

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-153094

(P2017-153094A)

(43) 公開日 平成29年8月31日(2017.8.31)

(51) Int.Cl.

H04B 7/08 (2006.01)
H01Q 3/26 (2006.01)

F

H04B 7/08
H01Q 3/26

テーマコード（参考）

5 J 021
5 K 159

A 5J021
Z 5K159

審査請求 有 請求項の数 12 O.I. (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2017-48687 (P2017-48687)
(22) 出願日	平成29年3月14日 (2017. 3. 14)
(62) 分割の表示	特願2014-527212 (P2014-527212) の分割
原出願日	平成24年8月18日 (2012. 8. 18)
(31) 優先権主張番号	61/525, 625
(32) 優先日	平成23年8月19日 (2011. 8. 19)
(33) 優先権主張国	米国 (US)

(71) 出願人 514044259
クインテル テクノロジー リミテッド
イギリス ブリストル テンプル クウェ
イ テンプル バック イースト 2
(74) 代理人 110001210
特許業務法人 Y K I 国際特許事務所
(72) 発明者 パーカー デイビッド エドウィン
イギリス チェシャー ストックポート
ノーマン ロード 7
(72) 発明者 ピアッツァ デイビッド サム
アメリカ合衆国 カリフォルニア サンノ
ゼ ローズクレスト テラス 1475
F ターム(参考) 5J021 AA05 GA01 HA06 JA05
5K159 CC04 EE02

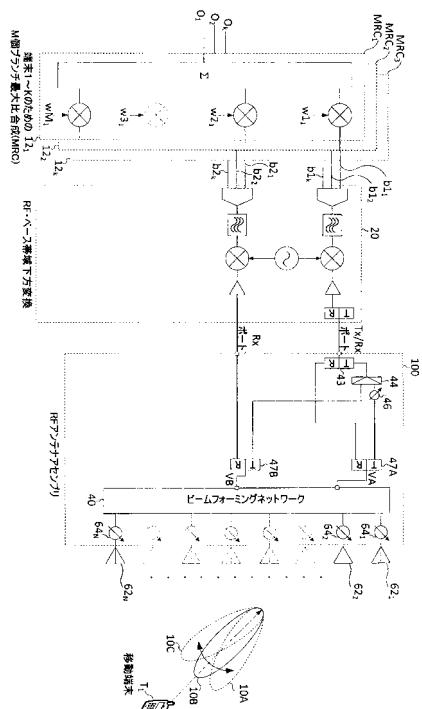
(54) 【発明の名称】仰角面空間ビームフォーミングを行うための方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】ネットワークスペクトル効率を向上させる、仰角面でのセル間同一チャネル干渉を空間フィルタリングするための方法および装置を提供する。

【解決手段】基地局システムは、位相差信号または振幅差信号に応じた可変仰角面ビームチルトを持つ空間コヒーレントメインビームを二つのポートで生成するための少なくとも二つのポートを有するビームフォーミングネットワークを包含する第1受動RFアンテナアセンブリと、位相差信号または振幅差重み付け信号を処理してベース帯域信号にするための、第1受動RFアンテナアセンブリに連結されたRF・ベース帯域下方変換段階と、ベース帯域信号でベクトル加算を実施するための最大比受信合成段階とを包含する。

【選択図】図 4



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

位相差信号または振幅差信号に応じた可変仰角面ビームチルトを持つ空間コヒーレントメインビームを二つのポートで生成するための、少なくとも二つのポートを有するビームフォーミングネットワークを包含する第1受動RFアンテナアセンブリと、

前記位相差信号または振幅差重み付き信号を処理してベース帯域信号にするための、前記第1受動RFアンテナアセンブリに連結されたRF・ベース帯域下方変換段階と、

前記ベース帯域信号にベクトル加算を実施するための受信合成段階と、
を包含する基地局システム。

【請求項 2】

前記ベクトル加算の実施が最大比合成プロセスを実施することを包含する、請求項1の
基地局システム。

【請求項 3】

前記位相差信号または振幅差信号がセルラーネットワークの複数の移動端末と関連する
、請求項1の基地局システム。

【請求項 4】

複数の移動端末と関連する前記位相差信号または振幅差信号が多数の平行受信ダイバ
シティ合成プロセスとして処理される、請求項3の基地局システム。

【請求項 5】

前記最大比合成プロセスが事前検出最大比合成プロセスを包含する、請求項2の基地局
システム。

【請求項 6】

前記最大比合成プロセスが事後検出最大比合成プロセスを包含する、請求項2の基地局
システム。

【請求項 7】

前記受動RFアンテナアセンブリがさらに、送受信二重化ポートと受信専用ポートとを
包含し、前記送受信二重化ポートが、送信信号を送信信号経路に、受信信号を受信信号経
路に提供する非二重化動作を実施するための二重フィルタに接続され、前記送信信号経路
が、二つの送信信号ブランチを生成するためのRFスプリッタに接続されてRF位相シフ
タが前記ブランチの一方に形成され、前記二つの送信ブランチが、一対の二重フィルタを
使用して再二重化される位相差信号対を生成し、前記再二重化フィルタの出力が前記ビ
ームフォーミングネットワークの前記二つのポートに接続される、請求項1の基地局システム。

【請求項 8】

前記受動RFアンテナアセンブリがさらに、送受信二重化ポートと受信専用ポートとを
包含し、前記送受信二重化ポートが、送信信号を送信信号経路に、受信信号を受信信号経
路に提供する非二重化動作を実施するための二重フィルタに接続され、前記送信信号経路
が、二つの送信信号ブランチを生成するためのRFスプリッタに接続されてRF位相シフ
タが前記ブランチの一方に形成され、前記二つの送信ブランチが、後で一対の二重化フィ
ルタを使用して再二重化される振幅差信号対にハイブリッド合成器により変換される位相
差信号対を生成し、前記再二重化フィルタの出力が前記ビームフォーミングネットワーク
の前記二つのポートに接続される、請求項1の基地局システム。

【請求項 9】

前記受動RFアンテナアセンブリがさらに、送受信二重化ポートと受信専用ポートとを
包含し、前記送受信二重化ポートがハイブリッド合成器の第1入力ポートに接続されて前
記受信専用ポートが前記ハイブリッド合成器の第2入力ポートに連結され、前記ハイブリ
ッド合成器の出力が前記アンテナビームフォーミングネットワークの前記二つのポートに
接続され、前記出力の一方が位相シフタに印加されて送信信号の可変仰角チルトを可能に
する、請求項1の基地局システム。

【請求項 10】

10

20

30

40

50

前記受動 R F アンテナアセンブリがさらに、送受信二重化ポートと受信専用ポートとを包含し、前記送受信二重化ポートが前記アンテナビームフォーミングネットワークの前記二つのポートの一方に直接的に接続されて前記受信専用ポートが前記アンテナビームフォーミングネットワークの前記二つのポートの他方に直接的に連結される、請求項 1 の基地局システム。

【請求項 1 1】

さらに、

前記第 1 受動 R F アンテナアセンブリに対する直交偏波である第 2 受動 R F アンテナアセンブリ、
を包含し、

前記受信合成段階が、前記ベース帯域信号の四つのブランチにベクトル加算を実施するためのものである、

請求項 1 の基地局システム。

【請求項 1 2】

さらに、

前記第 1 受動 R F アンテナアセンブリに対する直交偏波である第 2 受動 R F アンテナアセンブリ、
を包含し、

前記受動合成段階が、前記ベース帯域信号の四つ以上のブランチにベクトル加算を実施するためのものである、

請求項 1 の基地局システム。

【請求項 1 3】

移動端末と関連するベース帯域データシンボルを二つのベース帯域ブランチにマッピングするとともに、複素事前コード化重みによる前記信号ブランチの倍増を介して前記ブランチを事前コード化して事前コード化信号を発生させるため前記二つの信号ブランチの間に位相差を付与するための事前コード化段階と、

前記事前コード化信号にリソースを配分するための配分段階と、

前記事前コード化信号を変調信号に変調するための変調段階と、

前記変調信号を R F 信号に上方変換するためのベース帯域・R F 上方変換段階と、

前記 R F 信号を受信するためと、位相差信号に応じた可変仰角面ビームチャートを持つ空間コヒーレントメインビームを前記二つのポートで生成するための少なくとも二つのポートを有するビームフォーミングネットワークを包含する第 1 受動 R F アンテナアセンブリと、

を包含する基地局システム。

【請求項 1 4】

位相差信号または振幅差信号に応じた可変仰角面ビームチャートを持つ空間コヒーレントメインビームを第 1 受動 R F アンテナアセンブリのビームフォーミングネットワークの二つのポートで生成することと、

前記第 1 受動 R F アンテナアセンブリに連結された R F ・ベース帯域下方変換段階を介して、前記位相差信号または振幅差重み付き信号を処理してベース帯域信号にすることと

、

受信器合成段階を介して前記ベース帯域信号でベクトル加算を実施することと、
を包含する方法。

【請求項 1 5】

前記ベクトル加算の実施が最大比合成プロセスを実施することを包含する、請求項 1 4 の方法。

【請求項 1 6】

前記位相差信号または振幅差信号がセルラーネットワークの複数の移動端末と関連する、請求項 1 4 の方法。

【請求項 1 7】

10

20

30

40

50

複数の移動端末と関連する前記位相差信号または振幅差信号が多数の平行受信ダイバーシティ合成プロセスとして処理される、請求項 16 の方法。

【請求項 18】

前記最大比合成プロセスが事前検出最大比合成プロセスを包含する、請求項 15 の方法。
。

【請求項 19】

前記最大比合成プロセスが事後検出最大比合成プロセスを包含する、請求項 15 の方法。
。

【請求項 20】

前記受動 R F アンテナアセンブリがさらに、送受信二重化ポートと受信専用ポートとを包含し、前記送受信二重化ポートが、送信信号を送信信号経路に、受信信号を受信信号経路に提供する非二重化動作を実施するための二重フィルタに接続され、前記送信信号経路が、二つの送信信号ブランチを生成するための R F スプリッタに接続されて R F 位相シフタが前記ブランチの一方に適用され、前記二つの送信ブランチが、一対の二重化フィルタを使用して再二重化される位相差信号対を生成し、前記再二重化フィルタの出力が前記ビームフォーミングネットワークの前記二つのポートに接続される、請求項 14 の方法。
10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願

20

【0002】

本出願は、2011年8月19日に出願された米国仮特許出願番号第 61/525,625 号について米国特許法第 119 条 (e) 項に基づく優先権を主張し、同出願はその全体が参照により援用される。

【0003】

本開示は、概ね仰角面空間ビームフォーミングに関し、より具体的にはネットワーク空間効率を向上させることになる仰角面でのセル間同一チャネル干渉を空間フィルタリングするための方法および装置に関する。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 6483478 号

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

【0005】

一実施形態において、本開示は、ネットワーク空間効率を向上させることになる仰角面でのセル間同一チャネル干渉を空間フィルタリングするための方法および装置を提供する。例えば、一実施形態において、基地局システムは、位相差信号または振幅差信号に応じた可変仰角面ビームチャルトを持つ空間コヒーレントメインビームを二つのポートで生成するための少なくとも二つのポートを有するビームフォーミングネットワークを包含する第 1 受動 R F アンテナアセンブリと、位相差信号または振幅差重み付け信号を処理してベース帯域信号にするための、第 1 受動 R F アンテナアセンブリに連結された R F ・ベース帯域下方変換段階と、ベース帯域信号でベクトル加算を実施するための受信合成段階とを包含する。
40

【0006】

別の実施形態において、基地局システムは、移動端末と関連するベース帯域データシンボルを二つのベース帯域信号帰路にマッピングするとともに、複素事前コード化重みによる信号ブランチの多重化を介してブランチを事前コード化して事前コード化信号を発生させるために二つの信号ブランチの間に位相差を付与するための事前コード化段階と、事前コード化信号にリソースを配分するための配分段階と、事前コード化信号を変調信号に変

50

調するための変調段階と、変調信号をRF信号に上方変換するためのベース帯域・RF上方変換段階と、RF信号を受信するためと、位相差信号に応じた可変仰角面ビームチルトを持つ空間コヒーレントメインビームを二つのポートで生成するための少なくとも二つのポートを有するビームフォーミングネットワークを包含する第1受動RFアンテナアセンブリを包含する。

【0007】

別の実施形態において、方法は、第1受動RFアンテナアセンブリのビームフォーミングネットワークの二つのポートで位相差信号または振幅差信号に応じた可変仰角面ビームチルトを持つ空間コヒーレントメインビームを生成することと、第1受動RFアンテナアセンブリに連結されたRF・ベース帯域下方変換段階を介して位相差信号または異振幅重み付け信号を処理してベース帯域信号にすることと、受信合成段階を介してベース帯域信号にベクトル加算を実施することとを包含する。

10

【0008】

本開示の教示は、添付図面とともに以下の詳細な説明を検討することによって容易に理解されうる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】可変チルトを持つビームを生成できるアンテナビームフォーミングネットワークおよびアンテナ素子アレイを示す図であり、チルト角はビームフォーミングポートに印加される位相差と相關する図である。

20

【図2】可変チルトを持つビームを生成できるアンテナビームフォーミングネットワークおよびアンテナ素子アレイを示す図であり、チルト角はビームフォーミングポートに印加される振幅差と相關する図である。

【図3】様々な実施形態について想定される無線チャネルマルチパス幾何学的配置を示す図である。

【図4】VAおよびVBポートでの位相差に応じた可変チルトに基づいて受動アンテナアレイによるMRC受信合成プロセスを含む2T4R基地局を使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示す図である。

【図5】VAおよびVBポートでの振幅差に応じた可変チルトに基づいて受動アンテナアレイによるMRC受信合成プロセスを含む基地局を使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示す図である。

