

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3987727号
(P3987727)

(45) 発行日 平成19年10月10日(2007.10.10)

(24) 登録日 平成19年7月20日(2007.7.20)

(51) Int.C1.

F 1

HO4B	7/26	(2006.01)	HO 4 B	7/26	D
HO4J	15/00	(2006.01)	HO 4 J	15/00	
HO4B	7/10	(2006.01)	HO 4 B	7/10	A

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-586803 (P2001-586803)
 (86) (22) 出願日 平成13年5月17日 (2001.5.17)
 (65) 公表番号 特表2004-501552 (P2004-501552A)
 (43) 公表日 平成16年1月15日 (2004.1.15)
 (86) 國際出願番号 PCT/DE2001/001883
 (87) 國際公開番号 WO2001/091323
 (87) 國際公開日 平成13年11月29日 (2001.11.29)
 審査請求日 平成14年11月25日 (2002.11.25)
 (31) 優先権主張番号 100 26 077.2
 (32) 優先日 平成12年5月25日 (2000.5.25)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 S i e m e n s A k t i e n g e s e l l
 I s c h a f t
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュ
 ンヘン ヴィッテルスバッハ-プラッツ
 2
 W i t t e l s b a c h e r p l a t z
 2, D-80333 Muenchen
 , Germany
 (74) 代理人 100061815
 弁理士 矢野 敏雄
 (74) 代理人 100094798
 弁理士 山崎 利臣

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ビームフォーミング方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

加入者局 (MSk, MS1 ~ MSn) 及び基地局 (BS) を有する無線通信システムでのビームフォーミング方法であって、前記基地局は、複数のアンテナ素子 (A1 ~ AM) を有するアンテナ装置 (AE) を有しており、該アンテナ素子は、下りリンク信号を、各々実際のウェイトベクトルwの係数wi、i = 1, . . ., Mで重み付けして放射する方法において、

初期化期間中、加入者局側で、受信した下りリンク信号の第1の空間的な共分散行列を形成し、

前記初期化期間中、前記第1の共分散行列の固有ベクトルを求め、

前記初期化期間中、前記固有ベクトルを最初に求めたウェイトベクトルw^(j)として基地局に伝送し、及び

作動期間中、前記加入者局により、前記最初に求めたウェイトベクトルの中から、周期的に優越ウェイトベクトルを選択し、該選択された優越ウェイトベクトルの指示子(Bezeichnung)を前記基地局に伝送し、

前記作動期間中、前記基地局により、前記指示子を用いて、所望のウェイトベクトルを、前記基地局に記憶された、前記最初に求めたウェイトベクトルの中から選択し、放射方向の成形のために用い、

前記第1の共分散行列を、下りリンク信号の多数のタイムスロットに亘って平均化することを特徴とするビーム形成方法。

10

20

【請求項 2】

第 1 の共分散行列を、下りリンク信号の各タップ用に個別に生成する請求項 1 記載の方法。

【請求項 3】

最初に求める固有ベクトルとして、第 1 の単数乃至複数の共分散行列の固有ベクトルの総体のうち、最大固有値を有する固有ベクトルを使用する請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】

作動期間中、周期的に、第 2 の空間共分散行列を生成し、
優越ウェイトベクトルとして、求められた各固有ベクトルのうち、第 2 の共分散行列の、
最大固有値を有する固有ベクトルを選択する請求項 1 から 3 迄の何れか 1 記載の方法。 10

【請求項 5】

各アンテナ素子から周期的に、他のアンテナ素子のトレーニング系列に対して直交しているトレーニング系列を放射し、
最初に求めるウェイトベクトルを、加入者局により受信されたトレーニング系列を用いて求める請求項 1 から 4 迄の何れか 1 記載の方法。

【請求項 6】

最初に求めるウェイトベクトルの個数を 2 つにし、
優越ウェイトベクトルの指示子を、各加入者局の各々に割り当てられたタイムスロット内で伝送する請求項 1 から 5 迄の何れか 1 記載の方法。 20

【請求項 7】

優越ウェイトベクトルの指示子の传送に直ぐ後続するタイムスロット内で、当該指示子をビームフォーミングのために使用する請求項 6 記載の方法。

【請求項 8】

最初に求めるウェイトベクトルの個数を 2^n , $n = 2, 3, \dots$ にし、優越ウェイトベクトルの、n ビットの指示子を、a ビット、 $a = 1, \dots, n$ の部分内で、各加入者局の各々に割り当てられたタイムスロット内で伝送する請求項 1 から 5 迄の何れか 1 記載の方法。

【請求項 9】

優越ウェイトベクトルの指示子の传送に直ぐ後続する n/a のタイムスロット内で、当該指示子をビームフォーミングのために使用する請求項 8 記載の方法。 30

【発明の詳細な説明】**【0001】**

本発明は、基地局に配属されたアンテナ装置が複数のアンテナ素子を有しており、その結果、ビームフォーミング時に空間分解可能である、基地局を有する無線通信システムでのビームフォーミング方法に関する。

【0002】

無線通信システムでは、情報（音声、画像情報又は他のデータ）が、伝送チャネルを介して電磁波（通信インターフェース）を用いて伝送される。下り方向（下りリンク）では、基地局から加入者局に、上り方向（上りリンク）では、加入者局から基地局に伝送される。 40

【0003】

電磁波で伝送される信号は、その信号伝搬時に伝搬媒体内で、特に干渉による障害が生じる。ノイズによる障害は、殊に、受信機の入力段のノイズによって生じることがある。回折及び屈折によって、信号成分は種々の伝搬経路を辿る。この結果、一方では、信号が複数回、各々種々異なった方向から、種々異なった遅延、減衰及び位相位置で、受信機に到来することがあり、他方では、受信信号の寄与が、交互に位相と関連してコヒーレントに受信機で重畠され、又は、受信機で、短時間の時間尺度で減衰・消去効果を生じる（ファーストフェージング）。

