

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5792868号
(P5792868)

(45) 発行日 平成27年10月14日(2015.10.14)

(24) 登録日 平成27年8月14日(2015.8.14)

(51) Int. Cl.	F I				
HO4J 99/00	(2009.01)	HO4J	15/00		
HO4J 11/00	(2006.01)	HO4J	11/00	Z	
HO4B 7/04	(2006.01)	HO4B	7/04		
HO4W 16/28	(2009.01)	HO4W	16/28	130	
HO4W 72/04	(2009.01)	HO4W	72/04	133	

請求項の数 7 (全 72 頁)

(21) 出願番号	特願2014-102121 (P2014-102121)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成26年5月16日(2014.5.16)		シャープ株式会社
(62) 分割の表示	特願2013-82219 (P2013-82219) の分割		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
原出願日	平成20年8月13日(2008.8.13)	(72) 発明者	藤 晋平
(65) 公開番号	特開2014-197857 (P2014-197857A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(43) 公開日	平成26年10月16日(2014.10.16)		シャープ株式会社内
審査請求日	平成26年5月16日(2014.5.16)	(72) 発明者	浜口 泰弘
(31) 優先権主張番号	特願2007-210936 (P2007-210936)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(32) 優先日	平成19年8月13日(2007.8.13)		シャープ株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	難波 秀夫
(31) 優先権主張番号	特願2007-210937 (P2007-210937)		大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(32) 優先日	平成19年8月13日(2007.8.13)		シャープ株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国(JP)	(72) 発明者	横枕 一成
			大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
			シャープ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 通信装置および通信方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

2以上の連続するサブキャリアからなる第1のサブキャリアを用いて、第1の通信装置から送信される第1の受信信号と、時間フレームにおいて、前記第1のサブキャリアと重複する1以上のサブキャリアと該第1のサブキャリアと重複しない1以上のサブキャリアとを含む2以上の連続するサブキャリアからなる第2のサブキャリアを用いて、第2の通信装置から送信される第2の受信信号とを少なくとも含む受信信号を受信する受信部と、前記受信信号から、前記第1のサブキャリアと前記第2のサブキャリアが重複する前記1以上のサブキャリアを用いて送信された前記第2の受信信号を除去し、前記第1の受信信号に含まれるビットに関する情報を復調する復調部と、を備え、前記第1の受信信号と前記第2の受信信号は、異なる信号であることを特徴とする通信装置。

【請求項2】

前記受信部は、第1の通信装置から前記第1の受信信号を受信し、第2の通信装置から前記第2の受信信号を受信することを特徴とする請求項1に記載の通信装置。

【請求項3】

前記受信部は、前記時間フレームにおいて受信する前記受信信号の数よりも、少ないアンテナからなることを特徴とする請求項1又は2に記載の通信装置。

【請求項4】

前記受信部は、1本の受信アンテナで構成することを特徴とする請求項1又は2に記載

の通信装置。

【請求項 5】

前記復調部は、繰り返し処理を用いて、前記第 1 の受信信号から前記ビットに関する情報を復調することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の通信装置。

【請求項 6】

重複する前記 1 以上のサブキャリアの数は、前記時間フレーム毎に設定されることを特徴とする請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の通信装置。

【請求項 7】

2 以上の連続するサブキャリアからなる第 1 のサブキャリアを用いて、第 1 の通信装置から送信される第 1 の受信信号と、時間フレームにおいて、該第 1 のサブキャリアと重複する 1 以上のサブキャリアと該第 1 のサブキャリアと重複しない 1 以上のサブキャリアとを含む 2 以上の連続するサブキャリアからなる第 2 のサブキャリアを用いて、第 2 の通信装置から送信される第 2 の受信信号とを少なくとも含む受信信号を受信するステップと、前記受信信号から、前記第 1 のサブキャリアと前記第 2 のサブキャリアが重複する前記 1 以上のサブキャリアを用いて送信された前記第 2 の受信信号を除去し、前記第 1 の受信信号に含まれるビットに関する情報を復調するステップとを少なくとも含み、前記第 1 の受信信号と前記第 2 の受信信号は、異なる信号であることを特徴とする通信方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、通信装置および通信方法に関する。

本願は、2007年8月13日に、日本に出願された特願2007-210936号および特願2007-210937に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

【背景技術】

【0002】

近年、次世代移動体通信システムの研究が盛んに行われており、システムの周波数利用効率を高めるための方式として、各セルが同じ周波数帯域を使用することで各セルがシステムに割り当てられた帯域全体利用可能な1周波数繰り返しセルラシステムが提案されている。

下りリンク（基地局装置から移動局装置への通信）では、OFDMA（Orthogonal Frequency Division Multiple Access：直交周波数分割多元接続）方式が最も有力な候補となっている。OFDMA方式は、情報データに対して64QAM（64-ary Quadrature Amplitude Modulation：64値直交振幅変調）やBPSK（Binary Phase Shift Keying：2相位相変調）など受信状況に応じて異なる変調方式をかけて通信を行うOFDM信号を用いて、時間軸と周波数軸で構成される無線リソースを複数の移動端末装置に対して柔軟に割り当てて通信を行うシステムである。

【0003】

この場合、OFDM信号を使用するため、非常にPAPR（Peak to Average Power Ratio：ピーク対平均電力比）が高くなることもあり、高いピーク電力が、送信電力増幅機能に比較的余裕のある下りリンクの通信においては大きな問題とはならないが、送信電力増幅機能に余裕のない上りリンク（移動局装置から基地局装置への通信）では致命的な問題となってしまう。

そのため、上りリンク（移動局装置から基地局装置への通信）では、ピーク対平均電力比PAPRの低いシングルキャリア方式を基にした通信方式が望ましい。

【0004】

しかしながら、シングルキャリア方式を用いると、OFDM方式のような時間軸と周波数軸を使った柔軟なリソースの割り当てが行えないという問題がある。これを解決する通信方式としてSC-SA（Single Carrier - Adaptive Spectrum Allocation：シングルキャリア適応スペクトル割当、DFT-S-OFDM（Discrete Fourier Transform-S

10

20

30

40

50

pread OFDM : DFT拡散OFDM)とも称される)が提案されている(例えば、非特許文献1)

このような通信方法は、シングルキャリア通信方式と同様の手法を用いているため、ピーク対平均電力比PAPRは低くなる。また、OFDM信号のように、サイクリックプレフィックスを挿入することでブロック間干渉なくデータを処理することが可能となる(本明細書ではサイクリックプレフィックスを挿入する間隔、即ち、DFTを行うデータ処理単位をDFT-S-OFDMシンボルと称する)。さらに、DFTにより周波数波形を一旦作っているため、サブキャリア単位でのリソース制御が容易にできるといったメリットがある。

【0005】

このSC-SSA方式を利用してMIMO(Multi Input Multi Output:多入力多出力)伝送を行う場合の送信装置構成を図40に示す。但し、図40は、複数の送信システムを備えた1つの送信装置と見てもよいし、それぞれ異なる送信装置と見ることでもできる。この点を次に説明する。図41Aにおいて、1つの基地局は、2つの移動局と無線通信を行う。各基地局、移動局は、それぞれアンテナを2つ備える。図40の送信装置構成を、複数の送信システムを備えた1つの送信装置と見ると図41CのシングルユーザMIMO伝送の場合となり、それぞれ異なる送信装置と見ると図41BのマルチユーザMIMO伝送の場合となる。但し、使用するサブキャリアを白いブロックで表しており、白いブロックが記載されていない番号のサブキャリアはSC-SSA方式で選択されなかったものである。

【0006】

図40の各送信システムにおいて、それぞれの送信データ1、2は符号部1000、1001により符号化され、変調部1002、1003において変調がなされる。変調信号はS/P(シリアル/パラレル)変換部1004、1005において並列化され、DFT部1006、1007により周波数軸上の信号に変換される。2つのスペクトルマッピング部1008、1009では、図41B、図41Cに示すように送信データ1と送信データ2の信号が互いに同じ周波数のサブキャリアを使用するようマッピングされる。SC-SSA方式を利用する場合、受信SNRやSINRの高いサブキャリアを使用することとなるが、MIMO伝送であるため、2つの送信システムそれぞれから送信した信号は、受信側では互いに干渉となってしまふ。したがって、互いに干渉する度合いも考慮するために2つの送信システム及び2つの受信システムの全ての伝搬路を考慮した結果が良好なサブキャリアを、送信アンテナ(ユーザ)で共通して選択しなければならない。

【0007】

次に、マッピングされた周波数軸上の送信信号はIDFT部1010、1011において時間軸の信号に変換され、P/S(パラレル/シリアル)変換部1012、1013において信号を直列化する。その後、サイクリックプレフィックスCP挿入部1014、1015においてサイクリックプレフィックスが挿入され、D/A変換部1016、1017においてアナログ信号に変換される。最後に、無線部1018、1019において無線周波数にアップコンバートされ、各送信アンテナ1020、1021から送信される。

【0008】

このようにMIMO伝送された信号を受信する受信装置の構成を示す概略ブロック図を、図42に示す。但し、図42に示す受信装置はキャンセラを有するもので、このような構成の受信装置で受信することにより良好な特性を得ることができる。図42に示す装置は、アンテナ部1100、1101、RF部1102、1103、A/D変換部1104、1105、CP除去部1106、1107、S/P変換部1108、1109、1133、1134、DFT部1110、1111、1116、1117、1135、1136、伝搬路推定部1112、1113、キャンセル部1114、信号等化・分離部1115、スペクトルデマッピング部1118、IDFT部1119、1120、1138、1139、P/S変換部1121、1122、復調部1123、1124、復号部1125、1126、繰り返し制御部1127、1128、判定部1129、1130、レプリカ生成部1131、1132、スペクトルマッピング部1137、伝搬路乗算部1140から

10

20

30

40

50

構成される。

【 0 0 0 9 】

図 4 0 に示す送信装置から送信された信号は、受信装置では、まずアンテナ部 1 1 0 0、1 1 0 1 においてそれぞれ受信され、RF 部 1 1 0 2、1 1 0 3 において無線周波数からダウンコンバートされ、A / D 変換部 1 1 0 4、1 1 0 5 においてデジタル信号に変換された後、CP 除去部 1 1 0 6、1 1 0 7 において送信側で付加されたサイクリックプレフィックス CP (GI) が除去される。次に、S / P 変換部 1 1 0 8、1 1 0 9 においてパラレル信号に変換され、DFT 部 1 1 1 0、1 1 1 1 において DFT 処理が行われ周波数領域の信号に変換される。このように周波数領域に変換された信号のうち、伝搬路推定用として送信側で付加された既知信号を用いて伝搬路推定部 1 1 1 2、1 1 1 3 において各送信アンテナ 受信アンテナ間の伝搬路推定が行われる。この例では、送信アンテナ数 × 受信アンテナ数 = 4 通りの経路についての伝搬路推定値がそれぞれサブキャリア数分だけ算出されることとなる。

10

【 0 0 1 0 】

DFT 処理され周波数領域の信号に変換されたデータ信号はキャンセル部 1 1 1 4 に入力される。キャンセル部 1 1 1 4 では、受信信号と復調データの信頼性に基づいて生成された受信信号のレプリカとの減算が行われ、完全なレプリカ (送信信号) が生成できる場合には、この出力は雑音成分のみとなる。この演算は、2 本のアンテナで受信された受信データベクトルを R、伝搬路行列を、送信データベクトルのレプリカを S' (後述のレプリカ生成部 ~ スペクトルマッピング部において生成される) とすると、(1 0 0) 式で表される。

20

【 0 0 1 1 】

【 数 1 】

$$Q = R - ES' \quad (100)$$

【 0 0 1 2 】

但し、Q は 2 回目以降の繰り返し処理時のキャンセル部 1 1 1 4 の出力 (キャンセル後の残差) を表すベクトルであり、R、 \mathbf{H} 、S' は以下の (1 0 1) ~ (1 0 3) 式で表される。これらの式において、括弧内の数字はサブキャリア番号であり、添え字は送信および受信アンテナ番号を表している。また、 $\mathbf{H}_{2,1}$ の 2 つの添え字は受信アンテナと送信アンテナの組み合わせを表しており、例えば $\mathbf{H}_{2,1}$ は送信アンテナ 1 から受信アンテナ 2 への伝搬路を表している。尚、これらの式は、シングルユーザ MIMO、マルチユーザ MIMO のいずれの場合にも用いることができる。

30

【 0 0 1 3 】

【数 2】

$$\begin{aligned}
 \mathbf{R} &= \begin{bmatrix} R_1(1) \\ R_1(2) \\ R_1(3) \\ R_1(4) \\ R_2(1) \\ R_2(2) \\ R_2(3) \\ R_2(4) \end{bmatrix} \quad (101) \\
 \mathbf{\Xi} &= \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{12}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{11}(2) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{12}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{11}(4) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{12}(4) \\ \Xi_{21}(1) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{22}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{21}(2) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{22}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{21}(4) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{22}(4) \end{bmatrix} \quad (102) \\
 \mathbf{S}' &= \begin{bmatrix} S'_1(1) \\ S'_1(2) \\ 0 \\ S'_1(4) \\ S'_1(1) \\ S'_1(2) \\ 0 \\ S'_1(4) \end{bmatrix} \quad (103)
 \end{aligned}$$

10

20

【0014】

ここで、抽出すべき希望信号も含めて全てのレプリカ (S ') をキャンセルする理由は、後述する信号等化・分離部 1 1 1 5 は逆行列演算を伴うため、所望信号だけ残してキャンセル、等化を繰り返すと、ブロック内に含まれる所望信号数回も逆行列演算をする必要があるのに対し、全てキャンセルした残差 Q を入力とすることで、残差はブロック内で共通に扱え、ブロック内で逆行列演算を 1 回すれば全ての重みを計算できることから、レプリカを別に入力し、再構成する形にすることで逆行列演算に伴う演算量を削減している。但し、初回は受信した信号のレプリカが生成できないため、受信データベクトル (R) がそのままキャンセル部 1 1 1 5 を通過する。

30

【0015】

キャンセル部 1 1 1 4 を経由した信号は、信号等化・分離部 1 1 1 5 に入力され周波数領域の信号を用いて等化处理が行われる。繰り返し処理を行う場合、この信号等化・分離部 1 1 1 5 では、キャンセラ部の出力 (Q) に図 4 3 のアンテナ 1、アンテナ 2 からそれぞれ送信されたデータベクトル毎の受信信号のレプリカを加算した信号に対して、それぞれ M M S E 規範に基づく等化处理を (1 0 4) 式を用いて行う。図 4 3 は、サブキャリア選択例として、アンテナ 1、2 からサブキャリア 1、2、4 の信号の送信をそれぞれ行うことを表す図である。

【0016】

【数 3】

$$\mathbf{z} = (1 + \gamma_{Tn} \delta_{Tn})^{-1} [\gamma_{Tn} \mathbf{s}'_{Tn} + \mathbf{F}^H \mathbf{\Psi}_{Tn} \mathbf{Q}] \quad (104)$$

40

【0017】

但し、T n (上記の例では n = 1, 2) は送信アンテナを表し、 γ_{Tn} 、 δ_{Tn} はタップ係数の演算によって表れる実数、 $\mathbf{\Psi}_{Tn}$ も同様にタップ係数の演算によって表れる D F T ブロック長のサイズを有する複素正方形行列である。また、 \mathbf{s}'_{Tn} はアンテナ T n から送信された信号のレプリカ、Q は受信信号から全受信信号のレプリカを減算した結果 (残差) を表している。但し、初回の処理では受信信号のレプリカが生成できない (\mathbf{s}'_{Tn} がゼロベクトル) ため、何も減算されずキャンセル部 1 1 1 4 を通過した信号 R に対する等

50

化処理が行われることとなる。この(104)式の T_n 等を算出する際には、(102)式の伝搬路行列に加え、各送信データベクトル1、2に対する伝搬路行列 T_1 、 T_2 が用いられる。ここで、 T_1 は送信データベクトル1を、 T_2 は送信データベクトル2をそれぞれ等化する場合に用いる、送信アンテナ毎の伝搬路行列である。

【0018】

【数4】

$$\Xi_{T1} = \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{11}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{11}(4) \\ \Xi_{21}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{21}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{21}(4) \end{bmatrix} \quad (105)$$

$$\Xi_{T2} = \begin{bmatrix} \Xi_{12}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{12}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{12}(4) \\ \Xi_{22}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{22}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{22}(4) \end{bmatrix} \quad (106)$$

10

20

【0019】

この(104)式を用いた等化演算により、信号等化・分離部1115からは時間領域における等化後の信号が送信データ毎に出力される(例えば非特許文献3に記載)。

各送信アンテナから送信された信号毎に等化された信号は、次に、DFT部1116、1117に入力され周波数領域の信号に変換された後、スペクトルデマッピング部1118に入力される。このスペクトルデマッピング部1118では、使用スペクトルマッピング情報に基づいて、アンテナ1、2から送信されたスペクトルに共通したデマッピングが行われる。そして、IDFT部1119、1120において、デマッピングされた各信号列が時間領域の信号に変換された後、P/S変換部1121、1122においてシリアル信号に変換され、復調及び復号処理が行われる。

30

【0020】

復調部1123、1124では誤り訂正された受信データの信頼性を表すLLR(Log Likelihood Ratio: 対数尤度比)が算出される。さらに、復号部1125、1126は、このLLRに対して誤り訂正符号の復号処理を行いLLRを更新する。このLLRが入力された繰り返し制御部1127、1128では予め決められた回数の繰り返し処理が行われたか否かの判断を行い、決められた回数だけ繰り返し処理が行われた場合にはLLRを判定部1129、1130へ出力する。逆に、繰り返し処理の回数が決められた回数に満たない場合には、LLRをレプリカ生成部1131、1132へ出力し、受信信号のレプリカ生成処理に移る。また、CRC(Cyclic Redundancy Check: 巡回冗長検査)符号の

40

利用を前提とすれば、誤りが検出されなかったときに、繰り返し処理を終了するようにしてもよい。レプリカ生成部1131、1132では、各ビットのLLRに応じた信号レプリカ(送信信号のレプリカ)がそれぞれ生成され、S/P変換部1133、1134を経て、DFT部1135、1136において各送信アンテナから送信された信号の周波数領域のレプリカにそれぞれ変換される。

【0021】

このように生成された周波数領域の信号レプリカは、次に、図示しない使用スペクトル決定部から通知されるマッピング情報に基づいて、スペクトルマッピング部1137において送信側と同様のマッピングが行われる。そして、スペクトルマッピングされたレプリ

50

カ S' は、伝搬路乗算部 1 1 4 0 へ入力されるとともに、IDFT部 1 1 3 8、1 1 3 9 を経て信号等化・分離部 1 1 1 5 へ入力される。スペクトルマッピング後のレプリカ S' を入力された信号等化・分離部 1 1 1 5 では、先に述べたように、このレプリカを用いて送信データベクトル 1 及び 2 の受信信号を再構成して、それぞれの送信データベクトルの等化处理に用いる。また、伝搬路乗算部 1 1 4 0 では、キャンセル部 1 1 1 4 で受信信号との減算に用いる受信信号のレプリカを生成するために、スペクトルマッピング後のレプリカに伝搬路行列 ((1 0 2) 式の) を乗算する。そして、伝搬路乗算部 1 1 4 0 から出力される受信信号のレプリカ (S') はキャンセル部 1 1 1 4 に入力され、先に述べた (1 0 0) 式の減算が行われる。

【 0 0 2 2 】

10

図 4 2 に示す受信装置では、以上のような、レプリカのキャンセル、等化、空間・スペクトルデマッピング、復号、レプリカ生成といった処理を繰り返すことにより、復号されたビットの信頼性を徐々に向上させていく。そして、予め決められた繰り返し回数の処理を行った後に、判定部 2 0 7、2 0 8 においてビットの硬判定が行われ、送信データが復号データとして再生されることとなる。

【 0 0 2 3 】

また、SC - ASA 方式を利用して複数の送信局からの送信データを多重するシステムとしては、送信局において離散フーリエ変換 DFT のポイント数より逆離散フーリエ変換 IDFT (Inverse Discrete Fourier Transform) のポイント数の方を大きくして、0 入力されたサブキャリアが他の送信局によって使用される FDMA (Frequency Division Multiple Access : 周波数分割多元接続) 型のもも提案されている (例えば、非特許文献 3) 。

20

【 0 0 2 4 】

図 4 4 A、図 4 4 B は、従来の 2 局の送信局で SC - ASA 通信方式を適用してユーザ多重を行う場合の送信局装置および受信局装置の構成を示す概略ブロック図である。図 4 4 A の送信局装置では、2 組の送信データ 1 と送信データ 2 とは、それぞれ符号部 A 1 0 0 0 - 1、符号部 A 1 0 0 0 - 2 により符号化され、該符号化された送信データは変調部 A 1 0 0 1 - 1、変調部 A 1 0 0 1 - 2 により変調がなされる。変調部 A 1 0 0 1 - 1、変調部 A 1 0 0 1 - 2 が変調した変調信号は、S/P (シリアル/パラレル) 変換部 A 1 0 0 2 - 1、S/P 変換部 A 1 0 0 2 - 2 において並列化された後に DFT 部 A 1 0 0 3 - 1、DFT 部 A 1 0 0 3 - 2 により周波数軸上の信号に変換される。その後、この周波数軸上の信号は、スペクトルマッピング部 A 1 0 0 4 - 1、スペクトルマッピング部 A 1 0 0 4 - 2 により送信データ 1 と送信データ 2 の信号が互いに同じ周波数のサブキャリアを使用しないように、サブキャリアへマッピングされる。このとき、このサブキャリアへのマッピングは受信 SNR (Signal to Noise Ratio ; 信号対雑音電力比) や SNIR (Signal to Noise Interference Ratio ; 信号対雑音干渉電力比) のよい周波数のサブキャリアで、かつ他のユーザが使用していない周波数に割り当てられる。

30

【 0 0 2 5 】

次に、マッピングされた周波数軸上の送信信号は IDFT 部 A 1 0 0 5 - 1、IDFT 部 A 1 0 0 5 - 2 により時間軸の信号に変換され、P/S (パラレル/シリアル) 変換部 A 1 0 0 6 - 1、P/S 変換部 A 1 0 0 6 - 2 により時間軸の信号は直列化される。その後、直列化された信号は、CP (サイクリックプレフィックス) 挿入部 A 1 0 0 7 - 1、CP 挿入部 A 1 0 0 7 - 2 によりサイクリックプレフィックスを挿入され、D/A 変換部 A 1 0 0 8 - 1、D/A 変換部 A 1 0 0 8 - 2 によりアナログ信号に変換される。最後に、このアナログ信号は、無線部 A 1 0 0 9 - 1、無線部 A 1 0 0 9 0 2 により無線周波数にアップコンバートされ、各送信局の送信アンテナ 1 0 1 0 - 1、送信アンテナ 1 0 1 0 - 2 から送信される。

40

【 0 0 2 6 】

図 4 4 B の受信局装置では、同時に送信された 2 つの信号が合成された受信信号が、受信アンテナ 1 1 0 0 により受信され、この受信信号は、無線部 A 1 1 1 1 によりダウンコ

50

ンバートされる。ダウンコンバートされた受信信号は、A/D変換部A1101によりデジタル信号に変換される。次に、このデジタル信号は、CP(サイクリックプレフィックス)除去部A1102によりサイクリックプレフィックスを除去され、S/P変換部A1103により、サイクリックプレフィックスが除去されたデジタル信号は並列化される。並列化されたデジタル信号は、DFT部A1104により、周波数軸の信号に変換され、スペクトルデマッピング部A1105により、周波数軸の信号各々のサブキャリアを元の配置に戻すことで、周波数軸上で各送信局からの信号が分離される。その後、送信データ毎に独立に信号等化部A1106-1、信号等化部A1106-2により等化され、IDFT部A1107-1、IDFT部A1107-2により時間軸の信号に変換される。その後P/S変換部A1108-1、P/S変換部A1108-2により直列化され、復調部A1109-1、復調部A1109-2により復調され、復号部A1110-1、復号部A1110-2により各送信局からの送られた信号の復号データ1、復号データ2がそれぞれ得られる。

10

【0027】

ここで、信号等化部A1106の等化法としては、最小二乗誤差(MMSE:Minimum Mean Square Error)規範のものなどが使用される。一般に、MMSE規範に基づく等化処理は、式(107)で表される評価関数Jを最小とするようなタップを計算する。

【0028】

【数5】

$$J = E[\mathbf{W}^H \mathbf{r} - s]^2 \quad \dots (107)$$

20

【0029】

式(107)において、ここで、 $E[x]$ はxの平均値であり、Wは、各列ベクトルがDFT-S-OFDMシンボル内の各シンボルにおける最適タップベクトルとなる複素タップ行列であり、rは複素数の時間軸の受信信号ベクトルであり、sは時間軸の送信信号ベクトルである。また、右肩の A^H は、行列Aのエルミート転置を表す。このとき、最適タップ係数Wは、Weiner解と呼ばれ、式(108)で表される。

【0030】

【数6】

$$\mathbf{W} = \mathbf{H}(\mathbf{H}\mathbf{H}^H + \sigma^2 \mathbf{I})^{-1} \quad \dots (108)$$

30

【0031】

式(108)において、Hは時間領域における伝搬路行列、 σ^2 は雑音の分散、Iは単位行列を表す。ここで、特に周波数領域で信号処理を行う場合には、伝搬路のインパルス応答からフーリエ変換により求めた周波数応答を対角成分に並べた行列を伝搬路行列として扱えるため、伝搬路の周波数応答を \mathbf{F} とすると、周波数領域の受信信号を用いた場合、式(108)のタップ係数は次式(109)のように変形できる。

【0032】

【数7】

$$\mathbf{W} = \mathbf{F}^H \mathbf{E}(\mathbf{E}\mathbf{E}^H + \sigma^2 \mathbf{I})^{-1} \mathbf{F} \quad \dots (109)$$

40

【0033】

式(109)において、FはDFT処理をする行列を表し、 F^H は逆DFT処理をする行列を表す。このタップ行列を時間領域の受信信号rに乘積すると、等化後の受信信号zは、式(110)になる。

【0034】

【数 8】

$$\mathbf{z} = \mathbf{F}^H \mathbf{\Xi} (\mathbf{\Xi} \mathbf{\Xi}^H + \sigma^2 \mathbf{I})^{-1} \mathbf{F} \mathbf{r} = \mathbf{F}^H \mathbf{\Xi} (\mathbf{\Xi} \mathbf{\Xi}^H + \sigma^2 \mathbf{I})^{-1} \mathbf{R} \quad \dots (110)$$

【0035】

ただし、 $\mathbf{R} = \mathbf{F} \mathbf{r}$ 、即ち受信信号 \mathbf{r} を DFT 処理により周波数軸の信号に変換したものを表す。式 (110) より、通常の受信信号を入力して周波数領域で等化する場合は、受信信号を DFT により変換し、式 (109) の両側の \mathbf{F}^H と \mathbf{F} を取り除いた行列のエルミート転置を乗積し、IDFT により時間信号に戻すという操作を行う。したがって、通常の MMSE フィルタは、周波数軸の受信信号と伝搬路の周波数応答を入力し、周波数軸の等化後の信号が出力される。

10

【0036】

一方、受信局装置の構成が SC / MMSE (Soft Canceller followed by MMSE) のようにキャンセラを用いて繰り返し処理を行っている場合、復号部から得られたビットの信頼性に応じて生成された信号のレプリカを用いて受信信号から干渉波をキャンセルすることで等化部に入力される信号の精度を上げるため、繰り返し毎に等化部の入力信号が異なる。そのため、式 (107) で表される評価関数の受信信号 \mathbf{r} に相当する項は所望信号以外をキャンセルしたものになり、等化後の信号は次式 (111) で表される。

【0037】

【数 9】

$$\mathbf{z} = (1 + \gamma \delta)^{-1} [\gamma \mathbf{s}_{rep}(k) + \mathbf{F}^H \mathbf{\Psi} \mathbf{R}_{resi}] \quad \dots (111)$$

20

【0038】

式 (111) において、 \mathbf{R}_{resi} は、時間軸の信号レプリカに伝搬路特性を乗算することで生成した受信信号レプリカを実際の時間軸の受信信号から減算することで得られるキャンセルしきれなかった残差、 $\mathbf{s}_{rep}(k)$ は k 番目のサンプルにおける送信信号レプリカである。また、 γ はタップ係数の演算によって表れる実数、 δ は同様にタップ係数の演算によって表れる DFT - S - OFDM シンボル長のサイズを有する複素正方行列であり、これらは全て周波数領域の伝搬路特性と周波数軸の信号レプリカを用いて計算される (例えば、非特許文献 2 に記載)。また、式 (111) において 1 回目の処理の場合はレプリカが入力されない ($\mathbf{s}_{rep}(k) = 0$) ので、この場合は式 (107) の最適タップとなり、式 (111) は式 (109) と一致する。

30

【0039】

したがって、SC / MMSE による等化は、入力信号として周波数軸上での残差が入力され、時間軸の信号のレプリカと周波数軸の伝搬路特性が入力され、時間軸の信号が出力される。式 (111) に示すように、所望成分以外のキャンセルという処理を、一旦残差 \mathbf{R}_{resi} を算出した後、送信信号レプリカと伝搬路特性を用いて所望成分を再構成する形にすることで DFT - S - OFDM シンボル内で一意に表現できるだけでなく、残差 \mathbf{R}_{resi} は DFT - S - OFDM シンボル内で同じものを使用できることから逆行列演算が伴う演算の演算量を削減することもできる。

40

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0040】

【非特許文献 1】ダイナミックスペクトル制御を用いた広帯域シングルキャリア伝送方式に関する検討、RCS2006、2007年1月

【非特許文献 2】M. Tuchler and J. Hagenauer, "Linear time and frequency domain turbo equalization," Proc. VTC, pp. 2773-2777, Rhodes, Greece, Oct. 2001.