30

【図6】VAおよびVBポートでの位相差に応じた可変チルトに基づいて受動アンテナアレイによるMRC受信合成プロセスを含む2T4R基地局を使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示す図である。

【図7】VAおよびVBポートでの振幅差に応じた可変チルトに基づいて受動アンテナアレイによるMRC受信合成プロセスを含む2T4R基地局を使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示す図である。

【図8】VAおよびVBポートでの位相差に応じた可変チルトに基づいて受動アンテナアレイに接続された4T4R基地局（四つのポートのうち二つのみ図示）を使用するダウンリンク仰角ビームフォーミングを示す図である。

40

【発明を実施するための形態】

【0010】

理解を促すため、可能な場合には各図に共通する同一要素を指すのに同一の参照番号が使用されている。

【0011】

本開示は、概ね仰角面空間ビームフォーミングに関し、またより具体的にはネットワークスペクトル効率を向上させることになる仰角面でのセル間同一チャネル干渉を空間フィルタリングするための方法および装置に関する。

【0012】

無線通信システムに使用するための多数のアンテナ技術は、広範囲のアプリケーション

50

とアンテナ構成とを内含する。これらが何であるかについて詳しく論じることはこの序論の範囲を超えるものであるが、ダイバーシティ (diversity)、空間多重化ビームフォーミング、そして空間ビームフォーミングという三つのタイプのアプリケーションに大まかに分割されうると述べることで充分である。

【0013】

アンテナダイバーシティは、セルラー産業で利用されうる技術であり、基地局において受信ダイバーシティの形で様々なレガシーセルラーネットワークで利用されて有効ダイバーシティ利得をアップリンクチャネルに提供する。UMTS/HSPA+などの技術により、送信ダイバーシティはダウンリンクチャネルのための基地局にも適用可能である。付加的に、二つ以上のアンテナを装備する移動端末（携帯電話、スマートフォン、タブレット、その他など）も、アップリンクのための送信ダイバーシティを備えてダウンリンクでは受信ダイバーシティを利用することができる。受信ダイバーシティと送信ダイバーシティとの組み合わせは、通信リンクでも可能である。ダイバーシティは、多経路フェーディング無線チャネルに対するリンクロバスト性を向上することを目的とし、これは、セルラーネットワークのカバー率を向上させるのに有益であるリンク利得と言い換えられ、実際には処理量／容量の利得と言い換えることができる。ダイバーシティは、受信ダイバーシティの場合に送信（Tx）アンテナと各受信アンテナ（Rx）との間に脱相関（de-correlated）または部分相関の多経路無線チャネルを利用することによって達成され、送信ダイバーシティにも同じことが当てはまる。多経路脱相関は、充分な空間分離を使用すること、および／または、二つ以上のアンテナの直交偏波を利用することによって達成されうる。脱相関に充分な空間分離は、アンテナに関する無線チャネル散乱体の相対位置と相関するアンテナ配列により観察される無線チャネルの角分散と相関する。散乱環境のかなり上方にあるリンクのマクロセルラー基地局側では、充分な距離は40程度までであるのに対して、端末側でのアンテナ間の充分な距離は $\sqrt{2}$ 未満であろう。これは、多経路は一般的に散乱体に囲まれる移動端末に対してあらゆる角度で出入する傾向があるので、基地局アンテナでは、一つの移動端末に入出する無線周波数（RF）エネルギーは有限の角度範囲内で到達する傾向があるからである。

10

20

30

40

【0014】

受信ダイバーシティについては、受信される各信号が合成されて、信号ノイズ比（SNR）などある種のメトリックを最大化する。よくある合成技術は、各信号が同位相にされてから瞬間SNRにより重み付けされて、実際にはベクトル加算プロセスと一緒に加算される最大比合成（MRC）技術である。合成機能は通常、下方変換後に複素ベース帯域で発生し、ここで多数のMRCプロセスは、多重アクセス通信システムですべてのアクティブ通信リンクについて同時に進行する。MRCは、ノイズ制限無線チャネルで最適合成方式として作用することが分かっている。

【0015】

干渉制限無線チャネルの場合には、干渉除去合成（IRC）など、他の合成方式が、特にセル内干渉除去のため、基地局でのアップリンクの多重アクセスセルラーシステムで使用されうる。この場合のIRCは、必要な信号からの同一チャネルセル内干渉を最大限抑制するかむしろ解消する複素重みを見つけることを目的とし、当然であるが、干渉が伝達される無線チャネルが周知であることを想定しており、これはセル内干渉を除去しようとする基地局の場合である。IRC方式はノイズに対する感度が高いことを示すことができ、ハイブリッド方式および最小二乗平均誤差（MMSE）処理に基づくものは、安定性の理由からノイズにも使用されることが多いが、たいていはこのような受信合成方式は概して、歴史的な理由からMRCと称される。

【0016】

送信ダイバーシティは、受信ダイバーシティと同じように、独立した、または一部独立した無線チャネルを利用する。時分割二重通信（TDD）に基づく無線アクセスシステムについては、無線チャネルのコヒーレント帯域幅と等しいかそれより速い速度で無線チャネルが（パイロットまたは基準シンボルを介して）測定されうると仮定すると、受信ダイ

50

バーシティから導出されるのと同一の位相および重み係数を送信ダイバーシティについて使用することが可能である。この場合、送信ダイバーシティは事前コード化と呼ばれ、送信ダイバーシティアンテナを介した送信の前に、情報シンボルが事前コード化される（振幅および位相を調節するため複素重みによって倍増される）。これはたいてい、前置コーダに基づくビームフォーミングとも称される。しかし、アップリンクおよびダウンリンクチャネルに異なるRFスペクトルを使用する周波数分割二重送信（FDD）無線アクセスシステムでは、逆リンク信号方式での高速で大量のオーバーヘッドが許容されないかぎり、送信ダイバーシティを与える前置コーダに基づくビームフォーミングは現実的に可能ではない。例えば、ダウンリンクで受信された瞬間チャネルを基地局に伝えるアップリンクについては、基地局は送信のためのデータを事前コード化できる。FDDシステムのための送信ダイバーシティはたいてい、空間時間ブロックコード化（STBC）または空間周波数ブロックコード化（SFBC）技術を代替的でより実用的な手段として使用する。ここで、連続情報シンボル対が第1アンテナから送信され、同時に符号が逆転して複素共役された同様のシンボルが基地局で第2アンテナから送信される。（單一アンテナを使用する）受信端末では、端末は二つの連続シンボルを受信し、各受信シンボルは送信されるシンボルの合成ベクトルである。（周期的なダウンリンクパイルオフシンボルを測定する端末を介した）無線チャネルが周知であり（そして該無線チャネルがダウンリンク無線チャネル推定インターバルの間で脱相関ではなく）、送信ダイバーシティ方式が周知であるとすると、事実上はチャネル逆マトリクスによる受信シンボルの倍増である複雑な同時方程式を使用してオリジナルの送信シンボルが完全に回復されうる。

10

20

30

40

50

【0017】

$N \times M$ 空間多重化ビームフォーミングは、通信リンクの送信側での N 個のマルチアンテナと受信側での M 個のマルチアンテナに基づく技術であることを意味する $N \times M$ MIMO（マルチプルイン マルチプルアウト）と称されることが多い。完全性のため、受信ダイバーシティはシングルイン マルチプルアウトを表すSIMOと称されることが多く、送信ダイバーシティはマルチプルイン シングルアウトを表すMISOと称される。厳密に述べると、一緒に作動するMISOおよびSIMOは送信および受信ダイバーシティの組み合わせに過ぎず、MIMOとも呼ばれるが、この配置は空間多重化を実施していない。空間多重化ビームフォーミング（通常は空間多重化と呼ばれる）は、各々が同一の周波数および時間リソースを使用する多数の情報ストリームまたは層の送信および受信により、信号品質またはロバスト性ではなくスペクトル効率を上昇させることを目的とするが、空間寸法では直交性が求められる。空間多重化は、ダイバーシティのように、各送信（Tx）アンテナと各受信（Rx）アンテナとの間の脱相関または部分相関の多経路無線チャネルに依存しこれを利用する。一般的にこの相関は、Txアンテナから Rxアンテナ無線チャネルのすべての組み合わせを獲得する無線チャネル複素マトリクスで数学的に表される。ダイバーシティについてと同じ方法で、充分な空間分離を使用すること、および/または通信リンクの各側での多数のアンテナの直交偏波を利用することにより、脱相関が達成されうる。空間多重化理論は、通信リンクのTxおよびRx側の間での別々の情報の送信に同一の時間および周波数リソースをK回まで再利用することによりスペクトル効率を上昇させることが可能であり、リンクの各側ではK個のアンテナ、脱相関無線チャネルはK2であることを実証できる。 2×2 の空間多重化チャネルを検討する一つの方法は、送信される二つの信号を現実に、相互に対する干渉を発生させる二つの信号にすることである。受信アンテナにより受信される二つの信号はこの時、他の信号を抑制するIRCを実行することで、結果的に二つの直交情報ストリームを生じる。このプロセスを検討する別の方法は、無線チャネル複素マトリクスの逆関数を受信信号に適用して必要な信号とすることである。IRCについて上述したように、良好な無線チャネル脱相関が存在したとしても、信号に高レベルのノイズが見られる、つまりSNRが低いならば、空間多重化は確実ではない。しかし空間多重化は実際には、LTEシステムのように、単にチャネル逆関数を受信側に適用することによってではなく、送信のための信号を事前コード化して受信側で信号を復号することによって達成され、事前コード化と復号ではともに、チャネル

逆関数を実施する。この事前コード化構成は、受信側での信号絶縁の改良により良好な性能を可能にする。事前コード化による空間多重化はまた、完全な無線チャネルマトリクス脱相関が達成されない場合に、事前コード化ビームフォーミングと空間多重化との組み合わせを可能にする。送信ダイバーシティについてすでに述べたように、FDDシステムでは、またダウンリンクチャネル事例を検討すると、理想的な事前コード化であれば、ダウンリンク無線チャネルの完全で高速の持続的フィードバックを必要とするだろう。しかしこれは、アップリンク信号方式については大きなオーバーヘッドを必要とし、代わりにLTEなどのシステムについては、信号品質やダウンリンク無線チャネルがどのように脱相関となるかなどの主要パラメータを端末が基地局に報告し、それから基地局が、情報シンボルを事前コード化するための有限数の事前コード化マトリクス集合から使用すべき事前コード化マトリクスを決定し、どの事前コード化マトリクスが現在の時間間隔で使用されるかを端末に伝える。これは、コードブックに基づく空間多重化、またはコードブックに基づくビームフォーミング（つまり空間多重化のためのビームフォーミング）と呼ばれる。付加的に、端末はLTEにより、基地局が使用するための周知のコードブックから事前コード化マトリクスを提案することができる。この空間チャネル情報フィードバックと、コードブックに基づく事前コード化の制約は実用的な空間多重化を可能にする。

【0018】

空間多重化およびダイバーシティは脱相関無線チャネルに基づくのに対して、従来の空間ビームフォーミングは高相関の無線チャネルを利用する技術であり、通常は線形アレイで配列される多数のアンテナは、特定の空間方向にエネルギーを出入させる、および／または他の空間方向からの同一チャネル干渉を除去（空間フィルタリング）するように同位相化される。時には従来のビームフォーミングと称される空間ビームフォーミング、コヒーレントビームフォーミング、または単なるビームフォーミングは、送信ダイバーシティおよび空間多重化で使用されるような前置コーダに基づくビームフォーミングとは異なる。前置コーダに基づくビームフォーミングは、送信側ビームフォーミングの最も一般的な解釈と考えられ、空間ビームフォーミングは特定の部分集合である。空間ビームフォーミングは、 $T \times$ アンテナ $R \times$ アンテナ無線チャネルの間の強い無線チャネル相関を利用し、マクロ基地局での（空間）ビームフォーミングのために設計されるようなアンテナは、一般的に短い距離（一般的には $\lambda/2$ ）によって分離され、一般的には従来のアンテナアレイとして配列される。ビームフォーミングは、通信リンクの送信側または受信側、あるいは実際にはその両方に適用されうる。注：ビームフォーミングに言及する際に、アレイのアンテナは普通、アンテナアレイのアンテナ素子と呼ばれるが、（アンテナ）アレイは单一のアンテナそのものとも考えられる。ビームフォーミングは、それぞれ空間多重化またはダイバーシティのようにチャネル処理量またはロバスト性を直接的に上昇させることなく無線リンク品質を向上させるように考案されている。ビームフォーミングは、異なるコヒーレント空間放射パターンが位相および／または振幅の制御を介してアレイの各アンテナ素子に形成されることを可能にする。セルラー通信システムで使用される時のビームフォーミングは、カバー率または容量の上昇と言い換えられるかまたは間接的にそのために利用されうるC/Iレベルを向上させる。上記のように、ビームフォーミングでは多数のアンテナ（アンテナ素子）を使用するが、SIMO、MISO、およびMIMO分類基準で单一のアンテナと考えられる。そのため、空間多重化またはダイバーシティと（空間）ビームフォーミングとのハイブリッド組み合わせを使用することも可能である。

【0019】

空間多重化、ダイバーシティ、およびビームフォーミングは、多数のアンテナを使用するアプリケーションの理解を助ける分類または記述語に過ぎない。上記のように、位相および振幅の操作と続く処理とは各アンテナと関連する各情報シンボルについて実行されるので、これらはすべて最も一般的な意味ではビームフォーミングと事実上は考えられる。時には、ビームフォーミングの語はこれらすべての多数アンテナ技術を指すのに使用される。しかし、例えば直交偏波アンテナが使用される空間多重化またはダイバーシティを検討する時には、よく知られている極座標またはデカルト座標での「ビーム」は現実には、

