

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4365063号
(P4365063)

(45) 発行日 平成21年11月18日(2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年8月28日(2009.8.28)

(51) Int.Cl. F I
H O 4 J 13/04 (2006.01) H O 4 J 13/00 G

請求項の数 30 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2001-525863 (P2001-525863)	(73) 特許権者	596008622
(86) (22) 出願日	平成12年2月2日(2000.2.2)		インターディジタル テクノロジー コー ポレーション
(65) 公表番号	特表2003-510884 (P2003-510884A)		アメリカ合衆国 19810 デラウェア 州 ウィルミントン シルバーサイド ロ ード 3411 コンコルド プラザ ヘ イグリー ビルディング スイート 10 5
(43) 公表日	平成15年3月18日(2003.3.18)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2000/002621	(74) 代理人	100077481
(87) 国際公開番号	W02001/022610		弁理士 谷 義一
(87) 国際公開日	平成13年3月29日(2001.3.29)	(74) 代理人	100088915
審査請求日	平成19年1月17日(2007.1.17)		弁理士 阿部 和夫
(31) 優先権主張番号	60/154,985		
(32) 優先日	平成11年9月21日(1999.9.21)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 可変拡散率に適應したマルチユーザ検出器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

無線符号分割多元接続通信システムにおいて送信されてきた複数のデータ信号、すなわち互いに異なる拡散率を有するデータ信号を再生する方法であって、前記複数のデータ信号を受信し(21)、それら受信したデータ信号の各々についてインパルス応答を算定し(19)、データ信号の各々についてそのデータ信号のインパルス応答およびそのデータ信号の拡散符号(29)を用いてシステム応答行列を導き出す(27)データ信号再生方法において、

前記システム応答行列を互いに対応のデータ信号について同じ拡散率を有するグループにグループ化する過程(203)と、

前記グループの各々につき、そのグループの中のシステム応答行列すべての列を含むグループ応答行列を構築する過程(205)と、

最低拡散率を有するグループを除外した前記グループの各々につき、そのグループの列を最低拡散率グループに順次的に挿入して総システム応答行列とする過程(209-223)と、

前記受信したデータ信号および前記総システム応答行列を用いて前記データ信号のデータを算定する過程(25、41、43、45、23)とを含むことを特徴とする方法。

【請求項2】

前記算定したデータをスクランブル解除する過程をさらに含むことを特徴とする請求項1

10

20

記載の方法。

【請求項 3】

前記各グループのシステム応答行列を構築する過程がそのグループの各システム応答行列からの一列を順次的に交互に挿入すること(37)によることをさらに特徴とする請求項1または2記載の方法。

【請求項 4】

前記除外した以外のグループの各列をインデックスを用いて挿入したことをさらに特徴とする請求項1、2または3記載の方法。

【請求項 5】

前記インデックスがその列のグループの拡散率およびそのグループの最低拡散率に部分的に基づくことをさらに特徴とする請求項4記載の方法。

10

【請求項 6】

前記除外した以外の各列について、そのグループのインデックスおよび最低拡散率グループの多数の組合せ行列を用いて基準挿入位置を算定する過程をさらに含むことを特徴とする請求項5記載の方法。

【請求項 7】

前記インデックスを整数に切り上げ切り下げすることをさらに特徴とする請求項5記載の方法。

【請求項 8】

前記データを算定する過程が最小二乗平均誤差検出器を用いる請求項1-7のいずれかに記載の方法。

20

【請求項 9】

前記データを算定する過程が零強制ブロック線形等化器を用いる請求項1-7いずれかに記載の方法。

【請求項 10】

前記データを算定する過程が無相関器を用いる請求項1-7のいずれかに記載の方法。

【請求項 11】

無線符号分割多元接続通信システムにおいて送信されてきた複数のデータ信号、すなわち互いに異なる拡散率を有するデータ信号を再生する受信機であって、前記複数のデータ信号を受信し、それら受信したデータ信号の各々についてインパルス応答を算定し、データ信号の各々についてそのデータ信号のインパルス応答およびそのデータ信号の拡散符号を用いてシステム応答行列を導き出す受信機において、

30

前記システム応答行列を互いに対応のデータ信号について同じ拡散率を有するグループにグループ化する手段(33)と、

前記グループの各々につき、そのグループの中のシステム応答行列すべての列を含むグループ応答行列を構築する手段(33)と、

最低拡散率を有するグループを除外した前記グループの各々につき、そのグループの列を最低拡散率グループに順次的に挿入して総システム応答行列とする手段(33)と、

前記受信したデータ信号および前記総システム応答行列を用いて前記データ信号のデータを算定する手段(33)と

40

を含むことを特徴とする受信機。

【請求項 12】

前記算定したデータをスクランブル解除することをさらに含むことを特徴とする請求項11記載の受信機。

【請求項 13】

前記各グループのシステム応答行列の構築がそのグループの各システム応答行列からの一列を順次的に交互に挿入すること(37)によることをさらに特徴とする請求項11または12記載の受信機。

【請求項 14】

前記除外した以外のグループの各列をインデックスを用いて挿入したことをさらに特徴と

50

する請求項 1 1、1 2 または 1 3 記載の受信機。

【請求項 1 5】

前記インデックスがその列のグループの拡散率およびそのグループの最低拡散率に部分的に基づくことをさらに特徴とする請求項 1 4 記載の受信機。

【請求項 1 6】

前記除外した以外の各列について、そのグループのインデックスおよび最低拡散率グループの多数の組合せ行列を用いて基準挿入位置を算定することをさらに特徴とする請求項 1 5 記載の受信機。

【請求項 1 7】

前記インデックスを整数に切り上げ切り下げすることをさらに特徴とする請求項 1 5 記載の受信機。

【請求項 1 8】

前記データの算定が最小二乗平均誤差検出器を用いる請求項 1 1 - 1 7 のいずれかに記載の受信機。

【請求項 1 9】

前記データの算定が零強制ブロック線形等化器を用いる請求項 1 1 - 1 7 のいずれかに記載の受信機。

【請求項 2 0】

前記データの算定が無相関器を用いる請求項 1 1 - 1 7 のいずれかに記載の受信機。

【請求項 2 1】

無線符号分割多元接続通信システムにおいて送信されてきた複数のデータ信号、すなわち互いに異なる拡散率を有するデータ信号を再生する受信機であって、前記複数のデータ信号を受信し(21)、それら受信したデータ信号の各々についてチャネル推算装置によりインパルス応答を算定し(19)、データ信号の各々について線形データ検出器によりそのデータ信号のインパルス応答およびそのデータ信号の拡散符号(29)を用いてシステム応答行列を導き出す(27)受信機において、

前記システム応答行列を互いに対応のデータ信号について同じ拡散率を有するグループにグループ化し、前記グループの各々につきそのグループの中のシステム応答行列すべての列を含むグループ応答行列を構築し、最低拡散率を有するグループを除外した前記グループの各々につきそのグループの列を最低拡散率グループに順次的に挿入して総システム応答行列とする再配列プロセッサ(33)を含み、

前記受信したデータ信号および前記総システム応答行列を用いて前記データ信号のデータを算定する

ことを特徴とする受信機。

【請求項 2 2】

前記算定したデータをスクランブル解除することをさらに特徴とする請求項 2 1 記載の受信機。

【請求項 2 3】

前記各グループのシステム応答行列の構築がそのグループの各システム応答行列からの一列を順次的に交互に挿入すること(37)によることをさらに特徴とする請求項 2 1 または 2 2 記載の受信機。

【請求項 2 4】

前記除外した以外のグループの各列をインデックスを用いて挿入したことをさらに特徴とする請求項 2 1、2 2 または 2 3 記載の受信機。

【請求項 2 5】

前記インデックスがその列のグループの拡散率およびそのグループの最低拡散率に部分的に基づくことをさらに特徴とする請求項 2 4 記載の受信機。

【請求項 2 6】

前記除外した以外の各列について、そのグループのインデックスおよび最低拡散率グループの多数の組合せ行列を用いて基準挿入位置を算定することをさらに特徴とする請求項 2

10

20

30

40

50

5 記載の受信機。

【請求項 27】

前記インデックスを整数に切り上げ切り下げすることをさらに特徴とする請求項 25 記載の受信機。

【請求項 28】

前記データの算定が最小二乗平均誤差検出器を用いる請求項 21 - 27 のいずれかに記載の受信機。

【請求項 29】

前記データの算定が零強制ブロック線形等化器を用いる請求項 21 - 27 のいずれかに記載の受信機。

【請求項 30】

前記データの算定が無相関器を用いる請求項 21 - 27 のいずれかに記載の受信機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明は、概括的には多元接続デジタル通信システムに関する。さらに詳しくは、本発明は互いに異なる拡散率を有する複数のユーザから同時にデータを受信するマルチユーザ検出器システムとその方法とに関する。

【0002】

(関連技術の説明)

