

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-518352

(P2019-518352A)

(43) 公表日 令和1年6月27日 (2019.6.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H04B 7/0417 (2017.01)	H04B 7/0417 130	5K067
H04W 16/28 (2009.01)	H04W 16/28 130	
H04B 7/0456 (2017.01)	H04B 7/0456 100	
H04B 7/0452 (2017.01)	H04B 7/0456 300	
	H04B 7/0452	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 45 頁)

(21) 出願番号	特願2018-551385 (P2018-551385)	(71) 出願人	598036300
(86) (22) 出願日	平成29年3月29日 (2017.3.29)		テレフオンアクチーボラゲット エルエム
(85) 翻訳文提出日	平成30年11月27日 (2018.11.27)		エリクソン (パブル)
(86) 国際出願番号	PCT/IB2017/051805		スウェーデン国 ストックホルム エスー
(87) 国際公開番号	W02017/168351		164 83
(87) 国際公開日	平成29年10月5日 (2017.10.5)	(74) 代理人	100109726
(31) 優先権主張番号	62/315,972		弁理士 園田 吉隆
(32) 優先日	平成28年3月31日 (2016.3.31)	(74) 代理人	100161470
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 富樫 義孝
(31) 優先権主張番号	62/316,820	(74) 代理人	100194294
(32) 優先日	平成28年4月1日 (2016.4.1)		弁理士 石岡 利康
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100194320
(31) 優先権主張番号	62/316,857		弁理士 藤井 亮
(32) 優先日	平成28年4月1日 (2016.4.1)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プリコードに関するビーム位相を量子化するための方法およびデバイス

(57) 【要約】

ワイヤレス通信システムにおいて、ネットワークノードに対するプリコードのパラメータを判定するための、ワイヤレスデバイスにおける方法が提供される。方法は、複数の直交ビームからビームのサブセットを選択することであって、選択されたビームのサブセットが位相を有する、選択することと、選択されたビームのサブセットの位相を量子化することであって、量子化がビーム依存性である、量子化することと、選択されたビームのサブセットおよび量子化された位相をネットワークノードに送出することを含み、選択されたビームのサブセットおよび量子化された位相がプリコードのパラメータの一部である。この方法を実行するためのワイヤレスデバイスも提供される。

【選択図】 図10

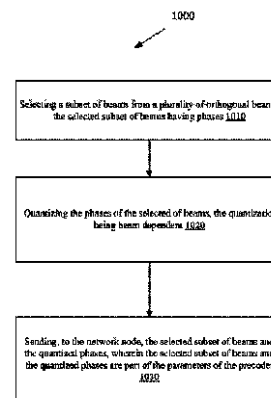


Fig. 10

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ワイヤレス通信システムにおいて、ネットワークノードに対するプリコーダのパラメータを判定するための、ワイヤレスデバイスにおける方法であって、

複数の直交ビームからビームのサブセットを選択することであって、前記選択されたビームのサブセットが位相を有する、選択することと、

前記選択されたビームのサブセットの前記位相を量子化することであって、前記量子化がビーム依存性である、量子化することと、

前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相を前記ネットワークノードに送出することと

10

を含み、

前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相が前記プリコーダの前記パラメータの一部である、方法。

【請求項 2】

前記プリコーダが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相の関数である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記位相を量子化することが、前記選択されたビームのサブセット内の異なるビームを異なる分解能で量子化することを含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

20

【請求項 4】

前記量子化分解能が、第 2 の選択されたビームよりも弱い電力を有する第 1 の選択されたビームに対してより粗い、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記位相を関数でパラメータ化することをさらに含み、前記位相を量子化することが、前記パラメータ化された位相を量子化することを含む、請求項 1 から 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記位相をパラメータ化することが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を周波数「f」の多項式関数によって概算することを含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

周波数「f」の前記多項式関数が、

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

30

によって与えられ、ただし、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

が実数値係数のセットであり、前記パラメータ化された位相を量子化することが、前記実数値係数のセットを量子化することを含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

M = 1 の場合、前記多項式関数が線形関数である、請求項 7 に記載の方法。

40

【請求項 9】

M = 2 の場合、前記多項式関数が二次関数である、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記位相の時間領域表現を取得するために前記選択されたビームのサブセットの前記位相のフーリエ変換を実行することであって、前記時間領域表現が、タップに関連する係数によって規定される、実行することと、

タップのセットを選択することと、

前記選択されたタップに関連する前記係数を量子化することと、

前記量子化された係数を前記ネットワークノードに送出することと

をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

50

【請求項 1 1】

前記タップのセットを選択することが、複数の最強のタップを選択することを含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 2】

前記タップの時間領域窓を判定することと、前記時間窓範囲内のタップに関連する係数を量子化することとをさらに含む、請求項 1 0 に記載の方法。

【請求項 1 3】

第 1 のレイヤに対する各ビームに関する最適な位相ベクトルを推定することによって、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を判定することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

10

【請求項 1 4】

前記係数の取り得る組合せに関する基準を計算することと、前記組合せおよび前記基準を前記ネットワークノードに送出することとをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 5】

前記係数を推定するために曲線当てはめ方法を使用することをさらに含む、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記選択されたビームのサブセットが電力レベルを備え、前記電力レベルが前記プリコードの前記パラメータの一部である、請求項 1 から 1 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 1 7】

最強のビームの位相が周波数にわたって固定され、より弱いビームの位相が前記最強のビームに対して判定される、請求項 1 に記載の方法。

20

【請求項 1 8】

前記位相を量子化することが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を互いに対して量子化することを含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 1 9】

ワイヤレス通信システムにおいて、ネットワークノードに対するプリコードのパラメータを判定するためのワイヤレスデバイスであって、前記ワイヤレスデバイスは、処理回路を備え、前記処理回路が、前記ワイヤレスデバイスに、

複数の直交ビームからビームのサブセットを選択することであって、前記選択されたビームのサブセットが位相を有する、選択することと、

30

前記選択されたビームのサブセットの前記位相を量子化することであって、前記量子化がビーム依存性である、量子化することと、

前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相を前記ネットワークノードに送出することと

を行わせるように設定され、前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相が前記プリコードの前記パラメータの一部である、ワイヤレスデバイス。

【請求項 2 0】

前記処理回路が、ネットワークに接続されたプロセッサとメモリとを備え、前記メモリが、命令を含み、前記命令は、実行されると、前記プロセッサに、前記選択すること、前記量子化すること、および前記送出することを実行させる、請求項 1 9 に記載のワイヤレスデバイス。

40

【請求項 2 1】

前記プリコードが前記選択されたビームのサブセットの前記位相の関数である、請求項 1 9 または 2 0 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 2 2】

前記プロセッサが、前記選択されたビームのサブセット内の異なるビームを異なる分解能で量子化するように設定される、請求項 2 0 または 2 1 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 2 3】

前記量子化分解能が、第 2 の選択されたビームよりも弱い電力を有する第 1 の選択され

50

たビームに対してより粗い、請求項 22 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 24】

前記プロセッサが、前記位相を関数でパラメータ化して、前記パラメータ化された位相を量子化するように設定される、請求項 20 から 23 のいずれか一項に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 25】

前記プロセッサが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を周波数「f」の多項式関数によって概算することによって前記位相をパラメータ化するように設定される、請求項 24 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 26】

周波数「f」の前記多項式関数が、

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

によって与えられ、ただし、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

が実数値係数のセットであり、前記プロセッサが前記実数値係数のセットを量子化するように設定される、請求項 25 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 27】

M = 1 の場合、前記多項式関数が線形関数である、請求項 26 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 28】

M = 2 の場合、前記多項式関数が二次関数である、請求項 26 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 29】

前記プロセッサが、

前記位相の時間領域表現を取得するために前記選択されたビームのサブセットの前記位相のフーリエ変換を実行することであって、前記時間領域表現がタップに関連する係数によって規定される、実行することと、

タップのセットを選択することと、

前記選択されたタップに関連する前記係数を量子化することと、

前記量子化された係数を前記ネットワークノードに送出することと

を行わせるようにさらに設定される、請求項 20 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 30】

前記プロセッサが複数の最強のタップを選択するように設定される、請求項 29 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 31】

前記プロセッサが、前記タップの時間領域窓を判定し、前記時間窓範囲内のタップに関連する係数を量子化するように設定される、請求項 29 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 32】

前記プロセッサが、第 1 のレイヤに対する各ビームに関する最適な位相ベクトルを推定することによって、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を判定するように設定される、請求項 20 から 31 のいずれか一項に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 33】

前記プロセッサが、前記係数の取り得る組合せに関する基準を計算し、前記組合せおよび前記基準を前記ネットワークノードに送出するようにさらに設定される、請求項 26 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 34】

前記プロセッサが、前記係数を推定するために曲線当てはめ方法を使用するようにさらに設定される、請求項 26 に記載のワイヤレスデバイス。

10

20

30

40

50

【請求項 35】

前記選択されたビームのサブセットが電力レベルを備え、前記電力レベルが前記プリコーダの前記パラメータの一部である、請求項 19 から 34 のいずれか一項に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 36】

最強のビームの位相が周波数にわたって固定され、より弱いビームの位相が前記最強のビームに対して判定される、請求項 19 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 37】

前記プロセッサが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を互いに対して量子化するように設定される、請求項 20 に記載のワイヤレスデバイス。

10

【請求項 38】

ワイヤレス通信システムにおいてワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するための方法であって、

前記ワイヤレスデバイスに対して参照信号を送出することに応じて、プリコーダのパラメータを受信することであって、前記パラメータが、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットを含み、前記選択されたビームのサブセットが位相を有し、前記位相が、ビーム依存性である量子化で量子化される、受信することと、

前記受信されたプリコーダパラメータに基づいて前記送信パラメータを判定することとを含む、方法。

【請求項 39】

20

ワイヤレス通信システムにおいてワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するためのネットワークノードであって、前記ネットワークノードは、処理回路を備え、前記処理回路が、前記ネットワークノードに、

前記ワイヤレスデバイスに対して参照信号を送出することに応じて、プリコーダのパラメータを受信することであって、前記パラメータが、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットを含み、前記選択されたビームのサブセットが位相を有し、前記位相が、ビーム依存性である量子化で量子化される、受信することと、

前記受信されたプリコーダパラメータに基づいて前記送信パラメータを判定することとを行わせるように設定される、ネットワークノード。

【請求項 40】

30

前記処理回路が、ネットワークインターフェースに接続されたプロセッサとメモリとを備え、前記メモリが、命令を含み、前記命令は、実行されると、前記プロセッサに、前記受信することおよび前記判定することを実行させる、請求項 37 に記載のネットワークノード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願の相互参照

本非仮特許出願は、以下に基づいて優先権を主張するものである：

40

1) Sebastian FAXER および Svante BERGMAN の名で、2016 年 4 月 1 日に出願された、「FACTORIZED PRECODER STRUCTURE FOR MULTI-BEAM PRECODER CODEBOOKS」と題された出願番号第 62/316820 号の先行米国仮特許出願、

2) Sebastian FAXER および Svante BERGMAN の名で、2016 年 3 月 31 日に出願された、「BEAM SPACE ROTATION FEEDBACK FOR MULTI-BEAM PRECODER CODEBOOKS」と題された出願番号第 62/315972 号の先行米国仮特許出願、

3) Sebastian FAXER および Svante BERGMAN の名で、2016 年 4 月 1 日に出願された、「FREQUENCY PARAMETRIZATI

50

ON OF BEAM CO-PHASING FOR MULTI-BEAM PRECODER CODEBOOKS」と題された出願番号第62/316857号の先行米国仮特許出願。

【0002】

本開示は、ワイヤレス通信に関し、特に、マルチビームプリコーダコードブックに関するファクタ化プリコーダ構造 (factorized precoder structure) に関する。

【背景技術】

【0003】

マルチアンテナ技法は、ワイヤレス通信システムのデータレートおよび信頼性を著しく高めることができる。送信機と受信機の両方が複数のアンテナを備え、多入力多出力 (MIMO) 通信チャネルをもたらす場合、性能は特に改善される。そのようなシステムおよび／または関連技法は、一般にMIMOと呼ばれる。

【0004】

ロングタームエボリューション (LTE) 規格は、拡張MIMOサポートを用いて現在進化している。LTEにおける構成要素は、MIMOアンテナ配備およびMIMO関連技法のサポートである。現在、LTEアドバンスドは、チャネル依存プリコーディングを用いて8個の送信 (Tx) アンテナに対する8レイヤ空間多重化モードをサポートする。空間多重化モードは、好ましいチャネル状態における高データレートを目的とする。 N_T 個のアンテナ110ポートおよび N_T 個の逆高速フーリエ変換器 (IFFT) 120が存在する空間多重化動作100の図が図1に提供される。

【0005】

図から分かるように、シンボルベクトル s_{130} を搬送する情報は、(N_T 個のアンテナポートに対応する) N_T 次元ベクトル空間のサブスペース内で送信エネルギーを分配するようにサブする $N_T \times r$ プリコーダ行列 W_{140} によって多重化される。プリコーダ行列 W_{140} は、一般に、取り得るプリコーダ行列のコードブックから選択され、一般に、所与の数のシンボルストリームに対するコードブック内の一意のプリコーダ行列を指定するプリコーダ行列インジケータ (PMI) によって示される。 s_{130} 内の r 個のシンボルは各々、レイヤ150に対応し、 r は、送信ランクと呼ばれる。このようにして、同じ時間／周波数リソースエレメント (TFRE) にわたって複数のシンボルが同時に送信され得るため、空間多重化が達成される。シンボル r の数は、一般に、現在のチャネル特性に適するように適合される。

【0006】

LTEは、ダウンリンクにおいて直交周波数分割多重 (OFDM) (および、アップリンクにおいて離散フーリエ変換 (DFT) プリコードOFDM) を使用し、したがって、サブキャリア n (または、代替として、データTFRE数 n) 上の一定のTFREに対して受信される $N_R \times 1$ ベクトル y_n は、これにより、

$$y_n = H_n W s_n + e_n \quad \text{方程式 1}$$

によってモデル形成され、式中、 e_n は、ランダムプロセスの実現化として取得される雑音／干渉ベクトルであり、 N_R は、受信アンテナの数である。プリコーダ W は、周波数にわたって一定であるか、または周波数選択的である広帯域プリコーダであり得る。

【0007】

プリコーダ行列 W は、しばしば、 $N_R \times N_T$ MIMOチャネル行列 H_n の特性に整合するように選定され、いわゆる、チャネル依存プリコーディングをもたらす。これはまた、通常、閉ループプリコーディングと呼ばれ、本質的に、ワイヤレスデバイスに伝えるという意味で強力なサブスペースに送信エネルギーの大部分を集中させようと努める。加えて、プリコーダ行列は、チャネルを直交させようと努めるために選択される場合もあり、これは、ワイヤレスデバイスにおける適切な線形等化の後で、レイヤ間干渉が低減されることを意味する。

【0008】

10

20

30

40

50

ワイヤレスデバイスがプリコーダ行列Wを選択するための1つの例示的な方法は、仮説等化チャネルのフロベニウスノルムを最大化する W_k を選択することであり得る：

$$\max_k \|\hat{H}_n W_k\|_F^2 \quad \text{方程式 2}$$

式中、

$\hat{H}_n$

は、場合によっては、以下で説明するようなチャネル状態情報参照信号 (CSI-RS) から導出されるチャネル推定であり、

W_k は、インデックスkを有する仮説プリコーダ行列Wであり、

$\hat{H}_n W_k$

は、仮説等化チャネルである。

【0009】

LTEダウンリンクに関する閉ループプリコーディングでは、ワイヤレスデバイスは、順方向リンク（ダウンリンク）におけるチャネル測定に基づいて、使用するのに好適なプリコーダの推奨を基地局、たとえば、eNodeB (eNB) に送信する。基地局は、ワイヤレスデバイスの送信モードに従ってフィードバックを提供するようにワイヤレスデバイスを設定し、CSI-RSを送信し、ワイヤレスデバイスがコードブックから選択する推奨されるプリコーディング行列をフィードバックするためにCSI-RSの測定を使用するようにワイヤレスデバイスを設定することができる。大きな帯域幅をカバーするようにサポートされる単一のプリコーダ（広帯域プリコーダ）がフィードバックされ得る。チャネルの周波数変化に整合させ、代わりに、周波数選択的プリコーディング報告、たとえば、いくつかのプリコーダをサブ帯域単位で1個フィードバックすることが有益な場合もある。これは、ワイヤレスデバイスに対する後続の送信において基地局を支援するために推奨されるプリコーダ以外の情報のフィードバックをも含む、チャネル状態情報 (CSI) フィードバックのより一般的な事例の一例である。そのような他の情報は、チャネル品質インジケータ (CQI) ならびに送信ランクインジケータ (RI) を含み得る。

