

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 12 月 13 日(13.12.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/169428 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) *H04B 7/15* (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/064141
- (22) 国際出願日: 2012 年 5 月 31 日(31.05.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2011-130721 2011 年 6 月 10 日(10.06.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(Sharp Kabushiki Kaisha) [JP/JP];
〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番
2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 小野寺 毅
(ONODERA Takashi). 中野 博史 (NAKANO
Hiroshi). 留場 宏道(TOMEBA Hiromichi). ルイズ
デルガド アルバロ(RUIZ DELGADO Alvaro). 窪
田 稔(KUBOTA Minoru).
- (74) 代理人: 福地 武雄(FUKUCHI Takeo); 〒1500031
東京都渋谷区桜丘町 3 番 1 号 Tokyo (JP).

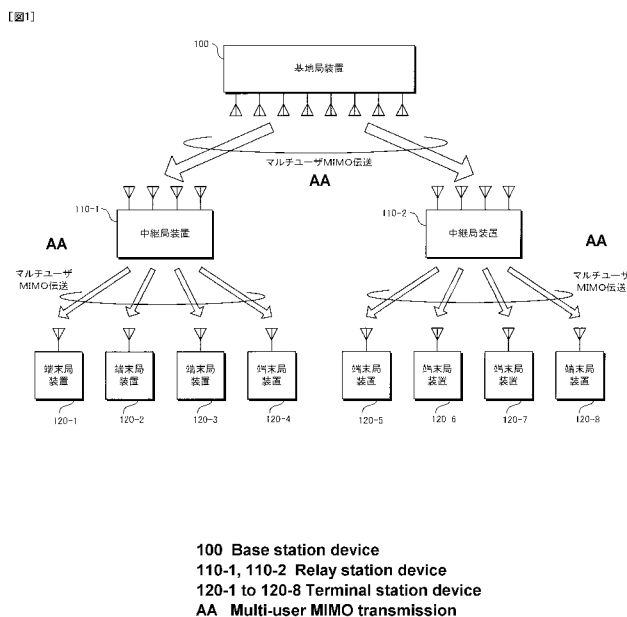
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: WIRELESS RELAY DEVICE, WIRELESS TRANSMISSION DEVICE, WIRELESS RECEIVING DEVICE, WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, CONTROL PROGRAM AND INTEGRATED CIRCUIT

(54) 発明の名称: 無線中継装置、無線送信装置、無線受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路



(57) Abstract: In a case where transmission signals are relayed and transmitted via different relay station devices, the present invention enables simultaneous transmissions using spatial multiplexing and increases transmission efficiency. Relay station devices (110-1, 110-2) relay a plurality of data series using multi-user MIMO transmission. A first CSI that indicates the estimated state of a propagation channel between own relay station devices (110-1, 110-2) and a relay source (100) is generated and sent to the relay source (100). Pre-coding is done on the basis of the first CSI, and after guaranteeing the propagation channel, pre-coding of the received data series, from among the plurality of data series sent simultaneously to the own relay station devices (110-1, 110-2) from the relay source (100), is done on the basis of a second CSI that indicates the estimated state of a propagation channel between the own wireless relay station devices (110-1, 110-2) and a plurality of relay destinations (120-1 to 120-8), respectively, and the data series are simultaneously sent to the plurality of relay destinations (120-1 to 120-8).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/169428 A1



送信信号を異なる中継局装置を介して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させる。中継局装置 110-1、110-2 は、マルチユーザ MIMO 伝送により複数のデータ系列を中継する。推定された自中継局装置 110-1、110-2 と中継元 100 との間の伝搬路状態を示す第 1 の CSI を生成し、中継元 100 へ送信する。第 1 の CSI に基づいてプリコーディングがなされ、中継元 100 から同時に複数の中継局装置 110-1、110-2 に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、伝搬路補償後に、推定された自無線中継装置 110-1、110-2 と複数の中継先 120-1～8 のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す第 2 の CSI に基づいてプリコーディングを行ない、複数の中継先 120-1～8 へ同時にデータ系列を送信する。

明 細 書

発明の名称：

無線中継装置、無線送信装置、無線受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路

技術分野

[0001] 本発明は、干渉を信号処理によって予め抑圧して送受信する無線中継装置、無線送信装置、無線受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路に関する。

背景技術

[0002] 送受信に複数のアンテナを使用し、同じ周波数帯域で複数の異なるデータ系列（データストリーム）を空間的に多重して同時通信するMIMO（Multiple-Input Multiple-Output：多入力多出力）伝送技術が、無線LANやセルラシステムなどで実用化されている。複数の異なるデータ系列を空間多重して、ある1つの端末局装置に伝送するシングルユーザMIMO（Single User MIMO）では、端末局装置における複数のデータ系列の分離・検出の性能を向上させるために、基地局装置において送信信号にプリコーディングを行ってから送信する方法がある。

[0003] また、次世代のセルラシステム等において、基地局装置（無線送信装置）の備える送信アンテナ数が端末局装置（無線受信装置）の備える受信アンテナ数に比べて大幅に多くなるシステムが提案されている。このようなシステムにおいて、基地局装置の送信アンテナを有効に活用してさらにシステムスループットを向上させるために、複数の端末局装置（ユーザ）宛のデータ系列をMIMO多重するマルチユーザMIMO（Multi-User MIMO）が提案されている。しかしながら、マルチユーザMIMOにおいて多重された信号を受信する複数の端末局装置の間では、他の端末が受信した信号を知ることができないため、そのままでは各ユーザ宛のストリーム間で生じるユーザ間干渉（Multi-User Interference：MUI）により大幅に特性が劣化してしまう。

[0004] これに対して、端末局装置における受信時にMUIを抑圧する送信信号を生成する幾つかの方法が提案されている（非特許文献1）。基地局装置の各送信アンテナから各端末局装置の各受信アンテナまでのチャネル状態情報であるCSI（Channel State Information）を基地局装置が知っていれば、端末局装置に大きな負荷を掛けることなく端末局装置における受信時にMUIを抑圧できる送信信号を生成することができる。このような方法には、例えば、端末局装置における受信時にMUIが抑圧された状態で受信できるように、基地局装置において送信信号にプリコーディングを行ってから送信する方法がある。

[0005] その例として、CSIより求めた各送信アンテナと各端末局装置の各受信アンテナとの間の複素伝搬路利得を要素に持つチャネル行列Hから、その逆行列 H^{-1} （または擬似逆行列 $H^{\dagger} = H^H (H H^H)^{-1}$ ：上付き添え字のHはエルミート共役を表す）を重み行列（線形フィルタ）Wとして用いて送信信号に重み付け（ $W = H^{-1}$ を送信信号に乗算）するZero-forcing（ZF）プリコーディングがある。また、最小平均二乗誤差（Minimum Mean Square Error：MMSE）規範で求めた重み行列（線形フィルタ） $W = H^H (H H^H + \alpha I)^{-1}$ （Iは単位行列、 α は正規化係数を表す）で送信信号を重み付けするMMSEプリコーディングなどの、線形処理によって送信信号をプリコーディングする線形プリコーディング（ビームフォーミング）がある。

[0006] そして、他の例として、非線形プリコーディングがある。非線形プリコーディングでは、CSIより求めた干渉信号成分を送信信号から予め減算し、信号空間の中で送信電力が低減されるような信号点に干渉減算後の信号を符号化する非線形処理によって送信信号をプリコーディングする。その結果、干渉減算後に増加する送信電力を抑圧できる。この非線形プリコーディングの1つとして、送受信装置双方で信号に対してモジュロ（Modulo、剰余）演算を行なうことによって、送信電力の増加を抑圧することが可能なトムリンソン・ハラシマ・プリコーディング（Tomlinson-Harashima Precoding：THP）が提案されている（非特許文献2、非特許文献3、非特許文献4）。こ

のとき、受信側である端末局装置においても、受信信号に対して送信と同様のモジュロ演算を行なう。ここでモジュロ幅 τ によるモジュロ演算 Mod_τ は、送信側における干渉減算後の信号または受信側における受信信号を表す複素ベクトルを ν としたとき、式 (1) で表される。なお、 j は虚数単位、 $\text{floor}(a)$ は a を超えない最大の整数を表し、 $\text{Re}(\nu)$ および $\text{Im}(\nu)$ はそれぞれ複素数 ν の実部（信号の同相成分に相当）と虚部（信号の直交成分に相当）を表す。なおここでの非線形処理とは、主に、モジュロ演算等の出力に不連続点が存在する処理を用いたものを言う。

[数1]

$$\text{Mod}_\tau(\nu) = \nu - \text{floor}\left(\frac{\text{Re}(\nu) + \frac{\tau}{2}}{\tau}\right) \cdot \tau - j \cdot \text{floor}\left(\frac{\text{Im}(\nu) + \frac{\tau}{2}}{\tau}\right) \cdot \tau \quad \dots (1)$$

[0007] 別の無線通信技術として、基地局装置と端末局装置との間の無線信号を中継伝送する中継技術（リレー技術）が、セルラシステムにおけるセル周辺部ユーザのスループット向上を目的として検討されている。無線信号を中継する中継技術として、中継局装置（無線中継装置）において基地局装置からの受信信号を電力増幅して端末局装置へ再送信する A F（Amplify and Forward）型の中継技術と、中継局装置において基地局装置からの受信信号に対して一度復調および誤り訂正復号まで行ない、再度誤り訂正符号化および変調を行なって端末局装置へ再送信する D F（Decode and Forward）型の中継技術などがある。A F 型では、中継局装置で受信された他セルからの干渉信号や雑音も電力増幅されるため伝送特性が劣化してしまう。一方、D F 型では、中継局装置における変復調および誤り訂正符号化・復号処理に伴い、演算量と処理遅延が増大してしまう。

[0008] このように、マルチユーザ M I M O 伝送と中継技術を組み合わせて、単一の基地局装置から単一の中継局装置に対してシングルユーザ M I M O 伝送し、中継局装置から複数の端末局装置に対してマルチユーザ M I M O 伝送を行なう方法が提案されている（非特許文献 5）。

先行技術文献

非特許文献

[0009] 非特許文献1: Spencer他、「An Introduction to the Multi-User MIMO Downlink」、IEEE Communication Magazine、Vol.42、Issue10、p.60-67、2004年10月

非特許文献2: Harashima他、「Matched-Transmission Technique for Channels With Intersymbol Interference」、IEEE Transaction on Communications、Vol.COM-20、No.4、p.774-780、1972年8月

非特許文献3: J.Liu他、「Improved Tomlinson-Harashima Precoding for the Downlink of Multiple Antenna Multi-User Systems」、Proc. IEEE Wireless and Communications and Networking Conference、p.466-472、2005年3月

非特許文献4: M.Joham他、「MMSE Approaches to Multiuser Spatio-Temporal Tomlinson-Harashima Precoding」、Proc. 5th Int. ITG Conf. on Source and Channel Coding、p.387-394、2004年1月

非特許文献5: C.B.Chae他、「MIMO Relaying With Linear Processing for Multiuser Transmission in Fixed Relay Networks」、IEEE Transaction on Signal Processing、Vol.56、No.2、p.727-738、2008年2月

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] しかしながら、従来のマルチユーザMIMO伝送と中継技術を組み合わせた伝送方法では、基地局装置からの送信信号を異なる中継局装置を介して複数の端末局装置に対して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することはできなかった。

[0011] 本発明は、このような事情に鑑みてなされたものであり、送信信号を異なる中継局装置を介して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる無線中継装置、無

線送信装置、無線受信装置、無線通信システム、制御プログラムおよび集積回路を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] (1) 上記の目的を達成するために、本発明は、以下のような手段を講じた。すなわち、本発明の無線中継装置は、マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列を中継する無線中継装置であって、推定された自無線中継装置と中継元との間の伝搬路状態を示す第1のCSIを生成する第1のCSI生成部と、前記第1のCSIを前記中継元へ送信する無線送信部と、推定された自無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す第2のCSIを取得する第2のCSI取得部と、前記第1のCSIに基づいてプリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、伝搬路補償後に、前記取得された第2のCSIに基づいてプリコーディングを行なうプリコーディング部と、を備え、前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信することを特徴とする。

[0013] これにより、無線送信装置からの送信信号を異なる無線中継装置を介して複数の無線受信装置に対して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる。なお、1階層の無線中継装置のみが中継伝送を行なう無線通信システムでは、「第1のCSI」は、「中継局CSI」に相当し、「第2のCSI」は、「端末局CSI」に相当する。また、たとえば「第1のCSI生成部」は、「中継局CSI生成部」に相当する。また、「中継元」は、「無線送信装置」に、「中継先」は、「無線受信装置」に相当する。複数階層の無線中継装置が中継伝送を行なう場合には、「中継元」または「中継先」の少なくとも一方が、「無線中継装置」に相当する。

[0014] (2) また、本発明の無線中継装置は、前記プリコーディング部が、前記中継元から送信されたデータ系列に対して、非線形プリコーディングを行なうことを特徴とする。

- [0015] このように、非線形プリコーディングであるTHPを用いることにより、電力効率良くMUIを抑圧でき、さらに伝送特性が向上する。
- [0016] (3) また、本発明の無線中継装置は、前記プリコーディング部が、前記中継元から送信されたデータ系列に対して、受信信号点の仮判定を行った後にプリコーディングを行なうことを特徴とする。
- [0017] このように無線中継装置では、中継伝送の対象である各無線受信装置宛の受信シンボルについて誤り訂正復号は行わず、より演算量の小さい、受信信号点の仮判定を行なう。そして、仮判定上でマルチユーザMIMOのためのプリコーディングを行なうことが可能となり、無線中継装置の演算量と処理時間を縮小できる。
- [0018] (4) また、本発明の無線送信装置は、マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列を送信する無線送信装置であって、推定された自無線送信装置と複数の無線中継装置のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す中継局CSIを取得する中継局CSI取得部と、前記取得された中継局CSIに基づいて、複数のデータ系列に対してプリコーディングを行なうプリコーディング部と、を備え、前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の無線中継装置へ同時に送信することを特徴とする。
- [0019] これにより、プリコーディングシンボルを各無線中継装置が受信した場合、自無線中継装置以外への信号による干渉(MUI)がキャンセルされて自無線中継装置が中継すべき信号のみが受信される。また、プリコーディングシンボルを各無線中継装置が受信した場合、各無線中継装置が中継伝送すべき各無線受信装置宛の送信データ変調シンボル間も干渉無く個々に分離された状態で受信される。その結果、無線中継装置における信号分離処理が不要となり、無線中継装置の演算量を削減し、処理遅延を短縮できる。
- [0020] また、送信データの最終的な受信主体である各無線受信装置は、無線中継装置よりも多数存在する。無線送信装置では、この各無線受信装置との間の伝搬路状態を知る必要がなく、各無線中継装置との間の伝搬路状態を知っていれば良く、無線送信装置に通知されるCSIの情報量を削減することがで

きる。さらに、一般的に無線中継装置は準静止状態であることが多く、伝搬路の時間変動が緩やかであるため、各無線中継装置から通知される中継局C S Iの通知頻度を、端末局C S Iの通知頻度と比べて大幅に削減できる。

[0021] (5) また、本発明の無線送信装置は、前記プリコーディング部が、前記複数のデータ系列に対して非線形プリコーディングを行なうことを特徴とする。

[0022] このように、非線形プリコーディングであるTHPを用いることにより、電力効率良くM U Iを抑圧でき、さらに伝送特性が向上する。

[0023] (6) また、本発明の無線受信装置は、上記(1)記載の無線中継装置を介して、マルチユーザM I M O伝送がなされたデータ系列を受信する無線受信装置であって、前記第2のC S Iを生成する第2のC S I生成部と、前記第2のC S Iを前記無線中継装置へ送信する無線送信部と、を備え、前記無線中継装置で前記第2のC S Iに基づいてプリコーディングが行なわれ、同時に複数の無線受信装置へ送信されたデータ系列を受信することを特徴とする。

