

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5874845号
(P5874845)

(45) 発行日 平成28年3月2日(2016.3.2)

(24) 登録日 平成28年1月29日(2016.1.29)

(51) Int.Cl.	F I
HO 4 J 99/00 (2009.01)	HO 4 J 15/00
HO 4 B 7/04 (2006.01)	HO 4 B 7/04

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2014-557268 (P2014-557268)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成25年4月12日 (2013. 4. 12)		日本電気株式会社
(65) 公表番号	特表2015-524174 (P2015-524174A)		東京都港区芝五丁目7番1号
(43) 公表日	平成27年8月20日 (2015. 8. 20)	(74) 代理人	100103894
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/061691		弁理士 冢入 健
(87) 国際公開番号	W02013/179806	(72) 発明者	丸田 靖
(87) 国際公開日	平成25年12月5日 (2013. 12. 5)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
審査請求日	平成26年11月26日 (2014. 11. 26)	(72) 発明者	ファン ズオン
(31) 優先権主張番号	2012902211		オーストラリア国、3170、ヴィクトリア、マルグレーブ スプリングベール
(32) 優先日	平成24年5月28日 (2012. 5. 28)		ロード 649-655 エヌイーシー
(33) 優先権主張国	オーストラリア (AU)		オーストラリア ピーティーワイ リミテッド内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 D L M U - M I M O 通信システムにおける e N o d e B と U E との間の送信キャパシティの最適化に用いられるプリコードの生成方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

M U - M I M O 通信システムにおいて e N o d e B と U E との間の送信キャパシティの最適化に用いられるプリコードを生成する方法であって、

報告されたプリコーディングマトリクスインジケータ (P M I) を U E から受信し、
前記報告されたプリコーディングマトリクスインジケータのプリコーディングマトリクス (P M) のペアの間の相関係数を計算し、

最小の相関係数を有するプリコーディングマトリクスのペアを選択し、

前記最小の相関係数が下側閾値より小さい場合には、前記報告されたプリコーディングマトリクスインジケータに対応するプリコーディングマトリクスを使用し、

前記最小の相関係数が下側閾値より大きく、かつ、上側閾値より小さい場合には、

(i) 代表チャネルマトリクスの固定コードブックから、前記報告されたプリコーディングマトリクスインジケータ及びチャネルマトリクス (C M) の相関係数を計算し、

(i i) 最大の相関係数を有するチャネルマトリクスのペアを選択し、そして、

(i i i) 選択された前記チャネルマトリクスのペアからプリコードを計算する、
ステップを備える方法。

【請求項 2】

前記選択されたチャネルマトリクスからプリコードを計算するステップでは、

ポストコードに基づいて前記プリコードを繰り返し計算し、そしてその後、収束閾値を得られるまで前記プリコードに基づいてポストコードを計算する、

10

20

請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記ポストコードに基づいてプリコードを繰り返し計算するステップにおいて、

- a. 前記ポストコードを初期化し、
- b. 利用可能な前記ポストコード及び計算されたラグランジュ乗数に基づいて前記プリコードを計算し、
- c. 事前計算された前記プリコード及び推定されたノイズ分散に基づいて前記ポストコードを計算し、そして、
- d. 現在の繰り返しでの前記ポストコードと前回の繰り返しでの前記ポストコードとの間の全体二乗差として収束値を計算し、そして、前記収束値が閾値より小さい場合には中止し、又は、そうでない場合には b. から繰り返す、