【0010】

ワイヤレスデバイスからのCSIフィードバックを考慮して、基地局は、プリコーディング行列、送信ランク、および変調符号化方式 (MCS) を含めて、自らがワイヤレスデバイスに送信するために使用することを望む送信パラメータを判定する。これらの送信パラメータは、ワイヤレスデバイスが行う推奨とは異なる場合がある。したがって、ランクインジケータおよびMCSがダウンリンク制御情報 (DCI) 内でシグナリングされ得、プリコーディング行列がDCI内でシグナリングされ得るか、または基地局はそこから等化チャネルが測定され得る復調参照信号を送信することができる。送信ランク、したがって、空間的に多重化されるレイヤの数は、プリコーダWの列の数に反映される。効率的な性能のために、チャネル属性に整合する送信ランクが選択されることが重要である。

【0011】

LTEリリース10 (Rel-10) では、ダウンリンクチャネル状態情報 (CSI-RS) を推定するために、新しい参照シンボルシーケンス (reference symbol sequence) が導入された。CSI-RSは、前のリリースにおいて、その目的で使用された、CSIフィードバックの基準を共通の参照シンボル (CRS) に置くことに対していくつかの利点を提供する。第1に、CSI-RSは、データ信号の復調のために使用されず、したがって、同じ密度を必要としない（すなわち、CSI-RSのオーバーヘッドは実質的に少ない）。第2に、CSI-RSは、CSIフィードバック測定を設定するためにさらにより柔軟な手段を提供する（たとえば、測定するCSI-RSリソースがワイヤレスデバイス特定の方法で設定され得る）。

【0012】

基地局から送信されるCSI-RSを測定することによって、ワイヤレスデバイスは、

10

20

30

40

50

無線伝搬チャネルおよびアンテナ利得を含めて、C S I－R Sが横断する効果的なチャネルを推定することができる。算術的により厳密には、これは、既知のC S I－R S信号 x が送信される場合、ワイヤレスデバイスは、送信信号と受信信号との間の結合（すなわち、効果的なチャネル）を推定し得ることを暗示する。したがって、送信において仮想化が実行されない場合、受信信号 y は、

$$Y = Hx + e \quad \text{方程式 3}$$

として表現可能であり、ワイヤレスデバイスは効果的なチャネル H を推定することができる。

【0013】

最高で8個のC S I－R SポートがL T E R e l－10において設定され得、すなわち、ワイヤレスデバイスは、最高で8個の送信アンテナからチャネルを推定することができる。

【0014】

C S I－R Sに関係するのは、正規のC S I－R Sリソースとして単に設定され、その結果、ワイヤレスデバイスが、データ送信がそれらのリソース周囲にマッピングされることを知る、ゼロ電力C S I－R Sリソース（ミュートC S I－R Sとしても知られている）の概念である。ゼロ電力C S I－R Sリソースの意図は、場合によっては、近隣セル／送信点において送信される、対応する非ゼロ電力C S I－R Sの信号対干渉プラス雑音比（S I N R）をブーストするために、ネットワークが対応するリソース上の送信をミュートすることを可能にすることである。L T Eのリリース11（R e f－11）の場合、ワイヤレスデバイスが干渉プラス雑音を測定するための使用することを余儀なくされる、専用ゼロ電力C S I－R Sが導入された。ワイヤレスデバイスは、当該送信点（T P）はゼロ電力C S I－R Sリソース上で送信されず、したがって、干渉プラス雑音の測定として受信電力が使用され得ると仮定することができる。

【0015】

指定されたC S I－R Sリソース、および干渉測定設定（たとえば、ゼロ電力C S I－R Sリソース）に基づいて、ワイヤレスデバイスは、効果的なチャネル干渉および雑音プラス干渉を推定することができ、したがって、特定のチャネルに最も整合するために推奨するためのランク、プリコーディング行列、およびM C Sを判定することもできる。

【0016】

一部の設備は2次元アンテナアレイを備え、提示される実施形態のいくつかはそのようなアンテナを使用する。そのようなアンテナアレイは、横寸法 N_h に対応するアンテナ列の数、縦寸法 N_v に対応するアンテナ行の数、および異なる偏波 N_p に対応する次元の数によって（部分的に）説明される。アンテナの総数は、したがって、 $N = N_h N_v N_p$ である。アンテナは物理的なアンテナエレメントのいずれの仮想化（たとえば、線形マッピング）を指す場合もあるという意味で、アンテナの概念は非限定的であることが指摘されるべきである。たとえば、物理的サブエレメントの対は、同じ信号を供給されてよく、したがって、同じ仮想化アンテナポートを共有する。

【0017】

横寸法「1」が N_h を表し、縦寸法「m」が N_v を表す、交差偏波アンテナエレメント200を備えた 4×4 アレイの一例が図2に示される。

【0018】

プリコーディングは、送信に先立って各アンテナに関して異なるビーム形成重みで信号を多重化するものと解釈され得る。一般的な手法は、プリコーダをアンテナフォームファクタに合わせて調整すること、すなわち、プリコーダコードブックを設計するとき、 N_h 、 N_v 、および N_p を考慮に入れることである。

【0019】

一般的なタイプのプリコーディングは、D F Tプリコーダを使用することであり、この場合、 N 個のアンテナを備えた単一偏波均一線形アレイ（U L A）を使用してシングルレイヤ送信をプリコードするために使用されるプリコーダベクトルは、

10

20

30

40

50

$$\mathbf{w}_{1D}(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} e^{j2\pi \cdot 0 \cdot \frac{k}{QN}} \\ e^{j2\pi \cdot 1 \cdot \frac{k}{QN}} \\ \vdots \\ e^{j2\pi \cdot (N-1) \cdot \frac{k}{QN}} \end{bmatrix},$$

として規定される。

【0020】

式中、 $k = 0, 1, \dots, QN - 1$ は、プリコードインデックスであり、 Q は、整数オーバーサンプリング係数である。2次元均一平面アレイ（UPA）に対して対応するプリコードベクトルは、2個のプリコードベクトルのクロネッカー積を

$$\mathbf{w}_{2D}(k, l) = \mathbf{w}_{1D}(k) \otimes \mathbf{w}_{1D}(l)$$

として利用することによって作成され得る。次いで、二重偏波UPAに対するプリコードの拡張を

$$\mathbf{w}_{2D,DP}(k, l, \phi) = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\phi} \end{bmatrix} \otimes \mathbf{w}_{2D}(k, l) = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{2D}(k, l) \\ e^{j\phi} \mathbf{w}_{2D}(k, l) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{2D}(k, l) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{2D}(k, l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j\phi} \end{bmatrix}$$

として行うことができ、式中、 $e^{j\phi}$ は、たとえば、QPSKアルファベット

$$\phi \in \{0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2}\}$$

から選択され得るコフェーシング（co-phasing）係数である。マルチレイヤ送信に対するプリコード行列 $\mathbf{W}_{2D, DP}$ は、DFTプリコードベクトルの付属列によって、 $\mathbf{W}_{2D, DP} = [\mathbf{w}_{2D, DP}(k_1, l_1, \phi_1) \quad \mathbf{w}_{2D, DP}(k_2, l_2, \phi_2) \quad \dots \quad \mathbf{w}_{2D, DP}(k_R, l_R, \phi_R)]$ として作成され得、式中、 R は、送信レイヤの数、すなわち、送信ランクである。ランク2 DFTプリコードに対する一般的な特殊事例では、 $k_1 = k_2 = k$ および $l_1 = l_2 = l$ であり、

$$\mathbf{W}_{2D,DP} = [\mathbf{w}_{2D,DP}(k, l, \phi_1) \quad \mathbf{w}_{2D,DP}(k, l, \phi_2)] = \begin{bmatrix} \mathbf{w}_{2D}(k, l) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{w}_{2D}(k, l) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ e^{j\phi_1} & e^{j\phi_2} \end{bmatrix}$$

を意味する。

【0021】

マルチユーザMIMOの場合、同じセル内の2人以上のユーザは、同じ時間周波数リソース上で共同スケジュールされる（co-scheduled）。すなわち、2個以上の独立したデータストリームが同時に異なるワイヤレスデバイスに送信され、それぞれのストリームを分離するために空間領域が使用される。いくつかのストリームを同時に送信することによって、システムの容量は増大され得る。しかしながら、電力はストリーム間で共有されなければならない、ストリームは互いに干渉を引き起こすことになるため、これはストリーム単位のSINRの低減という代償を伴って生じる。

【0022】

アンテナアレイサイズを増大させるとき、増大したビーム形成利得は、より高いSINRをもたらすことになるが、ユーザスループットはSINR（大きなSINRの場合）に単に対数的に依存するため、代わりに、多重化されたユーザの数とともに線形に増大する多重化利得に対してSINR内の利得をトレードすることが有益である。

【0023】

共同スケジュールされたユーザ同士の間で適切なヌル形成を実行するために正確なCSIが必要とされる。現在のLTEリリース13（Rel-13）規格では、MU-MIMOに関する専用CSIモードは存在せず、したがって、MU-MIMOスケジューリング

およびプリコーダ構築は、シングルユーザMIMO用に設計された既存のCSI報告（すなわち、DFTベースのプリコーダを示すPMI、RI、およびCQI）に基づかなければならない。報告されるプリコーダは、ユーザに関する最強のチャネル方向に関する情報のみを含み、したがって、適切なヌル形成を行うために十分な情報を含まない可能性があり、共同スケジュールされたユーザ同士の間で大量の干渉をもたらし、MU-MIMOの利益を低減させる可能性があるため、これはMU-MIMOにかなりの課題を提供し得る。

【0024】

マルチビームプリコーダは、いくつかのDFTプリコーダベクトルの線形の線形結合として、

$$\mathbf{w}_{MB} = \sum_i c_i \cdot \mathbf{w}_{2D,DP}(k_i, l_i, \phi_i),$$

として規定され得、式中、 $\{c_i\}$ は、一般的な複素係数であり得る。そのようなマルチビームプリコーダは、ワイヤレスデバイスのチャネルをより正確に説明することができ、したがって、特に、共同スケジュールされたワイヤレスデバイス同士の間でヌル形成を実行するために、豊富なチャネル知識が望まれるMU-MIMOに関して、DFTプリコーダと比較して追加の性能利益をもたらし得る。

【0025】

DFTベースのプリコーダを用いた暗示的なCSI報告に基づくMU-MIMOに関する既存の解決策は、正確に推定し、共同スケジュールされたユーザ同士の間で干渉を低減させることに関して問題があり、不十分なMU-MIMO性能をもたらす。

【0026】

マルチビームプリコーダ方式は、より良好なMU-MIMO性能をもたらし得るが、CSIフィードバックオーバーヘッドおよびワイヤレスデバイスプリコーダ探索複雑性の増大という代償が伴う。良好なMU-MIMO性能をもたらすが、フィードバックオーバーヘッドが少ない効率的なマルチビームコードブックをどのように構築すべきか、およびワイヤレスデバイスによってCSIフィードバックをどのように導出すべきかという問題は未解決である。

【発明の概要】

【0027】

いくつかの実施形態は、ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダのパラメータを判定するための方法およびデバイスを有利に提供する。

【0028】

第1の態様によれば、ワイヤレス通信システムにおいて、ネットワークノードに対するプリコーダのパラメータを判定するための、ワイヤレスデバイスにおける方法が提供される。方法は、複数の直交ビームからビームのサブセットを選択することであって、選択されたビームのサブセットが位相を有する、選択することと、選択されたビームのサブセットの位相を量子化することであって、量子化がビーム依存性である、量子化することと、選択されたビームのサブセットおよび量子化された位相をネットワークノードに送出することを含み、選択されたビームのサブセットおよび位相はプリコーダのパラメータの一部である。

【0029】

この態様のいくつかの実施形態では、選択されたビームのサブセット内の異なるビームは、異なる分解能で量子化され得る。また、位相は、たとえば、多項式関数でパラメータ化されてよく、次いで、パラメータ化位相が量子化される。

【0030】

第2の態様によれば、ワイヤレス通信システムにおいて、ネットワークに対するプリコーダのパラメータを判定するためのワイヤレスデバイスが提供される。ワイヤレスデバイスは、処理回路を備え、処理回路は、ワイヤレスデバイスに、複数の直交ビームからビー

10

20

30

40

50

ムのサブセットを選択することであって、選択されたビームのサブセットが位相を有する、選択することと、選択されたビームのサブセットの位相を量子化することであって、量子化がビーム依存性である、量子化することと、選択されたビームのサブセットおよび量子化された位相をネットワークノードに送出することとを行わせるように設定され、選択されたビームのサブセットおよび位相はプリコーダの一部である。処理回路は、プロセッサとメモリとを備え得る。

【0031】

第3の態様によれば、ワイヤレス通信システムにおいてワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するための方法が提供される。方法は、ワイヤレスデバイスに対して参照信号を送出することに応じて、プリコーダのパラメータを受信することであって、パラメータが、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットを含み、選択されたビームのサブセットが位相を有し、位相がビーム依存性である量子化で量子化される、受信することと、受信されたプリコーダパラメータに基づいて送信パラメータを判定することを含む。

【0032】

第4の態様によれば、ワイヤレス通信システムにおいてワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するためのネットワークノードが提供される。ネットワークノードは、処理回路を備え、処理回路は、ネットワークノードに、ワイヤレスデバイスに対して参照信号を送出することに応じて、プリコーダのパラメータを受信することであって、パラメータが、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットを含み、選択されたビームのサブセットが位相を有し、位相がビーム依存性である量子化で量子化される、受信することと、受信されたプリコーダパラメータに基づいて送信パラメータを判定することとを行わせるように設定される。

【0033】

本発明の他の態様および特徴は、添付の図面とともに、本発明の特定の実施形態の以下の説明を参照することによって当業者に明らかになる。

【0034】

本実施形態のより完全な理解、およびそれらの付随する利点および特徴は、添付の図面とともに考慮されると、以下の詳細な説明を参照することによってより容易に理解されよう。

【図面の簡単な説明】

【0035】

【図1】 デジタルビーム形成を実装する既知の送信機のブロック図である。

【図2】 共同偏波 (c o - p o l a r i z e d) アンテナエレメントの平面アレイの図である。

【図3】 ワイヤレス通信システム／ネットワークの概略図である。

【図4 A - D】 4つの異なるビーム空間回転係数に関するチャンネルの角拡散のグラフである。

【図5】 プリコーダ情報を交換するためのワイヤレスデバイスとネットワークノードとの間のシグナリング図である。

【図6】 一実施形態による、ワイヤレスデバイスに関するプリコーダパラメータを判定するための方法のフローチャートである。

【図7】 一実施形態による、プリコーダのパラメータを判定するように設定されたワイヤレスデバイスのブロック図である。

【図8】 別の実施形態による、プリコーダのパラメータを判定するように設定されたワイヤレスデバイスのブロック図である。

【図9】 一実施形態による、ワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するように設定された、e N o d e Bなどのネットワークノードのブロック図である。

【図10】 一実施形態による、ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダパラメータを判定するための方法のフローチャートである。

