

明 細 書

発明の名称：送信装置、受信装置、送信方法及び受信方法

技術分野

[0001] 本開示は、送信装置、受信装置、送信方法及び受信方法に関する。

背景技術

[0002] 無線通信システムにおいて、送信装置及び受信装置が備える発振器が生成する信号の精度の関係上、変調信号に対して位相雑音が発生する。例えば、非特許文献１では、位相雑音を推定するために、送信装置がパイロットシンボル（参照信号又はリファレンス信号と呼ぶこともある）を受信装置へ送信する。

[0003] 図１は、非特許文献１に開示された送信装置が送信する変調信号のフレーム構成例を示す。図１において、横軸は周波数（キャリア番号）であり、一例として、キャリア１からキャリア３６を示している。縦軸は時間であり、一例として、時刻\$１から時刻\$１１を示している。

[0004] 図１では、時刻\$１のキャリア１からキャリア３６には、チャネル推定シンボル０１が配置されている。また、時刻\$２から時刻\$１１において、キャリア４、キャリア１０、キャリア１６、キャリア２１、キャリア２８、キャリア３３には、パイロットシンボル０３が配置されている。また、時刻\$２から時刻\$１１において、キャリア４、キャリア１０、キャリア１６、キャリア２１、キャリア２８、キャリア３３以外のキャリアには、データシンボル０２が配置されている。

[0005] 送信装置は、図１に示すフレーム構成の変調信号を通信相手である受信装置に送信し、受信装置は、この変調信号を受信して、特に、パイロットシンボル０３を用いて位相雑音を推定する。

先行技術文献

非特許文献

[0006] 非特許文献１：IEEE P802.11n(D3.00) Draft STANDARD for Information Tech

nology-Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements-Part11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, 2007.

発明の概要

- [0007] しかしながら、上述した送信装置の通信相手である受信装置が複数あることは想定されておらず、複数の受信装置の各々が位相雑音を精度良く推定するためのリファレンス信号の送信方法については検討されていなかった。
- [0008] 本開示の一態様は、複数の通信相手が精度良く位相雑音を推定することができる送信装置、受信装置、送信方法及び受信方法の提供に資する。
- [0009] 本開示の一態様に係る送信装置は、複数の受信装置向けの位相雑音推定用のリファレンス信号を含む変調信号を生成し、前記リファレンス信号に対する送信電力の補正係数と、前記リファレンス信号として使用される系列のパターンとが1対1で関連付けられている、回路と、前記変調信号を送信する送信機と、を備える。
- [0010] 本開示の一態様に係る受信装置は、複数の受信装置向けの位相雑音推定用のリファレンス信号を含む変調信号を受信し、前記リファレンス信号に対する送信電力の補正係数と、前記リファレンス信号として使用される系列のパターンとが1対1で関連付けられている、受信機と、前記変調信号に含まれる前記複数の受信装置向けの前記リファレンス信号を用いて位相雑音を推定する回路と、を備える。
- [0011] なお、これらの包括的または具体的な態様は、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム、または、記録媒体で実現されてもよく、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラムおよび記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。
- [0012] 本開示の一態様によれば、複数の通信相手が精度良く位相雑音を推定することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]変調信号のフレーム構成の一例を示す図

[図2]実施の形態1に係る基地局と端末との通信状態の一例を示す図

[図3]実施の形態1に係る送信装置の構成例を示すブロック図

[図4]実施の形態1に係るユーザ#k変調信号生成部104__kの内部構成例を示すブロック図

[図5A]実施の形態1に係るストリーム#X1のデータシンボル、DM-RSシンボル、PT-RSシンボルのフレーム構成の一例を示す図

[図5B]実施の形態1に係るストリーム#X2のデータシンボル、DM-RSシンボル、PT-RSシンボルのフレーム構成の一例を示す図

[図6]実施の形態1に係る無線部109__A, 109__Bの内部構成例を示すブロック図

[図7]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の一例を示す図

[図8]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の一例を示す図

[図9]実施の形態1に係る受信装置の構成例を示すブロック図

[図10]BPSKのI-Q平面における信号点配置の一例を示す図

[図11]QPSKのI-Q平面における信号点配置の一例を示す図

[図12]16QAMのI-Q平面における信号点配置の一例を示す図

[図13]64QAMのI-Q平面における信号点配置の一例を示す図

[図14]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の他の例を示す図

[図15]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の他の例を示す図

[図16]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の他の例を示す図

[図17]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の他の例を示す図

[図18]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の他の例を示す図

[図19]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の他の例を示す図

[図20]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の他の例を示す図

[図21]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の他の例を示す図

[図22]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の他の例を示す図

[図23]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の他の例を示す図

[図24]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の他の例を示す図

[図25]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の他の例を示す図

[図26]実施の形態1に係る変調信号108__Aのフレーム構成の他の例を示す図

[図27]実施の形態1に係る変調信号108__Bのフレーム構成の他の例を示す図

[図28]実施の形態2に係る送信装置の構成例を示すブロック図

[図29]実施の形態2に係るストリームのフレーム構成の一例を示す図

[図30]実施の形態2に係る変調信号のフレーム構成の一例を示す図

[図31]実施の形態2に係るDM-RSシンボルのフレーム構成の一例を示す図

[図32]実施の形態2に係るDM-RS伝送領域のフレーム構成の一例を示す図

[図33]実施の形態2に係るDFT-s-OFDMシンボルの構成例を示す図

[図34]実施の形態2に係るDFT-s-OFDM伝送領域の構成例を示す図

[図35]実施の形態2に係るサイクリックプレフィックス付加後の信号構成の

一例を示す図

[図36]実施の形態2に係るサイクリックプレフィックス付加後の信号のフレーム構成の一例を示す図

[図37]実施の形態2に係る拡張サイクリックプレフィックス付加後の信号のフレーム構成の一例を示す図

[図38]実施の形態2に係るサイクリックプレフィックス付加後の信号のフレーム構成の一例を示す図

[図39]実施の形態2に係るDFT-s-OFDMシンボル構成の他の例を示す図

[図40]実施の形態2に係るDFT-s-OFDM伝送領域構成の他の例を示す図

発明を実施するための形態

[0014] 以下、本開示の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。なお、以下に説明する各実施形態は一例であり、本開示はこれらの実施形態により限定されるものではない。

[0015] なお、以下では、位相雑音を推定するためのリファレンス信号を「P-T-RS (Reference Signal for Phase Tracking)」と記載し、データを復調するためのリファレンス信号を「DM-RS (Demodulation Reference Signal)」と記載する。

[0016] (実施の形態1)

本実施の形態の送信方法、送信装置、受信方法、受信装置について、詳しく説明する。

[0017] [通信状態の一例]

図2は、本実施の形態に係る基地局(送信装置)と端末(受信装置)との通信状態の一例を示す。図2に示す基地局401は、例えば、後述する送信装置の構成(図3)を具備している。また、図2に示す端末402_1、402_2、402_3は、例えば、後述する受信装置の構成(図9)を具備している。

[0018] 例えば、基地局401は、端末402__1、402__2、402__3に対して、変調信号を送信している。端末402__1、402__2、402__3は、基地局401から送信される変調信号に含まれるPT-RSを用いて位相雑音を推定する。

[0019] [送信装置の構成]

図3は、本実施の形態に係る送信装置の構成例を示すブロック図である。図3に示す送信装置は、例えば、図2に示す基地局401、又はアクセスポイント等である。

[0020] 図3において、ユーザ#k変調信号生成部104-k（例えば、kは1以上n以下の整数）は、データ101__k、DM-RS102__k、PT-RS103__k、及び、制御信号100を入力とする。ユーザ#k変調信号生成部104-kは、制御信号100に含まれるフレーム構成、変調方式、誤り訂正符号化方法の情報等に基づいて、ユーザ#kの変調信号105__k、及び、106__kを生成し、出力する。

[0021] 制御情報用マッピング部113は、制御情報112及び制御信号100を入力とし、制御信号100に含まれるフレーム構成の情報等に基づいて、制御情報112に対してマッピングを行い、制御情報信号114を出力する。

[0022] 多重部（信号処理部）107__Aは、ユーザ#1の変調信号105__1、ユーザ#2の変調信号105__2、・・・、ユーザ#n-1の変調信号105__n-1、ユーザ#nの変調信号105__n、制御信号100、及び、制御情報信号114を入力とする。多重部107__Aは、制御信号100に含まれるフレーム構成の情報等に基づいて、フレーム構成に従った変調信号108__Aを生成し、出力する。

[0023] 同様に、多重部（信号処理部）107__Bは、ユーザ#1の変調信号106__1、ユーザ#2の変調信号106__2、・・・、ユーザ#n-1の変調信号106__n-1、ユーザ#nの変調信号106__n、制御信号100、及び、制御情報信号114を入力とする。多重部107__Bは、制御信号100に含まれるフレーム構成の情報等に基づいて、フレーム構成に従った変調信号109__Bを生成し、出力する。

調信号 108__B を生成し、出力する。

[0024] 無線部 109__A は、フレーム構成に従った変調信号 108__A 及び制御信号 100 を入力とする。無線部 109__A は、制御信号 100 に従って、変調信号 108__A に対する無線関連の処理を行い、送信信号 110__A を生成する。送信信号 110__A は、アンテナ部 #A (111__A) から電波として出力される。

[0025] 同様に、無線部 109__B は、フレーム構成に従った変調信号 108__B 及び制御信号 100 を入力とする。無線部 109__B は、制御信号 100 に従って、変調信号 108__B に対する無線関連の処理を行い、送信信号 110__B を生成する。送信信号 110__B は、アンテナ部 #B (111__B) から電波として出力される。

[0026] アンテナ部 #A (111__A) は、制御信号 100 を入力としている。アンテナ部 #A (111__A) は、制御信号 100 に従って送信指向性制御を行ってもよい。また、アンテナ部 #A (111__A) の入力として制御信号 100 が無くてもよい。同様に、アンテナ部 #B (111__B) は、制御信号 100 を入力としている。アンテナ部 #B (111__B) は、制御信号 100 に従って送信指向性制御を行ってもよい。また、アンテナ部 #B (111__B) の入力として制御信号 100 が無くてもよい。

[0027] [ユーザ #k 変調信号生成部 104__k の構成例]

図 4 は、図 3 に示すユーザ #k 変調信号生成部 104__k の内部構成例を示すブロック図である。

[0028] 図 4 において、誤り訂正符号化部 203 は、データ 201 (図 3 のデータ 101__k に相当する)、及び、制御信号 200 (図 3 の制御信号 100 に相当する) を入力とする。誤り訂正符号化部 203 は、制御信号 200 に含まれる誤り訂正符号化方式に関する情報 (例えば、誤り訂正符号の情報、符号化率、ブロック長など) 等に基づいて、データ 201 に対して誤り訂正符号化を行い、誤り訂正符号化後のデータ 204 を出力する。

[0029] マッピング部 205 は、誤り訂正符号化後のデータ 204、及び、制御信

号200を入力とする。マッピング部205は、制御信号200に含まれる変調方式の情報等に基づいて、誤り訂正符号化後のデータ204に対してマッピングを行い、マッピング後のベースバンド信号206__1、206__2を出力する。なお、以下では、マッピング後のベースバンド信号206__1を「ストリーム#X1」と呼び、マッピング後のベースバンド信号206__2を「ストリーム#X2」と呼ぶ。

[0030] 処理部207は、マッピング後のベースバンド信号206__1、206__2、DM-RS202（図3のDM-RS102__kに相当する）、PT-RS（図3のPT-RS103__kに相当する）及び制御信号200を入力とする。処理部207は、制御信号200に含まれるフレーム構成に関する情報、プリコーディングに関する情報、送信パワーの情報、CDD（Cyclic Delay Diversity）（CSD（Cyclic Shift Diversity））に関する情報等に基づいて、所定の処理（例えば、プリコーディング、送信パワー変更、CDD（CSD）等の処理）を行い、変調信号208__A（図3の変調信号105__kに相当する）、及び、208__B（図3の変調信号106__kに相当する）を出力する。

[0031] 以下では、変調信号208__Aを「 $u_1(i)$ 」と表し、変調信号208__Bを「 $u_2(i)$ 」と表すこともある。なお、 i はシンボル番号である。

[0032] また、処理部207は、プリコーディング処理の際、プリコーディング処理で使用するプリコーディング（行列）を複数シンボル単位で切り替えてもよく、プリコーディング処理で使用するプリコーディング（行列）をシンボル単位で切り替えるプリコーディングサイクリングの処理を行ってもよい。また、処理部207は、プリコーディングの処理を行わなくてもよい。

[0033] [変調信号のフレーム構成例]

図5Aは、図4のマッピング部205によるマッピング後のベースバンド信号206__1（つまり、ストリーム#X1のデータシンボル）、ストリーム#X1のデータシンボルに付加するストリーム#X1のDM-RSシンボル、及び、ストリーム#X1のPT-RSシンボルのフレーム構成の一例を

示す。ただし、ユーザ#kとする。

[0034] 図5Aにおいて、横軸は周波数（キャリア番号）であり、一例として、キャリア k_{-1} からキャリア k_{-12} を示す。また、図5Aにおいて、縦軸は時間であり、一例として、時刻\$1から時刻\$11を示す。図5Aにおいて、「2B01」はストリーム#X1のDM-RSシンボルであり、「2B02」はストリーム#X1のデータシンボルであり、「2B03」はストリーム#X1のPT-RSシンボルである。

[0035] 図5Bは、図4のマッピング部205によるマッピング後のベースバンド信号206_2（つまり、ストリーム#X2のデータシンボル）、ストリーム#X2のデータシンボルに付加するストリーム#X2のDM-RSシンボル、及び、ストリーム#X2のPT-RSシンボルのフレーム構成の一例を示す。ただし、ユーザ#kとする。

[0036] 図5Bにおいて、横軸は周波数（キャリア番号）であり、一例として、キャリア k_{-1} からキャリア k_{-12} を示す。また、図5Bにおいて、縦軸は時間であり、一例として、時刻\$1から時刻\$11を示す。また、図5Bにおいて、「2C01」はストリーム#X2のDM-RSシンボルであり、「2C02」はストリーム#X2のデータシンボルであり、「2C03」はストリーム#X2のPT-RSシンボルである。

[0037] すなわち、図4に示すDM-RS202には、ストリーム#X1のDM-RSシンボル（2B01）とストリーム#X2のDM-RSシンボル（2C01）とが含まれている。また、図4に示すPT-RS203には、ストリーム#X1のPT-RSシンボル（2B03）とストリーム#X2のDM-RSシンボル（2C03）とが含まれている。

[0038] 処理部207は、制御信号200に含まれるフレーム構成の情報に基づいて、図5Aに示すフレーム構成に基づいたストリーム#X1の変調信号208_A、及び、図5Bに示すフレーム構成に基づいたストリーム#X2の変調信号208_Bを生成する。

[0039] 図5Aに示すように、フレームは、ストリーム#X1のDM-RSシンボ

ル2B01、ストリーム#X1のデータシンボル2B02、ストリーム#X1のPT-RSシンボルで構成されている。具体的には、図5Aにおいて、時刻\$1にはストリーム#X1のDM-RSシンボル2B01が配置され、時刻\$2から時刻\$11において、キャリアk__4、キャリア__k10にストリーム#X1のPT-RSシンボル2B03が配置され、時刻\$2から時刻\$11において、キャリアk__4、キャリア__k10以外のキャリアにストリーム#X1のデータシンボル2B02が配置される。

[0040] 同様に、図5Bに示すように、フレームは、ストリーム#X2のDM-RSシンボル2C01、ストリーム#X2のデータシンボル2C02、ストリーム#X2のPT-RSシンボルで構成されている。具体的には、図5Bにおいて、時刻\$1にはストリーム#X2のDM-RSシンボル2C01が配置され、時刻\$2から時刻\$11において、キャリアk__4、キャリア__k10にストリーム#X2のPT-RSシンボル2C03が配置され、時刻\$2から時刻\$11において、キャリアk__4、キャリア__k10以外のキャリアにストリーム#X2のデータシンボル2C02が配置される。

[0041] 図5A及び図5Bの同一時刻、かつ、同一キャリアのシンボルは、複数のアンテナ部(111__A, 111__B)を用いて送信される。

[0042] [無線部109__A, 109__Bの構成例]

図6は、図3の無線部109__A、109__Bの内部構成例を示すブロック図である。

[0043] 図6において、シリアルパラレル変換部302は、フレーム構成に従った変調信号301(図3のフレーム構成に従った変調信号108__A又は変調信号108__Bに相当する)、及び、制御信号300(図3の制御信号100に相当する)を入力とする。シリアルパラレル変換部302は、制御信号300に基づいて、変調信号301のシリアルパラレル変換を行い、信号303を出力する。

[0044] 逆フーリエ変換部304は、信号303及び制御信号300を入力とする。逆フーリエ変換部304は、制御信号300に基づいて、信号303に対

して逆フーリエ変換を施し、逆フーリエ変換後の信号305を出力する。

[0045] 処理部306は、逆フーリエ変換後の信号305及び制御信号300を入力とする。処理部306は、制御信号300に基づいて、逆フーリエ変換後の信号305に対して、信号処理（例えば、CDD、CSD又は位相変更等）を施し、処理後の信号307（図3の送信信号110__A又は送信信号110__Bに相当する）を出力する。

[0046] なお、処理部306は、信号処理を行わなくてもよい。この場合、逆フーリエ変換後の信号305がそのまま処理後の信号307となる。また、無線部109__A、109__Bは処理部306を備えなくてもよい。このとき、逆フーリエ変換後の信号305が、無線部109__A、109__Bの出力（つまり、送信信号110__A又は送信信号110__Bに相当する）となる。また、無線部109__A、109__Bは、CDD、CSDの処理を行わなくてもよい。

[0047] [変調信号108__A、108__Bのフレーム構成例]

図7は、図2に示す基地局401（図3に示す送信装置）が送信する変調信号108__Aのフレーム構成の一例を示す。図7において、横軸は周波数（キャリア番号）であり、縦軸は時間である。図7の例では、キャリア1からキャリア36を示し、時刻# a、時刻\$ 1から時刻\$ 11を示す。

[0048] 図7に示すフレームは、制御情報伝送領域500、DM-RS伝送領域501、データ伝送領域502、及び、PT-RS伝送領域503で構成されている。

[0049] ここで、図7において、時刻\$ 1から時刻\$ 11のキャリア1からキャリア12に存在する伝送領域は、図2に示す端末402__1のための伝送領域（端末402__1宛の伝送領域）である。以下、図7に示すように、端末402__1のための伝送領域をユーザ# 1用の伝送領域と呼ぶ。

[0050] 同様に、図7において、時刻\$ 1から時刻\$ 11のキャリア13からキャリア24に存在する伝送領域は、図2に示す端末402__2のための伝送領域（端末402__2宛の伝送領域）である。以下、図7に示すように、端末

4 0 2 __ 2 のための伝送領域をユーザ # 2 用の伝送領域と呼ぶ。

[0051] また、図 7 において、時刻 \$ 1 から時刻 \$ 1 1 のキャリア 2 5 からキャリア 3 6 に存在する伝送領域は、図 2 に示す端末 4 0 2 __ 3 のための伝送領域（端末 4 0 2 __ 3 宛の伝送領域）である。以下、図 7 に示すように、端末 4 0 2 __ 3 のための伝送領域をユーザ # 3 用の伝送領域と呼ぶ。

[0052] 図 7 において、時刻 # a に制御情報伝送領域 5 0 0 が配置されている。制御情報伝送領域 5 0 0 は、例えば、ユーザ # 1 用の伝送領域、ユーザ # 2 用の伝送領域、ユーザ # 3 用の伝送領域のフレームにおける存在位置、各伝送領域の変調方式に関する情報、誤り訂正符号化方式に関する情報、プリコーディング行列に関する情報、送信方法に関する情報等を含んでいてもよい。なお、図 7 に示すフレーム構成では、時刻 # a に制御情報伝送領域 5 0 0 が配置される例を示しているが、制御情報伝送領域 5 0 0 の存在位置は、これに限ったものではなく、いずれかのキャリアに存在する、いずれかの時刻に存在する、いずれかのキャリア・時刻の領域に存在するというような例を考えることができる。

[0053] 図 7 に示すユーザ # 1 用の伝送領域において、時刻 \$ 1 には DM-RS 伝送領域 5 0 1 が配置され、時刻 \$ 2 から時刻 \$ 1 1 において、キャリア 4 及びキャリア 1 0 に PT-RS 伝送領域 5 0 3 が配置され、時刻 \$ 2 から時刻 \$ 1 1 において、キャリア 4 及びキャリア 1 0 以外のキャリアにデータ伝送領域 5 0 2 が配置される。

[0054] 同様に、図 7 に示すユーザ # 2 用の伝送領域において、時刻 \$ 1 には DM-RS 伝送領域 5 0 1 が配置され、時刻 \$ 2 から時刻 \$ 1 1 において、キャリア 1 6 及びキャリア 2 1 に PT-RS 伝送領域 5 0 3 が配置され、時刻 \$ 2 から時刻 \$ 1 1 において、キャリア 1 6 及びキャリア 2 1 以外のキャリアにデータ伝送領域 5 0 2 が配置される。

[0055] また、図 7 に示すユーザ # 3 用の伝送領域において、時刻 \$ 1 には DM-RS 伝送領域 5 0 1 が配置され、時刻 \$ 2 から時刻 \$ 1 1 において、キャリア 2 8 及びキャリア 3 3 に PT-RS 伝送領域 5 0 3 が配置され、時刻 \$ 2

から時刻\$ 1 1において、キャリア2 8及びキャリア3 3以外のキャリアにデータ伝送領域5 0 2が配置される。

[0056] なお、図7に示すフレーム構成は一例であり、キャリア数及び時刻の構成は、図7の構成に限ったものではない。また、図7に示した伝送領域以外の伝送領域が存在していてもよく、また、各伝送領域のフレームに対する配置は、図7の構成に限ったものではない。

[0057] 次に、変調信号1 0 8__Bのフレーム構成例について説明する。

[0058] 図8は、図2に示す基地局4 0 1（図3に示す送信装置）が送信する変調信号1 0 8__Bのフレーム構成の一例を示す。図8において、横軸は周波数（キャリア番号）であり、縦軸は時間である。図8の例では、キャリア1からキャリア3 6を示し、時刻# a、時刻\$ 1から時刻\$ 1 1を示す。

[0059] 図8に示すフレームは、制御情報伝送領域6 0 0、DM-RS伝送領域6 0 1、データ伝送領域6 0 2、及び、PT-RS伝送領域6 0 3で構成されている。

[0060] ここで、図8において、時刻\$ 1から時刻\$ 1 1のキャリア1からキャリア1 2に存在する伝送領域は、図2に示す端末4 0 2__1のための伝送領域（端末4 0 2__1宛の伝送領域）である。以下、図8に示すように、端末4 0 2__1のための伝送領域をユーザ# 1用の伝送領域と呼ぶ。

[0061] 同様に、図8において、時刻\$ 1から時刻\$ 1 1のキャリア1 3からキャリア2 4に存在する伝送領域は、図2に示す端末4 0 2__2のための伝送領域（端末4 0 2__2宛の伝送領域）である。以下、図8に示すように、端末4 0 2__2のための伝送領域をユーザ# 2用の伝送領域と呼ぶ。

[0062] また、図8において、時刻\$ 1から時刻\$ 1 1のキャリア2 5からキャリア3 6に存在する伝送領域は、図2に示す端末4 0 2__3のための伝送領域（端末4 0 2__3宛の伝送領域）である。以下、図8に示すように、端末4 0 2__3のための伝送領域をユーザ# 3用の伝送領域と呼ぶ。

[0063] 図8において、時刻# aに制御情報伝送領域6 0 0が配置されている。制御情報伝送領域6 0 0は、例えば、ユーザ# 1用の伝送領域、ユーザ# 2用

の伝送領域、ユーザ# 3用の伝送領域のフレームにおける存在位置、各伝送領域の変調方式に関する情報、誤り訂正符号化方式に関する情報、プリコーディング行列に関する情報、送信方法に関する情報等を含んでいてもよい。なお、図8に示すフレーム構成では、時刻# aに制御情報伝送領域600が配置される例を示しているが、制御情報伝送領域600の存在位置は、これに限ったものではなく、いずれかのキャリアに存在する。いずれかの時刻に存在する、いずれかのキャリア・時刻の領域に存在するというような例を考えることができる。

[0064] 図8に示すユーザ# 1用の伝送領域において、時刻\$ 1にはDM-RS伝送領域601が配置され、時刻\$ 2から時刻\$ 11において、キャリア4及びキャリア10にPT-RS伝送領域603が配置され、時刻\$ 2から時刻\$ 11において、キャリア4及びキャリア10以外のキャリアにデータ伝送領域602が配置される。

[0065] 同様に、図8に示すユーザ# 2用の伝送領域において、時刻\$ 1にはDM-RS伝送領域601が配置され、時刻\$ 2から時刻\$ 11において、キャリア16及びキャリア21にPT-RS伝送領域603が配置され、時刻\$ 2から時刻\$ 11において、キャリア16及びキャリア21以外のキャリアにデータ伝送領域602が配置される。