[0024] このように、無線送信装置から複数の無線中継装置に対して、無線中継装置間のM U Iおよび各アンテナで受信される各無線受信装置宛の信号間のM U Iを抑圧するプリコーディングを用いてマルチユーザM I M O伝送を行なうことができる。そして、無線中継装置において伝搬路補償のみを行った受信したシンボルに各無線受信装置間のM U Iを抑圧するプリコーディングを行なって各無線受信装置に対してマルチユーザM I M O伝送を行うことが可能となり、伝送効率を向上させることができる。

[0025] (7) また、本発明の無線通信システムは、中継によりマルチユーザM I M O伝送を行なう無線通信システムであって、推定された自無線送信装置と複数の無線中継装置のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す中継局C S Iに基づいて、複数のデータ系列に対してプリコーディングを行ない、前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の無線中継装置へ同時に送信する無線送信装置と、推定された自無線中継装置と中継元との間の伝搬路状

態を示す第1のCSIを生成して前記中継元へ送信し、前記無線送信装置から送信されたデータ系列に由来し、前記第1のCSIに基づいてプリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、推定された自無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す伝搬路状態を示す第2のCSIに基づいてプリコーディングを行ない、前記受信され、プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信する無線中継装置と、前記第2のCSIを生成して、受信されるデータ系列の送信元へ送信し、前記無線中継装置で中継されたデータ系列に由来し、前記受信されるデータ系列の送信元で前記第2のCSIに基づいてプリコーディングが行なわれ、同時に複数の無線受信装置へ送信されたデータ系列を受信する無線受信装置と、を備えることを特徴とする。

[0026] これにより、無線送信装置からの送信信号を異なる無線中継装置を介して複数の無線受信装置に対して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる。

[0027] (8) また、本発明の無線通信システムは、前記無線送信装置から前記無線受信装置まで複数階層の無線中継装置を経由してマルチユーザMIMO伝送を行なうことを特徴とする。

[0028] これにより、無線送信装置からの送信信号を異なる無線中継装置によって複数回（複数階層）にわたって中継伝送される複数の無線受信装置に対して、各階層において空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる。

[0029] (9) また、本発明の制御プログラムは、マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列の中継を制御する制御プログラムであって、推定された、制御される無線中継装置と中継元との間の伝搬路状態を示す第1のCSIを生成する処理と、前記第1のCSIを前記中継元へ送信する処理と、推定された前記制御される無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す第2のCSIを取得する処理と、前記第1のCSIに基づいて

プリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、伝搬路補償後に、前記取得された第2のCSIに基づいてプリコーディングを行なう処理と、前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信する処理と、を含む一連の処理を、前記制御される無線中継装置に実行させることを特徴とする。

[0030] これにより、無線送信装置からの送信信号を異なる無線中継装置を介して複数の無線受信装置に対して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる。

[0031] (10) また、本発明の集積回路は、マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列の中継を制御する集積回路であって、推定された、制御される無線中継装置と中継元との間の伝搬路状態を示す第1のCSIを生成する機能と、前記第1のCSIを前記中継元へ送信する機能と、推定された前記制御される無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す第2のCSIを取得する機能と、前記第1のCSIに基づいてプリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、伝搬路補償後に、前記取得された第2のCSIに基づいてプリコーディングを行なう機能と、前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信する機能と、を含む一連の機能を、前記制御される無線中継装置に発揮させることを特徴とする。

[0032] これにより、無線送信装置からの送信信号を異なる無線中継装置を介して複数の無線受信装置に対して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる。

発明の効果

[0033] 本発明によれば、基地局装置からの送信信号を異なる中継局装置を介して複数の端末局装置に対して中継伝送する場合に、空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0034] [図1]本発明の各実施形態に係る無線通信システムの概略構成例を示す図である。

[図2]第1の実施形態に係る基地局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図3]第1の実施形態に係るプリコーディング部の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図4]第1の実施形態に係る中継局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図5]第1の実施形態に係る端末局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図6]第1の実施形態における無線通信システムの基地局装置、中継局装置、端末局装置間の処理手順の一例を示したシーケンス図である。

[図7]第1の実施形態に係るプリコーディング部の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図8]第2の実施形態に係る中継局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図9]第2の実施形態に係る端末局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図10]第2の実施形態における無線通信システムの基地局装置、中継局装置、端末局装置間の処理手順の一例を示したシーケンス図である。

[図11]第3の実施形態に係る中継局装置の一構成例を示す機能ブロック図である。

[図12]仮判定部における仮判定の一例を示す概念図である。

[図13]第3の実施形態における無線通信システムの基地局装置、中継局装置、端末局装置間の処理手順の一例を示したシーケンス図である。

[図14]第4の実施形態に係る無線通信システムの概略構成例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0035] 以下に、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0036] 図1は、各実施形態に係る無線通信システムの概略構成例を示す図である。図1に示すように、各実施形態における無線通信システムでは、基地局装置100が複数の端末局装置（例えば、第1から第8までの端末局装置120-1から120-8）と通信する。その場合の下りリンクの伝送において、複数の中継局装置（例えば、第1の中継局装置110-1および第2の中継局装置110-2）を経由して、各端末局装置宛の送信データを空間的に多重して同時通信するマルチユーザMIMO伝送を行なう。

[0037] 図1の例では、第1の端末局装置120-1から第4の端末局装置120-4宛の送信データは第1の中継局装置110-1を経由し、第5の端末局装置120-5から第8の端末局装置120-8宛の送信データは第2の中継局装置110-2を経由して伝送される。

[0038] この場合に、基地局装置100は、基地局装置100の各アンテナと各中継局装置110-1、110-2の各アンテナとの間の伝搬路の状態（各アンテナ間の複素伝搬路利得、伝搬路の共分散行列など）や、その伝搬路状態から求めた所望プリコーディング行列のインデックス（Precoding Matrix Index: PMI）などを表す伝搬路状態情報（Channel State Information: CSI）に基づいて、第1の中継局装置110-1への送信信号と第2の中継局装置110-2への送信信号とが互いにユーザ間干渉（MUI）とならないようにプリコーディングを行ない、マルチユーザMIMO伝送を行なう。

[0039] さらに、第1の中継局装置110-1は、第1の中継局装置110-1の各アンテナと中継伝送先の第1の端末局装置120-1から第4の端末局装置120-4の各アンテナとの間のCSIに基づいて、第1の中継局装置110-1から各端末局装置への各送信信号が互いにMUIとならないようにプリコーディングを行ない、マルチユーザMIMO伝送を行なう。

[0040] 同様に、第2の中継局装置110-2は、第2の中継局装置110-2の各アンテナと中継伝送先の第5の端末局装置120-5から第8の端末局装

置 120-8 の各アンテナとの間の CSI に基づいて、第 2 の中継局装置 110-2 から各端末局装置への各送信信号が互いに MUI とならないようにプリコーディングを行ない、マルチユーザ MIMO 伝送を行なう。

[0041] なお、伝送方式として直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: OFDM) を用いた無線通信システムを例として説明するが、これに限られるものではない。

[0042] (第 1 の実施形態)

本実施形態では、基地局装置が、複数の端末局装置の中から、第 1 の端末局装置から第 N の端末局装置までの N 個の端末局装置を選択して、K 個の中継局装置を経由してデータを伝送する無線通信システムを例として説明する。

[0043] また、基地局装置は N 本のアンテナを備え、K 個の各中継局装置はそれぞれ M 本のアンテナを備え、N 個の各端末局装置はそれぞれ 1 本のアンテナを備える ($N = M \times K$) 場合を例として説明するが、これに限られるものではない。なお、この場合、図 1 の無線通信システムの例では、 $K = 2$ 、 $M = 4$ 、 $N = 8$ である。

[0044] 図 2 は、第 1 の実施形態に係る基地局装置 100 の一構成例を示す機能ブロック図である。無線受信部 210 は、アンテナ部 209-1 から 209-N の N 本のアンテナのうちの少なくとも 1 本以上を用いて、各中継局装置から送信された信号を受信する。

[0045] 中継局 CSI 取得部 211 は、受信した信号から、各中継局装置がそれぞれ送信した CSI を取得する。以降、この CSI を中継局 CSI と呼び、各端末局装置がそれぞれ送信する CSI を端末局 CSI と呼ぶこととする。符号化部 201-1 から 201-N は、それぞれ第 1 から第 N の各端末局装置宛の送信データ系列に対して誤り訂正符号化を行なう。また、送信データの符号化率が選択されている場合は、その符号化率に従ってレートマッチング (パンクチャ) を行なう。

[0046] 変調部 202-1 から 202-N は、それぞれ誤り訂正符号化された第 1

から第Nの端末局装置宛の送信データ系列に対して変調を行ない、それぞれ第1から第Nの各端末局装置宛の変調シンボルを出力する。なお、各端末局装置宛の送信データの変調方式が選択されている場合は、その変調方式を用いて変調を行なう。

[0047] DMRS多重部203-1から203-Nは、各中継局装置において受信信号の伝搬路補償および復調を行なうために参照する既知のシンボルである復調参照信号 (Demodulation Reference Signal : DMRS) を、各端末局装置宛の変調シンボルにそれぞれ多重する。なお、多重されたDMRSは、プリコーディング部204において変調シンボルと同様にプリコーディングされる。また、DMRSとの多重は、例えば時分割で多重しても良いし、サブキャリアで分割するような周波数分割で多重しても良い。

[0048] プリコーディング部204は、DMRSが多重された第1から第Nの各端末局装置宛の各変調シンボルが入力され、中継局CSI取得部211で取得した各中継局装置のCSIに基づいて、入力された各変調シンボルに対してプリコーディングを行ない、送信に使用するアンテナ部209-1から209-Nのアンテナ毎のプリコーディングシンボルを生成する。なお、プリコーディング部204の詳細については後述する。

[0049] CRS多重部205-1から205-Nは、各中継局装置において基地局装置100のアンテナ部209-1から209-Nの各アンテナと各中継局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定するために参照する既知のシンボルである共通参照信号 (Common Reference Signal : CRS) を、各アンテナのプリコーディングシンボルにそれぞれ多重する。なお、多重されたCRSはプリコーディングが行なわれていない。また、CRSの多重は、各中継局装置の各アンテナにおいて基地局装置100の各アンテナから送信されたCRSがそれぞれ識別できる形で受信されるように多重されることが好ましく、例えば時分割で多重しても良いし、サブキャリアで分割するような周波数分割で多重しても良い。

[0050] IFFT部206-1から206-Nは、CRSが多重されたアンテナ毎

のプリコーディングシンボルに対して、それぞれ逆高速フーリエ変換 (Inverse Fast Fourier Transform: IFFT) などの周波数時間変換を行ない、時間領域の信号へ変換する。

[0051] GI挿入部207-1から207-Nは、アンテナ毎の時間領域信号にそれぞれガード期間 (Guard Interval: GI) を挿入する。無線送信部208-1から208-Nは、GIの挿入された信号をアンテナ部209-1から209-Nのそれぞれのアンテナを通じて空間多重伝送により送信する。制御部212は、上記各部を制御し、それぞれの処理を実行させる。

[0052] 図3は、第1の実施形態に係るプリコーディング部204の一構成例を示す機能ブロック図である。この一構成例のプリコーディング部は、プリコーディング部204aとして表す。また、図3の例では、中継局からのCSIとして基地局装置100の各アンテナと各中継局装置の各アンテナとの間の複素伝搬路利得が通知され、線形プリコーディングであるZero-Forcingプリコーディングによってプリコーディングシンボルを生成する場合について説明する。

[0053] プリコーディング部204aは、フィルタ算出部301、および線形フィルタ部302を有する。フィルタ算出部301は、中継局CSI取得部211で取得した、基地局装置100の各アンテナと各中継局装置の各アンテナとの間の複素伝搬路利得を要素に持つチャネル行列Hをサブキャリア毎に生成し、その逆行列 H^{-1} (または擬似逆行列 $H^{\dagger} = H^H (H H^H)^{-1}$) を線形フィルタである重み行列Wとして算出する。なお、本実施形態では、基地局装置100のアンテナ数がN、各中継局装置のアンテナ数合計がNであるため、チャネル行列Hおよび重み行列WはN行N列の行列となる。

[0054] 線形フィルタ部302は、DMRSが多重された第1から第Nの各端末局装置宛の変調シンボルを入力として、それぞれのサブキャリア毎にフィルタ算出部301で算出した線形フィルタWを乗算する。そして、各アンテナ部209-1から209-Nの各アンテナからそれぞれ送信すべきプリコーディングシンボルを出力する。DMRSが多重された第1から第Nの各端末局

装置宛の変調シンボルをそれぞれ $s_1 \sim s_N$ 、プリコーディングシンボルを $x_1 \sim x_N$ とすると、このプリコーディングは式 (2) で表される。

[数2]

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ \vdots \\ x_N \end{bmatrix} = \mathbf{W} \begin{bmatrix} s_1 \\ \vdots \\ s_N \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

[0055] これにより、上記プリコーディングシンボルを各中継局装置が受信した場合、自中継局装置以外への信号による干渉 (MUI) はプリコーディングによってキャンセルされて自中継局装置が中継すべき信号のみが受信される。さらに、本実施形態によれば、上記プリコーディングシンボルを各中継局装置が受信した場合、各中継局装置が中継伝送すべき各端末局装置宛の送信データ変調シンボル間も干渉無く個々に分離された状態で受信される。そのため、中継局装置における信号分離処理が不要となり、中継局装置の演算量を削減し、処理遅延を短縮できる。

[0056] また、基地局装置では、送信データの最終的な受信者である (中継局装置よりも多数の) 各端末局装置との間の伝搬路状態を知る必要がなく、各中継局装置との間の伝搬路状態を知っていれば良い。したがって、基地局装置に通知される CSI の情報量を削減することができる。さらに、一般的に中継局装置は準静止状態であることが多く、伝搬路の時間変動が緩やかであるため、各中継局装置から通知される中継局 CSI の通知頻度を、端末局 CSI に比べて大幅に削減できる。

[0057] なお、上記プリコーディング部 204a は、フィルタ算出部 301 において線形フィルタとして逆行列を算出して用いているが、これに限られるものではなく、MMSE 規範で求めた重み行列 $\mathbf{W} = \mathbf{H}^H (\mathbf{H} \mathbf{H}^H + \alpha \mathbf{I})^{-1}$ ($\mathbf{I}$ は単位行列、 α は正規化係数を表す) を線形フィルタとして用いても良い。この場合、受信時に MUI は完全にはキャンセルされないが、受信信号対干渉および雑音電力比 (Signal to Interference plus Noise power Ratio: SIR)

N R) を最大化できるため、受信特性が向上する。

[0058] 図4は、第1の実施形態に係る中継局装置110aの一構成例を示す機能ブロック図である。なお、この構成例は、図1の無線通信システムの例において、中継局装置110-1および110-2の構成例に当たる。また、以下では、第1から第Mの端末局装置宛の送信データを中継伝送の対象とする場合を例として説明する。

[0059] 無線受信部402-1から402-Mは、アンテナ部401-1から401-MのM本のアンテナを通じて基地局装置からの信号を受信する。また、無線受信部402-1から402-Mのうちの少なくとも1つは、アンテナ部401-1から401-MのM本のアンテナのうちの少なくとも1本を通じて、第1から第Mの各端末局装置がそれぞれ送信した端末局CSIを含む制御信号を受信する。

[0060] 端末局CSI取得部419は、第1から第Mの各端末局装置から受信した信号から、第1から第Mの各端末局装置がそれぞれ送信した端末局CSIを取得する。GI除去部403-1から403-Mは、それぞれ各アンテナで受信した基地局装置から送信された信号からGIを取り除く。

[0061] FFT部404-1から404-Mは、それぞれのアンテナ毎のGIが除去された受信信号を高速フーリエ変換(Fast Fourier Transform: FFT)などによって時間周波数変換し、サブキャリア毎の受信シンボルに変換する。

[0062] CRS分離部405-1から405-Mは、それぞれのアンテナ毎の受信シンボルからCRSを分離し、分離したCRSをそれぞれCRS伝搬路推定部417-1から417-Mに入力し、残りの受信シンボルをそれぞれDMRS分離部406-1から406-Mに入力する。

