

(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
2011 年 8 月 11 日(11.08.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/096138 A1

- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04J 11/00 (2006.01)
H04B 7/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/072759
- (22) 国際出願日: 2010 年 12 月 17 日(17.12.2010)
- (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 2010-024782 2010 年 2 月 5 日(05.02.2010) 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): 中野 博史
(NAKANO Hiroshi) [JP/—], 小野寺 毅 (ONODERA
Takashi) [JP/—], 平田 梢 (HIRATA Kozue) [JP/—],
留場 宏道 (TOMEBA Hiromichi) [JP/—], 藤 晋
平 (TO Shimpei) [JP/—].
- (74) 代理人: 船山 武, 外 (FUNAYAMA Takeshi et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2
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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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).

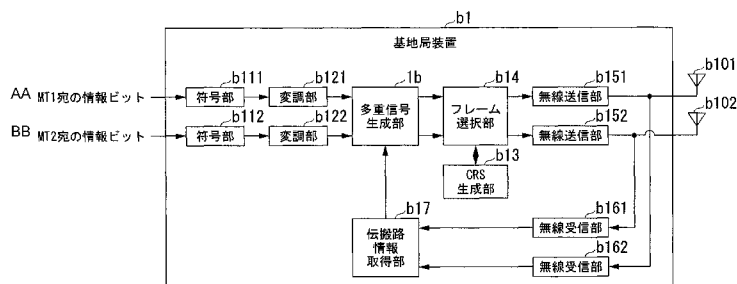
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: TRANSMITTER APPARATUS, RECEIVER APPARATUS, WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM, TRANSMISSION CONTROL METHOD, RECEPTION CONTROL METHOD, AND PROCESSOR

(54) 発明の名称: 送信装置、受信装置、無線通信システム、送信制御方法、受信制御方法、及び、プロセス

[図2]



AA INFORMATION BITS ADDRESSED TO MT1
BB INFORMATION BITS ADDRESSED TO MT2
b1 BASE STATION APPARATUS
b111, b112 ENCODING UNIT
b121, b122 MODULATING UNIT
1b MULTIPLEXED SIGNAL GENERATING UNIT
b14 FRAME SELECTING UNIT
b13 CRS GENERATING UNIT
b151, b152 RADIO TRANSMITTING UNIT
b161, b162 RADIO RECEIVING UNIT
b17 PROPAGATION PATH INFORMATION ACQUIRING UNIT

(57) Abstract: A multiplexed signal generating unit multiplexes a signal, which has been subjected to a power suppression process for suppressing the signal power and which is addressed to a first receiver apparatus, with a signal that has not been subjected to the power suppression process and that is addressed to a second receiver apparatus.

(57) 要約: 多重信号生成部は、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の受信装置宛の信号と、電力抑圧処理を行わない第2の受信装置宛の信号と、を多重する。

WO 2011/096138 A1

明 細 書

発明の名称：

送信装置、受信装置、無線通信システム、送信制御方法、受信制御方法、及び、プロセッサ

技術分野

[0001] 本発明は、送信装置、受信装置、無線通信システム、送信制御方法、受信制御方法、及び、プロセッサに関する。

本願は、2010年02月05日に、日本に出願された特願2010-024782号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] <THPについて>

無線通信技術において、Tomlinson Harashima Precoding (THP) が知られている。THPは、送信装置と受信装置との通信において干渉が存在する状況下で、送信装置があらかじめ干渉を検出し、送信信号から干渉をあらかじめキャンセルした信号を受信装置に対して送信する技術である。ここで、送信装置及び受信装置は、Modulo (モジュロ、剰余) 演算を行うことで、干渉をキャンセルすることによる送信電力の増加を抑圧した信号の送受信をする(非特許文献1参照)。

[0003] 以下、THPを用いた通信について詳細を説明する。

まず、送信装置及び受信装置が行うModulo演算について説明をする。このModulo演算は、変調シンボルのI-ch (In-phase channel) 及び Q-ch (Quadrature channel) に対して、送信装置及び受信装置で既知の値 τ の整数倍を加算することにより、当該信号が $[-\tau/2, \tau/2]$ の範囲に収まる変調シンボルになるように変換する演算である。Modulo演算は、次式(1)で表される。

[0004]

[数1]

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

[0005] ここで、 $\text{Mod}_\tau(x)$ は Modulo 演算を表し、 x 、 x' はそれぞれ Modulo 演算前後の変調シンボルを表す。また、 j は虚数単位、 $\text{Re}(x)$ は x の実部を表し、 $\text{Im}(x)$ は x の虚部を表す。また、 $\text{floor}(x)$ は x を超えない最大の整数を表す。

[0006] 図37は、従来技術に係る Modulo 演算を示す概略図である。この図において、符号P11を付した変調シンボルP11は、 Modulo 演算前の変調シンボルを示す（式（1）の x ）。また、符号P12を付した変調シンボルP12は、 Modulo 演算後の剰余シンボルを示す（式（1）の x' ）。ここで、変調シンボルP12は、変調シンボルP11に $N_1\tau + jN_2\tau$ （図37では、 $N_1 = -1$ 、 $N_2 = -2$ ）が加算されたものである。

図37において、 Modulo 演算後の変調シンボルP12は、 $I\text{-ch}$ 、 $Q\text{-ch}$ ともに原点から $[-\tau/2, \tau/2]$ の範囲に収まっている。このように、 Modulo 演算を行うことにより、信号の振幅を一定範囲内に収めることができ、送信電力を低減することができる。

なお、通常、 Modulo 幅 τ は、変調シンボルの平均電力を1に正規化した場合、変調方式に応じて、あらかじめ送受信側で既知な所定の値となる。例えば、QPSK（quadrature phase-shift keying；四位相偏移変調）では $\tau = 2\sqrt{2}$ 、16QAM（Quadrature amplitude modulation；直交振幅変調）では、 $\tau = 8/\sqrt{10}$ 、64QAMでは $\tau = 16/\sqrt{42}$ である。

[0007] 次に、 Modulo 演算を用いた干渉除去について説明をする。ここで、送信装置が受信装置に伝える所望信号の変調シンボルを所望シンボル s とし

、送信装置と受信装置間での干渉の変調シンボルを干渉シンボル f とする。

THPを用いた通信では、送信装置は、まず干渉シンボル f を所望シンボル s から減算する。このようにすれば、受信装置では受信信号を復調して、そのまま所望シンボル s を受信することができる。しかし、減算後の干渉除去シンボル $s - f$ は、干渉を減算することによって一般的に振幅が大きくなるため、この干渉除去シンボルの信号を送信すると送信電力が増加してしまう。そこで、送信装置は、この干渉除去シンボル $s - f$ に対して Modulo 演算を行い、演算後の剰余シンボル x' ($=\text{Mod}_\tau(s - f)$) の信号を送信する。これにより、送信装置は、送信する信号の変調シンボルを $I - c_h$ 、 $Q - c_h$ とともに原点から $[-\tau/2, \tau/2]$ の範囲に収めることができ、干渉除去シンボル $s - f$ の信号を送信するときと比較して、電力を抑圧した信号を送信できる。

[0008] 送信装置が送信した信号は干渉を受け、受信装置が受信したこの信号の変調シンボルは、受信シンボル $y = \text{Mod}_\tau(s - f) + f$ となる。ただし、伝搬路の特性を1として雑音の影響を無視している。この受信シンボルに対して Modulo 演算を行うと、その結果は、 $\text{Mod}_\tau[\text{Mod}_\tau(s - f)] + f = \text{Mod}_\tau(s - f + f) = \text{Mod}_\tau(s) = s$ となる。つまり、受信装置は、所望シンボル s を検出することができる。

以上が、THPを用いた通信の仕組みである。

[0009] <MU-MIMO THPについて>

次に、マルチユーザMIMO (MU-MIMO; Multi-User Multi Input Multi Output) 通信にTHPを用いた通信について説明をする。なお、基地局装置から端末装置へのダウンリンク (DL; Down Link) におけるこの通信技術をDL MU-MIMO THPという。

[0010] 図38は、従来技術に係る無線通信システムを示す概略図である。この図は、DL MU-MIMO THPを適用した無線通信システムの図である。

この図において、基地局装置 X 1 は、複数の端末装置 Y 1 1 及び Y 1 2 へ信号を送信している。これらの信号が同一時刻に同一周波数に送信された場合、信号は互いに干渉する（ユーザ間干渉；Multi User Interference）。DL MU-MIMO THP は、このユーザ間干渉を除去する技術である。

非特許文献 2 には、DL MU-MIMO THP について記載されている。

[0011] 以下、図 3 8 の無線通信システムについて、基地局装置 X 1 及び端末装置 Y 1（Y 1 1 及び Y 1 2）の構成について説明をする。

図 3 9 は、従来技術に係る基地局装置 X 1 の構成を示す概略ブロック図である。

多重信号生成部 X 1 3 において、フィルタ算出部 X 1 3 1 は、端末装置 Y 1 1 及び Y 1 2 から伝搬路状態情報（CSI；Channel State Information）を受信し、受信した CSI に基づいて干渉係数及び線形フィルタを算出する。フィルタ算出部 X 1 3 1 は、算出した干渉係数及び線形フィルタを示す情報を、それぞれ、干渉算出部 X 1 3 2 及び線形フィルタ乗算部 X 1 3 5 に出力する。

干渉算出部 X 1 3 2 は、フィルタ算出部 X 1 3 1 から入力された情報が示す干渉係数を、変調部 X 1 2 1 から入力された端末装置 Y 1 1 宛の変調シンボル s_1 に乗算することで、干渉シンボル f を算出する。干渉算出部 X 1 3 2 は、算出した干渉シンボル f を干渉減算部 X 1 3 3 に出力する。

干渉減算部 X 1 3 3 は、変調部 X 1 2 2 から入力された Y 1 2 宛の変調シンボル s_2 に対して、干渉算出部 X 1 2 2 から入力された干渉シンボル f を減算する。干渉減算部 X 1 3 3 は、減算後の干渉除去シンボル $s_2 - f$ を Modulo 演算部 X 1 3 4 に出力する。

[0012] Modulo 演算部 X 1 3 4 は、干渉減算部 X 1 3 3 から入力された干渉除去シンボルに対して、式（1）の Modulo 演算を行い、演算後の剰余シンボル s_2' （ $= \text{Mod}_T(s_2 - f)$ ）を線形フィルタ乗算部 X 1 3 5 に出

力する。

線形フィルタ乗算部 X 1 3 5（係数乗算部）は、変調部 X 1 2 1 から入力された端末装置 Y 1 1 宛の変調シンボル s_1 、及び、線形フィルタ乗算部 X 1 3 5 から入力された剰余シンボル s_2' に対して、フィルタ算出部 X 1 3 1 から入力された情報が示す線形フィルタを乗算し、無線送信部 X 1 4 1、X 1 4 2 に出力する。

以上の処理によって、基地局装置 X 1 は、基地局装置 X 1 から端末装置 Y 1 1 への方向について、端末装置 Y 1 2 宛の信号の成分を 0（Null）にすることができる。なお、この動作原理については後述する。

[0013] 図 40 は、従来技術に係る端末装置 Y 1 の構成を示す概略ブロック図である。この図において、Modulo 演算部 Y 1 1 3 は、伝搬路補償された受信信号の変調シンボルに対して、式（1）の Modulo 演算を行い、所望シンボルを抽出する。

[0014] 以下、図 38～図 40 に示した DL MU-MIMO THP を適用した無線通信システムについて、動作原理を説明する。

基地局装置 X 1 において、干渉算出部 X 1 2 2 は、伝搬行列 H のエルミート共役行列 H^H を QR 分解する。QR 分解とは、行列をユニタリ行列 Q と上三角行列 R に分解することである。この分解は、次式（2）で表される。

[0015] [数2]

$$H^H = QR = Q \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} \\ 0 & r_{22} \end{pmatrix} \cdot \cdot \cdot \quad (2)$$

[0016] フィルタ算出部 X 1 3 1 は、CSI を用いて行列 H^H を生成し、行列 H^H を QR 分解する。フィルタ算出部 X 1 3 1 は、行列 Q を線形フィルタとして算出し、 r_{12}^* / r_{22}^* を干渉係数として算出する。ここで、 r^* は、 r の複素共役を表す。

干渉算出部 X 1 2 2 は、干渉シンボル f を $(r_{12}^* / r_{22}^*) s_1$ として算出する。また、Modulo 演算部 X 1 3 4 は、剰余シンボル s_2' を Mod

$\tau \{s_2 - (r_{12}^* / r_{22}^*) s_1\}$ として生成し、線形フィルタ乗算部 X 1 3 5 に出力する。線形フィルタ乗算部 X 1 3 5 は、次式 (3) のシンボル s_1' 、 s_2' を生成し、それぞれ、無線送信部 X 1 4 1、X 1 4 2 に出力する。

[0017] [数3]

$$\begin{pmatrix} s_1'' \\ s_2'' \end{pmatrix} = Q \begin{pmatrix} s_1' \\ s_2' \end{pmatrix} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (3)$$

[0018] 端末装置 Y 1 1 における受信信号を受信シンボル y_1 、端末装置 Y 1 2 における受信信号を受信シンボル y_2 とおく。 y_1 と y_2 は、次式 (4) で表される。

[0019] [数4]

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} &= H \begin{pmatrix} s_1'' \\ s_2'' \end{pmatrix} = (QR)^H Q \begin{pmatrix} s_1' \\ s_2' \end{pmatrix} = (R^H Q^H) Q \begin{pmatrix} s_1' \\ s_2' \end{pmatrix} = R^H \begin{pmatrix} s_1' \\ s_2' \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} r_{11}^* s_1 \\ r_{12}^* s_1 + r_{22}^* \times \text{Mod}(s_2 - (r_{12}^* / r_{22}^*) s_1) \end{pmatrix} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (4) \end{aligned}$$

[0020] 式 (4) は、端末装置 Y 1 1 の受信シンボル $y_1 (= r_{11}^* s_1)$ には、端末装置 Y 1 2 宛の所望シンボル s_2 の成分が含まれていないことを示す。つまり、基地局装置 X 1 は、基地局装置 X 1 から端末装置 Y 1 1 へ方向について、端末装置 Y 1 2 宛の信号の成分を 0 (Null) にすることができる。

端末装置 Y 1 1 では、伝搬路補償部 Y 1 1 2 が受信シンボル y_1 から r_{11}^* を除算することにより、所望シンボル s_1 を抽出することができる。なお、Modulo 演算部 Y 1 1 3 は、Modulo 演算を行うが、 $\text{Mod}_\tau(s_1) = s_1$ となるので、復調部 Y 1 1 4 には、所望シンボル s_1 が出力される。

[0021] 端末装置 Y 1 2 では、伝搬路補償部 Y 1 1 2 は、受信シンボル y_2 から r_{22}^* を除算する。伝搬路補償部 Y 1 1 2 は、除算後の伝搬補償シンボル $z_2 (= y_2 / r_{22}^*)$ を Modulo 演算部 Y 1 1 3 に出力する。

Modulo 演算部 Y 1 1 3 は、伝搬補償シンボル z_2 に対して、式 (1)

のModulo演算を行うことにより、所望シンボル s_2 を抽出する（次式（5）参照）。

[0022] [数5]

$$\begin{aligned} \text{Mod}_\tau(z_2) &= \text{Mod}_\tau(r_{12}^*/r_{22}^*s_1 + \text{Mod}_\tau(s_2 - r_{12}^*/r_{22}^*s_1)) \\ &= \text{Mod}_\tau(r_{12}^*/r_{22}^*s_1 + (s_2 - r_{12}^*/r_{22}^*s_1)) \quad \dots (5) \\ &= s_2 \end{aligned}$$

[0023] また、非特許文献3には、上記のDL MU-MIMO THPを適用した無線通信システムにおいて、端末装置各々が複数のアンテナを備え、SU-MIMO (Single-User Multi Input Multi Output) 通信を行う場合について記載されている。

図41は、従来技術に係る無線通信システムを示す別の概略図である。この図は、端末装置各々がSU-MIMO通信を行う場合に、DL MU-MIMO THPを適用した無線通信システムの図である。

この図において、基地局装置X2は、複数の端末装置Y21～Y22各々へ、SU-MIMO通信を用いて信号を送信している。これらの信号が同一時刻に同一周波数に送信された場合に信号は互いにユーザ間干渉するが、DL MU-MIMO THPを適用することによって、このユーザ間干渉を除去する。

先行技術文献

非特許文献

[0024] 非特許文献1: H. Harashima and H. Miyakawa, "Matched-Transmission Technique for Channels With Intersymbol Interference", IEEE Transactions On Communications, Vol. Com-20, No. 4, pp. 774-780, August 1972.

非特許文献2: J. Liu and A. Krzymien, "Improv

ed Tomlinson-Harashima Precoding for the Downlink of Multiple Antenna Multi-User Systems", Proc. IEEE Wireless and Communications and Networking Conference, pp. 466-472, March 2005.

非特許文献3: V. Stankovic and M. Haardt, "Successive optimization Tomlinson-Harashima precoding (SO THP) for multi-user MIMO systems", Proc. IEEE Int. Conf. Acoust., Speech, and Signal Processing (ICASSP), Vol. III, pp. 1117-1120, Philadelphia, PA, USA, March 2005.

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0025] ところで、上述した従来のTHPを適用した無線通信システムでは、Modulo幅 τ 間隔で周期的にI-ch、Q-ch方向にずれた点を同じ点とみなすため、受信候補点が増加して信号検出性能が低下 (Modulo Loss) するという欠点があった。

具体的に、図42を用いて信号検出性能の低下について説明をする。

図42は、従来技術に係る受信候補点を示す概略図である。上図(a)はTHPを適用しない場合の図であり、下図(b)はTHPを適用した場合の図である。また、図42は、変調方式がQPSKの場合の図である。この図において、白塗り及び黒塗りの丸印、白塗り及び黒塗りの四角印は、受信候補点を示す。

[0026] 図42において、雑音等の影響で受信信号点が、矢印の先端の位置 (符号 z_{11} を付した×印。信号 z_{11} という) にずれている。この場合、上図 (

a) では、信号 z_{11} は一番近い受信信号点 P_{11} として検出される。一方、下図 (b) では、信号 z_{11} は一番近い受信信号点 P_{22} として検出される。このように、従来の THP を適用した無線通信システムでは、受信候補点が増加して信号検出性能が低下し、伝搬特性が悪化するという欠点があった。

[0027] 本発明は上記の点に鑑みてなされたものであり、伝搬特性を向上させることができる送信装置、受信装置、無線通信システム、送信制御方法、受信制御方法、及び、プロセッサを提供する。

課題を解決するための手段

[0028] (1) 本発明は上記の課題を解決するためになされたものであり、本発明は、複数の送信アンテナを備え、複数の受信装置宛の信号を、空間多重して送信する送信装置において、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号と、を多重する多重信号生成部を備えることを特徴とする送信装置である。

[0029] (2) また、本発明は、上記の送信装置において、前記多重信号生成部は、前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、前記受信装置が第1の受信装置であるか又は第2の受信装置であるかを決定することを特徴とする。

[0030] (3) また、本発明は、上記の送信装置において、前記多重信号生成部は、複数の第1の前記受信装置宛の信号と、複数の第2の前記受信装置宛の信号と、を多重することを特徴とする。

[0031] (4) また、本発明は、上記の送信装置において、前記電力抑圧処理は、剰余演算であることを特徴とする。

[0032] (5) また、本発明は、上記の送信装置において、前記多重信号生成部は、前記受信装置が第1の受信装置であるか又は第2の受信装置であるかを決定し、前記第1の受信装置と第2の受信装置とを識別する送信モード情報を生成して出力する剰余切換決定部と、前記剰余切換決定部から入力された送

信モード情報に基づいて、前記第 1 の受信装置宛の信号と前記第 2 の受信装置宛の信号を生成する適応剰余部と、を備えることを特徴とする。

[0033] (6) また、本発明は、上記の送信装置において、前記剰余切換決定部は、他の受信装置宛の信号による干渉電力が閾値より大きい場合に前記受信装置を第 1 の受信装置であると決定し、他の受信装置宛の信号による干渉電力が閾値より小さい場合に前記受信装置を第 2 の受信装置であると決定することを特徴とする。

[0034] (7) また、本発明は、上記の送信装置において、前記多重信号生成部は、前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、前記受信装置各々に関する干渉係数を算出する係数算出部と、前記係数算出部が算出した干渉係数と、他の受信装置宛の信号と、に基づいて前記受信装置宛の信号に対する干渉であって他の受信装置宛の信号による干渉信号を算出する干渉算出部と、前記受信装置宛の信号から、干渉算出部が算出した他の受信装置宛の信号による干渉信号を減算する干渉減算部と、を備え、前記適応剰余部は、前記剰余切換決定部から入力されたそれぞれの送信モード情報に基づいて、前記干渉減算部がそれぞれの干渉信号を減算した信号から、前記第 1 の受信装置宛の信号と前記第 2 の受信装置宛の信号をそれぞれ生成することを特徴とする。

[0035] (8) また、本発明は、上記の送信装置において、前記剰余切換決定部が生成した送信モード情報であって第 1 の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする。

[0036] (9) また、本発明は、上記の送信装置において、前記剰余切換決定部が生成した送信モード情報であって第 2 の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする。

[0037] (10) また、本発明は、上記の送信装置において、前記多重信号生成部は、前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、線形フィルタ

、及び前記受信装置各々に関する干渉係数を算出する係数算出部と、前記係数算出部が算出した干渉係数と、他の受信装置宛の信号と、に基づいて前記受信装置宛の信号に対する干渉であって他の受信装置宛の信号による干渉信号を算出する干渉算出部と、前記受信装置宛の信号から、干渉算出部が算出した他の受信装置宛の信号による干渉信号を減算する干渉減算部と、前記剰余切換決定部から入力された送信モード情報に基づいて、前記干渉減算部が減算した減算した信号から、前記第 1 の受信装置宛の信号と前記第 2 の受信装置宛の信号を生成する適応剰余部と、前記フレーム構成部が挿入した送信モード情報の信号と、前記適応剰余部が生成した前記第 1 の受信装置宛の信号と前記第 2 の受信装置宛の信号と、に対して、前記係数算出部が算出した線形フィルタを乗算する係数乗算部と、を備えることを特徴とする。

[0038] (11) また、本発明は、上記の送信装置において、前記多重信号生成部は、前記受信装置各々の固有参照信号を、当該受信装置宛の信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする。

[0039] (12) また、本発明は、上記の送信装置において、前記多重信号生成部は、前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、前記受信装置各々に関する干渉係数を算出する係数算出部と、前記フィルタ算出部が算出した干渉係数と、他の受信装置宛の信号と、に基づいて前記受信装置宛の信号に対する干渉であって他の受信装置宛の信号による干渉信号を算出する干渉算出部と、予め定めた受信装置の順序に従って、当該受信装置宛の信号から干渉算出部が算出した他の受信装置宛の信号による干渉信号を減算する干渉減算部と、前記受信装置の順序が閾値より大きい第 1 の受信装置宛の信号に剰余演算を行う剰余演算部と、前記受信装置の順序が閾値より小さい第 2 の受信装置宛の信号であって前記干渉減算部が前記干渉信号を減算した信号と、前記剰余演算部が剰余演算を行った信号と、を多重する多重信号生成部を備えることを特徴とする。

[0040] (13) また、本発明は、上記の送信装置において、前記受信装置の順序が閾値より大きい第 1 の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を

、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする。

[0041] (14) また、本発明は、上記の送信装置において、前記受信装置の順序が閾値より小さい第2の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする。

[0042] (15) また、本発明は、上記の送信装置において、前記係数算出部は、前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、線形フィルタ、及び前記受信装置各々に関する干渉係数を算出し、前記多重信号生成部は、前記フレーム構成部が挿入した送信モード情報の信号と、前記適応剰余部が生成した前記第1の受信装置宛の信号と前記第2の受信装置宛の信号と、に対して、前記係数算出部が算出した線形フィルタを乗算する係数乗算部と、を備えることを特徴とする。

[0043] (16) また、本発明は、空間多重された複数の受信装置宛の信号を受信する受信装置において、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号であるか又は前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号であるかを判定する送信モード判定部と、前記送信モード判定部での判定結果に基づいて、前記信号を復調する適応復調部と、を備えることを特徴とする受信装置である。

[0044] (17) また、本発明は、上記の受信装置において、前記電力抑圧処理は、剰余演算であることを特徴とする。

[0045] (18) また、本発明は、上記の受信装置において、前記送信モード判定部は、前記信号に含まれる情報であって前記第1の受信装置と第2の受信装置とを識別する送信モード情報を取得し、取得した送信モード情報に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であるか又は前記第2の受信装置宛の信号であるかを判定することを特徴とする。

[0046] (19) また、本発明は、上記の受信装置において、前記適応復調部は、前記送信モード判定部が、前記送信モード情報に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であると判定した場合に前記信号に剰余演算を行って復調し、前記送信モード判定部が前記第2の受信装置宛の信号であると判定した場合

に前記信号に剰余演算を行わないで復調することを特徴とする。

[0047] (20) また、本発明は、上記の受信装置において、前記信号から受信装置各々の固有参照信号を抽出するフレーム分離部と、前記フレーム分離部が抽出した固有参照信号に基づいて、伝搬路状態を推定する伝搬路推定部と、前記伝搬路推定部が推定した伝搬路状態を示す伝搬路状態情報に基づいて、前記信号に対して伝搬路補償する伝搬路補償部と、を備えることを特徴とする。

[0048] (21) また、本発明は、上記の受信装置において、前記送信モード判定部は、前記信号に含まれる受信装置各々の固有参照信号に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であるか又は前記第2の受信装置宛の信号であるかを判定することを特徴とする。

[0049] (22) また、本発明は、上記の受信装置において、前記送信モード判定部は、前記固有参照信号が配置された位置が示す前記受信装置の順序であって、前記信号から干渉信号が減算された順序に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であるか又は前記第2の受信装置宛の信号であるかを判定することを特徴とする。

[0050] (23) また、本発明は、上記の受信装置において、前記送信モード判定部は、前記受信装置の順序が閾値以後の順序である場合に前記受信装置を第1の受信装置であると判定し、前記受信装置の順序が閾値より前の順序である場合に前記受信装置を第2の受信装置であると判定することを特徴とする。

[0051] (24) また、本発明は、上記の受信装置において、前記適応復調部は、前記送信モード判定部が前記第1の受信装置宛の信号であると判定した場合に前記信号に剰余演算を行って復調し、前記送信モード判定部が前記第2の受信装置宛の信号であると判定した場合に前記信号に剰余演算を行わないで復調することを特徴とする。

[0052] (25) また、本発明は、上記の受信装置において、前記固有参照信号は前記受信装置の順序で時間順に配置され、前記送信モード判定部は、前記固

有参照信号のうち前記受信装置の順序と対応付けされた順番の最後に受信した固有参照信号を選択し、前記送信モード判定部が選択した固有参照信号に基づいて、伝搬路状態を推定する伝搬路推定部と、前記伝搬路推定部が推定した伝搬路状態を示す伝搬路状態情報に基づいて、前記信号に対して伝搬路補償する伝搬路補償部と、を備えることを特徴とする。

[0053] (26) また、本発明は、複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置と、前記送信装置が送信した信号を受信する受信装置とを具備する無線通信システムにおいて、前記送信装置は、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号と、を多重する多重信号生成部を備え、前記受信装置は、前記第1の受信装置宛の信号であるか又は前記第2の受信装置宛の信号であるかを判定する送信モード判定部と、前記送信モード判定部での判定結果に基づいて、前記信号を復調する適応復調部と、を備えることを特徴とする無線通信システムである。

[0054] (27) また、本発明は、複数の受信装置宛の信号を、空間多重して送信する送信装置における送信制御方法において、多重信号生成部が、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号と、を多重する過程を有することを特徴とする送信制御方法である。

[0055] (28) また、本発明は、空間多重された複数の受信装置宛の信号を受信する受信装置における受信制御方法において、送信モード判定部が、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号であるか又は前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号であるかを判定する第1の過程と、適応復調部が、前記第1の過程での判定結果に基づいて、前記信号を復調する第2の過程と、を有することを特徴とする受信制御方法である。

[0056] (29) また、本発明は、複数の受信装置宛の信号を、空間多重して送信する送信装置に用いられるプロセッサにおいて、信号の電力を抑圧する電力

抑圧処理を行った第１の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第２の前記受信装置宛の信号と、を多重する多重信号生成部を備えることを特徴とするプロセッサである。

[0057] (30) また、本発明は、空間多重された複数の受信装置宛の信号を受信する受信装置に用いられるプロセッサにおいて、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第１の前記受信装置宛の信号であるか又は前記電力抑圧処理を行わない第２の前記受信装置宛の信号であるかを判定する送信モード判定部と、前記送信モード判定部での判定結果に基づいて、前記信号を復調する適応復調部と、を備えることを特徴とするプロセッサである。

発明の効果

[0058] 本発明によれば、伝搬特性を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0059] [図1] 本発明の第１の実施形態に係る無線通信システムを示す概略図である。

[図2] 本実施形態に係る基地局装置を示す概略ブロック図である。

[図3] 本実施形態に係る多重信号生成部の構成を示す概略ブロック図である。

[図4] 本実施形態に係る基地局装置が送信する無線信号の一例を示す概略図である。

[図5] 本実施形態に係る基地局装置が送信する無線信号の別の一例を示す概略図である。

[図6] 本実施形態に係る端末装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図7] 本実施形態に係る適応復調部の構成を示す概略ブロック図である。

[図8] 本発明の第２の実施形態に係る無線通信システムを示す概略図である。

[図9] 本実施形態に係る基地局装置を示す概略ブロック図である。

[図10] 本実施形態に係る多重信号生成部の構成を示す概略ブロック図である。

[図11] 本実施形態に係る適応Modulo部の構成を示す概略ブロック図である。

[図12] 本実施形態に係るフレーム構成部の構成を示す概略ブロック図である。

。

[図13] 本実施形態に係る多重信号生成部の動作を示すフロー図である。

[図14] 本実施形態に係る干渉電力算出処理の動作の一例を示すフロー図である。

[図15] 本実施形態に係る閾値を説明する説明図である。

[図16] 本発明の第3の実施形態に係る基地局装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図17] 本実施形態に係る多重信号生成部の構成を示す概略ブロック図である。

。

[図18] 本実施形態に係る多重信号生成部の動作を示すフロー図である。

[図19] 本実施形態に係る閾値Kを説明する説明図である。

[図20] 本実施形態に係る閾値Kと誤り率特性との関係を示す概略図である。

[図21] 本発明の第4の実施形態に係る基地局装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図22] 本実施形態に係る多重信号生成部の構成を示す概略ブロック図である。

。

[図23] 本実施形態に係るフレーム構成部の構成を示す概略ブロック図である。

。

[図24] 本実施形態に係る無線信号の一例を示す概略図である。

[図25] 本実施形態に係る端末装置を示す概略ブロック図である。

[図26] 本発明の第5の実施形態に係る無線通信システムを示す概略図である。

。

[図27] 本実施形態に係る基地局装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図28] 本実施形態に係る多重信号生成部の構成を示す概略ブロック図である。

。

[図29] 本実施形態に係る無線信号の一例を示す概略図である。

[図30] 本実施形態に係るフレーム構成部の構成を示す概略ブロック図である。

。

[図31]本実施形態に係る基地局装置が送信する無線信号の一例を示す概略図である。

[図32]本実施形態に係る端末装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図33]本実施形態に係る多重信号生成部の動作を示すフロー図である。

[図34]本実施形態に係る干渉電力算出処理の動作の一例を示すフロー図である。

[図35]OFDM処理を行う構成を示す概略ブロック図である。

[図36]Codebookの一例を示す概略図である。

[図37]従来技術に係るModulo演算を示す概略図である。

[図38]従来技術に係る無線通信システムを示す概略図である。

[図39]従来技術に係る基地局装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図40]従来技術に係る基地局装置の構成を示す概略ブロック図である。

[図41]従来技術に係る無線通信システムを示す別の概略図である。

[図42]従来技術に係る受信候補点を示す概略図である。

発明を実施するための形態

[0060] (第1の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳しく説明する。

[0061] <無線通信システムについて>

図1は、本発明の第1の実施形態に係る無線通信システムを示す概略図である。この図は、DL MU-MIMO THPを適用した無線通信システムの図である。

この図において、基地局装置Bは、複数の端末装置MT1及びMT2各々に宛てた信号を空間多重して送信している。無線通信システムでは、干渉電力に基づいて、端末装置MT2宛の信号に対してModulo演算(信号の電力を抑圧する電力抑圧処理)を行うか否かを切り替える。

以下、基地局装置Bを基地局装置b1といい、端末装置MT1及びMT2各々を端末装置m1という。

[0062] <基地局装置b1について>

図2は、本実施形態に係る基地局装置b1を示す概略ブロック図である。この図は、基地局装置b1が、同じ周波数帯域で各端末装置宛の信号を送信するアンテナを2個備える場合の図である。

図2において、基地局装置b1は、符号部b111、b112、変調部b121、b122、多重信号生成部1b、CRS (Common Reference Symbols; 共通参照シンボル) 生成部b13、フレーム選択部b14、無線送信部b151、b152、アンテナb101、b102、無線受信部b161、b162、及び伝搬路情報取得部b17を含んで構成される。

[0063] 符号部b111、b112は、それぞれ、端末装置MT1宛の情報ビット、MT2宛の情報ビットを入力される。符号部b111、b112は、入力された情報ビットを誤り訂正符号化して、それぞれ、変調部b121、b122に出力する。

変調部b121、b122は、入力されたビットを変調し、それぞれ、変調した変調シンボル s_1 、 s_2 を多重信号生成部1bに出力する。

[0064] 多重信号生成部1bは、伝搬路情報取得部b17から入力された伝搬路状態情報 (CSI; Channel State Information) に基づいて、端末装置MT2宛の無線信号に生ずる干渉シンボル f を算出する。多重信号生成部1bは、変調部b121、b122から入力された変調シンボル s_2 から、算出した干渉シンボル f を減算する。

また、多重信号生成部1bは、端末装置m1毎の固有参照シンボル (DRS; Dedicated Reference Symbols) を生成する。なお、固有参照シンボル及び後述する共通参照シンボルは、基地局装置b1と端末装置m1とがその値を予め記憶するシンボルであり、伝搬路状態の推定等に用いられる。

[0065] 多重信号生成部1bは、伝搬路情報取得部b17から入力されたCSIに基づいて、Modulo演算を行うか否かを判定する。Modulo演算を行うと判定した場合、多重信号生成部1bは、Modulo演算後の剰余シ

ンボル s_2' 、Modulo 演算を行うこと（送信モード 1）を示す送信モード情報の変調シンボル、及び、固有参照シンボル、を予め決定したマッピング情報に従って配置する。多重信号生成部 1 b は、配列したシンボル列のシンボルに線形フィルタを乗算してフレーム選択部 b 1 4 に出力する。

一方、Modulo 演算を行わないと判定した場合、多重信号生成部 1 b は、干渉除去シンボル $s_2 - f$ 、Modulo 演算を行わないこと（送信モード 2）を示す送信モード情報の変調シンボル、及び、固有参照シンボル、を予め決定したマッピング情報に従って配置する。多重信号生成部 1 b は、配列したシンボル列のシンボルに線形フィルタを乗算してフレーム選択部 b 1 4 に出力する。

