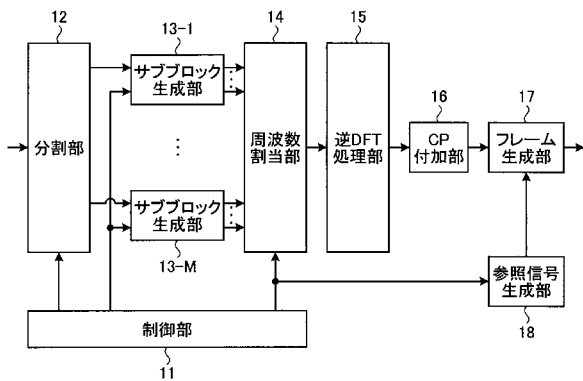
【 図 1 】



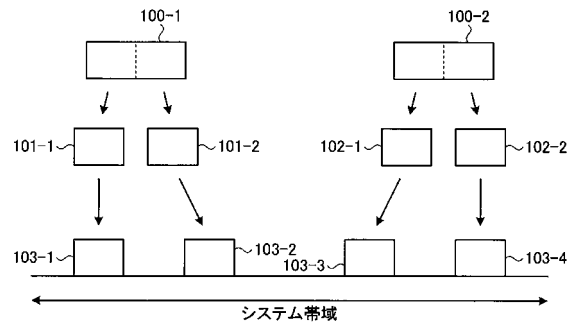
【 図 3 】



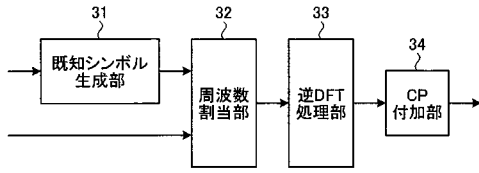
【 図 2 】



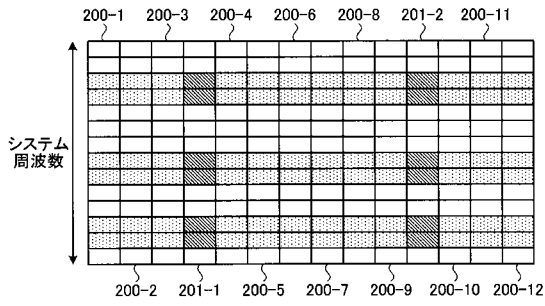
【 図 4 】



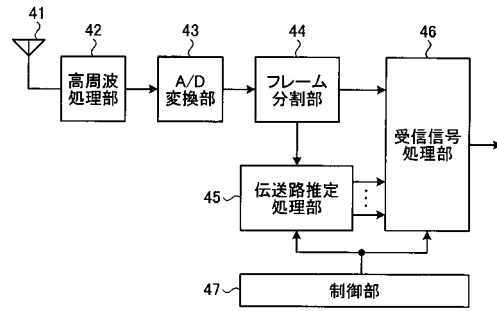
【図5】



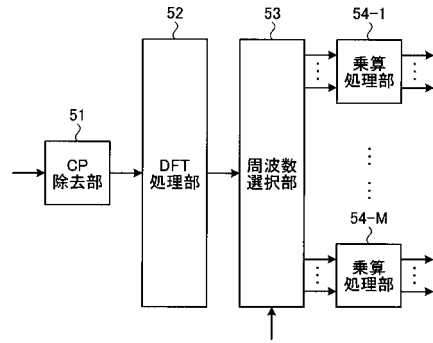
【図6】



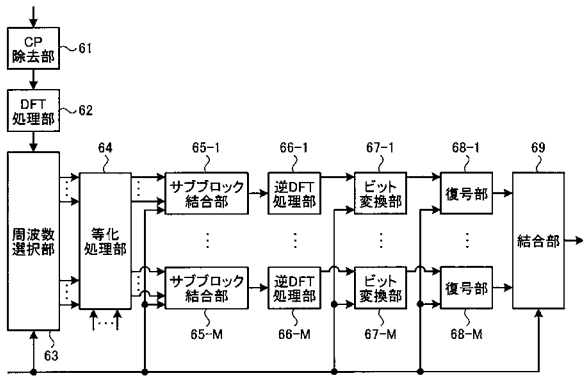