[0063] CRS伝搬路推定部417-1から417-Mは、分離されたアンテナ毎のCRSに基づいて、基地局装置の各アンテナと、中継局装置110aのアンテナ部401-1から401-Mの各アンテナとの間の伝搬路状態をそれぞれ推定する。

- [0064] 中継局CSI生成部418は、CRS伝搬路推定部417-1から417-Mでそれぞれ推定した伝搬路状態に基づいて、それらを基地局装置へ通知するためのCSIを生成する。生成されたCSIは、無線送信部415-1から415-Mのうちの少なくとも1つによって、アンテナ部401-1から401-Mのうちの少なくとも1つのアンテナを通じて基地局装置へ送信される。
- [0065] DMRS分離部406-1から406-Mは、それぞれのアンテナ毎の受信シンボルからDMRSを分離し、分離したDMRSをそれぞれDMRS伝搬路推定部416-1から416-Mに入力し、残りの受信シンボルをそれぞれ伝搬路補償部407-1から407-Mに入力する。ここで伝搬路補償部407-1から407-Mに入力される受信シンボルは、それぞれ中継伝送先の第1から第Mの各端末局装置宛のシンボルとなる。
- [0066] DMRS伝搬路推定部416-1から416-Mは、分離されたアンテナ毎のDMRSに基づいて、中継局装置110aのアンテナ部401-1から401-Mの各アンテナにおける基地局装置によるプリコーディング後の伝搬路状態（プリコーディングを伝搬路の一部と見なした仮想的な伝搬路の状態）をそれぞれ推定する。
- [0067] 伝搬路補償部407-1から407-Mは、それぞれDMRS伝搬路推定部416-1から416-Mにおけるプリコーディング後の伝搬路状態の推定結果に基づいて、受信シンボル（各端末局装置宛のシンボル）に対して伝搬路補償（等化）を行なう。
- [0068] DMRS多重部410-1から410-Mは、各端末局装置において受信信号の伝搬路補償および復調を行なうために参照する既知のシンボルであるDMRSを、伝搬路補償された各端末局装置宛のシンボルにそれぞれ多重する。なお、多重されたDMRSは、プリコーディング部411において各端末局装置宛のシンボルと同様にプリコーディングされる。また、DMRSとの多重は、例えば時分割で多重しても良いし、サブキャリアで分割するような周波数分割で多重しても良い。

- [0069] プリコーディング部411は、DMRSが多重された第1から第Mの各端末局装置宛のシンボルが入力され、端末局CSI取得部419で取得した各端末局装置のCSIに基づいて、入力された各シンボルに対してプリコーディングを行ない、送信に使用するアンテナ部401-1から401-Mのアンテナ毎のプリコーディングシンボルを生成する。
- [0070] なお、プリコーディング部411の構成は、基地局装置100におけるプリコーディング部204（図3のプリコーディング部204a）と同様である。ただし、伝搬路状態情報として中継局CSIに代わり端末局CSIを用い、入力として第1から第Mの各端末局装置宛のシンボルが入力される点は異なる。
- [0071] CRS多重部412-1から412-Mは、各端末局装置において中継局装置110aのアンテナ部401-1から401-Mの各アンテナと各端末局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定するために参照する既知のシンボルであるCRSを、各アンテナのプリコーディングシンボルにそれぞれ多重する。
- [0072] なお、多重されたCRSはプリコーディングが行なわれていない。また、CRSの多重は、各端末局装置の各アンテナにおいて中継局装置110aの各アンテナから送信されたCRSがそれぞれ識別できる形で受信されるように多重されることが好ましい。例えば時分割で多重しても良いし、サブキャリアで分割するような周波数分割で多重しても良い。
- [0073] IFFT部413-1から413-Mは、CRSが多重されたアンテナ毎のプリコーディングシンボルに対して、それぞれIFFTなどの周波数時間変換を行ない、時間領域の信号へ変換する。GI挿入部414-1から414-Mは、アンテナ毎の時間領域信号にそれぞれGIを挿入する。無線送信部415-1から415-Mは、GIの挿入された信号をアンテナ部401-1から401-Mのそれぞれのアンテナを通じて空間多重伝送により送信する。制御部420は、上記各部を制御し、それぞれの処理を実行させる。
- [0074] 上記の構成によれば、上記のプリコーディングシンボルを各端末局装置が

受信した場合、自端末局装置以外への信号による干渉（MUI）はプリコーディングによってキャンセルされて自端末局装置宛の信号のみが受信される。その結果、端末局装置における信号分離処理が不要となり、端末局装置の演算量と処理時間を縮小できる。

[0075] また、中継局装置では、中継伝送の対象とする各端末局装置宛の受信シンボルについて復調および誤り訂正復号を行わずにマルチユーザMIMOのためのプリコーディングを行なうことが可能となり、中継局装置の演算量と処理時間を縮小できる。

[0076] 図5は、第1の実施形態に係る端末局装置120aの一構成例を示す機能ブロック図である。なお、図1の無線通信システムの例では、端末局装置120-1から120-8の構成例に当たる。

[0077] 無線受信部502は、アンテナ部501のアンテナを通じて中継局装置からの信号を受信する。GI除去部503は、受信した信号からGIを取り除く。FFT部504は、GIが除去された受信信号をFFTなどによって時間周波数変換し、サブキャリア毎の受信シンボルに変換する。

[0078] CRS分離部505は、受信シンボルからCRSを分離し、分離したCRSをCRS伝搬路推定部512に入力し、残りの受信シンボルをDMRS分離部506に入力する。CRS伝搬路推定部512は、分離されたCRSに基づいて、中継局装置の各アンテナと、端末局装置120aのアンテナ部501のアンテナとの間の伝搬路状態を推定する。

[0079] 端末局CSI生成部513は、CRS伝搬路推定部512で推定した伝搬路状態に基づいて、それを中継局装置へ通知するためのCSIを生成する。無線送信部514は、アンテナ部501のアンテナを通じて、端末局CSI生成部513で生成したCSIを中継局装置へ送信する。

[0080] DMRS分離部506は、受信シンボルからDMRSを分離し、分離したDMRSをDMRS伝搬路推定部511に入力し、残りの受信シンボルを伝搬路補償部507に入力する。DMRS伝搬路推定部511は、分離されたDMRSに基づいて、中継局装置によるプリコーディング後の伝搬路状態を

それぞれ推定する。

- [0081] 伝搬路補償部 507 は、DMRS 伝搬路推定部 511 におけるプリコーディング後の伝搬路状態の推定結果に基づいて、受信シンボル（各端末局装置宛のシンボル）に対して伝搬路補償（等化）を行なう。復調部 509 は、伝搬路補償された受信シンボルに対して復調を行なう。なお、変調方式が指定されている場合は、その変調方式に基づいて復調を行なう。
- [0082] 復号化部 510 は、復調された系列に対して誤り訂正復号処理を行ない、受信データ系列を生成し出力する。なお、符号化率が指定されている場合は、その符号化率に従ってレートマッチング（デパンクチャ）を行なってから誤り訂正復号処理を行なう。制御部 515 は、上記各部を制御し、それぞれの処理を実行させる。
- [0083] 図 6 は、本実施形態における無線通信システムの基地局装置、中継局装置、端末局装置間の処理手順の一例を示したシーケンス図である。まず、基地局装置 100 は、CRS を報知信号（ブロードキャスト信号）や送信データに多重するなどして送信する。各中継局装置は、基地局装置 100 からの CRS を受信すると、CRS 信号の受信状態に基づいて基地局装置 100 の各アンテナと自中継局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す中継局 CSI を生成して基地局装置 100 へ通知する。
- [0084] また、各中継局装置は、CRS を送信データに多重するなどして、中継伝送先の各端末局装置へ送信する。各端末局装置は、それぞれの中継伝送元の中継局装置 110-1 または 110-2 からの CRS 信号を受信すると、CRS 信号の受信状態に基づいてそれぞれの中継伝送元の中継局装置の各アンテナと自端末局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す端末局 CSI を生成してそれぞれの中継伝送元の中継局装置へ通知する。
- [0085] 基地局装置 100 は、端末局装置 120-1 から 120-8 宛の各送信データに対して誤り訂正符号化および変調を行ない、DMRS を多重し、最新の中継局 CSI に基づいて線形プリコーディングを行なう。さらに CRS を

多重した送信信号を生成し、各中継局装置に対してマルチユーザMIMO伝送により同時に送信する。

[0086] 各中継局装置は、受信信号中のCRSを分離抽出し、CRSの受信状態に基づいて基地局装置100の各アンテナと自中継局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す中継局CSIを生成して基地局装置100へ通知する。なお、この中継局CSIの通知は、後に続く各端末局装置宛のマルチユーザMIMO伝送の後か、それまでの間に行なっても良い。

[0087] 次に各中継局装置は、受信信号中のDMRSを分離抽出し、抽出したDMRSの受信状態に基づいて、受信信号中のデータシンボルに伝搬路補償（等化）を行なう。さらに各中継局装置は、伝搬路補償結果にDMRSを多重し、最新の端末局CSIに基づいて線形プリコーディングを行なう。さらにCRSを多重した送信信号を生成し、各端末局装置に対してマルチユーザMIMO伝送により同時に送信する。

[0088] 各端末局装置は、受信信号中のCRSを分離抽出し、CRSの受信状態に基づいてそれぞれの中継伝送元の中継局装置110-1または110-2の各アンテナと自端末局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す端末局CSIを生成してそれぞれの中継伝送元の中継局装置へ通知する。なお、この端末局CSIの通知は、後に続く自局宛データ検出の後か、それまでの間に行なっても良い。

[0089] さらに各端末局装置は、受信信号中のDMRSを分離抽出し、抽出したDMRSの受信状態に基づいて受信信号中のデータシンボルに伝搬路補償（等化）を行ない、復調、誤り訂正復号を行なって自局宛のデータを検出する。

[0090] 以上の説明のように、本実施形態によれば、基地局装置から複数の中継局装置に対して、中継局装置間のMUIおよび各アンテナで受信される各端末局装置宛の信号間のMUIを抑圧するプリコーディングを用いてマルチユーザMIMO伝送を行なう。その結果、中継局装置において伝搬路補償のみを行なった受信したシンボルに各端末局装置間のMUIを抑圧するプリコーデ

ィングを行ない、各端末局装置に対してマルチユーザMIMO伝送を行なうことが可能となる。その結果、伝送効率を向上させることができる。

[0091] (第2の実施形態)

第2の実施形態では、基地局装置および中継局装置におけるプリコーディングとして、非線形プリコーディングの1つであるTHPを用いる場合の例について説明する。

[0092] 第2の実施形態における基地局装置の構成は、第1の実施形態における図2の基地局装置100と同様であり、プリコーディング部204における処理が異なる。以下、第1の実施形態と同じ部分についての説明は省略し、プリコーディング部204について説明する。

[0093] 図7は、第1の実施形態に係るプリコーディング部204の一構成例を示す機能ブロック図である。この一構成例のプリコーディング部をプリコーディング部204bと表す。また、図7の例を用いて、中継局装置からのCSIとして基地局装置100の各アンテナと各中継局装置の各アンテナとの間の複素伝搬路利得が通知され、非線形プリコーディングであるTHPによってプリコーディングシンボルを生成する場合について説明する。

[0094] QR分解部(干渉行列算出部)604は、中継局CSI取得部211で取得した各中継局装置から通知された中継局CSIから、基地局装置100の各アンテナと各中継局装置の各アンテナとの間の複素伝搬路利得を要素に持つチャネル行列Hをサブキャリア毎に生成し、そのチャネル行列Hのエルミート共役 H^H にQR分解を行なう。そして、ユニタリ行列Qと上三角行列Rとに分解し、さらに上三角行列Rのエルミート共役 R^H (下三角行列となる)を求める。そして、全中継局装置の各アンテナ間のMUIの利得を表す干渉行列 $B = (\text{diag } R^H)^{-1} R^H - I$ を求めて干渉成分算出部603へ出力し、ユニタリ行列Qを線形フィルタ部605へ出力する。なお、 $\text{diag } X$ は行列Xの対角成分のみの行列であり、Iは単位行列を表す。ここで、干渉行列Bは式(3)の形となる。

[数3]

$$\mathbf{B} = \begin{pmatrix} \mathbf{0} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \cdots & \mathbf{0} \\ b_{2,1} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & & \mathbf{0} \\ b_{3,1} & b_{3,2} & \mathbf{0} & & \mathbf{0} \\ \vdots & & \ddots & \ddots & \vdots \\ b_{N,1} & b_{N,2} & \cdots & b_{N,N-1} & \mathbf{0} \end{pmatrix} \quad \cdots (3)$$

[0095] 第1のモジュロ演算部602-1は、DMRS多重部203-1でDMRSが多重された第1の端末局装置宛の変調シンボルに対して変調方式によって予め定められたモジュロ幅を用いてモジュロ演算を行なう。なお、第1の端末局装置宛の変調シンボルに対してはMUIが存在しないため、干渉成分減算部は省略している。さらにモジュロ演算部602-1も省略可能である。

[0096] 干渉成分算出部603は、QR分解部604で求めた干渉行列Bに基づいて、第1の端末局装置宛の各サブキャリアの変調シンボルのモジュロ演算結果が第2の端末局装置宛の各サブキャリアの変調シンボルに与える干渉成分を算出する。ここで、干渉行列Bの2行1列目の要素 $b_{2,1}$ が、第1の端末局装置宛の変調シンボルが第2の端末局装置宛の変調シンボルへ及ぼす干渉の複素利得を表しており、この要素に第1の端末局装置宛の変調シンボルのモジュロ演算結果を乗じることによって干渉成分を算出できる。

[0097] 第2の干渉成分減算部601-2は、DMRS多重部203-2でDMRSが多重された第2の端末局装置宛の変調シンボルから、干渉成分算出部603で算出した第2の端末局装置宛の変調シンボルに対する干渉成分をサブキャリア毎に減算する。

[0098] 第2のモジュロ演算部602-2は、干渉成分が減算された第2の端末局装置宛の変調シンボルに対して、変調方式によって予め定められたモジュロ幅を用いてモジュロ演算を行なう。

- [0099] 干渉成分算出部603は、第1の端末局装置宛の各サブキャリアの変調シンボルのモジュロ演算結果および第2の端末局装置宛の各サブキャリアの変調シンボルのモジュロ演算結果が、第3の端末局装置宛の各サブキャリアの変調シンボルに与える干渉成分を算出する。ここで、干渉行列Bの3行1列目の要素 $b_{3,1}$ は第1の端末局装置宛の変調シンボルが第3の端末局装置宛の変調シンボルへ及ぼす干渉の複素利得を表す。また、干渉行列Bの3行2列目の要素 $b_{3,2}$ が第2の端末局装置宛の変調シンボルが第3の端末局装置宛の変調シンボルへ及ぼす干渉の複素利得を表す。これらの要素にそれぞれ第1の端末局装置宛の変調シンボルのモジュロ演算結果および第2の端末局装置宛の変調シンボルのモジュロ演算結果を乗じることによって干渉成分を算出できる。
- [0100] 以降、同様にして、第1から第 $n-1$ までの端末局装置宛の変調シンボルが第 n の端末局装置宛の変調シンボルへ及ぼす干渉の複素利得 $b_{n,1}$ 、 $b_{n,2}$ 、 $\dots$ 、 $b_{n,n-1}$ に、それぞれ第1から第 $n-1$ までの端末局装置宛の変調シンボルのモジュロ演算結果を乗じることによって第 n の端末局装置に対する干渉成分を算出する。
- [0101] 第 N の干渉成分減算部601-Nは、DMRS多重部203-2でDMRSが多重された第 N の端末局装置宛の変調シンボルから、干渉成分算出部603で算出した第 N の端末局装置宛の変調シンボルに対する干渉成分をサブキャリア毎に減算する。
- [0102] 第 N のモジュロ演算部602-Nは、干渉成分が減算された第 N の端末局装置宛の変調シンボルに対して、変調方式によって予め定められたモジュロ幅を用いてモジュロ演算を行なう。
- [0103] 線形フィルタ部605は、第1のモジュロ演算部602-1から第 N のモジュロ演算部602-Nがそれぞれ出力した第1から第 N の端末局装置宛の変調シンボルのモジュロ演算結果が入力されると、これにQR分解部604で算出したユニタリ行列 Q を線形フィルタとしてサブキャリア毎に乗算する。そして、アンテナ部209-1から209-Nの各アンテナからそれぞれ