【0004】

ドイツ連邦共和国特許公開第 19712549 号公報からは、インテリジェントアンテ

50

ナ(スマートアンテナ)、即ち、上り方向で伝送容量を大きくするために利用される複数のアンテナ素子を備えたアンテナ装置が公知である。これにより、上り方向信号が来る方向でのアンテナ利得を所期のように配向することができる。

【0005】

A.J.Paulraj, C.B.Papadias, "Space-time processing Magazine, Nov. 1997, S.49-83 からは、上り及び下り方向用の空間的な信号分離用の種々の方法が公知である。

【0006】

下り方向、つまり、基地局から加入者局では、特に難点がある。つまり、通信チャネルによって伝送される信号を制御する前にビームフォーミングしなければならない。R.Schmalenberger, J.J.Blanz, "A comparison of two different algorithms for multi antenna C/I balancing", Proc. 2nd European Personal Mobile Communications Conference (EPMCC), Bonn, Germany, Sept.1997, S.483-490から、下り方向でのビームフォーミングのアルゴリズムが公知であり、その際、基地局と加入者局との直接伝搬経路(見通し内伝搬)、及び、ビームフォーミングベクトルの反復算定が前提とされる。伝送チャネルの特性を変える毎に、コスト高な反復算定全体を繰り返す必要がある。10

【0007】

ドイツ連邦共和国特許公開第19803188号公報から、基地局から加入者局へのコネクション用の空間的な共分散行列を特定する方法が公知である。基地局では、共分散行列から固有ベクトルが算出され、コネクション用にビームフォーミングベクトルとして使用される。コネクション用の送信信号は、ビームフォーミングベクトルで重み付けされ、アンテナ素子に放射のために供給される。セル内干渉(Intrazell-Interferenzen)は、ジョイントデテクションを使用することによって、例えば、端末装置内で、ビームフォーミング時に生じず、セル内干渉による受信信号の劣化は無視することができる。20

【0008】

具体的に言うと、この方法は、マルチパス伝搬の領域内で、伝送特性が良好な伝搬経路を求め、基地局の送信出力を空間的に、この伝搬経路に集中する。しかし、そうすることによって、この伝搬経路での干渉によって短時間信号が途切れ、従って、伝送が遮断されることがある。

【0009】

3GPP(3rd Generation Partnership Project, <http://www.3gpp.org>)の勧告では、30 そのために、加入者局が、当該加入者局へのm番目のアンテナ素子のチャネルの短時間チャネルパルス応答 h_m を評価して、m番目のアンテナ素子による放射の前に送信信号を重み付けする重み係数 w_m を算出する方法が設けられている。相応のコンセプトが、M.Raitola, A.Hottinen 及びR.Wichmann, "Transmission diversity in wideband CDMA", Proc. 49th IEEE Vehicular Technology Conf. Spring (VTC '99 Spring), S.1545-1549, Houston, Texas 1999にも記載されている。

【0010】

このやり方の重大な問題点は、加入者局によって評価された、重み係数のベクトルが基地局に伝送される必要があり、このために、3GPPの勧告によると、タイムスロット当たり1ビットの狭い帯域幅しか利用できないという点にある。従って、このベクトルは、大雑把にしか量子化して伝送することができない。チャネルが急速に変化して、重み付けを一方のタイムスロットから他方のタイムスロットにアクチュエートする必要がある場合、アンテナ素子の種々異なる2つの相対位相位置しか調整できない。40

【0011】

従って、本発明が基づく課題は、下りリンクビームのフォーミングを高い信頼度で行うことができる、改善されたビームフォーミング方法を提供することである。

【0012】

本発明によると、この課題は、初期化期間中、加入者局側で、受信した下りリンク信号の第1の空間的な共分散行列を形成し、初期化期間中、第1の共分散行列の固有ベクトルを求め、初期化期間中、固有ベクトルを最初に求めたウェイトベクトル $w^{(j)}$ として基地50

局に伝送し、及び、作動期間中、加入者局により、最初に求めたウェイトベクトルの中から、周期的に優越ウェイトベクトルを選択し、該選択された優越ウェイトベクトルの指示子(Bezeichnung)を基地局に伝送し、作動期間中、基地局により、指示子を用いて、所望のウェイトベクトルを、基地局に記憶された、最初に求めたウェイトベクトルの中から選択し、放射方向の成形のために用い、第1の共分散行列を、下りリンク信号の多数のタイムスロットに亘って平均化することにより解決される。本発明の有利な実施例は、従属請求項から得られる。

【0013】

本発明のデータ伝送方法は、基地局と加入者局とを有する無線通信システムで使用される。加入者局は、例えば、移動通信網内の移動局、又は、所謂ワイヤレス加入者ターミナルへの加入者アクセสนットワーク内の固定局である。基地局は、複数のアンテナ素子を備えたアンテナ装置(スマートアンテナ)を有している。このアンテナ素子によって、通信インターフェースを介してのデータの指向性受信乃至指向性送信が可能となる。10

【0014】

本発明の方法は、各々比較的大きな時間間隔内で、当該加入者局の多数のタイムスロットに相応して実行される初期化期間と、頻繁に、例えば、タイムスロット当たり1回、ステップを実行する作動期間とを区別する。初期化期間では、最初に多数の所謂ウェイトベクトルが求められ、この最初に求められたウェイトベクトルは、無線通信システムの次の作動中に利用されて、実際にビームフォーミングのために利用される実際のウェイトベクトルを、作動期間の各サイクル毎に新規に決めることができる。従って、初期化期間では、ウェイトベクトルの検出に伴う処理コストは比較的稀にしかからず、それに対して、例えば、最初に求められたウェイトベクトルの線形結合の選択又は形成しか必要としない、実際のウェイトベクトルの決定は、ファーストフェージングによって生じる伝送遮断を補償するのに必要であるように、頻繁に実行されることがある。20

