

(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
2009年11月26日(26.11.2009)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2009/142236 A1

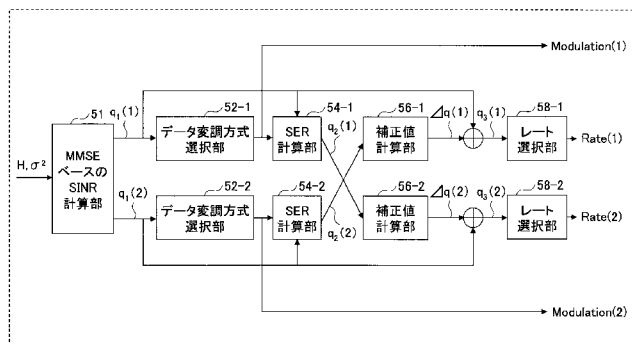
- (51) 国際特許分類:
H04J 99/00 (2009.01) H04W 16/28 (2009.01)
H04L 1/00 (2006.01) H04W 28/18 (2009.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/059260
- (22) 国際出願日: 2009年5月20日(20.05.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2008-136019 2008年5月23日(23.05.2008) JP
特願 2008-284767 2008年11月5日(05.11.2008) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社 エヌ・ティ・ティ・ドコモ(NTT DoCoMo, Inc.) [JP/JP]; 〒1006150 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 田岡 秀和(TAOKA, Hidekazu) [JP/JP]; 〒1006150 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP). 阿部 哲士(ABE, Tetsushi) [JP/DE]; 〒1006150 東京都千代田区永田町2丁目11番1号 山王パークタワー 株式会社
- 社エヌ・ティ・ティ・ドコモ 知的財産部内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 伊東 忠彦(ITO, Tadahiko); 〒1506032 東京都渋谷区恵比寿4丁目20番3号 恵比寿ガーデンプレイスタワー32階 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, 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, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, 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, 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 (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, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: COMMUNICATION DEVICE AND COMMUNICATION METHOD IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 移動通信システムにおける通信装置及び通信方法

[図5A]



- 51 MMSE BASE SINR CALCULATION UNIT
- 52-1 DATA MODULATION METHOD SELECTION UNIT
- 52-2 DATA MODULATION METHOD SELECTION UNIT
- 54-1 SER CALCULATION UNIT
- 54-2 SER CALCULATION UNIT
- 56-1 CORRECTION VALUE CALCULATION UNIT
- 56-2 CORRECTION VALUE CALCULATION UNIT
- 58-1 RATE SELECTION UNIT
- 58-2 RATE SELECTION UNIT

(57) Abstract: A communication device includes: a process unit (52) which decides a data modulation method for each stream in accordance with a first signal quality q1 of each stream decided by the MMSE method; a process unit (54) which decides a second signal quality q2 corresponding to the first signal quality q1 for each stream in the decided data modulation method; a process unit which adds the first signal quality q1(1) of a certain stream to a correction value Δq(1) derived from the second signal quality q2(2) of other stream(s) different from the aforementioned certain stream so as to obtain a third signal quality q3(1) for the certain stream; and a process unit (58) which decides a channel encoding ratio Rk corresponding to the third signal quality q3(1) for each stream. The decided data modulation method and the channel encoding method are used for transmission of the subsequent stream.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2009/142236 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

通信装置は、MMSE 法で決定されたストリーム毎の第 1 信号品質 q_1 から、各ストリームについてデータ変調方式を決定する処理部 52 と、データ変調方式の下で、第 1 信号品質 q_1 に対応する第 2 信号品質 q_2 をストリーム毎に決定する処理部 54 と、或るストリームの第 1 信号品質 $q_1(1)$ と、或るストリームとは別の 1 つ以上のストリームの第 2 信号品質 $q_2(2)$ から導出された補正值 $\Delta q(1)$ とを加え、或るストリームについて第 3 信号品質 $q_3(1)$ を求める処理部と、第 3 信号品質 $q_3(1)$ に対応するチャネル符号化率 R_k をストリーム毎に決定する処理部 58 とを有する。決定されたデータ変調方式及びチャネル符号化方式は、後続のストリームの伝送に使用される。

明 細 書

発明の名称： 移動通信システムにおける通信装置及び通信方法 技術分野

[0001] 本発明は移動通信の技術分野に関連し、特にマルチインプットマルチアウトプット(MIMO)方式及び適応変調チャネル符号化(AMC)方式を使用する移動通信システムで使用される通信装置及び通信方法に関連する。

背景技術

[0002] 移動通信の高速化、大容量化、多様化及び高品質化等の要請は近年益々強くなっている。特に高速大容量化の観点からは、MIMO方式の通信技術が注目されている。MIMO方式では、複数の送信ストリーム各々が空間内をそれぞれ別様に伝搬するようにすることで、伝送速度又は信号品質の向上を図る。受信側では複数のストリームを適切に分離しなければならない。信号分離法にはいくつかの技術が既に提案されている。一例として、最小二乗平均誤差(MMSE: Minimum Mean Square Error)法、最尤推定検出(MLD: Maximum Likelihood Detection)法、演算量削減型MLD(例:QRM-MLD)法等が挙げられる。

[0003] 時間と共に変化するチャネル状態に応じて適切な伝送レートで伝送することで、システム全体のスループットを改善する観点から、適応変調チャネル符号化(AMC: Adaptive Modulation and Channel Coding)方式が行われてもよい。

[0004] 図1はAMC方式の原理を説明するための図である。図1は特定のMCSで達成可能なスループットを信号品質SINRの観点から模式的に表現したものである。達成可能な伝送レートは、MCS1、MCS2及びMCS3の順に高くなっている。MCSは、Modulation and Coding Schemeの略である。データ変調方式は、例えば、 $M_1=QPSK$, $M_2=16QAM$, $M_3=64QAM, \dots$ 等のように決められていてもよい。チャネル符号化率は、 $R_1=1/8$, $R_2=2/8$, $R_3=3/8, \dots$ 等のように決められていてもよい。データ変調方式とチャネル符号化方式は達成可能な伝送レートに応じて予め組み合わせが予め決められている(例えばMCS1, MCS2, ...)。チャネ

ル状態の良否はSNR等の信号品質の良否で推定することができる。一般に、信号品質が良いほど高い伝送レートを使用でき、スループットは大きくなる。逆に、信号品質が悪いと、低い伝送レートしか使用できず、スループットは小さくなる。図示の例の場合、ある信号品質 q_1 に対応して、MCS1でもMCS2でも使用可能であるが、より高い伝送レート(スループット)を達成する観点からは、MCS2(データ変調方式が16QAMであり、チャンネル符号化率が1/2である。)が使用されるべきである。MCSを選ぶ判断基準は、例えば、個々のユーザのスループットを増やすような基準でもよいし、システム全体のスループットを増やすような基準でもよい。或いは逆に、データ伝送の確実性を優先してMCS1が選択されてもよい。このようにAMCではチャンネル状態に応じて相応しい伝送レートが適宜使用されるので、適切なMCSを選択することは、リンクアダプテーションとも言及される。

- [0005] MIMO方式の場合、送信ストリーム数は複数存在し、その各々が別様のチャンネル状態(即ち、伝搬路)で伝送される。従ってMIMO方式の場合、送信ストリーム毎にAMCを行う余地がある。
- [0006] 図2は送信及び受信にそれぞれ2つのアンテナが用意され、信号分離にMLD法が使用される場合のシステム例を示す。図示の例では、ストリーム#1がチャンネル符号化され、インターリーブされ、データ変調された後にアンテナ#1から送信される。同様に、ストリーム#2も別途チャンネル符号化され、インターリーブされ、データ変調された後にアンテナ#2から別個に送信される。受信側では2つのアンテナ#1, #2で受信された信号は信号分離の処理に委ねられ、各ストリームに信号分離される。分離後の各ストリームは別々にデインターリーブされ、チャンネル復号される。一方、信号分離前の受信信号に基づいてチャンネル推定が行われ、その結果、リンクアダプテーションが行われることになる。リンクアダプテーションの判定結果(適切なMCS)は、送信側にフィードバックされ、以後のストリームの伝送に使用される。
- [0007] 図2に示されるようなシステム例の場合、信号分離前の受信信号 $[r_1 \ r_2]^T$ は次式のように表現できる(但し、「T」は転置を表す。)

[0008] [数1]

$$\mathbf{r} \equiv \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

$$= \mathbf{h}_1 s_1 + \mathbf{h}_2 s_2 + \mathbf{n} \quad \dots (2)$$

$$= \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{n} \quad \dots (3)$$

$$E[\mathbf{n}\mathbf{n}^H] = \sigma^2 \mathbf{I}$$

各記号の意味は次のとおりである。

[0009] r_i : i 番目の受信アンテナで受信された信号

h_{ij} : j 番目の送信アンテナ及び i 番目の受信アンテナ間のチャネル変動(チャネル行列要素)

n_i : i 番目の受信アンテナでの雑音

s_j : j 番目のストリームのシンボル, $E\{|s_j|^2\}=1$ (E は期待値を表す)

σ^2 : 雑音電力。

[0010] 信号分離にMLD法でなく、MMSE法が使用される場合、信号分離後のストリーム各々について、信号品質SINRは簡易に導出できる。より具体的には、ストリーム#1に関する信号品質 $SINR_{MMSE}(1)$ 及びストリーム#2に関する信号品質 $SINR_{MMSE}(2)$ は、次式のように算出できる。

[0011]

[数2]

$$SINR_{MMSE}(1) = \frac{\mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1}{1 - \mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1} \quad \dots (4)$$

$$SINR_{MMSE}(2) = \frac{\mathbf{h}_2^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_2}{1 - \mathbf{h}_2^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_2} \quad \dots (5)$$

$$\mathbf{R} = (\mathbf{h}_1 \mathbf{h}_1^H + \mathbf{h}_2 \mathbf{h}_2^H + \sigma^2 \mathbf{I}) \quad \dots (6)$$

従って、図1に示されるような原理に基づいて、信号品質に相応しいMCSをストリーム毎に容易に決めることができる。ストリーム#1については $SINR_{MMSE}(1)$ を使って、ストリーム#2については $SINR_{MMSE}(2)$ を使って適切なMCSをそれぞれ決定できる。

[0012] これに対してMLD法では、シンボル群及びMCSの組み合わせ全てを検索し、最適なシンボル群及びMCSが推定されるので、MMSE法と比較して受信特性は良くなることが期待できる。しかしながらMLD法が使用される場合、ストリーム毎に信号品質 $SINR$ を求めることは容易でない。周知のように、MLD法では同時に送信された複数のストリーム中の複数のシンボルを一まとめにしたシンボル群を想定し、全ての可能なシンボル群の内、最も確からしいシンボル群を特定することで、送信された複数のシンボルを推定する。例えば、ストリーム数が2の場合、

$$\mathbf{s} = [s_1, s_2]^T$$

というシンボル群又はシンボルのペアが想定される。 s_1 はストリーム#1に含まれているシンボルを表す。 s_2 はストリーム#2に含まれているシンボルを表す。 T は転置を表す。「 Q^2 」をシンボル群全体の集合とすると、MLD法で最終的に検出されるシンボル群 S_{ML} は次のように書ける。

[0013]

[数3]

$$s_{ML} = \underset{s \in Q^2}{\operatorname{argmin}} \| r - Hs \| \quad \dots (7)$$

実際の受信信号 r と、チャネル変動(チャネル行列 H で表現される)の影響を受けたシンボル群 s との間の距離(シンボルコンステレーション内でのユークリッド距離の二乗で評価される)の最も小さいシンボル群が、 s_{ML} になる。ストリーム毎ではなく、全ストリームからのシンボル群毎に信号検出が行われるので、ストリーム毎の信号品質 SINR を求めることは、MMSE 法の場合ほど容易ではない。各ストリームの SINR が不明のままだと、図 1 に示されるような原理に基づいて AMC を行うことは困難になってしまう。そこで、次のようにしてストリーム毎の SINR を推定することが考えられる。

[0014] 図 3 は、MIMO 方式で AMC 方式を採用する際の方法例を説明するための図である。図中の機能ブロックは、従来の通信装置のリンクアダプテーション部に関連付けられる。図示の例では、第 1 及び第 2 の 2 つのストリームが伝送され、第 1 ストリームのデータ変調方式について、QPSK, 16QAM, 64QAM の 3 通りが用意され、それぞれ M_1, M_2, M_3 で表現される。第 2 ストリームのデータ変調方式についても、QPSK, 16QAM, 64QAM の 3 通りが用意され、それぞれ M_1, M_2, M_3 で表現される。図中、「for $i=1:3 \dots \text{end}$ 」は、第 1 ストリームに関するデータ変調方式 M_i の変数 i を 1, 2, 3 に変化させながら繰り返し計算を行うことを示す。「for $j=1:3 \dots \text{end}$ 」は、第 2 ストリームのデータ変調方式 M_j の変数 j を 1, 2, 3 に変化させながら繰り返し計算を行うことを示す。チャネル符号化率は K 種類用意されているものとする (R_1, R_2, \dots, R_K)。また、第 1 及び第 2 ストリームの全体で達成可能な全体的なスループットを向上させる観点から、MCS が選択されるものとする。

[0015] 図示の例では、先ず、何らかの変調方式の組み合わせ M_i, M_j に関し、ユニオンバウンドシンボル誤り確率計算部でシンボルエラーレートがストリーム毎

に推定される。m番目のストリームのシンボルエラーレートSER(m)は、次式で推定される（これについては、比特許文献1参照。）。

[0016] [数4]

$$\text{SER}(m) = \frac{1}{K} \sum_s \sum_{\substack{c \\ c_m \neq s_m}} \Pr(c, s) \quad \dots (8)$$

$$\text{with } \Pr(c, s) = Q \left(\sqrt{\frac{E_s \|H(c-s)\|^2}{N_s \sigma^2}} \right) \quad \dots (9)$$

各記号の意味は次のとおりである。

[0017] m : ストリームインデックス

s_m : ベクトルsのm番目の要素

c_m : ベクトルcのm番目の要素

Pr(c, s) : ベクトルsをベクトルcと誤って推定してしまう確率

K : ベクトルsの個数

E_s : 総送信電力

N_s : ストリーム数

Q() : Q関数。

[0018] ユニオンバウンドシンボル誤り確率計算部でストリーム毎に推定されたシンボルエラーレートSER(1), SER(2)は、それぞれAWGN_SNRマッピング部で信号品質(図示の例では、希望信号電力対非希望電力比)SINR(1), SINR(2)に変換される。AWGN_SNRマッピング部は、加法性ガウシアンノイズを考慮して、特定のシンボルエラーレートで達成可能な希望信号電力対非希望電力比SINRをストリーム毎に求める。第1ストリームに関するレート選択部では、データ変調方式M_i及びSINR(1)から、対応するチャンネル符号化率R_{k1}が導出される。第2ストリームに関するレート選択部では、データ変調方式M_j及びSINR(2)から、

対応するチャネル符号化率 R_{k2} が導出される。信号品質とMCS(データ変調方式及びチャネル符号化率の組み合わせ)との対応関係は、例えば図4に示されるように、予め決められている。スループット算出部では、データ変調方式及びチャネル符号化率の組み合わせに基づいて、スループット(bps/Hz)がストリーム毎に計算される。各ストリームで達成可能なスループットは合成され、合成後のスループットは、図中「Thr_e」として示される。合成後のスループットThr_eが所定の閾値Max_Thrより大きかった場合、各ストリームについて導出されたデータ変調方式及びチャネル符号化率は、データ伝送に使用される候補に設定される。

先行技術文献

非特許文献

- [0019] 非特許文献1: 3GPP R1-020325, Lucent Technologies, PARC with APP decoding for HSDPA

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0020] しかしながら上記の方法では、全てのデータ変調方式の組み合わせ及び全てのシンボル群について上記の計算(図3)を行う必要があり、演算量がかなり多く複雑である。このことは、バッテリーや演算リソースに乏しい移動端末で特に不利になる。更に、上記の計算法では数式(8)及び(9)を使ってシンボル誤り率SER(m)を計算し、各ストリームのSINRを近似している。従って、シンボル誤り率SER(m)の精度が悪かった場合、リンクアダプテーションによるスループット改善効果も落ちてしまうことが懸念される。
- [0021] 本発明の課題は、MIMO方式及び適応変調チャネル符号化方式を使用する移動通信システムでリンクアダプテーションの簡易化及び高精度化を図ることである。

課題を解決するための手段

- [0022] 本発明の一形態で使用される通信装置は、MIMO方式及び適応変調チャネル

符号化方式を使用する移動通信システムで使用される。

[0023] 本通信装置は、

MIMO方式及び適応変調チャンネル符号化方式を使用する移動通信システムで使用される通信装置であって、

最尤推定法とは異なる信号検出法で決定されたストリーム毎の基準信号品質から、各ストリームについてデータ変調方式を決定する処理部と、

各ストリームの基準信号品質及びデータ変調方式から、各ストリームの受ける干渉量に応じた補正値を決定する処理部と、

或るストリームの基準信号品質及び補正値を加え、該或るストリームについてレート決定用信号品質を決定する処理部と、

前記レート決定用信号品質に対応するチャンネル符号化率をストリーム毎に決定する処理部と、

を有し、決定されたデータ変調方式及びチャンネル符号化方式は、後続のストリームの伝送に使用される通信装置である。

発明の効果

[0024] 本発明の一形態によれば、MIMO方式及び適応変調チャンネル符号化方式を使用する移動通信システムでリンクアダプテーションの簡易化及び高精度化を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]AMCの原理を説明するための図である。