送信すべきプリコーディングシンボルを出力する。

[0104] これにより、上記プリコーディングシンボルを各中継局装置が受信した場合、自中継局装置以外への信号による干渉（MUI）はTHPによってキャンセルされて自中継局装置が中継すべき信号のみが受信される。さらに、本実施形態によれば、上記プリコーディングシンボルを各中継局装置が受信した場合、各中継局装置が中継伝送すべき各端末局装置宛の送信データ変調シンボル間も干渉無く個々に分離された状態で受信される。その結果、中継局装置における信号分離処理が不要となり、中継局装置の演算量を削減し、処理遅延を短縮できる。さらに、プリコーディングとして非線形プリコーディングであるTHPを用いることで、電力効率良くMUIを抑圧でき、伝送特性が向上する。

[0105] なお、本実施の形態では、THPを実現する方法としてチャネル行列のQR分解を用いる方法を例に挙げているが、これに限られるものではなく、V-BLAST（Vertical Bell Laboratories Layered Space Time）の手法を用いてTHPにおける端末局装置の並べ替えを準最適化するような上記非特許文献4に記載されている方法などを用いても良い。

[0106] 第2の実施形態における中継局装置110bの構成は、第1の実施形態の図3の中継局装置110aに対して、モジュロ演算部408-1から408-Mが追加され、プリコーディング部411の処理が異なり、その他の構成は同じである。以下、第1の実施形態と同じ部分についての説明は省略し、異なる部分について説明する。

[0107] 図8は、第2の実施形態に係る中継局装置110bの一構成例を示す機能ブロック図である。モジュロ演算部408-1から408-Mは、それぞれ伝搬路補償部407-1から407-Mが出力する伝搬路補償された各端末局装置宛のシンボルに対して、変調方式によって予め定められたモジュロ幅を用いてモジュロ演算を行なう。

[0108] DMRS多重部410-1から410-Mは、DMRSを、モジュロ演算が行なわれた各端末局装置宛のシンボルにそれぞれ多重する。なお、DMR

Sは、各端末局装置において受信信号の伝搬路補償および復調を行なうために参照する既知のシンボルである。多重されたDMRSは、プリコーディング部411において各端末局装置宛のシンボルと同様にプリコーディングされる。また、DMRSとの多重は、例えば時分割で多重しても良いし、サブキャリアで分割するような周波数分割で多重しても良い。

[0109] プリコーディング部411の構成は、基地局装置100におけるプリコーディング部204b（図7のプリコーディング部204b）と同様である。ただし、伝搬路状態情報として中継局CSIに代わり端末局CSIを用い、入力として第1から第Mの各端末局装置宛のシンボルが入力される点が異なる。

[0110] 上記構成によれば、上記プリコーディングシンボルを各端末局装置が受信した場合、自端末局装置以外への信号による干渉（MUI）はプリコーディングによってキャンセルされて自端末局装置宛の信号のみが受信される。その結果、端末局装置における信号分離処理が不要となり、端末局装置の演算量と処理時間を縮小できる。

[0111] また、中継局装置では、中継伝送の対象とする各端末局装置宛の受信シンボルについて復調および誤り訂正復号を行わずにマルチユーザMIMOのためのプリコーディングを行なうことが可能となり、中継局装置の演算量と処理時間を縮小できる。さらにプリコーディングとして非線形プリコーディングであるTHPを用いることで、電力効率良くMUIを抑圧でき、伝送特性が向上する。

[0112] 第2の実施形態における端末局装置120bの構成は、第1の実施形態の図5の端末局装置120aと、モジュロ演算部508が加わっているところが異なるが、その他の構成は第1の実施形態と同じである。以下、第1の実施形態と同じ部分についての説明は省略し、異なる部分について説明する。

[0113] 図9は、第2の実施形態に係る端末局装置120bの一構成例を示す機能ブロック図である。モジュロ演算部508は、伝搬路補償部507が出力する伝搬路補償された受信シンボルに対して、変調方式によって予め定められ

たモジュロ幅を用いてモジュロ演算を行なう。復調部509は、モジュロ演算が行なわれたシンボルに対して復調を行なう。

[0114] 図10は、本実施形態における無線通信システムの基地局装置、中継局装置、端末局装置間の処理手順の一例を示したシーケンス図である。まず、基地局装置100は、CRSを報知信号（ブロードキャスト信号）や送信データに多重するなどして送信する。

[0115] 各中継局装置は、基地局装置100からのCRSを受信すると、CRS信号の受信状態に基づいて基地局装置100の各アンテナと自中継局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定する。そして、推定した伝搬路状態を表す中継局CSIを生成して基地局装置100へ通知する。

[0116] また、各中継局装置は、CRSを送信データに多重するなどして、中継伝送先の各端末局装置へ送信する。各端末局装置は、それぞれの中継伝送元の中継局装置110-1または110-2からのCRS信号を受信すると、CRS信号の受信状態に基づいてそれぞれの中継伝送元の中継局装置の各アンテナと自端末局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定する。そして、推定した伝搬路状態を表す端末局CSIを生成してそれぞれの中継伝送元の中継局装置へ通知する。

[0117] 基地局装置100は、端末局装置120-1から120-8宛の各送信データに対して誤り訂正符号化および変調を行ない、DMRSを多重し、最新の中継局CSIに基づいてTHPによる非線形プリコーディングを行なう。さらにCRSを多重した送信信号を生成し、各中継局装置に対してマルチユーザMIMO伝送により同時に送信する。

[0118] 各中継局装置は、受信信号中のCRSを分離抽出し、CRSの受信状態に基づいて基地局装置100の各アンテナと自中継局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す中継局CSIを生成して基地局装置100へ通知する。なお、この中継局CSIの通知は、後に続く各端末局装置宛のマルチユーザMIMO伝送の後か、それまでの間に行なっても良い。

- [0119] 次に各中継局装置は、受信信号中のDMRSを分離抽出し、抽出したDMRSの受信状態に基づいて、受信信号中のデータシンボルに伝搬路補償（等化）を行なう。さらに各中継局装置は、伝搬路補償結果にモジュロ演算を行なう。
- [0120] さらに各中継局装置は、モジュロ演算結果の受信シンボルにDMRSを多重し、最新の端末局CSIに基づいてTHPによる非線形プリコーディングを行なう。さらにCRSを多重した送信信号を生成し、各端末局装置に対してマルチユーザMIMO伝送により同時に送信する。
- [0121] 各端末局装置は、受信信号中のCRSを分離抽出し、CRSの受信状態に基づいてそれぞれの中継伝送元の中継局装置110-1または110-2の各アンテナと自端末局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定する。そして、推定した伝搬路状態を表す端末局CSIを生成してそれぞれの中継伝送元の中継局装置へ通知する。なお、この端末局CSIの通知は、後に続く自局宛データ検出の後か、それまでの間に行なっても良い。
- [0122] さらに各端末局装置は、受信信号中のDMRSを分離抽出し、抽出したDMRSの受信状態に基づいて受信信号中のデータシンボルに伝搬路補償（等化）を行なう。そして、さらにモジュロ演算を行なってから、復調、誤り訂正復号を行ない自局宛のデータを検出する。
- [0123] 以上の説明のように、本実施形態によれば、基地局装置から複数の中継局装置に対して、中継局装置間のMUIおよび各アンテナで受信される各端末局装置宛の信号間のMUIを抑圧するプリコーディングを用いてマルチユーザMIMO伝送を行なう。そして、中継局装置において伝搬路補償のみを行なった受信したシンボルに各端末局装置間のMUIを抑圧するプリコーディングを行ない、各端末局装置に対してマルチユーザMIMO伝送を行なう。その結果、伝送効率を向上させることができる。さらに、上記プリコーディングとして非線形プリコーディングであるTHPを用いることにより、電力効率良くMUIを抑圧でき、さらに伝送特性が向上する。

- [0124] （第3の実施形態）

第3の実施形態では、中継局装置において、各端末局装置宛の伝搬路補償されたシンボルに対して受信信号点の仮判定を行なったのちにプリコーディングを行なう場合の例について説明する。また、第2の実施形態と同様、プリコーディングとして非線形プリコーディングの1つであるTHPを用いる場合の例について説明する。

[0125] 第3の実施形態における基地局装置および端末局装置の構成は、第2の実施形態と同じであるので説明を省略する。第3の実施形態における中継局装置110cの構成は、第2の実施形態における図8の中継局装置110bに対して、仮判定部409-1から409-Mが追加され、その他の構成は同じである。以下、第2の実施形態と同じ部分についての説明は省略し、異なる部分について説明する。

[0126] 図11は、第3の実施形態における中継局装置110cの一構成例を示す機能ブロック図である。仮判定部409-1から409-Mは、それぞれモジュロ演算が行なわれた各端末局装置宛のシンボルに対して、その信号点（受信信号点）と、変調方式で定まる信号点（変調信号点）との位置関係に基づいて送信信号点の推定を行なう。そして、推定した信号点（仮判定信号点）で新たに各端末局装置宛のシンボルを生成する。

[0127] 図12は、仮判定部409-1から409-Mにおける仮判定の一例を示す概念図である。図12では、横軸に信号の同相（In-phase）成分のI軸を、縦軸に直交（Quadrature）成分のQ軸を取り、変調方式として16値直交振幅変調（16 Quadrature Amplitude Modulation: 16 QAM）を用いた場合の信号点配置（コンスタレーション）の例を示している。白丸および白四角が変調信号点の位置を表しており、雑音が加わっている受信信号点が図中の黒丸の位置であったとすると、仮判定部409-1から409-Mは白四角の変調信号点を仮判定信号点として出力する。

[0128] DMRS多重部410-1から410-Mは、各端末局装置において受信信号の伝搬路補償および復調を行なうために参照する既知のシンボルであるDMRSを、仮判定部409-1から409-Mにおいて生成された各端末

局装置宛のシンボルにそれぞれ多重する。なお、多重されたDMRSは、プリコーディング部411において各端末局装置宛のシンボルと同様にプリコーディングされる。また、DMRSとの多重は、例えば時分割で多重しても良いし、サブキャリアで分割するような周波数分割で多重しても良い。

[0129] 上記構成によれば、中継局装置では、中継伝送の対象とする各端末局装置宛の受信シンボルについて誤り訂正復号は行わず、より演算量の小さい、受信信号点の仮判定を行なった上でマルチユーザMIMOのためのプリコーディングを行なうことが可能となり、中継局装置の演算量と処理時間を縮小できる。

[0130] 図13は、本実施形態における無線通信システムの基地局装置、中継局装置、端末局装置間の処理手順の一例を示したシーケンス図である。まず、基地局装置100は、CRSを報知信号（ブロードキャスト信号）や送信データに多重するなどして送信する。

[0131] 各中継局装置は、基地局装置100からのCRSを受信すると、CRS信号の受信状態に基づいて基地局装置100の各アンテナと自中継局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す中継局CSIを生成して基地局装置100へ通知する。また、各中継局装置は、CRSを送信データに多重するなどして、中継伝送先の各端末局装置へ送信する。

[0132] 各端末局装置は、それぞれの中継伝送元の中継局装置110-1または110-2からのCRS信号を受信すると、CRS信号の受信状態に基づいてそれぞれの中継伝送元の中継局装置の各アンテナと自端末局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す端末局CSIを生成してそれぞれの中継伝送元の中継局装置へ通知する。

[0133] 基地局装置100は、端末局装置120-1から120-8宛の各送信データに対して誤り訂正符号化および変調を行ない、DMRSを多重し、最新の中継局CSIに基づいてTHPによる非線形プリコーディングを行なう。さらにCRSを多重した送信信号を生成し、各中継局装置に対してマルチユ

ーザMIMO伝送により同時に送信する。

[0134] 各中継局装置は、受信信号中のCRSを分離抽出し、CRSの受信状態に基づいて基地局装置100の各アンテナと自中継局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す中継局CSIを生成して基地局装置100へ通知する。なお、この中継局CSIの通知は、後に続く各端末局装置宛のマルチユーザMIMO伝送の後か、それまでの間に行なっても良い。

[0135] 次に各中継局装置は、受信信号中のDMRSを分離抽出し、抽出したDMRSの受信状態に基づいて、受信信号中のデータシンボルに伝搬路補償（等化）を行なう。さらに各中継局装置は、伝搬路補償結果にモジュロ演算を行なう。さらに各中継局装置は、モジュロ演算結果の受信シンボルに対して仮判定を行ない、データシンボルを再生成する。

[0136] 各中継局装置は、仮判定結果のシンボルにDMRSを多重し、最新の端末局CSIに基づいてTHPによる非線形プリコーディングを行なう。さらにCRSを多重した送信信号を生成し、各端末局装置に対してマルチユーザMIMO伝送により同時に送信する。

[0137] 各端末局装置は、受信信号中のCRSを分離抽出し、CRSの受信状態に基づいてそれぞれの中継伝送元の中継局装置110-1または110-2の各アンテナと自端末局装置の各アンテナとの間の伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を表す端末局CSIを生成してそれぞれの中継伝送元の中継局装置へ通知する。なお、この端末局CSIの通知は、後に続く自局宛データ検出の後か、それまでの間に行なっても良い。

[0138] さらに各端末局装置は、受信信号中のDMRSを分離抽出し、抽出したDMRSの受信状態に基づいて受信信号中のデータシンボルに伝搬路補償（等化）を行ない、さらにモジュロ演算を行なってから、復調、誤り訂正復号を行なって自局宛のデータを検出する。

[0139] 以上の説明のように、本実施形態によれば、基地局装置から複数の中継局装置に対して、中継局装置間のMUIおよび各アンテナで受信される各端末

局装置宛の信号間のMUIを抑圧するプリコーディングを用いてマルチユーザMIMO伝送を行ない、中継局装置において伝搬路補償と受信信号点の仮判定のみを行なった受信したシンボルに各端末局装置間のMUIを抑圧するプリコーディングを行なって各端末局装置に対してマルチユーザMIMO伝送を行なうことが可能となり、伝送効率を向上させることができる。

[0140] さらに、上記プリコーディングとして非線形プリコーディングであるTHPを用いることにより、MUIの抑圧を電力効率良く行なうことが可能となり、さらに伝送特性が向上する。また、中継局装置において仮判定を行なうため、各端末局装置における受信誤り率を低減できる。

[0141] (第4の実施形態)

上記各実施形態では、図1に示すような、基地局装置100が複数の端末局装置(例えば、第1から第8までの端末局装置120-1から120-8)と通信する下りリンクの伝送において、複数の中継局装置(例えば、第1の中継局装置110-1および第2の中継局装置110-2)を1回経由して、各端末局装置宛の送信データを空間的に多重して同時通信するマルチユーザMIMO伝送を行なう無線通信システムについて説明している。

[0142] 第4の実施形態では、2回以上、階層的に中継局装置を経由して、各端末局装置宛の送信データを空間的に多重して同時通信するマルチユーザMIMO伝送を行なう無線通信システムについて説明する。

[0143] 図14は、第4の実施形態に係る無線通信システムの概略構成例を示す図である。図14の例では、第1の端末局装置120-1および第2の端末局装置120-2宛の送信データは、第5の中継局装置110-5を経由する。第3の端末局装置120-3および第4の端末局装置120-4宛の送信データは第6の中継局装置110-6を経由する。第5の端末局装置120-5および第6の端末局装置120-6宛の送信データは第7の中継局装置110-7を経由する。第7の端末局装置120-7および第8の端末局装置120-8宛の送信データは第8の中継局装置110-8を経由する。このようにして、送信データが伝送される。