【図7】



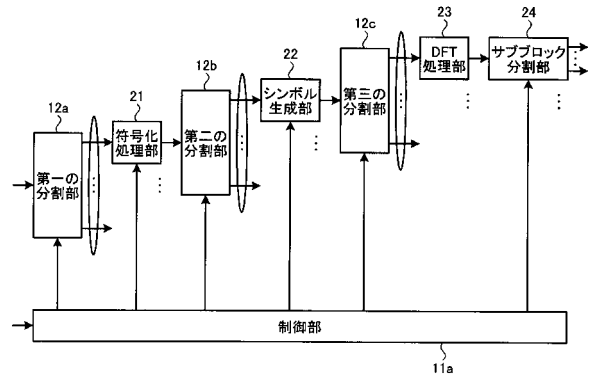
【図8】



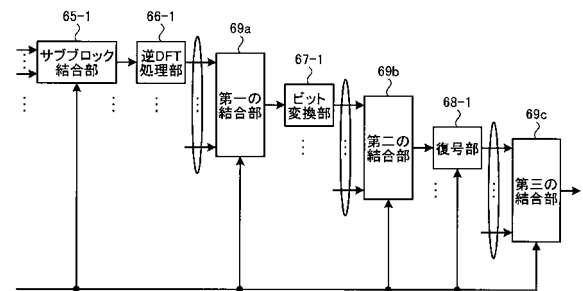
【図9】



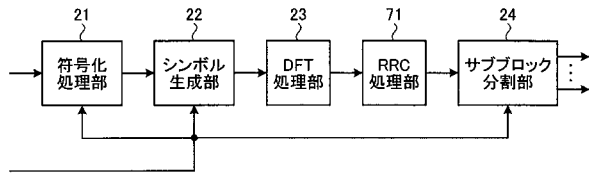
【図10】



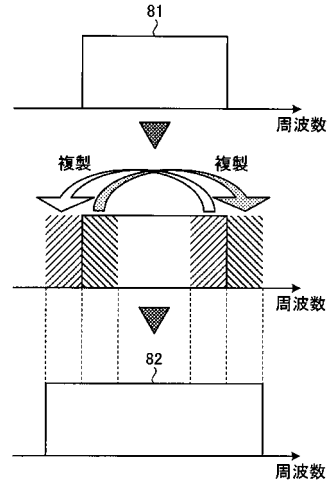
【図11】



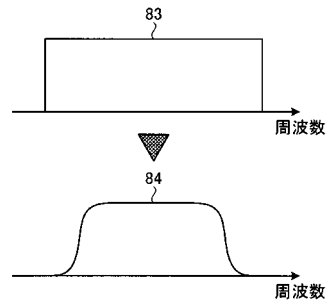
【図 1 2】



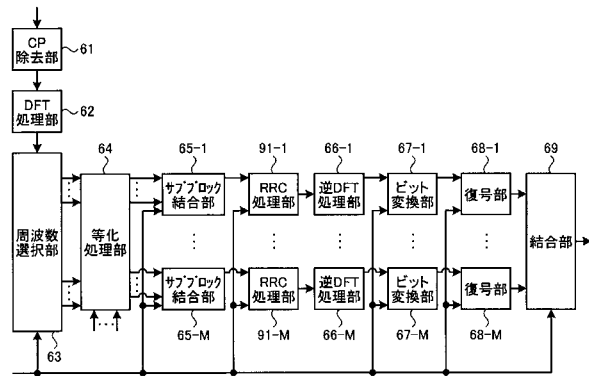
【図 1 3】



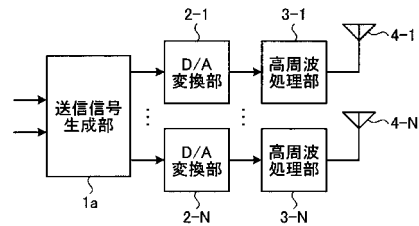