【非特許文献 3】マルチユーザ MIMO システムにおけるダイナミックスペクトル制御を用いた同一チャネル干渉対策に関する検討、電子情報通信学会 2006 年総合大会、2007 年 3 月

50

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0041】

これまでのマルチユーザMIMOやシングルユーザMIMOでは、先に述べたように、選択した周波数で、複数本のアンテナから送信していた。この場合には、複数の送信系統と複数の受信系統間の伝搬路全てについて考慮して、その中で比較的良好な伝搬路を有するサブキャリアを用いる（またはユーザを割り当てる）制御を行っていた。具体的には、図45に示すような送信アンテナ $T \times 1$ 、 $T \times 2$ と受信アンテナ $R \times 1$ 、 $R \times 2$ を備える 2×2 のMIMO伝送（マルチユーザMIMO、シングルユーザMIMOのどちらでもよい）の場合、4つの伝搬路 H_{11} 、 H_{21} 、 H_{12} 、 H_{22} を全て考慮して、送信アンテナ $T \times 1$ と $T \times 2$ の双方で比較的良好な伝搬路を有するサブキャリアを選択し、 $T \times 1$ と $T \times 2$ からそれぞれ異なるデータの送信を同時に行う。これは、MIMO伝送を行う場合には、複数の送信アンテナから送信される信号が互いに干渉となるため、それらを全て考慮した結果、最も良好なサブキャリアを選択する必要があるためである。

10

【0042】

しかしながら、MIMO伝送にSC-SSA方式を適用した場合、このような制御では、最も高い選択ダイバーシチ効果が得られると考えられる選択とならず、良好な周波数利用効率を得られないことがあるという問題がある。つまり、SC-SSA方式は、本来、送信装置（送信アンテナ）毎に最適なサブキャリアを選択して伝送することにより高い選択ダイバーシチ効果を得て、周波数利用効率を高める方式であるが、先に述べた従来のMIMO伝送（マルチユーザMIMOやシングルユーザMIMO）に適用する場合には、最適なサブキャリアの選択が送信アンテナ毎に独立していないので、良好な周波数利用効率を得られないことがあるという問題がある。

20

【0043】

また、従来、SC-SSA方式を用いて複数の送信装置から送信する場合、互いに他の送信装置が使用した周波数を避けるようにサブキャリアが割り当てられる。そのため、ある送信装置にとって受信SNRやSINRが良好なサブキャリアであるにも関わらず他の送信装置に既に割り当てられていた場合には、前述の送信装置は使用することができない。このように伝送可能な帯域内に受信SNRやSINRが良好なサブキャリアがあっても他の装置が通信している場合には該サブキャリアを使用することができないため、周波数利用効率下がってしまい、良好な周波数利用効率を得られないという問題がある。

30

【0044】

解決しようとする問題点は、複数の送信装置からの送信、あるいはMIMO伝送にSC-SSA方式を適用した場合でも、良好な周波数利用効率を得られる点である。

【課題を解決するための手段】

【0045】

(1) この発明は、上述した課題を解決するためになされたもので、本発明の一実施形態に係る通信装置は、複数のサブキャリアからなる第1のサブキャリアを用いて送信される第1の受信信号と、時間フレームにおいて、前記第1のサブキャリアと重複する1以上のサブキャリアと該第1サブキャリアと重複しない1以上のサブキャリアとからなる第2のサブキャリアを用いて送信される第2の受信信号とを少なくとも含む受信信号を受信する受信部と、前記受信信号から、前記第1のサブキャリアと前記第2のサブキャリアが重複する前記サブキャリアを用いて送信された前記第2の受信信号を除去し、前記第1の受信信号に含まれるビットに関する情報を復調する復調部と、を備えることを特徴とする。

40

【0046】

(2) 上述の通信装置の受信部は、第1の通信装置から前記第1の受信信号を受信し、第2の通信装置から前記第2の受信信号を受信することを特徴とする。

【0047】

(3) 上述の通信装置の受信部は、前記時間フレームにおいて受信する前記受信信号の数よりも、少ないアンテナからなることを特徴とする。

50

【 0 0 4 8 】

(4) 上述の通信装置の受信部は、 1 本の受信アンテナで構成することを特徴とする。

【 0 0 4 9 】

(5) 上述の通信装置の復調部は、繰り返し処理を用いて、前記第 1 の受信信号から前記ビットに関する情報を復調することを特徴とする。

【 0 0 5 0 】

(6) 上述の基地局装置において、重複するサブキャリアの数は、前記時間フレーム毎に設定されることを特徴とする。

【 0 0 5 1 】

(7) 本発明の他の実施形態に係る通信方法は、複数のサブキャリアからなる第 1 のサブキャリアを用いて送信される第 1 の受信信号と、時間フレームにおいて、該第 1 のサブキャリアと重複する 1 以上のサブキャリアと該第 1 サブキャリアと重複しない 1 以上のサブキャリアとからなる第 2 のサブキャリアを用いて送信される第 2 の受信信号とを少なくとも含む受信信号を受信するステップと、前記受信信号から、前記第 1 のサブキャリアと前記第 2 のサブキャリアが重複する前記 1 以上のサブキャリアを用いて送信された前記第 2 の受信信号を除去し、前記第 1 の受信信号に含まれるビットに関する情報を復調するステップとを少なくとも含むことを特徴とする。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 5 2 】

この発明によれば、複数の送信装置からの送信、あるいは M I M O 伝送に S C - A S A 方式を適用した場合でも、適切なサブキャリアを選択し、良好な周波数利用効率を得ることができる。

20

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 5 3 】

【 図 1 】 この発明の第 1 の実施形態によるデータ送信に使用するサブキャリアの選択方法に関する制御フローを示すフローチャートである。

【 図 2 】 同実施形態におけるサブキャリアの選択結果の例を示す図である。

【 図 3 】 同実施形態における移動局装置 5 0 0 の構成を示す概略ブロック図である。

【 図 4 】 同実施形態におけるマッピング部 5 - 1、5 - 2 の動作を示す図である。

【 図 5 】 同実施形態における移動局装置 5 0 1 の構成を示す概略ブロック図である。

30

【 図 6 】 この発明の第 2 の実施形態による基地局装置 5 1 0 の構成を示す概略ブロック図である。

【 図 7 】 同実施形態におけるサブキャリアの選択結果の例を示す図である。

【 図 8 】 同実施形態におけるマッピング情報の表す内容例を示す図である。

【 図 9 】 同実施形態における基地局装置 5 1 1 の構成を示す概略ブロック図である。

【 図 1 0 】 この発明の第 3 の実施形態によるデータ送信に使用するサブキャリアの選択方法に関する制御フローを示すフローチャートである。

【 図 1 1 】 同実施形態におけるサブキャリアの選択結果の例を示す図である。

【 図 1 2 】 同実施形態における基地局装置 5 1 2 の構成を示す概略ブロック図である

【 図 1 3 】 同実施形態におけるサブキャリアの選択結果の例と等化処理の対象となる送信データベクトルを示す図である。

40

【 図 1 4 】 この発明の第 4 の実施形態によるサブキャリアの選択結果の例を示す図である。

【 図 1 5 】 同実施形態における基地局装置 5 1 3 の構成を示す概略ブロック図である。

【 図 1 6 A 】 同実施形態における処理系統 1 の処理対象サブキャリアを示す図である。

【 図 1 6 B 】 同実施形態における処理系統 2 の処理対象サブキャリアを示す図である。

【 図 1 7 】 同実施形態における I D F T 部 1 1 6 から 1 1 9 に入力されるデータについて示す図である。

【 図 1 8 】 同実施形態における D F T 部 2 1 3 から 2 1 6 の出力について示す図である。

【 図 1 9 】 この発明の第 5 の実施形態による基地局装置 5 1 4 の構成を示す概略ブロック

50

図である。

【図 2 0 A】同実施形態における繰返し回数別の処理対象サブキャリアの例を示す図および該処理時の仮想的なサブキャリアの配置を示す図である。

【図 2 0 B】同実施形態における繰返し回数別の処理対象サブキャリアの例を示す図および該処理時の仮想的なサブキャリアの配置を示す図である。

【図 2 0 C】同実施形態における繰返し回数別の処理対象サブキャリアの例を示す図および該処理時の仮想的なサブキャリアの配置を示す図である。

【図 2 0 D】同実施形態における繰返し回数別の処理対象サブキャリアの例を示す図および該処理時の仮想的なサブキャリアの配置を示す図である。

【図 2 1 A】同実施形態における信号等化・分離後の出力のマッピング例を示す図である

10

【図 2 1 B】同実施形態における信号等化・分離後の出力のマッピング例を示す図である

【図 2 2】同実施形態における I D F T 部 1 1 6、1 1 7 に入力されるデータについて示す図である。

【図 2 3】同実施形態における D F T 部 2 1 3、2 1 4 の出力について示す図である

【図 2 4】この発明の第 6 の実施形態による移動局装置 5 0 2 の構成を示す概略ブロック図である。

【図 2 5】同実施形態における拡散・多重部 5 0 1、5 0 2 による拡散および多重処理を説明する図である。

20

【図 2 6】この発明の第 7 の実施形態による無線通信システムの構成を示す概略図である

【図 2 7】同実施形態におけるサブキャリアマッピングの例を示す図である。

【図 2 8】同実施形態における移動局装置 A 8 0 a の構成を示す概略ブロック図である。

【図 2 9】同実施形態における基地局装置 A 7 0 の構成を示す概略ブロック図である。

【図 3 0】この発明の第 8 の実施形態による基地局装置 7 1 の構成を示す概略ブロック図である。

【図 3 1】この発明の第 9 の実施形態による移動局装置 8 2 a、8 2 b の構成を示す概略ブロック図である。

【図 3 2】同実施形態による基地局装置 7 2 の構成を示す概略ブロック図である。

30

【図 3 3】この発明の第 1 0 の実施形態による移動局装置 8 3 の構成を示す概略ブロック図である。

【図 3 4】同実施形態における拡散・多重部 3 0 0 の処理を説明する図である。

【図 3 5】この発明の第 1 1 の実施形態による重複サブキャリアの割合決定法に用いる E X I T チャートを例示する図である。

【図 3 6】同実施形態におけるサブキャリアの本数を変化させた場合の E X I T チャートを例示する図である。

【図 3 7】この発明の第 1 2 の実施形態によるスペクトル割当決定処理の動作を説明するフローチャートである。

【図 3 8 A】この発明の第 1 3 の実施形態によるユーザ間で一部重複したサブキャリアを使用した伝送を行う場合のスペクトル配置の例を示す図である。

40

【図 3 8 B】同実施形態によるユーザ間で一部重複したサブキャリアを使用した伝送を行う場合のスペクトル配置の例を示す図である。

【図 3 9】この発明の第 1 4 の実施形態によるフレーム単位の伝送を行う場合の概要を示す図である。

【図 4 0】従来の S C - A S A 方式を利用して M I M O 伝送を行う送信装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図 4 1 A】従来の S C - A S A 方式を利用して M I M O 伝送を行う無線通信システムの概略構成を示す図である。

【図 4 1 B】従来の S C - A S A 方式を利用して M I M O 伝送を行う無線通信システムに

50

おけるサブキャリア選択の第一の例を示す図である。

【図 4 1 C】従来の SC - A S A 方式を利用して M I M O 伝送を行う無線通信システムにおけるサブキャリア選択の第二の例を示す図である。

【図 4 2】従来の SC - A S A 方式を利用して M I M O 伝送を行う受信装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図 4 3】従来の SC - A S A 方式を利用して M I M O 伝送を行う無線通信システムにおけるサブキャリア選択例を示す図である。

【図 4 4 A】従来の 2 局の送信局で SC - A S A 通信方式を適用してユーザ多重を行う場合の送信局装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図 4 4 B】従来の 2 局の送信局で SC - A S A 通信方式を適用してユーザ多重を行う場合の受信局装置の構成を示す概略ブロック図である。

【図 4 5】従来の M I M O 伝送の送受信の伝搬路を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 5 4 】

[第 1 の実施形態]

第 1 の実施形態では、各アンテナのサブキャリア毎の通信路状態に基づき、各アンテナから送信されるデータが使用するサブキャリアを決定する方法を示す。本実施形態の無線通信システムは、複数の移動局装置と基地局装置とを具備する。基地局装置は、本実施形態における受信装置であり、移動局装置は、本実施形態における送信装置である。また、基地局装置に同時に接続する移動局装置数は 2 であり、それぞれの移動局装置に備えられた送信アンテナ数も 2 であり、合計 4 本の送信アンテナからそれぞれ信号が送信される。また、移動局装置の送信方法を D F T - S - O F D M とし、サブキャリア総数は 3 2 とし、各移動局装置の各アンテナが使用するサブキャリア数は 1 6 とする。基地局装置の受信アンテナ数も 2 とし、この 2 本のアンテナによる受信信号を送信アンテナ別に分離するために、本実施形態では、1 つのサブキャリアにおいて同時に信号を送信するのは合計 4 本の送信アンテナのうちいずれかの 2 本とする。

【 0 0 5 5 】

図 1 は、本実施形態におけるデータ送信に使用するサブキャリアの選択方法に関する制御フローである。便宜上ユーザ 1 の送信アンテナのアンテナ番号を「 1 」、「 2 」とし、ユーザ 2 の送信アンテナのアンテナ番号を「 3 」、「 4 」とする。図 1 において、ステップ S 1 は $f(a, b)$ 、 $g(a, b)$ という 2 つの関数を生成する処理である。それぞれ a 行 b 列の行列である。a はユーザ数 × 送信アンテナ本数で表され、本実施形態の場合は $2 \times 2 = 4$ である。また、b はサブキャリア数であり、本実施形態の場合 3 2 となる。ここで、関数 f の値としては、以下の (1) 式で表される各送信アンテナから送信される各サブキャリアの通信路容量 $C_m(k)$ 、もしくは (1) 式から定数項を省くなどして大小関係が変わらない範囲で演算を簡略化した通信路容量に応じた値を用いる。ここで、m は送信アンテナ番号、k はサブキャリア番号、 N_T は送信アンテナ数、 E_s は 1 ユーザの送信エネルギー、 $\xi_m(k)$ は m 番目の送信アンテナから送信される k 番目のサブキャリアにおける伝搬路ベクトル、 $\eta_m(k)$ は m 番目の送信アンテナから送信される k 番目のサブキャリアにおける干渉雑音電力をそれぞれ表している。ここで、 $\eta_m(k)$ は、各受信アンテナにおける干渉雑音ベクトルを $\eta(k)$ とすると、式 (1 ') で表される。

【 0 0 5 6 】

【数 1 1】

$$C_m(k) = \log_2 \left(1 + \frac{E_s}{N_T} \xi_m^H(k) \xi_m(k) \Sigma_m^{-1}(k) \right) \quad (1)$$

$$\Sigma_m(k) = E \left[\left\| \xi_m(k) \eta(k) \right\|^2 \right] \quad (1')$$

10

20

30

40

50

【 0 0 5 7 】

ただし、式 (1 ') において、 $E [x]$ は x の集合平均を表し、 $\| x \|$ はベクトル x のノルムを表す。

この (1) 式は S I M O (Single Input Multi Output) 伝送時の各送信アンテナから送信されるサブキャリア毎の通信路容量を表す式であり、これを使用サブキャリアの選択基準として用いることができるのは、後述する受信側での処理により各送信アンテナから送信される信号同士で互いに干渉となる成分を全て除去することができる場合である。このような場合は、受信処理における完全収束状態と呼ばれ、S I M O 伝送時の受信特性が得られる。したがって、(1) 式に基づき各送信アンテナで独立に送信サブキャリアを選択することにより、これまでの選択方法に比べ柔軟で、より高い選択ダイバーシチ効果が得られることとなる。

10

【 0 0 5 8 】

また、関数 g は全ての値が 0 に初期化される。図 1 のフローに示す処理を行うことにより、この関数 g は、入力アンテナ番号とサブキャリア番号との組合せにおける信号送信の有無を示す関数となり、例えば $g (2 , 5) = 1$ であるときは、2 番のアンテナの 5 番のサブキャリアで信号送信するという意味を意味する。次に、ステップ S 2 は関数 f の中で最大値を有する行列の要素番号を抽出するステップである。即ち、最大値の要素が配置された x 行 y 列の x 、 y が算出される。次にステップ S 4 は関数 g の y 列目に既に割り当てられた送信アンテナが 1 個以下であるかを判定するステップである。すなわち y 番のサブキャリアにて信号送信する送信アンテナが 1 個以下であるかを判定するステップであり、 y 列目の各要素を加算して y 番のサブキャリアにて信号送信する送信アンテナの個数を算出し、該判定を行っている。

20

【 0 0 5 9 】

ステップ S 4 における、この 1 個以下の制約は、先に前提条件とした、同一のサブキャリアに割り当てられる最大送信アンテナ数を 2 としたことに依存している。ステップ S 4 で、1 個以下と判定し、未だ割り当てが可能な場合は (S 4 - Y e s)、ステップ S 5 で $g (x , y) = 1$ とし、割り当てを行ったことを関数 g に反映する。ステップ S 6 では関数 g の 1 の個数をカウントし 6 4 と比較する。この値は 1 ずつインクリメントされるので 6 4 になったときが、全ての割り当てを終えたことを意味する。但し、6 4 = 各アンテナの使用サブキャリア数 (1 6) × 同時接続する移動局装置の総アンテナ数 (4) である。ステップ S 4 で既に 2 本のアンテナが割り当てられた場合、ステップ S 6 で未だ割り当てを行う必要があると判定された場合は、ステップ S 7 で現在選択している要素 x 、 y に関する関数 f の値を - 1 0 0 とする。この - 1 0 0 という値に意味があるわけではなく、ステップ S 2 で再度その要素が選択されないような小さい値に変更するということである。

30

【 0 0 6 0 】

このようにして選択した結果を図 2 に示す。図 2 において、縦軸は移動局装置毎のアンテナ番号を示し、横軸はサブキャリア番号を示す。四角で囲まれたサブキャリアは、信号送信に使用されるサブキャリアであることを意味している。図 2 に示す例では、3 0 番と 3 2 番のサブキャリアでは 1 つの移動局装置で信号を多重するシングルユーザ - M I M O と同じような状態である。すなわち、サブキャリア 3 0 は、ユーザ 1 のアンテナ 1、2 で使用され、サブキャリア 3 2 は、ユーザ 2 のアンテナ 1、2 で使用されている。1、2、3、3 1 番のサブキャリアでは、複数の移動局装置で使用するサブキャリアをシェアし信号を多重するマルチユーザ - M I M O と同じような状態である。すなわち、例えば、サブキャリア 1 は、ユーザ 1 のアンテナ 1 とユーザ 2 のアンテナ 2 とで使用されている。このように伝送路の状態のみに依存して各アンテナが独立に使用するサブキャリアを選択することで、良好な状態でデータを送信可能であると言える。

40

【 0 0 6 1 】

ここでは、全てのアンテナに尤度をつけることなく伝送路の状態のみでサブキャリアを占有するアンテナを決めたが、1 番の移動局装置と 2 番の移動局装置で伝送路の状態に大きな違いがあるときは、一方の移動局装置は良好な状況のサブキャリアを選択できるとは

50

限らない。このような場合に対応するために、関数 f を移動局装置毎に用意し、各移動局装置が順番にサブキャリアを選択する方法をとる。

【 0 0 6 2 】

また、以上の例では、(1) 式の計算結果を関数 f の値として用いるものとしていたが、これとは異なり、送信アンテナ毎、サブキャリア毎の伝送路状態（伝搬路による利得）や $S I N R$ （Signal to Interference Noise Ratio：信号対干渉雑音電力比（ここでの干渉は隣接セル等から到来する未知の干渉成分））などを関数 f の値として代入する構成としてもよい。但し、本実施の形態では 1 つの送信アンテナに対して 2 つの伝搬路がある（基地局の受信アンテナが 2 本であることによる）ため、2 つの受信アンテナで観測された伝送路状態や $S I N R$ をサブキャリア毎に加算または平均して関数 f の各要素として用いる。このような、各受信アンテナでの $S I N R$ の平均といった簡単な基準を用いた場合にも、(1) 式を用いる場合と同様、送信アンテナ毎に独立に送信サブキャリアの選択を行うことができる。

10

【 0 0 6 3 】

次に、図 3 は、図 1 に示した本実施形態の制御フローにより各移動局装置の送信アンテナ毎に独立に選択されたサブキャリアでそれぞれ送信を行うための移動局装置 5 0 0 の構成を示す概略ブロック図である。図 3 において、1 1 は各送信アンテナについて信号送信に用いるサブキャリアの指定を表すマッピング情報を基地局装置からアンテナを介して受信する受信部、1 は送信データに誤り訂正符号などを施す符号化部、2 は符号化部 1 の出力に $B P S K$ （Binary Phase Shift Keying；2 相位相偏移変調）などの変調（以下、「1 次変調」という）を行う変調部、3 はシリアル入力データとなっている変調部 2 の出力した変調信号を $M I M O$ に対応したパラレルデータに変換する S / P （シリアル/パラレル）変換部である。なお、受信部 1 1 が用いるアンテナは、1 番目のアンテナまたは 2 番目のアンテナと兼用してもよい。

20

【 0 0 6 4 】

以後の回路は送信アンテナが 2 本あることを想定しているため、2 系列（ $x - 1$ 、 $x - 2$ ）存在する。4 は S / P 変換部 3 から入力され変調信号に $D F T$ （Discrete Fourier Transform；離散フーリエ変換）変換を施して周波数拡散する $D F T$ 部である。5 - 1、5 - 2 は受信部 1 1 が基地局装置から受信したマッピング情報に基づき、使用するサブキャリアに $D F T$ 部 4 - 1、4 - 2 により周波数拡散された信号を配置するマッピング部である。5 - 1、5 - 2 にはそれぞれに独立したサブキャリアが指定されることになり、そのサブキャリアは前記関数 g で算出されたものである。また、マッピング部 5 - 1、5 - 2 は、データがマッピングされないサブキャリアには「0」を入力する。

30

【 0 0 6 5 】

6 - 1、6 - 2 はマッピング部 5 - 1、5 - 2 によりサブキャリアにマッピングされた信号に $I D F T$ （Inverse Discrete Fourier Transform；逆離散フーリエ変換）変換を施す $I D F T$ 部、7 - 1、7 - 2 は $I D F T$ 部 6 - 1、6 - 2 の出力にガードインターバルを挿入する $G I$ 挿入部である。 $G I$ 挿入部 7 - 1、7 - 2 は、ガードインターバルの区間に入力データの最後の部分のコピーを使用するものであって、これをサイクリックプレフィックスと呼ぶ。ここで、サイクリックプレフィックスを用いる理由を説明する。離散フーリエ変換 $D F T$ は $D F T$ 区間内で周期関数の 1 周期の整数倍の周期の波形であることが前提であることから、マルチパス伝搬路において遅延波成分が存在すると、受信側で受信信号における遅延波成分の周期関数性が崩れるため、受信信号を離散フーリエ変換 $D F T$ してサブキャリアに分離することができなくなり、サブキャリアを独立に扱えなくなる。

40

これに対し、予め送信側で伝搬路の最大遅延時間に応じたサイクリックプレフィックスを挿入しておくこと、これを受信側で削除することで、遅延波成分に対しても周期関数性を維持でき、各サブキャリアを独立に扱う、即ち任意の周波数に割り当てても、受信側で元に戻すことが可能となる。

【 0 0 6 6 】

8 - 1、8 - 2 はパラレルデータである $G I$ 挿入部 7 - 1、7 - 2 の出力をシリアルデ

50

ータに変換するP/S(パラレル/シリアル)変換部であり、9-1、9-2はデジタルデータであるP/S変換部8-1、8-2の出力をアナログデータに変換するD/A(デジタル/アナログ)変換部である。10-1、10-2はデータを送信する周波数帯域に変換する機能を有するRF(Radio Frequency;無線周波数)部である。RF部10-1には1番のアンテナ、RF部10-2には2番のアンテナというようにRF部10-1、10-2には独立したアンテナが接続される。この実施形態では複数の送信信号に対し、符号化部1を共通としたが、各送信アンテナから送信される信号毎に異なる符号化部を対応させてもよい。

【0067】

図3に示すように、移動局装置500は、符号化部1、変調部2、S/P変換部3、DFT部4-1、4-2、マッピング部5-1、5-2、IDFT部6-1、6-2、GI挿入部7-1、7-2、P/S変換部8-1、8-2、D/A変換部9-1、9-2、RF部10-1、10-2、受信部11を具備する。

このような構成にすることにより、図1に示したフローによって決定されたアンテナ毎のサブキャリア配置に応じてデータを送信することが可能となる。

【0068】

次に、サブキャリアにマッピングする様子を説明するために、図2のユーザ1を参照してマッピング部5-1、5-2の動作について説明する。ただし、図2のユーザ1、アンテナ1で使用されるサブキャリアは(サブキャリア番号1,3,5,8,10,11,14,17,20,22,24,25,28,30,31,32)の16本であるとし、ユーザ1、アンテナ2で使用されるサブキャリアは(サブキャリア番号2,4,5,6,7,8,11,15,17,19,20,22,23,26,30,31)の16本であると仮定する。ここで、ユーザ1とは移動局番号が1番の移動局装置500を表し、アンテナ1とはアンテナ番号が1番のアンテナを表す。ユーザ2、アンテナ2も、同様である。

【0069】

図4は、マッピング部5-1、および、5-2の動作を示す図である。マッピング部5-1、5-2には上記のアンテナ毎の使用サブキャリア情報(マッピング情報)が受信部11から入力される。図4において、マッピング部5-1、5-2の左側が入力(使用するサブキャリア数を16と仮定しているため16個の入力がある)、右側が出力(32サブキャリアからの選択になっているので32個の出力がある)となっている。また、入力信号の接続がない出力信号は0になる。図4に例示するマッピング部5-1は、1番の入力信号を1番のサブキャリアに割り当て、2番の入力信号を3番のサブキャリアに割り当て、というように割り当てているが、2番のサブキャリアには入力信号が割り当てられていないので、2番のサブキャリアから0を出力する。この図4では、マッピング部5-1、5-2を、入出力を選択して接続するような構成として示したが、入力信号をメモリに入力し、マッピング情報に応じて、出力側に呼び出す構成としてもよい。

【0070】

図5は、移動局装置500の異なる構成例である移動局装置501の構成を示す概略ブロック図である。同図において図3と同じ機能を有するブロックには同じ番号を付している。図5では、図3と異なり、DFT部は、DFT部4-2が無くDFT部4-1のみとなり、マッピング部は、マッピング部5-1、5-2が無くマッピング部5-3の1つになっている。これは、移動局装置501では、マッピング部5-3が、DFT部4-1から出力されるスペクトルを2シンボル分まとめてマッピングしている。これにより、複数の送信アンテナから送信する送信信号を構成する。また、図5のDFT部4-1は、図3のDFT部4-1の2倍の入出力サイズを有するものとしてもよい。

【0071】

本実施の形態では、図1に示す制御フローにより使用するサブキャリアを決定したが、このサブキャリアの決定を、対象となる無線通信システムのフレーム毎に行う構成としてもよい。このようにフレーム毎にサブキャリアを選択することにより、より伝搬路状況の時間に応じた変化に対応したサブキャリアの選択を行うことができるので、さらに周波数

10

20

30

40

50

利用効率が向上する。

なお、基地局装置については、以降の実施形態にて説明する。

【 0 0 7 2 】

図 1 に示したフローチャートのように、本実施形態では、送信するアンテナ毎に独立に送信サブキャリアの選択を行うので、送信可能な伝搬路の中から最も条件の良いものを選択することができる。このため、各移動局装置にとっても、システム全体としても、高い周波数利用効率を得ることができる。

【 0 0 7 3 】

[第 2 の実施形態]

第 2 の実施形態では、本発明による空間・スペクトルマッピングが行われシングルユーザ MIMO とマルチユーザ MIMO が混在したような信号に対し、復調されたデータの信頼性を基に受信信号のレプリカを生成し、受信信号から不要な干渉（レプリカ）を減算した後、等化、復調といった処理を繰り返すことにより復調データの信頼性を徐々に向上させる SC/MMSE (Soft Canceller/MMSE) 技術を適用した場合の受信装置構成を示す。

【 0 0 7 4 】

なお、本実施形態においても、第 1 の実施形態と同様に、基地局装置に同時に接続する移動局装置数は 2 であり、それぞれの移動局装置に備えられた送信アンテナ数も 2 であり、合計 4 本の送信アンテナからそれぞれ信号が送信される。また、移動局装置の送信方法を DFT-S-OFDM とし、サブキャリア総数は 32 とし、各移動局装置の各アンテナが使用するサブキャリア数は 16 とする。基地局装置の受信アンテナ数も 2 とし、この 2 本のアンテナによる受信信号を送信アンテナ別に分離するために、本実施形態では、1 つのサブキャリアにおいて同時に信号を送信するのは合計 4 本の送信アンテナのうちいずれかの 2 本とする。

【 0 0 7 5 】

図 6 は、本実施の形態における受信装置である基地局装置 510 の構成を示す概略ブロック図である。図 6 に示すように本実施の形態における受信装置は、アンテナ部 100、101、RF 部 102、103、A/D 変換部 104、105、CP 除去部 106、107、S/P 変換部 108、109、135、136、DFT 部 110、111、116、117、137、138、139、140、伝搬路推定部 112、113、キャンセル部 114、信号等化・分離部 115、空間・スペクトルデマッピング部 118、IDFT 部 119、120、121、122、142、143、P/S 変換部 123、124、復調部 125、126、復号部 127、128、繰り返し制御部 129、130、判定部 131、132、レプリカ生成部 133、134、空間・スペクトルマッピング部 141、伝搬路乗算部 144、伝搬路再構成部 145、使用スペクトル決定部 146、干渉電力測定部 147、送信部 148 を具備する。

【 0 0 7 6 】

図 6 に示す基地局装置 510 では、アンテナ部 100、101 で受信された信号が CP 除去部 106、107 等を経由し、DFT 部 110、111 により離散フーリエ変換されることで、周波数領域の信号に変換される。次に、この周波数領域の信号はキャンセル部 114 に入力される。キャンセル部 114 は、受信信号であるこの周波数領域の信号から、復調データの信頼性に基づいて生成された受信信号のレプリカを除く減算が行われる。