[図2]送信及び受信にそれぞれ2つのアンテナが用意されている場合のシステム例を示す図である。

[図3]MIMO方式でAMCを行う際の従来法を説明するための図である。

[図4]データ変調方式及びチャンネル符号化率の組み合わせ例を示す図である。

[図5A]第1実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す図である。

[図5B]変形例を示す図である。

[図6]データ変調方式、シンボル誤り率SER及び信号品質SINRの相互関係を模

式的に示す図である。

[図7] 第1実施例による動作例を示すフローチャートである。

[図8] 第2実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す図である。

。

[図9] 第3実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す図である。

。

[図10] 第4実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す図である。

[図11] 第5実施例による動作を説明するための図である。

[図12] 第1, 第2ストリームのデータ変調方式の組合せを用意する方法例を示す図である。

[図13] 第6実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す図である。

[図14] 第6実施例で使用される動作例のフローチャートを示す。

[図15] 第6実施例で使用される別の動作例のフローチャートを示す。

[図16] 第1実施例に関するシミュレーション結果を示す図である。

[図17] シミュレーションに使用されたパラメータ諸元を示す図である。

[図18] 第1, 第4及び第5実施例に関するシミュレーション結果を示す図である。

発明を実施するための形態

- [0026] 本発明の一形態による通信装置は、MIMO方式及び適応変調チャンネル符号化方式を使用する移動通信システムで使用される。最尤推定法とは異なる信号検出法(MMSE)で決定されたストリーム毎の基準信号品質 q_1 (便宜上、第1信号品質とも言及される)から、各ストリームについてデータ変調方式を決定する処理部52と、各ストリームの基準信号品質 q_1 及びデータ変調方式から、各ストリームの受ける干渉量(便宜上、第2信号品質 q_2 とも言及される)に応じた補正值 Δq を決定する処理部(54, 56)と、或るストリームの基準信号品質 q_1 及び補正值 Δq を加え、該或るストリームについてレート決定用信号品質

q3(便宜上、第3信号品質とも言及される)を決定する処理部(加算部)と、前記レート決定用信号品質q3(便宜上、第3信号品質とも言及される)に対応するチャンネル符号化率をストリーム毎に決定する処理部58とを有する。決定されたデータ変調方式及びチャンネル符号化方式は、後続のストリームの伝送に使用される。

[0027] これにより、各ストリームで可能性のあるデータ変調方式全ての組み合わせを検索せずに、各ストリームに適切なMCSを簡易に見出すことができ、また、補正值を用いることでMCS推定精度を向上できる。つまり、リンクアダプテーションの簡易化及び高精度化を図ることができる。

[0028] 各ストリームのデータ変調方式の候補は、複数の選択肢の中から選択され、選択されたデータ変調方式について前記チャンネル符号化率が決定されてもよい。複数のストリームで達成可能なスループットが高くなるように、各ストリームのデータ変調方式及びチャンネル符号化率が決定されてもよい。これは、複数の候補を考慮することで、単独の候補しか考慮しなかった場合よりも確実に高スループット化を図る観点から好ましい。

[0029] データ変調方式の前記複数の選択肢の中から、各ストリームの基準信号品質に対応する主候補が導出され、少なくとも該主候補について前記チャンネル符号化率が決定されてもよい。前記主候補のレートと所定のレベルだけ異なるレートを有する副候補が、第1及び第2ストリーム各々について決定され、前記第1及び第2ストリームのデータ変調方式の総ての可能な組合せの内、前記主候補又は前記副候補を含む所定の組合せについて、各ストリームのチャンネル符号化率及びスループットが算出されてもよい。これは、可能な総ての候補の内、確からしい一部の候補に限定して計算を行うことで、計算効率の向上を図る観点から好ましい。

[0030] 前記主候補又は前記副候補を含む所定の組合せは、前記第1ストリームの主候補及び前記第2ストリームの主候補の組合せ(主, 主)又は前記第1ストリームの主候補のレートより高いレートを有する副候補及び前記第2ストリームの主候補のレートより低いレートを有する副候補の組合せ(副, 副)を含

んでもよい。これは、複数の選択肢の内、データスループットをなるべく一定に維持できる候補を導出する観点から好ましい。

- [0031] 前記最尤推定法とは異なる信号検出法は、最小二乗平均誤差 (MMSE) 法でもよい。MMSE法は比較的簡易にストリーム毎の信号品質を算出できる。この信号品質は、データ変調方式を特定するのに使用される。適切なデータ変調方式を発見する際、信号品質の精度はさほど高なくてもよいので、その目的にMMSE法を利用することは、演算処理の効率化を図る観点から好ましい。
- [0032] ストリーム間干渉を無視できる場合の信号品質 $SINR_{free}$ と前記基準信号品質 $q_1 = SINR_{MMSE}$ との差分に比例するように、前記補正值 $\Delta q = \alpha (SINR_{free} - SINR_{MMSE})$ が算出されてもよい。これは、MCSを最終的に特定するレート決定用信号品質 q_3 が、上限値 $SINR_{free}$ 以下であって、下限値 $SINR_{MMSE}$ 以上であることが確実に保証される観点から好ましい。
- [0033] 更に、前記補正值の算出に使用される比例係数 α は、ストリームの受ける干渉量のとりに得る値に応じて予め決められていてもよい。MLD法では、あるストリームに関して他のストリームは干渉ストリームになり、あるストリームの検出精度は干渉ストリームの検出精度に依存する。干渉ストリームの検出精度に関連する q_2 に応じて比例係数を決めておくことは、ストリーム間の干渉の度合いに応じて、レート決定用信号品質 q_3 を上限値又は下限値の何れに近づけるかを適切に調整する観点から好ましい。
- [0034] 或るストリームの前記補正值の算出に使用される比例係数は、無線チャネル状態及び／又は他ストリームのデータ変調方式に応じて決定されてもよい。
- [0035] 少ない演算量でデータ変調方式を特定する観点からは、前記最尤推定法とは異なる信号検出法が、ゼロフォーシング (ZF: Zero Forcing) 法であることが好ましい。また、信号分離法として、演算量削減型MLD法 (QR分解を用いた最尤推定法 (QRM-MLD法)、 Sphere decoding法他) を用いる場合は、チャネル行列を三角化して得られる行列とノイズ電力から第1通信品質を推定することもできる。こうすることで、信号分離部と共通の回路を用いることがで

きる。

[0036] 或るストリームについてのレート決定用信号品質 q_3 が所定値を越えた場合、前記或るストリームのデータ変調方式が変更されてもよい。というのは、前記補正值 Δq が大きかった場合、レート決定用信号品質 q_3 は基準信号品質 q_1 よりかなり大きくなり、相応しいデータ変調方式が変わる可能性がある。データ変調方式を変える自由度を残すことは、より相応しいMCSを決定する観点から好ましい。更に、或るストリームについてのレート決定用信号品質 q_3 が所定値を越えた場合、前記或るストリームとは別のストリームのチャンネル符号化率も変更されてよい。データ変調方式が変わると、そのストリームのシンボル誤り率も変わり、他のストリームに及ぼす干渉も変わり、ひいては他のストリームに選択されるMCSが変わるかもしれない。このような動作に適切に追従する観点からは、データ変調方式の変更に伴ってチャンネル符号化率を変える自由度も残すことが好ましい。また、上記の所定値は、変調方式毎に定めることで、より柔軟にMCS制御が可能となる。

[0037] ストリームの受ける干渉量は、各ストリームのシンボル誤り率(SER)又は希望信号電力対非希望電力比(SINR)及びデータ変調方式から導出されてもよい。

[0038] 上記通信装置は、ユーザ装置に用意されてもよいし、基地局装置に用意されてもよい。

[0039] 本発明の一形態による通信方法は、MIMO方式及び適応変調チャンネル符号化方式を使用する移動通信システムで使用される。本方法は、最尤推定法とは異なる信号検出法で決定されたストリーム毎の基準信号品質から、各ストリームについてデータ変調方式を決定するステップと、各ストリームの基準信号品質及びデータ変調方式から、各ストリームの受ける干渉量に応じた補正值を決定するステップと、或るストリームの基準信号品質及び補正值を加え、該或るストリームについてレート決定用信号品質を決定するステップと、前記レート決定用信号品質に対応するチャンネル符号化率をストリーム毎に決定するステップとを有する。決定されたデータ変調方式及びチャンネル符号化

方式は、後続のストリームの伝送に使用される。

[0040] 説明の便宜上、本発明が幾つかの実施例又は項目に分けて説明されるが、各区分けは本発明に本質的ではなく、2以上の実施例又は項目に別々に記載された事項が必要に応じて組み合わせて使用されてもよい。発明の理解を促すため具体的な数値例を用いて説明がなされるが、特に断りのない限り、それらの数値は単なる一例に過ぎず適切な如何なる値が使用されてもよい。

実施例 1

[0041] 図5Aは本発明の一実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す。図5Aには、MMSEベースのSINR計算部51、データ変調方式選択部52-1、52-2、SER計算部54-1、54-2、補正值計算部56-1、56-2、レート計算部58-1、58-2が描かれている。MMSEベースのSINR計算部51以外の要素は、ストリーム毎に用意されており、図示の例ではストリーム数は2である。但し、ストリーム数は2より多くてもよい。図5Aに示されている機能要素の全部又は一部はユーザ装置に備わっていてもよいが、説明の便宜上、図示の機能要素全てがユーザ装置に備わっているものとする。

[0042] MMSEベースのSINR計算部51は、最小二乗平均誤差法(MMSE)で受信信号から各ストリームの信号を検出する。上述したように、受信信号 r は次式で表現される。

[0043] [数5]

$$\mathbf{r} \equiv \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_1 \\ n_2 \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

$$= \mathbf{h}_1 s_1 + \mathbf{h}_2 s_2 + \mathbf{n} \quad \dots (2)$$

$$= \mathbf{H}\mathbf{s} + \mathbf{n} \quad \dots (3)$$

$$E[\mathbf{n}\mathbf{n}^H] = \sigma^2 \mathbf{I}$$

各記号の意味は次のとおりである。

- [0044] r_i : i 番目の受信アンテナで受信された信号
 h_{ij} : j 番目の送信アンテナ及び i 番目の受信アンテナ間のチャネル変動(チャネル行列要素)
 n_i : i 番目の受信アンテナでの雑音
 s_j : j 番目のストリームのシンボル, $E\{|s_j|^2\}=1$ (E は期待値を表す)
 σ^2 : 雑音電力。

- [0045] MMSEベースのSINR計算部51は、各ストリームに関する信号品質を計算する。本実施例では、信号品質は、次式のように希望信号電力対非希望電力比SINR_{MMSE}(1)及びSINR_{MMSE}(2)で表現されるが、信号品質は当該技術分野で既知の適切な如何なる量で表現されてもよい。

- [0046] [数6]

$$SINR_{MMSE}(1) = \frac{\mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1}{1 - \mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1} \quad \dots (4)$$

$$SINR_{MMSE}(2) = \frac{\mathbf{h}_2^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_2}{1 - \mathbf{h}_2^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_2} \quad \dots (5)$$

$$\mathbf{R} = (\mathbf{h}_1 \mathbf{h}_1^H + \mathbf{h}_2 \mathbf{h}_2^H + \sigma^2 \mathbf{I}) \quad \dots (6)$$

MMSE法ではストリーム毎の信号品質をMLD法よりも簡易に計算できる。説明の便宜上、第1ストリームについて計算された信号品質SINR_{MMSE}(1)は、第1信号品質 $q_1(1)$ (又は第1基準信号品質 $q_1(1)$)と言及される。第2ストリームについて計算された信号品質SINR_{MMSE}(2)は、第1信号品質 $q_1(2)$ (第1基準信号品質 $q_1(2)$)と言及される。一般に、MMSEベースのSINR計算部51で m 番目のストリームについて計算された信号品質SINR_{MMSE}(m)は、第1信号品質 $q_1(m)$ と言及されてよい。

- [0047] 本実施例では、各ストリームについて第1信号品質 $q_1(1)$, $q_1(2)$ を用意する

方法はMMSE法であるが、このことは本発明に必須ではない。当該技術分野で既知の適切な如何なる方法が使用されてもよい。但し、本実施例はMLD法による演算負担の軽減を図ろうとしているので、第1信号品質 $q_1(1)$, $q_1(2)$ の計算法も、MLD法とは異なる、より簡易な信号検出法であることが望ましい。例えば、ゼロフォーシング法(ZF法)が使用されてもよいし、演算量削減型のMLD法(QRM-MLD法)が使用されてもよい。

[0048] 第1ストリームに関するデータ変調方式選択部52-1は、第1信号品質 $q_1(1)$ に対応するデータ変調方式Modulation(1)を決定する。信号品質とデータ変調方式とチャンネル符号化方式との対応関係は、例えば図4に示されるように、予め決定されている。図4に例示されているように、MCSは伝送レートの順に並んでおり、あるデータ変調方式の中で様々なチャンネル符号化率が変わっている。即ち、伝送レートはデータ変調方式で大別され、チャンネル符号化率で更に細分される。従ってMMSEベースのSINR計算部51で計算された第1信号品質 $q_1(1)$, $q_1(2)$ が高精度でなかったとしても、データ変調方式なら多くの場合正確に特定できる。後述するように、この時点で決定されたデータ変調方式は、或る条件の下で後の時点で変更されてもよい。

[0049] 第2ストリームに関するデータ変調方式選択部52-2も同様に、第1信号品質 $q_1(2)$ に対応するデータ変調方式Modulation(2)を決定する。

[0050] 第1ストリームに関するSER計算部54-1は、前段で用意された第1信号品質 $q_1(1)$ 及びデータ変調方式Modulation(1)に基づいて、第2信号品質 $q_2(1)$ を計算する。本実施例では、第2信号品質 $q_2(1)$ は、ストリーム間の干渉度合を表す量で表現され、一例としてシンボル誤り率SER(Symbol Error Rate)で表現されるが、第2信号品質は当該技術分野で既知の適切な如何なる量で表現されてもよい。

[0051] 図6は何らかのデータ変調方式の下でシンボル誤り率SER及び信号品質SINRがどのような関係にあるかを模式的に示す。このような関係は経験的に又はシミュレーションにより高精度に用意することができる。

[0052] 第2ストリームに関するSER計算部54-2も、前段で用意された第1信号品質

q1(2) 及びデータ変調方式 Modulation(2) に基づいて、第2信号品質 q2(2) を計算する。本実施例では、第2信号品質 q2(2) も、シンボル誤り率 SER で表現されるが、第2信号品質は当該技術分野で既知の適切な如何なる量で表現されてもよい。

[0053] 第1ストリームに関する補正值計算部56-1は、第2ストリームに関する第2信号品質 q2(2) (シンボル誤り率) に基づいて、第1ストリームに関する補正值 $\Delta q(1)$ を計算する。本実施例では、第1ストリームに関する第1信号品質 q1(1) は SINR で表現されているので、補正值 $\Delta q(1)$ は $\Delta \text{SINR}(1)$ と表現されてもよい。補正值 $\Delta \text{SINR}(1)$ は、次式で表現される。

[0054] [数7]

$$\Delta \text{SINR}(1) = \alpha \left(\frac{\|h_1\|^2}{\sigma^2} - \frac{h_1^H R^{-1} h_1}{1 - h_1^H R^{-1} h_1} \right) \quad \dots (10)$$

この場合における係数 α は、第2ストリームに関する第2信号品質に基づいて次のように計算される。

[0055] [数8]

$$\alpha = \begin{cases} 0 & 0.3 < \text{SER}(2) \\ 0.4 & 0.1 < \text{SER}(2) \leq 0.3 \\ 1.0 & \text{SER}(2) \leq 0.1 \end{cases} \quad \dots (11)$$

このように算出された補正值 $\Delta q(1) = \Delta \text{SINR}(1)$ と第1信号品質 q1(1) が加算され、第3信号品質 q3(1) が次式のように導出される。

[0056]

[数9]

$$SINR_e(1) = \frac{\mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1}{1 - \mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1} + \Delta SINR(1) \quad \dots (12)$$

第3信号品質 $q_3(1)$ は、当該技術分野で既知の適切な如何なる量で表現されてもよいが、第1信号品質と同様に表現されることが望ましい。本実施例ではそれはSINRで表現され、MLD法におけるストリーム毎の等価的なSINRにちなんで、SINRe(equivalent SINR)と表現される。

[0057] なお、係数 α が上記のように定義されることは必須ではなく、様々に定義されてもよい。例えば、第1ストリームに関する計算に使用される係数 α が、第2ストリームのデータ変調方式に応じて変化するように定義されてもよい。或いは、係数 α は無線チャネル状態(例えば、平均SNR等で表現されてよい)に応じて変化するように定義されてもよい。

[0058] 本実施例では、第2通信品質としてSERを計算しているが、ストリーム毎のSERを計算することは本発明に必須ではない。例えば、図5Bに示されるように、第1通信品質 q_1 及びデータ変調方式から補正值 Δq が直接的に補正值計算部で導出されてもよい。こうすることでSERを算出するステップを等価的に省いてもよい。

[0059] 第2ストリームに関する補正值計算部56-2は、第1ストリームに関する第2信号品質 $q_2(1)$ (シンボル誤り率)に基づいて、第2ストリームに関する補正值 $\Delta q(2)$ を計算する。

[0060] レート計算部58-1は、第1ストリームに関して算出された第3信号品質 $q_3(1)$ に基づいて、伝送レートを決定する。この場合における伝送レートは、ある特定のデータ変調方式の下で、第3信号品質 $q_3(1)$ に応じてチャネル符号化率を変えることで決定される。例えば、図4のようにMCSが決められており、第1信号品質 $q_1(1)$ により、第1ストリームのデータ変調方式が16QAMに決定さ

れたとする。この場合、MCS5～MCS10の内の何れかが、選択される。どれが選択されるかは、第3信号品質 $q_3(1)$ に応じて決定される。

[0061] レート計算部58-2は、第2ストリームに関して算出された第3信号品質 $q_3(2)$ に基づいて、伝送レートを決定する。

[0062] このように、図3に示されるような全候補の網羅的な検索を必要とせずに、データ変調方式Modulation(1), Modulation(2)及びチャネル符号化率Rate(1), Rate(2)を簡易に導出することができる。

[0063] 本実施例で使用される計算の原理を説明する。上述したように、2つの送信ストリームを受信する場合、受信信号は次のように書ける。

$$[0064] \quad r = h_1 s_1 + h_2 s_2 + n$$

これは、上記の数式(2)と同じである。MLD法で信号検出が行われる場合、複数のストリームからの信号をまとめて検出するので、第1ストリーム s_1 の検出精度は、第2ストリーム s_2 の検出精度にも依存する。第1ストリーム s_1 にとって第2ストリーム s_2 は干渉ストリームになる。第2ストリーム s_2 のシンボル誤り率 $q_2(2) = \text{SER}(2)$ が少なく、第2ストリームが高品質に検出できる場合、第1ストリーム s_1 にとっての干渉は少なくなる。従って、

$$q_2(2) = \text{SER}(2) \rightarrow 0$$

の極限では、第1ストリーム s_1 の第3信号品質 $\text{SINRe}(1)$ は、

$$\text{SINRe}(1) \rightarrow \text{SINR}_{\text{free}} = |h_1|^2 / \sigma^2$$

と書ける。記号の意味は、上述したとおりである。通常の通信状況では何らかの干渉が存在するので、第3信号品質はこの $\text{SINR}_{\text{free}}$ よりも小さいはずである。