なお、多重信号生成部 1 b が行う処理の詳細については、後述する。

[0066] CRS 生成部 b 1 3 は、アンテナ毎の共通参照シンボル（CRS）を生成し、フレーム選択部 b 1 4 に出力する。

フレーム選択部 b 1 4 は、マッピング情報に従って、CRS 生成部 b 1 3 から入力されたアンテナ b 1 0 1、b 1 0 2 の共通参照シンボルを周波数帯域に配置して、予め定めた送信時間単位（フレーム）毎に無線送信部 b 1 5 1 に出力する。

また、フレーム選択部 b 1 4 は、マッピング情報に従って、多重信号生成部 1 b から入力された端末装置 MT 1、MT 2 宛のシンボル列を、端末装置 MT 1、MT 2 に信号を送信する周波数帯域に配置する。ここで、端末装置 MT 1 及び MT 2 のシンボル列を配置する周波数帯域は同じ周波数帯域である。フレーム選択部 b 1 4 は、周波数帯域に配置した信号を、予め定めた送信時間単位（フレーム）毎に無線送信部 b 1 5 2 に出力する。

[0067] 無線送信部 b 1 5 1、b 1 5 2 は、それぞれ、端末装置 MT 1 宛の信号、MT 2 宛の信号をフレーム選択部 b 1 4 から入力される。無線送信部 b 1 5 1、b 1 5 2 は、入力された信号に対してデジタル／アナログ変換を行い、変換後の信号を搬送周波数にアップコンバージョンする。無線送信部 b 1 5 1、b 1 5 2 は、アップコンバージョンした無線信号（図 4、5 参照）を、

それぞれ、アンテナb 1 0 1、b 1 0 2を介して送信する。

なお、フレーム選択部b 1 4が用いるマッピング情報、符号部b 1 1 1、b 1 1 2での符号化方式、及び、変調部b 1 2 1、b 1 2 2での変調方式は、基地局装置b 1が端末装置m 1（本実施例では端末装置MT 1、MT 2）へ予め通知する。

[0068] 無線受信部b 1 6 1、b 1 6 2は、それぞれ、アンテナb 1 0 1、b 1 0 2を介して、端末装置MT 1、MT 2からの無線信号を受信する。無線受信部b 1 6 1、b 1 6 2は、受信した無線信号をベースバンド帯域にダウンコンバージョンして、ダウンコンバージョン後の信号に対してアナログ／デジタル変換を行う。無線受信部b 1 6 1、b 1 6 2は、変換後の信号を伝搬路情報取得部b 1 7に出力する。

伝搬路情報取得部b 1 7は、無線受信部b 1 6 1、b 1 6 2から入力された信号を復調する。伝搬路情報取得部b 1 7は、復調した情報から、基地局装置と端末装置MT 1、MT 2各々とアンテナb 1 0 1、b 1 0 2各々との伝搬路状態を示すCSIであって、端末装置MT 1、MT 2各々が推定したCSIを抽出する。伝搬路情報取得部b 1 7は、抽出したCSIを多重信号生成部1 bに出力する。

[0069] 図3は、本実施形態に係る多重信号生成部1 bの構成を示す概略ブロック図である。この図において、多重信号生成部1 bは、線形フィルタ算出部1 1 1 b、干渉算出部1 1 2 b、干渉減算部1 1 3 b、Modulo演算切替決定部1 1 4 b、適応Modulo部1 2 b、フレーム構成部1 3 b、及び、線形フィルタ乗算部1 4 1 bを含んで構成される。また、適応Modulo部1 2 b（適応剰余部）は、Modulo演算切替部1 2 1 b及びModulo演算部1 2 2 bを含んで構成される。また、フレーム構成部1 3 bは、送信モード情報挿入部1 3 1 b、DRS生成部1 3 2 b、及びDRS挿入部1 3 3 bを含んで構成される。

[0070] 線形フィルタ算出部1 1 1 b（係数算出部）は、CSIを入力される。線形フィルタ算出部1 1 1 bは、入力されたCSIから伝搬行列Hを生成する

。線形フィルタ算出部 111b は、生成した伝搬行列 H のエルミート共役行列 H^H を QR 分解して、干渉係数 (r_{12}^* / r_{22}^*) 及び線形フィルタ (行列 Q) を算出する。 QR 分解とは、行列をユニタリ行列 Q と上三角行列 R に分解することであり、この QR 分解は、次式 (2) で表される。なお、 r^* は、 r の複素共役を表す。

[0071] [数6]

$$H^H = \begin{pmatrix} h_{11}^* & h_{21}^* \\ h_{12}^* & h_{22}^* \end{pmatrix} = QR = Q \begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} \\ 0 & r_{22} \end{pmatrix} \quad \dots (6)$$

[0072] ここで、 h_{11} 、 h_{12} は、それぞれ、アンテナ b101 と端末装置 MT1、MT2 との伝搬路推定値であり、 h_{21} 、 h_{22} は、それぞれ、アンテナ b201 と端末装置 MT1、MT2 との伝搬路推定値 (複素利得) である。伝搬路推定値は CSI に含まれる情報である。

線形フィルタ算出部 111b は、算出した干渉係数を示す情報を、干渉算出部 112b 及び Modulo 演算切替決定部 114b に出力する。また、線形フィルタ算出部 111b は、線形フィルタを示す情報を、線形フィルタ乗算部 141b に出力する。

[0073] 干渉算出部 112b は、変調シンボル s_1 を入力される。干渉算出部 112b は、線形フィルタ算出部 111b から入力された情報が示す干渉係数を、入力された変調シンボル s_1 に乗算することで、干渉シンボル $f (= (r_{12}^* / r_{22}^*) s_1)$ を算出する。干渉算出部 112b は、算出した干渉シンボル f を干渉減算部 113b に出力する。

干渉減算部 113b は、変調シンボル s_2 を入力される。干渉減算部 113b は、入力された変調シンボル s_2 から、干渉算出部 112b から入力された干渉シンボル f を減算する。干渉減算部 113b は、減算後の干渉除去シンボル $s_2 - f$ を、Modulo 演算切替部 121b に出力する。

[0074] Modulo 演算切替決定部 114b (剰余切替決定部) は、線形フィルタ算出部 111b から入力された干渉係数を二乗することで、次式 (7) で

表される干渉電力 P を算出する。

[0075] [数7]

$$P = \left\| r_{12}^* / r_{22}^* \right\|^2 \cdot \cdot \cdot \quad (7)$$

[0076] Modu l o 演算切替決定部114bは、算出した干渉電力 P が予め定めた閾値 P_0 より大きい場合、 Modu l o 演算を行うと判定する。この場合、 Modu l o 演算切替決定部114bは、 Modu l o 演算を行うこと（送信モード1）を示す送信モード情報を送信モード情報挿入部131b及び Modu l o 演算切替部121bに出力する。

一方、算出した干渉電力 P が予め定めた閾値 P_0 以下の場合、 Modu l o 演算切替決定部114bは、 Modu l o 演算を行わないと判定する。この場合、 Modu l o 演算切替決定部114bは、 Modu l o 演算を行わないこと（送信モード2）を示す送信モード情報を送信モード情報挿入部131b及び Modu l o 演算切替部121bに出力する。

[0077] Modu l o 演算切替部121bは、 Modu l o 演算切替決定部114bから入力された送信モード情報が送信モード1を示す場合、干渉減算部113bから入力された干渉除去シンボル $s_2 - f$ を、 Modu l o 演算部122bに出力する。

一方、 Modu l o 演算切替決定部114bから入力された送信モード情報が送信モード2を示す場合、 Modu l o 演算切替部121bは、干渉減算部113bから入力された干渉除去シンボル $s_2 - f$ を、送信モード情報挿入部131bに出力する。

[0078] Modu l o 演算部122b（剰余演算部）は、 Modu l o 演算切替部121bから入力された干渉除去シンボル $s_2 - f$ に対して、 Modu l o 演算を行う。 Modu l o 演算は、次式（8）で表される。

[0079]

[数8]

$$x' = \text{Mod}_\tau(x) = x - \text{floor}\left(\frac{\text{Re}(x) + \frac{\tau}{2}}{\tau}\right)\tau - j \cdot \text{floor}\left(\frac{\text{Im}(x) + \frac{\tau}{2}}{\tau}\right)\tau \quad \dots (8)$$

[0080] ここで、 $\text{Mod}_\tau(x)$ は Modulo 演算を表し、 x 、 x' はそれぞれ Modulo 演算前後の変調シンボルを表す。また、 j は虚数単位、 $\text{Re}(x)$ は x の実部を表し、 $\text{Im}(x)$ は x の虚部を表す。また、 $\text{floor}(x)$ は x を超えない最大の整数を表す。

Modulo 演算部 122b は、演算後の剰余シンボル s_2' ($=\text{Mod}_\tau(s_2 - f)$) を送信モード情報挿入部 131b に出力する。

[0081] 送信モード情報挿入部 131b は、 Modulo 演算切替決定部 114b から入力された送信モード情報を変調する。送信モード情報挿入部 131b は、 Modulo 演算部 122b から入力された剰余シンボル s_2' 、或いは Modulo 演算切替部 121b から入力された干渉除去シンボル $s_2 - f$ 、及び、変調した送信モード情報の変調シンボル、をマッピング情報が示す時間順に配列する（端末装置 MT2 宛のシンボル列）。また、送信モード情報挿入部 131b は、変調部 b121 から入力された変調シンボル s_1 、及び、送信モード 2 を示す送信モード情報の変調シンボル、をマッピング情報が示す時間順に配列する（端末装置 MT1 宛のシンボル列）。送信モード情報挿入部 131b は、配列した端末装置 m1 毎のシンボル列を、DRS 挿入部 133b に出力する。

[0082] DRS 生成部 132b は、端末装置 m1（本実施形態では端末装置 MT1、MT2）毎の固有参照シンボルを生成する。DRS 生成部 132b は、生成した端末装置 m1 毎の固有参照シンボルを、DRS 挿入部 133b に出力する。

DRS 挿入部 133b は、DRS 生成部 132b から入力された端末装置

m 1 毎の固有参照シンボルを、その端末装置 m 1 のシンボル列であって送信モード情報挿入部 1 3 1 b から挿入されたシンボル列に挿入する。ここで、DRS 挿入部 1 3 3 b は、マッピング情報が示す時間に、固有参照シンボルを挿入する。

DRS 挿入部 1 3 3 b は、固有参照シンボルを挿入した端末装置 m 1 毎のシンボル列（フレーム）を線形フィルタ乗算部 1 4 1 b に出力する。

[0083] 線形フィルタ乗算部 1 4 1 b は、同時刻に送信するシンボルであって、DRS 挿入部 1 3 3 b から入力された端末装置 M T 1 のシンボル列のシンボル S_1 と、端末装置 M T 2 のシンボル列のシンボル S_2 と、を組み合わせたベクトルを生成する。線形フィルタ乗算部 1 4 1 b は、生成したベクトルに対して、線形フィルタ算出部 1 1 1 b から入力された情報が示す線形フィルタを乗算する。線形フィルタを乗算したシンボル S_1'' 、 S_2'' は、次式（9）で表される。

[0084] [数9]

$$\begin{pmatrix} S_1'' \\ S_2'' \end{pmatrix} = Q \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \end{pmatrix} \quad \cdot \cdot \cdot \quad (9)$$

[0085] 線形フィルタ乗算部 1 4 1 b は、シンボル S_1'' 、 S_2'' を含むシンボル列を、それぞれ、アンテナ b 1 0 1、アンテナ b 1 0 2 で送信するシンボル列として、フレーム選択部 b 1 4 に出力する。

[0086] <無線信号について>

図 4 は、本実施形態に係る基地局装置 b 1 が送信する無線信号の一例を示す概略図である。この図において、横軸は時間軸を示す。また、この図は、同じ周波数帯域で送信された無線信号を、端末装置毎の無線信号（端末装置 M T 1 宛の無線信号、及び端末装置 M T 2 宛の無線信号）に分けて表している。

[0087] 図 4 において、端末装置 M T 1 宛の無線信号は、変調シンボル s_1 の信号 S_{111} （M T 1 宛データ信号）、端末装置 M T 1 の送信モード情報の信号 S

1 1 2（本実施形態では、送信モード2）、及び端末装置MT 1の固有参照シンボルの信号S 1 1 3（DRS-MT 1）を含む信号である。

また、端末装置MT 2宛の無線信号は、剰余シンボル s_2' の信号或いは干渉除去シンボル $s_2 - f$ の信号S 1 2 1（MT 2宛データ信号）、端末装置MT 2の送信モード情報の信号S 1 2 2、及び端末装置MT 2の固有参照シンボルの信号S 1 2 3（DRS-MT 2）を含む信号である。

図4において、信号S 1 1 1及びS 1 2 1は同時刻に送信されている、つまり、空間多重されていることを示す。また、図4は、信号S 1 1 2、S 1 1 3、S 1 2 2、S 1 2 3が同時刻に送信される他の信号がない、つまり、時分割で多重されることを示す。

[0088] 図5は、本実施形態に係る基地局装置b 1が送信する無線信号の別の一例を示す概略図である。この図は、端末装置m 1が伝搬路推定するためのCRSを含む無線信号の一例を示す概略図である。

基地局装置b 1は、まず、図5に示す無線信号を送信する。その後、基地局装置b 1は、図4に示す無線信号を送信する。図5において、横軸は時間軸を示す。また、この図は、同じ周波数帯域で送信された無線信号のうち、共通参照シンボルの信号S 1 0 1、S 1 0 2（CRS-TX 1、CRS-TX 2）を示す。

[0089] <端末装置m 1について>

図6は、本実施形態に係る端末装置m 1の構成を示す概略ブロック図である。この図は、端末装置m 1のアンテナが1個の場合の図である。

図6において、端末装置m 1は、アンテナm 1 0 1、無線受信部m 1 1 1、フレーム分離部m 1 2 1、伝搬路推定部m 1 2 2、伝搬路補償部m 1 2 3、送信モード取得部m 1 2 4、適応復調部1 m、復号部m 1 2 4、伝搬路状態情報生成部m 1 3 1、フレーム構成部m 1 3 2、及び無線送信部m 1 4 1を含んで構成される。

[0090] 無線受信部m 1 1 1は、アンテナm 1 0 1を介して、基地局装置b 1からの無線信号を受信する。無線受信部m 1 1 1は、受信した無線信号をベース

バンド帯域にダウンコンバージョンして、ダウンコンバージョン後の信号に対してアナログ／デジタル変換を行う。無線受信部m 1 1 1は、変換後の信号をフレーム分離部m 1 2 1に出力する。

[0091] フレーム分離部m 1 2 1は、基地局装置b 1から予め通知されたマッピング情報に基づいて、無線受信部m 1 1 1から入力された信号から、自装置宛の信号を分離する。

フレーム分離部m 1 2 1は、分離した信号のうち共通参照シンボルの信号、及び自装置の固有参照シンボルの信号を、伝搬路推定部m 1 2 2に出力する。また、フレーム分離部m 1 2 1は、分離した信号のうち自装置宛のデータ信号（図4の例では信号S 1 1 1、S 1 2 1の信号）を伝搬路補償部m 1 2 3に出力する。

例えば、端末装置MT 1におけるデータ信号の変調シンボルを受信シンボル y_1 、端末装置MT 2におけるデータ信号の変調シンボルを受信シンボル y_2 は、次式（10）又は（11）で表される。

[0092] [数10]

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} S_1'' \\ S_2'' \end{pmatrix} = R^H \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11}^* S_1 \\ r_{12}^* S_1 + r_{22}^* \times \text{Mod}(S_2 - (r_{12}^* / r_{22}^*) S_1) \end{pmatrix} \quad \dots (10)$$

又は

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \end{pmatrix} = H \begin{pmatrix} S_1'' \\ S_2'' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11}^* S_1 \\ r_{22}^* S_2 \end{pmatrix} \quad \dots (11)$$

[0093] ここで、式（10）は送信モード情報が「送信モード1」を示す場合であり、式（11）は送信モード情報が「送信モード2」を示す場合である。式（10）は、シンボル S_1 、 S_2 に線形フィルタを乗じたことにより、受信シンボル y_1 、 y_2 が、伝搬行列が行列 R^H の場合のシンボルとなることを示す。

また、フレーム分離部m 1 2 1は、分離した信号のうち送信モード情報の信号を送信モード取得部m 1 2 4に出力する。

[0094] 伝搬路推定部m 1 2 2は、フレーム分離部m 1 2 1から入力された共通参照シンボルの信号及び固有参照シンボルの信号に基づいて、基地局装置b 1のアンテナ各々からの伝搬路状態を推定する。伝搬路推定部m 1 1 2は、共通参照シンボルの信号及び固有参照シンボルの信号に基づいて推定した伝搬路状態を示すCSIを、それぞれ、伝搬路状態情報生成部m 1 3 1及び伝搬路補償部m 1 2 3に出力する。

伝搬路補償部m 1 2 3は、伝搬路推定部m 1 2 2から入力されたCSIに基づいて、フレーム分離部m 1 2 1から入力された自装置宛のデータ信号に対して、伝搬路補償を行う。伝搬路補償部m 1 2 3は、伝搬路補償を行って抽出した自装置宛のデータ信号を適応変調部1 mに出力する。例えば、端末装置MT 2におけるデータ信号の変調シンボルは、 $z_2 = y_2 / r_{22}^*$ で表される。

[0095] 送信モード取得部m 1 2 4は、フレーム分離部m 1 2 1から入力された送信モード情報の信号を復調することで、送信モード情報を取得する。送信モード取得部m 1 2 4は、取得した送信モード情報を、適応復調部1 mに出力する。

[0096] 適応復調部1 mは、送信モード取得部m 1 2 4から入力された送信モード情報に基づいて、伝搬路補償部m 1 2 3から入力されたデータ信号を復調する。適応復調部1 mは、復調したビットを復号部m 1 2 4に出力する。

復号部m 1 2 4は、適応復調部1 mから入力されたビットを復号化して、出力する。

[0097] 伝搬路状態情報生成部m 1 3 1は、伝搬路補償部m 1 2 3から入力されたCSIを変調し、変調した信号をフレーム構成部m 1 3 2に出力する。

フレーム構成部m 1 3 2は、伝搬路状態情報生成部m 1 3 1から入力された信号を、基地局装置b 1に信号を送信する周波数帯域に配置する。フレーム構成部m 1 3 2は、周波数帯域に配置した信号を、予め定めた送信時間単位（フレーム）毎に無線送信部m 1 4 1に出力する。

無線送信部m 1 4 1は、フレーム構成部m 1 3 2から入力された信号に対

してデジタル／アナログ変換を行い、変換後の信号を搬送周波数にアップコンバージョンする。無線送信部 $m141$ は、アップコンバージョンした無線信号を、アンテナ $m101$ を介して送信する。

[0098] 図7は、本実施形態に係る適応復調部 $1m$ の構成を示す概略ブロック図である。この図は、図6の適応復調部 $1m$ の構成を示す。この図において、適応復調部 $1m$ は、Modulo演算切替部 $111m$ 、Modulo演算部 $112m$ 、及び復調部 $113m$ を含んで構成される。

[0099] Modulo演算切替部 $111m$ は、データ信号及び送信モード情報を入力される。Modulo演算切替部 $111m$ は、入力された送信モード情報が「送信モード1」を示す場合、入力されたデータ信号をModulo演算部 $112m$ に出力する。一方、Modulo演算切替部 $111m$ は、入力された送信モード情報が「送信モード2」を示す場合、入力されたデータ信号を復調部 $113m$ に出力する。

Modulo演算部 $112m$ は、Modulo演算切替部 $111m$ から入力されたデータ信号の変調シンボル z_2 に対して、Modulo演算を行うことで、所望シンボル s_2 を抽出する（式（5）参照）。Modulo演算部 $112m$ は、抽出した所望シンボル s_2 のデータ信号を復調部 $113m$ に出力する。

復調部 $113m$ は、Modulo演算部 $112m$ から入力されたデータ信号を復調する。復調部 $113m$ は、復調したビット（硬判定結果）又は軟推定値（軟推定結果）を出力する。

[0100] このように、本実施形態によれば、多重信号生成部 $1b$ は、「送信モード1」の場合、Modulo演算を行った端末装置MT2宛の信号と、Modulo演算を行わない端末装置MT1宛の信号と、を多重する。また、送信モード取得部 $m124$ は、受信した信号から送信モード情報を取得して、Modulo演算を行った端末装置宛の信号であるか又はModulo演算を行わない端末装置宛の信号であるかを判定する。この判定結果に基づいて、適応復調部 $1m$ は、信号にModulo演算を行って復調する。これにより

、本実施形態では、無線通信システムは、干渉電力が小さい信号と干渉電力が大きい信号とを多重するとともに、干渉電力が大きい信号にはM o d u l o演算を行って干渉電力が小さい信号にはM o d u l o演算を行わずに信号を多重することができる。つまり、本実施形態では、無線通信システムは、受信候補点が増加して信号検出性能が低下することを防止するとともに、電力効率が高い通信を行うことができ、伝搬特性を向上させることができる。

特に、本実施形態に係る通信システムでは、線形フィルタの乗算によって端末装置M T 1宛の信号に対する干渉信号をなくすため、端末装置M T 2宛の信号に対する干渉信号が大きくなる場合がある。しかし、本実施形態によれば、干渉信号が大きくなった場合にはM o d u l o演算を行うので、送信電力を低くして、電力効率が高い通信を行うことができる。

[0101] また、本実施形態では、多重信号生成部1 bは、複数の端末装置M T 1、M T 2各々との伝搬路状態情報に基づいて、端末装置M T 1の信号による干渉電力を算出する。また、多重信号生成部1 bは、算出した干渉電力Pが閾値P₀より大きい場合に端末装置M T 2宛の信号にM o d u l o演算を行うと決定し、算出した干渉電力Pが閾値P₀より小さい場合に端末装置M T 2宛の信号にM o d u l o演算を行わないと決定する。これにより、本実施形態では、無線通信システムは、干渉電力が低い場合には受信候補点が増加して信号検出性能が低下することを防止するとともに、干渉電力が高い場合には電力効率が高い通信を行うことができ、伝搬特性を向上させることができる。

[0102] (第2の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の第2の実施形態について詳しく説明する。

上記の第1の実施形態では、基地局装置Bが2個の端末装置M T 1及びM T 2に信号を送信する場合について説明をした。本実施形態では、基地局装置がN個の端末装置に信号を送信する場合について説明をする。

[0103] <無線通信システムについて>

図8は、本発明の第2の実施形態に係る無線通信システムを示す概略図で

ある。この図において、基地局装置Bは、N個の端末装置MT 1 ~ MT Nへ信号を送信している。

以下、基地局装置Bを基地局装置b 2という。なお、端末装置MT k (k = 1 ~ N ; kを端末番号という) 各々の構成は、第1の実施形態の端末装置m 1の構成(図6、7)と同じであるので、説明は省略する。ただし、本実施形態に係る端末装置m 1は、基地局装置BのN個のアンテナとの伝搬路状態情報に基づいて、伝搬路補償を行う。

[0104] <基地局装置b 2について>

図9は、本実施形態に係る基地局装置b 2を示す概略ブロック図である。この図は、同じ周波数帯域で各端末装置宛の信号を送信するアンテナをN個備える場合の図である。

図9において、基地局装置b 2、符号部b 1 1 1 ~ b 1 1 N、変調部b 1 2 1 ~ b 1 2 N、多重信号生成部2 b、CRS生成部b 2 3、フレーム選択部b 2 4、無線送信部b 1 5 1 ~ b 1 5 N、アンテナb 1 0 1 ~ b 1 0 N、無線受信部b 1 6 1 ~ b 1 6 N、フレーム分離部b 2 8、及び伝搬路情報取得部b 2 7を含んで構成される。

[0105] 符号部b 1 1 kには、それぞれ、端末装置MT k宛の情報ビットが入力される。符号部b 1 1 kは、入力された情報ビットを誤り訂正符号化して、それぞれ、変調部b 1 2 kに出力する。

変調部b 1 2 kは、入力されたビットを変調し、それぞれ、変調した変調シンボル s_k を多重信号生成部2 bに出力する。

[0106] 多重信号生成部2 bは、伝搬路情報取得部b 2 7から入力されたCSIに基づいて、端末装置MT k宛の無線信号に生ずる干渉シンボル f_k を算出する。多重信号生成部2 bは、変調部b 1 2 kから入力された変調シンボル s_k から、算出した干渉シンボル f_k を減算する。

また、多重信号生成部2 bは、端末装置m 1毎の固有参照シンボルを生成する。

[0107] 多重信号生成部2 bは、伝搬路情報取得部b 2 7から入力されたCSIに

基づいて、端末装置MT_k毎にModulo演算を行うか否かを判定する。Modulo演算を行うと判定した場合、多重信号生成部2bは、Modulo演算後の剰余シンボル s_k' 、端末装置MT_k宛のシンボルにModulo演算を行うこと（送信モード1）を示す送信モード情報の変調シンボル、及び、固有参照シンボル、を予め決定したマッピング情報に従って配置する。多重信号生成部2bは、配列したシンボル列のシンボルに線形フィルタを乗算してフレーム選択部b24に出力する。

一方、Modulo演算を行わないと判定した場合、多重信号生成部2bは、干渉除去シンボル $s_k - f_k$ 、端末装置MT_k宛のシンボルにModulo演算を行わないこと（送信モード2）を示す送信モード情報の変調シンボル、及び、固有参照シンボル、を予め決定したマッピング情報に従って配置する。多重信号生成部1bは、配列したシンボル列のシンボルに線形フィルタを乗算してフレーム選択部b24に出力する。

[0108] CRS生成部b23は、アンテナ毎の共通参照シンボル（CRS）を生成し、フレーム選択部b24に出力する。

フレーム選択部b24は、マッピング情報に従って、CRS生成部b13から入力されたアンテナb10kの共通参照シンボルを、予め定められた周波数帯域に配置する。

また、フレーム選択部b24は、マッピング情報に従って、多重信号生成部2bから入力された端末装置MT_k宛のシンボル列を、端末装置MT_kに信号を送信する周波数帯域に配置する。フレーム選択部b24は、周波数帯域に配置した信号を、それぞれ、予め定めた送信時間単位（フレーム）毎に無線送信部b15kに出力する。

[0109] 無線送信部b15kには、それぞれ、アンテナb10k毎の信号がフレーム選択部b24から入力される。無線送信部b15kは、入力された信号に対してデジタル／アナログ変換を行い、変換後の信号を搬送周波数にアップコンバージョンする。無線送信部b15kは、アップコンバージョンした無線信号を、それぞれ、アンテナb10kを介して送信する。

[0110] 無線受信部 $b16k$ は、それぞれ、アンテナ $b10k$ を介して、端末装置 MTk からの無線信号を受信する。無線受信部 $b16k$ は、受信した無線信号をベースバンド帯域にダウンコンバージョンして、ダウンコンバージョン後の信号に対してアナログ／デジタル変換を行う。無線受信部 $b16k$ は、変換後の信号をフレーム分離部 $b28$ に出力する。

フレーム分離部 $b28$ は、無線受信部 $b16k$ から入力された信号を、送信元の端末装置 MTk 毎に分離する。フレーム分離部 $b28$ は、分離した端末装置 MTk 毎の CSI を伝搬路情報取得部 $b27$ に出力する。

[0111] 伝搬路情報取得部 $b27$ は、フレーム分離部 $b28$ から入力された信号を復調する。伝搬路情報取得部 $b27$ は、復調した情報から、端末装置 MTk 各々と基地局装置のアンテナ $b10k$ 各々との伝搬路状態を示す CSI であって、端末装置 MTk 各々が推定した CSI を抽出する。伝搬路情報取得部 $b27$ は、抽出した CSI を多重信号生成部 $2b$ に出力する。

[0112] 図10は、本実施形態に係る多重信号生成部 $2b$ の構成を示す概略ブロック図である。この図において、多重信号生成部 $2b$ は、線形フィルタ算出部 $211b$ 、干渉算出部 $212b$ 、干渉減算部 $113b-2 \sim 113b-N$ 、 $Modulo$ 演算切替決定部 $214b$ 、適応 $Modulo$ 部 $12b-2 \sim 12b-N$ 、フレーム構成部 $23b$ 、及び、線形フィルタ乗算部 $241b$ を含んで構成される。

[0113] 線形フィルタ算出部 $211b$ は、 CSI を入力される。線形フィルタ算出部 $111b$ は、入力された CSI から伝搬行列 H を生成する。ここで、伝搬行列 H の p 行 q 列要素 h_{pq} ($p=1 \sim N$ 、 $q=1 \sim N$) は、アンテナ $b10q$ ($q=1 \sim N$) と端末装置 MTp ($p=1 \sim N$) との伝搬路推定値である。

線形フィルタ算出部 $211b$ は、生成した伝搬行列 H のエルミート共役行列 H^H を QR 分解して、線形フィルタ（行列 Q ）を算出する。また、線形フィルタ算出部 $211b$ は、算出した行列 R のエルミート共役行列 R^H から対角成分を抽出した対角行列 A を生成する。線形フィルタ算出部 $211b$ は、干渉

係数行列 $B = A^{-1} R^H - I$ を算出する。ここで、 A^{-1} は A の逆行列を表し、 I は単位行列を表す。なお、干渉係数行列 B の算出処理において、 A^{-1} は端末装置 MT_k で伝搬路補償を行った後の信号に含まれる干渉成分を算出するために R^H に乗算され（第 1 の実施形態では r_{22}^* ）、 I は端末装置 MT_k 宛のデータ信号の成分を除去するために $A^{-1} R^H$ から減算される。

[0114] 線形フィルタ算出部 211b は、算出した干渉係数行列 B の (l, x) 成分を干渉係数 B_{lx} として、この干渉係数を示す情報を、干渉算出部 212b 及び $Modulo$ 演算切替決定部 214b に出力する。また、線形フィルタ算出部 211b は、線形フィルタを示す情報を、線形フィルタ乗算部 241b に出力する。

[0115] 干渉算出部 212b は、変調部 b121 から変調シンボル s_1 （送信データシンボル v_1 とする）、及び、適応 $Modulo$ 部 12b-k から干渉除去シンボル $s_k - f_k$ 或いは剰余シンボル s_k' （ $= Mod_{\tau}(s_k - f_k)$ ）（ $k = 2, 3, \dots, N$ ）を入力される。ここで、適応 $Modulo$ 部 12b-k から入力されるシンボルを送信データシンボル v_k とする。

干渉算出部 212b は、線形フィルタ算出部 211b から入力された情報、及び、入力されたシンボルに基づいて、次式（12）で表される干渉シンボル f_k を算出する。

[0116] [数11]

$$f_k = \sum_{l=1}^N B_{kl} v_l = \sum_{l=1}^{k-1} B_{kl} v_l \quad \dots \quad (12)$$

[0117] 干渉算出部 212b は、算出した干渉シンボル f_k を、それぞれ、干渉減算部 113b-k に出力する。

干渉減算部 113b-k（ $k = 2, 3, \dots, N$ ）は、それぞれ、変調部 b12k から変調シンボル s_k を入力される。干渉減算部 113b-k は、入力された変調シンボル s_k から、干渉算出部 212b から入力された干渉シンボル f_k を減算する。干渉減算部 113b-k は、減算後の干渉除去シンボル

ル $s_k - f_k$ を、適応 Modulo 部 12b-k に出力する。

[0118] Modulo 演算切替決定部 214b には、線形フィルタ算出部 211b から干渉係数を示す情報が入力される。 Modulo 演算切替決定部 214b は、線形フィルタ算出部 211b から入力された情報が示す干渉係数に基づいて、次式 (13) で表される干渉電力 P_k を算出する (干渉電力算出処理という)。

[0119] [数12]

$$P_k = \sum_{l=1}^N \|B_{kl}\|^2 T_l = \sum_{l=1}^{k-1} \|B_{kl}\|^2 T_l \quad \cdots (13)$$

[0120] なお、 T_l については、干渉電力算出処理の動作 (図 14) と併せて後述する。

Modulo 演算切替決定部 214b は、算出した干渉電力 P_k が予め定めた閾値 P_0 より大きい場合、端末装置 MT_k 宛のシンボル列に対して Modulo 演算を行うと判定する。この場合、 Modulo 演算切替決定部 214b は、端末装置 MT_k 宛の送信モード情報であって Modulo 演算を行うこと (送信モード 1) を示す送信モード情報を、フレーム構成部 23b 及び適応 Modulo 部 12b-k に出力する。

一方、算出した干渉電力 P_k が予め定めた閾値 P_0 以下の場合、 Modulo 演算切替決定部 214b は、端末装置 MT_k 宛のシンボル列に対して Modulo 演算を行わないと判定する。この場合、 Modulo 演算切替決定部 214b は、端末装置 MT_k 宛の送信モード情報であって Modulo 演算を行わないこと (送信モード 2) を示す送信モード情報を、フレーム構成部 23b 及び適応 Modulo 部 12b-k に出力する。

[0121] 適応 Modulo 部 12b-k ($k=2, 3, \dots, N$) は、 Modulo 演算切替決定部 214b から入力された端末装置 MT_k 宛の送信モード情報が「送信モード 1」を示す場合、干渉減算部 113b-k から入力された干渉除去シンボル $s_k - f_k$ に対して、 Modulo 演算を行う (式 (8) 参照)。適応 Modulo 部 12b-k は、演算後の剰余シンボル s_k' を送

信データシンボル ν_k として、端末装置MT k 宛のシンボルとしてフレーム構成部23bに出力する。

一方、適応Modulo部12b-kは、Modulo演算切替決定部214bから入力された端末装置MT k 宛の送信モード情報が「送信モード2」を示す場合、干渉減算部113b-kから入力された干渉除去シンボル $s_k - f_k$ を送信データシンボル ν_k として、端末装置MT k 宛のシンボルとしてフレーム構成部23bに出力する。

[0122] フレーム構成部23bは、Modulo演算切替決定部214bから入力された送信モード情報を変調する。また、フレーム構成部23bは、端末装置m1毎の固有参照シンボルを生成する。

フレーム構成部23bは、適応Modulo部12b-kから入力された送信データシンボル ν_k 、変調した送信モード情報の変調シンボル、及び、生成した端末装置MT k の固有参照シンボルを、マッピング情報が示す時間順に配列する（端末装置MT k 宛のシンボル列）。また、フレーム構成部23bは、変調部b121から入力された送信データシンボル $\nu_1 (= s_1)$ 、及び、送信モード2を示す送信モード情報の変調シンボル、及び生成した端末装置MT1の固有参照シンボルを、マッピング情報が示す時間順に配列する（端末装置MT1宛のシンボル列）。

フレーム構成部23bは、配列した端末装置m1毎のシンボル列（フレーム）を、線形フィルタ乗算部241bに出力する。

[0123] 線形フィルタ乗算部241bは、同時刻に送信するシンボルであって、フレーム構成部23bから入力された端末装置MT k （ $k=1 \sim N$ ）のシンボル列のシンボル S_k （ $k=1 \sim N$ ）を組み合わせたベクトルに対して、線形フィルタ算出部211bから入力された情報が示す線形フィルタを乗算する。線形フィルタを乗算したシンボル S_k' （ $k=1 \sim N$ ）は、次式（14）で表される。

[0124]

[数13]

$$\begin{pmatrix} S_1'' \\ S_2'' \\ S_3'' \\ \dots \\ S_N'' \end{pmatrix} = Q \begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ \dots \\ S_N \end{pmatrix} \quad \cdot \cdot \cdot (14)$$

[0125] 線形フィルタ乗算部241bは、シンボル S_k'' を含むシンボル列を、それぞれ、アンテナb10kで送信する信号として、フレーム選択部b14に出力する。

[0126] 図11は、本実施形態に係る適応Modulo部12b-kの構成を示す概略ブロック図である。適応Modulo部12b-kは、Modulo演算切替部121b-k及びModulo演算部122b-kを含んで構成される。