10

請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

最小のラグランジュ数と最大のラグランジュ数とを設定し、そして、

エルミート転置されたチャネルマトリクスとエルミート転置されたポストコードとの積を、それぞれの U E について計算し、

前記チャネルマトリクスと前記ポストコードとの積を、それぞれの U E について計算し、

上述のように計算された前記積の積を、それぞれの U E について計算し、

すべての U E についての、上述の当該積の和を計算し、そして、

20

前記積の和の特異値分解を計算する、

ことによって、前記チャネルマトリクス及び前記ポストコードの特異値分解を計算する、

初期化プロセスをさらに備える請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

e. 前記ラグランジュ乗数の最小値と前記ラグランジュ乗数の最大値との平均値として前記ラグランジュ乗数の値を計算し、

f. 前記特異値分解の解である特異値及び前記ラグランジュ乗数の関数として推定パワーを計算し、

g. 前記推定パワーとパワーとの間の二乗差として前記収束値を計算し、そして、前記収束値が閾値より小さくなる場合には停止し、そうでない場合には、

30

前記推定パワーが前記パワーより大きければ、計算された前記ラグランジュ乗数として前記最小値を割り当て、

前記推定パワーが前記パワーより小さければ、計算された前記ラグランジュ乗数として前記最大値を割り当て、そしてステップ e. に戻る、

繰り返しステップをさらに備える、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

それぞれの U E に報告された C Q I と関連する S I N R を C Q I テーブルから検索し、そして、

それぞれの U E ごとの平均パワーの、それぞれの U E にとってのレイヤごとの平均 S I N R に対する比として、ノイズ分散を計算する、

40

ステップに従って、報告された C Q I に基づいたノイズ分散を計算する、請求項 5 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ダウンリンクマルチユーザマルチインプットマルチアウトプット (D L M U - M I M O : downlink multiple-user multiple-input multiple-output) 方式でのデータ送信のための方法及びシステムに関し、特に、そのような通信システムにおける e N o d e B と U E (user equipment : ユーザ機器) との間の送信キャパシティの最適化に用

50

いられるプリコーダの生成に関する。

【背景技術】

【0002】

DL MU-MIMOシステムでは、多重送信アンテナからの同一の時間周波数のリソースにおいて、eNodeBは異なるUEにデータを送信する。複数のUEの間の干渉を最小化するために、eNodeBはプリコーディングを通して送信ビームを作り出す。受信側では、UEはポストコーディング（デコーディング）を、データを受け取る（デコードする）のに使用する。

【0003】

DL MU-MIMOシステムでは、多重送信アンテナからの同一の時間周波数のリソースにおいて、eNodeBは異なるデータを一つのUEに送信することもできる。一つのUEへのデータの数、ランクによって定義される。

【0004】

通信システムでは、送信機と受信機との間のダウンリンクチャネルのステータスについてのフィードバックは、ダウンリンクチャネルを通じてのデータの送信を最適化するために用いられる。受信機は、受信したパイロット信号からダウンリンクチャネルステータスインフォメーション（CSI：channel status information）を決定し、そしてその後このCSIを送信機と通信し、又は、UEは受信したパイロット信号からダウンリンクCSIを決定し、そしてその後このCSIを、後続のデータ送信に用いられるダウンリンク送信のランク、プリコーディングマトリクス、コーディングレート及び変調方式を変更するのに用いるために、eNodeBに通信する。3GPP TS 36.213（V10.5.0）では、チャネルステータスインフォメーションは、ランクインジケーション（RI：rank indication）、プリコーディングマトリクスインジケータ（PMI：precoding matrix indicator）及びチャネルクオリティインジケータ（CQI：channel quality indicator）を含む。PMI及びRIは、DL MU-MIMOシステムとして使用される。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】3GPP TS 36.213 V8.2.0（2008-03）、[2013年2月28日検索]、インターネット（<http://www.quintillion.co.jp/3GPP/Specs/36213-820.pdf>）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

プリコーディングマトリクスを変更するために用いられるCSIが、UEのペア又はグループ間で直交せず、eNodeBがUEのペア又はグループ間において、非直交のプリコーディングマトリクスを適用するときには、プリコーディングのためにMU-MIMOシステムに用いられる現在の技術は最適ではない。例えば、PMIはUEのペア又はグループ間で直交せず、eNodeBがPMIを適用する。そのような場合に、MU-MIMO通信システムのプリコーディング性能を向上したいという要望が存在している。

【課題を解決するための手段】

【0007】

この点を考慮して、本発明の一の態様は、MU-MIMO通信システムにおいてeNodeBとUEとの間の送信キャパシティの最適化に用いられるプリコーダを生成する方法を提供する。この方法は、