このとき、完全なレプリカ（送信信号）が生成できる場合には、キャンセル部 114 の出力は雑音成分のみとなる。この演算は、2 本のアンテナで受信された受信データベクトルを R 、仮想伝搬路行列（伝搬路推定部 112、113 にて推定された伝搬路変動をマッピング情報に従って伝搬路再構成部 221 においてマッピングした行列）を、全ての送信アンテナから送信される信号を 1 つのベクトルにまとめた擬似送信データベクトルのレプリカを S' （後述のレプリカ生成部 133、134 ~ 空間・スペクトルマッピング部 141 において生成される）とすると、(2) 式で表される。

【 0 0 7 7 】

10

20

30

40

50

【数 1 2】

$$Q = R - \Xi S' \quad (2)$$

【0 0 7 8】

但し、Qは2回目以降の繰り返し処理時のキャンセル部114の出力(キャンセル後の残差)を表すベクトルであり、R、 Ξ 、S'は、以下の(3)~(5)式で表される。

【0 0 7 9】

【数 1 3】

$$R = \begin{bmatrix} R_1(1) \\ R_1(2) \\ R_1(3) \\ R_1(4) \\ R_2(1) \\ R_2(2) \\ R_2(3) \\ R_2(4) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\Xi = \begin{bmatrix} \Xi_{13}(1) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{14}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{12}(2) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{13}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{11}(3) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{14}(3) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{11}(4) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{12}(4) \\ \Xi_{23}(1) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{24}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{22}(2) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{23}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{21}(3) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{24}(3) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{21}(4) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{22}(4) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$S' = \begin{bmatrix} S'_3(1) \\ S'_2(2) \\ S'_1(3) \\ S'_1(4) \\ S'_4(1) \\ S'_3(2) \\ S'_4(3) \\ S'_2(4) \end{bmatrix} \quad (5)$$

10

20

30

【0 0 8 0】

ここで、抽出すべき希望信号も含めて全てのレプリカ(S')をキャンセルする理由は、後述する信号等化・分離部115は逆行列演算を伴うため、希望信号だけ残してキャンセル、等化を繰り返すと、ブロック内に含まれる希望信号数回も逆行列演算をする必要があるのに対し、全てキャンセルした残差(Q)を入力とすることで、残差はブロック内で共通に扱え、ブロック内で逆行列演算を1回すれば全ての重みを計算できることから、レプリカを別に入力し、再構成する形にすることで逆行列演算に伴う演算量を削減している。但し、初回は受信した信号のレプリカが生成できないため、受信データベクトル(R)がそのままキャンセル部114を通過することとなる。

40

【0 0 8 1】

キャンセル部114を経由した信号は、信号等化・分離部115に入力され周波数領域の信号を用いて等化处理が行われる。繰り返し処理を行う場合、この信号等化・分離部115では、キャンセル部114の出力(Q)に対し送信データベクトル毎の受信信号のレプリカを加算した信号に対する等化处理が行われる。ここで、本発明による空間・スペクトルマッピングが行われた場合に信号等化・分離部115での等化対象となる送信データベクトルとは、通常のシングルユーザMIMOやマルチユーザユーザMIMOにおける送信データ列、つまり送信アンテナ毎や移動局装置毎の送信データ列のことを指しているのではなく、実際に同一スペクトルに多重された2つの信号を送信元とは無関係に分離したものを全スペクトルにわたってまとめたデータ列を示している。

50

【 0 0 8 2 】

例えば、図 7 に示すような空間・スペクトルマッピングが行われたとする。このときの送信信号に対して、基地局装置 5 1 0 の信号等化・分離部 1 1 5 での等化対象となる送信データベクトルは、斜線を引いたブロック B 1、B 2、B 3、B 4 で表される信号列と、白色のブロック B 5、B 6、B 7、B 8 で表される信号列の 2 つとなる。このように、本実施の形態における信号等化・分離部 1 1 5 では、複数のユーザの各アンテナから送信される信号が混在した図 7 に示すような 2 つの信号列がそれぞれ 1 本のアンテナから送信された信号であるかのように仮想的に扱い、各信号列に対する等化処理が別々に行われることとなる。ここで、ユーザ 1 とは移動局番号が 1 番の移動局装置 5 1 0 を表し、アンテナ 1 とはアンテナ番号が 1 番のアンテナを表す。ユーザ 2、アンテナ 2 も、同様である。

10

【 0 0 8 3 】

ここでは、このような 2 つの仮想的な信号列をそれぞれ擬似送信データベクトル 1 (図 7 の斜線を引いた信号列 B 1 ~ B 4 で、S' の上半分に対応) と擬似送信データベクトル 2 (図 7 の白色の信号列 B 5 ~ B 8 で、S' の下半分に対応) と呼ぶ。但し、初回の処理では受信信号のレプリカが生成できないため、何も減算されずキャンセル部 2 0 0 を通過した信号に対する等化処理が行われることとなる。先に述べたように、本実施の形態における等化処理は、擬似送信データベクトル 1、2 (図 7 の斜線と白色で区別したブロックで表される 2 つの信号列) に対してそれぞれ行われるため、(3) 式で表される受信データベクトルと (4) 式で表される仮想伝搬路行列、及び擬似送信データベクトル 1、2 に対する伝搬路行列 T_1 、 T_2 を用いて演算が行われる。

20

【 0 0 8 4 】

ここで、 T_1 は擬似送信データベクトル 1 を、 T_2 は擬似送信データベクトル 2 をそれぞれ等化する場合に用いる、各送信データベクトルがそれぞれ 1 本のアンテナから送信された信号であると仮定して生成される仮想的な伝搬路行列であり、仮想伝搬路行列の一部であることから、以下、「部分仮想伝搬路行列」という。これらの部分仮想伝搬路行列は、伝搬路推定部 1 1 2、1 1 3 で得られた送受信アンテナの組み合わせ毎の伝搬路推定値を、スペクトルマッピング情報を基にマッピングすることにより得られ、本実施の形態では伝搬路再構成部 1 4 5 において生成される。

【 0 0 8 5 】

【 数 1 4 】

30

$$\mathbf{E}_{T1} = \begin{bmatrix} \mathbf{E}_{13} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{E}_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{E}_{11} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{E}_{11} \\ \mathbf{E}_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{E}_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{E}_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{E}_{21} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\mathbf{E}_{T2} = \begin{bmatrix} \mathbf{E}_{14} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{E}_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{E}_{14} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{E}_{12} \\ \mathbf{E}_{24} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \mathbf{E}_{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \mathbf{E}_{24} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \mathbf{E}_{22} \end{bmatrix} \quad (7)$$

40

【 0 0 8 6 】

ここで、伝搬路再構成部 1 4 5 の動作について示す。伝搬路再構成部 1 4 5 には、各受信アンテナから伝搬路推定情報が入力される。入力される情報は、各送信アンテナと各受信アンテナのサブキャリア毎の伝搬路応答である。本実施形態では、同時に処理する必要

50

のある送信アンテナ数を4（ユーザ数2×アンテナ数2）、受信アンテナ数2、サブキャリア数4としているため、総計32個の周波数応答が入力される。アンテナ100に接続される伝搬路推定部112から入力される伝搬路情報 r_1 は(8)式、アンテナ101に接続される伝搬路推定部113から入力される伝搬路情報 r_2 は(9)式で表現することができる。（ただし、ユーザ1の送信アンテナを送信アンテナ1、2、ユーザ2の送信アンテナをアンテナ3、4と表記している。）

【0087】

【数15】

$$E_{r1} = \begin{bmatrix} E_{11}(1) & E_{11}(2) & E_{11}(3) & E_{11}(4) \\ E_{12}(1) & E_{12}(2) & E_{12}(3) & E_{12}(4) \\ E_{13}(1) & E_{13}(2) & E_{13}(3) & E_{13}(4) \\ E_{14}(1) & E_{14}(2) & E_{14}(3) & E_{14}(4) \end{bmatrix} \dots (8)$$

10

$$E_{r2} = \begin{bmatrix} E_{21}(1) & E_{21}(2) & E_{21}(3) & E_{21}(4) \\ E_{22}(1) & E_{22}(2) & E_{22}(3) & E_{22}(4) \\ E_{23}(1) & E_{23}(2) & E_{23}(3) & E_{23}(4) \\ E_{24}(1) & E_{24}(2) & E_{24}(3) & E_{24}(4) \end{bmatrix} \dots (9)$$

【0088】

伝搬路再構成部145では、仮想伝搬路行列と部分仮想伝搬路行列 T_1 、 T_2 を生成する。最初に仮想伝搬路行列の生成方法について説明する。マッピング情報、即ち、図8に示すアンテナ毎のサブキャリアの使用状況に応じて、(8)式、(9)式に対して施すマスキングベクトルMVを生成する。マスキングベクトルMVは使用する箇所を1、使用しない箇所を0で示したものであり、図8に対応するマスキングベクトルMVは(10)式で示される。

20

【0089】

【数16】

$$MV = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \dots (10)$$

30

行列における各要素間の積演算を「 \cdot 」で表すと、

$$E_{r1} \cdot MV = \begin{bmatrix} 0 & 0 & E_{11}(3) & E_{11}(4) \\ 0 & E_{12}(2) & 0 & E_{12}(4) \\ E_{13}(1) & E_{13}(2) & 0 & 0 \\ E_{14}(1) & 0 & E_{14}(3) & 0 \end{bmatrix} \dots (11)$$

$$E_{r2} \cdot MV = \begin{bmatrix} 0 & 0 & E_{21}(3) & E_{21}(4) \\ 0 & E_{22}(2) & 0 & E_{22}(4) \\ E_{23}(1) & E_{23}(2) & 0 & 0 \\ E_{24}(1) & 0 & E_{24}(3) & 0 \end{bmatrix} \dots (12)$$

40

【0090】

行列Aの0成分を取り除き、上詰めを行う演算をDOU(A)とし、(11)式、(12)式に対して、この演算を施すと、

【0091】

【数 1 7】

$$D0U(\Xi_{r1} * \mathbf{MV}) = \begin{bmatrix} \Xi_{13}(1) & \Xi_{12}(2) & \Xi_{11}(3) & \Xi_{11}(4) \\ \Xi_{14}(1) & \Xi_{13}(2) & \Xi_{14}(3) & \Xi_{12}(4) \end{bmatrix} \dots (13)$$

$$D0U(\Xi_{r2} * \mathbf{MV}) = \begin{bmatrix} \Xi_{23}(1) & \Xi_{22}(2) & \Xi_{21}(3) & \Xi_{21}(4) \\ \Xi_{24}(1) & \Xi_{23}(2) & \Xi_{24}(3) & \Xi_{22}(4) \end{bmatrix} \dots (14)$$

【 0 0 9 2】

(13)式、(14)式の各行ベクトルを使用して4×4の正方行列に対して対角化を行い((13)式の1行を対角化した例を行列(15)に示す。)、同じ式から出来た正方行列を列方向に連結し4×8の行列を作り((13)式から生成され対角行列を連結した例を行列(16)に示す。)、その連結された行列を行方向に連結すると、仮想伝搬路行列が算出される。

10

【 0 0 9 3】

【数 1 8】

$$\begin{bmatrix} \Xi_{13}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{12}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{11}(3) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{11}(4) \end{bmatrix} \dots (15)$$

$$\begin{bmatrix} \Xi_{13}(1) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{14}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{12}(2) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{13}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{11}(3) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{14}(3) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{11}(4) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{12}(4) \end{bmatrix} \dots (16)$$

20

$$\Xi = \begin{bmatrix} \Xi_{13}(1) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{14}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{12}(2) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{13}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{11}(3) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{14}(3) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{11}(4) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{12}(4) \\ \Xi_{23}(1) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{24}(1) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{22}(2) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{23}(2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{21}(3) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{24}(3) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{21}(4) & 0 & 0 & 0 & \Xi_{22}(4) \end{bmatrix} \dots (17)$$

この三の左半分の8×4の行列、右半分の8×4の行列が部分仮想伝搬路行列となる。

30

【 0 0 9 4】

【数 1 9】

$$\Xi_{r1} = \begin{bmatrix} \Xi_{13} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{12} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{11} & 0 \\ \Xi_{23} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{22} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{21} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{21} \end{bmatrix} \dots (18)$$

40

$$\Xi_{r2} = \begin{bmatrix} \Xi_{14} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{13} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{14} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{12} \\ \Xi_{24} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \Xi_{23} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \Xi_{24} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{22} \end{bmatrix} \dots (19)$$

【 0 0 9 5】

50

ここでは、仮想伝搬路行列を生成する際、順次、行列を変形して算出する例を示したが、 r_1 、 r_2 をメモリに収納し、マッピング情報にあわせて、メモリの呼び出し順序を変更することで、仮想伝搬路行列を生成することも可能である。

また、繰り返し処理時には、(3)式に示す受信データベクトルの代わりに(2)式で示すキャンセル後の残差(Q)と、時間領域のレプリカをDFT部137~140において周波数領域に変換し空間・スペクトルマッピング部141においてマッピングしてから擬似送信データベクトル毎にIDFT部142、143において再度時間領域へ変換した信号も用いて等化处理が行われる。ここで、IDFT部142、143への入力となる擬似送信データベクトル1,2のレプリカはそれぞれ以下の式で表される。但し、 S'_{T1} は擬似送信データベクトル1(図7の斜線の信号列B1~B4)を、 S'_{T2} は擬似送信データベクトル2(図7の白色の信号列B5~B8)をそれぞれ表している。本実施の形態による基地局装置510では、これらのレプリカを用いて擬似送信データベクトル毎の受信信号を再構成して、それぞれMSE規範に基づく等化处理を(22)式を用いて行う。

【0096】

【数20】

$$s'_{T1} = \begin{bmatrix} S'_3(1) \\ S'_2(2) \\ S'_1(3) \\ S'_1(4) \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$s'_{T2} = \begin{bmatrix} S'_4(1) \\ S'_3(2) \\ S'_4(3) \\ S'_2(4) \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$z_{Tn} = (1 + \gamma_{Tn} \delta_{Tn})^{-1} [\gamma_{Tn} s'_{Tn} + \mathbf{F}^H \mathbf{\Psi}_{Tn} \mathbf{Q}] \quad (22)$$

【0097】

但し、 γ_{Tn} 、 δ_{Tn} はタップ係数の演算によって表れる実数、 γ_{Tn} も同様にタップ係数の演算によって表れるDFTブロック長のサイズを有する複素正方形行列、 z_{Tn} は信号等化・分離部115から出力される擬似送信データベクトル毎の信号である。また、添え字Tnのnは擬似送信データベクトルの番号と対応しており、本実施の形態では1と2が入る。

このように、複数の送信アンテナから送信される信号が混在した信号を擬似送信データとして扱うことにより、本発明による空間・スペクトルマッピングを行った場合にも(22)式を用いた等化处理を行うことができ、信号等化・分離部115からは時間領域における等化後の信号が擬似送信データ毎に出力される。

【0098】

擬似送信データベクトル毎に等化された信号は、次に、DFT部116、117に入力され周波数領域の信号に変換された後、空間・スペクトルデマッピング部118に入力される。但し、DFT部116には等化後の擬似送信データベクトル1(図7の斜線の信号列B1~B4)が、DFT部117には等化後の擬似送信データベクトル2(図7の白色の信号列B5~B8)が入力される。この空間・スペクトルデマッピング部118では、使用スペクトルマッピング情報に基づいて、各ユーザの各送信アンテナから送信された信号をまとめるデマッピングが行われる。本実施の形態では、2ユーザから合計4つの送信アンテナを用いて信号が送信されているため、この空間・スペクトルデマッピング部118では4つの信号列にまとめられる。

【0099】

10

20

30

40

50

そして、IDFT部119～122において、空間及びスペクトル方向にデマッピングされた各信号列が時間領域の信号に変換される。このような構成とすることにより、本発明による空間・スペクトルマッピングされた複数の信号列を、各送信アンテナから送信された信号列毎にまとめ、IDFT処理することができる。そして、P/S変換部123、124においてユーザ毎のシリアル信号に変換され、復調及び復号処理が行われる。ここで、P/S変換部123、124までの処理はOFDMシンボル単位で行われるが、それ以降の処理、特に復号処理は誤り訂正符号化された単位（通常、パケットまたはフレーム単位）での処理が行われる。

【0100】

復号部127、128では誤り訂正された受信データの信頼性を表すLLR（LogLikelihood Ratio：対数尤度比）が算出され、この対数尤度比LLRが入力された繰り返し制御部129、130では予め決められた回数の繰り返し処理が行われたか否かの判断を行い、決められた回数だけ繰り返し処理が行われた場合には対数尤度比LLRを判定部131、132へ出力する。逆に、繰り返し処理の回数が決められた回数に満たない場合には、対数尤度比LLRをレプリカ生成部133、134へ出力し、受信信号のレプリカ生成処理に移る。また、CRC（Cyclic Redundancy Check：巡回冗長検査）符号の利用を前提とすれば、繰り返し制御部129、130は、受信データのCRCチェックを行い、誤りが検出されなかったときに、繰り返し処理を終了するようにしてもよい。

【0101】

レプリカ生成部133、134では、各ビットの対数尤度比LLRに応じた信号レプリカ（送信信号のレプリカ）がそれぞれ生成され、S/P変換部135、136を経て、DFT部137～140において各送信アンテナから送信された信号の周波数領域のレプリカにそれぞれ変換される。先に、復調以降の処理はパケットまたはフレーム単位で行われると述べたが、このDFT部137～140からの処理は再びOFDMシンボル単位で行われることとなる。

【0102】

このように生成された周波数領域の信号レプリカは、次に、使用スペクトル決定部146から通知されるマッピング情報に基づいて、空間・スペクトルマッピング部141において送信側と同様の本発明によるマッピングが行われる。そして、空間・スペクトルマッピングされたレプリカ（ S' ）は、信号等化・分離部115と伝搬路乗算部144へそれぞれ入力される。空間・スペクトルマッピング後のレプリカ（ S' ）を入力された信号等化・分離部115では、先に述べたように、このレプリカを用いて擬似送信データベクトル1及び2の受信信号を再構成して、それぞれの擬似送信データベクトルの等化処理に用いる。また、伝搬路乗算部144では、キャンセル部114で受信信号との減算に用いる受信信号のレプリカを生成するために、空間・スペクトルマッピング後のレプリカにそのマッピングを考慮した仮想伝搬路行列（(17)式の）を乗算する。そして、伝搬路乗算部144から出力される受信信号のレプリカ（ S' ）はキャンセル部114に入力され、先に述べた(2)式の減算が行われる。

【0103】

本実施の形態による基地局装置510では、以上のような、レプリカのキャンセル、等化、空間・スペクトルデマッピング、復号、レプリカ生成といった処理を繰り返すことにより、復号されたビットの信頼性を徐々に向上させていく。そして、予め決められた繰り返し回数の処理を行った後に、判定部131、132においてビットの硬判定が行われ、送信データが再生されることとなる。このような受信装置構成とすることにより、複数のユーザにより空間・スペクトルマッピングされた信号をそれぞれ分離し、各送信データを復号することができる。

【0104】

また、本実施の形態による基地局装置では、干渉電力推定部147が備えられており、他セル等から到来する未知の干渉信号の電力を各送信アンテナのサブキャリア毎に測定し、使用スペクトル決定部146での(1)式の計算（ $m(k)$ として）に用いられるこ

10

20

30

40

50

ととなる。さらに、使用スペクトル決定部 146 は、第 1 の実施形態において図 1 にて示した制御フローで、各移動局装置 500 または 501 の各アンテナからの送信に用いるサブキャリアを決定する。使用スペクトル決定部 146 は、この決定したサブキャリアの指定を表すマッピング情報を送信部 148 に出力し、送信部 148 は、このマッピング情報を、第 1 の実施形態に示した移動局装置 500 または 501 に送信する。

【0105】

また、以上の等化処理では、初回だけでなく 2 回目以降の処理においても図 7 に示す 2 つの擬似送信データベクトルに対する等化を行うものとしていたが、これとは異なり、2 回目以降は各送信アンテナから送信された信号列を（擬似）送信データベクトルとして扱う等化処理を行うものとしてもよい。但し、この場合には 4 つの（擬似）送信データベクトルに対する等化処理が行われることとなり、116 や 117 の DFT 部と 142、143 の IDFT 部がそれぞれ 4 つずつ必要となる。また、部分仮想伝搬路行列 (T_1 、 T_2) も、送信データベクトルをどのように扱うかに応じて生成し直すことが必要となる。さらに、初回の処理から常に、4 つの送信データベクトルに対する等化を行う構成としてもよく、この場合の各送信データベクトルは、各送信アンテナから送信されるそれぞれの信号列となる。但し、この場合にも (22) 式の演算を 4 回行う必要がある。

【0106】

また、図 6 とは異なる構成を有する基地局装置 511 の構成を示す概略ブロック図を図 9 に示す。但し、図 6 と同一のブロックには同一の番号を付している。図 9 に示す基地局装置 511 は、図 6 に示す基地局装置 510 から DFT 部 116、117 と IDFT 部 142、143 が削除された構成となっている。これは、信号等化・分離部 115 への入力を時間領域の信号とするか、周波数領域の信号とするかの違いであり、図 9 に示すように周波数領域のレプリカ等を入力して MMS E 規範に基づく等化処理を行ってもよい。

【0107】

第 1 の実施形態に示す送信装置では、符号化されたビットに対するインターリーブを行うブロックが、第 2 の実施形態に示す受信装置では復調されたビットに対するデインターリーブを行うブロックが記載されていなかったが、これらのブロックを追加することにより更に良好な特性が得られる。これは、インターリーブを行うことにより、受信時における各符号ビットの確率密度関数をガウス分布に近づけることができ、本来ガウス分布である前提で理論解析されているターボ等化技術の信頼性が向上するためである。

【0108】

[第 3 の実施形態]

第 1 と第 2 の実施形態では、各サブキャリアに多重される信号が必ず 2 つとなるような制限のある空間・スペクトルマッピングを行った場合の例について示した。これらの実施形態にて述べたように、受信側での処理により互いに干渉となる信号を除去できる場合には、各送信側が、アンテナ毎に自身の伝搬路変動のみを考慮して独立にスペクトルのマッピングを行ってもよい。以下の形態では、そのように多重される信号数に制限がなく、それぞれ使用するスペクトルを各送信アンテナが独立に決定するマッピング方法について示す。

【0109】

本実施形態を実現する際の使用するサブキャリアを決定するフローを図 10 に示す。図 1 と同じ処理には同じ番号を付している。図 1 との違いはステップ S4 の処理が削除されていることである。これは、ひとつのサブキャリアに多重される信号数に関する制限をなくしたことに起因している。このような手順により送信アンテナ毎に使用スペクトルを決定することにより、これまでの実施形態におけるマッピングを行った場合と比較して、更に柔軟で高い選択ダイバーシチ効果が得られるマッピングが実現できる。

【0110】

ここで、簡単のため使用するサブキャリア数を 6 とし、それぞれ 2 本の送信アンテナを有する 2 ユーザに対して図 10 に示す制御フローによりマッピングが行われた場合の送信アンテナと使用スペクトルの関係の一例を図 11 に示す。次に、このような空間・スペク

トルマッピングが行われた信号を受信する基地局装置 5 1 2 の構成を示す概略ブロック図を図 1 2 に示す。但し、図 9 と同一のブロックには同一の番号を付している。本実施形態による図 1 0 の制御フローを用いて空間・スペクトルマッピングを行う場合には、図 1 1 に示すように、最大 4 アンテナから同一スペクトルを用いた送信が行われることとなるため、本実施の形態における基地局装置 5 1 2 は、4 つの受信系統（アンテナ部 1 0 0 ~ D F T 部 1 1 0、アンテナ部 1 0 1 ~ D F T 部 1 1 1、アンテナ部 3 1 0 ~ D F T 部 3 2 0、アンテナ部 3 1 1 ~ D F T 部 3 2 1）を有し、最大 4 つ多重された信号を分離可能な構成となっている。また、図 9 の構成に比べ、伝搬路推定部（伝搬路推定部 3 2 2、3 2 3）も追加され、4 つとなっている。

【 0 1 1 1 】

このような基地局装置 5 1 2 の各ブロックの動作は第 2 の実施形態において示した基地局装置 5 1 0、5 1 1 の動作とほぼ同じであるが、本実施の形態による空間・スペクトルマッピングが行われた信号を信号等化・分離部 3 0 0 において等化处理する際の対象となる（擬似）送信データベクトルは、各送信アンテナから送信された信号列となる。これは、図 1 3 に示すように、斜線を引いたブロック B 9、B 1 0、B 1 1、白色のブロック B 1 2、B 1 3、B 1 4、縦線を引いたブロック B 1 5、B 1 6、B 1 7、網掛けのブロック B 1 8、B 1 9、B 2 0 でそれぞれ表される 4 つの信号列のことを指している。

【 0 1 1 2 】

信号等化・分離部 3 0 0 ではこれらの送信データベクトルに対して、第 2 の実施形態で述べた等化处理と同様の処理を行う。繰り返し処理においては、キャンセル部 2 0 0 において全受信信号から送信側でのマッピングを考慮して生成された全受信信号のレプリカを減算した結果と、各送信データベクトルのレプリカ及び各送信データベクトルが受けた伝搬路変動（部分仮想伝搬路行列）から再構成された各送信データベクトルの受信信号レプリカとを用いて等化处理が行われる。

【 0 1 1 3 】

このような等化处理後の信号は各送信アンテナから送信された信号列として出力されるため、既に空間的にはデマッピングされているものとなり、スペクトルデマッピング部 3 0 1 では、マッピング情報を基にそれらの信号列（送信データベクトル）毎にスペクトルのデマッピングが行われる。また、誤り訂正後のビットの対数尤度比 L L R から送信信号のレプリカを作成する際においても、D F T 部 2 1 3 ~ 2 1 6 を経由してスペクトルマッピング部 3 0 2 に入力される信号は各送信アンテナから送信された信号列（送信データベクトル）となっているため、スペクトルマッピング部 3 0 2 では空間的なマッピングについては考慮せず、各送信データベクトルに対してスペクトルのマッピングについてのみ行えばよい。

このように、基地局装置 5 1 2 の構成とすることにより、本実施の形態による制御フローにより送信アンテナ毎に独立に使用スペクトルを決定する場合にも、各送信データベクトルを分離しそれぞれのデータを復号することができる。

【 0 1 1 4 】

[第 4 の実施形態]

第 1、2、3 の実施形態の基地局装置 5 1 0、5 1 1、5 1 2 では送受信アンテナ間の周波数応答で生成される伝搬路行列に R a n k 落ちがない状態、即ち、送信ストリーム数に対して、受信アンテナ数が同じかそれより多い場合について示したが、ここでは R a n k 落ちの状態、即ち、送信ストリーム数に対して、受信アンテナ数が少ない状態での復調方法について示す。ただし、送信ユーザ数、各ユーザの送信アンテナ数、使用サブキャリア位置及び数は第 3 の実施形態で示したものと同一である。受信アンテナ数は 2 とする。

【 0 1 1 5 】

データはパケット構成であるとし、複数のシンボルで 1 パケットが構成されたとする。

誤り訂正符号化は、ユーザ毎に 1 パケット単位で行われ、1 シンボルで各送信アンテナ系列から 3 データずつ、計 6 つのデータが送信される場合を想定している。各送信アンテナにおいては、1 シンボルで 3 サブキャリア使用する。

10

20

30

40

50

送信されるとき送信アンテナと使用サブキャリアの関係を図14に示す。送信信号が周波数変換されたデータを $S_{x-y}(p)$ で表す。送信信号の周波数ベクトル S_{x-y} は送信信号の時間ベクトル D_{x-y} を周波数変換したデータである。xはユーザ番号、yはアンテナ番号である。pはデータのインデックスを示す自然数である。周波数領域での送信信号ベクトル S_1 、 S_2 を図14の配置に基づき(23)式、(24)式で定義する。

【0116】

【数21】

$$S_1 = \begin{bmatrix} S_{1-1}(3p-2) \\ 0 \\ S_{1-1}(3p-1) \\ 0 \\ 0 \\ S_{1-1}(3p) \\ S_{1-2}(3p-2) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ S_{1-2}(3p-1) \\ S_{1-2}(3p) \end{bmatrix} \quad \dots (23)$$

10

$$S_2 = \begin{bmatrix} 0 \\ S_{2-1}(3p-2) \\ S_{2-1}(3p-1) \\ 0 \\ 0 \\ S_{2-1}(3p) \\ S_{2-2}(3p-2) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ S_{2-2}(3p-1) \\ S_{2-2}(3p) \end{bmatrix} \quad \dots (24)$$

20

【0117】

送信アンテナn(便宜上ユーザ2の送信アンテナ1、2はそれぞれ3、4とする)、受信アンテナj、サブキャリア番号をkとし、サブキャリア毎の周波数応答を $H_{jn}(k)$ と表すと、ユーザ毎の伝搬路行列は H_1 、 H_2 は(25)式、(26)式で定義される。また、このような場合、受信機で受信される周波数領域のデータRは、(27)式で表される。

30

【0118】

【数 2 2】

$$\begin{aligned}
 \Xi 1 &= \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & 0 & 0 & \Xi_{12}(1) & 0 & 0 \\ & \Xi_{11}(3) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \Xi_{11}(6) & \Xi_{12}(1) & \Xi_{12}(6) \\ \Xi_{21}(1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \Xi_{21}(3) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Xi_{22}(5) \\ & \Xi_{21}(6) & 0 & 0 & \Xi_{22}(5) & \Xi_{22}(6) \end{bmatrix} \dots (25) \\
 \Xi 2 &= \begin{bmatrix} 0 & \Xi_{13}(2) & 0 & \Xi_{14}(1) & 0 & 0 \\ & \Xi_{13}(3) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \Xi_{14}(5) \\ \Xi_{23}(1) & 0 & \Xi_{13}(6) & \Xi_{24}(1) & \Xi_{14}(6) & 0 \\ & \Xi_{23}(2) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & \Xi_{23}(3) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \Xi_{24}(5) & \Xi_{24}(6) \end{bmatrix} \dots (26)
 \end{aligned}$$

