

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5275535号
(P5275535)

(45) 発行日 平成25年8月28日 (2013. 8. 28)

(24) 登録日 平成25年5月24日 (2013. 5. 24)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 B 7/06 (2006. 01)
 HO 1 Q 3/26 (2006. 01)
 HO 4 B 7/08 (2006. 01)
 HO 4 B 7/10 (2006. 01)
 HO 4 W 16/28 (2009. 01)

HO 4 B 7/06
 HO 1 Q 3/26 Z
 HO 4 B 7/08 D
 HO 4 B 7/10 A
 HO 4 B 7/26 D

請求項の数 21 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-502373 (P2001-502373)
 (86) (22) 出願日 平成12年4月20日 (2000. 4. 20)
 (65) 公表番号 特表2003-501971 (P2003-501971A)
 (43) 公表日 平成15年1月14日 (2003. 1. 14)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2000/010895
 (87) 国際公開番号 W02000/076229
 (87) 国際公開日 平成12年12月14日 (2000. 12. 14)
 審査請求日 平成19年4月12日 (2007. 4. 12)
 審判番号 不服2011-4415 (P2011-4415/J1)
 審判請求日 平成23年2月28日 (2011. 2. 28)
 (31) 優先権主張番号 09/327, 776
 (32) 優先日 平成11年6月7日 (1999. 6. 7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 591003943
 インテル・コーポレーション
 アメリカ合衆国 95054 カリフォル
 ニア州・サンタクララ・ミッション カレ
 ッジ ブレーバード・2200
 (74) 代理人 100064621
 弁理士 山川 政樹
 (74) 代理人 100098394
 弁理士 山川 茂樹
 (74) 代理人 100067138
 弁理士 黒川 弘明
 (74) 代理人 100081743
 弁理士 西山 修

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 変化する干渉環境におけるビーム形成のための装置および方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

マルチアンテナ送受信システムにおいて、

基準信号が入手可能な一次データと基準信号が入手不可能な二次データとを含む1つまたは複数のデータ・バースト信号を受信するステップであって、前記二次データが前記一次データの後に受信される、ステップと、

前記一次データと前記入手可能な基準信号とに基づいてアップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を展開するステップであって、前記一次データの第一の共分散推定値に基づいて、前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略が前記マルチアンテナ送受信システムを介して受信または送信された信号に適用される受信重みまたは送信重みを定義する、ステップと、そして

前記二次データに基づいて干渉の変化を考慮するために、前記二次データに基づく情報を前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略に組み込むステップとを含む、

前記組み込むステップは、前記二次データの第二の共分散推定値に基づいて、前記受信重みまたは前記送信重みを更新するステップを含む、
ことを特徴とする方法。

【請求項 2】

前記マルチアンテナ送受信システムに関連付けられた1つ又はそれ以上のアップリンク及びダウンリンク信号の処理に前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を適用

10

20

するステップ

をさらに含む請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第一の共分散推定値は、空間共分散、時空共分散、またはサイクロステーションナリ時空共分散のうちの一つに対するものである、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

前記受信重みまたは送信重みを更新するステップは、ブランチ・メトリックを用いたビタビ・アルゴリズムに基づいて行われることを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 5】

前記受信重みまたは送信重みを更新するステップは、前記第二の共分散推定値の前記第一の共分散推定値への結合に用いられる相対量を定義するパラメータに基づいて行われることを特徴とする請求項 3 に記載の方法。

【請求項 6】

前記受信重みまたは送信重みを二次データに存在する干渉に応答させるように、そしていかなる新たな干渉も前記二次データに存在しないときに前記受信重みまたは送信重みの性能を減じないように、前記パラメータの値を決定するステップをさらに含むことを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記組み込むステップは、前記一次データと前記二次データの間で変化する干渉信号に基づいた干渉の変化に関する情報を含む前記二次データに基づいて行われることを特徴とする請求項 5 に記載の方法。

【請求項 8】

前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を展開し、前記二次データに基づく情報を前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略に組み込むステップが、

前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を展開するための入力として前記一次データに基づく情報を入手するステップであって、前記一次データに基づく情報は、空間共分散、時空共分散または特性推定器により前記一次データから抽出されたサイクロステーションナリ時空共分散から選択される、ステップと、

前記一次データに基づく情報を用いて前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を演算するステップと、

前記更新された受信重みまたは送信重みに基づいて前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を演算し直すステップとを含む、

前記受信重みまたは前記送信重みを更新するステップは、前記マルチアンテナ送受信システムで受信された前記一次データと前記二次データとの間で変化する干渉信号に基づいた干渉の変化を考慮する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の方法。

【請求項 9】

前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略により定義された前記受信重みまたは送信重みを、一つ又はそれ以上の、前記アンテナアレイを介して受信された信号又は前記マルチアンテナ送受信システムを介して送信する信号に選択的に適用するステップをさらに含む請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略により定義された前記受信重みまたは送信重みが、一つ又はそれ以上の、前記マルチアンテナ送受信システムのアンテナアレイの関連素子を経て交換された信号の振幅特性および位相特性を修正することを特徴とする請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

アップリンク信号を受信し、ダウンリンク信号を送信するマルチアンテナ送受信システムと、そして

10

20

30

40

50

前記マルチアンテナ送受信システムにตอบสนองするプロセッサであって、基準信号が入手可能な一次データおよび基準信号が入手不可能な二次データを含む1つまたは複数のデータ・バースト信号を受信し、前記一次データと前記入手可能な基準信号とに基づいてアップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を展開し、そして前記二次データに基づいた干渉の変化に関する情報を含むように前記二次データから導き出された情報を前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略に組み込む、プロセッサとを備えた装置であって、

前記二次データは前記一次データの後に受信され、

前記一次データの第一の共分散推定値に基づいて、前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略は前記マルチアンテナ送受信システムを介して受信または送信される信号に適用される受信重みまたは送信重みを定義し、

前記プロセッサは、前記二次データの第二の共分散推定値に基づいて、前記受信重みまたは前記送信重みを更新することを特徴とする装置。

【請求項12】

前記プロセッサが時分割多重アクセス(TDMA)通信装置中の時間スロット・プロセッサであることを特徴とする請求項11に記載の装置。

【請求項13】

前記TDMA通信装置がサブスクライバ・ユニットであることを特徴とする請求項12に記載の装置。

【請求項14】

前記TDMA通信装置が無線通信局であることを特徴とする請求項12に記載の装置。

【請求項15】

前記受信重みまたは送信重みに基づいて、前記マルチアンテナ送受信システムの少なくとも1つのアンテナで、サブスクライバ・ユニットからのアップリンク信号の干渉を排除するか、またはサブスクライバ・ユニットへのダウンリンク信号に電力を空間的あるいは時空的に選択的な方法で送達する、ことを特徴とする請求項11に記載の装置。

【請求項16】

前記受信重みまたは送信重みが前記少なくとも1つのアンテナにおける信号の一つ又はそれ以上の位相特性及び振幅特性を選択的に修正することを特徴とする請求項15に記載の装置。

【請求項17】

前記一次データと前記二次データとの差異が前記多数アンテナ受信システムで受信されたデータ信号に存在する干渉を記述し、そして

前記プロセッサが、前記更新された受信または送信重みに基づいて前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略を演算し直す、ことを特徴とする請求項16に記載の装置。

【請求項18】

前記プロセッサは、ブランチ・メトリックを用いたピタビ・アルゴリズムに基づいて、前記受信重みまたは前記送信重みを更新することを特徴とする請求項13に記載の方法。

【請求項19】

前記プロセッサが、前記第二の共分散推定値の前記第一の共分散推定値への結合に用いられる相対量を定義するパラメータに基づいて前記アップリンクまたはダウンリンク信号処理戦略の前記受信重みまたは送信重みを更新することを特徴とする請求項17に記載の方法。

【請求項20】

前記プロセッサが、さらに、前記受信重みまたは送信重みを前記二次データに存在する干渉にตอบสนองするようにそしていかなる新たな干渉も前記二次データに存在しないときに前記受信重みまたは送信重みの性能を減じないように前記パラメータの値を決定することを特徴とする請求項19に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 21】

前記一次データと前記二次データの間で変化する干渉信号に基づいた干渉の変化に関する情報を前記二次データが含むことを特徴とする請求項 19 に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の分野)

本発明は、無線通信システムの分野に関し、より詳細には、送信信号の形成および受信信号の処理を、変化する干渉環境を考慮するように、アンテナ素子のアレイを含む受信または送信通信局におけるアンテナ素子のビーム整形特性を変更することによって改良するための装置および方法に関する。

10

【0002】

(背景)

多数のアンテナが装備された通信局（たとえば、基地局）において適応スマート・アンテナ処理を使用すると、サブスクライバ・ユニットから通信局へ通信中であるときに（すなわち、アップリンクにおいて）干渉を除去するか、あるいは、通信局からサブスクライバ・ユニットへ通信中であるときに（すなわち、ダウンリンクにおいて）電力を空間的あるいは時空的に選択的な方法において送達することができる。スマート・アンテナ通信システムは線形空間処理を、アップリンク通信中に受信された信号の適応スマート・アンテナ処理の一部として使用することができる。この状況において、振幅および位相の調整が、通常はベースバンドにおいて、アンテナ・アレイ素子で受信された各信号に適用されて、関心のある信号が選択（すなわち、好ましくは受信）されるが、関心のないいかなる信号または雑音（すなわち、干渉）も最小化される。このような振幅および位相の調整を、複素数の値の重みである受信重みによって記述することができ、アレイのすべての素子のための受信重みを、複素数の値のベクトルである受信重みベクトルによって記述することができる。

20

【0003】

類似の方法で、基地局から遠隔の受信側に送信されたダウンリンク信号を、通常は必ずしもベースバンドにおいてではなく、アンテナ・アレイの各アンテナによって送信される信号の振幅および位相を調整することによって形成することができる。このような振幅および位相の制御を、複素数の値の重みである送信重みによって記述することができ、アレイのすべての素子のための重みを、複素数の値のベクトルである送信重みベクトルによって記述することができる。いくつかのシステムでは、受信（および/または送信）重みを時間処理項を含み、このような場合、受信（および/または送信）重みを周波数の関数にして周波数領域に適用することができるか、あるいは同等に、畳み込みカーネルの形式において適用された時間の関数にすることができる。別法として、各畳み込みカーネル自体を1セットの複素数によって記述することができ、畳み込みカーネルのベクトルを複素数の値の重みベクトルとして書き直すことができるようにし、これは、M個のアンテナがあり、各カーネルがK個のエントリを有する場合に、KMエントリのベクトルとなる。

30

【0004】

基地局が動作中であるRF環境（すなわち、通信システムおよび干渉のソースのユーザの数と場所、物理的伝播環境、および送受信システムの状態）は、通信システムの使用中に動的に変化する可能性がある。このような状況では、適応スマート・アンテナ処理システムを使用してシステムの処理戦略を修正し（たとえば、適用される重みを修正する）、送信ビームを形成し、受信信号を処理して変化を補償することができる。これにより、信号送信および受信信号処理オペレーションを、オペレーション環境における変化を反映するように適合させる方法が得られる。

40

【0005】

通信システムの信号送信および受信信号処理特性を修正するための1つの手法は、トレーニング信号の送信を使用し、これは先に受信側で知られているものである。知られているデータの形式を、それが受信されたときに検査することによって、受信側はユーザおよ

50

び干渉側の空間または時空シグネチャを推定することができる。これは、シグネチャ推定によりダウンリンクおよびアップリンクの重みの計算が容易になるので、有用である。受信空間シグネチャは、どのように基地局アレイが、いかなる干渉または他のサブスクライバ・ユニットもない状態で特定の遠隔（たとえば、サブスクライバ）ユニットから信号を受信するかを特徴付ける。特定のユーザの送信空間シグネチャは、どのようにこの遠隔ユーザが、いかなる干渉もない状態で基地局から信号を受信するかを特徴付ける。Barraatt他の「SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS」という名称の米国特許第5,592,490号、およびOttersten他の「SPECTRALLY EFFICIENT HIGH CAPACITY WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS WITH SPATIO-TEMPORAL PROCESSING」という名称の米国特許第5,828,658号を参照されたい。これらはいずれも本発明の譲受人に譲渡されており、これらの内容が参照により本明細書に組み込まれる。

10

【0006】

通信システムの信号送信および受信信号処理特性を修正するもう1つの方法は、無音期間を、送信信号において知られている位置に挿入することに基づいている。これは、この間隔中に受信された他のすべての信号エネルギーが干渉を構成すると仮定され、したがってオペレーション環境の特性を表すので有用である。Yun他の「ADAPTIVE METHOD FOR CHANNEL ASSIGNMENT IN A CELLULAR COMMUNICATION SYSTEM」という名称の米国特許出願第08/729,387号を参照されたい。これは本発明の譲受人に譲渡されており、この内容が参照により本明細書に組み込まれる。

20

【0007】

したがって、トレーニング・シーケンスおよび無音期間の手法は共に、知られている特性を有するデータを1セットのデータに挿入し、次いでこの知られているデータ（またはその欠如）が所望の環境を介した伝播後にどのように現れるかを観察することを含む。次いで、知られている送信データおよび受信データの形式の間の差異が使用されて、環境の特性が推定され、知られていない受信データの処理が改良される。これらの手法は共に有用であるが、これらには著しい欠点があり、これは両方の方法が信号上で貴重なスペクトル・バンド幅を消費し、これらが実際のデータを搬送しないからである。さらに、これらの方法には制限があり、これはスペクトル的かつ時間的にトレーニング・データまたは無音期間と重なり合う干渉を識別するための信頼性しかないからである。