多元接続通信システムは、複数のユーザが同一の通信媒体にアクセスして、情報を送信または受信することを可能にする。この媒体は、たとえばローカルエリアネットワーク LAN のネットワークケーブル、在来の電話システムの銅線または無線通信のための無線インタフェースによって構成される。

【0003】

従来技術による多元接続通信システムを図 1 に示す。通信媒体は通信チャネルと呼ばれる。周波数分割多元接続 FDMA、時分割多元接続 TDMA、キャリアセンス多元接続 CSMA、符号分割多元接続 CDMA その他の通信技術により、2 カ所以上のユーザに同一の通信媒体へのアクセスが可能になる。これらの技術を組み合わせて、種々の複合多元接続の手法を構成することができる。たとえば、第 3 世代 W-CDMA 技術標準案の時分割複信 TDD モードは、TDMA と CDMA とを組み合わせたものである。

【0004】

従来技術による CDMA 通信システムの一例を図 2 に示す。CDMA とは、送信すべき信号を擬似雑音信号で変調することにより帯域を広げて (スペクトラム拡散) データを送信する通信技術である。送信すべきデータ信号は、数百万ヘルツにわたる 1 つの周波数帯域に分散するわずか数千ヘルツの帯域幅を有する。その通信チャネルを K 個の互いに別々のサブチャネルが同時並行に用いる。各サブチャネルにとっては、それ以外のすべてのサブチャネルは見かけ上干渉になる。

【0005】

図示のとおり、ある帯域幅の一つのサブチャネルを特有の拡散符号、すなわち広帯域幅の擬似雑音 (pn) 系列発生器で生成した所定のパターンを繰り返す特有の拡散符号と混合する。これらユーザ特有の拡散符号は、拡散符号相互間の相互相関を零に近くするために、通常は疑似直交符号にする。pn 系列で変調してデジタルスペクトラム拡散信号を発生する。次に、搬送波信号をそのデジタルスペクトラム拡散信号で変調し、送信媒体経由で送信する。受信機はその送信信号を復調して、上記デジタルスペクトラム拡散信号を抽出する。送信されてきたデータは、送信側と一致した pn 系列との相関をとって再生する。拡散符号が互いに直交する場合は、受信信号は特定の拡散符号に関連する特定のユーザ信号との間で相関を示し、上記特定の拡散符号に関連する所望のユーザ信号のみを強調し、それ以外のすべてのユーザに関連する他の信号は強調しない。

【0006】

10

20

30

40

50

拡散符号の各値はチップと呼ばれ、データ速度以上のチップ速度を有する。チップ速度とサブチャネルデータ速度との比を拡散率 (spreading factor) と呼ぶ。

【 0 0 0 7 】

データ信号のとり得る値の範囲を広げるために、三つ以上の2進値を表すシンボルを用いる。3値シンボルおよび4値シンボルは、それぞれ三値と四値をとる。シンボルの考え方により、各シンボルのビット内容が独自のパルス形状を決定するので、情報伝達量をより大きくすることができる。使用シンボル数に応じて、同数の独自のパルスまたは波形が存在する。送信源における情報をシンボルに変換し、そのシンボルで変調を施してサブチャネル経由で送信し、送信先で復調する。

【 0 0 0 8 】

C D M A システムにおける拡散符号は、所望のサブチャネルとそれ以外のすべてのサブチャネルとの間の干渉を最小限に抑えるよう選ばれる。従って、所望のサブチャネルを復調するための標準的な手法は、それ以外のすべてのサブチャネルを、通信媒体に現れる干渉と同様の干渉として扱う手法であった。この信号処理に適合するように設計した受信機は単独ユーザ用整合フィルタ受信機およびレーキ受信機である。

【 0 0 0 9 】

互いに異なるサブチャネルは互いに何らかの形で干渉し合うので、別の手法として、すべてのサブチャネルを受信機において復調する手法がある。この受信機は、同時並行に送信中のユーザ各々に関する復号化アルゴリズムを並行して実行することにより、それらユーザ全部を受信できる。この手法をマルチユーザ検出と呼ぶ。マルチユーザ検出は、単独ユーザ受信機に比べて性能を大幅に向上させることができる。

【 0 0 1 0 】

図3を参照すると、マルチユーザ検出器を用いた従来技術によるC D M A 受信機のシステムブロック図が示してある。当業者には明らかとなり、この受信機は、無線周波数R F ダウンコンバージョンおよび無線周波数チャネルのための関連フィルタ処理、アナログ-デジタル変換または特定の通信媒体のための光信号復調などの機能を備え得る。受信機の出力は、すべての活性状態のサブチャネルの合成拡散信号を含むアナログまたはデジタルの処理済み信号である。マルチユーザ検出器はマルチユーザ検出を行い、各々の活性状態のサブチャネルに対応する複数の信号を出力する。サブチャネルの総数のすべて、あるいはそれよりも少ない数のサブチャネルを処理することができる。

【 0 0 1 1 】

最も好ましいマルチユーザ検出器は、数多くの複素演算を実行する計算集中型装置であり、それを経済的に実現することは困難である。費用を最小限に抑えるために、最適の検出器の性能に近い妥協案として、計算の複雑性を軽減した線形検出器などの次善のマルチユーザ検出器が開発されている。線形検出器は、相関解除装置、最小二乗平均誤差M M S E 検出器および零強制ブロック線形等化器Z F - B L E を含む。

【 0 0 1 2 】

同期式または非同期式C D M A 通信のための従来技術による線形マルチユーザ検出器のシステムブロック図を図4に示す。通信媒体特定受信機(図3に示す)から出力されるデータをサブチャネル推算装置、すなわちそれぞれのサブチャネル経由で送信される各シンボルのインパルス応答を推算するサブチャネル推算装置に供給する。線形検出器は、このインパルス応答推算値とサブチャネルの拡散符号とを用いてそのサブチャネルのデータを復調する。このデータをそれぞれのユーザ対応のサブチャネルデータ処理ブロックに出力する。

【 0 0 1 3 】

実際のシステムにおいてK個のサブチャネルユーザを同時並行的に検出するためには、線形マルチユーザ検出器手法は、固定ゲートアレイ、マイクロプロセッサ、デジタルシグナルプロセッサD S P などの形で実働化する。固定論理システムは処理速度を上げることが可能にするが、マイクロプロセッサ駆動システムではプログラミングの融通性が得られる。マルチユーザ検出を受け持ついずれの手段も、一連の数学的演算を実行する。この機

10

20

30

40

50

能を説明するために、以下の変数で線形マルチユーザ検出器の構造と動作とを定義するのが通常である：

K = システム内の活性状態のユーザ / 送信機の総数

N_c = データブロック内のチップ数。拡散率を変えた場合のすべてのユーザに共通の尺度としてチップ数が必要になる。チップ数は許容最大拡散率で割り切れる。同期式 C D M A の場合、最大拡散率のユーザからのシンボルがデータのブロックを構成し得る。従って、 N_c を最大拡散率と等しくなるまで減ずることができる

W = 通信チャネルインパルス応答の長さをチップで表した値。一般にシステムの予め定められたパラメータである

$Q^{(k)}$ = ユーザ k の拡散率。拡散率は、ユーザのデータのシンボルを拡散するのに用いるチップ数に等しい。システムには拡散率は既知であり、被受信データから推算する必要はない

$N_s^{(k)}$ = ユーザ k が送ったシンボルの総数。 $N_s^{(k)} = N_c / Q^{(k)}$

$$N_s^T = \sum_{k=1}^K N_s^{(k)}$$

= 送られた符号の総数

$d^{(k)}$ = ユーザ k が送ったデータ (情報)。このデータは、ベクトルの形式で表され、一つのベクトルは一つの添字変数により示されるデータのアレイである。以下のベクトル演算および行列演算のために、すべてのベクトルは行ベクトルとして定義する。 $d^{(k)}$ の n 番目の要素は、 k 番目のユーザにより送信される n 番目のシンボルである

$h^{(k)}$ = ユーザ k のサブチャネルが受けるインパルス応答をベクトルで表したもの。この量を受信機で推算する必要がある。サブチャネルのインパルス応答の受信機による推算値を $h^{(k)}$ と称する。ベクトル $h^{(k)}$ の要素は、通常は複素数であり、そのサブチャネルにより導入される振幅および位相の変動を表す

$v^{(k)}$ = ベクトルとして表したユーザ k の拡散符号を線形マルチユーザ検出のために特定のシンボルを拡散する拡散符号の部分を含むベクトルとして考えると有用である。従って、ベクトル $v^{(k, n)}$ は、 k 番目のユーザにより送信される n 番目の符号の拡散に用いる拡散符号である。数学的には、これは $(n-1)Q^{(k)} + 1 \leq i \leq nQ^{(k)}$ について $v_{i^{(k, n)}} = v_{i^{(k)}}$ と定義され、他のすべての i に関して 0 となる。ただし i はベクトル要素のインデックスである