- [0144] さらに、第5の中継局装置110-5および第6の中継局装置110-6を経由する送信データは、第3の中継局装置110-3を経由して伝送される。また、第7の中継局装置110-7および第8の中継局装置110-8を経由する送信データは、第4の中継局装置110-4を経由して伝送される。
- [0145] 第4の実施形態における基地局装置100、および端末局装置120-1から120-8は、上記各実施形態におけるいずれかの構成によって実現できる。また、中継局装置110-3と110-4の構成は、上記各実施形態における中継局装置と同様である。ただし、端末局CSIに代わって中継伝送先の次段の各中継局装置との間の伝搬路状態を表した中継局CSIが次段の各中継局装置から通知され、それに基づいてプリコーディングを行なう点は異なる。
- [0146] さらに、中継局装置110-5から110-8の構成も、上記各実施形態における中継局装置と同様である。ただし、アンテナ数が異なり、中継局CSIとして中継伝送元の前段の中継局装置との間の伝搬路状態を表すCSIを前段の中継局装置に通知する点は異なる。
- [0147] なお、図14の例では、中継伝送の階層を表したツリー構造において、各ブランチが同じ階層数であり、同数の中継局装置および端末局装置が含まれるが、実施形態はこれに限られるものではなく、各ブランチで階層数が異なっても良いし、含まれる中継局装置や端末局装置の数が異なっても良い。
- [0148] 本実施形態によれば、基地局装置からの送信信号を異なる中継局装置によって複数回（複数階層）にわたって中継伝送される複数の端末局装置に対して、各階層において空間多重を用いて同時に伝送することが可能となり、伝送効率を向上させることができる。
- [0149] なお、上記各実施形態では、必ず中継局装置によって基地局装置からの伝送が端末局装置に中継されているが、これに限られるものではなく、一部の端末局装置は基地局装置と直接通信を行なう形態であっても良い。この場合

、基地局装置が当該端末局装置の端末局C S Iを受信し、中継局C S Iと当該端末局C S Iとに基づいて中継局装置と当該端末局装置とに対する送信信号をマルチユーザM I M Oで同時に伝送する。

[0150] また、上記各実施形態では、基地局装置から中継局装置、中継局装置から中継局装置、および中継局装置から端末局装置、それぞれの伝送において同一のプリコーディング方式を用いたマルチユーザM I M O伝送を行なっているが、これに限られるものではない。例えば、基地局装置から中継局装置および中継局装置から中継局装置におけるマルチユーザM I M O伝送ではT H Pなどの非線形プリコーディングを用い、中継局装置から端末局装置におけるマルチユーザM I M O伝送では線形プリコーディングを用いても良い。

[0151] また、基地局装置から中継局装置および中継局装置から中継局装置におけるマルチユーザM I M O伝送では詳細なC S Iに基づいた線形プリコーディングを用い、中継局装置から端末局装置におけるマルチユーザM I M O伝送ではP M Iに基づいたビームフォーミングを用いるなど、それぞれ異なるプリコーディング方式を用いても良い。

[0152] 本発明による通信装置で動作するプログラムは、本発明に関わる上記実施形態の機能を実現するように、C P U (Central Processing Unit) 等を制御するプログラム（コンピュータを機能させるプログラム）であっても良い。そして、これら装置で取り扱われる情報は、その処理時に一時的にR A M (Random Access Memory) に蓄積され、その後、F l a s h R O M (Read Only Memory) などの各種R O MやH D D (Hard Disk Drive) に格納され、必要に応じてC P Uによって読み出し、修正・書き込みが行なわれる。

[0153] また、図3、図7等の各構成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なってもよい。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。

[0154] 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、ROM、CD-ROM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。

[0155] また、上述した実施形態における通信装置（基地局装置、中継局装置および端末局装置）の一部、または全部を典型的には集積回路であるLSIとして実現してもよい。通信装置の各機能ブロックは個別にチップ化してもよいし、一部、または全部を集積してチップ化してもよい。また、集積回路化の手法はLSIに限らず専用回路、または汎用プロセッサで実現しても良い。また、半導体技術の進歩によりLSIに代替する集積回路化の技術が出現した場合、当該技術による集積回路を用いることも可能である。

[0156] 以上、この発明の実施形態を、図面を参照して詳述しているが、具体的な構成はこれら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変更等された発明も含まれる。

符号の説明

- [0157] 100 基地局装置（無線送信装置）
110、110-1～K、110a～c 中継局装置
120、120-1～M、120a～b 端末局装置（無線受信装置）
201-1～N 符号化部
202-1～N 変調部
203-1～N DMRS多重部
204、204a～b プリコーディング部

205-1~N CRS多重部
206-1~N IFFT部
207-1~N GI挿入部
208-1~N 無線送信部
209-1~N アンテナ部
210 無線受信部
211 中継局CSI取得部
212 制御部
301 フィルタ算出部
302 線形フィルタ部
401-1~M アンテナ部
402-1~M 無線受信部
403-1~M GI除去部
404-1~M FFT部
405-1~M CRS分離部
406-1~M DMRS分離部
407-1~M 伝搬路補償部
408-1~M モジュロ演算部
409-1~M 仮判定部
410-1~M DMRS多重部
411 プリコーディング部
412-1~M CRS多重部
413-1~M IFFT部
414-1~M GI挿入部
415-1~M 無線送信部
416-1~M DMRS伝搬路推定部
417-1~M CRS伝搬路推定部
418 中継局CSI生成部

- 4 1 9 端末局C S I 取得部
- 4 2 0 制御部
- 5 0 1 アンテナ部
- 5 0 2 無線受信部
- 5 0 3 G I 除去部
- 5 0 4 F F T 部
- 5 0 5 C R S 分離部
- 5 0 6 D M R S 分離部
- 5 0 7 伝搬路補償部
- 5 0 8 モジュロ演算部
- 5 0 9 復調部
- 5 1 0 復号化部
- 5 1 1 D M R S 伝搬路推定部
- 5 1 2 C R S 伝搬路推定部
- 5 1 3 端末局C S I 生成部
- 5 1 4 無線送信部
- 5 1 5 制御部
- 6 0 1 - 2 ~ N 干渉成分減算部
- 6 0 2 - 1 ~ N 第 1 ~ N のモジュロ演算部
- 6 0 3 干渉成分算出部
- 6 0 4 Q R 分解部
- 6 0 5 線形フィルタ部

請求の範囲

- [請求項1] マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列を中継する無線中継装置であって、
- 推定された自無線中継装置と中継元との間の伝搬路状態を示す第1のCSIを生成する第1のCSI生成部と、
- 前記第1のCSIを前記中継元へ送信する無線送信部と、
- 推定された自無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す第2のCSIを取得する第2のCSI取得部と、
- 前記第1のCSIに基づいてプリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、伝搬路補償後に、前記取得された第2のCSIに基づいてプリコーディングを行なうプリコーディング部と、を備え、
- 前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信することを特徴とする無線中継装置。
- [請求項2] 前記プリコーディング部は、前記中継元から送信されたデータ系列に対して、非線形プリコーディングを行なうことを特徴とする請求項1記載の無線中継装置。
- [請求項3] 前記プリコーディング部は、前記中継元から送信されたデータ系列に対して、受信信号点の仮判定を行った後にプリコーディングを行なうことを特徴とする請求項1記載の無線中継装置。
- [請求項4] マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列を送信する無線送信装置であって、
- 推定された自無線送信装置と複数の無線中継装置のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す中継局CSIを取得する中継局CSI取得部と、
- 前記取得された中継局CSIに基づいて、複数のデータ系列に対してプリコーディングを行なうプリコーディング部と、を備え、
- 前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の無線中

継装置へ同時に送信することを特徴とする無線送信装置。

[請求項5] 前記プリコーディング部は、前記複数のデータ系列に対して非線形プリコーディングを行なうことを特徴とする請求項4記載の無線送信装置。

[請求項6] 請求項1記載の無線中継装置を介して、マルチユーザMIMO伝送がなされたデータ系列を受信する無線受信装置であって、

前記第2のCSIを生成する第2のCSI生成部と、

前記第2のCSIを前記無線中継装置へ送信する無線送信部と、を備え、

前記無線中継装置で前記第2のCSIに基づいてプリコーディングが行なわれ、同時に複数の無線受信装置へ送信されたデータ系列を受信することを特徴とする無線受信装置。

[請求項7] 中継によりマルチユーザMIMO伝送を行なう無線通信システムであって、

推定された自無線送信装置と複数の無線中継装置のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す中継局CSIに基づいて、複数のデータ系列に対してプリコーディングを行ない、前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の無線中継装置へ同時に送信する無線送信装置と、

推定された自無線中継装置と中継元との間の伝搬路状態を示す第1のCSIを生成して前記中継元へ送信し、前記無線送信装置から送信されたデータ系列に由来し、前記第1のCSIに基づいてプリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、推定された自無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す伝搬路状態を示す第2のCSIに基づいてプリコーディングを行ない、前記受信され、プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信する無線中継装置と、

前記第2のCSIを生成して、受信されるデータ系列の送信元へ送信し、前記無線中継装置で中継されたデータ系列に由来し、前記受信されるデータ系列の送信元で前記第2のCSIに基づいてプリコーディングが行なわれ、同時に複数の無線受信装置へ送信されたデータ系列を受信する無線受信装置と、を備えることを特徴とする無線通信システム。

[請求項8] 前記無線送信装置から前記無線受信装置まで複数階層の無線中継装置を経由してマルチユーザMIMO伝送を行なうことを特徴とする請求項7記載の無線通信システム。

[請求項9] マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列の中継を制御する制御プログラムであって、

推定された、制御される無線中継装置と中継元との間の伝搬路状態を示す第1のCSIを生成する処理と、

前記第1のCSIを前記中継元へ送信する処理と、

推定された前記制御される無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す第2のCSIを取得する処理と、

前記第1のCSIに基づいてプリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、伝搬路補償後に、前記取得された第2のCSIに基づいてプリコーディングを行なう処理と、

前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信する処理と、を含む一連の処理を、前記制御される無線中継装置に実行させることを特徴とする制御プログラム。

[請求項10] マルチユーザMIMO伝送により複数のデータ系列の中継を制御する集積回路であって、

推定された、制御される無線中継装置と中継元との間の伝搬路状態を示す第1のCSIを生成する機能と、

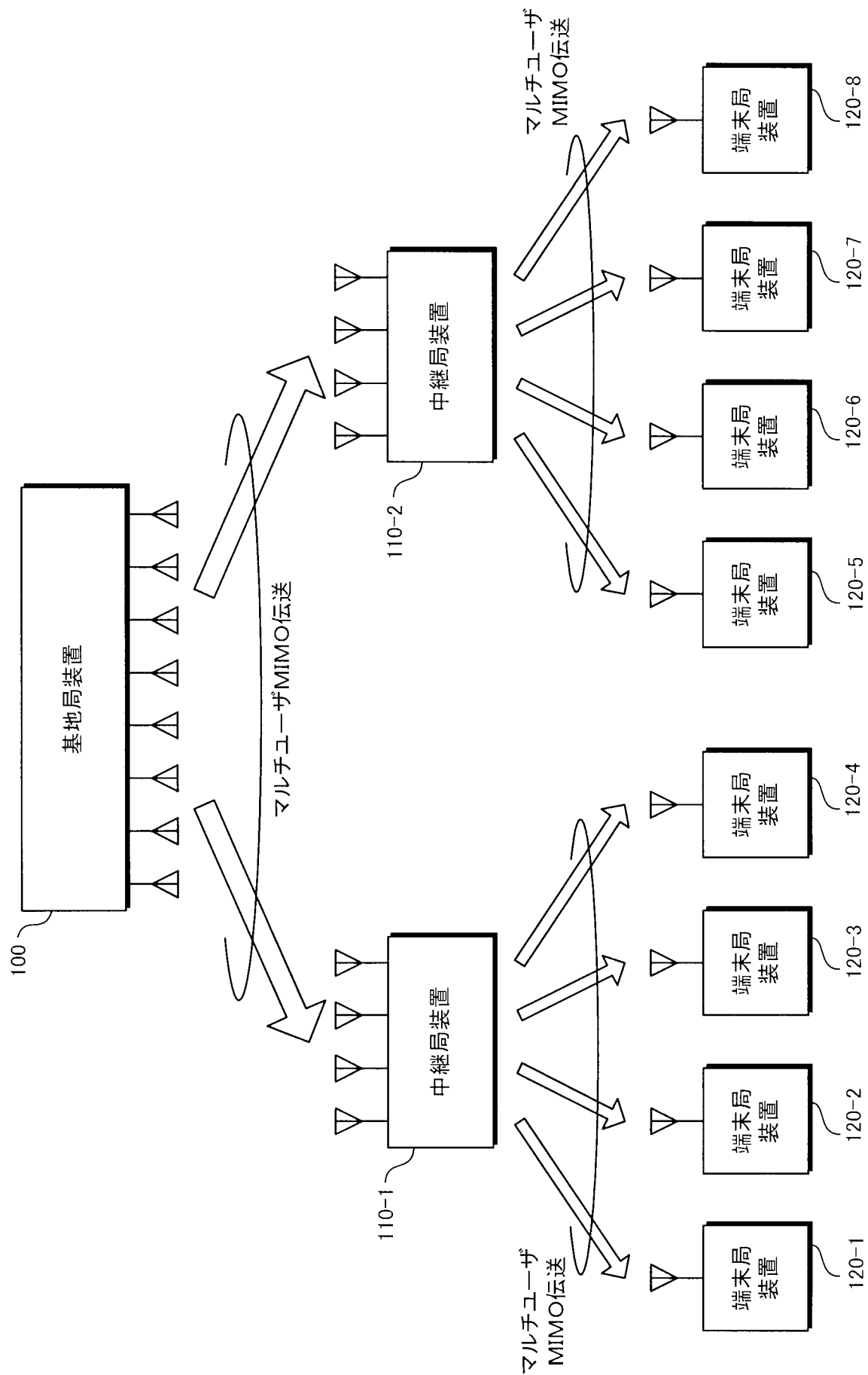
前記第1のCSIを前記中継元へ送信する機能と、

推定された前記制御される無線中継装置と複数の中継先のそれぞれとの間の伝搬路状態を示す第2のCSIを取得する機能と、

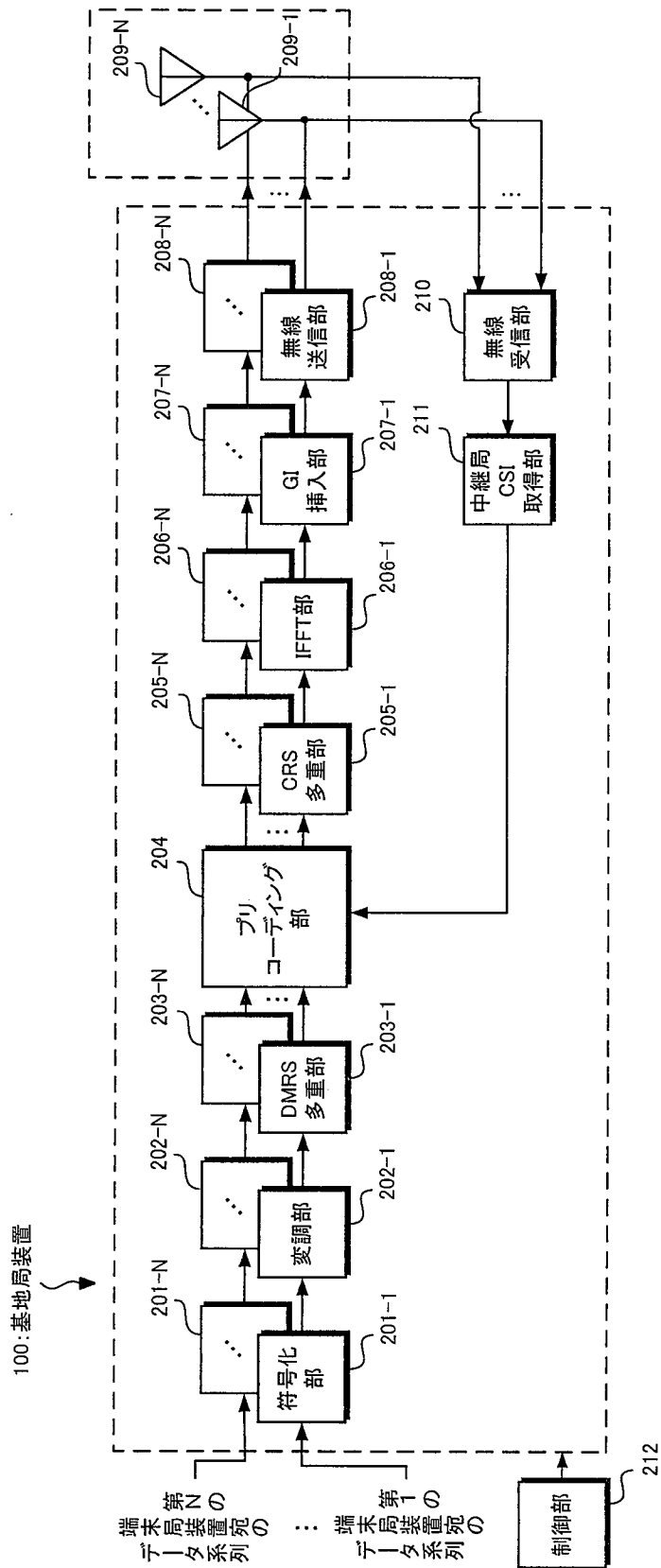
前記第1のCSIに基づいてプリコーディングがなされ、前記中継元から同時に複数の無線中継装置に送信されたデータ系列のうち、受信されたデータ系列に対して、伝搬路補償後に、前記取得された第2のCSIに基づいてプリコーディングを行なう機能と、