30

【0008】

いわゆる「ブラインド」方法も知られており、送信信号の形成および受信信号の処理を改良するために使用される。このような方法は、幾何伝播モデル、サイクロステーションリティ(cyclo-stationarity)、一定エンベロープまたは有限アルファベットなど、受信信号の1つまたは複数の特性を使用して、所望のユーザ信号を干渉から分離する。次いで、結果として生じる推定信号および特性のためのパラメータが使用されて、アップリンクおよびダウンリンク信号処理戦略が公式化される。ブラインド方法は干渉環境における変化にロバストにตอบสนองすることができるが、これらの方法は、高い計算的負担、その上で干渉環境が実質的に一定のまま残る大量のデータの必要性、および「関連付け問題」を欠点として持つ。後者の問題は、受信データにおいて存在する通信波形のどれが関心のある信号であり、どれが干渉側によって生成されるものであるかを決定することを必然的に伴う。

40

【0009】

ブラインド重み決定方法は通常反復的である。いかなる反復的方法の収束の速度も、通常は、反復的方法における重みのために使用された初期値の質に依存する。1つの共通の手法は、先に決定された重みの値を使用することである。高速に変化する干渉環境では、このような重みのセットの質が、このセットが決定されたときから著しく低下される可能

50

性がある。

【 0 0 1 0 】

したがって、当技術分野において、送信あるいは受信された信号を処理するための知られている方法の制限を克服して、オペレーション環境における変化を考慮するための装置および方法のための必要性がある。これに関しては、トレーニング・データを必要としない装置および方法を有することが望ましい。適度なデータ計算要件を有し、干渉環境における大きい変化に対しても高速かつロバストに応答することができる装置および方法を有することも望ましい。反復的戦略決定のための初期状態として使用することができる処理戦略を、高速に計算することができる方法を有することも望ましい。

【 0 0 1 1 】

(概要)

本発明は、スマート・アンテナ素子を含む通信システムにおいて、適応的に送信信号を生成し、受信信号を処理するための装置および方法を対象とする。本発明は特に、適応アンテナ・アレイおよび適応スマート・アンテナ信号処理を利用して遠隔ユニットと通信する基地局での使用によく適合され、本発明はスマート・アンテナ・アップリンクまたはダウンリンク処理戦略、たとえば、複数のアンテナ素子によって受信あるいは送信された信号に適用される受信または送信または重みを修正するために使用される。発明の技術を使用して、1つまたは複数の干渉側に向けられた1つまたは複数のアンテナ・ビーム・ヌルを追加して、通信基地局と遠隔サブスクライバ・ユニットの間の通信を容易にすることができる。

【 0 0 1 2 】

受信信号を処理するとき、本発明の一態様は、トレーニングまたは他の特性情報が知られていない第2のセットの信号についての情報を、このような特性情報が知られている第1のセットの信号についての情報に、処理スキームを実行する前に組み込むことによって、既存の処理スキームを修正する。この手法を使用して、複数の各アンテナ素子から受信された信号に適用された受信処理戦略を、変化する干渉環境の存在を考慮するように修正することができる。たとえば、線形スマート・アンテナ処理では、この手法を使用して、複数の各アンテナ素子から受信された信号に割り当てられた相対的な重みを決定する受信重みを、変化する干渉環境の存在を考慮するように修正することができる。これにより、第2のセットのデータによって提供された追加の情報に基づいた受信処理戦略（たとえば、受信重み）の適応的な更新が可能となり、全体の処理スキームを第2のセットのデータに適用することに基づいて処理戦略（たとえば、受信重み）を決定するために必要とされるよりも速く、少ない計算リソースにより達成することができる。加えて、送信および受信環境の間のいくつかの関係を仮定すると、本発明を使用して、基地局によって使用された送信処理戦略（たとえば、送信重み）を修正することもできる。たとえば、アップリンクおよびダウンリンク周波数が同じであるシステムでは、相互関係を仮定することができる。アップリンクおよびダウンリンク周波数が、特定の遠隔ユーザとの通信について異なるシステムでは、より複雑な関係を、たとえば到着の方向を使用して決定する必要がある可能性がある。

【 0 0 1 3 】

したがって、本発明の一態様は、通信システムを操作する方法であって、これは、基地局および1つまたは複数の遠隔ユニットを含み、既存のアップリンク処理方法（たとえば、線形処理の場合、改良されたセットのアップリンク重み）またはダウンリンク処理方法（たとえば、ダウンリンク重みのセット）が修正されて、干渉環境が時間により変化するときシステム・オペレーションが改良される。詳細には、戦略または重みを過去の信号から計算するためのいずれかの方法が与えられると、本発明の一実施形態は、この方法が実行される前に、現在の信号のスケーリングされたバージョンを過去の信号に追加することによって、この方法を修正することを含む。これは現在の信号からの情報を処理スキームに導入し、重みの更新を最小限の計算リソースにより可能にする。他の修正も可能であり、これはたとえば、共分散行列に基づいた方法において共分散行列を修正することによ

10

20

30

40

50

る。このような修正は、現在のデータにおいてのみ現れ、過去にはない干渉を除去することで効果的であるが、同時に元の修正されていない方法と比較可能な性能を維持する。

【 0 0 1 4 】

計算された改良戦略を、反復的な重み決定方法のための初期状態として使用することもできる。

【 0 0 1 5 】

本発明は、知られている方法の制限を克服し、既存のアップリンクまたはダウンリンク処理方法のためのアンテナ素子ビームを変更するために（たとえば、ビーム・ヌルを追加するために）、トレーニング・データまたは他の基準信号決定が現在のデータにおいて必要とされず、計算要件が適度であり、この方法が干渉環境における大きい変化に対しても高速かつロバストに応答する。多数の場合では、本発明を、小さい修正を既存のシステムに行うだけで実施することができ、変化する干渉環境における性能を向上させるが、環境が静的なときは性能にごくわずかな影響しか与えない。最後に、本発明は、送信および受信周波数が同じである TDD システムにも、送信および受信周波数が特定の遠隔ユニットとの通信について異なる FDD (frequency domain duplexing) システムにも適用可能である。

【 0 0 1 6 】

本発明は、本発明の好ましい実施形態の説明からより完全に理解されよう。しかし、本発明の好ましい実施形態の説明は、本発明を特定の実施形態に限定するように解すべきではなく、説明のためのものであり、本発明の装置および方法のより良い理解を提供するためのものである。この好ましい実施形態は、添付の図を参照することでより良く理解することができる。

【 0 0 1 7 】

（好ましい実施形態の詳細な説明）

適応スマート・アンテナ処理

本発明は、干渉環境の変化の存在を考慮に入れる目的で、送信済み信号を定義し、または受信済み信号を処理するために通信局によって使用される送信重みまたは受信重みに警報を出すための処理方法と、それを実装するための装置を対象とする。本発明は、受信機、アンテナのアレイ、および受信済み信号の適応スマート・アンテナ処理のための手段を含む通信局で実装することができる。本発明は、送信機、アンテナのアレイ、および送信済み信号め適応スマート・アンテナ処理のための手段を含む通信局でも実装することができる。好ましい実施形態では、この通信局は、トランシーバと、アップリンクおよびダウンリンク適応スマート・アンテナ処理を共に実装する機能とを含む。

【 0 0 1 8 】

加入者（遠隔）ユニットから信号を受信するとき、各アンテナ・アレイ素子によって受信される信号は、適応スマート・アンテナ処理要素によって組み合わせられ、サブスクライバ・ユニットから受信される信号の推定が提供される。好ましい実施形態では、スマート・アンテナ処理は線形空間処理を含む。この線形空間処理では、アンテナ素子から受け取る複素数の値の（すなわち、同相 I 成分および直角位相 Q 成分を含む）信号がそれぞれ、重み係数によって振幅および位相で重み付けされ、次いでその重み付け信号が合計されて、信号推定が提供される。次いで、適応スマート・アンテナ処理方式（すなわち、戦略）を、1組のアンテナ素子ごとの複素数の値の重みによって記述することができる。Mをアンテナ素子の数として、これらの複素数の値の重みを、M個の要素の単一の複素数の値のベクトルとして記述することができる。したがって、線形の場合、スマート・アンテナ処理は1組の重みを決定するよう設計され、その結果、重みとアンテナ素子信号の積の和により、ある規定された「推定品質」尺度を満たす遠隔ユーザが送信した信号の推定が提供される。

【 0 0 1 9 】

この適応スマート・アンテナ処理の表現は、各アンテナ素子での信号が振幅および位相で重み付けされるのではなく、一般に時間均化の目的で複素数の値のフィルタによってフ

10

20

30

40

50

フィルタ処理される空間時間処理を含むように拡張することができる。このような方法では、各フィルタは、複素数の値の伝達関数またはコンボルビング関数 (convolving function) によって記述することができる。次いで、すべての要素の適応スマート・アンテナ処理を、M個の複素数の値の畳み込み関数の、複素数の値のMベクトルによって記述することができる。

【0020】

受信済み信号を処理する際に適用すべき重みづけベクトルを決定するためのいくつかの方法が周知である。これらの方法には、サブスクライバ・ユニットからの信号の到着方向を決定する方法と、サブスクライバ・ユニットの空間特徴または時空 (spatio-temporal) 特徴、例えば空間または時空シグネチャを使用する方法とが含まれる。例えば、本発明の譲受人に譲渡された、Roy他の、「SPATIAL DIVISION MULTIPLE ACCESS WIRELESS COMMUNICATION SYSTEM」という名称の米国特許第5515378号および5642353号を参照されたい。到着の方向を使用する方法に関して、この特許の内容を参照により本明細書に組み込む。上記で引用した、空間および時空シグネチャを使用する方法に関する米国特許第5592490号および第5828658号も参照されたい。

【0021】

「ブラインド」方法は、信号自体から重みを決定するが、トレーニング信号または無音期間などの先験的な知識を使用しない。すなわち、どの重みが周知のシンボル・シーケンスを最良に推定するかを判定しない (または期間無音の場合、周知のシーケンスが無い)。このようなブラインド方法は、一般に、サブスクライバ・ユニットによって送信される信号のある周知の特徴を使用し、推定される信号がこの特性を有するように制約することによって、使用するのに最良な受信重みを決定する。したがってこのようなブラインド方法は、特性復元方法と呼ばれる。

【0022】

特性復元方法は、2つのグループに分類することができる。単純特性復元方法は、例えば復調し、次いで再変調することによって、変調受信済み信号を完全に再構築することなく1つまたは複数の特性を復元する。より複雑な復元方法は、一般に受信済み信号の再構築に依拠する。

【0023】

特性復元方法は、必要な特性に制約される信号 (「基準信号」) を決定し、次いで、参照信号が遠隔ユーザによって送信される場合に、受信アレイのアンテナ素子での信号が実際に受信される信号に許容できる程度に「近く」なるように、基準信号に対応する1組の重みを決定する。単純復元方法の一例は、定率 (constant modulus) (CM) 方法であり、この方法は、例えば位相変調 (PM)、周波数変調 (FM)、位相シフト・キーイング (PSK)、および周波数シフト・キーイング (FSK) を含む、定率を有する変調方式を使用する通信システムに適用可能である。このCM方法は、非CM信号に適用可能であることも示されている。他の部分特性復元技法には、信号のスペクトル自己コヒーレンスなどの信号のスペクトル特性を復元する技法が含まれる。

【0024】

「決定指向」 (Decision directed) (DD) 方法は、受信済み信号のシンボル決定を行う (例えば復調する) ことによって基準信号を構築する。このような決定指向方法は、送信済みサブスクライバ・ユニット信号の変調方式が周知であるという事実を使用し、次いで必要な変調方式の特徴を有するように制約される信号 (基準信号) を決定する。このような場合、基準信号生成プロセスは、シンボル決定を行うことを含む。基準信号を生成し、遠隔ユーザによって装置された場合に、実際に受信される信号に許容できる程度に「近い」アレイのアンテナ素子で信号を生成する重みが決定される。例えば、Barratt他の、「METHOD & APPARATUS FOR DECISION DIRECTED DEMODULATION USING ANTENNA ARRAYS & SPATIAL PROCESSING」という名称の米国特許出

10

20

30

40

50

願第08/729390号、Petrus他の、「METHOD FOR REFERENCE SIGNAL GENERATION IN THE PRESENCE OF FREQUENCY OFFSETS IN A COMMUNICATION STATION WITH SPATIAL PROCESSING」という名称の米国特許第09/153110号を参照されたい。これらは共に本発明の譲受人に譲渡されており、これらの内容を、決定指向重み決定方法を使用するシステムの記載に関して、参照により本明細書に組み込む。

【0025】

前で触れたように、トレーニング・データ、すなわちそのシンボルが先験的に周知であるデータを使用する重み決定方式も周知である。次いで、このトレーニング・データ（場合によって、タイミング・オフセットまたは周波数オフセット、あるいはその両方が適用される）が基準信号として使用され、スマート・アンテナ処理戦略（例えば、重み）が決定される。したがって、基準信号ベースの方法は、基準信号がトレーニング・データを含むケース、基準信号が送信済み信号のある特性を有するように制約された信号を含むケース、および基準信号がシンボル決定を行うことに基づいて信号を構築することを含むケースを含む。

10

【0026】

非線形アップリンクおよびダウンリンク処理戦略も周知である。アップリンク方向では、このような方法は、一般に、通信局のアンテナ素子で受信される1組の信号から所望の遠隔ユーザによって送信されたシンボルの推定を決定するための復調および動作を含む。このような処理方式の周知の一例は、ブランチ・メトリックを使用するVetervilleアルゴリズムに基づく。これに関して、本発明は、重み決定を含む線形空間方法および時空方法に限定されず、重みの決定を必ずしも含まないVetervilleアルゴリズムおよびブランチ・メトリックに基づく非線型方法などの非線型方法にも同様に適用可能であることに留意されたい。

20

【0027】

上記の戦略計算方法は以下の要素を共通に有する。すなわち、これらの方法は、周知または決定された基準信号の使用を含み、受信済み信号データを処理することに基づいて戦略を決定し、かつ動作環境の1つまたは複数の態様、例えば、干渉する送信機の位置、数、および特徴、チャネルの特徴などを考慮に入れる。本明細書ではこのような動作環境を干渉環境と呼び、本明細書ではこのような戦略決定方法を「干渉緩和」重み決定方法と呼ぶ。