[0065] [数10]

$$\text{SINR}_e(1) \leq \frac{\|h_1\|^2}{\sigma^2} \quad \dots (13)$$

逆に、第2ストリーム s_2 の第2信号品質 $q_2(2)=SER(2)$ が大きく、第2ストリームが高品質には検出できない場合、第1ストリーム s_1 にとっての干渉も大きくなる。しかしながら、第1ストリームの信号品質を算出する際、MMSE法で求めた程度の精度は確保できるはずである。従って、MMSE法で求めた第1信号品質 $q_1=SINR_{MMSE}(1)$ を、第3信号品質 $q_3(1)=SINRe(1)$ の下限と考えることができる。

[0066] [数11]

$$SINR_e(1) \geq \frac{\mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1}{1 - \mathbf{h}_1^H \mathbf{R}^{-1} \mathbf{h}_1} \quad \dots (14)$$

係数 α は0以上1以下の数であり、

$$SINR_{MMSE}(1) \leq SINR_{free}$$

であることを考慮すると、第3信号品質 $q_3(1)=SINRe(1)$ は、下限値 $SINR_{MMSE}(1)$ 及び上限値 $SINR_{free}$ の間にあることがわかる。上限値及び下限値の間の何処にあるかは、係数 α の値で調整される。第2ストリームが高品質に検出できる場合、 $q_2(2)=SER(2)$ はゼロに近くなり、このとき第3信号品質 $q_3(1)$ は上限値に近づく。逆に、第2ストリームが高品質に検出できない場合、 $q_2(2)=SER(2)$ は大きくなり、このとき第3信号品質 $q_3(1)$ は下限値に近づく。このような傾向を補正值 $\Delta q(1)$ に反映するため、数式(10)及び(11)に示されるような定義がなされている。このように、第1ストリームに対する等価的なSINRを求める際、第2ストリームに関する情報が関わってくるので、図5Aでは、或るストリームのSER計算部各々の出力先が、別のストリームの補正值計算部につながっている。

[0067] 係数 α をこのように定義することは本発明に必須ではないが、上記の性質又は傾向を簡易に反映する観点からは、このように定義することが好ましい。

[0068] なお、数式(12)は、

$$\text{SINRe}(1) = (1 - \alpha) \times \text{SINR}_{\text{MMSE}}(1) + \alpha \times \text{SINR}_{\text{free}} \quad , \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad \dots \quad (15)$$

のように変形することもできる。このような観点からは、 $\text{SINRe}(1)$ は、 $\text{SINR}_{\text{MMSE}}(1)$ と $\text{SINR}_{\text{free}}$ の重み付け平均値として導出される、とも言える。

[0069] 上記の説明は第1ストリームに関連していたが、当然に第2ストリームについても同様な説明が可能である。

[0070] 図5Aに示されている機能要素の全部又は一部がユーザ装置に備わっていてもよい。後者の場合、例えば、MMSEベースのSINR計算部51がユーザ装置に用意され、他の機能要素が基地局装置に用意されていてもよい。或いは、上りリンクの場合、図示の機能要素全てが基地局装置に備わっていてもよい。図示の要素全てがユーザ装置に備わっていることは、適切なMCSを速やかに決定する等の観点から好ましい。一部の機能を基地局装置に用意することは、ユーザ装置のバッテリーや演算リソースを節約する観点から好ましい。

[0071] 図7は本発明の一実施例による動作例のフローチャートを示す。先ず、MMSE法で各ストリームの第1信号品質 $q1$ (上記の例では、SINR)が計算される(step1)。次に、計算された第1信号品質 $q1$ を使って各ストリームのデータ変調方式が選択される(step2)。次に、データ変調方式及び第1信号品質 $q1$ に基づいて、各ストリームの第2信号品質 $q2$ (上記の例では、シンボル誤り率(SER))が計算される(step3)。次に、ストリーム各々にとっての干渉ストリームの情報を使って、第3信号品質 $q3$ (上記の例では、SINRe)が計算される(step4)。そして、計算された第3信号品質 $q3$ に基づいて、チャンネル符号化率が決定され、MCSが最終的に決定される。

[0072] ところで、第3信号品質 $q3$ は、第1信号品質 $q1$ に補正值 Δq を加えたものであり、 $q3$ は $q1$ 以上の値をとっていた。

$$[0073] \quad q3 = q1 + \Delta q \geq q1$$

$q3$ が $q1$ より大きくなるということは、信号品質が補正值で補正されると、適切なデータ変調方式が変わるかもしれないことを意味する(図1参照)。

図1の例の場合、補正前の適切なデータ変調方式は16QAMであったが、 $q3$ に対応する補正後に適切なデータ変調方式は64QAMである。このような事情が図7のフローのステップ4(step4)で判明した場合、フローはstep2に戻り、そのストリームに関する変調多値数が増やされ、同様な手順が反復される。上述したように、MLD法では、あるストリームの検出精度は、別のストリーム(干渉ストリーム)の検出精度にも依存する。従って、あるストリームについてデータ変調方式が変更された場合、別のストリームに与える干渉の影響も変わる。例えば、図5Aの第1ストリームのデータ変調方式が変更された場合、変更後のデータ変調方式から導出された第2信号品質 $q2(1)$ が、第2ストリームの補正值計算部56-2に入力される。その結果、第2ストリームに関する第3信号品質 $q3(2)$ も変わり、レート選択部58-2で選択される第2ストリームについてのチャネル符号化率も変わるかもしれない。通常、あるストリームの変調多値数が増やされた場合、他ストリームに与える干渉が増大し、他ストリームの変調方式もしくは符号化率を下げなくてはいけなくなる場合もある。よって、これによるスループットの劣化も考慮して最終的に最適な変調方式、符号化率の組み合わせを決定することが望ましい。

実施例 2

[0074] 複数のストリームの各々にMCSが別々に設定されることは必須ではない。例えば、2つのストリームに同じデータ変調方式及び同じチャネル符号化率で使用されてもよい。

[0075] 図8はこのような観点から用意された、第2実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す。概して図5Aと同様であるが、1つのデータ変調方式選択部52が2つのストリームに共通に使用されている点、1つのレート選択部58が2つのストリームに共通に使用されている点が異なる。但し、第2信号品質 $q2(1)$, $q2(2)$ の計算及び補正值 $\Delta q(1)$, $\Delta q(2)$ の計算は、図5Aの場合と同様にストリームを区別しながら行われる。上述したように、各ストリームは互いに干渉を与え合う関係にあるからである。

[0076] 送信側で送信ストリーム間のインターリーブのような処理を行う場合は、

複数ストリームの品質が同等になる。このようなシステムの場合、ストリーム毎のリンクアダプテーションを行わず、複数のストリームについて平均的なリンクアダプテーションを行うことで、フィードバックに要する情報量(オーバーヘッド)が少なくすることができる。

実施例 3

- [0077] 図9は第3実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す。本実施例では、MIMO方式及びAMC方式に加えて、直交周波数分割多重(OFDM)方式も使用される。図示の例では、L個のサブキャリアに関する処理が示されているが、これらのサブキャリアは、例えば或るユーザ装置に割り当てられた周波数帯域(1つ以上のリソースブロック)に含まれているものとする。図中の構成要素は概して図5Aで説明済みのものと同様であるが、データ変調方式選択部52-1, 52-2及びレート選択部58-1, 58-2を除いて、サブキャリア毎に処理が行われる点が異なる。
- [0078] MMSEベースのSINR計算部51は、例えばSINRである第1信号品質をストリーム毎に且つサブキャリア毎に用意する。無線伝搬路のチャネル状態は、厳密にはサブキャリア毎に異なるからである。
- [0079] 第1ストリームに関するデータ変調方式選択部52-1は、第1ストリームに関するL個のサブキャリアの第1信号品質を受信し、1つのデータ変調方式Modulation(1)を選択する。L個の様々なサブキャリア毎のSINRから1つの平均的な相互情報(MI: Mutual Information)を求め、その平均MIから1つのデータ変調方式を導出する技術については、例えば次の文献で説明されている。
- [0080] 3GPP, R1-060987, NTT DoCoMo, Ericsson, Fujitsu, Mitsubishi Electric, NEC, Panasonic, Sharp, Toshiba, "Link Adaptation Scheme for Single-antenna Transmission in E-UTRA Downlink".
- [0081] データ変調方式はストリームにつき1つ選択されるが、第2信号品質 q_2 及び補正値はサブキャリア毎に計算され、第3信号品質 q_3 もサブキャリア毎に用意される。これらサブキャリア毎に用意された第3信号品質 q_3 に基づいて

、レート選択部58-1, 58-2は、データ変調方式及びチャンネル符号化率の何らかの組み合わせをそれぞれ1つ決定する。こうして、第1ストリームのデータ変調方式Modulation(1)及びチャンネル符号化率Rate(1)、第2ストリームのデータ変調方式Modulation(2)及びチャンネル符号化率Rate(2)が用意される。

実施例 4

- [0082] 実施例1-3では、データ変調方式選択部(図5Aの52-1, 52-2)がMMSE処理後のSINRからデータ変調方式を一意に導出し、以後そのデータ変調方式は原則として固定される。第1, 第2ストリームに使用されてもよいデータ変調方式がそれぞれN通りあったとすると、2ストリームの場合、総ての可能なデータ変調方式の組合せは、 N^2 通り存在する。これら N^2 個の組合せの内、SINRから導出されたデータ変調方式の組合せは、かなり確からしいことが予想される。しかしながら、他の N^2-1 個の組合せ総てが常に不適切であるとも言い難い。このような観点から、本発明の第4実施例では、各ストリームのデータ変調方式の組合せは1つに固定されず、他の組合せも考慮される。
- [0083] 図10は第4実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す。概して図10は図5Aと同様であり、同様な要素には同じ参照番号が付されている。本実施例では、各ストリームのデータ変調方式の組合せ総てが考慮されるので、図5Aに示されているデータ変調方式選択部52-1, 52-2は描かれていない。但し、データ変調方式選択部のような処理部が存在してはならないわけではなく、データ変調方式の組合せ(M_{1i}, M_{2i})をSER計算部に提供する処理部が存在してもよい。図5Aとは異なり、図10ではレート選択部58-1, 58-2の後に、スループット計算部60-1, 60-2及び合成部62が描かれている。本実施例では、各ストリームのスループットの合計スループット Thr_e が最大になるように、データ変調方式の組合せ及び対応するチャンネル符号化率が決定される。
- [0084] 具体的には、予め各ストリームのデータ変調方式のペア= (M_i, M_j) の候補が複数個用意される。説明の簡明化を図るため、2ストリームの場合が想定されている。文脈から明らかなように、「データ変調方式の組合せ」及び「デ

ータ変調方式のペア」は同義的に使用されている。データ変調方式の組合せの各々に対して、実施例 1-3 で説明済みのシンボルエラーレートSER、補正值 Δ SINR及びチャンネル符号化率等の計算が行われ、2つのストリームの合計スループットが最も高くなるデータ変調方式のペア及び対応するチャンネル符号化率が最終的に選択され、以後の実際の通信に使用される。

[0085] 例えば各ストリームのデータ変調方式の選択肢が、QPSK, 16QAM及び64QAMの3通りであった場合、2ストリームのデータ変調方式の組合せ総数は、9通りあり、これら9通りの組合せ総てに対して、実施例 1-3 で説明済みの補正值 Δ SINR及びチャンネル符号化率等の計算が行われる。図中、「for i=1:3 ... end」は、第1ストリームに関するデータ変調方式 M_i の変数 i を1, 2, 3に変化させながら繰り返し計算を行うことを示す。「for j=1:3 ... end」は、第2ストリームのデータ変調方式 M_j の変数 j を1, 2, 3に変化させながら繰り返し計算を行うことを示す。チャンネル符号化率は K 種類用意されている(R_1, R_2, \dots, R_K)。

[0086] この例の場合、9通り総てについて計算を要するが、各ストリームのデータ変調方式からチャンネル符号化率を導出するまでの間に、従来のユニオンバウンズのシンボルエラーレートの計算(図3)は不要なので、本実施例での演算負担は従来よりも依然として軽い。本実施例によれば、複数のデータ変調方式ペアの総てに対してスループットを調べるので、データ変調方式の選択の自由度が広く、確実な高スループット化を図ることが期待できる。

実施例 5

[0087] 第4実施例では、ストリーム数が P 個の場合、データ変調方式の組合せ総数 N^P 個の組合せの総てについて各ストリームのスループットを求める計算が行われていた。本発明の第5実施例は、検討する組合せ数を減らすことで、演算負担の軽減を図る。

[0088] 図11は第5実施例で行われる2つのステップと、各ステップにおける処理内容を示す。本実施例ではステップ1, 2の2段階の処理が行われる。

[0089] ステップ1では、データ変調方式の組合せが絞り込まれる。これを行うた

め、先ず、無線伝搬路を経て受信された各ストリームの信号品質が算出される。信号品質は、第1実施例の場合と同様に、MMSEベースのSINR計算部51により算出されてもよい。信号品質は、第1実施例で説明済みの数式(4)及び(5)のように希望信号電力対非希望電力比 $SINR_{MMSE}(1)$ 及び $SINR_{MMSE}(2)$ で表現されてもよい。信号品質は当該技術分野で既知の適切な如何なる量で表現されてもよい。第1実施例の場合と同様に、第1ストリームについて計算された信号品質 $SINR_{MMSE}(1)$ は、第1信号品質 $q1(1)$ (又は第1基準信号品質 $q1(1)$)と言及される。第2ストリームについて計算された信号品質 $SINR_{MMSE}(2)$ は、第1信号品質 $q1(2)$ (第1基準信号品質 $q1(2)$)と言及される。本実施例では、各ストリームについて第1信号品質 $q1(1)$, $q1(2)$ を用意する方法はMMSE法であるが、このことは本発明に必須ではない。当該技術分野で既知の適切な如何なる方法が使用されてもよい。

[0090] 次に、データ変調方式の組合せが決定される。この決定は変調方式セット決定部111で行われる。変調方式セット決定部111は、MMSEベースのSINR計算部51からの第1信号品質 $q1(1)$, $q1(2)$ を入力として受信し、第1, 第2ストリームのデータ変調方式の組合せ (M_{11}, M_{21}) , (M_{12}, M_{22}) , ..., (M_{1N}, M_{2N}) を用意する。これらの組合せが総て用意された後にステップ2の手順が行われてもよいし、或いはステップ2の手順で必要とされた場合にその都度組合せが用意されてもよい。説明の便宜上、組合せ総数はN個であるように図示されているが、 N^2 個より少ない適切な如何なる数の組合せが用意されてもよい(Nは、各ストリームで使用されるかもしれないデータ変調方式の数である。)

[0091] ステップ2では、データ変調方式及びチャネル符号化率の組合せであるMCSが決定され、そのMCSは以後の通信に使用される。データ変調方式の組合せ (M_{1i}, M_{2i}) が決定された後に、補正值、チャネル符号化率及びスループット等を計算する処理は、第4実施例で説明されたものと同様である。

[0092] 上記のステップ1において、各ストリームの第1信号品質 $q1(1)$, $q1(2)$ から、データ変調方式の組合せ (M_{1i}, M_{2i}) を、可能性のある総数(N^2 個)より少なく用意する方法の具体例を以下に説明する。

- [0093] 図 1 2 はデータ変調方式の組合せを用意する方法例を示す。この方法は典型的には図 1 1 の変調方式セット決定部111で行われる。
- [0094] ステップ 1 では、データ変調方式の基準となる組合せが決定される。上述したようにMMSEベースのSINR計算部51(図 1 1)では、第 1 及び第 2 ストリーム各々について信号品質が計算され、例えば、第 1 ストリームについて第 1 信号品質 $q1(1) = \text{SINR}_{\text{MMSE}}(1)$ が計算される。第 2 ストリームについても第 1 信号品質 $q1(2) = \text{SINR}_{\text{MMSE}}(2)$ が計算される。信号品質とデータ変調方式・符号化率の対応関係は既知なので、これらの第 1 信号品質 $q1(1)$, $q1(2)$ からデータ変調方式をそれぞれ導出することができ、そのデータ変調方式のペアは便宜上「基準ペア」と言及される。また、基準ペアに含まれるデータ変調方式は、複数のデータ変調方式の「主候補」と呼んでもよい。図 1 2 に示される例では、第 1 ストリームについて16QAMが導出され、第 2 ストリームについても16QAMが導出されている。従って基準ペアは(16QAM, 16QAM)で表現される。主候補は16QAMある。
- [0095] ステップ 2 では、基準ペアから 1 つ以上の二次的なペアが導出される。二次的なペアを導出する 1 つの方法は、基準ペアの第 1 ストリームの変調オーダを1レベル下げ、第 2 ストリームの変調オーダを1レベル上げることである。目下の例の場合、
- 基準ペアは、 $(M1, M2) = (16\text{QAM}, 16\text{QAM})$ であり、
二次ペアは、 $(M1, M2) = (\text{QPSK}, 64\text{QAM})$ になる。
- [0096] 二次的なペアを導出するもう 1 つの方法は、逆に、基準ペアの第 1 ストリームの変調オーダを1レベル上げ、第 2 ストリームの変調オーダを1レベル下げることである。目下の例の場合、
- 基準ペアは、 $(M1, M2) = (16\text{QAM}, 16\text{QAM})$ であり、
二次ペアは、 $(M1, M2) = (64\text{QAM}, \text{QPSK})$ になる。
- 「基準ペア」中の「主候補」16QAMから導出されたQPSKや64QAMは、「副候補」と呼ばれてもよい。
- [0097] ステップ 3 では、ステップ 2 で用意された基準ペア及び二次ペアが、デー

タ変調方式の組合せ候補として用意される。これらの組合せ候補については、図11のステップ2においてスループット等が計算される。ステップ2の基準ペアにも二次ペアにも該当しない組合せ候補については、図11のステップ2におけるスループット等は計算されない。目下の例の場合、第1及び第2ストリームで可能な総てのデータ変調方式の組合せは、9通り存在していた。本実施例によれば、これら9通りの組合せの内、

$(M1, M2) = (16QAM, 16QAM), (QPSK, 64QAM)$ 及び $(64QAM, QPSK)$

の3つの組合せについてのみスループット等の計算が行われ、他の組合せについては計算されない。このようにして演算負担の軽減が図られる。

[0098] 上記の例では、基準ペアの変調オーダを1レベル上下させることで、二次ペアが導出されている。基準ペアから何等かのペアを導出する観点からは、基準ペアの第1ストリームの主候補(16QAM)を不変に維持し、第2ストリームの変調オーダを上下させてもよい。この場合、