【0015】

本発明では、最初に、ウェイトベクトルが、下りリンク伝送の測定を用いて求められる。この手段は、殊に、上りリンク及び下りリンク用に異なる周波数を用いる無線通信システムで、目的に適っている。つまり、そのような無線通信システムでは、種々異なった周波数で高速で生じる信号劣化・減少・消失(ファーストフェージング)が補償されないからである。更に、本発明の方法のステップは、初期化期間中、先ず最初にウェイトベクトルを求めるためにも、作動期間中、実際のウェイトベクトルを新規に決めるためにも実行され、従って、加入者局でのみ実行される。従って、方法コストが倍になるのが回避され、方法ステップを実行するための回路コンポーネントも、1回だけ加入者局に設ければよい。30

【0016】

その際、本発明では、初期化期間中、加入者局で最初に求められたウェイトベクトルを基地局に伝送し、作動期間中、基地局により、最初に求められた各ウェイトベクトルの中で、優越ウェイトベクトルを選択し、選択された優越ウェイトベクトルの指示子(Bezeichnung)を基地局に伝送するようにして実際のウェイトベクトルが新規に決められる。この伝送は、加入者局の各個別タイムスロット内で行う必要はないので、タイムスロットに一時的に固有のチャネルを配属するか、又は、個別タイムスロット内で、有効データ、例えば、通話を加入者から基地局に伝送するのが遮断され、又は、制限されて、ウェイトベクトルの伝送用の伝送帯域幅を形成することができる。このウェイトベクトルは、タイムスロットにつき1ビットの伝送帯域幅を持った従来技術の方法で可能であるよりも著しく高い分解能で、伝送することができる。40

【0017】

本発明では、ウェイトベクトルは、基地局のアンテナ装置の各々の各放射方向に相応している。高速フェージングによって、そのように配向された伝搬経路での伝送が短時間損なわれることがあり、つまり、下りリンク信号を放射する必要がある伝搬経路の各方向は、加入者局に良好に達するようにするのに、移動加入者局の場合でも、例えば、秒～分の50

時間尺度で、極めてゆっくりとしか変わらない。そのために、各時点で必ずしも全てのウェイトベクトルが、良好な質で伝送できるとは限らない場合でも、基地局に伝送されるウェイトベクトルは、ビームフォーミングのために相応の長さの時間期間以上必要とする。所定の時点で使用されるウェイトベクトルの伝送の質がよくない場合、基地局は、短時間、十分な伝送乃至出来る限り最良に伝送することができる他のウェイトベクトルに切換える。このウェイトベクトルは、ここでは優越ウェイトベクトルと呼ばれる。このウェイトベクトルの個別係数は、既に基地局に分かっているので、本発明では、作動期間中、この個別係数は何回も個別に伝送される必要はなく、つまり、指示子を1つだけ伝送すれば十分であり、この指示子により、基地局は、加入者局によって所望される優越ウェイトベクトルを、基地局に記憶されているものから選択して、伝送のために用いることができるようになる。そのような指示子の伝送のために必要な情報量は、初期化期間中、ウェイトベクトルの係数が、どの程度の分解能で伝送されるのかとは完全に無関係であり、この情報量は、各ベクトルの係数の個数とも無関係であり、即ち、基地局のアンテナ装置のアンテナ素子の個数とも無関係である。この情報量は、単に、基地局に伝送されるウェイトベクトルの個数と共に対数状に増大する。このようにして、加入者局の作動期間中、指示子の伝送用の最小所要帯域幅で、高い精度でビームフォーミングを行うことができる。

【0018】

本発明では、初期化期間中、受信された下りリンク信号の第1の空間共分散行列が形成され、この第1の共分散行列の固有ベクトルが求められ、ウェイトベクトルとして基地局に伝送される。

10

【0019】

この第1の共分散行列は、加入者局によって受信された下りリンク信号全体に対して統一的に形成することができる。加入者局によって受信された下りリンク信号に対する個別寄与は、しかし、経過した経路によってのみならず、この経路に必要な所要時間によっても区別されるので、下りリンク信号の各タップに対して、第1の共分散行列が個別に形成されるようにすると、一層有益である。

【0020】

有利には、第1の単数乃至複数の共分散行列の各固有ベクトル全体から、最大固有値を有しているが、最小減衰の伝搬経路に相応する固有ベクトルが求められる。

【0021】

20

本発明では、個別伝送経路の質について解明する際に有益な情報を得るために、更に、第1の各共分散行列を、下りリンク信号の多数の各タイムスロットに亘って平均化するのである。

【0022】

作動期間中、その都度一時的に最も適切なウェイトベクトルを求めるために、有利には、第2の空間共分散行列を形成し、優越ウェイトベクトルとして、求められた固有ベクトルの中から、第2の共分散行列の最大固有値を有する固有ベクトルが選択される。この第2の空間的共分散行列は、例えば、加入者局に割り当てられた各タイムスロットに対して新規に形成される。

【0023】

30

共分散行列の形成時に、個別アンテナ素子の寄与を区別するために、各アンテナ素子から周期的に、加入者局が知っていて他のアンテナ素子のトレーニング系列に対して直交しているトレーニング系列を放射し、ウェイトベクトルを、加入者局によって受信されたトレーニング系列を用いて求めるようにすると、目的に適っている。

【0024】

特別な実施例によると、求められるウェイトベクトルの個数を2つにするとよい。この場合には、その都度優越ウェイトベクトルの指示子用に作動期間中に1ビットあれば十分であり、このビットが、加入者局の各々に割り当てられたタイムスロット内で伝送される。