$r^{(k)}$ = ユーザ k のデータを表すベクトルで、拡散系列 $v^{(k)}$ により拡散され、そのユーザのサブチャネル $h^{(k)}$ 経由で送信されてきたもの。ベクトル $r^{(k)}$ は、データのブロックが到着する期間中に実行されるチャネル観測結果を表す。ベクトル $r^{(k)}$ の i 番目の要素は次の式で定義できる：

【式 1】

【0 0 1 4】

$$r_i^{(k)} = \sum_{n=1}^{N_s^{(k)}} d_n^{(k)} \sum_{j=1}^W h_j^{(k)} v_{i-j+1}^{(k, n)} \quad \text{Equation 1}$$

受信機が受信する信号には、すべてのユーザ信号 $r^{(k)}$ と雑音が含まれる。従って、受信データベクトル r を次のように定義することができる：

【式 2】

【0 0 1 5】

10

20

30

40

$$r = \sum_{k=1}^K r^{(k)} + n. \quad \text{Equation 2}$$

式 2 内のベクトル n は、通信チャネルに導入される雑音を表す。

【 0 0 1 6 】

図 5 は、従来技術による線形マルチユーザ検出器のシステムおよび方法を示す。サブチャネルインパルス応答推算値ベクトル $h^{(k)}$ と拡散符号 $v^{(k)}$ とを用いて、各ユーザ k についてのシステム送信応答行列を形成する。一つの行列は、二つの添字変数により表示した数のブロックであり、第 1 の添字変数を行インデックスとし、第 2 の添字変数を列インデックスとして長方形のグリッド状に配列する。

10

【 0 0 1 7 】

ユーザ k のシステム送信応答行列は、通常は $A^{(k)}$ で示す。第 i 行第 n 列の要素は $A_{i,n}^{(k)}$ で示し、次のとおり定義する：

【 式 3 】

【 0 0 1 8 】

$$A_{i,n}^{(k)} = \sum_{j=1}^W h_j^{(k)} v_{i-j+1}^{(k,n)} \quad \text{Equation 3}$$

20

行列 $A^{(k)}$ の各列は、検討対象の期間中にユーザ k が送る特定のシンボルについての整合フィルタ応答に対応する。図 5 を参照すると、受信データ r を、すべてのユーザの拡散符号およびサブチャネルインパルス応答の組み合わせと整合させる。従って、 $A^{(k)}$ は $N_s^{(k)}$ 個の整合フィルタ応答を含む。

【 0 0 1 9 】

$A^{(k)}$ の列は、次の形式をとる：

【 式 4 】

【 0 0 2 0 】

$$A_n^{(k)} = \begin{bmatrix} 0 \\ \vdots \\ 0 \\ b_n^{(k)} \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} \quad \text{Equation 4}$$

30

ただし、各ベクトル $b_n^{(k)}$ は次の大きさをもつ：

【 式 5 】

【 0 0 2 1 】

40

$$Q^{(k)} + W - 1, \quad \text{Equation 5}$$

また、行列 $A_n^{(k)}$ の先頭から次の値だけずれる：

【 式 6 】

【 0 0 2 2 】

$Q^{(k)}(n-1).$

Equation 6

拡散符号はシンボル時間にわたり周期的でないので $i \neq j$ の場合、 $b_i^{(k)} \neq b_j^{(k)}$ である。非零値であり得るベクトルの要素をベクトルの台と呼ぶ。従って、 $b_n^{(k)}$ は $A_n^{(k)}$ の台である。

【 0 0 2 3 】

各ユーザについてのシステム送信行列が形成されると、すべてのユーザについてのシステム送信行列を結合することによって総システム送信応答行列を次のとおり形成できる。

10

【 0 0 2 4 】

【 式 7 】

【 0 0 2 5 】

$$A = [A^{(1)}, \dots, A^{(k)}, \dots, A^{(K)}].$$

Equation 7

従来技術の変調手法によると、 $h^{(k)}$ の要素は複素数でありうる。したがって、 A の非零要素は複素数でありうる。

【 0 0 2 6 】

式 4, 5, 6, 7 により組み立てた仮定の慣用マルチユーザ検出器についての総システム送信応答行列の一例は次のようになる：

20

【 式 8 】

【 0 0 2 7 】

$$A = \begin{bmatrix} b_{1,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,1}^{(2)} & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,2}^{(2)} & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,3}^{(1)} & b_{2,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,3}^{(2)} & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,4}^{(1)} & b_{2,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,4}^{(2)} & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,5}^{(1)} & b_{2,3}^{(1)} & b_{3,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,5}^{(2)} & b_{2,1}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & b_{2,4}^{(1)} & b_{3,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,6}^{(2)} & b_{2,2}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & b_{2,5}^{(1)} & b_{3,3}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,7}^{(2)} & b_{2,3}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{3,4}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,8}^{(2)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{3,5}^{(1)} & b_{4,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,9}^{(2)} & b_{2,4}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b_{3,6}^{(1)} & b_{4,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,10}^{(2)} & b_{2,5}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{4,3}^{(1)} & b_{5,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,11}^{(2)} & b_{2,6}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{4,4}^{(1)} & b_{5,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,12}^{(2)} & b_{2,7}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_{5,3}^{(1)} & b_{6,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & b_{1,13}^{(2)} & b_{2,8}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & b_{5,4}^{(1)} & b_{6,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & b_{1,14}^{(2)} & b_{2,9}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{6,3}^{(1)} & b_{7,1}^{(1)} & 0 & 0 & b_{1,15}^{(2)} & b_{2,10}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{6,4}^{(1)} & b_{7,2}^{(1)} & 0 & 0 & b_{1,16}^{(2)} & b_{2,11}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{7,3}^{(1)} & b_{8,1}^{(1)} & 0 & 0 & b_{1,17}^{(2)} & b_{2,12}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{7,4}^{(1)} & b_{8,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & b_{1,18}^{(2)} & b_{2,13}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{8,3}^{(1)} & b_{9,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & b_{1,19}^{(2)} & b_{2,14}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{9,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,20}^{(2)} & b_{2,15}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{9,3}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,21}^{(2)} & b_{2,16}^{(2)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{9,4}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{1,22}^{(2)} & b_{2,17}^{(2)} & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Equation 8

30

ここで、ユーザ数は 2、すなわちユーザ $A^{(1)}$ および $A^{(2)}$ とし ($k = 2$)、データブロック内のチップ数 16 個であり ($N_c = 16$)、チャネルインパルス応答長は 4 であり ($W = 4$)、第 1 のユーザの拡散率は 2 ($Q^{(1)} = 2$) であり、第 2 のユーザの拡散率は 4 ($Q^{(2)} = 4$) であると仮定してある。結果として得られる総システム送信応答行列 A , $b_n^{(k)}$ は k 番目のユーザの n 番目のシンボルについての合成システム応答およびチャネル応答の第 i 要素を示す。

40

【 0 0 2 8 】

受信データ r は、総システム送信応答行列 A 、すなわち y で示した整合フィルタ出力のベクトルを形成するための一連の整合フィルタ応答を表す総システム送信応答行列 A を用いて処理する。この整合フィルタ演算は、次のように定義される：

【 式 9 】

【 0 0 2 9 】

50

$$y = A^H r. \quad \text{Equation 9}$$

行列 A^H は、行列 A のエルミート（複素）転置行列を表す。エルミート転置行列は、 $A_{ij}^H = \text{反転 } A_{ji}$ と定義される。ここで、反転（バー）は複素数の共役値をとる演算を示す。次に、整合フィルタ出力を目的行列 O の逆数と乗算する。目的行列 O は、線形受信機モデルの各タイプを区別する処理を表す。これはシステム送信応答行列 A から導かれる。

【 0 0 3 0 】

10

零強制ブロック線形等化器（Z F - B L E）受信機は、 $O = A^H A$ で特定される目的行列を有する線形受信機である。最小二乗平均誤差ブロック線形等化器（M M S E - B L E）受信機は、 $O = A^H A + \sigma^2 I$ で特定され目的行列を有する線形受信機である。ここで、 σ^2 は受信データベクトル r のシンボルの各々に存在する雑音の分散であり、行列 I は単位行列と呼ばれる。単位行列は、正方形で対称形であり、その主対角線に 1 が、残りには 0 が配置された構成を有する。単位行列の大きさは、線形代数の法則に従い加算演算が有効になるよう選ぶ。

【 0 0 3 1 】

相関解除装置（相関解除受信機）については、チャネル応答 $h^{(k)}$ を無視し、拡散符号およびそれら符号の相互相関（干渉）特性のみを考慮することによって、行列 A を簡略化する。通常 R と呼ばれる相互相関行列は、一般に相関解除型の受信機について構築される。この行列は、上記の A の定義（すなわち各サブチャネルのチャネル応答がインパルス応答である）において、 $W = 1$ および $h_i^{(k)} = 1$ と仮定することにより構築することができる。これで相互相関行列 R は、Z F - B L E 受信機について定義される目的行列 O となる。相関解除装置は、より複雑なマルチユーザ検出受信機のサブプロセスとして働くことが多い。目的行列が生成されると、マルチユーザ検出器は O^{-1} と示される形に行列を反転させる。