Modulo演算切替部121b-kは、Modulo演算切替決定部214bから入力された端末装置MTk宛の送信モード情報が「送信モード1」を示す場合、干渉減算部113b-kから入力された干渉除去シンボル $s_k - f_k$ を、Modulo演算部122b-kに出力する。

一方、適応Modulo部12b-kは、Modulo演算切替決定部214bから入力された端末装置MTk宛の送信モード情報が「送信モード2」を示す場合、干渉減算部113b-kから入力された干渉除去シンボル $s_k - f_k$ を、送信モード情報挿入部231bに出力する。

Modulo演算部122b-kは、Modulo演算切替部121b-kから入力された干渉除去シンボル $s_k - f_k$ に対して、Modulo演算を行う。

[0127] 図12は、本実施形態に係るフレーム構成部23bの構成を示す概略ブロック図である。フレーム構成部23bは、送信モード情報挿入部231b、DRS生成部232b、及びDRS挿入部233bを含んで構成される。

送信モード情報挿入部 231b は、適応 Modulo 部 12b-k から入力された送信モード情報を変調する。送信モード情報挿入部 231b は、送信モード情報挿入部 231b は、Modulo 演算部 122b-k から入力された送信データシンボル v_k 、及び、変調した送信モード情報の変調シンボル、をマッピング情報が示す時間順に配列する（端末装置 MT2 宛のシンボル列）。また、送信モード情報挿入部 231b は、変調部 b121 から入力された変調シンボル s_1 、及び、送信モード 2 を示す送信モード情報の変調シンボル、をマッピング情報が示す時間順に配列する（端末装置 MT1 宛のシンボル列）。送信モード情報挿入部 231b は、配列した端末装置 m1 毎のシンボル列を、DRS 挿入部 233b に出力する。

[0128] DRS 生成部 232b は、端末装置 m1 毎の固有参照シンボルを生成する。DRS 生成部 232b は、生成した端末装置 m1 毎の固有参照シンボルを、DRS 挿入部 233b に出力する。

DRS 挿入部 233b は、DRS 生成部 232b から入力された端末装置 m1 毎の固有参照シンボルを、その端末装置 m1 のシンボル列であって送信モード情報挿入部 231b から挿入されたシンボル列に挿入する。ここで、DRS 挿入部 233b は、マッピング情報が示す時間に、固有参照シンボルを挿入する。

DRS 挿入部 233b は、固有参照シンボルを挿入した端末装置 m1 毎のシンボル列（フレーム）を線形フィルタ乗算部 241b に出力する。

[0129] <基地局装置 b2 の動作について>

図 13 は、本実施形態に係る多重信号生成部 2b の動作を示すフロー図である。

（ステップ S101）線形フィルタ算出部 211b は、線形フィルタ（行列 Q）及び干渉係数行列 B を算出し、干渉係数情報を Modulo 演算切替決定部 214b と干渉算出部 212b とに入力する。その後、ステップ S12 に進む。

（ステップ S12）Modulo 演算切替決定部 214b は、干渉係数情報

に基づいて、干渉電力 P_k を算出して、各端末装置MT k 宛のシンボルに対して、Modulo演算を行うか否かを決定する。また、Modulo演算切替決定部214bは、決定結果を表す送信モード情報を生成する。その後、ステップS103に進む。

(ステップS103) 干渉算出部212bは、変数 k に1を代入する。その後、ステップS104に進む。

(ステップS104) 干渉算出部212bは、端末装置MT1宛の変調シンボル s_1 を送信データシンボル v_1 とする。その後、ステップS105に進む。

[0130] (ステップS105) 干渉算出部212bは、 k に1を加算する。その後、ステップS106に進む。

(ステップS106) 干渉算出部212bは、ステップS101で算出した干渉係数行列 B 及び端末装置MT1～($k-1$)宛の送信データシンボル $v_1 \sim v_{k-1}$ を用いて、端末装置MT k 宛の無線信号に生ずる干渉シンボル f_k を算出する(式(12)参照)。その後、ステップS107に進む。

(ステップS107) 干渉減算部113b- k は、端末装置MT k 宛の変調シンボル s_k から、ステップS106で算出した干渉シンボル f_k を減算することで、干渉除去シンボル $s_k - f_k$ を算出する。その後、ステップS108に進む。

[0131] (ステップS108) Modulo演算切替部121b- k は、ステップS12で生成した端末装置MT k 宛の送信モード情報が「送信モード1」を示すか否かを判定する。端末装置MT k 宛の送信モード情報が「送信モード1」を示す場合(Yes)、ステップS109に進む。一方、端末装置MT k 宛の送信モード情報が「送信モード1」以外を示す場合(No)、ステップS110に進む。

(ステップS109) Modulo演算部122b- k は、ステップS108で算出した干渉除去シンボル $s_k - f_k$ に対してModulo演算を行う。Modulo演算部122b- k は、干渉除去シンボル $s_k - f_k$ を送信デー

タシンボル ν_k とする。その後、ステップS 1 1 1に進む。

(ステップS 1 1 0) M o d u l o 演算部 1 2 2 b - k は、変調シンボル s_k を送信データシンボル ν_k とする。その後、ステップS 1 1 1に進む。

(ステップS 1 1 1) M o d u l o 演算部 1 2 2 b - k は、ステップS 1 0 9又はS 1 1 0で代入した ν_k を干渉算出部 2 1 2 bに入力する。その後、ステップS 1 1 2に進む。

[0132] (ステップS 1 1 2) 干渉算出部 2 1 2 b は、 $k = N$ であるか否かを判定する。 $k = N$ であると判定した場合 (Y e s)、ステップS 1 1 3に進む。一方、 $k \neq N$ であると判定した場合 (N o)、ステップS 1 0 5に戻る。

(ステップS 1 1 3) フレーム構成部 2 3 b は、ステップS 1 0 4、S 1 0 9或いはS 1 1 0で生成した送信データシンボル $\nu_1 \sim \nu_N$ を入力される。その後、ステップS 1 1 4に進む。

(ステップS 1 1 4) フレーム構成部 2 3 b は、送信モード情報及び固有参照シンボルをシンボル列に挿入する。その後、ステップS 1 1 5に進む。

(ステップS 1 1 5) 線形フィルタ乗算部 2 4 1 b は、送信データシンボル ν_k を組み合わせたベクトルに対して、線形フィルタを乗算する(式(14)参照)。その後、動作を終了する。

[0133] 図 1 4 は、本実施形態に係る干渉電力算出処理の動作の一例を示すフロー図である。この図は、図 1 3 のステップS 1 2での処理動作を示す。

(ステップS 1 2 - 1) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、端末装置 M T 1 宛の変調シンボル s_1 の電力を送信電力 Q_s とする。ここで、 Q_s は、データ信号を変調したシンボルの電力を平均した平均電力である。

その後、ステップS 1 2 - 2に進む。

(ステップS 1 2 - 2) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、変数 k に 2 を代入する。その後、ステップS 1 2 - 3に進む。

(ステップS 1 2 - 3) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、ステップS 1 2 - 6又はS 1 2 - 8で算出した送信電力 T_l ($l = 1 \sim k - 1$) を用いて干渉電力 P_k を算出する(式(13)参照)。なお、 $k = 2$ の場合、M o d

u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、送信電力 T_1 をステップ S 1 2 - 1 で算出した Q_s とする。例えば、 $k = 2$ の場合の干渉電力 $P_2 = B_{21}^2 Q_s$ (B_{21} の 2 乗と Q_s の積) となる。ステップ S 1 2 - 4 に進む。

[0134] (ステップ S 1 2 - 4) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、ステップ S 1 2 - 3 で算出した干渉電力 P_k が閾値 P_0 より大きいかな否かを判定する。干渉電力 P_k が閾値 P_0 より大きいと判定した場合 (Y e s)、ステップ S 1 2 - 5 に進む。一方、干渉電力 P_k が閾値 P_0 以下であると判定した場合 (N o)、ステップ S 1 2 - 7 に進む。

(ステップ S 1 2 - 5) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、端末装置 M T k 宛の送信モード情報を「送信モード 1」に決定する。その後、ステップ S 1 2 - 6 に進む。

(ステップ S 1 2 - 6) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、 Q_M を送信電力 T_k とする。ここで、 Q_M は剰余シンボル s_k' の平均電力であり、信号点平面上 (図 3 7 参照) において原点を中心とした I - c h で $[-\tau/2, \tau/2]$ 、Q - c h で $[-\tau/2, \tau/2]$ に含まれる信号点に、信号が等確率で分布していると仮定した場合の電力である。

[0135] (ステップ S 1 2 - 7) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、端末装置 M T k 宛の送信モード情報を「送信モード 2」に決定する。その後、ステップ S 1 2 - 8 に進む。

(ステップ S 1 2 - 8) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、 $Q_s + P_k$ を送信電力 T_k とする。ここで、 $Q_s + P_k$ は干渉除去シンボル $s_k - f_k$ の平均電力を示す。その後、ステップ S 1 2 - 9 に進む。

(ステップ S 1 2 - 9) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、 $k = N$ であるかな否かを判定する。 $k = N$ であると判定した場合 (Y e s)、動作を終了する。一方、 $k \neq N$ であると判定した場合 (N o)、ステップ S 1 2 - 1 0 に進む。

(ステップ S 1 2 - 1 0) M o d u l o 演算切替決定部 2 1 4 b は、 k に 1 を加算する。その後、ステップ S 1 2 - 3 に戻る。

[0136] <閾値 P_0 について>

上記の閾値 P_0 は、以下のように予め定められている。

図15は、本実施形態に係る閾値 P_0 を説明する説明図である。この図において、横軸は干渉電力を示し、縦軸は誤り率を示す。

符号L11を付した曲線L11は、Modulo演算を行わない場合の干渉電力と誤り率との関係を示す。曲線L11は、閾値 P_0 が小さくなってModulo演算を行う確率が高くなると、Modulo演算に伴うModulo Lossが増加して、誤りが多く発生してしまうことを示している。一方、符号L12を付した曲線L12は、閾値 P_0 が大きくなってModulo演算を行う確率が低下すると、干渉を電力効率良く除去できないために、誤りが増加してしまうことを示している。

符号L1を付した曲線L1は、曲線L11とL12の和をとったものである。本実施形態では、この曲線L1における最小値を閾値 P_0 とする。

[0137] このように、本実施形態によれば、多重信号生成部2bは、「送信モード1」の端末装置MTk宛の信号であってModulo演算を行った信号と、「送信モード2」の端末装置MTk宛の信号であってModulo演算を行わない信号と、を多重する。これにより、本実施形態では、無線通信システムは、干渉電力が小さい信号と干渉電力が大きい信号とを多重するとともに、干渉電力が大きい信号にはModulo演算を行って干渉電力が小さい信号にはModulo演算を行わずに信号を多重することができる。

特に、本実施形態に係る通信システムでは、線形フィルタの乗算によって、端末装置MTk宛の信号に対する干渉信号が大きくなる場合がある。しかし、本実施形態によれば、干渉信号が大きくなった場合にはModulo演算を行うので、送信電力を低くして、電力効率が高い通信を行うことができる。

[0138] (第3の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の第3の実施形態について詳しく説明する。

上記第2実施形態では、基地局装置b2は、干渉電力 P_k に基づいてModulo演算を行うか否かを判定した。本実施形態では、干渉を減算する処理を行う順序（干渉除去順という；端末装置MTkの順序（端末番号k）と同じ）に基づいて、Modulo演算を行うか否かを判定する。

本実施形態に係る無線通信システムを示す概略図は、第2の実施形態（図8）と同じであるので、説明は省略する。以下、本実施形態に係る基地局装置Bを基地局装置b3という。なお、端末装置MTk（ $k=1\sim N$ ）各々の構成は、第1の実施形態の端末装置m1の構成（図6、7）と同じであるので、説明は省略する。ただし、本実施形態に係る端末装置m1は、基地局装置BのN個のアンテナとの伝搬路状態情報に基づいて、伝搬路補償を行う。

[0139] <基地局装置b3について>

図16は、本発明の第3の実施形態に係る基地局装置b3の構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る基地局装置b3（図16）と第2の実施形態に係る基地局装置b2（図9）とを比較すると、多重信号生成部3bが異なる。しかし、他の構成要素（符号部b111～b11N、変調部b121～b12N、CRS生成部b23、フレーム選択部b24、無線送信部b151～b15N、アンテナb101～b10N、無線受信部b161～b16N、フレーム分離部b28、及び伝搬路情報取得部b27）が持つ機能は第2の実施形態と同じである。第2の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

[0140] 図17は、本実施形態に係る多重信号生成部3bの構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る多重信号生成部3b（図17）と第2の実施形態に係る多重信号生成部2b（図10）とを比較すると、多重信号生成部3bには適応Modulo部12b-2～12b-(K-1)（Kは3以上の自然数）及びModulo演算切替決定部214bを備えない点、また、適応Modulo部12b-K～b12-Nに代えてModulo演算部122b-K～122b-Nを備える点異なる。しかし、他の構成要素（線形フィルタ算出部211b、干渉算出部212b、干渉減算部113b-2

～113b-N、フレーム構成部23b、及び、線形フィルタ乗算部241b)が持つ機能は第2の実施形態と同じである。第2の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

Modulo演算部122b-K～122b-N各々が持つ機能は、図11のModulo演算部122b-kと同じであるので、説明は省略する。

[0141] <基地局装置b3の動作について>

図18は、本実施形態に係る多重信号生成部3bの動作を示すフロー図である。本実施形態に係る多重信号生成部3bの動作(図18)と第2の実施形態に係る多重信号生成部2bの動作(図13)とを比較すると、図18ではステップS12の処理がない点、及び、ステップS108に代えてステップS208の処理がある点が異なる。しかし、他の処理(ステップS101、S103～S107、S109～S115)は第2の実施形態と同じである。第2の実施形態と同じ処理の説明は省略する。

(ステップS208) 多重信号生成部3bは、変数kが予め定められた閾値K以上であるか否かを判定する。変数kが閾値K以上であると判定した場合(Yes)、ステップS109に進む。一方、変数kが閾値Kより小さいと判定した場合(No)、ステップS110に進む。

[0142] <閾値Kについて>

上記の閾値Kは、以下のように予め定められている。

図19は、本実施形態に係る閾値Kを説明する説明図である。この図において、横軸はModulo演算を行う最初の端末装置の端末番号k(端末装置MTkのk)を示す。つまり、端末装置MT1～MT(k-1)宛の干渉除去シンボルにはModulo演算を行わず、端末装置MTk～MTN宛の干渉除去シンボルにはModulo演算を行うことを示す。また、縦軸は誤り率を示す。

[0143] 符号L21を付した曲線L21は、Modulo演算を行うMTが多くなると、Modulo演算に伴うModulo Lossが増加して、誤りが多く発生してしまうことを示している。一方、符号L22を付した曲線L2

2は、Modulo演算を行うMTが少なくなると、干渉を電力効率良く除去できないために、誤りが増加してしまうことを示している。符号L2を付した曲線L2は、曲線L21とL22の和をとったものである。本実施形態では、この曲線L2における最小値を閾値Kとする。

[0144] このように、本実施形態によれば、干渉減算部113b-2~113b-Nは、干渉除去順（端末装置MTkの順序）に従って、端末装置MTk宛の信号から干渉信号を減算する。Modulo演算部122b-K~Modulo演算部122b-Nは、干渉除去順が閾値Kより大きい受信装置MTK~MTN宛の信号に剰余演算を行う。つまり、本実施形態では、無線通システムは、干渉除去順が大きく統計的に干渉電力が大きい端末装置MTK~MTN宛の信号にModulo演算を行い、干渉除去順が小さく干渉電力が小さい端末装置MT1~MT(K-1)宛の信号にModulo演算を行わない。これにより、本実施形態では、干渉除去順が小さく干渉電力が低い場合には受信候補点が増加して信号検出性能が低下することを防止するとともに、干渉除去順が大きく統計的に干渉電力が高い場合には電力効率が高い通信を行うことができ、伝搬特性を向上させることができる。

[0145] 本実施形態において、R^Hは下三角形である。これは干渉除去される順番が先の端末装置MTk宛の信号は、他の端末装置MT1~MT(k-1)宛の信号による干渉電力が統計的に小さくなることを示している。例えば、N=4の場合、端末装置MT1宛の信号は、他の端末装置からの干渉を受けない。また、端末装置MT2宛の信号は、端末装置MT1宛の信号からの干渉を受けるが、他の端末装置MT3~MTN宛の信号からは受けない。端末装置MT3宛の信号は、端末装置MT1、MT2宛の信号による干渉を受けるが、端末装置MT4宛の信号からの干渉を受けない。端末装置MT4宛の信号は、端末装置MT1~MT3宛の信号の全ての信号の干渉を受ける。このように、端末装置MTkの干渉除去順が大きいほど、多くの端末装置MT1~MT(k-1)宛の信号からの干渉を受けることになり、干渉電力が統計的に大きくなる傾向がある。そのため、本実施形態では、端末装置MTkの干

渉除去順でModulo演算の有無を切り換えることで、統計的に干渉電力が大きい端末装置MT_kに対してのみModulo演算を行って、伝搬特性を向上させることができる。

[0146] <シミュレーション>

図20は、本実施形態に係る閾値Kと誤り率特性との関係を示す概略図である。この図において、横軸はModulo演算を行う最初のMTの端末番号kを示す。また、縦軸はBER (Bit Error Rate; ビット誤り率)を示す。このBERは、送信SNR (Signal Noise Ratio) が-1.5 dBとした場合の全端末装置MT₁~MT_NでのBERを平均したものである。

[0147] 図20は、図19に示した関係を具体的にシミュレーションした結果である。ここで、このシミュレーションでは、基地局装置b3及び端末装置MTの数を8 (N=8) とし、誤り訂正符号にターボ符号、変調方式にQPSKを用いている。

図20は、k=6のときに最小値となり、閾値K=6とすることで誤り率が最小になることを示す。

また、図20では、K=1が全端末装置宛のシンボルにModulo演算を行うMU-MIMO-THPの場合の誤り率特性を示し、最も右がModulo演算を全く行わない場合 (線形ビームフォーミングの場合) の誤り率特性を示す。つまり、図20は、本実施形態に係る無線通信システム (例えば、K=6) が、従来技術と比較して、誤り率を小さくすることができていることを示す。

[0148] (第4の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の第4の実施形態について詳しく説明する。

上記第3の実施形態では、基地局装置b3が送信モード情報を送信し、端末装置M_{1k}が送信モード情報を取得する場合について説明をした。本実施形態では、基地局装置b3が送信モード情報を送信せず、端末装置M_{1k}が

送信モード情報を検出する場合について説明をする。

本実施形態に係る無線通信システムを示す概略図は、第2の実施形態（図8）と同じであるので、説明は省略する。以下、本実施形態に係る基地局装置Bを基地局装置b4といい、端末装置MT1～MTN各々を端末装置mkという。

[0149] <基地局装置b4について>

図21は、本発明の第4の実施形態に係る基地局装置b4の構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る基地局装置b4（図21）と第3の実施形態に係る基地局装置b3（図16）とを比較すると、多重信号生成部4b、及びフレーム選択部b44が異なる。しかし、他の構成要素（符号部b111～b11N、変調部b121～b12N、CRS生成部b23、無線送信部b151～b15N、アンテナb101～b10N、無線受信部b161～b16N、フレーム分離部b28、及び伝搬路情報取得部b27）が持つ機能は第3の実施形態と同じである。第3の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

[0150] 多重信号生成部4bは、送信モード情報の変調シンボルを配列しない点が、多重信号生成部3bと異なる。多重信号生成部4bの詳細については、後述する。

[0151] フレーム選択部b44は、マッピング情報に従って、CRS生成部b13から入力されたアンテナb10kの共通参照シンボルを予め定められた周波数帯域に配置する。

また、フレーム選択部b44は、マッピング情報に従って、多重信号生成部4bから入力された端末装置MTk宛のシンボル列を、端末装置MTkに信号を送信する周波数帯域に配置する。フレーム選択部b44は、周波数帯域に配置した信号を、それぞれ、予め定めた送信時間単位（フレーム）毎に無線送信部b15kに出力する。

[0152] 図22は、本実施形態に係る多重信号生成部4bの構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る多重信号生成部4b（図22）と第3の実施

形態に係る多重信号生成部 3 b (図 1 7) とを比較すると、フレーム構成部 4 3 b が異なる。しかし、他の構成要素 (線形フィルタ算出部 2 1 1 b、干渉算出部 2 1 2 b、干渉減算部 1 1 3 b-2 ~ 1 1 3 b-N、Modulo 演算部 1 2 2 b-K ~ 1 2 2 b-N、及び、線形フィルタ乗算部 2 4 1 b) が持つ機能は第 3 の実施形態と同じである。第 3 の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

[0153] 図 2 3 は、本実施形態に係るフレーム構成部 4 3 b の構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係るフレーム構成部 4 3 b (図 2 3) と第 2 の実施形態に係るフレーム構成部 2 3 b (図 1 2) とを比較すると、フレーム構成部 4 3 b が送信モード情報挿入部 2 3 1 b を備えない点異なる。しかし、他の構成要素 (DRS 生成部 2 3 2 b、及び DRS 挿入部 2 3 3 b) が持つ機能は第 2 の実施形態と同じである。第 2 の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

ただし、DRS 生成部 2 3 2 b が用いるマッピング情報は、端末装置 MT k の固有参照シンボルを、端末番号の昇順で時間順に配列することを示す情報である (図 2 4 参照)。ここで、端末番号は干渉除去順を示すので、端末装置 MT k の固有参照シンボルの配列順序は、干渉除去順の順序である。

[0154] <無線信号について>

図 2 4 は、本実施形態に係る無線信号の一例を示す概略図である。この図において、横軸は時間軸を示す。また、この図は、同じ周波数帯域で送信された無線信号を、各端末装置 MT 1 ~ MT N 宛の無線信号に分けて表している。また、この図は、N = 4 の場合の図である。

[0155] 図 2 4 において、無線信号 S 2 1 - 1 ~ S 2 4 - 1 は、それぞれ、基地局装置 b 4 がアンテナ b 1 0 1 ~ b 1 0 4 を用いて送信した無線信号であって端末装置 MT 1 ~ MT 4 宛の無線信号を示す。また、受信信号 S 2 1 - 2 ~ S 2 4 - 2 は、それぞれ、端末装置 MT 1 ~ MT 4 が受信した受信信号を示す。

[0156] 図 2 4 の無線信号 S 2 1 - 1 ~ S 2 4 - 1 は、各端末装置 MT 1 ~ 4 の固

有参照シンボルの信号（ $DRS-MT1 \sim MT4$ ）が、端末番号 k （ $k = 1 \sim 4$ ）の昇順で時間順に配列されていることを示す。

また、図24の受信信号 $S21-2 \sim S24-2$ は、端末装置 MTk が端末装置 $MT1 \sim MTk$ の固有参照シンボルの信号を受信し、端末装置 $MT(k+1) \sim MTN$ の固有参照シンボルの信号を受信しないことを示す。

[0157] <移動局装置 $m4$ について>

図25は、本実施形態に係る端末装置 $m4$ を示す概略ブロック図である。この図は、端末装置 $m4$ のアンテナが1個の場合の図である。

本実施形態に係る端末装置 $m4$ （図25）と第1の実施形態に係る端末装置 $m1$ （図6）とを比較すると、フレーム分離部 $m421$ 、端末数情報記憶部 $m425$ 、及び送信モード検出部 $m424$ が異なる。しかし、他の構成要素（アンテナ $m101$ 、無線受信部 $m111$ 、伝搬路推定部 $m122$ 、伝搬路補償部 $m123$ 、適応復調部 $1m$ 、復号部 $m124$ 、伝搬路状態情報生成部 $m131$ 、フレーム構成部 $m132$ 、及び無線送信部 $m141$ ）が持つ機能は第1の実施形態と同じである。第1の実施形態と同じ機能の説明は省略する。ただし、伝搬路推定部 $m122$ 及び伝搬路補償部 $m123$ は、基地局装置 $b4$ の N 個のアンテナとの伝搬路状態を推定し、推定した伝搬路状態を示す伝搬路状態情報に基づいて伝搬路補償を行う。

[0158] フレーム分離部 $m421$ は、基地局装置 $b4$ から予め通知されたマッピング情報に基づいて、自装置宛の信号が配置される周波数帯域の信号を分離する。また、フレーム分離部 $m421$ は、分離した信号のうち自装置宛のデータ信号を伝搬路補償部 $m123$ に出力する。

また、フレーム分離部 $m421$ は、分離した信号のうち各端末装置 MTk （自装置を含む）宛の固有参照シンボルの信号を、送信モード検出部 $m424$ に出力する。具体的には、各端末装置 MTk 宛の固有参照シンボルの信号が配置される時間帯に、予め定めた閾値以上の振幅の信号がある場合、その固有参照シンボルの信号を配列の時間順に送信モード検出部 $m424$ に出力する。また、フレーム分離部 $m421$ は、分離した信号のうち共通参照シン

ボルの信号を、伝搬路推定部 $m122$ に出力する。

[0159] 送信モード検出部 $m424$ は、固有参照シンボルの信号のうち信号の配列での時間順が一番遅い固有参照シンボルを、自装置宛の固有参照シンボルの信号を抽出する。送信モード検出部 $m424$ は、抽出した自装置宛の固有参照シンボルの信号、及びフレーム分離部 $m421$ から入力された共通参照シンボルの信号を伝搬路推定部 $m422$ に出力する。

[0160] また、送信モード検出部 $m424$ は、フレーム分離部 $m421$ から入力された各端末装置 MT_k 宛の固有参照シンボルの信号の数を計数（計数結果を K_1 とする）する。この K_1 は、端末装置 $m4$ の端末番号を示す。

また、端末数情報記憶部 $m425$ はあらかじめ、基地局装置 $b4$ と端末装置 $m4$ との間で共有する閾値 K を記憶している。

送信モード検出部 $m424$ は、端末数情報記憶部 $m425$ から読み出した情報が示す閾値 K と K_1 とを比較する。比較の結果、 $K_1 \geq K$ と判定した場合には、送信モード検出部 $m424$ は、Modulo演算を行うと判定し、「送信モード1」を示す送信モード情報を生成する。 $K_1 < K$ の場合には、送信モード検出部 $m424$ は、Modulo演算を行わないと判定し、「送信モード2」を示す送信モード情報を生成する。

送信モード検出部 $m424$ は、生成した送信モード情報を適応軟推定部 $1m$ に出力する。

[0161] <受信信号について>

以下、端末装置 $MT_1 \sim MT_N$ が受信する受信信号について説明をする。ここでは、 $N=4$ の場合について説明をする。

DRS挿入部 $233b$ は、次式(15)で表す無線信号ベクトル $p_1 \sim p_4$ で示す固有参照シンボルを時間順に挿入する。基地局装置 $b4$ は、挿入された固有参照シンボルの信号を送信する。

[0162]

[数14]

$$\begin{pmatrix} \vec{p}_1^T \\ \vec{p}_2^T \\ \vec{p}_3^T \\ \vec{p}_4^T \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_4 \end{pmatrix} \cdot \dots \quad (15)$$

[0163] 式(15)では、左辺の各成分である無線信号ベクトル $p_1 \sim p_4$ は、アンテナ $b_{101} \sim b_{104}$ を用いて送信する無線信号を表す。また、右辺の行列は、行がアンテナ $b_{101} \sim b_{104}$ の順に各アンテナを用いて送信する無線信号を表し、列が送信時刻 $t_{11} \sim t_{14}$ の順に各送信時刻で送信する無線信号を表す。なお、送信時刻 $t_{11} \sim t_{14}$ は、単位時間で連続した時刻であり、 $t_{11} < t_{12} < t_{13} < t_{14}$ である。また、行列の成分の値 $p_1 \sim p_4$ は、固有参照シンボルの信号 $p_1 \sim p_4$ である。

例えば、式(15)では、無線信号ベクトル p_1 は、送信時刻 t_{11} に固有参照シンボルの信号 p_1 を送信し、送信時刻 $t_{12} \sim t_{14}$ には無線信号を送信しないことを示す。また、式(15)では、無線信号ベクトル p_2 は、送信時刻 t_{12} に固有参照シンボルの信号 p_2 を送信し、送信時刻 t_{11} 、 t_{13} 、 t_{14} には無線信号を送信しないことを示す(図24の無線信号 $S_{21-1} \sim S_{24-1}$ 参照)。

[0164] この場合、端末装置 $MT_1 \sim MT_4$ は、次式(16)で表す受信信号ベクトル $p_1' \sim p_4'$ で示す受信信号を受信する(式(10)参照)。

[0165] [数15]

$$\begin{pmatrix} \vec{p}_1'^T \\ \vec{p}_2'^T \\ \vec{p}_3'^T \\ \vec{p}_4'^T \end{pmatrix} = R^H \begin{pmatrix} p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & p_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & p_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & p_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11}^* p_1 & 0 & 0 & 0 \\ r_{12}^* p_1 & r_{22}^* p_2 & 0 & 0 \\ r_{13}^* p_1 & r_{23}^* p_2 & r_{33}^* p_3 & 0 \\ r_{14}^* p_1 & r_{24}^* p_2 & r_{34}^* p_3 & r_{44}^* p_4 \end{pmatrix} \cdot \dots \quad (16)$$

[0166] 式(16)では、左辺の各成分である受信信号ベクトル $p_1' \sim p_4'$ は、それぞれ、端末装置MT1～MT4が受信する受信信号を表す。また、右辺の行列は、行が端末装置MT1～MT4の順に各端末装置が受信する受信信号を表し、列が受信時刻 $t_{21} \sim t_{24}$ の順に各受信時刻で送信する無線信号を表す。なお、受信時刻 $t_{21} \sim t_{24}$ は、単位時間で連続した時刻であり、 $t_{21} < t_{22} < t_{23} < t_{24}$ である。

例えば、式(16)では、受信信号ベクトル p_1' は、端末装置MT1が受信時刻 t_{21} に信号 $r_{11} * p_1$ を受信し、受信時刻 $t_{22} \sim t_{24}$ には受信信号を受信しないことを示す。また、式(16)では、受信信号ベクトル p_2' は、端末装置MT2が受信時刻 t_{11} 、 t_{12} にそれぞれ信号 $r_{12} * p_1$ 、 $r_{22} * p_2$ を送信し、受信時刻 t_{23} 、 t_{24} には無線信号を送信しないことを示す(図24の無線信号 $S_{21-2} \sim S_{24-2}$ 参照)。

[0167] このように、本実施形態によれば、送信モード検出部m424は、固有参照信号が配置された位置が示す干渉処理順に基づいて、送信モード情報が「送信モード1」を示す情報であるか又は「送信モード2」を示す情報であるかを判定する。具体的には、送信モード検出部m424は、干渉処理順が閾値K以後の順序である場合に「送信モード1」と判定し、干渉処理順が閾値Kより前の順序である場合に「送信モード2」と判定する。これにより、本実施形態では、基地局装置b4が送信モード情報を送信しなくても、端末装置MTkは、送信モードを判定することができ、制御情報のオーバーヘッドを削減することができる。

また、本実施形態では、端末装置m4の干渉除去順と、DRSを送信する端末装置m4の時間順が一致する場合について説明したが、本発明はこれに限られず、全ての端末装置m4が各干渉除去順の端末宛のDRSが、どの時刻にどの周波数で送信されるかを示す情報を記憶していればよい。

[0168] (第5の実施形態)

以下、図面を参照しながら本発明の第5の実施形態について詳しく説明する。

上記第 1 ～ 4 の実施形態では、各端末装置 MT 1 ～ MT N が、同一時刻、同一周波数で 1 個の信号系列（ストリームという）を受信する場合について説明をした。本実施形態では、各端末装置 MT 1 ～ MT N が複数個のストリームを受信する場合について説明をする。

[0169] <無線通信システムについて>

図 2 6 は、本発明の第 5 の実施形態に係る無線通信システムを示す概略図である。この図において、基地局装置 B は、N 個の端末装置 MT 1 ～ MT N へ信号を送信している。ここで、各端末装置 MT 1 ～ MT N への信号は、複数のストリームである。

なお、端末装置 MT k は I_k 個のアンテナ $m10i$ ($i = 1 \sim I_k$) を備え、基地局装置 B は J 個 ($J \geq \sum_{k=1 \sim N} I_k$; $\sum_{k=1 \sim N}$ は $k = 1$ から $k = N$ について和をとることを表す) のアンテナ $b10j$ ($j = 1 \sim J$) を備える。

以下、基地局装置 B を基地局装置 b 5 といい、端末装置 MT 1 ～ MT N 各々を端末装置 m 5 という。

[0170] <基地局装置 b 5 について>

図 2 7 は、本実施形態に係る基地局装置 b 5 の構成を示す概略ブロック図である。この図は、同じ周波数帯域で N 個の各端末装置宛の信号を送信するアンテナを J 個備える場合の図である。

本実施形態に係る基地局装置 b 5 (図 2 7) と第 2 の実施形態に係る基地局装置 b 2 (図 9) とを比較すると、多重信号生成部 5 b 及びフレーム選択部 b 5 4 が異なる。しかし、他の構成要素 (符号部 b 1 1 1 ～ b 1 1 N、変調部 b 1 2 1 ～ b 1 2 N、CRS 生成部 b 2 3、無線送信部 b 1 5 1 ～ b 1 5 J、アンテナ b 1 0 1 ～ b 1 0 J、無線受信部 b 1 6 1 ～ b 1 6 J、フレーム分離部 b 2 8、及び伝搬路情報取得部 b 2 7) が持つ機能は第 2 の実施形態と同じである。第 2 の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

なお、多重信号生成部 5 b の詳細については、後述する。

[0171] フレーム選択部 b 5 4 は、マッピング情報に従って、CRS 生成部 b 2 3 から入力されたアンテナ b 1 0 k の共通参照シンボルを、予め定められた周

波数帯域に配置する。フレーム選択部 $b54$ は、周波数帯域に配置したアンテナ $b10j$ 毎の信号を、それぞれ、予め定めた送信時間単位（フレーム）毎に、各アンテナ $b10j$ に接続された無線送信部 $b25j$ に出力する。また、フレーム選択部 $b54$ は、マッピング情報に従って、多重信号生成部 $5b$ から入力されたシンボル列であってアンテナ $b10j$ ($j = 1 \sim N$) 毎の端末装置 MT_k 宛のアンテナ $b10j$ 毎のシンボル列を、端末装置 MT_k に信号を送信する周波数帯域に配置する。フレーム選択部 $b54$ は、周波数帯域に配置したアンテナ $b10j$ 毎の信号を、それぞれ、予め定めた送信時間単位（フレーム）毎に、各アンテナ $b10j$ に接続された無線送信部 $b15j$ に出力する。

[0172] 図28は、本実施形態に係る多重信号生成部 $5b$ の構成を示す概略ブロック図である。本実施形態に係る多重信号生成部 $5b$ (図28) と第2の実施形態に係る多重信号生成部 $2b$ (図10) とを比較すると、線形フィルタ算出部 $511b$ 、Modulo演算切替決定部 $514b$ 、フレーム構成部 $53b$ 、及び線形フィルタ乗算部 $541b$ が異なる。しかし、他の構成要素（干渉算出部 $212b$ 、干渉減算部 $113b-2 \sim 113b-N$ 、及び適応Modulo演算部 $12b-1 \sim 12b-N$) が持つ機能は第2の実施形態と同じである。第2の実施形態と同じ機能の説明は省略する。ただし、干渉算出部 $212b$ 、干渉減算部 $113b-k$ 、及び適応Modulo演算部 $12b-k$ は、第2の実施形態では1個のストリーム単位でシンボルに対して処理を行なったが、本実施形態では I_k 個のストリーム単位でシンボルに対して処理を行う。例えば、変調シンボル s_k は I_k 個のストリームであり、 I_k 個の要素のベクトルで表される。