$(M1, M2) = (16QAM, 16QAM), (16QAM, QPSK)$ 及び $(16QAM, 64QAM)$

のような組合せが得られる。基準ペアの第2ストリームの主候補(16QAM)を不変に維持し、第1ストリームの変調オーダを上下させると、

$(M1, M2) = (16QAM, 16QAM), (QPSK, 16QAM)$ 及び $(64QAM, 16QAM)$

のような組合せが得られる。このように基準ペアの主候補の変調オーダを上下させることで、副候補を導出することができる。

[0099] ところで、第1ストリームの変調オーダを下げるということは、第1データストリームのレートを下げることになり、第1ストリームのスループットは低下することになるが、これは逆に第1ストリームの信号品質を向上させることになる。第1ストリームの信号品質が高くなると、第2ストリームに与える干渉は少なくなり、その結果、第2ストリームの信号品質も向上することが期待できる。このため、第2ストリームの変調オーダを上げてもよい。第2ストリームの変調オーダを上げると、第2ストリームのスループットは向上する。このように、基準ペアの第1ストリームの変調オーダを下げる一方、第2ストリームの変調オーダを上げることで、二次ペアが用意された

とする。この場合、第1ストリームのスループットは低下するが、第2ストリームのスループットは向上するので、第1及び第2ストリームを総合した場合のスループットは大幅には変わらないことが予想される。従って達成可能なスループットを同程度に維持しつつ、基準ペアから二次ペアを導出する観点からは、上記のように基準ペア中の一方の主候補の変調オーダを上げることで一方の副候補を用意し、他方の主候補の変調オーダを下げることで他方の副候補を用意することが好ましい。また、上記例では、変調オーダを1レベル上下させているが、複数レベル上下させてもよい。

実施例 6

- [0100] 上記の実施例1-5では、シンボルエラーレートSERの計算や信号品質 $q_3=q_1+\Delta q$ の計算の際、第1信号品質 q_1 が使用されていた(図5A、図5B、図8、図9、図11)。この場合における第1信号品質 q_1 は、MMSEベースのSINR計算部51で計算される量であり、信号品質の下限値である。しかしながら、シンボルエラーレートSERの計算や信号品質 $q_3=q_1+\Delta q$ の計算の際、第1信号品質 q_1 に下限値が使用されることは必須でない。むしろ、第1信号品質 q_1 の高精度化により、SERや q_3 の精度も向上することが期待できる。本発明の第6実施例では、SERや q_3 の計算に使用される第1信号品質 q_1 として、下限値よりも改善されたものが使用され、計算の高精度化が図られる。
- [0101] 図13は、本実施例による通信装置のリンクアダプテーション部を示す。概して図13は図5A、図10と同様であり、同様な要素には同じ参照番号が付されている。本実施例では、反復計算の際、第3信号品質 $q_3=q_1+\Delta q$ が、SER計算部54及び q_3 を出力する合成部に、フィードバック経路131、132を介してフィードバックされる。但し、反復計算の初回の場合、MMSEベースのSINR計算部からの信号品質 $q_1=\text{SINR}$ が、SER計算部54及び q_3 を出力する合成部に入力される。一旦、第3信号品質 q_3 が算出されると、その q_3 がSER計算部54及び合成部に与えられ、以後反復的に計算が行われる。
- [0102] 図14は、本実施例で使用される動作例を示す。ステップ1では、MMSEベースのSINR計算部51において、第1及び第2ストリーム各々について信号品

質 $q_1(1)$, $q_1(2)$ の初期値が計算される。説明の便宜上、 $q_1(1)=\text{SINR}_1$, $q_1(2)=\text{SINR}_2$ とする。ステップ1では、第1及び第2ストリームに対するデータ変調方式 M_{1i} , M_{2i} も設定される。データ変調方式の組 M_{1i} , M_{2i} は、第1-3実施例のように、MMSEベースのSINR計算部51による SINR_1 及び SINR_2 からそれぞれ導出されてもよい。或いは、データ変調方式の組 M_{1i} , M_{2i} は、第4実施例のように、総ての可能な組合せの内の何れかでもよい。更には、第5実施例のように、基準ペアに設定されてもよい。ステップ1では、繰り返し変数 update_1 及び update_2 も初期設定される(説明の便宜上、初期値はそれぞれ1であるとする。)

[0103] ステップ2では、各ストリームが他ストリームから受ける干渉量 $q_2(1)$, $q_2(2)$ に基づいて、補正值 $\Delta q(1)$ 及び $\Delta q(2)$ が計算され、第3信号品質 $q_3(1)$ 及び $q_3(2)$ が或る条件の下に更新される。本実施例では信号品質はSINRで表現されているが、他の量で表現されてもよい。具体的には、第2ストリームに関する繰り返し変数 update_2 が1であった場合、第1ストリームの第3信号品質 $q_3(1)$ が更新され、そうでなければ不変に維持される。

[0104] $\text{SINR}_1' = \text{SINR}_1 + \Delta \text{SINR}_1$ ($\text{update}_2=1$ の場合)
 $\text{SINR}_1' = \text{SINR}_1$ ($\text{update}_2=0$ の場合)。

同様に、第1ストリームに関する繰り返し変数 update_1 が1であった場合、第2ストリームの第3信号品質 $q_3(2)$ が更新され、そうでなければ不変に維持される。

$\text{SINR}_2' = \text{SINR}_2 + \Delta \text{SINR}_2$ ($\text{update}_1=1$ の場合)
 $\text{SINR}_2' = \text{SINR}_2$ ($\text{update}_1=0$ の場合)。

[0105] ステップ3では、繰り返し変数 update_1 及び update_2 が更新される。第1ストリームに関し、補正值 $\Delta q(1)=\Delta \text{SINR}_1$ が正であった場合、第1ストリームの繰り返し変数 update_1 は1に設定され、そうでなければ0に設定される。第2ストリームに関し、補正值 $\Delta q(2)=\Delta \text{SINR}_2$ が正であった場合、第2ストリームの繰り返し変数 update_2 は1に設定され、そうでなければ0に設定される。また、ステップ3では、第1信号品質 $q_1(1)$ 及び $q_1(2)$ が第3信号品質 $q_3(1)$ 及び $q_3(2)$

(2)で更新される($SINR_1=SINR_1'$ 及び $SINR_2= SINR_2'$)。

- [0106] ステップ4では、繰り返し計算を続行するか否かが判定される。具体的には、第1及び第2ストリーム双方の繰り返し変数が共に0であるか否かが判定され、共にゼロで無かった場合、フローはステップ2に戻り、繰り返し計算が続く。共にゼロであった場合、フローは終了する。
- [0107] 第1ストリームの繰り返し変数 $update_1$ は、第1ストリームの品質がプラス方向に改善された場合にのみ1に設定され、不変であった場合(0の場合)及び劣化した場合(負の場合)、繰り返し変数 $update_1$ は0に設定される。第2ストリームの繰り返し変数 $update_2$ も、第2ストリームの品質がプラス方向に改善された場合にのみ1に設定され、不変であった場合(0の場合)及び劣化した場合(負の場合)、繰り返し変数 $update_1$ は0に設定される。従ってステップ4では、第1及び第2ストリームが共に最適値に達した場合にフローが終了し、何れか一方に改善の余地がある場合にはステップ2に戻って繰り返し計算を行うようにしている。
- [0108] ステップ2では、第1ストリームの信号品質 $q_3(1)$ の更新判定基準に第2ストリームの繰り返し変数 $update_2$ が使用されている。これは、図13等において、一方のストリームの補正值計算部56の入力が、他方のストリームのSER計算部54の出力先から与えられていることに対応する。上述したように、第2ストリームの品質が向上し、シンボルエラーレートSERが低くなった場合、信号検出時に第2ストリームが第1ストリームに及ぼす干渉も少なくなり、第1ストリームの品質も向上することが期待できる。ステップ2において、第2ストリームの繰り返し変数 $update_2$ が1であったということは、先行する更新ステップにおいて、第2ストリームの品質がプラス方向に改善されたことを示す。この場合、第1ストリームの品質も更に改善できることが期待できるので、第1ストリームの品質 $SINR_1$ が補正值 $\Delta SINR_1$ と共に更新されている。同様に、ステップ2において、第1ストリームの繰り返し変数 $update_1$ が1であったということは、先行する更新ステップにおいて、第1ストリームの品質がプラス方向に改善されたことを示す。この場合、第2ストリームの品質

も更に改善できることが期待できるので、第2ストリームの品質 $SINR_2$ が補正值 $\Delta SINR_2$ と共に更新されている。

[0109] 本実施例ではフローの繰り返しの判断基準として、1又は0の2値の値をとる繰り返し変数 $update_1$ 及び $update_2$ が使用されているが、これは一例に過ぎない。各ストリームの品質 $SINR$ が最適値に達しているか否かを判断できる適切な如何なる判断基準が使用されてもよい。但し、その判断の簡易化を図る観点からは、本実施例のように2値の繰り返し変数を使用することが好ましい。

[0110] ところで、出力を入力にフィードバックして繰り返し計算が行われる場合、その出力はある低度高精度に算出されていることが望ましい。そうでなかった場合、フィードバックによる更新後の出力は却って精度劣化を招き、計算値の不安定化を招くかもしれないからである。このような観点からは、第1及び第2ストリームの品質が比較的良好の場合にのみ図14の繰り返し計算を行い、そうでない場合は繰り返し計算を行わないことが考えられる。第1及び第2ストリームの品質が良いか否かは、適切な如何なる判断基準で判断されてもよい。一例として、第10式で登場した係数 α を使用することができる。

[0111] 図15は、本実施例で使用される別の動作例を示す。ステップ3以外のステップについては図14を参照しながら説明済みであるため、重複的な説明は省略される。ステップ3では、繰り返し変数 $update_1$ 及び $update_2$ が更新される。第1ストリームに関し、係数 α_1 が1であった場合、第1ストリームの繰り返し変数 $update_1$ は1に設定され、そうでなければ0に設定される。第2ストリームに関し、係数 α_2 が1であった場合、第2ストリームの繰り返し変数 $update_2$ は1に設定され、そうでなければ0に設定される。また、ステップ3では、第1信号品質 $q1(1)$ 及び $q1(2)$ が第3信号品質 $q3(1)$ 及び $q3(2)$ で更新される($SINR1=SINR1'$ 及び $SINR2= SINR2'$)。

[0112] 上記の第15式によれば、第1ストリームの信号品質は、下限値 $SINR_{MMSE}(1)$ と上限値 $SINR_{free}$ の間にある。第2ストリームの信号品質も、下限値 $SINR_{MMSE}(2)$

と上限値 $\text{SINR}_{\text{free}}$ の間にある。

$$[0113] \quad \text{SINRe}(1) = (1 - \alpha_1) \times \text{SINR}_{\text{MMSE}}(1) + \alpha_1 \times \text{SINR}_{\text{free}} \quad , \quad 0 \leq \alpha_1 \leq 1$$

$$\text{SINRe}(2) = (1 - \alpha_2) \times \text{SINR}_{\text{MMSE}}(2) + \alpha_2 \times \text{SINR}_{\text{free}} \quad , \quad 0 \leq \alpha_2 \leq 1。$$

係数 α_1 が1の場合、第1ストリームの信号品質は $\text{SINR}_{\text{free}} = |h_1|^2 / \sigma^2$ となり、これは他ストリーム干渉が無視できるような状況を表す。同様に、係数 α_2 が1の場合、第2ストリームの信号品質は $\text{SINR}_{\text{free}} = |h_2|^2 / \sigma^2$ となり、これも他ストリーム干渉が無視できるような状況を表す。図15に示されるステップ3では、このように良好な通信状況の場合に限って繰り返し変数 update_1 及び/又は update_2 が1に設定され、共に1に設定されていた場合にのみ繰り返し計算が行われる(ステップ4)。このようにすることで、計算精度の不安定化に配慮しつつ高精度化を図ることができる。

[0114] 係数 α_1 及び α_2 の具体例は、第11式に示されているが、これには限定されない。例えば係数はシンボルエラーレートSERだけでなく、データ変調方式等に応じて変化させてもよい。説明の簡明化を図るため、ステップ3では係数 α_1 及び α_2 が厳密に1に等しい場合に繰り返し変数 update_1 及び update_2 が更新されているが、その場合だけに限定されず、例えば1に近い場合($|1 - \alpha| < \varepsilon$, ε は正の小さな値)に更新されてもよい。

実施例 7

[0115] 図16は第1実施例に関するシミュレーション結果のグラフを示す。横軸は受信ブランチ当たりの平均SNR(dB)であり、信号品質に相当する。縦軸はスペクトル効率(bps/Hz)であり、単位周波数当たりのスループットに相当する。これは、信号品質の良さにも対応する。図17は図16のシミュレーションを行う際に使用されたパラメータ諸元を示す。

[0116] 図中、丸印でプロットされたデータは、MMSE法で信号検出及びリンクアダプテーションが行われた場合のグラフ(従来例)を示す。四角い印でプロットされた点は、本発明の第1実施例による方法で信号検出及びリンクアダプテーションが行われた場合のグラフを示す。図示されているように、平均SNRが悪かった場合、スペクトル効率は第1実施例の場合も従来例の場合も大差は

ない。しかしながら、平均SNRが良くなるにつれて、第1実施例の場合は従来例の場合よりもスペクトル効率が改善されることが分かる。このように、第3信号品質 q_3 (上記の例では、 $SINR_e$)は第1信号品質 q_1 (上記の例では、 $SINR_{MMS}$)以上になる。

[0117] 図18は第1、第4及び第5実施例に関するシミュレーション結果のグラフを示す。この例でも 2×2 MIMO方式が想定されており、マルチパス数は1であり、非相関チャネルが想定されている。このシミュレーション結果の場合、第1実施例に関するグラフは丸印でプロットされており、逆三角印でプロットされている従来例(MMSE)の場合より改善されていることが分かる。この点は図16と同じである。第4実施例は総ての可能なデータ変調方式の組合せ(9通り)についてスループットを計算し、最適な組合せを選択する。従って、四角印でグラフがプロットされている第4実施例は、第1実施例よりも改善されている。第5実施例は、総ての可能なデータ変調方式の組合せ(9通り)の内、基準ペアと二次ペアについてのみスループットを計算し、それらの中で最適な組合せを選択する。基準ペアでも二次ペアでもないペアについては計算されない。図示されているように、菱形印でグラフがプロットされている第5実施例は、第4実施例と同程度のスループットを達成している。第5実施例は実施例4実施例より少ない演算負担で済む。従って演算効率の観点からは、第5実施例はかなり好ましいことが分かる。

[0118] 本発明はMIMO方式及びAMCが使用される適切な如何なる移動通信システムで使用されてもよい。例えば本発明は、HSDPA/HSUPA方式のW-CDMAシステム、LTE方式のシステム、IMT-Advancedシステム、WiMAX、Wi-Fi方式のシステム等に適用されてもよい。

[0119] 以上本発明は特定の実施例を参照しながら説明されてきたが、それらは単なる例示に過ぎず、当業者は様々な変形例、修正例、代替例、置換例等を理解するであろう。例えば、上記の例では2アンテナによる2ストリームの伝送が説明されたが、アンテナ数やストリーム数はそれより多くてもよい。発明の理解を促すため具体的な数値例を用いて説明がなされたが、特に断りの

ない限り、それらの数値は単なる一例に過ぎず適切な如何なる値が使用されてもよい。発明の理解を促すため具体的な数式を用いて説明がなされたが、特に断りのない限り、それらの数式は単なる一例に過ぎず適切な如何なる数式が使用されてもよい。実施例又は項目の区分けは本発明に本質的ではなく、2以上の実施例又は項目に記載された事項が必要に応じて組み合わせて使用されてよい。説明の便宜上、本発明の実施例に係る装置は機能的なブロック図を用いて説明されたが、そのような装置はハードウェアで、ソフトウェアで又はそれらの組み合わせで実現されてもよい。本発明は上記実施例に限定されず、本発明の精神から逸脱することなく、様々な変形例、修正例、代替例、置換例等が本発明に包含される。

[0120] 本国際出願は2008年5月23日に出願した日本国特許出願第2008-136019号に基づく優先権を主張するものであり、その日本国特許出願の全内容を本国際出願に援用する。

[0121] 本国際出願は2008年11月5日に出願した日本国特許出願第2008-284767号に基づく優先権を主張するものであり、その日本国特許出願の全内容を本国際出願に援用する。

符号の説明

- [0122] 5 1 MMSEベースのSINR計算部
- 5 2 データ変調方式選択部
- 5 4 SER計算部
- 5 6 補正值計算部
- 5 8 レート計算部
- 6 0 スループット計算部
- 6 2 合成部
- 1 1 1 変調方式セット決定部

請求の範囲

- [請求項1] MIMO方式及び適応変調チャネル符号化方式を使用する移動通信システムで使用される通信装置であって、
最尤推定法とは異なる信号検出法で決定されたストリーム毎の基準信号品質を算出する処理部と、
各ストリームについてデータ変調方式を決定する処理部と、
各ストリームの基準信号品質及びデータ変調方式から、ストリーム各々が他ストリームから受ける干渉量に応じた補正値を決定する処理部と、
或るストリームの基準信号品質及び補正値を加え、該或るストリームについてレート決定用信号品質を決定する処理部と、
前記レート決定用信号品質に対応するチャネル符号化率をストリーム毎に決定する処理部と、
を有し、決定されたデータ変調方式及びチャネル符号化方式は、後続のストリームの伝送に使用されることを特徴とする通信装置。
- [請求項2] 各ストリームのデータ変調方式の候補が、複数の選択肢の中から選択され、選択されたデータ変調方式について前記チャネル符号化率が決定され、
所定のデータ変調方式及びチャネル符号化率決定基準において最適な、各ストリームのデータ変調方式及びチャネル符号化率が決定される請求項1記載の通信装置。
- [請求項3] データ変調方式の前記複数の選択肢の中から、各ストリームの基準信号品質に対応する主候補が導出され、少なくとも該主候補について前記チャネル符号化率が決定される請求項2記載の通信装置。
- [請求項4] 前記主候補のレートと所定のレベルだけ異なるレートを有する副候補が、第1及び第2ストリーム各々について決定され、
前記第1及び第2ストリームのデータ変調方式の総ての可能な組合せの内、前記主候補又は前記副候補を含む所定の組合せについて、各

ストリームのチャンネル符号化率及びスループットが算出される請求項 3 記載の通信装置。

[請求項5] 前記主候補又は前記副候補を含む所定の組合せは、
前記第 1 ストリームの主候補及び前記第 2 ストリームの主候補の組合せ、又は
前記第 1 ストリームの主候補のレートより高いレートを有する副候補及び前記第 2 ストリームの主候補のレートより低いレートを有する副候補の組合せ
を含む請求項 4 記載の通信装置。