20

【 0 0 3 2 】

次に目的行列の逆数に整合フィルタ出力ベクトル y を乗算して、データベクトル d の推算値、すなわち d （推算値） $= O^{-1} y$ を得る。目的行列の反転は、複雑で演算集中的なプロセスである。このプロセスを実行するために必要な演算の数は、行列 O の大きさの 3 乗の形で増加する。大半の非同期式 C D M A 受信機については、 O の大きさはきわめて大きくなり、そのために反転のプロセスは実行不可能となる。

30

【 0 0 3 3 】

この制約を克服し、このシステムを実際実現可能にするために、コレスキー（Cholesky）による数値法を用いる。コレスキー分解は、行列 O が帯行列の場合は、その行列 O を反転する際の演算の複雑度を大幅に軽減することができる。

【 0 0 3 4 】

帯行列は、主対角軸から離れたいくつかの対角線上のみに非零値を含む正方行列である。少なくとも一つの非零要素を有する主対角線に隣接する非零対角線の数をもつ帯域幅と呼ぶ。したがって、対称行列 M は、帯域幅 p が：

40

【式 1 0】

すべての $j > i + p$ について $m_{ij} = 0$

【 0 0 3 5 】

の場合、帯行列であると言われる。ここで、 m_{ij} は、 M の要素であり、 i は行インデックス、 j は列インデックスである。大きさが n で帯域幅 p の帯行列については、コレスキー分解により、目的行列 O の反転に必要な数値演算の回数を行列の大きさの 3 乗から、帯域幅の 2 乗と行列の大きさとの積 $n p^2$ まで減らすことができる。

【 0 0 3 6 】

上述のとおり、Z F - B L E 受信機についての目的行列は $O = A^H A$ である。数値的な

50

複雑さを説明するために、式 6 に示す総システム応答行列 A の目的行列 O は：

【式 1 1】

【 0 0 3 7 】

$$O = \begin{bmatrix} x & x & x & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x & x & 0 & 0 \\ x & x & x & x & 0 & 0 & 0 & 0 & x & x & 0 & 0 \\ x & x & x & x & x & 0 & 0 & 0 & x & x & x & 0 \\ 0 & x & x & x & x & x & 0 & 0 & x & x & x & 0 \\ 0 & 0 & x & x & x & x & x & 0 & 0 & x & x & x \\ 0 & 0 & 0 & x & x & x & x & x & 0 & x & x & x \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x & x & x & x & 0 & 0 & x & x \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & x & x & x & 0 & 0 & x & x \\ x & x & x & x & 0 & 0 & 0 & 0 & x & x & 0 & 0 \\ x & x & x & x & x & x & 0 & x & x & x & x & 0 \\ 0 & 0 & x & x & x & x & x & x & 0 & x & x & x \\ 0 & 0 & 0 & 0 & x & x & x & x & 0 & 0 & x & x \end{bmatrix}$$

Equation 11

10

となる。この行列で、0 は数学的演算により零を与えるすべての要素を示し、x は非零値を表す。総システム応答行列 A の第 i 行および第 j 列の非零要素が同じベクトルインデックスを持たない場合、行インデックス i および列インデックス j の目的行列 O の対応する要素は零になる。O の帯域幅（式 1 1）は、主対角線から 9 列離れて非零要素があるので、9 に等しい。

【 0 0 3 8 】

図 5 に示す慣用の受信機において構築される目的行列 O は帯行列ではない。従って、行列 O を反転する際の演算の複雑性を軽減するためにコレスキー分解を効果的に用いることはできない。しかし、従来技術は、すべてのユーザが互いに等しい拡散率で送信する場合、目的行列 O の計算に先立ち総システム送信応答行列 A の再配列を実行して行列 O を帯行列に変えることができると開示している。このプロセスについてのシステムブロック図を図 6 に示す。

20

【 0 0 3 9 】

行列 A の列再配列を計算するプロセスは、追加の情報なしにこの再配列を実行する。再配列により、行列を反転する際の演算上の複雑性を軽減する。検出手順が完了すると、ユーザベクトル d が計算され、逆向きの再配列プロセスが実行されて、ベクトル d のスクランブルを解除し、その元の形式に戻して更なる処理を行う。

【 0 0 4 0 】

30

通常の CDMA システムにおいては、再配列ずみの目的行列の帯域幅は、その元の大きさの少なくとも 10 倍小さい。従って、再配列ずみの総システム応答行列に基づいて目的行列でコレスキー分解を実行すると、処理時間が少なくとも 100 倍は節約される。しかし、従来技術は、活性状態のユーザ相互間で互いに異なる拡散率を用いた場合の再配列法は検討対象としていない。

【 0 0 4 1 】

IEEE

Transactions on Vehicular Technology 第 45 巻第 2 号（1996 年 5 月号）第 276 - 287 頁所載の Klein ほか著の論文「符号分割多元接続チャネルにおけるマルチユーザ検出のための零強制および最小二乗平均誤差等化」はマルチユーザ検出の手法を開示している。それらの手法は零強制等化器にシステム応答行列を用い、データ再生のために最小二乗平均誤差等化を用いている。

40

【 0 0 4 2 】

パーソナル、屋内および移動無線通信に関する IEEE 国際シンポジウム論文集 XX, XX, 第 3 巻（1998 年）第 1340 - 1345 頁所載の Karimi ほか著の論文「近似コレスキー因数分解を用いたブロック利用共同検出への新規で効率的な解法」は近似コレスキー因数を用いた零強制線形等化器を開示している。このコレスキー因数はシステム応答行列を用いて導き出される。

【 0 0 4 3 】

従って、互いに異なる拡散率を用いるときに反転ステップの数を軽減する方法を決定す

50

る必要がある。

【 0 0 4 4 】

【 発 明 の 概 要 】

【 0 0 4 5 】

本発明は、互いに異なる拡散率を有する同期式または非同期式の C D M A サブチャネルを演算の複雑性を軽減した形で検出し復号化するマルチユーザ検出器に関する。本発明のマルチユーザ検出器は Z F - B L E や M M S E や相関解除検出器などコレスキー分解を利用する検出器と互換性をもち、数値演算を最小限に抑える。本システムおよび方法は、個々のユーザの応答特性を表すシステム送信応答行列の列を、受信データのあるブロックについての複数の整合フィルタ応答を表す総システム送信応答帯行列に配列する。本発明は、コレスキー分解との組合せにより並行整合フィルタ処理に先立つ所要の数学的演算の回数を減らす。

10

【 0 0 4 6 】

したがって、本発明の目的は、各ユーザが互いに異なる拡散率を用いる場合に演算の複雑性を軽減して C D M A インタフェース経由送信中の複数のユーザを検出することである。

【 0 0 4 7 】

本発明のもう一つの目的は、すべての C D M A サブチャネル相互間で同一の拡散率を要することなくマルチユーザ検出器に既存の線形検出器を用いることである。

【 0 0 4 8 】

20

本発明のさらにもう一つの目的は、反転前の複数の整合フィルタを表す行列の帯域幅を効率的に制限することである。

【 0 0 4 9 】

本システムおよび方法の上記以外の目的および利点は、好適な実施例の詳細な説明を参照することにより当業者には明白になろう。

【 0 0 5 0 】

【 好 適 な 実 施 例 の 説 明 】

【 0 0 5 1 】

全図を通じて同じ構成要素を同じ参照番号で示した図面を参照して実施例を説明する。

【 0 0 5 2 】

30

図 7 は、共用 C D M A チャネル経由で送信を行う複数のユーザからの信号を受信ののち検出する本発明のマルチユーザ検出器 1 7 を示す。マルチユーザ検出器 1 7 は、種々のベクトル演算および行列演算を実行する複数の補助メモリ付きのプロセッサを備える。本発明の代替実施例は、種々のプロセッサの機能を実行する固定ゲートアレイおよび D S P を備える。また、検出器 1 7 は、ベクトル $h^{(k)}$ としてモデル化した個々の k 個のサブチャネルインパルス応答推算値を入力して、サブチャネル自身のシンボルに起因する符号間干渉 I S I とすべての受信データ信号について他のユーザのサブチャネルからのシンボルに起因する多重アクセス干渉 M A I とを修正する第 1 の入力 1 9 と、離散的な時間ブロック内に送信される全ユーザ k からのデータを各ユーザのサブチャネルからの合成データを含む入力ベクトル r の形で入力する第 2 の入力 2 1 と、受信チャネルデータ r から各ユーザ k に関するユーザデータ $d^{(k)}$ を出力ベクトルの形で出力する出力 2 3 とを備える。ユーザの総数 K と各ユーザ k ($k = 1, 2, 3, \dots, K$) についての拡散率 $Q^{(k)}$ 4 1 は推算により既知である。