【0025】

40

50

比較的多数の、有利には、 2^n の累乗個数のウェイトベクトルを求めてよい。その際、この場合には、 n ビットが、優越ウェイトベクトルの算定のために必要である。この指示子の伝送は、複数のタイムスロットに分割して行うことができる。つまり、各タイムスロット内で、 a ビットが伝送のために利用される場合、 n/a 個のタイムスロットが必要であり、指示子によって特定されるウェイトベクトルは、指示子の完全な伝送に直ぐ続く n/a 個のタイムスロット内で使用される。

【0026】

第2の有利な実施例では、第2のウェイトベクトルが、上りリンク伝送の測定を用いて求められる。このやり方の利点は、加入者局から基地局へ、最初に求めたウェイトベクトルの係数を伝送する必要がないという点にある。従って、そのような方法は、そのような伝送が行われない既存の移動通信システムと一層良好にコンパチブルである。

10

【0027】

上りリンク及び下りリンクのために種々異なる周波数が使用される移動通信システムでは、ファーストフェージングがあるが、しかし、最初に求めたウェイトベクトルが、時間平均によって、殊に、平均化された共分散行列を用いて得られる場合、このファーストフェージングは、最初のウェイトベクトルを求めるのに障害となる作用を及ぼさない。

【0028】

最初に求めたウェイトベクトルが各々共分散行列の固有値であると、ここでも有利である。と言うのは、この固有値は、各々、基地局と加入者局との間で出来る限り多数の種々異なる経路で同時に交換される通信信号の個別伝搬経路に相応するからである。加入者局と基地局との間に直接伝搬経路（LOS, Line of sight見通し経路）がある場合、つまり、基地局が、上りリンク信号の受信統計を用いて決定可能である場合、基地局が、下りリンク信号を、この伝送経路に相応する唯一のウェイトベクトルを用いて重み付けして放射するのに十分である。このようにして、基地局の送信出力は、直接伝送経路となるように配向され、質が小さい他の伝搬経路には、送信出力が供給されない。

20

【0029】

直接伝送経路が得られない場合、実際のウェイトベクトルとして、最初に求めたウェイトベクトルの線形結合を用いるとよい。これは、基地局の送信出力を、線形結合される実際のウェイトベクトルの個数に相応する、限定数の伝搬経路に所期のように配分することに相応している。そのような状況下で、ファーストフェージングによって伝送経路の1つが短時間なくなった場合、線形結合の他のウェイトベクトルの少なくとも1つが、有用な質の伝送経路に相応する確率が大きい。これは、特に、最初に求めるウェイトベクトルが、共分散行列の固有ベクトルである場合に該当する。つまり、この場合、弱め合い干渉の確率が統計的に相關しないからである。

30

【0030】

そのような伝送で、固有ベクトルの線形結合を用いて、出来る限り良好な信号対雑音比を達成するために、最初に求めたウェイトベクトルの固有値が大きければ大きい程、第1のウェイトベクトルに対して線形結合の係数が大きく選定される。

【0031】

下りリンク信号の遅延が2つの伝送経路で同じである場合、加入者局は、直ぐに、この2つの伝送経路の成分が、この加入者局によって受信された信号のために相互に得られるようになる。従って、この2つの寄与は加入者局の位置で相互に逆相であり、相互に逆方向に干渉し合う。そのような、相互に逆方向の干渉は、高い信頼度で回避することができる。つまり、基地局で、加入者局に対して特定された有効データ列から、複数の下りリンク信号を形成して、この下りリンク信号が各々異なった空間・時間・ブロック符号を有しており、この下りリンク信号の各々が、他の実際のウェイトベクトルで重み付けされて放射されるようにするのである。このようにして、各伝搬経路に、特徴的な空間・時間ブロック符号が配属され、この空間・時間ブロック符号により、どんな場合でも、種々の伝送経路の寄与を区別することができるようになる。

40

【0032】

50

以下、本発明について図示の実施例を用いて詳細に説明する。

【0033】

その際、

図1は、移動通信網のブロック接続図、

図2は、基地局のブロック接続図、

図3は、加入者局のブロック接続図、

図4は、第1の実施例による、この方法の流れ図、

図5は、第2の実施例による、この方法の流れ図、

図6は、本発明の説明に供する公知の基地局の送／受信装置TX/RXの一部分を示す図である。

10

【0034】

図1は、本発明の方法を用いることができる無線通信システムの構造を示す。この無線通信システムは、相互にネットワーク接続されていて、乃至、固定網PSTNに対するアクセス部を構成する多数の移動通信交換機MSCからなっている。更に、この移動通信交換機MSCは、各々少なくとも1つの基地局コントローラBSCと接続されている。各基地局コントローラBSCにより、少なくとも1つの基地局BSに接続することができる。そのような基地局BSは、通信インターフェースを介して加入者局MSへの通信コネクションを構築する。このために、各基地局BSの少なくとも個別基地局に、複数のアンテナ素子(A₁ - A_M)を有するアンテナ装置AEが装置構成されている。

【0035】

図1には、有効情報の伝送用の例として示したコネクションV1, V2, V_kと、加入者局MS1, MS2, MS_k, MS_nと基地局BSとの間の信号化情報とが示されている。オペレーション及び管理センタOMCにより、移動通信網乃至その一部分用のコントロール及び管理機能が構成される。この構造の機能は、他の通信システムに転用可能であり、その際、本発明を使用可能であり、殊に、ワイヤレス加入者端子を有する加入者アクセス網用に使用することができる。