[0066] また、図8に示すユーザ# 3用の伝送領域において、時刻\$ 1にはDM-RS伝送領域601が配置され、時刻\$ 2から時刻\$ 11において、キャリア28及びキャリア33にPT-RS伝送領域603が配置され、時刻\$ 2から時刻\$ 11において、キャリア28及びキャリア33以外のキャリアにデータ伝送領域602が配置される。

[0067] なお、図8に示すフレーム構成は一例であり、キャリア数及び時刻の構成は、図8の構成に限ったものではない。また、図8に示した伝送領域以外の伝送領域が存在していてもよく、また、各伝送領域のフレームに対する配置は、図8の構成に限ったものではない。

[0068] また、図7及び図8のように、特定のキャリアにPT-RS伝送領域50

3, 603が配置される際、PT-RS伝送領域503, 603が配置されるキャリア数は、各ユーザ用の伝送領域に対して、2キャリアに限ったものではなく、1キャリア以上にPT-RS伝送領域503, 603が配置されれば、同様に実施することができる。また、あるユーザ用の伝送領域に対してPT-RS伝送領域503, 603が配置されない場合があってもよい。さらに、ある時間のあるキャリア領域にPT-RS伝送領域503, 603が配置されるような構成であってもよい。

[0069] [シンボルと伝送領域との関係]

次に、図5A及び図5Bで説明した「シンボル」と、図7及び図8で説明した「伝送領域」との関係について説明する。なお、以下では、ユーザ#kについて説明する。

[0070] 上述したように、図4に示す処理部207では、プリコーディング処理も行われる。以下、プリコーディング前の信号を $s_1(i)$ 、 $s_2(i)$ と表す。ただし、 i はシンボル番号とする。

[0071] すなわち、プリコーディング前の信号 $s_1(i)$ は、ストリーム#X1のデータシンボル（マッピング後のベースバンド信号206__1）（2B02）、ストリーム#X1のDM-RSシンボル（2B01）、及び、ストリーム#X1のPT-RSシンボル（2B03）を含んでいる。同様に、プリコーディング前の信号 $s_2(i)$ は、ストリーム#X2のデータシンボル（マッピング後のベースバンド信号206__2）（2C02）、ストリーム#X2のDM-RSシンボル（2C01）、及び、ストリーム#X2のPT-RSシンボル（2C03）を含んでいる。

[0072] <データシンボルについて>

プリコーディング前の信号 $s_1(i)$ のうち、ストリーム#X1のデータシンボル（2B02）を「 $s_{D1}(i)$ 」とし、プリコーディング前の信号 $s_2(i)$ のうち、ストリーム#X2のデータシンボル（2C02）を「 $s_{D2}(i)$ 」とする。

[0073] また、図4に示す処理部207の出力である変調信号208__Aのうち、

図 7 に示すデータ伝送領域 502 の信号を「 $uD1(i)$ 」とし、図 4 に示す処理部 207 の出力である変調信号 208__B のうち、図 8 に示すデータ伝送領域 602 の信号を「 $uD2(i)$ 」とする。

[0074] また、(ユーザ # k の) プリコーディング行列を F とし、(ユーザ # k の) CDD に関する行列を W とし、送信 (電力) レベルの変更値 (以下、「補正係数」) を $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ とする。

[0075] このとき、以下の式が成立する。ただし、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ は、複素数又は実数で定理することができ、ユーザ毎に設定されてもよく、複数シンボル単位で設定されてもよく、シンボル単位で設定されてもよく、固定値であってもよい。なお、送信レベルの変更を行わない場合、 $\alpha 1 = \alpha 2 = 1$ と表され、以下の式において送信レベル変更の演算が行われないことになる。

[0076] プリコーディングを行い、かつ、 CDD を行わない場合：

[数1]

$$\begin{pmatrix} uD1(i) \\ uD2(i) \end{pmatrix} = F \times \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sD1(i) \\ sD2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (1)}$$

または、

[数2]

$$\begin{pmatrix} uD1(i) \\ uD2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \times F \times \begin{pmatrix} sD1(i) \\ sD2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (2)}$$

[0077] プリコーディングを行い、かつ、 CDD を行う場合：

[数3]

$$\begin{pmatrix} uD1(i) \\ uD2(i) \end{pmatrix} = W \times F \times \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sD1(i) \\ sD2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (3)}$$

または、

[数4]

$$\begin{pmatrix} uD1(i) \\ uD2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \times W \times F \times \begin{pmatrix} sD1(i) \\ sD2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (4)}$$

[0078] プリコーディングを行わず、かつ、 CDD を行わない場合：

[数5]

$$\begin{pmatrix} uD1(i) \\ uD2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sD1(i) \\ sD2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (5)}$$

[0079] プリコーディングを行わず、かつ、CDDを行う場合：

[数6]

$$\begin{pmatrix} uD1(i) \\ uD2(i) \end{pmatrix} = W \times \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sD1(i) \\ sD2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (6)}$$

または、

[数7]

$$\begin{pmatrix} uD1(i) \\ uD2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \times W \times \begin{pmatrix} sD1(i) \\ sD2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (7)}$$

[0080] <DM-RSシンボルについて>

プリコーディング前の信号 $s1(i)$ のうち、ストリーム#X1のDM-RSシンボル(2B01)を「 $sDR1(i)$ 」とし、プリコーディング前の信号 $s2(i)$ のうち、ストリーム#X2のDM-RSシンボル(2C01)を「 $sDR2(i)$ 」とする。

[0081] また、図4に示す処理部207の出力である変調信号208__Aのうち、図7に示すDM-RS伝送領域501の信号を「 $uDR1(i)$ 」とし、図4に示す処理部207の出力である変調信号208__Bのうち、図8に示すDM-RS伝送領域601の信号を「 $uDR2(i)$ 」とする。

[0082] このとき、以下の式が成立する。なお、送信(電力)レベルの変更を行わない場合、 $\alpha 1 = \alpha 2 = 1$ と表され、以下の式において送信レベル変更の演算が行われないことになる。

[0083] プリコーディングを行い、かつ、CDDを行わない場合：

[数8]

$$\begin{pmatrix} uDR1(i) \\ uDR2(i) \end{pmatrix} = F \times \begin{pmatrix} \alpha 1 & 0 \\ 0 & \alpha 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sDR1(i) \\ sDR2(i) \end{pmatrix} \cdots \text{式 (8)}$$

または、

[数9]

$$\begin{pmatrix} uDR1(i) \\ uDR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha1 & 0 \\ 0 & \alpha2 \end{pmatrix} \times F \times \begin{pmatrix} sDR1(i) \\ sDR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (9)}$$

[0084] プリコーディングを行い、かつ、CDDを行う場合：

[数10]

$$\begin{pmatrix} uDR1(i) \\ uDR2(i) \end{pmatrix} = W \times F \times \begin{pmatrix} \alpha1 & 0 \\ 0 & \alpha2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sDR1(i) \\ sDR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (10)}$$

または、

[数11]

$$\begin{pmatrix} uDR1(i) \\ uDR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha1 & 0 \\ 0 & \alpha2 \end{pmatrix} \times W \times F \times \begin{pmatrix} sDR1(i) \\ sDR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (11)}$$

[0085] プリコーディングを行わず、かつ、CDDを行わない場合：

[数12]

$$\begin{pmatrix} uDR1(i) \\ uDR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha1 & 0 \\ 0 & \alpha2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sDR1(i) \\ sDR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (12)}$$

[0086] プリコーディングを行わず、かつ、CDDを行う場合：

[数13]

$$\begin{pmatrix} uDR1(i) \\ uDR2(i) \end{pmatrix} = W \times \begin{pmatrix} \alpha1 & 0 \\ 0 & \alpha2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sDR1(i) \\ sDR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (13)}$$

または、

[数14]

$$\begin{pmatrix} uDR1(i) \\ uDR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha1 & 0 \\ 0 & \alpha2 \end{pmatrix} \times W \times \begin{pmatrix} sDR1(i) \\ sDR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (14)}$$

[0087] <PT-RSシンボルについて>

プリコーディング前の信号 $s1(i)$ のうち、ストリーム#X1のPT-RSシンボル(2B03)を「 $sPR1(i)$ 」とし、プリコーディング前の信号 $s2(i)$ のうち、ストリーム#2のPT-RSシンボル(2C03)を「 $sPR2(i)$ 」とする。

[0088] また、図4に示す処理部207の出力である変調信号208__Aのうち、

図 7 に示す P T - R S 伝送領域 5 0 3 の信号を「u P R 1 (i)」とし、図 4 に示す処理部 2 0 7 の出力である変調信号 2 0 8 _ B のうち、図 8 に示す P T - R S 伝送領域 6 0 3 の信号を「u P R 2 (i)」とする。

[0089] このとき、P T - R S の送信（電力）レベルの変更値（補正係数）を $\beta 1$ 、 $\beta 2$ とすると、以下の式が成立する。つまり、P T - R S シンボルに対しては、データシンボル及び D M - R S シンボルに適用される送信レベルの補正係数 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ と異なる補正係数 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ が適用される。ただし、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ は、複素数又は実数で定理することができ、ユーザ毎に設定されてもよく、複数シンボル単位で設定されてもよく、シンボル単位で設定されてもよく、固定値であってもよい。なお、送信レベルの変更を行わない場合、 $\beta 1 = \beta 2 = 1$ と表され、以下の式において送信レベル変更の演算が行われな

[0090] プリコーディングを行い、かつ、C D D を行わない場合：

[数15]

$$\begin{pmatrix} uPR1(i) \\ uPR2(i) \end{pmatrix} = F \times \begin{pmatrix} \beta 1 & 0 \\ 0 & \beta 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sPR1(i) \\ sPR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (15)}$$

または、

[数16]

$$\begin{pmatrix} uPR1(i) \\ uPR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta 1 & 0 \\ 0 & \beta 2 \end{pmatrix} \times F \times \begin{pmatrix} sPR1(i) \\ sPR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (16)}$$

[0091] プリコーディングを行い、かつ、C D D を行う場合：

[数17]

$$\begin{pmatrix} uPR1(i) \\ uPR2(i) \end{pmatrix} = W \times F \times \begin{pmatrix} \beta 1 & 0 \\ 0 & \beta 2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sPR1(i) \\ sPR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (17)}$$

または、

[数18]

$$\begin{pmatrix} uPR1(i) \\ uPR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta 1 & 0 \\ 0 & \beta 2 \end{pmatrix} \times W \times F \times \begin{pmatrix} sPR1(i) \\ sPR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (18)}$$

[0092] プリコーディングを行わず、かつ、C D D を行わない場合：

[数19]

$$\begin{pmatrix} uPR1(i) \\ uPR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta1 & 0 \\ 0 & \beta2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sPR1(i) \\ sPR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (19)}$$

[0093] プリコーディングを行わず、かつ、CDDを行う場合：

[数20]

$$\begin{pmatrix} uPR1(i) \\ uPR2(i) \end{pmatrix} = W \times \begin{pmatrix} \beta1 & 0 \\ 0 & \beta2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} sPR1(i) \\ sPR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (20)}$$

または、

[数21]

$$\begin{pmatrix} uPR1(i) \\ uPR2(i) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta1 & 0 \\ 0 & \beta2 \end{pmatrix} \times W \times \begin{pmatrix} sPR1(i) \\ sPR2(i) \end{pmatrix} \dots \text{式 (21)}$$

[0094] なお、式(1)から式(21)において、PT-RS伝送領域の信号を求めるために使用するプリコーディング行列と、データ伝送領域の信号及びDM-RS伝送領域の信号を求めるために使用するプリコーディング行列とが同じ行列である場合について説明しているが、異なる行列を使用してもよい。

[0095] また、プリコーディング行列Fの例として、以下が考えられる。

[数22]

$$F = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix} \dots \text{式 (22)}$$

[0096] 式(22)において、a, b, c, dは複素数又は実数で定義することができる。また、a, b, c, dの条件としては、以下の条件<1>~<4>の何れかを満たせばよい。

<1> a, b, c, dのすべてがゼロになることはない。

<2> a, b, c, dのうち、3つ以上がゼロになることはない。

<3> a, b, c, dのうち、2つ以上がゼロになることがない。

<4> a, b, c, dのうち、2つ以上がゼロになることがなく、かつ、
a = c = 0を満たすことがなく、かつ、b = d = 0を満たすことがない。

[0097] また、CDDに関する行列の例として、以下が考えられる。

[数23]

$$W = \begin{pmatrix} p & q \\ r & s \end{pmatrix} \cdots \text{式 (23)}$$

[0098] 式(23)において、 p 、 q 、 r 、 s は複素数又は実数で定義することができる。また、 p 、 q 、 r 、 s の条件としては、以下の条件<5>~<8>の何れかを満たせばよい。

<5> $p = e^{j\theta}$ 、かつ、 $q = 0$ 、かつ、 $r = 0$ 、かつ、 $s = e^{j\lambda}$

ただし、 p と s はシンボル毎に設定される。

<6> $p = g \times e^{j\theta}$ 、かつ、 $q = 0$ 、かつ、 $r = 0$ 、かつ、 $s = h \times e^{j\lambda}$

ただし、 p と s はシンボル毎に設定され、かつ、 g 、 h は実数である。

<7> $p = 0$ 、かつ、 $q = e^{j\theta}$ 、かつ、 $r = e^{j\lambda}$ 、かつ、 $s = 0$

ただし、 p と s はシンボル毎に設定される。

<8> $p = 0$ 、かつ、 $q = g \times e^{j\theta}$ 、かつ、 $r = h \times e^{j\lambda}$ 、かつ、 $s = 0$

ただし、 p と s はシンボル毎に設定され、かつ、 g 、 h は実数である。

[0099] [受信装置の構成例]

図9は、本実施の形態に係る受信装置の構成例を示すブロック図である。

図9に示す受信装置は、例えば、図2に示す基地局401（図3に示す送信装置）の通信相手である端末402__1、402__2、402__3である。

[0100] なお、以下では、図3に示す送信装置において、アンテナ部#A（111__A）から送信される変調信号を「変調信号u1」と呼び、アンテナ部#B（111__B）から送信される変調信号を「変調信号u2」と呼ぶ。

[0101] 無線部703Xは、アンテナ部#X（701X）で受信した受信信号702Xを入力とする。無線部703Xは、受信信号702Xに対して、周波数変換、フーリエ変換等の信号処理を施し、ベースバンド信号704Xを出力する。

[0102] 同様に、無線部703Yは、アンテナ部#Y（701Y）で受信した受信信号702Yを入力とする。無線部703Yは、受信信号702Yに対して、周波数変換、フーリエ変換等の信号処理を施し、ベースバンド信号704

Yを出力する。

- [0103] 制御情報復調部709は、ベースバンド信号704X、704Yを入力とする。制御情報復調部709は、ベースバンド信号704X、704Yから制御情報シンボル（例えば、図7に示す制御情報伝送領域500、図8に示す制御情報伝送領域600）を抽出し、これらの制御情報シンボル（制御情報伝送領域）を復調し、制御情報710を出力する。
- [0104] アンテナ部#X（701X）及びアンテナ部#Y（701Y）は、制御情報710を入力としている。アンテナ部#X（701X）及びアンテナ部#Y（701Y）は、制御情報710に従って受信指向性制御を行ってもよい。また、アンテナ部#X（701X）及びアンテナ部#Y（701Y）の入力として制御情報710が無くてもよい。
- [0105] 変調信号u1のチャネル推定部705__1は、ベースバンド信号704X及び制御情報710を入力とする。変調信号u1のチャネル推定部705__1は、図7に示すDM-RS伝送領域501及び／又は図8に示すDM-RS伝送領域601を用いて、変調信号u1のチャネル推定を行い、変調信号u1のチャネル推定信号706__1を出力する。
- [0106] 同様に、変調信号u1のチャネル推定部707__1は、ベースバンド信号704Y及び制御情報710を入力とする。変調信号u1のチャネル推定部707__1は、図7に示すDM-RS伝送領域501及び／又は図8に示すDM-RS伝送領域601を用いて、変調信号u1のチャネル推定を行い、変調信号u1のチャネル推定信号708__1を出力する。
- [0107] 変調信号u2のチャネル推定部705__2は、ベースバンド信号704X及び制御情報710を入力とする。変調信号u2のチャネル推定部705__2は、図7に示すDM-RS伝送領域501及び／又は図8に示すDM-RS伝送領域601を用いて、変調信号u2のチャネル推定を行い、変調信号u2のチャネル推定信号706__2を出力する。
- [0108] 同様に、変調信号u2のチャネル推定部707__2は、ベースバンド信号704Y及び制御情報710を入力とする。変調信号u2のチャネル推定部

707__2は、図7に示すDM-RS伝送領域501及び／又は図8に示すDM-RS伝送領域601を用いて、変調信号u2のチャネル推定を行い、変調信号u2のチャネル推定信号708__2を出力する。

[0109] 位相雑音推定部711は、ベースバンド信号704X及び制御情報710を入力とする。位相雑音推定部711は、PT-RS伝送領域503及び／又はPT-RS伝送領域603を用いて位相雑音を推定し、位相雑音推定信号712を出力する。

[0110] 同様に、位相雑音推定部713は、ベースバンド信号704Y及び制御情報710を入力とする。位相雑音推定部713は、PT-RS伝送領域503及び／又はPT-RS伝送領域603を用いて位相雑音を推定し、位相雑音推定信号714を出力する。

[0111] 信号処理部715は、変調信号u1のチャネル推定信号706__1、708__1、変調信号u2のチャネル推定信号706__2、708__2、位相雑音推定信号712、714、ベースバンド信号704X、704Y、制御情報710を入力とする。信号処理部715は、これらの信号を用いて、データシンボル（データ伝送領域502、602）の復調及び誤り訂正復号などの処理を行い、受信信号716を出力する。

[0112] [位相雑音の推定方法]

次に、図9に示す受信装置における位相雑音の推定方法について説明する。

[0113] 一例として、図2に示す端末402__2（ユーザ#2）において位相雑音を高精度に推定する際の課題について説明する。

[0114] 図2に示す基地局401（図3に示す送信装置）が送信する変調信号のフレーム構成は、図7及び図8で説明した通りである。端末402__2（図9に示す受信装置）が位相雑音を推定する方法として、以下の2つの方法1，2が考えられる。

[0115] <方法1>

方法1では、端末402__2は、図5A及び図5Bにおける自機宛のPT

ーTSシンボル(2B03、2C03)、つまり、図7に示すキャリア16及びキャリア21のユーザ#2用のPT-RS伝送領域503、及び、図8に示すキャリア16及びキャリア21のユーザ#2用のPT-RS伝送領域603を用いて位相雑音を推定する。

[0116] <方法2>

方法2では、端末402__2は、図5A及び図5Bにおける自機宛のPT-RSシンボル(2B03、2C03)に加え、他の端末宛のPT-RSシンボルを用いて位相雑音を推定する。

[0117] つまり、端末402__2は、「図7に示すキャリア16及びキャリア21のユーザ#2用のPT-RS伝送領域503、及び、図8に示すキャリア16及びキャリア21のユーザ#2用のPT-RS伝送領域603」に加えて、「図7に示すキャリア4、キャリア10、キャリア28及びキャリア33の他のユーザ用のPT-RS伝送領域503」、及び、「図8に示すキャリア4、キャリア10、キャリア28及びキャリア33の他のユーザ用のPT-RS伝送領域603」を用いて、位相雑音を推定する。

[0118] 以上、端末402__2における位相雑音を推定する方法1、2について説明した。

[0119] 端末402__2(受信装置)において方法2を用いた方が、方法1を用いるよりも多くのPT-RSを用いて位相雑音の推定精度を向上させることができる可能性がある。そこで、以下では、方法2による位相雑音推定を実現する方法について詳しく説明する。

[0120] 図7及び図8に示すフレーム構成において、基地局401(送信装置)は、ユーザ#1用の少なくともデータシンボル(データ伝送領域)の送信電力を、端末402__1(ユーザ#1)の状態に合わせて調整する。同様に、基地局401は、ユーザ#2用の少なくともデータシンボル(データ伝送領域)の送信電力を、端末402__2(ユーザ#2)の状態に合わせて調整し、ユーザ#3用の少なくともデータシンボル(データ伝送領域)の送信電力を、端末402__3(ユーザ#3)の状態に合わせて調整する。

- [0121] このとき、基地局401は、ユーザ#1用のデータシンボルの送信電力の調整の規則に合わせて、キャリア4及びキャリア10に配置されるP-T-RSシンボル（P-T-RS伝送領域）の送信電力を調整する。同様に、基地局401は、ユーザ#2用のデータシンボルの送信電力の調整の規則に合わせて、キャリア16及びキャリア21に配置されるP-T-RSシンボル（P-T-RS伝送領域）の送信電力を調整し、ユーザ#3用のデータシンボルの送信電力の調整の規則に合わせて、キャリア28及びキャリア33に配置されるP-T-RSシンボル（P-T-RS伝送領域）の送信電力を調整する。
- [0122] なお、図7及び図8における“伝送領域”と図5A、図5Bにおける“シンボル”との関係については上述した通りである。
- [0123] ここで、基地局401が、上述した送信電力の調整に関する情報（送信電力情報）を、例えば、制御情報伝送領域500、600等の制御情報伝送領域で送信した場合について説明する。
- [0124] この場合、図2に示す端末402__2（図9に示す受信装置）は、他のユーザの送信電力情報、つまり、ユーザ#1用のシンボルの送信電力情報、及び、ユーザ#3用のシンボルの送信電力情報を、制御情報シンボルから得る。これにより、端末402__2は、キャリア4、キャリア10、キャリア28及びキャリア33に配置されたP-T-RS伝送領域のP-T-RSシンボルを位相雑音の推定に用いることが容易となる可能性が高い。このように、端末402__2は、他のユーザのP-T-RS伝送領域（P-T-RSシンボル）を位相雑音推定に用いることができ、所望のデータシンボルから得られるデータの受信品質を向上させるという効果を得ることができる。
- [0125] しかし、このような方法を用いて位相雑音推定を行う際、他のユーザのデータの保護、及び、他のユーザのデータを保護する仕組みのための制御情報の増加、という点を考える必要がある。
- [0126] 以下では、上述した方法とは異なる位相雑音推定の実現方法について説明する。
- [0127] 第1の方法について説明を行う。

- [0128] まず、基地局401は、各ユーザのデータシンボルの送信電力の調整を行い、送信電力のレベルを示す送信電力情報を、例えば、図7に示す制御情報伝送領域500及び／又は、図8に示す制御情報伝送領域600を用いて送信する。
- [0129] 一例として、図7及び図8に示すフレーム構成において、基地局401は、ユーザ#1用のPT-RS伝送領域503、603を除く伝送領域の“シンボル”の送信（電力）レベルを「1.0」とし、ユーザ#2用のPT-RS伝送領域503、603を除く伝送領域の“シンボル”の送信（電力）レベルを「4.0」とし、ユーザ#3のPT-RS伝送領域503、603を除く伝送領域の“シンボル”の送信（電力）レベルを「16.0」として、送信電力情報を送信する。
- [0130] 一方、基地局401は、ユーザ#1用のPT-RS伝送領域、つまり、図7及び図8に示すキャリア4及びキャリア10のPT-RS伝送領域503、603のPT-RSシンボル（図5A、図5Bを参照）の送信（電力）レベルを「2.0」とし、ユーザ#2用のPT-RS伝送領域、つまり、図7及び図8に示すキャリア16及びキャリア21のPT-RS伝送領域503、603のPT-RSシンボル（図5A、図5Bを参照）の送信（電力）レベルを「4.0」とし、ユーザ#3用のPT-RS伝送領域、つまり、図7及び図8に示すキャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域503、603のPT-RSシンボル（図5A及び図5Bを参照）の送信（電力）レベルを「8.0」として、送信電力情報を送信する。
- [0131] すなわち、基地局401は、同一ユーザに対する場合であっても、PT-RS伝送領域を除く伝送領域の“シンボル”（ただし、データシンボルであってもよい）の送信（電力）レベルの制御方法と、PT-RS伝送領域のPT-RSシンボルの送信（電力）レベルの制御方法とを異ならせる。または、基地局401は、同一ユーザに対する場合であっても、PT-RS伝送領域を除く伝送領域の送信（電力）レベルの制御方法と、PT-RS伝送領域の送信（電力）レベルの制御方法とを異ならせる。

[0132] このとき、基地局401は、P T-R S伝送領域を除く伝送領域の“シンボル”、または、“伝送領域”に対して、基地局401の通信相手である端末においてデータの受信品質を確保することを達成するように送信電力（電力）レベルの制御を行う。一方、基地局401は、P T-R S伝送領域のP T-R Sシンボル、またはP T-R S伝送領域に対して、所望の端末が位相雑音を高精度に推定できるとともに、他の端末が位相雑音を推定するためにP T-R Sシンボルを使用できるように送信（電力）レベルの制御を行う。

[0133] 以下、この点について、具体的な例を挙げて説明する。

[0134] 図10は、B P S K（Binary Phase Shift Keying）の同相I-直交Q平面（I-Q平面）における信号点配置の一例を示す。B P S Kの場合、I-Q平面において、2個の信号点が配置される。信号点を（I2, Q2）と表すと、（I2, Q2）として（ $a2 \times z$, 0）、（ $-a2 \times z$, 0）が存在する。なお、係数 $a2$ は次式（24）で表される。