40

【 0 0 5 3 】

合成ユーザデータ r から特定のユーザについてのユーザデータ $d^{(k)}$ を得るには、そのユーザデータを整合フィルタ 2 5 などによりフィルタ処理しなければならない。整合フィルタ 2 5 が送信前の信号を表すレベルの出力を生成するには、拡散ずみのパルス形状およびユーザサブチャネルのインパルス応答の組み合わせの複素共役値であるインパルス特性を必要とすることは当業者には認識されよう。フィルタ 2 5 への入力信号のうち所定の応答特性に一致しない入力信号は、より低い出力を生ずる。

50

【 0 0 5 4 】

個々のサブチャネル k のインパルス応答推算値 $h^{(k)}$ が第 1 のメモリ 27 に入力され、そこで同じユーザの拡散符号 29 (式 3) と合成されてそのユーザについてのシステム送信応答推算値行列 $A^{(k)}$ が生成される。本発明 17 の配列プロセッサ 33 は、すべての行列 $A_n^{(k)}$ 列の再配置を実行する。配列法 99 によると、各サブチャネルシステム送信応答行列 $A^{(k)}$ は線形受信機に通常該当する式 4 で定義される列構造を備える必要がある。システム送信応答行列 $A^{(k)}$ が式 4 に定義される形式でない場合は、配列プロセッサ 33 は式 4 で定義される構成に上記列をまず再配列する。本発明 17 では、システム送信応答行列 $A^{(k)}$ 全部を式 7 で定義される総システム送信応答行列 A に連結する必要はない。

10

【 0 0 5 5 】

配列プロセッサ 33 は、図 8 に示す (一つの行列について) 第 1 行のずれ $o^{(k)}_{Tn}$ および最下行のずれ $o^{(k)}_{Bn}$ を定義する各ベクトル $b_n^{(k)}$ の台 (式 4) から零値要素の数に関する各システム送信応答行列 $A^{(1)}, A^{(2)}, A^{(3)}, \dots, A^{(k)}$ 列を調べる。上述のとおり、各システム送信応答行列 $A^{(k)}$ は、同数の行を有し、列数のみが変わる。図 9 に示すとおり、配列プロセッサ 33 は、それぞれの第 1 行のずれ $o^{(k)}_{Tn}$ および最下行のずれ $o^{(k)}_{Bn}$ に基づき、各システム送信応答行列 $A^{(k)}$ の各列についてのインデックス値 n_i を割り当てる。すなわち、第 1 行のずれが最小で最下行のずれが最大となる列から、第 1 行のずれが最大で最下行のずれが最小となる列までの昇順に割り当てる。

20

【 0 0 5 6 】

一つの列が他の列よりも大きい第 1 行ずれおよび最下行ずれを有する二つの列が存在する場合であって、第 1 行ずれ相互間の差が最下行ずれ相互間の差よりも大きい場合は、第 1 行ずれの小さいほうの列に小さいほうのインデックス n_i を割り当てる。最下行ずれ相互間の差が第 1 行ずれ相互間の差よりも大きい場合は、最下行ずれの大きいほうの列に小さいほうのインデックス n_i を割り当てる。第 1 行ずれ相互間の差と最下行ずれ相互間の差とが等しい場合は、2つの列のいずれかに小さいほうのインデックス n_i を割り当てることもできる。配列プロセッサ 33 は、割り当てずみのインデックス n_i の順序に総システム送信応答行列 A' を形成する。列インデックス n_i はメモリ 33 内に保持され、スクランブル解除プロセス 45 の期間中に用いられる。例として、式 8 に説明し図示した総システム送信応答行列 $A^{(1)}, A^{(2)}$ を用いて、本発明 17 の配列法 99 が、以下に示す総システム送信応答行列 A を生成する。

30

【 0 0 5 7 】

【 式 12 】

【 0 0 5 8 】

$$A' = \begin{bmatrix} b_{1,1}^{(1)} & b_{1,1}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,2}^{(1)} & b_{1,2}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,3}^{(1)} & b_{1,3}^{(2)} & b_{2,1}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,4}^{(1)} & b_{1,4}^{(2)} & b_{2,2}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ b_{1,5}^{(1)} & b_{1,5}^{(2)} & b_{2,3}^{(1)} & b_{2,3}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{1,6}^{(2)} & b_{2,4}^{(1)} & b_{2,4}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b_{1,7}^{(2)} & b_{2,5}^{(1)} & b_{2,5}^{(2)} & b_{2,6}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{2,4}^{(1)} & b_{2,4}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b_{2,5}^{(1)} & b_{2,5}^{(2)} & b_{2,6}^{(1)} & b_{2,6}^{(2)} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{2,6}^{(1)} & b_{2,6}^{(2)} & b_{2,7}^{(1)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{2,7}^{(1)} & b_{2,7}^{(2)} & b_{2,8}^{(1)} & b_{2,8}^{(2)} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{2,8}^{(1)} & b_{2,8}^{(2)} & b_{2,9}^{(1)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{2,9}^{(1)} & b_{2,9}^{(2)} & b_{2,10}^{(1)} & b_{2,10}^{(2)} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{2,10}^{(1)} & b_{2,10}^{(2)} & b_{2,11}^{(1)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{2,11}^{(1)} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & b_{2,11}^{(2)} \end{bmatrix}$$

40

配列法 99 では、システム送信応答行列 $A^{(1)}$ の 8 列 (1 ~ 8) およびシステム送信応

50

答行列 $A^{(2)}$ の4列 (9 ~ 12) に、1, 9, 2, 3, 10, 4, 5, 11, 6, 7, 12, 8 の順序にインデックスを付け、良好に帯行列化した総システム送信応答行列 A (式12) を生ずる。

【0059】

上述の配列法 99 の実施例では、各システム送信応答行列 $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, $A^{(3)}$. . . $A^{(k)}$ を調べ、第1行のずれ $o^{(k)}_{Tn}$ および最下行のずれ $o^{(k)}_{Bn}$ に付き各列を一つおきの列と比較する。各システム送信応答行列 $A^{(k)}$ の特別の構成が与えられると、すなわち、各行列の列を左から右への進行に伴い第1行のずれが増加し最下行のずれが減少する順序に配列すると (式8, 行列 $A^{(1)}$ および $A^{(2)}$ 参照)、各システム送信応答行列 $A^{(k)}$ を直接的に調べる必要なしに代替方法 199 を実行することが
10

【0060】

代替方法 199 を図10Aおよび図10Bに示す。互いに等しい拡散率を有するユーザに対応する (ステップ201) すべてのシステム送信応答行列 $A^{(k)}$ をグループ化する (ステップ203)。各拡散率群 g について、全システム送信応答行列 $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, $A^{(3)}$. . . $A^{(k)}$ からの列のすべてを格納できるプロセッサ33内に、メモリを割り当てる。拡散率群 g は、拡散率の昇順に配列する。

【0061】

本発明 199 の性能を表すシステム例は、次のように割り当てた四つの互いに異なる拡散率 $Q^{(k)}$ を有する七つのユーザを含む：
20

ユーザ1 ($Q^{(1)} = 8$), ユーザ2 ($Q^{(2)} = 8$), ユーザ3 ($Q^{(3)} = 8$), ユーザ4 ($Q^{(4)} = 32$), ユーザ5 ($Q^{(5)} = 16$), ユーザ6 ($Q^{(6)} = 16$), ユーザ7 ($Q^{(7)} = 4$)

本発明 17 のシステムおよび方法 199 を用いると、システム送信応答行列 $A^{(k)}$ は、次のとおり拡散率群にグループ化される：

群1 (拡散率4) $A^{(7)}$

群2 (拡散率8) $A^{(1)}$, $A^{(2)}$, $A^{(3)}$

群3 (拡散率16) $A^{(5)}$, $A^{(6)}$,

群4 (拡散率32) $A^{(4)}$

個々の拡散率群 g は、少なくとも1つのシステム送信応答行列 $A^{(k)}$ を含む。ここで、各行列 $A^{(k)}$ には1から $L^{(g)}$ まで任意のインデックスを付ける。各拡散率群 g には、拡散率の大きさの昇順にインデックスを付ける。
30

【0062】

各拡散率群の中では、関連のシステム送信応答行列 $A^{(k)}$ の列を共通の拡散率群送信応答行列 $A_g^{(g)}$ に組み立てる。ここで、 $g = 1, 2, 3, \dots, G$ である (ステップ205)。図11に示すとおり、方法 199 はインデックス1のシステム送信応答行列の第1列を $A_g^{(g)}$ の第1空白列に複製し、インデックス2のシステム送信応答行列の第1列を $A_g^{(g)}$ の第2空白列に複製し、それぞれの拡散率群 g 内の残りのシステム送信応答行列全部について第1列すべてを複製するまで上記複製を続ける。方法 199 は、それぞれの拡散率群 $A_g^{(g)}$ の各行列 $A^{(k)}$ について第2列、第3列などの複製を進める。
40

【0063】

拡散率群 g 内のすべての行列は拡散率が互いに同じであるので同数の列を有する。従って、構築された拡散率群送信応答行列 $A_g^{(g)}$ は、一つの関連システム送信応答行列 $A^{(k)}$ 内の列数の $L^{(g)}$ 倍の列を有することになる。互いに等しい拡散率については、群毎に各システム送信応答行列に適用される配列方法は総システム送信応答行列 A を構築する従来技術と同様である。