【図 1 4】



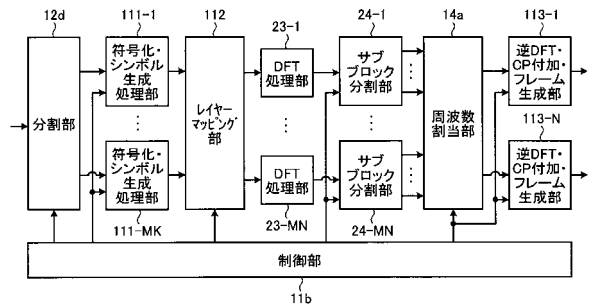
【図 1 5】



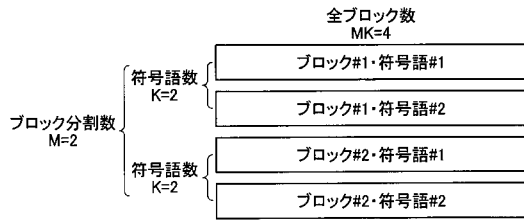
【図 1 6】



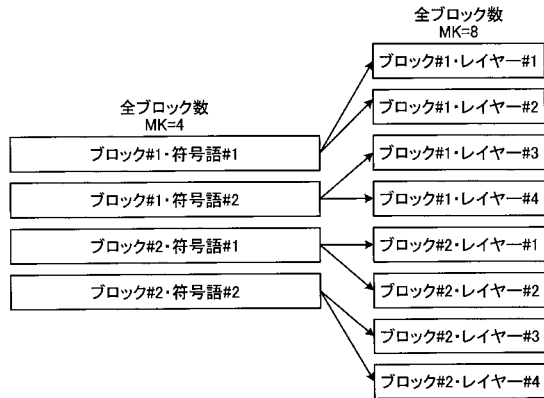
【図 1 7】



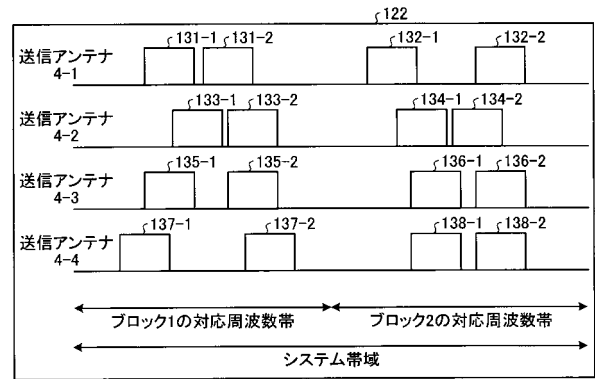
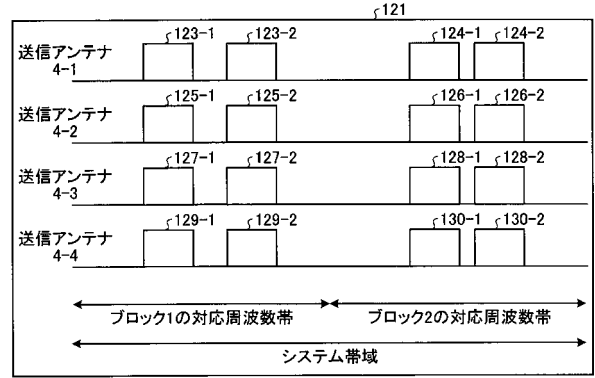
【図18】



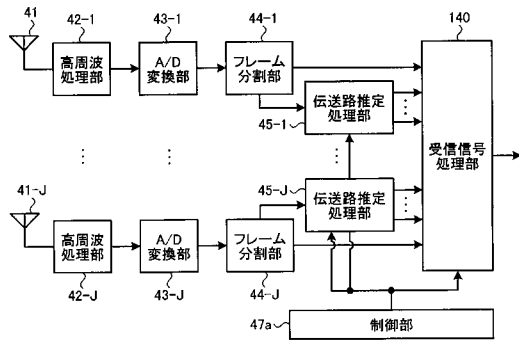
【図19】



【図20】



【図21】



【図22】