10

20

30

40

50

従来のコヒーレントまたは空間収束放射パターンによる視覚化または説明は不可能である。事実、ビームフォーミングの語が空間多重化またはダイバーシティの状況で使用される時には、厳密には、分散無線チャネルでの前置コーダに基づくビームフォーミングという一般的分類を指し、「ベクトル」空間における必要情報信号の非常に局所的なコヒーレント性および／または不要同一チャネル信号の非コヒーレント性を生成するものとして実体的に考えられ、必要RFエネルギーが空間内の特定箇所、時間、および周波数ではコヒーレント性であって、旧式の空間ビームフォーミングのようにアンテナからの角度または方向でのコヒーレント性ではないことを意味する。しかし、本開示の目的では、ビームフォーミングの語は、前段階で説明されたように、ビームが角領域で完全に説明される、つまり極またはデカルト座標を使用する放射パターンがビームフォーミングを完全に説明するのに使用可能であるアレイ構成で近傍連結アンテナ（つまりアンテナ素子）のアレイを使用する「旧式」空間コヒーレントビームフォーミングを意味する。

10

【0020】

空間ビームフォーミングを主題とする多くの文献が存在するが、スイッチビームフォーミングと適応ビームフォーミングという二つの広い分類に分けられる。N × N バトラーマトリクスから得られるN 個のアンテナ（たいていはアンテナ素子と呼ばれる）のアンテナアレイなどのスイッチビームアンテナにより、分配ネットワークは、T × 動作モードを考慮すると、N 個の異なる空間的直交放射パターン（ビーム）の一つがバトラーマトリクスのN 個の異なる入力ポートの一つへ RF 信号接続を介して発生されるようになる。バトラーマトリクスは受動分配ネットワークであるので、R × モードの相互的事例も設けられる。

20

【0021】

スマートアンテナアレイとも称される適応アレイは、各アンテナ（アンテナ素子）での独立したRF位相／振幅変動に基づき、ゆえに非常に広範囲の可能放射パターンが生じる。旧式コヒーレント空間ビームフォーミング理論は、N 個のアンテナ素子が設けられると、N 個の空間ビームとN - 1 個の空間角度ゼロを生成するのに使用されうるN 個の位相／振幅制御の自由度が可能であることを実証できる。アンテナ素子での位相／振幅の制御は、RFビームフォーミングまたはデジタルビームフォーミング技術を使用して達成されうる。送信モードを考えると、各アンテナ素子と関連する振幅または利得を変動させうるRF出力増幅器（PA）およびRF位相シフト構成とを使用すれば、RFビームフォーミングが一般的に達成されるだろう。アンテナでの受信については、各アンテナ素子と関連する可変利得低ノイズ増幅器（LNA）および位相シフト構成の使用が必要とされる。RFビームフォーミング技術の自明な例は、可変電気チルト方法を利用する従来のセルラー基地局アンテナである。この事例では、メインビーム仰角パターンチルト角を変化させることを目的として、アレイの各アンテナ素子（たいていは要素対を駆動する位相シフタ）で、可変位相シフタが使用される。しかし、基地局に出入する変調セルラーRF信号は、例えばセルラーネットワークの事例であるように概して異なる空間位置にある異なる端末／ユーザと通常は関連する周波数、コード領域、または空間領域（空間多重化が使用される場合）において分離された多数の埋め込み情報信号を同時に搬送する。例えばセルラーネットワークでのRFビームフォーミングの短所は、（異なる端末により送信または受信される）すべての情報が同一であるが適応型の放射パターンを共有することである。

30

【0022】

しかしデジタルビームフォーミングは、（受信チャネルを考慮すると）各アンテナ素子からのRF信号のデジタル変換と類似したRF・ベース帯域変換またはRF置換を実施する。このプロセスの結果、N × 個のアンテナ素子と関連するN × 個の複素ベース帯域信号が生じる。これらの複素ベース帯域信号の各々に複素重みを加えることにより、これが実際のアンテナ素子でのRF領域の位相／振幅を変化させることが分かる。デジタルビームフォーミングの長所はアンテナ素子でのRF位相／振幅制御の必要性を無くして、代わりに、アンテナ素子と関連する固定利得および固定位相遅延の使用を可能にする。また、ベース帯域信号の多数のコピーが生成され、独立的かつ同時的に処理される。これは、セル

40

50

ラーネットワークにおいて異なる位置で、またはより正確にはアンテナアレイに対して出入する異なる方角または方向にある個々のユーザ／端末について独立的ビームフォーミングを許容する。実際に、多数の同時発生ビームが異なるユーザについて発生されることがあり、各ビームは各ユーザ／端末についての特定の情報／データを搬送する。

【0023】

LTEセルラーシステムのダウンリンクチャネルについては、送信ダイバーシティ、空間多重化MIMO、および空間ビームフォーミングがすべて可能であり、前置コーダと呼ばれるものにおいて複素ベース帯域の情報シンボルに複素重みを加えることにより達成される。前置コーダは、上述のように、ビームフォーミングの実現すべてと関連するコード化のベース帯域処理を説明する最も一般的な語である。ダイバーシティおよび空間多重化については、事前コード化は、多経路無線チャネル相関の低いアンテナに使用されるよう考案される。より旧式のビームフォーミングでは、前置コーダは多経路無線チャネル相関の高いアンテナに使用されるように考案される。空間多重化では、多経路チャネルフェーディング率と比例する速度で事前コード化重みが変化するのに対して、旧式のビームフォーミングでは、セル内で大きく移動した端末と比例するはるかに低い速度で前置コーダ重みが変化する。最終的に、FDD LTEシステムについては、空間多重化は事前コード化に基づくコードブックに基づくのに対して、空間ビームフォーミングは非コードブック事前コード化に基づく、つまり任意の事前コード化ベクトルが使用されうる。

10

【0024】

セルラー通信システム、また特に3GPPなどのアクセス技術では、LTEにより多様な多数アンテナ構成で空間多重化、アンテナダイバーシティ、およびビームフォーミングを利用できる。例えば、LTDセルラーアプリケーションは、周波数分割二重通信(FDD)動作であると仮定すると、4T4R基地局と普通は呼ばれるもの、つまり $4 \times$ 二重Tx/Rxポートを有するものに接続された $4 \times$ 受動アンテナアレイを使用できる。この基地局は、TxアンテナとRxアンテナとの間の無線チャネル(プランチ)脱相関を確実にするのに充分なほど大きなアンテナ間隔を有する $4 \times$ 同一偏波アンテナに接続される。これにより、空間多重性の4プランチアンテナダイバーシティまたは4を超える平行層(端末に4アンテナと仮定)が可能となる。この構成の短所は、基地局サイトのセクタごとに4個のアンテナ位置を必要とすることである。

20

【0025】

4プランチアンテナダイバーシティを達成するより実用的な構成は、間に充分な間隔を有する二つの交差偏波アンテナを使用するものだろう。この構成は、基地局サイトのセクタごとの物理アンテナ位置の数を2個に減少させる。この構成または $4 \times$ 同一偏波アンテナ構成では、多くの無線チャネルマトリクスが完全な脱相関、ゆえに非最適な空間多重化MIMOを呈しないことがそれでも可能である。

30

【0026】

二つのアンテナ位置の使用が禁じられ、および／またはTxアンテナ Rxアンテナ無線チャネルマトリクスが4プランチダイバーシティまたは四つの平行空間多重化を維持するのに充分なほど脱相関化されない場合には、4T4R基地局は、～/2のアンテナ間距離を持つ $4 \times$ 線形同一偏波アンテナ、または同一偏波アンテナ間の距離が～/2である $2 \times$ 交差偏波アレイに接続され得、この結果、コヒーレント空間ビームフォーミングとなる。これらの構成は、单一だが若干は大きいアンテナ位置が基地局サイトで使用されることを許容する。後者の構成は、偏波ダイバーシティ(2プランチアンテナダイバーシティまたは 2×2 空間多重化MIMOの可能性について)に加えてコヒーレントビームフォーミング機能つまり二つの同一偏波アンテナ間の機能を許容するので、これはより好都合であると考えられる。LTEでは、これは、つまり各層での空間ビームフォーミングを伴う二つの空間多重化データ層である「二重層ビームフォーミング」と称されることが多い、ダウンリンク(基地局送信)のための3GPP LTEリリース9の仕様に明記されている。

40

【0027】

50

L T Eなどのセルラーシステムでは、空間ビームフォーミングの例は方位角面ビームフォーミングである。これは、水平方向並置形状で配置される多数の受動アンテナまたはアンテナアレイを使用する。各受動アンテナアレイは、固定放射パターンを持つR F分配ネットワークに接続される垂直面に整列された～/2間隔の多数のアンテナ素子の列で構成される。ここで各受動アレイは単純な静的ビームフォーミング器であり、アレイの個々のアンテナ素子に位相遅延を加える可変チルト機能(半静的)のみを持つ。適応ビームフォーミング(機能)は受動アンテナアレイに適用され、こうして適応ビームフォーミングを方位角面に、非適応静的または半静的ビームを仰角面に有する。受動アンテナアレイは<の側方間隔距離を有して、方位角での空間放射パターンビームフォーミングでのコヒーレント性を保証する。

10

【0028】

上記の例では、4×アンテナに接続された4T4R基地局が記載されているが、同様のロジックが2T4R基地局にも適用可能である。2T4R基地局では、2×二重T×/R×チャネルに加えて2×Rxのみのチャネルが利用可能である。これは、四つまでの平行空間多重化層(端末に4×アンテナと仮定)または4プランチダイバーシティ、またはビームフォーミング、または上記の組み合わせをアップリンクまたは受信チャネルが利用することを可能にする。しかし、ダウンリンクまたは送信チャネルは二つのプランチのみを利用する。従来の2T2R基地局と比べた2T4R基地局を使用することの長所は、二つのPAのみが必要とされて二つの追加受信器の追加コストのみでよく、PAよりかなり安価だということである。また、セルラーネットワークでの制限リンクであるのは、アップリンクチャネルであることが多く、出力が制限されることがさらに多く、そのため追加の性能を有することによって、受信器の付加および処理によりアップリンクチャネルに利得が生じ有益である。低分散無線チャネルでは、近間隔の交差極アレイによる単一のアンテナ位置を使用することにより、従来の1T2Rまたは2T2Rの基地局の事例を上回る2.5～3dBのアップリンク利得が提供され、1メートル離間した二つの交差極アンテナよりもダイバーシティ合成利得が1dB低いだけである。二つの近間隔の交差極アンテナを使用することの短所は、携帯電話事業者が必要とする多くのアンテナシステムがマルチバンド可能でなければならないことである。上述した近間隔の並置アレイ構成は単一のアンテナ位置を達成するが、アレイ形態により、異なるスペクトルバンドのために設計された追加アンテナアレイをも取り入れることにはならない。例えば、一般的な事業者は、二重バンドアンテナにおいて、低バンドアレイ(つまり790～960MHz)と高バンドアレイ(つまり1710～2170MHz)を希望し得る。バンド間の比率がおよそ2:1であるとすると、これは、二重バンドアンテナ素子を垂直アレイに配置するとともに単一バンド(高バンドのみ)アンテナ素子を二重バンドアンテナ素子の間に配置することにより達成可能である。これは、アレイ面での機械的または電気的な対称性ゆえに両方のバンドについて空間、アンテナビーム追跡および偏向メトリクスを最大化する、業界で周知のよくある二重帯域固定技術である。2T4Rまたは4T4R基地局をサポートするのに、二つの並置アレイ、つまり高バンドが使用される場合には、三つの並置アレイを高/低/高にして性能および最小フォームファクタを維持するのは困難である。

20

【0029】

基地局は、複素ベース帯域で4個の受信プランチの最適な合成を実施するのに4プランチMRCプロセスを使用しうる。MRCはいくつかのダイバーシティ合成技術の一つであり、個々の受信プランチは複素重みにより倍増されて振幅および位相を変化させる。MRCは定義上、端末/特定アップリンクチャネルと関連する受信プランチを合成して同位相化し(ベース帯域でベクトル合計を実施し)、各受信プランチは、このプランチのS NRの平方根に比例する係数で重み付けされる。ノイズはプランチの間で脱相関されると推定される。二つの交差極アンテナが並置される時には、同一偏波アンテナの各対が受けた無線チャネルは基地局でも事実上同じであり(つまり高相関であり)、MRCプロセスは、アップリンクチャネルでの二つの直交偏波の各々について、単純なコヒーレントおよび適応ビームフォーミング機能を方位角で実施するものと考えられる。

30

40

50

【0030】

加えて、上記のように、MRC実行例を含むダイバーシティ合成が多くの形を取りうることが注意されるべきである。MRCはその最も厳密な定義において、ノイズ制限無線チャネルで最適な合成を実施する。同一チャネル干渉が相關している時には、MRCも、IRCなどの干渉除去アルゴリズムおよびMMSEアルゴリズムと合成されうる。すべての受信合成アルゴリズムを詳しく記すことは、本特許出願の範囲を超えている。しかし、MRCは受信事前検出段階または受信事後検出段階で実行されうることが注意されるべきである。MRCの事後検出実行例では、MRCシステムは各ブランチでの多経路フェーディング信号を合成の基準として使用してこの信号の包絡線を追跡するように設計されており、ゆえにMRCプロセスは単純に重みを加えてから合成するので、各受信ブランチからの位相情報が消失される。事前検出MRC実行例では、位相情報が保存されて、同一位相化、重み付け、および合成を実施する、つまりベクトル加算を実施する。