20

【0036】

図2には、基地局BSの構造が略示されている。信号発生装置SAは、加入者局MS_k用に特定された送信信号を通信ブロック内でまとめて、1つの周波数チャネルTCPHに配属させる。送／受信装置TX/RXは、送信信号s_k(t)を信号化装置SAから受信する。送／受信装置TX/RXは、ビーム形成網を有しており、このビーム形成網内で、加入者局MS_k用の送信信号s_k(t)が、他の加入者局用に特定された送信信号s₁(t), s₂(t), . . . と結合され、この送信信号には、同じ送信周波数が配属される。ビーム形成網は、各加入者信号及び各アンテナ素子に対して1つの乗算器Mを有しており、この乗算器は、送信信号s_k(t)を、受信加入者局MS_kに配属されたウェイトベクトルw^(k)のコンポーネントw_m^(k)で乗算する。各々1つのアンテナ素子A_m, m = 1, . . . , Mに配属された乗算器Mの出力信号が、加算器AD_m, m = 1, 2, . . . , Mにより加算されて、デジタルアナログ変換器DACによりアナログ化され、送信周波数(HF)に変換され、アンテナ素子A₁, . . . , A_Mに達する前に、電力増幅器PAで増幅される。前述のビーム形成網と同様の構造(図には示されていない)が、アンテナ素子A₁, A₂, . . . , A_Mと、デジタル信号プロセッサDSPとの間に配属されて、上りリンク信号の受信混合信号が個別加入者の寄与に分けられて、この信号が個別にDSPに供給される。

30

【0037】

メモリ装置SEは、各加入者局MS_kに対して1セットのウェイトベクトルw^(k,1), w^(k,2), . . . , を有しており、この中から、乗算器Mによって使用されるウェイトベクトルw^(k)が選択される。

40

【0038】

図3には、本発明の方法の第1の実施例を実行するための加入者局MS_kの構成が略示されている。加入者局MS_kは、1つのアンテナAを有しており、このアンテナは、基地

50

局 B S から送信された下りリンク信号を受信する。ベースバンドに変換された、アンテナ A の受信信号は、所謂 R a k e サーチャー R S に供給され、この R a k e サーチャー R S は、種々異なる伝搬経路でアンテナ A に達した下りリンク信号の各寄与の伝搬時間差を測定するために使われる。受信信号は、更に R a k e 増幅器 R A に供給され、この R a k e 増幅器 R A は、多数の R a k e フィンガを有しており、この R a k e フィンガのうち、3つがフィンガ状に図示されており、この各フィンガは、各々1つの遅延部材 D E L とデスプレッダ - デスクランbler (despread-descrambler) E E を有している。遅延部材 D E L は、受信信号を各々、R a k e サーチャー R S から供給された遅延値 $1, 2, 3, \dots$ だけ遅延する。デスプレッダ - デスクランbler E E は、その各出力側に各々、評価された各シンボル列を供給し、その際、個別デスクランbler の評価の結果は、下りリンク信号の種々異なる相位置に基づいて、デスクランプリング - スプレッドコードとなるように、R a k e 増幅器の個別フィンガにおいて種々異なるようにすることができる。10

【 0 0 3 9 】

デスプレッダ - デスクランbler E E から供給されたシンボル列内に、トレーニング系列の評価結果も含まれており、この評価結果は、基地局の各アンテナ素子に対して特性的 (characteristic) 乃至概直交的 (quasi-orthogonal) なものである。信号プロセッサ S P は、このトレーニング系列の評価の結果と、加入者局が分かっている、トレーニング系列内に含まれている実際のシンボルとを比較するのに使われる。この比較を用いて、基地局 B S と加入者局 M S k との間の伝送チャネルのパルス応答を各個別フィンガ又はタップ用に求めることができる。デスプレッダ - デスクランbler E E の各出力側に、最大比合成部つまりマキシマム・レシオ・コンバイナ (Maximum Ratio Combiner) M R C も接続され、この最大比合成部は、個別評価シンボル列をまとめて、最大可能な信号対雑音比の組み合わせシンボル列を形成し、このシンボル列を音声信号処理ユニット S S V に供給する。このユニット S S V の作動形式（受信されたシンボル列を、ユーザにとって聴取可能な信号に変換するか、乃至、受信音声を送信シンボル列に変換する）は、十分に公知であり、ここで説明する必要はない。20

【 0 0 4 0 】

信号プロセッサ S P は、各タップに対して個別に、各アンテナ素子 A E₁, ..., A E_M のパルス応答を求め、引用したドイツ連邦共和国特許公開第 19803188 号公報から公知のやり方で、このパルス応答を空間的共分散行列 R_{xx} に結合する。この空間的共分散行列は、計算ユニット R E に供給され、この計算ユニットの作動形式について、図 4 の流れ図を用いて説明する。30

【 0 0 4 1 】

初期化期間 1 で、計算ユニット R E は、供給された多数の共分散行列を各タップ毎に別個に加算し、各共分散行列の平均値を形成する。種々異なるタップ用に得られた平均化共分散行列の固有値及び固有ベクトルの分析が続いて行われる（ステップ 2）。

【 0 0 4 2 】

この分析は、共分散行列の全固有ベクトル及び固有値に拡げることができ、ここで考察している例では、コントロールユニット K E は、分析時に求められた固有ベクトルの下で、最高値の固有値を有する限定数、例えば、2 又は 4 を求め、従って、最小減衰の伝送経路に相応する。択一選択的に、固有ベクトル分析用の方法を使用してもよい。この方法では、共分散行列の固有ベクトルにより、固有値の、列順に次第に小さくなる値が供給され、固有ベクトルの限定数が求められると、この動作は中断される。40

【 0 0 4 3 】

求められる固有ベクトル $w^{(k,1)}, w^{(k,2)}, \dots$ の係数は、音声処理ユニット S S V からの有効データ流と組み合わされ、アンテナ A を介して基地局に伝送される（ステップ 4）。この係数を、基地局は、そのメモリユニット S E 内にビーム整形網の乗算器 M 用の係数として使用するために記憶する。