前記プリコーディングが行なわれたデータ系列を前記複数の中継先へ同時に送信する機能と、を含む一連の機能を、前記制御される無線中継装置に発揮させることを特徴とする集積回路。

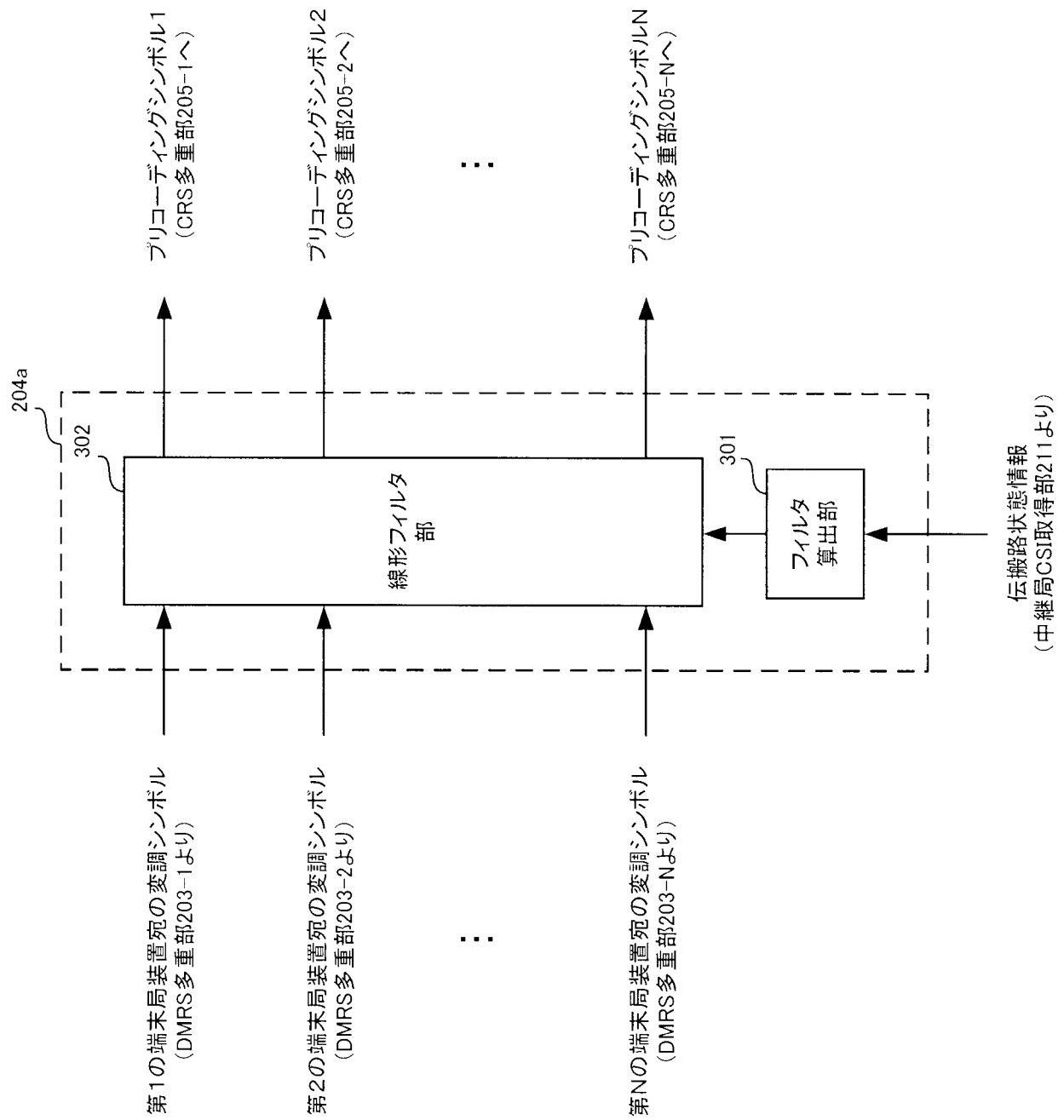
[図1]



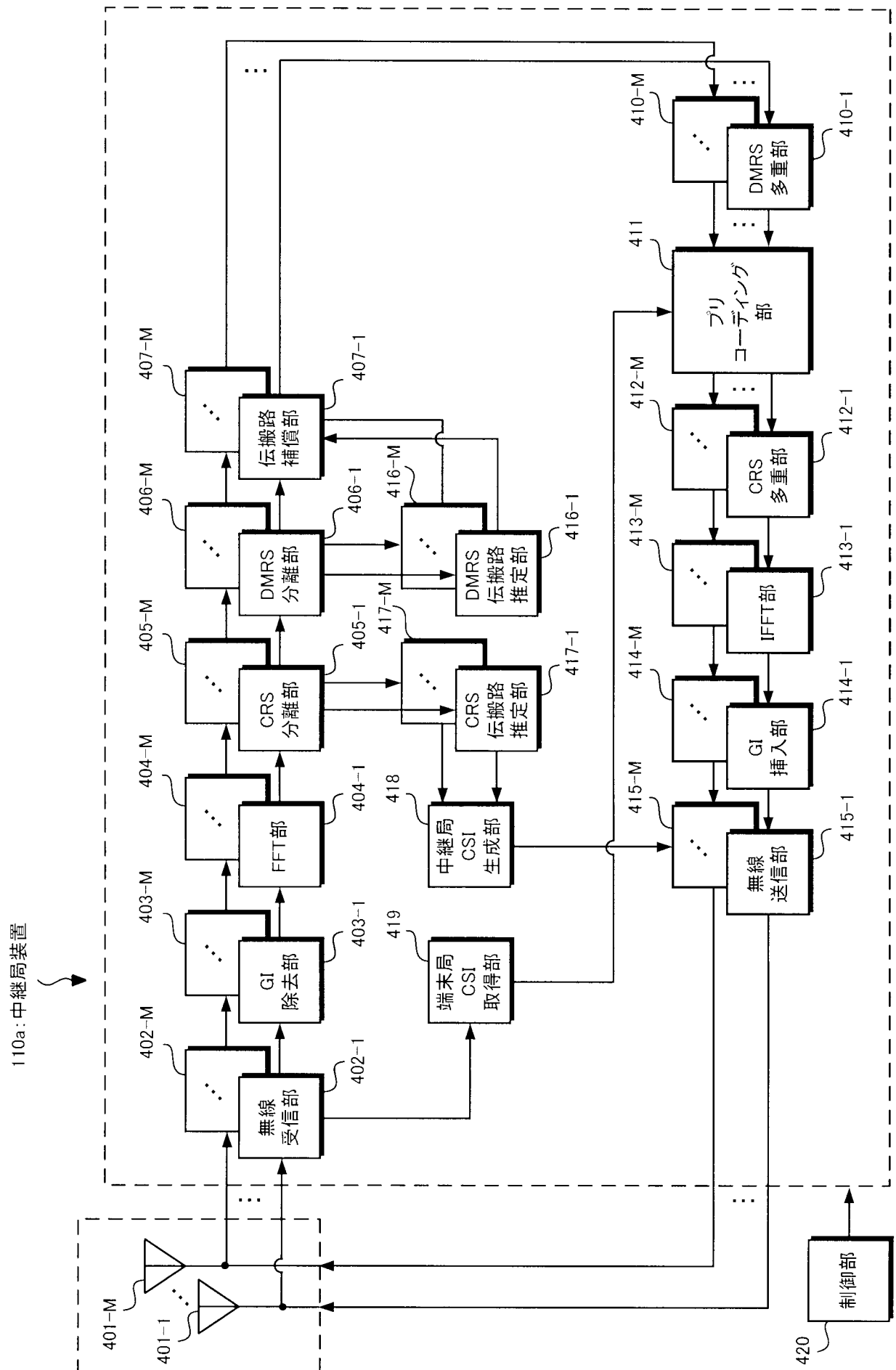
[図2]



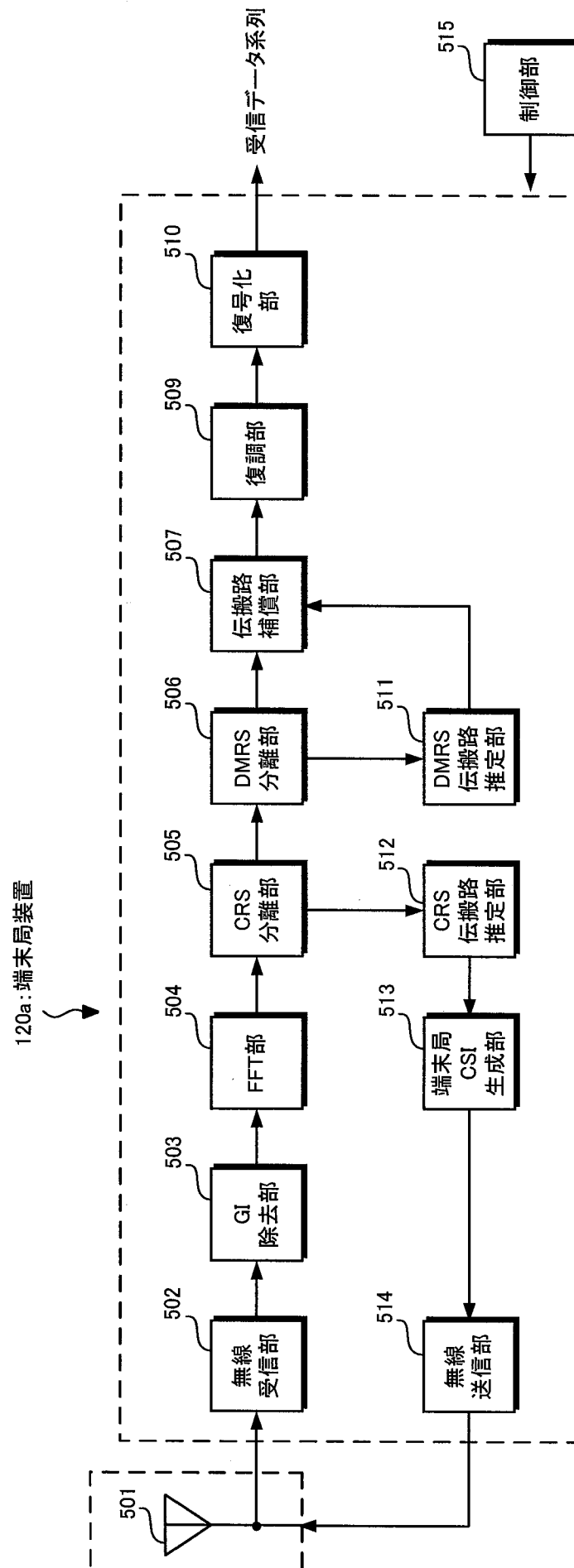
[図3]



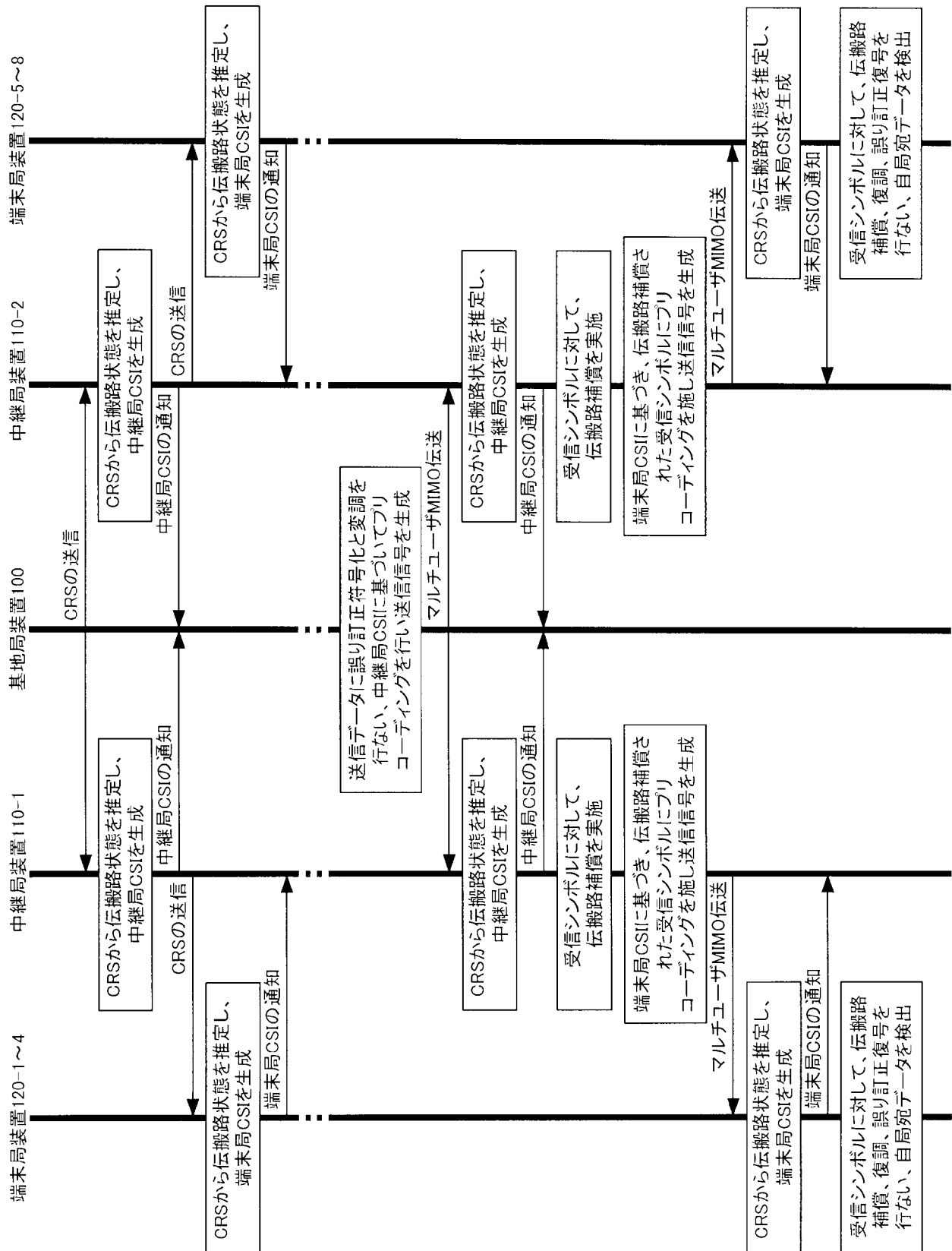
[図4]