[数24]

$$a2 = 1.0 \cdots \text{式 (24)}$$

[0135] また、 z は0より大きい実数である。このとき、平均送信電力は z^2 となる。

[0136] 図11は、Q P S K（Quadrature Phase Shift Keying）のI-Q平面における信号点配置の一例を示す。Q P S Kの場合、I-Q平面において、4個の信号点が配置される。信号点を（I4, Q4）と表すと、（I4, Q4）として（ $a4 \times z$, $a4 \times z$ ）、（ $-a4 \times z$, $a4 \times z$ ）、（ $a4 \times z$, $-a4 \times z$ ）、（ $-a4 \times z$, $-a4 \times z$ ）が存在する。なお、係数 $a4$ は次式（25）で表される。

[数25]

$$a4 = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdots \text{式 (25)}$$

[0137] また、 z は0より大きい実数である。このとき、平均送信電力は z^2 となる。すなわち、式（25）のように $a4$ を設定することで、B P S Kの送信レ

ベルとQPSKの送信レベルとが等しくなる。

[0138] 図12は、16QAM (16 Quadrature Amplitude Modulation) のI-Q平面における信号点配置の一例を示す。16QAMの場合、I-Q平面において、16個の信号点が配置される。信号点を(I16, Q16)と表すと、(I16, Q16)として、 $(a16 \times z \times 3, a16 \times z \times 3)$ 、 $(a16 \times z \times 3, a16 \times z \times 1)$ 、 $(a16 \times z \times 3, -a16 \times z \times 1)$ 、 $(a16 \times z \times 3, -a16 \times z \times 3)$ 、 $(a16 \times z \times 1, a16 \times z \times 3)$ 、 $(a16 \times z \times 1, a16 \times z \times 1)$ 、 $(a16 \times z \times 1, -a16 \times z \times 1)$ 、 $(a16 \times z \times 1, -a16 \times z \times 3)$ 、 $(-a16 \times z \times 1, a16 \times z \times 3)$ 、 $(-a16 \times z \times 1, a16 \times z \times 1)$ 、 $(-a16 \times z \times 1, -a16 \times z \times 1)$ 、 $(-a16 \times z \times 1, -a16 \times z \times 3)$ 、 $(-a16 \times z \times 3, a16 \times z \times 3)$ 、 $(-a16 \times z \times 3, a16 \times z \times 1)$ 、 $(-a16 \times z \times 3, -a16 \times z \times 1)$ 、 $(-a16 \times z \times 3, -a16 \times z \times 3)$ が存在することになる。なお、係数a16は次式(26)で表される。

[数26]

$$a16 = \frac{1}{\sqrt{10}} \cdots \text{式(26)}$$

[0139] また、zは0より大きい実数である。このとき、平均送信電力は z^2 となる。すなわち、式(26)のようにa16を設定することで、BPSKの送信レベルとQPSKの送信レベルと16QAMの送信レベルとが等しくなる。

[0140] 図13は、64QAM (64 Quadrature Amplitude Modulation) のI-Q平面における信号点配置の一例を示す。64QAMの場合、I-Q平面において、64個の信号点が配置される。信号点を(I64, Q64)と表すと、(I64, Q64)として、

$(a64 \times z \times 7, a64 \times z \times 7)$ 、 $(a64 \times z \times 7, a64 \times z \times 5)$ 、 $(a64 \times z \times 7, a64 \times z \times 3)$ 、 $(a64 \times z \times 7, a64 \times z \times 1)$ 、 $(a64 \times z \times 7, -a64 \times z \times 1)$ 、 $(a64 \times z \times 7, -a64 \times z \times 3)$ 、 $(a64 \times z \times 7, -a64 \times z \times 5)$ 、 $(a64 \times z$

$\times 7, -a^6 4 \times z \times 7),$
$$\begin{aligned} & (a^6 4 \times z \times 5, a^6 4 \times z \times 7), (a^6 4 \times z \times 5, a^6 4 \times z \times \\ & 5), (a^6 4 \times z \times 5, a^6 4 \times z \times 3), (a^6 4 \times z \times 5, a^6 4 \times \\ & z \times 1), (a^6 4 \times z \times 5, -a^6 4 \times z \times 1), (a^6 4 \times z \times 5, - \\ & a^6 4 \times z \times 3), (a^6 4 \times z \times 5, -a^6 4 \times z \times 5), (a^6 4 \times z \\ & \times 5, -a^6 4 \times z \times 7), \end{aligned}$$
$$(a^6 4 \times z \times 3, a^6 4 \times z \times 7), (a^6 4 \times z \times 3, a^6 4 \times z \times 5), (a^6 4 \times z \times 3, a^6 4 \times z \times 3), (a^6 4 \times z \times 3, a^6 4 \times z \times 1), (a^6 4 \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 1), (a^6 4 \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 3), (a^6 4 \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 5), (a^6 4 \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 7),$$
$$(a_6^4 \times z \times 1, a_6^4 \times z \times 7), (a_6^4 \times z \times 1, a_6^4 \times z \times 5), (a_6^4 \times z \times 1, a_6^4 \times z \times 3), (a_6^4 \times z \times 1, a_6^4 \times z \times 1), (a_6^4 \times z \times 1, -a_6^4 \times z \times 1), (a_6^4 \times z \times 1, -a_6^4 \times z \times 3), (a_6^4 \times z \times 1, -a_6^4 \times z \times 5), (a_6^4 \times z \times 1, -a_6^4 \times z \times 7),$$
$$\begin{aligned} & (-a^6 4 \times z \times 1, a^6 4 \times z \times 7), (-a^6 4 \times z \times 1, a^6 4 \times \\ & z \times 5), (-a^6 4 \times z \times 1, a^6 4 \times z \times 3), (-a^6 4 \times z \times 1, \\ & a^6 4 \times z \times 1), (-a^6 4 \times z \times 1, -a^6 4 \times z \times 1), (-a^6 4 \\ & \times z \times 1, -a^6 4 \times z \times 3), (-a^6 4 \times z \times 1, -a^6 4 \times z \times 5) \\ & , (-a^6 4 \times z \times 1, -a^6 4 \times z \times 7), \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} & (-a^6 4 \times z \times 3, a^6 4 \times z \times 7), (-a^6 4 \times z \times 3, a^6 4 \times \\ & z \times 5), (-a^6 4 \times z \times 3, a^6 4 \times z \times 3), (-a^6 4 \times z \times 3, \\ & a^6 4 \times z \times 1), (-a^6 4 \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 1), (-a^6 4 \\ & \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 3), (-a^6 4 \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 5) \\ & , (-a^6 4 \times z \times 3, -a^6 4 \times z \times 7), \end{aligned}$$
$$(-a^{64} \times z \times 5, a^{64} \times z \times 7), (-a^{64} \times z \times 5, a^{64} \times z \times 5), (-a^{64} \times z \times 5, a^{64} \times z \times 3), (-a^{64} \times z \times 5,$$

$a_{64} \times z \times 1)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 5, -a_{64} \times z \times 1)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 5, -a_{64} \times z \times 3)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 5, -a_{64} \times z \times 5)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 5, -a_{64} \times z \times 7)$ 、
 $(-a_{64} \times z \times 7, a_{64} \times z \times 7)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 7, a_{64} \times z \times 5)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 7, a_{64} \times z \times 3)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 7, a_{64} \times z \times 1)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 7, -a_{64} \times z \times 1)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 7, -a_{64} \times z \times 3)$ 、 $(-a_{64} \times z \times 7, -a_{64} \times z \times 5)$ 、
 $(-a_{64} \times z \times 7, -a_{64} \times z \times 7)$

が存在することになる。なお、係数 a_{64} は次式 (27) で表される。

[数27]

$$\alpha_{64} = \frac{1}{\sqrt{42}} \cdots \text{式 (27)}$$

[0141] また、 z は 0 より大きい実数である。このとき、平均送信電力は z^2 となる。すなわち、式 (27) のように a_{64} を設定することで、BPSK の送信レベルと QPSK の送信レベルと 16QAM の送信レベルと 64QAM の送信レベルとが等しくなる。

[0142] ここで、一例として、基地局 401 が送信する変調信号のフレーム構成が図 7 及び図 8 に示すフレーム構成である場合に、各シンボルに対して、以下の変調方式及び送信レベル調整を行う場合について説明する。

[0143] 例えば、ユーザ #1 用のデータ伝送領域 502, 602 のデータシンボルの変調方式を QPSK とし、送信レベルの調整係数を b_1 とする。なお、 b_1 は、上述で説明した送信レベルの変更値 α_1 に相当する。この場合、送信レベル調整後のデータ伝送領域 502, 602 のデータシンボルの同相成分 I_{D1} は、 $I_{D1} = b_1 \times I_4$ で表され、送信レベル調整後のデータ伝送領域 502, 602 のデータシンボルの直交成分 Q_{D1} は、 $Q_{D1} = b_1 \times Q_4$ で表される。

[0144] また、例えば、ユーザ #2 用のデータ伝送領域 502, 602 のデータシンボルの変調方式を 16QAM とし、送信レベルの調整係数を b_2 とする。なお、 b_2 は、上述で説明した送信レベルの変更値 α_2 に相当する。この場

合、送信レベル調整後のデータ伝送領域502, 602のデータシンボルの同相成分ID2は、 $ID2 = b2 \times I16$ で表され、送信レベル調整後のデータ伝送領域502, 602のデータシンボルの直交成分QD2は、 $QD2 = b2 \times Q16$ で表される。

[0145] また、例えば、ユーザ#3用のデータ伝送領域502, 602のデータシンボルの変調方式を64QAMとし、送信レベルの調整係数をb3とする。この場合、送信レベル調整後のデータ伝送領域502, 602のデータシンボルの同相成分ID3は、 $ID3 = b3 \times I64$ で表され、送信レベル調整後のデータ伝送領域502, 602のデータシンボルの直交成分QD3は、 $QD3 = b3 \times Q64$ で表される。

[0146] 一方、例えば、ユーザ#1用のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの変調方式をBPSKとし、送信レベルの調整係数をc1とする。なお、c1は、上述で説明した送信レベルの変更値 $\beta1$ に相当する。この場合、送信レベル調整後のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの同相成分IP1は、 $IP1 = c1 \times I2$ で表され、送信レベル調整後のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの直交成分QP1は、 $QP1 = c1 \times Q2$ で表される。

[0147] また、例えば、ユーザ#2用のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの変調方式をBPSKとし、送信レベルの調整係数をc2とする。なお、c2は、上述で説明した送信レベルの変更値 $\beta2$ に相当する。この場合、送信レベル調整後のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの同相成分IP2は、 $IP2 = c2 \times I2$ で表され、送信レベル調整後のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの直交成分QP2は、 $QP2 = c2 \times Q2$ で表される。

[0148] また、例えば、ユーザ#3用のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの変調方式をBPSKとし、送信レベルの調整係数をc3とする。この場合、送信レベル調整後のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの同相成分IP3は、 $IP3 = c3 \times I2$ で表され、送

信レベル調整後のPT-RS伝送領域503, 603のPT-RSシンボルの直交成分QP3は、 $QP3 = c3 \times Q2$ で表される。

[0149] 基地局401は、上記送信レベル調整を行う際、以下の設定（条件）が可能となる。

「 $b1 \neq c1$ となる $b1$ 、 $c1$ を設定」

「 $b2 \neq c2$ となる $b2$ 、 $c2$ を設定」

「 $b3 \neq c3$ となる $b3$ 、 $c3$ を設定」

[0150] なお、上述した一例では、ユーザ#1からユーザ#3が存在する場合について説明しているが、ユーザの数は3に限ったものではなく、ユーザ数 n （ n は2以上の整数）の場合でも同様に実施することができる。すなわち、基地局401は、 $b_k \neq c_k$ となる b_k 、 c_k を設定することができる（ k は1以上 n 以下の整数）。

[0151] または、基地局401は、上記送信レベル調整を行う際、以下の設定（条件）が可能である。

「 $b1 \neq c1$ 、 $b2 \neq c2$ 、 $b3 \neq c3$ の何れかが成立する時間が存在」

[0152] なお、ユーザ数が n のとき、以下が成立する。

「 k を1以上 n 以下の整数としたとき、 $b_k \neq c_k$ が成立する k 存在する」という時間が存在

[0153] また、上記の一例では、PT-RS伝送領域のPT-RSシンボルの変調方式（マッピング方法）をBPSKとしているが、他の変調方式であってもよい。また、BPSK、 $\pi/2$ シフトBPSK、QPSK、 $\pi/4$ シフトQPSK、PAM（Pulse Amplitude Modulation）等は、位相の推定を行うことができるため、PT-RS伝送領域のPT-RSシンボルの変調方式（マッピング方法）としては好適な方法である。ただし、マッピング方法は、これらの方法に限ったものではなく、送信レベル調整前のPT-RS伝送領域のPT-RSシンボルの平均送信電力 z^2 とならないマッピングであっても、上記と同様の動作を実施することは可能である。なお、上述の例では、調整係数 $b1$ 、 $b2$ 、 $c1$ 、 $c2$ をシンボルに対して、乗算しているが、これに

限ったものではなく、式（１）から式（２１）のいずれかのように、調整係数を乗算してもよい。

[0154] また、データ伝送領域のデータシンボルの変調方式（マッピング方法）は、BPSK、QPSK、16QAM、64QAMに限ったものではない。例えば、データ伝送領域のデータシンボルのマッピング方法として、非均一のマッピング方法を用いてもよいし、 $\pi/2$ シフトBPSK、 $\pi/4$ シフトQPSKを用いてもよい。ただし、上述した係数 a_2 、 a_4 、 a_{16} 、 a_{64} に相当する係数を各変調方式で別途定める必要がある。

[0155] [データシンボルの送信レベル調整係数と、PT-RSシンボルの送信レベル調整係数との関係]

次に、データ伝送領域のデータシンボルの送信レベル調整係数と、PT-RS伝送領域のPT-RSシンボルの送信レベル調整係数との関係について説明する。

[0156] データ伝送領域のデータシンボルの送信レベルの調整係数の最低値を b_{min} とし、最大値を b_{max} とする。ただし、 b_{min} はゼロより大きい実数であり、 b_{max} は実数であり、 $b_{min} < b_{max}$ が成立する。

[0157] 上述した送信レベル調整係数 b_1 、 b_2 、 b_3 （端末数を n とした場合、 b_k （ k は1以上 n 以下の整数））は、 b_{min} 以上 b_{max} 以下の好適な値に定められる。

[0158] また、PT-RS伝送領域のPT-TSシンボルの送信レベル調整係数の最小値を c_{min} とし、最大値 c_{max} とする。ただし、 c_{min} はゼロより大きい実数であり、 c_{max} は実数であり、 $c_{min} < c_{max}$ が成立する。

[0159] 上述した送信レベル調整係数 c_1 、 c_2 、 c_3 （端末数を n とした場合、 c_k （ k は1以上 n 以下の整数））は、 c_{min} 以上 c_{max} 以下の好適な値に定められる。

[0160] このとき、 $c_{min} > b_{min}$ が成立してもよい。このようにすると、PT-RSシンボルの受信レベルを確保することができる。これにより、各端

末は、他の端末向けのPT-RS伝送領域のPT-RSシンボルを用いて位相雑音を推定できる可能性が高くなり、データの受信品質が向上する可能性が高くなるからである。

[0161] [PT-RSシンボルの送信レベルの補正係数の推定方法]

次に、端末（図9に示す受信装置）におけるPT-RSシンボルの送信レベル補正係数 β の推定方法の一例について詳細に説明する。

[0162] 具体的には、本実施の形態では、PT-RS伝送領域のPT-RSシンボルに対する送信（電力）レベルの補正係数 β と、PT-RS伝送領域に配置されるPT-RSとして使用される系列のパターンとが関連付けられている。基地局401（送信装置）及び各端末（受信装置）は、補正係数 β とPT-RSのパターンとの関連付けを共有する。

[0163] これにより、各端末は、PT-RS伝送領域に配置されたPT-RSのパターンを特定することにより、基地局401からの補正係数 β の明示的な通知が無くても、当該PT-RSのパターンに関連付けられた送信レベルの補正係数 β を特定することができる。

[0164] すなわち、基地局401は、PT-RSの送信によって、補正係数 β （つまり、PT-RSの送信電力情報）を暗黙的に通知することができる。よって、基地局401は、例えば、制御情報伝送領域500、600に、PT-RS伝送領域のPT-RSシンボルの送信レベルの情報を付加する必要がなくなる。

[0165] また、上述したように、PT-RS伝送領域を除く伝送領域における補正係数 α を用いた送信（電力）レベルの制御方法と、PT-RS伝送領域における補正係数 β を用いた送信（電力）レベルの制御方法（補正係数 β ）とを異ならせることで、各端末は、他の端末のデータ伝送領域に関する情報を見ることなく、PT-RSの送信（電力）レベルに関する情報（補正係数 β ）を特定することができる。これにより、他の端末のデータ保護を維持しつつ、端末は、自機向けのPT-RSに加え、他の端末向けのPT-RSを用いて位相雑音を精度良く推定することができる。

[0166] 以下、具体的な方法について説明する。

[0167] 例えば、PT-RSに対する送信レベルの複数 m 個の補正係数 β_n （ただし、 $n = 1 \sim m$ の整数）の何れかが使用されたとする。

[0168] この場合、 m 個の補正係数 β に対して、PT-RSとして使用される系列のパターン（以下、PT-RSパターンと呼ぶ）がそれぞれ関連付けて設定される。ここで、各PT-RSパターンは互いに直交する。例えば、PT-RSパターンは、変調信号として互いに直交してもよく、BPSK、QPSK等を使用している場合いにはビット系列として互いに直交してもよい。

[0169] 具体的には、例えば、 m 種類のPT-RSパターンを用意する。このとき、 m 種類のPT-RSパターンを $u_n(k)$ と表す。なお、PT-RSパターンが m 種類存在するため、 n は、1以上 m 以下の整数である（ただし、 m は2以上の整数である）。このとき、 $u_n(k)$ は、複素数で定義してもよく、実数で定義してもよい。また、一例として、 k は0以上の整数とする。また、 $u_n(k)$ は周期 T （ T は2以上の整数とする）の系列（つまり、 $u_n(k=i) = u_n(k=i+T)$ が成立する）である。このとき、PT-RSパターン（ $u_n(0) \sim u_n(T-1)$ ）が変調信号として互いに直交している場合、 x は1以上 m 以下の整数、 y は1以上 m 以下の整数とし、 $x \neq y$ が成立するとき、次式（28）が成立する。

[数28]

$$\sum_{k=0}^{T-1} u_x(k) \times u_y(k) = 0 \quad \dots \text{式 (28)}$$

[0170] または、 m 種類のPT-RSパターンを用意する。このとき、 m 種類のPT-RSパターンを $\{0, 1\}$ で構成されるビット系列 $b_n(k)$ と表す。なお、PT-RSパターンが m 種類存在するため、 n は1以上 m 以下の整数であるものとする（ただし、 m は2以上の整数である）。このとき、一例として、 k は0以上の整数とする。また、 $b_n(k)$ は周期 T （ T は2以上の整数とする）のビット系列（つまり、 $b_n(k=i) = b_n(k=i+T)$ が成立する）とする。このとき、PT-RSパターン（ $b_n(0) \sim b_n(T-1)$ ）

がビット系列として互いに直交している場合、 x は 1 以上 m 以下の整数、 y は 1 以上 m 以下の整数とし、 $x \neq y$ が成立するとき、次式 (29) が成立する。

[数29]

$$\sum_{k=0}^{T-1} ((2 \times b_x(k) - 1) \times (2 \times b_y(k) - 1)) = 0 \quad \dots \text{式 (29)}$$

[0171] 一例として、BPSKの変調信号（つまり、同相成分が1又は-1、直交成分は0（ゼロ））の周期 $T=4$ 、 $m=4$ のPT-RSパターンについて説明する。

[0172] 例えば、 $m=4$ 個のPT-RSパターン $u_1 \sim u_4$ は、式(28)の関係を満たすように、以下で表される。

[0173] PT-RSパターン u_1 は以下のようになる。

$$u_1(0 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

$$u_1(1 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

$$u_1(2 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

$$u_1(3 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

なお z は0以上の整数とする。

[0174] PT-RSパターン u_2 は以下のようになる。

$$u_2(0 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

$$u_2(1 + z \times T) = (-1, 0) \text{つまり、同相成分-1、直交成分0}$$

$$u_2(2 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

$$u_2(3 + z \times T) = (-1, 0) \text{つまり、同相成分-1、直交成分0}$$

なお z は0以上の整数とする。

[0175] PT-RSパターン u_3 は以下のようになる。

$$u_3(0 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

$$u_3(1 + z \times T) = (1, 0) \text{つまり、同相成分1、直交成分0}$$

$$u_3(2 + z \times T) = (-1, 0) \text{つまり、同相成分-1、直交成分0}$$

$u_3 (3 + z \times T) = (-1, 0)$ つまり、同相成分 -1 、直交成分 0

なお z は 0 以上の整数とする。

[0176] $PT-RS$ パターン u_4 は以下ようになる。

$u_4 (0 + z \times T) = (1, 0)$ つまり、同相成分 1 、直交成分 0

$u_4 (1 + z \times T) = (-1, 0)$ つまり、同相成分 -1 、直交成分 0

$u_4 (2 + z \times T) = (-1, 0)$ つまり、同相成分 -1 、直交成分 0

$u_4 (3 + z \times T) = (1, 0)$ つまり、同相成分 1 、直交成分 0

なお z は 0 以上の整数とする。

[0177] また、各 $PT-RS$ パターン $u_1 \sim u_4$ は、以下のように補正係数 $\beta_1 \sim \beta_4$ にそれぞれ関連付けられている。

補正係数 $\beta_1 = 1$ ． 0 と設定するとき $PT-RS$ パターン u_1 を使用する。

補正係数 $\beta_1 = 2$ ． 0 と設定するとき $PT-RS$ パターン u_2 を使用する

。

補正係数 $\beta_1 = 4$ ． 0 と設定するとき $PT-RS$ パターン u_3 を使用する

。

補正係数 $\beta_1 = 8$ ． 0 と設定するとき $PT-RS$ パターン u_4 を使用する

。

[0178] まず、基地局 401 （送信装置）は、各ユーザ用の伝送領域内の $PT-RS$ 伝送領域 503 ， 603 における送信（電力）レベルの補正係数 β を設定する。そして、基地局 401 は、設定した補正係数 β に関連付けられた $PT-RS$ パターン u を、当該 $PT-RS$ 伝送領域 503 ， 603 に配置する $PT-RS$ シンボルとして使用する。

[0179] つまり、各ユーザ用の伝送領域内の $PT-RS$ 伝送領域 503 ， 603 では、当該 $PT-RS$ 伝送領域に設定された補正係数 β に関連付けられた $PT-RS$ パターンを構成する系列（変調信号系列又はビット系列）が送信される。なお、基地局 401 は、ユーザ用の伝送領域毎に送信レベルの補正係数 β を設定するので、各ユーザ用の伝送領域内の $PT-RS$ 伝送領域 503 ， 603 で送信される $PT-RS$ パターンはそれぞれ個別に設定される。

- [0180] 一方、端末（受信装置）は、PT-RSパターン u と補正係数 β との関連付けに基づいて、PT-RS伝送領域503, 603で受信したPT-RSに関連付けられた補正係数 β を特定する。
- [0181] 具体的には、端末は、各PT-RS伝送領域503, 603で受信したPT-RSと、PT-RSパターン $u_1 \sim u_4$ の各々との相関値を算出し、相関値が最大となるPT-RSパターン u_n を特定する。なお、式(28)に示す関係から、PT-RS伝送領域で受信したPT-RSのパターンと異なるPT-RSパターン u に対する相関値はゼロになる。そして、端末は、相関値が最大となるPT-RSパターン u_n に関連付けられた補正係数 β_n を特定する。
- [0182] 例えば、上記例において、端末は、自機向けの伝送領域内のPT-RS伝送領域503, 603に配置されたPT-RSシンボルがPT-RSパターン u_1 の場合、当該PT-RSシンボルに対する補正係数 $\beta_1 = 2.0$ であると判定する。端末は、同様にして、他のユーザ用の伝送領域内のPT-RS伝送領域503, 603に配置されたPT-RSシンボルのPT-RSパターン u を特定し、補正係数 β を判定する。
- [0183] こうすることで、各端末は、自機用の伝送領域の補正係数 β に加え、他のユーザ用の伝送領域における補正係数 β をそれぞれ特定することができる。よって、端末は、各ユーザ用伝送領域で受信したPT-RSの測定値を、特定した補正係数 β に基づいて補正することにより、自機宛てのPT-RSに加え、他のユーザ宛てのPT-RSを用いて、位相雑音を推定することができる。
- [0184] なお、PT-RSパターン $u_n(k)$ の例は上述の例に限ったものではない。また、 $b_n(k)$ からPT-RSパターン $u_n(k)$ を生成してもよい。
- [0185] 以上、本実施の形態では、基地局（図3の送信装置）は、複数の受信装置に割り当てられたリソースに複数の受信装置向けのPT-RS（位相雑音推定用のリファレンス信号）がそれぞれ配置された変調信号を生成し、変調信号を送信する。また、PT-RSに対する送信電力の補正係数 β と、当該P