10

20

30

40

50

【図 1 1】別の実施形態による、ワイヤレス通信システムにおいて送信パラメータを判定するためのフローチャートである。

【図 1 2】別の実施形態による、ワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するように設定されたネットワークノードのブロック図である。

【図 1 3】別の実施形態による、プリコーダのパラメータを判定するように設定されたワイヤレスデバイスのブロック図である。

【図 1 4】別の実施形態による、プリコーダのパラメータを判定するように設定されたワイヤレスデバイスのブロック図である。

【図 1 5】別の実施形態による、ワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するように設定されたネットワークノードのブロック図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0036】

詳細な例示的な実施形態を説明する前に、これらの実施形態は、マルチビームプリコーダコードブックに関するファクタ化プリコーダ構造に関する装置構成要素および処理ステップの組合せにおいて存在することに留意されたい。したがって、構成要素は、本明細書の説明の利益を有する当業者に容易に明らかになる詳細で本開示をあいまいにしないように、適切な場合、実施形態の理解に関する特定の詳細のみを示す図面における従来のシンボルによって表現されている。

【0037】

本明細書で使用される、「第 1 の」および「第 2 の」、「上部」および「下部」などの関係を示す用語は、そのような実体同士または要素同士の間に何らかの物理的または論理的な関係または順序を必ずしも必要とせず、または暗示せずに、ある実体または要素を別の実態または要素と単に区別するために使用される場合がある。

20

【0038】

本開示の実施形態は、図 3 に示す例示的なワイヤレス通信ネットワーク／システムなど、ワイヤレスネットワークにおいて実装され得る。しかしながら、これらの実施形態は、任意の好適な構成要素を使用して、任意の適切なタイプのシステムにおいて実装され得る。

【0039】

図 3 は、ワイヤレス通信のために使用され得るワイヤレス通信ネットワーク 300 の一例を示す。ワイヤレス通信ネットワーク 300 は、ワイヤレスデバイス 310（たとえば、ユーザ機器（UE））、および相互接続ネットワーク 330 を介して 1 つまたは複数のコアネットワークノード 340 に接続された複数のネットワークノード 320（たとえば、eNB、gNB、基地局など）を含む。カバレッジエリア内のワイヤレスデバイス 310 は、各々、ワイヤレスインターフェースを介してネットワークノード 320 と直接通信することが可能であり得る。いくつかの実施形態では、ワイヤレスデバイス 310 はまた、デバイスツーデバイス（D2D）通信を介して互いと通信することが可能であり得る。いくつかの実施形態では、ネットワークノード 320 はまた、たとえば、インターフェース（たとえば、LTE における X2 または他の好適なインターフェース）を介して互いと通信することが可能であり得る。

30

40

【0040】

一例として、ワイヤレスデバイス 310 は、ワイヤレスインターフェースを介してネットワークノード 320 と通信することができる。すなわち、ワイヤレスデバイス 310 は、ネットワークノード 320 に／からワイヤレス信号を送信すること／ワイヤレス信号を受信することができる。ワイヤレス信号は、音声トラフィック、データトラフィック、制御信号、および／または任意の他の好適な情報を含み得る。いくつかの実施形態では、ネットワークノード 320 に関連するワイヤレス信号カバレッジのエリアは、セルと呼ばれる場合がある。

【0041】

いくつかの実施形態では、ワイヤレスデバイス 310 は、非限定的な用語、ユーザ機器

50

(UE)と交換可能と呼ばれる場合がある。ワイヤレスデバイス310は、ネットワークノードと、かつ／またはセルラー通信システムまたは移動体通信システム内の別のUEと通信する任意のタイプのワイヤレスデバイスを指す。UEの例は、ターゲットデバイス、デバイスツーデバイス(D2D)UE、マシンタイプUEまたはマシンツーマシン(M2M)通信が可能なUE、携帯情報端末(PDA)、タブレットコンピュータ、移動端末、スマートフォン、ラップトップ埋込式装置(LEE)、ラップトップ装着装置(LME)、ユニバーサルシリアルバス(USB) dongle、狭帯域モノのインターネット(NB-IoT)UEなどである。ワイヤレスデバイス310の例示的な実施形態は、図13～図14を参照して下記でより詳細に説明される。

【0042】

「ネットワークノード」は、UEと、かつ／または別のネットワークノードと通信する、任意のタイプの無線ネットワークノードまたは任意のネットワークノードに対応し得る。ネットワークノードの例は、使用される技術および用語学に応じて、本明細書において、たとえば、エボルブドNodeB「eNB」、「eNodeB」、「NodeB」、「Bノード」、「gNB」、またはBTS(ベーストランシーバステーション)と呼ばれることが時としてあり得る、基地局、たとえば、無線基地局(RBS)である。基地局は、送信電力に基づいて、それにより、セルサイズにやはり基づいて、たとえば、マクロeNodeB、ホームeNodeB、またはピコ基地局など、様々なクラスのものであり得る。セルは、基地局サイトにおいて基地局によって無線カバレッジが提供される地理的エリアである。基地局サイトに位置する1つの基地局は、1つまたはいくつかのセルにサーブし得る。さらに、各基地局は、1つまたはいくつかの通信技術をサポートし得る。基地局は、基地局の範囲内の端末と無線周波数上で動作するエアインターフェースを介して通信する。本開示の文脈において、ダウンリンク(DL)という表現は、基地局から移動局への通信経路に関して使用される。アップリンク(UL)という表現は、反対方向、すなわち、移動局から基地局への通信経路に関して使用される。

【0043】

いくつかの実施形態では、ネットワークノード320は、無線ネットワークコントローラ(図示せず)とインターフェース接続することができる。無線ネットワークコントローラは、ネットワークノード320を制御することができ、いくつかの無線リソース管理機能、モビリティ管理機能、および／または他の好適な機能を提供し得る。いくつかの実施形態では、無線ネットワークコントローラの機能は、ネットワークノード320内に含まれ得る。無線ネットワークコントローラは、コアネットワークノード340とインターフェース接続することができる。いくつかの実施形態では、無線ネットワークコントローラは、相互接続ネットワーク330を介してコアネットワークノード340とインターフェース接続することができる。

【0044】

相互接続ネットワーク330は、オーディオ、ビデオ、信号、データ、メッセージ、または前述の任意の組合せを送信することができる任意の相互接続システムを指す場合がある。相互接続ネットワーク330は、公衆電話交換網(PSTN)、パブリックデータネットワークまたはプライベートデータネットワーク、ローカルエリアネットワーク(LAN)、メトロポリタンエリアネットワーク(MAN)、広域ネットワーク(WAN)、インターネットなど、ローカルの、地域の、または世界的な通信ネットワークまたはコンピュータネットワーク、ワイヤラインネットワークまたはワイヤレスネットワーク、企業イントラネット、またはこれらの組合せを含めて、任意の他の好適な通信リンクのすべてまたは一部分を含み得る。

【0045】

いくつかの実施形態では、コアネットワークノード340は、通信セッションの確立およびワイヤレスデバイス310に関する様々な他の機能を管理することができる。いくつかの実施形態では、ネットワークノード320は、ノード間インターフェースを介して1つまたは複数の他のネットワークノードとインターフェース接続することができる。たと

10

20

30

40

50

えば、ネットワークノード 320 は、X2 インターフェースを介して互いとインターフェース接続することができる。

【0046】

図 3 は、ネットワーク 300 の特定の構成を示すが、本開示は、本明細書で説明する様々な実施形態が任意の好適な設定を有する様々なネットワークに適用され得ることを企図する。たとえば、ネットワーク 300 は、任意の好適な数のワイヤレスデバイス 310 およびネットワークノード 320、ならびにワイヤレスデバイス同士の間またはワイヤレスデバイスと別の通信デバイス（固定電話など）との間の通信をサポートするのに好適な任意の追加要素を含み得る。これらの実施形態は、任意の好適な通信規格をサポートし、任意の好適な構成要素を使用する任意の適切なタイプの通信システムで実装可能であり、ワイヤレスデバイスが信号（たとえば、データ）を受信および／または送信する任意の無線アクセス技術（RAT）またはマルチ RAT システムに適用可能である。いくつかの実施形態は、New Radio（NR）および／または LTE に関して説明されるが、これらの実施形態は、UTRA、E-UTRA、狭帯域モノのインターネット（NB-IOT）、Wi-Fi、Bluetooth、次世代 RAT（NR、NX）、4G、5G、LTE 周波数分割複信（FDD）／時分割複信（TDD）など、任意の RAT に適用可能であり得る。

【0047】

基地局によって実行されるとして本明細書で説明する機能は、複数の基地局および／またはネットワークノードにわたって分散されてよいことに留意されたい。さらに、実施形態は基地局を参照して説明されるが、実施形態は、そのタイプが基地局である、任意の好適なネットワークノード内でまたは任意の好適なネットワークノードにわたって実装され得ることを理解されたい。また、ネットワーク 300 は、マルチユーザ多入力多出力（MU-MIMO）送信を可能にし得る。したがって、ネットワーク 300 は、MU-MIMO ワイヤレス通信ネットワークまたは MU-MIMO システムと呼ばれる場合がある。

【0048】

実施形態は、フィードバックオーバーヘッドを抑えるために様々な特性を利用するマルチビームプリコードフィードバックに関するプリコード構造を提供する。いくつかの実施形態は、合理的なフィードバックオーバーヘッドを用いた豊富なプリコードフィードバックを有することによって既知の構成と比較して、増大された MU-MIMO 性能を提供する。低いフィードバックオーバーヘッドを可能にする、特定の構造を有するマルチビームプリコードを有するコードブックが開示される。

【0049】

波長において d_λ アンテナエレメント分離を有するサイズ N 共同偏波均一線形アレイ（ULA）と単一の受信アンテナとの間の時間領域チャネルを最初に検討する。チャネル行列は、一般的な形態で表現され得る

$$\mathbf{H}(\tau) = \mathbf{h}^T(\tau) = \sum_{i=1}^M c_i \mathbf{a}^T(\theta_i) \delta(\tau - \tau_i)$$

すなわち、 M 個のマルチパス成分の和からなり、式中、 c_i は、複素チャネル係数であり、

$$\mathbf{a}(\theta) = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j2\pi \cdot 1 \cdot d_\lambda \cos(\theta)} \\ \vdots \\ e^{j2\pi \cdot (N-1) \cdot d_\lambda \cos(\theta)} \end{bmatrix}$$

は、アレイステアリングベクトルであり、 θ_i は、マルチパス成分 i の ULA に対する発射角（AOD）であり、 τ_i は、その伝搬遅延である。

【0050】

チャネル行列の周波数領域表現は、その場合、

$$\begin{aligned} \mathbf{H}(f) = \mathbf{h}^T(f) &= \int_{\tau=-\infty}^{\infty} \sum_{i=1}^M c_i \mathbf{a}^T(\theta_i) \delta(\tau - \tau_i) e^{-j2\pi f \tau} d\tau = \sum_{i=1}^M c_i \mathbf{a}^T(\theta_i) \int_{\tau=-\infty}^{\infty} \delta(\tau - \tau_i) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \\ &= \sum_{i=1}^M c_i \mathbf{a}^T(\theta_i) e^{-j2\pi f \tau_i} \end{aligned}$$

として導出される。

【 0 0 5 1 】

10

次に、一定周波数 $f = f_0$ に対するチャネル行列を考慮する。チャネルベクトルは、その場合、

$$\mathbf{h}^T(f) = \sum_{i=1}^M c_i \mathbf{a}^T(\theta_i) e^{-j2\pi f_0 \tau_i} = \sum_{i=1}^M \tilde{c}_i \mathbf{a}^T(\theta_i)$$

になり、式中、

$$\tilde{c}_i$$

は、別の複素係数である。このチャネルを完全に反転する最適なプリコーダは、最大無線送信 (MRT) プリコーダ $\mathbf{w}_{\text{MRT}} = (\mathbf{h}^T(f))^H = \mathbf{h}^*$ であり、式中、 $*$ は、複素共役を示す。

20

【 0 0 5 2 】

$\mathbf{D}_N$ は、サイズ $N \times N$ の DFT 行列として規定され、すなわち、 $\mathbf{D}_N$ の要素は

$$[\mathbf{D}_N]_{k,l} = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{j2\pi kl/N}$$

として規定される。さらに、

$$\mathbf{R}_N(q) = \text{diag}\left([e^{j2\pi \cdot 0 \cdot \frac{q}{N}} \quad e^{j2\pi \cdot 1 \cdot \frac{q}{N}} \quad \dots \quad e^{j2\pi \cdot (N-1) \cdot \frac{q}{N}}]\right)$$

は、 $0 < q < 1$ に対して規定される、サイズ $N \times N$ の回転行列になる。 $\mathbf{D}_N$ を左から $\mathbf{R}_N(q)$ で乗算することは、エントリー

30

$$[\mathbf{R}_N(q)\mathbf{D}_N]_{k,l} = \frac{1}{\sqrt{N}} e^{j2\pi k(l+q)/N}$$

を有する回転 DFT 行列を作成する。回転 DFT 行列 $\mathbf{R}_N(q)\mathbf{D}_N = [\mathbf{d}_1 \quad \mathbf{d}_2 \quad \dots \quad \mathbf{d}_N]$ は、ベクトル空間

$$\mathbb{C}^N$$

をさらに広げる、正規化直交列ベクトル

$$\{\mathbf{d}_i\}_{i=1}^N$$

40

からなる。すなわち、任意の q に対して、 $\mathbf{R}_N(q)\mathbf{D}_N$ の列は、

$$\mathbb{C}^N$$

の正規直交基底である。

【 0 0 5 3 】

MRT プリコーダは、いわゆる、アンテナ空間からビーム空間への基底変更を行うために、回転 DFT 行列で多重化される。結果として生じる、プリコーダベクトルのビーム空間表現は、その場合、

$$\begin{aligned} \mathbf{w}_B^T &= \mathbf{w}_{MRT}^H \mathbf{R}_N(q) \mathbf{D}_N = \mathbf{h}^T \mathbf{R}_N(q) \mathbf{D}_N = \mathbf{h}^T [\mathbf{d}_1 \quad \mathbf{d}_2 \quad \dots \quad \mathbf{d}_N] \\ &= \left[\sum_{i=1}^M \tilde{c}_i \mathbf{a}^T(\theta_i) \mathbf{d}_1 \quad \sum_{i=1}^M \tilde{c}_i \mathbf{a}^T(\theta_i) \mathbf{d}_2 \quad \dots \quad \sum_{i=1}^M \tilde{c}_i \mathbf{a}^T(\theta_i) \mathbf{d}_N \right]. \end{aligned}$$

として表現され得る。

【0054】

ステアリングベクトル

$$\mathbf{a}(\theta) = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{j2\pi \cdot 1 \cdot d_\lambda \cos(\theta)} \\ \vdots \\ e^{j2\pi \cdot (N-1) \cdot d_\lambda \cos(\theta)} \end{bmatrix} \quad 10$$

は、回転DFT行列 $[\mathbf{R}_N(q) \mathbf{D}_N]$ のスケーリング列(scaled column)として表現され得、 $\mathbf{l} = [d_\lambda \cos(\theta)]$ 、および $q = d_\lambda \cos(\theta_\lambda) - [d_\lambda \cos \theta]$ であることに最初に留意されたい。共役ステアリングベクトル $\mathbf{a}^*(\theta)$ は、アレイのブロードサイドにおいてミラリングされた角度を有する別のステアリングベクトルに等しい、すなわち、 $\mathbf{a}^*(\theta) = \mathbf{a}(\pi - \theta)$ であることに留意されたい。