[0173] 線形フィルタ算出部 $511b$ は、CSIを入力される。線形フィルタ算出部 $111b$ は、入力されたCSIから伝搬行列 H を生成する。ここで、伝搬行列 H の p 行 q 列要素 h_{pq} ($p = 1 \sim \sum_{k=1 \sim N} I_k$ 、 $q = 1 \sim J$) は、アンテナ $b10q$ と端末装置 MT_k のアンテナ $m10i$ との伝搬路推定値である。この伝搬行列は、次式(17)で表される。

[0174] [数16]

$$H = \left[H_1^T, H_2^T, \dots, H_N^T \right]^T \quad \dots \quad (17)$$

[0175] ここで、 T は転置を表す。また、 H_k は、アンテナ $b_1 \dots b_q$ と端末装置 MT_k との伝搬行列を表し、 I_k 行 J 列の行列である。ここで、端末装置 $MT_1 \sim MT_{k-1}$ の伝搬行列 $H_1 \sim H_{k-1}$ を、伝搬行列 H から抽出した行列を H_{-k} とする。つまり、 H_{-k} は次式 (18) で表される。

[0176] [数17]

$$H_{-k} = \left[H_1^T, H_2^T, \dots, H_{k-1}^T \right]^T \quad \dots \quad (18)$$

[0177] [線形フィルタの算出処理について]

線形フィルタ算出部 511b は、以下のように線形フィルタ (行列 Q) を算出する。

まず、線形フィルタ算出部 511b は、 H_{-k} を特異値分解する。 H_{-k} の特異値分解は、次式 (19) で表される。

[0178] [数18]

$$H_{-k} = U_{-k} \Sigma_{-k} \left[V_{-k}^{\text{Im}}, V_{-k}^{\text{ker}} \right]^H \quad \dots \quad (19)$$

[0179] ここで、行列 U_{-k} は、 R_1 ($= \sum_{h=1 \sim k-1} I_h$) 行 R_1 列のユニタリ行列である。また、行列 Σ_{-k} は、 R_1 行 J 列の行列であり、対角成分 (r_1 行 r_1 列成分 ($r_1 = 1 \sim R_1$)) 以外は「0」で対角成分が非負の行列である。また、行列 V^{Im}_{-k} は J 行 R_1 列の行列であり、行列 V^{ker}_{-k} は J 行 R_2 ($= \sum_{h=k \sim N} I_h$) 列の行列である。

H_{-k} のランクは高々 R_1 であることに対応して、 $[V^{\text{Im}}_{-k}, V^{\text{ker}}_{-k}]$ の最初の R_1 列を除いた行列 V^{ker}_{-k} の列ベクトルが、ヌル空間 (Null Space) の基底ベクトルとなる。なお、これらの行列の間には、次式 (20) の関係が成立する。

[0180] [数19]

$$H_{-k} V_{-k}^{\text{ker}} = U_{-k} \Sigma_{-k} \left[V_{-k}^{\text{Im}}, V_{-k}^{\text{ker}} \right]^H V_{-k}^{\text{ker}} = U_{-k} \Sigma_{-k} [0, I]^H = 0 \quad \dots \quad (20)$$

[0181] ここで、 I は R_2 行 R_2 列の単位行列である。式 (20) は、行列 V^{ker}_{-k} をシンボル $S_k \sim S_N$ (S_1 は I_1 個のストリームのシンボルが要素のベクトル) を要素とするベクトルに乗算すると、端末装置 $MT_1 \sim MT_{(k-1)}$ に端末装置 $MT_k \sim MT_N$ 宛の信号が届かなくなることを示す。

図 29 は、本実施形態に係る無線信号の一例を示す概略図である。この図は、 $N=2$ の場合の一例である。この図は、基地局装置 B から送信された端末装置 MT_2 宛の信号が、端末装置 MT_1 に届いていないことを示す。

[0182] 図 28 に戻って、線形フィルタ算出部 511b は、行列 H_k に算出した行列 V^{ker}_{-k} を乗算した行列 $H_k V^{\text{ker}}_{-k}$ を特異値分解して、端末装置 MT_k の受信フィルタ (行列 U_k^H) 及び個別フィルタ (行列 V^{Im}_k) を算出する。行列 $H_k V^{\text{ker}}_{-k}$ の特異値分解は、次式 (21) で表される。

[0183] [数20]

$$H_k V_{-k}^{\text{ker}} = U_k^H \Sigma_k \left[V_k^{\text{Im}}, V_k^{\text{ker}} \right]^H \quad \dots \quad (21)$$

[0184] ここで、行列 U_k^H は、 I_k 行 I_k 列のユニタリ行列である。また、行列 Σ_k は、 I_k 行 R_2 列の行列であり、対角成分 (r_2 行 r_2 列成分 ($r_2 = 1 \sim R_2$)) 以外は「0」で対角成分が非負の行列である。また、行列 V^{Im}_k は R_2 行 I_k 列の行列であり、行列 V^{ker}_k は R_2 行 R_3 ($= R_2 - I_k = \sum_{h=k+1 \sim N} I_h$) 列の行列である。

$H_k V^{\text{ker}}_{-k}$ のランクは高々 I_k であることに対応して、 $[V^{\text{Im}}_k, V^{\text{ker}}_k]$ の最初の I_k 列を除いた行列 V^{ker}_k の列ベクトルが、ヌル空間 (Null Space) の基底ベクトルとなる。なお、これらの行列の間には、次式 (22) の関係が成立する。

[0185]

[数21]

$$U_k H_k V_{-k}^{\text{ker}} V_k^{\text{Im}} = U_k U_k^H \Sigma_k \left[V_k^{\text{Im}}, V_k^{\text{ker}} \right]^H V_k^{\text{Im}} = \Sigma_k [I, 0]^H = \Sigma_k$$

\cdot \cdot \cdot \quad (22)

[0186] ここで、 I は R_1 行 R_1 列の単位行列である。

線形フィルタ算出部 511b は、算出した行列 V_{-k}^{ker} 及び行列 V_k^{Im} を用いて、線形フィルタを生成する。線形フィルタは、次式 (23) の行列 Q で表される。

[0187] [数22]

$$Q = \left[V_{-1}^{\text{ker}} V_1^{\text{Im}}, V_{-2}^{\text{ker}} V_2^{\text{Im}}, \cdot \cdot \cdot, V_{-N}^{\text{ker}} V_N^{\text{Im}} \right] \cdot \cdot \cdot \quad (23)$$

[0188] [干渉係数行列の算出処理について]

線形フィルタ算出部 511b は、行列 H を行列 Q に乗じた行列 HQ を用いて干渉係数行列 B (干渉係数フィルタ) を算出する。行列 HP は、次式 (24) で表される。

[0189] [数23]

$$HQ = T = \begin{pmatrix} T_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ T_{21} & T_{22} & \ddots & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ T_{N1} & \cdots & \cdots & T_{NN} \end{pmatrix} \cdot \cdot \cdot \quad (24)$$

[0190] ここで、行列 T の要素 $T_{p,k}$ (要素行列 $T_{p,k}$ という) は I_k 行 I_k 列の行列である。式 (24) は、要素行列 $T_{p,k}$ を一個の要素として扱えば、 HQ が下三角行列であることを示す。なお、要素行列 $T_{p,k}$ は端末装置 MT_k 宛の信号が端末装置 MT_p に届いた場合の伝搬路状態を示す。

線形フィルタ算出部 211b は、算出した行列 T から対角成分を抽出した対角行列 A を生成する。また、線形フィルタ算出部 211b は、干渉係数行列 $B = A^{-1}T - I$ を算出する。ここで、 A^{-1} は A の逆行列を表し、 I は単位

行列を表す。干渉係数行列Bは、次式（25）で表される。

[0191] [数24]

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \cdots & 0 \\ T_{22}^{-1}T_{21} & 0 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & 0 \\ T_{NN}^{-1}T_{N1} & \cdots & T_{NN}^{-1}T_{N(N-1)} & 0 \end{pmatrix} \cdot \cdot \cdot \quad (25)$$

[0192] 以上のように、線形フィルタ算出部511bは、線形フィルタの算出処理及び干渉係数行列の算出処理を行う。

線形フィルタ算出部511bは、算出した線形フィルタ（行列Q）を示す情報を、線形フィルタ乗算部541bに出力する。また、線形フィルタ算出部511bは、算出した受信フィルタ（行列 U_k^H ）を示す受信フィルタ情報を、フレーム構成部53bに出力する。また、線形フィルタ算出部211bは、算出した干渉係数行列Bを干渉算出部212b及びModulo演算切替決定部214bに出力する。

[0193] Modulo演算切替決定部514bは、変調部b121～b12Nから変調シンボル $s_1 \sim s_N$ を入力される。ここで、変調シンボル s_k は、 I_k 個のストリームである。Modulo演算切替決定部514bは、線形フィルタ算出部511bから入力された情報が示す干渉係数行列及び変調シンボル $s_1 \sim s_N$ に基づいて、次式（26）で表される干渉電力 P_k を算出する（干渉電力算出処理という）。

[0194] [数25]

$$P_k = tr(\Psi_k) \quad \cdot \cdot \cdot \quad (26)$$

$$\Psi_k = diag \left\{ \sum_{1 \leq l \leq k-1} (T_{kk}^{-1}T_{kl}) \Pi_l (T_{kk}^{-1}T_{kl})^H \right\}$$

[0195] ここで、 $tr(X)$ は、Xのトレース（行列の対角成分の和）を表す。また、 $diag\{X\}$ は、行列Xの非対角成分を0とすることを表す。なお、

送信電力行列 Π_i については、干渉電力算出処理の動作（図 3 4）と併せて後述する。

[0196] Modulo 演算切替決定部 5 1 4 b は、算出した干渉電力 P_k が予め定めた閾値 P_0 より大きい場合、端末装置 MT k 宛のシンボル列に対して Modulo 演算を行うと判定する。この場合、Modulo 演算切替決定部 5 1 4 b は、端末装置 MT k 宛の送信モード情報であって Modulo 演算を行うこと（送信モード 1）を示す送信モード情報を、フレーム構成部 5 3 b 及び適応 Modulo 部 1 2 b - k に出力する。

一方、算出した干渉電力 P_k が予め定めた閾値 P_0 以下の場合、Modulo 演算切替決定部 5 1 4 b は、端末装置 MT k 宛のシンボル列に対して Modulo 演算を行わないと判定する。この場合、Modulo 演算切替決定部 1 1 4 b は、端末装置 MT k 宛の送信モード情報であって Modulo 演算を行わないこと（送信モード 2）を示す送信モード情報を、フレーム構成部 5 3 b 及び適応 Modulo 部 1 2 b - k に出力する。

[0197] フレーム構成部 5 3 b は、Modulo 演算切替決定部 5 1 4 b から入力された送信モード情報、及び、線形フィルタ算出部 5 1 1 b から入力された受信フィルタ情報を変調する。また、フレーム構成部 5 3 b は、端末装置 m 1 毎の固有参照シンボルを生成する。

フレーム構成部 5 3 b は、適応 Modulo 部 1 2 b - k から入力された送信データシンボル ν_k 、端末装置 MT k の送信モード情報の変調シンボル、端末装置 MT k の受信フィルタ情報の変調シンボル、及び、生成した端末装置 MT k の固有参照シンボルを、マッピング情報が示す時間順でアンテナ b 1 0 j ($j = j_{kS} (= \sum_{h=1 \sim k-1} I_h + 1) \sim j_{kE} (= \sum_{h=1 \sim k} I_h)$) 毎に配列する（端末装置 MT k 宛のアンテナ毎のシンボル列；図 3 1 参照）。

また、フレーム構成部 5 3 b は、変調部 b 1 2 1 から入力された送信データシンボル $\nu_1 (= s_1)$ 、及び、端末装置 MT 1 の送信モード 2 を示す送信モード情報の変調シンボル、端末装置 MT 1 の受信フィルタ情報の変調シン

ボル、及び、生成した端末装置MT 1の固有参照シンボルを、マッピング情報が示す時間順でアンテナ $b10_j$ ($j = 1 \sim I_j$) 毎に配列する（端末装置MT 1宛のアンテナ毎のシンボル列）。

フレーム構成部53bは、配列した端末装置MT 1～N宛のアンテナ $b10_j$ 毎のシンボル列を、線形フィルタ乗算部541bに出力する。

[0198] 線形フィルタ乗算部541bは、同時刻に送信するシンボルであって、フレーム構成部53bから入力された端末装置MT kのシンボル列のシンボル S_k を組み合わせたベクトルに対して、線形フィルタ算出部511bから入力された情報が示す線形フィルタQを乗算する。

線形フィルタ乗算部541bは、線形フィルタQを乗算した後のJ個の信号を、それぞれ、アンテナ $b10_j$ 毎のシンボル列として、フレーム選択部b54に出力する。

[0199] 図30は、本実施形態に係るフレーム構成部53bの構成を示す概略ブロック図である。

本実施形態に係るフレーム構成部53b（図30）と第2の実施形態に係るフレーム構成部23b（図12）とを比較すると、受信フィルタ情報挿入部534bが異なる。しかし、他の構成要素（フレーム構成部23bは、送信モード情報挿入部231b、DRS生成部232b、及びDRS挿入部233b）が持つ機能は第2の実施形態と同じである。第2の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

[0200] 受信フィルタ情報挿入部535bは、線形フィルタ算出部511bから入力された端末装置m1毎の受信フィルタ情報を変調する。受信フィルタ情報挿入部535bは、変調した端末装置m1毎の受信フィルタ情報の変調シンボルを、その端末装置m1のアンテナ $b10_{j_{ks}}$ のシンボル列であって送信モード情報挿入部231bから挿入されたシンボル列に挿入する。

[0201] <無線信号について>

図31は、本実施形態に係る基地局装置b5が送信する無線信号の一例を示す概略図である。この図において、横軸は時間軸を示す。この図は、J＝

4、 $N=2$ 、 $I_1=I_2=2$ の場合の無線信号を示す。また、この図は、同じ周波数帯域で送信された無線信号を、各端末装置宛のストリーム毎の無線信号に分けて表している。上二段はMT 1宛のそれぞれのストリームを、下二段はMT 2宛のそれぞれのストリームを表している。

[0202] 図3 1において、端末装置MT 1宛の無線信号は、変調シンボル s_1 の信号S 3 1 1、端末装置MT 1の送信モード情報の信号S 3 1 2（本実施形態では、送信モード2）、端末装置MT 1の固有参照シンボルの信号S 3 1 3（DRS-MT 1）、及び、端末装置MT 1の受信フィルタ情報の信号S 3 1 4（MT 1宛受信フィルタ情報）を含む信号である。

また、端末装置MT 1宛の無線信号は、変調シンボル s_1 の信号S 3 2 1、端末装置MT 1の送信モード情報の信号S 3 2 2（本実施形態では、送信モード2）、及び、端末装置MT 2の固有参照シンボルの信号S 3 2 3（DRS-MT 2）を含む信号である。

[0203] また、図3 1において、端末装置MT 2宛の無線信号は、変調シンボル s_2 の信号S 3 3 1、端末装置MT 2の送信モード情報の信号S 3 3 2、端末装置MT 1の固有参照シンボルの信号S 3 3 3（DRS-MT 1）、及び、端末装置MT 2の受信フィルタ情報の信号S 3 3 4（MT 2宛受信フィルタ情報）を含む信号である。

また、端末装置MT 2宛の無線信号は、変調シンボル s_2 の信号S 3 4 1、端末装置MT 2の送信モード情報の信号S 3 4 2、及び、端末装置MT 2の固有参照シンボルの信号S 3 4 3（DRS-MT 2）を含む信号である。

図3 1において、信号3 1 1、S 3 2 1、S 3 3 1、S 3 4 1は同時刻に送信されていることを示す。

[0204] <端末装置m 5について>

図3 2は、本実施形態に係る端末装置m 5の構成を示す概略ブロック図である。この図は、端末装置MT kの構成を示し、アンテナが I_k 個の場合の図である。

本実施形態に係る端末装置m 5（図3 2）と第1の実施形態に係る端末装

置 $m1$ （図6）とを比較すると、受信フィルタ取得部 $m512$ 、受信フィルタ乗算部 $m513$ 、フレーム分離部 $m521$ 、DRS用伝搬路推定部 $m5221$ 、CRS用伝搬路推定部 $m5222$ が異なる。しかし、伝搬路補償部 $m123$ 、送信モード取得部 $m124$ 、適応復調部 $1m$ 、復号部 $m124$ 、伝搬路状態情報生成部 $m131$ 、及びフレーム構成部 $m132$ が持つ機能は第1の実施形態と同じである。第1の実施形態と同じ機能の説明は省略する。

なお、端末装置 $m5$ は、 I_k 個の無線受信部 $m111-1 \sim m111-I_k$ 、無線受信部 $m141-1 \sim m141-I_k$ を備えるが、各々が持つ機能は、それぞれ、端末装置 $m1$ の無線受信部 $m111$ 、無線受信部 $m141$ と同じである。

[0205] 受信フィルタ取得部 $m512$ は、基地局装置 $b5$ から予め通知されたマッピング情報に基づいて、無線受信部 $m111-1 \sim m111-I_k$ から入力された信号から自装置宛の受信フィルタ情報を抽出する。受信フィルタ取得部 $m512$ は、抽出した自装置宛の受信フィルタ情報を受信フィルタ乗算部 $m513$ に出力する。

受信フィルタ乗算部 $m513$ は、無線受信部 $m111-1 \sim m111-I_k$ から入力された信号に、受信フィルタ取得部 $m512$ から入力された受信フィルタ情報が示す受信フィルタを乗算する。これにより、乗算後の信号は、伝搬行列が行列 Σ_k の場合の信号となる（式（22）参照）。受信フィルタ乗算部 $m513$ は、乗算後の信号をフレーム分離部 $m521b$ に出力する。

[0206] フレーム分離部 $m521$ は、基地局装置 $b5$ から予め通知されたマッピング情報に基づいて、無線受信部 $m111-1 \sim m111-I_k$ から入力された信号から、自装置宛の信号を分離する。

フレーム分離部 $m521$ は、分離した信号のうち共通参照シンボルの信号を、CRS用伝搬路推定部 $m5222$ に出力する。また、フレーム分離部 $m521$ は、分離した信号のうち自装置の固有参照シンボルの信号を、DRS用伝搬路推定部 $m5221$ に出力する。また、フレーム分離部 $m521$ は、分離した信号のうち自装置宛のデータ信号を伝搬路補償部 $m123$ に出力す

る。

[0207] DRS用伝搬路推定部m5221は、フレーム分離部m521から入力された固有参照シンボルの信号に基づいて、基地局装置b5が送信した自端末宛の I_k ストリームの無線信号がアンテナm101~m10I_kで受信されるまでに通る伝搬路状態を推定する。ここで、推定された伝搬路状態を示す伝搬行列は、 Σ_k となる。DRS用伝搬路推定部m5221は、推定した伝搬路状態を示すCSIを、伝搬路補償部m523に出力する。

CRS用伝搬路推定部m5222は、フレーム分離部m521から入力された共通参照シンボルの信号に基づいて、基地局装置b5のアンテナb101~b10N各々とアンテナm101~m10I_k各々との伝搬路状態を推定する。CRS用伝搬路推定部m5222は、推定した伝搬路状態を示すCSIを、伝搬路状態情報生成部m131に出力する。

[0208] <基地局装置b5の動作について>

図33は、本実施形態に係る多重信号生成部5bの動作を示すフロー図である。本実施形態に係る多重信号生成部5bの動作（図33）と第2の実施形態に係る多重信号生成部2bの動作（図13）とを比較すると、ステップS32の処理が異なる。しかし、他の処理（ステップS101、S103~S125）は第2の実施形態と同じである。第2の実施形態と同じ処理の説明は省略する。

[0209] 図34は、本実施形態に係る干渉電力算出処理の動作の一例を示すフロー図である。この図は、図33のステップS32での処理動作を示す。本実施形態に係る干渉電力算出処理の動作（図34）と第2の実施形態に係る干渉電力算出処理の動作（図14）とを比較すると、ステップS32-1、S32-3、S32-6、及びS32-8の処理が異なる。しかし、他の処理（ステップS12-2、S12-4、S12-5、S12-7、S12-9、S12-10）は第2の実施形態と同じである。第2の実施形態と同じ処理の説明は省略する。

[0210] （ステップS32-1）Modulo演算切替決定部514bは、端末装置M

T 1 宛の変調シンボル s_1 のアンテナ $b_{101} \sim b_{10I_1}$ 各々での電力を対角成分とする行列を、送信電力行列 Q_s とする。ここで、行列 Q_s の対角成分である電力は、フレーム単位でのシンボルの電力をアンテナ毎に平均した平均電力である。その後、ステップ S 1 2 - 2 に進む。

(ステップ S 3 2 - 3) M o d u l o 演算切替決定部 5 1 4 b は、ステップ S 3 2 - 6 又は S 3 2 - 8 で算出した送信電力行列 Π_1 を用いて干渉電力 P_k を算出する (式 (26) 参照)。なお、 $k=2$ の場合、M o d u l o 演算切替決定部 5 1 4 b は、送信電力行列 Π_1 をステップ S 3 2 - 1 で算出した Q_s とする。その後、ステップ S 1 2 - 4 に進む。

[0211] (ステップ S 3 2 - 6) M o d u l o 演算切替決定部 5 1 4 b は、 $Q_M I$ を送信電力行列 Π_k とする。ここで、 Q_M は剰余シンボル s_k' の平均電力であり、信号点平面上 (図 37 参照) において原点を中心とした $I - c h$ で $[-\tau/2, \tau/2]$ 、 $Q - c h$ で $[-\tau/2, \tau/2]$ に含まれる信号点に、信号が等確率で分布していると仮定した場合の電力である。また、 I は単位行列である。

(ステップ S 3 2 - 8) M o d u l o 演算切替決定部 5 1 4 b は、 $Q_s + \Psi_k$ を送信電力 T_k とする。ここで、 Q_s は変調シンボル s_1 のフレーム単位でのシンボルの電力を平均し、平均した平均電力を対角成分とする行列である。また、 $Q_s + \Psi_k$ の各対角成分各々は、干渉除去シンボル $s_k - f_k$ のアンテナ毎の平均電力を示す。その後、ステップ S 1 2 - 9 に進む。

[0212] このように、本実施形態によれば、多重信号生成部 5 b は、「送信モード 1」の端末装置 M T k 宛の信号であって M o d u l o 演算を行った複数のストリームの信号と、「送信モード 2」の端末装置 M T k 宛の信号であって M o d u l o 演算を行わない複数のストリームの信号と、を多重する。これにより、本実施形態では、無線通信システムは、干渉電力が小さい信号と干渉電力が大きい信号とを多重するとともに、干渉電力が大きい信号には M o d u l o 演算を行って干渉電力が小さい信号には M o d u l o 演算を行わずに信号を多重することができ、伝搬特性を向上させることができる。

[0213] なお、上記第 1、2、5 の実施形態において、基地局装置 b 1、b 2、b 5 は、「送信モード 1」又は「送信モード 2」を示す送信モード情報を生成する場合について説明をした。しかし、本発明はこれに限らず、基地局装置 b 1、b 2、b 5 が「送信モード 1」を示す送信モード情報のみ、又は、「送信モード 2」を示す送信モード情報のみを生成してもよい。この場合、基地局装置 b 1、b 2、b 5 又は端末装置 m 1、m 5 では、送信モード情報の入力又は通知があった場合にはその送信モード情報が示す送信モードで処理を行い、送信モード情報の入力又は通知がなかった場合には、入力又は通知される送信モード情報が示す送信モード以外の送信モードで処理を行う。

[0214] また、上記第 1、2、5 の実施形態において、閾値 $P_0 = 0$ としてもよい。この場合、基地局装置 b 1、b 2、b 5 及び端末装置 m 1、m 5 は、端末装置 m 1、m 5 が干渉除去順が先の端末装置 m 1、m 5 から干渉をまったく受けていない（伝搬路が直交している）場合には Modulo 演算を行わないとすることができる。また、基地局装置 b 1、b 2、b 5 及び端末装置 m 1、m 5 は、少しでも干渉を受ける場合、つまり、他の端末装置 m 1、m 5 宛の信号の干渉によって送信電力が高くなる場合には、 Modulo 演算を行って送信電力を低くすることができる。もちろん、この場合、端末装置 m 1、m 5 から基地局装置 b 1、b 2、b 5 に通知された伝搬路情報を用いて基地局装置 b 1、b 2、b 5 が得た伝搬路が直交していればよい。基地局装置 b 1、b 2、b 5 がデータ信号を送信する時点で、実際の伝搬路が完全に直交していなくてもよい。

[0215] なお、上記各実施形態における通信はアップリンクに適用してもよい。また、上記各実施形態における通信は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重) 通信であってもよい。この場合、サブキャリア又は複数のサブキャリア単位で、上記各実施形態におけるシンボルの処理を行う。以下、この場合の構成について説明をする。

[0216] 図 35 は、OFDM 処理を行う構成を示す概略ブロック図である。この図

において、符号 c_1 を付した構成 c_1 は、IFFT (Inverse Fast Fourier transform; 逆高速フーリエ変換) 部 c_{11} 、GI (Guard Interval; ガードインターバル) 挿入部 c_{12} を含んで構成される。符号 c_2 を付した構成 c_2 は、GI 除去部 c_{21} 、FFT (Fast Fourier transform; 高速フーリエ変換) 部 c_{22} を含んで構成される。

IFFT 部 c_{11} は、入力された信号に対して逆高速フーリエ変換を行って、GI 挿入部 c_{12} に出力する。GI 挿入部 c_{12} は、IFFT 部 c_{11} から入力された信号にガードインターバルを挿入して、出力する。GI 除去部 c_{21} は、入力された信号からガードインターバルを除去して、FFT 部 c_{22} に出力する。FFT 部 c_{22} は、GI 除去部 c_{21} から入力された信号に対して、高速フーリエ変換を行って出力する。

[0217] 上記各実施形態において、ダウンリンクで OFDM 通信を行う場合、例えば、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ では、フレーム選択部 b_{14} 、 b_{24} 、 b_{44} 、 b_{54} と無線送信部 $b_{151} \sim b_{15N}$ 各々の間に、図 35 の構成 c_1 を設ける。また、この場合、端末装置 m_1 では、無線受信部 m_{111} とフレーム分離部 m_{121} との間に、端末装置 m_5 では無線受信部 $m_{111-1} \sim m_{111-I_k}$ 各々と受信フィルタ取得部 m_{512} 及び受信フィルタ乗算部 m_{513} との間に、図 35 の構成 c_2 を設ける。

また、上記各実施形態において、アップリンクで OFDM 通信を行う場合、例えば、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ では、無線受信部 $b_{161} \sim b_{16N}$ 各々と伝搬路情報取得部 b_{17} 又はフレーム分離部 b_{28} との間に、図 35 の構成 c_2 を設ける。また、この場合、端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 では、フレーム構成部 m_{132} と無線送信部 m_{141} 又は無線送信部 $m_{141-1} \sim m_{141-I_k}$ との間に、図 35 の構成 c_1 を設ける。

[0218] また、上記各実施形態において、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ 及び端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 は、例えば、OFDM 通信を行う場合には、共通参照シンボルの信号、固有参照シンボルの信号、及び送信モード情報の信号を、時分割で

はなく周波数分割して送信してもよいし、CDMA (Code Division Multiple Access; 符号分割多元接続) などで用いる直交符号やCAZAC (Constant Amplitude Zero Auto Correlation) 系列等の符号を用いて多重送信してもよいし、また、これらの組み合わせを用いて送信してもよい。

また、上記各実施形態において、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ 及び端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 は、線形フィルタを用いた処理に代えて、例えば、非特許参考文献2記載のMMSE (Minimum Mean-Square Error; 最小平均二乗誤差) 規範に基づいた処理を行ってMU-MIMO THPを用いた通信を行ってもよいし、非特許参考文献2記載のオーダリングを用いた処理を行ってもよい。

[0219] また、上記各実施形態において、端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 は、伝搬行列 H の各行の成分の値を量子化したものを、CSIとして基地局装置 $b_1 \sim b_5$ に送信してもよい。また、端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 及び基地局装置 $b_1 \sim b_5$ が量子化した値を示す量子化情報のパターン (Codebookという) を予め記憶し、端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 が、そのパターンを識別する識別情報をCSIとして基地局装置 $b_1 \sim b_5$ に送信してもよい。

図36は、Codebookの一例を示す概略図である。

[0220] また、上記実施形態において、干渉除去順とは、上述のように、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ が逐次的に干渉を減算していく端末装置 MT_k の順番であり、 MT_1 、 MT_2 、 MT_3 、 $\dots$ 、 MT_N の端末番号順である。ここで、各端末装置 MT_k 宛の無線信号は、少なくとも、より前の順番の端末装置 MT_l ($l \leq k-1$) 宛の無線信号が端末装置 MT_k 宛に及ぼす干渉を、端末装置 MT_k 宛の変調信号から減算することにより生成される。

[0221] また、上記各実施形態において、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ 及び端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 の一部の構成は、プロセッサ内で実行されてもよい。例えば、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ において多重信号生成部 $1b \sim 5b$ 及び無線送信部 $b_{151} \sim b_{15J}$ のみがプロセッサ内で実行されてもよいし、これらの構成

に他の一部の構成を加えたものであってもよい。また、例えば、端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 において適応軟推定部 1 m 及び送信モード取得部 $m_1 2 4$ 或いは送信モード検出部 $m_4 2 4$ のみがプロセッサ内で実行されてもよいし、これらの構成に他の一部の構成を加えたものであってもよい。

[0222] また、上記第 3 の実施形態において、基地局装置 b_3 は、端末番号 k を示す情報を端末装置 MT_k に通知してもよい。例えば、基地局装置 b_3 及び端末装置 MT_k が、予め閾値 K を記憶している場合、端末番号 k と閾値 K を比較することによって、送信モードを判定することができる。

また、上記第 3、4 の実施形態において、端末装置 m_1 、 m_4 に複数の送信アンテナを設けてもよい。この場合、基地局装置 b_3 、 b_4 は、基地局装置 b_5 と同様にして複数のストリームの信号を送信し、端末装置 m_1 、 m_4 は、端末装置 m_5 と同様にして複数のストリームの信号を受信する。

[0223] また、上記各実施形態において、基地局装置 $b_1 \sim b_5$ が備えるアンテナの本数と、端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 が備えるアンテナの本数の合計とが、データストリームの数と一致する場合について説明をした。しかし、本発明はこれに限らず、例えば、ある端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 が物理的に 2 本のアンテナで信号を受信するが、受信した信号を 1 つの信号に合成するように設計されている場合、論理的には（端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 や基地局装置 $b_1 \sim b_5$ の処理としては）アンテナが 1 本として扱ってもよい。

[0224] なお、上述した実施形態における端末装置 m_1 、 m_4 、 m_5 及び基地局装置 $b_1 \sim b_5$ の一部、例えば、符号部 $b_1 1 1 \sim b_1 1 N$ 、変調部 $b_1 2 1 \sim b_1 2 N$ 、多重信号生成部 1 b 、2 b 、3 b 、4 b 、5 b 、CRS 生成部 $b_1 3$ 、 $b_2 3$ 、フレーム選択部 $b_1 4$ 、 $b_2 4$ 、 $b_4 4$ 、 $b_5 4$ 、無線送信部 $b_1 5 1 \sim b_1 5 J$ 、無線受信部 $b_1 6 1 \sim b_1 6 J$ 、伝搬路情報取得部 $b_1 7$ 、線形フィルタ算出部 1 $1 1 b$ 、2 $1 1 b$ 、5 $1 1 b$ 、干渉算出部 1 $1 2 b$ 、2 $1 2 b$ 、干渉減算部 1 $1 3 b$ 、1 $1 3 b - 2 \sim 1 1 3 b - N$ 、Modulo 演算切替決定部 1 $1 4 b$ 、2 $1 4 b$ 、5 $1 4 b$ 、適応 Modulo 部 1 $2 b$ 、1 $2 b - 2 \sim 1 2 b - N$ 、フレーム構成部 1 $3 b$ 、2 $3 b$ 、

4 3 b、5 3 b、線形フィルタ乗算部 1 4 1 b、2 4 1 b、5 4 1 b、Modulo 演算切替部 1 2 1 b、1 2 1 b-k、Modulo 演算部 1 2 2 b、1 2 2 b-k、送信モード情報挿入部 1 3 1 b、2 3 1 b、DRS 生成部 1 3 2 b、2 3 2 b、DRS 挿入部 1 3 3 b、2 3 3 b、無線受信部 m 1 1 1、m 1 1 1-1 ~ m 1 1 1-I_k、フレーム分離部 m 1 2 1、m 4 2 1、伝搬路推定部 m 1 2 2、伝搬路補償部 m 1 2 3、送信モード取得部 m 1 2 4、適応復調部 1 m、復号部 m 1 2 4、伝搬路状態情報生成部 m 1 3 1、フレーム構成部 m 1 3 2、無線送信部 m 1 4 1、m 1 4 1-1 ~ m 1 4 1-I_k、Modulo 演算切替部 1 1 1 m、Modulo 演算部 1 1 2 m、復調部 1 1 3 m、フレーム分離部 b 2 8、伝搬路情報取得部 b 2 7、送信モード検出部 m 4 2 4、受信フィルタ情報挿入部 5 3 4 b、受信フィルタ取得部 m 5 1 2、受信フィルタ乗算部 m 5 1 3、フレーム分離部 m 5 2 1、DRS 用伝搬路推定部 m 5 2 2 1、及び CRS 用伝搬路推定部 m 5 2 2 2 をコンピュータで実現するようにしても良い。その場合、この制御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、実行することによって実現しても良い。なお、ここでいう「コンピュータシステム」とは、端末装置 m 1、m 4、m 5 又は基地局装置 b 1 ~ b 5 置に内蔵されたコンピュータシステムであって、OS 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、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、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んでも良い。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。

また、上述した実施形態における端末装置m1、m4、m5及び基地局装置b1～b5の一部、または全部を、LSI (Large Scale Integration) 等の集積回路として実現しても良い。端末装置m1、m4、m5及び基地局装置b1～b5の各機能ブロックは個別にプロセッサ化してもよいし、一部、または全部を集積してプロセッサ化しても良い。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ても良い。

[0225] 以上、図面を参照してこの発明の一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲内において様々な設計変更等を行うことが可能である。

産業上の利用可能性

[0226] 本発明は、送信装置、受信装置、無線通信システムに用いて好適であり、伝搬特性を向上させることができる。

符号の説明

[0227] B、b1～b5・・・基地局装置、MT1～MTN、m1、m4、m5・・・端末装置、b111～b11N・・・符号部、b121～b12N・・・変調部、1b、2b、3b、4b、5b・・・多重信号生成部、b13、b23・・・CRS生成部、b14、b24、b44、b54・・・フレーム選択部b151～b15J・・・無線送信部、b101～b10J・・・アンテナ、b161～b16J・・・無線受信部、b17・・・伝搬路情報取得部、111b、211b、511b・・・線形フィルタ算出部（係数算出部）、112b、212b・・・干渉算出部、113b、113b-2～113b-N・・・干渉減算部、114b、214b、514b・・・Modulo演算切替決定部（剰余切替決定部）、12b、12b-2～12b-N・・・適応Modulo部（適応剰余部）、13b、23b、43b、