T-R Sに使用される系列のパターンとが関連付けられている。

[0186] これにより、端末（受信装置）は、複数のユーザの送信電力制御が異なる場合でも、各ユーザに対する送信電力制御（補正係数 β ）に基づいて、各ユーザ宛てのP-T-R Sを用いて位相雑音を正しく推定できる。よって、本実施の形態によれば、各端末は、複数のユーザ宛てのP-T-R Sを用いて位相雑音の推定精度を向上させることができ、データの伝送効率を向上させることができる。

[0187] また、各端末は、P-T-R S伝送領域におけるP-T-R Sパターンを観測することにより、他のユーザのデータシンボル（送信レベルの補正係数 α ）とは関係無く、つまり、他のユーザのデータシンボルを観測することなく、各端末において他のユーザ用伝送領域におけるP-T-R Sの補正係数 β を特定することができる。よって、端末が位相雑音推定を行う際に他のユーザのデータ保護を図ることができる。

[0188] また、P-T-R Sの送信レベルの補正係数 β は、送信されるP-T-R Sパターンに対応付けられて暗黙的に端末へ通知されるので、補正係数 β のための制御情報の増加を抑えることができる。

[0189] （変形例1）

上記実施の形態では、送信レベル調整に関して、P-T-R S伝送領域のP-T-R Sシンボルと、データ伝送領域のデータシンボルとの関係について説明したが、これに限ったものではない。例えば、P-T-R S伝送領域のデータシンボルをDM-R S伝送領域のDM-R Sシンボルに置き換えてもよい。すなわち、P-T-R S伝送領域のP-T-R SシンボルとDM-R S領域のDM-R Sシンボルとについても、上記実施の形態と同様の送信レベル調整を実施してもよい。

[0190] （変形例2）

上記実施の形態では、図7及び図8に示すフレーム構成において、各ユーザに対してP-T-R S伝送領域（P-T-R Sシンボル）が配置（挿入）される場合について説明した。しかし、ユーザによっては、P-T-R S伝送領域

(P T-R Sシンボル) が配置されないフレーム構成としてもよい。また、P T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を配置するフレームを変更してもよいし、フレーム中のリソースにおけるP T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) の挿入頻度、挿入個数、挿入規則、挿入方法を変更してもよい。

[0191] 例えば、基地局401 (送信装置) は、各端末 (ユーザ) 向けの信号に設定される変調方式 (つまり、変調多値数: modulation order) に応じて当該端末に割り当てられるリソースにP T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を配置するか否かを決定してもよい。

[0192] また、基地局401 (送信装置) は、各端末 (ユーザ) 向けの信号に設定される変調方式 (つまり、変調多値数: modulation order) に応じて、当該端末に割り当てられるリソースにおいて、P T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を配置するフレームを変更してもよいし、フレーム中のリソースにおけるP T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) の挿入頻度、挿入個数、挿入規則、挿入方法を変更してもよい。例えば、基地局401は、端末向けの信号に設定される変調多値数が閾値 (例えば、閾値を16と設定する) 以上の場合に当該端末に割り当てられるリソースにP T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を配置し、変調多値数が閾値未満の場合に当該端末に割り当てられるリソースにP T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を配置しない。例えば、基地局401は、ある端末向けに16QAMで変調信号を送信する。このとき、基地局401は、P T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を送信する。一方、基地局401は、ある端末向けにQPSKで変調信号を送信ものとする。このとき、基地局401は、P T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を送信しない。なお、閾値は、16に限ったものではなく、他の値でもよい。

[0193] 具体的には、基地局401は、端末に対するデータシンボルの変調方式がBPSK (又は $\pi/2$ シフトBPSK)、QPSK ($\pi/4$ シフトQPSK) 等の変調多値数が少ない場合には当該端末に対するP T-R S伝送領域 (P T-R Sシンボル) を配置せずに、変調多値数が多い場合に当該端末に対

するPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を配置してもよい。

[0194] 図14、図15を用いて別の例を説明する。例えば、基地局401が、ある端末（例えば、ユーザ#2）に16QAMで変調信号を送信する。このとき、例えば、図14、図15のように、ユーザ#2用伝送領域である12キャリアのうち、2キャリアを用いてPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を送信する。また、基地局401が、ある端末（例えば、ユーザ#1）にQPSKで変調信号を送信する。このとき、基地局401は、例えば、図14、図15のように、ユーザ#1用伝送領域である12キャリアのうち、1キャリア（キャリア1からキャリア12を用いたとき、キャリア4のみPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を配置する）を用いてPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を送信する。また、基地局401が、ある端末（例えば、ユーザ#3）にBPSKで変調信号を送信する。このとき、基地局401は、例えば、図14、図15の12キャリアにはPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を配置しない（例えば、キャリア25からキャリア36を用いたとき、キャリア25からキャリア36にはPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）が存在しない）。

[0195] なお、この例では、変調方式により、12キャリア中に存在するPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）の数を変更しているが、PT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）の挿入頻度を変更する方法は、これに限ったものではない。例えば、PT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を、図7、図8では、時間軸に対し、連続に配置する例を記載しているが、変調方式により、時間的にPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）の挿入する頻度を切り替えるとしてもよい。

[0196] 例えば、図16、図17に示すように、ある端末（例えば、ユーザ#1）に送信する変調信号の変調方式が16QAMのとき、PT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を時間的に連続に配置し、ある端末（例えば、ユーザ#2）に送信する変調信号の変調方式がQPSKのときPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を時間的に2シンボル毎に配置し、ある端末（例え

ば、ユーザ# 3) に送信する変調信号の変調方式がBPSKのときPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)を時間的に5シンボル毎に配置するというようにしてもよい。また、変調方式によって、時間的、かつ、周波数的にPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)の挿入頻度を切り替えるとしてもよい。また、変調方式により、PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)のフレームへの挿入規則を切り替えるとよい。なお、挿入規則には、PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)を挿入しない場合を含んでいてもよい。

[0197] 一般的に、変調多値数が多いほど、位相雑音の影響が大きくなる傾向がある。すなわち、変調多値数が多い場合には、PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)を配置することにより端末での位相雑音による受信性能劣化の影響を低減することができる。一方、変調多値数が少ない場合には、位相雑音の影響が小さくなるので、PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)が配置されない、または、PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)の挿入頻度を少なくしても、位相雑音による性能劣化の影響が小さく、かつ、PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)が挿入されない、または、少ない分、データ伝送領域(データシンボル)が増加するので、データの伝送効率を向上させることができる。

[0198] 例えば、LTE (Long Term Evolution) 等の通信システムでは、基地局401は、ユーザー(端末)に対し、基地局401が送信する変調信号で使用するMCS (Modulation and Coding Scheme) の情報を送信する。このとき、基地局401は、ユーザに対するMCSに示される変調多値数(modulation order) (または、変調方式)を読み取り(ユーザーに対するMCSに示されている変調多値数(または、変調方式)に基づいて)、当該ユーザに対してPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)を配置(挿入)するか否かを決定する、または、当該ユーザに対するPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)の例えば、フレームに対する挿入頻度、または、挿入規則を決定してもよい。詳細には、基地局401は、MCS(つまり、変調多値数(また

は、変調方式)と符号化率の組み合わせ(伝送速度))そのものではなく、MCSに含まれる変調多値数(または、変調方式)に基づいてPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)の配置の有無を判定する。または、基地局401は、MCS(つまり、変調多値数(または、変調方式)と符号化率の組み合わせ(伝送速度))そのものではなく、MCSに含まれる変調多値数(または、変調方式)に基づいてPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)の、例えば、フレームに対する挿入頻度、または、挿入規則を決定する。なお、「フレームに対する挿入頻度、または、挿入規則」には、「PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)を挿入しない場合」を含んでいてもよい。

[0199] また、以下で説明するようなことが発生してもよい。例えば、基地局401が、ユーザ(端末)に送信する変調信号の変調方式として、64QAM(Quadrature Amplitude Modulation)および64APSK(Amplitude Phase Shift Keying)が選択可能であるものとする。このとき、基地局401は、例えば、MCSに含まれる変調方式の情報により、PT-RS伝送領域(PTRSシンボル)のフレームに対する挿入頻度、または、挿入規則を決定することになるが、基地局401が、64QAMを選択したときのPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)のフレームに対する挿入頻度(挿入規則)と64APSKを選択したときのPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)のフレームに対する挿入頻度(挿入規則)が異なってもよい。また、基地局401が、64QAMを選択したときのPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)のフレームに対する挿入頻度(挿入規則)と64APSKを選択したときのPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)のフレームに対する挿入頻度(挿入規則)が異なってもよい。なお、挿入頻度、挿入規則のなかにPT-RS伝送領域(PTRSシンボル)を挿入しない場合を含んでいてもよい。

[0200] また、基地局401が、ユーザ(端末)に送信する変調信号の変調方式として、(uniform)64QAMおよびNU(Non-Uniform)64QAMが選択可能である。このとき、基地局401は、例えば、MCSに含まれる変調方

式の情報により、PT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）のフレームに対する挿入頻度、または、挿入規則を決定することになるが、基地局401が、64QAMを選択したときのPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）のフレームに対する挿入頻度（挿入規則）とNU-64QAMを選択したときのPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）のフレームに対する挿入頻度（挿入規則）が異なってもよい。なお、挿入頻度、挿入規則のなかにPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を挿入しない場合を含んでもよい。以上は例であり、別の表現をすると以下ようになる。基地局401が、ユーザ（端末）に送信する変調信号の変調方式として、同相-直交Q平面にN（Nは2以上の整数とする）個の信号点をもつ第1の変調方式と第2の変調方式が選択可能である。したがって、第1の変調方式の変調多値数はN、第2の変調方式の変調多値数もNとなるが、第1の変調方式の同相-直交Q平面における信号点配置と第2の変調方式の同相-直交Q平面における信号点配置は異なる。このとき、基地局401は、例えば、MCSに含まれる変調方式の情報により、PT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）のフレームに対する挿入頻度、または、挿入規則を決定することになるが、基地局401が、第1の変調方式を選択したときのPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）のフレームに対する挿入頻度（挿入規則）と第2の変調方式を選択したときのPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）のフレームに対する挿入頻度（挿入規則）が異なってもよい。なお、挿入頻度、挿入規則のなかにPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を挿入しない場合を含んでもよい。

[0201] 例えば、MCSのインデックスが大きい順に伝送速度が速い場合、各MCSでの変調多値数と符号化率との組み合わせによっては、変調多値数が少ないMCSのインデックスが、変調多値数が多いMCSのインデックスよりも大きくなることもある。よって、仮に、MCS（インデックス）に応じてPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）の配置の有無が判定されると、変調多値数が多いMCSでPT-RS伝送領域が配置され、変調多値数が少な

いMCSでPT-RS伝送領域が配置されない状況も発生し得る。よって、MCSに応じてPT-RS伝送領域の配置の有無を判定するのでは、位相雑音の推定精度を向上させる必要がある状況においてPT-RS伝送領域が配置されない可能性もあり、端末の受信性能が劣化してしまう場合も生じる。

[0202] これに対して、変形例2では、基地局401は、MCSに含まれる変調多値数、および／または、信号点配置に基づいてPT-RS伝送領域の配置の有無を判定する、または、PT-RS伝送領域の挿入頻度、挿入規則を決定することにより、変調多値数、および／または、信号点配置、または、変調方式に依存する可能性のある位相雑音の影響を考慮して、PT-RS伝送領域の要否、挿入頻度、挿入規則を適切に判断することができるので、端末での受信性能の劣化を抑えることができる。

[0203] (変形例3)

基地局401は、端末からのフィードバック情報に基づいてPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）の挿入の有無、挿入頻度、挿入規則を切り替えてもよい。

[0204] 例えば、位相雑音の主な要因となり得る発振器は、基地局と比較して、端末の方が安価で性能が低いことが考えられる。よって、位相雑音の発生は、基地局の発振器よりも端末の発振器に起因する可能性が高い。

[0205] そこで、端末がデータの復調結果をモニタし、端末から基地局401へPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）の配置が必要であるか否か、または、挿入頻度、挿入規則を示す情報をフィードバックしてもよい。そして、基地局401は、位相雑音の影響が大きい端末に対してPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を配置し、位相雑音の影響が小さい端末に対してPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を配置しない、または、位相雑音の影響が大きい端末に対してPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を密に挿入し、位相雑音の影響が小さい端末に対してPT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）を疎に挿入する。

[0206] これにより、位相雑音の影響が大きい端末では、PT-RS伝送領域（P

T-R Sシンボル)を用いて位相雑音を推定し、位相雑音の影響を低減することができる。一方、位相雑音の影響が小さい端末では、P T-R S伝送領域(P T-R Sシンボル)が挿入されない、または、挿入頻度が疎な分、データ伝送領域(データシンボル)が増加するので、データの伝送効率を向上させることができる。

[0207] (変形例4)

DMRS、データ及びP T-R Sのプリコーディングは、各端末(受信装置)に対してそれぞれ設定される。よって、上述したように、ある端末が、他の端末のP T-R Sを用いて位相雑音を推定する際、端末間のプリコーディングが異なることが問題となる。つまり、端末は、他の端末に対するプリコーディングが異なる場合、他の端末のP T-R Sをそのまま使用することができないという問題がある。

[0208] そこで、変形例4では、この問題を解決するために、各端末に対するP T-R Sシンボルを周波数領域で隣接させる。

[0209] 図18は、上記実施の形態で説明した図7の変調信号108__Aのフレーム構成の変形例を示し、図19は、上記実施の形態で説明した図8の変調信号108__Bのフレーム構成の変形例を示す。

[0210] 図18及び図19において、図7及び図8と異なる点は、各ユーザに対するP T-R S伝送領域503, 603のP T-R Sシンボルが、各ユーザが利用する伝送領域(リソース)の最も高い周波数(キャリア)及び最も低い周波数(キャリア)に配置される点である。つまり、基地局401は、端末に割り当てられるリソースの最も高い周波数及び最も低い周波数にP T-R S伝送領域(P T-R Sシンボル)を配置する。

[0211] これにより、ユーザ割当によっては、P T-R S伝送領域503, 603が連続した2キャリアに配置される。例えば、図18及び図19では、(キャリア12とキャリア13)、(キャリア24とキャリア25)において、異なるユーザに対するP T-R Sシンボルが隣接する周波数(キャリア)に配置されている。

- [0212] このように、連続したキャリアに配置される P T - R S 伝送領域が存在すると、端末（受信装置）はキャリア間干渉（I C I : Inter-Carrier Interference）の推定を容易に行うことができる。なお、端末が連続したキャリアに配置された P T - R S 伝送領域を用いて I C I を推定する際、ユーザ # 1 用の伝送領域で用いるプリコーディング行列と、ユーザ # 2 の伝送領域で用いるプリコーディング行列と、ユーザ # 3 の伝送領域で用いるプリコーディング行列とが同一であってもよく、異なってもよい。
- [0213] さらに、ユーザ # 1 用の伝送領域で用いるプリコーディング行列と、ユーザ # 2 の伝送領域で用いるプリコーディング行列と、ユーザ # 3 の伝送領域で用いるプリコーディング行列とが異なる場合でも、各端末は、他のユーザの D M - R S 伝送領域の D M - R S シンボルを用いて位相雑音を推定することができる。
- [0214] 例えば、図 1 8 及び図 1 9 において、ユーザ # 2 の端末（受信装置）は、ユーザ # 2 の伝送領域内のキャリア 1 3 及びキャリア 2 4 の D M - R S 伝送領域を用いて、位相雑音を推定することができる。さらに、ユーザ # 2 の端末は、位相雑音を推定するために、ユーザ # 1 用の伝送領域内のキャリア 1 2 の D M - R S 伝送領域、及び、ユーザ # 3 用の伝送領域内のキャリア 2 5 の D M - R S 伝送領域を用いて、位相雑音を推定することができる。
- [0215] ここで、ユーザ # 2 用の伝送領域であるキャリア 1 3 とユーザ # 1 用の伝送領域のキャリア 1 2 とは隣接しており、キャリア 1 3 及びキャリア 1 2 のチャンネル変動は、ほぼ等しいとみなすことができる。これにより、ユーザ # 2 の端末は、ユーザ # 1 用の伝送領域内のキャリア 1 2 の D M - R S 伝送領域と、ユーザ # 2 用伝送領域内のキャリア 1 3 の D M - R S 伝送領域とを用いて、ユーザ # 1 用の伝送領域で使用しているプリコーディング行列を推定することができる。
- [0216] 詳細には、端末において D M - R S 伝送領域を用いて推定される受信信号レベルは、当該 D M - R S 伝送領域のチャンネル特性と、当該 D M - R S 伝送領域で使用されるプリコーディング行列とから定まる。よって、ユーザ # 2

の端末は、ユーザ#2の伝送領域で使用しているプリコーディング行列を把握しているので、ユーザ#2の伝送領域内のキャリア13のDM-RS伝送領域で測定される受信信号レベルから、キャリア13のチャネル変動（チャネル特性）を推定することができる。そして、推定したキャリア13のチャネル特性とキャリア12のチャネル特性とは同等であると見なせるので、ユーザ#2の端末は、キャリア12のDM-RS伝送領域で測定される受信信号レベルから、ユーザ#1の伝送領域で使用するプリコーディング行列を推定することができる。

[0217] このように、ユーザ#2の端末は、ユーザ#1用の伝送領域であるキャリア12のDM-RS伝送領域を用いて、ユーザ#1の伝送領域で使用するプリコーディング行列を推定することで、ユーザ#1の伝送領域内のキャリア12のPT-RS伝送領域を用いて位相雑音を推定することができる。よって、ユーザ#2の端末は、ユーザ#2とユーザ#1との間で使用するプリコーディングが異なる場合でも、ユーザ#2のPT-RSに加えて、ユーザ#1のPT-RSを使用して位相推定を行うことができ、位相推定精度を向上させることができる。

[0218] さらに、上述したように、端末は、隣接するキャリアを用いることで、キャリア間干渉を容易に推定することができる。

[0219] 同様に、ユーザ#2用の伝送領域であるキャリア24とユーザ#3用の伝送領域キャリア25とは隣接しており、キャリア24及びキャリア25のチャネル変動は、ほぼ等しいとみなすことができる。これにより、ユーザ#2の端末は、ユーザ#2用の伝送領域内のキャリア24のDM-RS伝送領域と、ユーザ#3用の伝送領域内のキャリア25のDM-RS伝送領域とを用いて、ユーザ#3用の伝送領域で使用しているプリコーディング行列を推定することができる。よって、ユーザ#2の端末は、ユーザ#2とユーザ#3との間で使用するプリコーディングが異なる場合でも、ユーザ#2のPT-RSに加えて、ユーザ#3のPT-RSを使用して位相推定を行うことができ、位相推定精度を向上させることができる。さらに、上述したように、端

末は、隣接するキャリアを用いることで、キャリア間干渉を容易に推定することができる。

[0220] なお、図7及び図8のように、P T-R S 伝送領域が配置されるキャリアは、各ユーザ用に対して2キャリアに限ったものではなく、各ユーザに対して1キャリア以上でP T-R S 伝送領域が配置されれば、同様に実施することができる。また、あるユーザ用に対して、P T-R S 伝送領域が配置されない場合があってもよい。

[0221] (変形例5)

変形例5では、基地局401(送信装置)は、ユーザ割り当てが無いリソース領域(リソースブロック)にP T-R S 伝送領域を配置する。これにより、基地局401の通信相手である各端末(受信装置)は、ユーザ割り当てが無い領域内に存在するP T-R S 伝送領域を位相雑音推定に用いることができる。よって、各端末の位相雑音の推定精度を向上させ、データの受信品質を向上させることができる。

[0222] 以下、変形例5におけるフレーム構成の一例として、第1の例から第4の例について説明する。

[0223] <第1の例>

図20は、上記実施の形態で説明した図7の変調信号108__Aのフレーム構成の変形例を示し、図21は、上記実施の形態で説明した図8の変調信号108__Bのフレーム構成の変形例を示す。

[0224] 図20及び図21において、図7及び図8と異なる点は、ユーザ用のデータ伝送領域が割り当てられていない未使用の時間・周波数領域が存在している点、及び、未使用の時間・周波数領域にP T-R S 伝送領域503, 603及びDM-R S 伝送領域501, 601が配置される点である。

[0225] 例えば、ユーザ#2の端末(受信装置)は、ユーザ#2宛のP T-R S 伝送領域、つまり、図20、図21に示すキャリア16及びキャリア21のP T-R S 伝送領域503, 603を位相雑音推定に用いる。さらに、ユーザ#2の端末は、自機宛てのP T-R S 伝送領域に加え、未使用の時間・周波

数領域に挿入されている少なくともPT-RS伝送領域(DM-RS伝送領域を用いてもよい)、つまり、図20、図21に示すキャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域503, 603(DM-RS伝送領域501, 601を用いてもよい))を位相雑音推定に用いてもよい。これにより、ユーザ#2の端末は、位相雑音の推定精度を向上させることができ、データの受信品質を向上させることができる。

[0226] また、ユーザ#1用の伝送領域及びユーザ#2の伝送領域と同様、図20及び図21に示すキャリア28及びキャリア33の時刻\$1に、DM-RS伝送領域501, 601が配置される。こうすることで、ユーザ#2(又はユーザ#1)の端末は、キャリア28及びキャリア33のDM-RS伝送領域501, 601を用いてチャネル推定を行うことができる。これにより、ユーザ#2(又はユーザ#1)の端末は、チャネル推定精度を向上させることができ、データの受信品質を向上させることができる。

[0227] なお、PT-RS伝送領域が配置されるキャリアは、図20、図21のように各ユーザ用に対して2キャリアに限ったものではなく、各ユーザに対して1キャリア以上にPT-RS伝送領域が配置されれば、同様に実施することができる。また、あるユーザ用に対してPT-RS伝送領域が配置されない場合があってもよい。

[0228] また、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されるPT-RS伝送領域は、2キャリアに限ったものではなく、1キャリア以上にPT-RS伝送領域が配置されれば、同様に実施することができる。また、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されるDM-RS伝送領域の構成は、図20、図21に限ったものではなく、時間\$1に2つ以上配置されてもよい。

[0229] なお、図20、図21では、PT-RS伝送領域を配置しているキャリア28及びキャリア33にDM-RS伝送領域が配置されている。このようにすると、端末においてPT-RS伝送領域を位相雑音推定に用いるのが容易となるという利点がある。

[0230] 例えば、ユーザ# 1 用の伝送領域で使用されるプリコーディングと、ユーザ# 2 用の伝送領域で使用されるプリコーディング行列とが同じであるとし、そのプリコーディング行列を F_c と表す。

[0231] このとき、図 20、図 21 のキャリア 28 及びキャリア 33 の PT-RS 伝送領域（及び DM-RS 伝送領域）では、プリコーディング行列 F_c が用いられることが 1 つの好適な方法となる。例えば、ユーザ# 2 の端末は、自機宛に送信された伝送領域で使用されているプリコーディング行列と、キャリア 28 及びキャリア 33 で使用されているプリコーディング行列とが同一のため、キャリア 28 及びキャリア 33 の PT-RS 伝送領域（及び、DM-RS 伝送領域）を、位相雑音の推定に容易に用いることができるという利点がある。

[0232] もう 1 つの好適な方法として、図 20、図 21 のキャリア 28 及びキャリア 33 の PT-RS 伝送領域（及び DM-RS 伝送領域）では、プリコーディングを行わない、又は、プリコーディング行列 F_x を次式 (30) 又は (31) とする。

[数30]

$$F_x = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \cdots \text{式 (30)}$$

または、

[数31]

$$F_x = \begin{pmatrix} c & 0 \\ 0 & c \end{pmatrix} \cdots \text{式 (31)}$$

[0233] なお、 c は 0 以外の実数とする。

[0234] これにより、例えば、ユーザ# 2 の端末は、キャリア 28 及びキャリア 33 で使用されているプリコーディング行列が容易に分かり、キャリア 28 及びキャリア 33 の PT-RS 伝送領域（及び、DM-RS 伝送領域）を、位相雑音推定に容易に用いることができるという利点がある。また、基地局 401（送信装置）は、キャリア 28 及びキャリア 33 ではプリコーディング

行列による複素数演算を行わなくてよいため、演算量を削減することができるという利点がある。ただし、図20、図21のキャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域（及びDM-RS伝送領域）におけるプリコーディング方法（使用するプリコーディング行列）は上記例に限ったものではない。

[0235] 次に、図20、図21において、プリコーディング行列がユーザ毎に設定される場合について説明する。この場合、図20、図21において、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されているPT-RS伝送領域（及びDM-RS伝送領域）の好適なプリコーディング行列として、式(30)、式(31)が挙げられる。ただし、PT-RS伝送領域（及びDM-RS伝送領域）におけるプリコーディング方法（使用するプリコーディング行列）は上記例に限ったものではない。

[0236] これにより、例えば、ユーザ#2の端末は、キャリア28及びキャリア33で使用されているプリコーディング行列が容易に分かり、キャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域（及び、DM-RS伝送領域）を、位相雑音推定に容易に用いることができるという利点がある。また、基地局401は、キャリア28及びキャリア33ではプリコーディング行列による複素数演算を行わなくてもよいため、演算量を削減することができるという利点がある。