30

【0028】

理論的には、適応スマート・アンテナ処理により、複数の通信リンクが単一の「従来型」通信チャネル中に存在することが、従来型チャネルを共有するサブスクリバ・ユニットが空間的に（または時空的に）分解することができる限りにおいて可能となる。従来型チャネルは、周波数分割多重アクセス（FDMA）システム中の周波数チャネル、時間分割多重アクセス（TDMA）システム中の時間スロット（このシステムは通常FDMAも含むので、従来型チャネルは時間スロットおよび周波数スロットである）、およびコード分割多重アクセス（CDMA）システム中のコードを含む。次いで、従来型のチャネルは1つまたは複数の「空間」チャネルに分割されると言われ、従来型チャネルあたり複数の空間チャネルが存在するときに、この多重化は、空間分割多重アクセス（SDMA）と呼ばれる。本明細書では、SDMAは、従来型チャネルあたり1つの空間チャネル、および複数の空間チャネルのどちらも用いる適応スマート・アンテナ処理の可能性を含むように使用される。

40

【0029】

基地局アーキテクチャ

本発明の方法および機器の好ましい実施形態は、通信受信機、具体的には、アンテナ・アレイ中にM個のアンテナ素子を有する、図1に示すようなパーソナル・ハンディフォン・システム（PHS）ベースのアンテナ・アレイ通信局（トランシーバ）中に実装される

50

。PHS規格は、例えば電波産業会（ARIB、日本）の予備規格、第2版、RCR STD-28に記載されており、変形形態が、PHS Memorandum of Understanding Group（PHS MoU - <http://www.phsmou.or.jp>を参照）の技術規格に記載されている。本発明の好ましい実施形態を、一方ではM=4の低移動度PHSシステムに照準を当て、他方ではM=12の無線ローカル・ループ（WLL）システムに照準を当てる、図1の通信局の2つのバージョンで実装することができる。

【0030】

図1に示すのと同様のいくつかの要素を有するシステムを従来技術とすることができるが、本発明の方法を実装することができる要素131および133を有する図1のシステムなどのシステムは従来技術ではない。本発明は、PHSエア・インターフェースまたはTDMASystemを使用することに制限されず、IS-95エア・インターフェースを使用するCDMAシステムと、共通GSMエア・インターフェースを使用するシステムとを含む適応スマート・アンテナ処理手段を含むどんな通信受信機の一部としても使用することができることに留意されたい。

【0031】

図1のシステムでは、送受信（「TR」）スイッチ107は、Mアンテナ・アレイ103と、送信エレクトロニクス113（1つまたは複数の送信信号プロセッサ119およびM個の送信機120を含む）および受信エレクトロニクス121（M個の受信機122および1つまたは複数の受信信号プロセッサ123を含む）の両方との間に接続される。スイッチ107は、送信モードの際にはアンテナ・アレイ103の1つまたは複数の要素を送信エレクトロニクス113に、受信モードの際には受信エレクトロニクス121に選択的に接続するために使用される。スイッチ107の2つの可能な実装は、周波数分割二重（FDD）システム中の周波数送受切換器、および時間分割二重（TDD）システム中の時間スイッチである。

【0032】

本発明の好ましい実施形態のPHS形成はTDDを使用する。送信機120および受信機122は、アナログ・エレクトロニクス、デジタル・エレクトロニクス、またはその2つの組み合わせを使用して実装することができる。受信機122の好ましい実施形態は、信号プロセッサ123に供給されるデジタル化信号を生成する。信号プロセッサ119および123は、本発明の方法を実装するためにソフトウェアおよび/またはハードウェアを組み込み、静的（常に同じ処理ステージ）、動的（所望の指向性に応じて処理を変更する）、またはスマート（受信済み信号に応じて処理を変更する）とすることができる。本発明の好ましい実施形態では、プロセッサ119および123はアダプティブである。信号プロセッサ119および123は、受信および送信のための異なるプログラミングを有する同一のDSP装置、または異なる装置、あるいはある機能に関しては異なり、他の機能に関しては同一である装置とすることができる。この実施形態では、要素131および133は、それぞれダウンリンクおよびアップリンク処理に関する本発明の方法を実装するためのものであり、処理方法を実装するためのプログラミング命令を含む。

【0033】

図1は、同一の受信および送信の両方について同一のアンテナ素子を使用するトランシーバを示すが、送受信のための別々のアンテナを使用することもでき、かつ受信または送信だけができる、あるいは送受信をすることができるアンテナを適応スマート・アンテナ処理で使用できるとは明らかであることに留意されたい。

【0034】

このPHSシステムは、真時間分割二重（true time division duplex）（TDD）を有する8スロット時間分割多重アクセス（TDMA）システムである。したがって、8つの時間スロットは、4つの送信（TX）時間スロットおよび4つの受信（RX）時間スロットに分割される。これは、どの特定のチャネルに対しても、受信周波数が送信周波数と同一であることを意味する。これは、受信時間スロットと送信

時間スロットの間のサブスクライバ・ユニットの最小の運動を仮定して、相互関係、すなわちダウンリンク（基地局からユーザの遠隔端末へ）およびアップリンク（ユーザの遠隔端末から基地局へ）についての伝播経路が共に同じであることも意味する。好ましい実施形態で使用される P H S システムの周波数バンドは、1 8 9 5 ~ 1 9 1 8 . 1 M H z である。8つの時間スロットはそれぞれ、6 2 5 マイクロ秒長である。この P H S システムは、その上で呼出し初期化が行われる制御チャンネルのための、専用の周波数および時間スロットを含む。リンクが確立された後、呼出しが定期的な通信のためのサービス・チャンネルに渡される。通信はどのチャンネルでも、「フル速度」と呼ばれる毎秒 3 2 k ビット (k p b s) の速度で行われる。フル速度未満の通信も可能であり、フル速度未満の通信を組み込むために、本明細書で説明する実施形態を修正する方法の詳細は当業者には明らかである。

10

【 0 0 3 5 】

好ましい実施形態で使用される P H S では、バーストは、単一時間スロットの間にエアを介して送受信される有限期間 R F 信号として定義される。グループは、1組の4つの T X および 4 つの R X 時間スロットとして定義される。グループは常に第 1 T X 時間スロットで始まり、その時間枠は $8 \times 0.625 = 5 \text{ m s e c}$ である。

【 0 0 3 6 】

この P H S システムは、ベースバンド信号に対して (/ 4 微分 4 次 (または直角位相) 位相ずれキーイング (/ 4 D Q P S K)) 変調を使用する。ボー・レートは 1 9 2 k ボーである。したがって毎秒 1 9 2 0 0 0 個のシンボルが存在する。

20

【 0 0 3 7 】

図 2 は、本発明の方法を実装するための 1 組の命令を実行することができる信号プロセッサを含むトランシーバのより詳細なブロック図である。これは図 1 のシステムの低移動度 P H S システムでの使用に適したバージョンである。図 2 では、複数の M 個のアンテナ 1 0 3 が使用され、この場合 M = 4 である。より多くの、または少ないアンテナ素子を使用することもできる。アンテナの出力は、送受切換器スイッチ 1 0 7 に接続される。送受切換器スイッチ 1 0 7 はこの T D D システムでは時間スイッチである。受信時には、アンテナ出力はスイッチ 1 0 7 を介して受信機 2 0 5 に接続され、R F 受信機モジュール 2 0 5 によって搬送波周波数 (約 1 . 9 G H z) から中間周波数 (「 I F 」) にアナログでミックスダウンされる。次いでこの信号は、A - D 変換器 (「 A D C 」) によってデジタル化 (サンプリング) される。次いでこの結果は、デジタル・ダウンコンバータ 2 1 3 によってダウンコンバートされ、4 倍にオーバーサンプリングされた複素数の値の (位相 I および直角位相 Q) サンプリング信号が生成される。したがって、要素 2 0 5、2 0 9、および 2 1 3 は、図 1 の受信機 1 2 2 で見つけることができる要素に対応する。M 個の受信時間スロットごとに、M 個のアンテナからの M 個のダウンコンバートされた出力が、次の処理のためにデジタル信号プロセッサ (D S P) 装置 2 1 7 (以下では「時間スロット・プロセッサ」と呼ぶ) に供給される。好ましい実施形態では、市販の D S P デバイスは、受信時間スロットごと、空間チャンネルごとに 1 つ、時間スロット・プロセッサとして使用される。

30

【 0 0 3 8 】

時間スロット・プロセッサ 2 1 7 はいくつかの機能を実行し、その機能は、以下を含むことができる。受信済み信号出力の監視、周波数オフセット推定 / 補正およびタイミング・オフセット推定 / 補正、スマート・アンテナ処理 (本発明により、特定の遠隔ユーザからの信号を決定するために、アンテナ素子ごとの受信重みを決定することを含む)、および決定した信号の復調である。図 2 の実施形態での各時間スロット・プロセッサ 2 1 7 で実装される、本発明のアップリンク処理方法のバージョンをブロック 2 4 1 として示す。

40

【 0 0 3 9 】

時間スロット・プロセッサ 2 1 7 の出力は、M 個の受信時間スロットごとの復調データ・バーストである。このデータは、その主な機能がシステムのすべての要素を制御すること、より高レベルの処理 (すなわち P H S 通信プロトコルで定義される異なる制御および

50

サービス通信チャネルで、通信のために必要な信号が何であるかを扱う処理)とのインターフェースとなることである。ホストDSPプロセッサ231に送られる。好ましい実施形態では、ホストDSP231は市販のDSP装置である。本発明の一実装では、時間スロット・プロセッサ217は、決定された受信重みをホストDSP231に送る。望む場合、この受信重みは、具体的にはホストDSP231中に実装されるソフトウェアによって決定することもできることに留意されたい。

【0040】

RFコントローラ233は、ブロック245として示すRF送信要素へのインターフェースとなり、送信要素およびモデムの両方で使用されるいくつかのタイミング信号も生成する。RFコントローラ233は、そのタイミング・パラメータと、バーストごとの他の設定を、ホストDSP231から受け取る。

10

【0041】

送信コントローラ/変調器237は、ホストDSP231から送信データを受け取る。送信コントローラ237は、このデータを使用してアナログIF出力を生成し、このアナログIF出力はRF送信機(TX)モジュール245に送られる。送信コントローラ/変調器237によって実行される特定のオペレーションは、データ・ビットを複素数の値の(/ 4 DQPSK)変調信号に変換すること、中間周波数(IF)にアップコンバートすること、ホストDSP231から得られる複素数の値の送信重みによって重みづけすること、送信すべき信号をD-A変換器(「DAC」)を使用して変換し、送信モジュール245に供給されるアナログ送信波形を形成することを含む。

20

【0042】

本発明のダウンリンク処理方法は、図2のホストDSP231の実施形態で実装され、ブロック243として示される。代替バージョンでは、ダウンリンク処理方法は、時間スロット・プロセッサ217で実装され、別のバージョンでは、送信コントローラ/変調器237で実装される。

【0043】

送信モジュール245は、信号を伝送周波数にアップコンバートし、信号を増幅する。増幅した伝送信号出力は、送受切換器/時間スイッチ107を介してM個のアンテナ103に結合される。

【0044】

30

本発明の方法を説明する際に、以下の表記法を使用する。M個のアンテナ素子(一実装では $M=4$ であり、別の実施形態では12である)を仮定し、 $z_1(t)$, $z_2(t)$, ..., $z_M(t)$ を、ダウンコンバージョンの後、すなわちベースバンドで、かつサンプリングの後(好ましい実施形態では4倍のオーバーサンプリング)の、それぞれ第1、第2、..., 第Mアンテナ素子の複素数の値の応答(すなわち、同相I成分および直角位相Q成分を有する)であると仮定する。上記の表記法では、本発明に関しては必ずしも必要ではないが、 t は離散的である。これらのM個の時間サンプリングした量を、 $z(t)$ の第 i 行が $z_i(t)$ である単一Mベクトル $z(t)$ によって表すことができる。バーストごとに、サンプルの有限数、例えばN個が収集され、その結果 $z_1(t)$, $z_2(t)$, ..., $z_M(t)$ をそれぞれN行ベクトルとして表すことができ、 $z(t)$ を $M \times N$ 行列Zによって表すことができる。以下で提示する詳細な説明の大部分では、サンプルの有限数を取り込むことの詳細が周知であると仮定する。これらの詳細を含める方法は当業者には明らかであろう。

40

【0045】

信号が、 N_s 人の遠隔ユーザから基地局に送信されると仮定する。具体的には、関心あるサブスクライバ・ユニットが、信号 $s(t)$ を送信すると仮定する。本発明の好ましい実施形態で使用される線形適応スマート・アンテナ処理は、送信済み信号 $s(t)$ の推定を抽出するために、受信済みアンテナ素子信号 $z_1(t)$, $z_2(t)$, ..., $z_M(t)$ のI値およびQ値の特定の組み合わせを取ることを含む。このような複素数の値の重みは、第 i 要素が w_{ri} である複素数の値の重みベクトル w_r によって示される、特定のサブ

50

スクライバ・ユニットに関する受信重みベクトルによって表すことができる。次いで、遠隔ユニットからの送信済み信号の推定を以下のように表すことができる。

【数 1】

$$s(t) = \sum_{i=1}^M w'_{ri} z_i(t) = w_r^H z(t) \quad (1)$$

上式で、 w'_{ri} は w_{ri} の複素共役であり、 w_r^H は、受信重みベクトル w_r のエルミート転置行列である（すなわち、転置して複素共役をとったもの）。式（1）は、コピー信号オペレーションと呼ばれ、このようにして得られた信号推定 $s(t)$ はコピー信号と呼ばれる。