53b・・・フレーム構成部、141b、241b、541b・・・線形フィルタ乗算部（係数乗算部）、121b、121b-k・・・Modulo演算切替部、122b、122b-k・・・Modulo演算部（剰余演算部）、131b、231b・・・送信モード情報挿入部、132b、232b・・・DRS生成部、133b、233b・・・DRS挿入部（固有参照信号挿入部）、m101・・・アンテナ、m111、m111-1~m111- I_k ・・・無線受信部、m121、m421・・・フレーム分離部、m122・・・伝搬路推定部、m123・・・伝搬路補償部、m124・・・送信モード取得部、1m・・・適応復調部、m124・・・復号部、m131・・・伝搬路状態情報生成部、m132・・・フレーム構成部、m141、m141-1~m141- I_k ・・・無線送信部、111m・・・Modulo演算切替部、112m・・・Modulo演算部、113m・・・復調部、b28・・・フレーム分離部、b27・・・伝搬路情報取得部、b49・・・端末数情報記憶部、m425・・・端末数情報記憶部、m424・・・送信モード検出部、534b・・・受信フィルタ情報挿入部、m512・・・受信フィルタ取得部、m513・・・受信フィルタ乗算部、m521・・・フレーム分離部、m5221・・・DRS用伝搬路推定部、m5222・・・CRS用伝搬路推定部

請求の範囲

- [請求項1] 複数の送信アンテナを備え、複数の受信装置宛の信号を、空間多重して送信する送信装置において、
- 信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号と、を多重する多重信号生成部を備えることを特徴とする送信装置。
- [請求項2] 前記多重信号生成部は、前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、前記受信装置が第1の受信装置であるか又は第2の受信装置であるかを決定することを特徴とする請求項1に記載の送信装置。
- [請求項3] 前記多重信号生成部は、複数の第1の前記受信装置宛の信号と、複数の第2の前記受信装置宛の信号と、を多重することを特徴とする請求項1又は2に記載の送信装置。
- [請求項4] 前記電力抑圧処理は、剰余演算であることを特徴とする請求項1乃至3に記載の送信装置。
- [請求項5] 前記多重信号生成部は、
- 前記受信装置が第1の受信装置であるか又は第2の受信装置であるかを決定し、前記第1の受信装置と第2の受信装置とを識別する送信モード情報を生成して出力する剰余切換決定部と、
- 前記剰余切換決定部から入力された送信モード情報に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号と前記第2の受信装置宛の信号を生成する適応剰余部と、
- を備えることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の送信装置。
- [請求項6] 前記剰余切換決定部は、他の受信装置宛の信号による干渉電力が閾値より大きい場合に前記受信装置を第1の受信装置であると決定し、他の受信装置宛の信号による干渉電力が閾値より小さい場合に前記受信装置を第2の受信装置であると決定することを特徴とする請求項5

に記載の送信装置。

[請求項7]

前記多重信号生成部は、

前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、前記受信装置各々に関する干渉係数を算出する係数算出部と、

前記係数算出部が算出した干渉係数と、他の受信装置宛の信号と、に基づいて前記受信装置宛の信号に対する干渉であって他の受信装置宛の信号による干渉信号を算出する干渉算出部と、

前記受信装置宛の信号から、干渉算出部が算出した他の受信装置宛の信号による干渉信号を減算する干渉減算部と、

を備え、

前記適応剰余部は、前記剰余切換決定部から入力されたそれぞれの送信モード情報に基づいて、前記干渉減算部がそれぞれの干渉信号を減算した信号から、前記第1の受信装置宛の信号と前記第2の受信装置宛の信号をそれぞれ生成することを特徴とする請求項5に記載の送信装置。

[請求項8]

前記剰余切換決定部が生成した送信モード情報であって第1の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする請求項5乃至7に記載の送信装置。

[請求項9]

前記剰余切換決定部が生成した送信モード情報であって第2の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする請求項5乃至7に記載の送信装置。

[請求項10]

前記多重信号生成部は、

前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、線形フィルタ、及び前記受信装置各々に関する干渉係数を算出する係数算出部と、

前記係数算出部が算出した干渉係数と、他の受信装置宛の信号と、

に基づいて前記受信装置宛の信号に対する干渉であって他の受信装置宛の信号による干渉信号を算出する干渉算出部と、

前記受信装置宛の信号から、干渉算出部が算出した他の受信装置宛の信号による干渉信号を減算する干渉減算部と、

前記剰余切換決定部から入力された送信モード情報に基づいて、前記干渉減算部が減算した減算した信号から、前記第 1 の受信装置宛の信号と前記第 2 の受信装置宛の信号を生成する適応剰余部と、

前記フレーム構成部が挿入した送信モード情報の信号と、前記適応剰余部が生成した前記第 1 の受信装置宛の信号と前記第 2 の受信装置宛の信号と、に対して、前記係数算出部が算出した線形フィルタを乗算する係数乗算部と、

を備えることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の送信装置。

[請求項 11]

前記多重信号生成部は、

前記受信装置各々の固有参照信号を、当該受信装置宛の信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする請求項 4 乃至 10 のいずれかに記載の送信装置。

[請求項 12]

前記多重信号生成部は、

前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、前記受信装置各々に関する干渉係数を算出する係数算出部と、

前記フィルタ算出部が算出した干渉係数と、他の受信装置宛の信号と、に基づいて前記受信装置宛の信号に対する干渉であって他の受信装置宛の信号による干渉信号を算出する干渉算出部と、

予め定めた受信装置の順序に従って、当該受信装置宛の信号から干渉算出部が算出した他の受信装置宛の信号による干渉信号を減算する干渉減算部と、

前記受信装置の順序が閾値より大きい第 1 の受信装置宛の信号に剰余演算を行う剰余演算部と、

前記受信装置の順序が閾値より小さい第 2 の受信装置宛の信号であ

って前記干渉減算部が前記干渉信号を減算した信号と、前記剰余演算部が剰余演算を行った信号と、を多重する多重信号生成部を備えることを特徴とする請求項 4 に記載の送信装置。

[請求項13] 前記受信装置の順序が閾値より大きい第 1 の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする請求項 1 2 に記載の送信装置。

[請求項14] 前記受信装置の順序が閾値より小さい第 2 の受信装置であることを示す送信モード情報の信号を、前記信号に挿入するフレーム構成部を備えることを特徴とする請求項 1 3 に記載の送信装置。

[請求項15] 前記係数算出部は、前記複数の受信装置各々との伝搬路状態情報に基づいて、線形フィルタ、及び前記受信装置各々に関する干渉係数を算出し、

前記多重信号生成部は、

前記フレーム構成部が挿入した送信モード情報の信号と、前記適応剰余部が生成した前記第 1 の受信装置宛の信号と前記第 2 の受信装置宛の信号と、に対して、前記係数算出部が算出した線形フィルタを乗算する係数乗算部と、

を備えることを特徴とする請求項 1 3 又は 1 4 に記載の送信装置。

[請求項16] 空間多重された複数の受信装置宛の信号を受信する受信装置において、

信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第 1 の前記受信装置宛の信号であるか又は前記電力抑圧処理を行わない第 2 の前記受信装置宛の信号であるかを判定する送信モード判定部と、

前記送信モード判定部での判定結果に基づいて、前記信号を復調する適応復調部と、

を備えることを特徴とする受信装置。

[請求項17] 前記電力抑圧処理は、剰余演算であることを特徴とする請求項 1 6 に記載の受信装置。

- [請求項18] 前記送信モード判定部は、前記信号に含まれる情報であって前記第1の受信装置と第2の受信装置とを識別する送信モード情報を取得し、取得した送信モード情報に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であるか又は前記第2の受信装置宛の信号であるかを判定することを特徴とする請求項16又は17に記載の受信装置。
- [請求項19] 前記適応復調部は、前記送信モード判定部が、前記送信モード情報に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であると判定した場合に前記信号に剰余演算を行って復調し、前記送信モード判定部が前記第2の受信装置宛の信号であると判定した場合に前記信号に剰余演算を行わないで復調することを特徴とする請求項18に記載の受信装置。
- [請求項20] 前記信号から受信装置各々の固有参照信号を抽出するフレーム分離部と、
前記フレーム分離部が抽出した固有参照信号に基づいて、伝搬路状態を推定する伝搬路推定部と、
前記伝搬路推定部が推定した伝搬路状態を示す伝搬路状態情報に基づいて、前記信号に対して伝搬路補償する伝搬路補償部と、
を備えることを特徴とする請求項16又は17に記載の受信装置。
- [請求項21] 前記送信モード判定部は、前記信号に含まれる受信装置各々の固有参照信号に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であるか又は前記第2の受信装置宛の信号であるかを判定することを特徴とする請求項20に記載の受信装置。
- [請求項22] 前記送信モード判定部は、前記固有参照信号が配置された位置が示す前記受信装置の順序であって、前記信号から干渉信号が減算された順序に基づいて、前記第1の受信装置宛の信号であるか又は前記第2の受信装置宛の信号であるかを判定することを特徴とする請求項21に記載の受信装置。
- [請求項23] 前記送信モード判定部は、前記受信装置の順序が閾値以後の順序である場合に前記受信装置を第1の受信装置であると判定し、前記受信

装置の順序が閾値より前の順序である場合に前記受信装置を第２の受信装置であると判定することを特徴とする請求項２２に記載の受信装置。

[請求項24] 前記適応復調部は、前記送信モード判定部が前記第１の受信装置宛の信号であると判定した場合に前記信号に剰余演算を行って復調し、前記送信モード判定部が前記第２の受信装置宛の信号であると判定した場合に前記信号に剰余演算を行わないで復調することを特徴とする請求項２１乃至２３のいずれかに記載の受信装置。

[請求項25] 前記固有参照信号は前記受信装置の順序で時間順に配置され、
前記送信モード判定部は、前記固有参照信号のうち前記受信装置の順序と対応付けされた順番の最後に受信した固有参照信号を選択し、
前記送信モード判定部が選択した固有参照信号に基づいて、伝搬路状態を推定する伝搬路推定部と、
前記伝搬路推定部が推定した伝搬路状態を示す伝搬路状態情報に基づいて、前記信号に対して伝搬路補償する伝搬路補償部と、
を備えることを特徴とする請求項２１に記載の受信装置。

[請求項26] 複数の受信装置宛の信号を空間多重して送信する送信装置と、前記送信装置が送信した信号を受信する受信装置とを具備する無線通信システムにおいて、
前記送信装置は、
信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第１の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第２の前記受信装置宛の信号と、を多重する多重信号生成部を備え、
前記受信装置は、
前記第１の受信装置宛の信号であるか又は前記第２の受信装置宛の信号であるかを判定する送信モード判定部と、
前記送信モード判定部での判定結果に基づいて、前記信号を復調する適応復調部と、

を備えることを特徴とする無線通信システム。

[請求項27] 複数の受信装置宛の信号を、空間多重して送信する送信装置における送信制御方法において、

多重信号生成部が、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号と、を多重する過程を有することを特徴とする送信制御方法。

[請求項28] 空間多重された複数の受信装置宛の信号を受信する受信装置における受信制御方法において、

送信モード判定部が、信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号であるか又は前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号であるかを判定する第1の過程と、

適応復調部が、前記第1の過程での判定結果に基づいて、前記信号を復調する第2の過程と、

を有することを特徴とする受信制御方法。

[請求項29] 複数の受信装置宛の信号を、空間多重して送信する送信装置に用いられるプロセッサにおいて、

信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号と、前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号と、を多重する多重信号生成部を備えることを特徴とするプロセッサ。

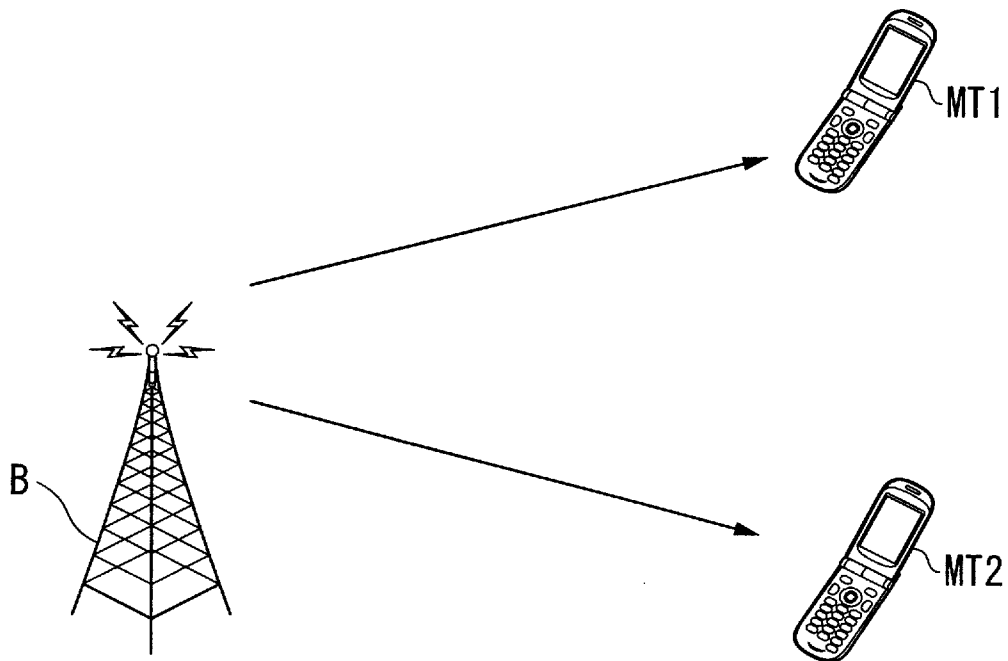
[請求項30] 空間多重された複数の受信装置宛の信号を受信する受信装置に用いられるプロセッサにおいて、

信号の電力を抑圧する電力抑圧処理を行った第1の前記受信装置宛の信号であるか又は前記電力抑圧処理を行わない第2の前記受信装置宛の信号であるかを判定する送信モード判定部と、

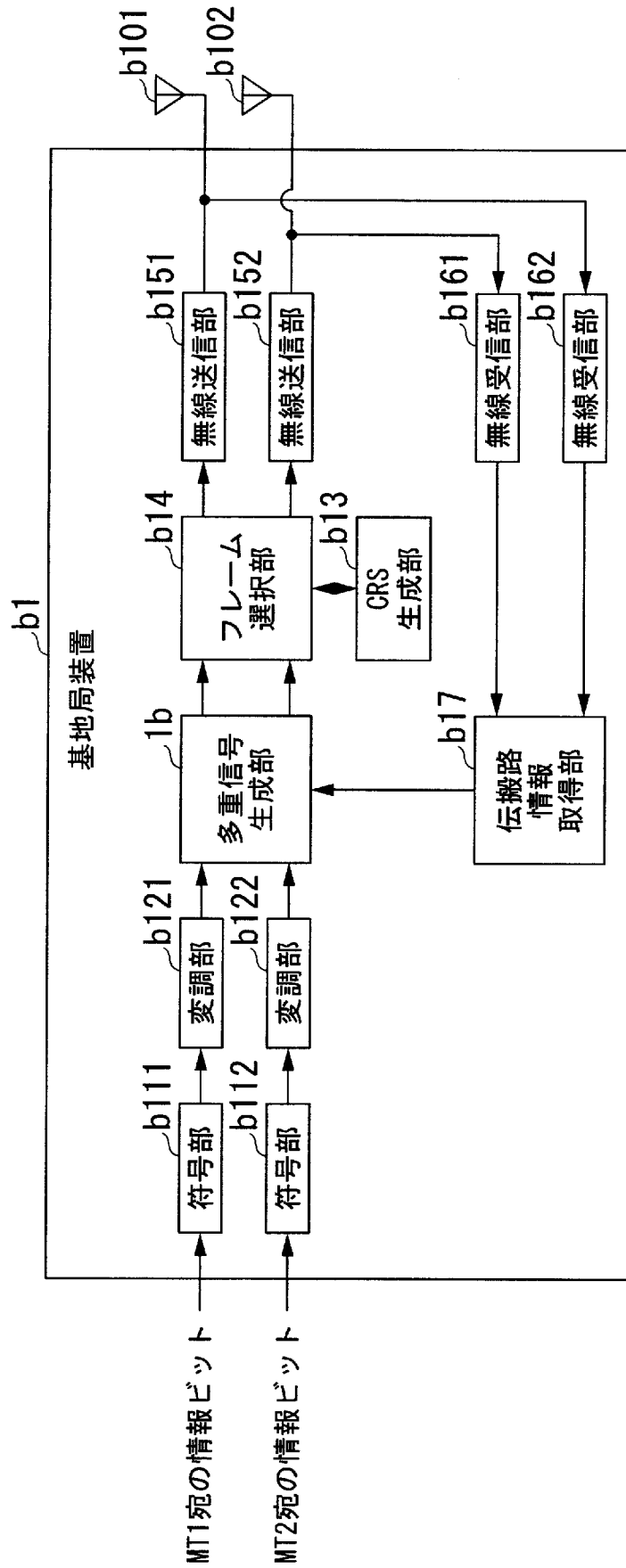
前記送信モード判定部での判定結果に基づいて、前記信号を復調する適応復調部と、

を備えることを特徴とするプロセッサ。

[図1]



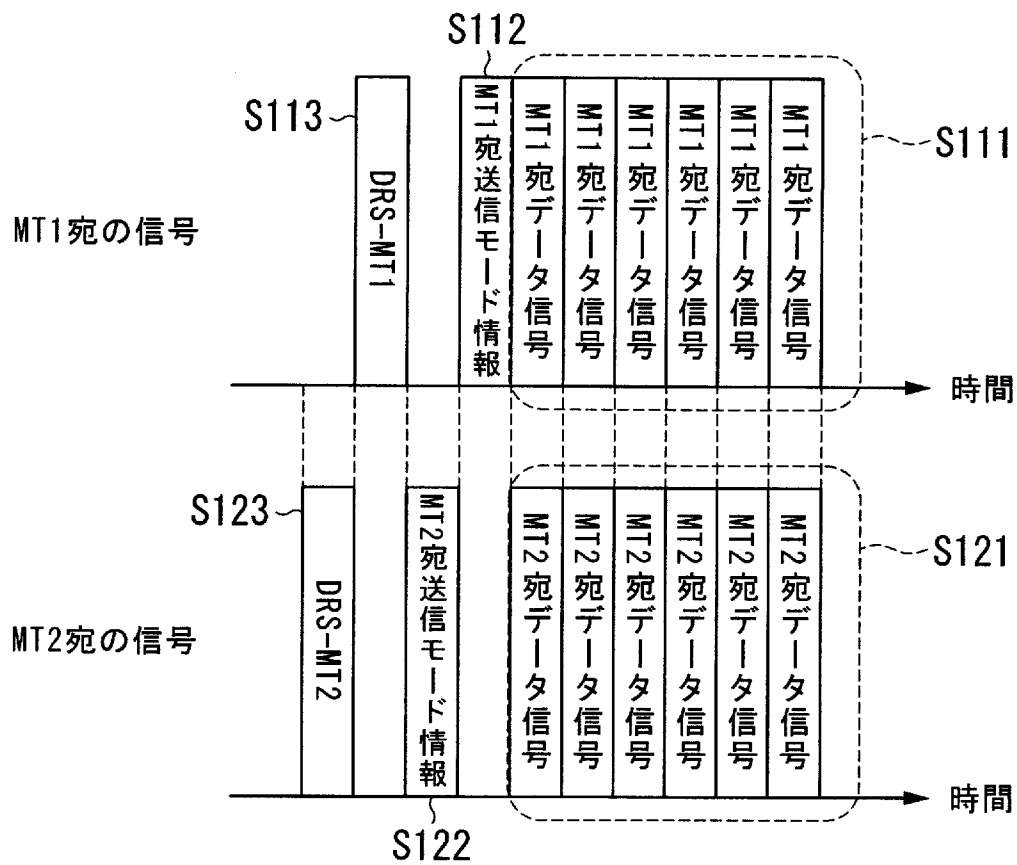
[図2]



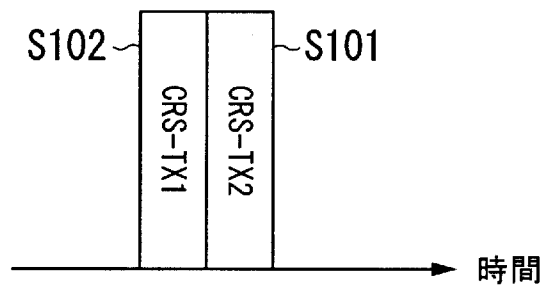
The diagram illustrates a transmission system (1b) with the following components and signal flow:

- Input Signals:** 変調部b121 (Modulation Unit b121) and 変調部b122 (Modulation Unit b122).
- Processing Blocks:**
 - 適応Modulo部 (Adaptive Modulo Unit):** Contains a Modulo演算切替部 (Modulo Calculation Switching Unit) and a Modulo演算部 (Modulo Calculation Unit).
 - 干渉演算部 (Interference Calculation Unit):** Receives signals from the Adaptive Modulo Unit and the Modulo Calculation Unit.
 - 干渉算出部 (Interference Calculation Unit):** Receives signals from the Interference Calculation Unit and the Modulo Calculation Unit.
 - 干渉減算部 (Interference Subtraction Unit):** Receives signals from the Interference Calculation Unit and the Modulo Calculation Unit.
 - 送信モード情報挿入部 (Transmission Mode Information Insertion Unit):** Receives signals from the Interference Calculation Unit and the Modulo Calculation Unit.
 - DRS挿入部 (DRS Insertion Unit):** Receives signals from the Interference Calculation Unit and the Modulo Calculation Unit.
 - DRS生成部 (DRS Generation Unit):** Receives signals from the Interference Calculation Unit and the Modulo Calculation Unit.
 - 線形フィルタ乗算部 (Linear Filter Multiplication Unit):** Receives signals from the Interference Calculation Unit and the Modulo Calculation Unit.
- Output Signals:** フレームb14 (Frame b14) and フレームb14 (Frame b14).

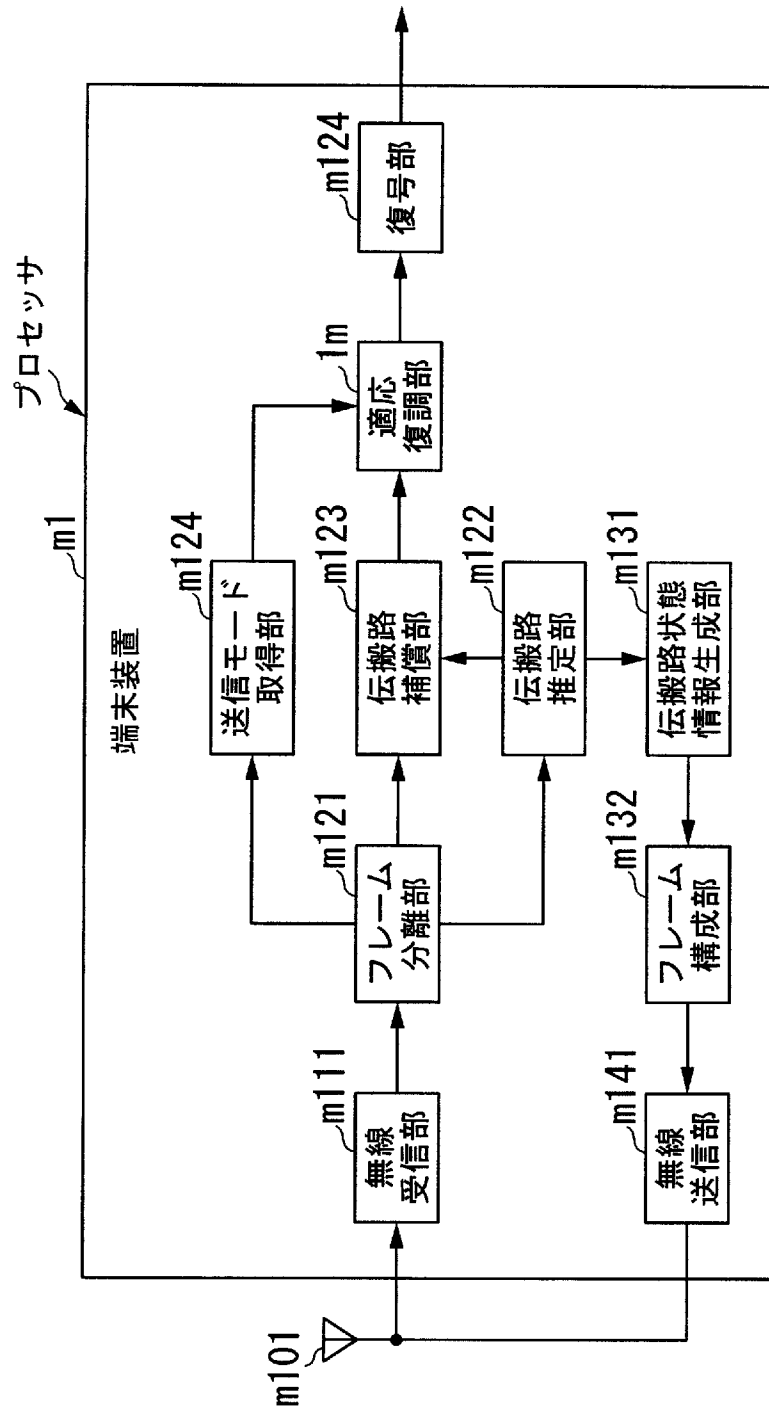
[図4]



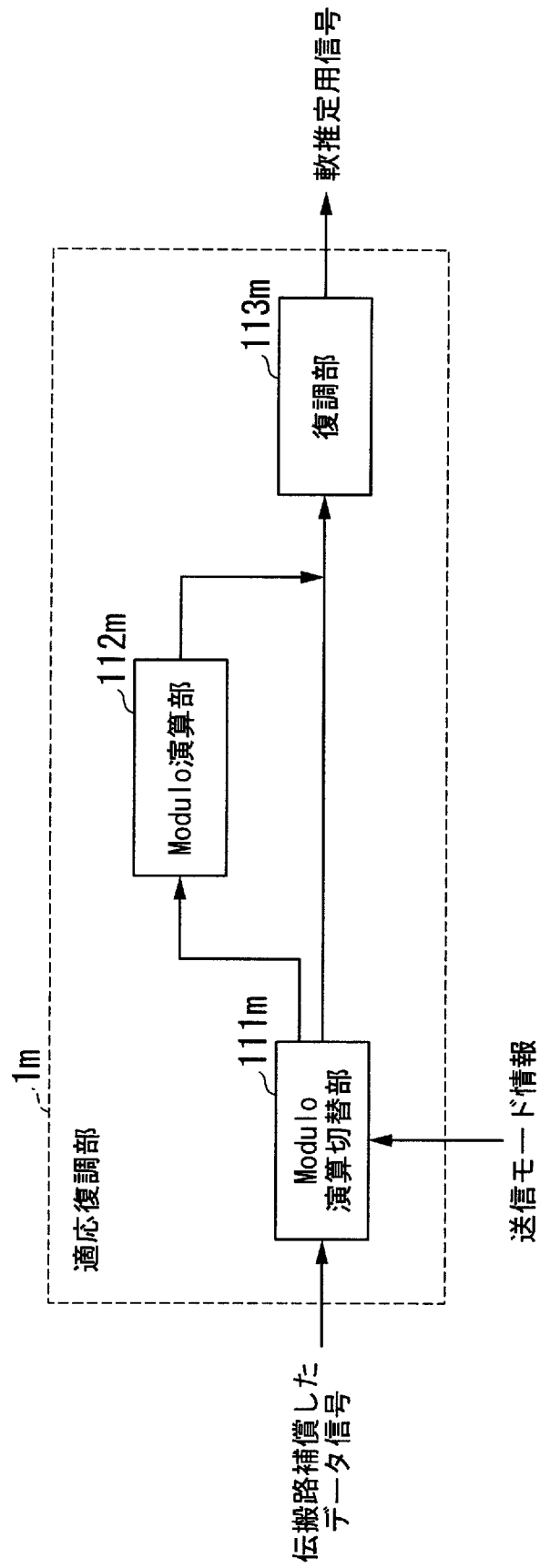
[図5]



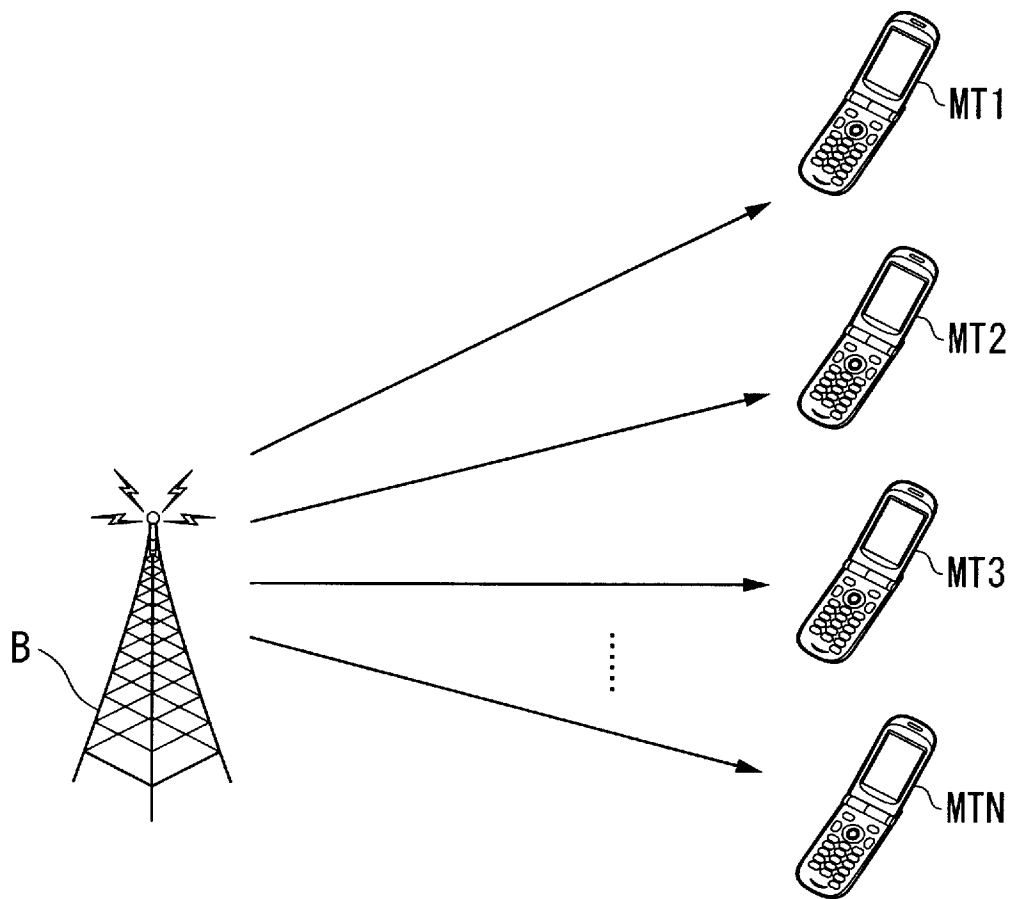
[図6]



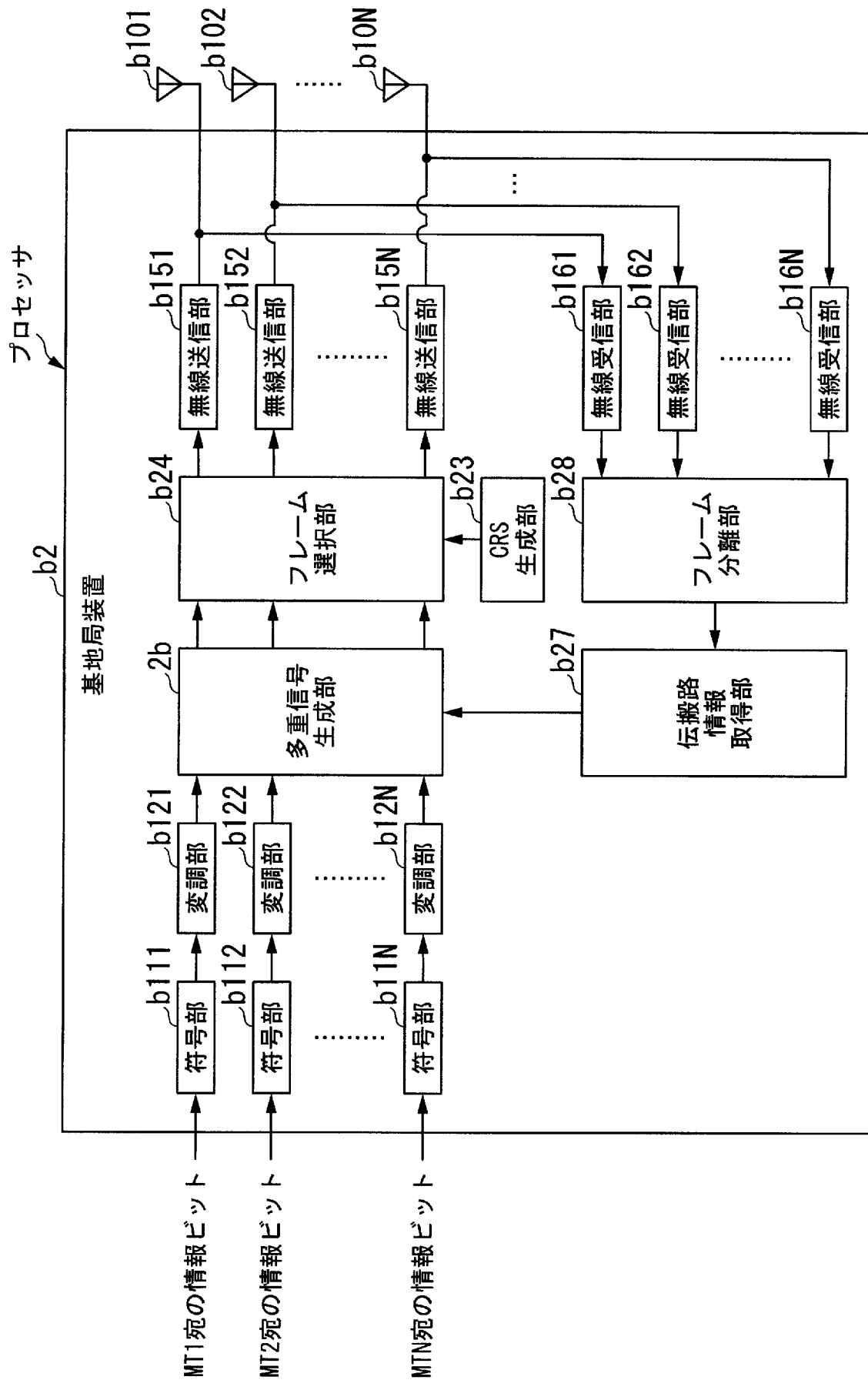
[図7]