報告されたプリコーディングマトリクスインジケータ（PMI）をUEから受信し、

前記報告されたプリコーディングマトリクスインジケータのプリコーディングマトリクス（PM）のペアの間の相関係数を計算し、

最小の相関係数を有するプリコーディングマトリクスのペアを選択し、

前記最小の相関係数が下側閾値より小さい場合には、前記報告されたプリコーディングマトリクスインジケータに対応するプリコーディングマトリクスを使用し、

前記最小の相関係数が下側閾値より大きく、かつ、上側閾値より小さい場合には、
 (i) 代表チャネルマトリクス of 固定コードブックから、前記報告されたプリコーディングマトリクスインジケータ及びチャネルマトリクス of 相関係数を計算し、
 (ii) 最大の相関係数を有するチャネルマトリクス of ペアを選択し、そして、
 (iii) 選択された前記チャネルマトリクス of ペアからプリコードを計算する、
 ステップを備える。

【0008】

有利な点として、これらのステップを備える方法は、UE から eNodeB に直交するように送信された、報告された PMI を必要とすることなく最適化されたプリコードの生成を可能とする。ジョイント送受信最適化は、それゆえ、チャネル状態情報なしで得られるが、むしろ UE により送信される PMI フィードバック情報に基づくことになる。

【0009】

本発明の他の一の態様においては、前記選択されたチャネルマトリクスからプリコードを計算するステップでは、

ポストコードに基づいて前記プリコードを繰り返し計算し、そしてその後、収束閾値を得られるまで前記プリコードに基づいてポストコードを計算する。

【0010】

本発明の他の一の態様では、

前記ポストコードに基づいてプリコードを繰り返し計算するステップにおいて、

a. 前記ポストコードを初期化し、

b. 利用可能な前記ポストコード及び計算されたラグランジュ乗数に基づいて前記プリコードを計算し、

c. 事前計算された前記プリコード及び推定されたノイズ分散に基づいて前記ポストコードを計算し、そして、

d. 現在の繰り返しでの前記ポストコードと前回の繰り返しでの前記ポストコードとの間の全体二乗差として収束値を計算し、そして、収束値が閾値より小さい場合には中止し、又は、そうでない場合には b. から繰り返す。

【0011】

本発明の他の一の態様では、

最小のラグランジュ数と最大のラグランジュ数とを設定し、そして、

—エルミート転置されたチャネルマトリクスとエルミート転置されたポストコードとの積を、それぞれの UE について計算し、

—前記チャネルマトリクスと前記ポストコードとの積を、それぞれの UE について計算し、

—上述のように計算された前記積の積を、それぞれの UE について計算し、

—すべての UE についての、上述の当該積の和を計算し、そして、

—前記積の和の特異値分解を計算する、

ことによって、前記チャネルマトリクス及び前記ポストコードの特異値分解を計算する、

初期化プロセスをさらに備える。

【0012】

本発明の他の一の態様では、

e. 最小値と最大値との平均値としてラグランジュ乗数の値を計算し、

f. 前記特異値及び前記ラグランジュ乗数の関数として推定パワーを計算し、

g. 前記推定パワーと前記パワーとの間の二乗差として収束値を計算し、そして、収束値が閾値より小さくなる場合には停止し、そうでない場合には、

—前記推定パワーが前記パワーより大きければ、計算されたラグランジュ乗数として前記最小値を割り当て、

—前記推定パワーが前記パワーより小さければ、計算されたラグランジュ乗数として前記最大値を割り当て、そしてステップ e. に戻る、

繰り返しステップをさらに備える。

【0013】

本発明の他の一の態様では、

－それぞれのUEに報告されたCQIと関連するSINRをCQIテーブルから検索し、そして、

－それぞれのUEごとの平均パワーの、それぞれのUEにとってのレイヤごとの平均SINRに対する比として、分散を計算する、

ステップに従って、報告されたCQIに基づいたノイズ分散を計算する。

－当然のことながら、本願明細書において参照される、先行技術として与えられたいかなる事項も、その事項がオーストラリア又はその他のどこかで知られていたこと、又は、その含む情報が、明細書の一部を形成する特許請求の範囲の優先日において、当業者のありふれた一般的な知識の一部であったことの自白として扱われない。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、DL MU-MIMO通信システムの一の実施形態の概略図である。