10

【0046】

式 1 によって記述される空間処理は、 M ベクトル信号 $z(t)$ の N 個のサンプルと、送信済み信号 $s(t)$ の N 個のサンプルが推定される場合に、ベクトル形式に書き直すことができる。この場合、 s を $s(t)$ の N 個のサンプルの $(1 \times N)$ 行ベクトルと仮定する。次いで、式 1 のコピー信号オペレーションを $s = w_r^H Z$ と書き直すことができる。

【0047】

時空処理を含む実施形態では、受信重みベクトル中の各要素は時間の関数であり、その結果重みベクトルを、第 i 要素が $w_{ri}(t)$ である $w_r(t)$ として表すことができる。次いで信号の推定は以下のように表すことができる。

20

【数 2】

$$s(t) = \sum_{i=1}^M w'_{ri}(t) * z_i(t) \quad (2)$$

上式で、演算子「 $*$ 」は、畳み込みオペレーションを表す。時空処理は、時間均化と空間処理を組み合わせることができ、特に広帯域信号に対して有用である。時空処理を使用して信号の推定を形成することは、周波数（フーリエ変換）領域で同じように実施することができる。 k を離散的周波数値として、 $s(t)$ 、 $z_i(t)$ 、および $w_{ri}(t)$ の周波数領域表現を、それぞれ $S(k)$ 、 $Z_i(k)$ 、および $W_i(k)$ によって表すと、

30

【数 3】

$$S(k) = \sum_{i=1}^M W'_{ri}(k) Z_i(k) \quad (3)$$

【0048】

時空処理では、式（2）の畳み込みオペレーションは、通常有限であり、サンプリング・データに対して実行したときは、空間処理と、有限数のイコライザ・タップを有する時間領域イコライザを使用する時間均化とを組み合わせることと同等である。すなわち、 $w_{ri}(t)$ は、有限数の t の値を有し、同様に、周波数領域では、 $W_i(k)$ はそれぞれ有限数の k 値を有する。畳み込み $w_{ri}(t)$ の長さが K である場合、複素数の値の M 重みベクトル w_r を決定するのではなく、その列が $w_r(t)$ の K 値である複素数の値の $M \times K$ 行列 W_r を決定する。

40

【0049】

あるいは、空間重み決定方法は、異なるサイズの行列およびベクトルによって問題を再表現することにより、重み行列による時空処理について修正することができる。この説明全体では、 M をアンテナ素子の数とし、 N をサンプルの数とする。 K をアンテナ素子あたりの時間イコライザ・タップの数とする。 $(M \times N)$ 受信済み信号行列 Z の N 個のサン

50

ルの各行ベクトルは、第 1 行のシフト化バージョンの K 個の行として書き直すことができ、サイズ $(MK \times 1)$ の受信済み信号行列 Z が生成され、サイズ $(MK \times 1)$ の重みベクトルのエルミート転置行列によって事前に乗算されるときに、 N 個のサンプルの推定受信済み信号行ベクトルが生成される。したがって、時空間問題は、重みベクトル決定問題として表現し直すことができる。

【0050】

例えば、共分散ベースの方法について、重みベクトルはサイズ $(MK \times 1)$ の「長い」重みベクトルであり、共分散行列 $R_{zz} = Z Z^H$ はサイズ $(MK \times MK)$ の行列であり、アンテナ信号 Z と、 $(1 \times N)$ 行ベクトル s によって表されるある信号との相関は、サイズ $(MK \times 1)$ の長ベクトル $r_{zs} = Z s^H$ である。「長い」重みベクトル中の再配列項により、必要な $(M \times K)$ 重み行列が提供される。

10

【0051】

適応スマート・アンテナ処理を使用するダウンリンク（または送信）処理戦略には、アンテナ信号（必須ではないが通常はベースバンド内で）の集合を形成することによって、ベクトル s $(1 \times N)$ による有限サンプル例中に示される信号を通信局から特定の遠隔ユーザに送信することが含まれる。線形スマート・アンテナ処理は、アンテナ信号を、

$$Z = w_t s$$

として決定する。上式で、 w_t は、ダウンリンク（または送信）重みベクトルである。同じ（従来型）チャネルを介して複数の遠隔ユーザに送信するために $SDMA$ が使用されるとき、異なる遠隔ユーザに向けられる異なる信号 s_i 用の $w_{ti} s_i$ の和が、 M アンテナ素子が送信するように形成される。

20

【0052】

例えばダウンリンク重み w_t を決定することを含めてダウンリンク戦略は、それを、例えばアップリンク重みなどのアップリンク戦略と校正データとに基づいて実施できることに留意されたい。この状況で、校正とは、異なるアンテナ素子に対する受信電子経路と送信電子経路における差分のことである。ダウンリンク戦略は、遠隔ユーザの送信空間シグネチャを使用することによって、または他の周知の方法によってアップリンク戦略から検出することもできる。ここでもまた、線形空間処理と線形時空処理の両方に重みベクトル公式を使用することができる。

【0053】

30

本発明の以下の説明で、複素数の値の受信または送信重みベクトル w またはその要素に言及する場合、それらは空間処理に対する重みである場合と、重み行列 W を決定するために前述の時空処理を組み込むために生成する場合があることを理解されたい。したがって、本明細書では、空間処理と時空処理の両方を線形適応スマート・アンテナ処理と呼ぶ。しかし、本発明は、例えばブランチ・メトリックと共にピタビ・アルゴリズムを使用する戦略などの非線形処理戦略にも適用可能である。本発明の好ましい実施形態は、受信データを次の 2 つのタイプのうちの 1 つと想定することによって好都合に説明することができる。すなわち、基準信号（または他の特性情報）が入手可能な一次データと、基準信号が入手可能な場合と入手不可能な場合のある二次データである。一次データは、ある種の周知の処理戦略（例えば、重み）決定プロセスで使用されるデータであり、本発明の 1 つの目的は、一次データに適用されたときに周知の処理で必要となる演算ステップのすべてを実行せずに、「二次」データを使用することによって、例えばより最近のデータに関してこの処理を適応するように更新または改善することである。

40

【0054】

例えば、二次データは現在のバーストまたは将来のデータ・バースト（恐らくは新しいチャネル上）のペイロードから送られる場合がある。一次データに対する基準信号源は、本発明の方法が適用される特定の周知の戦略（例えば、重み）決定プロセスに基づいており、それは、限定的ではないが、直前の CM 方法反復または DD 反復からのものか、またはトレーニング・データである場合がある。したがって、本発明は、概して、修正された、または適応可能な送受信スマート・アンテナ処理戦略演算方法（例えば、重み決定方法）

50

を対象としており、ここでは、既存の戦略演算方法を実行する前に二次データの総計が一次データに結合される。これで、一次データに戦略演算方法を実行する前に追加情報を一次データに組み込むことが可能になる。線形処理の場合、結果は、二次データが一次データとどのように異なるかに関する情報、例えば干渉環境から生じる変化を組み込む更新された重みの集合である。

【 0 0 5 5 】

本発明の好ましい実施形態は、入力として基準信号と受信したアンテナ信号とを使用し、干渉を緩和するために、受信したアンテナ信号データ内に存在する干渉環境を考慮するアップリンクまたはダウンリンク処理戦略を演算する方法を改善する。当業者には周知の通り、干渉を緩和する戦略決定方法は、受信したアンテナ・データの1つまたは複数の特性機能を明示的または暗黙的に使用する。周知の方法に基づいて、一次データ・セット、二次データ・セット、またはこれらの両方は、周知の方法がその演算のために使用する1つまたは複数の特定の特性機能に明示的に縮小することができる。例えば、入力の空間または時空分散行列を使用する方法の場合、データは、データの空間または時空分散行列に縮小することができる。他の方法は他のプロパティに基づくことができ、その場合、入力信号データは、周知の戦略が使用する特定機能またはプロパティに縮小することができる。さらに他の方法は、受信信号のある特徴（例えば、時空共分散）に暗黙的に基づいているが、共分散などの特徴の明示的な推定を必要としない。

【 0 0 5 6 】

以下のいくつかの議論は受信戦略と送信戦略の両方に適用されるが、重みベクトル w などの数量では「 r 」や「 t 」の下付き文字は省略する。このような下付き文字は、アップリンクとダウンリンク処理を識別するために明示的に使用される場合があり、それらの付加は文脈から当業者には明らかになる。

【 0 0 5 7 】

1つまたは複数の特性機能に基づく処理方法に対する本発明の応用例

本発明のいくつかの実施形態は、戦略決定演算が受信信号データの1つまたは複数の特性機能の演算および操作に基づく戦略（例えば、重み）決定を含む処理戦略に適用することができる。そのような一例は、戦略決定がデータの共分散行列の決定に基づくものである。次にこの実施形態をさらに詳細に説明する。

【 0 0 5 8 】

Z を、必須ではないがベースバンドであることが好ましい受信アンテナ・アレイ信号とする。 s_1 を N_1 サンプルの $(1 \times N_1)$ 基準信号ベクトルとする。基準信号 s_1 は周知のトレーニング・シーケンスであってよく、あるいは決定指向方法においては、加入者ユニットによって送信される信号と同じ周知の変調構造を有するように構築された信号であってよく、またはプロパティ回復方法の場合は、必要となるプロパティを有するように構築された信号であってよい。次の周知の最小二乗 (MSE) 手法は、最小化問題を解決することによってアップリンクまたはダウンリンクの重みを演算する。

【 数 4 】

$$w = \operatorname{argmin}_w \|w^H Z - s_1\|^2 = (R_{ZZ})^{-1} r_{Zs} = (ZZ^H)^{-1} Zs_1^H, \quad (7A)$$

上式で、 $R_{ZZ} = ZZ^H$ はアンテナ信号の共分散行列であり、 $r_{Zs} = Zs_1^H$ はアンテナ信号と基準信号との間の相互相関である。したがって、重みの演算は、アンテナ素子で受信した信号と基準信号とに対応するデータを有することを必要とする。実際には、これは通常、基準信号データを識別し、それをデータ・バーストから抽出し、受信した信号に対する共分散行列をデータ・バースト形式で形成し、相互相関の項を形成し、重みに関して解くことを必要とする。

【 0 0 5 9 】

本発明は、基準信号が入手可能でない信号から導き出した情報を組み込むことによってこの重み決定プロセスを変更し、基準信号を含む信号を処理するために必要となる演算オーバーヘッドなしに更新された重みの集合を提供する。したがって、例えば、基準信号データを識別および抽出し、データの第1の集合に対する共分散項を形成し、データの第1の集合に対する相互相関項を形成するステップは、重みを更新するときに反復する必要はない。これは、受信したデータの処理に改善をもたらしながら、重みの新しい集合を提供するときに必要となる演算ステップを大幅に低減する。

【0060】

実際には、例えば、モバイルPHSでは演算電力が限られているため、 R_{ZZ}^{-1} を決定するためには、受信した信号バーストをマーク付けする960という少数のサンプルしか使用されない。さらに、サンプルは、オーバーサンプリングされるのではなく、ボー・ポイントで決定される。重みを決定するために少数のサンプルだけを使用することによって、本明細書で「オーバートレーニング」と呼ぶ事象が生じる。これは、重みは、基準信号を含むデータ上では良好に機能するが新しいデータ上では良好に機能しない、すなわち、重みは所望の信号エネルギーを抽出し、干渉を阻止する反面、重みは新しいデータ上では不十分にしか機能しないということである。この状況で役立つ場合のある最小二乗手法の改善には、「ダイアゴナル・ローディング」(例えば、B. L. Carlsonの「Covariance matrix estimation errors and diagonal loading in adaptive arrays」IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, vol. 24, no. 4, 1988年7月、参照のこと)と呼ばれるプロセスが含まれる。このプロセスによって、ダイアゴナル調節が、以下のように追加される。

【数5】

$$w = (ZZ^H + \gamma I)^{-1} Zs_1^H, \quad (7B)$$

上式で、 γ は、Zにおける統計的変動に対する感度を低減することによって、最小二乗解法の性能を向上させるために使用される小さな調節可能な因数である。ダイアゴナル・ローディングは、行列中の予想されるいかなる不良な条件付け、すなわち、その固有値の1つがゼロまたはゼロに近似のため問題になる危険性のある行列の逆転に対処する方法でもあるということに留意されたい。

【0061】

本発明の方法は、前記の手法を以下のように修正する。 Z_1 が、基準信号 s_1 が入手可能である受信信号サンプルから構成されているとする。本発明においては、 Z_1 を一次データと呼ぶ。 Z_2 は基準信号が入手不可能な(または少なくとも抽出されない)受信信号サンプルから構成されており、すなわち、これは二次データと呼ばれる。行列 Z_1 と基準信号ベクトル s_1 は、同じ数、 Z_1 と s_1 のそれぞれにおけるサンプル数として、例えば列の N_1 を有する。この数は、必須ではないが、通常は、入手可能な入力サンプル数の合計よりも少ない。

【0062】

一実施形態では、 Z_1 および Z_2 は同じデータ・バーストから獲得することができ、基準信号 s_1 は受信した信号データ Z_1 中に含まれるトレーニング・データである。これはZ中のすべてのトレーニング・データである必要はないということに留意されたい。この状況で、 Z_1 はトレーニング・データ s_1 を含有するバースト・データZの一部であり、 Z_2 はバーストのこれ以外の部分にあるものである。

【0063】

代替実施形態では、 Z_1 は基準信号 s_1 を抽出するために既に処理済の前のバーストから獲得され、 Z_2 は未処理の新しい(恐らく後の)データ・バーストの中にあるものである。他の代替形態も可能である。本発明の方法の好ましい実施形態は、二次データからの情

10

20

30

40

50

報を、周知の処理戦略演算（例えば、重み決定）方法によって使用される一次データに追加する。具体的には、本発明の好ましい実施形態は、更新された重みを次のように演算する。

【数 6】

$$\mathbf{w} = (\mathbf{Z}_1 \mathbf{Z}_1^H + \gamma \mathbf{I} + \beta \mathbf{Z}_2 \mathbf{Z}_2^H)^{-1} \mathbf{Z}_1 \mathbf{s}_1^H,$$