[0237] ただし、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されている、例えば、キャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域（及び、DM-RS伝送領域）で使用するプリコーディング行列は上記の例に限ったものではない。

[0238] <第2の例>

図22は、上記実施の形態で説明した図7の変調信号108__Aのフレーム構成の変形例を示し、図23は、上記実施の形態で説明した図8の変調信号108__Bのフレーム構成の変形例を示す。

[0239] 図22及び図23において、図7及び図8と異なる点は、第1の例（図2

0、図21)と同様、ユーザ用のデータ伝送領域が割り当てられていない未使用の時間・周波数領域が存在している点、及び、未使用の時間・周波数領域にPT-RS伝送領域503、603及びDM-RS伝送領域501、601が配置される点である。

[0240] また、図22及び図23では、変形例4(図18、図19)と同様、各ユーザ用の伝送領域又は未使用の領域の最も低い周波数及び最も高い周波数にPT-RS伝送領域(及びDM-RS伝送領域)が配置され、PT-RSシンボルが周波数領域で隣接する。

[0241] これにより、変形例4と同様、位相推定精度を向上させ、さらに、キャリア間干渉を容易に推定することができる。

[0242] また、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されるPT-RS伝送領域、DM-RS伝送領域の構成方法、各伝送領域で使用されるプリコーディング行列の構成方法、及び、その利点については、第1の例で説明した通りであるので、説明を省略する。

[0243] <第3の例>

図24は、上記実施の形態で説明した図7の変調信号108__Aのフレーム構成の変形例を示し、図25は、上記実施の形態で説明した図8の変調信号108__Bのフレーム構成の変形例を示す。

[0244] 図24及び図25では、第1の例(図20、図21)と同様、ユーザ用のデータ伝送領域が割り当てられていない未使用の時間・周波数領域が存在し、未使用の時間・周波数領域にPT-RS伝送領域503、603が配置される。図24及び図25において特徴的な点は、ユーザ#1用の伝送領域及びユーザ#2の伝送領域においてDM-RS伝送領域501、601が配置されている時刻\$1において、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域にPT-RS伝送領域が配置されている点である。

[0245] 例えば、ユーザ#2の端末は、ユーザ#2宛のPT-RS伝送領域、つまり、図24、図25に示すキャリア16及びキャリア21のPT-RS伝送領域503、603を位相雑音推定に用いる。さらに、ユーザ#2の端末は

、自機宛てのP T-R S 伝送領域に加え、未使用の時間・周波数領域に挿入されている少なくともP T-R S 伝送領域、つまり、図24、図25に示すキャリア28及びキャリア33のP T-R S 伝送領域503, 603を位相雑音推定に用いてもよい。これにより、ユーザ#2の端末は、位相雑音の推定精度を向上させることができ、データの受信品質が向上させることができる。

[0246] また、図24、図25に示すキャリア28及びキャリア33の時刻\$1に、P T-R S 伝送領域503, 603が配置されることで、ユーザ#2（及びユーザ#1）の端末は、キャリア28及びキャリア33のP T-R S 伝送領域を用いて、チャンネル推定及び／又は位相雑音推定を行うことができる。これにより、歪み（例えば、チャンネル変動、位相雑音の影響）の推定精度を向上させることができ、データの受信品質を向上させることができる。

[0247] また、図24、図25に示すキャリア28及びキャリア33の時刻\$1に、DM-R S 伝送領域を設けていないため、ユーザ#2（及びユーザ#1）の端末は、DM-R S 伝送領域用のプリコーディング行列を意識する必要が無い。つまり、ユーザ#2（及びユーザ#1）の端末は、P T-R S 伝送領域用のプリコーディング行列のみを考慮すればよい。このため、歪み（例えば、チャンネル変動、位相雑音の影響）の推定を簡素化できるという利点がある。

[0248] なお、P T-R S 伝送領域が配置されるキャリアは、図24、図25のように各ユーザ用に対して2キャリアに限ったものではなく、各ユーザに対して1キャリア以上にP T-R S 伝送領域が配置されれば、同様に実施することができる。また、あるユーザ用に対してP T-R S 伝送領域が配置されない場合があってもよい。

[0249] また、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されるP T-R S 伝送領域は、2キャリアに限ったものではなく、1キャリア以上にP T-R S 伝送領域が配置されれば、同様に実施することができる。

- [0250] ここで、例えば、ユーザ# 1用の伝送領域で使用されるプリコーディングと、ユーザ# 2用の伝送領域で使用されるプリコーディング行列とが同じであるとし、そのプリコーディング行列を F_c と表す。
- [0251] このとき、図24、図25のキャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域では、プリコーディング行列として F_c が用いられることが1つの好適な方法となる。例えば、ユーザ# 2の端末は、自機宛に送信された伝送領域で使用されているプリコーディング行列と、キャリア28及びキャリア33で使用されているプリコーディング行列とが同一のため、キャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域を、位相雑音の推定（及び、チャンネル推定）に容易に用いることができるという利点がある。
- [0252] もう1つの好適な方法として、図24、図25のキャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域では、プリコーディングを行わない、又は、プリコーディング行列 F_x を式(30)又は(31)とする。
- [0253] これにより、例えば、ユーザ# 2の端末は、キャリア28及びキャリア33で使用されているプリコーディング行列が容易に分かり、キャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域を、位相雑音推定（及び、チャンネル推定）に容易に用いることができるという利点がある。また、基地局401は、キャリア28及びキャリア33ではプリコーディング行列による複素数演算を行わなくてもよいため、演算量を削減することができるという利点がある。
- [0254] 次に、図24、図25において、プリコーディング行列がユーザ毎に設定される場合について説明する。この場合、図24、図25において、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されているPT-RS伝送領域の好適なプリコーディング行列として、式(30)、式(31)が挙げられる。
- [0255] これにより、例えば、ユーザ# 2の端末は、キャリア28及びキャリア33で使用されているプリコーディング行列が容易に分かり、キャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域を、位相雑音推定（及び、チャンネル推

定)に容易に用いることができるという利点がある。また、基地局401は、キャリア28及びキャリア33ではプリコーディング行列による複素数演算を行わなくてもよいため、演算量を削減することができるという利点がある。

[0256] ただし、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されている、例えば、キャリア28及びキャリア33のPT-RS伝送領域で使用するプリコーディング行列は上記の例に限ったものではない。

[0257] <第4の例>

図26は、上記実施の形態で説明した図7の変調信号108__Aのフレーム構成の変形例を示し、図27は、上記実施の形態で説明した図8の変調信号108__Bのフレーム構成の変形例を示す。

[0258] 図26及び図27では、第3の例(図24、図25)と同様、ユーザ用のデータ伝送領域が割り当てられていない未使用の時間・周波数領域が存在し、未使用の時間・周波数領域にPT-RS伝送領域503、603が配置される。図26及び図27において特徴的な点は、第3の例と同様、ユーザ#1用の伝送領域及びユーザ#2の伝送領域においてDM-RS伝送領域501、601が配置されている時刻\$1において、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域にPT-RS伝送領域が配置されている点である。

[0259] また、図26及び図27では、変形例4(図18、図19)と同様、各ユーザ用の伝送領域又は未使用の領域の最も低い周波数及び最も高い周波数にPT-RS伝送領域(及びDM-RS伝送領域)が配置され、PT-RSシンボルが周波数領域で隣接する。

[0260] これにより、変形例4と同様、位相推定精度を向上させ、さらに、キャリア間干渉を容易に推定することができる。

[0261] また、ユーザ割り当てが行われていない未使用の時間・周波数領域に配置されるPT-RS伝送領域、DM-RS伝送領域の構成方法、各伝送領域で使用されるプリコーディング行列の構成方法、及び、その利点については、

第3の例で説明した通りであるので、説明を省略する。

[0262] (変形例6)

図5Aに示すPT-RSシンボル、及び、図5Bに示すPT-RSシンボルの何れかがnon-zeroパワーのシンボルであってもよい。つまり、図5Aに示すPT-RSシンボル、及び、図5Bに示すPT-RSシンボルの何れかが存在しない(zeroパワー)ことになる。また、図5Aには、PT-RSシンボルが存在し、図5BにPT-RSシンボルが存在しないとしてもよい。

[0263] 具体的には、図5Aに示すPT-RSシンボルが配置された時間・周波数領域(つまり、non-zeroパワー)と同一の時間・周波数領域において、図5Bではzeroパワーとする。または、図5Bに示すPT-RSシンボルが配置された時間・周波数領域(つまり、non-zeroパワー)と同一の時間・周波数領域において、図5Aではzeroパワーとする。

[0264] また、図5A、図5Bに、PT-RSシンボルとzeroパワーのシンボルが存在していてもよい。例えば、図5Aのキャリア k , 4、時刻\$2にPT-RSシンボルが存在し、キャリア k , 4、時刻\$3にzeroパワーのシンボルが存在し、キャリア k , 4、時刻\$4にPT-RSシンボルが存在し、キャリア k , 4、時刻\$5にzeroパワーのシンボルが存在する、・・・、とする。そして、図5Aのキャリア k , 10、時刻\$2にPT-RSシンボルが存在し、キャリア k , 10、時刻\$3にzeroパワーのシンボルが存在し、キャリア k , 10、時刻\$4にPT-RSシンボルが存在し、キャリア k , 10、時刻\$5にzeroパワーのシンボルが存在する、・・・、とする。

[0265] また、図5Bのキャリア k , 4、時刻2にzeroパワーのシンボルが存在し、キャリア k , 4、時刻\$3にPT-RSシンボルが存在し、キャリア k , 4、時刻\$4にzeroパワーのシンボルが存在し、キャリア k , 4、時刻\$5にPT-RSシンボルが存在し、・・・、とする。そして、図5Bのキャリア k , 10、時刻2にzeroパワーのシンボルが存在し、キャリア k , 10、時刻\$3にPT-RSシンボルが存在し、キャリア k , 10、時刻\$4にzeroパワーのシンボルが存在し、キャリア k , 10、時刻\$5にPT-RSシン

ボルが存在し、・・・、とする。

[0266] ただし、上記2つの例は、あくまでも例であり、P T-R Sシンボルとzeroパワーのシンボルの配置は、これに限ったものではない。

[0267] また、上記の変形方法として、図7に示すP T-R S伝送領域、及び、図8に示すP T-R Sシンボルの何れかがnon-zeroパワーであってもよい。つまり、図7に示すP T-R S伝送領域、及び、図8に示すP T-R S伝送領域の何れかが存在しない（zeroパワー）ことになる。また、図7には、P T-R S伝送領域が存在し、図8にP T-R S伝送領域が存在しないとしてもよい。

[0268] 具体的には、図7に示すP T-R S伝送領域が配置された時間・周波数領域（つまり、non-zeroパワー）と同一の時間・周波数領域において、図8ではnon-zeroパワーとする。または、図8に示すP T-R S伝送領域が配置された時間・周波数領域（つまり、non-zeroパワー）と同一の時間・周波数領域において、図7ではnon-zeroパワーとする。

[0269] また、図7、図8に、P T-R S伝送領域とzeroパワーのシンボルが存在していてもよい。例えば、ユーザ#1に着目し、図7のキャリア4、時刻\$2にP T-R S伝送領域が存在し、キャリア4、時刻\$3にzeroパワーの伝送領域が存在し、キャリア4、時刻\$4にP T-R S伝送領域が存在し、キャリア4、時刻\$5にzeroパワーの伝送領域シンボルが存在する、・・・、とする。そして、図7のキャリア10、時刻\$2にP T-R S伝送領域が存在し、キャリア10、時刻\$3にzeroパワーの伝送領域が存在し、キャリア10、時刻\$4にP T-R S伝送領域が存在し、キャリア10、時刻\$5にzeroパワーの伝送領域が存在する、・・・、とする。

[0270] また、図8のキャリア4、時刻2にzeroパワーの伝送領域が存在し、キャリア4、時刻\$3にP T-R S伝送領域が存在し、キャリア4、時刻\$4にzeroパワーの伝送領域が存在し、キャリア4、時刻\$5にP T-R S伝送領域が存在し、・・・、とする。そして、図8のキャリア10、時刻2にzeroパワーの伝送領域が存在し、キャリア10、時刻\$3にP T-R S伝送領域が

存在し、キャリア10、時刻\$4にzeroパワーの伝送領域が存在し、キャリア10、時刻\$5にPT-RS伝送領域が存在し、・・・、とする。

[0271] ただし、上記2つの例は、あくまでも例であり、PT-RS伝送領域とzeroパワーの伝送領域の配置は、これに限ったものではない。

[0272] 以上のような構成であっても、端末は、変調信号における位相雑音の影響を推定することが可能であり、本明細書の各実施の形態を実施することは可能である。

[0273] (変形例7)

上記実施の形態では、MIMO伝送（複数ストリームを例えば複数アンテナを用いて送信する）について説明したが、伝送方式はMIMO伝送に限ったものではない。

[0274] 例えば、基地局401（図3に示す送信装置）は、シングルストリームの送信方式を適用してもよい。

[0275] この場合、例えば、図4に示すユーザ#k変調信号生成部104__kにおいて、マッピング部205の出力であるマッピング後のベースバンド信号206__1（ストリーム#X1）及びマッピング後のベースバンド信号206__2（ストリーム#X2）は、同一のストリームである。

[0276] この点について、例を説明する。

[0277] 例えば、マッピング後のベースバンド信号206__1とマッピング後のベースバンド信号206__2が同じ変調信号であってもよい。

[0278] また、別の例として、基地局401は、マッピング後のベースバンド信号206__1により、第1のビット列を伝送している場合、マッピング後のベースバンド信号206__2においても第1のビット列を伝送する。

[0279] 別の例として、マッピング後のベースバンド信号206__1において、第1のビット列を伝送する第1シンボルが存在するものとする。このとき、マッピング後のベースバンド信号206__2に、第1ビット列を伝送するシンボルが存在する。

[0280] そして、同一ストリームであるベースバンド信号206__1、206__2

が異なるアンテナ部# A (1 1 1__A), アンテナ部# B (1 1 1__B) から送信されてもよいし、ベースバンド信号206__1, 206__2が複数のアンテナから送信されてもよい。

[0281] 又は、例えば、図4に示すユーザ# k 変調信号生成部104__kにおいて、マッピング部205から、ベースバンド信号206__1 (ストリーム# X 1) のみが出力され、処理部207から変調信号208__Aが出力され、変調信号208__Aが1つのアンテナ部# A (1 1 1__A) から送信されてもよい。つまり、マッピング部205及び処理部207は、1つのアンテナ系統の構成 (例えば、多重部107、無線部109、アンテナ部111) に対応する変調信号を出力することで、シングルストリームのシングルアンテナ送信が実行される。なお、この際、処理部207ではプリコーディングが行われない。

[0282] 又は、例えば、図4に示すユーザ# k 変調信号生成部104__kにおいて、マッピング部205から、ベースバンド信号206__1 (ストリーム# X 1) のみが出力され、処理部207でCDD (Cyclic Delay Diversity) (またはCSD : Cyclic Shift Diversity) のための信号処理が施された変調信号208__A, 208__Bが出力され、変調信号208__A, 208__Bが2つのアンテナ部# A (1 1 1__A), アンテナ部# B (1 1 1__B) からそれぞれ送信されてもよい。つまり、処理部207は、マッピング部205から出力される1つのベースバンド信号に対して2つのアンテナ系統の構成 (例えば、多重部107、無線部109、アンテナ部111) にそれぞれ対応する変調信号を出力することで、シングルストリームのマルチアンテナ送信が実行される。

[0283] 上記のようにシングルストリームの変調信号を基地局が送信した場合についても、本実施の形態で説明した各実施例と同様の効果を得ることができる。例えば、図5A、図5Bのフレーム構成のうち、図5Aのフレーム構成のシングルストリームの変調信号を生成し、本実施の形態の上述の説明を実施してもよい。

- [0284] また、図7のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が送信してもよい。そして、図7、図8のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が各アンテナから送信してもよい。このとき、図7のフレーム構成、図8のフレーム構成の生成方法は上述で説明したとおりである。図7、および／または、図8を用い、上述で説明した実施例を実施してもよい。
- [0285] また、図18のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が送信してもよい。そして、図18、図19のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が各アンテナから送信してもよい。このとき、図18のフレーム構成、図19のフレーム構成の生成方法は上述で説明したとおりである。図18、および／または、図19を用い、上述で説明した実施例を実施してもよい。
- [0286] 図20のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が送信してもよい。そして、図20、図21のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が各アンテナから送信してもよい。このとき、図20のフレーム構成、図21のフレーム構成の生成方法は上述で説明したとおりである。図20、および／または、図21を用い、上述で説明した実施例を実施してもよい。
- [0287] 図22のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が送信してもよい。そして、図22、図23のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が各アンテナから送信してもよい。このとき、図22のフレーム構成、図23のフレーム構成の生成方法は上述で説明したとおりである。図22、および／または、図23を用い、上述で説明した実施例を実施してもよい。
- [0288] 図24のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が送信してもよい。そして、図24、図25のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が各アンテナから送信してもよい。このとき、図24のフレーム構成、図25のフレーム構成の生成方法は上述で説明したとおり

である。図24、および／または、図25を用い、上述で説明した実施例を実施してもよい。

[0289] 図26のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が送信してもよい。そして、図26、図27のフレーム構成のシングルストリームの変調信号を、基地局が各アンテナから送信してもよい。このとき、図26のフレーム構成、図27のフレーム構成の生成方法は上述で説明したとおりである。図26、および／または、図27を用い、上述で説明した実施例を実施してもよい。

[0290] (変形例8)

また、基地局401は、シンボル番号*i*におけるマッピング後のベースバンド信号206__1(ストリーム#X1)、シンボル番号*i*におけるマッピング後のベースバンド信号206__2(ストリーム#X2)により、異なるデータを伝送してもよいし、同一のデータを伝送してもよい。

[0291] 例えば、基地局401は、シンボル番号*i*におけるマッピング後のベースバンド信号206__1(ストリーム#X1)において、b0の1ビットのデータを伝送し、シンボル番号*i*におけるマッピング後のベースバンド信号206__2(ストリーム#X2)において、b0の1ビットのデータを伝送してもよい。

[0292] また、基地局401は、シンボル番号*i*におけるマッピング後のベースバンド信号206__1(ストリーム#X1)において、b0の1ビットのデータを伝送し、シンボル番号*i*におけるマッピング後のベースバンド信号206__2(ストリーム#X2)において、b0と異なるb1の1ビットのデータを伝送してもよい。

[0293] したがって、基地局401は、ユーザごとに、「複数ストリームの複数の変調信号を送信する」、および、「シングルストリームの変調信号を送信する」を設定してもよい。よって、フレームでは、「複数ストリームの複数の変調信号を送信する」と「シングルストリームの変調信号を送信する」が混在していてもよい。

[0294] また、上記を実現するにあたって、基地局（図3の送信装置）において、誤り訂正符号化部203を1つ以上備え、マッピング部205についても1つ以上備えてもよい。

[0295] （変形例9）

本実施の形態において、MIMO伝送（複数ストリームを例えば複数アンテナを用いて送信する）における、PT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）、DMRS伝送領域（DM-RSシンボル）、データ伝送領域（データシンボル）を、2つの変調信号（2つのストリーム）を、2つのアンテナで、例えば基地局が送信する場合について説明したが、2つの変調信号を1つのアンテナ、または、3つのアンテナで送信するような構成であってもよく、また、端末は、1つのアンテナ、または、2つのアンテナ、または、3つのアンテナを用いて変調信号を受信するような場合についても、本実施の形態を実施することは可能である。

[0296] また、本実施の形態において、MIMO伝送（複数ストリームを例えば複数アンテナを用いて送信する）における、PT-RS伝送領域（PT-RSシンボル）、DMRS伝送領域（DM-RSシンボル）、データ伝送領域（データシンボル）を、2つの変調信号（2つのストリーム）を、2つのアンテナで、例えば基地局が送信する場合について説明したが、3つ以上の変調信号（3つ以上のストリーム）を、複数アンテナで、例えば基地局が送信する場合であっても、本実施の形態で説明したフレーム構成を3つ以上用意し、基地局は、変調信号を生成し、送信することで同様に実施することが可能である。このとき、端末は、1つのアンテナ、または、2つのアンテナ、または、3つのアンテナを用いて変調信号を受信するようにすることで、同様に実施することが可能である。

[0297] （実施の形態2）

本実施の形態では、DFT-s-OFDM (Discrete Fourier Transform spread Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 伝送におけるPT-RSの送信方法について説明する。

[0298] [送信装置の構成]

図28は、本実施の形態に係る送信装置の構成例を示すブロック図である。
図28に示す送信装置は、例えば、端末などである。

[0299] 図28において、誤り訂正符号化部B104は、データB101及び制御信号B100を入力とする。誤り訂正符号化部B104は、制御信号B100に含まれる誤り訂正符号化方式（例えば、誤り訂正符号化方法、誤り訂正符号のブロックサイズ、誤り訂正符号の符号化率等）の情報に基づいて、データB100に対して誤り訂正符号化を施し、誤り訂正符号化後のデータB105を生成し、出力する。

[0300] 変調信号生成部B106は、誤り訂正符号化後のデータB105及び制御信号B100を入力とする。変調信号生成部B106は、制御信号B100に含まれる変調方式の情報に基づいて、誤り訂正符号化後のデータB105に対してマッピング（変調）を行い、ストリーム#1のベースバンド信号B107__1、及び、ストリーム#2のベースバンド信号B107__2を出力する。

[0301] 処理部B108は、ストリーム#1のベースバンド信号B107__1、ストリーム#2のベースバンド信号B107__2、DM-RS（B102）、PT-RS（B103）、及び、制御信号B100を入力とする。処理部B108は、制御信号B100に含まれるフレーム構成の情報、プリコーディングに関する情報、送信パワーの情報、CDD（CSD）に関する情報等に基づいて、所定の処理（例えば、プリコーディング、送信パワー変更、CDD（CSD）等の処理）を行い、変調信号A（B109__A）及び変調信号B（B109__B）を生成し、出力する。

[0302] なお、処理部B108は、プリコーディング処理の際、プリコーディング処理で使用するプリコーディング（行列）を複数シンボル単位で切り替えてもよく、プリコーディング処理で使用するプリコーディング（行列）をシンボル単位で切り替えるプリコーディングサイクリングの処理を行ってもよい。

- [0303] 離散フーリエ変換部B 1 1 0 __ Aは、変調信号A (B 1 0 9 __ A) 及び制御信号B 1 0 0を入力とする。離散フーリエ変換部B 1 1 0 __ Aは、制御信号B 1 0 0に基づいて、変調信号A (B 1 0 9 __ A) に対して離散フーリエ変換処理を施し、離散フーリエ変換後の信号群B 1 1 1 __ Aを生成し、出力する。
- [0304] 同様に、離散フーリエ変換部B 1 1 0 __ Bは、変調信号B (B 1 0 9 __ B) 及び制御信号B 1 0 0を入力とする。離散フーリエ変換部B 1 1 0 __ Bは、制御信号B 1 0 0に基づいて、変調信号B (B 1 0 9 __ B) に対して、離散フーリエ変換処理を施し、離散フーリエ変換後の信号群B 1 1 1 __ Bを生成し、出力する。
- [0305] サブキャリアマッピング部B 1 1 3 __ Aは、離散フーリエ変換後の信号群B 1 1 1 __ A、ゼロ信号群B 1 1 2 __ A、及び制御信号B 1 0 0を入力とする。サブキャリアマッピング部B 1 1 3 __ Aは、制御信号B 1 0 0に基づいて、離散フーリエ変換後の信号群B 1 1 1 __ A、及び、ゼロ信号群B 1 1 2 __ Aをサブキャリアマッピングし、サブキャリアマッピング後の信号群B 1 1 4 __ Aを生成し、出力する。
- [0306] 同様に、サブキャリアマッピング部B 1 1 3 __ Bは、離散フーリエ変換後の信号群B 1 1 1 __ B、ゼロ信号群B 1 1 2 __ B、及び制御信号B 1 0 0を入力とする。サブキャリアマッピング部B 1 1 3 __ Bは、制御信号B 1 0 0に基づいて、離散フーリエ変換後の信号群B 1 1 1 __ B、及び、ゼロ信号群B 1 1 2 __ Bをサブキャリアマッピングし、サブキャリアマッピング後の信号群B 1 1 4 __ Bを生成し、出力する。
- [0307] 逆（高速）フーリエ変換部（又は、逆離散フーリエ変換部）B 1 1 5 __ Aは、サブキャリアマッピング後の信号群B 1 1 4 __ A及び制御信号B 1 0 0を入力とする。逆（高速）フーリエ変換部B 1 1 5 __ Aは、制御信号B 1 0 0に基づいて、サブキャリアマッピング後の信号群B 1 1 4 __ Aに対して逆（高速）フーリエ変換（逆離散フーリエ変換）を施し、逆フーリエ変換後の信号B 1 1 6 __ Aを生成し、出力する。