10

ただし、送信時に使用されないサブキャリアの周波数応答は0としている。

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} R_1(1) \\ R_1(2) \\ R_1(3) \\ R_1(4) \\ R_1(5) \\ R_1(6) \\ R_2(1) \\ R_2(2) \\ R_2(3) \\ R_2(4) \\ R_2(5) \\ R_2(6) \end{bmatrix} = \Xi 1 \mathbf{S} 1 + \Xi 2 \mathbf{S} 2 \dots (27)$$

20

【 0 1 1 9】

ここで $R_j(k)$ において、 j は受信アンテナ番号、 k はサブキャリア番号を示している。ただし、説明を簡単にするためノイズに関する表記は省略している。

30

伝搬路行列 1 と 2 の要素を入れ替えることにより同じオーダーの仮想伝搬路行列を生成することが可能な場合、即ち、Rank 落ちがない が生成できる場合は、第 2 の実施形態で示した方法でデータを復調することが可能であるが、本実施形態のように 1 と 2 の要素を入れ替えることで Rank 落ちがない伝搬路行列を生成できない場合は、第 2 の実施形態で示した方法ではデータを復調することができない。Rank 落ちがない伝搬路行列を生成できない理由は、1つのサブキャリアに対し、受信アンテナ数より多いストリームを同時に送信しているからである。即ち、サブキャリア 1 あるいは 6 がその要因に該当する。

【 0 1 2 0】

次にこのような状態で送信されたデータを復調することが可能な基地局装置 5 1 3 の実施形態について説明する。

40

図 1 5 は本実施形態における基地局装置 5 1 3 の構成を示す概略ブロック図である。ただし、説明を簡素化するため、受信に必要なブロックのみを示しており、更に基地局装置 5 1 3 において最初に受信データを周波数変換した後のブロックだけを示している。また、図 9 と同じ番号を付したブロックは同じ機能を有する。図 9 との差異は、信号等化・分離部が信号等化・分離部 2 0 1 - 1、2 0 1 - 2 の 2 つになっていることである。また、空間・スペクトルデマッピング部 1 1 8 が異なる機能を有するため空間・スペクトルデマッピング部 5 0 0 としている。等化处理は M M S E 処理を前提とする。この M M S E 等化处理に必要な信号は、受信信号からレプリカ信号を減算した残差信号、送受信アンテナ間の伝搬路行列、希望アンテナ(データを算出したいアンテナ)からの伝搬路行列

50

n_T (部分伝搬路行列)、希望信号を再構築するためのレプリカ信号 S' (周波数領域のデータ)が必要となる。

【0121】

基地局装置 513 の最初の信号等化・分離部 201-1、201-2 が 2 つになる理由は、伝搬路行列が Rank 落ちであることを前提としているので、複数の処理が必要になるためである。以後、2 系統ある処理を区別するため、片側を処理系統 1、もう一方を処理系統 2 と称する。

受信信号処理は基本的に図 9 で示したものと同様であるが、本実施形態での異なる処理を加えて簡単に説明する。ただし、各送受信アンテナ間の周波数応答は何らかの方法を用いて算出されているものとする。

10

【0122】

受信された信号はシンボル単位で周波数変換されキャンセル部 114 に入力される。この信号が (27) 式で示されるものである。基地局装置 513 では先の実施形態と同様、パケット単位 (誤り訂正符号化が施される単位) で繰り返し処理が行われるが、最初の処理ではレプリカは作成されていないため、伝搬路乗算部 144 の出力は 0 である。2 回目以降の処理では、各データの対数尤度比 LLR によって算出される送信信号のレプリカが生成されているため、受信信号からレプリカ信号が減算される。送信信号のレプリカが完全に再現された場合、減算後の信号はノイズのみとなる。

【0123】

信号等化・分離部 201-1、201-2 では、受信信号を 2 つの処理系統に分けて処理を行う。即ち処理系統 1、信号等化・分離部 201-1 では図 16A に示すように符号 K_1 または K_2 を付された信号のみが送信され、処理系統 2、信号等化部・分離部 201-2 では図 16B に示すように符号 K_3 または K_4 を付された信号のみが送信されたとして扱う。従って、それぞれの処理系統では、図 16A または図 16B において符号が付されていない信号はノイズとして扱われることになる。

20

それぞれの処理系統で対象とされる擬似的な送信データベクトルを S_{s1} 、 S_{s2} とすると、それぞれ (28)、(29) 式で表され、それぞれの擬似送信データベクトルに対応する仮想伝搬路行列 s_1 、 s_2 はそれぞれ以下の (30) 式、(31) 式のようになる。

【0124】

30

【 0 1 2 7 】

【 数 2 5 】

$$\mathbf{E}_{r1} = \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & \Xi_{11}(2) & \Xi_{11}(3) & \Xi_{11}(4) & \Xi_{11}(5) & \Xi_{11}(6) \\ \Xi_{12}(1) & \Xi_{12}(2) & \Xi_{12}(3) & \Xi_{12}(4) & \Xi_{12}(5) & \Xi_{12}(6) \\ \Xi_{13}(1) & \Xi_{13}(2) & \Xi_{13}(3) & \Xi_{13}(4) & \Xi_{13}(5) & \Xi_{13}(6) \\ \Xi_{14}(1) & \Xi_{14}(2) & \Xi_{14}(3) & \Xi_{14}(4) & \Xi_{14}(5) & \Xi_{14}(6) \end{bmatrix} \dots (32)$$

$$\mathbf{E}_{r2} = \begin{bmatrix} \Xi_{21}(1) & \Xi_{21}(2) & \Xi_{21}(3) & \Xi_{21}(4) & \Xi_{21}(5) & \Xi_{21}(6) \\ \Xi_{22}(1) & \Xi_{22}(2) & \Xi_{22}(3) & \Xi_{22}(4) & \Xi_{22}(5) & \Xi_{22}(6) \\ \Xi_{23}(1) & \Xi_{23}(2) & \Xi_{23}(3) & \Xi_{23}(4) & \Xi_{23}(5) & \Xi_{23}(6) \\ \Xi_{24}(1) & \Xi_{24}(2) & \Xi_{24}(3) & \Xi_{24}(4) & \Xi_{24}(5) & \Xi_{24}(6) \end{bmatrix} \dots (33)$$

$$\mathbf{MV1} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \dots (34)$$

$$\mathbf{MV2} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \dots (35)$$

10

【 0 1 2 8 】

20

このMV1、MV2を基に第2の実施形態で示した処理と同じ操作をすることで、仮想伝搬路行列 s_1 、 s_2 を(30)、(31)式として算出することができる。ただし、0成分を削除する際、4列目の成分がなくなってしまうが、行列を縮退させることなく、0を保持するものとする。同様に部分仮想伝搬路行列(36)、(37)がMV1のマスキングに基づいて算出される。

本実施形態における信号等化・分離部201-1、201-2は擬似送信データベクトル S_{s1} 、 S_{s2} を対象としているため、 n_T が実際のアンテナからの情報とは異なるものになる。処理系統1では、 S_{s1} の上半分に配置される信号が同一のアンテナから送信されたとして処理され、 S_{s1} の下半分に配置される信号が同一のアンテナから送信されたとして処理される。以降、これらの信号対をそれぞれ、擬似送信データベクトル1、擬似送信データベクトル2と称する。従って信号等化・分離部201-1では(30)式に示す伝搬路行列 s_1 と擬似送信データベクトル1、2に対応した部分仮想伝搬路行列 n_{T1} と n_{T2} により、等化処理が行われる。部分仮想伝搬路行列 n_{T1} と n_{T2} は以下の式で表される。

30

【 0 1 2 9 】

【数 2 6】

$$\Xi_{nr1} = \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & & & & & & \\ & \Xi_{13}(2) & & & & & 0 \\ & & \Xi_{11}(3) & & & & 0 \\ & & & 0 & & & \Xi_{12}(5) \\ \Xi_{21}(1) & & & & & & \Xi_{11}(6) \dots (36) \\ & \Xi_{23}(2) & & & & & 0 \\ & & \Xi_{21}(3) & & & & 0 \\ & & & 0 & & & \Xi_{22}(5) \\ & & & & & & \Xi_{21}(6) \end{bmatrix}$$

10

$$\Xi_{nr2} = \begin{bmatrix} \Xi_{12}(1) & & & & & & \\ & 0 & & & & & 0 \\ & & \Xi_{13}(3) & & & & 0 \\ & & & 0 & & & \Xi_{14}(5) \\ \Xi_{22}(1) & & & & & & \Xi_{12}(6) \dots (37) \\ & 0 & & & & & 0 \\ & & \Xi_{23}(3) & & & & 0 \\ & & & 0 & & & \Xi_{24}(5) \\ & & & & & & \Xi_{24}(6) \end{bmatrix}$$

20

【 0 1 3 0】

同様に処理系統 2 では、S s 2 の上半分に配置される信号が同一のアンテナから送信されたとして処理され、S s 2 の下半分に配置される信号が同一のアンテナから送信されたとして処理される。以降、これらの信号対をそれぞれ、擬似送信データベクトル 3、擬似送信データベクトル 4 と称する。

また、部分仮想伝搬路行列 Ξ_{nr} は擬似送信データベクトル 1 から 4 それぞれで生成されるので、4 つの行列が伝搬路再構成部 1 4 5 で生成されることになる。

信号等化・分離部 2 0 1 - 1、2 0 1 - 2 ではレプリカ信号 S' が使用されるが、これも擬似送信データベクトル 1 から 4 を基準に生成される。信号等化・分離部 2 0 1 - 1 では、擬似送信データベクトル 1 のレプリカと、擬似送信データベクトル 2 のレプリカが使用される。信号等化・分離部 2 0 1 - 2 では、擬似送信データベクトル 3 のレプリカと、擬似送信データベクトル 4 のレプリカが使用される。

30

【 0 1 3 1】

図 1 6 A、図 1 6 B に信号等化・分離後の出力を、実際のユーザ・送信アンテナ・サブキャリアにマッピングして示す。図 1 6 A は信号等化・分離部 2 0 1 - 1、図 1 6 B は信号等化・分離部 2 0 1 - 2 の出力である。図中の K 1、K 2 などは擬似送信データベクトル 1 として処理される信号、擬似送信データベクトル 2 として処理される信号などを意味する。なお、網掛けされているデータは双方の系統から同時に出力されるデータである。

40

この K 1 から K 4 の信号は空間・スペクトルデマッピング部 5 0 0 において、送信時に行われたマッピングの逆の手順で IDFT 部 1 1 6、1 1 7、1 1 8、1 1 9 の入力にマッピングされる。マッピングを行う際、2 つの処理系統双方から出力されるデータ(図 1 6 A、図 1 6 B の網掛け)があるが、これらについては 2 つのデータの加算平均を取るものとする。また、どちらかの系統の出力を優先するという方法も考えられる。この双方の系統から同時に出力されるデータの処理が、空間・スペクトルデマッピング部 2 0 4 には必要なかった機能である。

また、繰り返し処理の 1 回目においては、干渉の影響が大きいと考えられる周波数成分を使用しないといった方法も考えられる。即ち、サブキャリア 1 あるいはサブキャリア 6 のようなサブキャリアの周波数成分を使用しないということを意味する。

50

【 0 1 3 2 】

図 1 7 に I D F T 部 1 1 6 から 1 1 9 に入力されるデータについて示す。図中の $K \times (y)$ における x は仮想アンテナ番号、 y は信号等化・分離部 2 0 1 - 1、2 0 1 - 2 出力時のサブキャリア番号を示している。また、 A が割り当てられている入力は加算処理が必要となるところで、加算の詳細については図に示している。

このように空間・スペクトルデマッピング部 5 0 0 で処理が行われた後、それぞれで I D F T 処理が行われ、復調部 1 2 2、1 2 3 で各データの対数尤度比 $L L R$ が算出される。この復調部 1 2 2、1 2 3 までの処理はシンボル単位で行われる。復号部 1 2 4、1 2 5 においては、通常、符号化が行われた単位で誤り訂正復号が行われる。この際には入力される対数尤度比 $L L R$ を元に復号処理が行われ、各データの対数尤度比 $L L R$ が更新され、更新された対数尤度比 $L L R$ は、繰り返し処理の最終回以外はレプリカ生成部 2 0 9、2 1 0 に入力される。繰り返し処理の最終回では、判定部 2 0 7、2 0 8 に出力される。

10

【 0 1 3 3 】

レプリカ生成部 2 0 9、2 1 0 により生成されたレプリカは、シンボル単位で D F T 部 2 1 3、2 1 4、2 1 5、2 1 6 に入力される。ユーザ 1 アンテナ 1 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s 1 - 1 (m)$ 、ユーザ 1 アンテナ 2 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s 1 - 2 (m)$ 、ユーザ 2 アンテナ 1 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s 2 - 1 (m)$ 、ユーザ 2 アンテナ 2 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s 2 - 2 (m)$ とする。ここで m はデータのインデックスである。D F T 部 2 1 3 から 2 1 6 には各レプリカが 3 つずつ入力される。D F T 部 2 1 3 から 2 1 6 の出力を図 1 8 に示す。 S' が周波数領域でのレプリカを意味し、添え字はユーザ番号とアンテナ番号を示す。

20

空間・スペクトルデマッピング部 2 1 7 では、送信に使用されたマッピングに従って、周波数領域のレプリカのデマッピングを行う。デマッピング後のデータを (2 3)、(2 4) 式と同じ形式で表すと (3 8)、(3 9) 式ようになる。この (3 8)、(3 9) 式のデータに (2 5)、(2 6) 式で示される伝搬路情報が乗せられキャンセルに使用されるレプリカ信号 R' が (4 0) 式により生成される。

【 0 1 3 4 】

【数 2 7】

$$S1 = \begin{bmatrix} S'_{1-1}(1) \\ 0 \\ S'_{1-1}(2) \\ 0 \\ 0 \\ S'_{1-1}(3) \\ S'_{1-2}(1) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ S'_{1-2}(2) \\ S'_{1-2}(3) \end{bmatrix} \dots (38)$$

10

$$S2 = \begin{bmatrix} 0 \\ S'_{2-1}(1) \\ S'_{2-1}(2) \\ 0 \\ 0 \\ S'_{2-1}(3) \\ S'_{2-2}(1) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ S'_{2-2}(2) \\ S'_{2-2}(3) \end{bmatrix} \dots (39)$$

20

【 0 1 3 5】

【数 2 8】

$$R' = \begin{bmatrix} R'_1(1) \\ R'_1(2) \\ R'_1(3) \\ R'_1(4) \\ R'_1(5) \\ R'_1(6) \\ R'_2(1) \\ R'_2(2) \\ R'_2(3) \\ R'_2(4) \\ R'_2(5) \\ R'_2(6) \end{bmatrix} = \Xi_1 S1 + \Xi_2 S2 \dots (40)$$

30

【 0 1 3 6】

40

キャンセル部 2 0 0 ではこの R ' が受信信号 R より減ぜられる。
 一方、空間・スペクトラムデマッピング部 5 0 0 では信号等化・分離部 2 0 1 - 1、2 で
 等化处理を行う際、必要となる擬似送信データベクトル毎のレプリカ信号 S_{s 1}' (4 1
) 式と S_{s 2}' (4 2) 式を作成する必要がある。

【 0 1 3 7】

【数 2 9】

$$S's1 = \begin{bmatrix} S'_{1-1}(1) \\ S'_{2-1}(1) \\ S'_{1-1}(2) \\ 0 \\ S'_{1-2}(2) \\ S'_{1-1}(3) \\ S'_{1-2}(1) \\ 0 \\ S'_{2-1}(2) \\ 0 \\ S'_{2-2}(2) \\ S'_{1-2}(3) \end{bmatrix} \dots (41)$$

10

$$S's2 = \begin{bmatrix} S'_{1-2}(1) \\ S'_{2-1}(1) \\ S'_{1-1}(2) \\ 0 \\ S'_{1-2}(2) \\ S'_{2-1}(3) \\ S'_{2-2}(1) \\ 0 \\ S'_{2-1}(2) \\ 0 \\ S'_{2-2}(2) \\ S'_{2-2}(3) \end{bmatrix} \dots (42)$$

20

【 0 1 3 8 】

S_{s1} の上半分が擬似送信データベクトル 1、下半分が擬似送信データベクトル 2 からの送信号に対応し、 S_{s2} の上半分が擬似送信データベクトル 3、下半分が擬似送信データベクトル 4 からの送信号に対応する。この信号に (36) 式で示されるような部分仮想伝搬路行列 n_T を乗ずることで等化处理に必要な希望信号が再構築される。

この実施形態に示す処理では、一部の信号成分をノイズとして扱う必要があるため、対数尤度比 LLR の算出精度が悪くなると考えられるが、誤り訂正による対数尤度比 LLR の改善効果を利用することで、繰り返し操作により、送信データを算出することが可能になる。また、各移動局装置、送信アンテナで最も品質の良いサブキャリアを使用できるため、干渉を除去できた場合には高い通信品質を得ることが可能になる。そして、サブキャリアに割り当てるストリーム数に制限が理論上はなくなるため、スケジューリングについても容易に行うことができる。

30

【 0 1 3 9 】

[第 5 の実施形態]

第 4 の実施形態では処理系統を 2 つに分離し、同時に繰り返し処理を行い対数尤度比 LLR の改善精度を向上させる方法を示したが、本実施形態では、繰り返し処理を逐次行う方法について示す。また、第 4 の実施形態では信号等化・分離部 201-1、201-2 では、ユーザデータに関連なく、擬似送信データベクトル対を生成したが、本実施形態では、基本的にユーザ毎アンテナ毎に擬似送信データベクトル対を生成する場合について示す。なお、本実施形態で示す逐次繰り返し処理を行う方法では、擬似送信データベクトル対をユーザ毎に設定する必然性はあるが、第 4 の実施形態において、擬似送信データベクトル対をユーザ毎に設定する方法を用いることは可能である。

40

【 0 1 4 0 】

本実施形態の前提条件は第 4 の実施形態と同じである。

図 19 は本実施形態における基地局装置 514 の構成を示す概略ブロック図である。ただし、説明を簡素化するため、受信に必要なブロックのみを示しており、更に基地局装置 514 において最初に受信データを周波数変換した後のブロックだけを示している。また

50

、図15と同じ番号を付したブロックは同じ機能を有する。図15との差異は、空間・スペクトルデマッピング部500が異なる機能を有するため空間・スペクトルデマッピング部501としていることと、空間・スペクトルマッピング部217が異なる機能を有するため空間・スペクトルマッピング部502としていることである。

【0141】

また、逐次処理なので信号等化・分離部201も1つになっている。等化処理については周波数領域のMMSE処理を前提とする。この等化処理に必要なとなる信号は、受信信号からレプリカ信号を減算した残差信号、送受信アンテナ間の伝搬路行列、希望アンテナ（データを算出したいアンテナ）からの伝搬路行列 \mathbf{h}_T （部分伝搬路行列）、希望信号を再構築するためのレプリカ信号 S' （周波数領域のデータ）が必要となる。なお、後述

10

【0142】

受信信号処理は基本的に図15で示したものと同様であるが、本実施形態での異なる処理を加えて簡単に説明する。ただし、各送受信アンテナ間の周波数応答は何らかの方法を用いて既に算出されているものとする。

受信された信号はシンボル単位で周波数変換されキャンセル部200に入力される。この信号が(27)式で示されるものである。基地局装置514では先の実施形態と同様、パケット単位（誤り訂正符号化が施される単位）で繰り返し処理が行われるが、最初の処理ではレプリカは作成されていないため、伝搬路乗算部220の出力は0である。2回目以降の処理では、各データの対数尤度比LLRによって算出される送信信号のレプリカが生成されているため、キャンセル部200により受信信号からレプリカ信号が減算される。送信信号のレプリカが完全に再現された場合、減算後の信号はノイズのみとなる。

20

【0143】

信号等化・分離部201では、受信信号を2種類に分けて処理を行う。即ち繰り返し処理の奇数回においては信号等化・分離部201では図20Aに示すように横線で示す情報（ユーザ1からの信号）のみが送信され、繰り返し処理の偶数回においては、信号等化部・分離部201では図20Bに示すように縦線で示す情報（ユーザ2からの信号）のみが送信されたとして扱う。ただし、サブキャリア3などでは、自由度が余っている（各処理システムで識別すべきデータが1つしかない）上に、干渉となる信号（縦横線の四角）が存在するので、その干渉信号はあいている自由度を利用して分離することとする。また、図20Aにおいてユーザ2のサブキャリア2の信号をノイズとして扱っているが、この信号も干渉信号として分離することも可能である。実際の処理イメージを図20C、20Dに示す。なお、網掛けの情報はノイズとして扱われることになる。

30

それぞれの繰り返し回数で対象とされる擬似的な送信データベクトルを S_{sod} （奇数回）、 S_{sev} （偶数回）とすると、それぞれ(43)、(44)式で表される。それぞれの擬似送信データベクトル S_{sod} 、 S_{sev} に対応する仮想伝搬路行列 \mathbf{s}_{od} 、 \mathbf{s}_{ev} はそれぞれ(45)、(46)式のようになる。

【0144】

40

【数 3 0】

$$\mathbf{Ssod} = \begin{bmatrix} S_{1-1}(3p-2) \\ 0 \\ S_{1-1}(3p-1) \\ 0 \\ S_{2-2}(3p-1) \\ S_{1-1}(3p) \\ S_{1-2}(3p-2) \\ 0 \\ S_{2-1}(3p-1) \\ 0 \\ S_{1-2}(3p-1) \\ S_{1-2}(3p) \end{bmatrix} \dots (43)$$

10

$$\mathbf{Ssev} = \begin{bmatrix} S_{1-2}(3p-2) \\ S_{2-1}(3p-2) \\ S_{2-1}(3p-1) \\ 0 \\ S_{1-2}(3p-1) \\ S_{2-1}(3p) \\ S_{2-2}(3p-2) \\ 0 \\ S_{1-1}(3p-1) \\ 0 \\ S_{2-2}(3p-1) \\ S_{2-2}(3p) \end{bmatrix} \dots (44)$$

20

【 0 1 4 5 】

【数 3 1】

$$\mathbf{Esod} = \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & & & & \Xi_{11}(1) & & & & \\ & 0 & & & 0 & & & & 0 \\ & & \Xi_{11}(3) & & & & \Xi_{11}(3) & & \\ & 0 & & 0 & & & 0 & & \Xi_{11}(5) \\ \Xi_{21}(1) & & & & \Xi_{11}(6) & & \Xi_{22}(1) & & \Xi_{14}(6) \\ & 0 & & & 0 & & 0 & & 0 \\ & & \Xi_{21}(3) & & & & \Xi_{21}(3) & & \\ & 0 & & 0 & & & 0 & & \\ & & & \Xi_{21}(5) & & & 0 & & \Xi_{24}(5) \\ & & & & \Xi_{11}(6) & & & & \Xi_{24}(6) \end{bmatrix} \dots (45)$$

30

$$\mathbf{Esev} = \begin{bmatrix} \Xi_{12}(1) & & & & \Xi_{14}(1) & & & & \\ & \Xi_{12}(2) & & & 0 & & \Xi_{11}(3) & & 0 \\ & & \Xi_{11}(3) & & & & 0 & & \\ & 0 & & 0 & & & \Xi_{12}(5) & & \Xi_{14}(5) \\ \Xi_{22}(1) & & & & \Xi_{11}(6) & & \Xi_{24}(1) & & \Xi_{14}(6) \\ & \Xi_{22}(2) & & & 0 & & 0 & & 0 \\ & & \Xi_{21}(3) & & & & \Xi_{12}(3) & & \\ & 0 & & 0 & & & 0 & & \\ & & & \Xi_{22}(5) & & & 0 & & \Xi_{24}(5) \\ & & & & \Xi_{21}(6) & & & & \Xi_{24}(6) \end{bmatrix} \dots (46)$$

40

【 0 1 4 6 】

この仮想伝搬路行列が、伝搬路再構成部 2 2 1 で生成される。そしてこの仮想伝搬路行列が、信号等化部・分離部 2 0 1 に繰り返し回数に応じて入力され、それぞれの場合において M M S E 等化され出力される。

伝搬路再構成部の動作を第 5 の実施形態と同様に説明する。各伝搬路推定部から入力される周波数応答の行列は、第 5 の実施形態と同様であり、(4 7)、(4 8) 式で表すことができる。また、マスキングベクトル M V が擬似送信データ系列に応じて 2 つ生成され M V 3、M V 4 とすると、これらは、(4 9)、(5 0) 式にて表される。

50

【 0 1 4 7 】

【 数 3 2 】

$$\Xi_{r1} = \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & \Xi_{11}(2) & \Xi_{11}(3) & \Xi_{11}(4) & \Xi_{11}(5) & \Xi_{11}(6) \\ \Xi_{12}(1) & \Xi_{12}(2) & \Xi_{12}(3) & \Xi_{12}(4) & \Xi_{12}(5) & \Xi_{12}(6) \\ \Xi_{13}(1) & \Xi_{13}(2) & \Xi_{13}(3) & \Xi_{13}(4) & \Xi_{13}(5) & \Xi_{13}(6) \\ \Xi_{14}(1) & \Xi_{14}(2) & \Xi_{14}(3) & \Xi_{14}(4) & \Xi_{14}(5) & \Xi_{14}(6) \end{bmatrix} \dots (47)$$

$$\Xi_{r2} = \begin{bmatrix} \Xi_{21}(1) & \Xi_{21}(2) & \Xi_{21}(3) & \Xi_{21}(4) & \Xi_{21}(5) & \Xi_{21}(6) \\ \Xi_{22}(1) & \Xi_{22}(2) & \Xi_{22}(3) & \Xi_{22}(4) & \Xi_{22}(5) & \Xi_{22}(6) \\ \Xi_{23}(1) & \Xi_{23}(2) & \Xi_{23}(3) & \Xi_{23}(4) & \Xi_{23}(5) & \Xi_{23}(6) \\ \Xi_{24}(1) & \Xi_{24}(2) & \Xi_{24}(3) & \Xi_{24}(4) & \Xi_{24}(5) & \Xi_{24}(6) \end{bmatrix} \dots (48)$$

$$MV3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \dots (49)$$

$$MV4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \dots (50)$$

10

【 0 1 4 8 】

このMV3、MV4を元に第2の実施形態で示した処理と同じ操作をすることで、仮想伝搬路行列 s_1 、 s_2 を(45)、(46)式として算出することができる。ただし、0成分を削除する際、(49)式の2列目や4列目において成分がなくなってしまうが、行列を縮退させることなく、0を保持するものとする。

20

第5の実施形態で示した(13)、(14)式に対してMV3では(51)、(52)式が得られ、MV4では(53)、(54)式が得られる。

【 0 1 4 9 】

【 数 3 3 】

$$DOU(\Xi_{r1} * MV3) = \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & 0 & \Xi_{11}(3) & 0 & \Xi_{12}(5) & \Xi_{11}(6) \\ \Xi_{12}(1) & 0 & \Xi_{13}(3) & 0 & \Xi_{14}(5) & \Xi_{12}(6) \end{bmatrix} \dots (51)$$

$$DOU(\Xi_{r1} * MV3) = \begin{bmatrix} \Xi_{21}(1) & 0 & \Xi_{21}(3) & 0 & \Xi_{22}(5) & \Xi_{21}(6) \\ \Xi_{22}(1) & 0 & \Xi_{23}(3) & 0 & \Xi_{24}(5) & \Xi_{22}(6) \end{bmatrix} \dots (52)$$

$$DOU(\Xi_{r1} * MV4) = \begin{bmatrix} \Xi_{12}(1) & \Xi_{13}(1) & \Xi_{11}(3) & 0 & \Xi_{12}(5) & \Xi_{13}(6) \\ \Xi_{14}(1) & 0 & \Xi_{13}(3) & 0 & \Xi_{14}(5) & \Xi_{14}(6) \end{bmatrix} \dots (53)$$

$$DOU(\Xi_{r1} * MV4) = \begin{bmatrix} \Xi_{22}(1) & \Xi_{23}(1) & \Xi_{21}(3) & 0 & \Xi_{22}(5) & \Xi_{23}(6) \\ \Xi_{24}(1) & 0 & \Xi_{23}(3) & 0 & \Xi_{24}(5) & \Xi_{24}(6) \end{bmatrix} \dots (54)$$

30

【 0 1 5 0 】

この(51)、(52)式において、ユーザ系列を優先するために、5列目の上下を入れ替える作業が必要になる。また、この(53)、(54)式において、ユーザ系列を優先するために、3列目の上下を入れ替える作業が必要になる。同様に部分仮想伝搬路行列(55)、(56)がMV3のマスキングに基づいて算出される。

40

本実施形態における信号等化・分離部201は同一ユーザ、同一アンテナのデータは出来るだけ同じアンテナから送信されたと認識できるように送信信号ベクトルを割り当てているが、分離の精度を高めるために一部、異なるアンテナから送信された信号を混在させている。そのため、結局送信データベクトルは擬似的なものとなる。従って、部分仮想伝搬路行列 n_T は実際のアンテナからの部分仮想伝搬路行列とは異なるものになる。

【 0 1 5 1 】

繰り返し回数が奇数では、S s o dの上半分に配置される信号が同一のアンテナから送信されたとして処理され、S s o dの下半分に配置される信号が同一のアンテナから送信

50

されたとして処理される。以降、これらの信号対をそれぞれ、擬似送信データベクトル 1 からの信号、擬似送信データベクトル 2 からの信号と称する。従って信号等化・分離部 201 では(45)式に示す仮想伝搬路行列 と、擬似送信データベクトル 1、2 に対応する部分仮想伝搬路行列 Ξ_{T1} と Ξ_{T2} により、等化处理が行われる。部分仮想伝搬路行列 Ξ_{T1} と Ξ_{T2} は以下の(55)、(56)式で表される。