10

【0031】

従来の基地局アンテナアレイとともに4ブランチ受信ダイバーシティ合成プロセスを使用する偏波ダイバーシティによる方位角面でのアップリンクビームフォーミングは、上記のように、二つの受動交差極アンテナアレイを並置構成で配置することによって行われる。しかし、4ブランチダイバーシティ合成プロセスを使用する仰角面と同じ方法でアップリンクビームフォーミングを行うことは容易に可能ではない。二つの交差極受動アンテナアレイを垂直面に配置する事例（一つの受動アンテナアレイが他の受動アンテナアレイの上に置かれる場合）を検討するだろう。しかし、セルラー基地局アンテナのための実用的な指向性利得については、操作のスペクトルバンドおよび必要な指向性と垂直仰角パターンビーム幅とに応じて、多くの垂直積層アンテナ素子、一般的には5～14個の素子で受動基地局アンテナ素子アレイが構成されうる。そのため、垂直方向に離間した二つの受動アレイを使用すると、各受動アレイの位相中心が多数の波長だけ離間する結果となり、ゆえに非コヒーレントビームフォーミング操作となり、そのため垂直空間ダイバーシティのみが達成される。また、高いアンテナアレイほど移動端末に対して出入するより好適な無線伝搬チャネルを有するという事実により、垂直空間ダイバーシティ技術は二つの交差極アンテナアレイの間のブランチアンバランスを必ず生じ、ブランチアンバランスは準最適のダイバーシティ合成という結果を招くことは言うまでもない。

20

【0032】

セルラーネットワークのセルがセルラーモザイク幾何学形状であるとすると、ある無線アクセス技術については、結果的に得られるネットワーク性能の利点に関して、仰角ビームフォーミングは方位角ビームフォーミングよりも好都合である。CDMA、WCDMA（登録商標）／UMTS／HSPA+、LTE／LTE Advanced、WiMax、そして積極的な部分的周波数ホッピングを含むGSM（登録商標）／GPRS／EDGEなど、多くのセルラーアクセス技術は、同一セルサイトのセクタ間で、またセルサイト間で、積極的なスペクトル再利用を行いうる。完全スペクトル再利用が採用されると結果的に再利用率が1：1となることと、ネットワークがノイズ制限ではなく干渉制限と考えられることとに注意されるべきである。方位角面および仰角面におけるセルラーネットワークがセルモザイク幾何学形状であって、セルラーネットワークが機能するのが妥当な平面であると仮定すると、マクロセルラーネットワークでの同一チャネルセル間干渉が水平線を中心とする狭い範囲の仰角から生じる傾向が常にある。WC DMA（登録商標）などのシステムについては、セル内干渉とセル間干渉の両方から干渉を考えることができ、セル内干渉はチャネル分散と相關している。しかし、LTEおよびGSM（登録商標）に基づくシステムでは、干渉は主としてセル間干渉であることが分かる。また、LTEおよびGSM（登録商標）システムについては、方位角面での同一チャネルアップリンク干渉は、隣接のセルサイトおよびそれぞれの利用可動端末が基地局に対してどこに位置しているかに応じて、方位角と相關した可変性が高いだろう。4ブランチ受信合成プロセスで上述したように、二つの交差極受動アンテナアレイを並置構成で使用する時には、これは本質的に直交偏波についての二種類の適応ビームフォーミング自由度を有する。二種

30

40

50

類のビームフォーミング自由度では、方位角でビームフォーミングして、メインロープを二つまでとヌルを一つのみを持つ方位角放射パターンを生成することのみが可能である。セルラーネットワークの同一チャネル干渉が多数の方位角方向から生じる場合には、このようにして干渉を抑制するための方位角ビームフォーミングは最適ではないだろう。方位角での最適ビームフォーミングでは多数のヌルを生成する必要があり、これは付加的なビームフォーミング自由度、ゆえに付加的なアンテナアレイと高次の受信ブランチ合成プロセスとを必要とする。これは（大きな全体的アンテナアレイ開口サイズのため）禁止事項であり、大部分の基地局が、ブランチが4個以上の受信合成プロセスを含むのは容易ではない。

【0033】

10

垂直整列アンテナアレイからの仰角面で、端末ごとに配向された適応ビームフォーミングまたは適応チルト機能を達成する一つの手段は、完全能動アンテナの使用である。能動アンテナでは、アレイの各アンテナ素子で各能動ユーワーク（アップリンクおよび／またはダウンリンク）について複素ベース帯域の位相および振幅の制御を行うことが可能である。これは当然、P A、L N A，二重通信器構成、上方／下方変換を各アンテナ素子に必要とする。セルラー基地局アンテナのための実用的な指向性利得については、これは、操作のスペクトルバンドおよび必要な指向性とその結果としての垂直仰角パターンビーム幅とに応じて、多くの素子、一般的には5～14個の素子で構成されうる。能動アレイの短所は、必要とされるビームフォーミングを付与する高次ブランチ受信合成（アップリンクビームフォーミング）アルゴリズムと一緒に多数の能動電子機器が採用されなければならないことである。しかし、高次ビームフォーミングを使用する能動アンテナは、多経路散乱体がアンテナに比較的近接して（方位角および仰角において）これを囲むミクロセルラー環境には一般的であるもののような、多経路成分の到達角度が広範囲の角度に及んでいる高分散無線チャネルに非常によく適している。

20

【0034】

基地局アンテナアレイ構成は、セルラー通信ネットワークでの使用に適したアンテナ分散ネットワークの使用を包含しうる。分散ネットワークは、セルラーアプリケーションに適した仰角面にコヒーレントメインビームを形成する複数のアンテナ素子を（送信モードで）駆動するか（受信モードで）これにより駆動される。分散ネットワークまたはベクトルネットワーク合成器は、位相差信号入力／出力へ送られる（送信）かこれから送られ（受信）て、メインビーム仰角放射パターンチルトの角度は差分信号の位相差と相関している。

30

【0035】

基地局アンテナアレイ構成は、セルラー通信ネットワークでの使用のためにバトラーマトリクスも使用しうる。分散ネットワーク（バトラーネットワーク）は、セルラーアプリケーションに適した仰角面にメインビーム放射パターンを形成する複数のアンテナ素子を（送信モードで）駆動することができ、分散ネットワークは、絶縁状態で駆動された場合に直交空間ビームを形成する 4×4 バトラーネットワークの二つのポートに接続される差分または相補出力信号である信号対から給送（送信）される。さらに、位相・出力変換は、相補出力の入力対に接続された単純ハイブリッド合成器の使用を通して達成され、ゆえに、ハイブリッド合成器への入力信号の位相差に応じてメインビーム可変チルト操作を達成する。

40

【0036】

同様に、位相・出力変換操作は、ハイブリッド合成器への出力比信号入力と相関させてメインビームの仰角（チルト）を変化させるため、アンテナ分散ネットワークの位相差入力ポートに接続されたハイブリッド合成器の使用によっても達成される。

【0037】

一実施形態において、本発明の目的は、単純な基地局M R Cに接続された完全受動アンテナアレイまたはアップリンクチャネルのための同様の受信合成プロセスを使用して、「端末単位またはユーザ単位の解像度」で適応空間コヒーレントビームフォーミング機能を

50

仰角面に与えることである。本発明はまた、二つのブランチの間の位相差または出力差を採用する単純な2ブランチ(2自由度)ビームフォーミングアルゴリズムを使用する適応仰角空間ビームフォーミングを行うダウンリンクチャネルとともに使用するための同じ構成も開示する。

【0038】

特に、本発明は、アンテナ分散ネットワーク(送信モード)への入力ポートまたは(受信モードを検討する時に)アンテナ分散ネットワークからの出力での出力差(出力比)および/または位相差と相関させてメインビーム放射仰角パターン(チルト)を変化させるように設計された受動分散ネットワークを採用する受動アンテナアレイの使用を開示している。

10

【0039】

このようなアンテナ分散ネットワークまたはアンテナビームフォーミングネットワーク方式を、4ブランチ受信ダイバーシティ合成(4ブランチMRCなど)または一般的には4ブランチ受信ビームフォーミングアルゴリズムを使用して基地局に接続することにより、二つの直交偏波アンテナアレイについてユーザ単位または端末単位でアップリンクビームフォーミングまたはチルト操作を達成することが可能である。本発明の一つの実施形態には、交差極アンテナアレイに接続された4ブランチ基地局受信器が示され、各アンテナアレイは位相(または出力)差処理方法を使用する。位相差または出力差に応じて可変チルトが可能なアンテナシステムを使用するかどうかの選択は、どの特定アップリンクダイバーシティ合成、アップリンクビームフォーミングアルゴリズム、および(あれば)ダウンリンクビームフォーミングアルゴリズムが基地局で使用されるかに左右される。アップリンクビームフォーミングを可能にするのに事前検出MRC実行例を採用する2T4Rまたは4T4R基地局の事例のように、4ブランチ受信ダイバーシティ方式が利用可能である場合には、複素ベース帯域の各能動アップリンクチャネルについてMRCが位相および振幅を処理することができるので、いずれかのアンテナビームフォーミングネットワーク方法(位相または出力処理)が使用される。他方、事後検出MRCが採用されてMRC方式が包絡線追跡のために設計される場合には、MRC合成の前にこのような位相情報が消失するので、出力差の処理に基づくアンテナビームフォーミングネットワークがより適切である。

20

【0040】

一実施形態において、受信器での合成プロセスは、よく見られるMRCプロセスなど多くの形を取りうる。この合成プロセスは、複素ベース帯域で(つまりRFからの下方変換および復調の後で)受信信号(ブランチ)のベクトル合計を効果的に実施する。ベクトル合計は、瞬間信号品質または信号強度にしたがって各受信信号に重み付けするとともに、コヒーレント合成が達成されるように各複素重み付け受信信号ブランチに位相遅延(同位相動作)を適用するようにして実行される。送信器からの周知の基準信号は、周知の周期的間隔で送信される。こうして、受信信号の間の位相差の測定を含めて受信信号の信号強度および信号品質の測定が行われる無線「チャネル推定」を受信器が実施することができ、さらには、合成プロセスにおいて必要な複素重み付けを決定するために使用される。この受信合成プロセスは、複素ベース帯域受信信号の多数のコピーを作成して、上述したように基地局無線アップリンクへの各能動独立移動端末について独立処理を行うことにより、基地局で多数の同時無線リンクに適用されうる。

30

【0041】

ダウンリンク仰角空間ビームフォーミングについては、次に出力増幅される情報信号の間に位相差を発生させることが、情報信号の間に位相差を発生させることより適した構成であると予想される。そのため、位相差に応じてチルトを変化させるアンテナビームフォーミング器分散ネットワーク方法が好適である。ダウンリンクビームフォーミングが位相差を使用するとより好都合である理由は、単純に、出力差方式が有効出力の広範囲の揺れを必要とし、リミットでは、(すべての情報信号が一つのチルト角でビームフォーミングされると推定すると)一方のPAからの全出力を必要とするが他方からは必要としないと

40

50

いう事実である。これが大出力PAまたはPAのヘッドルームを必要とするのは明らかである。アップリンク仰角ビームフォーミングのための出力差方法およびダウンロードビームフォーミングのための位相差など、位相および出力の処理方法が、異なる二重送信リンクのための仰角ビームフォーミングの根拠として使用されうることも本発明では予想される。例えば、本発明の別の実施形態は、Tx/RxラインおよびRx専用ライン(2Tx4Rx基地局からの4本のラインのうちの2本など)を用いて、180°ハイブリッド合成器の二つの入力にこれらを接続する。次に180°ハイブリッド合成器の二つの出力が、アンテナ素子のアレイを駆動するアンテナシステムに接続され、仰角パターンチルト角は位相差と相關している。この特定実施形態では、単一のTxラインがハイブリッド合成器を介して等しい出力および位相で分離されることで、一定角度のダウンリンクチルト持つ指向性放射ビームを仰角面に生成するアンテナビームフォーミング器ネットワークを駆動する。可変RF位相シフタもハイブリッド合成器の出力の一つに挿入され、アンテナビームフォーミングネットワークの二つのポートの一つへの接続の前に可変ダウンリンクチルト機能を可能にする。さてこの実施形態の受信側を検討すると、位相差アンテナビームフォーミング器は、アップリンクについての情報を端末から受信し、このアップリンク受信信号は、アレイへの到達入射角度に応じてビームフォーミングネットワークのポートで、位相の異なる一対の信号として発生するだろう。これらの受信信号が受信モードで180°ハイブリッド合成器を通過する際に、アップリンク受信信号の位相差が相補的出力差に置き換えられ、これは次に、事前または事後検出MRCダイバーシティ合成または類似の方法を使用して基地局により処理されうる。

10

20

30

40

【0042】

アップリンクおよびダウンリンクチャネルで搬送される情報信号について基地局が位相差を処理できるか出力差を処理できるかに応じて、様々な実施形態が図示されている。本発明の動機は、セルサイト(セル中心)からセル境界までセルが異なる距離を持つ傾向があるという事実を利用している。これは、各能動端末での、または各能動端末からの空間仰角パターンを誘導することにより、基地局へ通信するのに端末が必要とする必要アップリンク出力を縮小させる。アップリンク出力手段の縮小はセル間同一チャネル干渉の軽減を意味し、これはセルラーネットワークでの改良型C/I幾何学形状を許容する。また、LTEネットワークでのセル間同一チャネル干渉は、例えば(アップリンクチャネルを検討すると)水平線の周囲または直下での狭い範囲の仰角から到達する傾向にある。本発明では端末単位のチルト動作が生成されるので、従来の静的仰角パターンに関して平均的な下傾を持つ仰角パターンのために受け取るセル間干渉も少ない。極端な事例では、4プランチのIRCまたはMMSEなどの最小C/Iに基づく受信合成アルゴリズムを使用する基地局ではおそらく、仰角放射パターンの第1上方ナルが隣接セルの方へ効果的に向かれてC/I統計量を最大にする結果となる。同一チャネル干渉が一般的に一つの方角(水平線に近い)に支配されて必要なアップリンク信号が別の方角にある(端末単位の事例を検討)マクロセルサイトでの仰角幾何学形状であると、二種類のみの自由度を持つアンテナアレイビームフォーミング器で充分である、つまりビームフォーミング器は二つの入力のみについて位相および/または振幅の制御を行うことでN-1ナル(つまり1ナル)の方角を制御することができる。これは、仰角面でのセル間干渉の空間フィルタリング(角空間)を達成する。