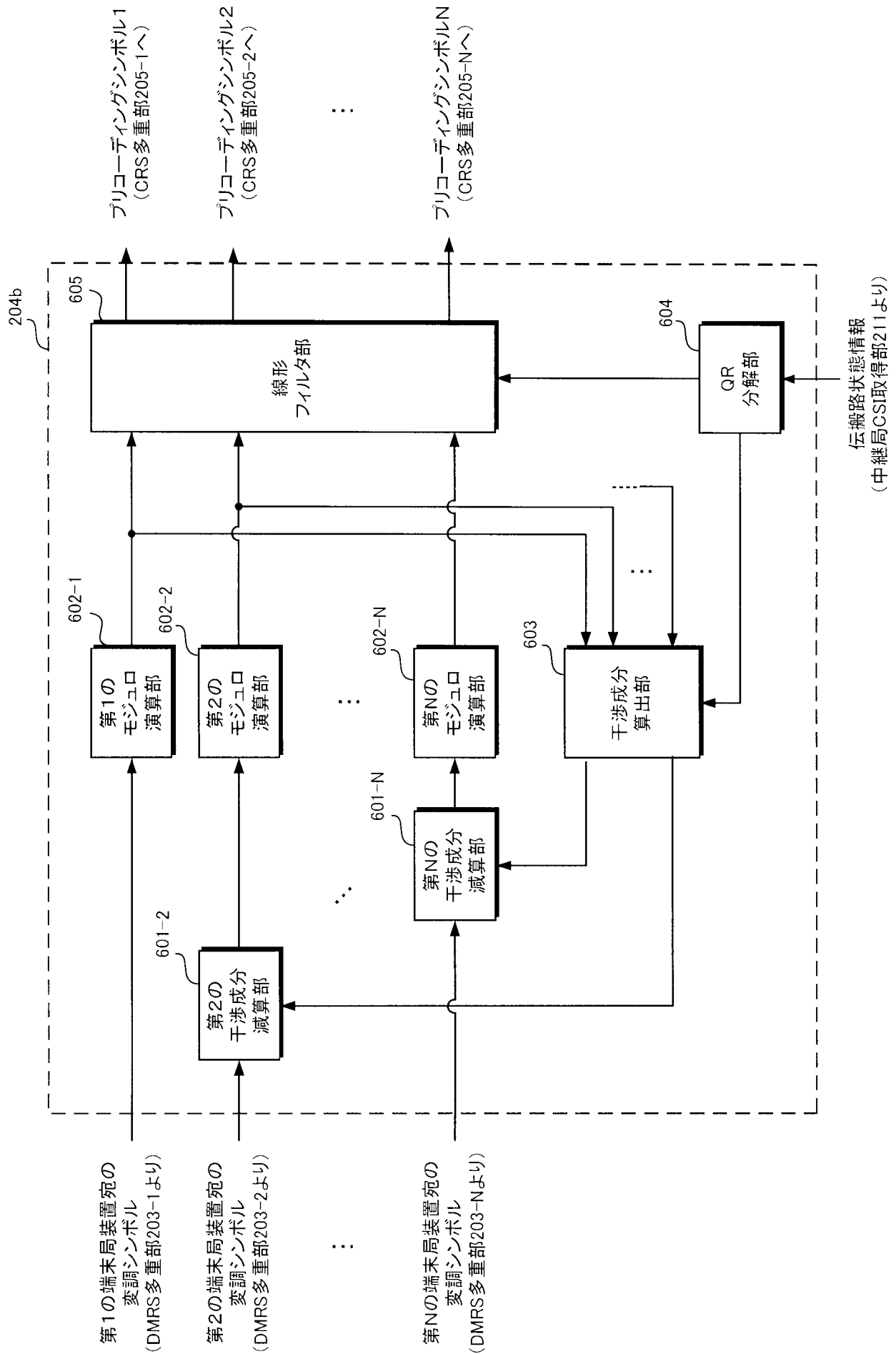
[図5]



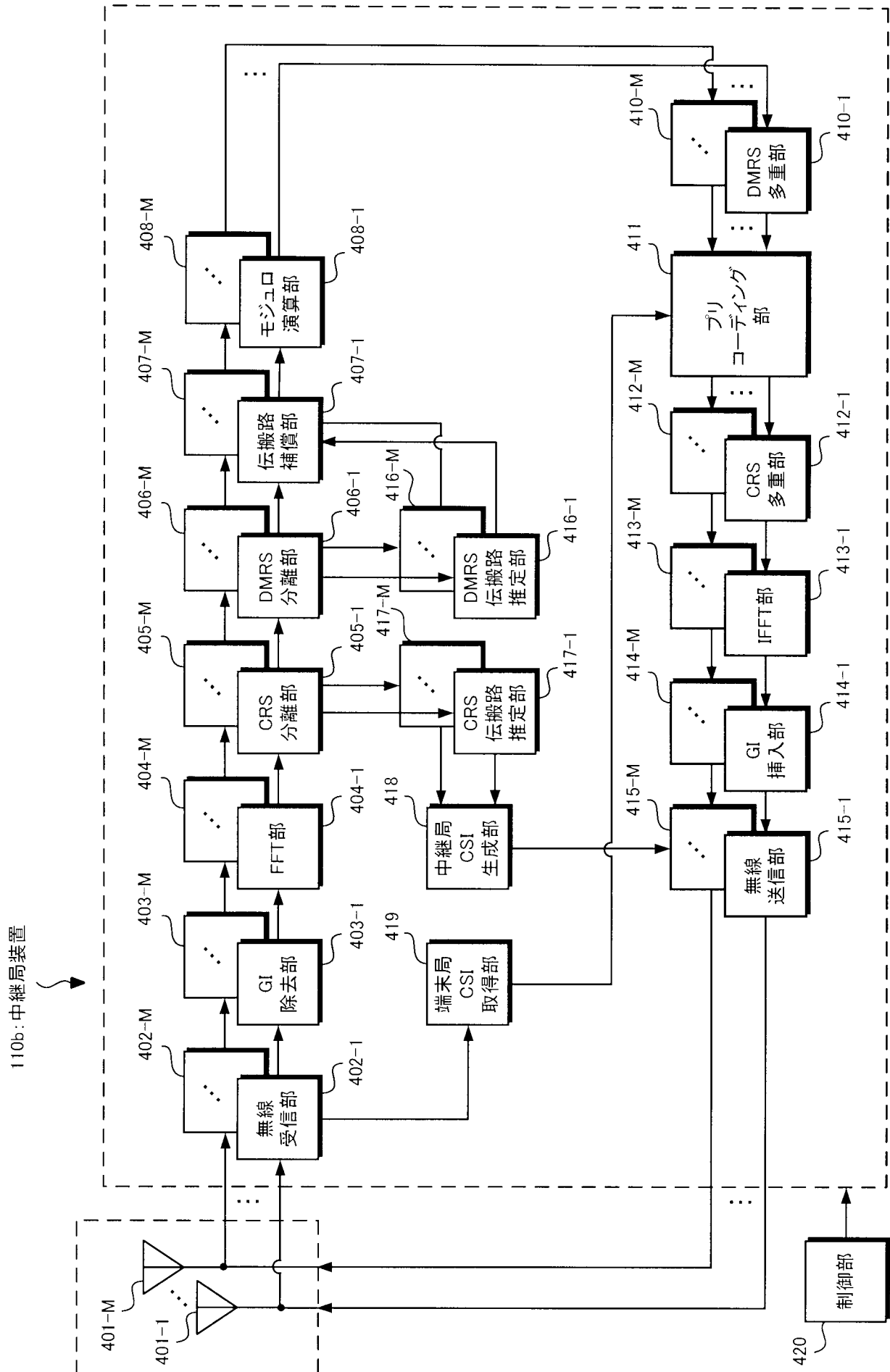
[図6]



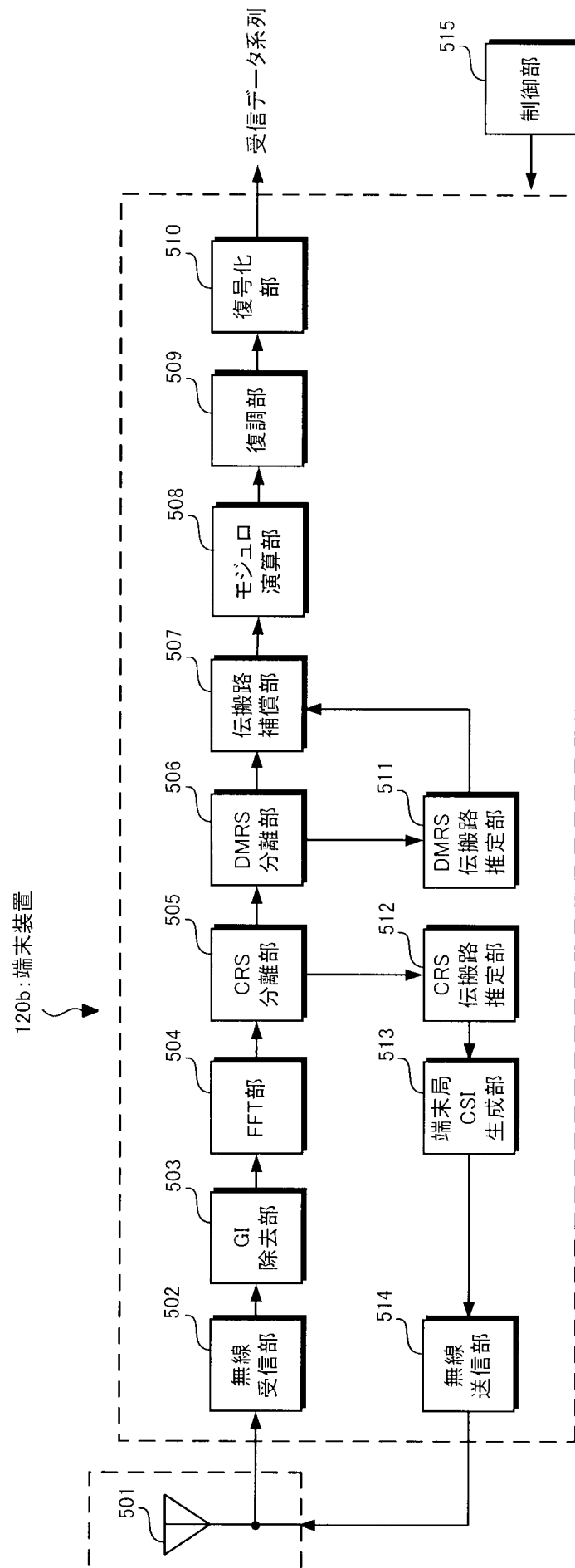
[図7]



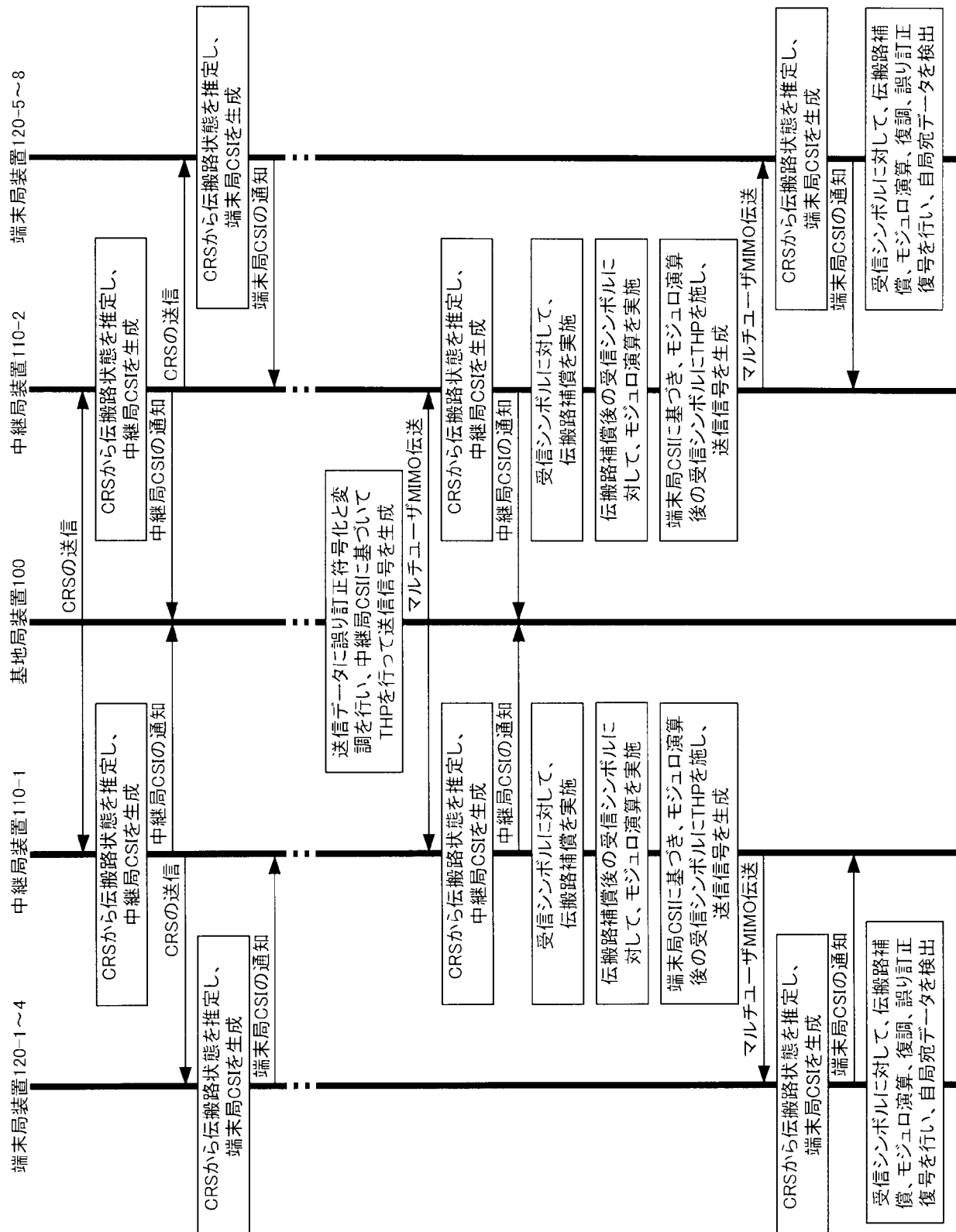
[図8]



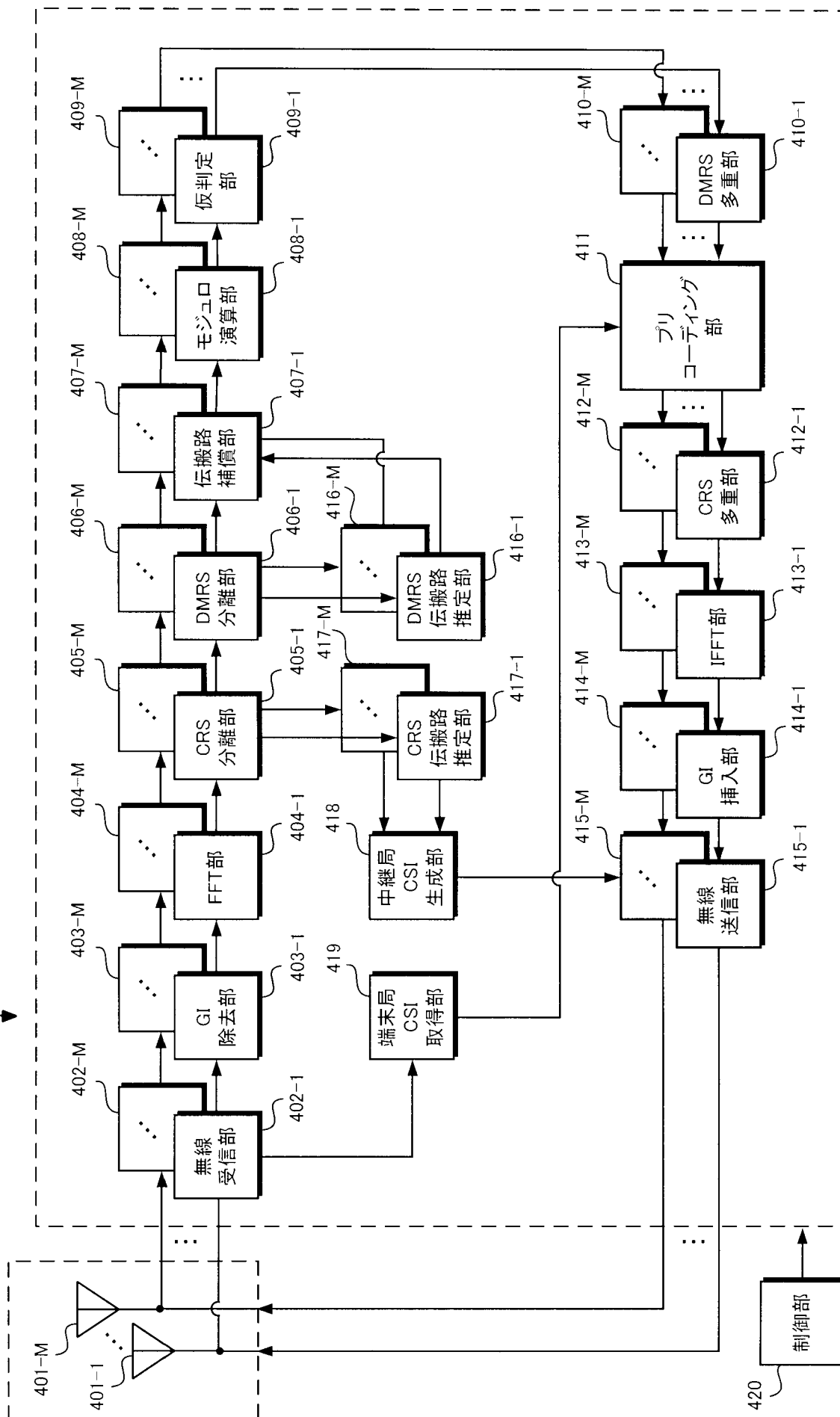
[図9]