【 0 0 4 4 】

計算ユニット R E が作動期間に移行し、この作動期間内で、共分散行列 R_{xx} が、各々加50

入者局の個別時間スリットで、信号プロセッサ S P から受信され（ステップ 5）、メモリユニット内に記憶された、基地局に伝送される固有ベクトルの各々で乗算されて、このベクトルの固有値を当該の共分散行列用に求める（ステップ 6）。比較的大きな固有値を有する固有ベクトルの数が、ステップ 7 で、コントロールユニット K E を介して基地局に伝送される。この固有ベクトルは、優越固有ベクトルと呼ばれる。つまり、この優越固有ベクトルにより、受信信号に対して、最強且つ一般的に最も寄与するからである。メモリ素子 S E 内に、求められた固有ベクトルが 2 つしか記憶されておらず、且つ、基地局に伝送された場合、各々比較的大きな固有値の固有ベクトルを指示するのに 1 ビットで十分である。従って、タイムスロット毎に 1 ビットが、受信特性を基地局に返送するのに利用される場合、基地局によりビームフォーミングのために使用されるベクトルが、各タイムスロット内でアクチュエートされて、それに続くタイムスロット内でビームフォーミングのために利用される。

【 0 0 4 5 】

4 つの固有値が基地局に伝送される場合、その都度優越固有ベクトルの指示のために 2 ビットが必要である。タイムスロット当たり 1 ビットが、受信特性の返送のために利用される場合、従って、優越ベクトルの完全な指示子を伝送するためには、2 つのタイムスロットが必要である。従って、この指示子の伝送に続く 2 つのタイムスロットが、ビームフォーミングのために利用される。つまり、この 2 つのスロットの経過中、続けて利用される指示子が伝送される。

【 0 0 4 6 】

作動期間のステップは、多数回周期的に繰り返され、その後、初期化期間が新規に実行されて、固有ベクトルの係数がアクチュエートされる必要がある。

【 0 0 4 7 】

簡単に分かり易くするために、上述では、初期化期間と作動期間とが区別されている。しかし、だからと言って、両期間が時間的に相互に別個に経過する必要があるということではない。例えば、両期間を相互に組み合わせてもよく、目的にも適っている。その際、受信共分散行列 R_{xx} の計算ユニット R E は、一方では、ステップ 6 の固有値を決め、他方では、この行列をステップ 1 での共分散行列の現在平均値を形成するのに利用する。このようにして、いつでも、実際の平均共分散行列を利用することができるようになり、この共分散行列で、ステップ 2 の固有値分析を行うことができる。

【 0 0 4 8 】

本発明の方法の第 2 の実施例について、図 5 を用いて説明する。この実施例では、第 1 のウェイトベクトルが、加入者局 M S k から基地局 B S への上りリンク伝送の測定によって求められる。基地局 B S は、このために、図 3 で加入者局に関して説明したレイク（R a k e）サーチャー R S、レイク（R a k e）増幅器 R A、信号プロセッサ S P、計算ユニット R E、メモリ素子 S E 等と同様のコンポーネントで構成されている。

【 0 0 4 9 】

この方法のステップ 1 で、計算ユニット R E は、上りリンク信号の各個別タップ用に平均共分散行列を形成し、そのようにして得られた共分散行列の固有ベクトルと固有値とが求められる。この固有値は、各々 1 つの伝送経路に相応し、上りリンク信号の、個別アンテナ素子への相応の寄与の相対的な位相位置についての情報を有しており、従って、この寄与が受け取られる方向についての情報を有している。考察している無線通信システムでの上りリンクと下りリンクとの各周波数が等しい場合、固有ベクトル内に含まれている位相情報が、直接、下りリンク信号の重み付けに利用される。上りリンクと下りリンクとの各周波数が異なる場合、固有ベクトル内に含まれている位相情報を、上りリンク周波数に基づいて相応の方向に換算して、この方向を下りリンク周波数を用いて再度位相情報を換算する必要があり、それにより、下りリンクでのビームフォーミングのために適切な固有ベクトルを得ることができる。

【 0 0 5 0 】

ステップ 2 の分析は、固有ベクトルの固有値を決めることが含まれている。固有値の値は

10

20

30

40

50

、各個別伝送経路の質の尺度であり、即ち、事後に用いるために、所定数の、例えば、2つ又は4つの固有ベクトルが選択され、ステップ3で、見つけられた固有ベクトルの中で、最大値の固有値を有するものが記憶される。

【0051】

続く作動期間中、計算ユニットは、周期的に共分散行列を信号プロセッサから受け取り、その際、各共分散行列は、各々上りリンク信号の個別タップに関連付けられる。メモリユニットS E内に記憶された固有ベクトルは、各々1つの所定のタップに相応している。計算ユニットは、ステップ6で、記憶された各固有ベクトルに対して、その実際の固有値を、ステップ5で供給された、固有ベクトルと同じタップに相応する共分散行列と乗算する際に特定する。得られた固有値は、固有ベクトルに相応する伝送経路の伝送の質の尺度を供給し、これは、作動期間中の共分散行列の形成速度に相応する時間分解能で示される。この期間中、共分散行列は、信号プロセッサによって、その都度加入者局に割り当てられた各タイムスロットで実際に形成され、従って、固有値は、ファーストフェージングを考慮した、伝送経路の伝送の質の尺度である。