上式で、 γ は調節可能な因数である。二次データ中に新しい干渉がないときは重みの性能を低下させるほど大きくはないが、重みが次データ \mathbf{Z}_2 に存在する干渉に応答するに十分な大きさになるように γ は設定される。この制約により、 γ の異なる値の好ましさをテストする手段が、恐らくは反復的な方法で提供される。

10

【0064】

重みが干渉に適切に応答したかどうかを決定する 1 つの方法は、所望の信号（基準信号に対応する \mathbf{Z}_1 中の信号と同じ構造で）と干渉信号（ \mathbf{Z}_2 に存在する干渉と同じ構造で）の両方を含有する三次データに重みを適用するものである。その結果生じる信号特性を推定し、 γ の特定値の干渉 - 拒絶性能の測度とすることができる。信号特性の測定および推定方法は周知であり、改善された信号推定方法および装置は、本発明の譲受人に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれた、米国特許出願第 09 / 020、049 の、Yun による「POWER CONTROL WITH SIGNAL QUALITY ESTIMATION FOR SMART ANTENNA COMMUNICATION SYSTEMS」に開示されている。

20

【0065】

同様に、新しい干渉がない場合は、性能が低下した重みを γ の値が生成するかどうかを決定する 1 つの方法は、重みを \mathbf{Z}_1 に適用し、その結果生じる信号特性を推定するというものである。PHS に適用される好ましい実施形態では、 $\gamma = 0$ に対する信号特性の平均損失が 1.0 dB より少ない場合、これは許容可能と見なされる。

【0066】

好ましい PHS の実施形態では、 γ の値は 1 / 16 に設定される。 γ を 2 のべき数に等しく選択することにより、この方法の実施は簡約化される。 γ 用の最適な設定は、限定的ではないが、正常な復調のために必要な目標信号対干渉 + 雑音比 (SINR)、 \mathbf{Z}_1 および \mathbf{Z}_2 中の入手可能なデータ・サンプル数、重みを修正するためにさらに反復が使用されるかどうかを含むいくつかの要因に基づく。

30

【0067】

γ 用の優れた設定は、実験的に決定することができる。あるいは、 γ は、 \mathbf{Z}_2 内の任意の所望の信号成分の電力が \mathbf{Z}_1 にある雑音電力より小さくなるよう、十分に小さく選択することもできる。この基準、すなわち、変化する干渉環境がない状態で信号特性を保存するために役立つ基準によると、目標 SINR が大きいほど、 γ は小さくしなければならない。反面、 γ は、戦略生成方法が干渉を認識しこれに応答することができるほどに大きくななければならない。好ましい最小二乗実施形態では、干渉に対する重みの感度は \mathbf{Z}_1 中のサンプル数に従って高まり、サンプル数が増加するに従って γ を低減することができる。

40

【0068】

二次データの作用を組み込んだ重みを決定する方法の一応用例は、反復戦略決定方法内で使用するための初期戦略を提供することである。好ましい実施形態の PHS システムのようにバーストごとに通信するシステムでは、重み決定のために反復方法を使用する場合があり、従来技術では、重みの初期値は直前バーストから決定される重みである場合がある。本明細書で説明するどの実施形態を使用しても、新しい（二次）データを考慮することによって、使用される初期値は改善することができ、重みの改善された初期集合を生成することができる。

50

【0069】

さらなる反復が使用されるとき（例えば、第1の反復と同じ重み計算方法を、好適には $= 0$ と共に、あるいは全く異なる反復重み計算方法と共に使用するとき）、より大きな初期値を選択することができる。干渉環境が変化しないとき、これは信号特性の低下と引き換えに干渉阻止性能を高める。この信号特性の損失は後続の反復によって逆転させることができる。この場合、に対する1つの有用な制約は、第1の反復後の信号特性を、後の反復が迅速に収束することができるよう十分に高くするということである。収束のための正確な条件は、反復方法に基づくものである。

【0070】

この方法には多くの修正形態が可能であり、本発明のこの態様の範囲に含まれるものである。一般に、例えば空間（または時空）共分散またはサイクロステーションナリ時空共分散である可能性のある1つまたは複数の特性機能を入力として使用するいかなるアップリンク（すなわち、受信）処理方法をも修正することができる。図3に、従来技術として示し、本明細書で説明する修正形態のない唯一の従来技術である重み決定方法および装置を示す。戦略（例えば、重み）演算方法305が使用する1つまたは複数の特性機能は、1つまたは複数の特性機能推定器303によって一次データ Z_1 から抽出される。戦略演算方法305は、1つまたは複数の推定された特徴を一次データおよび基準信号と共に使用する。場合によっては、基準信号が一次データから決定される必要がある可能性があることに留意されたい。このような基準信号抽出プロセスを図4に示す。基準信号抽出プロセスは、特定のプロパティを有するようにデータを制約するプロセスの場合であっても、メモリから一次データ内にあることが知られているトレーニング・データを呼び出すことであってもよい。基準信号は、また、適応スマート・アンテナ処理に適応スマート・アンテナで受信した信号から1つの信号を推定することを必要とする場合もあり、すべてのこのような実施形態を図4の概略ブロック図に組み込んだ。以後、本明細書で基準信号に言及する際は、基準信号抽出プロセスは、それが明示的に図示されているか否かに関わらず、戦略決定プロセス全体に含まれうることを理解されたい。

【0071】

1つまたは複数の特性機能に基づく戦略決定方法を修正することを含む本発明の一態様を図5に示す。ここで、戦略演算方法505によって使用される推定された1つまたは複数の特性機能は、 Z_2 で示す二次データから獲得した情報を組み込むように特性機能推定器およびコンバイナ503によって修正される。ブロック503の結合は、例えば、調節可能な因数によってパラメータ化されて、二次データからの調節可能な情報量を含む修正された1つまたは複数の特性機能を生成し、戦略演算ブロック505に供給されることが好ましい。図5の構成の一実施形態を図6に示す。ここで、二次データと一次データは両方とも、それぞれの1つまたは複数の特性機能推定器603および605にそれぞれ入力され、その結果生じる二次データおよび一次データの1つまたは複数の特性機能は、それぞれ、次式に従ってコンバイナ607により結合される。

$$\text{Modified_character_feature} = \text{Modified_character_feature}_1 + \text{Modified_character_feature}_2$$
上式で、下付き文字1と2は一次データと二次データとを示しており、は調節可能な因数である。

【0072】

本発明の代表的な応用例と同様、直前のバーストから獲得されたデータから決定されるダウンリンク重みを決定する周知の方式に関して改善が求められていると仮定する。現在のバースト（二次データ）中に受信されたデータに基づく干渉緩和方法を導入することが望ましい。しかし、周知の方式の受信重み決定部分が必要とする演算を完全に実行するだけの十分な演算電力は使用可能でないと仮定する（または、演算速度のためには、演算全体を実行せずに受信重みを更新する方法を有することが望ましい）。

【0073】

本発明のもう1つの応用例は、音声途切れた期間中はバーストが伝送されない「不連

10

20

30

40

50

続伝送」の概念をサポートするエア・インターフェース・プロトコルに対するものである。このようなエア・インターフェースの場合、所望のユーザ信号と干渉信号が断続的に受信され、バーストには、所望のユーザ信号だけを含有するバースト、干渉信号だけを含有するバースト、これらの両方を含有するバースト、どちらも含有しないバーストがある。さらに複雑化させる要因として、所与のバーストで所望のユーザに信号を送信するという決定は、以前受信したバーストがそのユーザからの信号を含有しているか否かと無関係であってよい。これらの条件下における有用なダウンリンク伝送戦略は、所望のユーザに対してビームを向け、最後のいくつかのバースト中に受信したすべての干渉信号、例えば N_T バーストに向けてヌルを向けるというものである。実際にこの戦略を実施するダウンリンク重みは、 Z_1 を、所望のユーザからの信号を含有する最後に受信したバーストと等しく設定し、 Z_2 を、所望のユーザからの信号を含有していない最後の N_T 内のそれらのバーストの接続と等しく設定することによって演算することができる。代替の簡約化された実施形態では、 Z_2 は、所望のユーザ信号を含有するか否かに関わらず、 N_T 最近のバーストの接続と等しく設定される。したがって、この実施形態では、一次データは、遠隔ユーザが無線局にデータをそこから送信している受信した信号データを含み、その結果、スマート・アンテナ処理戦略はビームを遠隔ユーザに向け、ヌルを二次データに含まれる干渉信号に向ける。

【0074】

換言すると、一態様において、本発明の方法は、変化する動作環境（例えば、一次データと二次データで異なる可能性のある干渉信号源の存在）を考慮するために、一次データに基づく戦略演算方法によって使用される項に二次データに関する情報を導入することによって、スマート・アンテナ戦略演算（例えば、重み決定）プロセスを更新するように設計されている。

【0075】

したがって、これから説明するすべての本発明の実施形態では、アンテナ・アレイ素子からの、 s_1 で示す基準信号と、受信信号入力、例えば一次データ Z_1 とに基づいてアップリンク戦略またはダウンリンク戦略を演算する周知の戦略（例えば、重み）決定プロセスが使用される。この戦略演算方法には干渉緩和が含まれる。すなわち、これは、一次データ Z_1 において干渉環境を考慮するということである。このような戦略決定方法を図 11 に示す。図 11 は、従来技術と示されているが、これは本明細書で説明する修正形態のない従来技術だけである。通常、基準信号は図 4 に示す様に第 1 のデータの集合から抽出される（この場合、第 1 のデータの集合にどのトレーニング・データが含まれるかの認識を含む）。図 3 は、図 11 のシステムの 1 つの事例であり、ここで、本発明の方法は、第 1 のデータの集合の特性機能のうちの少なくとも 1 つを入力として明示的に使用するので、図 3 では、第 1 のデータの集合は、データの 1 つまたは複数の特性機能（例えば、共分散、共分散行列の主成分、データの特定機能、等々）を獲得するためにさらに操作を受け、次いで、周知の戦略（例えば、重み）決定方法内で明示的に使用される。周知の演算戦略は次の 2 つのプロパティを優先的に有する。すなわち、1）干渉緩和を含む、すなわち、干渉する遠隔ユーザ（ヌル配置）と送受信する電力を低減させることによって干渉信号への感度を低減させ、また、2）所望の信号源または目標とほぼ共線の干渉信号源または目標（すなわち、干渉信号源と実質的に同じシグネチャを有する遠隔ユーザ）は、実際には演算される戦略の結果に影響しない。これらのプロパティは、例えば、SINR を最大化するよう試みる戦略を演算する基準信号に基づく方法では共通である。

【0076】

本発明によれば、図 12 に示すように、周知の戦略演算方法への入力は、第 1 のデータの集合の基準信号と、第 1 のデータの集合と第 2 のデータの集合から構成される結合になるように修正される。図 5 は、図 3 に示すシステムの修正形態である図 12 のシステムの一実施形態であり、図 6 は、図 5 に示すシステムをさらに洗練させた形態である。

【0077】

図 6 のシステムを、重みの集合に従って線形適応処理であるこの戦略の事例と、一次デ

ータ Z_1 から演算される空間共分散行列 $R_{ZZ} = Z_1 Z_1^H$ を明示的に使用する重み決定方法である戦略演算方法に適用することによって、特定の実施形態は、二次データから獲得される情報を組み込むために空間共分散行列 R_{ZZ} 項を変更してそのような重み決定方法を修正することによって本発明を実施する。そのようなある修正形態は、次式に示す、更新された（すなわち、修正された）空間共分散行列を生成する。

【数 7】

$$\bar{R}_{zz} = (Z_1 Z_1^H + \beta Z_2 Z_2^H)$$

10

上式で、 Z_2 は二次データおよび β は調節可能な因数である。好ましい実施形態では、本発明が適用される重み決定方法は、一次データ Z_1 から演算される空間共分散行列 $R_{ZZ} = Z_1 Z_1^H$ と、これもまた一次データから演算される基準信号相互相関 $r_{zs} = Z_1 s_1^H$ とを入力として使用するということに留意されたい。

【0078】

図 7 は、本発明の方法の共分散に基づく第 1 の実施形態を実施する際に、受信データに適用される信号処理オペレーションの一部を示すブロック図である。この図では、使用する重み決定方法は、共分散を使用して空間（または時空間の）重みを決定するものを想定している。この重みは例えば、2 次データか、または 3 次データと呼ばれる新しい（例えば将来の）データの信号コピー・オペレーションを行うための、アップリンク重み、またはそれに代わるダウンリンク重みである。

20

【0079】

本発明の一実施形態によると、知られている手法を修正して、更新された重み値が、現在のバーストで受信したデータを使用して干渉の緩和を取り入れるようにする。必要とされる本発明の計算は、2 次データの共分散を推定して、その調整可能な一部分を、1 次データから決定した共分散推定値に加算することを含む。図 7 に示すように、1 次データを処理して、その共分散 R_{ZZ1} を推定する。2 次データを処理して、その共分散 R_{ZZ2} を推定する。次いで、2 次データから得た共分散を調整可能係数でスケールして、 R_{ZZ2} を形成する。次いでこの積を共分散項 R_{ZZ1} に加算して、重み決定方法のための共分散項入力（ $R_{ZZ1} + R_{ZZ2}$ ）を得る。図に示すように、基準信号（1 次データに基づく）を重み決定方法に入力することに留意されたい。

30

【0080】

この他の共分散行列の修正も可能であり、本発明の範囲内にあることに留意されたい。例えば、図 8 に示すように、 R_{ZZ1} に加算する量は $p p^H$ でもよい。 p は $Z_2 Z_2^H$ の主成分（最大の固有値）である。この手法が有用なのは、強力な干渉側からの信号が 2 次データ中にある可能性がある場合である。別の代替法では、 R_{ZZ1} に加算される量は、例えば $Z_2 Z_2^H$ の第 1 の P 主成分が張る部分空間を使用することによる、 R_{ZZ2} のいくつかの最大固有値によって定義される部分空間への $Z_2 Z_2^H$ の射影である。この方法では、2 次データ中の P 最強の干渉側によって定義される部分空間にヌルを加え、2 次データ中の P 最強の干渉側の方向にヌルを加えるように作用する。