- [0308] 同様に、逆（高速）フーリエ変換部（又は、逆離散フーリエ変換部）B 1 1 5 __ Bは、サブキャリアマッピング後の信号群B 1 1 4 __ B及び制御信号B 1 0 0を入力とする。逆（高速）フーリエ変換部B 1 1 5 __ Bは、制御信号B 1 0 0に基づいて、サブキャリアマッピング後の信号群B 1 1 4 __ Bに対して逆（高速）フーリエ変換（逆離散フーリエ変換）を施し、逆フーリエ変換後の信号B 1 1 6 __ Bを生成し、出力する。
- [0309] サイクリックプレフィックス付加部B 1 1 7 __ Aは、逆フーリエ変換後の信号B 1 1 6 __ A、及び制御信号B 1 0 0を入力とする。サイクリックプレフィックス付加部B 1 1 7 __ Aは、制御信号B 1 0 0に基づいて、逆フーリエ変換後の信号B 1 1 6 __ Aに対して、サイクリックプレフィックス（C P : Cyclic Prefix）を付加し、サイクリックプレフィックス付加後の信号B 1 1 8 __ Aを生成し、出力する。
- [0310] 同様に、サイクリックプレフィックス付加部B 1 1 7 __ Bは、逆フーリエ変換後の信号B 1 1 6 __ B、及び制御信号B 1 0 0を入力とする。サイクリックプレフィックス付加部B 1 1 7 __ Bは、制御信号B 1 0 0に基づいて、逆フーリエ変換後の信号B 1 1 6 __ Bに対して、サイクリックプレフィックス（C P）を付加し、サイクリックプレフィックス付加後の信号B 1 1 8 __ Bを生成し、出力する。
- [0311] 無線部B 1 1 9 __ Aは、サイクリックプレフィックス付加後の信号B 1 1 8 __ A、及び制御信号B 1 0 0を入力とする。無線部B 1 1 9 __ Aは、制御信号B 1 0 0に基づいて、サイクリックプレフィックス付加後の信号B 1 1 8 __ Aに対して無線関連の処理を行い、送信信号A（B 1 2 0 __ A）を生成する。送信信号A（B 1 2 0 __ A）は、アンテナ部# A（B 1 2 1 __ A）から電波として出力される。
- [0312] 同様に、無線部B 1 1 9 __ Bは、サイクリックプレフィックス付加後の信号B 1 1 8 __ B、及び制御信号B 1 0 0を入力とする。無線部B 1 1 9 __ Bは、制御信号B 1 0 0に基づいて、サイクリックプレフィックス付加後の信号B 1 1 8 __ Bに対して無線関連の処理を行い、送信信号B（B 1 2 0 __ B

）を生成する。送信信号B（B 1 2 0 __ B）は、アンテナ部# B（B 1 2 1 __ B）から電波として出力される。

[0313] アンテナ部# A（B 1 2 1 __ A）は、制御信号B 1 0 0を入力としている。アンテナ部# A（B 1 2 1 __ A）は、制御信号B 1 0 0に従って送信指向性制御を行ってもよい。また、アンテナ部# A（B 1 2 1 __ A）の入力として制御信号B 1 0 0が無くてもよい。同様に、アンテナ部# B（B 1 2 1 __ B）は、制御信号B 1 0 0を入力としている。アンテナ部# B（B 1 2 1 __ B）は、制御信号B 1 0 0に従って送信指向性制御を行ってもよい。また、アンテナ部# B（B 1 2 1 __ B）の入力として制御信号B 1 0 0が無くてもよい。

[0314] [ストリームのフレーム構成]

図29（A）及び図29（B）は、図28のストリーム# 1のベースバンド信号B 1 0 7 __ 1及びストリーム# 2のベースバンド信号B 1 0 7 __ 2のフレーム構成例を示す。図29（A）、図29（B）において、横軸は時間である。

[0315] また、図29（A）、図29（B）において、「DFT-s-OFDMシンボル」は、DFT（離散フーリエ変換）spread OFDMシンボルを示す。DFT-s-OFDMシンボルは、データシンボル、DM-RSシンボル又はPT-RSシンボルで構成される。

[0316] 図29（A）は、ストリーム# 1のフレーム構成の一例を示す。図29（A）において、DFT-s-OFDMシンボルB 2 0 1 __ 1 __ 1は、図28に示す送信装置（端末）が第1時間に送信するストリーム# 1のDFT-s-OFDMシンボルである。DFT-s-OFDMシンボルB 2 0 1 __ 1 __ 2は、送信装置が第2時間に送信するストリーム# 1のDFT-s-OFDMシンボルである。DFT-s-OFDMシンボルB 2 0 1 __ 1 __ 3は、送信装置が第3時間に送信するストリーム# 1のDFT-s-OFDMシンボルである。

[0317] なお、ここでは、1スロットについて考える。したがって、DFT-s-

OFDMシンボル $B_{201_1_k}$ は、送信装置が1スロット内の第 k 時間に送信するストリーム#1のDFT-s-OFDMシンボルである。 k は、例えば、1以上7以下の整数とする。

[0318] DFT-s-OFDMシンボル $B_{201_1_1}$ 、 $B_{201_1_2}$ 、 $B_{201_1_3}$ 、 $\dots$ 、 $B_{201_1_7}$ は、ストリーム#1のデータシンボル、ストリーム#1のDM-RSシンボル、又は、ストリーム#2のPT-RSシンボルで構成される。このとき、ストリーム#1のデータシンボルは、図28のストリーム#1のベースバンド信号 B_{107_1} に相当する。また、ストリーム#1のDM-RSシンボル及びストリーム#1のPT-RSシンボルは、図28のストリーム#1のベースバンド信号 B_{107_1} （データシンボル）に付加されるストリーム#1のDM-RSシンボル及びストリーム#1のPT-RSシンボルに相当する。

[0319] 図29（B）は、ストリーム#2のフレーム構成の一例を示す。図29（B）において、DFT-s-OFDMシンボル $B_{201_2_1}$ は、図28に示す送信装置が第1時間に送信するストリーム#2のDFT-s-OFDMシンボルである。DFT-s-OFDMシンボル $B_{201_2_2}$ は、送信装置が第2時間に送信するストリーム#2のDFT-s-OFDMシンボルである。DFT-s-OFDMシンボル $B_{201_2_3}$ は、送信装置が第3時間に送信するストリーム#2のDFT-s-OFDMシンボルである。

[0320] なお、ここでは、1スロットについて考える。したがって、DFT-s-OFDMシンボル $B_{201_2_k}$ は、送信装置が1スロット内の第 k 時間に送信するストリーム#2のDFT-s-OFDMシンボルである。 k は、例えば、1以上7以下の整数とする。

[0321] DFT-s-OFDMシンボル $B_{201_2_1}$ 、 $B_{201_2_2}$ 、 $B_{201_2_3}$ 、 $\dots$ 、 $B_{201_2_7}$ は、ストリーム#2のデータシンボル、ストリーム#2のDM-RSシンボル、又は、ストリーム#2のPT-RSシンボルで構成される。このとき、ストリーム#2のデータシンボ

ルは、図28のストリーム#2のベースバンド信号B107__2に相当する。また、ストリーム#2のDM-RSシンボル及びストリーム#2のPT-RSシンボルは、図28のストリーム#2のベースバンド信号B107__2（データシンボル）に付加されるストリーム#2のDM-RSシンボル及びストリーム#2のPT-RSシンボルに相当する。

[0322] なお、図28のDM-RS（B102）は、ストリーム#1のDM-RSシンボル、及び、ストリーム#2のDM-RSシンボルを含んでいる。また、図28のPT-RS（B103）は、ストリーム#1のPT-RSシンボル、及び、ストリーム#2のPT-RSシンボルを含んでいる。

[0323] また、図29（A）のDFT-s-OFDMシンボルB201__1__1及び図29（B）のDFT-s-OFDMシンボルB201__2__1は、第1時間（同一時間）の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ（アンテナ部#A及びアンテナ部#B）を用いて送信される。同様に、図29（A）のDFT-s-OFDMシンボルB201__1__2及び図29（B）のDFT-s-OFDMシンボルB201__2__2は、第2時間（同一時間）の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ（アンテナ部#A及びアンテナ部#B）を用いて送信される。また、図29（A）のDFT-s-OFDMシンボルB201__1__3及び図29（B）のDFT-s-OFDMシンボルB201__2__3は、第3時間（同一時間）の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ（アンテナ部#A及びアンテナ部#B）を用いて送信される。以下、同様にして、DFT-s-OFDMシンボルB201__1__7及びDFT-s-OFDMシンボルB201__2__7は、第7時間（同一時間）の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ（アンテナ部#A及びアンテナ部#B）を用いて送信される（図示せず）。

[0324] [変調信号のフレーム構成]

図30（A）及び図30Bは、変調信号A（B109__A）及び変調信号B（B109__B）のフレーム構成例を示す。図30（A）、図30Bにおいて、横軸は時間である。

- [0325] 図30(A)、図30(B)において、「DFT-s-OFDM伝送領域」は、DFT spread OFDMの伝送領域である。
- [0326] 図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域は、図28の変調信号A(B109__A)を示し、図30(B)のDFT-s-OFDM伝送領域は、図28の変調信号B(B109__B)を示す。
- [0327] 図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__1は、図28の処理部B108において、図29(A)のDFT-s-OFDMシンボルB201__1__1及び図29(B)のDFT-s-OFDMシンボルB201__2__1に対して処理を行うことで得られた信号である。DFT-s-OFDM伝送領域B301__1__1は、図28の送信装置(端末)から第1時間に送信される。
- [0328] 図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__2は、図28の処理部B108において、図29(A)のDFT-s-OFDMシンボルB201__1__2及び図29(B)のDFT-s-OFDMシンボルB201__2__2に対して処理を行うことで得られた信号である。DFT-s-OFDM伝送領域B301__1__2は、送信装置から第2時間に送信される。
- [0329] 図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__3は、図28の処理部B108において、図29(A)のDFT-s-OFDMシンボルB201__1__3及び図29(B)のDFT-s-OFDMシンボルB201__2__3に対して処理を行うことで得られた信号である。DFT-s-OFDM伝送領域B301__1__3は、送信装置から第3時間に送信される。
- [0330] 以下、同様にして、図30(A)に図示していないが、DFT-s-OFDM伝送領域B301__1__7は、図28の処理部B108において、DFT-s-OFDMシンボルB201__1__7(図29(A)で図示せず)及びDFT-s-OFDMシンボルB201__2__7(図29(B)で図示せず)に対して処理を行うことで得られた信号である。DFT-s-OFDM

伝送領域 B 3 0 1 __ 1 __ 7 は、送信装置から第 7 時間に送信される。

[0331] 同様に、図 3 0 (B) の D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 1 は、図 2 8 の処理部 B 1 0 8 において、図 2 9 (A) の D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 1 __ 1 及び図 2 9 (B) の D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 2 __ 1 に対して処理を行うことで得られた信号である。D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 1 は、送信装置から第 1 時間に送信される。

[0332] 図 3 0 (B) の D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 2 は、図 2 8 の処理部 B 1 0 8 において、図 2 9 (A) の D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 1 __ 2 及び図 2 9 (B) の D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 2 __ 2 に対して処理を行うことで得られた信号である。D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 2 は、送信装置から第 2 時間に送信される。

[0333] 図 3 0 (B) の D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 3 は、図 2 8 の処理部 B 1 0 8 において、図 2 9 (A) の D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 1 __ 3 及び図 2 9 (B) の D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 2 __ 3 に対して処理を行うことで得られた信号である。D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 3 は、送信装置から第 3 時間に送信される。

[0334] 以下、同様にして、図 3 0 (B) に図示していないが、D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 7 は、図 2 8 の処理部 B 1 0 8 において、D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 1 __ 7 (図 2 9 (A) で図示せず) 及び D F T - s - O F D M シンボル B 2 0 1 __ 2 __ 7 (図 2 9 で図示せず) に対して処理を行うことで得られた信号である。D F T - s - O F D M 伝送領域 B 3 0 1 __ 2 __ 7 は、送信装置から第 7 時間に送信される。

[0335] したがって、図 3 0 (A)、図 3 0 (B) の D F T - s - O F D M 伝送領域は、データ伝送領域、D M - R S 伝送領域、又は、P T - R S 伝送領域を含んでいる。

[0336] また、図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__1及び図30(B)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__2__1は、第1時間(同一時間)の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ(アンテナ部#A及びアンテナ部#B)を用いて送信される。同様に、図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__2及び図30(B)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__2__2は、第2時間(同一時間)の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ(アンテナ部#A及びアンテナ部#B)を用いて送信される。また、図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__3及び図30(B)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__2__3は、第3時間(同一時間)の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ(アンテナ部#A及びアンテナ部#B)を用いて送信される。以下、同様にして、図30(A)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__7及び図30(B)のDFT-s-OFDM伝送領域B301__2__7は、第7時間(同一時間)の同一周波数を用いて、送信装置から複数のアンテナ(アンテナ部#A及びアンテナ部#B)を用いて送信される。

[0337] また、図30(A)、図30(B)では「CP」が付加されている。図28に示すサイクリックプレフィックス付加部B117__Aは、図30(A)に示すようにDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__1の前に「CP」を付加する。以降、同様に、サイクリックプレフィックス付加部B117__Aは、DFT-s-OFDM伝送領域B301__1__2の前に「CP」を付加し、DFT-s-OFDM伝送領域B301__1__3の前に「CP」を付加し、・・・、DFT-s-OFDM伝送領域B301__1__7の前に「CP」を付加する。

[0338] 同様に、図28に示すサイクリックプレフィックス付加部B117__Bは、図30(B)に示すようにDFT-s-OFDM伝送領域B301__2__1の前に「CP」を付加する。以降、同様に、サイクリックプレフィックス付加部B117__Bは、DFT-s-OFDM伝送領域B301__2__2の

前に「CP」を付加し、DFT-s-OFDM伝送領域B301__2__3の
前に「CP」を付加し、・・・、DFT-s-OFDM伝送領域B301__
2__7の前に「CP」を付加する。

- [0339] なお、図29(A)、図29(B)のDFT-s-OFDMシンボル及び
図30(A)、図30(B)のDFT-s-OFDM伝送領域における「シン
ボル」と「伝送領域」との関係については、図5A及び図5Bで説明した
「シンボル」と図7及び図8で説明した「伝送領域」との関係を用いて説明
した通りである。すなわち、図29(A)の第k時間のDFT-s-OFD
MシンボルB201__1__k及び図29(B)の第k時間のDFT-s-O
FDMシンボルB201__2__kから、図30(A)のDFT-s-OFD
M伝送領域B301__1__k及び図30(B)のDFT-s-OFDM伝送
領域B301__2__kが生成される。なお、生成方法については、式(1)
から式(21)などが一例であるが、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ を用いた送信
レベルの変更は行われなくてもよい。

- [0340] [DM-RSのフレーム構成]

図31(A)及び図31(B)は、DM-RSシンボルのフレーム構成例
を示す。図31(A)、図31(B)において、横軸は時間である。

- [0341] 例えば、図28に示す送信装置(端末)が図29(A)の第4時間で送信
するDFT-s-OFDMシンボルB201__1__4においてDM-RSシ
ンボルが送信される。図31(A)は、そのときの状態を示しており、スト
リーム#1のDM-RSシンボルB401__1は、送信装置が第4時間で送
信するDFT-s-OFDMシンボルB201__1__4である。

- [0342] 同様に、送信装置が図29(B)の第4時間で送信するDFT-s-O
FDMシンボルB201__2__4においてDM-RSシンボルが送信される。
図31(B)は、そのときの状態を示しており、ストリーム#2のDM-R
SシンボルB401__2は、第4時間に送信装置が送信するDFT-s-O
FDMシンボルB201__2__4である。

- [0343] 図32(A)及び図32(B)は、DM-RS伝送領域のフレーム構成例

を示す。図32(A)、図32(B)において、横軸は時間である。

[0344] 上述の記載から、送信装置が図30(A)の第4時間で送信するDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__4はDM-RS伝送領域となる。図32(A)は、そのときの状態を示しており、変調信号AのDM-RS伝送領域B501__Aは、第4時間に送信装置が送信するDFT-s-OFDM伝送領域B301__1__4となる。

[0345] 同様に、送信装置が図30(B)の第4時間で送信するDFT-s-OFDM伝送領域B301__2__4はDM-RS伝送領域となる。図32(B)は、そのときの状態を示しており、変調信号BのDM-RS伝送領域B501__Bは、第4時間に送信装置が送信するDFT-s-OFDM伝送領域B301__2__4となる。

[0346] なお、図31(A)、図31(B)のストリーム#1のDM-RSシンボル及びストリーム#2のDM-RSシンボルと、図32(A)、図32(B)の変調信号AのDM-RS伝送領域及び変調信号BのDM-RS伝送領域とにおける「シンボル」と「伝送領域」との関係については、図5A及び図5Bで説明した「シンボル」と図7及び図8で説明した「伝送領域」との関係を用いて説明した通りである。すなわち、図31(A)のストリーム#1のDM-RSシンボル及び図31(B)のストリーム#2のDM-RSシンボルから、図32(A)の変調信号AのDM-RS伝送領域及び図32(B)の変調信号BのDM-RS伝送領域が生成される。なお、生成方法については、式(1)から式(21)などが一例であるが、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ を用いた送信レベルの変更は行われなくてもよい。

[0347] [DFT-s-OFDMシンボル及びDFT-s-OFDM伝送領域の構成例]

図33(A)及び図33(B)は、第k時間(ただし、 $k = 1 \sim 3$ 、 $5 \sim 7$)のDFT-s-OFDMシンボルの構成例を示す。図33(A)、図33(B)において、横軸は時間である。

[0348] 例えば、図28に示す送信装置(端末)が図29(A)の第1時間、第2

時間、第3時間、第5時間、第6時間、第7時間（つまり、第4時間を除く時間）で送信するDFT-s-OFDMシンボルB201__1__1、B201__1__2、B201__1__3、B201__1__5、B201__1__6、B201__1__7では、少なくともデータシンボル及びPT-RSシンボルが送信される。図33（A）は、そのときの状態を示しており、DFT-s-OFDMシンボルは、少なくともストリーム#1のデータシンボルB601__1及びストリーム#1のPT-RSシンボルB602__1で構成される。なお、DFT-s-OFDMシンボルに、ストリーム#1のデータシンボルB601__1及びストリーム#1のPT-RSシンボルB602__1以外のシンボルが含まれてもよい。また、ストリーム#1のデータシンボルB601__1は図28のストリーム#1のベースバンド信号B107__1に相当し、ストリーム#1のPT-RSシンボルB602__1は図28のPT-RS（B103）に含まれている。

[0349] 同様に、送信装置が図29（B）の第1時間、第2時間、第3時間、第5時間、第6時間、第7時間（つまり、第4時間を除く時間）で送信するDFT-s-OFDMシンボルB201__2__1、B201__2__2、B201__2__3、B201__2__5、B201__2__6、B201__2__7では、少なくともデータシンボル及びPT-RSシンボルが送信される。図33（B）は、そのときの状態を示しており、DFT-s-OFDMシンボルは、少なくともストリーム#2のデータシンボルB601__2及びストリーム#2のPT-RSシンボルB602__2で構成される。なお、DFT-s-OFDMシンボルに、ストリーム#2のデータシンボルB601__2及びストリーム#2のPT-RSシンボルB602__2以外のシンボルが含まれてもよい。また、ストリーム#2のデータシンボルB601__2は図28のストリーム#2のベースバンド信号B107__2に相当し、ストリーム#2のPT-RSシンボルB602__2は図28のPT-RS信号B103に含まれている。

[0350] 図34（A）及び図34（B）は、第k時間（ただし、 $k = 1 \sim 3, 5 \sim$

7) の DFT-s-OFDM 伝送領域の構成例を示す。図 34 (A)、図 34 (B) において、横軸は時間である。

[0351] 上述の記載から、送信装置が図 30 の第 1 時間、第 2 時間、第 3 時間、第 5 時間、第 6 時間、第 7 時間（つまり、第 4 時間を除く時間）で送信する DFT-s-OFDM 伝送領域 B301__1__1、B301__1__2、B301__1__3、B301__1__5、B301__1__6、B301__1__7 は、少なくとも変調信号 A のデータ伝送領域及び変調信号 A の PT-RS 伝送領域となる。図 34 (A) は、そのときの状態を示しており、少なくとも変調信号 A のデータ伝送領域 B701__1 及び変調信号 A の PT-RS 伝送領域 B702__1 は、第 k 時間（k = 1、2、3、5、6、7）に送信装置が送信する DFT-s-OFDM 伝送領域 B301__1__k に含まれる。

[0352] 同様に、送信装置が図 30 (B) の第 1 時間、第 2 時間、第 3 時間、第 5 時間、第 6 時間、第 7 時間（つまり、第 4 時間を除く時間）で送信する DFT-s-OFDM 伝送領域 B301__2__1、B301__2__2、B301__2__3、B301__2__5、B301__2__6、B301__2__7 は、少なくとも変調信号 B のデータ伝送領域及び変調信号 B の PT-RS 伝送領域となる。図 34 (B) は、そのときの状態を示しており、少なくとも変調信号 B のデータ伝送領域 B701__2 及び変調信号 B の PT-RS 伝送領域 B702__2 は、第 k 時間（k = 1、2、3、5、6、7）に送信装置が送信する DFT-s-OFDM 伝送領域 B301__2__k に含まれる。

[0353] なお、図 33 (A)、図 33 (B) のストリーム #1 のデータシンボル B601__1 及びストリーム #2 のデータシンボル B601__2 と、図 34 (A)、図 34 (B) の変調信号 A のデータ伝送領域 B701__1 及び変調信号 B のデータ伝送領域 B701__2 とにおける「シンボル」と「伝送領域」との関係については、図 5 A 及び図 5 B で説明した「シンボル」と図 7 及び図 8 で説明した「伝送領域」との関係を用いて説明した通りである。すなわち、図 33 (A) の第 k 時間のストリーム #1 のデータシンボル B601__1 と図 33 (B) の第 k 時間のストリーム #2 のデータシンボル B601__

2 から、図 3 4 (A) の変調信号 A のデータ伝送領域 B 7 0 1 __ 1 及び図 3 4 (B) の変調信号 B のデータ伝送領域 B 7 0 1 __ 2 が生成される。なお、生成方法については、式 (1) から式 (21) などが一例であるが、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ を用いた送信レベルの変更は行われなくてもよい。

[0354] また、図 3 3 (A)、図 3 3 (B) のストリーム # 1 の P T - R S シンボル B 6 0 2 __ 1 及びストリーム # 2 の P T - R S シンボル B 6 0 2 __ 2 と、図 3 4 (A)、図 3 4 (B) の変調信号 A の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 1 及び変調信号 B の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 2 とにおける「シンボル」と「伝送領域」との関係については、図 5 A 及び図 5 B で説明した「シンボル」と図 7 及び図 8 で説明した「伝送領域」との関係を用いて説明した通りである。すなわち、図 3 3 (A) の第 k 時間のストリーム # 1 の P T - R S シンボル B 6 0 2 __ 1 と図 3 3 (B) の第 k 時間のストリーム # 2 の P T - R S シンボル B 6 0 2 __ 2 から、図 3 4 (A) の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 1 及び図 3 4 (B) の変調信号 B の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 2 が生成される。なお、生成方法については、式 (1) から式 (21) などが一例であるが、 $\alpha 1$ 、 $\alpha 2$ 、 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ を用いた送信レベルの変更は行われなくてもよい。

[0355] [サイクリックプレフィックス付加後の信号構成例]

図 3 5 (A) 及び図 3 5 (B) は、図 2 8 のサイクリックプレフィックス付加部 B 1 1 7 __ A、B 1 1 7 __ B の出力であるサイクリックプレフィックス付加後の信号 B 1 1 8 __ A、B 1 1 8 __ A の構成例を示す。図 3 5 (A)、図 3 5 (B) において、横軸は時間である。

[0356] なお、図 3 5 (A) 及び図 3 5 (B) において、図 3 4 (A) 及び図 3 4 (B) と同様の構成には、同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0357] ここで、図 3 4 (A) は、図 2 8 の逆フーリエ変換後の信号 B 1 1 6 __ A に相当する D F T - s - O F D M 伝送領域であり、図 3 5 (A) は、図 2 8 のサイクリックプレフィックス付加部 B 1 1 7 __ A の出力であるサイクリックプレフィックス付加後の信号 B 1 1 8 __ A に相当する構成である。したが

って、図35(A)に示す信号では、図34(A)に示す信号に対して、先頭にサイクリックプレフィックス（つまり、変調信号AのCP(B801__1)）が付加されている。

[0358] 同様に、図34(B)は、図28の逆フーリエ変換後の信号B116__Bに相当するDFTS-OFDM伝送領域であり、図35(B)は、図28のサイクリックプレフィックス付加部B117__Bの出力であるサイクリックプレフィックス付加後の信号B118__Bに相当する構成である。したがって、図35(B)に示す信号では、図34(B)に示す信号に対して、先頭にサイクリックプレフィックス（つまり、変調信号BのCP(B801__2)）が付加されている。

[0359] ところで、図28の送信装置（端末）における演算規模の削減、つまり、回路規模の削減という利点を考慮すると、逆（高速）フーリエ変換部（逆離散フーリエ変換部）B115__A、B115Bでは、逆離散フーリエ変換ではなく、逆高速フーリエ変換（IFFT: Inverse Fast Fourier Transform）の演算を実施することが望まれる。