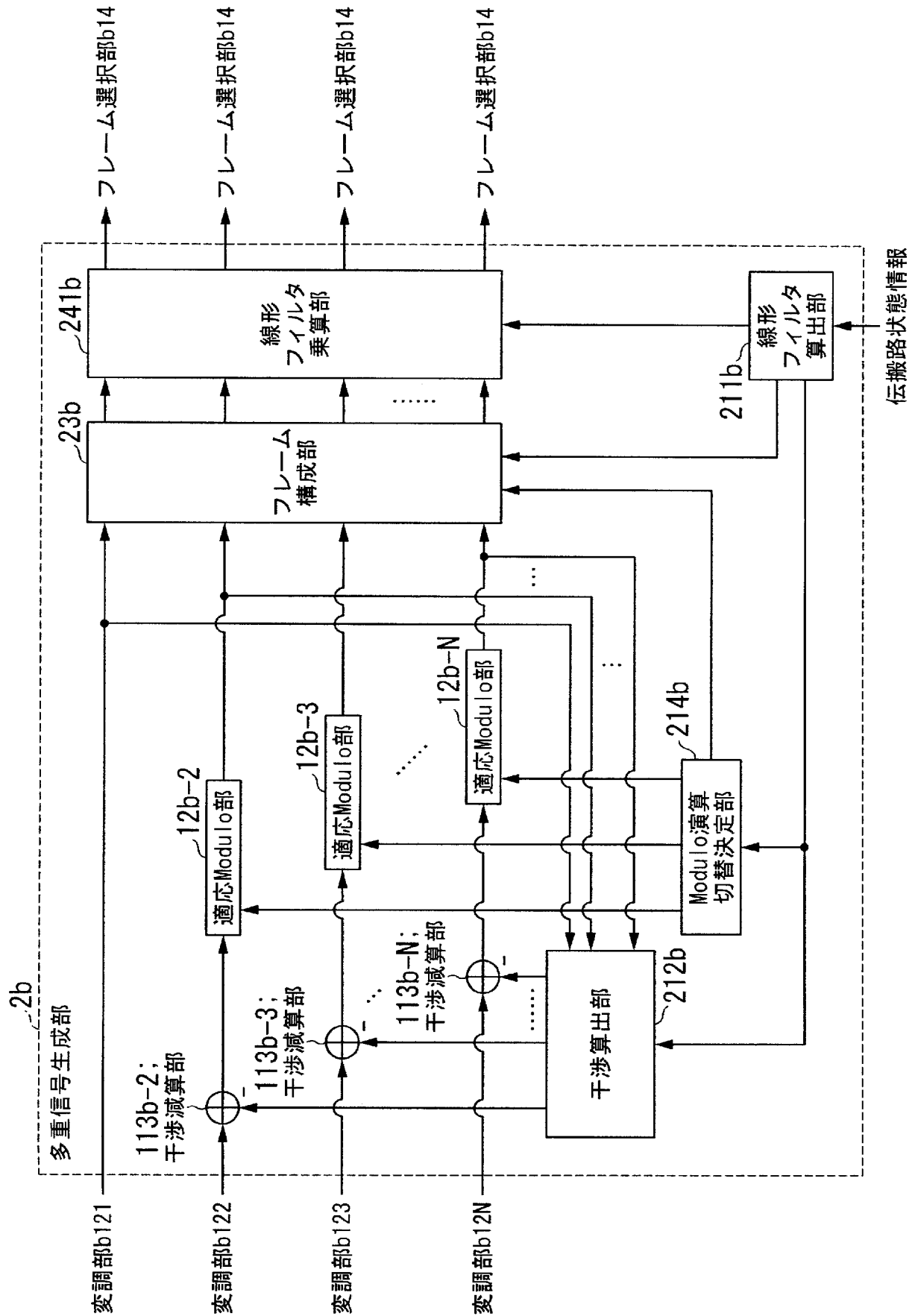
[図8]



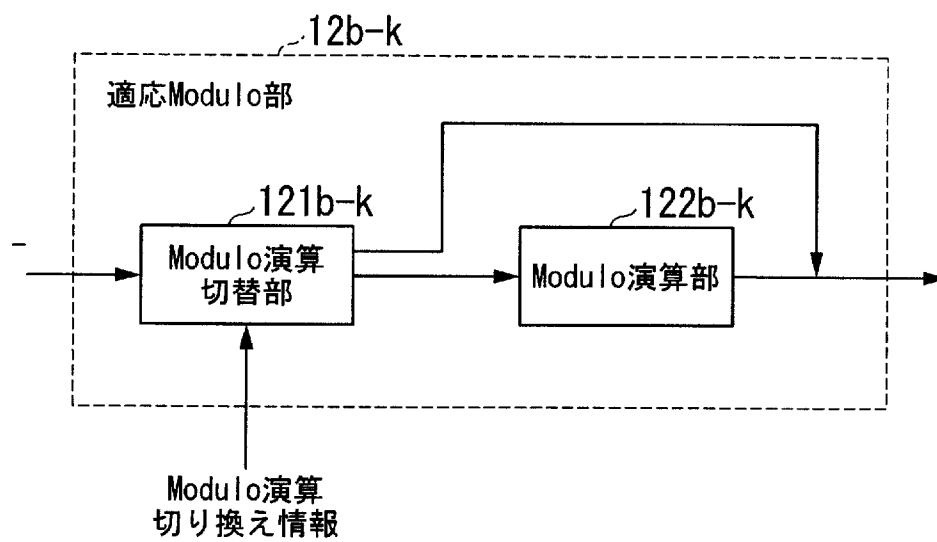
[図9]



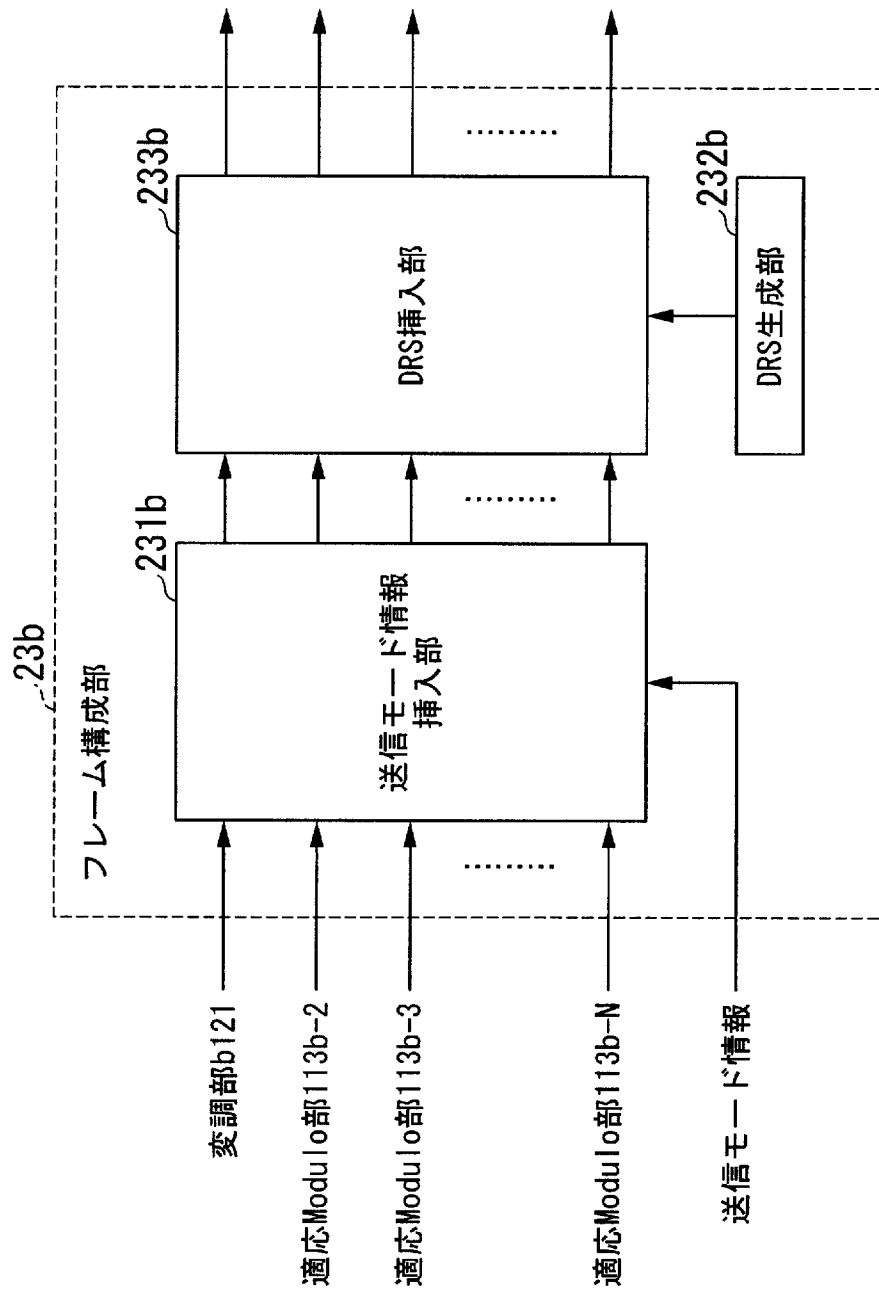
[図10]



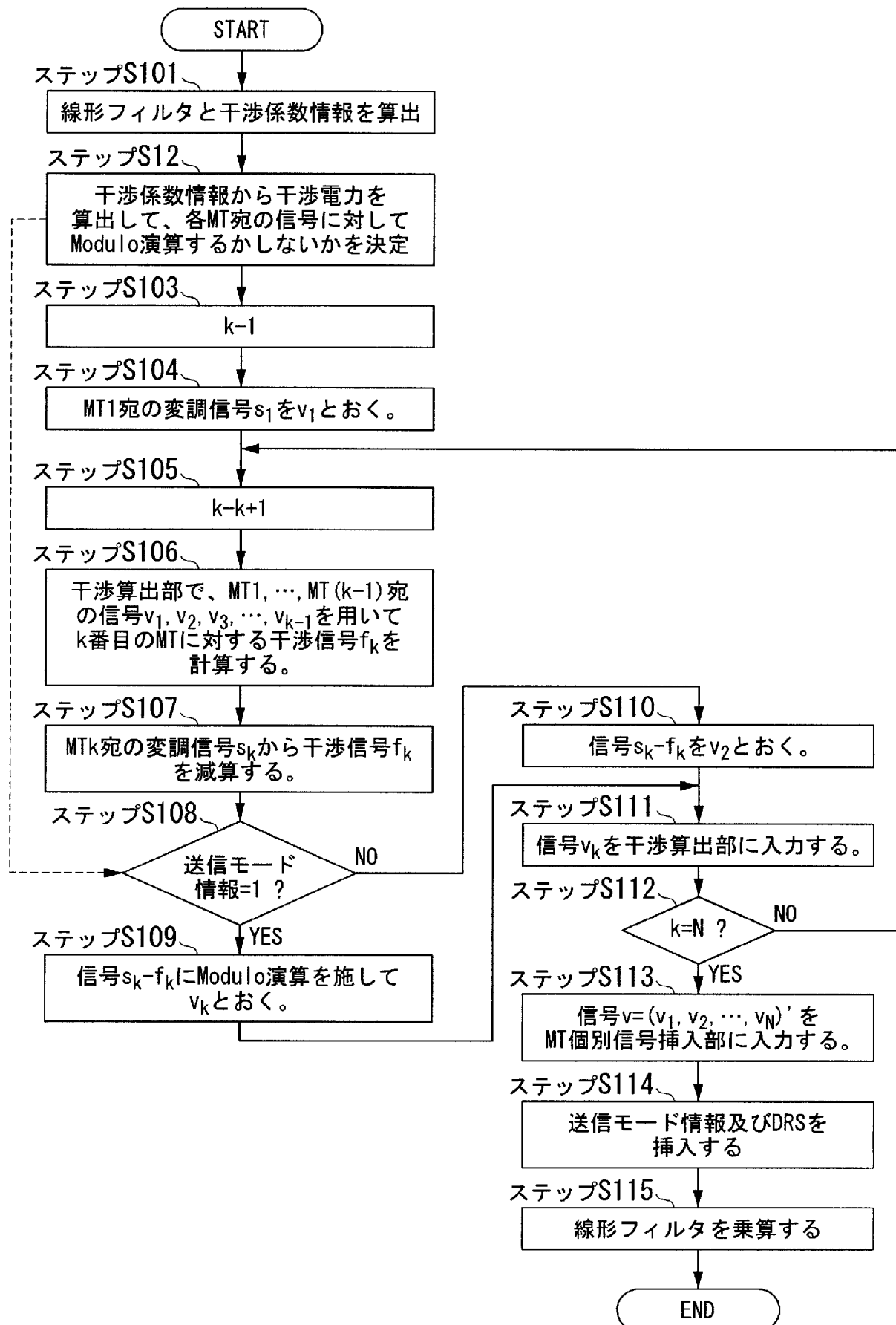
[図11]



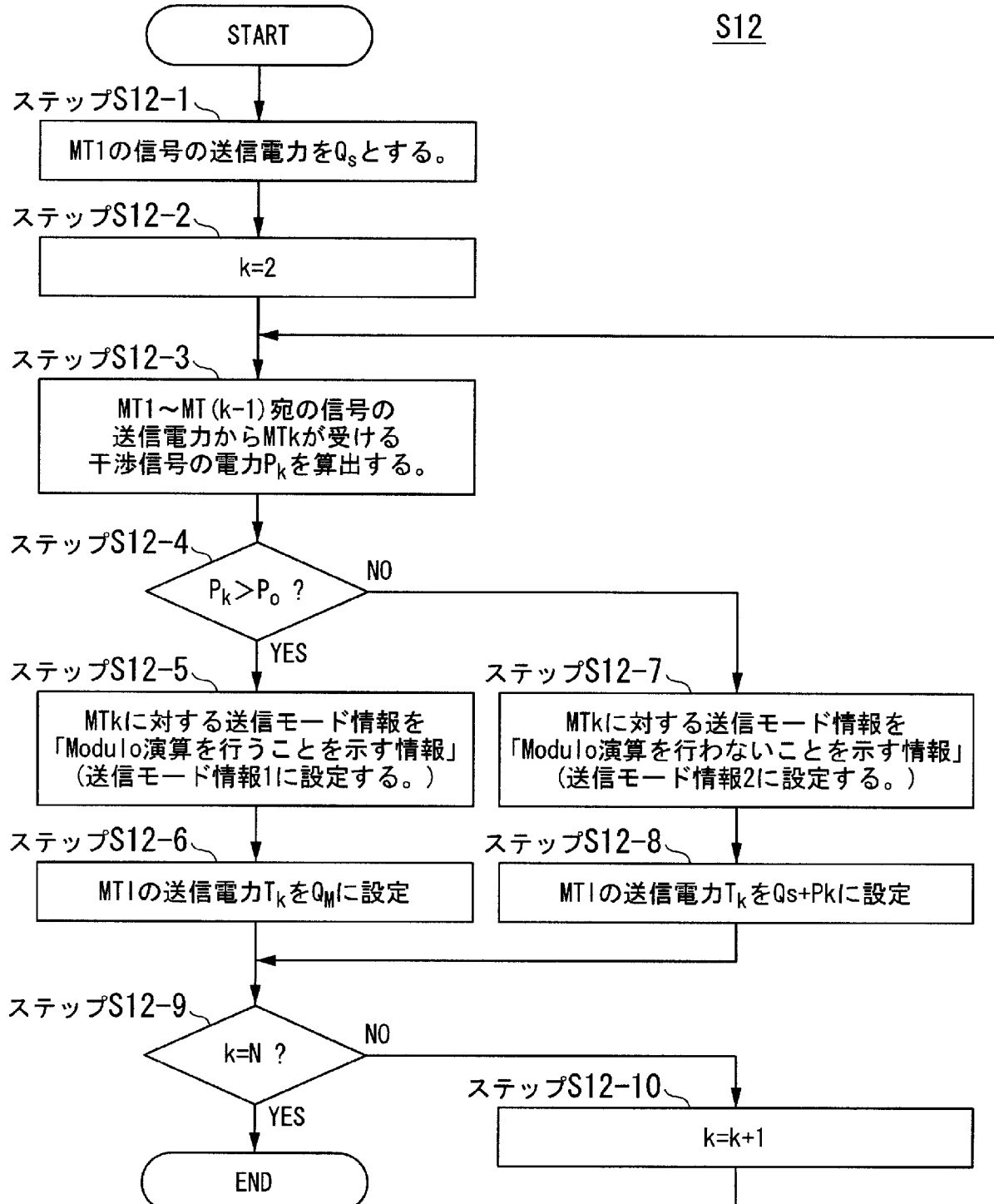
[図12]



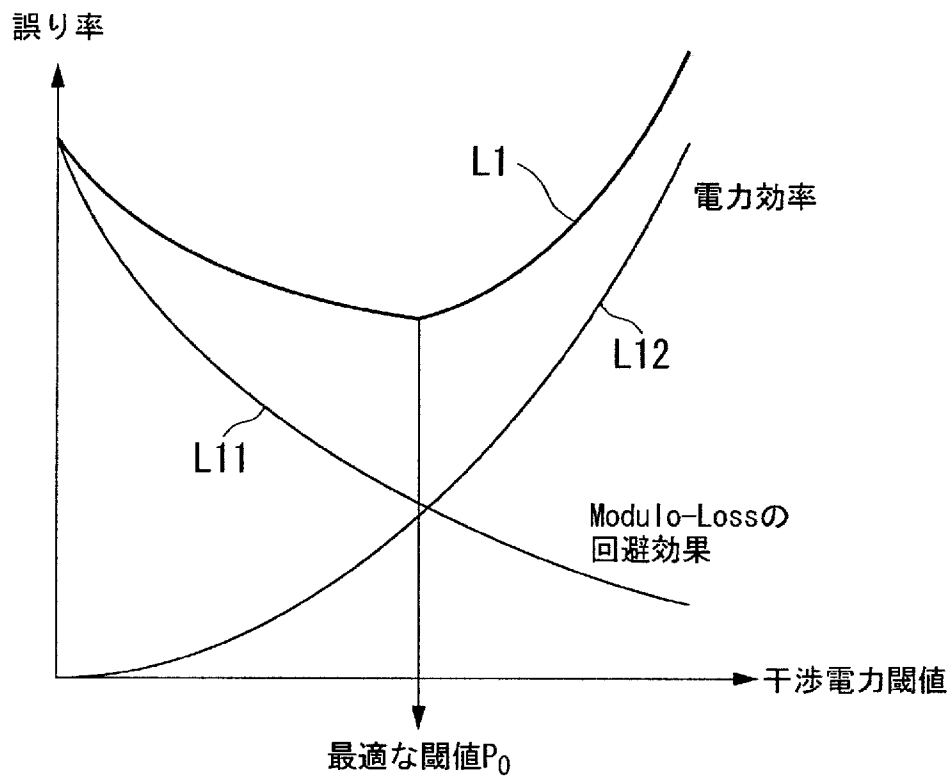
[図13]



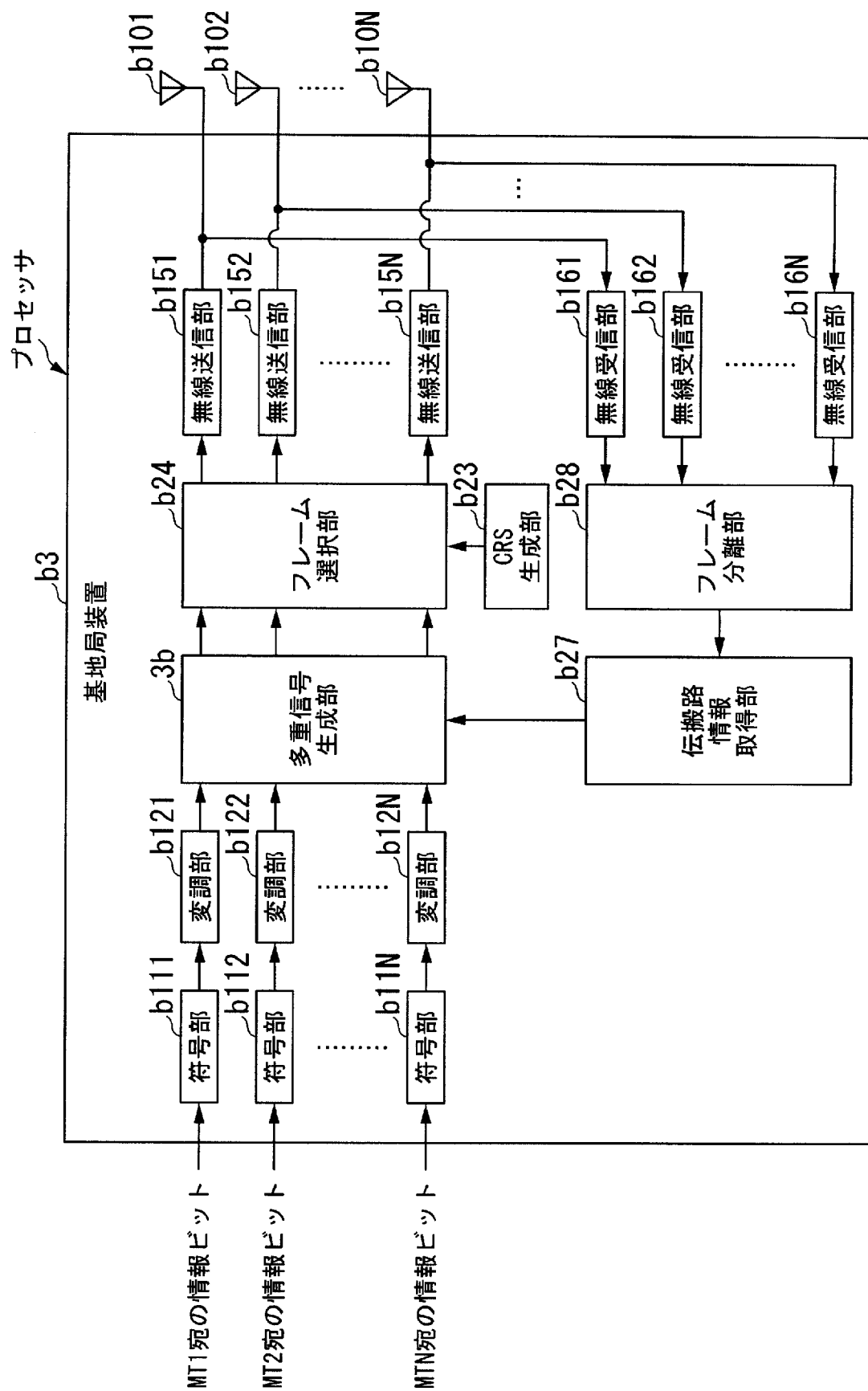
[図14]



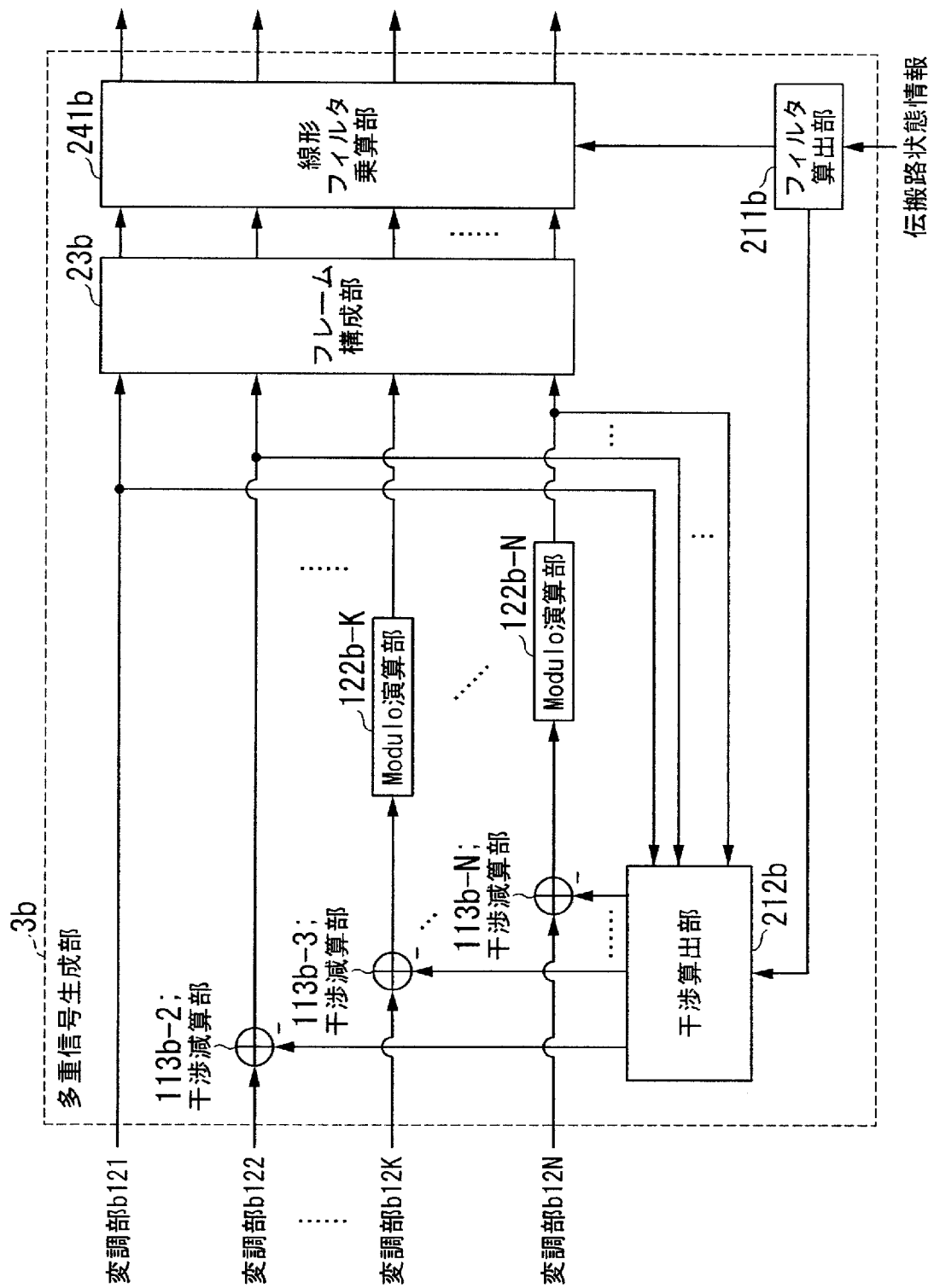
[図15]



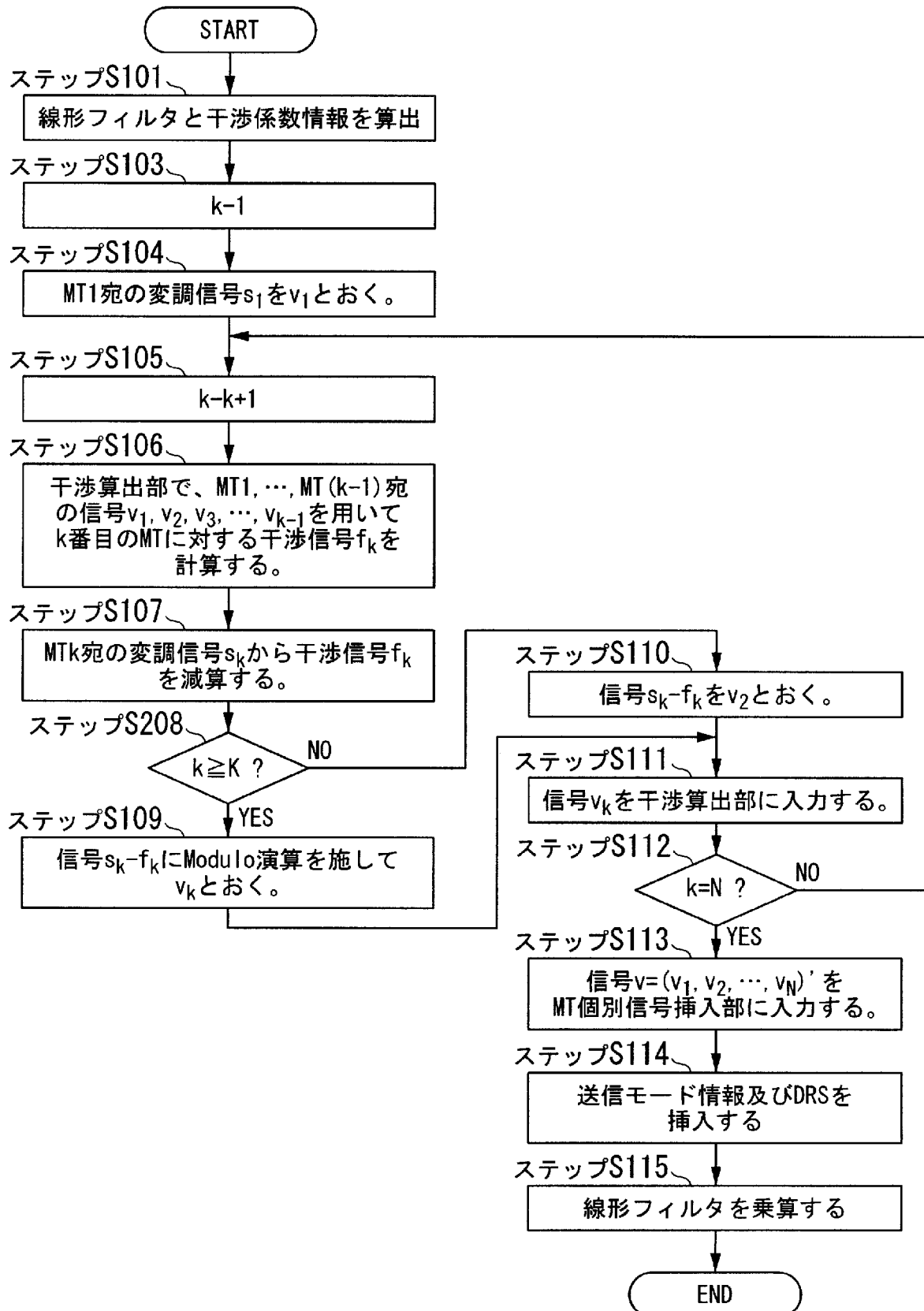
[図16]



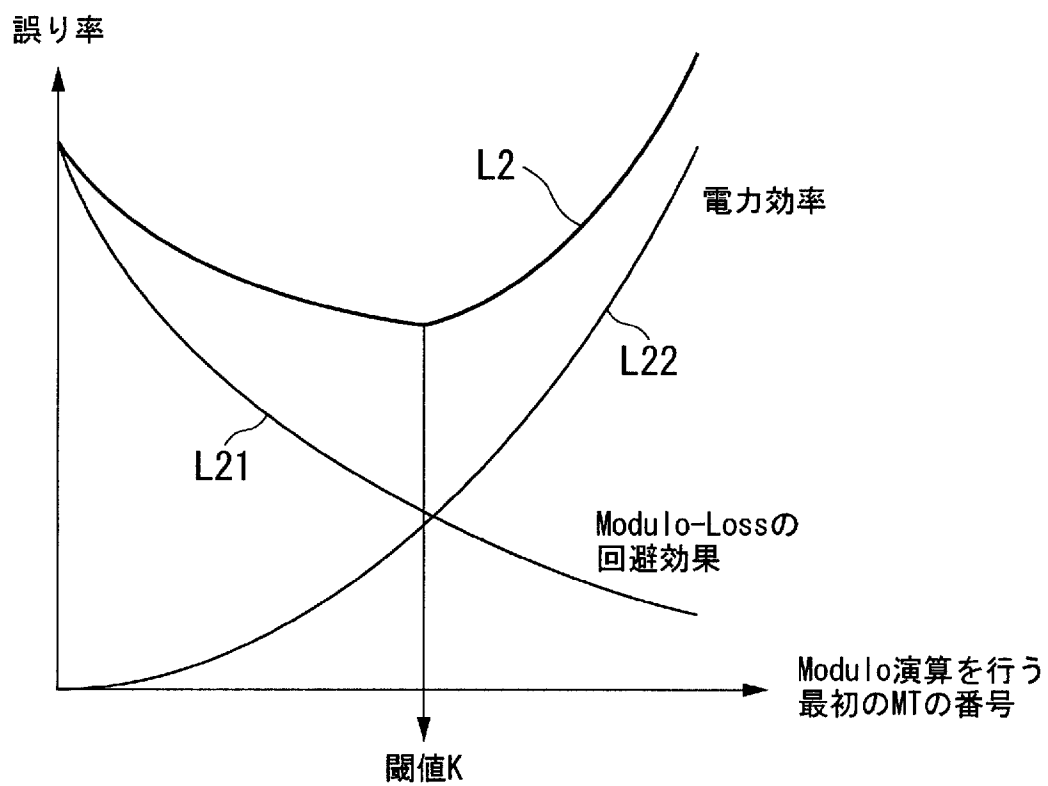
[図17]



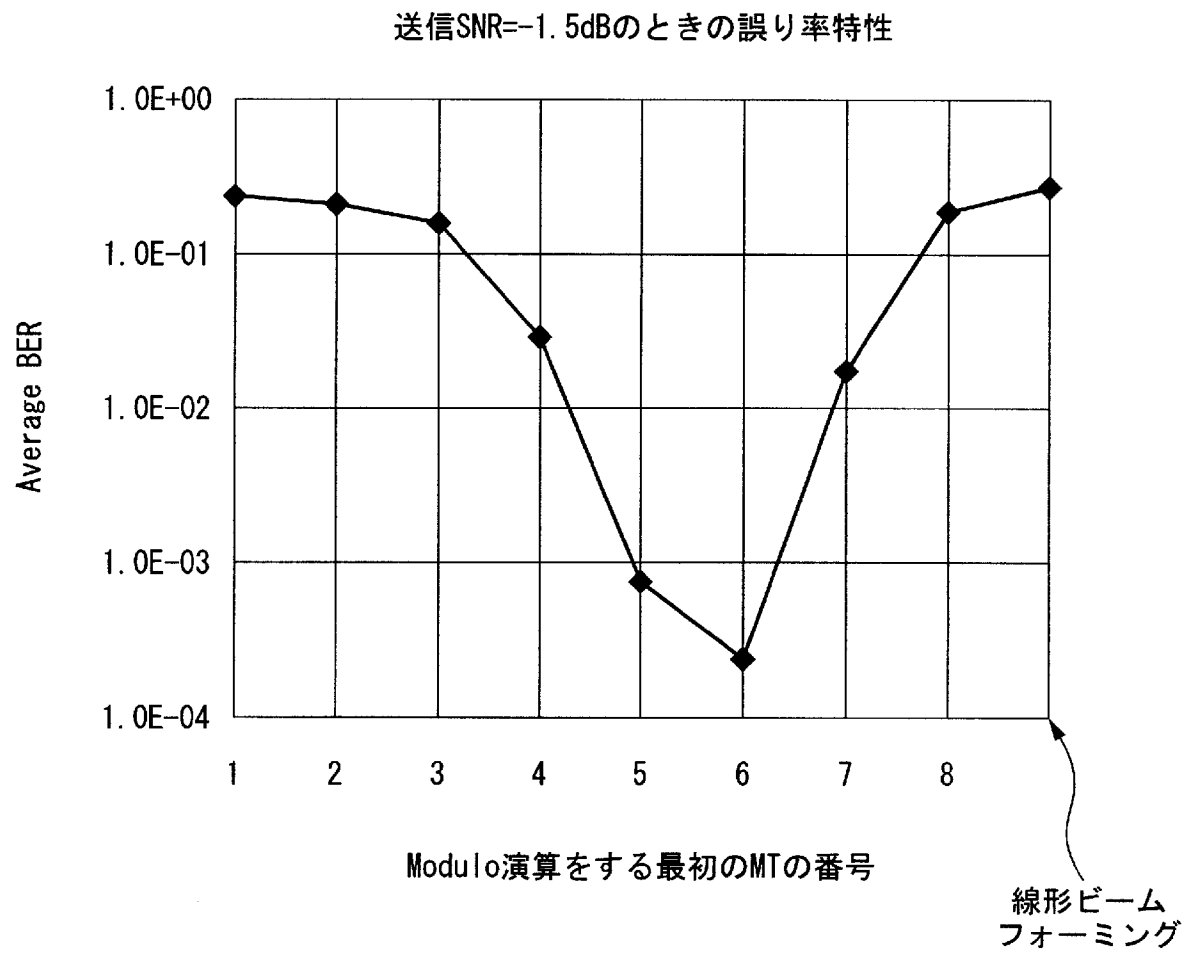
[図18]