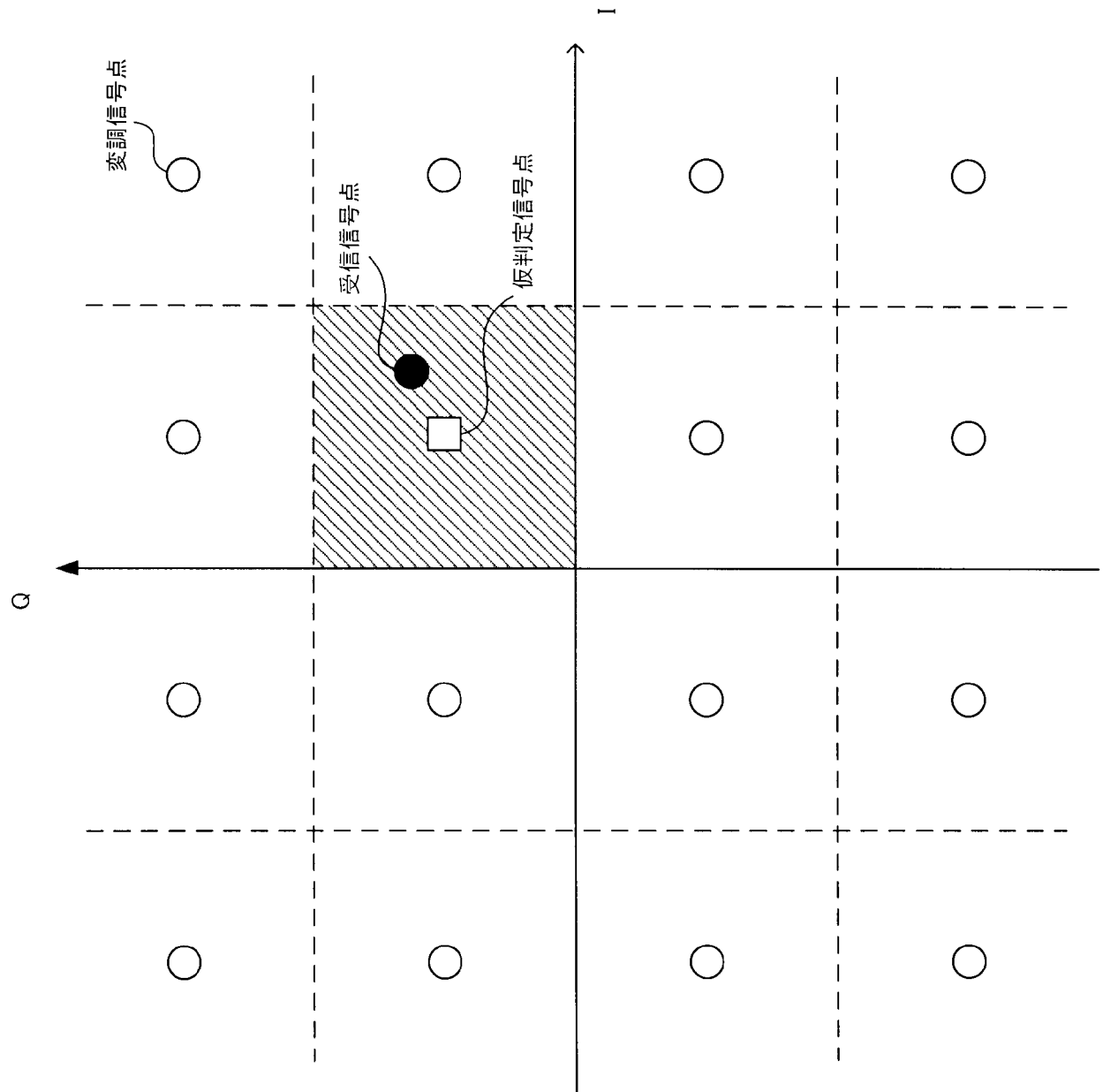
[図10]



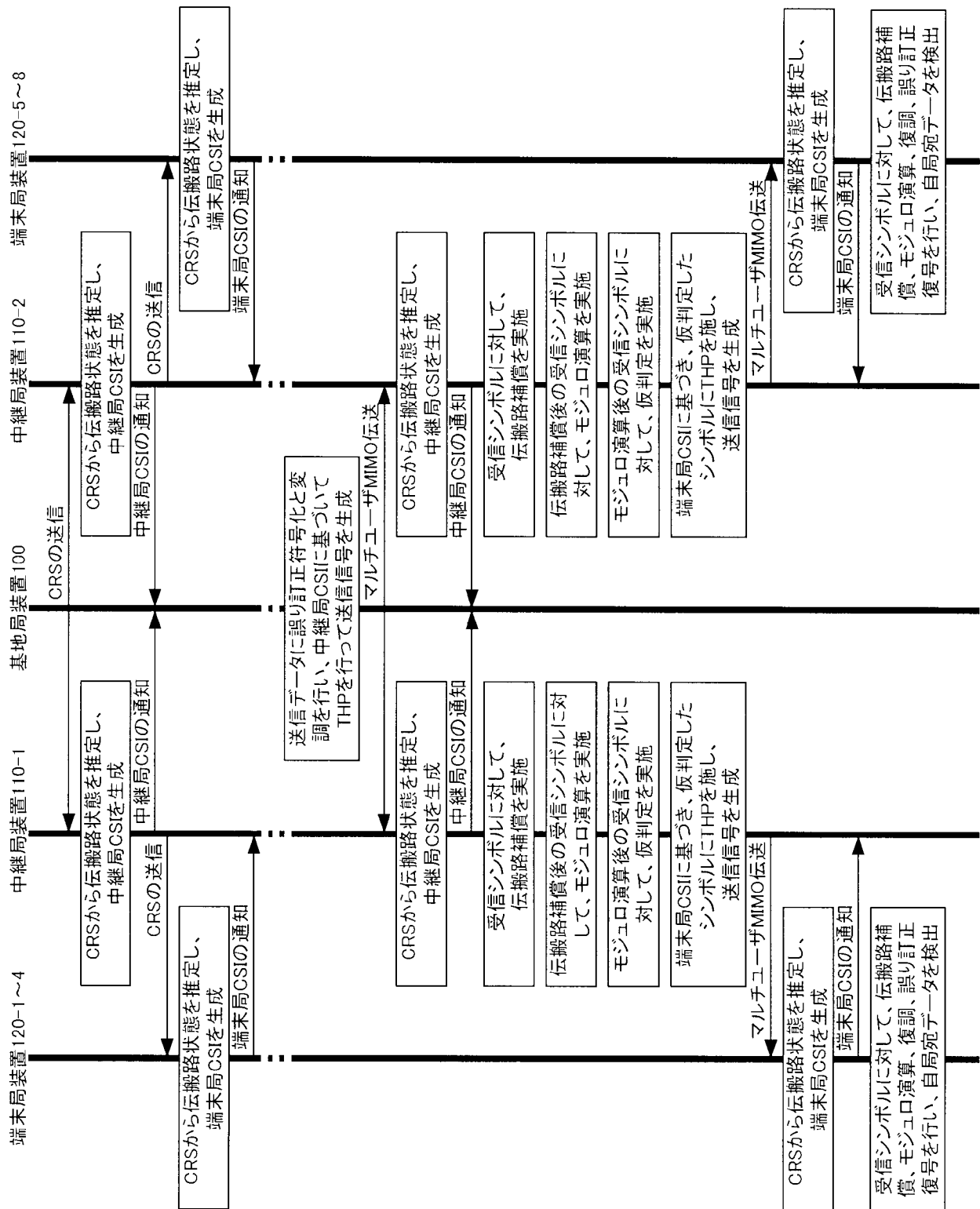
110c: 中継局装置



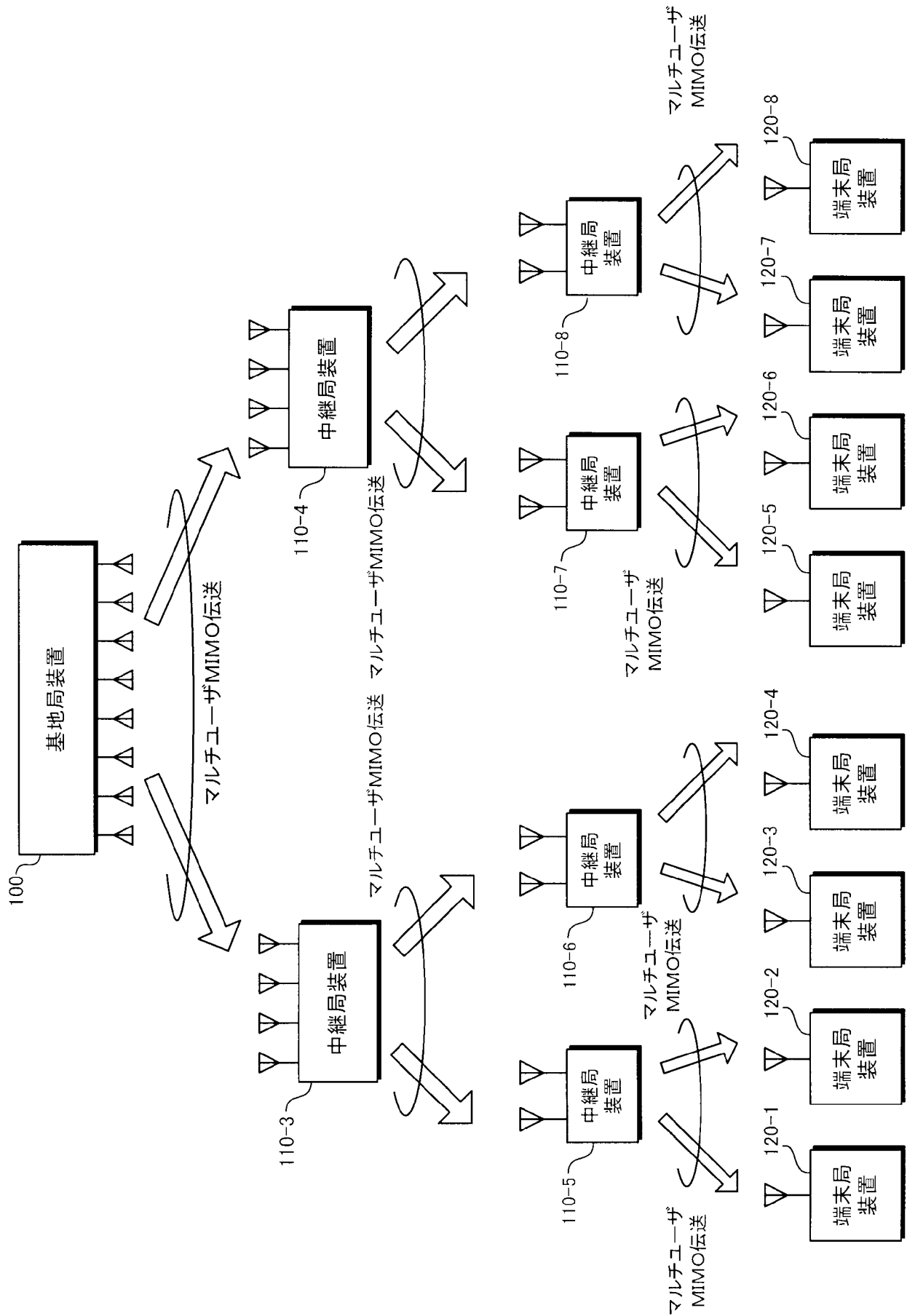
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064141

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00 (2009.01) i, H04B7/04 (2006.01) i, H04B7/15 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H04J99/00, H04B7/04, H04B7/15

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2006-148867 A (NTT Docomo Inc.), 08 June 2006 (08.06.2006), paragraphs [0002], [0090] to [0129]; fig. 8 & JP 2006-148868 A & US 2006/0056338 A1 & US 2006/0050655 A1 & EP 1641167 A2 & EP 1638236 A2 & KR 10-2006-0050895 A & KR 10-2006-0050894 A & CN 1744458 A & CN 1744459 A	1-10
Y	Dongmei Jiang et al., 'Linear precoding with limited feedback in multiuser MIMO relay networks', Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium on, 2009.09.28, pp. 337-342, chapter 2, fig.1	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 July, 2012 (09.07.12)

Date of mailing of the international search report
17 July, 2012 (17.07.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/064141

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-050643 A (Nagoya Institute of Technology, Sharp Corp.), 04 March 2010 (04.03.2010), paragraphs [0021] to [0024] & WO 2010/021333 A1	1-10
Y	JP 2011-077565 A (Hitachi, Ltd.), 14 April 2011 (14.04.2011), paragraphs [0030] to [0035]; fig. 4 (Family: none)	2, 5
A	JP 2009-517918 A (Telefonaktiebolaget LM Ericsson (publ)), 30 April 2009 (30.04.2009), entire text; all drawings & US 2008/0274692 A1 & EP 1958345 A & WO 2007/064249 A1 & CA 2632191 A & CN 101322327 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H04J99/00(2009.01)i, H04B7/04(2006.01)i, H04B7/15(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H04J99/00, H04B7/04, H04B7/15

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2006-148867 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2006.06.08 ，段落[0002]，[0090]-[0129]，第8図 & JP 2006-148868 A & US 2006/0056338 A1 & US 2006/0050655 A1 & EP 1641167 A2 & EP 1638236 A2 & KR 10-2006-0050895 A & KR 10-2006-0050894 A & CN 1744458 A & CN 1744459 A	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

0 9 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 7 . 0 7 . 2 0 1 2

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

佐々木 洋

5 K

3 3 6 2

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	Dongmei Jiang et al., 'Linear precoding with limited feedback in multiuser MIMO relay networks', Communications and Information Technology, 2009. ISCIT 2009. 9th International Symposium on, 2009.09.28, pp. 337-342, 第2章, 第1図	1-10
Y	JP 2010-050643 A (国立大学法人 名古屋工業大学, シャープ株式会社) 2010.03.04 , 段落[0021]-[0024] & WO 2010/021333 A1	1-10
Y	JP 2011-077565 A (株式会社日立製作所) 2011.04.14 , 段落[0030]-[0035], 第4図 (ファミリーなし)	2, 5
A	JP 2009-517918 A (テレフオンアクチーボラゲット エル エム エ リクソン (パブル)) 2009.04.30 , 全文, 全図 & US 2008/0274692 A1 & EP 1958345 A & WO 2007/064249 A1 & CA 2632191 A & CN 101322327 A	1-10