【0052】

この方法の簡単な第1の変形実施例では、ステップ8が続いている、このステップ8で、実際のウェイトベクトル $w^{(k)}$ が算出され、その際、記憶された固有ベクトル $w^{(k,1)}, w^{(k,2)}, \dots$ の線形結合が形成され、その際、固有ベクトル $w^{(k,1)}, w^{(k,2)}, \dots$ の各々は、線形結合の際に、ステップ6で得られた、固有ベクトルの固有値又は固有ベクトルの値で乗算される。線形結合の正規化が可能である。線形結合の形成時の、この重み付けによって、短時間、最良な伝送特性を有しているような伝送経路が、基地局から放射された下りリンク信号にとって優勢であるようにすることができる。実際のウェイトベクトル $w^{(k)}$ に含まれる他の固有ベクトルは、最高に重み付けされた伝送経路が、あるタイムスロットから直ぐ次のタイムスロットで欠落した場合でも、有用な信号が加入者局に到来するようにするのに役立つ。

【0053】

基地局と加入者局との間の伝送経路の1つが直接コネクションである場合、このことが基地局にとって検出可能であるのは、受信された上りリンク信号での相応の寄与により、位相変動が比較的小さい点と、減衰も大抵僅かである点においてである。そのような直接的な伝送経路がある場合、配属された固有ベクトルが直接、実際のウェイトベクトル $w^{(k)}$ として使用され、つまり、他の全ての固有ベクトルが、係数0で線形結合の形成に含まれる。

【0054】

第2の実施例の別の変形実施例では、基地局に、複数のアンテナ素子を有するアンテナ装置が設けられており、このアンテナ装置は、空間 - 時間ブロック符号を用いて放射するように構成されている。そのような符号は、例えば、Tarokh他の、Space-Time Block Codes from Orthogonal Designs, IEEE Trans. on Information Theory, Bd. 45 Nr. 5, 1999年7月から公知である。そのような基地局の送 / 受信装置T x / R xの一部分が図6に示されている。この送 / 受信装置では、加入者局M S k用に特定された複素値(complex-value)シンボル列が2つのプランチに分割され、その内の一方が、空間 - 時間ブロックエンコーダーS T B Eを有しており、ここでは、シンボル列 $s_k(t)$ の順次連続する2つのシンボルの列順序が入れ替えられ、共役にされ、シンボルの極性が反転されている。このようにして得られた、同じ情報内容の2つの種々異なるシンボル列は、ビームフォーミング網(構造が図2に記載された構造と同様であって、そのために、ここでは更に詳しく説明しない)内で、固有ベクトル $w^{(k,1)}, w^{(k,2)}, \dots, w^{(k,a)} = (w_1^{(k,a)}, w_2^{(k,a)}, \dots, w_M^{(k,a)})$ のセットからの2つの種々異なった固有ベクトル $w^{(k,a)}, w^{(k,b)}$ で重み付けされ、付加的に重畠されて、従って、放射される。個別アンテナ素子 A_1, \dots, A_M は、種々異なった空間 - 時間ブロック符号化を有する各信号の混合を放射するように構成されている。従って、符号化は、個別アンテナ素子にとって特有のものではなく、重み付けに使われる固有ベクトル $w^{(k,a)}$ 乃至 $w^{(k,b)}$ に相応する伝搬経路a乃至bに

10

20

30

40

50

とって特有なものである。そうすることによって、これら 2 つの種々異なった伝送経路 a , b で、加入者局 M S k に達する信号が、この信号が比較的遅延して減衰する場合でも、何ら破壊的に干渉することはないようにすることができる。従って、この送受信装置を用いて構成された、方法の第 2 の実施例の変形実施例では、線形結合の形成のステップ 8 が、空間・時間ブロック符号化によって置換えられている。そうでない場合には、この方法ステップが相応するのは以下のようになる。つまり、殊に両変形実施例で、線形結合に含まれた、乃至、空間・時間ブロック符号化された信号の重み付けのために使用される、記憶された固有ベクトルの下で、作動期間の一方の周期から直ぐ次の周期で交換することができる。

【0055】

10

ここで説明した実施例の変形実施例は、ここで説明した開示を用いて、当業者の知識の範囲内で実施可能である。殊に、固有ベクトルを上りリンク信号から求める（第 2 の実施例に関連して説明した変形実施例のような）ことも、基地局により求められる固有値を加入者局で求めることも可能であり、その結果、加入者局は、方法ステップ 5 ~ 7 を、図 4 に関して、方法の第 1 の実施例で説明したように実施することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 移動通信網のブロック接続図