【0055】

次に、プリコーダベクトル

$$\mathbf{w}_B^T$$

20

のビーム空間表現に戻ると、 $\mathbf{a}^T(\theta_i) \mathbf{d}_1$ は、共役ステアリングベクトルと回転DFT行列の列との間の内積であることに留意されたい。任意のステアリングベクトルは、($q = q_0$ および $\mathbf{l} = \mathbf{l}_0$ に対して適切な値を設定して) 回転DFT行列のスケーリング列として表現され得ることに前に留意した。その場合、(共役)ステアリングベクトルと $\mathbf{d}_1$ との間の内積は、

$$\mathbf{a}^T(\theta_i) \mathbf{d}_1 = \begin{cases} \sqrt{N}, & l = l_0 \\ 0, & l \neq l_0 \end{cases} \quad 30$$

になる。

【0056】

ここでも、これは、ビーム空間がマルチパス係数 i のステアリングベクトルに完全に整合するように回転するように q が適切に設定されることを必要とする。そうでない場合、ステアリングベクトルは、1つまたは2つの係数が大きな絶対値を有し、残りの係数が小さな絶対値を有する状態で、ビーム空間座標系内で依然としてスパースであることになる。各マルチパス成分は、したがって、おおむね、1つまたは少数のビーム空間係数のみに寄与することになる。ビーム空間チャンネルのスパース性に及ぼすビーム空間回転の影響は、見通し線(LoS)チャンネルを示す図4A～図4Dに示されている。図4Aは、 $q = 0$ の回転インデックス／ファクタに関する。図4Bは、 $q = 2/4$ の回転インデックス／ファクタに関する。図4Cは、 $q = 1/4$ の回転インデックス／ファクタに関する。図4Dは、 $q = 3/4$ の回転インデックス／ファクタに関する。

40

【0057】

しかしながら、周波数領域チャンネルは、各々がおそらく異なる発射角 θ_i を有する、 M 個のマルチパス成分の和である。チャンネルのビーム空間スパース性は、したがって、マルチパス成分 $\mathbf{a}(\theta_i)$ の分散に依存する。この分散における拡散は、チャンネルの角拡散として示されることが多い。純粋な見通し線(LoS)チャンネルは、低角拡散を有し、図4A～図4Dに示すように、ビーム空間内に非常にスパースに表れる場合がある。他方で、非常に大きな角拡散を有するチャンネルは、ビーム空間内にスパースに表れない場合があるが、多くのビーム空間係数によって表されることが必要になる。しかしながら、セルラ

50

ワイヤレスチャネルは、一般に、十分に強力なマルチパス成分を少数のみ有し、したがって、少数のビーム空間係数のみを用いて効果的に表される場合がある。すなわち、マルチビームコードブックによって活用されるものが本明細書において提示される。

【 0 0 5 8 】

いくつかの実施形態のプリコーダ構造を解明するために、単一偏波 U L A に対して適切な変換であった（回転） D F T 行列は、デュアル偏波 2 D 均一平面アレイ（U P A）のより一般的な事例にもやはり適合するように拡張される。

【 0 0 5 9 】

回転 2 D D F T 行列は、

$$\mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) = (\mathbf{R}_{N_H}(q_H) \mathbf{D}_{N_H}) \otimes (\mathbf{R}_{N_V}(q_V) \mathbf{D}_{N_V}) = [\mathbf{d}_1 \quad \mathbf{d}_2 \quad \dots \quad \mathbf{d}_{N_V N_H}]$$

10

として規定される。

$$\mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

の列

$$\{\mathbf{d}_i\}_{i=1}^{N_{DP}}$$

は、ベクトル空間

$$\mathbb{C}^{N_V N_H}$$

20

の正規直交基底を構成する。そのような列 $\mathbf{d}_i$ は、以後、（D F T）ビームと示される。

【 0 0 6 0 】

次に、チャネル行列 $\mathbf{H} = [\mathbf{H}_{p \ 0 \ 1 \ 1} \quad \mathbf{H}_{p \ 0 \ 1 \ 2}]$ であるデュアル偏波 U P A を考慮する。

【 0 0 6 1 】

デュアル偏波ビーム空間変換行列

$$\begin{aligned} \mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) &= \mathbf{I}_2 \otimes \mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) = \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{D}_{N_V, N_H}(q_V, q_H) \end{bmatrix} \\ &= \begin{bmatrix} \mathbf{d}_1 & \mathbf{d}_2 & \dots & \mathbf{d}_{N_V N_H} & \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{0} & \dots & \mathbf{0} & \mathbf{d}_1 & \mathbf{d}_2 & \dots & \mathbf{d}_{N_V N_H} \end{bmatrix} = [\mathbf{b}_1 \quad \mathbf{b}_2 \quad \dots \quad \mathbf{b}_{2N_V N_H}] \end{aligned}$$

30

を作成する。

$$\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

の列

$$\{\mathbf{b}_i\}_{i=1}^{2N_V N_H}$$

は、ベクトル空間

$$\mathbb{C}^{2N_V N_H}$$

40

の正規直交基底を構成する。そのような列 $\mathbf{b}_i$ は、単一偏波上で送信されるビーム $\mathbf{d}$ によって構築される（すなわち、

$$\mathbf{b} = \begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \text{ または } \mathbf{b} = \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{d} \end{bmatrix}$$

）ため、そのような列 $\mathbf{b}_i$ は、以後、単一偏波ビーム（S P ビーム）と示される。やはり導入されるのは、両方の偏波上で送信された（すなわち、（任意の）コフェーシングファクタ $e^{j \alpha}$ 、でコフェーシングされた）、すなわち、

$$\mathbf{b}_{DP} = \begin{bmatrix} \mathbf{d} \\ e^{j\alpha} \mathbf{d} \end{bmatrix}$$

を指す「デュアル偏波ビーム」という表記である。コフェージングファクタは、そのレイヤの受信電力を増大させるために、（多相送信の）レイヤ内で2つの偏波から送信されたビームが受信機においてコヒーレントに（すなわち、同相で）加算するように使用され得、これは、そのレイヤの受信S I N Rを増大させることに留意されたい。コフェージングファクタはまた、レイヤ間干渉を最小限に抑えるために、異なるレイヤ（ランク2送信以上の場合）を互いに向けて直交に受信させることができ、これは、レイヤの受信S I N Rの増大をやはりもたらす。

10

【0062】

チャネルが若干スパスであるという仮定を利用して、チャネルエネルギーの大部分は、

$$\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

の列サブセットを選択することによってのみ十分にキャプチャされ得る。すなわち、これは、フィードバックオーバーヘッドを抑える2、3のSPビームを説明するに十分である。

$$\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

N_{SP} 個の列からなる列サブセット $\mathbf{l}_s$ は、低減されたビーム空間変換行列

20

$$\mathbf{B}_{I_S} = [\mathbf{b}_{I_S(1)} \quad \mathbf{b}_{I_S(2)} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{I_S(N_{SP})}]$$

を作成するために選択される。言い換えれば、1つの非限定的な例として、低減されたビーム空間変換行列

$$\mathbf{B}_{I_S} = [\mathbf{b}_1 \quad \mathbf{b}_5 \quad \mathbf{b}_{10} \quad \mathbf{b}_{25}]$$

を作成するために、列数 $\mathbf{l}_s = [1 \quad 5 \quad 10 \quad 25]$ を選択する。

【0063】

さらに、プリコーダ行列 $\mathbf{w}$ はチャネル行列 $\mathbf{H}$ の固有値から導出され得ることに留意されたい。より具体的には、プリコーダ $\mathbf{w}$ は、チャネル行列 $\mathbf{H}$ の主固有ベクトルにおよそ等しくなるように計算され得る。たとえば、これにより単層送信のみをサポートし得る単一の受信アンテナの場合、最強固有ベクトル ($\mathbf{v}_1$) は、MRTプリコーダに等しい、すなわち、 $\mathbf{w}_{MRT} = \mathbf{h}^* - \mathbf{v}_1$ である。

30

【0064】

単層をプリコーディングするための一般的なプリコーダ構造は、以下の通りである：

$$\mathbf{w} = \mathbf{B}_{I_S} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_{N_{SP}} \end{bmatrix} = [\mathbf{b}_{I_S(1)} \quad \mathbf{b}_{I_S(2)} \quad \dots \quad \mathbf{b}_{I_S(N_{SP})}] \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_{N_{SP}} \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^{N_{SP}} c_i \mathbf{b}_{I_S(i)}.$$

40

式中、

$$\{c_i\}_{i=1}^{N_{SP}}$$

は、複素係数である。

$$\mathbf{w} = \mathbf{B}_{IS} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_{N_{SP}} \end{bmatrix} = \mathbf{B}_{IS} \begin{bmatrix} \sqrt{p_1} e^{j\alpha_1} \\ \sqrt{p_2} e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ \sqrt{p_{N_{SP}}} e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix} = \mathbf{B}_{IS} \begin{bmatrix} \sqrt{p_1} & 0 & & \vdots \\ 0 & \sqrt{p_2} & & \\ & & \ddots & \\ & & 0 & \sqrt{p_{N_{SP}}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{j\alpha_1} \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix} = \mathbf{B}_{IS} \sqrt{\mathbf{P}} \begin{bmatrix} e^{j\alpha_1} \\ e^{j\alpha_2} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}} \end{bmatrix}$$

方程式4

のように、電力（または、振幅）における複素係数および位相部分を分離することによって、より改良されたマルチビームプリコーダ構造が達成される。

【0065】

10

プリコーダベクトル $\mathbf{w}$ を複素定数 C で乗算することは、そのビーム形成特性を変更しないため（他の単一偏波ビームに対する位相および振幅のみが重要であるため）、1つ少ないビームに関するパラメータがワイヤレスデバイスから基地局にシグナリングされるように、一般性を失わずに、たとえば、SPビーム1に対応する係数は $p_1 = 1$ および

$$e^{j\alpha_1} = 1$$

に固定されると仮定することができる。さらに、合計電力制約が満たされるように、すなわち、 $\|\mathbf{w}\|^2 = 1$ であるように、プリコーダは正規化ファクタで乗算されるとさらに仮定され得る。いずれのそのような正規化ファクタも、本明細書では明快のために式から省略される。

20

【0066】

ワイヤレスデバイスがプリコーダ行列を判定すると、以下の情報がCSIフィードバック報告内でワイヤレスデバイスによって基地局、たとえば、eNodeBにフィードバックされるべきである。たとえば、

●

$$\mathbf{B}_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

の選ばれた列、すなわち、 N_{SP} 単一偏波ビーム。これは、多くても $N_{SP} \cdot \log_2 2^{N_V N_H}$ ビットを必要とする。

● 垂直および水平のDFTベース回転ファクタ q_V および q_H 。たとえば、 Q の何らかの値に関して、

30

$$q(i) = \frac{i}{Q}, i = 0, 1, \dots, Q-1$$

である。対応するオーバーヘッドは、その場合、 $2 \cdot \log_2 Q$ ビットである。

● SPビームの（相対）電力レベル

$$\{p_2, p_3, \dots, p_{N_{SP}}\}$$

。Lが取り得る離散的電力レベルの数である場合、SPビーム電力レベルをフィードバックするために $(N_{SP} - 1) \cdot \log_2 L$ が必要とされる。

40

● SPビームのコフェージングファクタ

$$\{e^{j\alpha_2}, e^{j\alpha_3}, \dots, e^{j\alpha_{N_{SP}}}\}$$

。たとえば、 K の何らかの値に関して、

$$\alpha(k) = \frac{2\pi k}{K}, k = 0, 1, \dots, K-1$$

である。対応するオーバーヘッドは、 $(N_{SP} - 1) \cdot \log_2 K$ である。

【0067】

以下の実施形態は、SPビームの位相が周波数にわたってどのように量子化され得るか

50

を考慮する。各 $R_B \quad f = 0, 1, \dots, N_{RB} - 1$ に対してマルチビームプリコーダベクトル w_f が量子化され、フィードバックされるべきであり、マルチビームプリコーダベクトルは、

$$w_f = B_{IS} \sqrt{P} \begin{bmatrix} e^{j\alpha_1(f)} \\ e^{j\alpha_2(f)} \\ \vdots \\ e^{j\alpha_{N_{SP}}(f)} \end{bmatrix}$$

として SP ビーム位相の関数であると仮定する。ここで再び、相対位相のみが重要であるため、

$$e^{j\alpha_1(f)} = 1$$

と設定することができる。各 SP ビームに対する周波数を介した位相変化を特徴づけることが目的であり、すなわち、ベクトル

$$\phi_i = [e^{j\alpha_i(0)} \quad e^{j\alpha_i(1)} \quad \dots \quad e^{j\alpha_i(N_{RB}-1)}]^T, i = 2, 3, \dots, N_{SP}$$

である。

【0068】

一実施形態では、位相の量子化は、異なるビームに対して異なる分解能のものである。1つのそのような実施形態では、最強のビームに対してより弱いビームの位相が与えられるという仮定の下で、最強のビームは周波数にわたって固定位相を有すると仮定される。別のそのような実施形態では、少なくとも1つの弱いビームは、少なくとも1つのより強力なビームよりも粗い量子化を有する。低電力ビームに対して位相量子化を粗くすることを可能にすることによって、チャネルのより強力な部分に対する良好な適合を達成することにより多くのビットを費やすことができ、したがって、全体的な量子化誤差を低減する。

【0069】

いくつかの実施形態では、各 SP ビームの位相 ϕ_i が周波数にわたって多項式関数として概算される。すなわち、

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

であり、式中、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

は、実数値係数のセットである。各 SP ビームおよび周波数に対する実際の位相の選択を量子化してフィードバックする代わりに、パラメータ化された実数値係数が量子化されて、プリコーダフィードバックの一部としてフィードバックされる。特に、チャネル帯域幅が大きく、多項式の次数が小さい場合、これは、 SP ビーム位相の選択を伝えるために必要とされるフィードバックオーバーヘッドを著しく低減させる可能性がある。

【0070】

次いで、取り得る多項式位相係数のセットから係数 a_m が選択され得る。いくつかの実施形態では、これらの係数は、いくつかのビットを使用して、0と1との間の範囲で均一に量子化され得る。

【0071】

いくつかの実施形態では、多項式の次数 M は1に等しく、その結果、周波数にわたる位相変化は線形関数として概算される。この場合、ビーム単位で2つの係数、 a_0 および a_1 のみが推定され、量子化され、フィードバックされる必要である。

【0072】

別の実施形態では、多項式の次数 M は2に等しく、その結果、周波数に対する位相変化は二次関数として概算される。この場合、ビーム単位で3つの係数、 a_0 、 a_1 、 a_2 が

10

20

30

40

50

推定され、量子化され、フィードバックされる必要である。

【0073】

いくつかの実施形態では、（周波数領域）SPビーム位相ベクトル ϕ_i は時間領域においてスパースであるという仮定が活用される。最初に、たとえば、高速フーリエ変換（FFT）を使用することによって、 ϕ_i 上でFFTを実行することによって時間領域表現 $\phi_{time,i}$ が導出される。次いで、2～3の $\phi_{time,i}$ の最強のタップ（タップは異なる遅延に対応する）が選択され、タップのインデックス、振幅、および位相が量子化されて、フィードバックされる。時間領域表現は位相の周波数領域表現よりもスパースであり得るため、位相ベクトルを正確に表すためにより少ない係数が必要とされ得る。

【0074】

この実施形態を拡張するために、SPビーム位相ベクトルの時間領域表現 $\phi_{time,i}$ は、

$$\phi_{time,i}(\tau) = \sum_{v=1}^V b_v e^{j\alpha_v} \delta(\tau - \tau_v)$$

として表現され得、式中、 $\delta(\tau)$ はクロネッカーのデルタ関数である。周波数領域表現は、したがって、

$$\phi_i(\tau) = \sum_{v=1}^V b_v e^{j\alpha_v} e^{-j2\pi f\tau_v/N_{RB}}$$

として表現され得る。したがって、各タップ v を表現するために、係数（ b_v 、 α_v 、 τ_v ）が必要となる。

【0075】

一実施形態では、 N_v 個の最強のタップが選択され、 N_v 個のタップの各々に関する係数（ b_v 、 α_v 、 τ_v ）が量子化され、フィードバックされる。