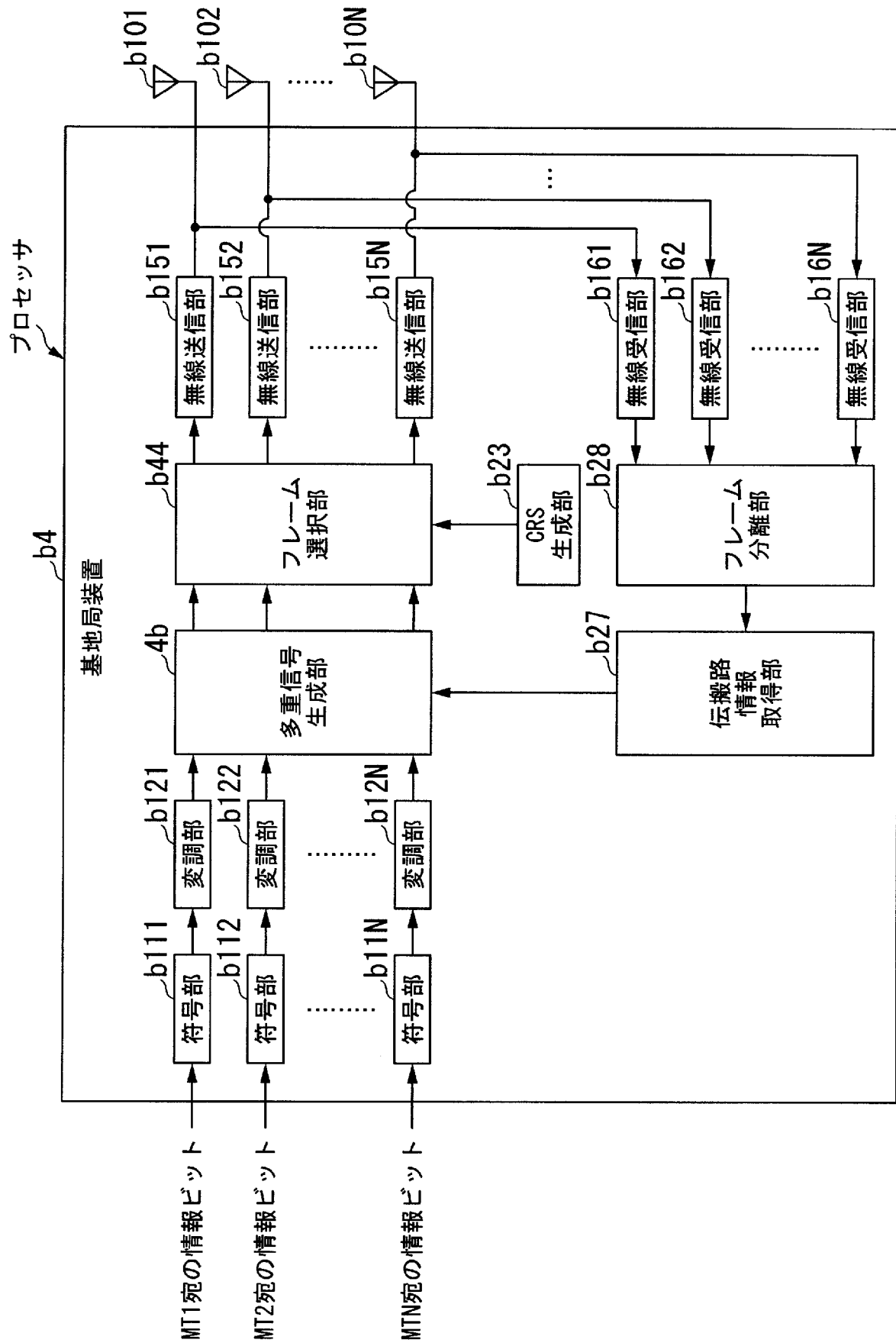
[図19]



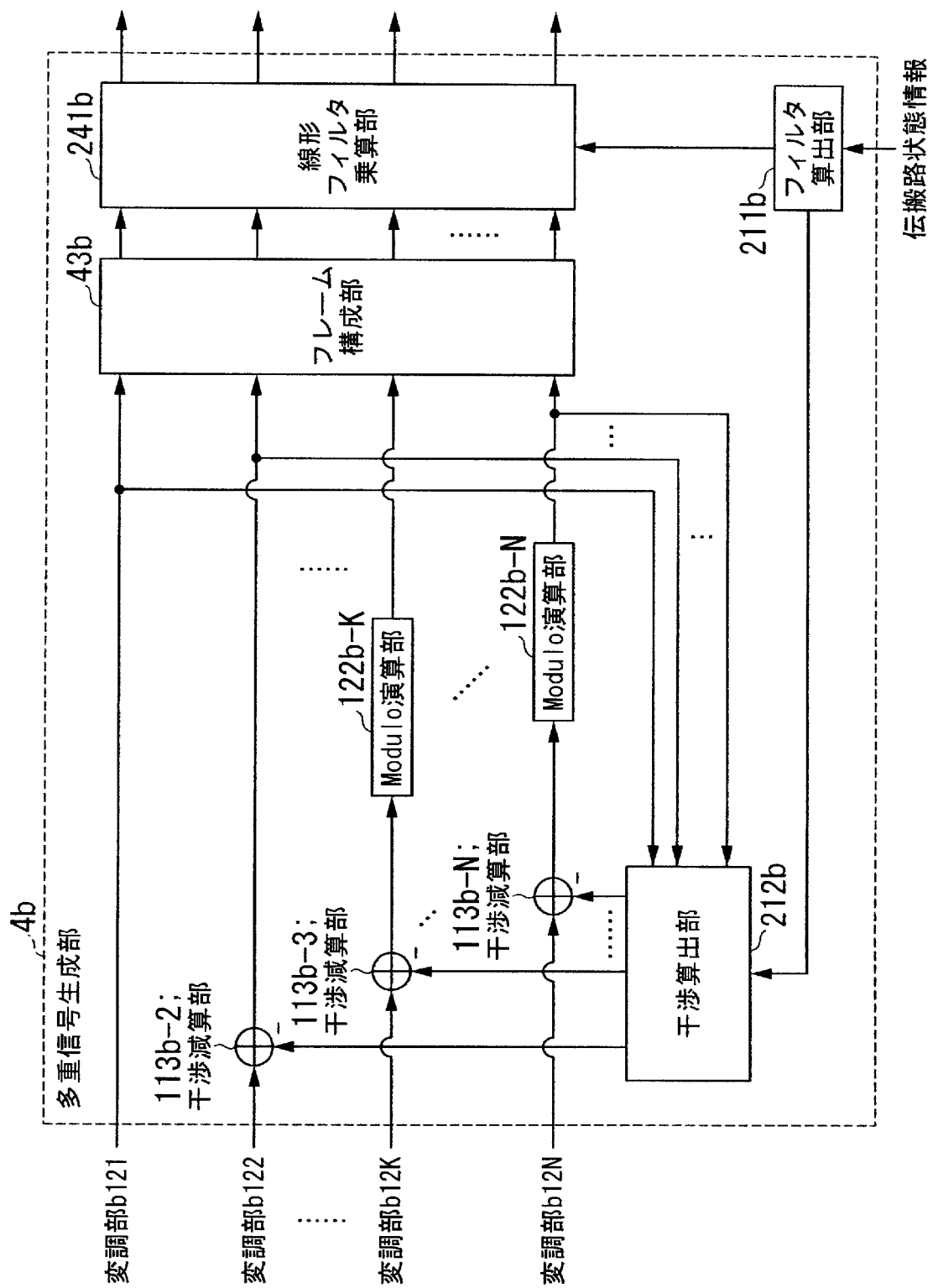
[図20]



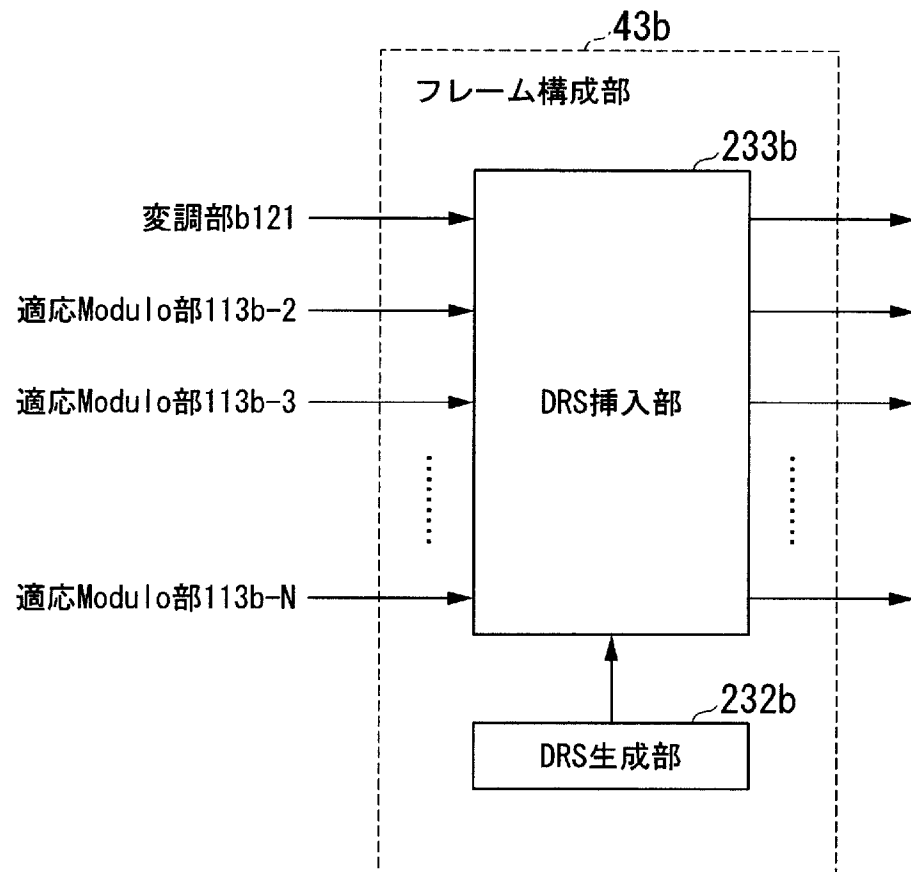
[図21]



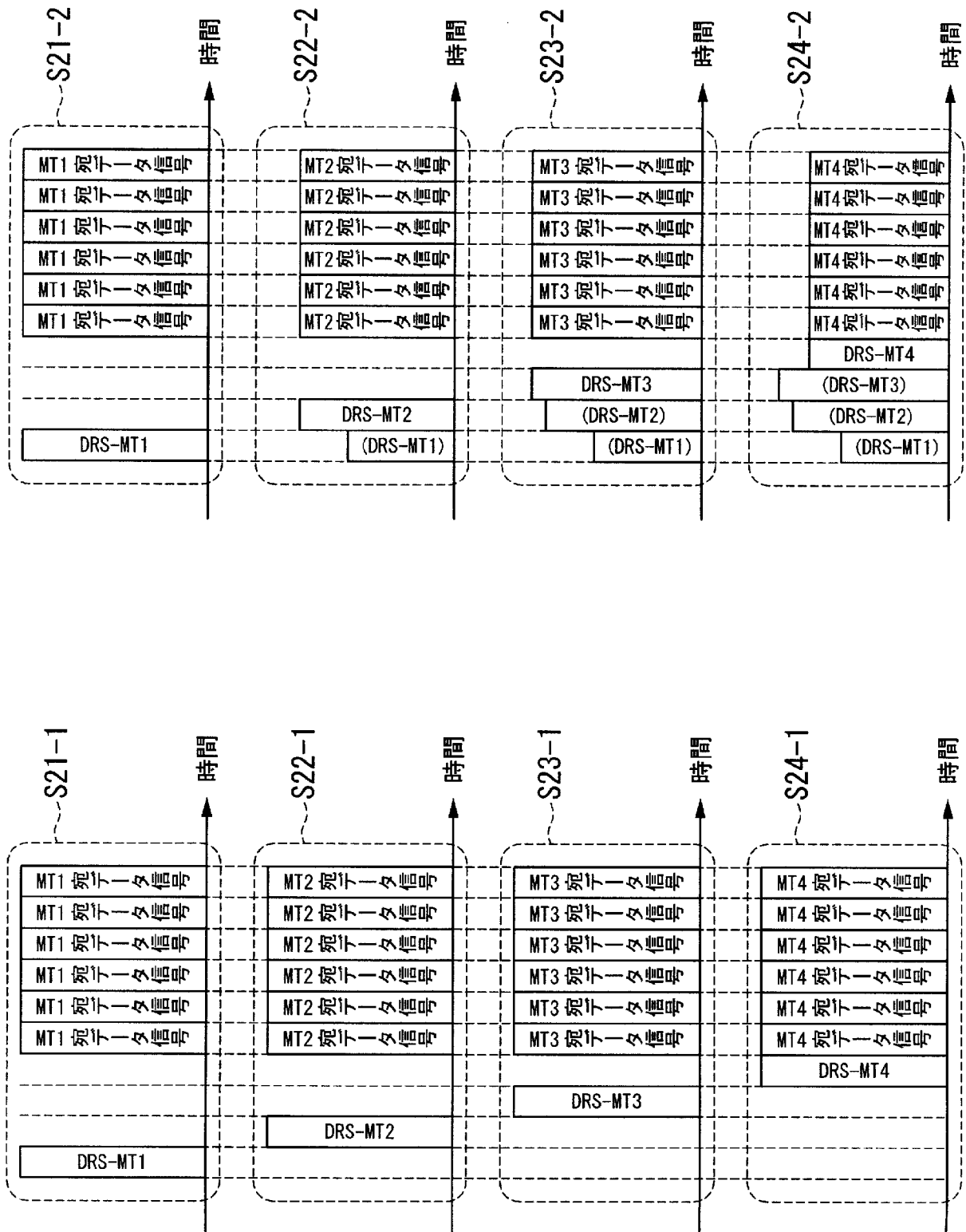
[図22]



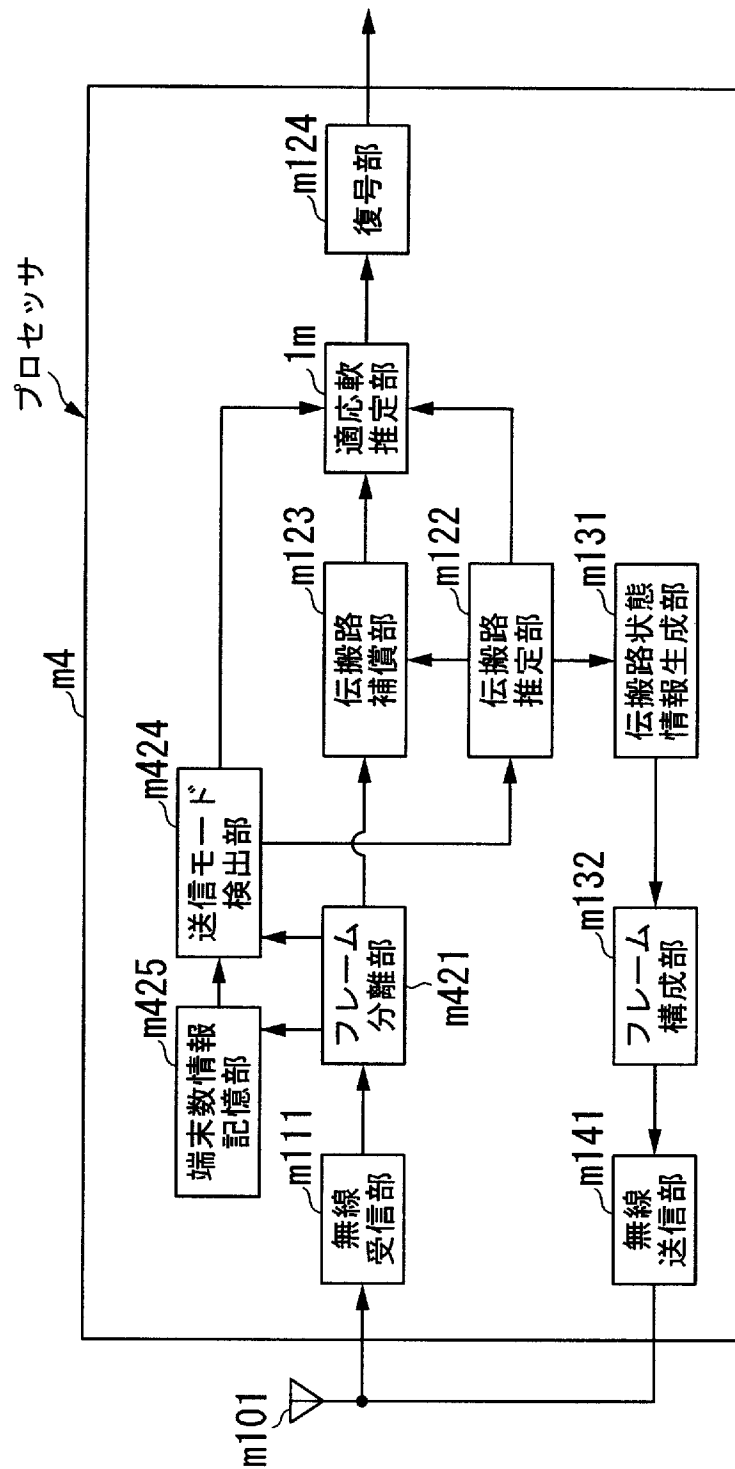
[図23]



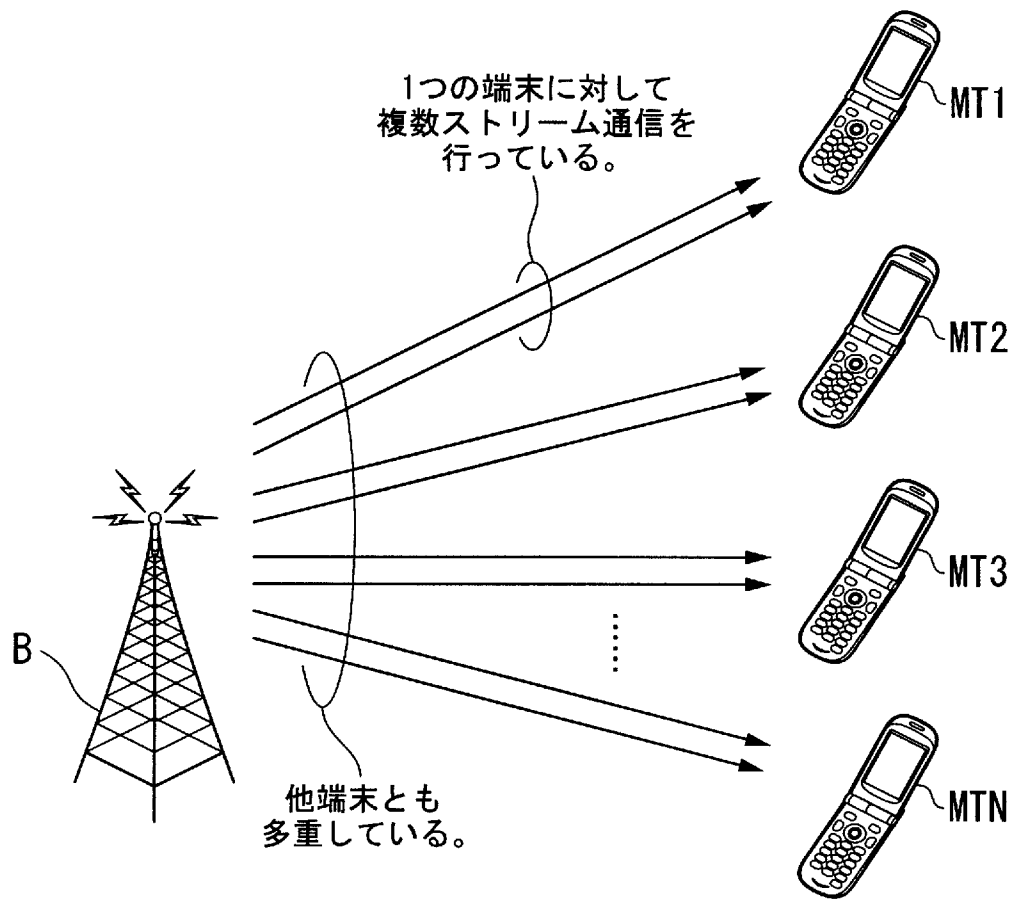
[図24]



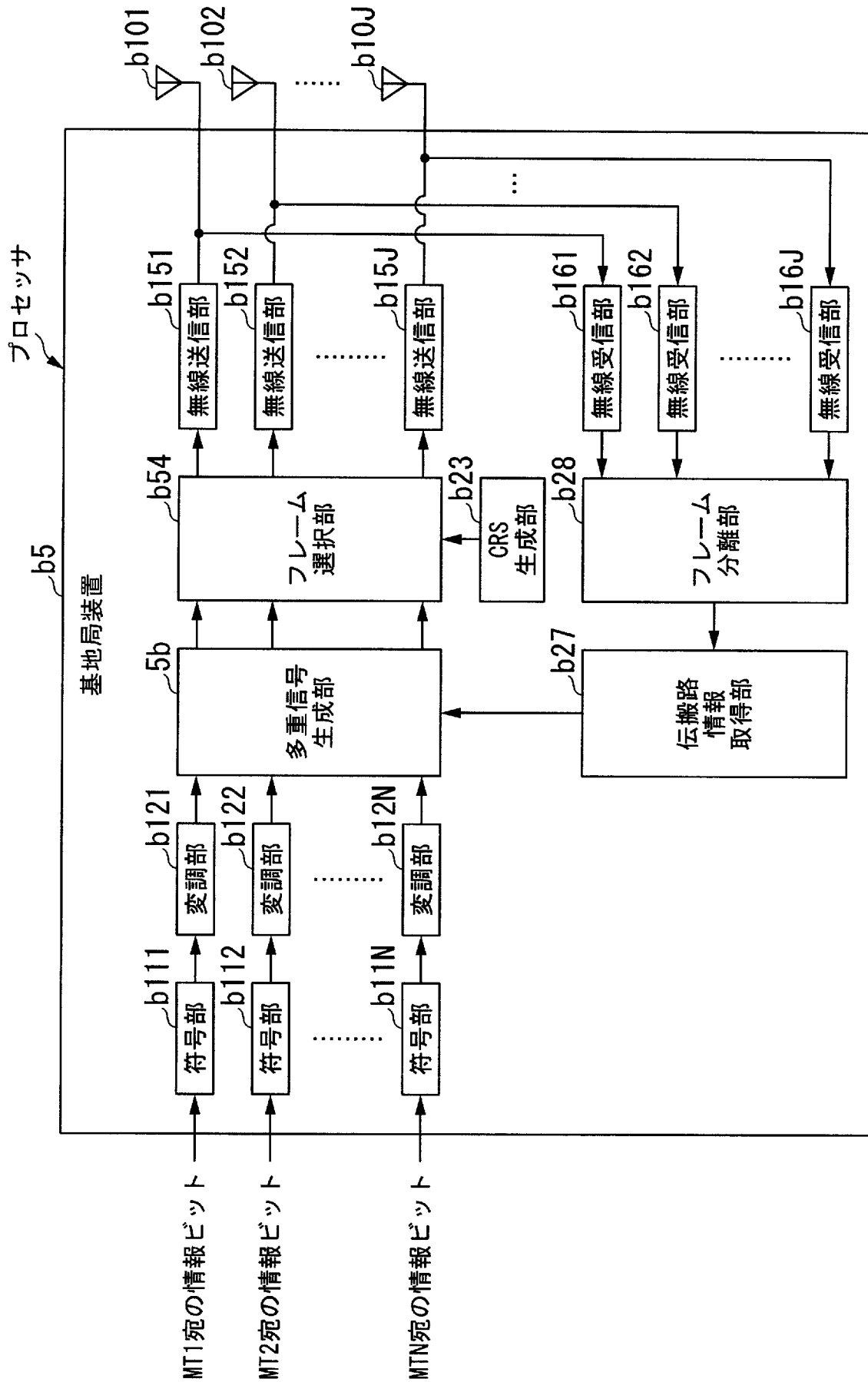
[図25]



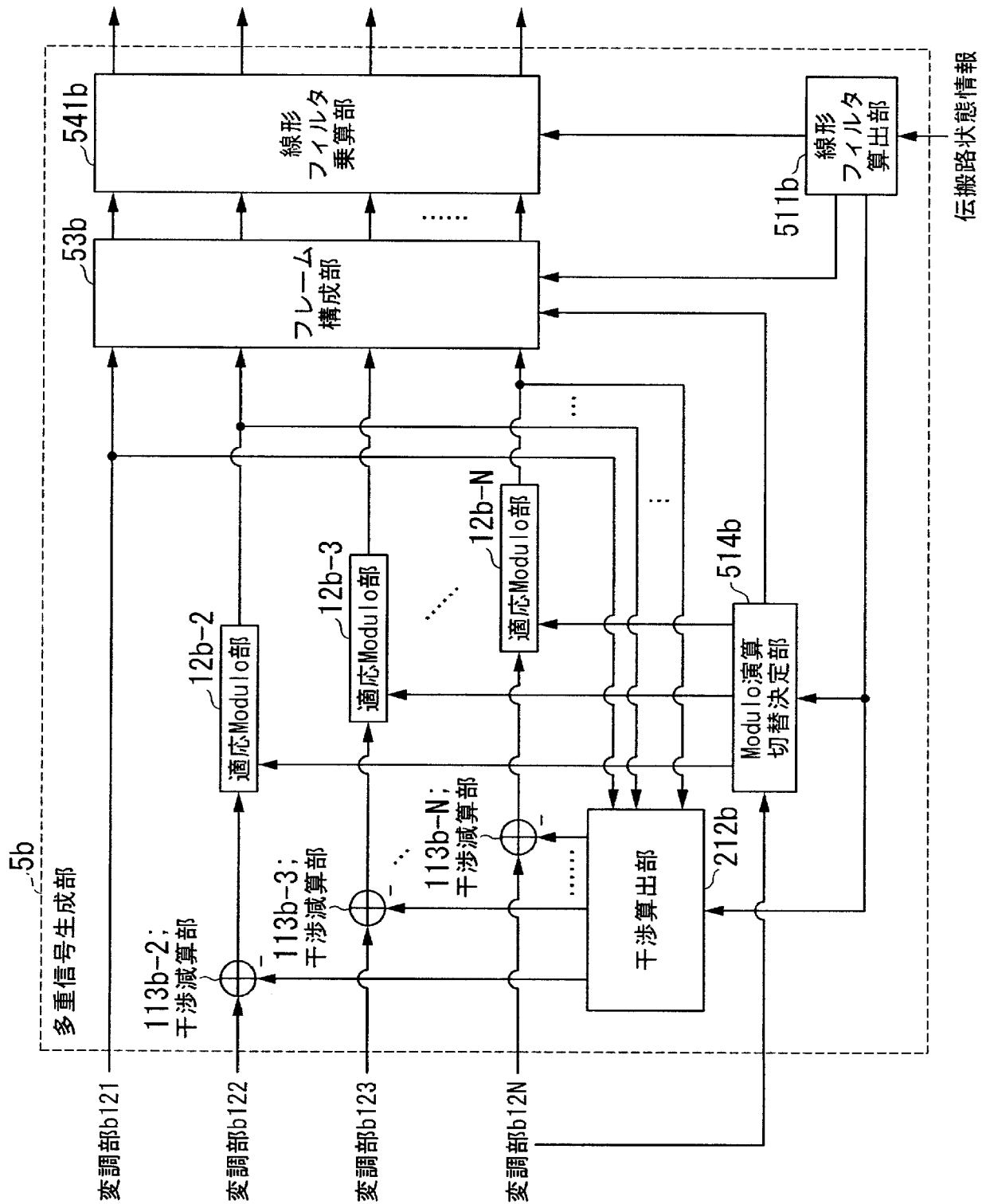
[図26]



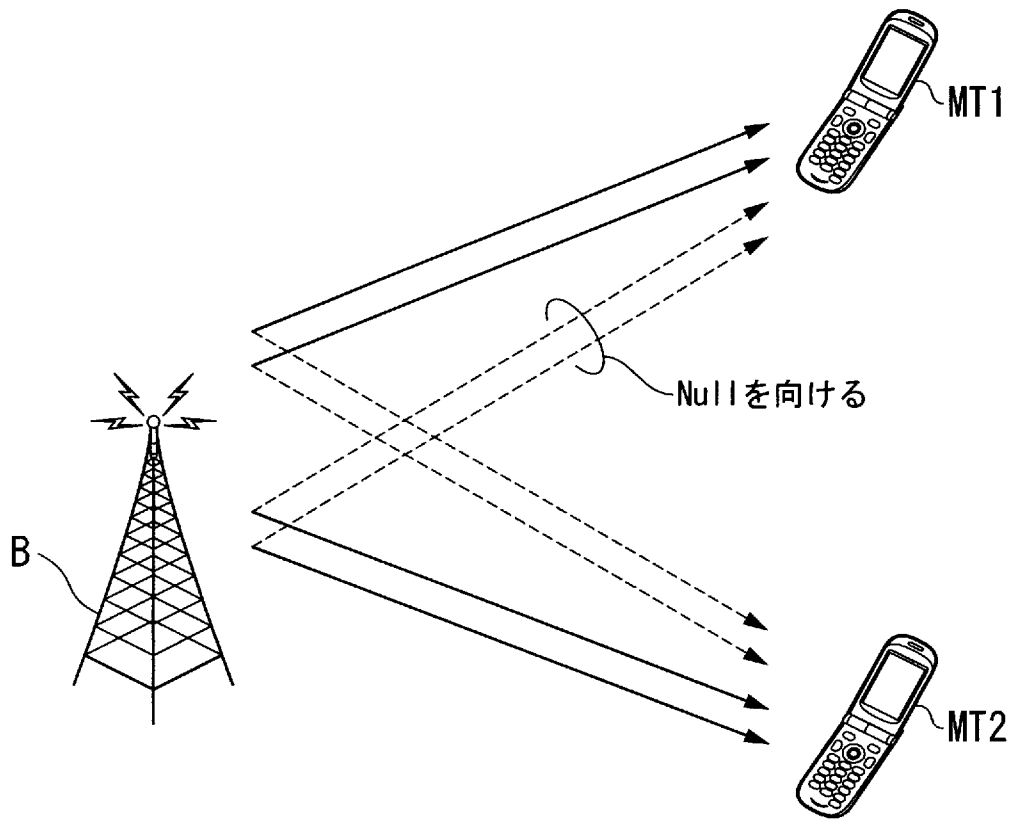
[図27]



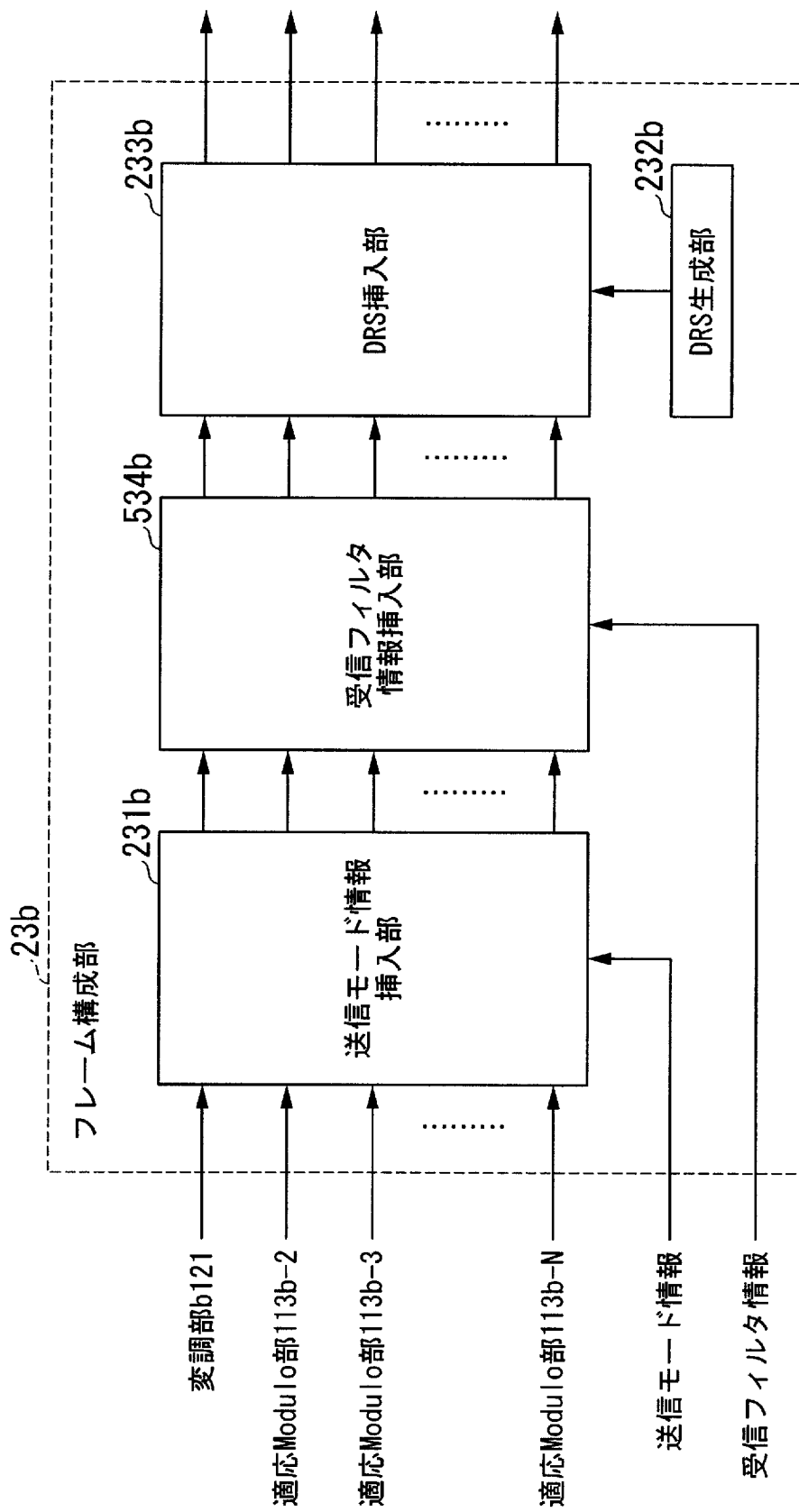
[図28]