[請求項6] 前記最尤推定法とは異なる信号検出法が、最小二乗平均誤差 (MMSE) 法である請求項 1 記載の通信装置。

[請求項7] ストリーム間干渉を無視できる場合の信号品質と前記基準信号品質との差分に比例するように、前記補正值が算出される請求項 1 乃至 6 の何れか 1 項に記載の通信装置。

[請求項8] 前記補正值の算出に使用される比例係数は、ストリームの受ける干渉量のとおり得る値に応じて予め決められている請求項 7 記載の通信装置。

[請求項9] 或るストリームの前記補正值の算出に使用される比例係数は、無線チャンネル状態及び／又は他ストリームのデータ変調方式に応じて決定される請求項 8 記載の通信装置。

[請求項10] 前記最尤推定法とは異なる信号検出法が、ゼロフォーシング (ZF: Zero Forcing) 法である又は QR 分解を用いた最尤推定法 (QRM-MLD) である請求項 1 記載の通信装置。

[請求項11] 或るストリームについての前記レート決定用信号品質が所定値を越えた場合、前記或るストリームのデータ変調方式が変更される請求項 1 乃至 10 の何れか 1 項に記載の通信装置。

[請求項12] 或るストリームについての前記レート決定用信号品質が所定値を越えた場合、前記或るストリームとは別のストリームのチャンネル符号化

率も変更される請求項 1 1 記載の通信装置。

[請求項13] 前記補正値を導出するための干渉量は、各ストリームのシンボル誤り率(SER)又は希望信号電力対非希望電力比(SINR)及びデータ変調方式から導出される請求項 1 乃至 1 2 の何れか 1 項に記載の通信装置。

[請求項14] 前記補正値を加算した基準信号品質を再度、基準信号品質として、補正値を繰り返し計算する請求項 1 乃至 1 3 の何れか 1 項に記載の通信装置。

[請求項15] 前記補正値の値に応じて、前記繰り返し処理の有無を判断することを特徴とする請求項 1 4 項に記載の通信装置。

[請求項16] 請求項 1 記載の通信装置を備えたユーザ装置。

[請求項17] 請求項 1 記載の通信装置を備えた基地局装置。

[請求項18] MIMO方式及び適応変調チャネル符号化方式を使用する移動通信システムで使用される通信方法であって、

最尤推定法とは異なる信号検出法で決定されたストリーム毎の基準信号品質を算出するステップと、

各ストリームについてデータ変調方式を決定するステップと、

各ストリームの基準信号品質及びデータ変調方式から、ストリーム各々が他ストリームから受ける干渉量に応じた補正値を決定するステップと、

或るストリームの基準信号品質及び補正値を加え、該或るストリームについてレート決定用信号品質を決定するステップと、

前記レート決定用信号品質に対応するチャネル符号化率をストリーム毎に決定するステップと、

を有し、決定されたデータ変調方式及びチャネル符号化方式は、後続のストリームの伝送に使用される通信方法。

[請求項19] 各ストリームのデータ変調方式の候補が、複数の選択肢の中から選択され、選択されたデータ変調方式について前記チャネル符号化率が決定され、

複数のストリームで達成可能なスループットが高くなるように、各ストリームのデータ変調方式及びチャンネル符号化率が決定される請求項 18 記載の通信方法。

[請求項20] データ変調方式の前記複数の選択肢の中から、各ストリームの基準信号品質に対応する主候補が導出され、少なくとも該主候補について前記チャンネル符号化率が決定される請求項 19 記載の通信方法。

[請求項21] 前記主候補のレートと所定のレベルだけ異なるレートを有する副候補が、第 1 及び第 2 ストリーム各々について決定され、
前記第 1 及び第 2 ストリームのデータ変調方式の総ての可能な組合せの内、前記主候補又は前記副候補を含む所定の組合せについて、各ストリームのチャンネル符号化率及びスループットが算出される請求項 20 記載の通信方法。

[請求項22] 前記主候補又は前記副候補を含む所定の組合せは、
前記第 1 ストリームの主候補及び前記第 2 ストリームの主候補の組合せ、又は
前記第 1 ストリームの主候補のレートより高いレートを有する副候補及び前記第 2 ストリームの主候補のレートより低いレートを有する副候補の組合せ
を含む請求項 21 記載の通信方法。

[請求項23] 前記最尤推定法とは異なる信号検出法が、最小二乗平均誤差 (MMSE) 法である請求項 18 記載の通信方法。

[請求項24] ストリーム間干渉を無視できる場合の信号品質と前記基準信号品質との差分に比例するように、前記補正值が算出される請求項 18 乃至 23 の何れか 1 項に記載の通信方法。

[請求項25] 前記補正值の算出に使用される比例係数は、ストリームの受ける干渉量のとりに得る値に応じて予め決められている請求項 24 記載の通信方法。

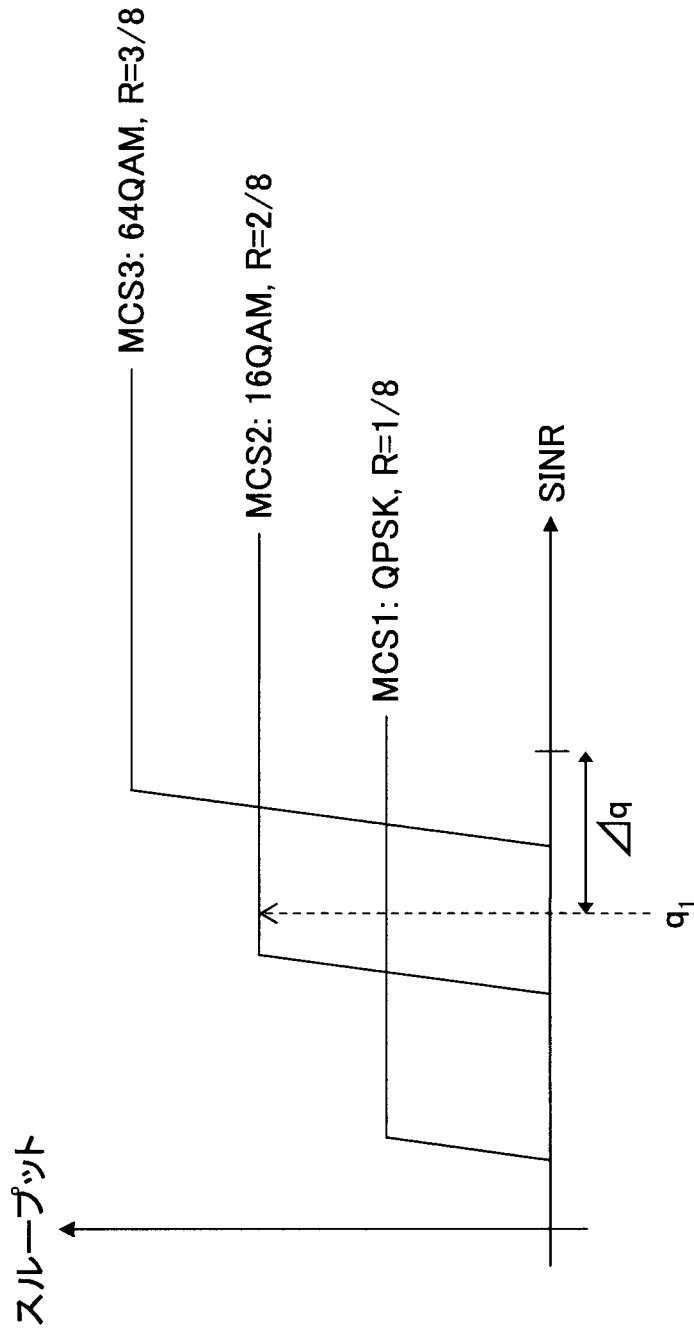
[請求項26] 或るストリームの前記補正值の算出に使用される比例係数は、無線

チャンネル状態及び／又は他ストリームのデータ変調方式に応じて決定される請求項 25 記載の通信方法。

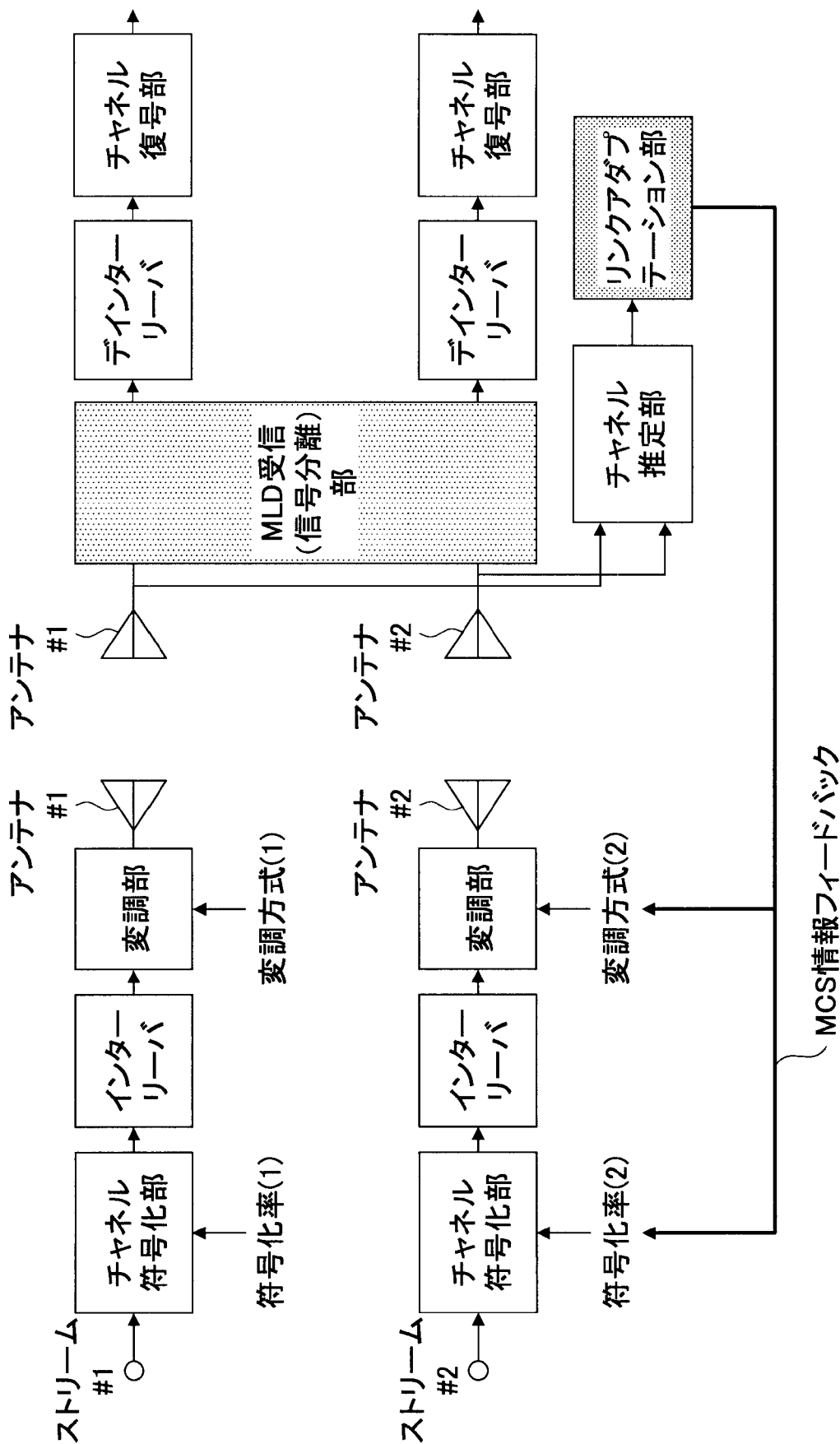
[請求項27] 或るストリームについての前記レート決定用信号品質が所定値を越えた場合、前記或るストリームのデータ変調方式が変更される請求項 18 乃至 26 の何れか 1 項に記載の通信方法。

[請求項28] 或るストリームについての前記レート決定用信号品質が所定値を越えた場合、前記或るストリームとは別のストリームのチャンネル符号化率も変更される請求項 27 記載の通信方法。

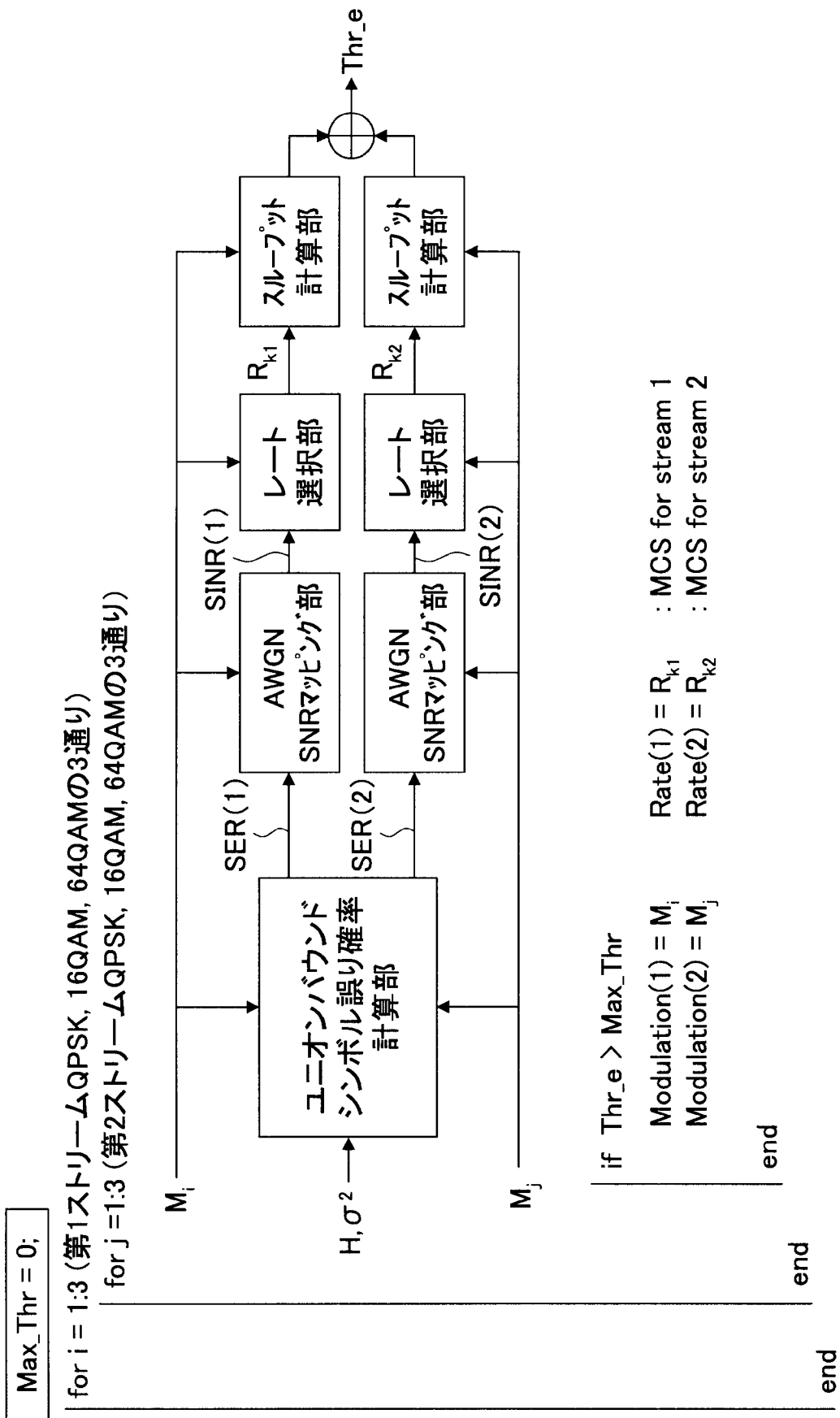
[図1]



[図2]



[図3]



[図4]

MCS番号	データ変調	チャンネル 符号化率	相対的な情報 ビットレート
MCS1	QPSK	1/3	1
MCS2	QPSK	1/2	1.5
MCS3	QPSK	2/3	2
MCS4	QPSK	6/7	2.57
MCS5	16QAM	1/2	3
MCS6	16QAM	2/3	4
MCS7	16QAM	3/4	4.5
MCS8	16QAM	5/6	5
MCS9	16QAM	6/7	5.24
MCS10	16QAM	8/9	5.33

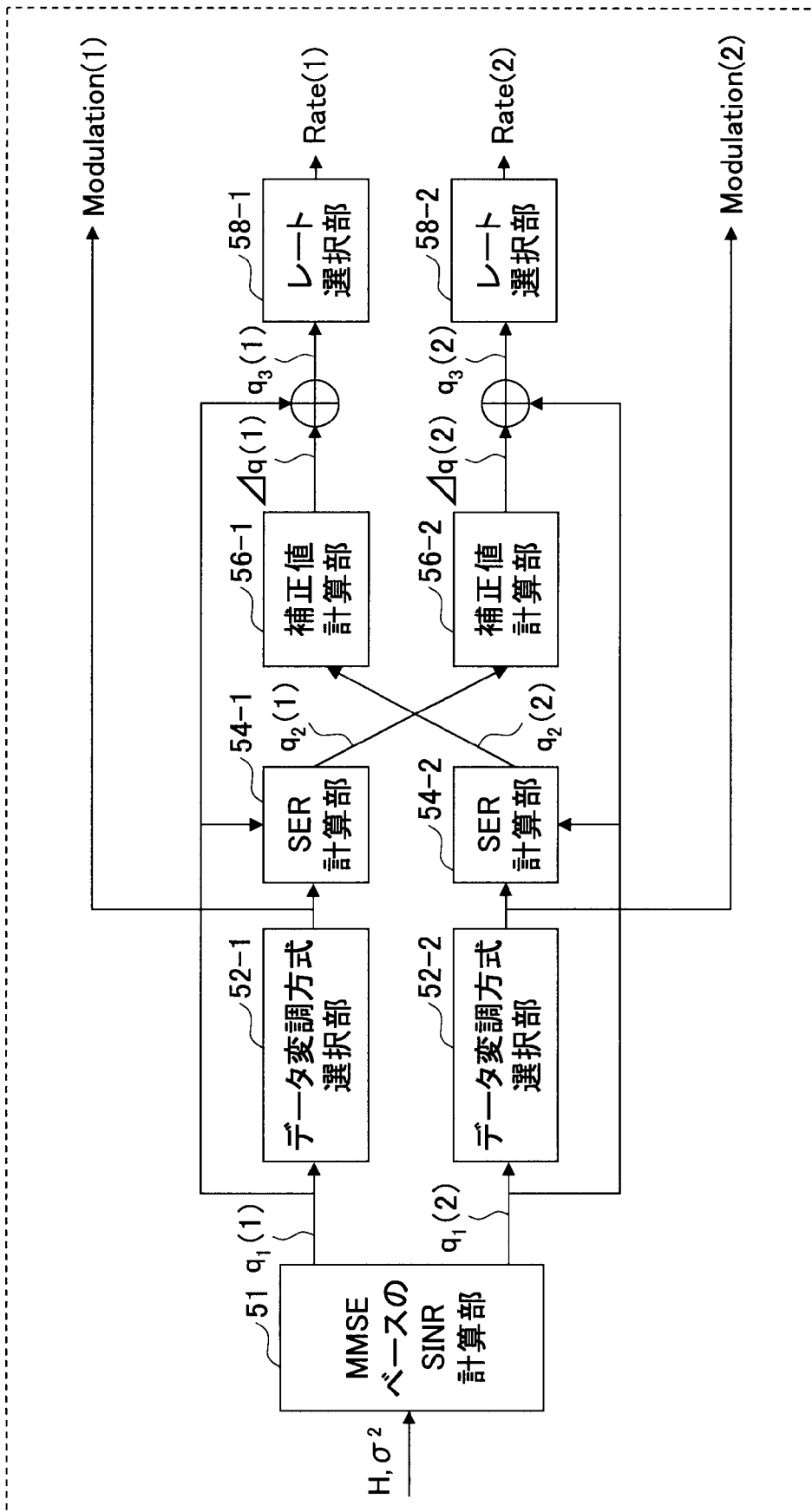
悪 ←

信号品質
(SINR)