[0360] この点を考慮すると、図33(A)において、ストリーム#1のデータシンボルのシンボル数とストリーム#1のPT-RSシンボルのシンボル数との和は、4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n シンボル（ n は1以上の整数）であるとよい。なお、ここでは、「シンボル」と記載しているが「チップ」、「サンプル」という語句で表現されてもよい。

[0361] したがって、図33(A)において、ストリーム#1のデータシンボル（データチップ）のチップ数とストリーム#1のPT-RSシンボル（PT-RSチップ）のチップ数との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n チップ（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0362] 別の表現をすると、図33(A)において、ストリーム#1のデータシン

ボル（データサンプル）のサンプル数とストリーム#1のPT-RSシンボル（PT-RSサンプル）のサンプル数との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n サンプル（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0363] 同様に、図33（B）において、ストリーム#2のデータシンボルのシンボル数とストリーム#2のPT-RSシンボルのシンボル数との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n シンボル（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0364] したがって、別の表現をすると、図33（B）において、ストリーム#2のデータシンボル（データチップ）の数とストリーム#2のPT-RSシンボル（PT-RSチップ）との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n チップ（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0365] さらに別の表現をすると、図33（B）において、ストリーム#2のデータシンボル（データサンプル）の数とストリーム#2のPT-RSシンボル（PT-RSサンプル）との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n サンプル（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0366] これに伴い、図34（A）において、変調信号Aのデータ伝送領域のチップ数の和と変調信号AのPT-RS伝送領域のチップ数との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n チップ（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0367] 別の表現をすると、図34（A）において、変調信号Aのデータ伝送領域

のサンプル数の和と変調信号AのPT-RS伝送領域のサンプル数との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n サンプル（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0368] 同様に、図34（B）において、変調信号Bのデータ伝送領域のチップ数の和と変調信号BのPT-RS伝送領域のチップ数との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n チップ（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0369] 別の表現をすると、図34（B）において、変調信号Bのデータ伝送領域のチップ数の和と変調信号BのPT-RS伝送領域のサンプル数との和は4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n サンプル（ n は1以上の整数）であるとよい。

[0370] [DFTS-OFMD伝送領域におけるPT-RS伝送領域の配置方法]

次に、図35（A）及び図35（B）を用いて、図34（A）及び図34（B）のDFTS-OFMD伝送領域内におけるPT-RS伝送領域の配置方法について説明する。

[0371] ここで、図35（A）の変調信号AのCP（B801__1）及び図35（B）の変調信号BのCP（B801__2）の時間間隔を「 T_z 」で表す。

[0372] また、図35（A）、図35（B）に示すように、変調信号AのPT-RS伝送領域B702__1及び変調信号BのPT-RS伝送領域B702__2の時間間隔を「 T_1 」と表す。

[0373] また、変調信号AのPT-RS伝送領域B702__1及び変調信号BのPT-RS伝送領域B702__2の時間的に最後のタイミングB850から、タイミングB852までの時間間隔を「 T_2 」（B802）と表す。ここで、 $T_2 < T_1$ が成立する。

- [0374] また、変調信号 A の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 1 及び変調信号 B の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 2 の時間的に最後のタイミング B 8 5 0 から、タイミング B 8 5 3 までの時間間隔を「T 3」（B 8 0 3）と表す。ここで、 $T 3 = T 1$ が成立する。
- [0375] また、変調信号 A の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 1 及び変調信号 B の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 2 の時間的に最後のタイミング B 8 5 0 から、タイミング B 8 5 4 までの時間間隔を「T 4」（B 8 0 4）と表す。ここで、 $T 4 > T 1$ が成立する。
- [0376] つまり、時間間隔 T 2 は P T - R S 伝送領域の時間間隔 T 1 より短く、時間間隔 T 3 は P T - R S 伝送領域の時間間隔 T 1 と等しく、時間間隔 T 4 は、P T - R S 伝送領域の時間間隔 T 1 より長い。
- [0377] 以下、変調信号 A の C P （B 8 0 1 __ 1）及び変調信号 B の C P （B 8 0 1 __ 1）の時間間隔 T z が時間間隔 T 2，T 3，T 4 である場合についてそれぞれ説明する。
- [0378] <T z = T 2 の場合>
変調信号 A の C P （B 8 0 1 __ 1）の時間間隔 T z = T 2 の場合、サイクリックプレフィックス付加部 B 1 1 7 __ A は、図 3 5 （A）の時間間隔 T 2 の時間波形をコピーし、変調信号 A の C P （B 8 0 1 __ 1）の時間波形とする。同様に、変調信号 B の C P （B 8 0 1 __ 2）の時間間隔 T z も T 2 となるので、サイクリックプレフィックス付加部 B 1 1 7 __ B は、図 3 5 （B）の時間間隔 T 2 の時間波形をコピーし、変調信号 B の C P （B 8 0 1 __ 2）の時間波形とする。
- [0379] このようにした場合、変調信号 A の C P （B 8 0 1 __ 1）は、変調信号 A の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 1 の一部で構成されることになる。同様に、変調信号 B の C P （B 8 0 1 __ 2）は、変調信号 B の P T - R S 伝送領域 B 7 0 2 __ 2 の一部で構成されることになる。
- [0380] したがって、図 2 8 の送信装置（端末）の通信相手である受信装置（基地局）（図示せず）は、変調信号 A の C P （B 8 0 1 __ 1）及び変調信号 B の

CP (B801__2) の双方を、PT-RS 伝送領域と同様に扱うことができる。これにより、受信装置（基地局）は、位相雑音の推定精度を向上する効果を得ることができる。また、受信装置は、変調信号 A の CP (B801__1) 及び変調信号 B の CP (B801__2) の双方を、時間同期、周波数同期、周波数オフセット推定、信号検出等に使用することも可能となる。特に、PT-RS シンボルが、送信装置及び受信装置にとって既知の信号である場合に、その効果は大きい。

[0381] <T_z = T₃ の場合>

変調信号 A の CP (B801__1) の時間間隔 T_z = T₃ の場合、サイクリックプレフィックス付加部 B117__A は、図 35 (A) の時間間隔 T₃ の時間波形をコピーし、変調信号 A の CP (B801__1) の時間波形とする。同様に、変調信号 B の CP (B801__2) の時間間隔 T_z も T₃ となるので、サイクリックプレフィックス付加部 B117__B は、図 35 (B) の時間間隔 T₃ の時間波形をコピーし、変調信号 B の CP (B801__2) の時間波形とする。

[0382] このようにした場合、変調信号 A の CP (B801__1) は、変調信号 A の PT-RS 伝送領域 B702__1 と同一の時間波形で構成されることになる。同様に、変調信号 B の CP (B801__2) は、変調信号 B の PT-RS 伝送領域 B702__2 と同一の時間波形で構成されることになる。

[0383] したがって、図 28 の送信装置（端末）の通信相手である受信装置（基地局）（図示せず）は、変調信号 A の CP (B801__1) 及び変調信号 B の CP (B801__2) の双方を、PT-RS 伝送領域と同様に扱うことができる。これにより、受信装置（基地局）は、位相雑音の推定精度を向上する効果を得ることができる。また、受信装置は、変調信号 A の CP (B801__1) 及び変調信号 B の CP (B801__2) の双方を、時間同期、周波数同期、周波数オフセット推定、信号検出等に使用することも可能となる。特に、PT-RS シンボルが、送信装置および受信装置にとって既知の信号である場合に、その効果は大きい。

[0384] < $T_z = T_4$ の場合 >

変調信号 A の CP (B 8 0 1 __ 1) の時間間隔 $T_z = T_4$ の場合、サイクリックプレフィックス付加部 B 1 1 7 __ A は、図 3 5 (A) の時間間隔 T_4 の時間波形をコピーし、変調信号 A の CP (B 8 0 1 __ 1) の時間波形とする。同様に、変調信号 B の CP (B 8 0 1 __ 2) の時間間隔 T_z も T_3 となるので、サイクリックプレフィックス付加部 B 1 1 7 __ B は、図 3 5 (B) の時間間隔 T_4 の時間波形をコピーし、変調信号 B の CP (B 8 0 1 __ 2) の時間波形とする。

[0385] このようにした場合、変調信号 A の CP (B 8 0 1 __ 1) は、変調信号 A の PT-RS 伝送領域と変調信号 A のデータ伝送領域 B 7 0 1 __ 1 の一部とで構成されることになる。同様に、変調信号 B の CP (B 8 0 1 __ 2) は、変調信号 B の PT-RS 伝送領域 B 7 0 2 __ 2 と変調信号 B のデータ伝送領域 B 7 0 1 __ 2 の一部で構成されることになる。

[0386] したがって、図 2 8 の送信装置 (端末) の通信相手である受信装置 (基地局) (図示せず) は、変調信号 A の CP (B 8 0 1 __ 1) 及び変調信号 B の CP (B 8 0 1 __ 2) の一部を PT-RS 伝送領域と同様に扱うことができる。これにより、受信装置 (基地局) は、位相雑音の推定精度を向上する効果を得ることができる。また、受信装置は、変調信号 A の CP (B 8 0 1 __ 1) の一部、及び、変調信号 B の CP (B 8 0 1 __ 2) の一部を、時間同期、周波数同期、周波数オフセット推定、信号検出等に使用することも可能となる。特に、PT-RS シンボルが、送信装置及び受信装置にとって既知の信号である場合、その効果は大きい。

[0387] このように、送信装置は、変調信号の DFT-s-OFMD 伝送領域 (DFT-s-OFMD シンボル) の最後部に PT-RS 伝送領域 (PT-RS シンボル) を配置することにより、PT-RS 伝送領域 (PT-RS シンボル) によって CP を構成することができる。これにより、受信装置では、DFT-s-OFMD 伝送領域 (DFT-s-OFMD シンボル) に含まれる PT-RS 伝送領域 (PT-RS シンボル) に加え、CP を位相雑音の推定

に利用することができるので、位相雑音の推定精度を向上させ、データの伝送効率を向上させることができる。

[0388] [サイクリックプレフィックス付加後の信号のフレーム構成]

図36(A)及び図36(B)は、図35(A)及び図35(B)で説明したサイクリックプレフィックス付加後の信号のフレーム構成の一例を示す。図36(A)、図36(B)において、横軸は時間である。

[0389] すなわち、図36(A)は、図28のサイクリックプレフィックス付加後の信号B118__Aのフレーム構成の例を示し、図36(B)は、図28のサイクリックプレフィックス付加後の信号B118__Bのフレーム構成の例を示す。

[0390] CP(B901__A、B901__B)、DFT-s-OFDM伝送領域B902__A、B902__Bは、第1時間に、図28の送信装置(端末)が送信する信号である。CP(B903__A、B903__B)、DFT-s-OFDM伝送領域B904__A、B904__Bは、第2時間に、送信装置が送信する信号である。CP(B905__A、B905__B)、DFT-s-OFDM伝送領域B906__A、B906__Bは、第3時間に、送信装置が送信する信号である。

[0391] DFT-s-OFDM伝送領域B902__A、B904__A、B906__Aは、例えば、図35(A)の変調信号Aのデータ伝送領域B701__1と変調信号AのPT-RS伝送領域B702__1とで構成される。CP(B901__A、B903__A、B905__A)は、図35(A)の変調信号AのCP(B801__1)のように構成される。

[0392] 同様に、DFT-s-OFDM伝送領域B902__B、B904__B、B906__Bは、例えば、図35(B)の変調信号Bのデータ伝送領域B701__2と変調信号BのPT-RS伝送領域B702__2とで構成される。CP(B901__B、B903__B、B905__B)は、図35(B)の変調信号BのCP(B801__2)のように構成される。

[0393] 以下、図36(A)、図36(B)のCP(B901__A、B901__B

、B903__A、B903__B、B905__A、B905__B)の時間間隔を「 $T \geq 0$ 」と表す。

[0394] このとき、図35(A)、図35(B)で説明したように、CP(B901__A、B901__B、B903__A、B903__B、B905__A、B905__B)の時間間隔 $T \geq 0$ が時間間隔 T_2 、 T_3 、 T_4 である場合についてそれぞれ説明する。

[0395] $<T \geq 0 = T_2$ の場合>

この場合、図35(A)、図35(B)で説明したように、CP(B901__A、B901__B、B903__A、B903__B、B905__A、B905__B)は、変調信号のPT-RS伝送領域の一部で構成されることになる。

[0396] よって、図36(A)において、例えば、DFT-s-OFDM伝送領域B902__AとCP(B903__A)に着目すると、「DFT-s-OFDM伝送領域B902__A(最後部)に含まれる変調信号AのPT-RS伝送領域(例えば、図35(A)を参照)」と「変調信号AのPT-RS伝送領域のみで構成されているCP(B903__A)」とが連続する。このため、時間的に連続するPT-RS伝送領域が拡大することになる。なお、この点については、DFT-s-OFDM伝送領域B904__AとCP(B905__A)とで構成する連続領域等でも同様である。

[0397] 同様に、図36(B)において、例えば、DFT-s-OFDM伝送領域B902__BとCP(B903__B)に着目すると、「DFT-s-OFDM伝送領域B902__B(最後部)に含まれる変調信号BのPT-RS伝送領域(例えば、図35(B)を参照)」と「変調信号BのPT-RS伝送領域のみで構成されているCP(B903__B)」とが連続する。このため、時間的に連続するPT-RS伝送領域が拡大することになる。なお、この点については、DFT-s-OFDM伝送領域B904__BとCP(B905__B)で構成する連続領域等でも同様である。

[0398] 以上より、図28の送信装置(端末)の通信相手である受信装置(基地局

）は、時間的に連続するPT-RS伝送領域とCP（PT-RS伝送領域で構成）とを用いて、位相雑音を高精度で推定することが可能となるとともに、高精度なチャネル推定、時間同期、周波数同期、周波数オフセット推定、信号検出が可能となるという効果を得ることができる。

[0399] <T_z0=T₃の場合>

この場合、図35（A）、図35（B）で説明したように、CP（B901__A、B901__B、B903__A、B903__B、B905__A、B905__B）は、変調信号のPT-RS伝送領域と同一の時間波形で構成されることになる。

[0400] よって、図36（A）において、例えば、DFT-s-OFDM伝送領域B902__AとCP（B903__A）に着目すると、「DFT-s-OFDM伝送領域B902__A（最後部）に含まれる変調信号AのPT-RS伝送領域（例えば、図35（A）を参照）」と「変調信号AのPT-RS伝送領域のみで構成されているCP（B903__A）」とが連続する。このため、時間的に連続するPT-RS伝送領域が拡大することになる。なお、この点については、DFT-s-OFDM伝送領域B904__AとCP（B905__A）で構成する連続領域等でも同様である。

[0401] 同様に、図36（B）において、例えば、DFT-s-OFDM伝送領域B902__BとCP（B903__B）に着目すると、「DFT-s-OFDM伝送領域B902__B（最後部）に含まれる変調信号BのPT-RS伝送領域（例えば、図35（B））」と「変調信号BのPT-RS伝送領域のみで構成されているCP（B903__B）」とが連続する。このため、時間的に連続するPT-RS伝送領域が拡大することになる。なお、この点については、DFT-s-OFDM伝送領域B904__BとCP（B905__B）で構成する連続領域等でも同様である。

[0402] 以上より、受信装置（基地局）は、時間的に連続するPT-RS伝送領域とCP（PT-RS伝送領域で構成）を用いて、位相雑音を高精度で推定することが可能となるとともに、高精度なチャネル推定、時間同期、周波数同

期、周波数オフセット推定、信号検出が可能となるという効果を得ることができる。

[0403] < $T \geq 0 = T_4$ の場合>

この場合、図35(A)、図35(B)で説明したように、CP(B901__A、B901__B、B903__A、B903__B、B905__A、B905__B)は、変調信号のPT-RS伝送領域と変調信号のデータ伝送領域の一部とで構成されることになる。

[0404] よって、図36(A)において、例えば、DFT-s OFDM伝送領域B902__AとCP(B903__A)に着目すると、「DFT-s OFDM伝送領域B902__Aに含まれる変調信号AのPT-RS伝送領域」と「変調信号AのPT-RS伝送領域とデータ伝送領域で構成されているCP(B903__A)」とが連続する。このとき、この時間的に連続する領域では、「PT-RS伝送領域」、「データ伝送領域」、「PT-RS伝送領域」の順に並ぶことになる。したがって、「PT-RS伝送領域」は不連続となるという特徴を有する。

[0405] 同様に、図36(B)において、例えば、DFT-s OFDM伝送領域B902__BとCP(B903__B)に着目すると、「DFT-s OFDM伝送領域B902__Bに含まれる変調信号BのPT-RS伝送領域」と「変調信号BのPT-RS伝送領域とデータ伝送領域で構成されているCP(B903__B)」とが連続する。このとき、この時間的に連続する領域では、「PT-RS伝送領域」、「データ伝送領域」、「PT-RS伝送領域」の順に並ぶことになる。したがって、「PT-RS伝送領域」は不連続になるという特徴を有する。

[0406] ただし、 $T \geq 0 = T_4$ の場合には、図35(A)及び図35(B)を用いて説明したように、受信装置(基地局)は、PT-RS伝送領域(PT-RSシンボル)に加え、CPを位相雑音の推定に利用することができるので、位相雑音を高精度で推定することが可能となるとともに、高精度なチャネル推定、時間同期、周波数同期、周波数オフセット推定、信号検出が可能とな

るという効果を得ることができる。

[0407] 以上、CP (B901__A、B901__B、B903__A、B903__B、B905__A、B905__B) の時間間隔 $T \geq 0$ が時間間隔 T_2 、 T_3 、 T_4 である場合について説明した。

[0408] 例えば、図28の送信装置(端末)は、図36(A)及び図36(B)の送信、又は、図37(A)および図37(B)の送信の選択を行うことが可能とする。

[0409] なお、図37(A)、図37(B)において、図36(A)、図36(B)と同様の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。図37(A)が図36(A)と異なる点は、図36(A)におけるCP (B901__A、B903__A、B905__A) の代わりに拡張CP (B1001__A、B1003__A、B1005__A) を付加している点である。同様に、図37(B)が図36(B)と異なる点は、図36(B)におけるCP (B901__B、B903__B、B905__B) の代わりに拡張CP (B1001__B、B1003__B、B1005__B) を付加している点である。

[0410] なお、拡張CPの付加の方法は、図35(A)、図35(B)を用いて説明した方法と同様である。

[0411] 図37(A)、図37(B)において、CP (B1001__A、B1001__B、B1003__A、B1003__B、B1005__A、B1005__B) の時間間隔を「 $T \geq 1$ 」とする。また、 $T \geq 1 > T \geq 0$ が成立するものとする。

[0412] このとき、図36(A)、図36(B)におけるCPの時間間隔 $T \geq 0$ を、 T_2 (図35を参照) に設定した場合及び T_3 (図35を参照) に設定した場合の利点、効果は上述のとおりである。同様に、図37(A)、図37(B)における拡張CPの時間間隔 $T \geq 1$ を、 T_2 に設定した場合も、 $T \geq 0 = T_2$ の場合と同様に、時間的に連続するPT-RS伝送領域を拡大することができるので、上述した利点、効果を得ることができる。また、図37(A)、図37(B)における拡張CPの時間間隔 $T \geq 1$ を、 T_3 に設定し

た場合も、 $T_z 0 = T_3$ の場合と同様に、時間的に連続するPT-RS伝送領域が拡大することができるので、上述した利点、効果を得ることができる。

[0413] したがって、図28に示す送信装置（端末）が、図36（A）及び図36（B）の送信、及び、図37（A）及び図37（B）の送信の選択を行うことが可能である場合、 $T_z 1 > T_z 0$ であるので、 $T_z 1 = T_2$ 又は $T_z 1 = T_3$ の何れかを満たすことで、送信装置は、図37（A）及び図37（B）の送信、又は、図36（A）及び図36（B）の送信の何れを行う場合でも、上述した利点、効果を得ることができる。

[0414] さらに、以下について検討する。

[0415] CPの時間幅（時間間隔）が第1の時間幅を有する方法からCPの時間幅が第nの時間幅を有する方法のn通りの方法のうちの何れかを送信装置が選択し、変調信号を送信できるものとする。なお、nは2以上の整数とする。また、第kの時間幅を「 $T_z k$ 」と表す。なお、kは1以上n以下の整数である。また、全てのkの中で、 $T_z k$ の最大値を「 $T_z \max$ 」と表す。

[0416] このとき、 $T_z \max = T_2$ 又は $T_z \max = T_3$ の何れかを満たす場合、送信装置が第1の時間幅を有する方法から第nの時間幅を有する方法の何れの方法を選択しても、時間的に連続するPT-RS伝送領域を拡大することができるので、上述した利点、効果を得ることができる。

[0417] 次に、図28の送信装置（端末）が、図38（A）、図38（B）の変調信号を送信する場合について説明する。

[0418] 図38（A）、図38（B）において、図36（A）、図36（B）と同様の構成については、同一の符号を付し、その説明を省略する。

[0419] 図38（A）が図36（A）と異なる点は、図36（A）におけるCP（B901__A、B903__A、B905__A）の代わりに第1CP（B1101__A）、第2CP（B1103__A、B1105__A）を付加している点である。同様に、図38（B）が図36（B）と異なる点は、図36（B）におけるCP（B901__B、B903__B、B905__B）の代わりに

第1CP (B1101__B)、第2CP (B1103__B、B1105__B) を付加している点である。

[0420] なお、第1CP、第2CPの付加の方法は、図35 (A)、図35 (B) を用いて説明した方法と同様である。

[0421] また、図38 (A)、図38 (B) の第1CP (B1101__A、B1101__B) の時間間隔を「 T_{y1} 」と表し、第2CP (B1103__A、B1105__A、B1103__B、B1105__B) の時間間隔を「 T_{y2} 」と表す。また、 $T_{y1} > T_{y2}$ が成立するものとする。

[0422] このとき、図38 (A)、図38 (B) の第1CPの時間間隔 $T_{y1} = T_2$ 又は $T_{y1} = T_3$ に設定すると、 $T_{y1} > T_{y2}$ の関係があるので、「DFT-s-OFDM伝送領域」と「CP (第1CP、第2CP)」の何れの境界においても時間的に連続するPT-RS伝送領域を拡大することができるので、上述した利点、効果を得ることができる。

[0423] なお、第1CP (B1101__A) の時間的前には、DFT-s-OFDM伝送領域が存在している。また、このDFT-s-OFDM伝送領域は、DMRS伝送領域、または、データ伝送領域とPT-RS伝送領域とで構成されていることになる。したがって、上述で説明した利点、効果を得ることができることになる。

[0424] また、図38 (A)、図38 (B) における第2CPの時間間隔 $T_{y2} = T_2$ 又は $T_{y2} = T_3$ に設定すると、「DFT-s-OFDM伝送領域」と「第2CP」の何れの境界においても時間的に連続するPT-RS伝送領域を拡大することができるので、上述した利点、効果を得ることができる。

[0425] さらに、以下について検討する。

[0426] ある時間期間に、CPの時間幅が第1の時間幅を有する方法からCPの時間幅が第nの時間幅を有する方法のn通りの方法のCPを送信装置が送信するものとする。なお、nは2以上の整数とする。また、第kの時間幅を「 T_{yk} 」と表す。なお、kは1以上n以下の整数である。また、全てのkの中で、 T_{yk} の最大値を「 T_{ymax} 」と表す。

[0427] このとき、 $T_{y\max} = T_2$ 又は $T_{y\max} = T_3$ の何れかを満たす場合、第1の時間幅を有するCPから第nの時間幅を有するCPの何れのCPにおいても、時間的に連続するPT-RS伝送領域を拡大することができるので、上述した利点、効果を得ることができる。

[0428] 以上、本実施の形態では、送信装置（端末）は、各送信時間（第k時間）に送信されるDFT-s-OFDM伝送領域の最後尾にPT-RS伝送領域を配置する。これにより、送信装置は、各送信時間においてPT-RS伝送領域の時間波形をコピーして、CPを付加することができる。

[0429] よって、受信装置（例えば、基地局）は、各送信時間（シンボル）において、DFT-s-OFDM伝送領域に含まれるPT-RS伝送領域に加え、CPを位相雑音の推定に用いることができるので、位相雑音の推定精度を向上させることができる。

[0430] また、受信装置は、DFT-s-OFDM伝送領域が配置されるフレームにおいて、DFT-s-OFDM伝送領域に含まれるPT-RS伝送領域と後続するCPとによって、PT-RS伝送領域を時間領域で拡大することができるので、位相雑音の推定精度を向上させることができる。

[0431] よって、本実施の形態によれば、受信装置は、位相雑音の推定精度を向上させることができ、データの伝送効率を向上させることができる。

[0432] （変形例1）

なお、上述の説明において、図29（A）の「DFT-s-OFDMシンボル」の構成例として、図33（A）に示す例について説明したが、「DFT-s-OFDMシンボル」の構成はこれに限ったものではない。例えば、「DFT-s-OFDMシンボル」には、図33（A）で示した「ストリーム#1のデータシンボル」、「ストリーム#1のPT-TSシンボル」以外のシンボルが含まれてもよい。ただし、「ストリーム#1のPT-TSシンボル」については、上述したように「DFT-s-OFDMシンボル」の最後部に配置されるとよい。なお、「ストリーム#1のPT-TSシンボル」の好適な構成方法・構成要件（例えば、時間幅）については上述で説明した