【0076】

別の実施形態では、

$$\tau_{v_s}$$

を中心とする W 個のタップの時間領域窓が選択され、すなわち、

$$\tau = \tau_{v_s} - \frac{W}{2}, \tau_{v_s} + \frac{W}{2}]$$

が選択される。この場合、時間窓内のすべてのタップの中央遅延

$$\tau_{v_s}$$

ならびに位相および振幅（ b_v 、 α_v ）のみが量子化され、フィードバックされる必要がある。ワイヤレスデバイスは、たとえば、最初に、最強のタップとして v_s を選択することができるか、またはワイヤレスデバイスは、時間窓内のエネルギーを最大化することによって v_s を選択することができる。

【0077】

以下の実施形態は、本明細書で説明するようなフィードバックがワイヤレスデバイスによってどのように計算され得るかに関し、すなわち、これらは、ワイヤレスデバイス実装の実施形態である。

【0078】

いくつかの実施形態では、ワイヤレスデバイスは、以下の手順を用いて、第1のプリコーディングレイヤに対する各SPビームに関する最適な非量子化位相ベクトルを推定することで開始し得る。

1. 基地局によって送信された C S I - R S から各 R B f に関するチャネル行列 H_f を推定する。

2. チャネル行列

$$H_{B,f} = H_f B_{I_S}$$

の低減されたビーム空間表現を作成するために、各 R B に関して、低減されたビーム空間変換行列

$$B_{I_S}$$

で乗算することによって、チャネル H_f をビーム空間に変換する（すなわち、たとえば、他の実装の実施形態で説明したような、前に導出された、選択されたビーム）。 10

3. 各 R B に関して、

a) 低減されたビームチャネル行列

$$H_{B,f} = U_f^H \Sigma_f V_f$$

の特異値分解（S V D）を実行する

b)

$$H_{B,f}^H H_{B,f}$$

の固有値分解を

$$H_{B,f}^H H_{B,f} = V_f^H \Sigma_f^2 V_f$$

として実行する

のいずれか。

4. どちらの場合にも、各 R B に関して、その列が右特異ベクトルを備える、いわゆる、右特異行列

$$V_f = [v_{f,1} \quad \dots \quad v_{f,N_{SP}}]$$

を抽出する。

5. 各 R B に関して、（方法 3 a が使用されたか、または方法 3 b が使用されたかに応じて）最強の特異値または固有値に対応する右特異ベクトルを抽出する。一般性を失わずに、右特異ベクトルは、 30

$$v_{f,1} = \begin{bmatrix} v_{f,1}(1) \\ v_{f,1}(2) \\ \vdots \\ v_{f,1}(N_{SP}) \end{bmatrix}$$

が最強の特異値または固有値に対応するように順序付けられると仮定することができる。

6. 各 R B に関して、 $\Theta_f = \exp(j \cdot \arg(v_{f,1})) \cdot \text{conj}(\arg(v_{f,1}))$ として R B 単位の非量子化位相ベクトルを計算する。これは、第 1 の S P ビーム $\Theta_f(1)$ の非量子化位相が 1 に等しいことを保証する。 40

7. 各 S P ビーム i に関して、

$$\phi_{unq,i} = \begin{bmatrix} \Theta_0(i) \\ \Theta_1(i) \\ \vdots \\ \Theta_{N_{RB}-1}(i) \end{bmatrix}$$

として各 R B f に関する R B 単位の非量子位相ベクトル $\Theta_f(i)$ の第 i 番目のエントリを抽出することによって、ビーム単位の非量子化位相ベクトルをアセンブルする。

【0079】

より高いランクのプリコーディングが使用される場合、ワイヤレスデバイスは、ステップ5で抽出された右特異値ベクトルのみを変更することによって、この方法を使用して各レイヤに関して非量子化位相ベクトルを別個に計算することができる。すなわち、第2のレイヤに関して、第2の最強の右特異値ベクトル $\mathbf{v}_{f, 2}$ が選定される、等々である。

【0080】

いくつかの実施形態では、ワイヤレスデバイスは、前に説明したように、各SPビームの位相を周波数の多項式関数、すなわち、

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

として特徴づける。ワイヤレスデバイスは、前に説明した「非量子化位相ベクトル推定方法」を使用して各SPビームに関して非量子化位相ベクトル $\phi_{unq, i}$ を推定することによって開始し得る。

【0081】

1つのそのような実施形態では、ワイヤレスデバイスは、多項式位相係数 $(a_0, a_1, \dots, a_M)_k$ の各取り得る組合せ k に関して基準を計算する。最善の基準を有する組合せ k が次いで選択されて、基地局にフィードバックされる。1つのそのような実施形態では、この基準は、

$$\phi_{REF,k}(f) = e^{j \sum_{m=0}^M (a_m)_k f^m}$$

として多項式位相係数の組合せ k に対応する参照位相ベクトルを最初に作成し、次いで、
 $\arg(\phi_{unq,i}^H \phi_{REF,k})$

として基準を計算すること、すなわち、参照位相ベクトルと非量子化位相ベクトルとの間の内積の因数をとることによって、計算され得る。

【0082】

別のそのような実施形態では、ワイヤレスデバイスは、代わりに、曲線当てはめ方法を使用することによって非量子化多項式位相係数 $(a_0, a_1, \dots, a_M)$ を推定し、次いで、対応して、係数を量子化し、フィードバックすることを試みる。

【0083】

ワイヤレスデバイスは、どのSPビームがプリコーダ内に含まれるべきか、すなわち、低減されたビーム空間変換行列

$$\mathbf{B}_{I_S}$$

を形成するために、デュアル偏波ビーム空間変換行列

$$\mathbf{B}_{N_V, N_H}$$

から列をどのように選択するかを選択しなければならない。最初に、ワイヤレスデバイスは、 $\mathbf{R} = \sum_f \mathbf{H}^H \mathbf{H}$ として（たとえば、帯域幅全体にわたり）ビーム選択の周波数粒度に対応する周波数の点で平均することによって、平均チャネル相関行列を形成することができる。次いで、ワイヤレスデバイスは、行列積

$$\mathbf{B}_{N_V, N_H}^H \mathbf{R} \mathbf{B}_{N_V, N_H}$$

の対角元を利用することによって、各SPビームの広帯域受信電力を計算することができる。ワイヤレスデバイスは、次いで、最大帯域幅受信電力を有する N_{SP} ビームを選択することができる。（仮説）ビーム i の受信電力は、 $\|\mathbf{H} \mathbf{b}_i\|^2$ によって与えられる。プリコーダ内の（仮説）ビームの相対電力レベル p は、ビームの相対受信電力、すなわち、

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\|\mathbf{H} \mathbf{b}_1\|^2}{\|\mathbf{H} \mathbf{b}_2\|^2}$$

に対応するように設定され得る。

【0084】

一実施形態は、回転ファクタ q_V および q_H がワイヤレスデバイスによってどのように計算され得るかを考慮する。Qの何らかの値に関して、取り得る値の固定セット、たとえば、

$$q(i) = \frac{i}{Q}, i = 0, 1, \dots, Q-1$$

から回転ファクタが選択され得ることが仮定される。ワイヤレスデバイスは、次いで、回転ファクタ (q_V 、 q_H) の各取り得る値に関して、前の「ビーム選択方法」実施形態に従って、回転ビーム空間変換行列

$$B_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

に対応する N_{S_P} 個の強力ビームの受信電力を計算する。ワイヤレスデバイスは、次いで、低減されたビーム空間内の受信電力を最大化する回転仮説を選択することができる。

【0085】

ビームの選択において、ビームはネットワークノードによって送信されたビームではなく、ビームは、ワイヤレスデバイスが評価する仮説送信であることに留意されたい。ネットワークノード／基地局は、ワイヤレスデバイスによって測定された、非プリコード CSI-RS のセットを（たとえば、アンテナアレイの各アンテナエレメントから）送信し、そのセットは、次いで、チャンネル推定Hを判定するために使用され得る。このチャンネル推定に基づいて、ワイヤレスデバイスは、（直交DFTビームの和からなる）最適プリコードを選択することになる。たとえば、最善のビームを選択するために、ワイヤレスデバイスは、以下を行うために、異なって回転された直交DFT基底／行列

$$B_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

にわたって探索を実行することになる：

【0086】

1) 最善の回転直交DFT基底／行列

$$B_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

および対応する回転ファクタ q_V 、 q_H を選択する。

【0087】

2) 基底／行列

$$B_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

から最善の N_{S_P} ビームを選択する。

【0088】

たとえば、図5は、たとえば、ワイヤレスデバイスからeNBにCSIフィードバックを報告するための、ワイヤレス通信ネットワーク／システム300における、eNBなどのネットワークノード320とワイヤレスデバイス310との間のシグナリング図500を示す。

【0089】

ネットワークノード320は、最初に、CSI-RSもしくはCRS、またはチャンネル推定を判定することを可能にする任意の他の信号など、参照信号をワイヤレスデバイス310に送出する（ステップ510）。

【0090】

受信された参照信号に基づいて、ワイヤレスデバイス310は、プリコードのパラメータを判定する（ステップ520）。たとえば、ワイヤレスデバイスは、受信された参照信号に基づいて取得されたチャンネル条件／品質に関して最適なプリコードを判定することが

できる。

【0091】

プリコーダパラメータが判定されると、ワイヤレスデバイス310は、CSI報告をネットワークノードに送出し、CSI報告は判定されたプリコーダパラメータを含む（ステップ530）。

【0092】

ネットワークノード320がCSI報告を受信すると、ネットワークノード320は、受信された情報に基づいて送信パラメータ（たとえば、プリコーダのパラメータ）を判定する。たとえば、ネットワークノード320は、変調符号化方式（MCS）を判定するために、ワイヤレスデバイスによって推奨されたプリコーダを使用し、ワイヤレスデバイスのデータ送信のためにプリコーダのプリコーディング方式を使用することを決定することができる。しかしながら、受信された情報に基づいて、ネットワークノード320は、別のプリコーダを使用することを決定して、このプリコーダに基づいてMCSおよびプリコーディング方式を判定することができる（ステップ540）。

【0093】

シグナリング図500は当技術分において知られていることに留意されたい。本開示の実施形態は、ワイヤレスデバイス310がネットワークノード320に推奨するためのプリコーダのパラメータをどのように判定するかに関する。一例として、ワイヤレスデバイス310は、最大受信電力を有する、いくつかのビームを、たとえば、複数の直交ビームの中から選択することができる。ビームの電力レベルを計算するために、ワイヤレスデバイスは、行列積

$$B_{N_V, N_H}^H R B_{N_V, N_H}$$

の対角元を利用し、この場合、上記で説明したように $R = \sum_f H^H H$ である。そのようにして、ビームの電力レベルが計算される。ワイヤレスデバイスは、直交ビーム（d）を取得するために使用される回転ファクタ q_V および q_H をやはり計算し、ビーム空間変換行列

$$B_{N_V, N_H}$$

を計算することができる。電力レベルを判定する他の方法を使用することもできる。たとえば、ワイヤレスデバイスは、すべてのプリコーダ仮説に関して完全に網羅的な探索を潜在的に行い、各プリコーダを用いて達成可能なスループットの推定を計算することができる。

【0094】

プリコーダのパラメータが判定されると、ワイヤレスデバイスは、CSI報告を基地局に送出し、CSI報告はプリコーダのパラメータを含む。いくつかの実施形態によれば、プリコーダのパラメータは、選択されたビームに対応するインデックス、それらの電力レベルおよび位相、ならびに回転ファクタを含む。

【0095】

一実施形態では、図6は、ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダコードブック構造の構築を可能にするためのパラメータを判定するためにワイヤレスデバイスにおいて実行される例示的なプロセス600のフローチャートである。プロセス600は、各列が単一偏波ビームに対応する、ビーム空間変換行列

$$B_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

の列のサブセットを選択することを含む（ブロック610）。プロセスはまた、SPビームの位相およびSPビームの位相を表すパラメータのうちの1つを量子化することを含み、量子化は異なるSPビームに関して異なる量子化分解能に従う（ブロック620）。

【0096】

図7は、一実施形態による、ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダコードブック

構造の構築を可能にするためのプリコード情報を判定するように設定された例示的なワイヤレスデバイス 310 のブロック図である。

【0097】

ワイヤレスデバイス 310 は処理回路 700 を有する。いくつかの実施形態では、処理回路 700 は、メモリ 710 とプロセッサ 720 とを含み、メモリ 710 は、プロセッサ 720 によって実行されると、方法 600 のステップなど、本明細書で説明する 1 つまたは複数の機能を実行させるようにプロセッサ 720 を設定する命令を含む。典型的なプロセッサおよびメモリに加えて、処理回路 700 は、処理および／または制御のための集積回路、たとえば、1 つまたは複数のプロセッサおよび／またはプロセッサコアおよび／または FPG A（フィールドプログラマブルゲートアレイ）および／または ASIC（特定用途向け集積回路）を備え得る。

10

【0098】

メモリ 710 は、プリコード情報 730 を記憶するように設定され、プリコード情報は、S Pビームの位相および S Pビームの位相を表すパラメータのうちの少なくとも 1 つを含む。プロセッサ 720 は、ビーム空間変換行列の列のサブセットを選択するように設定され（740）、各列は S Pビームに対応し、S Pビームは位相を有する。プロセッサ 720 はまた、S Pビームの位相および S Pビームの位相を表すパラメータのうちの 1 つの量子化を実行する（750）。いくつかの実施形態では、プロセッサ 720 はまた、S Pビームの位相のパラメータ化を含む（760）。量子化は、異なる S Pビームに対して異なる分解能に従う。

20

【0099】

図 8 は、別の実施形態による、ワイヤレス通信システムにおいてプリコードコードブック構造の構築を可能にするためのパラメータを判定するように設定されたワイヤレスデバイス 310 の代替実施形態のブロック図である。ワイヤレスデバイス 310 は、プリコード情報 730 を記憶するメモリモジュール 800（図 7 のメモリと同様）を含む。ワイヤレスデバイス 310 はまた、ビーム空間変換行列の列のサブセットを選択するように設定されたビーム選択器モジュール 810 を含み、各列は S Pビームに対応し、S Pビームは位相を有する。ワイヤレスデバイスはまた、S Pビームの位相または S Pビームを表すパラメータのいずれかを量子化するための量子化器モジュール 820 を含み、パラメータは、パラメータ化モジュール 830 から取得される。

30

【0100】

図 9 は、一実施形態による、ワイヤレスデバイスから受信された情報に基づいて送信パラメータに従ってワイヤレスデバイスに送信するように設定された、e N o d e B またはネットワークノードなどの基地局 320 のブロック図である。基地局 320 は、メモリ 910 とプロセッサ 920 とを有する処理回路 900 を有する。メモリ 910 は、ワイヤレスデバイスによって送出された CSI 報告から受信されたプリコード情報 930 を記憶するように設定される。プロセッサ 920 は、ランクインジケータ、変調符号化方式を含む、送信パラメータ 940 を判定するように設定される。基地局 320 は、各列が単一偏波（S P）ビームに対応し、S Pビームが位相を有する、ビーム空間変換行列の列のサブセットと S Pビームの位相および S Pビームの位相を表すパラメータのうちの量子化された 1 つの量子化値とを含むプリコード情報をワイヤレスデバイスから受信するための受信機 950 を有し、量子化は S Pビーム依存性の量子化分解能に従う。基地局は、送信パラメータをワイヤレスデバイスに送信するように設定された送信機 960 をさらに備える。

40

【0101】

図 10 は、300 など、ワイヤレス通信システムにおける、ワイヤレスデバイスによってプリコードのパラメータを判定するための方法 1000 のフローチャートを示す。

【0102】

方法は、複数の直交ビームからビームのサブセットを選択することで開始し、選択されたビームのサブセットは位相を有する（ブロック 1010）。たとえば、複数の直交ビームは