40

【0081】

さらに別の代替法では、2 次共分散行列のスケラブルな部分を第 1 の行列に加えることにより 1 次データおよび 2 次データを取り入れる代わりに、2 つのデータ・セットからの寄与を結合する他の方法を使用することができ、そのような非加法的な結合方法も本発明の範囲内にある。説明のための例として、1 次データおよび 2 次データの因数への行列因数分解を行い、その結果得られた因数をいくつかの方法の一方法によって結合して、結合した共分散行列を形成することを含む、結合方法を次いで説明する。この因数分解には、一般化された特異値分解（SVD）を使用する。よく知られるように（例えば、G. H. Golub および Charles F. Van Loan 著「Matrix Computations 第 3 版」（メリーランド州ボルチモア、ジョン・ホプキンス大学出版

50

、1996年)の定理8.7.4を参照のこと)、1次データ行列 $Z_1 (M \times N)$ および2次データ行列 $Z_2 (M \times N)$ を同時に対角化する、可逆行列 $X (M \times M)$ およびユニタリ行列 U_1 および $U_2 (N \times M)$ が存在する。すなわち、

$$X Z_1 U_1 = \text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_M)$$

$$X Z_2 U_2 = \text{diag}(\beta_1, \dots, \beta_M)$$

となり、 $\text{diag}(\lambda_1, \dots, \lambda_M)$ は、対角項目 $\lambda_1, \dots, \lambda_M$ を有し、別な箇所にゼロを有する $(M \times M)$ の行列を表す。修正された共分散は、

【数8】

$$R_{zz} = X^{-1} \text{diag}(\max(\lambda_1^2, \beta_1^2), \max(\lambda_2^2, \beta_2^2), \dots, \max(\lambda_M^2, \beta_M^2)) X^{-1H},$$

10

として計算され、 $\max(a, b)$ は a および b の最大値を表す。

【0082】

この他にも多くの因数結合方法が可能である。例えば、 $\max(a, b)$ は、何らかの一般的な「combine(a, b)」オペレーションに置き換えることができ、この場合、 a および b および因数は、因数の大きさの平方を結合している。例えば、 $\max(|\lambda_i|^2, |\beta_i|^2)$ オペレーションは、一般化された幾何平均 $(|\lambda_i|^2)^{(1-\alpha)} (|\beta_i|^2)^\alpha$ に置き換えてもよい。これらの一般化はすべて、図9Aのブロック図によって説明することができる。図9Aで、「共分散推定器およびコンバイナ」と表したブロックは、1次データと2次データの何らかの一般的な結合を形成して、修正された共分散を形成するように作用する。修正された共分散は次いで、戦略(例えば重み)決定方法で使

20

【0083】

代わりの一般的なコンバイナは、図9Aに示したコンバイナの特別なケースと見なすことができ、これを図9Bに示す。このバージョンでは、1次データおよび2次データの共分散推定値を得て、コンバイナ(一般的には非加法コンバイナ)が修正済みの共分散を形成し、パラメータが相対量を決定する。例えば、コンバイナは、各共分散推定値の行列因数分解を形成し、次いで上記で説明したアクタ(actor)結合方法「combine(a, b)」のうち任意のもので、因数分解の結果得られた因数を結合することができる。当業者には明らかであるように、因数が共分散行列である場合には、絶対値および平方項はない。

30

【0084】

雑音+干渉+信号の共分散行列 R_{zz} ではなく、 R_{vv} と表される、雑音+干渉の共分散行列を使用するアップリンク処理方法も知られている。このような方法は、1次データ(信号+干渉+雑音を含む)、および1次データに基づく基準信号、または1次データに基づく基準信号を使用して R_{vv} を決定する、雑音+干渉の共分散推定値を使用することを含む。このような処理法に使用する本発明の一実施形態を図10のブロック図に示す。図10は、 R_{zz} の代わりに R_{vv} を使用する、そのような R_{vv} に基づく技術に適用される本発明の方法の一実施形態を示している。図に示すように、1次データから得た R_{vv} について、

40

【数9】

$$\tilde{R}_{vv} = (R_{vv} + \beta Z_2 Z_2^H)$$

によって記述される修正が行われ、 β はこの場合も調整可能パラメータである。例えば、2次データからの主成分か、または R_{zz2} の調節可能部分の加算以外の何らかの結合方法を使用して、 R_{vv} に上記のような代替修正を行ってもよい。

【0085】

信号注入方法

50

本発明の別の実施形態は、例えば、 R_{VV} または R_{ZZ} のような空間（または時空間の）共分散行列を明示的に推定しないなど、戦略計算方法に基づく1つまたは複数の特性機能の推定値を必ずしも明白に計算しない、処理戦略（例えば重み）決定方法に適用することができる。ただしこの実施形態は、共分散行列に基づく方法など、推定値を明示的に計算する方法にも適用することができる。

【0086】

図11の概略的ブロック図はこのような方法に適用することができ、本発明の一態様によるその方法の変更例は図12に示す通りである。

【0087】

以下に説明する「注入信号」の実施形態は、所望のユーザに対して共線的な信号はいずれも、アップリンクおよびダウンリンクの戦略には実質的に影響しないという、知られている戦略計算方法の一般的特性を利用するものである。2次データに基づく追加の信号 Z_2 が、（例えば など、何らかの調節可能パラメータとともに）1次信号 Z_1 に注入される（それにより、 $Z_1 + Z_2$ の形式の項を形成する）とする。通例は、注入された信号は干渉成分および所望の遠隔ユーザ送信器からの成分の両方を有するが、それは2次データなので、（所望ユーザの）基準信号はこの2次データのものではない。したがって、注入された信号の所望部分でさえ、所望の信号に対して共線的な干渉に見える。ただし、最小平方誤差（MSE）またはアップリンク戦略のSINR性能は、所望の信号に共線的な干渉によっては実質的に影響されないため、SINRを最大にしようとする戦略計算方法は、重ね合わせた信号中の所望のユーザ成分にตอบสนองして、その戦略（例えばその重み決定）を実質的には変更すべきではない（干渉保持成分にตอบสนองしてのみ戦略を変更する）。

【0088】

「アップリンク戦略を計算する方法」とは、次のように動作する方法を指すことに留意されたい。この方法の入力は、受信信号および基準信号のサンプルである。この方法の出力は、アップリンク処理戦略、または戦略を定義するパラメータ・セットである。優先的には、アップリンク戦略はコピー信号を生成するための線形フィルタリングであり、次いで、決定指向の復調を行う。この場合、アップリンクの空間処理の場合、コピー信号オペレーションは $s = w^H z$ によって記述され、パラメータは、必要な線形フィルタである（これは、空間または時空間処理の場合には重みベクトル w を含む）。例えば、本発明の所有人が所有するPetrus他による米国特許出願第09/153,110号「METHOD FOR REFERENCE SIGNAL GENERATION IN THE PRESENCE OF FREQUENCY OFFSETS IN A COMMUNICATIONS STATION WITH SPATIAL PROCESSING」を参照されたい。この出願は本発明の譲受人に譲渡され、その内容は参照により本明細書に組み込む。

【0089】

これに代わる非線形のアップリンク戦略は、雑音 + 干渉の共分散行列から計算したブランチ・メトリックを用いるビタビ（Viterbi）のシーケンス検出を含み、この場合のパラメータは雑音 + 干渉の共分散行列推定値である。以下で、よく知られるビタビのシーケンス検出法をどのように戦略決定に適用できるかを明らかにする。通信波形 $s(t)$ は、QAM、PSK、DQPSKなどの有限アルファベットとする。受信したアンテナ信号の一般モデルは次のものである。

【数10】

$$z(t) = \begin{bmatrix} a_1(t) \\ a_2(t) \\ \vdots \\ a_M(t) \end{bmatrix} * s(t) + v(t) = \mathbf{a}(t) * s(t) + v(t)$$

10

20

30

40

この場合、 $a(t)$ は時空間シグネチャであり、 $v(t)$ は結合された雑音 + 干渉である。本明細書の上記で論じたように、このモデルはベクトル方程式

$$Z = a s + v$$

に簡約することができる。知られているように、このモデリング想定においては、 v を時間的に白色雑音としてモデルすると追加的に想定する場合には、最大尤度のシーケンス検出器を以下のように構築することができる。説明の方法は、この白色雑音の想定に依存するものではないことに留意されたい。白色雑音の想定下で ML となる単純化した受信器は、 v が白色雑音ではない、より一般的な実用ケースでも良好に機能する。この方法は以下のように進行する。

1. 例えば最大尤度基準を使用して、シグネチャ・ベクトル a を推定する。この解は
【数 1 1】

$$\hat{a} = Z s_R^H (s_R s_R^H)^{-1}$$

として知られ、 s_R は信号 Z の基準信号である。

2. 基準信号、および推定した符号 a^\wedge (注: \wedge はその前の文字の上に付く) を使用して、空間 (雑音 + 干渉) 共分散行列 R_{VV} を推定する。例えば、まず雑音 + 干渉を $(Z - a^\wedge s)$ として推定し、次いで $R_{VV} = (Z - a^\wedge s)(Z - a^\wedge s)^H$ を使用する。

3. R_{VV} を使用し、「平方根」方法を用いて雑音 + 干渉を空間的に白色化する。すなわち、

【数 1 2】

$$\tilde{Z} = R_{VV}^{-1/2} Z.$$

を形成する。

【0 0 9 0】

このオペレーションの結果、チャネルを形成する白色化したアンテナ信号を、

【数 1 3】

$$\tilde{Z} = \tilde{a}s + \tilde{v},$$

としてモデルすることができ、ここで、 $\tilde{v} = R_{VV}^{-1/2} v$ は空間的にも時間的にも白色雑音であり、 $\tilde{a} = R_{VV}^{-1/2} a^\wedge$ となる。(注: ローマ字の後ろについている「 \sim 」はその前のローマ字の上に付く)

【0 0 9 1】

ここで、問題を言い直すと、適切なブランチ・メトリックを用いるピタビ・アルゴリズムなどの標準的なシーケンス検出技術を使用することができる、白色雑音における標準的なマルチセンサ検出の問題となる。例として、このような非線形の方法を説明する、1986年3月発刊の IEEE Transactions on information theory vol. IT-32, No. 2, pp. 195~219 の、J. W. Modestino および V. M. Eyuboglu による「Integrated multi-element receiver structures for spatially distributed interference channels」を参照されたい。さらに、タイミング回復、位相および周波数補正、およびエラー補正の方法を、有利にシーケンス検出に組み合わせられることは明らかであろう。

【0 0 9 2】

信号注入方法の一実施を、図 13 のブロック図に示す。図に示すように、知られているアップリンクまたはダウンリンクの戦略 (例えば重みの送受信) 決定方法では、データをバースト単位で送受信するシステムに適用する場合、アンテナ・アレイ入力 (図には「1 次データ」と表示)、および過去の 1 つまたは複数のバーストからの基準信号を用いて、

10

20

30

40

50

現在のバーストのアップリンクまたはダウンリンクの戦略を計算することが好ましい。本発明の一態様によると、現在のアレイ入力（一般には任意の２次データ）のスケールしたバージョンを、戦略を計算する前に過去のアレイ入力に加算することにより、過去のアレイ入力（一般には任意の１次データ）を修正する。したがってこの場合は、重み決定計算の一部として（基準信号とともに）使用される入力「信号」は、１次データおよび２次データの線形結合になる（例えば、 $\text{Data}_{\text{primary}} + \text{Data}_{\text{secondary}}$ ）。

【００９３】

状況によっては、例えば２次データが１次データよりも少ないなど、１次データと２次データの量が異なると、図１３に示す方法は、状況に対処するために図にはない追加の機能ブロックを必要とする場合もあることに留意されたい。このような場合は、１次データの量を減らして２次データの量と等しくするか、または２次データの量を例えばデータ反復によって拡張することができる。データ（１次でも２次でも量が少ない方）を拡張する際の主要基準は、戦略生成方法で使用されるデータの性質（「１つの特性機能」または「複数の特性機能」）をいずれも維持することである。このようなデータ量を等しくするブロックは図１３には示していないが、ブロックが必要な場合にそれを本発明の方法の一部として含む方式は当業者には明らかであろう。

【００９４】

図の注入が加算であることに留意されたい。これは実施が最も容易であるためである。量が変動する２次信号の注入には、変形例が可能であることは明白である。例えば、非加算の結合手段など何らかの他の手段が、例えば他の目的にすでに利用できる場合には、加算器の代わりに、そのような結合手段を使用して信号を注入することが有利であろう。こうした変形例はすべて本発明の範囲内にあり、その変形例をどのようにして含むかは当業者には明らかであろう。

【００９５】

この方法を一般化したものを図１４に示す。これは例えば、等しくないデータ量に対処するための代替方式としてもよい。また、この方法はデータ減少方法としても使用することができる。図１４の実施形態はフィーチャ・エキストラクタを含み、これは２次データに作用して、アップリンク（またはダウンリンク）の戦略ジェネレータが依拠する１つまたは複数のフィーチャを抽出する。例えば、これは空間（または時空間）の共分散でも、またはサイクロステーションナリの時空間共分散でもよい。この実施は一般には信号合成器を含み、これは、戦略ジェネレータが２次データとして（明示的にまたは暗黙的に）使用する特性機能と同一の１つまたは複数の特性機能を有する信号（例えば合成信号）を生成する。生成される信号は例えばランダム信号でよい。生成される信号は、例えば経験的な共分散行列などによって測定する、２次データ（例えば現在のアレイ入力）と同じ時空間特性を有するべきである。この方法の利点は、既存のハードウェアまたはソフトウェアが、潜在的に大きな信号を、ある場所から他の場所にコピーすることに直ちに適応しなくてよい点である。このような場合には、単にその共分散を２次プロセッサに送信する方が速い可能性がある。抽出されるフィーチャが、２次データ自体である場合もあることに留意されたい。この場合には信号合成器はトリビアルになり、図１４の実施は図１３の実施になる。