【0152】

【数34】

$$\Xi_{T1} = \begin{bmatrix} \Xi_{11}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{11}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{11}(5) & \dots \\ \Xi_{21}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{21}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{21}(5) & \dots \\ \Xi_{31}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{31}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{31}(5) & \dots \\ \Xi_{41}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{41}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{41}(5) & \dots \end{bmatrix} \dots (55)$$

$$\Xi_{T2} = \begin{bmatrix} \Xi_{12}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{12}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{12}(5) & \dots \\ \Xi_{22}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{22}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{22}(5) & \dots \\ \Xi_{32}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{32}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{32}(5) & \dots \\ \Xi_{42}(1) & 0 & 0 & \dots \\ 0 & \Xi_{42}(3) & 0 & \dots \\ 0 & 0 & \Xi_{42}(5) & \dots \end{bmatrix} \dots (56)$$

10

20

【0153】

同様に繰り返し回数が偶数では、Ssevの上半分に配置される信号が同一のアンテナから送信されたとして処理され、Ssevの下半分に配置される信号が同一のアンテナから送信されたとして処理される。以降、これらの信号対をそれぞれ、擬似送信データベクトル 3、擬似送信データベクトル 4 と称する。

また、部分仮想伝搬路行列 Ξ_T は擬似送信データベクトル 1 から 4 に対して生成されるので、4つの行列が伝搬路再構成部 221 で生成されることになる。

【0154】

30

信号等化・分離部 201 ではレプリカ信号 S' 使用されるが、これも擬似送信データベクトルを基準に生成される。繰り返し回数が奇数のときの信号等化・分離部 201 では、擬似送信データベクトル 1 のレプリカと、擬似送信データベクトル 2 のレプリカが使用される。繰り返し回数が偶数のときの信号等化・分離部 201 では、擬似送信データベクトル 3 のレプリカと、擬似送信データベクトル 4 のレプリカが使用される。

【0155】

図 21A、図 21B に信号等化・分離後の出力を、実際のユーザ・送信アンテナ・サブキャリアにマッピングした例を示す。図 21A は繰り返し回数が奇数のときの信号等化・分離部 201、図 21B は繰り返し回数が偶数のときの信号等化・分離部 201 の出力である。図中の K1、K2 などは擬似送信データベクトル 1 として処理される信号、擬似送信データベクトル 2 として処理される信号などを意味する。なお、網掛けされているデータは廃棄される。

40

この K1 から K4 の信号は空間・スペクトルデマッピング部 500 において、送信時に行われたマッピングの逆の手順で IDFT 部 116、117 の入力にマッピングされる。

【0156】

図 22 に IDFT 部 116、117 に入力されるデータについて示す。図中の Kx(y) における x は仮想アンテナ番号、y は信号等化・分離部出力時のサブキャリア番号を示している。

このように空間・スペクトルデマッピング部 501 で処理が行われた後、それぞれで IDFT 処理が行われ、復調部 122 で各データの対数尤度比 LLR が算出される。この復

50

調部 1 2 2 までの処理はシンボル単位で行われる。復号部 1 2 4 においては、符号化が行われた単位で誤り訂正復号が行われる。この際には入力される対数尤度比 L L R を元に復号処理が行われ、各データの対数尤度比 L L R が更新され、繰り返し処理の最終回以外は、繰返し制御部 2 0 5 によりレプリカ生成部 2 1 0 に入力される。繰り返し処理の最終回では、繰返し制御部 2 0 5 により判定部 2 0 7 に出力される。

【 0 1 5 7 】

生成されたレプリカはシンボル単位で D F T 部 2 1 3、2 1 4 に入力される。ユーザ 1 アンテナ 1 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s_{1-1}(m)$ 、ユーザ 1 アンテナ 2 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s_{1-2}(m)$ 、ユーザ 2 アンテナ 1 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s_{2-1}(m)$ 、ユーザ 2 アンテナ 2 から送信されたデータに対する時間領域のレプリカを $s_{2-2}(m)$ とする。ここで m はデータのインデックスである。D F T 部 2 1 3、2 1 4 には各レプリカが 3 つずつ入力される。D F T 部 2 1 3、2 1 4 の出力を図 2 3 に示す。S ' が周波数領域でのレプリカを意味し、添え字はユーザ番号とアンテナ番号を示す。

10

空間・スペクトルマッピング部 2 1 7 では、送信に使用されたマッピングに従って、周波数領域のレプリカのマッピングを行う。マッピング後のデータを縦方向にユーザ番号とアンテナ番号、横方向にサブキャリア番号で示される行列で表すと繰返し回数が奇数の場合 (5 7) 式、繰返し回数が偶数の場合 (5 8) 式ようになる。このデータに (2 5)、(2 6) 式で示される伝搬路情報が乗せられキャンセルに使用されるレプリカ信号 $R(i)'$ が (5 9) 式により生成される。ここで、 i は繰返し回数を示すインデックスである。

20

【 0 1 5 8 】

【 数 3 5 】

$$S1 = \begin{bmatrix} S'_{1-1}(1) \\ 0 \\ S'_{1-1}(2) \\ 0 \\ 0 \\ S'_{1-1}(3) \\ S'_{1-2}(1) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ S'_{1-2}(2) \\ S'_{1-2}(3) \end{bmatrix} \dots (57)$$

30

$$S2 = \begin{bmatrix} 0 \\ S'_{2-1}(1) \\ S'_{2-1}(2) \\ 0 \\ 0 \\ S'_{2-1}(3) \\ S'_{2-2}(1) \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ S'_{2-2}(2) \\ S'_{2-2}(3) \end{bmatrix} \dots (58)$$

40

【 0 1 5 9 】

【数 3 6】

$$\mathbf{R}'(i) = \begin{bmatrix} R'_1(1) \\ R'_1(2) \\ R'_1(3) \\ R'_1(4) \\ R'_1(5) \\ R'_1(6) \\ R'_2(1) \\ R'_2(2) \\ R'_2(3) \\ R'_2(4) \\ R'_2(5) \\ R'_2(6) \end{bmatrix} = (i \bmod 2) \times (\mathbf{E1S1} + \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \times \mathbf{R}'(i-1)) + ((i+1) \bmod 2) \times (\mathbf{E2S2} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} \times \mathbf{R}'(i-1)) \quad \dots (59)$$

10

【 0 1 6 0】

Tは転置を示し、(x mod 2)はxを2で割ったときのあまりを示す。逐次処理を行っているため、前回のレプリカ行列を記憶し、繰り返し回数に応じてあらたに算出したレプリカを更新する必要がある。

キャンセル部200ではこのR'が受信信号Rより減ぜられる。一方、空間・スペクトルデマッピング部501では信号等化・分離部201で等化を行う際、必要となる擬似送信データベクトル毎のレプリカ信号S'od(60)式とS'ev(61)式を作成する必要がある。

【 0 1 6 1】

20

【数 3 7】

$$\mathbf{S}'od = \begin{bmatrix} S'_{1-1}(1) \\ 0 \\ S'_{1-1}(2) \\ 0 \\ S'_{2-2}(2) \\ S'_{1-1}(3) \\ S'_{1-2}(1) \\ 0 \\ S'_{2-1}(2) \\ 0 \\ S'_{1-2}(2) \\ S'_{1-2}(3) \end{bmatrix} \quad \dots (60)$$

30

$$\mathbf{S}'ev = \begin{bmatrix} S'_{1-2}(1) \\ S'_{2-1}(1) \\ S'_{2-1}(2) \\ 0 \\ S'_{1-2}(2) \\ S'_{2-1}(3) \\ S'_{2-2}(1) \\ 0 \\ S'_{1-1}(2) \\ 0 \\ S'_{2-2}(2) \\ S'_{2-2}(3) \end{bmatrix} \quad \dots (61)$$

40

【 0 1 6 2】

S'odの上半分が擬似送信データベクトル1、下半分が擬似送信データベクトル2からの送信号に対応し、S'evの上半分が擬似送信データベクトル3、下半分が擬似送信データベクトル4からの送信号に対応する。この信号に(46)式で示されるような部分仮想伝搬路行列 \mathbf{n}_T を乗ずることで等化処理に必要な希望信号が再構築される。

このような構成にすることで、繰り返し回数は増えるものの、回路規模を大きく削減することができる。

50

【 0 1 6 3 】

[第 6 の 実 施 形 態]

以上の実施形態では、離散フーリエ変換 D F T を用いて信号を周波数領域に拡散し、逆離散フーリエ変換 I D F T により再度時間領域の信号に変換して送信する移動局装置及び、それに対応する基地局装置について示したが、本発明は、離散フーリエ変換 D F T ではなく、送信信号に拡散符号を乗じることにより周波数拡散を行うシステムにも適用できる。特に、位相回転で表される直交符号を用いる場合には、離散フーリエ変換 D F T を用いて拡散を行う場合と同じ信号が生成されることとなり、P A P R 特性も低く抑えることができる。本実施の形態では、位相回転直交拡散符号を用いて周波数拡散を行う場合の例を示す。

10

【 0 1 6 4 】

本実施の形態における移動局装置 5 0 2 の構成を示す概略ブロック図を図 2 4 に示す。

図 2 4 に示す移動局装置 5 0 2 は、第 1 の実施形態の図 3 に示す移動局装置 5 0 0 の D F T 部 4 1、4 2 が拡散・多重部 5 0 1、5 0 2 に代わっただけで、その他は図 3 に示す送信装置 5 0 0 と同じ構成となっている。この拡散・多重部 5 0 1、5 0 2 では、図 2 5 に示すような拡散及び多重処理が行われる。但し、ここでは、符号長 6 4 で、それぞれ直交する 6 4 つの位相回転直交拡散符号を用いるものとし、それにより 1 ユーザが使用するサブキャリア数も 6 4 となる。

【 0 1 6 5 】

図 2 5 の C 1 から C 6 4 はそれぞれ拡散符号を表しており、拡散符号の各要素(チップ)は図示する通りである。また、D 1 や D 2 は、変調され、パラレルに変換された信号を表している。拡散・多重部 5 0 1、5 0 2 では、まず、D 1 や D 2 といった変調信号に C 1、C 2 等の符号をそれぞれ乗算する。このとき、D 1 等の変調信号は符号長分(ここでは 6 4)だけコピーされ、拡散符号のそれぞれのチップとの乗算が行われる。そして、これらの乗算の結果をチップ毎に加算して、符号の多重を行った信号が拡散・多重部 5 0 1、5 0 2 の出力となる。

20

【 0 1 6 6 】

このように離散フーリエ変換 D F T の代わりに位相回転直交拡散符号を用いた場合にも、離散フーリエ変換 D F T と同様の信号を生成することができ、本発明によるシングルユーザ M I M O とマルチユーザ M I M O が混在した信号の伝送を行うことができる。したがって、このように送信装置に拡散・多重部を備えた場合にも、受信装置は以上の実施形態に示す構成でよい。また、図 6 の空間・スペクトルデマッピング部 1 1 8 や図 9 の空間・スペクトルデマッピング部の後ろの I D F T 部の代わりに、送信側で用いた位相回転直交符号の複素共役を受信信号に乗算する逆拡散部を備える構成としてもよい。さらに、レプリカを生成するための D F T 部を、先に示した拡散・多重部に変更する構成としてもよい。

30

以上のように、本実施の形態では、位相回転で表される直交符号を用いる場合の例を示したが、これに限らず、その他の拡散符号を用いて周波数拡散を行う場合にも本発明は適用可能である。

【 0 1 6 7 】

以下の実施形態においては、伝送方式を S C - A S A 方式として、一例として、送信装置の数が 2、サブキャリア数を 6 4 とする。各送信装置が使用するサブキャリア数を従来の S C - A S A 方式と同様に、全サブキャリア数の半分の本数の 3 2 本を使用するものとする。なお、各送信局が使用するサブキャリア数を N_u 本とし、利用可能な帯域のサブキャリアを N_d 本とすると、この場合、 $N_d = 64$ 、 $N_u = 32$ であり、以降では N_d 、 N_u を用いて説明する。また、マルチキャリア方式として O F D M 方式を仮定するため、S C - A S A 方式を本明細書中では D F T - S - O F D M と称する場合もある。以下に示す実施形態においては、特に断りのない限り、一般的に言われる移動局から基地局への通信である上りリンクでの通信を対象としているが、本発明の対象とする通信は、これに限定されない。

40

50

【 0 1 6 8 】

[第 7 の 実 施 形 態]

図 2 6 は、第 7 の実施形態における無線通信システムの構成を示す概略ブロック図である。本実施形態では、移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b が、S C - A S A 方式でデータを送信し、これらのデータを基地局装置 A 7 0 が受信する。なお、本実施形態においては、基地局装置 A 7 0 が、各移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b に対するスペクトル割当情報を決定し、基地局装置 A 7 0 は、これらのスペクトル割当情報各々を、移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b に送信するが、このときの送受信方法は、どのような方法を用いてもよい。図 2 7 に、本実施形態におけるサブキャリアマッピングの例を示す。図 2 7 の (a) は、移動局装置 A 8 0 a が送信した送信データ A と移動局装置 A 8 0 b が送信した送信データ B とがマッピングされた送信スペクトルを表し、図 2 7 の (b) は、基地局装置 A 7 0 にて受信される受信スペクトルを表している。なお、ここでは説明を簡単にするために無線伝搬路による歪みはないものとする。

10

【 0 1 6 9 】

S C - A S A 方式では、受信局が、各送信局からの信号に対して独立に信号を分離、検出可能なようにするため、送信局は、他の送信局の利用状況を考慮してサブキャリアをマッピングする。一方、この S C - A S A 方式は時間軸でブロック化された信号が周期関数であるという前提で、該信号に離散フーリエ変換 D F T を施して各サブキャリアの振幅と位相を得て、その情報をマルチキャリア方式に基づいて伝送する。したがって、各サブキャリアは時間軸上の全送信データに関する情報を保有しているということであり、図 2 7 (b) において黒く塗りつぶしたサブキャリアに示されるように、一つの送信局に対して送信データが割り当てられたサブキャリアのうちの一部のサブキャリア (図 2 7 (b) では、6 サブキャリアのうち 2 サブキャリア) が、他の送信局に対して送信データが割り当てられたサブキャリアのうちの一部のサブキャリアと重なっていても、重なっていない他のサブキャリアに基づき各送信局から送信された送信データに関する情報が得られる。このため、この情報をお互いの信号を検出する際に利用すれば、各送信局からの信号を分離・検出できる。この点を、以下に詳述する。

20

【 0 1 7 0 】

図 2 8 は、本実施形態における移動局装置 A 8 0 a の構成を示す概略ブロック図である。移動局装置 A 8 0 b も、図示はしないが移動局装置 A 8 0 a と同一の構成である。本実施形態の移動局装置 A 8 0 a は、符号部 A 1、インターリーバ部 A 2、変調部 A 3、S / P (シリアル / パラレル) 変換部 A 4、D F T 部 A 5、スペクトルマッピング部 A 6、I D F T 部 A 7、P / S (パラレル / シリアル) 変換部 A 8、パイロット信号生成部 A 9、パイロット多重部 A 1 0、C P 挿入部 A 1 1、D / A (デジタル / アナログ) 変換部 A 1 2、無線部 A 1 3、アンテナ A 1 4、受信部 A 4 2 を具備する。

30

【 0 1 7 1 】

送信データ A を、符号部 A 1 が誤り訂正符号化して、符号ビットを生成する。この符号ビットは、インターリーバ部 A 2 により並び替えが行われる。ここで、インターリーバ部 A 2 により並び替えることでランダム化され、中央極限定理から受信時における各符号ビットの確率密度関数をガウス分布に近づけることができ、本来ガウス分布である前提で理論解析されているターボ等化技術の信頼性が向上する。次に並び替えられた符号ビットは、変調部 A 3 により変調が施される。変調された符号ビットは、S / P 変換部 A 4 により N_u サンプルの並列信号に変換される。次に、この並列信号は、D F T 部 A 5 により N_u ポイントの離散フーリエ変換 D F T が施され、周波数軸の信号に変換される。ここで、D F T 部 A 5 は、離散フーリエ変換 D F T に F F T (Fast Fourier Transform : 高速フーリエ変換) を用いる。

40

【 0 1 7 2 】

その後、 N_u サンプルの周波数軸の信号は、受信部 A 4 2 が基地局装置 A 7 0 から受信したスペクトル割当情報に基づいてスペクトルマッピング部 A 6 により N_u ポイントの利用可能な伝送帯域中の N_u ポイントにマッピングされる。この N_u ポイントにマッピング

50

されている N_d ポイントの周波数軸の信号は、IDFT部A7により逆離散フーリエ変換IDFTが施されて N_d ポイントの時間軸の信号に変換され、この時間軸の信号はP/S変換部A8により直列信号に変換される。一方、パイロット信号生成部A9により伝搬路推定を行うための既知のパイロット信号が生成され、このパイロット信号は、パイロット多重部A10によりP/S変換部A8から出力された直列信号と多重される。

【0173】

その後、この多重された信号は、CP挿入部A11により、DFT-S-OFDMシンボル間の干渉を抑圧するためにブロック後方の波形を先頭にコピーするサイクリックプレフィックスを挿入される。ここで、サイクリックプレフィックスを用いるのは、DFTはDFT区間内で周期関数の1周期の整数倍の周期の波形であることが前提であることから、マルチパス伝搬路において遅延波成分が存在すると、受信機側で受信信号における遅延波成分の周期関数性が崩れ、サブキャリアを独立に扱えなくなる。これに対し、予め送信側で伝搬路の最大遅延時間に応じたサイクリックプレフィックスを挿入し、受信側で削除することで、遅延波成分に対しても周期関数性を維持でき、各サブキャリアを独立に扱う、即ち任意の周波数に割り当てても受信側で元に戻すことが可能となる。その後、D/A変換部A12によりアナログ信号に変換される。このアナログ信号は、無線部A13により無線周波数にアップコンバートされ、アンテナA14より送信される。

【0174】

次に、図29は、本実施形態における基地局装置A70の構成を示す概略ブロック図である。基地局装置A70は、サブキャリアの配置を元に戻すデマッピング部A50と、各移動局装置からの信号を分離・検出する信号検出部A60から構成される。

デマッピング部A50は、アンテナA15、A/D変換部A16、CP除去部A17、パイロット分離部A18、伝搬路推定部A19-1、A19-2、スペクトル割当決定部A20、伝搬路特性デマッピング部A21-1、A21-2、伝搬路特性選択部A22-1、A22-2、S/P変換部A23、DFT部A24、スペクトルデマッピング部A25、送信部A38、無線部A39を具備する。

信号検出部A60は、信号キャンセル部A26-1、A26-2、信号等化部A27-1、A27-2、復調部A28-1、A28-2、デインターリーバ部A29-1、A29-2、復号部A30-1、A30-2、繰り返し数制御部A31-1、A31-2、インターリーバ部A32-1、A32-2、レプリカ生成部A33-1、A33-2、S/P変換部A34-1、A34-2、DFT部A35-1、A35-2、干渉スペクトル選択部A36-1、A36-2、判定部A37-1、A37-2を具備する。ここで、デマッピング部A50、信号検出部A60において、符号 A_x-1 (x は数字)は、送信データAに関する信号を扱う信号処理部を表し、符号 A_x-2 は送信データBに関する信号を扱う信号処理部を表す。

【0175】

まず、アンテナA15で受信した受信信号は、無線部A39によりベースバンド信号にダウンコンバートされる。このベースバンド信号は、A/D変換部A16によりデジタル信号に変換され、このデジタル信号は、CP除去部A17によりサイクリックプレフィックスを除去、即ち周期性が維持されている有効シンボルが抽出される。ここで、有効シンボルとは、この周期性の一周期分の区間のシンボルである。次に、このサイクリックプレフィックスを除去されたデジタル信号は、パイロット分離部A18によりデータ信号とパイロット信号とが分離され、移動局装置A80aが送信した送信データAを検出するために必要な受信パイロット信号を伝搬路推定部A19-1、移動局装置A80bが送信した送信データBを検出するために必要な受信パイロット信号を伝搬路推定部A19-2に入力する。

【0176】

一方、パイロット分離部A18が分離したデータ信号は、S/P変換部A23により並列信号に変換され、この並列信号は、DFT部A(時間周波数変換部)24により時間周波数変換であるフーリエ変換処理を施されて、周波数軸の信号に変換される。その後、こ

10

20

30

40

50

の周波数軸の信号は、スペクトル割当決定部 A 2 0 から入力されるスペクトル割当情報に基づいて、各移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b のスペクトルマッピング部 A 6 が信号を割り当てたサブキャリアをスペクトルデマッピング部 A 2 5 により抽出され、抽出されたサブキャリアは、スペクトルマッピング部 A 6 によるマッピング前の元の配置に戻される。ここで、移動局装置 A 8 0 a のスペクトルマッピング部 A 6 において、D F T 部 A 5 の出力した周波数軸の信号をサブキャリアにマッピングするための $N_u \times N_d$ の 0 と 1 で構成される行列を M_1 とする。すなわち、行列 M_1 に D F T 部 A 5 の出力を表す R_1 ベクトルを掛けると、周波数軸の信号がサブキャリアにマッピングされた R_1 ベクトルが得られる。この行列 M_1 は式 (6 2 - 1) のように、列番号が元の並びのサブキャリアの番号、行番号がマッピング後のサブキャリアの番号で、並び替えに対応した要素のみが 1 となり、残りは 0 となる $N_u \times N_d$ の行列である。

10

【 0 1 7 7 】

【 数 3 8 】

$$M_1 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix} \dots (62)$$

【 0 1 7 8 】

したがって、移動局装置 A 8 0 b のスペクトルマッピング部 A 6 において周波数軸の信号をサブキャリアにマッピングするための行列を M_2 とすると、行列 M_2 は、行列 M_1 と同様に表される。スペクトルデマッピング部 A 2 5 は、デマッピングされた移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b 各々の受信信号を式 (6 3 - 1)、式 (6 3 - 2) のように得る。なお、行列 M_1 、 M_2 に関する情報は、後述するように、スペクトル割当決定部 A 2 0 からスペクトルデマッピング部 A 2 5 に転送される。

20

【 0 1 7 9 】

【 数 3 9 】

$$\begin{aligned} R_1' &= M_1^T R && \dots (63-1) \\ R_2' &= M_2^T R && \dots (63-2) \end{aligned}$$

30

【 0 1 8 0 】

式 (6 3 - 1)、式 (6 3 - 2) において、 R は D F T 部 A 2 4 から出力された移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b の信号を全て含む複素数の $N_d \times 1$ の受信信号ベクトルであり、右肩の T は転置行列を表す。 R_1' 、 R_2' はデマッピングされた各移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b の信号を全て含む複素数の受信信号ベクトルを表している。

一方、伝搬路推定部 A 1 9 - 1、A 1 9 - 2 は、パイロット分離部 A 1 8 が分離した各移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b からのパイロット信号に基づき、各移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b から基地局装置 A 7 0 への伝搬路の周波数応答を推定し、移動局装置 A 8 0 a が送信する送信データ A、移動局装置 A 8 0 b が送信する送信データ B について、それぞれ式 (6 4 - 1)、式 (6 4 - 2) のような対角行列を得る。

40

【 0 1 8 1 】

【数40】

$$\begin{aligned}
 \mathbf{H}_1 = \text{diag}\{H_1(1), \dots, H_1(N_d)\} &= \begin{bmatrix} H_1(1) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & H_1(2) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & H_1(N_d) \end{bmatrix} & \dots (64-1) \\
 \mathbf{H}_2 = \text{diag}\{H_2(1), \dots, H_2(N_d)\} &= \begin{bmatrix} H_2(1) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & H_2(2) & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & H_2(N_d) \end{bmatrix} & \dots (64-2)
 \end{aligned}$$

10

【0182】

式(64-1)、式(64-2)において $H_m(k)$ は、 m 番目の移動局装置(1番目は移動局装置A80a、2番目は移動局装置A80b)から基地局装置A70の伝搬路の k 番目のサブキャリアの伝搬路の複素利得である。

次に、伝搬路推定部A19-1、A19-2から出力された伝搬路行列 H_1 、 H_2 は、スペクトル割当決定部A20に入力され、スペクトル割当決定部A20は、これらの伝搬路行列 H_1 、 H_2 に基づき、各移動局装置A80a、A80bがどのサブキャリアを使用するかを決定し、該決定結果であるスペクトル割当情報を表す行列 M_1 、 M_2 を出力して、送信部A38、スペクトルデマッピング部A25、伝搬路特性デマッピング部A21-1、21-2、伝搬路特性選択部A22-1、22-2、干渉スペクトル選択部A36-1、36-2へ転送する。このスペクトル割当情報を表す行列 M_1 、 M_2 を受けると、送信部A38は、無線部A39、アンテナA15を介して、スペクトル割当情報を移動局装置A80a、A80bに送信する。

20

このとき、例えば、移動局装置A80aに対しては行列 M_1 の情報のみというように、各移動局装置に対して必要な情報のみを送信するようにしてもよいし、全てのスペクトル割当情報を送信するようにしてもよい。次に、伝搬路特性デマッピング部A21-1、21-2は、式(65-1)、式(65-2)のようにして、これらスペクトル割当情報の行列 M_1 、 M_2 を用いて、伝搬路行列 H_1 、 H_2 から希望信号の検出に必要な伝搬路の周波数応答を抽出し、前述したように、移動局装置A80a、A80bのスペクトルマッピング前の周波数軸の信号と同じサブキャリアの並びに並び替える。

30

【0183】

【数41】

$$\begin{aligned}
 \mathbf{H}_1' &= \mathbf{M}_1^T \mathbf{H}_1 & \dots (65-1) \\
 \mathbf{H}_2' &= \mathbf{M}_2^T \mathbf{H}_2 & \dots (65-2)
 \end{aligned}$$

【0184】

式(65-1)、式(65-2)において、行列 H_1' は移動局装置A80aにおけるスペクトルマッピング部A6の並び替えに対応して並び替えられた移動局装置A80aの希望信号の検出に必要な伝搬路の周波数応答、行列 H_2' は移動局装置A80bにおいて同様の処理を施した希望信号の検出に必要な伝搬路の周波数応答を表す。同時に、伝搬路特性選択部A22-1、22-2は、移動局装置A80a、A80bについて推定された伝搬路行列 H_1 、 H_2 のうち、それぞれ移動局装置A80b、80aからの受信信号にとって干渉となっているサブキャリア番号の伝搬路応答を抽出しキャンセルするために並び替えて行列 H_1^{int} 、 H_2^{int} を得る。このとき、抽出された干渉信号の周波数特性である行列 H_1^{int} 、 H_2^{int} は、式(66-1)、式(66-2)により得られる。

40

【0185】

【数42】

$$\begin{aligned}
 \mathbf{H}_1^{\text{int}} &= \mathbf{M}_1^T \mathbf{H}_2 && \dots(66-1) \\
 \mathbf{H}_2^{\text{int}} &= \mathbf{M}_2^T \mathbf{H}_1 && \dots(66-2)
 \end{aligned}$$

【0186】

このようにして得られた希望信号の周波数特性の行列 \mathbf{H}_1' 、 \mathbf{H}_2' と、干渉信号の周波数特性の行列 $\mathbf{H}_1^{\text{int}}$ 、 $\mathbf{H}_2^{\text{int}}$ を後述する信号キャンセル部 A26-1、26-2 と信号等化部 A27-1、27-2 に入力する。なお、伝搬路特性選択部 A22-1、22-2 は伝搬路特性デマッピング部 A21-1、21-2 の後であってもよい。

10

次に、信号検出部 A60 は、信号キャンセル部 A26-1、26-2、信号等化部 A27-1、27-2、復調部 A28-1、28-2、デインターリーバ部 A29-1、29-2、復号部 A30-1、30-2、繰り返し数制御部 A31-1、31-2、インターリーバ部 A32-1、32-2、レプリカ生成部 A33-1、33-2、S/P変換部 A34-1、34-2、DFT部 A35-1、35-2、干渉スペクトル選択部 A36-1、36-2、判定部 A37-1、37-2 を具備する。なお、移動局装置 A80a、A80b が、図28のインターリーバ部 A2 を備えていなければ、基地局装置 A70 において、デインターリーバ部 A29、インターリーバ部 A32 は必要ないため、移動局装置 A80a、A80b と合わせてインターリーバ部 A32、デインターリーバ部 A29 はなくてもよい。

20

【0187】

ここでは、移動局装置 A80a が送信した送信データ A を検出する処理を前提として信号検出部 A60 に関して説明するため、符号 $Ax-1$ (x はブロック番号) が付された図29中のブロックが処理の主となる。移動局装置 A80b からの信号を検出する場合は同様に符号 $Ax-2$ が付されたブロックが対象となるので、移動局装置 A80b の送信データ B の検出に関してはここでは説明を省略する。

まず、スペクトルデマッピング25の出力信号は、移動局装置 A80b から送信される信号の一部のサブキャリアが干渉として重なったサブキャリアを含む信号であり、信号キャンセル部 A26-1 に入力される。信号キャンセル部 A26-1 は、希望信号の周波数軸の信号レプリカと、干渉信号のレプリカを受信信号からキャンセルし、残留信号成分を計算する。信号キャンセル部 A26-1 から出力される残留信号成分である残差を Q_1 とすると、残差 Q_1 は式(67)のように得られる。

30

【0188】

【数43】

$$\mathbf{Q}_1 = \mathbf{R}_1' - \mathbf{H}_1' \mathbf{S}_{1rep} - \mathbf{H}_1^{\text{int}} \mathbf{S}_{2rep}^{\text{int}} \dots(67)$$