【0064】

可変拡散率を許容する総システム送信応答行列 A' を構築するには、最小拡散率の拡散率群送信応答行列 $A_g^{(g)}$ を第1列すなわち $A_g^{(g)}$ の第1列から始めて A' の第1割当列までメモリ33a内に順次複製する (ステップ207)。最小拡散率の拡散率群送信
50

応答行列 $A_G^{(g)}$ が最大列数を有する。それ以外の拡散率の拡散率群送信応答行列の列はこの基底行列 A' に挿入される。

【 0 0 6 5 】

システム拡散率が相互に整数倍の関係にある場合（ステップ 2 0 9）は、プロセッサ 33 は、任意の順序で残りの拡散率群送信行列 $A_G^{(g)}$ を考慮することにより（ステップ 2 0 9）、総システム送信行列 A' を構築する（ステップ 2 1 1）。各拡散率群送信行列 $A_G^{(g)}$ について、プロセッサ 33 は、列配置基準インデックス m を導く：

【 式 1 3 】

【 0 0 6 6 】

$$m = n \cdot \frac{Q^{(g)}}{Q^{(1)}} - \frac{Q^{(g)}}{2 \cdot Q^{(1)}} \quad \text{Equation 13}$$

10

ここで、 $Q^{(g)}$ は、検討中の拡散率群送信行列 $A_G^{(g)}$ に伴う拡散率を示し、 $Q^{(1)}$ は全群内の最小の拡散率を示し、 n は検討中の拡散率群送信応答行列 $A_G^{(g)}$ の列であって $n=1, 2, 3, \dots, N$ （ステップ 2 1 1）である。

【 0 0 6 7 】

列配置インデックス m を用いるために、最小拡散率の拡散率群行列を構成するシステム送信応答行列の総数 $L^{(1)}$ を用いて A' の中の基準位置を導く（ステップ 2 1 5）。

【 0 0 6 8 】

20

【 式 1 4 】

【 0 0 6 9 】

$$m \times L^{(1)}. \quad \text{Equation 14}$$

プロセッサ 33 は、検討中の拡散率群に属するシステム送信応答行列の数を用いて、その拡散率群送信応答行列 $A_G^{(g)}$ から列集合を導く（ステップ 2 1 7）：

【 式 1 5 】

$$L^{(g)} \times (n-1) + 1 \sim L^{(g)} \times n$$

30

【 0 0 7 0 】

プロセッサ 33 は、式 1 5 で定義される列集合を $A_G^{(g)}$ から複製し、それを図 1 2 の式 1 4 で定義される基準位置を有する $A_G^{(1)}$ の列の後で基底行列 A' 内に挿入する（ステップ 2 1 9）。検討中の拡散率群行列の残りの列も同様に複製され基底行列 A' 内に挿入される。一つの拡散率群行列のすべての列を配置すると、プロセッサ 33 は次の拡散率群行列 $A_G^{(g)}$ を選択し（ステップ 2 2 3）、上記の方法を実行する。式 1 3、1 4 および 1 5 により、残りの拡散率群送信行列 $A_G^{(g)}$ から i 番目の列を類似の台を有する m 番目の列の後で A' 内に配置することができる（ステップ 2 2 5）。

【 0 0 7 1 】

システム拡散率が相互に整数の関係にない場合は、式 1 3 の右辺は整数にならない。その場合、プロセッサ 33 は式 1 3 の解をその値よりも大きい最寄りの整数、あるいはそれより小さい最寄りの整数に切り上げまたは切り下げる（ステップ 2 1 3）。切り上げ / 切り下げる方向がシステム全体の性能に及ぼす影響は無視できる程度である。残りの群システム送信行列 $A_G^{(g)}$ を検討する順序は、システム性能に多少影響する。拡散率に関する推測ができる場合は、それを用いて最適の順序を予め選ぶことができる。

40

【 0 0 7 2 】

上述の配列法を用いると、拡散率が互いに整数倍の関係にある場合については、次式で制約される行列帯域幅 B を得ることができる：

【 式 1 6 】

【 0 0 7 3 】

50

$$\left(\left\lceil \frac{W-1}{Q_{MAX}} \right\rceil \cdot \sum_{k=1}^K \frac{Q_{MAX}}{Q^{(k)}} \right) \leq B \leq \left(\left\lceil \frac{W-1}{Q_{MAX}} \right\rceil + 1 \right) \cdot \sum_{k=1}^K \frac{Q_{MAX}}{Q^{(k)}} - 1$$

式 1 6 は式 1 1 の総システム送信応答行列の帯域幅が 3 乃至 6 であることを予測させる。式 1 2 から本発明 1 7 の方法 9 9 でも方法 1 9 9 でもその方法実施の後では帯域幅が 4 になることがわかる。

【 0 0 7 4 】

本発明 1 7 がもたらす改良は送信シンボルの数の増加とともにさらに高く評価される。システムが 1 6 , 0 0 0 チップ (第 1 のユーザに対して 8 0 0 シンボル、第 2 のユーザに対して 4 0 0 シンボル) を送ると、行列 $A^H A$ の帯域幅は約 8 0 0 となる。配列法 9 9 を用いて総システム応答行列 A を生成すると、 $A'^H A'$ の帯域幅は 4 に留まる。すなわち、帯域幅 (式 1 6) が送信シンボル数に左右されないからである。目的行列 O のすべての要素を導いたあと反転 4 1 を実行する。行列の反転の複雑性はその帯域幅の 2 乗に比例するので、本発明 1 7 は演算の複雑性を約 $(8 0 0 / 4)^2 = 2 0 0^2 = 4 0 , 0 0 0$ 分の 1 に低減する。

【 0 0 7 5 】

総システム送信応答行列 A' は整合フィルタ 2 5 に応答特性を与える。システム応答行列 A' の各列は、特定のシンボルの応答特性を表すベクトルである。受信データベクトル r が整合フィルタ 2 5 に入力され、そこで総システム送信応答行列 A' の各応答特性と整合されて、整合フィルタ出力ベクトル y を生成する。出力ベクトル y の各要素は、所定のユーザが送信する特定のシンボルの予備推算値に対応する。整合フィルタ 2 5 の出力ベクトル y を反転した目的行列 O と共に乗算器 4 3 に加える。整合フィルタ 2 5 の出力ベクトル y および反転された目的行列 O の両方を乗算し、ユーザデータベクトル d を生ずる。ユーザデータベクトル d は、離散的時間ブロックの期間中にすべてのユーザが送信したすべてのデータを含む。目的行列 O および整合フィルタ 2 5 の出力は、総システム応答行列 A' に基づくので、ユーザデータベクトル d はスクランブル解除しなければならない。スクランブル解除のプロセス 1 4 9 は、配列方法 9 9 , 1 9 9 の逆である。

【 0 0 7 6 】

スクランブル解除器 4 5 は、配列方法 9 9 または 1 9 9 の実行中に実施される列の再割当に基づき、ユーザデータベクトル d の各要素を再配列する。データベクトル d の要素は、総送信応答行列 A により決まる順序と同じ 1 , 9 , 2 , 3 , 1 0 , 4 , 5 , 1 1 , 6 , 7 , 1 2 , 8 が縦に転置された順序である。スクランブル解除器 4 5 は、同じ大きさのメモリ領域を割り当て、各ベクトル要素を順次式にすなわち 1 ~ 1 2 の順に割り当てる。ユーザデータベクトル d のスクランブル解除したあと (1 4 9)、ユーザデータを出力 (2 3) してさらに処理する。

【 0 0 7 7 】

本発明を好適な実施例と関連づけて上に述べてきたが、添付の請求項に示した本発明の範囲内の上記以外の変形も当業者には自明であろう。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 7 8 】