【００９６】

この信号注入方法は、先に説明したどの実施形態でも使用することができる。これらの方法では、注入される信号は、２次データの一部でも、または２次データと同じ時空間的性質を有する合成的に生成されたデータでもよい。図１５は、処理戦略ジェネレータに適用された本発明の方法の実施形態を示すブロック図であるが、ここでは、基準信号、１次データ、および共分散推定値を使用し、また共分散推定値は２次信号の干渉緩和効果を含むように修正されている。この修正は、１次データ自体ではなく、共分散推定値のデータの信号注入バージョン（すなわち１次データと２次データの線形結合）を使用して行う。

【００９７】

図16は、処理戦略ジェネレータに対する本発明の方法の一実施形態を示すブロック図である。ここでは、基準信号、1次データ、および雑音+干渉共分散推定器（これは1次データおよび基準信号を使用して、雑音+干渉の共分散を推定する）を使用する。この計算は図のように、1次データ自体ではなく、雑音+干渉の共分散推定値のデータの信号注入バージョン（すなわち、1次データと2次データの線形結合）を使用することにより、2次信号の干渉緩和効果を含むように修正することができる。

【0098】

図17は、非線形戦略ジェネレータに適用した、本発明の方法の一実施形態を示すブロック図である。ここでは戦略ジェネレータが復調段階を含む。これは、例えばブランチ・メトリックに基づいて動作する、ビタビ・アルゴリズム・ベースのデコードでよい。本発明では、2次データの注入に基づく修正によって修正した雑音+干渉の共分散を復調器に供給し、これを「3次データ」と呼ぶ何らかの新しいデータに適用する。復調器は、2次データが、2次データ自体を含む適切なビーム形成情報を提供するデータにはいずれも作用できることは明白である。すなわち、復調器は共分散項を使用するので、3次データは、2次データと実質的に類似する共分散構造を有するデータをいずれも指すことになる。この場合の復調器は、共分散情報を使用して入力データ、この場合は3次データを「白色化」する（すなわち相互関連を解除する）ビタビ・アルゴリズム・ベースの復調器でよい。代替例では、基準データを使用してチャネルを推定してもよく、基準データはビタビ法で必要とされる形で復調器に提供することができる。

【0099】

信号注入方法は、2次信号（または2次データから生成される信号）の一部分を1次データに加算することを含むことが好ましいが、他の非加法的な結合方法も本発明の範囲内にあることに留意されたい。例えば、結合の一方法には、1次データおよび2次データの因数への行列因数分解を行い、その結果得られた因数を結合して結合信号を形成することが含まれる。因数分解は、本明細書の上記で説明した一般化した特異値の分解でよい。「 $\text{combine}(\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2; \mathbf{w})$ 」を使用して、それぞれ1次データの行列 \mathbf{Z}_1 および2次データの行列 \mathbf{Z}_2 の因数 \mathbf{u}_i と \mathbf{v}_i の結合を定義し、 \mathbf{w}_i が2次データの相対量を定義する場合、いくつかの可能性には次が含まれる。

$$\begin{aligned} \text{combine}(\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2; \mathbf{w}) &= (\mathbf{u}_i^{(1-\mathbf{w}_i)} \mathbf{v}_i^{\mathbf{w}_i}), \text{ および} \\ \text{combine}(\mathbf{z}_1, \mathbf{z}_2; \mathbf{w}) &= \max(\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i) \end{aligned}$$

【0100】

図18は、3次データの処理に使用する、本発明の方法の一般的な応用例を示すブロック図である。図18に示すように、アップリンク戦略ジェネレータ（例えば重み決定法）は、（1次データから得られる）基準信号およびデータ・セットに基づく。本発明によると、戦略ジェネレータに入力されるデータは、1次データと2次データの結合である。戦略ジェネレータの出力は、3次データの処理に使用されるパラメータ・セットである。線形空間処理の場合、このパラメータは重みのセットである。戦略ジェネレータによって生成されるパラメータを較正データと結合して、ダウンリンク・データを処理するためのダウンリンクの戦略パラメータを生成することに留意されたい。

【0101】

本発明の方法にはこの他にも多くの応用例が存在する。別の代表的な実施例として、良好な基準信号がバーストの一部にしか得られない場合に、受信バーストのシーケンスについて、アップリンクの処理用重みを決定するという問題を検討したい。不良の基準信号が生じるのは、例えば決定指向の反復方法を使用して、受信データから基準信号を抽出する場合である。場合によっては、反復は収束できないこともあり、あるいは所望のユーザに対応しない基準信号に収束することもある。好ましいPHS実施形態では、この「偽の」収束を検出する方策は、各PHSバースト中にある16ビットの周期的冗長検査（CRC）を使用して、破損がないかバーストのペイロードを検査するものである。CRCテストに失格した場合、基準信号は破損しており、将来の重み計算には不适当であると判断される。例えば、「MULTIMODE ITERATIVE ADAPTIVE SMART

10

20

30

40

50

「ANTENNA PROCESSING METHOD & APPARATUS」という名称の米国特許出願第09/286,135号を参照されたい。この出願は本発明の譲受人に譲渡され、参照により本明細書に組み込まれる。本明細書では、このような失格は、検出方法に関係なく基準信号の破損と呼ぶ。

【0102】

現在のバーストに使用する初期重みを選択する際、従来技術の方法では、最も新しいバーストから計算した古い重みを再使用してCRCテストを通過することにより、以前のバーストでのCRCの失格に対応している。しかし、古い重みは、新しい干渉側からの干渉を緩和しない。重みが古くなるのに従い、新しい干渉側が出現し、不良に処理されたバーストの長いシーケンスを引き起こす可能性が高くなる。本発明の方法の一態様はこの制限を克服することであり、これには、最も新しいバーストおよび基準信号を1次データとして使用して、例えばCRCテストなどの基準信号選択テストを通過し、未処理の現在のバーストを2次データとして使用する。したがって、本発明のこの態様は、基準信号の破損から回復すると同時に、変化する干渉環境において干渉を拒絶する方法を提供する。

【0103】

性能

図19および図20は、本発明の好ましい実施形態の利点を表している。これは、方程式7Aに説明した共分散に基づく重み計算と合わせた線形アップリンク処理を含む。図はそれぞれ2つの性能曲線を示している。1つは、通常の最小2乗法によって決定するアップリンク重みを使用する従来技術の場合であり、もう一方は本発明の方法の場合である。性能は、線形アップリンク・プロセッサの出力における、干渉+雑音比(SINR)に対する平均信号について測定している。性能曲線はモンテ・カルロ法、すなわち多数の無作為かつ独立の信号実現を平均化することによって計算している。

【0104】

これらのシミュレーションは、バースト単位の通信を使用する、8素子アンテナを備える通信局の場合である。処理後のデータ・バーストは、88の独立した時間サンプルから構成される。シミュレーションを実行するごとに、2バーストのデータが処理される。1次バースト Z_1 は、時空間的に白色の相加性ガウス雑音においては単一のユーザからなり、

$$Z_1 = a_u s_u + n_1$$

ここで、 a_u は 8×1 のユーザ空間シグネチャ・ベクトルであり、 s_u は、ユーザの 1×88 の送信信号波形であり、 n_1 は 8×88 のガウス雑音サンプルの行列である。2次バースト Z_2 は1次バーストと同様の構成であるが、干渉側が加算される。すなわち、

$$Z_2 = a_u s'_u + a_i s_i + n_2$$

となり、 s'_u は所望ユーザの送信波形であり、 s_i は干渉側の送信波形であり、 n_2 はガウス雑音であり、 a_i は干渉側空間シグネチャである。ユーザおよび干渉側は、正規化された0.5の点乗積を有するように選択される。

【数14】

$$\frac{|a_u \cdot a_i|}{\|a_u\| \|a_i\|} = 0.5.$$

【0105】

従来技術の重み計算法では、

【数15】

$$w = (Z_1 Z_1^H)^{-1} Z_1 s_u^H,$$

を使用してアップリンクの重みベクトル w を計算するが、ここで検討している本発明の態様では、

【数 1 6】

$$\mathbf{w} = (\mathbf{Z}_1 \mathbf{Z}_1^H + \beta \mathbf{Z}_2 \mathbf{Z}_2^H)^{-1} \mathbf{Z}_1 \mathbf{s}_u^H,$$

によってアップリンクの重みを計算し、 $\beta = 1 / 16$ である。どちらの場合でも、ユーザ信号 \mathbf{s}_u^H を抽出するために、重みを 2 次データに適用する。したがって、アップリンク処理後の所望の信号電力は

【数 1 7】

$$P_u = 10 \log_{10} \|\mathbf{w}^H \mathbf{a}_u \mathbf{s}_u^H\|^2 \text{ dB},$$

10

になり、干渉 + 雑音の電力は、

【数 1 8】

$$P_{n+i} = 10 \log_{10} \|\mathbf{w}^H (\mathbf{a}_i \mathbf{s}_i^H + \mathbf{n}_2)\|^2 \text{ dB},$$

になり、S I N R はデシベルで $P_u - P_{n+i}$ となる。

【0 1 0 6】

図 19 は、1 に等しいユーザと干渉側の電力比 (C / I 比すなわち C I R) を維持しながら、所望ユーザの電力 (すなわち S N R) を変えることの効果を示している。図から分かるように、従来技術の方法で生じる S I N R は S N R に関係なく不十分であるが、本発明の方法のこの実施形態では、入射信号電力に伴って増加する改良された S I N R を生じている。

20

【0 1 0 7】

図 20 は、所望ユーザの S N R を 15 dB に保ちながら、C / I 比を変えることの効果を示している。従来技術の方法の性能は、本発明のこの実施形態よりも一様に悪く、C / I が減少するか、またはそれに相当する干渉側電力が増加すると、デグラデーションがより著しくなる。

【0 1 0 8】

30

本発明の一態様は、基地局から遠隔ユーザに送信する信号の形成中に、アンテナ信号セットの形成に適用されるスマート・アンテナ処理戦略 (例えば重み) の送信または受信を決定するプロセスを適合させながら更新するための、または受信信号を処理して、遠隔ユーザから基地局に送信された信号を推定するための装置および方法である。戦略計算プロセスの更新は、変化する動作環境に適合させるために、アンテナ素子のアレイのアンテナ・ビーム形成 (およびヌル形成) 特性を変化させるのに使用することができる。動作環境の変化には、例えば干渉源となる送信器の位置、数、または作動の違い、チャネル特性の変化などがあり、これらはデータ・バーストによって異なることがある。このような変化する動作環境を、変化する干渉環境と呼ぶ。一実施形態では、第 2 のデータ・セットのスケールしたバージョン、または第 2 データ・セットの特性を取り入れることにより、知ら

40

れている処理戦略計算方法への入力として使用されるデータ・セットを変更する。第 1 のデータ・セットとスケールしたバージョンの第 2 データ・セットとの結合は、入力としての第 1 データ・セットの使用に代わる、知られている処理戦略計算方法への入力である。したがって、その結果得られる処理戦略計算方法は、第 2 のデータ・セットから得た情報を取り入れるが、第 2 データ・セットを完全に処理するのに必要とされる計算オーバーヘッドがないように変更される。

【0 1 0 9】

本発明の装置および方法は、新しい干渉側の波形はいずれも明示的に識別する必要がなく、また 2 次データ中の干渉側、例えば現在のバーストから所望の遠隔ユーザ信号を分離することを試みる必要がないことに留意されたい。例えば、信号注入実施形態では、2 次

50

データのスケーリング、およびスケールしたそのデータと１次データの結合以外の計算は行われない。

【０１１０】

また、本発明の各種実施形態は、アンテナ素子で受信した信号を処理するアンテナ素子のアレイを有する無線受信器、または送信する信号を処理して、アンテナ素子が送信する信号を形成するためのアンテナ素子のアレイを有する無線送信器にも使用することができることに留意されたい。したがって、用語「無線局」は一般に、アンテナ素子のアレイを有する受信器にも、アンテナ素子のアレイを有する送信器にも、送受信両方のためのアンテナ素子のアレイを有する送受信器にも使用することができる。

【０１１１】

本明細書で使用した用語および表現は、説明のための用語として使用しており、制限的なものではない。そのような用語および表現の使用には、図示および説明したフィーチャの同等物、あるいはその部分を排除する意図はない。特許請求する本発明の範囲内で、様々な修正例が可能であることが認識される。

【図面の簡単な説明】

【図１】 本発明の方法を実装するのに適した要素を含むマルチアンテナ・トランシーバ・システムの機能ブロック図である。

【図２】 本発明の方法を実装するための１組の命令を実行することができる信号プロセッサを含むトランシーバのより詳細なブロック図である。

【図３】 データの第１セットの１つまたは複数の特徴機能の推定を使用する戦略計算方法および装置を示すブロック図である。

【図４】 本発明の実施形態のいずれかで使用することができる基準信号ジェネレータを示すブロック図である。

【図５】 本発明の一実施形態による図３の方法および装置の修正形態を示すブロック図である。

【図６】 本発明の実施形態を実装するときの、受信済みデータに適用される信号処理オペレーションの一部を示す、図３の別の修正方法および装置を示すブロック図である。

【図７】 共分散ベースの処理戦略に適用される本発明の方法の実施形態を示すブロック図である。

【図８】 本発明の方法の別の実施形態を実装するときの、受信済みデータに適用される信号処理オペレーションの一部を示すブロック図である。

【図９】 本発明の方法の別の実施形態を実装するときの、受信済みデータに適用される信号処理オペレーションの一部を示すブロック図である。

【図１０】 雑音プラス干渉共分散ベースの処理戦略に適用される本発明の方法の実施形態を実装するときの、受信済みデータに適用される信号処理オペレーションの一部を示すブロック図である。