【図2】図2は、図1に示されたMU-MIMOシステムの一部を形成するeNodeB及びUEの間で送信されるダウンリンクデータ及びアップリンクチャネル情報の送信を図形的に描く図である。

【図3】図3は、UEの選択及びプリコーディング手順に関して、図1に示されたMU-MIMO通信システムのeNodeBにより実行されるステップを示すフローチャートである。

【図4】図4は、図3にて実行されたステップの一つを形成するj-MMSEプリコーダの計算に係るステップを示すフローチャートである。

【図5】図5は、図4で示されたプロセスの一部を形成するラグランジュ乗数を計算する一連のステップを示すフローチャートである。

【図6】図6は、図4で示されたプロセスの一部を形成する、CQIに基づくノイズ分散の計算に係るステップを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0015】

当然のことながら、本願明細書において参照される、先行技術として与えられたいかなる事項も、その事項がオーストラリア又はその他のどこかで知られていたこと、又は、それが含む情報が、明細書の一部を形成する特許請求の範囲の優先日において、当業者のありふれた一般的な知識の一部であったことの自白として扱われない。

【0016】

図1を参照すると、eNodeB（基地局）12並びにdNodeBに送信及び受信するように接続されているUE（移動局）14及び16を有するMIMO通信システム10が大まかに示されている。eNodeB12は、それぞれのeNodeBがここで参照される多重アンテナ22から28を有する一方で、多重アンテナ18から20を有する。図1に描かれたアンテナの数は例示的なものであること、並びに、送信及び受信アンテナに最適な数としてもよいことは、当然である。

【0017】

eNodeBは、UE14及び16に送信したいデータを変調及びエンコードする。変調及びエンコードから生成されたコードワード（code word）は、データ送信レイヤにマッピングされる。それに基づいて、データはeNodeB12からUE14及び16に送信される。

【0018】

MIMO通信システム10における多重送信及び受信のアンテナの使用により、eNodeB12が多数の空間チャネルで、独立して、場合によっては異なるレートで、データをエンコード及び送信することが可能になる。それぞれの送信及び受信アンテナのペアは、それを通してデータが送信される、異なった無線アンテナチェーンを形成する。eNodeB

e Bにおいて適用されたプリコーディングマトリクスは、UE 14及び16による多重レイヤのスループットを向上させることを可能にする。

【0019】

UE 14及び16はそれぞれ、eNodeB 12とUEとの間の、ノイズパワー推定値、信号パワー推定値、及びチャネル推定値を計算する。計算された推定値は、eNodeB 12とUEとの間の送信キャパシティを最適化するための、変調エンコーディング、マッピング及びプリコーディングに用いられる、eNodeB 12への送信のための好ましいコーディングマトリクスインデックス (PMI) データ、ランクデータ及びチャネルクオリティインジケータ (CQI) データを決定するために用いられる。ここでは、「ランク」は送信のために用いられる好ましいレイヤ数であり、「プリコーディングマトリクスインデックス」は、eNodeB 12がより良い送信のためにこのインデックスに対応したプリコーディングマトリクスによりその信号の事前重ね合わせを行う、ランクRに関連したサブコードブックにおける好ましいコーディングマトリクスのインデックスである。コードワードのそれぞれのための「チャネルクオリティインジケータ」 (CQI) は、下記の情報から構成される。

a) コーディングレート、又は、同等に、トランスポートブロックサイズ (TBS: transport block size) ;

b) QPSK、16QAM、64QAMを含む変調方式 (MS: Modulation Scheme) ;

c) マッピングされる予定のコードワードのための好ましいサブバンド。

【0020】

換言すると、UEの間の干渉を最小化するために、eNodeBはプリコーディングを通して送信ビームを生成する。受信側では、UEは、そのUEに向けられたデータを識別するためポストコーディング (デコーディング) を用いる。

【0021】

数学的には、MU-MIMOシステムは下記のように表される。

【数1】

$$\mathbf{y}(i) = \mathbf{H}(i)\mathbf{V}(i)\mathbf{x}(i) + \sum_{k=1, k \neq i}^{N_{UE}} \mathbf{H}(i)\mathbf{V}(k)\mathbf{x}(k) + \mathbf{n}(i)$$