【 図 1 】 従来技術による多元接続通信システムの簡略化したブロック図。

【 図 2 】 従来技術による C D M A 通信システムの簡略化したブロック図。

【 図 3 】 マルチユーザ検出を行う従来技術による C D M A 受信機の簡略化したブロック図。

【 図 4 】 従来技術によるマルチユーザ検出器の簡略化したブロック図。

【 図 5 】 従来技術による線形マルチユーザ検出器のブロック図。

【 図 6 】 コレスキー分解を用いた従来技術による線形マルチユーザ検出器のブロック図。

【 図 7 】 本発明の線形マルチユーザ検出器のブロック図。

【図 8】 システム送信応答行列 $A^{(k)}$ の第 1 列と最下列のずれを示す図。

【図 9】 行列の列インデックス値割当てを示す図。

【図 10 A】 本発明を実行する代替の方法の流れ図。

【図 10 B】 本発明を実行する代替の方法の流れ図。

【図 11】 拡散率群行列 $A_G^{(g)}$ を構築するステップを示す図。

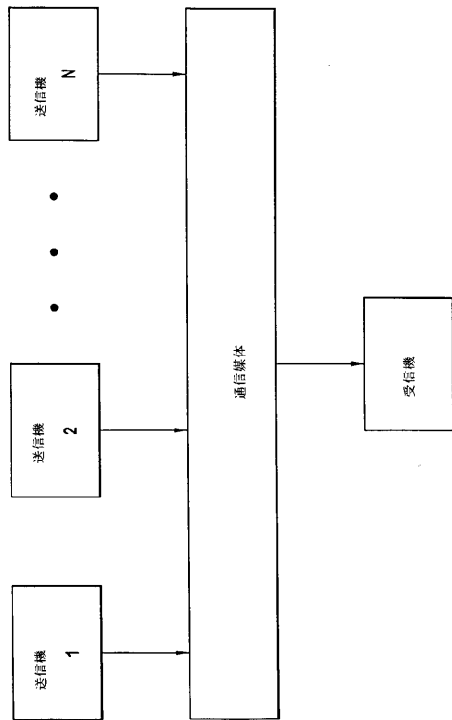
【図 12】 本発明による A' 行列の構築のステップを示す図。

【符号の説明】

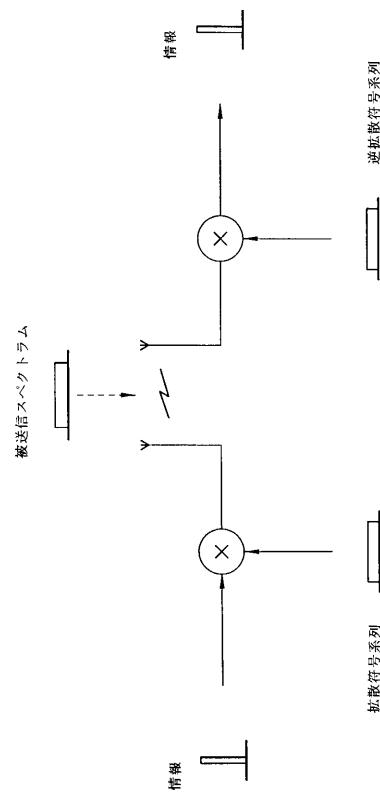
【0079】

- 19 チャンネルインパルス応答推算値 $h^{(1)}, \dots, h^{(k)}$ を入力する
- 21 受信ベクトル r を入力する
- 23 ユーザデータ $d^{(k)}$ を出力する
- 25 A^H により r を整合フィルタ処理し、整合フィルタ出力のベクトルである y を生成する
- 27 システム応答行列 $A_{(n)}^{(k)}$ を構築する
- 29 拡散符号
- 31 総システム送信行列 A を構築する
- 33 再配列プロセッサ
- 37 A の列を再配列する
- 39 A' に基づき目的行列 O を形成する
- 41 O を反転する
- 41 拡散率 $Q^{(k)}$
- 43 y に O の逆数を乗算して、推算されたユーザデータベクトル d を生成する
- 45 ユーザデータベクトル d のスクランブルを解除し、適切なユーザに出力する
- 201 開始
- 203 システム送信応答行列を互いに等しい拡散率に従ってグループ化する
- 205 すべての拡散率群について拡散率群行列 $A_G^{(g)}$ を組み立てる
- 207 最小拡散率群行列を用いて基底 A' 行列を形成する
- 209 残りの拡散率行列から検討対象の行列を選択する
- 211 列配置基準を導く (式 13)
- 213 基準が整数?
- 215 端数切り上げ / 切り下げ
- 217 基準位置を導く (式 14)
- 219 基準位置列後の検討対象の拡散率群行列から列集合を導く
- 221 すべての列を検討対象の拡散率行列から複製した?
- 223 すべての拡散率行列を処理した?
- 225 終了