【図１１】 データの第１セットと、データの第１セットに対する基準信号とを入力として有する戦略計算方法および装置を示すブロック図である。

【図１２】 本発明の態様による図１１の方法および装置の修正形態を示すブロック図である。

【図１３】 処理戦略に適用される本発明の方法の信号射出ベースの実施形態を示すブロック図である。

【図１４】 処理戦略に適用される本発明の方法の合成信号射出特徴抽出実施形態を示すブロック図である。

【図１５】 基準信号と、主データと、第２信号の干渉緩和効果を含むように信号射出によって修正される共分散推定とを使用する処理戦略ジェネレータに適用される本発明の方法の実施形態を示すブロック図である。

【図１６】 本発明の方法の信号射出実施形態の、基準信号、主データ、および雑音プラス干渉共分散推定器を使用する処理戦略ジェネレータへの応用例を示すブロック図である。

。

10

20

30

40

50

【図 17】 復調ステージを含む非線形戦略ジェネレータに適用される本発明の方法の信号射出実施形態を示すブロック図である。

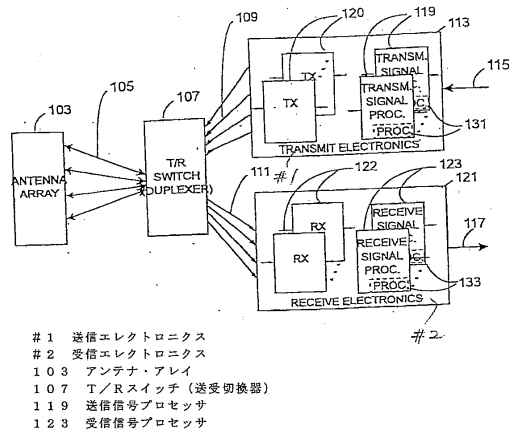
【図 18】 第 3 データを処理するために使用される、本発明の方法の信号射出実施形態の一般的応用例を示すブロック図である。

【図 19】 従来技術のアップリンク重み決定方法と、本発明の一実施形態による方法との性能の比較を示し、ユーザと干渉側の出力の比 (C/I 比すなわち CIR) を一定に保つ間の、所望のユーザの C/I 比の変化の効果を示す図である。

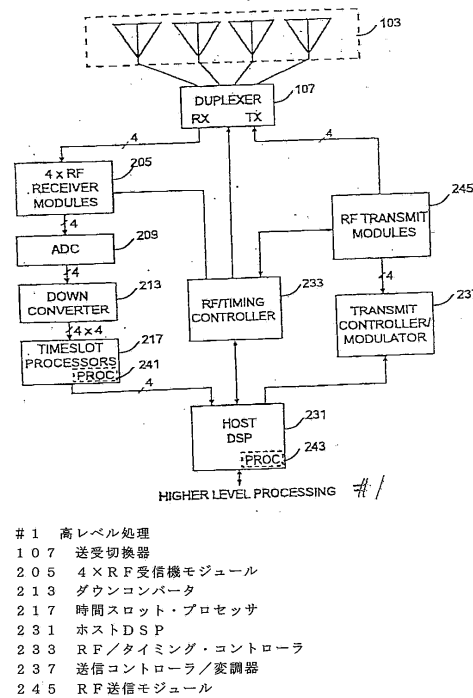
【図 20】 従来のアップリンク重み決定方法と、本発明の一実施形態による方法との性能の別の比較を示し、所望のユーザの SNR を一定に保つ間の、 C/I 比の変化の効果を示す図である。

10

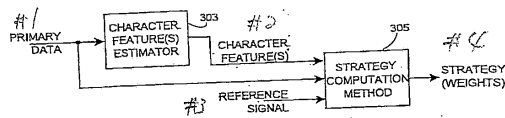
【図 1】



【図 2】

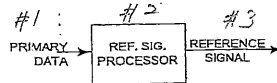


【図 3】



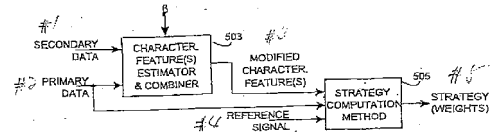
- 303 1つまたは複数の特性機能推定器
 305 戦略演算方法
 #1 一次データ
 #2 特性機能
 #3 基準信号
 #4 戦略（重み）

【図 4】



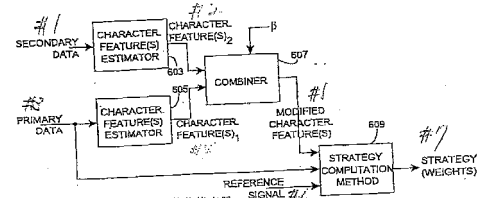
- #1 一次データ
 #2 基準信号プロセッサ
 #3 基準信号

【図 5】



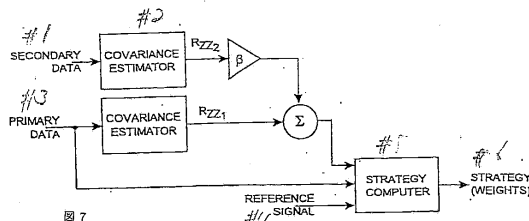
- 503 1つまたは複数の特性機能推定器およびコンバイナ
 505 戦略演算方法
 #1 二次データ
 #2 一次データ
 #3 1つまたは複数の修正された特性機能
 #4 基準信号
 #5 戦略（重み）

【図 6】



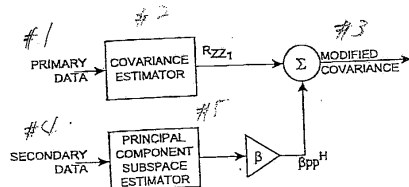
- 603 1つまたは複数の特性機能推定器
 605 1つまたは複数の特性機能推定器
 607 コンバイナ
 609 戦略演算方法
 #1 二次データ
 #2 1つまたは複数の特性機能
 #3 一次データ
 #4 1つまたは複数の特性機能
 #5 修正された1つまたは複数の特性機能
 #6 修正信号
 #7 戦略（重み）

【図 7】



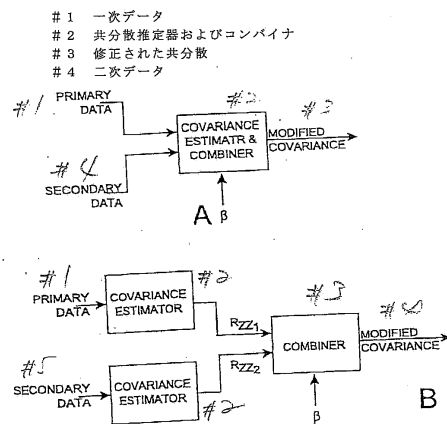
- 図 7
 #1 二次データ
 #2 共分散推定器
 #3 一次データ
 #4 基準信号
 #5 戦略コンピュータ
 #6 戦略（重み）

【図 8】



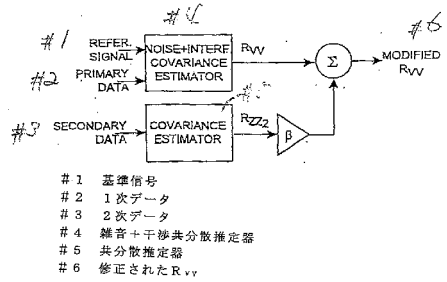
- #1 一次データ
 #2 共分散推定器
 #3 修正された共分散
 #4 二次データ
 #5 主成分副空間推定器

【図 9】

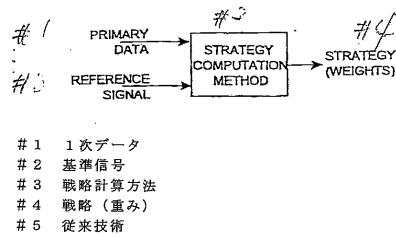


- #1 一次データ
 #2 共分散推定器
 #3 コンバイナ
 #4 修正された共分散
 #5 二次データ

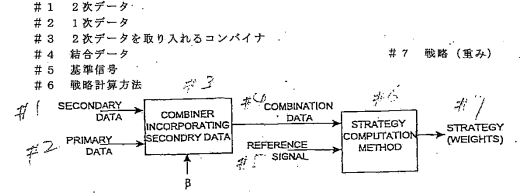
【図 10】



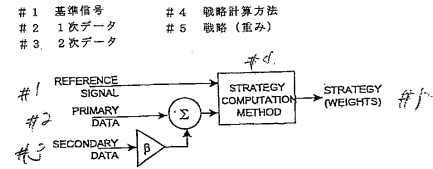
【図 11】



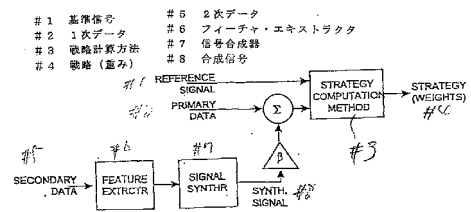
【図 12】



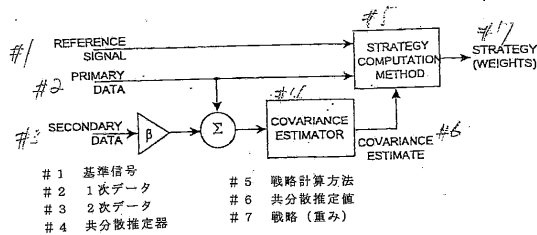
【図 13】



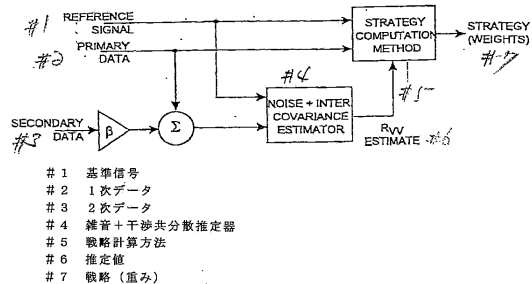
【図 14】



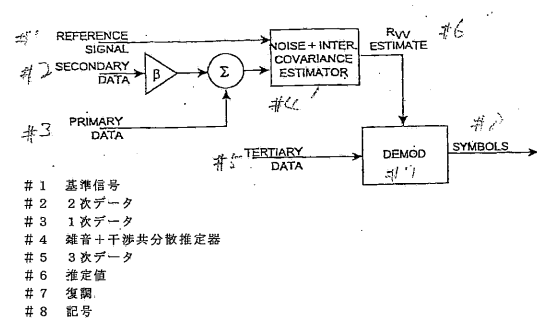
【図 15】



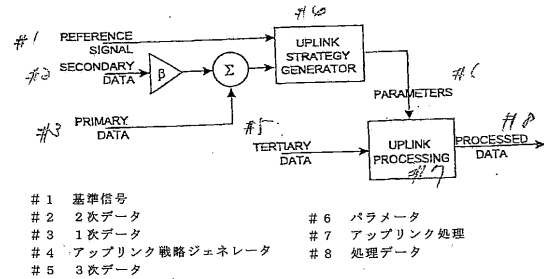
【図 16】



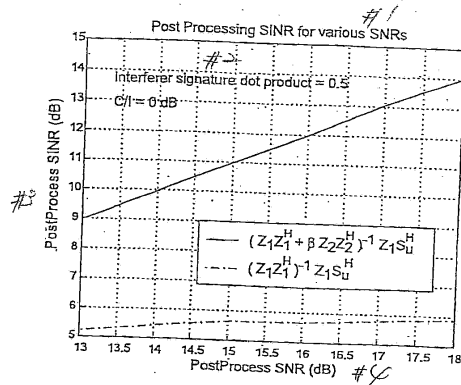
【図 17】



【図 18】

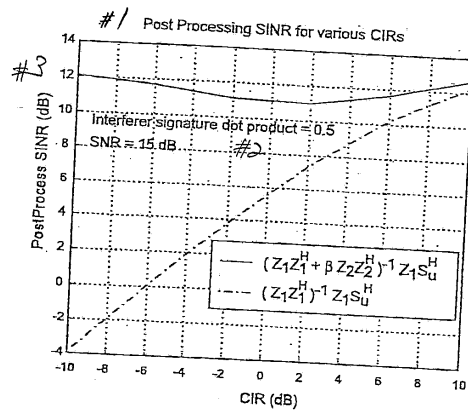


【図 19】



- #1 異なるSNRに対する処理後SINR
 #2 干渉側シグネチャ点乗積 = 0.5
 #3 処理後SINR (dB)
 #4 処理後SNR (dB)

【図 20】



- #1 異なるCIRに対する処理後SINR
 #2 干渉側シグネチャ点乗積 = 0.5
 #3 処理後SINR (dB)

フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I
H 0 4 L 1/06 (2006.01) H 0 4 L 1/06

(72)発明者 ユーゼフミア, マイケル
アメリカ合衆国・9 4 3 0 6・カリフォルニア州・パロ アルト・スタンフォード アベニュー・
6 7 8

(72)発明者 トロット, ミッチェル・ディ
アメリカ合衆国・9 4 0 4 3・カリフォルニア州・マウンテン ビュー・セントラル アベニュー
・3 1 8

(72)発明者 カルピーア, カマライ
アメリカ合衆国・9 4 0 8 9・カリフォルニア州・サニーベイル・ワイルドウッド アベニュー・
1 2 3 5・アパートメント・4 0 1

(72)発明者 ペトラス, ポール
アメリカ合衆国・9 4 0 8 6・カリフォルニア州・サニーベイル・イースト ワシントン アベニ
ュウ・5 5 5・アパートメント・1 5 0 3

合議体

審判長 吉村 博之

審判官 飯田 清司

審判官 加藤 恵一

(56)参考文献 特開平 1 1 - 2 8 4 5 3 0 (J P , A)
特開平 1 0 - 3 4 1 2 0 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

H04B 7/02-7/12

H04L 1/02-1/06