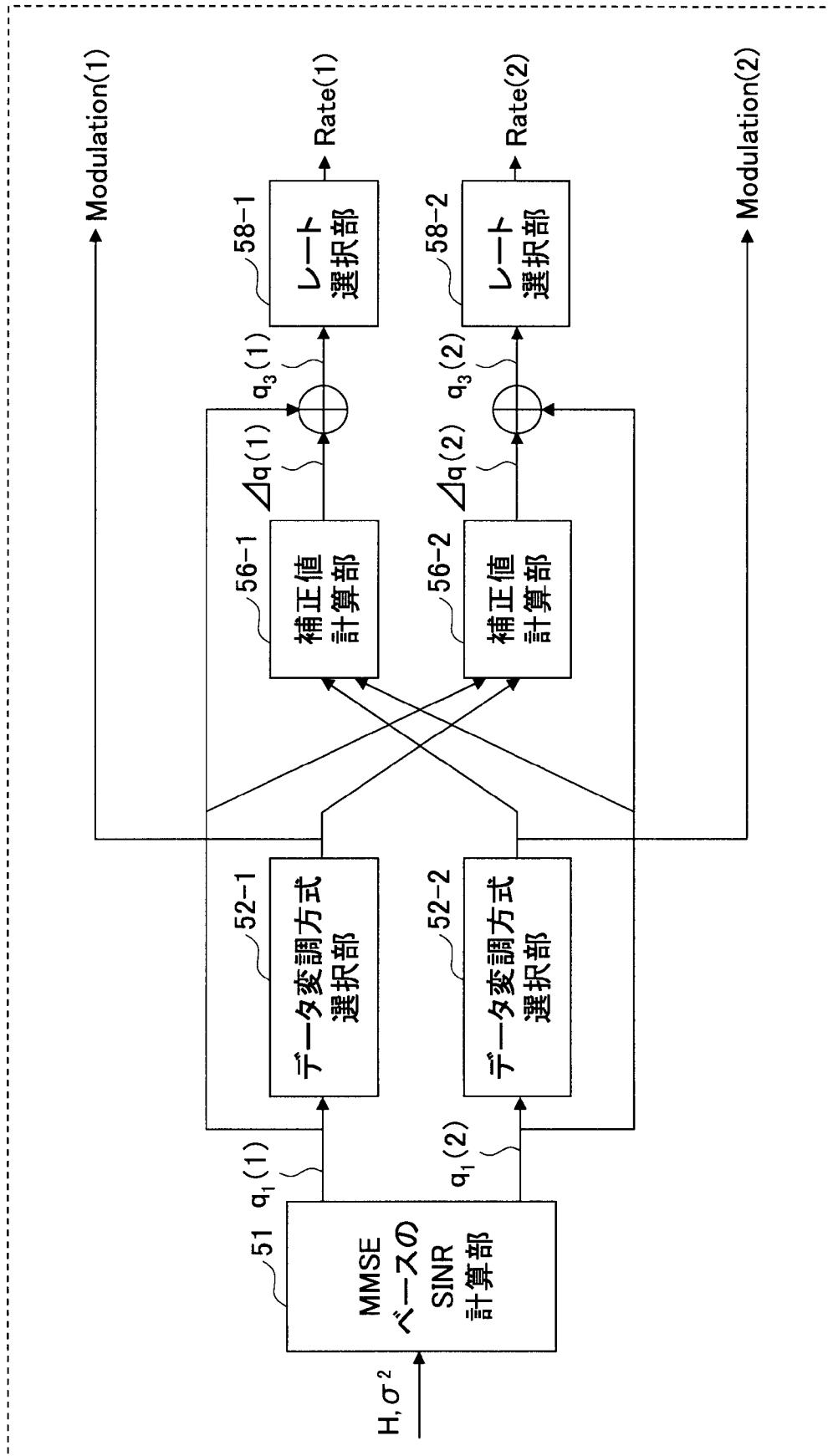
→ 良

∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴
 ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴ ∴

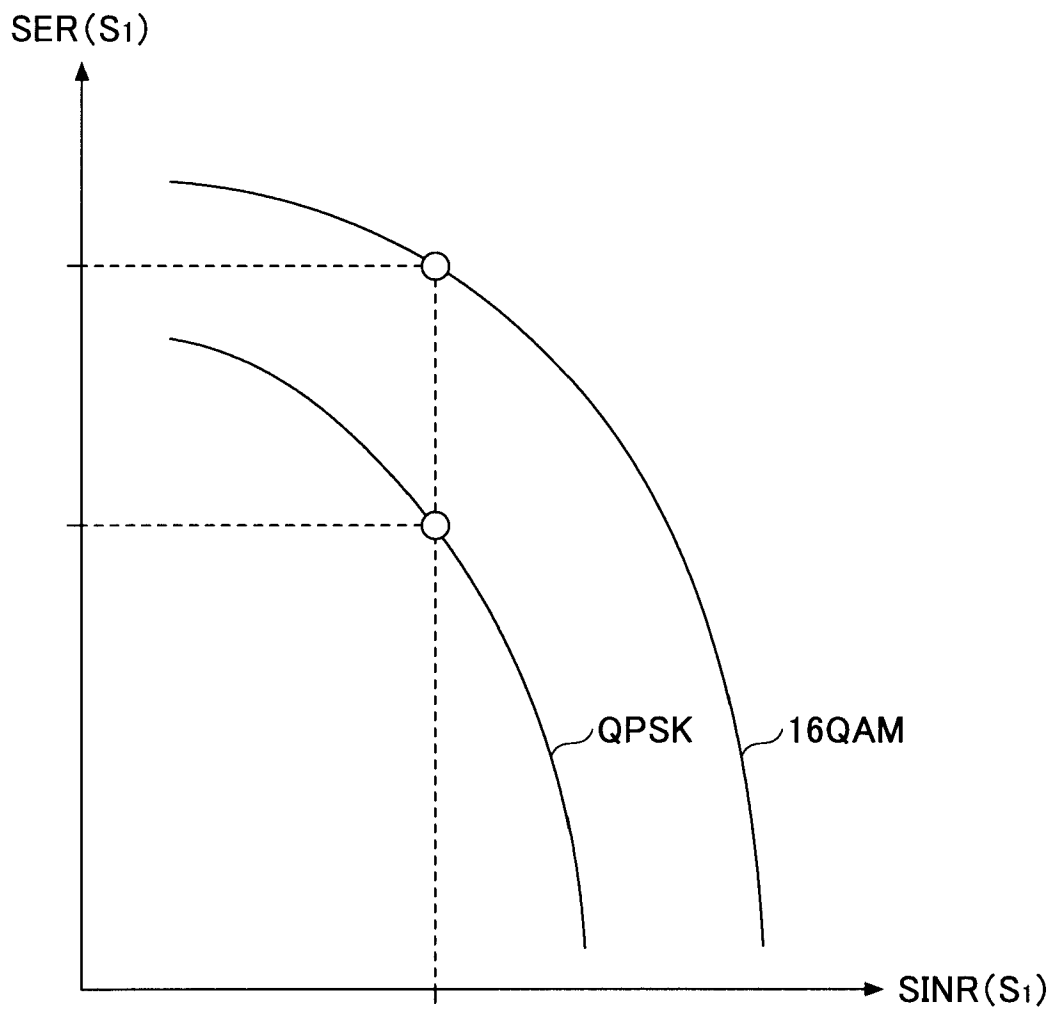
[図5A]



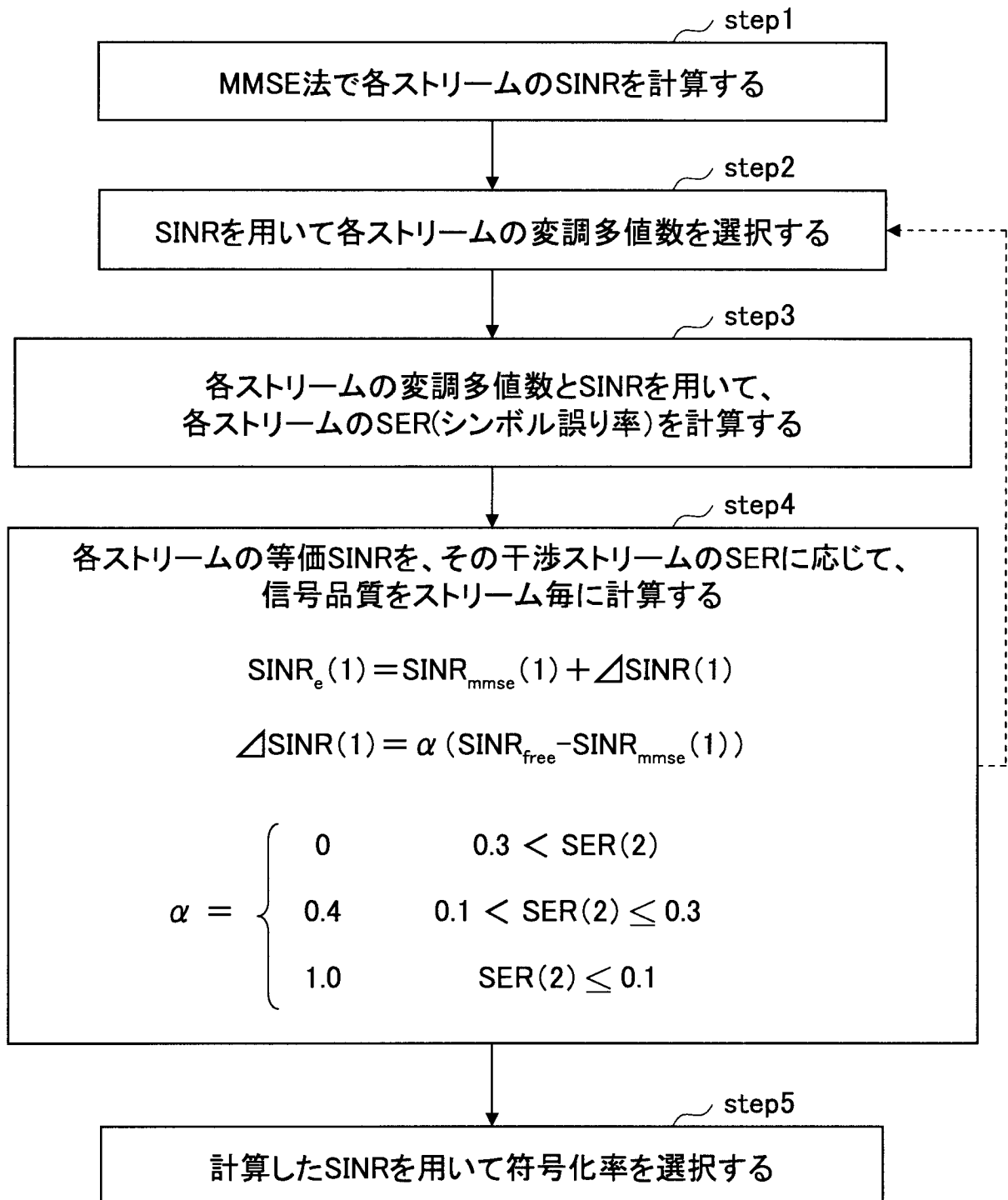
[図5B]



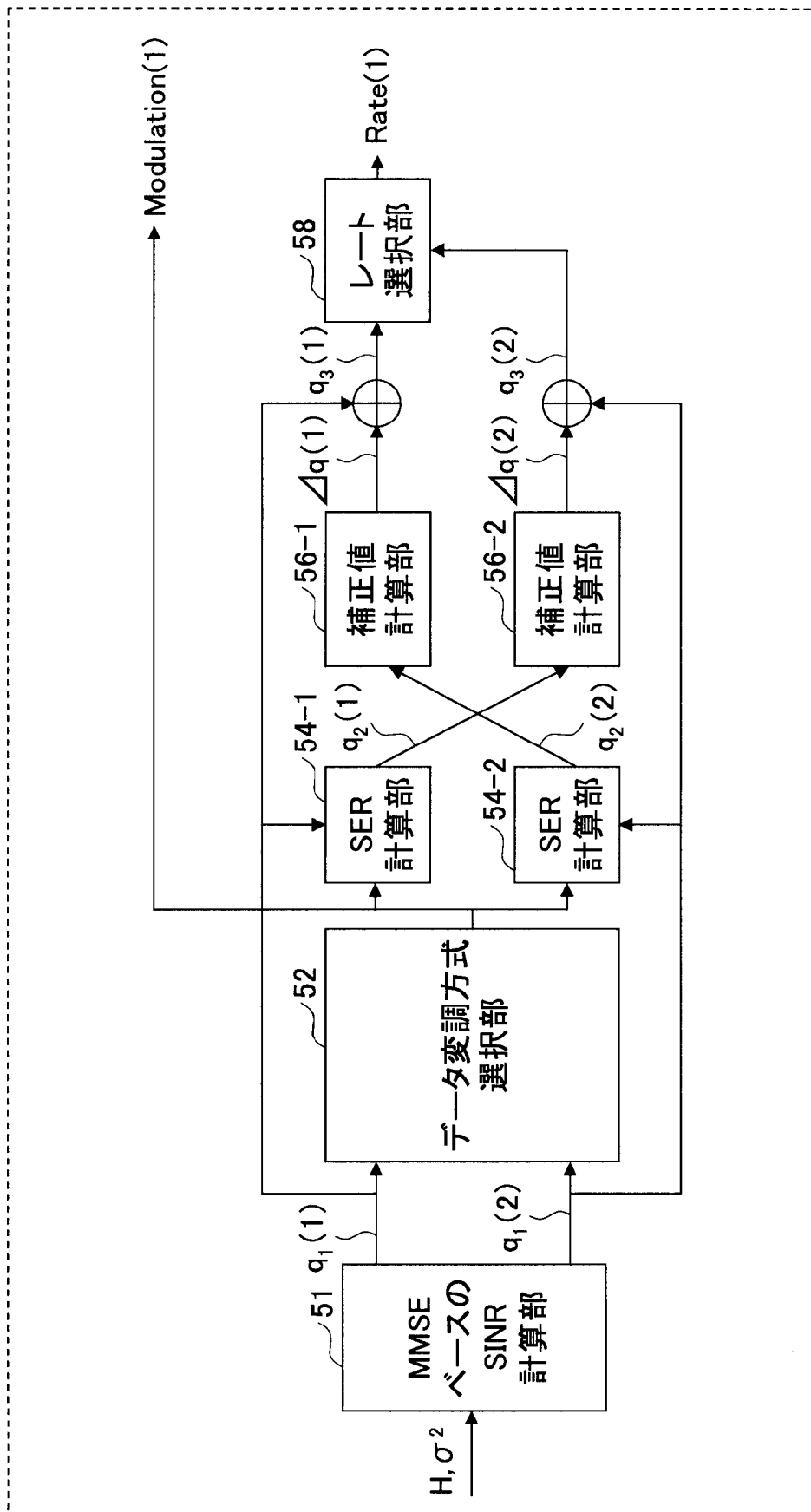
[圖6]



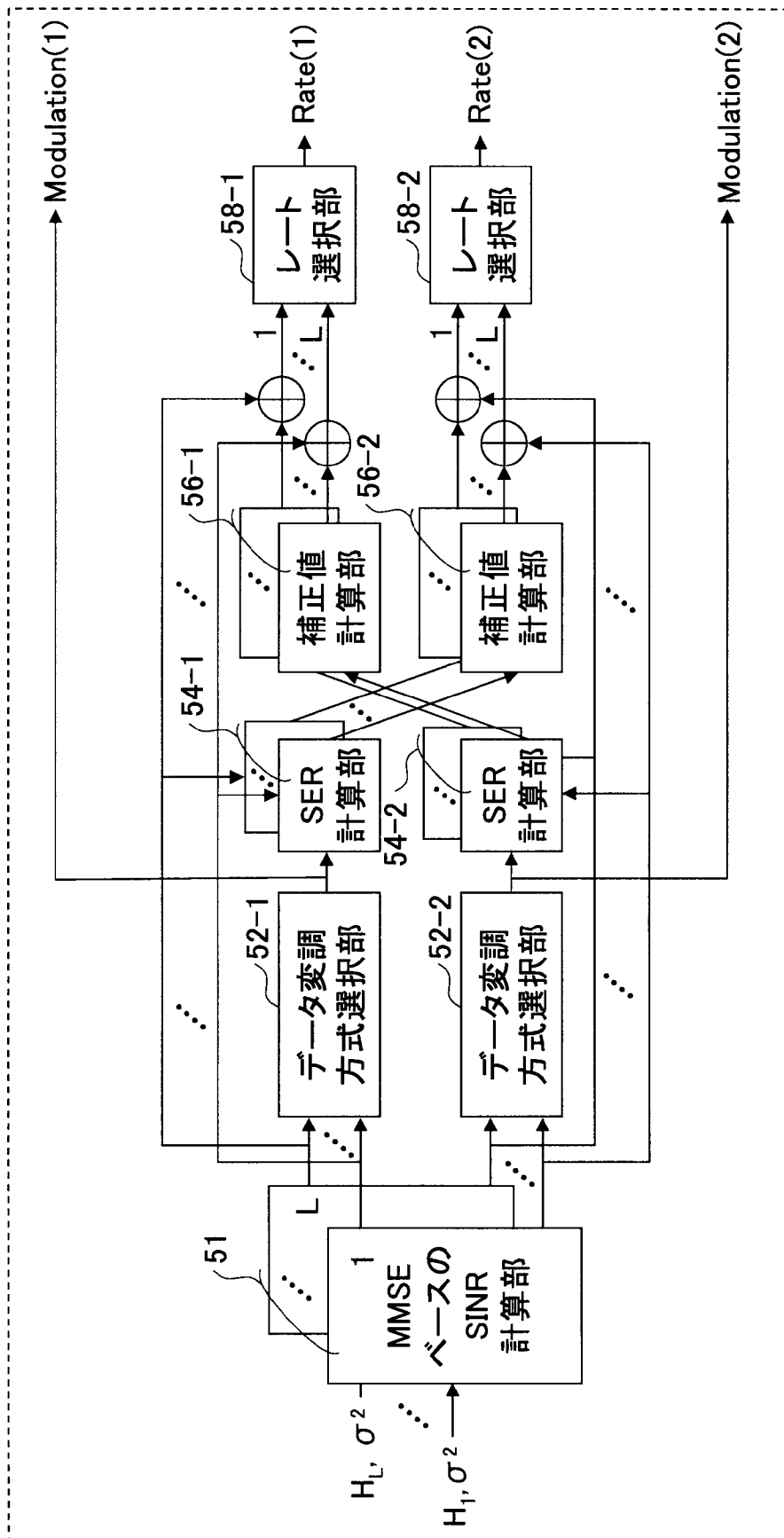
[図7]