【0189】

式(67)において、第1項はデマッピングされた受信信号、第2項は自信信号の信頼性に基づいて生成された信号レプリカ、第3項は他信号の信頼性に基づいて生成された干渉信号のレプリカである。また、 \mathbf{S}_{1rep} は、 $N_u \times 1$ の周波数軸の複素数で表される希望信号の信号レプリカベクトルであり、 $\mathbf{S}_{2rep}^{\text{int}}$ は、移動局装置 A80b から送信された信号に対する信号検出部(レプリカ生成部 A33-2)で生成され、干渉となるサブキャリアの信号だけ抽出された $N_u \times 1$ の周波数軸の複素数で表される信号レプリカベクトルである(信号レプリカについては後述する)。ここで、後述するように、信号キャンセル部 A26-1 ~ 干渉スペクトル選択部 A36-1 は、同一の受信信号に対して繰り返し処理するが、1回目の処理では信号レプリカが生成されていない($\mathbf{S}_{1rep} = 0$ 、 $\mathbf{S}_{2rep}^{\text{int}} = 0$) ため、信号キャンセル部 A26-1 は、式(67)のキャンセル処理を行わず、残差 Q_1 に代えてデマッピングされた受信信号を出力する。

40

【0190】

50

次に、式(67)のように得られた残差 Q_1 は、信号等化部A27-1に入力される。信号等化部A27-1では、入力信号に対する等化演算が行われるが、この等化方法は一般的には最小二乗誤差(MMSE: Minimum Mean Square Error)規範に基づく等化法が用いられることが多く、以下ではMMSE等化の例を示すが、この他に、伝搬路の逆行列を乗積するZF(Zero-Forcing)法、QRD(QR Decomposition)法、SQRD(Sorted QRD)法などを用いてもよい。信号等化部A27-1では、この残差 Q_1 と、希望信号の伝搬路の周波数応答 H_1 、及び希望信号を再構成する目的で後述するレプリカ生成部A33-1で生成された信号レプリカ S_{1rep} を用いて信号の等化が行われる。具体的には、信号等化部A27-1は、最適な重みを残差 Q_1 や周波数応答 H_1 、信号レプリカ S_{1rep} から算出し、その最適重みを乗積した最終的な等化後の時間軸の信号 z_1 を出力している。この出力 z_1 は以下の式(68)で表される。すなわち、信号等化部A27-1は、希望信号の等化と周波数軸から時間軸信号への変換とを式(68)にて、同時に行っている。

10

【0191】

【数44】

$$z_1 = (1 + \gamma\delta)^{-1} [\gamma s_{1rep} + F^H \Psi Q_1] \dots (68)$$

【0192】

ただし、 γ は、 H_1 や受信信号電力、雑音の分散等を用いた演算によって表れる実数、 δ も同様に H_1 や雑音の分散等を用いた演算によって表れるDFT-S-OFDMシンボル長のサイズを有する複素正方行列、 s_{1rep} は時間領域のレプリカ、 S_{1rep} は周波数領域のレプリカである。また、式(68)において、信号キャンセル部A26-1~干渉スペクトル選択部A36-1の繰返し処理中の1回目の処理の場合はレプリカが入力されないため、 $Q_1 = R_1'$ 、 $S_{1rep} = 0$ とした演算が行われる。これは、キャンセルを行わない従来のMMSE等化と等しいものである。

20

【0193】

ここで、信号キャンセル部A26-1にて、干渉信号だけでなく希望信号のレプリカも用いて全てキャンセルする理由は、信号等化部A27-1は逆行列演算を伴うため、希望信号だけ残してキャンセル、等化を繰り返すと、DFT-S-OFDMシンボル内に含まれるシンボル数回も逆行列演算をする必要があるのに対し、全てキャンセルした残差を入力とすることで、残差は信号等化部A27-1内で共通に扱え、信号等化部A27-1内で逆行列演算を1回すれば全ての重みを計算できることから、残差 Q_1 と希望信号のレプリカ S_{1rep} を別に入力し、再構成する形にすることで逆行列演算に伴う演算量を削減している。

30

【0194】

等化された信号 z_1 は、復調部A28-1により復調されて、信号 z_1 からビット単位に分割された符号ビットの信頼性を表す実数である対数尤度比LLR(Log-Likelihood Ratio)が得られる。その後得られた符号ビットの対数尤度比LLRは、移動局装置A80a(図28)のインターリーバ部A6で並び替えられているため、デインターリーバ部A29-1により元の並びに並び替えられる。並び替えられた対数尤度比LLRは、復号部A30-1により、誤り訂正が行われ、信頼性の高まった符号ビットの対数尤度比LLRおよび符号ビットを誤り訂正して得られる復号データAが出力される。

40

【0195】

次に、復号部A30-1から出力された符号ビットの対数尤度比LLRおよび復号データAは、繰返し数制御部A31-1に入力され、繰返し回数をカウントしている繰返し数制御部A(繰返し制御部)31-1は、繰返し回数が規定回数に達しているか否かに基づき繰返すかどうかを制御され、繰返さない場合には、復号データAを判定部A37-1に出力し、繰返す場合には、符号ビットの対数尤度比LLRをインターリーバ部A32-1に出力する。符号ビットの対数尤度比LLRは、インターリーバ部A32-

50

1により移動局装置A80aのインターリーバ部A2による並び替えと同様に並び替えられ、レプリカ生成部A33-1に入力される。

【0196】

レプリカ生成部A33-1では、符号ビットの対数尤度比LLRに応じてその信頼性に比例した信号レプリカ s_{rep} を生成する。例えば、変調方式がQPSK(Quaternary Phase Shift Keying)の場合、k番目のインデックスにおけるQPSKシンボルを構成するビットの対数尤度比LLRをそれぞれ実数 $\lambda_1(k)$ 、 $\lambda_2(k)$ とすると、信号レプリカ $s_{rep}(k)$ は、式(69)で表される。

【0197】

【数45】

$$s_{rep}(k) = \frac{1}{\sqrt{2}} \tanh\left(\frac{\lambda_1(k)}{2}\right) + j \frac{1}{\sqrt{2}} \tanh\left(\frac{\lambda_2(k)}{2}\right) \quad \dots(69)$$

10

【0198】

レプリカ生成部A33-1により式(69)を用いて生成された信号 $s_{rep}(k)$ レプリカは、等化の際に希望信号成分だけを式(68)により再構成するために信号等化部A27-1に入力されると同時に、信号キャンセル部A26-1でキャンセルするためにS/P変換部A34-1で並列化され、DFT部A35-1により周波数軸の信号に変換される。この周波数軸の信号に変換されたレプリカを表す信号ベクトルが、式(67)の S_{rep} である。次に、移動局装置A80aの送信信号は、移動局装置A80bの送信信号と重なっているサブキャリアにおいては、移動局装置A80bの送信信号に対して干渉になっていることから、干渉スペクトル選択部A36-1により干渉になっているサブキャリアを選択する。

20

【0199】

例えば、32本のサブキャリアのうち3番目と19番目が移動局装置A80bの送信信号にとって干渉になっているときには、32本のサブキャリアのうち3番目と19番目のサブキャリアだけを抽出し、残りを全て0にして周波数軸の干渉レプリカを生成する。これが式(67)に関連した干渉レプリカ S_{rep}^{int} である。ただし、式(67)は、移動局装置A80aからの信号の復調であるので、移動局装置A80bからの信号が干渉として扱われるため、添え字に2repを付している干渉レプリカ S_{2rep}^{int} としている。すなわち、式(67)に示されている2repの場合は移動局装置A80bからの信号が移動局装置A80aから送信されたデータの信号にとって干渉になっていることを表している。

30

【0200】

その後、再び信号キャンセル部A26-1、26-2に入力し、信号キャンセル部A26-1~干渉スペクトル選択部A36-1による移動局装置A80aの信号検出と、信号キャンセル部A26-2~干渉スペクトル選択部A36-2による移動局装置A80bの信号検出とを並行して繰返し行う。これらの繰返し処理を、それぞれ繰返し制御部A31-1、31-2で制御される所定の回数だけ繰返し、判定部A37-1は、移動局装置A80aの送信データAに対応する復号データAを得て、判定部A37-2は、移動局装置A80bの送信データBに対応する復号データBを得る。

40

【0201】

なお、本実施形態では、移動局装置A80aの信号と移動局装置A80bの信号とを並行して信号処理を行う場合を示したが、信号処理の対象を交互に切り替えながらシリアルに検出することで信号キャンセル部A26-1、26-2以降のブロックを共通化するようにしてもよい。

【0202】

このように、本実施形態は、SC-ASAにおいて複数の送信装置(移動局装置)から同じ受信装置(基地局装置)にデータを送信した複数の信号の少なくとも一部のサブキャリアが重複して互いに干渉になっていても、受信装置にて各信号を検出して信号の信頼性

50

に応じて送信信号のレプリカを生成した上で、他方にとって干渉となっているサブキャリアを互いに受け渡すことで、互いの信号を検出するために問題となる干渉信号を既知と扱うことができ、その結果干渉を完全に除去でき、信号を分離検出できる。従って、複数の送信装置の間で、受信品質が高く伝送効率の高いサブキャリアが重複していても、各送信装置に伝送効率の良いサブキャリアを割り当てることができる。

【 0 2 0 3 】

さらに、送信信号のレプリカを、送信装置にて周波数軸の信号をサブキャリアにマッピングする前の信号にして、信号キャンセルおよび等化を行うことで、送信装置の伝送帯域全てのサブキャリア数より少ないサブキャリア数についてのみ演算すればよいので、信号キャンセルおよび等化における演算量を抑制することができる。

10

さらに、干渉スペクトル選択部 A 3 6 - 1、3 6 - 2 において必要最小限の干渉となっているサブキャリアのみを抽出すれば既知の干渉信号を生成する際の演算量を低減することができる。

【 0 2 0 4 】

[第 8 の実施形態]

第 8 の実施形態は、基地局装置 A 7 1 と移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b とからなる無線通信システムであり、基地局装置 A 7 1 において、時間領域で干渉信号のキャンセルを繰り返して複数の希望信号をシリアルに検出する。図 3 0 は、本実施形態における基地局装置 A 7 1 の構成示す概略ブロック図である。なお、本実施形態における移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b は、第 7 の実施形態における移動局装置 A 8 0 a、A 8 0 b と同じ構成であるため、図と説明は省略する。

20

【 0 2 0 5 】

図 3 0 に示すように、基地局装置 A 7 1 は受信アンテナ A 1 0 0、A / D 変換部 A 1 0 1、C P 除去部 A 1 0 2、パイロット分離部 A 1 0 3、伝搬路推定部 A 1 0 4 - 1、A 1 0 4 - 2、伝搬路特性デマッピング・選択部 A 1 0 5 - 1、A 1 0 5 - 2、ユーザ切り替え部 A 1 0 6、干渉信号キャンセル部 A 1 0 7、第 1 の S / P 変換部 A 1 0 8、D F T 部 A 1 0 9、スペクトルデマッピング部 A 1 1 0、希望信号キャンセル部 A 1 1 1、信号等化部 A 1 1 2、復調部 A 1 1 3、デインターリーバ部 A 1 1 4、復号部 A 1 1 5、繰り返し数制御部 A 1 1 6、インターリーバ部 A 1 1 7、レプリカ生成部 A 1 1 8、第 2 の S / P 変換部 A 1 1 9、第 2 の D F T 部 A 1 2 0、干渉スペクトル選択部 A 1 2 1、スペクトルマッピング部 A 1 2 2、I D F T 部 A 1 2 3、P / S 変換部 A 1 2 4、判定部 A 1 2 5、無線部 A 1 2 6、スペクトル割当決定部 A 1 2 7、送信部 A 1 2 8 を具備する。ただし、伝搬路特性デマッピング・選択部 A 1 0 5 は、第 7 の実施形態の図 2 8 のものと同じものを使用する

30

【 0 2 0 6 】

図 3 0 は、第 7 の実施形態の図 2 9 と同じ名前のブロックの処理は基本的に同じであるから、説明は省略する。ここでは、図 2 9 のように周波数領域で他ユーザからの干渉信号をキャンセルする基地局装置 A 7 0 との違いについて説明する。繰り返し処理の考え方は基本的には同じであるが、干渉信号キャンセル部 A 1 0 7 は、時間領域でのキャンセル行なう。このため、干渉スペクトル選択部 A 1 2 1 で選択されたスペクトルをスペクトルマッピング部 A 1 2 2 が再度マッピングし、I D F T 部 A 1 2 3 が時間波形のレプリカを生成し、干渉信号を除去する干渉信号キャンセル部 A 1 0 7 は D F T 部 A 1 0 9 の前に配置されている。また、交互にキャンセルしながら信号を抽出するために、ユーザ切り替え制御部 A 1 0 6 が配置され、干渉信号キャンセル部 A 1 0 7 に、希望信号がどのユーザのものかを示すユーザ切り替え情報が入力され、検出しようとしている希望信号以外の干渉レプリカとその伝搬路特性を用いて、キャンセルを行う。また、D F T 部 A 1 2 0 が出力した希望信号のレプリカでキャンセルを行う希望信号キャンセル部 A 1 1 1 と、希望信号を等化する信号等化部 A 1 1 2 と、復号データがどのユーザのものかを判断する判定部 A 1 2 5 にも、ユーザ切り替え制御部 A 1 0 6 からユーザ切り替え情報が入力される。

40

50

【 0 2 0 7 】

本形態においては、周波数領域のもの（第7の実施形態）と同程度の効果が得られるだけでなく、S/P変換部A108以降の番号のブロックが2系統あれば並列に処理することもできるため、本発明によると時間または周波数のキャンセリングと1系統でシリアルに繰り返して検出するか複数系統装備させて並列に検出するかを自由に組み合わせることができる。

【 0 2 0 8 】

[第9の実施形態]

第9の実施形態では、繰り返さずにキャンセリングを用いて検出する方法について述べる。本実施形態における無線通信システムは、受信装置である基地局装置A72と、送信装置である2つの移動局装置A82a、A82bとを具備する。図31は、本実施形態における移動局装置A82a、A82bの構成を示す概略ブロック図である。本実施形態では、基地局装置A72は、先に検出する信号に対して干渉のキャンセリングを施さないの
10
ので、2つの移動局装置A82a、A82bのうち、基地局装置A72にて先に検出する信号を送信する移動局装置A82aは、干渉や雑音に耐性の強い符号化率を適用する。

【 0 2 0 9 】

図31の移動局装置A82aは、符号部A200a、インターリーバ部A201、変調部A202、S/P変換部A203、DFT部A204、スペクトルマッピング部A206、IDFT部A207、P/S部A208、パイロット生成部A209、パイロット多重部A210、CP挿入部A211、D/A変換部A212、無線部A213、アンテナA214、受信部A215を具備する。同図において符号A200a、A201、A202、A203、A204、A206、A207、A208、A209、A210、A211、A212、A213、A214、A215の各部は、図28の符号A1、A2、A3、A4、A5、A6、A7、A8、A9、A10、A11、A12、A13、A14、A42の各部に対応しているの
20
ので、その説明を省略する。

【 0 2 1 0 】

図31に示すように移動局装置A82a、A82bの符号部A200a、200bにおいて、2装置の間で異なる符号化率を用いている。移動局装置A82aの符号部A200aによる送信データCの符号化率を r_1 、移動局装置A82bの符号部A200bによる送信データDの符号化率を r_2 とすると、 $r_1 < r_2$ とする。これにより、送信データC
30
は通信路符号化の符号化率が低いので、雑音や干渉に対する耐性が強く、基地局装置A72は、送信データDの信号を干渉にしたまま先に送信データCを復号すれば送信データDを検出する際に送信データCの復号結果から、干渉レプリカを生成し、それを受信信号からキャンセルすることで送信データDを検出できる。

【 0 2 1 1 】

図32に、本実施形態における基地局装置A72の構成を示す概略ブロック図である。基地局装置A72は、アンテナA240、無線部A241、A/D変換部A216、CP除去部A217、パイロット分離部A218、伝搬路推定部A219-1、A219-2、スペクトル割当決定部A220、伝搬路特性デマッピング部A221-1、A221-2、伝搬路特性選択部A222-1、第1のS/P変換部A223、第1のDFT部A224、スペクトルデマッピング部A225、第1の信号等化部A226、第1の復調部A227、第1のデインターリーバ部A228、第1の復号部A229、インターリーバ部A230、レプリカ生成部A231、第2のS/P変換部A232、第2のDFT部A233、干渉スペクトル選択部A234、干渉信号キャンセル部A235、第2の信号等化部A236、第2の復調部A237、第2のデインターリーバ部A238、第2の復号部A239、送信部A242を具備する。ここでは各送信データを検出するために必要な回路(A226~A229とA236~A239)が別々にあるが、1つにして切り替えてシリアルに検出することで回路を共通化してもよい。
40

【 0 2 1 2 】

図32において、アンテナA240からスペクトルデマッピング部A225までは第7
50

の実施形態および第 8 の実施形態と同じであるため、説明は省略する。なお、ここでは送信データ C の符号化率が低いものとし、この場合送信データ C の受信信号の方が干渉や雑音に対して耐性が強いことから送信データ C を先に復号して、送信データ D の検出の際に送信データ C の信号を干渉としてキャンセルする。このため、送信データ C の伝搬路特性のうち、送信データ D の干渉となっている成分の部分抽出する伝搬路特性選択部 A 2 2 2 - 1 のみが存在し、送信データ C の干渉となっている成分の部分抽出する伝搬路特性の選択部は存在しない。これは、送信データ D の信号は送信データ C の検出の際に未知の干渉になっており、キャンセルを必要としないためである。なお、送信データ D の干渉となっている成分の部分抽出する伝搬路特性選択部が送信データ D を検出するための伝搬路推定部 A 2 1 9 - 2 の後にあってもよい。

10

【 0 2 1 3 】

次に、信号検出について説明する。スペクトルマッピング部 A 2 2 5 から出力された各送信データの周波数軸の受信信号に対して、まず送信データ C から検出を行うために、送信データ C が含まれるサブキャリアの受信信号を第 1 の信号等化部 A 2 2 6 に入力し、第 7 の実施形態および第 8 の実施形態と同様に第 1 の復号部 A 2 2 9 まで処理し、各ビットの判定値もしくは対数尤度比 L L R を出力する。このとき、送信データ C の受信信号の一部のサブキャリアは送信データ D からの信号が干渉となっているが、ここでは未知干渉として扱い、送信データ C を検出する。

【 0 2 1 4 】

復号部 A 2 2 9 から出力された各ビットの判定値はそのまま復号データ C として処理されると同時に送信データ D の検出のための干渉レプリカを生成するために、インターリーブ部 A 2 3 0 によりインターリーブされた後、レプリカ生成部 A 2 3 1 に入力され、S / P 変換部 A 2 3 2、第 2 の D F T 部 A 2 3 3 を介して周波数軸上の信号レプリカが生成される。この周波数軸上の信号レプリカは、S / P 変換部 A 2 3 2 により並列化された後、D F T 部 A 2 3 3 により離散フーリエ変換されて周波数軸上の信号レプリカに変換される。

20

【 0 2 1 5 】

干渉スペクトル選択部 A 2 3 4 は、この周波数軸上の信号レプリカに伝搬路特性選択部 A 2 2 2 - 1 から入力される干渉となっているサブキャリア番号の伝搬路の複素利得を乗算して干渉レプリカを生成する。干渉信号キャンセル部 A 2 3 5 は、スペクトルマッピング部 A 2 2 5 から入力される送信データ D を含むサブキャリアの受信信号から、この生成された干渉レプリカを取り除くことで、干渉成分のみをキャンセルする。干渉がキャンセルされた受信信号は、第 2 の信号等化部 A 2 3 6 により等化され、第 2 復調部 A 2 3 7 により各符号ビットに変換する。その後、第 2 のデインターリーブ部 A 2 3 8 で符号ビットの並びを元に戻し、第 2 の復号部 A 2 3 9 で誤り訂正復号し、復号データ D を得る。

30

【 0 2 1 6 】

このように、本実施形態では、片方の信号を送信側である移動局装置 A 8 2 a、A 8 2 b であらかじめ復号しやすくしておき、基地局装置 A 7 2 は、先に復号しやすいほうから信号を検出し、それを他方の検出の際の既知干渉とすることで、両方の信号を検出することができる。また、干渉レプリカを生成する際にも全てのサブキャリアを利用するだけでなく干渉を与えているサブキャリアのみを干渉スペクトル選択部 A 2 3 4 で抽出することで演算量の削減もできる。

40

【 0 2 1 7 】

また、受信側で復号しやすくする処理としては、符号化率だけでなく変調方式や、送信電力などを送信側で制御してもよい。また、この符号化率、変調方式、送信電力などを、スペクトル割当と同様に基地局装置 A 7 2 にて決定し、各移動局装置 A 8 2 a、A 8 2 b に送信してもよい。本実施形態では 2 つの移動局装置 A 8 2 a、A 8 2 b が異なる場合の例を示したが、1 つの移動局装置が複数の送信アンテナを装備し、同じ処理を行ってもよい。

【 0 2 1 8 】

50

[第 10 の実施形態]

第 7 から第 9 の実施形態では、離散フーリエ変換 D F T を用いて信号を周波数領域に拡散し、逆離散フーリエ変換 I D F T により再度時間領域の信号に変換して送信する送信装置及び、それに対応する受信装置について示した。第 10 の実施形態では、離散フーリエ変換 D F T ではなく、送信信号に拡散符号を乗じることにより周波数拡散を行うシステムについて説明する。なお、拡散符号として位相回転で表される直交符号を用いる場合には、離散フーリエ変換 D F T を用いて拡散を行う場合と同じ信号が生成されることとなり、P A P R 特性も低く抑え、送信する信号のピーク電力が低く抑えられる。ピーク電力が高いと、送信電力を得るために送信する信号を増幅する際に増幅器の性能限界を超えてしまい、波形が歪んでしまうが、このようにピーク電力が低く抑えられるので、増幅する際の波形の歪みを抑えることができる。本実施の形態では、位相回転直交拡散符号を用いて周波数拡散を行う場合の例を示す。

10

【 0 2 1 9 】

図 3 3 は、本実施の形態における送信装置である移動局装置 A 8 3 の構成を示す概略ブロック図である。図 3 3 に示す移動局装置 A 8 3 は、第 7 の実施形態の図 2 8 に示す移動局装置 A 8 0 の D F T 部 A 5 が拡散・多重部 A 3 0 0 に代わっただけで、その他 (A 1、A 2、A 3、A 4、A 6、A 7、A 8、A 9、A 10、A 11、A 12、A 13、A 14、A 42) は、図 2 8 に示した移動局装置 A 8 0 a と同じ構成である。この拡散・多重部 A 3 0 0 は、図 3 4 に示すような拡散及び多重処理を行う。但し、ここでは、拡散符号の符号長は 6 4 で、それぞれ直交する 6 4 つの位相回転直交拡散符号を用いるものとし、それにより 1 ユーザ (移動局装置 A 8 3) が使用するサブキャリア数も 6 4 となる。

20

【 0 2 2 0 】

図 3 4 の C 1 から C 6 4 はそれぞれ拡散符号を表しており、拡散符号の各要素 (チップ) は図示するように、 $e^{j \times 0}$ 、 $e^{j \times 1}$ 、 $e^{j \times 2}$ といった、位相回転を与える値である。ここで、 e は、自然対数の底であるネイピア数を表し、 j は、虚数単位を表す。また、変調信号 D 1、D 2、 \dots D 6 4 は、S / P 変換部 A 4 の出力であり、変調部 A 3 により変調され、パラレルに変換された信号を表している。拡散・多重部 A 3 0 0 では、まず、変調信号 D 1、D 2、 \dots D 6 4 に、拡散符号 C 1、C 2、 \dots C 6 4 をそれぞれ乗算する。このとき、変調信号 D 1 ~ D 6 4 は符号長分 (ここでは 6 4) だけコピーされ、拡散符号のそれぞれのチップとの乗算が行われる。そして、これらの乗算の結果をチップ毎に加算して、符号の多重を行った信号が拡散・多重部 A 3 0 0 の出力となる。

30

【 0 2 2 1 】

このように離散フーリエ変換 D F T の代わりに位相回転直交拡散符号を用いた場合にも、離散フーリエ変換 D F T と同様の信号を生成することができ、本発明による他ユーザと一部重複したスペクトル配置の伝送を行うことができる。したがって、このように移動局装置 A 8 3 に拡散・多重部 A 3 0 0 を備えた場合にも、受信装置は図 2 9 に示す構成の基地局装置 A 7 0 でよい。また、図 2 9 でレプリカを生成するための D F T 部 A 3 5 - 1、3 5 - 2 を、先に示した拡散・多重部 A 3 0 0 に変更する構成としてもよい。

以上のように、本実施の形態では、周波数拡散に、位相回転で表される直交符号を用いる場合の例を示したが、これに限らず、その他の直交符号を用いて周波数拡散を行ってもよい。

40

【 0 2 2 2 】

[第 11 の実施形態]

図 2 7 において、干渉となっていないサブキャリアから各ビットの信頼性を抽出すると説明した。したがって、周波数拡散した信号を割り当てるサブキャリアのうち、何本まで同じ番号のサブキャリアを複数の送信装置が選択してもよいか、即ち、ユーザ (移動局装置) 間で重複して使用することができるサブキャリアの割合を決定することができる。この決定は、第 7 の実施形態であれば基地局装置 A 7 0 のスペクトル割当決定部 A 2 0 が、第 8 の実施形態であれば基地局装置 A 7 1 のスペクトル割当決定部 A 1 2 7 が、第 9 の実

50

施形態であれば基地局装置 A 7 2 のスペクトル割当決定部 A 2 2 0 が、所望信号と（未知の）干渉信号及び雑音電力の比である受信 S N R（未知の干渉電力は N に含まれるものとする）を用いて行う。但し、未知の干渉電力とは、隣接セルや同一周波数帯を用いる他のシステムから到来する干渉のような、キャンセル不可能な干渉の電力のことを指している。

【 0 2 2 3 】

本実施の形態における受信 S N R を用いた重複サブキャリアの割合決定法では、具体的には、受信 S N R に関する閾値を予め幾つか設定し、さらに、それらの閾値と重複を許すサブキャリア数を関連付けておく。但し、より高い閾値には、重複を許すサブキャリア数をより多く設定する。そして、各ユーザの受信 S N R（帯域または幾つかのサブキャリアの平均値）をそれぞれ測定し、測定された結果が予め設定された幾つかの閾値のどの範囲に入るかを判断することにより、重複サブキャリア数の算出を行う。このとき、複数ユーザの受信 S N R に大きな差がある場合には、最も低い受信 S N R を閾値と比較して、重複サブキャリアの割合を決定してもよい。このように、複数のユーザの受信 S N R の中で最も低い受信 S N R を基準とすることにより、重複サブキャリアを多くしすぎることなく、受信装置において各ユーザからの信号を正しく復調することができる。

10

【 0 2 2 4 】

また、これとは別に、第 7 の実施形態における信号等化部 A 2 7 - 1、2 7 - 2 の相互情報量の入出力関係と復号部 A 3 0 - 1、3 0 - 2 の相互情報量の入出力関係を用いて重複サブキャリアの割合を決定することができる。第 8 の実施形態においても、同様に信号等化部 A 1 1 2 と復号部 A 1 1 5 を用いて割合を決定することができる。以下に、この相互情報量の入出力関係を用いた重複サブキャリアの割合決定方法として、ターボ原理のような繰り返しの内部を解析するための外部情報交換チャート（E X I T チャート：EXtrinsic Information Transfer チャート）を用いて決定する手法について述べる。

20

【 0 2 2 5 】

図 3 5 に、E X I T チャートの例を示す。同図において、横軸は信号等化部入力相互情報量、縦軸は信号等化部出力相互情報量を表す。また、繰り返し処理においては、信号等化部で出力された相互情報量が復号部に入力されるので、縦軸が復号部入力相互情報量に一致する。さらに、復号部の出力は信号等化部の入力相互情報量になるので、横軸は復号部の相互情報量に一致する。ここで、相互情報量は、ある信号 X を送り、受信信号 Y を得たときに、受信信号 Y から信号 X に関して得ることができる最大の情報量である。但し、E X I T チャートによる解析では、対数尤度比 Y を得たときに、Y から得られる X に関する情報量の最大値であるため、その最大値は 1 に拘束されている。

30

【 0 2 2 6 】

図 3 5 において、曲線 L 3 0 1 が縦軸を入力、横軸を出力とする復号部における相互情報量の入出力関係であり、符号化率が高くなると復号するために多くの電力が必要になるので、その曲線は図の上の方に平行移動する。一方、曲線 L 3 0 2 は横軸を入力、縦軸を出力とする信号等化部における相互情報量の入出力関係を表す。符号化率により復号部特性（曲線 L 3 0 1）は一意に決まるが、信号等化部特性（曲線 L 3 0 2）は伝搬路変動によって上下するので、通常 1 % 値のような統計的なものを利用する。

40

【 0 2 2 7 】

次に図 3 5 の見方について説明する。第 7 の実施形態における基地局装置 A 7 0 の信号キャンセル部 A 2 6 - 1 ~ 干渉スペクトル選択部 A 3 6 - 1 までの一連の繰り返し処理を例にして説明する。まず、1 回目の処理では、信号等化部 A 2 7 - 1 への入力の相互情報量は 0 であることから、その出力として A 点の相互情報量が得られる（この位置を始点と称する）。

次に、信号等化部 A 2 7 - 1 の出力相互情報量が復号部 A 3 0 - 1 への入力相互情報量となるため、点線のように移動し、復号部 A 3 0 - 1 の出力相互情報量は B 点にくる。同様の処理を繰り返すことで相互情報量が C 点、D 点、E 点、F 点（F 点を終点と称する）と移動し、繰り返しによる内部の様子が図示される。横軸の値が 1 となった終点は、他の

50

干渉成分が全て除去できたことを意味し、その値は、希望信号のみの受信電力と雑音電力との比となる。

【 0 2 2 8 】

即ち、送信時に他の信号が多重されていても、干渉レプリカによりキャンセルされて、分離が完全にできる状況なので他の信号は一切関係ないということになる。この動きを表す点線を E X I T 軌跡といい、この場合は繰り返し処理により送信データを検出できるかを判定できる。また、図 3 5 のように復号部の曲線と信号等化部の線が図のように交差することなく、信号等化部の線の下に復号部の線があると、E X I T 軌跡は、横軸の値が 1 の終点に辿り着くので望ましい状態である。