とおりである。

[0433] 同様に、図29(B)の「DFT-s-OFDMシンボル」の構成例として、図33(B)に示す例について説明したが、「DFT-s-OFDMシンボル」の構成はこれに限ったものではない。例えば、「DFT-s-OFDMシンボル」には、図B6Bで示した「ストリーム#2のデータシンボル」、「ストリーム#2のPT-TSシンボル」以外のシンボルが含まれてもよい。ただし、「ストリーム#2のPT-TSシンボル」については、上述したように「DFT-s-OFDMシンボル」の最後部に配置されるとよい。なお、「ストリーム#2のPT-TSシンボル」の好適な構成方法・構成要件（例えば、時間幅）については、上述で説明したとおりである。

[0434] 例えば、図39(A)に示すように、「DFT-s-OFDMシンボル」において、ストリーム#1のPT-RSシンボル(B1202__1)が、時間的に、ストリーム#1のデータシンボル(B1201__1、B1203__1)の前に配置されてもよい。なお、図39(A)に示すように、DFT-s-OFDMシンボルの最後部には、図33(A)と同様、ストリーム#1のPT-RSシンボル(B602__1)が配置されるとよい。なお、最後部の「ストリーム#1のPT-TSシンボル」の好適な構成方法・構成要件（例えば、時間幅）については上述で説明したとおりである。

[0435] 同様に、図39(B)に示すように、「DFT-s-OFDMシンボル」において、ストリーム#2のPT-RSシンボル(B1202__2)が、時間的に、ストリーム#2のデータシンボル(B1201__2、B1203__2)の前に配置されてもよい。なお、図39(B)に示すように、DFT-s-OFDMシンボルの最後部には、図33(B)と同様、ストリーム#1のPT-RSシンボル(B602__2)が配置されるとよい。なお、最後部の「ストリーム#2のPT-TSシンボル」の好適な構成方法・構成要件（例えば、時間幅）については上述で説明したとおりである。

[0436] また、図33(A)、図33(B)の説明を考慮すると、図29(A)、図29(B)のDFT-s-OFDMシンボル(B201__1__1、B20

1__2__1、B201__1__3) (B201__2__1、B201__2__2、B201__2__3) のシンボル数は、4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n シンボル (n は1以上の整数) であるとよい。なお、ここでは、「シンボル」と記載しているが、「チップ」、「サンプル」という語句で表現されてもよい。

[0437] したがって、図33 (A)、図33 (B) の説明を考慮すると、図29 (A)、図29 (B) のDFT-s-OFDMシンボル (B201__1__1、B201__2__1、B201__1__3) (B201__2__1、B201__2__2、B201__2__3) のシンボル数 (チップ数) は、4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n チップ (n は1以上の整数) であるとよい。

[0438] 別の表現をすると、図33 (A)、図33 (B) の説明を考慮すると、図29 (A)、図29 (B) のDFT-s-OFDMシンボル (B201__1__1、B201__2__1、B201__1__3) (B201__2__1、B201__2__2、B201__2__3) のシンボル数 (サンプル数) は、4、8、16、32、64、128、256、512、1024、2048、4096、8192、16384、32768、65536のように 2^n サンプル (n は1以上の整数) であるとよい。

[0439] また、本実施の形態において、図30 (A) の「DFT-s-OFDM伝送領域」の構成の例として、図34 (A) に示す例について説明したが、「DFT-s-OFDM伝送領域」の構成はこれに限ったものではない。例えば、「DFT-s-OFDM伝送領域」には、図34 (A) で示した「変調信号Aのデータ伝送領域」、「変調信号AのPT-RS伝送領域」以外の伝送領域が含まれてもよい。ただし、「変調信号AのPT-TS伝送領域」については、上述したように「DFT-s-OFDM伝送領域」の最後部に配置されるとよい。なお、「変調信号AのPT-TS伝送領域」の好適な構成

方法・構成要件（例えば、時間幅）については、上述で説明したとおりである。

[0440] 同様に、図30（B）の「DFT-s-OFDM伝送領域」の構成の例として、図34（B）に示す例について説明したが、「DFT-s-OFDM伝送領域」の構成はこれに限ったものではない。例えば、「DFT-s-OFDM伝送領域」には、図34（B）で示した「変調信号Bのデータ伝送領域」、「変調信号BのPT-RS伝送領域」以外の伝送領域が含まれてもよい。ただし、「変調信号BのPT-TS伝送領域」については、上述したように「DFT-s-OFDM伝送領域」の最後部に配置されるとよい。なお、「変調信号BのPT-TS伝送領域」の好適な構成方法・構成要件（例えば、時間幅）については、上述で説明したとおりである。

[0441] 例えば、図40（A）に示すように、「DFT-s-OFDM伝送領域」において、変調信号AのPT-RS伝送領域（B1302__1）が、時間的に、変調信号Aのデータ伝送領域（B1301__1、B1303__1）の前に配置されてもよい。なお、図40（A）に示すように、DFT-s-OFDM伝送領域の最後部には、図34（A）と同様、変調信号AのPT-RS伝送領域（B702__1）が配置されるとよい。なお、最後部の「変調信号AのPT-RS伝送領域」の好適な構成方法・構成要件（例えば、時間幅）については上述で説明したとおりである。

[0442] 同様に、図40（B）に示すように、「DFT-s-OFDM伝送領域」において、変調信号BのPT-RS伝送領域（B1302__2）が、時間的に、変調信号Bのデータ伝送領域（B1301__2、B1303__2）の前に配置されてもよい。なお、図40（B）に示すように、DFT-s-OFDM伝送領域の最後部には、図34（B）と同様、変調信号BのPT-RS伝送領域（B702__2）が配置されるとよい。なお、最後部の「変調信号BのPT-RS伝送領域」の好適な構成方法・構成要件（例えば、時間幅）については上述で説明したとおりである。

[0443] （変形例2）

上記実施の形態では、MIMO伝送（複数ストリームを例えば複数アンテナを用いて送信する）について説明したが、伝送方式はMIMO伝送に限ったものではない。

[0444] 例えば、図28に示す送信装置（端末）は、シングルストリームの送信方式を適用してもよい。

[0445] この場合、例えば、図28に示す変調信号生成部B106において、ベースバンド信号B107_1（ストリーム#1）及びベースバンド信号B107_2（ストリーム#2）は、同一のストリームである。

[0446] この点について、例を説明する。

[0447] 例えば、ベースバンド信号B107_1とベースバンド信号B107_2が同じ変調信号であってもよい。

[0448] また、別の例として、ベースバンド信号B107_1により、第1ビット列を伝送している場合、ベースバンド信号B107_2においても第1ビット列を伝送する。

[0449] 別の例として、ベースバンド信号B107_1において、第1ビット列を伝送する第1シンボルが存在するものとする。このとき、ベースバンド信号B107_2に、第1ビット列を伝送するシンボルが存在する。

[0450] そして、同一ストリームであるベースバンド信号B107_1、B107_2が異なるアンテナ部#A（B121_A）、アンテナ部#B（B121_B）から送信されてもよいし、ベースバンド信号B107_1、B107_2が複数のアンテナから送信されてもよい。

[0451] 又は、例えば、図28に示す変調信号生成部B106において、ベースバンド信号B107_1（ストリーム#1）のみが出力され、処理部B108から変調信号B109_Aが出力され、変調信号B109_Aが1つのアンテナ部#A（B121_A）から送信されてもよい。つまり、変調信号生成部B106及び処理部B108は、1つのアンテナ系統の構成（例えば、離散フーリエ変換部B110_A～アンテナ部B121_A）に対応する変調信号を出力することで、シングルストリームのシングルアンテナ送信が実行

される。なお、この際、処理部 B 1 0 8 ではプリコーディングが行われない。

[0452] 又は、例えば、図 2 8 に示す変調信号生成部 B 1 0 6 において、ベースバンド信号 B 1 0 7 __ 1 (ストリーム # 1) のみ出力され、処理部 B 1 0 8 で C D D が施された変調信号 B 1 0 9 __ A, B 1 0 9 __ B が出力され、変調信号 B 1 0 9 __ A, B 1 0 9 __ B が 2 つのアンテナ部 # A (B 1 2 1 __ A), アンテナ部 # B (B 1 2 1 __ B) からそれぞれ送信されてもよい。つまり、処理部 B 1 0 8 は、変調信号生成部 B 1 0 6 から出力される 1 つのベースバンド信号に対して 2 つのアンテナシステムの構成 (例えば、離散フーリエ変換部 B 1 1 0 ~ アンテナ部 B 1 2 1) にそれぞれ対応する変調信号を出力することで、シングルストリームのマルチアンテナ送信が実行される。

[0453] 上述のようにシングルストリームの変調信号を例えば端末が送信した場合についても、本実施の形態で説明した各実施例と同様の効果を得ることができる。例えば、図 2 9 (A)、図 2 9 (B) のうち、図 2 9 (A) を端末は送信し、図 3 0 (A)、図 3 0 (B) のうち、図 3 0 (A) を端末は送信し、図 3 1 (A)、図 3 1 (B) のうち、図 3 1 (A) を端末は送信し、図 3 2 (A)、図 3 2 (B) のうち、図 3 2 (A) を端末は送信し、図 3 3 (A)、図 3 3 (B) のうち図 3 3 (A) を端末は送信し、図 3 4 (A)、図 3 4 (B) のうち図 3 4 (A) を端末は送信し、図 3 5 (A)、図 3 5 (B) のうち図 3 5 (A) を端末は送信し、図 3 6 (A)、図 3 6 (B) のうち図 3 6 (A) を端末は送信し、図 3 7 (A)、図 3 7 (B) のうち図 3 7 (A) を端末は送信し、図 3 8 (A)、図 3 8 (B) のうち図 3 8 (A) を端末は送信し、図 3 9 (A)、図 3 9 (B) のうち図 3 9 (A) を端末は送信し、図 4 0 (A)、図 4 0 (B) のうち図 4 0 (A) を端末は送信する。なお、好適な送信方法、フレームの構成方法、構成要件 (例えば、時間幅) などは上述で説明したとおりである。

[0454] また、端末は、図 2 9 (A)、図 2 9 (B) の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図 2 9 (A)、図 2 9 (B) の変

調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。

[0455] また、端末は、図30（A）、図30（B）の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図30（A）、図30（B）の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。

[0456] また、端末は、図31（A）、図31（B）の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図31（A）、図31（B）の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。

[0457] また、端末は、図32（A）、図32（B）の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図32（A）、図32（B）の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。

[0458] また、端末は、図33（A）、図33（B）の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図33（A）、図33（B）の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。

[0459] また、端末は、図34（A）、図34（B）の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図34（A）、図34（B）の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。

- [0460] また、端末は、図35(A)、図35(B)の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図35(A)、図35(B)の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。
- [0461] また、端末は、図36(A)、図36(B)の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図36(A)、図36(B)の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。
- [0462] また、端末は、図37(A)、図37(B)の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図37(A)、図37(B)の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。
- [0463] また、端末は、図38(A)、図38(B)の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図38(A)、図38(B)の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。
- [0464] また、端末は、図39(A)、図39(B)の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図39(A)、図39(B)の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。
- [0465] また、端末は、図40(A)、図40(B)の構成のシングルストリームの変調信号を送信してもよい、このとき、図40(A)、図40(B)の変調信号の生成方法は上述で説明したとおりである。そして、好適な送信方法

、フレーム構成方法、構成要件（例えば、時間幅）などは上述で説明したとおりである。

[0466] 以上、本開示の各実施の形態について説明した。

[0467] 当然であるが、本明細書において説明した実施の形態、その他の内容を複数組み合わせ、実施してもよい。

[0468] また、各実施の形態については、あくまでも例であり、例えば、「変調方式、誤り訂正符号化方式（使用する誤り訂正符号、符号長、符号化率等）、制御情報など」を例示していても、別の「変調方式、誤り訂正符号化方式（使用する誤り訂正符号、符号長、符号化率等）、制御情報など」を適用した場合でも同様の構成で実施することが可能である。

[0469] 変調方式については、本明細書で記載している変調方式以外の変調方式を使用しても、本明細書において説明した実施の形態、その他の内容を実施することが可能である。例えば、A P S K (Amplitude Phase Shift Keying)（例えば、16APSK, 64APSK, 128APSK, 256APSK, 1024APSK, 4096APSKなど）、P A M (Pulse Amplitude Modulation)（例えば、4PAM, 8PAM, 16PAM, 64PAM, 128PAM, 256PAM, 1024PAM, 4096PAMなど）、P S K (Phase Shift Keying)（例えば、BPSK, QPSK, 8PSK, 16PSK, 64PSK, 128PSK, 256PSK, 1024PSK, 4096PSKなど）、Q A M (Quadrature Amplitude Modulation)（例えば、4QAM, 8QAM, 16QAM, 64QA, 128QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAMなど）などを適用してもよいし、各変調方式において、均一マッピング、非均一マッピングとしてもよい。

[0470] また、I-Q平面における2個、4個、8個、16個、64個、128個、256個、1024個等の信号点の配置方法（2個、4個、8個、16個、64個、128個、256個、1024個等の信号点をもつ変調方式）は、本明細書で示した変調方式の信号点配置方法に限ったものではない。したがって、複数のビットに基づき同相成分と直交成分を出力するという機能がマッピング部での機能となり、その後、プリコーディングおよび位相変更を施すことが本開示の一態様の一つの有効な機能となる。

- [0471] また、本明細書において、複素平面がある場合、例えば、偏角のような、位相の単位は、「ラジアン (radian)」としている。複素平面を利用すると、複素数の極座標による表示として極形式で表示できる。複素数 $z = a + j b$ (a 、 b はともに実数であり、 j は虚数単位である) に、複素平面上の点 (a 、 b) を対応させたとき、この点が極座標で $[r, \theta]$ とあらわされるなら、 $a = r \times \cos \theta$ 、 $b = r \times \sin \theta$ 、

[数32]

$$r = \sqrt{a^2 + b^2}$$

が成り立ち、 r は z の絶対値 ($r = |z|$) であり、 θ が偏角 (argument) となる。そして、 $z = a + j b$ は、 $r \times e^{j\theta}$ と表される。

- [0472] 本明細書において、受信装置とアンテナが別々となっている構成であってもよい。例えば、アンテナで受信した信号、または、アンテナで受信した信号に対し、周波数変換を施した信号を、ケーブルを通して、入力するインターフェースを受信装置が具備し、受信装置はその後の処理を行うことになる。また、受信装置が得たデータ・情報は、その後、映像や音に変換され、ディスプレイ (モニタ) に表示されたり、スピーカから音が出力されたりする。さらに、受信装置が得たデータ・情報は、映像や音に関する信号処理が施され (信号処理を施さなくてもよい)、受信装置が具備する R C A 端子 (映像端子、音用端子)、U S B (Universal Serial Bus)、H D M I (登録商標) (High-Definition Multimedia Interface)、デジタル用端子等から出力されてもよい。

- [0473] 本明細書において、送信装置を具備しているのは、例えば、放送局、基地局、アクセスポイント、端末、携帯電話 (mobile phone) 等の通信・放送機器であることが考えられ、このとき、受信装置を具備しているのは、テレビ、ラジオ、端末、パーソナルコンピュータ、携帯電話、アクセスポイント、基地局等の通信機器であることが考えられる。また、本開示における送信装置、受信装置は、通信機能を有している機器であって、その機器が、テレビ、ラジオ、パーソナルコンピュータ、携帯電話等のアプリケー

ションを実行するための装置に何らかのインターフェースを解して接続できるような形態であることも考えられる。そして、本明細書において、一例として、基地局、端末と名づけて、各実施の形態を説明しているが、あくまでも例であり、各実施の形態で「基地局」と呼んでいるものが、他の呼び方（例えば、アクセスポイント、端末、携帯電話、パーソナルコンピュータなど）であってもよいし、また、各実施の形態で「端末」と呼んでいるものが、他の呼び方（例えば、アクセスポイント、基地局、携帯電話、パーソナルコンピュータなど）であってもよい。

[0474] また、上記実施の形態では、データシンボル以外のシンボル、例えば、パイロットシンボル（プリアンブル、ユニークワード、ポストアンブル、リファレンスシンボル等）、制御情報用のシンボルなどが、フレームにどのように配置されていてもよい。そして、ここでは、パイロットシンボル、制御情報用のシンボルと名付けているが、どのような名付け方を行ってもよく、機能自身が重要となっている。

[0475] パイロットシンボルは、例えば、送受信機において、PSK変調を用いて変調した既知のシンボル（又は、受信機が同期をとることによって、受信機は、送信機が送信したシンボルを知ることができてもよい）であればよく、受信機は、このシンボルを用いて、周波数同期、時間同期、（各変調信号の）チャネル推定（CSI（Channel State Information）の推定）、信号の検出等を行うことになる。

[0476] また、制御情報用のシンボルは、（アプリケーション等の）データ以外の通信を実現するための、通信相手に伝送する必要がある情報（例えば、通信に用いている変調方式・誤り訂正符号化方式・誤り訂正符号化方式の符号化率、上位レイヤーでの設定情報等）を伝送するためのシンボルである。

[0477] なお、本開示は各実施の形態に限定されず、種々変更して実施することが可能である。例えば、各実施の形態では、通信装置として行う場合について説明しているが、これに限られるものではなく、この通信方法をソフトウェアとして行うことも可能である。

- [0478] また、上記実施の形態では、2つの変調信号を2つのアンテナから送信する方法におけるプリコーディング切り替え方法について説明したが、これに限ったものではなく、4つのマッピング後の信号に対し、プリコーディングを行い、4つの変調信号を生成し、4つのアンテナから送信する方法、つまり、N個のマッピング後の信号に対し、プリコーディングを行い、N個の変調信号を生成し、N個のアンテナから送信する方法においても同様にプリコーディングウェイト（行列）を変更する、プリコーディング切り替え方法としても同様に実施することができる。
- [0479] 本明細書では、「プリコーディング」「プリコーディングウェイト」等の用語を用いているが、呼び方自身は、どのようなものでもよく、本開示では、その信号処理自身が重要となる。
- [0480] 送信装置の送信アンテナ、受信装置の受信アンテナ、共に、図面で記載されている1つのアンテナは、複数のアンテナにより構成されていても良い。
- [0481] また、送信装置及び受信装置に対して、送信方法（MIMO、SISO、時空間ブロック符号、インタリーブ方式）、変調方式、誤り訂正符号化方式を通知する必要がある実施の形態によっては省略されている送信装置が送信するフレームに存在することになる受信装置はこれを得ることで、動作を変更することになる。
- [0482] また、例えば、上記通信方法を実行するプログラムを予めROM（Read Only Memory）に格納しておき、そのプログラムをCPU（Central Processor Unit）によって動作させるようにしても良い。
- [0483] また、上記通信方法を実行するプログラムをコンピュータで読み取り可能な記憶媒体に格納し、記憶媒体に格納されたプログラムをコンピュータのRAM（Random Access Memory）に記録して、コンピュータをそのプログラムにしたがって動作させるようにしても良い。
- [0484] そして、上記の各実施の形態などの各構成は、典型的には集積回路であるLSI（Large Scale Integration）として実現さ

れてもよい。これらは、個別に1チップ化されてもよいし、各実施の形態の全ての構成又は一部の構成を含むように1チップ化されてもよい。ここでは、LSIとしたが、集積度の違いにより、IC (Integrated Circuit)、システムLSI、スーパーLSI、ウルトラLSIと呼称されることもある。また、集積回路化の手法はLSIに限られるものではなく、専用回路又は汎用プロセッサで実現しても良い。LSI製造後に、プログラムすることが可能なFPGA (Field Programmable Gate Array) や、LSI内部の回路セルの接続や設定を再構成可能なリプログラマブル・プロセッサを利用しても良い。

[0485] さらに、半導体技術の進歩又は派生する別技術によりLSIに置き換わる集積回路化の技術が登場すれば、当然、その技術を用いて機能ブロックの集積化を行っても良い。バイオ技術の適応等が可能性としてあり得る。

[0486] 本開示は、複数のアンテナからそれぞれ異なる変調信号を送信する無線システムに広く適用できる。例えば、シングルキャリアにおけるMIMO通信システム、OFDM-MIMO通信システムに適用して好適である。また、複数の送信箇所を持つ有線通信システム（例えば、PLC (Power Line Communication) システム、光通信システム、DSL (Digital Subscriber Line: デジタル加入者線) システム）、光、可視光を利用した通信システムにおいて、MIMO伝送を行う場合についても適用することができる。

[0487] また、本明細書において、PT-RS伝送領域 (PT-RSシンボル) により、通信相手の受信装置は、チャネル推定を行ってもよい。また、DM-RS伝送領域 (DM-RSシンボル) により、通信相手の受信装置は、位相雑音の推定を行ってもよい。

[0488] また、PT-RS伝送領域 (PT-RSシンボル)、DM-RS伝送領域 (DM-RSシンボル) により、他の歪みの推定を行ってもよい。例えば、キャリア間干渉の推定、シンボル間干渉の推定、周波数オフセットの推定、時間同期、周波数同期、信号検出を行ってもよい。

[0489] また、変調信号を送信するアンテナ数は、本明細書の図面で示したアンテナ数に限ったものではない。アンテナ数が1つ以上あれば、各実施の形態は、同様に実施することが可能である。また、各アンテナは、複数のアンテナで構成されていてもよい。

[0490] また、本明細書において、DM-RS、PT-RSという語句を使用しているが、呼び方はこれに限ったものではない。例えば、リファレンス信号（RS: Reference Signal）、パイロット信号、パイロットシンボル、基準信号、チャネル推定シンボル、ユニークワードなどのように呼んでもよい。

産業上の利用可能性

[0491] 本開示は、基地局又は端末などの通信装置に有用である。

符号の説明

[0492] 104__1～104__n ユーザ#1変調信号生成部～ユーザ#n変調信号生成部

107__A, 107__B 多重部（信号処理部）

109__A, 109__B, 703X, 703Y, B119__A, B119__B 無線部

111__A, 111__B, B121__A, B121__B アンテナ部#A, アンテナ部#B

113 制御情報用マッピング部

203, B104 誤り訂正符号化部

205 マッピング部

207, 306, B108 処理部

302 シリアルパラレル変換部

304 逆フーリエ変換部

701X, 701Y アンテナ部#X, アンテナ部#Y

705__1, 707__1 変調信号u1のチャネル推定部

705__2, 707__2 変調信号u2のチャネル推定部

709 制御情報復調部

7 1 1, 7 1 3 位相雑音推定部

7 1 5 信号処理部

B 1 0 6 変調信号生成部

B 1 1 0 __ A, B 1 1 0 __ B 離散フーリエ変換部

B 1 1 3 __ A, B 1 1 3 __ B サブキャリアマッピング部

B 1 1 5 __ A, B 1 1 5 __ B 逆（高速）フーリエ変換部

B 1 1 7 __ A, B 1 1 7 __ B サイクリックプレフィックス付加部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の受信装置向けの位相雑音推定用のリファレンス信号を含む変調信号を生成し、前記リファレンス信号に対する送信電力の補正係数と、前記リファレンス信号として使用される系列のパターンとが1対1で関連付けられている、回路と、
前記変調信号を送信する送信機と、
を具備する送信装置。
- [請求項2] 前記回路は、前記受信装置の各々に割り当てられるリソースの最も高い周波数及び最も低い周波数に前記リファレンス信号を配置する、
請求項1に記載の送信装置。
- [請求項3] 前記回路は、前記リファレンス信号を、前記受信装置に割り当てられていないリソースに配置する、
請求項1に記載の送信装置。
- [請求項4] 前記リファレンス信号の前記補正係数と、前記変調信号に含まれるデータに対する送信電力の補正係数とは、互いに異なる、
請求項1に記載の送信装置。
- [請求項5] 前記回路は、前記受信装置向けの信号に設定される変調多値数が閾値以上の場合に当該受信装置に割り当てられるリソースに前記リファレンス信号を配置し、前記変調多値数が前記閾値未満の場合に前記リソースに前記リファレンス信号を配置しない、
請求項1に記載の送信装置。
- [請求項6] 複数の受信装置向けの位相雑音推定用のリファレンス信号を含む変調信号を受信し、前記リファレンス信号に対する送信電力の補正係数と、前記リファレンス信号として使用される系列のパターンとが1対1で関連付けられている、受信機と、
前記変調信号に含まれる前記複数の受信装置向けの前記リファレンス信号を用いて位相雑音を推定する回路と、
を具備する受信装置。

- [請求項7] 複数の受信装置向けの位相雑音推定用のリファレンス信号を含む変調信号を生成し、前記リファレンス信号に対する送信電力の補正係数と、前記リファレンス信号として使用される系列のパターンとが1対1で関連付けられ、
前記変調信号を送信する、
送信方法。
- [請求項8] 複数の受信装置向けの位相雑音推定用のリファレンス信号を含む変調信号を受信し、前記リファレンス信号に対する送信電力の補正係数と、前記リファレンス信号として使用される系列のパターンとが1対1で関連付けられ、
前記変調信号に含まれる前記複数の受信装置向けの前記リファレンス信号を用いて位相雑音を推定する、
受信方法。