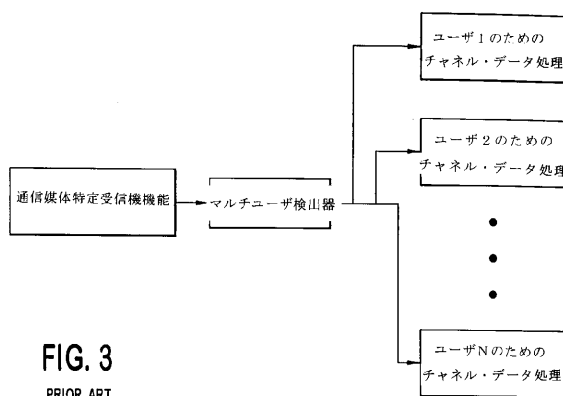
【図 1】

FIG. 1
PRIOR ART

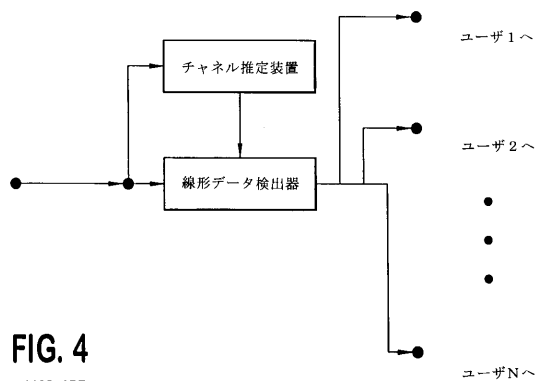
【図 2】

FIG. 2
PRIOR ART

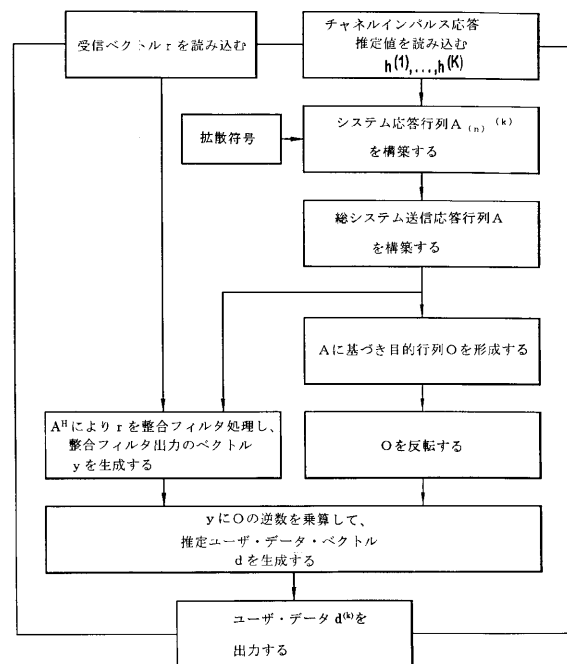
【図 3】

FIG. 3
PRIOR ART

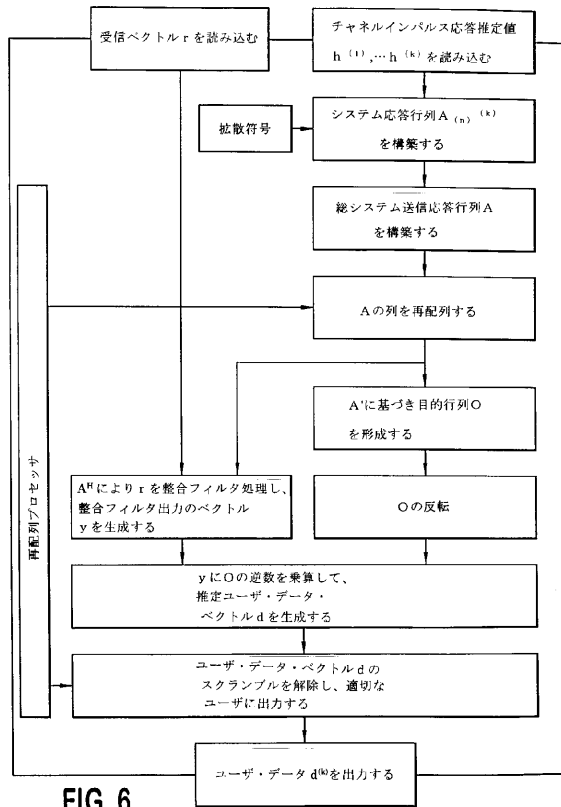
【図 4】

FIG. 4
PRIOR ART

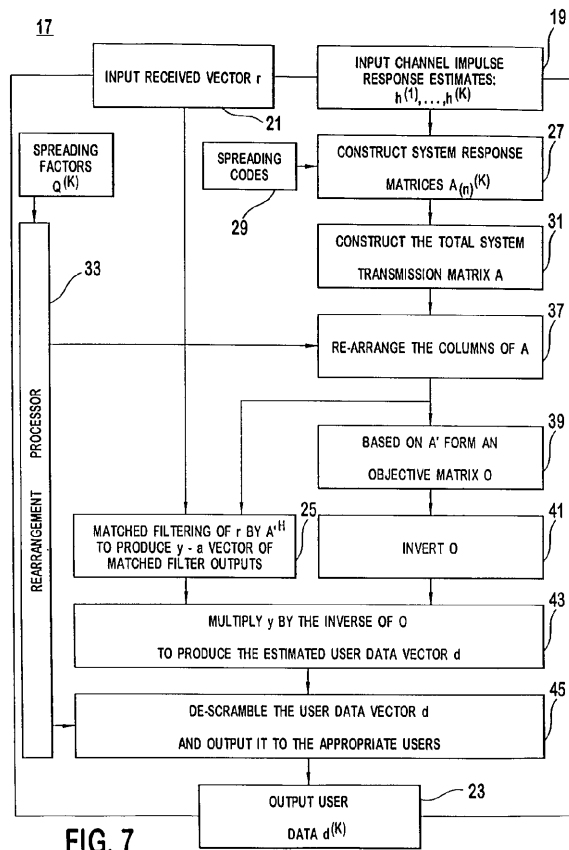
【図 5】



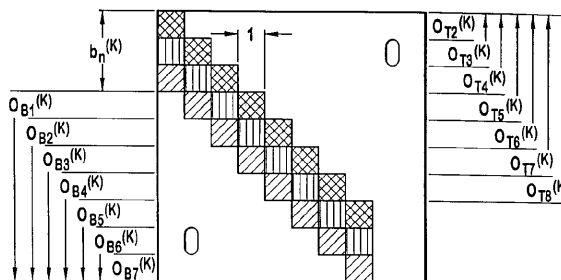
【図 6】



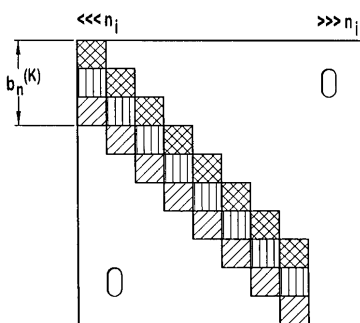
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【図 10 A】

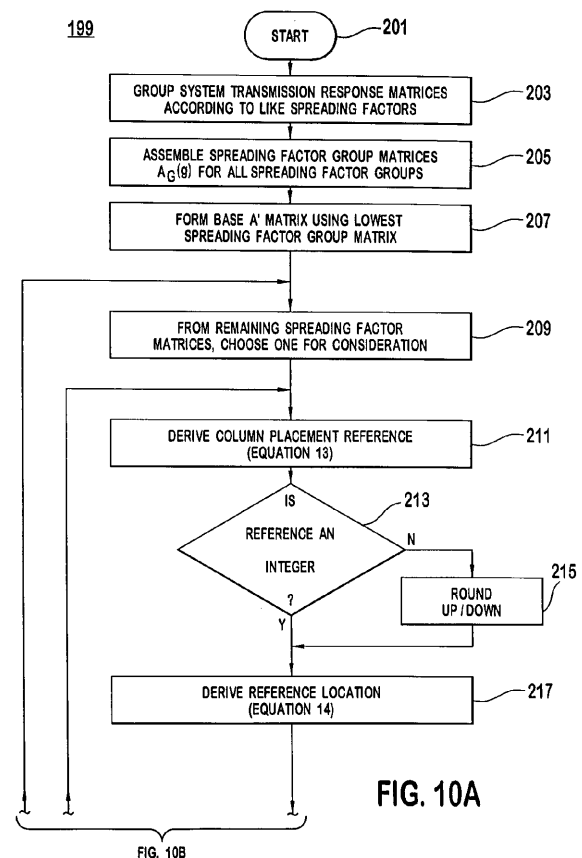
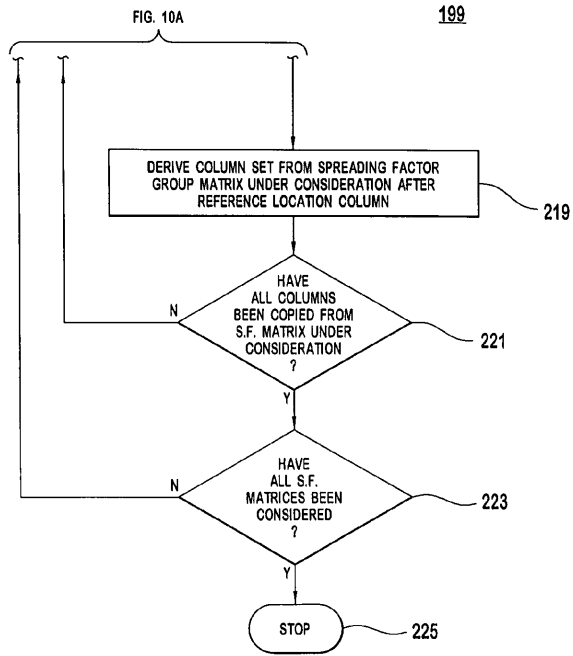
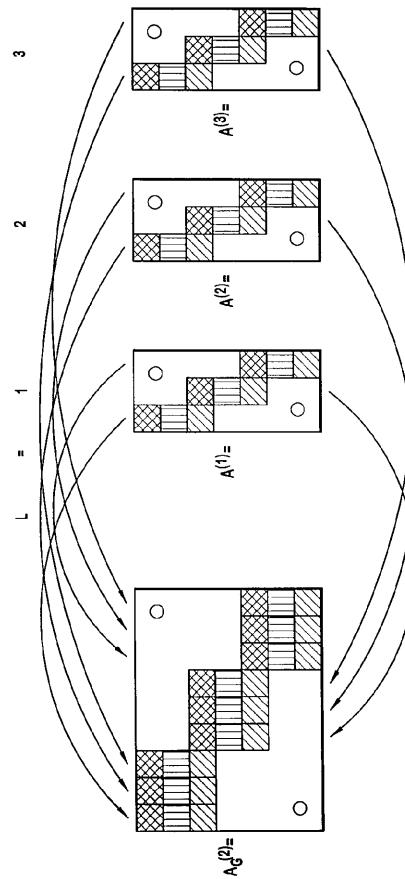


FIG. 10B

【図 10 B】



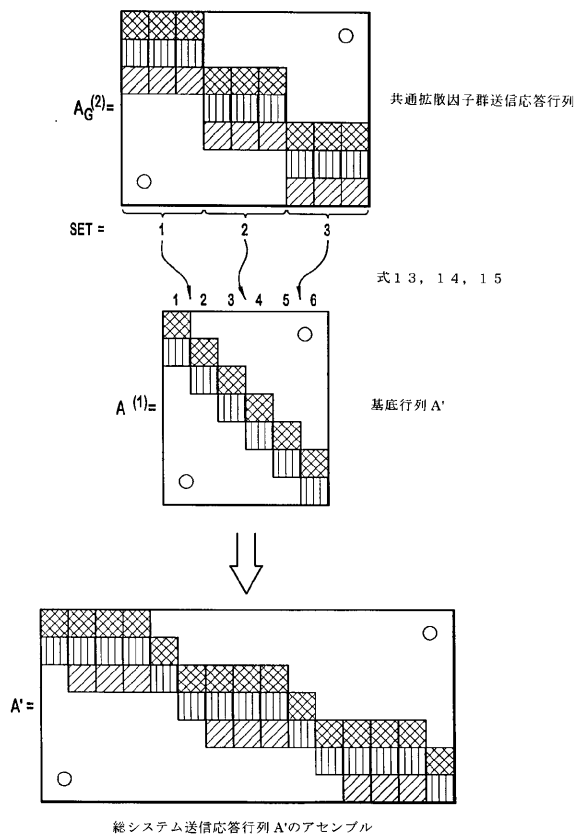
【図 11】



共通拡散因子群送信応答行列 $A_G^{(2)}$ のアセンブル

FIG. 11

【図 12】



 フロントページの続き

- (72)発明者 レズニーク, アレグザンダー
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 1 1 7 5 6 レヴィットタウン, ストーンカッター ロード
 9 4
- (72)発明者 ルベッキ, ティモズィ ジェイ.
 アメリカ合衆国 ペンシルヴァニア州 1 9 3 4 2 グレン ミルズ, ダンベリー レーン 3 5
 0
- (72)発明者 ゼイラ, アリエラ
 アメリカ合衆国 コネチカット州 0 6 6 1 1 トランパル, オールド オーク ロード 8

審査官 太田 龍一

- (56)参考文献 国際公開第99/040698 (WO, A1)
 特表2002-530925 (JP, A)
 特表2003-509947 (JP, A)
 特開2000-349691 (JP, A)
 特表2002-503057 (JP, A)
 MAYER J, Realtime Feasibility of Joint Detection CDMA, EPMCC. WITH ITG-FACHTAG
 UNG, MOBILE KOMMUNIKATION, 1997年, V145 N145, P245-252
 KARIMI H R, A novel and efficient solution to block-based joint detection using approx
 imate cholesky factorization, IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR AND MOB
 ILE RADIO COMMUNICATIONS, 1998年, V3, P1340-1345
 KLEIN A, Zero forcing and minimum mean square error equalization of multiuser detectio
 n in code-division multiple-access channels, IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY
 , 米国, IEEE INC., 1996年 5月 1日, V45 N2, P276-287

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
 H04J 13/04