50

【0043】

本発明の検討を可能にする別の観点は、アップリンクでの角度ダイバーシティまたはパターンダイバーシティである。垂直面に列として配置された要素対での8×のアンテナ素子に4×の出力が接続された4×4バトラーマトリクスネットワークについて検討する。バトラーマトリクスの四つの入力のうち二つが終端され、バトラーマトリクスの残りの二つの入力ポートが隣接の直交ビームと関連している。非終端ポートの一つに出力が印加されて他の非終端ポートに出力が印加されない場合には、仰角の特定方向にビームが発生される。出力が切り換えると異なる方向に直交ビームが発生される。出力が二つのポートの間で変化すると、仰角チルト(方向)が変化した合成ビームが生成される。同様に、

アップリンクチャネルの受信モードでは相反性が発生する。平面波がアレイに入射する、バトラーマトリクスの二つのポートから出力が発生し、入射角に応じた出力比として現れる。バトラーマトリクスの長所は、二つの直交ビームが同一の物理アレイからの全アレイ長利得と共存できて、しかも相互に隔離されることである。ハイブリッド合成器がビームフォーミング器ポートに直接接続されて位相差を出力差に変換する時には、位相差信号のベクトル合成に基づくアンテナビームフォーミング方法について同じ主張を唱えることができる。仰角面でのこれら二つの直交ビームをMRCプロセスによる受信ダイバーシティ経路として考えることにより、MRCプロセスは受信の加算に先立って異なる複素重みを適用するため、これは事実上、一つの強力なナルと一つの指向性ビームとを有する仰角パターンの特性を持つ適応アップリンクチルト動作（二つの直交ビームの間のチルティング）と考えられる。セル中心の近くに高濃度のトラフィックが存在するセルが本発明から最も利益を受けることが、充分に予想される。このようなシナリオでは、最大チルト（および仰角面での最大スリングまたは隣接セルへの拒否反応）を持つ直交ビームを主に介して、かなりの比率のトラフィックが通信を行うことが想像できる。

10

20

30

40

50

【0044】

本発明は、基地局アンテナが周囲の屋上または多経路散乱体を概ね越える高さである、マクロセルラー環境でも最も適切である。上記のように、マクロセルサイトは、仰角において低い多経路角分散または角度広がりを生じる傾向がある。仰角での角度広がりは、端末の周囲に類似の散乱容積または環境が維持されると仮定すると、セル中心からの距離の増加とともに減少すると予想される。リミットでは、水平線角度またはその付近に達する多経路の角分散は比較的狭いと予想される。これは主として、隣接および遠隔セルからの同一チャネル干渉により支配されやすい。これらの角度の周囲の仰角パターンマルの存在は、このようなセル干渉を抑制するのに有益である。

【0045】

上記の説明はセルラー通信システムのアップリンクチャネルについての適応アンテナビームフォーミングを中心としているが、 $4 \times T \times / R \times$ または $4 T 4 R$ としてよく知られる $4 \times$ 送信ポートが基地局から利用可能である時には、ダウンリンクチャネルでの適応空間ビームフォーミングについても同様の利点および主張が可能である。HSPA+ および LTE などのセルラーアクセス技術は、 $4 T 4 R$ 基地局からの様々なアンテナ構成をサポートできる。例えば、 $4 T 4 R$ 基地局に接続された二つの近間隔の交差極アンテナは、アップリンクのための方位角および 2 方向（脱相関）受信ダイバーシティにより、またダウンリンクのための 2 方向送信ダイバーシティまたは 2×2 空間多重化により、アップリンクおよびダウンリンク適応ビームフォーミングを行いうる。

【0046】

本発明の実施形態では、地面の近くに位置して一般的には無線チャネルの局所的散乱体により囲まれる移動端末 T1 がアップリンク通信チャネルを介して、基地局とアンテナアセンブリ（100）を介した通信を行うことを検討する。基地局アンテナは局所的な建物より充分に上方にあってゆえに散乱環境より上方にあると想定し、そのため T1 からの RF 信号は比較的狭い仰角範囲に及ぶ散乱を介して基地局アンテナ（100）に達すると想定でき、この角分散は一般的にアンテナアレイの垂直ビーム幅と類似しているかこれより小さいと想定する。無線リンクの無線チャネル幾何学形状が、図 3 に図示されている。

【0047】

図 3 は、仰角での多経路無線チャネルを図示する。多経路分散は方位角面と仰角面の両方に存在し、そのため図 3 はこの説明を目的として、分解された多経路成分を仰角のみで示している。五つの支配的多経路成分が 1 ~ 5 と示されている。多経路成分 1 は直接経路を表すが視線成分ではなく、基地局アンテナと端末との間にある一つの建物を通過する。多経路成分 2 は同様の直接経路であるが、端末の付近に地面反射を含む。多経路成分 3 は最も強い多経路成分であって、基地局アンテナと端末との間にある近隣の建物の側面からの反射を介して到達する。多経路成分 4 は最も高い建物の屋上を介した屈折経路であり、多経路成分 5 は基地局アンテナと端末との間にはない別の建物からの反射を介した最大の

時間的分散を有する。これらの多経路成分は基地局アンテナのビーム幅を画定し、そのため、独立した多経路を組み合わせる（仰角面での無線チャネル等化）と、はるかに大きく（長く）ゆえに非実用的な基地局アンテナアレイとなって各多経路成分を分解する非常に狭いビームが生成されるのは確実であるので、こうすることは可能でない。

【0048】

無線チャネルの時間的分散は、適応チャネル等化を含む周知の技術を用いて基地局で等化されうる。情報帯域が無線チャネルのコヒーレント帯域より狭い、つまり多経路遅延が情報シンボル周期よりはるかに小さい通信リンクについては、無線チャネルは狭帯域であると考えられ、すべての多経路エコーがシンボル周期にきちんと収まって最小のシンボル間干渉（ISI）が得られる。このようなアクセス技術は、大部分の無線環境を検討する時にGSM（登録商標）またはLTEを含みうる。多経路遅延プロファイルがシンボル期間より大きい時には、無線チャネルは広帯域であると考えられ、CDMAおよびWCDMA（登録商標）/UMTSなどのアクセス技術で使用されるように、無線チャネルを等化するのに例えばRAKE受信アーキテクチャが採用される。

10

【0049】

基地局システムの様々な実施形態が以下で開示されることに注意すべきである。基地局システムの様々な段階またはモジュールを説明する際に、様々な信号処理方法も説明されるだろう。そのため、これらの様々な方法の各ステップが図4～8について説明される。ゆえに、これらの方法の各ステップは、これらの方法のフローチャートとしての図4～8により裏付けられる。2T4R基地局のみが示されているが、4T4R基地局は上記と類似のアーキテクチャに基づき、例えば、第1アンテナアセンブリに対する直交偏波である第2アンテナアセンブリへの接続のために第2並列基地局ポート接続構成が存在する場合、また受信ダイバーシティ合成プロセスが二つのブランチではなく四つのブランチ（または四つ以上のブランチ）を有する場合に実行されうることに注意すべきである。

20

【0050】

4.1 実施形態1

図4は、VAおよびVBポートでの位相差に応じた可変チルトに基づく受動アンテナアレイによるMRC受信合成プロセスを含む2T4R基地局を使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示している。ビームフォーミングネットワークのポート（VAおよびVB）で位相差信号を処理するように設計された適応ビームフォーミングネットワーク（40）に基づくアンテナアセンブリを使用する本発明の第一実施形態が、図4に図示されている。動作に適したこのようなビームフォーミングネットワーク（40）は、米国特許第7,450,066号、米国特許第7,400,296号、または米国特許第7,420,507号に基づくものを含む。図3によれば、移動端末T1からのRF信号は基地局アンテナアセンブリ（100）に到達する。アンテナアセンブリは、一般的には0.7およびなどだけ離間したN個のアンテナ素子（61₁～62_N）によるアンテナアレイから成る。各アンテナ素子は図のように位相シフタ（64₁～64_{1N}）に接続されるか、実際には（図示されていないが）アンテナ素子のグループが位相シフタに接続されうる。位相シフタ（64₁～64_{1N}）の目的は、周囲の適応ビームフォーミング範囲の中間値ビームチルト角を移動させる設備を設けることである。ビームフォーミング範囲は、ダイバーシティ、利得、垂直ビーム幅、サイドローブレベルなどいくつかの最低仕様をビームが維持する場合にVAおよびVBポートでの位相差の範囲で発生されるコヒーレントビームの範囲である。これはビーム10A（最小チルト角）、10C（最大チルト角）、および10B（中間チルト角）として示されている。アップリンクチャネルを想定すると、アンテナアレイに到達するRFエネルギーはビームフォーミングネットワーク（40）を介して処理され、その結果、ビームフォーミングネットワークのポートVAおよびVBで信号が生じる。VAおよびVBで端末T1と関連する信号は、実質的には等しい振幅のものであるが、間に位相差を有するだろう。到達角度がビームフォーミングネットワークの有効ビームフォーミング範囲に含まれると仮定すると、位相差は仰角での到達角度と相關する。VAおよびVBでの信号は、本実施例で後述されるアンテナアレイのためのダウン

30

40

50

リンク信号に対応するように設計された二重フィルタ 47A および 47B にそれぞれ接続される。大まかに述べると、この発明は、第 1 受動 RF アンテナアセンブリのビームフォーミングネットワークの二つのポートでの位相差信号または振幅差信号に応じた可変仰角面ビームチルトを持つ空間コヒーレントメインビームを生成する。

【 0 0 5 1 】

V A および V B からのアップリンク信号のみを検討すると、これらは本質的に基地局へ直接送られる。基地局の第 1 処理段階は RF ・ベース帯域下方変換段階（ 20 ）である。図 4 は、この実施形態の目的のための RF ・ベース帯域処理段階の略図を示すが、このような処理段階が他の多くの形を取りうることに注意すべきである。二つの位相差アップリンク信号がデジタル複素ベース帯域に下方変換される。信号 V A が b 1₁ として複素ベース帯域で発生し、信号 V B が b 2₁ として複素ベース帯域で発生する。複素ベース帯域信号 b 1₁ は例えば、現実および仮想のベース帯域信号成分から成るだろう。大まかに述べると、この方法は、第 1 受信 RF アンテナアセンブリに連結された RF ・ベース帯域下方変換段階を介して、位相差信号または振幅差重み付け信号を処理してベース帯域信号にする。注意：明瞭性のため、図 4 は別々の現実および仮想信号で複素ベース帯域信号を表しておらず、代わりに単一の複素信号ラインとして示されている。上記のデジタルビームフォーミング理論によれば、V A および V B ポートの間の RF 位相差は b 1₁ と b 1₂ との間のベース帯域位相シフトとして生じることが分かる。それから二つの複素ベース帯域信号が、最大比合成（ MRC ）段階または他の類似の受信合成段階（ 12₁ ）によって処理される。大まかに述べると、この方法は受信合成段階を介してベース帯域信号のベクトル加算を実施する。MRC プロセス（デジタル信号プロセッサ（ DSP ）または単にハードウェアプロセッサで実行されるものなどのアルゴリズム）は、信号品質を最大にするため、二つのベース帯域信号 b 1₁ および b 1₂ をコヒーレント方式で組み合わせることを目的とする。MRC プロセスは、複素重みにより各複素ベース帯域信号を倍増できるため、信号 b 1₁ が w 1₁ で倍増され、 b 1₂ が w 1₂ で倍増されてから、重み付け複素ベース帯域信号の複素合計を実施する。理想的には、MRC プロセスでは本質的に合計の前に二つの複素ベース帯域信号を同位相化するだろう。これは、二つの複素ベース帯域信号の間の位相差に等しく反対の位相差を有する値の複素重みで複素ベース帯域信号の一つを倍増することによって達成されるだろう。MRC プロセス（ 12₁ ）からの出力は、情報抽出用のさらなる処理のため基地局内の高い抽出層に伝送される最適合成の複素ベース帯域信号 O 1 となる。

【 0 0 5 2 】

基地局が多数の移動端末に対して同時に通信する必要があるのは明らかであり、そのため図 4 は、基地局内の高層処理のための多数の出力（ O₁ ~ O_k ）を発生させる k 個のアップリンクチャネル（ 12₁ ~ 12_k ）のための、論理的に独立した多数の MRC プロセスを示している。異なる端末と関連する各アップリンクチャネルは、基地局と同時に通信しうる。異なる下方変換および MRC アーキテクチャが、異なる無線アクセス方式で採用される。例えば、時分割多数アクセス（ TDMA ）を採用する GSM （登録商標）では、単一 MRC プロセスのみが必要とされ、異なるアップリンクユーザを処理するためタイムスロットごとに複素重みを変更する。コード分割多数アクセス（ CDMA ）を採用する WCDMA （登録商標） / UMTS では、下方変換後に発生するベース帯域信号が多数回反復され、それから各コピーがチャネル化コードによって複素倍増されて、異なる端末と関連する特定データを抽出してから、各端子について一つずつ多数の単独同時発生 MRC プロセスが使用される。周波数分割多数アクセス（ FDMA ）を使用する LTE は、例えば 10MHz チャネルまで分解する第 1 段階と、 10MHz チャネル内の個々の FDMA チャネルを分解する第 2 下方変換という二つの段階で実施される下方変換を必要としうるか、 FFT 处理技術を使用しうる。本発明の範囲は、特定の下方変換技術または受信ブランチ合成技術を推進することではなく、異なる端末と関連する独立情報を複素ベース帯域レベルで論理的に抽出することを示すことである。