50

$$B_{N_V, N_H}(q_V, q_H)$$

の列に対応する。また、ビームのサブセットは、低減された空間ビーム変換行列

$$B_{I_S}$$

を作成するために、上記で説明したように選択される。

【0103】

次いで方法は、続いて、選択されたビームのサブセットの位相を量子化し、量子化はビーム依存性である（ブロック1020）。たとえば、サブセット内の異なるビームの位相は異なる分解能で量子化される。より具体的には、量子化分解能は、第2の選択されたビームよりも低い電力を有する第1の選択されたビームに対してより粗くてよい。また選択されたビームのサブセットの位相は、互いに対して量子化され得る。 10

【0104】

方法は、続いて、選択されたビームのサブセットおよび量子化された位相をネットワークノードに送出し、選択されたビームのサブセットおよび量子化された位相はプリコーダのパラメータの一部である（ブロック1030）。ネットワークノード320に送出されるプリコーダのパラメータは、選択されたビームの電力レベルおよび回転係数など、他の情報も備え得ることに留意されたい。電力レベルおよび回転係数は、別個のメッセージ内でまたは量子化された位相と同じメッセージ内でネットワークに送出されてよい。また、プリコーダは、選択されたビームのサブセットの位相の関数である。 20

【0105】

いくつかの実施形態では、位相は関数でパラメータ化され得る。次いで、パラメータ化された位相は量子化されて、ネットワークノードに送出される。パラメータ化は、位相を周波数「f」の多項式関数で概算することを含み得る。周波数「f」の多項式関数は、

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

によって与えられ、式中、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

は、実数値係数のセットであり、実数値係数のセットは量子化され得る。さらに、 $M=1$ の場合、多項式関数は線形関数であり、 $M=2$ の場合、多項式関数は二次関数である。 30

【0106】

いくつかの実施形態では、方法は、係数の取り得る組合せに関する基準を計算することと、その組合せおよび基準をネットワークノードに送出することとをさらに含む。また、係数を推定するために曲線当てはめ方法が使用され得る。

【0107】

いくつかの実施形態では、方法は、位相の時間領域表現を取得するために選択されたビームのサブセットの位相のフーリエ変換を実行することをさらに含み、時間領域表現はタップに関連する係数によって規定され得る。方法はまた、タップ（たとえば、最強のタップ）のセットを選択することと、選択されたタップに関連する係数を量子化することと、量子化された係数をネットワークノードに送出することとを含む。 40

【0108】

いくつかの実施形態では、方法は、タップの時間領域窓を判定することと、時間窓範囲内のタップに関連する係数を量子化することとをさらに含む。

【0109】

いくつかの実施形態では、選択されたビームのサブセットの位相は、第1のレイヤに対する各ビームに関する最適な位相ベクトルを推定することによって判定され得る。

【0110】

いくつかの実施形態では、最強のビームの位相は、周波数にわたって固定されてよく、より弱いビームの位相が最強のビームに対して判定される。 50

【0111】

「電力レベル」、「電力係数」、および「振幅」という用語は、振幅／電力レベルおよび位相を備えるビームを特徴づけるために、本開示において交換可能に使用されることにも留意されたい。

【0112】

図11は、一実施形態による、300など、ワイヤレス通信システムにおいて送信パラメータを判定するための方法1100のフローチャートを示す。方法は、たとえば、320など、ネットワークノードによって実行される。

【0113】

方法1100は、ブロック1110で、ワイヤレスデバイスに対して参照信号を送出することに応じて、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットを含むプリコードパラメータを受信することで開始し、選択されたビームのサブセットは位相を有し、位相はビーム依存性である量子化で量子化される。参照信号は、CSI-RS、RS、またはチャネル推定を判定することを可能にする任意の他の信号を備え得る。

【0114】

方法1100は、続いて、受信されたプリコードパラメータに基づいて送信パラメータを判定する（ブロック1120）。たとえば、受信された情報に基づいて、ネットワークノードは、ワイヤレスデバイスのデータ送信に関する変調符号化方式およびプリコーディング方式など、送信パラメータを判定する。そうするために、ネットワークノードは、ワイヤレスデバイスによって示唆されたプリコードを使用することを決定／選定することができるか、またはネットワークノードは、別のプリコードを使用することを決定／選定することができる。ネットワークノードは、次いで、判定された送信パラメータをデータ送信のためにワイヤレスデバイスに送出する。

【0115】

図12は、いくつかの実施形態による、ワイヤレスデバイスから受信された情報に基づいて送信パラメータを判定するように設定された、eNodeBなどの基地局320のブロック図である。基地局320は、メモリ1250とプロセッサ1240とを有する処理回路1210を有する。基地局320は、ネットワークインターフェース1230および1つまたは複数のアンテナ1220をさらに備える。いくつかの実施形態では、アンテナ1220は、（たとえば、アンテナを介した）ワイヤレスデバイス310へのワイヤレス信号の送信およびワイヤレスデバイス310からのワイヤレス信号の受信を円滑にし、1つまたは複数のプロセッサ1240は、ネットワークノード320によって提供されるとして上記で説明した機能のうちのいくつかまたはすべてを提供するための命令を実行し、メモリ1250は、1つまたは複数のプロセッサ1240によって実行するための命令を記憶し、ネットワークインターフェース1230は、ゲートウェイ、スイッチ、ルータ、インターネット、公衆電話交換網（PSTN）、コアネットワークノード、または無線ネットワークコントローラなど、バックエンドネットワーク構成要素に信号を通信する。ネットワークインターフェース1230は、プロセッサおよび／またはメモリに接続され得る。

【0116】

一例として、プロセッサ1240は、方法1100を実行するように設定される。1つまたは複数のプロセッサ1240は、方法1100で説明した機能など、ネットワークノード320の説明した機能のうちのいくつかまたはすべてを実行するために、命令を実行してデータを操作するための1つまたは複数のモジュール内で実装されるハードウェアとソフトウェアの任意の好適な組合せを含み得る。いくつかの実施形態では、1つまたは複数のプロセッサ1240は、たとえば、1つまたは複数のコンピュータ、1つまたは複数の中央処理装置（CPU）、1つまたは複数のマイクロプロセッサ、1つまたは複数のアプリケーション、1つまたは複数の特定用途向け集積回路（ASIC）、1つまたは複数のフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）、および／または他の論理を含み得る。いくつかの実施形態では、1つまたは複数のプロセッサ1240は、図15に関し

て下記で説明するモジュールのうちの1つまたは複数を備え得る。処理回路1210は処理回路900と同様であることに留意されたい。プロセッサ1240はプロセッサ920と同様であり、メモリ1250はメモリ910と同様である。

【0117】

メモリ1250は、一般に、論理、規則、アルゴリズム、コード、テーブルなど、および／または1つまたは複数のプロセッサ1240によって実行されることが可能な他の命令のうちの1つまたは複数を含む、コンピュータプログラム、ソフトウェア、アプリケーションなど、命令を記憶するように動作することが可能である。メモリ1250の例は、コンピュータメモリ（たとえば、ランダムアクセスメモリ（RAM）もしくは読取り専用メモリ（ROM））、大容量記憶媒体（たとえば、ハードディスク）、取外し可能記憶媒体（たとえば、コンパクトディスク（CD）またはデジタルビデオディスク（DVD））、および／または情報を記憶する任意の他の揮発性または不揮発性の非一時的コンピュータ可読および／またはコンピュータ実行可能メモリデバイスを含む。

【0118】

図13は、300など、ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダパラメータを判定するように設定された例示的なワイヤレスデバイス310を示す。

【0119】

ワイヤレスデバイス310は、アンテナ1320、無線フロントエンド回路1330、処理回路1310、コンピュータ可読記憶媒体1340、入力インターフェース1360、および出力インターフェース1370を含む。アンテナ1320は、1つまたは複数のアンテナまたはアンテナアレイを含んでよく、ワイヤレス信号を送出するようにかつ／または受信するように設定され、無線フロントエンド回路1330に接続される。無線フロントエンド回路1330は、様々なフィルタおよび増幅器を備えてよく、アンテナ1320および処理回路1310に接続され、アンテナ1320と処理回路1310との間で通信される信号を調整するように設定される。いくつかの代替実施形態では、ワイヤレスデバイス310は、無線フロントエンド回路1330を含まなくてよく、処理回路1310は、代わりに、無線フロントエンド回路1330なしでアンテナ1320に接続され得る。

【0120】

いくつかの実施形態では、処理回路1310は、プロセッサ1380、および記憶装置／メモリ1340などのメモリを備えてよく、プロセッサ1380は、入出力インターフェース1360および1370に接続されている。メモリ1340は、プロセッサによって実行されると、たとえば、図10の方法1000で説明した1つまたは複数の機能を実行するようにプロセッサを設定する命令を含む。処理回路1310は図7の700と同様である。

【0121】

処理回路1310は、メモリ1340を備えてよく、かつ／もしくはメモリ1340に接続されてよく、かつ／またはメモリ1340にアクセスする（たとえば、メモリ1340に書き込むおよび／またはメモリ1340から読み取る）ように適合され得る。そのようなメモリ1340は、たとえば、通信に関するデータ、たとえば、ノードの設定および／またはアドレスデータなど、制御回路および／または他のデータによって実行可能なコードを記憶するように設定され得る。処理回路1310は、本明細書で説明する方法のいずれかを制御するように、かつ／またはそのような方法をたとえばプロセッサによって実行させるように設定され得る。対応する命令は、読取り可能であり得、かつ／または処理回路1310に読取り可能に接続され得るメモリ1340内に記憶され得る。メモリ1340は、図12のメモリ1250と同様である。

【0122】

アンテナ1320、無線フロントエンド回路1330、処理回路1310、ならびに／または入力インターフェース1360および出力インターフェース1370は、ワイヤレスデバイスによって実行されるときに本明細書で説明する任意の送信動作を実行するよう

に設定され得る。任意の情報、データ、および／または信号は、ネットワークノードおよび／または別のワイヤレスデバイスに送信され得る。入力インターフェース 1360 および出力インターフェース 1370 は、プロセッサおよび／またはメモリに接続され得る、ネットワークインターフェースと一括して呼ばれる場合がある。

【0123】

図 14 は、別の実施形態による、ワイヤレスデバイス 310 の例示的な実装形態のブロック図であり、ワイヤレスデバイス 310 は、ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダのパラメータを判定し、示すように設定される。ワイヤレスデバイス 310 は、選択モジュール 1410、量子化モジュール 1420、および送出モジュール 1430 を含む。選択モジュール 1410 は、複数の直交ビーム（たとえば、ビーム空間変換行列の列に対応する複数の直交ビーム）からビームのサブセットを選択するように設定され、選択されたビームのサブセットは位相を有する。量子化モジュール 1420 は、選択されたビームのサブセットの位相を量子化するように設定され、量子化はビーム依存性である。送出モジュール 1430 は、選択されたビームのサブセットおよび量子化された位相をネットワークノードに送出するように設定される。選択されたビームおよび量子化された位相はプリコーダパラメータの一部である。

【0124】

図 15 は、別の実施形態による、eNB または基地局など、ネットワークノード 320 の例示的な実施形態のブロック図であり、ネットワークノード 320 は、ワイヤレス通信システムにおいて、ワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するように設定される。ネットワークノード 320 は、受信モジュール 1510 および決定モジュール 1520 を備える。

【0125】

受信モジュール 1510 は、ワイヤレスデバイスに対する参照番号の送信に応じて、プリコーダのパラメータを受信するように設定される。プリコーダパラメータは、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットと、選択されたビームのサブセットの量子化された位相とを含み得る。

【0126】

決定モジュール 1520 は、受信されたプリコーダパラメータに基づいて送信パラメータを判定するように設定される。

【0127】

さらなる例示的な実施形態が下記で与えられる。

【0128】

ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダコードブック構造の構築を可能にするためのパラメータを判定するための、ワイヤレスデバイスにおける方法であって、ビーム空間変換行列の列のサブセットを選択することであって、各列が単一偏波（SP）ビームに対応し、SP ビームが位相を有する、選択することと、SP ビームの位相および SP ビームの位相を表すパラメータのうちの 1 つを量子化することであって、量子化が SP ビーム依存性である量子化分解能に従う、量子化することを含む、方法。

【0129】

実施形態 2。量子化分解能が、第 2 の SP ビームよりも低い電力を有する第 1 の SP ビームに対してより粗い、実施形態 1 の方法。

【0130】

実施形態 3。SP ビームの位相を周波数「f」の多項式関数

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

によって概算することであって、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

が SP ビームの位相を表すパラメータである実数値係数のセットである、概算することと

、実数値係数のセットを量子化することとをさらに含む、実施形態 1 の方法。

【0131】

実施形態 4。M = 1 の場合、多項式関数が線形である、実施形態 3 の方法。

【0132】

実施形態 5。位相の時間領域表現を取得するために S P ビームの位相のフーリエ変換を実行することであって、時間領域表現がタップに関連する係数によって規定される、実行することと、タップの係数を量子化することであって、量子化分解能が第 2 のタップよりも小さい第 1 のタップに関してより粗い、量子化することとをさらに含む、実施形態 1 の方法。

【0133】

実施形態 6。タップに関連する時間を中心とする窓範囲内の W 個のタップの係数を量子化することとをさらに含む、実施形態 5 の方法。

【0134】

実施形態 7。ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダコードブック構造の構築を可能にするためのパラメータを判定するように設定されたワイヤレスデバイスであって、メモリとプロセッサとを含む処理回路を含み、メモリがプリコーダ情報を記憶するように設定され、プリコーダ情報が単一偏波 (S P) ビームの位相および S P ビームの位相を表すパラメータのうちの 1 つを含み、プロセッサが、ビーム空間変換行列の列のサブセットを選択することであって、各列が S P ビームに対応し、S P ビームが位相を有する、選択することと、S P ビームの位相および S P ビームを表すパラメータのうちの 1 つを量子化することとを、量子化が S P ビーム依存性である量子化分解能に従う、量子化することとを行うように設定される、ワイヤレスデバイス。

【0135】

実施形態 8。量子化分解能が第 2 の S P ビームよりも低い電力を有する第 1 の S P ビームに対してより粗い、実施形態 7 のワイヤレスデバイス。

【0136】

実施形態 9。プロセッサが、周波数の多項式関数

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

によって S P ビームの位相を概算することであって、式中、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

が、S P ビームの位相を表すパラメータである実数値係数のセットである、概算することと、実数値係数のセットを量子化することとを行うようにさらに設定される、実施形態 7 のワイヤレスデバイス。

【0137】

実施形態 10。M = 1 の場合、多項式関数が線形である、実施形態 9 のワイヤレスデバイス。

【0138】

実施形態 11。プロセッサが、位相の時間領域表現を取得するために S P ビームの位相のフーリエ変換を実行することであって、時間領域表現がタップに関連する係数によって規定される、実行することと、タップの係数を量子化することであって、量子化分解能が第 2 のタップよりも小さい第 1 のタップに関してより粗い、量子化することとを行うようにさらに設定される、実施形態 7 のワイヤレスデバイス。

【0139】

実施形態 12。プロセッサが、タップに関連する時間を中心とする窓範囲内の W 個のタップの係数を量子化するようにさらに設定される、実施形態 11 のワイヤレスデバイス。

【0140】

実施形態 13。ワイヤレス通信システムにおいてプリコーダコードブック構造の構築を可能にするためのパラメータを判定するように設定されたワイヤレスデバイスであって、

10

20

30

40

50

プリコーダ情報を記憶するように設定されたメモリモジュールであって、プリコーダ情報が単一偏波（S P）ビームの位相およびS Pビームの位相を表すパラメータのうちの少なくとも1つを含む、メモリモジュールと、ビーム空間変換行列の列のサブセットを選択するように設定されたビーム選択器モジュールであって、各列がS Pビームに対応し、S Pビームが位相を有する、ビーム選択器モジュールと、S Pビームの位相およびS Pビームの位相を表すパラメータのうちの少なくとも1つを量子化するように設定された量子化モジュールであって、量子化がS Pビーム依存性である量子化分解能に従う、量子化モジュールとを含む、ワイヤレスデバイス。