【図 2】 基地局のブロック接続図

【図 3】 加入者局のブロック接続図

【図 4】 第 1 の実施例による、この方法の流れ図

20

【図 5】 第 2 の実施例による、この方法の流れ図

【図 6】 本発明の説明に供する公知の基地局の送 / 受信装置 T X / R X の一部分を示す図

【符号の説明】

P S T N 固定網

M S C 移動通信交換機

B S C 基地局コントローラ

B S 基地局

M S 加入者局

A E アンテナ装置

30

V 1 , V 2 , V k コネクション

O M C オペレーション及び管理センタ

S A 信号発生装置

T C H 周波数チャネル

T X / R X 送 / 受信装置

s k (t) 送信信号

M 乗算器

D A C デジタルアナログ変換器

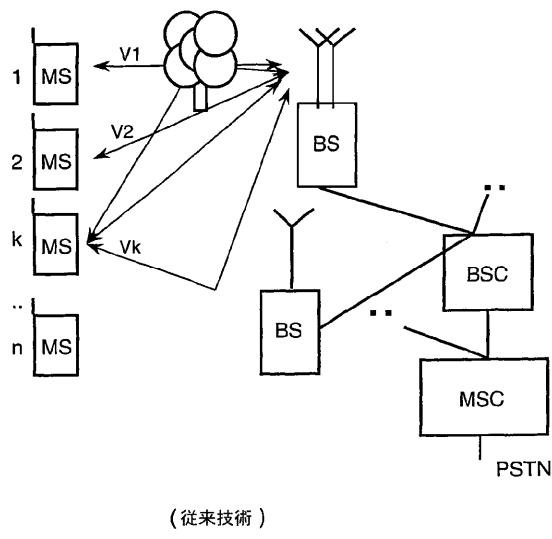
P A 電力増幅器

D S P デジタル信号プロセッサ

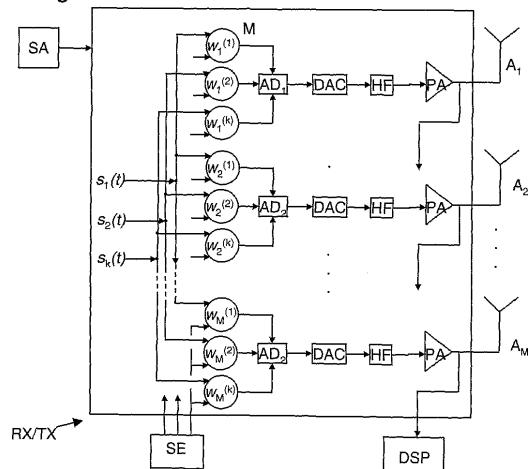
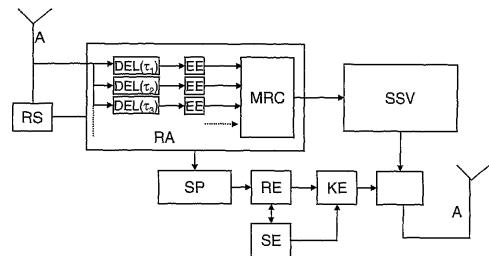
40

S E メモリ装置

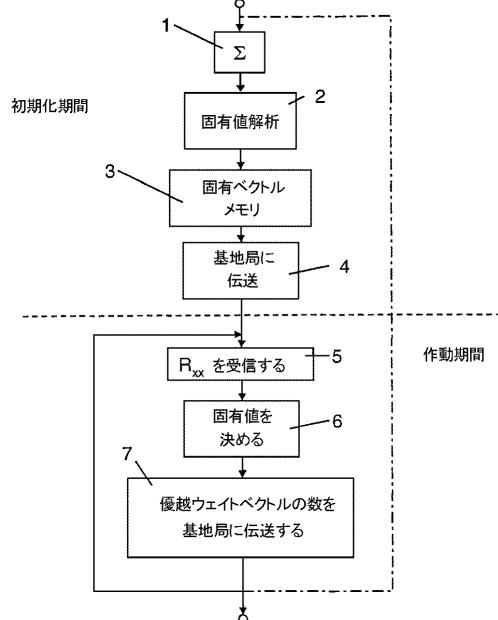
【図1】



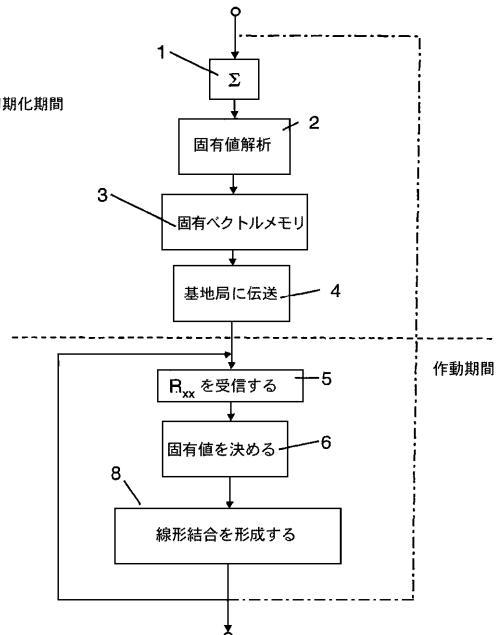
(従来技術)

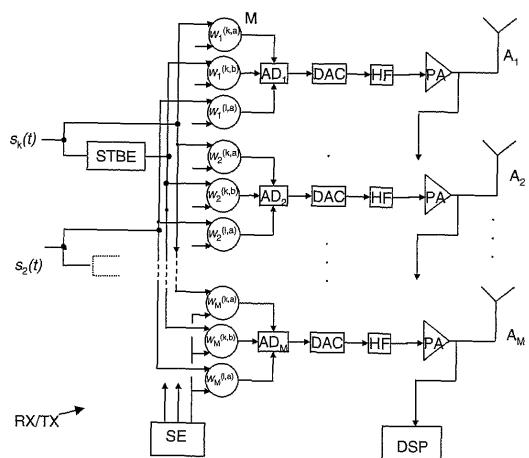
【図2】
Fig.2【図3】
Fig.3

【図4】



【図5】



【図6】
Fig. 6

フロントページの続き

(74)代理人 100099483
弁理士 久野 琢也

(74)代理人 100114890
弁理士 アインゼル・フェリックス=ラインハルト

(74)代理人 230100044
弁護士 ラインハルト・アインゼル

(72)発明者 ヨアヒム ハマーシュミット
ドイツ連邦共和国 ゲルマーリング ケルシェンシュタイナーシュトラーセ 50

(72)発明者 クリストファー ブルナー
アメリカ合衆国 カリフォルニア サン フランシスコ ノリエガ ストリート 624

(72)発明者 マルティン ハールト
ドイツ連邦共和国 ゲラベルク ゲレーア シュトラーセ 59

(72)発明者 アレクサンダー ゼーガー
ドイツ連邦共和国 フェルトキルヒエン ヴィッテルスバッハーシュトラーセ 15

審査官 倉本 敦史

(56)参考文献 特開平10-117162(JP,A)
特開平9-238098(JP,A)
特開平10-285092(JP,A)
特開2000-106539(JP,A)
国際公開第00/036764(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 7/24~7/26

H04Q 7/00~7/38

H04B 7/02~7/12