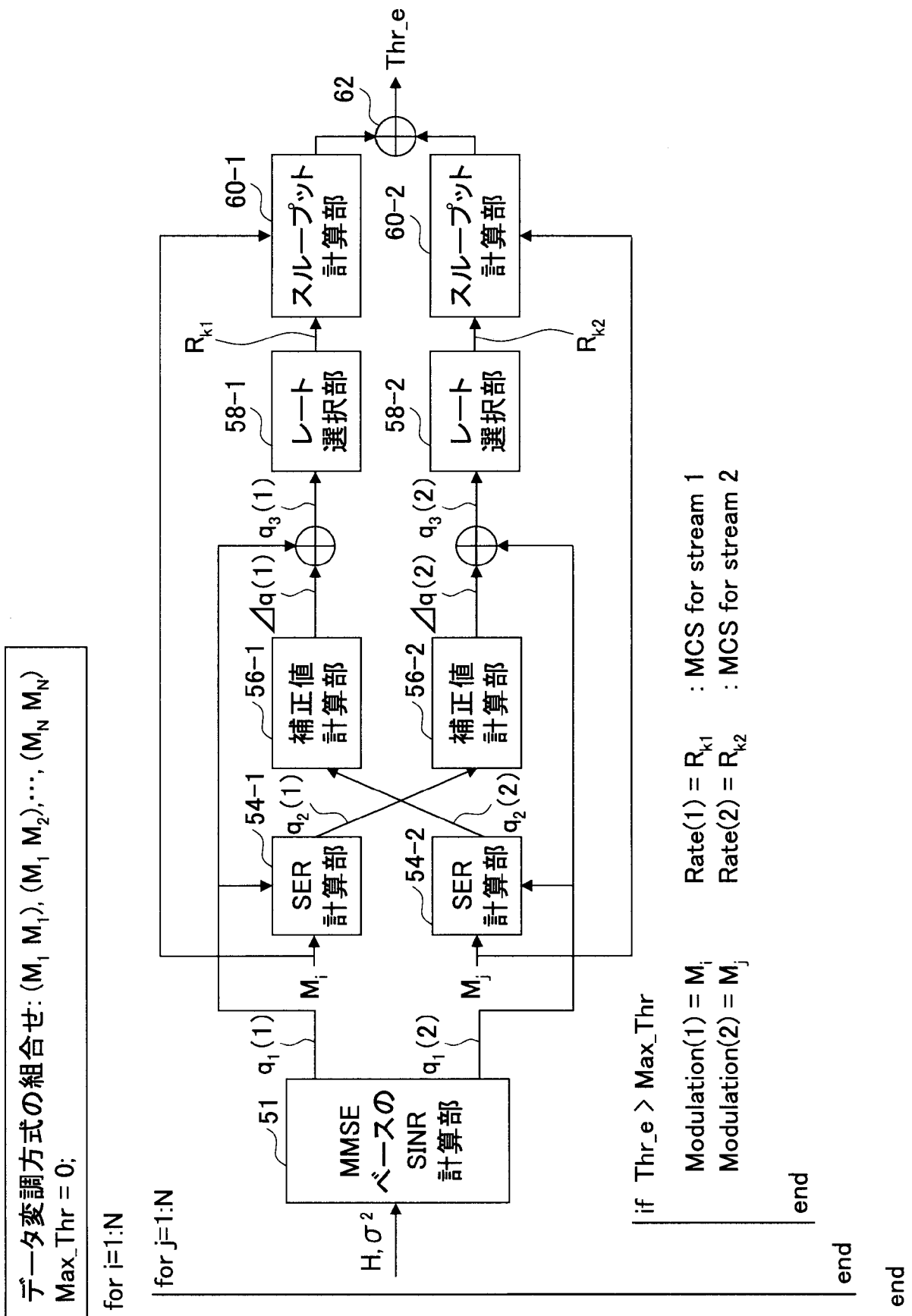
[図8]



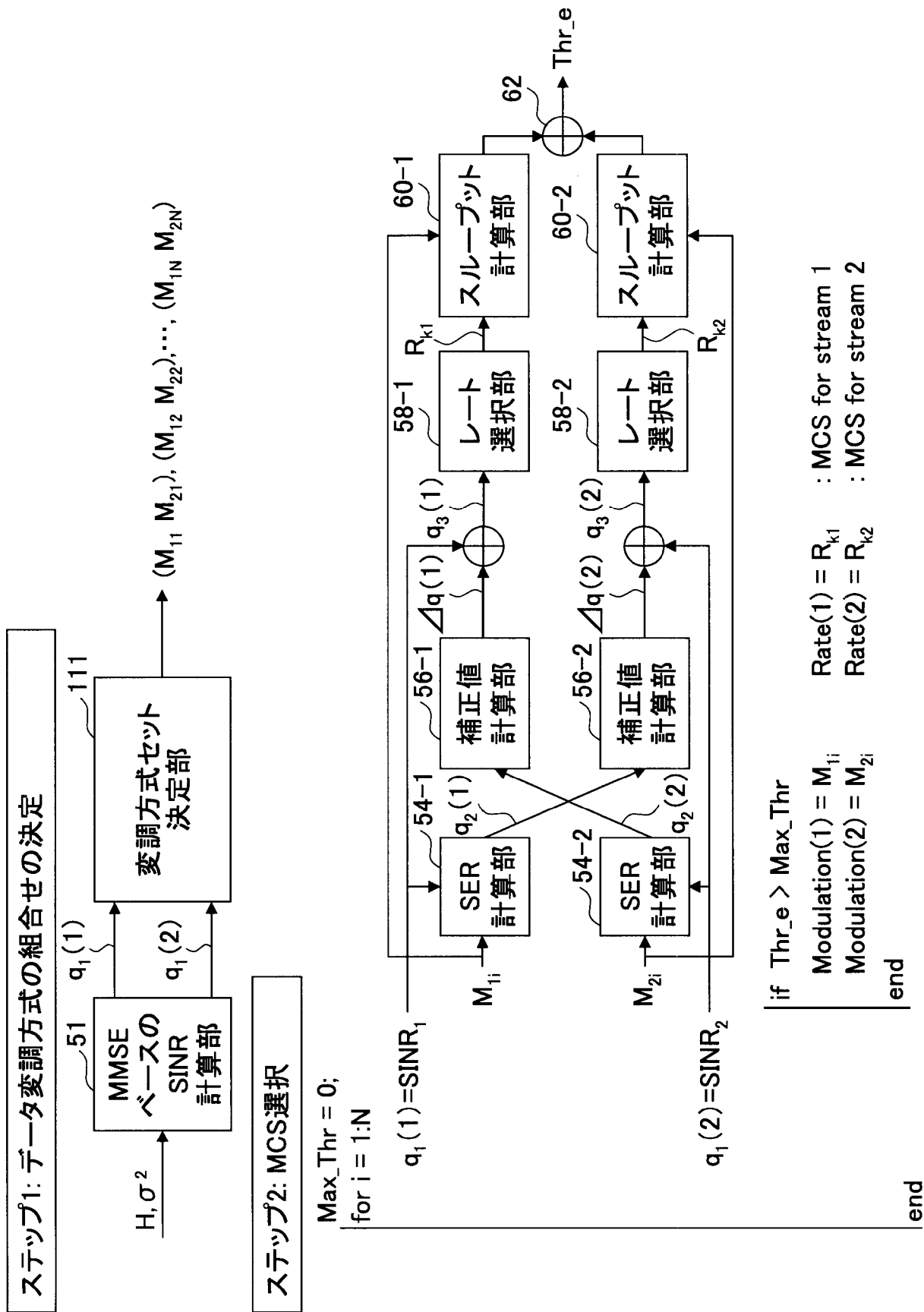
[図9]



[図10]



[図11]



[図12]

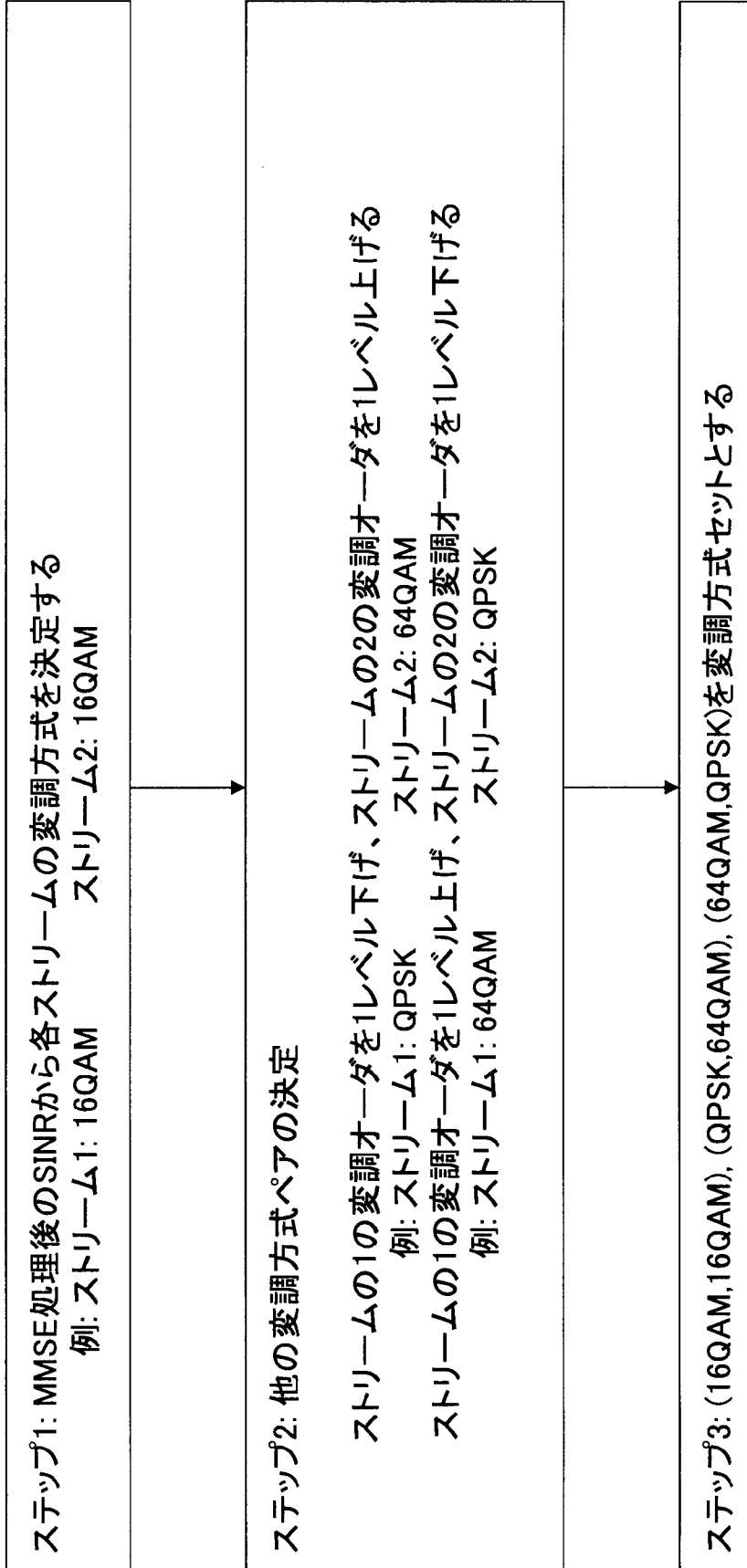
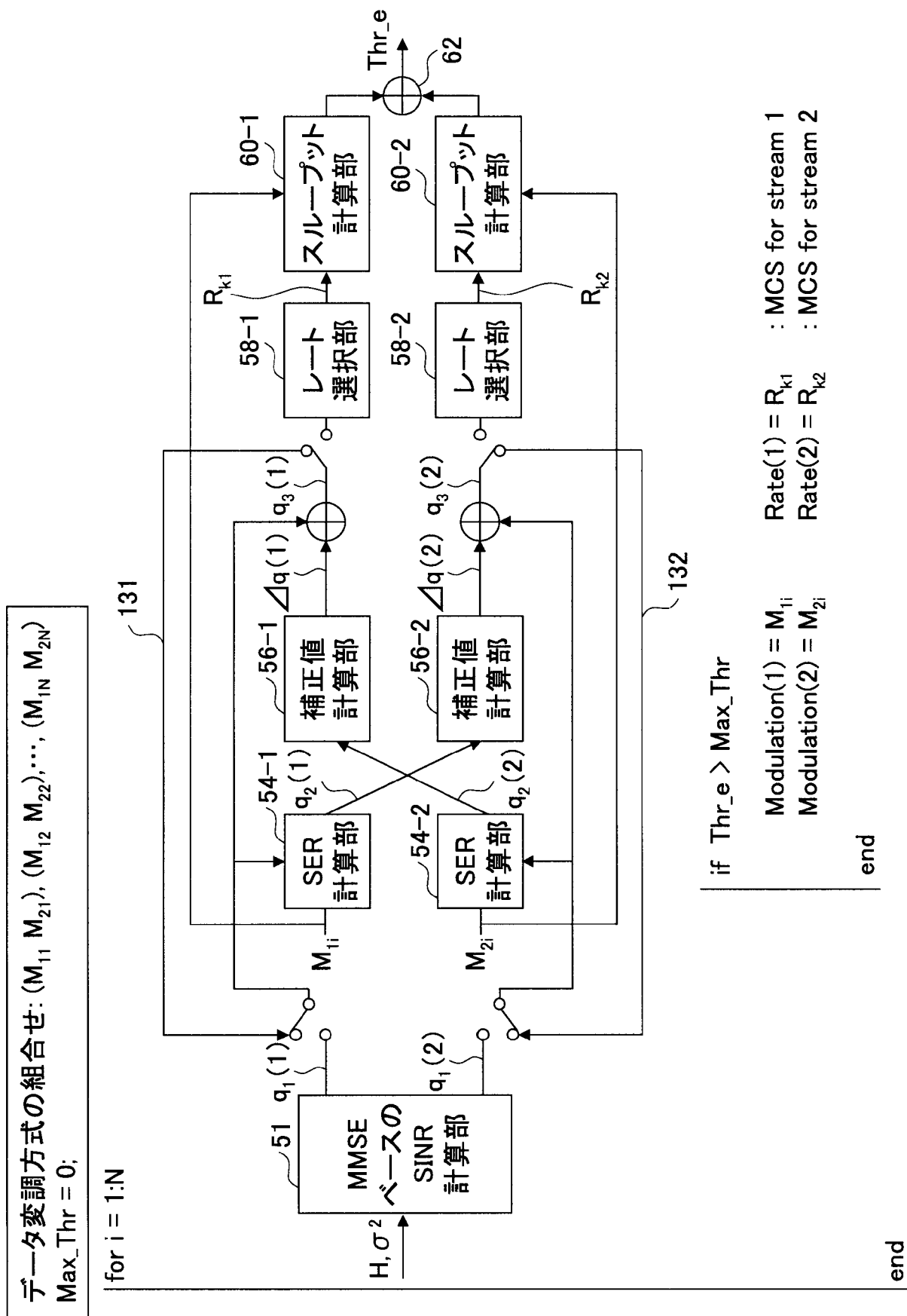
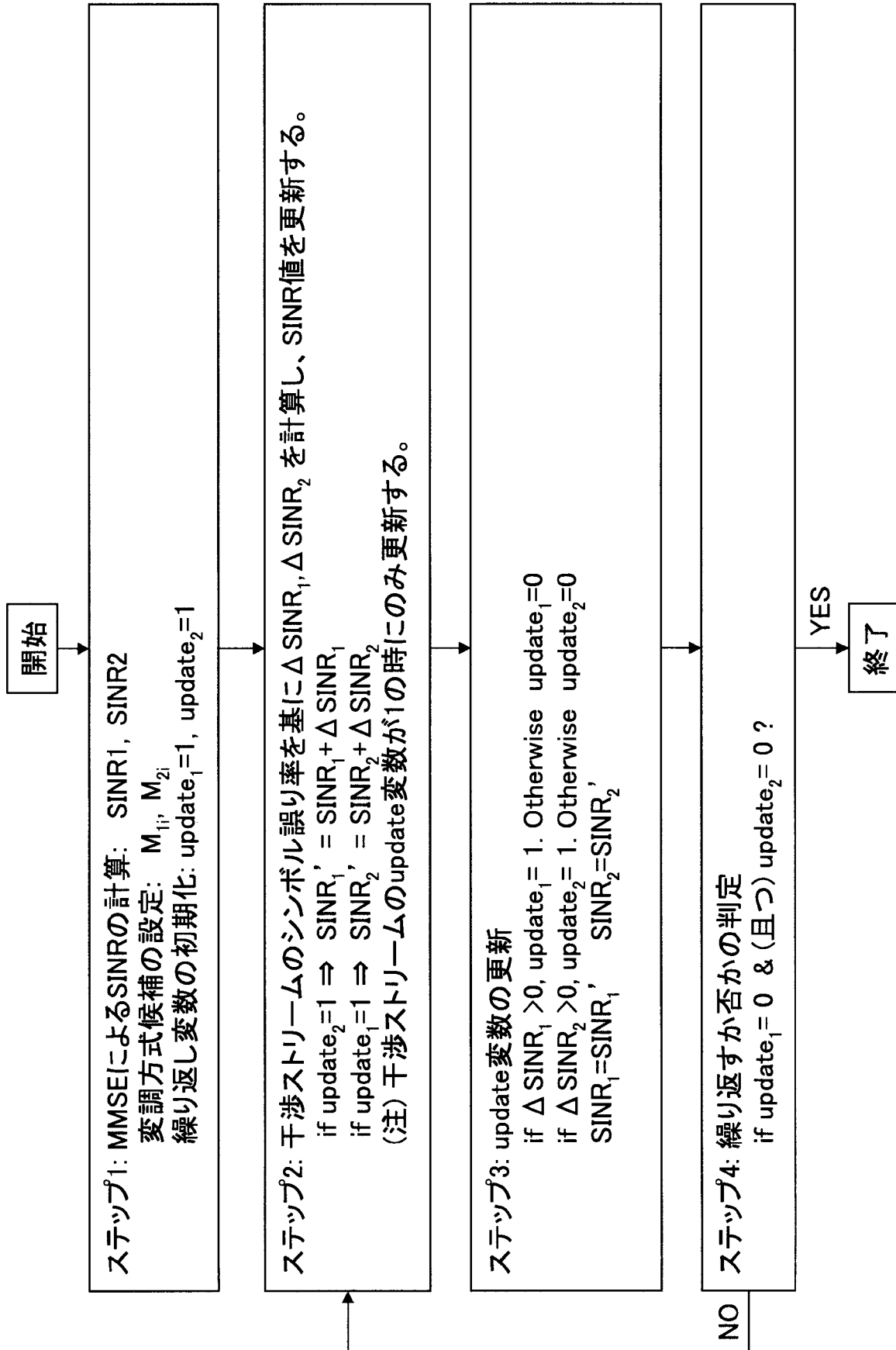