ここで、

$\mathbf{y}(i)$ は i 番目のユーザでのサイズ $N_{RX} \times 1$ の受信信号ベクトルであり、 $\mathbf{x}(i)$ は i 番目のユーザのためのサイズ $RI(i) \times 1$ のデータ信号ベクトルであり、

$\mathbf{H}(i)$ は i 番目のユーザのためのサイズ $N_{RX} \times N_{TX}$ のチャネルマトリクスであり、

$\mathbf{V}(i)$ は i 番目のユーザのためのサイズ $N_{TX} \times RI(i)$ のプリコーダマトリクスであり、

$\mathbf{n}(i)$ は i 番目のユーザでのサイズ $N_{RX} \times 1$ の追加ホワイトガウスノイズベクトル (additive white Gaussian noise vector) である。

ここで、

N_{RX} はUEにおける受信アンテナの数

N_{TX} はeNodeBにおける送信アンテナの数

$RI(i)$ は i 番目のユーザのための送信レイヤのランク又は数

N_{UE} は予定されているユーザの数

10

20

30

40

50

【0022】

図2は、eNodeBが異なるUEにデータを送信する、eNodeB30と典型的なUE32及び34との間の送信メカニズムについて示す。ユーザ間の干渉を最小化するために、UEは、eNodeBへのPMIを含むチャネルステータスインフォメーション(CSI)をフィードバックする。PMIが直交するとき、eNodeBは、送信ビームを形成するためのプリコードとして、UEの報告されたPMIを用いる。しかしながら、プリコーディングのためのこの技術は、PMI(プリコード)が直交しないときは最適ではない。

【0023】

図3は、eNodeB12(及びeNodeB30)によって実行される、チャネルへの参照のないPMIフィードバックを用いるジョイント送信及び受信最適化方法においてプリコードを計算するステップを示す。ここで表されるプリコードは、j-MMSEプリコードと命名される。

【0024】

図3に示すように、eNodeBが、報告されたプリコードマトリクスインジケータ(PMI)をUEから受信すると、ステップ40で報告されたPMIのプリコードマトリクス(PM)のペアの間の相関係数が計算される。

【0025】

相関係数が計算された後、最小値が下記のように決定される。

【数2】

$$C_{corr}(i, j) = \text{tr} \left\{ \mathbf{W}^H(\hat{p}(i)) \mathbf{W}(\hat{p}(j)) \right\}^H \left[\mathbf{W}^H(\hat{p}(i)) \mathbf{W}(\hat{p}(j)) \right] \Big\} i=1, \dots, \Phi-1, j=i+1, \dots, \Phi$$

ここで、

$\mathbf{W}(\hat{p}(i))$ は、標準LTEコードブックからi番目($i=1, \dots, \Phi$)のUEの報告されたPMI $\hat{p}(i)$ に対応するプリコードマトリクスを意味する。

$\mathbf{\Omega}_H$ 代表のチャネルマトリクス(CM)の固定コードブック

$T_{\min}$ 相関最小閾値

$T_{\max}$ 相関最大閾値

【0026】

次に、最小の相関係数を有するPMペアがステップ42において下記のように決定される。

【数3】

$$C_{corr}(\tilde{i}, \tilde{j}) = \min \{ C_{corr}(i, j) \},$$

$$(\tilde{i}, \tilde{j}) = \arg \min \{ C_{corr}(i, j) \}.$$

【0027】

最小の相関係数が下側閾値より小さい場合、受信したPMIに対応するPMは、下記のようにステップ44において用いられる。

【数4】

$C_{corr}(\tilde{i}, \tilde{j}) < T_{\min}$ となる場合、報告されたPMをプリコードとして割り当てる。

$$\mathbf{V}(\tilde{i}) = \mathbf{W}(\hat{p}(\tilde{i})),$$

$$\mathbf{V}(\tilde{j}) = \mathbf{W}(\hat{p}(\tilde{j})).$$

【0028】

最小の相関係数が事前に定められた最大値より大きい場合、ステップ46においてどのユーザもスケジューリングのために選択されない。

【0029】

しかしながら、最小の相関係数が下側閾値より大きく、かつ、上側閾値よりも小さい場合、ステップ48において、代表CMの固定コードブック50から報告されたPMI及びチャネルマトリクス(CM)の相関係数が計算される。ステップ52における選択されたCMのペアからのプリコードの計算に先立って、ステップ50において、最大の相関係数を有するCMのペアが選択される。