【 0 0 5 3 】

10

20

30

40

50

V A および V B での R F 信号と対応する下方変換複素ベース帯域信号 $b_{1,1}$ および $b_{1,2}$ は、移動端末が動き回る際に時間的に一緒にフェードするという点で高い相関性があると予想されるため、複素重みは非常にゆっくりと変化することが予想され、おそらく、R F エネルギーが異なる角度で到達する、例えば移動端末がセル中心からセルエッジへ急速に移動するように移動端末が環境内を動き回るのに応じて、変化するに過ぎない。上記は、一対の信号の同位相化を実施するのに M R C プロセスが使用され、その位相差が仰角での到達角度と相關する、本発明の範囲を説明したものである。

【 0 0 5 4 】

図 4 は、汎用の M ブランチ M R C プロセスを示している。実際には、これは 4 ブランチ M R C プロセスであり、残りの二つのブランチが同じアンテナと、例えば直交偏波アンテナアレイの下方変換構成とに接続されうる。明瞭性のためこれは示されていない。第 2 アンテナアレイは、第 1 アンテナアレイに対する脱相関を生じるように設計され、そのため従来の受信ダイバーシティを提供する。本質的に、4 ブランチ M R C プロセスを含む図 4 は、従来の 2 方向脱相関ダイバーシティ合成とともに適応仰角ビームフォーミング（チルティング）を示す。

【 0 0 5 5 】

ダウンリンクチャネルは、図 4 では単一のダウンリンクチャネルとしてのみ示され、そのため二つのアンテナアレイを想定し、これは 2 T 4 R 基地局構成における二つまでのダウンリンクチャネルを表す。ダウンリンク信号は、同一アンテナアセンブリからも送信されうる。図 4 では、ダウンリンク信号が基地局とアンテナアセンブリとの間のフィードラインの一つに二重通信され、アンテナアセンブリでは、二重信号が二重化フィルタ 4 3 を使用して非二重化され、その際にダウンリンク信号はアップリンクチャネルから独立して処理される。スプリッタ 4 4 はダウンリンク信号を二つのブランチに分割し、一方のブランチは可変位相シフタに接続されて二つのダウンリンク信号の間に位相差を生じさせ、これは次に、ビームフォーミングネットワークの V A および V B ポートへの接続の前に二重化フィルタ 4 7 A および 4 7 B でアップリンク信号と再合成される。ダウンリンク信号は、V A および V B ポートでのダウンリンク信号の位相差にしたがってビームフォーミングネットワークにより処理され、結果的に可変ビームチルトを持つコヒーレントビームが得られる。図 4 の操作では、ダウンリンクチルトをビームフォーミングアレイの最小チルト角に設定するよう調節し、例えばこれは 2 ° チルトと仮定される。アップリンク「端末単位」適応ビームフォーミング範囲（M R C プロセスのため適応型）は、2 ° から例えば 8 ° の範囲の独立アップリンクチャネルのためのコヒーレントビームを発生させうる。この事例では、最小のセル間アップリンク干渉がセルサイト間に発生することを保証する。しかし、別の操作は、ダウンリンクチルトを例えば 5 ° チルトに設定するものである（ビームフォーミングネットワークのビームフォーミング範囲の中央）。この事例では、アップリンク適応ビームフォーミング範囲は 2 ° から 8 ° のままであり、そのため、アップリンクチャネルはセルエッジでの改良リンクバジェットを達成できる。異なるビームフォーミング範囲が必要とされる場合には、アンテナのアレイ面に大きな位相勾配を設けることにより、位相シフタ（ $64_1 \sim 64_{1,N}$ ）がビームフォーミング範囲を移動させることができる。例えば、5 ° から 11 ° のビームフォーミング範囲を生成することが可能であろう。

【 0 0 5 6 】

4 . 2 実施形態 2

図 5 は、V A および V B ポートでの振幅差に応じた可変チルトに基づく受動アンテナアレイを含む基地局 M R C 受信合成プロセスを使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示す。本発明の第二実施形態が図 5 に図示され、実質的には第一実施形態と同一であるが、ビームフォーミングネットワークのポート（V A および V B）で振幅差信号を処理するために設計された適応ビームフォーミングネットワーク（50）に基づくアンテナアセンブリを使用する。このような操作に適したビームフォーミングネットワーク（50）は米国特許第 6,864,837 B 号に基づくものを含む。アップリンクチャネルを想定

10

20

30

40

50

すると、アンテナアレイに到達するRFエネルギーはビームフォーミングネットワーク(50)を介して処理されて、ビームフォーミングネットワークのポートVAおよびVBで信号を発生させる。VAおよびVBでの端末T₁に関連する信号は実質的に位相が等しいが、振幅差を有する。到達角度がビームフォーミングネットワークの有効ビームフォーミング範囲に含まれると仮定すると、位相差は仰角での到達角度と相關している。VAおよびVBでの信号は、本実施形態で後述するアンテナアレイのためのダウンリンク信号に対応するように設計された二重化フィルタ47Aおよび47Bにそれぞれ接続される。

【0057】

VAおよびVBからのアップリンク信号のみを検討すると、これらは本質的に基地局に直接伝送される。基地局の第1処理段階はRF・ベース帯域下方変換段階(20)であり、第一実施形態についてすでに説明したものと類似している。二つの異振幅アップリンク信号はデジタル複素ベース帯域に下方変換される。信号VAは複素ベース帯域のb₁₁として発生し、信号VBは複素ベース帯域のb₂₁として発生する。複素ベース帯域信号b₁₁は例えば、現実および仮想のベース帯域信号成分で構成される。VAおよびVBポートの間のRF振幅差は、上記のデジタルビームフォーミング理論にしたがってb₁₁とb₂₁との間のベース帯域振幅差として発生する。次に、二つの複素ベース帯域信号が最大比合成(MRC)または他の類似の受信合成プロセス(121)により処理される。MRCプロセス(DSPで展開されるアルゴリズムなど)は、信号品質を最大化するようにして二つのベース帯域信号b₁₁およびb₂₁を合成することを目的とする。MRCプロセスは各複素ベース帯域信号を複素重みで倍増することができるため、信号b₁₁がw₁₁で倍増され、b₂₁がw₁₂で倍増されてから、重み付けされた複素ベース帯域信号の複素加算を実施する。理想的には、MRCプロセスは本質的に、加算の前に各信号のS/Nに従って各複素ベース帯域信号を倍増する。VAとVBとの間には位相差は存在すべきではなく、ゆえにb₁₁とb₂₁との間の複素ベース帯域には位相差はなく、そのため同位相化は必要ないだろう。そのため、事後検出方式では位相情報が消失するので、この実施形態は事後検出MRCアーキテクチャに基づくMRC処理にはより適している。

【0058】

VAおよびVBでのRF信号と対応の下方変換複素ベース帯域信号b₁₁およびb₂₁は、移動端末が動き回ると時間的に一緒にフェーディングするという点で高い相關性を持つと予想されるため、複素重みは非常にゆっくりと変化することが予想され、おそらく、RFエネルギーが異なる角度で到達する、例えば移動端末がセル中心からセルエッジへ急激に移動するように移動端末が環境内を動き回るのに応じて、変化するに過ぎない。上記は、一対の信号の同一重み付けを実施するのに単純なMRCプロセスが使用され、その振幅差が仰角での到達角度と相關する、本発明の範囲を説明したものである。

【0059】

図5は、汎用のMプランチMRCプロセスを示す。実際に、これは4プランチMRCプロセスであり、残りの二つのプランチは同一のアンテナと、例えば直交偏波アンテナアレイの下方変換構成とに接続されうる。これは明瞭化のため示されていない。第2アンテナアレイは第1アンテナアレイに対する脱相関を生成するように設計され、そのため従来の受信ダイバーシティを提供する。本質的に、4プランチMRCプロセスを含む図5は、従来の2方向脱相関ダイバーシティ合成とともに適応仰角ビームフォーミング(チルティング)を示す。

【0060】

ダウンリンクチャネルは、図5に单一ダウンリンクチャネルとしてのみ示され、そのため二つのアンテナアレイを想定すると、これは1T4Rまたは2T4R基地局構成での二つまでのダウンリンクチャネルを表す。ダウンリンク信号は、同一のアンテナアセンブリからも送信されうる。図5では、ダウンリンク信号が基地局とアンテナアセンブリとの間ににおいてフィードラインの一つで二重化され、アンテナアセンブリでは二重フィルタ43を使用して二重化信号が非二重化され、その際にダウンリンク信号はアップリンクチャネルから独立して処理される。スプリッタ(44)はダウンリンク信号(46)を二つのブ

10

20

30

40

50

ランチに分割し、一方のプランチは可変位相シフタ(46)に接続されて二つのダウンリンク信号プランチの間に位相差を生成し、これは次に、 180° ハイブリッドカプラ(45)の入力ポートに接続される。ハイブリッドカプラ(45)の出力は、ビームフォーミングネットワーク(50)のVAおよびVBポートへの接続の前に二重フィルタ47Aおよび47Bでアップリンク信号を再合成する。ハイブリッドカプラ(45)は位相差を相補出力差に変換し、ビームフォーミング器ネットワーク(50)は異なるビーム(チルト)を生成する。VAおよびVBポートのダウンリンク信号の(位相シフタ(46)により加えられる位相差により生成される)振幅差に従って、ビームフォーミングネットワークによりダウンリンク信号が処理されて、可変ビームチルトを持つコヒーレントビームが得られるだろう。図5の操作は、ビームフォーミングアレイの最小チルト角に設定されるようにダウンリンクチルトを調節し、例えばこれは 2° チルトと想定される。アップリンク「端末単位」適応ビームフォーミング範囲(MRCプロセスのため適応型)は、 2° から例えれば 8° の独立アップリンクチャネルについてコヒーレントビームを生成する。この事例では、最小セル間アップリンク干渉がセルサイトの間に発生することを保証する。しかし、別の操作では、ダウンリンクチルトを例えれば 5° (ビームフォーミングネットワークのビームフォーミング範囲の中央)に設定するものであろう。この事例では、アップリンク適応ビームフォーミング範囲は 2° から 8° のままであり、そのためアップリンクチャネルがセルエッジで改良リンクバジェットを達成できるようにする。異なるビームフォーミング範囲が必要とされる場合には、アンテナのアレイ面に大きな位相勾配を加えることにより、位相シフタ($64_1 \sim 64_{1N}$)がビームフォーミング範囲を移動させる。例えば、 5° から 11° のビームフォーミング範囲を生成することが可能だろう。

10

20

30

40

50

【0061】

4.3 実施形態3

図6は、VAおよびVBポートでの位相差に応じた可変チルトに基づいて受動アンテナアレイによるMRC受信合成プロセスを含む2T4R基地局を使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示す。本発明の第三実施形態は図6に図示され、事実上は、ビームフォーミングネットワークのポート(VAおよびVB)で位相差信号を処理するために設計された適応ビームフォーミングネットワーク(40)に基づくアンテナアセンブリを使用する第一実施形態と同一である。このような操作に適したビームフォーミングネットワーク(40)は、米国特許第7,450,066号、米国特許第7,400,296号、または米国特許第7,420,507号に基づくものを含む。第一および第三実施形態の間の相違は、ビームフォーミングネットワーク(40)にダウンリンク信号がどのように印加されるかのみである。図6では、ダウンリンクおよびアップリンクチャネルを搬送する基地局フィードラインが、 180° ハイブリッドカプラ(45)の一つの入力ポートに印加される。これは、ハイブリッドカプラ(45)の出力でダウンリンク信号を二つの等しい同位相出力プランチに分割する。ハイブリッドカプラからの一つの出力は、可変RF位相シフタ(46)に接続されて位相遅延を加える。この結果、ビームフォーミングネットワーク(40)のVAおよびVBポートに印加される異位相ダウンリンク信号が得られる。しかし、ハイブリッドカプラ(45)の存在のため、アップリンク信号は第一実施形態とは若干異なる方法で処理される。第一実施形態のように、アップリンクチャネルを想定すると、アンテナアレイに到達するRFエネルギーはビームフォーミングネットワーク(40)を介して処理され、その結果、ビームフォーミングネットワークのポートVAおよびVBで信号が得られる。VAおよびVBでの端子T₁に関連する信号は、実質的に等しい振幅のものであるが、位相差を有するだろう。到達角度がビームフォーミングネットワークの有効ビームフォーミング範囲に含まれると仮定すると、位相差は仰角での到達角度と相関する。VAおよびVBでのアップリンク信号を検討すると、ポート452および454での信号の間の位相差を相補的出力差としてポート451および453での信号対に変換するRF位相シフタ(46)を介して、ハイブリッドカプラ(45)のポート452および454にこれらの信号が接続され、出力差は位相差と相関している。そのため、基地局RF・ベース帯域下方変換およびMRC処理は、第二実施形態のように相補的また

は異振幅の対としてアップリンク信号を処理する。ポートV AおよびV Bでの位相差アップリンク信号をアップリンク信号の振幅差に変換することにより、M R Cプロセスは事前または事後検出実行例に基づく。第一実施形態に対するこの実施形態のさらなる長所は、二重フィルタが除去されて単純なハイブリッドカプラで置き換えられることである。

【0062】

4.4 実施形態4

図7は、V AおよびV Bポートでの振幅差に応じた可変チルトに基づく受動アンテナアレイを含むM R C受信合成プロセスにより2 T 4 R基地局を使用するアップリンク仰角ビームフォーミングを示す。本発明の第四実施形態が図7に図示され、事実上は、ビームフォーミングネットワークのポート(V AおよびV B)で増幅差信号を処理するように設計された適応ビームフォーミングネットワーク(50)に基づくアンテナアセンブリを使用する第二実施形態と同一である。このような操作に適したビームフォーミングネットワーク(50)は、米国特許第6,864,837B号に基づくものを含む。第二および第四実施形態の間の相違は、ダウンリンク信号がビームフォーミングネットワーク(50)にどのように印加されるかだけである。図7では、ダウンリンクおよびアップリンクチャネルを搬送する基地局フィードラインが、ビームフォーミングネットワークの一つのポート、この事例ではポートV Aに直接印加される。