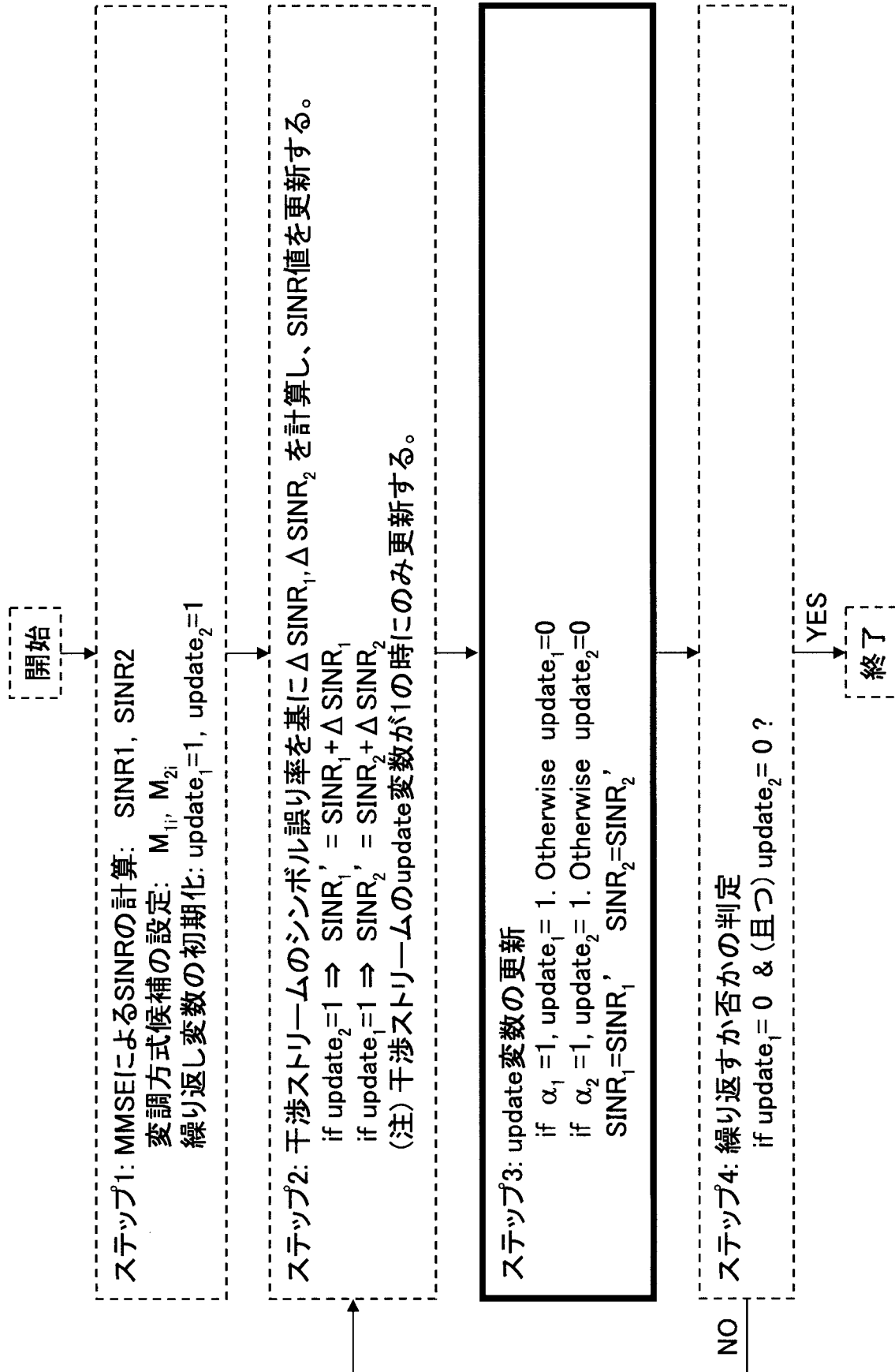
図13



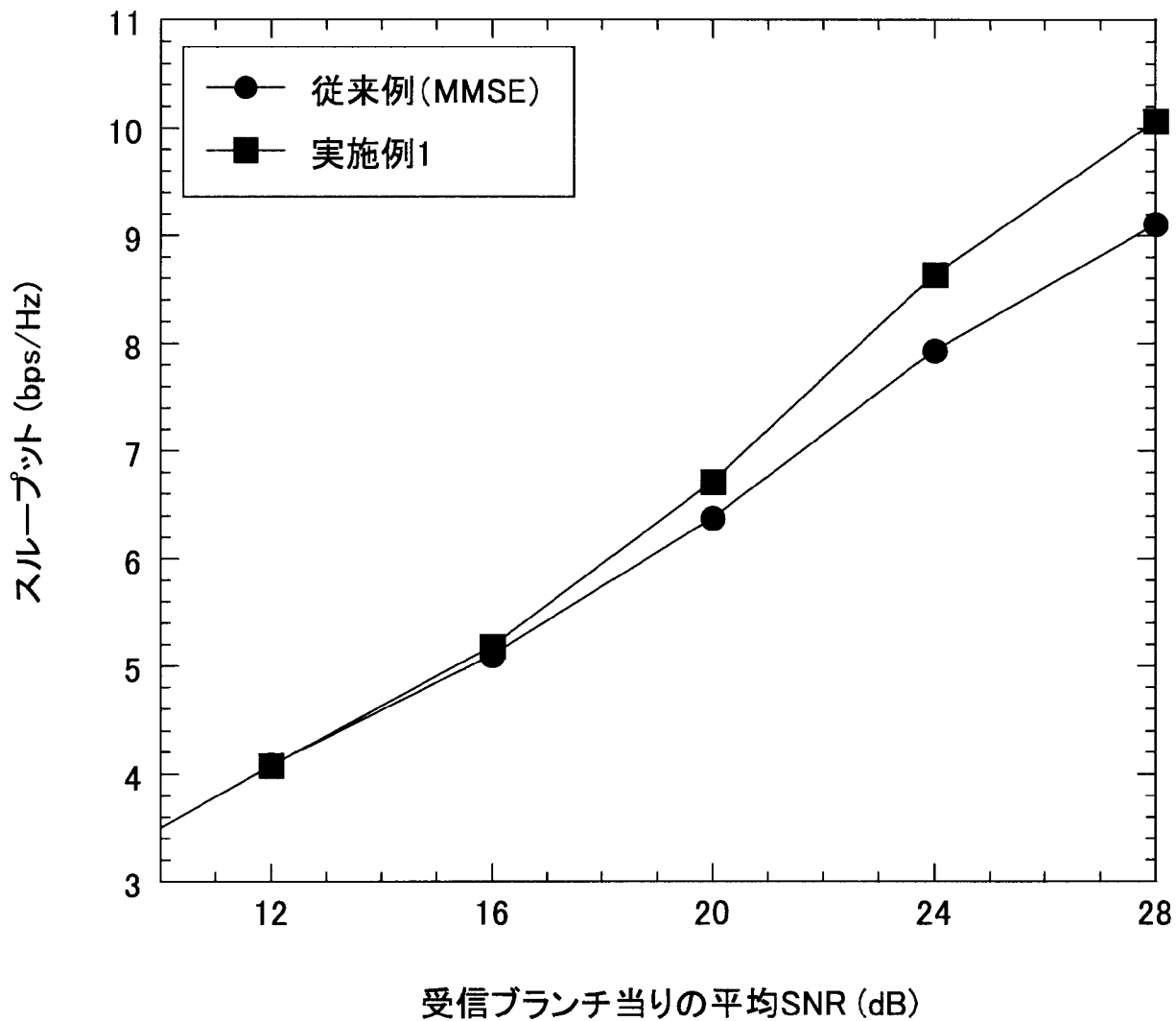
[図14]



[図15]



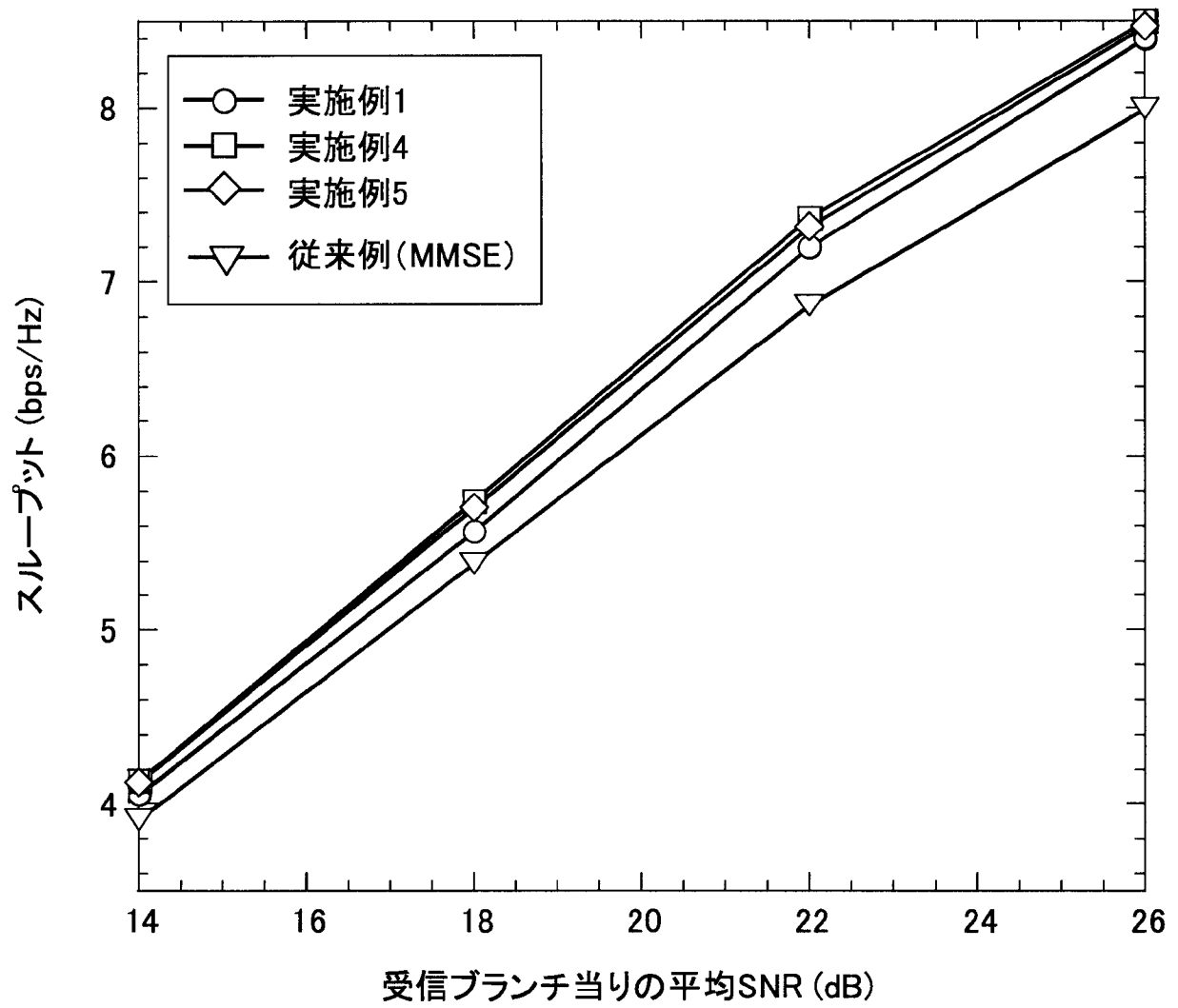
[図16]



[図17]

システム帯域幅	5 MHz
サブキャリア総数	300
サブキャリア間隔	15 kHz
リソースブロックの帯域幅	180 kHz (12サブキャリア)
シンボル期間	有効データ長 66.67 μ sec
	サイクリックプレフィックス 4.75 μ sec
伝送時間間隔(TTI)	1.0 msec (14 OFDM symbols)
変調及びチャンネル符号化率(R)	16レベル QPSK, R=1/16, 1/8, 1/6, 1/3, 4/9, 3/5 16QAM, R=2/5, 1/2, 3/5 64QAM, R=4/9, 5/9, 2/3, 3/4, 6/7, 12/13
チャンネル符号化／復号化	ターボ符号化(K=4) / Max-Log-MAP 復号化
コードワード法	マルチコードワード(MCW)
MIMOコンフィギュレーション	2-by-2 MIMO
チャンネルモデル	パス: TU チャンネルモデル / フラット 空間相関因子: $\alpha = -0.4616 + 0.5439j$
最大ドップラ周波数	$f_D = 5.55$ Hz ($v = 3$ km/h)
チャンネル推定	理想的
信号検出法	MMSE, MLD
プリコーディング	LTEにおけるコードブック方式
AMC及びプリコーディングによる 制御遅延	3 TTI (= 3 msec)

[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No. PCT/JP2009/059260
--

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 H04J99/00(2009.01) i, H04L1/00(2006.01) i, H04W16/28(2009.01) i, H04W28/18(2009.01) 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, H04L1/00, H04W16/28, H04W28/18

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
A	JP 2008-118380 A (Samsung Electronics Co., Ltd.), 22 May, 2008 (22.05.08), Par. Nos. [0037] to [0043]; Fig. 1 & KR 10-2008-0040539 A	1-28
A	JP 2004-194262 A (NTT Docomo Inc.), 08 July, 2004 (08.07.04), Par. Nos. [0040], [0058], [0076], [0143]; Figs. 2, 5, 14 (Family: none)	1-28

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 03 June, 2009 (03.06.09)	Date of mailing of the international search report 16 June, 2009 (16.06.09)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/059260

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 2006-287551 A (Toshiba Corp.), 19 October, 2006 (19.10.06), Par. Nos. [0106] to [0122], [0165] to [0180]; Figs. 6, 14 (Family: none)	1-28
A	NTT DoCoMo et al., 'Investigation on MU-MIMO in E-UTRA Downlink', 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #52 R1-081040, 2008.02.11, <URL:http://www.3gpp. org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_52/Docs/R1-081040. zip>	1-28
A	Lucent Technologies, 'PARC with APP decoding for HSDPA', 3GPP TSG-RAN WG1 R1-020325, 2002. 02.18, <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/ WG1_RL1/TSGR1_24/Docs/Zips/R1-02-0325.zip>	1-28
A	NTT DoCoMo et al., 'Link Adaptation Scheme for Single-antenna Transmission in E-UTRA Downlink', 3GPP TSG-RAN WG1 Meeting #44bis R1-060987, 2006. 03.27, <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/ WG1_RL1/TSGR1_44bis/Docs/R1-060987.zip>	1-28

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
 Int.Cl. H04J99/00(2009.01)i, H04L1/00(2006.01)i, H04W16/28(2009.01)i, H04W28/18(2009.01)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 (IPC))
 Int.Cl. H04J99/00, H04L1/00, H04W16/28, H04W28/18

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 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2009年
 日本国実用新案登録公報 1996-2009年
 日本国登録実用新案公報 1994-2009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
A	JP 2008-118380 A (三星電子株式会社) 2008.05.22 , 段落[0037]-[0043], 第1図 & KR 10-2008-0040539 A	1-28
A	JP 2004-194262 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2004.07.08 , 段落[0040], [0058], [0076], [0143], 第2, 5, 14図 (ファミリーなし)	1-28

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。

<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的な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</p>	<p>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</p>
--	---

国際調査を完了した日 03.06.2009	国際調査報告の発送日 16.06.2009
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/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 3362 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
A	JP 2006-287551 A (株式会社東芝) 2006. 10. 19 , 段落[0106]-[0122], [0165]-[0180], 第6, 14 図 (ファミリーなし)	1-28
A	NTT DoCoMo et al., 'Investigation on MU-MIMO in E-UTRA Downlink', 3GPP TSG RAN WG1 Meeting #52 R1-081040, 2008.02.11 <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_52/Docs/R 1-081040.zip>	1-28
A	Lucent Technologies, 'PARC with APP decoding for HSDPA', 3GPP TSG-RAN WG1 R1-020325, 2002. 02. 18 <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_24/Docs/Z ips/R1-02-0325.zip>	1-28
A	NTT DoCoMo et al., 'Link Adaptation Scheme for Single-antenna Transmission in E-UTRA Downlink', 3GPP TSG-RAN WG1 Meeting #44bis R1-060987, 2006. 03. 27 <URL:http://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/WG1_RL1/TSGR1_44bis/Doc s/R1-060987.zip>	1-28