【0030】

その結果、eNodeBにより下記の計算が実行される。

10

【数5】

2-1) $\mathbf{H}(\tilde{n}(\tilde{i})) \in \Omega_H, \mathbf{H}(\tilde{n}(\tilde{j})) \in \Omega_H$ となるものを見つける。ここで、

$$\begin{aligned}\tilde{n}(\tilde{i}) &= \arg \max_n \text{tr} \left\{ \mathbf{H}(n) \mathbf{W}(\hat{p}(\tilde{i})) \right\}^H \left[\mathbf{H}(n) \mathbf{W}(\hat{p}(\tilde{i})) \right] \Big\} \\ \tilde{n}(\tilde{j}) &= \arg \max_n \text{tr} \left\{ \mathbf{H}(n) \mathbf{W}(\hat{p}(\tilde{j})) \right\}^H \left[\mathbf{H}(n) \mathbf{W}(\hat{p}(\tilde{j})) \right] \Big\} \\ \mathbf{H}(n) &\in \Omega_H.\end{aligned}$$

20

である。

2-2) D) にあるように、 $CQI(\tilde{i}, l), CQI(\tilde{j}, l)$ を用いて $N_o(\tilde{i}), N_o(\tilde{j})$ を計算する。

2-3) C) にあるように計算されたラグランジュ乗数を用いて、B) にあるように $N_o(\tilde{i}), N_o(\tilde{j})$ 及び $\mathbf{H}(\tilde{n}(\tilde{i})), \mathbf{H}(\tilde{n}(\tilde{j}))$ を使用して、 $\mathbf{V}(\tilde{i}), \mathbf{V}(\tilde{j})$ を計算する。

【0031】

ステップ54におけるプリコードの計算に含まれるステップが、図4に、より詳細に示されている。

(m) は手順のm回目の繰り返しを意味する。プリコードは下記の手順で生成される。

ステップ542: $\mathbf{G}(i)_{(m=0)} = \mathbf{J}(i), i=1, \dots, N_{UE}$ を初期化する。ここで、 $\mathbf{J}(i)$ は、
 $a \neq b$ のときは要素がゼロであり、 $a = b$ のときは要素が1である要素 (a, b) を有する、
 $RI(i) \times N_{RX}$ の行列である。 30

ステップ544: 数式6及び $\mathbf{G}(i)_{(m)}$ を用いて $\mathbf{V}(i)_{(m+1)}$ を計算する。

ここで、 $i=1, \dots, N_{UE}$ である。

【数6】

$$\mathbf{V}(i) = \left[\sum_{j=1}^{N_{UE}} \mathbf{H}^H(j) \mathbf{G}^H(j) \mathbf{G}(j) \mathbf{H}(j) + \nu \mathbf{I} \right]^{-1} \mathbf{H}^H(i) \mathbf{G}^H(i) \quad 40$$

ステップ546: 数式7-3及び $\mathbf{V}(i)_{(m+1)}$ を用いて $\mathbf{G}(i)_{(m+1)}$ を計算する。

ここで、 $i=1, \dots, N_{UE}$ (ステップ546) である。

【数 7】

$$\mathbf{G}(i) = \mathbf{V}^H(i) \mathbf{H}^H(i) \left[\sum_{j=1}^{N_{UE}} \mathbf{H}(i) \mathbf{V}(j) \mathbf{V}^H(j) \mathbf{H}^H(i) + N_o(i) \mathbf{I} \right]^{-1}$$

ステップ 5 4 8 : $\sum_{i=1}^{N_{UE}} \|\mathbf{G}(i)_{(m+1)} - \mathbf{G}(i)_{(m)}\|_F^2 < \varepsilon$ となるまで、ステップ 5 4 4 及びステップ 5 4 6 を繰り返す。