10

【0063】

この第四実施形態では、ダウンリンク信号全体がポートV Aへ印加され、ダウンリンク出力はポートV Bには印加されない。この結果、ダウンリンクチャネルを搬送するビーム10Aを発生させる最小チルトまたはビームフォーミング範囲での固定ダウンリンクビームが得られる。アップリンクチャネルは第二実施形態と全く同じように処理され、ここでは、端末からのアップリンク信号が、基地局に直接接続されたポートV AおよびV Bに出力差を生じさせ、複素ベース帯域に下方変換され、M R C受信合成プロセスで処理される。やはり、この実施形態の長所は、(位相差ではなく)振幅差のみが事後検出M R C方式により処理されるので、事後検出M R C方式も使用されうることである。この第四実施形態の主な長所は、二重化フィルタまたは追加ハイブリッドカプラを必要としないことであるが、短所はビームフォーミングチルト範囲の範囲内ではダウンリンクチャネルが変化できることである。

20

【0064】

しかし、類似の構成を得るため、ハイブリッドカプラ、R F位相シフタ、二重化フィルタなどの構築ブロックを使用して多くの別の実施形態を導出することが可能であろう。例えば、図7の概略図は、基地局とビームフォーミングネットワーク(実施形態3に示されたものと類似)との間に形成されるハイブリッドカプラおよび位相シフタを含む。この事例では、ダウンリンクビームチルトを変化させることができであろうが、アップリンクチャネルビームフォーミングに影響する事前検出M R Cを必要とするだろう。付加的に、上記の実施形態は、アクセス技術が周波数分割二重通信(F D D)に基づくと仮定している。当業者にとっては、多数の可能な構成に達する時分割二重通信(T D D)システムにも本発明が適用されることとは、本発明の範囲内である。

30

【0065】

4.5 実施形態5

図8: V AおよびV Bポートでの位相差に応じた可変チルトに基づく受動アンテナアレイに接続された4 T 4 R基地局(4個のポートのうち2個のみが図示)を使用するダウンリンク仰角ビームフォーミング。本発明の第五および第六実施形態が、図8に図示されている。この実施形態は、ビームフォーミングネットワークのポート(V AおよびV B)で位相差信号を処理するように設計された適応ビームフォーミングネットワーク(40)に基づくアンテナアセンブリを使用する。このような操作に適したビームフォーミングネットワーク(40)は、米国特許第7,450,066号、米国特許第7,400,296号、または米国特許第7,420,507号に基づくものを含む。しかし、この実施形態は、仰角面でのアップリンクとダウンリンクの両方のチャネルの適応ビームフォーミング

40

50

を含む。明瞭化のため、アップリンクビームフォーミングプロセスは実施形態1および3についてすでに説明したものと同一であるか類似していると考えられるので、これについて図示または説明しない。図8には、LTE基地局のためのダウンリンクチャネル処理段階を示す。3GPP LTE仕様は、ビームフォーミングプロセスを通して適用されうる、ゆえにユーザ端末が正確な無線チャネル推定および等化を行うためのユーザ固有のダウンリンク基準/パイロットシンボルを含むので、ダウンリンクビームフォーミングを検討すると、LTE基地局はGSM(登録商標)またはUMTS基地局よりも適切であろう。さらに、3GPP LTEリリース9仕様は、例えば 2×2 空間多重化MIMOと適応コヒーレントビームフォーミングを含む2プランチ送信ダイバーシティとを可能にするようにユーザ固有のパイロットシンボルを多数の層に含める。LTE仕様が後に公開されたので、追加の空間多重化層および高次Txダイバーシティとコヒーレント適応ビームフォーミングとの組み合わせが保証される。

【0066】

図8は、ビームフォーミングネットワークポートの位相差処理に基づいてアンテナアレイ(40)に接続されたFDD動作で作動する3GPP LTEリリース9基地局についてのダウンリンクチャネル処理の鳥瞰図を示す。LTEでは、多くの多数アンテナ技術、構成、および送信モードが用意され、そのいくつかについては、空間多重化MIMO、送信ダイバーシティ、および空間ビームフォーミングを含めて導入部で論じられた。図8に示された例は、LTEでの一次データチャネルであるLTEプロトコルの高い抽象層から導出される物理的ダウンリンク共有チャネル(PDSCH)で搬送されるデータを表す二つの入力ラインまたはコード語(11aおよび11b)が、一つの端末(T1)へマッピングされる場合である。各コード語は、(ランダム化データへの)スクランブリングまたはシンボル変調のプロセスにより処理される(例えば、アップリンクで端末T1により返信される瞬間ダウンリンクチャネル条件に応じて印加されるQPSK、16QAM、または64QAM変調不図示)。スクランブルおよび変調の後のコード語は、次に層マッピング段階で処理され、処理された(スクランブルおよびシンボル変調された)コード語 $1_{1,a}$ は二つの層へのマッピングを示す。同じマッピングがコード語 $1_{1,b}$ の処理にも適用される。この実施形態では、処理後の各コード語は二つの層に分割されてから、複素重みを加えることにより事前コード化され、 $p_{1,1}$ および $p_{2,1}$ は処理後のコード語 $1_{1,a}$ の二つのプランチの各々に適用される複素重みであり、その結果としてベース帯域信号 $c_{1,1}$ および $c_{2,1}$ が得られ、同様に $p_{3,1}$ および $p_{4,1}$ は処理後のコード語 $1_{1,b}$ の二つのプランチの各々に印加される複素重みであって結果的に $C_{3,1}$ および $c_{4,1}$ が得られる。この事例での事前コード化段階は、重みベクトルの印加により、処理後の各コード語についての適応コヒーレント2プランチ送信ビームフォーミング、および処理後の各コード語についての独立ビームフォーミングを達成するように設計されている。結果的に得られる各コード語と関連する二つの事前コード化信号が次に、トラフィック管理計画アルゴリズム(不図示)の制御に基づいて、LTE物理リソース、例えば周波数および時間リソース(大まかには割り当て段階)に、続いてOFDM変調(大まかには事前コード化信号を変調信号に変調するための変調段階)にマッピングされ、これは複素OFDM変調ベース帯域からRFに上方変換され、最終的には送信(80)のため出力増幅される(大まかにはベース帯域・RF上方変換段階は変調信号をRF信号に上方変換する)。コード語 $1_{1,a}$ と関連する二つの出力増幅RF信号は次に、アンテナビームフォーミングネットワーク(40)の二つのポート(VAおよびVB)に接続され、これがアンテナ素子($62_1 \sim 62_N$)のアレイを駆動する。この実施形態では、PDSCHで搬送される端末T1のダウンリンクデータのための適応仰角面空間ビームフォーミングは、複素ベース帯域信号 $c_{1,1}$ および $c_{2,1}$ の間に位相差を加えることによって達成される。結果的に得られる仰角ビームチルトは位相シフトと関連し、事前コード化段階によって達成される。図8では、PDSCHのダウンリンクスクランブリング、変調、事前コード化、およびOFDM多重処理が、一つの端末T1と関連するデータについて示されている。この処理は集合的に 72_1 (大まかには事前コード化段階と記される)の中に示されている。大まかに述べると、

10

20

30

40

50

事前コード化段階は、移動端末に関連するベース帯域データシンボルを二つのベース帯域信号プランチにマッピングして、複素事前コード化重みによる信号プランチの多重化を介してプランチを事前コード化し、事前コード化信号を発生させるため二つの信号プランチの間に位相差を与えるためのものである。しかし、LTEは多数アクセスシステムであるので、 k 個の平行プロセスについて 72_2 から 72_k と記された他の端末と関連するPDSCHデータと関連する、同時発生的な多数の類似スクランブリング、変調、事前コード化、およびOFDM多重化プロセスが存在するだろう。このような他のデータチャネルは、ダウンリンクトラフィック計画アルゴリズムの制御に基づいて異なるOFDMサブトーンにマッピングされるだろう。他の端末と関連する別の独立データは単独で事前コード化され、ゆえに仰角面での独立ビームが得られる。セル放送チャネルを含む共通物理チャネルなどの非PDSCHチャネルは、セル全体で送信されるように設計され、そのため事前コード化段階を介する必要がない（また適応ビームフォーミングされない）。代わりに、これらの非適応ビームフォーミングデータチャネルは、固定位相シフトまたは半固定位相シフトにより二つの送信ラインで分割され、結果的にアンテナアセンブリを介して固定／静止ビームチルトが得られる。共通チャネルの位相シフトは当然、周期的に変化して、従来の可変電気チルト機能を効果的に付与する。

10

【0067】

PDSCHコード語 $1_{1,b}$ と関連する信号の処理の最終段階は明瞭性のため示されていないが、例えば第1アンテナアレイ（ $62_1 \sim 62_N$ ）に対する直交偏波を含むアンテナアレイと関連しうる第2アンテナビームフォーミングネットワークに対する類似の処理を受けるだろう。

20

【0068】

本発明は、ダウンリンクチャネルのためコヒーレントビーム（チルト）を端末 T_1 に集中させることであるので、事前コード化ベクトルは非常にゆっくりと変化することが予想され、無線チャネルおよび環境における端末 T_1 の顕著な移動に応じて事前コード化ベクトルが変化することが予想されるだろう。

20

【0069】

しかし、上述した実施形態の構築ブロックを使用してダウンリンクチャネル仰角面空間ビームフォーミングを達成する類似の構成に達する多くの別の実施形態を導出することが可能であろう。例えば、図8の概略図は、ポートでの（位相差ではなく）振幅差に応じてビームチルトを変化させるように設計されたビームフォーミングネットワークを使用するRFアンテナアセンブリを使用するものであり、LTEダウンリンク事前コード化段階はこの事例では、仰角での可変ビームチルトを実行するため振幅差を生成する情報シンボルに複素重みを印加する必要があるだろう。加えて、図8では、基地局とビームフォーミングネットワーク（40）ポートとの間にハイブリッドカプラおよび位相シフタが形成される（つまり実施形態3で説明されたものと類似）。この事例では、放送チャネルなどの共通チャネルが基地局からの1つのTx/Rxラインのみに存在する。放送チャネル情報がVAおよびVBポートに印加されて共通チャネルのための特定ビームチルトを与えるように、ハイブリッド合成器および位相シフタが分割および位相シフト機能を実施する。この事例では、仰角で適応ビームフォーミングされる情報、例えばPDSCHで搬送されるデータは、振幅差を生成するように事前コード化されることが必要であり、これはビームチルトを適応変化可能とするためハイブリッド合成器の出力で位相差に変換される。加えて、上記実施形態は、アクセス技術が周波数分割二重通信（FDD）に基づくと想定している。当業者にとって、本発明の範囲は多数の可能な構成にも通じる時分割二重通信（TDD）システムにも適用されうる。

30

【0070】

本発明の様々な段階は、ハードウェアプロセッサと非一時的メモリ（大まかにはコンピュータ読み取り可能媒体）とを介して実行されうることに注意すべきである。例えば、ハードウェアシステム（不図示）は、プロセッサ要素（CPUなど）と、上述した様々な機能を実施するためのメモリとを包含しうる。

40

50

【 0 0 7 1 】

本開示が、特定用途向け集積回路（A S I C）、汎用コンピュータ、または他の同等のハードウェアなどを使用するソフトウェアにおいて、および／またはソフトウェアとハードウェアとの組み合わせにおいて実行され、例えば、上述した方法に関するコンピュータ読み取り可能命令が、上に開示された方法のステップ、機能、段階、および／または操作を実施するためハードウェアプロセッサを構成するのに使用されうることに注意すべきである。

【 0 0 7 2 】

様々な実施形態が上で説明されたが、これらは単なる例として提示されて限定ではないことが理解されるべきである。ゆえに、好適な実施形態の幅および範囲は、上述した例示的実施形態のいずれによっても制限されるべきではなく、以下の請求項およびその同等物のみによって規定されるべきである。