【 0 2 2 9 】

図 3 6 に、複数のユーザで使用するサブキャリアの本数を変化させた場合の E X I T チャートを示す。同図の曲線 L 3 0 3 がサブキャリアを重ねない場合の信号等化部特性、曲線 L 3 0 4 がサブキャリアを K 本重ねた場合の信号等化部特性、曲線 L 3 0 5 がサブキャリアを L 本重ねた場合の信号等化部特性、曲線 L 3 0 6 が復号部特性を示している。ここで、 $L > K$ である。また、図 3 6 において、信号等化部に入力される相互情報量の大きいほうが最終的に得られる相互情報量は多くなる。これは、第 1 2 の実施形態で後述するが、所定の本数（この場合は K 本、L 本重ねることを許容して伝搬路利得のいいものを選択できるため、各送信端末が、より受信状況が良好なサブキャリアを用いて伝送可能、即ち、最終的に得られる希望信号の受信電力が大きくなるためである。一方、入力相互情報量の小さいほうは得られる相互情報量は少ない。これは重ねた場合は重ねた分だけ最初の段階では干渉をキャンセルできず、未知の干渉として処理するしかないためである。また、これは図 3 5 の説明における第 7 の実施形態における 1 回目の処理に相当する。

【 0 2 3 0 】

図 3 6 の例では、K 本までは復号部の曲線 L 3 0 6 より上にあるので、繰り返しによって分離することができる。一方、L 本重ねてしまうとその曲線 L 3 0 3 は、復号部の曲線 L 3 0 6 とクロスし、E X I T 軌跡を書いてもそこで止まってしまう、特性は改善されない。即ち、信頼性を抽出して除去できないくらい干渉が強いということになる。したがって、この場合は K 本まで重ねても良いという閾値を設定することができる。

一方で、L 本重ねたい場合は、復号部の曲線 L 3 0 6 を図の下に下げる。これを実現するには符号化率を低くして、繰り返しの最初の方の干渉に対する耐性を高めればよい。

【 0 2 3 1 】

このように、符号化率を固定にした場合は、重ねるサブキャリアの本数を変えて等化部の E X I T を描き、何本まで重ねてもよいかを設計できる。一方、重ねたいサブキャリア数が規定されている場合には、復号部の符号化率を低くすることで復号器の線が下にさがるので、符号化率を変更するか、符号方法（ターボ符号や畳み込み符号など）を変更してもよい。これにより、システム設計の最適化の際に柔軟性を高めることもできる。

また、第 9 の実施形態のように繰り返し処理を行わない場合には図 3 5 の B 点で処理が止まるので、B 点の横軸（復号部出力相互情報量）の値が 1 に近いような値となるよう設計すれば、先に検出する信号の精度が高くなるので、後に検出する信号の検出が行いやすくなる。

【 0 2 3 2 】

[第 1 2 の実施形態]

本発明による、使用するサブキャリアがユーザ間で一部重複した通信方法を用いる場合のスケジューリング（サブキャリア割当の決定）方法、すなわち第 7 の実施形態であれば基地局装置 A 7 0 のスペクトル割当決定部 A 2 0 が、第 8 の実施形態であれば基地局装置 A 7 1 のスペクトル割当決定部 A 1 2 7 が、第 9 の実施形態であれば基地局装置 A 7 2 のスペクトル割当決定部 A 2 2 0 が行うスケジューリングの動作を説明するフローチャートを図 3 7 に示す。但し、本実施の形態では、全てのユーザに割り当てるサブキャリア数が等しい場合の例を示している。

【 0 2 3 3 】

図37に示すように、本実施の形態におけるスケジューリング方法では、まず、各サブキャリアにおける受信SNRまたは受信SINRをユーザ毎に測定する(Sa1)。ここで、本実施の形態ではアップリンクのスケジューリング方法を対象としているため、ステップS1に示す測定は基地局装置において行われる。次にステップSa2において、全サブキャリアを全てのユーザ(移動局装置)に対する選択可能サブキャリアとして設定する。また、全てのサブキャリアk(kはサブキャリア番号)について $z(k) = 0$ に設定する。

この $z(k)$ は、各サブキャリアに重複されているスペクトル(信号)の数を表す関数である。さらにステップSa3において、全ユーザx(xはユーザ番号)について $y(x) = 0$ に設定する。この $y(x)$ は、ユーザxが他のユーザと重複して用いるサブキャリア数を表す関数である。本実施の形態では、この $y(x)$ が所定のサブキャリア数(例えば、第11の実施形態を用いて設定した数で、Aと表す)以下となるようスケジューリングが行われる。

【0234】

本実施の形態では、各ユーザが1サブキャリアずつ順番に選択する手順となっており、以降の処理はユーザ番号「x」に対するサブキャリアの選択が行われる。但し、ステップSa4に示すように、最初の処理では $x = 1$ に設定され、ユーザ番号「1」のユーザに対するサブキャリアの選択が行われる。続いて、ステップSa5に示すように、ユーザ番号「x」に対する選択可能サブキャリアの中から受信SNRまたは受信SINRが最も高いサブキャリアを候補サブキャリアに設定する。ここで、例えば候補サブキャリアとして設定されたサブキャリアの番号をkとすると、ステップSa6において、候補サブキャリアkにおける関数 $z(k)$ の値が0か否かの判断が行われる。

【0235】

$z(k) = 0$ 、つまり候補サブキャリアkは、どのユーザにも選択されていない場合には、ステップSa7に移り、候補サブキャリアkをユーザ番号「x」のユーザに割り当て、 $z(k)$ に1を加算する。また、 $z(k) > 0$ 、つまり候補サブキャリアkは、既に他のユーザに選択されている場合には、ステップSa11に移り、 $y(x)$ が所定のサブキャリア数A未満か否かの判断が行われる。このステップSa11の判断の結果、 $y(x)$

Aであれば、ユーザ番号「x」のユーザは、これ以上他のユーザとサブキャリアを重複して用いることができないため、ステップSa12へ移り、候補サブキャリアkをユーザ番号「x」のユーザの選択可能サブキャリアから削除する。そして、ステップSa5へ戻り、ステップSa12にて削除された候補サブキャリア以外の選択可能サブキャリアの中から受信SNRまたは受信SINRが最も高いサブキャリアを候補サブキャリアに設定し、再度割り当てを試みる。

【0236】

一方、ステップSa11の判断の結果、 $y(x) < A$ であれば、ユーザ番号「x」のユーザはまだ他のユーザとサブキャリアを重複して用いることができることになる。そこで、ステップSa13へ移り、候補サブキャリアkに既に割り当てられている(候補サブキャリアkを既に選択している)ユーザ数が1か否かの判断を行い、候補サブキャリアkに既に割り当てられているユーザ数が1でない(2以上である)場合には、ステップSa16において $y(x)$ に1を加算した後、ステップSa7において候補サブキャリアkをユーザ番号「x」のユーザに割り当て、 $z(k)$ に1を加算する。

【0237】

ステップSa13において、候補サブキャリアkに既に割り当てられているユーザ数が1であると判断された場合には、ステップSa14に移り、候補サブキャリアkに既に割り当てられているユーザx'について $y(x')$ が所定のサブキャリア数A未満か否かの判断を行う。この結果、 $y(x') > A$ であれば、ユーザ番号「x'」のユーザは、これ以上他のユーザとサブキャリアを重複して用いることができないため、候補サブキャリアkをユーザ番号「x'」のユーザと重複して用いようとしているユーザ番号「x」のユーザは候補サブキャリアkを選択することができない。したがって、ステップSa14から

10

20

30

40

50

ステップ S a 1 2 へ移り、候補サブキャリア k をユーザ番号「 x 」に対する選択可能サブキャリアから削除した後、ステップ S 5 へ戻り、再度別のサブキャリアの割り当てを試みる。

【 0 2 3 8 】

ステップ S a 1 4 において、 $y (x ') < A$ であれば、ユーザ x ' は、まだ他のユーザ（ここではユーザ x ）とサブキャリアを重複して用いることができるため、ステップ S a 1 5、ステップ S a 1 6 において $y (x ')$ 、 $y (x)$ にそれぞれ 1 を加算した後、ステップ S a 7 へ移り、候補サブキャリア k をユーザ番号「 x 」のユーザに割り当てる。

ステップ S a 7 においてサブキャリアが割り当てられた後には、ステップ S a 8 においてユーザ x に対する選択可能サブキャリアから候補サブキャリア k を削除した後、各ユーザへの割り当てが一巡したか否かを判断するために、ステップ S a 9 において現在割り当てを行っているユーザのユーザ番号と全ユーザ数とを比較する。現在割り当てを行っているユーザのユーザ番号とユーザ数が異なる場合には、各ユーザへの割り当てが一巡しておらず、他のユーザと同じ数のサブキャリアを選択できていないユーザが存在するため、ステップ S a 1 7 においてユーザ番号を更新し、ステップ S a 5 へ戻る。

10

【 0 2 3 9 】

また、ステップ S a 9 において、現在割り当てを行っているユーザのユーザ番号とユーザ数が一致する場合には、各ユーザへの割り当てが一巡したことを示しているため、 S a 1 0 へ移り、 $z (k)$ を全サブキャリアについて加算した和をユーザ数で割った数を算出し、その数と各ユーザへ割り当てべきサブキャリア数が一致するか否かを判断する。この数が一致する場合には、全てのユーザについて、割り当てべきサブキャリア数の割り当てが終わったことを示すため、本実施の形態によるスケジューリングを終了する。逆に一致しない場合には、まだ各ユーザへ割り当てべきサブキャリア数の割り当てが終わっていないことを示しているため、ステップ S a 4 へ戻り、再度ユーザ 1 から順に割り当てを行っていく。

20

【 0 2 4 0 】

従来は、伝送可能な帯域内に受信 S N R や S I N R が良好なサブキャリアがあっても他の装置が通信している場合には該サブキャリアを使用することができないため、どの送信装置にどのサブキャリアを割り当てるかを決定するスケジューリングが他の送信装置の利用状況によって決められるため、スケジューリングのアルゴリズムが煩雑になっていた。

30

しかし、このように、本実施の形態によるスケジューリングにより、所定の本数以下のサブキャリアを他ユーザと重複して用いる割り当てを行うことができる。これにより、他ユーザのサブキャリアの使用状況をさほど意識せずにスケジューリングが可能となることから、サブキャリア選択の幅が広がり、伝搬路状況のより良いサブキャリアを用いて通信が可能となる。また、同時に送信可能なユーザ数を増やすことができる可能性もあり、限られたリソースを有効に使用できる柔軟なスケジューリングであるといえる。

【 0 2 4 1 】

[第 1 3 の実施形態]

本発明によりユーザ間で一部重複したサブキャリアを使用した伝送を行う場合のスペクトル配置の例を図 3 8 A、図 3 8 B に示す。まず、図 3 8 A は、使用可能なサブキャリア数が 1 6 という帯域において 2 ユーザがそれぞれ 1 0 本ずつの良好な受信特性が得られるサブキャリアを選択した場合の使用スペクトルの配置を示している。但し、ここでは、複数のユーザ間で重複してもよい所定のサブキャリア数を 4 としている。このようにユーザ間でサブキャリアを重複して使用することができる場合、図 3 8 A に示すように、合計 2 0 本のサブキャリアの情報を 1 6 本のサブキャリアで送ることができる。これは、例えば 2 ユーザで、所定のサブキャリア数を P、全帯域で利用可能なサブキャリア数を N_d とすると、 $(N_d + P) / 2$ 本のサブキャリアを利用することができることを示しており、本発明により大幅な伝送容量の改善が見込める。

40

【 0 2 4 2 】

この図 3 8 A では、 S C - A S A 方式により複数のユーザが用いるサブキャリアが混在

50

し、任意のサブキャリアが重複して用いられる場合の例を示したが、これとは異なり、SC-A SA方式のように各ユーザが任意のサブキャリアを用いるのではなく、さらに、重複して用いられるサブキャリアの位置がある程度制限されるような形態としてもよい。このような例を図38Bに示す。図38Bでは、4ユーザがそれぞれ一部のサブキャリアを他のユーザと重複して用いる例を示しているが、1ユーザが用いるサブキャリアは全て連続しており、他ユーザと重複しているサブキャリアはいずれも各ユーザが用いるサブキャリア群の端の一部となっている。このように、一部のサブキャリアの重複を認める周波数分割によりユーザを多重する形態としてもよい。このような形態とすることにより、ユーザ間で完全に周波数を分割して用いるシステムに比べ、伝送効率の大幅な改善が可能となる。

10

【0243】

[第14の実施形態]

一般に、セルラシステムなどの無線通信システムでは、複数のDF T - S - O F D Mシンボル(以下、図中も含めDF T - S - O F D Mシンボルと称する)を時間多重することでフレームを構成し、伝送する。このようなフレーム単位の伝送を行う場合の概要を図39に示す。但し、図39には、フレーム毎のスペクトル配置も併せて示している。図39に示すように、本発明によるスケジューリング、すなわち第7の実施形態であれば基地局装置A70のスペクトル割当決定部A20、第8の実施形態であれば基地局装置A71のスペクトル割当決定部A127、あるいは第9の実施形態であれば基地局装置A72のスペクトル割当決定部A220がユーザ毎にそれぞれ良好なサブキャリアを選択し、重複したサブキャリアを用いた伝送を行う場合に、フレーム単位でサブキャリアの選択を変更するようにしてもよい。このような形態とすることにより、1セル周波数繰り返しシステムにおいてフレーム単位で変動する隣接セルからの干渉に対する回避能力が生じ、より高効率な伝送が可能となる。

20

【0244】

また、図39に示すように、フレーム単位で必ずサブキャリアの選択を変更する必要はなく、ユーザ毎に受信SNRまたは受信SINRが大きく変動した場合についてのみ変更する形態としてもよい。このような形態とすることにより、伝搬路状況に応じたサブキャリアの選択を行いつつ、選択されたサブキャリアについて通知するために必要な制御情報量の削減を図ることができる。

30

【0245】

なお、第7～第14の実施形態において、無線通信システムが具備する送信装置である移動局装置は、2つであるとして説明したが、2つを超える数であってもよい。このとき、同時に1つのサブキャリアに対して信号を割り当て可能な移動局装置の最大数は、上述の各基地局装置の構成では2つとなる。しかし、例えば、第7の実施形態における基地局装置A70における符号A19-1、A21-1、A22-1、A26-1、A27-1、A28-1、A29-1、A30-1、A31-1、A32-1、A33-1、A34-1、A35-1、A36-1、A37-1の組を増やすことで、同時に割当可能な移動局装置の最大数を、該組の数まで増やすことができる。

【0246】

また、第7～第14の実施形態において、各無線通信システムは、送信装置を移動局装置、受信装置を基地局装置とする移動体通信システムであるとして説明したが、送信装置が端末であり、受信装置がベースステーションであり、スペクトル割当決定部を端末が有するようなワイヤレスLANを用いたシステムであってもよい。

40

【0247】

また、図3における符号化部1、変調部2、S/P変換部3、DF T部4-1、4-2、マッピング部5-1、5-2、IDF T部6-1、GI挿入部7-1、7-2、P/S変換部8-1、8-2の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

50

【 0 2 4 8 】

また、図 5 における符号化部 1、変調部 2、S / P 変換部 3、D F T 部 4 - 1、マッピング部 5 - 3、I D F T 部 6 - 1、6 - 2、G I 挿入部 7 - 1、7 - 2、P / S 変換部 8 - 1、8 - 2 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

【 0 2 4 9 】

また、図 6 における C P 除去部 1 0 6、1 0 7、S / P 変換部 1 0 8、1 0 9、1 3 5、1 3 6、D F T 部 1 1 0、1 1 1、1 1 6、1 1 7、1 3 7、1 3 8、1 3 9、1 4 0、伝搬路推定部 1 1 2、1 1 3、キャンセル部 1 1 4、信号等化・分離部 1 1 5、空間・スペクトルデマッピング部 1 1 8、I D F T 部 1 1 9、1 2 0、1 2 1、1 2 2、1 4 2、1 4 3、P / S 変換部 1 2 3、1 2 4、復調部 1 2 5、1 2 6、復号部 1 2 7、1 2 8、繰り返し制御部 1 2 9、1 3 0、判定部 1 3 1、1 3 2、レプリカ生成部 1 3 3、1 3 4、空間・スペクトルマッピング部 1 4 1、伝搬路乗算部 1 4 4、伝搬路再構成部 1 4 5、使用スペクトル決定部 1 4 6、干渉電力推定部 1 4 7、送信部 1 4 8 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

10

【 0 2 5 0 】

また、図 9 における C P 除去部 1 0 6、1 0 7、S / P 変換部 1 0 8、1 0 9、1 3 5、1 3 6、D F T 部 1 1 0、1 1 1、1 1 6、1 1 7、1 3 7、1 3 8、1 3 9、1 4 0、伝搬路推定部 1 1 2、1 1 3、キャンセル部 1 1 4、信号等化・分離部 1 1 5、空間・スペクトルデマッピング部 1 1 8、I D F T 部 1 1 9、1 2 0、1 2 1、1 2 2、P / S 変換部 1 2 3、1 2 4、復調部 1 2 5、1 2 6、復号部 1 2 7、1 2 8、繰り返し制御部 1 2 9、1 3 0、判定部 1 3 1、1 3 2、レプリカ生成部 1 3 3、1 3 4、空間・スペクトルマッピング部 1 4 1、伝搬路乗算部 1 4 4、伝搬路再構成部 1 4 5、使用スペクトル決定部 1 4 6、干渉電力推定部 1 4 7、送信部 1 4 8 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

20

30

【 0 2 5 1 】

また、図 1 2 における C P 除去部 1 0 6、1 0 7、3 1 6、3 1 7、S / P 変換部 1 0 8、1 0 9、3 1 8、3 1 9、1 3 5、1 3 6、D F T 部 1 1 0、1 1 1、3 2 0、3 2 1、1 3 7、1 3 8、1 3 9、1 4 0、伝搬路推定部 1 1 2、1 1 3、3 2 2、3 2 3、キャンセル部 1 1 4、信号等化・分離部 3 0 0、空間・スペクトルデマッピング部 3 0 1、I D F T 部 1 1 9、1 2 0、1 2 1、1 2 2、P / S 変換部 1 2 3、1 2 4、復調部 1 2 5、1 2 6、復号部 1 2 7、1 2 8、繰り返し制御部 1 2 9、1 3 0、判定部 1 3 1、1 3 2、レプリカ生成部 1 3 3、1 3 4、空間・スペクトルマッピング部 1 4 1、伝搬路乗算部 1 4 4、伝搬路再構成部 3 0 2、使用スペクトル決定部 1 4 6、干渉電力推定部 1 4 7、送信部 1 4 8 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

40

【 0 2 5 2 】

また、図 1 5 における D F T 部 1 1 0、1 1 1、伝搬路推定部 1 1 2、1 1 3、I D F T 部 1 1 9、1 2 0、1 2 1、1 2 2、P / S 変換部 1 2 3、1 2 4、復調部 1 2 5、1 2 6、復号部 1 2 7、1 2 8、繰り返し制御部 1 2 9、1 3 0、判定部 1 3 1、1 3 2、レプリカ生成部 1 3 3、1 3 4、S / P 変換部 1 3 5、1 3 6、D F T 部 1 3 7、1 3 8、1 3 9、1 4 0、空間・スペクトルマッピング部 1 4 1、伝搬路乗算部 1 4 4、伝搬路再構成部 1 4 5、信号等化・分離部 2 0 1 - 1、2 0 1 - 2、空間・スペクトルデマッピング部 5 0 0 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体

50

に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

【0253】

また、図19におけるDFT部110、111、伝搬路推定部112、113、キャンセル部200、信号等化・分離部201、伝搬路再構成部221、伝搬路乗算部220、空間・スペクトルデマッピング部501、空間・スペクトルマッピング部502、IDFT部115、117、P/S変換部120、復調部122、復号部124、繰り返し制御部205、判定部207、レプリカ生成部210、S/P変換部212、DFT部215、216の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

10

【0254】

また、図24における符号化部1、変調部2、S/P変換部3、拡散・多重部50-1、50-2、マッピング部5-1、5-2、IDFT部6-1、6-2、GI挿入部7-1、7-2、P/S変換部8-1、8-2、受信部11の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することにより各部の処理を行ってもよい。

【0255】

また、図28における符号部A1、インターリーバ部A2、変調部A3、S/P変換部A4、DFT部A5、スペクトルマッピング部A6、IDFT部A7、P/S変換部A8、パイロット信号生成部A9、パイロット多重部A10、CP挿入部A11の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりこれらの処理を行ってもよい。

20

【0256】

また、図29におけるCP除去部A17、パイロット分離部A18、伝搬路推定部A19-1、A19-2、スペクトル割当決定部A20、伝搬路特性デマッピング部A21-1、21-2、伝搬路特性選択部A22-1、22-2、S/P変換部A23、DFT部A24、スペクトルデマッピング部A25、信号キャンセル部A26-1、26-2、信号等化部A27-1、27-2、復調部A28-1、28-2、デインターリーバ部A29-1、29-2、復号部A30-1、30-2、繰り返し数制御部A31-1、31-2、インターリーバ部A32-1、32-2、レプリカ生成部A33-1、33-2、S/P変換部A34-1、34-2、DFT部A35-1、35-2、干渉スペクトル選択部A36-1、36-2の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりこれらの処理を行ってもよい。

30

【0257】

また、図30におけるCP除去部A102、パイロット分離部A103、伝搬路推定部A104-1、104-2、伝搬路特性デマッピング・選択部A105-1、105-2、干渉信号キャンセル部A107、S/P変換部A108、DFT部A109、スペクトルデマッピング部A110、希望信号キャンセル部A111、信号等化部A112、復調部A113、デインターリーバ部A114、復号部A115、繰り返し数制御部A116、インターリーバ部A117、レプリカ生成部A118、S/P変換部A119、DFT部A120、干渉スペクトル選択部A121、スペクトルマッピング部A122、IDFT部A123、P/S変換部A124、判定部A125、スペクトル割当決定部A127の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりこれらの処理を行ってもよい。

40

【0258】

50

また、図 3 1 における符号部 A 2 0 0 a、2 0 0 b、インターリーバ部 A 2 0 1、変調部 A 2 0 2、S / P 変換部 A 2 0 3、D F T 部 A 2 0 4、スペクトルマッピング部 A 2 0 6、I D F T 部 A 2 0 7、P / S 変換部 A 2 0 8、パイロット信号生成部 A 2 0 9、パイロット多重部 A 2 1 0、C P 挿入部 A 2 1 1、D / A 変換部 A 2 1 2 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりこれらの処理を行ってもよい。

【 0 2 5 9 】

また、図 3 2 における C P 除去部 A 2 1 7、パイロット分離部 A 2 1 8、伝搬路推定部 A 2 1 9 - 1、2 1 9 - 2、スペクトル割当決定部 A 2 2 0、伝搬路特性デマッピング部 A 2 2 1 - 1、2 2 1 - 2、伝搬路特性選択部 A 2 2 2 - 1、S / P 変換部 A 2 2 3、D F T 部 A 2 2 4、スペクトルデマッピング部 A 2 2 5、信号等化部 A 2 2 6、復調部 A 2 2 7、デインターリーバ部 A 2 2 8、復号部 A 2 2 9、インターリーバ部 A 2 3 0、レプリカ生成部 A 2 3 1、S / P 変換部 A 2 3 2、D F T 部 A 2 3 3、干渉スペクトル選択部 A 2 3 4、干渉信号キャンセル部 A 2 3 5、信号等化部 A 2 3 6、復調部 A 2 3 7、デインターリーバ部 A 2 3 8、復号部 A 2 3 9 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりこれらの処理を行ってもよい。

10

【 0 2 6 0 】

また、図 3 3 における符号部 A 1、インターリーバ部 A 2、変調部 A 3、S / P 変換部 A 4、拡散多重部 A 3 0 0、スペクトルマッピング部 A 6、I D F T 部 A 7、P / S 変換部 A 8、パイロット信号生成部 A 9、パイロット多重部 A 1 0、C P 挿入部 A 1 1 の機能を実現するためのプログラムをコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記録して、この記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータシステムに読み込ませ、実行することによりこれらの処理を行ってもよい。

20

【 0 2 6 1 】

なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、O S や周辺機器等のハードウェアを含むものとする。また、「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、フレキシブルディスク、光磁気ディスク、R O M、C D - R O M 等の可搬媒体、コンピュータシステムに内蔵されるハードディスク等の記憶装置のことをいう。さらに「コンピュータ読み取り可能な記録媒体」とは、インターネット等のネットワークや電話回線等の通信回線を介してプログラムを送信する場合の通信線のように、短時間の間、動的にプログラムを保持するもの、その場合のサーバやクライアントとなるコンピュータシステム内部の揮発性メモリのように、一定時間プログラムを保持しているものも含むものとする。また上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであっても良く、さらに前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるものであっても良い。

30

【 0 2 6 2 】

以上、この発明の実施形態を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計等も含まれる。

40

【 産業上の利用可能性 】

【 0 2 6 3 】

本発明は、S C - A S A 方式にて移動局装置から基地局装置への上りリンクの通信を行なう移動体通信システムに用いて好適であるが、これに限定されない。

【 符号の説明 】

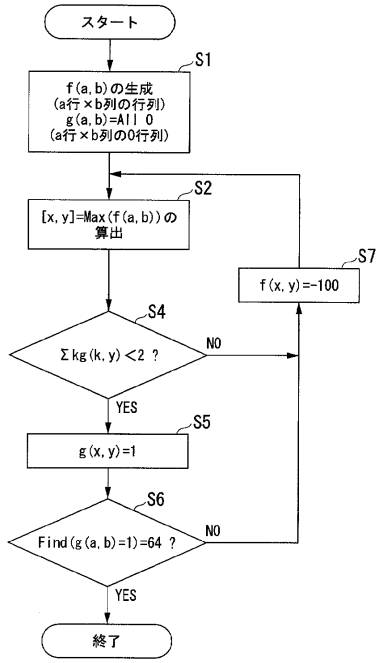
【 0 2 6 4 】

1 ... 符号化部 2 ... 変調部 3 ... S / P 変換部 4 - 1、4 - 2 ... D F T 部 5 - 1、5 - 2、5 - 3 ... マッピング部 6 - 1、6 - 2 ... I D F T 部 7 - 1、7 - 2 ... G I 挿入部 8 - 1、8 - 2 ... P / S 変換部 9 - 1、9 - 2 ... D / A 変換部 1 0 - 1、1 0 - 2 ... R F 部 1 1 ... 受信部 1 0 0、1 0 1、3 1 0、3 1 1 ... アンテナ 1 0 2、1

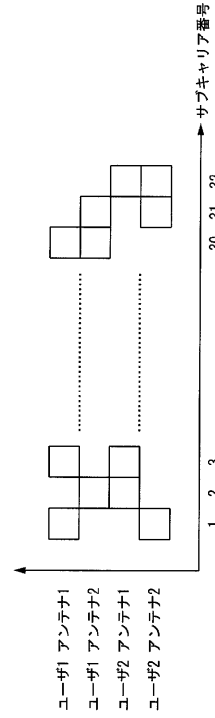
50

03、312、313...RF部 104、105、314、315...A/D変換部 106、107、316、317...CP除去部 108、109、135、136、318、319、212...S/P変換部 110、111、116、117、137、138、139、140、215、216、320、321...DFT部 112、113...伝搬路推定部 114、200...キャンセル部 115、201-1、201-2、300...信号等化・分離部 118、500...空間・スペクトルマッピング部 301...スペクトルマッピング部 119、120、121、122、142、143...IDFT部 123、124...P/S変換部 125、126...復調部 127、128...復号部 129、130、205...繰り返し制御部 131、132、207...判定部 133、134、210...レプリカ生成部 141...空間・スペクトルマッピング部 144、220...伝搬路乗算部 145、221...伝搬路再構成部 146...使用スペクトル決定部 147...干渉電力推定部 148...送信部 500、501、502...移動局装置 510、511、512、513、514...基地局装置 A1、A200a、A200b...符号部 A2、A32-1、A32-2、A117、A201、A230...インターリーバ部 A3、A202...変調部 A4、A34-1、A34-2、A203、A232...S/P変換部 A5、A24、A35-1、A35-2、A109、A120、A204、A224、2A33...DFT部 A6、A122、A206...スペクトルマッピング部 A7、A123、A207...IDFT部 A8、A124、A208...P/S変換部 A9...パイロット信号生成部 A10、A210...パイロット多重部 A11、A211...CP挿入部 A12、A212...D/A変換部 A13、A39、A126、A213、A241...無線部 A14、A15、A100、A214、A240...アンテナ A16、A101、A216...A/D変換部 A17、A102、A217...CP除去部 A18、A103、A218...パイロット分離部 A19、A104-1、A104-2、A219-1、A219-2...伝搬路推定部 A20、A127、A220...スペクトル割当決定部 A21-1、A21-2、A221-1、A221-2...伝搬路特性マッピング部 A22-1、A22-2、A222-1、A222-2...伝搬路特性選択部 A23、A108、A119、A223...S/P変換部 A25、A110、A225...スペクトルマッピング部 A26-1、A26-2...信号キャンセル部 A27-1、A27-2、A112、A226、A236...信号等化部 A28-1、A28-2、A113、A227、A237...復調部 A29-1、A29-2、A114、A228、A238...デインターリーバ部 A30-1、A30-2、A115、A229、A239...復号部 A31-1、A31-2、A116...繰り返し数制御部 A33-1、A33-2、A118、A231...レプリカ生成部 A36-1、A36-2、A121、A234...干渉スペクトル選択部 A37-1、A37-2、A125...判定部 A38、A128、A242...送信部 A42、A215...受信部 A50...マッピング部 A60...信号検出部 A70、A71、A72...基地局装置 A80a、A80b、A82a、A82b、A83...移動局装置 A105-1、A105-2...伝搬路特性マッピング・選択部 A106...ユーザ切り替え制御部 A107、A235...干渉信号キャンセル部 A111...希望信号キャンセル部 A300...拡散・多重部