ここで、 $\|\cdot\|_F^2$ はフロベニウスノルム (Frobenius norm) を意味するとともに、 ε は収束閾値 (convergent threshold) である。

10

【0 0 3 2】

図 4 に示されたラグランジュ乗数の計算に含まれるステップが、図 5 に、さらにより詳細に示されている。

ステップ 6 0 2 : 特異値分解を計算する。

$$U \Lambda U^H = \sum_{i=1}^{N_{UE}} H^H(i)_{m+1} G^H(i)_{m+1} G(i)_{m+1} H(i)_{m+1}$$

ステップ 6 0 4 : ラグランジュ乗数の最小値及び最大値 $v_{\min}$, $v_{\max}$ を設定する。

ステップ 6 0 6 : ラグランジュ乗数 $v = (v_{\max} + v_{\min})/2$ を計算する。

ステップ 6 0 8 : 次の物理量 $\hat{P} = \sum_{i=1}^{N_{TX}} \frac{\lambda_i}{(\lambda_i + v)^2}$ を計算する。

20

ステップ 6 1 0 : $\hat{P} > P$ となるかチェックし、満たす場合はその後 $v_{\min} = v$ を設定し (S 6 1 0 - 1)、そうでない場合は、 $v_{\max} = v$ を設定する (S 6 1 0 - 2)。

ここで、 P は全体の送信パワーであり、 $P = E\|\mathbf{x}\|^2$ と表される。

ステップ 6 1 2 : $|\hat{P} - P| < \varepsilon$ となるまで、ステップ 6 0 6 及びステップ 6 0 8 を繰り返す。ここで、 ε は収束閾値である。

【0 0 3 3】

さらに、図 4 に示されたノイズ分散の計算に含まれるステップが、図 6 に、さらにより詳細に示されている。

30

ステップ 7 0 2 : C Q I テーブルにおける S I N R 閾値に基づいて、S I N R (i, l) を見つける。

ステップ 7 0 4 : S I N R (i, l) と全体パワー P とを用いて、下記のように $N_o(i)$ を計算する。

【数 8】

$$N_o(i) = \frac{P / N_{UE}}{\sum_{l=1}^{RI(i)} SINR(i, l) / RI(i)}, \quad i = 1, \dots, N_{UE}$$

【0 0 3 4】

40

例示の目的で本発明の典型的な実施形態が開示されてきたが、当業者は、本発明の範囲から離れることなく、種々の修正、追加及び代替が可能なことを理解するであろう。それゆえ、本発明は前述の実施形態に限定されず、後述する特許請求の範囲によって定義される。

【0 0 3 5】

この出願は、2012年5月28日に出願されたオーストラリア仮特許出願第2012902211号に基づき、当該出願からの優先権の利益をクレームし、その開示を、全体を参照してここにとりこむ。

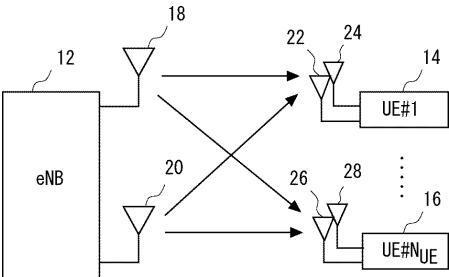
【符号の説明】

【0 0 3 6】

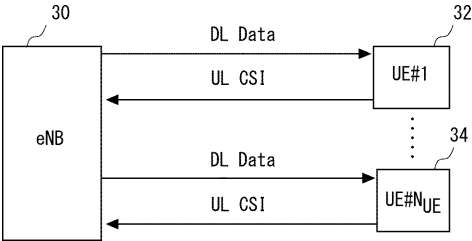
50

1 0 M I M O 通 信 シ ス テ ム
1 2 e N o d e B
1 4 , 1 6 U E
1 8 , 2 0 , 2 2 - 2 8 多 重 ア ン テ ナ