10

【 符号の説明 】**【 0 0 7 3 】**

1 , 2 , 3 , 4 , 5 マルチパス成分

20

1 0 A ビーム（最小チルト角）

1 0 B ビーム（中間チルト角）

1 0 C ビーム（最大チルト角）

2 0 ベース帯域下方変換段階

4 0 ビームフォーミングネットワーク

4 5 ハイブリッドカプラ

4 6 可変 R F 位相シフタ

4 7 A , 4 7 B 二重フィルタ

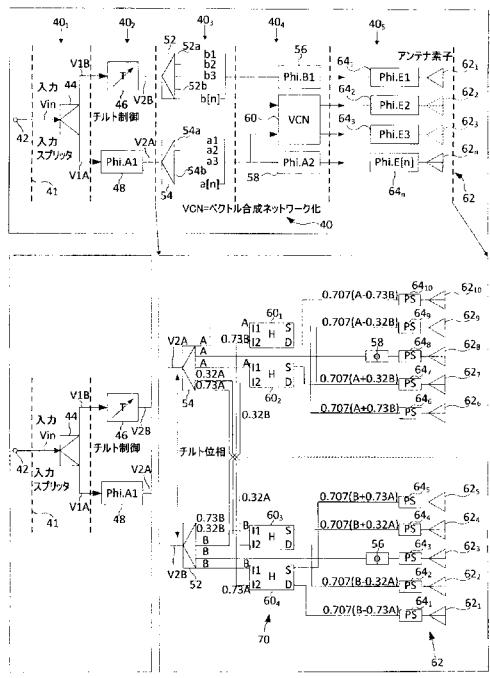
5 0 ビームフォーミングネットワーク

6 2 _{1 ~ N} アンテナ

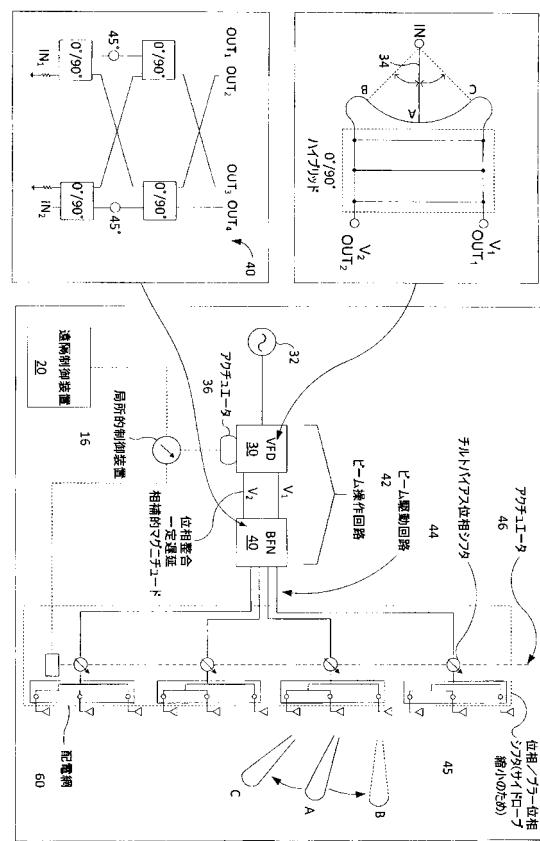
6 4 _{1 ~ N} 位相シフタ

1 0 0 基地局アンテナアセンブリ

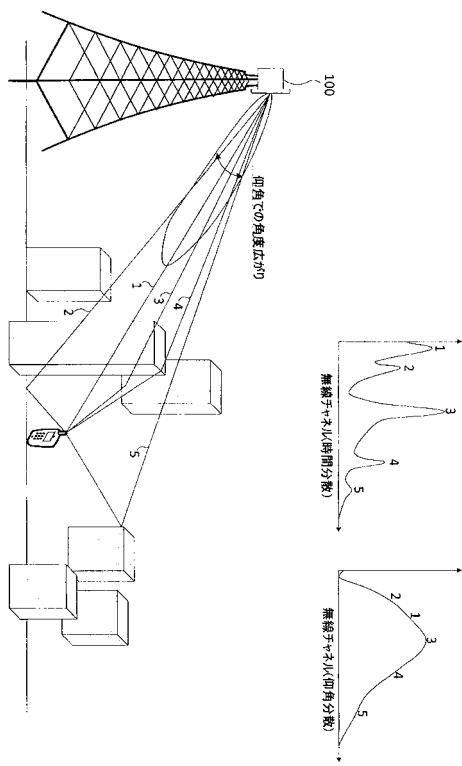
【図 1】



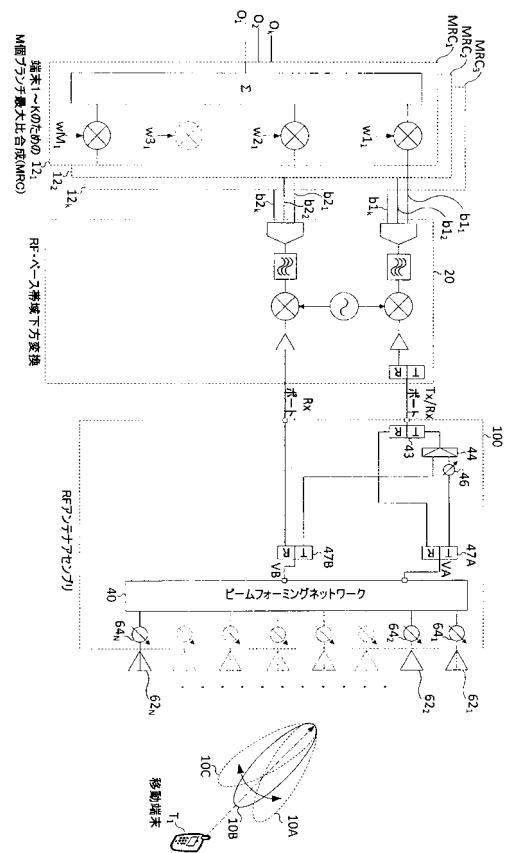
【図 2】



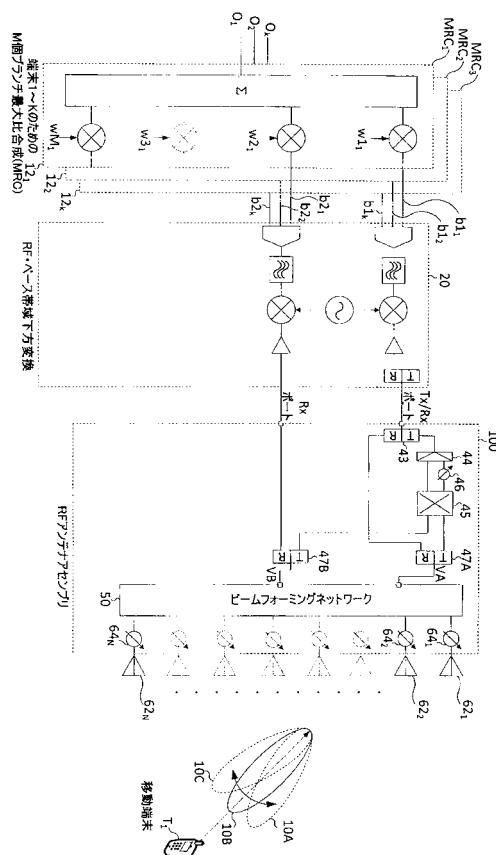
【図 3】



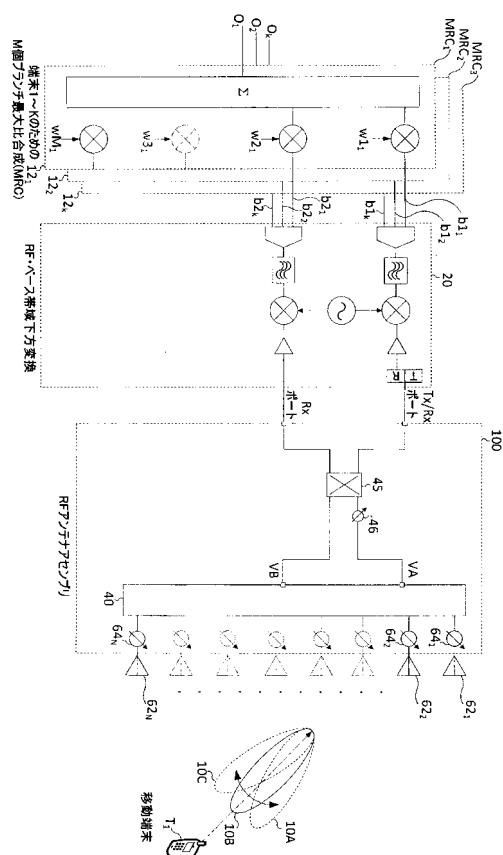
【図 4】



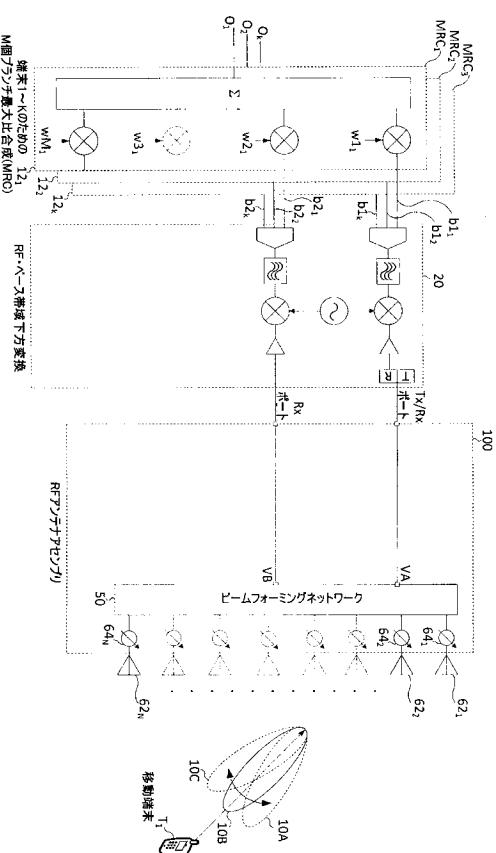
【図5】



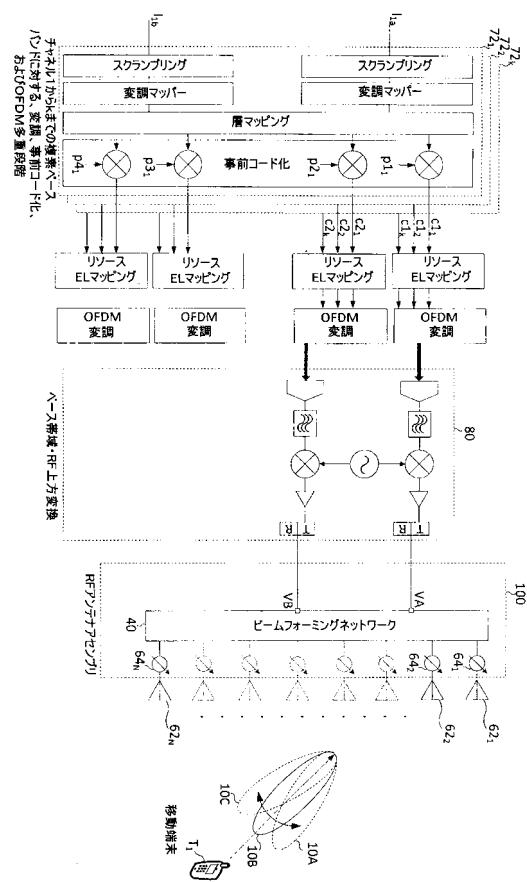
【 図 6 】



【 四 7 】



【 四 8 】



【手続補正書】

【提出日】平成29年4月12日(2017.4.12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

移動端末と関連するベース帯域データシンボルを二つのベース帯域信号ブランチにマッピングするとともに、複素事前コード化重みによる前記二つのベース帯域信号ブランチの倍増を介して前記二つのベース帯域信号ブランチを事前コード化して事前コード化信号を発生させるため前記二つのベース帯域信号ブランチの間に位相差を付与するための事前コード化段階と、

前記事前コード化信号にリソースを配分するための配分段階と、

前記事前コード化信号を変調信号に変調するための変調段階と、

前記変調信号をRF信号に上方変換するためのベース帯域・無線周波数(RF)上方変換段階と、

位相差信号に応じた可変仰角面ビームチャートを持つ空間コヒーレントメインビームを二つのポートで生成するための、さらに、前記RF信号を受信するための二つのポートを有するビームフォーミングネットワークを包含する受動RFアンテナアセンブリと、を包含する基地局システム。

【請求項2】

前記受動RFアンテナアセンブリが、複数のアンテナ素子を包含し、前記複数のアンテナ素子が、少なくとも五つのアンテナ素子を包含する、請求項1の基地局システム。

【請求項3】

前記ベース帯域・無線(RF)上方変換段階がさらに、RF・ベース帯域下方変換段階として機能し、受信RF信号を処理して、受信ベース帯域信号にするために、前記受信RF信号が、前記受動RFアンテナアセンブリからの位相差信号または振幅差重み付き信号を包含する、請求項1の基地局システム。

【請求項4】

さらに、前記受信ベース帯域信号にベクトル加算を実施するための受信合成段階を包含する、請求項3の基地局システム。

【請求項5】

前記ベクトル加算が、最大比合成プロセスを包含する、請求項4の基地局システム。

【請求項6】

前記最大比合成プロセスが、事後検出最大比合成プロセスを包含する、請求項5の基地局システム。

【請求項7】

移動端末と関連するベース帯域データシンボルを二つのベース帯域信号ブランチにマッピングするとともに、複素事前コード化重みによる前記二つのベース帯域信号ブランチの倍増を介して前記二つのベース帯域信号ブランチを事前コード化して事前コード化信号を発生させるため前記二つのベース帯域信号ブランチの間に位相差を付与することと、

前記事前コード化信号にリソースを配分することと、

前記事前コード化信号を変調信号に変調することと、

前記変調信号をRF信号に上方変換することと、

受動RFアンテナアセンブリのビームフォーミングネットワークの二つのポートを介して前記RF信号を受信することと、

位相差信号に応じた可変仰角面ビームチャートを持つ空間コヒーレントメインビームを二つのポートで生成することと、

を包含する方法。

【請求項 8】

前記受動 R F アンテナアセンブリが、複数のアンテナ素子を包含し、前記複数のアンテナ素子が、少なくとも五つのアンテナ素子を包含する、請求項 7 の方法。

【請求項 9】

前記ベース帯域・無線（R F）上方変換段階がさらに、R F・ベース帯域下方変換段階として機能し、受信 R F 信号を処理して、受信ベース帯域信号にするために、前記受信 R F 信号が、前記受動 R F アンテナアセンブリからの位相差信号または振幅差重み付き信号を包含する、請求項 7 の方法。

【請求項 10】

さらに、前記受信ベース帯域信号にベクトル加算を実施することを包含する、請求項 9 の方法。

【請求項 11】

前記ベクトル加算が、最大比合成プロセスを包含する、請求項 10 の方法。

【請求項 12】

前記最大比合成プロセスが、事後検出最大比合成プロセスを包含する、請求項 11 の方法。