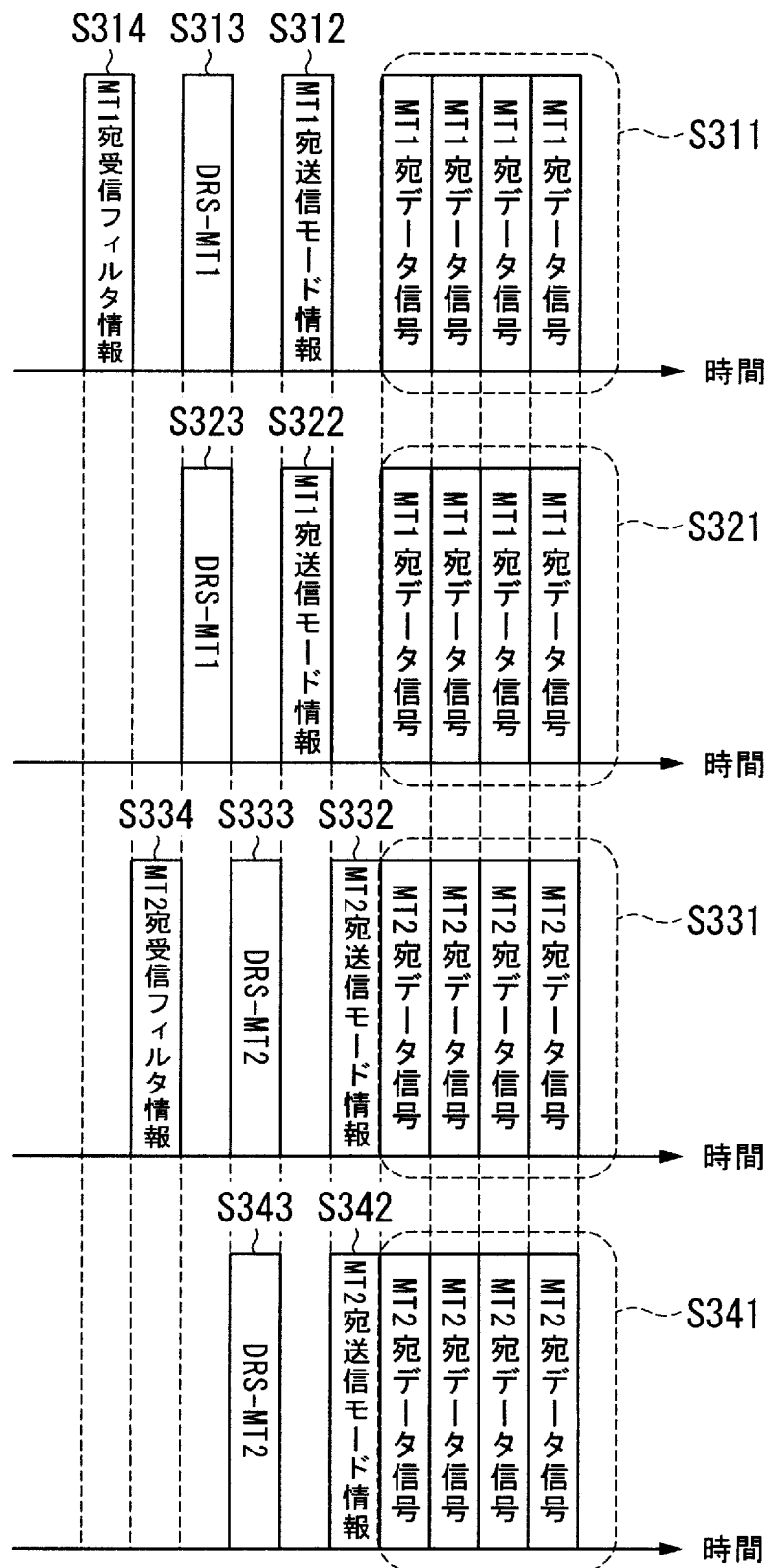
[図29]



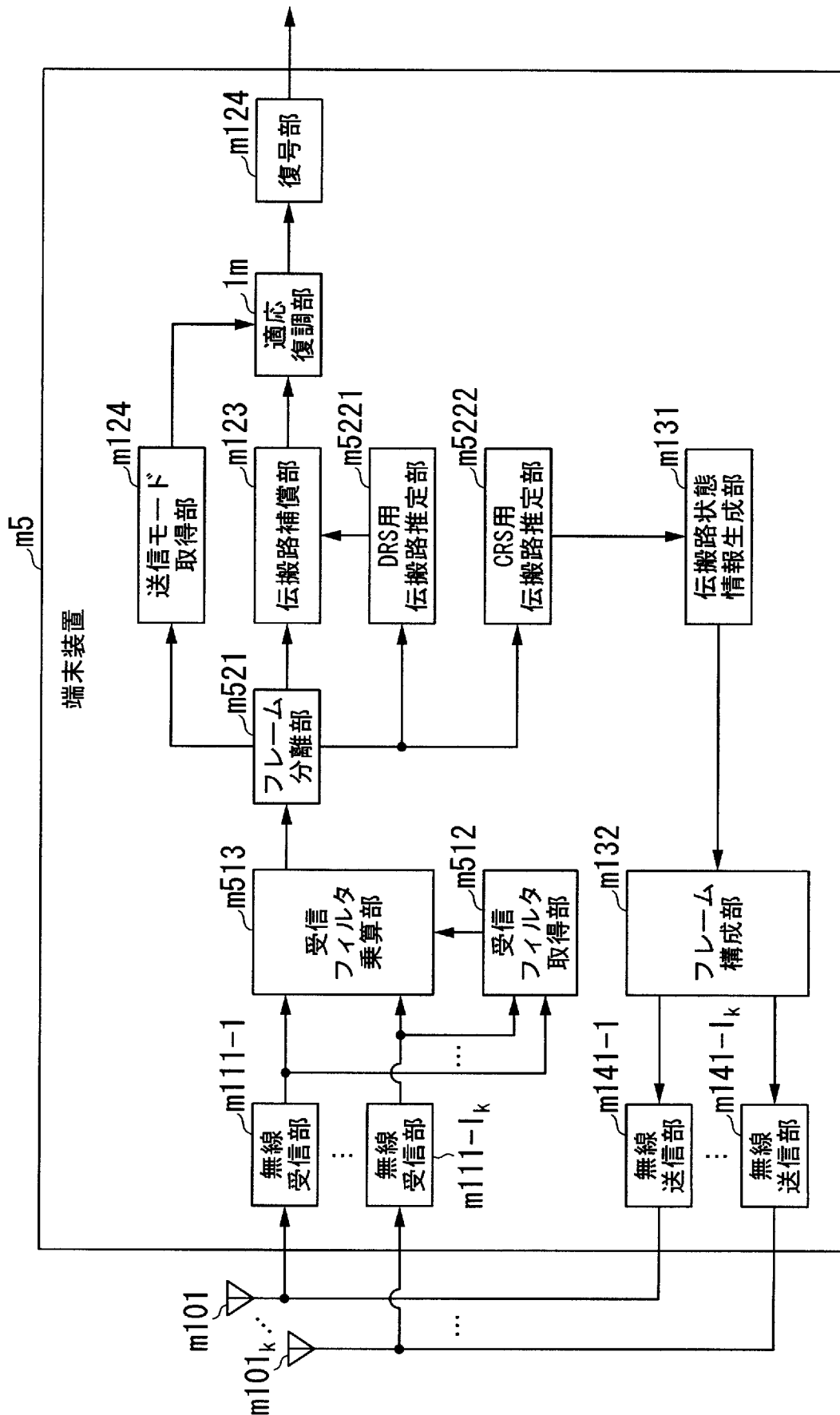
[図30]



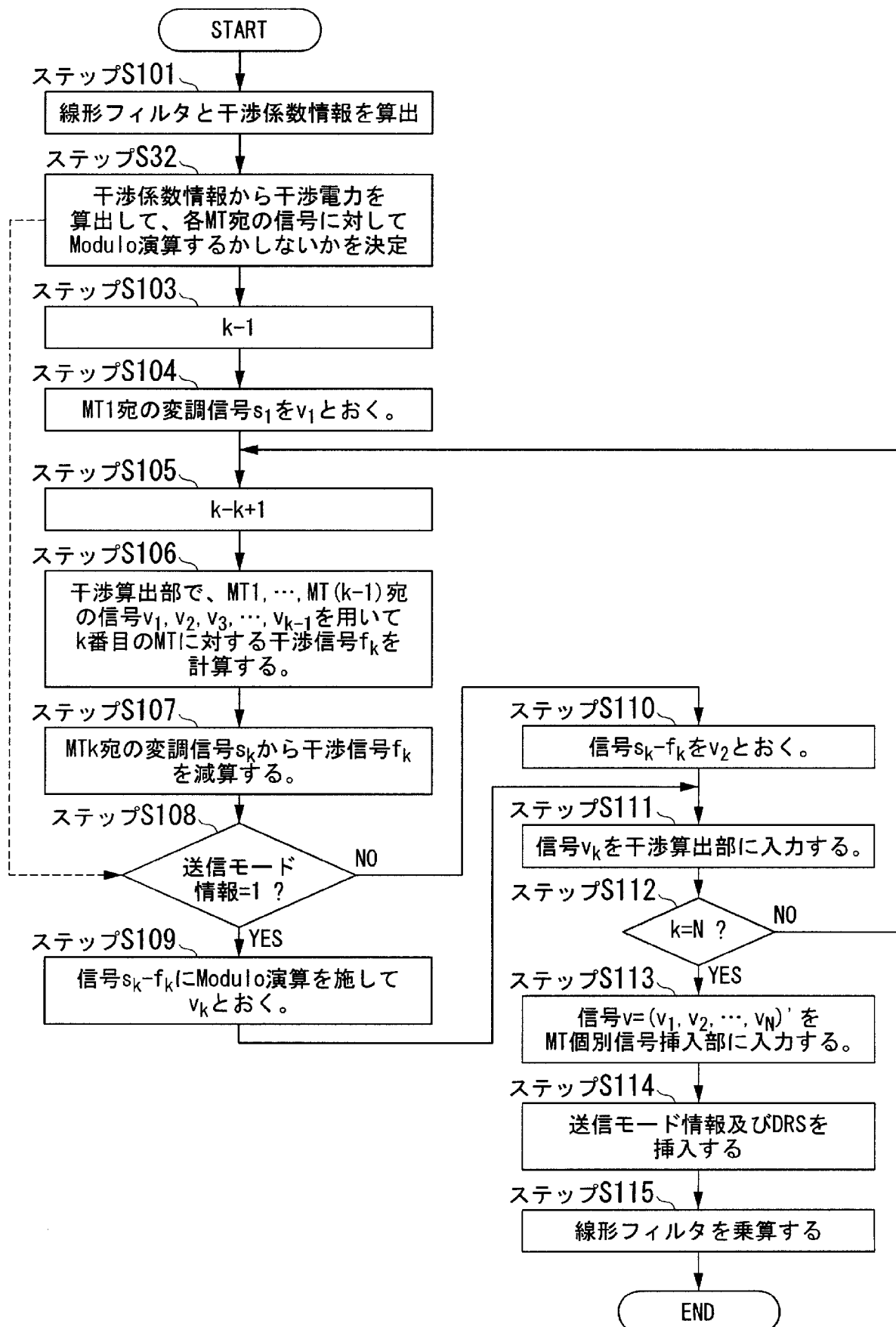
[図31]



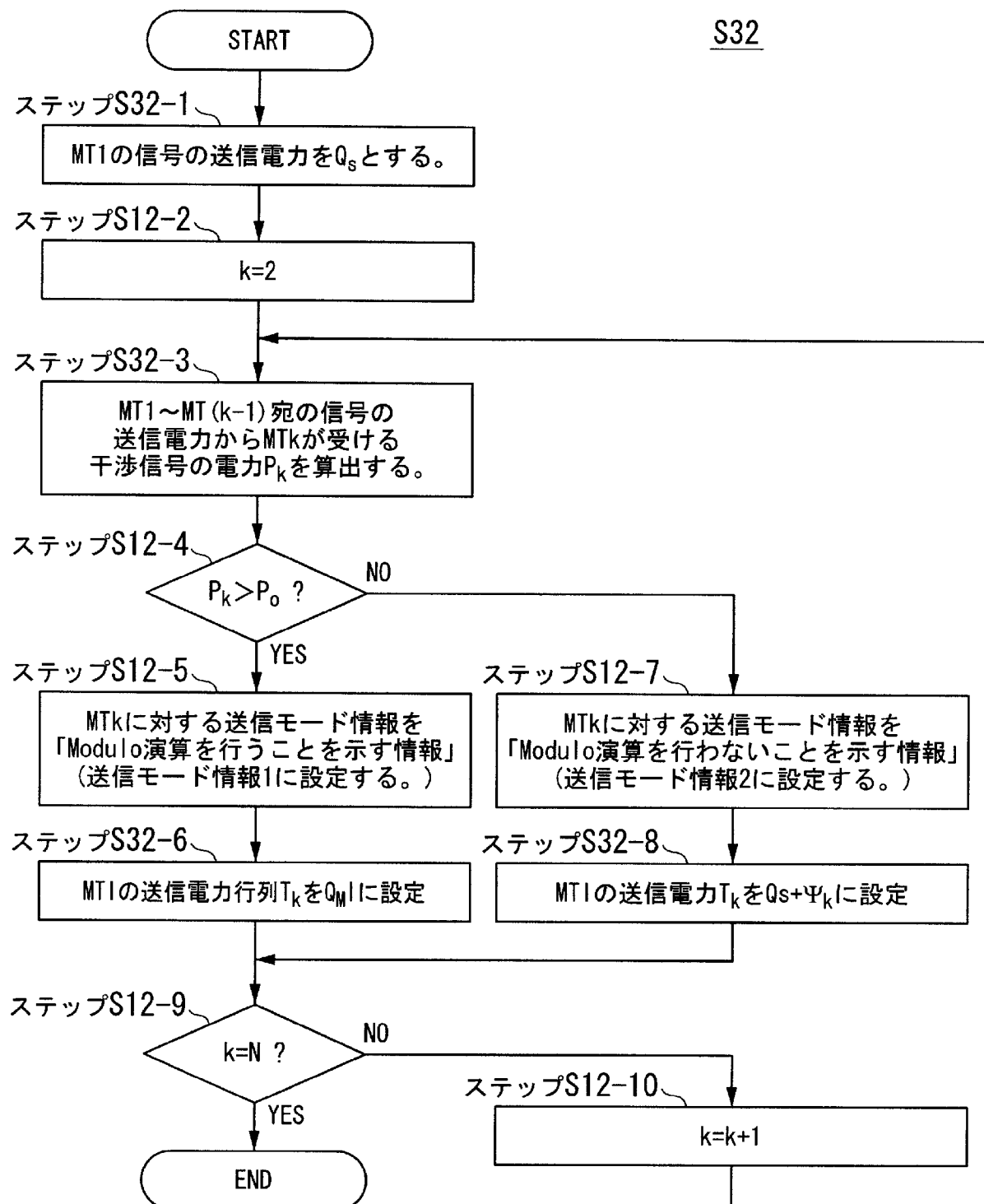
[図32]



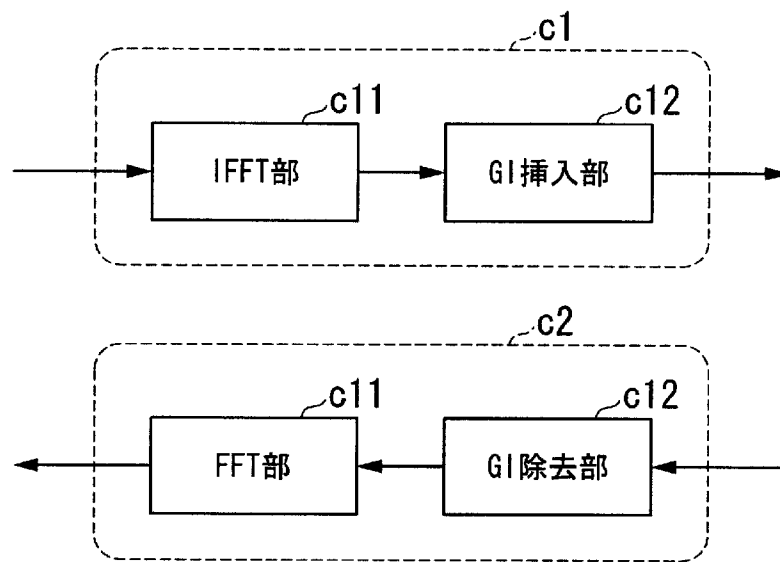
[図33]



[図34]



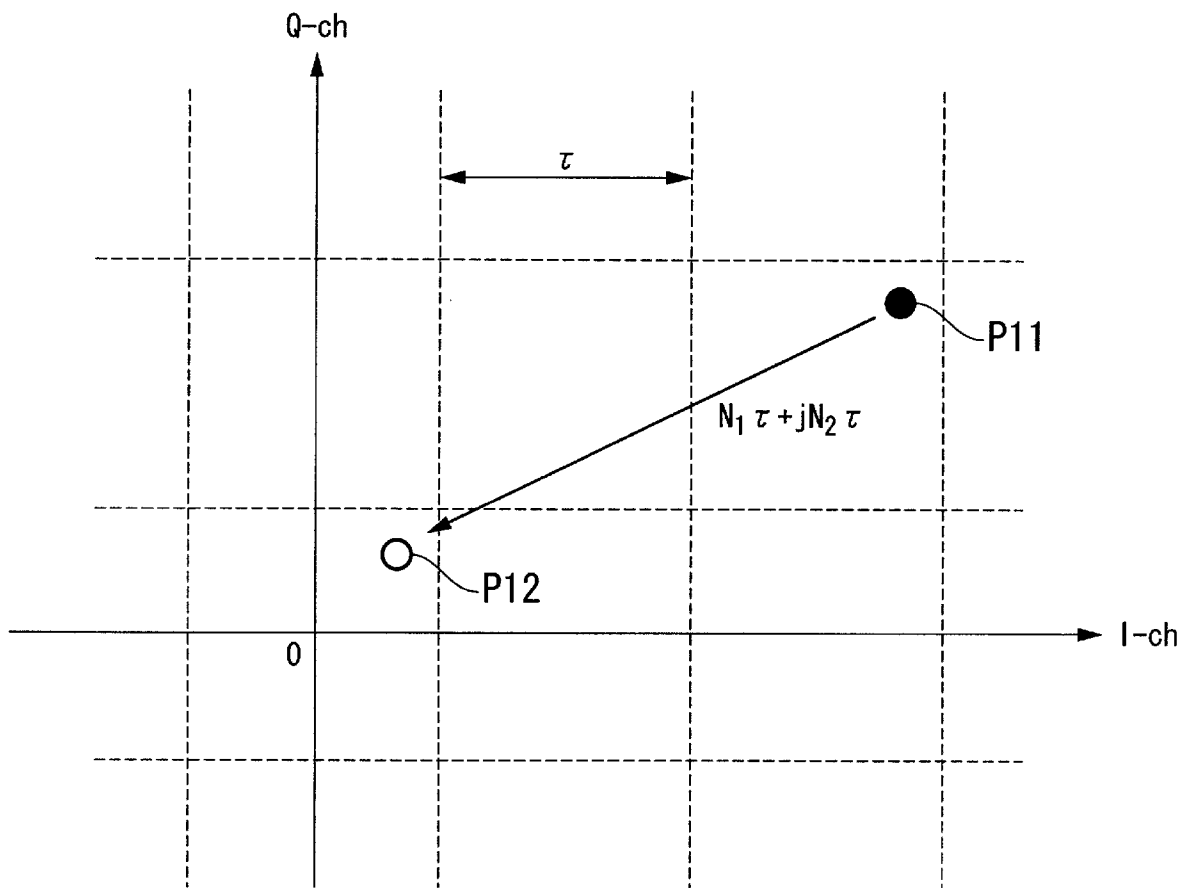
[図35]



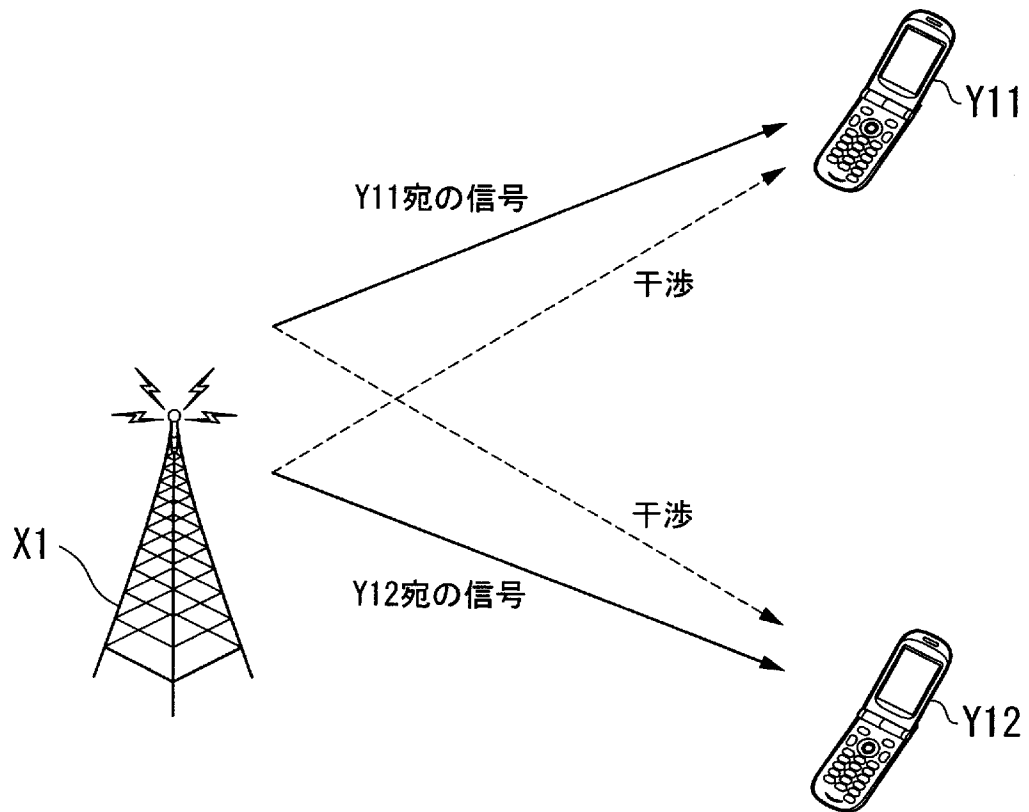
[図36]

$u_0 = [1, -1, -1, 1]$
$u_1 = [1, -1, 1, -1]$
$u_2 = [1, 1, -1, -1]$
$u_3 = [1, 1, 1, 1]$
$u_4 = [1, -1, -1, -1]$
$u_5 = [1, -j, 1, j]$
$u_6 = [1, 1, -1, 1]$
$u_7 = [1, j, 1, -j]$

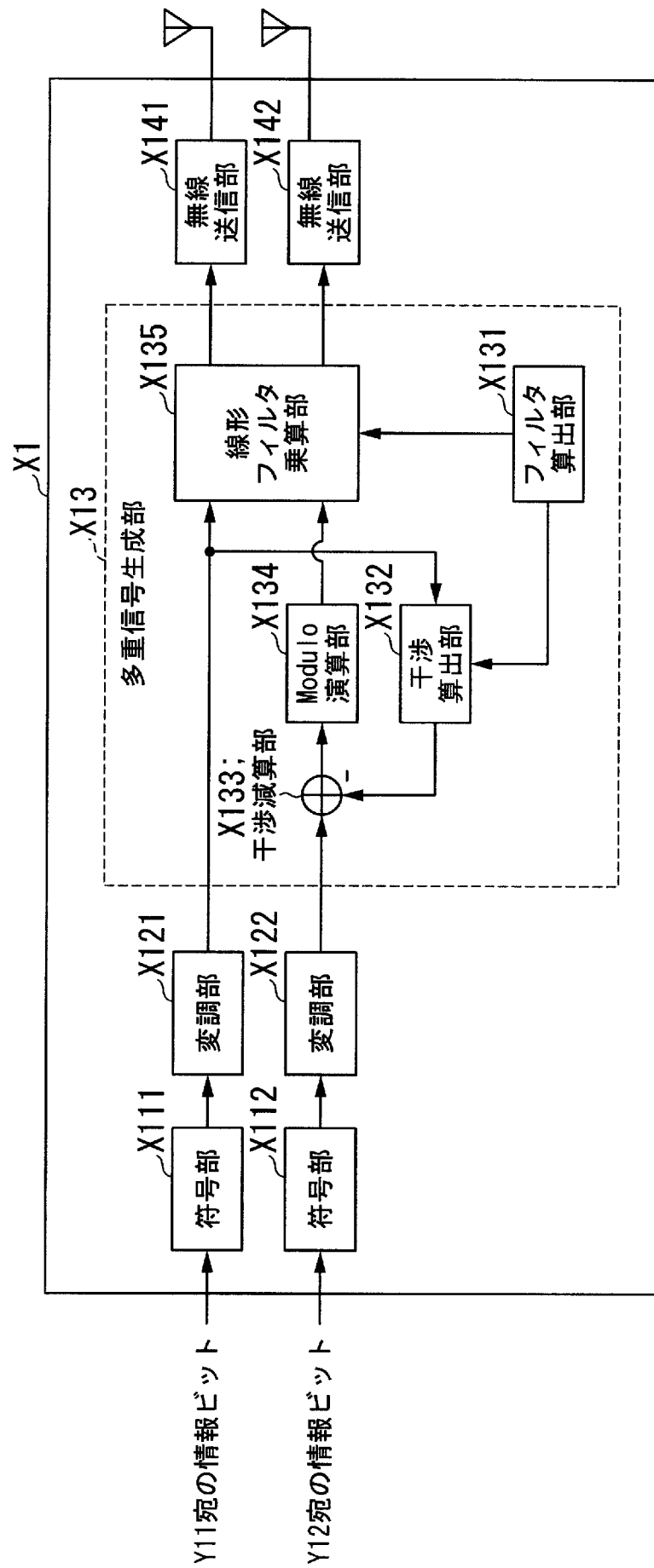
[図37]



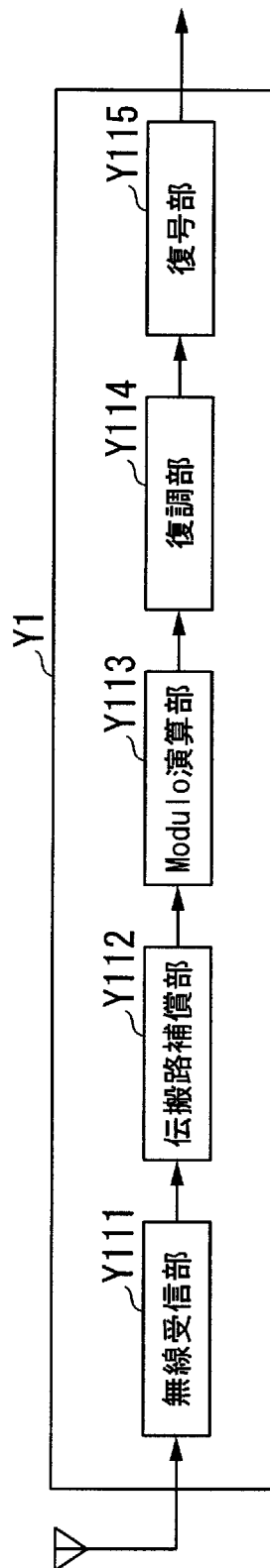
[図38]



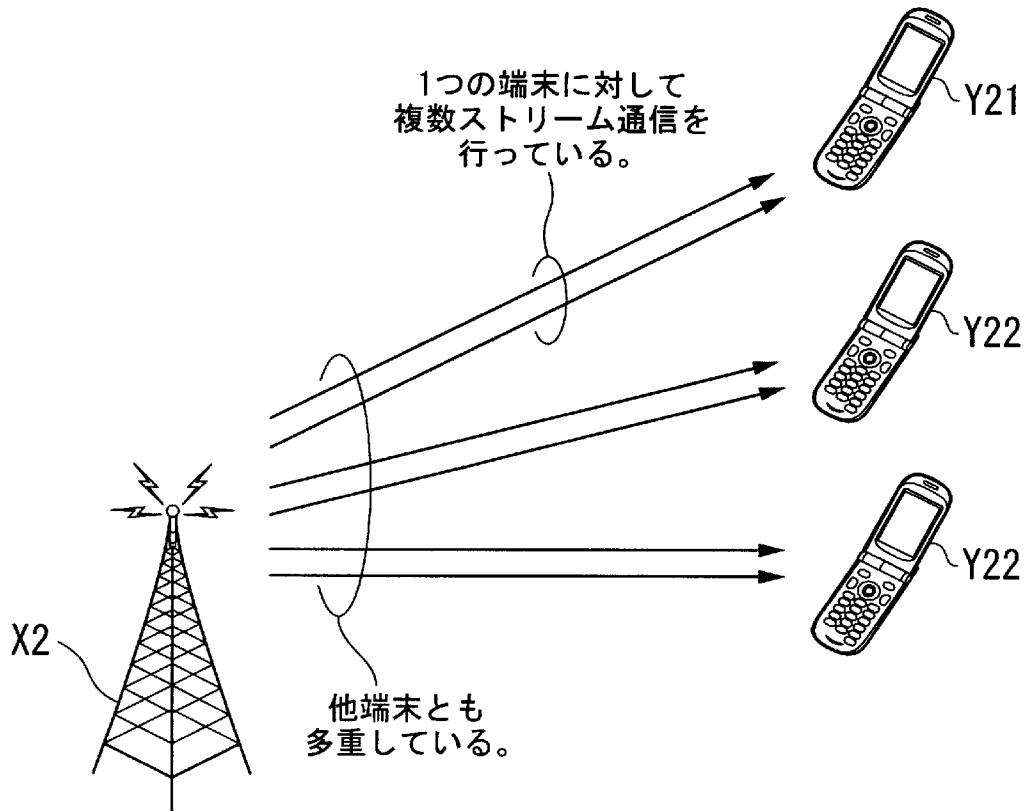
[図39]



[図40]

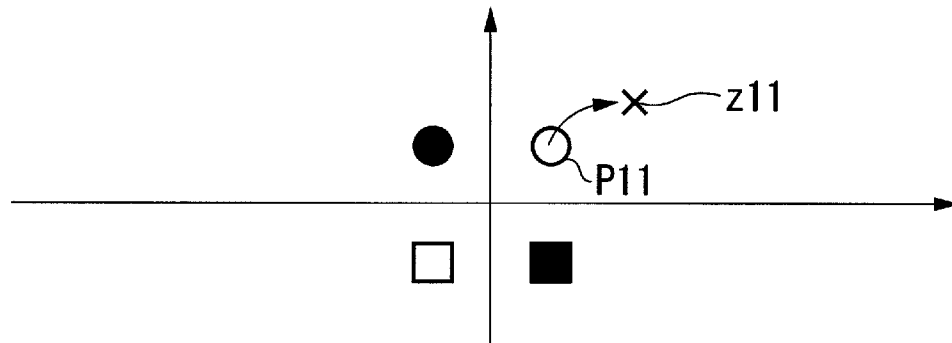


[図41]

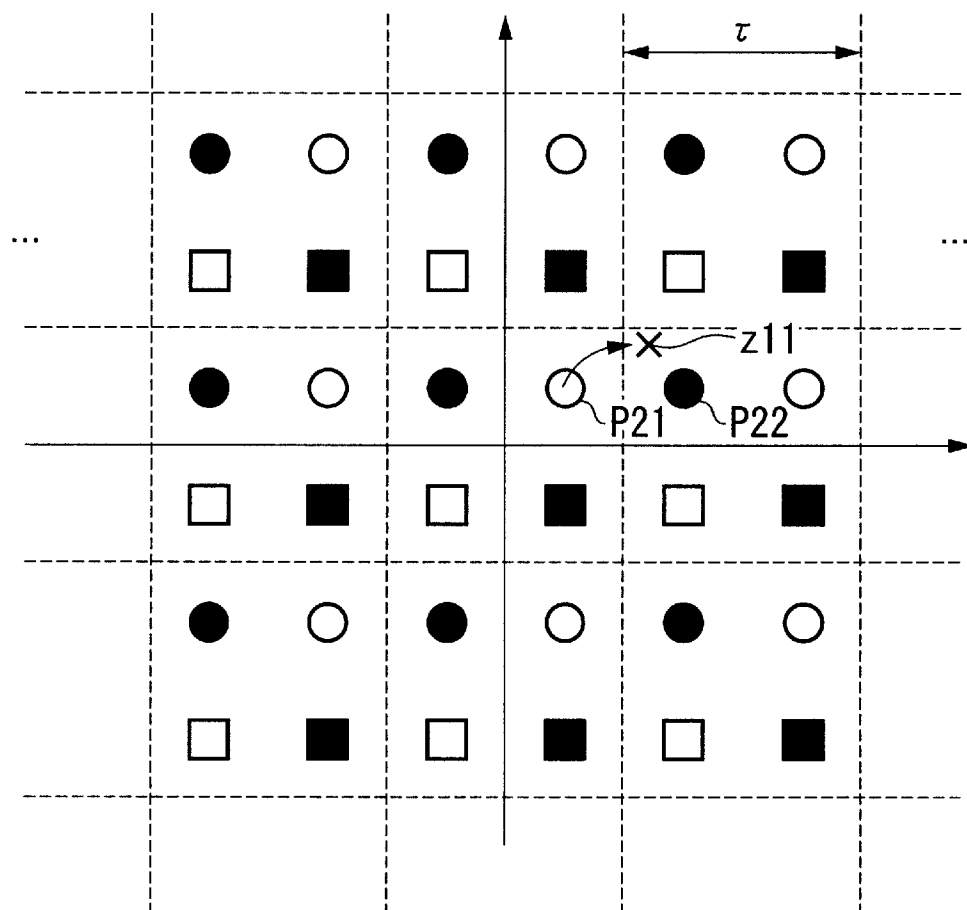


[図42]

(a) THPでない場合 (Modulo演算無しの場合) の復調時の候補信号点



(b) HTPの場合 (Modulo演算有りの場合) の復調時の候補信号点



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/072759

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04J99/00 (2009.01) i, H04B7/04 (2006.01) i, H04J11/00 (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, H04J11/00

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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.
X Y A	JP 2009-206897 A (Sharp Corp.), 10 September 2009 (10.09.2009), paragraphs [0080] to [0115]; fig. 14 (Family: none)	1-7, 27, 29 8-11, 16-21, 24, 26, 28, 30 12-15, 22, 23, 25
Y	WO 2008/149533 A1 (Panasonic Corp.), 11 December 2008 (11.12.2008), paragraph [0075] & US 2010/0190486 A & EP 2151937 A1 & CN 101682384 A	8-11, 16-21, 24, 26, 28, 30
Y	JP 2009-253975 A (NTT Docomo Inc.), 29 October 2009 (29.10.2009), paragraphs [0083] to [0113]; fig. 7 & CN 101552633 A	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
11 January, 2011 (11.01.11)Date of mailing of the international search report
25 January, 2011 (25.01.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/072759

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-182894 A (Toshiba Corp.), 13 August 2009 (13.08.2009), entire text; all drawings & US 2010/0260288 A & WO 2009/096345 A2	1-30

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, H04J11/00(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, H04J11/00

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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
X	JP 2009-206897 A（シャープ株式会社）2009.09.10 ，段落[0080]-[0115]，第14図 （ファミリーなし）	1-7, 27, 29
Y		8-11, 16-21, 24, 26, 28, 30
A		12-15, 22, 23, 25

☒ 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

1 1 . 0 1 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 1 . 2 0 1 1

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100-8915

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 03-3581-1101 内線 3556

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	WO 2008/149533 A1 (パナソニック株式会社) 2008.12.11 , 段落[0075] & US 2010/0190486 A & EP 2151937 A1 & CN 101682384 A	8-11, 16-21, 24, 26, 28, 30
Y	JP 2009-253975 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2009.10.29 , 段落[0083]-[0113], 第7図 & CN 101552633 A	10
A	JP 2009-182894 A (株式会社東芝) 2009.08.13 , 全文, 全図 & US 2010/0260288 A & WO 2009/096345 A2	1-30