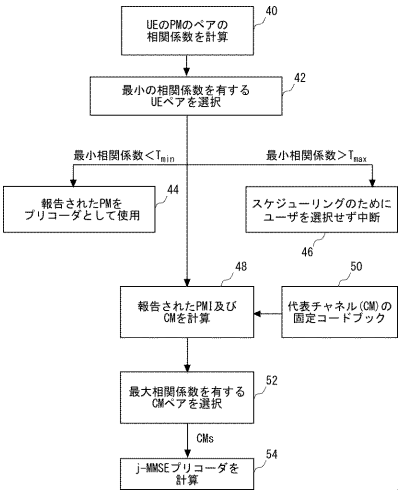
【図 1】



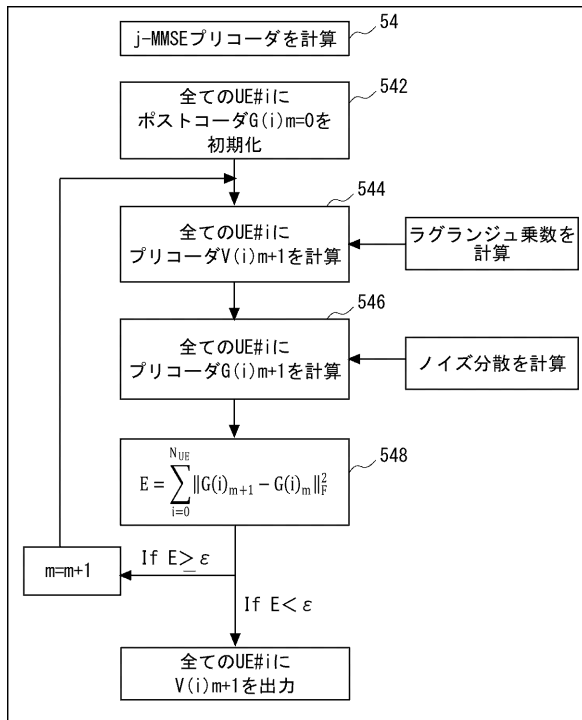
【図 2】



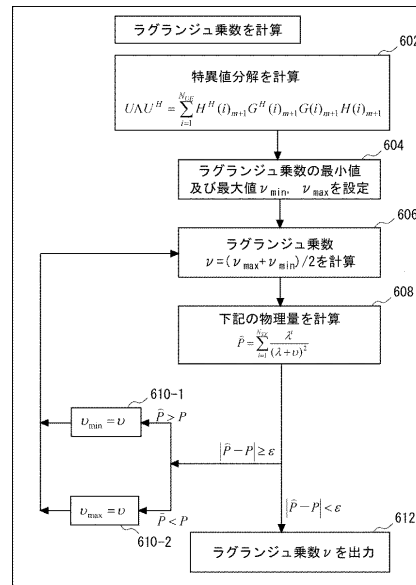
【図 3】



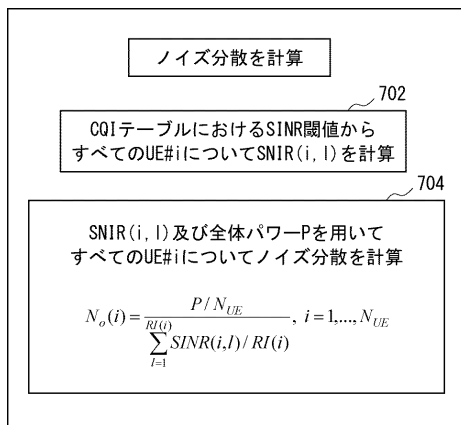
【図 4】



【図 5】



【図 6】



フロントページの続き

審査官 岡 裕之

(56)参考文献 特開2009-071825 (JP, A)

Jinfan Zhang et al., Joint linear transmitter and receiver design for the downlink of multiuser MIMO systems, Communications Letters, IEEE, 2005年11月, Vol.9, No.11, pp.991-993

Mohammad Ali Khojastepour et al., Design of Multiuser Downlink Linear MIMO Precoding Systems With Quantized Feedback, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, 2009年11月, Vol.58, No.9, pp.4828-4836

Mustapha Amara et al., Performance of Closed Form and Iterative MU-MIMO precoders for different broadcast channel configurations, Communications and Networking (ComNet), 2010 Second International Conference on , 2010年11月 7日

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04J 99/00

H04B 7/04

IEEE Explore

CiNii

3GPP TSG RAN WG1-4

SA WG1-2

CT WG1