【0141】

実施形態14。ワイヤレスデバイスから受信された情報に基づいてワイヤレスデバイスに送信するための送信パラメータを判定するための基地局であって、メモリとプロセッサとを含む処理回路であって、メモリがプリコーダ情報を記憶するように設定され、プロセッサがプリコーダ情報に基づいて、ランクインジケータ、変調符号化方式を判定するように設定される、処理回路と、ランクインジケータ、変調符号化方式をワイヤレスデバイスに送信するように設定された送信機と、各列が単一偏波（S P）ビームに対応し、S Pビームが位相を有する、ビーム空間変換行列の列のサブセットとS Pビームの位相およびS Pビームの位相を表すパラメータのうちの量子化された1つの量子化値とを含むプリコーダ情報をワイヤレスデバイスから受信するように設定された受信機であって、量子化がS Pビーム依存性である量子化分解能に従う、受信機とを含む、基地局。

【0142】

実施形態15。ワイヤレス通信システムにおいてチャネル状態情報（C S I）フィードバックに関するプリコーダを備えたプリコーダコードブックであって、コードブック内のプリコーダが、回転2次元離散フーリエ変換（D F T）から選択された複数の直交ビームの加重和を備え、周波数にわたるビームの位相変化がパラメータ化される、プリコーダコードブック。

【0143】

実施形態16。周波数にわたる位相変化が、定数、線形、または二次のうちの1つである多項式関数としてパラメータ化される、実施形態14のプリコーダコードブック。

【0144】

当業者が諒解するように、本明細書で説明した概念は、方法、データ処理システム、および／またはコンピュータプログラム製品として実装され得る。したがって、本明細書で説明した概念は、すべて、本明細書で、一般に、「回路」または「モジュール」と呼ばれる、完全にハードウェア実施形態の形、完全にソフトウェア実施形態の形、またはソフトウェア態様およびハードウェア態様を結合した実施形態の形をとってよい。さらに、本開示は、コンピュータによって実行され得る媒体内で実施されるコンピュータプログラムコードを有する有形コンピュータ使用可能記憶媒体上でコンピュータプログラム製品の形をとってよい。ハードディスク、C D-R O M、電子記憶デバイス、光記憶デバイス、または磁気記憶デバイスを含めて、任意の好適な有形コンピュータ可読媒体が利用され得る。

【0145】

いくつかの実施形態は、方法、システム、およびコンピュータプログラム製品のフローチャート図および／またはブロック図を参照して本明細書で説明されている。フローチャート図および／またはブロック図の各ブロック、ならびにフローチャート図および／またはブロック図内のブロックの組合せはコンピュータプログラム命令によって実装され得ることを理解されよう。これらのコンピュータプログラム命令は、コンピュータまたは他のプログラマブルデータ処理装置のプロセッサを介して実行する命令が、フローチャートおよび／またはブロック図の1つまたは複数のブロック内で指定された機能／行為を実装するための手段を作成するように機械を生産するために、汎用コンピュータ（この場合、専用コンピュータを形成する）、専用コンピュータ、または他のプログラマブルデータ処理装置のプロセッサに提供され得る。

【0146】

これらのコンピュータプログラム命令は、コンピュータ可読メモリ内に記憶された命令が、フローチャートおよび／またはブロック図の1つまたは複数のブロック内で指定された機能／行為を実装する命令手段を含めて、製造品を生産するように特定の方法で機能するようにコンピュータまたは他のプログラマブルデータ処理装置に指示することができる、コンピュータ可読メモリまたは記憶媒体内に記憶されてもよい。

【0147】

コンピュータプログラム命令は、コンピュータまたは他のプログラマブル装置上で実行する命令がフローチャートおよび／またはブロック図の1つまたは複数のブロック内で指定された機能／行為を実装するためのステップを提供するようにコンピュータ実装プロセスを生成するために一連の動作ステップをコンピュータまたは他のプログラマブル装置上で実行させるように、コンピュータまたは他のプログラマブルデータ処理装置上にロードされてもよい。

10

【0148】

ブロック内に記された機能／行為は、動作図に記された順序とは異なる順序で生じ得ることに留意されたい。たとえば、セッション内に示した2つのブロックは、実際には、実質的に同時に実行されてよく、またはこれらのブロックは、時として、関連する機能／行為に応じて、逆の順序で実行されてよい。図のうちのいくつかは、通信の主な方向を示すために通信経路上に矢印を含むが、通信は、示した矢印とは逆の方向に生じる場合もあることを理解されたい。

【0149】

20

本明細書で説明した概念の動作を実行するためのコンピュータプログラムコードは、Java（登録商標）またはC++など、オブジェクト指向プログラミング言語で書かれてよい。しかしながら、本開示の動作を実行するためのコンピュータプログラムコードは、「C」プログラミング言語など、従来の手順プログラミング言語で書かれてもよい。プログラムコードは、スタンドアロンソフトウェアパッケージとして、ユーザのコンピュータ上で完全に実行することができ、ユーザのコンピュータ上で一部分実行することができ、ユーザのコンピュータ上で一部分かつ遠隔コンピュータ上で一部分実行することができ、または遠隔コンピュータで完全に実行することもできる。後者のシナリオでは、遠隔コンピュータは、ローカルエリアネットワーク（LAN）または広域ネットワーク（WAN）を通じてユーザのコンピュータに接続されてよく、または接続は外部コンピュータに（たとえば、インターネットサービスプロバイダを使用してインターネットを通じて）行われてもよい。

30

【0150】

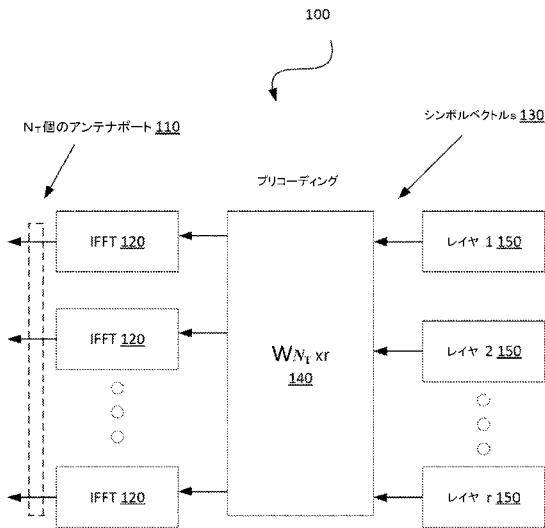
上記の説明および図面に関して、多くの異なる実施形態が本開示で説明されてきた。これらの実施形態のすべての組合せおよび下位組合せを文字通り説明し例示することは過度の繰返しまたは難読化になることを理解されよう。したがって、すべての実施形態は、何らかの方法でかつ／または組合せで組み合わされる場合があり、図面を含めて本明細書は、本明細書で説明した実施形態、および実施形態を作成および使用する方法およびプロセスのすべての組合せおよび下位組合せの完全な明細を構成すると解釈されるべきであり、いずれかのそのような組合せまたは下位組合せに対する特許請求をサポートすべきである。

40

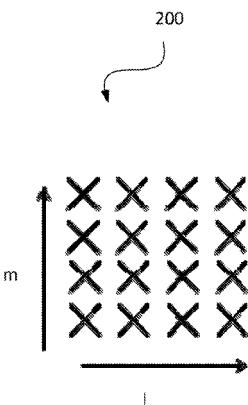
【0151】

本明細書で説明した実施形態は、上記において本明細書で具体的に示し説明してきたものに限定されないことを当業者は諒解されよう。加えて、上記において反対の言及がされていない限り、添付の図面のすべては一定の尺度ではないことに留意されたい。上記の教示に照らして、様々な修正および改変が可能である。