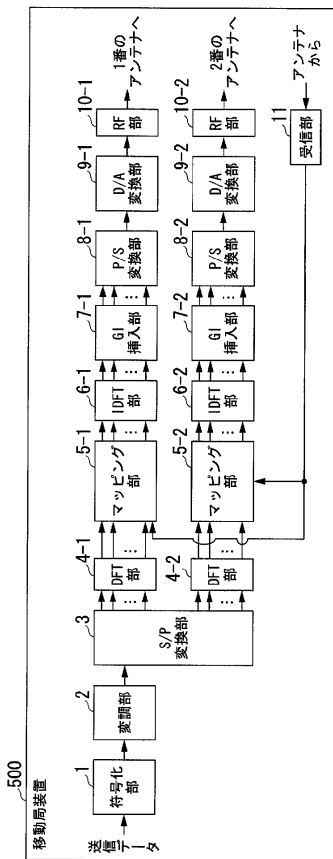
【図1】



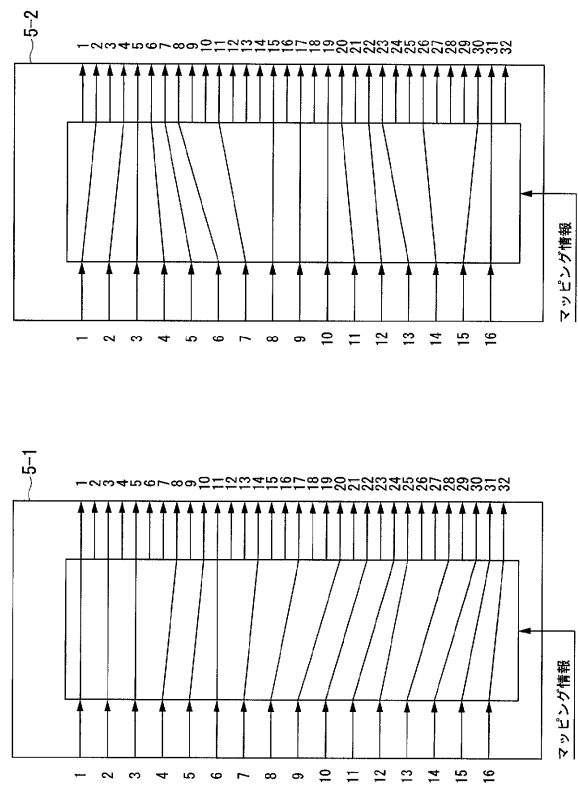
【図2】



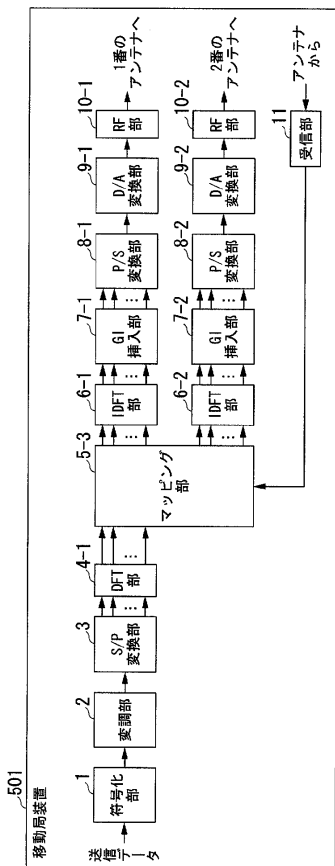
【図3】



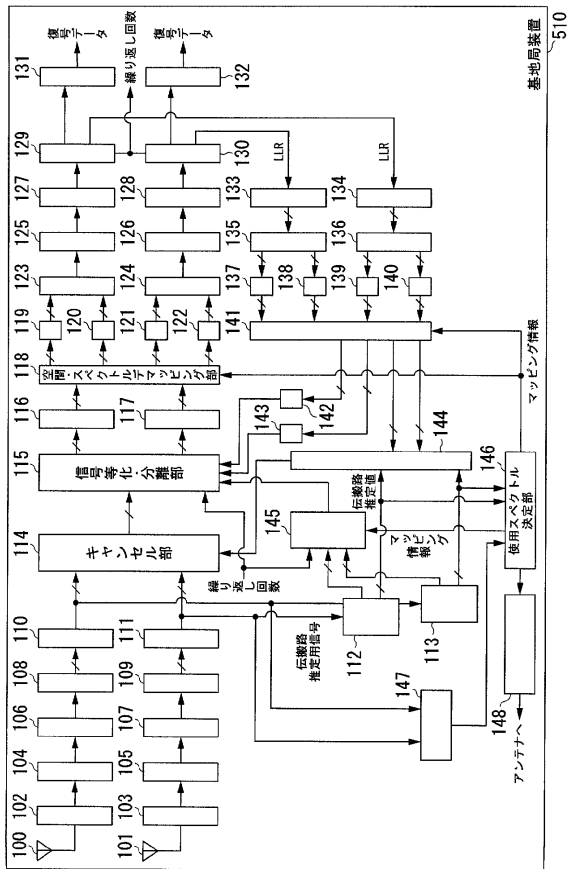
【図4】



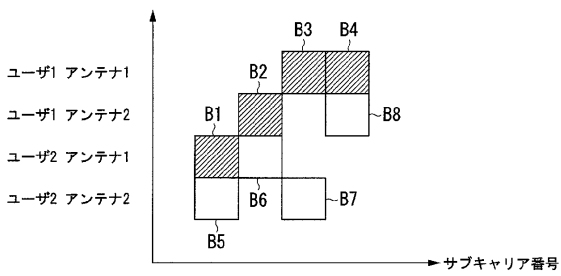
【図5】



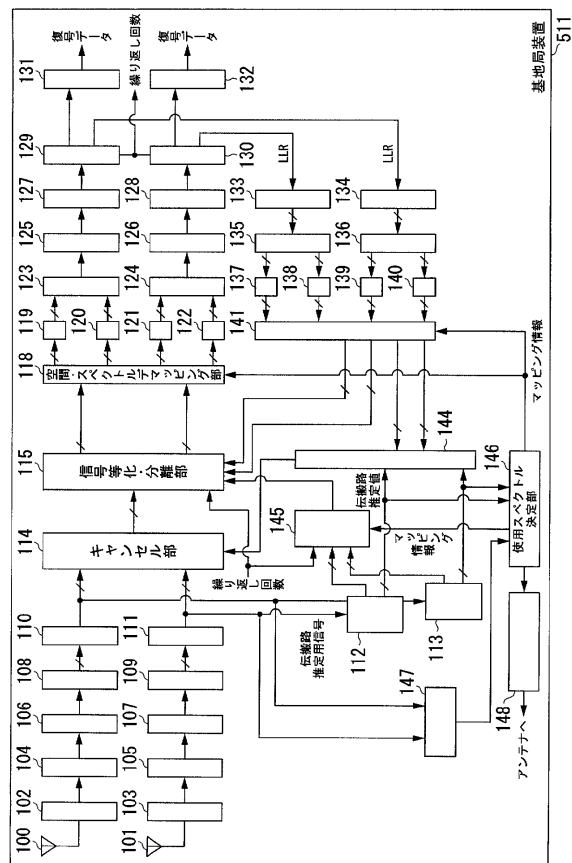
【図6】



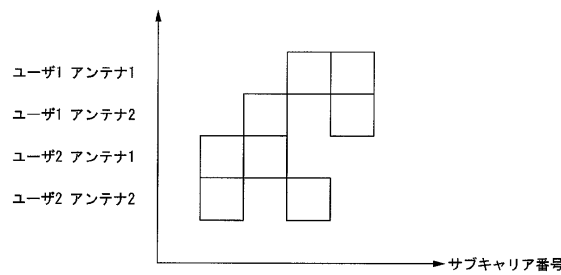
【図7】



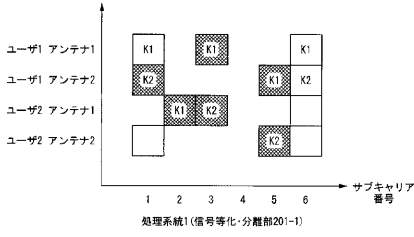
【図9】



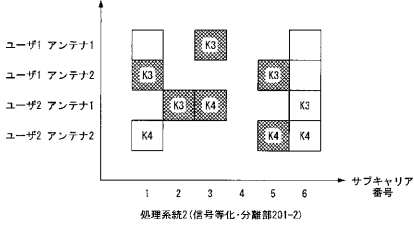
【図8】



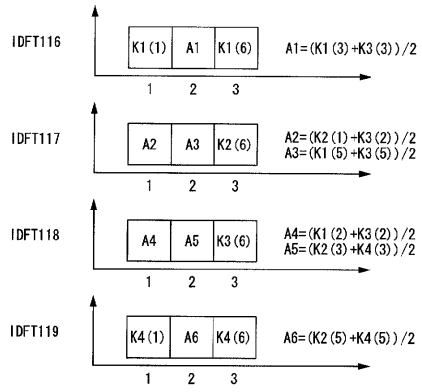
【図16A】



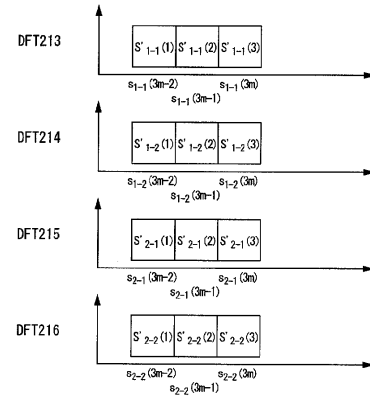
【図16B】



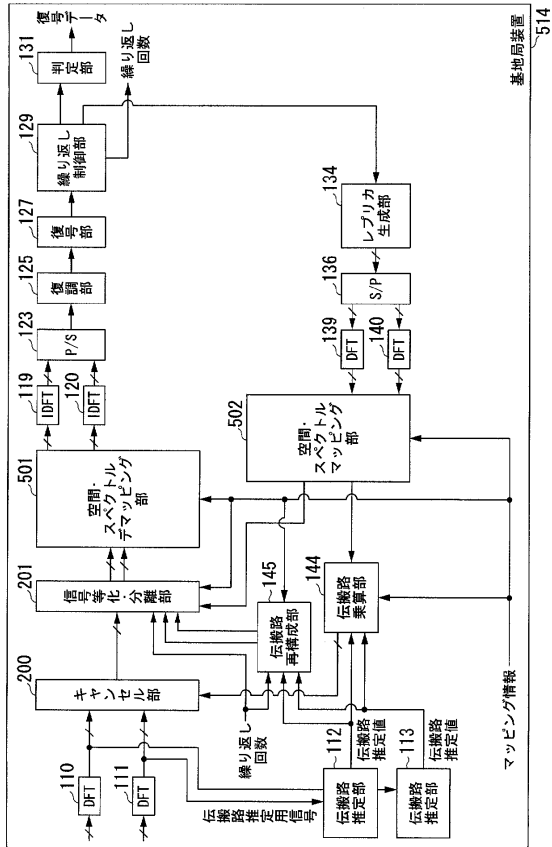
【図17】



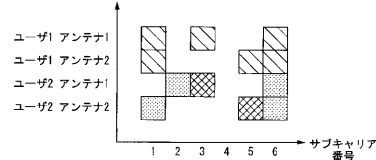
【図18】



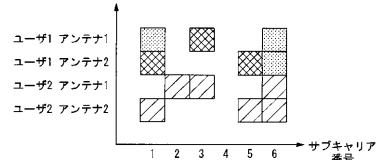
【図19】



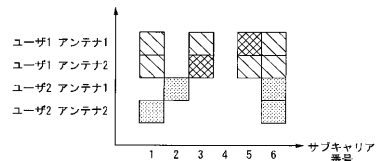
【図20A】



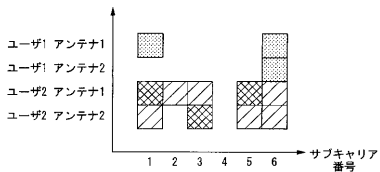
【図20B】



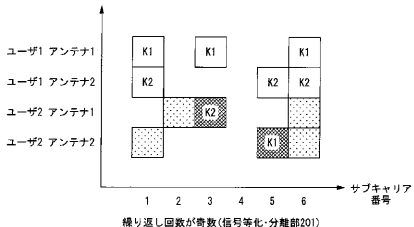
【図20C】



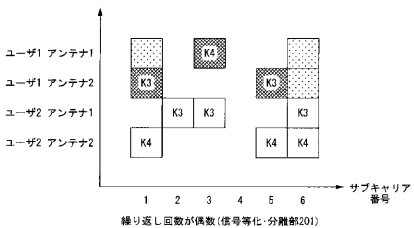
【図20D】



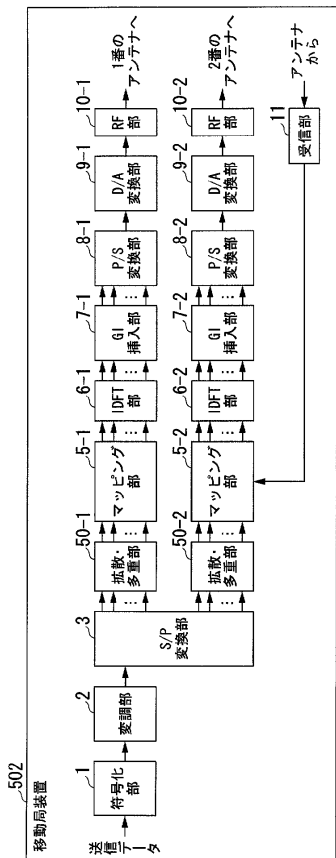
【図21A】



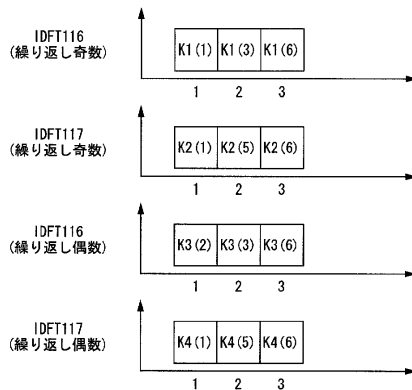
【図21B】



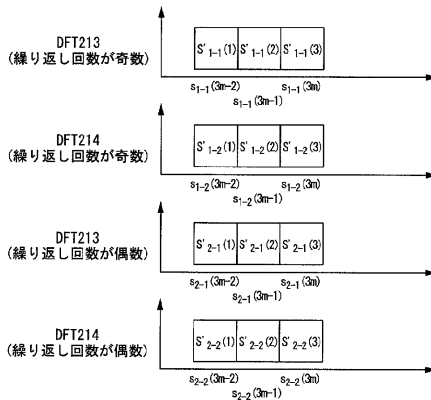
【図24】



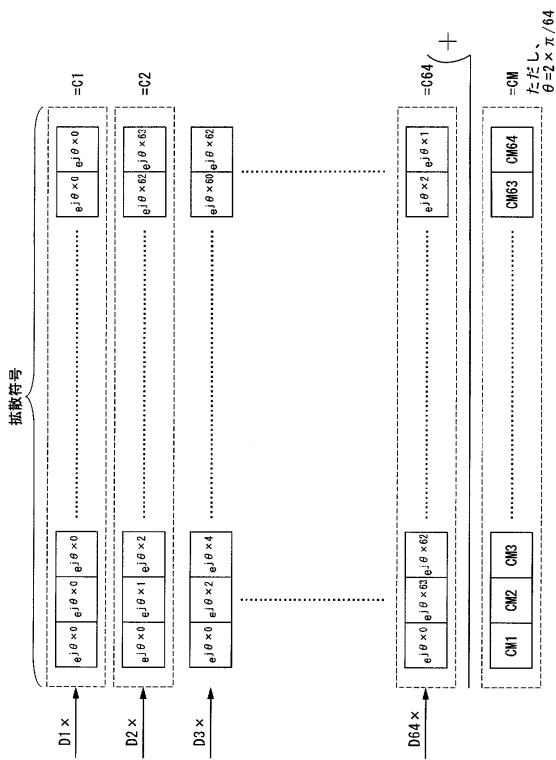
【図22】



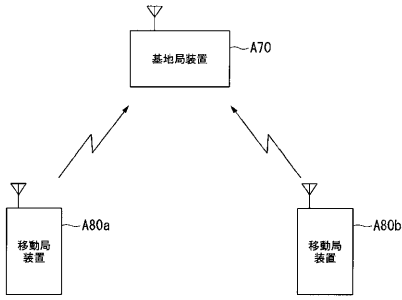
【図23】



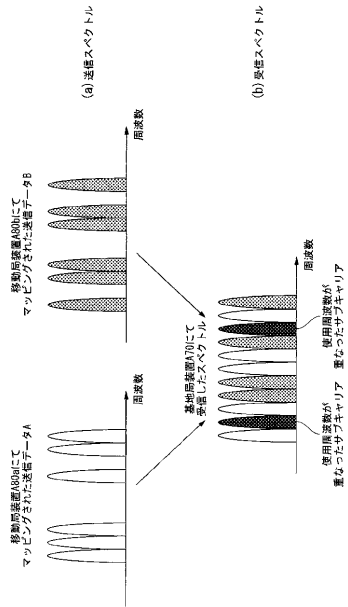
【図25】



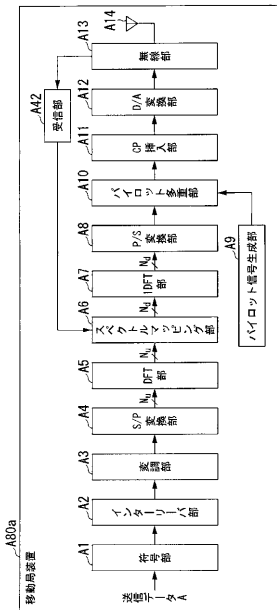
【図26】



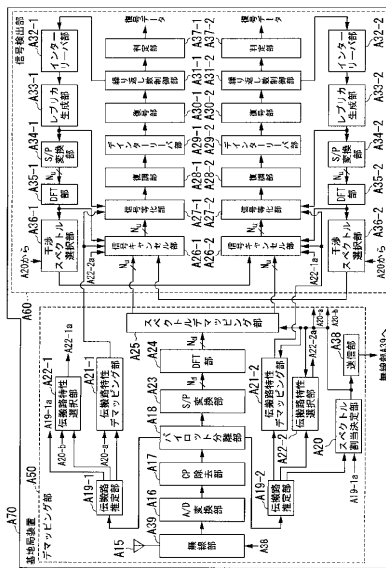
【図27】



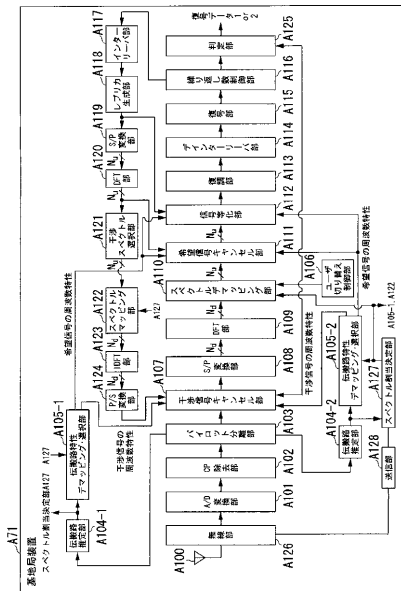
【図28】



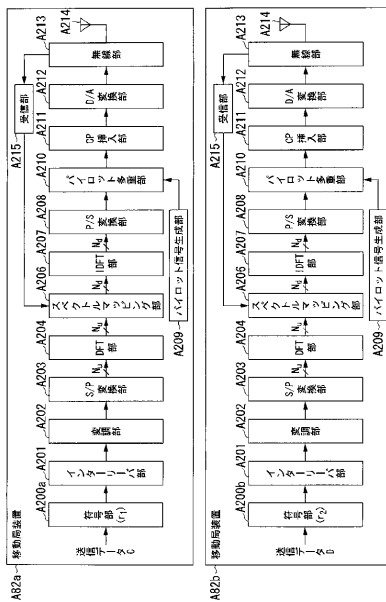
【図29】



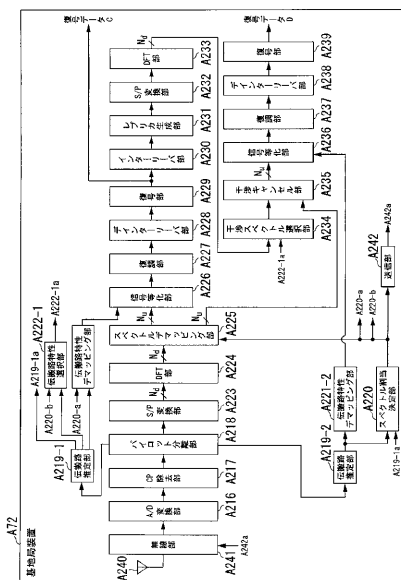
【図 30】



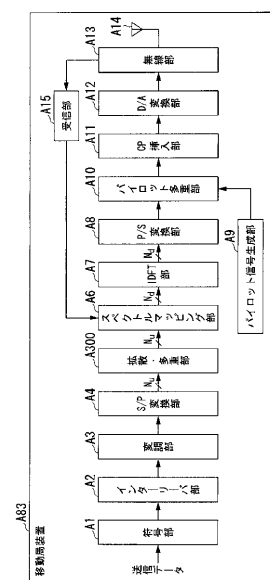
【図 31】



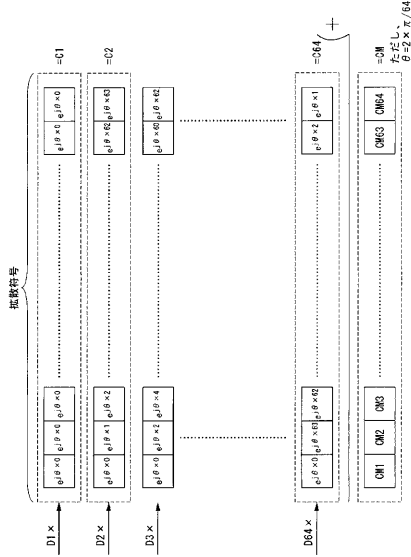
【図 32】



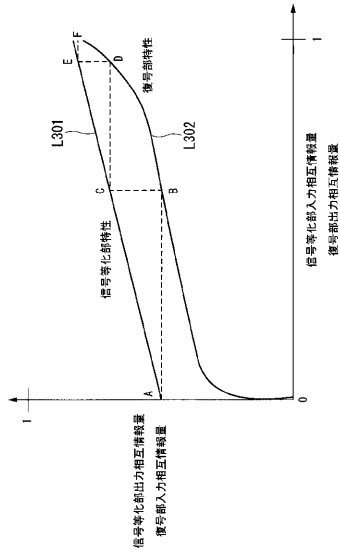
【図 33】



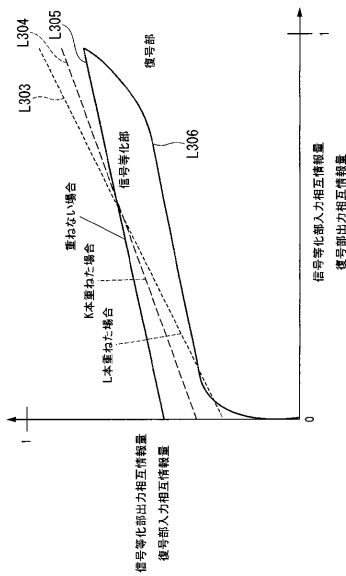
【図 3 4】



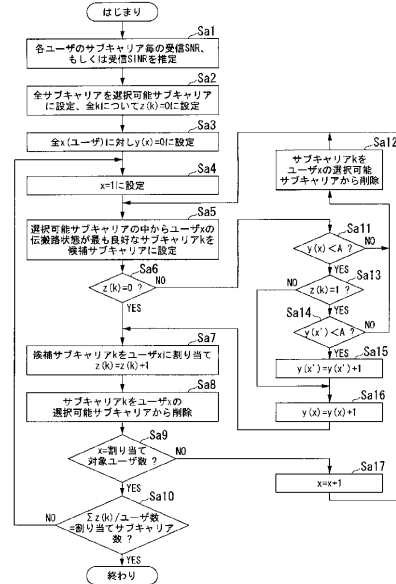
【図 3 5】



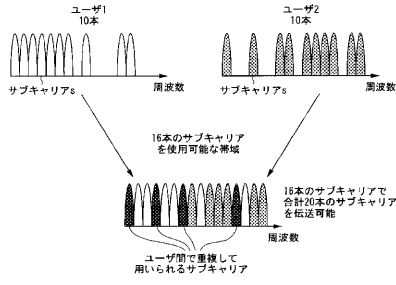
【図 3 6】



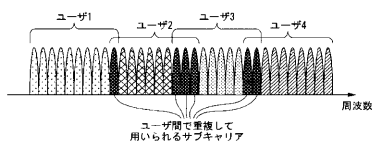
【図 3 7】



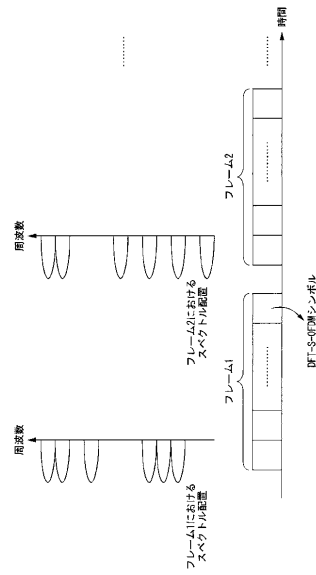
【図38A】



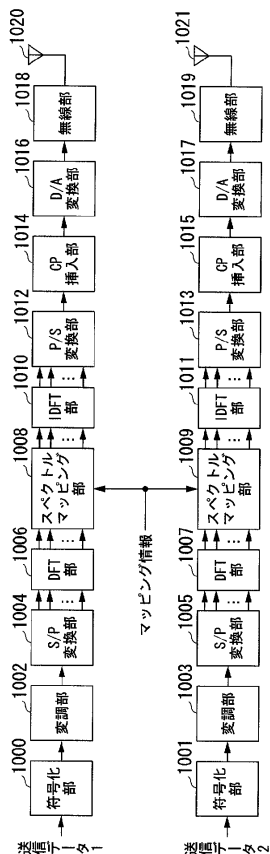
【図38B】



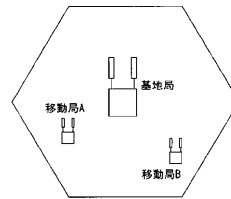
【図39】



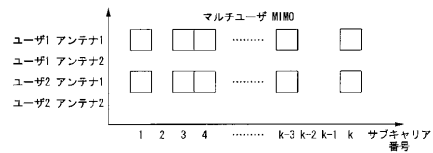
【図40】



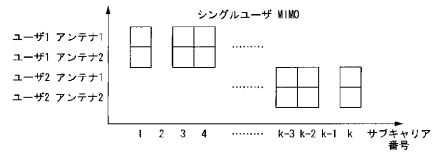
【図41A】



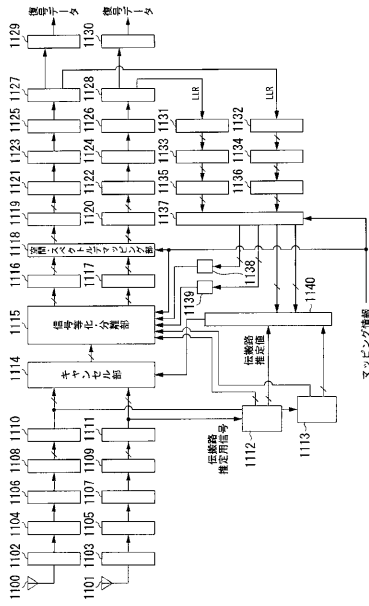
【図41B】



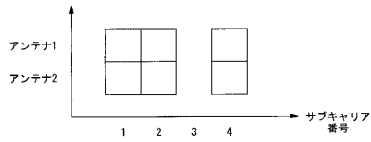
【図41C】



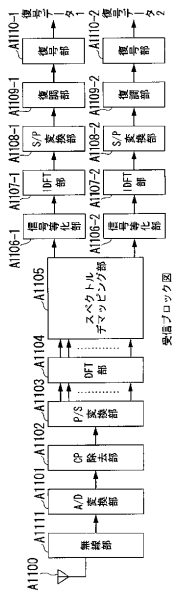
【図 4 2】



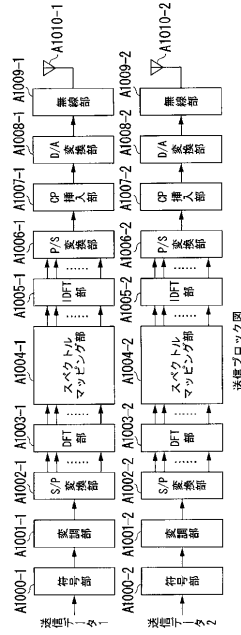
【図 4 3】



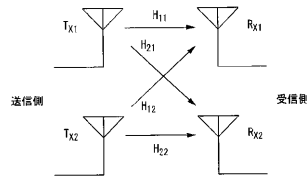
【図 4 4 B】



【図 4 4 A】



【図 4 5】



フロントページの続き

- (72)発明者 窪田 稔
大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 シャープ株式会社内
- (72)発明者 三瓶 政一
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 宮本 伸一
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内
- (72)発明者 衣斐 信介
大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内

審査官 速水 雄太

- (56)参考文献 国際公開第2006/035637(WO, A1)
特開2004-254285(JP, A)
特開2006-203875(JP, A)
国際公開第2007/051181(WO, A1)
特開2000-358014(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 11/00
H04J 99/00
H04B 7/04
H04W 16/28
H04W 72/04