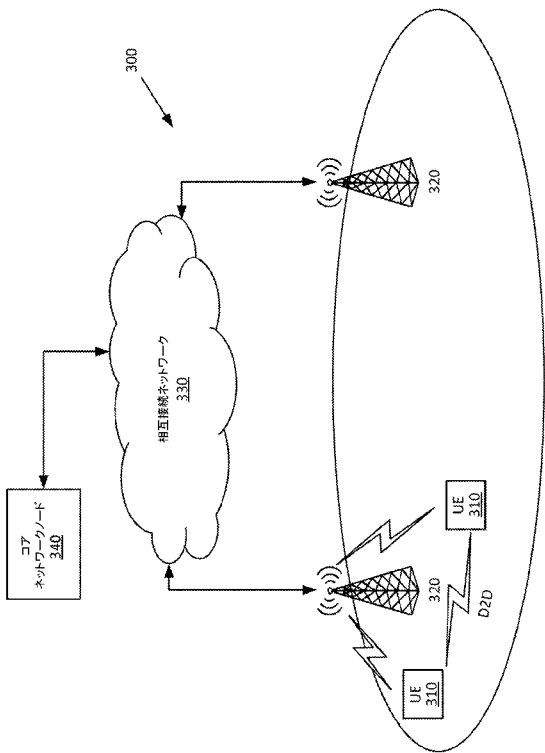
【図 1】



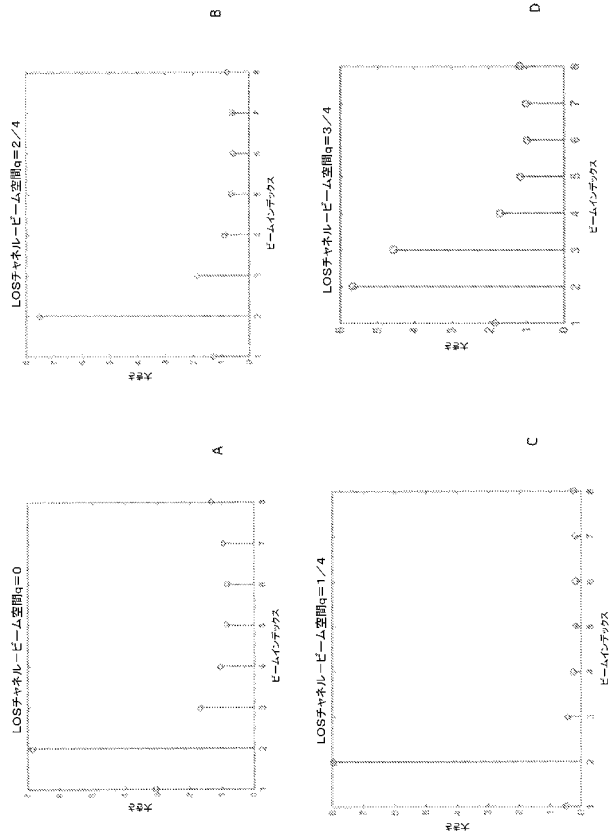
【図 2】



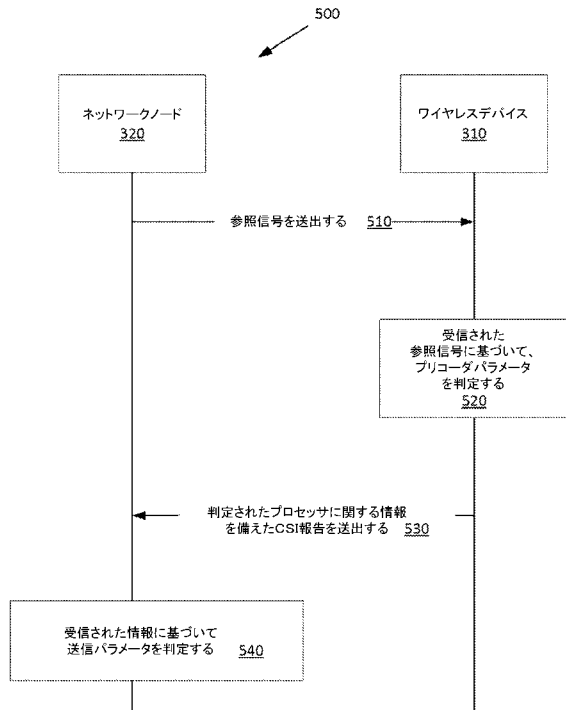
【図 3】



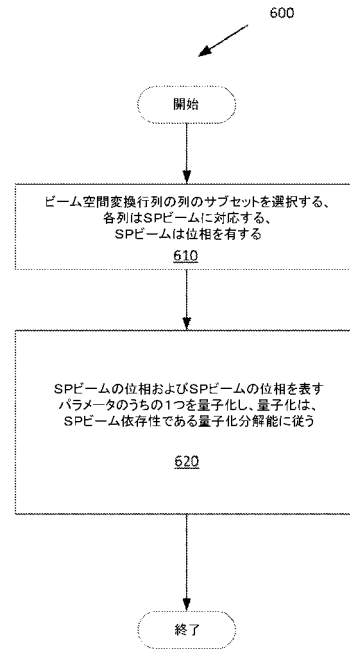
【図 4 A - D】



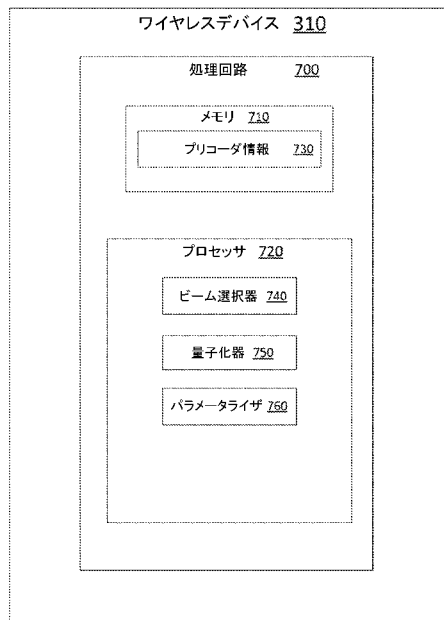
【図 5】



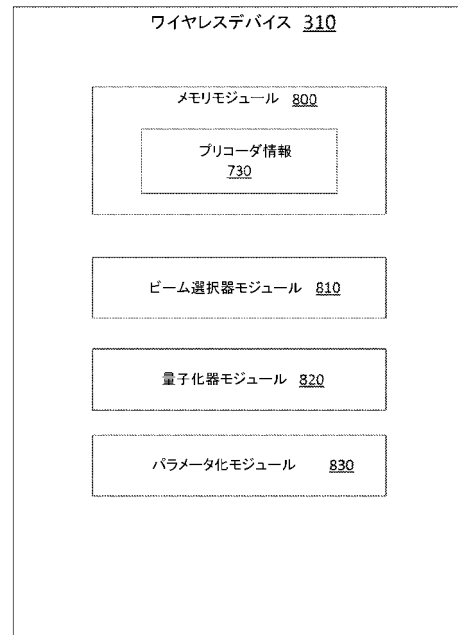
【図 6】



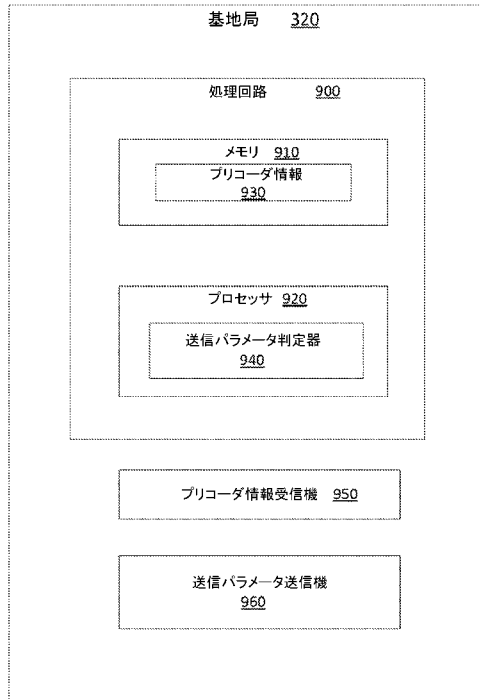
【図 7】



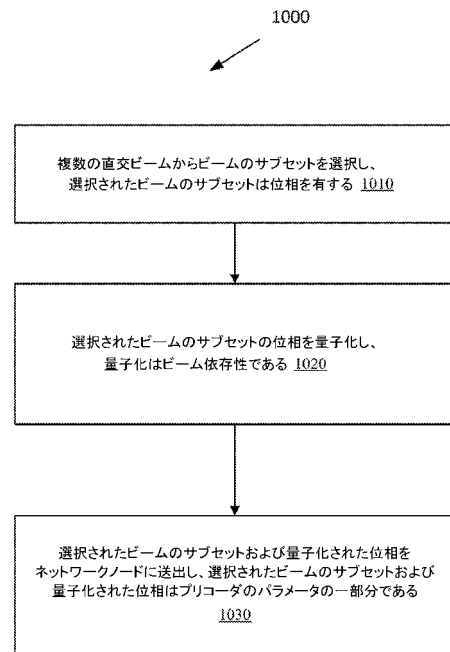
【図 8】



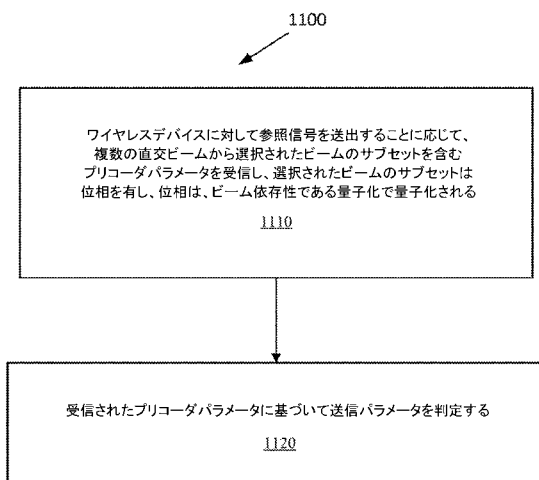
【図 9】



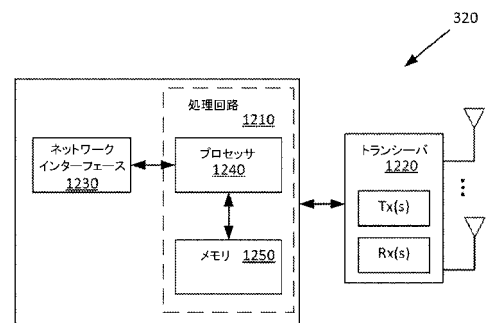
【図 10】



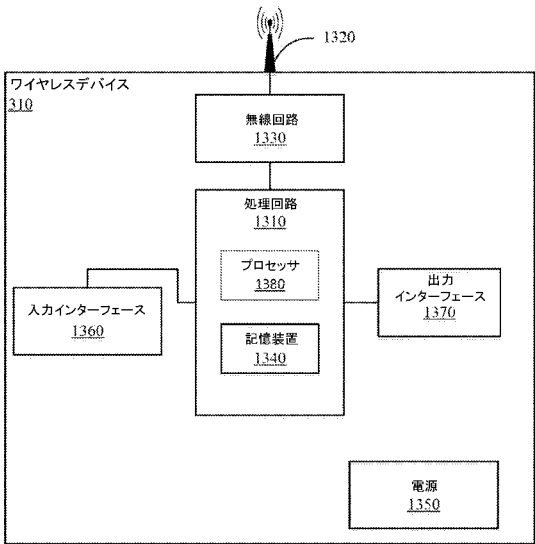
【図 11】



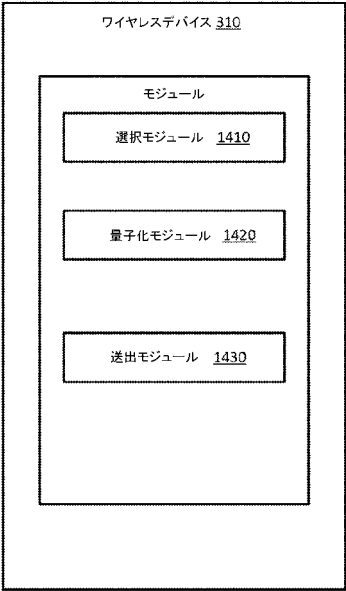
【図 12】



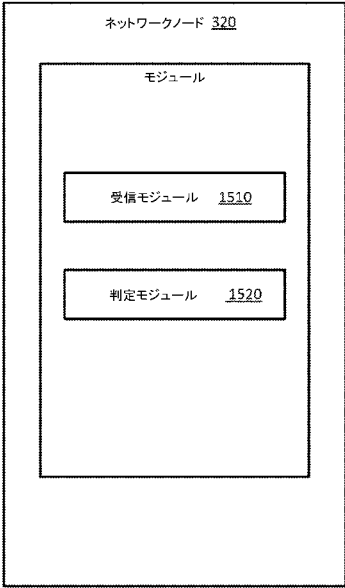
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



【手続補正書】

【提出日】平成30年4月27日(2018.4.27)

【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】

プリコーダのパラメータを判定するための、ワイヤレスデバイスにおける方法であって

、

複数の直交ビームからビームのサブセットを選択することであって、前記選択されたビームのサブセットがそれぞれの位相を有する、選択することと、

周波数にわたる位相変化を特徴づけるために、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を周波数に応じてパラメータ化することと、

前記選択されたビームのサブセットの前記パラメータ化された位相を量子化することであって、前記量子化がビーム依存性である、量子化することと、

前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相をネットワークノードに送出することと

を含み、

前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相が前記プリコーダの前記パラメータの一部である、方法。

【請求項 2】

前記プリコーダが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相の関数である、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記位相を量子化することが、前記選択されたビームのサブセット内の異なるビームの位相を異なる量子化分解能で量子化することを含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 4】

位相の前記量子化分解能が、第 2 の選択されたビームよりも弱い電力を有する第 1 の選択されたビームに対してより粗い、請求項 3 に記載の方法。

【請求項 5】

前記位相をパラメータ化することが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を周波数「f」の多項式関数によって概算することを含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 6】

周波数「f」の前記多項式関数が、

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

によって与えられ、ただし、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

が実数値係数のセットであり、前記パラメータ化された位相を量子化することが、前記実数値係数のセットを量子化することを含む、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

M = 1 の場合、前記多項式関数が線形関数である、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

M = 2 の場合、前記多項式関数が二次関数である、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 9】

前記位相の時間領域表現を取得するために前記選択されたビームのサブセットの前記位相のフーリエ変換を実行することであって、前記時間領域表現が、タップに関連する係数

によって規定される、実行することと、
タップのセットを選択することと、
前記選択されたタップに関連する前記係数を量子化することと、
前記量子化された係数を前記ネットワークノードに送出することと
をさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 10】

前記タップのセットを選択することが、複数の最強のタップを選択することを含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記タップの時間領域窓を判定することと、前記時間窓範囲内のタップに関連する係数を量子化することとをさらに含む、請求項 9 に記載の方法。

【請求項 12】

第 1 のレイヤに対する各ビームに関する最適な位相ベクトルを推定することによって、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を判定することをさらに含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

前記係数の取り得る組合せに関する基準を計算することと、前記組合せおよび前記基準を前記ネットワークノードに送出することとをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 14】

前記係数を推定するために曲線当てはめ方法を使用することをさらに含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 15】

前記選択されたビームのサブセットが電力レベルを備え、前記電力レベルが前記プリコードの前記パラメータの一部である、請求項 1 から 14 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 16】

最強のビームの位相が周波数にわたって固定され、より弱いビームの位相が前記最強のビームに対して判定される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 17】

前記パラメータ化された位相を量子化することが、前記選択されたビームのサブセットの前記パラメータ化された位相を互いに対して量子化することを含む、請求項 1 または 2 に記載の方法。

【請求項 18】

プリコードのパラメータを判定するためのワイヤレスデバイスであって、前記ワイヤレスデバイスは、処理回路を備え、前記処理回路が、前記ワイヤレスデバイスに、

複数の直交ビームからビームのサブセットを選択することであって、前記選択されたビームのサブセットがそれぞれの位相を有する、選択することと、

周波数にわたる位相変化を特徴づけるために、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を周波数に応じてパラメータ化することと、

前記選択されたビームのサブセットの前記パラメータ化された位相を量子化することであって、前記量子化がビーム依存性である、量子化することと、

前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相をネットワークノードに送出することと

を行わせるように設定され、前記選択されたビームのサブセットおよび前記量子化された位相が前記プリコードの前記パラメータの一部である、ワイヤレスデバイス。

【請求項 19】

前記処理回路が、ネットワークに接続されたプロセッサとメモリとを備え、前記メモリが、命令を含み、前記命令は、実行されると、前記プロセッサに、前記選択すること、前記パラメータ化すること、前記量子化すること、および前記送出することを実行させる、請求項 18 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 20】

前記プリコードが前記選択されたビームのサブセットの前記位相の関数である、請求項 18 または 19 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 21】

前記プロセッサが、前記選択されたビームのサブセット内の異なるビームの前記パラメータ化された位相を異なる量子化分解能で量子化するように設定される、請求項 19 または 20 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 22】

前記量子化分解能が、第 2 の選択されたビームよりも弱い電力を有する第 1 の選択されたビームの量子化された位相に対してより粗い、請求項 21 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 23】

前記プロセッサが、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を周波数「f」の多項式関数によって概算するように設定される、請求項 19 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 24】

周波数「f」の前記多項式関数が、

$$\phi_i(f) = e^{j \sum_{m=0}^M a_m f^m}$$

によって与えられ、ただし、

$$\{a_m\}_{m=0}^M$$

が実数値係数のセットであり、前記プロセッサが前記実数値係数のセットを量子化するように設定される、請求項 23 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 25】

M = 1 の場合、前記多項式関数が線形関数である、請求項 24 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 26】

M = 2 の場合、前記多項式関数が二次関数である、請求項 24 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 27】

前記プロセッサが、

前記位相の時間領域表現を取得するために前記選択されたビームのサブセットの前記位相のフーリエ変換を実行することであって、前記時間領域表現がタップに関連する係数によって規定される、実行することと、

タップのセットを選択することと、

前記選択されたタップに関連する前記係数を量子化することと、

前記量子化された係数を前記ネットワークノードに送出することと

を行わせるようにさらに設定される、請求項 19 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 28】

前記プロセッサが複数の最強のタップを選択するように設定される、請求項 27 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 29】

前記プロセッサが、前記タップの時間領域窓を判定し、前記時間窓範囲内のタップに関連する係数を量子化するように設定される、請求項 27 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 30】

前記プロセッサが、第 1 のレイヤに対する各ビームに関する最適な位相ベクトルを推定することによって、前記選択されたビームのサブセットの前記位相を判定するように設定される、請求項 19 から 29 のいずれか一項に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 31】

前記プロセッサが、前記係数の取り得る組合せに関する基準を計算し、前記組合せおよび前記基準を前記ネットワークノードに送出するようにさらに設定される、請求項 24 に

記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 3 2】

前記プロセッサが、前記係数を推定するために曲線当てはめ方法を使用するようにさらに設定される、請求項 2 4 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 3 3】

前記選択されたビームのサブセットが電力レベルを備え、前記電力レベルが前記プリコードの前記パラメータの一部である、請求項 1 9 から 3 2 のいずれか一項に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 3 4】

最強のビームの位相が周波数にわたって固定され、より弱いビームの位相が前記最強のビームに対して判定される、請求項 1 9 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 3 5】

前記プロセッサが、前記選択されたビームのサブセットの前記パラメータ化された位相を互いに対して量子化するように設定される、請求項 1 9 に記載のワイヤレスデバイス。

【請求項 3 6】

ワイヤレス通信システムにおいてワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するための方法であって、

前記ワイヤレスデバイスに対して参照信号を送出することに応じて、プリコードのパラメータを受信することであって、前記パラメータが、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットを含み、前記選択されたビームのサブセットがそれぞれの位相を有し、前記選択されたビームのサブセットの前記位相が、周波数にわたる位相変化を特徴づけるために、周波数に応じてパラメータ化され、前記パラメータ化された位相が量子化され、前記量子化がビーム依存性である、受信することと、

前記受信されたプリコードパラメータに基づいて前記送信パラメータを判定することを含む、方法。

【請求項 3 7】

ワイヤレス通信システムにおいてワイヤレスデバイスに関する送信パラメータを判定するためのネットワークノードであって、前記ネットワークノードは、処理回路を備え、前記処理回路が、前記ネットワークノードに、

前記ワイヤレスデバイスに対して参照信号を送出することに応じて、プリコードのパラメータを受信することであって、前記パラメータが、複数の直交ビームから選択されたビームのサブセットを含み、前記選択されたビームのサブセットがそれぞれの位相を有し、前記選択されたビームのサブセットの前記位相が、周波数にわたる位相変化を特徴づけるために、周波数に応じてパラメータ化され、前記パラメータ化された位相が量子化され、前記量子化がビーム依存性である、受信することと、

前記受信されたプリコードパラメータに基づいて前記送信パラメータを判定することとを行わせるように設定される、ネットワークノード。

【請求項 3 8】

前記処理回路が、ネットワークインターフェースに接続されたプロセッサとメモリとを備え、前記メモリが、命令を含み、前記命令は、実行されると、前記プロセッサに、前記受信することおよび前記判定することを実行させる、請求項 3 7 に記載のネットワークノード。

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/IB2017/051805

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H04B7/0417 H04B7/04
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2013/163457 A1 (KIM KIIL [KR] ET AL) 27 June 2013 (2013-06-27)	1-3,5-9, 13, 15-22, 24-28, 32,34-40
A	paragraphs [0023], [0024], [0026], [0037], [0051], [0054], [0071]; figures 1,3	4,10-12, 14,23, 29-31,33
A	----- WO 2015/147814 A1 (NOKIA SOLUTIONS & NETWORKS OY [FI]; THOMAS TIMOTHY [US]; VOOK FREDERIC) 1 October 2015 (2015-10-01) paragraphs [0007] - [0009], [0034] - [0042], [0061], [0063]; figures 4,5,9b	1-40
A	----- US 2016/013838 A1 (ZHU YUAN [CN] ET AL) 14 January 2016 (2016-01-14) paragraphs [0016] - [0029] ----- -/-	1-40

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier application or patent but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

22 May 2017

Date of mailing of the international search report

01/06/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Muntean, T

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/IB2017/051805

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/107915 A1 (BENJEBBOUR ANASS [JP] ET AL) 2 May 2013 (2013-05-02) paragraphs [0011] - [0013], [0068] -----	1-40

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/IB2017/051805

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2013163457 A1	27-06-2013	EP 2798749 A1	05-11-2014
		KR 20130075311 A	05-07-2013
		US 2013163457 A1	27-06-2013
		WO 2013100579 A1	04-07-2013

WO 2015147814 A1	01-10-2015	CN 106105065 A	09-11-2016
		WO 2015147814 A1	01-10-2015

US 2016013838 A1	14-01-2016	EP 3175558 A1	07-06-2017
		US 2016013838 A1	14-01-2016
		WO 2016011461 A1	21-01-2016

US 2013107915 A1	02-05-2013	CN 104012019 A	27-08-2014
		EP 2771993 A1	03-09-2014
		JP 5748913 B2	15-07-2015
		JP 2015501556 A	15-01-2015
		US 2013107915 A1	02-05-2013
		WO 2013062144 A1	02-05-2013

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. B L U E T O O T H

(72)発明者 ファクサー, セバスティアン
スウェーデン国 エスイー 1 7 7 5 3 イェルフェッラ, フリヘツヴェーゲン 3 3
(72)発明者 バーリマン, スヴァンテ
スウェーデン国 エスイー 1 2 9 3 6 ヘゲルステン, セルメダルスリンゲン 1 4
Fターム(参考) 5K067 AA23 BB02 CC01 EE02 EE10 KK03